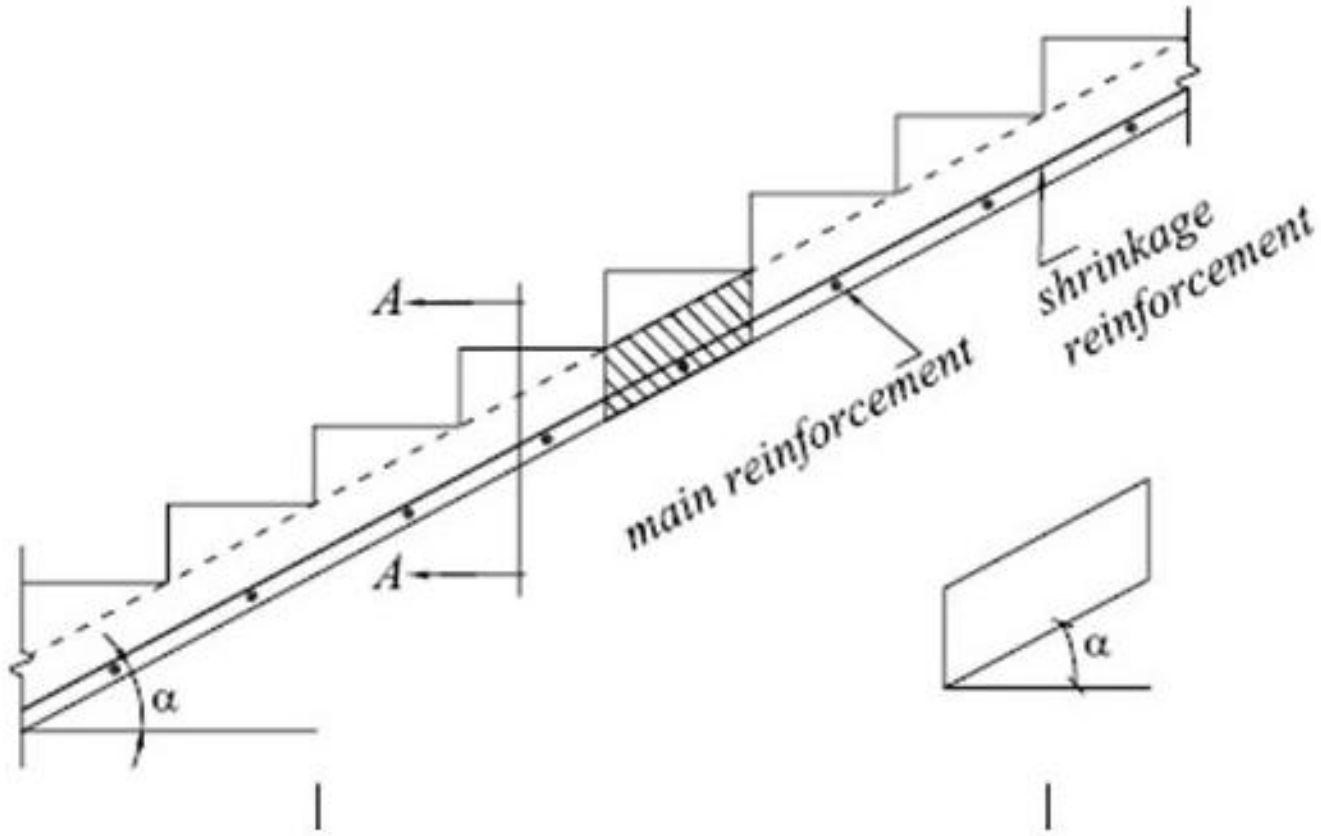
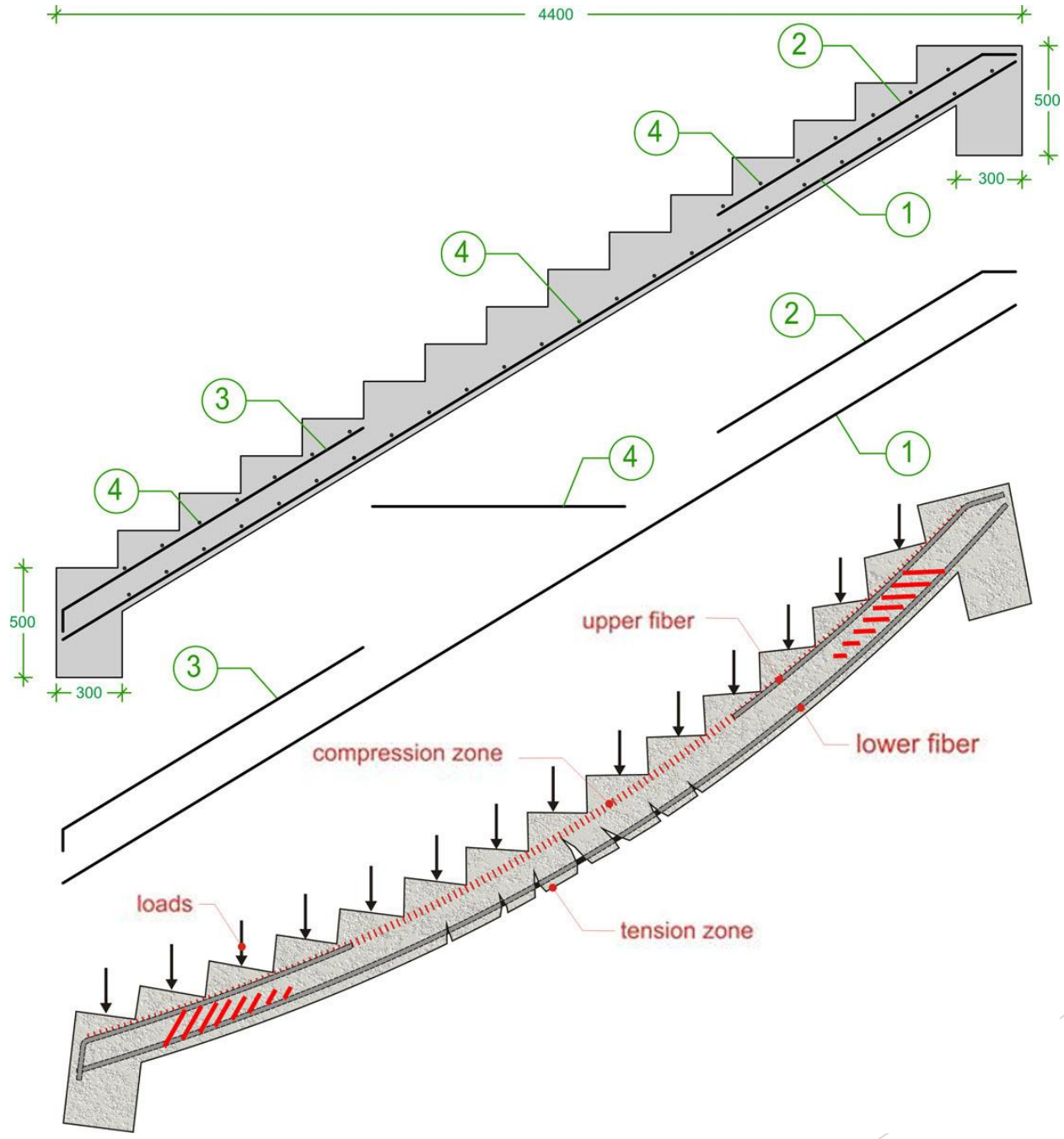
السلالم stairs

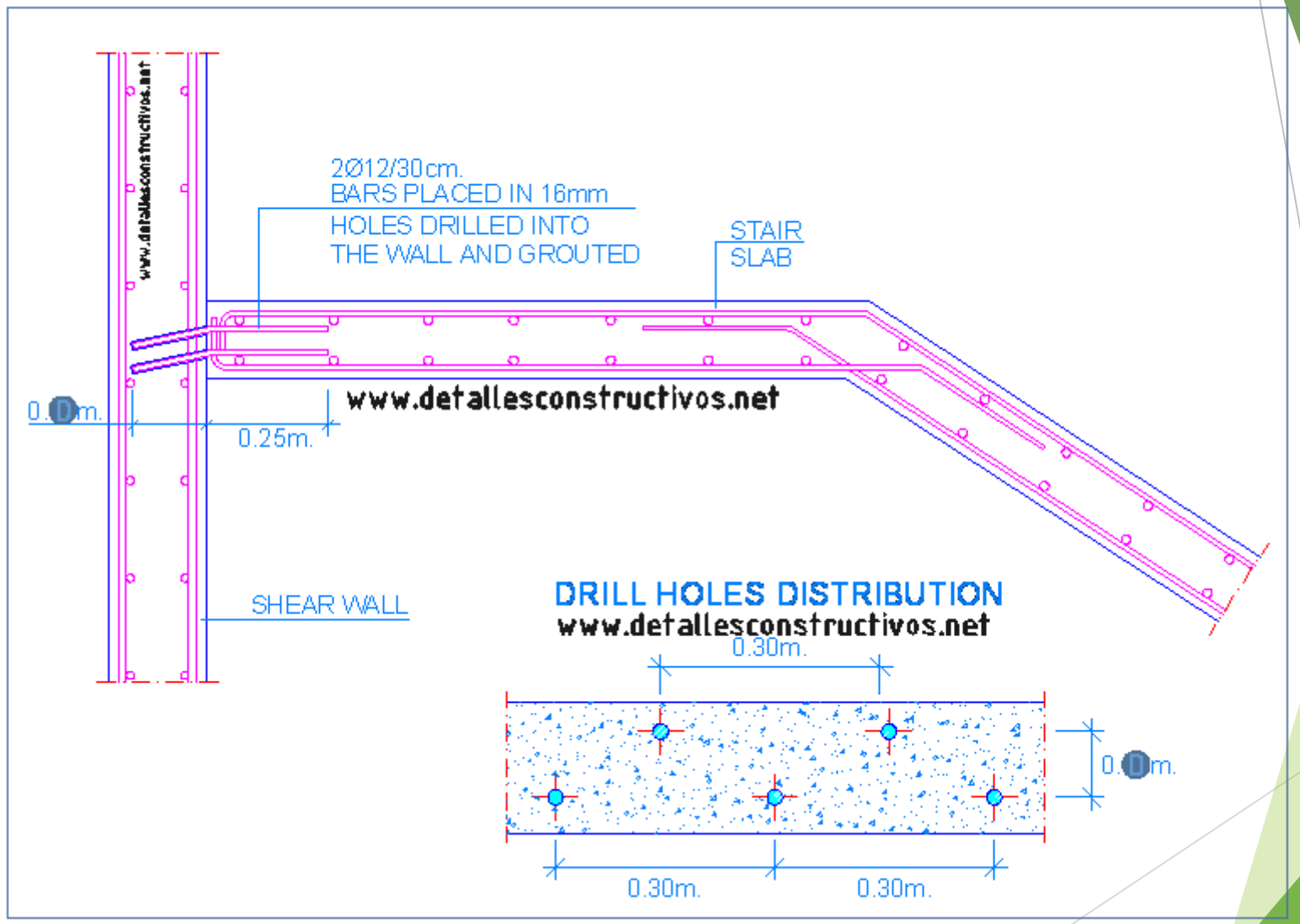
تتصرف السلالم انشائيا عندما تكون مستندة عند نهايتها بشكل مشابه تماما لتصرف البلاطات المصممة أحادية الاتجاه حيث يكون السمك الفعال (effective thickness) هو المسافة العمودية بين نقطة التقاء ارتفاع الدرجة (step) او الجزء العمودي منها (riser)

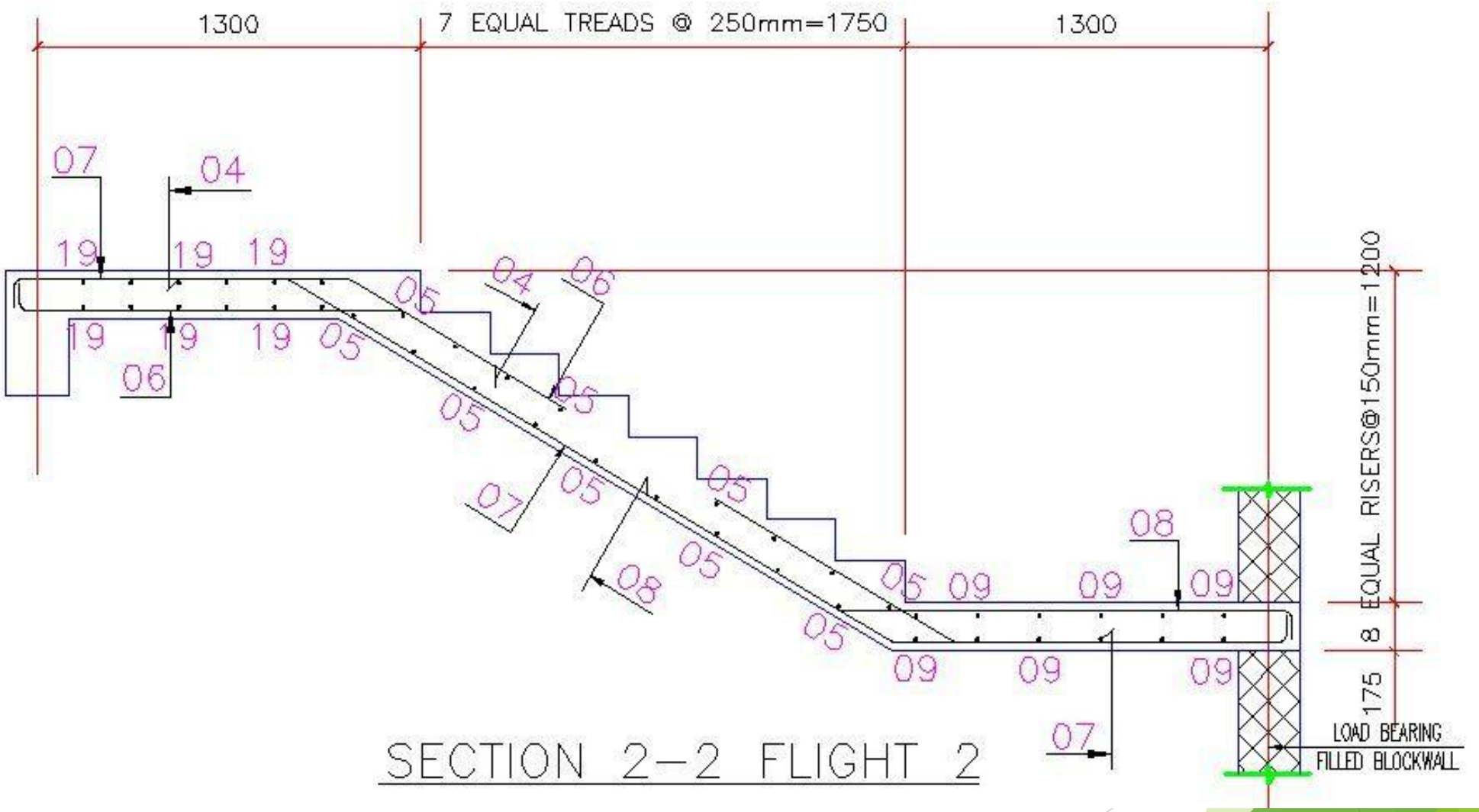

A
A
main reinforcement
shrinkage
reinforcement
α
α

- ان تعرض السلم الى الاحمال يجعله ينحني وبذلك يكون الوجه الأسفل منه معرضا الى اجهادات الشد
- يمكن ان يستند السلم في نهايتي جزئه المائل على روافد او ان تكون الروافد الساندة عند نهايتي الصحن او ان يكون السلم مستندا على جدران عند نهايتي الصحن دون وجود روافد

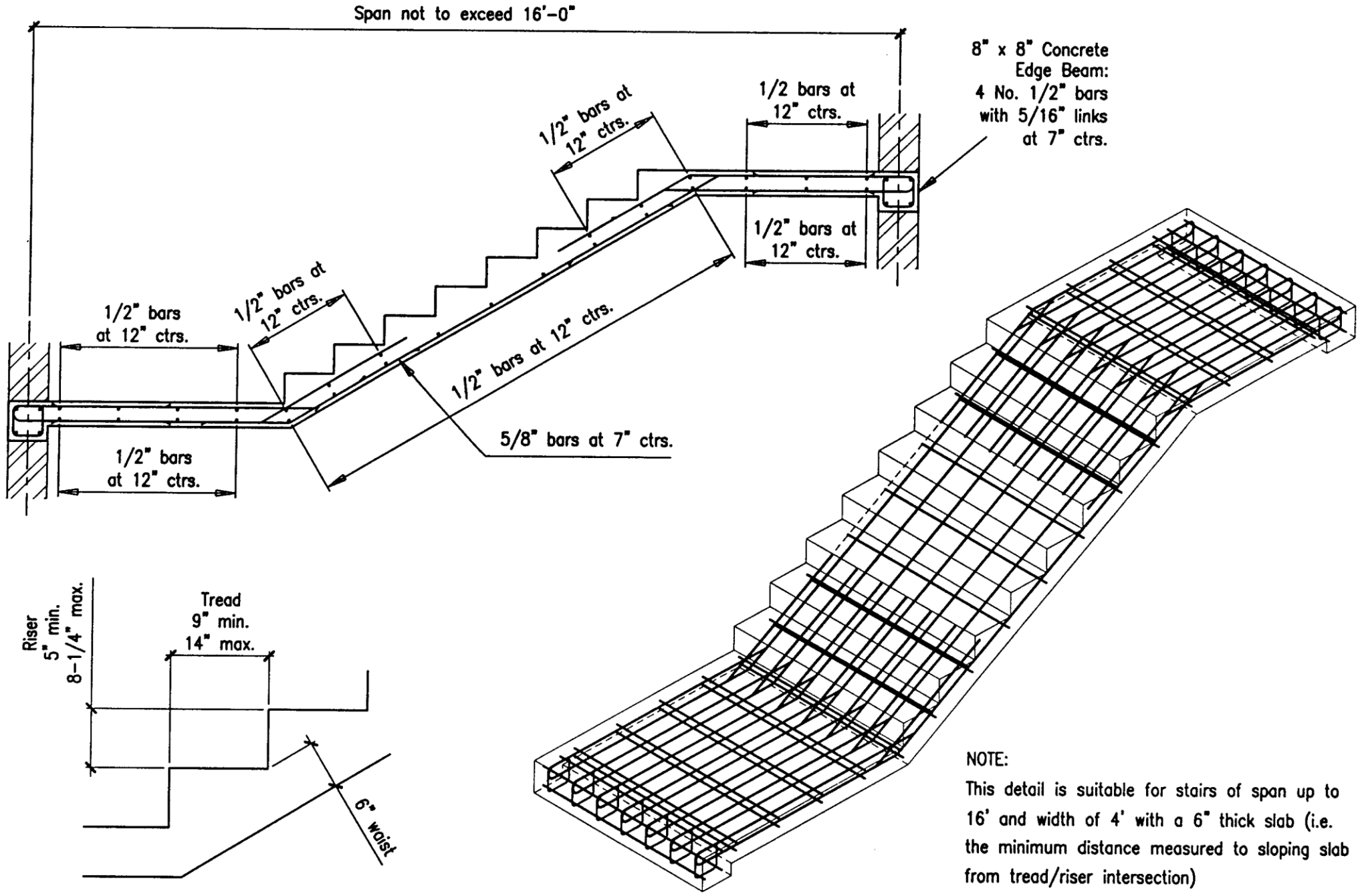

4400
2
500
4
300
1
4
2
3
4
1
500
4
upper fiber
3
300
compression zone
lower fiber
loads
tension zone

RC STAIRCASE TO SHEAR WALL CONNECTION





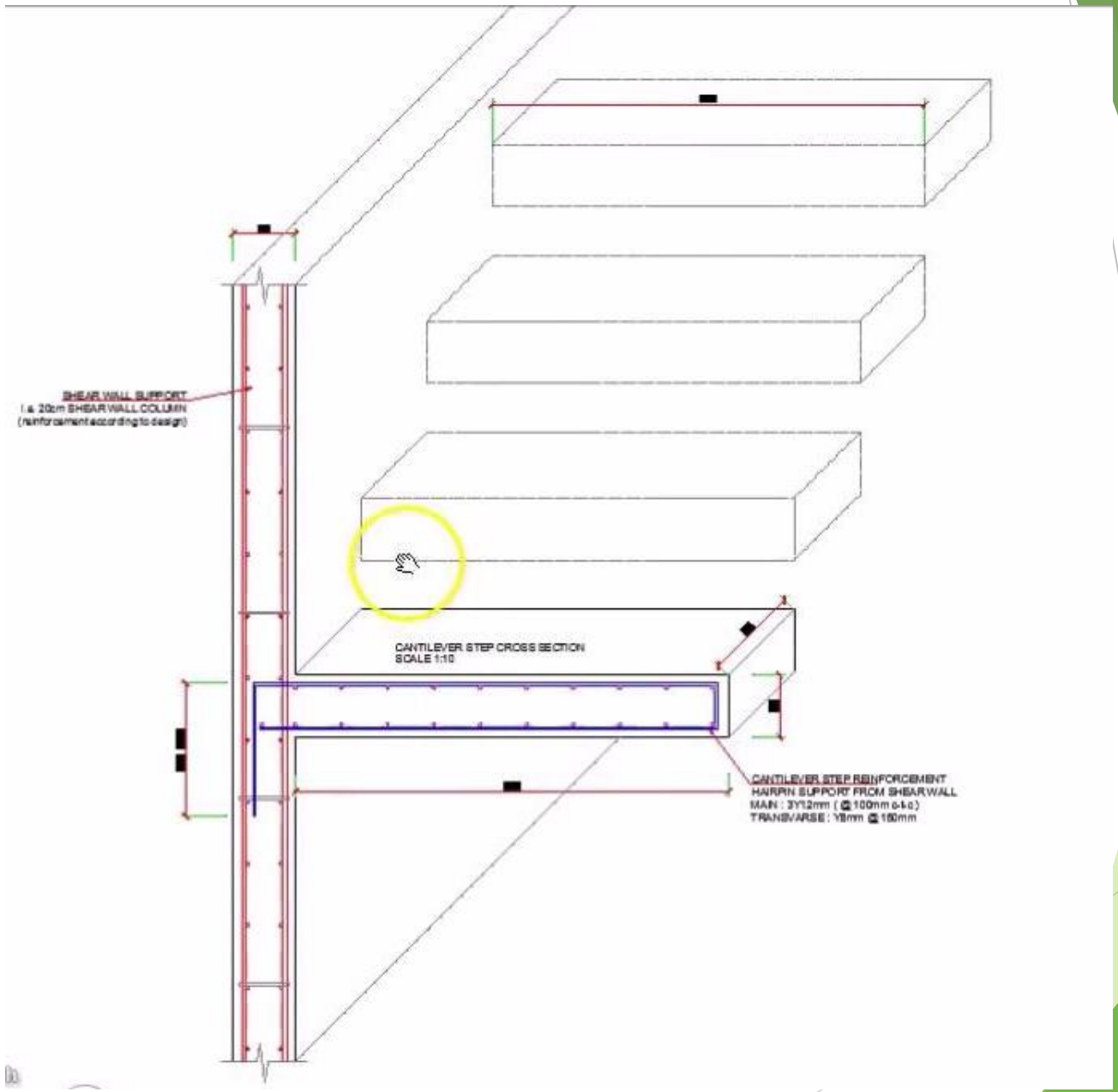
SECTION 2–2 FLIGHT 2

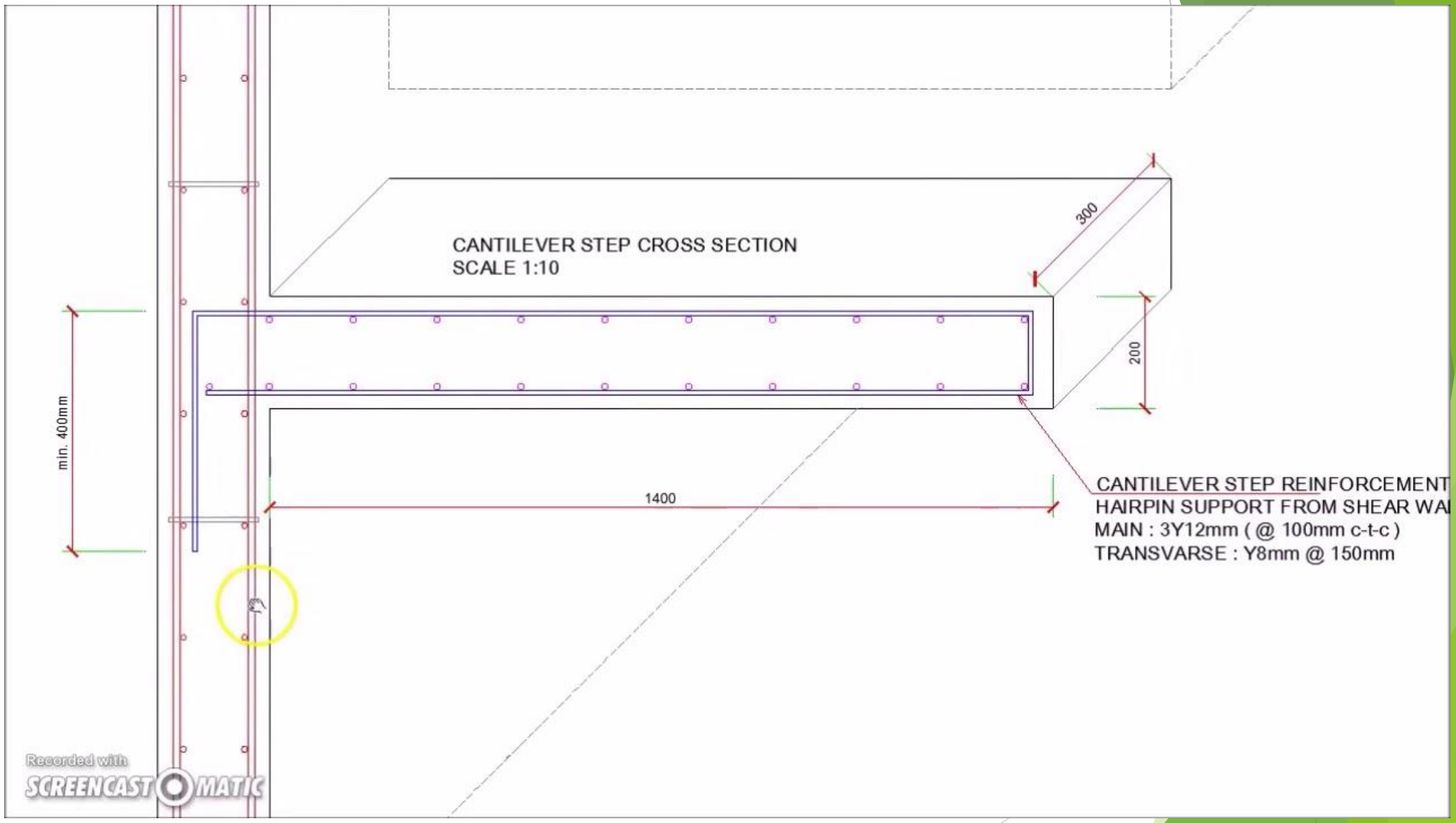


NOTE:

This detail is suitable for stairs of span up to 16' and width of 4' with a 6" thick slab (i.e. the minimum distance measured to sloping slab from tread/riser intersection)

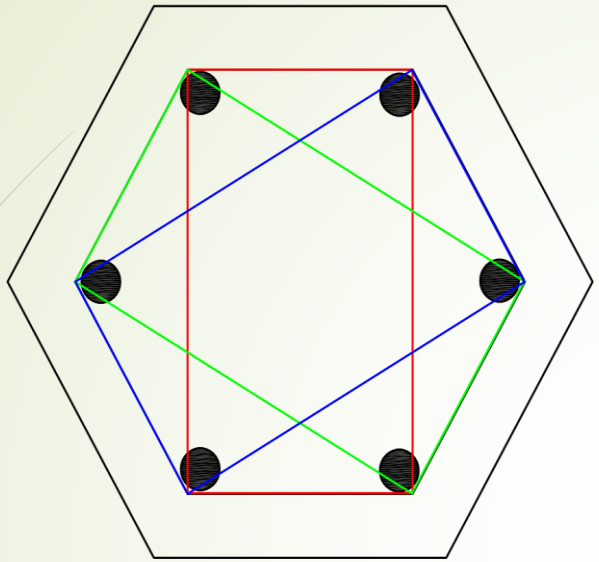
- هنالك نوع اخر من السلالم يسمى السلالم المعلقة او السلالم الحيدية (cantilever stairs) تسلح فيها كل درجة من الدرجات بشكل رافدة حيدة تستند الى الجدران الذي قد يكون من الخرسانة المسلحة او الطابوق .

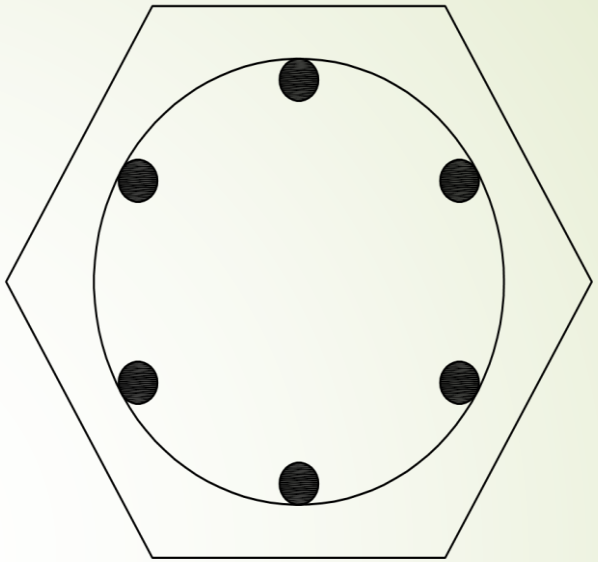

SHEAR WALL SUPPORT
i.e. 20cm SHEAR WALL COLUMN
(reinforcement according to design)
CANTILEVER STEP CROSS SECTION
SCALE 1:10
CANTILEVER STEP REINFORCEMENT
HAIRPIN SUPPORT FROM SHEAR WALL
MAIN : 3Y12mm (@100mm c-t-c)
TRANSVARSE : Y8mm @ 150mm


CANTILEVER STEP CROSS SECTION
SCALE 1:10
300
200
min. 400mm
1400
CANTILEVER STEP REINFORCEMENT
HAIRPIN SUPPORT FROM SHEAR WA
MAIN : 3Y12mm (@ 100mm c-t-c)
TRANSVARSE : Y8mm @ 150mm
Recorded with
SCREENCAST MATIC

قضبان التسليح الطولية Longitudinal bars

توضع القضبان الطولية في الاعمدة الصغيرة في اركان مقطع العمود او زواياه اذا كان عددها كافيا لتحمل القوة المسلطة على الفولاذ. وبهذا يصبح الحد الأدنى لعدد القضبان الطولية في العمود ذي المقطع المربع او المستطيل أربعة قضبان . اما في العمود ذي المقطع الدائري فان المواصفات توجب ان لا يقل عدد القضبان عن ستة توزع بصورة منتظمة على محيط الدائرة . وفي الاعمدة ذات المقاطع المسدسة او المثمنة يجب ان يوضع قضيب طولي واحد عند كل زاوية من زوايا المقطع وبذلك يكون اقل عدد ممكن من القضبان الطولية هو ستة وثمانية على التوالي كما في الشكل ادناه .





- يحدد عدد القضبان الكلي اعتمادا على مقدار الحمل المسلط على العمود او الجزء من هذا الحمل الذي يقرر المصمم تحميله على القضبان الطولية والذي يجب ان لايتجاوز مجموع مساحة مقاطع القضبان الطولية المحسوبة على أساسه (8%) من مجموع المساحة الاجمالية لمقطع العمود . كما توجب المواصفات ان لايقل مجموع مساحة مقاطع القضبان المستخدمة عن (1%) من مجموع المساحة الاجمالية لمقطع العمود.

- يجب ان لا يتجاوز قطر القضيب الطولي عن (50 mm) ولايقل عن (12 mm) ويفضل للأغراض العملية ان لايقل قطر القضيب الطولي عن (16 mm) .
- لغرض فسح المجال للخرسانة الطرية خلال عملية الصب بالنزول في قالب العمود واحاطة جميع القضبان العمودية تحدد المواصفات ان لاتقل المسافة الصافية بين القضبان الطولية عن أي من القيم الاتية :

1. مرة ونصف بقدر المقاس الأكبر للركام الخشن المستخدم في الخلطة الخرسانية
2. مرة ونصف بقدر قطر القضيب الطولي ، وفي حالة استخدام اقطار مختلفة من القضبان في نفس العمود يستخدم القطر الأكبر منها لهذا الغرض
3. 4 سنتيمترات

قضبان التسليح الجانبي

- تستخدم قضبان التسليح الجانبي لمنع قضبان التسليح الطولية من الانبعاج تحت تأثير الحمل المسلط على هذه القضبان كما تفيد في تثبيت القضبان الطولية في موضعها خلال عمليات صب الخرسانة ورصها فضلا عن فائدتها في مقاومة الاجهادات الناتجة عن الاختلاف في درجات الحرارة .
- تكون قضبان التسليح الجانبي بشكل رباطات ties تحيط بالقضبان الطولية وتتولى ربطها في زواياها الأربعة ولهذا تحدد المواصفات ان لايزيد عدد القضبان الطولية التي يتولى الرباط تثبيتها أربعة ، ولهذا عندما يكون عدد القضبان الطولية اكثر من أربعة لابد من استعمال اكثر من رباط واحد في نفس المستوى او في مستويات متفاوتة لضمان الربط الكامل للقضبان الطولية .

- تحدد المواصفات ان لايقل قطر القضيب المستخدم لتكوين الرباطات عن (6 mm) عندما لايتجاوز قطر القضبان الطولية (20 mm) ويكون قطر القضبان المستخدمة للرباط (8 mm) عندما تكون القضبان الطولية ذات قطر يتجاوز (20 mm) ولحد (28) ويكون قطر القضبان المستخدمة (10 mm) عندما تكون القضبان الطولية ذات قطر يتراوح بين (28 mm) و (42 mm) ويكون قطر القضبان المستخدمة للرباطات (12 mm) عندما يتجاوز قطر القضبان الطولية (42 mm) .
- يحدد التباعد الشاقولي للرباطات الطوقية حسب المواصفات بان لا يتجاوز أيا من القيم التالية :

16.1 مرة بقدر قطر القضبان الطولية

48.2 مرة بقدر قطر قضيب الرباطات

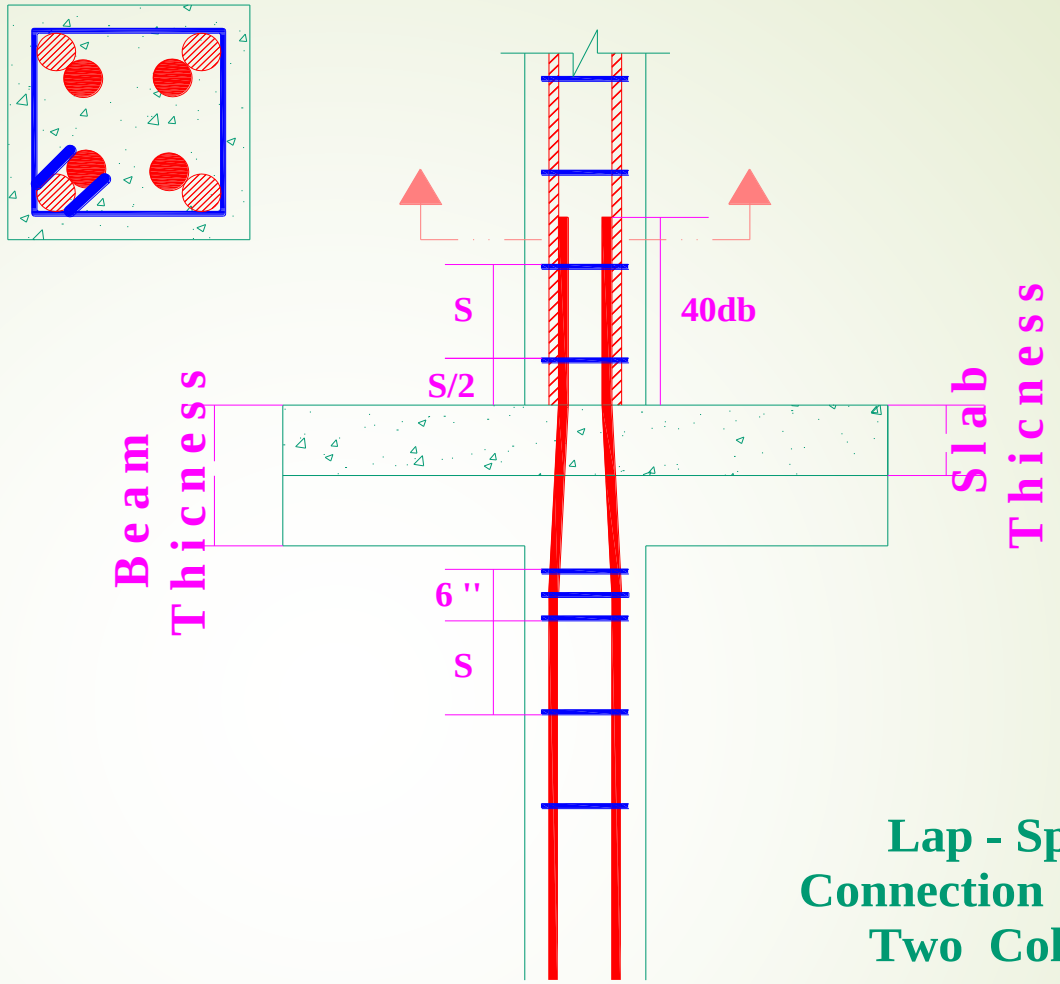
3.البعد الأصغر في مقطع العمود

الغطاء الخرساني Concrete Cover

- تحدد المواصفات ان لايقل سمك الغطاء الخرساني لفولاذ التسليح في الاعمدة عن (5 cm) عندما تكون الاعمدة معرضة للجو الخارجي او على اتصال مباشر مع التربة ، اما عندما تكون الاعمدة غير معرضة للجو الخارجي فيكون سمك الغطاء الخرساني (4 cm) وجميع الأحوال يجب ان لايقل الغطاء الخرساني عن مرة ونصف بقدر المقاس الأقصى للركام الخشن المستخدم . ان هذا الغطاء يوفر الحماية اللازمة للقضبان من تأثير الجو الخارجي ، كما انه يفي بمتطلبات مقاومة الحريق

وصلات التراكب Splices

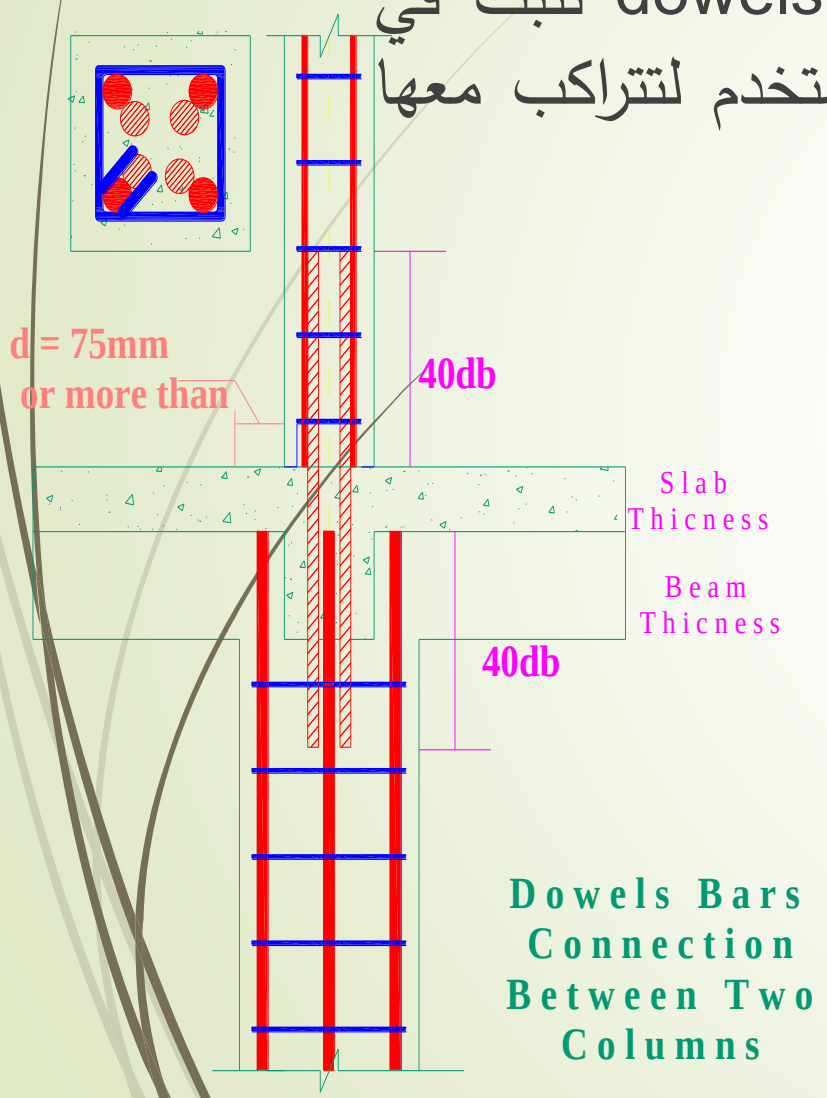
- عندما يستمر العمود لاكثر من طابق واحد في المبنى يتم عادة ربط قضبان التسليح الطولية في أعمدة الطوابق المتتالية بواسطة توصيلات خاصة فالقضبان الطولية لاعمدة أي طابق تبدأ عند منسوب أرضية ذلك الطابق وتستمر الى الطابق الأعلى الذي يليه حيث تكون وصلة التراكب مع القضبان الطولية في أعمدة الطابق الأعلى .
- يجب ان يكون طول مسافة التراكب محسوبا بموجب المواصفات المتبعة في تصميم المنشأ حيث يختلف طول مسافة التراكب اعتمادا على نوع الاجهادات التي يتعرض لها العمود ان كانت اجهادات ضغط فقط ام ان هناك احتمال لوجود اجهاد شد نتيجة تسليط قوى جانبية على العمود .
- بصورة عامة وحسب المواصفات تكون مسافة التراكب هي 30 مرة بقدر قطر القضيب (30d)



Lap - Splices Connection Between Two Columns

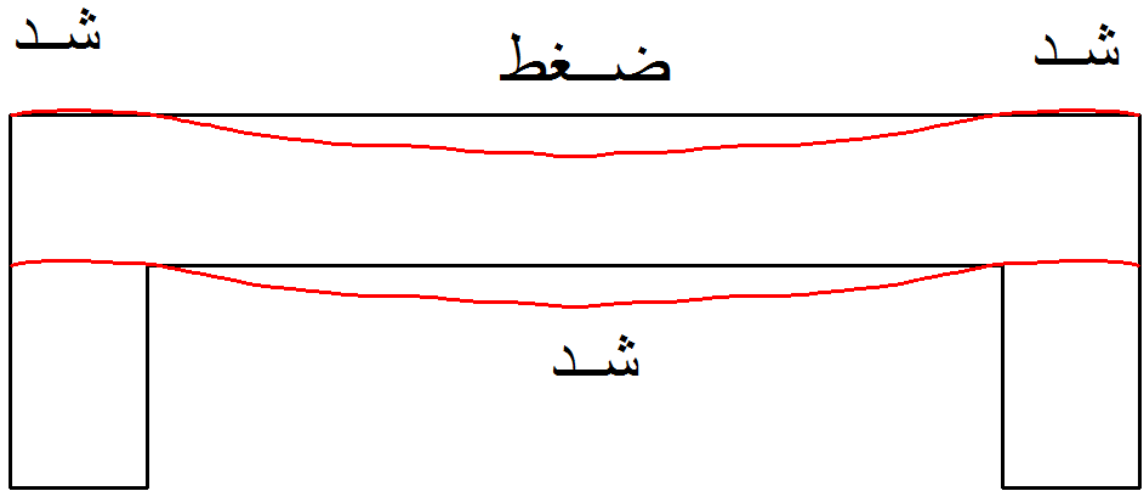
في الشكل أعلاه نلاحظ انحدار الجزء المائل من قضيب الطابق الأسفل عند دخوله الى عمود الطابق الأعلى لتراكب مع قضبان الطابق الأعلى يجب ان لا يزيد عن 1:6 ان هذه الطريقة تستخدم عندما لاتزيد المسافة بين وجهي العمودين في الطابقين المتتالين على (75 mm)

- اما اذا زادت المسافة عن هذا المقدار نتيجة كون ابعاد العمود في الطابق الأعلى اصغر كثيرا منم ابعاد العمود في الطابق الأسفل فان انحدار القضبان سوف يزداد عن 1:6 المسموح به لذا يستخدم قضبان فولاذية بشكل اوتاد dowels تثبت في اعلى العمود للطابق الأسفل وتبرز الى الطابق الأعلى حيث تستخدم لتتراكب معها قضبان الطابق الأعلى كما في الشكل ادناه.



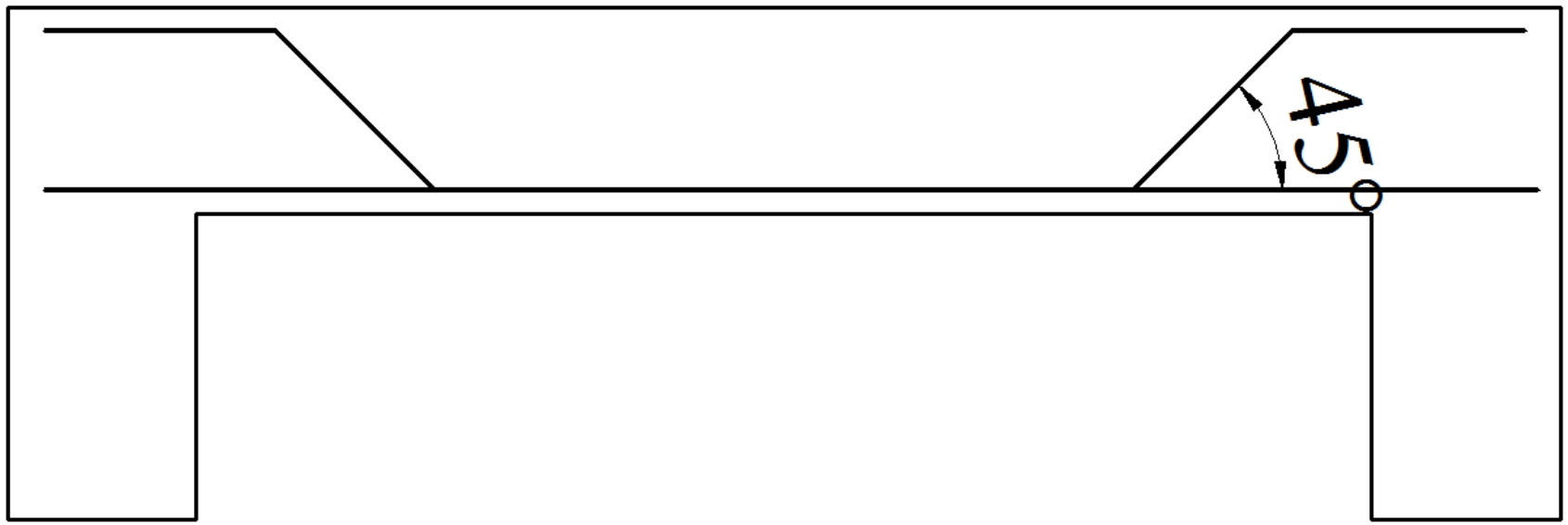
البلاطات الخرسانية احادية الاتجاه المستندة على روافد
one way slabs supported on beams

عند اسناد البلاطة على روافد خرسانية عند الجانبين والتي تصب بنفس الوقت مع البلاطة وتكون جزءا منها فان هاتين الرافدتين تعملان على تثبيت نهايتي البلاطة وتمنعانها من التقوس الى حد ما عن تعرض البلاطة للأحمال ولهذا يكون تقوس البلاطة كما موضح في الشكل ادناه



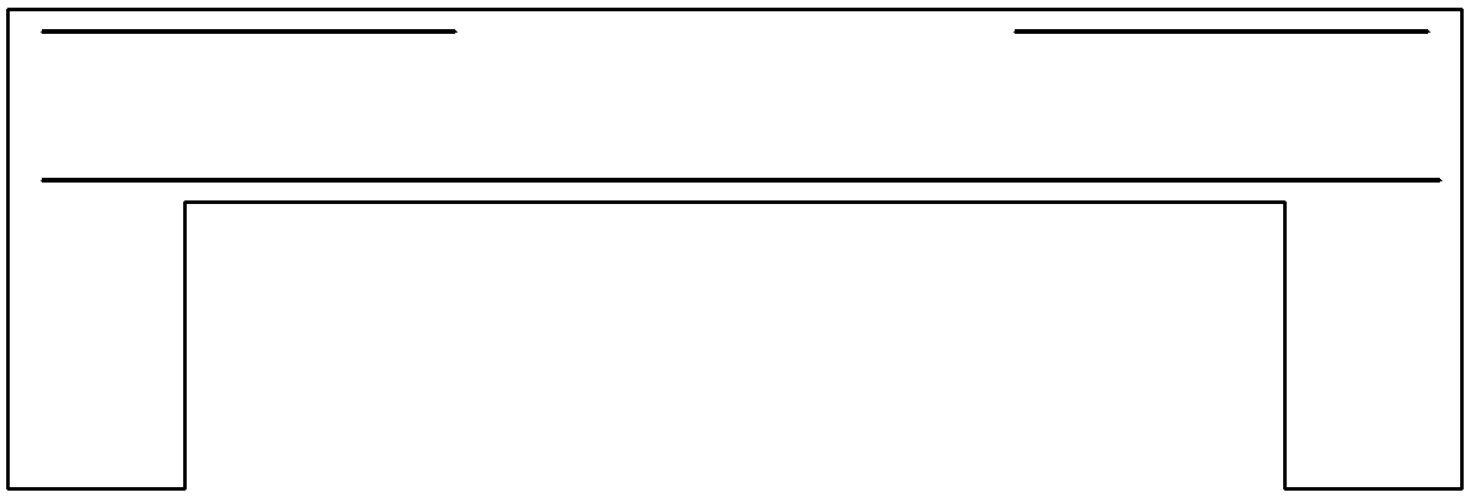
- أي ان الوجه العلوي منه مقعر في الوسط في حين يكون محدبا عند المساند وهذا يعني ان المناطق التي تتعرض الى اجهاد الشد تكون في الوجه الأسفل في وسط السقف وفي الوجه الأعلى قرب المساند وكما مؤشر في الشكل اعلاه

- ان وجود مناطق اجهاد الشد بهذا الشكل يلزم توفير فولاذ التسليح في كافة المناطق التي تتعرض الى الشد ، ان احدى طرق توفير حديد التسليح لمقاومة الشد موضحة في الشكل اناه حيث يستفاد من كون مقدار اجهاد الشد في الوجه الأسفل يقل كلما اقتربنا من المساند حيث يتحول الى الاجهاد الى ضغط في الوجه الأسفل وبذلك تنتفي الحاجة الى كمية فولاذ التسليح التي كانت في الوسط ، ولهذا يمكن ثني القضبان بزاوية ٤٥ لترتقع الى الوجه العلوي حيث تقاوم اجهاد الشد الموجود هناك فوق المساند ويكون شكل القضبان كما هو مبين في الشكل ادناه .

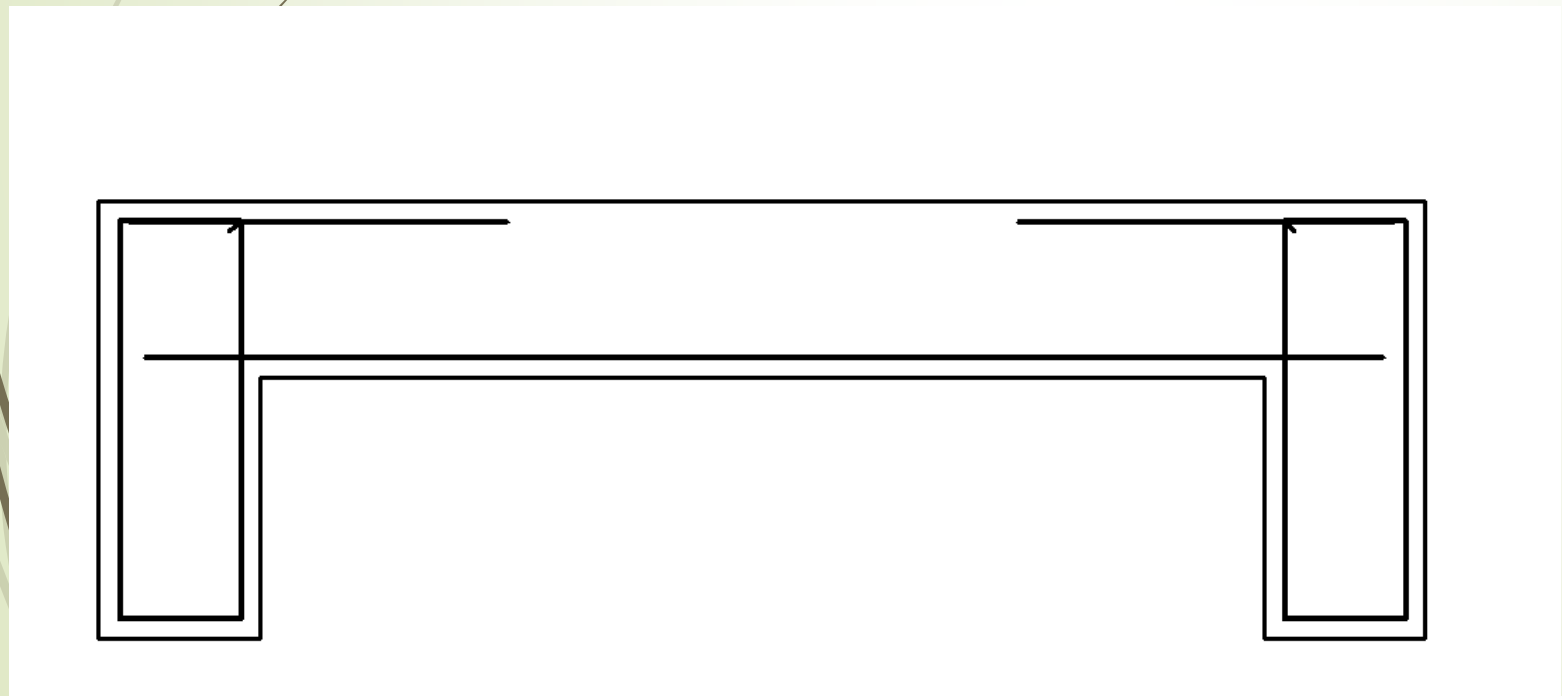


- ويتم ثني القضبان بالتناوب حيث ينحني احدهما الى الأعلى قرب احد المساند بينما يستمر القضيب الذي يليه مستقيما قرب الوجه الأسفل وهكذا

في بعض الأحيان يمكن الاستعاضة عن ثني القضبان باستعمال قضبان إضافية تتحمل الشد في الوجه العلوي قرب المساند كما موضح في الشكل، ان القضبان الموجودة قرب الوجه الأعلى لابد ان تستمر بحيث تبقى في هذا الوضع خلال عملية صب الخرسانة ورصها وتستعمل الكراسي لتثبيت القضبان

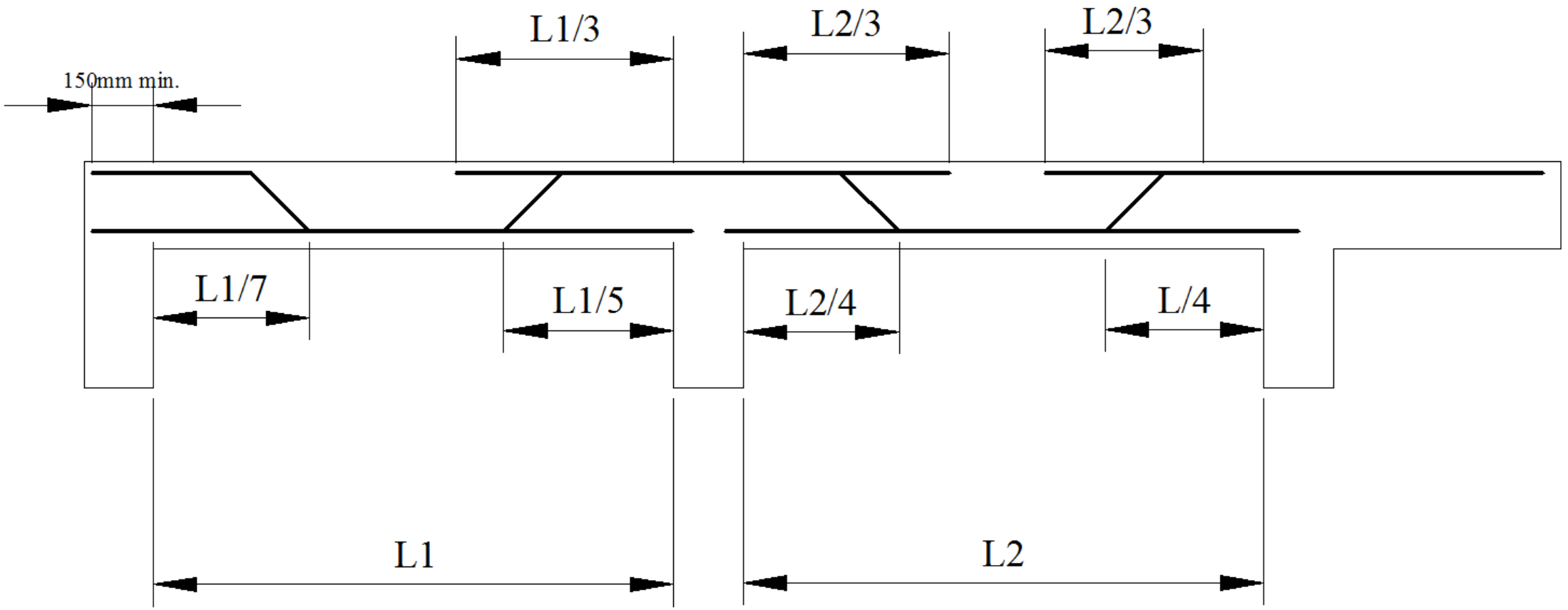


يمكن توفير فولاذ التسليح في الوجه الأعلى للسقف قرب المساند باستخدام اطواق في الرافدة كما في الشكل ادناه والذي يجعل هذه الاطواق تقوم بوظيفه إضافية في بلاطة السقف فضلا عنو وضيفتها الاساسية في الرافدة ، كما انها تعمل على اسناد القضبان في الوجه العلوي وتمنع نزولها في المناطق القريبة من الرافدة



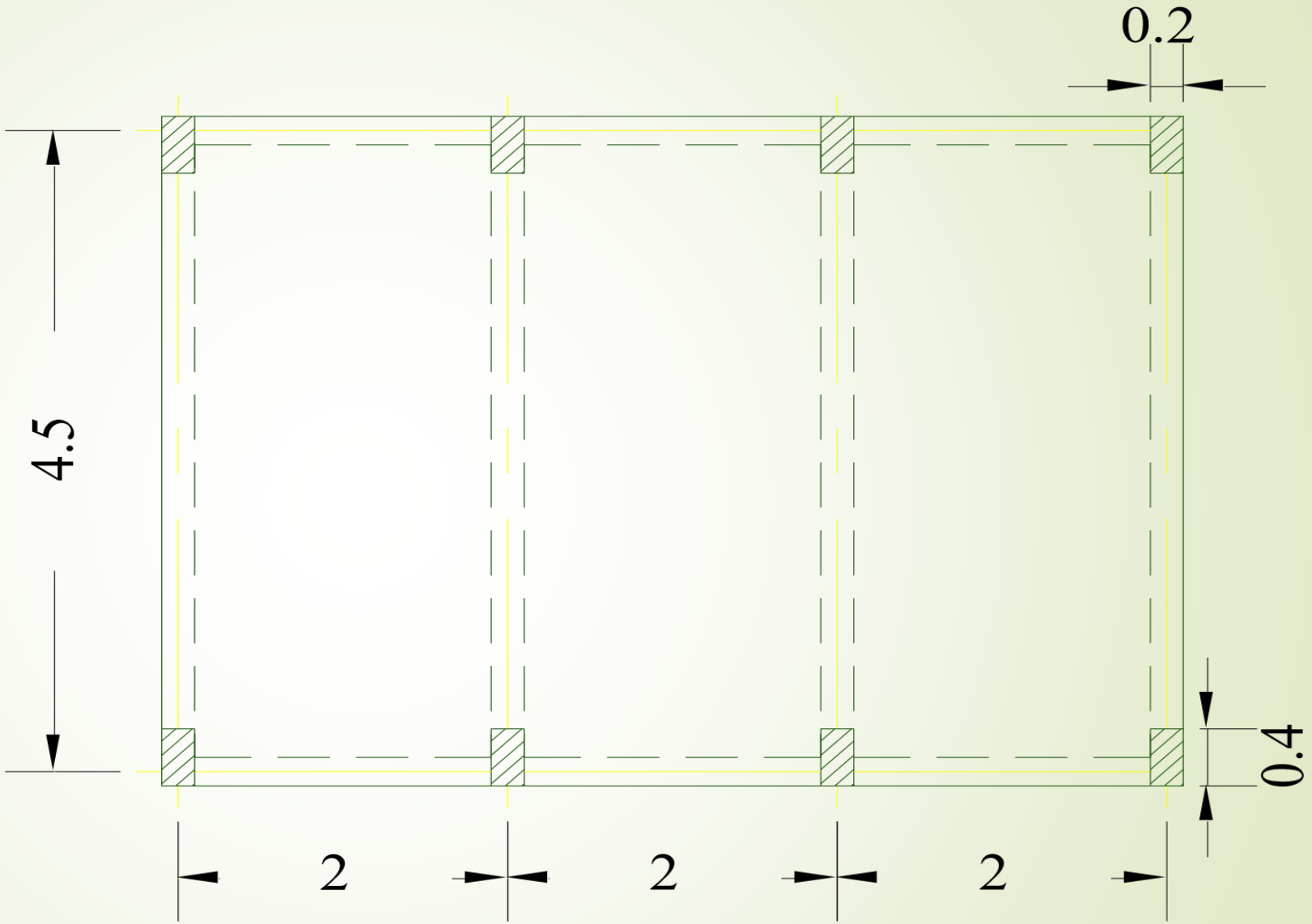
البلاطات المستمرة Continuous Slabs

- تعرف البلاطات الخرسانية المستمرة بانها بلاطات السقوف التي تستمر مستندة على اكثر من مسندين لذلك يكون توزيع حديد التسليح وكما ذكرنا سابقا في الوجه السفلي في وسط البلاطة وفي الوجه العلوي قرب المساند ، الشكل ادناه يوضح توزيع حديد التسليح ومناطق الثني (Bent) وطرق حساب مسافات امتداد حديد التسليح الى البلاطة المجاورة والمسافات التي منها نبدأ بثني القضبان بزاوية ٤٥

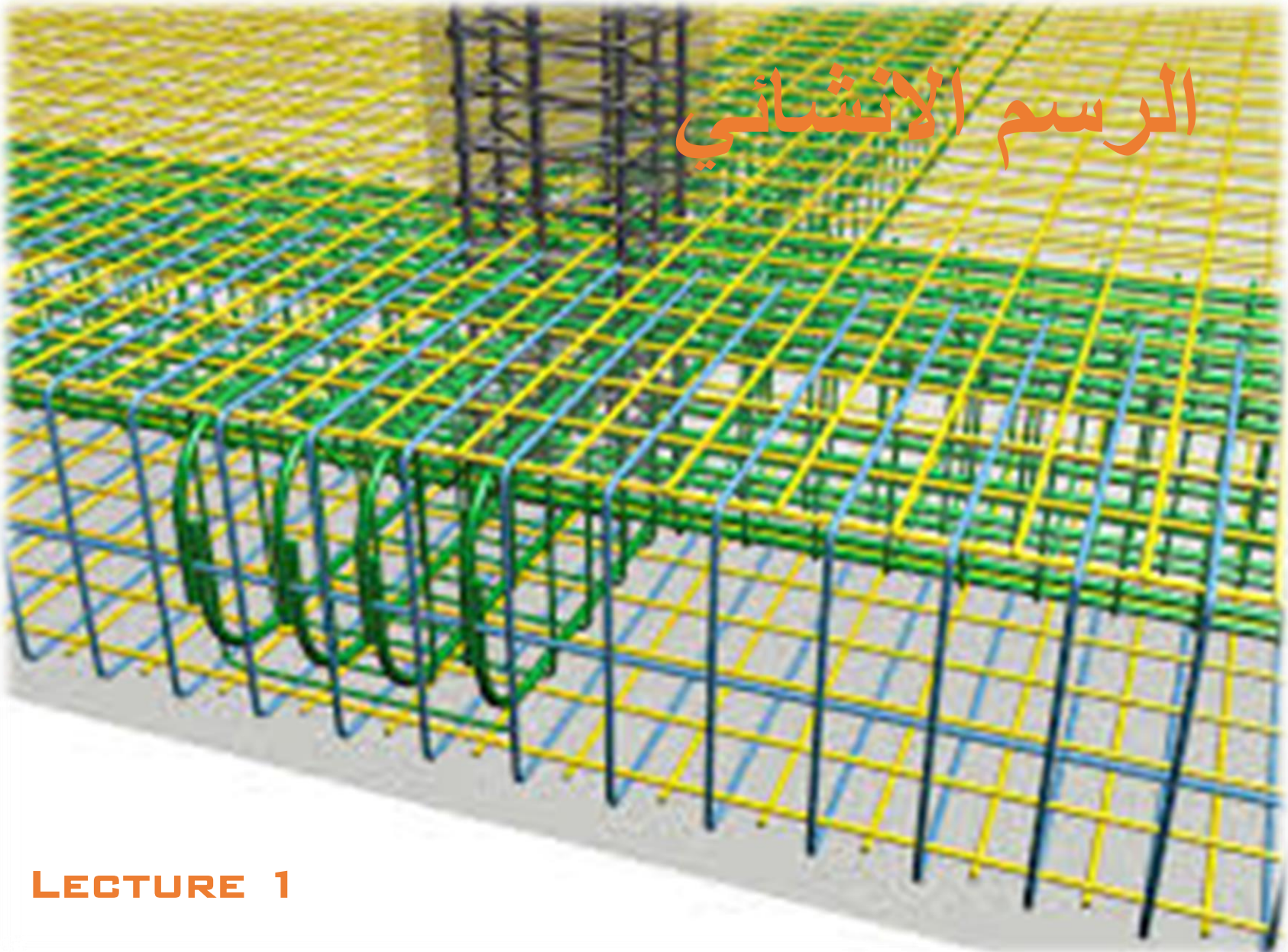

150mm min.
L1/3
L2/3
L2/3
L1/7
L1/5
L2/4
L/4
L1
L2

Main reinforcement
Φ16@30 cm c/c 1 BT, 1 ST

Secondary reinforcement
Φ12@30 cm c/c 1 BT, 1 ST



Structural Drawing



Lecture 1

الخطوط العامة

- مكونات الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة
- الخواص الميكانيكية للخرسانة
- الاحمال في المنشآت

•انتقال الاحمال في الابنية

- الاجهادات في اعضاء المنشأ
- انواع المقاومة لكل من الخرسانة والحديد الفولاذي

مكونات الخرسانة العادية والمسلحة

الخرسانة العادية

تكون الخرسانة العادية من
المكونات العامة للخرسانة فقط

١- الركام الكبير (الحجارة المكسرة او الحصى

٢- الركام الصغير (الرمل)

٣- الإسمنت (المادة اللاصقة)

٤- الماء

٥- اضافات حسب الحاجة

الخرسانة المسلحة

تكون من نفس المكونات العامة للخرسانة

١- الركام الكبير (الحجارة المكسرة او الحصى

٢- الركام الصغير (الرمل)

٣- الإسمنت (المادة اللاصقة)

٤- الماء

٥- اضافات حسب الحاجة

ولكنها مدعمة باسياخ حديدية

Mechanical Properties of concrete الخواص الميكانيكية للخرسانة

- Compressive Strength مقاومة الضغط
- Tensile Strength مقاومة الشد
- Bending strength مقاومة الانحناء
- Shear strength مقاومة القص
- Expansion and Contraction التمدد والتقلص
- Fire resistance مقاومة الحريق
- Weathering Qualities مقاومة العوامل الجوية

الخواص الميكانيكيةMechanical Properties of concrete للخرسانة

•مقاومة الانضغاط (Compressive Strength)

Pushing or Squeezing

- تعد من أهم خواص الخرسانة وتعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. ويتم الحصول عليها بواسطة نماذج تعد وتعالج وتفحص على وفق مواصفات خاصة.
- ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح
- والواقع حالياً أن مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح بين

Mechanical Properties of concrete الخواص الميكانيكية للخرسانة

Tensile strength مقاومة الشد

- تعد مقاومة الشد صفة ثانوية للخرسانة لكونها قليلة اذ تقارب 10% من قيمة مقاومة الانضغاط لنفس الخرسانة
- يتم اهمال مقاومة الخرسانة للشد في كافة التصاميم الانشائية وتعتبر مساوية للصفر

الخواص الميكانيكية Mechanical Properties of concrete للخرسانة

مقاومة القص Shear strength

- مقاومة الخرسانة للقص مهمة جدا، تقدر بحدود 60% من مقاومة الضغط لنفس الخرسانة.
- يحتمل ان ينجم عنها انهيار الاعضاء الخرسانية القصيرة المعرضة الى قوى الضغط ويكون الالنهيار بمستوي قطري

الخواص الميكانيكية Mechanical Properties of concrete للخرسانة

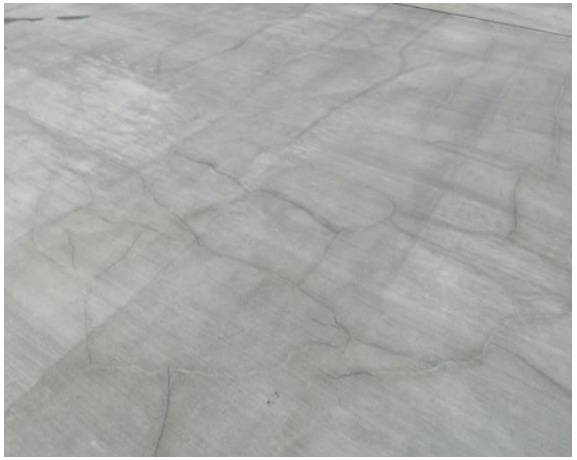
الانحناء Bending

- تعتبر مقاومة الانحناء قليلة ايضا في الخرسانة اذا ما قورنت بمقاومة الانضغاط ولكنها اكثر من مقاومة الشد
- وتقدر مقاومة الخرسانة للانحناء 20 % من مقاومة الضغط لنفس الخرسانة.

- ان مقاومة الخرسانة للانحناء لا تستخدم في تصاميم المنشآت لكن وجودها يؤدي الى زيادة معامل الامان في عضو المنشأ الذي يتعرض لهذه الاجهادات

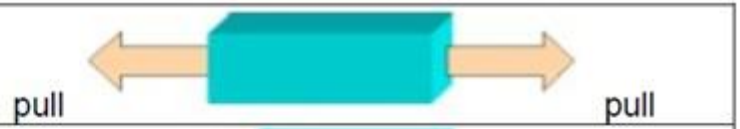
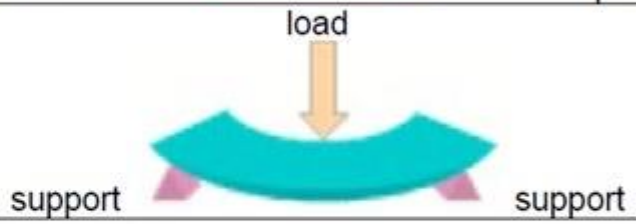
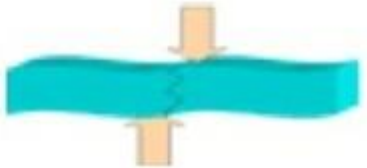
Mechanical Properties of concrete الخواص الميكانيكية للخرسانة

Expansion and Contraction التمدد والتقلص



- تتمدد الخرسانة عند ارتفاع درجة الحرارة وتتقلص عند انخفاضها .
- تتمدد الخرسانة اذا غمرت بالماء وتتقلص اذا جفت بتعرضها للهواء .
- ان نتائج التمدد والتقلص سيئة جدا اذا لم يحسب حسابها عند التصميم لانها تؤدي الى تشقق وربما انهيار عضو المنشا الخرساني.

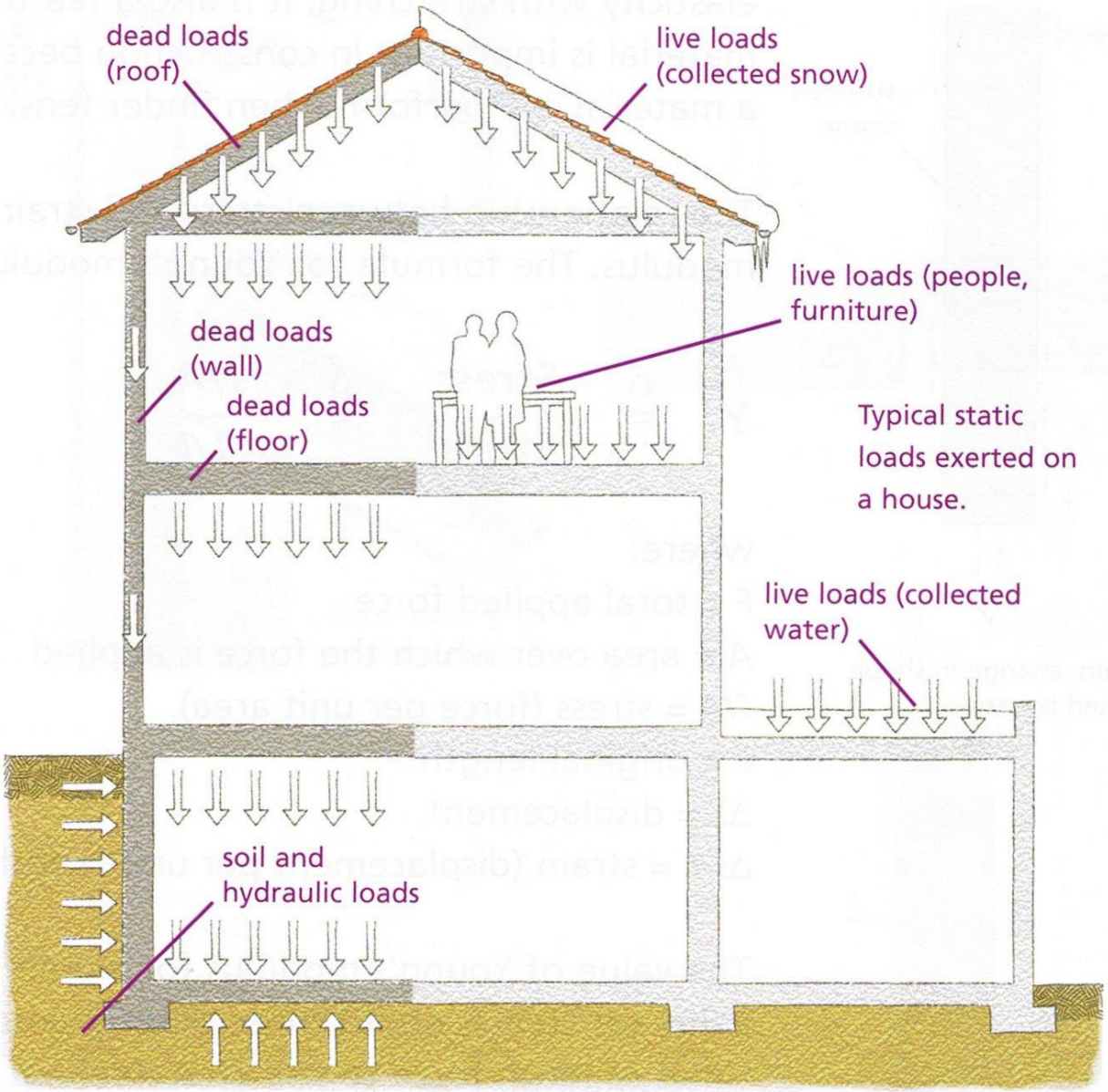
Mechanical Properties of concrete الخواص الميكانيكية للخرسانة

Traction	When forces try to stretch the body they act on. These forces are opposing.	
Compression	When forces try to crush or compress a body. These forces are opposing with the same trajectory	
Bending	When forces try to bend the body they act on.	
Torsion	The forces try to twist the body they act on. They try to turn and act in different directions	
Shearing or cutting	When we apply this force, we are using forces that try to divide something. These forces act very near each other, but not opposing (one goes up and the other goes down)	

LOADS

PERMANENT LOADS (dead)
wall
floor
IMPOSED LOADS (live)
humans
furniture

LOADS


dead loads
(roof)
live loads
(collected snow)
live loads (people,
furniture)
dead loads
(wall)
dead loads
(floor)
Typical static
loads exerted on
a house.
live loads (collected
water)
soil and
hydraulic loads

L o a d S on Structures

Main load types

1. **Dead Loads** الاحمال الميتة او الثابتة
2. **Live Loads** الاحمال الحية او المتحركة
3. **Snow Loads** حمل الثلج
4. **Wind Loads** حمل الريح
5. **Impact and vibration loads** حمـل الصـدم والاهتزاز

L o a d S on Structures

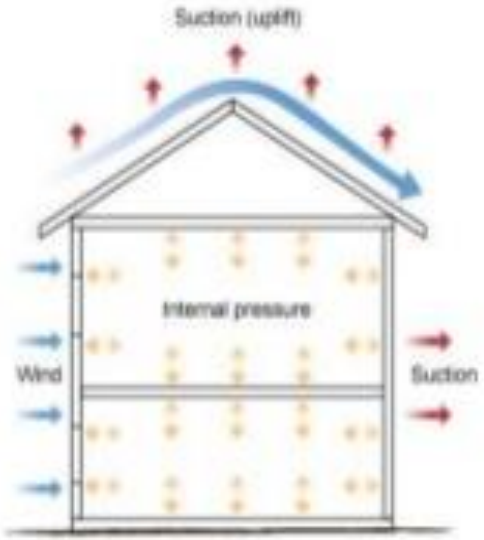
1 – Dead Loads "D.L": Constant magnitude mostly remain in one position Frames, walls, beams, ceiling, stairways etc

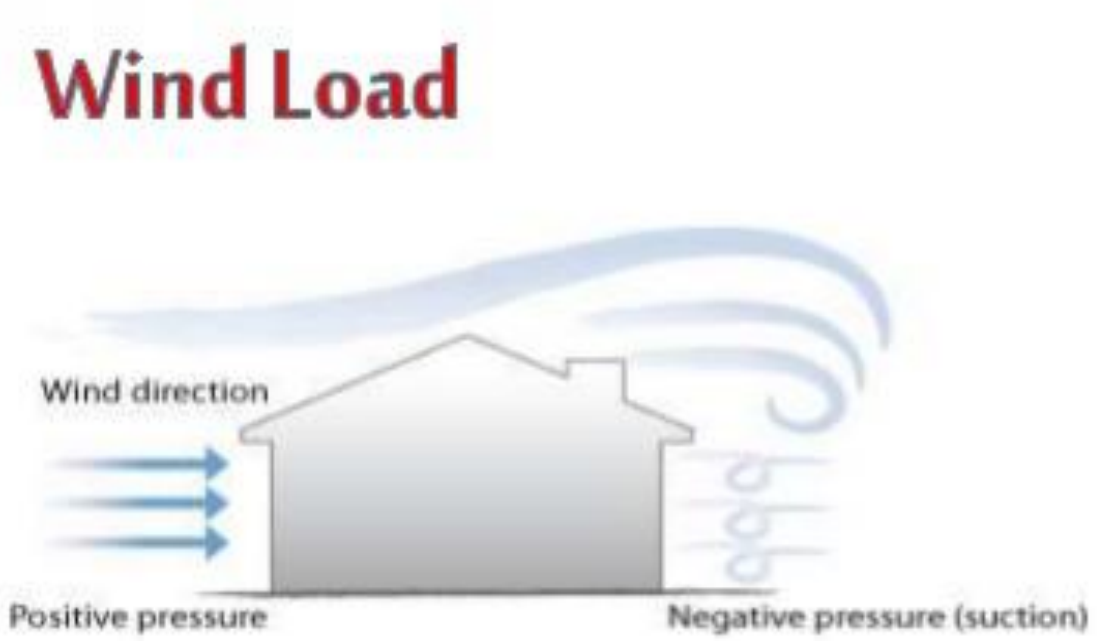
2 – Live Loads "L.L": Loads changing magnitude and positions Traffic loads for bridges ,impact loads due to vibration, people loads

L o a d S on Structures

3 – Wind Loads :

تسلط الريح حملا جانبيا على الابنية يعتمد على ارتفاع البناية وعلى سرعة الريح





L o a d S on Structures

4 – Snow Loads:

يتم استخدام السقوف المائلة في المناطق التي يكثر فيها سقوط الثلج للتخلص من تراكم الثلج في حالة السقوف الافقية

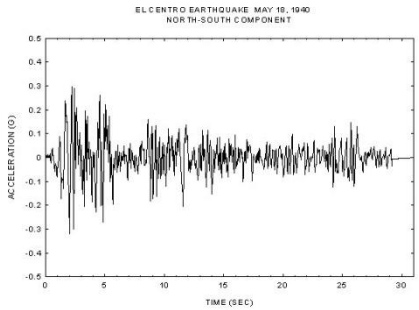
L o a d S on Structures

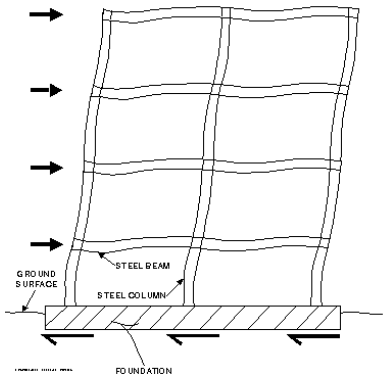
5. Impact and vibration loads حمل الصدم والاهتزاز

تتعرض المنشات المستخدمة لأغراض المعامل الى الاهتزاز والصدم نتيجة تشغيل المكائن والمعدات.

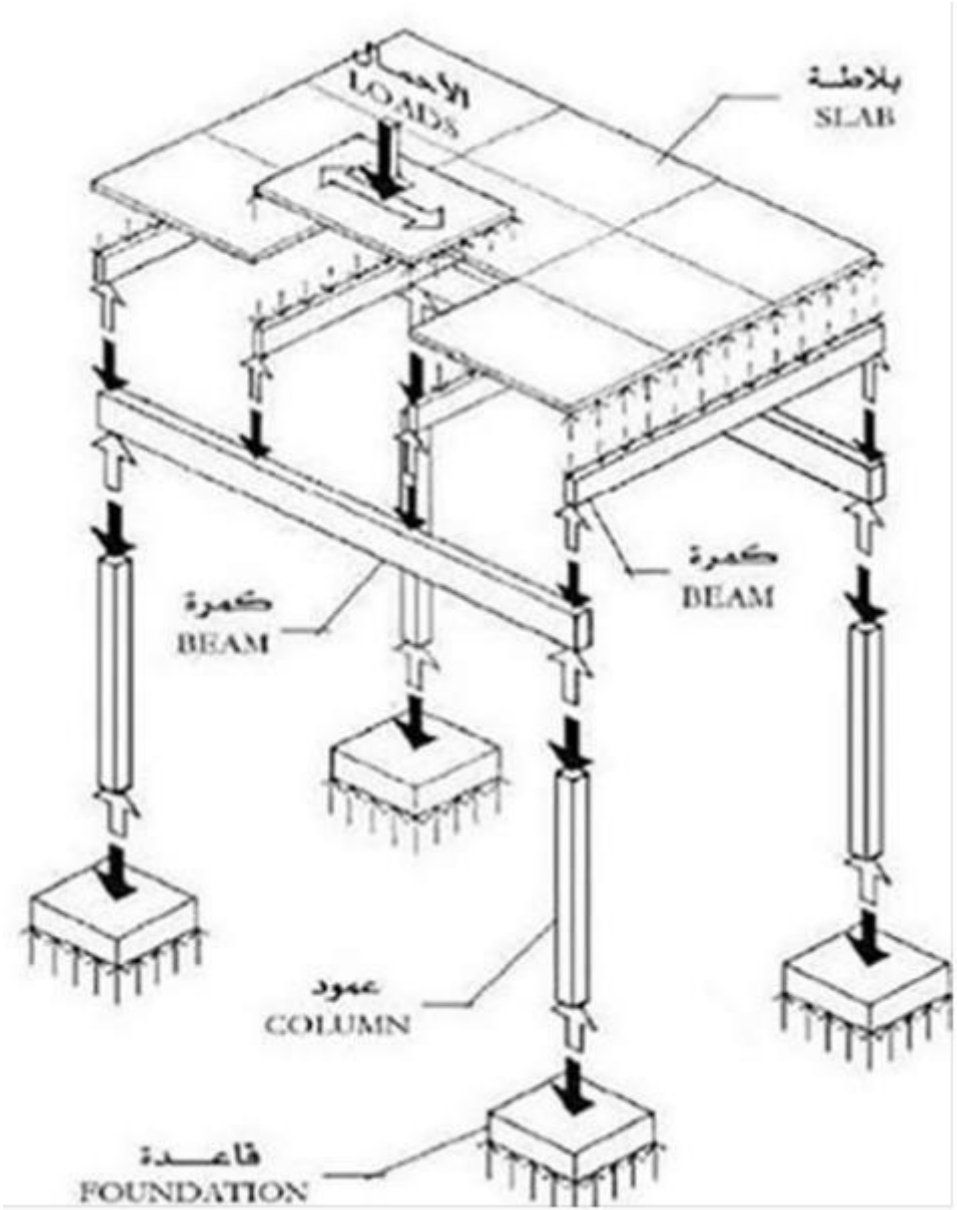
6 – Earthquake Load

يجب ان يؤخذ الحمل الناتج عن الهزات الارضية في المناطق التي تتعرض للهزات الارضية





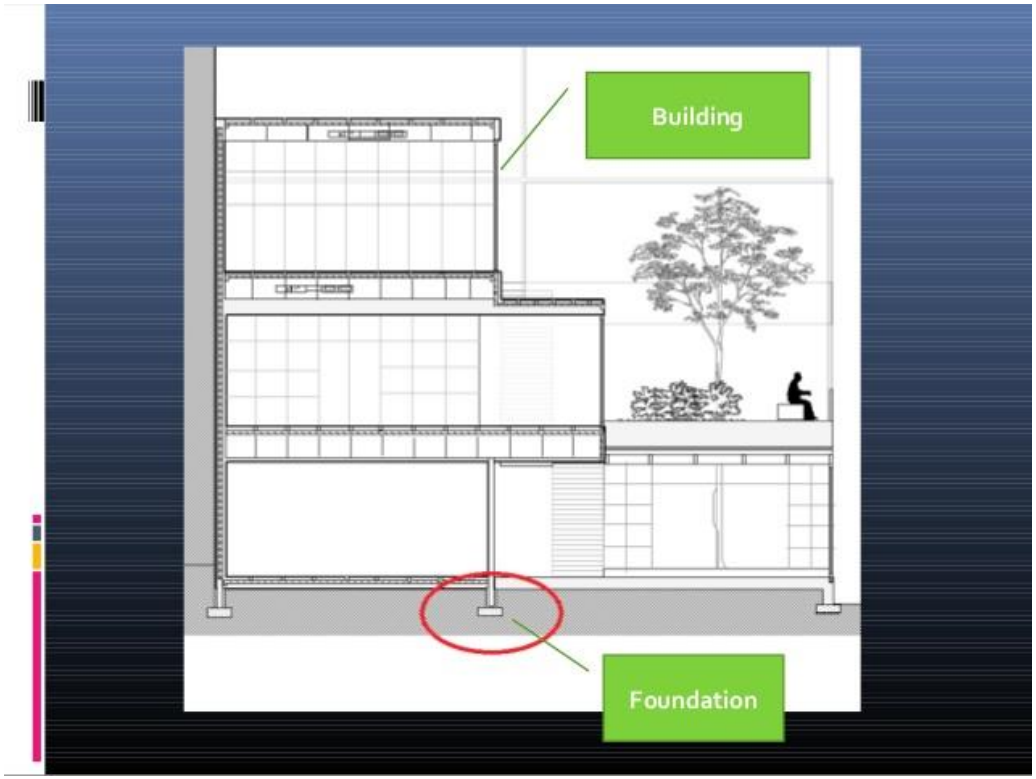
انتقال الاحمال في الابنية



- عندما يسلط حمل على سقف او أرضية في بناية فان هذا الحمل يحاول الوصول الى مساند تلك الارضية او السقف بأقصر الطرق.

انتقال الاحمال في الابنية

- تتوزع جميع احمال السقف على المساند(beams)
- تنقل الروافد الاحمال الميتة + الحية المسلطة من السقوف ويضاف لها الحمل الميت للرافدة وتسلطها كقوة على الاعمدة فتقوم الاعمدة بجمع الاحمال التي تسلطها الروافد اضافة الى حمل العمود وتنقلها الى الاسس التي تتولى توزيعها الى التربة



(Stresses in structural members)
الاجهادات في اعضاء المنشأ

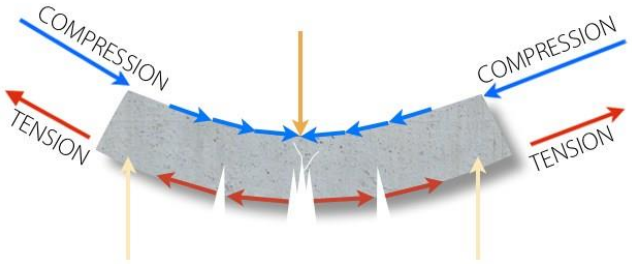
- عندما يتعرض عضو في المنشأ للأحمال فان ذلك يؤدي الى اجهاد في ذلك العضو يتغير حسب طبيعة العضو وابعاده ومقدار الحمل المسلط
- يبقى العضو في حالته الطبيعية طالما كانت مقاومته لا تزيد على الاجهاد المسلط عليه
- متى اصبح الاجهاد اكبر من مقاومة العضو تحصل تغيرات في المظهر والابعاد وقد ينهار

(Stresses in structural members
الاجهادات في اعضاء المنشأ

- اجهاد الضغط (Compressive Stress)
- يحصل عندما يتعرض العضو الانشائي الى قوى الضغط كما يحصل في الاعمدة
- متى اصبح الاجهاد اكبر من مقاومة العضو تحصل تغيرات في المظهر والابعاد وقد ينهار

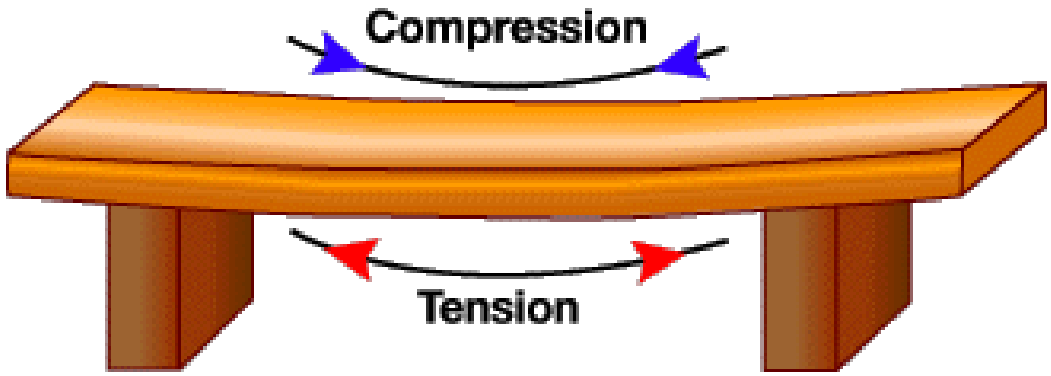
Stresses in structural members الاجهادات في اعضاء المنشأ

- اجهاد الشد (Tensile Stress)
- يحصل في المنشآت المعرضة الى قوى الشد مثل الاعضاء الانشائية عندما تعمل كرباط
- اجهاد الانحناء Bending Stress
- يحصل عندما يتعرض عضو المنشأ
- الى قوة جانبية تؤدي الى انحنائه
- اي حصول تحدب في احد الجانبين وتقعر في الوجه الاخر



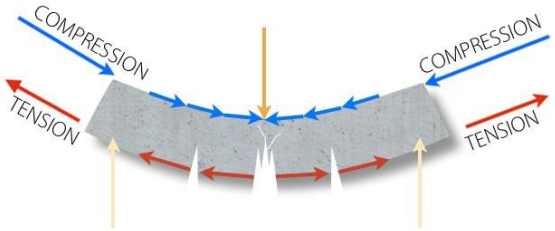
Forces

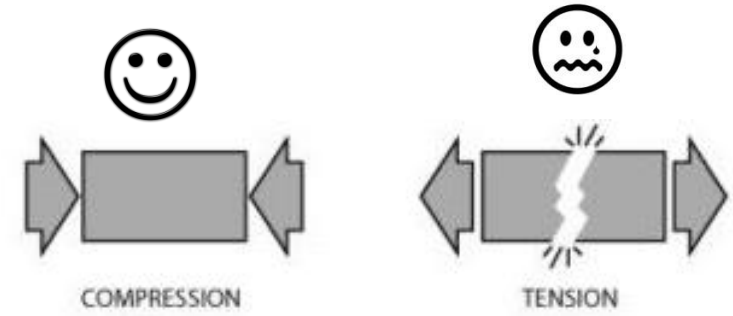
When something pushes down on the beam, the beam bends. Its top edge is pushed together, and its bottom edge is pulled apart.



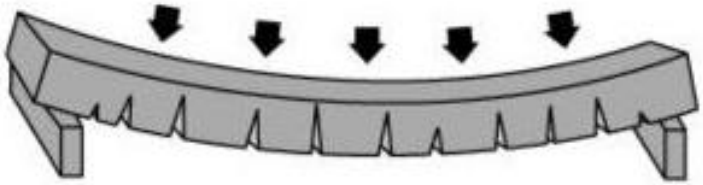
Concrete الخرسانة

- تتعرض الاعضاء في المنشا الى اجهادات متباينة حسب موقع العضو في المنشا والاحمال المسلطة عليه، قد تكون اجهادات شد او ضغط او قص وبمعرفة الخواص الميكانيكية للخرسانة نجد ان مقامتها للضغط جيدة بينما تكون ضعيفة في الشد والقص ولهذا يراد استخدام مادة اخرى مع الخرسانة للتغلب على ضعفها في الشد





Concrete is poor in tensile strength.



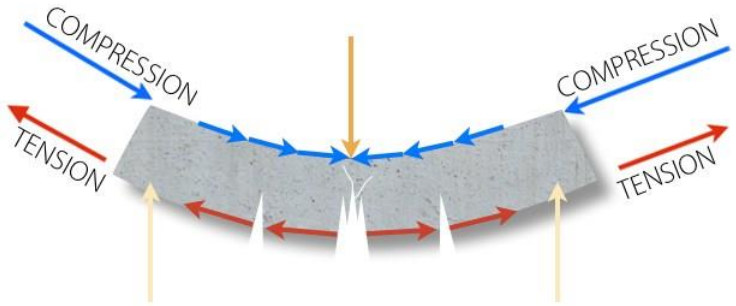
Tensile forces pull apart the bottom of this concrete slab when it bends

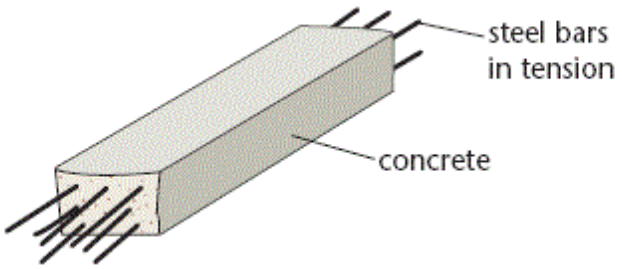
Reinforced concrete
الخرسانة المسلحة

- افضل المواد للتعويض عن ضعف الخرسانة في مقاومة الشد هو الفولاذ لانه ذو مقاومة عالية للشد . ولهذا يستعمل الفولاذ والخرسانة مجتمعين لمقاومة الاحمال المسلطة على المنشات ويكونان مادة جديدة تسمى الخرسانة المسلحة

Reinforced concrete
الخرسانة المسلحة

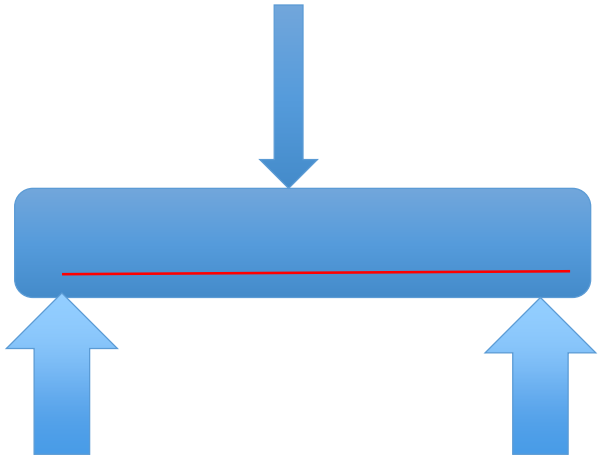
- ***RC*** "Reinforced concrete" is a combination of concrete and steel wherein the steel reinforcement provides the tensile strength lacking in the concrete.

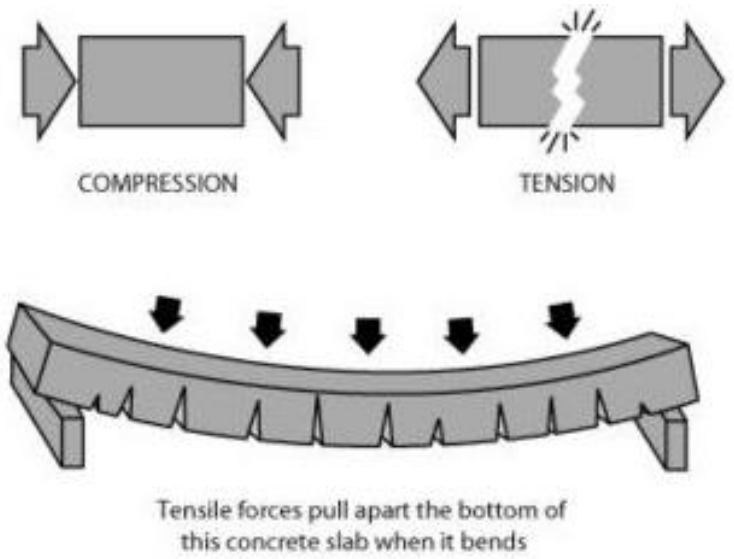




لمقاومة اجهاد الشد فولاذ التسليح

- الحمل المسلط على بلاطة خرسانية يؤدي الى تقوسها بحيث يحصل تحدب في الوجه البعيد عن الحمل وتقعر في الوجه القريب الى الحمل





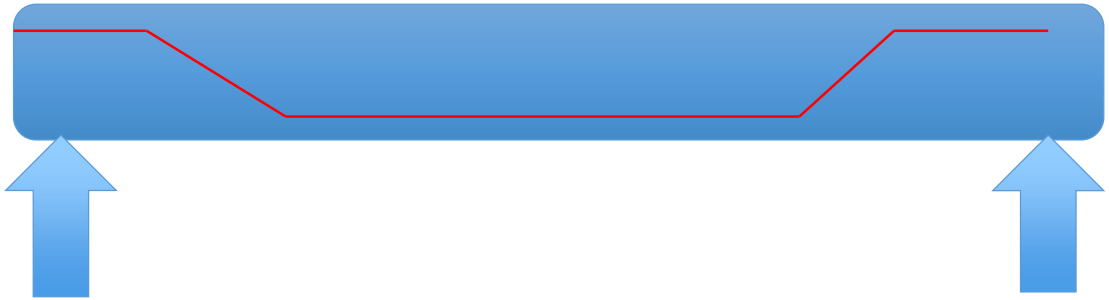
لغرض تمكين البلاطة من مقاومة الحمل المسلط لابد من وضع فولاذ التسليح في الجهة السفلى المعرضة لاجهاد الشد وتستمر الجهة العليا لمقاومة الضغط

فولاذ التسليح لمقاومة اجهاد القص

- ان اجهاد القص في السقوف لايستدعي استعمال فولاذ التسليح
- في الروافد فان اجهاد القص يؤثر في نفس الوقت مع اجهاد الانحناء فتكون قيمة اجهاد القص عالية لاتكفي الخرسانة لمقاومته ولهذا يستخدم فولاذ التسليح باشكال محددة لمقاومة اجهاد القص :

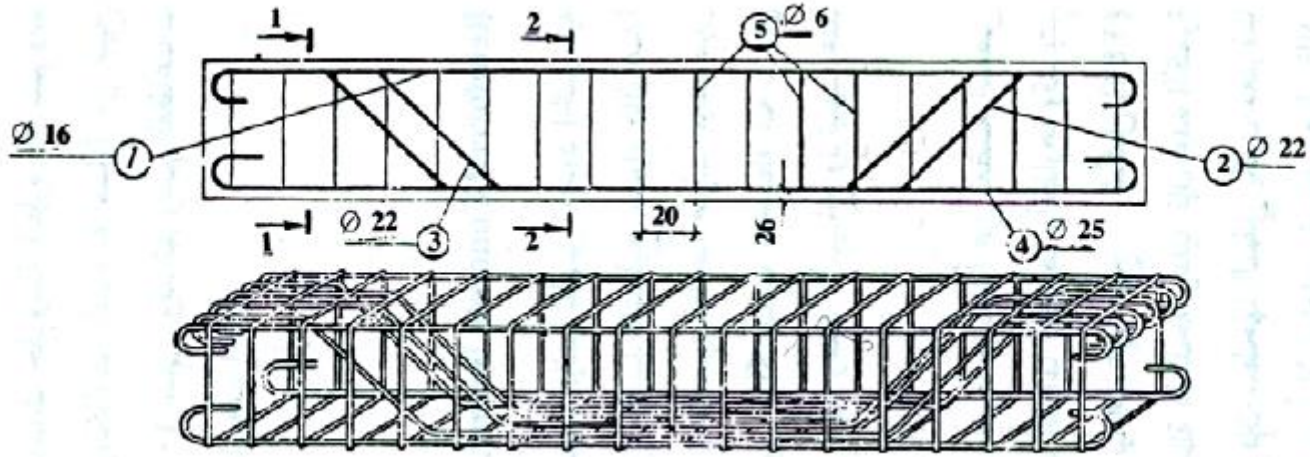
•يستخدم فولاذ التسليح باحدى الطرق التالية:

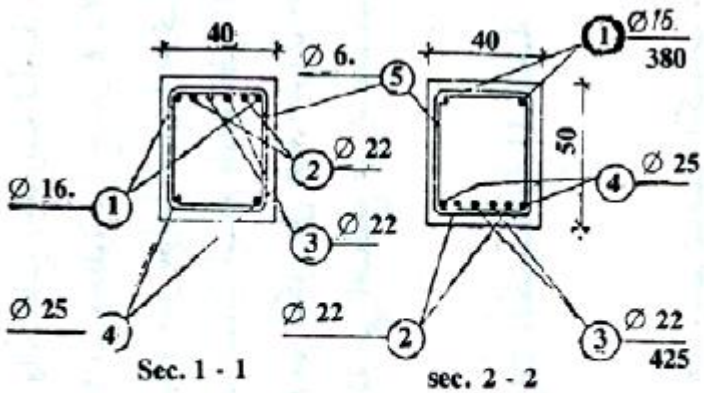
- بواسطة ثني القضبان المستخدمة لمقاومة اجهاد الشد في الوجه السفلي من الرافدة الى الوجه الاعلى ويكون الثني بزاوية ٤٥ حيث تتولى هذه القضبان مقاومة القص في الجزء المائل كما في الشكل التالي



- بواسطة قضبان تهيا بشكل اطواق تحيط بالقضبان الطولية في الرافدة وتثبت بواسطتها
- القضبان الطولية وظيفتها تثبيت الاطواق وليس لهما دور في مقاومة الشد
- تتم مقاومة القص بواسطة الجزء العمودي من الطوق فقط
- عندما تكون اجهادات القص عالي بحيث لايمكن مقاومتها باي الطريقتين يتم الجمع بين الطريقيتن لمقاومة هذه الاجهادات

- يلاحظ في وضع الاطواق ان تكون متقاربة قرب المساند لان اجهادات القص تكون مرتفعة
- يزداد تباعد الاطواق عند منتصف فسحة الرافدة حيث يقل مقدار اجهاد القص





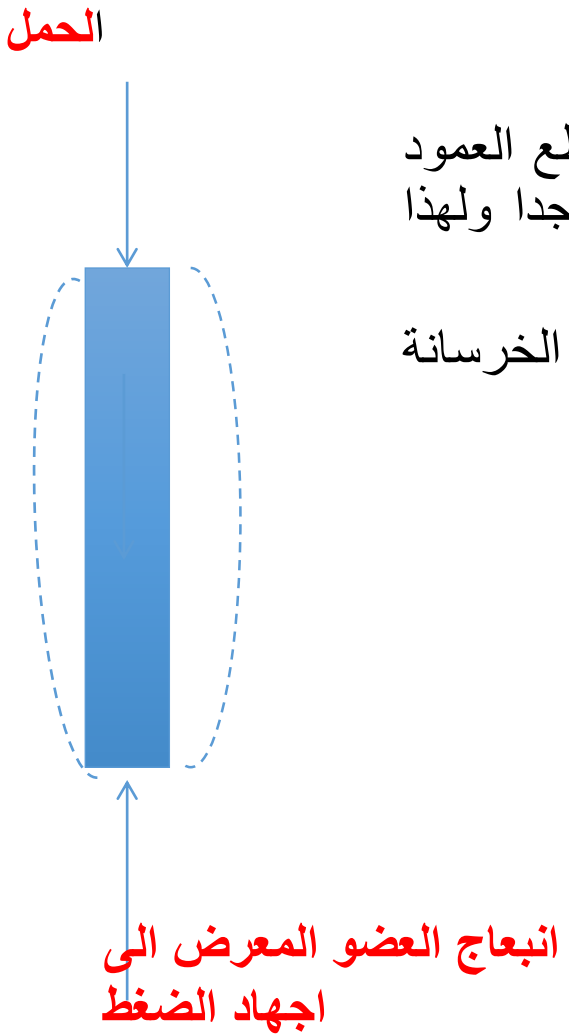
تفاصيل التسليح المختلفة

	بيان الأسياخ	Ø MM	الطول MM	العدد	الأمتار الطولية M	الوزن K
1	3500	16	380	2	7,6	24,32
2	400 600 1800 600 400	22	425	2	8,5	80,8
3	600 600 1400 600 600	22	425	2	8,5	80,8
4	3500	25	400	2	8,0	79,2
5	600 400 400	6	200	18	36,0	—

الشكل ١.٤ نموذج لتسليح كمرة

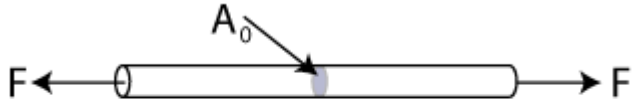
٢ نموذج (١) التسليح

فولاذ التسليح لمقاومة اجهاد الضغط



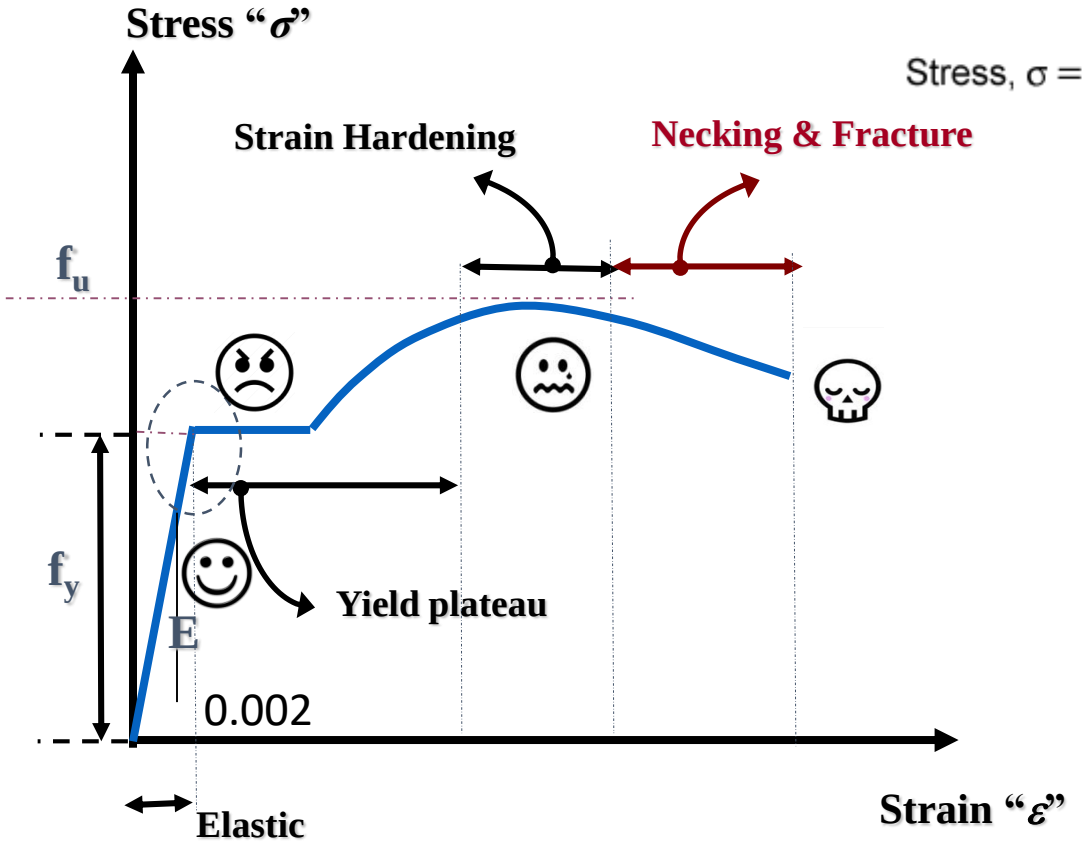
- يستعمل فولاذ التسليح لمقاومة الضغط في حالة العمود.
- على الرغم من مقاومة الخرسانة العالية للضغط الا ان مقطع العمود الخرساني اللازم لمقاومة الاحمال المسلطة سيكون كبيرا جدا ولهذا يستخدم الحديد لتحمل جزء من الحمل
- وهكذا يمكن التحكم الى حد بعيد في مقطع العمود من الخرسانة المسلحة بتغيير كمية قضبان التسليح

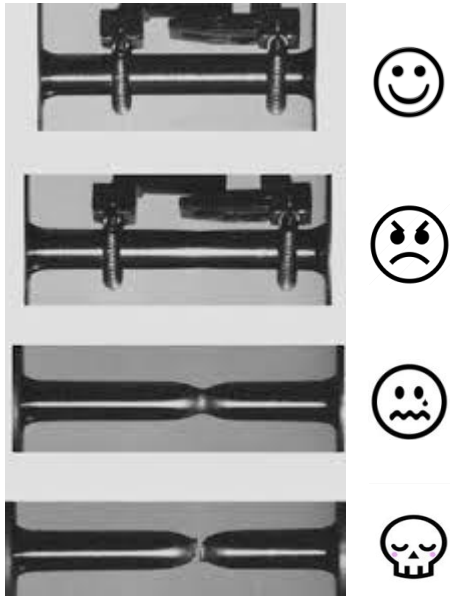
Constitutive relationship of stress and strain for reinforcing bars



$$\text{Stress, } \sigma = \frac{\text{Force}}{\text{Cross-Sectional Area}} = \frac{F}{A_o}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L \text{ (Deformation)}}{L_o \text{ (Original Length)}}$$





انواع فولاذ التسليح

- **القضبان الملساء(plain bars)**: تستعمل العقفة لكون الترابط الذي توفره قليل: يستخدم في الرباطات الطوقية والرباطات الحلزونية في الاعمدة الدائرية

- **القضبان المحززة(deformed bar)**:على سطحها اخاديد باشكال متباينة لزيادة الترابط بين فولاذ التسليح والخرسانة

- **المشبكات الفولاذية**: تستخدم لتسليح الطرق والجدران وبلاطات السقوف والارضيات حيث توفر اقتصادا كبيرا في الوقت والجهد لربط قضبان التسليح. تلحم القضبان لحما كهربائيا باتجاهين لتكون شبكة من الاسلاك المتعامدة

الغطاء الخرساني

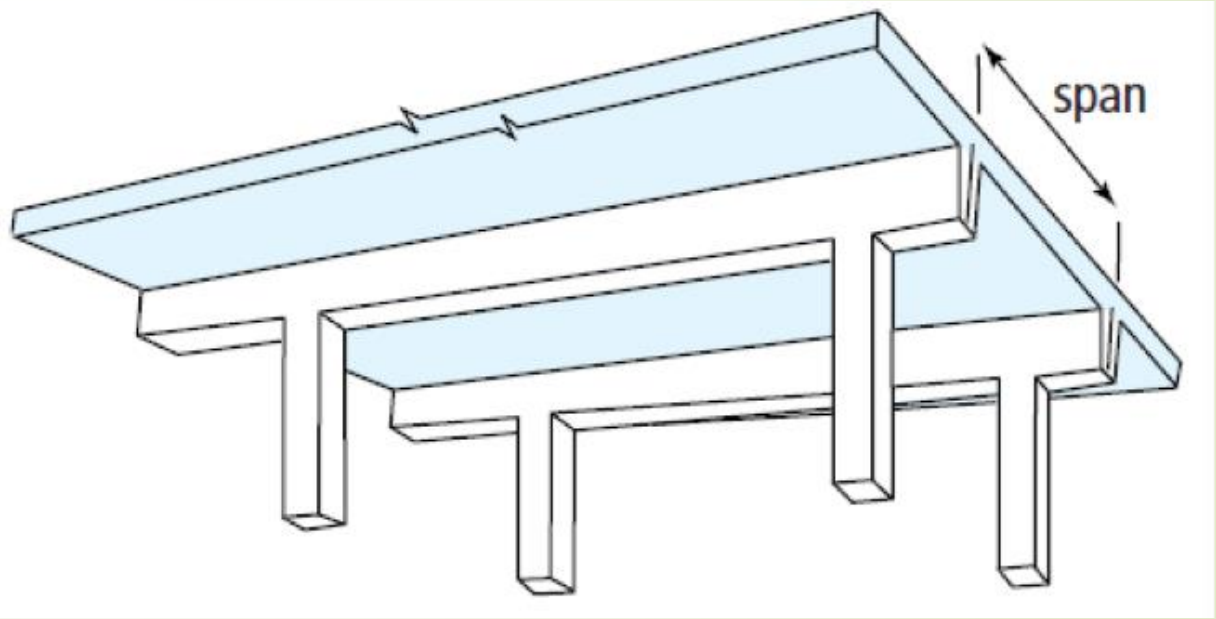
- هو المسافة بين شبكة حديد التسليح ووجه القالب الداخلي لتحتلها الخرسانة ويقوم بالمحافظة على قضبان التسليح من الجو الخارجي والرطوبة والحريق
- لايقل مقدار الغطاء الخرساني عن 2.5سم او قطر القضيب ايهما اكثر
- لايقل مقدار الغطاء الخرساني في العمود عن 4سم او قطر ايهما اكثر
- لايقل مقدار الغطاء الخرساني في الروافد عن 4سم او قطر القضيب ايهما اكثر
- في السقوف والارضيات لايقل مقدار الغطاء الخرساني عن 2سم او قطر القضيب ايهما اكثر
- في الاسس واي منشا خرساني تحت مستوي سطح الارض لايقل عن 8سم

البلاطات الخرسانية (السقوف) Slabs

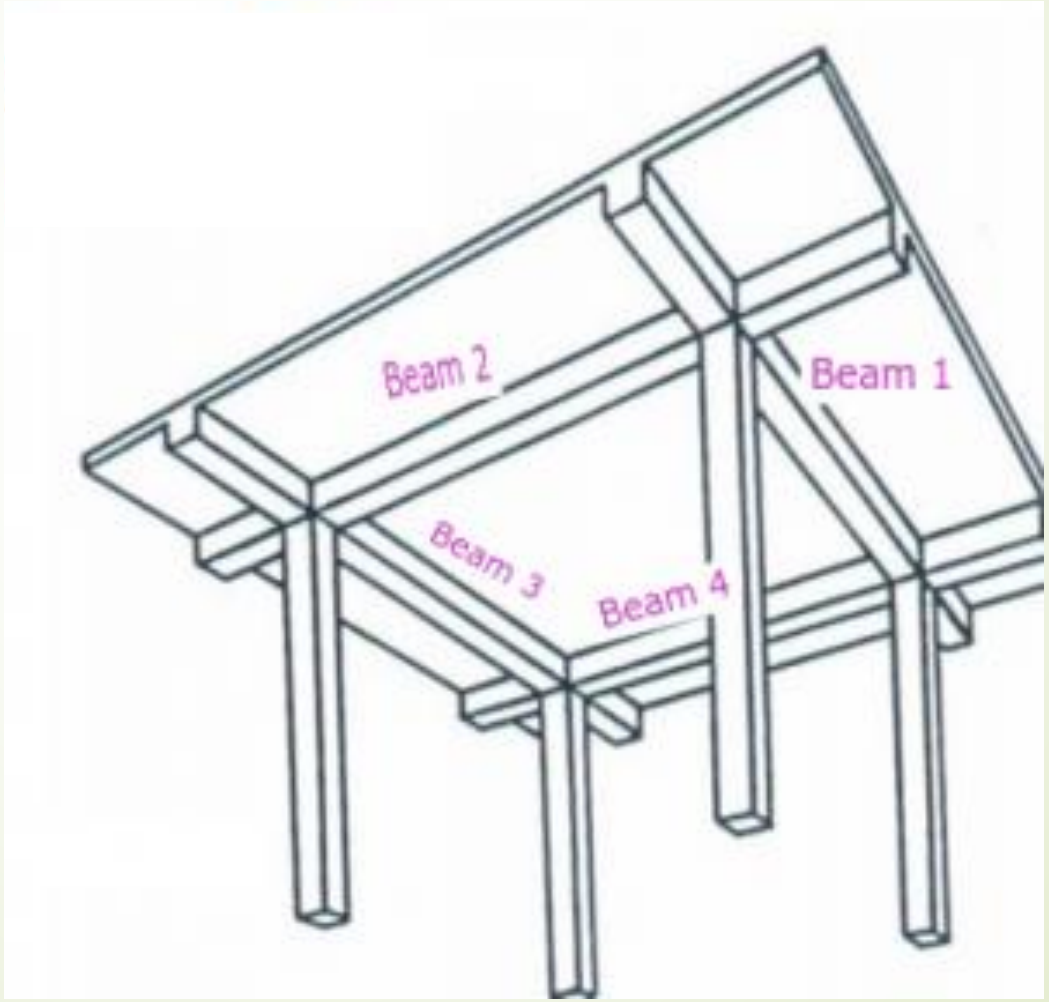
تستخدم البلاطات الخرسانية المسلحة في الأبنية لتكوين السقوف أو الارضيات للطوابق المختلفة في البناية وتستخدم هذه البلاطات بأشكال وتفاصيل متباينة تبعا لطبيعة استخدام المنشأ والاحمال المتوقعة عليه ومواضع وتباعد المساند وكذلك يعتمد اختيار نوع البلاطات وشكلها على تفضيل المصمم وخبرته .

أنواع البلاطات Types of Slabs

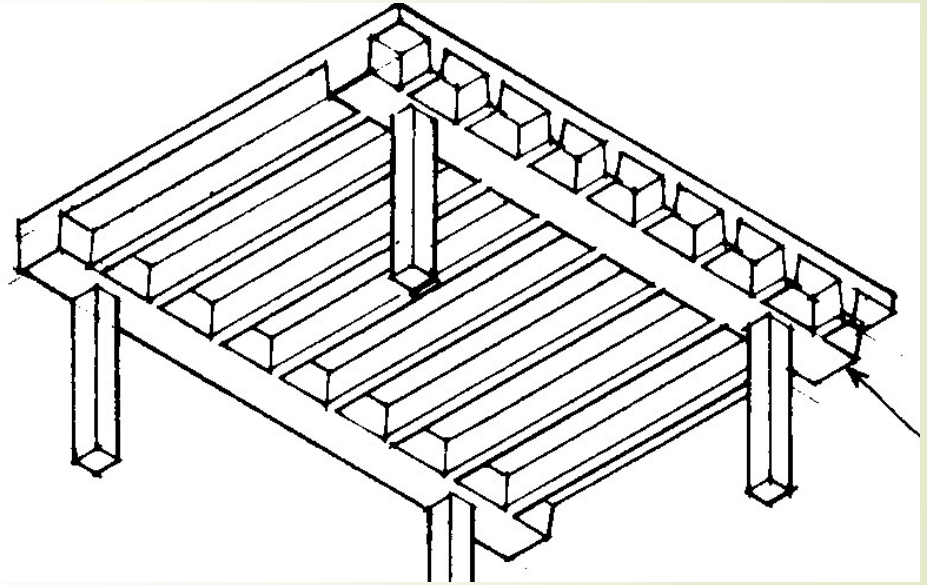
- ١- البلاطات أحادية الاتجاه one way slabs



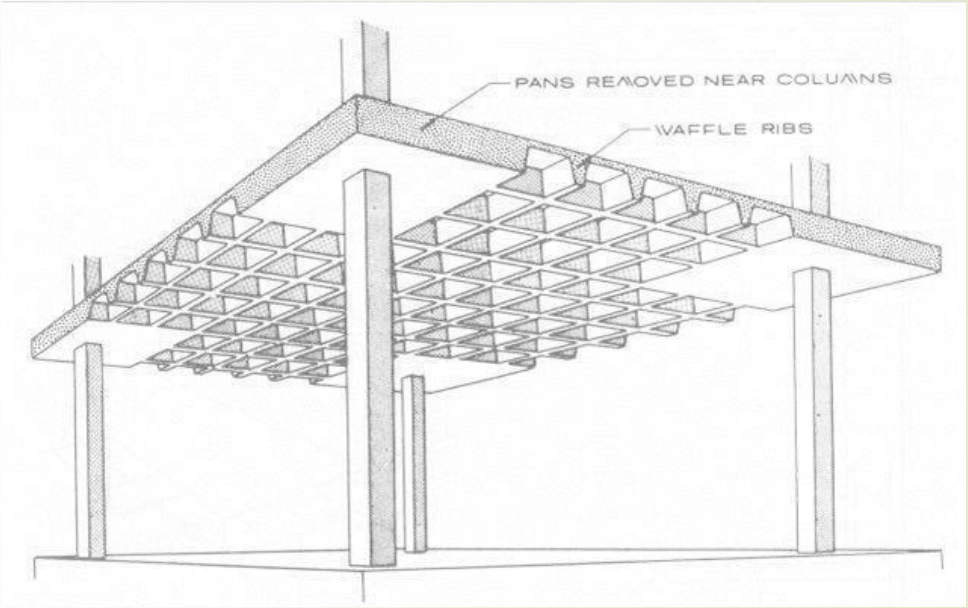
٢- البلاطات ثنائية الاتجاه two way slabs



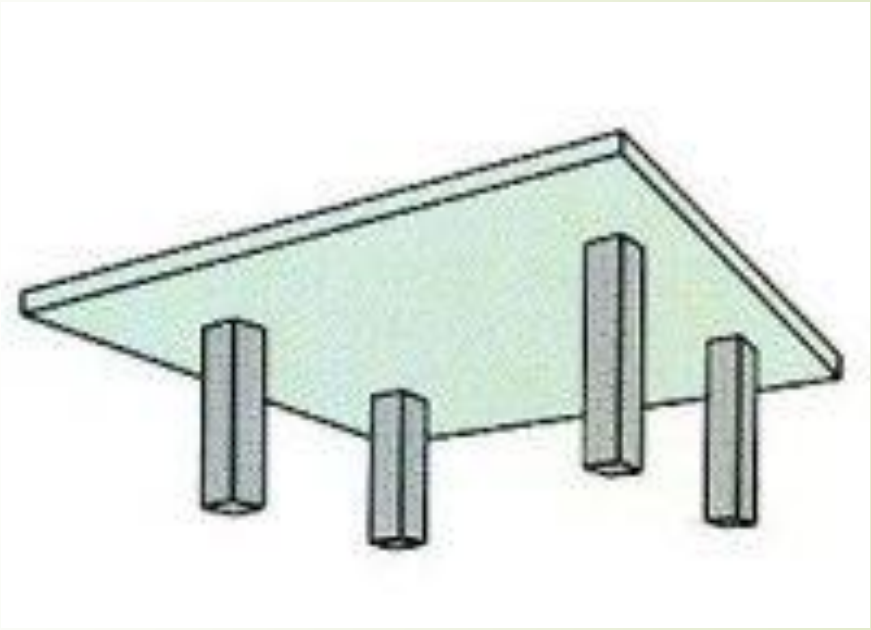
٣- البلاطات الصندوقية أحادية الاتجاه one way ribbed slabs



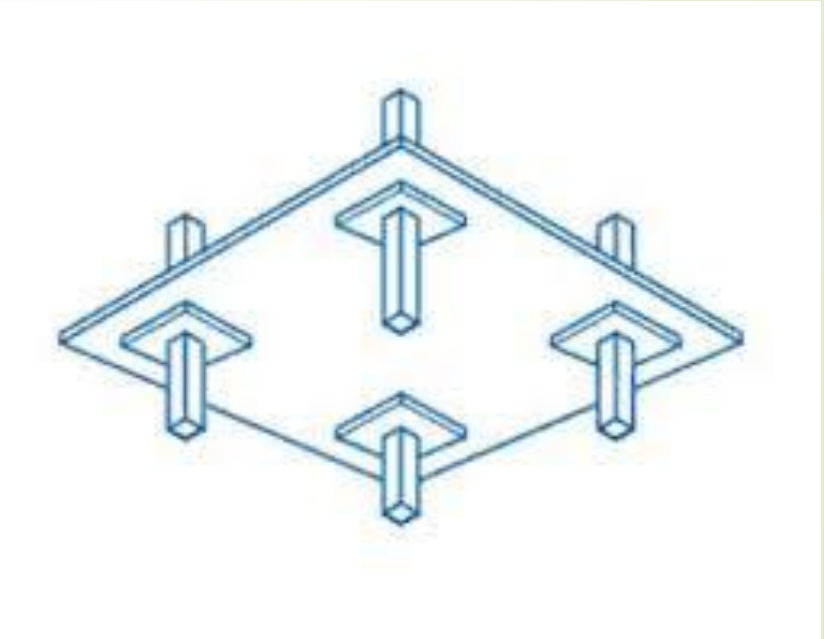
٤- البلاطات الصندوقية ثنائية الاتجاه two way ribbed slabs



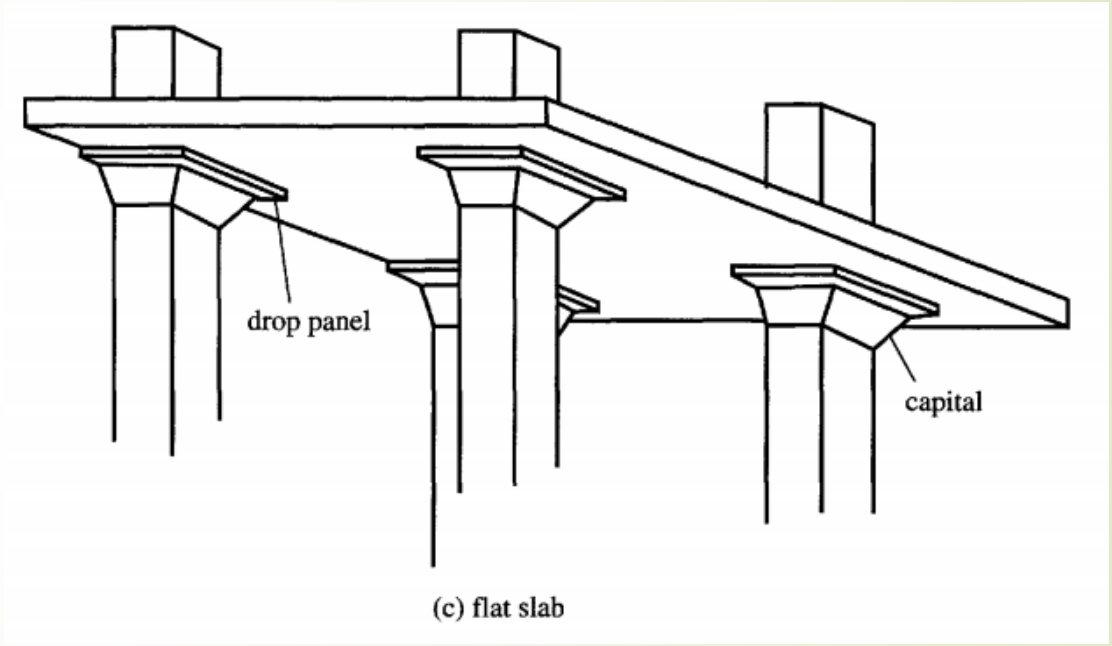
٥- البلاطات المسطحة Flat slabs



البلاطات المسطحة المنهبطة
flat slabs with drop panels

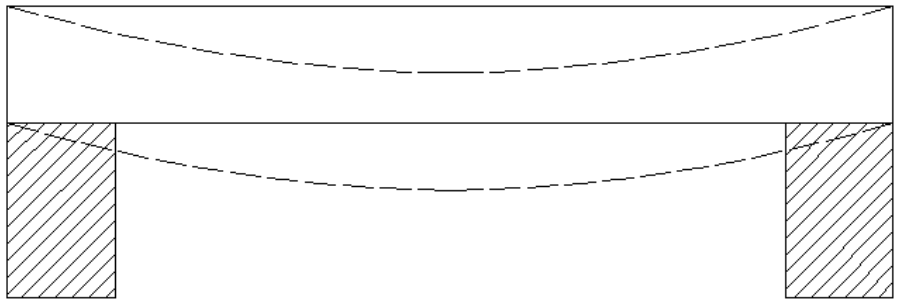


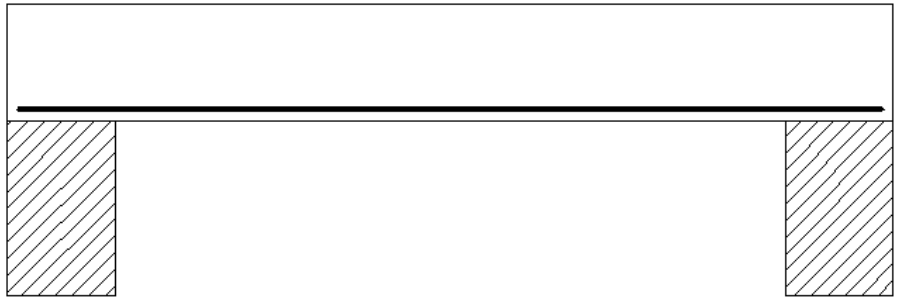
البلاطات المسطحة المنهبطة مع تيجان الاعمدة
flat slabs with drop and column capitals

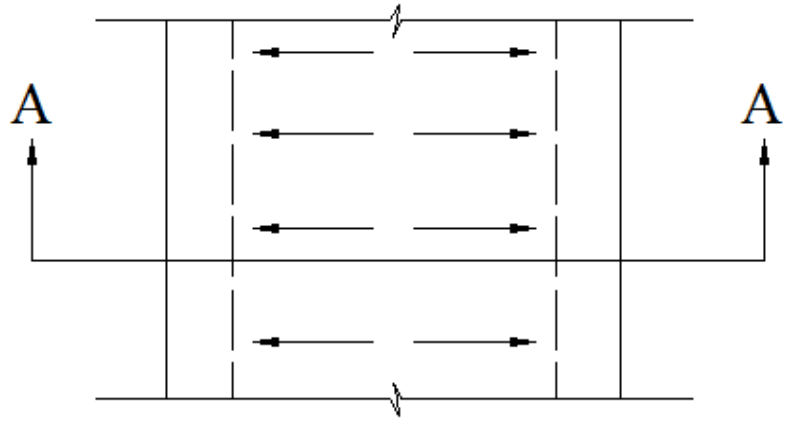


البلاطات الخرسانية باتجاه واحد one way slabs

- تسلط الاحمال في الأبنية على السقوف أولا ولابد من انتقالها الى المساند التي بدورها تنقلها بشكل او باخر الى التربة التي تتحمل ثقل البناية كاملا. يمكن ان تكون المساند جدرانا من الطابوق او البلوك او الحجارة ، كما يمكن ان تكون المساند روافد (Beams)
- الشكل التالي نلاحظ بلاطة خرسانية تستند على مسندين متوازيين على جانبي البلاطة فقط لهذا أي حمل يسلط على البلاطة لابد له ان ينتقل الى احد المسندين ولامجال للانتقال الى أي اتجاه اخر لعدم وجود مساند أخرى لذا فان الاحمال تنتقل باتجاه واحد (يمين – يسار) ونتيجة لتسليط الاحمال على البلاطة فانها سوف تتقوس ويكون الوجه الأعلى مقعرا والوجه الأسفل محدبا وكما في الشكل ، أي ان الوجه الأعلى يتعرض الى اجهاد ضغط والوجه الأسفل يتعرض الى اجهاد شد وعليه لابد وضع قضبان التسليح قرب الوجه الأسفل من البلاطة لمقاومة الشد كما في الشكل

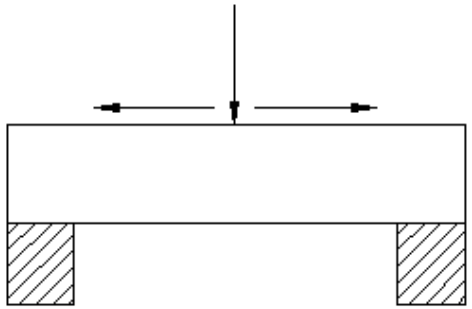




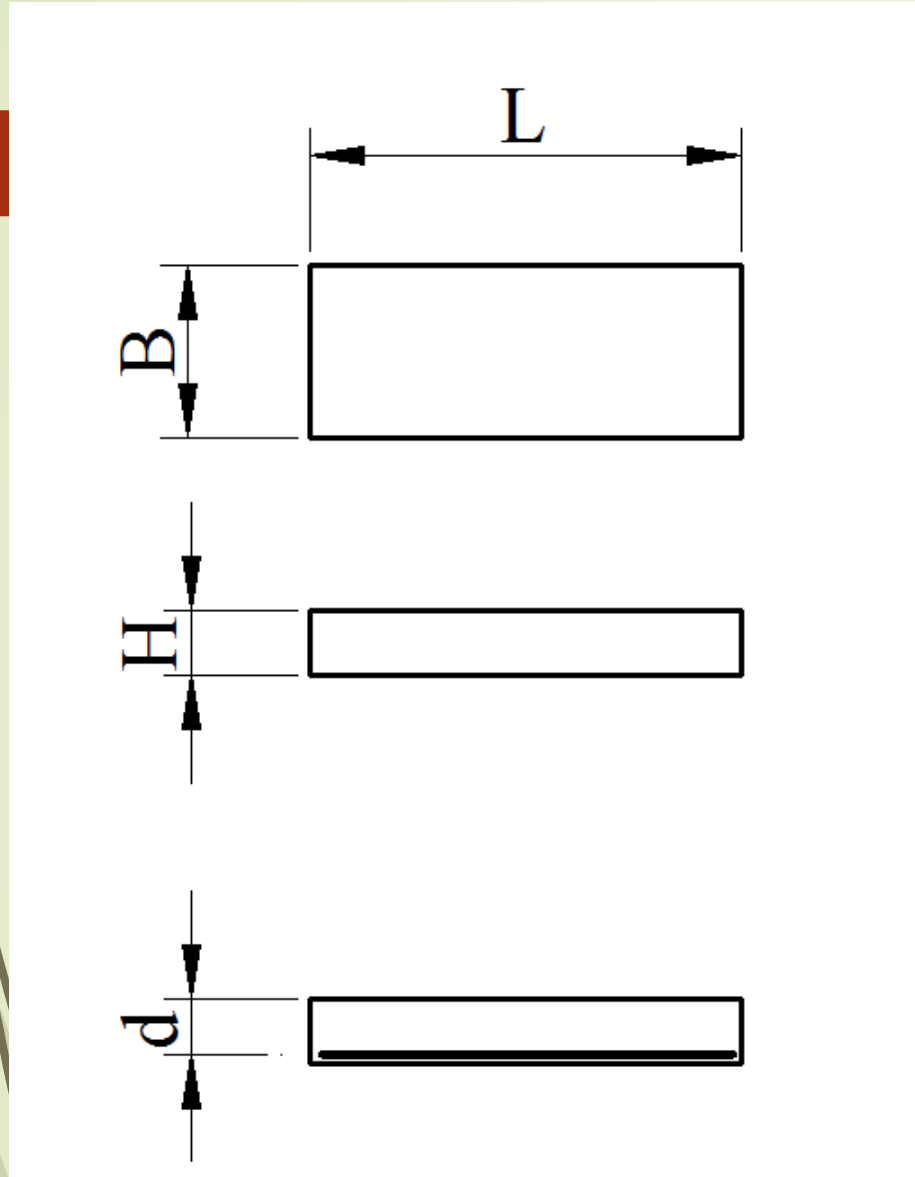


مخطـط افقـي لجـزء مـن السـقف

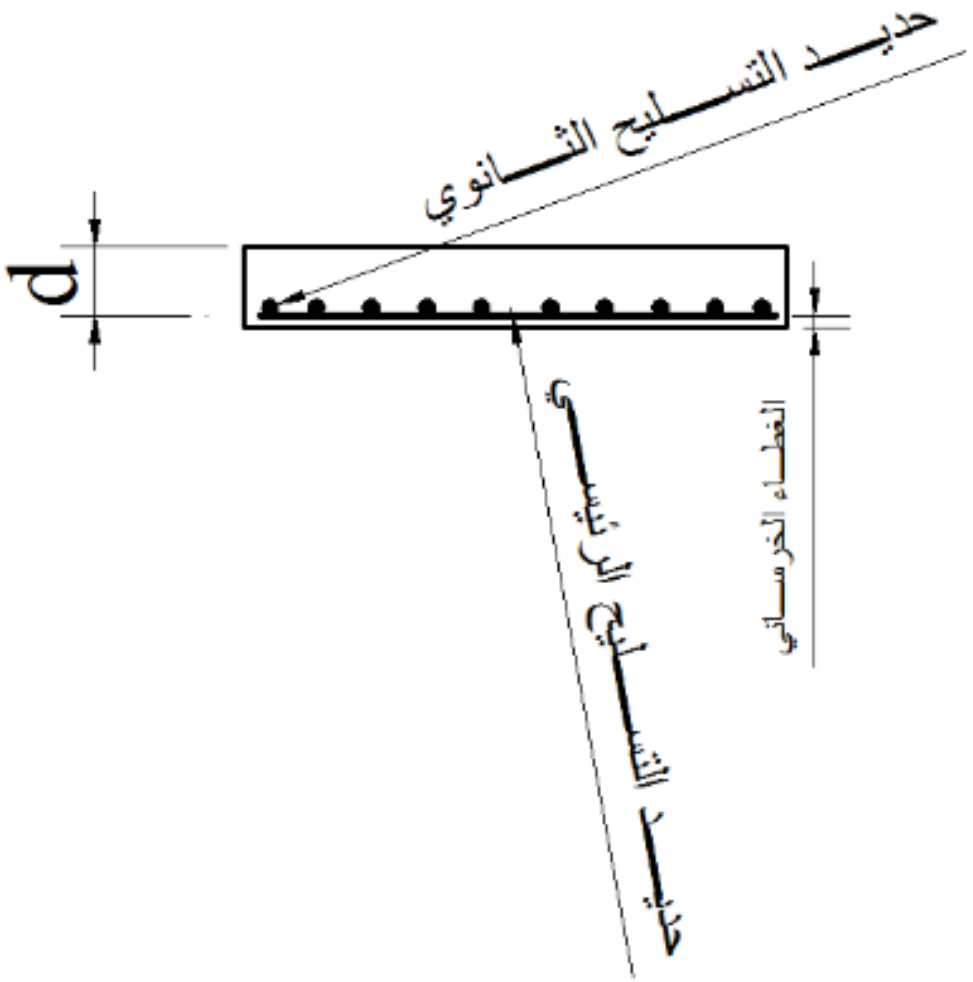
الحمـل المسـلط



المقطـع A-A



- تصنف البلاطة أنها بلاطة أحادية الاتجاه اذا كانت نسبة الطول الى العرض اكبر من اثنان L/B>2 واذا كانت النسبة اثنان او اقل فتكون بلاطة ثنائية الاتجاه.
- المسافة (d) هي العمق الفعال من مركز قطر حديد التسليح الى وجه البلاطة



- تتعرض البلاطة بالإضافة الى اجهادات الشد المتولدة من الاحمال في الاتجاه العمودي الى اجهادات أخرى في جميع الاتجاهات تنتج عن التمدد والتقلص نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وانخفاضها وكذلك الانكماش الذي يحصل في الخرسانة (shrinkage) خلال مرحلة الصب ، حيث ان فولاذ التسليح الرئيسي موضوع في اتجاه واحد فقط فانه سوف يقوم بمقاومة هذه الاجهادات في الاتجاه الموضوع فيه فضلا عن مقاومته لاجهاد الشد الناتج عن تسليط الاحمال .
- ولهذا اصبح من الضروري إضافة كمية معينة من فولاذ التسليح في الاتجاه العمودي على اتجاه فولاذ التسليح الرئيسي وهذه القضبان تسمى تسليح الحرارة والانكماش (Temperature Reinforcement) أو الثانوي

- تحدد كمية الفولاذ لمقاومة الحرارة بموجب الكود الأمريكي لسنة ٢٠١٤ حسب المعادلة التالية
- $A_{smin}=0.002*A_g$ for $f_y < 420$ MPa
- $A_g=B*H$
- Spacing shall not exceed the lesser of $5*H$ and 450 mm

مثال كيفية احتساب كمية حديد التسليح الثانوي وطريقة توزيعه

L= 6 m

B= 2m

H= 15cm

$A_s = 0.002\ A_g$

$A_g = B*H$

$= 2000*150 = 300000\ mm^2$

$A_s = 0.002*300000 = 600\ mm^2$

Use bar of 12mm diameter

Area of bar = $\pi/4\ d^2$

$= \pi/4*\ 12^2 = 113\ mm^2$

Number of bar = total area / area of bar

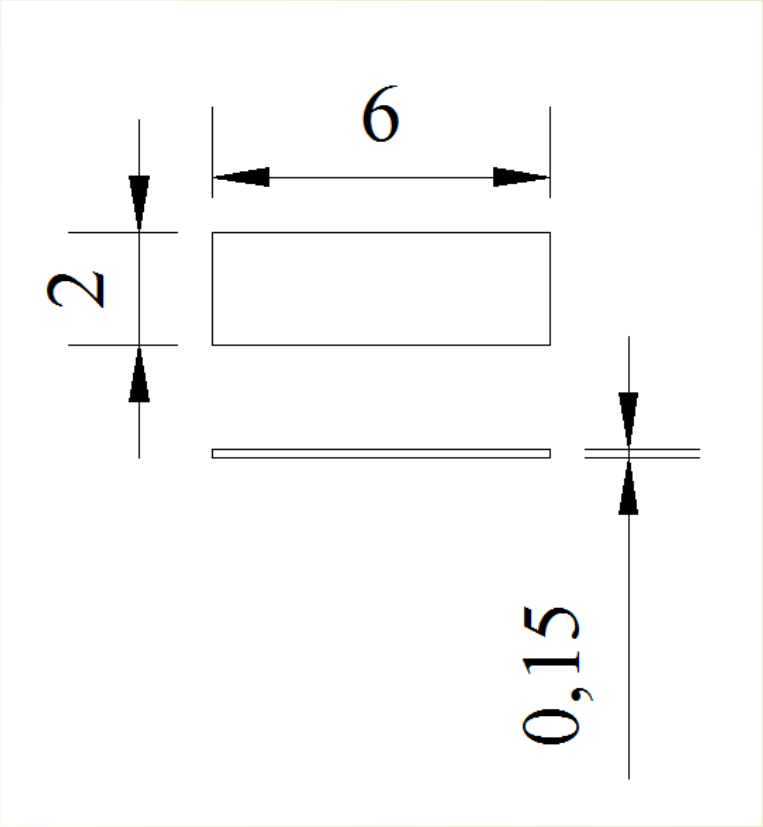
$= 600/113 = 5.3$ take 6 bar

Spacing = length / number of bars = 2000/ 6= 333mm take 300 mm

Spacing = 5*H or 450 mm less take it

$= 5*150 = 750$ mm

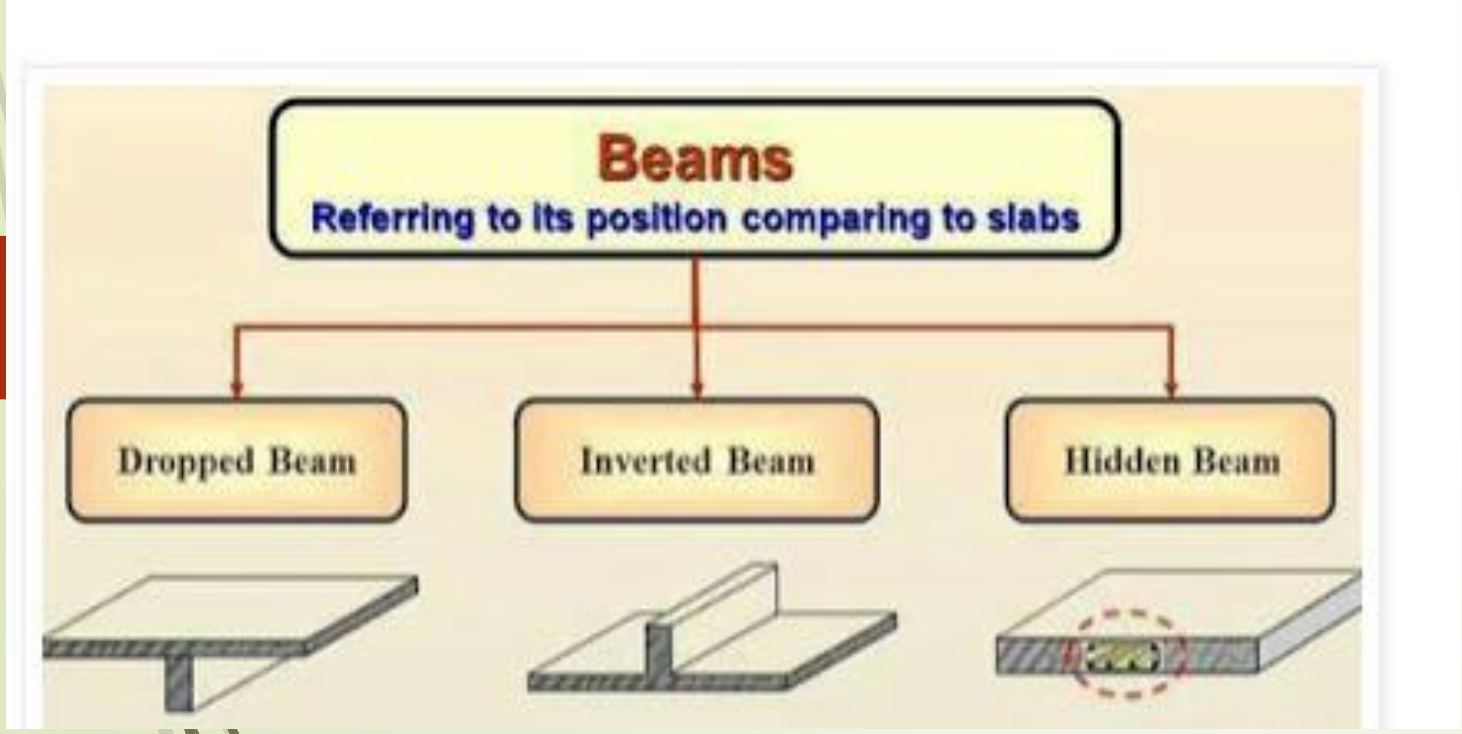
Take 300 mm



أنواع الجسور الخرسانية Types Of Beams

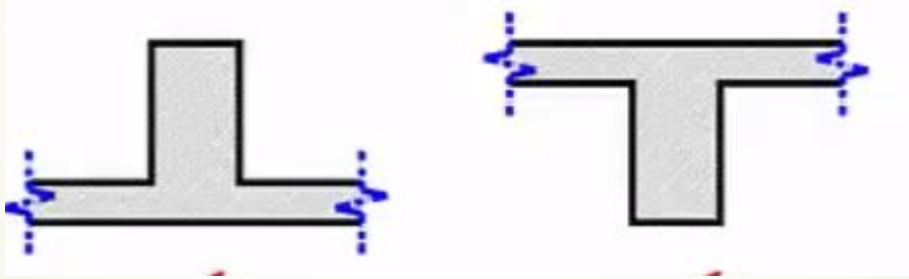
وتكون حسب موقعها وكما يلي :

1. جسور نازلة drop beams
2. جسور مقلوبة inverted beams
3. جسور مخفية hidden beams

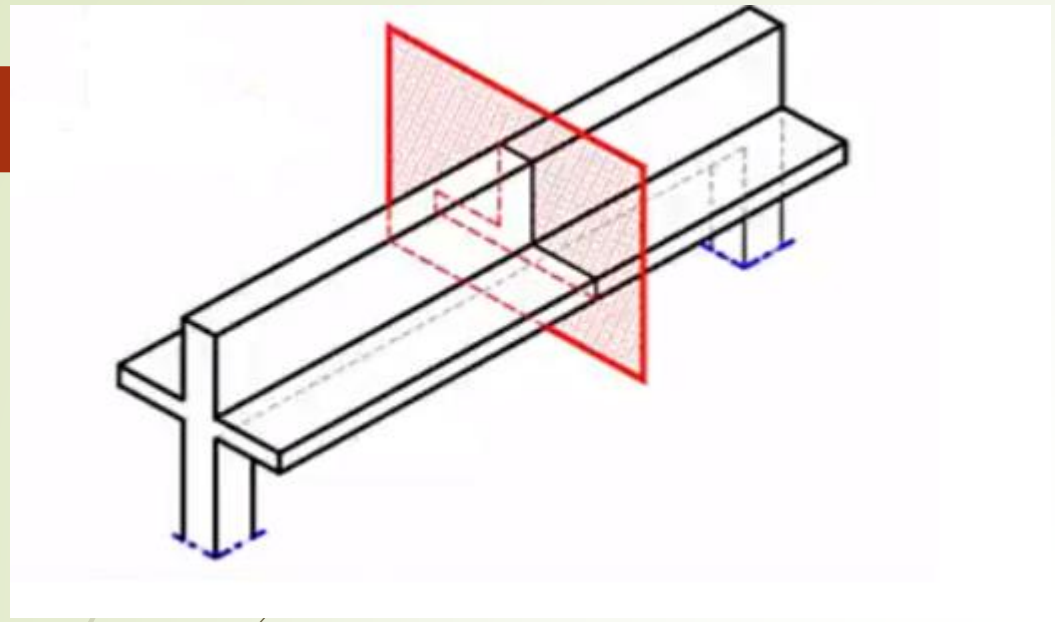


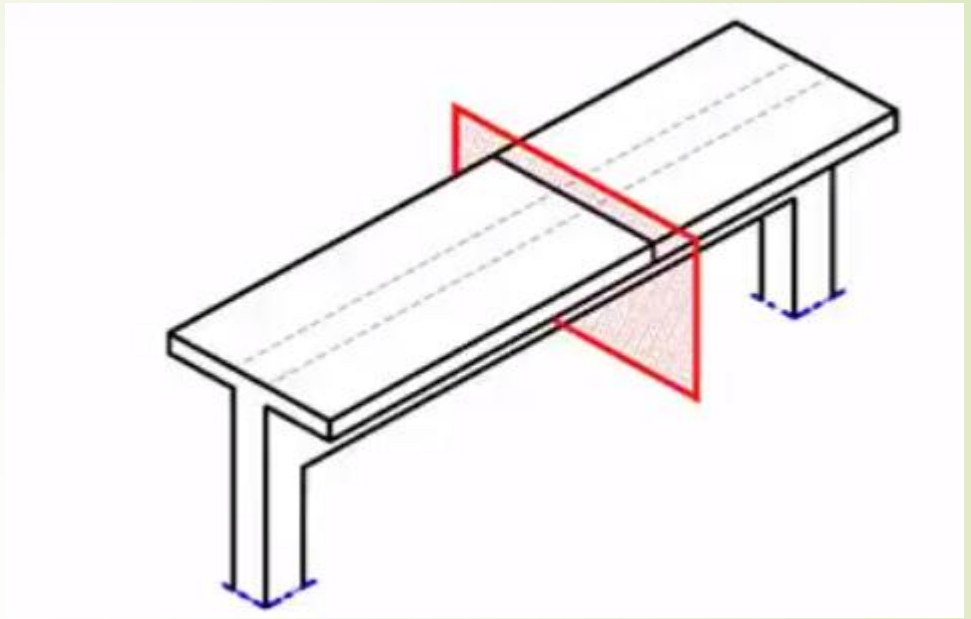
الروافد المقلوبة inverted beams

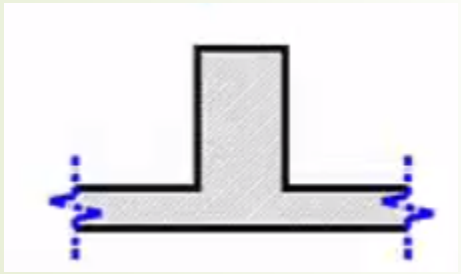
- هي روافد تكون البلاطة متصلة معها من الاسفل على العكس من الروافد العادية والتي تكون فيها البلاطة متصلة مع الرافدة من الاعلى . وهي تعمل عمل الروافد الاعتيادية ولكنها مقلوبه.

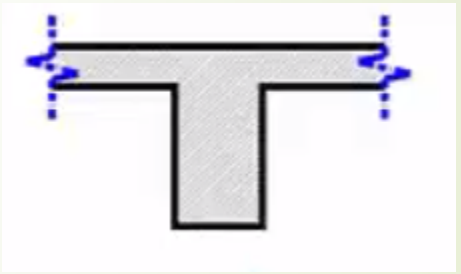


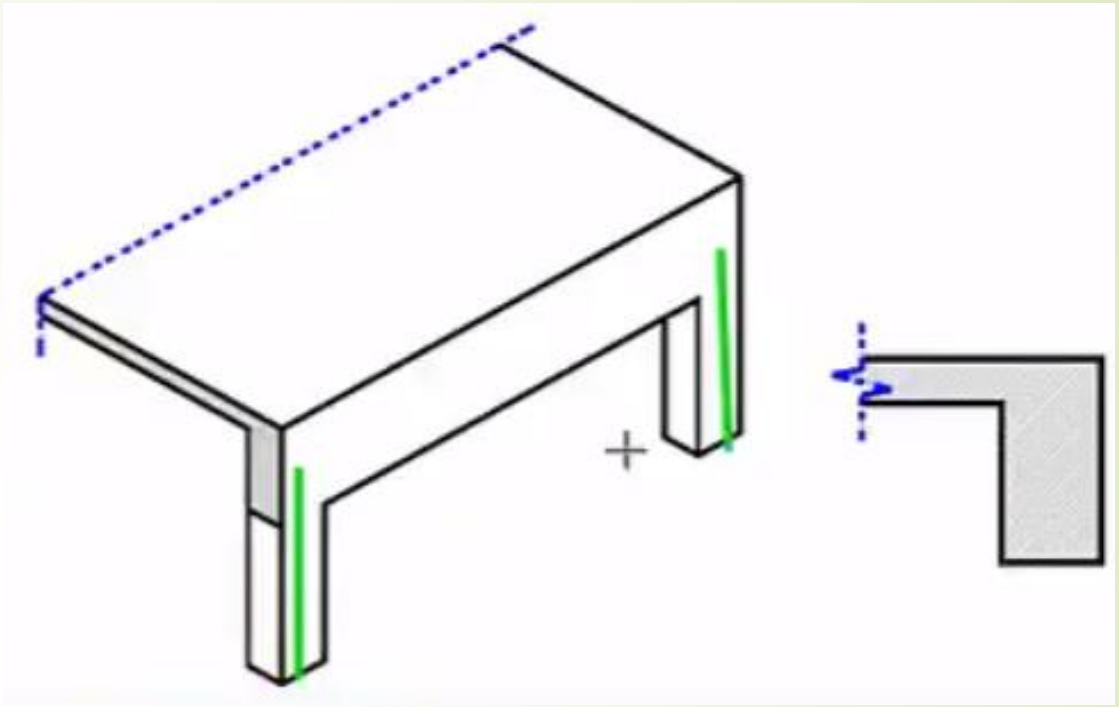
الرافدة العادية الرافدة المقلوبة



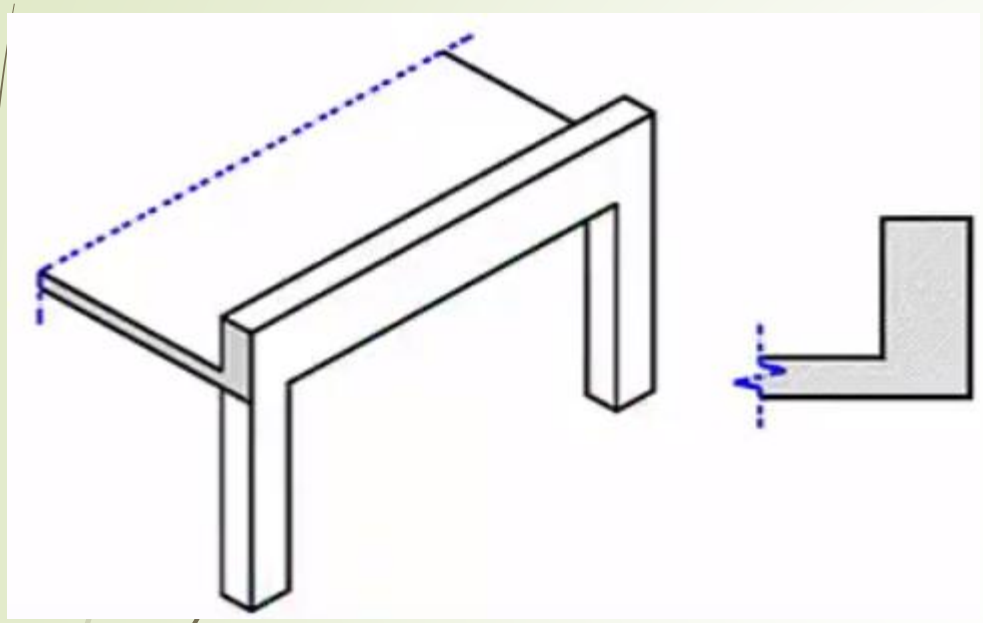








رافدة عادية



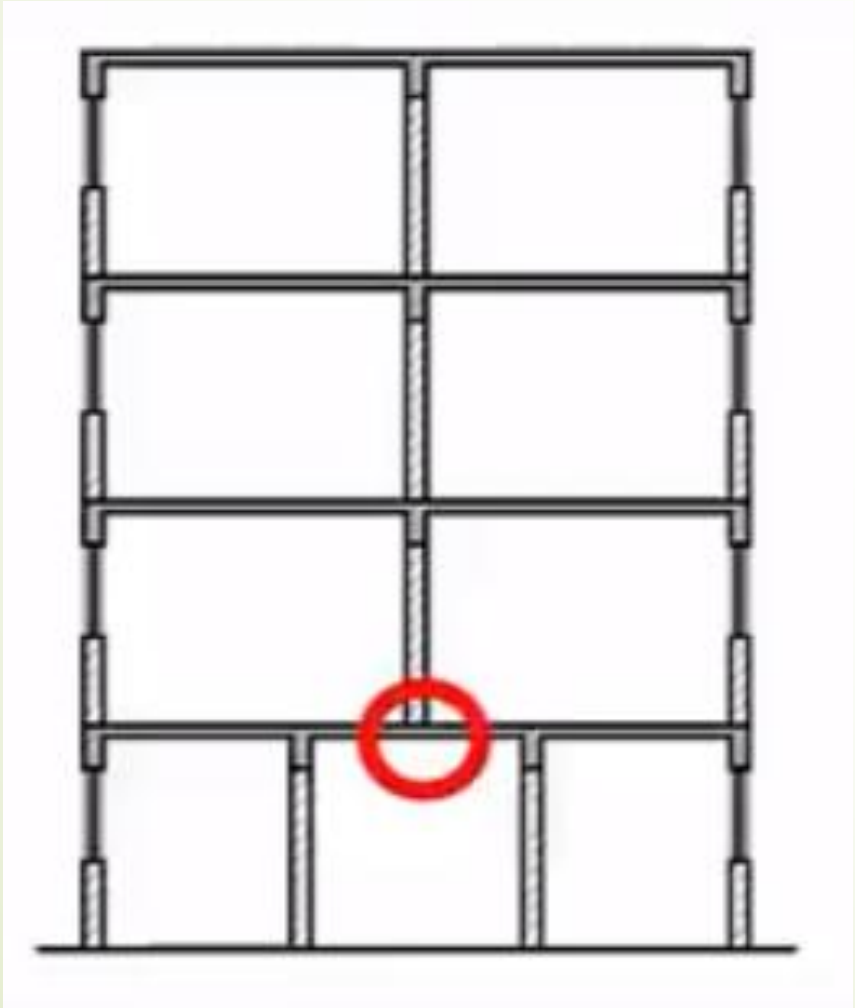
رافدة مقلوبة

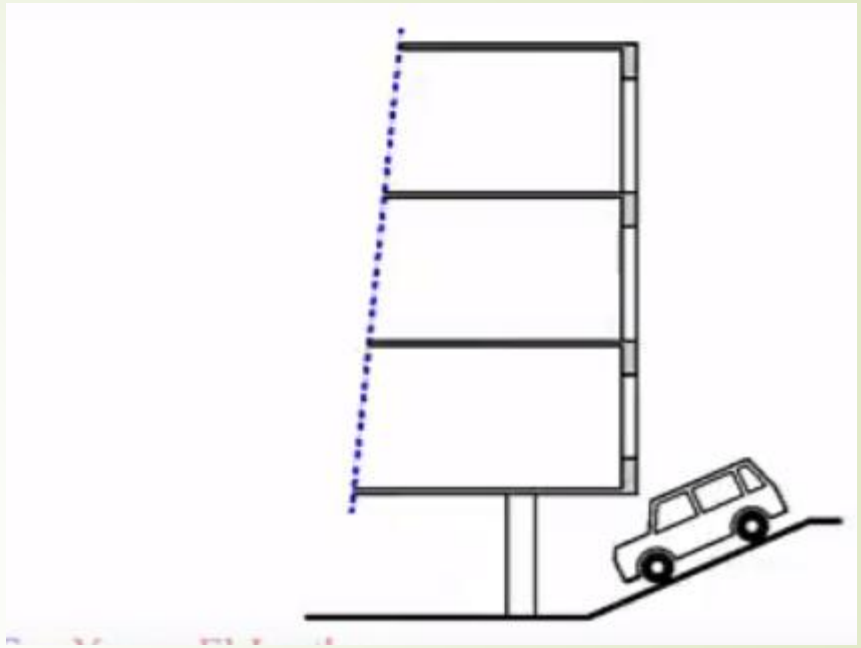
الغرض من استخدام الروافد المقلوبة

- نلجأ لاستخدام الروافد المقلوبة في حالة طلب المهندس المعماري لذلك حيث تستعمل للنواحي المعمارية وفي تحقيق ارتفاعات معينه.
- تستخدم في الادوار الاخيرة لمنع سقوط مياة المطر على الواجهات
- في الفتحات الداخلية والصالات الداخلية المفتوحة ايضا لأنها عازل جيدا للمياه.
- يتم عمل عتبة مقلوبة وذلك لربط بين منسوبين مختلفين او سقفين مختلفين

الاختلاف بين الروافد العادية والمقلوبة

- لا يتم قلب حديد التسليح عندما تكون الرافدة مقلوبةinverted beam فالحديد الرئيسي للرافدة المقلوبة كما هو بالنسبة للرافدة الساقطة اي ان الحديد الرئيسي في الوسط يكون في الاسفل وعند المساند يكون في الاعلى . ولكن هناك متطلبات خاصة بالنسبة لحديد القص shear reinforcement لتامين التماسك الجيد بين خرسانة الرافدة المقلوبة والسقف





جسر مقلوب
أثناء الحدادة

جسر مقلوب بعد الصب

الروافد المخفية hidden beams

تعامل معاملة الرافدة العادية تماما في كل شيء مع مراعاة ان عرضها يكون عريض 80 سم 90سم – 100 سم او 120 سم وعمقها هو نفس عمق البلاطة وقد تحتاج الي قلب 5 سم فوق البلاطة لتساعد في زيادة العمق التصميمي

(فاذا كانت البلاطة 15 سم عمق الرافدة يكون 20 سم ....)

تعمل في الحالات التي يكون فيها الحمل المسلط على الرافدة قليلا نسبيا او تكون فسحة الرافدة صغيرة جدا بحيث يمكن الاستغناء عن وترة الرافدة كليا وتوزع القضبان الطولية ضمن بلاطة السقف

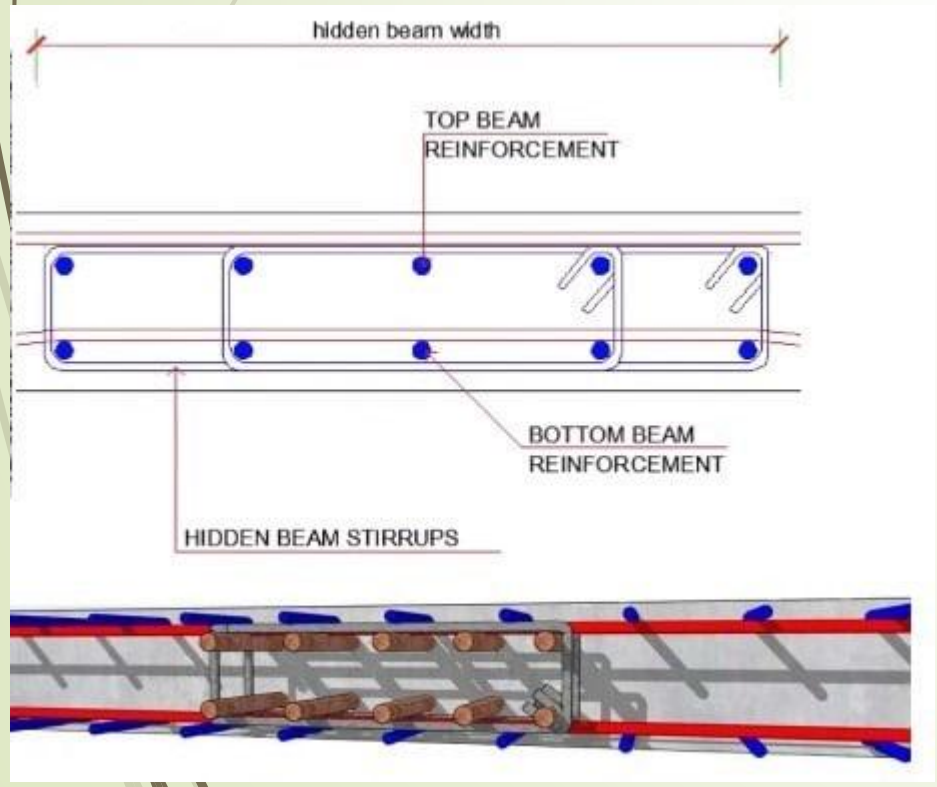
القضبان الطولية لا تثنى بسبب قلة عمق الرافدة

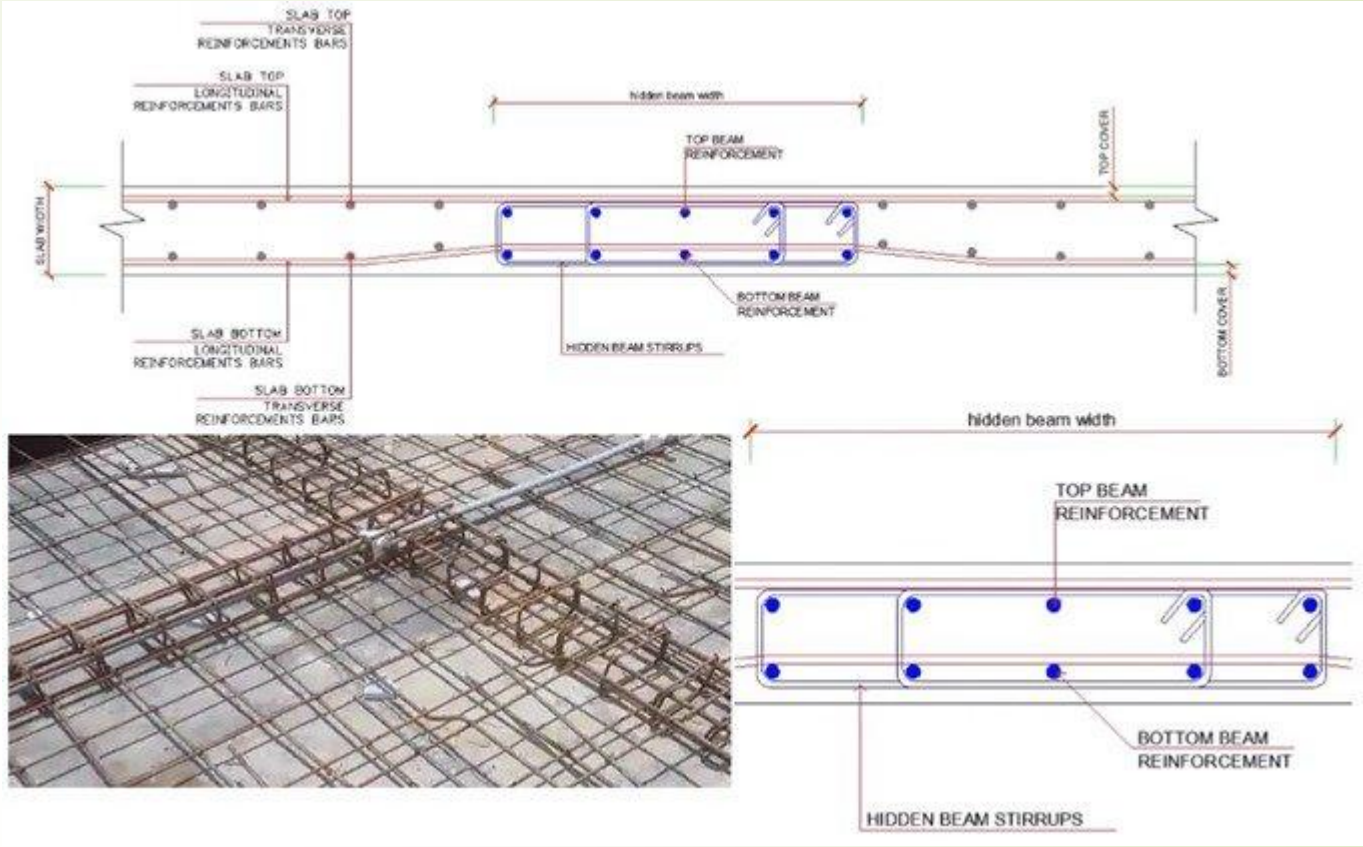
المميزات

1- المحافظة على الشكل المعماري
2- توفير شكل جمالي بعدم وجود روافد ساقطه

العيوب

1- كثافة نسبة الحديد التي تصل الى 400 %
2- زيادة عرض الرافدة
3- زيادة التكلفة لزيادة نسبة حديد التسليح الرافدة المخفية


hidden beam width
TOP BEAM
REINFORCEMENT
BOTTOM BEAM
REINFORCEMENT
HIDDEN BEAM STIRRUPS


SLAB TOP
TRANSVERSE
REINFORCEMENTS BARS
SLAB TOP
LONGITUDINAL
REINFORCEMENTS BARS
hidden beam width
TOP BEAM
REINFORCEMENT
TOP COVER
SLAB WIDTH
BOTTOM BEAM
REINFORCEMENT
SLAB BOTTOM
LONGITUDINAL
REINFORCEMENTS BARS
HIDDEN BEAM STIRRUPS
BOTTOM COVER
SLAB BOTTOM
TRANSVERSE
REINFORCEMENTS BARS
hidden beam width
TOP BEAM
REINFORCEMENT
BOTTOM BEAM
REINFORCEMENT
HIDDEN BEAM STIRRUPS

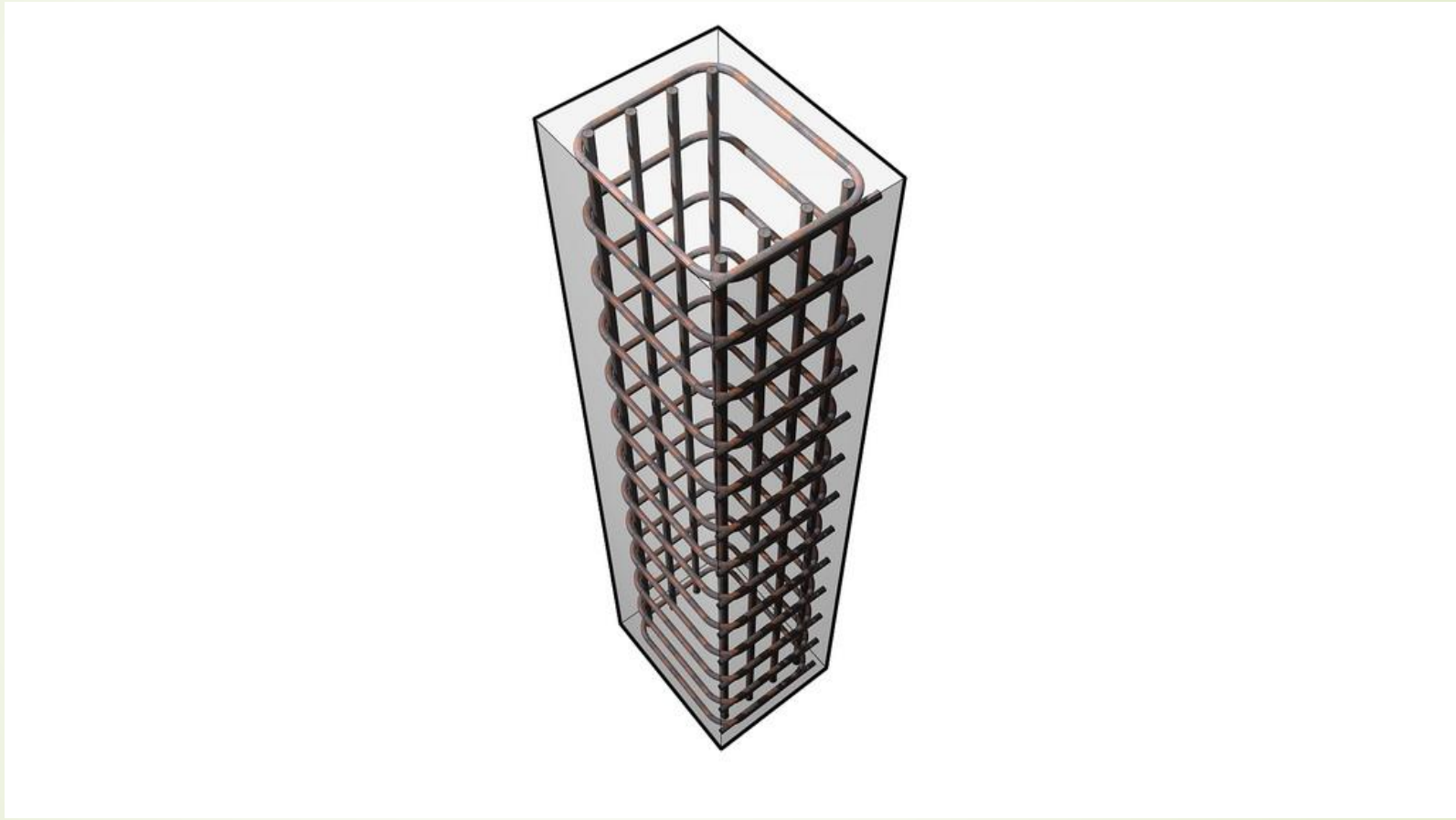
Columns الاعمدة

- الأعمدة هي الأعضاء الانشائية التي تقوم بنقل ثقل الروافد والأعتاب والسقوف إلى الأسس ويعتبر العمود من الأعضاء المهمة في المنشآت الهيكلية حيث إن فشله يعني حدوث مخاطر وإضرار قد تؤدي إلى سقوط المنشأ أو جزء منه.
- أو يمكن تعريف العمود بانه عضو انشائي تكون نسبة الطول فيه الى اصغر بعد في مقطعه ثلاثه أو اكثر ويستعمل بشكل أساسي لتحمل قوى الانضغاط المحورية .

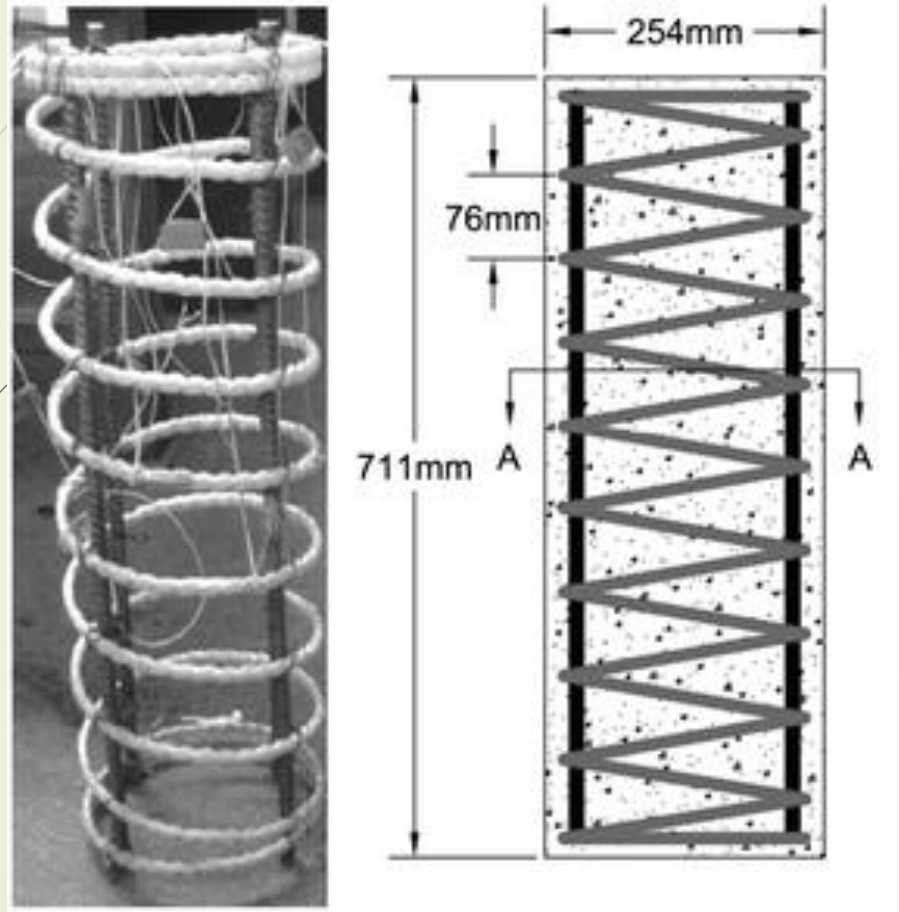
أنواع الاعمدة الخرسانية المسلحة

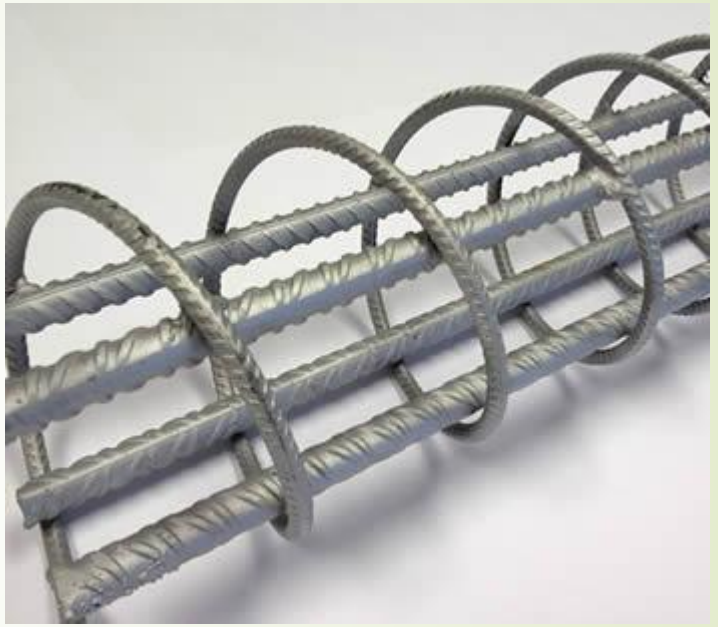
- يمكن تمييز الأنواع الاتية من الاعمدة الخرسانية المسلحة ولكل نوع من هذه الأنواع مزايا وخصائص التي يتحدد في ضوئها النوع الأكثر ملائمة للغرض من العمود

أعمدة مسلحة بفولاذ تسليح طولي مع استخدام رباطات افقية

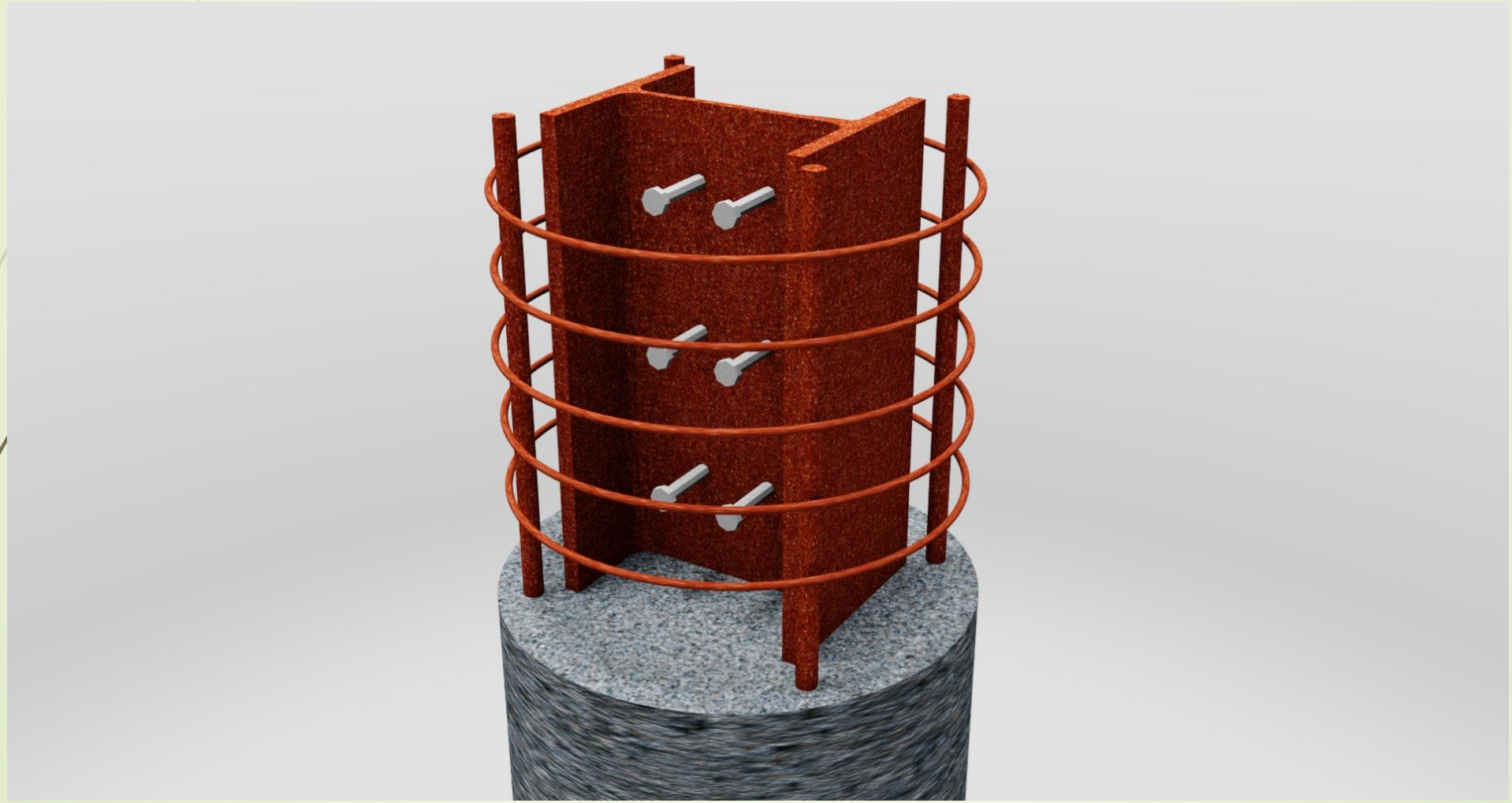


أعمدة مسلحة بفولاذ تسليح طولي مع استخدام رباط حلزوني





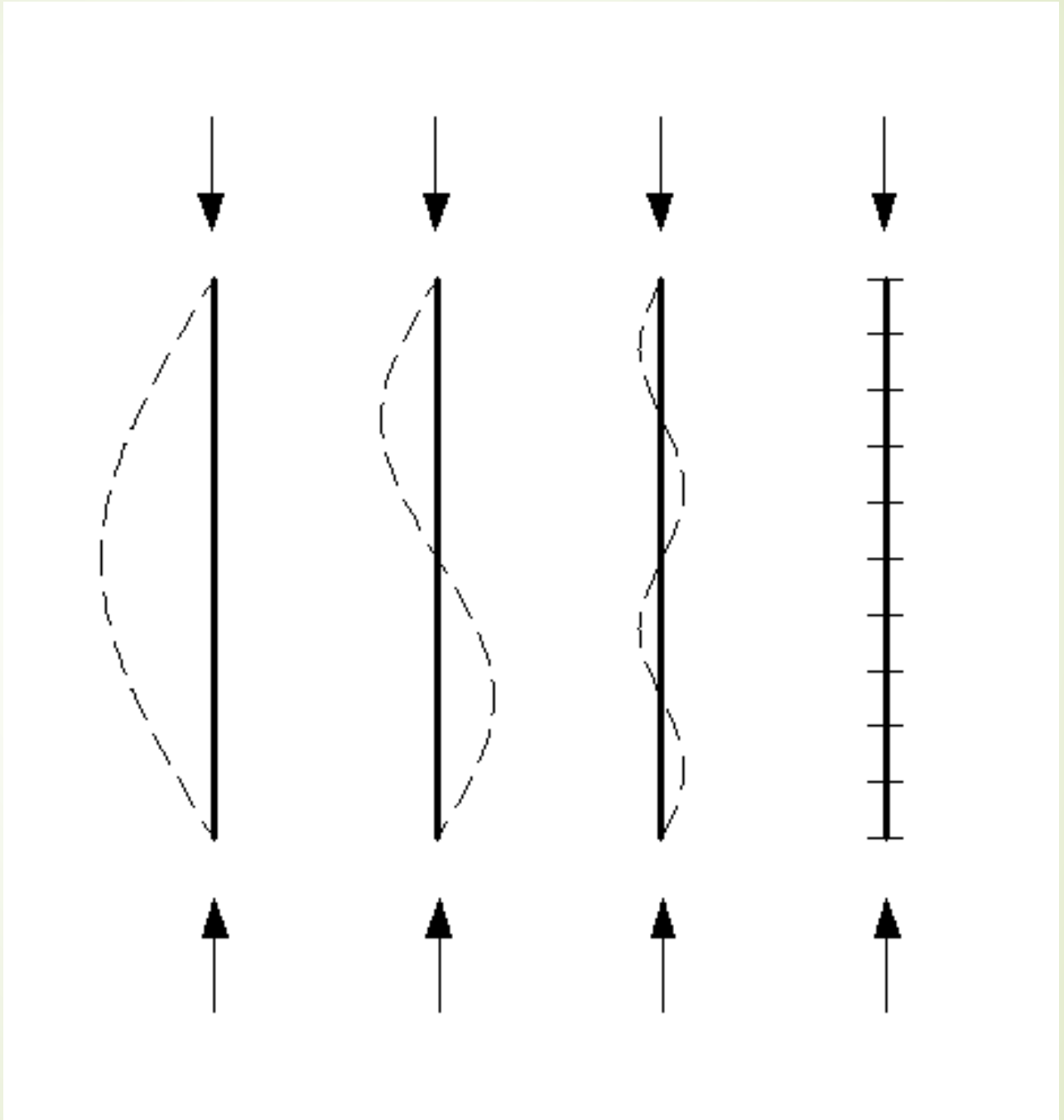
أعمدة من مقاطع الفولاذ الانشائي والخرسانة



أعمدة من أنابيب الفولاذ الانشائي تملأ بالخرسانة

سلوك الاعمدة تحت تأثير الاحمال

- عندما تتعرض الاعمدة الخرسانية المسلحة الى الاحمال فان جزءا من هذه الاحمال ينتقل بواسطة الخرسانية والجزء الاخر بواسطة قضبان التسليح العمودية ، ان تعرض القضبان الطوليه الى قوى الضغط يؤدي الى محاولتها الانبعاج (Buckling) كما موضح في الشكل ادناه . لكون نسبة طول القضيب الى ابعاد مقطعه العرضي كبيرة وبديهي ان حدوث هذا الانحناء سيؤدي الى فشل القضبان في نقل الاحمال . لو ثبتنا القضيب من منتصفه لاستطعنا من انقاص مقدار الانبعاج ولو زدنا نقاط التثبيت فان مقدار الانبعاج يستمر في التناقص ويمكن التخلص منه بشكل كامل اذا وضعنا نقاط التثبيت متقاربه بمقدار كافي .

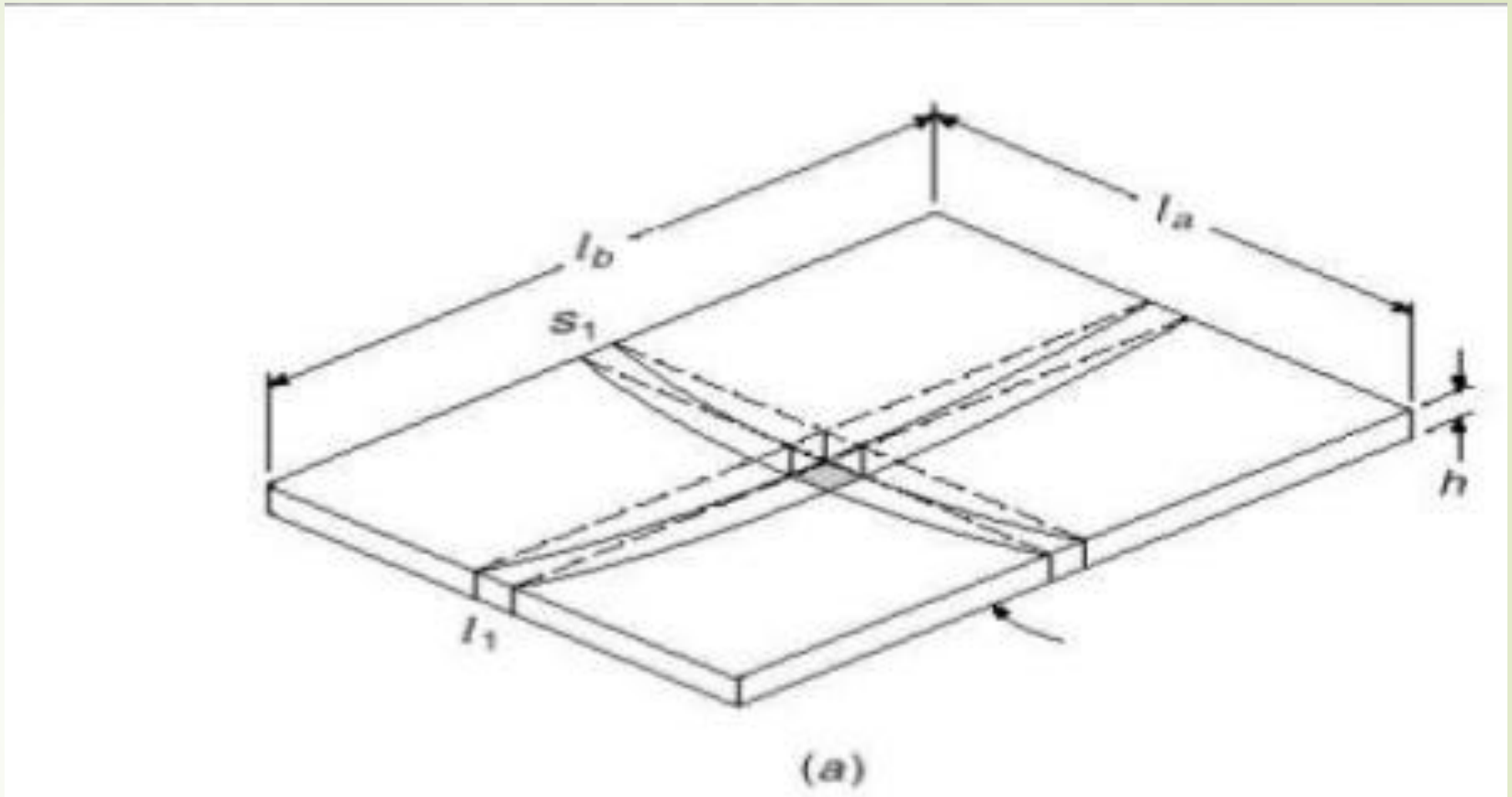


أشكال الاعمدة

- يمكن ان يتخذ المقطع العرضي للعمود أي شكل حسب تحديد المصمم وللحصول على أكثر تصميم اقتصادي ولتسهيل عملية انشاء الاعمدة وصنع القوالب لها تستخدم الاشكال البسيطة المتناظرة المبينة في الشكل ادناه حيث توضح فيه نماذج الاعمدة ذات المقطع المربع والمستطيل مع بعض التفاصيل الخاصة للاعمدة التي تكون في اركان الأبنية والاعمدة التي تتعرض الى قوى جانبية تؤدي الى تولد عزم انحناء فضلا عن اجهاد الضغط الذي يتعرض له العمود بشكل اعتيادي

TWO WAY SLABS
البلاطات ثنائية الاتجاه

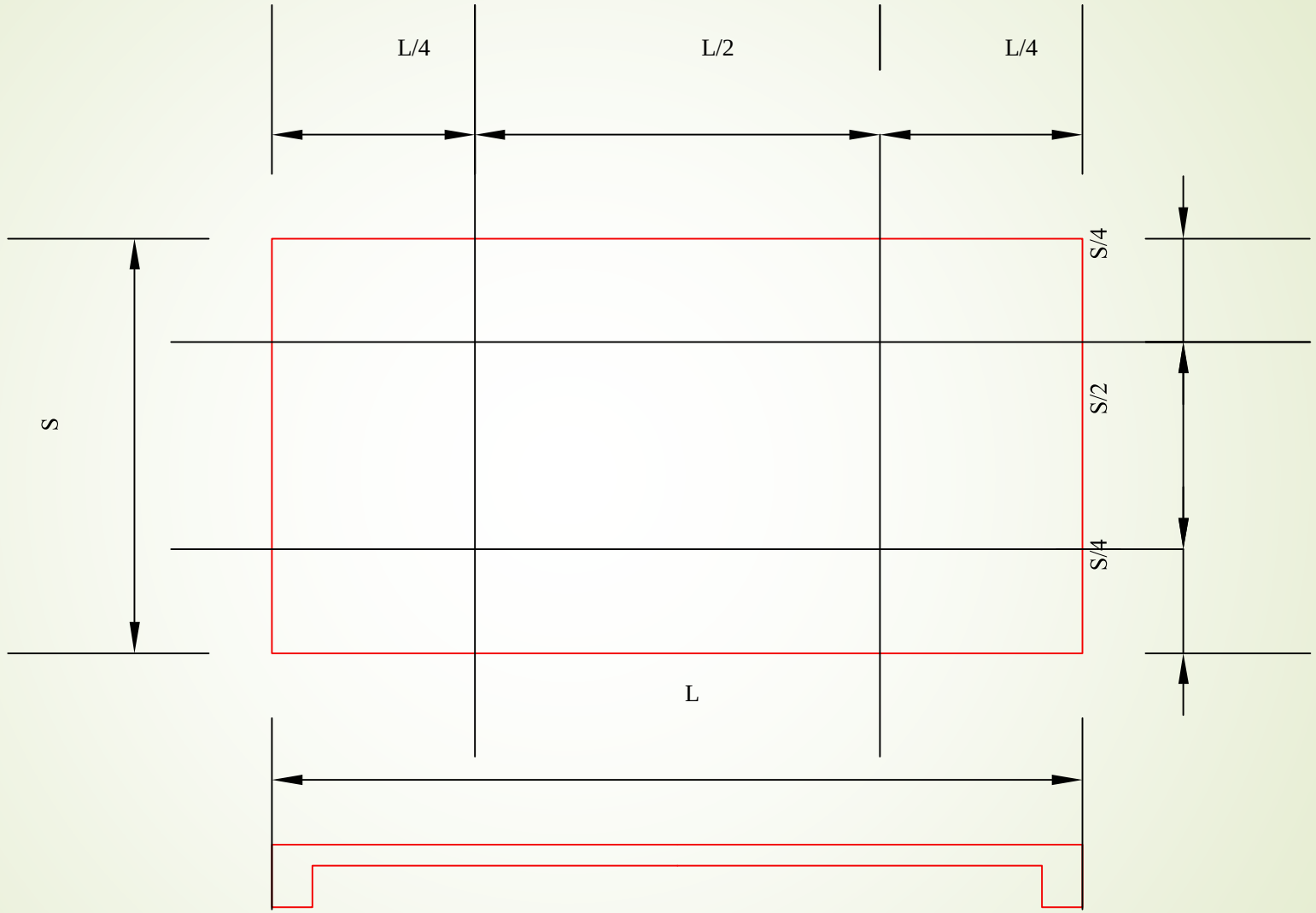
عندما يكون للبلاطة مساند من الجهات الأربع سواء اكانت جدرانا ام روافد وعندما يكون طول البلاطة مقاربا لعرضها فان الاحمال المسلطة على البلاطة لابد ان تنتقل نحو المساند في اتجاهين متعامدين وان البلاطة تتقوس بالاتجاهين أيضا وكما موضح في الشكل :



- ان حصول التقوس في الاتجاهين يعني وجود اجهاد الشد بالاتجاهين أيضا وبالتالي لابد من توفير حديد تسليح بهذين الاتجاهين لمقاومة اجهاد الشد المذكور.

- عند التدقيق في الانحناء الذي يحصل في أي من الاتجاهين يلاحظ كونه مشابها للانحناء الذي يحصل في الاتجاه العمود على المسندين في حالة البلاطات الخرسانية أحادية الاتجاه والتي سبق تفصيلها.
- ان ذلك يعني ان كافة التفاصيل المتعلقة بكيفية وضع القضبان وثنيها التي طبقت بالنسبة لتحديد التسليح الرئيس في البلاطات أحادية الاتجاه تطبق في البلاطة ثنائية الاتجاه ولكلا الاتجاهين المتعامدين .
- حيث ان تسليح البلاط ثنائية الاتجاه هو تسليح رئيس في كلا الاتجاهين وليس هناك فولاذ يوضع لمقاومة الاجهاد الناتج عن اختلاف درجات الحرارة او الانكماش فقط يجب الانتباه الى ان كمية فولاذ التسليح المستخدم في كلا الاتجاهين لا تقل عن الكمية المحددة في المواصفات لمقاومة الحرارة والبالغه 2% من مقطع الخرسانة .
- كم وضحنا سابقا ان الحمل المسلط على البلاطة يحاول الوصول الى المسند باقصر الطرق ، ومن هذا يمكن الاستنتاج بان البلاطة الخرسانية ستتحمل في الاتجاه القصير جزءا من الحمل يفوق في مقداره الجزء الذي تتحمله في الاتجاه الطويل . وبعبارة أخرى يمكن القول بان اجهاد الشد في الاتجاه الأقصر يكون اكبر من اجهاد الشد في الاتجاه الأطول ولهذا السبب يجب وضع القضبان الفولاذية لتسليح البلاطة الخرسانية بالاتجاه الأقصر اقرب ما يمكن الى وجه الخرسانة وتربط عليها قضبان التسليح بالاتجاه الطويل التي تكون نحو الداخل بالنسبة لوجه الخرسانة .

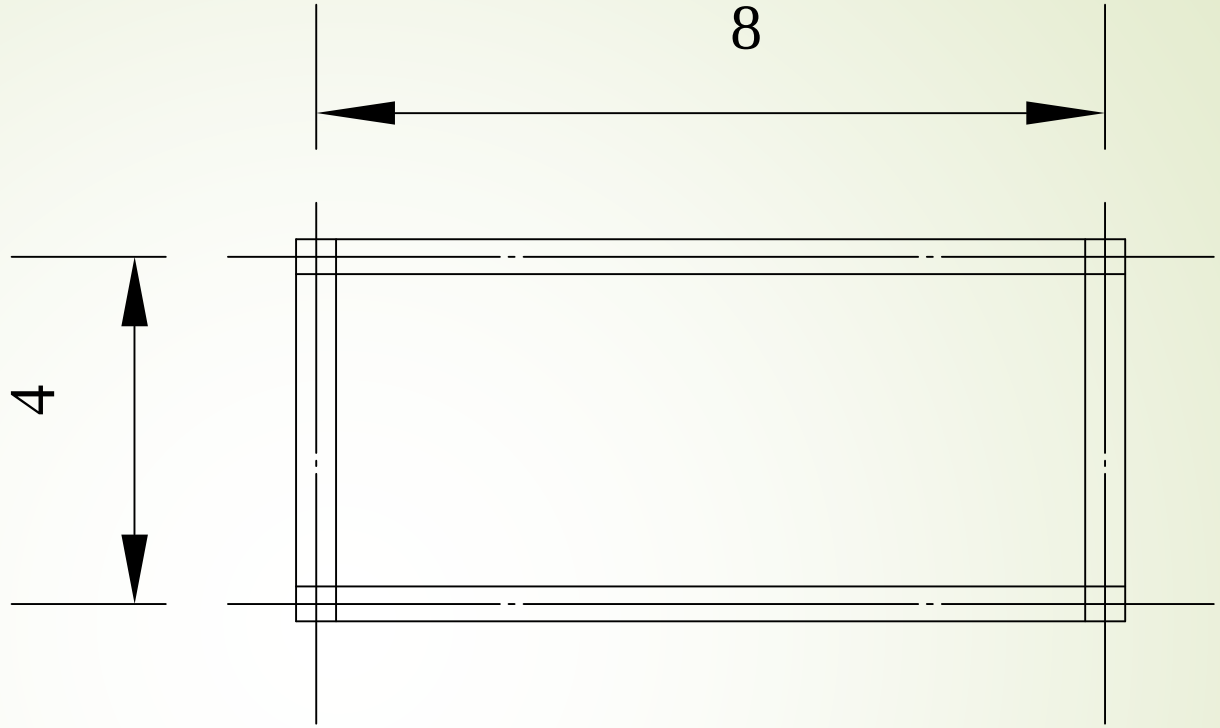
- عند ملاحظة الانحناء الذي يحصل في البلاطة الخرسانية المسندة على الجهات الأربع نجد ان اقصى مقدار من الانحناء يحدث في منتصف الفضاء ويقل كلما اخذنا اخذنا المقطع اقرب نحو المسند في كلا الاتجاهين وحيث ان مقدار اجهاد الشد يتناسب ومقدار الانحناء الذي يحدث في البلاطة الخرسانية ، لذا فان كمية فولاذ التسليح أيضا يمكن ان تتغير تبعا لتغيير مقدار الانحناء وهذا سيؤدي الى توفير في كمية فولاذ التسليح الذي يستخدم قرب المساند حيث لاداعي لاستخدام نفس كمية الفولاذ في المنطقة المجاورة للمساند كتلك التي يجب استخدامها في المنطقة الوسطية في البلاطة الخرسانية ولهذا الغرض تقسم مساحة البلاطة في كلا الاتجاهين الى ثلاث شرائح كما يأتي وكما موضح


L/4
L/2
L/4
S
S/4
S/2
S/4
L

١) شريحة وسطية Middle Strip يكون عرضها مساويا لنصف الفسحة بين المسندين

٢) شريحتان مسنديتان Column strip تكونان مجاورتين للمسندين وعرض كل منهما يساوي ربع الفسحة بين المسندين

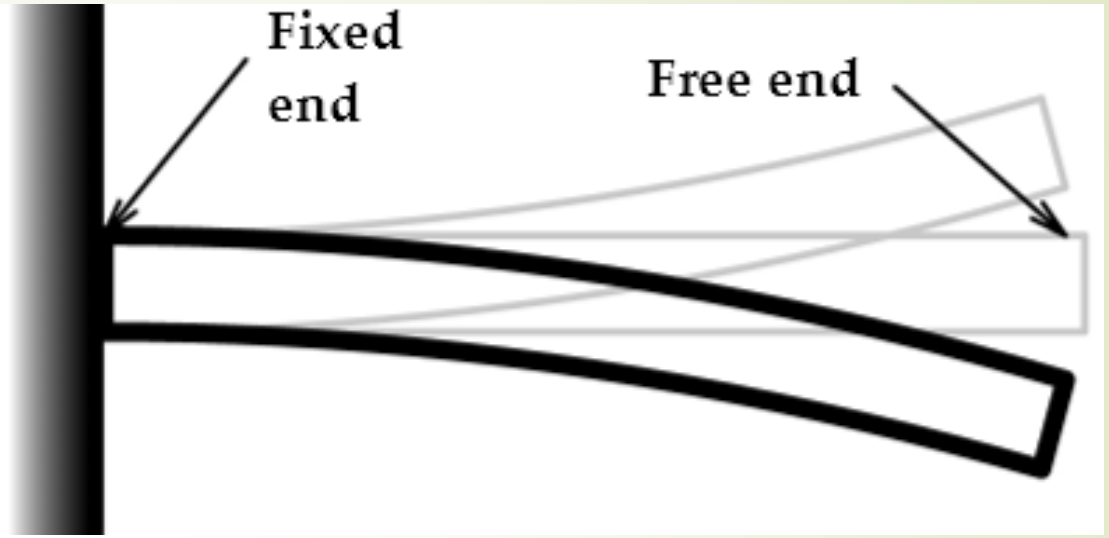
- ان كمية فولاذ التسليح المستخدم في الشرائح المسندية تعادل ثلثي كمية فولاذ التسليح المستخدمة في الشرائح الوسطية. وهذا يؤدي الى توفير كبير في كمية الفولاذ المستعملة في البلاطة الخرسانية .



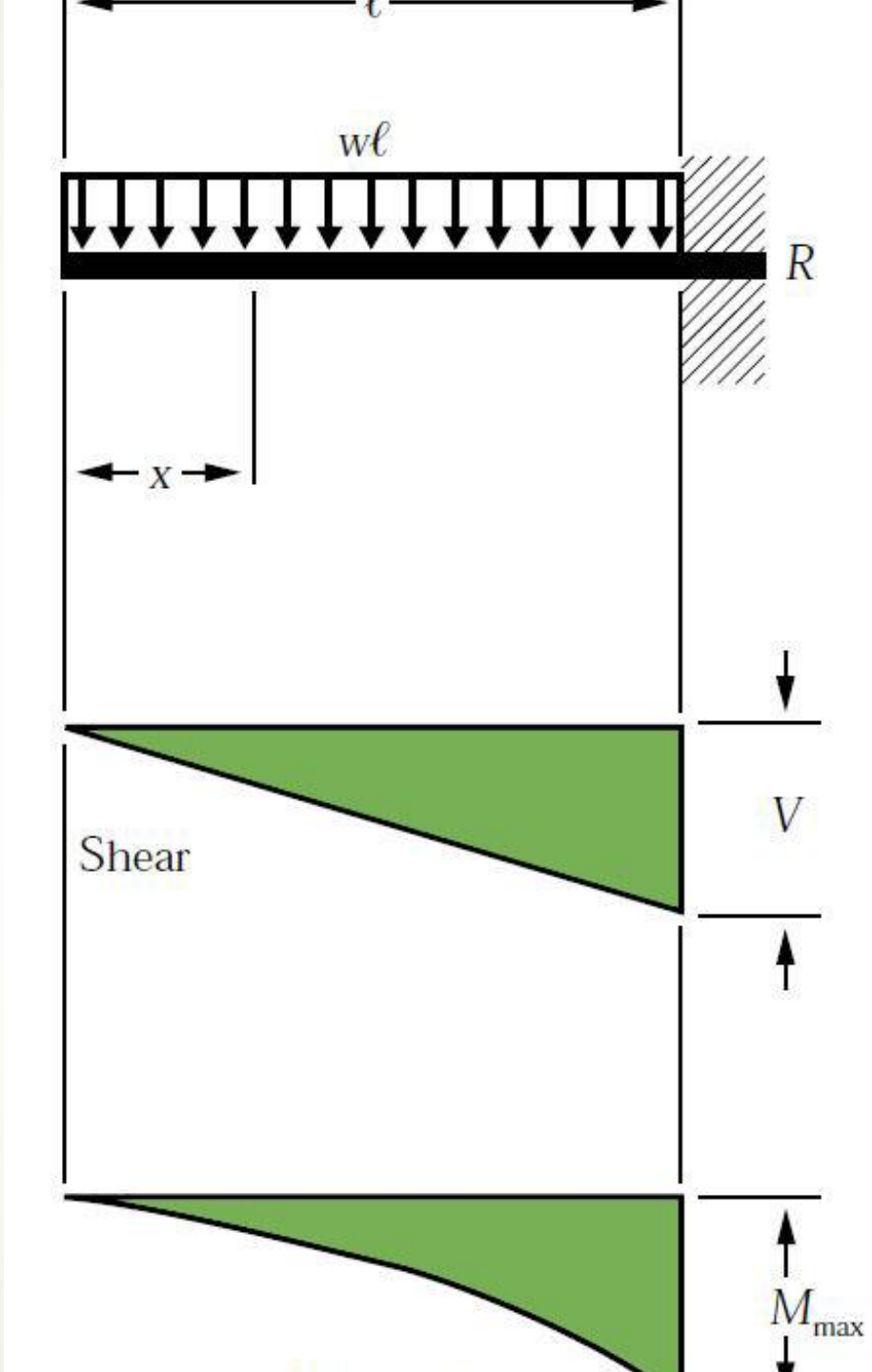
Short direction	**Middle strip**	**Column strip**
	Φ16@30 cm c/c 1BT,1ST	**Φ16@35cm c/c1BT,1St**
Long direction	**Middle strip**	**Column strip**
	Φ12@30 cm c/c 1BT,1ST	**Φ12@35cm c/c1BT,1St**

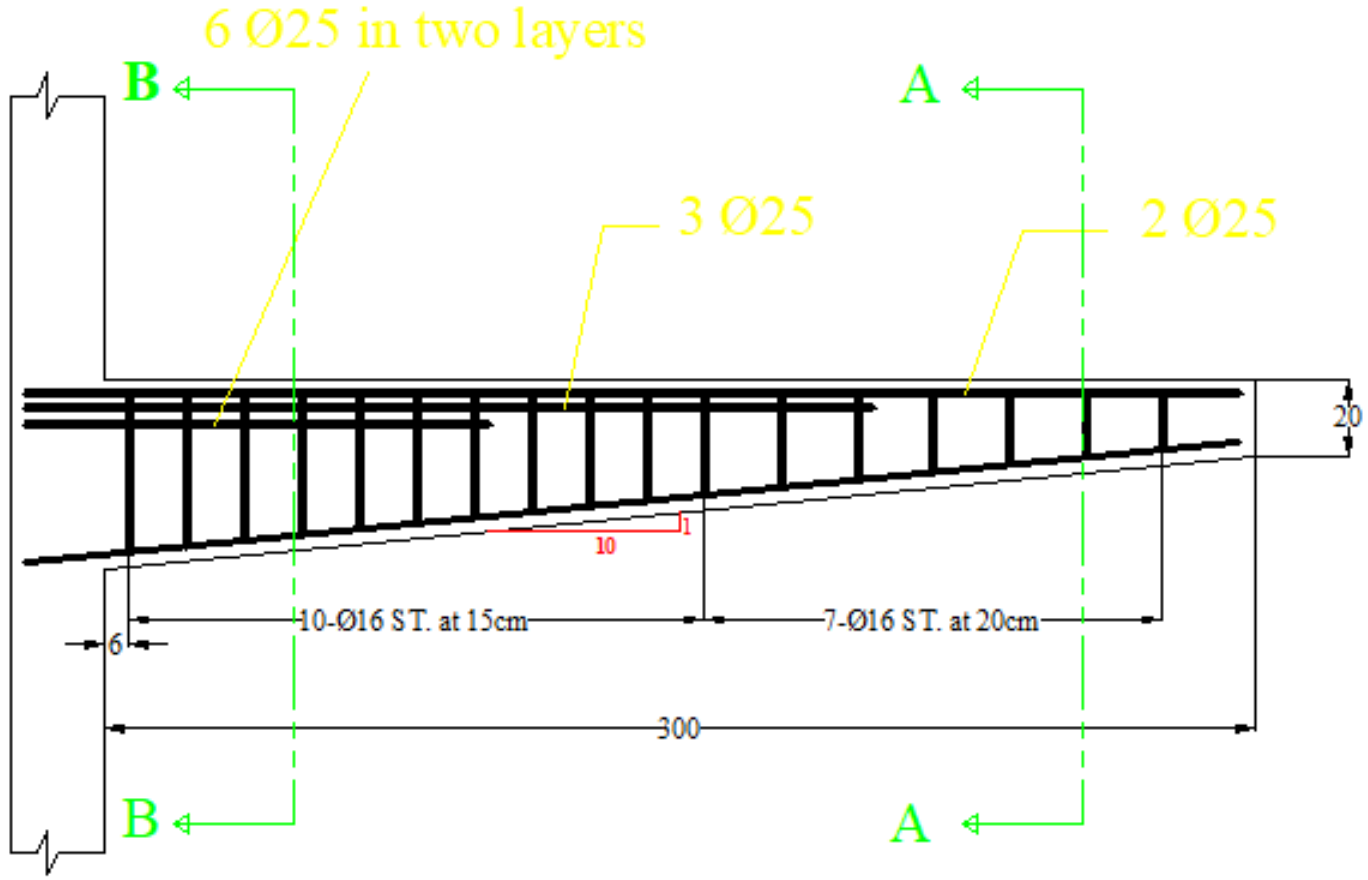
Cantilever beams
العتبات الناتئة او الحيدة

الرافدة الحيدة: هي الرافدة التي يكون احد مساندها مقيدا والاخر حرا حيث تتعرض الى عزم انثناء سالب على امتدادها بدون اي عزم انثناء موجب .

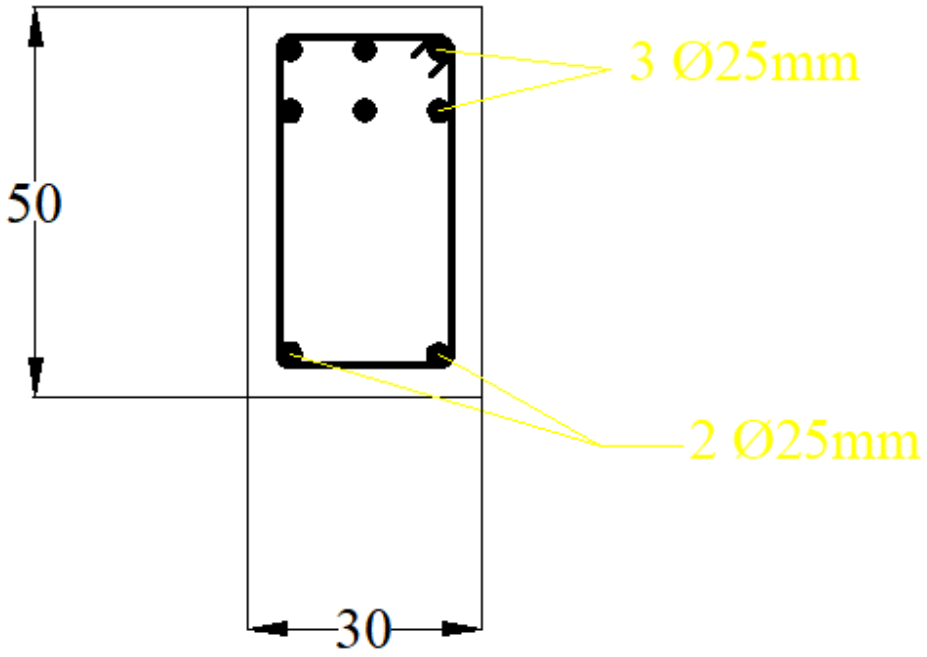

Fixed
end
Free end

يجب وضع قضبان التسليح قرب الوجه الاعلى لمقاومة اجهاد الشد الناتج من العزم السالب اما قضبان التسليح قرب الوجه الاسفل في حالة وضعها فتكون لمقاومة اجهاد الضغط ولتثبيت الاطواق.

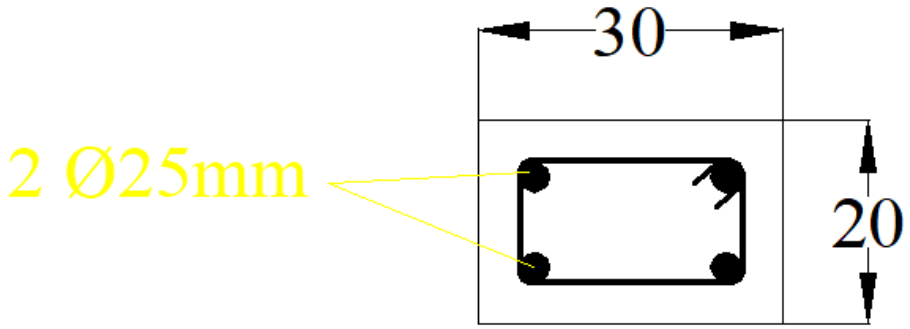

wℓ
R
x
Shear
V
M_{max}



Long. Sec. Cantilever Beam



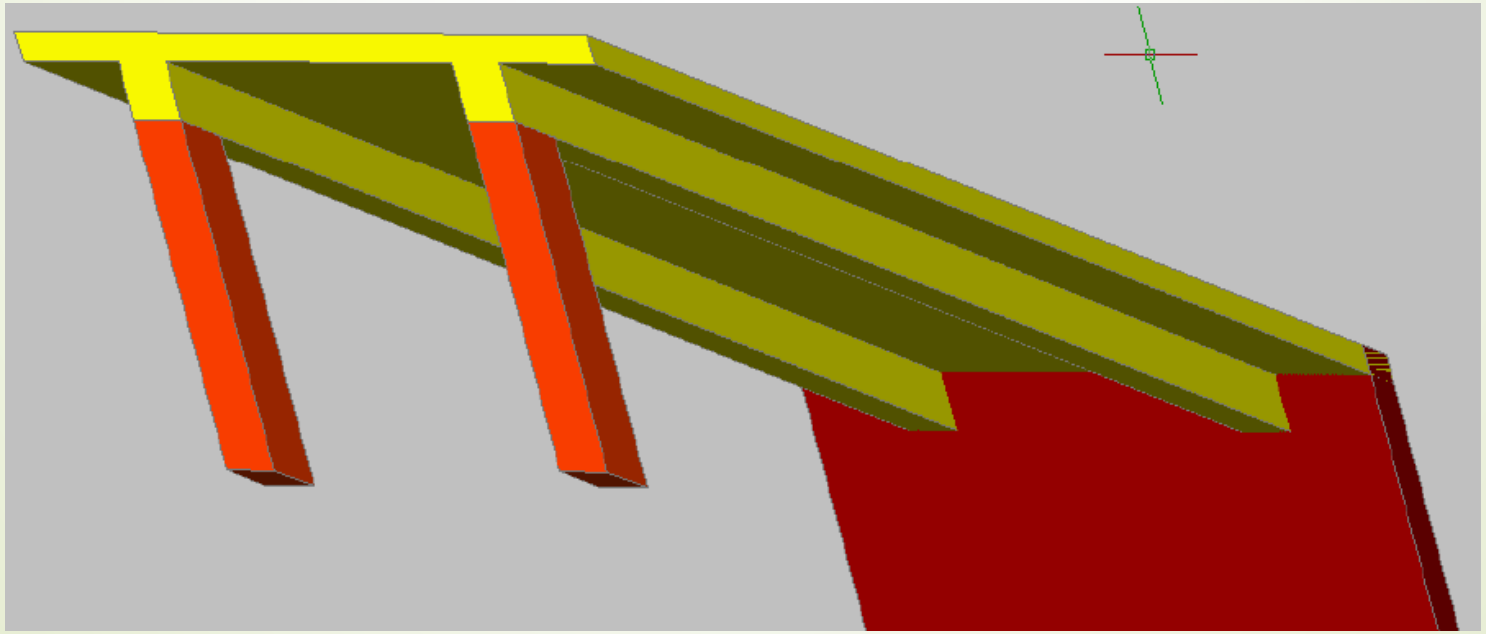
Sec. (B-B) at fixed end



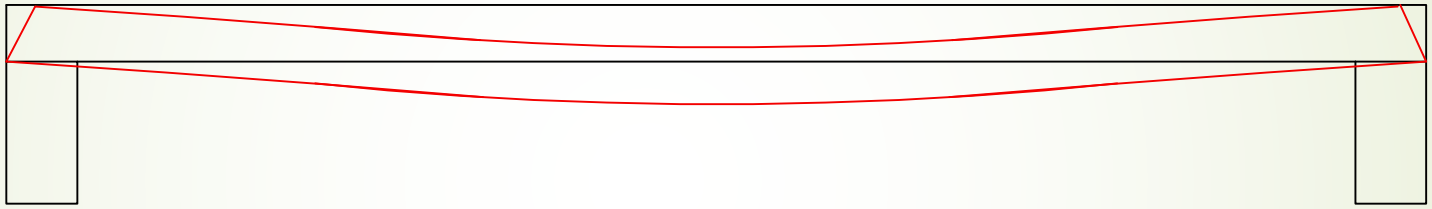
Sec. (A-A) at free end

الروافد Beams

تقوم الروافد بصورة عامة بنقل الاحمال المسلطة على البلاطات الخرسانية للسقوف الى مساند الروافد التي تكون على الاغلب أعمدة وقد تكون هذه المساند روافد رئيسية girders او جدرانا بنائية من الطابوق او الحجارة كما موضح في الشكل .

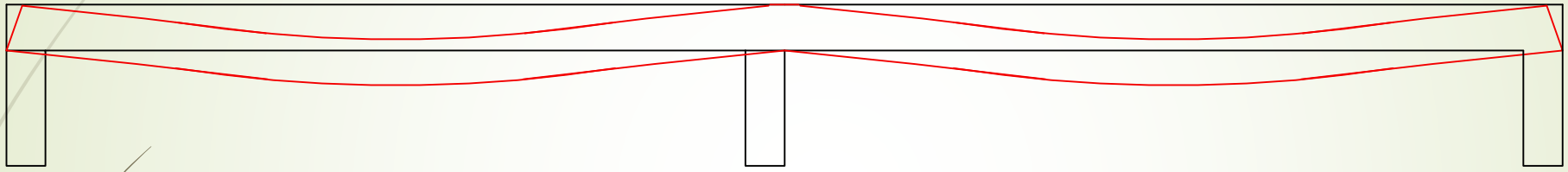


- تتوزع الاحمال المسلطة من بلاطة السقف على الرافدة وترتكز على مسند في كل من نهايتيها، ان هذا الوضع للرافدة وطريقة ارتكازها وتحميلها يجعلها تتعرض الى الاجهاد بنفس الطريقة التي تعرضت لها البلاطة الخرسانية أحادية الاتجاه والتي سبق ذكرها وتفصيلها أي انها تنحني تحت تأثير الاحمال كما موضح في الشكل .

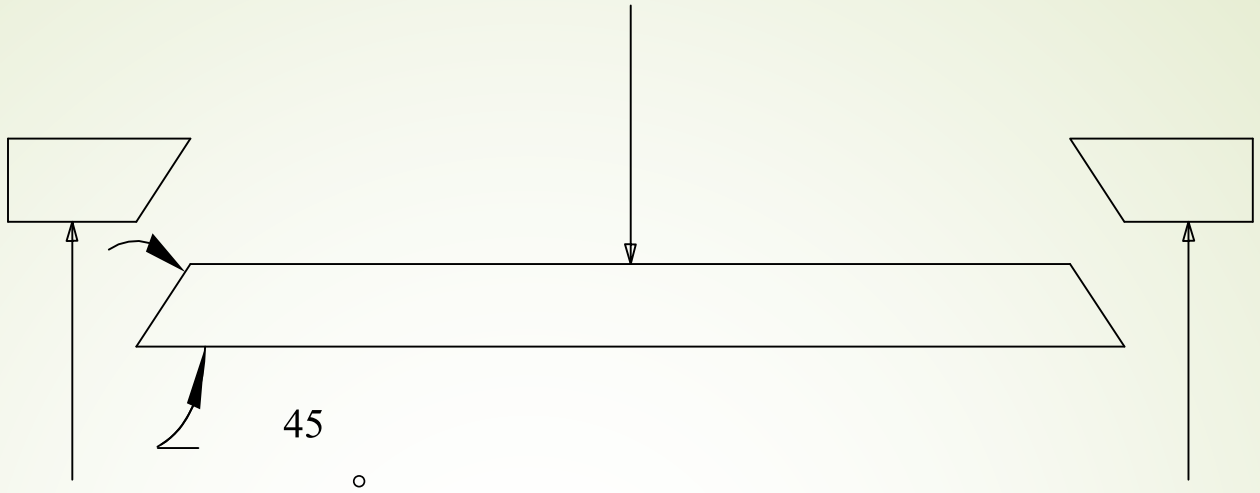


وبذلك يتعرض الوجه الأسفل الى اجهاد الشد في حين يتعرض الوجه الأعلى الى اجهاد الضغط عدا قرب النهايتين حيث يتحول الى اجهاد الشد بسبب التثبيت الذي يوفره المسند ، ولهذا يوضع فولاذ التسليح قرب الوجه الأسفل في منتصف فسحة الرافدة لمقاومة اجهاد الشد بينما يوضع فولاذ التسليح قرب الوجه الأعلى عند المسندين حيث يكون اجهاد الشد في الوجه الأعلى .

- اما في الروافد المستمرة على عدة مساند فان الانحناء يكون تقعرا في وسط الفسحة بين المسندين وتحدبا فوق المساند أي ان اجهاد الشد يكون في الوجه الأسفل في منتصف الفسحة وفي الوجه الأعلى فوق المساند كما في الشكل .

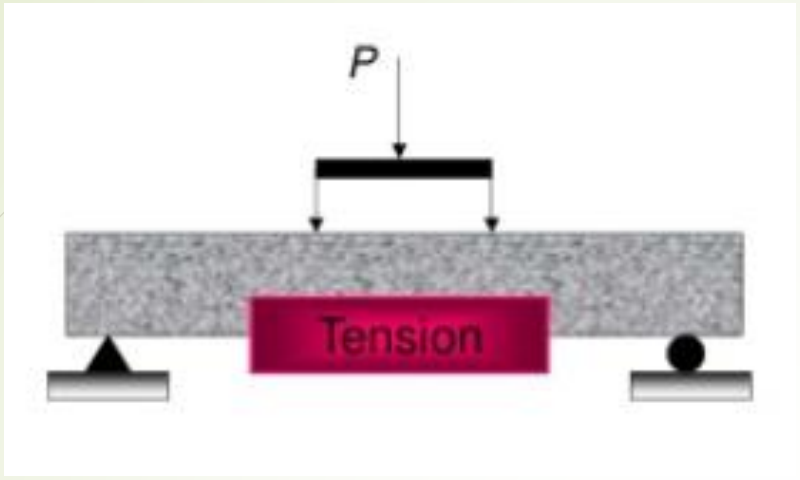


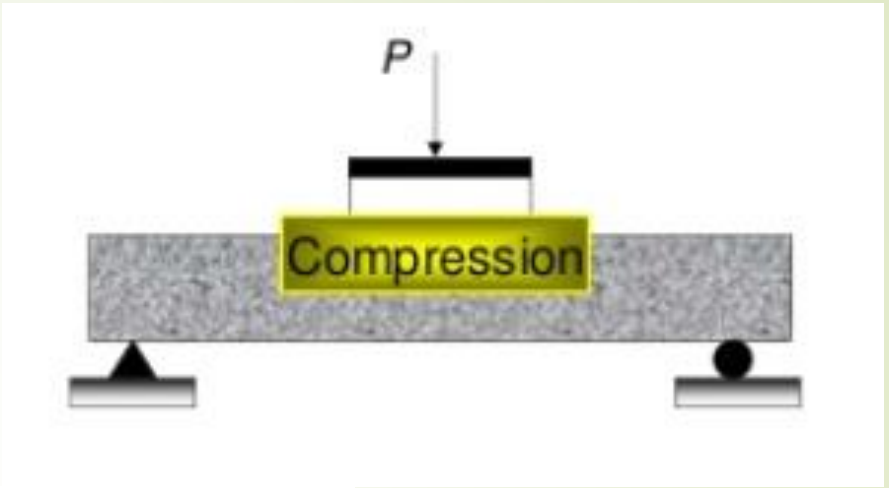
- عندما تسلط الاحمال على الرافدة فانها لاتتعرض الى اجهاد الشد والضغط فقط بل يكون هناك تأثير واضح لاجهاد القص يجب اخذه بنظر الاعتبار عند تصميم الرافدة لا كما في السقوف حيث يكون اجهاد القص على البلاطات الخرسانية قليلا في معظم الحالات ولايستدعي ايه معالجة خاصة كما في الشكل

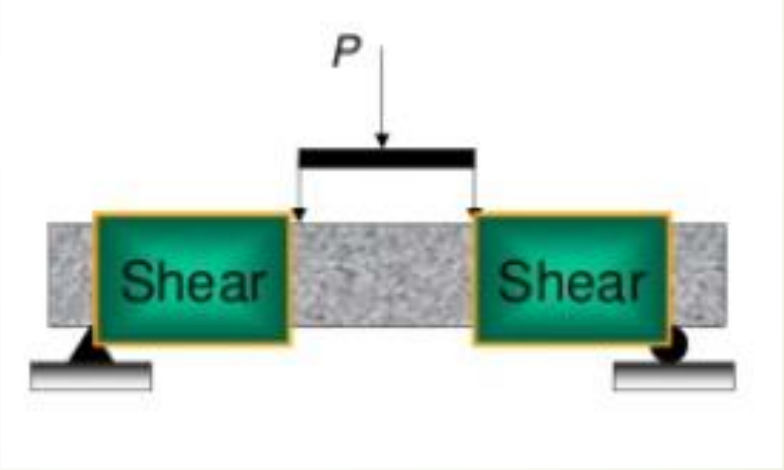


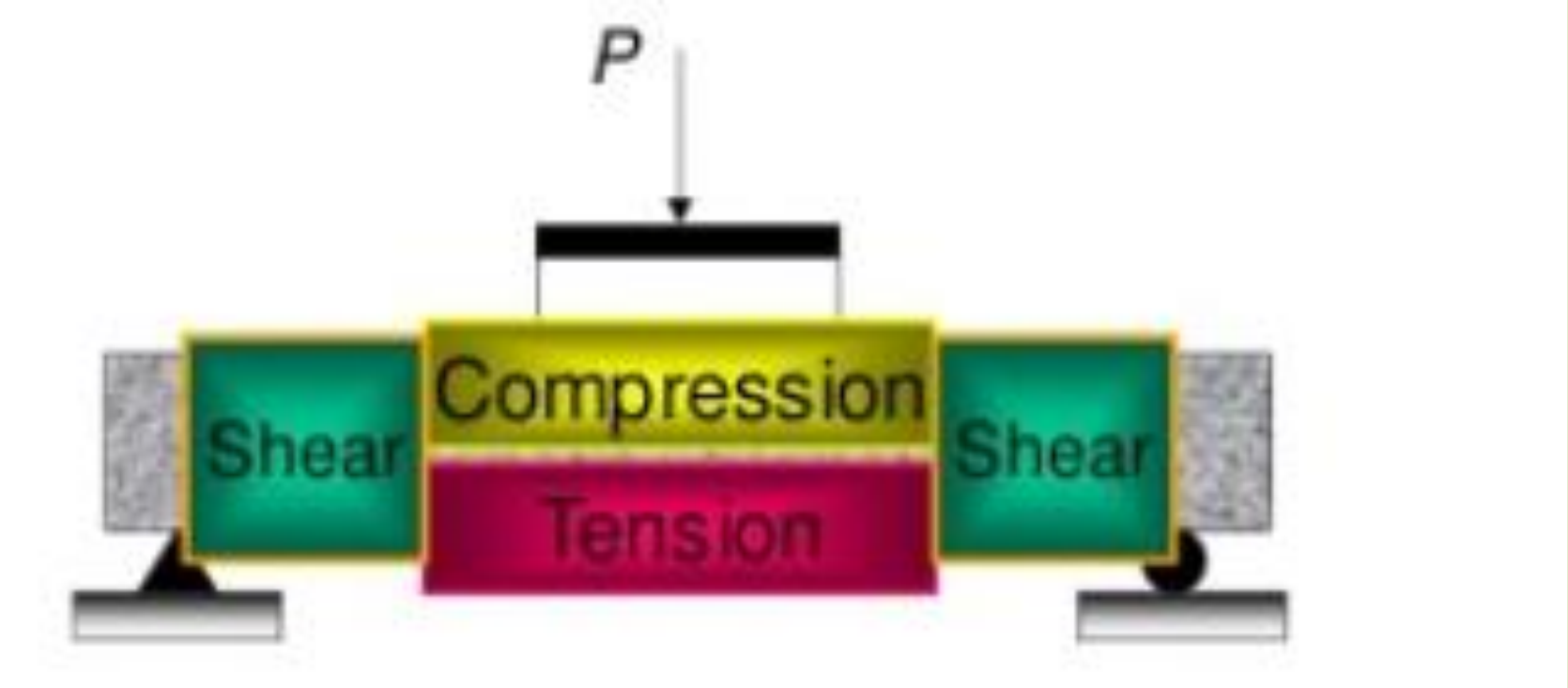
- لمقاومة اجهاد القص الذي يتجاوز في الروافد مقاومة الخرسانة منفردة لابد من توفير فولاذ التسليح باتجاه معين بحيث بحيث يقطع مستوى الانهيار المحتمل تحت تأثير اجهاد القص ويكون توفير فولاذ التسليح لمقاومة اجهاد القص بأحد الاشكال التالية :

1. الاطواق Stirrups
2. ثني قضبان التسليح الطولية من الوجه الأسفل في منتصف الرافدة الى الوجه الأعلى عند المسندين
3. جمع الطريقتين الانفتين في ان واحد


P
Tension


P
Compression


P
Shear
Shear


P
Shear
Compression
Tension
Shear

الغطاء الخرساني

- تحدد المواصفات مقدار الغطاء الخرساني الذي يجب توفره في الرافدة بما لا يقل عن 4 سم في الأجزاء التي لا تتعرض فيها الروافد الى الجو الخارجي او ان تكون على تماس مع التربة اما اذا تعرضت الرافدة الى التربة او الى الجو الخارجي فان الغطاء الخرساني يزداد الى 5 سم . ان هذا المقدار من العطاء الخرساني يؤمن مقاومة للحريق لمدة ساعتين فاذا كانت الحاجة تتطلب مقاومة للحريق لفترة أطول فلابد من زيادة مقدار الغطاء الخرساني .

تباعد القضبان افقيا

- تحدد المواصفات حد ادنى للتباعد الافقي بين القضبان الطولية في الروافد وذلك لضمان تغلغل الخرسانة وإمكانية رصها بشكل جيد وكما يلي :

1. قطر القضيب اذا كانت اقطار القضبان متساوية
2. قطر القضيب الأكبر اذا كانت اقطار القضبان مختلفة
3. 4/3 المقاس الأقصى للركام الخشن المستعمل في الخرسانة
4. 25 ملليمتر

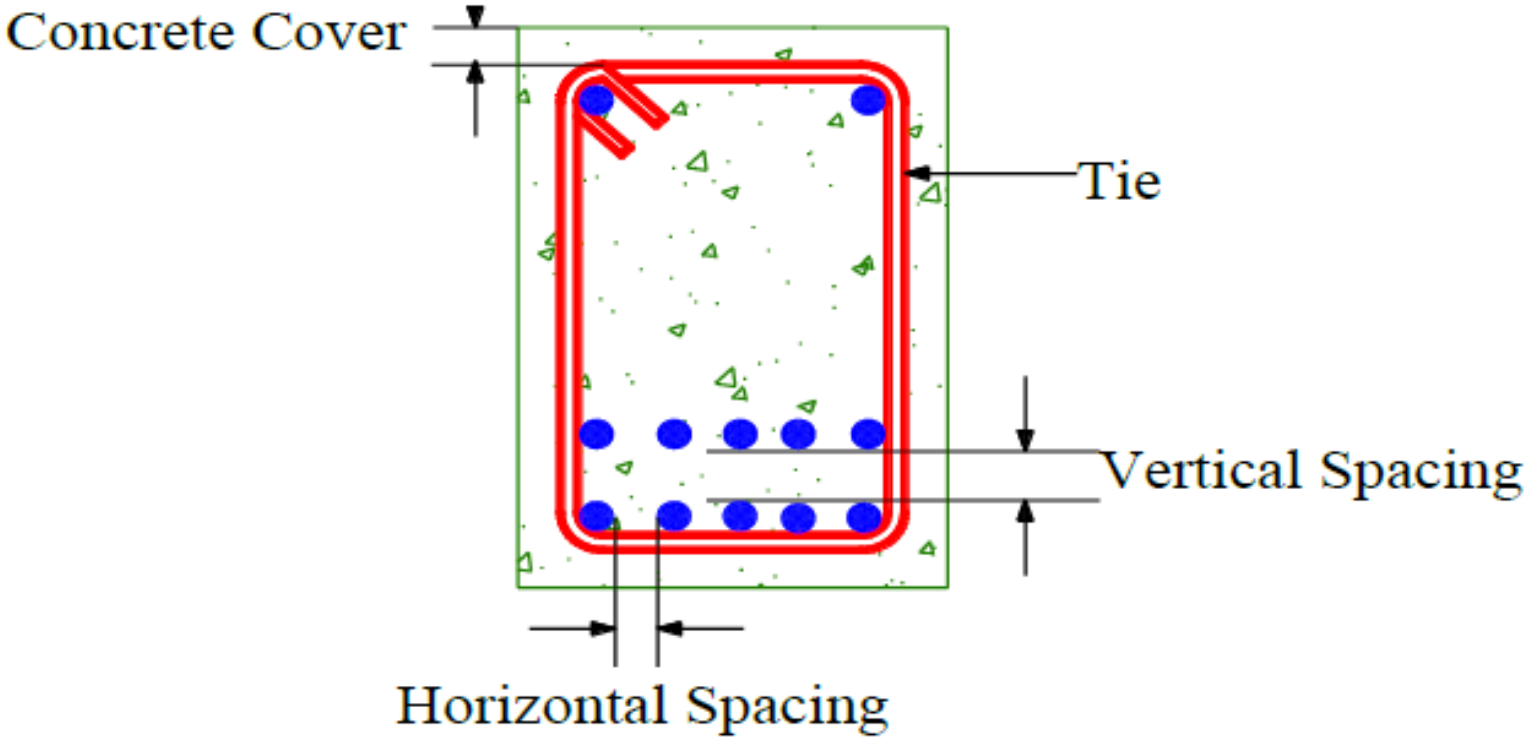
يستخدم اكبر تباعد ممكن حيث ذلك يسهل عملية صب الخرسانة

تباعد القضبان عموديا

- عندما يستخدم فولاذ التسليح الطولي بطبقتين او اكثر يجب ان تكون القضبان في الطبقة العليا فوق القضبان الواقعة في الطبقة السفلى مباشرة ويجب ان لايقل التباعد العمودي بين طبقات فولاذ التسليح عن أي من القيم التالية :

1. 25 ملليمتر
2. المقاس الأكبر للركام الخشن المستعمل في خلطة الخرسانة
3. قطر اكبر شيش في المجموعة

ويمكن الحصول على التباعد العمودي باستعمال قضبان فولاذية قصيرة توضع بين طبقات فولاذ التسليح الطولي وعموديا على اتجاههما ، تسمى قضبان التباعد spacer bars وتوضع هذه القضبان كل واحد متر تقريبا


Concrete Cover
Tie
Vertical Spacing
Horizontal Spacing