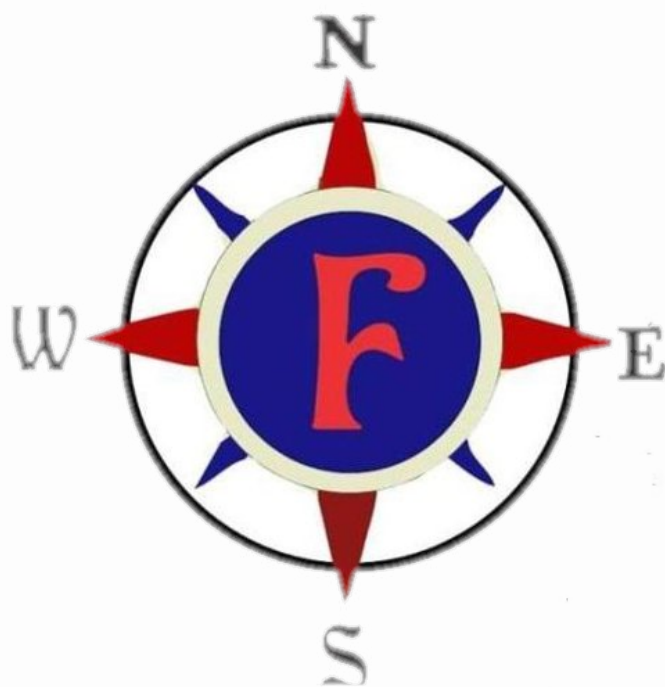


المسح الهندسي والكادسترائي

اعداد

زياد عبد الجبار البكر

مدرس : معهد التكنولوجيا / بغداد



ALMQYAS

FOR SURVEYING & GEOMATICS

IRAQ - BAGHDAD

الصفحة الثانية

مارغلة

يعد المسح الهندسي وكذلك المسح الكادستري من المواضيع الأساسية في المساحة خاصة وأنه يتناول الجوانب التطبيقية والهندسية لأختصاص المساحة. فالذي يتناول عمليات المسح التي تخص المشاريع الهندسية والأنشائية هو المسح الهندسي، فيما يتناول المسح الكادستري عمليات المسح التفصيلي لقطع الأراضي وطرق تقسيمها.

لذلك فقد قسّم الكتاب إلى قسمين، يبحث القسم الأول منه مواضيع تخص المسح الهندسي وتشمل قياس المساحات وحساب الحجم ومسح الطرق ومايتفرع عنه من حسابات للمنحنيات الرأسية والمنحنيات الأفقية بأنواعها المختلفة وطرق تسقيطها على الأرض والأعمال المتعلقة بإنشاء المشاريع الهندسية وطرق تنفيذها. وهذه مواضيع لها أهمية كبيرة بالنسبة لتنفيذ المشاريع الهندسية والتي لاغنى عنها لأي مساح أو مهندس يقوم بتنفيذها والإشراف عليها. أما القسم الثاني من الكتاب فيبحث في مواضيع تخص المسح الكادستري وتشمل حسابات التضلع والتقاطعات أو القياسات المجهولة والتقاطع الخلفي وتقسيم الأراضي لحالات متعددة. وهذه مواضيع أيضاً لها أهمية كبيرة لمن يشتغل بأعمال المسح التفصيلي ومسح حدود القطع وتقسيم الأراضي، ولاسيما من له صلة بأعمال التسجيل العقاري وتحديد الملكية وتثبيت الحدود.

لقد احتوى الكتاب أيضاً إضافة للجوانب النظرية فيه جوانب أخرى تطبيقية تتمثل في الأمثلة المتعددة في كل فصل لا بل في كل فقرة من فقرات الفصل الواحد ومايلحقها من تمارين تطبيقية متعددة لمسائل مختلفة. كما احتوى الكتاب أيضاً ولصفته التطبيقية الهندسية على الموصفات العرقية المعمول بها والموصفات لدول أخرى سبقتنا في هذا المضمار. لذلك، كان لا بد من وجود أمثلة ونماذج منها وموصفات باللغة الأنكليزية كي تبقى الصلة بين المراجع العربية والأجنبية الغنية بهذه المواضيع صلة دائمة لغرض الارتقاء بالمستوى العلمي وللحاق بركب الدول المتقدمة. ولقد تم اقتباس بعض الأمثلة والطرق المساحية الحديثة من المراجع العربية والأنكليزية وأضفت إليها بعض الملاحق والمصطلحات العلمية المترجمة. ولقد كان لخبرتي التدريسية التي أمتدت لأكثر من عشرين عاماً واتصالي ولقائي بأساتذتي الأفاضل في الكليات الهندسية وزملائي في الدوائر ذات العلاقة وفي المعاهد الفنية أكبر الأثر في إغناء هذا الكتاب بالمستجدات وماتوصلت إليه الدول المتقدمة في علم المساحة.

ولقد كُلفت بتأليف هذا الكتاب من قبل رئاسة هيئة المعاهد الفنية لكي يكون كتاباً منهجياً في الموضوع نفسه وهو المسح الهندسي والكادستري لطلبة المرحلة الثانية في تخصص المساحة في معاهد الهيئة كافة، وقد ألحقت في مؤخره الكتاب مفردات هذه المادة. إلا أنني رأيت أن التوسع في بعض الفقرات والإضافات في مواضيع عدة تجعله مرجعاً أيضاً لطلبة الفروع الأخرى في المعاهد والكليات الهندسية والمهندسين من ذوي الاختصاص في المساحة والهندسة المدنية.

وأخيراً، أرجو الله أن يجعل هذا الكتاب جزءاً بسيطاً من خدمتي بلدي ولن يعمل في هذا المجال والله من وراء القصد وهو يهدي إلى سواء السبيل.

زياد عبد الجبار البكر

تموز/ ١٩٨٩ م

ذي الحجة/ ١٤٠٩ هـ

الموضوع	الصفحة
تمهيد	٣
محتويات الكتاب	٥
القسم الأول - المسح الهندسي	
الفصل الأول - المساحات	١٠
1.1 وحدات المساحة	١٠
1.1.1 وحدات النظام المتري	١٠
1.1.2 وحدات النظام الانكليزي	١١
1.2 مساحات الاشكال المنتظمة	١١
1.2.1 مساحة المثلث	١١
1.2.2 مساحة المربع	١٣
1.2.3 مساحة المستطيل	١٣
1.2.4 مساحة متوازي الاضلاع	١٣
1.2.5 مساحة المعين	١٣
1.2.6 مساحة شبه المنحرف	١٤
1.2.7 مساحة الشكل الرباعي	١٤
1.2.8 مساحة الدائرة وأجزائها	١٤
1.2.9 مساحة الشكل المنتظم المتعدد الاضلاع	١٧
1.2.10 مساحة شكل محدد بمنحنى رياضي	١٧
1.3 طرق قياس وحساب مساحات قطع الاراضي	١٨
1.3.1 طرق قياس المساحة حقلياً	١٨
1.3.2 طرق قياس المساحة من الخارطة	٣٥
1.4 قياس مساحات المقاطع العرضية	٤٤
1.4.1 الطريقة الحسابية	٤٨
1.4.2 الطريقة الترسيمية أو البيانية	٥٧
الفصل الثاني - الحجم	٦٦
2.1 مقدمة	٦٦
2.2 حجم الاشكال المنتظمة	٦٦
2.2.1 حجم متوازي المستطيلات	٦٦
2.2.2 حجم الاسطوانة	٦٦
2.2.3 حجم الهرم	٦٧

٦٧	2.2.4 حجم الهرم الناقص
٦٧	2.2.5 حجم المخروط
٦٨	2.2.6 حجم المخروط الناقص
٦٨	2.2.7 حجم المنشور
٦٨	2.2.8 حجم المنشور الناقص
٦٩	2.2.9 حجم الاسفين الناقص
٦٩	2.2.10 حجم متوازي المستطيلات الناقص
٧٠	2.2.11 حجم الكرة
٧٠	2.2.12 حجم القطاع الكروي
٧٠	2.2.13 حجم القطع الكروي
٧١	2.2.14 حجم الكرة الناقصة
٧٢	2.3 حجوم الاشكال أو الكميات غير المنتظمة

الفصل الثالث - مسح الطرق

٩٤	3.1 مقدمة
٩٤	3.2 اختيار مسار الطريق أو الخط المركزي
٩٤	3.3 أعمال المسح الخاصة بمسار الطريق
٩٦	3.4 التصميم الهندسي للطريق
١٠٣	3.5 تقسيمات أو أنواع الطرق
١١٦	4.5 توقيع أو تسقيط المنحني الراسي على الارض
١٣٥	4.6 المنحني الراسي غير المتماثل من الجانبين
١٣٦	4.7 عناصر التصميم للمنحني الراسي والمواصفات الخاصة به

الفصل الرابع - المنحنيات الرأسية

١١٨	4.1 مقدمة
١١٨	4.2 الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة بحساب المناسيب
١٢٤	4.3 أنواع أو اشكال المنحني الراسي
١٢٥	4.4 طرق حساب مناسيب النقاط على المنحني الراسي

الفصل الخامس - المنحنيات الافقية

١٥٢	5.1 مقدمة
١٥٢	5.2 أنواع المنحنيات الافقية
٢٥٤	5.3 المنحنيات الدائرية
١٥٤	5.3.1 المنحني الدائري البسيط
١٩٨	5.3.2 المنحني الدائري المركب
٢٠١	5.3.3 المنحني الدائري المعكوس

٢٠٥	5.4 المنحنيات الانتقالية
٢٣٧	5.5 عناصر التصميم والمواصفات العراقية للمنحنيات الدائرية والانتقالية
٢٥٣	5.6 عناصر التصميم والمواصفات العراقية للتقاطعات السطحية والمعزولة
٢٧٦	5.7 حسابات ورسم مشروع صغير لجزء من طريق
٢٨٢	الفصل السادس - المسح الانشائي
٢٨٢	6.1 مقدمة
٢٨٤	6.2 أعمال تسقيط المباني
٢٩٢	6.3 أعمال التسقيط للملايات الترابية وللقطوعات
٢٩٦	6.4 أعمال التسقيط لخطوط الأنابيب والمجاري
٢٩٩	6.5 تسقيط خطوط الكهرباء والهاتف
٢٩٩	6.6 أعمال التسقيط والسيطرة للركائز
٣٠٠	6.7 أعمال تسقيط الجسور
٣٠١	6.8 التسقيط باستخدام أشعة ليزر

القسم الثاني - المسح الكادستراتي

٣٠٨	الفصل السابع - الزوايا والاتجاهات
٣٠٨	7.1 الزوايا
٣٠٨	7.1.1 الزوايا الداخلية
٣٠٩	7.1.2 الزوايا الخارجية
٣١٠	7.1.3 زوايا الانحراف
٣١١	7.1.4 الزوايا إلى العين (أو إلى اليسار)
٣١٢	7.2 الاتجاهات (أو الانحرافات)
٣١٢	7.2.1 الاتجاه الرباعي أو الاتجاه ربع الدائري
٣١٢	7.2.2 الاتجاه القطري أو الاتجاه نصف الدائري
٣١٣	7.2.3 الاتجاه الدائري أو الاتجاه الدائري الكامل
٣١٤	7.3 الاتجاه الأمامي والاتجاه الخلفي
٣١٤	7.3.1 الاتجاه الرباعي الأمامي والخلفي
٣١٥	7.3.2 الاتجاه الدائري الأمامي والخلفي
٣١٦	7.4 حساب اتجاهات الاضلاع لمضلع ما
٣١٦	7.4.1 طريقة الرسم
٣١٦	7.4.2 طريقة استخدام القوانين
٣٢٥	الفصل الثامن - حسابات التضلع
٣٢٥	8.1 مقدمة
٣٢٦	8.2 أنواع المضلعات
٣٢٧	8.3 مركبات الاضلاع وأحداثيات النقاط

٣٢٨.	8.3.1 مركبات الاضلاع
٣٣٠.	8.4 حسابات المضلع الدائري المغلق
٣٣٠.	8.4.1 تصحيح الزوايا الداخلية المقيسة
٣٣٠.	8.4.2 حساب الاتجاه الرباعي أو الاتجاه الدائري
٣٣٠.	8.4.3 حساب المركبات الافقية والرأسيّة أو الأحداثيات
٣٣٢.	8.4.4 التصحيح الكلي للمركبات الافقية والرأسيّة أو الأحداثيات
٣٣٣.	8.4.5 خطأ الغلق أو القفل والدقة النسبية
٣٣٤.	8.4.6 طرق تصحيح المركبات أو الأحداثيات أو الاطوال
٣٤٢.	8.4.7 حساب مركبات الاضلاع المصححة وأحداثيات النقاط المصححة
٣٤٣.	8.4.8 حساب الاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع
٣٥١.	8.5 حسابات المضلع الرابط المغلق
٣٥١.	8.5.1 تصحيح الزوايا إلى اليمين المقيسة
٣٥٣.	8.5.2 حساب الاتجاهات المصححة للاضلاع
٣٥٣.	8.5.3 حساب مركبات الاضلاع وأحداثيات النقاط
٣٥٣.	8.5.4 التصحيح الكلي للمركبات أو للأحداثيات
٣٥٤.	8.5.5 خطأ الغلق أو القفل والدقة النسبية
٣٥٥.	8.5.6 طرق تصحيح المركبات للاضلاع والأحداثيات للنقاط
٣٥٥.	8.5.7 حساب المركبات المصححة والأحداثيات المصححة
٣٥٥.	8.5.8 حساب الاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع
٣٥٥.	8.6 الحسابات الأمامية والمعكوسة
٣٥٥.	8.6.1 الحسابات الأمامية
٣٥٦.	8.6.2 الحسابات المعكوسة
٣٧١.	الفصل التاسع - التقاطعات أو القياسات المجهولة
٣٧١.	9.1 مقدمة
٣٧٤.	9.2 التقاطع الأول (I) - طول ضلعين مجهولان
٣٧٦.	9.2.1 طريقة المثلثات
٣٧٧.	9.2.2 طريقة التضلع أو الطريقة الميكانيكية
٣٧٩.	9.2.3 طريقة الهندسة التحليلية
٣٨١.	9.2.4 طريقة دوران الاحداثيات
٣٨٨.	9.3 التقاطع الثاني (II) - طول ضلع وإتجاه ضلع آخر مجهولان
٣٨٩.	9.3.1 طريقة المثلثات
٣٩٠.	9.3.2 طريقة التضلع أو الطريقة الميكانيكية
٣٩٢.	9.3.3 طريقة الهندسة التحليلية
٣٩٦.	9.4 التقاطع الثالث (III) - إتجاهها ضلعين مجهولان
٣٩٧.	9.4.1 طريقة المثلثات

٤٠١	9.4.2 طريقة الهندسة التحليلية
٤٠٢	9.5 القياسات المجهولة في المضلعات الدائرية والرابطة
٤١٧	الفصل العاشر - التقاطع الخلفي أو المكسي
٤١٧	10.1 مقدمة
٤١٩	10.2 الحالة الأولى
٤٢٢	10.3 الحالة الثانية
٤٢٢	10.4 الحالة الثالثة
٤٣٤	الفصل الحادي عشر - تقسيم الأراضي
٤٣٤	11.1 مقدمة
٤٣٤	11.2 تقسيم قطع الأراضي الكبيرة
٤٤٢	11.3 الخطوات المنطقية للحل
٤٤٣	11.4 تقسيم قطع الأراضي الصغيرة
٤٤٣	11.4.1 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين بواسطة خط يمر من نقطتين معلومتين الموقعين
٤٤٤	11.4.2 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين بواسطة خط معلوم الاتجاه ويمر من نقطة معلومة الموقع
٤٤٥	11.4.3 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين متساويين في المساحة بواسطة خط يمر من نقطة معلومة الموقع
٤٤٦	11.4.4 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين متساويين في المساحة بواسطة خط معلوم الاتجاه
٤٤٨	11.4.5 تقسيم قطعة إلى جزئين أو أجزاء متعددة (معلومة المساحة) من نقطة بداخلها
٤٥٠	11.4.6 تقسيم قطعة مثلثة أو متعددة الاضلاع إلى جزئين أو أجزاء متعددة (معلومة المساحة) من نقطة على أحد الاضلاع
٤٥٣	11.4.7 تعيين موقع نقطة داخل قطعة مثلثة بحيث لو وُصلت برؤوسها لقسمت القطعة إلى ثلاثة أجزاء متساوية أو إلى أجزاء بنسب معينة في المساحة
٤٥٥	11.4.8 تعديل الحدود
٤٥٧	11.5 مشروع صغير لتقسيم الأراضي
٤٥٧	11.6 مساحة القطعة تحت المنحني الدائري والقطعة الخارجية
٤٧٦	الملحق رقم (1) / دوال الحاسبة اليدوية والنسب المثلثية وحل المثلث
٤٧٩	الملحق رقم (2) / الموصفات البريطانية والأمريكية للتضلع والتثليث والسيطرة الرأسية
٤٨٥	مصادر الكتاب / العربية والاجنبية
٤٨٧	ترجمة المصطلحات العلمية / انكليزي - عربي
٥١٠	ترجمة المصطلحات العلمية / عربي - انكليزي
٥٢٩	مفردات المادة / الجزء النظري والجزء العلمي

القسم الأول

المسح الهندسي



“المساحات Areas”

يعد حساب المساحات لقطع الأراضي من الأعمال الرئيسة لعملية مسح الأراضي. وتعني مساحة الأرض بالنسبة للمساحة المستوية المساحة المنقطة على مستوى أفقي، ويستثنى من ذلك مساحات المقاطع العرضية المستخدمة للأعمال الترابية حيث تكون مسقطة على مستوى شاقولي. ويستفاد من المساحات المحسوبة في أعمال التسجيل العقاري وتحديد الملكية وتوزيع أو تقسيم قطع الأراضي الكبيرة. كما يستفاد من مساحات المقاطع العرضية لحساب كميات الحفر والردم للأعمال الترابية في المشاريع الهندسية.

Units of Area

1.1 وحدات المساحة

تكون وحدات المساحة على نوعين هما: (1) وحدات طول مربعة (مثلاً: كم²، م²، سم²) و (2) وحدات مساحة (مثلاً: هكتار، دونم، أولك). والوحدات المستخدمة لقياس المساحة هي:

Metric Units

1.1.1 وحدات النظام المتري

$$1 \text{ Km}^2 = 1,000,000 \text{ m}^2 \quad 1,000,000 = \text{م}^2 (1000)^2 \quad 1 \text{ كم}^2$$

$$1 \text{ Km}^2 = 100 \text{ ha (hectare)} \quad 100 = \text{هكتار} \quad 1 \text{ كم}^2$$

$$1 \text{ Km}^2 = 400 \text{ D (donum)} \quad 400 = \text{دونم (أو مشارة)} \quad 1 \text{ كم}^2$$

$$1 \text{ Km}^2 = 10,000 \text{ O (olk)} \quad 10,000 = \text{أولك} \quad 1 \text{ كم}^2$$

$$1 \text{ D} = 2500 \text{ m}^2 \quad 2500 = \text{دونم} \quad 1 \text{ م}^2 (50)^2$$

$$1 \text{ ha} = 10,000 \text{ m}^2 \quad 10,000 = \text{هكتار (أو هيكتومتر مربع)} \quad 1 \text{ م}^2 (100)^2$$

$$1 \text{ أولك (أو آر أو إيكر أو ديكامتر مربع)} = 100 \text{ م}^2 = 10(10)^2$$

$$1 \text{ OIK (or Are or Acre)}$$

$$1 \text{ هكتار} = 4 \text{ دونم} = 100 \text{ أولك}$$

$$1 \text{ دونم} = 25 \text{ أولك}$$

$$1 \text{ م}^2 = 100 \text{ دسم} = 10,000 \text{ سم}^2 = 1,000,000 \text{ ملم}^2$$

$$1 \text{ فدان} = 4200 \text{ م}^2, 1 \text{ قيراط} = 175 \text{ م}^2, 1 \text{ سهم} = 7.3 \text{ م}^2$$

$$1 \text{ جريب} = 3996 \text{ م}^2$$

English Units

1.1.2 وحدات النظام الأنكليزي

$$1 \text{ ميل مربع} = 640 \text{ إيكير} = 3,097,600 \text{ ياردة مربعة}$$

$$= 27,878,400 \text{ قدم مربع}$$

$$1 \text{ sq. mile} = 640 \text{ Acre} = 3,097,600 \text{ sq. yard (yd}^2\text{)}$$

$$= 27,878,400 \text{ sq. foot (ft}^2\text{)}$$

$$1 \text{ إيكير} = 4,840 \text{ ياردة مربعة} = 43,560 \text{ قدم مربع}$$

$$1 \text{ ياردة مربعة} = 9 \text{ قدم مربع} = 1,296 \text{ إنج مربع}$$

عوامل التحويل بين النظام المترى والأنكليزي

$$1 \text{ كم}^2 = (0.53996)^2 \text{ ميل بحري مربع} = (0.6214)^2 \text{ ميل مربع}$$

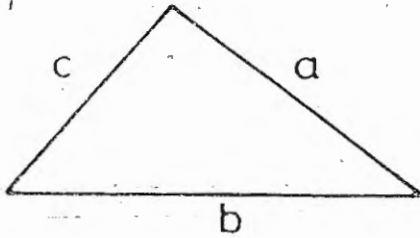
$$1 \text{ ميل مربع} = (1.6093)^2 \text{ كم}^2 = (0.869)^2 \text{ ميل بحري مربع}$$

$$1 \text{ م}^2 = 1.196 \text{ ياردة مربعة} = 10.7639 \text{ قدم مربع} = 1,550 \text{ إنج مربع}$$

Areas of Uniform Figures

1.2 مساحات الاشكال المنتظمة

1.2.1 مساحة المثلث (A)



الشكل 1.1

أ) إذا عُلمت ثلاثة أضلاع (هي a, b, c) - الشكل 1.1

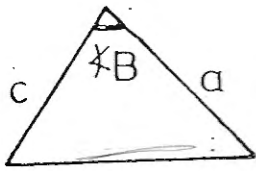
$$A = \sqrt{S(s-a)(s-b)(s-c)} \quad \text{أما:}$$

حيث أن (s) هو نصف محيط المثلث ويساوي:

$$S = \frac{a + b + c}{2}$$

أو:

$$A = \frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2b} \right)^2}$$



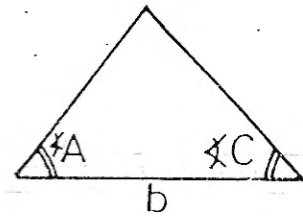
الشكل 1.2

ملاحظة : مساحة مثلث متساوي الاضلاع (ضلعه a)
 (ب) إذا عُلم ضلعان وزاوية محصورة (هي $\angle B \cdot c \cdot a$) - الشكل 1.2

$$A = \frac{1}{2} a \cdot c \cdot \sin \angle B$$

(ج) إذا عُلم ضلع وزاويتان (هي $\angle C, \angle A, b$) - الشكل 1.3

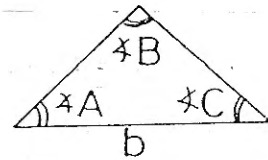
$$A = \frac{b^2}{2} \frac{\tan \angle A \cdot \tan \angle C}{\tan \angle A + \tan \angle C}$$



الشكل 1.3

(د) إذا عُلم ضلع وثلاث زوايا (هي $\angle C, \angle B, \angle A, b$) - الشكل 1.4

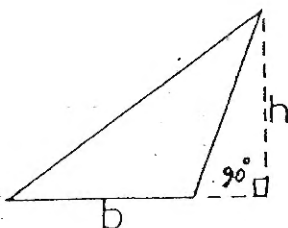
$$A = \frac{b^2}{2} \frac{\sin \angle A \cdot \sin \angle C}{\sin \angle B}$$



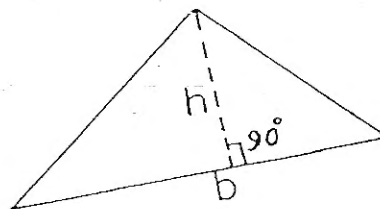
الشكل 1.4

(هـ) إذا علمت القاعدة والارتفاع (هما b و h) - الاشكال 1.5a و 1.5b و 1.5c

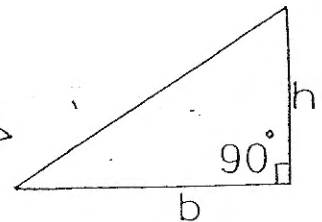
$$A = \frac{1}{2} b \cdot h$$



الشكل 1.5c



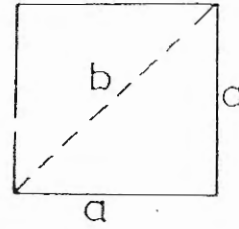
الشكل 1.5b



الشكل 1.5a

1.2.2 مساحة المربع (A) - الشكل 1.6

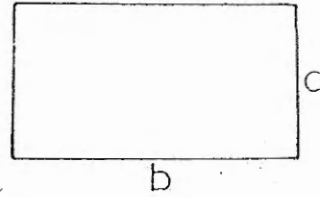
$$A = a^2 = \frac{1}{2} b^2$$



الشكل 1.6

1.2.3 مساحة المستطيل (A) - الشكل 1.7

$$A = a \cdot b$$

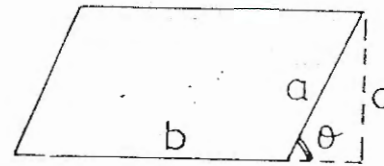


الشكل 1.7

1.2.4 مساحة متوازي الأضلاع (A) - الشكل 1.8

(كل ضلعين متقابلين فيه متساويان ومتوازيان)

$$A = b \cdot c = b \cdot a \cdot \sin \theta$$

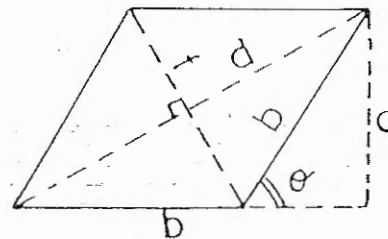


الشكل 1.8

1.2.5 مساحة المعين (A) - الشكل 1.9

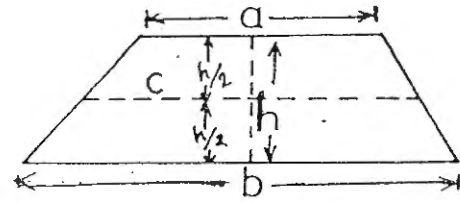
(متوازي أضلاع جميع أضلاعه متساوية وقطراه متعامدان)

$$A = b \cdot c = \frac{1}{2} d \cdot f = b^2 \cdot \sin \theta$$



الشكل 1.9

1.2.6 مساحة شبه المنحرف (A) - الشكل 1.10
(ضلعان فقط متوازيان)

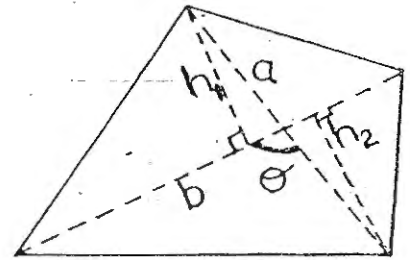


الشكل 1.10

$$A = h \left(\frac{a + b}{2} \right) = h \cdot c$$

حيث c هو متوسط القاعدتين

1.2.7 مساحة الشكل الرباعي (A) - الشكل 1.11

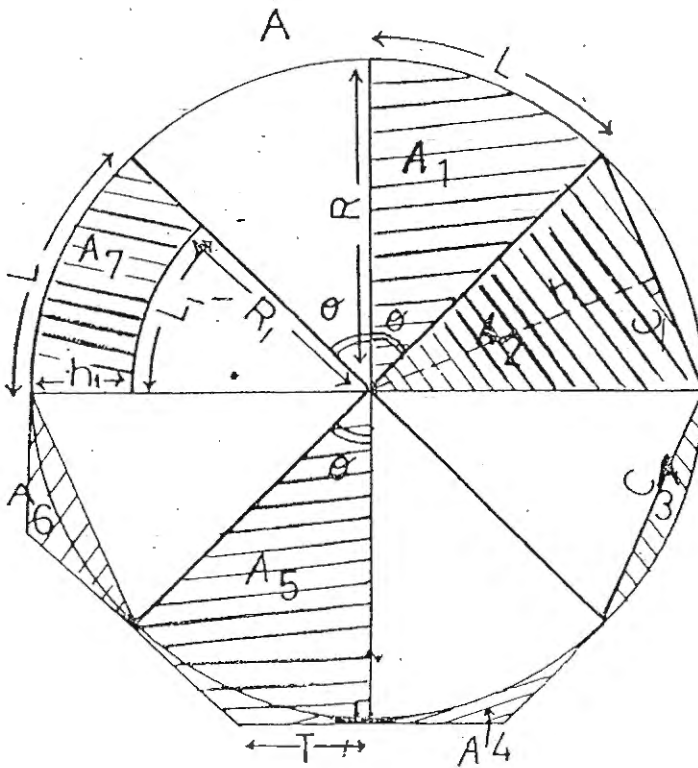


الشكل 1.11

$$A = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \sin \theta = \frac{b}{2} (h_1 + h_2)$$

1.2.8 مساحة الدائرة وأجزائها - الشكل 1.12
(أ) مساحة الدائرة (A)

$$A = \pi R^2 = 3.1416 R^2$$



الشكل 1.12

$$A_1 = \frac{\theta^\circ}{360} \pi R^2 = 0.008727 \theta^\circ R^2$$

$$= \frac{1}{2} \theta^\circ \cdot R^2 = \frac{1}{2} R \cdot L$$

ب) مساحة القطاع (A_1)

حيث أن :

θ° = الزاوية المركزية بالدرجات (النظام الستيني)

θ° = الزاوية المركزية بالتقدير الدائري (النظام النصف قطري)

$$\frac{\pi \theta^\circ}{180} =$$

$$\theta^\circ \cdot R = \frac{\theta^\circ}{180} \pi R = \text{طول القوس} = L$$

ج) مساحة الجزء المثلث (A_2)

$$A_2 = \frac{1}{2} h \cdot C = \frac{1}{2} R^2 \cdot \sin \theta^\circ$$

حيث c = طول الوتر

د) مساحة القطعة أو القطع الدائري (A_3)
(الجزء بين الوتر والقوس)

$$\begin{aligned} A_3 &= \frac{1}{2} R \cdot L - \frac{1}{2} h \cdot C \\ &= R^2 \left(0.008727 \theta^\circ - \frac{1}{2} \sin \theta^\circ \right) \\ &= \frac{R^2}{2} (\theta^\circ - \sin \theta^\circ) \end{aligned}$$

هـ) مساحة القطعة الخارجية (A_4)
(الجزء بين القوس والمماسين)

$$\begin{aligned} A_4 &= R \cdot T - \frac{1}{2} R \cdot L \\ &= R^2 \left(\tan \frac{\theta^\circ}{2} - \frac{\theta^\circ}{2} \right) \end{aligned}$$

و) مساحة القطاع والقطعة الخارجية (A_5)

$$A_4 = R^2 \cdot \tan \frac{\theta^\circ}{2} = R \cdot T$$

حيث $T = \text{طول المماس}$
(ن) مساحة القطعة والقطعة الخارجية (A_6)

$$A_6 = R \cdot T - \frac{1}{2} h \cdot C$$

$$= \tan \frac{\theta^\circ}{2} \left(R \cdot \sin \frac{\theta^\circ}{2} \right)^2$$

(ح) مساحة الجزء من الحلقة (A_7)

$$A_7 = \frac{1}{2} R \cdot L - \frac{1}{2} R_1 \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \theta^\circ (R^2 - R_1^2)$$

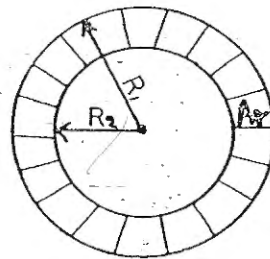
$$= \left(\frac{L + L_1}{4} \right) h_1$$

$$= \frac{\theta^\circ}{2} (R + R_1) h_1$$

$$= 0.008727 \theta^\circ (R^2 - R_1^2)$$

(ط) مساحة الحلقة الدائرية (A_r) - الشكل 1.13

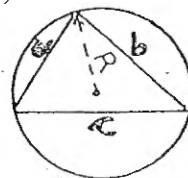
$$A_r = \pi (R_1^2 - R_2^2)$$



الشكل 1.13

(ي) مساحة الدائرة المارة برؤوس مثلث (A_t) - الشكل 1.14

$$A_t = \pi R^2$$



الشكل 1.14

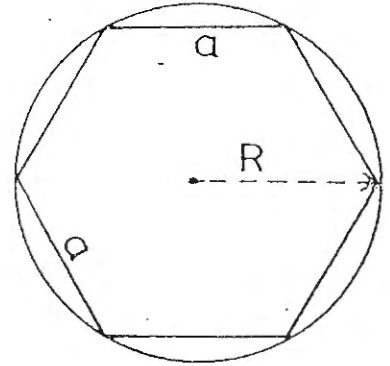
حيث R يساوي $R = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}}$ و $s =$ نصف المحيط للمثلث

1.2.9 مساحة الشكل المنتظم المتمدد الاضلاع (A) - الشكل 1.15

(أ) مساحة شكل منتظم عدد أضلاعه n
إذا كان طول الضلع a أو نصف قطر الدائرة المارة برؤوسه R

$$A = \frac{1}{4} n \cdot a^2 \cdot \cot\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$$

$$= \frac{1}{2} n \cdot R^2 \cdot \sin\left(\frac{360^\circ}{n}\right)$$



الشكل 1.15

$$A = 1.72 a^2$$

$$= 2.37 R^2$$

(ب) مساحة الخمس المنتظم

$$A = 2.6 a^2$$

$$= 2.6 R^2$$

(ج) مساحة السدس المنتظم

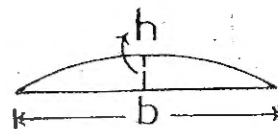
$$A = 4.83 a^2$$

$$= 2.83 R^2$$

(د) مساحة الثمن المنتظم

1.2.10 مساحة شكل محدد بمنحن رياضي (A)

(أ) مساحة قطع دائري مفلطح - الشكل 1.16
(تقريباً)

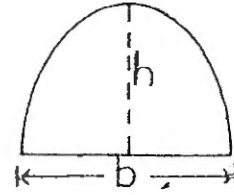


الشكل 1.16

$$A = \frac{2}{3} b \cdot h$$

ب) مساحة القطع المكافئ - الشكل 1.17

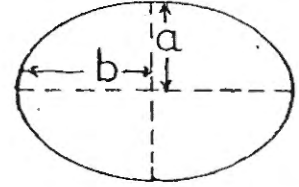
$$A = \frac{2}{3} b \cdot h$$



الشكل 1.17

ج) مساحة القطع الناقص - الشكل 1.18

$$A = \pi a \cdot b$$



الشكل 1.18

حيث أن a و b هما نصف المحورين

Methods of Area Measurement and Computation

1.3 طرق قياس وحساب مساحات قطع الأراضي

تُقسم طرق قياس المساحة إلى نوعين رئيسيين هما :

أولاً- القياسات الحقلية : حيث يتم اجراء القياسات المطلوبة حقلياً ثم تحسب المساحة باستخدام القوانين المناسبة .

ثانياً- القياسات على الخارطة : حيث يتم اجراء القياسات المطلوبة على الخارطة أو المخطط ثم تحسب المساحة باستخدام القوانين المناسبة وأخذ مقياس الرسم بنظر الاعتبار .

Field Measurement of Area

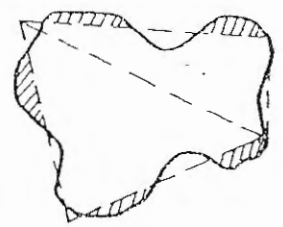
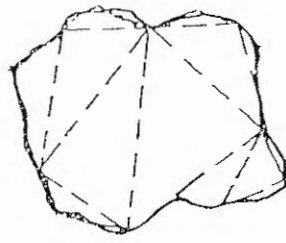
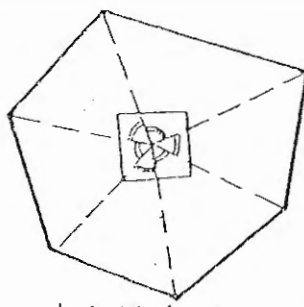
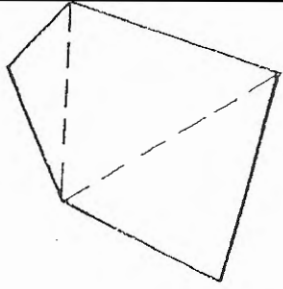
1.3.1 طرق قياس المساحة حقلياً

تستخدم الطرق الآتية لقياس المساحة حقلياً :

Division into Triangles

1.3.1.1 تقسيم القطعة إلى مثلثات

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون الأرض منبسطة وخالية من العوارض ، حيث يتم تقسيم القطعة إلى مثلثات بحيث يمكن قياس أطوال أضلاعها أو بعض الأطوال والزوايا المحصورة بأستعمال الشريط فقط (الشكل (1.19(a)) أو أستعمال لوحة المسح مع الشريط (حيث يتم قياس الزوايا المحصورة بواسطة المنقلة من المخطط المرسوم على اللوحة الشكل (1.19(b)). وإذا كانت حدود القطعة غير منتظمة فيمكن تقسيم الأجزاء المجاورة لحدود القطعة المتعرجة إلى مثلثات صغيرة (كما في الشكل (1.19(b)). أو إتباع طريقة الإضافة والحذف (كما في الشكل (1.19(b)). أو إقامة أعمدة من خط التصلب أو المسح القريب من الحدود المتعرجة حتى تلك الحدود كما سيُبين في الطريقة الآتية (حيث يتم قياس الأطوال كافة باستخدام الشريط) .



q1 - باستخدام لوحة المسح q2 - باستخدام التتريط فقط

b1 - تقسيم الأجزاء المتعرجة الحدود إلى مثلثات صغيرة

b2 - طريقة الإضافة والحذف

1.19 a - القطعة منتظمة الحدود

1.19 b - القطعة متعرجة الحدود

الشكل 1.19 حساب المساحة بتقسيم القطعة إلى مثلثات

ثم نحسب مساحة كل مثلث ونضيف المساحات المحسوبة إلى بعضها لتتج المساحة الكلية للقطعة. ويستخدم أحد القانونين الآتين اعتماداً على الأجهزة المستخدمة للقياس:

(1) إذا قيست أطوال أضلاع المثلث (أنظر الشكل (1.20(a)):

$$A = \sqrt{S(s-a)(s-b)(s-c)} \quad \dots (1.1)$$

حيث أن: A = مساحة المثلث (متر مربع)

$$S = \frac{a+b+c}{2}$$

S = نصف محيط المثلث (متر) ويساوي: a و b و c = أطوال أضلاع المثلث (متر)

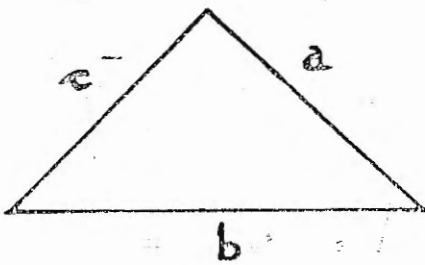
(2) إذا قيس طولاً ضلعين لمثلث والزاوية المحصورة بينهما (أنظر الشكل (1.20(b)):

$$A = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \sin \angle C \quad \dots (1.2)$$

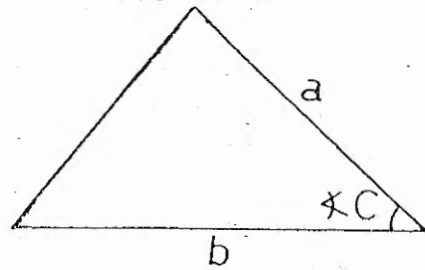
حيث أن: A = مساحة المثلث (متر مربع)

a و b = طولاً الضلعين (متر)

$\angle C$ = الزاوية المحصورة بين الضلعين a و b



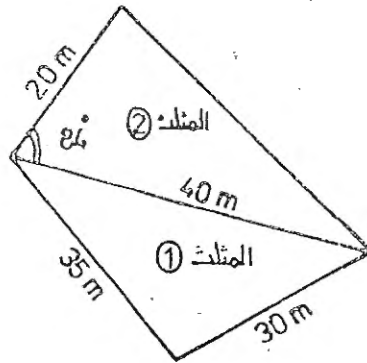
1.20(a)



1.20(b)

الشكل 1.20

قيست مساحة قطعة أرض بتقسيمها إلى مثلثين، حيث قيس أطوال ثلاثة أضلاع للمثلث الأول وطولا ضلعين وزاوية محصورة للمثلث الثاني وكما مبين في الشكل أدناه (الشكل 1.21). والمطلوب حساب مساحة قطعة الأرض بالأمطار المربعة.



شكل 1.21

الحل

تستخدم المعادلة (1.1) لحساب مساحة المثلث (1) كالآتي :

$$A_1 = \sqrt{S(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$S = \frac{40 + 30 + 35}{2} = 52.5 \text{ m} \quad \text{حيث أن } S \text{ تساوي :}$$

$$\therefore A_1 = \sqrt{52.5(52.5 - 40)(52.5 - 35)(52.5 - 30)}$$

$$A_1 = 508.33 \text{ m}^2$$

وتستخدم المعادلة (1.2) لحساب مساحة المثلث (2) كالآتي :

$$A_2 = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \sin C$$

$$\therefore A_2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 40 \times \sin 84^\circ$$

$$A_2 = 397.81 \text{ m}^2$$

المساحة الكلية لقطعة الأرض (A) تساوي :

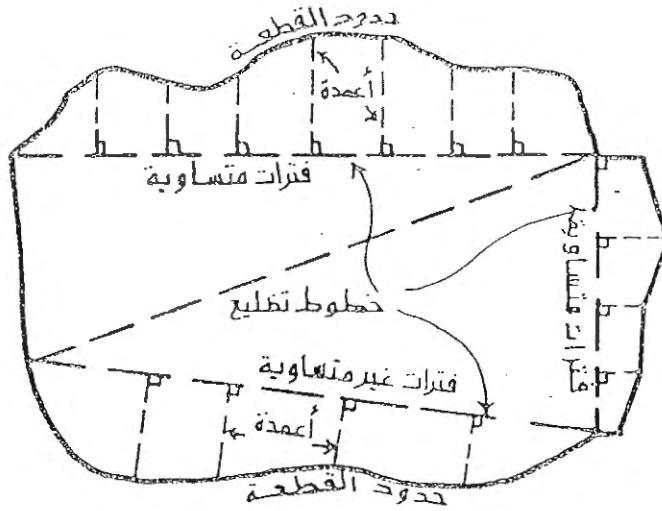
$$A = A_1 + A_2 = 508.33 + 397.81 = 906.14 \text{ m}^2$$

Setting out offsets

1.3.1.2 إقامة أعمدة على خط معلوم

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون بعض أو كل حدود القطعة غير منتظمة أو متعرجة. حيث تُقام أعمدة على خط معلوم كخط تضييع أو خط مسح مستقيم قريب من حدود القطعة وعلى فترات متساوية أو غير متساوية (كما في الشكل 1.22) وذلك باستعمال الشريط أو السلسلة فقط لقياس المسافات وإقامة الأعمدة (أو استخدام المربع البضوي إن وُجد

إضافة للشريط). ثم تحسب المساحة المحددة بخط التضليع وحدود القطعة والعمودين الأول والآخر باستخدام قوانين معينة اعتماداً على كيفية إقامة الأعمدة - على فترات متساوية أو غير متساوية - وعلى شكل حدود القطعة والدقة المطلوبة من القياس وكما مبين لاحقاً.



الشكل 1.22

1.3.1.2.1 إقامة أعمدة على فترات متساوية

Setting out offsets at regular (or equal) intervals

يستخدم في هذه الحالة أحد القوانين (أو القواعد) الآتية لحساب المساحة :

Average offsets formula

(A) قانون متوسط الأعمدة

يستخدم هذا القانون على نطاق ضيق وبغرض حساب المساحة بصورة تقريبية ، وكما مبين أدناه (انظر الشكل

: (1.23)

$$A = \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n} \right) \cdot L = \frac{\Sigma h}{n} (n - 1) d$$

$$= \frac{\Sigma h}{n} \cdot L \quad \dots (1.3)$$

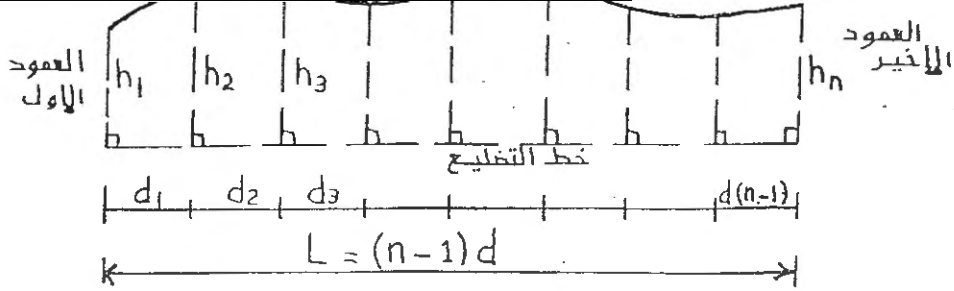
حيث أن : $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ أطوال الأعمدة المقامة

n = عدد الأعمدة المقامة

d = الفترة المتساوية بين الأعمدة المقامة

L = طول خط التضليع $= (n - 1)d$

[وذلك لأن عدد الفترات المتساوية = عدد الأعمدة - 1 $= (n - 1) - 1$]



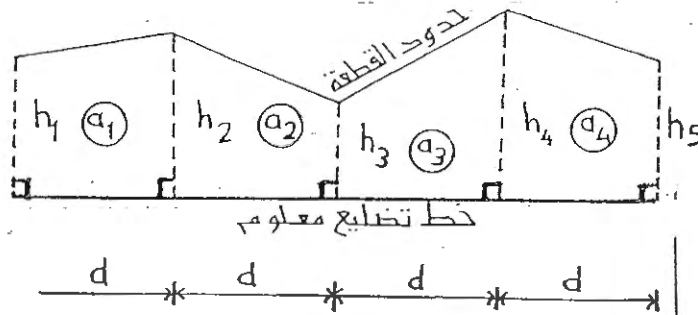
الشكل 1.23

Trapezoidal Rule

(B) قاعدة شبه المنحرف

تستخدم هذه القاعدة أو القانون عندما تكون حدود القطعة على شكل خطوط مستقيمة منكسرة ، أو عندما تكون الفترة المتساوية بين الأعمدة قصيرة بحيث تقرب الحدود المنحنية من مستقيمت منكسرة بين الأعمدة .

ومن أجل حساب المساحة المطلوبة واشتقاق قاعدة شبه المنحرف ، نحسب مساحة كل شبه منحرف متكون من حدود القطعة ونخطئ التضييع والعمودين المتجاورين كالاتي (أنظر الشكل 1.24) :



الشكل 1.24

حيث أن : $h_1, h_2, \dots, h_5$ أطوال الأعمدة المقامة

d = الفترة المتساوية بين الأعمدة المقامة

$a_1, a_2, \dots, a_4$ = مساحات الاشياء المنحرفة المتكونة

$$a_1 = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) d \quad a_2 = \left(\frac{h_2 + h_3}{2} \right) d$$

$$a_3 = \left(\frac{h_3 + h_4}{2} \right) d \quad a_4 = \left(\frac{h_4 + h_5}{2} \right) d$$

وعند إضافة المساحات اعلاه إلى بعضها ، يمكن الحصول على المساحة الكلية (A) :

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = d \left(\frac{h_1 + h_5}{2} + h_2 + h_3 + h_4 \right)$$

وإذا كان عدد الأعمدة يساوي (n) ، فإن قاعدة شبه المنحرف بصيغتها العامة تصبح :

$$A = d \left(\frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + \dots + h_{n-1} \right) \quad \dots (1.4)$$

ويمكن التعبير عن قاعدة شبه المنحرف كالآتي :

المساحة المحصورة بين حدود القطعة وخط التصلب والعمود الأول والعمود الأخير = الفترة المنتظمة (نصف مجموع العمودين الأول والأخير + مجموع الأعمدة الوسطية المتبقية)

كما يمكن حساب المساحة الكلية بهذه القاعدة عن طريق عمل جدول وحساب متوسط كل عمودين متجاورين ثم جمع متوسطات هذه الأعمدة وضرب هذا المجموع في الفترة المنتظمة بين أي عمودين كما مبين في المثال الآتي.

مثال 1.2

قيست مساحة قطعة محدّدة بخط تصلب وحدود متعرجة بأقامة أعمدة على خط التصلب تبعد عن بعضها البعض مسافة 10م ، وقيست أطوال الأعمدة بواسطة الشريط فكانت كما مبين في الشكل (1.25). احسب مساحة القطعة الكلية باستخدام قانون متوسط الأعمدة وقاعدة شبه المنحرف.

الحل

نُرقم الأعمدة من البداية وحتى النهاية ثم نحسب المساحة الكلية باستخدام القانونين (1.3) و (1.4) وطريقة الجدول لمتوسطات الأعمدة:

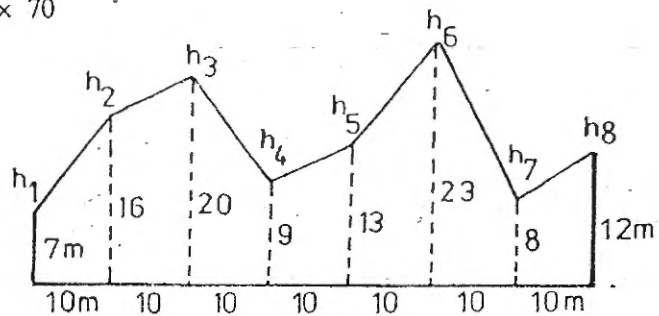
أولاً : إذا استخدم القانون (1.3) ،

$$A = \frac{\Sigma h}{n} \cdot L$$

$$= \left(\frac{7 + 16 + 20 + 9 + 13 + 23 + 8 + 12}{8} \right) \times 70$$

$$= \frac{108}{8} \times 70$$

$$= 945 \text{ m}^2$$



الشكل 1.25

ثانياً : إذا استخدمت قاعدة شبه المنحرف (القانون 1.4) ،

$$\begin{aligned}
 A &= d \left(\frac{h_1 + h_8}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 \right) \\
 &= 10 \left(\frac{7 + 12}{2} + 16 + 20 + 9 + 13 + 23 + 8 \right) \\
 &= 10 (98.5) \\
 &= \underline{985 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

ثالثاً : إذا استخدم جدول لحساب المساحة الكلية كما مبين أدناه ،

الجدول (1.1)

رقم العمود	طول العمود (م)	متوسط العمودين المتجاورين (م)
h_1	7	11.5
h_2	16	18
h_3	20	14.5
h_4	9	11
h_5	13	18
h_6	23	15.5
h_7	8	10
h_8	12	
		$\Sigma = 98.5$

$$\therefore A = 98.5 \times 10 = 985 \text{ m}^2$$

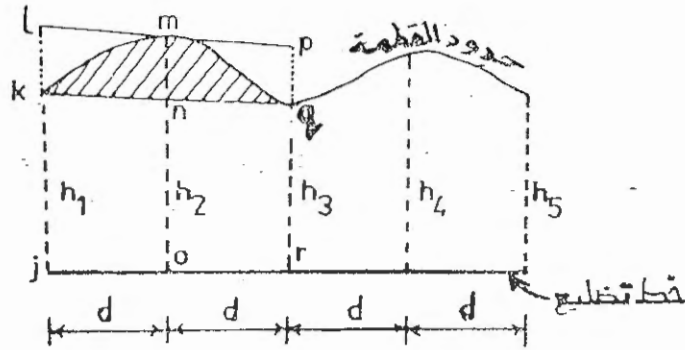
Simpson's Rule (or Simpson's one — third rule)

(C) قاعدة سمبسن (أو قاعدة الثلث لسمبسن)

تستخدم هذه القاعدة عندما تكون حدود القطعة غير منتظمة وعلى شكل أقواس أو منحنيات حيث تعطي نتائج أدق من قاعدة شبه المنحرف. وتطبق القاعدة لعدد فردي من الأعمدة عند حساب المساحة الكلية.

ولغرض اشتقاق القاعدة ، فقد فُرض أن الأقواس أو المنحنيات التي تشكل حدود القطعة عبارة عن قطع مكافئة. وأن المساحة تحت القطع المكافئ تساوي ثلثي مساحة متوازي الاضلاع الذي يحوي ذلك القطع المكافئ والمحصور بين نهايات ثلاثة أعمدة متجاورة ، وكما مبين في الشكل 1.26 :

حيث أن : $h_5, \dots, h_2, h_1$ هي أطوال الأعمدة القائمة على خط التصلب و d هي الفترة المنتظمة بين الأعمدة .
 فإذا أريد حساب المساحة المحصورة بين العمود الأول والثالث في الشكل 1.26 (وهي المساحة A_{jkqr}) ، فيجب
 عندئذ حساب مساحتي الجزئين (A_{kmq}) وهي المساحة تحت القطع المكافئ ، و (A_{jkqr}) وهي عبارة عن مساحة شبه
 منحرف .



الشكل 1.26

وهكذا ، فإن المساحة المحصورة بين العمود الأول والثالث (A_{1-3}) تساوي :

$$\begin{aligned} A_{1-3} &= A_{kmq} + A_{jkqr} \\ &= \frac{2}{3} \left[2d \left(h_2 - \frac{h_1 + h_3}{2} \right) \right] + 2d \left(\frac{h_1 + h_3}{2} \right) \\ &= \frac{d}{3} [4h_2 - 2h_1 - 2h_3 + 3h_1 + 3h_3] \\ &= \frac{d}{3} (h_1 + 4h_2 + h_3) \end{aligned}$$

وبالطريقة نفسها ، يمكن الحصول على المساحة المحصورة بين العمود الثالث والخامس (A_{3-5}) :

$$A_{3-5} = \frac{d}{3} (h_3 + 4h_4 + h_5)$$

وعند إضافة المساحتين أعلاه إلى بعضهما ، تصبح المساحة الكلية من العمود الأول وحتى العمود الخامس كالآتي :

$$\begin{aligned} A_{1-5} &= \frac{d}{3} (h_1 + 4h_2 + h_3) + \frac{d}{3} (h_3 + 4h_4 + h_5) \\ &= \frac{d}{3} [h_1 + h_5 + 4(h_2 + h_4) + 2(h_3)] \end{aligned}$$

وإذا كان عدد الأعمدة فردياً ويساوي (n) ، فإن قاعدة سمبسن بصيغتها العامة تصبح :

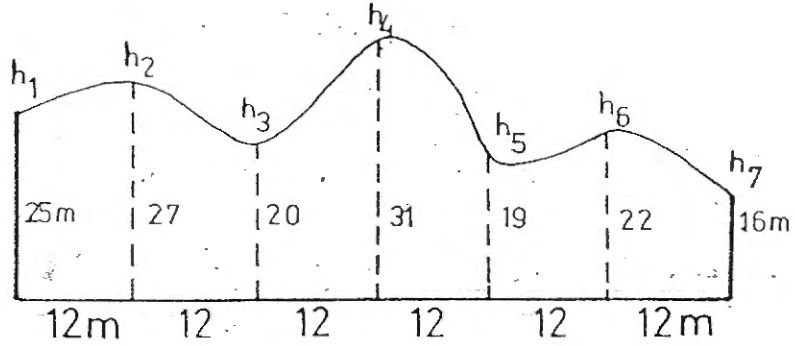
$$A = \frac{d}{3} [h_1 + h_n + 4 (h_2 + h_4 + \dots + h_{n-1}) + 2 (h_3 + h_5 + \dots + h_{n-2})] \quad \dots (1.5)$$

ويمكن التعبير عن قاعدة سمبسن كالآتي :

المساحة الكلية المحصورة بين العمود الأول والعمود الفردي الأخير = ثلث الفترة المنتظمة [طول العمود الأول + طول العمود الفردي الأخير + أربعة أضعاف مجموع الأعمدة الزوجية الوسطية + ضعف مجموع الأعمدة الفردية الوسطية] .

مثال 1.3

قيست مساحة قطعة محددة بخط تضليع وحدود متعرجة على شكل أقواس ، وذلك بإقامة أعمدة على بعد 12 م من بعضها البعض على امتداد خط التضليع ، وقياس أطوال تلك الأعمدة وكما مبين في الشكل 1.27 ، أذناه . والمطلوب حساب مساحة القطعة باستخدام قاعدة سمبسن ومقارنتها بالمساحة المحسوبة باستخدام قاعدة شبه المنحرف .



الشكل 1.27

الحل

نفرض أرقام للأعمدة من العمود الأول وحتى الأخير. وهكذا يصبح عدد الأعمدة في الشكل 1.27 فردياً ، أي أن : $(n = 7)$

وبذلك يمكن حساب مساحة القطعة باستخدام قاعدة سمبسن بوساطة القانون (1.5) كالآتي :

$$\begin{aligned} A_{h_1-h_7} &= \frac{d}{3} [h_1 + h_7 + 4 (h_2 + h_4 + h_6) + 2 (h_3 + h_5)] \\ &= \frac{12}{3} [25 + 16 + 4 (27 + 31 + 22) + 2 (20 + 19)] \\ &= 4 [41 + 4 \times 80 + 2 \times 39] \\ &= 4 \times 439 = 1736 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

أما المساحة المحسوبة باستخدام قاعدة شبه المتحرف فتساوي:

$$A_{h_1-h_7} = 12 \left(\frac{25 + 16}{2} + 27 + 20 + 31 + 19 + 22 \right) = 12 \times 139.5 = 1674 \text{ m}^2$$

$$\Delta \text{ Area} = 1736 - 1674 = 62 \text{ m}^2$$

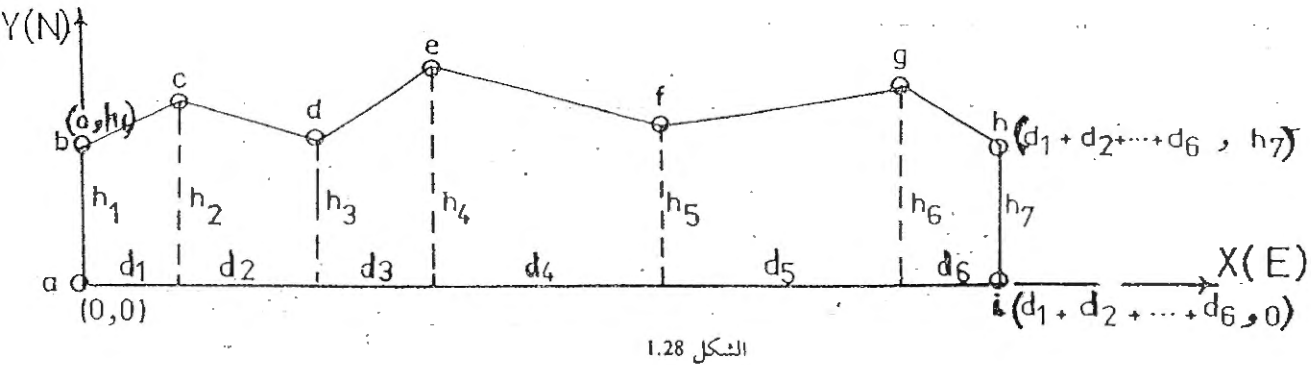
وبذلك يكون الفرق بين المساحتين:

وهذا الفرق الناتج هو بسبب كون الحدود المتعرجة على شكل أقواس.

Setting out offsets at Irregular Intervals

1.3.1.2.2 إقامة أعمدة على فترات غير متساوية

عند عدم التمكن من إقامة أعمدة على فترات متساوية بسبب طبيعة الأرض أو شكل حدود القطعة، فيستخدم عندئذ قانون خاص يعتمد على القاعدة المتبعة لحساب المساحة باستخدام إحداثيات أركان أية قطعة مغلقة الشكل [أو طريقة الاحداثيات حيث يمكن الحصول على ضعف المساحة المطلوبة عن طريق مجموع حاصل ضرب الاحداثيات السيني (أو إحداثي التثريق) لكل نقطة في فرق الإحداثيين الصاديين (أو فرق إحداثي التشميل) للنقطتين السابقتة واللاحقة] والتي سوف تشرح لاحقاً. وهكذا، يمكن الحصول على ضعف مساحة القطعة المحصورة بين خط التضميع وحدود القطعة والعمودين الأول والآخر باستخدام القانون المبين أدناه (انظر الشكل 1.28). ثم تؤخذ نصف القيمة المطلقة (أو العددية أو الحسائية بدون إشارة) لضعف المساحة الناتج.



الشكل 1.28

فلو فُرض أن القطعة المغلقة (a b c d e f g h i) هي المطلوب تعيين مساحتها وأن:

هي الأعمدة القائمة على فترات غير متساوية هي $h_7, \dots, h_3, h_2, h_1$ (والتي تقل عن عدد الأعمدة بواحد)، فإن ضعف مساحة القطعة باستخدام قانون طريقة الاحداثيات يمكن حسابها كالآتي (بإبتداءً من a وباتجاه عقرب الساعة):

$$\begin{aligned} 2A = & 0(0 - h_1) + 0(0 - h_2) + d_1(h_1 - h_3) + (d_1 + d_2)(h_2 - h_4) \\ & + (d_1 + d_2 + d_3)(h_3 - h_5) + \dots + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6) \\ & (h_6 - 0) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6)(h_7 - 0) \end{aligned}$$

وبالتالي، يمكن كتابة قانون الفترات غير المتساوية لحساب المساحة كالآتي :

$$2A = d_1 (h_1 - h_3) + (d_1 + d_2) (h_2 - h_4) + (d_1 + d_2 + d_3) (h_3 - h_5) + \\ + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) (h_4 - h_6) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) (h_5 - h_7) \\ + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6) (h_6 - h_7) = \pm \sim \sim \sim \sim \sim m^2 \dots (1.6)$$

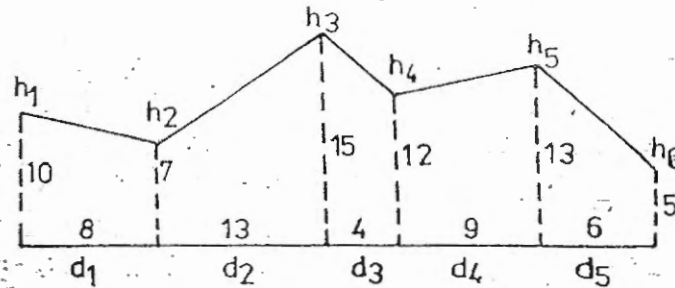
$$\therefore A = \left| \frac{\pm \sim \sim \sim \sim \sim}{2} \right| m^2$$

ويمكن صياغة القانون بالتعبير الآتي :

ضعف المساحة = الفترة الاولى (العمود الاول - العمود الثالث) + (الفترة الاولى + الفترة الثانية) (العمود الثاني - العمود الرابع) + + (الفترة الاولى + الفترة الثانية + الفترة الثالثة + + الفترة الاخيرة) (العمود قبل الاخير + العمود الاخير)

مثال 1.4

قيست مساحة قطعة عن طريق إقامة اعمدة على فترات غير متساوية وكما مبين في الشكل 1.29. والمطلوب حساب مساحة القطعة.



الشكل 1.29

الحل

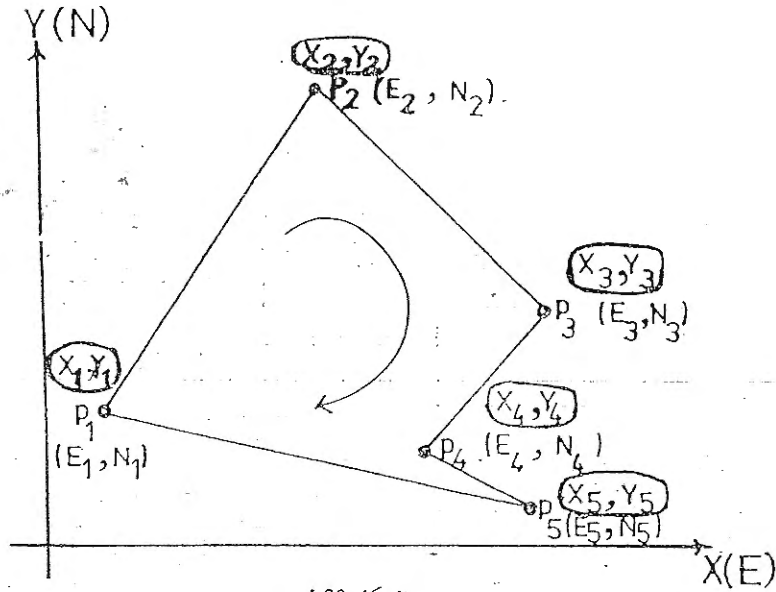
يستخدم القانون (1.6) لحساب المساحة كالآتي :

$$2A = 8 (10 - 15) + (8 + 13) (7 - 12) + (8 + 13 + 4) (15 - 13) \\ + (8 + 13 + 4 + 9) (12 - 5) + (8 + 13 + 4 + 9 + 6) (13 - 5) \\ = - 40 - 105 + 50 + 238 + 720 = + 863$$

$$\therefore A = \left| \frac{+ 863}{2} \right| = 431.5 m^2$$

إذا عُلمت إحداثيات أركان قطعة مغلقة الشكل ، فيمكن عندئذ حساب ضعف مساحة تلك القطعة عن طريق استخدام قانون الاحداثيات لحساب المساحة والذي يمكن صياغته كالآتي :

ضعف المساحة = المجموع الجبري لحاصل ضرب الأحدثائي السيني (أو أحدثائي التثريق) لكل نقطة من أركان القطعة في فرق الإحداثيين الصاديين للنقطتين السابقتين واللاحقة لتلك النقطة (أو فرق إحداثيي التثميل) وإبتداءً من نقطة معينة وباتجاه معين وحتى الرجوع إلى نقطة البداية. ثم تحسب المساحة بقسمة القيمة المطلقة (أو العددية أو الحسابية بدون إشارة) لضعف المساحة الناتج على إثنين ، وكما مبين في الشكل 1.30 أدناه .



فلو فُرض في الشكل 1.30 أن القطعة $P_1P_2P_3P_4P_5$ مطلوب حساب مساحتها بقانون الاحداثيات ، فيمكن وضع القانون كالآتي (بدلالة الاحداثيات السينية والصادية)

$$2A = X_1 (Y_5 - Y_2) + X_2 (Y_1 - Y_3) + X_3 (Y_2 - Y_4) + X_4 (Y_3 - Y_5) + X_5 (Y_4 - Y_1)$$

كما يمكن حساب المساحة بدلالة إحداثيات التثريق والتثميل (وهو المفضل استخدامه في هذا الكتاب) وكالآتي :

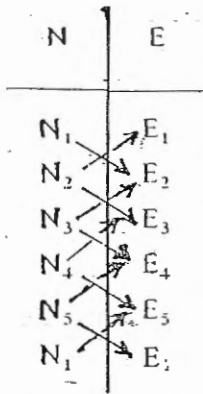
$$\begin{aligned} 2A &= E_1 (N_5 - N_2) + E_2 (N_1 - N_3) + E_3 (N_2 - N_4) + E_4 (N_3 - N_5) \\ &\quad + E_5 (N_4 - N_1) \quad \dots (1.7) \\ &= E_1 \cdot N_5 - E_1 \cdot N_2 + E_2 \cdot N_1 - E_2 \cdot N_3 + E_3 \cdot N_2 - E_3 \cdot N_4 + E_4 \cdot N_3 \\ &\quad - E_4 \cdot N_5 + E_5 \cdot N_4 - E_5 \cdot N_1 \end{aligned}$$

ويمكن الحصول على المجموع الجبري لحاصل الضرب النهائي المبين اعلاه بطريقة بسيطة ، وذلك بترتيب إحداثيات النقاط على شكل نسبة او كسر اعتيادي وابتداءً من النقطة الاولى وحتى نقطة النهاية ثم كتابة إحداثيات النقطة الاولى مرة اخرى في النهاية. ويكون الترتيب بصورة افقية أو بصورة عمودية إذا كان ضمن جدول حسابات التضلع المضلع ما. حيث يضرب بسط كل كسر في مقام الكسر الذي يليه ثم تجمع حواصل الضرب جبرياً فتكون الحد الاول ، ويطرح منه المجموع الجبري لحواصل ضرب مقام كل كسر في بسط الكسر الذي يليه والذي يكون الحد الثاني وكما مبين أدناه:

$$\frac{N_1}{E_1} \times \frac{N_2}{E_2} \times \frac{N_3}{E_3} \times \frac{N_4}{E_4} \times \frac{N_5}{E_5} \times \frac{N_1}{E_1}$$

$$\therefore 2A = (E_2.N_1 + E_3.N_2 + E_4.N_3 + E_5.N_4 + E_1.N_5) - (E_1.N_2 + E_2.N_3 + E_3.N_4 + E_4.N_5 + E_5.N_1) \quad \dots (1-7a)$$

(B) إذا رتب عمودياً:



$$2A = (N_1.E_2 + N_2.E_3 + N_3.E_4 + N_4.E_5 + N_5.E_1)$$

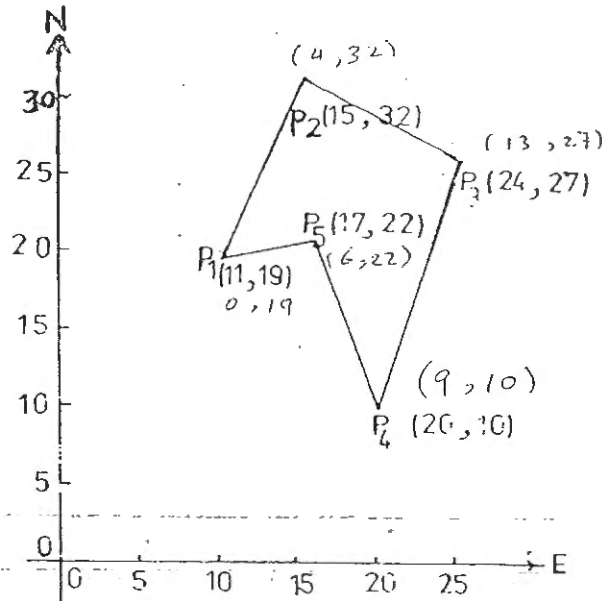
$$- (N_2.E_1 + N_3.E_2 + N_4.E_3 + N_5.E_4 + N_1.E_5)$$

$$\therefore 2A \equiv \pm \sim m^2$$

$$\therefore A = \left| \frac{\pm \sim}{2} \right| m^2$$

ويمكن ترتيب الاحداثيات ايضا بوضع $\frac{E}{N}$ أو $E|N$ ، حيث ان الترتيب هذا لا يؤثر على القيمة العددية أو المطلقة وإنما يؤثر على الاشارة فقط.

حسبت الاحداثيات المصححة لأركان قطعة أرض على شكل مضلع دائري مغلق فكانت كما مبين في الشكل 1.31. والمطلوب حساب مساحة قطعة الأرض باستخدام قانون الاحداثيات.



الشكل 1.31

الحل
ترتب الاحداثيات أفقيا أو عموديا وكما يأتي :

$$\frac{E_1}{N_1} \quad \frac{E_2}{N_2} \quad \frac{E_3}{N_3} \quad \frac{E_4}{N_4} \quad \frac{E_5}{N_5} \quad \frac{E_1}{N_1}$$

$$\frac{11}{19} \rightarrow \frac{15}{32} \rightarrow \frac{24}{27} \rightarrow \frac{20}{10} \rightarrow \frac{17}{22} \rightarrow \frac{11}{19}$$

ثم تحسب المساحة باستخدام القانون (1.7a) :

$$\begin{aligned} 2A &= (11 \times 32 + 15 \times 27 + 24 \times 10 + 20 \times 22 + 17 \times 19) \\ &\quad - (19 \times 15 + 32 \times 24 + 27 \times 20 + 10 \times 17 + 22 \times 11) \\ &= 1760 - 2005 = -245 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\therefore A = \left| \frac{-245}{2} \right| = 122.5 \text{ m}^2$$

E	N
11	19
15	32
24	27
20	10
17	22
11	19

1.3.1.4 إستخدام طريقة مضاعف خط الطول (أو ضعف مسافة خط الطول أو خط الزوال)

Using Double – Meridian – Distance Method (D.M.D. Method)

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون المركبات الإفقية والرأسية المصححة لأضلاع المضلع الذي يمثل قطعة الأرض معلومة من حسابات عملية تضليع ، ولذلك فقد تسمى أيضا بطريقة المركبات لحساب المساحة. حيث تحسب ضعف مسافة خط الطول باستخدام المركبات الإفقية المصححة. وتعرف مسافة خط الطول كالاتي :

مسافة خط الطول لنقطة Meridian – Distance of a Point: هي بعد النقطة من محور خط الشمال (أو هي إحداثي التثريق للنقطة).

مسافة خط الطول لخط Meridian – Distance of a Line: هي بعد النقطة الوسطى لذلك الخط من محور خط الشمال (أو إحداثي التثريق للنقطة الوسطى للخط).

ضعف مسافة خط الطول لخط Double – Meridian – Distance of a Line: هي مجموع بعدي نقطتي النهاية لذلك الخط من محور خط الشمال (أو مجموع إحداثي التثريق لنقطتي النهاية لذلك الخط).
ويبين الشكل 1.32 كلاً من هذه التعاريف أعلاه.

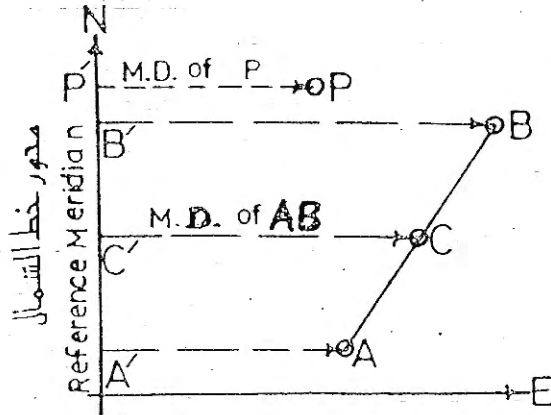
فمسافة خط الطول للنقطة $PP' = P$

ومسافة خط الطول للخط المستقيم $CC' = AB$

وضعف مسافة خط الطول (أو مضاعف خط الطول) للخط المستقيم $AA' + BB' = AB$

ومن الشكل 1.32 ، يمكن الحصول على ضعف مساحة شبه المنحرف $AA'B'B$ كالاتي (والذي يصنعه الضلع مع محور الشمال) :

$$2A = (AA' + BB') \times A'B'$$



الشكل 1.32

حيث ان $A'B'$ هي المركبة الرأسية للضلع AB . وهكذا ، يمكن حساب مساحة مضلع مغلق باستخدام المركبات الإفقية ΔE والمركبات الرأسية ΔN Latitude or Departure or ΔN المصححة للأضلاع بعد ترتيبها في جدول :
وإتباع ثلاث قواعد بسيطة لحساب ضعف مسافة خط الطول لكل ضلع (إذا جعلنا محور الشمال يمر من أبعد نقطة إلى القرب بالنسبة للمضلع). وكما مبين في الشكل 1.33 (حيث أن المجموع الجبري لأضلاع مساحات الاشباه المنحرفة المتكونة يساوي ضعف مساحة المضلع).

(1) ضعف مسافة خط الطول للضلع الأول = المركبة الأفقية للضلع الأول

$$\text{D.M.D. of AB} = \text{Dep. of AB} = B'B$$

(2) ضعف مسافة خط الطول لأي ضلع آخر = ضعف مسافة خط الطول للضلع السابق + المركبة الأفقية للضلع السابق + المركبة الأفقية للضلع نفسه

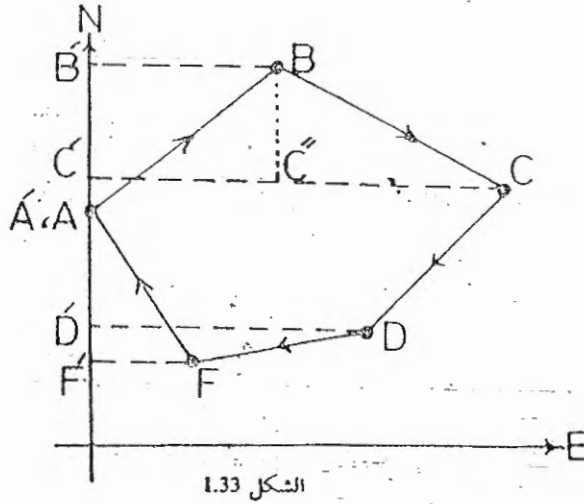
$$\text{D.M.D. of BC} = \text{D.M.D. of AB (or B'B)}$$

$$+ \text{Dep. of AB (or B'B = C'C')}$$

$$+ \text{Dep. of BC (or C'C)}$$

وهذا ما ينطبق على الموجود في الشكل 1.33 حيث أن :

$$\text{D.M.D. of BC} = B'B + C'C \text{ (or: C'C' + C'C)}$$

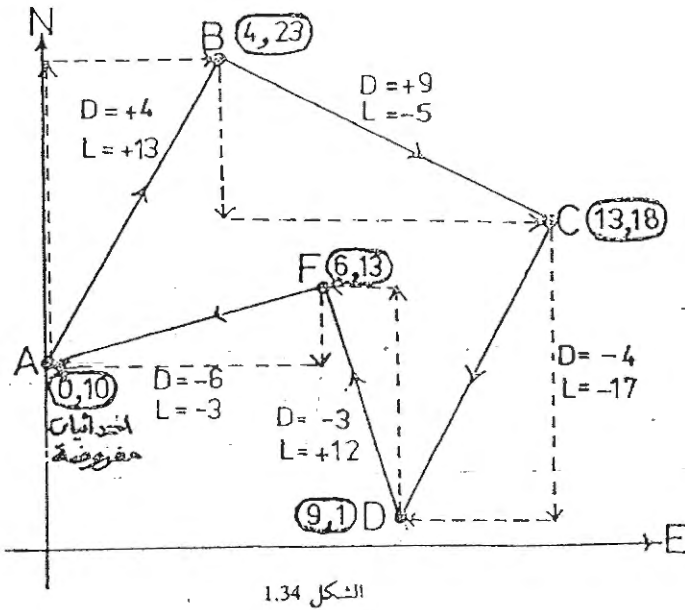


(3) ضعف مسافة خط الطول للضلع الأخير = - (المركبة الأفقية للضلع الأخير)

$$\text{D.M.D. of FA} = - (\text{Dep. of FA}) = - (FF') = F'F$$

وهذه القاعدة هي النتيجة الحسابية لتطبيق القاعدة الثانية (2)، وتعد كطريقة للتحقق من حسابات أضعاف المسافات لخطوط الطول للأضلاع.

حسبت المركبات الأفقية والرأسية لقطعة أرض على شكل مضلع مغلق فكانت كما مبين في الشكل 1.34 لكل ضلع. والمطلوب حساب مساحة قطعة الأرض باستخدام طريقة مضاعف خط الطول. وتحقيق النتيجة بطريقة الاحداثيات.



الحل

يجعل محور الشمال في موضع يمر من نقطة A وهي أقصى نقطة إلى الغرب، ثم يرتب جدول وتحسب ال D.M.D. للاضلاع.

الجدول (1.2)

الضلع Side	المركبة الأفقية Dep.	ضعف المسافة المريدية D.M.D مضاعف خط الطول	المركبة الرأسية Lat.	ضعف المساحة 2.A
AB	+ 4	+ 4	+ 13	+ 52
BC	+ 9	+ 4 + 4 + 9 = + 17	- 5	- 85
CD	- 4	+ 17 + 9 - 4 = + 22	- 17	- 374
DF	- 3	+ 22 - 4 - 3 = + 15	+ 12	+ 180
FA	- 6	+ 15 - 3 - 6 = + 6	- 3	- 18
			$\Sigma = + 25$	$\therefore 2A =$
	$\Sigma = + 13$	check	- 25	+ 232
	- 13			
	= 00		= (0)	- 477
				= -245
			$\therefore A = \frac{-245}{2} = 122.5$	m^2

ويمكن فحص أو تحقيق النتيجة عن طريق فرض إحداثيات للنقطة A ($E=0, N=10$) ومن ثم حساب إحداثيات بقية النقاط .

حيث أن : $N_B = N_A + (L_{AB})$, $E_B = E_A + (D_{AB})$ يمكن ترتيب الإحداثيات كالآتي وحساب ضعف المساحة :

$$\frac{0}{10} \rightarrow \frac{4}{23} \rightarrow \frac{13}{18} \rightarrow \frac{9}{1} \rightarrow \frac{6}{13} \rightarrow \frac{0}{10}$$

$$2A = 262 - 507 = - 245$$

$$\therefore A = \left| \frac{- 245}{2} \right| = 122.5 \text{ m}^2$$

$\therefore$ check

Map Measurements of Area

1.3.2 طرق قياس المساحة من الخارطة
تم هذه القياسات باستخدام الطرق الآتية :

1.3.2.1 تقسيم القطعة إلى مثلثات

إذا كانت القطعة المراد قياس مساحتها تقع ضمن خارطة أو كانت مرسومة على ورقة بمقياس رسم معين، فيمكن تقسيم القطعة إلى مثلثات وقياس أطوال أضلاع هذه المثلثات ومن ثم حساب مساحات هذه المثلثات باستخدام القوانين التي ذكرت سابقاً وإضافة هذه المساحات إلى بعضها للحصول على المساحة الكلية للقطعة على الخارطة. وبعد ذلك يمكن الحصول على مساحة القطعة الحقيقية على الأرض بأحدى الطرق الآتية :

- قسمة المساحة على الخارطة بالسنتيمترات المربعة على مربع مقياس الرسم (إذا كان المقياس كسراً نسبياً) ومن ثم قسمة الناتج على (10000) للحصول على المساحة بالامتار المربعة. أو ضرب المساحة على الخارطة في مربع مقام مقياس الرسم وقسمة الناتج على 10000.
- ضرب المساحة على الخارطة بالسنتيمترات المربعة في مقدار ما يمثل السنتيمتر المربع من الامتار المربعة على الأرض.
- إذا قيست أطوال الأضلاع بالامتار عن طريق استخدام المسطرة المثلثية Triangular Scale بموجب مقياس الرسم الذي رسمت به الخارطة فعند ذلك يمكن حساب مساحة القطعة بالامتار المربعة مباشرة.

1.3.2.2 استخدام إحداثيات اركان القطعة او احداثيات مفروضة لهذه الاركان
يمكن استخدام طريقة الاحداثيات التي ذكرت سابقا عن طريق قياس احداثيات اركان القطعة على الخارطة او فرض محوري الشمال والشرق على الورقة التي رسمت عليها القطعة وقياس الاحداثيات المفروضة لأركان القطعة، وبعد ذلك يمكن حساب مساحة القطعة على الارض.

1.3.2.3 استخدام المربعات الاحداثية (أو أوراق الخطوط البيانية)

Using Coordinate Squares (or Graph paper)

هنالك ثلاث طرق لاستخدام المربعات الاحداثية:

(A) تقسيم القطعة المرسومة إلى مربعات ذات وحدة مساحة معينة كـ 5×5 سم أو 2×2 سم أو 10×10 سم (إذا كان المخطط المرسوم للقطعة مطلوباً لحساب المساحة فقط). ثم يحسب عدد المربعات الكاملة داخل القطعة ويضاف اليه مجموع اجزاء المربعات المجاورة لحدود القطعة (والتي تكون عدداً اضافياً من المربعات). وبعد ذلك يضرب عدد المربعات الكلي في مايمثله المربع الواحد من الامتار المربعة على الارض للحصول على مساحة القطعة على الارض بالامتار المربعة.

(B) وضع ورقة مربعات شفافة أو ورقة شفافة مقسمة إلى مربعات فوق القطعة المطلوب حساب مساحتها ومن ثم حساب عدد المربعات الكلي داخل القطعة واستخراج مساحة القطعة على الارض بالامتار المربعة.

(C) رسم القطعة المطلوب حساب مساحتها على ورقة مربعات أو ورقة مقسمة إلى مربعات، ومن ثم حساب العدد الكلي للمربعات داخل القطعة واستخراج مساحة القطعة على الارض بالامتار المربعة. وتستخدم هذه الطريقة غالباً لحساب مساحات المقاطع العرضية لطريق أو سدة أو قناة.

مثال 1.7

رسمت قطعة ارض على ورقة مربعات بمقياس $\frac{1}{1000}$ ، ثم حسب عدد المربعات الكاملة داخل القطعة فكان مساوياً : 17 مربعا، وأضيفت أجزاء المربعات المجاورة لحدود القطعة إلى بعضها فكان عددها مساوياً : 6 مربعات. فإذا كانت مساحة المربع الواحد تساوي : $5 \text{ سم} \times 5 \text{ سم} = 25 \text{ سم}^2$. فكم تكون مساحة قطعة الارض بالامتار المربعة.

الحل

لما كان مقياس الرسم = $\frac{1}{1000}$ ، فإن مساحة المربع الواحد على الارض يساوي:

$$2500 \text{ م}^2 = \frac{25(1000) \times 25}{10000} \text{ أو } 10000 \div \frac{25}{\left(\frac{1}{1000}\right)^2}$$

أو 1 سم على الخارطة = 1000 سم على الارض = 10 م

1 سم² على الخارطة = 100 م² على الارض

وهكذا تكون مساحة المربع الواحد على الارض = $100 \times 25 = 2500 \text{ م}^2$

وبذلك ، تكون المساحة الكلية للقطعة على الأرض =
مساحة المربع الواحد على الأرض × (عدد المربعات الكاملة + عدد المربعات المتكونة من الأجزاء) =
 $2500 \times (6 + 17) = 57500 \text{ م}^2 = 23 \text{ دونم}$

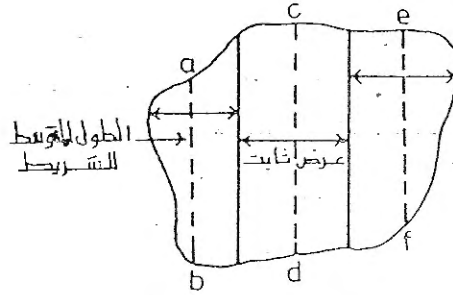
Division into strips

1.3.2.4 تقسيم القطعة إلى اشربة أو شرائح

يمكن تقسيم القطعة إلى عدد من الاشربة ذات عرض ثابت ومن ثم قياس مجموع الأطوال المتوسطة لهذه الاشربة (في منتصف العرض الثابت) باستخدام القرطال أو المسطرة العادية ، ثم ضرب مجموع هذه الأطوال في العرض الثابت للحصول على مساحة القطعة على الخارطة ، واستخراج مساحتها على الأرض بالامتار المربعة بعد ذلك ، وكما مبين في الشكل ادناه 1.35.

مجموع الاطوال المتوسطة

$$A = (ab + cd + ef) \times \text{العرض الثابت}$$



الشكل 1.35

Using the Planimeter

1.3.2.5 إستخدام جهاز البلاينيومتر

يستخدم جهاز البلاينيومتر القطبي غالباً Polar Planimeter كما مبين في الشكل 1.38 لقياس مساحة أية قطعة مرسومة على ورقة بمقياس رسم معين. حيث يسجل الجهاز عدداً صحيحاً من الدورات revolutions وأجزائها على قرص (أو طبلة) وعجلة بصورة ميكانيكية نتيجة لدوران النقطة المتحركة أو نقطة التتبع Tracing point الخاصة بالجهاز حول حدود القطعة. وعند ضرب عدد الدورات الكلي في ثابت الجهاز Planimeter Constant يمكن الحصول على مساحة القطعة على الخارطة واستخراج مساحتها على الأرض بعد ذلك. والقانون المستخدم لحساب مساحة القطعة على الخارطة هو:

$$A = C.n$$

... (1.8)

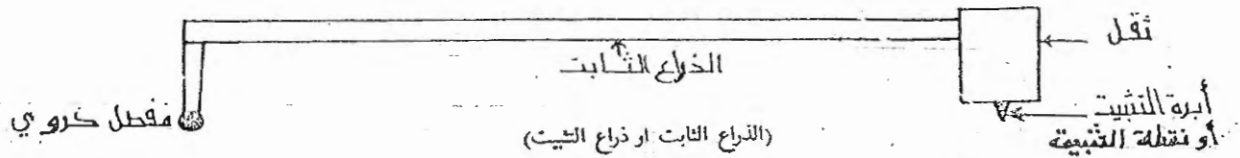
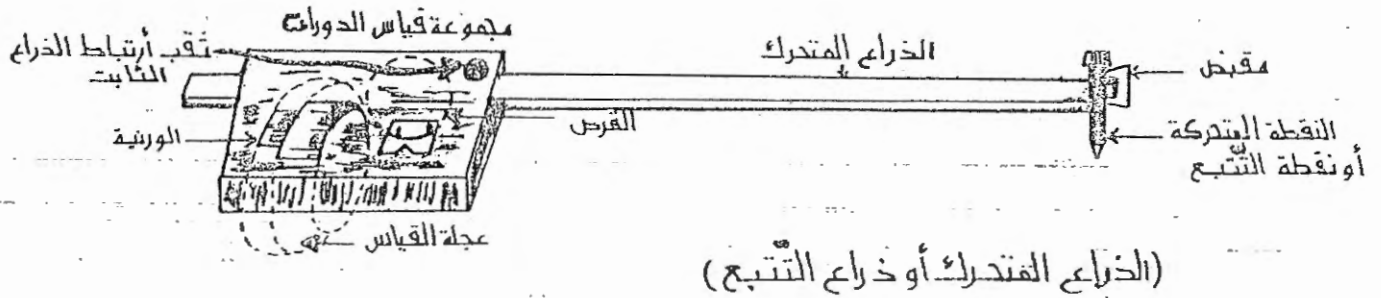
حيث أن : C = ثابت الجهاز (وحدته بالسنتيمترات المربعة لكل دورة $\text{Cm}^2/\text{revol.}$)

n = عدد الدورات الكلي الذي يسجله الجهاز للمساحة المطلوبة

= القراءة النهائية للجهاز (n_r) - القراءة الأولية للجهاز (n_i) ، أو بتعبير آخر : $n = n_r - n_i$

يتألف جهاز الهلانيمتر القطبي من ذراعين رئيسيين هما (كما مبين في الشكل 1.36):

- (1) الذراع المتحرك أو ذراع التتبع Tracing Arm : ويكون ثابت الطول إلا أن بعض الأنواع متغيرة الطول ، وهو يحوي على النقطة المتحركة أو نقطة التتبع Tracing Point وهي عبارة عن مسبار ذي مقبض ونابض رأسي كما مبين في الشكل 1.38b (أو عدسة مكبرة ودائرة سوداء صغيرة كما مبين في الشكل 1.38a) تستخدم لتتبع حدود القطعة وتقع في أحد طرفي الذراع ، أما الطرف الآخر فيحوي مجموعة قياس عدد الدورات الكلي التي تتألف من قرص (أو طبله) مع عجلة ووزنية ملحقة بها.
- (2) الذراع الثابت أو ذراع التثبيت Anchor Arm : وهو ذو طول ثابت دوماً ويحوي على ثقل وإبرة للتثبيت تدعى بنقطة التثبيت Anchor Point في أحد طرفيه ، وأما الطرف الآخر فيحوي نتوء مفصلي كروي للارتباط بذراع التتبع عن طريقه.



الشكل 1.36 مخطط توضيحي لجهاز الهلانيمتر

أما جهاز الهلانيمتر العجلي Roller Planimeter كما مبين في الشكل 1.38c فيحوي على عجلة اسطوانية طويلة للاستناد بدلاً من ذراع التثبيت والإبرة وتكون العجلة ثقيلة ولكنها متحركة. وعند استخدام الجهاز فإنه يستند على ثلاث نقاط هي : نقطة التثبيت الثابتة الموقع ونقطة التتبع المتحركة وعجلة القياس مع عجلة مساعدة (وهما دوارتان حول مركزهما)، والمفضل عند القياس أن تكون جميع هذه النقاط واقعة على مستوى أفقي واحد فوق سطح الورقة أو الخارطة حيث القطعة المرسومة (والمطلوبة قياس مساحتها)، وأن لا تخرج العجلة عن حافة الورقة ، ولا تتحرك نقطة التثبيت من موقعها ، ويمسك الجهاز من مقبض نقطة التتبع فقط.

ومن أجل قياس مساحة قطعة باستخدام جهاز الهلانيمتر ، فتتبع إحدى الطريقتين الآتيتين اعتماداً على كبر أو صغر المساحة المقاسة وعلى موقع نقطة التثبيت نسبة لحدود القطعة :-

الطريقة الاولى للقياس : - اذا كانت مساحة القطعة المقيسة صغيرة ونقطة التثبيت موضوعة خارج حدود القطعة. تتبع الخطوطان الآتيتان لغرض القياس :

(1) تعيين ثابت الجهاز (C) : إذا كان طول الذراع المتحرك او ذراع التتبع ثابتاً فإن ثابت الجهاز يكون كمية ثابتة على الدوام وقد يكتب على الذراع نفسه او داخل صندوق الجهاز وان لم يكن الذراع ثابت الطول ، فيتم تعيين ثابت الجهاز بوساطة رسم دائرة او مربع ذي مساحة معينة (ك : $10 \text{ سم} \times 10 \text{ سم} = 100 \text{ سم}^2$) ثم توضع نقطة التثبيت خارج المربع ونقطة التتبع على احد اركانها وتؤخذ قراءة أولية (يرمز لها n_i). ثم تحرك نقطة التتبع حول حدود المربع (وباتجاه عقرب الساعة) حتى تصل الى نقطة البداية حيث تؤخذ قراءة نهائية (يرمز لها n_f). وتكرر هذه العملية ثلاث مرات للتأكد من عدد الدورات الصافي الذي يمثل المربع وهو (n) والذي يساوي : $n = n_f - n_i$ ، حيث يؤخذ معدل عدد الدورات الصافي الثلاث. وبذلك يكون ثابت الجهاز مساوياً.

$$C = \frac{100 \text{ cm}^2}{n} \quad (\text{وحدة : سم}^2 / \text{دورة} = \text{cm}^2 / \text{revol.})$$

(2) قياس مساحة القطعة (A) : توضع نقطة التثبيت خارج حدود القطعة بينما تلمسك نقطة التتبع على احدى النقاط المؤشرة الواقعة على حدود القطعة وتؤخذ قراءة أولية (يرمز لها n_i). ثم تحرك نقطة التتبع حول حدود القطعة (وباتجاه عقرب الساعة) حتى تصل الى نقطة البداية حيث تؤخذ قراءة نهائية (يرمز لها n_f). ومن الافضل تكرار هذه العملية مرتين للتأكد من عدد الدورات الصافي الذي يمثل مساحة القطعة ويؤخذ معدل عدد الدورات الصافي هذا (يرمز له n) والذي يساوي : $n = n_f - n_i$ وهكذا يمكن الحصول على مساحة القطعة باستخدام القانون المذكور سابقاً وهو :
(وحدة المساحة هي : سم^2) $A = C \cdot n$

وبعد ذلك تحسب مساحة القطعة الحقيقية على الارض باستخدام مقياس الرسم الذي رسمت بموجبه القطعة وكما مر سابقاً.

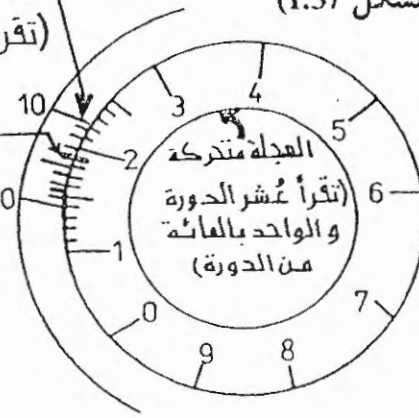
وقد يزود الجهاز بجدول يبين مقدار ما تمثله الدورة الواحدة للقرص لكل طول معين للذراع التتبع ولقياس رسم معين. إلا أن من الافضل دوماً التأكد من قيمة ثابت الجهاز. وكذلك وضع القراءة الاولى على أي عدد من الدورات (أي عدم تصفير القراءة الاولى حيث قد تكون هذه غير مضبوطة نتيجة للاستخدام المستمر للجهاز).

ملاحظة : أثناء دوران العجلة عند قياس مساحة القطعة فقد يتعدى صفر القرص المؤشر مرة أو مرتين اذا كانت المساحة كبيرة نسبياً وبذلك يجب إضافة (10) دورات صحيحة كلما تعدى صفر القرص المؤشر مرة واحدة وهكذا.

كيفية قراءة عدد الدورات الكلي (كما مبين في الشكل 1.37)

الورنية ثابتة
(تقرأ الواحد بالالف من الدورة)

الخط السادس من الورنية
ينطبق مع خط التقسيم
المقابل للعجلة



القراءة الكلية = 3 . 1 3 6

علم الورنية (الخط المنطبق منها) ← علم العجلة (قبل صفر الورنية) ← علم القرص (قبل المؤشر)

الشكل 1.37

الطريقة الثانية للقياس - إذا كانت مساحة القطعة المقاسة كبيرة ونقطة التثبيت موضوعة داخل حدود القطعة. عندما يستخدم الجهاز في هذه الطريقة حيث توضع نقطة التثبيت داخل القطعة، فإن الذراع المتحرك أو ذراع التبع سيكون أحياناً بوضع معين نسبة للذراع الثابت أو ذراع التثبيت بحيث يمر مستوى العجلة من نقطة التثبيت، وبذلك فإن نقطة التبع يمكنها أن تقتني أثر محيط دائرة دون تسجيل أية قراءة على العجلة. أي أن هناك مساحة معينة تمثل بمساحة دائرة غير مسجلة على القرص والعجلة (بعدد من الدورات يمثلها) ومساحة هذه الدائرة غير المسجلة تدعى مساحة دائرة الصفر أو دائرة الصفر فقط Zero Circle ويرمز لها بالحرف (Z)، والتي يجب تعيين مساحتها قبل القياس. ولذلك تتبع الخطوات الآتية لغرض القياس:

(1) تعيين ثابت الجهاز (C): تتبع الطريقة نفسها المذكورة سابقاً حيث توضع نقطة التثبيت خارج المربع.

(2) تعيين مساحة دائرة الصفر (Z): حيث توضع نقطة التثبيت داخل المربع وتوضع نقطة التبع على أحد أركانه وتؤخذ قراءة أولية (n_{1r})، ثم تحرك نقطة التبع حول محيط المربع (وباتجاه عقرب الساعة) وحتى نقطة البداية وتؤخذ قراءة نهائية (n_{2r}) وبذلك، يتم الحصول على عدد الدورات الصافي (الذي لا يشمل عدد الدورات الذي يمثل دائرة الصفر) ويرمز له n_z والذي يساوي: $n_z = n_{2r} - n_{1r}$. وهكذا، تكون مساحة دائرة الصفر (Z) مساوية: $z = 100 \text{ cm}^2 - c.n_z$ (هذا إذا كانت مساحة دائرة الصفر أصغر من مساحة المربع، والقراءة النهائية تكون أكبر من الأولية). وأما إذا كانت مساحة دائرة الصفر أكبر من مساحة المربع فإن القراءة النهائية تكون أصغر من القراءة الأولية (وإشارة n_z سالبة) حيث أن دوران القرص يكون بعكس اتجاه عقرب الساعة، وبذلك تكون مساحة دائرة الصفر (Z) مساوية:

$$z = 100 \text{ cm}^2 + c.n_z$$

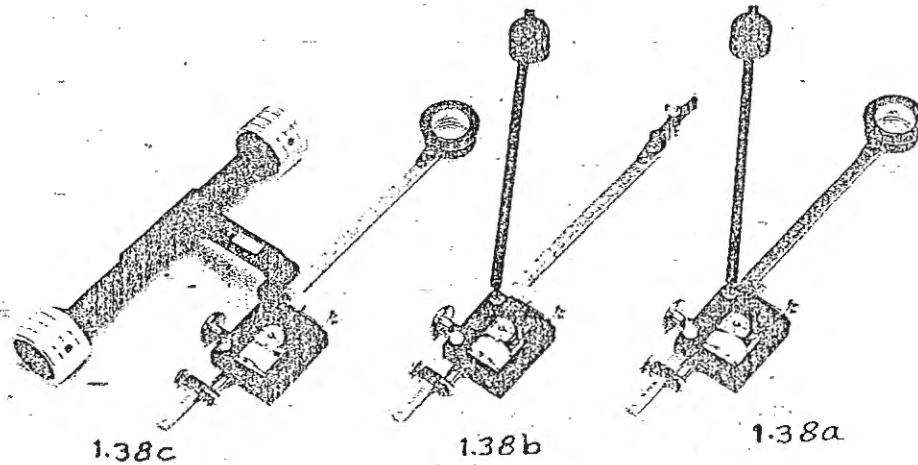
(3) قياس مساحة القطعة (A) : توضع نقطة الشيت داخل حدود القطعة ونقطة التبع على احدى نقاط حدود القطعة وتؤخذ قراءة أولية (n_i). ثم تحرك نقطة التبع حول حدود القطعة (وباتجاه عقرب الساعة) حتى تصل الى نقطة البداية وتتخذ قراءة نهائية (n_r). وبذلك ، يتم الحصول على عدد الدورات الصافي (الذي لايشمل عدد الدورات الذي يمثل دائرة الصفر) ويرمز له (n') والذي يساوي : $n' = n_r - n_i$ وهكذا ، تكون مساحة القطعة المرسومة مساوية :

$$A = z + c.n' \quad (1.9) \quad \dots \quad \text{(هذا إذا كانت مساحة دائرة الصفر أصغر من مساحة القطعة)}$$

وأما إذا كانت مساحة دائرة الصفر اكبر من مساحة القطعة فإن القانون يصبح : $A = z - c.n'$ للسبب نفسه المذكور سابقاً عند حساب (Z) (حيث ان إشارة n' سالبة).
ملاحظة : من الأفضل أخذ كل من القراءات أعلاه مرتين على الاقل للتحقق من صحتها في الحالات كافة.

أنواع أجهزة البلانيمتر المستخدمة

تستخدم في الوقت الحاضر أنواع متعددة من أجهزة البلانيمتر منها التقليدية التي ذكرت آنفاً كما مبين في الشكل 1.38 ، ومنها أجهزة البلانيمتر الرقمية الالكترونية التي يمكنها حساب المساحات بمحاور إحداثيات مختلفة وبوحدات مختلفة واستخراج متوسط المساحة لقطعة معينة من قياسات متعددة كما مبين في الشكل (1.39) وهناك جهاز آخر متطور ذو حاسب الكتروني وطابع آلي ملحق به يمكنه قياس المساحات للقطع المختلفة وكذلك قياس الإحداثيات وأطوال الخطوط من إحداثيات نهاياتها وقياس المساحات المنحنية الحدود وحساب طول القوس ونصف القطر للمنحني بتعيين نهايته والنقطة الوسطية له كما مبين في الشكل (1.40)



جهاز بلانيمتر عجل ذو عدسة مكبرة

Roller planimeter PM1

جهاز بلانيمتر قطبي ذو منظار تتبع

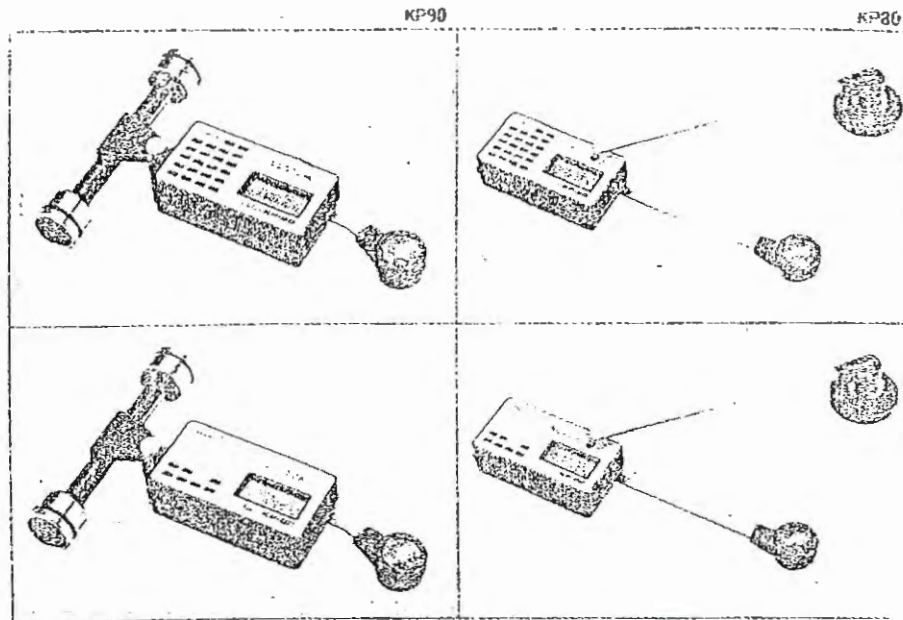
Polar planimeter PM2

جهاز بلانيمتر قطبي

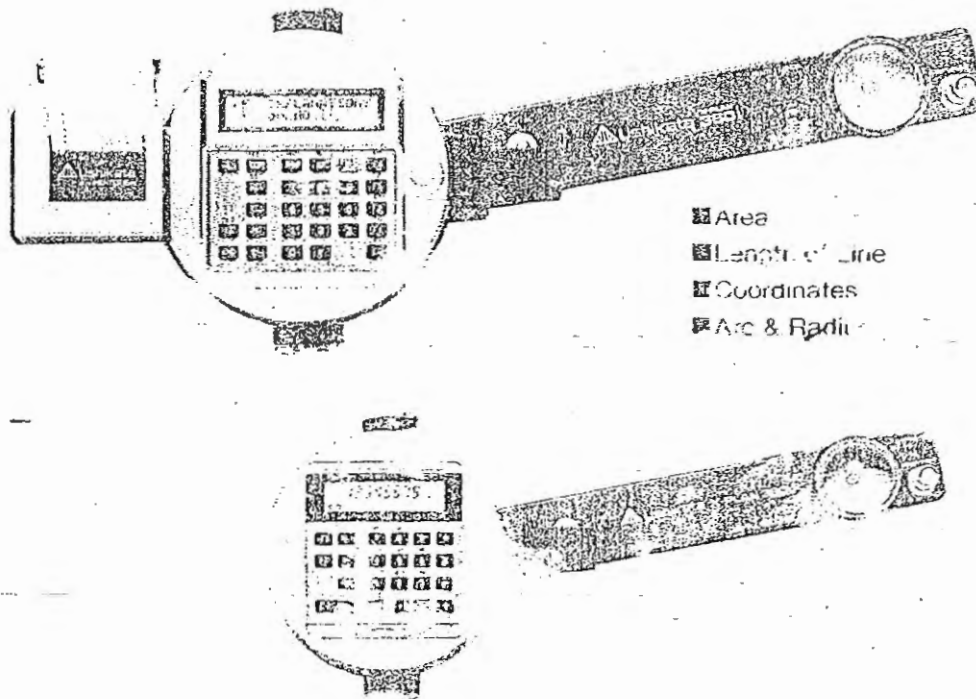
ذو عدسة مكبرة

Polar planimeter PM2L

الشكل 1.38 أجهزة البلانيمتر التقليدية (القطبية والمجلية)



الشكل 1.39 أجهزة البلاسيمتر الرقبة



الشكل 1.40 جهاز الكتروني متطور لقياس وحساب المساحة وطول الخط والاحداثيات وطول القوس ونصف القطر

إستخدم جهاز البلاينيتر لقياس مساحة قطعة مرسومة بمقياس رسم $\frac{1}{1000}$ ، حيث وضعت نقطة التثبيت خارج حدود القطعة. وأخذت قراءة أولية فكانت $n_i = 2.815$ وقراءة نهائية فكانت $n_f = 6.143$. ولغرض حساب ثابت الجهاز (C)، رُسم مربع طول ضلعه 10 سم ووضع نقطة التثبيت خارجه ثم أخذت قراءة أولية فكانت $n_{ci} = 1.608$ وقراءة نهائية فكانت $n_{cf} = 2.572$ فكم تكون مساحة القطعة بالامتار المربعة على الأرض؟

الحل

(1) حساب ثابت الجهاز (C)

$$A_{sq} = 10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$$

مساحة المربع (A_{sq}) تساوي :

$$n_c = n_{cf} - n_{ci} = 2.572 - 1.608 = 0.964$$

عدد الدورات الصافي للمربع (n_c) يساوي :

$$\therefore C = \frac{100}{0.964} = 103.73 \text{ cm}^2 / \text{revol.} \quad (\text{سم}^2/\text{دورة})$$

(2) حساب مساحة القطعة (A)

$$A = C.n = C (n_f - n_i) = 103.73 (6.143 - 2.815)$$

$$= 103.73 \times 3.328 = 345.21 \text{ cm}^2$$

(مساحة القطعة على الخارطة)

$$\text{ولما كان مقياس الرسم} = \frac{1}{1000} \text{، فإن : } 1 \text{ سم}^2 = 10^6 \text{ م}^2 = 100 \text{ م}^2$$

$$\therefore \text{مساحة القطعة على الأرض : } A = 345.21 \times 100 = 34521 \text{ m}^2$$

مثال 1.9 إستخدم جهاز البلاينيتر لقياس مساحة قطعة أرض كبيرة مرسومة بمقياس رسم $\frac{1}{2000}$ حيث وضعت نقطة التثبيت داخل حدود القطعة. وقد سجلت المعلومات أدناه :

(1) لحساب ثابتة الجهاز (C): وضعت نقطة التثبيت خارج مربع مساحته $(20 \text{ سم} \times 20 \text{ سم} = 400 \text{ سم}^2)$ ، وأخذت

قراءة أولية : $n_{ci} = 2.615$ وقراءة نهائية : $n_{cf} = 6.728$.

(2) لحساب مساحة دائرة الصفر (z): وضعت نقطة التثبيت داخل المربع اعلاه، وأخذت قراءة أولية : $n_{zi} = 4.035$

وقراءة نهائية : $n_{zf} = 8.136$ ، وذلك بعد دوران القرص بعكس اتجاه عقرب الساعة حيث تعدى صفر القرص مؤشره ثلاث مرات.

(3) لحساب مساحة القطعة (A): وضعت نقطة التثبيت داخل حدود القطعة المرسومة، وأخذت قراءة أولية :

$n_i = 0.815$ وقراءة نهائية : $(n_f) = 6.510$ ، وذلك بعد دوران القرص باتجاه عقرب الساعة حيث تعدى صفر القرص مؤشره مرتين.

فكم تكون مساحة القطعة على الأرض؟

$$C = \frac{20 \times 20}{n_{cf} - n_{ci}} = \frac{400}{6.728 - 2.615} = \frac{400}{4.113} = 97.25 \text{ cm}^2 : (C) \quad (1) \text{ حساب ثابت الجهاز}$$

(2) حساب مساحة دائرة الصفر (Z):

بالنظر لدوران القرص بعكس اتجاه عقرب الساعة وتعدي صفر القرص مؤشره ثلاث مرات ، فإن عدد الدورات الصافي يساوي :

$$n'_z = n'_{zf} - 3 \times 10 - n'_{zi}$$

$$n'_z = 8.136 - 3 \times 10 - 4.035 = - 25.899$$

$$\therefore z = A_{sq.} - C.n'_z = 400 - 97.25 (- 25.899)$$

$$z = 400 + 97.25 \times 25.899 = 400 + 2518.68 = 2918.68 \text{ cm}^2$$

(3) حساب مساحة القطعة (A)

بالنظر لدوران القرص باتجاه عقرب الساعة وتعدي صفر القرص مؤشره مرتين ، فإن عدد الدورات الصافي (n) يساوي :

$$n' = n'_f + 2 \times 10 - n'_i$$

$$n' = 6.510 + 20 - 0.815 = 25.695$$

$$\therefore A = z + C.n' = 2918.68 + 97.25 (25.695)$$

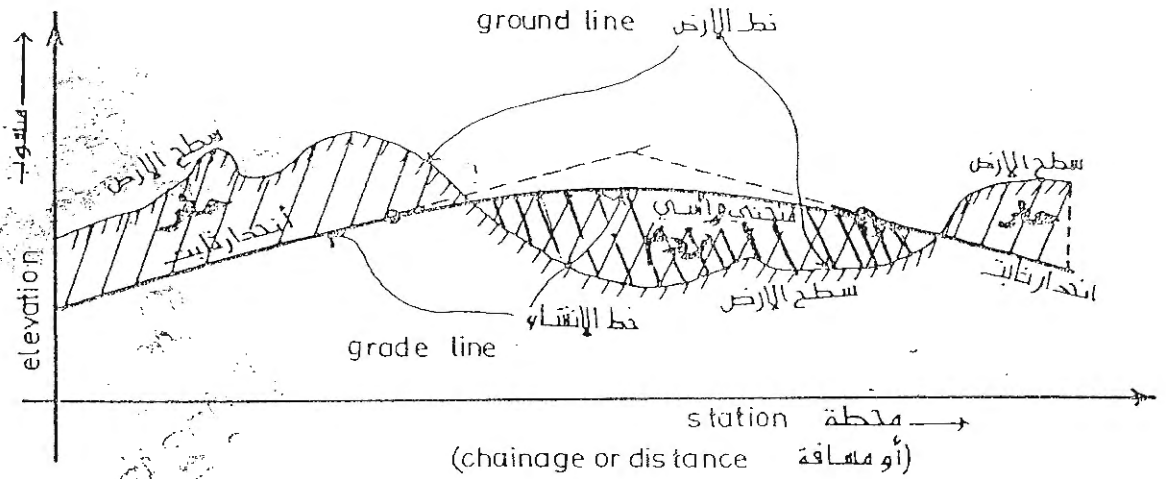
$$= 2918.68 + 2498.84 = 5417.52 \text{ cm}^2$$

ولما كان مقياس الرسم = $\frac{1}{2000}$ ، فإن : 1 سم = $20^2 = 400 \text{ م}^2$
 • • • مساحة القطعة على الأرض :
 (866 دونم / 20 أولك / 8 م²)
 $A \approx 5417.52 \times 400 = 2167008 \text{ m}^2$
 $= 2.167 \text{ km}^2$

Measurement of Areas of Cross – Sections

1.4 قياس مساحات المقاطع العرضية

يتم الحصول على المقطع الطولي لسطح الأرض على امتداد الخط المركزي باستخدام عملية التسوية الطولية أو عملية التسوية للمقطع الطولي Profile Levelling حيث تحسب مناسيب النقاط على فترات معينة (كل 100 م عادة) تدعى بالمحطات stations أو المسافات chainage or Distance. ثم يرسم المقطع الطولي لسطح الأرض ويدعى بخط الأرض Ground Line ، ويرسم معه المقطع الطولي لسطح الانشاء على امتداد الخط المركزي وبانحدارات ثابتة تختار بموجب مواصفات معينة ويدعى بخط الانشاء Grade Line الذي قد يحوي أيضاً منحنيات رأسية كما مبين في الشكل 1.41.



الشكل 1.41 المقطع الطولي Profile

ويتم الحصول على المقطع العرضي لسطح الأرض والذي يكون عمودياً على المقطع الطولي للخط المركزي باستخدام عملية التسوية العرضية أو عملية التسوية للمقاطع العرضية Cross - Section Levelling حيث تحسب مناسيب النقاط على جانبي الخط المركزي يمينا ويساراً بمسافات قصيرة كافية. ثم يرسم المقطع العرضي في كل محطة كاملة Full Station والتي هي من مضاعفات ال 100 م (مثل 25 + 00) وفي محطات جزئية Partial Stations إذا دعت الضرورة لذلك والتي هي من أجزاء المائة متر بعد مضاعفات المائة متر (مثل 25 + 72). حيث يتحدد المقطع العرضي بسطح الانشاء وسطح الأرض والانحدارين الجانبيين.

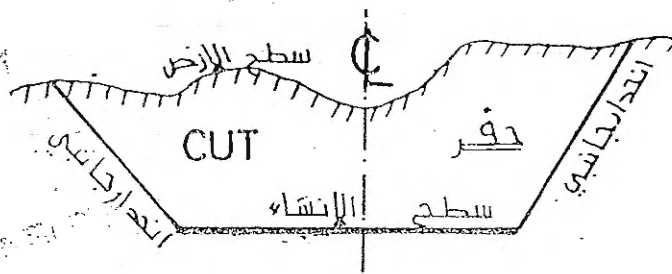
وهناك ثلاثة أشكال رئيسية من المقاطع العرضية كالآتي :

Cut Section

(A) مقطع حفر أو قطع أو قص

حيث يكون سطح الأرض أعلى منسوباً من سطح الانشاء (كما في الشكل 1.42).

حيث أن : CL هو مسقط الخط المركزي والذي يقع في وسط عرض سطح الانشاء ($\text{CL} = \text{Center Line}$).

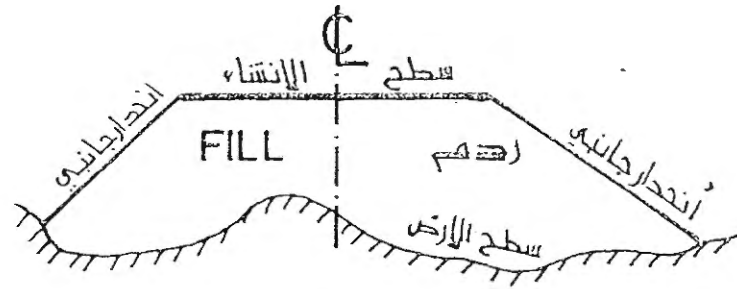


الشكل 1.42

Fill Section

(B) مقطع ردم أو دفن

حيث يكون سطح الأرض أخفض من سطح الانشاء (كما في الشكل 1.43).

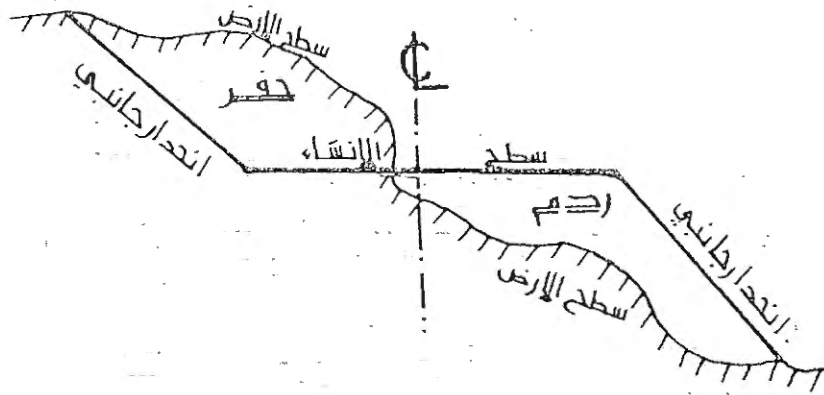


الشكل 1.43

Side — Hill Section

(C) مقطع جانبي أو مقطع في جانب التل

حيث يكون سطح الأرض أعلى من سطح الانشاء وأخفض منسوباً في الجانب الآخر (أي أنه يحوي ردمًا وحفرًا في ذات الوقت) كما في الشكل 1.44.



الشكل 1.44

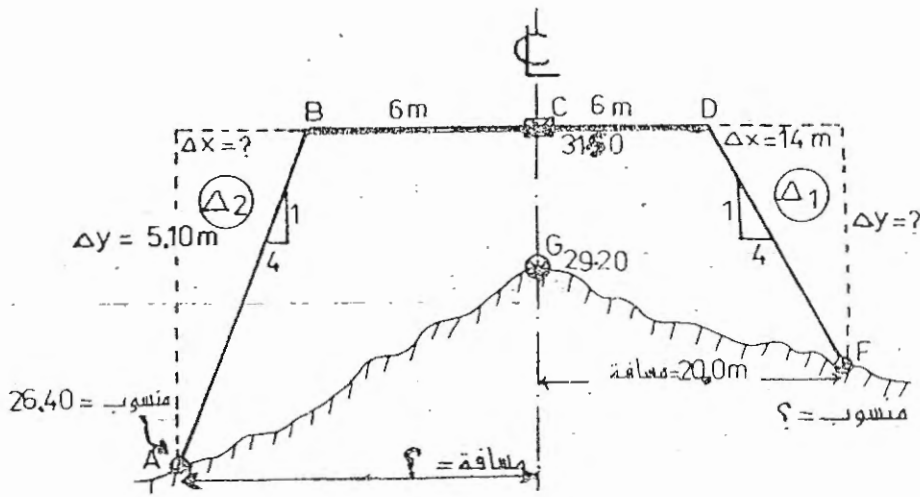
ويعرف الانحدار الجانبي Side Slope لأي مقطع عرضي بأنه النسبة بين وحدة مسافة رأسية إلى عدد من وحدات المسافة الأفقية ، ويكتب عادة : $\frac{1}{S}$ أو $S:1$ فمثلاً تستخدم انحدارات جانبية تساوي : 1 : 2 أو 1 : 3 أو 1 : 1 أو 4 : 1 (أما إذا كانت هناك أجزاء الوحدات فتكتب عادة وحدات صحيحة مثل : 2 : 3 أو 2 : 5) . وقد يُكتب الانحدار الجانبي بنسبة الوحدات الأفقية الى وحدة رأسية في بعض المصادر ، إلا أن المفضل هو $\frac{1}{S}$ لأنه يمثل نسبة الانحدار (أو ظل الميل) الفعلية .

وفي الامكان تعيين المنسوب والمسافة الأفقية من الخط المركزي لنقطة تقاطع خط الانحدار الجانبي مع سطح الأرض الطبيعية عن طريق رسم المقطع وقياس مقدار المنسوب والمسافة الأفقية لتلك النقطة وثبيتها على الرسم (إذا أريد حساب مساحة المقطع بقانون الاحداثيات) . أو حساب منسوب النقطة إذا عُلمت المسافة الأفقية أو بالعكس ، باستخدام قيمة

الانحدار الجانبي والمنسوب المعلوم أو المسافة الأفقية المعلومه وإجراء عملية نسبة وتناسب . أو حساب المنسوب والمسافة باعتبارهما أحداثيات لنقطة تقاطع خطين مستقيمين هما خط الانحدار الجانبي وخط سطح الأرض الطبيعية بحيث يمكن حسابها آتياً من معادلتين مستقيمتين متقاطعتين معلوسيتي الانحدارين . ولكن الطريقة الأسهل والأكثر استخداماً هي قياسها من المقطع العرضي المرسوم .

مثال 1.10

إحسب المنسوب المجهول والمسافة الأفقية المجهولة للمقطع المبين أدناه . من ملاحظة الرسم للمقطع العرضي (الشكل 1.45) يمكن إجراء عملية نسبة وتناسب بين مثلث الانحدار الجانبي (1: 4) والمثلثين ذوي الضلعين القائمين المنقطتين والمنشأين من حافتي سطح الانشاء وحتى نقطتي تقاطع الانحدار الجانبي مع سطح الأرض . حيث أنه للمثلث الأول إلى اليمين (Δ1) يكون التناسب :



الشكل 1.45

$$\frac{1}{4} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta y}{20 - 6} = \frac{\Delta y}{14}$$

$$\therefore \Delta y (\text{فرق المنسوب}) = \frac{14 \times 1}{4} = 3.50 \text{ m}$$

• • • منسوب النقطة (F) يساوي Elev. of Point F = 31.50 - 3.50 = 28.00m

أما بالنسبة للمثلث الثاني إلى اليسار (Δ2) فيكون التناسب :

$$\frac{1}{4} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{31.50 - 26.40}{\Delta x} = \frac{5.10}{\Delta x} \therefore \Delta x = \frac{5.10 \times 4}{1} = 20.4 \text{ m}$$

• • • المسافة الأفقية من النقطة (A) إلى الخط المركزي تساوي : Dist. = 6 + 20.4 = 26.4m

ولغرض قياس مساحة المقطع العرضي ، تتبع إحدى الطريقتين الآتيتين :

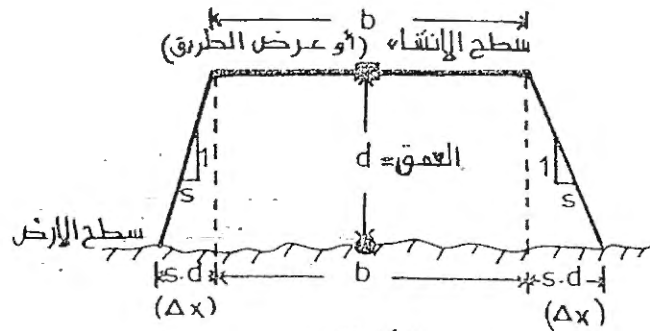
By Arithmetic Means

1.4.1 الطريقة الحسابية

تعتمد هذه الطريقة على الشكل الهندسي للمقطع (أو تناسب سطح الأرض التي تشكل المقطع العرضي) حيث يتم فيها حساب مساحة المقطع باستخدام القانون المناسب لكل شكل ، وكالآتي :

Fora Level — Section

1.4.1.1 حساب مساحة مقطع مستوي (منسوب واحد لسطح الأرض)
تستخدم الرموز الآتية في هذا المقطع (الشكل 1.46 :



الشكل 1.46

b = عرض أو قاعدة الطريق road base or road width

d = عمق الحفر أو الردم depth of Cut or Fill

ويساوي : (منسوب سطح الأرض - منسوب سطح الانشاء) عند مسقط الخط المركزي.

$$d = \text{Ground Elev.} - \text{Grade Elev.}$$

if $d = +$ ∴ depth of cut

(عمق للحفر)

or $d = -$ ∴ depth of Fill

(عمق للردم)

$$\frac{1}{S} = \text{الانحدار الجانبي للمقطع العرضي}$$

وعند ملاحظة المقطع يمكن اجراء التناسب الآتي :

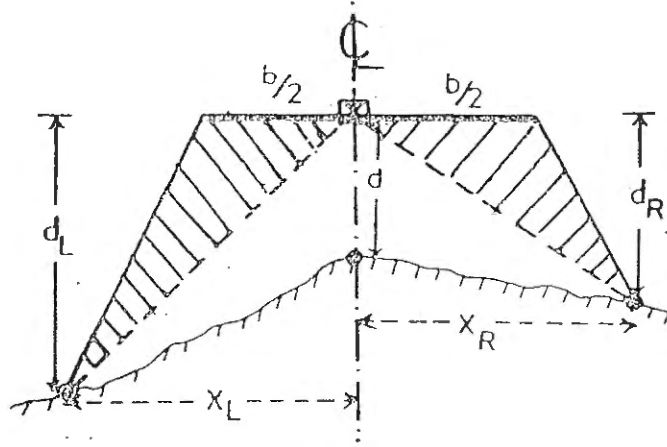
$$\frac{1}{S} = \frac{d}{\Delta x} \therefore \Delta x = S.d$$

$$A = \frac{(b) + (b + 2.s.d)}{2} \times d \quad \text{كما أن المقطع عبارة عن شبه منحرف مساحته تساوي :}$$

$$\therefore A = d (b + s.d) \quad (1.10) \dots \text{إذا مساحة المقطع المستوي تساوي :}$$

1.4.1.2 حساب مساحة مقطع ذي ثلاثة مستويات (ثلاثة مناسيب لسطح الأرض) For Three – Level Section

تستخدم الرموز الآتية في هذا المقطع (الشكل 1.47) :



الشكل 1.47

$b/2$ = نصف عرض الطريق

d = عمق الحفر أو الردم في المركز

d_R = عمق الحفر أو الردم للنقطة اليمنى

(الناتجة من تقاطع الانحدار الجانبي مع سطح الأرض)

d_L = عمق الحفر أو الردم للنقطة اليسرى

x_R = المسافة الأفقية من الخط المركزي إلى النقطة اليمنى

x_L = المسافة الأفقية من الخط المركزي إلى النقطة اليسرى

يمكن حساب مساحة المقطع بتقسيمه إلى أربعة مثلثات كل اثنين منها مشتركين في قاعدة واحدة أو ارتفاع واحد ، وكالاتي :

مساحة المثلثين في الاعلى (المحططين) تساويان : $\left[\frac{b/2(d_R + d_L)}{2} \right]$ ، ومساحة المثلثين في الاسفل تساويان : $\left[\frac{d(x_R + x_L)}{2} \right]$

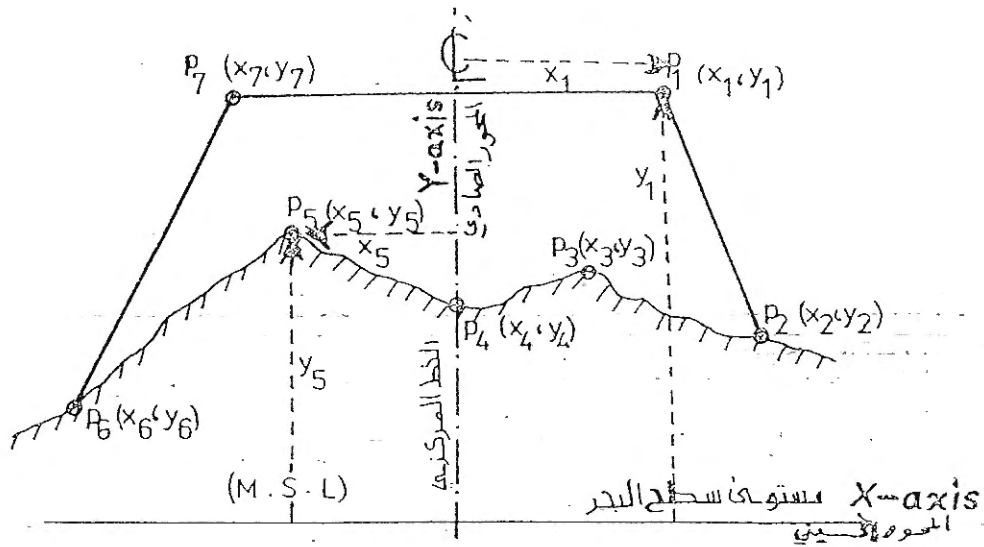
$$A = \frac{1}{2} [b/2 (d_R + d_L) + d (x_R + x_L)] \quad (1.11) \dots \text{إذا مساحة المقطع تساوي} :$$

1.4.1.3 حساب مساحة مقطع متعدد المستويات (مناسيب متعددة لسطح الأرض) For Multi – Level Section

يستخدم قانون الأحداثيات الذي سبق ذكره لحساب مساحة المقطع العرضي المتعدد المستويات ، حيث يمكن فرض أحداثيات في المستوي الرأسي الواقع فيه المقطع للنقاط كافة المكوّنة للمقطع على أساس أن :

x = تمثل المسافة الأفقية للنقطة من مسقط الخط المركزي (وهو المحور الصادي).
 y = تمثل منسوب النقطة فوق مستوى سطح البحر (وهو المحور السيني).

وهذه المسافات الأفقية والمناسيب للنقاط (والتي تمثل الأحداثيات لهذه النقاط) يمكن الحصول عليها من الدفر الحقلية لعملية التسوية الطولية والعرضية إضافة لما يمكن الحصول عليه عند رسم المقطع العرضي (وهي إحداثيات نقطتي تقاطع الأنحدارين مع سطح الأرض).
 وهكذا، يمكن حساب مساحة المقطع في الشكل 1.48 كالآتي :



الشكل 1.48

ترتب الأحداثيات من النقطة الأولى P_1 وحتى النقطة الأخيرة P_7 ثم النقطة الأولى :

$$\frac{x_1}{y_1} \searrow \frac{x_2}{y_2} \searrow \frac{x_3}{y_3} \searrow \frac{x_4}{y_4} \searrow \frac{x_5}{y_5} \searrow \frac{x_6}{y_6} \searrow \frac{x_7}{y_7} \searrow \frac{x_1}{y_1}$$

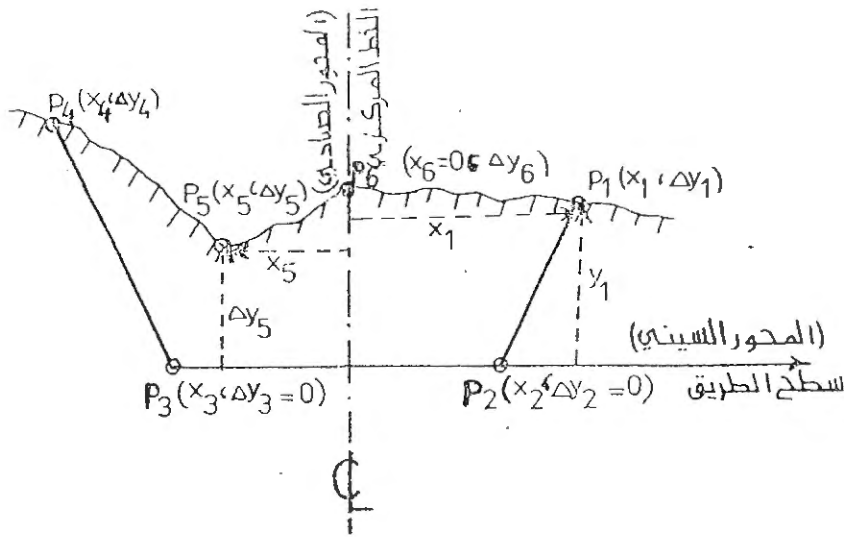
$$\therefore 2A = (x_1 \cdot y_2 + x_2 \cdot y_3 + \dots + x_7 \cdot y_1) - (y_1 \cdot x_2 + y_2 \cdot x_3 + \dots + y_7 \cdot x_1)$$

$$= \pm \sim \dots (1.12)$$

$$\therefore A = \left| \frac{\pm \sim}{2} \right| = \sim m^2$$

وبطريقة أخرى، يمكن حساب المقطع أيضاً في الشكل 1.49 على اعتبار أن المحور السيني يمر من سطح الطريق، أي أن فرق المنسوب Δy (بين منسوب أية نقطة ومنسوب سطح الطريق) هو الذي يمثل الأحداثيات الصادية لأية نقطة، وبذلك تختصر الحسابات إلى حدٍ ما.

حيث نحسب مساحة المقطع كالتالي :



الشكل 1.49

$$\frac{x_1}{\Delta y_1} \rightarrow \frac{x_2}{\Delta y_2} \rightarrow \frac{x_3}{\Delta y_3} \rightarrow \frac{x_4}{\Delta y_4} \rightarrow \frac{x_5}{\Delta y_5} \rightarrow \frac{x_6}{\Delta y_6} \rightarrow \frac{x_1}{\Delta y_1}$$

$$\therefore 2A = (x_1 \cdot \Delta y_2 + x_2 \cdot \Delta y_3 + \dots + x_6 \cdot \Delta y_1)$$

$$- (\Delta y_1 \cdot x_2 + \Delta y_2 \cdot x_3 + \dots + \Delta y_6 \cdot x_1) = \pm \sim \dots (1.13)$$

$$\therefore A = \left| \frac{\pm \sim}{2} \right| = \sim m^2$$

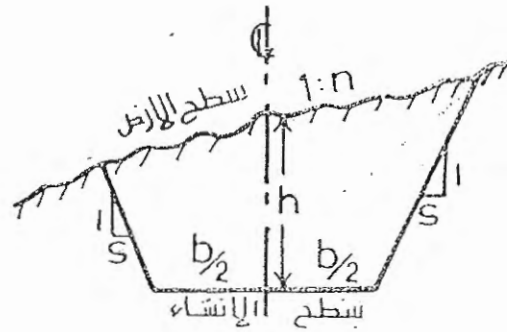
1.4.1.4 حساب مساحة مقطع إذا كان ميل سطح الأرض معلوماً

من الممكن حساب مساحة المقطع العرضي إذا كان ميل سطح الأرض معلوماً إضافة لعرض سطح الأنشاء والانحدار الجانبي وكالتالي :

(أ) إذا كان ميل سطح الأرض بمقدار ثابت على امتداد المقطع العرضي كما مبين في الشكل 1.50 ، فتصبح المساحة (A) مساوية :

$$A = \left(h + \frac{b}{2S} \right)^2 \left(\frac{n^2 S}{n^2 - S^2} \right) - \frac{b^2}{4S} \dots (1.14a)$$

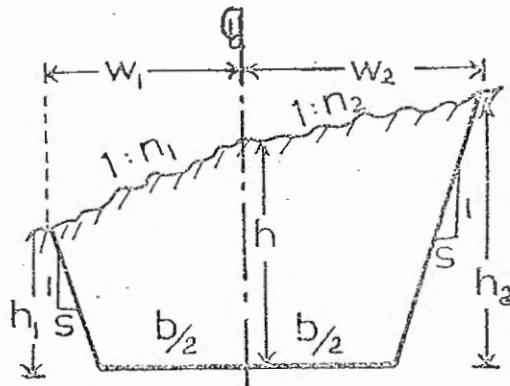
or,



الشكل 1.50

$$A = \frac{S \left(\frac{b}{2} \right)^2 + n^2 (h \cdot b + h^2 \cdot S)}{n^2 - S^2} \quad \dots (1.14b)$$

(ب) إذ كان هناك ميلان لسطح الأرض إلى يمين وإلى يسار الخط المركزي كما مبين في الشكل 1.51 ، فتصبح المساحة (A) مساوية :



الشكل 1.51

$$A = \frac{W}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right) - \frac{b^2}{4S} \quad \dots (1.15a)$$

$$W = W_1 + W_2$$

حيث أن :
وقيمتي W_1 و W_2 تساويان :

$$W_1 = \frac{n_1 S}{n_1^2 + S_1^2} \left(h + \frac{b}{2S} \right)$$

$$W_2 = \frac{n_2 S}{n_2^2 - S^2} \left(h + \frac{b}{2S} \right)$$

$$h_1 = \frac{n_1 h - b/2}{n_1 + S}, h_2 = \frac{n_2 h + \frac{b}{2}}{n_2 - S}$$

أما قيمتي h_2 و h_1 فتساويان :

$$A = \frac{W_1}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right) + \frac{W_2}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right) - \frac{b^2}{4S}$$

وهكذا ، فإن (A) تساوي
بدلالة w_2 و w_1 :

أما (A) بدلالة b و h و s و n_1 و n_2 فتساوي :

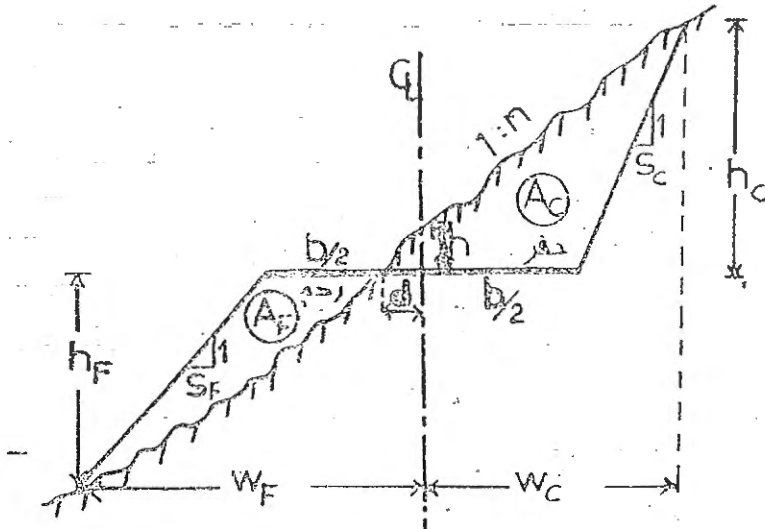
$$A = \frac{1}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right)^2 \left(\frac{n_1 S}{n_1 + S} + \frac{n_2 S}{n_2 - S} \right) - \frac{b^2}{4S} \quad \dots (1.15 b)$$

or و

$$A = \frac{1}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right)^2 \left(\frac{2n_1 \cdot n_2 S + n_2 S^2 - n_1 S^2}{(n_1 + S)(n_2 - S)} \right) - \frac{b^2}{4S} \quad \dots (1.15c)$$

ج) إذا كان ميل سطح الأرض بمقدار ثابت على امتداد مقطع جانبي عرضي كما مبين في الشكل 1.52 ، فتصبح مساحتي الحفر والردم كالآتي :

مساحة الحفر (A_c) - إذا كان العمق المركزي (h) في حالة حفر :



الشكل 1.52

$$A_c = \frac{h_c}{2} \left(\frac{b}{2} + d \right) \quad \dots (1.16a)$$

وبعد الاشتقاق يصبح :

$$A_c = \frac{(b/2 + n.h)^2}{2(n - S_c)} \quad \dots (1-16b)$$

$$W_c = \frac{n.S_c}{n - S_c} \left(\frac{b}{2S_c} + h \right), h_c = \frac{\frac{b}{2} + n.h}{n - S_c} \quad \text{حيث:}$$

مساحة الردم (A_F) - إذا كان العمق المركزي (h) في حالة حفر:

$$A_F = \frac{h_F}{2} \left(\frac{b}{2} - d \right) \quad \dots (1-16c)$$

وبعد الاشتقاق يصبح :

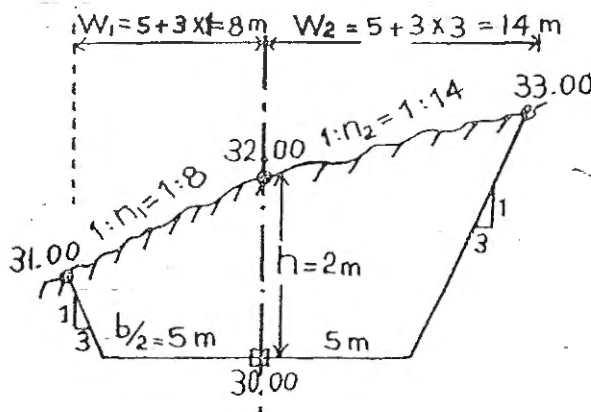
$$A_F = \frac{(b/2 - n.h)^2}{2(n - S_F)} \quad \dots (1-16d)$$

$$W_F = \frac{n.S_F}{n - S_F} \left(\frac{b}{2S_F} - h \right), h_F = \frac{\frac{b}{2} - n.h}{n - S_F} \quad \text{حيث:}$$

أما إذا كان العمق المركزي (h) في حالة ردم فيستبدل عندئذ (h) في القانونين اعلاه بالمقدار $(-h)$.

مثال 1.11

إحسب مساحة المقطع العرضي أدناه باستخدام القانون (1.15c).



الشكل 1.53

الحل:

$$A = \frac{1}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right)^2 \left(\frac{2n_1 \cdot n_2 S + n_2 S^2 - n_1 S^2}{(n_1 + S)(n_2 - S)} \right) - \frac{b^2}{4S}$$

وعند التعويض بالقانون اعلاه :

$$\therefore A = \frac{1}{2} \left(2 + \frac{10}{2 \times 3} \right)^2 \left(\frac{2 \times 8 \times 14 \times 3 + 14(3)^2 - 8(3)^2}{(8 + 3)(14 - 3)} \right) - \frac{(10)^2}{4 \times 3}$$

$$= \frac{1}{2} (3.667)^2 \left(\frac{16 \times 42 + 126 - 72}{11 \times 11} \right) - \frac{100}{12}$$

$$= \frac{1}{2} (13.447) (6) - 8.33$$

$$\therefore A = 32.00 \text{ m}^2$$

وإذا حسب w_1 و w_2 كما يأتي (إذا غُلفت المناسيب) : $w_1 = 5 + 3 \times 1 = 8\text{m}$, $w_2 = 5 + 3 \times 3 = 14\text{m}$:
فإن مساحة (A) لغرض التحقق من الحسابات باستخدام القانون (1.15a) تساوي :

$$A = \frac{W}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right) - \frac{b^2}{4S} = \frac{(8+14)}{2} \left(2 + \frac{5}{3} \right) - \frac{(10)^2}{4 \times 3} = 40.33 - 8.33 = 32.00 \text{ m}^2$$

∴ check

مثال 1.12

إحسب مساحتي المقطعين الآتيين :

(A) مقطع مستوي فيه : منسوب سطح الأنشاء في المركز = 32.00 م ومنسوب سطح الأرض = 30.00 م وانحداره الجانبي = 3:1 وعرض الطريق = 10 م .

(B) مقطع ذو ثلاثة مستويات فيه : عرض الطريق = 12 م وعمق الحفر في المركز (d) = 4 م و $d_R = 6$ م و $d_L = 10$ م
 $x_L = 2.6$ م و $x_R = 1.8$ م

الحل :

(A) العمق في المركز (d) = 32.00 - 30.00 = 2.00 م ، وبما أن الإشارة سالبة فإن المقطع هو مقطع ردم وعمق الردم (d) = 2 م . وباستخدام القانون (1.10) يمكن الحصول على مساحة المقطع المستوي كالآتي :

$$A = d (b + S.d) = 2 (10 + 3 \times 2) = 32 \text{ m}^2$$

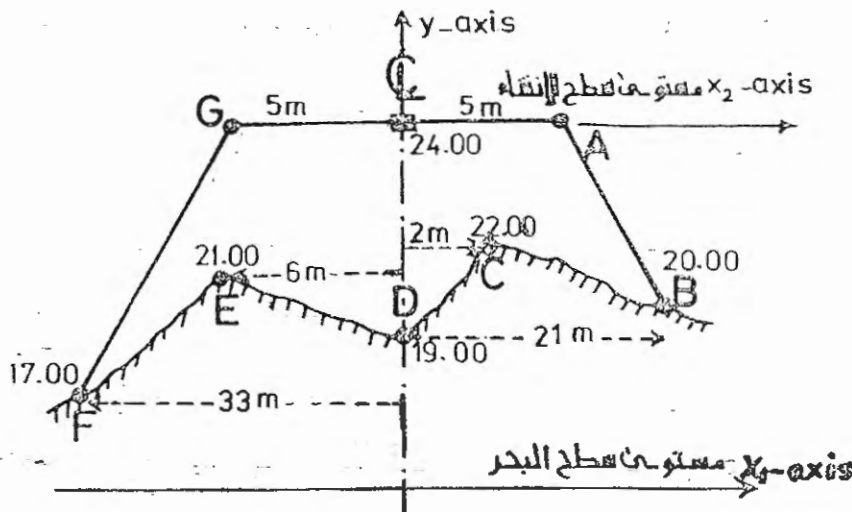
(B) يمكن الحصول على مساحة مقطع الحفر ذي المستويات الثلاثة من القانون (1.11) كالآتي :

$$A = \frac{1}{2} [b / 2 (d_R + d_L) + d (x_R + x_L) = \frac{1}{2} \left[\frac{12}{2} (6 + 10) + 4 (18 + 26) \right]$$

$$= \frac{1}{2} \times (96 + 176) = \frac{1}{2} \times 272 = 136 \text{ m}^2$$

مثال 1.13

احسب مساحة مقطع الردم المتعدد المستويات والمبين في الشكل 1.54 باستخدام قانون الأحداثيات ، مرةً باعتبار مستوى سطح البحر ممثلاً للمحور السيني وأخرى باعتبار مستوى سطح الأنشاء ممثلاً للمحور السيني .



الشكل 1.54

الحل

أولاً - عند اعتبار (X_1 -axis) وهو مستوى سطح البحر ممثلاً للمحور السيني ، فإن أحداثيات النقاط للمقطع تصبح كالآتي :

A	B	C	D	E	F	G	A
$\frac{5}{24}$	$\frac{21}{20}$	$\frac{2}{22}$	$\frac{0}{19}$	$\frac{-6}{21}$	$\frac{-33}{17}$	$\frac{-5}{24}$	$\frac{5}{24}$

$$\begin{aligned} \therefore 2A &= (5 \times 20 + 21 \times 22 + \dots - 5 \times 24) \\ &\quad - (24 \times 21 + 20 \times 2 + \dots + 24 \times 5) \\ &= (-414) - (-228) = -186 \end{aligned}$$

$$\therefore A = \left| \frac{-186}{2} \right| = 93 \text{ m}^2$$

ثانياً - عند اعتبار (X_2 - axis) وهو مستوى سطح الأنشاء ممثلاً للمحور السيني ، فإن الأحداثيات تصبح كالآتي :

A	B	C	D	E	F	G	A
$\frac{5}{24-24}$	$\frac{21}{20-24}$					$\frac{-5}{24-24}$	$\frac{5}{24-24}$

OR, $\frac{5}{0}$ $\frac{21}{-4}$ $\frac{2}{-2}$ $\frac{0}{-5}$ $\frac{-6}{-3}$ $\frac{-33}{-7}$ $\frac{-5}{0}$ $\frac{5}{0}$

$$\begin{aligned} \therefore 2A &= (-20 - 42 - 10 - 0 + 42 - 0 - 0) - (0 - 8 - 0 + 30 + 99 + 35 + 0) \\ &= (-30) - (+156) = -186 \end{aligned}$$

$$\therefore A = \left| \frac{-186}{2} \right| = 93 \text{ m}^2$$

By Graphical Means

1.4.2 الطريقة الترسيمية أو البيانية

تعتمد هذه الطريقة على الأجهزة أو الأدوات المستخدمة أو المتوفرة ، حيث يمكن قياس مساحة المقطع كالآتي :

1.4.2.1 إستخدام جهاز البلانيمتر

حيث تستخدم الطريقة نفسها لقياس مساحة أي قطعة أرض والتي ذكرت سابقاً . فتوضع نقطة التثبيت عادة خارج حدود المقطع العرضي وتتخذ قراءتان أولية ونهائية بعد حساب ثابت الجهاز (C) إذا لم يكن معلوماً ، ويستخدم القانون نفسه وهو :

$$A = C.n = C(n_f - n_i)$$

وإذا كانت مساحة المقطع العرضي كبيرة ، فتوضع نقطة التثبيت داخله ويستخدم القانون الآتي : $A = Z + C.n$ ثم تحسب مساحة المقطع الحقيقية على الأرض باستخدام مقياسي الرسم الرأسى والأفقى .

1.4.2.2 استخدام المقسّم Divider أو الفرجال Compass Beam أو المسطرة العادية

حيث يتم تقسيم المقطع إلى عدد من الاشرطة العمودية ذات العرض الثابت ، كطريقة تقسيم القطعة إلى أشرطة التي ذكرت سابقا . وبذلك تكون مساحة المقطع الكلية مساوية :
العرض الثابت $\times$ مجموع الاطوال الوسطية $A =$

ففي حالة استخدام المقسّم أو الفرجال فإن مجموع الاطوال الوسطية يُحصل عليها من إضافة الطول الاول إلى الثاني إلى الثالث وهكذا بواسطة فتحة ذراعي المقسّم أو الفرجال ثم تقاس الفتحة النهائية التي تمثل مجموع الاطوال الوسطية بوضع نهايتي الذراعين على مسطرة . أما إذا استخدمت المسطرة العادية فيمكن إضافة الاطوال إلى بعضها بوضع المسطرة على امتداد الطول الوسطي الأول ثم إضافته إلى الطول الثاني وهكذا حتى تكون القراءة النهائية على المسطرة مساوية لمجموع الاطوال الوسطية .

Using graph paper

1.4.2.3 استخدام ورق المربعات

حيث يرسم المقطع العرضي على ورق مربعات بمقياس رسم معين واحد (أو بمقياس رسم أحدهما رأسى V.S. والآخر أفقى H.S.). ثم يحسب عدد المربعات الصحيحة والمتكونة من الأجزاء (1 سم $\times$ 1 سم أو 2 سم $\times$ 2 سم أو 5 سم $\times$ 5 سم حسب الدقة المطلوبة وكبر مساحة المقطع) ويضرب في ما يمثل المربع الواحد من الأمتار المربعة على الأرض للحصول على مساحة المقطع الحقيقية على الأرض .

مثال 1.14

رسم مقطع عرضي على ورق مربعات بمقياسين أحدهما رأسى : $V.S. = \frac{1}{50}$ والآخر أفقى : $H.S. = \frac{1}{400}$. ثم حُسِبَت المربعات الصحيحة والمتكونة من الأجزاء فكان عدد المربعات الكلي = 23.5 مربعاً . فإذا كانت مساحة المربع الواحد تساوي :

$2 \text{ م} \times 2 \text{ م} = 4 \text{ م}^2$. فكم تكون مساحة المقطع على الأرض ؟

لأن هناك مقياسان : فإن 1 سم رأسى = 0.50 م و 1 سم أفقى = 4.00 م ، وبالتالي فإن 1 سم² على الورقة = $0.50 \times 4.00 = 2 \text{ م}^2$ على الأرض . وهكذا فإن مساحة المقطع على الأرض تساوي :

$$A = (23.5) \times (2 \times 4) = 188 \text{ m}^2$$

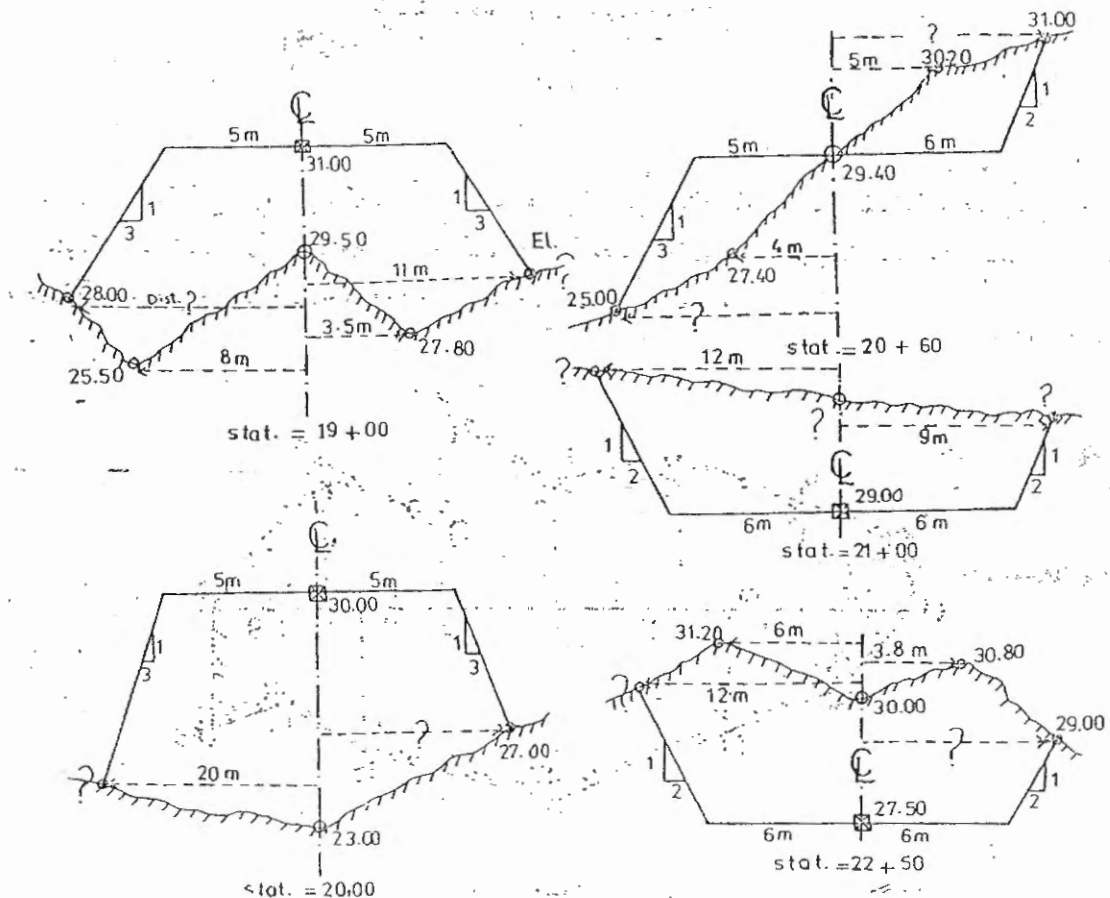
(مساحة المربع الواحد) $\times$ (عدد المربعات)

ملاحظة : تفرض أحداثيات لنقطة (a) لفرض استخدام قانون الأحداثيات ، ومن الافضل أن تكون هذه الأحداثيات كبيرة إلى درجة تصبح معها إحداثيات النقاط كافة موجبة لتسهيل الحل . وتحسب المركبات الأفقية والرأسية للاضلاع كافة لفرض استخدام طريقة D.M.D.

1.3 قياس مساحة باستخدام جهاز البلاينيتر : تشرح عملية القياس وكيفية قراءة عدد الدورات الكلي بوساطة الجهاز في الساعة التطبيقية الأولى ، ثم يعطى كل طالب ورقة رسم مرسوم عليها قطعة ذات حدود متعرجة وبمقياس رسم معين . ويطلب منه حساب مساحة القطعة باستخدام الجهاز بعد حساب ثابت الجهاز ، ثم حساب مساحتها على الأرض . والتحقق من مساحة القطعة باستخدام المربعات الأحداثية وطريقة الاشرطة .

1.4 قيس مساحة قطعة مرسومة بمقياس رسم $\frac{1}{2500}$ باستخدام جهاز البلاينيتر بعد وضع نقطة التثبيت خارج حدود القطعة . واخذت قراءة أولية : $n_1 = 3.512$ ، وقراءة نهائية بعد تتبع حدود القطعة : $n_2 = 1.806$: حيث تعدى صفر القرص المؤشر مرتين باتجاه عقرب الساعة . فإذا علمت أن ثابت الجهاز (c) = 100 سم² / دورة فكم تكون مساحة القطعة على الأرض بالوحدات دونم / أولك / م² ؟

1.5 إرسم مقطع طولي لسطح الأرض ولسطح الأنشاء على ورقة مربعات مناسبة (وبمقياس رسم رأسي V.s. للمناسيب ومقياس رسم أفقي H.s. للمحطات مناسبين أيضاً) من المعلومات المثبتة على المقاطع العرضية أدناه . ثم إحسب المناسيب والمسافات الأفقية المحذوفة للنقاط الموجودة على هذه المقاطع . وبعد ذلك إرسم هذه المقاطع العرضية على باقى ورقة المربعات التي رسمت عليها المقطع الطولي .



الشكل 1.57

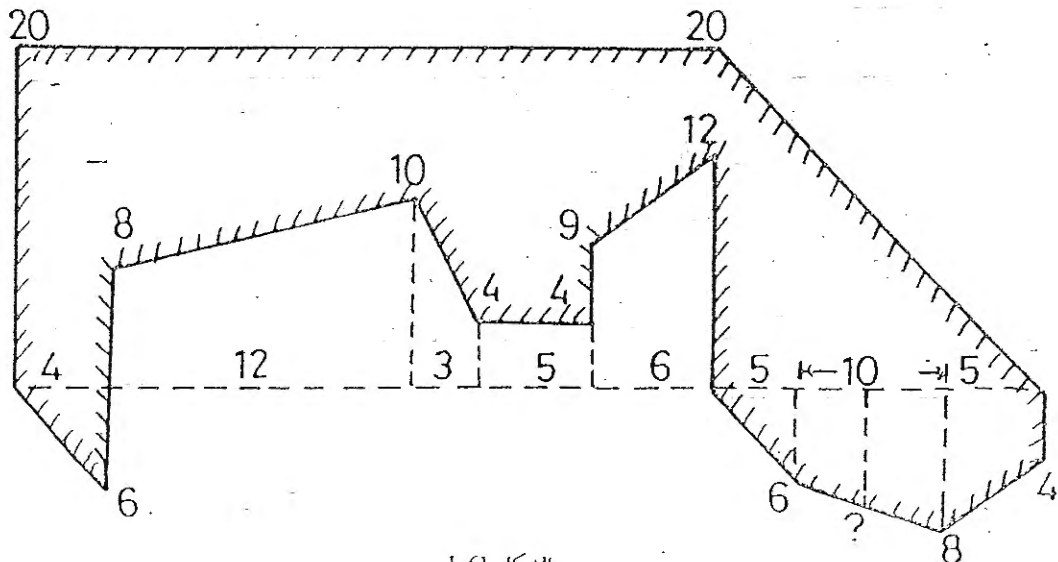
- 1.6 - إحصاء مساحات المقاطع العرضية في التمرين (1.5) باستخدام جهاز البلاينيتر، ثم تحقق من النتائج باستخدام قانون الأحدثيات لحساب المساحة وباستخدام المربعات الأحداثية.
- 1.7 - إحصاء المساحة الكلية لقطعة الأرض أدناه بالوحدات كم² ودونم وأرلك، باستخدام القانون المناسب لكل جزء ولرة واحدة فقط، إذا كانت المسافات مقيسة بالأمتار.

الشكل 58-1.

الشكل 1.59

الجواب :

1.10 إحصاء مساحة كل جزء للشكل أدناه باستخدام القانون المناسب ولمرة واحدة. تم تحقق من المساحة باستخدام طريقة D.M.D. ثم إحصاء مساحة الشكل الكلية باستخدام طريقة الأحدثيات وبالوحدات : كم² ، دوم ، أولك ، إذا علمت أن المسافات مقيسة بالأمتار.



44

1.13 احسب مساحة المقطع العرضي ادناه بطريقتين :

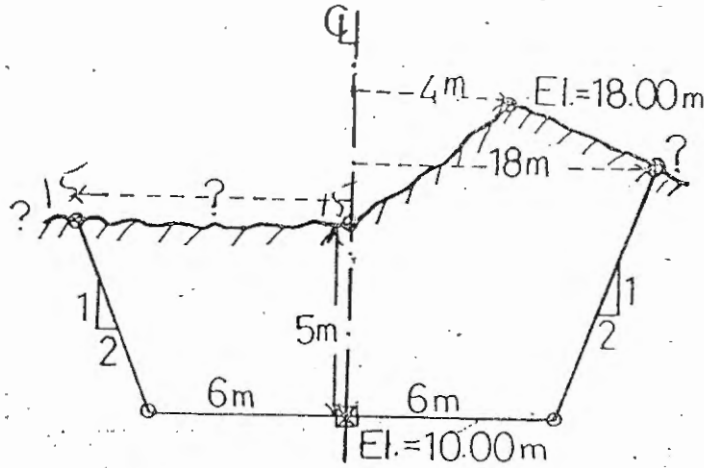
أ- إذا عُلِّمت أرتفاعات نقاطه وأبعادها من الخط المركزي بالأمتار.

ب - إذا قيست المساحة باستخدام جهاز البلاينيتر الذي ثابتته $C = 50 \text{ cm}^2/\text{rev}$ ، وكانت القراءة الأولية :

$n_i = 9.415$ ، والقراءة النهائية $n_f = 1.365$ بعد أن تعدى صفر القرص مؤشر الجهاز مرة واحدة وقد

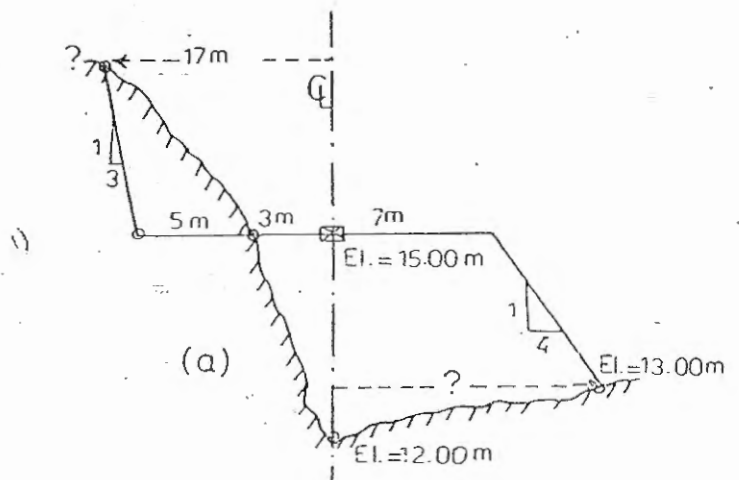
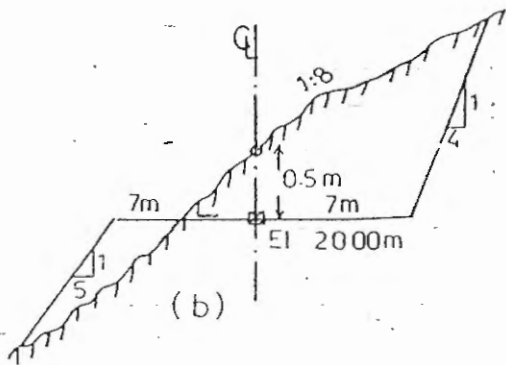
وضعت نقطة التثبيت خارج حدود المقطع الذي رُسم بمقياس رأسي يساوي $V.S. = 1:50$ وبمقياس أفقي

يساوي $H.S. = 1:30$.



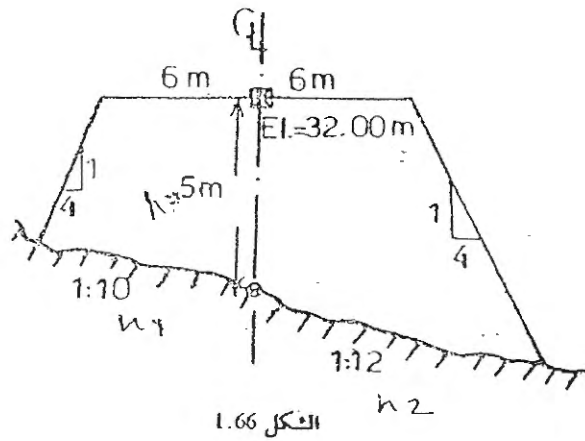
الشكل 1.64

1.14 احسب مساحتي المقطعين الجانبيين في حالتي الحفر والردم باستخدام طريقة الأحداثيات وطريقة قانون ميل سطح الأرض للشكلين 1.65 a, b.



الشكل 1.65

1.15 احسب مساحة المقطع في الشكل 1.66 باستخدام القانون المناسب لمساحة المقطع إذا علم التيلان لسطح الأرض.

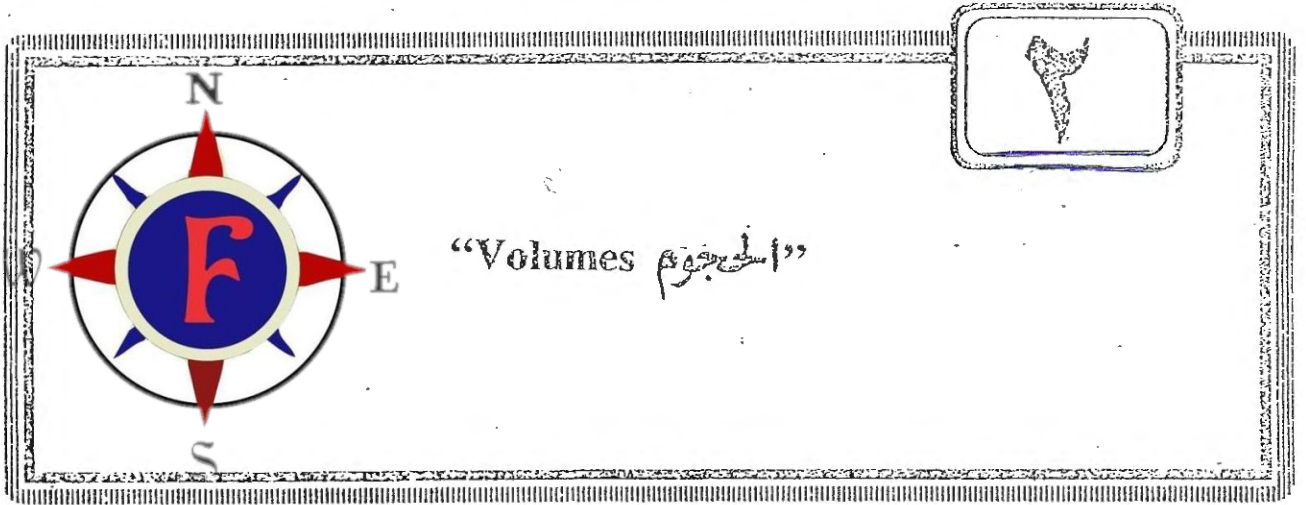


$$A = \frac{W}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right) - \frac{b^2}{4S}$$

$$W = W_1 + W_2$$

$$W_1 = \frac{h_1 S}{h_1 + S} \left(h + \frac{b}{2S} \right)$$

$$W_2 = \frac{h_2 S}{h_2 - S} \left(h + \frac{b}{2S} \right)$$



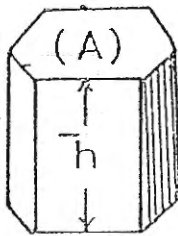
2.1 مقدمة

تُحسب الحجوم لغايات متعددة منها تعيين الكميات الترابية اللازمة في حالاتي الحفر والردم وما يتعلق بها من أعمال هندسية في مشاريع الطرق والسكك وقنوات الري والبنل والمجاري والانابيب والسداد الترابية والتسوية الترابية للأراضي الزراعية ، ومنها تعيين كميات المياه التي يمكن تخزينها أو استيعابها في الخزانات الكبيرة أو أمام السداد الضخمة أو مياه الفيضانات الواجب تصريفها في منخفضات أرضية معينة . ولذلك تختلف طرق حساب هذه الحجوم والعناصر الداخلة في حسابها . وسوف تُذكر في بداية هذا الفصل القوانين اللازمة لحساب حجوم الأشكال المنتظمة ثم الطرق الأخرى والقوانين لحساب حجوم الكميات غير المنتظمة وأهمها حساب حجوم الكميات الترابية .

Volumes of uniform shapes

2.2 حجوم الأشكال المنتظمة

2.2.1 حجوم متوازي المستطيلات (V) Parallelepiped – الشكل 2.1

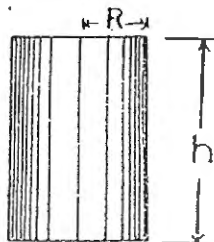


الشكل 2.1

$$V = A.h$$

حيث أن : A هي مساحة القاعدة
و h هو الارتفاع

2.2.2 حجوم الاسطوانة (V) Cylinder – الشكل 2.2

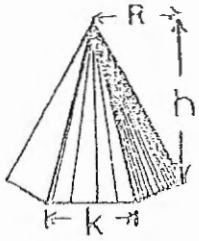


الشكل 2.2

$$V = \pi R^2 . h$$

حيث أن : R هو نصف قطر القاعدة
و h هو ارتفاع الاسطوانة

2.2.3 - حجم الهرم (V) Pyramid - الشكل 2.3



الشكل 2.3

$$V = \frac{1}{3} A \cdot h$$

حيث أن: A هي مساحة القاعدة
و h هو ارتفاع الهرم

وإذا كانت قاعدة الهرم شكل منتظم متعدد الاضلاع، فإن حجم الهرم يساوي:

$$V = \frac{n \cdot k \cdot h}{6} \sqrt{R^2 - \frac{k^2}{4}}$$

حيث أن: n هو عدد اضلاع القاعدة
 k هو طول ضلع القاعدة

و R هو نصف قطر الدائرة المارة برؤوس المضلع (ويساوي $R = \frac{k}{2 \sin(\frac{180^\circ}{n})}$) كما ان حجم الهرم يساوي
(بدلالة طول الضلع k أو نصف القطر R):

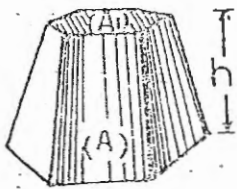
$$V = \frac{n \cdot k^2 \cdot h}{12} \cot\left(\frac{180^\circ}{n}\right) = \frac{n \cdot R^2 \cdot h}{6} \sin\left(\frac{360^\circ}{n}\right)$$

2.2.4 - حجم الهرم الناقص (V) Pyramidal Frustum - الشكل 2.4

ويستج من قطع الهرم بمستوي يوازي القاعدة.

$$V = \frac{h}{3} (A + A_1 + \sqrt{A \cdot A_1})$$

حيث أن: A و A_1 هما مساحتا القاعدتين المتوازيتين
و h هو المسافة العمودية بين القاعدتين



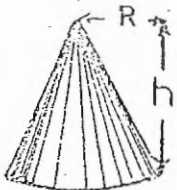
الشكل 2.4

2.2.5 - حجم المخروط (V) Cone - الشكل 2.5

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot h$$

$$= 1.047 R^2 \cdot h$$

حيث أن: R هو نصف قطر قاعدة المخروط
و h هو ارتفاع المخروط

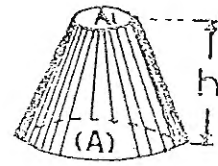


الشكل 2.5

2.2.6 حجم المخروط الناقص (V) Conic Frustum – الشكل 2.6

$$V = \frac{h}{3} (A + A_1 + \sqrt{A A_1})$$

$$= \frac{\pi h}{3} (R^2 + R R_1 + R_1^2)$$



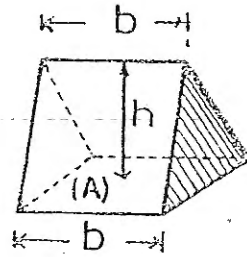
الشكل 2.6

حيث أن: A و A_1 هما مساحتا القاعدتين المتوازيتين
و R و R_1 هما نصفا قطري القاعدتين
و h هو المسافة العمودية بين القاعدتين

2.2.7 حجم المنشور (V) Prism – الشكل 2.7

وهو الذي تكون أسفله (أو أضلاعه) متوازية ومقطعه العمودي مثلثا.

$$V = \frac{1}{2} A h$$



الشكل 2.7

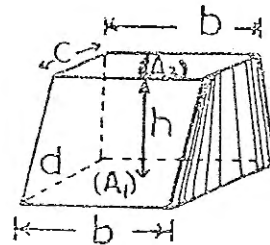
حيث أن: A هي مساحة القاعدة
و h هو ارتفاع المنشور

2.2.8 حجم المنشور الناقص (V) Wedge (Truncated Prism) – الشكل 2.8

ويطلق عليه إسفين أو خابور أيضا، حيث أن أي مقطع له يوازي القاعدة فإن أحد أضلاعه يبق طول ثابتا (b).

$$V = \frac{1}{2} h (A_1 + A_2)$$

$$= \frac{h b}{2} (c + d)$$



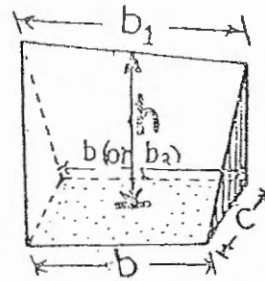
الشكل 2.8

حيث أن : A_1 و A_2 هما مساحتا القاعدتين المتوازيتين
 و h هو المسافة العمودية بين القاعدتين
 و b و c و d هي أطوال اضلاع القاعدتين
 وإذا كانت القاعدة مثلثة الشكل فإن الحجم يساوي : $V = \frac{1}{2} h \cdot A_1$ ، حيث أن A_1 هي مساحة القاعدة المثلثة
 الشكل.

2.2.9 حجم الأسفين الناقص (V) Truncated Wedge – الشكل 2.9

ويطلق عليه أيضا الخابور الناقص ، حيث أن أي مقطع له يوازي القاعدة فإن أضلاعه تتغير في الطول [من (b) إلى (b₁) كما في الشكل]

$$V = \frac{c \cdot h}{6} (2b + b_1)$$



الشكل 2.9

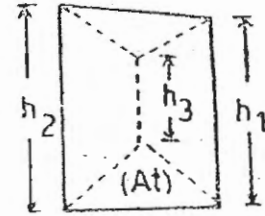
وإذا كان طولاً ضلعي القاعدة المتوازيين غير متساويين (ويساويان b و b_2)
 فإن القانون يصبح :

$$V = \frac{c \cdot h}{6} (b + b_1 + b_2)$$

2.2.10 حجم متوازي المستطيلات الناقص (V) Truncated Parallelepiped – الشكلان 2.10a و 2.10b

وهو ما كان مقطعه العمودي على أحرافه المتوازية عبارة عن مثلث أو مستطيل أو مربع وإرتفاعات أحرافه المتوازية مختلفة. وهكذا يكون الحجم كالآتي :
 أ) إذا كان المقطع العمودي مثلثا (الشكل 2.10a).

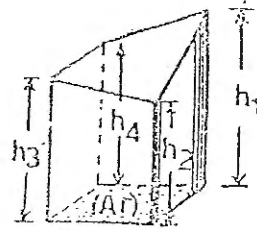
$$V = A_t \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$$



الشكل 2.10a

حيث أن : A_t هي مساحة المثلث العمودية على الأحراف المتوازية الثلاثة .
 ب) إذا كان المقطع العمودي مستطيلاً (الشكل 2.10b)

$$V = A_r \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$



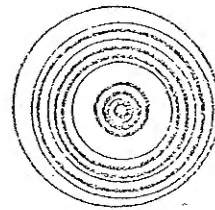
الشكل 2.16b

حيث أن: A_r هي مساحة المستطيل العمودية على الأضلاع الأربعة المتوازية.

2.2.11 حجم الكرة (V) Sphere - الشكل 2.11

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$= 4.189 R^3$$



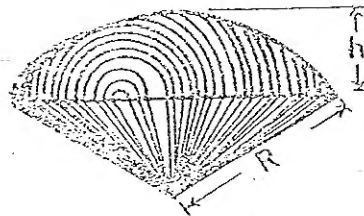
الشكل 2.11

حيث أن: R هو نصف قطر الكرة

2.2.12 حجم القطاع الكروي (V) Sphere Sector - الشكل 2.12

$$V = \frac{2}{3} \pi R^2 h$$

$$= 2.0944 R^2 h$$



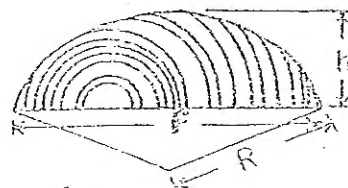
الشكل 2.12

حيث أن: R هو نصف قطر الكرة
و h هو ارتفاع القطاع

2.2.13 حجم القطع الكروي (V) Circle Cone - الشكل 2.13

$$V = \pi R^2 \left(\frac{r^2 + 4h^2}{8h} - \frac{h}{3} \right)$$

$$= \pi R^2 \left(R - \frac{h}{3} \right)$$



الشكل 2.13

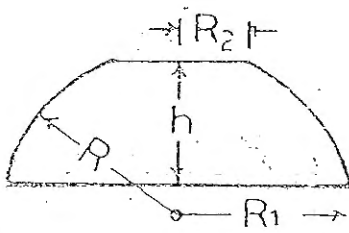
2.2.14 حجم الكرة الناقصة (V) - Truncated Sphere - الشكل 2.14

أ) إذا علم نصف قطر الدائرتين العليا والسفلى (R_1 و R_2) والمسافة العمودية بينها (h)، فإن الحجم يساوي (انظر الشكلين 2.14a و 2.14b):

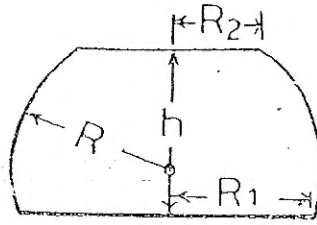
$$V = \frac{\pi h}{6} (3R_1^2 + 3R_2^2 + h^2)$$

ب) إذا علمت مساحات الدوائر العليا والوسطى والسفلى (A_1 و A_2 و A_3) والمسافة العمودية بين العليا والسفلى (h)، فإن الحجم يساوي (انظر الشكل 2.14c):

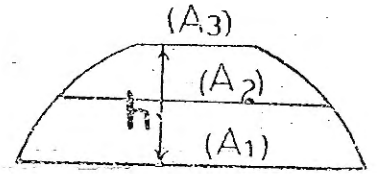
$$V = \frac{h}{6} (A_1 + 4A_2 + A_3)$$



(a)



(b)



(c)

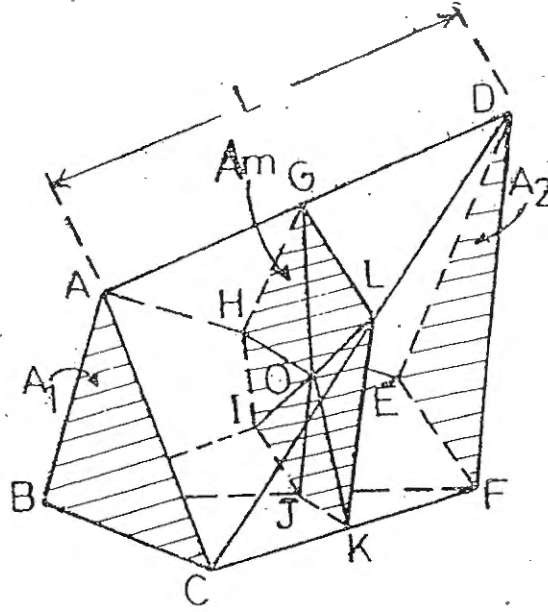
الشكل 2.14

2.2.15 حجم المنشوراني أو الجسم شبه المنشوري Prismoid - (الشكل 2.15)

ويطلق عليه أيضا الاسفين الناقص (أو المنشور الناقص أحيانا). ويتألف الحجم الكلي لهذا الجسم من حجم هرمين رأسهما في نقطة O ومساحتي قاعدتيها A_1 و A_2 وارتفاع كل منهما يساوي $\frac{L}{2}$ ، حيث ان المقطع الوسطي (ومساحته A_m) هو في منتصف المسافة L ، ويضاف إلى ذلك حجم الاهرام والأسافين المتكونة مع النهايتين (والتي تساوي $\left(\frac{2}{3} A_m L\right)$ وبذلك يكون الحجم الكلي للمنشوراني مساويا:

$$V = \frac{1}{3} \left(A_1 \cdot \frac{L}{2} \right) + \frac{1}{3} \left(A_2 \cdot \frac{L}{2} \right) + \frac{2}{3} A_m L$$

$$= \frac{L}{6} (A_1 + 4A_m + A_2)$$



(الشكل 2.15)

2.3 حجمم الاشكال (أو الكيات) غير المنتظمة

تتبع لحساب حجمم الاشكال غير المنتظمة قوانين وطرق مختلفة إعتاداً على نوعية الحجم المطلوب حسابه والدقة المطلوبة في الحساب والمعلومات المتوفرة لغرض الحساب ، وتشمل هذه القوانين والطرق ما يأتي :

2.3.1 قانون متوسط القاعدتين (أو قانون معدل المساحتين النهائيين)

Average End – Area Formula

يعد هذا القانون من اكثر القوانين استخداماً وشيوعاً لسهولة ، حيث يمثل الحجم بين اي مقطعين متتاليين بحجم منشور ناقص إرتفاعه يساوي المسافة بين المقطعين وقاعدته تساوي متوسط أو معدل مساحتي المقطعين في النهايتين .
ولغرض اشتقاق القانون العام للحجم الكلي لعدد من المقاطع يساوي (n) في حالة الحفر أو الردم ، يشتق أولاً الحجم الكلي لعدد من المقاطع العرضية كما مبين في الشكل 2.16 وكالآتي :

إذا فرض أن A_1 و A_2 و A_3 هي مساحات المقاطع العرضية المتتالية بلحدى الطرق السابقة.
و L_{1-2} و L_{2-3} و L_{3-4} هي المسافات الأفقية بين المقاطع المتتالية.
فإن حجم الردم بين كل مقطعين متتاليين يساوي :

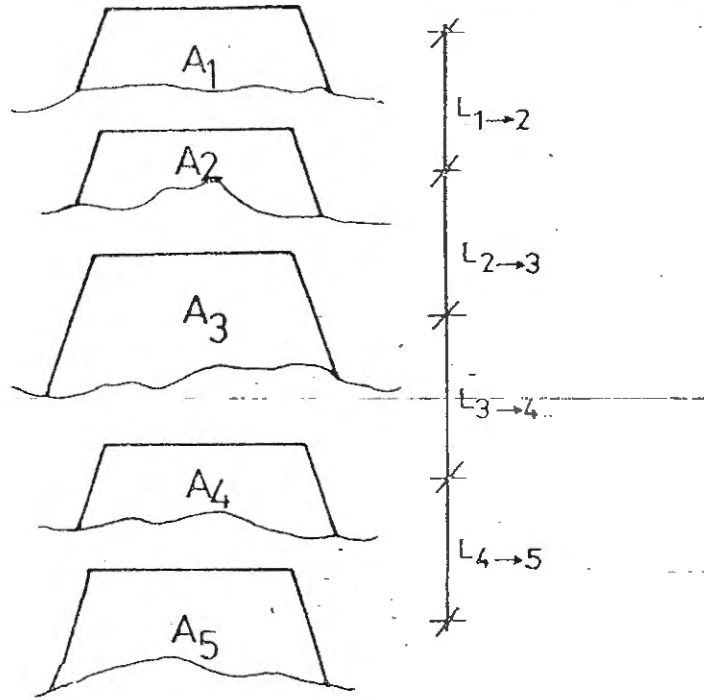
$$Vol_{1-2} = L_{1-2} \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

$$Vol_{2-3} = L_{2-3} \left(\frac{A_2 + A_3}{2} \right)$$

$$Vol_{4 \rightarrow 5} = L_{4 \rightarrow 5} \left(\frac{A_4 + A_5}{2} \right)$$

$$\therefore \text{Total Vol}_{1 \rightarrow 5} = L \left(\frac{A_1 + A_5}{2} + A_2 + A_3 + A_4 \right)$$

(على فرض أن المسافات بين كل مقطعين متتاليين متساوية وتساوي L)



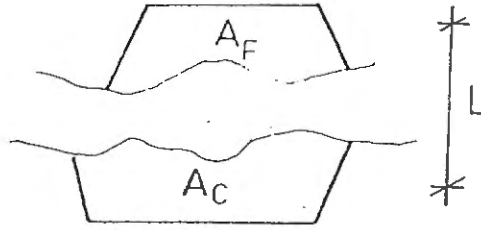
الشكل 2.16

أما القانون العام لعدد يساوي (n) من المقاطع ، فإن الحجم الكلي يساوي:

$$\text{Total Volume}_{1 \rightarrow n} = L \left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} \right) \quad \dots (2.1)$$

(وهذا القانون مشابه لقاعدة شبه المنحرف لحساب المساحة المذكورة في الفصل الاول).

وإذا كان هناك تغير لنوع المقطع من حالة الردم إلى الحفر أو بالعكس (وعدم معرفة الموقع الذي تصبح فيه قيمة المقطع مساوية صفراً) ، فيعد عندئذ حجم الردم أو الحفر بين المقطعين مساوياً لحجم هرم قاعدته تساوي مساحة المقطع وارتفاعه يساوي المسافة بين المقطعين ، وهكذا يكون الحجم كالتالي (انظر الشكل 2.17):



الشكل 2.17

$$\text{Vol.}_{Fill} = \frac{A_F}{3} \times L$$

and

$$\text{Vol.}_{Cut} = \frac{A_C}{3} \times L$$

حيث أن: A_F مساحة مقطع الردم

حيث أن: A_C هي مساحة مقطع الحفر
و L هي المسافة بين المقطعين

مثال 2.1

حسبت مساحات تسعة مقاطع عرضية في حالي الحفر والردم، فكانت مساحات الخمسة مقاطع الأولى في حالة الردم وتساوي:

$$A_{F1} = 24 \text{ m}^2, A_{F2} = 18 \text{ m}^2, A_{F3} = 21 \text{ m}^2, A_{F4} = 12 \text{ m}^2, A_{F5} = 4 \text{ m}^2$$

أما مساحات الأربعة مقاطع الأخرى فكانت في حالة الحفر وتساوي:

$$A_{C6} = 7 \text{ m}^2, A_{C7} = 11 \text{ m}^2, A_{C8} = 15 \text{ m}^2, A_{C9} = 23 \text{ m}^2$$

فإذا كانت المسافة بين كل مقطع وآخر تساوي 100 م، فكم يكون الحجم الكلي للحفر والردم باستخدام قانون متوسط القاعدتين؟

الحل

يستخدم القانون (2.1) مع قانون الحجم عند تغير نوع المقطع وكالآتي:

$$\text{Total Vol.}_{Fill} = L \left(\frac{A_{F1} + A_{F5}}{2} + A_{F2} + A_{F3} + A_{F4} \right) + \frac{A_{F5}}{3} \times L$$

$$\text{حجم الردم الكلي} = 100 \left(\frac{24 + 4}{2} + 18 + 21 + 12 \right) + \frac{4}{3} \times 100 = 6633 \text{ m}^3$$

$$\text{Total Vol.}_{cur} = L \left(\frac{A_{C6} + A_{C9}}{2} + A_{C7} + A_{C8} \right) + \frac{A_{C6}}{3} \times L$$

$$\text{حجم الحفر الكلي} = 100 \left(\frac{7 + 23}{2} + 11 + 15 \right) + \frac{7}{3} \times 100 = 4333 \text{ m}^3$$

Prismoidal Formula

2.3.2 قانون الموشوراني (أو الاسفين ناقص)

إذا أريد الحصول على أحجام للكميات الترابية بدقة أكبر مما عليه عند استخدام القانون السابق ، فتؤخذ عندئذ مقاطع إضافية وسطية بين المقاطع الاعتيادية أو تقلل المسافة بين كل مقطعين إعتياديين إلى النصف ، وبذلك تعد المقاطع الزوجية في الشكل 2.16 مقاطع وسطية . وبحسب حجم الكميات الترابية بين المقطعين A_1 و A_3 باعتبار أن A_2 مقطعاً وسطياً أي في منتصف المسافة بين A_1 و A_3 ، باعتباره مساوياً لحجم إسفين ناقص (أو موشوراني) إرتفاعه $2L$ ومساحتي قاعدتيه النهائيين A_1 و A_3 وقاعدته الوسطية A_2 ، وكالآتي :

$$\text{Vol.}_{A1 \rightarrow A3} = \frac{2L}{6} (A_1 + 4A_2 + A_3)$$

وهكذا بالنسبة للمقطعين التاليين A_3 و A_5 :

$$\text{Vol.}_{A3 \rightarrow A5} = \frac{2L}{6} (A_3 + 4A_4 + A_5)$$

وبذلك يكون الحجم الكلي بين A_1 و A_5 مساوياً :

$$\therefore \text{Total Vol.}_{A1 \rightarrow A5} = \frac{L}{3} [A_1 + A_5 + 4(A_2 + A_4) + 2(A_3)]$$

وإذا كان هناك عدداً فردياً من المقاطع n ، فإن الحجم الكلي يساوي :

$$\begin{aligned} \text{Total VOLUME}_{1 \rightarrow n} &= \frac{L}{3} [A_1 + A_n + 4(A_2 + A_4 + \dots + A_{n-1}) \\ &\quad + 2(A_3 + A_5 + \dots + A_{n-2})] \quad \dots (2-2) \end{aligned}$$

(وهذا القانون مشابه لقاعدة سمبسن لحساب المساحة باستخدام الأعمدة على فترات متساوية المذكورة في الفصل الأول).

مثال 2.2

حُسِبَت مساحات أربعة مقاطع عرضية للردم من عملية تسوية عرضية حيث كانت المسافة بين كل مقطع وآخر تساوي 50 متراً (وهي المقاطع A_1, A_2, A_3, A_4) ثم أُجريت عملية تسوية عرضية إضافية لمقاطع وسطية بين المقاطع

أعلاه بحيث أصبحت المسافة بين كل مقطعين تساوي 25 متراً (وهي المقاطع الوسطية A_3, A_4, A_5) لزيادة الدقة في حساب الحجم الكلي للكميات الترايية. إحصى حجم الكميات الترايية الكلي للردم بقانون متوسط القاعدتين وقانون الموشوراني إذا علمت أن مساحات المقاطع هي :

$$A_1 = 46 \text{ m}^2, A_2 = 35 \text{ m}^2, A_3 = 21 \text{ m}^2, A_4 = 28 \text{ m}^2, A_5 = 34 \text{ m}^2, A_6 = 44 \text{ m}^2, A_7 = 52 \text{ m}^2$$

الحل:

يستخدم القانون (2.1) لحساب الحجم الكلي للردم بقانون متوسط القاعدتين كالآتي :

$$\text{Total Vol.}_{\text{Fill}} = 50 \left(\frac{46 + 52}{2} + 21 + 34 \right) = 5200 \text{ m}^3$$

ويستخدم القانون (2.2) لحساب الحجم الكلي للردم بقانون الموشوراني كالآتي :

$$\text{Total Vol.}_{\text{Fill}} = \frac{25}{3} [46 + 52 + 4 (35 + 28 + 44) + 2 (21 + 34)] = \frac{25}{3} \times 636$$

$$= 5300 \text{ m}^3$$

Prismoidal Correction

2.3.2.1 تصحيح الموشوراني *

يمكن استخدام التصحيح الموشوراني (والذي يرمز له PC) للحصول على الحجم بقانون الموشوراني وذلك بأضافته جبرياً إلى الحجم المحسوب بقانون متوسط القاعدتين (وهو القانون الأبسط والاكثر استخداماً). ويمكن حساب هذا التصحيح كالآتي :

$$PC = \frac{L}{6} (A_1 + 4A_m + A_2) - \frac{L}{2} (A_1 + A_2)$$

$$= - \frac{L}{3} (A_1 - 2A_m + A_2) \quad \dots (2-3a)$$

حيث أن : A_1 و A_2 هما مساحتا المقطعين النهائيين و A_m هي مساحة المقطع الوسطي و L هي المسافة بين المقطعين A_1 و A_2 .

والظاهر من القانون أعلاه أن هذا التصحيح يطرح دوماً من الحجم المحسوب بقانون متوسط القاعدتين. ولما كان المقطع ذو الثلاثة مستويات (أو ثلاثة مناسيب لسطح الأرض) هو الحالة الأكثر شيوعاً في الحقل ، فيمكن اشتقاق تصحيح الموشوراني له كالآتي (انظر الشكل 1.51) :

إذا فُرض أن العرض الكلي للمقطع الوسطي هو W_m ، فإنه يساوي :

$$W_m = \frac{1}{2} (W_1 + W_2)$$

حيث أن: W_1 و W_2 هما العرضان الكليان للمقطعين A_1 و A_2 .

وإذا فُرض أن العمق المركزي للمقطع الوسطي هو h_m ، فإنه يساوي :

$$h_m = \frac{1}{2} (h_1 + h_2)$$

حيث أن: h_1 و h_2 هما العمقان المركزيان للمقطعين A_1 و A_2 .

وعند التعويض في قانون مساحة المقطع ذي الثلاثة مستويات (1.15a) فإن التصحيح يساوي :

$$PC_{tl} = - \frac{L}{12} (W_1 - W_2) (h_1 - h_2) \quad \dots (2-3b)$$

أما تصحيح الموشوراني للمقطع الجانبي الذي يحوي على الحفر والردم (أنظر الشكل 1.52) فيمكن اشتقاقه كالآتي (إذا كان h وهو العمق المركزي في حالة حفر) :

إذا أُبدل h'' محل h في القانون (1.16a) فإن مساحة الحفر تساوي :

$$A_c = \frac{h''}{2} \left(\frac{b}{2} + d \right)$$

وبذلك يصبح التصحيح الموشوراني لحجم الحفر (PC_{SC}) مساوياً :

$$PC_{SC} = - \frac{L}{12} (h_1'' - h_2'') (d_1 - d_2) \quad \dots (2-3c)$$

حيث أن: h_1'' و h_2'' هما إرتفاعا الحفر للمقطعين النهائيين d_1 و d_2 هما المسافتان من الخط المركزي وحتى نهاية الحفر للمقطعين. أما إذا أُبدل h' محل h_F في القانون (1.16c) فإن مساحة الردم تساوي :

$$A_r = \frac{h'}{2} \left(\frac{b}{2} - d \right)$$

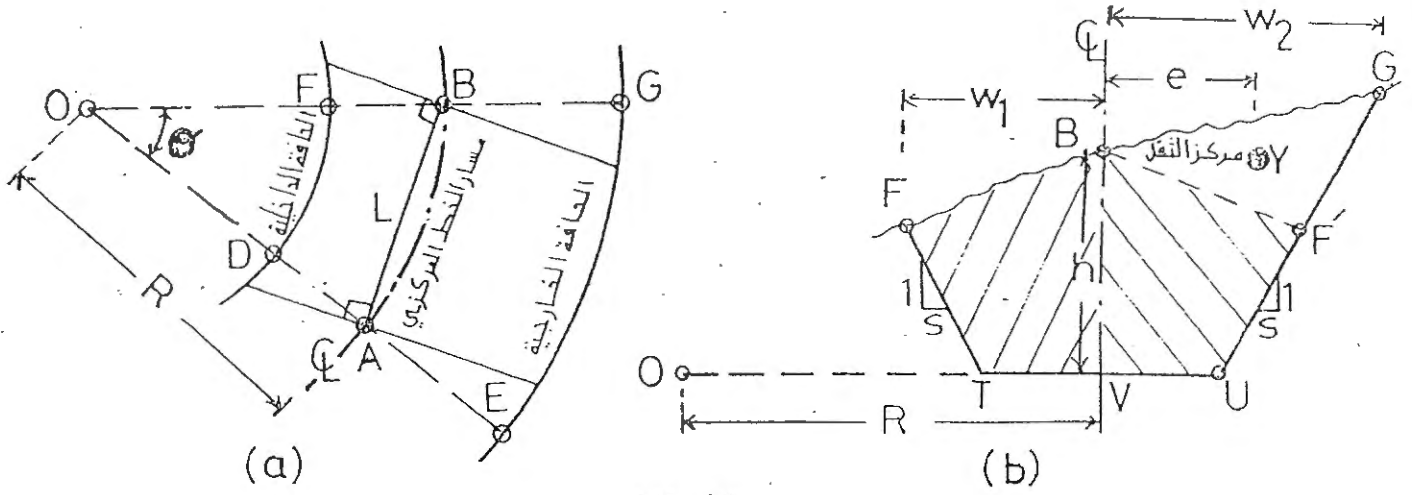
وبذلك يصبح التصحيح الموشوراني لحجم الردم (PC_{SF}) مساوياً :

$$PC_{SF} = + \frac{L}{12} (h_1' - h_2') (d_1 - d_2)$$

Curvature Correction

2.3.2.2 تصحيح الحجم عند المنحنيات

ويطلق عليه اختصاراً تصحيح القوس أو التحدب ، ويرمز له (C_r) ، ويُعرف بأنه الحجم الذي يجب إضافته إلى الحجم المحسوب على امتداد خط مستقيم في أي قانون يستخدم لحساب الحجم ولمسافة بين مقطعين تساوي (L) كما مبين في الشكل 2.18a. وتكون قيمة هذا التصحيح صفراً إذا كان المقطع العرضي متماثلاً على جانبي الخط المركزي. وسوف نذكر القوانين الخاصة بالتصحيح لشكلين شائعين من المقاطع وهما المقطع ذو الثلاثة مناسيب لسطح الأرض والمقطع الجانبي.



الشكل 2.18

أ) تصحيح التقوس للمقطع الثلاثي المناسب

يحسب تصحيح الحجم هذا باستخدام نظرية باپاس التي تقول بأن الحجم الدوراني يساوي مساحة المقطع مضروبة في المسافة التي يقطعها مركز ثقلها خلال دوران المقطع. وهذا الحجم يساوي المساحة الإضافية BGF' مضروبة في المسافة (e) لمركز ثقل المقطع الإضافي عند دورانها لزاوية مقدارها (θ)، وهذه العناصر تساوي (انظر الشكلين 2.18a,b):

$$\text{Area of BGF' (or A')} = \frac{W_2 - W_1}{2} \left(h + \frac{b}{2S} \right) \quad (\text{من المعادلة 1.15a})$$

$$\theta = \frac{L}{R}, e = \frac{1}{3} (W_1 + W_2)$$

وعند ضرب المعادلات الثلاث اعلاه ييتمضها ينتج تصحيح التقوس كالاتي:

$$\therefore C_r = \frac{L}{6R} (W_2^2 - W_1^2) \left(h + \frac{b}{2S} \right) \quad \dots (2.4a)$$

ب) تصحيح التقوس للمقطع الجانبي

وبالطريقة السابقة نفسها يمكن حساب تصحيح التقوس للمقطع الجانبي (إذا كان العمق المركزي h في حالة حفر) وكان انحدار سطح الارض باتجاه مركز المنحني الاقي. وهكذا يكون تصحيح التقوس لحجم الحفر (C_{rc}) مساوياً:

$$C_{rc} = \frac{L}{6R} \left(W_c + \frac{b}{2} + d \right) \left[\frac{h_c}{2} \left(\frac{b}{2} + d \right) - h.d \right] \quad \dots (2.4b)$$

أما تصحيح القوس لحجم الردم (C_{rf}) فيساوي :

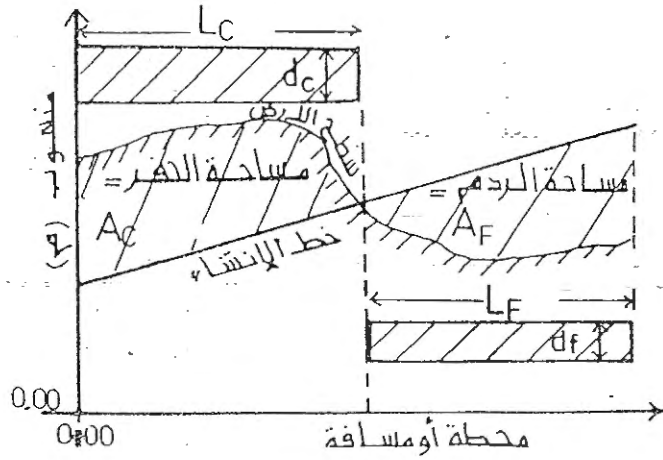
$$C_{rf} = \frac{L}{6R} \left(w_f + \frac{b}{2} + d \right) \left[\frac{h_f}{2} \left(\frac{b}{2} - d \right) \right] \quad \dots (2.4c)$$

وإذا كان العمق المركزي في حالة ردم ، فإن القانونين اعلاه يستبدل كل منها مكان الآخر مع التغيير اللازم للرموز السفلية . وإذا كان انحدار سطح الأرض إلى خارج المنحني (أو بالاتجاه العاكس لمركز المنحني) فتعكس عندئذ الاشارات المستخدمة في القانونين اعلاه .

2.3.3 الطريقة التقريبية لحساب الحجم من المقطع الطولي

Approximate Method For Computing Volume From the Profile

تستخدم هذه الطريقة لحساب الحجم عندما تكون الأرض بمنسوب واحد على جانبي الخط المركزي للمقطع الواحد ، حيث يمكن اعتبار جميع المقاطع للحفر أو الردم مقاطعاً مستوية وبالتالي يمكن حساب الحجم الكلي للحفر أو الردم على هذا الاساس . فإذا كان المقطع الطولي لخط الانشاء و سطح الأرض مرسوماً كما في (الشكل 2.19) فيمكن عندئذ حساب الحجم الكلي كالآتي :



الشكل 2.19

الحجم الكلي للحفر (V_c) :

يمكن حساب مساحة الحفر الكلية على امتداد المقطع الطولي A_c in m^2 باستخدام الإلايتمتر أو طريقة المربعات أو طريقة الاحداثيات . ثم نحسب مسافة منطقة الحفر L_c in m ، وبذلك يمكن حساب العمق المتوسط للحفر كالآتي :

$$d_c \text{ (in m)} = \frac{A_c}{L_c}$$

ومن العمق المتوسط للحفر (d_c) والانحدار الجانبي لمقطع الحفر ($S_1:1$) وعرض سطح الانشاء للحفر (b_c) ، يمكن حساب مساحة المقطع المثالي للحفر (a_c) باستخدام قانون مساحة المقطع المستوي (1.10) وهو :

$$a_c = d_c (b_c + S_1 d_c) \dots \text{(in } m^2 \text{)}$$

ومكنا يمكن الحصول على الحجم الكلي للحفر (Vc) كالآتي :

$$V_C = a_c \times L_C \text{ (in m}^3 \text{)} \quad \dots (2.5 a)$$

الحجم الكلي للردم (V_F) :

تبع الطريقة أعلاه نفسها لحساب الحجم الكلي للردم حيث :

$$d_F = \frac{A_F}{L_F} = \frac{\text{(مساحة الردم الكلية)}}{\text{(مسافة منطقة الردم)}}$$

∴ مساحة المقطع المثالي للردم تساوي :

$$a_F = d_F (b_F + S_F \cdot d_F)$$

وبذلك يكون الحجم الكلي للردم (V_F) مساوياً :

$$V_F = a_F \times L_F \quad \dots (2.5 b)$$

مثال 2.3

قيست مساحتي الحفر والردم الكليتان على امتداد مقطع طولي لخط مركزي لطريق باستخدام البلاينيتر فكانتا تساويان : $A_C = 472 \text{ m}^2$ و $A_F = 318 \text{ m}^2$

ثم حسبت مساحتي منطقتي الحفر والردم فكانتا تساويان : $L_C = 324 \text{ m}$ و $L_F = 356 \text{ m}$. فإذا علمت أن عرض الطريق للحفر = 12m والانحدار الجانبي للحفر = 2:1 ، وعرض الطريق للردم = 10m والانحدار الجانبي للردم = 3:1 . فكم يكون الحجم الكلي للحفر والحجم الكلي للردم باستخدام الطريقة التقريبية .

الحل :

أولاً - الحجم الكلي للحفر (V_C)

$$d_c = \frac{A_C}{L_C} = \frac{472}{324} = 1.46 \text{ m}$$

$$a_c = d_c (b_c + S_c \cdot d_c) = 1.46 (12 + 2 \times 1.46) = 21.78 \text{ m}^2$$

$$V_C = a_c \times L_C = 21.78 \times 324 = 7058 \text{ m}^3$$

ثانياً - الحجم الكلي للردم (V_F)

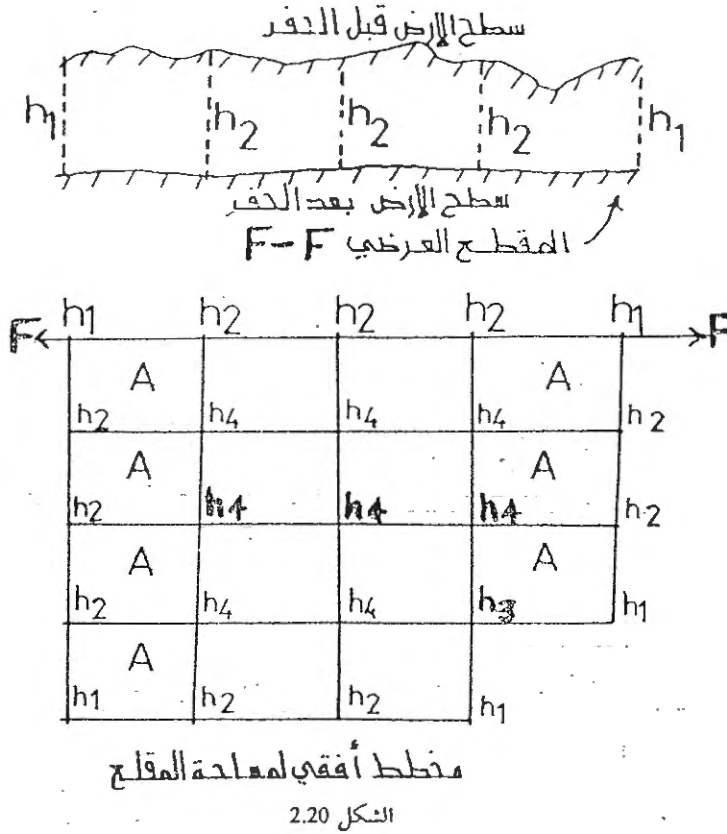
$$d_F = \frac{A_F}{L_F} = \frac{318}{356} = 0.89 \text{ m}$$

$$a_F = d_F (b_F + S_F \cdot d_F) = 0.89 (10 + 3 \times 0.89) = 11.28 \text{ m}^2$$

$$V_F = a_F \times L_F = 11.28 \times 356 = 4014 \text{ m}^3$$

2.3.4 قانون حساب حجم المقلع أو حفرة الأعارة Volume of a Borrow Pit or Vol. from spotheights

تستخدم عملية تسوية لشبكة مربعات تشكل مساحة المقلع حيث تؤخذ مناسيب أركان المربعات قبل الحفر وبعد الحفر، وبذلك يمكن الحصول على أعماق الحفر في كل ركن من أركان المربعات. وهكذا يمكن حساب الحجم الكلي للحفر من مجموع حاصل ضرب متوسط عمق الحفر لكل مربع في مساحة المربع الواحد، باستخدام القانون الآتي (أنظر الشكل 2.20):



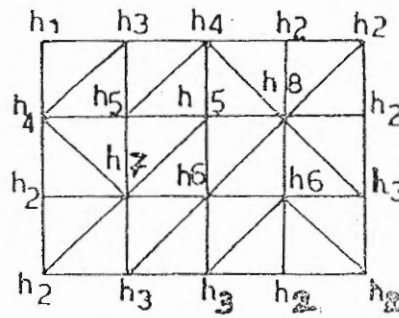
$$\text{Vol. of Cut} = A \left(\frac{\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4}{4} \right) \quad \dots (2.6a)$$

حيث أن: A = مساحة المربع الواحد، و h_1 و h_2 و h_3 و h_4 = أعماق الحفر لكل ركن من أركان المربعات المشتركة في حساب متوسط عمق الحفر لمرة واحدة ومرتين وثلاث وأربع على التوالي.

وقد يحسب الحجم أيضاً عن طريق حساب مساحات المقاطع العرضية المتوالية ثم استخراج الحجم باستخدام قانون متوسط القاعدتين أو قانون الموشوراني.

وقد تقسم المربعات (أو المستطيلات) إلى مثلثات باتجاه الانحدار الأقل، للحفر (أو الوتر الذي يصل بين عمق الحفر الأقل فرقاً ضمن المربع الواحد) كما مبين في الشكل 2.21، ثم تُرقم أعماق الحفر لكل ركن من أركان المربعات حيث يتراوح الترقيم (من 1 إلى 8) بحسب عدد رؤوس المثلثات المشتركة في الركن الواحد. وبذلك تتكون متوازيات مستطيلات ناقصة

حجم كل منها مساو لحاصل ضرب متوسط عمق الحفر لثلاثة أحرف في مساحة المثلث العمودية على تلك الأحرف (ويرمز لها A_t) ، وبذلك يكون حجم المقطع (أو الحفرة) الكلي مساوياً :



الشكل 2.21

$$\text{Vol. of Cut} = \frac{A_t}{3} (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4 + 5\Sigma h_5 + 6\Sigma h_6 + 7\Sigma h_7 + 8\Sigma h_8) \dots (2.6b)$$

وقد تستخدم هذه الطريقة أيضاً لحساب حجم المياه التي يمكن تخزينها في منخفض أرضي معين ، أو حساب حجم الاملائات الترابية اللازمة لردم منخفض معين إلى منسوب معين في الأرض. حيث تجرى عملية تسوية شبكية لسطح الأرض المنخفضة الطبيعية ثم تحسب الأعماق عند أركان الشبكة التربيعية وحتى المنسوب المعين من الأرض.

Volumes from Contours

2.3.5 حساب الحجم من خطوط الكفاف (أو خطوط الكنتور)

هناك طرق عديدة متبعة لحساب حجوم الكميات الترابية للحفر والردم أو حساب كميات المياه الممكن استيعابها في الخزانات أو الأراضي المنخفضة عند حدوث الفيضانات ومن هذه الطرق المتبعة ما يأتي :

(أ) طريقة المقاطع العرضية : حيث يمكن رسم خطوط مستقيمة تقطع خطوط الكنتور وعلى فترات متساوية (فوق الخارطة الكنتورية أو الطبوغرافية). ثم تؤخذ مناسيب النقاط على امتداد هذه الخطوط وفي مواقع تقاطعها مع خطوط الكنتور ويرسم مقطع عرضي لكل خط مستقيم (وحسب طول المنطقة المراد حساب الكميات فيها). ثم يستخرج الحجم الكلي للحفر أو الردم بقانون متوسط القاعدتين أو قانون الموشوراني.

(ب) طريقة مناسيب النقاط لشبكة تربيعية : حيث ترسم شبكة تربيعية فوق الخارطة الكنتورية وتسجل مناسيب أركان هذه الشبكة. ثم تطرح هذه المناسيب من المنسوب النهائي للتسوية الترابية المطلوب للحصول على أعماق الحفر (أو الردم) الناتجة من عملية التسوية للأرض، وبحسب الحجم الكلي للحفر (أو الردم) بأحد القانونين المذكورين في الفقرة السابقة (2.3.4) وهما القانونان (2.6a) لشبكة المربعات و (2.6b) لشبكة المثلثات.

(ج) استخدام جهاز البلانيمتر لقياس المساحات المحصورة بخطوط الكنتور

يمكن استخدام جهاز البلانيمتر عند توفره لقياس المساحات المحصورة بخطوط الكنتور ومن ثم أخذ الفترة الكنتورية بنظر الاعتبار لغرض حساب الحجم الكلي للردم أو الحفر أو سعة الخزانات باستعمال قانون متوسط القاعدتين أو قانون الموشوراني وكما يأتي :

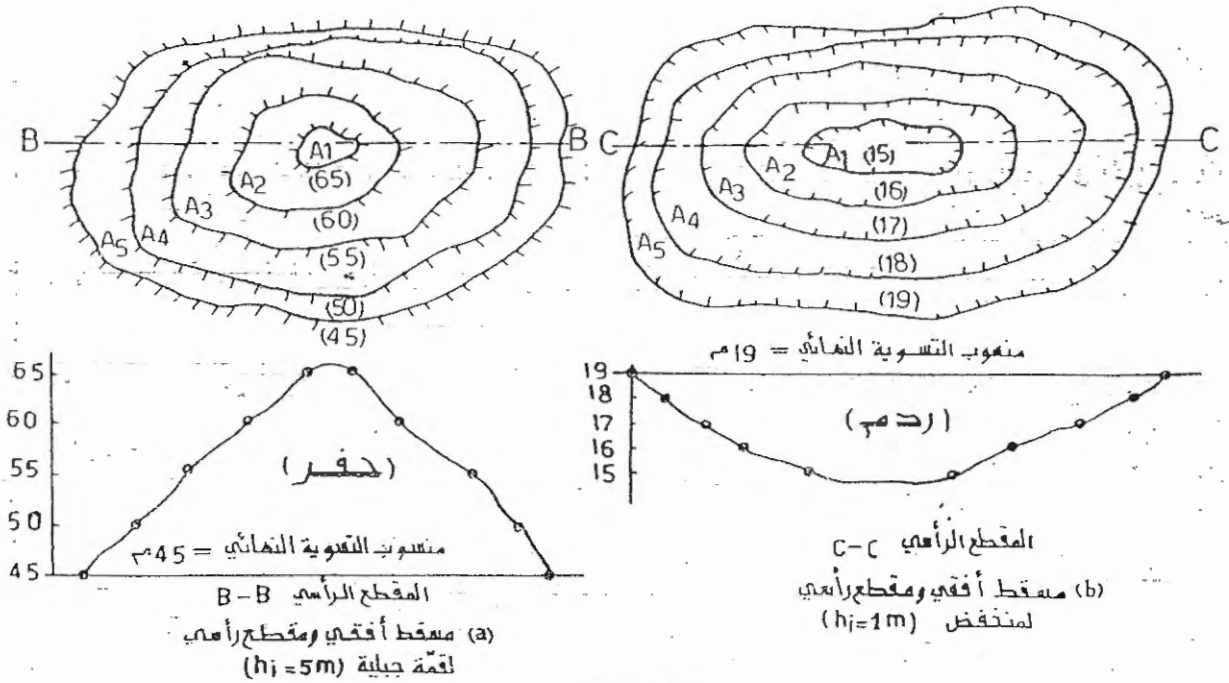
(1) حساب الحجم الكلي للردم لمنطقة منخفضة أو مستنقع ، أو حساب الحجم الكلي للخفر لغرض تسوية الأرض لمنطقة تلية أو قة جبلية (أنظر الشكلين 2.22a,b) : حيث يتم قياس المساحة المحصورة ضمن كل خط كتور باستخدام جهاز البلانيمتر (وبالامتار المربعة) ثم يستخرج الحجم الكلي باستخدام القانون المناسب :

$$\text{Total Vol.} = h_i \left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + \dots + A_{n-1} \right) \quad \text{عند استخدام قانون متوسط القاعدتين}$$

or,

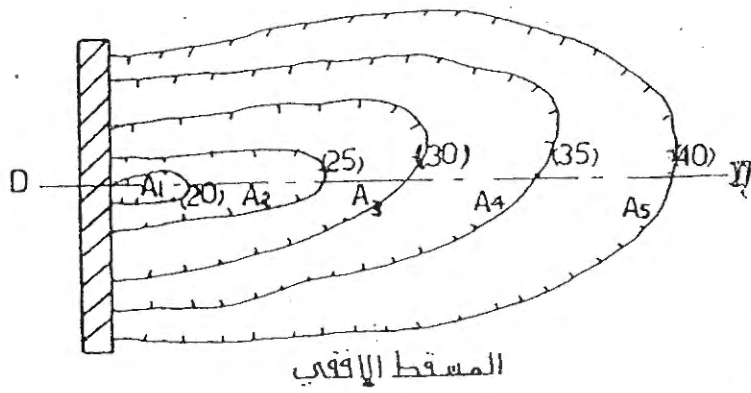
$$\text{Total Vol.} = \frac{h_i}{3} [A_1 + A_n + 4(A_2 + \dots) + 2(A_3 + \dots)] \quad \text{وعند استخدام قانون الموشوراني}$$

حيث ان : h_i هي الفترة الكتورية و $A_1, A_2, \dots, A_n$ هي المساحات المحصورة بالخطوط الكتورية وعلى التوالي (ارتفاعاً أو انخفاضاً) والمقيسة بالبلانيمتر.



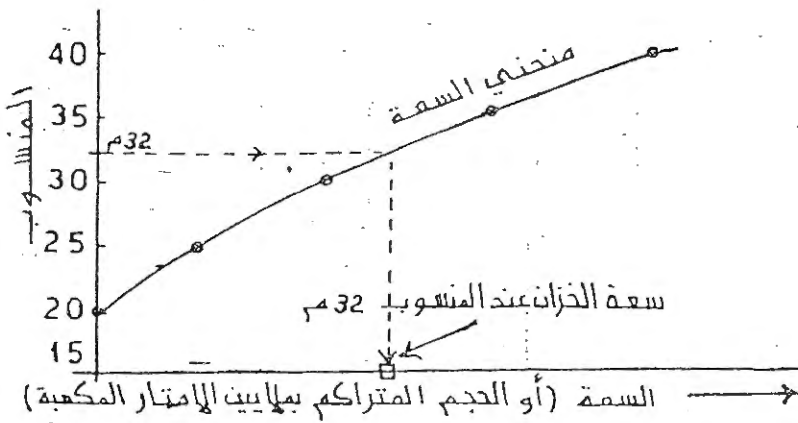
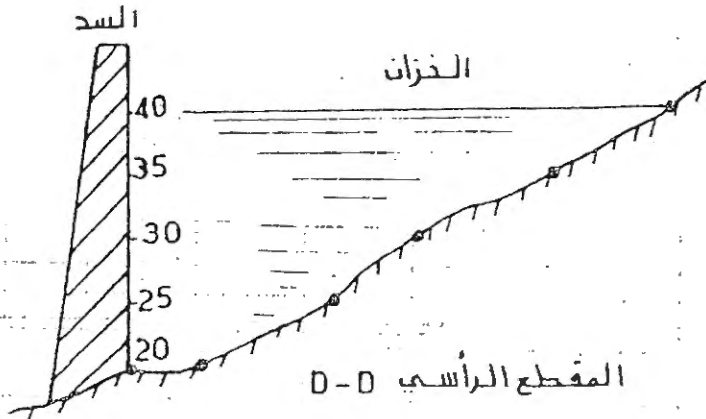
(2) حساب سعة الخزان ومنحني السعة (أنظر الشكل 2.23) :

يمكن حساب حجم كميات المياه لاي منسوب محدد ، وذلك بقياس المساحة المحصورة ضمن كل خط كتور باستخدام البلانيمتر واخذ الفترة الكتورية بنظر الاعتبار وحساب الحجم الجزئية ثم الحجم المتراكمة للمياه (أو السعة للخزان) وحتى أعلى منسوب للسد الخاص بالخزان. ثم يرسم منحني السعة للخزان برسم المناسب كمحور صادي وسعة الخزان كمحور سيني، وبذلك يمكن معرفة كميات المياه في اي وقت وحسب المنسوب المؤشر على السد.



جدول الحسابات (2.1)

المساحة المترافعة	الحجم المترافعة (م ³)	مساحة الكتور (م ²)	مستوى الكتور
0.00		20	
		25	
		30	
		35	
		40	



الشكل 2.23

مثال 2.4

أجريت عملية نسوية لشبكة مربعات تشكل مساحة مقلع قبل وبعد الحفر حيث كان طول ضلع المربع الواحد = 20 م. ثم حسبت أعماق الحفر لأركان المربعات فكانت كما مبين في الشكل 2.24. والمطلوب حساب الحجم الكلي للحفر في هذا المقلع.

1.4	1.1	1.3	1.2
1.5	1.3	1.6	1.5
1.1	1.2	1.4	1.0
1.7	1.3	1.5	1.2
	1.7	1.8	

الشكل 2.24

الحل:

$$\text{مساحة المربع الواحد} = 20 \times 20 = 400 \text{ م}^2$$

$$\Sigma h_1 = 1.2 + 1.4 + 1.7 + 1.7 + 1.8 + 1.2 = 9.0 \text{ m}$$

$$2\Sigma h_2 = 2(1.3 + 1.1 + 1.5 + 1.1 + 1.0 + 1.5) = 2(7.5) = 15.0 \text{ m}$$

$$3\Sigma h_3 = 3(1.3 + 1.5) = 3(2.8) = 8.4 \text{ m}$$

$$4\Sigma h_4 = 4(1.6 + 1.3 + 1.2 + 1.4) = 4(5.5) = 22.0 \text{ m}$$

$$\therefore \text{Vol. of Cut} = 400 \left(\frac{9.0 + 15.0 + 8.4 + 22.0}{4} \right) = 400 \times 13.6 = 5440 \text{ m}^3$$

2.4 منحني أو مخطط نقل الأتربة (أو منحني الكتلة) - الشكل 2.25

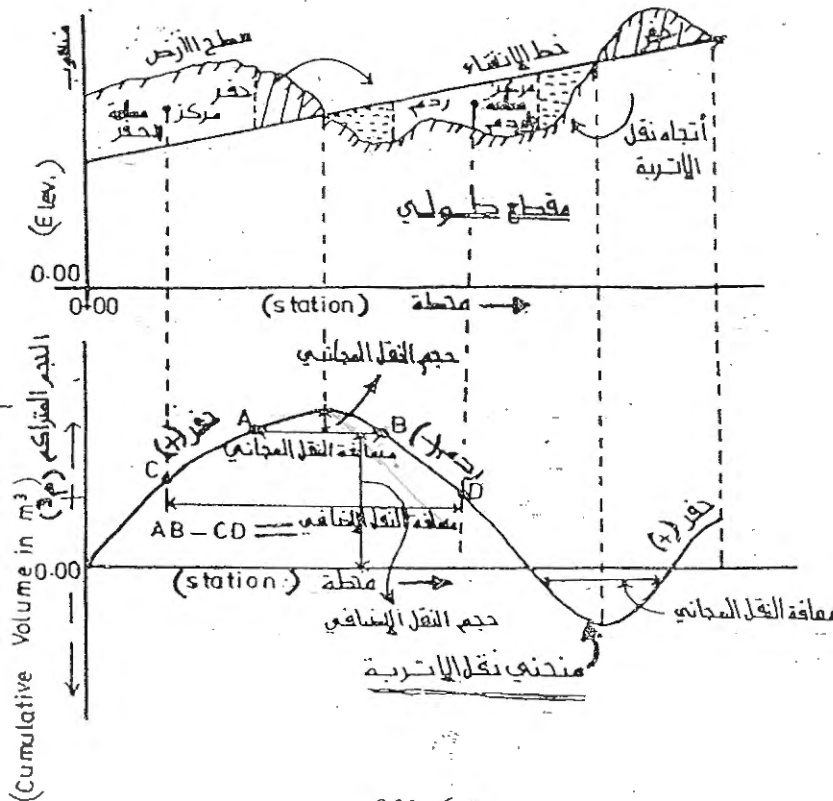
Mass-Haul Diagram or Mass Diagram

بعد حساب أحجام الكميات الترابية للحفر والردم على امتداد المقطع الطولي للخط المركزي، يتم إضافة (10%) من حجم الردم بين أي مقطعين للردم إلى حجم الردم المحسوب، وذلك للتعويض عن الحجم المتقلص للتراب نتيجة الرص (حيث أن حجم الردم المحسوب هو حجم تراب مضغوط أو مرصوص بدرجة معينة، فإذا أريد أخذ تراب الحفر وهو تراب غير مضغوط لغرض الردم فيجب أن يكون حجمه أكبر)، وتسمى هذه النسبة، وهي متفاوتة تبعاً لنوعية التربة، بمعامل التقلص أو الانكماش Shrinkage Factor، وقد يضرب حجم الردم في (1.10) بدلاً من إضافة 10%. وإذا كانت التربة صخرية فيطرح عندئذ ما مقداره (10%) من حجم الردم للتعويض عن الانتفاخ في حجم الحفر الناتج، وتسمى النسبة عندئذ بمعامل الانتفاخ Swell Factor، أو يقسم حجم الردم على (1.10). ثم تضاف هذه الحجم جبرياً إلى بعضها ابتداءً من محطة معينة هي محطة الابتداء في تنفيذ الأعمال الترابية، ويصبح هناك حجماً متراكماً في كل محطة يُعبّر عن المجموع

الجبري الكلي لحجوم الحفر والردم في تلك المحطة. وعند رسم هذا الحجم المتراكم كأحدائي صادي مقابل كل محطة من الخط المركزي كأحدائي سيني (و بمقياس الرسم نفسه للمقطع الطولي) يتم الحصول على منحنى أو مخطط نقل الأتربة. ومن خصائص هذا المنحنى (a) يمثل الأحدثائي الصادي للمنحنى في أية نقطة الحجم المتراكم للأتربة إلى تلك النقطة، (b) يكون المنحنى صاعداً من اليسار (إشارة الانحدار موجبة) في منطقة الحفر ونازلاً من اليسار (إشارة الانحدار سالبة) في منطقة الردم، (c) يكون التغير من الحفر إلى الردم عند النهاية العظمى للمنحنى (وشكله محدباً) بينما يكون التغير من الردم إلى الحفر عند النهاية الصغرى للمنحنى (وشكله مقعراً)، حيث يتم نقل الأتربة في الحالة الأولى من اليسار إلى اليمين بينما يتم نقل الأتربة في الحالة الثانية من اليمين إلى اليسار.

(d) أي خط أفقي يقطع إنحناءاً كاملاً محدباً أو مقعراً، فإن المنطقة بين نقطتي التقاطع تحوي على حجمين متساويين للحفر والردم ويُدعى مثل هذا الخط بخط الموازنة.

وهكذا، يتبين أن منحنى نقل الأتربة يعطي فكرة عامة عن حجم الكميات الترابية المتوفرة ومناطق الحفر والردم وكيفية نقل الأتربة وموازنة كميات الحفر والردم. كما أنه يعين إضافة إلى ذلك مسافات النقل المجاني $Free-haul\ distance$ حيث يُعطى سعر معين لحفر ونقل وتفرغ المتر المكعب الواحد في عقد مقاومة إنشاء الطريق، كما يمكن تعيين مسافات النقل الإضافي $Over-haul\ distance$ حيث يؤخذ سعر إضافي إذا زادت مسافة النقل عن مسافة النقل المجاني وتكون الوحدة بالامتار المكعب - محطة. وبين الشكل 2.25 علاقة هذا المنحنى بالمقطع الطولي وخصائصه. وبالإمكان أيضاً إجراء مقارنة اقتصادية لمعرفة ما إذا كان من الأجدي اقتصادياً نقل الأتربة المحفورة إلى مناطق الردم بسعر إضافي لمسافة نقل إضافي أو نقل الأتربة من حفر الاعارة أو المقالع في جانب الطريق إلى مناطق الردم.



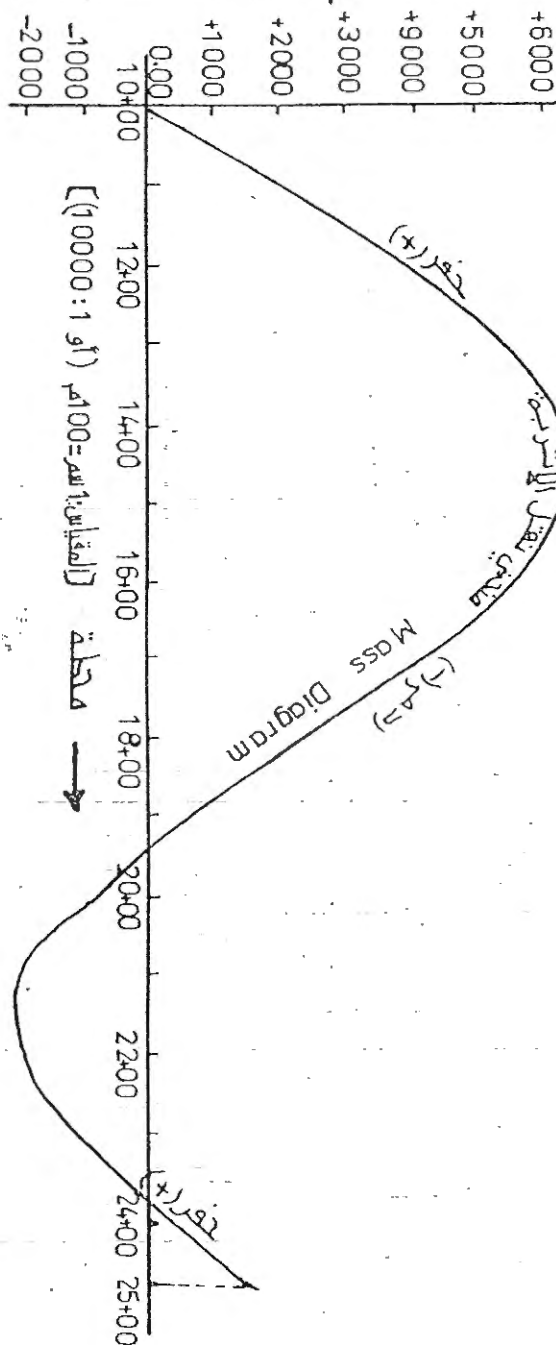
الشكل 2.25

حسبت مساحات مقاطع عرضية بواسطة عملية تسوية عرضية ثم حسبت حجوم الكميات الترابية للحفر والردم باستخدام قانون متوسط القاعدتين. والمطلوب حساب الحجم التراكم للحفر والردم بعد إضافة 10% إلى حجم الردم لغرض رسم منحنى نقل التربة. وقد سجلت المعلومات في الجدول أدناه، وأجريت الحسابات اللازمة، ثم رسم المنحنى كما مبين في الشكل 2.26.

الجدول (2.2)

المحطة Station	المساحة Area (m ²) Cut حفر	الحجم Volume (m ³) Cut (+) حفر	الحجم Volume (m ³) Fill (-) ردم	حجم الردم + 10% Fill + 10% (or Fill × 1.10) (m ³)	الحجم التراكم Cumulative volume (m ³)
10 + 00	14	...	...	...	0-00
11 + 00	20	...	+ 1700	...	1700
12 + 00	18	...	+ 1900	...	3600
13 + 00	12	...	+ 1500	...	5100
14 + 00	10	...	+ 1100	...	6200
15 + 00	6	...	850	- 220	6310
16 + 00	11	...	1300	- 935	5375
17 + 00	15	...	1450	- 1430	3945
18 + 00	14	...	1300	- 1595	2350
19 + 00	12	...	1400	- 1430	920
20 + 00	16	...	1250	- 1540	- 620
21 + 00	9	...	300	- 1375	- 1995
22 + 00	8	...	+ 270	- 330	- 2055
23 + 00	12	...	+ 1000	...	- 1055
24 + 00	13	...	+ 1250	...	+ 195
25 + 00	16	...	+ 1450	...	+ 1645

الحجم المتراكم (م³) [1 سم = 1000 م³: المقياس]



الشكل 2.26

« تمارين تطبيقية »

2.1 احسب حجوم الكميات الترابية للحفر والردم باستخدام مساحات المقاطع العرضية التي حسبت في التمرين (1.6) للفصل الاول مستعملاً طريقة متوسط القاعدتين (أو معدل المساحتين النهائيين) لحساب الحجم. ثم ارسم منحني نقل الأتربة بعد إضافة 10% لحجم الردم المطلوب وإجراء الحسابات اللازمة له (وبمقياس رسم رأسي مناسب).

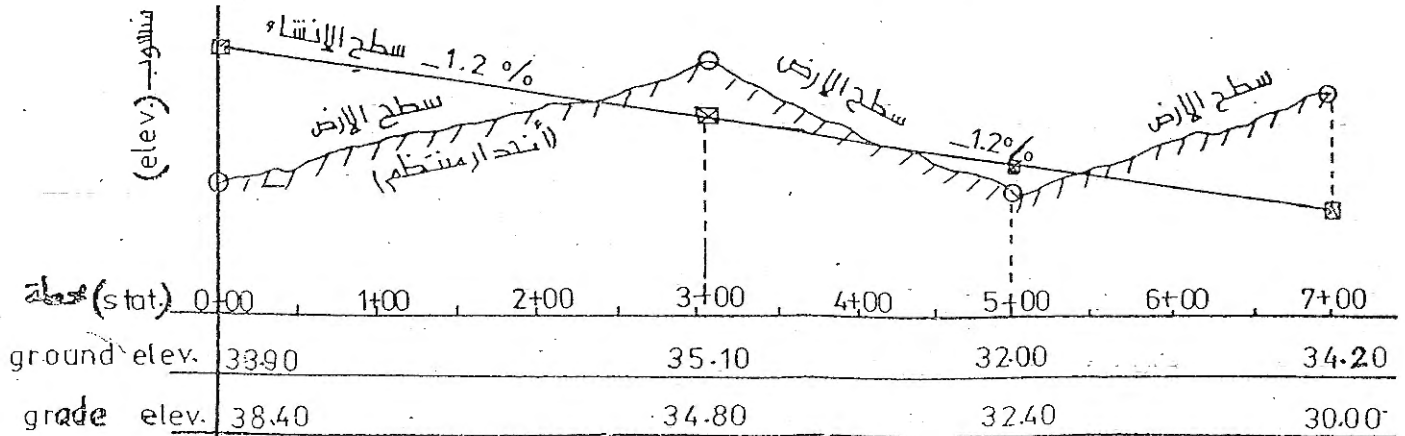
ملاحظة

يمكن ترتيب جدول كما في أدناه لأغراض الحسابات.

الجدول (2.3)

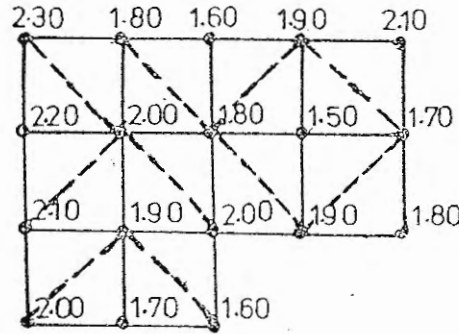
المحطة Station	المساحة Area		الحجم Volume		حجم الردم + 10% Fill + 10 % (-)	الحجم المتراكم CUMULATIVE Vol.
	Cut حفر قطع	(m ²) Fill ردم	Cut حفر (+)	Fill ردم (-)		
19 + 00		...				0.00
20 + 00		...				
20 + 60	...	...				
21 + 00	...	...				
22 + 50	...	...				

2.2 احسب حجوم الكميات الترابية لنشر والردم للمقطع الطولي أدناه باستخدام قانون متوسط القاعدتين (بفترة مقدارها 100 م)، ثم باستخدام قانون الموشوراني (بفترة مقدارها 50 م)، ثم باستخدام الطريقة التقريبية لحساب الحجم، إذا علمت أن المقاطع العرضية هي مقاطع مستوية (أي أن سطح الأرض ذو منسوب واحد على جانبي الخط المركزي)، وكان عرض الطريق = 10 م وانحداره الجانبي = 3:1 للحفر والردم. ثم ارسم منحنى نقل الأتربة حسب الحجم الناتجة من القانون الأول.



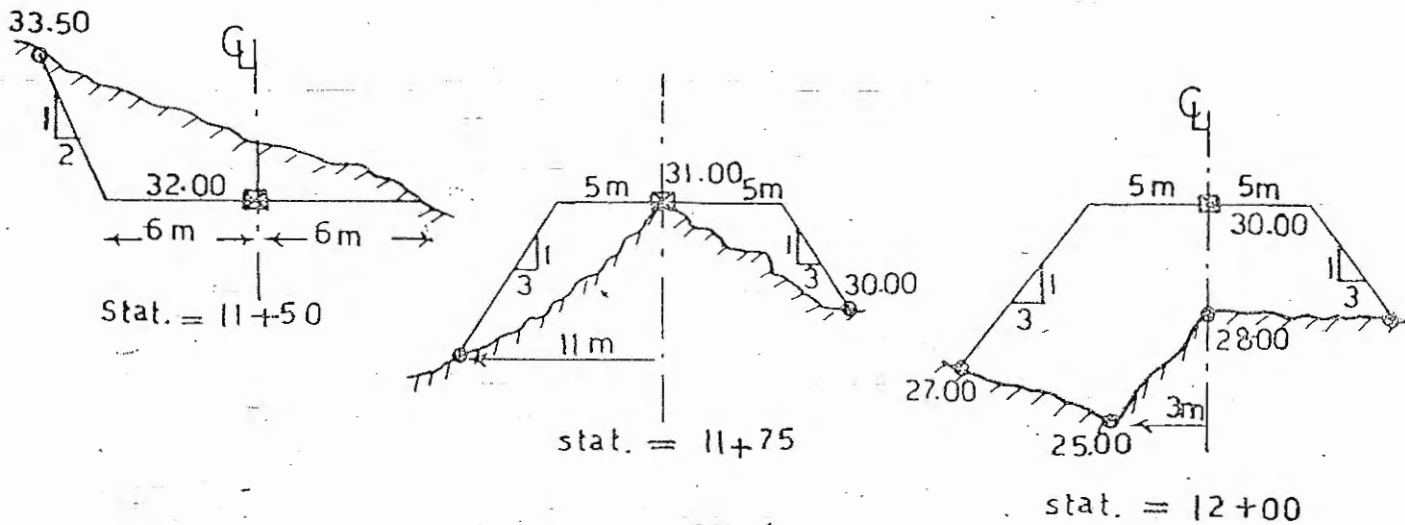
الشكل 2.27

2.3. إحتسب حجم المقلع أو حفرة الاعارة للشكل 2.28 حيث حُسبت أعماق الحفر لأركان شبكة المربعات (التي طول كل ضلع منها = 25 م باستخدام القانونين (2.6a, b).



الشكل 2. 28

2.4. إحتسب حجوم الكميات الترابية في حالتي الحفر والردم (بعد حساب مساحات المقاطع العرضية) لمجموعة المقاطع المبينة في الشكل 2.29 باستخدام قانون متوسط القاعدتين.

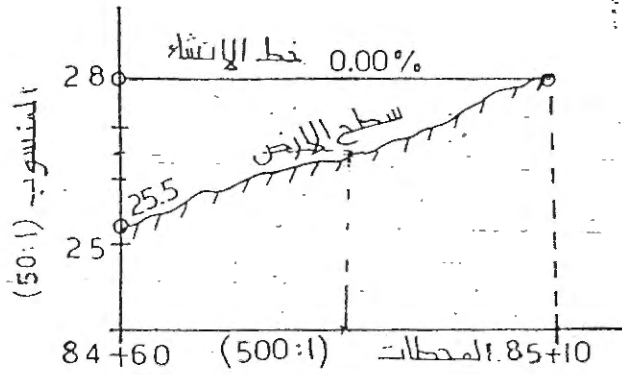


الشكل 2.29

2.5. إرسم المقطعين العرضيين من الجدول ادناه بعد إكماله، ثم إرسم المقطع الطولي لجزء الطريق المبين في الرسم التقريبي (الشكل 2.30). ثم إحتسب مساحتي المقطعين والحجم الكلي للردم بقاعدة متوسط القاعدتين وبالطريقة التقريبية. إذا علمت عرض الطريق = 8 م وانحداره الجانبي = 3:1 للحفر والردم.

الجدول (2.4)

المحطة Station	منسوب سطح الارض Ground Elev.	منسوب خط الانشاء Grade Elev.	يسار Left	الخط المركزي ☎	يمين Right
84 + 60	25.50	28.00	$\frac{EL. = 24}{Dist. = 16}$	$\frac{25.5}{0}$	$\frac{26}{?}$
85 + 10	28.00	28.00	$\frac{25}{?}$	$\frac{28}{0}$	$\frac{30}{10}$



الشكل 2.30

2.6 احسب الحجم الكلي للسدة الترابية من المعلومات المتوفرة اذناه لمساحات المقاطع العرضية ولكل 20 م باستخدام قانون متوسط القاعدتين وقانون الموشوراني.

Distance (m)	0	20	40	60	80	100	120
Area (m ²)	9.90	38.25	57.60	65.34	143.10	161.16	234.00

2.7 متخني نقل الاتربة للطريق المقترح اذناه حيث حسبت حجوم الحفر والردم وكما مبين في الجدول اذناه.

الجدول (2.5)

المسافة Dist. (m)	Volume Cut حفر	(m ³) الحجم Fill ردم	المسافة Dist. (m)	Volume Cut حفر	(m ³) الحجم Fill ردم
0	7.2		120	...	8.8
20	19.0		140	...	15.0
40	42.0		160	...	19.5
60	15.5		180	...	17.2
80	3.0		200	...	10.0
96	...	0.5	220	...	3.0
100	...	27.5	240		
120					

2.8 رُسِمَت خطوط الكفاف (الكتور) لمنخفض ثم قيسَت المساحة المحصورة داخل كل خط كفاف بواسطة البلانيمية فكانت كالآتي :

27	25.5	24	22.5	21	19.5	18	منسوب خط الكفاف (م) :
5500	2000	1500	470	295	120	30	المساحة المقيسة (م ²) :

فإذا أريد تسوية الأرض على المنسوب (26 م) فكم حجم الاتربة اللازمة لردم هذا المنخفض مستخدماً قانوني متوازيات القاعدتين والموشوراني؟

2.9 أريد إنشاء خزان لتوليد طاقة كهربائية واحتاج ذلك لخزن مياه قدرها 125,000,000 متر مكعب بين أوطاً وأعلى منسوب للتخزين. فإذا إختير منخفض لهذا الغرض وقيسَت المساحات المحصورة داخل خطوط الككتور بواسطة بلانيميتز أمام موقع الخزان وكانت كالآتي :

260	270	280	290	300	منسوب خط الكتور (م)
1,922,000	2,208,000	2,474,000	2,625,000	3,126,000	المساحة المقيسة (م ²):
220	230	240	250		المنسوب:
24,400	250,000	1,276,000	1,759,000		المساحة:

فاذا كان أو طاً منسوب للتخزين = 223.70 م، إحسب (بعد حساب الحجم الجزئية والمترجمة ورسم منحنى السعة):

- أ) منسوب المياه عندما يكون الخزان ممتلئاً.
 ب) منسوب المياه عندما يكون الخزان ممتلئاً بمقدار 50% و 60% من سعته الكلية.



« مسح الطرق Route Surveying »

3.1 مقدمة

يقصد بمسح الطرق أعمال المسح الضرورية عند التخطيط والتوقيع والتنفيذ لأي نوع من أنواع طرق النقل كطرق المركبات الاعتيادية وخطوط السكك الحديدية وقنوات الري والبزل والسدود وبجاري وأنابيب المياه والنفط وغيرها وخطوط نقل الكهرباء والماتف حيث أنها جميعاً تبدأ من نقطة واحدة هي نقطة البداية وتنتهي في نقطة النهاية المحددة لها. كما تشمل أيضاً الأعمال الحقلية والمكتبية وما يرافقها من رسومات ومخططات وخرائط وحسابات للمحطات والمساحات والحجوم. وسوف يركز في هذا الفصل على مسح طرق المركبات الاعتيادية.

3.2 اختيار مسار الطريق (أو الخط المركزي) والعوامل التي تتحكم في اختياره *

يجب أن تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار عند اختيار مسار الطريق :

- أ) يجب أن يكون الطريق أقصر ما يمكن وبأقل إنحدار ممكن حتى يضمن إنسياب المرور في أقل وقت وبأقل جهد للمركبات الثقيلة ، وما يحقق الأمان لمستخدمي هذا الطريق .
- ب) يجب أن تكون كلفة الانشاء أقل ما يمكن مع الأخذ بنظر الاعتبار تكاليف صيانه مستقبلية وفي أضيق الحدود ، ويراعى هنا أيضاً سهولة الوصول إلى موقع الطريق المقترح لنقل مواد ومعدات الانشاء والصيانة . كما يؤكد على استخدام المواد المتوفرة على جانبي الطريق ومدى صلاحيتها للانشاء .
- ج) يفضل أن تتساوى كميات الحفر والردم بقدر الامكان في حالة الطرق الجبلية لصعوبة الحفر من جهة وعدم توفر الاتربة الكافية لغرض الردم .

أما العوامل التي تتحكم في اختيار مسار الطريق أو الخط المركزي فهي :

أ) النقاط الحاكمة

وهي النقاط الأساسية التي يمر بها الطريق وتقسّم إلى نوعين :

- 1) نقاط يجب أن يمر بها الطريق ومنها بعض القرى أو المدن التي يخدمها الطريق والتقاطعات مع الطرق الأخرى ومواقع الجسور والقناطر والممرات الجبلية والانفاق.
- 2) نقاط يجب أن لا يمر بها الطريق ومنها مناطق العبادة والمدافن والمنشآت الفسحة والبحيرات والجبال الشاهقة والوديان العميقة.

ب) حجم وتركيب المرور

والمقصود به عدد المركبات التي تستخدم الطريق في زمن معين كالساعة أو اليوم أو السنة أو لعمر الطريق كله ، وأنواع هذه المركبات كالسيارات الخاصة ومركبات النقل العام والباصات ومركبات الاحمال المتوسطة والثقيلة . حيث يجب أن يتماشى تخطيط وتصميم الطريق الأفقي والرأسي مع حجم المرور الحالي والمستقبلي، وتعمل من أجل ذلك دراسات المنبع والمقصد للرحلات المتوقعة واتجاهات حركة المرور المنتظرة . ويضاف إلى ذلك معرفة أنواع المركبات المستخدمة للطريق وتحديد هذه الأنواع والحمولات أو الأثقال المحورية للمركبات الثقيلة منها حيث أن أعدادها ومدى تكرارها خلال عمر الطريق له تأثير كبير على التصميم الإنشائي لطبقات التبليط وعرض سطح التبليط والممرات الواجب توفيرها خاصة في المناطق الجبلية .

ج) التصميم الهندسي للطريق

ويشمل هذا التصميم نوعان: أحدهما في المستوى الأفقي (ويدعى بالتخطيط الأفقي) والآخر في المستوى الرأسي (ويدعى بالتخطيط الرأسي). حيث تحدّد أبعاد الطريق (الطولية والعرضية) من حيث عرض الطريق والممرات المستخدمة والانحدار العرضي لسطح الطريق والميل الإضافي أو الرفع الجانبي عند المنحنيات الأفقية والانحدارات الجانبية للحفر والردم وانصاف اقطار المنحنيات الأفقية وأنواعها وما يستلزمه ذلك من تحديد للسرعة التصميمية وأكبر ميل إضافي وأقل نصف قطر. كما تحدّد أطوال المنحنيات الرأسية ومسافة الرؤية اللازمة للتوقف والتجاوز وأقصى إنحدار طولي للطريق واستخدام حواجز الأمان والحماية الجانبية والجزرات الوسطية . وهذه العناصر هي التي تهتمنا هنا والتي مستشرح في الفصول اللاحقة .

د) الكلفة

بعد أخذ العوامل السابقة بنظر الاعتبار، يكون اختيار المسار النهائي للطريق متوقفاً على الكلفة الكلية للانشاء والصيانة وتشغيل أجهزة السيطرة المرورية. ويمكن تقليل الكلفة بتجنب الجسور العالية والقطوع العميقة والانفاق والقناطر العديدة وعمل مساواة بين كميات الحفر والردم.

هـ) عوامل أخرى

تشمل هذه العوامل عمليات الصرف أو البزل السطحي أو المبتطن والاخذ بنظر الاعتبار منسوب المياه الجوفية وبعض النوعيات الرديئة من التربة، كما تشمل أخذ رتبة المسار بنظر الاعتبار عندما يكون الطريق مستمراً وعلى استقامة واحدة بما يعرض السائق للتلل والتوم وعدم الانتباه ولذلك قد تستحدث بعض المنحنيات الأفقية لمنع هذه الرتبة . وهناك عوامل سياسية أو أمنية عند مرور بعض الطرق بالقرب من الحدود الخارجية للبلد.

3.3 أعمال المسح الخاصة بمسار الطريق أو الخط المركزي للطريق

هنالك ثلاث مراحل رئيسية لأعمال المسح يجب القيام بها لغرض اختيار وتوقيع المسار المفضل للطريق (أو الخط المركزي للطريق) مع الأخذ بنظر الاعتبار العوامل والنقاط التي ذكرت في الفقرة السابقة ، وهذه المراحل هي :

Reconnaissance

3.3.1 الاستطلاع والتحريرات

يتم في هذه المرحلة أولاً دراسة الخرائط والصور الجوية المتوفرة للمنطقة التي سيمر منها الطريق حيث يمكن رسم عدم مسارات بديلة على الخرائط أو الصور الجوية مباشرة مع الأخذ بنظر الاعتبار النقاط الآتية :

(أ) تجنب عبور الوديان العميقة والبرك والبحيرات ، (ب) تحديد موقع عبور النهر أو المجرى المائي حيث يجب أن يكون الجسر عادة عمودياً على النهر ، (ج) الأخذ بنظر الاعتبار أقصى انحدار مسموح به ويدعى بالانحدار الحاكم والذي لا يزيد عن 8% أو 10% حسب طبيعة الأرض، ويمكن الاستعانة بمخطوط الكفاف (أو الكنتور) في هذا المجال وزيادة طول مسار الطريق للمحافظة على الانحدار الحاكم .

ثم يجري بعد ذلك استطلاع المنطقة موقعياً لأخذ عوامل أخرى بنظر الاعتبار ليست مبيّنة على الخرائط أو الصور الجوية ، حيث تجمع المعلومات الآتية :

(أ) جميع العوائق غير الظاهرة على الخرائط أو الصور الجوية كمجاري المياه الحديثة والبرك والكثبان الرملية والمنشآت الحديثة ، (ب) الانحدارات الطويلة المتوقعة وأطوالها وانصاف اقطار المنحنيات الافقية للمسارات البديلة ، (ج) القناطر والمنشآت اللازمة للصرف السطحي المتقاطع مع الطريق وتحديد منسوب مياه الفيضان ومناسيب المياه الجوفية ، (د) نوع وطبيعة التربة للمنطقة والظواهر الجيولوجية الموجودة ونتائج التجارب الحقلية للتربة ، (هـ) مصادر مواد الانشاء وكيفية الحصول عليها ومواقع المقالع الموجودة في المنطقة وكيفية الحصول على المياه اللازمة للانشاء . وتستخدم لأغراض الاستطلاع خرائط بمقاييس رسم تتراوح بين 1:25000 إلى 1:5000 ولقترات كنتورية تتراوح بين 2 م إلى 10 م .

Preliminary Survey

3.3.2 المسح الأولي أو الابتدائي

وهذا المسح يخص المسارات المختارة بعد عملية الاستطلاع ويشمل :

(أ) مسوحات اولية للمسارات المختارة باستخدام أجهزة بسيطة وأجهزة ذات دقة اعتيادية لجمع البيانات حول طبوغرافية هذه المسارات وعمليات الصرف السطحي ونوع التربة لتقرير نوع التليط وسك الطبقات بصورة أولية ، (ب) معرفة إتجاه الرياح وشدتها والسرع المتوقعة لها والكثبان الرملية الموجودة ، (ج) إجراء مقارنة للمسارات المختارة من حيث التخطيط الافقي والتخطيط الرأسي لها والعناصر المحددة لها والكميات الترابية اللازمة للحفر والردم وعدد القناطر والجسور اللازمة وذلك للحصول على أفضل مسارين أو أكثر ، (د) اختيار المسار النهائي الافضل من جميع النواحي وإجراء موازنة دقيقة بين العناصر المختلفة الداخلة في الاختيار الافضل .

والذي مهم هنا هو المسوحات الأولية للمسارات المختارة والتي تجري عادة بأحدى طريقتين : (1) طريقة المسح الارضي و (2) طريقة المسح التصويري الجوي ، وسوف تذكر هنا طريقة المسح الارضي التي تشمل الخطوات الآتية :

(أ) عمل مضلع رابط تقاس فيه أطوال الاضلاع والزوايا بينها باستخدام الثيودوليت والشريط القولاذي وقد تستخدم الاجهزة الالكترونية الحديثة عند توفرها. ثم تحسب بعد ذلك الاتجاهات والاحداثيات ويتم تصحيحها بالطرق الحسابية المعروفة أو بواسطة برامج خاصة مرتبطة بالاجهزة الالكترونية.

(ب) رفع وتوقيع جميع العوارض والظواهر الطبيعية والاصطناعية على امتداد شريط من الارض يشمل المسار بأكمله ويعرض كاف لا يقل عن عرض حرم الطريق (أو عرض الشريط اللازم لترع الملكية) والافضل أن يكون أكثر من ذلك بكثير.

(ج) تحديد مناسب المحطات والنقاط المهمة على امتداد مسار الطريق لسطح الطريق (أو خط الانشاء) ولسطح الارض باستخدام آلة التسوية ومسطرتها أو الاجهزة الالكترونية (ومنها التاكوميتر الالكتروني) لعمل مقطع طولي لهذا المسار وعمل مقاطع عرضية أيضاً. وهكذا يمكن بطرق حسابية متعددة ذكرت في الفصل الثاني تحديد حجم الحفر والردم. كما يمكن من عملية التسوية الطولية تحديد الانحدارات الطولية وأطوالها بصورة مضبوطة.

(د) الحصول على المعلومات الهيدرولوجية لتحديد عدد وحجم المصارف السطحية المتقاطعة مع المسار. والحصول كذلك على البيانات الخاصة بعمليات مسح التربة لتحديد مدى ملائمتها لانشاء الطريق من عدمه وتحديد الميول الجانبية للقطع والردم وتحديد مناسب المياه الجوفية. وأخذ نماذج للتربة من 1م - 3م تحت سطح الارض لتحديد نوع التليط وسمك طبقاته والمقارنة مع الترب الاخرى للمسارات البديلة.

وترسم عادة خرائط ومخططات المسح الاولي بمقاييس رسم تتراوح بين 1:10,000 إلى 1:2500 لفترات كتورية تتراوح بين 1م إلى 5م.

ويبين الشكل 3.1 المسار المقترح لطريق جديد يحل محل طريق قديم في منطقة تلية متعرجة.



الشكل 3.1

Location Survey (or Detailed Survey)

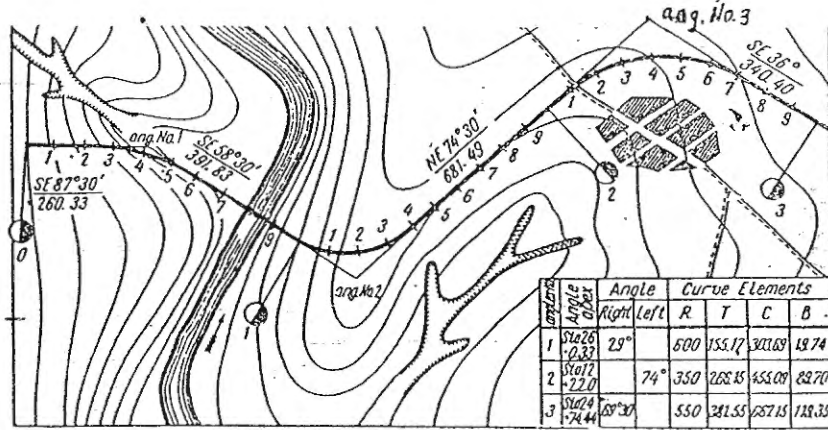
3.3.3 المسح التفصيلي أو الموقعي

تُجرى عمليات المسح الأرضي بدقة أكبر وباستخدام أجهزة ذات دقة عالية سواءاً بالنسبة للتخطيط الأفقي (حيث تستخدم أجهزة ثيودولايت ذات دقة عالية) أو بالنسبة للتخطيط الرأسي (حيث تستخدم آلات تسوية ذات دقة عالية أيضاً). ويتم في هذه العمليات توقيع المسار النهائي المفضل للخط المركزي بصورة تفصيلية حيث توضع أوتاد خشبية أو حديدية على امتداد المسار والمسافات قصيرة تتراوح من 10 م إلى 30 م. كما تُنشأ رواقم تسوية بأبعاد معينة لكل 200 أو 300 م، وتحدد مواقع القناطر والجسور وغيرها من المرافق الجانبية للطريق. وتتخذ مقاطع عرضية لكل 20 م (أو أقل عند المنحنيات أو الانحدارات الشديدة). ويتم كذلك رسم تحرائط كتورية للشرط الذي يحوي الخط المركزي والمسافات طويلة نسبياً على جانبيه وخاصة في المواقع المهمة التي يتقاطع فيها الطريق مع الطرق الأخرى أو الأنهر أو المنشآت الموجودة.

ويتم أيضاً رسم مخططات أفقية تفصيلية تبين فيها المنحنيات الأفقية وزوايا الانحراف وعناصر كل منحن أفقي وعرض الطريق ومسافات الحفر والردم (إلى الجانبين في بعض الأحيان). وترسم أيضاً مقاطع طولية تفصيلية تبين فيها المنحنيات الرأسية وقم الانحدارات الطولية وأماكن الحفر والردم، كما ترسم مقاطع رأسية تحت سطح الطريق لبيان نوع التربة على امتداد المسار ومواقع القناطر ومناسيب المياه الجوفية.

وتبين الأشكال 3.2 و 3.3 و 3.4 و 3.5 بعض المخططات الأفقية والمقاطع الطولية المستخدمة في مسح الطرق ومن مصادر مختلفة.

وترسم المخططات الأفقية والمقاطع الطولية التفصيلية بمقاييس رسم تتراوح بين 1:2500 إلى 1:1000 أو أكبر، ولفترات كتورية تتراوح من 1 م إلى 2 م، وبأبعاد لوحة = 45 سم × 80 سم.



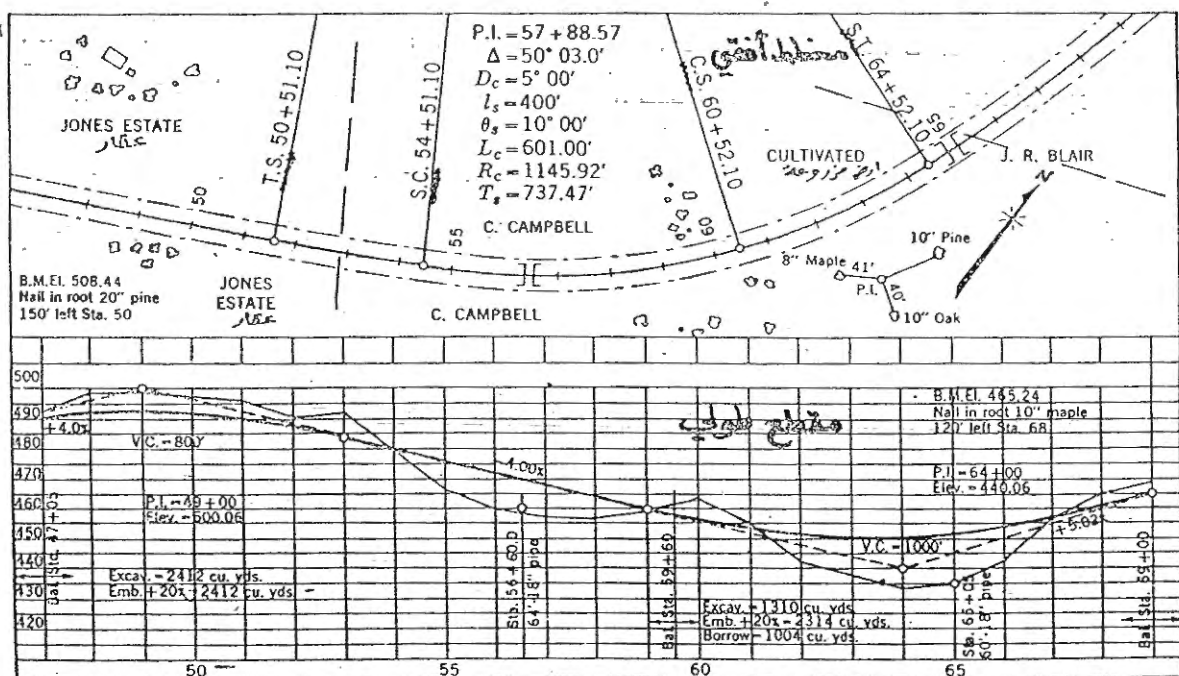
(plan of route)

(2-3) خارطة كتورية ومخطط أفقي للطريق

(Location of a road on an embankment, in a cutting and following the natural profile)

(b) مقطع طولى لطريق يبين أماكن الحفر والردم والاماكن التي ينبع فيها انحدار الطريق سطح الارض.

الشكل (3.2)

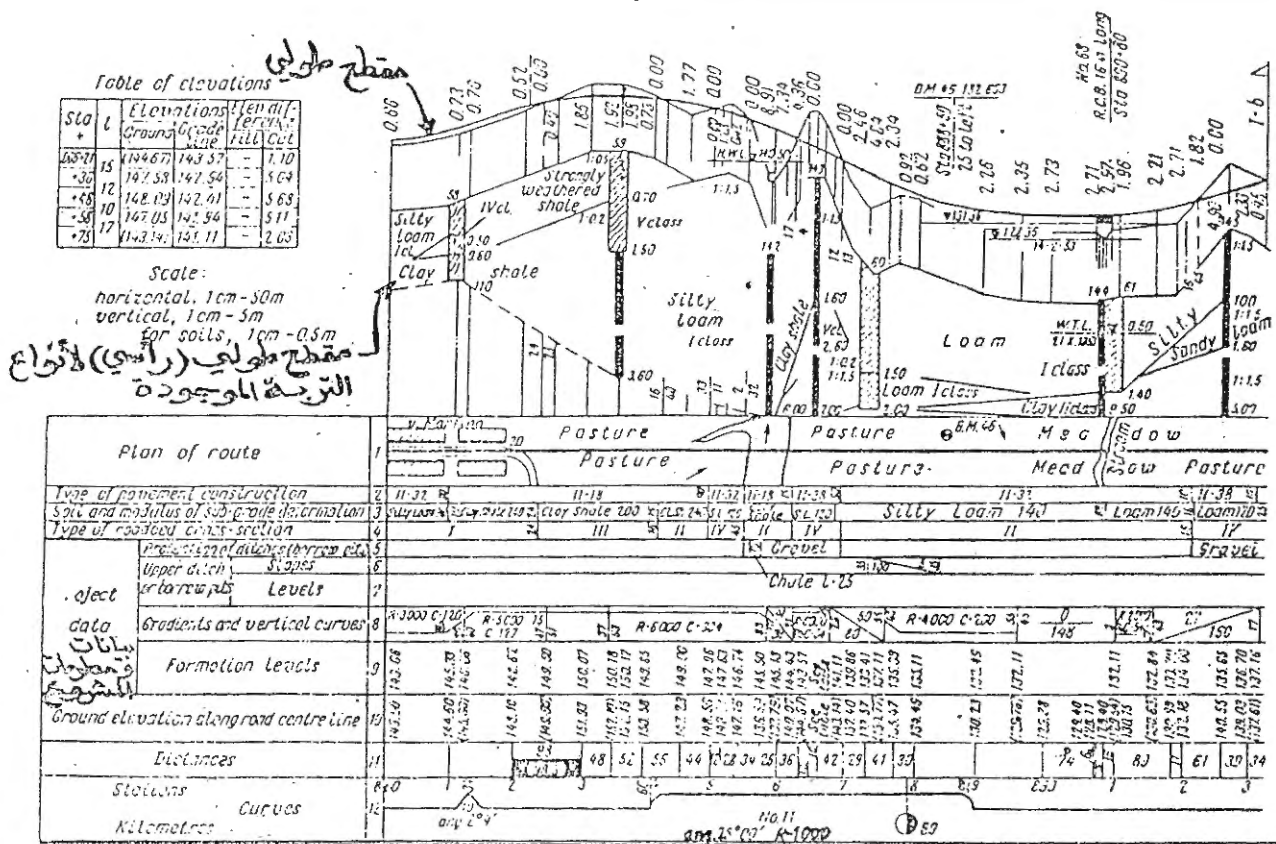


• Plan and profile for a highway.

الشكل (3.3) منقطع افقي ومقطع عمودي لطريق

• المصير ٧

*** المصدر 18



(Profile of highway section)

الشكل (3.5) مقاطع طولية ومخطط أفقي ومعلومات أخرى للطريق.

وتضاف في العادة إلى المخططات السابقة خارطة بمقياس رسم صغير يتوقف على طول الطريق المقترح وتُدعى بخارطة المفتاح Key Map يوضح عليها الطريق المقترح والطرق القائمة فعلاً والمناطق الرئيسية (من مدن وقرى ومخاضات ومنشآت) المطلوب ربطها أو خدمتها. وتكون أبعاد هذه الخارطة عادة 20 سم × 30 سم.

أما طريقة المسح التصويري الجوي المستخدمة لاختيار مسار الطريق، والتي تستخدم في الوقت الحاضر لسرعته واعتمادها على أجهزة المسح الجوي المتطورة والمربطة بأجهزة الحاسبات الالكترونية المبرجة لأغراض رسم الخرائط والمخططات وأجراء الحسابات كافة ولسارات مختلفة ثم اختيار المسار الأفضل من بينها، فتم على أربع مراحل هي (أنظر الشكل 3.6a):

- المرحلة الأولى: وتشمل المسح الاستطلاعي للمنطقة بأكملها التي من الممكن أن يمر بها الطريق المقترح بين نقطتي النهاية، وتتضمن دراسة مجسمة للصور الجوية ذات المقاييس الصغيرة للمنطقة معزوة بالخرائط المتوفرة ثم تعيين نقاط السيطرة الطبوغرافية (الاقبية والرأسية) ونوعية الاستغلال للأراضي المحيطة ثم تعيين مواقع المسارات البديلة على الصور الجوية والخرائط. وتم هذه العملية بمقاييس رسم تتراوح بين 1:25000 إلى 1:15000.
- المرحلة الثانية: وتشمل المسح الاستطلاعي للمسارات البديلة،

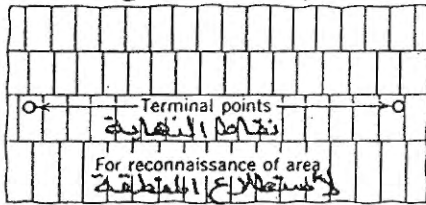
للاراضي ثم تحضير الخرائط اللازمة لهذه المسارات باستخدام اجهزة المسح الجوي وبطرق مختلفة ثم تعيين مواقع المسارات البديلة على الصور الجوية والخرائط ومقارنتها مع بعضها ثم اختيار المسار الافضل . وتتم هذه العملية بمقاييس رسم تتراوح بين 1:12000 إلى 1:10000 .

(ج) المرحلة الثالثة : وتشمل المسح الاولي أو الابتدائي للمسار الأفضل المختار، وتتضمن تحضير الخرائط الطبوغرافية بمقاييس رسم كبيرة باستخدام الصور الجوية للمسار وأجهزة وطرق المسح الجوي المختلفة (أو تحضير هذه الخرائط من مسوحات أرضية تستند على المسار المختار من الصور الجوية في المرحلة الثانية)، ثم تصميم المسار الأولي للطريق باستخدام المعلومات الطبوغرافية المتوفرة من الخرائط المحضرة أو باستخدام المخططات المبرمجة بواسطة الحاسبات الالكترونية أو باستخدام الدراسة المجسمة للصور الجوية للمسار الافضل ثم تحضير ورسم المخططات الأفقية والمقاطع الطولية اللازمة لتوقيع وإنشاء الطريق (ومقاييس رسم تتراوح بين 1:2500 إلى 1:1000).

(د) المرحلة الرابعة : المسح التفصيلي أو الموقعي حقلياً بتوقيع الخط المركزي أفقياً ورأسياً وحدود حرم الطريق والمنشآت الملحقة به كما تم ذكره سابقاً في طريقة المسح الارضي.

تصوير المنطقة

(Photography of Area)

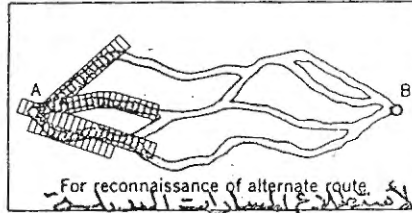


(a)

FIRST STAGE المرحلة الاولى

تصوير المسارات البديلة

(Feasible Routes Photographed)

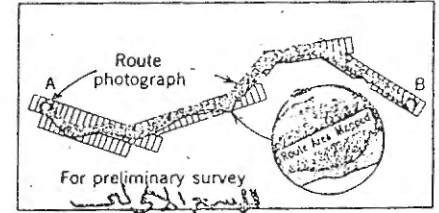


(b)

SECOND STAGE المرحلة الثانية

تصوير وعمل خرائط للمسار الافضل

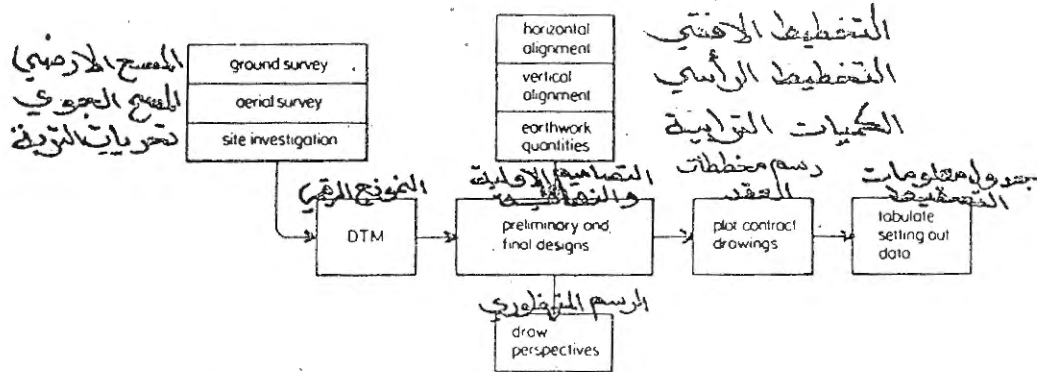
(Best Route Mapped)



(c)

THIRD STAGE المرحلة الثالثة

الشكل (3.6a) المراحل المختلفة لاختيار المسار الافضل لطريق خارجي باستخدام طريقة المسح التصويري الجوي.



الشكل (3.6b) المراحل المختلفة لأعمال المسح وحسابات التصميم والمخططات لطريق باستخدام الحاسبة الالكترونية.

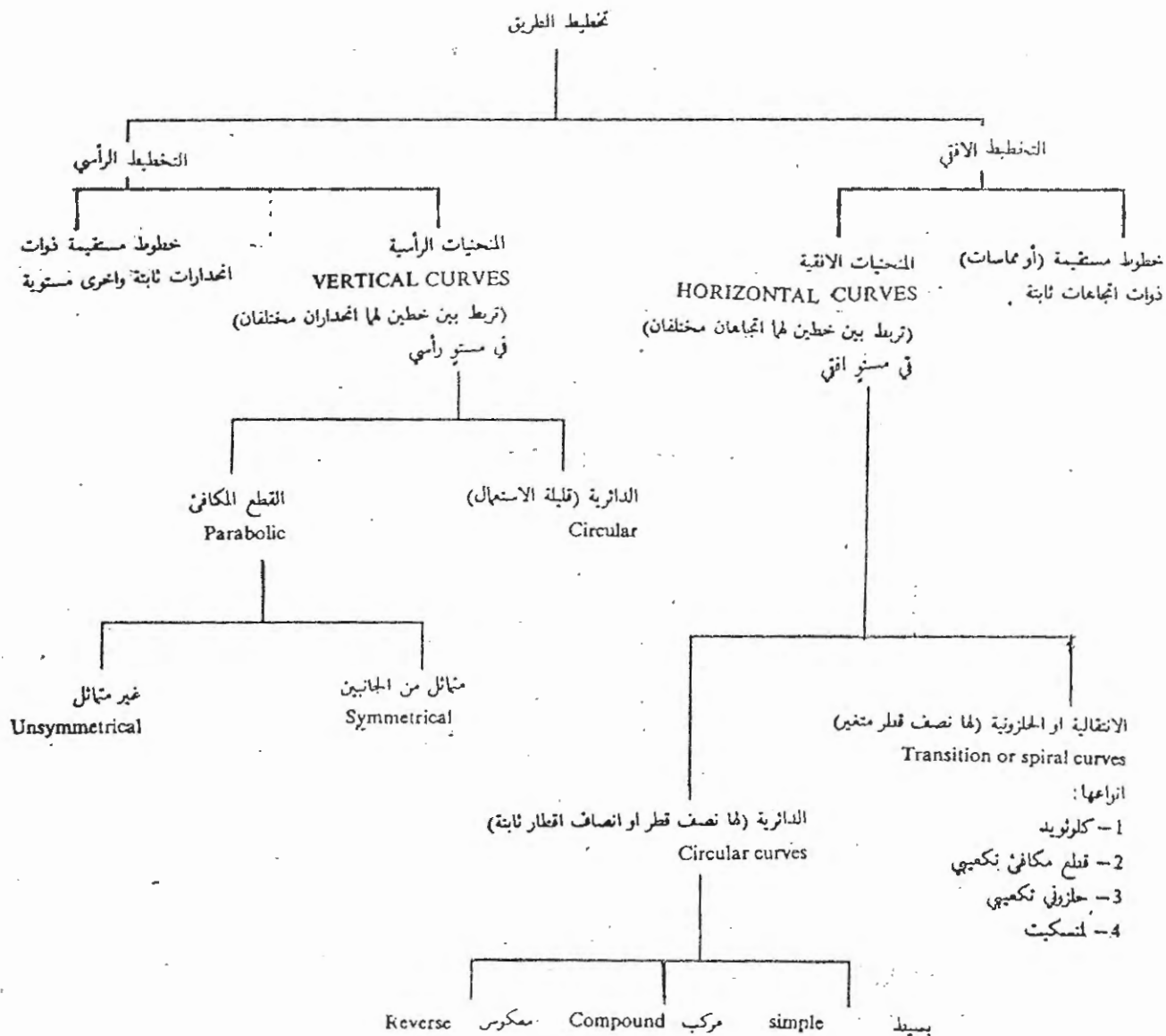
وبين الشكل 3.6b المراحل المختلفة لأعمال المسح الهندسي للطريق والتخطيط الأفقي والرأسي والمخططات اللازمة وجدول تسقيط المنحنيات باستخدام الحاسب الالكتروني. حيث يعمل نموذج رقمي لسطح الأرض بالحاسب وهو ما يسمى (Digital Terrain Model) DTM.

يتوقف التصميم الهندسي للطريق على عوامل عديدة منها حالة علاقة بهندسة المرور ومنها ماله علاقة بالتصميم الانشائي لطبقات التبليط ومنها ماله علاقة بأعمال المسح التصيلي والانشائي للطريق (وهذه هي التي تهتم في موضوع المسح الهندسي)، وهذه العوامل أو الاسس هي :

- (1) حجم المرور (2 Traffic Volume) تركيب أو خواص المرور (3 Character of Traffic) مركبات التصميم Design Vehicles (4) السرعة التصميمية (5 Design Speed) نوع سطح التبليط (6 Pavement Surface) عرض حرم الطريق (7 Right of Way Width) الاسيجة الواقية والاعمدة الاسترشادية (8 Guard Rails & Guide Posts) الجزر الفاصلة بين الاتجاهين (9 Medians) الاكتاف (10 Shoulders) الأرصفة (11 Sidewalks) الميل العرضية لسطح الطريق عند المستقيمات Normal Cross Slope والميل الاضافية Superelevation عند المنحنيات الافقية.
- (12) مقطع الطريق (الطولي والعرضي) Longitudinal – Section & Cross – section
- (13) عرض المرأواحد (14 Lane Width) الانحدارات أو الميل الجانبية (15 Side Slopes) تخطيط الطريق Road Alignment (or-Highway) ويشتمل على نوعين من التخطيط :

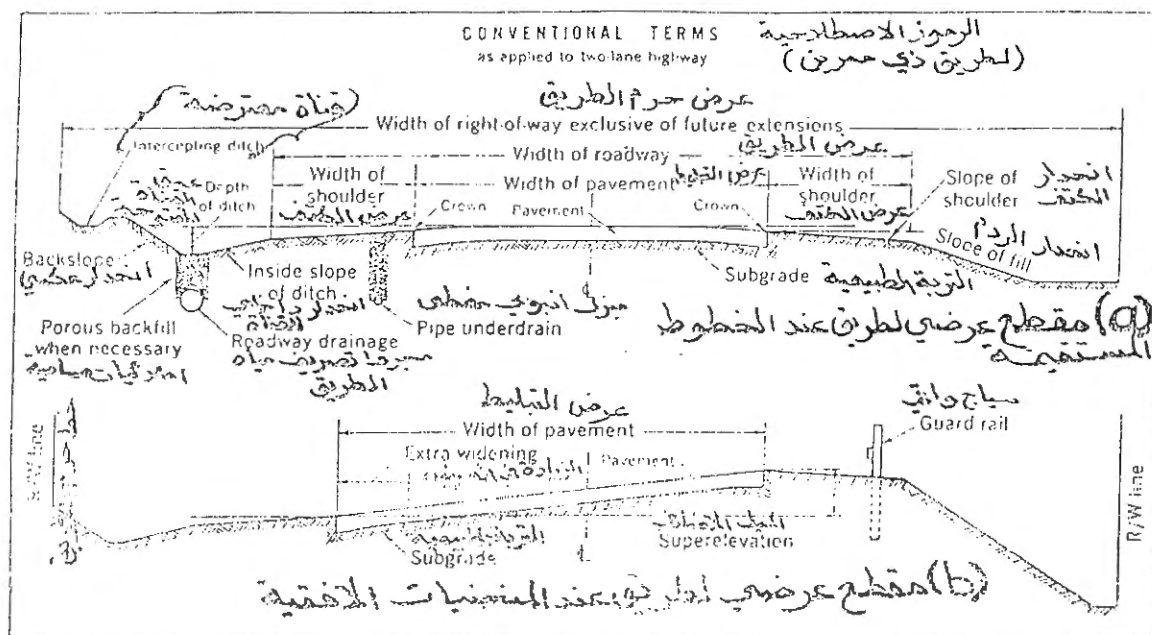
- (1) التخطيط الافقي Horizontal Alignment والذي يتألف من أجزاء مستقيمة ذات اتجاهات ثابتة (أو مماسات) وأجزاء منحنية (أو منحنيات أفقية).
- (2) التخطيط الرأسى Vertical Alignment والذي يتألف من أجزاء ذات انحدارات ثابتة وأجزاء مستوية وأجزاء منحنية (أو منحنيات رأسية).

وكما يَنتُ التخطيطات الافقية والمقاطع الطولية في أعمال المسح المذكورة في الفقرة السابقة فإنها تحتوي على منحنيات أفقية ومماسات ذات اتجاهات ثابتة (في المستوى الافقي) وتحتوي على منحنيات رأسية وخطوط ذات انحدارات ثابتة وأخرى مستوية (في المستوى الرأسى). والذي يهنا هنا من التخطيط الافقي هو المنحنيات الافقية (حساباتها وتسقيطها) ومن التخطيط الرأسى هو المنحنيات الرأسية (حساباتها وتسقيطها) ويبين الشكل 3.7 مخططاً بيانياً لأنواع هذه المنحنيات المستخدمة في الطرق. كما يبين الشكلان 3.8 و 3.9 بعض الرموز والمصطلحات المستخدمة للمقطع العرضي للطريق. ويبين الجدولان 3.1 و 3.2 مع التخطيطات للمقاطع العرضية المواصفات العراقية لهذه المقاطع. ويبين الشكل 3.10 المقطع العرضي والانحدار لممرات المشاة بموجب المواصفات العراقية.

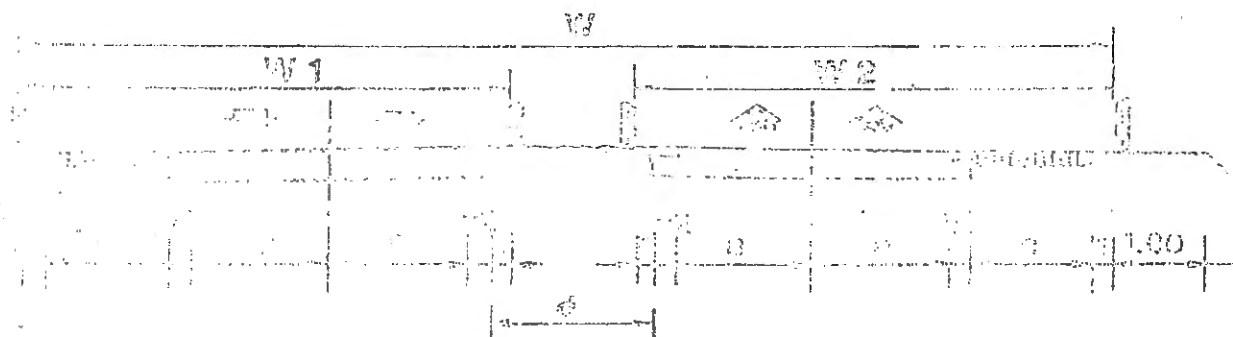


الشكل (3.7)

مخطط ياتي لانواع المنحنيات الأفقية والرأسية المستخدمة في الطرق



الشكل (3.8) المصطلحات المستخدمة في المقطع العرضي للطريق ذي حرمين



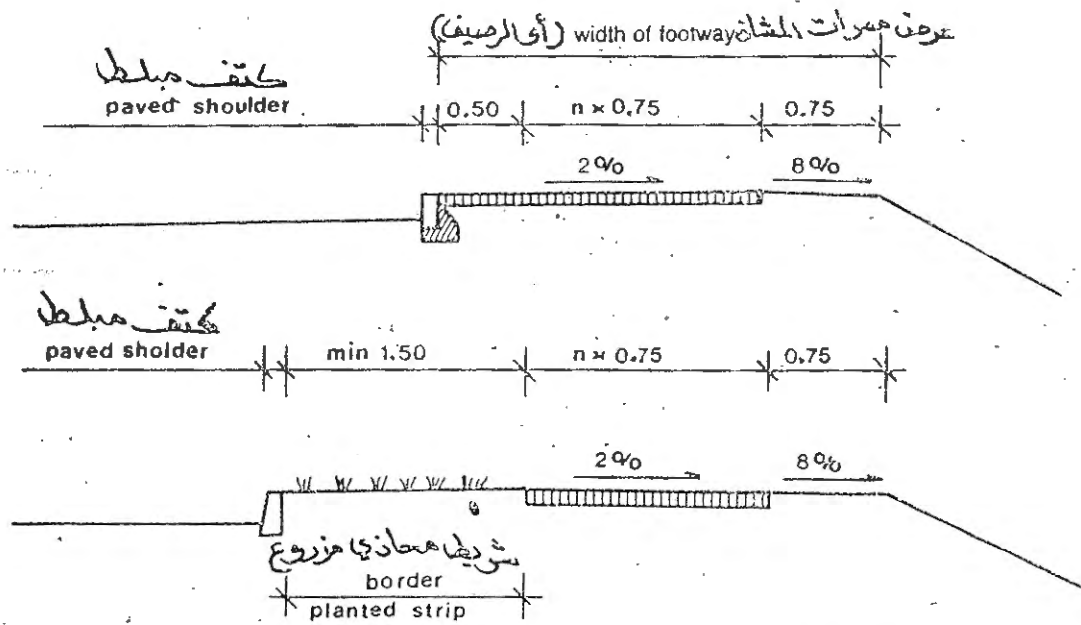
- W — total width of highway
W1, W2 — overall highway width in one direction
a — width of traffic lane
c — width of paved shoulder
c — width of unpaved shoulder
d — width of median
v1 — width of outer marginal strip
v2 — width of inner marginal strip

- العرض الكلي للطريق
عرض الطريق في الاتجاه الواحد
عرض الممر الواحد
عرض الكتف المبلط
عرض الكتف الغير مبلط
عرض الجزيرة الوسطية
عرض الشريط الهامشي الخارجي
عرض الشريط الهامشي الداخلي

الشكل 3.9 الرموز والمصطلحات المستخدمة في المقطع العرضي للطريق (بموجب المواصفات العراقية)

المصدر 18
المصدر 29

م ١٤ / المسح الهندسي والكادسترواني



n—number of strips for pedestrians

n = عدد ممرات المشاة

الشكل (3.10)

المقطع العرضي والاعتماد لممرات المشاة (Footways)

الجدول (3.1) المواصفات العراقية لخصائص المقطع العرضي للطريق

Explanation of class designation

Class: A4/25.5

مثال لمصطلح صنف الطريق :

A – letter symbol of class

رمز الصنف

4 – number of traffic lanes

عدد الممرات

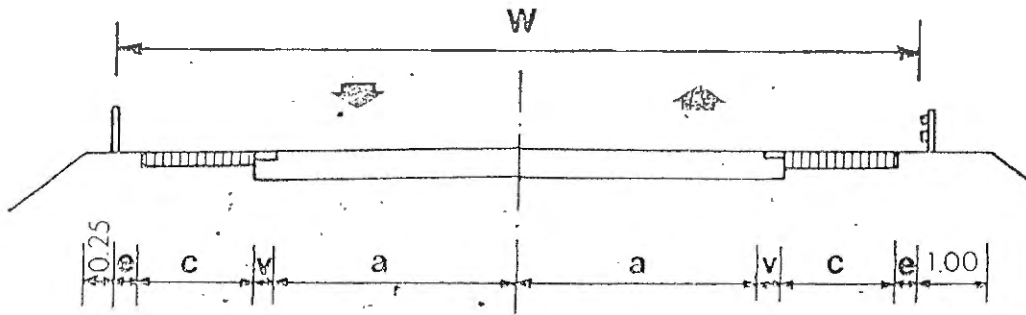
25.5 – total width of highway

العرض الكلي للطريق

(a) خصائص المقطع العرضي للطريق ذي ممرين

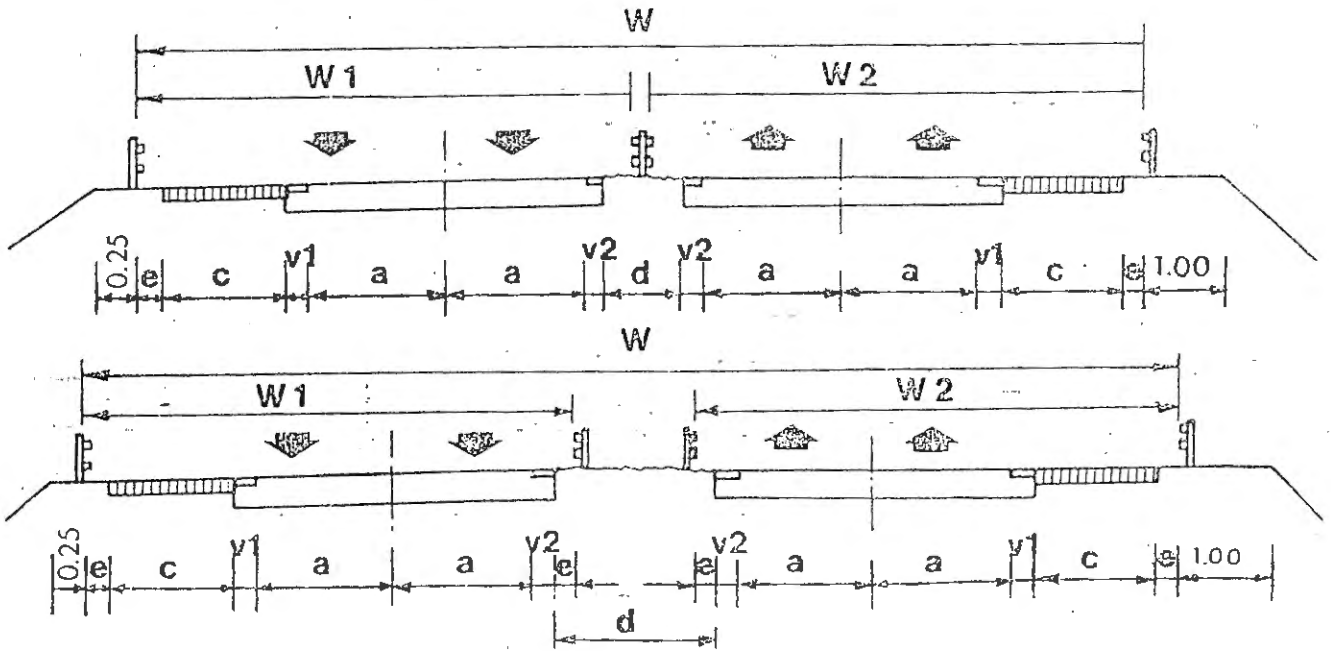
(Highway Characteristics – Two Lane)

CLASS الصنف			WIDTH (In m) عرض الجزء			
Letter الرمز	W العرض	السرعة التصميمية Design				
symbol	(in m) الكلي	speed (km/h)	a	v	c	e
D2	9.5	70, 60, 50	3.00	0.25	1.25	0.25
C2	11	80, 70, 60	3.50	0.25	1.25	0.50
B2	12	80, 70, 60	3.50	0.25	1.75	0.50
A2	13.5	100, 80, 70	3.75	0.25	2.25	0.50



الجدول (3.1) - (b) خصائص المقطع العرضي لطريق ذي أربعة عارات
(Highway Characteristics - Four Lane)

CLASS			عرض. الجزء					
الرمز Letter symbol	العرض W (m)	السرعة التصميمية Design speed (in km/h)	a	v1	v2	c	d	e
A4	25.5	120,100,80	3.75	0.25	0.50	2.50	3.00	0.50
A4	33.0	120,100,80	3.75	0.25	0.50	2.50	10.50	0.50

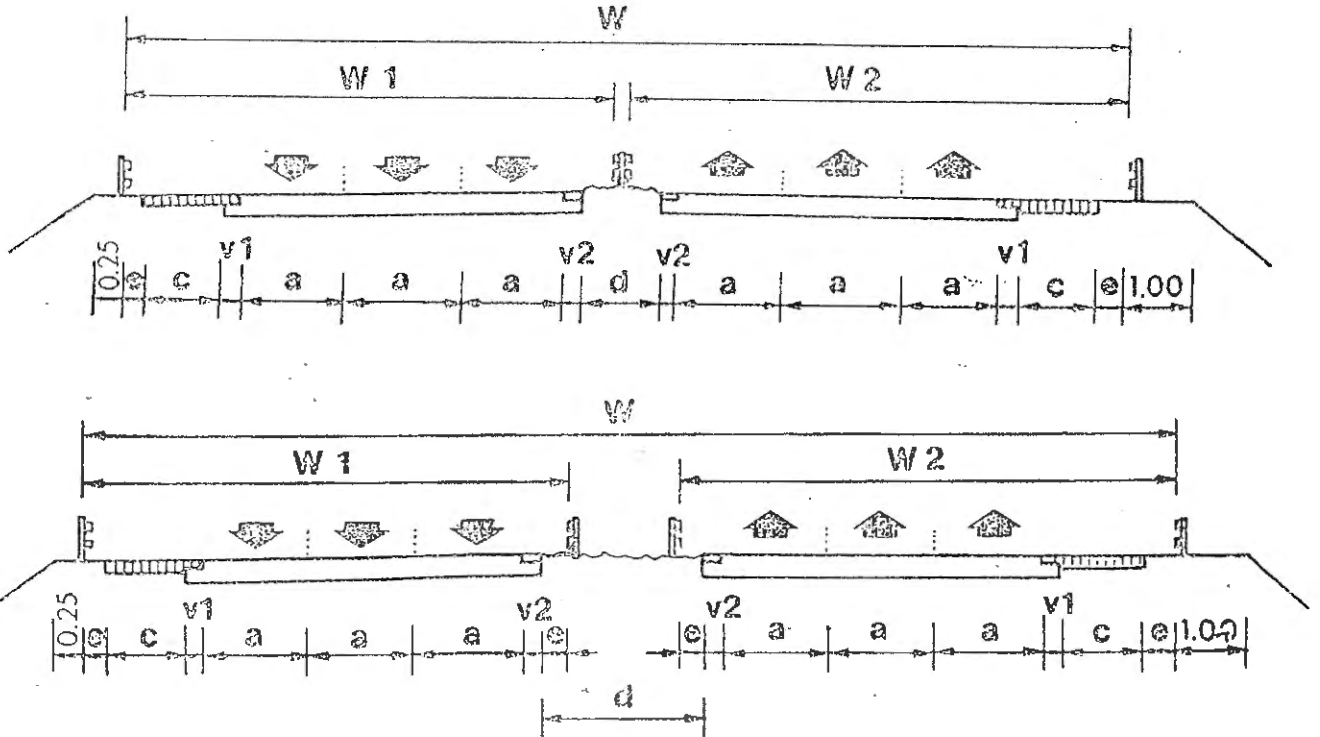


الجدول (3.2) المواصفات العراقية لخصائص المقطع العرضي للطريق

Highway Characteristics – Six Lane

خصائص المقطع العرضي لطريق ذي ستة ممرات

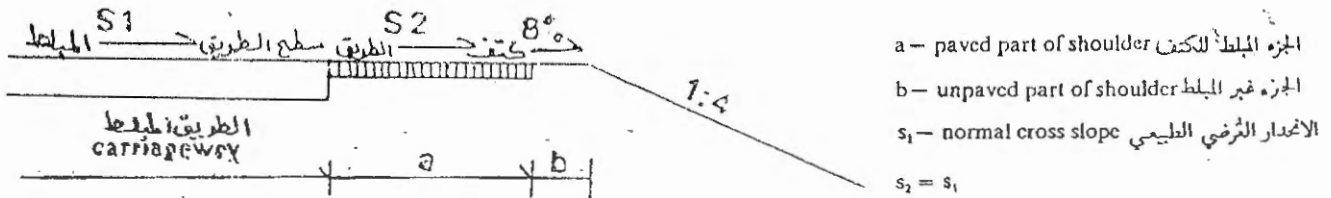
CLASS الصف			عرض الجزء (IN m) عرض الجزء					
Letter symbol	W العرض الكلي (in m.)	السرعة التصميمية Design speed (in km/h)	a	v1	v2	c	d	e
A6	33	120,100,80	3.75	0.25	0.50	2.50	3.00	0.50
A6	40.5	120,100,80	3.75	0.25	0.50	2.50	10.5	0.50



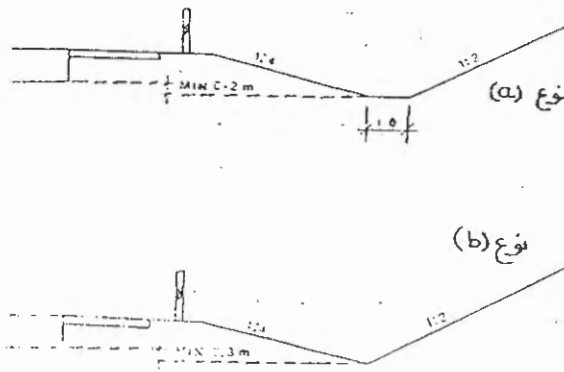
ويبين الجدول 3.3 الانحدار العرضي (الطبيعي) لسطح التبليط على امتداد الخطوط المستقيمة ولتختلف انواع التبليط ، كما يبين الشكل 3.11 الانحدار العرضي لكثف الطريق .

الجدول (3.3) الانحدار العرضي الطبيعي لسطح التبليط (Normal Cross Slope): يعتمد هذا الانحدار على نوع سطح التبليط والعرض الكلي له وكالاتي :

Gravel roads, stabilized surfaces	طرق حصوية مثبتة	3%	
Bituminous surface treatment	طرق مماملة بالاسفلت	2.5—3%	width of عرض المساحة
Bitumen macadam, carpets	طرق حجرية اسفلتية	2.5%	drained area: الميزولة
Stone block paving	طرق مبلطة بالقطع الحجرية	2.5%	1—2 lanes
Asphaltic concrete .	طرق خرسانة اسفلتية	1.5—2%	(بمر أو ممرين)
Concrete road.	طرق خرسانة سمنتية	1.5%	



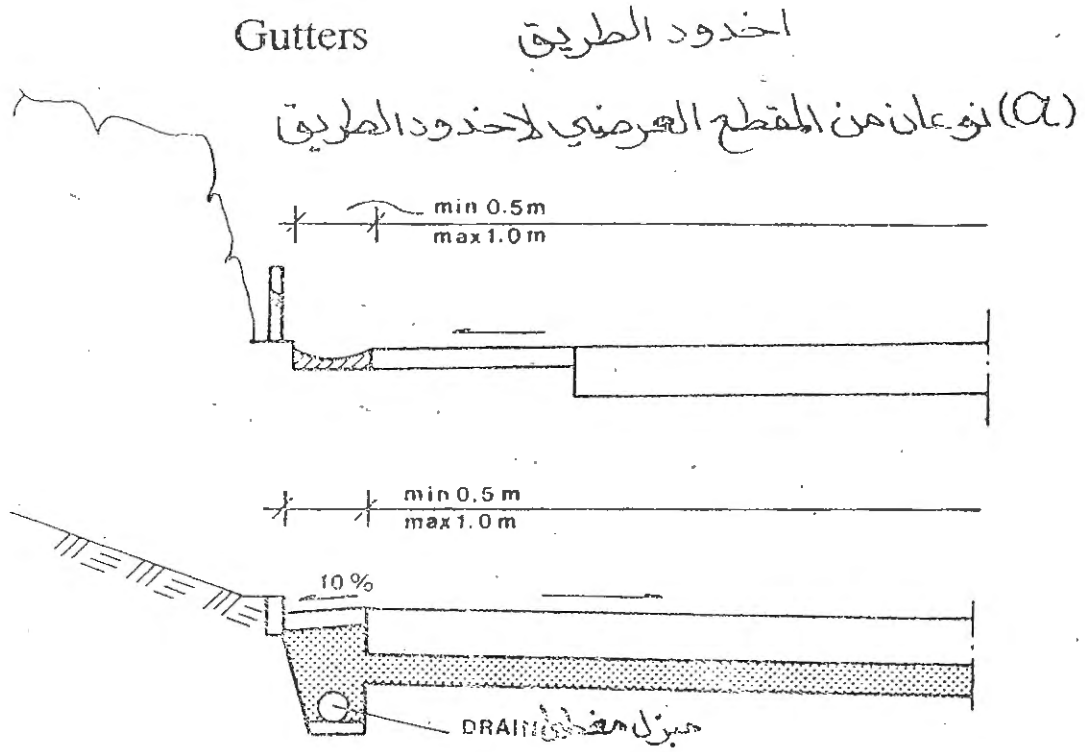
الشكل (3.11) الانحدار العرضي لكثف الطريق Shoulder



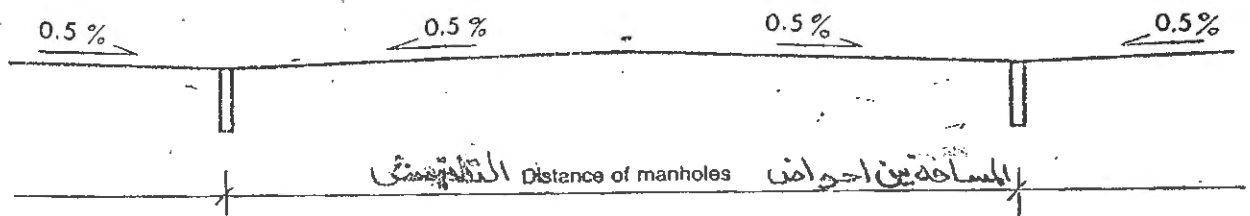
الشكل (3.12) المقطع العرضي مع الانحدارات العرضية المناسبة - متوجة لتصريف مياه الأمطار (Ditches)

ادنى انحدار طولي للقناة المفتوحة هو 0.5% (وللبسطة 0.3%) ، اما اعظم انحدار يسمح على الانحدار الطولي للطريق وطبيعة التربة وحجم وسرعة الماء الجاري .

ويبين الشكل 3.13 المقاطع العرضية مع الانحدارات العرضية والاندادات الطولية لأخدود الطريق الممتد مع حافة الطريق (المبسط غالباً) والمستخدم لتصريف مياه الأمطار.

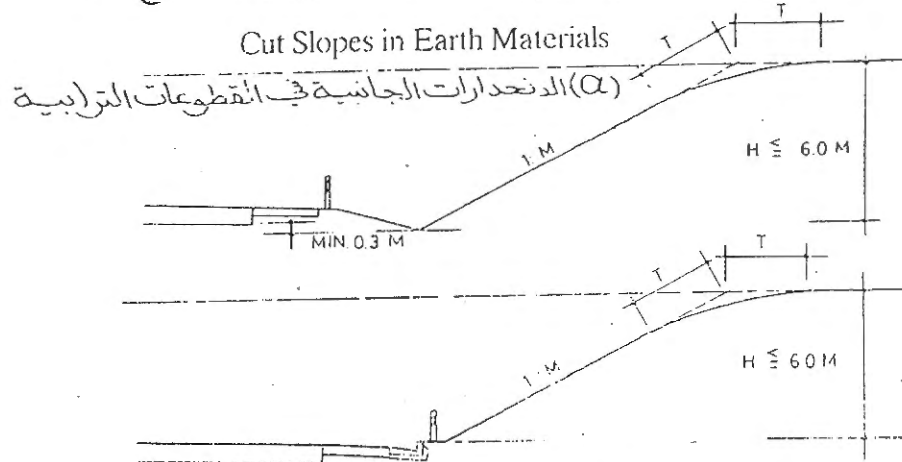


Longitudinal Grade of Gutters
(b) الدتحدارات الطولية لأخدود الطريق



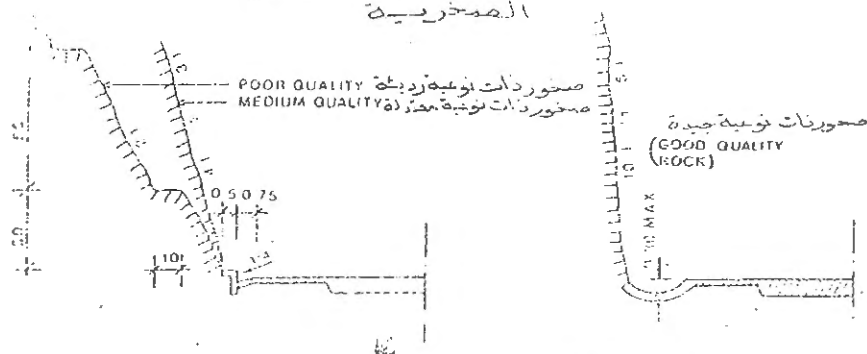
الشكل (3.13) مقطع عرضي مع الانحدارات العرضية والطولية لأخدود الطريق

ويبين الشكل 3.14 الانحدارات الجانبية في القطوعات الترابية والصخرية ونمختلف انواع التربة والصخور.



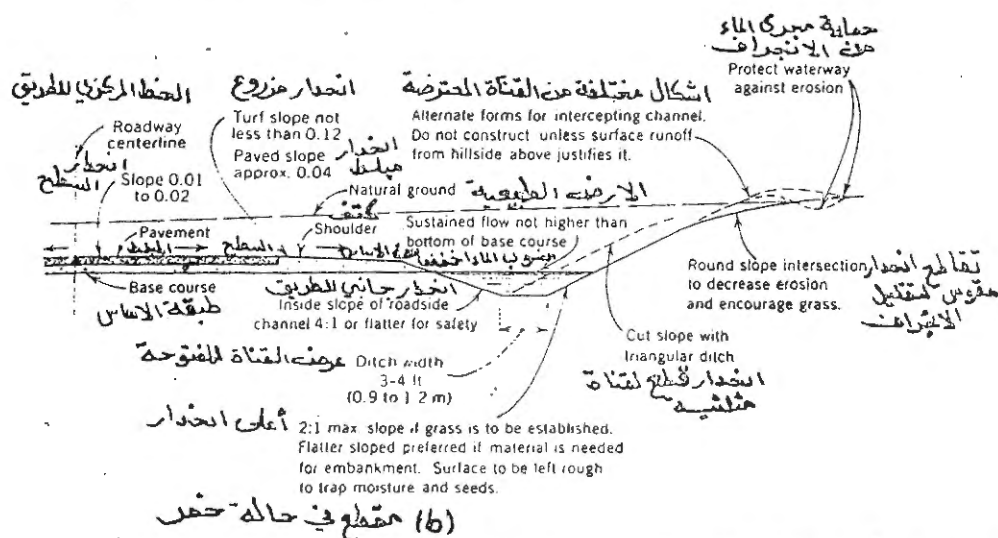
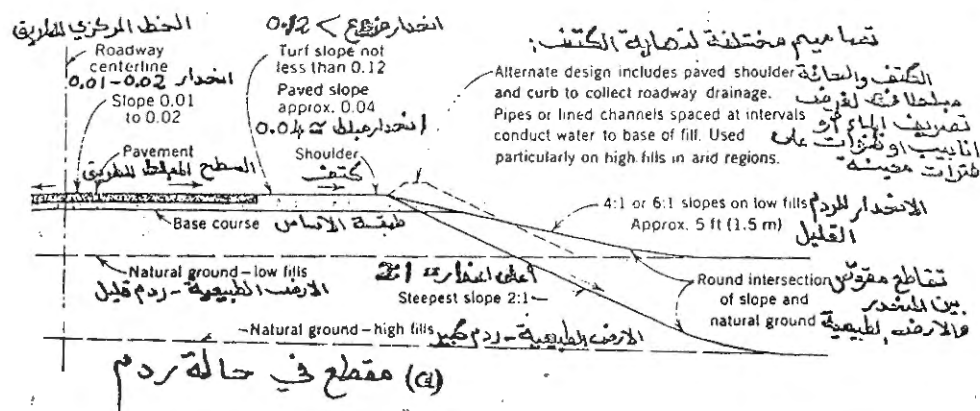
MAIN SOIL TYPES انواع التربة الرئيسية	SLOPES FOR H ≤ 6.30 M سبب الانحدار		
	I:M	ROUNDING مماس الانحناء	
Gravel Sand رملية حصى	1:2	H = 3.0M	T = 3.0M
Silt - dry طين جاف		H = 1.0 - 3.0M	T = 2.0M
Clay - dry طين جاف		H = 1.0M	T = 1.0M
Sandy soil - Wet رملية رطبة	1:3	H = 2.0M	T = 3.0M
Silt - damp طين رطب		H = 1.0 - 2.0M	T = 2.0M
Clay - damp طين رطب		H = 1.0M	T = 1.0M
Silt - Wet طين رطب	1:4	H = 2.0M	T = 3.0M
Clay - Wet طين رطب		H = 1.0 - 2.0M	T = 2.0M
		H = 1.0M	T = 1.0M

(b) الانحدارات الجانبية في القطوعات الصخرية



الشكل (3.14) الانحدارات الجانبية في القطوعات الترابية والصخرية

ويبين الشكل 3.16 مقطعاً عرضياً مثالياً لطريق في حالة الحفر وفي حال الردم مبيناً عليه الانحدارات العرضية والانحدارات الجانبية اللازمة لفرض تصريف المياه.



(Typical highway cross sections incorporating good drainage features)

الشكل (3.16) مقطع عرضي مثالي لطريق مبيّن على الانحدارات العرضية والجانبية اللازمة لتصريف المياه.

3.5 تقسيمات أو أنواع الطرق

تقسم الطرق بالنسبة لمواقعها إلى قسمين هما :

- (1) الطرق الخارجية (أو الخلوية) وهي التي تربط بين المدن والمخاضات (وتدعى Rural roads).
(2) الطرق الداخلية (أو الحضرية) وهي التي توجد داخل المدن (وتدعى Urban roads).
كما يصنف كل من هذين القسمين إلى أنواع أو تقسيمات أخرى بالنسبة لتخطيطها وتصميمها والإشراف عليها ، وهذه

الانواع هي :

(1) الطرق الخارجية : تقسم إلى ثلاثة أنواع هي :-

- (أ) الطرق الاساسية (أو طرق الدرجة الأولى Primary Highways) وهي الطرق ذات الاهمية الاقليمية أو الدولية أو الوطنية والتي تصمم بمواصفات عالية جداً.
- (ب) الطرق الثانوية (أو طرق الدرجة الثانية Secondary Highways) وهي الطرق التي تربط بين المدن الرئيسية وكذلك بين المناطق الزراعية والتجارية والسياحية.
- (ج) الطرق الفرعية (أو طرق الدرجة الثالثة Tertiary Highways) وهي الطرق داخل المناطق المحدودة وذات الاهمية المحلية.

(2) الطرق الداخلية : تقسم إلى أربعة أنواع هي :-

- (أ) طرق المرور السريع أو الطرق السريعة Freeways & Expressways وهي الطرق ذات حجم المرور العالي والسرعة العالية والتي يمنع فيها التقاطع السطحي ويسيطر على مداخلها كلياً أو جزئياً.
- (ب) الطرق الرئيسية Major Arterids وهي الطرق التي تربط بين المناطق الرئيسية في المدن ويسمح فيها بالتقاطع السطحي وذات حجم وسرعة أقل نسبياً.
- (ج) شوارع التجميع Collector Streets وهي الشوارع المستخدمة لربط شبكة الطرق الرئيسية بالشوارع المحلية.
- (د) شوارع محلية Local Streets وهي الشوارع الخاصة بخدمة المرور المحلي داخل المناطق السكنية أو المراكز التجارية.

ويبين الجدول 3.4 تقسيمات الطرق بالنسبة للمواصفات العراقية والرموز المستخدمة لتحديد درجاتها وأصنافها وعدد الممرات فيها والعرض الكلي للطريق والسرعة التصميمية لكل صنف. ويبين الجدول 3.5 عناصر التصميم لأصناف الطرق المختلفة حسب طبيعة الأرض ، ومن هذه العناصر السرعة التصميمية (V) والانحدار الطولي (g) والميل الاضافي أو الرفع الجانبي (s أو e) والانحدار الناتج (r).

الجدول (3.4) تقسيمات الطرق ودرجاتها واصنافها والرموز المستخدمة لها في العراق
HIGHWAY CLASSES اصناف الطرق

نوع الطريق ودرجته System of highway	Corresponding highway classes الصنف			
	Letter symbol الرمز	(كم / ساعة) السرعة التصميمية (V) Design speed (Km/h)		
الطرق الاساسية (أومن الدرجة الاولى) Primary highways	A6/40*	120	100	80
	A6/33	120	100	80
	A4/33	120	100	80
	A4/25.5	120	100	80
	A2/13.5	100	80	70
الطرق الثانوية (أومن الدرجة الثانية) Secondary highways	A6/33	120	100	80
	A4/33	120	100	80
	A4/25.5	120	100	80
	A2/13.5	100	80	70
	B2/12	80	70	60
الطرق الفرعية (أومن الدرجة الثالثة) Tertiary highways	A4/25.5	120	100	80
	A2/13.5	100	100	80
	B2/12	80	70	60
	C2/11	80	70	60
	D2/9.5	70	60	50

Explanation of class designation:

*Class A6/40

A — Letter symbol of class

6 — Number of traffic lanes

40 — Total width of highway

رمز الصنف
عدد الممرات
العرض الكلي للطريق

الجدول (3.5) عناصر التصميم لاصناف الطرق المختلفة حسب طبيعة الارض

(Design Elements for Different Classes)

CLASS OF HIGHWAY		TYPE OF TOPOGRAPHY								
		FLAT			ROLLING			MOUNTAINOUS		
		منبسطة			متموجة			جبلية		
		g	s(e)	r	g	s(e)	r	g	s(e)	r
A6/40.5	V →	120			100			80		
		3	4.5	5	4	5	6	5	5.5	6.5
A2/13.5	V →	100			80			70		
		3.5	4.5	5.5	4.5	5.5	<u>6.5</u>	5.5	6	7
C2/11	V →	80			70			60		
		4	5	6	5.5	6	7.5	7	6.5	8.5
D2/9.5	V →	70			60			50		
		5	5.5	6.5	6.5	6.5	8.5	8	7	10

g— Gradient in %

s(e)— Superelevation in %

r— Resulting grade in %. $= \sqrt{g^2 + s^2}$

V— Design speed in km/h

الانحدار الطولي

الميل الاضافي

الانحدار الناتج

السرعة التصميمية (كم / ساعة)



« المنحنيات الرأسية Vertical Curves »

4.1 مقدمة

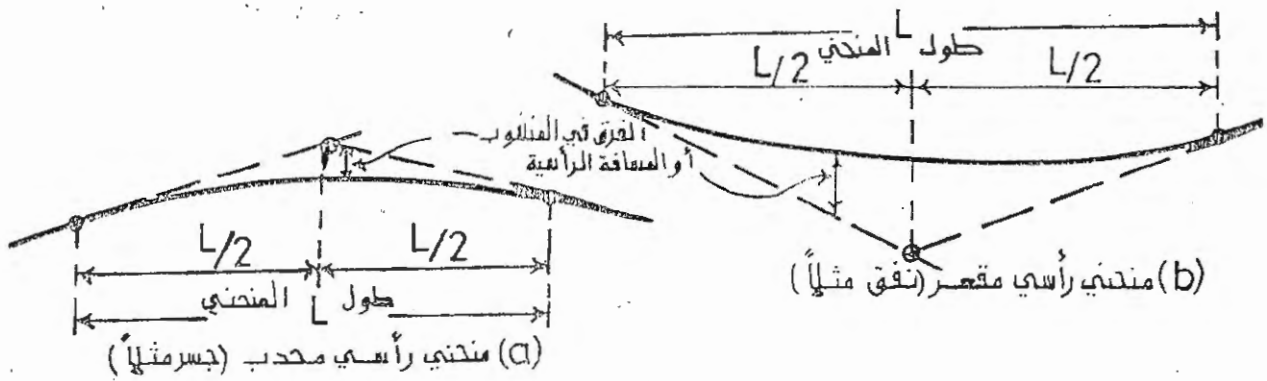
تستخدم المنحنيات الرأسية من أجل الربط بين خطين لها انحداران مختلفان في مستر رأسي وذلك لغرض إجراء تغيير تدريجي في الحركة الرأسية للمركبات المستخدمة للطريق أو القطارات المستخدمة للسكك الحديدية. وهي بذلك تحقق الأمان والراحة المطلوبان لهذه الطرق بالإضافة إلى المظهر الجمالي لهذه الطرق. وتستخدم عادة لهذا الغرض منحنيات القطع المكافئ وذلك لغرضها الهندسية في إجراء هذا التغير التدريجي المنتظم وسهولة الحسابات للمسافات الرأسية بين المماسات والمنحنيات، ولذلك تدعى أيضاً بمنحنيات القطع المكافئ Parabolic Curves. ولا حاجة للمنحنيات الرأسية إذا كان الفرق الجبري بين الانحدارين المتقاطعين أقل من 0.5%.

وما تجدر الإشارة إليه أن طول المنحني الرأسي والمسافات المقاسة على امتداده كافة تقاس أفقياً (أو يقاس مسقطها الأفقي)، أما المسافات الرأسية (أو الأبعاد الرأسية) بين المماسين والمنحني الرأسي فتقاس رأسياً حيث أنها تمثل فروق المناسيب بينهما. وهكذا، فإن طول المنحني الرأسي هو عبارة عن مسقطه الأفقي، والخطأ البسيط جداً الناتج من هذه الفرضية لأهمية له من الناحية العملية وذلك لكون المنحني في أغلب الأحيان ذي انحناء بسيط جداً يقرب من الاستواء، إلا أنه يرسم بشكل ذي انحناء كبير لبيان الفروقات في المناسيب والمعلومات الأخرى بصورة واضحة.

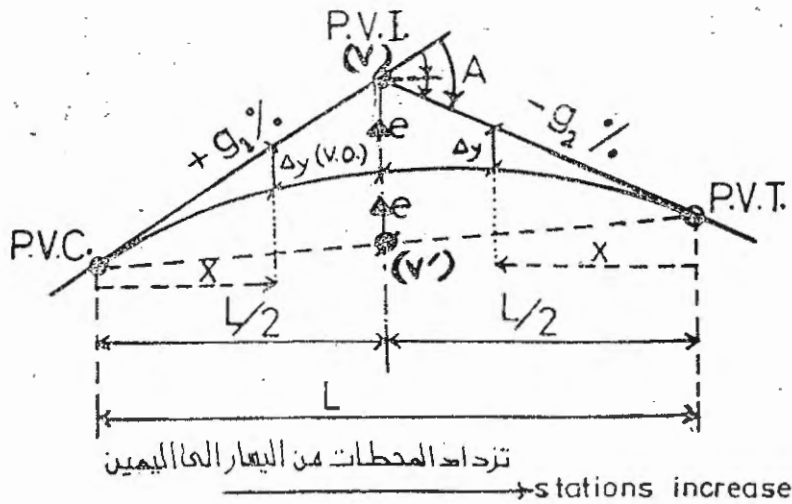
ويعرف المنحني الرأسي: بأنه منحني على شكل قطع مكافئ Parabolic في أغلب الأحيان متماثل من الجانبين ومتساوي المماسين (من نقطة التقاطع للانحدارين) أو مسقطيهما. ويكون على شكلين بصورة عامة وهما: (a) منحني رأسي محدب و (b) منحني رأسي مقعر كما مبين في الشكل 4.1. ويعتمد طول المنحني (L) على الفرق الجبري بين الانحدارين ومسافة الرؤية الآمنة للتوقف وللتجاوز وسوف تذكر المواصفات الخاصة بذلك في آخر هذا الفصل، حيث أن المهم هنا هو حساب مناسيب النقاط على المنحني الرأسي.

4.2 الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة بحساب المناسيب على المنحني الرأسي

سوف يستخدم المنحني الرأسي المحدب (الشكل 4.2) لبيان الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة به وبالمنحني المقعر حيث لا فرق بينها سوى الاشارات المستخدمة لبعض الرموز.



الشكل 4.1



الشكل 4.2

4.2.1 الرموز والمصطلحات

L = Length of Vertical Curve measured horizontally

طول المنحني الرأسي مقيس أفقياً (بالمتر أو المحطات)

(مثلاً: طول المنحني = 350 م = 3.50 محطة ، حيث أن المحطة = 100 م)

g_1, g_2 = Percent longitudinal grades or slopes (of tangents)

النسبة المئوية للانحدارين الطويلين (مع إشارتهما من اليسار إلى اليمين)

حيث يرمز للانحدار الصاعد بإشارة موجبة (+)

وللانحدار النازل بإشارة سالبة (-)

(مثلاً: الانحدار الأول الصاعد $g_1 = +2.5\%$ ، والانحدار الثاني النازل $g_2 = -3\%$)

A = Algebraic difference in grades = $g_2 - g_1$

الفرق الجبري بين الانحدارين = الانحدار الثاني - الانحدار الأول

$$r = \text{Rate of change of grade per Station (or 100 m)} = \frac{A}{L}$$

الفرق الجبري بين الانحدارين

$$\frac{\text{معدل التغير في الانحدار لكل محطة (أو 100 م)}}{\text{طول المنحني (بالمحطات)}} =$$

P.V.C. (or B.V.C.) = Point of Vertical Curvature (or Beginning of V.C.)

نقطة التقوس (أو التحدّب) الرأسي (أو نقطة بداية المنحني الرأسي)

P.V.I. (or V) = Point of Vertical Intersection (or Vertex)

نقطة التقاطع الرأسي (أو نقطة القمة أو الرأس)

P.V.T. (or E.V.C.) = Point of Vertical Tangency (or End of V.C.)

نقطة التماس الرأسي (أو نقطة نهاية المنحني الرأسي)

Δy (or V . O .) = Difference in elevation between tangent & curve

(or Vertical offset between tang . & curve)

فرق المنسوب بين المماس والمنحني (لنقطة ما أو محطة ما) (أو البعد الرأسي بين المماس والمنحني)

Δe = Diff . in elev . at P . V . I فرق المنسوب عند نقطة التقاطع الرأسي

x = Horizontal distance in stations from P . V . C or P . V . T .

to the required point (or from P . V . C . to point)

المسافة الافقية بالمحطات من نقطة التقوس الرأسي أو من نقطة التماس الرأسي وحتى النقطة المطلوب حساب منسوبها على المنحني إذا استخدم (r) لحساب المنسوب.

(أو المسافة الافقية بالمحطات من نقطة تقوس المنحني وحتى النقطة المطلوبة إذا استخدمت معادلة المنحني لحساب المنسوب).

y = Elevation of a point on curve. (or curve Elev.)

منسوب النقطة على المنحني (أو منسوب المنحني) عند استخدام معادلة المنحني.

4.2.2 القوانين الخاصة بحساب المناسيب على المنحني (الشكل 4.3)

تستخدم القوانين الآتية لغرض حساب المناسيب وهي :

$$1) \quad A = g_2 - g_1 \quad \dots (4.1)$$

$$2) \quad r = \frac{A}{L} = \frac{g_2 - g_1}{L} \quad \dots (4.2)$$

ولغرض التحقق من قيمة (Δe) حسابياً فإنه يمكن حسابها أيضاً باستخدام مناسب النقاط P.V.I, P.V.T., P.V.C. كالآتي (انظر الشكل 4.2):

منسوب النقطة (V') التي تقع في وسط المسافة بين P.V.C. و P.V.T. يساوي:

$$\text{Elev. of } (V') = \frac{\text{Elev. P. V. C.} + \text{Elev. P. V. T.}}{2}$$

ولما كان الفرق بين منسوبي النقطتين (V أو نقطة التقاطع) و (V') يساوي ($2 \cdot \Delta e$) وهذا من خصائص القطع المكافئ، فإن قيمة (Δe) تساوي:

$$\Delta e = \frac{\frac{\text{Elev. P. V. C.} + \text{Elev. P. V. T.}}{2} - \text{Elev. P. V. I.}}{2} \dots (4.4b)$$

ويمكن اشتقاق قانون لقيمة منسوب أية نقطة على المنحني (y) أو معادلة المنحني الرأسي من المعادلة العامة للقطع

$$5) \quad y = ax^2 + bx + c \quad \text{المكافئ وهي:}$$

$$y = 0 + 0 + c = \text{Elev. P. V. C.} \quad \text{فإن } X = 0 \quad \text{حيث أنه عندما تكون}$$

$$\therefore C = \text{Elev. P.V.C.}$$

وعند أخذ المشتقة الأولى للمعادلة اعلاه، وعندما تكون $x = 0$ ، فإن:

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b = 0 + b = g_1$$

$$\therefore b = g_1$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 2a = r \quad \text{وعند أخذ المشتقة الثانية للمعادلة اعلاه، فإن:}$$

$$\therefore a = \frac{r}{2}$$

وهكذا تصبح معادلة المنحني الرأسي (أو قيمة y لأية قيمة من x):

$$y = \frac{r}{2} (x)^2 + g_1 (x) + \text{Elev. of P. V. C.} \quad \dots (4.5)$$

وعند النظر في المعادلة اعلاه يظهر أن مجموع الحدين الثاني والثالث يساوي منسوب النقطة على المماس الاول، أما الحد الاول فيمثل فرق المنسوب بين المماس الاول والمنحني. وهكذا، فإن المنسوب (y_1) في الشكل 4.3 هو للنقطة التي تبعد (x_1) من P.V.C.، والمنسوب (y_2) هو للنقطة التي تبعد (x_2) من P.V.C.

يستخدم القانونان أدناه (انظر الشكل 4.2) لحساب المخططين المجهولتين لنقطتين من النقاط الرئيسية الثلاث (P.V.C.) و (P.V.I. و P.V.T.) إذا علمت إحداها (المعلوم هنا هو محطة P.V.C.):

$$6) \text{ Stat. P. V. I.} = \text{Stat. P. V. C.} + \frac{L}{2} \quad \dots (4.6a)$$

$$\text{Stat. P. V. T.} = \text{Stat. P. V. I.} + \frac{L}{2} \quad \dots (4.6b)$$

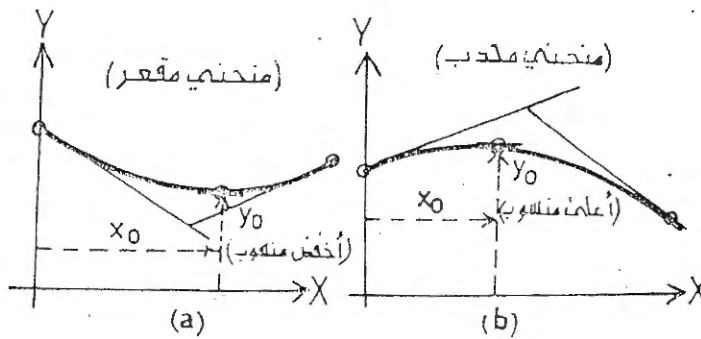
ويستخدم القانونان أدناه (انظر الشكل 4.2) لحساب منسوبي نقطتين من النقاط الرئيسية الثلاث إذا علمت إحداها (المعلوم هنا هو منسوب P.V.C.):

$$7) \text{ Elev. P. V. I.} = \text{Elev. P. V. C.} \pm g_1 \cdot \frac{L}{2} \quad \dots (4.7a)$$

$$\text{Elev. P. V. T.} = \text{Elev. P. V. I.} + g_2 \cdot \frac{L}{2} \quad \dots (4.7b)$$

وتعتمد الاشارات المستخدمة في القانونين اعلاه على شكل المنحني الرأسي وهل هو محدب أو مقعر.

يمكن اشتقاق معادلة لمنسوب أعلى نقطة y_0 (في المنحني المحدب) أو منسوب أخفض نقطة (في المنحني المقعر) بعد اشتقاق معادلة للمسافة الأفقية x_0 لأي من هاتين النقطتين وكالآتي (انظر الشكل 4.4):



الشكل 4.4

معادلة المنحني هي:

$$8) y = \frac{r}{2} \cdot x^2 + g_1 \cdot x + \text{El. P. V. C.}$$

وعند اخذ المشتقة الاولى لهذه المعادلة ومساواتها بصفر حيث النهاية العظمى او الصغرى يصبح:

$$\frac{dy}{dx} = 2 \times \frac{r}{2} \cdot x_0 + g_1 + 0 = 0$$

$$\therefore x_0 = -\frac{g_1}{r}$$

... (4.8)

وهذه هي المسافة الأفقية بالمحطات لأعلى أو لأخفض نقطة .
وعند تعويض هذه المسافة الأفقية y_0 في معادلة المنحني ، يمكن الحصول على منسوب أعلى أو أخفض نقطة كالتالي :

$$y_0 = \frac{r}{2} (x_0)^2 + g_1 (x_0) + E.I.P.V.C. \quad \dots (4.9)$$

مع الأخذ بنظر الاعتبار إشارتي (r) و (g_1) لكل من المنحنيين المحدب والمقعر. وتحسب المسافة والمنسوب لأعلى نقطة عندما يراد معرفة الخلوص الرأسي (أو الفراغ الرأسي) بين المنحني وما فوقه من جسر ونحوه. أما المسافة والمنسوب لأخفض نقطة فتحسب لمعرفة موقع فتحة مجاري مياه الأمطار في الانفاق مثلا .
ملاحظة : إن منسوب أعلى أو أخفض نقطة لا يكون في وسط المنحني إلا إذا تساوى الانحداران g_1 و g_2 .

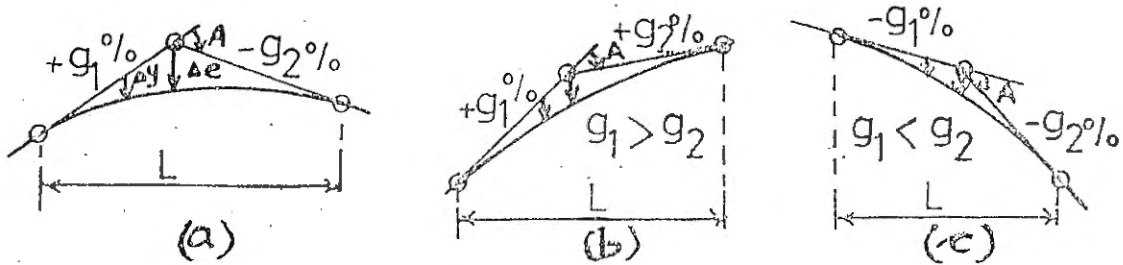
Types of Vertical Curves

4.3 أنواع أو أشكال المنحني الرأسي

هناك نوعان رئيسيان من المنحني الرأسي يستخدمان من الناحية العملية ، إلا أنه قد تستخدم أنواع أو أشكال أخرى لكل من هذين النوعين وكما مبين أدناه.

4.3.1 المنحني الرأسي المحدب Convex Vertical Curve - الشكل 4.5

ويطلق عليه أيضا منحنى القمة Crest or Summit Vert. Curve ويكون على ثلاثة أشكال ، فأما أن يكون انحداره الأول موجبا $(+g_1)$ وانحداره الثاني سالبا $(-g_2)$ وهو النوع المستخدم في أكثر الأحيان خاصة في الجسور التي تعبر الأنهار الكبيرة وكذلك عند عبور المرتفعات أو السداد التي تعترض الطرق (الشكل 4.5a). وأما أن يكون انحداره الأول والثاني موجبين $(+g_1 + g_2)$ ، إلا أن الانحدار الأول أكبر عددياً من الانحدار الثاني (أو أشد منه انحداراً) كما في الشكل (4.5b). وأما أن يكون انحداره الأول والثاني سالبين $(-g_2 - g_1)$ ، إلا أن الانحدار الأول أقل عددياً من الانحدار الثاني (أو أقل منه انحداراً) كما في الشكل (4.5c).

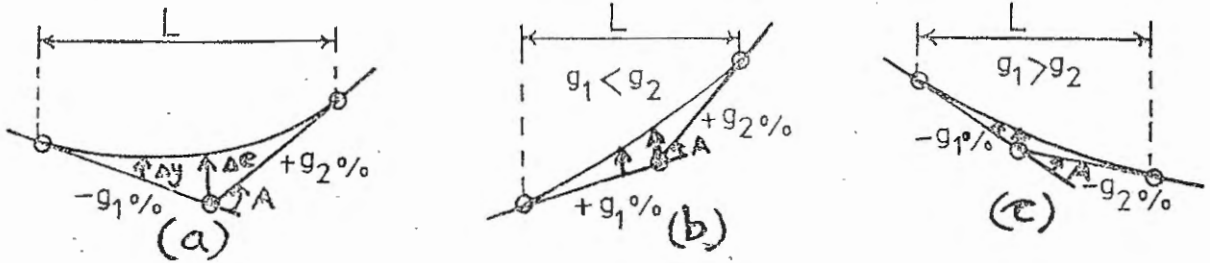


الشكل (4.5)

وعند استخدام القوانين السابقة الذكر، فإن إشارات A و r و Δy و Δe تكون سالبة لأشكاله الثلاثة كافة. وهكذا يمكن معرفة شكل المنحني من إشارة (A) فقط ودون الحاجة إلى رسمه حيث أن: $[A = (g_2) - (g_1) = -]$ منها كانت إشارتا الانحدارين.

4.3.2 المنحني الرأسى المقعر Concave Vertical Curve - الشكل 4.6

ويطلق عليه ايضاً منحنى المنخفض أو المنحني المتدلي Sag or Valley Vert. Curve. ويكون على ثلاثة اشكال ايضاً، فأما ان يكون انحداره الاول سالباً $(-g_1)$ وانحداره الثاني موجباً $(+g_2)$ وهو النوع المستخدم غالباً وخاصة في الانفاق (الشكل 4.6a). وأما أن يكون انحداره الاول والثاني موجبين $(+g_1, +g_2)$ إلا أن الاول أقل عددياً من الثاني (الشكل 4.6b). وأما أن يكون انحداره الاول والثاني سالبين $(-g_1, -g_2)$ إلا أن الاول أكبر عددياً من الثاني (الشكل 4.6c).



الشكل (4.6)

وعند استخدام القوانين السابقة الذكر ايضاً بالنسبة للمنحني المقعر، فإن إشارات A و r و Δy و Δe تكون موجبة لأشكاله الثلاثة كافة. ويمكن معرفة شكل المنحني من إشارة (A) فقط ودون الحاجة إلى رسمه ايضاً حيث أن: $[A = (g_2) - (g_1) = +]$ منها كانت إشارتا الانحدارين.

4.4 طرق حساب مناسيب النقاط على المنحني الرأسى تستخدم طريقتان لحساب المناسيب على المنحني الرأسى هما:

4.4.1 استخدام المناسيب على المماسين وفروق المناسيب اعتماداً على قيمة (r)

تدعى هذه الطريقة بالطريقة الهندسية لحساب المناسيب. حيث انها تعتمد على شكل المنحني وكيفية حساب المناسيب على المماسين ثم حساب فروق المناسيب بين المماسين والمنحني اعتماداً على قيمة (r) وبعدئذ حساب المناسيب على المنحني. وتتبع الخطوات الآتية مع الجدول (4.1) لغرض الحساب (بعد رسم المنحني):

- أ) تحسب المخطتان المجهولتان الرئيسيتان بالقانونين (b و 4.6a).
- ب) يحسب المنسوبان المجهولان الرئيسيان بالقانونين (b و 4.7a).
- ج) تحسب قيم $\Delta e, \frac{r}{2}, r, A$.
- د) يخطط جدول وتوضع فيه المحطات والمناسيب للنقاط الرئيسية الثلاث.
- هـ) تسجل المحطات الكاملة للنقاط المطلوب حساب مناسيبها (لكل مضاعفات ال 100 م). وقد تسجل انصاف المحطات (لكل مضاعفات ال 50 م) أو لكل مضاعفات ال 25 م أو ال 20 م حسب ما هو مطلوب.

(و) تحسب مناسيب النقاط على المماس الاول باستخدام منسوب P.V.C. والانحدار (g_1) والمسافات بين نقطة البداية والنقاط الاخرى أو المسافات بين النقاط المتتالية وهو الاسهل حساباً، ثم يتحقق من منسوب نقطة P.V.I. وتستخدم طريقة النسبة والتناسب لحساب هذه المناسيب.

(ز) تحسب مناسيب النقاط على المماس الثاني باستخدام منسوب P.V.I. والانحدار (g_2) والمسافات بين النقاط المتتالية ابتداءً من P.V.I.، ثم يتحقق من منسوب نقطة P.V.T.

(ح) تحسب فروق المناسيب للنقاط كافة باستخدام القانون (4.3a) وهو الافضل والاسهل أو القانون (4.3b). ويجب الاشارة هنا إلى ان فرق المنسوب عند كل من النقطتين P.V.C. و P.V.T. يساوي صفراً، كما ان فرق المنسوب عند النقطة P.V.I. هو اكبر ما يمكن عددياً.

(ط) يحسب منسوب كل نقطة على المنحني الرأسي بأضافة فرق المنسوب إضافة جبرية إلى منسوب تلك النقطة على المماس، وكما يأتي بالنسبة لكل منحني (الشكل 4.7):

(1) حساب المنسوب على المنحني المحدب بالقانون الآتي (انظر الشكل 4.7a):

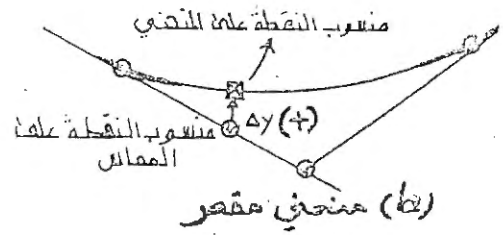
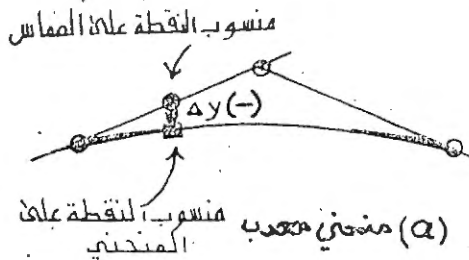
منسوب النقطة على المنحني المحدب = منسوب النقطة على المماس - فرق المنسوب (Δy)

$$[\text{Curve Elev.} = \text{Tangent Elev.} - (\Delta y)] \quad \dots (4.10a)$$

(2) حساب المنسوب على المنحني المقعر بالقانون الآتي (انظر الشكل 4.7b):

منسوب النقطة على المنحني المقعر = منسوب النقطة على المماس + فرق المنسوب (Δy)

$$[\text{Curve Elev.} = \text{Tangent Elev.} + (\Delta y)] \quad \dots (4.10b)$$



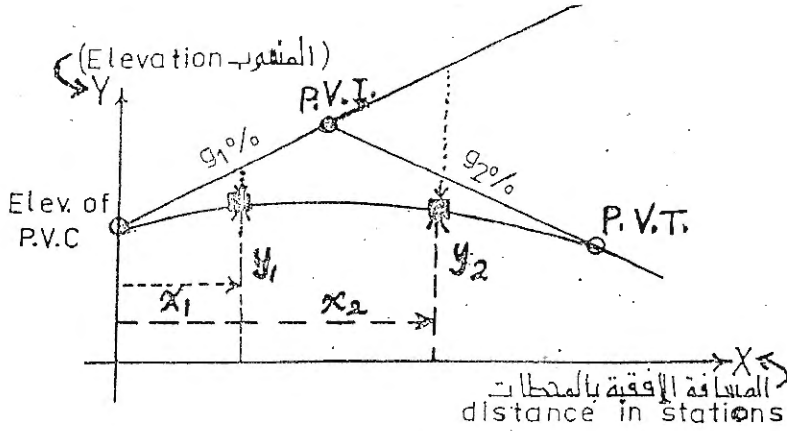
الشكل 4.7

الجدول (4.1)

المحطة Station	المنسوب على المماس Tangent Elev.	فرق المنسوب ($\Delta y = \frac{r}{2} x^2$)	المنسوب على المنحني Curve Elev
P . V . C . ~ ~ ~ ~ ~		0.00	
~ ~ ~ ~ ~			
~ ~ ~ ~ ~			
P . V . I . ~ ~ ~ ~ ~		$\Delta e = \frac{A \cdot L}{8}$	
~ ~ ~ ~ ~			
~ ~ ~ ~ ~			
P . V . T . ~ ~ ~ ~ ~		0.00	

4.4.2 استخدام معادلة القطع المكافئ (أو معادلة المنحني الرأسي)

تدعى هذه الطريقة بالطريقة التحليلية لأنها تعتمد في حساب منسوب أية نقطة على المنحني الرأسي باستخدام معادلة القطع المكافئ التي تمثل هذا المنحني ، ولا تحتاج هذه الطريقة إلا لمعرفة منسوب النقطة P.V.C. وقيمة الانحدار الأول g_1 (مع الإشارة) وقيمة $\frac{r}{2}$ (مع الإشارة أيضا) والمسافات الأفقية x من نقطة P.V.C. وإلى كل نقطة مطلوب حساب منسوبها . وتستخدم المعادلة غالبا عند استعمال الحاسبات اليدوية المبرمجة أو الحاسبات الالكترونية لغرض الحساب حيث أنها تعطي المناسيب بصورة سريعة وواضحة ومطبوعة على ورقة . وتتبع الخطوات الآتية لغرض حساب المناسيب بهذه الطريقة (انظر الشكل (4.8)).



الشكل (4.8)

- أ) تحسب محطات ومناسيب النقاط الرئيسية كما مر سابقا.
- ب) تحسب قيم r و A و $\frac{r}{2}$ ، ثم تسجل محطات النقاط المطلوب حساب مناسيبها كما مر سابقا.
- ج) تحسب مناسيب النقاط على المنحني من القانون أو المعادلة (4.5) التي تنص:

$$y = \frac{r}{2} (x)^2 + g_1 \cdot (x) + \text{Elev. P. V. C.}$$

حيث أن: x هي المسافة الأفقية بالمحطات من نقطة P.V.C. وحتى كل نقطة مطلوب حساب منسوبها ، وإشارة (g_1) موجبة وإشارة $\frac{r}{2}$ سالبة للمنحني المحدب ، بينما إشارة (g_1) سالبة وإشارة $\frac{r}{2}$ موجبة للمنحني المقعر.

ويمكن عمل جدول كما مبين في الجدول 4.2 لغرض تسجيل الحسابات فيه:

الجدول (4.2)

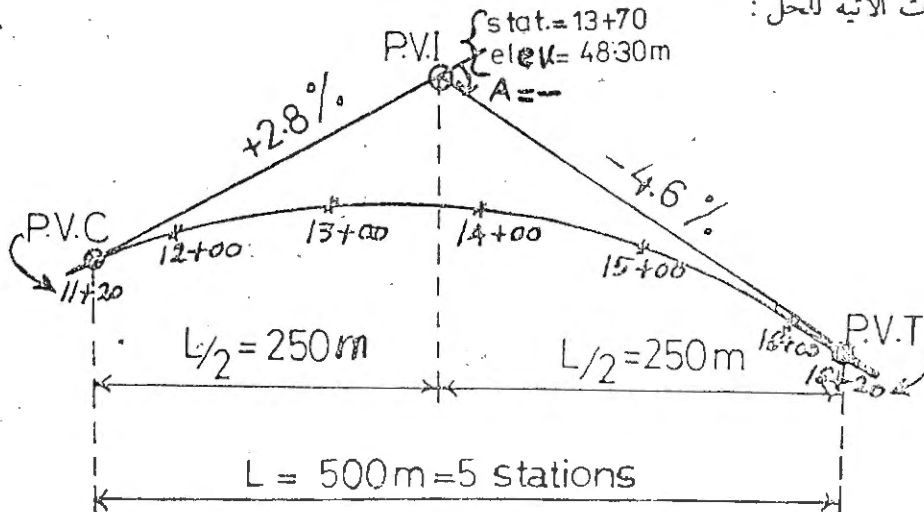
المحطة Station	المسافة الأفقية بالمحطات (x)	منسوب النقطة على المنحني (y)
P.V.C. ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	0+00	
P.V.I. ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	$x = \frac{L}{2}$	
P.V.T. ~ ~	$x = L$	

مثال 4.1

إحسب مناسيب المحطات الكاملة على المنحني الرأسي الذي طوله : $L = 500 \text{ m}$ والذي يربط بين انحدارين مقدارهما : $g_1 = +2.8\%$ و $g_2 = -4.6\%$ فإذا علم منسوب ومحطة نقطة التقاطع : $\text{Elev.} = 48.30 \text{ m}$ و $\text{stat P.V.I.} = 13 + 70$ ثم تحقق من منسوبي محطتين باستخدام معادلة المنحني الرأسي واحسب محطة ومنسوب أعلى نقطة فيه.

الحل

لما كانت قيمة A تساوي : $A = g_2 - g_1 = (-4.6) - (+2.8) = -7.4$ وإشارتها سالبة فإن المنحني الرأسي هو منحني محدب ، وهذا يظهر أيضا من إشارتي g_1 و g_2 كذلك . وهكذا يرسم المنحني كما مبين في الشكل 4.9 أدناه ، وتتبع الخطوات الآتية للحل :



الشكل (4.9)

أ) نحسب محطات ومناسيب النقطتان الرئيسيتان المجهولتان وهما P.V.C. و P.V.T. كما يأتي :

$$\begin{aligned} \text{Stat. P.V.C.} &= \text{Stat. P.V.I.} - \frac{L}{2} = (13 + 70) - (2 + 50) \\ &= 11 + 20 \end{aligned} \quad (\text{حيث أن المحطات تتناقص إلى اليسار})$$

$$\begin{aligned} \text{Stat. P.V.T.} &= \text{Stat. P.V.I.} + \frac{L}{2} = (13 + 70) + (2 + 50) \\ &= 16 + 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elev. P.V.C.} &= \text{Elev. P.V.I.} - \frac{2.8}{100} \times 250 = 48.30 - 7.00 \\ &= 41.30 \text{ m} \end{aligned} \quad (\text{حيث أن الحساب للمنسوب هو من النقطة P.V.I. نحو النقطة P.V.C.})$$

$$\begin{aligned} \text{Elev. P.V.T.} &= \text{Elev. P.V.I.} - \frac{4.6}{100} \times 250 = 48.30 - 11.50 \\ &= 36.80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r = \frac{A}{L} = \frac{-7.4}{5} = -1.48 \% \text{ Per stat. } \frac{r}{2} = \frac{-1.48}{2} = -0.74$$

$$\therefore \Delta c = \frac{A \cdot L}{8} = \frac{-7.4 \times 5}{8} = -4.62 \text{ m}$$

$$= \frac{\frac{41.30 + 36.80}{2} - 48.30}{2} = \frac{-9.25}{2} = -4.62 \text{ m} \quad \therefore \text{check}$$

ب) يعمل جدول كما في أدناه لغرض حساب المناسيب على الماسين وفروق المناسيب والمناسيب على المنحني الرأسي (الجدول 4.3) باستخدام الطريقة الهندسية (أو قيمة r) وبعد تسجيل المحطات الكاملة.

ج) لغرض التحقق من منسوبي المحطتين $13 + 00$ و $15 + 00$ باستخدام معادلة المنحني الرأسي ، نحسب المسافة X_1 من P.V.C. إلى المحطة $13 + 00$ والتي تساوي :
 $x_1 = (13 + 00) - (11 + 20) = 1 + 80 = 1.80 \text{ stat.}$
 ثم نحسب منسوب انحناء $13 + 00$ من المعادلة بتعويض قيمة (x_1) فيها كما يأتي :

$$\begin{aligned} \text{Elev. of Stat. } (13 + 00) &= -0.74 (1.80)^2 + (+2.8) (1.80) + 41.30 \\ &= -2.40 + 5.04 + 41.30 = 43.94 \text{ m} \quad \therefore \text{check} \end{aligned}$$

ونحسب المسافة (x_2) من P.V.C. إلى المحطة $15 + 00$ والتي تساوي :

$$x_2 = (15 + 00) - (11 + 20) = 3 + 80 = 3.80 \text{ stat.}$$

الجدول (4.3)

المحطة Station	النسب على المماس Tang. Elev	فرق النسب $\Delta y (V.O.) = \frac{r}{2} x^2$	النسب على المنحني Curve Elev
P.V.C. 11 + 20	41.30	0.00	41.30
80 m ↓	$+\frac{2.8}{100} \times 80 = +2.24$	80 m	
12 + 00	= 43.54	$\Delta y_1 = -0.74 (0.80)^2 = -0.47$	43.07
100 m ↓	$+\frac{2.8}{100} \times 100 = +2.80$	180 m	
13 + 00	= 46.34	$\Delta y_2 = -0.74 (1.80)^2 = -2.40$	<u>43.94</u>
70 m ↓	$+\frac{2.8}{100} \times 70 = +1.96$		
P.V.I. 13 + 70	= 48.30 ∴ check	- 4.62	43.68
30 m ↓	$-\frac{4.6}{100} \times 30 = -1.38$		
14 + 00	= 46.92	$\Delta y_3 = -0.74 (2.20)^2 = -3.58$	43.34
100 m ↓	$-\frac{4.6}{100} \times 100 = -4.60$	220 m	
15 + 00	= 42.32	$\Delta y_4 = -0.74 (1.20)^2 = -1.06$	<u>41.26</u>
100 m ↓	$-\frac{4.6}{100} \times 100 = -4.60$	120 m	
16 + 00	= 37.72	$\Delta y_5 = -0.74 (0.20)^2 = -0.03$	37.69
20 m ↓	$-\frac{4.6}{100} \times 20 = -0.92$	20 m	
P.V.T 16 + 20	= 36.80 ∴ check	0.00	36.80

ثم بحسب منسوب المحطة 15 + 00 من المعادلة بتعويض X_2 فيها كما يأتي :

$$\begin{aligned} \text{Elev. of stat. (15 + 00)} &= -0.74 (3.80)^2 + (+2.8)(3.80) + 41.30 \\ &= -10.68 + 10.64 + 41.30 = 41.26 \text{ m} \therefore \text{check} \end{aligned}$$

(د) لغرض حساب محطة ومنسوب أعلى نقطة على المنحني ، تستخدم المعادلة (4.8) للحصول على المسافة (X_0) من نقطة P.V.C. وحتى أعلى نقطة كما يأتي :

$$x_o = \frac{-g_1}{r} = \frac{-(+2.8)}{-1.48} = 1.8919 \text{ stat.} = 1 + 89.19$$

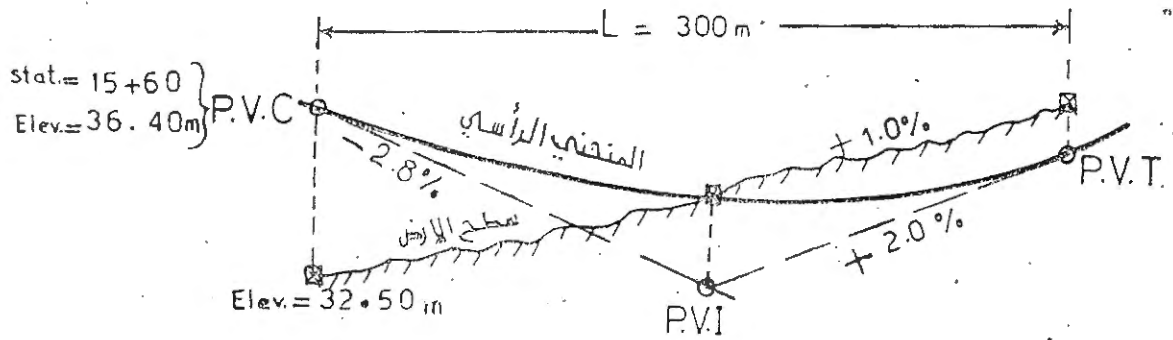
$$\therefore \text{Stat. of highest point} = (11 + 20) + (1 + 89.19) = 13 + 09.19$$

وتستخدم المعادلة (4.9) للحصول على منسوب أعلى نقطة بتعويض (x_o) فيما كالاتي :

$$\begin{aligned} y_o &= -0.74 (1.8919)^2 + (+2.8) (1.8919) + 41.30 \\ &= -2.65 + 5.30 + 41.30 = 43.95 \text{ m} \end{aligned}$$

مثال 4.2

إحسب مناسب المحطات الكاملة على المنحني المقعر أدناه (الشكل 4.10) ، ثم إحسب الحجم الكلي للردم والخفر، إذا علمت أن منسوب سطح الأرض = 32.50 م في المحطة (15 + 60) ، وكان سطح الأرض بانحدار صاعد مقداره (+1%) ، وعرض الطريق المقترح انشاؤه (9 م) وانحداره الجانبي للحفر والردم = 2:1 .



الشكل 4.10

الحل:

تتبع الخطوات الآتية:

أ- تحسب المحطات والمناسيب للنقاط الرئيسية المجهولة كالاتي :

$$\text{Stat. P.V.I.} = \text{Stat. P.V.C.} + \frac{L}{2} = (15 + 60) + (1 + 50) = 17 + 10$$

$$\text{Stat. P.V.T.} = \text{Stat. P.V.I.} + \frac{L}{2} = (17 + 10) + (1 + 50) = 18 + 60$$

$$\text{Elev. P.V.I.} = 36.40 - \frac{2.8}{100} \times 150 = 32.20 \text{ m}$$

$$\text{Elev. P.V.T.} = 32.20 + \frac{2.0}{100} \times 150 = 35.20 \text{ m}$$

$$r = \frac{A}{L} = \frac{(+2.0) - (2.8)}{3} = \frac{+4.8}{3} = +1.6 \quad \text{ثم تحسب قيمتي } \Delta e \text{ و } (r) \text{ كما يأتي:}$$

$$\therefore \frac{r}{2} = \frac{+1.6}{2} = +0.8$$

$$\Delta e = \frac{A.L}{8} = \frac{(+4.8) \times 3}{8} = +1.80 \text{ m}$$

ب) يعمل جدولان كما في أدناه لتعيين المحطات الكاملة ومناسبتها على الماسين وفروق المناسيب ومناسبتها على المنحني الرأسي (والتي تعد مناسيب خط الانشاء)، ثم تحسب مناسيب سطح الأرض للمحطات نفسها. ويحسب بعد ذلك عمق الحفر والردم عند كل محطة (والذي يساوي:

$$(\text{Depth of cut or Fill} = \text{Ground El.} - \text{Grade El.} = \begin{matrix} + \text{Cut} \\ \text{or} \\ - \text{Fill} \end{matrix})$$

ثم تحسب مساحة كل مقطع (باعتباره مقطعاً مستوياً) باستخدام القانون: $\text{Area} = d(b + s.d)$ حيث أن d هو عمق الحفر أو الردم و b هو عرض الطريق و s هو الانحدار الجانبي، ثم تحسب حجم الحفر والردم بين المقاطع باستخدام قانون متوسط القاعدتين وبعد ذلك يحسب الحجم الكلي للحفر والردم. وتبين الحسابات كلها في الجدول 4.4 و 4.5 أدناه.

الجدول 4.4 حساب مناسيب خط الانشاء وسطح الأرض

المحطة Station	النسب على الماس Tang. Elev.	فوق المسرب Δy	النسب على المنحني أو النسب على خط الانشاء Curve (or grade) Elev.	نسب سطح الأرض Ground Elev.
P.V.C. 15 + 60	36.40	0.00	36.40	32.50
	$\frac{-2.8}{100} \times 40 = -1.12$	 40 m		$+\frac{1}{100} \times 40 = +0.40$
16 + 00	$= 35.28$ $- 2.80$	$\Delta y_1 = +0.8(10.40)^2 = +0.13$ 140 m	35.41	$= 32.90$ $+ 1.00$
17 + 00	$= 32.48$	$\Delta y_2 = +0.8(1.40)^2 = +1.57$	34.05	$= 33.90$
	$\frac{-2.8}{100} \times 10 = -0.28$			$+\frac{1}{100} \times 10 = +0.10$
P.V.I. 17 + 10	$= 32.20 \therefore \text{Check}$	+ 1.80	34.00	$= 34.00$
	$+\frac{2.0}{100} \times 90 = +1.80$			$+\frac{1}{100} \times 90 = +0.90$
18 + 00	$= 34.00$	$\Delta y_3 = +0.8(0.60)^2 = +0.29$	34.29	$= 34.90$
	$+\frac{2.0}{100} \times 60 = +1.20$	 60 m		$+\frac{1}{100} \times 60 = +0.60$
P.V.I. 18 + 60	$= 35.20 \therefore \text{Check}$	0.00	35.20	$= 35.50$

الجدول (4.5) حساب اعالي ومساحات مقاطع وجسيم الجفرو والردم

الخطه Station	منسوب خط الانشاء Grade Elev.	منسوب سطح الارض Ground Elev.	Depth (م)		Area (م ²)		Volume	
			ردم Fill (-)	حفر Cut (+)	Fill (-)	Cut (+)	ردم Fill (-)	حفر Cut (+)
P.V.C. 15 + 60	36.40	32.50	3.90		3.9 (9 + 2 × 3.9) = 65.52		$\frac{65.52 + 35.19}{2} \times 40$ = 2014	
16 + 00	35.41	32.90	2.51		2.5 (9 + 2 × 2.5) = 35.19		$\frac{35.19 + 1.4}{2} \times 100$ = 1830	
17 + 00	34.05	33.90	0.15		0.15 (9 + 2 × 1.5) = 1.40		$\frac{1.4 + 0}{2} \times 10$ = 7	
P.V.I. 17 + 10	34.00	34.00	0.00		0.00	0.00	$\frac{0 + 6.23}{2} \times 90$ = 280	
18 + 00	34.29	34.90		0.61	0.61 (9 + 2 × 0.61) = 6.23		$\frac{6.23 + 2.88}{2} \times 60$ = 273	
P.V.T. 18 + 60	35.20	35.50		0.30	0.3 (9 + 2 × 0.3) = 2.88		$\Sigma \text{ Fill} =$ 3851 m ³	$\Sigma \text{ Cut} =$ 553 m ³

$$3851 = 7 + 1830 + 2014$$

وبذلك يكون المجموع الكلي للردم =

$$553 = 273 + 280$$

والمجموع الكلي للحفر =

استخدام الحاسبة الالكترونية في حسابات المنحني الرأسى .
 يبين الشكل 4.11 مثلاً لأجراء الحسابات باستخدام الحاسبة الالكترونية لمنحني رأسى محدب والجداول النهائية لحسابات المحطات والمناسيب على الماسين وفروق المناسيب والمناسيب على المنحني الرأسى .

VERTICAL CURVE

المنحني الرأسى

Vertical curve data printout from CBM micro program VERTICAL

Copy 1 : Dated 7th August 1984 (Data held on file v — verticaldemo)

Job name : Advanced Engineering Surveying Example 7-9

Client : Commodore

Surveyor : W S Whyte

Vertical Curve

Curve Ex. 7-9 (Crest)

Tangent alignment data specified

Entry tangent	الماس الايسر Chainages محطات	Levels مناسيب	Exit tangent	الماس الايمن Chainages محطات	Levels مناسيب
Point A	6 + 32.460	31.891	Point C	7 + 77.240	32.702
Point B	6 + 78.180	33.263	Point D	8 + 30.580	31.635
Gradient	3.00 %		Gradient	- 2.00 %	

Curve specification

For gradient change rate of 0.00025 , length = 200.050

Final length specified 200.000

Through chainage — standard chord length of 20

Computed results

Curve length	200.000	Equivalent radius	3999.000
Tangent length	100.000	Rate of grade change	-0.00025
IP to curve distance	- 1.250	Sight dist. (1.05)	183.280

	محطات Chainages	مناسيب Levels
Beginning TP1	6 + 06.584	31.115
Intersection IP	7 + 06.584	34.115
End TP2	8 + 06.584	32.115

First sub — chord 13.416 9 Standard chords Final Sub — chord 6.584

Continued —

الشكل 4.11

نقطة Peg	مسافة بين المحطات (أورز) Chainage	حسابات المماس الأيمن			حسابات المماس الأيمن		
		w. r. t.	entry	tangent	التسوية على المنحني	w. r. t. exit	tangent
		منسوب المماس	بعد رأسي	منسوب المماس	بعد رأسي	منسوب المماس	بعد رأسي
Tan.	Level	Offset	Curve	Level	Offset	Tan.	Level
TP1	6 + 06.584	31.115	0.000	31.115	- 5.001	36.116	
	13.416						
1	6 + 20.000	31.517	- 0.023	31.495	- 4.353	35.847	
	20.000						
2	6 + 40.000	32.117	- 0.140	31.978	- 3.470	35.447	
	20.000						
3	6 + 60.000	32.717	- 0.357	32.361	- 2.687	35.047	
	20.000						
4	6 + 80.000	33.318	- 0.674	32.644	- 2.003	34.647	
	20.000						
5	7 + 00.000	33.918	- 1.091	32.827	- 1.420	34.247	
	20.000						
6	7 + 20.000	34.518	- 1.608	32.910	- 0.937	33.847	
	20.000						
7	7 + 40.000	35.118	- 2.226	32.893	- 0.554	33.447	
	20.000						
8	7 + 60.000	35.718	- 2.943	32.776	- 0.271	33.047	
	20.000						
9	7 + 80.000	36.318	- 3.760	32.558	- 0.088	32.647	
	20.000						
10	8 + 00.000	36.919	- 4.677	32.241	- 0.005	32.247	
	6.584						
TP2	8 + 06.584	37.116	- 5.001	32.115	0.000	32.115	

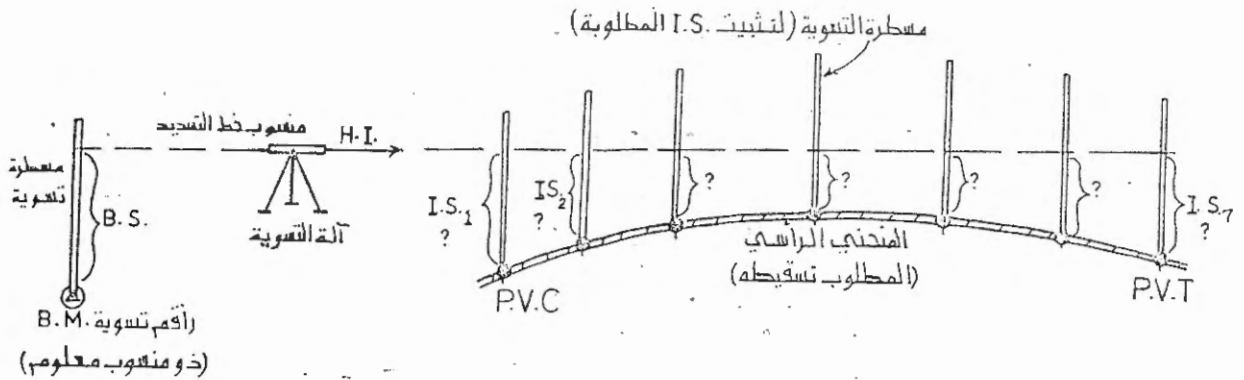
الشكل 4.11

4.5 توقييع (أو تسقيط) المنحني الرأسي على الأرض

بعد تثبيت المواقع الأفقية للنقاط (أو المحطات أو أنصافها) المطلوب تثبيت مناسيبها والتي تقع على المنحني الرأسي ، يستخدم جهاز التسوية ومسطرة التسوية لتثبيت أو توقييع هذه المناسيب والتي تشكل مجموعها المنحني الرأسي المطلوب . حيث تؤخذ قراءة خلفية أو تسديد خلقي (B.S.) على راقم تسوية قريب من المنحني الرأسي وبذلك يصبح منسوب خط التسديد (أو منسوب الآلة (H.I.)) معلوماً . ولما كان المنسوب المطلوب تثبيته على الأرض قد تمّ حسابه سابقاً وسجل ضمن مخطط المقطع الطولي مع الرسم ، فإن الفرق بين المنسولين يساوي القراءة الوسطية المطلوب تثبيتها على مسطرة التسوية (ويرمز لها I.S. أو التسديد الوسطي الامامي (I.F.S.)) كي تعطي المنسوب المطلوب تثبيته أو توقييعه على الأرض ، وكما مبين في المعادلة أدناه :

$$I.S. (or I.F.S.) = H.I. - \text{Elevation of Point}$$

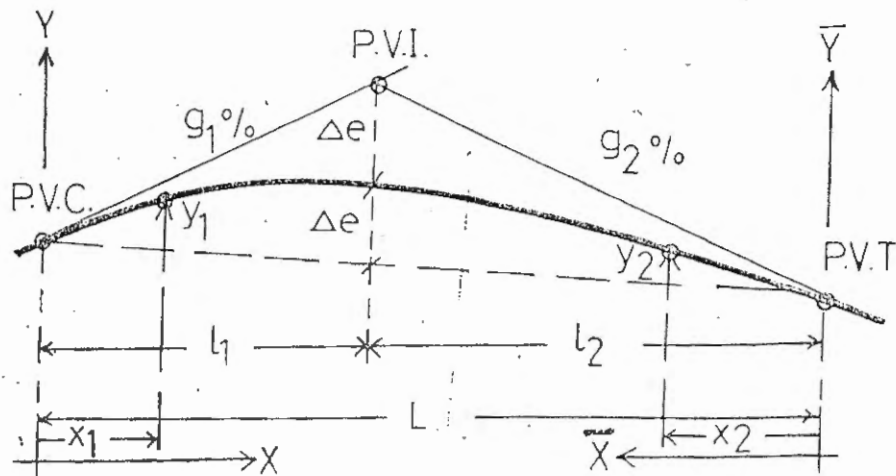
وهكذا يوجه منظار آلة التسوية نحو مسطرة التسوية الموضوعة فوق النقطة ويُدقّ الوتد (الذي يعني موقع النقطة أفقياً) إلى الاسفل أو يرفع إلى الأعلى حتى يتم أخذ القراءة الوسطية المطلوبة على النقطة. وإذا كان المنحني واقعاً في منطقة حفر أو ردم كبير فثبت المناسيب عندئذ على سكك تسديد خشبية Sight-rails على جانبي المنحني وقد تستخدم معها مسطرة خشبية متنقلة بشكل حرف (T) تدعى Traveller ذات طول معين (1 م أو 2 م أو أكثر) وحسب عمق الحفر أو الردم لبيان المنسوب الذي يجب أن يثبت من الحافة العليا لسكة التسديد. ويبين الشكل 4.11 كيفية توقيع مناسيب النقاط على المنحني الرأسي.



Unsymmetrical V. Curve

4.6 المنحني الرأسي غير المتماثل من الجانبين

يستخدم في بعض الأحيان منحني رأسي غير متساوي الماسين أو غير متماثل من جانبي نقطة تقاطع الانحدارين وذلك لأسباب تخص التصميم أو طبيعة الأرض أو العوارض التي تعترض الخط المركزي، وكل جزء من جزئي المنحني عبارة عن منحنى قطع مكافئ له معدل تغير لكل محطة (r) خاص به وطول معين يختلف عن الآخر (سواءً بالنسبة لطول المماس أو طول مسقطه) كما مبين في الشكل 4.13 أدناه.



وبدراسة الشكل غير المتماثل للمنحني الرأسى اعلاه ، يمكن الحصول على القوانين الآتية :

$$r_1 = \frac{g_2 - g_1}{L} \cdot \frac{l_2}{l_1} \quad \text{and} \quad r_2 = \frac{g_2 - g_1}{L} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad \dots (4-11a, b)$$

and ,

$$\Delta e = \frac{g_2 - g_1}{2L} \cdot l_1 \cdot l_2 \quad \dots (4-12)$$

وهكذا يمكن حساب المناسيب لكل جزء باستخدام (r) المناسب لكل منها (حيث x_1 من P.V.C. و x_2 من P.V.T.).
أما معادلة المنحنى فتكون لكل جزء واحدة وكما يأتى :

$$y_1 = \text{Elev. P. V. C.} + g_1 \cdot x_1 + \frac{r_1}{2} (x_1)^2 \quad \dots (4-13a)$$

حيث أن y_1 هو منسوب أي نقطة للجزء الايسر من المنحنى و x_1 هي المسافة الأفقية بالمحطات لأية نقطة في الجزء الايسر.

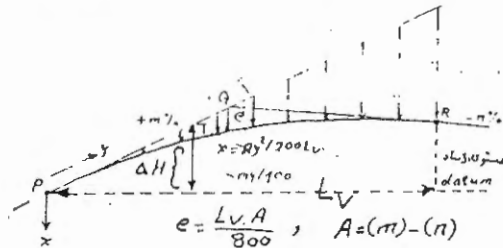
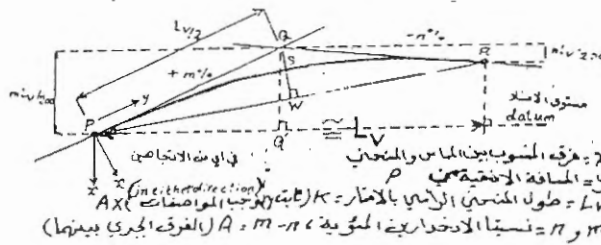
$$\text{and, } y_2 = \text{Elev. P. V. T.} - g_2 \cdot x_2 + \frac{r_2}{2} (x_2)^2 \quad \dots (4-13b)$$

حيث أن y_2 هو منسوب أي نقطة للجزء الايمن من المنحنى و x_2 هي المسافة الأفقية بالمحطات لأية نقطة في الجزء الايمن (والإشارة للحد الثاني سالبة لأن إتجاه الحسابات نحو اليسار).

مثال 4.4 °

إستخدام رموز ومصطلحات وقوانين أخرى (بريطانية) لحساب المناسيب على المنحنى الرأسى المحدب المتساوي الماسين.

تستخدم في هذا المثال الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة بالمصادر البريطانية ومواصفاتها وكما مبين في الشكل 4.14 أدناه.



الشكل (4.14)

$$\Delta H_{QP} = (m / 100) (L_v / 2) = mL_v / 200 : (\Delta H_{QP}) P, Q \quad \text{فرق المنسوب بين}$$

$$\Delta H_{QR} = (n / 100) (L_v / 2) = nL_v / 200 : (\Delta H_{QR}) R, Q \quad \text{و فرق المنسوب بين}$$

$$\Delta H_{RP} = (mL_v / 200) - (nL_v / 200) = (m - n) L_v / 200 : (\Delta H_{RP}) P, R \quad \text{فرق المنسوب بين}$$

أما فرق منسوب النقطة من المنحني إلى مستوى الاسناد ΔH فيساوي :

$$\Delta H = [(m) y / 100 - (A) Y^2 / 200 L_v]$$

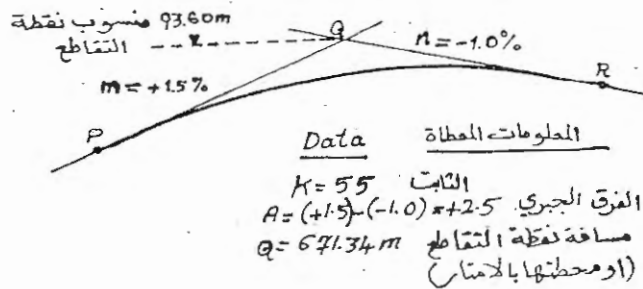
$$\Delta H_0 = L_v m^2 / 200 A \quad \text{و فرق المنسوب لأعلى أو أخفض نقطة على المنحني } (\Delta H_0) \text{ يساوي :}$$

مسألة :

منحني رأسي محدب يربط بين انحدارين احدهما صاعد = 1.5% و آخر نازل = -1.0% ، ونقطة تقاطعها ذات منسوب = 93.60 م ، وقيمة الثابت (K) بموجب المواصفات = 55 ، ومسافة نقطة التقاطع (أي محطتها بالامتار through chainage) = 671.34 م .
إحسب مناسيب النقاط على المنحني الرأسي لكل 20 م ومنسوب أعلى نقطة عليه .

الحل :

يبين الشكل 4.15 المنحني الرأسي المحدب والمعلومات المعطاة ، حيث يحسب أولاً طول المنحني ومسافات (أو محطات) النقاط الرئيسية ومناسيبها ثم يعمل جدول للحسابات .



الشكل (4.15)

أدنى طول للمنحني الرأسي (بموجب المواصفات البريطانية) : $L_v = \lambda = 55 \times 2.5 = 137.5 \text{ m}$

مسافة أو محطة النقطة P : $\text{Chainage } P = 671.34 - (137.5 / 2) = 602.59 \text{ m} : P$

مسافة أو محطة النقطة R : $\text{Chainage } R = 671.34 + (137.5 / 2) = 740.09 \text{ m} : R$

منسوب نقطة P : $\text{El. } P = 93.60 - (mL_v / 200) = 93.60 - 1.03 = 92.57 \text{ m} : P$

منسوب نقطة R : $\text{El. } R = 93.60 - (nL_v / 200) = 93.60 - 0.69 = 92.91 \text{ m} : R$

ولغرض جعل المسافات أو المحطات للنقاط من مضاعفات الـ 20 م فإن أول مسافة جزئية من نقطة البداية (P) تساوي : $y = 620.00 - 602.59 = 17.41\text{m}$ ثم تحسب المناسب للنقاط على المنحني (ابتداءً من P وحتى R) بموجب القانون الآتي :

$$R.L.(\text{Reduced Level المنسوب}) = 92.57 + \Delta H = 92.57 + [(m)y / 100 - (A)y^2 / 200 L_0]$$

ويبين الجدول 4.6 هذه الحسابات :-

الجدول (4.6) حسابات المناسب للنقاط على المنحني الرأسي

Chainage	y	(m)y/100	-(A)y ² /200L ₀	ΔH	(R.L.)
مسافة (أو محطة) النقطة	مسافة جزئية			فرق المنسوب	المنسوب على المنحني
602.59(P)	0	0	0	0	92.57
620.00	17.41	+0.261	-0.028	+0.233	92.80
640.00	37.41	+0.561	-0.127	+0.434	93.00
660.00	57.41	+0.861	-0.300	+0.561	93.13
680.00	77.41	+1.161	-0.545	+0.616	93.19
700.00	97.41	+1.461	-0.863	+0.598	93.17
720.00	117.41	+1.761	-1.253	+0.508	93.08
740.00	137.41	+2.061	-1.717	+0.344	92.91
740.09 (R)	137.50	+2.063	-1.719	+0.344	92.91

أما المسافة الجزئية لأعلى نقطة على المنحني (Y₀) من نقطة البداية (P) فتساوي :

$$y_0 = L_0 m / A = (137.5 \times 1.5) / 2.5 = 82.50 \text{ m}$$

وبذلك يكون منسوب أعلى نقطة على المنحني مساوياً (R.L.O) :

$$R.L._{0} = 92.57 + \Delta H_0 = 92.57 + L_0 m^2 / 200 A$$

$$= 92.57 + [137.5 \times (1.5)^2 / (200 \times 2.5)] = 93.19 \text{ m}$$

مثال 4.5

استخدام طريقة أخرى ومصطلحات وقوانين أخرى (بريطانية) لحساب مناسب النقاط على المنحني الرأسي غير المتساوي الماسين.

يبين الشكل 4.16 منحنياً رأسياً غير متساوي الماسين (طولاهما L₁ و L₂) حيث رُسم مماس مشترك من نقطة "C" التي تقع على المنحني وتحت نقطة تقاطع الماسين لغرض تكوين منحنيين رأسيين (متساويي الماسين) هما PBC و CDR ، حيث يعامل كل منها بصورة منفصلة لحساب المناسب عليهما (المماس المشترك BCD // الوتر PR).

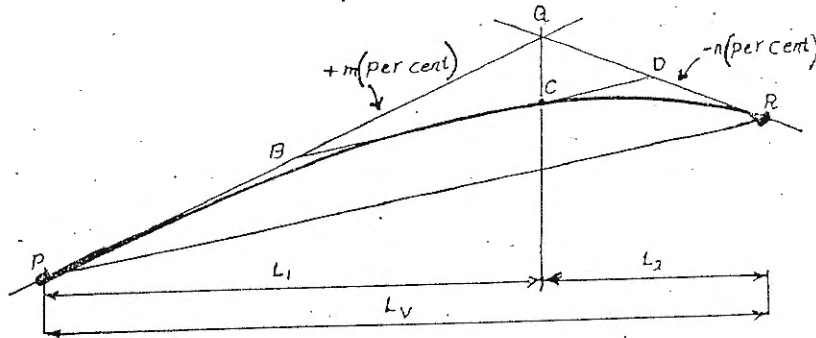
وبذلك يكون :

$$PC = L_1, CR = L_2$$

$$L_v = L_1 + L_2$$

$$PB = BC = \frac{PQ}{2} = \frac{L_1}{2}$$

$$CD = DR = \frac{QR}{2} = \frac{L_2}{2}$$



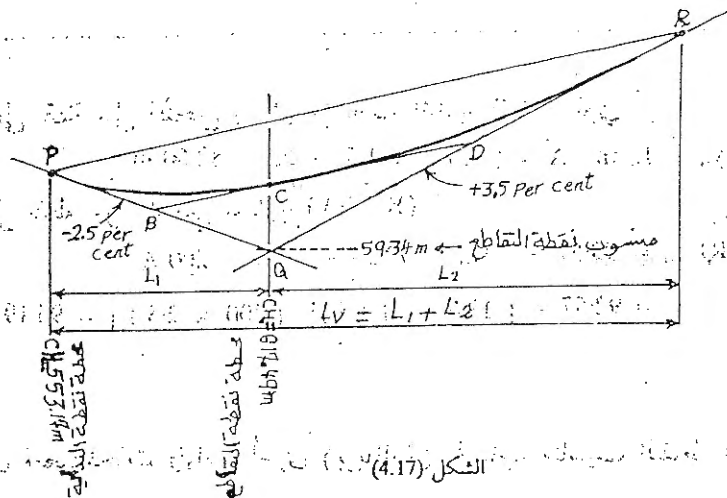
الشكل (4.16)

مسألة

منحني رأسي غير متساوي المماسين (بسبب الظروف الموقعية الخاصة به) يربط بين أنحدارين بمقاديرهما :
 تساوي 26. فإذا كانت مسافة (أو محطة) نقطة التقاطع $= 617.49$ م. ومنسوبها $= 59.34$ م، ومسافة (أو محطة) نقطة
 البداية (P) $= 553.17$ م، إحصب مناسيب النقاط الرئيسية وكذلك مناسيب النقاط على المنحني لكل 20 م.

الحل :

يبين الشكل 4.17 المنحني الرأسي غير المتساوي المماسين والمعلومات المتوفرة عنه ، حيث تحسب أولاً مناسيب النقاط
 الرئيسية وأنحدار المماس المشترك ثم مناسيب النقاط على المنحني لكل 20 م كما في الجدولين 4.7 و 4.8.



الشكل (4.17)

المجموع الجبري للانحدارين $= (-2.50) + (+3.50) = 1.00$ (بالمائة) $\therefore A = \frac{1.00}{100} = 0.01$

$$\min L_v = 26 \times 6.00 = 156.00 \text{ m}$$

ولا كان طول المنحني الأول (L_1) يمكن حسابه من المعلومات المتوفرة ، فيحسب (L_2) كالآتي :

$$L_1 = PQ = 617.49 - 553.17 = 64.32 \text{ m}$$

$$L_2 = QP = 156.00 - 64.32 = 91.68 \text{ m}$$

(1)- منسوباً نقطتي البداية والنهاية R and P Reduced Levels :
بالرجوع الى الشكل (4.17) يكون المنسوبان كالآتي :

$$RL_P = RL_Q + \frac{(2.50) PQ}{100} = 59.34 + \frac{(2.50) 64.32}{100} = 60.95 \text{ m}$$

$$RL_R = RL_Q + \frac{(3.50) QR}{100} = 59.34 + \frac{(3.50) 91.68}{100} = 62.55 \text{ m}$$

(2)- مناسب النقاط على المنحني لكل 20 م :

(Reduced levels at exact 20 m multiples of through chainage along the curve)

نحسب محطة-نقطة النهاية كالآتي : $P = 553.17 \text{ m}$ (through chainage of) محطة البداية

$R = \text{through chainage of } P + L_v$ (through chainage of) محطة النهاية

$$= 553.17 + 156.00 = 709.17 \text{ m}$$

ثم نحسب انحدار المماس BCD الذي يساوي انحدار الوتر PR كالآتي :

gradient of BCD = gradient of PR

$$= \frac{(-2.50) L_1 + (+3.50) L_2}{L_v} \text{ per cent}$$

$$= \frac{(-2.50) 64.32 + (+3.50) 91.68}{156.00} \text{ per cent}$$

$$= +1.03 \%$$

ثم نحسب مناسب النقاط على المنحني PC كالآتي (وكما مبين في الجدول 4.7) :

$$RL = RL_P + \left[(m) y / 100 - (A) y^2 / 200 L_1 \right]$$

$$m = -2.50 \text{ per cent}, L_1 = 64.32 \text{ m}, A = (-2.50) - (+1.03) = -3.53 \text{ per cent}$$

$$\text{through chainage of C} = \text{through chainage of Q} = 617.49 \text{ m}$$

الجدول (4.7) مناسيب النقاط على المنحني PC

Chainage	y	$\left[\frac{(m)y}{100} \right]$	$\left[\frac{(A)y^2}{200L_1} \right]$	ΔH	RL
المسافة او المحطة	المسافة الجزئية			فرق المنسوب	المنسوب على المنحني
553.17 (P)	0	0	0	0	60.95
560.00	6.83	-0.17	+0.01	-0.16	60.79
580.00	26.83	-0.67	+0.20	-0.47	60.48
600.00	46.83	-1.17	+0.60	-0.57	60.38
617.49 (C)	64.32	-1.61	+1.14	-0.47	60.48

ثم تحسب مناسيب النقاط على المنحني CR كالآتي (وكما مبين في الجدول 4.8) :

$$RL = RL_C + \left[\left(\frac{m}{100} \right) y - \frac{(A)y^2}{200L_2} \right]$$

حيث :

$$m = + 1.03 \text{ per cent}, L_2 = 91.68 \text{ m}, A = (+ 1.03) - (+ 3.50) = - 2.47,$$

$$RL_C = 60.48 \text{ m.}$$

الجدول (4.8) مناسيب النقاط على المنحني CR

Chainage	y	$\left[\frac{(m)y}{100} \right]$	$\left[\frac{(A)y^2}{200L_2} \right]$	ΔH	RL
المسافة او المحطة	المسافة الجزئية			فرق المنسوب	المنسوب على المنحني
617.49 (C)	0	0	0	0	60.48
620.00	2.51	+0.03	0.00	+0.03	60.51
640.00	22.51	+0.23	+0.07	+0.30	60.78
660.00	42.51	+0.44	+0.24	+0.68	61.16
680.00	62.51	+0.64	+0.53	+1.17	61.65
700.00	82.51	+0.85	+0.92	+1.77	62.25
709.17 (R)	91.68	+0.94	+1.13	+2.07	62.55

Design Controls & Specifications

4.7 عناصر التصميم للمنحني الرأسي والمواصفات الخاصة به

يقصد بعناصر التصميم للمنحني الرأسي العلاقات التي تربط بين طول المنحني الرأسي ومسافة الرؤية للتوقف وللتجاوز والفرق الجبري بين الانحدارين ، هذا بالنسبة لطرق المركبات الاعتيادية. أما بالنسبة للسكك الحديدية فإن العنصر الحاكم

بالنسبة لطول المنحني الرأسي هو (r) الذي يجب أن لا تزيد قيمته في احدى المواصفات عن (0.10) بالنسبة للمنحني المحدب أو (0.05) بالنسبة للمنحني المقعر.

وتعتمد مسافة الرؤية للتوقف على السرعة التصميمية للطريق ومعامل الاحتكاك بين إطارات المركبة وسطح الطريق وزمن الادراك ورد الفعل اللازم للتوقف ومقدار الانحدار الطولي للطريق ، واحد القوانين المستخدمة لحساب هذه المسافة هو

$$SSD = 0.28 (t) (V) + \frac{(V)^2}{254 \left(\mu + \frac{g}{100} \right)} \quad \dots (4.14)$$

حيث أن SSD = مسافة الرؤية للتوقف Stopping Sight Distance

t = هو زمن الادراك ورد الفعل Perception – Reaction time وهو الزمن اللازم لأدراك الخطر أو وجود عائق واستخدام الموقف، ويتراوح بين 1.5 – 3 ثانية.

V = هي السرعة التصميمية بوحدات كم / ساعة Design Speed in km/h

μ = هو معامل الاحتكاك بين اطارات المركبة وسطح الطريق Coeff. of Friction. وتختلف قيمته

باختلاف حالة سطح الطريق (مبلل او جاف) وباختلاف السرعة.

في حالة التبليل المبلل تتراوح قيمته من 0.27 – 0.36 للسرع من 50 – 130 كم / ساعة

وفي حالة التبليل الجاف تتراوح قيمته من 0.53 – 0.62 للسرع من 50 – 130 كم / ساعة (وقد تؤخذ قيمتان متوسطتان هما 0.3 أو 0.5)

g = هو النسبة المئوية للانحدار الصاعد او النازل مع الإشارة (-) Downgrade in percent و (+) Upgrade in Percent

والحد الاول في هذه المعادلة يشير الى مسافة رد الفعل ، بينما يشير الحد الثاني إلى مسافة التوقف بعد استخدام الموقف.

أما مسافة الرؤية للتجاوز او التخطيطية فيرمز لها OSD أو FOSD (وتعني Overtaking Sight Distance) أو يرمز لها PSD (وتعني Passing Sight Distance)

وهي اكبر بكثير من مسافة الرؤية للتوقف، ولا تستخدم إلا في الطرق ذات الممرين وبتجاهين، وتعتمد على زمن الادراك ورد الفعل لاتخاذ قرار التجاوز وسرعتي السيارة المتجاوزة والمُتَجَاوِزَة وسرعة السيارة المواجهة للسيارة المتجاوزة. ويبين الجدولان 4.9 و 4.10 مسافتي التوقف والتجاوز بموجب المواصفات العراقية.

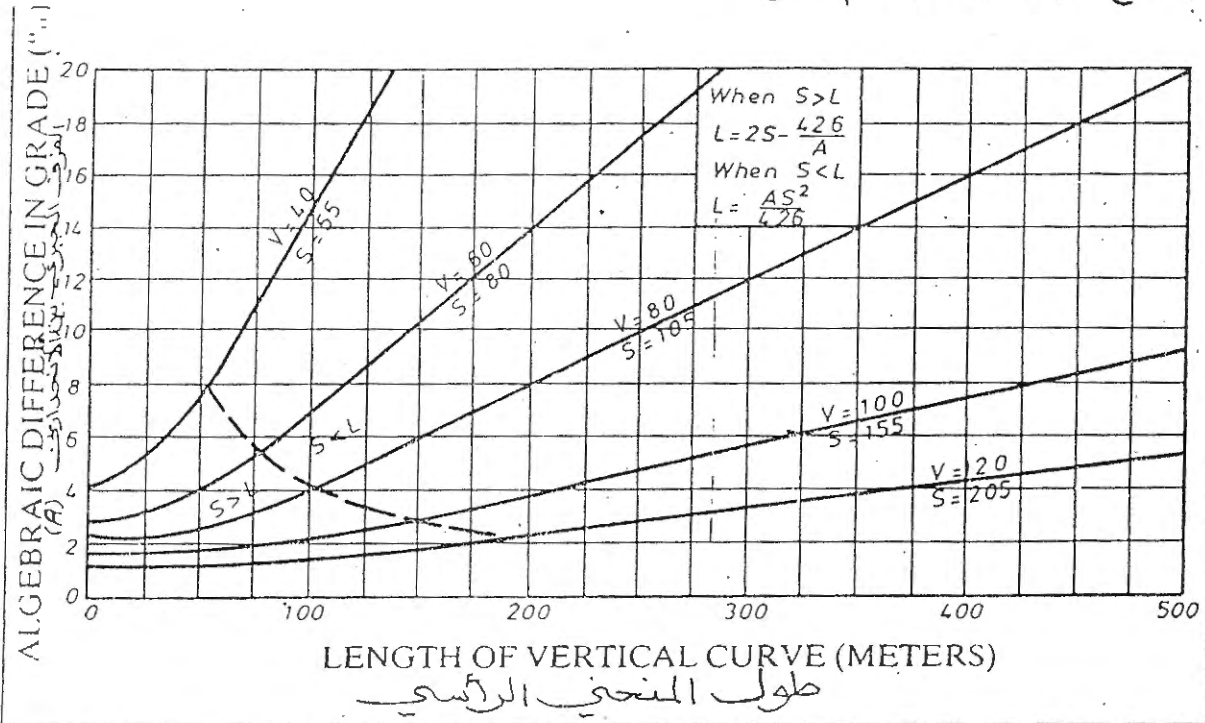
الجدول (4.9) مسافة الرؤية التوقف (Stopping Sight Distance (SSD) بالامتر (زمن رد الفعل=1.5ثا)

DESIGN السرعة التصميمية SPEED IN km/h كم / ساعة		120	100	80	70	60	50	40	30	25
النسبة المئوية للانحدار الطولي (Gradient of lane in %)	انحدار نازل (Downgrade)	-8	-	-	-	-	45	30	20	15
		-7	-	-	-	60	45			
		-6	-	100	80	60	45			
		-5	-	100	80	60	45			
		-4.5	150	95	80	60	40			
		-4	210	145	95	75	60			
		-3	205	145	95	75	55			
		-2	200	140	95	75	55			
		-1	195	140	90	75	55			
	انحدار صاعد (Upgrade)	0	190	135	90	75	55			
		1	190	135	90	75	55			
		2	185	130	90	70	55			
		3	180	130	85	70	55			
		4	175	125	85	70	55			
		4.5	-	125	85	70	55			
		5	-	85	70	55	40			
		6	-	85	75	50	40			
		7	-	-	-	50	40			
		8	-	-	-	-	40			

الجدول (4.10) مسافة الرؤية للتجاوز (OSD)

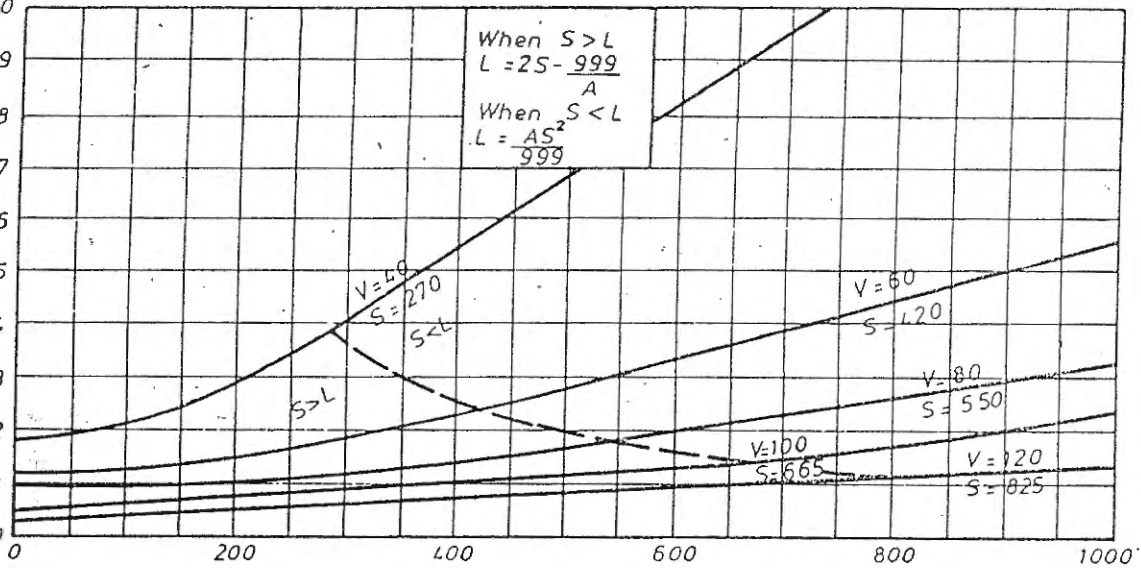
(Overtaking Sight Distance (OSD))						
DESIGN SPEED IN km/h السرعة التصميمية: كم / ساعة	100	80	70	60	50	40
OVERTAKING SIGHT DISTANCE m. مسافة التجاوز بالمتر	590	440	370	300	240	180

أما القوانين الخاصة بالعلاقة بين طول المنحني الرأسى المحدث أو المقعر ومسافة الرؤية للتوقف وللتنجاول فقد بُيّنَت في الأشكال 4.18 و 4.19 و 4.20 مع المنحنيات الخاصة بكل سرعة من السرع التصميمية. ويجب الإشارة هنا إلى أن طول المنحني الرأسى المقعر يتأثر بمسافة الرؤية اللازمة للاضاءة أثناء الليل والتي يجب أن تكون أكبر من أو تساوي مسافة التوقف (حيث أن الضوء الامامي للمركبة يرتفع بمقدار 0.60 م أو أكثر عن الأرض كما ينتشر الشعاع الضوئي إلى الامام بزاوية رأسية تميل عن الأفق بمقدار 1° أو حسب تصميم المركبة). كما أن هذه القوانين تتأثر قليلاً بارتفاع خط نظر السائق (h) الذي يساوي 1.05 م أو 1.22 م وبارتفاع العائق في الجهة الأخرى من المنحني (الذي يساوي 0.15 م وقد يؤخذ 1.05 م أيضاً كما في المواصفات البريطانية) بالنسبة لمسافة التوقف، أما بالنسبة لمسافة التنجاول فيؤخذ ارتفاع خط نظر السائق كما ذكر وارتفاع السيارة المواجهة (1.30 م أو أقل).



الشكل (4.18) طول المنحني الرأسى المحدث لمسافة الرؤية للتوقف

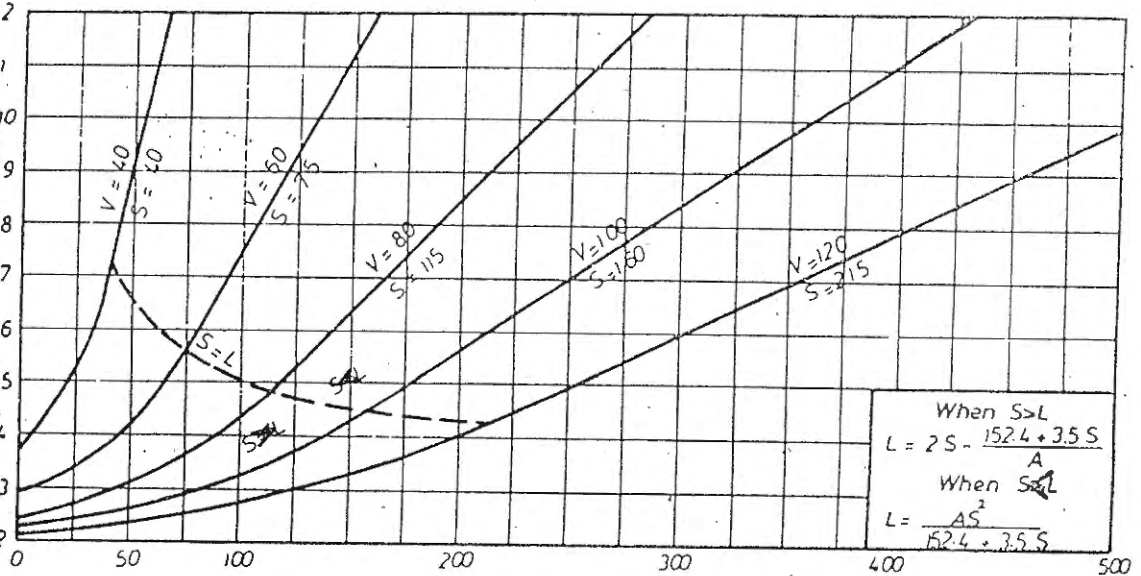
ALGEBRAIC DIFFERENCE IN GRADE (%)
الفرق الجبرائي بين الارتفاعات (%)



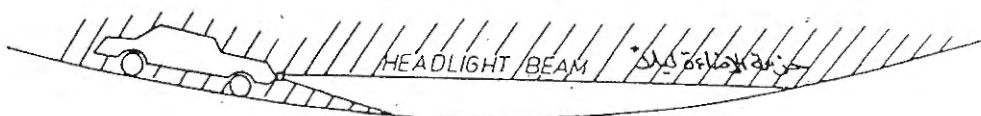
الشكل (4.19) طول المنحني الرأسى المحدب لمساة الرؤية للتجاوز

LENGTH OF VERTICAL CURVE (METERS)
طول المنحني الرأسى

ALGEBRAIC DIFFERENCE IN GRADE %
الفرق الجبرائي بين الارتفاعات %



LENGTH OF VERTICAL CURVE (METERS)
طول المنحني الرأسى



مسافة الإضاءة
 $\text{Headlight distance} \geq$
 مسافة الرؤية للتوقف
 Stopping sight distance

الشكل (4.20) طول المنحني الرأسى المقعر لمساة الرؤية للاضائة

المصدر 29

ولفرض معرفة القانون الذي يستخدم لاختيار طول المنحني الرأسي في حالة كونه أكبر أو أقل من مسافة التوقف أو التجاوز ($S > L$ أو $S < L$) حيث أن L هو طول المنحني الرأسي و S هي مسافة الرؤية للتوقف أو للتجاوز ، تستخدم القاعدة الآتية بعد حساب مقدار (Δe) بأحد القانونين الآتين (أيها هو المعلوم L أو S) :

$$\Delta e = \frac{A \cdot L}{8} \quad \text{or} \quad \Delta e = \frac{A \cdot S}{8}$$

فإن كان (Δe) أكبر من (h) الذي هو ارتفاع خط نظر السائق ، فيستخدم القانون ذو : $S < L$ ، وإذا كان (Δe) أقل من (h) فيستخدم القانون ذو : $S > L$

وقد ذكرت في المواصفات العراقية أيضاً الحدود الدنيا الموصى بها (أو المرغوب بها) والحدود الدنيا المسموح بها لأنصاف اقطار المنحنيات الرأسية المحدبة والمقعرة (حيث أن شكل منحني القطع المكافئ يقترب من قوس دائري) اعتماداً على مسافات الرؤية للتوقف والتجاوز (بالنسبة للمنحني المحدب) ومسافات الرؤية للاضاءة (بالنسبة للمنحني المقعر) والسرعة التصميمية للطريق. ويمكن استنتاج انصاف الاقطار هذه أيضاً من العلاقة التي تربط بين طول المنحني الرأسي والفرق الجبري بين الانحدارين (A) ونصف القطر (R) والتي تؤخذ من القانون :

$$L = R \cdot A$$

$$\therefore R = \frac{L}{A}$$

حيث تؤخذ A بالزوايا النصف قطرية (in radians) وقد بينت هذه الانصاف اقطار في الجدولين 4.11 و 4.12 ، كما بين القانون لطول الانحدار المستقيم اللازم بين منحنيين رأسيين معكوسين.

وقد يستخدم قانون آخر (كما في المواصفات البريطانية المبينة في الجدول 5.21) اعتماداً على قيمة (K) وهو ثابت تستخدمه وزارة النقل البريطانية (DTP) في مواصفاتها ويعتمد على نوع أو صنف الطريق والسرعة التصميمية له ، كما يعتمد أيضاً على شكل المنحني مقعر أو محدب واستخدام مسافة التوقف أو التجاوز ، ونص القانون كما يأتي :

$$\text{minimum } L_v = K \cdot A \text{ (in meters)}$$

حيث L_v : هو طول المنحني الرأسي
و K : هو الثابت مأخوذ من المواصفات
و A : هو الفرق الجبري بين الانحدارين

الجدول (4.11) الحدود الدنيا لانصاف اقطار المنحنيات الرأسية المحدبة
(Minimum Radii of Crest Vertical Curves)

(Radius in m.) نصف القطر	Design speed in km/h السرعة التصميمية					
	120	100	80	70	60	50
Minim. recommended radius for stopping sight distance نصف القطر الأدنى الموصى به لمسافة التوقف	15000	10000	5000	4000	2500	1500
minim. allowable radius for stopping sight distance نصف القطر الأدنى المسموح به لمسافة التوقف	11000	6000	3000	2500	1500	1000
minim. allowable radius for overtaking sight distance نصف القطر الأدنى المسموح به لمسافة التجاوز	—	36000	21000	15000	10000	6000

(Minimum Radii of Sag Vertical Curves)

الحدود الدنيا لانصاف اقطار المنحنيات الرأسية المقعرة

الجدول (4.12)

(Radius (in m.)) نصف القطر بالامتر	Design speed (in km/h) السرعة التصميمية / ساعة					
	120	100	80	70	60	50
recommended minimum الموصى به	6000	4200	3000	2000	1500	1200
allowable minimum (المسموح به)	5000	3400	2000	1500	1000	700

$$L_m = \frac{100 V_n^2}{R_v} = (L_m) \quad \text{طول الانحدار المستقيم بين منحنين رأسيين معكوسين}$$

L_m = the horizontal length of straight line in m

(الطول الافقي للانحدار)

V_n = design speed in km / h

(السرعة التصميمية)

R_v = radius of crest curve in m

(نصف القطر للمنحني)

المصدر 29.

تمارين تطبيقية

4.1 إحصب مناسيب المحطات الكاملة وأنصاف المحطات على كل من المنحنيات الرأسية المدرجة معها المعلومات الخاصة بها، ثم إحصب منسوب اعلى أو أخفض نقطة على المنحني إن وجدت. (يعطى لكل مجموعة في الصف تمرينان أحدهما محدب والآخر مقعر والمنحنيات هي :

(A) منحني رأسي طوله : $L = 320m$ ، يربط بين انحدارين لخطين مقدارهما : $g_1 = + 2.8\%$ و $g_2 = - 4.5\%$ والمنسوب المعلوم : Elev. of P.V.I. = 25.40m: والمحطة المعلوم : Stat. P.V.C. = 20+10

(B) منحني رأسي طوله : $L = 300m$ ، يربط بين انحدارين لخطين مقدارهما : $g_1 = - 4.1\%$ و $g_2 = + 2.7\%$ والمنسوب المعلوم : Elev. of P.V.T. = 31.60m: والمحطة المعلوم : Stat. P.V.I. = 47+30

(C) منحني رأسي طوله : $L = 240m$ ، يربط بين انحدارين لخطين مقدارهما : $g_1 = + 3.2\%$ و $g_2 = + 1.8\%$ والمنسوب المعلوم : Elev. of P.V.C. = 21.50m: والمحطة المعلوم : Stat. P.V.T. = 25+40

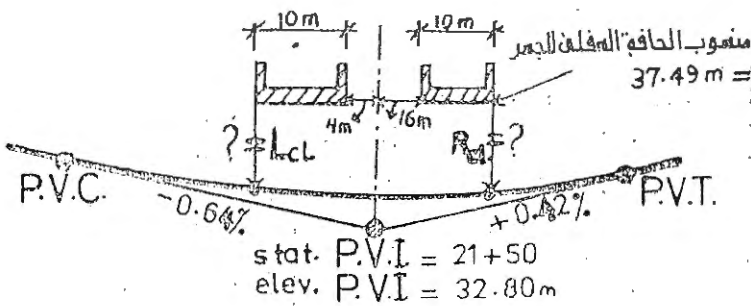
(D) منحني رأسي طوله : $L = 260m$ ، يربط بين انحدارين لخطين مقدارهما : $g_1 = - 5.2\%$ و $g_2 = - 2.7\%$ والمنسوب المعلوم : Elev. of P.V.I. = 19.50m: والمحطة المعلوم : Stat. P.V.I. = 25+00

4.2 إحصب منسوبي المحطتين (17+00) و (18+00) وكذلك منسوب المحطة P.V.I. على المنحنيين الرأسين أدناه (باستخدام الطريقة الهندسية ثم التحقق من النتائج باستخدام معادلة المنحني الرأسي):

(A) منحني رأسي طوله : $L = 250m$ ، يربط بين انحدارين لخطين مقدارهما : $g_1 = - 1.5\%$ و $g_2 = - 6.2\%$ والمنسوب المعلوم : Elev. P.V.C. = 56.30m: والمحطة المعلوم : Stat. P.V.T. = 18+70

(B) منحني رأسي طوله : $L = 280m$ ، يربط بين انحدارين مقدارهما : $g_1 = + 2.2\%$ و $g_2 = + 4.9\%$ والمنسوب المعلوم : Elev. P.V.T. = 42.60m: والمحطة المعلوم : Stat. P.V.C. = 16+30

4.3 تقاطع طريق يتكون من جسر ذي مسلكين منفصلين باتجاهين ونفق على شكل منحني رأسي طوله = 160م وانحداريه : $g_1 = - 0.64\%$ و $g_2 = + 0.42\%$ فإذا كان منسوب محطة التقاطع (التي تساوي: Stat. P.V.I. = 21+50) يساوي 32.80م. وأبعاد المسارين وموقعيهما كما مبين في الشكل. فكم تكون المسافة الرأسية Vertical Clearance بين كل من الحافتين الخارجيتين لأسفل المسارين وسطح النفق؟



الجواب :
 $R_{cl} = 4.49m$ (المسافة الرأسية الجنى)
 $L_{cl} = 4.47m$ (المسافة الرأسية اليسرى)

4.4 جزئين من طريق أحدهما يتألف من إنحدار ثابت ومنحني رأسي مقعر (واللذان يمثلان خط الأنشاء) والآخر يتألف من منحني رأسي محدب وإنحدار ثابت ، وكما مبين في الشكلين التاليين فإذا فرض أن سطح الأرض يمر من المحطتين P.V.C. و P.V.T. ويميل ثابت لكلا الجزئين. فأحسب ما يأتي لكل جزء :

(A) مناسب المحطات الكاملة على المنحني الرأسي والانحدار الثابت (والتي تمثل مناسب محطات خط الأنشاء
(Grade Elevations

(B) مناسب المحطات الكاملة على سطح الأرض (بعد استخراج نسبة ميل سطح الأرض) وهي Ground
Elevations

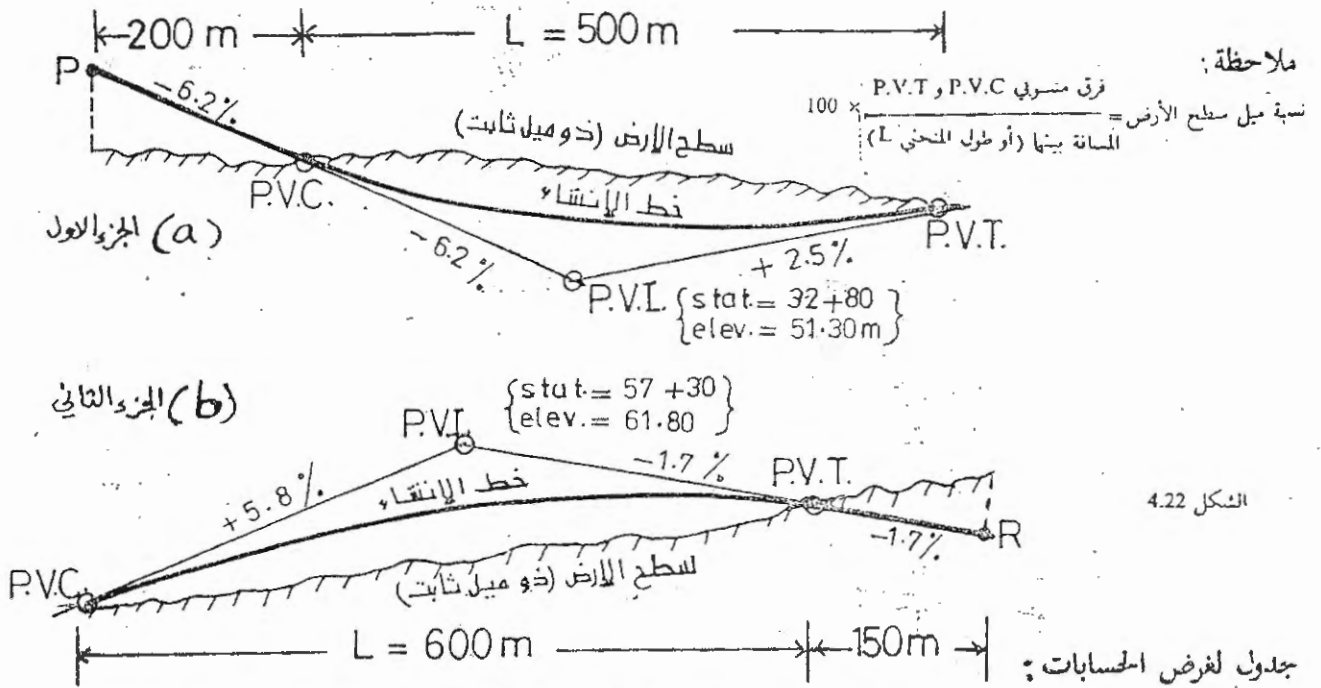
(C) منسوب ومحطة أخفض أو أعلى نقطة على المنحني الرأسي.

(D) عمق الحفر والردم في كل محطة (d = Ground El. - Grade El.)

(E) مساحات المقاطع العرضية المستوية في كل محطة ، إذا كان عرض الطريق = 11 م وانحداره الجانبي = 4:1
للحفر والردم [A = d(b + s.d)]

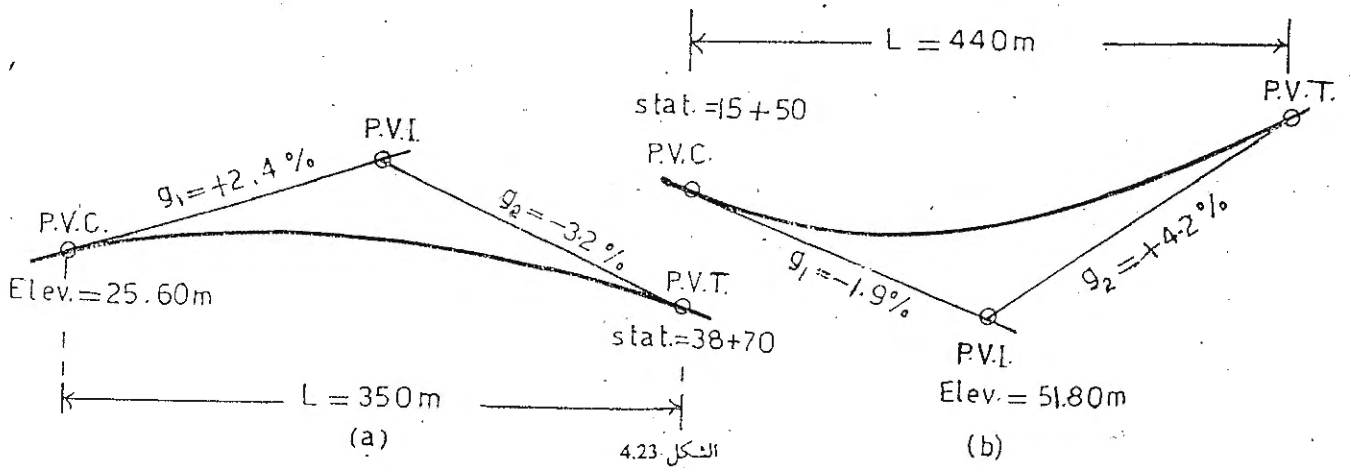
(F) الحجم الكلي للحفر والردم باستخدام قانون متوسط القاعدتين.

ويمكن الاستعانة بالجدول أدناه لأجراء الحسابات.

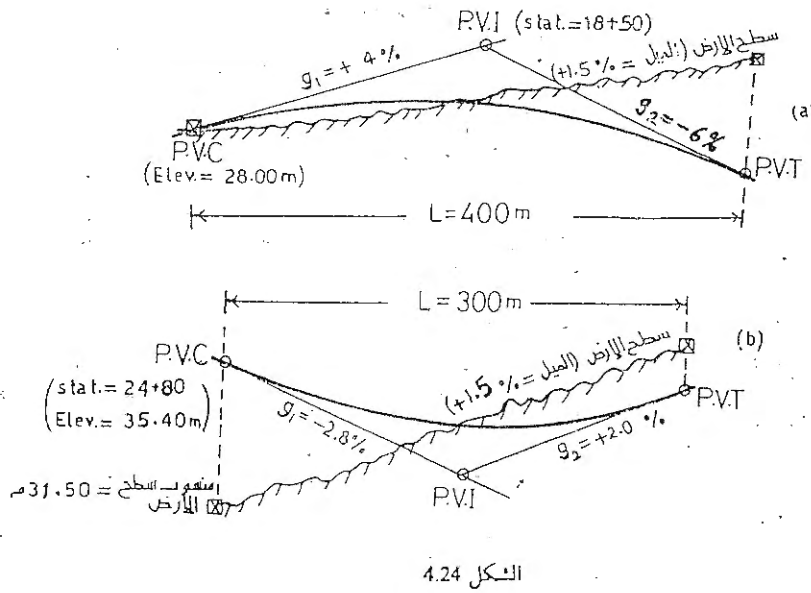


المحطة	منسوب الماس	فرق الارتفاع بين المنحني والماس	منسوب خط الانشاء على المنحني او الانحدار الثابت	منسوب سطح الأرض	العمق		مساحة القطع		الحجم	
					depth		Area		Volume	
					حفر	ردم	حفر	ردم	حفر	ردم
Station	Tangent Elev.	Δy (v.o.)	Grade Elev.	Ground Elev.	Cut	Fill	Cut	Fill	Cut	Fill
					(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)

4.5 إحصب مناسيب المحطات الكاملة على المنحنيين الرأسيين أدناه ، ثم إحصب منسوب أعلى نقطة للمنحني الأول ومنسوب أنخفض نقطة للمنحني الثاني .



4.6 إحصب مناسيب المحطات الكاملة على المنحنيين الرأسيين أدناه باستخدام معادلة المنحني الرأسي ، ثم إحصب مناسيب سطح الأرض عند المحطات نفسها . ثم إحصب الأعماق والمساحات للمقاطع والحجوم للردم والحفر ، إذا علمت أن عرض الطريق في حالة الردم = 10 م والانحدار الجانبي لمقطع الردم = 4:1 ، أما عرض الطريق في حالة الحفر = 11 م والانحدار الجانبي لمقطع الحفر = 3:1 .



4.7 إحصب مناسيب أنصاف المحطات على المنحني الرأسي غير المتماثل المماسين ، إذا علمت أن :

$$(l_2 = 200\text{m}, l_1 = 120\text{m} \text{ حيث } L = 320\text{m}, g_2 = -4\%, g_1 = +3\%)$$

وكان المنسوب والمحطة لنقطة التقاطع كالآتي : Elev. P.V.I. = 58.20 m و Stat. P.V.I. = 34 + 60



”المنحنيات الأفقية Horizontal Curves“

5.1 مقدمة

تستخدم المنحنيات الأفقية من أجل الربط بين خطين لها إتجاهان مختلفان في مستوى أفقي (إتجاه رُبعي أو إتجاه دائري) وذلك لغرض إجراء تغيير تدريجي في الحركة الأفقية للمركبات المستخدمة للطريق أو القطارات المستخدمة للسكك الحديدية، وهي بذلك تحقق الأمان والراحة والمنظر الجمالي للطريق. وتستخدم عادة لهذا الغرض المنحنيات الدائرية (ذات نصف القطر الثابت) كما تستخدم أحياناً وخاصة بالنسبة لطرق المرور السريع والسكك الحديدية المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية (ذات نصف القطر المتغير). ولذلك فقد تدعى هذه المنحنيات بالمنحنيات الدائرية Circular Curves ويضاف إليها المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية Transition or Spiral Curves.

وبحسب عادة طول المنحني الأفقي في مستوى أفقي، ويقاس أفقياً على شكل أوتار جزئية تقترب من الأقواس الدائرية وأعتياداً على قيمة نصف القطر أو درجة التقوس للمنحني (لكل 5 م أو 10 م أو 20 م). وتُعيّن المواقع الأفقية للنقاط التي تشكل المنحني الأفقي بطريقتين رئيسيتين هما: (1) قياس طول وإتجاه (محسوبيين) من نقطة معلومة الموقع الأفقي و (2) قياس إحداثيين سيني وصادي متعامدين (محسوبيين) من نقطة معلومة الموقع الأفقي. والخطأ الناتج من قياس الوتر بدلاً من القوس أو تعيين المواقع لنقاط محدودة لا أهمية له من الناحية العملية وخاصة إذا كانت أنصاف الأقطار كبيرة لهذه المنحنيات. وسوف تُذكر الخصائص الهندسية لهذه المنحنيات أولاً.

Types of Horizontal Curves

5.2 أنواع المنحنيات الأفقية

هناك نوعان رئيسيان من المنحنيات الأفقية وهما:

أولاً - المنحنيات الدائرية Circular Curves - الشكل 5.1
وتتميز هذه المنحنيات بأن لها أنصاف أقطار ثابتة وتكون على ثلاثة أشكال هي:

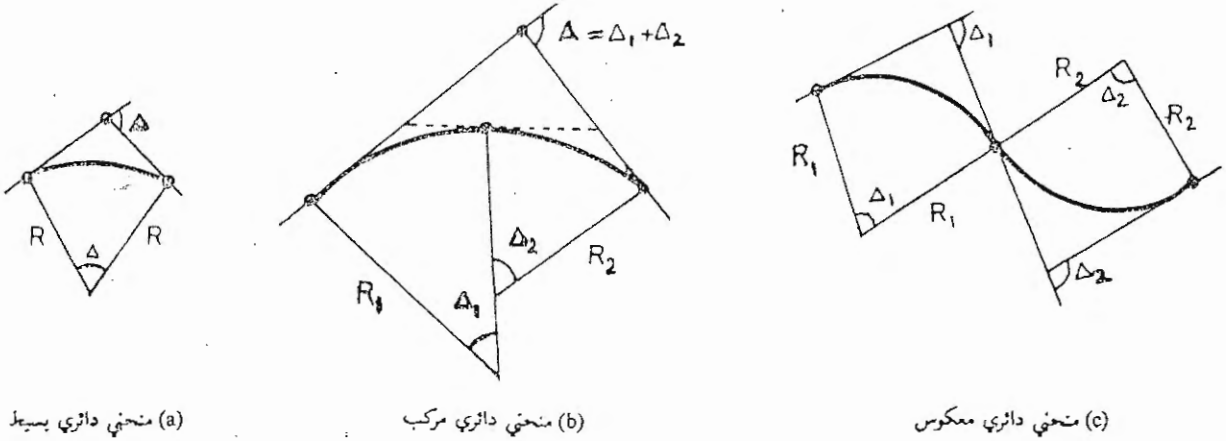
أ) المنحني الدائري البسيط Simple Circular Curve - الشكل 5.1a
وهو الذي له نصف قطر واحد وزاوية مركزية واحدة.

ب) المنحني الدائري المركب - Compound Circular Curve الشكل 5.1b

وهو الذي له نصف قطرين أو أكثر وزاويتان مركزيتان أو أكثر، ويكون تقوس أو إنحناء المنحنيات (المركب منها هذا المنحني) في اتجاه واحد (أو في الجهة نفسها من المماس الرئيسي للمنحني فأما إلى اليمين أو إلى اليسار).

ج) المنحني الدائري المعكوس Reverse Circular Curve الشكل 5.1c

وهو الذي له نصف قطرين وزاويتان مركزيتان، ويكون تقوس أحد المنحنيين بعكس اتجاه التقوس للمنحني الآخر وقد يفصل بينهما خط مستقيم أحياناً.

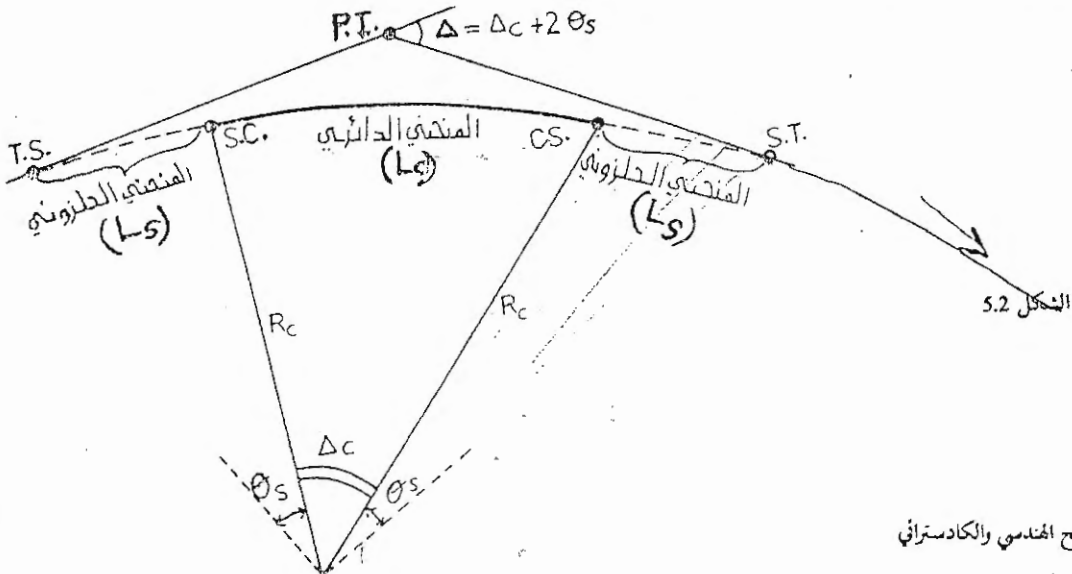


الشكل 5.1

Transition or Spiral Curves

ثانياً - المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية

تتميز المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية بأن لها أنصاف أقطار متغيرة على امتداد أطوالها، حيث يتغير نصف القطر من ما لانهاية عند المماس إلى نصف قطر مساو لنصف قطر المنحني الدائري الذي يرتبط به. وتستخدم عادة بطولين متساويين على جانبي المنحني الدائري، أو كمنحنيين متصلين مع بعضها عند عدم استخدام منحني دائري. وهي على أنواع متعددة، أكثرها استعمالاً هو الكلوثويد ثم القطع المكافئ، والتوعين الآخرين هما الحلزون التكميلي واللمنسكيت (أو ثماني برنولي). ويبين الشكل 5.2 استخدام المنحني الحلزوني مع الدائري غالباً.



الشكل 5.2

Circular Curves

5.3 المنحنيات الدائرية

وهي المنحنيات المستخدمة غالباً في الطرق والتي تحتوي على نصف قطر ثابت واحد أو أنصاف أقطار ثابتة متعددة ، وتنقسم إلى ثلاثة أنواع أو أشكال من حيث عدد أنصاف الأقطار واتجاه انحناء الاقواس الدائرية المؤلفة منها وهذه الأنواع هي :

Simple Circular Curve

5.3.1 المنحني الدائري البسيط

وهو عبارة عن جزء من قوس دائري له نصف قطر ثابت واحد وزاوية مركزية واحدة ومركز واحد . وتقاس عادة زاوية الانحراف الكلية بين المماسين ، اللذين يربط بينهما هذا المنحني والتي تساوي الزاوية المركزية المقابلة للقوس ، باستخدام جهاز الثيودوليت أو جهاز الكتروني . بينما يختار نصف قطر المنحني بموجب المواصفات المتبعة أو تختار درجة تقوس المنحني بموجب المواصفات أيضاً . وبعد ذلك يتم اجراء الحسابات اللازمة له ، وتوقيعه (أو تسقيطه) على الارض باستخدام الثيودوليت والشريط أو الجهاز الكتروني أو الشريط فقط . وسوف تذكر المواصفات العراقية الخاصة بالمنحنيات الافقية في آخر هذا الفصل .

5.3.1.1 الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة بالمنحني الدائري البسيط *

تستخدم الرموز والمصطلحات الآتية في هذا المنحني (انظر الشكل 5.3) :

Δ (or I) = Deflection angle = زاوية الانحراف الكلية بين المماسين (او Intersection angle = زاوية التقاطع)
(أو Central angle = الزاوية المركزية المقابلة للمنحني)

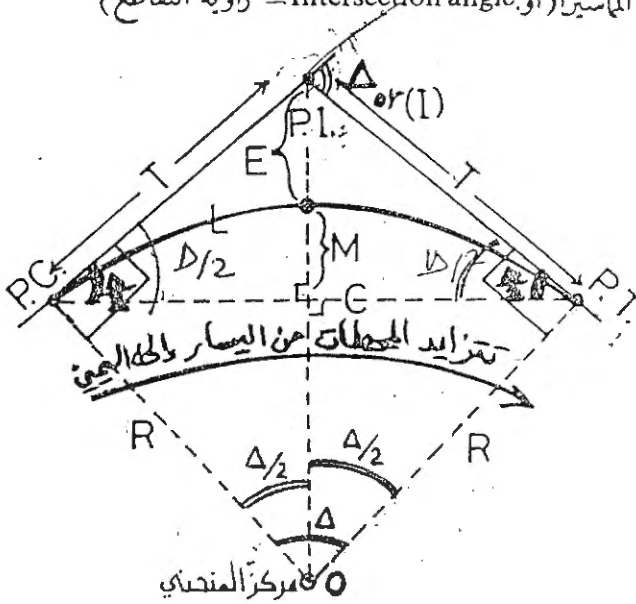
R = (Radius of Curve) نصف قطر المنحني الثابت

T = (Tangent length) طول المماس

L = (Length of curve) طول المنحني أو القوس

C = (Chord length) طول الوتر

(أو L.C. = Long chord الكلي)



الشكل 5.3

المسافة الوسطية (أو البعد الوسطي) M = (Middle ordinate)

المسافة الخارجية E = (External distance) وتقاس هاتان المسافتان على امتداد العمود النازل من مركز المنحني (O)

على الوتر وحتى نقطة التقاطع (P.I.).

نقطة التقوس أو التحذب (Point of Curvature) $P.C.$
 (أو نقطة بداية المنحني (Beginning of curve) $B.C.$)
 (أو نقطة اتصال المماس بالمنحني (Tangent to Curve point) $T.C.$)
 نقطة التقاطع (Point of Intersection) $P.I.$
 (أو نقطة الرأس (Vertex) V) $I.P.$ = Intersection point
 نقطة التماس (Point of Tangency) $P.T.$
 (أو نقطة نهاية المنحني (End of Curve) $E.C.$)
 (أو نقطة اتصال المنحني بالمماس (Curve to Tangent Point) $C.T.$)

وتُعين عادة مواقع هذه النقاط الثلاث بالمحطات ، حيث تزداد قيم المحطات من اليسار إلى اليمين وأبتداءً من $P.C.$

درجة المنحني (Degree of Curve) D
 (أو درجة تقوس المنحني (Degree of Curvature))

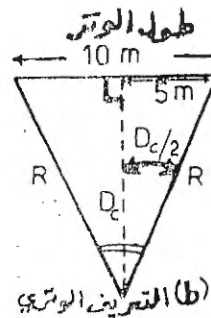
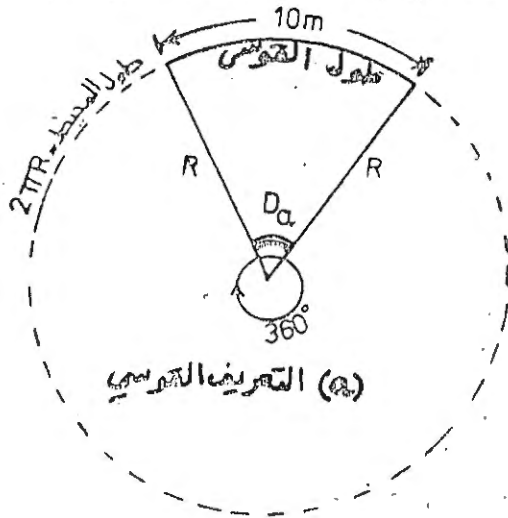
وتُعرف درجة المنحني: بأنها الزاوية المركزية التي تقابل قوساً طوله 10 م أو وتراً طوله 10 م ، وبذلك فهي تحدّد مدى تقوس المنحني (أو درجة تقوسه) . فكلما زادت قيمتها كلما زاد تقوس المنحني وكلما قلت قل تقوسه .

ومن خصائص القوس الدائري التي ستستخدم في اشتقاق القوانين الخاصة به ما يأتي (أنظر الشكل 5.3) :

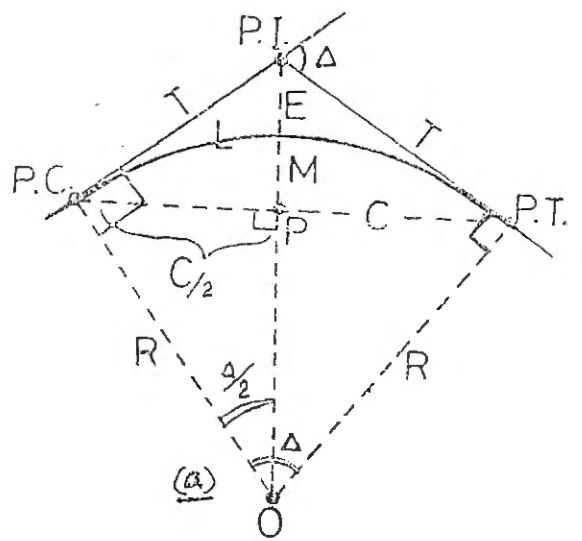
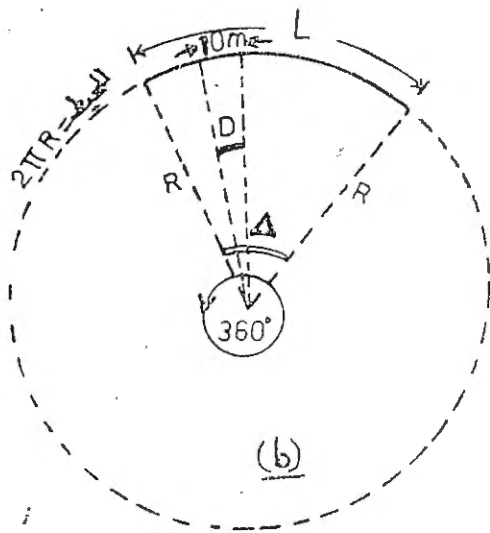
- طولا المماسين متساويان وهما عموديان على نصفي القطرين في نقطتي التماس $P.T.$ و $P.C.$
- العمود النازل من مركز القوس على الوتر ينصف الزاوية المركزية وطول الوتر.
- زاوية الانحراف الكلية بين المماسين تساوي الزاوية المركزية المقابلة للقوس المحصور بين نقطتي التماس .
- الزاوية المماسية بين المماس الأول (أو الثاني) وأي وتر تساوي نصف الزاوية المركزية المقابلة لذلك الوتر ، وهكذا فإن :

$$\angle (P.I. - P.C. - P.T.) = \angle (P.I. - P.T. - P.C.) = \frac{\Delta}{2}$$

أما القوانين الخاصة بحساب عناصر المنحني الدائري البسيط فكما مبين في أدناه (الشكلان 5.4 و 5.5) :



الشكل 5.4



الشكل 5.5

- (1) قانون R أو D (أو العلاقة بين درجة التقوس ونصف القطر للمنحني) - الشكل 5.4: هناك تعريفان لدرجة تقوس المنحني أو لدرجة المنحني كما ذكر آنفاً وهما:
- (a) التعريف القوسي Arc definition of D حيث يرمز لها : (D_a) وهي الزاوية المركزية المقابلة لقوس طوله 10 م (انظر الشكل 5.4a). ولما كان طول محيط الدائرة التي نصف قطرها $= R$ يقابل الزاوية المحيطية 360° ، فيمكن عندئذ إجراء التناسب الآتي:

$$\frac{D_a^\circ}{10} = \frac{360^\circ}{2\pi R}$$

$$\therefore D_a = \frac{3600}{2\pi R} \text{ or } D_a = \frac{573}{R} \quad \dots (5.1)$$

وسوف يستخدم القانون اعلاه في الحسابات اللاحقة ولذلك فسوف يرمز لها (D) فقط. وقد نؤخذ D_a بحيث تقابل قوساً طوله 20 م فتصبح: $D_a = \frac{1146}{R}$ ، وقد نؤخذ D_a بحيث تقابل قوساً طوله 100 م فتصبح:

$D_a = \frac{5730}{R}$. وهكذا يظهر بأن درجة التقوس تتناسب تناسباً عكسياً مع نصف القطر، فكلما زاد نصف القطر قلت درجة تقوس المنحني والعكس بالعكس.

- (b) التعريف الوتري Chord definition of D حيث يرمز لها : (D_c) وهي الزاوية المركزية المقابلة لوتر طوله 10 م (انظر الشكل 5.4b). ولما كان العمود النازل على الوتر ينصفه فيمكن أستنتاج الآتي:

$$\sin\left(\frac{D_c}{2}\right) = \frac{5}{R}$$

$$\therefore \frac{D_c}{2} = \sin^{-1}\left(\frac{5}{R}\right) \text{ or } D_c = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{5}{R}\right) \quad \dots (5.1a)$$

(2) قانون طول المماس (T) - الشكل 5.5a: يشتق القانون باستخدام المثلث (O - P.C. - P.I.) كالآتي :

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{T}{R}$$

$$\therefore R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} = T \quad \dots (5.2)$$

(3) قانون طول الوتر (C) - الشكل 5.5a: يشتق القانون باستخدام المثلث (O - P.C. - P) كالآتي :

$$\sin \frac{\Delta}{2} = \frac{C/2}{R}$$

$$\therefore C = 2R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} \quad \dots (5.3)$$

(4) قانون طول القوس أو المنحني (L) - الشكل 5.5b: يشتق القانون باستخدام التناسب بين المحيط والزاوية المحيطة 360° أو باستخدام التعريف القوسي D ومساواتها لطول القوس إلى الزاوية المركزية Δ كالآتي :

$$\frac{L}{\Delta^\circ} = \frac{2\pi R}{360^\circ} = \frac{10}{D^\circ}$$

$$\therefore L = \frac{\pi \cdot R \cdot \Delta^\circ}{180^\circ} \quad \dots (5.4)$$

$$(\text{حيث } \Delta^\circ \text{ بالتقدير المئوي (كراد) } \text{ or } L = \frac{\pi \cdot R \cdot \Delta^\circ}{200^\circ})$$

$$\text{or, } L = R \cdot \Delta_{rad.} \quad \dots (5.4a)$$

حيث أن: $\Delta_{rad.}$ هي الزاوية المركزية بالوحدات النصف قطرية.

$$\text{or, } L = 10 \frac{\Delta^\circ}{D^\circ} \quad \dots (5.4b)$$

والأفضل استخدام القانون (5.4) لحساب طول المنحني حيث أنه لا يعتمد على تعريف درجة التنوير (D)

(5) قانون المسافة الخارجية (E) - الشكل 5.5a: يشتق القانون باستخدام المثلث (O - P.C. - P.I.) كالآتي :

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R + E}$$

$$\therefore E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = R \cdot \text{Exsec. } \frac{\Delta}{2} \quad \dots (5.5)$$

حيث أن $\frac{\Delta}{2}$ Exsec. هو القاطع الخارجي لنصف الزاوية المركزية (External secant)

$$\text{or, } E = T. \tan \frac{\Delta}{4} = R \left(\sqrt{1 + \left(\frac{T}{R} \right)^2} - 1 \right) \quad \dots (5.5a)$$

(6) قانون المسافة الوسطية (M) - الشكل 5.5a: يشتق القانون باستخدام المثلث (O - P.C. - P) كالآتي :

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R - M}{R}$$

$$\therefore M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = R. \text{Versin } \frac{\Delta}{2} \quad \dots (5.6)$$

حيث أن: $\frac{\Delta}{2}$ Versin هو معكوس الجيب لنصف الزاوية المركزية (Versed Sine)

$$\text{or, } M = R \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{C}{2R} \right)^2} \right] \quad \dots (5.6a)$$

(7) قانون حساب المحطتين الرئيسيتين P.C. و P.T. إذا عُلمت المحطة P.I. بما كانت المحطات بالنسبة للخط المركزي سواء أكانت للنقاط على امتداد الخطوط المستقيمة (أو المماسات) أو للنقاط على المنحني الدائري تزداد من اليسار إلى اليمين، فإن حساب المحطتين يكون كالآتي :

$$\text{Stat. P. C.} = \text{Stat. P. I.} - T \quad \dots (5.7)$$

$$\text{Stat. P. T.} = \text{Stat. P. C.} + L \quad \dots (5.8)$$

وبما يجب الإشارة إليه هنا أنه لا يجوز حساب المحطة P.T. من المحطة P.I. وطول المماس T وذلك لأن طولي المماسين لا يساوي طول المنحني، كما أن طول الخط المركزي (ومحطة أية نقطة عليه) هو عبارة عن مجموع أطوال الخطوط المستقيمة والمنحنيات كافة (قبل تلك النقطة).

ومن شكل المنحني الدائري، يمكن التحقق بصورة تقريبية من الحسابات للعناصر بملاحظة أن مجموع طولي المماسين (2T) يجب أن يكون أكبر من طول المنحني (L)، كما أن طول المنحني يجب أن يكون أكبر من طول الوتر (C)، أو بعبارة رياضية كالآتي: $2T > L > C$.

مثال 5.1

إحسب عناصر ومحطات المنحني الأفقي الدائري البسيط إذا علمت أن نصف قطره: $R = 250\text{m}$ وزاويته المركزية: $\Delta = 52^\circ 36'$ ومحطة نقطة التقاطع: $\text{Stat. P.I.} = 14 + 80$.

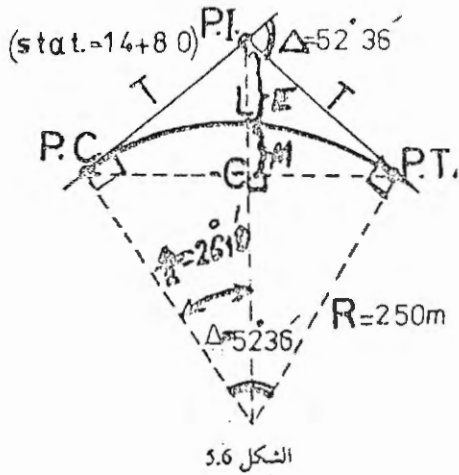
من الأفضل رسم المنحني الدائري البسيط وتسجيل المعلومات المتوفرة عليه قبل إجراء الحسابات اللازمة كما في الشكل 5.6. ثم تحسب عناصر المنحني كالآتي :

(1) تحسب درجة التقوس (D) بالقانون (5.1) :

$$D = \frac{573}{R} = \frac{573}{250} = 2.292 = 2^{\circ}17'31'' \\ \approx 2^{\circ}18'$$

وإذا حسبنا بالقانون 5.1a فتساوي :

$$D_c = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{5}{250} \right) = 2^{\circ}17'31'' \approx 2^{\circ}18'$$



حيث تتساوى D_c و D لدرجات التقوس القليل.

(2) يحسب طول المماس (T) بالقانون (5.2) :

$$T = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} = 250 \times \tan \frac{52^{\circ}36'}{2} \\ = 250 \tan 26^{\circ}18' = 123.56 \text{ m}$$

(3) يحسب طول الوتر (C) بالقانون (5.3) :

$$C = 2R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} = 2 \times 250 \times \sin 26^{\circ}18' \\ = 221.54 \text{ m}$$

(4) يحسب طول المنحني (L) بالقانون (5.4) أو (5.4b) :

$$L = \frac{\pi \cdot R \cdot \Delta^{\circ}}{180^{\circ}} = \frac{\pi \times 250 \times 52.6}{180^{\circ}} = 229.51 \text{ m}$$

$$\text{or, } L = 10 \frac{\Delta^{\circ}}{D^{\circ}} = 10 \frac{52.6}{2.292} = 229.49 \text{ m} \approx 229.51 \text{ m}$$

من الأفضل استخدام الزوايا بالدرجات (الثلاث أو أربع مراتب عشرية) لفرض الحصول على نتائج دقيقة ومتساوية فيما إذا استخدمت قوانين مختلفة أو أريد الحصول على مسافات مقربة إلى مرتبتين عشرية. أما النسب المثلثية فتستخدم ليست أو ثمان مراتب عشرية.

وعند النظر إلى نتائج الحسابات اعلاه يتبين صحة العلاقة المستخدمة للتحقق من الحسابات بصورة تقريبية وهي : $2T > L > C$ حيث أن :

$$2T = 2 \times 123.56 = 247.12m > 229.51m > 221.54m$$

(5) تحسب المسافة الخارجية (E) بالقانون (5.5) أو (5.5a) :

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = 250 \left(\frac{1}{\cos 26^\circ 18'} - 1 \right) = 28.87m$$

$$\text{or, } E = T. \tan \frac{\Delta}{4} = 123.56 \tan \frac{52^\circ 36'}{4} = 28.87m$$

(6) تحسب المسافة الوسطية (M) بالقانون (5.6) :

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 250 (1 - \cos 26^\circ 18') = 25.88m$$

(7) تحسب المحطتان P.C. و P.T. بالقانونين (5.7) و (5.8) :

$$\begin{aligned} \text{Stat. P. C.} &= \text{Stat. P. I.} - T = (14 + 80) - (1 + 23.56) \\ &= 13 + 56.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stat. P. T.} &= \text{Stat. P. C.} + L = (13 + 56.44) + (2 + 29.51) \\ &= 15 + 85.95 \end{aligned}$$

يمكن حساب المحطات باستخدام الخامسة اليدوية بعد حذف إشارة ال + التي تفصل عشرات الأمتار عن مئات الأمتار، ثم إعادة وضعها بعد الحصول على النتيجة لبيان المسافة بالمحطات.

مثال 5.2

احسب عناصر ومحطات المنحني الدائري البسيط إذا علمت أن طول نصف قطره : $R = 388m$ وطول وتره : $C = 287m$ والمحطة : $\text{Stat. P. T.} = 52 + 50$.

الحل

تسجيل المعلومات المتوفرة على المنحني بعد رسمه كما في الشكل 5.7. ثم تجرى الحسابات كالآتي :

$$D = \frac{573}{R} = \frac{573}{388} = 1.477 = 1^\circ 29' \quad (1) \text{ بحسب (D) :$$

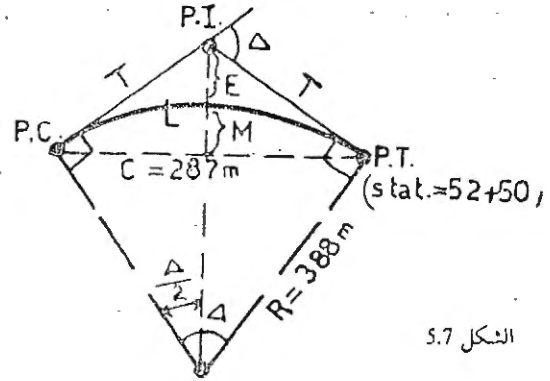
$$(2) \text{ بحسب الزاوية المركزية } (\Delta) \text{ من قانون طول الوتر كالتالي :}$$

$$C = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$287 = 2 \times 388 \times \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$\therefore \sin \frac{\Delta}{2} = \frac{287}{776} = 0.369845$$

$$\therefore \frac{\Delta}{2} = 21^\circ 42', \text{ and } \Delta = 43^\circ 24'$$



الشكل 5.7

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 388 \times \tan 21^\circ 42' = 154.40m \quad (3) \text{ بحسب (T) :}$$

$$L = \frac{\pi \cdot R \cdot \Delta}{180} = \frac{\pi \times 388 \times 43.4}{180} = 293.90m \quad (4) \text{ بحسب (L) :}$$

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = 388 \left(\frac{1}{\cos 21^\circ 42'} - 1 \right) = 29.59m \quad (5) \text{ بحسب (E) :}$$

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 388 (1 - \cos 21^\circ 42') = 27.50m \quad (6) \text{ بحسب (M) :}$$

(7) بحسب المحطتان P.I., P.C.

$$\text{Stat. P.C.} = \text{Stat. P.T.} - L = (52 + 50) - (2 + 93.90) = 49 + 56.10$$

$$\text{Stat. P.I.} = \text{Stat. P.C.} + T = (49 + 56.10) + (1 + 54.40) = 51 + 10.50$$

5.3.1.2 طرق توقيع أو تسقيط المنحني الدائري البسيط Methods of setting-out a simple circular curve

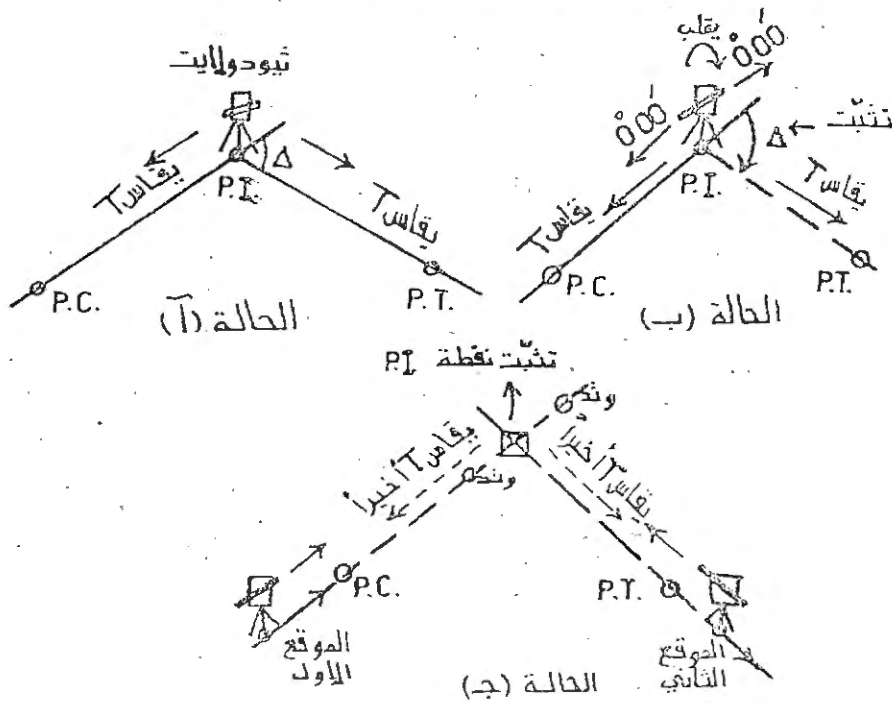
يُقصد بتوقيع أو تسقيط المنحني تعيين مواقع أفقية لنقاط المنحني على الأرض بحيث تشكل عند ربطها ببعضها المنحني المطلوب. وتثبت هذه المواقع على الأرض بعد حسابها بطرق عدة ثم تستخدم الأجهزة المتوفرة لغرض التوقيع. وتعتمد طريقة التوقيع على الأجهزة المتوفرة وأنواعها والدقة المطلوبة في التوقيع والمكان أو الموقع الذي يبدأ منه التوقيع وقيمة نصف قطر أو درجة تقوس المنحني وطول المنحني. وقبل البدء بشرح طرق التوقيع، لابد من تعيين موقع نقطة التقاطع (P.I.) وموقعي نقطتي البداية والنهاية للمنحني (P.T., P.C.).

وتعتمد طرق تعيين مواقع هذه النقاط الثلاث الرئيسية على المعلومات الحسابية والحقلية المتوفرة أو الحالات المطلوب فيها تعيين هذه المواقع، ومن هذه الطرق ما يأتي (انظر الشكل 5.8) :

(أ) إذا كان الخط المركزي للطريق ممثلاً بمضلع رابط وقد ثبتت نقاط التقاطع في مرحلة المسح التفصيلي، فعندئذ يُقاس طولاً الماسين (كل منها يساوي T) المحسوبين مسبقاً باستخدام الشرط وعلى امتداد إتجاهي الماسين (بعد التوجيه بالثيودوليت والشواخص) وابتداءً من $P.I.$ ثم تثبت (أوتاد خشبية أو حديدية) مسطرة بمسامير في أعلاهما لتبين موقعي $P.T.$ و $P.C.$ (انظر الشكل (أ) 5.8).

(ب) إذا كان أحد الماسين قد ثبتت إتجاهه مسبقاً وثبتت عليه نقطة التقاطع $P.I.$ عند المحطة المحسوبة لماه، فعندئذ ينصب جهاز الثيودوليت فوق $P.I.$ ويوجه على امتداد الماس المعلوم (ثم تصغر الدائرة الأفقية إن لزم الأمر)، ثم تقفل الحركة الأفقية ويقلب التلسكوب بالاتجاه العاكس، وبذلك يكون اتجاه خط النظر للتلسكوب باتجاه الماس ثم يُحرر قفل الدائرة الأفقية ويدور التلسكوب بمقدار زاوية الانحراف الكلية (Δ) ثم تقفل الحركة الأفقية ويدق وتد على امتداد اتجاه الماس الثاني. وبعد ذلك يقاس طولاً الماسين من نقطة $P.I.$ ويدق وتدان لتعيين موقعي $P.T.$ و $P.C.$ (انظر الشكل (ب) 5.8).

(ج) إذا كان إتجاهها الماسين مثبتين مسبقاً لكن نقطة التقاطع $P.I.$ لم يعين موقعها بعده، فعندئذ ينصب جهاز الثيودوليت على أحد نقاط الماس الأول ويوجه التلسكوب على امتداد الماس ثم تقفل الحركة الأفقية ويقلب التلسكوب وبذلك يكون خط النظر باتجاه الماس الأول ثم يدق وتدان على بعد مناسب بينها بحيث يحوي الخط الواصل بينهما موقع $P.I.$ تقريباً (ويعين هذا الخط عن طريق شد خيط بين مساميرين مثبتين على التودين). ثم ينقل جهاز الثيودوليت وينصب على أحد نقاط الماس الثاني ويوجه التلسكوب على امتداده ثم تقفل الحركة الأفقية ويقلب التلسكوب فيكون خط النظر بالاتجاه العاكس للماس الثاني. ثم يرفع التلسكوب ويخفض حتى تقطع الشعرة الرأسية لدائرة النظر الخيط المثبت في العملية السابقة، وبذلك تكون نقطة التقاطع هذه بمثابة نقطة تقاطع المنحني ($P.I.$) فيدق وتد عندئذ في هذه النقطة لبيان موقع $P.I.$ ويقاس بعد ذلك الماسان من هذه النقطة ويثبت موقعي $P.T.$ و $P.C.$ كما مر سابقاً (انظر الشكل (ج) 5.8). ويبين الشكل 5.8 الحالات الثلاث المحتملة.



وتبين أدناه الطرق المختلفة لتوقيع المنحني الدائري البسيط :

5.3.1.2.1 طريقة الزوايا المماسية (أو زوايا الانحراف بين المماس والأتار)

Tangential angles method (or Deflection angles method)

وتدعى أيضاً طريقة زانكين للزوايا المماسية Rankin's method of tang. angles وقد اختير اسم الزوايا المماسية للتمييز بينها وبين زوايا الانحراف التي تطلق عادة عند قياس الزوايا من امتداد مماس لآخر في أعمال التفضيل الدائري أو الرابط ، بينا الزوايا المماسية المقيسة هنا هي التي تقاس من إتجاه مماس (والذي يستخدم كمرجع) وحتى الأتار التي تعين مواقع النقاط للمنحني الدائري.

يتم التوقيع بهذه الطريقة على شكلين إعتياداً على الأجهزة المستخدمة والمتوفرة لغرض التوقيع ، وهما :

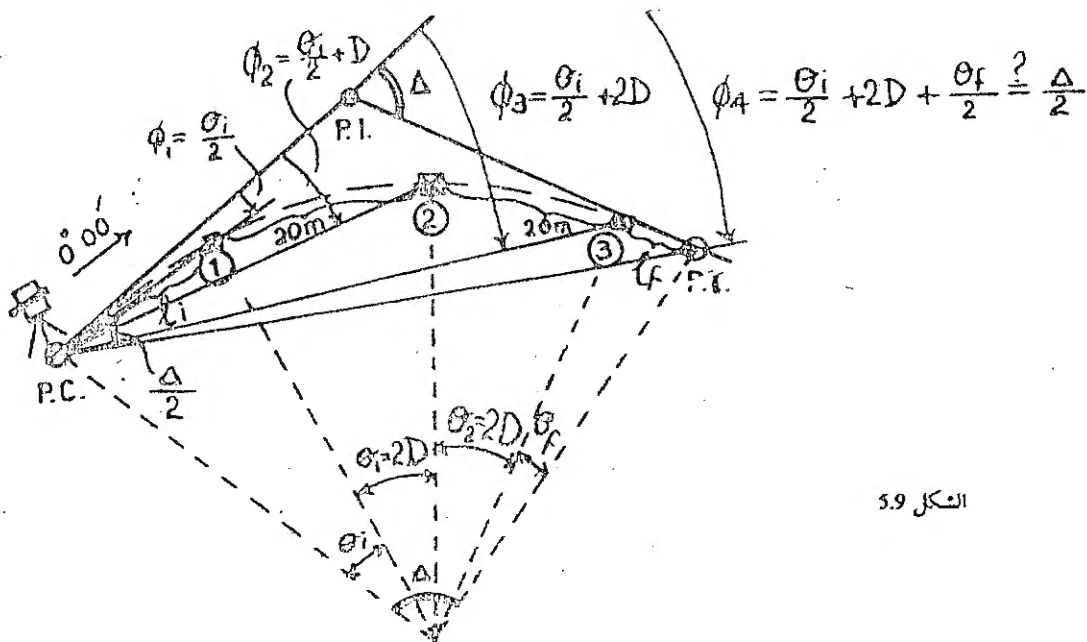
أولاً- التوقيع باستخدام جهاز ثيودوليت وضرب أو جهاز الكتروني (انظر الشكلين 5.9, 5.10)

Using a Theodolite and a Tape

تعتمد هذه الطريقة في تعيين موقع أية نقطة على المنحني على أساس قياس إتجاه خط وطوله من نقطة معلومة الموقع . وفي هذه الحالة ، يقاس إتجاه الوتر من المماس الاول (P.C. → P.L.) وهذا الإتجاه يدعى بالزاوية المماسية (أو زاوية الانحراف) والتي يرمز لها (ϕ) ثم يقاس طول الوتر على امتداد هذا الإتجاه من نقطة P.C. ، وبذلك يعين موقع النقطة على المنحني . وتدعى طريقة التوقيع هذه بطريقة الاحداثيات القطبية للتوقيع Polar Coordinates method .

وتحسب الزاوية المماسية (ϕ) إعتياداً على العلاقة الرياضية بينها وبين الزاوية المركزية (θ) المقابلة للقوس ، أو الوتر نفسه ، وهذه العلاقة هي (انظر الشكل 5.9) : الزاوية المماسية (ϕ) بين المماس الاول وأي وتر = $\frac{1}{2}$ الزاوية المركزية المقابلة لذلك الوتر. أو :

$$\left[\text{Tangential angle } (\phi) = \frac{1}{2} \text{ Central angle } (\theta) \right]$$



الشكل 5.9

في الشكل 5.9 :

I_1 = طول القوس الاول المقابل للزاوية المركزية الاولى (θ_1)

I_r = طول القوس الاخير المقابل للزاوية المركزية الاخرية (θ_r)

$\theta_1, \theta_2, \dots$ = الزوايا المركزية المقابلة لأقواس طول كل منها يساوي 20 متراً

$\phi_1, \phi_2, \dots$ = الزوايا المماسية المقاسة من المماس الاول

ولما كان توزيع النقاط على المماسات أو المنحنيات يتم على فترات متساوية (كل 10 م أو 20 م أو 25 م أو 50 م أو 100 م) حتى يتوافق هذا التوزيع مع حساب المناسيب للنقاط وتثبيتها بالنسبة للمقطع الطولي • فيتم عادة اختيار فترة أو مسافة مناسبة بحيث تجعل توزيع هذه النقاط ممثلاً للمنحني من الناحية الانشائية العملية. ولذلك نختار مسافات أطول في حالة المنحنيات ذوات انصاف الاقطار الكبيرة ومسافات أقصر في حالة المنحنيات ذوات انصاف الاقطار الصغيرة. وقد يتم التوزيع على أساس اختيار وتر فردي أقل من $\frac{1}{20}$ من نصف قطر المنحني، حيث يعطي خطأ نسبياً مقداره 1:10000 (وإذا كانت النسبة $\frac{1}{10}$ فإنها تعطي خطأ نسبياً مقداره 1:2400) ويعبر عن ذلك رياضياً: $\text{Single chord} \ll \frac{R}{20}$ ويجعل هذا الاختيار طول الوتر مساوياً لطول القوس بخطأ نسبي مقداره ما ذكر. وقد تستخدم قيم معينة من اطوال الاوتار الفردية لدرجات تقوس (أو انصاف اقطار) محددة كما مبين في الجدول 5.1، لكي تعطي فروقات قليلة جداً لأهمية لها بين طول الوتر والقوس.

الجدول (5.1) *

أقل نصف قطر (R)	أكبر درجة تقوس (D°)	طول الوتر المستخدم (م)
286.5 m	2°	20 m
191.0 m	3°	15 m
143.2 m	4°	12 m
114.6 m	5°	10 m
76.4 m	7.5°	8 m
54.6 m	10.5°	6 m
47.7 m	12°	5 m
38.2 m	15°	4 m
	> 15°	2 m

وبعد اختيار الفترة أو المسافة اللازمة بين النقاط، تحدّد محطات هذه النقاط التي تكون من مضاعفات 10 م أو 20 م أو 50 م وهكذا. وسوف نختار هنا مسافة 20 م بين النقاط ومضاعفاتها من المحطات، حيث أنها هي المستخدمة

في الغالب لأنصاف أقطار متوسطة وكبيرة كما أنها تقابل زاوية مركزية مقدارها (2D) وبالتالي تكون الزاوية المماس لها (D) وهذا مما يسهل حسابات الزوايا المماس اللازمة للتوقيع .

وعند البدء بحساب الزاوية المماس الأولى (ϕ_1) كما مبين في الشكل 5.9 ، يتم تعيين طول القوس الاول (l_1) الذي يساوي المسافة الواجب إضافتها الى المحطة P.C. كي تصبح محطة النقطة الاولى (I) من مضاعفات ال 20 م . فمثلاً إذا كانت المحطة : Stat.P.C. = 23 + 47.65 فإن محطة النقطة الاولى يجب أن تكون : Stat.(1) = 23 + 60.00 ، أي أن المسافة (l_1) تصبح :

60.00 - 47.65 = 12.35 م . أما النقطة الثانية (2) فتكون محطتها : Stat.(2) = 23 + 80.00 ، وهكذا دواليك حتى يتم الوصول إلى آخر نقطة التي محطتها من مضاعفات ال 20 م قبل المحطة P.T. وهكذا تكون هناك مسافة في النهاية أيضا وهي طول القوس الاخير (l_r) التي تختلف عن 20 م والتي يجب حساب الزاوية المماس الجزئية الاخيرة لها . وعلى هذا الأساس ، يجب حساب الزاويتين المركزيتين الأولى (θ_i) والاخيرة (θ_r) باستخدام التناسب بين طول القوس والزاوية المقابلة له كالآتي :

$$\frac{\theta_i}{l_i} = \frac{D}{10}$$

$$\therefore \theta_i \text{ (الزاوية المركزية الأولى)} = \frac{l_i}{10} \cdot D$$

$$\text{and, } \phi_1 = \frac{\theta_i}{2} = \frac{l_i}{20} \cdot D \text{ (وهي الزاوية المماس الأولى)} \dots\dots\dots (5.9)$$

$$\frac{\theta_r}{l_r} = \frac{D}{10} \text{ وكذلك بالنسبة للزاوية } (\theta_r) \text{ حيث :}$$

$$\therefore \theta_r = \frac{l_r}{10} \cdot D \text{ (وهي الزاوية المركزية الاخيرة)}$$

$$\text{and, } \frac{\theta_r}{2} = \frac{l_r}{20} \cdot D \dots\dots\dots (5.9a)$$

وهذه هي المماس الجزئية الاخيرة التي يجب اضافتها إلى الزاوية المماس ما قبل الاخيرة للحصول على الزاوية المماس الاخيرة والتي يجب ان تساوي $\left(\frac{\Delta}{2}\right)$. ومن هذين القانونين يمكن اشتقاق قانون لحساب أية زاوية مماسة لأية نقطة على المنحني تبعد بقوس طوله (l) (أو الفرق بين محطة النقطة ومحطة P.C.) عن المحطة P.C. وكما يأتي :

$$\phi \text{ (الزاوية المماس لأية نقطة)} = \frac{l}{20} \cdot D \dots\dots\dots (5.10)$$

كما يمكن حساب هذه الزاوية ايضاً ، بحساب الزاوية المماس لكل متر طول من القوس والتي تساوي $\frac{\Delta/2}{L}$ وضرب الناتج في طول القوس (l) كالآتي :

$$\phi = \frac{\Delta/2}{L} \cdot l \dots\dots\dots (5.10a)$$

وبعد حساب الزاوية المماسية الأولى (ϕ_1) ، نحسب الزاوية المماسية الثانية (ϕ_2) والتي تساوي الزاوية الأولى مضافاً إليها (D) أو $\left(\phi_2 = \frac{\theta_1 + 2D}{2} = \frac{\theta_1}{2} + D \right)$. ثم نحسب الزاوية المماسية الثالثة (ϕ_3) وما بعدها بأضافة D إلى الزاوية المماسية التي قبلها حتى الوصول إلى النقطة ما قبل الأخيرة، حيث تضاف إليها $\left(\frac{\theta_f}{2} \right)$ للحصول على الزاوية المماسية الأخيرة والتي يجب أن تساوي $\frac{\Delta}{2}$ ، حيث يتحقق من نتيجة حسابات الزوايا المماسية عند المقارنة بين $\phi_4 \cdot \frac{\Delta}{2}$. (كما مبين في الشكل 5.9).

ولفرض حساب المسافة التي تبعد كل نقطة عن المحطة P.C. (والتي تساوي طول الوتر الكلي حتى تلك النقطة) فيستخدم قانون حساب طول الوتر كالتالي :

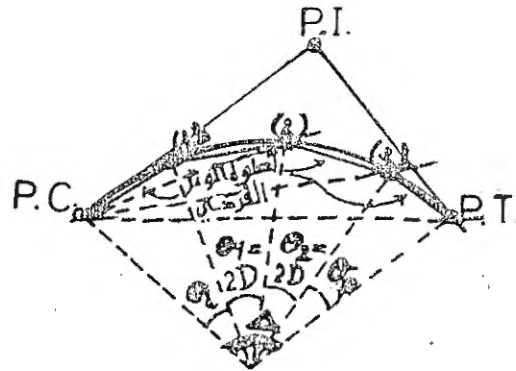
$$c_1 \text{ (from P.C. to point (1))} = 2R \cdot \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right) = 2R \cdot \sin (\phi_1) \text{ (وهو طول الوتر الكلي الأول)}$$

وهكذا يحسب طول الوتر الكلي الثاني وما بعده باستخدام الزوايا المماسية نفسها :

$$c_2 \text{ (from P.C. to point (2))} = 2R \cdot \sin (\phi_2) \text{ (وهو طول الوتر الكلي الثاني)}$$

وهكذا حتى آخر زاوية مماسية (وهي ϕ_4) حيث : $C = 2R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} = 2R \cdot \sin \phi_4$ كما مبين في الشكل 5.9.

وإذا كان طول القوس كبيراً وكانت هناك عوائق تعترض القياس بالشريط أو الجهاز الإلكتروني فيمكن عندئذ استخدام الزوايا المماسية مع أطوال الأوتار الفردية (والتي تساوي الأوتار بين النقاط المتتالية) كما مبين في الشكل 5.10 أدناه.



الشكل 5.10

حيث نحسب الزوايا المماسية للنقاط كما مرّ آنفاً. أما أطوال الأوتار الفردية فتحسب بالنسبة لكل زاوية مماسية بين نقطتين، والتي تساوي نصف الزاوية المركزية المقابلة للوتر الفردي. ويستخدم قانون طول الوتر كالتالي :

$$c_{ii} = 2R \cdot \sin \left(\frac{\theta_i}{2} \right) \text{ (وهو طول الوتر الفردي الأول)}$$

$$c_{1s} = 2R \cdot \sin \left(\frac{2D}{2} \right) = 2R \cdot \sin (D)$$

وهذا هو طول الوتر الفردي الثاني وكل من الاوتار الفردية التي تقابل $2D$.
 $c_{fs} = 2R \cdot \sin \left(\frac{\theta_f}{2} \right)$ وهكذا حتى طول الوتر الفردي الاخير الذي يساوي :

ويمكن ترتيب جدول لغرض اجراء الحسابات اعلاه كما مبين في الجدول 5.2 أدناه (وللشكلين 5.9 و 5.10) :

الجدول 5.2

محطة النقطة Station	الزاوية الماسة (أو زاوية الانحراف) Tangential angle	طول الوتر الكلي Total Chord Length	طول الوتر الفردي Single Chord Length
Stat. P.C.	0° 00'	0-00 m	
من مضاعفات Stat. (1) } ال 20 } Stat. (2)	$\varphi_1 = \frac{\theta_i}{2} = \frac{L_i}{20} \cdot D$ $\varphi_2 = \frac{\theta_i}{2} + D$	$c_1 = 2R \cdot \sin \varphi_1$ $c_2 = 2R \cdot \sin \varphi_2$	$c_{1s} = 2R \cdot \sin \left(\frac{\theta_i}{2} \right)$ $c_{1s} = 2R \cdot \sin D$
Stat. (3)	$\varphi_3 = \frac{\theta_i}{2} + 2D$	$c_3 = 2R \cdot \sin \varphi_3$	$c_{2s} = 2R \cdot \sin D$
Stat. P.T.	$\varphi_4 = \frac{\theta_i}{2} + 2D + \frac{\theta_f}{2} = \frac{\Delta}{2}$	$C = 2R \cdot \sin \varphi_4 = 2R \cdot \sin \frac{\Delta}{2}$	$c_{fs} = 2R \cdot \sin \left(\frac{\theta_f}{2} \right)$

أما الخطوات العملية التي تتبع في الحقل باستخدام جهاز الثيودولايت والشريط أو الجهاز الإلكتروني لتوقيع نقاط المنحني الدائري البسيط فهي كالآتي :

- بعد حساب عناصر ومحطات المنحني وحسابات الزوايا الماسة واطوال الاوتار الكلية والفردية (إن لزم الامر) وترتيبها في جدول كما في الجدول 5.2 ، يتم تثبيت أوتاد للمحطات P.I. و P.C. و P.T. كما ذكر في بداية الفقرة 5.3.1.2 .
- ينصب جهاز الثيودولايت فوق النقطة P.C. ويسند خط النظر نحو P.I. وتصفّر الدائرة الافقية إذا كان الجهاز من النوع الانجماهي (Direction Theod.) ، أما إذا كان الجهاز من النوع التكراري (Repeating Theod) فتصفّر الدائرة الافقية أولاً ثم يسدّد نحو P.I. ، ثم تقفل الدائرة الافقية .
- إذا استخدمت الزوايا الماسة مع اطوال الاوتار الكلية فيتبع الآتي :

يحرر قفل الدائرة الافقية ثم يدور التلسكوب حتى تُقرأ الزاوية الماسة الاولى على الدائرة الافقية (φ_1) ثم تقفل الدائرة الافقية . وبعدها يُرفع أو يخفض التلسكوب حتى يمكن قياس طول الوتر الكلي الاول (c_1) على امتداد خط النظر الجديد باستخدام الشريط (وبمساعدة شاخص ونبلة) ، ثم يذق وتد لتعيين موقع النقطة الاولى (Stat.(1)) . ثم يحرر قفل الدائرة الافقية وتثبت الزاوية الماسة الثانية (φ_2) ويقاس طول الوتر الكلي الثاني (c_2) ثم يذق وتد لتعيين موقع النقطة الثانية (Stat.(2)) . وهكذا يتم تثبيت مواقع النقاط الاخرى حتى المحطة P.T. ، حيث يجب أن تُصَفّ الشعرة الرأسية لدائرة النظر للتلسكوب النبلة أو الوند أو الشاخص الموضوع فوقها عند تثبيت الزاوية الماسة النهائية φ_4 (والتي تساوي $\frac{\Delta}{2}$) ، كما يجب أن يكون طول الوتر الكلي الاخير مساوياً لطول وتر المنحني . وإذا استخدم جهاز الكتروني لتسقيط الاطوال ، فيمكن استخدام إشارة التتبع Tracking

Signal في الجهاز لقياس وبيان الطول كل ثانيتين أو ثلاث حسب نوع الجهاز وذلك عند التسديد نحو العاكس الموضوع فوق الشاخص الخاص به وعلى امتداد خط النظر (الذي ثبتت عليه الزاوية الماسة الاولى) وهكذا بقية النقاط.

أما إذا استخدمت الزوايا الماسة مع اطوال الاوتار الفردية فيتبع الآتي :

تثبت الزاوية الماسة الاولى (ϕ_1) باستخدام الثيودوليت كما تم في الحالة الاولى ثم يقاس طول الوتر الفردي الاول (c_{1s}) (وهو نفسه طول الوتر الكلي الاول) كما تم في الحالة الأولى ايضاً ثم يبدق وتد لتعيين موقع النقطة الاولى • ثم تثبت الزاوية الماسة الثانية (ϕ_2) كما تم سابقاً ، ثم يمسك صفر الشريط على النقطة الاولى ويؤخذ عليه طول مساوٍ لطول الوتر الفردي (c_{1s}) ويحرك الشريط حتى تقطع إشارة الطول هذا خط النظر للتسكوب في نقطة حيث يبدق عندها وتد يعين موقع النقطة الثانية

(Stat. (2)). ثم تكرر هذه العملية بأخذ اطوال كل منها يساوي (c_{1s}) حتى النقطة ما قبل الاخيرة حيث يؤخذ طول مساوٍ ل (c_{rs}) والذي يجب أن يقطع خط النظر الاخير عند المحطة P.T. بالضبط. وبذلك تكون عملية التوقيع قد انتهت وبصورة دقيقة وصحيحة.

ويجب الإشارة هنا إلى أنه في الحالة الأولى المستخدمة في التوقيع (باستخدام اطوال الاوتار الكلية) تُعين مواقع النقاط بصورة مستقلة أحدها عن الآخر، وأي خطأ في قياس طول وتر كلي لا يؤثر على تعيين موقع النقطة الاخرى. أما الحالة الثانية (باستخدام اطوال الاوتار الفردية) فإن أي خطأ في قياس طول أي وتر فردي لغرض تعيين موقع نقطة سوف يجعل مواقع النقاط التي تليه كلها مخطوءة أيضاً. إلا أن القياس في الحالة الاولى يستغرق وقتاً طويلاً إذا ما استخدم الشريط وكان طول القوس كبيراً ويمكن تفادي ذلك باستخدام الاجهزة الالكترونية إن توفرت.

وإذا كان إنحناء المنحني إلى يسار المحطة P.C. ، فإن الزاوية الماسة الاولى التي يجب تثبيتها (عند التصغير باتجاه P.I) تساوي : ($\phi_1' = 360^\circ - \phi_1$) ، والزاوية الثانية تساوي : ($\phi_2' = 360^\circ - (\phi_1 + D)$) ، وهكذا بقية الزوايا. أما إذا تعدر نصب الثيودوليت فوق P.C. ونصب بدلاً من ذلك فوق P.T. ، فإن الزاوية الماسة الاولى التي يجب تثبيتها (عند التصغير باتجاه P.I) تساوي : ($\phi_1' = 360^\circ - \frac{\theta_f}{2}$) ، والزاوية الثانية تساوي : ($\phi_2' = 360^\circ - \left(\frac{\theta_f}{2} + D\right)$) ، وهكذا بقية الزوايا.

وهناك طريقة أخرى لحساب الزوايا الماسة عن طريق استخدام اطوال الاوتار الفردية مباشرة واعتبارها مساوية لأطوال الاقواس الفردية بين النقاط ، بعد اختيار طول وتر فردي على أساس أن : $c \leq \frac{R}{20}$ (الوتر الفردي) Single chord حيث يعطي كما ذكر سابقاً خطأ نسبياً مقداره 1:10000 وهو خطأ يهمل في الاعمال الانشائية الهندسية من الناحية العملية ومن ناحية توقيع النقاط في هذه الحالة. وهذه الطريقة تعتمد على حساب الزاوية من الوتر وكالآتي (باستخدام قانون طول الوتر):

$$C = 2 R \cdot \sin \frac{\theta}{2} = 2 R \cdot \sin \phi$$

حيث أن : c هو طول الوتر الفردي المقابل لزاوية مركزية مقدارها θ ، والزاوية ϕ هي الزاوية الماسة المطلوب تثبيتها.

$$\therefore \sin \phi = \frac{C}{2 R}$$

ولما كان طول الوتر المستخدم c قصير (حيث يساوي 10 م أو 20 م أو 25 م) فإن الزاوية المماسية تصبح صغيرة أيضاً بحيث يكون :

$$\sin \varphi = \varphi \quad (\text{in radians} \text{ قطري})$$

$$\therefore \varphi = \frac{c}{2R} \quad (\text{in rad.}) \quad \text{وبالتالي يكون مقدار الزاوية المماسية مساوياً :}$$

$$\text{or, } \varphi = \frac{c}{2R} \times \left(\frac{180}{\pi} \right) \quad (\text{in degrees}) \quad \dots (5.11)$$

$$\therefore \varphi = \left(\frac{180}{2\pi} \right) \times \left(\frac{\text{Single Chord}}{\text{Radius}} \right) \dots (\text{in degrees}) \quad \dots (5.11a)$$

$$\text{or, } \varphi = \left(\frac{180}{2\pi} \times 60 \right) \times \left(\frac{c}{R} \right) \dots (\text{in minutes})$$

$$\therefore \varphi = 1718.9 \times \left(\frac{\text{Single Chord}}{\text{Radius}} \right) \dots (\text{in minutes}) \quad \dots (5.11b)$$

وهكذا فعند توقيع نقاط المنحني بهذه الطريقة ، يؤخذ طول الوتر الفردي الأول مساوياً لطول القوس الأول (l_1) بحيث تصبح محطة النقطة الأولى من مضاعفات الـ 20 م (إذا استخدم طول وتر فردي = 20 م). وعلى هذا تكون الزاوية المماسية الأولى مساوية (انظر الشكل 5.9) :

$$\varphi_1 = 1718.9 \times \left(\frac{l_1}{R} \right) \dots (\text{in min.})$$

أما الزاوية المماسية الثانية فتساوي :

$$\varphi_2 = \varphi_1 + 1718.9 \left(\frac{20}{R} \right) \dots (\text{in min.})$$

وهكذا دواليك حتى النقطة ما قبل المحطة P.T. أما الزاوية المماسية الأخيرة فتساوي :

$$\varphi_4 = \varphi_1 + 2 \left[1718.9 \left(\frac{20}{R} \right) \right] + 1718.9 \left(\frac{l_f}{R} \right) = \frac{\Delta}{2} \dots (\text{in min.})$$

حيث يمكن التحقق كذلك من صحة الحسابات كما سبق.

أما الخطوات العملية لتوقيع النقاط ، فتتبع الحالة الثانية السابق ذكرها.

وإذا استخدم جهاز الكتروني مزود ببرنامج لتوقيع النقاط باستخدام احداثياتها ، فيمكن عندئذ حساب احداثيات نقاط المنحني المطلوبة كافة إذا علم اتجاه المماس الاول (P.C. → P.I.) واحداثيات المحطة P.C. كما يأتي (انظر الشكل 5.9) وباستخدام اطوال الاوتار الكلية :

$$E_{(1)} = E_{P.C.} + c_1 \cdot \sin (AZ_{P.C. \rightarrow P.I.} + \angle \varphi_1) \quad \dots (5.12)$$

$$N_{(1)} = N_{P.C.} + c_1 \cdot \cos (AZ_{P.C. \rightarrow P.I.} + \angle \varphi_1) \quad \dots (5.12a)$$

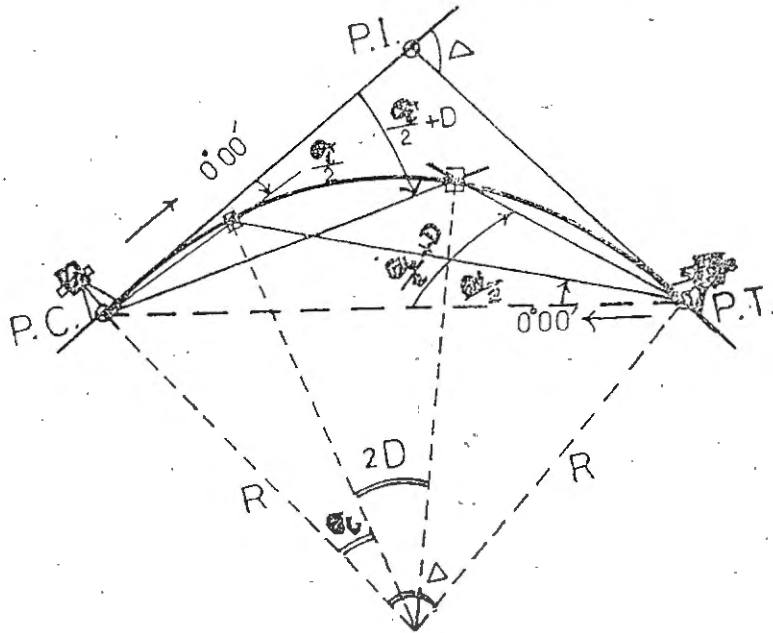
وهكذا بالنسبة لكل من النقاط الأخرى حيث تضاف الزاوية الماسة لكل نقطة إلى اتجاه (P.C. → P.I.) ويؤخذ طول الوتر الكلي من P.C. وحتى النقطة.

وقد تحسب احداثيات النقاط للمنحني من الاحداثي المعلوم للمحطة P.C. والاتجاه المعلوم (P.C. → P.I.) حيث يعدّ المضلع الذي يصل بين النقاط مضلعاً رابطاً وهو P.C.-(1)-(2)-(3)-P.T. كما مبين في الشكل 5.10. وتحسب اتجاهات اضلاعه من الزوايا الماسة المحسوبة والاتجاه المعلوم. أما أطوال الاضلاع فهي أطوال الاوتار الفردية.

ثانياً- التوقيع باستخدام جهاز ثيودولايت أو جهازين الكترونيين - أنظر الشكل 5.11 Using Two Theodolites

تعتمد هذه الطريقة في تعيين موقع نقطة على أساس أن تقاطع اتجاهين معلومين من موقعين معلومين لنقطتين يعين الموقع المطلوب. وفي هذه الحالة، فإن تثبت اتجاه معين من الماس الأول P.C. → P.I. بعد نصب الثيودولايت على المحطة P.C. وتثبيت اتجاه معين آخر من الخط P.T. → P.C. (أو من P.T. → P.I.) بعد نصب الثيودولايت الآخر فوق المحطة P.T. وتعيين موقع تقاطع هذين الاتجاهين، يحدد الموقع المطلوب للنقطة على المنحني. وتستخدم في هذه الحسابات الزوايا الماسة فقط دون أطوال الأوتار. وتدعى طريقة التوقيع هذه بطريقة التقاطع الأمامي أيضاً Intersection Method وهي نفسها الطريقة التي ستوضح في الفصل التاسع لحساب موقع نقطة التقاطع، إلا أنه في عملية التوقيع هذه يتم تعيين موقع نقطة التقاطع بطريقة عملية في الحقل.

ويتم التوقيع بهذه الطريقة باتباع الخطوات الآتية (انظر الشكل 5.11):



الشكل 5.11

- أ) بعد حساب محطات النقاط المطلوب تعيين مواقعها على المنحني وحساب الزوايا المماسية نحو هذه النقاط وعمل جدول بذلك ، ينصب جهاز ثيودوليت فوق المحطة P.C. وجهاز ثيودوليت آخر فوق المحطة P.T.
- ب) يسدّد التلسكوب فوق P.C. نحو المحطة P.I. وتُصَفّر الدائرة الأفقية ثم تقفل الحركة الأفقية . ثم يُحرّر قفل الحركة الأفقية وتثبت قراءة على الدائرة الأفقية مساوية للزاوية المماسية الأولى : $\varphi_1 = \frac{\theta_i}{2}$ ثم تقفل الحركة الأفقية . ثم يدق وتدان على امتداد خط النظر وبمسافة مناسبة بينها حيث يتوقع وجود نقطة التقاطع للاتجاهين بينها (وقد يربط خيط بينها لتعيين الموقع بدقة كما ذكر في الفقرة (ج) 5.3.2 .
- ج) يسدّد التلسكوب فوق P.T. نحو المحطة P.C. (إذا كانت مرئية) وتصَفّر الدائرة الأفقية ثم تثبت الزاوية المماسية الأولى أيضاً $\left(\varphi_1 = \frac{\theta_i}{2} \right)$ على الدائرة الأفقية وتقفل الحركة الأفقية كما تمّ في الفقرة السابقة . ثم يرفع ويخفض التلسكوب حتى تقطع الشعرة الرأسية لدائرة النظر الخيط المربوط بين الوترين (المذكور في الفقرة ب) ويدق وتد بحسار فوقه كي يحدّد موقع التقاطع هذا وبذلك يتم تعيين موقع النقطة الأولى . وهكذا يتم تعيين مواقع النقاط الأخرى باستخدام الزوايا المماسية الواحدة تلو الأخرى حتى انتهاء التوقيع . وإذا لم تكن المحطة P.C. مرئية من المحطة P.T. فيمكن عندئذ التسديد نحو المحطة P.I. وتصفير الدائرة الأفقية ثم تثبيت زاوية مماسة مقدارها $\left(360^\circ - \frac{\Delta}{2} + \frac{\theta_i}{2} \right)$ كي تقاطع إتجاه الزاوية المماسية الأولى $\left(\frac{\theta_i}{2} \right)$ المثبتة عند المحطة P.C. وهكذا دواليك (حيث تضاف زاوية مقدارها $\left(360^\circ - \frac{\Delta}{2} \right)$ لكل زاوية مماسة نحو النقطة).

Tangent - Offsets Method

5.3.1.2.2 طريقة الأعمدة على المماس (انظر الشكل 5.12)

وتدعى هذه الطريقة أيضاً بطريقة الأحداثيات Coordinates Method حيث أنها تعتمد على أساس قياس مسافتين متعامدتين معلومتين من نقطة معلومة وباستخدام الشريط فقط . وفي هذه الحالة فإن المحور السيني يكون باتجاه (P.C. → P.I.) حيث تقاس المسافات السينية (x - dist.) من المحطة P.C. أما المحور الصادي فيكون باتجاه نصف القطر العمودي على المماس ، حيث تعدّ النقطة P.C. هي نقطة الاصل ، وتقاس المسافات الصادية (y - dist.) منها بصورة عمودية على المماس وعند كل مسافة سينية . ويؤخذ أيضاً محور سينية باتجاه (P.C. → P.I.) ومحور صادي باتجاه نصف القطر عند النقطة P.T. حيث تعدّ نقطة الاصل الثانية . وتختار عادة قيم مضاعفة للمسافات السينية مثل: 2 ، 4 ، 6 ، ... أو 5 ، 10 ، 15 ، ... أو 10 ، 20 ، 30 ، ... حيث يعتمد اختيارها على الدقة المطلوبة في تعيين المواقع ودرجة تقوُّس المنحني وطول المماس وزاوية الانحراف الكلية وغير ذلك . ثم تحسب المسافات الصادية أو الأعمدة على المماس باستخدام القانون الآتي (انظر الشكل 5.12) :

$$\text{لما كانت المسافة } Ob = P.C. \rightarrow a = x$$

$$\text{والعمود } P.C. \rightarrow f = ab = y$$

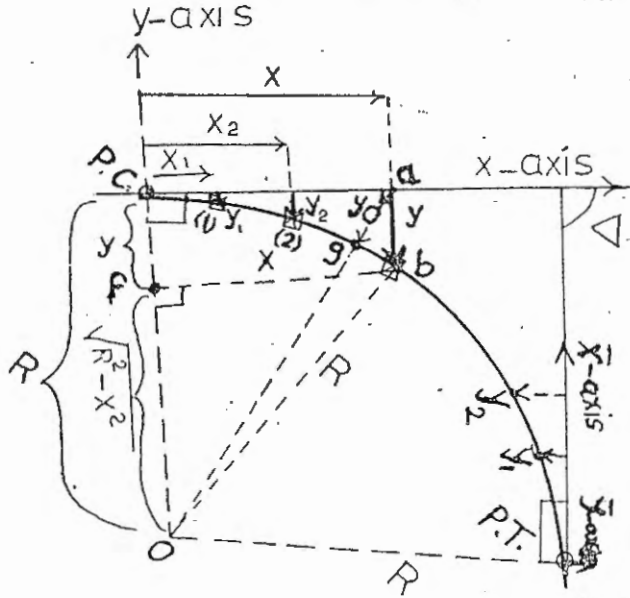
$$\text{ونصف القطر } O \rightarrow P.C. = Ob = R$$

فإن المسافة of تساوي : $Or = \sqrt{R^2 - x^2}$

$$\therefore y = R - \sqrt{R^2 - x^2} \quad \dots\dots\dots (5.13)$$

$$\text{or, } y = R - R \sqrt{1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2} = R \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2} \right] \quad \dots\dots (5.13a)$$

$$\text{or, } y = R - R \left(1 - \frac{x^2}{2R^2} - \frac{x^4}{8R^4} \right) \approx \frac{x^2}{2R} \quad \dots\dots\dots (5.13b)$$



الشكل 5.12

وتتبع الخطوات الآتية لتوقيع النقاط بطريقة الأعمدة على الماس .
 أ) تختار قيم مناسبة للمسافات السينية $x_1, x_2, x_3, \dots$ ، ثم تحسب لهذه المسافات قيم الأعمدة على الماس $y_1, y_2, \dots$ ويرتب جدول كما في الجدول 5.3 أدناه :

الجدول (5.3)

Point	x	$y = R \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2} \right]$
(1)	$x_1 =$	$y_1 =$
(2)	$x_2 =$	$y_2 =$
(3)	$x_3 =$	$y_3 =$
(4)	$x_4 =$	$y_4 =$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

- (ب) يُمد شريط على الأرض وعلى امتداد المماس P.C. - P.T. ثم تدق أوتاد أو تغرس نبل عند المسافات السينية المختارة .
- (ج) تقام أعمدة عند مواقع الأوتاد أو النبل باستخدام الشريط فقط (أو بمساعدة المربع البصري Optical square إن توفر) وباتباع الطرق المعروفة في إقامة الأعمدة من نقاط على خط معين (ومنها طريقة المثلث 3-4-5).
- (د) تثبت المسافات الصادية على امتداد الأعمدة المقامة ، حيث تمسك مقدمة الشريط عند كل موقع وتد على امتداد المماس وتقاس المسافة الصادية المحسوبة ويدق وتد في نهايتها كي يُعين موقع النقطة المطلوبة على المنحني، وهكذا النقاط الباقية .

وإذا كان نصف القطر للمنحني قصيراً أو يمكن رؤية مركز المنحني من مواقع النقاط المطلوبة ، فيمكن عندئذ حساب المسافة (y_0) الميئة في الشكل 5.12 بالقانون أدناه ، ووضع شاخص (مع نبلة أو وتد) عند مركز المنحني (O)، وقياس المسافة (y_0) على امتداد اتجاه نصف القطر من كل مسافة مختارة (x) كما مبين في الشكل نفسه . ولغرض اشتقاق قانون المسافة (y_0) يتبع الآتي :

$$ao = \sqrt{R^2 + x^2} \quad \text{المسافة } ao \text{ تساوي :}$$

$$y_0 = ao - go = ao - R \quad \text{والمسافة } y_0 \text{ تساوي :}$$

$$\therefore y_0 = \sqrt{R^2 + x^2} - R = R \left[\sqrt{1 + \left(\frac{x}{R}\right)^2} - 1 \right] \quad \dots (5.14)$$

$$\text{or, } y_0 = R \left(1 + \frac{x^2}{2R^2} - \frac{x^4}{8R^4} \dots \right) - R = \frac{x^2}{2R} \dots (5.4a)$$

ويمكن عمل جداول للمسافات (y_0) لكل المسافات السينية المختارة (x) واستخدامه عند توقيع المنحني بهذه الطريقة .

Chord - Offsets Method

5.3.1.2.3 طريقة الأعمدة على الوتر (كما مبين في الشكل 5.13)

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون المرور كثيفاً ومستمرّاً على امتداد الخط المركزي للطريق القديم المُراد إنشاؤه من جديد أو تعديل مساره . حيث تُعين استقامة الوتر بين P.C. و P.T. ثم يقسم الوتر إلى عدد زوجي من الأجزاء المناسبة ، وتثبت مواقع النقاط للمنحني الاقني بقياس طول جزء وجزئين وهكذا (والتي تمثل الأحداثيات السينية) من منتصف الوتر وعلى استقامته ، ثم تقاس أطوال الأعمدة المناسبة لتلك الأجزاء (والتي تمثل الأحداثيات الصادية) والمحسوبة بموجب القانون أدناه . وتقاس المسافتان المتعامدتان بواسطة الشريط ومع مربع بصري إن وُجد (انظر الشكل 5.13) .

فإذا فُرض أن x : هي المسافة الموازية لاستقامة الوتر والمقيسة من منتصفه .

و y : هي المسافة العمودية على الوتر وتبعد مسافة x من منتصف الوتر .

فإن y تساوي :

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} - \sqrt{R^2 - (C/2)^2} \quad \dots (5.15)$$

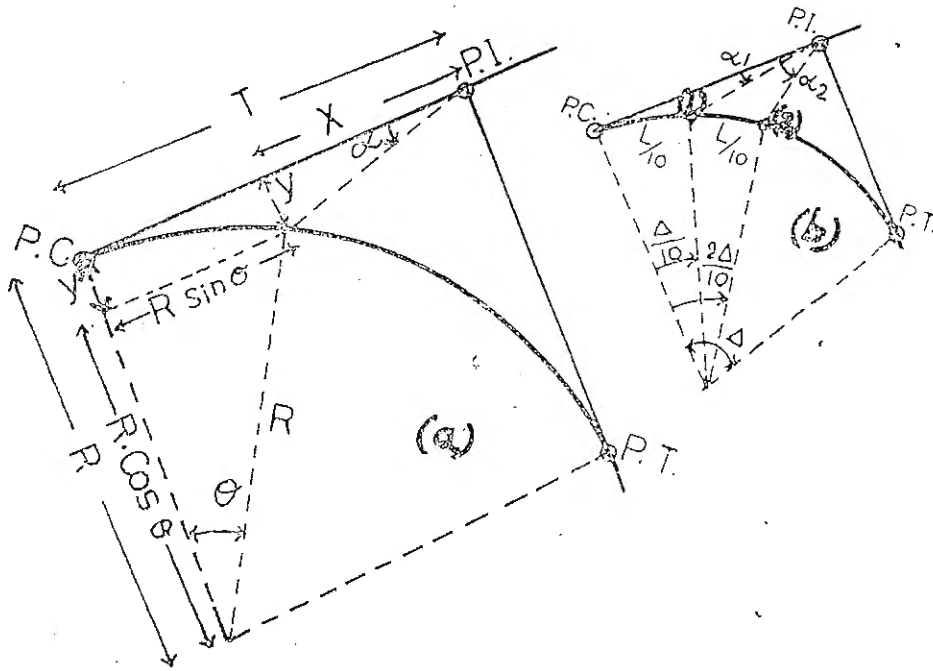
وعند إخراج R خارج الجذرين ، ينتج الآتي :

$$\therefore y = R \left[\sqrt{1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2} - \sqrt{1 - \left(\frac{C}{2R}\right)^2} \right] \quad \dots (5.15a)$$

$$= \frac{R(1 - \cos \theta)}{R \left(\tan \frac{\Delta}{2} - \sin \theta \right)}$$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{1 - \cos \theta}{\tan \frac{\Delta}{2} - \sin \theta} \quad \dots (5.16)$$

$$\text{or, } \tan \alpha = \frac{\text{Ver Sin. } \theta}{\tan \frac{\Delta}{2} - \sin \theta}$$



الشكل 5.14

وهكذا، فإن قيمة α لا تعتمد على R أو L وإنما على قيمة θ (حيث تؤخذ بقيمة تساوي $\frac{\Delta}{10}$ أو $\frac{\Delta}{20}$ وهكذا). فإذا قُسمت Δ إلى عشرة أجزاء، فيمكن عمل جدول للحسابات وكما في أدناه (أنظر الشكل 5.14b) (والجدول 5.4).

الجدول (5.4)

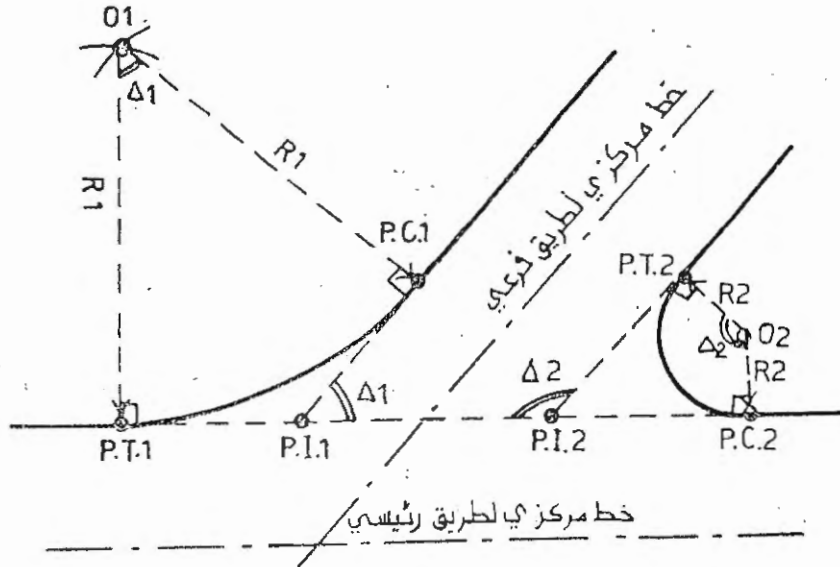
π@P.I. Toward	الزاوية المركزية (θ)	زاوية الانحراف (α)	طول القوس (L) الفردى	طول الوتر الفردى (C)
Point(1)	$\frac{\Delta}{10}$	$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \cos \Delta / 10}{\tan \frac{\Delta}{2} - \sin \Delta / 10} \right)$	$L / 10$	$2R \sin \frac{\Delta}{20}$
(2)	$\frac{2\Delta}{10}$	$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \cos 2\Delta / 10}{\tan \Delta / 2 - \sin \frac{2\Delta}{10}} \right)$	$L / 10$	$2R \sin \frac{\Delta}{20}$
(3)	$\frac{3\Delta}{10}$	$\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \cos 3\Delta / 10}{\tan \Delta / 2 - \sin \frac{3\Delta}{10}} \right)$	$L / 10$	$2R \sin \frac{\Delta}{20}$
(4)	$\frac{4\Delta}{10}$			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

5.3.1.2.5 طريقة تسقيط منحني ذي نصف قطر صغير - (الشكل 5.15)

Method for setting - out short radius curve

تستخدم هذه الطريقة في التسقيط للمنحنيات ذوات الانصاف اقطار القصيرة حيث يستعمل الشريط فقط (وعبث لايزيد نصف القطر عن 30 م). وتحدث هذه الحالة في التقاطعات السطحية للطرق الداخلية الفرعية والمحلية. ويتم عملية التسقيط بتثبيت طولي المماسين من نقطة التقاطع وغرس وتدين في نقطتي P.C. و P.T.، ثم تمسك مقدمة الشريط عند كل من هاتين النقطتين ويؤرجح الشريط بعد تثبيت نصف القطر عليه ويؤشر على الأرض نهاية نصف القطر. فيعين تقاطع القوسين المؤشرين على الأرض مركز المنحني. ثم تمسك مقدمة الشريط في المركز ويؤشر قوس المنحني على الأرض ابتداءً من P.C. وحتى P.T. عن طريق أرجحة الشريط. وبذلك يتم تعيين أو تسقيط المنحني بالكامل.

ففي الشكل 5.15، تمسك مقدمة الشريط في كل من P.C.1 و P.T.1 أولاً ويؤشر قوسان يتقاطعان في (O₁) وبذلك يعين مركز المنحني الأول، ثم تمسك مقدمة الشريط في (O₁) ويؤشر القوس الاول بنصف قطر (R₁) مثبت على الشريط بعد أرجحته ابتداءً من P.C.1 وحتى P.T.1 وبذلك يسقط المنحني الاول. وبالطريقة نفسها يؤشر القوس الثاني من نقطة (O₂) وابتداءً من P.C.2 وحتى P.T.2.



الشكل 5.15

5.3.1.2.6 طريقة التسقيط من نقطتي سيطرة معلومتي الأحداثيات خارج المنحني (او طريقة تقنيات المواقع)

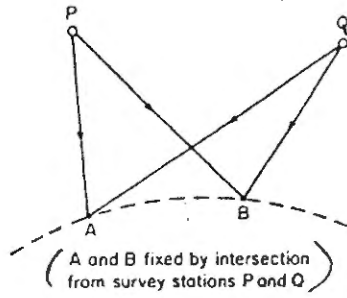
Method of setting — out the curve from Two control points of known coordinates (or Positioning Techniques Method)

هذه طريقة حديثة برزت للوجود بعد استخدام الأجهزة الإلكترونية، وتستعمل الآن على نطاق واسع من أجل السرعة في الحسابات والتسقيط وزيادة الدقة في تعيين المواقع، لاسيما وأن معظم الأجهزة الإلكترونية الحديثة لقياس المسافات والزوايا إلكترونياً إما أن تحتوي على حاسبات مايكروية وبرامج في داخلها أو أنها مرتبطة بحاسبات صغيرة أو كبيرة فيها برامج معينة لغرض التسقيط أو غيره. ويتم التسقيط بهذه الطريقة التي تدعى أيضاً بطريقة تقنيات المواقع Positioning Techniques Method عن طريق اتباع الخطوات الآتية (كما مبين في الشكل 5.16):

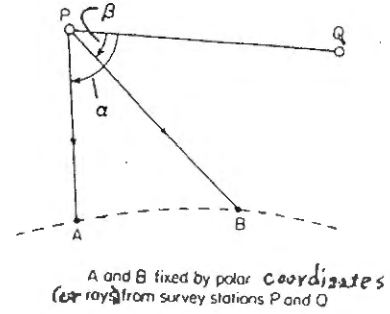
- (أ) تختار نقطتا سيطرة أو ضبط Two control points بالقرب من المنحني المطلوب تسقيطه بحيث تكونان معلومتا الأحداثيات.
- (ب) تحسب إحداثيات نقاط المنحني المطلوب تسقيط مواقعها ابتداءً من P.C. وحتى P.T.، أما باستخدام الزوايا المماسية وأطوال الأوتار الكلية أو الجزئية واتجاهاتها، وأما باعتبار الأطوال للأوتار الفردية واتجاهاتها تشكل مضلعاً رابطاً يبدأ من P.C. وينتهي في P.T. كذلك، وكما تم شرحه في نهاية الفقرة: (أولاً) 5.3.1.2.1.
- (ج) من الأحداثيات المعلومة لنقطتي السيطرة والأحداثيات المعلومة لنقاط المنحني، يمكن حساب العناصر المطلوبة للتسقيط بواسطة طريقتين هما:

- (1) طريقة التقاطع الأمامي (الشكل 5.16a Intersection Method) حيث يحسب إتجاهان لكل نقطة مطلوب تعيين موقعها من نقطتي السيطرة (اللتين ينصب فوقها جهازا ثيودولايت أو جهازان إلكترونيان). وهكذا يتم تثبيت موقع نقطة على المنحني من نقاط إتجاهين من نقطتي السيطرة، وكما تم شرحه في الفقرة: (ثانياً) 5.3.1.2.1.

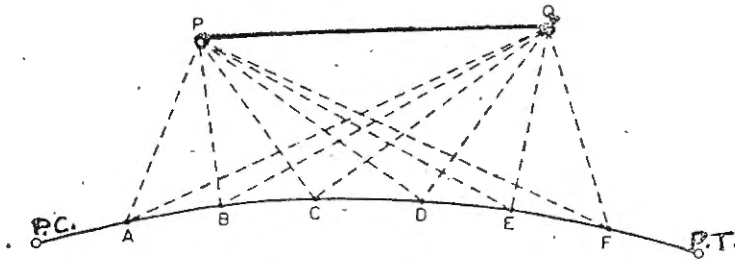
المصدر 30



(a) توقيـع النـقاط بـاستخدام التقاطـع الأمامـي (إلتجاهـي خطين من نقطتي سيطرة)



(b) توقيـع النـقاط بـاستخدام الإحداثيات القطبية (طول وإلتجاه خط من نقطة سيطرة)



(c) توقيـع نـقاط المنـحنى الدائـري بـاستخدام أحـدى الطريقتين أو كليهما.

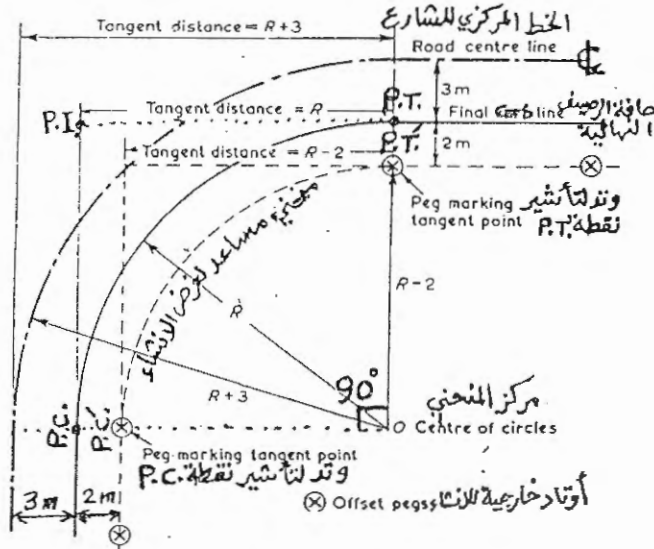
الشكل 5.16

(2) طريقة الأحداثيات القطبية أو الأشعة القطبية (الشكل 5.16b Polar Coordinates) حيث يحسب الطول والاتجاه بين أي من نقطتي السيطرة ونقاط المنحني المطلوب تعيين مواقعها (وذلك عن طريق الأحداثيين المعلومين لنقطة السيطرة ونقطة المنحني). وهكذا يتم تثبيت موقع النقطة على المنحني بقياس إلتجاه (من الإلتجاه المعلوم للخط الواصل بين نقطتي السيطرة) ومسافة من إحدى نقطتي السيطرة، باستخدام التيودولايت والمشرط كما تم شرحه في طريقة الزوايا الماسة وأطوال الأوتار الكلية (الفقرة 5.3.1.2.1 أولاً). ويمكن استخدام جهاز الكتروني حالياً تدخل فيه الإلتجاهات والمسافات للنقاط على التوالي، حيث يسدّد أولاً بالإلتجاه المعلوم للخط الواصل بين نقطتي السيطرة ويُدَار التلسكوب حتى تصبح قراءة الزاوية الأفقية صفراً مما يدل على أن الإلتجاه المطلوب (الذي أدخل مسبقاً) قد تمّ التسديد إليه، ثم تقاس المسافة الكترونياً، ويثبت موقع النقطة بوساطة وتد يُغرس في الأرض. وهكذا يتم تثبيت نقاط المنحني كافة على الأرض من نقطتي سيطرة معلومتي الموقع خارج المنحني. وحسب طبيعة الأرض والعوائق الموجودة، تختار الطريقة المناسبة للتوقيع أو تستخدم كلتا الطريقتين للتوقيع كما مبين في الشكل 5.16c.

5.3.1.2.7 طريقة تسقيط منحني ذي زاوية مركزية تساوي (90°) - الشكل 5.17

تستخدم هذه الطريقة في المناطق السكنية والتجارية ومراكز المدن حيث تكون معظم المنحنيات ذوات أنصاف قصيرة ويزاوية مركزية لكل منها تساوي (90°) . وهكذا فإن طول المماس يساوي طول نصف القطر وذلك لأن: $R = R \cdot \tan \frac{90^\circ}{2} = R$. ويتم تعيين المنحني الذي يُنشأ على إثره رصيف الشارع باستخدام المشرط فقط إذا كان نصف القطر أقل من 30 م وكما شرح في الفقرة 5.3.1.2.5. أما إذا كان كبير نسبياً فنستخدم طريقة الأعمدة على المماس أو

غيرها. وتثبت عادة أوتاد خارجية offset pegs لأغراض الانشاء على بعد 2 م من النقطتين P.C. و P.T. للمنحني وعلى امتداد حافة الرصيف المستقيمة كذلك وكما مبين في الشكل 5.17.



الشكل 5.17

5.3.1.3 بعض الحالات العملية عند تسقيط المنحني الدائري البسيط

Practical Problems in Setting – Out a Circular Curve

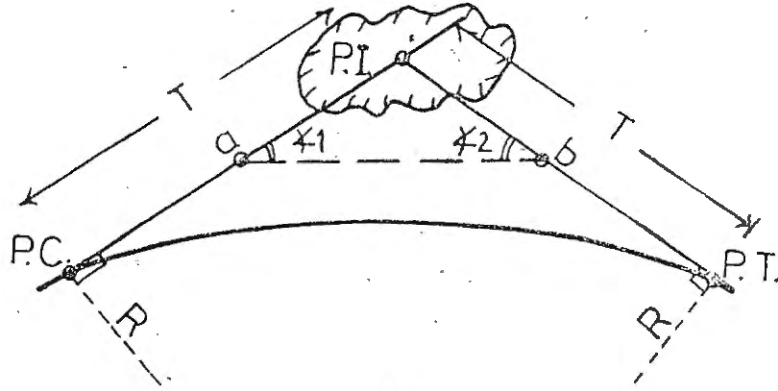
هنالك حالات عملية متعددة تبرز أو يواجهها المساح عند تسقيط المنحني الدائري بسبب طبيعة الارض وعدم امكانية نصب الجهاز فوق نقطة معينة أو بسبب وجود عوارض على المنحني (أو عند مواقع النقاط الرئيسية فيه) ومن هذه الحالات ما يأتي:

5.3.1.3.1 عند عدم التمكن من الوصول إلى نقطة التقاطع P.I. – الشكل 5.18

Intersection Point Inaccessible

تحدث هذه الحالة عند وجود عارض من بحيرة أو بناية أو غابة أو واد عميق في منطقة النقطة P.I.، وهكذا لا يمكن تعيين بداية ونهاية المنحني وبالتالي تسقيطه. لنفرض حل هذه المسألة، تؤخذ نقطتان على امتداد المماسين (P.C. – P.I.) و (P.T. – P.I.) بحيث تكونان خارج منطقة العارض والرؤية بينهما متبادلة، ولتكن النقطتان a و b كما في الشكل 5.18. ثم ينصب الثيودوليت فوق كل منهما وتقاس الزاويتان: $\angle 1 = \angle (P.I. - a - b)$ و $\angle 2 = \angle (a - b - P.I.)$. ثم تقاس المسافة بين a و b ولتكن ab. ثم تحسب المسافتان: $P.I. - a$ و $P.I. - b$ باستخدام قانون الجيوب، وتطرح كل منها من طول المماس (T) لأعطاء المسافتين: $a - P.C.$ و $b - P.T.$ حيث تقاس هاتان المسافتان على امتداد المماسين لتعيين موقعي P.C. و P.T. ثم يبدأ تسقيط المنحني. أما إذا لم تكن النقطتان متناظرتين فيعمل مضلع رابط بينهما وتحسب احداثيات نهايته ومنها يمكن الحصول على المسافة ab ثم تكتمل الحل.

• المص 15



الشكل 5.18

الحل :

تقاس الزاويتان $\angle 1$ و $\angle 2$ والمسافة ab .

تحسب المسافتان $P.I. - a$ و $P.I. - b$ بقانون الجيوب كالآتي :

$$\frac{ab}{\sin(180 - \angle 1 - \angle 2)} = \frac{(P.I. - a)}{\sin \angle 2} = \frac{(P.I. - b)}{\sin \angle 1}$$

ثم تحسب المسافتان $(a - P.C.)$ و $(b - P.T.)$ كالآتي :

$$(a - P.C.) = T - (P.I. - a)$$

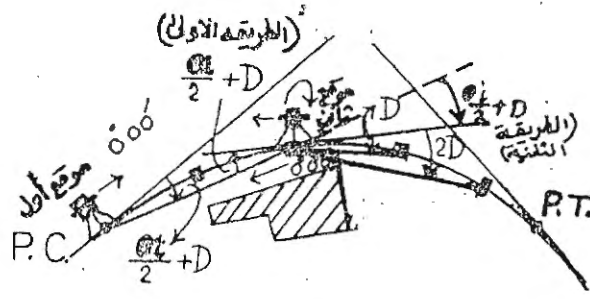
$$\text{and } (b - P.T.) = T - (P.I. - b)$$

5.3.1.3.2 عند تعذر رؤية المنحني بأكمله من نقطة P.C. (أو P.T.) - الشكل 5.19

Complete Curve not Visible from P.C. (or P.T.)

تحدث هذه الحالة عند وجود عارض على امتداد خط النظر من نقطة P.C. (أو P.T.) يمنع الرؤية والقياس كمثل مرتفع أو بناية أو أحراش. وهكذا يتم التوقيع للنقاط حتى حافة العارض التي تمنع الرؤية وتسجل آخر زاوية مماسة (مثلاً: $+D$) كما مبين في الشكل 5.19، ثم ينقل الثيودولايت إلى الموقع الثاني حيث يسدّد نحو P.C. ويصفّر وتتبع إحدى طريقتين لتوقيع النقاط الباقية :

فأما أن تثبت زاوية بمقدار المقيسة أولاً ثم يقلب التلسكوب، وبذلك يكون خط النظر مماساً للمنحني في ذلك الموقع حيث يبدأ توقيع النقاط الباقية بزوايا مماسة تساوي D و $2D$ و $3D$ وهكذا.
أو يقلب التلسكوب ويدور بمقدار الزاوية المقيسة أولاً (وهي $(\frac{\theta}{2} + D)$) فيصبح خط النظر عندئذ مماساً للمنحني، ثم تثبت الزوايا المماسية المتبقية لتحديد مواقع النقاط الباقية وحسب الجدول المعد مسبقاً.



الشكل 5.19

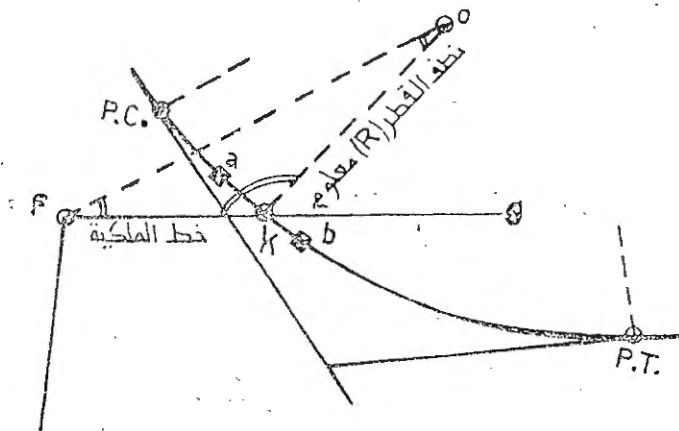
وقد يتم تسقيط النقاط الباقية من نقطة P.T. إذا كان العارض كبيراً ويمنع تسقيطها من P.C. وإذا كان العارض واقعاً على المنحني نفسه فنسقط النقاط التي قبله ثم نسجل الزاوية الماسة الكلية بعد تدوير التلسكوب حتى يجتاز العارض. ثم ينقل الثيودلايت إلى الموقع الثاني ويسدّد نحو P.C. ويصفر ثم تنبع إحدى الطريقتين المذكورتين اعلاه للاستمرار بتوقيع النقاط ، أو يبدأ بتسقيط النقاط من P.T. وحتى العارض.

وإذا كان العارض في منطقة P.C. (أو منطقة P.T.) فيتم التسقيط ابتداءً من P.T. (أو ابتداءً من P.C.) ، ويتم عمل مضلع أو مثلث لتفادي العارض والحصول على المسافة المتبقية حتى النقطة P.C. (أو P.T.). وتسقيط النقاط الباقية بطريقة الاعمدة. إن امكن ذلك للنقاط القريبة من العارض.

5.3.1.3.3 تعيين موقع نقطة تقاطع خط مستقيم مع منحني دائري - الشكل 5.20

Location of Intersection Point of a Curve and a Straightline

تحدث هذه الحالة عندما يقطع منحني لطريق مقترح انشاؤه خط ملكية لقطعة أرض ، أو عندما يمر خط مركزي لطريق يحتوي على منحني في قطعة أرض فيقطع أحد حدودها الخارجية أو اثنين منها ويراد تعيين موقع نقطة التقاطع والمساحة التي يجب استلاكها لحرم الطريق Right of way. يمكن حل هذه المسألة بطريقة عملية بسيطة إذا كان نصف قطر المنحني كبيراً وهناك جزء منه يمكن تحديده بنقطتين (مثل a, b) ومن المتوقع أن يقطع خط الملكية الخط الواصل بين النقطتين في نقطة ما (مثل k) كما في الشكل 5.20.



الشكل 5.20

$$\text{or, } R = \frac{ab/2}{\sin \phi}$$

أو استخدام قوانين أخرى تعتمد على خصائص الدائرة الهندسية.

مثال 5.3

منحنى أفقي دائري بسيط له زاوية مركزية $\Delta = 43^\circ 24'$ ، ودرجة تقوس $D = 4^\circ 30'$ ، ومحطة نقطة التقاطع : Stat. = 38 + 20 . يُراد توقيعه أو تسقيطه على الأرض باستخدام أربع طرق مختلفة هي : (1) طريقة الزوايا المماسية (أو زوايا الانحراف) و (2) طريقة الأعمدة على المماس و (3) طريقة الأعمدة على الونرو و (4) طريقة التسقيط من نقطة التقاطع. إجري الحسابات اللازمة للتوقيع مستخدماً الجداول اللازمة.

الحل :

تحسب أولاً العناصر والمحطات اللازمة للمنحني لغرض تسقيطه ، ثم تجرى الحسابات اللازمة للتوقيع في جداول وكالاتي :

$$R = \frac{573}{\Delta} = \frac{573}{4.5} = 127.33 \text{ m}$$

$$T = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} = 127.33 \times \tan \frac{43^\circ 24'}{2} = 50.67 \text{ m}$$

$$L = \frac{\pi \cdot R \cdot \Delta}{180} = \frac{\pi \times 127.33 \times 43.4}{180} = 96.45 \text{ m}$$

$$C = 2R \sin \frac{\Delta}{2} = 2 \times 127.33 \times \sin 21^\circ 42' = 94.16 \text{ m}$$

$$C/2 = \frac{94.16}{2} = 47.08 \text{ m}$$

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \Delta/2} - 1 \right) = 127.33 \left(\frac{1}{\cos 21^\circ 42'} - 1 \right) = 9.71 \text{ m}$$

$$M = R (1 - \cos \Delta/2) = 127.33 (1 - \cos 21^\circ 42') = 9.02 \text{ m}$$

$$\text{Stat. P. C.} = \text{Stat. P. I.} - T = (38 + 20) - (0 + 50.67) = 37 + 69.33$$

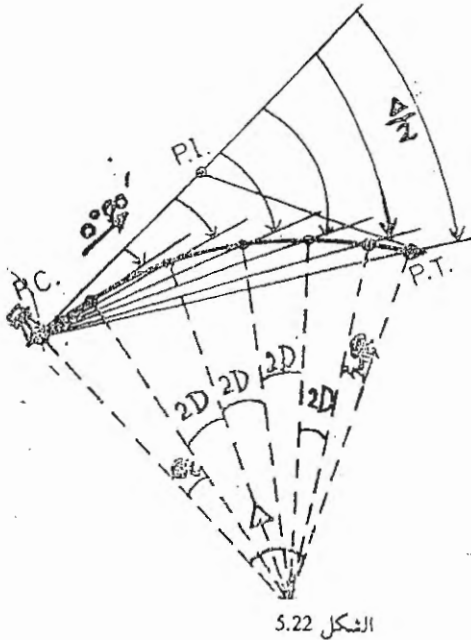
$$\text{Stat. P. T.} = \text{Stat. P. C.} + L = (37 + 69.33) + (0 + 96.45) = 38 + 65.78$$

(1) طريقة زوايا الانحراف (أو الزوايا المماسية) - الشكل 5.22

الحل : كما في الجدول 5.5

الجدول (5.5)

المحطة Station	زاوية الانحراف أو الزاوية المماسية Defl. angle	طول الوتر الكلي Total Chord (m)	طول الوتر الفردي أو الجزئي Single Chord (m)
P.C. = 37 + 69.33	0° 00'	0.00 m	0.00 m
37 + 80	$\frac{\theta_1}{2} = \frac{10.67}{20} \times 4.5 = 2^\circ 24'$	$2R \sin \frac{\theta_1}{2} =$ $2 \times 127.33 \times \sin 2^\circ 24' = 10.66$	$2R \sin \frac{\theta}{2} = 10.66$
38 + 00	$\frac{\theta_1}{2} + D = 2^\circ 24' + 4^\circ 30' = 6^\circ 54'$	$254.66 \sin 6^\circ 54' = 30.59$	$2R \sin D =$ $254.66 \sin 4^\circ 30' = 19.88$
38 + 20	$\frac{\theta_1}{2} + 2D = 6^\circ 54' + 4^\circ 30' = 11^\circ 24'$	$254.66 \sin 11^\circ 24' = 50.34$	19.88
38 + 40	$\frac{\theta_1}{2} + 3D = 11^\circ 24' + 4^\circ 30' = 15^\circ 54'$	69.77	19.88
38 + 60	$\frac{\theta_1}{2} + 4D = 15^\circ 54' + 4^\circ 30' = 20^\circ 24'$	88.77	19.88
P.T. = 38 + 65.78	$20^\circ 24' + \frac{\theta_f}{2} = 20^\circ 24' + \frac{5.78}{20} \times 4.5 = 20^\circ 24' + 1^\circ 18' = 21^\circ 42'$ $= \frac{\Delta}{2}$ Check	94.16 $= C$ ✓	$2R \sin \frac{\theta_f}{2} = 254.66 \sin 1^\circ 18'$ $= 5.78$



كما يمكن حساب زوايا الانحراف عن طريق حساب زاوية الانحراف

لكل متر طول على المنحني حيث أن :

$$\text{Defl. angle / mr.} = \frac{\Delta/2}{L} = \frac{21^\circ 42'}{96.45} = 0.225^\circ / \text{mr}$$

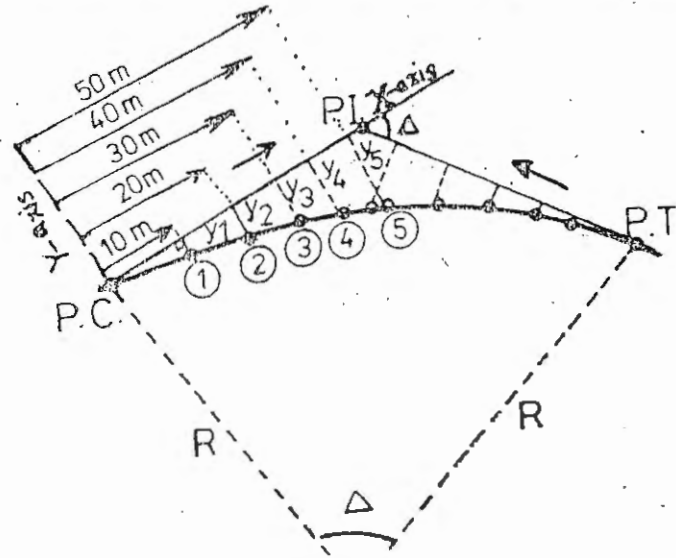
فمثلاً : أو أريد حساب زاوية الانحراف للنقطة ذات المحطة 38 + 20 فإن هذه الزاوية تساوي :

الجدول : ودارل الوتر إلى تلك المحطة يساوي : $\text{Total chord} = 2 \times 127.33 \sin 11^\circ 24' = 50.34\text{m}$ وهو نفسه طول الوتر الكلي لتلك المحطة.

(2) طريقة الاعمدة على المماس - الشكل 5.23

الحل: كما في الجدول 5.6

ويمكن إقامة اعمدة بالأطوال نفسها من المحطة P.T. وعلى المسافات نفسها باتجاه P.I.



الشكل 5.23

الجدول (5.6)

النقطة Point	x (m)	$y = R \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{x}{R} \right)^2} \right] (m)$
1	10 m	$y_1 = 127.33 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{10}{127.33} \right)^2} \right] = 0.39m$
2	20 m	$y_2 = 127.33 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{20}{127.33} \right)^2} \right] = 1.58m$
3	30 m	$y_3 = 3.58 m$
4	40 m	$y_4 = 6.45 m$
5	50 m	$y_5 = 10.23 m$
هذه اخر نقطة لان طول المماس = 50.67m		

(3) طريقة الاعمدة على الوتر - الشكل 5.24

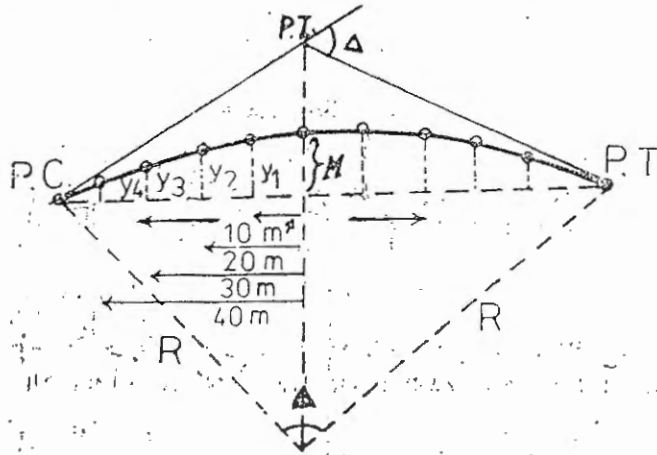
الحل: كما في الجدول 5.7

قيمة الحد الثابت:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{C/2}{R} \right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{47.08}{127.33} \right)^2} = 0.929132$$

الجدول (5.7)

النقطة Point	x (m)	$y = R \left[\sqrt{1 - \left(\frac{x}{R} \right)^2} - \sqrt{1 - \left(\frac{C}{2R} \right)^2} \right] (m)$
1	10 m	$y_1 = 127.33 \left[\sqrt{1 - \left(\frac{10}{127.33} \right)^2} - 0.929132 \right]$ $= 8.63 \text{ m}$
2	20 m	$y_2 = 7.44 \text{ m}$
3	30 m	$y_3 = 5.44 \text{ m}$
4	40 m	$y_4 = 2.58 \text{ m}$
هذه اخر نقطة لان طول نصف الوتر 47 = 08m =		



الشكل 5.24

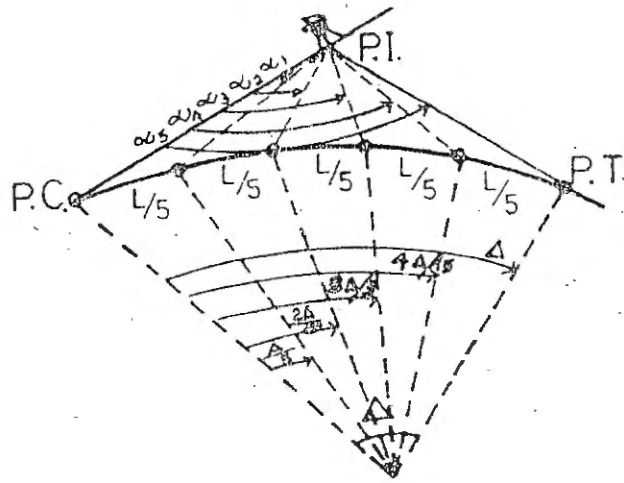
ويمكن اقامة اعمدة بالاطوال نفسها من الجهة اليمنى لمنتصف الوتر وباتجاه P.T.

(4) طريقة التسقيط من نقطة التقاطع (P.I) - الشكل 5.25

الحل: كما في الجدول 5.8

نقسم Δ إلى خمسة اجزاء ، كل جزء يساوي : $\Delta = \frac{43.4}{5} = 8.68 = 0$

$$0.397948 = \tan 21.7 = \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{قيمة}$$



الشكل 5.25

الجدول (5.8)

النقطة Point	θ°	$\alpha = \left(\frac{1 - \cos \theta}{\tan \Delta/2 - \sin \theta} \right)$	طول القوس الفردى $L (m)$	طول الوتر الفردى $C (m)$
1	8°-68	$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \cos 8^\circ 68'}{0.397948 - \sin 8^\circ 68'} \right) = 2^\circ 39'$	$\frac{L}{5} = \frac{96.45}{5} = 19.29$	$2R \sin \frac{8.68}{2} = 19.27$
2	17°-36	$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \cos 17^\circ 36'}{0.397948 - \sin 17^\circ 36'} \right) = 24^\circ 35'$	19.29	19.27
3	26-04	$\alpha_3 = 112^\circ 01'$	19.29	19.27
4	34-72	$\alpha_4 = 133^\circ 57'$	19.29	19.27
5	43°-40	$\alpha_5 = 136^\circ 36' = (180^\circ - \Delta) \therefore \checkmark$	19.29	19.27

مثال 5.4 °

استخدام الحاسبة الالكترونية في حسابات المنحني الدائري الافقي.

يبين الشكل 5.26 استخدام الحاسبة الالكترونية في حسابات المنحني الدائري البسيط والحصول على عناصر المنحني ومحطاته واحداثياتها، كما يبين حسابات التسقيط باستخدام الزوايا المماسية والاونار وكذلك احداثيات المحطات على المنحني لكل 20 م.

النسخة الاتي

HORIZONTAL CURVE

Circular curve data printout from CBM micro program HORIZONTAL

Copy 1 Dated 7th August 1984 (Data held on file h-circdemo)

Job name : Advanced Engineering Survey Ex. 5.10

Client : Commodore

Surveyor : H S White

Horizontal Circular Curve

Curve Ex. 5.10 (right)

Tangent alignment co-ordinates specified

Entry tangent		Exit tangent	
E	N	E	N
Point A 2675.454	3748.621	Point C 2965.131	5887.163
Point B 2845.736	4972.814	Point D 3647.162	3796.734

Curve specification

Radius	Degree	BC Chainage	Pt. A Chainage
400.000	14 19 26	29+14.034	50+00.000

Through chainage - standard chord length of 20

Computed data

Tangent length	3952.951	Long chord length	795.935
Curve length	1175.966	Rise of long chord	359.736
Apex distance (ED)	3573.138	Deflection angle	168 26 38

	Chainages	E	N
Beginning of Curve	29+14.034	2368.068	1682.546
Crown Point of Curve	35+02.013	2799.196	2027.159
End of Curve	40+89.993	3183.448	1652.814
Intersection Point	68+66.993	2932.678	5597.803
Centre of Circle		2784.254	1627.438

First sub-chord 5.966 58 Standard chords Final Sub-chord 5.993

Tangential angle for standard chord - 1 25 57 5156.6 secs

Continued -

Form 2 Curve right Ex. 5.10

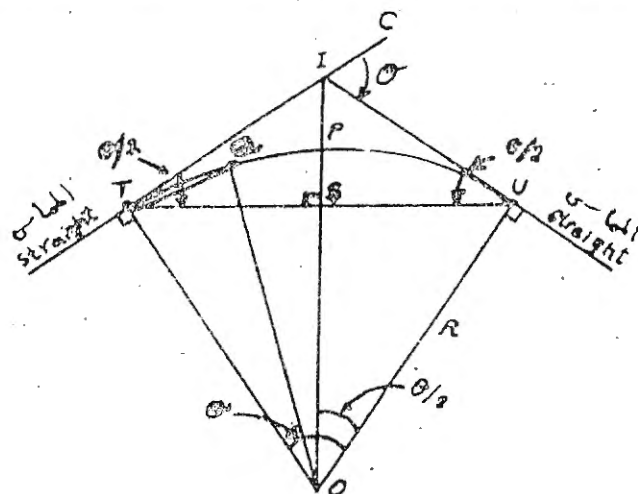
حسابات التقطع بالزوايا الماسة (والاحداثيات) والاورار

Curve point details			الاورار		الاحداثيات		الزوايا الماسة	
Peg	Chainage	Chord	E	N	E	N	Tangential Angles At BC	At EC
BC	29+14.034	5.966	2368.068	1682.546	00 00 00	64 13 19		
1	29+20.000	20.000	2368.934	1688.449	00 25 38	83 47 41		
2	29+40.000	20.000	2392.478	1708.131	1 51 30	82 21 44		
3	29+60.000	20.000	2397.000	1727.611	3 17 32	80 55 47		
4	29+80.000	20.000	2402.491	1746.840	4 43 28	79 29 51		
5	30+00.000	20.000	2408.936	1765.771	6 09 25	78 03 54		
6	30+20.000	20.000	2416.318	1784.356	7 35 21	76 37 57		
7	30+40.000	20.000	2424.621	1802.549	9 01 18	75 12 01		
8	30+60.000	20.000	2433.822	1820.385	10 27 15	73 46 04		
9	30+80.000	20.000	2443.900	1837.870		72 20 07		
10	31+00.000							

الشكل (5.26)

استخدام مصطلحات ورموز وقوانين أخرى (بريطانية) لأجراء حسابات العناصر والمحطات والتسقيط بطريقة الزوايا المماسية والاونار للمنحني الدائري الأفقي البسيط.

يبين الشكل 5.27 رموزاً لمنحن دائري بسيط ومصطلحات مستخدمة في المصادر البريطانية.



الشكل 5.27

Q (is any point on the circular curve TPU) TPU Q هي أية نقطة على المنحني

S (is the mid - point of the long chord TSU) TSU هي النقطة الوسطى للوتر الطويل

P (is the mid - point of the circular curve TPU) TPU هي النقطة الوسطى للمنحني

(intersection point) = I = نقطة التقاطع

T و U هما نقطتا التماس (tangent points) = T and U =

(deflection angle) = θ = (external angle at I) = angle CII' = θ هي زاوية انحراف
= الزاوية الخارجة في I

(radius of curvature) = $R =$ R هو نصف قطر المنحني

O هي مركز المنحني (centre of curvature) = O =

$$(\text{intersection angle}) = (180^\circ - \theta) = (\text{internal angle at I}) = \text{angle TIU} =$$

زاوية التقاطع... الزاوية الداخلية في A

(Long chord) = TC = $2R \cdot \sin \frac{\theta}{2}$ = طول الوتر الطويل

الزاوية المماسية (ITQ) = الزاوية المتبقية من المماس لأية نقطة على المنحنى

(tangential angle) for example (angle ITQ) = angle from the tangent length at T $\therefore$

(or U) to any point on the curve =

$$\begin{aligned}(\text{mid - ordinate}) &= PS = R (1 - \cos \theta / 2) = && \text{المسافة الوسطية} \\(\text{radius angle}) &= \text{angle TOU} = \text{deflection angle CIU} = && \text{TOU الزاوية القطرية او} \\&&& \text{المركزية = زاوية الانحراف} \\(\text{external distance}) &= PI = R (1 / \cos \theta / 2 - 1) = && \text{المسافة الخارجية} \\(\text{tangent length}) &= IT = IU = R \cdot \tan \frac{\theta}{2} = && \text{طول المماس}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\text{length of curve}) &= TPU = L_c = R \cdot \theta \text{ (in rad.)} = 100 \frac{\theta^\circ}{D^\circ} = \frac{\pi \cdot R \cdot \theta^\circ}{180^\circ} = \text{طول المنحني} \\&&& \text{(حيث } D^\circ \text{ تقابل قوساً طوله 100 م)} \\&&& \text{(أو } D \cdot R = 18000 / \pi \text{)}\end{aligned}$$

مسألة

منحنى دائري بسيط نصف قطره: $R = 600\text{m}$ يربط بين خطين مستقيمين بينها زاوية انحراف: $\theta = 13^\circ 16' 00''$. فإذا كانت مسافة (أو محطة) نقطة التقاطع تساوي 2745.72، أجر الحسابات اللازمة للمنحني وحسابات تسقيطه بطريقة الزوايا الماسة لكل 25 م أو مضاعفاتهما على المنحني.

الحل:

يبين الشكل 5.28 المنحني الدائري البسيط والمعلومات المتوفرة عنه، حيث تحسب العناصر والمحطات الرئيسية فيه ثم الوتران الجزئيان الأول والاخير والمحطات المتتالية للنقاط على المنحني. ثم يعمل جدول لحسابات التسقيط (الجدول 5.9).

$$TI = R \cdot \tan \frac{\theta}{2} = 600 \tan 6^\circ 38' = 69.78 \text{ m} : TI \quad \text{بحسب طول المماس}$$

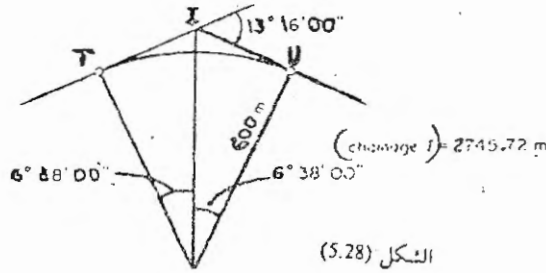
$$\begin{aligned}(\text{through chainage of T}) &= 2745.72 - 69.78 : \text{أو مسافة نقطة البداية} \\&= 2675.94 \text{ m}\end{aligned}$$

ثم يحسب طول الوتر الجزئي (أو الفردي) الأول لجعل مسافة (أو محطة) النقطة الأولى على المنحني من مضاعفات الـ 25 م وكالاتي (طول الوتر الجزئي الأول = initial sub-chord):

$$\text{initial Sub-Chord} = 2700 - 2675.94 = 24.06 \text{ m}$$

ثم بحسب طول المنحني:

$$\text{length of curve } \theta_{(rad)} = \frac{600 \times 13.2667 \times \pi}{180} = 138.93 \text{ m}$$



مسافة (أو محطة) نقطة التقاطع (I) =

وهكذا ، تكون مسافة نقطة النهاية (U):

$$\text{through chainage of U} = 2675.94 + 138.93 = 2814.87 \text{ m}$$

وبالتالي يكون طول الوتر الجزئي الأخير Final sub-chord

$$\text{final sub.chord} = 2814.87 - 2800 = 14.87 \text{ m}$$

وهكذا ، تكون اطوال الاوتار المستخدمة هي:

$$\text{initial sub-chord of } 24.06 \text{ m} = (\text{الاول})$$

$$\text{general chord of } 25.00 \text{ m} = (\text{العام : أي وتر في الوسط})$$

$$\text{final sub-chord of } 14.87 \text{ m} = (\text{الآخر})$$

اما الزاوية المماسية النردية لكل من هذه الاوتار ويرمز لها α فتساوي بالدقائق:

$$\alpha = 1718.9 \times \frac{\text{Chord Length}}{\text{Radius}} \quad (\text{in min})$$

(للوتر الاول)

$$\text{for initial sub-chord} = 1718.9 \times (24.06 / 600) = 68.93' = 01^{\circ}08'56''$$

(للوتر العام)

$$\text{for general chord} = 1718.9 \times (25.00 / 600) = 71.62' = 01^{\circ}11'37''$$

(للوتر الأخير)

$$\text{for final sub-chord} = 1718.9 \times (14.87 / 600) = 42.60' = 00^{\circ}42'36''$$

وعند استخدام اطوال الاوتار كافة للمنحني وكذلك الزوايا المماسية ، سيكون المنحني شاملاً للشقاط T و C₁ و C₂ و C₃ و U (كما مبين في الجدول 5.9) حيث يمكن تسقيطها باستخدام الاوتار الجزئية والزوايا المماسية لها. ولغرض التحقق من الحسابات، فإن مجموع الاوتار يجب ان يساوي طول المنحني، والزاوية المماسية النهائية الكلية يجب ان تساوي $\theta / 2$.

الجدول (5.9) حسابات التسقيط بطريقة الزوايا المماسية

Point	Chainage	Chord Length	Individual Tangential	Cumulative Tangential
النقطة	(m) المسافة أو المحطة	(m) طول الوتر الجزئي أو الفردي	Angle الزاوية المماسية الفردية	Angle الزاوية المماسية الكلية
T	2675.94	0	00°00'00"	00°00'00"
C ₁	2700.00	24.06	01°08'56" (α_1)	01°08'56"
C ₂	2725.00	25.00	01°11'37" (α_2)	02°20'33"
C ₃	2750.00	25.00	01°11'37" (α_3)	03°32'10"
C ₄	2775.00	25.00	01°11'37" (α_4)	04°43'47"
C ₅	2800.00	25.00	01°11'37" (α_5)	05°55'24"
U	2814.87	14.87	00°42'36" (α_6)	06°38'00"
		$\Sigma = 138.93$ (check)		$= \frac{\theta}{2}$ (check)

مثال (5.6)

استخدام احداثيات نقطتي سيطرة واحداثيات المنحني الدائري لتسقيطه بطريقة التقاطع الامامي Intersection باستخدام اتجاهين من نقطتي السيطرة نحو كل نقطة على المنحني.

مسألة

تؤخذ المعلومات الخاصة بالمثال السابق (5.5) لفرض تسقيطه باستخدام طريقة التقاطع الامامي من نقطتي تضليع (أو سيطرة) هما A و B معلومتي الاحداثيات (ويكونان خط قاعدة AB). ثم بواسطة ارسادات من هاتين النقطتين تحسب احداثيات نقطة البداية للمنحني (T)، وبواسطة الرصد من (T) نحو نقطة التقاطع (I) حسب الاتجاه الدائري (أو AZ. أو Bearing كما يسمى في الحل ادناه) للماس TI وكان يساوي: $63^\circ 27' 14''$. أما احداثيات A و B و T فكانت:

A: 829.17 mE, 724.43 mN

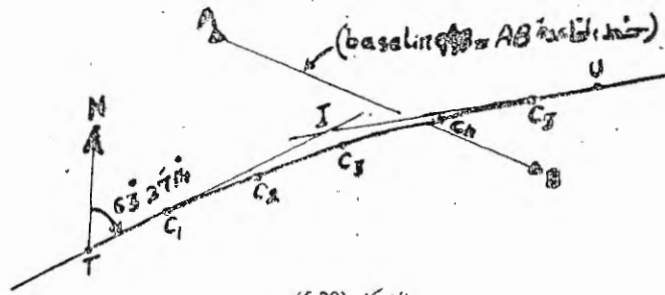
B: 915.73 mE, 691.77 mN

T: 798.32 mE, 666.29 mN

والمطلوب حساب: (1) احداثيات النقاط على المنحني لكل 25 م، و (2) الاتجاهات الدائرية من نقطة A نحو النقاط على المنحني، و (3) الاتجاهات الدائرية ايضا من نقطة B نحو النقاط على المنحني، لفرض تثبيت مواقع هذه النقاط بطريقة التقاطع الامامي (باستخدام اتجاهين نحو كل نقطة).

الحل:

يبين الشكل 5.29 المنحني الدائري TU ونقاطه وموقعي A و B واتجاه الشمال ، حيث تجرى الحسابات كما مبين ادناه.



الشكل (5.29)

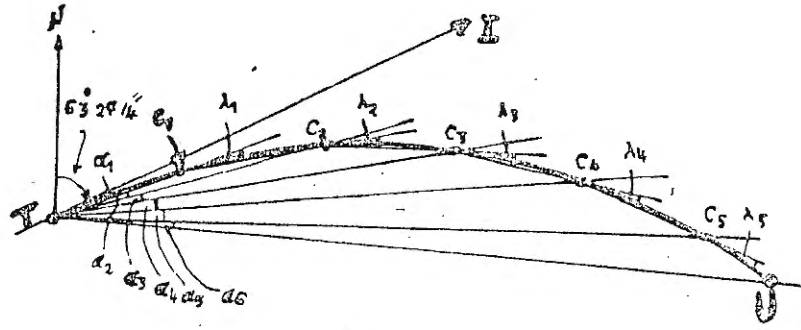
(I) Coordinates of all the points on the centreline

(1) حسابات احداثيات نقاط المنحني

تحتسب اتجاهات الاوتار الجزئية اولاً ثم تستخدم معها اطوال الاوتار الجزئية واحداثيات نقطة T للحصول على احداثيات نقاط المنحني (انظر الشكل 5.30 والجدول 5.9 للمثال السابق).

الجدول (5.9)

Point	Chainage (m)	Chord Length (m)	Individual Tangential Angle	Cumulative Tangential Angle
T	2675.94	0	00°00'00"	00°00'00"
C ₁	2700.00	24.06	01°08'56" (α_1)	01°08'56"
C ₂	2725.00	25.00	01°11'37" (α_2)	02°20'33"
C ₃	2750.00	25.00	01°11'37" (α_3)	03°32'10"
C ₄	2775.00	25.00	01°11'37" (α_4)	04°43'47"
C ₅	2800.00	25.00	01°11'37" (α_5)	05°55'24"
U	2814.87	14.87	00°42'36" (α_6)	06°38'00"
		$\Sigma = 138.93$ (checks)		0 = 2



الشكل 5.30

Coordinates of C_1

أحداثيات C_1
بحسب الاتجاه الدائري للوتر (TC_1):

$$\begin{aligned} \text{Brg. } TC_1 &= \text{Brg. TI} + \alpha_1 \\ &= 63^\circ 27' 14'' + 01^\circ 08' 56'' = 64^\circ 36' 10'' \end{aligned}$$

ولما كان طول الوتر الجزئي الأول (TC_1) يساوي:

$$\text{Horiz. length } TC_1 = 24.06 \text{ m}$$

فإن فرقي التشريق والتشميل يساويان:

$$\Delta E_{TC_1} = 24.06 \sin 64^\circ 36' 10'' = + 21.735 \text{ m}$$

$$\Delta N_{TC_1} = 24.06 \cos 64^\circ 36' 10'' = + 10.319 \text{ m}$$

وهكذا تكون أحداثيات C_1 :

$$\begin{aligned} E_{C_1} &= E_T + (\Delta E_{TC_1}) \\ &= 798.32 + 21.735 = 820.055 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{C_1} &= N_T + (\Delta N_{TC_1}) \\ &= 666.29 + 10.319 = 676.609 \text{ m} \end{aligned}$$

Coordinates of C_2

أحداثيات C_2

نحسب الزاوية λ_1 كالآتي (انظر الشكل 5.31 والجداول 5.9):

$$\lambda_1 + (90^\circ - \alpha_1) + (90^\circ - \alpha_2) = 180^\circ$$

$$\therefore \lambda_1 = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$= 01^\circ 08' 56'' + 01^\circ 11' 37'' = 02^\circ 20' 33''$$

ثم يحسب الاتجاه الدائري C_1C_2

$$\text{Brg. } C_1C_2 = \text{Brg. } TC_1 + \lambda_1$$

$$= 64^\circ 36' 10'' + 02^\circ 20' 33'' = 66^\circ 56' 43''$$

ولما كان طول C_1C_2 يساري :

$$\text{Horiz. length } C_1C_2 = 25.00\text{m}$$

$$\therefore \Delta E_{C_1C_2} = 25.00 \sin 66^\circ 56' 43'' = + 23.003 \text{ m}$$

$$\Delta N_{C_1C_2} = 25.00 \cos 66^\circ 56' 43'' = + 9.790\text{m}$$

وهكذا تكون إحداثيات C_2 :

$$E_{C_2} = E_{C_1} + (\Delta E_{C_1C_2})$$

$$= 820.055 + 23.003 = 843.058 \text{ m}$$

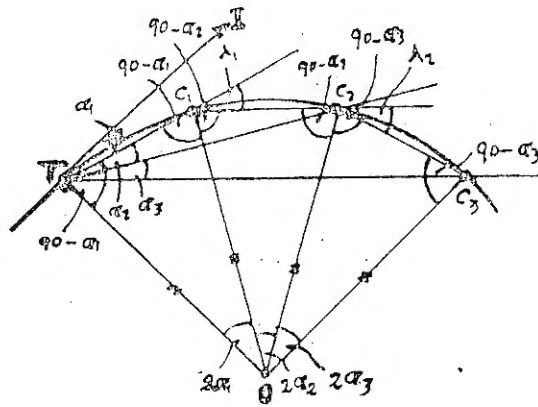
$$N_{C_2} = N_{C_1} + (\Delta N_{C_1C_2})$$

$$= 676.609 + 9.790 = 686.399 \text{ m}$$

Coordinates of C_3

إحداثيات C_3

تُحسب الزاوية λ_2 كالآتي (انظر الشكل 5.31 والجدول 5.9) :



الشكل 5.31

$$\lambda_2 = \alpha_2 + \alpha_3$$

$$= 01^\circ 11' 37'' + 01^\circ 11' 37'' = 02^\circ 23' 14''$$

ثم يحسب الاتجاه الدائري C_2C_3 :

$$\text{Brg. } C_2C_3 = \text{Brg. } C_1C_2 + \lambda_2$$

$$= 66^\circ 56' 43'' + 02^\circ 23' 14'' = 69^\circ 19' 57''$$

ولما كان طول C_2C_3 يساري :

$$\text{Horiz. length } C_2C_3 = 25.00\text{m}$$

$$\therefore \Delta E_{C_2C_3} = 25.00 \sin 69^\circ 19' 57'' = + 23.391 \text{ m}$$

$$\Delta N_{C_2C_3} = 25.00 \cos 69^\circ 19' 57'' = + 8.824 \text{ m}$$

ومكذا تكون احداثيات C_3 :

$$E_{C_3} = E_{C_2} + (\Delta E_{C_2C_3})$$

$$= 843.058 + 23.391 = 866.449 \text{ m}$$

$$N_{C_3} = N_{C_2} + (\Delta N_{C_2C_3})$$

$$= 686.399 + 8.824 = 695.223 \text{ m}$$

Coordinates of C_4 and C_5

احداثيات C_4 و C_5

تُحسب الاحداثيات هذه بالطريقة نفسها التي حُسبت فيها احداثيات C_2 و C_3 .
ومكذا تكون احداثياتها:

$$C_4 = 890.187 \text{ m E}, 703.065 \text{ m N}$$

$$C_5 = 914.231 \text{ m E}, 709.911 \text{ m N}$$

Coordinates of U

احداثيات نقطة النهاية U

تُحسب الاحداثيات هذه مرتين لغرض التحقق. حيث تُحسب اولاً بالطريقة نفسها التي حُسبت فيها احداثيات C_2 و C_3 ، وبالتالي تكون احداثيات U:

$$U = 928.660 \text{ m E}, 713.505 \text{ m N}$$

ثم تُحسب ثانياً عن طريق استخدام المماسين TI و TU كآتي:

$$\text{Brg. TI} = 63^\circ 27' 14'' \quad \text{الاتجاه الدائري للمماس TI}$$

وطول TI:

$$\text{Horiz. length TI} = 69.78 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta E_{TI} = 69.78 \sin 63^\circ 27' 14'' = + 62.423 \text{ m}$$

$$\Delta N_{TI} = 69.78 \cos 63^\circ 27' 14'' = + 31.186 \text{ m}$$

ومكذا تكون احداثيات I:

$$E_I = E_T + (\Delta E_{TI})$$

$$= 798.32 + 62.423 = 860.743 \text{ m}$$

$$N_I = N_T + (\Delta N_{TI})$$

$$= 666.29 + 31.186 = 697.476 \text{ m}$$

ولما كانت زاوية الانحراف الكلية θ تساوي: $\theta = 13^\circ 16' 00''$

فإن الاتجاه الدائري للمماس IU: $\text{Brg. IU} = \text{Brg. TI} + \theta$

$$= 63^{\circ} 27' 14'' + 13^{\circ} 16' 00'' = 76^{\circ} 43' 14''$$

$$\text{Horiz. length IU} = 69.78 \text{ m} \quad \text{وطول IU}$$

$$\therefore \Delta E_{IU} = 69.78 \sin 76^{\circ} 43' 14'' = +67.914 \text{ m}$$

$$\Delta N_{IU} = 69.78 \cos 76^{\circ} 43' 14'' = +16.029 \text{ m}$$

وهكذا تكون احداثيات U:

$$E_U = E_I + (\Delta E_{IU})$$

$$= 860.743 + 67.914 = 928.657 \text{ m}$$

$$N_U = N_I + (\Delta N_{IU})$$

$$= 697.476 + 16.029 = 713.505 \text{ m}$$

وهذه الاحداثيات تتفق مع سابقاتها عدا بعض المليمترات ، وبذلك فان الحسابات صحيحة .
ويبين الجدول 5.10 احداثيات النقاط كافة على المنحني الدائري.

الجدول 5.10 حسابات الاحداثيات والاتجاهات الدائرية (للتسقيط بطريقة التقاطع الامامي)

Point النقطة	Chainage (m) المسافة أو المحطة	Coordinates mE الاحداثيات	mN	Bearing from A الاتجاه الدائري من A (AZ.)	Bearing from B الاتجاه الدائري من B (AZ.)
T	2675.94	798.32	666.29	207° 56' 59"	257° 45' 23"
C ₁	2700.00	820.05 (5)	676.61	190 47 34	260 59 44
C ₂	2725.00	843.06	686.40	159 56 24	265 46 26
C ₃	2750.00	866.45	695.22	128 04 39	274 00 33
C ₄	2775.00	890.19	703.06 (5)	109 17 51	293 51 17
C ₅	2800.00	914.23	709.91	99 41 09	355 16 36
U	2814.87	928.66	713.50 (5)	96 15 55	30 44 59
Bearing AB = 110°40'19"		Bearing BA = 290°40'19"			

(2) حسابات الاتجاهات الدائرية من نقطة السيطرة (A) نحو نقاط المنحني الدائري

(2) Brg. AB and the Brgs. to the points on Curve from A

تحتسب الاتجاهات الدائرية هذه بوساطة الحسابات المعكوسة (أو حساب طول واتجاه خط من احداثيات نقطتي النهاية له) عن طريق استخدام احداثيات (A) واحداثيات كل من النقاط على المنحني الدائري (راجع الجدول 5.10).

(3) حسابات الاتجاهات الدائرية من نقطة السيطرة (B) نحو نقاط المنحني الدائري

(3) Brg. BA and the Brgs. to the points on curve from B

تحسب الاتجاهات الدائرية هذه ايضا بواسطة الحسابات المعكوسة عن طريق استخدام احداثيات (B) واحداثيات كل من النقاط على المنحني الدائري (راجع الجدول 5.10).

ويبين الجدول 5.10 محطات واجداثيات نقاط المنحني الدائري كافة (المطلوب تسقيطها) والاتجاهات الدائرية المحسوبة نحو هذه النقاط من نقطتي السيطرة (A) و (B)، لغرض تسقيط هذه النقاط بطريقة التقاطع الامامي إن أريد ذلك (وهي إحدى طرق تقنيات المواقع المذكورة سابقاً).

Compound Circular Curve

5.3.2 المنحني الدائري المركب

وهو المنحني الذي يتألف من منحنيين دائريين (أو أكثر) لهما نصف قطرین (أو أكثر) ومركزین (أو أكثر)، ويكون اتجاه الانحناء للمنحنيين في جهة واحدة من المماس الرئيسي الأول، كما أن نصفي القطرين ومركزي المنحنيين يقعان في جهة واحدة من المماس المشترك بينهما (أو انصاف الاقطار والمراكز تقع في جهة واحدة من المماسات المشتركة). ويستخدم المنحني الدائري المركب في الحالات التي تستدعي طبيعة الارض استخدامه كما في الاراضي الجبلية حيث يجب ان يتبع الخط المركزي حافات المرتفعات والجبال، كما يستخدم ايضا في التقاطعات السطحية الكبيرة والتقاطعات المعزولة Intersections & Interchanges لغرض التغير التدريجي في الانحناء، والاسراع والابطاء في السرعة بصورة تدريجية ايضا بما يضمن السلامة والراحة للركاب.

وسوف يذكر هنا نوعان من المنحنیات المركبة وهما المنحني المركب ذو النصفي قطرين أو ذو المركزين والمنحني المركب ذو الثلاثة انصاف اقطار أو ذو الثلاثة مراكز، وتشرح الحسابات اللازمة للعناصر والمحطات وطرق التسقيط لهما، وكما يأتي :

5.3.2.1 المنحني الدائري المركب ذو النصفي قطرين أو ذو المركزين - الشكل 5.32

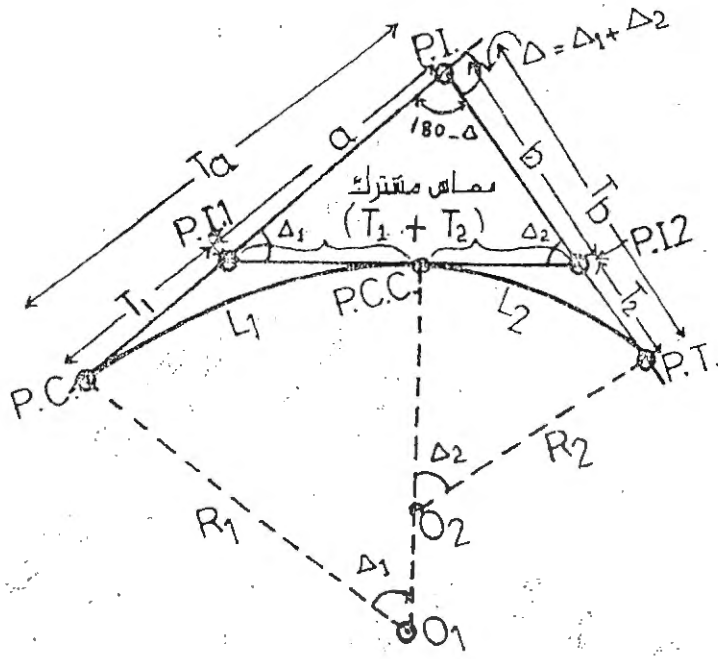
تم حسابات هذا المنحني كالاتي : Two - Centered Compound Circular Curve

أ) تحسب عناصر كل منحنى على حدة، وذلك باستخدام R_1 و Δ_1 للمنحنى الاول و R_2 و Δ_2 للمنحنى الثاني. كما يمكن عمل جدول لتسقيط كل منحنى بأحدى الطرق المذكورة سابقا في المنحني البسيط. وتستخدم القوانين نفسها كذلك لغرض العناصر.

ب) لغرض حساب طول المماس الرئيسي الاول (T_1) وقد يسمى احيانا بالمماس الخلفي) وطول المماس الرئيسي الثاني (T_2) وقد يسمى ايضا بالمماس الامامي)، يتبع الآتي :

1- بحسب طول المماس المشترك Common Tangent والذي يساوي : $C.T. = T_1 + T_2$

2- تحسب زاوية الانحراف الكلية للمنحني المركب (Δ) والتي تساوي $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$



الشكل 5.32

3- بحسب المسافة (a) بين المحطتين P.I. $\rightarrow$ P.I. $\rightarrow$ والمسافة (b) بين المحطتين P.I. $\rightarrow$ P.I. $\rightarrow$ باستخدام قانون الجيوب للمثلث (P.I. $\rightarrow$ P.I. $\rightarrow$ P.I.) كالآتي :

$$\frac{(T_1 + T_2)}{\sin(180^\circ - \Delta)} = \frac{a}{\sin \Delta_2} = \frac{b}{\sin \Delta_1} \quad \dots (5.17)$$

$$a = \frac{(T_1 + T_2)}{\sin(180^\circ - \Delta)} \times \sin \Delta_2 \quad \dots (5.17a)$$

and,

$$b = \frac{(T_1 + T_2)}{\sin(180^\circ - \Delta)} \times \sin \Delta_1 \quad \dots (5.17b)$$

4- بحسب طول المماس الرئيسي الأول (T_1) الذي يساوي :

$$T_a = T_1 + a \quad \dots (5.17c)$$

ثم بحسب طول المماس الرئيسي الثاني (T_2) الذي يساوي :

$$T_b = T_2 + b \quad \dots (5.17d)$$

ويستخدم المماسان T_a و T_b لغرض تثبيت المحطتين P.C. و P.T. من المحطة P.I. عندما يسقط المنحني المركب.
 (ج) تحسب المحطات الرئيسية الثلاث للمنحني (P.C. و P.C.C. و P.T.) بعد معرفة المحطة (P.I.) من حسابات محطات الخط المركزي. وقد أعطيت الرموز والمصطلحات نفسها لهذه المحطات كما في المنحني الدائري البسيط عدا المحطة P.C.C. والمحطتان الثانويتان P.I. $\rightarrow$ و P.I. $\rightarrow$ (الثان قد تحسبان في بعض الاحيان).

أما المحطة P.C.C. فهي : محطة التحدب أو التقوس المركب Point of Compound Curvature ، والمحطة P.I.₁ هي : نقطة التقاطع للمنحني الأول ، والمحطة P.I.₂ هي : نقطة التقاطع للمنحني الثاني. ويتم حساب المحطات الرئيسية والثانوية كالآتي (إذا علت المحطة P.I.) :

$$\text{Stat. P.C.} = \text{Stat. P.I.} - T_a \quad \dots (5.18)$$

$$\text{Stat. P.C.C.} = \text{Stat. P.C.} + L_1 \quad \dots (5.18a)$$

$$\text{Stat. P.T.} = \text{Stat. P.C.C.} + L_2 \quad \dots (5.18b)$$

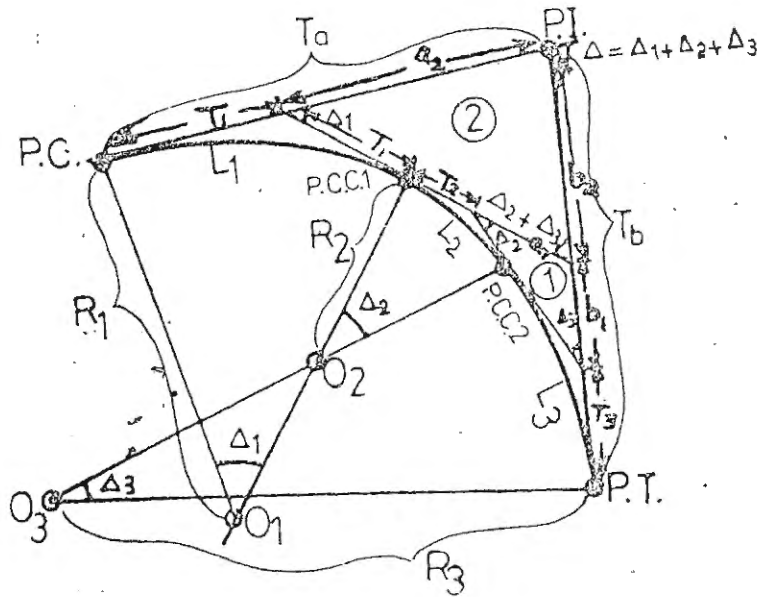
$$\text{Stat. P.I.}_1 = \text{Stat. P.C.} + T_1 \quad \dots (5.18c)$$

$$\text{Stat. P.I.}_2 = \text{Stat. P.C.C.} + T_2 \quad \dots (5.18d)$$

ولفرض تمقيط المنحني المركب، يسقط المنحني الأول ابتداءً من P.C. وباستخدام الجداول الخاصة به وحسب الطريقة المختارة، ثم يسقط المنحني الثاني ابتداءً من P.C.C. وباستخدام الجداول الخاصة به للتمقيط، وكما تم شرحه للمنحني الدائري البسيط.

5.3.2.2 المنحني المركب ذو الثلاثة انصاف اقطار أو ذو الثلاثة مراكز - الشكل 5.33

Three - Centered Compound Circular Curve



الشكل 5.33

يتم اجراء الحسابات لهذا المنحني كالآتي :

- أ) تحسب عناصر كل منحني على حدة باستخدام القوانين للمنحني البسيط نفسها.
 ب) تحسب اضلاع المثلثين (1) و (2) باستخدام قانون الجيوب وكما تم للمنحني ذو المراكزين آنفاً وكالآتي :

للمثلث (1):

$$\frac{T_2 + T_3}{\sin (180 - \Delta_2 - \Delta_3)} = \frac{a_1}{\sin \Delta_3} = \frac{b_1}{\sin \Delta_2} \quad \dots (5-19)$$

وللمثلث (2):

$$\frac{T_1 + T_2 + a_1}{\sin (180 - \Delta)} = \frac{a_2}{\sin (\Delta_2 + \Delta_3)} = \frac{b_2}{\sin \Delta_1} \quad \dots (5-19a)$$

حيث أن:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

(ج) بحسب طول المماسين T_a و T_b كالاتي:

$$T_a = T_1 + a_2, T_b = T_3 + b_1 + b_2 \quad \dots (5-19b,c)$$

(د) تحسب المحطات كالاتي (إذا علمت المحطة P.I.):

$$\text{Stat. P.C.} = \text{Stat. P.I.} - T_a \quad \dots (5-20)$$

$$\text{Stat. P.C.C.}_1 = \text{stat. P.C.} + L_1 \quad \dots (5-20a) \quad \text{(وهي محطة التقوس المركب الاولى)}$$

$$\text{Stat. P.C.C.}_2 = \text{Stat. P.C.C.}_1 + L_2 \quad \dots (5-20b) \quad \text{(وهي محطة التقوس المركب الثانية)}$$

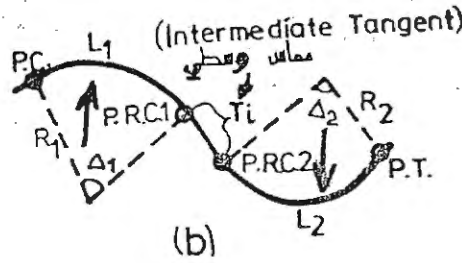
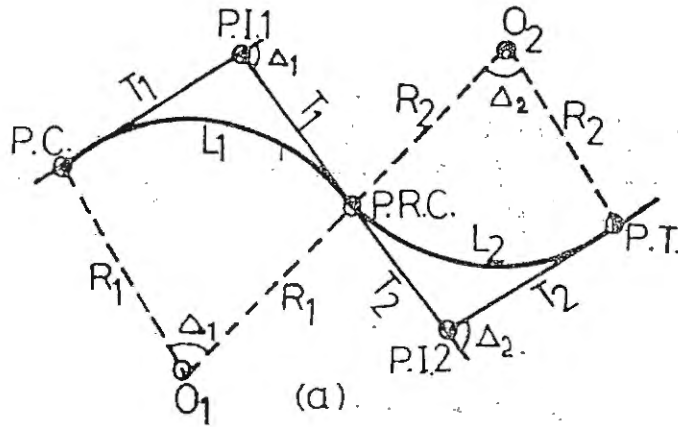
$$\text{Stat. P.T.} = \text{Stat. P.C.C.}_2 + L_3 \quad \dots (5-20c)$$

ولغرض تسقيط المنحني المركب هذا، يسقط المنحني الاول ابتداءً من P.C. ثم المنحني الثاني ابتداءً من P.C.C.₁ ثم المنحني الثالث ابتداءً من P.C.C.₂ كلاً حسب الجدول الخاص به للتسقيط وبالطريقة المختارة للتسقيط، وكما تم شرحه للمنحني الدائري البسيط.

ويمكن حساب احداثيات المحطات الخارجية ومراكز المنحنيات لأي من النوعين المذكورين من المنحني المركب، على اعتبار أن المسافات المستقيمة من مماسات وانصاف اقطار واتجاهاتها تشكل مضلعاً دائرياً مغلقاً، يمكن حساب احداثيات اركانها بالطرق العادية المتبعة.

5.3.3 المنحني الدائري المعكوس (أو المقلوب) Reverse Circular Curve – الشكل 5.34

وهو المنحني الذي يتألف من منحنيين دائريين بسيطين لكل منهما نصف قطر خاص به ومركز خاص به ايضاً ويكون إتجاه انحناء احدهما بعكس إتجاه انحناء الآخر، كما أن نصف قطر مركز احدهما في جهة من المماس المشترك (إلى اليمين مثلاً) ونصف قطر ومركز الآخر في الجهة الاخرى من المماس المشترك (إلى اليسار مثلاً) وكما مبين في الشكل 5.31a. ويستخدم هذا المنحني عند الضرورة، وخاصة في المناطق الجبلية الوعرة حيث يتغير إتجاه الانحناء من اليمين إلى اليسار وبالعكس تماثياً مع تدرج المرتفعات في المستوي الافقي. وقد يضاف بين المنحنيين خط مستقيم بطول معلوم حسب المواصفات المتبعة يدعى بالمماس الوسطي Intermediate Tangent لأعطاء مسافة كافية للتغيير التدريجي في الميل الاضافي لسطح الطريق (أو الرفع الجانبي Superelevation) من إتجاه معين نحو مركز المنحني الاول إلى الإتجاه المعاكس للمنحني الثاني، حيث أن القوة الطاردة المركزية في كل منحني تكون معاكسة في الإتجاه للمنحني الآخر وكما مبين في الشكل 5.34b.



الشكل 5.34

ويتم إجراء الحسابات كالآتي :
 أ) نحسب عناصر كل منحنى على حدة ، وباستخدام القوانين نفسها للمنحنى الدائري البسيط .
 ب) نحسب المحطات مباشرة كما يأتي (إذا علمت المحطة $(P.I._1)$:

$$\text{Stat. P.C.} = \text{Stat. P.I.}_1 - T_1 \quad \dots (5.21)$$

$$\text{Stat. P.R.C.} = \text{Stat. P.C.} + L_1 \quad \dots (5.21a)$$

ويقصد بالمحطة P.R.C : نقطة التحدب أو التقوس المعكوس (Point of Reverse Curvature)

$$\text{Stat. P.T.} = \text{Stat. P.R.C.} + L_2 \quad \dots (5.21b)$$

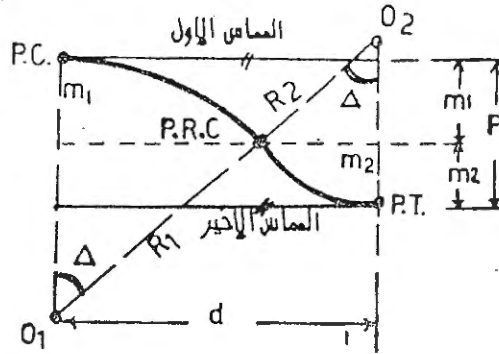
$$\text{Stat. P.I.}_2 = \text{Stat. P.R.C.} + T_2 \quad \dots (5.21c)$$

وتستخدم القوانين نفسها للمنحنى المعكوس ذي المماس الوسطي مع إضافة طوله (T_1) إلى محطة التقوس المعكوس الأولى للحصول على محطة التقوس المعكوس الثانية كالآتي :

$$\text{Stat. P.R.C.}_2 = \text{Stat. P.R.C.}_1 + T_1 \quad \dots (5.21d)$$

ويتم تسقيط المنحني المعكوس بتسقيط المنحني الاول ابتداءً من P.C. ثم تسقيط المنحني الثاني ابتداءً من P.R.C. ، وباستخدام الجدول والطريقة المختارة للتسقيط لكل منها، ومع ملاحظة إتجاه التسقيط لكل منها ومراعاة الزوايا المماسية التي ستمتد لتعيين مواقع النقاط للمنحني.

وهناك حالة خاصة للمنحني المعكوس تحصل عندما يكون المماسان الاول والاخير متوازيين كما مبين في الشكل 5.35 ، وهذا يحصل في حالة تغيير الاتجاهات في الطرق المتوازية أو تغيير خطوط السكك الحديد للقطارات وهو ما يسمى وُصلة التحويل بين خط وآخر (railroad cross-overs أو railroad turnouts). ويمكن حساب العناصر p و d كما يأتي (إذا علم R_1 و R_2 و Δ):



الشكل 5.35

$$d = R_1 \cdot \sin \Delta + R_2 \cdot \sin \Delta$$

$$\therefore d = (R_1 + R_2) \sin \Delta \quad \dots (5-22)$$

$$\text{and, } p = m_1 + m_2$$

$$= R_1 (1 - \cos \Delta) + R_2 (1 - \cos \Delta)$$

$$\therefore p = (R_1 + R_2) (1 - \cos \Delta) \quad \dots (5-22a)$$

$$\text{or, } p = (R_1 + R_2) \cdot \text{versin } \Delta$$

كما يمكن حساب أي عنصرين من المعادلتين أعلاه إذا علمت الثلاثة عناصر الأخر.

وإذا كان نصف القطرين متساويين وكل منها يساوي R : $R = R_1 = R_2$

$$\text{فإن : } d = 2R \cdot \sin \Delta \text{ و } p = 2R (1 - \cos \Delta) \text{ ، وكذلك } \cos \Delta = \frac{2R - p}{2R}$$

مثال 5.7

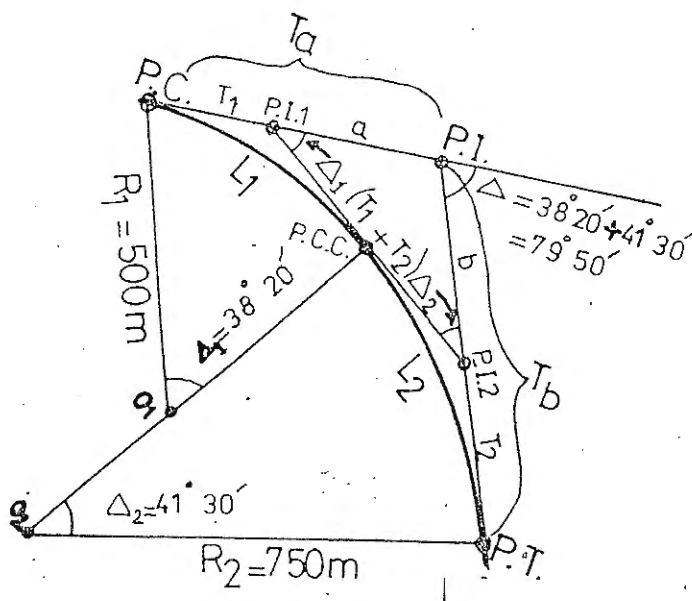
احسب محطات المنحني الافقي الدائري المركب ، إذا علمت أن :

المحطة : stat. P.I. = 28 + 50 ، ونصف قطر المنحني الاول : $R_1 = 500\text{m}$ ، وزاويته المركزية : $\Delta_1 = 38^\circ 20'$ ،

ونصف قطر المنحني الثاني : $R_2 = 750\text{m}$ ، وزاويته المركزية : $\Delta_2 = 41^\circ 30'$

الحل

نحسب أولا العناصر اللازمة للحصول على المخططات وهي : T_1, L_1, T_2, L_2, a, b ثم نحسب المخططات.



الشكل 5.36

$$T_1 = 500 \tan 19^\circ 10' = 173.79\text{m}$$

$$L_1 = \frac{\pi \times 500 \times 38.333}{180} = 334.52\text{m}$$

$$T_2 = 750 \tan 20^\circ 45' = 284.15\text{m}$$

$$L_2 = \frac{\pi \times 750 \times 41.5}{180} = 543.23\text{m}$$

$$\frac{T_1 + T_2}{\sin(180 - \Delta)} = \frac{a}{\sin \Delta_2} = \frac{b}{\sin \Delta_1}$$

$$\frac{173.79 + 284.15}{\sin(180 - 79.50)} = \frac{a}{\sin 41.30} = \frac{b}{\sin 38.20}$$

$$a = \frac{457.94 \times \sin 41.30}{\sin 79.50} = 308.28\text{m} \therefore T_a = 173.79 + 308.28 = 482.07\text{m}$$

$$b = \frac{457.94 \times \sin 38.20}{\sin 79.50} = 288.56\text{m} \therefore T_b = 288.56 + 284.15 = 572.71\text{m}$$

$$\text{Stat. P.C.} = \text{Stat. P.I.} - T_a = (28 + 50) - (4 + 82.07) = 23 + 67.93$$

$$\text{Stat. P.I.1} = \text{Stat. P.C.} + T_1 = (23 + 67.93) + (1 + 73.79) = 25 + 41.72$$

$$\text{Stat. P.C.C.} = \text{Stat. P.C.} + L_1 = (23 + 67.93) + (3 + 34.52) = 27 + 02.45$$

$$\text{Stat. P.I.2} = \text{Stat. P.C.C.} + T_2 = (27 + 02.45) + (2 + 84.15) = 29 + 86.60$$

$$\text{Stat. P.T.} = \text{Stat. P.C.C.} + L_2 = (27 + 02.45) + (5 + 43.23) = 32 + 45.68$$

مثال 5.8

احسب محطات المنحني الافقي الدائري المعكوس، إذا علمت أن المحطة : $\text{Stat. P.R.C.} = 58 + 60$

$$\Delta_1 = 25^\circ 32', R_1 = 200\text{m} \text{ و } \Delta_2 = 35^\circ 40', R_2 = 350\text{m}$$

الحل : (أنظر الشكل 5.37)

$$T_1 = 200 \tan 12^\circ 46' = 45.32\text{m}, L_1 = \frac{\pi \times 200 \times 25.533}{180} = 89.12\text{m}$$

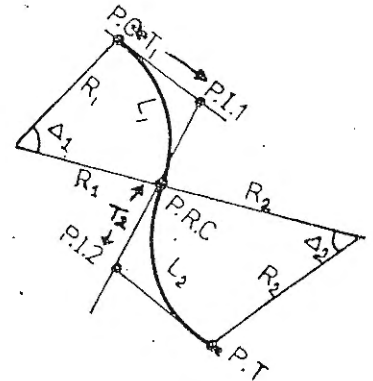
$$T_2 = 350 \tan 17^\circ 50' = 112.60\text{m}, L_2 = \frac{\pi \times 350 \times 35.667}{180} = 217.90\text{m}$$

$$\text{Stat. P.C.} = \text{P.R.C.} - L_1 = (58 + 60) - (0 + 89.12) = 57 + 70.88$$

$$\text{Stat. P.I.1} = \text{P.C.} + T_1 = (57 + 70.88) + (0 + 45.32) = 58 + 16.20$$

$$\text{Stat. P.I.2} = \text{P.R.C.} + T_2 = (58 + 60) + (1 + 12.60) = 59 + 72.60$$

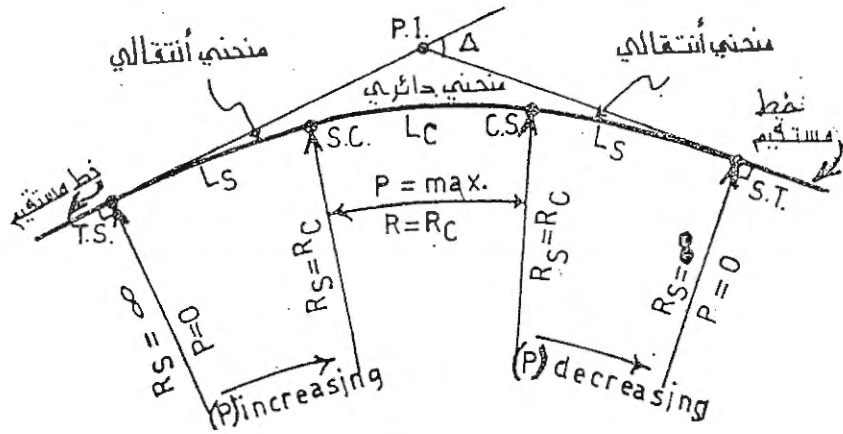
$$\text{Stat. P.T.} = \text{P.R.C.} + L_2 = (58 + 60) + (2 + 17.90) = 60 + 77.90$$



الشكل 5.37

5.4 المنحنيات الانتقالية (أو الحلزونية) Transition Curves (or Spiral or Easement Curves)

وهي المنحنيات ذوات الانحناء المتغيرة والتي تكون عادة على جانبي المنحنيات الدائرية ذوات الانحناء الثابتة، حيث تعمل على إجراء تغيير تدريجي في الانحناء من الخطوط المستقيمة إلى المنحنيات الدائرية. ويكون نصف قطر المنحني الانتقالي عند ابتدائه ما لا نهاية $R_s = \infty$ حيث تكون القوة الطاردة المركزية تساوي صفراً ($P=0$)، ثم يبدأ نصف قطره بالتقصان حيث يصبح مساوياً لنصف قطر المنحني الدائري (R_c) عند اتصاله بالمنحني الدائري ($R_s = R_c$) حيث تكون القوة الطاردة المركزية أعلى ما يمكن وتساوي $\left(P = \frac{W \cdot V^2}{gR} \right)$ كما مبين في الشكل 5.38.



$$P = \frac{W \cdot V^2}{gR}$$

(القوة الطاردة المركزية عند المنحني)

حيث أن: W هو وزن المركبة

g هو التمعيل الأرضي

V هي سرعة المركبة

R نصف القطر في أية نقطة

R_c = نصف قطر المنحني الدائري الذي طوله L_c (ثابت)

R_t = نصف قطر المنحني الانتقالي الذي طوله L_t (متغير)

T.S. و S.C. و C.S. و S.T. هي عطات الانتقال من المستقيم إلى الانتقالي إلى الدائري وبالعكس.

الشكل 5.38

وهكذا يمكن إدخال تأثير القوة الطاردة المركزية بصورة تدريجية بحيث لا تؤثر على حركة المركبة الأفقية ، وبالتالي يمكن تقليل السرعة أو زيادتها بصورة تدريجية عند الانتقال إلى المنحني الدائري أو الانتقال إلى الخط المستقيم في النهاية . ومن أجل أن يكون هذا التأثير في القوة الطاردة المركزية تغيراً منتظماً (حيث أن $P \propto \frac{1}{R}$) ، فيجب أن يكون حاصل ضرب نصف القطر (في أية نقطة على المنحني الانتقالي) في طول المنحني (حتى تلك النقطة) مساوياً لمقدار ثابت ($R \cdot l = \text{Constant}$) . وهذا هو تعريف المنحني الحازوني ، ولذلك تدعى المنحنيات الانتقالية بالمنحنيات الحازونية أيضاً .

ولذلك يُستخدم المنحني الانتقالي للسبب المذكور أعلاه وهو إجراء تغيير تدريجي في السرعة أو القوة الطاردة المركزية ، وسبب آخر هو إجراء تغيير تدريجي في الميل الإضافي (أو الرفع الجانبي Superelevation) لسطح الطريق العرضي من مقطع عرضي طبيعي أو تاجي Camber or Normal or Crown Cross - section عند الخط المستقيم إلى مقطع عرضي ذي ميل إضافي معين عند المنحني الدائري (Superelevated Section) .

وهكذا فإن استخدامه أصبح واسعاً لاسيما في طرق المرور السريع حيث السرعة العالية والحاجة إلى السلامة والأمان والراحة عند استخدام المركبات في هذه الطرق . كما أنه يستخدم في خطوط السكك الحديدية منذ زمن بعيد . وقد يستخدم منحنيان حازونيان مرتبطان ببعضهما (ويدون وجود للمنحني الدائري) في بعض الحالات الخاصة .

5.4.1 أنواع المنحنيات الانتقالية - الشكل 5.39

هناك أربعة أنواع رئيسية مهمة مستخدمة الآن من المنحنيات الانتقالية وهي :

Clothoid Curve or Euler's Spiral

أ) منحنى الكلوثويد أو حلزون يولر وهو النوع المستخدم في العراق وفي بريطانيا حيث يعطي معدل تغير منتظم في التسجيل المركزي الطارد.

Cubic Parabola

ب) منحنى القطع المكافئ التكعبي وهو النوع المستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية ولخطوط السكك الحديد ولانفاق.

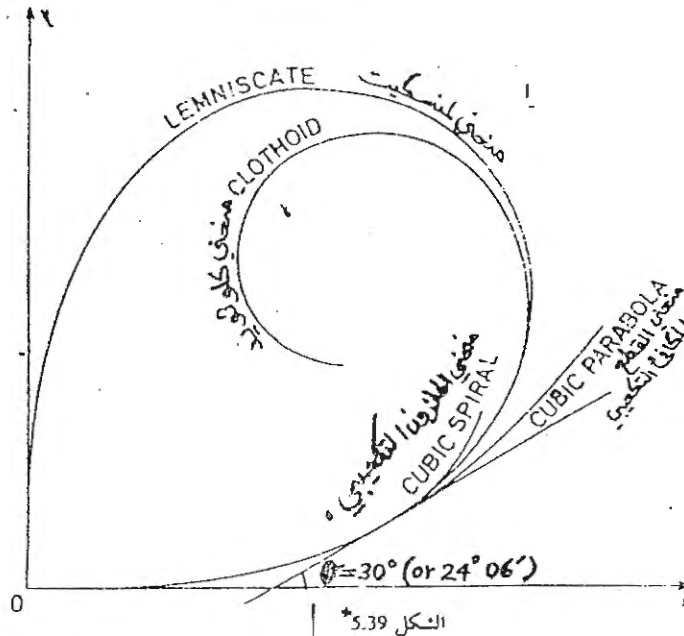
Cubic Spiral

ج) منحنى الحلزون التكعبي وهو النوع المستخدم في الطرق الثانوية كما يستخدم على نطاق محدود في أمريكا.

Lemniscate Curve or Bernoulli's Lem.

د) منحنى اللمنسكيت (أو ثنائي برنولي) وهو قليل الاستخدام وذلك لأنه لا يمتثل شروط المنحنى الانتقالي المثالي كما أن الحسابات اللازمة لتسقيطه معقدة بعض الشيء.

وكما مبين في الشكل 5.39 فإن المنحنيات الثلاث الأولى تكون قريبة أو مماسة لبعضها عندما تكون زاوية الانحراف $(\theta) = 30^\circ$ ، بينما يكون المنحنيان الأوليان منطبقين على بعضها عند زاوية انحراف $= 24^\circ 06'$. إلا أنه من الناحية العملية تؤخذ زاوية الانحراف التي تساوي (12°) حيث يمكن استخدام القطع المكافئ التكعبي كمنحنى انتقالي وبالنسبة للسكك الحديد تصل إلى (25°) . أما المنحنيان الأول والرابع فيكونان منطبقين على بعضها حتى الزاوية (60°) .



• المصدر 26

5.4.1.1 منهجي الكلوثويد (The Clothoid) - الشكل 5.40

يستخدم هذا المنحنى كمنحنى انتقالي للطرق في العراق وفي بريطانيا حيث أنه يحافظ على معدل تغير منتظم للتعجيل المركزي الطارد (أو أن التغير في القوة المركزية الطاردة يجري بصورة منتظمة)، وكذلك فإن معدل التغير في الميل الإضافي يكون منتظماً أيضاً وابتداءً من الخط المستقيم وحتى المنحنى الدائري حيث تكون للقوة المركزية الطاردة وللميل الإضافي أعلى قيمة. وهكذا فإن القانون الذي يحكم تقوس الكلوثويد هو: $A^2 = l.R$

حيث أن: A هو معلّم أودالة الكلوثويد Parameter of Clothoid، وقيمة (A^2) ثابتة.

و l هو طول الكلوثويد حتى نقطة معينة عليه.

و R هو نصف قطر الكلوثويد عند تلك النقطة.

وللحصول على الشروط اعلاه فإن القانون المعطى لطول الكلوثويد المستخدم (L_s) يصبح:

$$L_s = \frac{V^3}{(3.6)^2 \cdot C \cdot R_c} = \frac{V^3}{(46.5) \cdot C \cdot R_c} \quad \dots (5.23)$$

حيث أن: L_s هو طول الكلوثويد (م).

و V هي السرعة التصميمية للطريق (كم/ساعة) $\frac{V^2}{15}$ (أدنى نصف قطر مرغوب فيه).

و R_c هو نصف قطر المنحنى الدائري (م) = $\frac{V^2}{15}$ (أدنى نصف قطر مرغوب فيه).

و C هو معدل التغير في التعجيل المركزي الطارد (م/ثانية³).

وتتراوح قيمته من 0.3 إلى 0.6 م/ثانية³، إلا أنه نستخدم عادة قيمة $C = 0.3$ م/ثانية³ لضرورات الأمان والراحة. وقد يستخدم قانون لحسابه وهو: $C = \frac{73}{V + 64}$ ، ولذلك فإن قيمته تقل كلما زادت السرعة التصميمية للطريق.

$$L_s = \frac{V^3}{14R_c} \quad \dots (5.23a) \quad \text{فإذا كانت } C = 0.3 \text{ م/ثانية}^3 \text{ فإن القانون يصبح:}$$

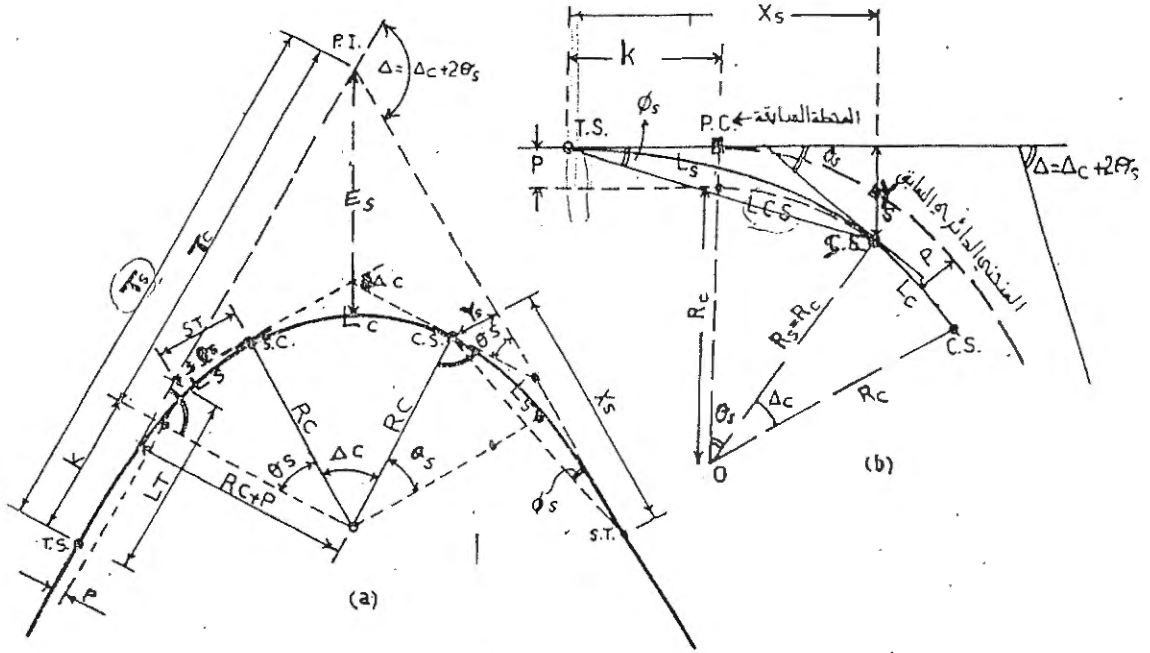
وإذا اعتبر معدل التغير منتظماً للميل الإضافي بالنسبة لطول منحنى الكلوثويد (L_s) فإن زاوية الانحراف للكلوثيريد

θ_s تساوي:

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R_c} \text{ (in radians)} = \frac{L_s}{2R_c} \times \frac{180}{\pi} \text{ (in Degrees)} = \frac{1718.9 L_s}{R_c} \text{ (in min)} \quad \dots (5.24)$$

وهكذا يمكن حساب الزاوية من القانون اعلاه بعد حساب طول الكلوثيريد من القانون السابق.

وإذا استخدمت D_c بدلاً من R_c فإن القانون يصبح: $\theta_s = \frac{L_s}{20} \cdot D_c$



الشكل 5.40

الرموز والمصطلحات المستخدمة والقوانين لمنحني الكلوثيرويد - الشكلين 5.40a,b

يجب الإشارة هنا إلى أن طول الكلوثيرويد (L_s) على جانبي المنحني الدائري (L_c) هما تعويض عن جزئين من المنحني الدائري السابق كما مبين في الشكل 5.40b حيث كان ممكناً استخدامه ، ولكنه أزيح إلى الداخل بمقدار (P) ثم استعير جزء منه مع إضافة جزء آخر ليكوّن (L_s) من كل جانب، وبذلك أصبحت زاويته المركزية (Δ_c) . وبالرجوع إلى الشكلين 5.40a,b سوف تشرح الرموز والمصطلحات ثم تعطى القوانين اللازمة .

حيث أن : L_s هو طول منحني الكلوثيرويد (من جانب واحد)
 L_c هو طول المنحني الدائري
 R_c هو نصف قطر المنحني الدائري
 R_s هو نصف قطر الكلوثيرويد في أية نقطة
 Δ هي زاوية الانحراف الكلية بين المماسين الأول والثاني
 Δ_c هي الزاوية المركزية للمنحني الدائري التي تقابل L_c
 θ_s هي زاوية الانحراف للمنحني الحلزوني (من المماس المرسوم من نقطة S.C.) والتي كانت تقابل جزء المنحني الدائري السابق المتقطع الخط (وتعد مجازاً مقابلة لطول الكلوثيرويد L_s)
 Defl. angle of Clothoid

و θ_s هي الزاوية الماسة الكلية لمنحني الكلوثيرويد (المقاسة من المماس إلى الوتر الطويل للكلوثيرويد) - وهي تساوي : $\tan \theta_s = \frac{Y_s}{X_s}$ وتساوي تقريباً $\theta_s \approx \frac{\theta_s}{3}$

و LCS هو الوتر الطويل للكلوثيرويد الممتد من T.S. إلى S.C. - Length of Long Chord of spiral

Long Tangent of Clothoid

و LT هو المماس الطويل للكلثويد -

Short Tangent of Clothoid

و ST هو المماس القصير للكلثويد -

و k هي المسافة المقيسة بين T.S. والمحطة السابقة للمنحني الدائري (P.C.) على امتداد المماس الرئيسي
abscissa from original P.C. stat. of Circular Curve to T.S.

و P هو البعد العمودي للمحطة P.C. المُزاحة من موقعها السابق للمنحني الدائري على امتداد المماس الرئيسي (وقد يطلق عليها أيضاً مسافة الإزاحة shift ويرمز لها s)

Offset of shifted P.C. from original P.C. of Circular Curve (along initial tangent).

و T_e هو طول المماس للمنحني الدائري السابق والذي نصف قطره يساوي $(R_c + p)$

و T_s هو طول المماس للمنحني الجديد من T.S. وحتى P.I. (والذي يساوي $T_e + k$)

و X و Y هما إحداثيتا النقطة S.C. من نقطة T.S. ، حيث أن X هي المسافة المقيسة على امتداد المماس الرئيسي من نقطة T.S. وحتى S.C. و Y هو البعد العمودي للنقطة S.C. من المماس الرئيسي.

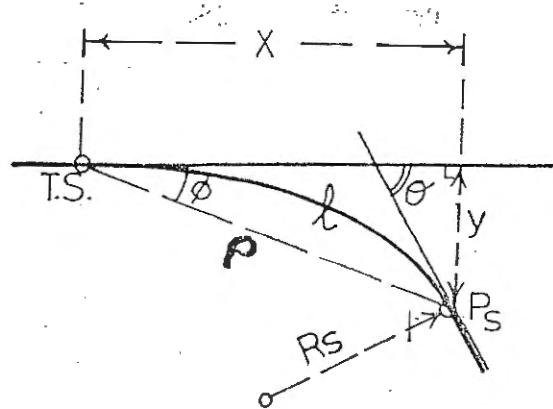
و T.S. هي محطة البداية لمنحني الكلثويد (والانتقال من المماس إلى الكلثويد)
Tangent to Spiral station

و S.C. هي محطة البداية للمنحني الدائري (والانتقال من الكلثويد إلى المنحني الدائري)
Spiral to Circular Curve Stat.

و C.S. هي محطة بداية الجزء الثاني من منحني الكلثويد (والانتقال من المنحني الدائري إلى الكلثويد)
Circular curve to Spiral stat.

و S.T. هي محطة بداية المماس ثانية (والانتقال من الكلثويد إلى المماس)
Spiral to Tangent Stat.

ولفرض بيان القوانين الخاصة بمنحني الكلثويد يجب ذكر معادلة الكلثويد العامة ، التي يمكن اشتقاقها من اعتبار أن معدل تغير الميل الإضافي لطول الحلزون الكلي يجب ان يكون منتظماً على امتداد المنحني المثالي وبالتالي لمنحني الكلثويد ، والتي تربط بين L ، R_c ، و θ كالآتي (انظر الشكل 5.41) :



الشكل 5.41

$$l = (\sqrt{2R_C \cdot L_S}) \sqrt{\theta} \quad \dots(5.25)$$

$$\text{or, } \theta = \frac{l^2}{2R_C \cdot L_S} \text{ (in radians)} = \frac{l^2}{2R_C \cdot L_S} \times \frac{180^\circ}{\pi} \text{ (in degrees)} \quad \dots(5.25a)$$

$$\left[\text{or, } \theta = \left(\frac{l}{L_S} \right)^2 \theta_S \right] \quad \dots(5.25b)$$

حيث أن : l هو طول الحلزون حتى النقطة P_s (وهي أية نقطة عليه)، و θ هي زاوية الانحراف بين المماس الرئيسي والمماس للحلزون في النقطة P_s (وهي أية نقطة على الكلوثويد) بالتقدير النصف قطري (in radians) في المعادلة (5.25).

ويمكن الحصول أيضاً على نصف قطر الكلوثويد في أية نقطة (P_s) باستخدام القانون الآتي : $R_S = \left(\frac{L_S}{l} \right) R_C$

أما معادلة الكلوثويد بدلالة y و x فهي :

$$y = \frac{x^3}{6R_C \cdot L_S} + \frac{x^7}{105(R_C \cdot L_S)^3} + \dots \quad \dots(5.26)$$

أما معادلتها x و y بدلالة l فهي :

$$x = l - \frac{l^5}{40(R_C \cdot L_S)^2} + \dots \quad \dots(5.27)$$

$$y = \frac{l^3}{6R_C \cdot L_S} - \frac{l^7}{336(R_C \cdot L_S)^3} + \dots \quad \dots(5.27a)$$

أما معادلة طول الوتر للمنحني على بعد l فهي :

$$C_S = l - \frac{l^3}{24R_C} + \frac{l^5}{1920R_C^3} \quad \dots(5.27b)$$

ويمكن الحصول على الزاوية (φ) وهي الزاوية المماسية بين المماس الرئيسي والوتر الواصل بين T.S. وأية نقطة عليه كالآتي :

$$\tan \varphi = \frac{y}{x} \quad \dots(5.28)$$

$$\text{or, } \tan \varphi = \frac{\theta}{3} + \frac{\theta^3}{105} + \frac{26\theta^5}{155925} \quad \dots(5.28a)$$

(حيث أن θ في المعادلة اعلاه هي بالتقدير النصف قطري) ولما كانت الزاوية φ صغيرة فإن :

$$\varphi = \frac{\theta}{3} \quad \dots(5.29)$$

$$\text{or, } \varphi = \frac{l^2}{6R_C \cdot L_S} (\text{in rad.}) = \frac{l^2}{6R_C \cdot L_S} \times \frac{180}{\pi} (\text{in deg.}) = \left(\frac{1800}{\pi \cdot R_C \cdot L_S} \right) l^2 (\text{in min.})$$

$$= \frac{573}{R_C \cdot L_S} l^2 \quad \dots(5.29a)$$

(وهو القانون المستخدم غالباً لحساب زوايا الانحراف للكلثويد)

إن الزاوية المماسية لأية نقطة على منحنى الكلثويد تساوي ثلث زاوية الانحراف لطول كلثويد مساوٍ لـ (l) . والخطأ الناتج من هذا التقريب يساوي $10''$ لقيمة زاوية انحراف $= 15^\circ$ ، وبذلك يمكن استخدام هذا الاستنتاج (أو القانون) للزوايا التي تقل عن 15° . أما الزوايا التي تزيد عن ذلك فيمكن استخدام تصحيح بحسب بقوانين اوجداول خاصة، أو يستخدم القانون (5.28) من القيم المعطاة لـ x و y في القانونين (5.27) و (5.27a). ويُعوض أحياناً عن $(R_C \cdot L_S)$ بالرمز K . إذا كانت زاوية الانحراف أقل من 15° ، فإن المنحني ينصف مسافة الازاحة (p) وهذه المسافة تنصف طول المنحني، وبالتالي يمكن استنتاج ما يأتي:

$$p' = \frac{L_S^2}{24R_C} \quad (\text{for small } \theta) \quad \dots(5.30)$$

$$\text{and, when } x = \frac{L_S}{2}, y = \frac{p'}{2} = \frac{L_S^2}{48R_C} \quad \dots(5.30a)$$

أما القوانين للعناصر الأخرى لمنحني الكلثويد فهي (أنظر الشكلين 5.40a, b):

$$p = Y_S - R_C (1 - \cos \theta_S) = Y_S - R_C \cdot \text{Ver.Sin. } \theta_S \quad \dots(5.31)$$

$$ik = X_S - R_C \cdot \sin \theta_S \approx \frac{L_S}{2} \quad (\text{for small } \theta) \quad \dots(5.32)$$

$$X_S = L_S - \frac{L_S^3}{40(R_C)^2} + \dots \approx L_S \quad (\text{for small } \theta) \quad \dots(5.33)$$

$$Y_S = \frac{L_S^2}{6R_C} - \frac{L_S^4}{336(R_C)^3} + \dots \approx \frac{L_S^2}{6R_C} \quad (\text{for small } \theta) \quad \dots(5.34)$$

$$T_S = T_C + k = (R_C + \tilde{p}) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad \dots(5.35)$$

$$E_S = (R_C + \tilde{p}) \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) + p' = (R_C + p') \cdot \text{exsec } \frac{\Delta}{2} + p' \quad \dots(5.36)$$

$$ST = \frac{Y_S}{\sin \theta_S}, LT = X_S - \frac{Y_S}{\tan \theta_S} \quad \dots(5.37)$$

$$L_C = \frac{\pi \cdot R_C}{180} (\Delta - 2\theta_S) = \frac{\pi \cdot R_C \cdot \Delta_C}{180} = 10 \frac{\Delta_C}{D_C} = R_C \cdot \Delta_C \text{ (in rad.)} \quad \dots(5.38)$$

$$LCS = \sqrt{(X_S)^2 + (Y_S)^2}$$

أما محطات النقاط الرئيسية لمنحني الكلوثويد فتحسب كالآتي (إذا علمت المحطة (P.I.):

$$\text{Stat. T.S.} = \text{Stat. P.I.} - T_S \quad \dots(5.39)$$

$$\text{Stat. S.C.} = \text{Stat. T.S.} + L_S \quad \dots(5.39a)$$

$$\text{Stat. C.S.} = \text{Stat. S.C.} + L_C \quad \dots(5.39b)$$

$$\text{Stat. S.T.} = \text{Stat. C.S.} + L_S \quad \dots(5.39c)$$

The Cubic Parabola

5.4.1.2 منحني القطع المكافئ التكعيبي

إن منحني القطع المكافئ التكعيبي هو تقريب لمنحني الكلوثويد حيث يستخدم الحد الأول فقط في المعادلة (5.26) الخاصة بالكلوثيرويد، وبذلك تصبح المعادلة الأساسية للقطع المكافئ التكعيبي كالآتي:

$$y = \frac{x^3}{6R_C \cdot L_S} \quad \dots(5.40)$$

وهذه معادلة سهلة الحسابات وتعطي نتائج مشابهة للكلوثيرويد حتى زاوية انحراف مقدارها 12° (أو 15° في بعض الأحيان). ويمكن استخدام القوانين نفسها للكلوثيرويد وللحد الأول فقط (أو القوانين المستخدمة لزوايا الانحراف الصغيرة).

أما الزاوية الماسة فيمكن اشتقاقها كالآتي:

$$\tan \phi = \frac{y}{x} = \frac{x^3}{6R_C \cdot L_S \cdot x}$$

$$\therefore \tan \phi = \frac{x^2}{6R_C \cdot L_S} \quad \dots(5.41)$$

ولزوايا الانحراف الصغيرة، فإن: $\tan \phi = \phi$ (in radians)

$$\therefore \phi = \frac{x^2}{6R_C \cdot L_S} \quad \dots(5.41a) \text{ (الزاوية الماسة على بعد } x \text{ من T.S. بالتقدير النصف قطري)}$$

$$\text{and } \theta = \frac{x^2}{2R_C \cdot L_S} \text{ (5-42) ... (زاوية الانحراف على بعد } x \text{ من T.S. بالتقدير النصف قطري)}$$

ولما كانت الزوايا الماسة تُقاس بالدرجات والدقائق ، فإن معادلتها تصبح :

$$\varphi = \frac{l^2}{6R_C \cdot L_S} \times \frac{180}{\pi} \text{ (in degrees)} \quad \dots (5-43)$$

$$\text{or, } \varphi = \left(\frac{1800}{\pi \cdot R_C \cdot L_S} \right) \cdot l^2 \text{ (in minutes)} \quad \dots (5-43a)$$

حيث أن: $l = x$ تقريباً للدقة العملية المطلوبة ، وبذلك يمكن حساب قيمة (ϕ) لكل طول مساوٍ l .
أما المسافة المزاخة (P) فهي نفسها كما في الكلوثويد ، أي أن : $p = \frac{L_S^3}{24R_C}$

The Cubic Spiral

5.4.1.3 منحنى الحلزون التكعيبي

وهذا المنحنى أيضاً تقريباً لمنحنى الكلوثويد حيث يستخدم الحد الأول فقط في المعادلة (5.27a) الخاصة بالكلوثويد ، وبذلك تكون معادلة الحلزون التكعيبي كالآتي :

$$y = \frac{l^2}{6R_C \cdot L_S} \quad \dots (5-44)$$

كما أن معادلة x هي نفسها للكلوثويد حيث :

$$x = l - \frac{l^5}{40(R_C \cdot L_S)^2} \quad \dots (5-44a)$$

وأما قانون زاوية الانحراف فيصبح :

$$\sin \theta = \frac{l^2}{2R_C \cdot L_S} \quad \dots (5-45)$$

The Lemniscate

5.4.1.4 منحنى اللمنسكيت

إذا كانت العلاقة بين الزاوية الماسة وزاوية الانحراف صحيحة تماماً وهي أن :

$$\varphi = \frac{\theta}{3}$$

فإن المنحنى الناتج من هذه العلاقة يكون منحنى لمنسكيت ، وتكون المعادلة القطبية له (Polar equation) كالآتي :

$$\rho = C \sqrt{\sin 2\varphi}$$

... (5.46)

حيث أن: ρ هو مُنتجه نصف القطر كما مبين في الشكل 5.41 (ρ is the radiusvector) و C مقدار ثابت Constant وهو يساوي:

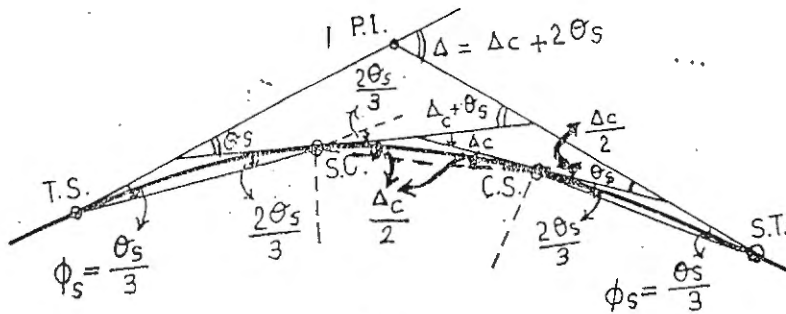
$$C = 3R_c \sqrt{\sin 2\varphi_s}$$

... (5.46a)

حيث أن φ_s هي الزاوية الماسة الكلية في نهاية اللمنسكيت وكما مبين في الشكل 5.40b.

ملاحظة مهمة:

إن الزاوية الماسة الكلية في نقطة T.S. عند تسقيط المنحني الانتقالي تساوي φ_s وهذه تساوي $\varphi_s = \frac{\theta_s}{3}$. بينما تقاس زاوية مقدارها $\frac{2\theta_s}{3}$ في نقطة S.C. (بعد التسديد نحو T.S. ثم يُقلب التلسكوب) لغرض جعل خط النظر مماساً للمنحني الدائري في S.C.، وتصبح الزاوية الماسة الكلية لتسقيط المنحني الدائري مساوية $\left(\frac{\Delta_c}{2}\right)$. بينما تقاس زاوية مقدارها $\left(\frac{\Delta_c}{2}\right)$ في نقطة C.S. (بعد التسديد نحو S.C. ثم يُقلب التلسكوب) لغرض جعل خط النظر مماساً للمنحني الانتقالي في C.S.، وتصبح الزاوية الماسة الكلية لتسقيط المنحني الانتقالي الثاني مساوية $\left(\frac{2\theta_s}{3}\right)$. وكما مبين في الشكل 5.42.



الشكل 5.42

5.4.1.4 المنحني الانتقالي المركب * - Compound Clothoid (or Wholly Trans. Curve) - الشكل 5.43

يستخدم المنحني الانتقالي المركب في حالات خاصة تسمح بأدخاله بين المماسين المعلومين. والغرض من استخدامه هو زيادة الأمان على امتداد المنحنيين الانتقاليين المؤلفين لهذا المنحني المركب، حيث توجد هناك نقطة فقط تكون فيها القوة الطاردة المركزية أكبر ما يمكن وهي نقطة التقاء المنحنيين في الوسط. ويستخدم عادة منحنيين بطولين متساويين وبذلك يكون المماسان متساويين في الطول أيضاً. وتستخدم القوانين الآتية الخاصة بهذا المنحني. (إضافة للقوانين الأخرى الخاصة بالمنحني الانتقالي والتي تنطبق عليه):

$$\Delta = 2\theta_s = 2 \frac{L_s}{2R_c}$$

$$\therefore \Delta = \frac{L_s}{R_c} \text{ (in rad.)} \quad \dots (5-47)$$

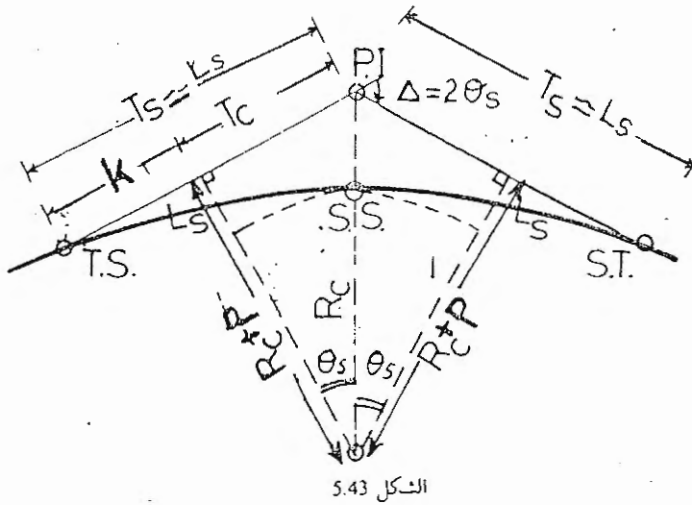
وكذلك فإن :

$$L_s = \frac{V^3}{(3.6)^3 \cdot C \cdot R_c} = \Delta \cdot R_c$$

$$\therefore R_c = \left(\frac{V^3}{(3.6)^3 \cdot C \cdot \Delta} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (5-48)$$

وهكذا يظهر من المعادلة اعلاه ، أن هناك منحنى انتقالي مركب واحد متماثل الماسين يمكن ادخاله بين الماسين اللذين تربطها زاوية انحراف مقدارها Δ وسرعة تصميمية معينة مقدارها V وقيمة C ثابتة ايضاً .

أما النقطة S.S. فهي محطة الانتقال من منحنى حلزوني إلى منحنى حلزوني آخر . Spiral to Spiral Stat. اما طول الماس T_s فيساوي : $T_s = (R_c + p) \tan \theta_s + \frac{L_s}{2}$



5.4.2 طرق توقيع أو تسقيط المنحنيات الانتقالية

Methods of Setting — out Transition Curves

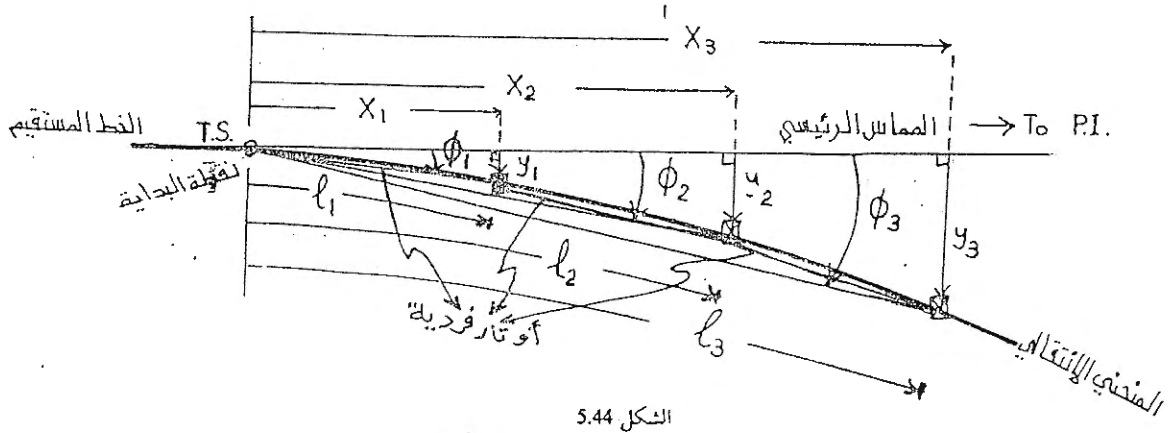
تستخدم عادة طريقتا الزوايا الماسة والاعمدة على الماس لتوقيع نقاط المنحني الانتقالي على الارض وباستعمال القوانين اللازمة المذكورة آنفاً .

وتستخدم الآن طريقة التسقيط من نقاط سيطرة قريبة من المنحني الانتقالي بعد تعيين مواقعها وباستعمال الاجهزة الالكترونية الحديثة . وسوف تبين هذه الطرق كما يأتي :

5.4.2.1 طريقة التوقيع باستخدام الزوايا المماسية وأطوال الاوتار - الشكل 5.44

Setting - out by Tangential angles

- تتبع الخطوات الآتية لغرض التسقيط :
- (أ) تختار أطوال اوتار فردية تعطى مضاعفات ال 10 م أو 20 م أو أكبر من المحطات على امتداد منحنى الكلوثويد أو غيره ، وهذه الأطوال هي نفسها أجزاء من المنحنى الانتقالي، حيث أن طول المنحنى وطول الوتر متساويان من الناحية العملية لهذه المسافات القصيرة.
- (ب) تحسب أطوال الاوتار الكلية (كل منها = l) لكل من المحطات (التي من مضاعفات ال 10 م أو 20 م) وابتداءً من T.S. (أو C.S.).
- (ج) تحسب قيم (y) و (x) لأطوال الاوتار المختلفة (i) من القانونين (5.27) و (5.27a)، ثم تحسب قيم $\tan(\phi)$ وبعدها قيم الزوايا المماسية (ϕ) ؛ إذا كان المنحنى كلوثويد وزاوية انحرافه الكلية كبيرة والدقة المطلوبة في التوقيع عالية. ولكن لزوايا الانحراف الكلية التي تقل عن (15°) يمكن حساب الزوايا المماسية باستخدام القانون (5.29a) بأية صيغة والأفضل هي بالدقائق ، وبذلك يمكن الحصول عليها مباشرة بهذا القانون وهو: $\phi = \left(\frac{1800}{\pi \cdot R_C \cdot L_S} \right) l^2$ (in min.) ولكل طول وتر كلي (i).
- ثم يعمل جدول لذلك ، والأفضل استخدام أطوال الاوتار الفردية بين المحطات لكل زاوية مماسة.
- (د) تسقط الزوايا المماسية وأطوال الاوتار الفردية بالطريقة نفسها المذكورة لتسقيط المنحنى الدائري البسيط باستخدام ثيودوليت وشرط أو جهاز الكتروني. ويمكن استخدام قانون الزاوية المماسية مباشرة لمنحنى القطع المكافئ التكعيبي حيث أنه هو المعمول عليه (كما مبين في الفقرة 5.4.1.2 والقانون 5.43a).



الشكل 5.44

5.4.2.2 طريقة التوقيع باستخدام الأعمدة على المماس - الشكل 5.44

Setting - out by Tangent - offsets

تتبع الخطوات الآتية لغرض التوقيع :

- (أ) تختار محطات على المنحنى الانتقالي من مضاعفات ال 10 م أو 20 م أو أكبر.
- (ب) تحسب قيم x و y لأطوال الاوتار الكلية (i) بموجب القانونين (5.27) و (5.27a).

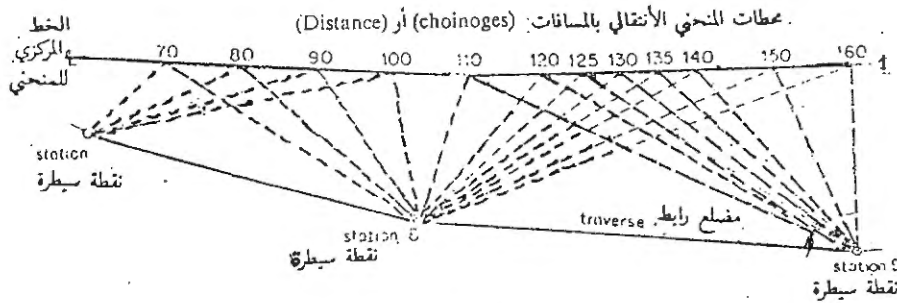
ج) تسقط النقاط بقياس المسافات x_1, x_2, x_3 و.... على امتداد المماس الرئيسي ثم تقام أعمدة عليه في تلك النقاط وبأطوال $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20$ وهي الطريقة نفسها المتبعة في تسقيط المنحني الدائري البسيط المذكورة سابقاً.

5.4.2.3 طريقة التوقيع من نقاط سيطرة خارج المنحني (باستخدام إحداثيات نقاط السيطرة وإحداثيات نقاط المنحني) - الشكل 5.45

Setting — out by Coordinates or Positioning Techniques Method

تتبع الخطوات الآتية لغرض التوقيع :

- أ) تختار نقاط سيطرة على امتداد المنحني الانتقالي (وقد تكون جزءاً من مضلع رابط) وتحسب إحداثياتها بدقة بحيث يمكن توقيع نقاط المنحني منها.
- ب) تحسب إحداثيات المحطات المختارة للمنحني الانتقالي باستخدام الزوايا المماسية المحسوبة نحو هذه المحطات وأطوال الأوتار الكلية (واعتاداً على إحداثيات المحطة T.S. واتجاه المماس الرئيسي P.I. → T.S.).
- ج) يحسب إتجاهان لكل محطة في المنحني من نقطتي سيطرة قريبتين من المحطة إذا أريد استخدام طريقة التقاطع الأمامي للتسقيط. أو تحسب الإحداثيات القطبية لمحطات المنحني من نقطة أو عدة نقاط سيطرة (طول واتجاه من نقطة سيطرة) إذا أريد استخدام طريقة الإحداثيات القطبية للتسقيط.



الشكل 5.45

- د) تسقط محطات المنحني باستخدام طريقة التقاطع الأمامي Intersection أو طريقة الإحداثيات القطبية Polar Coordinates أو كليهما. ويتبع الخطوات نفسها في التسقيط التي ذكرت لهذه الطريقة بالنسبة للمنحني الدائري البسيط. وبين الشكل 5.45 والجدول 5.11 مثلاً لهذه الطريقة التي تستخدم فيها الحاسبة الإلكترونية لأجراء الحسابات كما مبين في الجدول المطبوع ، والأجهزة الإلكترونية (أو البرودولايت والشريط) لعملية تسقيط مواقع المحطات.

الجدول (5.11) مثال للناتج المطبوعة بالحاسبة الالكترونية Example Computer Printout Format

JOB REFERENCE JOI777

PORTSMOUTH RAIL BRIDGE MAIN ALIGNMENT CH 70 TO CH 160

مسافات (أرتمات)	رقم محطة	الأجزاء الدائري	المسافة من محطة	(Assend)						
نقاط الخط	البطيرة	(Azimuth)	البطيرة إلى نقاط							
المركزي			الخط المركزي							
CENTRELINE	STATION	WHOLE CIRCLE			HORIZONTAL DISTANCE	STATION	WHOLE CIRCLE			HORIZONTAL DISTANCE
CHAINAGE TO	REFERENCE	BEARING			FROM STATION TO	REFERENCE	BEARING			FROM STATION TO
BE SET OUT	NUMBER	DEG.	MIN.	SEC.	CENTRELINE (M)	NUMBER	DEG.	MIN.	SEC.	CENTRELINE (M)
70	7	24	10	31	13.645	8	276	05	31	34.754
80	7	41	38	06	32.152	9	255	21	19	30.504
90	7	49	00	34	31.345	8	301	15	45	23.728
100	7	52	33	24	41.281	8	325	47	54	19.928

WHOLE CIRCLE BEARING FROM STATION 7 TO STATION 8 = 78 DEG. 12 MIN. 09 SEC.

WHOLE CIRCLE BEARING FROM STATION 8 TO STATION 7 = 281 DEG. 12 MIN. 09 SEC.

110	8	354	04	27	20.844	9	270	04	27	54.792
120	8	13	22	10	25.954	9	275	28	51	45.968
125	8	22	43	13	29.480	9	278	59	41	41.764
130	8	28	24	28	33.292	9	283	19	50	37.725
135	8	32	51	00	37.321	9	284	40	14	34.052
140	8	36	12	09	41.937	9	295	15	48	30.709
150	8	41	30	43	51.034	9	313	00	40	25.732
160	8	45	01	29	60.436	9	335	51	19	24.184

WHOLE CIRCLE BEARING FROM STATION 8 TO STATION 9 = 44 DEG. 34 MIN. 09 SEC.

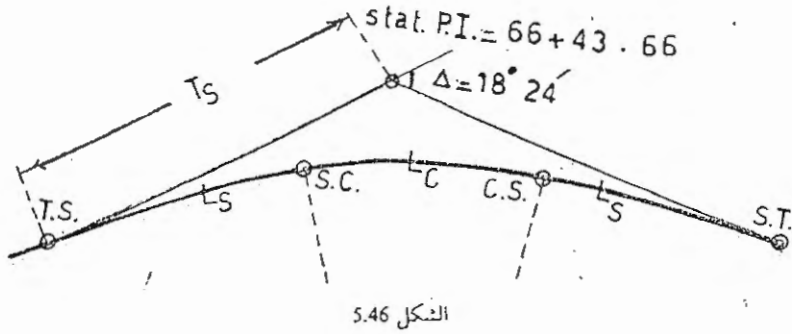
WHOLE CIRCLE BEARING FROM STATION 9 TO STATION 8 = 284 DEG. 34 MIN. 09 SEC.

مثال 5.9

عند تسقيط الخط المركزي لطريق مرور سريع، قيست زاوية الانحراف فكانت تساوي: $\Delta = 18^\circ 24'$. فإذا كانت السرعة التصميمية: $V = 120 \text{ km/hr}$ واختير معدل التبخر في التعجيل المركزي بقيمة $C = 0.3 \text{ m/sec}^2$. وكانت محطة نقطة التقاطع: $\text{stat. P.I.} = 66 + 43.66$ (انظر الشكل 5.46).

إحسب بطريقة الزوايا المماسية قيم الزوايا المماسية اللازمة لتسقيط المنحني الانتقالي من نوع الكلوتويد (المستخدم مع المنحني الدائري) لكل 10 م طول وتر (أو قوس). وإحسب كذلك عناصر ومحطات المنحني الانتقالي مع الدائري.

المصدر 30



الحل :

يتم حسب الخطوات الآتية :

(أ) بحسب أولاً نصف قطر المنحني الدائري كالاتي

$$R_C = \frac{V^2}{15} \quad (\text{min. Desirable } R.)$$

كما مبين في الفقرة 5.5 اللاحقة في هذا الفصل.

$$\therefore R_C = \frac{(120)^2}{15} = 960 \text{ m}$$

(ب) بحسب طول منحنى الكلوثويد كالاتي (من القانون 5.23a) : الشكل 5.46

$$L_s = \frac{V^3}{14 R_C} = \frac{(120)^3}{14 \times 960} = 128 \text{ m}$$

(ج) نحسب θ_s من القانون (5.24) كالاتي :

$$\theta_s = \frac{1718.9}{960} \times 128 = 229.2 \text{ minutes} = 3^\circ 49' 12'' \approx 3^\circ 48' < 15^\circ$$

ثم نحسب ϕ_s (الزاوية المماس الكلية) :

$$\text{and } \varphi_s = \frac{\theta_s}{3} = 1^\circ 16' 24'' \approx 1^\circ 16'$$

ثم نحسب Δ_c :

$$\Delta = \Delta_c + 2\theta_s$$

$$\therefore \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 18^\circ 24' - (2 \times 3^\circ 48') = 10^\circ 48' = 10^\circ 8'$$

$$\therefore L_C = \frac{\pi \cdot R_C \cdot \Delta_C}{180} = \frac{\pi \times 960 \times 10.8}{180} = 180.96 \text{ m} \quad : L_C \text{ بحسب}$$

(. تحسب بقية عناصر المنحني الانتقالي للحصول على المحطات الرئيسية :

$$P \cong \frac{L_s^2}{24R_C} = \frac{(128)^2}{24 \times 960} = 0.71 \text{ m}$$

$$k \cong \frac{L_s}{2} = \frac{128}{2} = 64 \text{ m}$$

$$X_s \cong L_s = 128 \text{ m}$$

$$Y_s \cong \frac{L_s^2}{6R_C} = \frac{(128)^2}{6 \times 960} = 2.84 \text{ m}$$

$$T_s = T_C + K = (R_C + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K = (960 + 0.71) \tan \frac{18^\circ 24'}{2} + 64 =$$

$$= 155.60 + 64.00 = 219.60 \text{ m}$$

$$E_s = (R_C + P) \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) + P = 960.71 \left(\frac{1}{\cos 9^\circ 12'} - 1 \right) + 0.71$$

$$\therefore E_s = 12.52 + 0.71 = 13.23 \text{ m}$$

$$ST = \frac{Y_s}{\sin \theta_s} = \frac{2.84}{\sin 3^\circ 48'} = 42.85 \text{ m}$$

$$LT = X_s - \frac{Y_s}{\tan \theta_s} = 128 - \frac{2.84}{\tan 3^\circ 48'} = 128 - 42.76 = 85.24 \text{ m}$$

$$\text{Stat. T.S.} = \text{Stat. P.I.} - T_s = (66 + 43.66) - (219.60) = 64 + 24.06$$

$$\text{Stat. S.C.} = \text{Stat. T.S.} + L_s = (64 + 24.06) + (128) = 65 + 52.06$$

$$\text{Stat. C.S.} = \text{Stat. S.C.} + L_C = (65 + 52.06) + (180.96) = 67 + 33.02$$

$$\text{Stat. S.T.} = \text{Stat. C.S.} + L_S = (67 + 33.02) + (128) = 68 + 61.02$$

هـ) تحسب الزوايا المماسية الكلية لمحطات المنحني الانتقالي من مضاعفات ال 10 م ، وباستخدام القانون (5.43a) [أو تحسب لطول كل وتر فردي (أقل من 10 م أو 10 م) ثم تضاف إلى بعضها] حيث أن φ_S صغيرة:

$$\varphi = \left(\frac{1800}{\pi R_C L_S} \right) l^2 \text{ (in minutes)}$$

ولما كانت المحطة الاولى من مضاعفات ال 10 م على المنحني الانتقالي تساوي : 64 + 30 بعد المحطة T.S. (التي تساوي : stat. T.S. = 64 + 24.06) فإن طول اول قوس يساوي:

$$l_1 = (64 + 30.00) - (64 + 24.06) = 5.94 \text{ m}$$

$$\therefore \varphi_1 = \left(\frac{1800}{\pi \times 960 \times 128} \right) \times (5.94)^2 = (4.6627425 \times 10^{-3}) \times (5.94)^2 = 0.16'' = 0^\circ 00' 10''$$

$$l_2 = 5.94 + 10 = 15.94 \text{ m (to Stat. 64 + 40)}$$

$$\therefore \varphi_2 = (K) \times (15.94)^2 = 1.18'' = 1' 11'' \quad (4.6627425 \times 10^{-3} = K \text{ حيث})$$

وهكذا بقية الزوايا المماسية كما في الجدول 5.12 أدناه :

الجدول (5.12)

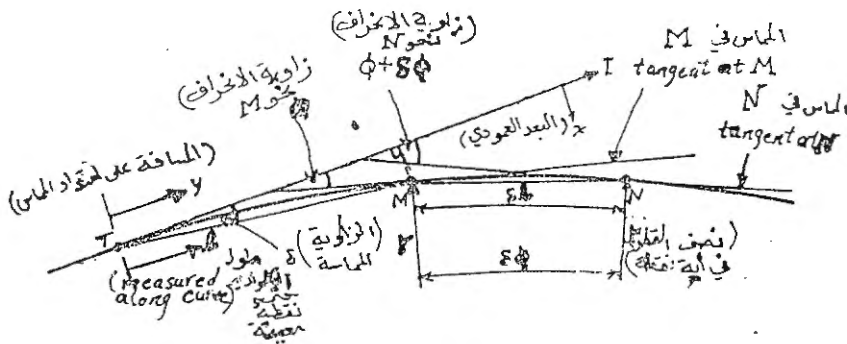
المحطة Station	طول الوتر الفردى	طول المنحني l	الزاوية المماسية الكلية φ	المحطة Station	طول الوتر الفردى	طول المنحني l	الزاوية المماسية الكلية φ
T.S. 64 + 24.06	0.00	0.00 m	0° 00' 00"	65 + 10	10	85.94	0° 34' 26"
64 + 30	5.94	5.94	0° 00' 10"	65 + 20	10	95.94	0° 42' 55"
64 + 40	10	15.94	0° 01' 11"	65 + 30	10	105.94	0° 52' 20"
64 + 50	10	25.94	0° 03' 09"	65 + 40	10	115.94	1° 02' 41"
64 + 60	10	35.94	0° 06' 02"	65 + 50	10	125.94	1° 13' 57"
64 + 70	10	45.94	0° 09' 51"	S.C. 65 + 52.06	2.06	128.00	1° 16' 23"
64 + 80	10	55.94	0° 14' 35"				$\equiv 1^\circ 6' 24''$
64 + 90	10	65.94	0° 20' 16"				
65 + 00	10	75.94	0° 26' 53"				

أما المنحني الدائري فيسقط من نقطة S.C. بعد نصب الشودولايت عليها وبطريقة الزوايا الماسة أيضا واستخدام القوانين الخاصة به.

مثال 5.10

إستخدام مصطلحات ورموز وقوانين أخرى (بريطانية) لحساب عناصر ومحطات منحني الكلوثويد والتسقيط بطريقة الزوايا الماسة.

يبين الشكل 5.47 النقطتين M و N القريتين من بعضهما والواقعتين على امتداد منحني كلوثويد ، والمصطلحات والرموز المستخدمة فيه .



الشكل 5.47

ولغرض اشتقاق قانون الكلوثويد ، نؤخذ المسافة بين النقطتين M و N على امتداد المنحني والتي تساوي δl والزاوية المركزية المقابلة لها وهي $\delta\phi$ ، ولما كانت المسافة بينها قصيرة جداً فيمكن اعتبار (r) هو نصف القطر نحو كل من هاتين النقطتين ، وبالتالي تكون المسافة :

$$\delta l = r \delta\phi$$

$$r.l = k$$

ولما كان المطلوب بالنسبة لمنحني الكلوثويد هو :

$$r = \frac{k}{l}$$

حيث أن k هي كمية ثابتة ، فإن :

$$\delta\phi = \frac{\delta l}{r} = \frac{l}{k} \delta l$$

وعند إجراء التكامل للطرفين ، يصبح :

$$\phi = \frac{l^2}{2k} + \text{Constant} \quad (\text{ثابت})$$

وعندما يكون: $L = 0$ فإن $\varphi = 0$ ، وبالتالي فإن قيمة الثابت في المعادلة $0 =$

$$\therefore \varphi = \frac{l^2}{2k}$$

$$k = r.l = R.L_T$$

ولكن :

حيث R هو نصف قطر المنحني الدائري (في نهاية الكلوثويد) و L_T هو طول الكلوثويد الكلي ،

$$\therefore \varphi = \frac{l^2}{2R.L_T} \quad (\text{حيث } \varphi \text{ بالتقدير النصف قطري})$$

وهذه هي المعادلة الأساسية لمنحني الكلوثويد (والتي تعطي قيمة زاوية الانحراف لأية نقطة على المنحني وهي φ ، أما الزاوية المماسية لأية نقطة وهي δ فتساوي: $\delta = \frac{\varphi}{3} = \frac{l^2}{6R.L_T}$ وتساوي: $\delta = \frac{1800 l^2}{\pi.R.L_T}$ (بالدقائق) . أما زاوية الانحراف العظمى φ_{max} فتحصل عندما يكون: $l = L_T$ وبالتالي تكون: $\varphi_{max} = \frac{L_T}{2R}$ ، وتحسب عادة لغرض التحقق من الحسابات .

مسألة

يبين الشكل 5.48 منحنيًا دائريًا مع منحنين انتقاليين (نوع كلوثويد) استخدموا للربط بين مماسين لطريق حيث زاوية الانحراف الكلية بينها $\theta = 14^\circ 28' 26''$ ، وكان نصف قطر المنحني الدائري يساوي: $R = 600 \text{ m}$ والسرعة التصميمية: $V = 85 \text{ KPH}$. فإذا كانت محطة نقطة التقاطع (أوسافتها): $\text{Chainage } I = 461.34 \text{ m}$ ، ومعدل التغير في التعجيل المركزي يساوي: $C = 0.3 \text{ m/sec}^3$. بين بالجدول كيفية تسقيط نقاط المنحنيات الثلاثة بطريقة الزوايا المماسية ولكل 20 م .

الحل

نحسب أولاً عناصر ومحطات منحني الكلوثويد الأول ثم يعمل جدول لتسقيط نقاطه بطريقة الزوايا المماسية ، ثم تجرى الحسابات ويعمل جدول لتسقيط نقاط المنحني الدائري ، ثم تجرى الحسابات ويعمل جدول لتسقيط نقاط منحني الكلوثويد الثاني . وتبين ادناه الحسابات والجدول اللازمة للتسقيط (راجع الشكل 5.48) :

المعلومات المعطاة

(Da + a)

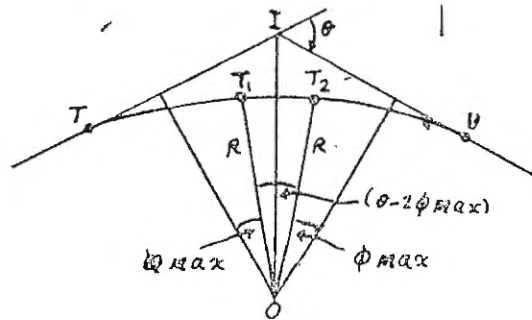
$R = 600 \text{ m}$

$\theta = 14^\circ 28' 26''$

$\text{ch. } I = 461.34 \text{ m}$

$V = 85 \text{ kph}$

$C = 0.3 \text{ m/s}^3$



الشكل (5.48)

أولاً- تصميم منحنى الكلوثويد الاول (الداخل) من T إلى T₁ Design of entry transition from T to T₁
 تحسب العناصر والمحطات كالآتي :

$$L_T \text{ (طول الكلوثويد الاول)} = \frac{V^3}{(3.6)^3 \cdot C.R} = \frac{(85)^3}{(3.6) \times 0.3 \times 600} = 73.13 \text{ m}$$

$$S \text{ (مسافة الازاحة)} = \frac{L_T^2}{24R} = \frac{(73.13)^2}{24 \times 600} = 0.37 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} IT \text{ (طول المماس الكلي)} &= (R + S) \tan \frac{\theta}{2} + \frac{L_T}{2} \\ &= 76.24 + 36.56 = 112.80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{through chainage of T (مسافة النقطة T)} = 461.34 - 112.80 = 348.54 \text{ m}$$

$$\therefore \text{through chainage of T}_1 \text{ (مسافة النقطة T}_1\text{)} = 348.54 + 73.13 = 421.67 \text{ m}$$

ثم تحسب أطوال الاوتار الجزئية أو الفردية لمنحنى الكلوثويد (الاول والعام والاخير) كالآتي

$$\text{initial sub-chord length (طول الوتر الاول)} = 11.46 \text{ m}$$

$$\text{general chord length (طول الوتر العام)} = 20.00 \text{ m}$$

$$\text{final sub-chord length (طول الوتر الاخير)} = 1.67 \text{ m}$$

ثم تحسب الزوايا المماسة بالدقائق باستخدام القانون :

$$\text{tangential angle } \delta \text{ (الزاوية المماسة بالدقائق)} = \frac{1800 l^2}{\pi \cdot R \cdot L_T} \text{ minutes}$$

وكما مبين في الجدول 5.13، ثم تحسب زاوية الانحراف الكلية أو العظمى كالآتي :

$$\varphi_{max} = \left(\frac{L_T}{2R} \right) \text{ in radians} = 209.50 \text{ minutes} = 03^\circ 29' 30''$$

ولفرض التحقق أو الفحص ، تحسب الزاوية المماسة العظمى أو النهائية كالآتي :

$$\delta_{max} = \frac{\varphi_{max}}{2} = 01^\circ 09' 50'' \text{ (checks)}$$

الجدول (5.13) حسابات تسقيط منحني الكلوثويد الاول ($T \rightarrow T_1$)

Through Chainage (m) مسافة (عطة)	Chord Length (m) طول الوتر الجزئي	طول المنحني L (m)	δ minutes الزاوية المماس بال دقائق	Cumulative Clockwise Tangential Angle from T relative to T_1 الزاوية المماس الكلية	
348.54 (T)	0	0	0'	00° 00'	00''
360.00 (C_1)	11.46	11.46	1.715	00 01'	43'' (δ_1)
380.00 (C_2)	20.00	31.46	12.924	00 12	55 (δ_2)
400.00 (C_3)	20.00	51.46	34.579	00 34	35 (δ_3)
420.00 (C_4)	20.00	71.46	66.681	01 06	41 (δ_4)
421.67 (T_1)	1.67	73.13	69.834	01 09	50 (δ_{max})
	$\Sigma = 73.13$	checks			

ثانياً - تصميم المنحني الدائري من T_1 إلى T_2 Design of the central circular arc From T_1 to T_2
تحسب الزاوية المقابلة للمنحني الدائري Δ كالآتي :

$$\Delta = (0 - 2\varphi_{max}), \varphi_{max} = 03^\circ 29' 30'', \therefore 2\varphi_{max} = 06^\circ 59' 00''$$

$$\therefore \Delta = (0 - 2\varphi_{max}) = 07^\circ 29' 26'' = 0.13073 \text{ radians}$$

$$\begin{aligned} \text{length of circular arc} &= L_C = R (0 - 2\varphi_{max}) \\ &= 600 (0.13073) = 78.44\text{m} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{through chainage of } T_2 \text{ (مسافة النقطة } T_2) = 421.67 + 78.44 = 500.11\text{m}$$

ثم تحسب اطوال الاوتار (الاول والعام والاخير) للمنحني الدائري كالآتي :

$$\text{initial sub - chord length (طول الوتر الاول)} = 18.33\text{m}$$

$$\text{general chord length (طول الوتر العام)} = 20.00\text{m}$$

$$\text{final sub - chord length (طول الوتر الاخير)} = 0.11\text{m}$$

ثم تحسب الزوايا المماس للمنحني الدائري وكما مبين في الجدول 5.14.

الجدول 5.14 حسابات تسقيط المنحني الدائري (T₁ → T₂)

Through Chainage المسافة أو المحطة	Chord Length طول الوتر الجزئي (m)	Tangential Angle for each chord الزاوية المماسية الجزئية			Cumulative Clockwise Tangential Angle from T relative to the common tangent الزاوية المماسية الكلية		
421.67 (T ₁)	0 m	00°	00′	00″	00°	00′	00″
440.00 (C ₁)	18.33	00°	52′	31″ (α ₁)	00°	52′	31″
460.00 (C ₂)	20.00	00	57	18(α ₂)	01°	49′	49″
480.00 (C ₃)	20.00	00	57	18(α ₃)	02	47	07
500.00 (C ₄)	20.00	00	57	18(α ₄)	03	44	25
500.11 (T ₂)	0.11	00	00	19(α ₅)	03	44	44
Σ = 78.44 (checks)							

حيث أن الزاوية المماسية للمنحني الدائري تساوي :

$$\text{tangential angle } \alpha \text{ (الزاوية المماسية)} = \frac{1718.9 \text{ chord length}}{\text{Radius}} \text{ minutes}$$

للجزئية بالدقائق

ولغرض التحقق ، نحسب الزاوية المماسية الكلية للمنحني الدائري (Δ/2) كالآتي:

$$\Delta / 2 = (\theta - 2\phi_{max}) / 2 = 03^\circ 44' 43'' \text{ (checks)}$$

ثالثاً - تصميم منحني الكلوثويد الثاني (الخارج) من U إلى T₂ (بعكس الاتجاه)

Design of the exit transition curve, from U to T₂ in the opposite direction

لما كان المنحني الانتقالي متماثل من الجانبين ، فإن طول منحني الكلوثويد الثاني = 73.13m وبالتالي تكون المحطة U (وهي نقطة النهاية) :

$$\text{through chainage of (U) = مسافة النقطة (U) = } 500.11 + 73.13 = 573.24 \text{ m}$$

وتحسب أطوال الاوتار الجزئية لمنحني الكلوثويد الثاني (الاول والعام والاخير) كالآتي (و ابتداءً من U باتجاه T₂) :

$$\text{initial sub - chord length from U (طول الوتر الاول)} = 13.24\text{m}$$

$$\text{general chord length (طول الوتر العام)} = 20.00\text{m}$$

$$\text{final sub - chord length to T}_2 \text{ (طول الوتر الاخير)} = 19.89\text{m}$$

أما الزوايا المماسية للمنحني الثاني فتحسب بالقانون : $\phi = \frac{1800}{\pi R L_T} \text{ minutes}$ ، ولكن ابتداءً من U باتجاه T_2 كما تبين في الجدول 5.15.

الجدول 5.15 حسابات تسقيط منحنى الكلوثيرد الثاني ($U \rightarrow T_2$)

Through Chainage (m)	Chord Length (m)	L (m)	δ	Cumulative Clockwise Tangential Angle from U relative to UI
مسافة (محطة)	طول الوتر الجزئي	طول المنحني	الزاوية المماسية	الزاوية المماسية الكلية (نسبة لـ UI)
573.24 (U)	0	0	00° 00'	360° 00' 00"
560.00 (C_{11})	13.24	13.24	00° 02' 17" (δ_{11})	359° 57' 43"
540.00 (C_{10})	20.00	33.24	00° 14' 26" (δ_{10})	359° 45' 34"
520.00 (C_9)	20.00	53.24	00° 37' 01" (δ_9)	359° 22' 59"
500.11 (T_2)	19.89	73.13	01° 09' 50" (δ_{max})	350° 50' 10"
$\Sigma = 73.13$ (checks)				

ولغرض التحقق ، تحسب الزاوية المماسية العظمى (δ_{max}) كالآتي :

$$\delta_{max} = \phi_{max} / 3$$

$$\delta_{max} = (360^\circ - 358^\circ 50' 10") = 01^\circ 09' 50"$$

$$\phi_{max} / 3 = 01^\circ 09' 50" \text{ (checks)}$$

The tangential angles for the exit transition curve are Subtracted from 360 since it is set out from U to T_2 . The two positions of T_2 provide a check on the setting out.

مثال 5.11

استخدام طريقة الأحداثيات القطبية (أو طريقة الاتجاهات والاطوال) لتسقيط نقاط المنحني المركب من منحنين انتقالين (نوع كلوثيرد) ومنحني دائري، وذلك من تقطعي سيطرة معلومتي الأحداثيات.

مسألة

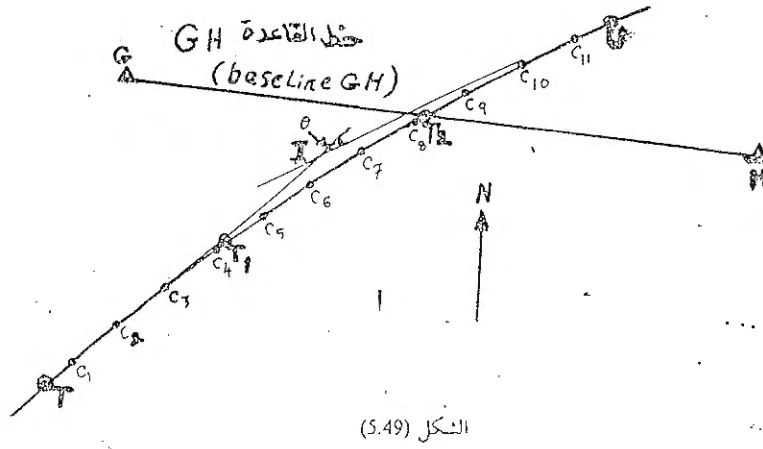
لغرض تسقيط النقاط للمنحني المركب في المثال السابق 5.10 باستخدام طريقة الأحداثيات القطبية وأعتياداً على تقطعي السيطرة G و H المعلومتي الأحداثيات وكذلك الأحداثيات المحسوبة للنقطتين I و T المبينة في الجدول 5.16 والشكل 5.49. والمطلوب حساب :

المصادر 30

(1) إحداثيات نقاط المنحني المركب لكل 20 م و (2) الاتجاهات الدائرية والاطوال اللازمة لتسقيط هذه النقاط من نقطة G.

الجدول (5.16) أحداثيات نقطة السيطرة ونقطتي البداية والتقاطع للمنحني المركب

الأحداثيات	mE	mN
Point النقطة	تشریق	تشمیل
G	727.61	893.83
H	940.57	886.28
I	789.14	863.72
T	704.95	788.64



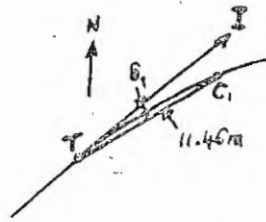
الحل

تُحسب أولاً أحداثيات النقاط كافة على المنحني المركب ، ثم تُحسب الاتجاهات الدائرية والاطوال نحو هذه النقاط من نقطتي السيطرة باستخدام الحسابات المعكوسة وكما مبين أدناه.

(1) أحداثيات النقاط كافة على الخط المركزي للمنحني المركب

إحداثيات النقطة C_1 (coordinates of C_1)

أنظر الشكل 5.50 والجدول 5.13 لغرض الحساب .



الشكل (5.50)

Bearing TC_1 (TC_1 اتجاه) = Brg. TI + δ_1 لما كان :

فيحسب اتجاه TI من أحداثيات T و I عن طريق الحسابات المعكوسة كالتالي :

$$\Delta E_{TI} = E_I - E_T = 789.14 - 704.95 = 84.19 \text{ m}$$

$$\Delta N_{TI} = N_I - N_T = 863.72 - 788.64 = 75.08 \text{ m}$$

$$\therefore \text{Bearing } TI \text{ (اتجاه } TI) = \tan^{-1} \frac{\Delta E_{TI}}{\Delta N_{TI}}$$

$$= 48^\circ 16' 25''$$

$$\therefore \text{Bearing } TC_1 = 48^\circ 16' 25'' + 00^\circ 01' 43'' = 48^\circ 18' 08''$$

$$\text{length } TC_1 = 11.46 \text{ m} \quad \text{ولما كان طول } TC_1 :$$

$$\therefore \Delta E_{TC_1} = 11.46 \sin 48^\circ 18' 08'' = + 8.557 \text{ m}$$

$$\Delta N_{TC_1} = 11.46 \cos 48^\circ 18' 08'' = + 7.623 \text{ m}$$

وهكذا ، تكون أحداثيات C_1 :

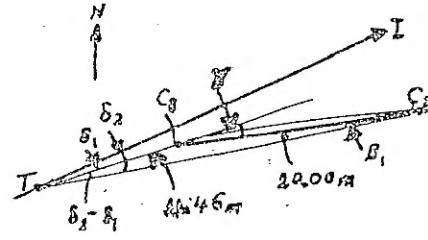
$$E_{C_1} = E_T + (\Delta E_{TC_1}) = 704.950 + 8.557 = 713.507 \text{ m}$$

$$N_{C_1} = N_T + (\Delta N_{TC_1}) = 788.640 + 7.623 = 796.263 \text{ m}$$

Coordinates of C_2

أحداثيات النقطة C_2

بالرجوع الى الشكل 5.51 واستخدام قانون الجيوب لحل المثلث TC_1C_2 ، نحسب الزاوية β_1 كالتالي :



الشكل (5.51)

$$\frac{TC_1}{\sin \beta_1} = \frac{C_1 C_2}{\sin (\delta_2 - \delta_1)}$$

وبالتعويض عن قيمتي δ_2, δ_1 من الجدول 5.13 يتج:

$$\sin \beta_1 = \frac{11.46}{20.00} (\sin 00^\circ 11' 12'')$$

$$\therefore \beta_1 = 00^\circ 06' 25''$$

ولكن الزاوية γ :

$$\gamma = \beta_1 + (\delta_2 - \delta_1) = 00^\circ 17' 37''$$

$$\therefore \text{Bearing } C_1 C_2 (C_1 C_2 \text{ اتجاه}) = \text{Brg. } TC_1 + \gamma$$

$$= 48^\circ 18' 08'' + 00^\circ 17' 37''$$

$$= 48^\circ 35' 45''$$

وهكذا، تكون أحداثيات C_2 :

$$\Delta E_{C_1 C_2} = 20.00 \sin 48^\circ 35' 45'' = + 15.001 \text{ m}$$

$$\Delta N_{C_1 C_2} = 20.00 \cos 48^\circ 35' 45'' = + 13.227 \text{ m}$$

$$\therefore E_{C_2} = E_{C_1} + 15.001 = 728.508 \text{ m}$$

$$N_{C_2} = N_{C_1} + 13.227 = 809.490 \text{ m}$$

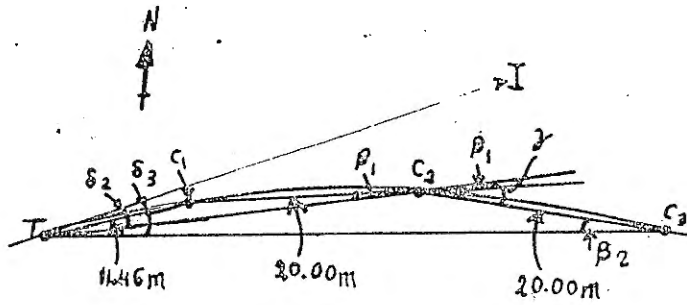
Coordinates of C_3

أحداثيات النقطة C_3

بالرجوع الى الشكل 5.52، من الممكن عدّ طول الرور TC_2 مساوياً لطول القوس TC_2 الذي يساوي:

$$TC_2 = TC_1 + C_1 C_2 = 31.46 \text{ m}$$

وبالطريقة السابقة نفسها، يمكن حساب قيمة β_2 في المثلث $TC_2 C_3$ كالآتي:



الشكل (5.52)

$$\frac{T_1 C_3}{\sin \beta_2} = \frac{C_2 C_3}{\sin (\delta_3 - \delta_2)}$$

$$\therefore \sin \beta_2 = \frac{31.46}{20.00} (\sin 00^\circ 21' 40'')$$

$$\therefore \beta_2 = 00^\circ 34' 05''$$

$$(\gamma + \beta_1) = (\delta_3 - \delta_2) + \beta_2 \quad \text{ولما كان :}$$

$$\therefore \gamma = 00^\circ 21' 40'' + 00^\circ 34' 05'' - 00^\circ 06' 25''$$

$$= 00^\circ 49' 20''$$

وبالتالي يكون اتجاه $C_2 C_3$:

$$\text{Bearing } C_2 C_3 (\text{C}_2 \text{ اتجاه } C_3) = \text{Brg. } C_1 C_2 + \gamma$$

$$= 48^\circ 35' 45'' + 00^\circ 49' 20'' = 49^\circ 25' 05''$$

وهكذا ، تكون إحداثيات C_3 :

$$\Delta E_{C_2 C_3} = 20.00 \sin 49^\circ 25' 05'' = + 15.190 \text{ m}$$

$$\Delta N_{C_2 C_3} = 20.00 \cos 49^\circ 25' 05'' = + 13.011 \text{ m}$$

$$\therefore E_{C_3} = E_{C_2} + 15.190 = 743.698 \text{ m}$$

$$N_{C_3} = N_{C_2} + 13.011 = 822.501 \text{ m}$$

Coordinates of C_4 and T_1

إحداثيات النقطتين C_4 و T_1

تُحسب إحداثيات النقطتين C_4 و T_1 اعتماداً على إحداثيات C_3 و C_4 على التوالي وبالطريقة نفسها التي حُسبت فيها إحداثيات C_3 (اعتماداً على إحداثيات C_2). وهكذا تكون إحداثياتها :

$$C_4 = 759.188 \text{ m E}, 835.152 \text{ m N}$$

$$T_1 = 760.498 \text{ m E}, 836.187 \text{ m N}$$

Coordinates of C_5

أحداثيات النقطة C_5

لما كانت النقطة C_5 تقع على المنحني الدائري ، فإن الاتجاهات تحسب بالرجوع الى الجدول 5.14 والشكل 5.53 وكالاتي :

$$\begin{aligned} \text{Bearing } T_1Z \text{ (} T_1Z \text{ اتجاه)} &= \text{Brg. } T_1I + \phi_{max} \\ &= 48^\circ 16' 25'' + 03^\circ 29' 30'' = 51^\circ 45' 55'' \end{aligned}$$

أما اتجاه T_1C_5 فيساوي :

$$\begin{aligned} \text{Bearing } T_1C_5 \text{ (} T_1C_5 \text{ اتجاه)} &= \text{Brg. } T_1Z + \alpha_1 \\ &= 51^\circ 45' 55'' + 00^\circ 52' 31'' = 52^\circ 38' 26'' \end{aligned}$$

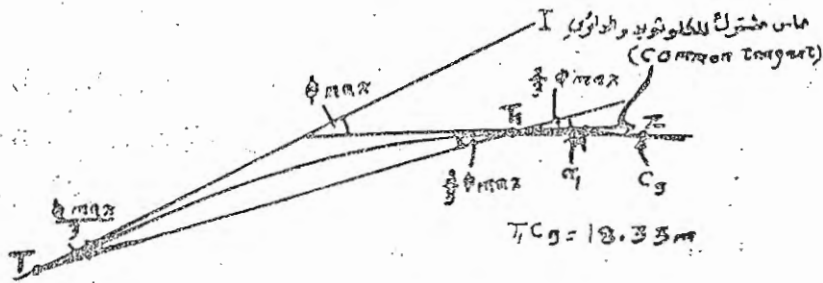
وبكذا ، تكون أحداثيات C_5 :

$$\Delta E_{T_1C_5} = 18.33 \sin 52^\circ 38' 26'' = + 14.569 \text{ m}$$

$$\Delta N_{T_1C_5} = 18.33 \cos 52^\circ 38' 26'' = + 11.123 \text{ m}$$

$$\therefore E_{C_5} = E_{T_1} + 14.569 = 775.067 \text{ m}$$

$$N_{C_5} = N_{T_1} + 11.123 = 847.310 \text{ m}$$

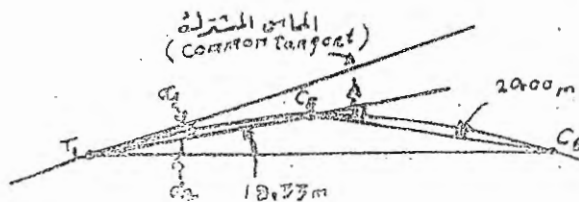


الشكل (5.53)

Coordinates of C_6

أحداثيات النقطة C_6

بالرجوع إلى الجدول 5.14 والشكل 5.54 ، يكون :



الشكل (5.54)

$$\lambda = (\alpha_1 + \alpha_2) = 01^\circ 49' 49''$$

$$\text{Bearing } C_5C_6 \text{ (} C_5C_6 \text{ اتجاه)} = \text{Brg. } T_1C_5 + \lambda$$

$$= 52^\circ 38' 26'' + 01^\circ 49' 49'' = 54^\circ 28' 15''$$

وهكذا ، تكون أحداثيات C_6 :

$$\Delta E_{C_5C_6} = 20.00 \sin 54^\circ 28' 15'' = + 16.276 \text{ m}$$

$$\Delta N_{C_5C_6} = 20.00 \cos 54^\circ 28' 15'' = + 11.622 \text{ m}$$

$$\therefore E_{C_6} = E_{C_5} + 16.276 = 791.343 \text{ m}$$

$$N_{C_6} = N_{C_5} + 11.622 = 858.932 \text{ m}$$

(Coordinates of C_7 , C_8 and T_2)

أحداثيات النقاط C_7 و C_8 و T_2

يتم حساب أحداثيات هذه النقاط بالطريقة السابقة تفـ التي ذكرت في المثال 5.6 للمنحني الدائري ، وبالتالي تكون هذه الأحداثيات كالآتي :

$$C_7 = 807.998 \text{ m E} , 870.005 \text{ m N}$$

$$C_8 = 825.013 \text{ m E} , 880.517 \text{ m N}$$

$$T_2 = 825.108 \text{ m E} , 880.573 \text{ m N}$$

Coordinates of U , C_{11} , C_{10} , C_9 , and T_2

أحداثيات النقاط U و C_9 و C_{10} و C_{11} و T_2

يحسب الاتجاه IU باستخدام زاوية الانحراف الكلية θ واتجاه المماس TI (أنظر الشكل 5.49) كالآتي :

$$\text{Bearing } IU \text{ (} IU \text{ اتجاه)} = \text{Brg. } TI + \theta$$

$$= 48^\circ 16' 25'' + 14^\circ 28' 26'' = 62^\circ 44' 51''$$

ثم تحسب أحداثيات U باستخدام الطول والاتجاه للمماس IU وأحداثيات نقطة I كالآتي :

$$\Delta E_{IU} = 112.80 \sin 62^\circ 44' 51'' = + 100.279 \text{ m}$$

$$\Delta N_{IU} = 112.80 \cos 62^\circ 44' 51'' = + 51.653 \text{ m}$$

$$\therefore E_U = E_I + 100.279 = 889.419 \text{ m}$$

$$N_U = N_I + 51.653 = 915.373 \text{ m}$$

أما أحداثيات النقاط C_{11} و C_{10} و C_9 و T_2 فتحسب كما سبق بالنسبة لأحداثيات نقاط المنحني الانتقالي الأول وباستخدام الزوايا الماسة في الجدول 5.15 .
وهكذا ، تكون هذه الأحداثيات كالآتي :

$$C_{11} = 877.653 \text{ mE} , 909.302 \text{ mN}$$

$$C_{10} = 859.933 \text{ mE} , 900.028 \text{ mN}$$

$$C_9 = 842.356 \text{ mE} , 890.486 \text{ mN}$$

$$T_2 = 825.109 \text{ mE} , 880.579 \text{ mN}$$

وتحسب أحداثيات T_2 مرتين لغرض التحقق ، وكما يظهر هنا فإنها متفقة مع سابقتها بحدود بضعة ملليمترات .
ويبين الجدول 5.17 الأحداثيات المحسوبة اعلاه لنقاط المنحني المركب .

الجدول (5.17) حسابات التسقيط لنقاط المنحني المركب

Point	Through Chainage	Coordinates		Bearing from G			Horizontal Length from G
(m)	(m)	mE	mN				(m)
النقطة	المسافة أو المحطة	أحداثيات النقطة		الاتجاه الدائري من G (AZ.)			الطول الاتي من G
T	348.54	704.95	788.64	192°	09'	25"	107.60
C_1	360.00	713.51	796.26	188	13	23	98.58
C_2	380.00	728.51	809.49	179	23	19	84.34
C_3	400.00	743.70	822.50	167	17	18	73.12
C_4	420.00	759.19	835.15	151	42	43	66.64
T_1	421.67	760.50	836.19	150	17	26	66.36
C_5	440.00	775.07	847.31	134	25	37	66.46
C_6	460.00	791.34	858.93	118	42	22	72.66
C_7	480.00	808.00	870.01	106	30	17	83.84
C_8	500.00	825.01	880.52	97	46	53	98.31
T_2	500.11	825.11	880.58	97	44	20	98.40
C_9	520.00	842.36	890.49	91	40	02	114.80
C_{10}	540.00	859.93	900.03	87	19	02	132.47
C_{11}	560.00	877.65	909.30	84	06	48	150.84
U	573.24	889.42	915.37	82	25	03	163.24

(Bearing GH) = 92° 01' 50"

= الاتجاه الدائري (GH)

(2) الاتجاهات الدائرية والأطوال اللازمة لتسقيط المنحني المركب من نقطة G

Setting out data from point G (Brg.& Length from G)

يحسب الاتجاه الدائري والطول الأفقي بين نقطة G وكل من نقاط المنحني المركب باستخدام الأحداثيات المحسوبة (عن طريق الحسابات المعكوسة) ، وكما مبين في الجدول 5.17 لغرض تسقيط النقاط بطريقة الأحداثيات القطبية. (أو الاتجاهات والأطوال).

مثال 5.12

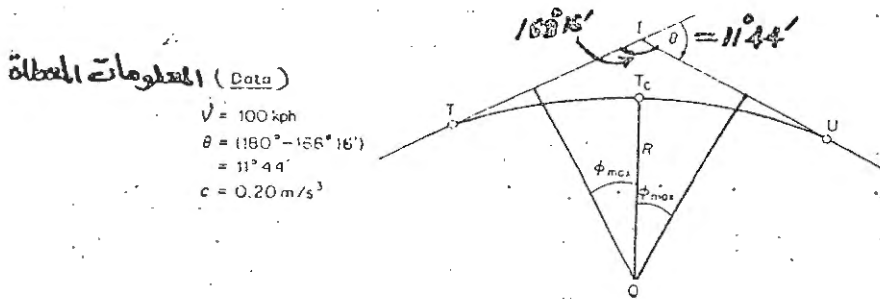
حسابات المنحني الانتقالي المركب (أو المزلف من منحنين انتقاليين فقط).

مسألة

يبين الشكل 5.55 منحناً انتقالياً مركباً يربط بين مماسين لطريق حيث زاوية التقاطع بينهما تساوي : $168^{\circ}16'$ (أو زاوية الانحراف تساوي : $11^{\circ}44' = 168^{\circ}16' - 180^{\circ}$) . والمطلوب حساب نصف القطر عند نقطة تماس المنحنيين الانتقاليين ، إذا كانت السرعة التصميمية : $V = 100 \text{ kph}$ ومعدل تغير التعجيل المركزي : $C = 0.20 \text{ m/s}^3$

الحل

يستخدم القانون المشابه للقانون 5.48 وحسب المصطلحات والرموز البريطانية المستخدمة للحل وكالاتي :



الشكل (5.55)

$$R = (V^3 / 3.6^3 C \theta)^{\frac{1}{2}}$$

$$\theta = 11^{\circ}44' = 0.20479 \text{ rad.}$$

$$\therefore R = (100^3 / 3.6^3 \times 0.20 \times 0.20479)^{\frac{1}{2}} = 723.40 \text{ m}$$

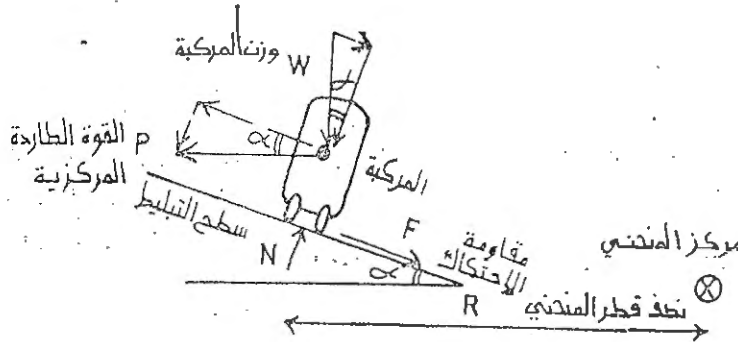
ونصف القطر هذا أكبر من الحد الأدنى المرغوب فيه لنصف القطر بالمواصفات البريطانية ومقداره (720m) وبذلك فإن التصميم أو نصف القطر هذا مقبول .

أما تسقيط المنحني المركب هنا فيشابه تسقيط منحنين انتقاليين فقط كما مر ذكره في المثالين 5.10, 5.11 (مع عدم وجود منحنى دائري في الوسط) .

المصدر 30

Design Elements & Iraqi Specifications for Circular and Transition Curves

يعتمد تصميم المنحنيات الدائرية على العلاقة بين السرعة التصميمية للطريق وإنصاف اقطار هذه المنحنيات والميل الإضافي (أو الرفع الجانبي) لسطح التبليط عند هذه المنحنيات ، وقد يضاف إلى ذلك أيضاً معامل الاحتكاك الجانبي بين اطارات المركبات وسطح التبليط . حيث أنه نتيجة لمروا المركبة على طريق منحني فإنها تتعرض لقوة طاردة مركزية تساوي : $P = \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R}$ تعمل عند مركز ثقل المركبة ، كما ذكر في بداية الحديث عن المنحنيات الانتقالية ، مما يتسبب عنها عزم انقلاب حول نقط التماس بين الاطارات الخارجية للمركبات وسطح التبليط . ويقاوم عزم الانقلاب هذا عن طريق عزم الثبات المتولد من وزن المركبة الذي يعمل عند مركز ثقل المركبة أيضاً ، وتقلب المركبة عندما يزيد العزم الاول عن الثاني . ولذلك أصبح الاتجاه الآن عند صنع المركبات الحديثة جعل مراكز ثقلها قريباً من سطح الارض وبذلك يكون عزم الانقلاب صغيراً وقد تتزلق المركبة بدلاً من انقلابها . أما مركبات النقل العام والحمل فإن لها مراكز ثقل عالية ولذلك ففرض انقلابها أكثر إلا أن السرعة المحددة لها على الطريق تكون أقل . ونتيجة لوجود هذه القوة الطاردة المركزية ، أصبح من الواجب رفع الحافة الخارجية لسطح التبليط عن حافته الداخلية (القريبة من مركز المنحني) وهو ما يدعى بالميل الإضافي أو الرفع الجانبي Superelevation ، وبذلك تصبح مركبة هذه القوة الموازية لسطح التبليط مقاومة من قبل مركبة ثقل المركبة الموازية للسطح (والمعاكسة لها في الاتجاه) ومركبة الاحتكاك الجانبي الموازية للسطح أيضاً وكما مبين في الشكل 5.56 أدناه :



الشكل 5.56

$$P \cdot \cos \alpha = W \cdot \sin \alpha + F$$

$$\sin \alpha : P = \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R}, F = f \cdot N$$

$$\text{or, } F = f \left(W \cdot \cos \alpha + \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R} \sin \alpha \right)$$

$$\therefore \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R} \cos \alpha = W \cdot \sin \alpha + f W \left(\cos \alpha + \frac{v^2}{g \cdot R} \sin \alpha \right)$$

ويقسمة الطرفين على $W \cdot \cos \alpha$ وحذف الحد الأخير لكونه صغير جداً، ينتج :

$$\frac{v^2}{g \cdot R} = \tan \alpha + f$$

ولما كان ظا (زاوية الميل) = النسبة المئوية للانحدار (أو الميل الإضافي e)

$$\therefore e + f = \frac{v^2}{gR}$$

وإذا حوِّلت v (م / ثانية) إلى V (كم / ساعة) وأُخذت قيمة $g = 9.81$ م/ثانية² وكانت f وهي معامل الاحتكاك الجانبي (قيمة نسبية أيضاً) تتراوح بين 0.11 إلى 0.16 كما في الجدول 5.18 (حسب مواصفات AASHTO الأمريكية):

الجدول (5.18)

128	112	96	80	64	48	السرعة التصميمية (كم / ساعة)
0-11	0-12	0-13	0-14	0-15	0-16	قيمة f

$$e + f = \frac{V^2}{127R} \quad \text{or, } R = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad \dots (5.49) \quad \text{فإن القانون يصبح:}$$

حيث أن :

e = هو الميل الإضافي أو الرفع الجانبي (تتراوح قيمته من 0.02 إلى 0.06 أو 0.08 أو 0.10 Superelevation وحسب المواصفات المتبعة وأعلى قيمة تؤخذ 0.07 أو $\frac{1}{15}$).

V = السرعة التصميمية للطريق (كم / ساعة) - Design speed in Km/h or kph or KPH

$$(v \text{ (m , sec.)}) = \frac{V}{3.6} = 0.28 V \text{ (kph)} \quad \text{ولغرض التحويل فإن:}$$

R = نصف قطر المنحني الدائري (م) Radius of circular curve in meters

(ويرمز له R_c عند استخدام المنحني الدائري مع المنحني الانتقالي)

وعند إهمال الاحتكاك الجانبي (f)، تؤخذ 75% من السرعة التصميمية، فيصبح القانون :

$$e = \frac{(0.75 V)^2}{127 R} = \frac{V^2}{226 R} \quad \text{or, } R = \frac{V^2}{226(e)} \quad \dots (5.50)$$

وفي المواصفات الأمريكية تؤخذ درجة التقوس D_{max} بنظر الاعتبار والسرعة V (ميل / ساعة = MPH) فيصبح المعادلة :

$$D_{max} = \frac{85,950 (e + f)}{V^2} \quad (D_e \text{ in SI} = 0.328 D_{max}; \text{حيث})$$

(إذا أريد التحويل إلى الوحدات المترية العالمية وكانت D_e تقابل وتراً طوله 20 م)

أما في المواصفات البريطانية والعراقية فتؤخذ 63.2% من السرعة التصميمية ومعامل أمان معين حيث تحذف (f) فيصبح القانون:

$$e = \frac{V^2}{314 R} \left(\text{or, } e = \frac{V^2}{282.2 R} \right) \quad \dots (5-51)$$

$$\text{or, } R = \frac{V^2}{314 e}$$

وقد تؤخذ أعلى قيمة لـ $f = 0.15$ وأعلى قيمة لـ $e = \frac{1}{15} = 0.067$ ، فيصبح القانون لأصغر نصف قطر (R_{min}) أو الحد الأدنى المطلق لنصف القطر:

$$R_{abs.min} = \frac{V^2}{127(0.217)} = \frac{V^2}{27.5} \cong \frac{V^2}{28} \quad (\text{absolute min. } R \text{ ويدعى } \dots) \quad \dots (5-52)$$

(5-52a) ... أما الحد الأدنى لنصف القطر المرغوب فيه والذي يستخدم مع المنحني الانتقالي للزيادة في الأمان min. desirable R. فيستخرج لـ $f = 0.07$, $e = 0.048$ ويساوي: $[R_{des.min} = \frac{V^2}{15}]$

وعند إيجاد نصف القطر الحاكم الذي يكون أفضل من الحد الأدنى لنصف القطر، فيضاف عندئذ 16 كم/ ساعة للسرعة بالمناطق المنبسطة و 8 كم/ ساعة بالمناطق الجبلية والتلية وكالآتي:

$$R_{rulling} = \frac{(V + 16)^2}{27.5} \quad (\text{in Flat terrain}) \quad \dots (5-52b)$$

$$\text{or, } R_{rulling} = \frac{(V + 8)^2}{27.5} \quad (\text{in Hilly terrain}) \quad \dots (5-52c)$$

وبين الجدول 5.19 الحدود الدنيا لأنصاف اقطار المنحنيات الدائرية لسرّج مختلفة وميول إضافية متعددة (مع درجات التقوس لأنصاف الاقطار تلك)؛ والحالات مختلفة. بينما يبين الجدول 5.20 الحدود الدنيا لأنصاف الاقطار (للطرق المتلوية) المسموح بها في المناطق الجبلية وللسرّج الواطئة.

وبين الجدول 5.21 والشكل 5.57 المواصفات البريطانية للتخطيط الافقي والرأسي للطريق . بينا بين الجدول 5.22 والشكل 5.58 المواصفات الامريكية (AASHTO) للحدود الدنيا لانصاف الاقطار (أو الحدود العليا لدرجات التقوس) للمنحنيات الافقية ، وعلاقتها بالسرع المختلفة والميول الاضافية ومعاملات الاحتكاك الجانبي والمناطق التي تستخدم فيها .

اما تنفيذ الميل الاضافي عند المنحني الدائري لوحده فيتم عادة بنسبة 80% على المماس إلى 20% على المنحني (أو 60% إلى 40%) من طول الميل الاضافي على امتداد المقطع الطولي ، وإذا استخدم منحني انتقالي فيتم تنفيذ الميل الاضافي على امتداد طول المنحني الانتقالي . ويتم اجراء تغيير سطح التبليط من مقطع عرضي طبيعي Normal Cross Slope or Camber Section أو مقطع تاجي Crown Section ، بنسبة انحدار طولي مقداره يتراوح من $\frac{1}{100}$ إلى $\frac{1}{50}$ أو $\frac{1}{300}$ إلى $\frac{1}{75}$ ، وحتى المقطع العرضي ذي الميل الاضافي الكامل عند المنحني الدائري Superelevated Section الذي تبلغ نسبة انحداره العظمى 0.07 أو 0.08 أو أكثر قليلاً ويتم اجراء هذا التغيير بثلاث طرق رئيسية بالنسبة للطرق ذوات الممرين وبالاتجاهين (أو عدة طرق بالنسبة للطرق ذوات الممرات المتعددة المفصولة بالاتجاهين) وكما مبين في الشكلين 5.5 و 5.6 وكما يأتي :

أولاً- تدوير سطح التبليط حول الخط المركزي للطريق .

Pavement rotated about Center Line (CL).

ثانياً- تدوير سطح التبليط حول الحافة الداخلية للطريق .

Pavement rotated about Inside Edge (IE).

ثالثاً- تدوير سطح التبليط حول الحافة الخارجية للطريق .

Pavement rotated about Outside Edge (OE).

ويُحدّد طول الميل الاضافي Length of Superelevation Run off بنسبة إنحدار طولي معين تساوي (1:n) تعتمد على السرعة التصميمية وطريقة تدوير سطح التبليط وكما مبين في الجدول 5.23 حسب المواصفات العراقية . ويتبع نسبة الانحدار هذه أيضاً طول الميل الاضافي على المماس Tangent Superelevation Runout . وإذا كان طول المنحني الانتقالي اكبر من طول الميل الاضافي فيتم تنفيذ الميل الاضافي على امتداد طول المنحني الانتقالي (والمستخدم في العراق هو منحني الكلوثويد) .

وبين الشكل 5.61 صورة مجسّمة لطريقة تنفيذ الميل الاضافي باستخدام منحنيين انتقاليين في البداية والنهاية ومنحني دائري في الوسط . حيث أن الميل العرضي الطبيعي = 0.02 (أو 2%) والميل الاضافي = 0.06 (أو 6%) . بينا بين الشكل 5.62 صورة مجسّمة لتنفيذ الميل الاضافي لمنحني دائري معكوس مع منحنيين انتقاليين .

وبين الشكل 5.63 مخططاً لتنفيذ الميل الاضافي بوجود المنحني الدائري فقط أو مع المنحني الانتقالي بموجب المواصفات الامريكية . بينا بين الجدول 5.24 طول الميل الاضافي (بالاقدام) لطريق ذي ممرين وباتجاهين وبعرض (12 قدم = 3.65 م) . ويمكن الحصول على الطول بالامتار بقسمة الطول المبين على 3.28 أو ضربه في 0.3048 .

الجدول (5.19) الحدود الدنيا لانصاف اقطار المنحنيات الدائرية
(Minimum Radii of Horizontal Circular Curves)

الحد الأدنى لنصف قطر المنحني الدائري (بالمتر) مع درجة تقوسه (MINIMUM RADIUS OF CIRCULAR CURVE) IN METERS														
السرعة التصميمية كم / ساعة DESIGN SPEED (km/h)	الميل الاعراضي (e أو S) %											NO SUPER- ELE- VATION	NO TRANSI- TION- CURVE	
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7			
120	2200	1750	1450	1250	1100	975	—	—	—	—	—	3500	5400	
	0°16'	0°20'	0°24'	0°28'	0°31'	0°35'	—	—	—	—	—	0°10'	0°06'	
100	1500	1200	1000	875	750	675	600	—	—	—	—	2500	3800	
	0°23'	0°29'	0°34'	0°39'	0°45'	0°51'	0°57'	—	—	—	—	0°14'	0°09'	
80	1000	775	650	550	500	450	400	350	—	—	—	1500	2400	
	0°34'	0°44'	0°53'	1°02'	1°09'	1°16'	1°26'	1°38'	—	—	—	0°23'	0°14'	
70	750	600	500	425	375	330	300	270	250	—	—	1500	1850	
	0°46'	0°57'	1°09'	1°21'	1°32'	1°44'	1°54'	2°07'	2°18'	—	—	0°23'	0°18'	
60	550	450	375	325	270	240	220	200	180	170	—	1500	1350	
	1°02'	1°16'	1°32'	1°46'	2°07'	2°23'	2°36'	2°52'	3°11'	3°22'	—	0°23'	0°25'	
50	375	300	250	220	190	170	150	140	125	120	110	1500	1000	
	1°32'	1°54'	2°18'	2°36'	3°01'	3°22'	3°49'	4°06'	4°35'	4°46'	5°12'	0°23'	0°34'	

الجدول (5.20) الحدود الدنيا لانحناف اقطار طرق الاستدارة (أو الطرق الجبلية)
(Minimum Radii Allowed for Turning Roadways)

SUPERELEVATION الميل الاضافي % IN %	DESIGN SPEED IN Km/h السرعة التصميمية			
	45	40	35	30
7	75	60	45	35
8	65	50	40	30

الجدول (5.21) المرافقات البريطانية للخطوط الأفقي والرأسي للطريق

Current Department of Transport Highway Design Standards published here by permission of the Controller of Her Majesty's Stationery Office

DESIGN SPEED kph. السرعة التصميمية	120	100	85	70	60	50	V^2/R
A. STOPPING SIGHT DISTANCE. m. مسافة التوقف (SSD) m							
A1 Desirable Minimum الحد الأدنى المفضل به →	295	215	160	120	90	70	
A2 Absolute Minimum الحد الأدنى المطلق →	215	160	120	90	70	50	
B. HORIZONTAL CURVATURE. m. التخطيط الأفقي							
B1 Minimum R* Without elimination of							
Adverse Camber and Transitions →	2880	2040	1440	1020	720	510	5
B2 Minimum R* With Superelevation of 2.5% →	2040	1440	1020	720	510	360	7.07
B3 Minimum R* With Superelevation of 3.5% →	1440	1020	720	510	360	255	10
B4 Desirable Minimum R Superelevation of 5% →	1020	720	510	360	255	180	14.14
B5 Absolute Minimum R Superelevation of 7% →	720	510	360	255	180	127	20
B6 Limiting Radius Superelevation of 7% →	510	360	255	180	127	90	28.28
at sites of special difficulty							
(Category B Design Speeds only)							
C. VERTICAL CURVATURE. m. التخطيط الرأسي							
C1 FOSD Overtaking Crest K Value							
C2 Desirable Minimum * Crest K Value	182	100	55	30	17	10	
C3 Absolute Minimum * Crest K Value	100	55	30	17	10	6.5	
C4 Absolute Minimum Sag K Value	37	26	20	20	13	9	
D. OVERTAKING SIGHT DISTANCE (FOSD) m							
D1 Full Overtaking Sight Distance (FOSD) m	580	490	410	345	290		

* Not recommended for use in the design of single carriageways

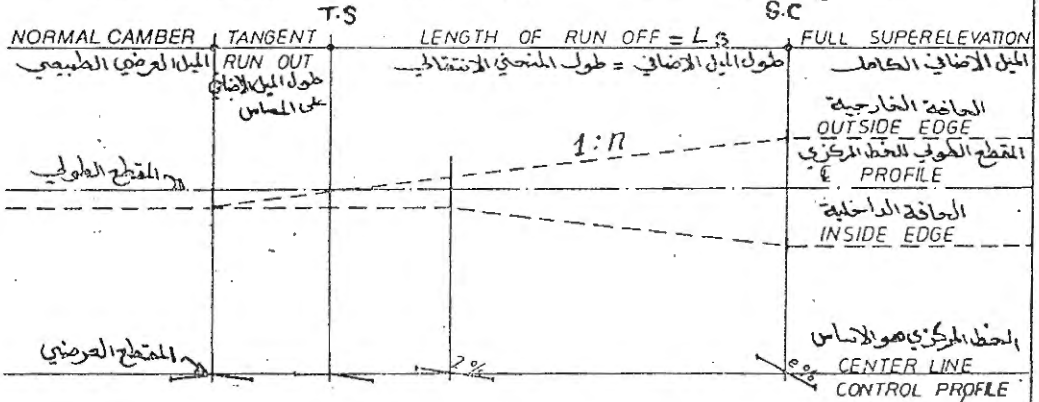
الجدول 5.22 الحدود الدنيا لأنصاف الأقطار وعلاقتها بالسرعة التصميمية والميول الإضافية

(يتمحور الميول الإضافية) (Sharpest Permissible Horizontal Curves for Given Design Speeds and Superelevations)

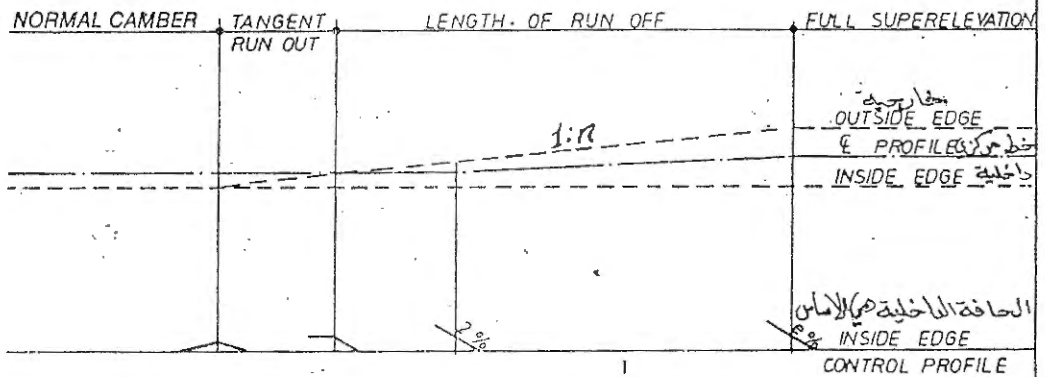
الميل الانحائي Superelevation ↓	شروط الاستخدام Condition for Use ↓	أعلى درجة تقوس مسموح بها أو أدنى نصف قطر (Maximum Permissible Degree of Curve, D_{max}) or (Minimum Radius, R_{min} or R_{max})		السرعة التصميمية Design Speed						
		معامل الاحتكاك الجانبي Coefficient of Side Friction f		20 mph 32 Km/h	30 48 Km/h	40 64 Km/h	50 80 Km/h	60 97 Km/h	70 113 Km/h	80 127 Km/h
		0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11		
0.04	Desirable for downtown نصف القطر المرغوب arterials به للطرق الداخلية في مركز المدينة	D 45.0 درجة التحذب (1)	19.0	10.0	6.0	3.75	—	—		
		127 نصف القطر (قدم) R_{max}	302	573	955	1528	—	—		
		70 نصف القطر (متروك) R_{min}	92	175	291	466	—	—		
0.06	Desirable for rural المرغوب به highways with snow and ice and for urban الطرق الخارجية المغطاة بالثلج والطرق الداخلية (أو الأقصى)	D 49.0	21.0	11.25	6.75	4.25	2.75	1.75		
		R_{min} 117	273	509	849	1348	2083	3274		
		R_{max} 36	83	155	259	411	635	998		
	for downtown arterials للداخليّة في مركز المدينة)									
0.08	Maximum for rural high- ways with snow and ice and for urban الطرق الخارجية المغطاة بالثلج والداخليّة	D 53.5	23.0	12.25	7.5	4.75	3.0	2.0		
		R_{min} 107	249	468	764	1206	1910	2865		
		R_{max} 33	76	143	233	368	582	873		
	arterials									
0.10	Maximum for rural highways and suburban freeways الطرق الخارجية وطرق الفراسخ	D 58.0	25.0	13.25	8.25	5.25	3.5	2.25		
		R_{min} 99	229	432	649	1091	1637	2546		
		R_{max} 30	70	132	198	333	499	776		

* Source: A Policy on Geometric Design. (AASHTO)

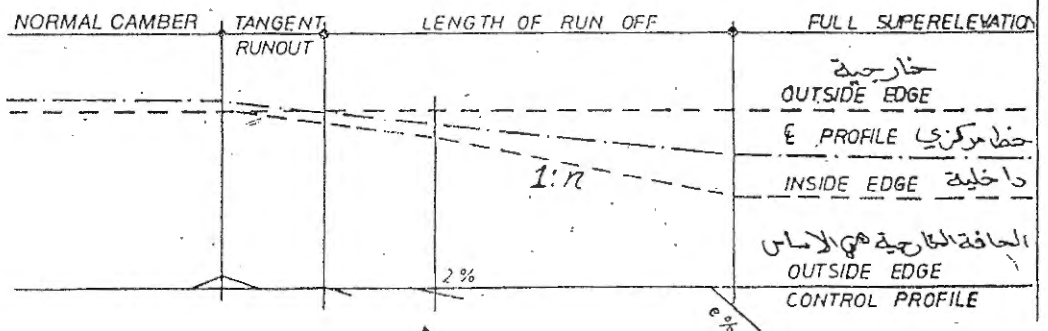
1- تدوير سطح التبليط حول الخط المركزي Pavement Rotated about Center line



2- تدوير سطح التبليط حول الحافة الداخلية Pavement Rotated about Inside Edge



3- تدوير سطح التبليط حول الحافة الخارجية Pavement Rotated about Outside Edge



الشكل (5.59) طرق تنفيذ الميل الإضافي (الطريق ذي تمرين وأنباعين)

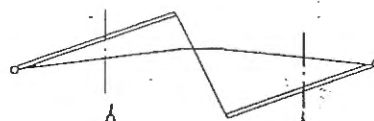
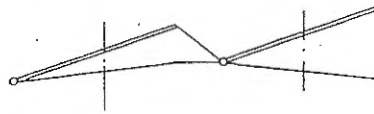
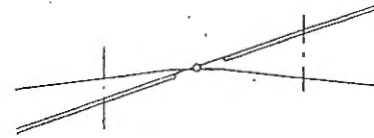
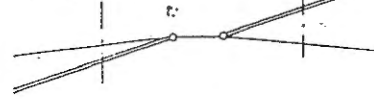
طرق تدوير سطح التبليط

(Methods of Rotation of Pavements)

II. المقطع العرضي¹ (Cross Sections)

LEFT CARRIAGEWAY
الممر الايسر

RIGHT CARRIAGEWAY
الممر الايمن



حافة خارجية
OUTSIDE EDGE (OE)

خط الانحدار المركزي
GRADIENT EDGE (IE)

حافة داخلية
INSIDE EDGE (IE)

حافة داخلية
INSIDE EDGE (IE)

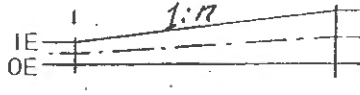
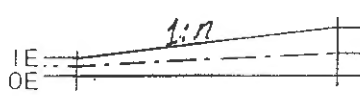
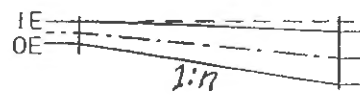
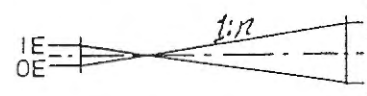
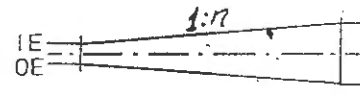
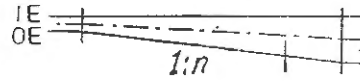
خط الانحدار المركزي
GRADIENT EDGE (IE)

حافة خارجية
OUTSIDE EDGE (OE)

II. المقطع الطولي لحافة التبليط¹ (Profiles for Edges of Pavement)

LEFT CARRIAGEWAY
الممر الايسر

RIGHT CARRIAGEWAY
الممر الايمن



الشكل (5.60) عوارض الدوران وطرق تدوير سطح التبليط (للمطرق ذات الممرات المتعددة المتصلة)

الجدول (5.23) الانحدار الطولي للميل الاضافي حسب طريقة (Gradient of Superelevation Runoff) تدوير سطح التبليط والسرعة التصميمية بموجب المواصفات العراقية (أو قيمة n)

تكون نسبة الانحدار الطولي (أو الحد الأدنى لقيمة n) كما مبين أدناه وحسب طرق التدوير الآتية :-

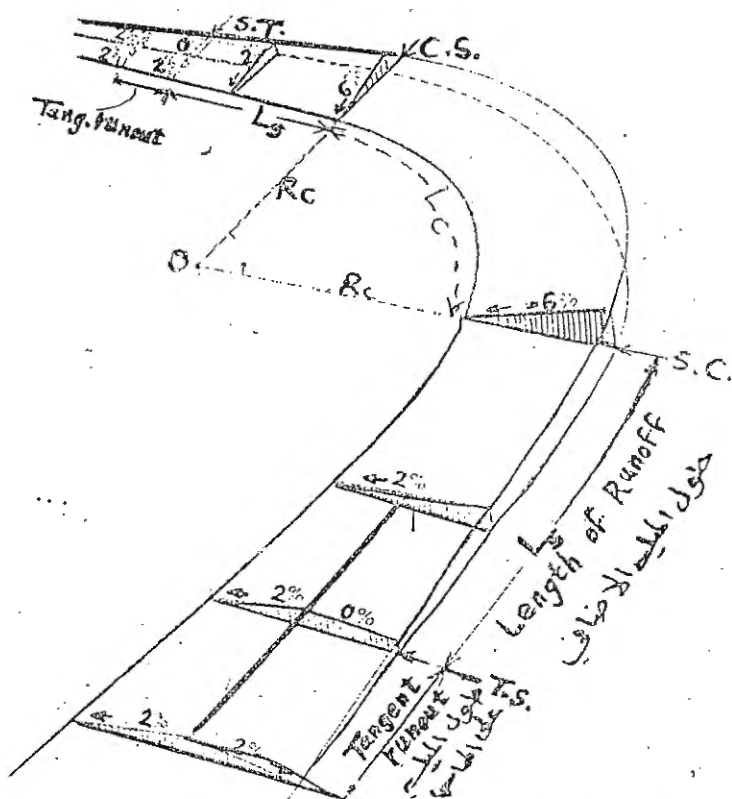
- A) rotation of carriageway about outer edge of inner marginal strip -- (OIM) التدوير حول الحافة الخارجية للشريط الداخلي
- B) rotation about outer edge of outer marginal strip (undivided highways) -- (OOMU) التدوير حول الحافة الخارجية للشريط الخارجي للطرق غير المفصولة
- C) rotation about outer edge of outer marginal strip (divided highways) -- (OOMD) التدوير حول الحافة الخارجية للشريط الخارجي للطرق المفصولة
- D) rotation about center line -- (CL) التدوير حول الخط المركزي

ملاحظة: راجع الشكل 3.9 بخصوص المصطلحات المتقدمة هنا.

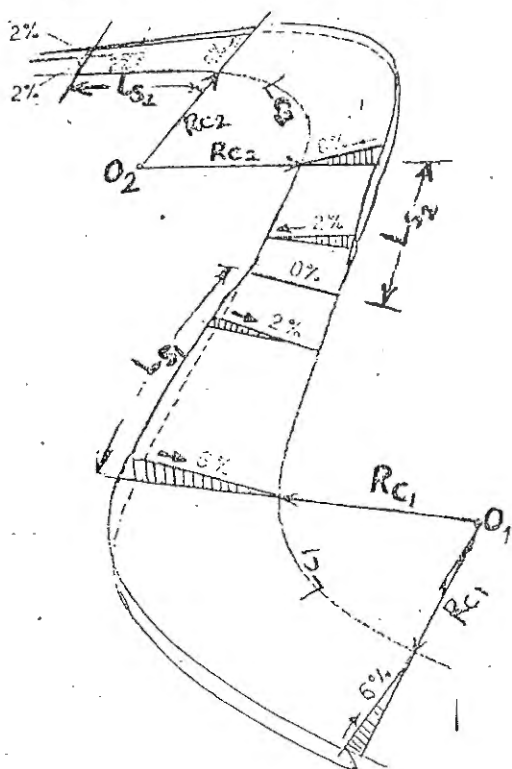
الحد الأدنى لقيمة (n) المستخدمة لتعيين نسبة الانحدار الطولي لطول الميل الاضافي
(Minimum Gradient (n) of Superelevation Runoff)

Design speed السرعة التصميمية in Km/h		Method of rotation طريقة التدوير			
		A(OIM)	B(OOMU)	C(OOMD)	D (CL)
↓					
Less than أقل من 30	→ قيمة n	150	150	200	75
More than أكثر من 30	→ قيمة n	300	300	400	150

يستخرج طول الميل الاضافي اعتماداً على النسبة (1:n) وإذا كان طول منحنى الكلوثويد اكبر من هذا الطول فيستخدم عندئذ طول الكلوثويد

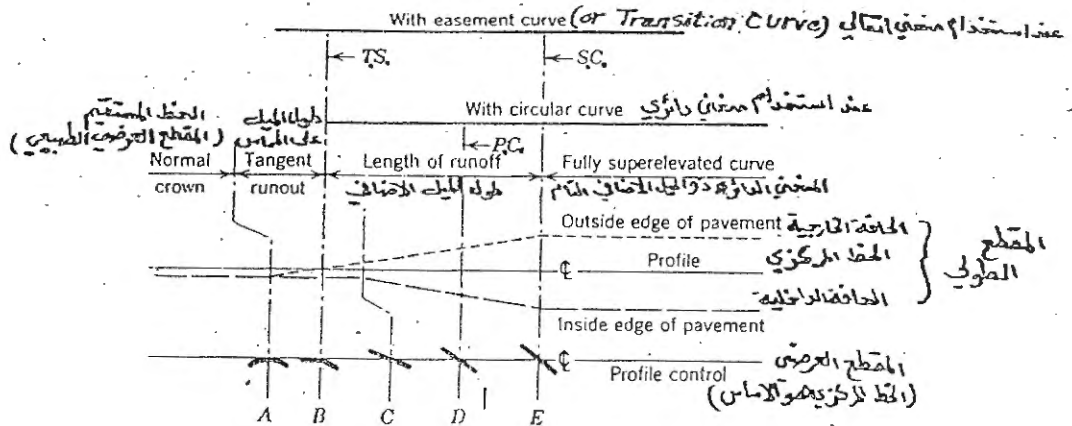


الشكل (5.61) طريقة تنفيذ الميل الإضافي على امتداد المنحني الأتقالي والدائري



الشكل (5.62) طريقة تنفيذ الميل الإضافي لمنحني دائري مكموس مع منحني ألتقالي

• مصدر اجني بلغة جبكية



الشكل (5.63) تخطيط بين طريقة تنفيذ الميل الإضافي لمنحنى دائري فقط او مع منحنى انتقال (بحسب المواصفات الأمريكية).

الجدول (5.24) الحد الأدنى لطول الميل الإضافي لطريق ذي ممرين وبانجهاين وبعرض 12 قدم = 3.65 م (بحسب المواصفات الأمريكية)

Suggested Minimum Length of Superelevation Runoff for Two — Lane Pavements with 12 — ft Lanes*

		طول الميل الإضافي للسرع المختلفة (بالأقدام)						
Super elevation Rate	السرعة	Length of Runoff for Design Speed of						
	mph →	20	30	40	50	60	70	80
	km/h →	32	48	64	80	97	113	129
0.02		30	35	40	50	55	60	65
0.04		60	70	85	95	110	120	130
0.06		95	110	125	145	160	180	200
0.08		125	145	170	190	215	240	265
0.10		160	180 ¹	210	240	270	300	330

*Source: A Policy on Geometric Design (بالامتنان) 0.3048 للحصول على الأطوال

+ For Wider roadways, lengths shown in table should be increased as follows:

For lanes, undivided, 50%; six lanes, undivided, 100%; six — lane highway, Wide median, 1.2.

المصدر 25

أما طول المنحني الانتقالي (الكلوثيرد) ، الذي يستخدم على طرفي منحني دائري كمي يربطه بمماسين أو يستخدم بين مماسين (وهو المنحني الانتقالي المركب) أو يستخدم بين منحنيين دائريين لها الاتجاه نفسه في الانحناء ونصفي قطرين مختلفين أو يستخدم بين منحنيين دائريين لها إتجاهان متعاكسان ونصفي قطرين مختلفين ، فإنه يجعل مساوياً لطول الميل الإضافي . ويُتبع القانون أدناه بموجب المواصفات العراقية لطول الكلوثيرد (L_s) وهو:

$$L_s = 1.5 V \quad \text{حيث } V : \text{ هي السرعة التصميمية (كم / ساعة)}$$

إذا تم تنفيذ الميل الإضافي بالتدوير حول الحافة الخارجية للشريط الهامشي الخارجي لسطح التبليط .
أما إذا تم تنفيذ الميل الإضافي بالتدوير حول الخط المركزي لسطح التبليط فإن القانون يصبح :
(أي أن طول الكلوثيرد بالامتار يساوي قيمة السرعة)

$$L_s = V$$

أما الحد الأدنى لطول الكلوثيرد بين منحنيين دائريين فيساوي :

$$L_m = \frac{L_s (R_2 - R_1)}{R_2}$$

حيث أن : L_m هو طول الكلوثيرد بين المنحنيين

و L_s هو طول المنحني الانتقالي النظري بين المنحني ذي النصف قطر الكبير والخط المستقيم

و R_1 هو نصف القطر الصغير

و R_2 هو نصف القطر الكبير

وهناك جداول خاصة للمنحنيات الانتقالية بالنسبة للمواصفات العراقية ، يمكن بواسطتها حساب أطوال هذه المنحنيات .

أما أطوال المنحنيات الانتقالية (أو منحنيات تخفيف الانحناء easement Curves) كما تدعى بالنسبة للمواصفات الأمريكية فقد بُنيت في الجدول 5.25 .

الجدول 5.25 الحد الأدنى لطول المنحني الانتقالي لسُرْع مختلفة ودرجات تقوس مختلفة

Minimum Lengths of Easement Curves for Various Design Speeds and Sharpness of Circular Curves (or Transition Curves) Specifications

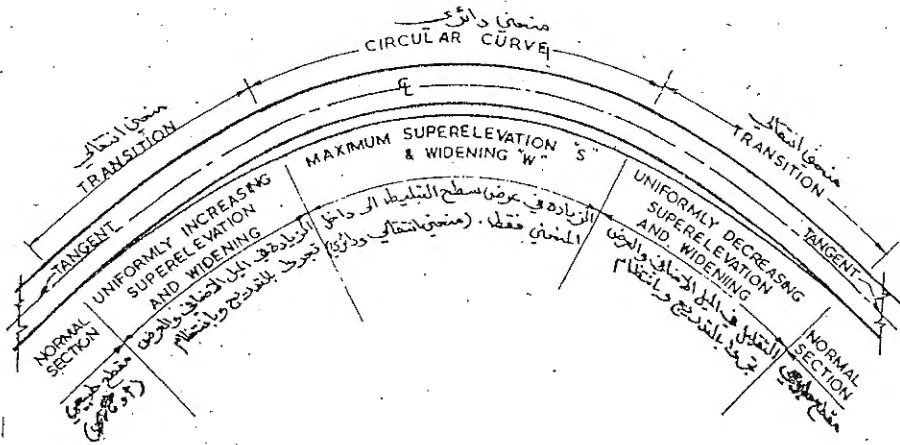
(قيمة K أو الزيادة في حدة تقوس المنحني الحلزوني لكل 100 قدم بالدرجات) k, the Increase in Sharpness of Spiral per 100 ft of Curve Length (degrees) السرعة التصميمية Design Speed			الحد الأدنى لطول المنحني الانتقالي (بالامتار) Minimum Length of Easement Curve (ft)*									
			D—Sharpness of Circular Curve (degrees) • درجة تقوس المنحني الدائري									
			1°	2°	3°	4°	5°	6°	8°	10°	12°	14°
mph	km/h											
40	64	5	20	40	60	80	100	120	160	200	240	280
50	80	2½	40	80	120	160	200	240	320			
60	97	1¾	60	120	180	240	300	360				
70	113	1	100	200	300	400						
80	129	¾	150	300	450							
90	145	½	200	400								
100	161	¼	300	600								

تقريب التيم اعلاه بـ 0.3048 للحصول على الأطوال (بالامتار)

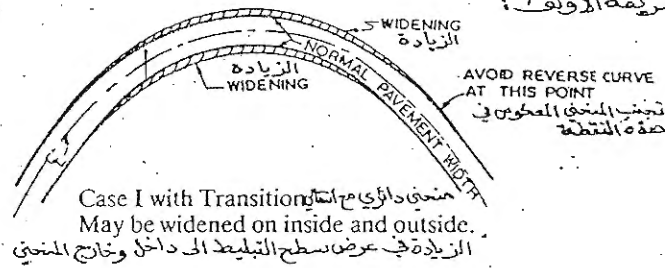
(*To obtain curve length in meters, multiply tabular values by 0.3048.)
(†Radius of circular curve in ft, 5730/D, in meters, 1746/D.)

ويتطلب عرض الطريق ذي الممرين باتجاهين مفصولين أو غير مفصولين إلى زيادة في العرض عند المنحنيات الدائرية فقط أو مع الانتقالية أيضاً. وبين الشكل 5.64 والجدول 5.26 الطرق المتبعة لتنفيذ هذه الزيادة ومقادير الزيادات للطرق ذوات المنحنيات بانصاف اقطار مختلفة (بموجب المواصفات العراقية).

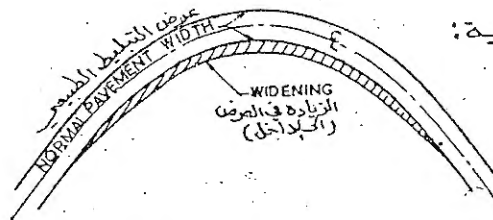
Widening of Pavement in Curves



الطريقة الاولى:



الطريقة الثانية:

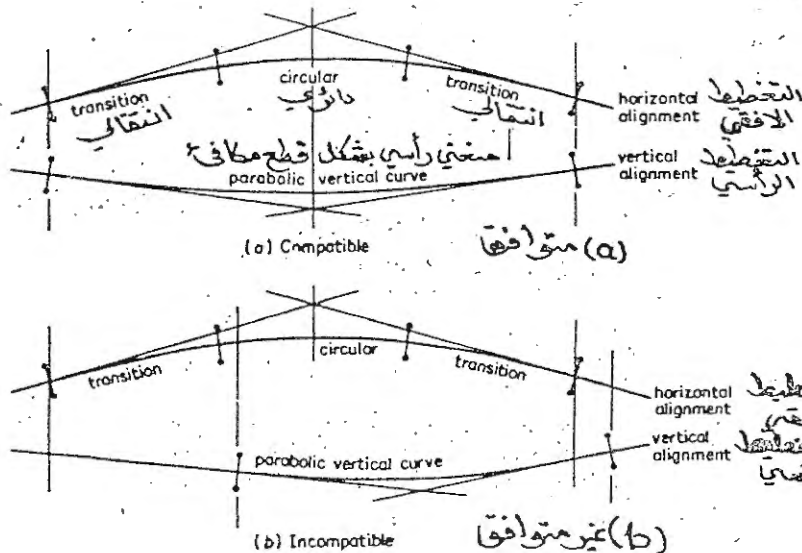


الشكل (5.64) الطرق المتبعة لزيادة عرض التليط عند المنحنيات لطريق ذي ممرين باتجاهين مفصولين أو غير مفصولين

Design Values for Pavement Widening on Highway Curves

نصف قطر المنحني RADIUS OF CURVE, m	درجة التقوس DEGREE OF CURVE	VALUE FOR WIDENING (IN METERS) FOR STANDARD WIDTH OF PAVEMENT قيمة الزيادة لارض معين للطريق		
		6.0 METERS 50-70 km/h	7.0 METERS 60-80 km/h	7.5 METERS 70-120 km/h
60 OR LESS	9 OR MORE	1.8	1.0	—
80	7	1.4	0.7	—
100	6	1.2	0.5	—
150	4	1.1	0.4	—
200	3	1.0	0.3	0.3
300	2	0.8	0.3	0.3
500	1	0.7	0.3	—

ويبين الشكل 5.65 طريقة التوفيق بين التخطيط الافقي (المنحنيات الدائرية والانتقالية) والتخطيط الرأسي (منحني القطع المكافئ) عند تصميم الطرق الجديدة أو تحسين الطرق الموجودة. حيث يجب أن يكون ابتداء وانتهاء المنحني الانتقالي متوافقاً مع ابتداء وانتهاء المنحني الرأسي، كما أن نقطة التقاطع لكلا المنحنيين يجب أن تكون في الموقع نفسه كما مبين في الشكل ادناه.

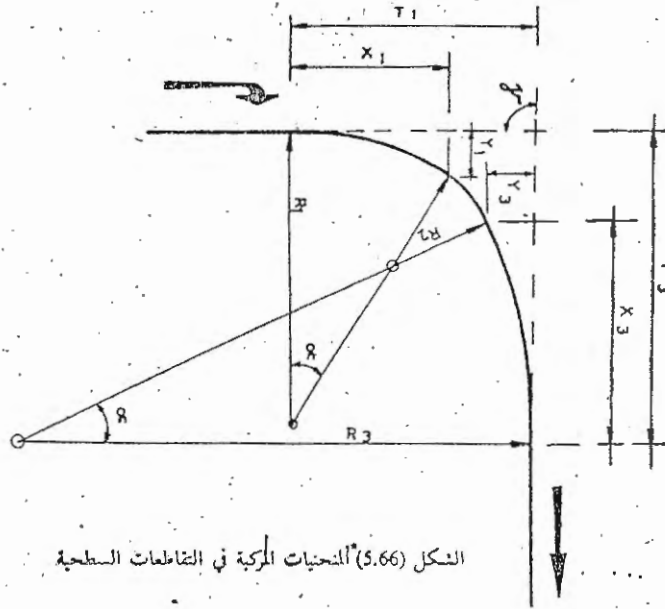


الشكل (5.65) طريقة التوفيق بين التخطيط الافقي والتخطيط الرأسي للطريق.

5.6 عناصر التصميم والمواصفات العراقية للتقاطعات السطحية والمزولة

Intersections & Interchanges Specifications and Designs

تتطلب التقاطعات السطحية والمزولة Intersections & Interchanges منحنيات مركبة متماثلة أو غير متماثلة كما مبين في الشكلين 5.66 و 5.67. حيث أعطيت القوانين اللازمة للحسابات ومثالاً لها بموجب المواصفات العراقية.



حل متماثل

(Symmetrical Solution)

$$R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 2$$

$$\alpha = \text{constant} = 15^\circ$$

$$X_1 = X_3 = 2 R_2 \sin \alpha$$

$$Y_1 = Y_3 = 2 R_2 (1 - \cos \alpha)$$

$$T_1 = T_3 = \left[\sin \alpha + (2 - \cos \alpha) \left(\frac{2}{\sin \gamma} - \frac{1}{\tan \gamma} \right) \right] R_2$$

حل غير متماثل

(Unsymmetrical Solution)

$$R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 5$$

$$\alpha = \text{constant} = 15^\circ$$

$$X_1 = 2 R_2 \sin \alpha$$

$$Y_2 = 2 R_2 (1 - \cos \alpha)$$

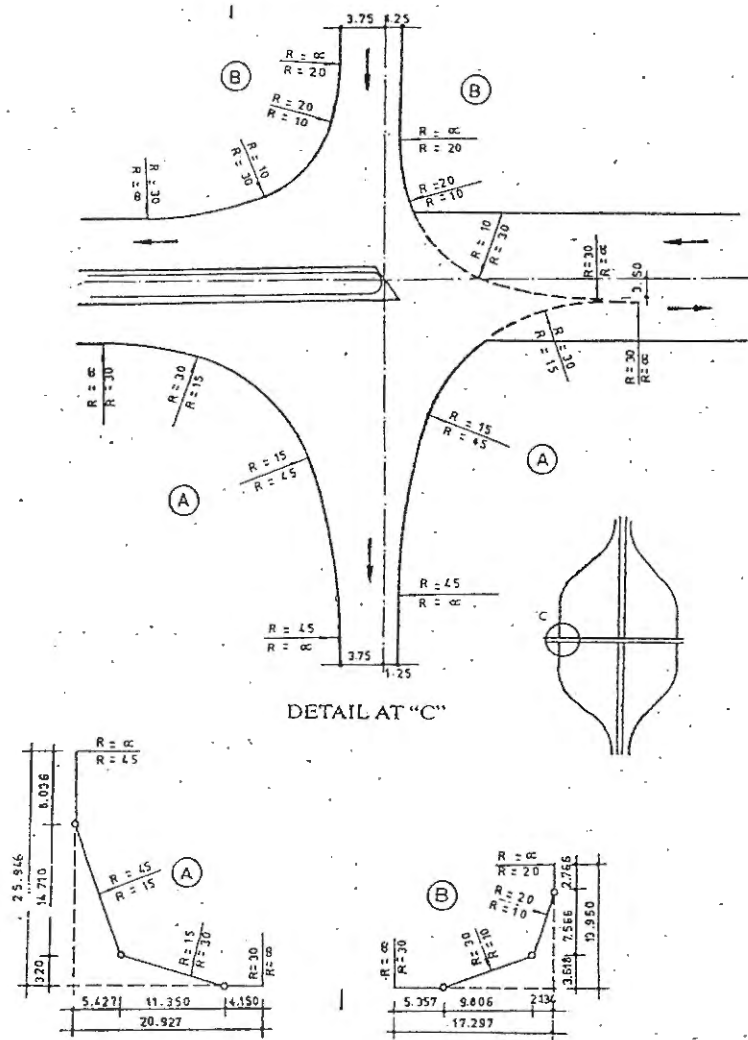
$$T_1 = R_2 \left(\sin \alpha + \frac{5 - 4 \cos \alpha}{\sin \gamma} \frac{2 - \cos \alpha}{\tan \gamma} \right)$$

$$X_3 = 5 R_2 \sin \alpha$$

$$Y_3 = 5 R_2 (1 - \cos \alpha)$$

$$T_3 = R_2 \left(4 \sin \alpha + \frac{2 - \cos \alpha}{\sin \gamma} - \frac{5 - 4 \cos \alpha}{\tan \gamma} \right)$$

Compound Curve at Intersections

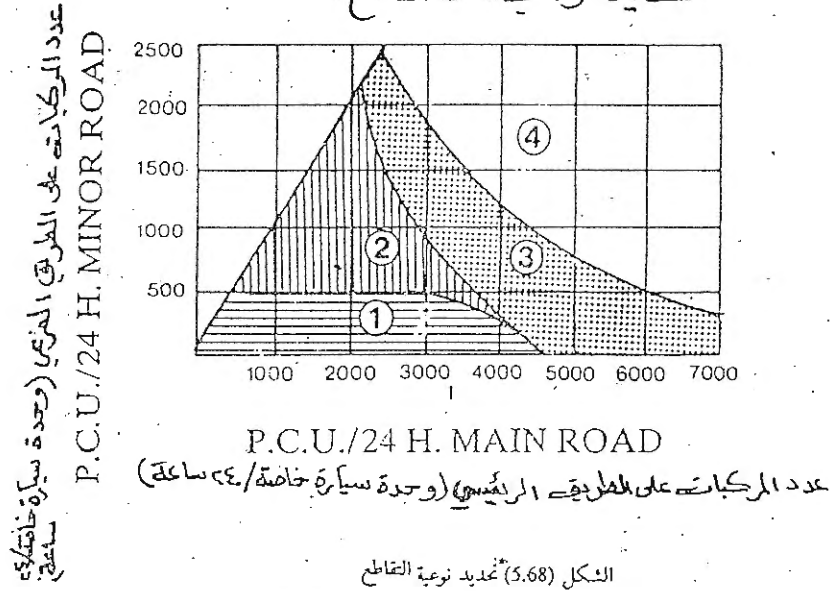


الشكل (5.67) مثال للمتنحيات المركبة في التقاطعات السطحية Compound Curve at Intersections

وهناك مواصفات تحدد نوعية التقاطعات السطحية والمعزولة الواجب استخدامها بين طريقين أحدهما رئيسي والآخر فرعي ، وتعتمد هذه المواصفات على عدد المركبات بوحدة سيارة خاصة Passenger Car Unit = P.C.U. لأربع وعشرين ساعة وللطريقين كما مبين في الشكل 5:68 .

(Determination of a Type of Intersection)

تحديد نوعية التقاطع



الشكل (5.68) تحديد نوعية التقاطع

Determination of a Type of Intersection

- 1- Intersection without traffic islands. تقاطع بدون جزر مرورية ناصلة
- 2- Divisional and channelizing triangular islands on the minor road. جزر مثلثة فاصلة وقنانية على الطريق الفرعي
- 3- Divisional and channelizing triangular islands on the minor road and divisional island on the main road. جزر مثلثة فاصلة وقنانية على الطريق الفرعي وجزر ناصلة على الطريق الرئيسي
- 4- Control intersection or interchange. تقاطع مسيطر عليه او تقاطع مزوّل

Technical drawing of a road cross-section. The road width is 10m, with 2.5m shoulders and a 4.25m wide median. The drawing includes dimensions for the road width, shoulders, median, and various offsets and clearances.

حجم المرور على الطريق الرئيسي (وحدة سيارة خاصة لكل ٢٤ ساعة)	طول الجزء (LT) المبين في الشكل اعلاه بالامتار (مع حجم الاستدارة الى اليسار/ من الطريق الرئيسي)			
VOLUME OF TRAFFIC ON MAIN ROAD P.C.U./ ₂₄ H	LENGTH OF THE PART (LT) METERS LEFT TURNING FROM MAIN ROAD %			
	10%	20%	30%	40%
2000	40	40	60	90
3000	40	50	70	110
4000	50	70	90	130
5000	70	90	120	160
6000	100	120	160	210

ويبين الشكل 5.70 أنواع الجزر المستخدمة لفصل الاتجاهات والاستدارات ولوقوف المشاة.

حيث تقسم الجزر المرورية إلى ثلاثة اصناف رئيسية تبعاً لطبيعتها عملها وهي :-

(Islands may be grouped into three major functional classes)

(1) الجزر القنواتية : للسيطرة وتوجيه حركة المرور لأغراض الاستدارات!

1) Channelizing islands: designed to control and direct traffic movement, usually turning.

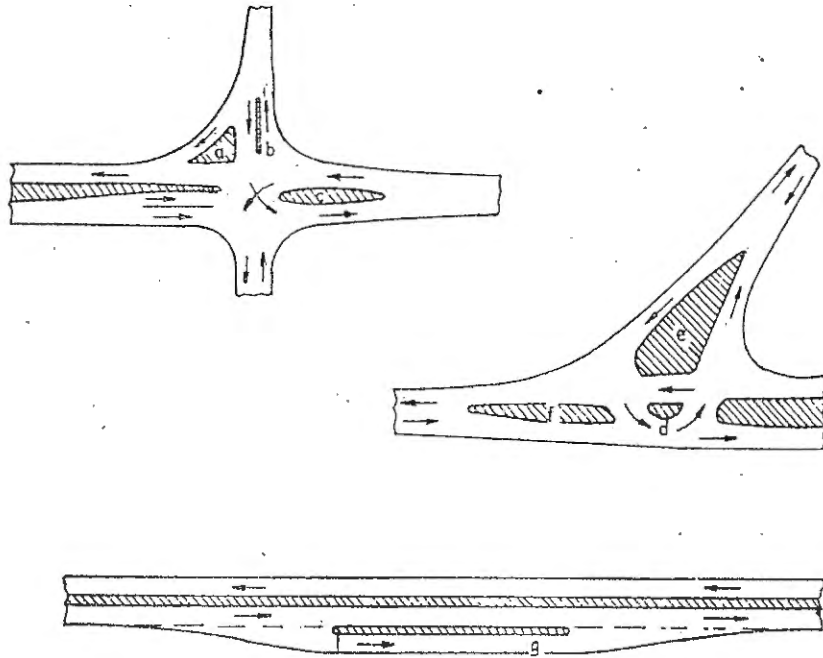
(2) الجزر الفاصلة : لفصل تيارات المرور المتوازية والمتعاكسة ذات الاتجاهات المستقيمة.

2) Divisional islands: serving to divide opposing or parallel traffic streams, usually through movements.

(3) جزر اللجوء : لتوفير أماكن لوقوف المشاة

3) Refuge islands: to provide refuge for pedestrians.

Most islands combine two or all of these functions.



الشكل (5.70) الأنواع والشكال المختلفة للجزر المرورية General Types and Shapes of Islands

جزر تحديد الاتجاهات والاستدارات (أو الجزر القنواتية) Channelizing Islands

Triangular shape "a" separates right turning from through — traffic.

Central islands "c" or "d" may serve as a guide around which turning vehicles operate.

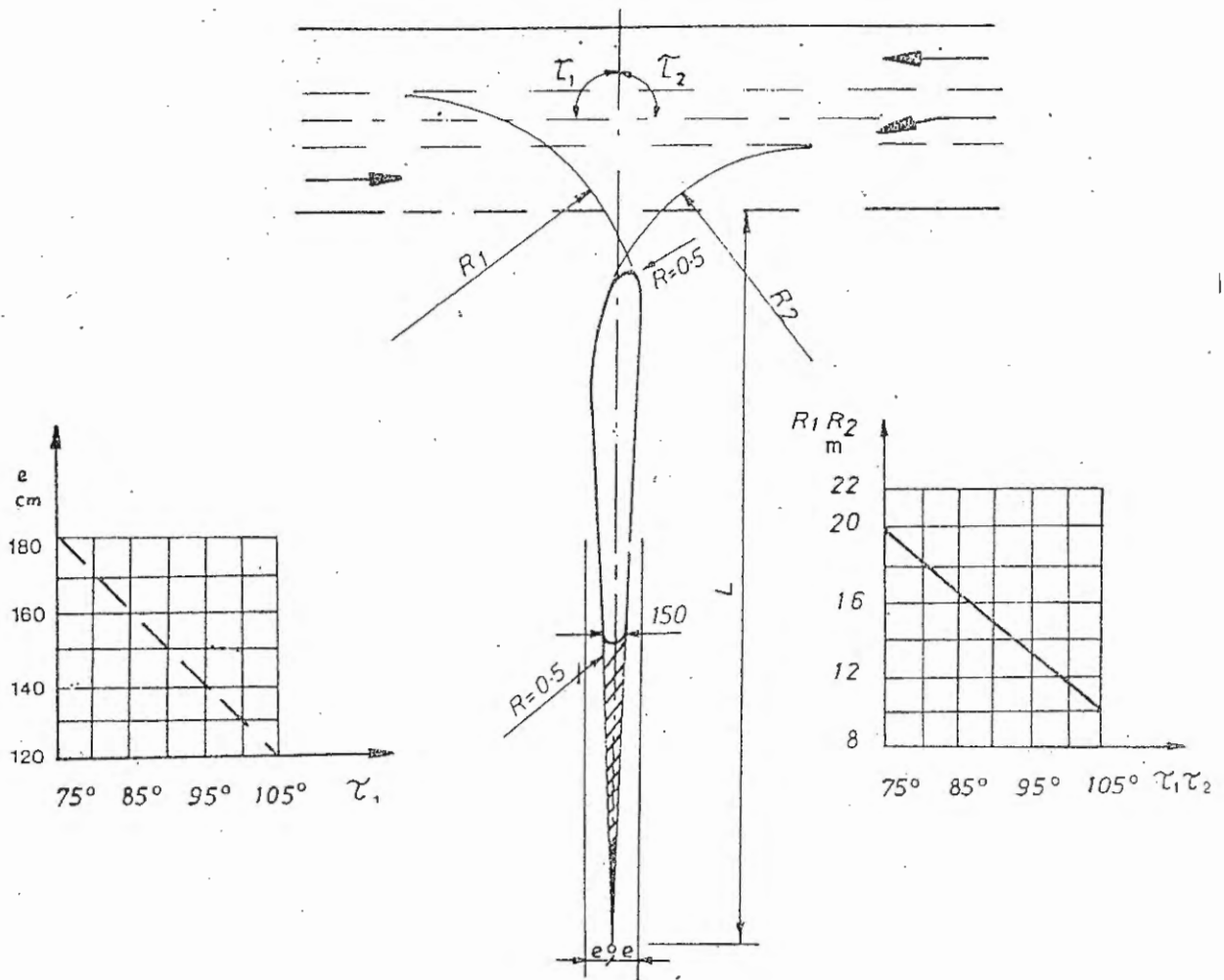
جزر فصل الاتجاهات المستقيمة (أو الجزر الفاصلة) Divisional Islands

Varieties of divisional islands are indicated by letters b, c, e, f and g.

جزر وقوف المشاة (أو جزر اللجوء) Refuge Islands

Islands a, b, c, e and f are examples.

ويبين الشكل (5.71) الأبعاد اللازمة وأنصاف الأقطار المستخدمة لمختلف زوايا التقاطع للجزر الفاصلة

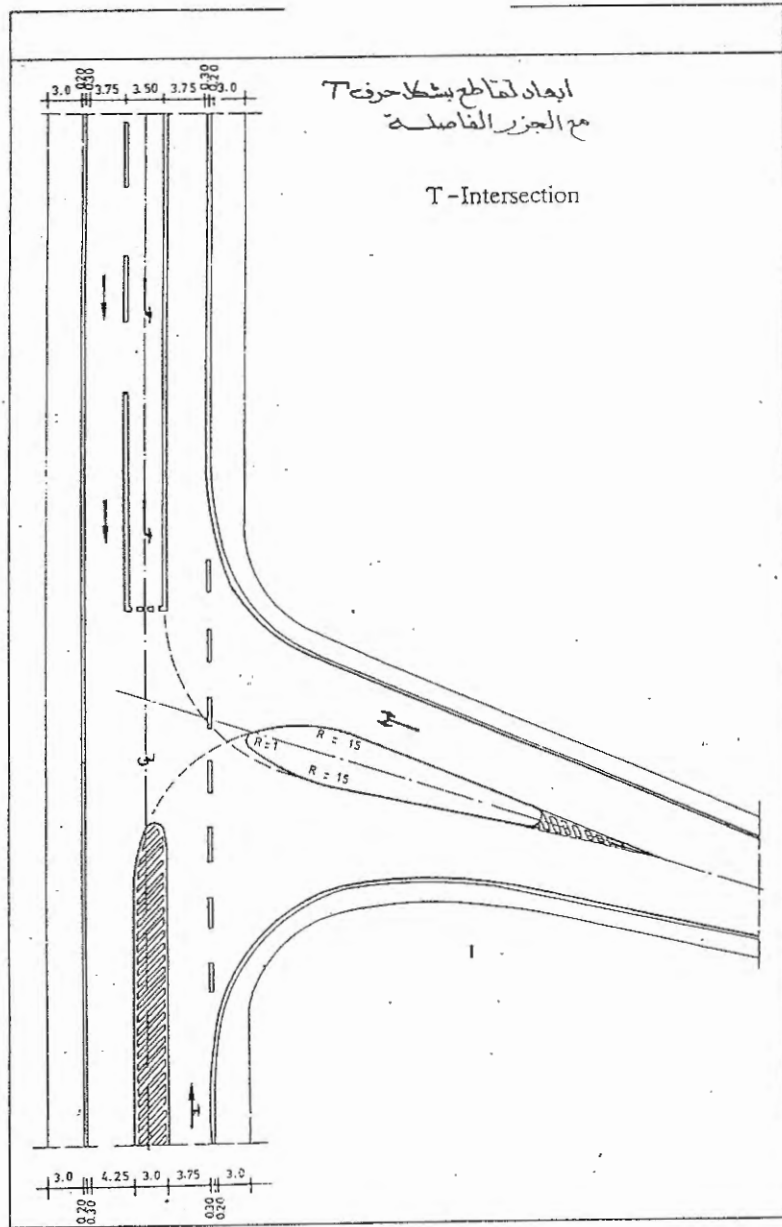


الشكل 5.71* أبعاد نوع من الجزر الفاصلة للمرور TRAFFIC ISLANDS

شكل الجزر الفاصلة Form of Divisional Islands

نوع الطريق الرئيسي KIND OF MAIN HIGHWAY		
	2 Lanes ممرين	2 lanes with the left turning lane ممرين مع مرأستدارة الى اليسار
L	20.0 m	40.0 m

وبين الشكل (5.72) أبعاد الطريق الرئيسي ذي الجزر الفاصلة وكذلك الطريق الفرعي لتقاطع بشكل T.



الشكل (5.72) أبعاد تقاطع بشكل حرف T مع الجزر الفاصلة (T - Intersection)

أما عناصر التصميم والمواصفات العراقية للمطالع والمنازل الخارجية والداخلية (Exit and Entrance Ramps) للتقاطعات السطحية والمعزولة بمختلف أنواعها فقد بيّنت في الأشكال والجداول الآتية :

يبين الجدولان 5.27 و 5.28 السّرع التصميمية للطريق الرئيسي والمطالع والمنازل وأنصاف الاقطار للمنحنيات الأفقية المستخدمة وعلاقة السّرع بأنواعها مع بعضها البعض .

وبين الشكل 5.73 والجدولان 5.29 و 5.30 رموز وقيم أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية المستخدمة في المطالع والمنازل للتقاطعات المعزولة وكذلك للتقاطعات السطحية وعلاقتها بالسّرع التصميمية ونوع الطريق والتقاطع والميول الإضافية المختلفة .

وبين الجدول 5.31 الميول الإضافية لمنحنيات التقاطعات السطحية والمعزولة لسّرع مختلفة وأنصاف اقطار مختلفة كذلك .

وبيّن الجدول 5.32 أطوال منحنيات الكلوثويد المستخدمة للتقاطعات السطحية والمعزولة .
وبين الجدول 5.33 والشكل 5.74 ابعاد سطح التبليط لحالات مختلفة من عدد الممرات واتجاهات المرور وأنصاف الاقطار، وأبعاد اكتاف الطريق المستخدمة معها .

وبين الشكل 5.75 والجدولان 5.34 و 5.35 أشكال وأنواع ممرات تغيير السرعة (أو ممرات الإبطاء والاسراع) وأطوالها (مع الجزء المتدرج لكل منها) لنسبة أنحدار اقل من 2% وأكثر من 2% .

وتبين الأشكال 5.76 و 5.77 و 5.78 أنواع التقاطعات المعزولة من حيث اشكالها وعدد الأذرع لها وكيفية عزل اتجاهات المرور، والتقاطع الميداني الدائري وكيفية تصميم الأنحدار العرضي لسطح التبليط له .

وبين الشكلان 5.79 و 5.80 بعض أنواع التقاطعات المعزولة بثلاثة أو أربعة أذرع مع أنصاف الاقطار المستخدمة للمطالع والمنازل وبعض الابعاد الضرورية .

الجدول (5.27) السرعة التصميمية للمطلع أو المنزل وعلاقتها بالسرعة التصميمية للطريق والحد الأدنى لنصف قطر المنحني المستخدم

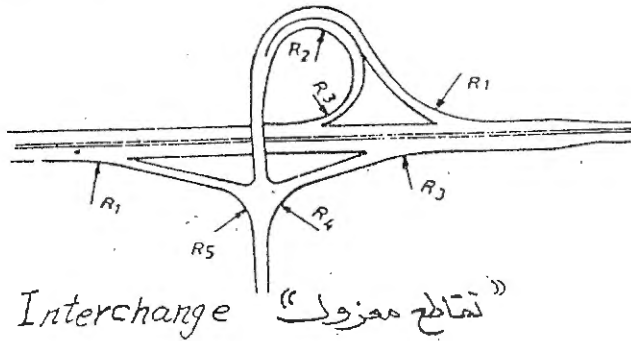
Guide Values for Ramp Design Speed in Relation to Highway Design Speed

السرعة التصميمية للطريق (Highway design speed Km/h)	50	70	80	90	100	110	120	130
السرعة التصميمية للمطلع أو المنزل المرغوب بها (Desirable)	40	60	70	80	90	90	100	100
الحد الأدنى (Minimum)	25	30	40	50	50	50	60	60
(Corresponding minimum radius)								
نصف القطر المناسب المرغوب به (Desirable)	50	135	200	280	350	350	420	420
الحد الأدنى (Minimum)	17	35	50	75	75	75	100	140

الجدول (5.28) العلاقة بين السرعة التصميمية والسرعة المتوسطة للسير لحجوم مرور مختلفة
(Assumed Relation Between Design Speed and Average Running Speed)
(Main Highways)

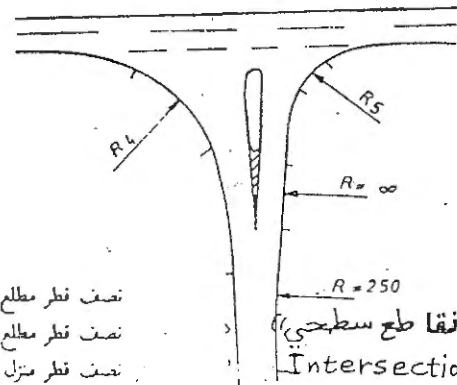
السرعة Design Speed Km/h	السرعة المتوسطة للسير (Average Running speed Km/h)		
	Low حجم مرور Volume	Intermediate حجم متوسط Volume	Approaching Possible Capacity حجم قريب من السعة المحتملة
50	45	40	40
70	60	60	55
80	70	65	55
100	85	75	60
100	90	80	
110	95	85	
120	100	90	
130	105	95	

Average Running Speed is the average for all traffic, being the sum of distances divided by the sum of running times.



- R_1 (radius of interchange exit ramps)
- R_2 (radius of interchange loop ramps)
- R_3 (radius of interchange entrance ramps)
- R_4 (radius of intersection exit ramps)
- R_5 (radius of intersection entrance ramps)

- نصف قطر مطلع خارج
- نصف قطر مطلع أو منزل دائري
- نصف قطر منزل داخل
- نصف قطر للخروج
- نصف قطر للدخول



الشكل (5.73) رموز أنصاف أقطار المنحنيات الانعكاسية للمطالع والمنازل عند التقاطعات السطحية والدوارة.

الجدول (5.29) أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية (حسب رموزها) وعلاقتها بالسرعة التصميمية للمطلع أو المنزل وصف الطريق ونوعية التقاطع.

Ramp design speeds of interchanges and intersections (km/h) السرعة التصميمية للمطلع أو المنزل							
Interchanges تقاطع معزول	السرعة V (km/h) → ↓ الاصنف class	20	25	30	40	50	60
	A ₄ /A ₄				(R ₂)	R ₂	R ₁ R ₃
	A ₄ /A ₂		R ₅	(R ₂) R ₄	R ₂	R ₁ R ₃	
	A ₂ /A ₂		R ₅	(R ₂) R ₄	R ₂	R ₁ R ₃	
Intersections تقاطع	A ₄ /A ₂		(R ₅)	(R ₄) R ₅			
	A ₂ /A ₂	(R ₅)	(R ₄) R ₅	R ₄			
Radii corresponding to ramp design speeds are shown in Table 5-30							

Radii corresponding to ramp design speeds are shown in Table 5.30

أنصاف الاقطار المبينة أعلاه تناسب السُرْع التصميمية المبينة في الجدول اللاحق (5.30)

R Desirable radius

نصف قطر مرغوب به

R Minimum radius

الحد الأدنى لنصف القطر

Class A₄.....Dual – carriageways

طريق ذو ممرين للاتجاه الواحد

Class A₂.....Single carriageways

طريق ذو ممر واحد للاتجاه الواحد

الجدول (5.30) الحدود الدنيا لأنصاف أقطار المنحنيات المستخدمة للتقاطعات السطحية والمعزولة حسب سُرْع مختلفة وميول إضافية مختلفة

Minimum Radii in Relation to Design Speed and Rate of Superelevation

الميل الأسفل (%)	120	100	80	70	60	50	40	30	25
2%	875	525	315	230	160	100	50	35	(20)
3%	810	495	300	215	150	95	50	35	(20)
4%	760	460	280	205	145	90	50	30	(20)
5%	710	420	265	195	135	75	45	25	(17)
6%	670	400	255	185	130	75	45	25	(17)
7%	—	—	—	—	(120)	(70)	(45)	(25)	(17)
minimum radii if superelevation is not developed									
2%	2300	1500	1100	800	500	400	250		

Note: () for intersection design only.

Radii indicated cannot be used for through-traffic lanes or interchanges.

V = ramp design speed in km/h

السرعة التصميمية للمطلع أو المنزل

St(e) = superelevation in %

الميل الإضافي

Intersections: Radii given for the inner edge of pavement.

التقاطع السطحي : نصف القطر للحافة الداخلية للطريق

Interchanges: Radii given for the center of pavement.

التقاطع المعزول : نصف القطر للنظر المركزي للطريق

الميل الإضافية لمنحنيات التقاطعات السطحية والمعزولة [SUPERELEVATION]

Superelevation for Curves at Intersections and Interchanges (in %)

الجدول (5.31) الميل الإضافية لمنحنيات التقاطعات السطحية والمعزولة حسب سرعة مختلفة وأنصاف أقطار مختلفة

نصف القطر Radius meters	معدلات الميل الإضافية Range of superelevation rate (%) for intersection and interchange curves with design speed (km/h) of:					
	25 السرعة	30	40	50	60	70
15	2-12	—	—	—	—	—
25	2-7	2-12	—	—	—	—
45	2-5	2-8	4-12	—	—	—
70	2-4	2-6	3-8	6-12	—	—
90	2-3	2-4	3-6	5-9	8-12	—
130	2-3	2-3	3-5	4-7	6-9	9-12
180	2	2-3	2-4	3-5	5-7	7-9
300	2	2-3	2-3	3-4	4-5	5-6
450	2	2	2	2-3	3-4	4-5
600	2	2	2	2	2-3	3-4
900	2	2	2	2	2	2-3

TRANSITION CURVES

المنحنيات الانتقالية للتقاطعات السطحية والمعزولة

الجدول (5.32) الحد الأدنى لطول الكلوثويد للتقاطعات السطحية المعزولة

Minimum Length of Clothoid for Intersections and Interchanges

DESIGN (TURNING) SPEED (km/h) السرعة التصميمية للدوران	30	40	50	60	70
MINIMUM RADIUS (m) أدنى نصف قطر للمنحني الدائري	25	45	75	120	185
SUGGESTED MIN. LENGTH OF CLOTHOID (m) أدنى طول للمنحني الكلوثويد	20	25	40	50	65
CORRESPONDING CIRCULAR CURVE OFFSET FROM TANGENT (m) مقدار ابتعاد المنحني الدائري عن المماس	0.66	0.81	0.83	0.83	0.94

PAVEMENT WIDTH

عرض التبليط لطرق الاستدارة والمطالع والمنازل

الجدول (5.33) عرض التبليط لأغراض التصميم لطرق الاستدارة والمطالع والمنازل لحالات مختلفة من عدد الممرات واتجاهات المرور وحجم المرور.

Design Widths of pavement for Turning Roadways

R Radius on inner edge of pavement (meters) نصف قطر الحافة الداخلية للتبليط	PAVEMENT WIDTH IN METERS FOR: عرض التبليط بالمتر								
	الحالة I CASE I الأولى			الحالة II CASE II الثانية			الحالة III CASE III الثالثة		
	1-lane, one-way operation – no provision for passing ممر واحد باتجاه واحد وعدم اجتياز			1-lane, one-way operation – with provision for passing ممر واحد باتجاه واحد وإجازة مركبة a stalled vehicle			2-lane operation either one-way or two-way ممران باتجاه واحد أو باتجاهين		
	DESIGN TRAFFIC CONDITION حالة المرور التصميمية								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.50	5.50	7.00	7.00	7.60	8.80	9.50	10.70	12.80
25	4.90	5.20	5.80	6.40	7.00	8.20	8.80	10.10	11.30
30	4.60	4.90	5.50	6.10	6.70	7.60	8.50	9.50	10.70
45	4.30	4.90	5.20	5.80	6.40	7.30	8.20	9.20	10.10
60	4.00	4.90	4.90	5.80	6.40	7.00	8.20	8.80	9.50
90	4.00	4.60	4.90	5.50	6.10	6.70	7.90	8.50	9.20
120	4.00	4.60	4.90	5.50	6.10	6.70	7.90	8.50	8.80
150	3.70	4.60	4.60	5.50	6.10	6.70	7.90	8.50	8.80
Tangent	3.70	4.60	4.60	5.20	5.80	6.40	7.60	8.20	8.20

Design Traffic Condition

حالة المرور التصميمية

(A) حجم قليل من مركبات الحمل أو مركبة ثقيلة أحياناً

A — having a small volume of trucks or a large truck only occasionally

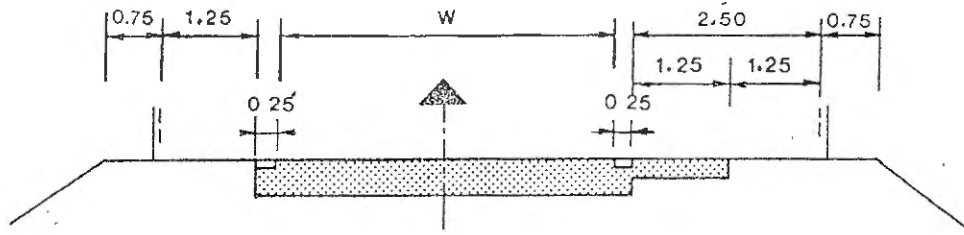
(B) حجم متوسط من مركبات الحمل (5 – 10% من حجم المرور الكلي)

B — having a moderate volume of trucks, say in the range of 5 to 10 per cent of the total traffic.

(C) حجم المركبات الثقيلة أكثر من 10%

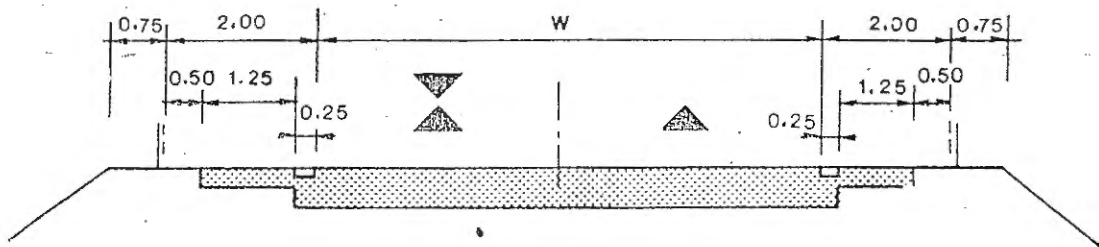
C — having more than 10 per cent heavy vehicles

أبعاد الأكتاف لطرق الاستدارة والمطالع والمنازل SHOULDER WIDTH



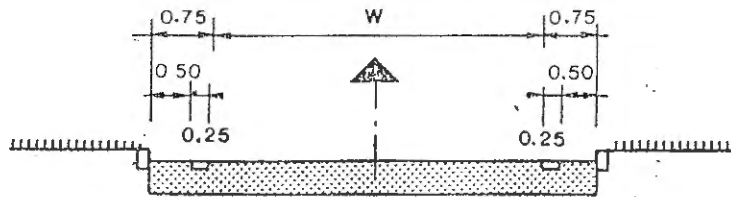
One — way one — lane turning roadway

(a) طريق استدارة بمر واحد واتجاه واحد



Two — lane one — way or two — way turning roadway

(b) طريق استدارة بمرين واتجاه واحد أو اتجاهين



One — way one — lane turning roadway between islands

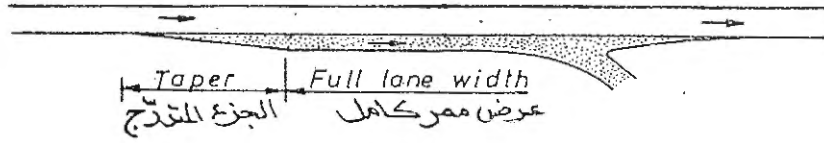
(c) طريق استدارة بمر واحد واتجاه واحد بين الجزر الفاصلة

عرض التبليط كما في الجدول (5.33) السابق $w =$ (width of pavement according to Table 5.33)

الشكل (5.74) أمثلة لأبعاد الأكتاف المستخدمة لطرق الاستدارة والمطالع والمنازل

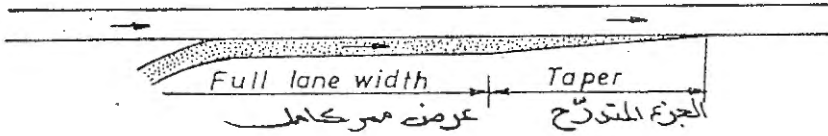
المصدر 29

SPEED - CHANGE LANES (للمرارات تغيير السرعة (للاستراحة والبطء)



DECELERATION LANES

(أ) ممرات الإبطاء (أو تخفيض السرعة)



ACCELERATION LANES

(ب) ممرات الإسراع (أو زيادة السرعة)

A speed - change lane of uniform width should not be less than 3.50 m wide.

عرض الممر الكامل لتغيير السرعة لا يقل عن 3.50 م

الشكل (5.75) أشكال ممرات تغيير السرعة Forms of Speed - change Lanes

أطوال ممرات الإسراع والإبطاء Lengths of Acceleration and Deceleration Lanes

الجدول (5.34) الأطوال التصميمية لممرات تغيير السرعة لنسبة انحدار طولي أقل من 2%

Design Length of Speed — change Lanes for Gradients of 2% or Less

(a) الشرح التصميمية وإضاف الإقطار للمنحنيات

Design speed of turning road-way curve (km/h)	Stop condition	25	30	40	50	60	70	80
Minimum curve radius (m)		17	35	50	75	120	180	230

(b) أطوال ممرات الإبطاء وبضمنها طول الجزء المترج

TOTAL LENGTH OF DECELERATION LANE INCLUDING TAPER (METERS)

Design speed of high-way (km/h)	Length of taper (meters)	70	80	90	100	110	120	130	140
70	70	110	100	90	80	80	—	—	—
80	80	140	135	125	115	105	90	—	—
90	90	165	165	155	145	135	120	100	—
100	95	185	185	175	165	155	130	110	—
110	100	200	190	180	180	170	150	130	115
120	105	215	210	200	200	190	170	150	130
130	110	235	225	215	215	200	180	160	145

(c) أطوال ممرات الإسراع وبضمنها طول الجزء المترج

TOTAL LENGTH OF ACCELERATION LANE INCLUDING TAPER (METERS)

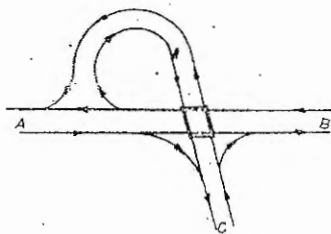
Design speed of high-way (km/h)	Length of taper (meters)	70	80	90	100	110	120	130	140
70	70	—	110	85	75	—	—	—	—
80	80	—	235	210	200	165	135	—	—
90	90	—	375	360	335	300	270	200	135
100	95	—	515	500	465	440	410	335	275

الجدول (5.35) نسب أطوال ممرات تغيير السرعة لأعداد أكثر من 2% إلى أطوال الممرات ذات الأعداد الطولي الأقل من 2%
(Ratio of Lengths of Speed — Change Lanes for Gradients 2%)

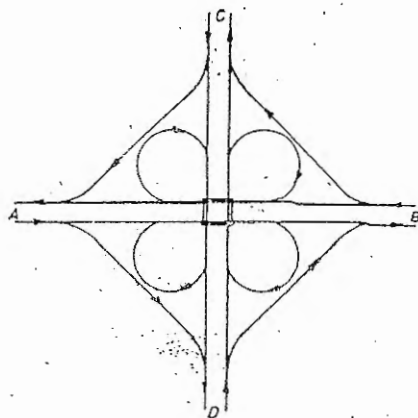
نسب ممرات الإبطاء	Deceleration lanes	السرعة التصميمية للطريق
نسب أطوال الممرات لأكثر من 2% Ratio of lengths for gradients > 2% to lengths on level for		
انحدار نازل 3 to 4% النسبة = 1.2	انحدار صاعد 3 to 4% النسبة = 0.9	All السرعات كافة
انحدار نازل 5 to 6% النسبة = 1.35	انحدار صاعد 5 to 6% النسبة = 0.8	All السرعات كافة
نسب ممرات التسارع Acceleration lanes		
نسب أطوال الممرات لأكثر من 2% Ratio of lengths for gradients > 2% to lengths on level* for:		
السرعة التصميمية Design speed of turning roadway curve (km/h) لطريق الاستدارة		
All speeds كافة	30 50 60 80	(km/h)
انحدار نازل 3 to 4% النسبة = 0.7	انحدار صاعد 3 to 4% النسبة = 1.3 1.3 — —	70
— 0.65	1.3 1.4 1.4 —	80
— 0.6	1.4 1.5 1.5 1.6	90
— 0.6	1.5 1.6 1.7 1.8	100
انحدار نازل 5 to 6% النسبة = 0.6	انحدار صاعد 5 to 6% النسبة = 1.5 1.5 — —	70
— 0.55	1.5 1.7 1.9 —	80
— 0.5	1.7 1.9 2.3 2.5	90
— 0.5	2.2 2.2 2.7 3.0	100

*Ratio from this table multiplied by length in Table 5.34.
(gives length of speed — change lane for the respective gradients.)

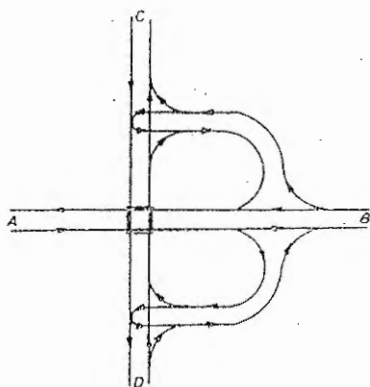
تضرب النسب أعلاه
في الأطوال (المبينة في
الجدول 5.34 السابق)



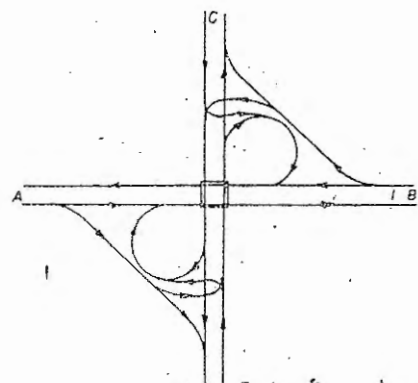
تقاطع بوق TRUMPET



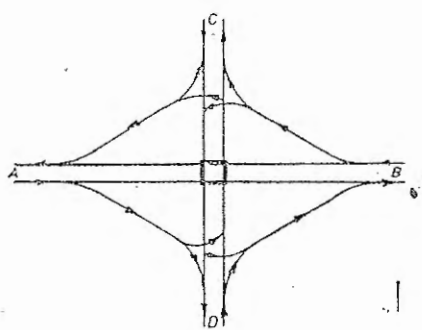
تقاطع ورقة الغت الكامل CLOVERLEAF



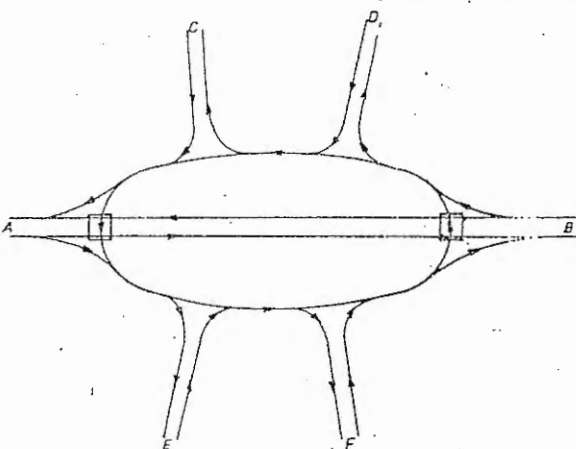
تقاطع جزئي لورقة الغت
PARTIAL CLOVERLEAF



تقاطع جزئي لورقة الغت
PARTIAL CLOVERLEAF

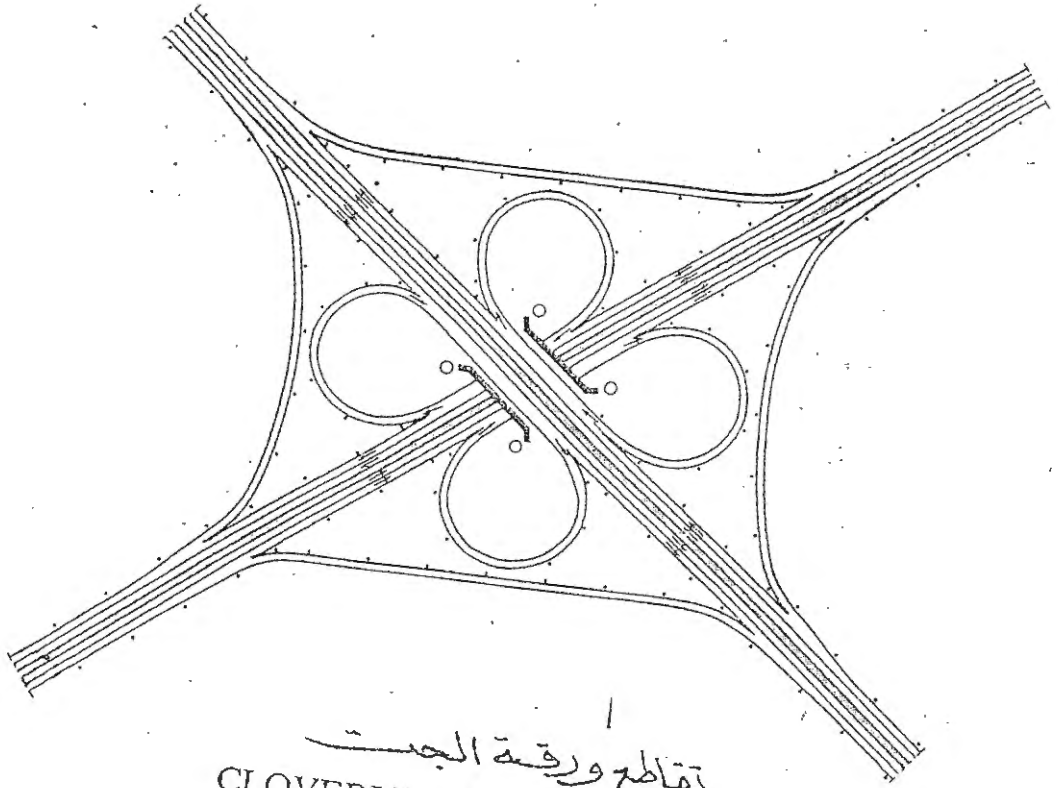


تقاطع ماسوي DIAMOND

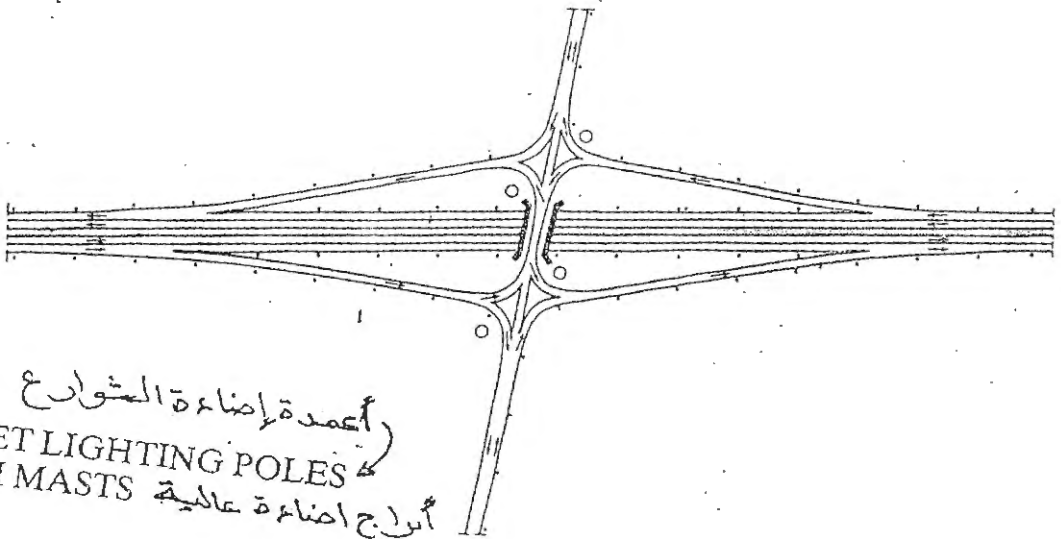


تقاطع ميداني دائري ROTARY

الشكل 5.76A الأنواع الأساسية للتقاطعات المعزولة

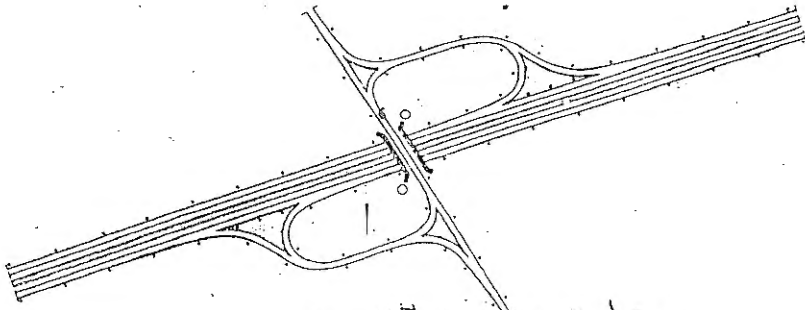


تقاطع ورقية الجبت
CLOVERLEAF INTERCHANGE

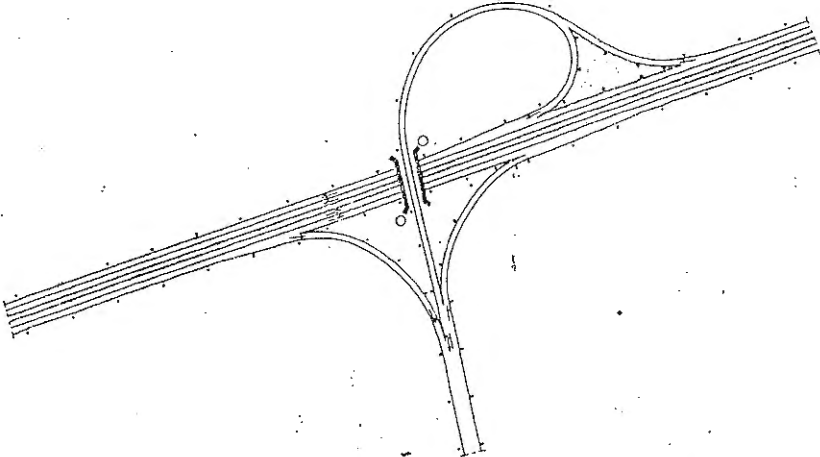


أعمدة إضاءة الشوارع
• STREET LIGHTING POLES
○ HIGH MASTS
تقاطع ماساي
DIAMOND INTERCHANGE

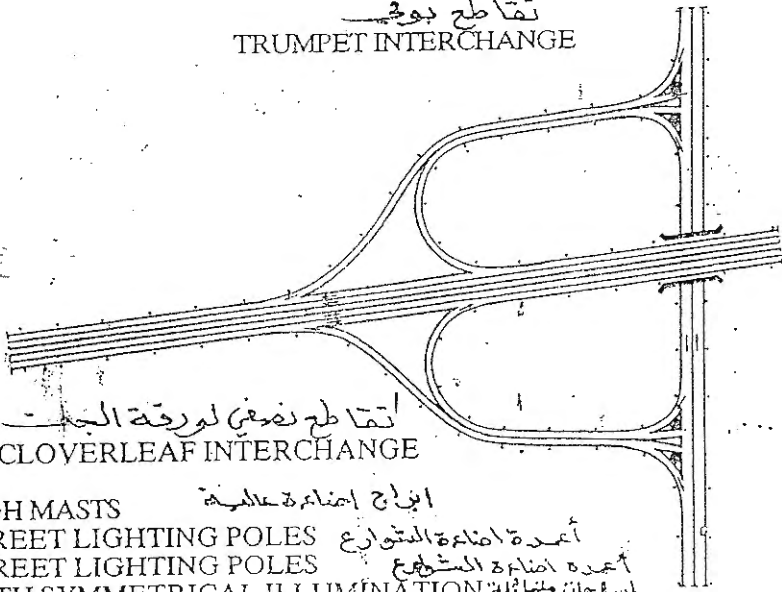
النكل 5.76B - الممرات واتجاهات السير والإضاءة للشقاطعات المنزلة



تقاطع نصف لورقة العجت
SEMI-CLOVERLEAF INTERCHANGE



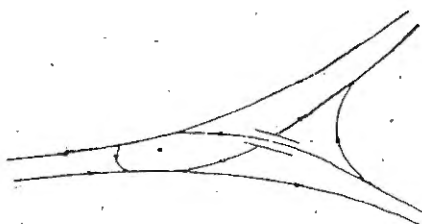
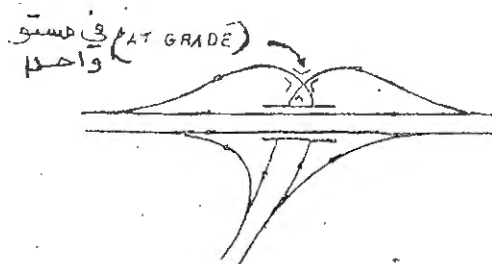
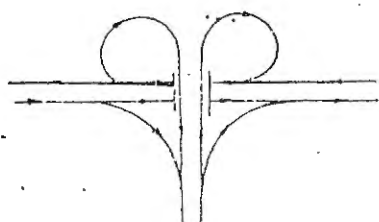
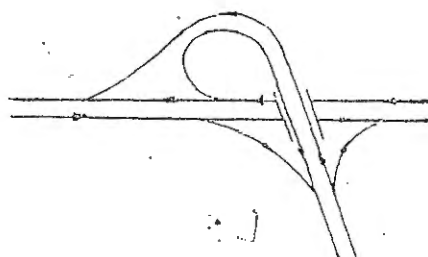
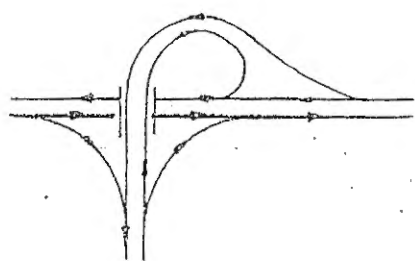
تقاطع بوق
TRUMPET INTERCHANGE



تقاطع نصف لورقة العجت
SEMI-CLOVERLEAF INTERCHANGE

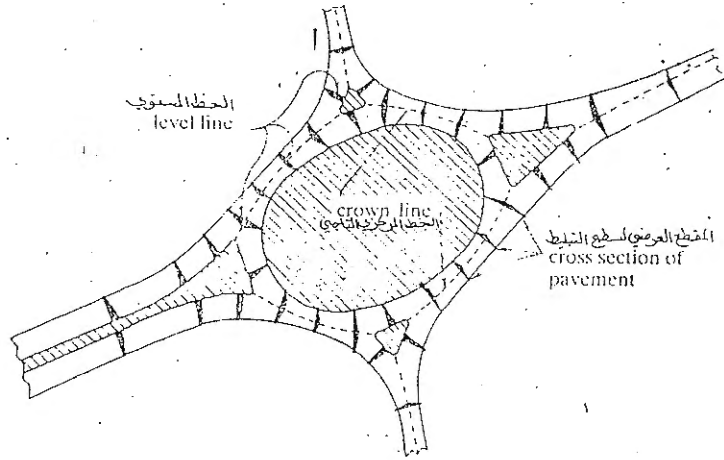
- HIGH MASTS أبراج إضاءة عالية
- STREET LIGHTING POLES أعمدة إضاءة الشوارع
- STREET LIGHTING POLES WITH SYMMETRICAL ILLUMINATION أعمدة إضاءة الشوارع
للمساحة متساوية
- OF THE AREA

الشكل (5.76C) الممرات واتجاهات السير والإضاءة للتقاطعات المعزولة.



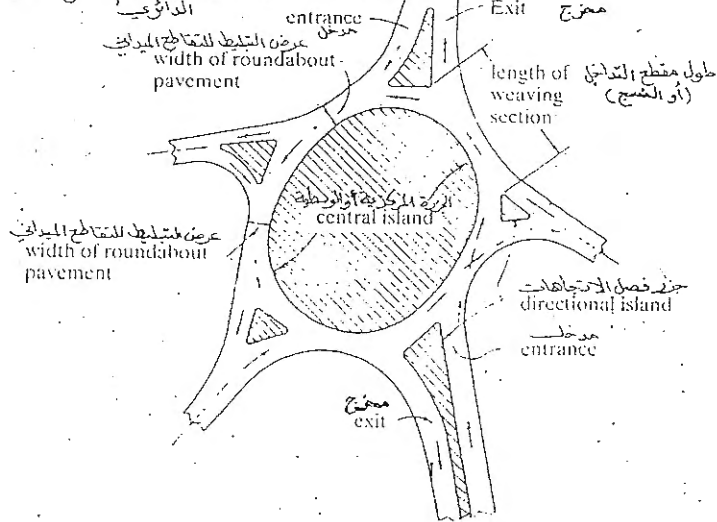
الشكل (5.77) انواع تقاطعات معزولة بثلاثة أذرع (جسر واحد)

(a) الانحدارات العرضية والخطوط المركزية التابعة لها

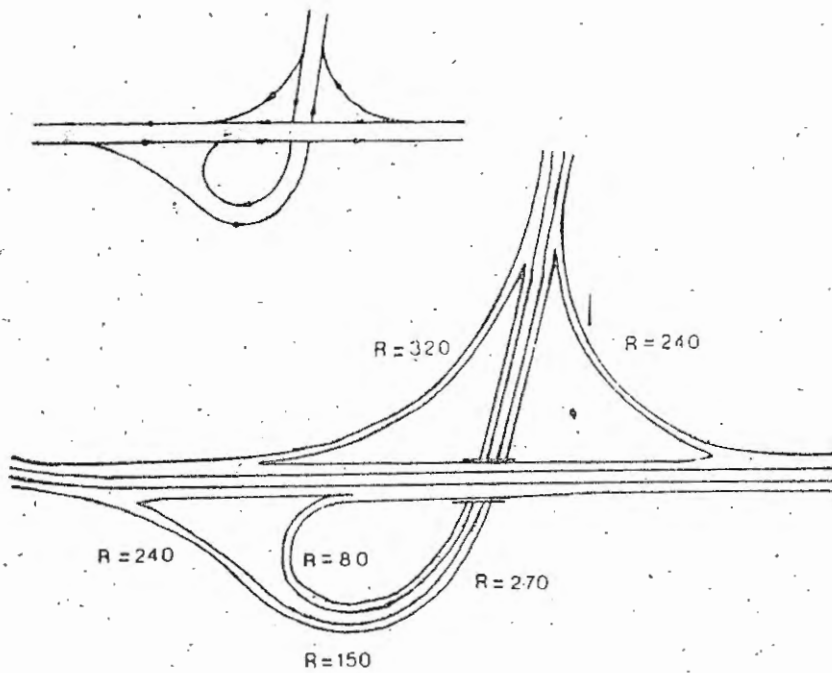


Terms Used in Roundabout Design

(b) المصطلحات المستخدمة في تصميم المقاطع المدياني

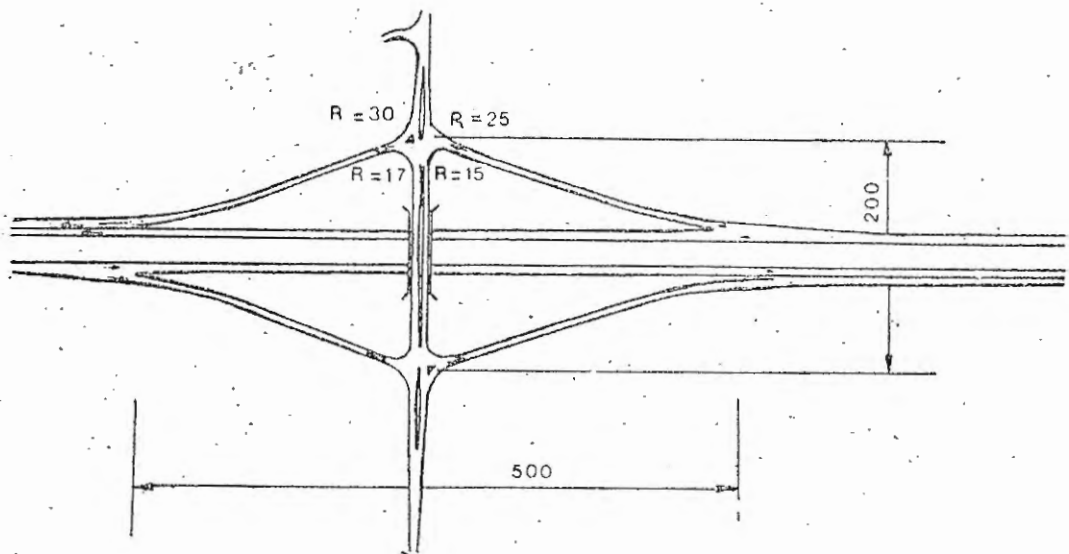


الشكل (5.78) المقاطع المدياني الدائري ROUNDABOUTS



(a) تقاطع معزول ثلاثي الاذرع (نوع برقي) مع انصاف انطار المطالع والمنازل

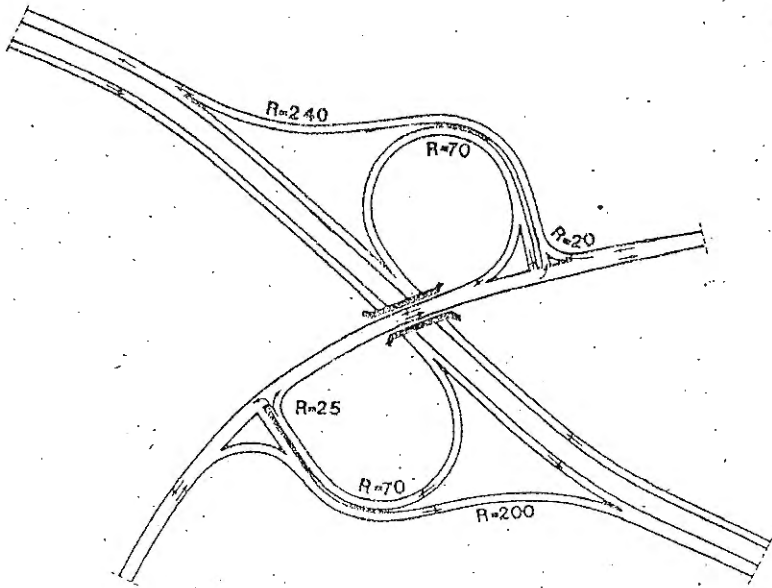
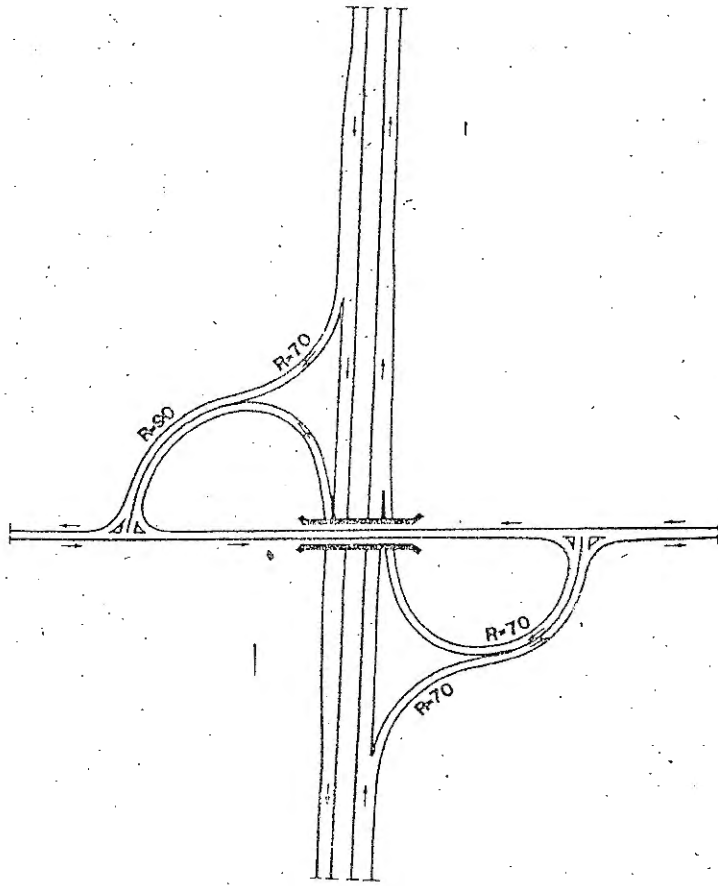
3 - Leg Interchange (Trumpet)



(b) تقاطع معزول رباعي الاذرع (نوع نماسي) مع انصاف انطار عند التقاطع السطحي والابعاد الأخرى

4 - Leg Interchange (Diamond)

الشكل (5.79) تقاطعات معزولة ذات ثلاثة واربعة اذرع



الشكل (5.80) تقاطع معزول رباعي الاذرع (نوع ورقة الجت برعين لاستدارتين معزولتين) مع انصاف انطار المطالع والمنازل

4 - Leg Interchange (2 Quadrant Cloverleaf)

5.7 حسابات ورسم مشروع صغير لجزء من طريق يشمل منحنيين أفقيين ومنحنيين رأسيين بطول يساوي 1 كم (أو 10 + 00 محطة) كما في الشكل 5.81:

يتضمن هذا المشروع إجراء حسابات للمخطط الأفقي للخط المركزي للطريق وكذلك حسابات المقطع الطولي وحجوم الكميات الترابية. وكما يأتي.

Computations for the PLAN of Center Line

(A) حسابات المخطط الأفقي للخط المركزي
وتشمل ما يأتي:

- (1) حسابات عناصر ومحطات المنحنيين الأفقيين، وجدولان لتسقيط المنحنيين بطريقة زوايا الانحراف حيث تحسب المحطات $P.C._1$ و $P.I._1$ و $P.T._1$ للمنحني الأول ثم المسافة بين $P.C._2$ و $P.T._1$ وبالتالي المحطات $P.C._2$ و $P.I._2$ و $P.T._2$ للمنحني الثاني ثم المسافة من $P.T._2$ وحتى المحطة الأخيرة 10 + 00.
- (2) حسابات المسافات الأفقية (والعمودية على الخط المركزي) لكل محطة بين حافة الطريق ونهاية الانحدار الجانبي وعلى جانبي الخط المركزي. حيث تساوي المسافة الأفقية: العمق للحفر أو الردم لكل محطة $\times$ عدد الوحدات الأفقية للانحدار الجانبي في حالة الحفر أو الردم. وتثبت هذه المسافة على جانبي الخط المركزي ابتداءً من حافة الطريق ولكل محطة.

(B) حسابات المقطع الطولي وحجوم الكميات الترابية Computations for the PROFILE of C.L. and Volumes of Earthworks

وتشمل ما يأتي:

- (1) حسابات مناسيب المحطات الكاملة على المنحنيين الرأسيين وعلى الانحدارات الثابتة لسطح الطريق حيث تمثل هذه المناسيب مناسيب خط الانشاء.
 - (2) حسابات أعماق الحفر والردم في المحطات الكاملة والتي يمكن منها حساب المسافات الأفقية للحفر والردم في الخطوة (2A) أعلاه. كما يمكن منها حساب مساحات المقاطع العرضية المستوية للحفر والردم بموجب عرض الطريق والانحدار الجانبي لحالي الحفر والردم.
 - (3) حسابات الحجوم الترابية للحفر والردم بين المقاطع المختلفة وباستخدام طريقة متوسط القاعدتين. ثم إضافة 10% لحجم الردم للتعويض عن النقل الناتج من الرص وبعد ذلك حساب الحجم المتراكم للحفر والردم في كل محطة لغرض رسم منحنى نقل التربة.
- كما يتضمن المشروع رسم المخطط الأفقي للخط المركزي (PLAN) ورسم المقطع الطولي للخط المركزي أيضاً (PROFILE). وكما يأتي:

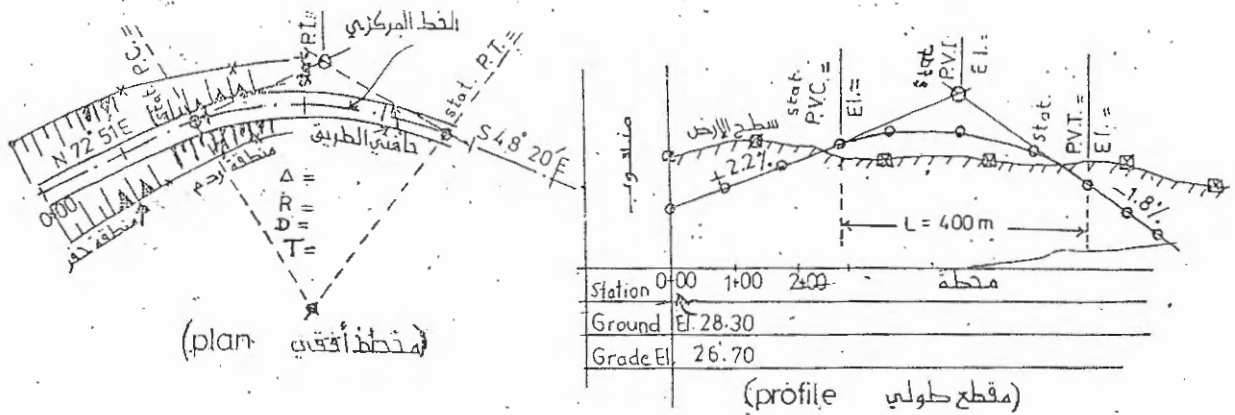
Drawing PLAN for the C.L.

(A) رسم المخطط الأفقي للخط المركزي
يتم الرسم للمخطط الأفقي كالآتي:

- (1) يرسم الخط المركزي باستخدام المسطرة والمنقلة وذلك بقياس اطوال المماسات واتجاهاتها او زوايا الانحراف بينها. ثم تثبت نقطتي البداية والنهاية لكل من المنحنيين الاقبيين، ويرسم المنحنيان باستخدام الفرجار وبموجب مقياس الرسم الذي يختير كمي يرسم به المخطط الاقبي (مثل 1:2000 او 1:5000 حسب ابعاد ورقة الرسم).
- (2) يثبت على جانبي الخط المركزي (الذي يمثل بخط متقطع ونقاط) خطين متصلين يمثلان حافتي الطريق (أو عرض سطح الطريق). كما تثبت على جانبي الخط المركزي لكل محطة ومن الحسابات في الخطوة (2A) للمخطط الاقبي، تلك المسافات الاقبية المحسوبة ويوصل بين نهاياتها باليد. ثم ترسم من حافتي الطريق أو حافتي الخط الذي يتقاطع عنده الانحدار الجانبي مع سطح الارض الطبيعية خطوط طويلة وقصيرة (أو أسهم مع خطوط طويلة) عمودية على الخط المركزي كي تمثل مناطق الردم والحفر أو أوتاد الانحدارات Slope Stakes.

(B) رسم المقطع الطولي للخط المركزي (سطح الارض وخط الانشاء) ورسم منحنى نقل الاتربة
Drawing PROFILE for Ground and Grade lines and drawing Mass – Haul Diagram

- يتم رسم المقطع الطولي ومخطط نقل الاتربة كالآتي :
- (1) يختار مقياس رسم للمناسيب ومقياس رسم للمحطات ، بموجب المناسيب المحسوبة لخط الانشاء ومناسيب سطح الارض وطول الخط المركزي (مثلاً مقياس رسم رأسي 1:100 أو 1:200 أو 1:500 ، ومقياس رسم أفقي مساو لمقياس الرسم للمخطط الاقبي) ثم يرسم الخط الذي يمثل سطح الارض باليد ، وتعين المناسيب على الانحدارات الثابتة والمنحنيين الرأسيين ثم يرسم خط الانشاء باستخدام المسطرة ومنحنيات الرسم الفرنسية French Curves.
- (2) يرسم منحنى نقل الاتربة كما مر سابقاً وباستخدام مقياس رسم رأسي مناسب للحجوم المتراكمة المحسوبة ومقياس أفقي للمحطات مماثل لمقياس المقطع الطولي.
- ويرسم المخطط الاقبي والمقطع الطولي وتثبت المعلومات عليها كما في الشكل 5.81.



الشكل 5.81

« تمارين تطبيقية »

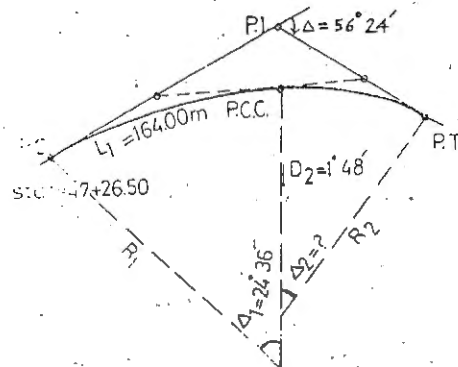
- 5.1 إحسب عناصر ومحطات كل منحنى أفقي دائري بسيط في أدناه ، إذا علمت أن :
- (A) طول المنحني : $L = 215\text{m}$ ، والزاوية المركزية : $\Delta = 46^\circ 18'$ والمحطة : stat. P.C. = 15 + 25
- (B) طول المماس : $T = 141\text{m}$ ، ودرجة التقوس : $D = 4^\circ 25'$ والمحطة : stat. P.T. = 26 + 11
- (C) طول الوتر : $C = 236\text{m}$ ، وطول نصف القطر : $R = 185\text{m}$ والمحطة : stat. P.I. = 18 + 72
- (D) الزاوية المركزية : $\Delta = 52^\circ 40'$ ، ودرجة المنحني : $D = 3^\circ 20'$ والمحطة : stat. P.I. = 36 + 98
- (E) طول المماس : $T = 128\text{m}$ ، والزاوية المركزية : $\Delta = 62^\circ 12'$ والمحطة : stat. P.C. = 51 + 20
- (F) طول المسافة الخارجية : $E = 5.20\text{m}$ ، وطول نصف القطر : $R = 160\text{m}$ والمحطة : stat. P.T. = 42 + 50

- (G) طول المنحني : $L = 265\text{m}$ ، وطول نصف القطر : $R = 152\text{m}$ والمحطة : stat. P.I. = 75 + 08
- (H) درجة التقوس : $D = 5^\circ 10'$ ، والمحطة : stat. P.C. = 22 + 18 ، والمحطة : stat. P.I. = 23 + 70
- (I) إحداثيات المحطة P.C. : $(E = 213 , N = 482)$ ، والمحطة P.T. : $(E = 344 , N = 607)$ ، والزاوية المركزية : $\Delta = 38^\circ 42'$ ، والمحطة : stat. P.I. = 40 + 17

- 5.2 إحسب محطات المنحنيين الأفقيين الدائريين المركبين أدناه ، إذا علمت أن :
- (A) : stat. P.I. = 56 + 21 ، ونصف القطر الأول : $R_1 = 462\text{m}$ ، ونصف القطر الثاني : $R_2 = 318\text{m}$ ، والزاوية المركزية الأولى : $\Delta_1 = 51^\circ 20'$ ، والزاوية المركزية الثانية : $\Delta_2 = 31^\circ 30'$
- (B) المحطة : stat. P.C. = 24 + 85 ، وزاوية الانحراف الكلية : $\Delta = 61^\circ 57'$ ، والزاوية المركزية الثانية : $\Delta_2 = 24^\circ 52'$ ، ونصف القطر الأول : $R_1 = 155\text{m}$ ، ودرجة التقوس الثانية : $D_2 = 2^\circ 21'$
- 5.3 إحسب محطات المنحنيين الأفقيين الدائريين المعكوسين أدناه ، إذا علمت أن :

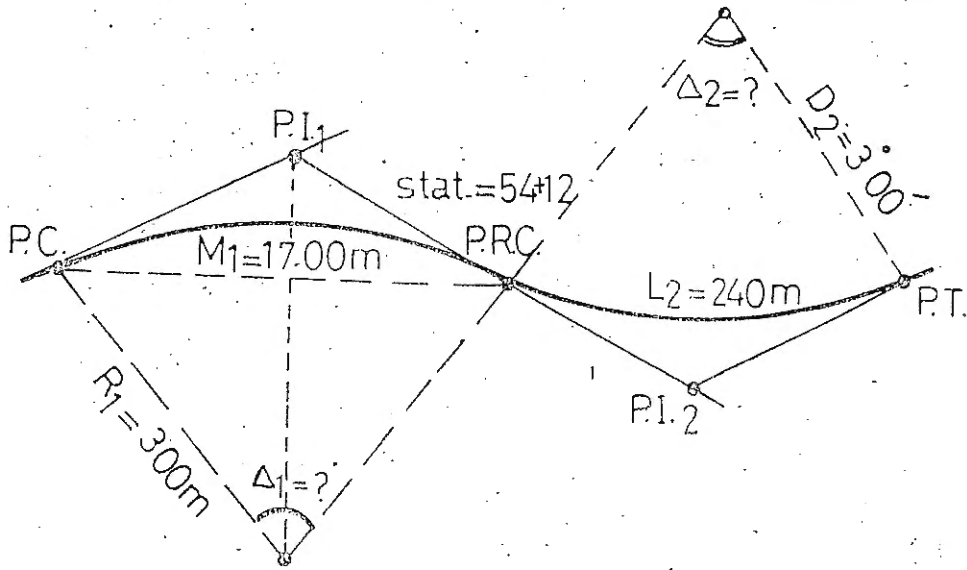
- (A) $\Delta_2 = 33^\circ 50'$ ، $\Delta_1 = 46^\circ 40'$ ، $R_2 = 755\text{m}$ ، $R_1 = 1120\text{m}$ ، Stat. P.R.C. = 90 + 03
- (B) $C_2 = 760\text{m}$ ، $R_1 = 523\text{m}$ ، $D_2 = 0^\circ 32'$ ، $\Delta_1 = 28^\circ 38'$ ، Stat. P.I. = 62 + 80

- 5.4 إحسب محطات المنحني الأفقي الدائري المركب أدناه ، ثم إحسب الزوايا المماسية وإطوال الأوتار الكلية اللازمة لتسقيط المنحني الثاني ولكل 20 م .



الشكل 5.82

5.5 للمنحني الأفقي الدائري المعكوس أدناه ، إحصب محطات هذا المنحني كافة ، ثم إحصب أطوال الأوتار الفردية والزوايا الماسة للنقاط الثلاثة الأول للمنحني الأول ولكل 20 م.



الشكل 5.83

5.6 إستخدام منحنٍ أفقي دائري مركب لربط إتجاهين لمسارين لخط مركزي لطريق هما : إتجاه الماس $N30^\circ E = (P.C. \rightarrow P.I.)$ و $549^\circ E = (P.I. \rightarrow P.T.)$ فإذا كانت المحطتان المعلومتان في هذا المنحني هما : $Stat. P.C. = 27+65$ و $stat. P.T. = 36+25$ ، وكانت زاوية الانحسراف الأولى : $\Delta_1 = 58^\circ 24'$ ، وكان نصف القطر للمنحني الثاني : $R_2 = 764 m$ ، وكانت إحداثيات نقطة التقاطع : $P.I. (E = 1200, N = 1500)$ فكم تكون قيم المحطات الباقية للمنحني ، وكم تكون إحداثيات المحطات كافة للمنحني.

5.7 إحصب المحطات كافة وإحداثياتها لمنحنٍ أفقي دائري مركب ذي ثلاثة أنصاف أقطار قيمتها : $R_3 = 200m$ و $R_2 = 90m$ و $R_1 = 200m$ ، وزوايا مركزية قيمتها : $\Delta_3 = 25^\circ 00'$ ، $\Delta_2 = 25^\circ 00'$ ، $\Delta_1 = 40^\circ 00'$ وكانت المحطة : $Stat. P.I. = 22+00$. وإحداثيات نقطة $P.I. (E = 500, N = 600)$ وإتجاه الماس $AZ. = 120^\circ 00'$: $(P.C. \rightarrow P.I.)$

5.8 منحنٍ أفقي دائري بسيط له نصف قطر : $R = 520m$ وفيه محطتان معلومتان هما : $stat. P.C. = 15+24$ و $stat. P.T. = 17+06$. فكم تكون قيمة المحطة $P.I.$ ؟ وناهي الزوايا الماسة وأطوال الأوتار الكلية لأنصاف المحطات (كل 50 م) على المنحني؟

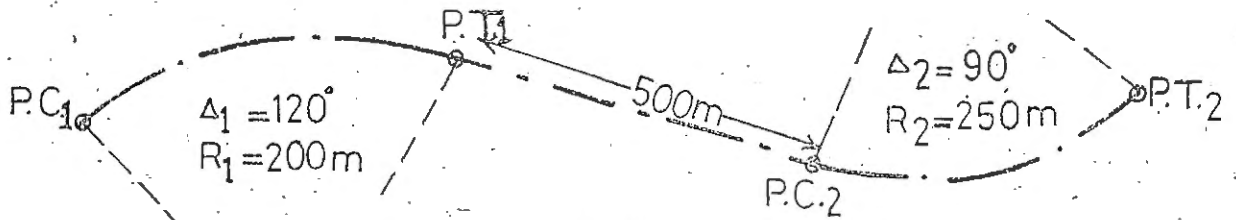
وإذا أريد استبدال هذا المنحني بمنحنٍ دائري ومنحنيين انتقالين على جانبيه ، وكانت السرعة التصميمية للطريق $(V) = 90 \text{ كم/ساعة}$ ، وكانت قيمة $(C) = 0.3 \text{ م/ثانية}^3$. إحصب عناصر ومحطات المنحنيين والزوايا الماسة وأطوال الأوتار الكلية (بالنسبة للمنحني الدائري) ، والزوايا الماسة للمنحني الانتقالي لكل 20 م. عليه وعلى المنحني الدائري ، وابتداءً من $S.T.$ ، $S.C.$ ، $T.S.$ ، إذا اعتبرت قيمة المحطة $P.I.$ نفسها كما كانت بالنسبة للمنحني الدائري.

5.9 ربطت قرنتان بطريق يتألف من منحنى إفتي دائري معكوس فيه مماس وسطي طوله 500 م ، ونصفي قطري المنحنيين : $R_2=250m, R_1=200m$ وزاويتي الانحراف لهما : $\Delta_2=90^\circ$ و $\Delta_1=120^\circ$ ، والمحطة : $P.C._1 = 12 + 50$ ومنسوبها $Elev. of P.C._1 = 80.00m$ ، فإذا كان هناك منحن رأس طوله يساوي 600 م يبدأ من $P.C._1$ وكان انحدار المماس الأول له : $g_1 = -4\%$ وانحدار المماس الثاني (الذي يستمر حتى نهاية الطريق عند المحطة $P.T._2$) يساوي : $g_2 = +3\%$. وكان منسوب سطح الأرض يبدأ من المحطة $P.C._1$ وبالمنسوب نفسه لها ويستمر بصورة أفقية (أي أن انحداره يساوي صفراً) حتى منتصف المسافة ثم ينحدر نحو الأسفل بانحدار مقداره 0.5% . فأحسب ما يأتي :

أ) عناصر ومحطات المنحنى الدائري المعكوس للطريق بأكمله .

ب) مناسب خط الانشاء لكل محطة كاملة وكذلك مناسب سطح الأرض .

ج) اعماق الحفر والردم ومساحات المقاطع العرضية المستوية وحجوم الحفر والردم الكلية ، إذا علمت أن عرض سطح الطريق = 10 م وانحداره الجانبي = 1 : 3 للحفر والردم .



الشكل 5.84

5.10 تسقيط المنحنى الأفقي الدائري البسيط على الأرض (باستخدام ثيودوليت وشريط) :

إحسب الزوايا المماسية (من المماس إلى الوتر) وأطوال الأوتار الكلية والفردية اللازمة لتسقيط كل من المنحنيات الأفقية الدائرية البسيطة أدناه ، باستخدام طريقة الزوايا المماسية Tangential-angles Method وحسب الأسلوب الحقلّي الآتي :

(1) يُنصب الثيودوليت فوق (P.I.) وتقاس زاوية الانحراف (Δ) من امتداد إتجاه المماس الأول إلى إتجاه المماس الآخر .

(2) يُقاس طولاً المماسين (T) من نقطة P.I. لثبيت المحطتين P.C. و P.T. .

(3) يُنقل الثيودوليت ويُنصب فوق P.C. ويُجمل القراءة للدائرة الأفقية صفراً بإتجاه P.I. (أي تصغير الدائرة الأفقية بإتجاه P.I.) .

(4) تُسقط الزاوية المماسية الأولى بثبيت مقدارها على الدائرة الأفقية ثم تقفل الحركة الأفقية . ثم يقاس طول الوتر الكلي الأول على امتداد خط النظر . وبذلك يعيّن موقع النقطة الأولى للمنحنى على الأرض .

وبالطريقة نفسها تُسقط باقي النقاط للمنحنى على الأرض باستخدام الزوايا المماسية والأوتار الكلية أو الفردية . وللتأكد من تثبيت نصف زاوية الانحراف الكلية $\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ عند التوجيه نحو آخر نقطة لغرض فحص عملية التسقيط ، يلاحظ تنصيف خط النظر للشاخص فوق P.T. .

يعطى لكل مجموعة في الصف منحنى إفتي بسيط خاص به لغرض الحساب والتسقيط من المعلومات أدناه :

(A) منحنى أفقي بسيط زاويته المركزية : $P.I. = 26 + 13, D = 4^\circ 24', \Delta = 42^\circ 12'$

(B) منحنى أفقي بسيط زاويته المركزية : $P.I. = 27 + 25, D = 4^\circ 48', \Delta = 45^\circ 18'$

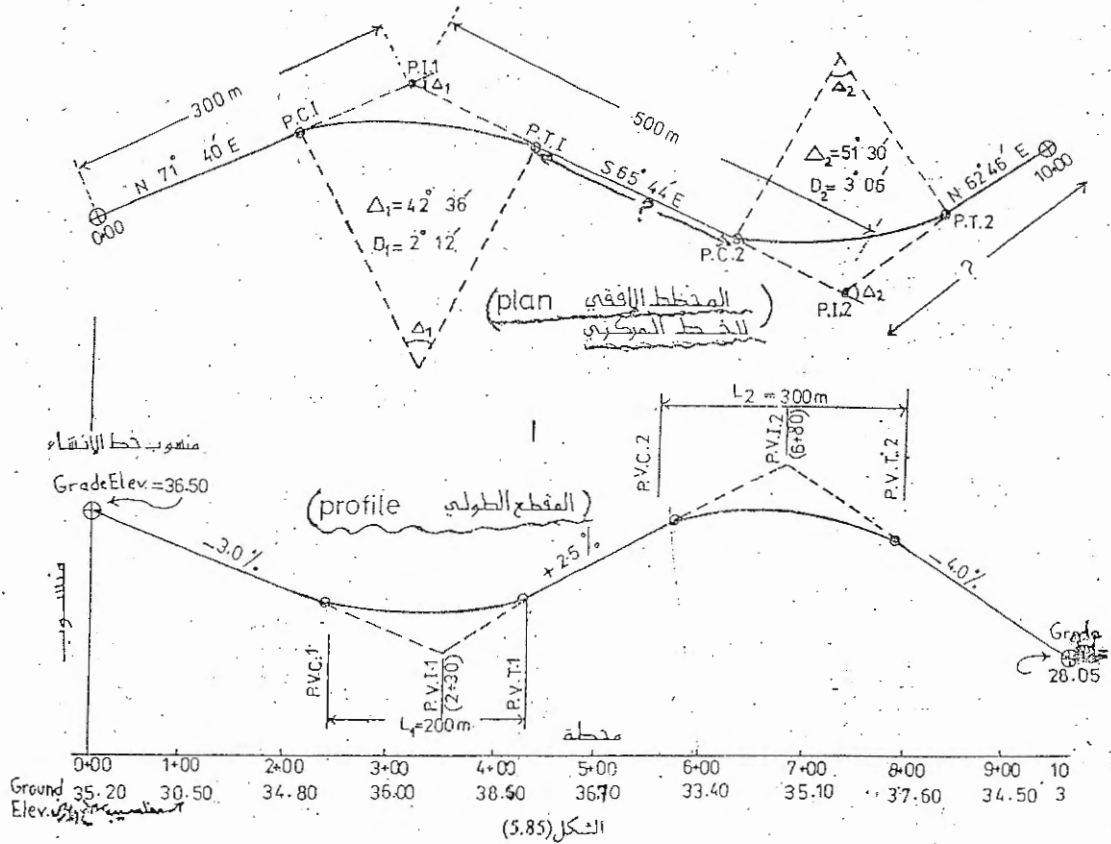
(C) منحنى أفقي بسيط زاويته المركزية : $P.I. = 28 + 31, D = 4^\circ 54', \Delta = 48^\circ 24'$

- (D) منحنى أفقي بسيط زاويته المركزية : $P.I. = 29 + 40, D = 5^{\circ}06', \Delta = 52^{\circ}30'$
 (E) منحنى أفقي بسيط زاويته المركزية : $P.I. = 30 + 54, D = 5^{\circ}24', \Delta = 54^{\circ}36'$
 (F) منحنى أفقي بسيط زاويته المركزية : $P.I. = 31 + 62, D = 5^{\circ}36', \Delta = 55^{\circ}42'$

5.11 إجر الحسابات اللازمة لتسقيط المنحنيات الأفقية الدائرية البسيطة في التمرين (5.10) اعلاه ورتبها في جداول باستخدام: (A) طريقة الأعمدة على المماس (أو طريقة الأحداثات) (B) طريقة الأعمدة على الوتر و (C) طريقة التسقيط من نقطة التقاطع.

5.12 حسابات ورسم مشروع صغير لجزء من طريق:

يتم إجراء الحسابات اللازمة للمخطط الأفقي (PLAN) وللمقطع الطولي (PROFILE) ولحجوم الكميات الترابية (VOLUMES of Earthworks) ثم رسم المخطط الأفقي والمقطع الطولي ومنحني نقل الاتربة بموجب الفقرة (5.7) في هذا الفصل، وكما مبين في الشكل أدناه من المعلومات المؤشرة عليه (حيث أن عرض الطريق = 10 م للردم وانحداره الجانبي = 3:1 للردم، بينما عرض الطريق = 12 م للحفر وانحداره الجانبي = 2:1 للحفر):



الشكل (5.85)

من الأفضل رسم المخطط الأفقي والمقطع الطولي ومنحني نقل الاتربة بمقياس رسم أفقي واحد وعلى ورقة مربعات واحدة، مع الاختيار المناسب لهذا المقياس وكذلك للمقياس الرأسى. وإكمال بقية المعلومات على الردم كما سبق بيانه في الفقرة 5:7 من هذا الفصل، والاستعانة بالفصلين الأول والثاني بالنسبة للمقطع الطولي ورسمه، وكذلك بالنسبة لرسم منحني نقل الاتربة والجداول اللازمة للحسابات المختلفة.

«المسح الانشائي»

Construction Surveying

6.1 مقدمة

يعرف المسح الانشائي بأنه التثبيت أو التسقيط للعلامات والخطوط التي تحدد المواقع الأفقية والرأسية (أو المناسب) للعناصر التي تشكل المنشآت تحت التنفيذ، بحيث يستمر تقدم الاعمال الانشائية مع الرجوع إليها باستمرار. ويتم على هذا الأساس تحقيق الغرضين التاليين منه هما:

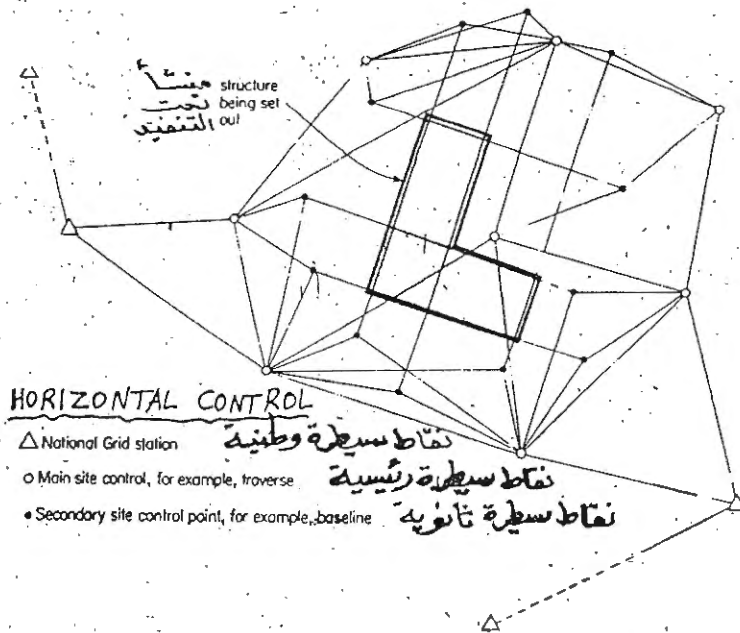
- وجوب كون المنشأ المنفذ صحيحاً بصورة نسبية ومطلقة وبثلاثة أبعاد، أي أنه يجب أن يكون صحيح الحجم وصحيحاً في موقعه بموجب المخطط الأفقي المرسوم كوصحيحاً في موقعه بموجب المخطط الرأسى المرسوم. وأنه صحيح في بعديه الأفقيين (x و y أو E و N أو الطول والاتجاه) وفي بعده الرأسى (أو منسوبه).
- وجوب استمرار التثبيت والتوقيع أو التسقيط بصورة سريعة ومن دون أي تأخير وذلك لتقليل الكلفة إلى أدنى حد. وهناك طرق وتقنيات متعددة من الناحية العملية تستخدم في المسح الانشائي إلا أنها جميعاً تعتمد على الأساس العامة الثلاثة الآتية:

أولاً - تثبيت نقاط سيطرة أفقية Horizontal Control بالقرب أو داخل منطقة الانشاء بحيث يمكن بواسطتها تسقيط نقاط المنشأ في مواقعها الأفقية الصحيحة كما مبين في المخططات الأفقية للمنشأ (انظر الشكل 6.1).

ثانياً - تثبيت نقاط سيطرة رأسية Vertical Control أو علامات مرجعية ذوات مناسيب معلومة بالنسبة لمستوى أساس معين (كرواقم التسوية المؤقتة) بالقرب أو داخل منطقة الانشاء أيضاً بحيث يمكن بواسطتها تسقيط نقاط المنشأ في مواقعها الرأسية الصحيحة (أو في مناسيبها الصحيحة) كما مبين في المخططات الرأسية للمنشأ (كالمقاطع الرأسية والطولية).

ثالثاً - اختيار الطرق والأجهزة ذوات الدقة العالية في تثبيت وتسقيط مواقع نقاط المنشأ باستخدام نقاط السيطرة الأفقية والرأسية، وهي التي تدعى حديثاً بتقنيات تثبيت المواقع Positioning Techniques إضافة للعناصر البشرية ذات الخبرة بهذه الطرق والأجهزة. ومن هذه الطرق الحديثة استخدام الحاسبات الالكترونية لأجراء الحسابات ورسم المخططات الأفقية والرأسية وتبعا الجدول اللازمة للتسقيط كما تم بيانه في الفصول السابقة. واستخدام الأجهزة الالكترونية الحديثة لقياس المسافات والزوايا وتثبيتها.

وإذا لم تتوفر الاجهزة الالكترونية فيمكن استخدام اجهزة الشيدولايت والاشرطة الفولاذية ذوات الدقة العالية وآلات التسوية ومساطرها ذوات الدقة العالية أيضا.



الشكل (6:1) شبكة نقاط السيطرة الاحقية الموقعية لمنشأ تحت التنفيذ

ولغرض تحقيق الهدف النهائي من عملية التسقيط وهو إنشاء المنشأ بصورة صحيحة وسالمة من الأخطاء، يجب التخطيط لعملية التسقيط مسبقاً ومراعاة مايلي وأخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار وهي:

أ- التحقق من المعلومات المعطاة في مخططات التصميم وإمكانية معالجة بعض التصاميم التي لا يمكن تسقيطها بسهولة، واستطلاع منطقة الانشاء بصورة مستمرة وخاصة إذا كانت كبيرة المساحة أو على امتداد شريط عريض من الأرض.

ب- التأكد من مواقع محطات المسح الأصلية الدائمة منها والمؤقتة وكذلك رواقم التسوية الدائمة والمؤقتة وعدم حدوث أي تغيير أو تلف لهذه المحطات والرواقم.

ج - حفظ وتسجيل المعلومات الضرورية لعملية التسقيط أثناء التنفيذ وتبويبها بما يضمن سهولة الرجوع إليها والتحقق من المواقع المثبتة.

د- حفظ الأجهزة وخاصة الالكترونية منها في مواقع جافة وبدرجة حرارة ملائمة ، وإجراء الصيانة والفحوصات الدورية لها كل اسبوع وكل شهر للتأكد من صحة تثبيت القياسات المختلفة أثناء التسقيط . وعدم وجود أخطاء كبيرة فيها .

هـ - المحافظة على الدقة المستخدمة في عملية التسقيط وذلك بالاعتماد على نقاط السيطرة الأفقية والرأسية المتواجدة قرب النقاط الواجب تثبيتها، وعدم الاعتماد على نقاط مثبتة سابقا في تثبيت نقاط لاحقة للمنشأ حيث ان ذلك يؤدي الى تراكم الأخطاء عند هذه النقاط.

و- القيام بالفحص الدوري لمنطقة العمل يوميا واسبوعيا والتأكد من وجود الاوتاد وسكك التسديد والانحدار والعلامات الخرسانية للمحطات الأفقية ورواقم التسوية وعدم ازلتها أو اتلافها اثناء عمليات الانشاء والحفر والردم.

ز- التحقق أثناء التسقيط من مواقع النقاط المثبتة وبصورة مستقلة ومن عدة نقاط مبطنة كلما أمكن ذلك حتى يمكن تلافي الأخطاء الحادثة في مرحلة مبكرة من الانشاء والتي قد تظهر في مراحل لاحقة منها أخفيت عن الانظار فترة من الزمن. وملاحقة اعمال التسقيط بصورة مستمرة واحدة تلو أخرى ووجوب معرفة مايجب عمله حسب تسلسل فقرات ذلك العمل.

وبالنظر لخصوصية اعمال التسقيط أو المسح الانشائي لكل نوع من المنشآت سواء كانت أنبئة أو طرق أو سكك أو انابيب أو سدود أو قنوات ري وبزل، فإن هذه الاعمال سوف تذكر لكل منشأ على حدة ومايستخدم فيها من سكك تسديد أو سكك انحدار أو مساطر متقلبة أو تركيبات خشبية للاركان والزوايا أو أوتاد خشبية أو حديدية اعتيادية. وذلك إضافة للاجهزة الدقيقة المستخدمة في تثبيت المواقع والمناسيب، وما استجد حديثاً من استخدام أشعة ليزر في اعمال التسقيط.

Setting-out Buildings

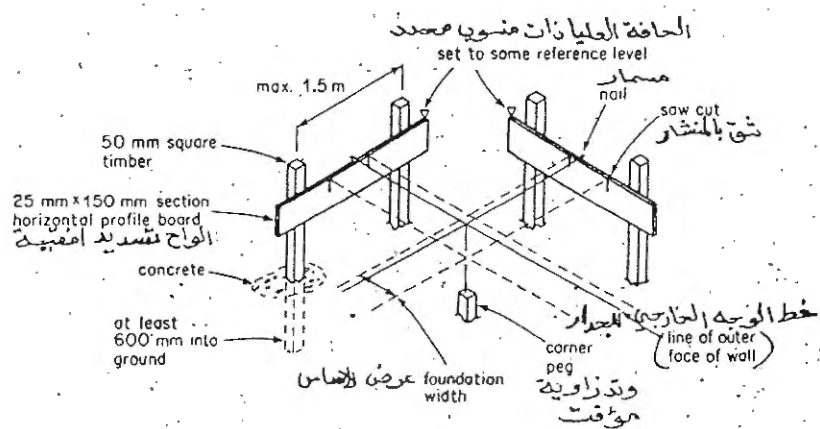
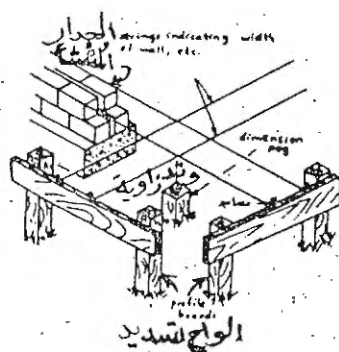
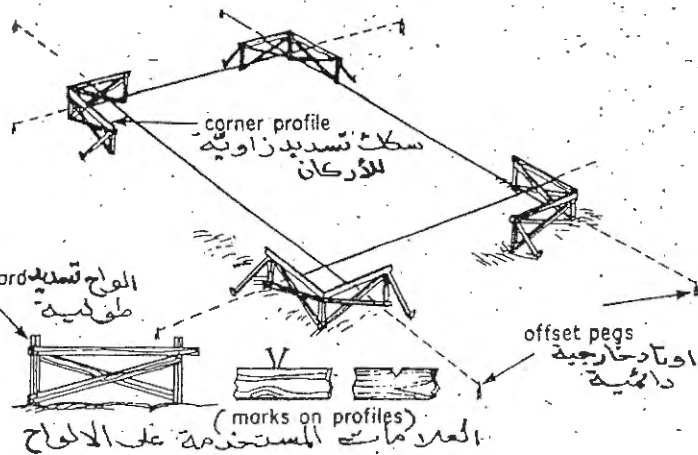
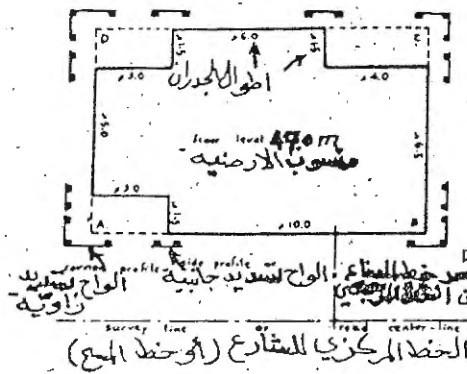
6.2 أعمال تسقيط المباني

تشمل أعمال التسقيط للمباني تسقيط خارطة دار أو مخطط لبناية مفردة، أو تسقيط مباني ذات طوابق متعددة، ومايلزم ذلك من تسقيط المواقع الافقية للجدران وللاعمدة وشاقوليتها ومناسيب الطوابق وغير ذلك.

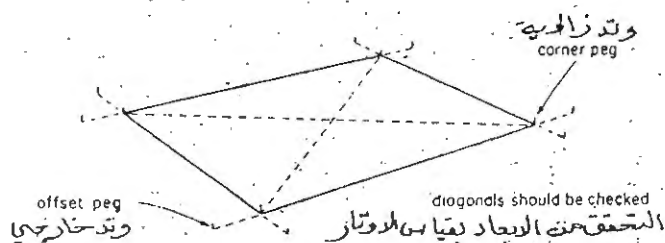
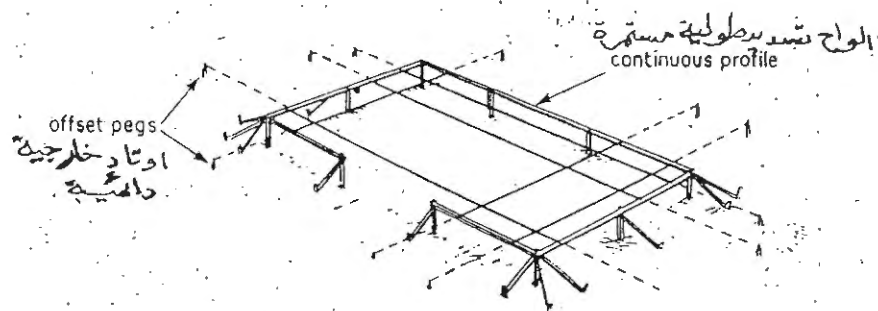
6.2.1 تسقيط خارطة دار أو مخطط أفقي لبناية مفردة

بعد الحصول على المخطط الافقي أو خارطة الدار وموقعها بالنسبة للشارع والدور المجاورة والتي قد نُثبتت اركانها موقعياً من قبل أحد موظفي دوائر التسجيل العقاري وهو ما معمول به في العراق حالياً، يتم تثبيت سكك تسديد بزوايا قائمة (Corner sighthrails أو Profile Boards أو Corner Profile) خارج أسس الجدران المتعامدة (أو اركان الجدران المتعامدة) بعد تثبيت أوتاد خارجية دائمة على امتداد الخطوط المركزية للجدران بحيث تبقى كلها في مواقعها ولا تتأثر بالاعمال الانشائية من حفر أو بناء أولي. وتتألف سكك التسديد الزاوية عادة من ألواح خشبية أفقية متعامدة ومثبتة على أوتاد خشبية بارتفاعات مناسبة بحيث يمكن غرسها عند اركان البناء وبالمستوى المطلوب، كما يمكن غرس مسامير في أعلى الألواح الخشبية الافقية لبيان عرض الجدار المنشأ وباستخدام الخيوط التي تربط جانبيين من جوانب الجدران (كما مبين في الشكل 6.2). وقد تستخدم أوتاد خشبية أو حديدية دائمة فقط لهذا الغرض بدلاً من سكك التسديد حيث يمكن بواسطتها تثبيت الخطوط المركزية للجدران، ثم يثبت عرض الاساس على جانبي الخط المركزي (80 أو 100 سم حسب المخطط) ويؤشر باستخدام الخيط وذكر كمية من الجص الجاف أو النورة على امتداد الخيط (وهذه هي الطريقة المتبعة في أكثر الأحيان).

الا انه من الافضل التأكد من تعامد الجدران وذلك بقياس الوترين لكل غرفة من الغرف ومقارنتها مع الوترين المحسوبين بالحاسبة حتى تبقى ابعاد الغرفة ثابتة سواء بالنسبة للاسس او عند البدء ببناء الجدران، حيث توضع ايضاً أوتاد خشبية مؤقتة عند نقاط تقاطع الخطوط المركزية في الاركان لاستخدامها في التخطيط الأولي للبناء. وقد توضع ايضاً ألواح تسديد طولية على امتداد الجدار لبيان طول الجدار والمستوى المطلوب النهائي للاساس وابتداء الجدار (كما مبين في الشكل 6.3). والافضل تثبيت منسوب قاع الاساس باستخدام آلة التسوية ومسطرتها. حيث يثبت أولاً منسوب سطح الطريق المجاور ثم تثبت القراءة الوسطية اللازمة التي تعطي منسوباً لأرضية الغرف يرتفع بمقدار 20-30 سم عن سطح الطريق، ومنسوباً لقاع الاساس حسب المقطع الرأسي للجدار والاساس. وقد يستخدم أحياناً الميزان اليدوي (أو قبان البناء) لتثبيت منسوب قاع الاساس إلا انه لا يخلو من الأخطاء، كما قد يستعمل المثلث الخشبي القائم الزاوية لتثبيت تعامد الجدران إلا انه لا يخلو من الأخطاء ايضاً، والافضل عدم استخدام هذه الطرق في التسقيط.



الشكل (6.2) طرق مختلفة لتسقيط دار وتثبيت التجمعات الجدران والمناسيب

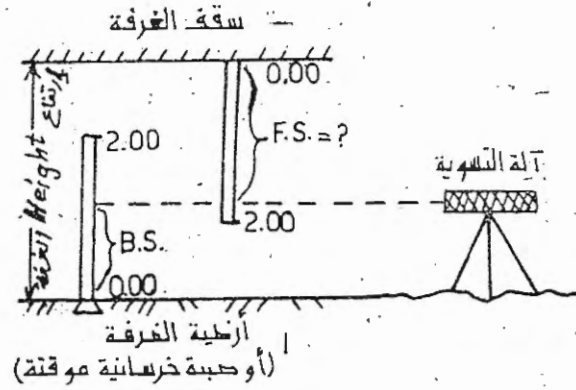


الشكل (6.3) استخدام الواح التسديد الطولية المستمرة والتحقق من الأبعاد بقياس الأوتاد

1* المصدران 10, 30

2* المصدر 30

ويمكن تثبيت مستوى سقف غرفة أو سقف قاعة من الأسفل أو تثبيت ارتفاعات هذه الغرف من الأرضية وحتى السقف باستخدام آلة التسوية ومسطرتها ، وذلك بأخذ قراءتين أحدهما خلفية (B.S.) على الأرضية أو على صبة خرسانية مؤقتة، والآخرى أمامية (F.S.) يتم تعيينها حسابياً بالفرق بين الارتفاع المعلوم للغرفة والقراءة الخلفية ، ثم تقلب المسطرة ويوضع صفرها إلى الأعلى ويبدأ بخفضها ورفعها حتى تُقرأ القراءة الأمامية المطلوبة وهي : $F.S. = Height - B.S.$ وهكذا يتم تثبيت سقف الغرفة أو الارتفاع المطلوب لها أو مستويات القوالب الخشبية اللازمة لغرض إنشاء وصب الخرسانة المسلحة للسقوف (انظر الشكل 6.4).



الشكل 6.4

6.2.2 أعمال تسقيط الابنية الكبيرة والمنشآت الضخمة

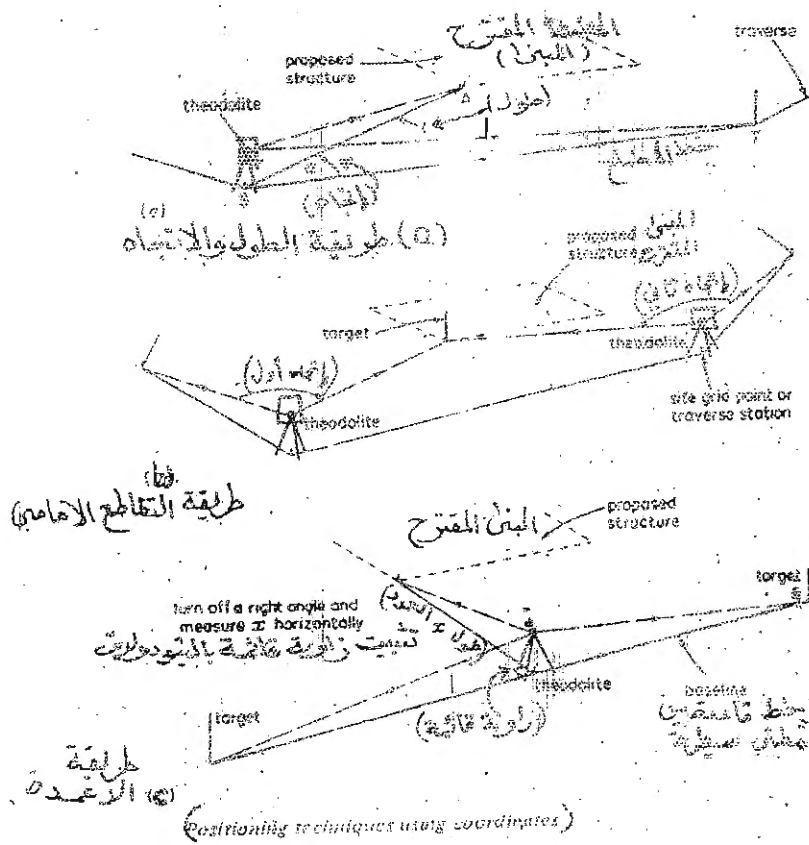
يتم التسقيط للابنية الصغيرة الحجم نسبياً كما مر سابقاً بالنسبة للدور ، أو تؤخذ خطوط مستقيمة بين حافات الابنية الجانبية ثم تقام أعمدة لتؤثر الخطوط المركزية للبناء المنشأ باستخدام سكك التسديد أو الأوتاد ، لكنها طريقة لا تخلو من الأخطاء ولذلك لا يوصى بها .

والطريقة الافضل هي طريقة تثبيت المواقع من إحداثيات نقاط السيطرة الاقية حول المبنى وإحداثيات نقاط المبنى ، حيث تحسب الأطوال والاتجاهات والاعمدة من خطوط تسمى بخطوط القاعدة Base lines أو خطوط المضلع حول المبنى أو من نقاط السيطرة نفسها أو نقاط المضلع وكما تم بيانه في الشكل 6.1. وتدعى هذه الطريقة الدقيقة والحديثة بطريقة : تثبيت المواقع باستخدام الاحداثيات Positioning Techniques using Coordinates ، ويتم التوقيع لنقاط المبنى بأحدى الطرق الآتية :

أ- استخدام الاحداثيات القطبية Polar Coordinates أو الطول والاتجاه Bearing (or Azimuth) and Distance المحسوبين من ثلاث نقاط سيطرة إن امكن للتحقق نحو كل نقطة من نقاط المبنى ، حيث يستخدم الثيودولايت والشريط (الشكل 6.5a).

ب- استخدام طريقة التقاطع الامامي Intersection وذلك بتثبيت اتجاهين من نقطتي سيطرة بوساطة جهاز ثيودولايت نحو كل نقطة من نقاط المبنى ، والتحقق من نقطة سيطرة ثالثة (الشكل 6.5b).

ج- استخدام طريقة الاعمدة Offsetting المقيسة من خط قاعدة أو أكثر نحو نقطة من نقاط المبنى ، وتحسب أطوال هذه الاعمدة من إحداثيات نقاط السيطرة ونقاط المبنى ، ويتم التسقيط بوساطة الثيودولايت والشريط (الشكل 6.5c).

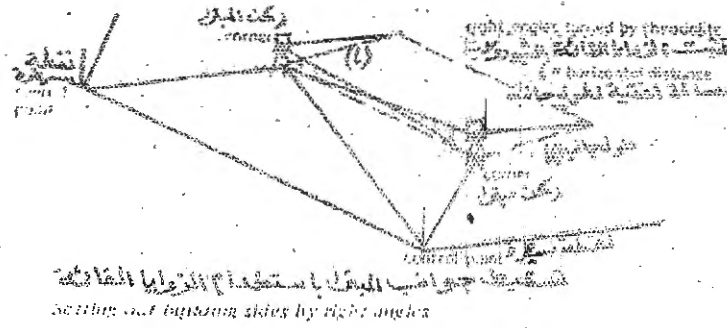


الشكل 6.5 طريقة تثبيت الزوايا باستخدام الإحداثيات.

بعد اختيار إحدى الطرق المتقدمة أو اثنين منها أو حسب إمكانية التسقيط ، يجري تسقيط البنية باتباع الخطوات الآتية :

أ - تسقيط نقطتان من المبنى من خط القاعدة أو من نقاط السيطرة أو من نقاط المضلع بأحدى الطرق المذكورة آنفاً وبذلك يتعين خط من خطوط البنية (أو جانب أو جدار منها) .

ب - تسقيط الجوانب الأخرى من هاتين النقطتين باستخدام الشوولات لأقامة زوايا قائمة وقياس الأبعاد بالشريط . ويتم تثبيت أوتاد زاوية Corner pegs في كل ركن ويحرر مسبار فوق كل وتد لزيادة الدقة في تعيين موقع الركن . ثم تثبت أيضاً أوتاد خارجية Offset Pegs على امتداد خطوط البنية وبالاتجاهين المتعامدين كما مبين في الشكل 6.6

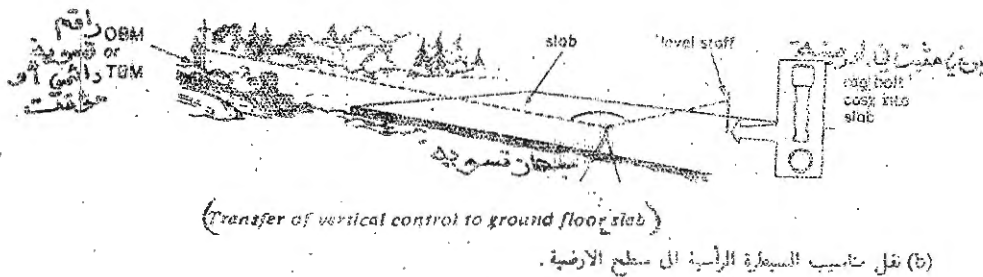
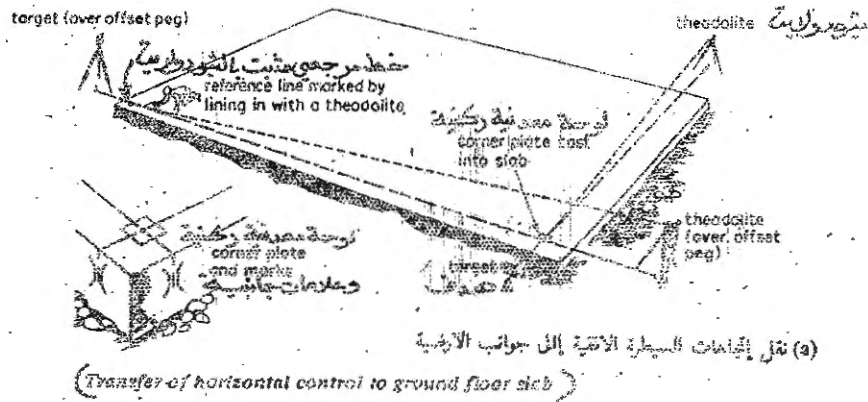


الشكل 6.6

ج - تقاس أطوال الأوتار لكل غرفة أو قاعة في المبنى للتحقق من تسقيطها ، وتغير مواقع المسامير عندما تقتضي الحالة تصحيح المواقع (انظر الشكل 6.3).

د - تثبت الراج تسديد طولية Profile boards أو الراج تسديد مستمرة Continuous Profile حول أركان وجوانب المبنى بما يحقق إستقامة جوانب المبنى وإعطاء المناسيب اللازمة للبدء بعمليات الحفر للأسس (انظر الشكلين 6.2 و 6.3) ويستعمل برواقم تسوية وقتية لتثبيت المناسيب.

هـ - تثبت جوانب الأرضية التي يجري صبها بالخرسانة المساحة بنقل إتجاهات السيطرة الأتقية بواسطة جهاز ليزر ليدولابست وهادفين موضوعين بصورة متعامدة على زوايا من الأوتاد الخارجية وكما مبين في الشكل 6.7a. وتثبت مناسيب سطح الأرضية بنقل مناسيب السيطرة الرأسية بواسطة جهاز تسوية ومسطرته وكما مبين في الشكل 6.7b.



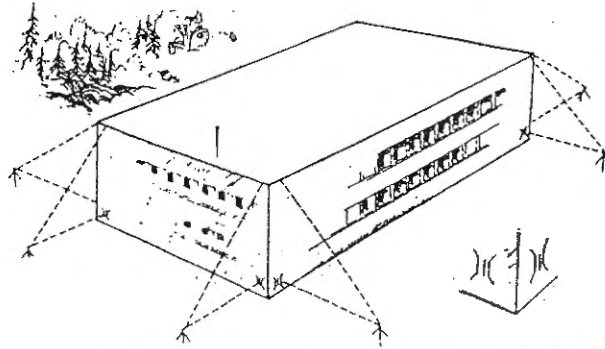
الشكل 6.7

و- تثبيت القوالب الخشبية اللازمة فوق الارضية باستخدام الخطوط المرجعية التي تثبت فوقها بوساطة الالواح المعدنية الركنية Corner plate. كما تثبت اوتاد خارجية وبصورة متعامدة لتعيين مواقع الاعمدة التي ستنشأ لاحقاً.

ز- السيطرة الشاقولية أو الرأسية للأبنية ذات الطوابق المتعددة Controlling verticality in Multi-story Structures تستخدم طرق عديدة لتثبيت شاقولية الطوابق المتعددة وكما يأتي :

(1) استخدام الشاقول الاعتيادي : الذي يزن حوالي 3 كغم والمربوط بوساطة خيط نايلون أو سلك بيانو. ويستعمل عادة شاقولين على طرفي كل جانب من الطابق العلوي حيث يدلّان إلى الاسفل نحو العلامات المرجعية فوق الارضية، ويستمر العمل هكذا إلى الطوابق الاخرى وقد يحتاج العمل بهذه الطريقة إلى عمل ثقوب في الطوابق للتأكد من استمرارية الشاقولية وتطابقها للطوابق كافة.

(2) استخدام جهاز الثيودولايت : قد يستخدم جهاز ثيودولايت أو جهازين في آن واحد عند كل ركن من اركان البناية لبيان الشاقولية ابتداءً من الخطوط المرجعية الاصلية على الارضية وحتى الطوابق العليا، وذلك برفع التلسكوب إلى كل طابق وتعيين الشاقولية بوساطة الشعرة الرأسية لدائرة النظر وكما مبين في الشكل 6.8.

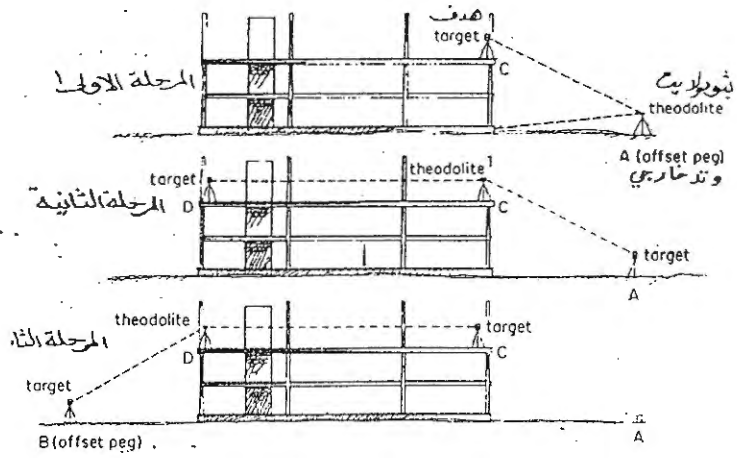


الشكل 6.8 نقل الشاقولية لنشأ ذي طوابق متعددة باستخدام الثيودولايت فقط.

Transfer of control in multi-story structures by theodolite

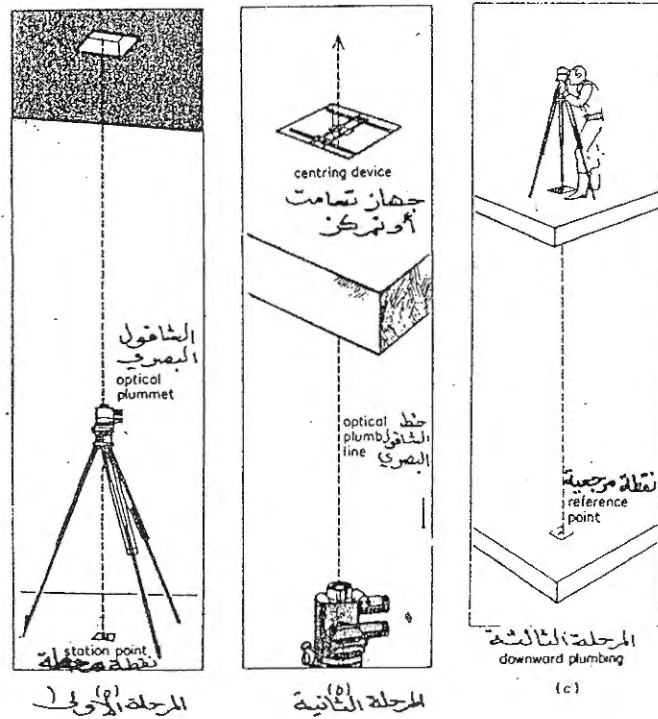
(3) استخدام جهاز ثيودولايت وهدف : اعتماداً على طريقة أو نظام المنضلع ذي الركائز الثلاث A three-tripod traverse system كما مبين في الشكل 6.9. حيث يتم توجيه الثيودولايت (بعد نصبه فوق وتد خارجي A) نحو الخط المرجعي المؤشر على الارضية ثم يرفع التلسكوب إلى الاعلى ويثبت هدف بحيث ينطبق على الشعرة الرأسية لدائرة النظر للتلسكوب (فوق نقطة C). ثم يستبدل الثيودولايت والهدف كل بموقع الآخر. ويوجه الثيودولايت نحو الهدف ثم يقلب التلسكوب ويعيّن هدف في الجانب الآخر من الطابق (فوق نقطة D). ويمكن التحقق من العملية بالتسديد نحو هدف فوق الوتد الخارجي (B).

وبين الشكل 6.9 المراحل الثلاث لعملية نقل الشاقولية. كما يمكن إجراء هذه العملية للجوانب الاخرى وللطوابق اللاحقة فوقها. ويستخدم الوجهان المتياسر والمتيامن للثيودولايت في هذه العملية لغرض التحقق وكذلك لتعيين موقع D.



الشكل 6.9 نقل الشاقولية لمنشأ ذي طوابق متعددة باستخدام ثيودوليت ومهدف

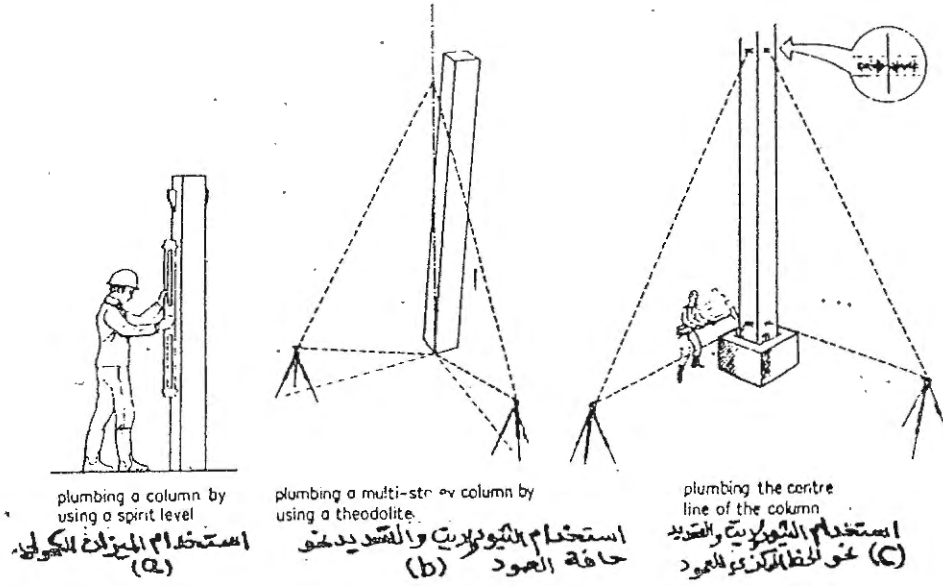
(4) استخدام الشاقول البصري الرأسى: حيث يستخدم الجهاز الخاص بالشاقولية والمسمى Optical or Vertical plummet. وهذا هو الجهاز المستخدم في الغالب إلا أنه لابد من عمل ثقب أو فتحات لغرض نقل الشاقولية من الاسفل الى الاعلى أو بالعكس للتحقيق. ويبين الشكل 6.10 مراحل نقل الشاقولية باستخدام هذا الجهاز.



الشكل 6.10 نقل الشاقولية باستخدام الشاقول البصري

ح - تثبيت شاقولية الاعمدة Column Verticality

يستخدم الميزان الكحولي اليدوي (الطويل نسبياً) لتثبيت شاقولية الاعمدة للابنية ذوات الطابق الواحد وذلك بمسكه بصورة شاقولية مستنداً إلى قالب العمود (كما في الشكل 6.11a). أما الاعمدة للابنية ذوات الطوابق المتعددة فيستخدم جهازاً ثيودولائيت لتثبيت شاقولية العمود (بعد نصبها بصورة متعامدة) حيث تستخدم الشعرتان الرأسيتان لها لتعيين لشاقولية وذلك بخفض ورفع تلسكوبها حتى تنطبق الشعرتان مع حافة العمود (كما في الشكل 6.11b)، أو مع الخط المركزي للعمود بعد تثبيت نقاط مرجعية في أسفل العمود (كما في الشكل 6.11c). ويستخدم الوجهان المتياسر والمتيامن للثيودولائيت في هذه العملية لغرض التحقق.

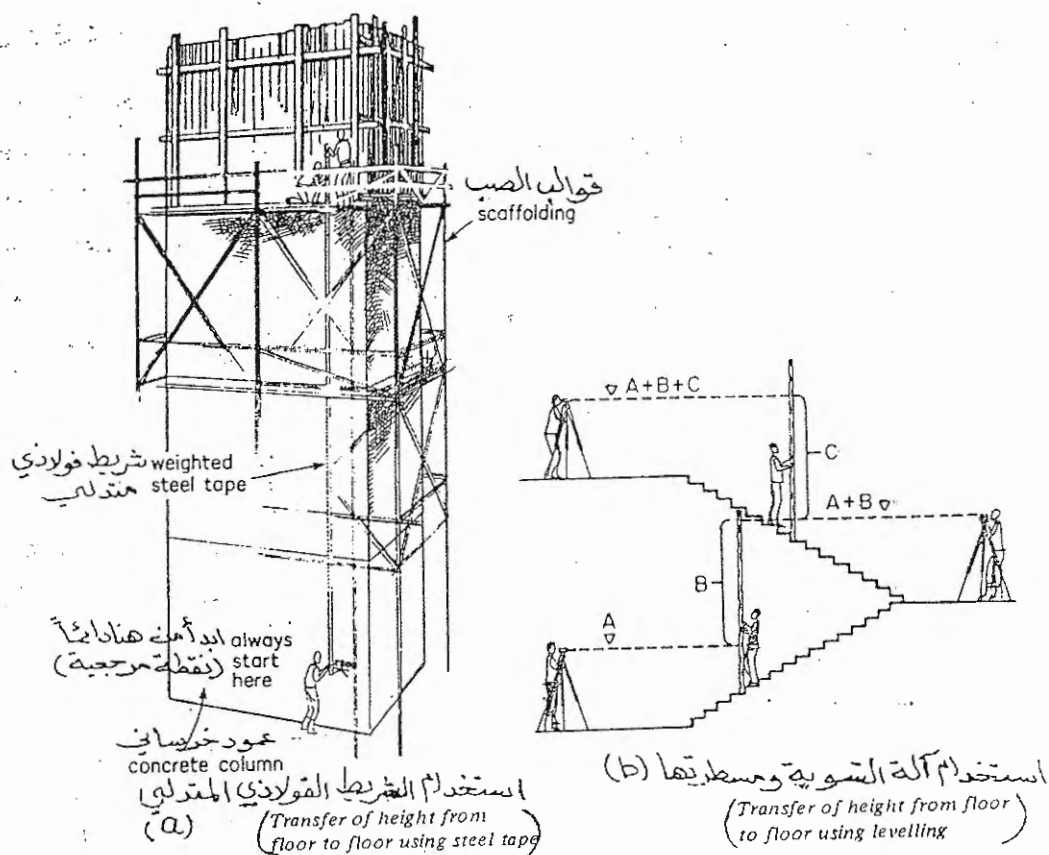


الشكل 6.11 تثبيت شاقولية الاعمدة

Transferring Height from Floor to Floor

ط - نقل المناسيب او الارتفاعات من طابق لآخر

يتم نقل المناسيب بطريقتين: فأما باستخدام شريط فولاذي معلق به ثقل معين للتدلي، حيث تثبت نقطة مرجعية لها منسوب معلوم في قاعدة المبنى، ويقاس الارتفاع منها بواسطة الشريط ولكل طابق حيث يثبت راقم تسوية مؤقت (TBM) كما في الشكل 6.12a، وأما باستخدام آلة تسوية. ومسطرتها لنقل المناسيب من طابق لآخر وعبر السلالم الوقتية الموضوعة داخل المبنى صعوداً ونزولاً للتأكد من المناسيب المثبتة وكما مبين في الشكل 6.12b.

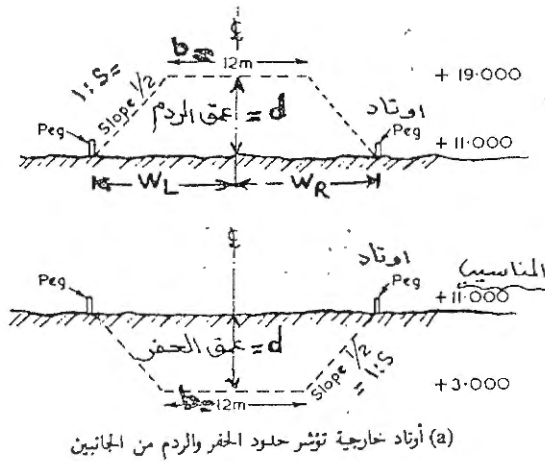


الشكل 6.12 نقل المناسيب من طابق لآخر

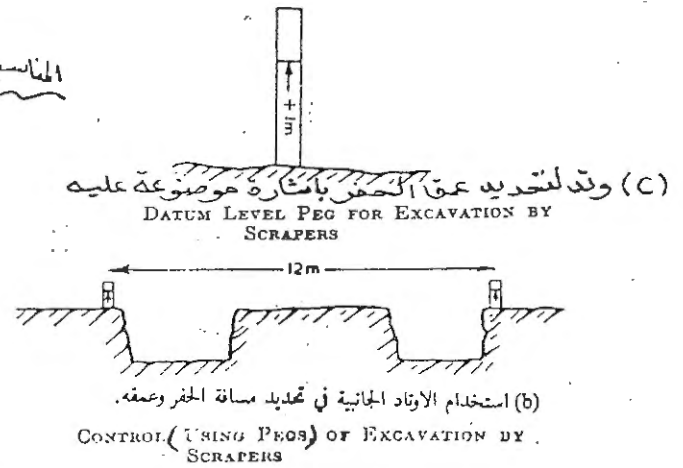
6.3 أعمال التسقيط للامانيات الترابية (أو السدود) وللقطوعات (الحفريات)

Setting-out of Embankments (or fills) and Cuttings (or Cuts)

بعد تثبيت الاوتاد المركزية التي تحدد مسار الخط المركزي للطريق او السكة او السدة الترابية او القناة والتي تدق على فترات متساوية لكل 20 م او 50 م او 100 م ، يتم تثبيت اوتاد خارجية على جانبي الخط المركزي تحدد عرض الحفر او الردم في كل محطة أو بداية فترة. ويمكن حساب هذه المسافة الافقية على الجانبين اذا كان المقطع مستوياً وهي تساوي : $W_L \text{ or } W_R = \frac{b}{2} + s \cdot \tan \alpha$ ، وكما تم شرحه في الفصل الاول عند حساب مساحات المقاطع العرضية ، كما يمكن ايضاً قياسها من رسم المقطع العرضي إذا لم تكن الارض مستوية ، او حسابها بالقوانين المذكورة سابقاً اذا كان سطح الارض بانحدار ارانحدارين مختلفين (أنظر الشكل 6.13a). واذا كان الحفر او الردم قليل العمق فيمكن ايضاً وضع إشارات على اوتاد تفرغ على الجانبين لبيان مقدار عمق الحفر او الردم حتى سطح الانشاء المطلوب. ويمكن تحديد هذه الإشارة بأخذ قراءة خلفية على راقم تسوية دائمي او مؤقت ، وبذلك يحدد منسوب خط الآلة (أو خط التسديد) الجهاز التسوية المستخدم ، ثم تثبت القراءة الامامية على المسطرة (بعد حسابها من منسوب خط التسديد والمنسوب المعلوم لسطح الانشاء في تلك النقطة من الجداول وكالاتي : $F.S. = H.I. - B.S.$) وذلك بدق الوتد اكثر او برفعه قليلاً الى الاعلى (أنظر الشكلين 6.13b,c).



المناسب



CONTROL (USING PEGS) OF EXCAVATION BY SCRAPERS

PEGS MARKING START OF CONSTRUCTION FOR EMBANKMENTS AND CUTTINGS

الشكل 6.13

ولغرض نسقيط أو تثبيت الانحدارات الجانبية للاملايات الترابية والقطوعات بصورة دقيقة تستخدم سكك الانحدار أو الألواح المائلة Slope rails or Batterboards وكذلك المساطر أ القضبان المتنقلة Traveller كما مبين في الشكلين 6.14b,c. وتستخدم لتثبيت الميول الاضافية عند المنحنيات الافقية أو الميول العرضية الطبيعية المساطر المتنقلة ذاتية الوقوف Free-Standing Traveller كما مبين في الشكل 6.14a.

وتستخدم سكك الانحدار في حالة الاملايات الترابية بوضعها على بعد أفقي معين (x) من نهاية الردم وبعد عمودي معين (ولكن بالانحدار نفسه المطلوب تثبيته) وذلك لتجنب دفنها أثناء الانشاء للسدة الترابية. وتستخدم معها المساطر المتنقلة لتثبيت الانحدار الجانبي المطلوب وبالموقع الصحيح. وإذا أريد استخدام مسطرة متنقلة طولها 1.5م فيجب عندئذ تثبيت منسوبي النقطتين P و Q على سكة الانحدار كالآتي (انظر الشكل 6.14b):

$$R.L._O = (R.L._A + h + 1.5) - (s.h + 2x) / s$$

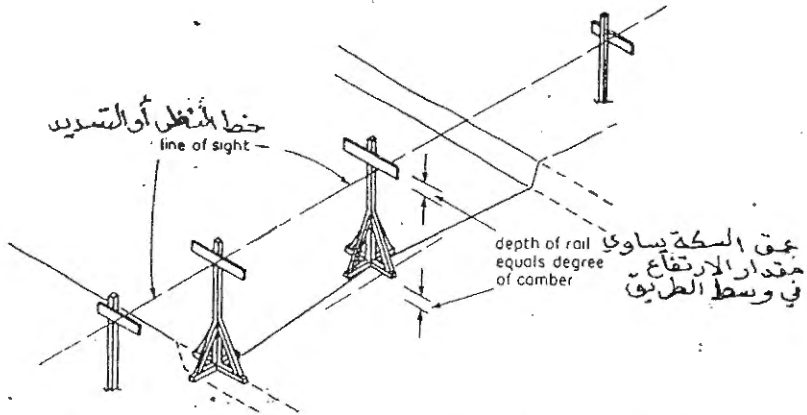
$$\text{and, } R.L._P = R.L._O + (x / s)$$

والمعلوم هنا هو منسوب $R.L._A = A$ وكذلك h و S ، أما (x) فيجب اختيارها (مثلاً 1م). ويجب التأكد من ان منسوب النقطة Q يزيد عن منسوب الأرض في النقطة B بمقدار لا يقل عن 0.5م ، أو : $(R.L._Q - R.L._B) > 0.5 \text{ m}$ وإذا قل ذلك الفرق عن 0.5م فيجب عندئذ زيادة طول المسطرة المتنقلة. أما في حالة القطوعات ، فإن سكك الانحدار تستخدم بالطريقة نفسها ولكن باتجاه انحدار معكوس ومنطبق مع الانحدار الجانبي المطلوب الا انه يبعد أفقياً بمقدار (x). ويمكن حساب منسوبي P و Q كالآتي (انظر الشكل 6.14c):

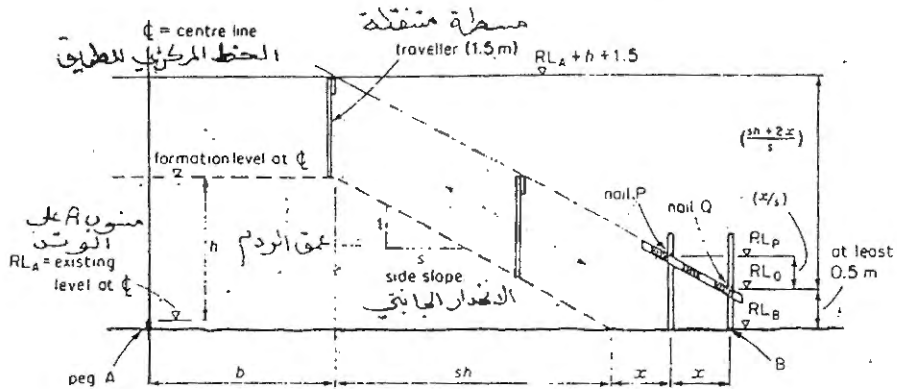
$$R.L._O = (R.L._A - h) - (s.h + x) / s$$

$$\text{and, } R.L._P = R.L._O + (x / s)$$

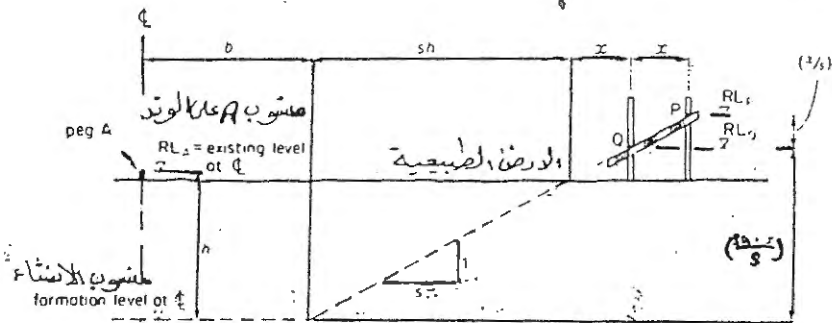
المصدر 17



(Free standing traveller) (a) المساطر المستقلة ذاتية الوقوف

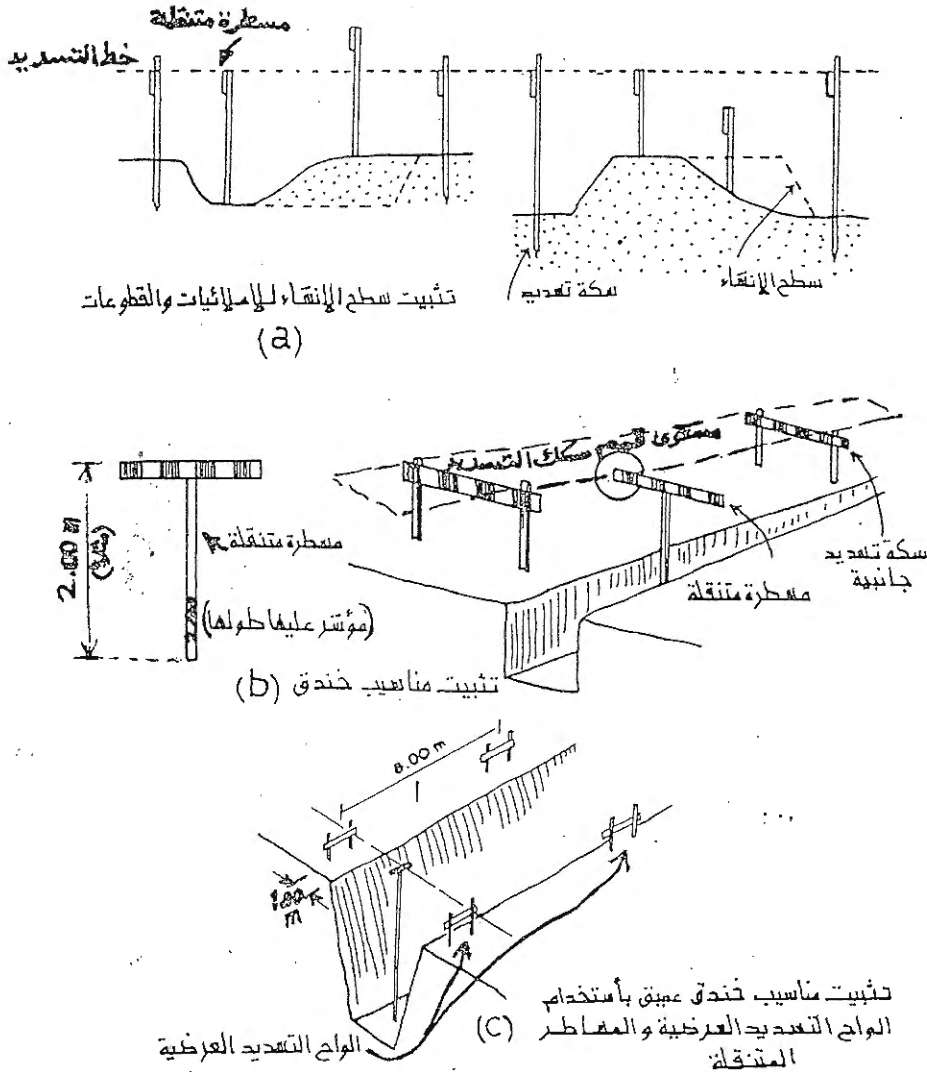


(Slope rail for an embankment) (b) سكة الانحدار المستخدمة في الاملاشيات الترابية



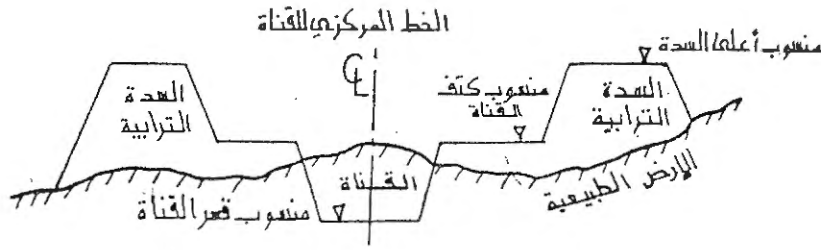
(Slope rail for a cutting) (c) سكة الانحدار المقصوعات

وتستخدم أيضاً سلك تسديد ذات أوتاد طويلة مع المساطر المنقلة لتثبيت مناسيب سطح الإنشاء للملايات والقطوعات وذوات الأعماق الصغيرة (كما مبين في الشكل 6.15 a). وقد تستخدم سلك تسديد جانبية مع مساطر منقلة وذوات ألواح خشبية أفقية طويلة لتثبيت مناسيب الخنادق المحفورة لأغراض الانابيب أو المجاري (كما مبين في الشكل 6.15 b). وتستخدم ألواح تسديد عرضية Transverse profile مع مساطر منقلة طويلة لتثبيت مناسيب الخنادق العميقة deep trenches كما مبين في الشكل 6.15 c.



الشكل 6.15

أما التسقيط لقنوات الري والبزل والسداد الممتدة على جوانبها فيتم تثبيت المناسيب والانحدارات الطولية والجانبية كما سبق مع مراعاة الأزواجية في الملايات والحفريات بالنسبة لهذه القنوات وكما مبين في الشكل 6.16.

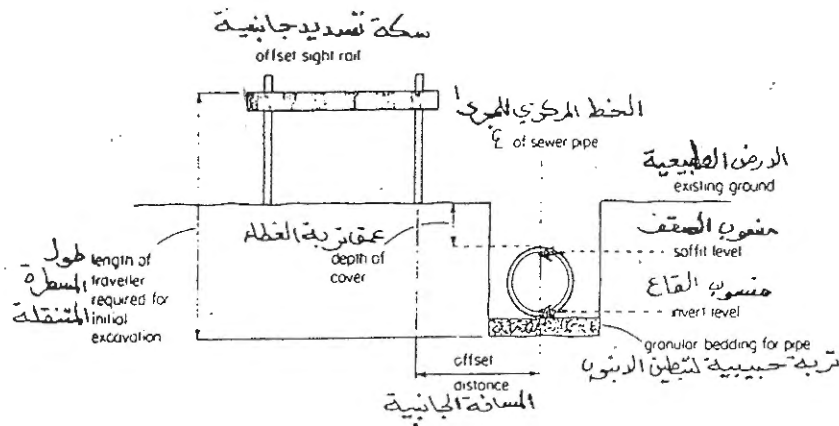


الشكل (6.16)

Setting-out Pipelines & Sewers

6.4 أعمال التسقيط لخطوط الانابيب والمجاري

تستخدم انابيب المياه والمجاري على نطاق واسع وعلى امتداد ارضية الشوارع أو في أواسطها. ويختلف عمق الحفر لهذه الانابيب مما يستدعي أحياناً وضع طبقة من الخرسانة حولها (بسمك 0.15 م) أو وضع طبقة تحتها من الركام الناعم أو من تربة مانتحت الأساس المستخدمة في الطرق granular or subbase material مع إحاطتها أيضاً بالتربة نفسها كما مبين في الشكل 6.17. ويتم عمل مخططات أفقية تستخدم عند التسقيط حيث تثبت أوتاد (على فترات 20 م إلى 30 م) على امتداد الخط المركزي كما تثبت أوتاد جانبية أيضاً. وقد تحسب احداثيات نقاط التقاطع للانابيب، ويتم تسقيط هذه النقاط من نقاط سيطرة أفقية كنقاط مضلع رابط أو يتم تسقيطها باستخدام الثيودوليت والشرط واعتماداً على المخططات للخطوط القصيرة. كما تثبت أيضاً مواقع أحواض التفريش manholes لكل 50 م أو 100 م أو عند تفرع الانابيب أو عند تغير الانحدار الطولي أو تغير الاتجاه. للخط المركزي بصورة كبيرة كما مبين في الشكل 6.18. وتستخدم المقاطع الطولية للانابيب لتثبيت مناسيب القاع للانابيب Invert Level Elev. حيث تثبت سكك تسديد جانبية ومساطر متحركة لتثبيت هذه المناسيب والانحدار الطولي المطلوب. وقد توضع سكك التسديد بصورة غرضية فوق الخندق المحفور وتثبت مسامير في أعلاها حيث تشد خيوط بينها لتأشير الانحدار المطلوب وباستخدام المسطرة المتحركة يتم تثبيت مناسيب القاع كما مبين في الشكل 6.19. وقد تستخدم سكك تسديد مزدوجة Double sight rails إذا كانت هناك انحدارات كبيرة لسطح الأرض كما مبين في الشكل 6.20.



الشكل (6.17)

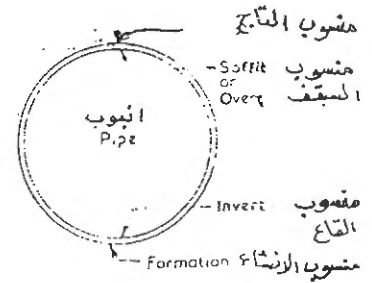
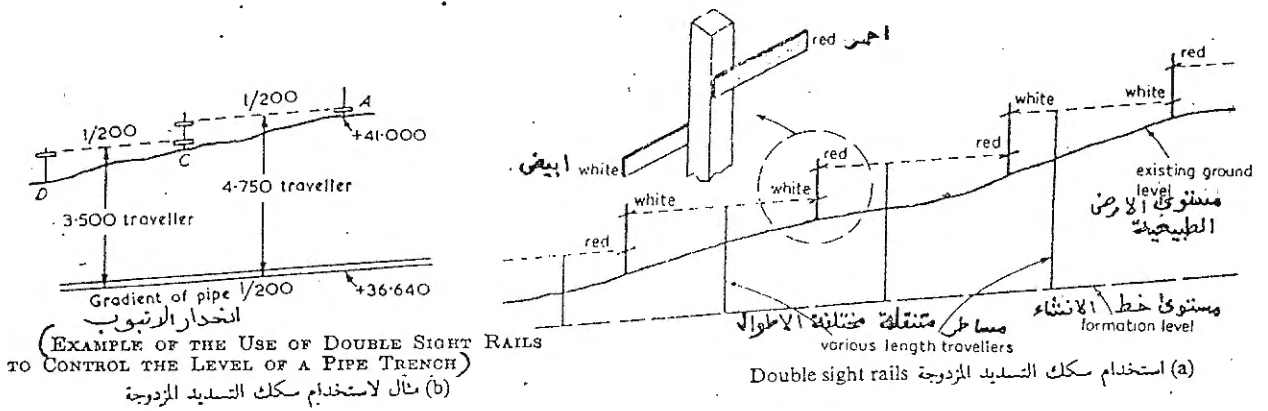
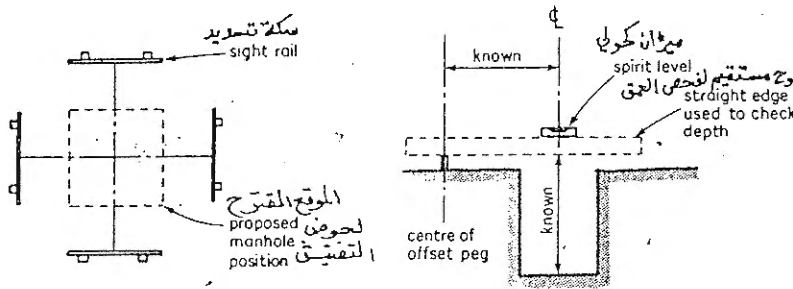


FIG. 13.11. (TERMS USED IN DESCRIBING A PIPE)
(ط) المصطلحات المستخدمة للأنابيب



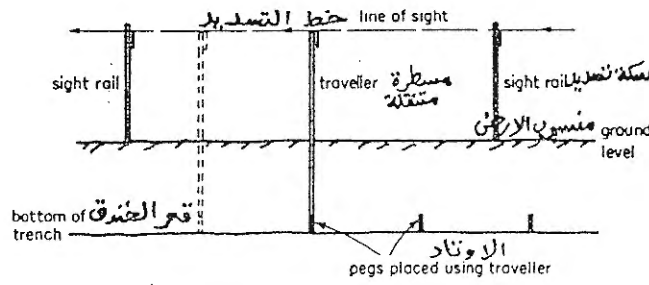
الشكل 6.20¹

ويتم حفر الخندق في البداية ، وذلك بتحديد الخط المركزي ثم تحديد عرض الحفر للخندق بوضع الجص او النورة على امتداد حافتي الخندق ، ثم يتم حفر كل من احواض التفيتش بعد تثبيت سكة تسديد حولها ، أو استخدام وتد خارجي إلى جانبها محدد المنسوب والاستعانة بلوح خشبي مستقيم لتعيين العمق المطلوب حتى منسوب قاع حوض التفيتش كما مبين في الشكل 6.21.



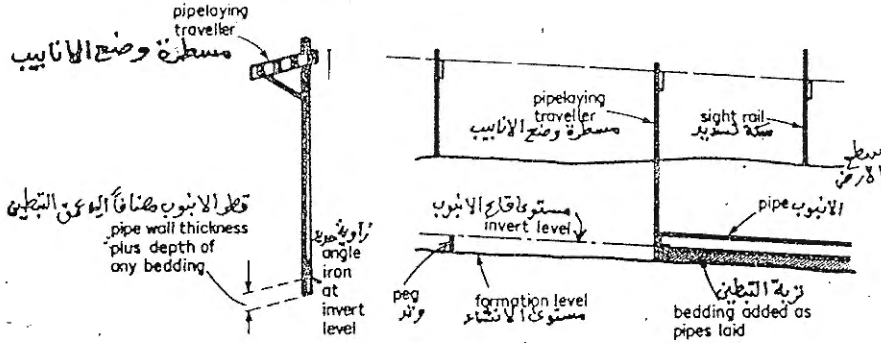
الشكل 6.21² تثبيت موقع حوض التفيتش

وبعد اكمال حفر الخندق لمسافة معينة ، ينقل منسوب سكة التسديد بواسطة المسطرة المنقلة إلى الاسفل حيث يثبت وتد في قعر الخندق (تكون قته في اسفل المسطرة المنقلة) وبذلك يثبت منسوب القاع للانبوب في كل وضعية للمسطرة المنقلة (كما مبين في الشكل 6.22a). ثم توضع تربة التبطين للانبوب ويوضع الانبوب فوقها ابتداءً من الجهة الاقل منسوباً وباتجاه الجهة الاعلى منسوباً حيث تستخدم مسطرة منقلة ذات زاوية حديد في اسفلها تشير إلى منسوب القاع (وتدعى هذه المسطرة بمسطرة وضع الانبوب Pipe laying Traveller) كما مبين في الشكل 6.22b. وقد تستخدم ثلاث مساطر منقلة عند وضع وتثبيت الانابيب وحيث تدعى هذه المساطر بمساطر التثبيت Boning rods كما مبين في الشكل 6.22c.



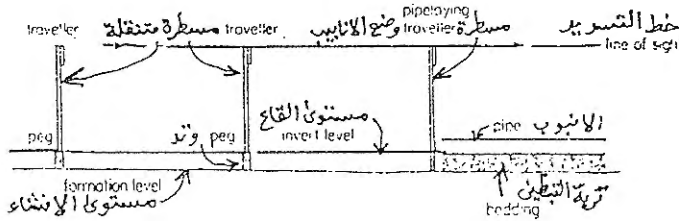
(Setting pegs in trench with traveller)

(a) تثبيت الأوتاد في قعر الخندق بواسطة المساطر المتحركة.



(Pipelaying traveller)

(b) تثبيت منسوب القاع للانبوب باستخدام مساطر وضع الانابيب.



(c) تثبيت منسوب القاع للانبوب باستخدام مساطر التثبيت (Boning rods). الشكل 6.22

6.5 تسقيط خطوط الكهرباء والهاتف

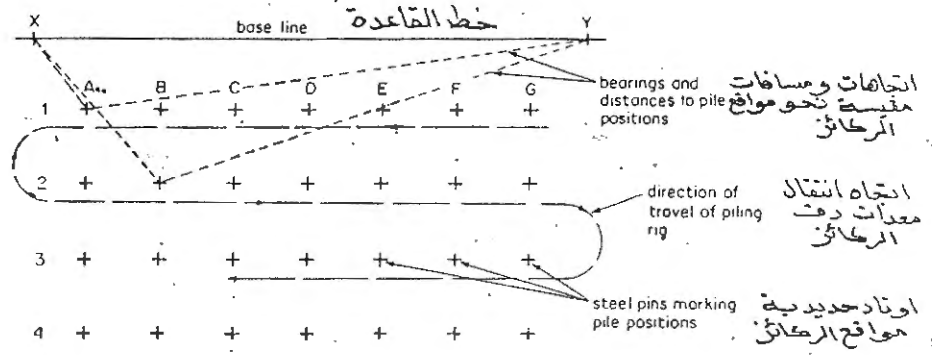
يتم تسقيط اعمدة الكهرباء والهاتف أفقياً باستخدام الثبوتولاي والشريط إذا كانت اطوال الخطوط ليست كبيرة وكانت الاعمدة على مسافات قريبة من بعضها، ولكن للمشاريع الكبرى لنقل الطاقة الكهربائية أو الاتصالات البعيدة السلكية فتستخدم نقاط مسطرة افقية أو نقاط تثليث أو تضليع أو بواسطة طريقة تثبيت المواقع باستخدام الاحداثيات حيث تتوفر الاجهزة الالكترونية. وترسم مقاطع طولية حيث تثبت المناسيب بواسطة لقواعد الاعمدة، وتحدد اماكنها في المستوى الرأسى باستخدام آلات التسوية أو الاجهزة التاكومترية للمناطق الجبلية.

6.6 أعمال التسقيط والسيطرة للركائز

Setting-out and Controlling Piling Work

لما كانت المعدات والعمليات المستخدمة لدق الركائز تسبب اهتزازاً للارض وتأخذ حيزاً كبيراً من الارض وتمنع الرؤية، لذلك لا يمكن تثبيت مواقع الركائز بصورة سريعة ودقيقة إلا باستخدام طريقة الاحداثيات لتثبيت المواقع وكالاتي (انظر الشكل 6.23):

أ- يختار خط قاعدة بأحداثيات نهائية محسوبة، وبمساعدة احداثيات مواقع الركائز تحسب الاطوال والاتجاهات لهذه المواقع بحيث لا يعيقها شيء.



الشكل 6.23

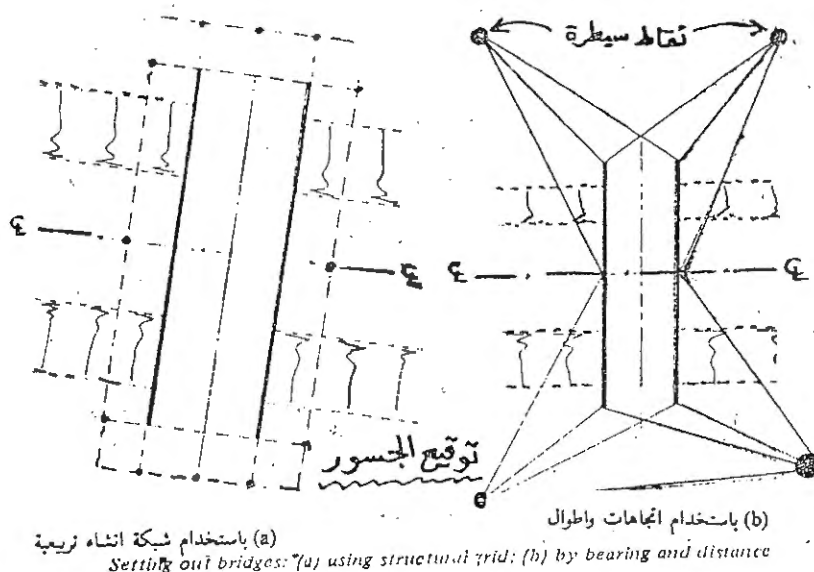
- ب- يُثبت موقع كل ركيزة باستخدام اتجاهين من نهائي خط القاعدة بقياسان بواسطة جهاز ثيودوليت للتحقق من الموقع، وتقاس مسافتان إلى الموقع أيضا بالشريط. أو يستعاض عن ذلك باستخدام جهاز الكتروني وعاكس فوق شاخص متنقل.
- ج- يُبدأ أولا بتثبيت موقعين أو ثلاث ثم تستمر عملية دق الركائز حسب الاتجاه المؤشر في الشكل.
- د- مع استمرار العمل، يستمر تثبيت المواقع الأخرى للركائز.
- هـ- قد يضاف خط قاعدة آخر في الجهة الأخرى من منطقة الركائز وبذلك يتم تعيين المواقع من أربع نقاط بدلا من اثنتين.

Setting out Bridges

6.7 أعمال تسقيط الجسور

- تتبع الخطوات الآتية في تسقيط الجسور (انظر الشكل 6.24 لجسر يحمل طريق فوق آخر):
- أ- يتم توقيع الخطين المركزيين للطريقين باتباع إحدى الطرق المذكورة في الفصل الخامس.
- ب- يُسقط الجسر أولا قبل إنشاء الطريق. وتستخدم لهذا الغرض نقاط سيطرة ثانوية تشكل شبكة إنشاء تريبعية والتي تثبت مواقعها باستخدام نقاط السيطرة الرئيسية في الموقع وبطريقة الاتجاهات والمسافات (انظر الشكل 6.24a). وإذا لم يكن ذلك ممكنا، فتستخدم نقاط السيطرة المعلومة مواقعها من محطات تضليع سابقة أو نقاط السيطرة للموقع (لتوقيع نقاط اكتاف الجسر والمواقع الوسطية له بواسطة طريقة الاتجاهات والمسافات) كما مبين في الشكل 6.24b. ويجب تثبيت نقاط السيطرة هذه بعلامات دائمية وصلبة كي لا تتأثر بالأعمال الانشائية وحركة المرور في الموقع.

- ج) تثبت رواقم تسوية مؤقتة أو تحسب بعض مناسيب نقاط السيطرة وتستخدم كرواقم تسوية مؤقتة.
- د) إذا استخدمت الطريقة الأولى في التوقيع، فيجب عندئذ قياس المسافات من نقاط السيطرة الثانوية وإلى نقاط اكتاف الجسر بواسطة شريط أو جهاز الكتروني مع تثبيت الاتجاهات لها بالثيودوليت أو الجهاز الالكتروني.
- وإذا استخدمت الطريقة الثانية فيجب حساب الاتجاهات والمسافات من نقاط السيطرة المعلومة وحتى نقاط اكتاف الجسر وغيرها، ثم تثبيتها بواسطة الثيودوليت والشريط أو الجهاز الالكتروني من نقطتي سيطرة أو ثلاث.
- هـ) تسقط كافة المواقع للنقاط المطلوبة للجسر ويتحقق من مواقعها باستمرار.



الشكل 6.24

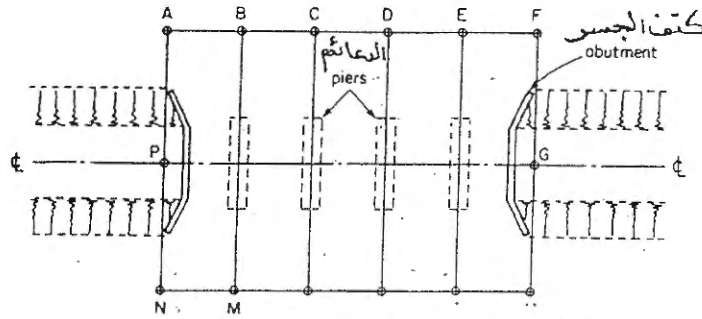
- (و) تثبيت اوتاد خارجية لهذه النقاط حتى يمكن استمرار عملية الانشاء والتحقق من مواقعها في أي وقت .
(ز) بعد الانتهاء من إنشاء الاسس ، فإن تثبيت القوالب والوحدات الحديدية والخرسانية للجسر يمكن اجراؤه باستخدام الاوتاد الخارجية .

وإذا كان الجسر متعدد الفراغات multi - span فيمكن عمل شبكة تربية انشائية أو اختيار محطات تضليع لتثبيت مراكز الدعامات Piers والاكتاف كما مبين في الشكل 6.25a . ويجب تثبيت المواقع المهمة كالنقطتين P.A بصورة دائمية وعلامات قوية لاتتأثر بالاعمال الانشائية والمرور . ويمكن تثبيت كل دعامة بتسقيطها من الخط المركزي لها واستخدام الاوتاد الخارجية والواح التسديد لتعيين مواقع الحفر كما مبين في الشكل 6.25b . أما مناسيب أعالي الدعامات وسطوحها العليا فتعين من رواقم تسوية مؤقتة قريبة باستخدام عملية التسوية الاعتيادية أو شريط فولاذي متدلي بثقل كما مر سابقاً .
وبين الجدول 6.1 الدقة المطلوبة في أعمال التسقيط عند استخدام اجهزة القياس المختلفة الطولية والزاوية والرأسية وقياس المناسيب .

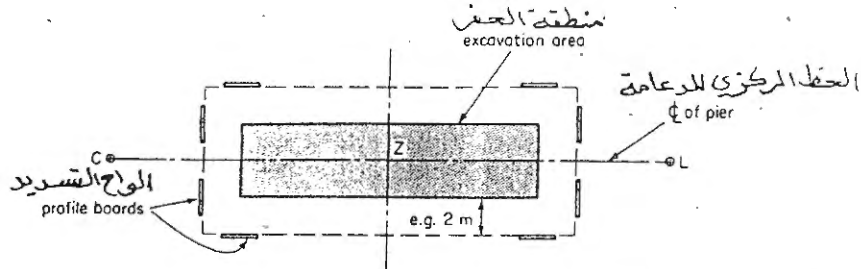
6.8 التسقيط باستخدام أشعة ليزر

Setting - out Using Laser Instruments

يزداد استخدام الاجهزة التي تعمل بأشعة ليزر لأعمال المسح عامة والتسقيط خاصة ، وذلك لأن اشعة ليزر تولد حزمة ضوئية ذات شدة عالية وتشتت زاوي قليل جداً مما يجعل انتشارها لا أهمية له لمسافات طويلة .
وأشعة الليزر المستخدمة في اجهزة المسح مكونة من غاز الهليوم - نيون Helium - neon gas laser الذي يولد حزمة ضوئية حمراء ناصعة يمكن رؤيتها بوضوح عند اصطدامها بهدف . ولاتنسب هذه الاشعة خطورة بعد وضع الاجهزة المناسبة عند استعمالها إلا أن الخطورة تكمن في النظر مباشرة إلى حزمة الليزر بالعين المجردة .
وهناك نوعان من اجهزة الليزر المستخدمة في أعمال التسقيط وهما :



(a) تثبيت مواقع الدعامات بشبكة انشاء تخطيطية



(b) تعيين منطقة الحفر للدعامات باستخدام الواح التسديد والاورداد

الشكل 6.25

الجدول (6.1)

الدقة المطلوبة في اعمال التسقيط لأجهزة القياس المختلفة (The Accuracy in Use of Measuring Instruments)

Measurement نوع القياس	Instrument الآلة	Expected Precision الدقة المتوقعة	Comment ملاحظات
Linear الخطي	30 m carbon steel tape for general use	± 5 mm up to and including 5 m ± 10 mm for > 5 m and ≤ 25 m ± 15 mm for over 25 m	With sag eliminated and slope correction applied.
	30 m carbon steel tape for use in precise work	± 3 mm up to and including 10 m ± 6 mm for > 10 m and ≤ 30 m	At correct tension and with slope, sag and temperature corrections applied.
Angular الزاوي	30 m carbon steel tape on uneven terrain	$\pm 5'$ (± 25 mm in 15 m)	For right angles only.
	30 m carbon steel tape on flat surfaces	$\pm 2'$ (± 10 mm in 15 m)	With sag and slope corrections applied.
	Vernier theodolite* reading directly to $20''$ (centred by plumbline)	$\pm 40'$ (± 10 mm in 50 m)	Mean of two sights, one on each face with readings in opposite quadrants of the horizontal circle.
Vertically الارتفاعية	Glass theodolite* (with optical plummet or centring rod) reading directly to $20''$	$\pm 20'$ (± 5 mm in 50 m)	Scale readings estimated to the nearest 5 s.
	Glass theodolite (with optical plummet or centring rod) reading directly to $1'$	$\pm 5'$ (± 2 mm in 80 m)	Mean of two sights, one on each face with readings in opposite quadrants of the horizontal circle.
	Spirit level	± 10 mm in 3 m	For an instrument ≥ 750 mm in length.
	Plumb-bob (3 kg) freely suspended	± 5 mm in 5 m	To be used in still conditions only.
	Plumb-bob (3 kg) immersed in oil to restrict movement	± 5 mm in 10 m	To be used in still conditions only.
Levels المناسيب	Theodolite (with optical plummet or centring rod) and diagonal eye-piece	± 5 mm in 30 m	Mean of at least four projected points, each one established at a 90° interval around the horizontal circle.
	Optical plumbing device	± 5 mm in 100 m	Automatic plumbing device incorporating a pendulous prism instead of a levelling bubble. Four readings to be taken in each quadrant of the horizontal circle and the mean value of readings in opposite quadrants accepted.
	Spirit level	± 5 mm in 5 m distance	For an instrument ≥ 750 mm in length.
	Optical level	± 3 mm per single sight of up to 60 m†	Where possible sight lengths to be equal.
		± 10 mm per km.	

The distances given are the suggested maximum practical ranges for each instrument.

*If a single sight only is made when using a correctly adjusted theodolite to establish an angle the likely errors will be increased by a factor of 3. Therefore, a single sight should not be taken.

†Value based on measured data.

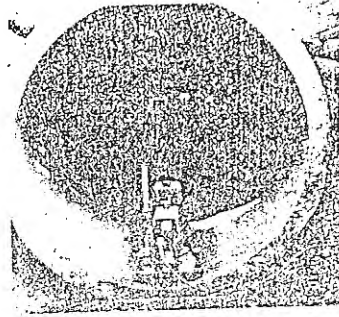
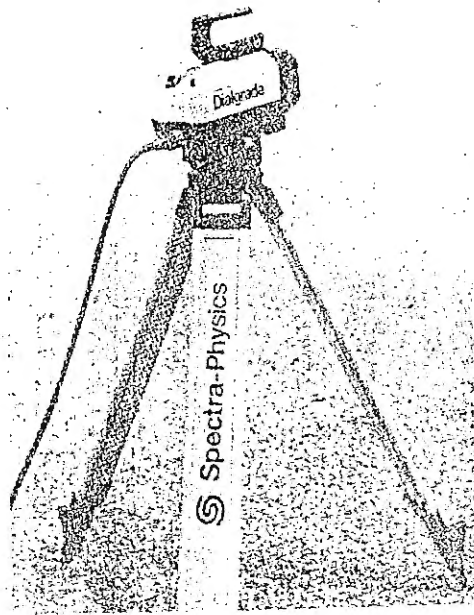
يتبع هذا النوع من الأجهزة حزمة ضوئية منفردة ، وعند استخدامها لأغراض تعيين استقامة الخطوط ، فإن ميزتها تكمن في أحداث خط مرجعي ثابت يمكن استخدامه دائماً وبدون إعاقة لأعمال الإنشاء . ومن هذه الأجهزة جهاز الليزر ثيودولايت Laser Theodolite الذي يكون على شكلين : فإما أن يكون جهازاً ليزري يعمل عمل الثيودولايت ، أو أن هناك عدسة عينية من نوع الليزر تثبت على التلسكوب الاعتيادي لجهاز الثيودولايت وفي هذا النوع تكون حزمة الليزر منطبقة على خط التسديد للتلسكوب ويمكن توضيحها باستخدام لولب التوضيح نفسه للثيودولايت ، وتظهر حزمة الليزر على شكل نقطة في مركز تقاطع الشعيرات . ويمكن التقاط هذه الحزمة بواسطة هدف مناسب لها على مدى 200 - 300 م نهاراً وعلى مدى 400 - 600 م ليلاً . وعند نصب هذا الجهاز كـثيودولايت اعتيادي فيمكن عندئذ استخدامه لتعيين الاستقامة وأجراء عملية التقاطع الامامي بواسطته إضافة إلى أنه يمكن تركه بعد ذلك بدون راصد ، ولكن يجب التحقق من عدم انحراف الحزمة نتيجة للاهتزازات أو مرور المكاثن بقربه .

ويمكن استخدام العدسة العينية لليزر في عملية السيطرة على الشاقولية لبناء معين Controlling Verticality وذلك بثبيتها على شاقول بصري رأسي . وبذلك يمكن نصب جهاز الليزر هذا فوق نقطة مرجعية وتعيين الشاقولية إلى الأعلى أو الأسفل خلال فتحات في السقف . ويمكن تعيين موقع الحزمة الشاقولي عند مروره خلال الفتحة بواسطة أهداف بلاستيكية مناسبة وبذلك يؤثر هذا الموقع .

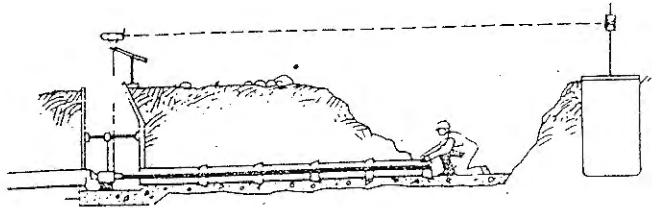
كما يمكن استخدام جهاز ليزر من نوع معين في أعمال تسقيط الأنابيب مما يغني عن استخدام سكك التسديد والمساطر المتنقلة لوضع هذه الأنابيب . ويدعى هذا الجهاز بجهاز ليزر لوضع الأنابيب Pipelaying Laser ، حيث يمكن نصبه على قاعدة مستقرة داخل الأنبوب نفسه أو داخل حوض التفتيش أو على ركيزة (كما مبين في الشكل 6.26a) . وعند وضع هذا الجهاز داخل الأنبوب أو حوض التفتيش فإنه يعمل نفسه في مستو أفقي ذاتياً Self - level بعد تسويته بصورة تقريبية (ضمن ± 5 درجة) . ويمكن تسديد حزمة الليزر باتجاه الخط المركزي للأنبوب وكذلك تحديد الانحدار الطولي لقاع الأنبوب بواسطتها .

وعند تثبيت ووضع الأنابيب بصورة صحيحة ، يتم وضع هدف بلاستيكي في النهاية المفتوحة للأنبوب ويحرك هذا الهدف أفقياً ورأسياً حتى تمر حزمة الليزر من مركز الهدف ، وهكذا يثبت الأنبوب على تربة التبطين . وبعدها ينقل الهدف إلى موقع آخر وتعاد العملية نفسها حتى إكمال تثبيت آخر أنبوب (كما مبين في الشكل 6.26b) .

وقد استخدم الليزر بصورة ناجحة جداً في تعيين استقامة الأنفاق والمناجم حيث أن حزمة الليزر تشير إلى خط باتجاه محدد ثابت دائماً وبصورة مستمرة ، وبذلك يمكن توجيه مكائن حفر الأنفاق بواسطتها وبأستخدام خلايا كهروضوئية تسيطر على حركة المكائن باستقامة معينة .



(a) وضعيات مختلفة لجهاز الليزر لوضع الانابيب
Pipelaying laser set-ups



(b) طريقة تسقيط الانابيب باستخدام اشعة الليزر
Pipelaying with the aid of a laser

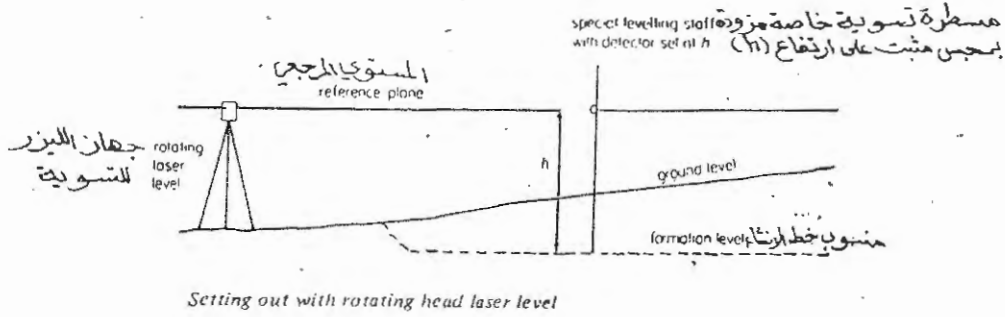
الشكل 6.26 *

Rotating Head Lasers

ثانياً - اجهزة الليزر فوات الرؤوس الدوارة

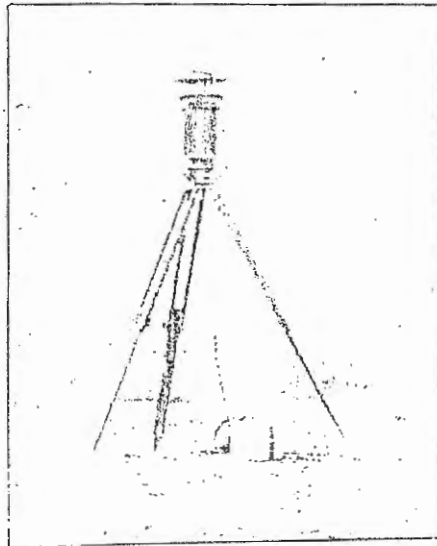
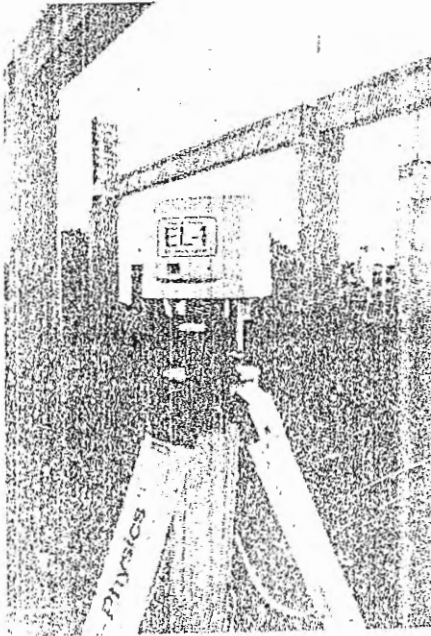
وتدعى هذه الاجهزة أيضا باجهزة الليزر للتسوية Laser Levels. حيث يثبت جهاز الليزر فوق ركيزة ويقوم ببيت حزمة ليزر دوارة بسرّع مختلفة مما ينتج عنه مستو مرجعي أفقي. وبذلك يمكن الحصول على منسوب هذا المستوي الافقي الدوار والذي يمثل خط التسديد بالنسبة لجهاز التسوية الاعتيادي عند استخدامه لاجراض التسقيط والتسوية الاعتيادية. ومعظم هذه الاجهزة ذاتية التسوية self - levelling وبها ملحقات في داخلها توقفها عن العمل عند تأثر استوائها لسبب من الاسباب.

ونستخدم أجهزة الليزر الدوارة مع مجس متزلق (يعمل ببطارية) مثبت بمسطرة تسوية خاصة بها - a sliding battery - powered sensor. حيث يقوم هذا المجس بالبحث عن المستوى المرجعي لأشعة الليزر ثم يثبت نفسه على مسطرة التسوية حيث يتمكن الشخص الحامل لها من اخذ القراءة المطلوبة. وهكذا يمكن استخدام هذا الجهاز بوضعه في وسط موقع إنشائي حيث يعطي مستويًا أفقيًا باستمرار يُمكن استخدامه في معرفة مناسيب النقاط داخل الموقع. وعند تثبيت أو تسقيط مناسيب الاسس ومناسيب الارضيات وغيرها، يمكن وضع المجس على القراءة المطلوبة للمسطرة (حيث يعمل كمسطرة متنقلة Traveller) وذلك تعطي قاعدة المسطرة المناسيب المطلوب تثبيتها. وهكذا يحل هذا المستوى المرجعي محل سكك التسديد والواح التسديد (كما مبين في الشكل 6.27). واكبر مسافة تصلها حزمة الليزر تتراوح بين 200 - 100 م.



(a) تسقيط مناسيب الانشاء باستخدام جهاز الليزر للتسوية ذو الرأس الدوار

الدوار

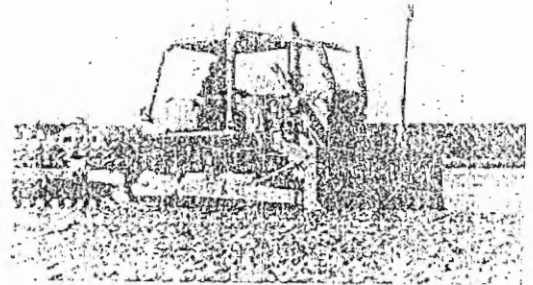
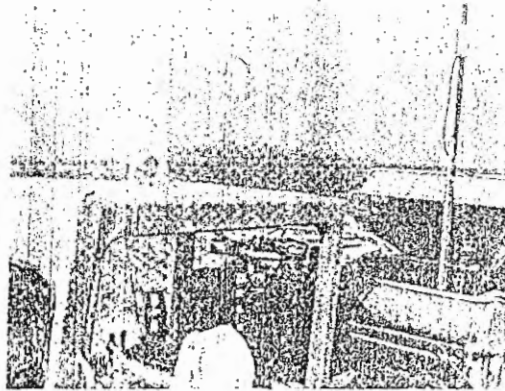
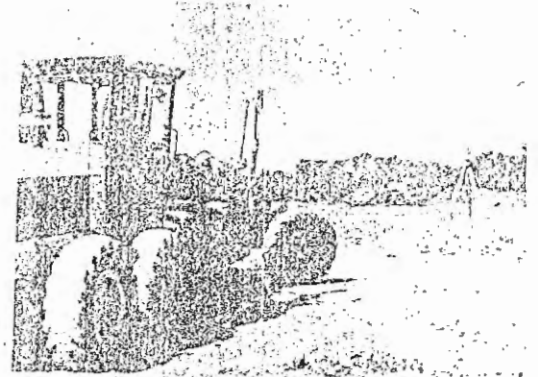
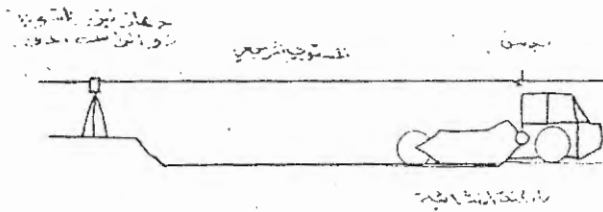


الشكل (6.27)

المصدر 30

ويستخدم المستوي المرجعي الدوار في السيطرة على أعمال الحفر ومناسيبه وكذلك أعمال الحفر بنسب انحدار معينة حيث تثبت وحدة المجس فوق الماكينة الانشائية سواء كانت ناقلة اترية أو مُدرّجة earth - mover or grader، وبوساطة ملحقات بها مثبتة امام سائق الماكينة يمكن تحديد مقدار الحفر المطلوب والمنسوب الذي وصل اليه الحفر. كما أن هناك اجهزة للسيطرة البعيدة Remote Control على مكائن الحفر وكذلك مكائن فرش الاسفلت للطرق وللأعمال الترابية الأخرى.

ويبين الشكل 6.28 بعض اجهزة الليزر المستخدمة مع بعض المكائن الانشائية.



الشكل 6.28 استخدام اجهزة الليزر في اعمال نقل الاتربة وتثبيت الانحدارات في المكائن الانشائية

القسم الثاني
المسح الكادستري



« الزوايا والاتجاهات Angles & Directions »

7.1 الزوايا Angles

تعرف الزاوية بأنها الفرق بين اتجاهين لخطين متقاطعين. وقد يكون هذان الاتجاهان مقيسين على دائرة أفقية لجهاز ثيودوليت ، أو مقيسين بواسطة بوصلة مغناطيسية ، أو مقيسين بالنسبة لاتجاه الشمال الحقيقي .
وتكون الزوايا الأفقية على انواع عدة تبعاً لطريقة القياس ، وهذه الانواع هي :

7.1.1 الزوايا الداخلية

Interior Angles

وهي الزوايا المقاسة داخل شكل مغلق وباتجاه عقرب الساعة (الشكل 7.1). ويكون مجموعها النظري Theoretical Sum or Σ Theor. مساوياً :

$$\Sigma \text{ Theor. (of Int. angles)} = (n - 2) 180^\circ = (2n - 4) 90^\circ \quad \dots (7.1)$$

حيث أن : n = عدد الزوايا الداخلية المقاسة .
أو المجموع النظري للزوايا الداخلية = $(n - 2) 180^\circ = (2n - 4) 90^\circ$ حيث أن n هو عدد الزوايا الداخلية .
ولغرض تصحيح هذه الزوايا ، يحسب أولاً التصحيح الكلي لهذه الزوايا Total Correction or T.C. والذي يساوي الفرق بين المجموع النظري (Σ Theor.) والمجموع المقيس (Σ Meas.) وكما يأتي :

$$T.C. \text{ for Interior angles} = \Sigma \text{ Theor.} - \Sigma \text{ Meas.}$$

أو: التصحيح الكلي للزوايا الداخلية = المجموع النظري للزوايا - مجموع الزوايا المقاسة .
ثم يحسب التصحيح للزاوية الواحدة بقسمة التصحيح الكلي على عدد الزوايا على اعتبار أن الزوايا كافة مقيسة بالدقة نفسها (من حيث الأجهزة المستخدمة في القياس وطريقة القياس والحساب والاشخاص القائمون بالرصد) وكما يأتي :

$$\text{Correction / angle} = \frac{T.C. \text{ for Interior angles}}{n}$$

التصحيح الكلي للزوايا الداخلية

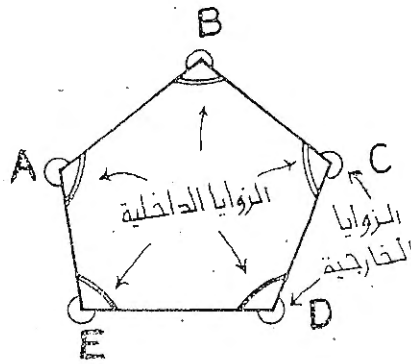
أو: التصحيح لكل زاوية =

عدد الزوايا

ثم تحسب بعد ذلك الزاوية الداخلية المصححة بأضافة الزاوية الداخلية المقاسة إلى التصحيح لكل زاوية (إضافة جبرية) وكما يأتي :

$$\text{Corrected Int. angle} = \text{Meas. angle} + (\text{corr. / angle:} + \text{or} -)$$

أو: الزاوية الداخلية المصححة = الزاوية الداخلية المقاسة + (التصحيح لكل زاوية : + أو -).
ولغرض التحقق من صحة عملية التصحيح ، تجمع الزوايا الداخلية المصححة والذي يجب أن يساوي مجموعها المجموع النظري في القانون (7.1) أعلاه .



الشكل 7.1

Exterior Angles

7.1.2 الزوايا الخارجية

وهي الزوايا المقاسة خارج شكل مغلق وباتجاه عقرب الساعة (الشكل 7.1). ويكون مجموعها النظري Σ مساوياً :

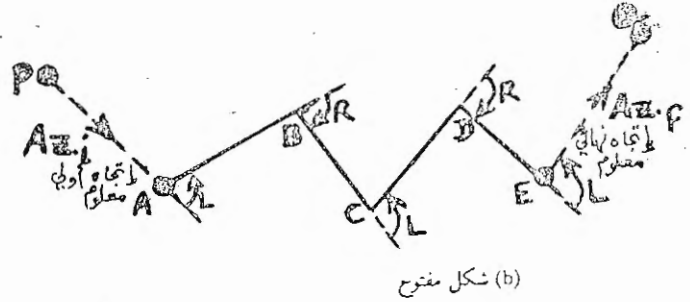
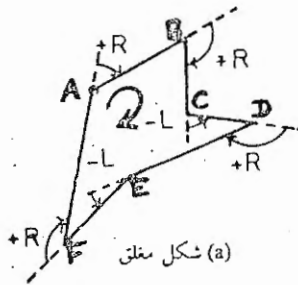
$$\Sigma \text{ Theor. (of Ext. angles)} = (n + 2) 180^\circ = (2n + 4) 90^\circ \quad \dots (7.2)$$

حيث أن : n = عدد الزوايا الخارجية المقاسة

أو: المجموع النظري للزوايا الخارجية = $(n + 2) 180^\circ = (2n + 4) 90^\circ$ حيث أن n هو عدد الزوايا الخارجية .
وتتم عملية تصحيح الزوايا الخارجية بالطريقة نفسها التي ذكرت سابقاً لتصحيح الزوايا الداخلية . حيث يُحسب التصحيح الكلي للزوايا الخارجية أولاً ثم يحسب التصحيح لكل زاوية ثم يضاف هذا التصحيح اضافة جبرية إلى الزاوية المقاسة لينتج عنه الزاوية المصححة . ثم تجمع الزوايا المصححة للتحقق من أن مجموعها يساوي المجموع النظري لها .

7.1.3 زوايا الانحراف Deflection Angles

وهي الزوايا المقاسة بين امتداد أي ضلع والضلع الذي يليه (حسب تقدم العمل أو الحسابات للمضلع) لشكل مغلق أو مفتوح. وتعد الزوايا التي يكون اتجاه قياسها مع عقرب الساعة زوايا موجبة (+) أو إلى اليمين (R)، أما التي يكون اتجاه قياسها عكس عقرب الساعة فتعد زوايا سالبة (-) أو إلى اليسار (L) كما مبين في الشكل (a)، (b)، 7.2.



الشكل 7.2

ويكون المجموع النظري لزوايا الانحراف لشكل مغلق مساوياً (بغض النظر عن عدد الزوايا):

$$\Sigma \text{ Theor. of Defl. angles} = (+ \text{ or } -) 360^\circ \quad \dots (7.3 a)$$

أو: المجموع النظري لزوايا الانحراف لشكل مغلق $\pm 360^\circ$ حيث تستخدم الإشارة الموجبة في القانون اعلاه عندما يكون مجموع الزوايا إلى اليمين أكثر، وتستخدم الإشارة السالبة عندما يكون مجموع الزوايا إلى اليسار أكثر. أما المجموع النظري لزوايا الانحراف لشكل مفتوح فيساوي (بغض النظر عن عدد الزوايا):

$$\Sigma \text{ Theor.} = AZ_f - AZ_i \quad \dots (7.3b)$$

أو: المجموع النظري لزوايا الانحراف لشكل مفتوح = الاتجاه النهائي المعلوم - الاتجاه الأولي المعلوم. (وقد يُطرح من المجموع النظري هذا أحياناً 360° لغرض المقارنة مع المجموع المقيس) ولغرض تصحيح هذه الزوايا، بحسب مجموع الزوايا المقاسة الذي يساوي المجموع الجبري للزوايا المقاسة باعتبار أن الزوايا إلى اليمين (R) موجبة والزوايا إلى اليسار (L) سالبة وكما يأتي:

$$\Sigma \text{ measured} = \Sigma R - (\Sigma L)$$

أو: مجموع الزوايا المقاسة = مجموع الزوايا إلى اليمين - مجموع الزوايا إلى اليسار.

ثم بحسب التصحيح الكلي لزوايا الانحراف والذي يساوي:

$$\text{T.C. for Defl. angles} = (+ \text{ or } -) 360^\circ - (\Sigma R - \Sigma L) \quad \text{لشكل المغلق:}$$

$$\text{T.C. for Defl. angles} = (AZ_f - AZ_i) - (\Sigma R - \Sigma L) \quad \text{لشكل المفتوح:}$$

وبعد ذلك بحسب التصحيح لكل زاوية بقسمة التصحيح الكلي على عدد الزوايا المقاسة، ثم تصحح كل زاوية مقيسة بأضافة التصحيح إليها إضافة جبرية وكما يأتي:

$$\text{Corr. / angle} = \frac{\text{T.C. for angles}}{n}$$

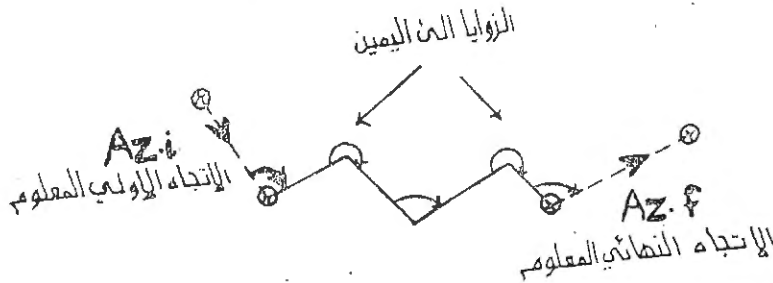
حيث أن : n = عدد زوايا الانحراف المقيسة إلى اليمين وإلى اليسار

$$\text{Corrected Defl. angle} = \text{Meas. angle} (+ \text{ or } -) + \text{Corr. / angle} (+ \text{ or } -)$$

أو: زاوية الانحراف المصححة = زاوية الانحراف المقيسة (+ أو -) + التصحيح لكل زاوية (+ أو -)

7.1.4 الزوايا إلى اليمين (أو إلى اليسار) $\text{Angles to the right or to the left}$

وهي الزوايا المقيسة في المضلع الرابط المغلق (ذو الشكل المفتوح) من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق وباتجاه عقرب الساعة فتدعى بالزوايا إلى اليمين (أو عكس عقرب الساعة فتدعى بالزوايا إلى اليسار) كما في الشكل 7.3.



الشكل 7.3

ولفرض تصحيح هذه الزوايا ، لابد من وجود إتجاه أولي معلوم وإتجاه نهائي معلوم وبذلك يكون عدد الزوايا أكثر من

عدد الاضلاع بواحد ، حيث يحسب التصحيح الكلي للزوايا بأحدى الطرق الآتية :

أ) اعتماداً على الاتجاه الأولي المعلوم ، بحسب إتجاه كل ضلع على التوالي حتى يتم حساب الاتجاه النهائي الذي يقارن بالاتجاه النهائي المعلوم ، وبذلك يكون التصحيح الكلي مساوياً :

$$\text{T.C. for angles} = \text{Known } Az_f - \text{Computed } Az_i$$

أو: التصحيح الكلي للزوايا إلى اليمين = الاتجاه النهائي المعلوم - الاتجاه النهائي المحسوب

ب) بحسب الاتجاه النهائي أولاً من القانون أدناه :

$$\text{Computed } Az_f = \text{Known } Az_i + \Sigma \text{ measured angles} - n.180^\circ$$

حيث أن : n = عدد الزوايا إلى اليمين المقيسة

(وإذا كان الاتجاه النهائي المحسوب سالباً فيضاف 360° للحصول على الاتجاه مع عقرب الساعة) ثم يحسب بعد

ذلك التصحيح الكلي للزوايا كما سبق في الفقرة أ.

ج) بحسب المجموع النظري للزوايا إلى اليمين أولاً من القانون أدناه :

$$\Sigma \text{ Theor. of angles to the right} = \text{Known } Az_f - \text{Known } Az_i + n.180^\circ \quad \dots (7.4)$$

(وقد يطرح من المجموع النظري هذا أحياناً 360° لغرض المقارنة مع المجموع المقيس)

ثم يحسب بعد ذلك التصحيح الكلي للزوايا كالآتي :

$$\text{T.C. for angles} = \Sigma \text{ Theor.} - \Sigma \text{ Meas.}$$

وبعد حساب التصحيح الكلي للزوايا بأحدى الطرق أعلاه ، يتم حساب التصحيح لكل زاوية ثم الزاوية

المصححة كما سبق ذكره في تصحيح الزوايا الداخلية .

يُعرف الاتجاه بأنه الزاوية المقاسة من خط مرجع معين. وقد يكون هذا المرجع هو الصفر للدائرة الدقيقة في النيودولابيت ، أو الشمال المغناطيسي الذي تدل عليه الإبرة المغناطيسية في البوصلة المغناطيسية ، أو الشمال الحقيقي (أو الجغرافي) الذي يعين بواسطة الارصادات الفلكية نحو الشمس أو النجم القطبي أو بواسطة الجايرونيودولابيت أو بواسطة الأقمار الصناعية حديثاً أو بواسطة احداثيات نقطتي تثليث أو تضليع. ويستخدم في العادة الشمال الحقيقي كمرجع لأعمال المساحة كافة والحسابات المتصلة بها نظراً لثبات إتجاهه على مدى الأزمان في الموقع المعين على سطح الأرض. والغاية الأساسية من حساب الاتجاه لأي خط هي تحديد الربع الذي يقع فيه ذلك الخط وبالتالي تحديد قيمة وإشارة النسبة المثلثية المطلوبة لغرض إجراء حسابات المركبات أو الاحداثيات. وهناك أنواع متعددة من الاتجاهات تستخدم لهذا الغرض في أعمال المسح وهي:

Quadrantal Bearing or Bearing

7.2.1 الاتجاه الرئيسي أو الاتجاه ربع الدائري

وقد يطلق عليه أيضاً الانحراف المختصر Reduced Bearing or R.B. ويُعرف بأنه الزاوية الحادة التي تتراوح قيمتها من 0° إلى 90° (أو 0° إلى 100°) والتي تُقاس من خط الشمال أو الجنوب نحو الشرق أو الغرب (باتجاه عقرب الساعة أو بعكسه). وبذلك لابد من استخدام حرفين مع قيمة الزاوية لتحديد الربع الذي يقع فيه الضلع. ففي الربع الأول (I) يحوي الحرفين N---E (أو ش---ع)،

وفي الربع الثاني (II) يحوي الحرفين S---E

(أوج---ع)، وفي الربع الثالث (III) يحوي الحرفين S---W

(أوج---غ)، وفي الربع الرابع (IV) يحوي الحرفين N---W

(أو ش---غ) كما مبين في الشكل 7.4 أدناه.

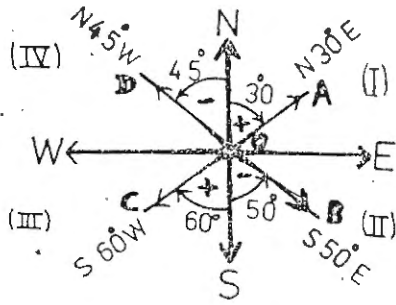
حيث أن الاتجاهات الربعية للاضلاع تساوي:

$$\text{Brg. of OA} = \text{N } 30^\circ \text{ E} \quad (\text{I})$$

$$\text{Brg. of OB} = \text{S } 50^\circ \text{ E} \quad (\text{II})$$

$$\text{Brg. of OC} = \text{S } 60^\circ \text{ W} \quad (\text{III})$$

$$\text{Brg. of OD} = \text{N } 45^\circ \text{ W} \quad (\text{IV})$$



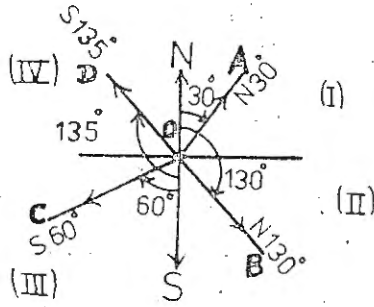
الشكل 7.4

PI - Azimuth or (AZ - AZ.)

7.2.2 الاتجاه القطري أو الاتجاه نصف الدائري

يُعرف الاتجاه القطري بأنه الزاوية التي تتراوح قيمتها من 0° إلى 180° (أو من 0° إلى 200°) والتي تُقاس من خط الشمال أو خط الجنوب باتجاه عقرب الساعة فقط. وبذلك لابد من استخدام حرف واحد لتحديد الربع الذي يقع فيه الضلع. ففي الربعين الأول والثاني يستخدم الحرف N (أو ش) مع قيمة الزاوية أما في الربعين الثالث والرابع فيستخدم الحرف S (أو ج) مع قيمة الزاوية كما مبين في الشكل 7.5 أدناه.

حيث أن الاتجاهات القطرية للاضلاع نفسها
(في الشكل 7.4) تساوي :



الشكل 7.5

$$\begin{aligned} (\pi - A_z) \text{ of OA} &= \text{Brg. of OA} \\ &= N 30^\circ \end{aligned} \quad (I)$$

$$\begin{aligned} (\pi - A_z) \text{ of OB} &= 180^\circ - \text{Brg. of OB} \\ &= N 130^\circ \end{aligned} \quad (II)$$

$$\begin{aligned} (\pi - A_z) \text{ of OC} &= \text{Brg. of OC} \\ &= S 60^\circ \end{aligned} \quad (III)$$

$$\begin{aligned} (\pi - A_z) \text{ of OD} &= 180^\circ - \text{Brg. of OD} \\ &= S 135^\circ \end{aligned} \quad (IV)$$

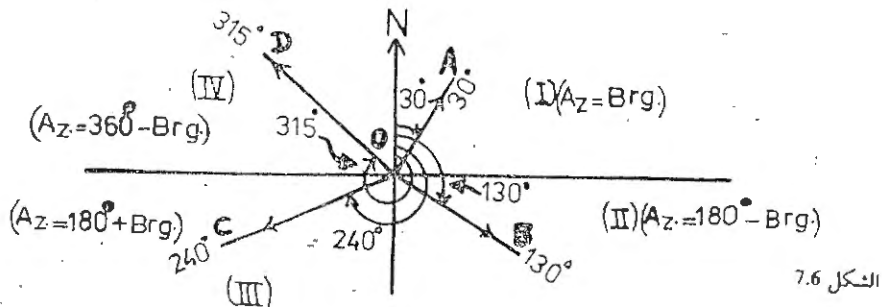
Azimuth or Whole Circle Brg. or W.C.B.

7.2.3 الاتجاه الدائري أو الاتجاه الدائري الكامل

وقد يطلق عليه أيضاً الانحراف الدائري الكامل أو الانحراف فقط ، ويعرف بأنه الزاوية التي تتراوح قيمتها من 0° إلى 360° (أو من 0° إلى 400°) والتي تقاس من خط الشمال باتجاه عقرب الساعة فقط (وقد تقاس أحياناً من خط الجنوب باتجاه عقرب الساعة). ولا يحتاج الاتجاه الدائري لاستخدام حرف معه لتحديد الربع الذي يقع فيه الضلع وإنما تكفي قيمة الزاوية فقط لهذا الغرض.

ومن الأفضل استخدام الاتجاه الدائري في الحسابات كافة حيث أن الحسابات الشخصية اليدوية تعطي قيمة النسبة المثلثية مع إشارتها عند إدخال الاتجاه الدائري فيها، وبذلك تتم الحسابات بدون الحاجة إلى إضافة إشارة. كما أن اتجاه قياس الزاوية مع عقرب الساعة، وبذلك تكون إشارته موجبة. دوماً عند طرح الاتجاهات المختلفة للحصول على الزاوية بينها، على العكس من الاتجاه الرباعي حيث يجب أخذ إشارة موجبة للربعين الأول والثالث وإشارة سالبة للربعين الثاني والرابع.

وهكذا تكون الاتجاهات الدائرية للاضلاع نفسها (في الشكل 7.4) كما مبين في الشكل 7.6 أدناه :



الشكل 7.6

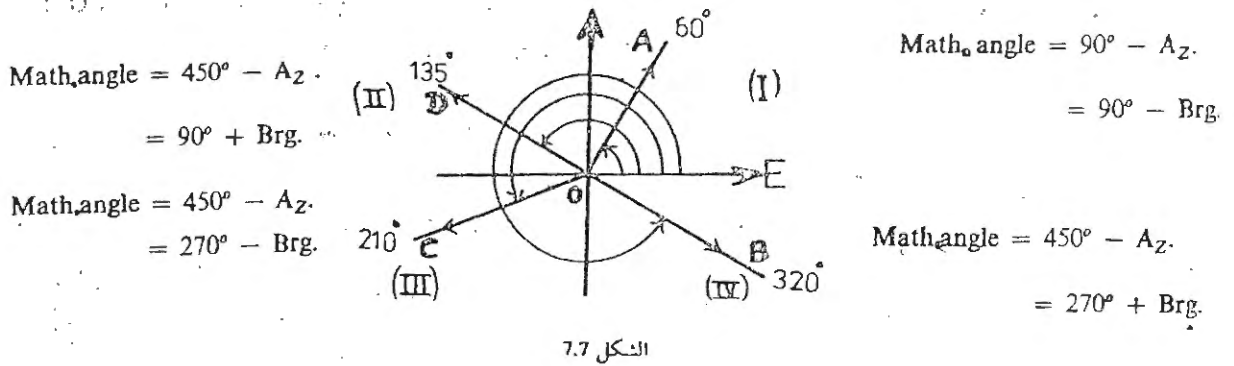
$$A_z \text{ of OA} = \text{Brg. of OA} = 30^\circ \quad (I)$$

$$A_z \text{ of OB} = 180^\circ - \text{Brg. of OB} = 130^\circ \quad (II)$$

$$A_z \text{ of OC} = 180^\circ + \text{Brg. of OC} = 240^\circ \quad (III)$$

$$A_z \text{ of OD} = 360^\circ - \text{Brg. of OD} = 315^\circ \quad (IV)$$

ملاحظة : لغرض المقارنة بين الزاوية الرياضية Mathematical Angle والاتجاه الدائري المستخدم في حسابات المساحة ، فإن الزاوية الرياضية تعرف بأنها الزاوية المقاسة من المحور السيني (أو اتجاه الشرق) بعكس اتجاه عقرب الساعة والتي تتراوح قيمتها من 0° إلى 360° ، وبذلك تحدد قيمتها الربع الذي يقع فيه الخط . وهكذا نرى بأن الزاوية الرياضية تقاس من المحور السيني بينما يقاس الاتجاه الدائري من محور الشمال الحقيقي ، وبذلك تختلف طريقة حساب الفرق في الاحداثي السيني (Δ س أو Δx) والفرق في الاحداثي الصادي (Δ ص أو Δy) عن الطريقة التي يحسب فيها فرق التثريب (ΔE) وفرق التشميل (ΔN) بدلالة الجيب والجيب تمام للزاوية الرياضية أو الاتجاه الدائري . إلا ان إشارات النسب المثلثية وهي الجيب والجيب تمام تبقى كما هي بالنسبة لأرباع الزاوية الرياضية وأرباع الاتجاه الدائري ، وبذلك يمكن استخدام الحاسبة الشخصية اليدوية لحساب النسب المثلثية مع إشاراتها للزاوية الرياضية والاتجاه الدائري بدون أي فرق يذكر . وبين الشكل 7.7 كيفية قياس الزاوية الرياضية والعلاقة بينها وبين الاتجاه الدائري والاتجاه الربعي ، والزاويا الرياضية للاضلاع نفسها (في الشكل 7.4).



Forward and Back Directions

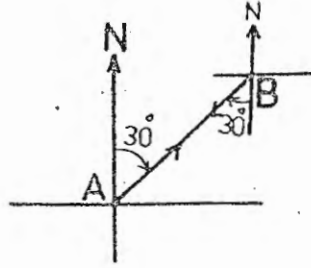
7.3 الاتجاه الامامي والاتجاه الخلفي

يعرف الاتجاه الامامي لخط بأنه الاتجاه المقيس أو المحسوب باتجاه تقدم العمل نفسه (أو تقدم الحسابات) المضلع ما . أما الاتجاه الخلفي لخط فإنه الاتجاه المقيس أو المحسوب بالاتجاه العاكس لتقدم العمل (أو تقدم الحسابات) . ويستخدم في الحسابات عادة نوعان من الاتجاهات الامامية والخلفية هما :

Forward and Back Bearing

7.3.1 الاتجاه الربعي الامامي والخلفي

إن الاتجاه الربعي الخلفي يساوي الاتجاه الربعي الامامي بالقيمة وبعاكسه من حيث الحرفين المستخدمين لتحديد ربع الخط كما مبين في الشكل 7.8 .



الشكل 7.8

الاتجاه الرباعي الخلفي = الاتجاه الرباعي الامامي مع عكس الحرفين

Back Brg. = Forward Brg. with opposite letters

For Brg. of AB = N 30° E

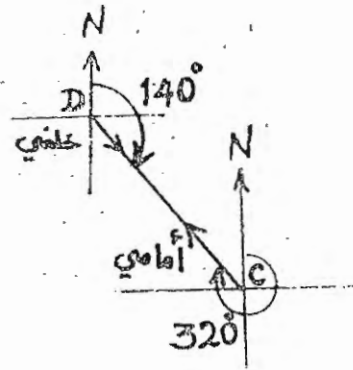
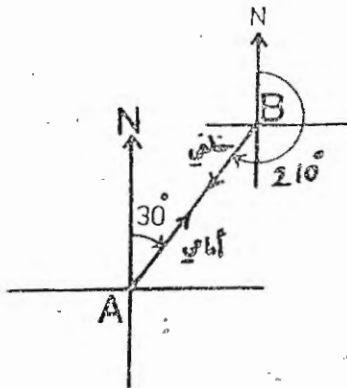
Back Brg. of AB = S 30° W (or Brg. of BA)

ويستخدم هذان الاتجاهان في العادة عند إجراء حسابات اتجاهات الاضلاع لمضلع ما عن طريق الرسم في كل ركن من اركان المضلع كما سيأتي لاحقاً.

Forward and Back AZimuth

7.3.2 الاتجاه الدائري الامامي والخلفي

إن الاتجاه الدائري الخلفي يساوي الاتجاه الدائري الامامي مضافاً أو مطروحاً منه 180° (أو 200°). حيث يضاف مقدار 180° إلى الاتجاه الدائري الامامي عندما يكون في الربعين الاول والثاني ، وي طرح مقدار 180° إلى الاتجاه الدائري الامامي عندما يكون في الربعين الثالث والرابع كما مبين في الشكل 7.9.



الشكل 7.9

الاتجاه الدائري الخلفي = الاتجاه الدائري الامامي $\pm 180^\circ$

(Back Az. = Forward Az. $\pm 180^\circ$)

For Az. of AB = 30° (في الربع الاول) , Back Az. of AB = 30° + 180°

= 210° (or Az. of BA)

For A_z of $CD = 320^\circ$ (في الربع الرابع) , Back A_z of $CD = 320^\circ - 180^\circ$
 $= 140^\circ$ (or A_z of DC)

ويستخدم هذان الاتجاهان في العادة لحساب اتجاهات الاضلاع عند استخدام القوانين لغرض الحساب.

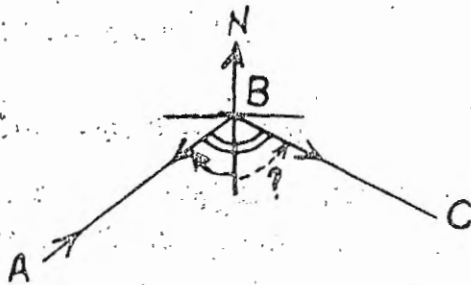
Computation of Directions for traverse sides

7.4 حساب اتجاهات الاضلاع لمضلع ما

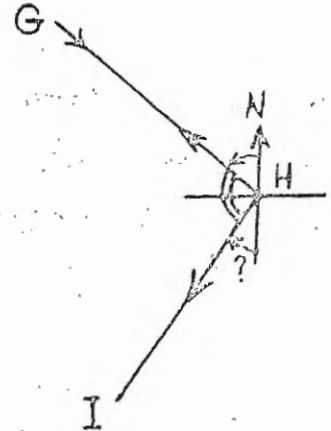
هناك طريقتان رئيستان لحساب اتجاهات الاضلاع لمضلع ما هما:

7.4.1 طريقة الرسم

يتم حساب الاتجاهات للاضلاع بهذه الطريقة عن طريق رسم تقاطع في كل ركن من اركان المضلع يمثل اتجاه الشمال والاتجاهات الثلاثة الاخرى، ثم يحسب الاتجاه الرئيسي الامامي للضلع المطلوب باستخدام الاتجاه الرئيسي الخلفي للضلع السابق المعلوم (أو المحسوب) والزاوية المصححة في ذلك الركن سواء كانت داخلية (وهي الاغلب) أو خارجية أو انحراف أو زاوية إلى اليمين (كما في المضلع الرابط) كما مبين في الشكل 7.10.



$$\text{Brg. BC} = \angle ABC - \text{Back Brg. AB}$$



$$\text{Brg. HI} = 180^\circ - (\angle GHI + \text{Back Brg. GH})$$

الشكل 7.10

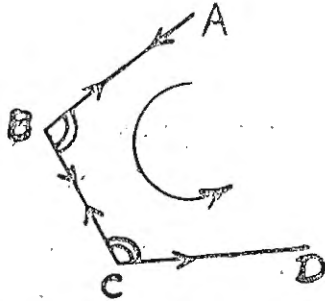
7.4.2 طريقة استخدام القوانين

تستخدم قوانين متعددة لغرض حساب الاتجاه الدائري لضلع لاحق من الاتجاه الدائري لضلع سابق والزاوية الداخلية (وهي الاغلب) أو الخارجية أو الانحراف أو الزاوية إلى اليمين. ولكن استخدام القانون الذي يعتمد على أسلوب تقدم الحسابات أو العمل هو الاسهل فهما ووضوحاً والذي يمكن استنتاجه من المضلع المرسوم نفسه وحسب الزاوية المقبولة فيه.

ويمكن اختصار صيغة هذا القانون كالآتي وكما مبين في الشكل 7.11

الاتجاه الدائري الامامي لضلع لاحق = الاتجاه الدائري الخلفي لضلع سابق $\pm$ الزاوية الداخلية المصححة
(حيث تستخدم الاشارة الموجبة عندما يكون تقدم الحسابات عكس عقرب الساعة وتستخدم الاشارة السالبة عندما يكون تقدم الحسابات مع عقرب الساعة)

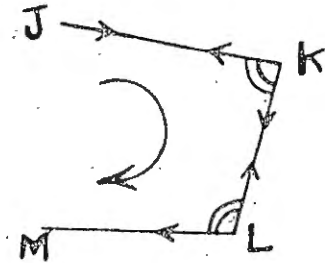
ملاحظة: إذا كان الاتجاه الدائري الامامي الناتج باشارة سالبة فيضاف مقدار 360° اليه، وإذا كان اكبر من 360° فيطرح منه مقدار 360° .



اتجاه تقدم الحسابات عكس عقرب الساعة

$$A_z BC = \text{Back } A_z AB + \angle ABC$$

$$A_z CD = \text{Back } A_z BC + \angle BCD$$



اتجاه تقدم الحسابات مع عقرب الساعة

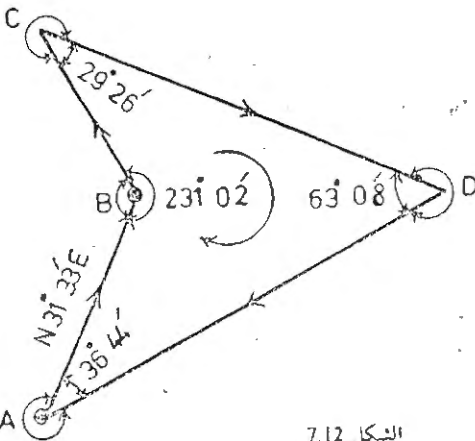
$$A_z KL = \text{Back } A_z JK - \angle JKL$$

$$A_z LM = \text{Back } A_z KL - \angle KLM$$

الشكل 7.11

مثال 7.1

للمضلع الدائري المغلق ABCD أدناه المقيسة فيه الزوايا الداخلية والمعروف فيه الاتجاه الربع دائري (أو الانحراف المختصر) للضلع AB، احسب الزوايا الخارجية وزوايا الانحراف، ثم احسب الزوايا المصححة: الداخلية والخارجية والانحراف، ثم احسب الاتجاهات: الربع دائري (أو الانحراف المختصر) والنصف دائري (أو القطري) والدائري الكامل (أو الانحراف الدائري) والزاوية الرياضية (للمقارنة) للاضلاع كافة وباستخدام الجداول.



الشكل 7.12

أولاً:
الحل:

حساب الزوايا وتصحيحها

(A) تصحيح الزوايا الداخلية (انظر الشكل 7.12) والجداول 7.1:

$$\Sigma \text{ Theoretical of Int. angle} = (n - 2) 180 = (4 - 2) 180 = 360^\circ 00'$$

$$\therefore \text{ T. C. for Int. angles} = 360^\circ - 360^\circ 20' = -20'$$

$$\therefore \text{ Correction / Int. angle} = \frac{-20'}{4} = -5'$$

(7.1) الجدول

النقطة Point	الزاوية الداخلية المقاسة Int. angle	التصحيح Correction	الزاوية الداخلية المصححة Corrected Int. angle
A	36° 44'	- 5'	36° 39'
B	231° 02'	- 5'	230° 57'
C	29° 26'	- 5'	29° 21'
D	63° 08'	- 5'	63° 03'
	$\Sigma = 360° 20'$	$\Sigma = - 20'$	$\Sigma = 360° 00' \therefore \text{Check}$

(B) حساب الزوايا الخارجية وتصحيحها (أنظر الشكل 7.12) والجدول 7.2 :

$$\Sigma \text{ Theor. of Ext. angles} = (n + 2) 180 = (4 + 2) 180 = 1080° 00'$$

$$\therefore \text{T.C. for Ext. angles} = 1080° - 1079° 40' = + 20'$$

$$\therefore \text{Corr. / Ext. angle} = \frac{+ 20'}{4} = + 5'$$

(7.2) الجدول

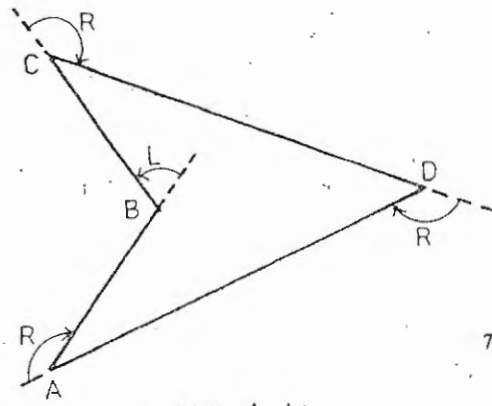
النقطة Point	الزاوية الخارجية المقاسة Ext. angle	التصحيح Correction	الزاوية الخارجية المصححة Corrected Ext. angle
A	$360° - 36° 44' = 323° 16'$	+ 5'	323° 21'
B	$360° - 231° 02' = 128° 58'$	+ 5'	129° 03'
C	$360° - 29° 26' = 330° 34'$	+ 5'	330° 39'
D	$360° - 63° 08' = 296° 52'$	+ 5'	296° 57'
	$\Sigma = 1079° 40'$	$\Sigma = + 20'$	$\Sigma = 1080° 00' \therefore \text{check}$

(C) حساب زوايا الانحراف وتصحيحها (أنظر الشكل 7.13) والجدول 7.3 :

$$\Sigma \text{ Theor. of Defl. angles} = + 360°$$

$$\therefore \text{T.C. for Defl. angles} = + 360° - 359° 40' = + 20'$$

$$\therefore \text{Corr. / Defl. angle} = \frac{+ 20'}{4} = + 5'$$



الشكل 7.13

الجدول (7.3)

النقطة Point	زاوية الانحراف المقاسة Deflection angle	التصحيح Corr.	زاوية الانحراف المصححة Corrected Defl. angle
A	$180^\circ - 36^\circ 44' = + 143^\circ 16' R$	$+ 5'$	$+ 143^\circ 21' R$
B	$231^\circ 02' - 180^\circ = - 51^\circ 02' L$	$+ 5'$	$- 50^\circ 57' L$
C	$180^\circ - 29^\circ 26' = + 150^\circ 34' R$	$+ 5'$	$+ 150^\circ 39' R$
D	$180^\circ - 63^\circ 08' = + 116^\circ 52' R$	$+ 5'$	$+ 116^\circ 57' R$
	$\Sigma R - \Sigma L = 410^\circ 42'$ $- 51^\circ 02'$ $+ 359^\circ 40'$	$\Sigma = + 20'$	$\Sigma R - \Sigma L = + 410^\circ 57'$ $- 50^\circ 57'$ $+ 360^\circ 00'$ $\therefore$ check

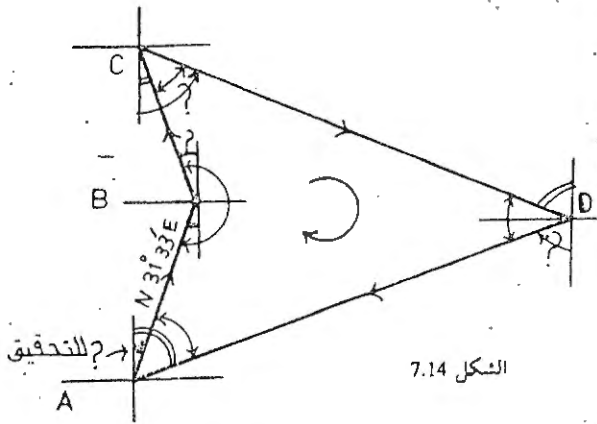
ثانياً :-

حساب الاتجاهات المصححة للاضلاع (من الاتجاه المعلوم للضلع AB والزوايا الداخلية المصححة) :
 قد يحسب الاتجاه ربع الدائري للضلع بالرسم عن طريق استخدام الاتجاه ربع الدائري للضلع السابق والزوايا الداخلية، أو قد يحسب باستخدام الاتجاه الدائري الخلفي للضلع السابق وإضافة أو طرح الزاوية الداخلية حسب اتجاه تقدم العمل أو الحسابات (مع أو عكس عقرب الساعة). وقد اختير حساب الاتجاهات للاضلاع عن طريق الرسم في كل نقطة حيث يرسم تقاطع فيها (انظر الشكل 7.14 والجدول 7.4).

$$\text{Brg. BC} = \text{B.Brg. AB} + 180^\circ - 230^\circ 57' =$$

$$= 313^\circ 33' + 180^\circ - 230^\circ 57' = - 19^\circ 24'$$

$$= N 19^\circ 24' W$$



$$\text{Brg. CD} = 19^\circ 24' + 29^\circ 21' = \text{S } 48^\circ 45' \text{ E}$$

$$\text{Brg. DA} = 180^\circ - (48^\circ 45' + 63^\circ 03') = \text{S } 68^\circ 12' \text{ W}$$

For a check

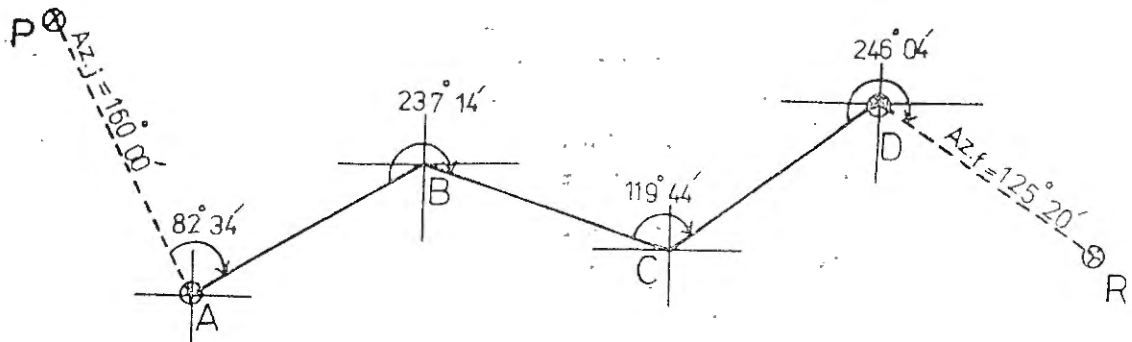
$$\text{Brg. AB} = 68^\circ 12' - 36^\circ 39' = \text{N } 31^\circ 33' \text{ E} \quad \checkmark$$

الجدول (7.4)

الضلع Side	الاتجاه الربع دائري الاماسي Brg.	الاتجاه الربع دائري الخلفي Back Brg.	الاتجاه النصف دائري PI - AZ.	الاتجاه الدائري الاماسي AZimuth	الاتجاه الدائري الخلفي Back AZ.	الزاوية الرياضية Math. angle	الربع Quadrant
AB	N 31° 33' E	S 31° 33' W	N 31° 33'	31° 33'	211° 33'	58° 27'	I
BC	N 19° 24' W	S 19° 24' E	S 160° 36'	340° 36'	160° 36'	109° 24'	IV
CD	S 48° 45' E	N 48° 45' W	N 131° 15'	131° 15'	311° 15'	318° 45'	II
DA	S 68° 12' W	N 68° 12' E	S 68° 12'	248° 12'	68° 12'	201° 48'	III
AB (For check)	N 31° 33' E						

مثال 7.2

للمضلع الرابط المغلق أدناه المقاسة زواياه إلى التبيين والمعلوم فيه الاتجاهان الدائريان الكاملان الأولي والنهائي ،
إحسب الزوايا إلى التبيين المصححة والاتجاهات ربع الدائرية والدائرية الكاملة للاضلاع (أنظر الشكل 7.15) والجدولين 7.5 و 7.6.



يحسب التصحيح للزوايا باستخدام القانون (7.4) ثم تحسب الزوايا المصححة. ومن الاتجاه الأولي المعلوم والزوايا المصححة تحسب اتجاهات الاضلاع بطريقة الرسم.

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ Theor. of angles to the right} &= A_{z.f} - A_{z.i} + n. 180^\circ \\ &= 125^\circ 20' - 160^\circ 00' + 4 \times 180 \\ &= 845^\circ 20' - 160^\circ 00' = 685^\circ 20'\end{aligned}$$

$$\therefore \text{ T.C. for angles to the right} = \Sigma \text{ Theor.} - \Sigma \text{ measured}$$

$$= 685^\circ 20' - \begin{cases} 82^\circ 34' \\ 237^\circ 14' \\ 119^\circ 44' \\ 246^\circ 04' \end{cases}$$

$$= 685^\circ 20' - 685^\circ 36' = -16'$$

$$\therefore \text{ Correction / angle to the right} = \frac{-16'}{4} = -4'$$

الجدول (7.5)

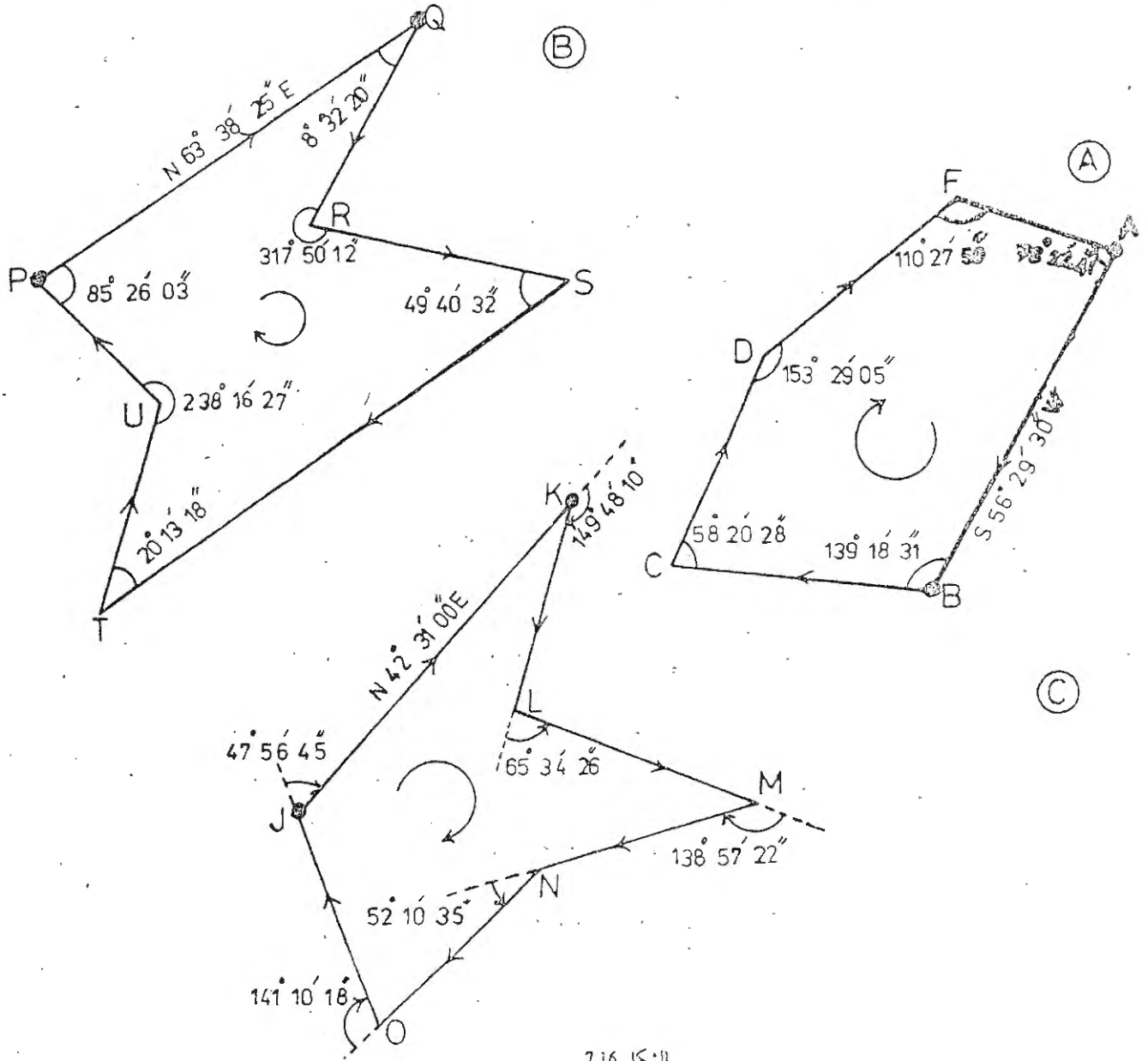
النقطة Point	الزاوية الى اليمين المقيسة Angle to the Right	التصحيح Corr.	الزاوية المصححة Corrected angle
A	82°34'	- 4'	82°30'
B	237°14'	- 4'	237°10'
C	119°44'	- 4'	119°40'
D	246°04'	- 4'	246°00'
	$\Sigma = 685^\circ 36'$	$\Sigma = -16'$	$\Sigma = 685^\circ 20' = \Sigma \text{ Theor.}$ ∴ check

الجدول (7.6)

الضلع Side	الاتجاه الربع دائري Brg.	الاتجاه الدائري الكامل Azimuth
PA	S 20°00' E	160°00'
AB	N 62°30' E	62°30'
BC	S 60°20' E	119°40'
CD	N 59°20' E	59°20'
DR	S 54°40' E	125°20'
	(For check)	∴

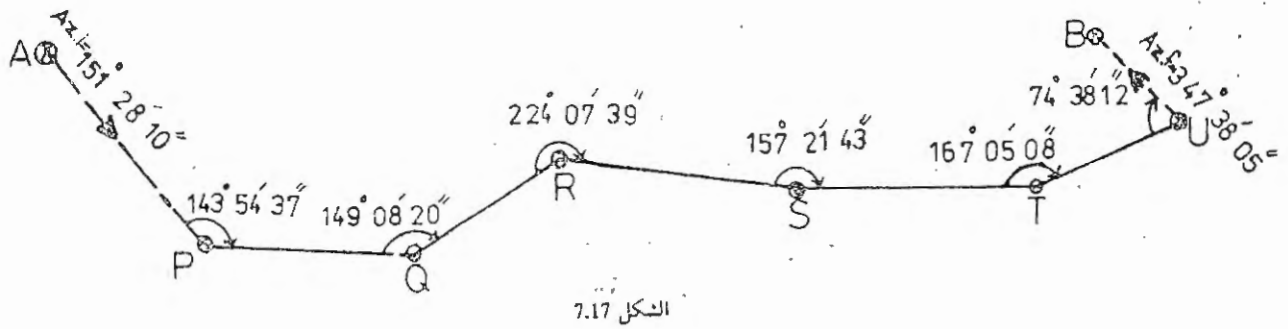
«تمارين تطبيقية»

7.1 إحصب الزوايا الداخلية والخارجية وزوايا الانحراف المصححة ، ثم إحصب الاتجاهات الربعية (ربع الدائرية) والقطرية (نصف الدائرية) والدائرية (الدائرية الكاملة) الامامية والخلفية ، وعيّن الارباع التي تقع فيها الاضلاع للمضلعات الدائرية المغلقة أدناه (الشكل 7.16).



الشكل 7.16

7.2 إحصب الزوايا إلى التين المصححة ، ثم إحصب الاتجاهان الربعي والدائري للاضلاع في المضلع الرابط المغلق المبين في (الشكل 7.17).



7.3. املاً الفراغات في الجدول أدناه :-

الجدول 7.7

الضلع Side	الاتجاه الرئيسي Brg.	الاتجاه الرئيسي الخلفي Back Brg.	الاتجاه الدائري AZ.	الاتجاه الدائري الخلفي Back AZ	الاتجاه القطري PI - AZ	الربع Quad.
KL			299°52'			
EF		S48°27'E		184°38'		
BC						
ST	65°41'					III
MN					S157°14'	
OP	N71°47'W					
IJ			65°38'			
RS					123°25'	II

7.4. احسب الاتجاه الرئيسي والدائري والقطري والاتجاهات الخلفية لكل ضلع من اضلاع المضلع الرابط المغلق PABCDEFQ، إذا علم الاتجاهان الأولي والنهائي كالآتي :

• AZ.AP = 152°14'20" (الأولي) ، AZ.FQ = 105°40'15" (النهائي)

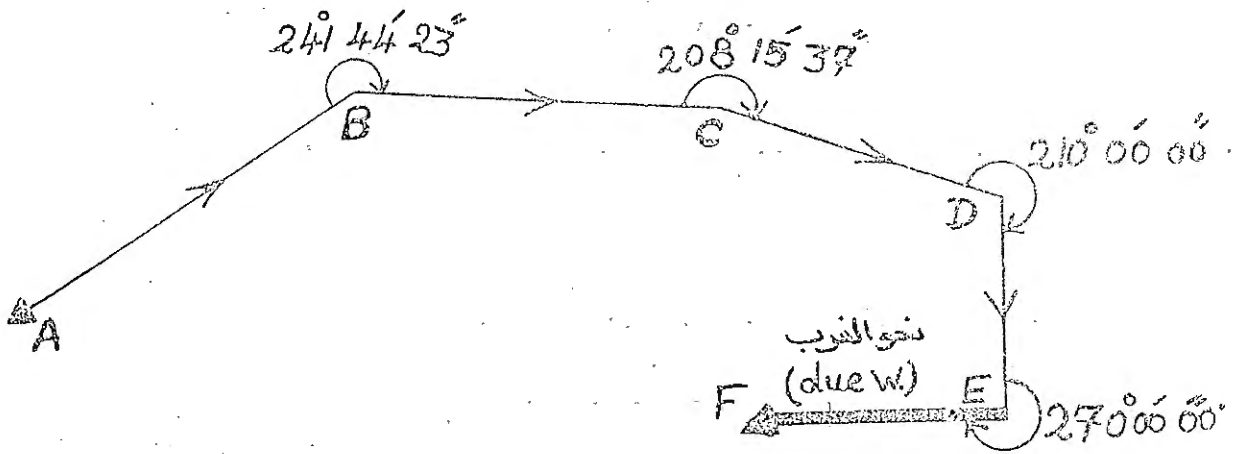
وبعد اجراء التصحيح اللازم للزوايا إلى التمين المقيسة كما في أدناه:

∠ PAB = 187°15'00" ، ∠ ABC = 234°55'50" ،

∠ BCD = 168°32'45" ، ∠ CDE = 197°55'10" ،

∠ DEF = 236°17'50" ، ∠ EFQ = 188°28'50" .

7.5 احسب الاتجاهات الربعية والقطرية والدائرية والخلفية لاضلاع المضلع الرابط ادناه (الشكل (7.18)).



الشكل (7.18)



« حسابات التضلّيع » Traverse Computations

8.1 مقدمة

تعرّف عملية التضلّيع بأنها إحدى عمليات المسح التي يتم فيها قياس عدد من الزوايا تربط بين اضلاع لمضلع مغلق أو مفتوح الشكل يتم قياس اطوالها أيضاً للحصول في النهاية (بعد إجراء الحسابات اللازمة) على مواقع أفقية أو إحداثيات لنقاط المضلع ، وبالتالي تتكون شبكة من نقاط السيطرة الأفقية Horizontal Control المعلومة المواقع الأفقية والتي يستفاد منها لأغراض متعددة تشتمل على ما يأتي :

- (1) المسح الكادستري ، حيث يتم تعيين مواقع أركان وحدود القطع الموجودة فعلاً أو توقيع أركان وحدود القطع المنوي افرازها أو تقسيمها ، وخاصة داخل المدن حيث تكثّر العوارض والعوائق للرؤية والقياس والتي تمنع سلك ما إقامة شبكات تثليث رئيسية . كما يمكن الحصول أيضاً على مساحات تلك القطع بدقة .
- (2) المسح الطبوغرافي ، حيث يتم توقيع الظواهر الطبيعية والاصطناعية من المواقع الأفقية المثبتة مسبقاً وعمل الخرائط اللازمة .
- (3) المسح الإنشائي ، حيث يتم عمل شبكات السيطرة الأفقية على امتداد الطرق والسكك ومشاريع الري والمواصلات لغرض جمع المعلومات عن الخط المركزي وتوقيعه حقلياً (بعد اختيار الأنسب من مجموعة البدائل المقترحة لهذا الخط) وما يتصل به من حساب الكميات الترابية وتصميم المنحنيات الأفقية وتسقيطها ، خاصة بعد استخدام الأجهزة الالكترونية في التوقيع والانشاء على نطاق واسع في السنين الأخيرة ، والحاجة إلى نقاط سيطرة أفقية على امتداد الخط المركزي وإدخال مواقعها عند إجراء الحسابات من قبل الجهاز الالكتروني لغرض تحديد الاتجاهات والاطوال اللازمة للتسقيط .
- (4) المسح التصويري ، حيث يستفاد من نقاط السيطرة الأفقية الأرضية لغرض تقويم الصور الجوية وعمل الخرائط اللازمة منها بدقة عالية .

والذي يهم هنا استخدام التضلّيع وحساباته في أعمال المسح الكادستري حيث ان القياسات قد تم شرحها في مواد دراسية أخرى . فالزوايا تقاس باستخدام الثيودوليت والمسافات تقاس باستخدام الشريط الفولاذي مع إجراء التصحيحات اللازمة للحصول على المسافة الأفقية . وفي الآونة الأخيرة ، أصبحت الأجهزة الالكترونية هي الغالبة في القياسات من حيث قياس المسافات فقط أو قياس الزوايا والمسافات مجتمعة .

هناك نوعان من المضلعات تستخدم في اعمال المسح هما:

8.2.1 المضلع المغلق أو المقلد

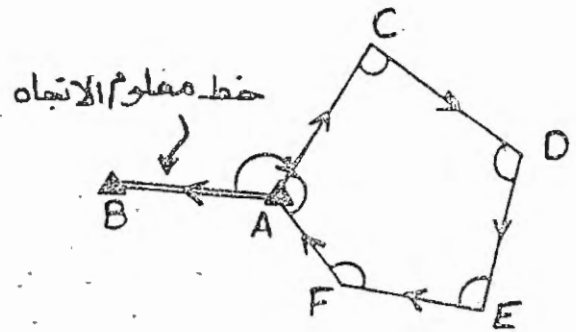
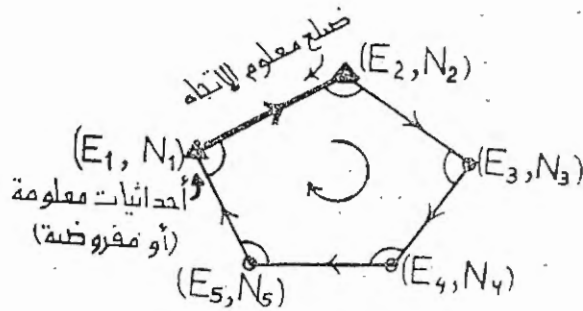
Closed Traverse

وهو المضلع الذي يمكن فيه التحقق من المسافات والزوايا المقاسة باستخدام القوانين التي تحكم هذه الزوايا والمسافات والتي تُبين في الحسابات اللازمة للتضليع، ويكون هذا المضلع على شكلين:

8.2.1.1 المضلع الدائري المغلق (أو المضلع المغلق فقط)

Closed Loop traverse (or Polygonal Traverse)

وهو المضلع الذي يبدأ بنقطة معلومة الموقع الأفقي (أو مفروضة الموقع) وينتهي بالنقطة نفسها مكونا شكلا مغلقا. ولا بد أن يكون أحد اضلاعه معلوم الاتجاه أو قد يربط خط معلوم الاتجاه بأحد اضلاع المضلع. وتقاس فيه عادة الزوايا الداخلية وأطوال الاضلاع كافة (كما مبين في الشكل 8.1). ثم تحسب المركبات والاحداثيات المصححة لنقاطه كافة.

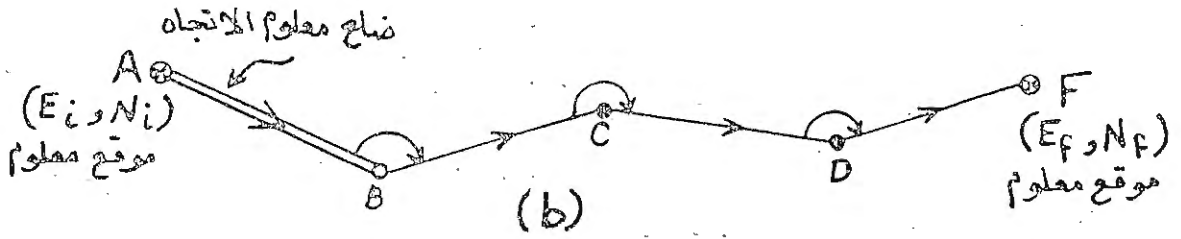
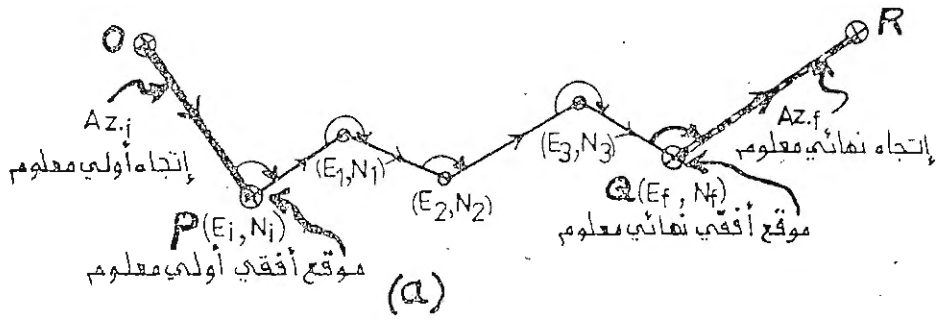


الشكل 8.1

8.2.1.2 المضلع الرابط المغلق (أو المضلع المربوط)

Closed Connecting Traverse (or Link Traverse)

وهو المضلع الذي يبدأ بنقطة معلومة الموقع الأفقي وينتهي بنقطة أخرى معلومة الموقع الأفقي أيضا. ولا بد أن يكون هناك خط ذو اتجاه أولي معلوم يربط بالضلع الأول للمضلع وخط آخر ذو اتجاه نهائي معلوم يربط بالضلع الأخير للمضلع، كي يمكن تصحيح الزوايا إلى القيم المقاسة في العادة، كما تقاس أطوال الاضلاع كافة (كما مبين في الشكل 8.2a). ثم تحسب المركبات والاحداثيات المصححة لنقاطه كافة. وقد يبدأ المضلع بنقطة معلومة الموقع الأفقي وينتهي بنقطة أخرى معلومة الموقع الأفقي إضافة لوجود اتجاه معلوم لأحد اضلاع المضلع (كما مبين في الشكل 8.2b).

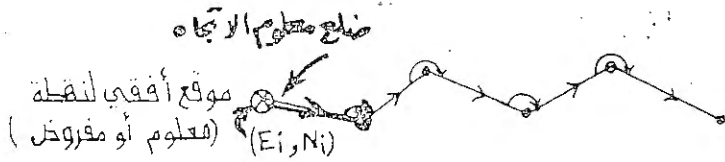


الشكل 8.2

Open Traverse

8.2.2 المضلع المفتوح

وهو المضلع الذي يبدأ بنقطة معلومة الموقع الافقي (أو مفروضة الموقع) ويستمر حتى نهاية العمل إضافة لوجود إتجاه معلوم لأحد اضلاعه ، ولذلك لا يمكن التحقق من صحة الزوايا والاطوال المقاسة . ولا يستخدم هذا المضلع في أعمال المسوحات الدقيقة بل يستخدم في المسوحات الاولى أو التحريات أو المسح الجيولوجي أو المسح للأغراض العسكرية أو مسح الغابات (انظر الشكل 8.3). إلا انه يمكن زيادة الدقة للقياسات عن طريق اخذها لمرات عديدة .



الشكل 8.3

8.3 مركبات الاضلاع وإحداثيات النقاط

تُحسب مركبات الاضلاع من اطوالها وإتجاهاتها أولاً ثم تحسب بعد ذلك الاحداثيات للنقاط ، وتصحح المركبات أو الاحداثيات المحسوبة بموجب طرق متعددة للوصول إلى النتيجة النهائية من حسابات التضليع وهي المواقع الافقية المسححة للنقاط (أو الاحداثيات المصححة للنقاط) . ولا بد من اختيار رموز معينة للمركبات والاحداثيات بما يتفق مع معظم المصادر والمؤسسات التي تستخدم أعمال المسح وحساباته . وهكذا ، سوف تذكر أنواع المركبات والاحداثيات المستخدمة ورموزها والمصطلحات المتعلقة بها وما إختير منها في هذا الكتاب .

8.3.1 مركبات الاضلاع (انظر الشكل 8.4)

هناك نوعان من المركبات هما :

8.3.1.1 المركبة الافقية للضلع Departure (أو فرق التشرق)

وقد تكتب اختصاراً (Dep. أو D) ، كما يطلق عليها أيضاً فرق التشرق (Difference in Easting) أو اختصاراً (ΔE) أو التشرق الجزئي Partial Easting أو الشرق السبني (ΔX). وتعرف المركبة الافقية بأنها مركبة الضلع الموازية لمحور شرق - غرب ، وتساوي قيمتها :

$$(8.1a) \dots \dots \dots \text{المركبة الافقية للضلع} = \text{أول فرق التشرق للضلع} = \text{طول الضلع} \times \text{جيب (الاتجاه الدائري للضلع)}$$

$$[\text{Dep. or } \Delta E = \text{Length of Side} \times \sin (\text{AZ. of Side})] \dots (8.1a)$$

$$(\text{or } D = S \times \sin \text{AZ.}) \dots (8.1b)$$

والأفضل إختيار الاتجاه الدائري لغرض الحصول على النسبة المثلثية مع إشارتها خاصة عند إدخاله في الحاسبة اليدوية أو الشخصية.

8.3.1.2 المركبة الرأسية للضلع Latitude (أو فرق التشميل)

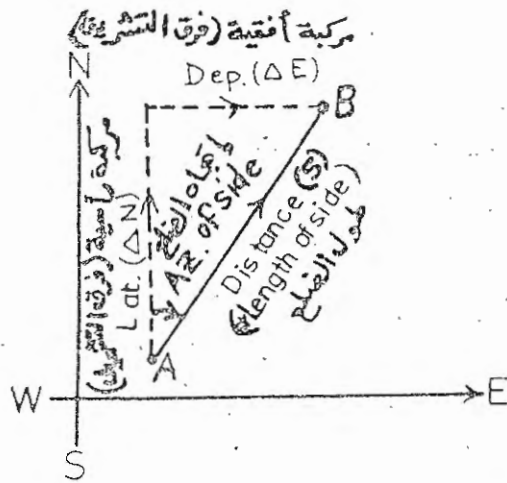
وقد تكتب اختصاراً (Lat. أو L) ، كما يطلق عليها أيضاً فرق التشميل (Difference in Northing) أو اختصاراً (ΔN) أو التشميل الجزئي Partial Northing أو الفرق الصادي (Δy). وتعرف المركبة الرأسية بأنها مركبة الضلع الموازية لمحور شمال - جنوب ، وتساوي قيمتها :

$$(8.2a) \text{المركبة الرأسية للضلع} = \text{أول فرق التشميل للضلع} = \text{طول الضلع} \times \text{جيب تمام (الاتجاه الدائري للضلع)}$$

$$[\text{Lat. or } \Delta N = \text{Length of Side} \times \cos (\text{AZ. of Side})] \dots (8.2a)$$

$$(\text{or } L = S \times \cos \text{AZ.}) \dots (8.2b)$$

وتكون مركبات الاضلاع مستقلة عن بعضها البعض عند اجراء الحسابات.



(8.4) الشكل

$$\text{Dep.}_{AB} = S \times \sin AZ_{AB} = \Delta E_{AB}$$

$$\text{Lat.}_{AB} = S \times \cos AZ_{AB} = \Delta N_{AB}$$

8.3.2 إحداثيات النقاط (أنظر الشكل 8.5)

هناك نوعان من الإحداثيات هما :

8.3.2.1 إحداثي التشرقيق للنقطة

Easting coordinate

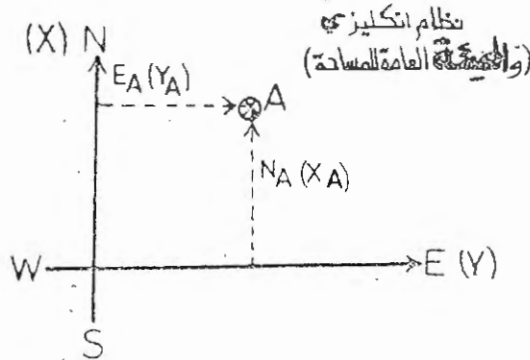
ويطلق عليه اختصاراً التشرقيق (أو E)، كما يطلق عليه أيضاً التشرقيق الكلي Total-Easting أو الإحداثي السيني X-Coordinate. ويعرف إحداثي التشرقيق لنقطة بأنه بُعد النقطة العمودي على محور شمال - جنوب (والموازي لمحور شرق - غرب):

8.3.2.2 إحداثي التشميل للنقطة

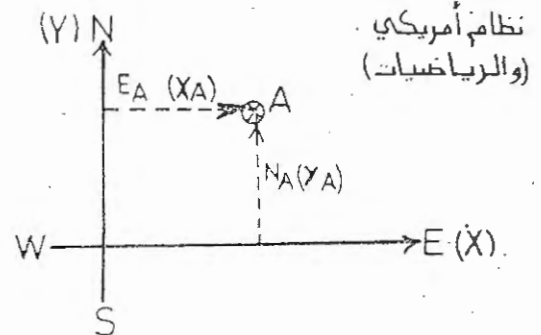
Northing coordinate

ويطلق عليه اختصاراً التشميل (أو N)، كما يطلق عليه أيضاً التشميل الكلي Total-Northing أو الإحداثي الصادي Y-Coordinate.

ويعرف إحداثي التشميل لنقطة بأنه بُعد النقطة العمودي على محور شرق - غرب (والموازي لمحور شمال - جنوب). وقد إختير في هذا الكتاب التشميل والتشرقيق لبيان إحداثيات النقاط (وما يقابلها في الرياضيات أحياناً) لأن رمزي التشميل والتشرقيق متفق عليهما من قبل جميع المصادر والدول.



(8.5) الشكل



نفرض حساب المواقع الأفقية النهائية (أو الاحداثيات المصححة) لنقاط المضلع الدائري المغلق، بعد إجراء القياسات اللازمة للزوايا الداخلية واطوال الاضلاع، وحساب الاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع، فمن الضروري القيام بالحسابات الآتية (وسوف تذكر القوانين بالعربية والانكليزية لأدانة الاتصال بالمصادر الاجنبية):

8.4.1 تصحيح الزوايا الداخلية المقاسة

تصحح الزوايا الداخلية المقاسة كما مرَّ سابقاً في الفصل السابع وكالآتي:

التصحیح الكلي للزوايا الداخلية = المجموع النظري - المجموع المقيس

$$= (n - 2) \times 180^\circ - \text{مجموع الزوايا الداخلية المقاسة}$$

التصحیح الكلي

عدد الزوايا

التصحیح لكل زاوية =

الزاوية الداخلية المصححة = الزاوية الداخلية المقاسة + (+ أو - التصحیح لكل زاوية).

حيث: n = عدد الزوايا الداخلية، والتصحیح يضاف إضافة جبرية بدون تغيير إشارته وله إشارة التصحیح الكلي نفسها، كما أن له القيمة نفسها لتساوي الدقة في قياس الزوايا.

$$\text{T.C. for angles} = (n - 2) 180^\circ - \text{Measured sum of angles}$$

$$\text{Correction / angle} = \frac{\text{T.C. for angles}}{n}$$

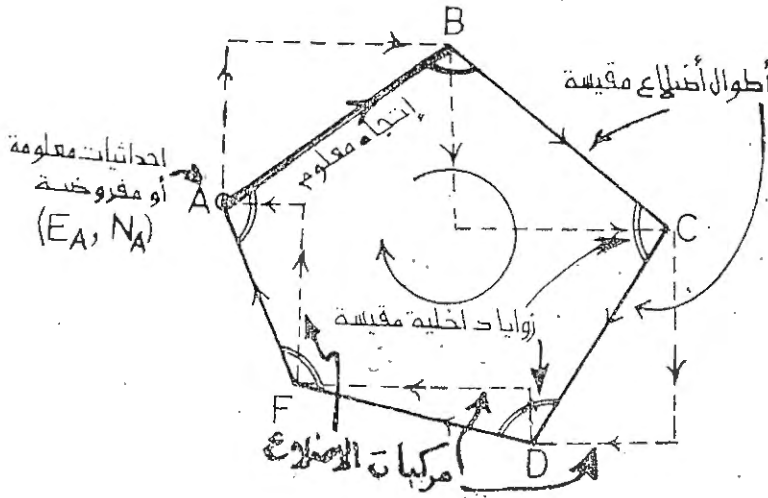
$$\text{Corrected angle} = \text{Measured angle} + (+ \text{ or } - \text{ Corr. / angle})$$

8.4.2 حساب الاتجاه الرئعي (Brg.) أو الاتجاه الدائري (AZ.) (أنظر الشكل 8.6):

يتم حساب الاتجاهات الربعية أو الدائرية للاضلاع باستخدام الاتجاه المعلوم للضلع الاول والزوايا الداخلية المصححة، أما بطريقة الرسم أو استخدام القوانين التي تم ذكرها في الفصل السابع. ويُتحقق من حساب الاتجاهات عن طريق حساب الاتجاه المعلوم للضلع الاول مرة ثانية باستخدام اتجاه الضلع المحسوب الاخير والزاوية الداخلية المصححة الاخيرة (التي رأسها هو بداية الاتجاه المعلوم للضلع الاول).

8.4.3 حساب المركبات الأفقية والرأسية أو الاحداثيات (أنظر الشكل 8.6):

تُحسب المركبات الأفقية ($\text{Dep. or } \Delta E$) والمركبات الرأسية ($\text{Lat. or } \Delta N$) باستخدام القانونين (8.1) و (8.2) في الفقرة السابقة من هذا الفصل، إذا أريد تصحيح المركبات للاضلاع أو حساب مساحة المضلع بطريقة مضاعف خط الطول D.M.D. Method.



الشكل (8.6)

وقد تحسب الاحداثيات بعد ذلك لغرض تصحيحها بدلاً من المركبات ، وخاصة عند استخدام الحاسبات اليدوية حيث يمكن حساب وتخزين المركبات في ذاكرة الحاسبة ثم حساب احداثيات النقاط ، ولأختصار الجداول الخاصة بالحسابات . ومن الافضل استخدام الاتجاه الدائري للضلع مع الطول عند حساب مركبته حيث تُعطى إشارة وقيمة المركبة رأساً بوساطة الحاسبة لغرض إدخالها في الذاكرة . ويتم حساب الاحداثيات للنقاط كالاتي (انظر الشكل 8.7) :

التشريق لنقطة = التشريق للنقطة السابقة + المركبة الافقية للضلع

$$(\text{Easting of a point} = \text{Easting of Preceding point} \pm \text{Dep. of Side})$$

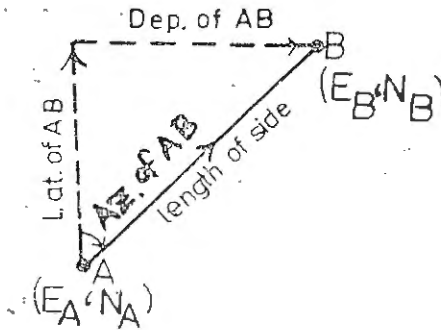
التشميل لنقطة = التشميل للنقطة السابقة + المركبة الرأسية للضلع

$$(\text{Northing of a point} = \text{Northing of Preceding point} \pm \text{Lat. of Side})$$

وتكون إشارة المركبة الافقية (Dep.) موجبة في الرعين الاول والثاني وسالبة في الرعين الثالث والرابع ، أما إشارة المركبة الرأسية (Lat.) فهي موجبة في الرعين الاول والرابع وسالبة في الرعين الثاني والثالث .

$$E_B = E_A \pm \text{Dep. of AB}$$

$$N_B = N_A \pm \text{Lat. of AB}$$



الشكل (8.7)

8.4.4 التصحيح الكلي (أو الخطأ الكلي) للمركبات الأفقية والرأسية أو للاحداثيات

Total correction (or Total error) for Deps. & Lats. or for Coordinates

يجب التمييز في البداية بين التصحيح والخطأ الناتج عند قياس أية كمية كزاوية مثلاً أو مسافة أو مركبة أو إحداثي أو منسوب، فالتصحيح يمكن تعريفه بالمعادلة الآتية :

التصحيح لكمية مقيسة = القيمة الحقيقية أو النظرية أو الثابتة - القيمة المقيسة أو المحسوبة، أما الخطأ فهو بعكس التصحيح من حيث الإشارة ولكن بنفس المقدار ويساوي : الخطأ = - (التصحيح) = القيمة المقيسة أو المحسوبة - القيمة الحقيقية أو الثابتة

Correction for a measured quantity = True or Known Value - Measured or computed Value

Error = - (Correction) = Meas. or Comp. Value - True or Known Value

وسوف يستعمل التصحيح في هذا الكتاب عند اجراء الحسابات اللازمة، وذلك لأنه يضاف جبرياً إلى الكمية المقيسة من غير تغيير لأشارته.

وفي المضمحل الدائري المغلق (انظر الشكل 8.6)، هناك شرطان من الواجب تحقيقهما كي يكون الشكل صحيحاً من الناحية الرياضية أو الهندسية وهما (الشرطان اللزمان لتوازن الجسم عندما يكون تحت تأثير قوى خارجية في القوانين الفيزيائية) :

أولاً - المجموع الجبري للمركبات الأفقية = صفر (أو $\Sigma \text{ Deps.} = 0$)

ثانياً - المجموع الجبري للمركبات الرأسية = صفر (أو $\Sigma \text{ Lats.} = 0$)

ولما كانت قياسات الزوايا والمسافات لهذا المضمحل تخضع للخطأ، فإن هناك تصحيحاً كلياً للزوايا (كما ذكر سابقاً) وتصحيحاً كلياً للمركبات أو الاحداثيات كالآتي :

التصحيح الكلي للمركبات الأفقية (أو التصحيح الكلي لأحداثيات التشرية) =

صفر - المجموع الجبري للمركبات الأفقية

(أو = إحدائي التشرية المعلوم للنقطة الأولى - إحدائي التشرية المحسوب للنقطة نفسها)

T.C. for Deps. (or T.C. for E - Coords.) = 0 - $\Sigma \text{ Deps.}$

[or = Known (E - Coord.) of First Point - Computed (E - Coord.) of the Same Point]

التصحيح الكلي للمركبات الرأسية (أو التصحيح الكلي لأحداثيات التشميل) =

صفر - المجموع الجبري للمركبات الرأسية

(أو = إحدائي التشميل المعلوم للنقطة الأولى - إحدائي التشميل المحسوب للنقطة نفسها)

$$T.C. \text{ for Lats. [or } T.C. \text{ for (N - Coords.)]} = 0 - \Sigma \text{ Lats.}$$

$$[\text{ or } = \text{Known (N - Coord.) of First Point} - \text{Computed (N - Coord.) of the Same Point}]$$

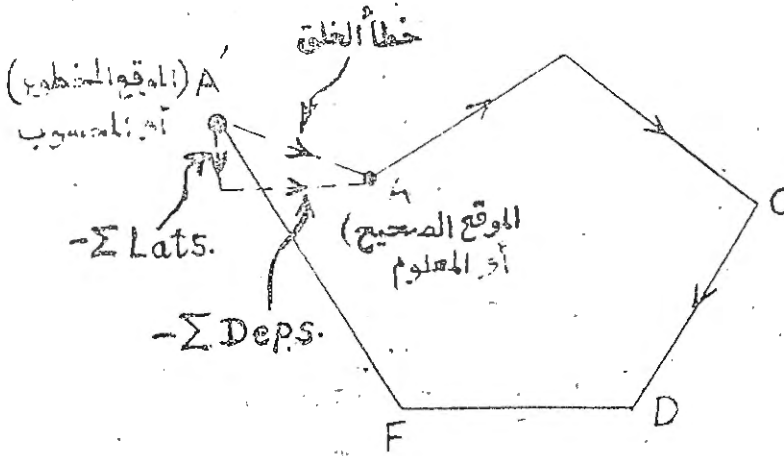
وهكذا يمكن القول إختصاراً ، بأن التصحيح الكلي للمركبات الأفقية يساوي المجموع الجبري لتلك المركبات بعكس الإشارة ، وكذلك بالنسبة للتصحيح الكلي للمركبات الرأسية فإنه يساوي المجموع الجبري لتلك المركبات بعكس الإشارة ، وذلك بالنسبة للمضلع الدائري المغلق .

8.4.5 خطأ الغلق أو القفل (أو محصلة التصحيح الكلي) للمضلع والدقة النسبية لعملية التضليع

Traverse closure or Closing error (or Resultant of T.C.) & Relative accuracy or Relative error of Traversing

يُعرف خطأ الغلق أو القفل (أو خط غلق المضلع) بأنه طول الخط الذي يغلق المضلع من الناحية النظرية (كما مبين في الشكل 8.8) والذي يساوي حسابياً محصلة التصحيح الكلي التي تساوي الآتي :

$$\text{خطأ الغلق} = \sqrt{\text{مربع التصحيح الكلي للمركبات الأفقية} + \text{مربع التصحيح الكلي للمركبات الرأسية}}$$



الشكل 8.8

$$\text{Traverse Closure} = \sqrt{(-\Sigma \text{ Deps.})^2 + (-\Sigma \text{ Lats.})^2}$$

أما الاتجاه الدائري لخطأ الغلق فيمكن حسابه كالاتي :

$$\text{AZ. of Trav. Closure} = \tan^{-1} \left(\frac{-\Sigma \text{ Deps.}}{-\Sigma \text{ Lats.}} \right)$$

أما الدقة النسبية لعملية التضلّيع فتساوي: خطأ الغلق مقسوماً على مجموع أطوال اضلاع المضلع (أو طول المضلع) وتساوي :

$$\frac{\text{خطأ الغلق}}{\text{مجموع أطوال الاضلاع}} = \text{الدقة النسبية}$$

$$\text{Rel. Accuracy} = \frac{\text{Trav. Closure}}{\text{Sum of Lengths of Sides}} = \frac{A'A}{AB + BC + \dots + FA}$$

وتحسب الدقة النسبية على شكل كسر اعتيادي مثل : 1 : 5000 أو 1 : 10000 والتي تقارن في العادة مع المواصفات التي توضع لقبول أو رفض عملية التضلّيع . فإذا كانت هذه الدقة أقل من المواصفات فإن عملية التضلّيع تكون مقبولة النتائج، أما إذا كانت الدقة أكبر من المواصفات فيجب عندئذ إعادة القياسات للزوايا والمسافات حتى تصبح الدقة النسبية أقل ، وبعدها يتم إجراء التصحيحات اللازمة للمركبات أو الاحداثيات كما سيُبين لاحقاً . وإحدى هذه المواصفات الموضوعية مبين في الجدول أدناه (حيث N = عدد الزوايا المقاسة) . وهناك مواصفات أخرى مذكورة في الملحق (2) في نهاية الكتاب .

الجدول (8.1) °

خطأ القفل الطولي	خطأ القفل الزاوي	درجة أو نوع المضلع
1 / 25000	$6'' \sqrt{N}$	1 - مضلع درجة أولى للضبط الافقي
1 / 10000	$15'' \sqrt{N}$	2 - مضلع درجة ثانية للضبط الافقي ولاعمال المسح المهمة والدقيقة
1 / 5000	$30'' \sqrt{N}$	3 - مضلع درجة ثالثة لأعمال مسح الحدود المهمة والخ
1 / 3000	$1' \sqrt{N}$	4 - عملية تضليع صغرى بالثيودوليت لتوقيع التفاصيل
1 / 300 - 1 / 600	$15' \sqrt{N}$	5 - عملية تضليع بالبوصلة

8.4.6 طرق تصحيح المركبات أو الاحداثيات أو الاطوال للمضلع (أو حساب التصحيح)

Methods of Correction for Deps. & Lats. or Coordinates or Lengths

هناك طرق متعددة للتصحيح بعضها حسابية وأخرى ترسيمية وبعضها الآخر حسابية ترسيمية . وبالنظر لاستخدام الاجهزة الالكترونية في الآونة الاخيرة والتي يتم بواسطتها أخذ القياسات الطولية والزوايا ، وتسجيلها وربطها بآلات حاسبة مباشرة، أو بحاسب آلي بعد ذلك، حيث تقوم الآلات الحاسبة بإجراء التصحيحات اللازمة حسب الطريقة المنتخبة للتصحيح ، واستخراج المركبات أو الاحداثيات أو الاطوال والاتجاهات المصححة النهائية وطبعها على أوراق خاصة ، ورسم المضلع في بعض الاحيان بعد الربط براسم آلي ، فإنه يمكن القول بأنه أصبح من السهل استخدام الطرق الرياضية لغرض

الحساب وإن كانت معقدة بعض الشيء كطريقة أقل المربعات أو طريقة البوصلة أو غيرها نظراً للسرعة الهائلة في إنجاز الحسابات بوساطة الحاسب الإلكتروني.

إلا أنه ستشرح الطرق المختلفة للتصحيح في هذا الكتاب لغرض اختيار الأنسب منها والشائع الاستعمال من قبل القائم بأجراء الحسابات.

8.4.6.1 طريقة أو قاعدة البوصلة أو القمباص أو طريقة باودج

Compass Rule, or Method (or Bowditch Method)

أخذت هذه الطريقة من طريقة رياضية هي طريقة أقل المربعات (أو المربعات الصغرى Least Squares) مع بعض التبسيط لها. وتعتمد الطريقة على الفرضيتين القائلتين بأن الخطأ في القياس الطولي يتناسب تناسباً طردياً مع الجذر التربيعي لطول الضلع، وأن الخطأ في القياس الزاوي يتناسب تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعي لطول الضلع. إلا أن هاتين الفرضيتين ليستا صحيحتين دائماً وخاصة عند استخدام الأجهزة الإلكترونية الحديثة. واعتماداً على هذه الطريقة، تتغير اتجاهات الأضلاع وأطوالها المقيسة بعد التصحيح للمركبات أو الأحدثيات أكثر من الطرق الأخرى التي ستذكر لاحقاً.

وبعبارة بسيطة، يمكن صياغة منطق قاعدة البوصلة أو قاعدة باودج كما يأتي:

إن التصحيح لكل مركبة لضلع يتناسب تناسباً طردياً مع طول الضلع. وعند وضع هذه العبارة بصيغة حسابية نصبح:

$$\text{التصحيح الكلي للمركبات الأفقية} = \frac{\text{طول الضلع} \times \text{مجموع أطوال الأضلاع}}{\text{التصحيح للمركبة الأفقية لضلع}}$$

$$\text{Correction for a Dep. of a Side} = \frac{\text{T.C. for Deps.}}{\text{Sum of Lengths}} \times \text{Length of Side}$$

$$\text{or: Corr. for a Dep.} = \frac{-\sum \text{Deps.}}{\sum \text{Lengths}} \times \text{Length}$$

ولما كان ناتج قسمة التصحيح الكلي للمركبات الأفقية على مجموع أطوال الأضلاع كمية ثابتة بالنسبة للمركبات كافة فيمكن الرمز له بـ (K_D) وبالتالي تكون القاعدة كالآتي:

$$\text{Corr. for a Dep.} = K_D \times \text{Length}$$

(حيث: K_D هو التصحيح للمركبة الأفقية لكل متر من طول الضلع)

$$\text{والتصحيح للمركبة الرأسية للضلع} = \frac{\text{التصحيح الكلي للمركبات الرأسية} \times \text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

$$\text{Corr. for a Lat.} = \frac{-\sum \text{Lats.}}{\sum \text{Lengths}} \times \text{Length}$$

$$\text{or : Corr. for a Lat.} = K_L \times \text{Length}$$

(حيث: K_L هو التصحيح للمركبة الرأسية لكل متر من طول الضلع)
أما التصحيح لأحدائي نقطة: فإنه يتناسب تناسباً طردياً مع مجموع أطوال الأضلاع من نقطة البداية حتى النقطة المطلوبة، وكالآتي:

$$\text{التصحيح لأحدائي التشريق لنقطة} = \frac{\text{التصحيح الكلي للمركبات الأفقية}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}} \times \text{مجموع الأطوال حتى النقطة}$$

$$\text{التصحيح الكلي لأحدائيات التشريق (أو أحدائي التشريق المعلوم لنقطة البداية - أحدائي التشريق المحسوب لما)} \\ = \frac{\text{مجموع الأطوال حتى النقطة}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

$$\text{Corr. for (E - Coord.) of a Point} = \frac{-\sum \text{Deps.}}{\sum \text{Lengths}} \times \text{Sum of Lengths to Point}$$

$$= \frac{\text{Known (} E_A \text{) - Computed (} E_A \text{)}}{\sum \text{Lengths}} \times \text{Sum of Lengths to Point}$$

$$\text{Or : Corr. for (E - Coord.) of a Point} = K_D \text{ (or } K_E \text{)} \times \text{Sum of Lengths to Point}$$

(حيث: K_E هو التصحيح لأحدائي التشريق لنقطة لكل متر طول من بعد نقطة البداية عن النقطة المطلوبة)

$$\text{والتصحيح لأحدائي التشميل لنقطة} = \frac{\text{التصحيح الكلي للمركبات الرأسية}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}} \times \text{مجموع الأطوال حتى النقطة}$$

$$\text{التصحيح الكلي لأحدائيات التشميل (أو أحدائي التشميل المعلوم لنقطة البداية - أحدائي التشميل المحسوب لما)} \\ = \frac{\text{مجموع الأطوال حتى النقطة}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

$$\text{Corr. for (N - Coord.) of a Point} = \frac{-\Sigma \text{Lats}}{\Sigma \text{Lengths}} \times \text{Sum of Lengths to Point}$$

$$= \frac{\text{Known (N}_A) - \text{Computed (N}_A)}{\Sigma \text{Lengths}} \times \text{Sum of Lengths to Point}$$

$$\text{or: Corr. for (N - Coord.) of a Point} = K_L (\text{or } K_N) \times \text{Sum of Lengths to Point}$$

فتلاً، للمضلع المرسوم في الشكل (8.6) تكون التصحيحات لمركبي الضلع CD ولأحداثي النقطة D كالآتي :

$$\text{Corr. for Dep.}_{CD} = \frac{-\Sigma \text{Deps.}}{AB + BC + \dots + FA} \times \text{Length}_{CD} = K_D \times S_{CD}$$

$$\text{Corr. for Lat.}_{CD} = \frac{-\Sigma \text{Lats.}}{AB + BC + \dots + FA} \times \text{Length}_{CD} = K_L \times S_{CD}$$

$$\begin{aligned} \text{Corr. for } E_D &= \frac{\text{Known } E_A - \text{Computed } E_A}{AB + BC + \dots + FA} \times (AB + BC + CD) \\ &= K_E \times (AB + BC + CD) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Corr. for } N_D &= \frac{\text{Known } N_A - \text{Computed } N_A}{AB + BC + \dots + FA} \times (AB + BC + CD) \\ &= K_N \times (AB + BC + CD) \end{aligned}$$

Transit Rule or Method

8.4.6.2 طريقة أو قاعدة الترانسيت

لانتعتمد هذه الطريقة على أساس أو طريقة رياضية معينة ، إلا أنها قد تستخدم في بعض الحالات التي يكون فيها الخطأ المحتمل في القياس الطولي أكبر منه في القياس الزاوي . حيث أن التصحيح بوساطة هذه الطريقة يكون أكبر للأطوال منه للاتجاهات (أو الزوايا) وهذا قد يكون منطقياً ومقبولاً في بعض الأحيان عند استخدام أجهزة ثيودولايت أو أجهزة الكترونية ذات درجة اتقان كبيرة في قياس الزوايا . إلا أن الطرق الرياضية البحتة هي المستخدمة في الأغلب في عمليات التضلعي الدقيق ومن أكثرها استخداماً طريقة أقل المربعات .

أما منطق قاعدة الترانسيت فيمكن صياغته بصورة مبسطة كالآتي :

إن التصحيح لكل مركبة لضلع : تتناسب تناسباً طردياً مع طول المركبة لذلك الضلع (ويغض النظر عن إشارة المركبة) . وبصيغة حسابية تصبح :

$$\text{التصحيح الكلي للمركبات الأفقية} = \frac{\text{التصحيح للمركبة الأفقية لضلع} \times \text{القيمة المطلقة للمركبة الأفقية}}{\text{المجموع المطلق للمركبات الأفقية للمضلع}}$$

(ويعنى بالقيمة المطلقة أو المجموع المطلق : القيمة العدلية بدون اشارة أو مجموع القيم العددية للمركبات بدون اشارات)

$$\text{Corr. for a Dep. of a Side} = \frac{-\Sigma \text{Deps}}{\Sigma |\text{Deps.}|} \times |\text{Dep. of Side}|$$

$$\text{or: Corr. for a Dep.} = h_D \times |\text{Dep. of Side}|$$

(حيث: h_D هو التصحيح للمركبة الافقية لضلع باستخدام قاعدة الترانسيت لكل متر من طول المركبة الافقية)

التصحيح الكلي للمركبات الرأسية

$$\text{والتصحيح للمركبة الرأسية لضلع} = \frac{\text{القيمة المطلقة للمركبة الرأسية} \times \text{المجموع المطلق للمركبات الرأسية للضلع}}{\text{المجموع المطلق للمركبات الرأسية للضلع}}$$

$$\text{Corr. for a Dep. of a Side} = \frac{-\Sigma \text{Lats}}{\Sigma |\text{Lats.}|} \times |\text{Lat. of Side}|$$

$$\text{or: Corr. for a Lat.} = h_L \times |\text{Lat. of Side}|$$

(حيث: h_L هو التصحيح للمركبة الرأسية لضلع باستخدام قاعدة الترانسيت لكل متر من طول المركبة الرأسية)

أما التصحيح لأحداثي نقطة: باستخدام قاعدة الترانسيت فإنه يتناسب تناسباً طردياً مع المجموع المطلق لمركبات الاضلاع من نقطة البداية حتى النقطة المطلوبة، وكالاتي:

التصحيح الكلي لاحداثيات التشرق

$$\text{التصحيح لأحداثي التشرق لنقطة} = \frac{\text{المجموع المطلق للمركبات الافقية} \times \text{المجموع المطلق للمركبات الافقية حتى النقطة}}{\text{المجموع المطلق للمركبات الافقية للضلع}}$$

$$\text{Corr. for (E - Coord.) of a Point} = \frac{-\Sigma \text{Deps.}}{\Sigma |\text{Deps.}|} \times \Sigma |\text{Deps. to Point}|$$

$$\text{or: Corr. for (E - Coord.) of a Point} = h_D \text{ (or } h_E) \times \Sigma |\text{Deps. to Point}|$$

(حيث أن: h_E هو التصحيح لأحداثي التشرق لنقطة لكل متر طول من المجموع المطلق للمركبات الافقية من نقطة البداية وحتى النقطة المطلوبة)

التصحيح الكلي لاحداثيات التشميل

$$\text{والتصحيح لأحداثي التشميل لنقطة} = \frac{\text{المجموع المطلق للمركبات الرأسية} \times \text{المجموع المطلق للمركبات الرأسية للضلع}}{\text{المجموع المطلق للمركبات الرأسية للضلع}}$$

$$\text{Corr. for (N - Coord.) of a Point} = \frac{-\Sigma \text{Lats.}}{\Sigma |\text{Lats.}|} \times \Sigma |\text{Lats. to Point}|$$

$$\text{or: Corr. for (N - Coord.) of a Point} = h_L \text{ (or } h_N) \times \Sigma |\text{Lats. to point}|$$

فمثلاً، للمضلع المرسوم في الشكل (8.6) تكون التصحيحات لمركبتي الضلع CD وإحداثي النقطة D كالآتي :

$$\text{Corr. for Dep.}_{CD} = \frac{-\Sigma \text{Deps.}}{|\text{Dep.}_{AB}| + |\text{Dep.}_{BC}| + \dots + |\text{Dep.}_{FA}|} \times (|\text{Dep.}_{CD}|)$$

$$\text{Corr. for Lat.}_{CD} = \frac{-\Sigma \text{Lats.}}{|\text{Lat.}_{AB}| + |\text{Lat.}_{BC}| + \dots + |\text{Lat.}_{FA}|} \times (|\text{Lat.}_{CD}|)$$

$$\text{Corr. for } E_D = \frac{\text{Known } E_A - \text{Computed } E_A}{|\text{Dep.}_{AB}| + |\text{Dep.}_{BC}| + \dots + |\text{Dep.}_{FA}|} \times (|\text{Dep.}_{AB}| + |\text{Dep.}_{BC}| + \text{Dep.}_{CD})$$

$$\text{Corr. for } N_D = \frac{\text{Known } N_A - \text{Computed } N_A}{|\text{Lat.}_{AB}| + |\text{Lat.}_{BC}| + \dots + |\text{Lat.}_{FA}|} \times (|\text{Lat.}_{AB}| + |\text{Lat.}_{BC}| + \text{Lat.}_{CD})$$

8.4.6.3 طريقة الجهد الأقل

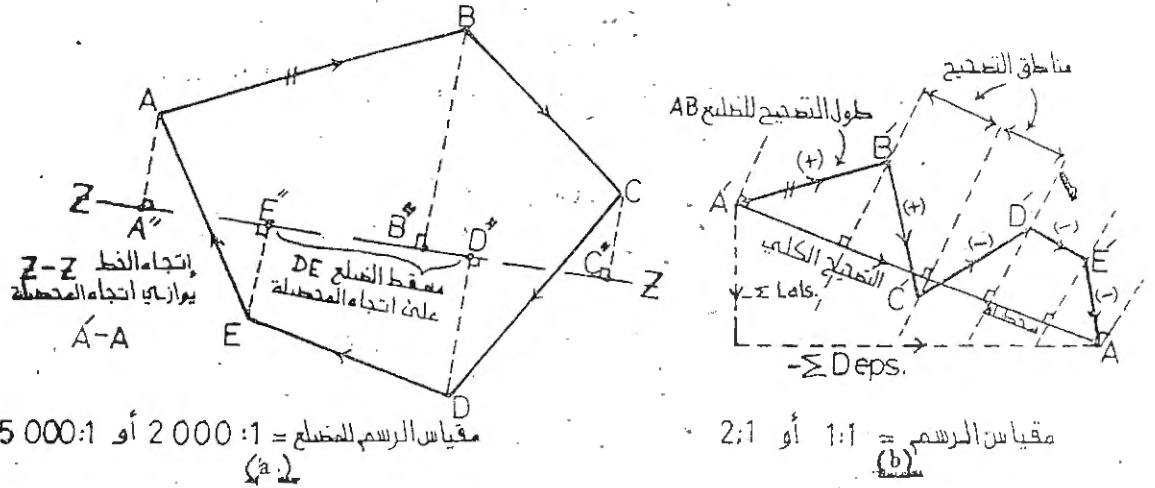
Least - Wear Method

يتم التصحيح بهذه الطريقة لأطوال الاضلاع فقط دون الاتجاهات ، حيث يفترض أن الزوايا المقاسة والاتجاهات الناتجة عنها لها دقة كبيرة بسبب الاجهزة المتقنة الصنع المستخدمة في قياسها ولذلك فهي لا تحتاج إلى تصحيح ، بينما تصحح الأطوال لأنها مقيسة بدقة أقل وأجهزة ذات اتقان أقل .

وتعد الطريقة ترسيمية حساسية حيث يمكن قياس التصحيحات للأطوال من الاشكال المرسومة ثم استخدام الأطوال المصححة والاتجاهات الأصلية المحسوبة لحساب احداثيات النقاط المصححة .

وتبدأ عملية التصحيح برسم محصلة التصحيح الكلي بمقياس كبير يساوي 1:1 أو 2:1 ، ثم يرسم إلى جانبها المضلع المراد تصحيح أطواله بمقياس مناسب كـ 1:2000 أو 1:5000 حسبما يكون عليه طول المحصلة وأطوال اضلاع المضلع ، ثم نسقط أطوال الاضلاع على خط إتجاه المحصلة الذي يرسم في منتصف المضلع (كما مبين في الشكل (8.9(a) . وتقاس مساقط الأطوال بالمسطرة ثم تقسم المحصلة بنسبة هذه المساقط إلى مناطق (تحدد برسم أعمدة على المحصلة) ، ويرسم في كل منطقة خط مواز لضلع من اضلاع المضلع ابتداءً من نقطة البداية (ذات الموقع المخطوء أو المحسوب) وحتى نهاية المحصلة (التي تمثل الموقع المعلوم لنقطة البداية) كما مبين في الشكل (8.9(b) . ثم تقاس هذه الموازيات ضمن المناطق والتي تمثل التصحيحات للأطوال ، حيث يضاف التصحيح إلى الطول المقيس إذا كان إتجاه الخط الموازي ضمن المنطقة بإتجاه الضلع نفسه ويطرح التصحيح إذا كان إتجاه الخط الموازي بعكس إتجاه الضلع . ثم تحسب بعد ذلك احداثيات

النقاط المصححة من الاطوال المصححة والاتجاهات الاصلية المحسوبة . وتعاد العملية مرة أخرى إذا لم يتم حذف التصحيح في المحاولة الاولى . وتعد نتائج هذه الطريقة قريبة من النتائج الحسابة لطريقة أقل المربعات الرياضية . ويبين الشكل 8.9 عملية الرسم وحساب تصحيحات الاطوال بهذه الطريقة ، وإذا كانت التصحيحات كبيرة جداً (كالتصحيحات للاطوال العمودية على اتجاه المحصلة تقريباً حيث يجب أن يكون عرض المنطقة قريباً من الصفر) فإنها تُهمل وتعدّ صفراً .



الشكل 8.9

$$\text{عرض منطقة التصحيح} = \frac{\text{طول محصلة التصحيح الكلي} \times \text{مسقط الضلع}}{\text{مجموع المسافات}}$$

$$E''A'' + \dots + B''C'' + A''B'' = \text{مجموع المسافات}$$

The Axis Method

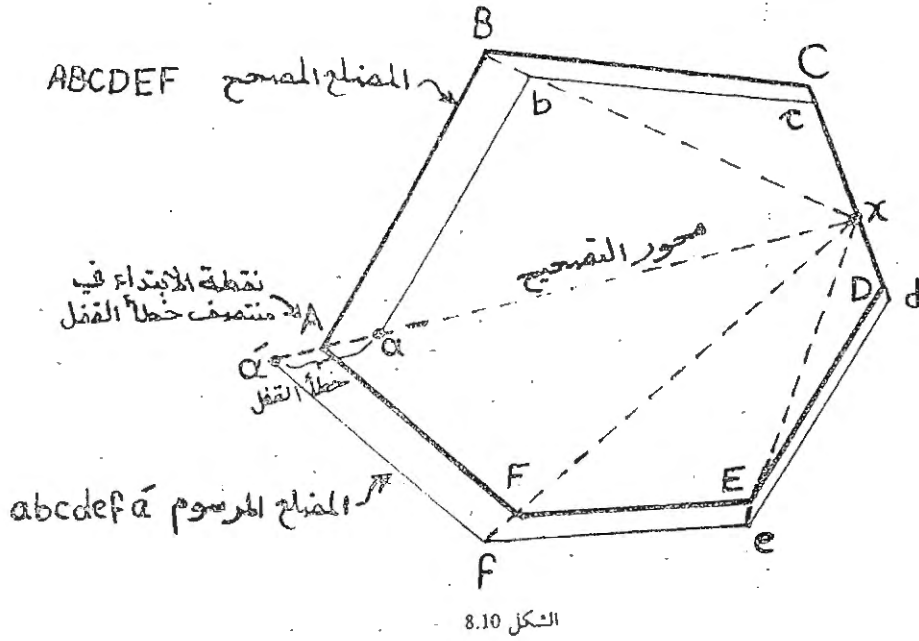
8.4.6.4 طريقة المحور

يتم تصحيح الاطوال فقط دون الاتجاهات في هذه الطريقة ايضاً ، وهي طريقة ترسيمية حسابية . وتجري عملية التصحيح بعد رسم المضلع وتكون خطأ القفل بمقدار واتجاه معين ، أو أخذ خطأ القفل حسابياً ورسمه في احد اركان المضلع ، بحيث يقطع امتداد خطأ القفل المضلع إلى جزئين متساويين تقريباً في المساحة . ثم يقاس طول المحور ، ويوصل بين نقطة تقاطع المحور وأحد اضلاع المضلع وبين اركان المضلع الاخرى . وترسم موازيات للاضلاع المرسومة ابتداءً من منتصف خطأ القفل ، فتكون هذه الموازيات هي اطوال الاضلاع المصححة مع بقاء اتجاهاتها ثابتة كما مبين في الشكل (8.10) . ويمكن حساب التصحيح لكل طول ضلع من القانون الآتي :

$$\text{التصحيح لطول ضلع} = \frac{\frac{1}{2} \text{ خطأ القفل}}{\text{طول المحور}} \times \text{طول الضلع}$$

ويضاف التصحيح إلى طول الضلع المرسوم داخل المضلع المصحح ، وي طرح التصحيح إذا كان الضلع المرسوم خارجه (أو حسبها تكون عليه حالة الضلع المرسوم).

ويبين الشكل (8.10) عملية التصحيح بهذه الطريقة. ثم تحسب الاحداثيات المصححة لنقاط المضلع من الطول المصحح والاتجاه الاصلى المحسوب لكل ضلع من اضلاعه وعلى التوالي.



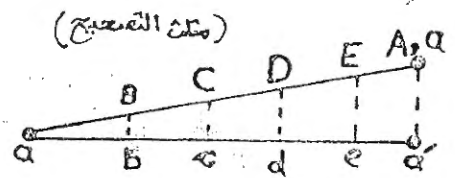
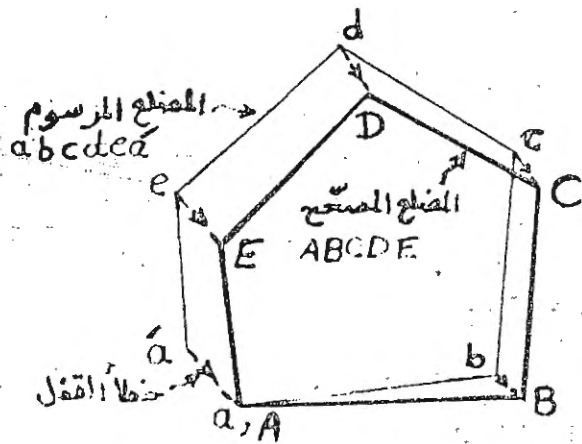
الشكل 8.10

$$\text{التصحيح لطول الضلع} = (ab) \times \frac{(a'a) \frac{1}{2}}{ax} = (ab) \quad \text{حيث: } ax \approx \hat{ax} = \text{طول محور التصحيح}$$

Graphical Method

8.4.6.5 الطريقة الترسيمية

تستخدم هذه الطريقة التقريبية للتصحيح في اعمال المسوحات الاعتيادية غير الدقيقة كعملية التضليع باستخدام اللوحة المستوية أو عملية التضليع بالبوصله. حيث لا تحتاج مثل هذه العمليات إلى حسابات وإنما يكفي برسم المضلع وتصحيحه ترسيمياً. وتعتمد هذه الطريقة على قاعدة البوصله اساساً إلا أنها تجرى عن طريق الرسم فقط. وتصحيح فيها الاطوال والاتجاهات واحداثيات النقاط ترسيمياً كما مبين في الشكل (8.11).



الشكل 8.11

Least Squares Method

8.4.6.6 طريقة أقل المربعات أو المربعات الصغرى

تعدّ هذه الطريقة من أفضل الطرق الحسابية حيث أنها لا تعتمد على فرضية معينة ، وإنما يتم حساب التصحيح لكل زاوية أو اتجاه ولكل طول ضلع عن طريق وضع معادلات رصد Observation Eq. أو معادلات شرطية Condition Eq. أو كلاهما ثم أخذ تفاضلات جزئية لهذه المعادلات ثم حل المعادلات الطبيعية النهائية Normal Eq. للحصول على التصحيحات النهائية. ونظراً لكون الحسابات مطوّلة فإن الطرق التي ذكرت سابقاً هي المستخدمة في الأغلب. إلا أن وجود الحاسبات الالكترونية وإمكانية الحصول على النتائج بصورة سريعة ودقيقة أمكنت من استخدام هذه الطريقة في الوقت الحاضر وبسهولة. وليس هنا مجال لشرح هذه الطريقة لاسيما وأنها مشروحة في مصادر متقدمة في المساحة .

8.4.7 حساب مركبات الاضلاع المصححة وأحداثيات النقاط المصححة

Corrected Deps. & Lats. of Sides and Corrected Coordinates of Points

إذا حسبت مركبات الاضلاع ثم حسبت التصحيحات لهذه المركبات بأحدى الطرق السابقة ، فيمكن بعد ذلك حساب المركبات المصححة للاضلاع كالآتي :

المركبة الافقية المصححة لضلع = المركبة الافقية المحسوبة + التصحيح للمركبة الافقية
والمركبة الرأسية المصححة لضلع = المركبة الرأسية المحسوبة + التصحيح للمركبة الرأسية

$$\text{Corrected Dep. of side} = \text{Computed Dep.} + \text{Correction for Dep.}$$

$$\text{and, Corrected Lat. of side} = \text{Computed Lat.} + \text{Correction for Lat.}$$

ملاحظة : يضاف التصحيح للمركبة إضافة جبرية إلى المركبة المحسوبة (وكلاهما له إشارة موجبة أو سالبة).

ثم تحسب بعد ذلك إحداثيات النقاط المصححة كالآتي :

إحداثي التشريق المصحح لنقطة = إحداثي التشريق المصحح للنقطة السابقة + المركبة الافقية المصححة بين النقطتين
وإحداثي التشميل المصحح لنقطة = إحداثي التشميل المصحح للنقطة السابقة + المركبة الرأسية المصححة بين النقطتين

Corrected (E - Coord.) of a Point = Corrected (E - Coord.) of Preceding Point

+ Corrected Dep. between Points

and, Corrected (N - Coord.) of a Point = Corrected (N - Coord.) of Preceding Point

+ Corrected Lat. between Points

فثلاً ، للمضلع المرسوم في الشكل (8.6) ، تكون الاحداثيات المصححة للنقطة (B) كالآتي :

$$\text{Corr. } E_B = \text{Corr. } E_A \text{ (or Known } E_A \text{)} + \text{Corr. Dep.}_{AB}$$

$$\text{Corr. } N_B = \text{Corr. } N_A \text{ (or Known } N_A \text{)} + \text{Corr. Lat.}_{AB}$$

أما إذا حسبت إحداثيات النقاط (من الاحداثيات المعلومة لنقطة البداية ومركبات الاضلاع المحسوبة) ، ثم حسبت التصحيحات لهذه الاحداثيات بأحدى الطرق السابقة ، فيمكن بعد ذلك حساب الاحداثيات المصححة للنقاط كالآتي :

إحداثي التشریق المصحح لنقطة = إحداثي التشریق المحسوب للنقطة + التصحيح الأحداثي التشریق
وإحداثي التشمیل المصحح لنقطة = إحداثي التشمیل المحسوب للنقطة + التصحيح الأحداثي التشمیل

Corrected (E - Coord.) of a Point = Computed (E - Coord.) of the Point

+ Correction for (E - Coord.)

Corrected (N - Coord.) of a Point = Computed (N - Coord.) of the Point

+ Correction for (N - Coord.)

فثلاً ، للمضلع المرسوم في الشكل (8.6) ، تكون الاحداثيات المصححة للنقطة (D) كالآتي :

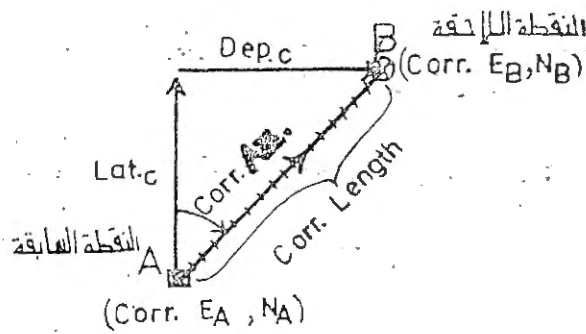
$$\text{Corrected } E_D = \text{Computed } E_D + \text{Correction for } E_D$$

$$\text{Corrected } N_D = \text{Computed } N_D + \text{Correction for } N_D$$

8.4.8 حساب الاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع

Corrected Lengths & Direction of sides

بعد حساب المركبات المصححة للاضلاع أو الاحداثيات المصححة للنقاط فإنه سيحدث تغيير في الاطوال والاتجاهات المستخدمة في الحسابات ، ولذلك لابد من حساب الاطوال والاتجاهات المصححة (أو الجديدة) التي توضع في العادة على امتداد حدود القطع في الخارطة الكادستراية ، حيث انها تغطي الاحداثيات المصححة لأركان القطع والمساحات المصححة للقطع . ونحسب اتجاهات واطوال الاضلاع المصححة أما باستخدام المركبات المصححة أو الاحداثيات المصححة كالآتي (انظر الشكل 8.12):



الشكل 8.12

عند استخدام المركبات المصححة، يكون :-

الانجاء الدائري المصحح للضلع AB =

$$\frac{\text{المركبة الافقية المصححة للضلع AB}}{\text{المركبة الرأسية المصححة للضلع AB}} \quad 1-11$$

المركبة الافقية المصححة للضلع AB

والطول المصحح للضلع AB = جـ (الانجاء الدائري المصحح للضلع AB)

المركبة الرأسية المصححة للضلع AB

جـ (الانجاء الدائري المصحح للضلع AB)

$$= \sqrt{(\text{المركبة الرأسية المصححة للضلع AB})^2 + (\text{المركبة الافقية المصححة للضلع AB})^2}$$

ويستخدم عادة أحد القانونين الاولين (أيما بسطة أكبر عددياً) لأعطاء نتائج أكثر دقة بالنسبة للطول المصحح.

$$\text{Corr. Az. of AB} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Dep.c of AB}}{\text{Lat.c of AB}} \right)$$

$$\text{and, Corr. Length of AB} = \frac{\text{Dep.c of AB}}{\sin(\text{Corr. Az. of AB})} = \frac{\text{Lat.c of AB}}{\cos(\text{Corr. Az. of AB})}$$

$$= \sqrt{(\text{Dep.c of AB})^2 + (\text{Lat.c of AB})^2}$$

أما عند استخدام الاحداثيات المصححة ، فيكون :

$$\left(\frac{\text{إحداثي التشرقيق المصحح لنقطة B} - \text{إحداثي التشرقيق المصحح لنقطة A}}{\text{إحداثي التشميل المصحح لنقطة B} - \text{إحداثي التشميل المصحح لنقطة A}} \right)^{-1} = \text{ظا} = \text{الاتجاه الدائري المصحح للضلع AB}$$

$$\left(\frac{\text{إحداثي التشرقيق المصحح لنقطة B} - \text{إحداثي التشرقيق المصحح لنقطة A}}{\text{جنا (الاتجاه الدائري المصحح للضلع AB)}} \right) = \text{الطول المصحح للضلع AB}$$

$$\left(\frac{\text{إحداثي التشميل المصحح لنقطة B} - \text{إحداثي التشميل المصحح لنقطة A}}{\text{جنا (الاتجاه الدائري المصحح للضلع AB)}} \right) =$$

$$\sqrt{\frac{(\text{إحداثي التشرقيق المصحح لنقطة B} - \text{إحداثي التشرقيق المصحح لنقطة A})^2 + (\text{إحداثي التشميل المصحح لنقطة B} - \text{إحداثي التشميل المصحح لنقطة A})^2}}{}$$

$$\text{or, Corr. Az. of AB} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Corr. E}_B - \text{Corr. E}_A}{\text{Corr. N}_B - \text{Corr. N}_A} \right)$$

$$\text{Corr. Length of AB} = \frac{\text{Corr. E}_B - \text{Corr. E}_A}{\sin (\text{Corr. Az. of AB})}$$

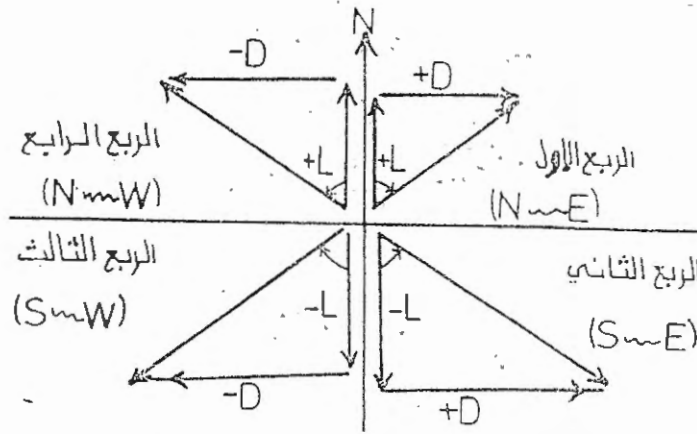
$$= \frac{\text{Corr. N}_B - \text{Corr. N}_A}{\cos (\text{Corr. Az. of AB})}$$

$$= \sqrt{(\text{Corr. E}_B - \text{Corr. E}_A)^2 + (\text{Corr. N}_B - \text{Corr. N}_A)^2}$$

ملاحظة : إن الريح الذي يقع فيه اتجاه أي ضلع (وكذلك اتجاه الضلع المصحح) يعتمد على إشارتي البسط (وهو Dep. أو ΔE) والمقام (وهو Lat. أو ΔN) كما في الشكل 8.13 وكالاتي :

$$\frac{\text{فرق التشرقيق}}{\text{فرق التشميل}} = \frac{\text{المركبة الاقية}}{\text{المركبة الرأسية}} = \text{ظا (الاتجاه الدائري لضلع)}$$

$$\text{or, tan (AZ. of Side)} = \frac{\text{Dep.}}{\text{Lat.}} = \frac{\Delta E}{\Delta N}$$



الشكل 8.13

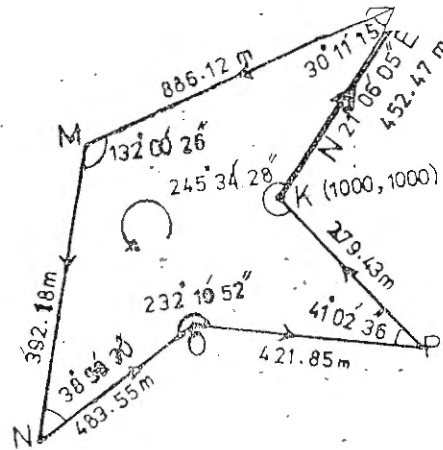
في الربع الأول : ظا الاتجاه =	$\frac{+D}{+L}$	=	$\frac{+ \text{ المركبة الافقية}}{+ \text{ المركبة الرأسية}}$	$(\therefore \text{AZ. Brg.}) +$
وفي الربع الثاني : ظا الاتجاه =	$\frac{+D}{-L}$	=	$\frac{+ \text{ المركبة الافقية}}{- \text{ المركبة الرأسية}}$	$(\therefore \text{AZ.} = 180^\circ + \text{Brg.}) -$
وفي الربع الثالث : ظا الاتجاه =	$\frac{-D}{-L}$	=	$\frac{- \text{ المركبة الافقية}}{- \text{ المركبة الرأسية}}$	$(\therefore \text{AZ.} = 180^\circ + \text{Brg.}) +$
وفي الربع الرابع : ظا الاتجاه =	$\frac{-D}{+L}$	=	$\frac{- \text{ المركبة الافقية}}{+ \text{ المركبة الرأسية}}$	$(\therefore \text{AZ.} = 360^\circ - \text{Brg.}) -$

وإذا كان ناتج الحساب زاوية حادة فيجب عندئذ طرح الزاوية من 180° ، أو إضافة 180° لها ، أو طرحها من 360° حسب الربع الذي يقع فيه الضلع للحصول على الاتجاه الدائري للضلع (عدا الربع الأول).

مثال 8.1

للمضلع الدائري المغلق KLMNOP أدناه، إحص:

- (1) الزوايا الداخلية المصححة والاتجاهات المصححة للاضلاع (Brg. & Az.).
- (2) المركبات الافقية والرأسية، والتصحيح الكلي للمركبات، والدقة النسبية لعملية التصحيح.
- (3) تصحيح كل مركبة باستخدام طريقة القمباص ثم طريقة الترانسيت.
- (4) الاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع بعد استخدام قاعدة القمباص للتصحيح. والاحداثيات المصححة للنقاط بعد حساب المركبات المصححة.



الشكل 8.13

(1) حساب الزوايا المصححة والاتجاهات المصححة (الجدول 8.2):

الجدول (8.2)

النقطة Point	الزاوية الداخلية المقاسة Int. angle	التصحیح Corr.	الزاوية الداخلية المصححة Corrected Int. angle	الضلع Side	الاتجاه الربيع دائري Brg.	الاتجاه الدائري Az.
K	245° 34' 28"	+ 9"	245° 34' 37"	KL	N 21° 06' 05" E	21° 06' 05"
L	30° 11' 15"	+ 9"	30° 11' 24"	LM	S 51° 17' 29" W	231° 17' 29"
M	132° 00' 26"	+ 9"	132° 00' 35"	MN	S 03° 18' 04" W	183° 18' 04"
N	38° 59' 30"	+ 9"	38° 59' 39"	NO	N 42° 17' 43" E	42° 17' 43"
O	232° 10' 52"	+ 8"	232° 11' 00"	OP	S 85° 31' 17" E	94° 28' 43"
P	41° 02' 36"	+ 9"	41° 02' 45"	PK	N 44° 28' 32" W	315° 31' 28"
	$\Sigma = 719^\circ 59' 07''$	$\Sigma = +53''$	$\Sigma = 720^\circ 00' 00''$ ∴ check	KL For check	N 21° 06' 05" E ∴ ✓	

$$T.C. = (6 - 2) 180 - 719 59 07$$

$$= 720^\circ - 719 59 07 = + 53'' \quad \therefore \text{Corr. / Int. angle} = \frac{+ 53}{6} \cong + 9''$$

(2) حساب المركبات الأفقية والرأسية ، والتصحيح الكلي للمركبات ، (الدقة النسبية لعملية التضليغ) (الجدول 8.3 أدناه):

الجدول (8.3)

الضلع Side	الطول Length (m)	الاتجاه الدائري Azimuth	المركبة الأفقية Dep.	المركبة الرأسية Lat.	الاتجاه الربيع دائري Brg.
KL	452.47	21° 06' 05"	+ 162.90	+ 422.13	N 21° 06' 05" E
LM	886.12	231° 17' 29"	- 691.47	- 554.14	S 51° 17' 29" W
MN	392.18	183° 18' 04"	- 22.58	- 391.53	S 03° 18' 04" W
NO	483.55	42° 17' 43"	+ 325.40	+ 357.68	N 42° 17' 43" E
OP	412.85	94° 28' 43"	+ 420.56	- 32.94	S 85° 31' 17" E
PK	279.43	315° 31' 28"	- 195.77	+ 199.39	N 44° 28' 32" W
	$\Sigma = 2915.60$ m		$\Sigma = + 908.86$ $- 909.82$ $\Sigma = - 0.96$ m	$\Sigma = + 979.20$ $- 978.61$ $\Sigma = + 0.59$ m	
Rel. Acc. = $\frac{\sqrt{(-0.96)^2 + (-0.59)^2}}{2915.60} \cong \frac{1}{2600}$			$\therefore T.C. = + 0.96$ m $\Sigma / \text{Deps.} = 1818.68$ مجموع مطلق	$\therefore T.C. = - 0.59$ m $\Sigma / \text{Lats.} = 1957.81$ مجموع مطلق	إن التصحيح الكلي كبير نسبيًا لفرض بيان القروانات في التصحيحات المحسنة بصورة واضحة

3) حساب الزوايا الانفية والرأسية المصححة والاحداثيات المصححة باستخدام قاعدة القفاص أو البرصلة (المجلد 4) (8.4)

النقطة	المنبع	المصحح للمركبة الانفية	المصحح للمركبة الرأسية	الركبة الانفية المصححة	الركبة الرأسية المصححة	احداثي الشرق المصحح	احداثي الشمال المصحح	الاتجاه الرجعي دائري المصحح	الطول المصحح
Point	Side	Correction for Dep.	Correction for Lat.	Corrected Dep.	Corrected Lat	Corrected E	Corrected N	Br.	Corrected Length
K	KL	+ 0.15	- 0.09	+ 163.05	+ 422.04	1000.00	1000.00	N 21° 07' 24" E	452.44
L	LM	+ 0.29	- 0.18	- 691.18	- 554.32	1163.05	1422.04	S 51° 16' 14" W	886.00
M	MN	+ 0.13	- 0.08	- 22.45	- 391.61	471.87	867.72	S 03° 16' 52" W	392.55
N	NO	+ 0.16	- 0.10	+ 325.56	+ 357.58	449.42	476.11	N 42° 18' 59" E	483.58
O	OP	+ 0.14	- 0.08	+ 420.70	- 33.02	774.98	833.69	S 85° 30' 43" E	421.99
P	PK	+ 0.09	- 0.06	- 195.68	+ 199.33	1195.68	800.67	N 44° 28' 14" W	279.33
K		$\Sigma = + 0.96$	$\Sigma = - 0.59$	$\Sigma = + 909.31$ $\Sigma = 000.00$	$\Sigma = + 978.95$ $\Sigma = 000.00$	1000.00	1000.00		

Corrected $E_L = 1000.00 + 163.05 = 1163.05$
 Corr. $N_L = 1000.00 + 422.04 = 1422.04$ m

$$\text{Correction for Dep. KL} = \frac{+ 0.96}{2915.60} \times 452.47 = + 0.15 \text{ m} \therefore \text{Dep. C} = \frac{+ 163.05 \text{ m}}{+ 0.15}$$

$$\text{Corr. for Lat. KL} = \frac{- 0.59}{2915.60} \times 452.47 = - 0.09 \text{ m} \therefore \text{Lat. C} = \frac{+ 422.13}{- 0.09} = + 422.04 \text{ m}$$

$$\text{Corr. Br. KL} = \tan^{-1} \left(\frac{+ 163.05}{+ 422.04} \right) = N 21^\circ 07' 24" E$$

$$\text{Corr. Length KL} = \frac{+ 422.04}{\cos 21^\circ 07' 24"} = 452.44 \text{ m}$$

(4) حساب المركبات الأفقية والرأسية المصححة والاحداثيات المصححة باستخدام قاعدة الترانسيت (الجدول 8.9) أدناه

النقطة	الضلع	التصحیح للرأسية الأفقية	التصحیح للرأسية الرأسية	الرأسية الأفقية المصححة	الرأسية الرأسية المصححة	احداثي الشمال المصحح	احداثي الشرق المصحح
Point	Side	Corr. for Dep.	Corr. for Lat.	Corrected Dep.	Corrected Lat.	Corrected E	Corrected N
K						1000.00	1000.00
L	KL	+ 0.09	- 0.13	+ 162.99	+ 422.00	1162.99	1422.00
M	LM	+ 0.37	- 0.17	- 691.10	- 554.31	471.89	867.69
N	MN	+ 0.01	- 0.12	- 22.57	- 391.65	449.32	476.04
O	NO	+ 0.17	- 0.10	+ 325.57	+ 357.58	774.89	833.62
P	OP	+ 0.22	- 0.01	+ 420.78	- 32.95	1195.67	800.67
K	PK	+ 0.10	- 0.06	- 195.67	+ 199.33	1000.00	1000.00
		$\Sigma = + 0.96$	$\Sigma = - 0.59$	$\Sigma = + 909.34$ $- 909.34$ $\Sigma = 0.00$	$\Sigma = + 978.91$ $- 978.91$ $\Sigma = 0.00$	$\therefore \checkmark$	$\therefore \checkmark$

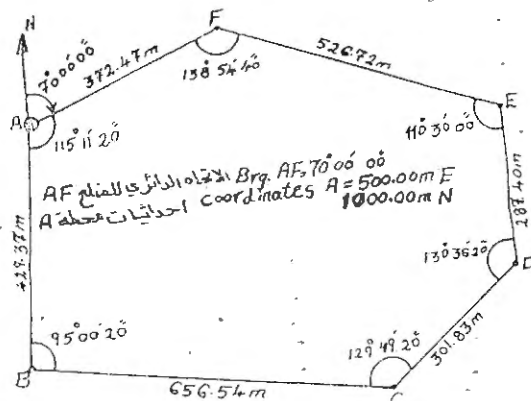
$$\text{Corr. for Dep. LM} = \frac{+ 0.96}{1818.68} \times 691.47 = + 0.37 \text{ m} \quad \therefore \text{Dep. C} = \frac{- 691.47}{+ 0.37} = - 691.10 \text{ m}$$

$$\text{Corr. for Lat. LM} = \frac{- 0.59}{1957.81} \times 554.14 = - 0.17 \text{ m} \quad \therefore \text{Lat. C} = \frac{- 554.14}{- 0.17} = - 554.31 \text{ m}$$

$$\text{Corr. E}_M = 1162.99 - 691.10 = 471.89 \quad \text{Corr. N}_M = 1422.00 - 554.31 = 867.69$$

مثال 8.2

يبين الشكل 8.14 نموذجاً لضلع دائري مغلق أخذت قياساته تم اجريت حساباته بموجب الجدول 8.6 (وبموجب المصطلحات والرموز المستخدمة في المصادر البريطانية) ، وتم التصحيح بطريقة البوصلة (أو باودج) للحصول على الاحداثيات المصححة لمخطاته .



الشكل (8.14) المعلومات المعطاة والقياسات المرصودة

السؤال :

مضلع دائري مغلق قيست زواياه الداخلية واطوال اضلاعه فاذا علم الاتجاه الدائري للضلع AF واحداثيات نقطة A . فكم تكون الاسدائيات المصححة لنقاطه باستخدام طريقة البوصلة (أو باودج) ؟
اسئل : كما في الجدول أدناه .

الجدول (8.6) حسابات التضييع للمضلع الدائري المغلق

الخط LINE	الزاوية خلف BACK BEARING	الزاوية أمام FORWARD BEARING	المقياس WHOLE CIRCLE BEARING	المسافة HORIZONTAL DISTANCE	COORDINATE DIFFERENCES						الإحداثيات المصححة		STATION	
					المحسوبة		التصحيح		المصححة		COORDINATES			
					ΔE	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE	ΔN	E	N		
STATION	ADJUSTED LEFT HAND ANGLE		BEARING	D										
AB	299 11 20											1769.15	2094.72	A
A	115 37 20													
A1	54 48 40	54 48 40	208.26	+170.20	+120.01	+0.02	+0.01	+170.22	+120.02	1939.37	2214.74	1		
1A	234 48 40													
1	168 19 30													
12	43 08 10	43 08 10	193.47	+132.28	+141.18	+0.02	+0.01	+132.30	+141.19	2071.67	-2355.93	2		
21	223 08 10													
2	281 13 00													
23	144 21 10	144 21 10	325.71	+190.40	-265.49	+0.02	+0.02	+190.42	-265.47	2262.09	2090.45	3		
32	324 21 10													
3	242 54 00													
34	207 15 10	207 15 10	309.15	-141.57	-274.83	+0.02	+0.02	-141.55	-274.81	2120.54	1815.65	4		
43	27 15 10													
4	80 26 40													
4X	107 41 50	107 41 50	224.79	+214.15	-68.31	+0.02	+0.00	+214.17	-68.33	2334.71	1747.32	X		
X4	287 41 50													
X	173 31 20													
XY	101 13 10	101 13 10												

Σ 1262 Σ +565.46 Σ -347.46 Σ +0.10 Σ +0.06 Σ +565.56 Σ -347.40

ACTUAL SUM OF LEFT HAND ANGLES = 1061°59'50"

REQUIRED SUM OF LEFT HAND ANGLES = 1062°01'50"

MISCLOSURE = -02'00" خطا المغلق

ADJUSTMENT TO EACH OBSERVED ANGLE = +20"

Σ E = +565.46 Σ N = -347.46 abs Σ E = 849 abs Σ N = 870

Σ E - E_A = +565.56 Σ N - N_A = -347.40

Σ E = -0.10 Σ N = -0.06

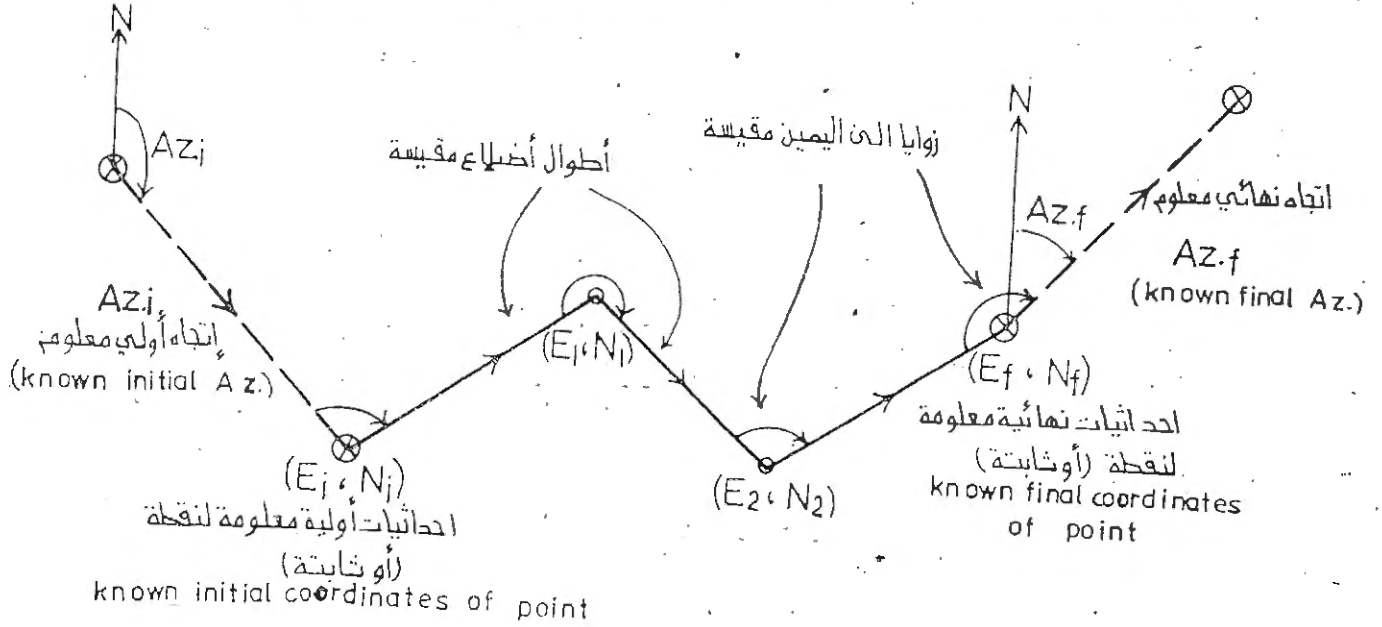
Σ = ((-0.10)² + (-0.06)²)^{1/2} = 0.12

FRACTIONAL LINEAR MISCLOSURE = 1 in 10 500

خطا المغلق النسبي (الخطوي)

Closed Connecting Traverse Computations

تستخدم الطريقة نفسها التي ذكرت سابقاً في حسابات المضلع الدائري المغلق لغرض إجراء الحسابات للمواقع النهائية لنقاط المضلع الرابط المغلق (أو الاحداثيات المصححة لنقاطه) ثم حساب الأطوال والاتجاهات المصححة لأضلاعه. ويتم الحسابات بعد إجراء القياسات اللازمة للزوايا إلى اليمين ولأطوال الأضلاع، وقد تُجرى إرسادات فلكية أو قياسات بواسطة جهاز الجايروسكوب لغرض تعيين الاتجاهين الدائريين الحقيقيين في بداية وفي نهاية المضلع. وهناك فرقان في الحسابات للمضلع الرابط عن المضلع الدائري، وهما تصحيح الزوايا إلى اليمين والتصحیح الكلي للمركبات أو الاحداثيات، سيذكران حسب تسلسل فقرات الحسابات التي تشمل الآتي (انظر الشكل 8.15):



الشكل 8.15

8.5.1 تصحيح الزوايا إلى اليمين المقيسة :

يتم تصحيح الزوايا إلى اليمين باستخدام أحد القانونين الآتيين :

- (أ) المجموع النظري للزوايا إلى اليمين = الاتجاه النهائي المعلوم - الاتجاه الأولي المعلوم + 180°
 التصحيح الكلي للزوايا = المجموع النظري للزوايا - مجموع الزوايا المقيسة
 (حيث : n = عدد الزوايا إلى اليمين المقيسة ، وقد يطرح 360° من المجموع النظري لغرض المقارنة)

$$\Sigma \text{ Theor. of angles to the right} =$$

$$\text{Known } Az_f - \text{Known } Az_i + n \cdot 180^\circ$$

$$\text{T.C. for angles to the right} = \Sigma \text{ Theor.} - \Sigma \text{ Measured.}$$

(حيث : n = عدد الزوايا إلى اليمين المقيسة ، وقد يطرح 360° من المجموع النظري لغرض المقارنة مع المجموع المقيس)

ب) الاتجاه الدائري النهائي المحسوب = الاتجاه الدائري الأولي المعلوم + مجموع الزوايا إلى اليمين المقيسة - $n \cdot 180^\circ$
 التصحيح الكلي للزوايا = الاتجاه الدائري النهائي المعلوم - الاتجاه الدائري النهائي المحسوب
 (حيث : n = عدد الزوايا إلى اليمين المقيسة ، وقد يضاف 360° إلى الاتجاه النهائي المحسوب إذا كان سالباً للحصول على الاتجاه النهائي المحسوب مع عقرب الساعة)

$$\text{Computed } AZ_f = \text{Known } AZ_i + \Sigma \text{ measured angles to the right} \\ - n \cdot 180^\circ$$

$$\text{T.C. for angles to the right} = \text{Known } AZ_f - \text{Computed } AZ_f$$

(حيث : n = عدد الزوايا إلى اليمين المقيسة ، وقد يضاف 360° إلى الاتجاه النهائي المحسوب إذا كان سالباً للحصول على الاتجاه النهائي المحسوب مع عقرب الساعة لغرض المقارنة).

ملاحظة :

عند استخدام الاتجاه الدائري الأولي أو النهائي فيجب أخذهما باتجاه تقدم العمل (من اليسار إلى اليمين) وكما مبين في الشكل (8.14).

وبعد حساب التصحيح الكلي للزوايا بأحد القانونين السابقين ، يتم حساب التصحيح للزاوية الواحدة (وعلى اعتبار أن جميع الزوايا مقيسة بالدقة نفسها) :

$$\frac{\text{التصحيح الكلي للزوايا}}{\text{عدد الزوايا}} = \text{التصحيح لكل زاوية}$$

$$\text{Correction / angle} = \frac{\text{T.C. for angles}}{n}$$

ثم تحسب الزاوية المصححة إلى اليمين، بإضافة التصحيح لكل زاوية جبرياً إلى الزاوية المقيسة كالآتي :

الزاوية المصححة إلى اليمين = الزاوية المقيسة إلى اليمين + (التصحيح لكل زاوية)

$$\text{Corrected angle to the right} = \text{Measured angle} + (\text{Corr. / angle})$$

8.5.2 حساب الاتجاهات المجهولة للاضلاع

يتم حساب الاتجاهات المصححين الرُبعي (Brg) والدائري (AZ.) لكل ضلع من المضلع الرابط باستخدام الاتجاه الأولي المعلوم والزوايا المصححة إلى الخمين على التوالي . ثم يُتَحَقَّق من الحصول على الاتجاه النهائي المعلوم نفسه عن طريق حسابه من اتجاه آخر ضلع وآخر زاوية إلى الخمين ، وبذلك تكون الاتجاهات المحسوبة صحيحة . وتنبع إحدى الطرق الترسيمية والحسابية أو القانونية التي ذكرت سابقاً لغرض حساب اتجاهات الاضلاع .

8.5.3 حساب مركبات الاضلاع واحداثيات النقاط

يتم حساب مركبات الاضلاع واحداثيات النقاط باستخدام القوانين نفسها التي ذكرت للمضلع الدائري ، ومن الافضل هنا حساب الاحداثيات مباشرة لغرض التصحيح إذ أنها هي المطلوبة بصورة رئيسية في المضلع الرابط .

8.5.4 التصحيح الكلي للمركبات أو للاحداثيات

هناك شرطان من الواجب تحقيقهما في المضلع الرابط المغلق كي يكون صحيحاً من الناحية الهندسية والرياضية وهما (أنظر الشكل 8.15) :

أولاً- المجموع الجبري للمركبات الافقية = إحدائي التشرقيق النهائي المعلوم - إحدائي التشرقيق الأولي المعلوم
ثانياً- المجموع الجبري للمركبات الرأسية = إحدائي التشميل النهائي المعلوم - إحدائي التشميل الأولي المعلوم

$$\Sigma \text{Deps.} = \text{Known } E_f - \text{Known } E_i$$

$$\text{and, } \Sigma \text{Lats.} = \text{Known } N_f - \text{Known } N_i$$

ولكن ، بالنظر لكون قياسات الزوايا والاطوال تحتل الخطأ فإن التساوي بين قيمتي الطرفين اعلاه يكون مستحيلاً ، وعلى هذا يجب حساب التصحيح الكلي للمركبات أو الاحداثيات كالآتي :

التصحيح الكلي للمركبات الافقية (أو لأحداثيات التشرقيق) =

(إحدائي التشرقيق النهائي المعلوم - إحدائي التشرقيق الأولي المعلوم) - المجموع الجبري للمركبات الافقية ، وكذلك = إحدائي التشرقيق النهائي المعلوم - إحدائي التشرقيق النهائي المحسوب .

والتصحيح الكلي للمركبات الرأسية (أو لأحداثيات التشميل) =

(إحدائي التشميل النهائي المعلوم - إحدائي التشميل الأولي المعلوم) - المجموع الجبري للمركبات الرأسية ، وكذلك =

إحدائي التشميل النهائي المعلوم - إحدائي التشميل النهائي المحسوب

$$\text{T.C. for Deps. (or } E - \text{Coords.)} =$$

$$(\text{Known } E_f - \text{Known } E_i) - \Sigma \text{Deps.}$$

$$\text{also, } = \text{Known } E_f - \text{Computed } E_f$$

$$\text{T.C. for Lats. (or } N - \text{Coords.)} =$$

$$(\text{Known } N_f - \text{Known } N_i) - \Sigma \text{Lats.}$$

$$\text{also, } = \text{Known } N_f - \text{Computed } N_f$$

وبحسب التصحيح الكلي عادة باستخدام الاحداثيات المعلومه والمحسوبة لنقطة النهاية في المضلع الرابط المغلق (القانون الثاني في كل تصحيح).

8.5.5 خطأ الغلق أو القفل والدقة النسبية لعملية التضليغ في المضلع الرابط المغلق (أنظر الشكل 8.16)
بحسب خطأ الغلق من قيمتي التصحيح الكلي لأحداثيات التشرية والتشميل كالآتي :

$$\text{خطأ الغلق للمضلع الرابط} = \sqrt{(\text{التصحيح الكلي لأحداثيات التشرية})^2 + (\text{التصحيح الكلي لأحداثيات التشميل})^2}$$

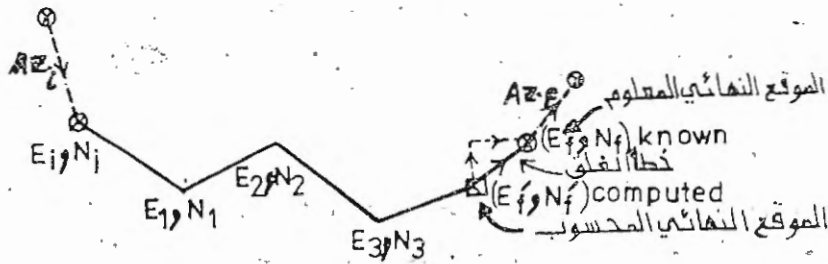
$$\text{أو} = \sqrt{(\text{أحداثيات التشرية المعلوم} - \text{أحداثيات التشرية المحسوب})^2 + (\text{أحداثيات التشميل المعلوم} - \text{أحداثيات التشميل المحسوب})^2}$$

(حيث أن أحداثيات التشرية والتشميل المعلومين والمحسوبين هما لنقطة النهاية في المضلع الرابط).

Closing error (or Traverse Closure) for Connecting Traverse =

$$\sqrt{(\text{T.C. for E - Coords.})^2 + (\text{T.C. for N - Coords.})^2}$$

$$\text{or,} = \sqrt{(\text{Known } E_f - \text{Comp. } E_f)^2 + (\text{Known } N_f - \text{Comp. } N_f)^2}$$



الشكل 8.16

أما اتجاه خطأ الغلق فيحسب كالآتي :

$$\text{الاتجاه الدائري لخطأ الغلق} = \tan^{-1} \left(\frac{(\text{أحداثيات التشرية المعلوم} - \text{أحداثيات التشرية المحسوب})}{(\text{أحداثيات التشميل المعلوم} - \text{أحداثيات التشميل المحسوب})} \right)$$

$$\text{AZ. of Trav. Closure} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Known } E_f - \text{Computed } E_f}{\text{Known } N_f - \text{Computed } N_f} \right)$$

أما الدقة النسبية لعملية التضليغ في المضلع الرابط فتحسب كالآتي :

$$\text{الدقة النسبية لعملية التضليع} = \frac{\text{خطا الغلق}}{\text{مجموع أطوال الاضلاع}}$$

$$\text{Relative Accuracy} = \frac{\text{Traverse Closure}}{\text{Sum of Lengths of Sides}}$$

8.5.6 طرق تصحيح المركبات للاضلاع والأحداثيات للنقاط

تستخدم الطرق نفسها التي أستخدمت في المضلع الدائري لغرض حساب التصحيحات لمركبات الاضلاع أو التصحيحات لأحداثيات النقاط (وهي التي تحسب عادة في المضلع الرابط) في المضلع الرابط.

8.5.7 حساب المركبات المصححة والأحداثيات المصححة

يتم حساب المركبات المصححة للاضلاع والأحداثيات المصححة للنقاط كما ذكر سابقاً في المضلع الدائري المغلق.

8.5.8 حساب الاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع

بعد حساب الأحداثيات المصححة للنقاط ، يتم حساب الاتجاهات والاطوال المصححة للاضلاع كما ذكر سابقاً في المضلع الدائري المغلق.

Forward and Inverse Computations

8.6 الحسابات الأمامية والمعكوسة

يستخدم هذان المصطلحان لغرض الاختصار عند إجراء الحسابات للأحداثيات أو للأطوال والاتجاهات في أعمال التضليع أو التثليث أو التقاطعات أو التقاطع الخلفي أو تقسيم الاراضي ، حيث يُكتفى بذكرهما في خطوات الحل.

Forward computations

8.6.1 الحسابات الأمامية

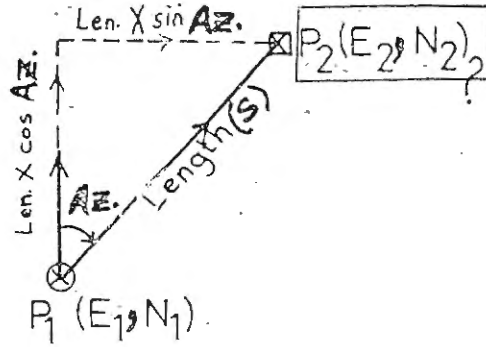
تستخدم الحسابات الأمامية للحصول على أحداثيات نقطة النهاية لخط إذا عُلِمت أحداثيات نقطة البداية وطول واتجاه ذلك الخط. ففي الشكل (8.17) يكون المعلوم: إحداثيات أو موقع النقطة P_1 (وهما: N_1 و E_1) وطول الخط (s) واتجاهه (AZ).

أما المطلوب: فهو حساب إحداثيات أو موقع نقطة النهاية P_2 (وهما: N_2 و E_2)، حيث تحسب كالآتي:

$$E_2 = E_1 + S \cdot \sin (AZ_{1 \rightarrow 2})$$

$$N_2 = N_1 + S \cdot \cos (AZ_{1 \rightarrow 2})$$

(من الأفضل استخدام الاتجاه الدائري (AZ) عند الحساب بالحاسبة اليدوية حيث تظهر قيمة وإشارة النسبة المثلثية في الحاسبة وتدخل في الحسابات مباشرة).

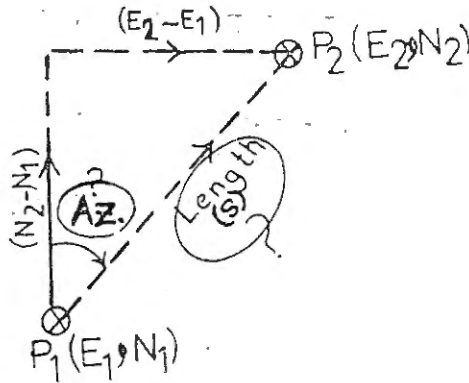


الشكل 8.17

Inverse Computations

8.6.2 الحسابات المعكوسة

تستخدم الحسابات المعكوسة للحصول على طول واتجاه خط إذا عُلمت إحداثيات (أو موقعا) نقطتي البداية والنهاية لذلك الخط. وتستخدم أيضاً للحصول على الاتجاه الحقيقي لضلع في أعمال التضييع والتثليث إذا دعت الحاجة لذلك ووجدت نقطتان معلومتا الموقعين. ففي الشكل (8.18) يكون المعلوم: إحداثيات نقطتي البداية P_1 (وهما: N_1 و E_1) والنهاية P_2 (وهما: N_2 و E_2). أما المطلوب: فهو حساب طول الخط (s) واتجاهه ($AZ_{1 \rightarrow 2}$)، حيث تحسب كالآتي:



الشكل 8.18

$$AZ_{1 \rightarrow 2} = \tan^{-1} \left(\frac{E_2 - E_1}{N_2 - N_1} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta E}{\Delta N} \right)$$

(ويستج الرع الذي يقع فيه الضلع من اشارتي البسط والمقام كما ذكر سابقاً)

$$S (Length) = \frac{E_2 - E_1}{\sin AZ_{1 \rightarrow 2}} = \frac{N_2 - N_1}{\cos AZ_{1 \rightarrow 2}}$$

$$= \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2}$$

مثال 8.3

للتضلع الزايط المغلق JKLM أدناه ، إحسب :

- (1) الزوايا إلى اليمين المصححة والاتجاهات المصححة للاضلاع (Brg.&Az.)
- (2) المركبات الأفقية والرأسية والأحداثيات ، والتصحيح الكلي للأحداثيات ، والدقة النسبية للتضلع .
- (3) التصحيح لكل إحداثي باستخدام طريقة أو قاعدة القمباص ، والأحداثيات المصححة ، والاطوال والاتجاهات المصححة للاضلاع .

الحل

(1) حساب الزوايا إلى اليمين المصححة (الجدول 8.7) .

الجدول (8.7)

النقطة Point	الزاوية إلى اليمين المقاسة Angle to the Right	التصحيح Corr.	الزاوية إلى اليمين المصححة Corrected Angle to the Right
J	86°31'58"	+ 3"	86°32'01"
K	223°54'08"	+ 2"	223°54'10"
L	114°46'50"	+ 3"	114°46'53"
M	141°35'14"	+ 2"	141°35'16"
	$\Sigma = 566°48'10"$	$\Sigma = + 10"$	$\Sigma = 566°48'20"$

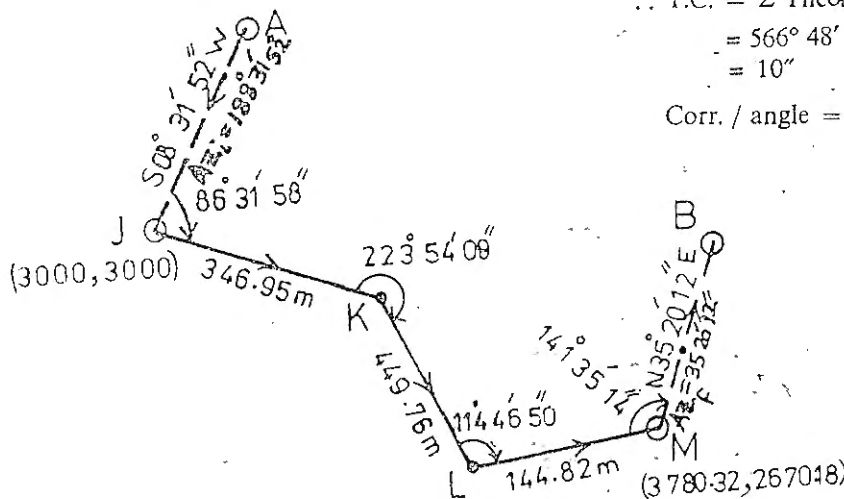
$$\Sigma \text{ Theor.} = \text{Az. F} - \text{Az. i} + n \cdot 180^\circ = 35^\circ 20' 12'' - 188^\circ 31' 52'' + 4 \times 180^\circ = 566^\circ 48' 20'' \text{ Theor.}$$

$$\therefore \text{T.C.} = \Sigma \text{ Theor.} - \Sigma \text{ meas.}$$

$$= 566^\circ 48' 20'' - 566^\circ 48' 10''$$

$$= 10''$$

$$\text{Corr. / angle} = \frac{+ 10''}{4} \approx 3''$$



الشكل (8.19)

(2) حساب الانجاءات المصححة للاضلاع ، والمركبات ، والأحداثيات ، والتصحيح الكلي ، والدقة النسبية ، (كما في الجدول 8.8) :

الجدول (8.8)

النقطة	الضلع	الطول	الانجاء الزعن دائري	الانجاء الدائري	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	أحداثي التشريع	أحداثي التشريع
Point	Side	Length	Brg.	AZ.	Dep.	Lat.	E	N
A	AJ		S 08°31'52" W	188°31'52"				
J	JK	346.95	S 84°56'07" E	95°03'53"	+ 345-60	- 30-63	3000-00	3000-00
K	KL	449.76	S 41°01'57" E	138°58'03"	+ 295-26	- 339-27	3345-60	2969-37
L	LM	144.82	N 73°44'56" E	73°44'56"	+ 139-03	+ 40-53	3640-86	2630-10
M	MB		N 35°20'12" E	35°20'12"			3779-89	2670-63
B					$\Sigma = + 779-89$	$\Sigma = - 329-37$		

الحسابات

$$T.C. \text{ for } E\text{-Coordinates} = 3780.32 - 3779.89 = (3780.32 - 3000) - (+ 779.89) = +0.43 \text{ m}$$

الحسابات

$$T.C. \text{ for } N\text{-Coords.} = 2670.18 - 2670.63 = (2670.18 - 3000) - (- 329.37) = - 0.45 \text{ m}$$

$$Rel. Accuracy = \frac{\sqrt{(+0.43)^2 + (-0.45)^2}}{941.53} = \frac{0.62}{941.53} \approx \frac{1}{1500}$$

(إن التصحيح الكلي كبير نسبياً لغرض بيان الفروقات في التصحيحات المحسوبة)

(3) حساب التصحيح لكل إحداثي والأحداثيات المصححة باستخدام قاعدة القمباص ، ثم الاطوال والانجاءات المصححة (الجدول 8.9) :

(8.9) الجدول

النقطة Point	الضلع Side	أحداثي التشريق E المحسوب	أحداثي التشيل N المحسوب	التصحيح لاحداثي التشريق Corr. E	التصحيح لاحداثي التشيل Corr. N	أحداثي التشريق المصحح Corrected E	أحداثي التشيل المصحح Corrected N	الاتجاه الربع داخلي للمصحح Brg. c	الطول المصحح Length c
J		3000.00	3000.00	0.00	0.00	3000.00	3000.00		
K	JK	3345.60	2969.37	+ 0.16	- 0.17	3345.76	2969.20	S 84°54'35" E	347.13
L	KL	3640.86	2630.10	+ 0.36	- 0.38	3641.22	2629.72	S 41°02'03" E	450.05
M	LM	3779.89	2670.63	+ 0.43	- 0.45	3780.32	2670.18	N 73°46'55" E	144.86

3640.86

$$\text{Corr. for } E_L = \frac{+ 0.43}{941.53} \times (346.95 + 449.76) = + 0.36 \text{ m}, \therefore \text{Corr. } E_L = \frac{+ 0.36}{3641.22}$$

2630.10

$$\text{Corr. for } N_L = \frac{- 0.45}{941.53} \times (346.95 + 449.76) = - 0.38 \text{ m}, \therefore \text{Corr. } N_L = \frac{- 0.38}{2629.72}$$

$$\text{Corrected Brg. of KL} = \tan^{-1} \left(\frac{3641.22 - 3345.76}{2629.72 - 2969.20} \right) = S 41°02'03" E$$

$$\text{Corrected Length of KL} = \frac{2629.72 - 2969.20}{\cos 41°02'03"} = 450.05 \text{ m}$$

مثال 8.4 °

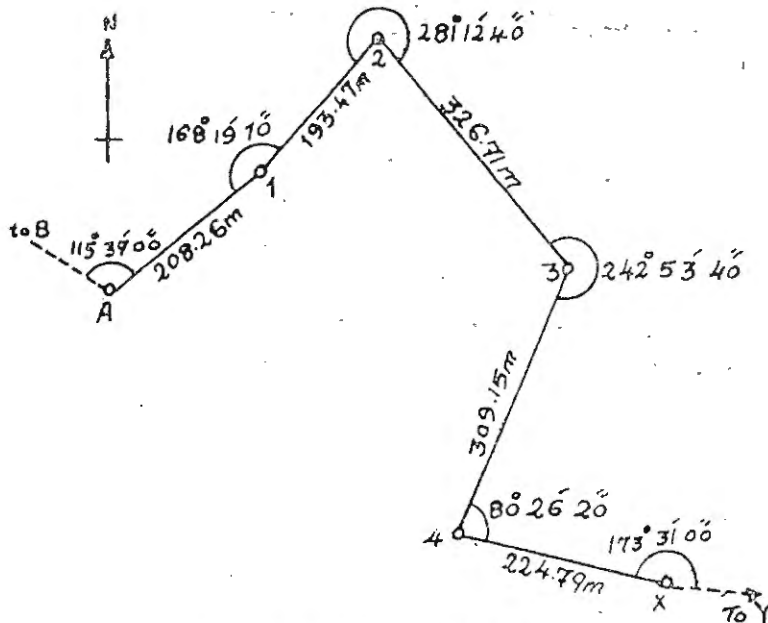
يبين الشكل 8.20 والجدول 8.10 مضعاً رابطاً أخذت قياساته ثم أجريت الحسابات اللازمة لتصحيح أداثياته باستخدام طريقة الترانسيت (المصطلحات والرموز بريطانية):

السؤال

مضع رابط يربط بين المخطتين A و X، وأحداثيات نقاط السيطرة الأولية والنهائية كالآتي:

	E(m)	N(m)
A	1769.15	2094.72
B	1057.28	2492.39
X	2334.71	1747.32
Y	2995.85	1616.18

المصدر 30



الشكل (8.20) المعلومات المعطاة والقياسات المرصودة

الحل:

كما في الجدول أدناه.

الجدول (8.10) حسابات التصلع للمصلع الرابط المغلق

الخط LINE	الزاوية الخلفية BACK BEARING			WHOLE CIRCLE BEARING الدائري	المسافة HORIZONTAL الافقية DISTANCE	COORDINATE DIFFERENCES فروق الاعدائيات						الاعدائيات المصححة COORDINATES		STATION							
	محطة STATION	ADJUSTED LEFT HAND ANGLE	BEARING θ			المحسوبة CALCULATED		التصحيحات ADJUSTMENTS		المصححة ADJUSTED		E	N								
						ΔE	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE	ΔN										
AB	299	11	20		208.26	+170.20	+120.01	+0.02	+0.01	+170.22	+120.02	1769.15	2094.72	A							
A	115	37	20																		
A1	54	48	40	54								48	40						1939.37	2214.74	1
1A	234	48	40		193.47	+132.28	+141.18	+0.02	+0.01	+132.30	+141.19	2071.67	2355.93	2							
1	168	19	30																		
12	43	08	10	43											08	10					
21	223	08	10		326.71	-190.40	-265.49	+0.02	+0.02	-190.42	-265.47	2262.09	2090.46	3							
2	281	13	00																		
23	144	21	10	144											21	10					
32	324	21	10		309.15	-141.57	-274.83	+0.02	+0.02	-141.55	-274.81	2120.54	1815.65	4							
3	242	54	00																		
34	207	15	10	207											15	10					
43	27	15	10		224.79	+214.15	-68.33	+0.02	+0.00	+214.17	-68.33	2334.71	1747.32	X							
4	80	26	40																		
4X	107	41	50	107											41	50					
X4	287	41	50																		
X	173	31	20																		
XY	101	13	10	101	13	10															

Σ 1262 Σ +565.46 Σ -347.46 Σ +0.10 Σ +0.06 Σ +565.56 Σ -347.40

ACTUAL SUM OF LEFT HAND ANGLES = 1061°59'50"

REQUIRED SUM OF LEFT HAND ANGLES = 1062°01'50"

MISCLOSURE = -02°00' خط التصلع

ADJUSTMENT TO EACH OBSERVED ANGLE = +20"

Σ ΔE = +565.46

Σ ΔN = -347.46

abs Σ ΔE = 849

Σ E - E_A = +565.56

Σ N - N_A = -347.40

abs Σ ΔN = 870

ΔE = -0.10

ΔN = -0.06

ADJUSTMENT TO ΔE/ΔN BY TRANSIT

Δ = ((-0.10)² + (-0.06)²)¹/² = 0.12

FRACTIONAL LINEAR MISCLOSURE = 1 in 10 500

خط التصلع النسبي (الطولي)

مثال 8.5* استخدام الحاسبة الالكترونية في حسابات التضليع:

تبين الاشكال من 8.21 إلى 8.27 نموذجاً لادخال المعلومات المطلوبة واجراء الحسابات اللازمة لمضلع رابط مغلق باستخدام برنامجاً خاصاً بالحاسبة الالكترونية.

وتبين الاشكال 8.21 و 8.22 و 8.23 المعلومات التي تم ادخالها والحسابات النهائية لاتجاهات الاضلاع.

معلومات الاتجاهات الدائرية

BEARINGS DATA

Survey bearings data printout from CBM micro program BEARINGS

Copy 1 Dated 7th August 1984 (Data held on file b - gateway)

Traverse bearings : Gateway Traverse

Client : R E Paul

Surveyed by R Drewery on 17th June 1983

Summary of Bearings and Data Entered

Fixed Co- ordinate List (أو المظونة) الثابتة

Opening points	E	N
R.o. 1 (p t 02)	500.000	125.034
R.o. 2 (p t 17)	533.353	516.834
نقطة بداية Stn. 0 (p t 01)	500.000	500.000
Closing points		
R.o. 1 (p t 11)	495.521	215.410
R.o. 2 (p t 13)	619.801	288.551
نقطة نهاية Stn. 4 (p t 12)	502.948	296.843

Observed Opening Included Angles

R.o.1 - 0 - 1	347 00 05
R.o.2 - 0 - 1	103 47 02

Calculated Initial Bearings of Line 0 - 1

Using R.o.1 -	167 00 05
Using R.o.2 -	167 00 10

Accepted Initial Bearing of Line 0 - 1

Bearing 0 - 1	167 00 05
---------------	-----------

الشكل (8.21)

المصدر 31

Page 2 Traverse bearings : Gateway Traverse

Observed Traverse Included Angles

0- 1- 2 195 12 58

1- 2- 3 190 46 48

2- 3- 4 154 14 45

Observed Closing Angles

3- 4- Ro1 197 56 25

3- 4- Ro2 106 47 18

Computed Closing Bearings at Stn. 4 from Co- ordinates

To closing R.o.1 - 185 12 40

To closing R.o.2 - 94 03 32

Closing Bearings at Stn. 4 as brought forward

To closing R.o.1 - 185 11 01 Error -00 01 39

To closing R.o.2 - 94 01 54 Error -00 01 38

Accepted bearing error -00 01 38

Correction to be applied 00 01 38

الشكل (8.22)

الانتماءات المصححة لاضلاع المضلع

Page 3 Traverse bearings: Gateway traverse

Traverse Bearings Summary

				Bearings List	
	Stn	Name	Line	Observed	Adjusted
Start	0	pt 0i	0- 1	167 00 05	167 00 25
	1	pt 21	1- 2	182 13 03	182 13 42
	2	pt 31	2- 3	192 59 51	193 00 50
	3	pt 32	3- 4	167 14 36	167 15 54
End	4	pt 12	4- Ro1	185 11 01	185 12 39
	4		4- Ro2	94 01 54	94 03 32

الشكل (8.23)

وتبين الاشكال 8.24 و 8.25 و 8.26 حسابات المضلع الرابط والاحداثيات النهائية المصححة للنقاط بينها وبين الشكن
8.27 احداثيات النقاط (أو المحطات) مرتبة بالتسلسل حسب قيمتها.

معلومات المضلع (الأتجاهات والاطوال)

TRAVERSE DATA

Traverse survey data printout from CBM micro program TRAVERSE

Copy 1 Dated 7th August 1984 (Data held on file 1 - gateway)

Survey : Campus survey - Gateway Traverse

(Link traverse between two points)

Client : R E Paul

Surveyed by R Drewery on 17th June 1983

Summary of Data as Entered

Start co - ordinates				
	Easting 0	500.000	Northing 0	500.000
Closing co - ordinates				
	Easting 4	502.948	Northing 4	296.843
Station	Name	Adj. Bearing	Line	Length
0	P t 01	167 00 250	0 - 1	39.754
1	P t 21	182 13 42	1 - 2	32.488
2	P t 31	193 00 50	2 - 3	77.578
3	P t 32	167 15 54	3 - 4	57.781
4	P t 12			
Bearings	error	- 00 01 38	Line Sum	207.601

الشكن (8.24)

TRAVERSE RESULTS

Traverse computation printout from CBM micro program TRAVERSE

Copy 1 Dated 7th August 1984 (Data held on file t-gateway)

Survey: Campus survey-Gateway Traverse

(Link traverse between two points)

Client: R E Paul

Surveyed by R Drewery on 17th June 1983

Misclosures and Accuracy

co-ordinate Misclosures

Error in Eastings	= -0.0054
Error in Northings	= 0.0123
Traverse Accuracy	
Linear misclosure	= 0.0134
Traverse length	= 207.601
Proportional error	= 1 in 15448
Comparison factor Q	= 0.0009

(Q = lin. misclose% root + sum of lines, range precise 0.003% low 0.017)

Angle Misclosure

Angle misclosure factor $\times = 49.0000$

(Angle misclosure seconds = $\times$ times root of number of lines)

Angle misclosure (seconds) = 98

Bearings error = -00 01' 38"

الشكل (8.25)

Page 2 Survey: Campus survey-Gateway Traverse

(Link traverse between two points)

Summary of Final Values

الاحداثيات المصححة للنقاط

Stn	Line Length	W.C. Bearing o	Part. Co-ords.		Co-ordinates	
			E	N	E	N
0	(Pt 01) 39.754	167 00 25	8.939	-38.739	500.000	500.000
1	(Pt 21) 32.488	182 13 42	-1.262	-32.465	508.939	461.261
2	(Pt 31) 77.578	193 00 50	-17.467	-75.590	507.677	428.796
3	(Pt 32) 57.781	167 15 54	12.739	-56.363	490.209	353.206
4	(Pt 12)				502.948	296.843

الشكل 8.26

قائمة بالأحداثيات للمحطات عربة بالتسلسل

CO -- ORDINATE LIST

Co -- ordinate printout from CBM micro program CO -- ORDLISTER

Copy 1 Dated 17th June 1983 (Data held on file CI -- gateway)

Job name : Campus survey -- Gateway Traverse

Client : R E Paul

Surveyor : R Drewery

Listing of Co -- ordinates

Sorted Co -- ordinates List

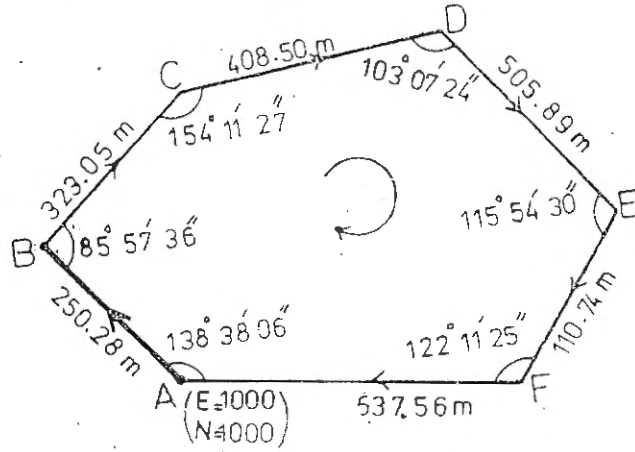
Point	Name	E	N
1	P + 32	490.209	353.206
2	P + 01	500.000	500.000
3	P + 12	502.948	296.843
4	P + 31	507.677	428.796
5	P + 21	508.939	461.261

الشكل (8.27)

تعاريف تطبيقية

8.1 للمضلع الدائري المغلق A B C D E F (الشكل 8.28)، احسب باستخدام طريقتي القمباص (أو باودج) والترانسيت ما يأتي (إذا كان اتجاه Brg. of AB = N32°25'10"W: AB :

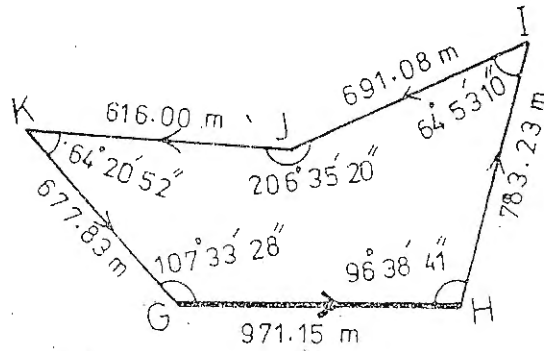
- (1) الزوايا الداخلية المصححة، والاتجاهين Brg و AZ لكل ضلع من الاضلاع.
- (2) المركبات الأفقية والرأسية.
- (3) التصحيح الكلي للمركبات الأفقية والرأسية، والدقة النسبية لعملية التضميل.
- (4) التصحيح لكل مركبة أفقية ورأسية، والمركبات الأفقية والرأسية المصححة بطريقة القمباص (ومساحة المضلع باستخدام طريقة D.M.D.)، والاحداثيات المصححة للنقاط.
- (5) الاطوال والاتجاهات المصححة (أو الجديدة) للاضلاع، والزوايا الداخلية المصححة النهائية.
- (6) التصحيح لكل مركبة أفقية ورأسية، والمركبات الأفقية والرأسية المصححة بطريقة الترانسيت، والاحداثيات المصححة للنقاط.
- (7) الاطوال والاتجاهات المصححة (أو الجديدة) للاضلاع بطريقة الترانسيت، والزوايا الداخلية المصححة النهائية.



الشكل 8.28

8.2 للمضلع الدائري المغلق G H I J K (الشكل 8.29)، احسب باستخدام طريقتي القمباص والترانسيت ما يأتي (إذا كان اتجاه Brg. of GH = S81°42'35"E: G H :

- (1) الزوايا الداخلية المصححة، والاتجاهات المصححة للاضلاع، والمركبات الأفقية والرأسية.
- (2) الاحداثيات المحسوبة للنقاط (إذا كان إحداثي G: $E_G = 2000$, $N_G = 3000$) بالحسابات الأمامية.
- (3) التصحيح الكلي لاحداثيات التشرير والتشليل، والدقة النسبية لعملية التضميل.
- (4) التصحيح لكل إحداثي باستخدام طريقة القمباص، والاحداثيات المصححة للنقاط (ومساحة المضلع بطريقة الاحداثيات).
- (5) الاطوال والاتجاهات المصححة بالحسابات المعكوسة.
- (6) التصحيح لكل إحداثي باستخدام طريقة الترانسيت، والاحداثيات المصححة للنقاط.
- (7) الاطوال والاتجاهات المصححة بالحسابات المعكوسة.

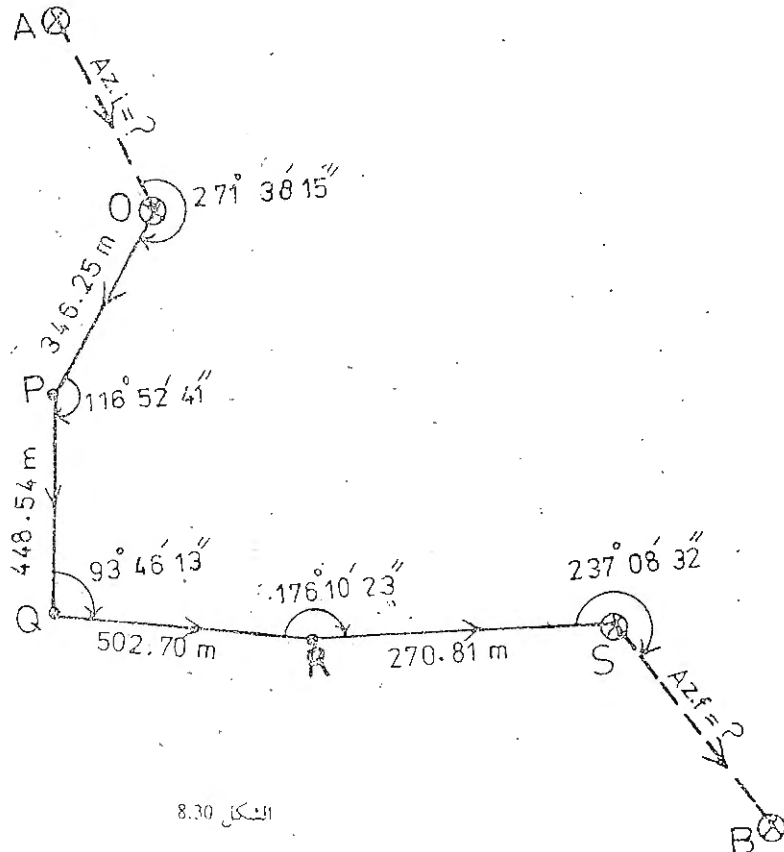


الشكل 8.29

8.3 استخدم طريقة الليست وير (أو طريقة الجهد الأقل Least Wear) لتصحيح أطوال الأضلاع للمضلع GHIJK في التمرين السابق (8.2) وبصورة ترسیمیة. ثم إحسب الإحداثيات المصححة للنقاط بيد ذلك بالحسابات الامامية.

8.4 للمضلع الرابط المغلق OPQRS (الشكل 8.30)، إذا علمت أن إحداثيات النقاط A, S, O, B كالآتي:

$$A \begin{pmatrix} E = 807' .43 \\ N = 1640.08 \end{pmatrix}, O \begin{pmatrix} E = 1000.00 \\ N = 1200.00 \end{pmatrix}, S \begin{pmatrix} E = 1407.28 \\ N = 524.74 \end{pmatrix}, B \begin{pmatrix} E = 1651.65 \\ N = 66.18 \end{pmatrix}$$

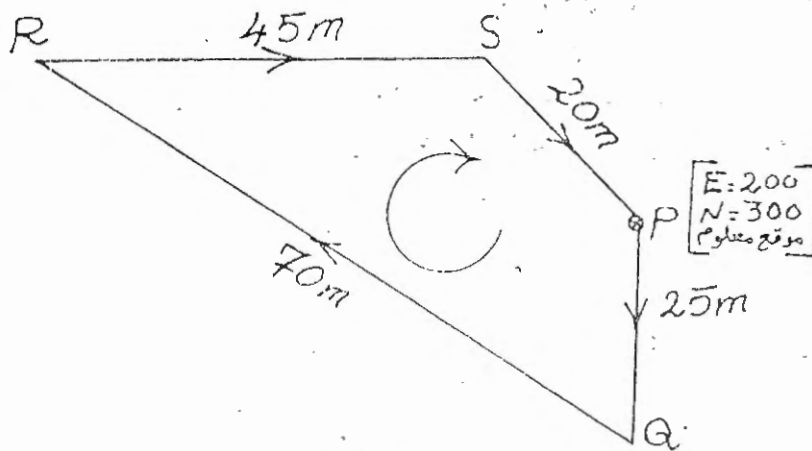


الشكل 8.30

فأحسب ما يأتي :

- (1) الاتجاه الأولي المعلوم (Az_i of AO) والاتجاه النهائي المعلوم (Az_f of SB) بالحسابات المعكوسة.
- (2) الزوايا إلى اليمين المصححة ، والاتجاهات المصححة للاضلاع.
- (3) المركبات الأفقية والرأسية للاضلاع والاحداثيات للنقاط.
- (4) التصحيح الكلي للمركبات الأفقية والرأسية أو التصحيح الكلي لاحداثيات التشرقيق والتشميل ، والدقة النسبية لعملية التضميل. والتصحيح للمركبات والاحداثيات باستخدام طريقتي القمباص والترانسيت.
- (5) المركبات الأفقية والرأسية المصححة والاحداثيات المصححة ، والاطوال والاتجاهات المصححة بالحسابات المعكوسة وبالطريقتين.

8.4 احسب الاحداثيات المصححة للنقطتين "Q" و "R" والطول والاتجاه المصححين للضلع (QR) باستخدام قاعدة البوصلة ، إذا علمت ان الاحداثيات المحسوبة للنقاط P و Q و R كالآتي :



الشكل 8.31

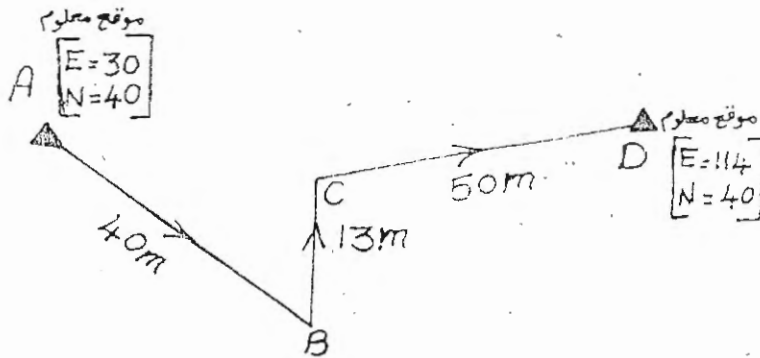
الجدول (8.11)

النقطة Point	احداثي التشرقيق المحسوب E	احداثي التشميل المحسوب N
P	199.88	300.24
Q	200.00	275.00
R	144.02	317.03

8.5 احسب الطول والاتجاه المصحح لكل من الضلعين (BC) و (CD) باستخدام قاعدة الترانسيت ، إذا علمت ان المركبات الافقية والرأسية المحسوبة للاضلاع كالآتي ؛

الجدول (8.12)

الضلع Side	المركبة الافقية المحسوبة Dep.	المركبة الرأسية المحسوبة Lat.
AB	+34.71	-19.88
BC	+0.00	+13.00
CD	+49.50	+7.05

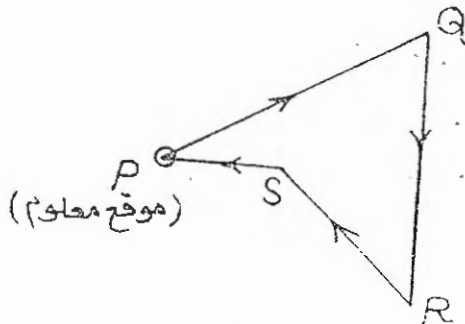


الشكل 8.32

8.6 للمضلع الدائري المغلق PQRS ، إذا علمت أن إحداثيات نقطة P هي : $E_p = 340.00$ و $N_p = 270.00$ ، فأحسب (إذا علمت الإحداثيات المحسوبة كما في الجدول) :
 أ) الطول والاتجاه المصححين للضلعين QR و RS باستخدام قاعدة البوصلة.
 ب) الإحداثيات المصححة للنقطتين Q و S والطول والاتجاه المصححين للضلع PQ باستخدام قاعدة الترانسيت.

الجدول (8.13)

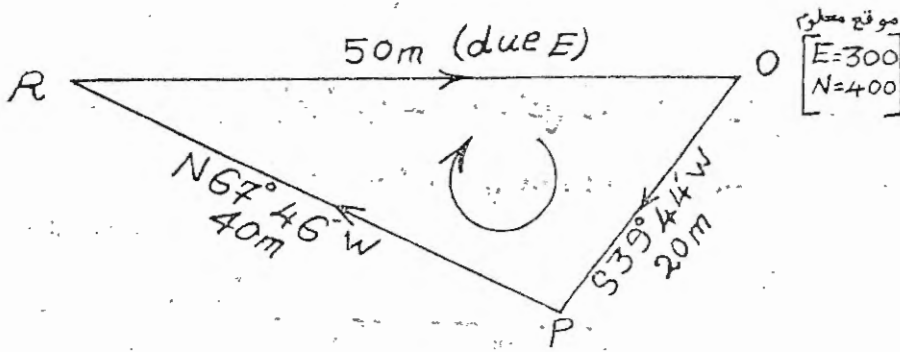
النقطة Point	احداثي التشرقيق المحسوب E	احداثي التشميل المحسوب N
Q	409.17	335.12
R	409.17	232.12
S	382.14	269.91
P	340.14	269.91



الشكل 8.33

8.7 للمضلع الدائري المغلق OPR أدناه ، إذا علمت أن :
 (1) التصحيح الكلي لاحداثيات التشرقيق = $T.C. \text{ for } (E - \text{Coords}) = -0.20m$
 (2) المجموع الجبري للمركبات الرأسية = $\Sigma \text{ Lats.} = -0.24m$
 فأحسب :

أ) الطول والاتجاه المصححين للضلعين "PR" و "RO" باستخدام قاعدة البوصلة.
 ب) الاحداثيات المصححة للنقطتين "P" و "R" باستخدام قاعدة الترانسيت



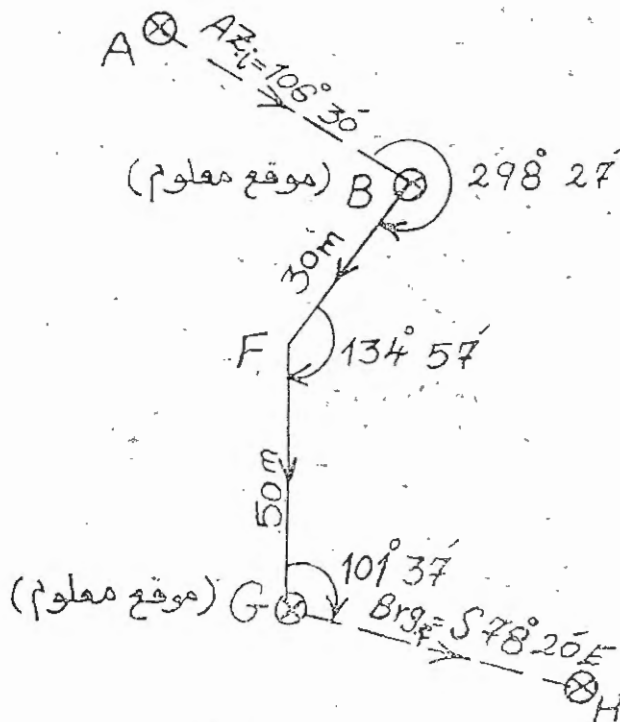
الشكل 8.35

8.8 للمضلع الرابط المغلق ABFGH ، إذا عُلِمَت أن :

- (1) المجموع الجبري للمركبات الأفقية = $\sum \text{Deps.} = -21.21\text{m}$
- (2) التصحيح الكلي لاحتداثيات التضميل T.C. for (N - Coords) = -0.29m
- (3) الاحتداثيات المعلومة لنقطة B ($E=150, N=220$)
- (4) الاحتداثيات المعلومة لنقطة G ($E=129, N=148.5$)

فأحسب :

- (أ) الاتجاهات الربعية والدائرية المصححة للأضلاع.
- (ب) احتداثيات التشريق المصححة للنقطة "F" باستخدام قاعدة الترانسيت.
- (ج) الطول والاتجاه المصححين للضلعين "BF" و "FG" باستخدام قاعدة البوصلة.



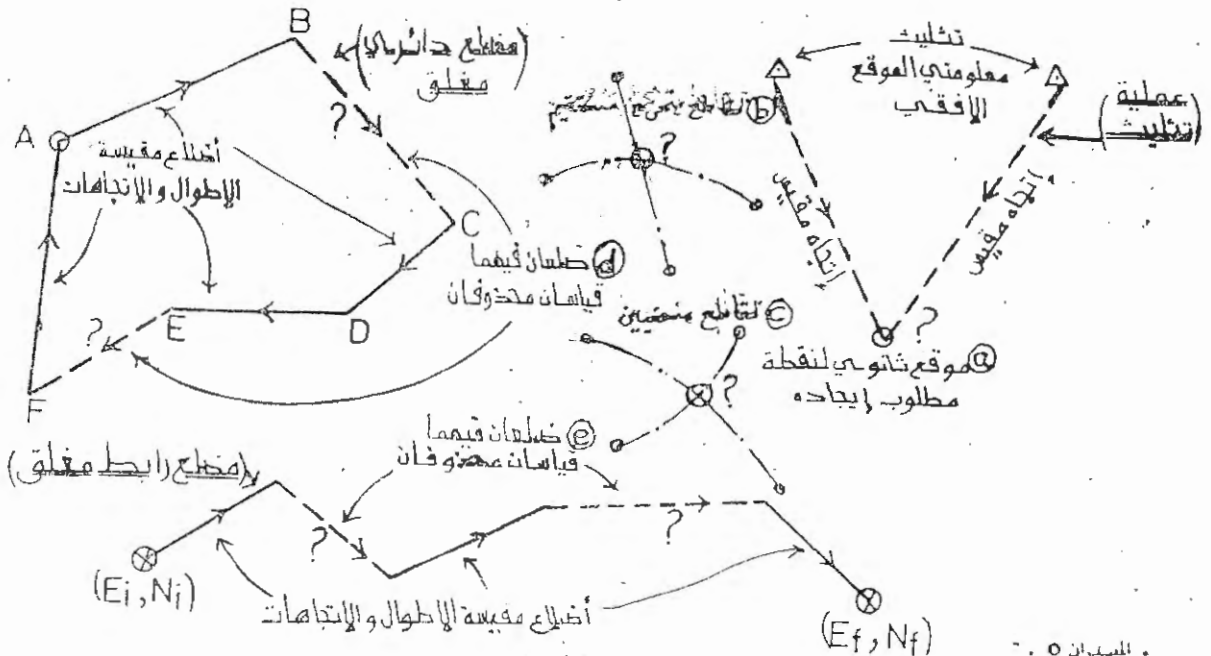
الشكل 8.36

التقاطعات او القياسات المجهولة (أو المحذوفة)

Intersections or Unknown (or Omitted) Measurements

9.1 مقدمة

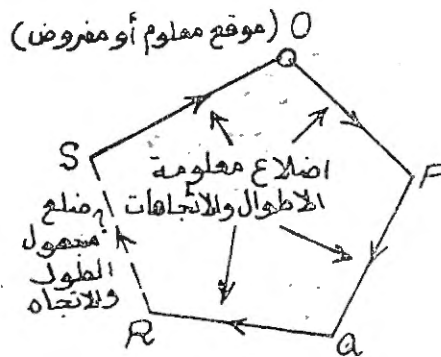
يحدث أحياناً عند القيام بأعمال التضليع أو التثليث أو تقسيم الأراضي بقاء بعض الأطوال والاتجاهات (أو الزوايا) واحداثيات بعض نقاط التقاطع مجهولة بسبب وجود بعض العوارض التي تمنع الرؤية أو القياس، أو بسبب عدم التمكن أو صعوبة الوصول (أو الحساب) لبعض النقاط المراد تعيين مواقعها الأفقية، أو لأسباب أخرى، فتسمى هذه القياسات أو طرق حسابها بالتقاطعات أو القياسات المجهولة (أو المحذوفة). ويمكن الحصول على هذه الأطوال أو الاتجاهات أو مواقع نقاط التقاطع بطرق مثلثة أو هندسية أو اعتماداً على الشروط الهندسية لعملية التضليع أو طرق أخرى. وعلى هذا الأساس سُميت بالتقاطعات ومجازاً بالتقاطعات الأول والثاني والثالث أو سُميت بالقياسات المجهولة أو المحذوفة في بعض المصادر. وفي الأماكن إيجاد هذه الأطوال والاتجاهات ومواقع نقاط التقاطع ترسيماً كذلك في بعض عمليات المسح الأولية كأعمال لوحة المسح أو المسح بالبوصلة أو المسح بالشريط، إلا أن ماتبع هنا هو الطرق الحاسوبية البحتة للحصول على هذه القياسات أو المواقع. ويبين الشكل (9.1) بعضاً من هذه القياسات المجهولة.



الشكل 9.1

وما تجدر الإشارة إليه هنا أن القوانين المستخدمة للحل سواء كانت مثلثية أو هندسية أو قوانين تضليع تتكون من معادلتين فقط ، ولذلك لا يمكن إيجاد أكثر من قياسين مجهولين لأي مضلع أو عملية تثليث أو حالة تقاطع في تقسيم الأراضي. كما أنه يفترض بأن القياسات المأخوذة سواءاً للأطوال أو الاتجاهات (أو الزوايا) صحيحة وتستخدم في المعادلات كما هي ، وبالتالي فإن الأطوال أو الاتجاهات أو المواقع المحسوبة بطريقة التقاطعات هي أقل دقة من تلك المقاسة بصورة مباشرة أو المحسوبة في أعمال التضليع أو التثليث الاعتيادية ، حيث يمكن تصحيح الأخطاء المحتملة في القياسات المباشرة . وقبل شرح النقاط الثلاث ، يجب الإشارة إلى حالتين من الحالات المحتملة للقياسات والمواقع المجهولة وهما :

أولاً - إذا كان القياسان المجهولان هما طول واتجاه لضلع واحد من أضلاع المضلع ، فيمكن عندئذٍ حسابها بطريقتين (أنظر الشكل 9.2):



الشكل 9.2

أ) إذا علمت المركبات الأفقية والرأسيّة للأضلاع عدا الضلع المجهول ، فيمكن حساب مركبتيه من قانوني التضليع :

$$\Sigma \text{Deps.} = 0$$

$$\text{or, } D_{OP} + D_{PQ} + D_{QR} + (D_{RS}) + D_{SO} = 0$$

$$\therefore \text{Dep. of RS} = - \Sigma \text{ Known Deps.}$$

$$\Sigma \text{Lats.} = 0$$

وكذلك ،

$$\text{or, } L_{OP} + L_{PQ} + L_{QR} + (L_{RS}) + L_{SO} = 0$$

$$\therefore \text{Lat. of RS} = - \Sigma \text{ Known Lats. Dep.}$$

ومن المركبتين المحسوبتين أعلاه ، يمكن حساب طول واتجاه الضلع المطلوب بالحسابات المعكوسة كالآتي :

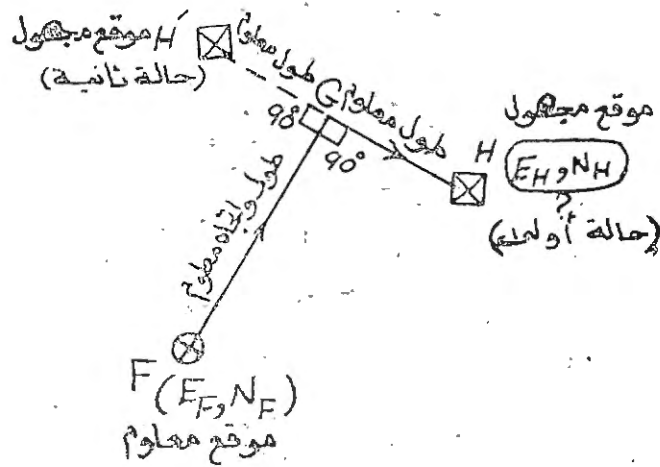
$$AZ_{RS} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Dep.}_{RS}}{\text{Lat.}_{RS}} \right) , \quad \text{Length}_{RS} = \frac{\text{Dep.}_{RS}}{\sin(AZ_{RS})} = \frac{\text{Lat.}_{RS}}{\cos(AZ_{RS})}$$

ب) اذا عُلمت احداثيات نقاط المضلع أو حُسبت من موقع معلوم او مفروض لنقطة البداية ، فيمكن حساب طول واتجاه الضلع المطلوب بالحسابات المعكوسة ايضا كالآتي :

$$AZ_{RS} = \tan^{-1} \left(\frac{E_S - E_R}{N_S - N_R} \right) , \quad \text{Length}_{RS} = \frac{E_S - E_R}{\sin(AZ_{RS})} = \frac{N_S - N_R}{\cos(AZ_{RS})}$$

ثانياً- إذا كان هناك موقع مجهول لنقطة يُراد حسابه من احداثيات معلومة لنقطة ومسافتين معلومتين متعامدين واتجاه معلوم ، فيمكن عندئذٍ حساب الموقع المجهول (أو احداثي النقطة) كالآتي (أنظر الشكلين 9.3 و 9.4) وبطريقتين:

أ) بحسب موقع G بالحسابات الامامية ثم موقع H (أو H') بالحسابات الامامية أيضاً بعد حساب اتجاه GH (أو GH') كالآتي :



الشكل 9.3

$$E_G = E_F + FG \cdot \sin AZ_{FG}$$

$$N_G = N_F + FG \cdot \cos AZ_{FG}$$

$$AZ_{GH} = \text{Back } AZ_{FG} - 90^\circ$$

$$(\text{or } AZ_{GH'} = \text{Back } AZ_{FG} + 90^\circ)$$

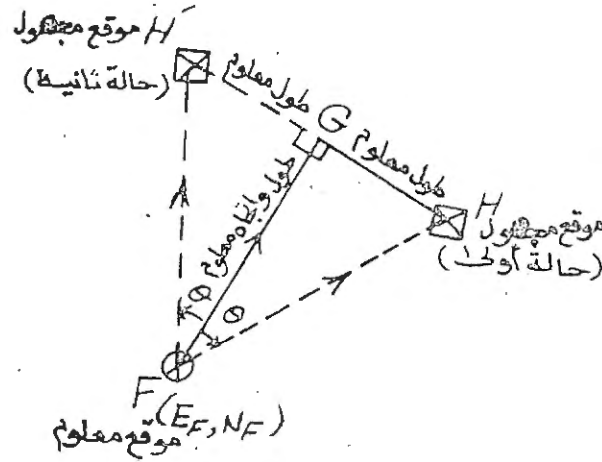
$$\therefore E_H = E_G + GH \cdot \sin AZ_{GH}$$

$$N_H = N_G + GH \cdot \cos AZ_{GH}$$

$$(\text{or } E_{H'} = E_G + GH' \cdot \sin AZ_{GH'},$$

$$N_{H'} = N_G + GH' \cdot \cos AZ_{GH'})$$

ب) بحسب طول واتجاه FH من الطولين المعلومين والاتجاه المعلوم (بعد حساب الزاوية θ) ثم بحسب موقع H (أو H') بالحسابات الامامية وكالاتي:



الشكل 9.4

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{GH}{FG} \right)$$

$$\text{Length FH (or FH')} = \frac{GH}{\sin \theta} = \frac{FG}{\cos \theta} = \sqrt{(FG)^2 + (GH)^2}$$

$$AZ_{FH} = AZ_{FG} + \angle \theta \quad (\text{or } AZ_{FH'} = AZ_{FG} - \angle \theta)$$

$$\therefore E_H = E_F + FH \cdot \sin AZ_{FH}$$

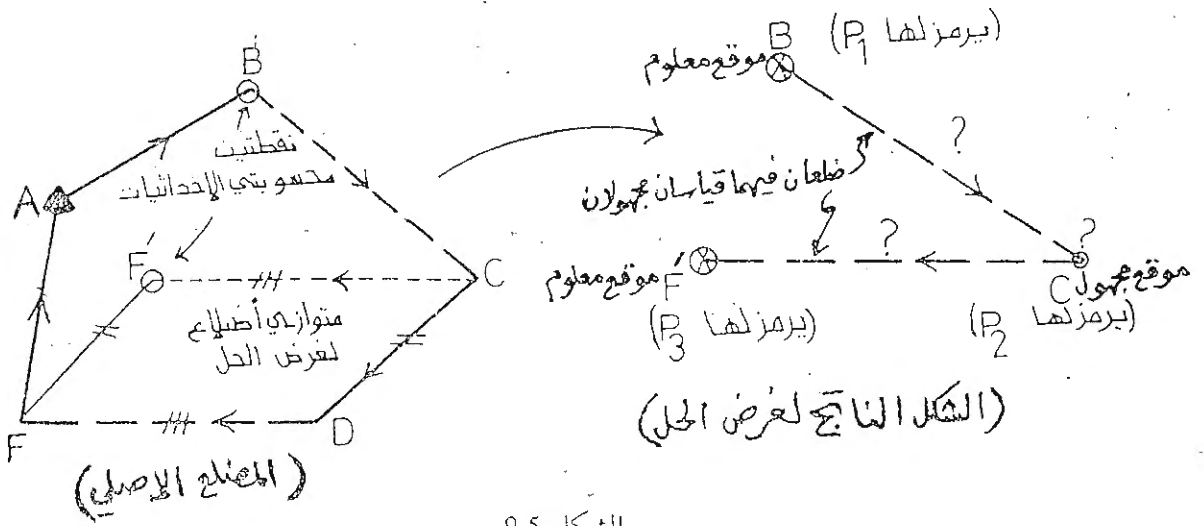
$$N_H = N_F + FH \cdot \cos AZ_{FH}$$

$$(\text{or } E_{H'} = E_F + FH' \cdot \sin AZ_{FH'}, N_{H'} = N_F + FH' \cdot \cos AZ_{FH'})$$

9.2 التقاطع الاول (I) - طولاً ضلعين مجهولان Intersection (I) - Two Lengths are unknown

يُمثّل هذا التقاطع هندسياً بتقاطع خطين مستقيمين، وذلك لأن الضلعين معلوما الاتجاهين وبالتالي يكون ميلهما ثابتين، فهما مستقيمان متقاطعان في نقطة.

ومن أجل تبسيط حلّ هذا التقاطع والتقاطعان الثاني والثالث في حالة عدم تجاور أو تقاطع الضلعين المجهولين في مضلع ما، يُرسم عادة متوازي اضلاع او موازيات (حسب الحالة الموجودة لارتباط الاضلاع مع بعضها) لبعض الاضلاع بحيث تجعل الضلعين المجهولين متجاورين ويشكلان مثلثاً يمكن حله بأحدى الطرق التي ستذكر في كل تقاطع. وهكذا يتكون شكل معلوم فيه إحداثيات نقطتي النهاية (ويرمز لهما P_1 و P_2) وضلعان مجهولان متقاطعان في نقطة (ويرمز لها P_3) كما مبين في الشكل (9.5). وقد يدعى الخط الواصل بين P_1 و P_3 بخط القاعدة.



وسوف يذكر في كل تقاطع : المعلوم والمطلوب حسابه وطرق الحل مع خطوات كل منها اللازمة لفرض الحل حسب التسلسل.
ففي التقاطع الاول (انظر الشكل 9.6) يكون:

المعلوم : موقع النقطة $P_1 (E_1, N_1)$ وموقع النقطة $P_3 (E_3, N_3)$
واتجاه الضلع $P_1 P_2$ الذي يرمز له : $AZ. \alpha$
واتجاه الضلع $P_2 P_3$ الذي يرمز له : $AZ. \beta$

(علماً بأن الرسم يمثل حالة واحدة من ست عشرة حالة محتملة لتلاقي ضلعين باتجاهين مختلفين حسب الارباع)

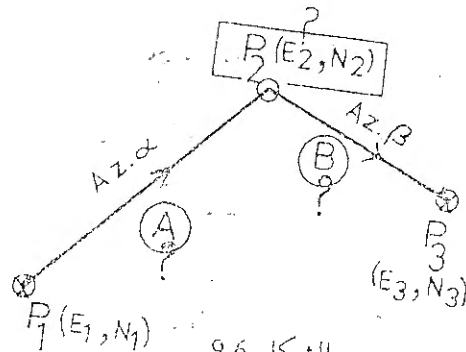
المطلوب حسابه : موقع النقطة $P_2 (E_2, N_2)$

وطول الضلع $P_1 P_2$ الذي يرمز له : A

وطول الضلع $P_2 P_3$ الذي يرمز له : B

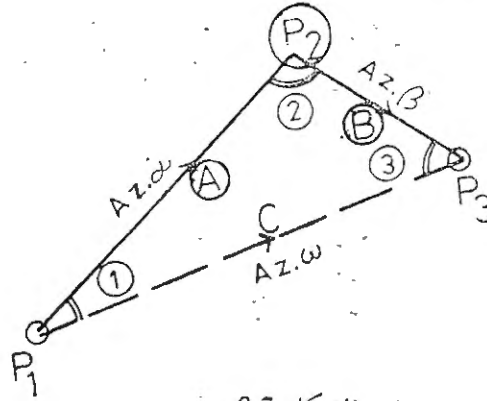
(وسوف توضع القياسات المجهولة وموقع نقطة التقاطع داخل دائرة او مستطيل لبيانها بصورة واضحة)

طرق الحل : هناك أربع طرق يمكن استخدامها لفرض حل هذا التقاطع وهي :



يجري الحل بهذه الطريقة باستخدام قانون الجيوب Law of Sines واتباع الخطوات الآتية (انظر الشكل 9.7) حيث المطلوب هنا حل المثلث المعلوم فيه زواياه واحد اضلاعه:

أ) بحسب إتجاه وطول الضلع P_1P_3 (ويرمز لها : $Az.w$ و C) باستخدام الحسابات المعكوسة كالآتي:



الشكل 9.7

$$AZ.w = \tan^{-1} \left(\frac{E_3 - E_1}{N_3 - N_1} \right)$$

$$\text{Length } C = \frac{E_3 - E_1}{\sin(AZ.w)} = \frac{N_3 - N_1}{\cos(AZ.w)}$$

ب) تحسب الزوايا الداخلية للمثلث وهي: $\angle 1$ و $\angle 2$ و $\angle 3$ باستخدام:

الاتجاهان α و ω لحساب $\angle 1$

والاتجاهان α و β لحساب $\angle 2$

والاتجاهان β و ω لحساب $\angle 3$

ثم يتحقق من مجموع الزوايا الثلاث الذي يجب ان يساوي 180° .

ج) بحسب طول الضلعين A و B باستخدام قانون الجيوب كالآتي:

$$\frac{C}{\sin \angle 2} = \frac{A}{\sin \angle 3} \quad \therefore A = \frac{C}{\sin \angle 2} \cdot \sin \angle 3 \quad \dots (9.1a)$$

$$\text{and, } \frac{C}{\sin \angle 2} = \frac{B}{\sin \angle 1} \quad \therefore B = \frac{C}{\sin \angle 2} \cdot \sin \angle 1 \quad \dots (9.1b)$$

د) يُحسب موقع النقطة $P_2 (E_2, N_2)$ باستخدام الحسابات الامامية كالآتي:

$$E_2 = E_1 + A \cdot \sin \alpha, \quad N_2 = N_1 + A \cdot \cos \alpha$$

هـ) يُتحقق من موقع النقطة $P_3 (E_3, N_3)$ باستخدام الحسابات الامامية أيضاً كالآتي:

$$E_3 = E_2 + B \cdot \sin \beta, \quad N_3 = N_2 + B \cdot \cos \beta$$

وهذان الاحداثيان يجب ان يساويا الاحداثيين المعلومين للنقطة P_3 كي يكون الحل صحيحاً (مع فرق بسيط بالمستمرات أو المليمترات بسبب الحسابات أو تقريبها).

ملاحظة: هناك طريقة أخرى للتحقق من موقع P_2 وذلك بحسابه مرتين: الأولى عن طريق موقع P_1 نحو P_2 والأخرى عن طريق موقع P_3 نحو P_2 ، ومقارنة الموقعين المحسوبين للنقطة P_2 اللذان يجب ان يكونا متساويين كي يكون الحل صحيحاً.

9.2.2 طريقة التضليع أو الطريقة الميكانيكية Traverse Equations Method or Mechanical Method

يستخدم قانونا أو معادلتا التضليع (أو المعادلتين الشرطيتين للمضلع) لغرض حساب طولي الضلعين عن طريق حل المعادلتين آنياً كالآتي (انظر الشكل 9.8):
إذا اعتبر المضلع $P_1 P_2 P_3$ مضلعاً رابطاً، فتكون معادلته الشرطتان كالآتي:

$$\Sigma \text{Dep.s.} = E_3 - E_1 = \Delta E$$

and,

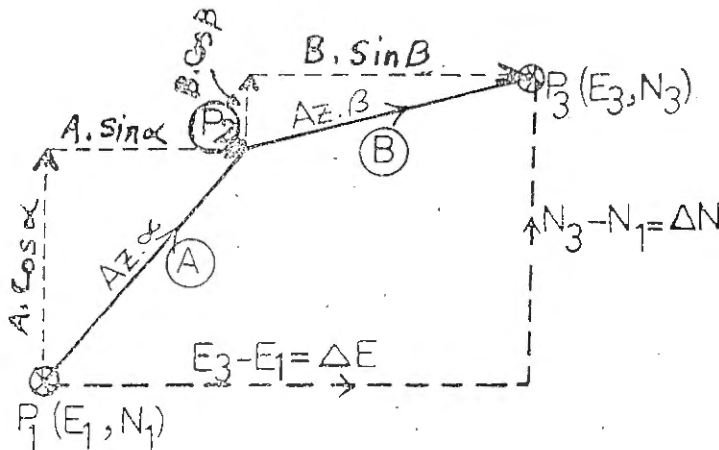
$$\Sigma \text{Lats.} = N_3 - N_1 = \Delta N$$

or,

$$A \cdot \sin \alpha + B \cdot \sin \beta = \Delta E$$

and,

$$A \cdot \cos \alpha + B \cdot \cos \beta = \Delta N$$



وبعد حل المعادلتين اعلاه آنياً نحصل على القانونين:

$$A = \frac{\Delta E. \cos \beta - \Delta N. \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)} \quad \dots (9-2a)$$

and,

$$B = \frac{\Delta E. \cos \alpha - \Delta N. \sin \alpha}{\sin (\beta - \alpha)} \quad \dots (9-2b)$$

ولذلك تسمى هذه الطريقة بالطريقة الميكانيكية لانه يمكن بوساطة القانونين اعلاه حساب طولي الضلعين بسرعة وسهولة وبخطوة واحدة (بعد حساب فرقي التثريق والتشميل).
أما خطوات الحل بهذه الطريقة فهي:
أ) يُحسب فرقا التثريق والتشميل ΔE و ΔN كالآتي:

$$\Delta E = E_3 - E_1, \quad \Delta N = N_3 - N_1$$

ب) يُحسب طول الضلعين A و B من القانونين:

$$A = \frac{\Delta E. \cos \beta - \Delta N. \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)}, \quad B = \frac{\Delta E. \cos \alpha - \Delta N. \sin \alpha}{\sin (\beta - \alpha)}$$

ملاحظة: يجب أخذ اشارتي ΔE و ΔN والنسب المثلثة بنظر الاعتبار عند حل القانونين اعلاه.

ج) يُحسب موقع $P_2 (E_2, N_2)$ بالحسابات الامامية من موقع $P_1 (E_1, N_1)$ وطول واتجاه $P_1 P_2 (AZ, \alpha, A)$ كما تم في الفقرة (د) لطريقة المثلثات،

د) يُتحقق من موقع $P_3 (E_3, N_3)$ بالحسابات الامامية ايضاً من موقع $P_2 (E_2, N_2)$ وطول واتجاه $P_2 P_3 (AZ, \beta, B)$ كما تم في الفقرة (هـ) لطريقة المثلثات (ويجب ان يساوي الموقع المحسوب هذا الموقع المعلوم لنقطة P_3).

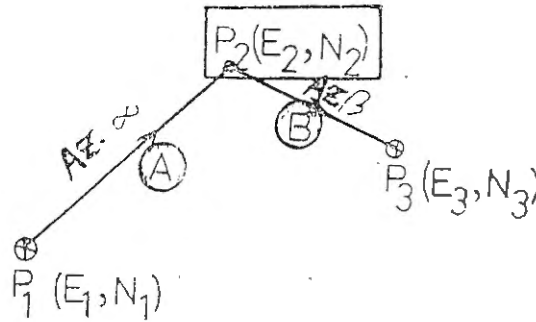
أو قد يحسب موقعان للنقطة P_3 من النقطتين P_1 و P_2 بالحسابات الامامية ايضاً، حيث يجب ان يكونان متساويان كي تصح الحسابات.

وقد يستخدم الجدول أدناه لغرض الحسابات (وتذكر القانونين بسهولة):

الجدول 9.1

النقطة Point	الاحداثيات Coordinates		الطول Length	الاتجاه الدائري AZ	الجيب Sin.	المجيب تمام Cos.
	التثريق E	التشميل N				
P_1	E_1	N_1	A	$AZ\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$
P_2	E_2	N_2		$AZ\beta$	$\sin \beta$	$\cos \beta$
P_3	E_3	N_3				
			$\sin \alpha - \varphi$	$\alpha - \varphi = \alpha - \beta$	ΔE	ΔN

نظراً لكون الضلعين المعلومين الاتجاهين يمثلان خطين مستقيمين متقاطعين في نقطة ، فإن حل معادلتين هذين المستقيمين آنياً يعطي إحداثيات نقطة تقاطعها كالآتي (انظر الشكل 9.9):



الشكل 9.9

$$\tan \alpha = \frac{E_2 - E_1}{N_2 - N_1}$$

معادلة المستقيم P_1P_2 :

$$\tan \beta = \frac{E_3 - E_2}{N_3 - N_2}$$

ومعادلة المستقيم P_2P_3 :وعند حل المعادلتين أعلاه آنياً ينتج (لغرض الحصول على قيمتي E_2 و N_2):

$$N_2 = \frac{E_3 - E_1 + N_1 \cdot \tan \alpha - N_3 \cdot \tan \beta}{\tan \alpha - \tan \beta} \quad \dots (9.3a)$$

and,

$$\begin{aligned} E_2 &= E_1 + (N_2 - N_1) \cdot \tan \alpha \\ &= E_3 - (N_3 - N_2) \cdot \tan \beta \end{aligned} \quad \dots (9.3b)$$

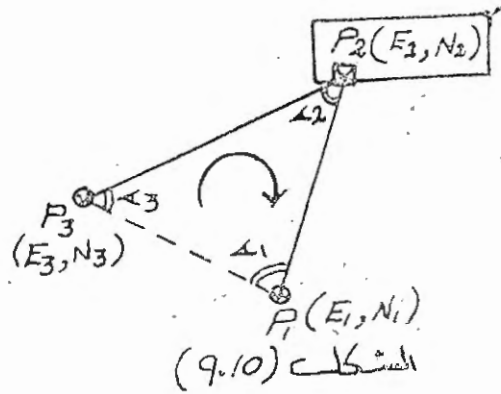
ويمكن كتابة القانونين أعلاه بصيغة أخرى وهي:

$$E_2 = \frac{E_1 \cdot \cot \alpha - E_3 \cdot \cot \beta + N_3 - N_1}{\cot \alpha - \cot \beta}$$

and,

$$N_2 = N_1 + (E_2 - E_1) \cot \alpha = N_3 - (E_3 - E_2) \cot \beta$$

كما يمكن كتابة القانونين بدلالة الزاويتين 1 و 3 كالآتي (انظر الشكل 9.10):



$$E_2 = \frac{E_1 \cdot \cot \alpha 3 + E_3 \cdot \cot \alpha 1 + N_3 - N_1}{\cot \alpha 1 + \cot \alpha 3}$$

and,

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot \cot \alpha 3 + N_3 \cdot \cot \alpha 1 + E_1 - E_3}{\cot \alpha 1 + \cot \alpha 3}$$

(وإذا كان ترتيب P_1 و P_2 و P_3 عكس عقرب الساعة فيجب عندئذ عكس الزوايا وأرقام الاحداثيات في القانونين اعلاه) ويمكن اجراء تحقيق اضافي للحسابات اعلاه باستخدام المعادلة الآتية:

$$\cot \alpha 1 + \cot \alpha 3 = \frac{1 - \cot \alpha 1 \cdot \cot \alpha 3}{\cot \alpha 2}$$

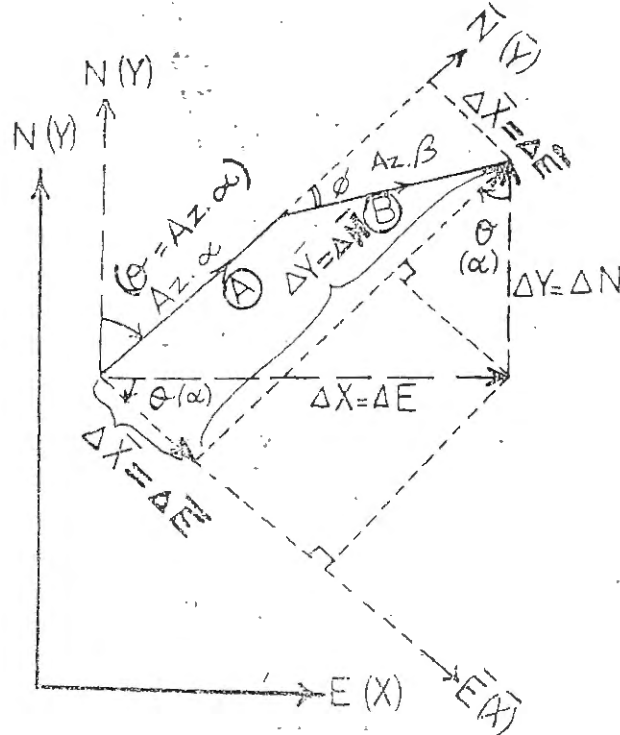
ومكذاً ، يمكن كتابة خطوات الحل بهذه الطريقة كالآتي :

- (أ) يُحسب موقع $P_2(E_2, N_2)$ باستخدام القانونين (9.3a) و (9.3b) للاتجاهين $AZ.\beta$, $AZ.\alpha$ (أو استخدام القانونين ذوي الزاويتين $\alpha 1$, $\alpha 3$ المذكورين آنفاً).
- (ب) يُحسب طولاً الضلعين A و B باستخدام الحسابات المعكوسة كالآتي :

$$A = \frac{E_2 - E_1}{\sin AZ.\alpha} = \frac{N_2 - N_1}{\cos AZ.\alpha}, B = \frac{E_3 - E_2}{\sin AZ.\beta} = \frac{N_3 - N_2}{\cos AZ.\beta}$$

- (ج) يعاد حساب موقع P_2 (باستخدام P_1 و $AZ.\alpha$) ويُتحقق من موقع P_3 (باستخدام P_2 و $AZ.\beta$) للتأكد من صحة الحسابات التي أجريت.

يتم الحل بهذه الطريقة عن طريق تدوير محور خط الشمال نحو اليمين حتى ينطبق على الاتجاه الأول (Az.x) وذلك لحذف أحد المجهولين وحساب طول الضلع الثاني (B) كالآتي (انظر الشكل 9.11):



الشكل 9.11

يرمز لزاوية تدوير الإحداثيات بـ (θ) والتي تساوي $(AZ.\alpha)$ ،
 ويرمز للفرق بين الاتجاهين بـ (φ) والتي تساوي $(AZ.\beta - AZ.\alpha)$ ،
 وهكذا ، فإن فرقي التثريق والتشميل الجديدين $\Delta \bar{N}$ ، $\Delta \bar{E}$ يساويان:

$$\Delta \bar{E} = \Delta E \cdot \cos \theta - \Delta N \cdot \sin \theta$$

$$\Delta \bar{N} = \Delta E \cdot \sin \theta + \Delta N \cdot \cos \theta$$

أما الضلعان A و B فيساويان:

$$\Delta \bar{E} = \frac{\Delta E}{\sin \varphi} = \frac{\Delta E \cdot \cos \theta - \Delta N \cdot \sin \theta}{\sin \varphi}$$

أو،

$$\Delta \bar{E} = \frac{\Delta E \cdot \cos \alpha - \Delta N \cdot \sin \alpha}{\sin (\beta - \alpha)} \quad \dots (9.4a)$$

(وهذا هو القانون 9.2b نفسه الذي ذكر سابقاً)

$$\text{and, } A = \Delta \bar{N} - B \cdot \cos \varphi = \Delta E \cdot \sin \theta + \Delta N \cdot \cos \theta - B \cdot \cos \varphi$$

$$\text{or, } A = \Delta E \cdot \sin \alpha + \Delta N \cdot \cos \alpha - B \cdot \cos (\beta - \alpha) \quad \dots (9.4b)$$

أما خطوات الحل فهي كالآتي:

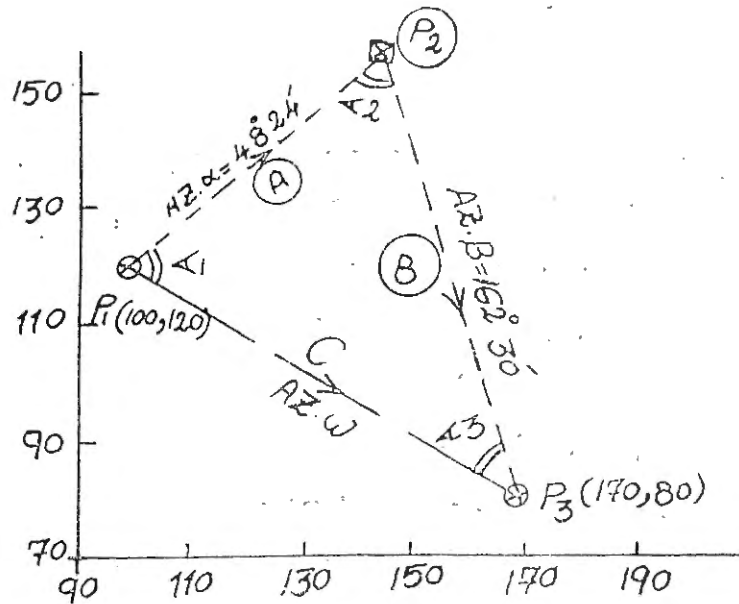
- (أ) يُحسب طولاً الضلعين A و B باستخدام القانونين أعلاه.
(ب) يُحسب موقع P_2 ثم يتحقق من موقع P_3 كما مر سابقاً.

مثال 9.1

إذا كان الموقعان المعلومان: $P_1(100, 120)$ و $P_3(170, 80)$ لنهائي الخطين P_1P_2 و P_2P_3 اللذين يتقاطعان في P_2 والاتجاهان المعلومان هما: $AZ. \alpha = 48^\circ 24'$ على التوالي، فأحسب طولي الخطين A و B وإحداثيات نقطة التقاطع P_2 باستخدام الطرق المختلفة للحساب.

الحل:

لفرض بيان تصوّر تقريبي للحل، يمكن رسم الاحداثيات المعلومه والاتجاهين المعلومين كما مبين في الشكل (9.12) وحسب مقياس تقريبي. ثم تتبع الطرق الآتية في الحل:



الشكل (9.12)

أ) طريقة المثلثات:
(1) يُحسب طول واتجاه C و AZ و ω بالحسابات المعكوسة:

$$\begin{aligned} \therefore AZ.\omega &= \tan^{-1} \left(\frac{170 - 100}{80 - 120} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{+70}{-40} \right) = (-60^\circ 15') \quad (\text{الاتجاه في الربع الثاني}) \end{aligned}$$

$$\therefore AZ.W = 180^\circ - 60^\circ 15' = 119^\circ 45'$$

$$C = \frac{+70}{\sin 119^\circ 45'} = \frac{-40}{\cos 119^\circ 45'} = 80.62 \text{ m}$$

(2) تحسب الزوايا الداخلية 1، 2، 3 من الاتجاهات $\omega, \beta, \alpha, \omega, \alpha$ كالآتي:

$$\angle 1 = 119^\circ 45' - 48^\circ 24' = 71^\circ 21'$$

$$\angle 2 = 228^\circ 24' - 162^\circ 30' = 65^\circ 54'$$

$$\angle 3 = 162^\circ 30' - 119^\circ 45' = 42^\circ 45'$$

$$\Sigma \text{ angles} = 180^\circ 00' \therefore \text{Check}$$

(3) بحسب الطولان A و B باستخدام قانون الجيوب كالآتي (القانونان 9.1a و 9.1b).

$$\frac{C}{\sin \angle 2} = \frac{A}{\sin \angle 3} = \frac{B}{\sin \angle 1}$$

$$\therefore A = \frac{80.62}{\sin (65^\circ 54')} \times \sin (42^\circ 45') = 59.95 \text{ m}$$

$$B = \frac{80.62}{\sin (65^\circ 54')} \times \sin (71^\circ 21') = 83.68 \text{ m}$$

(4) بحسب موقع P_2 بالحسابات الامامية (من P_1 و A و $AZ.\alpha$):

$$E_2 = E_1 + A \cdot \sin \alpha, N_2 = N_1 + A \cdot \cos \alpha$$

$$\therefore E_2 = 100 + 59.95 \times \sin (48^\circ 24') = 144.83,$$

$$N_2 = 120 + 59.95 \times \cos (48^\circ 24') = 159.80$$

(5) يتحقق من موقع P_3 بالحسابات الامامية (من P_2 و B و $AZ.\beta$):

$$E_3 = E_2 + B \cdot \sin \beta, N_3 = N_2 + B \cdot \cos \beta$$

$$E_3 = 144.83 + 83.68 \times \sin (162^\circ 30') = 169.993 \cong 170 \therefore \text{Check}$$

$$N_3 = 159.80 + 83.68 \times \cos (162^\circ 30') = 79.993 \cong 80 \therefore \text{Check}$$

كما يمكن حساب موقع P_2 عن طريقين لغرض التحقق من موقعها باستخدام الحسابات الامامية وذلك عن طريق
Back AZ, β , B, P_3 , AZ, α , A, P_1 كالآتي :

(طريق اول : تم حسابه سابقاً) : $E_2 = E_1 + A \cdot \sin \alpha$, $N_2 = N_1 + A \cdot \cos \alpha$

(طريق ثاني) : $E_2 = E_3 + B \cdot \sin (\text{Back } \beta)$, $N_2 = N_3 + B \cdot \cos (\text{Back } \beta)$

$\therefore E_2 = 170 + 83.68 \times \sin (342^\circ 30') = 144.837 \approx 144.83 \therefore \text{Check}$

$N_2 = 80 + 83.68 \times \cos (342^\circ 30') = 159.807 \approx 159.80 \therefore \text{Check}$

(ب) طريقة الضلعين :

(1) بحسب ΔE و ΔN كالآتي : $\Delta E = 170 - 100 = +70$, $\Delta N = 80 - 120 = -40$

(2) بحسب طول الضلعين من القانونين (9.2a) و (9.2b) كالآتي :

$$A = \frac{\Delta E \cdot \cos \beta - \Delta N \cdot \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)} = \frac{(+70) \cdot \cos 162^\circ 30' - (-40) \cdot \sin 162^\circ 30'}{\sin (48^\circ 24' - 162^\circ 30')}$$

$= 59.96\text{m} \approx 59.95\text{m} \therefore \text{Check}$

$$B = \frac{\Delta E \cdot \cos \alpha - \Delta N \cdot \sin \alpha}{\sin (\beta - \alpha)} = \frac{(+70) \cdot \cos 48^\circ 24' - (-40) \cdot \sin 48^\circ 24'}{\sin (162^\circ 30' - 48^\circ 24')}$$

$= 83.68\text{m} = 83.68\text{m} \therefore \text{Check}$

وهذان الطولان هما نفسهما اللذان حسبنا في الطريقة السابقة.
(3) بحسب الموضع P_2 ويتحقق من الموقع P_3 كما تم في الطريقة السابقة.

(ج) طريقة الهندسة التحليلية

(1) بحسب موقع P_2 (E_2, N_2) من القانونين (9.3a) و (9.3b) كالآتي :

$$N_2 = \frac{E_3 - E_1 + N_1 \cdot \tan \alpha - N_3 \cdot \tan \beta}{\tan \alpha - \tan \beta}$$

$$= \frac{170 - 100 + (120)(\tan 48^\circ 24') - (80)(\tan 162^\circ 30')}{\tan 48^\circ 24' - \tan 162^\circ 30'} = \frac{230.38316}{1.4416259}$$

$= 159.808 \approx 159.80 \therefore \text{Check}$

$$E_2 = E_1 + (N_2 - N_1) \cdot \tan \alpha = 100 + (159.808 - 120) \tan 48^\circ 24' = 144.837$$

$$\approx 144.83 \therefore \text{Check}$$

وقد يحسب موقع P_2 بالقانونين :

$$E_2 = \frac{E_1 \cdot \cot \alpha - E_3 \cdot \cot \beta + N_3 - N_1}{\cot \alpha - \cot \beta}$$

$$\therefore E_2 = \frac{100 \cdot \cot 48^\circ 24' - 170 \cdot \cot 162^\circ 30' + 80 - 120}{0.8878415 - (-3.1715948)} = \frac{587.95527}{4.0594363} = 144.83$$

$$N_2 = N_1 + (E_2 - E_1) \cot \alpha = 120 + (44.84) \cot \alpha = 159.81$$

أو يحسب موقع P_2 باستخدام الزوايا كالاتي :

$$E_2 = \frac{E_3^{170} \cdot \cot \angle 1 + E_1^{100} \cdot \cot \angle 3 + N_1^{120} - N_3^{80}}{\cot \angle 1 + \cot \angle 3} = \frac{205.5559}{1.4193028} = 144.83$$

$$N_2 = \frac{N_3^{80} \cdot \cot \angle 1 + N_1^{120} \cdot \cot \angle 3 + E_3^{170} - E_1^{100}}{\cot \angle 1 + \cot \angle 3} = \frac{226.81598}{1.4193028} = 159.81$$

(تمثل الاعداد فوق الحروف القيم المناسبة)

(2) يحسب طول الضلعين A و B بالحسابات المعكوسة كالاتي :

$$A = \frac{144.837 - 100}{\sin 48^\circ 24'} = 59.96m \approx 59.95m \therefore \text{Check}$$

$$B = \frac{170 - 144.837}{\sin 162^\circ 30'} = 83.68m = 83.68m \therefore \text{Check}$$

(3) يمكن أيضاً إعادة حساب موقع P_2 والتحقق من موقع P_3 بالحسابات الامامية كما مرّ سابقاً.

(ج) طريقة دوران الاحداثيات

(1) يحسب ΔE و ΔN ثم يحسب الطولان B (أولاً) ثم A باستخدام القانونين (9.4a) و (9.4b) كالاتي :

$$B = \frac{\Delta E \cdot \cos \alpha - \Delta N \cdot \sin \alpha}{\sin (\beta - \alpha)} = 83.68m \quad (\text{حيث انه القانون نفسه لطريقة التصليح})$$

$$A = \Delta E \cdot \sin \alpha + \Delta N \cdot \cos \alpha - B \cdot \cos (\beta - \alpha)$$

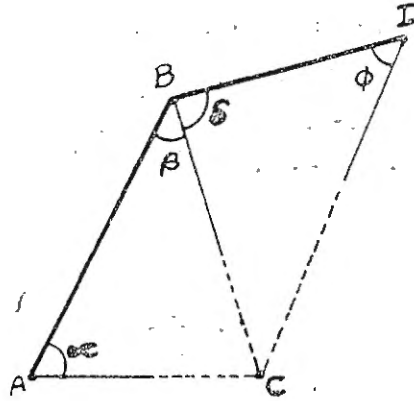
$$= (+70) \cdot \sin 48^\circ 24' + (-40) \cdot \cos 48^\circ 24' - (83.68) \cdot \cos (162^\circ 30' - 48^\circ 24')$$

$$= 52.346 - 26.557 + 34.169 = 59.958m \approx 59.95m \therefore \text{Check}$$

(2) يحسب موقع P_2 ويتحقق من موقع P_3 بالحسابات الامامية وكما مرّ سابقاً.

استخدام ثلاث نقاط معلومة المواقع أو خطا قاعدة.

لفرض التحقق من صحة الارصادات الزاوية والتأكد من خلوها من الاخطاء الكبيرة، تستخدم ثلاث نقاط معلومة المواقع (أو خطا قاعدة) حيث تقاس منها أربع زوايا نحو النقطة المطلوب حساب موقعها كما مبين في الشكل 9.13. وهكذا يمكن حساب موقع النقطة C في الشكل عن طريق حل المثلثين ABC و BDC أو بإحدى الطرق المذكورة سابقاً. وعند مقارنة الموقعين المحسوبين للنقطة C، وإذا كان الفرق بينهما قليلاً، فهذا يدل على ان الارصادات الزاوية ليس فيها أخطاء كبيرة، وبذلك يؤخذ معدل الموقعين المحسوبين كنتائج نهائي.



الشكل (9.13) التقاطع من خطي قاعدة (أو ثلاث نقاط)

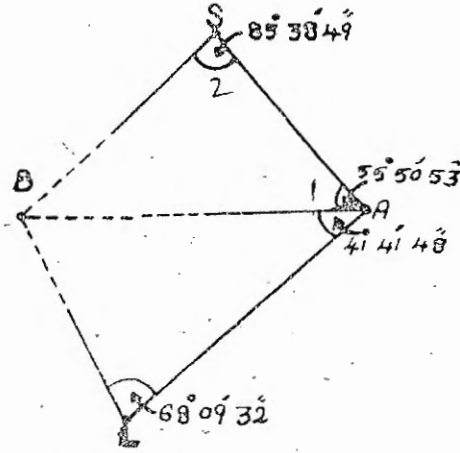
مسألة: يبين الشكل 9.14 خطي قاعدة اخذت من نقاطه الثلاث أربع إرصادات زاوية نحو النقطة B. فإذا كانت احداثيات النقاط كالآتي:

$$E_S = 1309.12m, N_S = 1170.50m,$$

$$E_A = 1525.43m, N_A = 958.87m,$$

$$E_L = 1231.08m, N_L = 565.81m,$$

فكم تكون احداثيات نقطة التقاطع B؟



الشكل (9.14) خط القاعدة والزوايا المقية ونقطة B

الحل:

تُحسب احداثيات نقطة B من المثلث SAB (باتجاه عقرب الساعة) باستخدام طريقة الزوايا (بالهندسة التحليلية) كالآتي:

$$E_B = \frac{(N_A - N_S) + E_S \cot \hat{SAB} + E_A \cot \hat{BSA}}{\cot \hat{BSA} + \cot \hat{SAB}}$$

$$= \frac{(958.87 - 1170.50) + 1309.12 \cot 55^\circ 50' 53'' + 1525.43 \cot 85^\circ 38' 49''}{\cot 85^\circ 38' 49'' + \cot 55^\circ 50' 53''}$$

$$= 1050.45\text{m}$$

$$N_B = \frac{(E_S - E_A) + N_S \cot \hat{SAB} + N_A \cot \hat{BSA}}{\cot \hat{BSA} + \cot \hat{SAB}}$$

$$= \frac{(1309.12 - 1525.43) + 1170.50 \cot 55^\circ 50' 53'' + 958.87 \cot 85^\circ 38' 49''}{\cot 85^\circ 38' 49'' + \cot 55^\circ 50' 53''}$$

$$= 862.45\text{m}$$

وللتحقق من صحة الارصادات الزاوية والحسابات اعلاه ، تحسب احداثيات نقطة B مرة أخرى باستخدام المثلث BAL وبالطريقة نفسها اعلاه كالآتي:

$$E_B = \frac{(N_L - N_A) + E_A \cot \hat{ALB} + E_L \cot \hat{BAL}}{\cot \hat{BAL} + \cot \hat{ALB}} = 1050.50\text{m}$$

$$N_B = \frac{(E_A - E_L) + N_A \cot \hat{ALB} + N_L \cot \hat{BAL}}{\cot \hat{BAL} + \cot \hat{ALB}} = 862.46\text{m}$$

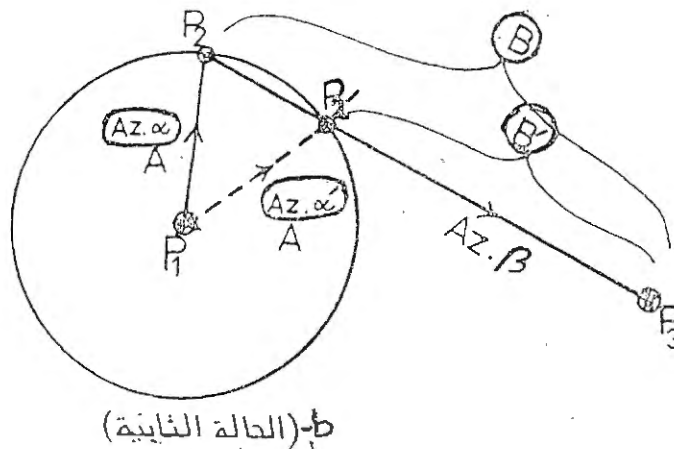
ومن الحسابات اعلاه ، يتبين أن الموقعين المحسوبين متطابقان ضمن 0.05م وعليه لم تحدث اخطاء كبيرة في الارصادات الزاوية ، وتكون الاجداثيات النهائية للنقطة B مساوية للمعدل للاحداثيات المحسوبة في الحالتين وهي:

$$E_B = 1050.48\text{m} , N_B = 862.46\text{m}$$

Intersection (II)-A length of side and a Direction of another side are unknown

وہناك حالتان تواجہان عند حل هذا التقاطع وھما :

والحالة الثانية: إذا كان طول الضلع الأول واتجاه الضلع الثاني هما المعلومان (الشكل 9.15 b).



۳۸۸

وسوف تؤخذ الحالة الأولى بنظر الاعتبار لغرض حل هذا التقاطع ، إذ يمكن اعتبار الحالة الثانية بصورة معكوسة كي تشابه الحالة الأولى .

ففي التقاطع الثاني (انظر الشكل 9.15a) ، يكون :

المعلوم : موقع النقطة P_1 (E_1, N_1) ، وموقع النقطة P_3 (E_3, N_3) ، واتجاه الضلع P_1P_2 الذي يرمز له : $AZ.\alpha$ ، وطول الضلع P_2P_3 الذي يرمز له : B .

المطلوب حسابه : موقع النقطة P_2 (E_2, N_2) ، والموقع المحتمل P_2' ، وطول الضلع P_1P_2 الذي يرمز له : A ، والطول المحتمل A ، واتجاه الضلع P_2P_3 الذي يرمز له : $AZ.\beta$ ، والاتجاه المحتمل $AZ.\beta'$.

طرق الحل : تتبع الطرق الآتية لغرض حل هذا التقاطع وهي :

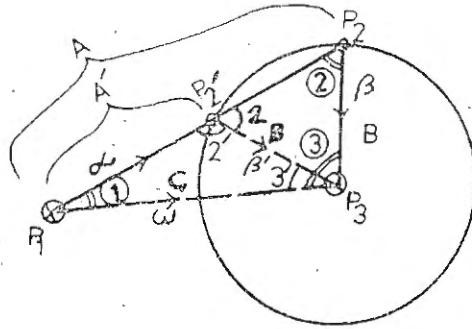
9.3.1 طريقة المثلثات :

يستخدم قانون الجيوب نفسه لغرض حل هذا التقاطع ، حيث المجهول هنا هو الزاوية 2 ، وياتبع الخطوات الآتية (انظر الشكل 9.16) ، والمطلوب حل المثلث المعلوم فيه ضلعان وزاوية :

(أ) بحسب طول واتجاه الضلع P_1P_3 وهما C و $AZ.\omega$ بالحسابات المعكوسة كما مر سابقاً .

(ب) تحسب الزاوية 1 ، المقابلة للضلع المعلوم (B) من الاتجاهين ω, α .

(ج) تحسب الزاوية 2 ، باستخدام قانون الجيوب كما يأتي :



الشكل (9.16)

$$\frac{B}{\sin \angle 1} = \frac{C}{\sin \angle 2}$$

$$\therefore \sin \angle 2 = \frac{C}{B} \sin \angle 1$$

وهناك احتمالان لقيمة 2 ، فأما أن تكون زاوية حادة (ويرمز لها 2) أو زاوية منفرجة (ويرمز لها $2'$) والتي تساوي : $2' = 180^\circ - 2$ ، كما هو ظاهر في الشكل 9.16 .

(د) تحسب الزاوية 3 ، والزاوية المحتملة $3'$ كما يأتي :

$$\alpha_3 = 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$\text{and } \alpha_3' = 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2')$$

(د) بحسب الاتجاه $AZ.\beta$ والمحتمل $AZ.\beta'$ كالآتي:

$$AZ.\beta = \text{Back } AZ.\alpha + \alpha_2$$

$$\text{and } AZ.\beta' = \text{Back } AZ.\alpha + \alpha_2'$$

(تؤخذ إحدى الاشارتين السالبة أو الموجبة حسب إتجاه عملية حساب الاتجاه المطلوب مع أو عكس عقرب الساعة، أو قد يستخدم الرسم والاتجاه الربعي لغرض حساب الاتجاه المطلوب)
(و) بحسب الطول A والمحتمل A' باستخدام قانون الجيوب مرة ثانية كالآتي:

$$\frac{B}{\sin \alpha_1} = \frac{A}{\sin \alpha_3} = \frac{A'}{\sin \alpha_3'}$$

$$\therefore A = \left(\frac{B}{\sin \alpha_1} \right) \cdot \sin \alpha_3, A' = \left(\frac{B}{\sin \alpha_1} \right) \cdot \sin \alpha_3'$$

(ز) بحسب موقع P_2 باستخدام P_1 و A و $AZ.\alpha$ ، ثم يتحقق من موقع P_3 باستخدام P_2 و B و $AZ.\beta$ (عن طريق الحسابات الامامية) وهذا هو الموقع المحتمل الاول لنقطة تقاطع المستقيم مع الدائرة.

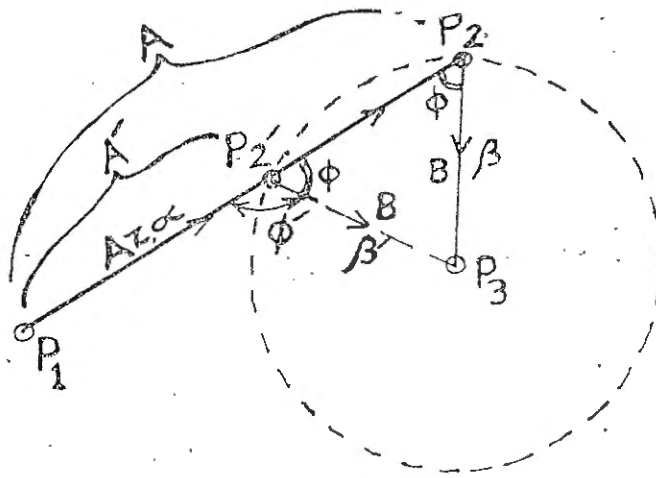
(ح) بحسب موقع P_2' باستخدام P_1 و A' و $AZ.\alpha$ ، ثم يتحقق من موقع P_3 باستخدام P_2' و B و $AZ.\beta'$ (عن طريق الحسابات الامامية ايضاً) وهذا هو الموقع المحتمل الثاني لنقطة التقاطع.

(ط) يختار أحد الاحتمالين المذكورين أعلاه. وما ينطبق مع الرسم للمضلع أو الواقع الحقيقي للاتجاه والطول المجهولين.

ملاحظة: يمكن اختصار الحل بعد مقارنة الاتجاهين المحتملين للمضلع P_2P_3 (وهما β, β') باتجاه المضلع المرسوم ضمن المضلع أو ما هو موجود في الحقل واختيار الاتجاه الذي ينطبق مع الرسم أو الواقع الحقيقي ثم حساب طول المضلع الاول المناسب لهذا الاتجاه والموقع الناتج لنقطة التقاطع. أما إذا كان الاتجاهان المحتملان واقعين في الربع نفسه فيجب التأكد من انطباق احدهما مع الواقع عن طريق بعض القياسات التقريبية بواسطة اجهزة بسيطة أو طرق مثلثية حسابية بسيطة.

9.3.2 طريقة التضييع أو الطريقة الميكانيكية:

يستخدم أحد القانونين المذكورين في الطريقة نفسها للتقاطع الاول (أما 9.2a أو 9.2b) والذي يحتوي على طول المضلع المعلوم (الطول B في هذه الحالة) حيث يمكن بواسطة حساب الفرق بين الاتجاهين المعلوم والمطلوب (وهو α_0 أو α_2) وبالتالي بحسب الاتجاهان المحتملان والطولان المحتملان والموقعان المحتملان كما مبين في الخطوات الآتية (انظر الشكل 9.17):



الشكل 9.17

(أ) بحسب الفرق بين الاتجاهين المعلوم (وهو α) والمطلوب حسابه (وهو β) من القانون (9.2b) المذكور في التقاطع الأول كالآتي:

$$\sin(\beta - \alpha) = \frac{\Delta E \cdot \cos \alpha - \Delta N \cdot \sin \alpha}{B}$$

ويرمز إلى الفرق بالزاوية ϕ .

أو: $\phi = \beta - \alpha$

حيث أن هناك احتمالين لقيمة ϕ : وهما زاوية حادة (يرمز لها ϕ) وزاوية منفرجة (ويرمز لها ϕ) وتساوي: $\phi = 180 - \phi$ كما يظهر في الشكل 9.17.

(ب) بحسب الاتجاه المطلوب ($AZ.\beta$) والاتجاه المحتمل $AZ.\beta'$ كالآتي:

$$AZ.\beta = \text{Back } AZ.\alpha + \phi$$

$$\text{and } AZ.\beta' = \text{Back } AZ.\alpha + \phi'$$

وتعتمد الإشارة المختارة السالبة أو الموجبة في القانونين اعلاه على طريقة حساب الاتجاه المطلوب مع أو عكس عقرب الساعة (أو قد يحسب عن طريق الرسم باستخدام الاتجاه الرباعي للضلعين).

(ج) بحسب الطول المطلوب (A) والطول المحتمل (A') باستخدام القانون (9.2a) المذكور في التقاطع الأول كالآتي:

$$A = \frac{\Delta E. \cos \beta - \Delta N. \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)}$$

and

$$A' = \frac{\Delta E. \cos \beta' - \Delta N. \sin \beta'}{\sin (\alpha - \beta')}$$

- هـ) بحسب الموقع المطلوب (P_2) باستخدام P_1 و A و AZ, α (بالحسابات الامامية) ثم يتحقق من موقع (P_3) باستخدام P_2 و B و AZ, β (بالحسابات الامامية ايضاً)
- و) بحسب الموقع المحتمل P_2' باستخدام P_1 و A' و AZ, α ثم يتحقق من موقع (P_3) باستخدام P_2' و B و AZ, β' (بالحسابات الامامية لكليهما).
- و) يختار أحد الاحتمالين اعلاه بما ينطبق مع الرسم للمضلع أو الواقع الحقل للاتجاه والطول المجهولين.

9.3.3 طريقة الهندسة التحليلية

يتم حل معادلتين آتياً بهذه الطريقة للحصول على موقع (P_2) والموقع المحتمل (P_2') ، حيث يُمثل الخط ذو الاتجاه المعلوم بمعادلة خط مستقيم ويُمثل الخط ذو الطول المعلوم بمعادلة دائرة نصف قطرها يساوي الطول المعلوم. وتتبع الخطوات الآتية للحل بهذه الطريقة :

أ) بحسب موقع P_2 (E_2 و N_2) والموقع المحتمل P_2' (E_2' و N_2') من المعادلتين ادناه :

$$\tan \alpha = \frac{E_2 - E_1}{N_2 - N_1} \quad \text{معادلة الخط المستقيم } (P_1 P_2) :$$

$$B^2 = (E_2 - E_3)^2 + (N_2 - N_3)^2 \quad \text{ومعادلة الدائرة التي نصف قطرها } (P_2 P_3) :$$

وبعد حل المعادلتين آتياً (ولكون المعادلة الثانية من الدرجة الثانية) نحصل على الموقعين P_2 و P_2' .

ب) بحسب الطولان (A) و (A') باستخدام الحسابات المعكوسة للموقعين P_1 و P_2 أولاً ثم P_1 و P_2' ثانياً.

ج) بحسب الاتجاهان (AZ, β) و (AZ, β') باستخدام الحسابات المعكوسة أيضاً للموقعين P_2 و P_3 أولاً ثم P_2' و P_3 ثانياً.

د) يختار أحد الاحتمالين اعلاه والذي ينطبق مع الرسم للمضلع أو الواقع الحقل.

مثال 9.3

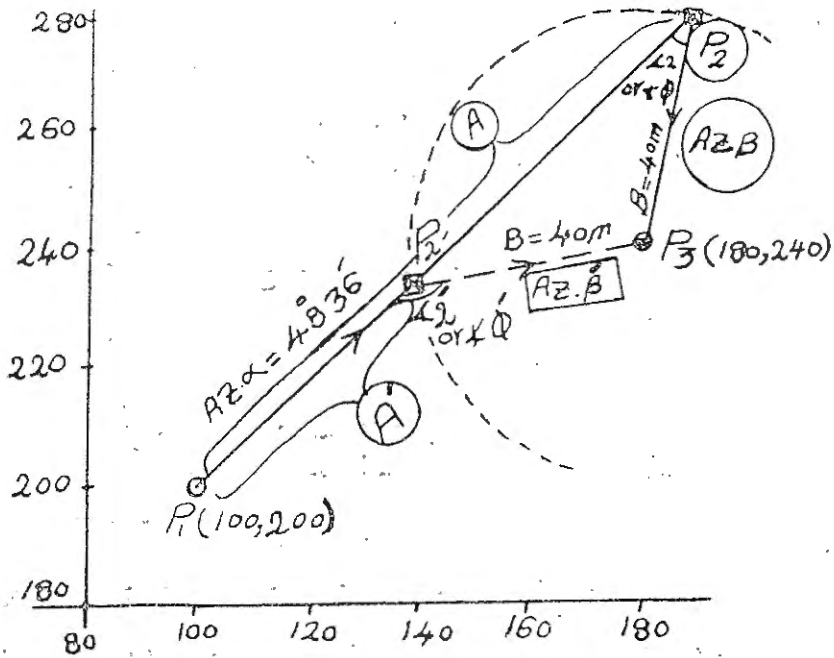
إذا كان الخط $P_1 P_2$ ذو الاتجاه المعلوم : $AZ, \alpha = 48^\circ 36'$ يقطع الخط $P_2 P_3$ ذا الطول : $A = 40.00m$ ، وكان موقعاً نقطتي النهاية لهذين الخطين هما : ($E_1 = 100$ و $N_1 = 200$) و ($E_3 = 180$ و $N_3 = 240$) . P_3 . احسب الطولين المحتملين للخط الاول والاتجاهين المحتملين للخط الثاني والموقعين المحتملين لنقطة تقاطعها، باستخدام التقاطع الثاني والحل بطريقتي المثلثات والتضليع مع التحقق .

الحل

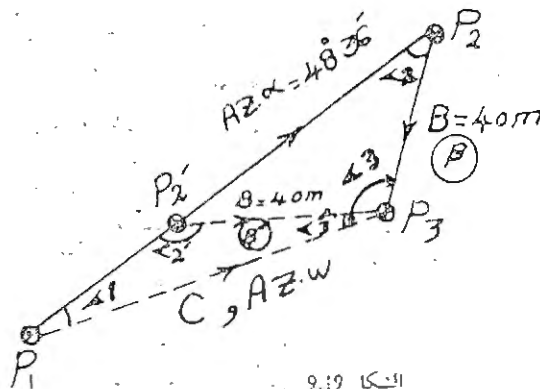
يرسم الخطان والموقعان المعلومان كما مبين في الشكل 9.18 لأعطاء صورة تقريبية للحلين المحتملين وهما :
الحل الأول : A و $AZ.B$ و P_2 والحل الثاني : $A', AZ.B', A'$ و P_2'

الحل بطريقة المثلثات

: تتبع الخطوات الآتية في الحساب (بعد رسم المثلث $P_1P_2P_3$) كما في الشكل 9.19 :
أ) بحسب طول واتجاه P_1P_3 وهما C و $AZ.\omega$ كالآتي :



الشكل 9.18



الشكل 9.19

$$AZ. \omega = \tan^{-1} \left(\frac{180 - 100}{240 - 200} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{+80}{+40} \right)$$

$$= 63^{\circ}26'$$

(في الربع الأول)

$$C = \frac{+80}{\sin 63^{\circ}26'} = 89.44 \text{ m}$$

(ب) نحسب الزاوية 1 كالآتي : $\angle 1 = AZ. \omega - AZ. \alpha = 63^{\circ}26' - 48^{\circ}36' = 14^{\circ}50'$

(ج) نحسب الزاويتان 2 و 2' كالآتي :

$$\frac{B}{\sin \angle 1} = \frac{C}{\sin \angle 2}$$

$$\therefore \sin \angle 2 = \frac{89.44}{40} \times \sin 14^{\circ}50' = 0.5724343$$

$$\therefore \angle 2 = 34^{\circ}55'$$

(زاوية حادة)

$$\text{or } \angle 2' = 180^{\circ} - 34^{\circ}55' = 145^{\circ}05' \quad \text{أو (زاوية منفرجة)}$$

$$\angle 3 = 180 - (14^{\circ}50' + 34^{\circ}55') = 130^{\circ}15' ; \text{ ثم نحسب الزاويتان } 3 \text{ و } 3' :$$

$$\text{and } \angle 3' = 180 - (14^{\circ}50' + 145^{\circ}05') = 20^{\circ}05'$$

(د) بحسب الاتجاهان المحتملان $AZ. \beta', AZ. \beta$ كالآتي :

$$AZ. \beta = \text{Back } AZ. \alpha - \angle 2 = 228^{\circ}36' - 34^{\circ}55' = 193^{\circ}41'. \quad (\text{في الربع الثالث})$$

$$\text{or, } AZ. \beta' = \text{Back } AZ. \alpha - \angle 2' = 228^{\circ}36' - 145^{\circ}05' = 83^{\circ}31' \quad (\text{في الربع الأول})$$

(هـ) بحسب الطولان المحتملان A', A كالآتي :

$$\frac{B}{\sin \angle 1} = \frac{A}{\sin \angle 3} = \frac{A'}{\sin \angle 3'}$$

$$\therefore A = \frac{B}{\sin \angle 1} \times \sin \angle 3 = \frac{40}{\sin 14^{\circ}50'} \times \sin 130^{\circ}15' = 119.25 \text{ m}$$

$$\text{or, } A' = \frac{B}{\sin \alpha} \times \sin \alpha' = \frac{40}{\sin 14^\circ 50'} \times \sin 20^\circ 05' = 53.65 \text{ m}$$

(و) بحسب الموقع المحتمل P_2 ثم يتحقق من P_3 كالآتي :

$$E_2 = E_1 + A \cdot \sin \alpha = 100 + 119.25 \sin 48^\circ 36' = 189.45$$

$$N_2 = N_1 + A \cdot \cos \alpha = 200 + 119.25 \cos 48^\circ 36' = 278.86$$

ولغرض التحقق :

$$E_3 = E_2 + B \cdot \sin \beta = 189.45 + 40 \sin 193^\circ 41' = 179.988 \approx 180 \therefore \text{check}$$

$$N_3 = N_2 + B \cdot \cos \beta = 278.86 + 40 \cos 193^\circ 41' = 239.995 \approx 240 \therefore \text{check}$$

ثم بحسب الموقع المحتمل P_2' ويتحقق من P_3 كالآتي :

$$E_2' = E_1 + A' \cdot \sin \alpha = 100 + 53.65 \sin 48^\circ 36' = 140.24$$

$$N_2' = N_1 + A' \cdot \cos \alpha = 200 + 53.65 \cos 48^\circ 36' = 235.48$$

ولغرض التحقق :

$$E_3 = E_2' + B \cdot \sin \beta' = 140.24 + 40 \sin 83^\circ 31' = 179.984 \approx 180 \therefore \text{check}$$

$$N_3 = N_2' + B \cdot \cos \beta' = 235.48 + 40 \cos 83^\circ 31' = 239.996 \approx 240 \therefore \text{check}$$

(ز) إذا كان هذا التقاطع ضمن مضلع ما فيختار عندئذ أحد الحلين المحتملين بما ينطبق مع الرسم أو الواقع الحقيقي.

الحل بطريقة التضييع:

يستخدم الشكل 9.18 لغرض الحل وحسب الخطوات الآتية :

(أ) بحسب $\Delta E, \Delta N$ كما يأتي :

$$\Delta E = E_3 - E_1 = 180 - 100 = +80, \Delta N = N_3 - N_1 = 240 - 200 = +40$$

(ب) بحسب الفرق بين الاتجاهين α, β والذي يرمز له ϕ والفرق المحتمل ϕ' كالآتي :

لما كان الخط B هو المعلوم الطول فيستخدم القانون الخاص به للحصول على ϕ

$$\sin(\beta - \alpha) = \sin \phi = \frac{\Delta E \cdot \cos \alpha - \Delta N \cdot \sin \alpha}{B} = \frac{(+80) \cos 48^\circ 36' - (-140) \sin 48^\circ 36'}{40}$$

$$= 0.5725126$$

$$\therefore \phi = 34^\circ 56' \approx 2' \text{ (زاوية حادة) or } \phi = 180^\circ - 34^\circ 56' = 145^\circ 04' \approx 2' \text{ (زاوية منفرجة)}$$

(ج) بحسب الاتجاهان المحتملان $AZ. \beta, AZ. \alpha$ كالآتي :

(في الربع الثالث) $AZ. \beta = \text{Back } AZ. \alpha - \angle \varphi = 228^\circ 36' - 34^\circ 56' = 193^\circ 40'$

or, $AZ. \beta' = \text{Back } AZ. \alpha - \angle \varphi' = 228^\circ 36' - 145^\circ 04' = 83^\circ 32'$ (في الربع الأول)

(د) بحسب الطولان المحتملان A و A' باستخدام قانون التصلب للطول A كالآتي :

$$A = \frac{\Delta E. \cos \beta - \Delta N. \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)} = \frac{(+80) \cos 193^\circ 40' - (+40) \sin 193^\circ 40'}{\sin (48^\circ 36' - 193^\circ 40')}$$

$$= 119.25 \text{ m}$$

$$\text{or, } A' = \frac{\Delta E. \cos \beta' - \Delta N. \sin \beta'}{\sin (\alpha - \beta')} = \frac{(+80) \cos 83^\circ 32' - (+40) \sin 83^\circ 32'}{\sin (48^\circ 36' - 83^\circ 32')}$$

$$= 53.67 \text{ m}$$

(هـ) بحسب الموقع P_2 ويتحقق من الموقع P_3 ، ثم بحسب الموقع P_2 ويتحقق من الموقع P_3 كما مر سابقاً في طريقة المثلثات .

(ز) يختار أحد الحلين إذا كان التقاطع ضمن مضلع ما وبما ينطبق مع الرسم أو الواقع الحقيقي .

9.4 التقاطع الثالث (III) - إتجاهها ضلعيين مجهولان Intersection (III) - Two Directions are unknown

يُمثل هذا التقاطع هندسياً بتقاطع دائرتين ، وذلك لأن الطولين المعلومين يُمثلان نصفي قطرين لدائرتين تتقاطعان في نقطتين (أحدهما هي النقطة المطلوبة التي تنطبق مع الرسم للمضلع أو الواقع الحقيقي والآخرى هي احتمال آخر ناتج من الحل الرياضي وتهمل في العادة بعد اختيار النقطة المطلوبة) .
ففي التقاطع الثالث (أنظر الشكل 9.20) ، يكون :

المعلوم : موقع النقطة P_1 (E_1 و N_1) وموقع النقطة P_3 (E_3 و N_3) .

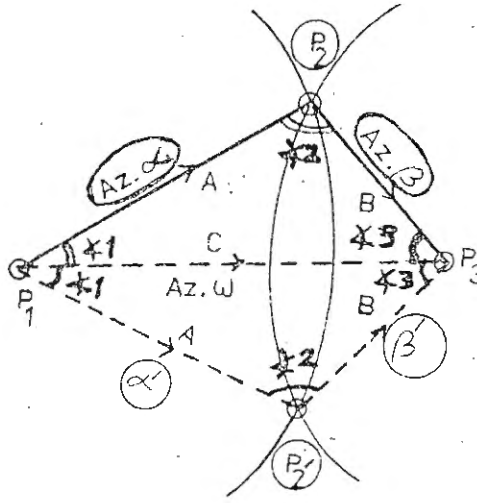
وطول الضلع P_1P_2 الذي يرمز له : A ،

وطول الضلع P_2P_3 الذي يرمز له : B .

المطلوب حسابه : موقع النقطة P_2 (E_2 و N_2) والموقع المحتمل P_2 .

وإتجاه الضلع P_1P_2 الذي يرمز له : $AZ. \alpha$ والاتجاه المحتمل $AZ. \alpha'$.

وإتجاه الضلع P_2P_3 الذي يرمز له : $AZ. \beta$ والاتجاه المحتمل $AZ. \beta'$.



الشكل 9.20

طرق الحل

إن أبسط طريقة للحل هي استخدام أحد قوانين حل المثلث ذي الاضلاع الثلاثة المعلومة الأطوال حيث أن استخدام طريقة التضليع فيها الكثير من التعقيد بسبب وجود قيمتي الجيب والجيب تمام المجهولتين لكل ضلع من الضلعين في القانونين المستخدمين في تلك الطريقة. وهكذا، فسوف نذكر طريقة مثلثة واحدة لغرض حل هذا التقاطع وهي أبسط الطرق المستخدمة. وتشمل طرق الحل الآتي:

9.4.1 طريقة المثلثات

يستخدم في هذه الطريقة قانون الجيب تمام لغرض حساب قيم الزوايا الداخلية للمثلث المطلوب حله، وبعد ذلك بحسب الاتجاهان المحتملان ونقطة التقاطع لهما ولكل احتمال من الاحتمالين الرياضيين الواردين في حل هذا التقاطع، وباتباع الخطوات الآتية في الحل (أنظر الشكل 9.20):

(أ) بحسب طول واتجاه الضلع P_1P_3 (وهما الطول C والاتجاه $AZ. \omega$) باستخدام الحسابات المعكوسة.
(ب) نحسب الزوايا الداخلية للمثلث $P_1P_2P_3$ والتي يرمز لها α, β, γ باستخدام قانون جيب التمام وأطوال أضلاع المثلث المعلومة وهي A و B و C كالآتي:

$$B^2 = A^2 + C^2 - 2.A.C. \cos \alpha$$

$$\therefore \cos \alpha = \frac{A^2 + C^2 - B^2}{2.A.C} \quad \dots (9.5a)$$

and

$$\cos \beta = \frac{A^2 + B^2 - C^2}{2.A.B} \quad \dots (9.5b)$$

and

$$\cos \angle 3 = \frac{B^2 + C^2 - A^2}{2.B.C} \quad \dots (9.5c)$$

ويمكن باستخدام قانون الجيب تمام معرفة نوع الزاوية وهل أنها حادة أم منفرجة ، حيث أن الزاوية تكون حادة إذا كان جيب تمامها موجباً وتكون منفرجة إذا كان جيب تمامها سالباً . وبحساب الزوايا الثلاث يمكن التحقق أيضاً من صحة حساباتها حيث يجب أن يكون مجموعها مساوياً 180° أو : $\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 = 180^\circ$.

(إلا أنه قد يكون هناك فرق مقداره ثانيتين أو ثلاثة نتيجة للتقريب في الحسابات عند استخدام الحاسبات اليدوية ، فيجب عندئذ إضافة أو طرح ثانية أو أكثر من زاوية أو زاويتين حسب الفرق الموجود ، علماً بأن هذا الفرق هو ليس تصحيحاً وإنما هو ناتج من التقريب في الحسابات ليس إلا) .

كما يمكن استخدام قوانين أنصاف الزوايا لغرض حساب الزوايا الداخلية كما يأتي :

$$\sin \frac{\angle 1}{2} = \sqrt{\frac{(S-A)(S-C)}{A.C.}}$$

$$\text{or, } \cos \frac{\angle 1}{2} = \sqrt{\frac{S(S-B)}{A.C.}}$$

$$\text{or, } \tan \frac{\angle 1}{2} = \sqrt{\frac{(S-A)(S-C)}{S(S-B)}}$$

$$S = \frac{A+B+C}{2} \quad \text{حيث } S : \text{ هو نصف محيط المثلث ويساوي :}$$

وقد يستخدم أيضاً قانون مساحة المثلث المعلوم منه ضلعان وزاوية كما يأتي :

$$\sin \angle 1 = \frac{2\Delta}{A.C.}, \quad \sin \angle 2 = \frac{2\Delta}{A.B}, \quad \sin \angle 3 = \frac{2\Delta}{B.C}$$

$$\Delta = \sqrt{S(S-A)(S-B)(S-C)} \quad \text{حيث } \Delta : \text{ هو مساحة المثلث ويساوي :}$$

S_r : هو نصف محيط المثلث كما سبق .

إلا أنه سوف يستخدم قانون جيب تمام هنا لغرض حل هذا التقاطع لبساطته .

ج) بحسب الاتجاهان $AZ.\beta$, $AZ.\alpha$ باستخدام الزوايا الثلاث المحسوبة سابقاً ولغرض التأكد من الحساب أيضاً وكالاتي :

$$AZ. \alpha = AZ. \omega + \alpha 1$$

$$AZ. \beta = \text{Back } AZ. \alpha + \beta 2$$

$$\text{for a check : Back } AZ. \omega = \text{Back } AZ. \beta + \alpha 3$$

(الذي يجب أن يساوي Back AZ. ω المحسوب في الخطوة (أ))

وتؤخذ عند الحساب إحدى الاشارتين حسبما تكون عليه عملية حساب الاتجاهات مع أو عكس عقرب الساعة.

(د) بحسب الاتجاهان المحتملان $AZ. \beta', AZ. \alpha'$ باستخدام الزوايا الثلاث المحسوبة سابقاً ولكن من الجهة الأخرى للضلع P_1P_3 (حيث أن المثلثين متطابقان) وكالآتي :

$$AZ. \alpha' = AZ. \omega + \alpha 1$$

$$AZ. \beta' = \text{Back } AZ. \alpha + \beta 2$$

$$\text{for a check : Back } AZ. \omega = \text{Back } AZ. \beta + \alpha 3$$

وعند الحساب ، تؤخذ إحدى الاشارتين أيضاً حسبما تكون عليه عملية حساب الاتجاهات مع أو عكس عقرب الساعة.

(هـ) بحسب الموقع P_3 باستخدام الحسابات الأمامية بوساطة P_1 و A و α ثم يُتحقق من موقع P_3 باستخدام الحسابات الأمامية أيضاً بوساطة P_2 و B و β

(و) بحسب الموقع المحتمل P_2' باستخدام الحسابات الأمامية بوساطة P_1 و A و α' ثم يُتحقق من موقع P_3 باستخدام الحسابات الأمامية أيضاً بوساطة P_2' و B و β'

(ز) يُختار أحد الاحتمالين اعلاه والذي ينطبق مع رسم المثلث أو الواقع الحقيقي. ويمكن ترتيب الحسابات كما في الجدول أدناه :

الجدول (9.2)

الزاوية	α Cos	$2 \times \text{طول ضلع} \times \text{طول ضلع آخر}$	(الطول) ²	طول الضلع
$\alpha 1 = 0^\circ$	$\text{Cos } \alpha 1$	2. A.C	B^2	B
$\alpha 2 = 0^\circ$	$\text{Cos } \alpha 2$	2. A.B	C^2	C
$\alpha 3 = 0^\circ$	$\text{Cos } \alpha 3$	2. B.C	A^2	A
$\Sigma = 180^\circ$				

إحسب الاتجاهان المحتملان لكل ضلع في المسألة أدناه (باستخدام التقاطع الثالث) ثم إحسب الموقعان المحتملان لنقطة التقاطع وتحقق من الحل، إذا علمت أن:

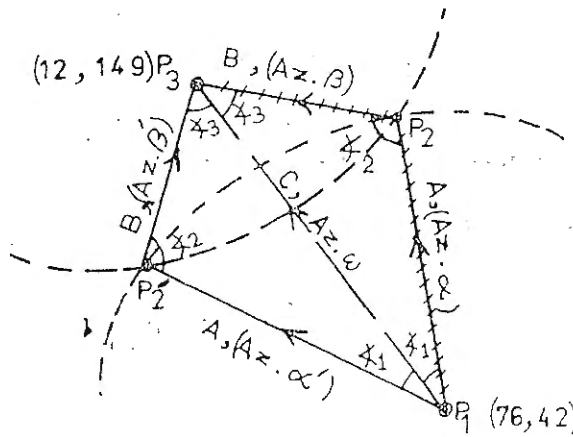
$$P_1 (E_1 = 76, N_1 = 42) \quad , \quad P_3 (E_3 = 12, N_3 = 149)$$

$$A = 94.20 \text{ m} \quad , \quad B = 55.80 \text{ m}$$

الحل

في الأمكان رسم المسألة كما مبين في الشكل المجاور حيث يظهر الاحتمالان للاتجاهين ولوقع نقطة التقاطع. ونجري حسابات الحل بطريقة المثلثات وباستخدام قانون جيب التمام كالآتي:

(1) بحسب طول واتجاه P_1P_3 :



شكل 9.21

$$AZ. \omega = \tan \left(\frac{12 - 76}{149 - 42} \right) = 329^\circ 06' 54''$$

$$\text{Length } C = \frac{107}{\cos 329^\circ 06' 54''} = 124.68 \text{ m}$$

(2) تحسب الزوايا x_1, x_2, x_3 باستخدام قانون جيب التمام:

$$\cos x_1 = \frac{(94.20)^2 + (124.68)^2 - (55.80)^2}{2 \times 94.20 \times 124.68} \quad \therefore x_1 = 24^\circ 54' 23''$$

$$\cos x_2 = \frac{(94.20)^2 + (55.80)^2 - (124.68)^2}{2 \times 94.20 \times 55.80} \quad \therefore x_2 = 109^\circ 46' 52''$$

$$\cos \alpha = \frac{(55.80)^2 + (124.68)^2 - (94.20)^2}{2 \times 55.80 \times 124.68} \therefore \alpha = 45^\circ 18' 45''$$

$$\Sigma = 180^\circ 00' 00'' \therefore \text{check}$$

(3) بحسب الاتجاهان β, α للأحتمال الأول، والاتجاهان β', α' للأحتمال الثاني:

$$AZ.\alpha = AZ.\omega + \alpha = 329^\circ 06' 54'' + 24^\circ 54' 23'' = 354^\circ 01' 17''$$

$$AZ.\beta = AZ.\omega - \alpha = 329^\circ 06' 54'' - 45^\circ 18' 45'' = 283^\circ 48' 09''$$

$$AZ.\alpha' = AZ.\omega - \alpha = 304^\circ 12' 31'', AZ.\beta' = AZ.\omega + \alpha = 14^\circ 25' 39''$$

(4) بحسب الموقع المحتمل الأول P_2 ثم يتحقق من الموقع P_3 :

$$E_2 = 76.00 + 94.20 \times \sin 354^\circ 01' 17'' = 66.19, N_2 = 42 + A \cdot \cos \alpha = 135.69$$

$$E_3 = 66.19 + 55.80 \times \sin 283^\circ 48' 09'' = 12.00, N_3 = 135.69 + B \cdot \cos \beta = 149.00 \therefore$$

(5) بحسب الموقع المحتمل الثاني P_2' ثم يتحقق من الموقع P_3 :

$$E_2' = 76.00 + 94.20 \times \sin 304^\circ 12' 31'' = -1.90, N_2' = 42 + A \cdot \cos \alpha' = 94.96$$

$$E_3 = -1.90 + 55.80 \times \sin 14^\circ 25' 39'' = 12.00, N_3 = 94.96 + B \cdot \cos \beta' = 149.00 \therefore$$

(6) يختار أحد الحلين (إذا كانت المسألة ضمن مضلع أو قطعة يُراد تقسيمها) بما ينطبق مع الرسم أو الواقع الحقل.

9.4.2 طريقة الهندسة التحليلية

تستخدم معادلتا الدائرتين ذواتي نصفي القطرين A و B لغرض حساب الموقعين المحتملين لنقطتي التقاطع للدائرتين وكالآتي:

(أ) بحسب الموقعان المحتملان $P_2 (E_2, N_2)$ و $P_2' (E_2', N_2')$ من المعادلتين أدناه:

$$A^2 = (E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2$$

$$B^2 = (E_2 - E_3)^2 + (N_2 - N_3)^2$$

(ب) بحسب الاتجاهان $AZ.\beta, AZ.\alpha$ باستخدام الحسابات المعكوسة للموقعين P_2 و P_1 ثم للموقعين P_3 و P_2 .

(ج) بحسب الاتجاهان المحتملان $AZ.\beta', AZ.\alpha'$ باستخدام الحسابات المعكوسة للموقعين P_2', P_1 ثم للموقعين P_3, P_2 .

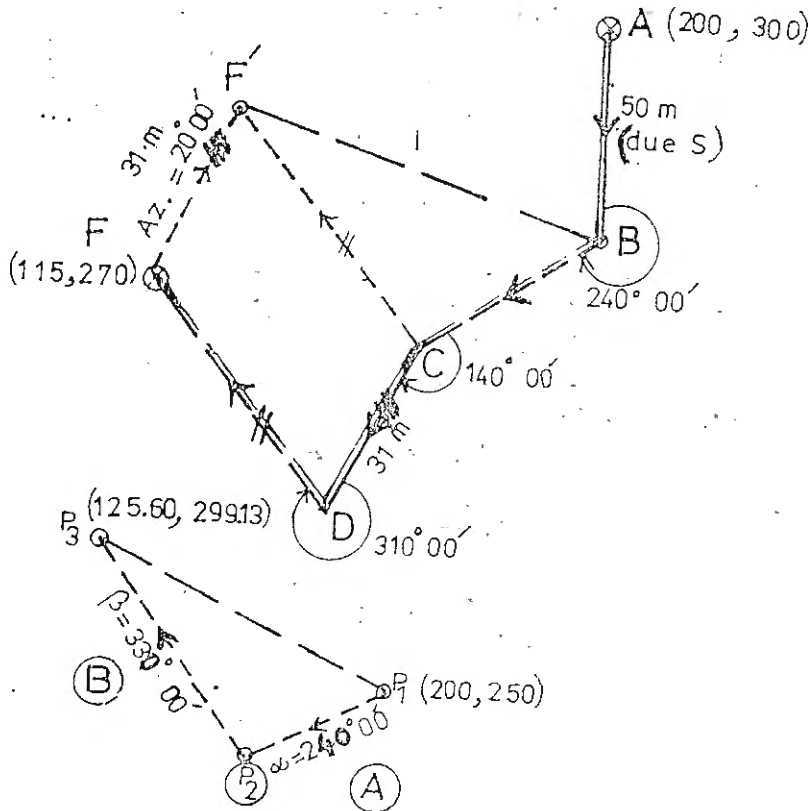
(د) يختار الاتجاهان والموقع الذين ينطبقون مع رسم المضلع أو الواقع الحقل.

9.5 القياسات المجهولة في المضلعات الدائرية والرابطة وأعمال التثليث وغيرها

تستخدم هذه التقاطعات التي ذكرت في الفقرات السابقة لأغراض حساب القياسات المجهولة في المضلعات الدائرية والرابطة وفي أعمال التثليث الثانوية وفي أعمال تقسيم الأراضي وعند تقاطع حدود مستقيمة مع خطوط تقسيم مستقيمة أو منحنية أو عند تقاطع منحنين مع بعضهما، حيث يمكن بواسطة هذه التقاطعات حساب الأطوال والاتجاهات المجهولة للأضلاع وحساب مواقع نقاط التقاطع للخطوط المستقيمة أو مع الخطوط المنحنية. وطرق الحسابات التي ذكرت للتقاطعات هي عند وجود ضلعين مجهولين متجاورين ومتقاطعين في نقطة، فإذا كان الضلعان المجهولان غير متجاورين فيجب رسم متوازي أضلاع (فيه ضلع مواز للضلع المجهول وآخر مواز للضلع المعلوم) أو عدة متوازيات أضلاع حتى يصبح الضلعان المجهولان متجاورين لغرض الحل بموجب الطرق المذكورة سابقاً. وسوف يتم حل أمثلة لاحقاً للقياسات المجهولة في المضلعات وهناك تمارين لفرض الحل وتختلف الأعمال الخاصة بالمسح.

مثال 9.5

احسب إحداثيات نقاط المضلع الرابط A B C D F المجهول فيه طول الضلعين BC و DF. (باستخدام التقاطع الأول).



الشكل 9.22

حتى يصبح الضلعان المجهولا الطولين متجاورين لغرض الحل ، يُرسم من C الخط CF موازياً للضلع DF والخط FF' موازياً للضلع DC .
ثم تحسب اتجاهات الاضلاع كالآتي :

$$AZ. \text{ of } BC = 240^{\circ}00'$$

$$AZ. \text{ of } CD = (240^{\circ} - 180^{\circ}) + 140^{\circ} = 200^{\circ}00'$$

$$AZ. \text{ of } DF = (200^{\circ} - 180^{\circ}) + 310^{\circ} = 330^{\circ}00'$$

ويُحسب بعد ذلك موقعاً النقطتين B و F' كالآتي :

$$E_B = E_A + AB. \sin 180 = 200 + 50 \times 0 = 200.00$$

$$N_B = N_A + AB. \cos 180 = 300 - 50 \times 1 = 250.00$$

$$E_{F'} = E_F + FF'. \sin 20^{\circ} = 115 + 31 \times 0.342020 = 125.60$$

$$N_{F'} = N_F + FF'. \cos 20^{\circ} = 270 + 31 \times 0.939693 = 299.13$$

وهكذا يصبح المثلث BCF هو المطلوب حله حيث أن: B تعدّ P₁ و C تعدّ P₂ و F' تعدّ P₃ والضلع BC هو P₁P₂ والضلع CF هو P₂P₃. وبالتالي يمكن حساب طولي الضلعين P₁P₂ و P₂P₃ باستخدام طريقة المثلثات (قانون الجيوب بعد حساب طول واتجاه P₁P₃ وزوايا المثلث الثلاث). أو يمكن حساب طولي الضلعين باستخدام الطريقة الميكانيكية (بعد عمل جدول) كالآتي :

الجدول (9.3)

النقطة Point	أحداثي التشرقي E	أحداثي الشمال N	الطول Length (m)	الاتجاه الدائري Azimuth	جيب Sin.	جيب تمام Cos.
P ₁	200.00	250.00				
P ₂	(E ₂) = 165.47	(N ₂) = 230.06	(A) = 39.87	240°00' (α)	- 0.8660255	- 0.5000000
P ₃	125.60	299.13	(B) = 79.75	330°00' (β)	- 0.5000000	0.8660254
			Sin φ = - 1	φ = - 90°	ΔE = - 74.40	ΔN = + 49.13

حيث يمكن حساب طولي A و B بالقانونين :

$$A = \frac{-(74.40) \times (0.8660254) - (+49.13) \times (-0.5)}{-1} = 39.87 \text{ m}$$

$$B = \frac{(-74.40) \times (-0.5) - (+49.13) \times (-0.8660254)}{1} = 79.75 \text{ m}$$

ثم بحسب موقع P_2 كالآتي :

$$E_2 = E_1 + A \cdot \sin \alpha = 200.00 + 39.87 \times \sin 240^\circ = 165.47, N_2 = 250 + 39.87 \times \cos 240^\circ = 230.06$$

وبعد ذلك يتحقق من موقع P_3 كالآتي :

$$E_3 = E_2 + B \cdot \sin \beta = 165.47 + 79.75 \times \sin 330^\circ = 125.60 \therefore \text{check}$$

$$N_3 = 230.06 + 79.75 \times \cos 330^\circ = 299.13 \therefore \text{check}$$

وأخيراً يمكن حساب إحداثيات نقاط المضلع الرابط بعمل جدول لحسابات التضلّع وكالآتي :

الجدول (9.4)

النقطة Point	الضلع Side	الطول Length	الاتجاه الدائري AZ.	المركبة الأفقية Dep	المركبة الرأسية Lat.	إحداثي الشرق E	إحداثي الشمال N
A	AB	50.00	180°00'	0.00	- 50.00	200.00	300.00
B	BC	39.87	240°00'	- 34.53	- 19.94	200.00	250.00
C	CD	31.00	200° 00'	- 10.60	- 29.13	165.47	230.06
D	DE	79.75	330° 00'	- 39.87	+ 69.07	154.87	200.93
F						115.00	270.00

ويمكن أيضاً حساب إحداثيات النقاط باستخدام جدول مشابه لجدول الطريقة الميكانيكية السابق.

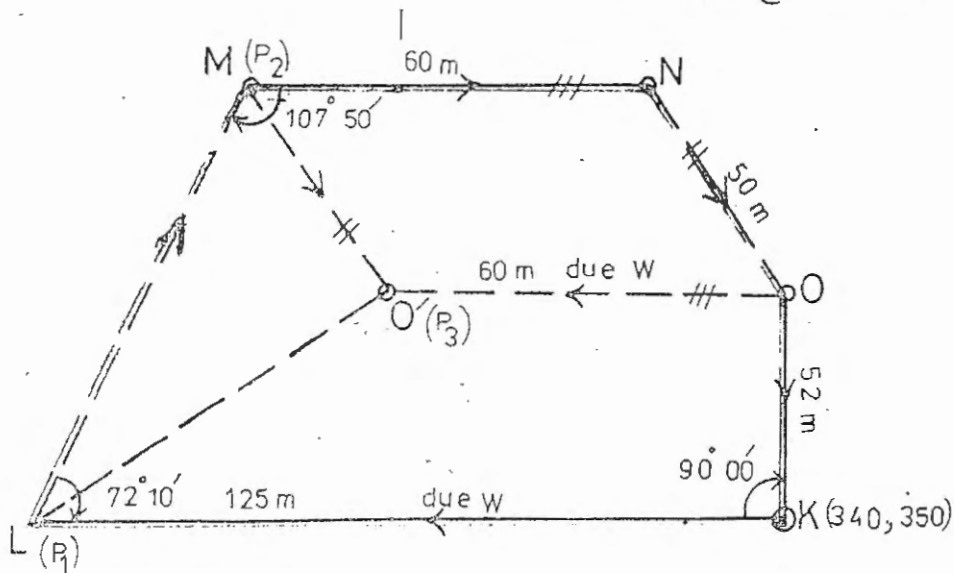
كما يمكن حل المثلث بطريقة الهندسة التحليلية حيث نحسب موقع P_2 أولاً باستخدام قانوني N_2 و E_2 . ثم نحسب طولاً الضلعين بالحسابات المعكوسة.

مثال 9.6

احسب إحداثيات نقاط المضلع المغلق K L M N O في طول الضلع LM واتجاه الضلع NO. (باستخدام التقاطع الثاني).

الحل

حتى يصبح الضلع المجهول الطول مجاوراً للضلع المجهول الاتجاه لغرض الحل، يرسم من M الخط $M O'$ موازياً للضلع NO ومن O الخط $O O'$ موازياً للضلع MN. وبذلك يصبح المثلث $L M O'$ هو المطلوب حله. فتحسب اتجاهات الاضلاع المعلومة كالآتي:



الشكل 9.23

$$AZ. \text{ of } LM = 90^\circ - 72^\circ 10' = 17^\circ 50'$$

$$AZ. \text{ of } MN = 197^\circ 50' - 107^\circ 50' = 90^\circ 00'$$

$$AZ. \text{ of } OK = 360^\circ - 180^\circ = 180^\circ 00'$$

وتحسب مواقع النقاط المطلوبة للحل وهي:

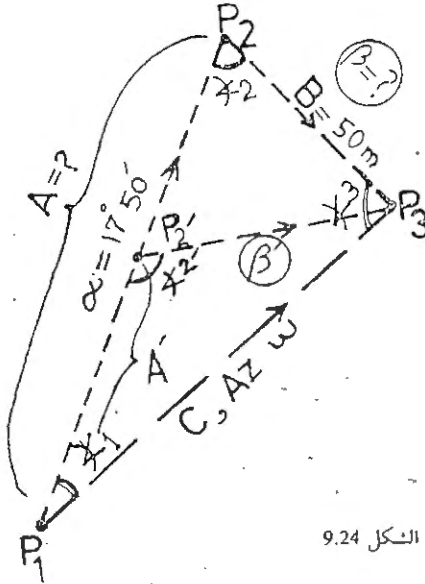
$$P_1 : (E_L = 340 + 125 \cdot \sin 270 = 215 , N_L = 350 + 125 \cdot \cos 270 = 350)$$

$$E_O = 340 + 52 \cdot \sin 0^\circ 00' = 340 , N_O = 350 + 52 \cdot \cos 0^\circ 00' = 402$$

$$P_3 : (E_{O'} = 340 + 60 \cdot \sin 270 = 280 , N_{O'} = 402 + 60 \cdot \cos 270 = 402)$$

و يمكن حلّ المثلث باستخدام الطريقة الميكانيكية عن طريق عمل جدول وحساب الفرق بين الاتجاهين $(\phi = \beta - \alpha)$ باستعمال القانون الذي يعطي طول الضلع (B) المعلوم، والذي يساوي 50 م. وبعد ذلك حساب الاتجاهين β و β' وطولي الضلعين A و A' ، واختيار الحل الذي ينطبق مع الحالة للضلع المرسوم. أو يحلّ المثلث باستخدام طريقة المثلثات وكالآتي :

(1) بحسب طول واتجاه P_1P_3 بالحسابات المعكوسة :



الشكل 9.24

$$\text{AZ. of } P_1P_3 = \tan^{-1} \left(\frac{280 - 215}{402 - 350} \right) = 51^\circ 20' \text{ (في الربع الأول)}$$

$$\text{Length of } P_1P_3 = \frac{+65}{\sin 51^\circ 20'} = 83.24 \text{ m}$$

(2) نحسب $\angle 1$ من إتجاهي : P_1P_3 و P_1P_2

$$\angle 1 = 51^\circ 20' - 17^\circ 50' = 33^\circ 30'$$

(3) نحسب $\angle 2$ باستخدام قانون الجيوب كالآتي :

$$\frac{\sin \angle 2}{83.24} = \frac{\sin 33^\circ 30'}{50} \therefore \angle 2 = 66^\circ 46'$$

$$\angle \angle 2' = 180^\circ - 66^\circ 46' = 113^\circ 14'$$

$$\text{AZ. } \beta = 197^\circ 50' - 66^\circ 46' = 131^\circ 04'$$

$$\& \text{ AZ. } \beta' = 197^\circ 50' - 113^\circ 14' = 84^\circ 36'$$

(4) نحسب β , β' كالآتي : (الربع الثاني)
(الربع الأول)

ولما كان إتجاه الضلع NO واقعاً في الربع الثاني بالنسبة للمضلع المرسوم ، فيختار عندئذ الاتجاه للضلع NO الذي يساوي :

$$AZ. \beta = AZ. NO = 131^{\circ}04'$$

(5) يُحسب طول الضلع LM الذي يساوي الضلع A في الرسم كالآتي (باستخدام قانون الجيوب) :

$$\angle 3 = AZ. \beta - AZ. \omega = 131^{\circ}04' - 51^{\circ}20' = 79^{\circ} 44'$$

$$\frac{A}{\sin 79^{\circ}44'} = \frac{50}{\sin 33^{\circ}30'} \quad \therefore A \text{ (or LM) } = 89.14 \text{ m}$$

(6) ثم يحسب موقع P_2 ويتحقق من موقع P_3 .

$$E_2 = 215 + 89.14 \sin 17^{\circ}50' = 242.30$$

$$N_2 = 350 + 89.14 \cos 17^{\circ}50' = 434.85$$

$$E_3 = 242.30 + 50 \sin 131^{\circ}04' = 280.00$$

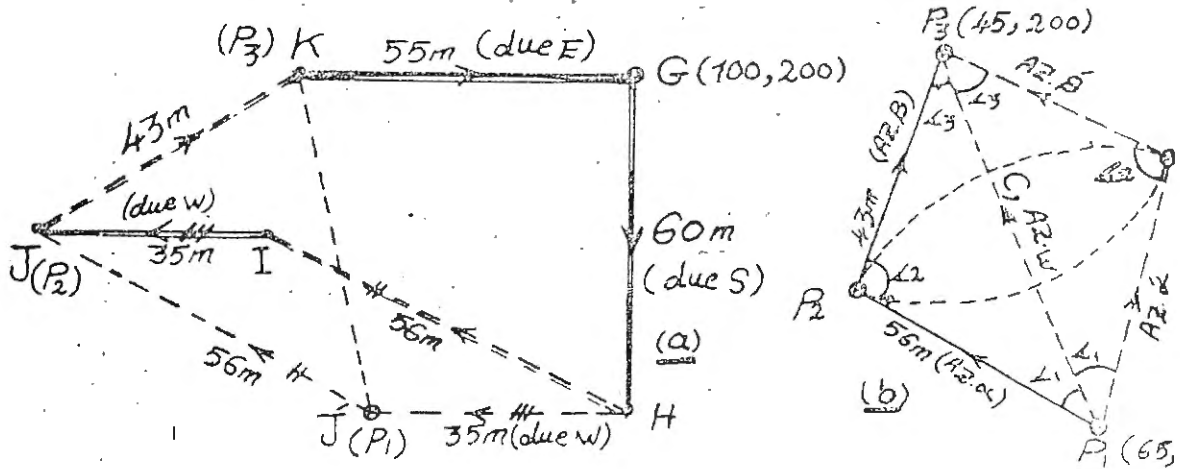
$$N_3 = 434.85 + 50 \cos 131^{\circ}04' = 402.00$$

(7) نحسب احداثيات نقاط المضلع كما في الجدول أدناه لحسابات التضلعي.

الجدول (9.5)

النقطة Point	الضلع Side	الطول Length	الاتجاه الدائري Azimuth	المركبة الافقية Dep	المركبة الرأسية Lat.	احداثي التشريق E	احداثي التشميل N
K						340	350
L	KL	125.00	270°00'	- 125	0.00	215	350
M	LM	89.14	17°50'	+ 27.30	84.85	242.30	434.85
N	MN	60.00	90°00'	+ 60	0.00	302.30	434.85
O	NO	50.00	131°04'	+ 37.70	- 32.85	340	402
K	OK	52.00	180°00'	0.00	- 52	340	350
						∴ Check	

إحسب احداثيات نقاط المثلث المغلق أدناه G H I, J K المجهول فيه إتجاهها الضلعين HI و JK (باستخدام التقاطع الثالث).



الشكل 9.25

الحل

حتى يصبح الضلع المجهول الاتجاه HI مجاوراً للضلع الآخر المجهول الاتجاه JK، يُرسم من نقطة H طول واتجاه لضلع مساوٍ للضلع HI وهو HJ' ثم يوصل J' الذي يوازي ويساوي طول الضلع HI. وهكذا تصبح النقاط K, J هي (P1) و J هي (P2) و K هي (P3)، حيث يمكن حساب موقعي K, J' من المعلومات المتوفرة كالآتي:

$$E_H = 100 + 60 \sin 180^\circ = 100, \therefore E_{J'(P_1)} = 100 + 35 \sin 270^\circ = 65$$

$$N_H = 200 + 60 \cos 180^\circ = 140, \therefore N_{J'(P_1)} = 140 + 35 \cos 270^\circ = 140$$

and

$$E_{K(P_3)} = 100 + 55 \sin 270^\circ = 45, N_{K(P_3)} = 200 + 55 \cos 270^\circ = 200$$

وهكذا، سوف يكون المثلث $P_1P_2P_3$ هو المثلث المطلوب حله ويستخدم قانون الجيب تمام لغرض إيجاد قيم زواياه 1 و 2 و 3 و كالآتي (باستخدام التقاطع الثالث):
(أ) بحسب طول واتجاه P_1P_3 بالحسابات المعكوسة:

$$AZ. \omega(P_1P_3) = \tan^{-1} \left(\frac{45 - 65}{200 - 140} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{-20}{+60} \right) = (-18^\circ 26' 06'') \quad \text{في الربع الرابع}$$

$$\therefore AZ. \omega (P_1 P_3) = 360^\circ - 18^\circ 26' 06'' = 341^\circ 33' 54''$$

$$\text{Legth } C (P_1 P_3) = \frac{-20}{\sin 341^\circ 33' 54''} = \frac{+60}{\cos 341^\circ 33' 54''} = 63.24 \text{ m}$$

(2) تحسب الزوايا $\angle 1, \angle 2, \angle 3$ باستخدام قانون جيب التمام وكالآتي :

$$\cos \angle 1 = \frac{(56)^2 + (63.24)^2 - (43)^2}{2 \times 56 \times 63.24} = 0.7463486 \quad \therefore \angle 1 = 41^\circ 43' 30''$$

$$\cos \angle 2 = \frac{(56)^2 + (43)^2 - (63.24)^2}{2 \times 56 \times 43} = 0.2046724 \quad \therefore \angle 2 = 78^\circ 11' 22''$$

$$\cos \angle 3 = \frac{(43)^2 + (63.24)^2 - (56)^2}{2 \times 43 \times 63.24} = 0.4987087 \quad \therefore \angle 3 = 60^\circ 05' 08''$$

$$\Sigma = 180^\circ \quad \therefore \text{check}$$

(3) بحسب الاتجاهان $AZ. \alpha$ و $AZ. \beta$ والاتجاهان المحتملان $AZ. \omega$ و $AZ. \alpha'$ كالآتي :

$$AZ. \alpha = AZ. \omega - \angle 1 = 341^\circ 33' 54'' - 41^\circ 43' 30'' = 299^\circ 50' 24'' \quad (\text{في الربع الرابع})$$

$$AZ. \beta = \text{Back } AZ. \alpha - \angle 2 = 119^\circ 50' 24'' - 78^\circ 11' 22'' = 41^\circ 39' 02'' \quad (\text{في الربع الاول})$$

وهذان الاتجاهان ينطبقان مع اتجاهي الضلعين المرسومين في المضلع (حيث ان اتجاه HI في الربع الرابع واتجاه JK في الربع الاول). ولغرض التحقق بحسب $AZ. \omega$ من $AZ. \beta$ و $\angle 3$ كما يأتي :

$$\begin{aligned} AZ. \omega &= AZ. \beta - \angle 3 = 41^\circ 39' 02'' - 60^\circ 05' 08'' = -18^\circ 26' 06'' + 360^\circ \\ &= 341^\circ 33' 54'' \quad \therefore \text{check} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AZ. \alpha' &= AZ. \omega + \angle 1 = 341^\circ 33' 54'' + 41^\circ 43' 30'' - 360^\circ \\ &= 23^\circ 17' 24'' \quad (\text{في الربع الاول}) \end{aligned}$$

$$AZ. \beta' = \text{Back } AZ. \alpha' + \angle 2 = 203^\circ 17' 24'' + 78^\circ 11' 22'' = 281^\circ 28' 46'' \quad (\text{في الربع الرابع})$$

وهذان الاتجاهان المحتملان لا ينطبقان مع اتجاهي الضلعين المرسومين في المضلع ولذلك يهملان. ويؤخذ الاتجاهان $AZ. \alpha$ و $AZ. \beta$ لحساب الاحداثيات المطلوبة للمضلع.

(4) بحسب موقع P_2 ويتحقق من موقع P_3 كالآتي :

$$E_{P_2} \text{ (or } E_J) = E_{P_1} + A. \sin \alpha = 65 + 56 \times \sin 299^\circ 50' 24'' = 16.42$$

$$N_{P_2} \text{ (or } N_J) = N_{P_1} + A. \cos \alpha = 140 + 56 \times \cos 299^\circ 50' 24'' = 167.86$$

For check : $E_{P_3} \text{ (or } E_K) = E_{P_2} + B. \sin \beta = 16.42 + 43 \times \sin 41^\circ 39' 02'' = 44.997 \approx 45 \therefore$

$$N_{P_3} \text{ (or } N_K) = N_{P_2} + B. \cos \beta = 167.86 + 43 \times \cos 41^\circ 39' 02'' = 199.99 \approx 200 \therefore$$

(5) نحسب احداثيات النقاط لأركان المضلع كما مبين في الجدول 9.6.

الجدول (9.6)

النقطة Point	الضلع Side	الطول Length	الاتجاه الدائري Az.	المركبة الافقية Dep.	المركبة الرأسية Lat.	احداثي التشريق E	احداثي التشميل N
G	GH	60	180°00'	0-00	- 60-00	100-00	200-00
H	HI	56	299°50'24"	- 48-58	+ 27-86	100-00	140-00
I	IJ	35	270°00'	- 35	0-00	51-42	167-86
J	JK	43	41°39'02"	+ 28-58	+ 32-14	16-42	167-86
K	KG	55	90°00'	+ 55	0-00	45-00	200-00
G						100-00 ∴ check	200-00

تمارين تطبيقية

9.1 إحسب المسافتين المحذوفتين A و B وإحداثيات نقطة التقاطع P_2 باستخدام التقاطع الاول عن طريق الحل بطريقتي المثلثات والهندسة التحليلية لكل من المسألتين أدناه (مع التحقق من صحة الحل):

(a) الموقعان المعطيان :

$$P_1 \begin{pmatrix} E1 = 123.85 \\ N1 = 74.36 \end{pmatrix} \text{ و } P_3 \begin{pmatrix} E3 = 138.05 \\ N3 = -115.12 \end{pmatrix}$$

$$AZ. \alpha = 42^\circ 36' 10''$$

والاتجاهان المعطيان :

$$AZ. \beta = 335^\circ 41' 50''$$

(b) الموقعان المعطيان :

$$P_1 \begin{pmatrix} E1 = 327.25 \\ N1 = 48.12 \end{pmatrix} \text{ و } P_3 \begin{pmatrix} E3 = 195.80 \\ N3 = 200.00 \end{pmatrix}$$

$$AZ. \alpha = 284^\circ 30' 18''$$

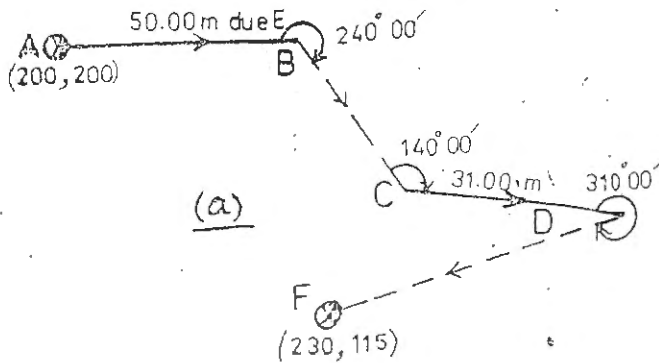
والاتجاهان المعطيان :

$$AZ. \beta = 29^\circ 45' 05''$$

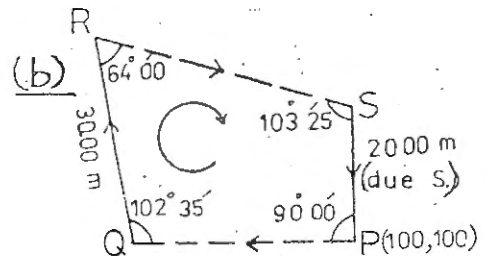
9.2 إحسب المسافتين المحذوفتين A و B وإحداثيات نقطة التقاطع P_2 باستخدام التقاطع الاول عن طريق الحل بالطريقة الميكانيكية (أو قوانين التضييع وعمل جدول للحل) وطريقة دوران الاحداثيات للمسألتين (a) و (b) في التمرين السابق 9.1

9.3 إحسب القياسين المحذوفين (المسافتين أو الطولين) في المضلعين أدناه باستخدام التقاطع الاول عن طريق الحل بطريقة المثلثات أو الطريقة الميكانيكية، ثم إحسب إحداثيات النقاط كافة بالحسابات الامامية (واعمل جدول لحسابات التضييع).

D - مضلع رابط مغلق ABCDF

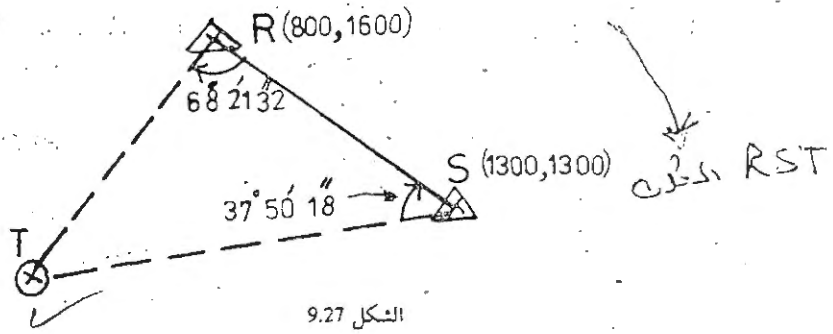


a - مضلع دائري مغلق PQRS



الشكل 9.26

9.4 إْحْسِب إحداثيات البرج "T" الذي رُصدت قِته من نقطتي تثليث "R" و "S" معلومتي الإحداثيات كما مبين في الشكل أدناه.



الشكل 9.27

9.5 إْحْسِب المسافة والاتجاه المزدوفين وإحداثيات نقطة التقاطع لكلا الحالتين المحتملتين للحل باستخدام التقاطع الثاني عن طريق الحل بطريقتي الثلاث والميكانيكية لكل من المسألتين أدناه (مع التحقق من صحة الحلين) :

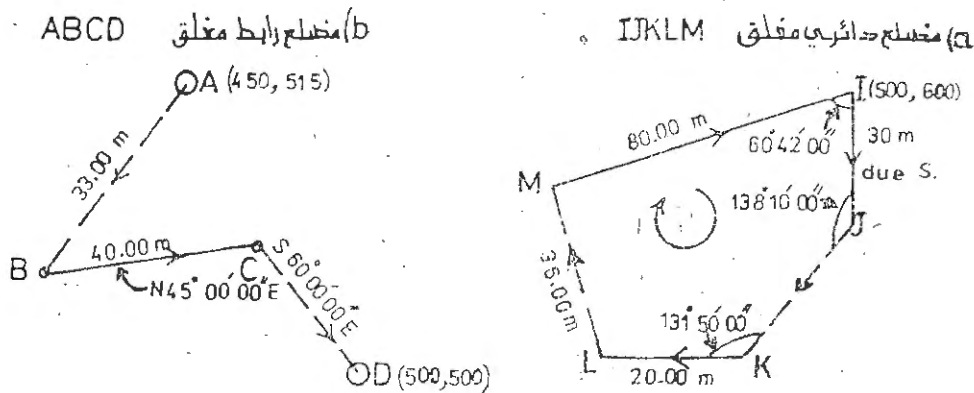
(a) الموقعان المعلومان : $P_1 \begin{pmatrix} E1 = 61.42 \\ N1 = 120.18 \end{pmatrix}$ و $P_3 \begin{pmatrix} E3 = 102.31 \\ N3 = 29.85 \end{pmatrix}$

والاتجاه المعلوم : $AZ. \alpha = 197^\circ 25' 10''$ والمسافة المعلومه $B = 76.38 \text{ m}$

(b) الموقعان المعلومان : $P_1 \begin{pmatrix} E1 = 22.57 \\ N1 = 60.92 \end{pmatrix}$ و $P_3 \begin{pmatrix} E3 = 143.14 \\ N3 = 31.76 \end{pmatrix}$

والاتجاه المعلوم $A = 85.27 \text{ m}$ والمسافة المعلومه $AZ. \beta = 71^\circ 43' 50''$

9.6 إْحْسِب القياسين المزدوفين (المسافة والاتجاه) في المضلعين أدناه باستخدام التقاطع الثاني عن طريق الحل بطريقة الثلاث أو الطريقة الميكانيكية لكلا الحالتين المحتملتين للحل ثم إختيار الحل المناسب الذي ينطبق مع المضلع المرسوم. ومن ثم حساب إحداثيات النقاط كافة بالحسابات الامامية.



الشكل 9.28

9.7 احسب الاتجاهين المحذوفين وإحداثيات نقطة التقاطع لكلا الحالتين المحتملتين للحل باستخدام التقاطع الثالث عن طريق الحل بطريقة المثلثات لكل من المسألتين أدناه (مع التحقق من صحة الحلين):

(a) الموقعان المعلومان : $P_1 \begin{pmatrix} E1 = 28.13 \\ N1 = 62.42 \end{pmatrix}$ و $P_3 \begin{pmatrix} E3 = 128.65 \\ N3 = 27.10 \end{pmatrix}$

والمسافتان المعلومتان : $A = 72.48 \text{ m}$ و $B = 84.71 \text{ m}$

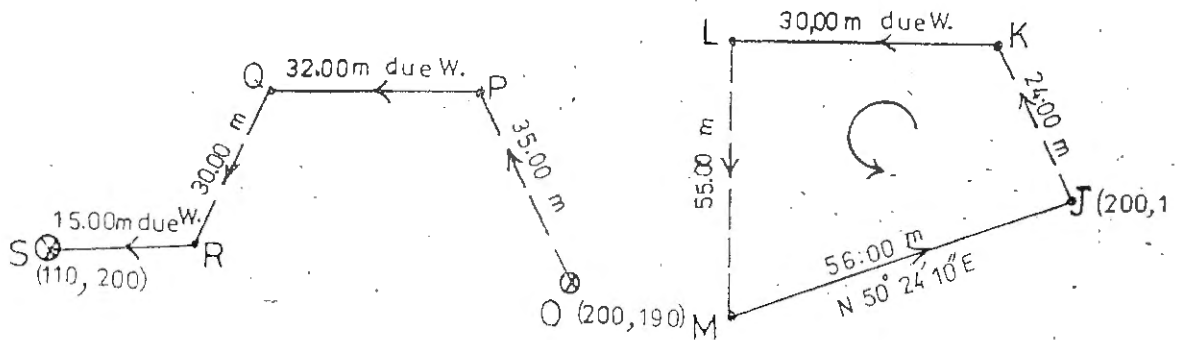
(b) الموقعان المعلومان : $P_1 \begin{pmatrix} E1 = 24.38 \\ N1 = 96.08 \end{pmatrix}$ و $P_3 \begin{pmatrix} E3 = 80.26 \\ N3 = 171.03 \end{pmatrix}$

والمسافتان المعلومتان : $A = 49.22 \text{ m}$ و $B = 63.92 \text{ m}$

9.8 احسب القياسين المحذوفين (الاتجاهين) في المضلعين أدناه باستخدام التقاطع الثالث عن طريق الحل بطريقة المثلثات لكلا الحالتين المحتملتين للحل ثم اختيار الحل المناسب الذي ينطبق مع المضلع المرسوم. ومن ثم حساب إحداثيات النقاط كافة بالحسابات الامامية.

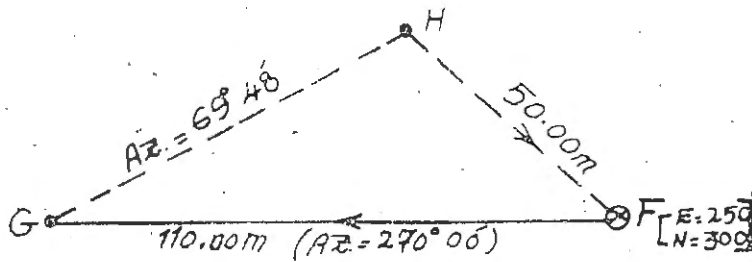
OPQRS - مضلع رابط مغلق

a- مضلع دائري مغلق JKLM



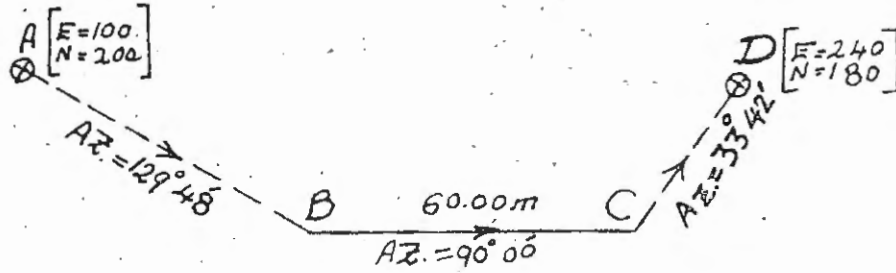
شكل 9.29

9.9 احسب إحداثيات النقطة "H" من المعلومات المعطاة في الشكل أدناه.



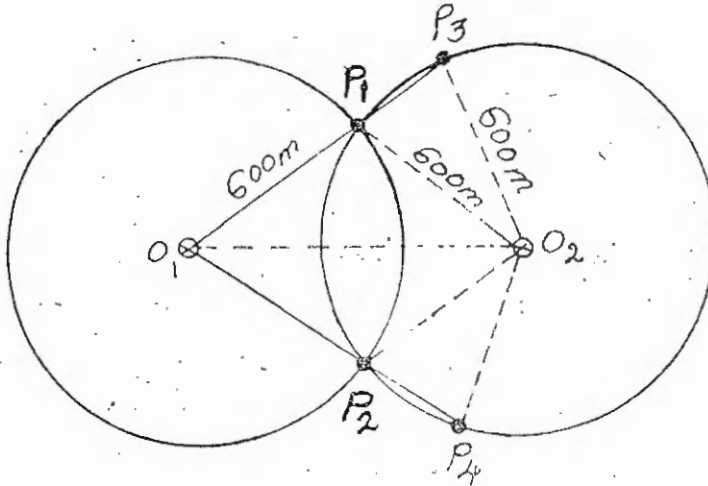
شكل 9.30

9.10 إحصب احداثيات النقطتين "B" و "C" للمضلع الرابط في الشكل ادناه.



شكل 9.31

9.11 تقاطع قوسا دائرتين متساويتين في نصفي قطريها والذي يساوي 600م. فاذا كانت احداثيات مركزيهما متساوي:
 $O_1(3000, 3300)$ و $O_2(4000, 3300)$. إحصب احداثيات نقاط التقاطع P_1 و P_2 و P_3 و P_4 باستخدام التقاطع المناسب.

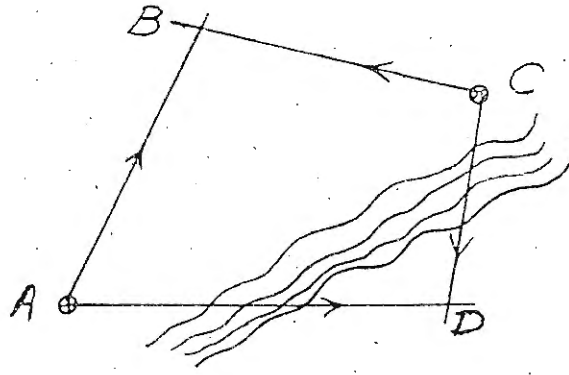


الشكل 9.32

9.12 قطعة أرض ABCD يقطع ضلعها CD و DA نهر صغير بحيث لا يمكن قياس ضلعها، إلا انه بواسطة بوصلة مغناطيسية تمكن المساح من قياس اتجاهات اضلاعها وكالآتي (من نقطة A ونقطة C):

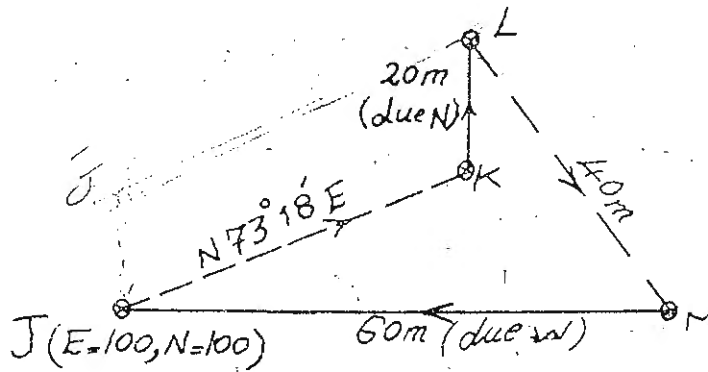
$$AB = 20^\circ 30' , AD = 80^\circ 30' , CB = 275^\circ 10' , CD = 185^\circ 10'$$

إحصب طولي الضلعين CD و DA باستخدام التقاطع الامامي وافترض احداثيات لنقطة A (او بدون فرضية).



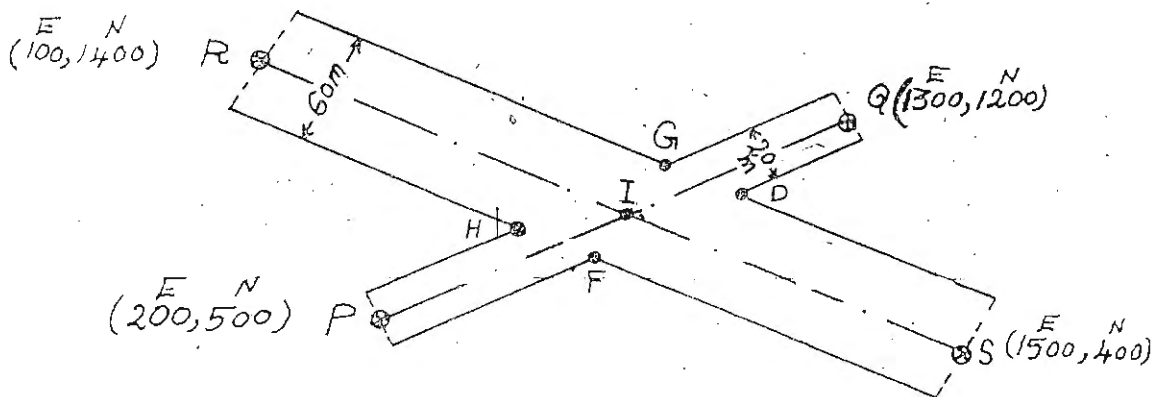
الشكل 9.33

9.13 احسب احداثيات المضلع أدناه من المعلومات المثبتة عليه.



الشكل 9.34

9.14 تلاقى خطان مركزيان لطريقين PQ (وعرضه 20م) و RS (وعرضه 60م) وكانت احداثيات النقاط P و Q و R و S كما في الشكل أدناه.



الشكل 9.35

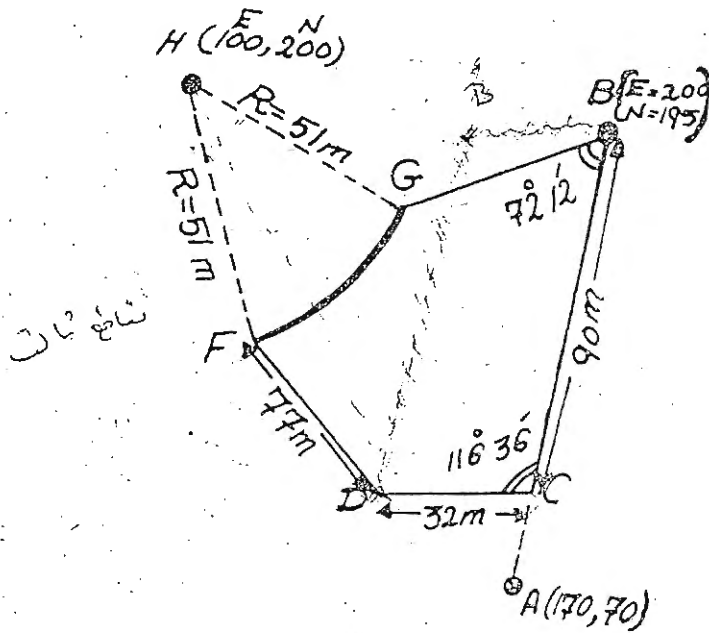
احسب احداثيات نقطة تقاطعها (I) والمسافات الجزئية حتى تلك النقطة ، وكذلك نقاط تقاطع حافات اكناف الطريقين G و H و D و F ، في الحالات الآتية :

(1) اذا كان الخطان المركزيان مستقيمان .

(2) اذا كان الخط PQ منحن دائري نصف قطره = 1000 م والنقطة P تمثل P.C. والنقطة Q تمثل P.T. ، بينما الخط RS مستقيماً .

(3) اذا كان الخطان PQ و RS منحنين دائريين نصفي قطريهما 1000 م و 1500 م على التوالي ، والنقطتان P و S تمثلان P.C. والنقطتان Q و R تمثلان P.T. للمنحنين .

9.15 احسب الاطوال والاتجاهات للاضلاع واحداثيات الاركان المجهولة للقطعة أدناه ، ثم احسب مساحة القطعة .



الشكل 9.36

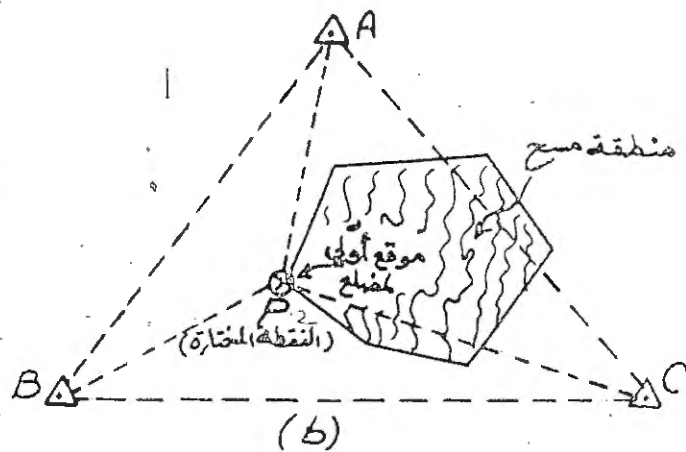
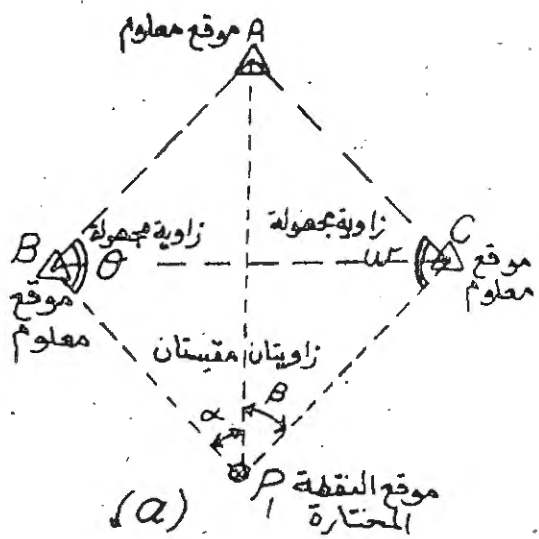
«التقاطع الخلفي او العكسي Resection»

10.1 مقدمة

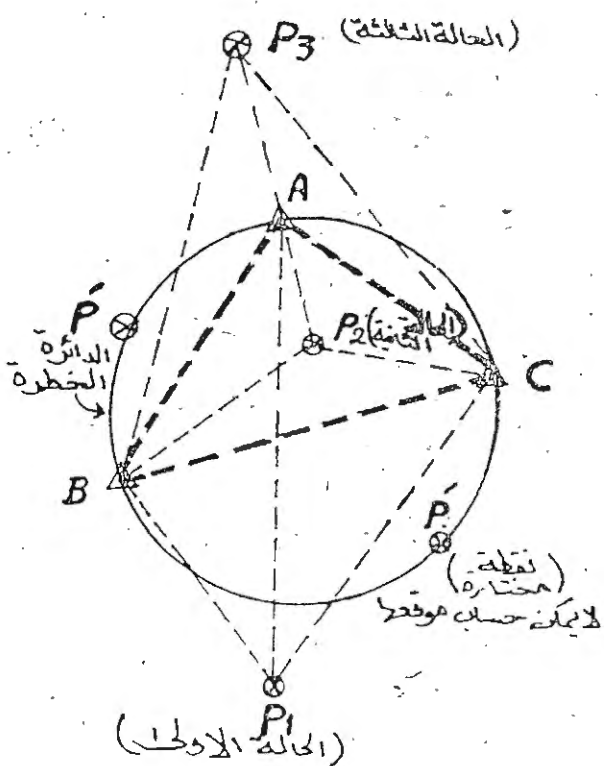
يقصد بالتقاطع الخلفي عملية المسح التي يتم فيها حساب موقع نقطة مختارة (يُنصب فوقها جهاز الشيدولايت او جهاز الكتروني) عن طريق رصد ثلاث نقاط معلومة المواقع الافقية وقياس زاويتين نحو هذه النقاط. ويشابه التقاطع الخلفي مسألة الثلاث نقاط المستخدمة في لوحة المسح، حيث يمكن بطريقة ترسيمية تعيين موقع النقطة المختارة للوحة المسح وتوجيهها، وذلك بالتسديد نحو ثلاث نقاط معلومة المواقع الافقية على الارض وعلى الورقة الموضوعة فوق لوحة المسح. والطريقة المتبعة في حساب موقع النقطة المختارة للتقاطع الخلفي هي طريقة حسابية بحتة قد تختلف من مصدر لآخر، إلا أن المهم في أي من هذه الطرق الحسابية المتبعة هو حساب الزاويتين المجهولتين اللازمتين لتعيين الإطوال والاتجاهات المطلوبة لحساب موقع النقطة المختارة (أنظر الشكل 10.1a).

ويستخدم التقاطع الخلفي عادة لفرض ربط إحداثيات منطقة المسح المختارة بإحداثيات المدينة أو القطر الذي تجري فيه عملية المسح. كما قد يستخدم أيضاً لحساب موقع أولي لبداية مضلع دائري مغلق أو موقع أولي وموقع نهائي لبداية ونهاية مضلع رابط مغلق، إلا أن الموقع المحسوب هنا لا يرقى إلى درجات الدقة العالية لعمليات التضليع أو التثليث (أنظر الشكل 10.1b).

ولما كانت النقاط الثلاث المعلومة المواقع الافقية تشكل مثلثاً يمكن فيه حساب اطواله وزواياه الداخلية واتجاهاته اضلاعه (بالحسابات المعكوسة)، فإن موقع النقطة المختارة سيكون في احد ثلاث مواقع محتملة (أو ثلاث حالات) بالنسبة لرأس المثلث أو أركانه، فاما أن تكون النقطة المختارة في الجهة المقابلة لرأس المثلث (P_1) أو داخل المثلث (P_2) أو في الجهة نفسها لرأس المثلث (P_3). وقد يقع الاختيار خطأ لهذه النقطة المختارة (P) على محيط دائرة تمر من النقاط الثلاث المعلومة المواقع (ومن النقطة المختارة)، وهذه حالة لا يمكن فيها حساب موقع النقطة المختارة Indeterminate case حيث أن أي موقع على هذا المحيط يمكن فيه رصد الزاويتين المقيستين بالقيمتين نفسيهما، ولذلك تسمى هذه الدائرة بدائرة الخطر danger circle. كما أن موقع النقطة المختارة يجب أن يكون بعيداً عن محيط دائرة الخطر كي يكون الموقع المحسوب ذا دقة عالية (أنظر الشكل 10.2).



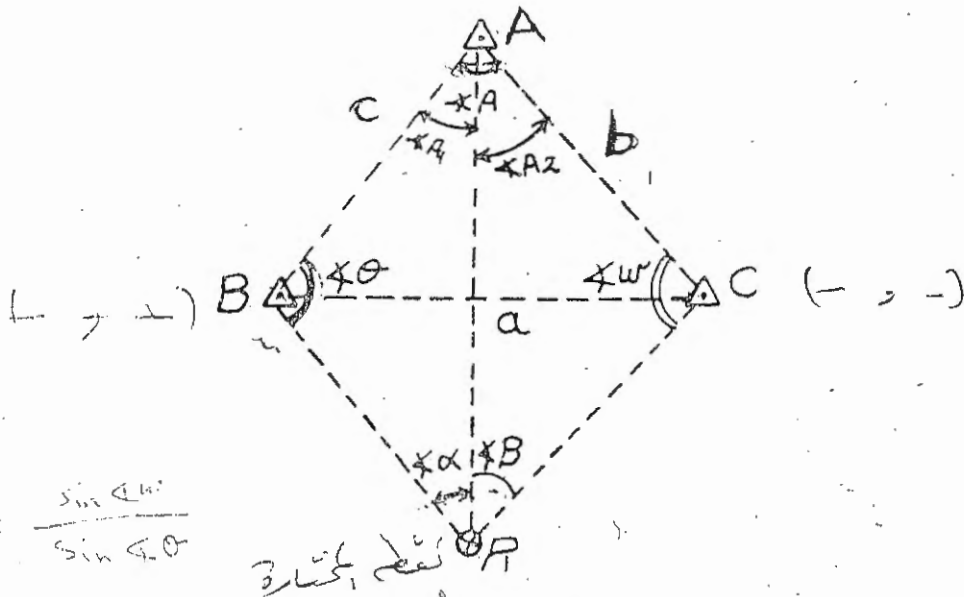
الشكل 10.1



ولغرض حساب موقع النقطة المختارة ، فسوف يذكر أولاً المعلوم والمطلوب لحالات المبينة في الشكل (10.2) ، ثم تذكر كل حالة على حدة والمخطوات والقوانين اللازمة للحل .

المعلوم : المواقع الأفقية لثلاث نقاط ويرمز لها A و B و C بالزاويتان المقيستان ويرمز لهما α و β و γ المطلوب حسابه : الزاويتان المجهولتان ω و θ وموقع النقطة المختارة P_1 أو P_2 أو P_3

10.2 الحالة الأولى (Case I) - عندما يكون موقع النقطة المختارة (P_1) خارج المثلث المعلوم وفي الجهة المقابلة لرأس المثلث (أنظر الشكل 10.3).



$$\tan \phi = \frac{\sin \omega}{\sin \theta}$$

شكل 10.3 الحالة الأولى

خطوات الحل

(1) لما كانت المواقع الأفقية للنقاط الثلاث A و B و C معلومة ، فيمكن باستخدام الحسابات المعكوسة حساب أطوال الأضلاع المقابلة لتلك النقاط وهي : a و b و c ، وكذلك حساب اتجاهات الأضلاع AB و AC و BC ، ومن الاتجاهات حساب الزوايا الداخلية للمثلث ABC والزاوية المهمة التي تستعمل في الحسابات هي زاوية A (أو BAC).

(2) لغرض حساب الزاويتين المجهولتين θ و ω ، يجب أولاً حساب قيمتي رمزين يستخدمان في حسابها وهذان الرمزان هما : ϕ و S (أو ϕ و $\tan \phi$) ، وكما يأتي :

(أ) في الشكل الرباعي ABP_1C ، يكون مجموع الزاويتين المجهولتين $\theta + \omega$ والذي يعبر عنه هنا بالرمز ΔS مساوياً : $\Delta S = (\theta + \omega) = 360^\circ - (\alpha + \beta + \gamma)$ (10.1)

(ب) لحساب قيمة ϕ أو $\tan \phi$ ، يستخدم قانون الجيوب للمثلثين ABP_1 و ACP_1 كالآتي (حيث يرمز $\tan \phi$ لقيمة الكسب $\frac{\sin \omega}{\sin \theta}$ التي تتراوح من صفر الى ما لا نهاية) :

$$\frac{AP_1}{\sin \angle \theta} = \frac{c}{\sin \angle \alpha} \quad \text{في المثلث } ABP_1$$

$$\frac{AP_1}{\sin \angle \omega} = \frac{b}{\sin \angle \beta} \quad \text{وفي المثلث } ACP_1$$

وبقسمة كل طرف على الطرف الذي تحته يتبع

$$\frac{AP_1}{\sin \angle \theta} = \frac{AP_1}{\sin \angle \omega} = \frac{c}{b} \cdot \frac{\sin \angle \beta}{\sin \angle \alpha}$$

$$\therefore \tan \angle \phi = \frac{\sin \angle \omega}{\sin \angle \theta} = \frac{c \cdot \sin \angle \beta}{b \cdot \sin \angle \alpha} \quad \dots (10.2)$$

$$\left[\text{or } \angle \phi = \tan^{-1} \left(\frac{c \cdot \sin \angle \beta}{b \cdot \sin \angle \alpha} \right) \right] \quad \text{--- (2)}$$

(ج) للحصول على قيمتي الزاويتين المجهولتين $\angle \theta$ و $\angle \omega$ ، نستخدم إحدى الطرق البسيطة والتي ذكرت في إحدى المصادر (حيث أن هناك طرق عدة لاشتقاق القانونين اللذين نحتاجهما لحساب قيمتي $\angle \theta$ و $\angle \omega$) وقد اخترنا هنا القانونان أدناه للحصول على قيمتي $\angle \theta$ و $\angle \omega$ وهما:

$$\tan \angle \theta = \frac{\sin \angle S}{\tan \angle \phi + \cos \angle S} \quad \dots (10.3)$$

and

$$\tan \angle \omega = \frac{\sin \angle S}{\cot \angle \phi + \cos \angle S} \quad \dots (10.4)$$

حيث أن: قيمة $\angle S$ هي كما في القانون (10.1) وقيمة $\angle \phi$ هي كما في القانون (10.2)، وقيمة $\cot \angle \phi$ تساوي مقلوب قيمة $\tan \angle \phi$.

وما تجدر الإشارة إليه هنا أن إشارات النسب المثلثية يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار وحسب الأرباع الرياضية ، وكذلك القيمة الناتجة للزاويتين $\angle \theta$ و $\angle \omega$ حيث أن: (ظل الزاوية) يكون موجباً في الربعين الأول والثالث وسالباً في الربعين الثاني والرابع (وكذلك ظل تمام الزاوية). والذي يهم هنا هو أن تكون الزاوية الناتجة حادة (أي أن ظلها موجب) وأما أن الزاوية الناتجة منفرجة (أي أن ظلها سالب).

ويجب الإشارة هنا أيضاً أن وقوع النقطة المختارة (P_1) على محيط الدائرة التي تحوي النقاط A و B و C (وهي التي سميت سابقاً بدائرة الخطر) يجعل هذه الحالة غير ممكنة الحل ، وذلك لأن مجموع الزوايا: $\angle \alpha + \angle \beta + \angle A = 180^\circ$ وكذلك مجموع الزاويتين: $\angle \theta + \angle \omega = 180^\circ$ ، وبذلك يكون: $\sin \angle S = 0$ أي لا يمكن تعيين أو حساب الزاويتين $\angle \theta$

و ω ، وكذلك فإن أية نقطة تمر من هذه الدائرة يمكن منها رصد الزاويتين المقيستين. ولكي يكون موقع النقطة المختارة ذودقة عالية فيجب أن لا يتراوح مجموع الزاويتين المجهولتين: $210^\circ > (\Delta \theta + \Delta \omega) > 150^\circ$. وإذا لم يكن بالإمكان تغيير موقع (P_1) لضرورات عملية المسح فيجب عندئذ تغيير النقاط الثلاث المرصودة أو إحداها. وهناك طريقة أخرى لحساب الزاويتين المجهولتين باستخدام المعادلتين أدناه:

$$\frac{1}{2} (\Delta \theta + \Delta \omega) = 180^\circ - \frac{1}{2} (\Delta \alpha + \Delta \beta + \Delta A) = S_0$$

and

$$\frac{1}{2} (\Delta \theta - \Delta \omega) = \tan^{-1} [\cot (\Delta \phi + 45^\circ) \cdot \tan S_0]$$

وبعد حل المعادلتين آنياً، يمكن الحصول على قيمتي $\Delta \theta$ و $\Delta \omega$ (علماً بأن $\Delta \phi$ هي نفسها في القانون المذكور لها سابقاً).
(3) بحسب طول الضلع AP_1 باستخدام أحد قانوني الجيوب المذكورين في الخطوة (ب) كالاتي (أو كلاهما لغرض التحقق من الحساب):

$$AP_1 = \frac{c}{\sin \Delta \alpha} \cdot \sin \Delta \theta = \frac{b}{\sin \Delta \beta} \cdot \sin \Delta \omega$$

(4) بحسب إتجاه الضلع AP_1 ، بعد حساب إحدى الزاويتين ΔA_1 أو ΔA_2 أو كليهما (لغرض التحقق من الحساب) كالاتي:

$$\Delta A_1 = 180^\circ - (\Delta \theta + \Delta \alpha) \text{ و } \Delta A_2 = 180^\circ - (\Delta \omega + \Delta \beta)$$

(وللتحقق من حساب الزاويتين أيضاً، فيجب أن يكون مجموعها مساوياً للزاوية ΔA)

$$A_2 \cdot AP_1 = A_2 \cdot AC \pm \Delta A_2 = AZ \cdot AB \pm \Delta A_1$$

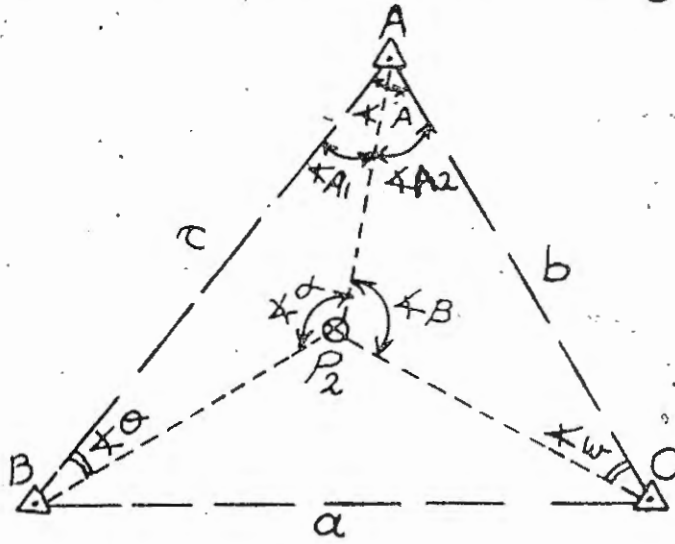
(وتعتمد الإشارة الموجبة أو السالبة في القانونين أعلاه على إتجاه عملية الحسابات مع أو عكس عقرب الساعة).

(5) بحسب موقع النقطة المختارة (P_1) باستخدام الحسابات الأمامية من الموقع الأفقي للنقطة A وطول واتجاه AP_1 كالاتي:

$$E_{P_1} = E_A + AP_1 \cdot \sin (Az \cdot AP_1) \text{ و } N_{P_1} = N_A + AP_1 \cdot \cos (Az \cdot AP_1)$$

وقد يحسب موقع P_1 عن طريق موقع B وطول واتجاه الضلع BP_1 (باستخدام قانون الجيوب والزاوية $\Delta \theta$)، أو عن طريق موقع C وطول واتجاه الضلع CP_1 (باستخدام قانون الجيوب أيضاً والزاوية $\Delta \omega$)، وقد يؤخذ المعدل للمواقع الثلاثة المحسوبة كموقع نهائي للنقطة P_1 ، أو بحسب موقع P_1 باستخدام التقاطع الأول المذكور في الفصل التاسع بواسطة موقعي B و C واتجاهي BP_1 و CP_1 .

10.3 الحالة الثانية (Case II) - عندما يكون موقع النقطة المختارة (P_2) داخل المثلث المعلوم (انظر الشكل 10.4).



الشكل 10.4

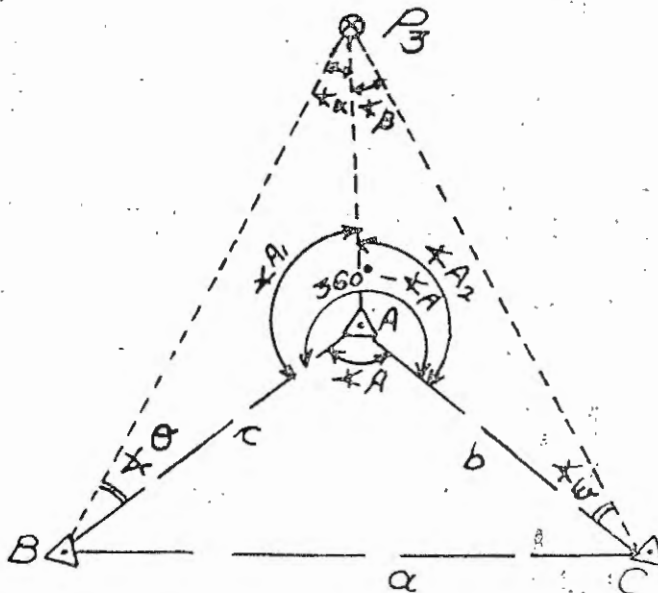
خطوات الحل

تتبع الخطوات نفسها والقوانين المذكورة في الحالة الاولى لحساب موقع النقطة المختارة (P_2) في الحالة الثانية. حيث ان قيمة $\angle S$ تساوي (في الشكل الرباعي ABP_2C):

$$\angle S = (\angle \theta + \angle \omega) = 360^\circ - (\angle \alpha + \angle \beta + \angle A)$$

وعني نفسها في الحالة الاولى. كما أن قيمة $\tan \angle \phi$ هي نفسها المخطاة في القانون (10.2).

10.4 الحالة الثالثة (Case III) - عندما يكون موقع النقطة المختارة (P_3) خارج المثلث المعلوم ولكن في الجهة نفسها لرأس المثلث (انظر الشكل 10.5).



الشكل 10.5

خطوات الحل

تتبع الخطوات نفسها والقوانين المذكورة في الحالة الاولى ، علماً القانون (10.1) الذي يخص مجموع الزاويتين المجهولتين $(\angle \theta + \angle \omega)$ فإنه يرمز له $(\angle \bar{S})$ ، وذلك لحساب موقع النقطة المختارة (P_3) في الحالة الثالثة، حيث ان قيمة $(\angle \bar{S})$ في الشكل الرباعي P_3BAC تساوي :

$$\begin{aligned}\angle \bar{S} &= (\angle \theta + \angle \omega) \\ &= 360^\circ - (\angle \alpha + \angle \beta + 360^\circ - \angle A) \\ \text{or, } \angle \bar{S} &= \angle A - \angle \alpha - \angle \beta \dots\dots\dots (10.5)\end{aligned}$$

أما قيمة $\tan \angle \phi$ فتبقى كما هي في القانون (10.2). وهكذا يصبح القانونان 10.3 و 10.4 المستخدمان لحساب قيمتي الزاويتين المجهولتين $\angle \theta$ و $\angle \omega$ كالآتي :

$$\tan \angle \theta = \frac{\sin \angle \bar{S}}{\tan \angle \phi + \cos \angle \bar{S}} \dots\dots\dots (10.6)$$

and

$$\tan \angle \omega = \frac{\sin \angle \bar{S}}{\cot \angle \phi + \cos \angle \bar{S}} \dots\dots\dots (10.7)$$

وبما يجب الإشارة إليه هنا ، انه لا يمكن حل هذه الحالة إذا كانت $A = \angle \alpha + \angle \beta$ ، حيث تصبح قيمة $\angle \bar{S}$ مساوية صفراً (وكذلك $\sin \angle \bar{S} = 0$).

مثال 10.1

مضلع رابط مغلق FGHIJ كما مبين في الشكل ادناه، حُسبت مركبات أضلاعه فكانت كما في الجدول المرفق. وقد اختيرت نقطة مثل P خارج المضلع حيث رصدت منها زاويتان نحو النقاط F و H و J. والمطلوب حساب موقع النقطة المختارة P (باستخدام التقاطع الخلفي).

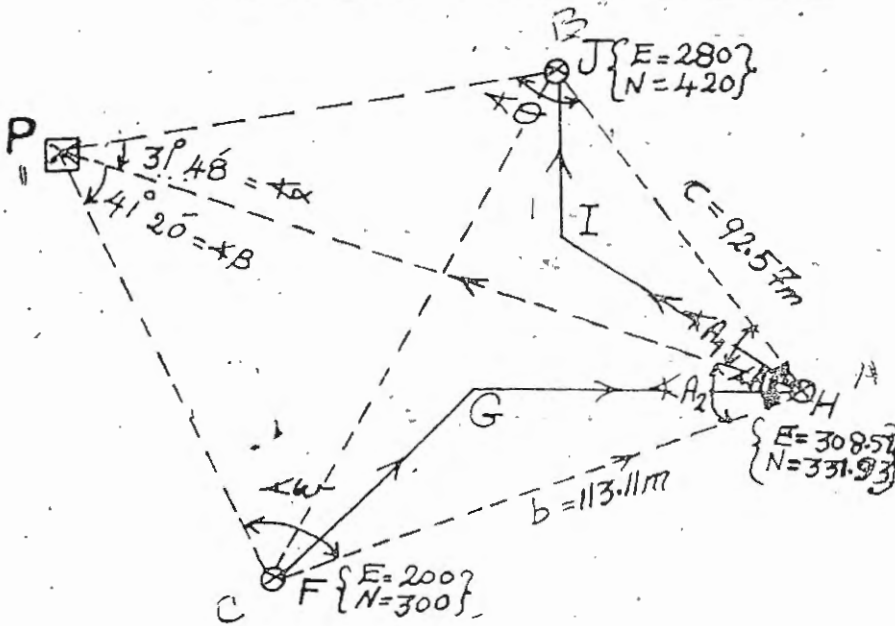
الحل

بعد حساب الاحداثيات لنقاط المضلع وتصحيحها باستخدام قاعدة القمباص (كما مر سابقاً في الفصل الثامن) ، فإن الاحداثيات المصححة للنقطة H تكون : $E_H = 308.51, N_H = 331.93$.

وهكذا يكون المثلث الكبير FHJ الذي رأسه في نقطة H والواقعة في الجهة المقابلة للنقطة المختارة P هو المثلث الذي يستخدم للحل بواسطة التقاطع الخلفي - الحالة الاولى Case I.

الجدول (10.1)

الضلع Side	المركبة الأفقية المحسوبة Dep.	المركبة الرأسية المحسوبة Lat.
FG	+62.38	+31.80
GH	+46.20	0.00
HI	-28.45	+46.04
IJ	0.00	+41.92



الشكل (10.6)

وللحصول على طولي b, c والزاوية $\angle A$: تستخدم الحسابات المعكوسة للضلعين FH و HJ كالآتي :

$$\text{Brg. of FH (or } b) = \tan^{-1} \left(\frac{+108.51}{+31.93} \right) = N73^{\circ} 36' E \text{ (AZ.} = 73^{\circ} 36') \text{}$$

$$\text{Length of FH (or } b) = \frac{+108.51}{\sin 73.36} = 113.11 \text{ m}$$

$$\text{Brg. of HJ (or } c) = \tan^{-1} \left(\frac{-28.51}{+88.07} \right) = N17^{\circ} 56' W \text{ (AZ.} = 342^{\circ} 04') \text{}$$

$$\text{Length of HJ (or c)} = \frac{+ 88.07}{\cos 17^\circ 56'} = 92.57 \text{ m}$$

$$\therefore \angle A \text{ (or } \angle FHJ \text{ الداخلية)} = 180^\circ - (73^\circ 36' + 17^\circ 56') = 88^\circ 28'$$

وباستخدام القانونين (10.1) و (10.2) يمكن الحصول على $\angle S$ و $\angle \phi$.

$$\angle S = 360^\circ - (\alpha + \beta + A) = 360^\circ - (31^\circ 48' + 41^\circ 20' + 88^\circ 28') = 198^\circ 24'$$

$$(\sin \angle S = -0.315649, \cos \angle S = -0.948876)$$

$$\tan \phi = \frac{c \cdot \sin \beta}{b \cdot \sin \alpha} = \frac{92.57 \times \sin 41^\circ 20'}{113.11 \times \sin 31^\circ 48'} = 1.025717$$

$$\therefore \angle \phi = 45^\circ 44', \cot \phi = 0.974928$$

وباستخدام القانونين (10.3) و (10.4) يمكن الحصول على قيمتي الزاويتين $\angle \theta$ و $\angle \omega$ كالآتي:

$$\tan \theta = \frac{\sin S}{\tan \phi + \cos S} = \frac{-0.315649}{1.025717 - 0.948876} = -4.107820$$

$$\therefore \angle \theta = (180^\circ - 76^\circ 19') = 103^\circ 41'$$

$$\tan \omega = \frac{\sin S}{\cot \phi + \cos S} = \frac{-0.315649}{0.974928 - 0.948876} = -12.116114$$

$$\therefore \angle \omega = (180^\circ - 85^\circ 17') = 94^\circ 43'$$

وللحصول على طول HP من المثلثين HPJ و HPF، يستخدم قانون الجيوب كالآتي:

$$HP = \frac{c}{\sin \alpha} \times \sin \theta = \frac{b}{\sin \beta} \times \sin \omega$$

$$\therefore HP = \frac{92.57}{\sin 31^\circ 48'} \sin 103^\circ 41' = \frac{113.11}{\sin 41^\circ 20'} \sin 94^\circ 43' = 170.69 \text{ m}$$

أما إتجاه HP فيمكن الحصول عليه من إتجاه HJ والزاوية $\angle A_1$ أو إتجاه FH والزاوية $\angle A_2$.

$$\angle A_1 = (180^\circ - 31^\circ 48' - 103^\circ 41') = 44^\circ 31'$$

$$\angle A_2 = (180^\circ - 41^\circ 20' - 94^\circ 43') = 43^\circ 57'$$

$$(\therefore \angle A = 88^\circ 28' \therefore \text{check})$$

$$\text{Brg. of HP} = 17^\circ 56' + 44^\circ 31' = N62^\circ 27' W$$

or Brg. of HP = $180^\circ - (73^\circ 36' + 43^\circ 57') = N62^\circ 27' W \therefore \checkmark$

وأخيراً، يمكن الحصول على موقع P من موقع H وطول واتجاه HP بالحسابات الامامية :

$$E_p = 308.51 - 170.69 \sin 62^\circ 27' = 157.17$$

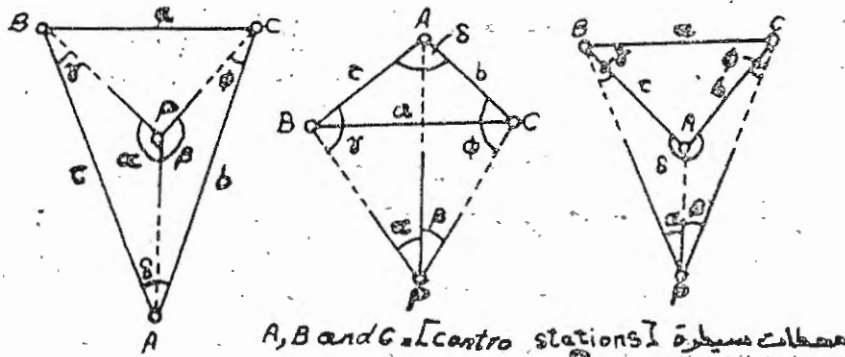
$$N_p = 331.93 - 170.69 \cos 62^\circ 27' = 410.88$$

كما يمكن الحصول على موقع P من موقعي F و J واتجاهي FP و PJ باستخدام التقاطع الأول (أو من موقع J وطول واتجاه JP أو من موقع F وطول واتجاه FP بالحسابات الامامية).

مثال 10.2

استخدام مصطلحات وقوانين أخرى (بريطانية) لحل تقاطع خلقي ذي ثلاث نقاط Three-point Resection وتقاطع خلقي ذي اربع نقاط Four-point Resection.

أولاً - التقاطع الخلقي ذو الثلاث نقاط :- بين الشكل 10.7 الحالات المحتملة الثلاث لهذا التقاطع الخلقي والمصطلحات والرموز المستخدمة ، حيث أن الاحداثيات للنقاط (أو لمحطات السيطرة) C, B, A معلومة والنقطة المختارة هي P (المطلوب حساب موقعها) ، والزوايا المرصودتان هما α و β والزاوية المحسوبة δ في نقطة A.



A, B and C = [control stations] محطات سيطرة
P = النقطة المختارة
Possible configurations for a three point resection

الشكل 10.7

الحالات المحتملة لتقاطع خلقي ذي ثلاث نقاط

وإذا وقعت النقاط A و B و C على عيط دائرة واحدة ، فإن هذا التقاطع الخلقي لا يمكن حله حيث يصبح :

$$\alpha + \beta + \delta = 180^\circ$$

ولغرض اشتقاق القوانين الخاصة بهذا التقاطع الخلقي ، يؤخذ الشكل الرباعي ABPC وفيه :

$$\alpha + \beta + \gamma + \phi + \delta = 360^\circ$$

$$\gamma = [360^\circ - (\alpha + \beta + \delta)] - \phi = R - \phi \quad \text{أو:}$$

$$R = [360^\circ - (\alpha + \beta + \delta)] \quad \text{حيث أن:}$$

$$D_{AP} = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} \cdot c = \frac{\sin \phi}{\sin \beta} \cdot b \quad \text{ومن المثلثين ABP و APC ، يكون:}$$

$$K = \frac{\sin \gamma}{\sin \phi} = \frac{b \cdot \sin \alpha}{c \cdot \sin \beta}$$

ومن هذا يؤخذ الرمز K ، حيث:

وبالتعويض عن $\gamma = R - \phi$ ، يصبح K:

$$K = \frac{\sin (R - \phi)}{\sin \phi} = \frac{\sin R \cdot \cos \phi - \cos R \cdot \sin \phi}{\sin \phi} = \sin R \cdot \cot \phi - \cos R$$

وعليه يمكن حساب قيمة الزاوية ϕ من الآتي:

$$\cot \phi = \frac{K + \cos R}{\sin R} \quad \left(\tan \phi = \frac{\sin R}{K + \cos R} \right) \quad \text{أو:}$$

(وهو نفس القانون المستخدم سابقاً)

(أو ثم نحسب γ من R و ϕ كالآتي:

$$\gamma = [360^\circ - (\alpha + \beta + \delta)] - \phi$$

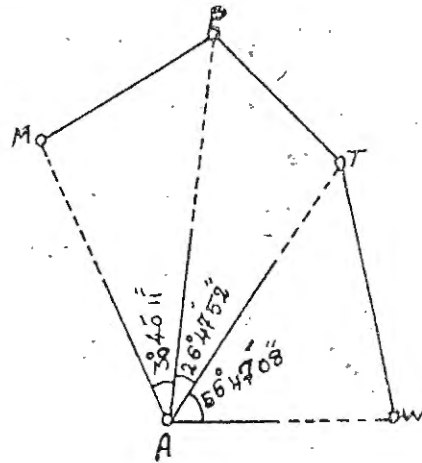
ثم نحسب الزوايا المتبقية في الشكل ABPC ، وبالتالي يمكن حساب موقع P عن طريق المثلثين ABP و APC (كما في التقاطع الاول).

ثانياً - التقاطع الخلقي ذو الأربع نقاط : لغرض التحقق من صحة الارصادات الزاوية وخلوها من الاخطاء الكبيرة ، ترصد عادة ثلاثة زوايا من النقطة المختارة (أو أربعة اتجاهات) نحو أربع نقاط (أو محطات سيطرة) معلومة الاحداثيات . ويتم الحساب كالآتي: (1) تختار ثلاثة اتجاهات بحيث يكون مجموع الزاويتين المرصودتين (أو مجموع زاويتين والزاوية الثالثة) مساوياً تقريباً لـ (90°) . ويتم من هاتين الزاويتين حساب احداثيات النقطة المختارة وكما مر في الحالة السابقة . (2) نحسب قيمة الزاوية المرصودة التي لم تستخدم في الحسابات السابقة باستخدام الاحداثيات المحسوبة للنقطة المختارة . (3) نقارن قيمتا الزاوية المرصودة والزاوية المحسوبة آنفاً ، فإن كانتا متقاربتين في القيمة لحد ما ، فهذا يعني أنه لا توجد اخطاء كبيرة في الارصادات الزاوية وتؤخذ الاحداثيات المحسوبة في الخطوة الاولى للاعمال المساحية اللاحقة .

مسألة: يبين الشكل 10.8 والجدول 10.2 تقاطعاً خلفياً ذا أربع نقاط حيث رصدت فيه ثلاث زوايا من النقطة المختارة (A) نحو النقاط الأربع المعلومة الاحداثيات M و P و T و W . المطلوب حساب احداثيات النقطة المختارة A .

الجدول (10.2)

المحطة Station	المحداثيات m_E m_N	الزاوية Angle	القيمة الملاحظة Observed value
M	845.11 1952.50	$\hat{M}AP$	$30^{\circ}40'11''$
P	1312.59 2205.90	$\hat{P}AT$	$26^{\circ}47'52''$
T	1621.29 1835.07	$\hat{T}AW$	$56^{\circ}47'08''$
W	1729.04 1158.60		

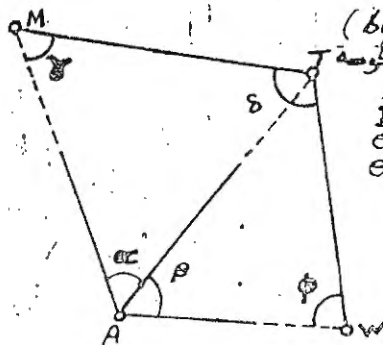


الشكل (10.8)

تقاطع خلقي فواربع تقاطع مع الزوايا المقاسة

الحل

تؤخذ الاتجاهات الثلاث AM و AT و AW والزاويتان المحصورتان بينها حيث مجموعها يقرب من 90° ، ويترك الاتجاه AP لفرض التحقيق. نحسب الزاوية γ باستخدام التقاطع الخلقي المتكون من النقاط الثلاث M و T و W والنقطة المختارة A كما في الشكل 10.9 (حيث تحسب الأطوال والاتجاهات للشكل الجديد هذا بالحسابات المعكوسة) وكالاتي:



(by rectangular/polar conversion)
الاطوال والاتجاهات المحسوبة بالحسابات المعكوسة

$$DTM = 785.01 \text{ m}$$

$$DTW = 685.00 \text{ m}$$

$$\theta_{MT} = 98^{\circ}36'11''$$

$$\theta_{WT} = 358^{\circ}56'59''$$

$$\delta = \theta_{TA} - \theta_{WA} = 107^{\circ}39'13''$$

$$\alpha = \hat{M}AP + \hat{P}AT = 59^{\circ}28'03''$$

$$\beta = \hat{T}AW = 56^{\circ}47'08''$$

الشكل (10.9)

$$K = \frac{D_{MT} \sin \beta}{D_{WT} \sin \alpha} = \frac{785.01 \sin 56^\circ 47' 08''}{685.00 \sin 57^\circ 28' 03''} = 1.137219$$

$$R = 360^\circ - (\alpha + \beta + \delta) = 138^\circ 05' 37''$$

$$\gamma = \cot^{-1} \left[\frac{1.137219 + \cos 138^\circ 05' 37''}{\sin 138^\circ 05' 37''} \right] = \cot^{-1} (0.588372)$$

$$= 59^\circ 31' 43''$$

ثم تحسب إحداثيات A بجل المثلث AMT كالآتي :

$$\hat{MTA} = 180^\circ - (\gamma + \alpha) = 180^\circ - (59^\circ 31' 43'' + 57^\circ 28' 03'') = 63^\circ 00' 14''$$

$$D_{MA} = \frac{\sin \hat{MTA}}{\sin \alpha} D_{MT} = \frac{\sin 63^\circ 00' 14''}{\sin 57^\circ 28' 03''} (785.01) = 829.66 \text{ m}$$

$$\theta_{MA} = \theta_{MT} + \gamma = 98^\circ 36' 11'' + 59^\circ 31' 43'' = 158^\circ 07' 54''$$

$$E_A = E_M + D_{MA} \sin \theta_{MA} = 1154.14 \text{ m}$$

$$N_A = N_M + D_{MA} \cos \theta_{MA} = 1182.54 \text{ m}$$

وللتحقق حسابيا من إحداثيات A بجل المثلث ATW كالآتي :

$$\phi = R - \gamma = 78^\circ 33' 54'' \quad \hat{ATW} = 180^\circ - (\phi + \beta) = 44^\circ 38' 58''$$

$$D_{WA} = \frac{\sin \hat{ATW}}{\sin \beta} D_{WT} = 575.40 \text{ m} \quad \theta_{WA} = \theta_{WT} - \phi = 272^\circ 23' 05''$$

$$E_A = E_W + D_{WA} \sin \theta_{WA} = 1154.14 \text{ m}$$

$$N_A = N_W + D_{WA} \cos \theta_{WA} = 1182.54 \text{ m}$$

ولغرض التحقق من صحة الارصادات الزاوية، تقارن القيمة المرصودة والقيمة المحسوبة للزاوية $\hat{MAP}$ ، حيث يحسب الاتجاهان AP و AM من الاحداثيات المحسوبة لنقطة A ثم تحسب الزاوية المحصورة بينها كالآتي :

$$\theta_{AP} = 08^\circ 48' 05'', \theta_{AM} = 338^\circ 07' 35''$$

$$\hat{MAP} = \theta_{AP} - \theta_{AM} = 30^\circ 40' 12''$$

وهذه القيمة المحسوبة تفرق عن القيمة المرصودة (وهي $30^\circ 40' 11''$) بمقدار $1''$ فقط، وعليه لا توجد أخطاء كبيرة في الارصادات، وتكون الاحداثيات النهائية للنقطة A كالآتي :

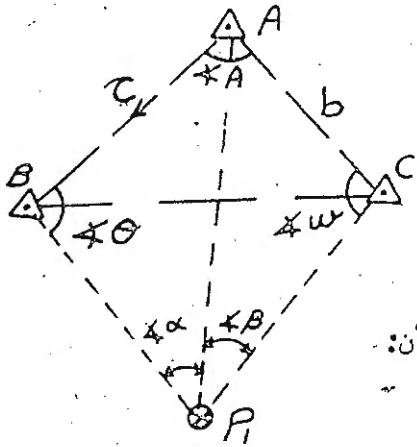
$$E_A = 1154.14 \text{ m}, N_A = 1182.54 \text{ m}$$

« تمارين تطبيقية »

10.1 احسب الموقع الافقي (أو الاحداثيات) للنقطة المختارة (P_1 أو P_2 أو P_3) لكل حالة من حالات التقاطع الخلفي أدناه ، حيث أعطيت المعلومات اللازمة لغرض الحل :

(a) الحالة الاولى (Case I)

المعلوم :



الشكل (10.10)

$$\angle A = 152^\circ 23' 22''$$

$$\angle \alpha = 20^\circ 05' 53''$$

$$\angle \beta = 35^\circ 06' 08''$$

$$b = 12481.70 \text{ m}, c = 6672.50 \text{ m}$$

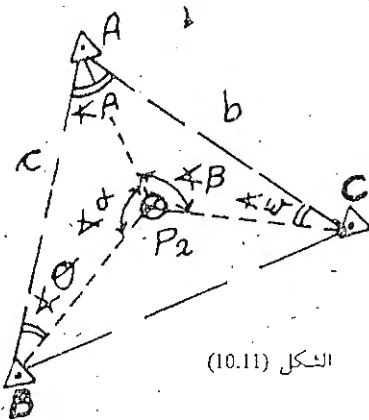
المطلوب حسابه : احداثيات النقطة المختارة (P_1) ، اذا علمت أن :

$$E_A = 50000.00, N_A = 60000.00$$

$$\text{Brg. AB} = S 31^\circ 20' 45'' W$$

(b) الحالة الثانية (Case II)

المعلوم :



الشكل (10.11)

$$b = 6883.40 \text{ m}, c = 6605.30 \text{ m}$$

$$\angle A = 102^\circ 45' 20''$$

$$\angle \alpha = 89^\circ 15' 30''$$

$$\angle \beta = 128^\circ 20' 10''$$

المطلوب حسابه : احداثيات النقطة المختارة (P_2) ، اذا علمت أن :

$$\text{Brg. AC} = S 73^\circ 45' 20'' E$$

$$E_A = 300000.00, N_A = 40000.00$$

(Case III) الحالة الثالثة

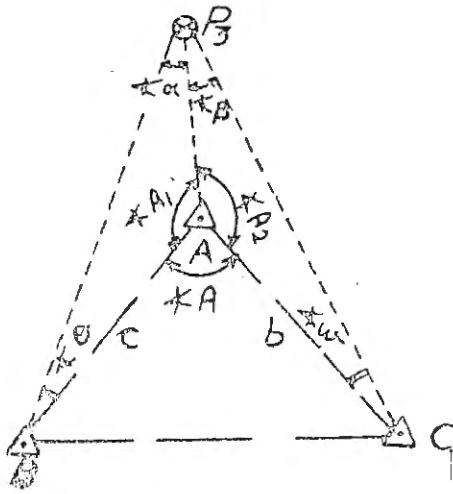
المعلوم:

$$\angle A = 152^\circ 23' 22''$$

$$\angle \alpha = 26^\circ 34' 50''$$

$$\angle \beta = 44^\circ 15' 15''$$

$$b = 12481.70 \text{ m}, c = 6672.50 \text{ m}$$



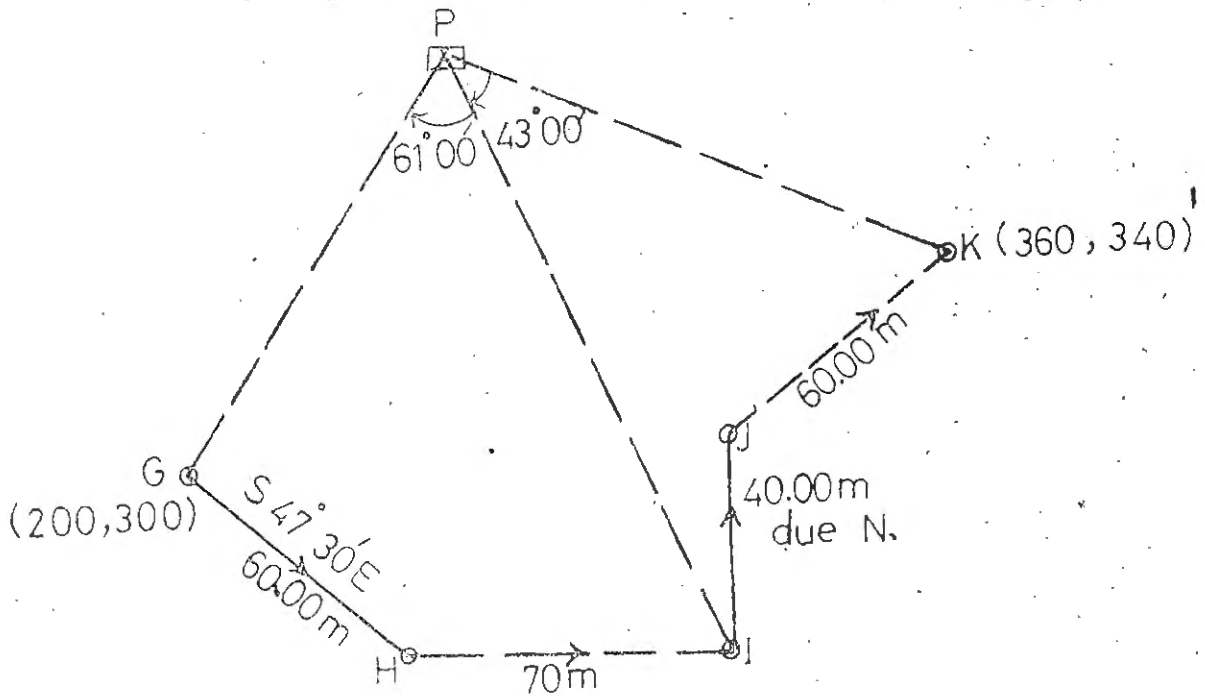
الشكل (10.12)

المطلوب حسابه : احداثيات النقطة المختارة (P_3) ، اذا علمت أن

$$\text{Brg. AB} = S 31^\circ 20' 45'' W$$

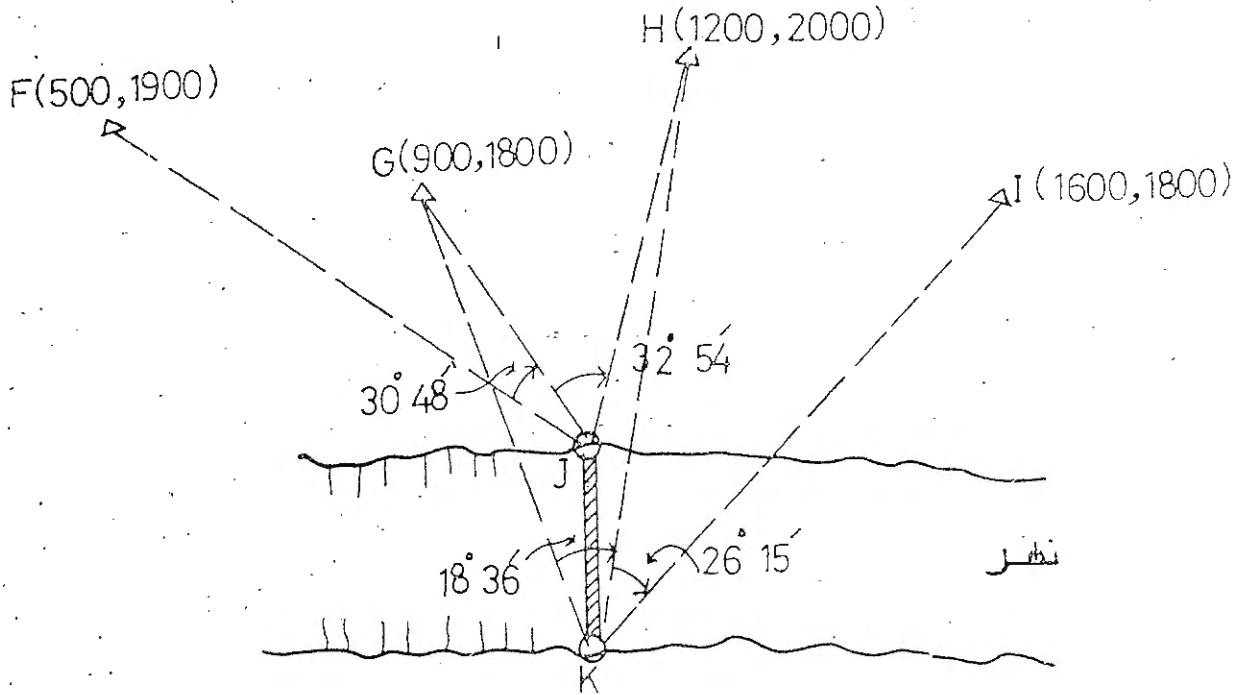
$$E_A = 45000.00, N_A = 65000.00$$

10.2 للمضلع الرابط GHIJK أدناه ، إحسب احداثيات النقاط كافة (بعد حساب إتجاهي الضلعين HI, JK بالتقاطع الثالث). ثم إحسب احداثيات النقطة المختارة P باستخدام التقاطع الخلقي.



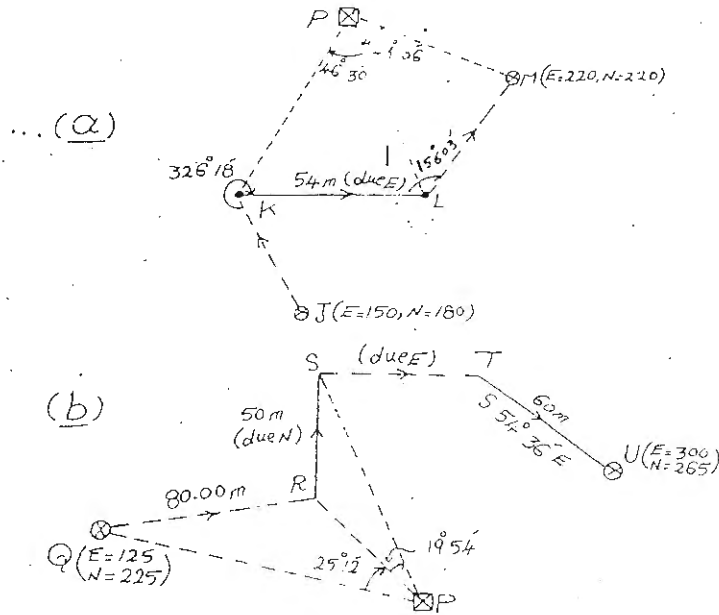
الشكل 10.13

10.3 إحسب طول الجسر المقترح (JK) من الارصادات الزاوية التي أخذت من نهايته نحو النقاط المعلومة الاحداثيات الميئة في الشكل أدناه.



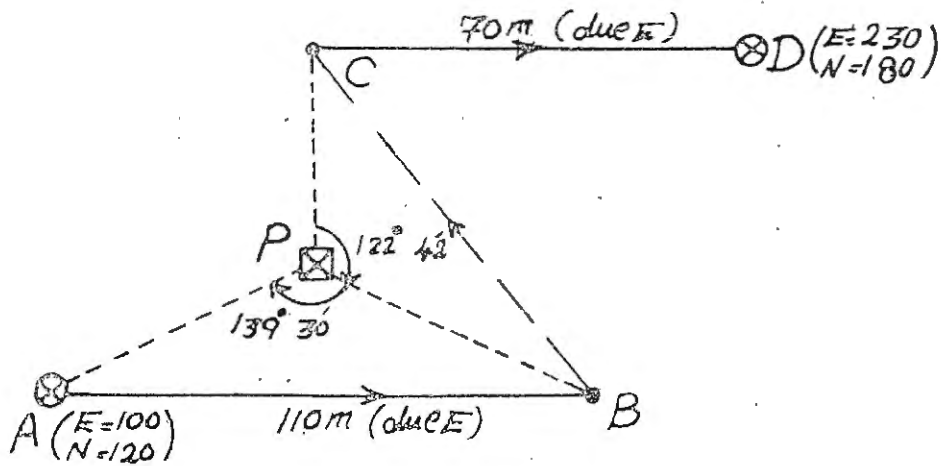
الشكل 10.14

10.4 للمضلعين الرباطين في الشكلين أدناه، إحسب احداثيات النقاط كافة، لكل منها، ثم إحسب موقع النقطة المختارة P.



الشكل (10.15)

10.5 احسب احداثيات النقطة المختارة P من المعلومات المعطاة في المضلع الرابط أدناه.



الشكل (10.16)



«تقسيم الاراضي» Subdivision of Land

11.1 مقدمة

إن عملية تقسيم الاراضي جزء من أعمال مسح الحدود Boundary Surveys أو مسح الاراضي والتي تتم لمختلف انواع الاراضي الزراعية والريفية والحضرية وخارج المدن. وبأني دور المساح من خلال قيامه بانجاز الاعمال الاتية :
(1) كتابة وتسجيل وصف لحدود القطعة أو الارض و (2) القيام بمسح قطعة الارض بما يضمن كتابة الوصف لهذه القطعة بصورة صحيحة ودقيقة و (3) تثبيت وتسقيط حدود القطعة واركائها و (4) تعيين مواقع مختلف المنشآت والخطوط والاركان داخل هذه القطعة بالنسبة لخطوط الحدود الخارجية.

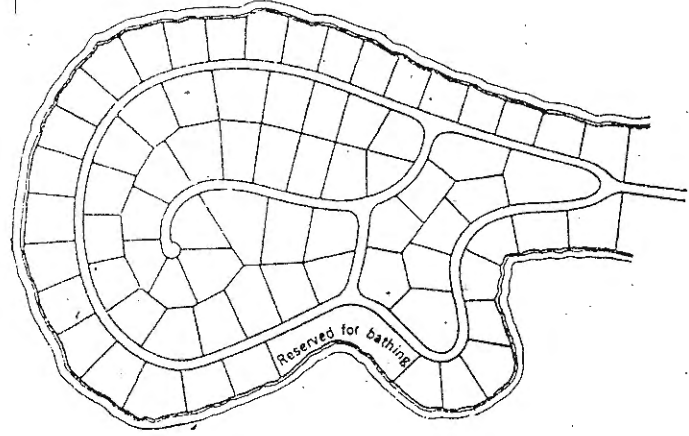
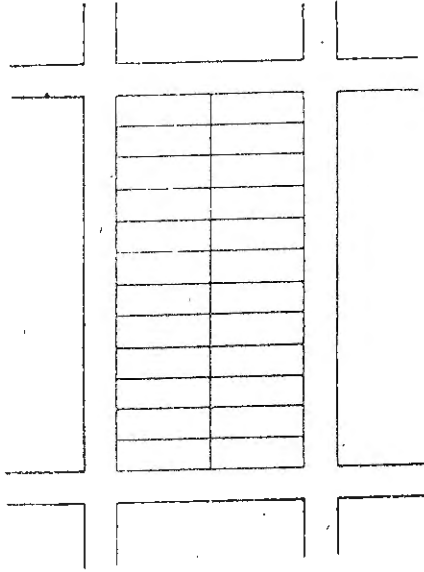
ولكي تكون عملية التقسيم هذه بالمستوى المطلوب من حيث الدقة ، يجب القيام باختيار نقاط سيطرة افقية ورأسية وذلك عن طريق شبكات التثبيت أو التخطيط المتوفرة في منطقة العمل أو القيام بعمل هذا النوع من الشبكات وبما تحتاجه عملية التقسيم من حيث مساحة المنطقة ونوعية الاستغلال لها والمطلوب أو الغرض من التقسيم والدقة المطلوبة لعملية المسح . وتعتمد هذه الدقة على قسمة الارض بصورة رئيسية ، ولذلك تقترح بعض المصادر مواصفات لهذه الدقة حيث يجب ان لا تزيد الانحراف النسبية relative accuracy عن : (1 إلى 3) من 1000 للاراضي الزراعية والريفية ، ولا تزيد عن (1) من 50000 لبعض عمليات المسح داخل المدن.

Subdivision of Large Lots

11.2 تقسيم قطع الاراضي الكبيرة

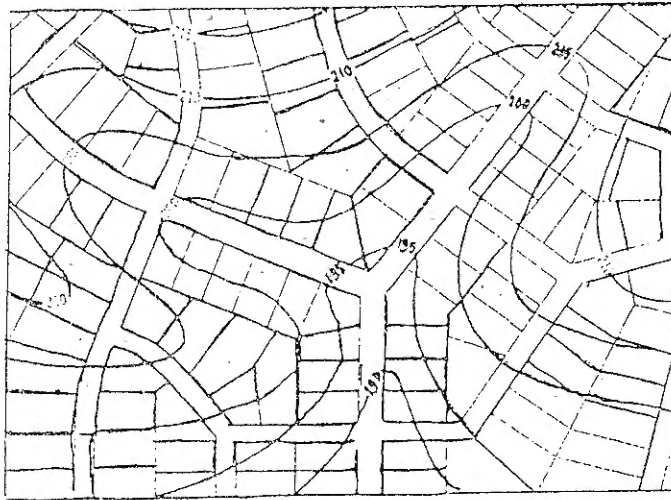
يتم تقسيم قطع الاراضي الكبيرة بعد الحصول على الموافقات الرسمية لغرض التقسيم والتوافق بين عملية التقسيم هذه والتقسيم الاساس للمدينة أو المنطقة التي يجري فيها التقسيم . وتوضع عادة مخططات أو خرائط التقسيم Subdivision Plans في البداية من قبل مختصين في التخطيط الحضري ومشاركة مهندسين معماريين ومدنيين واقتصاديين وغيرهم . ويشارك المساح ايضا بوضع الخارطة الاولى عن طريق اجراء المسوحات الاولى اللازمة وتوفير المعلومات والوصف الكامل لمنطقة التقسيم . وهناك مواصفات معينة توضع نصب الاعين عند عمل مخططات التقسيم هذه ومنها عدد ومساحات الشوارع الرئيسية والفرعية وعرض كل شارع والمنحنيات الافقية المستخدمة من حيث انصاف اقطارها وكيفية ترتيب وتنظيم هذه الشبكة من الشوارع وبما ينسجم مع مساحات القطع المطلوبة وحدود هذه المساحات الدنيا والعليا كما مبين في

الشكل 11.1a,b. كما تؤخذ بنظر الاعتبار أيضا مساحات القطع المستغلة لأغراض الخدمات العامة واعدادها ونوعية الاستغلال لكل قطعة. وتؤخذ بنظر الاعتبار أيضا طبوغرافية الأرض وإذا كان الانحدار لسطح الأرض بنسبة كبيرة فيجب عندئذ أن تكون الخطوط المركزية للشوارع عمودية على خطوط الكنتور وكما مبين في الشكل 11.1 c. كما تؤخذ بنظر الاعتبار الأراضي المجاورة للقطعة والطرق المحيطة أو المتقاطعة مع حدودها وغير ذلك من العناصر التي تؤثر على عملية المسح وإجراء التقسيمات والحسابات.



(a) شبكة شوارع مستقيمة مع قطع مستطيلة الشكل

(b) شبكة شوارع ملتوية مع قطع غير مستقيمة الشكل ونهايات دائرية مقلدة للدوران.



(c) ترتيب شبكة الشوارع والقطع في أرض متموجة صعبة اعتماداً على خطوط الكنتور

ث- نحى بعد ذلك عمليات المسح والتسقيط والحسابات لمخططات المسح حسب الخطوات الآتية:

- أ- يُعمل مضلع سيطرة للمنطقة من الدرجة الثانية Asecond-order Control Traverse قريبا من حدود القطعة وذلك لفرض تثبيت نقاط السيطرة الأفقية لها وكما مبين في الشكل 11.2a. وإذا كانت عملية التقسيم تجري لقطعة كاملة داخل المدينة محددة بالشوارع المحيطة بها فيعمل مضلع سيطرة كما مبين في الشكل 11.2b.
- ب- تكتمل عملية مسح الحدود إستنادا لمضلع السيطرة حول القطعة وداخل القطعة كذلك إذا تطلب الأمر ذلك. وتوضع علامات ثابتة monuments لأركان القطعة والنقاط المهمة فيها.
- ج- تقام شبكة من رواقم التسوية داخل القطعة وباستخدام راقم تسوية دائمى قريب منها.
- د- تعمل خارطة طبوغرافية للقطعة إستنادا إلى رواقم التسوية.
- هـ- يعين أفضل مخطط للتقسيم إستنادا إلى المخططات الأولية السابقة وبعد إجراء عملية المسح الدقيق والحسابات ثم يرسم مخطط بمقياس رسم معين تحدد فيه الشوارع وحدود القطع. وبذلك تثبت الأبعاد الرئيسية للقطع والشوارع كما مبين في الشكل 11.3. ويمكن في هذه المرحلة طبع المخطط الأولي هذا واستخدامه لأغراض بيع القطع، إلا أنه من الأفضل الانتظار حتى اكمال التقسيم بصورة نهائية.
- و- تحسب الاتجاهات والاطوال لحدود القطع كافة وللخطوط المركزية للشوارع ولحافاتها وكذلك اطوال الاوتار أو الأقواس للمنحنيات الأفقية واحداثيات النقاط المهمة وكما يأتي:

- (1) تحسب الزوايا من الاتجاهات المعلومة لأغراض التحقيق والحسابات التالية.
- (2) تحسب الاطوال والاتجاهات المجهولة باستخدام التقاطعات (وكما تم شرحه في الفصل التاسع).
- (3) تحسب الاتجاهات النهائية للاضلاع كافة.
- (4) تحسب احداثيات الاركان للقطع والنقاط المهمة ولمراكز المنحنيات الدائرية وكذلك المساحات.

وهكذا يتم الحصول على الخارطة الكادستراية النهائية لعملية تقسيم القطعة وقد وضعت عليها كافة الاطوال والاتجاهات والمعلومات (وقد يضاف لها أنواع الاستغلال للقطع وهل هي سكنية أو مدارس أو متنزعات أو ملاعب أو نوادي أو أسواق وغير ذلك) وكما مبين في الشكل 11.4.

ز- تثبت العلامات الدائمة لتعيين حافات الشوارع أو خطوط الشوارع Street lines. وهكذا يمكن إنشاء الشوارع والارصفة وخطوط الخدمات كالجاري وانايب الماء وخطوط الكهرباء والهاتف. ويبين الشكل 11.5 المصطلحات المستخدمة في تثبيت الشوارع وحدود الملكية وكذلك العلامات الدائمة monument المستخدمة.

ح- تثبت أركان القطع كافة باستخدام علامات دائمة (عند الحاجة لشراء القطع وبنائها) كما يعطى مخطط لكل قطعة تذكر فيها أوصافها (الاطوال والاتجاهات والمساحة) وكما مبين في الشكل 11.6. بينما يبين الشكل 11.7 أوصاف قطعة مبنية والأبعاد اللازمة لها والاتجاهات لحدودها والمنشآت الموجودة فيها. ويبين الشكل 11.8 خارطتين: متجتين بواسطة الحاسبة الالكترونية وفيها التقسيمات وبعض المعلومات المطلوبة في تقسيم الأراضي.

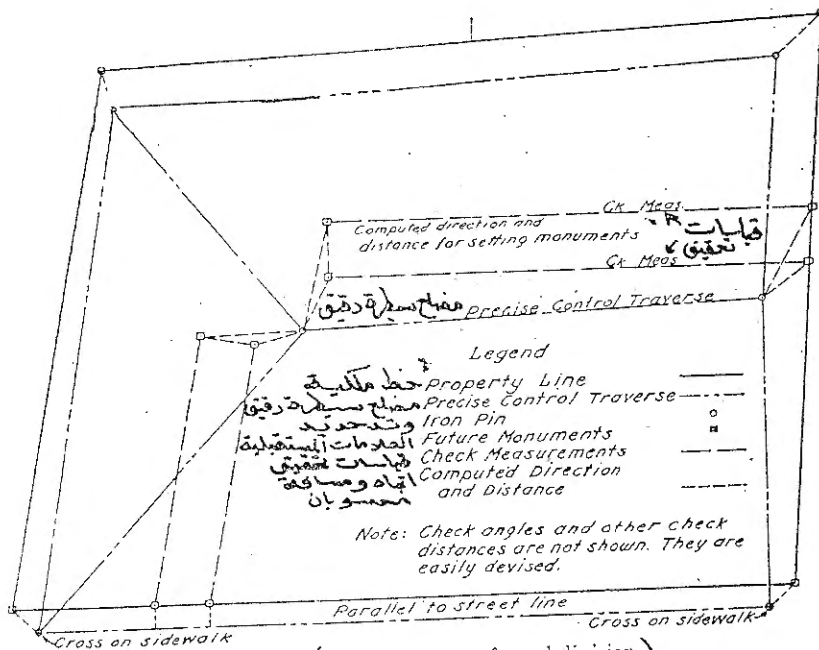
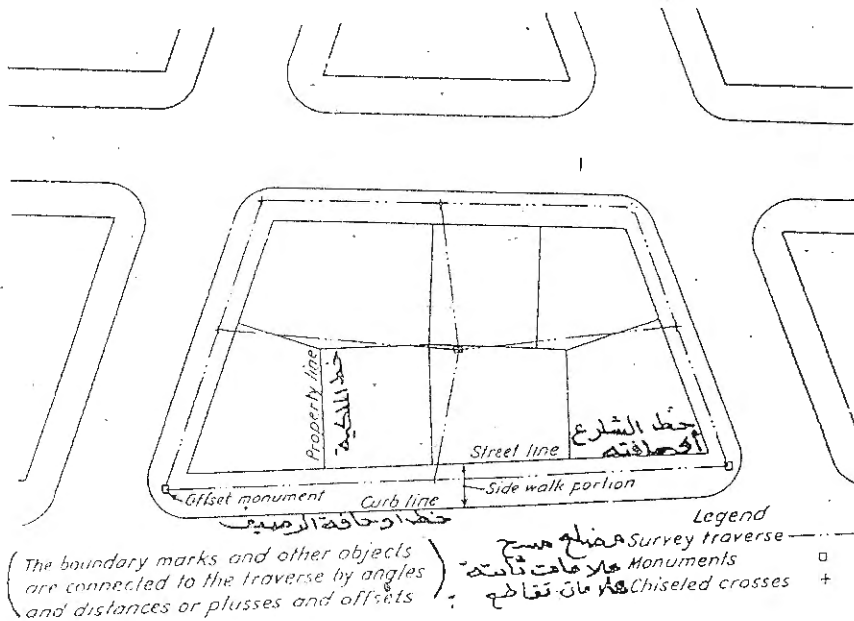


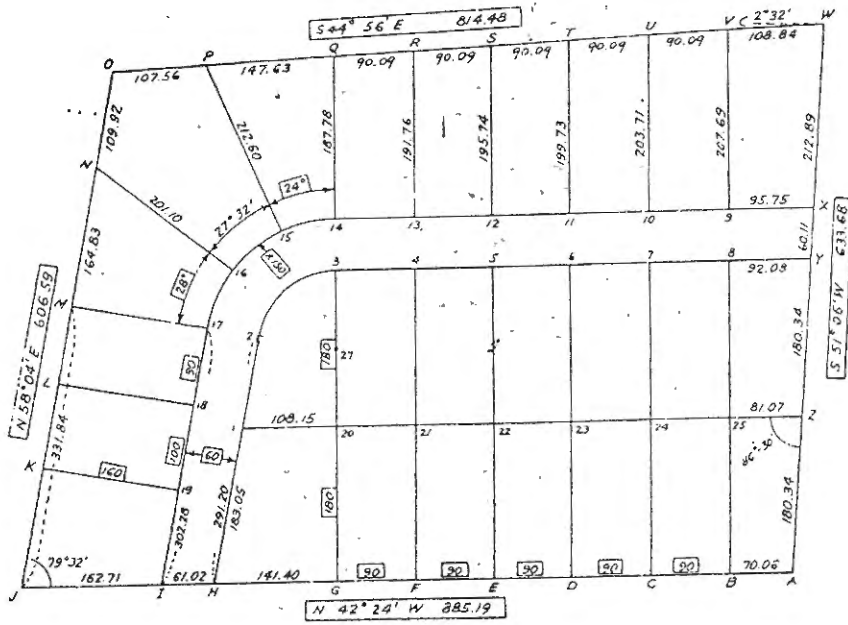
Fig. 10-14. (Control traverse for subdivision.)

(a) مضلع سيطرة لعملية تقسيم قطعة أرض

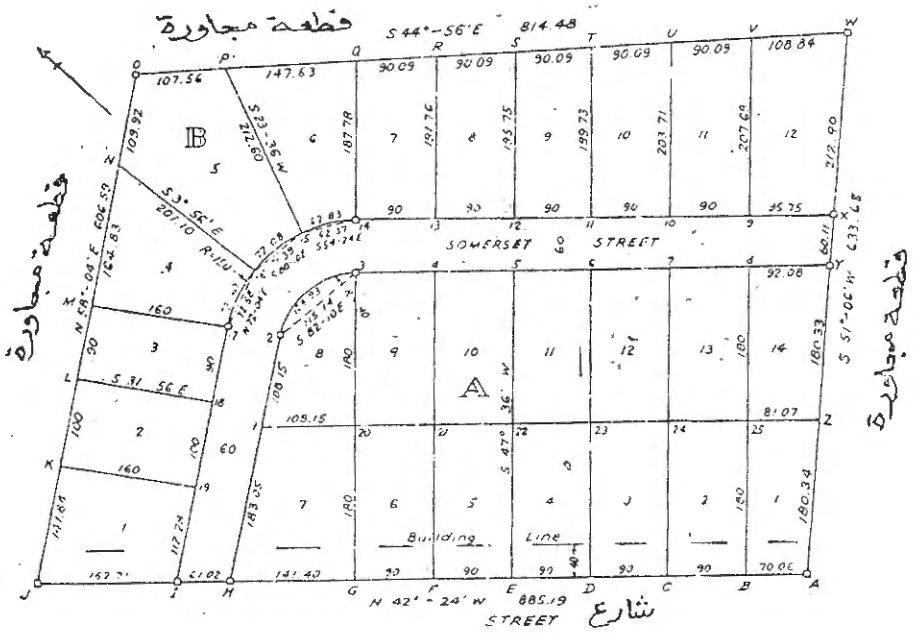


(b) مضلع سيطرة مثالي لمسح قطعة الأرض في المدينة

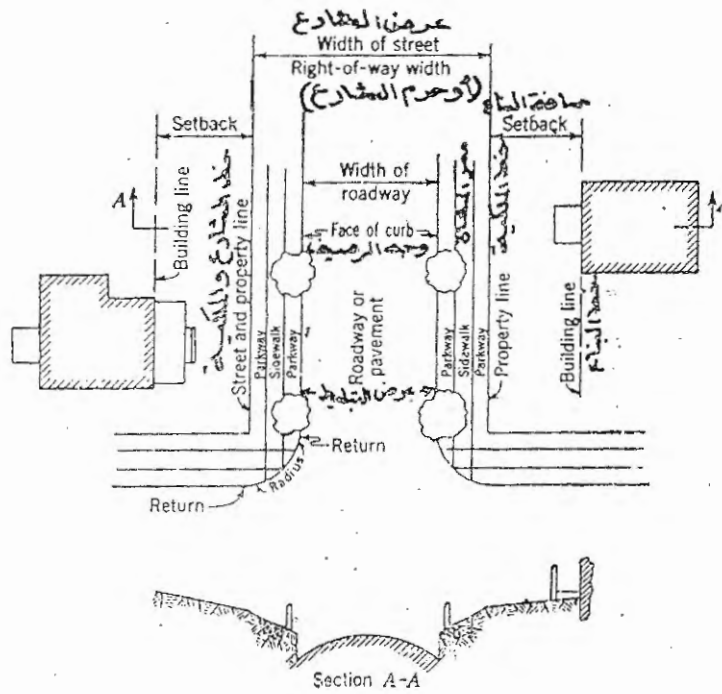
الشكل 11.2



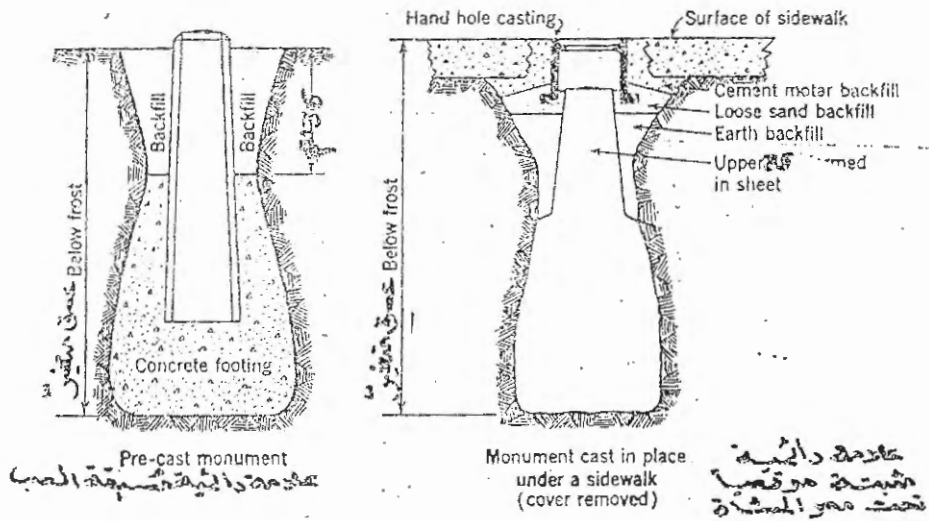
الشكل (11.3) مخطط أولي لتقسيم القطعة



الشكل 11.4 مخطط مثالي لتقسيم قطعة أرض

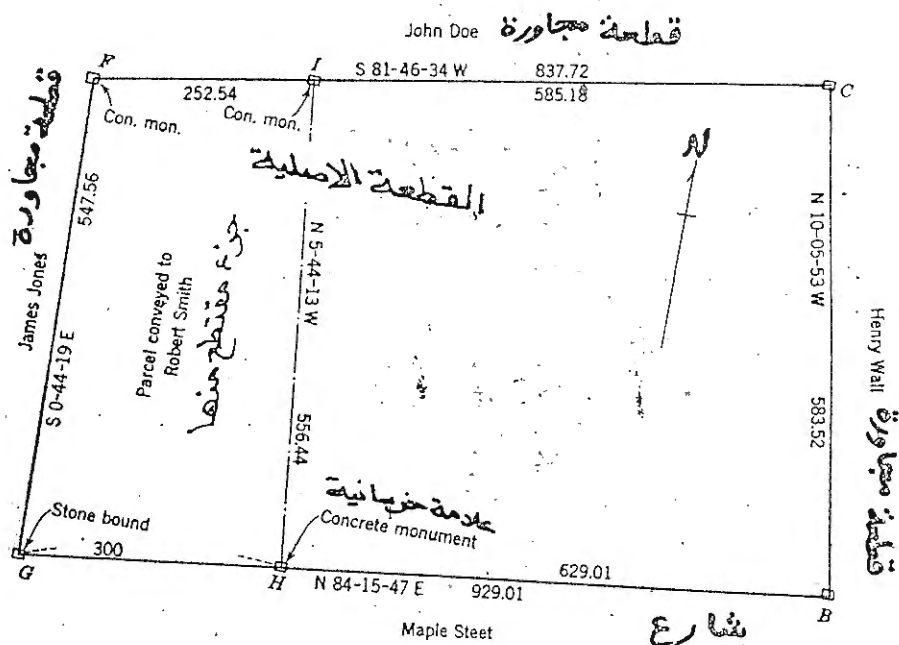


(a) معلومات مستخدمة للشارع وما يحيط بها

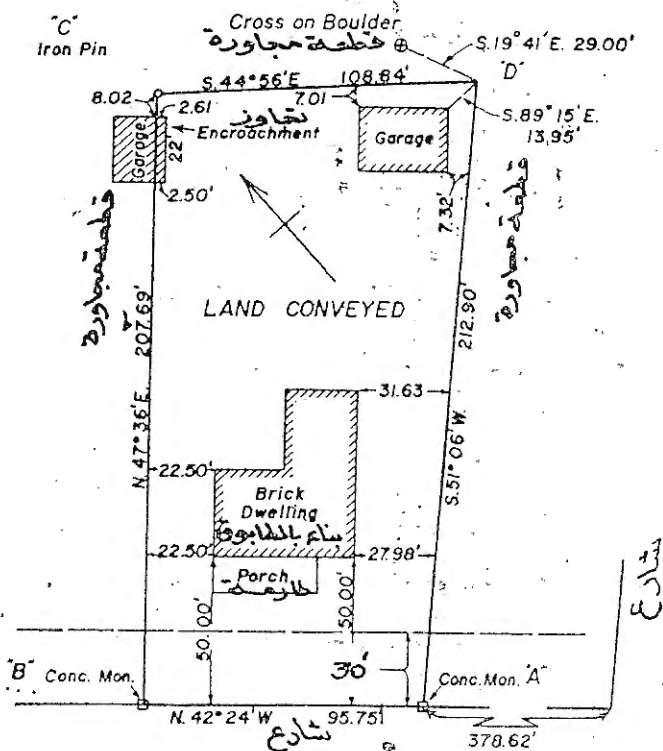


(b) علامات دائمية مثالية

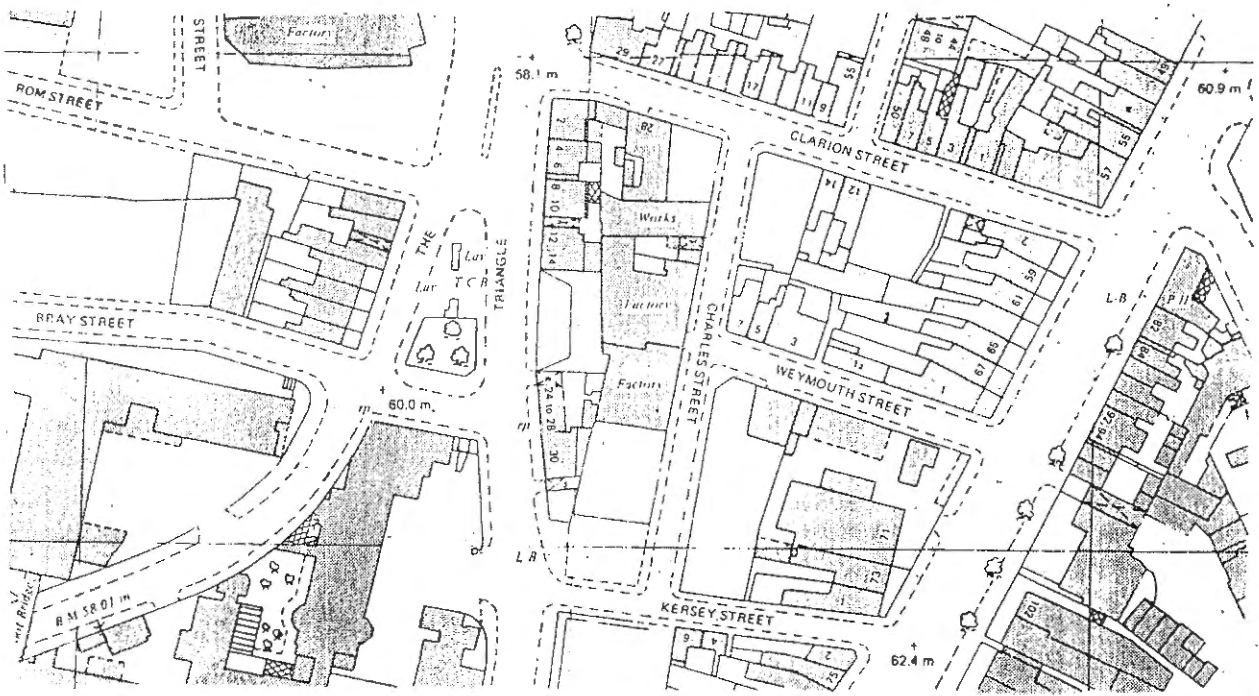
الشكل (11.5) *



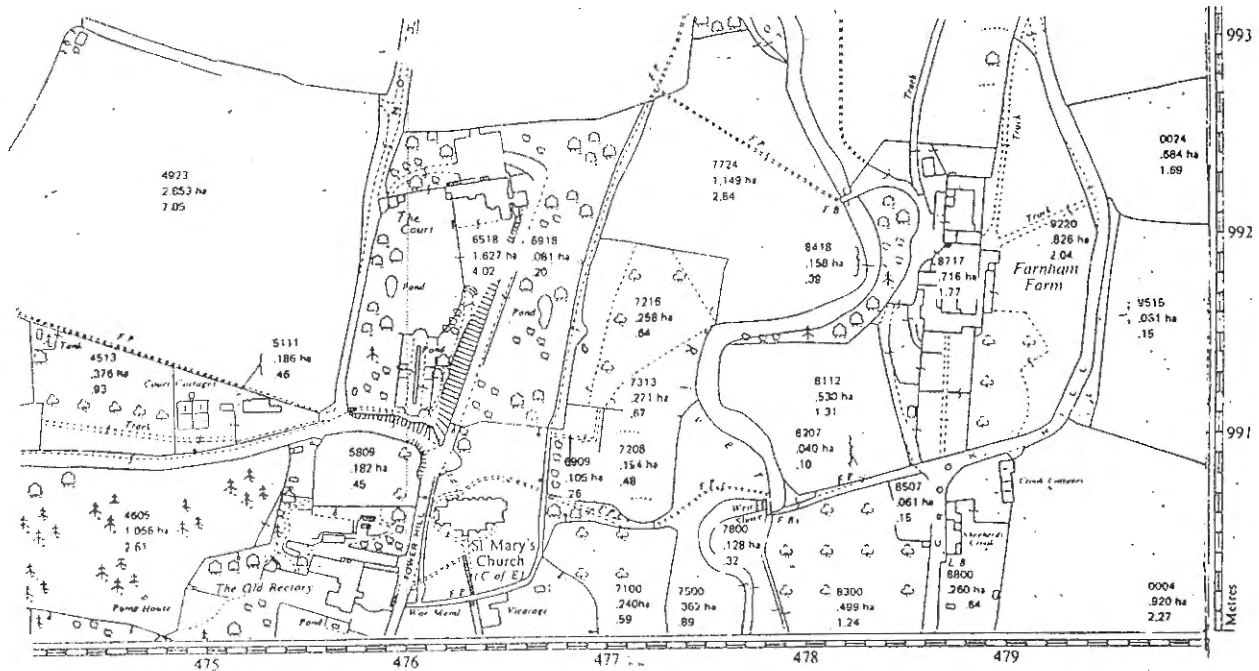
الشكل (11.6) مخطط نهائي لقطعة منسقة



الشكل (11.7) مخطط لقطعة منسقة ومجانبة



(a) خارطة مبين عليها تقسّمات القطع وأرقامها ونوعية الاستغلال واسماء الشوارع ونسب القاطن



(b) خارطة مبين عليها ارقام القطع ومساحتها ومحوري الاحداثيات لها

الشكل (11.8) خارطتين متجتين بالحاسبة الالكترونية

المصدر 31

م/٥٦ المسح الهندسي والكادستري

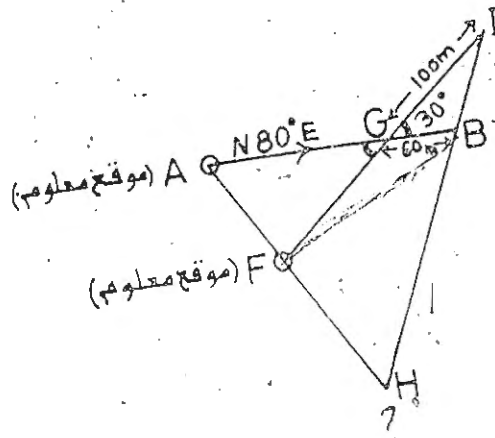
لنفرض إجراء الحسابات لقطع الأراضي الكبيرة أو للمحالات التي يصادفها المساح عند تقسيم قطعة أرض ، وحتى تكون هذه الحسابات متسلسلة وبشكل منطقي يمكن فهمه خطوة إثر خطوة ، ويمكن استخدامه أيضاً لفرض وضع البرامج الخاصة بالحسابات عن طريق الحسابات الالكترونية الحديثة ، من الممكن عمل جدول بهذه الخطوات المنطقية اللازمة للحسابات والتي تشمل الآتي :

- أ- الحسابات الامامية (Forward Computations = For.C.) لأحداثيات النقاط .
- ب- الحسابات المعكوسة (Inverse Computations = Inv.C.) لأطوال واتجاهات الاضلاع .
- ج- حسابات هندسية ورياضية للزوايا أو الاتجاهات أو عناصر المنحنيات أو اجزاء الاطوال أو حساب المساحات (Geometric Comp. = Geom.C.) .
- د- التقاطع الاول لحساب طول ضلعين مجهولين (Int.I) واحداثيات نقطة التقاطع .
- هـ- التقاطع الثاني لحساب طول ضلع واتجاه ضلع آخر (Int.II) واحداثيات نقطة التقاطع .
- و- التقاطع الثالث لحساب إتجاهي ضلعين مجهولين (Int.III) واحداثيات نقطة التقاطع .
- ز- التقاطع الخلفي أو العكسي لحساب احداثيات نقطة مختارة (Resection = Res.) .

وبعد اجراء الحسابات يمكن وضع النتائج في جدول معين أو طبع النتائج بواسطة الحاسبة الالكترونية . وتستخدم الحسابات الالكترونية الآن بعد ادخال المعلومات المطلوبة حول قطعة الارض والمواصفات الخاصة فيها، لفرض اجراء الحسابات (بموجب برنامج معين) وإعطاء النتائج ورسم الخططات اللازمة النهائية وبصورتها النهائية المبينة في الشكل 11.4 .

مثال 11.1

إعمل جدولاً بالخطوات المنطقية اللازمة للحل في المسألة المبينة في الشكل 11.9 أدناه . إذا علم موقعاً للنقطتين A و F .



الشكل 11.9

(11.1) الجدول

المعلوم Known	المطلوب Required	الخطوات المنطقية Logical Steps للحل
$P(A), P(F)$ D. of AG, $\angle IGB =$ $\angle AGF$	L. & D. of AF D. of GI & FG	Inv. Comp. حسابات معكوسة Geom. Comp حسابات هندسية
$P(A), P(F)$ D. of AG & FG L. & D. of GI L. & D. of GB	L. of AG & FG, $P(G)$ $P(I)$ $P(S)$	Inter. I تقاطع أول For. Comp. حسابات أمامية For. Comp. حسابات أمامية
$P(I), P(B)$ $P(F), P(B)$ D. of FH & BH	L. & D. of IB L. of FH & BH, $P(H)$	Inv. Comp. حسابات معكوسة Int. I تقاطع أول

حيث أن $P(A)$ هو الموقع الأمي لنقطة A و L هو طول الضلع و D - Direction هو اتجاه الضلع

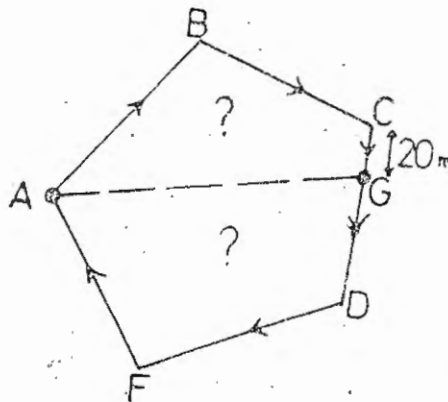
Parting off Land or Traverse

11.4 تقسيم قطع الأراضي الصغيرة

قد يُحتاج في بعض الأحيان لمعرفة مساحات أجزاء قطعة أرض على شكل مضلع يقسمها خط (ذو نهايتين معلومتين الموقعين)، أو خط مركزي لطريق أو قناة يفرض معين وباتجاه معلوم يمر من نقطة معلومة على أحد أضلاع المضلع أو من ركن للمضلع. أو قد يُحتاج لتقسيم القطعة أو المضلع إلى جزئين أو عدد من الأجزاء المتساوية بين مجموعة من الأشخاص لأغراض سكنية أو لأغراض الري أو لتوزيع تركة بين الورثة من نقطة معينة على حدود المضلع (أو من ركن للمضلع)، أو بواسطة خط يمر باتجاه معلوم لتقسيم القطعة. وهذه حالات أربع من عدة حالات محتملة لتقسيم قطع الأراضي إلا أنها الأكثر وقوعاً.

11.4.1 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين بواسطة خط يمر من نقطتين معلومتين الموقعين

للمضلع الدائري المغلق ABCDF الذي يمثل قطعة الأرض (الشكل 11.10) والمحسوبة احداثيات نقاطه المصححة أو مركبات أضلاعه المصححة الذي في:



الشكل 11.10

المعلوم : مساحة المضلع ABCDF (وتحسب بطريقة الاحداثيات أو طريقة D.M.D).
والموقعان P_G و P_A (وقد يحسب موقع G من موقع C وطول واتجاه CG بالحسابات الامامية).

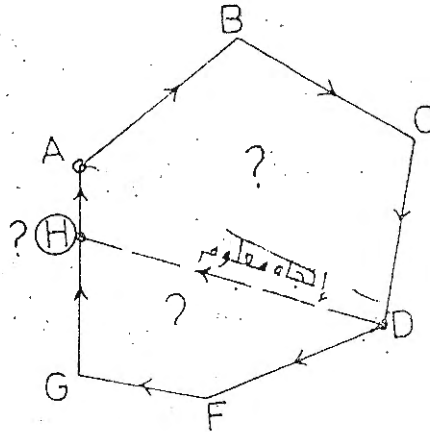
المطلوب : حساب مساحة كل من الجزئين (ABCG) و (AGDF).

الحل

إذا عُلِمَت إحداثيات النقاط المصححة P_A ، P_B ، P_C ، P_G فيمكن عندئذ حساب مساحة الجزء ABCG باستخدام طريقة الاحداثيات لحساب المساحة (أو باستخدام طريقة D.M.D. إذا عُلِمَت المركبات المصححة لاضلاع هذا الجزء ، وعليه يجب حساب مركبتي الضلع AG بالحسابات المعكوسة من الموقعين المعلومين P_G و P_A). وكذلك يمكن حساب مساحة الجزء الآخر AGDF باستخدام طريقة الاحداثيات أو طريقة D.M.D. (والتحقق من مساحتي الجزئين بجمعهما كي يساوي مجموعها مساحة المضلع). وبعد ذلك يسقط الضلع (AG) حقيلاً.

11.4.2 تقسيم قطعة ارض إلى جزئين بواسطة خط معلوم الاتجاه وعبر من نقطة معلومة الموقع (انظر الشكل 11.11)

تحدث هذه الحالة عند مرور خط مركزي لطريق أو قناة ري بعرض معين واتجاه معين من نقطة معلومة على حدود قطعة الارض . فاللمضلع الدائري المغلق ABCDFG المحسوبة إحداثيات نقاطه المصححة أو مركبات اضلاعه المصححة الذي فيه :



الشكل 11.11

المعلوم : مساحة المضلع ABCDFG ، وموقع نقطة البداية D واتجاه الخط DH.

المطلوب : موقع نقطة H ومساحة كل من الجزئين (ABCDH) و (HDFG).

الحل

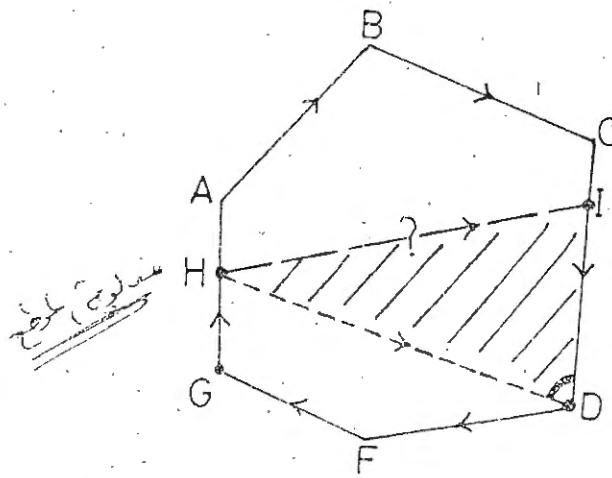
لما كانت احداثيات النقاط كافة معلومة ، فيمكن عندئذ من الموقعين المعلومين P_D و P_A والاتجاهين المعلومين للخطين

HA و DH

حساب طولي الضلعين DH و HA وموقع نقطة H باستخدام التقاطع الاول . وهكذا يمكن بعد ذلك حساب مساحة كل من الجزئين ABCDH و HDGF باستخدام طريقة الاحداثيات أو طريقة D.M.D. ثم يسقط طول واتجاه الضلع DH من نقطة D ، ويُتحقق من المسافة AH وموقع نقطة H على استقامة إتجاه الضلع GA .

11.4.3 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين متساويين في المساحة (أو إلى اجزاء معلومة المساحات) بواسطة خط يمر من نقطة معلومة الموقع (انظر الشكل 11.12)

تحدث هذه الحالة عندما يراد توزيع القطعة إلى عدد من الاشخاص لاغراض سكنية أو اروائية أو لاغراض الميراث ابتداءً من نقطة معينة، أو على مسافات محددة تثبت على أحد اضلاع القطعة للحصول على عرض معين لكل قطعة على امتداد نهر أو قناة ري أو شارع .



الشكل 11.12

فالمضلع الدائري المغلق ABCDFG المحسوبة احداثيات نقاطه أو لركبات اضلاعه الذي فيه :

المعلوم :

مساحة المضلع ABCDFG ومساحة كل من الجزئين المتساويين (كل منها يساوي نصف مساحة المضلع) ABCIH و HDGF .

وموقع النقطة H التي يبدأ منها خط تقسيم القطعة .

المطلوب :

طول واتجاه الخط HI وموقع النقطة I .

الحل

يوصل بين نقطة البداية H وأحد أركان المضلع مثل نقطة D . ولا كان موقعاً النقطتين : P_H و P_D معلومين فيمكن حساب طول واتجاه HD بالحسابات المعكوسة .

ومن الاتجاه المحسوب للخط HD والاتجاه المعلوم للضلع CD يمكن حساب قيمة الزاوية $\angle HDI$ بالحسابات الهندسية، كما يمكن حساب مساحة الشكل ABCDH باستخدام طريقة الاحداثيات. ولما كانت مساحة المثلث ΔHID يمكن حسابها من المعادلة الآتية:

مساحة المثلث ΔHID = مساحة الشكل ABCDH - مساحة الجزء ABCIH (التي تساوي نصف مساحة المثلث ΔHID وبمساحة المثلث هذا ΔHID تساوي (باستخدام قانون حساب مساحة المثلث من طولي ضلعين وزاوية المحصورة):

$$\Delta HID = \frac{1}{2} \cdot HD \cdot ID \cdot \sin \angle HDI$$

والجدير بالذكر في هذه المعادلة هو طول الضلع ID فقط:

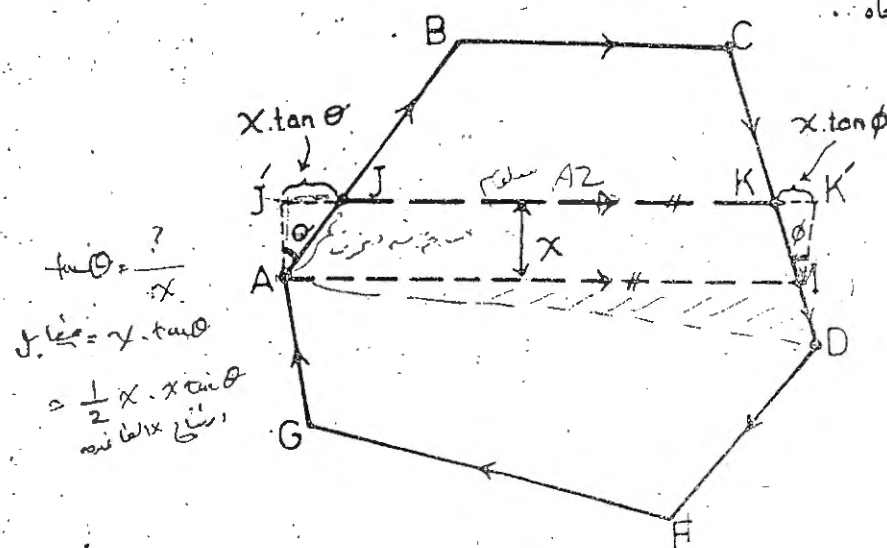
$$\therefore ID = \frac{2 \cdot \Delta HID}{HD \cdot \sin \angle HDI}$$

وعكذا يمكن حساب موقع النقطة I من الموقع المعلوم للنقطة D وطول واتجاه DI (بالحسابات الامامية). كما يمكن حساب طول واتجاه HI من الموقعين المعلومين: P_I و P_H (بالحسابات المعكوسة). ثم يسقط طول واتجاه HI من نقطة H ويحقق من المسافة ID ووقع النقطة I على استقامة اتجاه الضلع CD.

ملاحظة: يمكن استخدام طريقة أخرى للحل وهي حساب مساحة كل جزء من الاحداثيات المعلوم للنقاط واحداثيات نقطة I المجهولة (E_I, N_I). حيث نتج من حساب مساحتي الجزئين معادلتين فيها مجهولان هما E_I و N_I ، يمكن حسابها من حل المعادلتين آنياً. ثم يحسب بعد ذلك طول واتجاه HI. إلا أن هناك احتمال لحدوث خطأ في الحسابات بسبب الاشارات المتباينة للمساحتين الناتجتين من طريقة الاحداثيات.

11.4.4 تقسيم قطعة أرض إلى جزئين متساويين في المساحة بواسطة خط معلوم الاتجاه (أنظر الشكل 11.13).

نحدث هذه الحالة عند تقسيم القطعة إلى جزئين متساويين (أو أجزاء متعددة معلومة المساحات) بواسطة خط (أو خطوط معلومة الاتجاهات). معلوم الاتجاه ...



الشكل 11.13

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

فالمضلع ABCDFG المحسوبة احداثياته أو مركباته الذي فيه :

المعلوم : مساحة المضلع ABCDFG ومساحة كل من الجزئين المتساويين (BCKJ) و (JKDFGA) واتجاه الخط JK

المطلوب : طول JK وموقعي النقطتين J و K.

الحل

من أحد أركان المضلع القريب من JK مثل نقطة A ، يرسم الخط AI موازياً للخط JK (الاتجاه نفسه) . وبذلك تكون X ممثلة لأرتفاع شبه المنحرف JKIA .

ومن الموقعين المعلومين : P_D و P_A والاتجاهين المعلومين AI و ID ، يمكن حساب طولي AI و ID وموقع النقطة I باستخدام التقاطع الأول . ويمكن حساب مساحة الشكل ABCI باستخدام طريقة الاحداثيات . كما يمكن حساب مساحة شبه المنحرف JKIA من المعادلة الآتية :

مساحة شبه المنحرف JKIA = مساحة الشكل ABCI - مساحة الجزء BCKJ (التي تساوي نصف مساحة المضلع) .
كما أن مساحة شبه المنحرف تساوي مساحة المستطيل JKIA مطروحاً منها مساحتي المثلثين IJA و KKT
حيث أن الزاويتين : $\theta \leq \phi \leq \Delta$ تساويان الفرق بين الاتجاه العمودي على AI واتجاهي الضلعين AB و CD على التوالي .

$$\begin{aligned} \therefore \text{مساحة شبه المنحرف JKIA} &= AI \cdot \chi - \left(\frac{\chi \cdot \tan \theta \cdot (\chi)}{2} + \frac{\chi \cdot \tan \phi \cdot (\chi)}{2} \right) \\ &= AI \cdot \chi - \left(\frac{\tan \theta + \tan \phi}{2} \right) \cdot \chi^2 \\ \text{or, } \underbrace{\left(\frac{\tan \theta + \tan \phi}{2} \right)}_{(a)} \cdot \chi^2 - \underbrace{(AI)}_{(b)} \cdot \chi + \underbrace{\text{مساحة شبه المنحرف JKIA}}_{(c)} &= 0 \end{aligned}$$

حيث يمكن حساب قيمة X باستخدام قانون الدستور لحل المعادلة اعلاه من الدرجة الثانية

$$\text{(قيمة X باستخدام الدستور تساوي)} \quad \chi = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{للمعادلة : } a\chi^2 + b\chi + c = 0 \quad , \text{ وبذلك}$$

يمكن حساب طولي AJ و IK كالآتي :

$$\underline{AJ} = \frac{\chi}{\cos \theta} \quad , \quad \underline{IK} = \frac{\chi}{\cos \phi}$$

ومن الموقع A وطول واتجاه AJ المعلومين ، يمكن حساب موقع J بالحسابات الأمامية .
ومن الموقع I وطول واتجاه IK المعلومين ، يمكن حساب موقع K بالحسابات الأمامية أيضاً .
ومن موقعي J و K المحسوبين أعلاه ، يمكن حساب طول JK بالحسابات المعكوسة .
(او بحسب JK من المعادلة : $(JK = AI - \chi (\tan \theta + \tan \phi))$. ثم يسقط طول واتجاه JK من نقطة J ويحقق
من طول KD ووقع نقطة K على استقامة اتجاه C D .

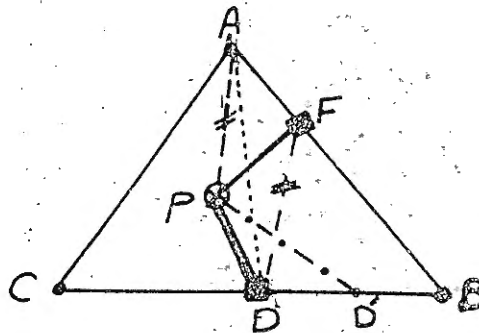
ملاحظة : تعتمد إشارتنا مساحتي المثلثين JA'K' و KK'I عند حساب مساحة الشبه منحرف على كون هذين المثلثين
واقعين داخل أو خارج المستطيل المحسوبة مساحته .

11.4.5 تقسيم قطعة الى جزئين أو أجزاء متعددة (معلومة المساحة) من نقطة بداخلها

تحدث هذه الحالة عندما يكون هناك بئر أو رافعة مياه (مضخة) أو مصدر ري داخل القطعة ويراد اعتماد هذا الموقع
لتقسيم القطعة منه إلى أجزاء متساوية أو بنسب معينة . ويتم الحل بطريقة حسابية - ترسيمية . وهناك حالات متعددة لهذا
التقسيم تعتمد على شكل القطعة أو الخط الذي يبدأ به (وهل يصل بأحد رؤوس القطعة أو نقطة على أحد حدودها) .
وسوف نذكر هنا الحالات الآتية الأكثر حدوثاً :

11.4.5.1 تقسيم قطعة مثلثة إلى جزئين متساويين في المساحة من نقطة بداخلها

يمكن حل هذه المسألة حسابياً أو ترسيمياً كالآتي (الشكل 11.13a) :



الشكل a (11.13)

المعلوم : إحداثيات ومساحة القطعة ABC وموقع P

المطلوب : تقسيم القطعة إلى جزئين متساويين في المساحة من P .

الحل (حسابياً)

يوصل PA وبحسب اتجاهه (حسابات معكوسة) . ثم ينصف BC في D وبحسب طول واتجاه DP (حسابات
معكوسة) بعد حساب موقع D (حسابات أمامية) . يؤخذ DF مواز للخط PA ثم بحسب موقع F (من موقعي B وD
واتجاهي DF وFB) بالتقاطع الأول . يوصل PF وبحسب طول واتجاهه (حسابات معكوسة) . وبذلك يكون الخطان
PF و PD هما خطا التقسيم المطلوبان .

وتحسب مساحتا الجزئين للتأكد من الحسابات (الجزءان AFPDC و PFBD).

حل آخر

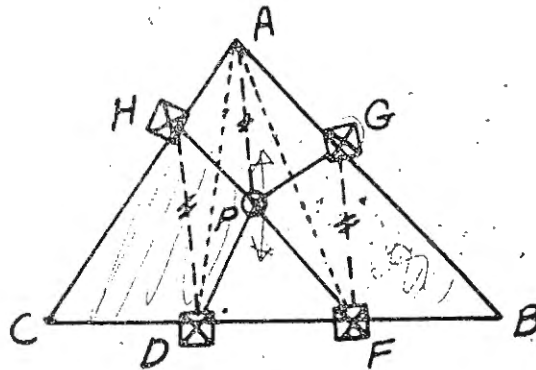
إذا أريد تقسيم القطعة عن طريق وصل P بالنقطة A (أحد الرؤوس) ثم تقسيمها إلى جزئين أو أجزاء متعددة. فعندئذ يمكن رسم أي خط آخر مثل PD' وأعتبر هذه المساحة مساوية لنصف المساحة (أو أي نسبة أخرى) وأعتبر D' (لأعلى التعيين). ثم يوصل بين P وB وتحسب مساحة APB. وتستخرج مساحة المثلث المتبقي PBD' التي تساوي: $\Delta PBD' = \frac{1}{2} PB \cdot D'B \sin \angle PBD'$ ، وهي مساحة معلومة ($\Delta PBD' = \frac{1}{2} \Delta ABC - \Delta APB$) وبذلك يحسب طول BD' وطول PD'. وهذه الطريقة تشابه الحل المذكور في الفقرة (11.4.3).

الحل (تربيعياً)

يوصل PA ثم ينصف BC في D ويرسم PD (وهو الخط المطلوب الأول) ثم يرسم من D مواز للخط PA مثل DF الذي يقطع AB في F وبذلك يكون الخط PF هو الخط الثاني المطلوب. وبرهان ذلك أن المثلثين AFD و PFD متساويان في المساحة ، فإذا طرح الأول من نصف مساحة المثلث ABC وأضيف الثاني إلى المثلث DFB فإنه سيباوي نصف مساحة المثلث ABC.

11.4.5.2 تقسيم قطعة مثلثة إلى ثلاثة أجزاء متساوية في المساحة من نقطة بداخلها

يتم حل هذه المسألة بصورة مشابهة للحالة السابقة وكالآتي (الشكل 11.13b):



الشكل 11.13b

المعلوم: إحداثيات ومساحة القطعة ABC وموقع P.

المطلوب: تقسيم القطعة إلى ثلاثة أجزاء متساوية في المساحة من نقطة P.

الحل (حسابياً)

يوصل PA ويُحسب اتجاهه. ثم يُقسَّم BC إلى ثلاثة أجزاء بالنقطتين F و D ونحسب احداثياتها. ثم يحسب طول واتجاه كل من PD و PF (وهما الخطان الأوليان المطلوبان). ثم يرسم من F و D خطان موازيان للخط PA وهما FG و DH على التوالي. وبحسب موقع G وطولا FG و GB (من موقعي B و F واتجاهي FG و GB) بالتقاطع الأول. ثم يحسب موقع H وطولا DH و HC (من موقعي D و C واتجاهي DH و HC) بالتقاطع الأول أيضاً. ثم يحسب طولا PG و PH بالحسابات المعكوسة (وهما الخطان الآخران المطلوبان): ثم تحسب مساحات الأجزاء الثلاثة (PFD + AGPH) و PGBF و PDCH للتأكد من الحسابات.

الحل (تربيعياً)

يوصل PA ويقسَّم BC إلى ثلاثة أجزاء بالنقطتين F و D ثم يوصل PD و PF ثم يرسم FG و DH موازيان للخط PA وتعيين موقعاً نقطتهما G و H مع الخطين AB و AC على التوالي (والنقطتان الأخريتان المطلوبتان). ثم يوصل PG و PH. وبذلك يتم الحصول على الأجزاء الثلاثة المتساوية في المساحة، ويمكن البرهنة هندسياً على ذلك كالسابق.

ملاحظة: من المعلوم هندسياً، أنه إذا أريد تقسيم مثلث إلى جزئين أو أجزاء متساوية في المساحة من أحد رؤوسه، فإنه يمكن ذلك عن طريق تقسيم الضلع المقابل للرأس إلى جزئين أو أجزاء متساوية في الطول ثم يوصل الرأس بالنقاط المقابلة. حيث أن كل من هذه المثلثات لها نفس طول القاعدة ونفس الارتفاع القائم.

11.4.5.3 تقسيم قطعة متعددة الاضلاع إلى جزئين أو أجزاء متعددة (معلومة المساحة) من نقطة بداخلها

يتم حل هذه المسألة عن طريق وصل النقطة المعلومة الموقع في داخل القطعة بأحد رؤوس أو أركان القطعة ثم اجراء التقسيم بطريقة مشابهة للفقرة (11.4.3) الآتية الذكر. أو عن طريق وصل النقطة المعلومة بأية نقطة على أحد الاضلاع يمكن تعيين وحساب موقعها ثم البدء بتقسيم القطعة من ذلك الخط وكما سبق.

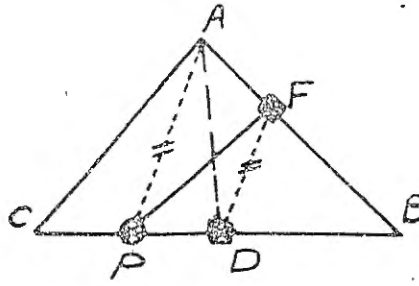
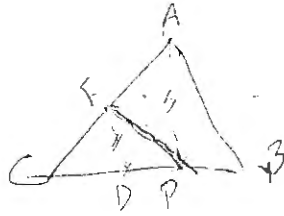
11.4.6 تقسيم قطعة مثلثة أو متعددة الاضلاع إلى جزئين أو أجزاء متعددة (معلومة المساحة) من نقطة على أحد الاضلاع

يمكن حل هذه المسألة بطريقة مشابهة أيضاً للفقرة (11.4.3) الآتية الذكر. إلا أنه يمكن حلها أيضاً بطريقة حسابية - ترسيمية (كما في الفقرة 11.4.5) وكالاتي:

11.4.6.1 تقسيم قطعة مثلثة إلى جزئين متساويين في المساحة (الشكل 11.13c)

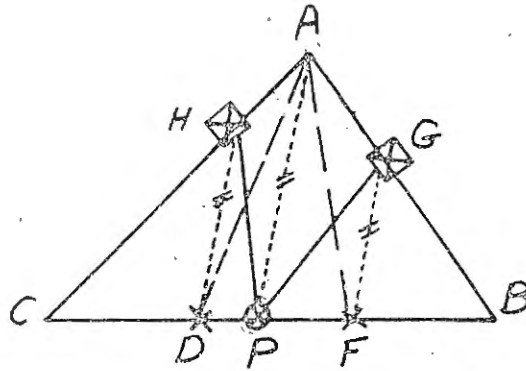
راجع إلى أحد المراجع الهندسي

إذا كان المعلوم احداثيات ومساحة القطعة وموقع P، فيتم الحل بتعيين نقطة D في منتصف BC وحساب موقعها. ثم يوصل PA وبحسب اتجاهه، ثم يرسم من D موازاً لـ DF فيقطع AB في F. وبحسب موقع F وطولا DF و FB (من موقعي B و D واتجاهي DF و FB) بالتقاطع الأول. ثم يوصل PF وبحسب طوله، وهو الخط المطلوب الذي يقسم القطعة إلى جزئين متساويين في المساحة (ويتحقق من المساحتين).



الشكل 11.13e

11.4.6.2 تقسيم قطعة مثلثة إلى ثلاثة أجزاء متساوية في المساحة (الشكل 11.13d)



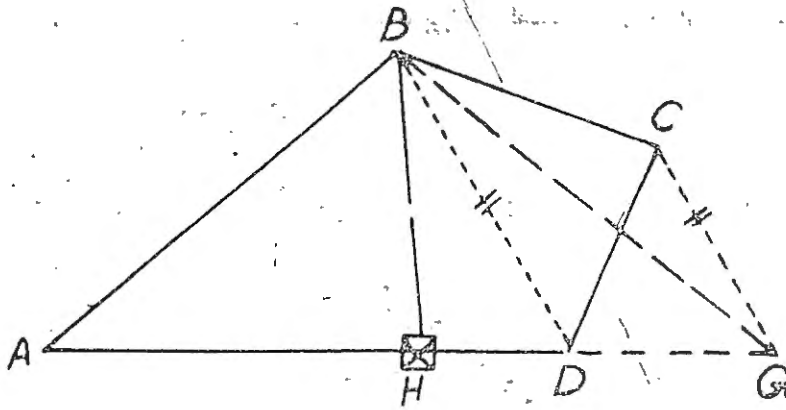
الشكل 11.13d

إذا كان المعلوم إحداثيات ومساحة القطعة وموقع P، فيتم الحل بتعيين النقطتين F و D بحيث يقسمان الخط BC إلى ثلاثة أجزاء متساوية في الطول وبحسب موقعهما. ثم يوصل PA وبحسب اتجاهه، ثم يرسم من F و D موازيان له يقطعان AC و AB في H و G. وبحسب موقع H و G بالتقاطعات الأولى كما سبق. ثم يوصل PG و PH (وهما خطا التقسيم المطلوبان). ثم تحسب مساحات الأجزاء AGPH و PGB و PCH للتأكد من الحسابات.

11.4.6.3 تقسيم قطعة متعددة الاضلاع إلى جزئين متساويين أو أجزاء متساوية في المساحة (الشكلان 11.13e و 11.13f) يتم حل هذه المسألة عن طريق تحويل الشكل المتعدد الاضلاع إلى مثلث مكافئ له في المساحة. ثم يحدد خط التقسيم في هذا المثلث (ويقسّم إلى الأجزاء المطلوبة)، ثم يوصل بين رأس المثلث ونقاط الأجزاء فيتم الحصول على خطوط التقسيم المطلوبة. ويبين الشكل 11.13e حالة تقسيم شكل رباعي إلى جزئين متساويين في المساحة، حيث يتم الحل كالآتي:

المعلوم: إحداثيات ومساحة القطعة وموقع H.

المطلوب: تقسيم الشكل الرباعي إلى جزئين متساويين في المساحة من نقطة H.

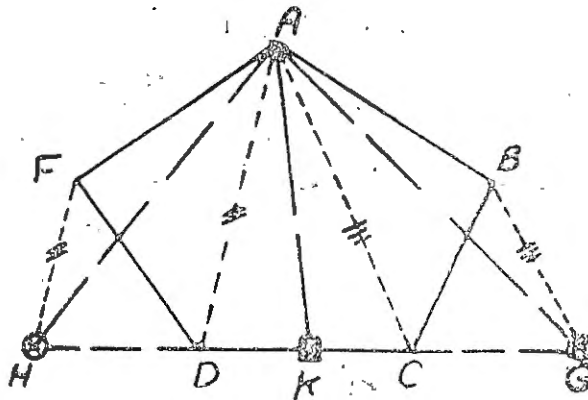


الشكل (11.13)

الحل (حسابياً وترسيمياً)

يوصل القطر BD وبحسب اتجاهه ، ثم يرسم من C الخط CG مواز له فيقطع امتداد AD في G . فيكون المثلث ABG مكافئاً للشكل ABCD من حيث المساحة وهو المثلث المطلوب . ويكون الخط AG هو خط التقسيم الذي ينصف في نقطة H . ثم يوصل BH وهو خط التقسيم المطلوب للشكل الرباعي ABCD . ولغرض حساب موقع G وطول CG و GD بالتقاطع الأول ، يؤخذ الموقعان C و D والاتجاهان المعلومان CG و DG . ثم تحسب مساحة المثلث ABG للتأكد من الحسابات . ثم ينصف AG في H وبحسب موقع H ثم يوصل BH وبحسب طوله واتجاهه بالحسابات المعكوسة وهو الخط المطلوب . ثم تحسب مساحتا الجزئين ABH و BCDH للتأكد من الحسابات .

أما إذا كان الشكل مؤلفاً من أكثر من أربعة أضلاع (كما في الشكل 11.13f) فيتم تحويله إلى مثلث مكافئ له في المساحة ، وذلك برسم القطرين AC و AD ، ثم رسم الموازيين BG و FH على التوالي . حيث يقطعان الضلع DC في G و H . وبذلك يكون المثلث AGH هو المثلث المكافئ من حيث المساحة والخط HG هو خط التقسيم المطلوب . ويتم الحل كما سبق (فتكون K هي النقطة في منتصف HG والخط AK هو الخط المطلوب لتقسيم المساحة إلى جزئين متساويين) .



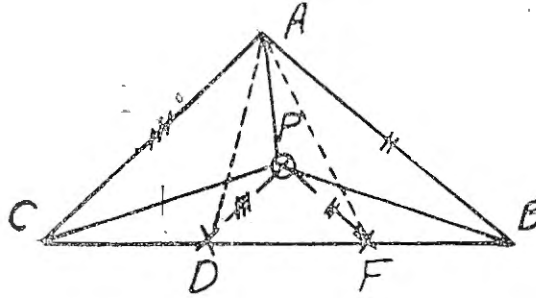
الشكل (11.13f)

11.4.7 تعيين موقع نقطة داخل قطعة مثلثة بحيث لو وُصلت برؤوسها لقسّمت القطعة إلى ثلاثة أجزاء متساوية أو إلى أجزاء بنسب معينة في المساحة
هناك حالتان يتم حلها كالآتي :

11.4.7.1 تعيين موقع نقطة داخل قطعة مثلثة لو وُصلت برؤوسها لقسّمتها إلى أجزاء متساوية بالمساحة (الشكل 11.33g)

المعلوم : أحداثيات ومساحة القطعة ABC .

المطلوب : تعيين موقع P بحيث لو وُصلت بالرؤوس A و B و C لقسّمت القطعة إلى ثلاثة أجزاء متساوية بالمساحة .



الشكل 11.13g

الحل (حسابياً وترسيمياً)

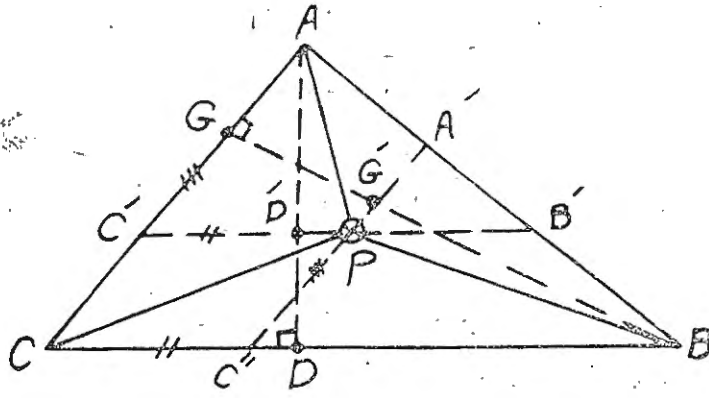
يقسّم BC إلى ثلاثة أجزاء متساوية بالطول في D و F . وبحسب موقعها D و F . ثم يرسم من F مواز للخط BA . ويرسم من D مواز للخط CA ، فنقطة تقاطع الخطّين الموازيين DP و FP (وهي النقطة P) تكون هي النقطة المطلوبة . حيث يمكن حساب موقعها بالتقاطع الأول (من موقعي D و F واتجاهي FP و PD) . ثم توصل P بالرؤوس A و B و C وتحسب أطوال الخطوط PA و PB و PC بالحسابات المعكوسة . ثم تحسب المساحات للأجزاء APB و APC و PBC للتأكد من الحسابات .

11.4.7.2 تعيين موقع نقطة داخل قطعة مثلثة لو وُصلت برؤوسها لقسّمتها إلى أجزاء متناسبة معلومة بالمساحة (الشكل 11.13h)

المعلوم : أحداثيات ومساحة القطعة ABC .

المطلوب : تعيين موقع P بحيث لو وُصلت بالرؤوس A و B و C لقسّمت مساحة القطعة إلى النسب :

$$X (\Delta BPC) : Y (\Delta APC) : Z (\Delta APB)$$



الشكل h (11.13)

الحل (حسابياً وترصيحياً)

يُنزل العمود AD على BC حيث يقطع BC في D. ثم يحسب طول AD من:
 $AD = AC \cdot \sin \angle ACB$
 ، وبحسب اتجاهه أيضاً (وبحسب CD أيضاً).
 ثم يؤخذ طول DD' مساوياً:

$$DD' = AD \frac{X}{X + Y + Z}$$

ثم يرسم من D' الخط B'C' موازياً BC فيقطع AB في B' و AC في C'. وبحسب موقع D و D'.
 ثم ينزل العمود BG على AC وبحسب طول BG و AG واتجاه BG كما سبق.
 ثم يؤخذ طول GG' مساوياً:

$$GG' = BG \frac{Y}{X + Y + Z}$$

ثم يرسم من G' الخط A'C'' موازياً AC فيقطع AB في A' و BC في C''. ويقطع الخط A'C'' كذلك
 الخط B'C'' في نقطة P وهي النقطة المطلوبة. ثم يوصل PA و PC و PB وهي الخطوط المطلوبة للتقسيم بالنسبة
 أعلاه.

وبحسب موقع G و G'. ثم يحسب موقع P بالتقاطع الأول (من موقعي D' و G' واتجاهي D'P و PG') وهو
 الموقع المطلوب حسابياً. ثم تحسب أطوال الخطوط PA و PC و PB ومساحات الأجزاء BPC و APC و APB للتأكد
 من الحسابات والنسب المعلومة.

ولفرض البرهنة هندسياً، فإن:

$$\Delta BPC = \frac{1}{2} (BC \cdot DD') = \frac{1}{2} \left(BG \cdot AD \cdot \frac{X}{X + Y + Z} \right)$$

$$= \Delta ABC \cdot \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$\Delta APC = \frac{1}{2} (AC \cdot GG') = \frac{1}{2} \left(AD \cdot BG \cdot \frac{Y}{X + Y + Z} \right) \text{ وكذلك..}$$

$$= \Delta ABC \cdot \frac{Y}{X + Y + Z}$$

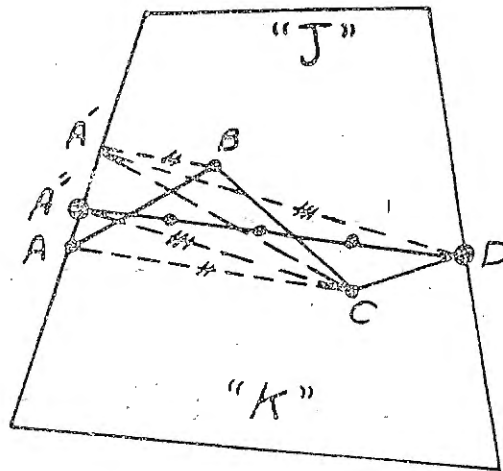
أما مساحة المثلث APB المتبقية فهي بنسبة Z من مساحة المثلث ABC.

11.4.8 تعديل الحدود

قد يطلب أحياناً تعديل حد متعرج ذي خطوط مستقيمة أو منحنية يفصل بين قطعتين إلى حد مستقيم بحيث تحتفظ كل قطعة بالمساحة الأصلية الكلية نفسها من دون زيادة أو نقصان. وقد تستخدم هذه الحالة أيضاً بصورة أوسع لتعديل الحدود بين بلدين. وتذكر أدناه الحالتان المحتملتان.

11.4.8.1 تعديل حد متعرج ذي خطوط مستقيمة إلى خط مستقيم (الشكل 11.13i)

المعلوم: القطعتان J و K المعلومتا المباحين ويفصل بينهما الحد ABCD (أو أن أحداثياتها ومساحتهما معاً) وكذلك أحداثيات نقاط الحد المشترك بينهما).



الشكل 11.13i

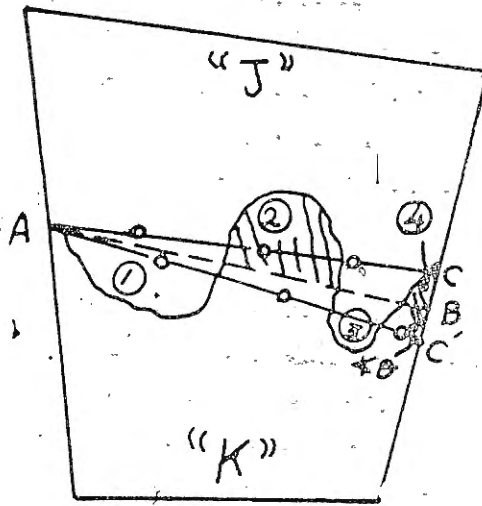
المطلوب : تعديل الحد المتعرج A B C D إلى خط مستقيم (مثل DA'') بحيث تحتفظ كل من القطعتين بالمساحة الأصلية لها.

الحل (حسابياً وترسيماً)

يوصل CA ويحسب طوله واتجاهه . ثم يرسم من B الخط BA' مواز للخط CA ثم يوصل CA' . ويحسب موقع A' من موقعي A و B واتجاهي BA' و A'A بالتقاطع الأول . ثم يوصل DA' ويحسب طوله واتجاهه . ثم يرسم من C الخط CA'' مواز للخط DA' . ثم يوصل D'A'' فيكون هو الخط المستقيم المطلوب كبديل للخط المتعرج . ويحسب موقع A'' من موقعي C و A واتجاهي CA'' و A''A' بالتقاطع الأول . ثم يحسب طول واتجاه DA'' بالحسابات المعكوسة وهو الخط المستقيم المطلوب . ويتحقق من مساحتي القطعتين.

11.4.8.2 تعديل حد متعرج ذي خطوط منحنية إلى خط مستقيم (الشكل ز 11.13)
المعلوم : مساحتا القطعتين "J" و "K" والحد المتعرج بينها ويبدأ من A.

المطلوب : تعيين خط مستقيم بدلاً من المتعرج مثل AC أو AC' بحيث تحتفظ كل قطعة بمساحتها الأصلية.



الشكل ز (11.13)

الحل (حسابياً وترسيماً)

يرسم خط تقريبي مثل AB ويقاس طوله والزاوية θ . ويمكن حساب طوله واتجاهه وموقع B والزاوية θ بالتقاطع الأول (من موقعي A وأي نقطة على الحد الآخر للقطعة).

ثم تحسب المساحات المضافة والمقتطعة من القطعة "J"، وهي

$$A_{2+4} = (4) + (2) = \text{المساحات المضافة}$$

$$A_{1+3} = (3) + (1) = \text{المساحات المقتطعة}$$

ثم يحسب الفرق بين المساحات اعلاه (ويرمز له ρ):

$$\rho = (A_{2+4}) - (A_{1+3})$$

ثم يعدل الخط AB إلى الخط AC أو AC' حسب إشارة الفرق بين المساحتين (أيها أكبر) وبموجب مساحة المثلث ΔABC (إذا كانت المقطوعة أقل) أو مساحة المثلث $\Delta ABC'$ (إذا كانت المقطوعة أكبر)، حيث أن:

$$\rho = \Delta ABC \text{ (or } \Delta ABC') = \frac{1}{2} AB \cdot BC \cdot \sin \angle \theta$$

$$\therefore BC = \frac{2\rho}{AB \cdot \sin \angle \theta}$$

ضعف الفرق بين المساحتين

$$\frac{\text{ضعف الفرق بين المساحتين}}{\text{طول الخط التقريبي}} = \text{وإذا كانت: } \angle \theta = 90^\circ \text{ فإن مقدار الأزاحة للخط المستقيم}$$

ثم يعاد حساب المساحتين "J" و "K" للتأكد من عملية التعديل.

11.5 مشروع صغير لتقسيم الأراضي

تعتمد الحسابات التي تجرى لتقسيم قطعة أرض إلى قطع معلومة المساحة/تدخلها الطرق أو الشوارع وكذلك مساحات مخصصة لأغراض أخرى كالمدارس والمتنزهات، على المواصفات الموضوعة مسبقاً لتقسيم هذه القطعة كما تعتمد على الاحداثيات المحسوبة لنقاط السيطرة والاطوال والاتجاهات وانصاف الاقطار المعلومة أو المطلوب تثبيتها. ومن الافضل وضع الحلول لهذه الحسابات على شكل خطوات منطقية متسلسلة ومجدولة كما سبق (كما يمكن اجراء تقسيم اولي تقريبي باستخدام الطريقة الترسيمية ثم اجراء الحسابات اللاحقة بعد ذلك) وبعدها تجرى الحسابات اللازمة ويتحقق منها كلها أمكن ذلك.

وبعد الانتهاء من الحسابات، يتم رسم المخطط الأفقي لقطعة الأرض المقسمة (أو الخارطة الكادستراية للقطعة) بمقياس رسم كبير مناسب حيث تبين على المخطط اتجاهات واطوال الاضلاع للقطع المختلفة ومساحاتها (إن كانت مختلفة) وانصاف اقطار المنحنيات واحداثيات مراكزها (وبعض عناصرها) وعرض كل من الشوارع التي تدخلها واحداثيات النقاط الرئيسية فيها (أو نقاط السيطرة)، وهذه المعلومات يستفاد منها عند تسقيط هذه الخريطة الكادستراية على الأرض. وهناك تمرين تطبيقي هو 11.4 لمشروع صغير لتقسيم الأراضي يمكن من خلاله اجراء الحسابات ورسم المخطط الأفقي له.

11.6 مساحات القطع الدائرية

يتطلب حساب مساحات بعض القطع ذات الحدود المنحنية، اجراء الحسابات لقطعة دائرية أو قطعة خارجية كالآتي:

11.4a مساحة القطاع المائري Segment - الشكل
 مساحة المنطقة (AGB) = مساحة القطاع (AGBO) - مساحة المثلث (ABO)

$$\therefore A_{\text{Seg.}} = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot \Delta^\circ}{360} - \frac{2R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} \times R \cdot \cos \frac{\Delta}{2}}{2}$$

$$= \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \cdot \Delta^\circ}{180} - \sin \Delta \right) = \frac{R^2}{2} (\Delta_{(\text{rad.})} - \sin \Delta)$$

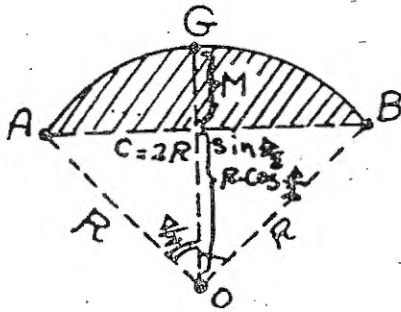
$$\text{or, } A_{\text{Seg.}} \cong \frac{2}{3} C.M = \frac{2}{3} R^2 (2 \sin \frac{\Delta}{2} - \sin \Delta) = \frac{C^2}{3} \tan \frac{\Delta}{4}$$

11.4b مساحة القطاع الخارجى External Segment - الشكل

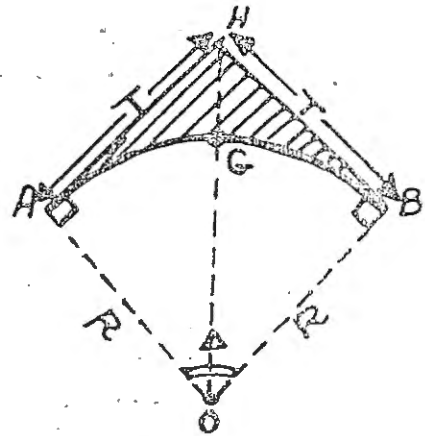
= مساحة القطعة الخارجى (AHB)
 مساحة الشكل (AHBO) - مساحة القطاع (AGBO)

$$\therefore A_{\text{Ext. Seg.}} = T.R - \frac{\pi \cdot R^2 \cdot \Delta^\circ}{360}$$

$$= R^2 \left(\tan \frac{\Delta}{2} - \frac{\pi \cdot \Delta^\circ}{360} \right) = R^2 \left(\tan \frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta_{(\text{rad.})}}{2} \right)$$



الشكل (11.4a)



الشكل (11.4b)

الشكل (11.4)

(11.2) الجدول

النقطة Point	الضلع Side	الطول Length	الاتجاه الربع دائري Brg.	المركبة الافقية Dep.	المركبة الرأسية Lat.	احداثي التشريق E انظر	احداثي التشميل N
A	AB	70.00	N 90° 00' E	+ 70.00	0.00	A 100	100
B	BC	50.00	S 53° 08' E	+ 40.00	- 30.00	B 170	100
C	CD	56.00	S 0° 00' E	0.00	- 56.60	C 210	70
D	DE	60.00	N 90° 00' W	- 60.00	0.00	D 210	13.4
F	FA	100.00	N 30° 00' W	- 50.00	+ 86.60	F 150	13.4
A				$\Sigma = 00$	$\Sigma = 00$	A 100	100
							∴ check

(من حسابات احداثيات النقاط أعلاه تبين انها مصححة)

الحالة (2): لما كان إتجاه الخط المركزي عموديا على إتجاه الضلع FA ، فإن إتجاه الخط المركزي يساوي :

$$Az. \text{ of GH (or IJ or KL) } = (360^\circ - 30^\circ) + \underline{90} - 360^\circ = \underline{60^\circ 00'}$$

ولفرض حساب مواقع حدود الطريق I و J و L و K ، تستخدم الحسابات الامامية كالآتي :

$$E_K = E_F + FK \cdot \sin(FK) = 150 - 35 \cdot \sin 330^\circ = \underline{132.50}$$

$$N_K = 13.40 + 35 \cdot \cos 330 = 43.71$$

$$E_I = E_F + FI \cdot \sin(FI) = 150 - 45 \cdot \sin 330^\circ = 127.50$$

$$N_I = 13.40 + 45 \cdot \cos 330 = 52.37$$

أما الموقعين J و L فيمكن حسابهما بالتقاطع الاول (J من موقعي B و I وإتجاهي BJ و JI ، و L من موقعي K و C وإتجاهي KL و LC). أو يمكن حساب موقع J بالتقاطع الاول كما ذكره موقع L بالحسابات الامامية من موقع J المحسوب وطول وإتجاه JL ، وهذه هي الطريقة التي ستبني (الشكل 11.16) :

$$IJ (A) = \frac{42.50 \cos 306^\circ 52' - 47.63 \sin 306^\circ 52'}{\sin (60^\circ 00' - 306^\circ 52')} ; A = \frac{\Delta E \cos B - \Delta N \sin B}{\sin(\alpha - B)}$$

$$\therefore IJ = 69.17 \text{ m}$$

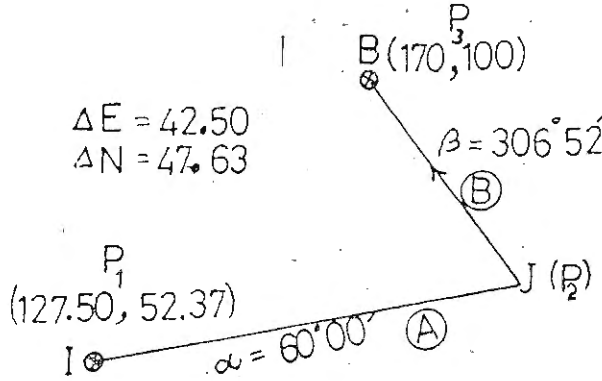
$$JB (B) = \frac{42.50 \cos 60 - 47.63 \sin 60}{\sin (306^\circ 52' - 60^\circ 00')}$$

$$B = \frac{\Delta E \cos \alpha - \Delta N \sin \alpha}{\sin(B - \alpha)}$$

$$\therefore JB = 21.74 \text{ m}$$

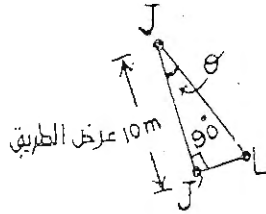
$$J(P_2) : E_J = 127.50 + 69.17 \sin 60 = 187.40 \quad N_J = 52.37 + 69.17 \cos 60 = 86.96$$

$$(\text{for check} : E_B = 187.40 + 21.74 \sin 306 52 = 170 \quad N_B = 86.96 + 21.74 \cos 306 52 = 100)$$



الشكل 11.16a

لغرض حساب موقع النقطة L، نحسب الزاوية θ من الفرق بين إتجاه (JL) الذي هو إتجاه BC وإتجاه (JJ') الذي هو إتجاه AF (الشكل 11.6b).



الشكل 11.16b

$$\angle \theta = 53^\circ 08' - 30^\circ 00' = 23^\circ 08'$$

$$JL = \frac{JJ'}{\cos \theta} = \frac{10}{\cos 23^\circ 08'} = 10.87 \text{ m}$$

ثم بحسب طول JL الذي يساوي:

ومن موقع J المحسوب وبطول وإتجاه JL، يمكن حساب موقع L بالحسابات الامامية:

$$E_L = E_J + JL \cdot \sin 126^\circ 52' = 187.40 + 10.87 \sin 126^\circ 52' = 196.10$$

$$N_L = 86.96 + 10.87 \cos 126^\circ 52' = 80.44$$

ويمكن حساب طول KL من موقعي K و L بالحسابات المعكوسة:

$$KL = \sqrt{(196.10 - 132.50)^2 + (80.44 - 43.71)^2} = 73.44 \text{ m}$$

كما يمكن حساب طول (LC) للتحقق من الحسابات السابقة من موقعي L و C بالحسابات المعكوسة :

$$LC = \sqrt{(210 - 196.10)^2 + (70 - 80.44)^2} = 17.39 \text{ m}$$

$$(\text{for check : } BC = BJ + JL + LC = 21.74 + 10.87 + 17.39 = 50.00 \text{ m} \therefore \checkmark)$$

وهكذا يمكن حساب مساحة الجزء إلى الشمال من الطريق وهو ABJI بطريقة الاحداثيات :

$$\begin{array}{ccccccc} 100 & \searrow & 170 & \searrow & 187.40 & \searrow & 127.50 & \searrow & 100 \\ 100 & & 100 & & 86.96 & & 52.37 & & 100 \end{array}$$

$$\therefore 2 A_1 = (47347.34) - (52064.40) = -4717.06 \therefore A_1 = 2358.5 \text{ m}^2$$

ويمكن حساب مساحة الطريق ايضا وهو IJLK بطريقة الاحداثيات :

$$\begin{array}{ccccccc} 127.50 & \searrow & 187.40 & \searrow & 196.10 & \searrow & 132.50 & \searrow & 127.50 \\ 52.37 & & 86.96 & & 80.44 & & 43.71 & & 52.37 \end{array}$$

$$\therefore 2 A_2 = (41672.41) - (43098.32) = -1425.91 \therefore A_2 = 712.9 \text{ m}^2$$

كما يمكن حساب مساحة الجزء الى الجنوب من الطريق وهو KLCDF بطريقة الاحداثيات :

$$\begin{array}{ccccccc} 132.50 & \searrow & 196.10 & \searrow & 210 & \searrow & 210 & \searrow & 150 & \searrow & 132.50 \\ 43.71 & & 80.44 & & 70 & & 13.40 & & 13.40 & & 43.71 \end{array}$$

$$\therefore 2 A_3 = (36569.80) - (43949.43) = -7379.63 \therefore A_3 = 3689.8 \text{ m}^2$$

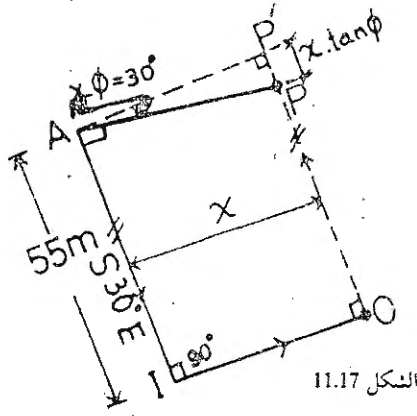
$$(\text{for check : Area of Traverse ABCDF} = 2358.5 + 712.9 + 3689.8 = 6761.2 \text{ m}^2)$$

الحالة (4): لما كان إتجاه الخط (OP) والذي يقسم المساحة إلى الشمال من الطريق إلى جزئين متساويين، عموديا على إتجاه الخط المركزي، فمضى هذا أنه بالإتجاه نفسه للضلع FA، أي أن:

$$Az. \text{ of } OP = 330^\circ 00'$$

ولغرض حساب طول OP وموقعي النقطتين O و P، ونظراً لكون OP موازياً للخط IA فلا حاجة لرسم مواز آخر للخط OP حتى نحصل على شبه منحرف. حيث أن الشكل APOI هو شبه منحرف قاعدته السفلى IA تساوي 55 م وارتفاعه يساوي x (وهو المطلوب حسابه أولاً). وبذلك فإن مساحة شبه المنحرف يساوي:

$$\text{مساحة شبه منحرف APOI} = \text{مساحة المثلث APP} - \text{مساحة المثلث APOI}$$



1179.25 m² = $\frac{A_1}{2}$ = مساحة الجزء إلى الشمال من الطريق $\frac{1}{2} = APOI$  ولما كانت

55 . χ = (IA) . χ = APOI مساحة المستطيل

$\frac{1}{2} \tan \phi . \chi^2 = (\chi . \tan \phi) . \chi \frac{1}{2} = AP'P$ مساحة المثلث

$\therefore$  APOI =  APOI - $\Delta AP'P$

or 1179.25 = 55 . χ - $\frac{1}{2} \tan 30^\circ . \chi^2$

(a) (b) (c)
 $\therefore 0.288675 \chi^2 - 55 \chi + 1179.25 = 0$

$\chi = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

حيث يمكن حل هذه المعادلة باستخدام قانون الدستور هو:

وبالتعويض عن القيم التي في المعادلة اعلاه ، يمكن الحصول على قيمتي X المحتملتين كالآتي :

$\chi = \frac{-(-55) \pm \sqrt{(-55)^2 - 4(0.288675)(1179.25)}}{2(0.288675)}$

$\therefore \chi_1 = \frac{55 + 40.78382}{0.57735} = 165.90 \text{ m}$

(هذه القيمة غير منطقية لأن الطول الكلي لـ AB = 70m)

or, $\chi_2 = \frac{55 - 40.78382}{0.57735} = 24.62 \text{ m}$

(هذه هي القيمة المنطقية لأنها أقل من 70m)

OP = OP' - P'P = 55 - $\chi . \tan \phi$

وهكذا يمكن حساب طول OP كالآتي :

$\therefore OP = 55 - 24.62 \tan 30^\circ = 40.78 \text{ m}$

وبحسب موقع O من موقع I المحسوب وطول واتجاه IO حيث أن:

طول $X = IO = 24.62m$ لأنه عمودي أيضا على AI

واتجاه $60^\circ 00' = (90^\circ - 30^\circ) = 10$

$$\therefore E_o = E_I + IO \cdot \sin 60^\circ = 127.50 + 24.62 \sin 60^\circ = 148.82$$

$$N_o = 52.37 + 24.62 \cos 60^\circ = 64.68$$

أما موقع P فيحسب من موقع O وطول واتجاه OP حيث أن:

طول $OP = 40.78m$ واتجاه OP يساوي اتجاه IA $330^\circ 00' = IA$

$$\therefore E_p = E_o + OP \cdot \sin 330^\circ = 148.82 + 40.78 \sin 330^\circ = 128.43$$

$$N_p = 64.68 + 40.78 \cos 330^\circ = 100.00 \quad (\text{وهو نفسه الاحداثي الصادي لـ A}) \quad \therefore \text{check}$$

ولفرض حساب طول AP، يستخدم الموقعان A و P باستعمال الحسابات المعكوسة:

$$AP = \sqrt{(128.43 - 100)^2 + (100 - 100)^2} = 28.43 \text{ m} = \frac{x}{\cos 30^\circ} = \frac{24.62}{\cos 30^\circ} = 28.43 \text{ m} \quad \therefore \text{check}$$

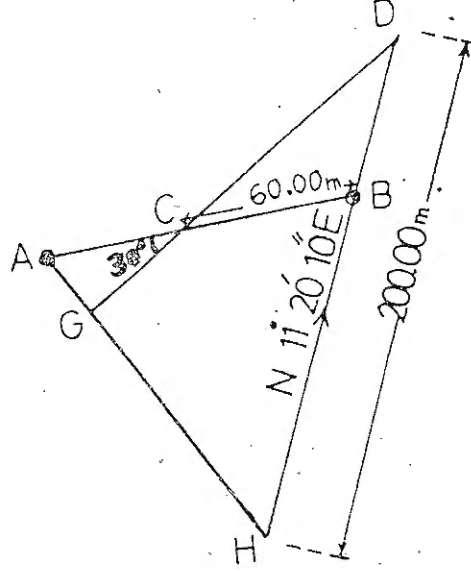
ولفرض التحقق من إحداثيات النقاط O و P يمكن حساب مساحتي الجزئين APOI و PBJO اللتان يجب أن تكونا متساويتين.

أما تسقيط OP حقليا فيمكن نصب الجهاز على نقطة O (أو P) وتثبيت إتجاهه بواسطة الشبودلايت ثم قياس طوله والتأكد من وقوع P على استقامة إتجاه AB.

تمارين تطبيقية

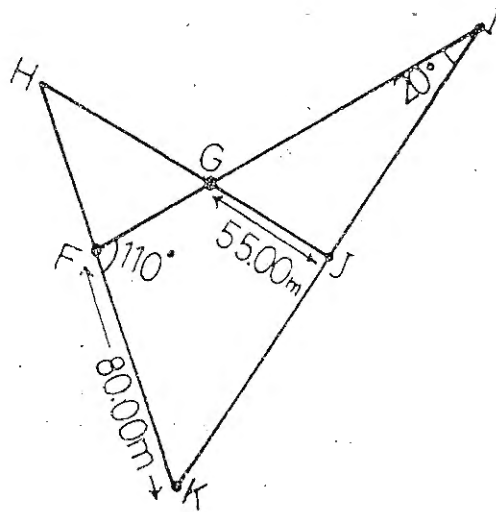
11.1 إعمل جدولاً بالخطوات المنطقية اللازمة حسب التسلسل لحساب المواقع الأفقية (أو الاحداثيات) للنقاط المجهولة كافة وحساب المسافات والاتجاهات المحذوفة كذلك. ثم احسب تلك الاحداثيات والمسافات والاتجاهات لكل من المسائل أدناه:

(a) إذا علمت إحداثيات النقطتين A و B في الشكل 11.18 أدناه.
 $P_A (E_A = 300, N_A = 400)$ و $P_B (E_B = 425, N_B = 410)$



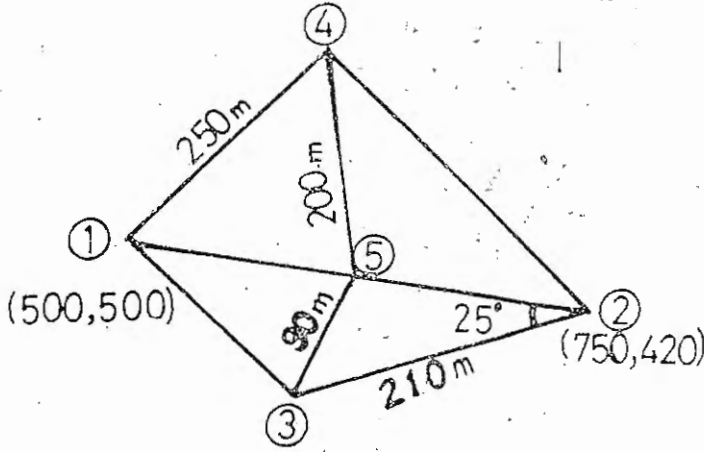
الشكل 11.18

(b) إذا علمت إحداثيات النقطتين G و F في الشكل 11.19 أدناه.
 $P_F (E_F = 150, N_F = 200)$ و $P_G (E_G = 172, N_G = 235)$



الشكل 11.19

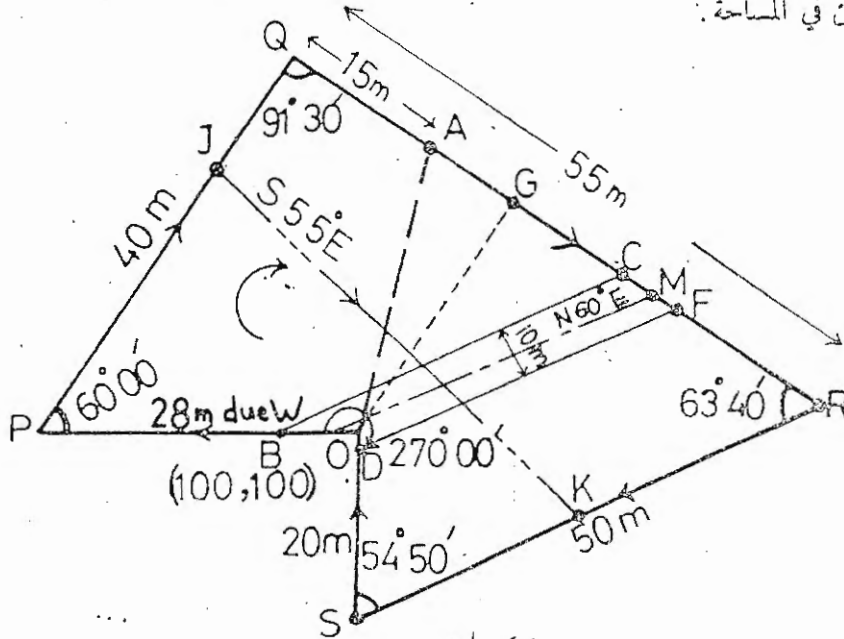
(c) إذا علمت احداثيات النقطتين 1 و 2 في الشكل 11.20.



الشكل 11.20

11.2 للمضلع الدائري المغلق OPQRS في الشكل 11.21 ، احسب :

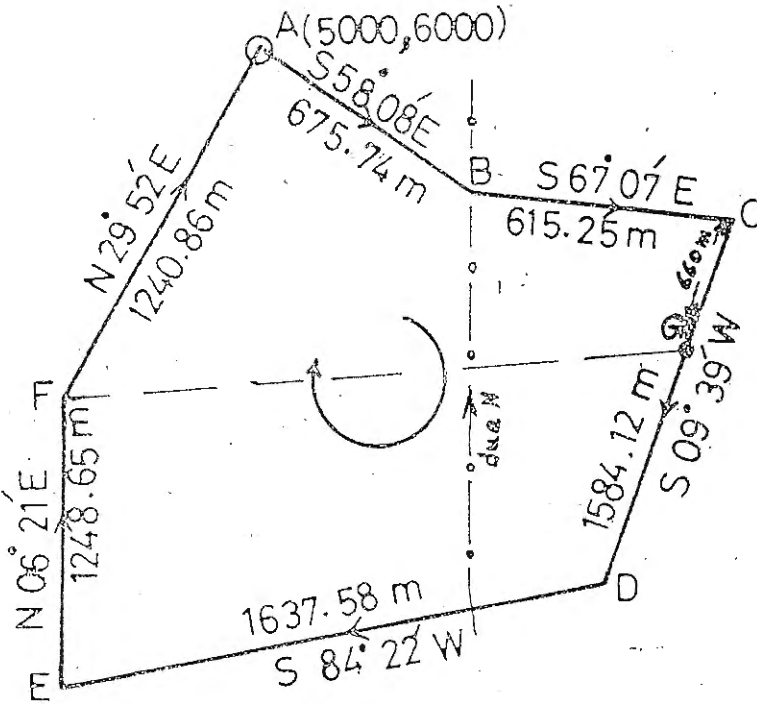
- (1) الاحداثيات المصححة للنقاط بطريقة القمباص ، ومساحة المضلع بطريقة الاحداثيات .
- (2) مساحة كل من الجزئين الناتجين من مرور خط مثل (OA) يقطع QR في نقطة A التي تبعد (15 م) عن نقطة Q (والتحقق من مساحتي الجزئين المحسوبتين) .
- (3) مساحة كل من الجزئين المتبقين نتيجة لمرور طريق بعرض (10 م) من نقطة O باتجاه يساوي : Brg. OM = $N60^{\circ}E$ (والتحقق من مساحات الطريق والجزئين المتبقين) .
- (4) طول واتجاه الخط OG (وموقع نقطة G) الذي يقسم المضلع الى جزئين متساويين في المساحة .
- (5) طول الخط JK (وموقعي النقطتين J و K) ذي الاتجاه المعلوم : Brg. JK = $S55^{\circ}E$ ، الذي يقسم المضلع الى جزئين متساويين في المساحة .



الشكل 11.21

11.3 للمضلع الدائري المغلق ABCDEF (الشكل 11.22) إحسب :

- (1) الاحداثيات المصححة للنقاط أو المركبات المصححة للاضلاع بطريقة القمباص ، ومساحة المضلع بطريقة الاحداثيات أو طريقة D.M.D.
- (2) مساحة الجزء إلى الشمال من الخط FG الذي يقطع الضلع CD في G التي تبعد مسافة 660 م من نقطة C.
- (3) مساحة كل من الجزئين الناتجين عن مرور خط باتجاه الشمال من نقطة B (والتحقق من المساحتين).
- (4) طول واتجاه الخط الذي يمر من نقطة F ويقسم المضلع إلى جزئين متساويين في المساحة.
- (5) طول الخط (وموقعي نهايتي له) الذي إتجاهه شرق - غرب ويقسم المضلع إلى جزئين متساويين.



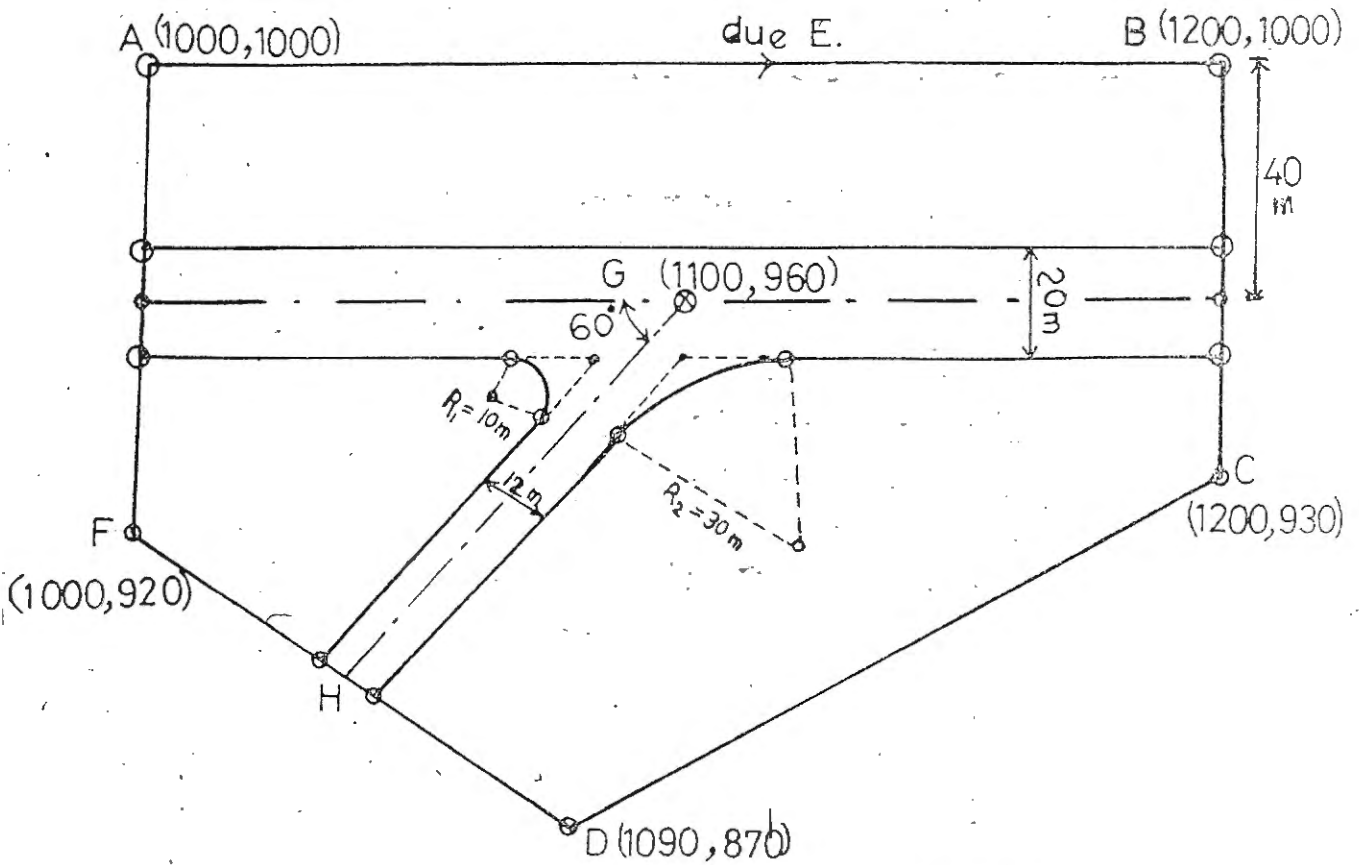
الشكل 11.22

11.4 مشروع صغير لتقسيم الاراضي :

إجراء الحسابات اللازمة للحصول على أطوال واتجاهات اضلاع القطع السكنية وإحداثيات أركان هذه القطع ومركزي المنحنيين الأفقيين وبقية النقاط المهمة. ثم إحصاء مساحات هذه القطع والمساحة التي يشغلها الطريق المار بالقطعة المبنية في الشكل 11.23 أدناه. وتحقق من مجموع هذه المساحات كي تساوي مساحة القطعة الكلية.

ثم إرسم القطعة وهي مقسمة إلى عدد القطع السكنية (التي يجب أن تتراوح مساحة كل قطعة ما بين 600 م² إلى 800 م²) ومواقع الطريقين والمنحنيين باستخدام مقياس رسم مناسب. ومبيناً مساحة كل قطعة داخل حدودها واتجاهات وأطوال القطع غير المنتظمة والاحداثيات للنقاط الرئيسية ضمن القطعة.

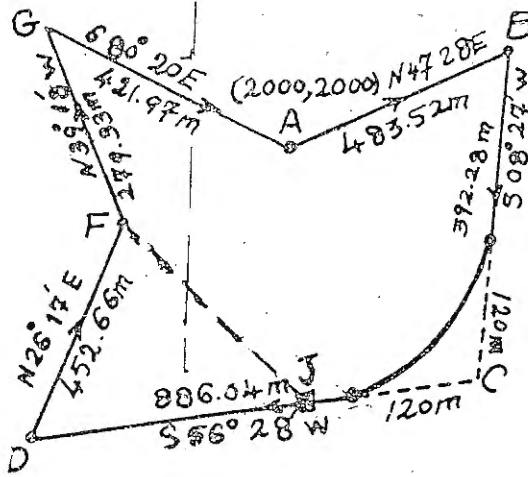
ملاحظة : (من الافضل رسم القطعة بمقياس معين أولاً على ورقة مربعات وحساب مساحات القطع بالطريقة الترسيمية وكذلك إنجهايات واطوال حدود القطع . ثم إجراء الحسابات اللازمة ومن بعد ذلك رسم القطعة وهي موزعة الى قطع بصورة مضبوطة وبموجب النتائج للحسابات).



الشكل 11.23 مخطط توضيحي لمشروع صنفير لتقسيم الاراضي (والمعلومات المتوفرة لفرض اجراء الحسابات اللازمة)

11.5 للمضلع الدائري المغلق ABCDFG المبين في الشكل 11.24 :

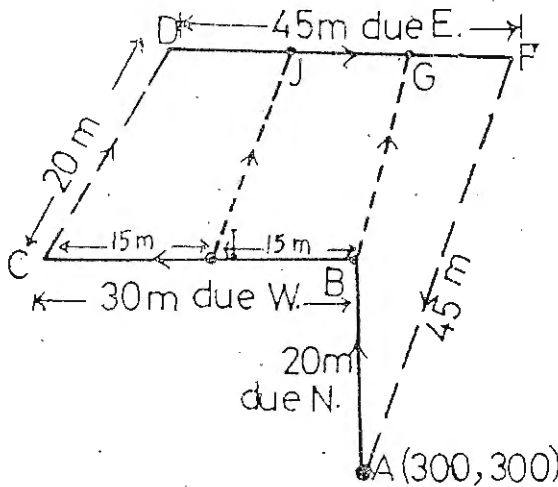
- (1) إقتطع من الجزء الجنوبي الغربي للمضلع (1/4) المساحة الكلية بخط يمر من نقطة F ويقطع CD في نقطة J. والمطلوب حساب طول واتجاه FJ وموقع نقطة J.
- (2) إقتطع من الجزء الشمالي الغربي للمضلع (1/4) المساحة الكلية بخط باتجاهه شمال - جنوب. والمطلوب حساب طول هذا الخط وموقعي نهايته.



الشكل 11.24

11.6 للمضلع الدائري المغلق ABCDF المبين أدناه. (الشكل 11.25) :

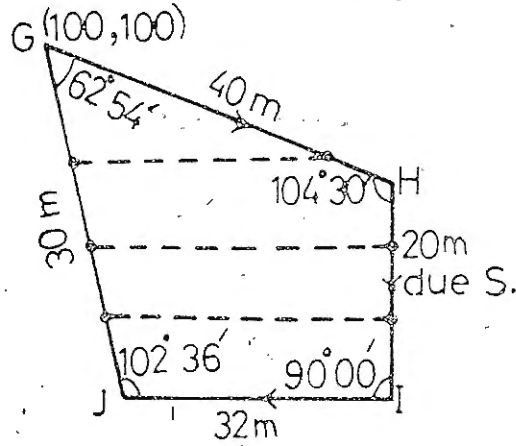
- (1) إحسب احداثيات النقاط كافة.
- (2) إحسب طول واتجاه كل من الخطين BG وIJ، وموقعي G وJ. بحيث يقسم هذان الخطان المضلع إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



الشكل 11.25

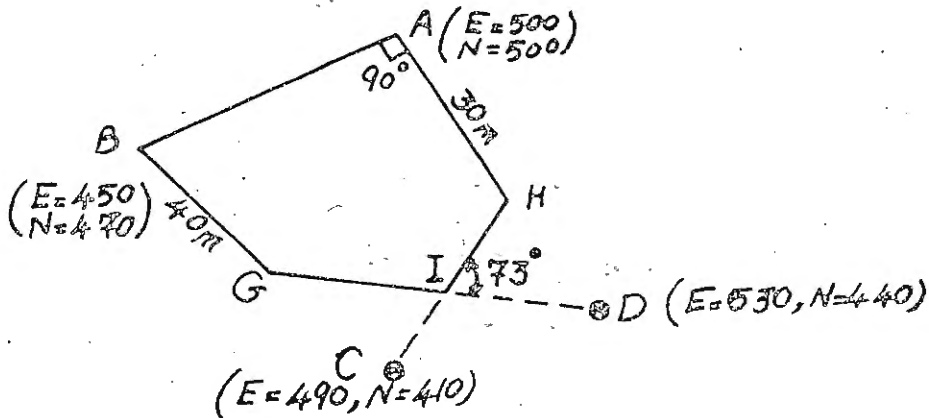
11.7 للمضلع الدائري المغلق GHIJ المبين أدناه (الشكل 11.26)

- (1) احسب الاحداثيات المصححة للنقاط باستخدام قاعدة القمباص.
- (2) احسب أطوال الخطوط الثلاثة التي تقسم المضلع الى اربعة أجزاء متساوية وباتجاهات شرق - غرب جميعاً. واحسب كذلك مواقع نهايتي كل خط.



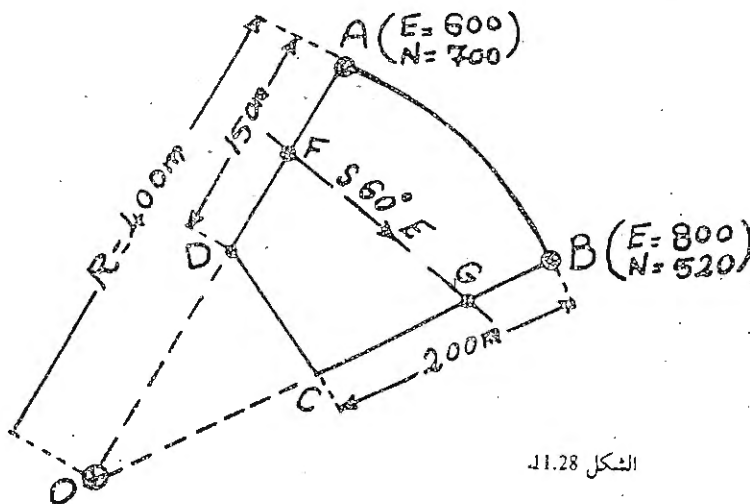
الشكل 11.26

11.8 احسب الاطوال والاتجاهات والاحداثيات المجهولة للقطعة أدناه (الشكل 11.27) ثم عين موقع الخط باتجاه شرق - غرب الذي يقسم القطعة إلى جزئين متساويين في المساحة.



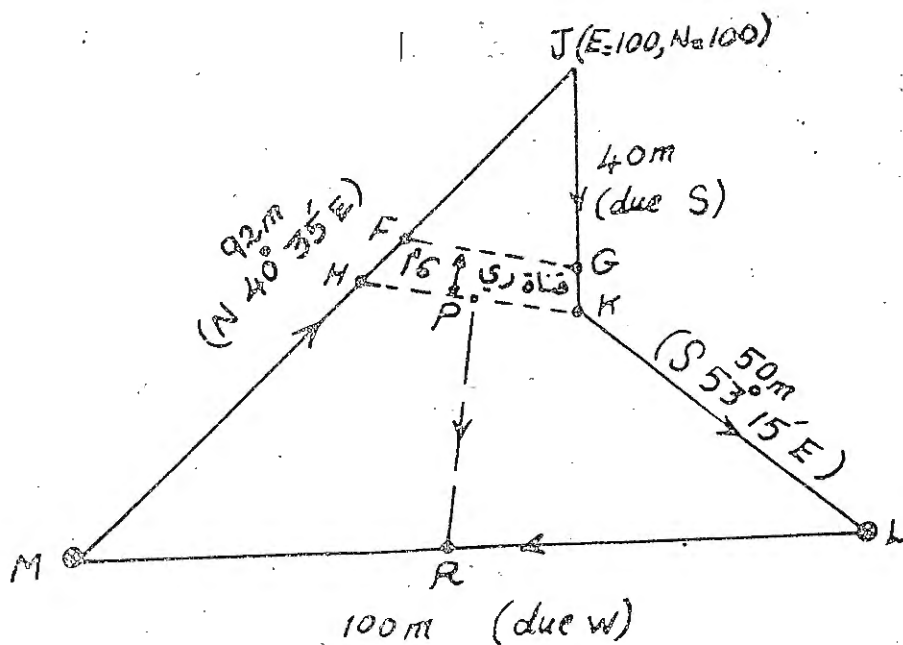
الشكل 11.27

11.9 قطعة أرض ABCD (كما في الشكل 11.28) يحدّها قوس دائري AB نصف قطره : $R = 400\text{m}$. يراد تقسيمها إلى جزئين متساويين في المساحة بواسطة الخط FG ذي الاتجاه : $\text{BrG.FG} = S60^\circ E$. احسب طول الخط FG وموقعي النقطتين F و G.



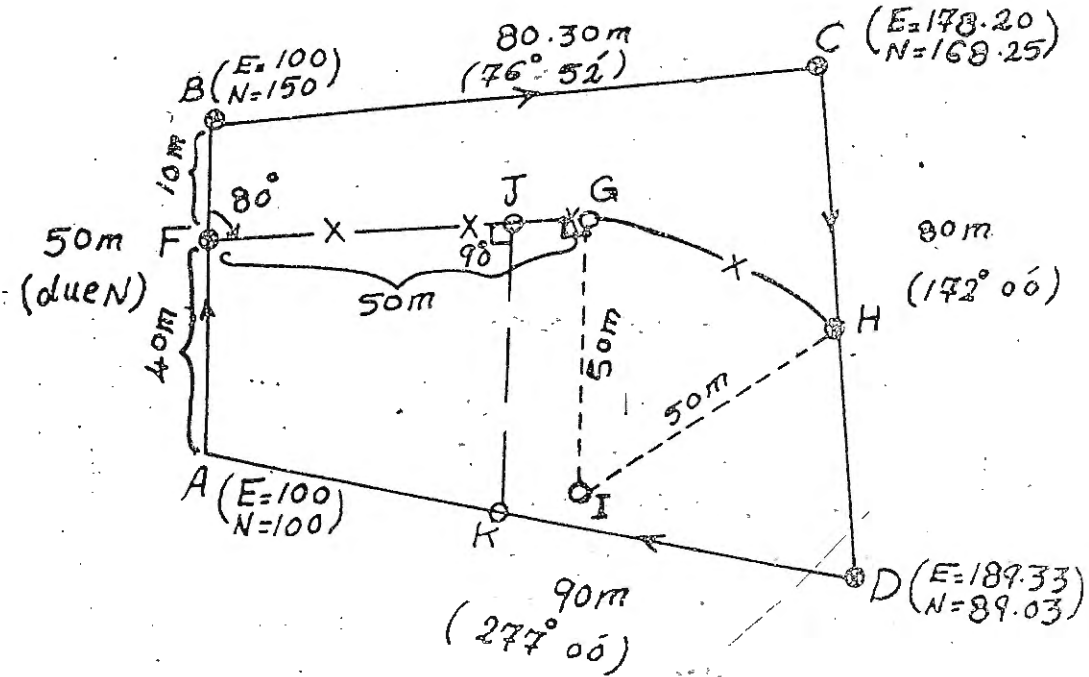
الشكل 11.28

11.10 قطعة أرض على شكل مضلع مغلق JKLM (كما في الشكل 11.29)، تمر خلالها قناة ري عرضها 6 م واتجاه : $N70^\circ W$ وابتداءً من نقطة K. أريد تقسيم الجزء الواقع إلى جنوب تلك القناة إلى مساحتين متساويتين من نقطة P التي تقع في منتصف KH والمطلوب حساب :
 (أ) مساحات الأجزاء JGF و GKHF و KLMH.
 (ب) طول واتجاه الخط PR وموقع نقطة R.



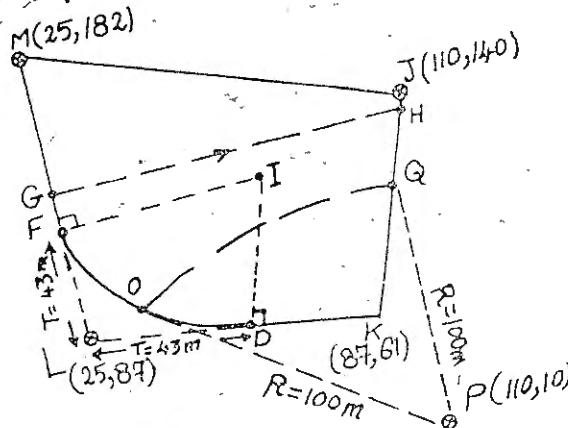
الشكل 11.29

11.11 قطعة أرض ذات شكل رباعي ABCD مساحتها 5432.31 م² وأحداثيات أركانها معلومة (كما مبين في الشكل 11.30). إقتطع الجزء المتجاوز منها (FBCHG) بوضع سياج يتألف من جزئين هما: الخط المستقيم FG وطوله 50 م، ومنحن أفقي GH نصف قطره 50 م ومركزه في نقطة I. والمطلوب حساب طول الخط JK العمودي على FG وموقعي J و K، والذي يقسم القطعة المتبقية (AFGHD) إلى جزئين متساويين في المساحة.



الشكل 11.30

11.12 قطعة أرض KDFMJ يحدها منحن دائري DOF، إقتطع منها الجزء KDOQ بقوس دائري نصف قطره: 100 م. فإذا أريد تقسيم المساحة المتبقية OFMJQ إلى جزئين متساويين في المساحة بواسطة الخط GH ذي الاتجاه: شرق - غرب فأين يقع هذا الخط؟ (أو كم تكون إحداثيات نقطتي التقاطع G و H للنهائي الخط؟).

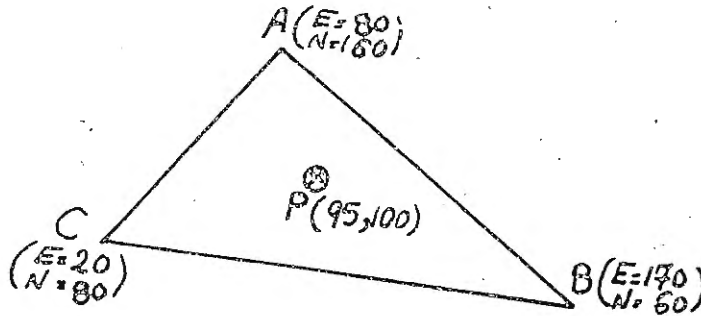


الشكل 11.31

11.13 للقطعة المثلثة الشكل ABC والمعلومة احداثيات اركانها ، احسب :

(1) طولي واتجاهي الخطين اللذين يقيسها إلى جزئين متساويين في المساحة من نقطة P التي احداثياتها : $E = 95$ ، $N = 100$

(2) أطوال واتجاهات الخطوط التي تقسم القطعة إلى ثلاثة اجزاء متساوية في المساحة من نقطة P المعلومة الموقع اعلاه .

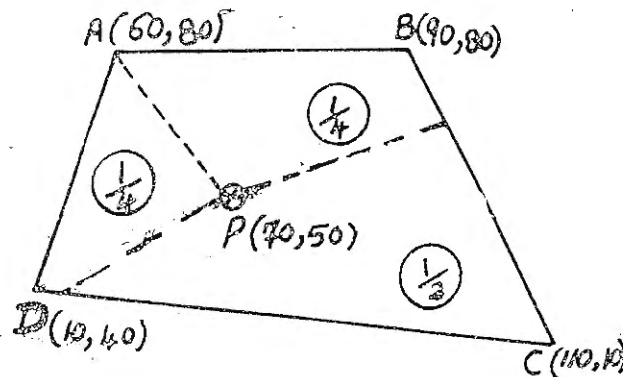


الشكل 11.32

11.14 إذا أريد تعيين موقع نقطة P (للقطعة المعلومة المواقع لأركانها كما في 11.13) بحيث لو وصلت هذه النقطة برفوس القطعة لقسمته في حالتين إلى :

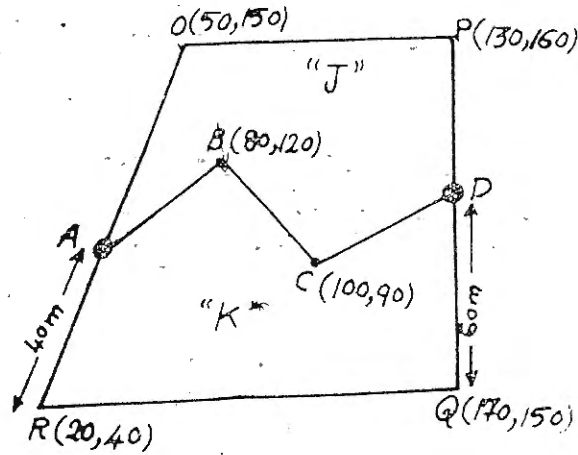
(A) ثلاثة اجزاء متساوية (B) إلى اجزاء بنسبة 2 : 3 : 5 .

11.15 شكل رباعي ABCD معلوم الاحداثيات لأركانه ، أريد تقسيمه بنسبة $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$: $\frac{1}{4}$ وابتداءً من الخط PA واتجاه عقرب الساعة . فأين يقع خطا التقسيم الآخرين (طولاها واتجاهها ونقطتا تقاطعها) ؟ وإذا أريد استبدال خطي التقسيم هذين بخط مستقيم واحد بحيث يحافظ على مساحتي الجزئين الشمالي والجنوبي ، فما هو موقع هذا الخط (طوله واتجاهه وموقعا نقطتي تقاطعه) ؟ انظر الشكل 11.33 .



الشكل 11.33

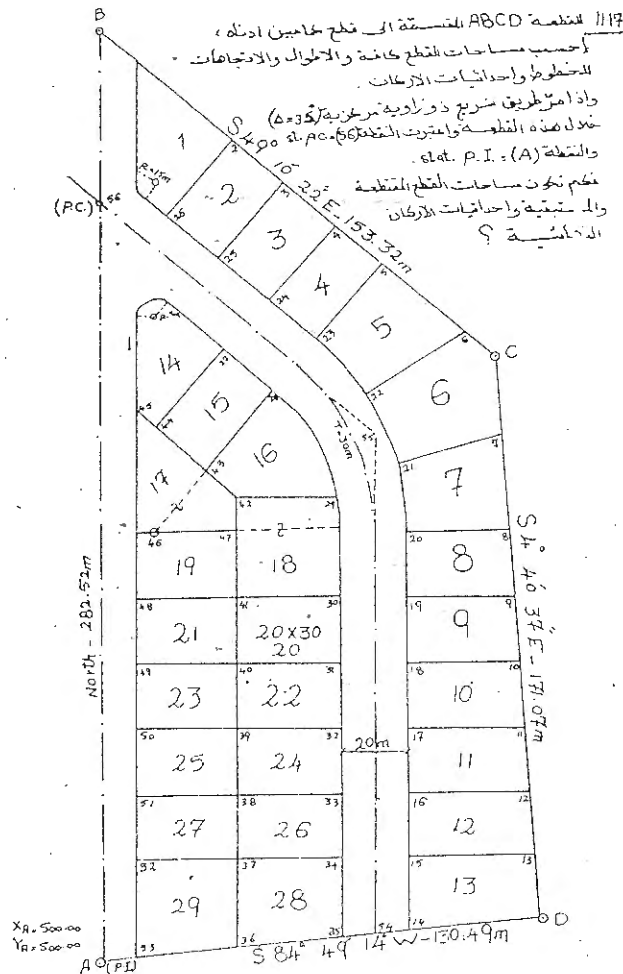
11.16 أريد استبدال الحد المتعرج ذي الخطوط المستقيمة ، الذي يفصل بين القطعتين "J" و "K" في الشكل الرباعي المبين ، بخط مستقيم واحد بحيث يحافظ على المساحتين الاصليتين للقطعتين نفسها . احسب طول واتجاه هذا الخط المستقيم وموقعي نقطتي تقاطعه . انظر الشكل 11.34 .



الشكل 11.34

11.17 للقطعة ABCD المقسمة الى قطع كما مبين ادناه ، احسب مساحات القطع كافة والاطوال والاتجاهات للخطوط واحداثيات الاركان.

واذا مر طريق سريع ذو زاوية مركزية $(\Delta = 35^\circ)$ خلال هذه القطعة واعتبرت النقطة $St.P.C. = (56)$ والنقطة $Stat. P.I. = (A)$ فكم تكون مساحات القطع المقطعة والمتبقية واحداثيات الاركان النهائية ؟



11.18 مشروع تقسيم الرضي

أريد تقسيم قطعة الأرض المحددة بالنقاط: 1-2-3-4-5-6-7-8-1 والمبينة المعلومات حولها كما في أدناه ، بموجب المواصفات الآتية :-

عرض الطريق = 20 م، أدنى واجهة للقطعة الواحدة = 20 م، أدنى مساحة للقطعة الواحدة = 600 م²، أدنى أراحة للواجهة حتى المنحني = 4 م .

أنصاف الأقطار: أدنى نصف قطر = 15 م، نصف قطر ركن التقاطع = 5 م، نصف قطر دائرة كاملة = 15 م .
أحسب مساحات القطع المتكونة وأطوال واتجاهات الخطوط لحدودها وأحداثيات أركانها والنقاط المهمة فيها . ثم أرسم التقسيم النهائي للقطعة بخارطة ذات مقياس = 1:1000 .

Positions

المواقع المعلومة

النقطة Point	أحداثي التشرقي X (E)	أحداثي الشمال Y (N)
10	938.20	1254.33
11	841.57	1280.06
13	1430.83	1115.83
14	1530.83	1115.83
1	1023.55	1184.32

النقطتان على الخط المركزي الداخل

on Φ of road **IN**

on Φ of road **OUT**

النقطتان على الخط المركزي الخارج

Data

المعلومات

الخط Line	الطول Length	الاتجاه الربعي Direction
1 - 2	52.14	S 79° 15' 12" E
2 - 3	275.83	S 49° 10' 15" E
3 - 4	94.16	N 33° 30' 05" E
4 - 5	90.74	N 06° 08' 31" W
5 - 6	50.46	S 88° 25' 58" W
6 - 7	190.27	N 61° 44' 55" W
7 - 8	65.08	N 71° 45' 08" W
8 - 1	90.53	S 14° 17' 40" W

يبيّن الجدول 1.1 م الدوال المطلوبة في الحاسبة اليدوية لأغراض حسابات المسح الهندسي والكادستراتي.

الجدول (1.1 م)

Pocket Calculator Functions for Engineering Surveying

الدوال المطلوبة للحسابات اللازمة للمسح الهندسي والكادستراتي بالنسبة للحاسبة الالكترونية اليدوية

الدالة (أو الملية) Function or Facility	الملاحظات Notes
Display	Should be at least 8 digit, preferably 10.
Arithmetic	Basic functions required.
Trigonometrical	$\sin$, $\sin^{-1}$, $\cos$, $\cos^{-1}$, $\tan$, $\tan^{-1}$ essential.
Degrees, rad, gon (grad)	Facility for using trigonometrical functions in degree, rad and gon (grad) modes useful.
Decimal degrees	Conversion between deg, min, sec and decimal degrees needed.
Polar/Rectangular	Conversion between polar (bearing and distance) and rectangular form (ΔE and ΔN) simplifies co-ordinate calculations greatly.
Programmable	Useful (but not essential) for most calculations provided that program storage is available for repeat calculations. Some models use plug-in modules to extend programming capability.
Printer connection	Hard-copy facility avoids transposition errors.
General purpose	$1/x$, x^3 , $\sqrt{x}$, y^x occur frequently in engineering surveying.
Logarithms	$\log x$, 10^x , $\ln x$, e^x sometimes used.
Floating Point	Essential when dealing with large or small numbers.
Rechargeable Batteries	Preferable with AC current use.
Storage registers (memory)	Useful in complicated problems.
Pre-programmed constants	π required.
Statistical functions	$\bar{x}$ and s not essential but sometimes convenient.

ويبين الجدول 1.2 م والشكلين 1.1 م و 1.2 م النسب المثلثية وبعض القوانين المثلثية المهمة.

TRIGONOMETRIC FUNCTIONS

الدوال والنسب المثلثية

Degree	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
Arc	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3}{2}\pi$	2π
Sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1	0	-1	0
Cos	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tg	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	0
cotg	$\pm\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$

For angle α

$$\sin(90^\circ \pm \alpha) = \pm \cos \alpha$$

$$\cos(90^\circ \pm \alpha) = \pm \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg}(90^\circ \pm \alpha) = \pm \operatorname{cotg} \alpha$$

$$\operatorname{cotg}(90^\circ \pm \alpha) = \pm \operatorname{tg} \alpha$$

$$\sin(180^\circ \pm \alpha) = \pm \sin \alpha$$

$$\cos(180^\circ \pm \alpha) = \pm \cos \alpha$$

$$\operatorname{tg}(180^\circ \pm \alpha) = \pm \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{cotg}(180^\circ \pm \alpha) = \pm \operatorname{cotg} \alpha$$

$$\sin(270^\circ \pm \alpha) = \mp \cos \alpha$$

$$\cos(270^\circ \pm \alpha) = \mp \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg}(270^\circ \pm \alpha) = \mp \operatorname{cotg} \alpha$$

$$\operatorname{cotg}(270^\circ \pm \alpha) = \mp \operatorname{tg} \alpha$$

$$\sin(360^\circ \pm \alpha) = \sin \alpha$$

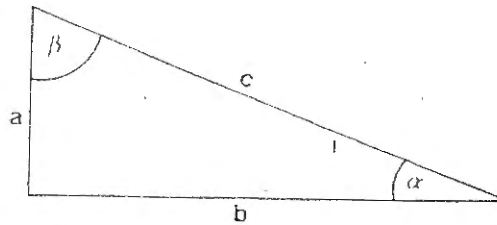
$$\cos(360^\circ \pm \alpha) = \cos \alpha$$

$$\operatorname{tg}(360^\circ \pm \alpha) = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{cotg}(360^\circ \pm \alpha) = \operatorname{cotg} \alpha$$

Solution of Triangle ° حل المثلث

(Rectangular Triangle) المثلث القائم



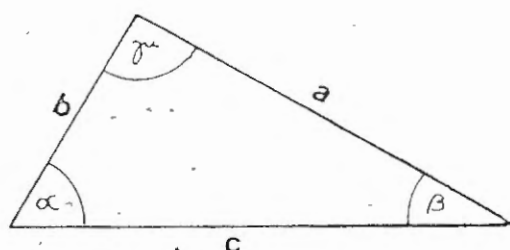
$$a = c \sin \alpha = b \operatorname{tg} \alpha = c \cos \beta = b \operatorname{cotg} \beta$$

$$b = c \cos \alpha = a \operatorname{cotg} \alpha = c \sin \beta = a \operatorname{tg} \beta$$

$$c = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{a}{\cos \beta} = \frac{b}{\sin \beta}$$

شكل 1-1

(Oblique Triangle) المثلث المائل



الشكل (٢١.٢)

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

$$a = b \cos \gamma + c \cos \beta$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

$$s = \frac{1}{2} (a + b + c)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{a \sin \gamma}{b - a \cos \gamma} \quad / \quad \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}}$$

IMPORTANT DATA

قيم مهمة

$$\pi = 3,141 \ 592 \ 654$$

$$\pi^2 = 9,869 \ 604 \ 401$$

$$\pi^3 = 31,006 \ 276 \ 680$$

$$2\pi = 6,283 \ 185 \ 308$$

$$\pi:2 = 1,570 \ 796 \ 327$$

$$1:\pi = 0,318 \ 309 \ 886$$

$$1:\pi^2 = 0,101 \ 321 \ 184$$

$$\log \pi = 0,497 \ 149 \ 873$$

$$\operatorname{arc} 1^\circ = 0,015 \ 707 \ 963 = \pi:200$$

$$\operatorname{arc} 1^c = 0,000 \ 157 \ 079 = \pi:20000$$

$$\operatorname{arc} 1^{cc} = 0,000 \ 001 \ 570 = \pi:2000 \ 000$$

تبيين الجداول 2.1 م و 2.2 م و 2.3 م المواصفات البريطانية الخاصة بأعمال التضييع والتثليث والدقة النسبية المطلوبة.

الجدول (2.1 م) المواصفات العامة للتضييع (بريطانية)

General Traverse Specifications

TYPE نوع التضييع	TYPICAL ACCURACY الدقة المتوقعة	PURPOSE الغرض	ANGULAR MEASUREMENT القياس الزاوي	DISTANCE MEASUREMENT القياس الطولي
Geodetic جيوديسي	1 in 50 000 or better	(1) Major Control for mapping large areas (2) Provision of very accurate reference points for engineering surveys	0.1" theodolite	EDM
General عام	1 in 5000 to 1 in 50 000	(1) General engineering surveys, that is, setting out and site surveys (2) Secondary control for mapping large areas	1" or 20" theodolite	EDM, steel tapes, subtense methods
Low Accuracy دقة قليلة	1 in 500 to 1 in 5000	(1) Small scale detail surveys (2) Rough large scale detail surveys (3) Preliminary or reconnaissance surveys	20" or 1" theodolite	Synthetic tapes, chains; stadia tachemetry

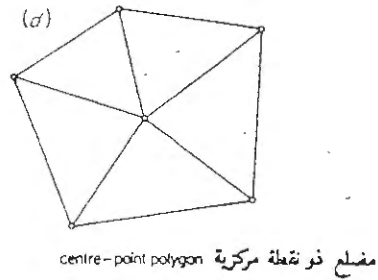
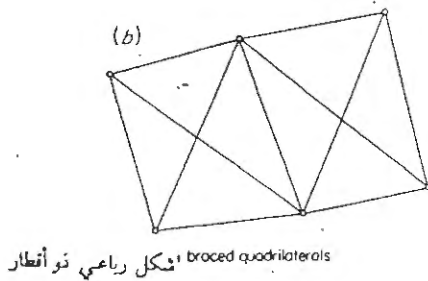
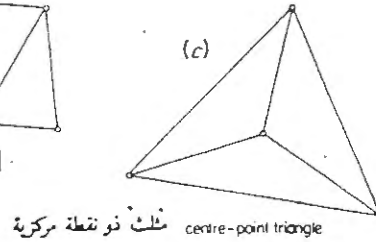
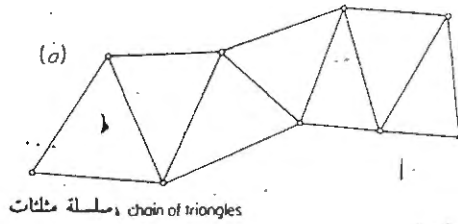
الجدول (2.2 م) الدقة النسبية المطلوبة في الاعمال المساحية المختلفة (بريطانية)

Type of work نوع العمل	Accuracy required الدقة المطلوبة
Location of spoil heaps and soft detail.	1 in 500 - 1 in 5000
Setting out sewer pipelines.	1 in 5000 - 1 in 10 000
Location of hard detail.	
Measuring traverse legs.	
Setting out road centrelines, grids, baselines, offset pegs.	1 in 10 000 - 1 in 20 000
General site setting out, setting out buildings, establishing secondary control.	
Setting out primary control.	1 in 20 000 upwards

General Triangulation Specifications

الجدول (2.3 م) المواصفات العامة للثلث (بريطانية)

	الدرجة الأولى First-Order Primary	الدرجة الثانية Second-Order Secondary	الدرجة الثالثة Third-Order Tertiary
الدقة المتوقعة Typical precision (or misclosure in Length of baselines)	1 in 100 000	1 in 20 000	1 in 5000
الاستخدامات Applications	(1) National control networks (2) Reference points for engineering projects (3) Scientific and geodetic studies	(1) Secondary framework supporting national network (2) Engineering projects (3) Topographical surveys	(1) Small scale topographic mapping and detail surveys (2) Engineering projects
خطا الزوايا في المثلث Triangle misclosure average less than maximum less than	1" 3"	3" 5"	5" 10"
عدد دورات القياس Number of rounds of angles normally required	16	4	2
مقياس التلسكوب المطلوب Theodolite Required	0.1" or 0.2"	1"	1"



الشكل (2.1 م) الأشكال المستخدمة في عملية التثليث

وتبين الجداول 2.4 م و 2.4 م و 2.6 م المواصفات الأمريكية ودرجات الدقة للسيطرة الأفقية والرأسية وملاحظات حولها، والخاصة بأعمال التثبيت الزاوي والبعدي وأعمال التضليغ (أو السيطرة الأفقية) وأعمال التسوية (أو السيطرة الرأسية).

الجدول (2.4 م) مواصفات تصنيف أعمال السيطرة الجيوديسية والاستخدامات الموصى بها (أمريكية)
TABLE 1. — STANDARDS FOR THE CLASSIFICATION OF GEODETIC CONTROL AND PRINCIPAL RECOMMENDED USES

الصنف Classification	السيطرة الأفقية Horizontal Control		السيطرة الرأسية Vertical Control	
	الدرجة الأولى First-Order	الدرجة الثانية Second-Order	الدرجة الثانية Second-Order	الدرجة الثالثة Third-Order
الدقة النسبية Relative accuracy between directly connected adjacent points (at least)	1 part in 100,000	Class I 1 part in 50,000	Class I 1.0 mm $\sqrt{K}$	Class I 1 part in 10,000
Recommended uses	Primary National Network Metropolitan Area Surveys Scientific Studies	Area control which strengthens the National Network. Subsidiary metropolitan control	Class II 1.3 mm $\sqrt{K}$ (K is the distance in kilometers between points.)	Class II 2.0 mm $\sqrt{K}$
الصنف Classification	الدرجة الأولى First-Order		الدرجة الثالثة Third-Order	
الدقة النسبية Relative accuracy between directly connected points or benchmarks (standard error)	Class I 0.5 mm $\sqrt{K}$	Class II 0.7 mm $\sqrt{K}$	Class I 1.0 mm $\sqrt{K}$	Class II 1.3 mm $\sqrt{K}$
الاستخدامات Recommended uses	Basic framework of the National Network and metropolitan area control Regional crustal movement studies Extensive engineering projects Support for subsidiary surveys.	Secondary framework of the National Network and metropolitan area control. Local crustal movement studies. Large engineering projects. Tidal boundary reference. Support for lower order surveys	Densification within the National Network. Rapid subsidence studies. Local engineering projects. Topographic mapping.	Small-scale topographic mapping. Establishing gradients in mountainous areas. Small engineering projects. May or may not be adjusted to the National Network.

الجدول (2.5 م) المواصفات ودرجات الدقة للسيطرة الأفقية (أمريكية)

TABLE 2. — CLASSIFICATION, STANDARDS OF ACCURACY, AND GENERAL SPECIFICATIONS FOR HORIZONTAL CONTROL

Classification	First-Order	TRIANGULATION			
		Second-Order	Class I	Class II	Class III
Recommended spacing of principal stations	Network stations seldom less than 15 km. Metropolitan surveys 3 km to 8 km and others as required.	Principal stations seldom less than 10 km. Other surveys 1 km to 3 km or as required	Principal stations seldom less than 5 km or as required	Principal stations seldom less than 5 km or as required	Principal stations seldom less than 5 km or as required
Strength of figure					
R, between bases					
Desirable limit	20	60	80	100	120
Maximum limit	25	80	120	130	175
Single figure					
Desirable limit	5	10	15	25	25
R ₁	10	30	70	80	120
Maximum limit					
R ₁	10	25	25	40	50
R ₂	15	60	100	120	170
Base measurement					
Standard error ¹	1 part in 1,000,000	1 part in 900,000	1 part in 800,000	1 part in 500,000	1 part in 350,000
Horizontal directions ¹					
Instrument	0".2	0".2	0".2 } or 1".0	1".0	1".0
Number of positions	16	16	8 } or 12	4	2
Rejection limit from mean	4"	4"	5" } or 5"	5"	5"
Triangle closure					
Average not to exceed	1".0	1".2	2".0	3".0	5".0
Maximums seldom to exceed	3".0	3".0	5".0	5".0	10".0
Side checks					
In side equation test, average correction to direction not to exceed	0".3	0".4	0".5	0".8	2"
Astro azimuths ¹					
Spacing-figures	6-8	6-10	8-10	10-12	12-15
No. of obs./night	16	16	16	8	4
No. of nights	2	2	1	1	1
Standard error ¹	0".45	0".45	0".6	0".8	3".0
Vertical angle observations					
Number of and spread					
Number of figures between known elevations	4-6	6-8	8-10	10-15	15-20
Closure in length ¹					
(also position when applicable) after angle and side conditions have been satisfied, should not exceed	1 part in 100,000	1 part in 50,000	1 part in 20,000	1 part in 10,000	1 part in 5,000
TRIANGULATION					
Recommended spacing of principal stations	Network stations seldom less than 10 km. Other surveys seldom less than 3 km.	Principal stations seldom less than 10 km. Other surveys seldom less than 1 km.	Principal stations seldom less than 5 km. For some surveys a spacing of 0.5 km between stations may be satisfactory.	Principal stations seldom less than 0.5 km.	Principal stations seldom less than 0.25 km.
Geometric configuration ¹					
Minimum angle contained within, not less than	25°	25°	20°	20°	15°
Length measurement					
Standard error ¹	1 part in 1,000,000	1 part in 750,000	1 part in 450,000	1 part in 250,000	1 part in 150,000
Vertical angle observations ¹					
Number of and spread between observations	3 D/R—10"	3 D/R—10"	2 D/R—10"	2 D/R—10"	2 D/R—20"
Number of figures between known elevations	4-6	6-8	8-10	10-15	15-20
Astro azimuths ¹					
Spacing-figures	6-8	6-10	8-10	10-12	12-15
No. of obs./night	16	16	16	8	4
No. of nights	2	2	1	1	1
Standard error ¹	0".45	0".45	0".6	0".8	3".0
Closure in position ¹					
after geometric conditions have been satisfied should not exceed	1 part in 100,000	1 part in 50,000	1 part in 20,000	1 part in 10,000	1 part in 5,000

ملحق الجدول 2.5
عملية التضييق
ملاحظات عامة

TABLE 2.—Continued

Classification	الدرجة الأولى First-Order	الدرجة الثانية Second-Order	الدرجة الثالثة Third-Order
	Class I	Class II	Class I
Recommended spacing of principal stations	Network stations 10-15 km Other surveys seldom less than 3 km.	Principal stations seldom less than 4 km except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.3 km.	Principal stations seldom less than 2 km except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.2 km.
Horizontal directions or angles ¹			
Instrument	0".2	0".2 1".0	0".2 1".0
Number of observations	16	8 or 12	6 or 8
Rejection limit from mean	4"	4" 5"	5" 5"
Length measurements			
Standard error ¹	1 part in 600,000	1 part in 300,000	1 part in 120,000
Reciprocal vertical angle observations ¹			
Number of and spread between observations	3 D/R—10"	3 D/R—10"	2 D/R—10"
Number of stations between known elevations	4-6	6-8	8-10
Astro azimuths			
Number of courses between azimuth checks ²	5-6	10-12	15-20
No. of obs./night	16	16	12
No. of nights	2	2	1
Standard error	0".45	0".45	1".5
Azimuth closure at azimuth check point not to exceed ¹	1".0 per station or $2" \sqrt{N}$	1".5 per station or $3" \sqrt{N}$. Metropolitan area surveys seldom to exceed 2".0 per station or $3" \sqrt{N}$	2".0 per station or $6" \sqrt{N}$. Metropolitan area surveys seldom to exceed 4".0 per station or $8" \sqrt{N}$
Position closure ²² after azimuth adjustment	0.04m $\sqrt{K}$ or 1:100,000	0.08 $\sqrt{K}$ or 1:50,000	0.2m $\sqrt{K}$ or 1:20,000 *

NOTE (1)

The standard error is to be estimated by

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \quad \text{where } \sigma_m \text{ is the standard error of the mean, } v \text{ is a residual (that is, the difference between a measured length and the mean of all measured lengths of a line), and } n \text{ is the number of measurements.}$$

The term "standard error" used here is computed under the assumption that all errors are strictly random in nature. The true or actual error is a quantity that cannot be obtained exactly. It is the difference between the true value and the measured value. By correcting each measurement for every known source of systematic error, however, one may approach the true error. It is mandatory for any practitioner using these tables to reduce to a minimum the effect of all systematic and constant errors so that real accuracy may be obtained. (See page 267 of Coast and Geodetic Survey Special Publication No. 247, "Manual of Geodetic Triangulation," Revised edition, 1959, for definition of "actual error.")

NOTE (2)

The figure for "Instrument" describes the theodolite recommended in terms of the smallest reading of the horizontal circle. A position is one measure, with the telescope both direct and reversed, of the horizontal direction from the initial station to each of the other stations. See FGCC "Detailed Specifications" for number of observations and rejection limits when using transits.

NOTE (3)

The standard error for astronomic azimuths is computed with all observations considered equal in weight (with 75 percent of the total number of observations required on a single night) after application of a 5-second rejection limit from the mean for First- and Second-Order observations.

NOTE (4)

See FGCC "Detailed Specifications" on "Elevation of Horizontal Control Points" for further details. These elevations are intended to suffice for computations, adjustments, and broad mapping and control projects, not necessarily for vertical network elevations.

NOTE (5)

Unless the survey is in the form of a loop closing on itself, the position closures would depend largely on the constraints or established control in the adjustment. The extent of constraints and the actual relationship of the surveys can be obtained through either a review of the computations, or a minimally constrained adjustment of all work involved. The proportional accuracy or closure (i.e. 1:100,000) can be obtained by computing the difference between the computed value and the fixed value, and dividing this quantity by the length of the loop connecting the two points.

NOTE (6)

See FGCC "Detailed Specifications" on "Trilateration" for further details.

NOTE (7)

The number of azimuth courses for First-Order traverses are between Laplace azimuths. For other survey accuracies, the number of courses may be between Laplace azimuths and/or adjusted azimuths.

NOTE (8)

The expressions for closing errors in traverses are given in two forms. The expression containing the square root is designed for longer lines where higher proportional accuracy is required.

The formula that gives the smallest permissible closure should be used.

N is the number of stations for carrying azimuth.
K is the distance in kilometers.

المجلد (2.6) "الوصفات ودرجات الدقة للسيطرة الرأسية (أمريكية)"
TABLE 3. — CLASSIFICATION, STANDARDS OF ACCURACY, AND GENERAL SPECIFICATIONS FOR VERTICAL CONTROL

TABLE 3.—CLASSIFICATION, STANDARDS OF ACCURACY, AND GENERAL SPECIFICATIONS FOR VERTICAL CONTROL.

Classification	الدرجة الأولى	الدرجة الثانية	الدرجة الثالثة	الدرجة الثالثة
	First-Order	Second-Order	Third-Order	Third-Order
Principal uses	Class I, Class II	Class I	Class II	Class II
Minimum standards; higher accuracies may be used for special purposes	Basic framework of the National Network and of metropolitan area control Extensive engineering projects Regional crustal movement investigations Determining geopotential values	Secondary control of the National Network and of metropolitan area control Large engineering projects Local crustal movement and subsidence investigations Support for lower-order control	Control densification, usually adjusted to the National Net. Local engineering projects Topographic mapping Studies of rapid subsidence Support for local surveys	Miscellaneous local control; may not be adjusted to the National Network. Small engineering projects Small-scale topographic mapping Drainage studies and grad-cul establishment in mountainous areas
Recommended spacing of lines	Net A: 100 to 300 km Class I Net B: 50 to 100 km Class II	Secondary Net: 20 to 50 km	Area Control: 10 to 25 km	As needed
Metropolitan control; other purposes	2 to 8 km As needed	0.5 to 1 km As needed	As needed	As needed
Spacing of marks along lines	1 to 3 km 0.20 x 10 ⁻³ m	1 to 3 km	Not more than 3 km	Not more than 3 km
Gravimetric requirements	Automatic or leveling levels with parallel plate microscopes; invar scale rods	Automatic or leveling levels with optical microscopes or three-wire levels; invar scale rods	Geodetic levels and invar scale rods	Geodetic levels and rods
Instrument standards	Automatic or leveling levels with parallel plate microscopes; invar scale rods	Automatic or leveling levels with optical microscopes or three-wire levels; invar scale rods	Geodetic levels and invar scale rods	Geodetic levels and rods
Field procedures	Automatic or leveling levels with parallel plate microscopes; invar scale rods	Automatic or leveling levels with optical microscopes or three-wire levels; invar scale rods	Geodetic levels and invar scale rods	Geodetic levels and rods
Section length	Double-run; forward and backward, each section 1 to 2 km	Double-run; forward and backward, each section 1 to 2 km	Double- or single-run 1 to 3 km for double-run	Double- or single-run 1 to 3 km for double-run
Maximum length of sight	50 m Class I; 60 m Class II	60 m	70 m	90 m
Field procedures	Max. difference in lengths Forward & backward sights per setup	2 m Class I; 5 m Class II 4 m Class I; 10 m Class II Net A: 300 km Net B: 100 km	5 m 10 m 50 km	10 m 10 m 50 km double-run 25 km single-run
Max. length of line between connections	3 mm $\sqrt{K}$ Class I; 4 mm $\sqrt{K}$ Class II; 5 mm $\sqrt{K}$ Class III	6 mm $\sqrt{K}$ 6 mm $\sqrt{K}$	8 mm $\sqrt{K}$ 8 mm $\sqrt{K}$	12 mm $\sqrt{K}$ 12 mm $\sqrt{K}$
Maximum closure ^c	Section; fwd. and bkwd.	6 mm $\sqrt{K}$	8 mm $\sqrt{K}$	12 mm $\sqrt{K}$
Loop or line	3 mm $\sqrt{K}$ Class I; 4 mm $\sqrt{K}$ Class II; 5 mm $\sqrt{K}$ Class III	6 mm $\sqrt{K}$	8 mm $\sqrt{K}$	12 mm $\sqrt{K}$

^a See text for discussion of instruments.

^b The maximum length of line between connections may be increased to 100 km for double run for Second-Order, Class II, and to 50 km for double run for Third-Order in those areas where the First-Order control has not been fully established.

^c Check between forward and backward runnings where K is the distance in kilometers.

مصادر الكتاب

أولاً - المصادر العربية

- ١- رياض شعان ، المسح الهندسي - الجزء الاول (مترجم) ، مطبعة الرشيد ، بغداد (١٩٨٣).
- ٢- د. علي شكري ود. محمود حسني ود. محمد رشاد مصطفى ، المساحة المستوية - طرق الرفع والتوقيع ، منشأة المعارف ، الاسكندرية (١٩٨٢).
- ٣- د. علي شكري ود. محمود حسني ود. محمد رشاد مصطفى ، المساحة المستوية - الكليات والميزانيات ، منشأة المعارف ، الاسكندرية (١٩٨٢).
- ٤- د. علي شكري ود. محمود حسني ود. محمد رشاد مصطفى ، المساحة الطبوغرافية وتطبيقاتها في الهندسة المدنية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية (١٩٨٥).
- ٥- فوزي الخالصي ، المساحة المستوية ، مطبعة جامعة الموصل ، الموصل (١٩٨٣).
- ٦- د. محمد رشاد مصطفى ود. محمود حسني ، المساحة الهندسية (جزئين) ، دار الراتب الجامعية ، بيروت (١٩٨٥).
- ٧- د. محمود توفيق سالم ، هندسة الطرق (الجزء الاول) ، دار الراتب الجامعية ، بيروت (١٩٨٥).
- ٨- د. محمود توفيق سالم ، هندسة النقل والمرور ، دار الراتب الجامعية ، بيروت (١٩٨٤).
- ٩- د. ممتاز بشير حبابه ، مواصفات المساحة الانشائية التطبيقية ، مؤسسة المعاهد الفنية ، بغداد (١٩٨٠).
- ١٠- لييب ناصيف سلوم ود. عبد الستار عبد الكريم ، المساحة الانشائية (مترجم) ، دار التقني للطباعة والنشر ، بغداد (١٩٨٥).
- ١١- د. ناجي توفيق ، المساحة الهندسية ، مطبعة جامعة بغداد ، بغداد (١٩٨٠).

- 12- American Association of State Highway (and Transportation) Officials (AASHO or AASHTO), A Policy on the Geometric Design of Rural Highways, AASHO Printing, Washington, U.S.A (1965).
- 13- Bannister, A., Raymond, S., Surveying, 4th Ed., Pitman, London, Britain (1978).
- 14- Burnside, C.D., Electronic Distance Measurement, 2nd Ed., Granada, London, Britain (1982).
- 15- Curtin, W.G., Lane, R.F., Concise Practical Surveying, 2nd Ed., Hodder and Stoughton, London, Britain (1980).
- 16- Davis, R.E., Foote, F.S., Kelly, J.W., Surveying- Theory and Practice, 5th Ed., McGraw- Hill, New York, U.S.A. (1966).
- 17- Hayward, L.M., Collins, S.P., Survey Practice on Construction Sites, 3rd Ed., Pitman, London, Britain (1973).
- 18- Hickerson, T.F., Route Location and Design, 5th Ed., McGraw- Hill, New York, U.S.A. (1967).
- 19- Kissam, P., Surveying, McGraw- Hill, New York, U.S.A. (1956).
- 20- Kissam, P., Surveying for Civil Engineers, 1st Ed., McGraw- Hill, New York, U.S.A. (1956).
- 21- Kissam, P., Surveying Practice, McGraw- Hill, New York, U.S.A. (1966).
- 22- Moffitt, F.H., Bouchard, H., Surveying, 6th Ed., International Textbook Co., New York, U.S.A. (1975).
- 23- Mueller, Ivan I., Ramsayer, Karl H., Introduction to Surveying, 1st Ed., Fredreick Ungar Pub. Co., New York, U.S.A. (1979).
- 24- O'Flaherty, C.A., Highways - Highways & Traffic (Vol 1), 2nd Ed., Edward Arnold, London, Britain (1974).
- 25- Oglesby, C.H., Hicks, R.G., Highway Engineering, 4th Ed., John Wiley & Sons, New York, U.S.A. (1982).
- 26- Olliver, J.G., Clendinning, J., Principles of Surveying (Vol. 1), 4th Ed., Van Nostrand Reinhold, Berkshire, Britain (1978).
- 27- Punmia, B.C., Surveying (Vol. 1), Book House, Standard Delhi, India (1978).
- 28- Schofield, W., Engineering Surveying (Vol. 1), 2nd Ed., Newnes- Butterworths, London, Britain (1978).
- 29- State Organisation of Roads and Bridges (S.O.R.B. - Iraq), Highway Design Manual, Design & Studies Dept. - Roads and Traffic Division, Baghdad, Iraq (1982).
- 30- Uren, J., Price, W.F., Surveying for Engineers, 2nd Ed., MacMillan, London, Britain (1985).
- 31- Whyte, W.S., Paul, R.E., Basic Metric Surveying, 3rd Ed., Butterworth, London, Britain (1985).

- ترجمة المصطلحات العلمية -

(انكليزي - عربي)

A

Abscissa	الاحداثي السيني
Acceleration Lane	ممر إصراع أو تسارع
Accidental errors	الاحطاء العارضة
Accuracy	دقة
Adjustment	تصحيح ، تعديل ، ضبط
Acute angle	زاوية حادة
Alidade	أليداد ، عضادة ، مسطرة توجيه
Alignment	استقامة ، تراصف
Altitude	ارتفاع ، علو
Amsley's polar planimeter	جهاز بلانيميتير قطبي نوع أمسلي
Angle	زاوية
Angular error	خطأ زاوي
Angular measurement	قياس زاوي
Analysis	تحليل
Analytic method	طريقة تحليلية
Analytic geometry	هندسة تحليلية
Anti-clockwise (or Counter-Clock wise)	عكس اتجاه دوران عقرب الساعة
Apparent distance	مسافة ظاهرية ، بعد ظاهري
Arc	قوس
Arc sine ($\sin^{-1}$)	قوس جيب (الزاوية لجيب)
Arc cosine ($\cos^{-1}$)	قوس جيب التمام (الزاوية لجيب التمام)
Arc tangent ($\tan^{-1}$)	قوس ظل التمام (الزاوية لظل التمام)
Arched	مقوس
Area	مساحة
Aerial photogrammetry (or Aerial Survey)	مسح تصويري جوي (أو مسح جوي)
Arithmetical average (or mean)	وسط حسابي ، معدل ، متوسط
Arrow (or pin)	سهم ، نبلة
Assumed meridian	خط الشمال المفترض (أو المهجير المفترض)
Astronomical observations	إرصادات فلكية
Ascending grade (or Upgrade)	إنحدار صاعد
Attraction, magnetic or local	جذب مغناطيسي أو محلي

Average	وسط ، معدل
Average End Area Formula	قانون معدل المساحتين النهائيين (أو قانون متوسط القاعدتين)
Axis,	محور
x-axis	محور السينات
y-axis	محور الصادات
polar	محور قطبي
principal	محور رئيسي
Axial	محوري
Azimuth (or whole circle Bearing)	إتجاه سمتي أو دائري (إتجاه دائري كامل ، انحراف)

B

Back bearing (B.B.)	إتجاه ربعي خلفي
Back sight (B.S.)	قراءة خلفية (أو تسديد خلفي)
Balancing traverse	موازنة المضلع (أو تصحيح المضلع)
Ball and socket joint	كرة ومحجر ربط (أو مفصل كروي)
Balance	ميزان
Band,	شريط
Steel	شريط فولاذي
Barometer	باروميتر (آلة لقياس المنسوب)
Base line	خط القاعدة (أو خط الاسناد)
Beam compass	منقال (أو فرجال)
Bearing, (or. reduced Brg.)	إتجاه ربعي (أو انحراف مختص)
assumed	إتجاه ربعي مفترض
back	إتجاه ربعي خلفي
forward	إتجاه ربعي امامي
grid	إتجاه الشبكة التريعية
magnetic	إتجاه ربعي مغناطيسي
quadrant.	إتجاه ربعي
true	إتجاه ربعي حقيقي
Bench Mark (B.M.)	راقم تسوية (أو علامة منسوب)
Biprism	موشور ثنائي
Bisect	ينصف
Bisector	منصف زاوية
Booking	تسجيل ، تدوين

Boundary	حدود
Bowditch's rule (or compass rule)	قاعدة باوديج (أو قاعدة البوصلة)
Bubble	فقاعة
Building line	خط مبنى
Bridge abutments	اكشاف الجسر

C

Cadastral surveying	المسح الكادستراتي
Calibration	معايرة
Calculate (or Compute)	يحسب
Calculating machine	آلة حاسبة
Calculation (or Computation)	حساب
Capacity of a reservoir	سعة الخزان
Cardinal points	نقاط أصلية (أساسية)
Carrier wave	موجة محملة
Cartography	علم الخرائط (أو الكارتوكرافي)
Camber section	مقطع عرضي مقوس في الوسط (أو مقطع تاجي)
Centre (or Center)	مركز
Central axis	محور مركزي
Central meridian	المجير المركزي (خط الشمال المركزي)
Centring error	خطأ التسامت (أو خطأ التمرکز)
Centre (or Center) line	الخط المركزي (أو خط مركز)
Chain	سلسلة
Chain Surveying	المسح بالسلسلة (أو المسح بالشريط)
Chaining a line	قياس طول خط
Chaining	القياس بالسلسلة
Change point (C.P. or T.P.)	نقطة تحول (أو نقطة دوران)
Characteristics	خصائص (أو صفات)
Check line	خط الفحص
Chord,	وتر
Single	وتر فردي
Total	وتر كلي
Long	الوتر الطويل
Circle,	دائرة
Horizontal	دائرة افقية

Vertical	دائرة رأسية (أو شاقولية)
Circular bubble	فقاعة دائرية
Circular level	ميزان تسوية دائري
Circumference	محيط
Clamp screw	لولب القفل (أو المفتاح)
Classification	تصنيف
Class	نوع (أو صنف)
Clinometer	جهاز كلينوميتر (أو جهاز قياس الميل اليدوي)
Closed bearing	إتجاه مغلق
Closed Traverse	مضلع مغلق (أو مقفل)
Closing error	خطأ الغلق (أو القفل)
Closure	غلق
Traverse closure	طول خط الغلق (أو غلق المضلع)
Clothoid Curve	منحني كلوثويد (منحني انتقالي)
Collimation,	تسديد
Line of sight	خط التسديد
Coincidence bubble	فقاعة التطابق
Compass,	بوصلة
Magnetic	بوصلة مغناطيسية
Prismatic	بوصلة موشورية
Compass traverse	مضلع بوصلة
Compass Rule (or method)	قاعدة البوصلة لتصحيح المضلع (أو قاعدة القمباص أو طريقة باودج)
Concave	مقعر
Concave vertical curve	منحني رأسي مقعر
Concurrent	متلاقية
Condition equations	معادلات مشروطة (أو شرطية)
Cone	مخروط
Cosecant	قاطع تمام
Cosine	جيب تمام
Constant	ثابت
Consistant	متوافقة
Constituents	مكونات
Construction.	إنشاء ، بناء
Construction surveying	المسح الانشائي

Contour line	خط الكفاف (أو خط الكتور)
Contouring	استكفاف (أو تعيين خطوط الكتور)
Contour interval	فترة كفاف (أو فترة كتورية)
Conventional signs	رموز اصطلاحية (أو اشارات اصطلاحية)
Convex	محدّب
Convex Vertical Curve	منحني رأسي محدّب
Conversion	تحويل
Coordinates	احداثيات
Coordinatograph	آلة تثبيت الاحداثيات
Correction	تصحيح
Correction Zone	منطقة التصحيح
Cosine	جيب تمام
Cross hairs	شعيرات متقاطعة
Cross Section,	مقطع عرضي
Normal	مقطع عرضي طبيعي
Camber	مقطع عرضي مقوس في الوسط (أو مقطع متفخ)
Crown section	مقطع عرضي ناجي
Cross slope	انحدار عرضي
Cross staff	مسطرة أو آلة إقامة الاعمدة (أو الشاخص ذو الرأس المتقاطعة)
Curve,	منحني
Degree of	درجة المنحني
Horizontal	منحني أفقي (أو قوس أفقي)
Vertical	منحني رأسي (أو قوس شاقولي)
Transition (or Easement)	منحني انتقالي (أو منحني تخفيف الانحناء)
Spiral	منحني حلزوني
Setting-out	تسقيط المنحني
Curvature,	تحدّب أو تقوّس
Degree of	درجة التقوّس أو التحدّب
Curve ranging	تخطيط المنحني
Cut	حفر (أو قطع)
Cut section	مقطع حفر
Cuttings	حفریات (أو قطوعات)
Cubic parabola	القطع المكافئ التكعبي
Cubic Spiral	الحلزون التكعبي

Data	معطيات ، بيانات .
Datum	سطح المقارنة أو الاسناد (أو مستوى المقارنة)
Ordinance Datum (O.D.)	سطح اسناد مصلحة المساحة (البريطانية)
Datumline	خط الاسناد
Datum plane	مستوى الاسناد
Decimal Fractions	كسور عشرية
Degree	درجة
Dcclination,	ميل (أو انحراف)
Magnetic	الميل المغناطيسي
Deceleration Lane	ممر إبطاء أو تباطؤ
Defect	نقص أو عيب
Definition	تعريف
Deflection angle	زاوية انحراف
Deflection of the vertical	انحراف الشاقول
Delay system	نظام التأخير
Density	كثافة
Departure,	المركبة الافقية (أو فرق التشریق) أو الفرق السيني (أو خط الطول)
Total	المركبة الافقية الكلية ، أو فرق التشریق الكلي (أو الاحداثي السيني)
Partial	المركبة الافقية الجزئية ، أو فرق التشریق الجزئي
Depth	عمق
Derivation	اشتقاق
Designation	تسمية (أو تصنيف أو رمز)
Descending,	تنازلي
grade (or down grade)	انحدار نازل
Determination	تعيين ، تحديد
Deviation,	انحراف
angle	زاوية انحراف
Standard	الخطأ المعياري
Diaphragm (or Reticule)	غشاء أو حاجز (الشبكة) اطار الشعيرات المتقاطعة
Diagram	شكل ، مخطط
Diagonal scale	مقياس شبكي (أو قطري)
Diagonal eyepiece	عدسة عينية قطرية
Diameter	قطر

Dial	عداد
Difference in elevation (or vertical offset)	فرق المنسوب أو الارتفاع (أو البعد العمودي أو الرأسى)
Digit	رقم
Dimension,	بعد (جمعها أبعاد)
Three	ثلاثة أبعاد
Direct angles	زوايا مباشرة (أو إلى الحين)
Direction	إتجاه ونقط
Direction theodolite	ثيودوليت إتجاه
Direct measurement	قياس مباشر
Direct method	طريقة مباشرة
Distance,	مسافة
Angular	مسافة زاوية
Focal	مسافة أو بعد بؤري
Vertical	مسافة رأسية أو شاقولية
Distribution of error	توزيع الخطأ
Dumpy level	ميزان دمبي ، آلة تسوية دمبي

E

Earthworks	الاعمال الترابية
East (E)	شرق
Easting (E)	التشريق (أو الاحداثى السيني)
Eccentricity	الاختلاف المركزي (أو عدم التمركن)
Elevation (or Reduced Level)	الارتفاع (أو المنسوب)
Electronic Distance Measurement (or E.D.M.)	القياس الالكتروني للمسافة
Elevation of Line of sight (or E.L.S.)	منسوب أو مستوى خط التسديد
Elimination, of parallax	حذف حذف الازاحة العدسية
Ellipse	قطع ناقص ، إهليجي
Embankment	املايات أو سدة ترابية
Empirical	تجريبي
End area	مساحة القاعدة (أو النهاية)
Enlarging plan	تكبير المخطط

Errect image	صورة معتدلة
Error,	خطأ
Accidental	خطأ عرضي
Gross	خطأ جسم أو كبير
Relative	خطأ نسبي
Systematic	خطأ نظامي
of Closure	خطأ الغلق أو القفل
of curvature	خطأ التكوّر
External angle (or Exterior angle)	زاوية خارجية
External focusing telescope	تلسكوب ذو توضيح خارجي
Expansion	تمدد، توسع
Extrapolation	استقراء (نسبة وتناسب خارجي)
Eyepiece	عدسة عينية

F

Face left,	الوجه الايسر (أو متياسر أو مباشر)
reading	قراءة بوجه متياسر (الدائرة الرأسية إلى يسار التلسكوب)
Face right,	الوجه الايمن (أو متيامن أو مقلوب)
reading	قراءة بوجه متيامن (الدائرة الرأسية إلى يمين التلسكوب)
Factor	عامل، عنصر
False origin	نقطة أصل وهمية
Field book	دفتر حقلي
Field position	موقع حقلي
Field work	عمل حقلي
Figure adjustment	تصحيح الشكل
Fill,	ردم (أو دفن)
section	مقطع ردم
Focus (Pl. Foci)	بؤرة (جمعها بؤرة)
Focussing	توضيح أو ضبط الصورة
Foot screws (or levelling screws)	لواكب قدمية أو لولاب التسوية
Fore Bearing (or Forward Brg.) or F.B.	إتجاه ربعي أمامي
Fore sight (F.S.)	قراءة أمامية أو تسديد أمامي
Forword Computations	حسابات أمامية
Frame work	الميكال العام
Formula	معادلة أو قانون أو صيغة

Frequency	تردد
Function	دالة ، تطبيق
Fundamental	اساسي ، جوهري

G

Geodetic Surveying	المساحة الجيوديسية
Geodetic Control Network	شبكة السيطرة الجيوديسية
Geodimeter	جهاز الجيوديميتر (جهاز الكتروني لقياس المسافات)
Geometry,	هندسة
Analytical	هندسة تحليلية
Plane	هندسة مستوية
Grad	گراد (درجة مئوية)
Grade,	نسبة الانحدار (أو ميل)
line	خط الانشاء (أو خط المنحدر)
Contour	خط الكفاف (أو الكنتور) ذو الميل الثابت
Gradient	ميل ، انحدار، منحدر
Graduation	تدريج
Graph	رسم بياني
Graphical,	بياني أو ترسمي
adjustment	تصحيح بياني أو ترسمي
method (or means)	طريقة ترسيمية
scale	مقياس ترسمي
solution	حل بياني أو ترسمي
Great Circle	الدائرة العظمى (في التقاطع الخلفي أو مسألة الثلاث نقاط)
Gravity	الجذب الارضي
Acceleration of	التعجيل الارضي
Grid meridian	خط الشمال التريبيعي (أو المهجير التريبيعي)
Grid azimuth	اتجاه دائري تريبيعي
Ground Control	الضبط الأرضي أو السيطرة الأرضية
Ground line	خط الأرض (أو سطح الأرض)
Ground surface	سطح الأرض

H

Hachures	خطوط التضليل
Hand level	ميزان تسوية بدوي
Height, of Instrument	ارتفاع ارتفاع الآلة (أو منسوب خط التسديد أو النظر) في اعمال التسوية
Histogram	المدرج التكراري
Horizon, Closure	الأفق إقفال الأفق
Horizontal, angle axis circle	أفقي زاوية أفقية محور أفقي دائرة أفقية
Horizontal Curve	المنحني الأفقي
Horizontal line	الخط الأفقي

I

Identical	متطابق ، متماثل
Image	صورة ، خيال
Implicit	ضمني
Illumination	إضاءة
Inclination angle	زاوية الميل
Included (or Interior) angles	زوايا داخلية (أو محصورة)
Index	دليل ، معامل
Index error	الخطأ الهامشي (في الزوايا الرأسية)
Index of refraction	معامل الانكسار
Indicator	مؤشر ، دليل
Indirect measurement	قياس غير مباشر
Indirect ranging	طريقة غير مباشرة لتعيين استقامة خط
Inflection point	نقطة تحول (أو انقلاب)
Intermediate sight (or I.S.) or Intermediate foresight (or I.F.S.)	قراءة أو تسديد وسطي أو قراءة أمامية وسطية
Instrument	آلة أو جهاز
Instrumental errors	اخطاء آلة
Interpolation	استكمال (نسبة وتناسب داخلي)

Internal Focusing Telescope	تلسكوب ذو ترضيح داخلي
Intersection (in Surveying)	تقاطع أو تقاطع امامي (في المساحة)
Intersection (in Highways)	تقاطع طرق (سطحي) في الطرق
Intervisibility	تبادل الرؤية (أو تناظر) بين النقاط
Inverse Computations	حسابات معكوسة
Invert level	منسوب مقلوب
Inverted staff reading	قراءة قامة مقلوبة
Interchange	تقاطع معزول (بمستويات متعددة) في الطرق
L	
Latitude,	مركبة رأسية (أو فرق التشميل) أو الفرق الصادي (أو خط العرض)
Partial	فرق التشميل الجزئي (أو الفرق الصادي)
Total	المركبة الرأسية الكلية (أو فرق التشميل الكلي) أو الاحداثي الصادي
Laying out (or off),	تسقيط أو توقيع
horizontal angles	تثبيت أو تسقيط زوايا أفقية
horizontal curves	تسقيط أو توقيع منحنيات أفقية
Length.	طول
Lens	عدسة
Level,	آلة تسوية، منسوب، ميزان
Automatic	آلة تسوية أوتوماتيكية أو ذاتية التسوية
Abney	آلة تسوية أبني (بدوية)
Spirit	آلة تسوية كحولية (ميزان البناء)
Tilting	آلة تسوية ميالة
Levelling,	عملية التسوية
Flying	تسوية متنقلة
Reciprocal	تسوية متبادلة أو عكسية
Series	تسوية متسلسلة
Staff	مسطرة تسوية أو قامة
Spot	تسوية متفرقة
Level line	خط مستوي
Level vial (or tube)	انبوبة تسوية
Linear	خطي
Line of Collimation	خط التسديد
Linear measurement	قياس طولي
Line of sight	خط النظر (أو التسديد)

Linen tape	شريط كتاني
Lining in	مد خط باستقامة
Link traverse	مضلع رابط أو مربوط
Logarithmic table	جدول اللوغاريتمات
Longitude	قوس الطول (أو خط الطول)
Local attraction	جذب محلي أو موقعي
Local system	نظام محلي (أو محدود) للاحداثيات
Locating details	تعيين أو توقيع العوارض (أو التفاصيل)
Location Sketch	مخطط (أو مرسم) الموقع
Longitudinal Section	مقطع طولي
Longitudinal grade (or slope)	انحدار أو ميل طولي

M

Magnetic,	مغناطيسي
azimuth	اتجاه دائري مغناطيسي
bearing	اتجاه ربعي مغناطيسي
declination	ميل مغناطيسي
meridian	هجير مغناطيسي
needle	إبرة مغناطيسية
Magnification	تكبير (بالعدسة)
Major axis	المحور الأكبر (أو الرئيسي)
Map	خارطة
Mark	علامة
Bench Mark (B.M.),	علامة منسوب (أو راقم تسوية)
Temporary (T.B.M.)	راقم تسوية مؤقت
Permanent (P.B.M.)	راقم تسوية دائم
Ordinance (O.B.M.)	راقم تسوية مصلحة المساحة (البريطانية)
Mathematical Position	موقع حسابي
Mathematical relationship	علاقة حسابية
Mean,	متوسط (أو معدل)
error	متوسط الخطأ
value	متوسط القيمة
Mean Square error (m.s.e.)	خطأ المتوسط التربيعي
(or Standard deviation)	(أو الخطأ المعياري)
(or Standard error)	

Measurement	قياس
Meridian (magnetic or true)	هجير: أو خط الشمال (مغناطيسي أو حقيقي)
Metallic tape	شريط لكتاني مسلح (أو شبه معدني)
Micrometer microscope	الميكروسكوب ذو المايكروميتر
Mid — ordinate rule	قاعدة العمود الوسطي
Metric System	النظام المتري
Minimum	النهاية الصغرى (أو الحد الأدنى)
Mine Surveying	مسح المناجم
Minor axis	المحور الأصغر (أو الثانوي)
Misalignment	سوء توجيه (أو عدم تعيين الاستقامة بصورة صحيحة)
Missing elements	العناصر أو القياسات المفقودة (أو المجهولة)
Mistakes	الايخطاء
Modulation,	تضمين الموجه
Amplitude	تضمين السعة
Frequency	تضمين التردد
Motion,	حركة
Slow motion screw	لولب الحركة البطيئة
Municipal Surveying	مسح البلديات (أو المدن)

N

Nadir	النظير (معكوس السميت)
National Grid	الشبكة التريعية الوطنية
Natural errors	الايخطاء الطبيعية أو الفيزيائية
Negative	سالب
Nominal length	الطول الاسمي (أو الطول المكتوب على الشريط)
Normal line	الخط العمودي
Normal Cross Section (or Crow Section or Camber)	المقطع العرضي الطبيعي لسطح الطريق (أو المقطع التاجي)
North (N)	الشمال
Northing (N)	التشميل (أو الاحداثي الصادي)
North pole,	القطب الشمالي
Magnetic	القطب الشمالي المغناطيسي
True	القطب الشمالي الحقيقي

Normal Distribution Curve

منحني الاحتمالات (أو منحني التوزيع الطبيعي للقياسات والأخطاء)

Note Keeping

تسجيل المعلومات الحقلية

Number (No.)

عدد

Numerals

أرقام

Numerical value

قيمة عددية

Null indicator

مؤشر التصفير

O

Object (or target)

هدف

Objective lens

العدسة الشيئية (أو الشيئية)

Oblique,

مائل

triangle

مثلث مائل

Observations

ارصادات (أو قياسات)

Obstacle

عارض ، عائق

Obtuse angle

زاوية منفرجة

Offset

بعد عمودي أو عمود

Offsetting

إقامة مسافة عمودية

Omitted (or Unknown) measurements

القياسات المحذوفة أو المجهولة

Open (or unclosed) traverse

مضلع مفتوح (أو غير مغلق)

Opposite angles

زوايا متقابلة

Optics

بصريات

Optical square

مربع بصري (أو منشور بصري)

Optical micrometer

مايكروميتر بصري

Optical Plummet

شافول بصري

Ordinary

عادي

Ordinate (or Y— Coord.)

الاحداثي الصادي (أو البعد العمودي)

Ordnance Survey (O.S.)

مديرية (أو مصلحة) المساحة (البريطانية)

Ordnance maps & plan

خرائط ومخططات مديرية المساحة

Ordnance National Grid (O.N.G)

الشبكة التريغية الوطنية لمديرية المساحة

Ordnance Datum

مرجع اسناد مديرية المساحة

Orientation

توجيه (اللوحة المستوية) أو تسديد باتجاه معين

Origin

نقطة الاصل (أو تقاطع المحورين السيني والصادي)

Pacing	قياس المسافة بالخطوات
Parabola	قطع مكافئ
Parabolic Curve (or Vertical curve)	منحني القطع المكافئ (أو المنحني الرأسى)
Parallactic angle	زاوية الظل
Parallax	الازاحة العدسية
Parallel	مواز
Parallelogram	متوازي اضلاع
Parallelopped	متوازي المستطيلات
Path	مسار، مسلك، طريق
Parting off lands	تجزئة أو تقسيم الاراضي
Pantagraph	جهاز البستغراف (لتكبير وتصغير الخرائط)
Permanent,	دائمى
adjustments	تصحيحات دائمية (أو تعديلات دائمية)
Perpendicular	عمودي
Permissible error	الخطأ المسموح به
Personal errors	الاعطاء الشخصية
Photogrammetry	المسح التصويري
Pi - Azimuth	الاتجاه القطري (أو النصف الدائري)
Plan	مخطط، مرتسم
Plane,	مستوي
angle	زاوية مستوية
distance	مسافة مستوية
surveying	المساحة المستوية
tabic	اللوحة المستوية (أو اللوح المستوي)
Planimeter	آلة الهلانيمتر (جهاز القياس المساحة المرسومة على ورق)
Plot	يرسم
Plotting	رسم
Plumb bob	شاقول (أو شاقول البناء)
Plumbing fork	شوكة التمرکز أو التسامت (في اللوحة المستوية)
Point of Intersection (P.I.)	نقطة التقاطع للماسين (المنحني الاقني)
Point of Curvature (P.C.)	نقطة التقوس (أو بداية المنحني الاقني)
Point of Tangency (P.T.)	نقطة التماس (أو نهاية المنحني الاقني)

Pole	قطب
Polar—Coordinates	الاحداثيات القطبية (مسافة واتجاه من نقطة)
Polaris	النجم القطبي (أو الجدي)
Polygon	مضلع
Polygonal Traverse	مضلع مغلق (دائري)
Polynomial	متعدد الحدود
Positive	موجب
Precision	اتقان، ضبط
Precise levelling	عملية التسوية الدقيقة
Principle	مبدأ (أو اساس)
Principle axis	المحور الاساسي
Prism	موشور، منشور
Principle of reversal	مبدأ التقلب (للتسكوب)
Prism square	مربع منشوري (أو موشور بصري)
Prismatic Compass	بوصلة منشورية
Prismoid	موشوراني (أو اسفين ناقص أو منشور ناقص)
Prismoidal rule	قاعدة الموشوراني (أو الاسفين الناقص)
Prismoidal Correction	تصحيح الموشوراني
Probability Curve	منحني الاحتمالات
Probable error	الخطأ الاحتمالي
Problem	مسألة، مشكلة
Profile	مقطع طولي
Product	حاصل ضرب
Projection	مسطط
Prolonging a line	مد خط على استقامته
Proof	برهان، اثبات
Proportional divider	فرجال التقسيم (أو المنقال) أو الفرجال النسبي
Protractor	منقلة (لقياس الزوايا المرسومة)
Pyramid	هرم
Pythagoras theorem	نظرية فيثاغورس
Pull	سحب (أو شد)

Q

Quadrangle	شكل رباعي
Quadrant	ربع دائرة، ربعي

Quadrant (or Quadrantal) Bearing (Q.B.) :

(or Reduced Bearing = R.B.)

Quantity

Quarter

Quotient

إنحراف ربعي
أو ربع دائري (أو انحراف مختصر)
كمية
ربع (بمقدار)
خارج القسمة (أو حاصل القسمة)

R

Radial

Radial distance

Radian

Radiation

Radius

Random

Random errors

Range

Range a line

Range Pole (or pole or Rod)

Ranging

Ratio

Ray

Reciprocal levelling

Reconnaissance,

Survey

Reduced Bearing (R.B.)

Reduced Level (R.L.)

Rectangle

Rectangular Coordinates

Reducing and enlarging maps

Reducing Tacheometer

Reduction

Reference,

Point

Line

Sketch

Reflection

شعاعي ، قطري
مسافة شعاعية ، مسافة قطرية
زاوية نصف قطرية
طريقة الاشعاع (في اللوحة المستوية)
نصف قطر
عشوائي (لا على التعيين)
اخطاء عشوائية (أو عارضة)
مدى
طرد الخط (أو تعيين استقامة خط)
شاخص
عملية تعيين استقامة خط
نسبة
شعاع
تسوية متبادلة أو عكسية
استطلاع (أو تحريات أو استكشاف)
مسح استطلاعي
انحراف مختصر (أو اتجاه ربع دائري)
منسوب
مستطيل
إحداثيات تربية
تصغير وتكبير الخرائط
الناكيوميتر المختزل
اختزال
مرجع ، دلالة
نقطة دلالة (أو نقطة مرجعية)
خط دلالة (أو خط مرجعي)
مخطط أو مرسوم مرجعي لنقاط الدلالة
انعكاس

Refraction,	انكسار
Index	دليل الانكسار
Region	منطقة
Reiteration method	طريقة إعادة قياس الزوايا (أو طريقة الاتجاه)
Regular	منتظم
Relation (or relationship)	علاقة
Relative,	نسبي
accuracy	دقة نسبية
error	خطأ نسبي
Repetition,	تكرار
(or Repeating) theodolite	ثيودوليت تكراري
Requirements	متطلبات (أو احتياجات)
Representative fraction (R.F.)	كسر بياني (أو تعبير كسري)
Repetition method	طريقة التكرار
Resolution Power of telescope	قوة تحليل التلسكوب أو المنظار
Reticule	شبكة (أو إطار الشعيرات المتقاطعة)
Resection	التقاطع الخلفي أو العكس
Reverse direction	اتجاه عكسي (أو معكوس)
Right angle	زاوية قائمة
Rise and Fall method	طريقة الارتفاع والانخفاض (في عملية التسوية)
Road Surveying (or Route Surveying)	مسح الطرق
Rotation axis	محور الدوران
Rotation of Coordinates	دوران الإحداثيات
Row	صف
Rounding off numbers	تكوير (أو تقريب) الأعداد
Rule	قاعدة (أو قانون)

S

Sag,	تدلي، ارتخاء
Correction	تصحيح التدلي
Curve	منحني متدلي رأسي
Scale	مقياس رسم
Screw	لولب
Secant	قاطع (الزاوية)

Section,	مقطع
Cross	مقطع عرضي
Longithinal	مقطع طولي
Selection	اختيار أو انتخاب
Self reading staff	قائمة ذاتية القراءة
self-reducing tacheometer	تاكيميتير (أو مبعاد) ذاتي الاختزال
Sensitivity (of bubble)	حساسية (الفقاوعة الانبوية)
Sett - out	تسقيط ، توقيع ، تثبيت
Sexagesimal system	نظام ستيني (لقياس الزوايا)
Side slope	انحدار جانبي
Side width	عرض جانبي (أو عرض)
Sight,	تسديد، نظر
line	خط التسديد
rail	سكة تسديد
Sighting	تسديد ، تهديف
Simpson's Rule	قاعدة سمپسن (لحساب المساحة)
Simpson's one - third Rule	قاعدة الثلث لسمپسن
Sine	جيب (الزاوية)
Site	موقع عمل
Site square (or Traveller)	مسطرة خشبية بشكل (T) أو مسطرة متحركة
Size of Field (of view)	مساحة دائرة الرؤية (أو حقل الرؤية)
Slope	انحدار، ميل
Slow motion screw (or Tangentscrew)	لولب الحركة البطيئة (أو لولب التماس)
Snow surveying	مسح الثلوج
Sloution	حل
South (S)	جنوب
Southing	تجنيب (أو الاحداثي نحو الجنوب)
Sphere	كرة
Spherical,	كروي
abberation	زيغ كروي
Coordintes	احداثيات كروية
excess	الزيادة الكروية (في المثلث الكروي)
trigonometry	المثلثات الكروية
system	النظام الكروي

Spheroid	المفلاطح (أو سفيرويد)
Spirit level	ميزان كحولي (أو قبان البناء)
Spot levelling	عملية تسوية متفرقة
Spring balance	ميزان نابضي أو حلزوني (للوزن أو قياس مقدار شد الشريط)
Square	مربع
Square root	الجذر التربيعي
Stadia	عملية الستيديا (قياس المسافات بصورة غير مباشرة)
Stadia hairs (or Cross hairs)	الشعيرات المتقاطعة
Stadia intercept (or interval)	اعتراض الستيديا (أو فترة الستيديا) بين الشعيرتين العليا والسفلى
Staff	قامة (أو مسطرة التسوية)
Standard	معياري، قياس، قياسي
Standard deviation	الخطأ المعياري (أو خطأ المتوسط التربيعي)
Standard method	طريقة قياسية
Standard Formula	صيغة قياسية
Standardisation (of tape) Correction	تصحيح القياسية (للشريط)
Standards	الحاملان في الثيودولايت (أو المستندان القانمان)
Station (or Survey station)	محطة (أو محطة مسح = 100 م) أو نقطة مسح
station adjustment	تصحيح المحطة (للزاوية)
Steel tape (or band)	شريط فولاذي (ملفوف)
Straight line	خط مستقيم
Step chaining (or Stepping method)	طريقة التدرج للقياس بالسلسلة أو الشريط
Subtense bar	ذراع الاسناد (أو العتلة المقابلة أو قضيب الانقار)
Superelevation	ميل اضافي (أو رفع جانبي لسطح الطريق عند المنحنيات)
Superelevation runoff	طول الميل الاضافي
Surface	سطح
Surveying (Survey)	المساحة (أو المسح)
Symbol	رمز
Systematic errors	اخطاء متراكمة (أو نظامية)

T

Table	جدول
Tacheometer	آلة التاكيوميتر (أو مبعاد) لقياس المسافات غير مباشرة
Tacheometry	عملية التاكيومتري
Tangent	ظل (الزاوية)، مماس لمنحنى

Tangential angles	زوايا تماس
Tape	شريط
Target	هدف (أو علامة)
Target staff	قائمة ذات هدف متحرك
Telescope	تلسكوب أو منظار
Telescopic alidade	أليداد تلسكوبي
Temperature	درجة الحرارة
Temporary adjustments	تعديلات مؤقتة (أو ضبط مؤقت)
Temporary Bench Mark (T.B.M.)	راقم تنوية مؤقت
Tension	شد ، توتر
Terms	مصطلحات
Terrestrial photogrammetry	مسح تصويري أرضي
Test (or Testing)	فحص
Theodolite	ثيودوليت ، مزواة
Theorem	نظرية
Theory	نظري
Three—point problem (or Resection)	مسألة الثلاث نقاط (أو تقاطع خلقي) في اللوحة المستوية
Tie line	خط الربط (في المسح بالشرط)
Tilting level	جهاز التسوية الميَّال (أو ذو الامالة)
Tilting screw	لولب الميلان
Topographic Surveying (or Survey)	المساحة الطبوغرافية (أو المسح الطبوغرافي)
Total Departure	المركبة الافقية الكلية (أو الأحداثي السيني أو التثريق)
Total Latitude	المركبة الرأسية الكلية (أو الأحداثي الصادي أو التشميل)
Tracing,	تتبع (أثر)
arm	ذراع التتبع (في الهلانيميتر) أو الذراع المتحرك
point	نقطة التتبع (أو النقطة المتحركة)
paper	ورقة استشفاف
Transit	آلة ترانسيت (ثيودوليت قلاب قديم)
Transit axis	محور الانتقال (أو القلب)
Transit Rule	قاعدة الترانسيت (لتصحيح المضلع)
Translation	الحركة الانتقالية أو الجانبية
Trapezoid	شبه منحرف
Trapezoidal Rule	قاعدة شبه المنحرف (لحساب المساحة)
Traveller.	مسطرة خشبية متقلة بشكل (T) للتسديد

Free Standing	مسطرة متنقلة ذاتية الوقوف
Traverse,	امضلع
computations	حسابات المضلع (أو التضليع)
geometry	هندسة التضليع
Surveying or Traversing	المسح بالمضلعات (أو التضليع)
networks	شبيكات التضليع (أو المضلعات)
Triangle,	مثلث
of error (of closure)	مثلث الخطأ (أو الاقفال)
Triangulation	التثليث الزاوي (بقياس الزوايا)
Trilateration	التثليث البعدي (بقياس الأطوال)
Tribrach	القاعدة الثلاثية (أو المسند الثلاثي) لحمل الثيودولايت أو آلة التسوية
Trigonometry	حساب المثلثات
Trigonometrical (or indirect) levelling	عملية التسوية المثلثية (أو غير المباشرة)
Trough compass	بوصلة طولية (أو صندوقية)
True,	حقيقي
bearing	إتجاه ربيعي حقيقي (أو انحراف حقيقي)
meridian (or Azimuth)	محجر حقيقي (أو إتجاه دائري حقيقي)
value	قيمة حقيقية
Truncated prism	موشور ناقص
Trunnion axis	المحور الأفقي للتلسكوب (أو المبرم) أو محور الدوران
Turning point (T.P.)	نقطة تحول أو نقطة دوران
Two peg test	طريقة فحص الوتدين (لجهاز التسوية)
Two — point problem	مسألة النقطتين (للتقاطع الخلفي)

U

U — bubble	فقاعة بشكل U
U — frame	إطار بشكل U
Undefined	غير مُعرّف
Unfolding the chain	نشر السلسلة (أو فرد السلسلة)
Uniaxial	أحادي المحور
Uniform	منتظم ، نظامي
Unique	وحيد ، فريد
Units of measurement (or measure)	وحدات القياس

V

Value	قيمة
Variable	متغير
Variations	تغير، تباين (أو تغيرات في الميل المغناطيسي)
Vernier	ورنية
Vertial,	رأسي، شاقولي
angle	زاوية رأسية
axis	محور رأسي
circle	الدائرة الرأسية (لقياس الزوايا الرأسية في الشيدولايت)
curve	منحني رأسي أو شاقولي
line	خط شاقولي
plummet	آلة الشاقول البصري الرأسية (لتوقيع الشاقولية)
Volumes of earthworks	حجوم الكميات الترابية

W

Wave	موجة
Weighted measurements	قياسات موزونة (ذات وزن لكل منها)
Well conditioned triangles	مثلثات ذات شروط ضبط جيدة
West (W)	الغرب
Westing	تغريب (الأحداني نحو الغرب)
Whole Circle Bearing (W.C.B)	اتجاه دائري كامل
(or Azimuth)	(أو اتجاه دائري)
Width	عرض
Widenning (of lane)	زيادة عرض التبليط للممرين عند المنحنيات

Z

Zenith,	السمت
angle	الزاوية السمتية (المقاسة من سمت الرأس)
(or distance)	(أو المسافة السمتية)
Zero circle	دائرة الصفر (أو الدائرة الميتة وهي المساحة غير المقاسة بالهلانيميت)

- ترجمة المصطلحات العلمية -
(عربي - أنكليزي)

Magnetic needle	إبرة مغناطيسية
Direction (or Bearing)	إتجاه (أو انحراف)
Foward bearing	إتجاه أمامي
Back bearing	إتجاه خلفي
True bearing	إتجاه حقيقي
Magnetic bearing	إتجاه مغناطيسي
Grid bearing	إتجاه الشبكة التربيعية
Quadrantal bearing (or bearing or Reduced bearing)	إتجاه ربع دائري (أو ربعي أو انحراف مختص)
Whole circle Bearing (or Azimuth)	إتجاه دائري كامل (أو إتجاه كلي أو كامل) (أو إتجاه دائري)
Precision	إتقان
Uniaxial	إحادي المحور
Coordinates	إحداثيات
Abscissa	إحداثي سيني (أو تشریق)
Ordinate	إحداثي صادي (أو تشمیل)
Polar Coordinates	إحداثيات قطبية (قياس مسافة واتجاه من نقطة)
Rectangular Coordinates	إحداثيات تربيعية (أو متعامدة)
Spherical Coordinates	إحداثيات كروية
Reduction of bearing	اختزال الإتجاه الدائري إلى إتجاه ربعي
Eccentricity	اختلاف مركزي (أو عدم التمرکز)
Selection of Stations	اختيار المحطات
Instrumental errors	أخطاء آلیة
Personal errors	أخطاء شخصية
Natural errors	أخطاء طبيعية أو فيزيائية
Accidental errors (or Random or compensating errors)	أخطاء عارضة (أو عشوائية أو تعويضية)
Systematic errors (or cumulative)	أخطاء نظامية (أو متراکمة)
Gross errors	أخطاء جسيمة
Height, Altitude, Elevation	إرتفاع، منسوب
Height of Instrument (H.I.) (or Height of Plane of Collimation = H.P.C)	إرتفاع الآلة (أو منسوب خط التسديد)
Observations	إرصادات (أو قياسات)

Astronomical observations

Spherical observations

Numerals (or Numbers)

Reconnaissance

Alignment of centre line

Horizontal alignment

Vertical alignment

Contouring

Continuity

Projection

Central projection

Orthogonal projection

Conventional Signs

Derivation

Origin

Stadia intercept (or interval)

Earthworks

Horizontal

Mistakes (or blunders)

Horizon Closure

Off Setting

Stepping (or Step chaining)

Coordinatograph

Triangulation

Trilateration

Trigonometrical levelling

Series levelling

Circuit levelling

Graphical adjustment

Permanent adjustment

Temporary adjustment

Mathematical adjustment

Translation

Local attraction

إرصادات فلكية

إرصادات كروية

أرقام ، أعداد

استطلاع أو تحريات

استقامة الخط المركزي (أو تخطيط)

استقامة أو تخطيط أفقي

استقامة أو تخطيط رأسي

استكشاف (أو تعيين خطوط الكتور)

استمرارية

إسقاط

إسقاط مركزي

إسقاط متوازي

إشارات (أو رموز) اصطلاحية

اشتقاق

أصل (أو نقطة الاصل)

أعتراض (أو فترة) الستيديا

اعمال تربية

أفقي

أغلاط (أو اخطاء كبيرة)

إقفال الأفق (عند قياس الزوايا)

إقامة مسافة عمودية (أو إقامة عمود)

التدرج (أو طريقة التدرج بالسلسلة)

آلة الأحداثيات (أو قياسها)

التثليث الزاوي

التثليث البعدي

التسوية المثلثية

التسوية المتسلسلة

التسوية المغلقة (أو الدائري)

التصحيح البياني أو الترسيمي

التصحيح الدائمي

التصحيح المؤقت

التصحيح الرياضي (أو الحسابي)

الحركة الانتقالية (أو الجانبية)

الجذب المحلي (المغناطيسي)

Parallax	الأزاحة العدسية
Zenith	السَّمْت (أعلى الرأس)
Optical plummet	الشاقول البصري
Vertical plummet	الشاقول البصري الرأسي (جهاز للشاقولية)
National Grid	الشبكة التريعية الوطنية
Subtense bar	العقلة المقابلة (أو ذراع الاسناد أو قضيب الأنقار)
Departure	الفرق السيني (أو المركبة الأفقية)
Total Departure (or Easting)	الفرق السيني الكلي (أو الأحداثي السيني أو التشرق)
Latitude	الفرق الصادي (أو المركبة الرأسية)
Total Latitude (or Northing)	الفرق الصادي الكلي (أو الأحداثي الصادي أو التشميل)
Difference in elevation (or vertical offset)	الفرق في الارتفاع (أو فرق المنسوب) (أو البعد الرأسي)
North pole (Magnetic or True)	القطب الشمالي (مغناطيسي أو حقيقي)
Chaining (or Taping)	القياس بالسلسلة (أو بالشريط)
True value	القيمة الحقيقية
Major axis	المحور الأكبر (أو الرئيسي)
Minor axis	المحور الأصغر (أو الثانوي)
Optical micrometer	المايكرومتر البصري
Alidade	أليداد (أو مسطرة التوجيه)
Plain alidade	أليداد بسيط
Telescopic alidade	أليداد تلسكوبي
Topographic Surveying	المساحة الطبوغرافية
Cadastral Surveying	المسح الكادسترائي
Engineering Surveying	المسح الهندسي
Construction Surveying	المسح الإنشائي
Chain Surveying (or Tape)	المسح بالسلسلة (أو الشريط)
Traverse Surveying	المسح بالضلعات
Compass Surveying	المسح بالبوصله
Datum	المقارنة (أو سطح الاسناد)
Beam Compass	المنقال (أو الفرجار)
Nadir	النظير (أو أسفل القدم)
Minimum	النهاية الصغرى (الحد الأدنى)
Maximum	النهاية العظمى (الحد الأعلى)
Level	آلة تسوية (أو منسوب)
Automatic Level	آلة تسوية أوتوماتيكية (أو ذاتية التسوية)

Figure, Diagram
Quadrangle

شكل ، مخطط
شكل رباعي

ص

Row
Image
Correct Image
Invert Image
Standad Formula

صف
صورة ، تخيال
صورة معتدلة
صورة مقلوبة
صيغة قياسية

ض

Ground Control
Side
Implicit

ضبط أرضي
ضلع
ضمني

ط

Method
Analytic Method
Geometric Method

طريقة
طريقة تحليلية
طريقة هندسية

ظ

Tangent
Cotangent

ظل الزاوية ، مماس لمنحني
ظل تمام

ع

Ordinary
Obstacle
Factor
Dial
Eyepiece lens
Objective lens
Random
Anti-Clockwise (or Counter)
Relation
Field work

عادي
عارض ، عائق
عامل ، عنصر
عداد
عدسة عينية
عدسة شبيبة
عشوائي
عكس اتجاه عقرب الساعة
علاقة
عمل حقلي

Mark	علامة
Missing elements	عناصر مفقودة (أو قياسات مجهولة)
Operation	عملية
Perpendicular	عمودي

ف

Bubble (circular or tubular)	فقاعة (دائرية أو انبوبية)
Test	فحص
Postulate	فرضية

ق

Secant	قاطع الزاوية
Cosecant	قاطع تمام
Rule,	قاعدة
Compass (Bowditch)	قاعدة البوصلة (أو باودج)
Transit	قاعدة الترانسيت
Levelling head	قاعدة تسوية (أو موازنة)
Simpson's Rule	قاعدة سيمبسن
Trapezoidal Rule	قاعدة شبه المنحرف
Staff	قائمة (أو مسطرة تسوية)
Face Left reading (F.L.)	قراءة وجه ايسر (أو ميتاسر)
Face Right reading (F.R.)	قراءة وجه ايمن (أو متيامن)
Fore sight (F.S.)	قراءة امامية
Back sight (B.S.)	قراءة خلفية
Intermediate sight (I.S.)	قراءة وسطية
Measurement,	قياس
Direct	قياس مباشر
Indirect	قياس غير مباشر
Pacing	قياس بالخطوات
Pole	قطب ، شاخص
North Pole	قطب شمالي
Diameter	قطر
Cut	قطع (أو قص)
Parabola	قطع مكافئ
Ellipse	قطع ناقص ، اهليجي

Clamp	قفل (أو مفتاح)
Arc,	قوس
Sine	قوس الجيب (الزاوية المقابلة للجيب)
Cosine	قوس الجيب تمام
Tangent	قوس الظل
Numerical value	قيمة عددية
Absolute value	قيمة مطلقة (بدون إشارة)
Measurement (Angular or Linear)	قياس (زاوي أو طولي)

ك

Grad	غراد (قياس مثوي للزاوية)
Cartography	كارتوگرافي (أو علم الخرائط)
Clinometer	كلينوميتر (جهاز لقياس الميل)
Spherical	كروي
Density	كثافة
Representative Fraction	كسر بياني
Decimal Fraction	كسر عشري
Contour	كنتور (خط كفاف)
Grade Contour	كنتور ذو ميل ثابت
Equal depth Contour	كنتور ذو عمق ثابت
Quantity	كمية

ل

Foot screws	لواكب القاعدة
Plane table	لوحة مستوية
Slow motion Screw	لولب حركة بطيئة
Clamp Screw	لولب قفل (أو مفتاح)
Tilting Screw	لولب ميلان

م

Oblique	مائل
Direct	مباشر
Requirements	متطلبات
Identical	متطابق ، متماثل
Consistent	متوافقة ، متطابقة

Parallelogram	متوازي اضلاع
Parallelopiped	متوازي المستطيلات
Average	متوسط ، معدل
Mean (Arithmetic mean)	متوسط (وسط حسابي)
Convex	محدب
Concave	مقععر
Axis	محور
Triangle of error	مثلث الخطأ
Trunnion axis (or Horizontal) axis	محور الدوران (أو محور أفقي)
Vertical axis	محور رأسي أو شاقولي
X-axis	محور السينات
Y-axis	محور الصادات
Principal axis	محور رئيسي (أو أساسي)
Central axis	محور مركزي
Polar axis	محور قطبي
axial	محوري
station	محطة (أو نقطة)
Ground station	محطة أرضية
Circumference	محيط
Range	مدى
Plan	مخطط ، مرسم
Reference	مرجع ، دليل
Ordinance Datum	مرجع اسناد مديرية المساحة (البريطانية)
Centre (or center)	مركز
Optical square (or Prism Sq.)	مربع بصري (أو منشوري)
Departure	مركبة أفقية (أو فرق تشریق)
Latitude	مركبة رأسية (أو فرق تشميل)
Surveying, Survey	مساحة ، مسح
Plane Surveying	مساحة مستوية
Geodetic Surveying	مساحة جيوديسية
Area	مساحة (قطعة)
Distance	مسافة
Problem	مسألة
Two-point problem	مسألة النقطتين (في التقاطع الخلفي)
Three-point problem	مسألة الثلاث نقاط (في التقاطع الخلفي)

Reconnaissance survey	مسح استطلاعي
Route (or Road) Surveying	مسح الطرق
Construction surveying	مسح انشائي
Boundary Surveys	مسح الحدود
City Surveys (or Municipal)	مسح المدن (أو البلديات)
Photogrammetry (Aerial or Terrestrial)	مسح تصويري (جوي أو أرضي)
Topographic Surveys	مسح طبوغرافي
Cadastral Surveying	مسح كادسترائي
Engineering Surveying	مسح هندسي
Closed Traverse (Loop or Connecting)	مضلع مغلق (دائري أو رابط)
Open Traverse	مضلع مفتوح
Terms	مصطلحات
Condition equations	معادلات مشروطة (أو شرطية)
Observation equations	معادلات رصد
Spheroid	مفلطح
Formula	معادلة ، صيغة
Calibration	معايرة للتصحيح
Data	معطيات ، بيانات
Standard	معياري ، قياسي
Magnetic	مغناطيسي
Longitudinal section (or Profile)	مقطع طولي
Cross section	مقطع عرضي
Side hill section	مقطع جانبي (أو في جانب التل)
Scale,	مقياس
Diagonal	مقياس شبكي
Linear	مقياس طولي
Uniform, Regular	منتظم ، متساوي
Correction zones	مناطق التصحيح
Curve,	منحني
Horizontal	منحني افقي
Transition	منحني انتقالي
Circular	منحني دائري
Vertical	منحني رأسي
Spiral	منحني حلزوني
Clothoid (or Euler)	منحني كلوثويد (انتقالي) (أو بولر)

Parabolic	منحني قطع مكافئ
Reduced Level (or Elevation)	منسوب (أو ارتفاع)
Invert Level	منسوب قاع الانبوب
Elevation of Line of Sight (or Collimation Line)	منسوب خط التسديد أو النظر
Prism	منشور
Truncated Prism	منشور ناقص
Prismoid (Truncated Wedge)	موشوراني (أو اسفين ناقص)
Balancing Traverse	موازنة (أو تصحيح المضلع)
Telescope	منظار (أو تلسكوب)
Bisector	منصف الزاوية
Region	منطقة
Positive	موجب
Field position	موقع حقيقي
Mathematical position	موقع حسابي
Null Indicator	مؤشر التصغير
Altitude Level (or bubble)	ميزان الارتفاع (أو ميزان الفقاعة للدائرة الرأسية)
Site	موقع عمل
Spirit level	ميزان تسوية كحولي
Slope	ميل ، انحدار
Acceleration Lane	ممر إصراع
Deceleration Lane	ممر إبطاء

ن

Polaris	نجم قطبي (أو الجدي)
Spring balance	نابض حلزوني (للموزن أو الشد)
Binoculars	ناظور
Radian system	نظام نصف قطري (لقياس الزوايا)
Sexagesimal system	نظام ستيني
Centesimal system	نظام مئوي
Spherical system	نظام كروي
Galactic (or Global) system	نظام كوني
Local system	نظام محلي
Theorem, Theory	نظرية

Tracing point	نقطة التتبع (بالإلّا نمتير)
Anchor point	نقطة التثبيت
Inflection Point	نقطة انقلاب
Change point (or Turning point)	نقطة تحول أو دوران
Intersection point (or Point of Inters.P.I.)	نقطة تقاطع
Point of Curvature (P.C.)	نقطة تقوس
Point of Tangency (P.T.)	نقطة تماس
Reference poi	نقطة دلالة
Zenith point	نقطة السميت

Target	هدف (أو علاقة)
Meridian (or North)	هجير (أو خط الشمال)
Pyramid	هرم
Analytical Geometry	هندسة تحليلية
Plane Geometry	هندسة مستوية
Solid Geometry	هندسة مجسمة
Space Geometry	هندسة فراغية
Descriptive Geometry	هندسة وصفية

Chord	وتر
Long Chord	وتر طويل
Single Chord	وتر فردي
Total Chord	وتر كلي
Face Left (F.L.)	وجه أيسر (أو متياس)
Face Right (F.R.)	وجه أيمن (متيامن)
Units of measure	وحدات القياس
Unique	وحيد، فريد
Vernier	ورنية
Tracing paper	ورقة استشفاف
Average (or Arithmetic mean)	وسط حسابي

Tilt	يميل ، ميل
Bisect	ينصف
Deviate	ينحرف
Ascend	يصعد
Descend	ينزل
Rise	يرتفع
Fall	ينخفض

الفرع العلمي	النظام السنوي	عدد الساعات الأسبوعية	ن	ت	ع	م
المساحة	٣٠ أسبوع	٢	٤	-	٦	
مفردات المادة : المسح الهندسي والكادستراتي	المرحلة : الثانية	لغة التدريس : العربية للتدريس وشرح المفردات ، والإنكليزية للقوانين وحل التمارين .				

الهدف من المادة : تعليم وتدريب الطلبة كيفية حساب وقياس المساحات وإيجاد حجوم الكميات الترابية وأجراء الحسابات للمنحنيات الأفقية والرأسية وكيفية تسقيطها على الأرض وتسقيط المنشآت مع تقديم مشروع صغير في الطرق . ثم إجراء الحسابات اللازمة لإيجاد الأطوال والاتجاهات لحدود قطع الأراضي وأحداثيات أركانها وحساب مساحتها ، وحل مسائل في التقاطعات والتقاطع الخلفي وفي تقسيم الأراضي وحساب مساحات الأجزاء مع تقديم مشروع صغير عن تقسيم الأراضي .

الاسبوع	مفردات المادة - الجزء النظري
الأول	الطرق المختلفة لحساب المساحات في الحقل ، وتشمل :
الثاني	حساب مساحات الاشكال المنتظمة والتقسيم الى مثلثات .
الثالث	استعمال الأعمدة على فترات متساوية (شبه المنحرف ومسكون) ، استعمال الأعمدة على فترات غير متساوية ،
الرابع	استعمال الأحداثيات وطريقة مضاعف خط الطول (D.M.D.) .
الخامس	الطرق المختلفة لحساب المساحات من الخارطة وتشمل : التقسيم الى مثلثات ، استعمال المربعات وأوراق الخطوط البيانية واستعمال الشرائح ،
السادس	استعمال آلة الهلانيميتر عندما تكون نقطة التثبيت داخل أو خارج الشكل .
السابع	الطرق الحسابية والترسيمية لحساب مساحات المقاطع العرضية المختلفة الاشكال وذات أبعادات مختلفة لسطح الأرض .
الثامن	حساب حجوم الكميات الترابية باستعمال قانون متوسط القاعدتين ، والاسفين الناقص (الموشوراني) والطريقة التقريبية من المقطع الطولي . وحساب حجم المقلع ، والخزان بواسطة الخطوط الكنتورية وإجراء حساب ورسم منحنى نقل الاتربة .
	مسح الطرق : ويشمل طرق المسح الأرضي والجوي المتبعة لتعيين مسار الخط المركزي للطريق التي تشمل على الاستطلاع والمسوحات الأولية والتفصيلية والأنشائية . وشرح للتخطيط الهندسي للطريق وما يتضمنه من منحنيات أفقية ورأسية ، المنحنيات الرأسية : الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة بها وحساب المناسيب عليها (الطريقة الهندسية) .

تسلسل الاسبوع	تفاصيل المفردات (النظري)
التاسع	أنواع المنحنيات الرأسية (المحدب والمقع) والمعادلة الخاصة بالقطع المكافئ لحساب المناسيب (الطريقة التحليلية) وكيفية تسقيطها على الأرض . المواصفات الخاصة به من حيث علاقة طوله بمسافة الرؤية والسرعة والفرق الجبري بين الانحدارين ونصف القطر المكافئ له .
العاشر	المنحنيات الأفقية : المنحني الأفقي الدائري البسيط ، الرموز والمصطلحات والقوانين الخاصة به ومواصفاتها من حيث علاقة نصف قطره بالسرعة ومعامل الاحتكاك والميل الاضافي (أو الرفع الجانبي) ،
الحادي عشر	المنحنيات الأفقية الدائرية المركبة والمعكوسة ، أنواعها وحساب محطاتها واستخداماتها في طرق المرور السريع وفي التقاطعات السطحية والمعلقة .
الثاني عشر	الطرق المختلفة لتسقيط المنحني الأفقي الدائري البسيط وتشمل : طريقة زوايا الانحراف باستخدام ثيودولايت وشريط أو استخدام جهاز ثيودولايت فقط واستخدام الأجهزة الالكترونية في تسقيط هذا المنحني أو بواسطة أحداثيات نقاط السيطرة ونقاط المنحني .
الثالث عشر	طريقة استخدام الأعمدة في تسقيط المنحنيات (الأعمدة على المماس والأعمدة على الوتر الكبير) وطريقة التسقيط من نقطة التقاطع . العقبات التي تعترض التسقيط وكيفية تجاوزها (على القوس أو في المحطات الرئيسية أو عند الأنشاء) .
الرابع عشر	المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية ، أنواعها واستخداماتها وحساباتها (الكلوثويد والقطع المكافئ التكميلي والحلزون التكميلي . طرق تسقيطها باستخدام زوايا الانحراف والأوتار أو الأحداثيات .
الخامس عشر	مشروع صغير في الطرق : اجراء الحسابات اللازمة للمنحنيات الرأسية والأفقية (تعيين المحطات والمناسيب) ، وكيفية رسم المخطط الأفقي والمقطع الطولي للمشروع وبيان كافة العناصر والمحطات عليها .
السادس عشر	حساب مساحات المقاطع العرضية للمشروع وحجوم الكميات الترابية ورسم منحنى نقل الانترية وبيان عرض الحفر والردم على جانبي الخط المركزي للمشروع .
السابع عشر	المسح الانشائي : أعمال المسح الخاصة بالإنشاء الدور والبنائيات الكبيرة وتثبيت مناسيبها ، واستقامة خطوط القنوات والجاري والأنابيب والنقل الكهربائي والخنادق الطولية وتثبيت مناسيبها .
الثامن عشر	حسابات التضليع : أنواع الزوايا والاتجاهات وطرق تصحيحها وحساباتها للمضلع الدائري المغلق والمضلع الرابط ، حساب الأحداثيات لأركان المضلع وتصحيحها (بطريقتي البوصلة والترانسيت) .
التاسع عشر	حساب الاطوال والاتجاهات المصححة (الحسابات المعكوسة للاضلاع) طريقة أقل جهد وطريقة المحور لتصحيح الاطوال دون الاتجاهات .

تسلسل الاسبوع	تفاصيل المفردات (الجزء العملي)
الثالث عشر	حل تمارين لتسقيط منحني دائري بسيط عن طريق اقامة الاعمدة على المماس او على الوتر او التسقيط من نقطة التقاطع والقيام بعمل حقل لتسقيط المنحني بهذه الطرق ، القيام بأعمال حقلية لتجاوز العقبات اثناء تسقيط المنحني بالطرق المختلفة .
الرابع عشر	حل تمارين حول المنحنيات الانتقالية واجراء الحسابات اللازمة لمعرفة عناصرها ومحطاتها وعمل جداول لغرض تسقيطها بطريقتي زوايا الانحراف والاحداثيات والقيام بعمل حقل لاجراء التسقيط لهذه المنحنيات .
الخامس عشر	مشروع في الطرق : اعطاء المعلومات اللازمة لاجراء الحسابات للمنحنيات الرأسية والافقية ، منحنيين (لكل نوع على الاقل) ، عمل جداول لاغراض التسقيط .
السادس عشر	حساب مساحات المقاطع العرضية وحجوم الكميات الترابية للمشروع اعلاه ورسم المخطط الافقي والمقطع الطولي وكذلك منحني نقل الاتربة .
السابع عشر	القيام بزيارة ميدانية لبعض مواقع الاعمال الانشائية لمختلف المشاريع كالبنايات واعمال الطرق والقنوات والمجاري والانابيب .
الثامن عشر	حل تمارين للمضلعات المغلقة الدائرية والرابطة واجراء التصحيحات اللازمة للزوايا والاحداثيات ،
التاسع عشر	تكلمة للحسابات اعلاه مع حساب الاطوال والاتجاهات المصححة بالحسابات المعكوسة وتصحيح الأطوال بطريقة ترسيمية باستخدام طريقتي أقل جهد والمجهر .
العشرون	حل تمارين مختلفة باستخدام التقاطع الاول لايجاد طولين مجهولين (من موقعين معلومين واتجاهين معلومين ايضا) واستعمال طريقتي المثلثات وقوانين التضميع لغرض الحل .
الحادي والعشرون	حل التمارين السابقة باستخدام التقاطع الاول ولكن بطريقتي الهندسة التحليلية ودوران الاحداثيات
الثاني والعشرون	حل تمارين مختلفة باستخدام التقاطع الثاني لايجاد طول ضلع واتجاه ضلع آخر (من موقعين معلومين واتجاه معلوم لضلع وطول معلوم لضلع آخر) واستعمال طريقتي المثلثات وقوانين التضميع لغرض الحل .
الثالث والعشرون	حل تمارين مختلفة باستخدام التقاطع الثالث لايجاد الاتجاهي ضلعين (من موقعين معلومين وطولين معلومين) باستعمال طريقة المثلثات لغرض الحل .
الرابع والعشرون	حل تمارين لمضلعات دائرية ورابطة ذات قياسات مجهولة ، (اطوال واتجاهات) باستخدام التقاطعات اعلاه وكذلك حل تمارين لتقاطع خطوط مستقيمة او مستقيمت مع دوائر او تقاطع دوائر .
الخامس والعشرون	حل تمارين للحالات الثلاث المتوقعة في التقاطع الخلفي لايجاد موقع النقطة المختارة (من ثلاث مواقع معلومة وزاويتان مقاستان) .
السادس والعشرون	اعداد جداول بالخطوات المنطقية لحل مسائل متنوعة ذات قياسات مجهولة باستخدام التقاطعات والحسابات الامامية والمعكوسة .

السابع والعشرون

حل تمارين لتقسيم مضلع مغلق الى جزئين بواسطة خط ذو نهايتين معلومتين الموقع ،
وتمارين اخرى لتقسيم مضلع مغلق الى جزئين بواسطة خط ذو اتجاه معلوم ويبدأ من نقطة
معلومة الموقع (وبعرض معين في حالة طريق او قناة) وحساب مساحات الاجزاء .

الثامن والعشرون

حل تمارين لتقسيم مضلع مغلق الى جزئين متساويين (أو أكثر) بواسطة خط (أو
خطوط) يمر من نقطة معلومة الموقع ، وتمارين اخرى لتقسيم مضلع الى جزئين متساويين
بواسطة خط ذو اتجاه معلوم .

التاسع والعشرون

مشروع تقسيم اراضي : اعطاء المعلومات اللازمة لمساحات القطع المطلوب تثبيتها وابعاد
الشوارع وانصاف اقطارها وبعض الابعاد والاحداثيات اللازمة لتقسيم قطعة أرض كبيرة ثم
اجراء الحسابات اللازمة لتحديد أطوال واتجاهات حدود القطع واحداثيات النقاط المهمة
ومساحة كل قطعة .

الثلاثون

تكملة للحسابات اعلاه ورسم خارطة كادستراية كاملة للمشروع واجراء المناقشات حولها .

٦٢٥٧

ب ٨٤ البكر، زياد عبد الجبار

المسح الهندسي والكادستراتي / اعداد زياد عبد الجبار البكر .

- بغداد : هيئة المعاهد الفنية ، ١٩٩٣ .

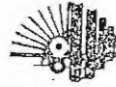
ص : ٢٤ سم .

١- هندسة الطرق ٢- المسح الميكانيكي ١ - العنوان

م . و .

١٩٩٣ / ٣٣٩

رقم الايداع في المكتبة الوطنية ببغداد ٣٣٩ لسنة ١٩٩٣



دار الكتب للطباعة والنشر
جامعة الموصل