منشورات جامعة قاسيون
للعلوم والتكنلوجيا
كلية هندسة العمارة

منشآت الهياكل المسطحة
المستوية والمنحنية

اعداد الدكتور المهندس

ساطع بدوي

2018 - 2019

الفصل الأوّل

المنشآت المسطحة المستوية

مقدمة

1-1. أنواعها: Types

2-1. مساند البلاطات: Slabs Supports

3-1. التحليل الانشائي للبلاطات: Structural Analysis Of Slabs

4-1. الجدار كمنشأ سطحي مستوي شاقولي: Wall as a Plan Surface Structure

5-1. البلاطات المصمتة: Solid Slabs

البلاطة المصمتة الدائرية: Circular Solid Slab

البلاطة المصمتة المستطيلة: Rectangular Solid Slab

البلاطة الفطرية: Flat Slab

6-1. البلاطات غير المصمتة: Non- Solid Slabs

البلاطة الهوردي: Hourdi Slab

البلاطة المفرغة المعصبة: Ribbed Slab

الفصل الأوّل

المنشآت المسطحة المستوية

مقدمة

1-1. أنواعها: Types

2-1. مساند البلاطات: Slabs Supports

3-1. التحليل الانشائي للبلاطات: Structural Analysis Of Slabs

4-1. الجدار كمنشأ سطحي مستوي شاقولي: Wall as a Plan Surface Structure

5-1. البلاطات المصمتة: Solid Slabs

البلاطة المصمتة الدائرية: Circular Solid Slab

البلاطة المصمتة المستطيلة: Rectangular Solid Slab

البلاطة الفطرية: Flat Slab

6-1. البلاطات غير المصمتة: Non- Solid Slabs

البلاطة الهوردي: Hourdi Slab

البلاطة المفرغة المعصبة: Ribbed Slab

مقدمة

تعرف المنشآت السطحية بأنها منشآت يكون أحد أبعادها (وهو السمك) صغير جدا بالنسبة للبعدين الآخرين. يمكن أن تكون المنشآت السطحية بثلاثة أبعاد أي فراغية كالقشريات والبلاطات المثنية كما يمكن أن تكون ذات بعدين أي مسطحة ومستوية كالبلاطات.

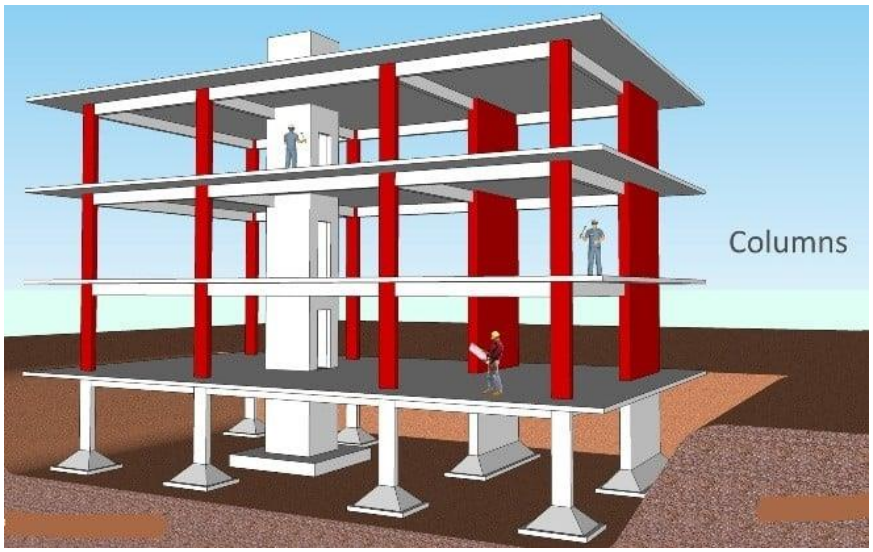
هناك حالات خاصة يكون فيها السمك كبيرا لدرجة لا يمكن اهمالها (مثلا 0.4 من العرض) فنحصل على ما يسمى بالبلاطة السميكة أو القشرية السميكة وهذه المنشآت لها قوانينها الخاصة ولن نتعرض لها هنا لأنها ذات استخدامات محدودة ولا تواجه المعماري الا نادرا.

1-1. أنواعها: Types

يمكن أن تكون المنشآت السطحية المستوية شاقولية (كما في حالة الجدران) أو أفقية (كما في حالة البلاطات) أو مائلة (كما في حالة بلاطات الادراج).

تكون الأحمال الرئيسية بحالة البلاطة متعامدة مع المستوي البلاطة فتقاومها عن طريق اجهادات الانعطاف أما في حالة البلاطة المائلة فتكون مقاومة البلاطة للأحمال ناتجة عن الاجهادات المحورية واجهادات الانعطاف بنسب تتبع ميل البلاطة.

2-1. مساند البلاطات: Slabs Supports



مقدمة

تعرف المنشآت السطحية بأنها منشآت يكون أحد أبعادها (وهو السمك) صغير جدا بالنسبة للبعدين الآخرين. يمكن أن تكون المنشآت السطحية بثلاثة أبعاد أي فراغية كالقشريات والبلاطات المثنية كما يمكن أن تكون ذات بعدين أي مسطحة ومستوية كالبلاطات.

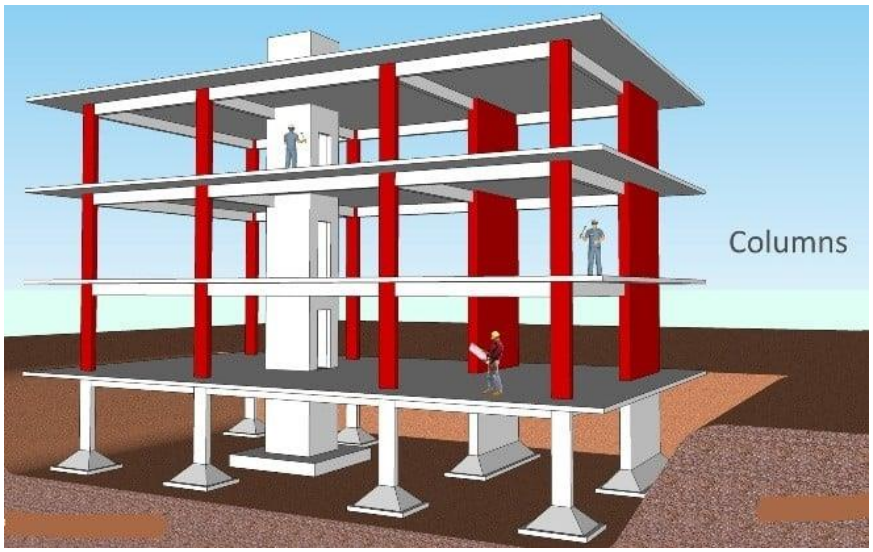
هناك حالات خاصة يكون فيها السمك كبيرا لدرجة لا يمكن اهمالها (مثلا 0.4 من العرض) فنحصل على ما يسمى بالبلاطة السميكة أو القشرية السميكة وهذه المنشآت لها قوانينها الخاصة ولن نتعرض لها هنا لأنها ذات استخدامات محدودة ولا تواجه المعماري الا نادرا.

1-1. أنواعها: Types

يمكن أن تكون المنشآت السطحية المستوية شاقولية (كما في حالة الجدران) أو أفقية (كما في حالة البلاطات) أو مائلة (كما في حالة بلاطات الادراج).

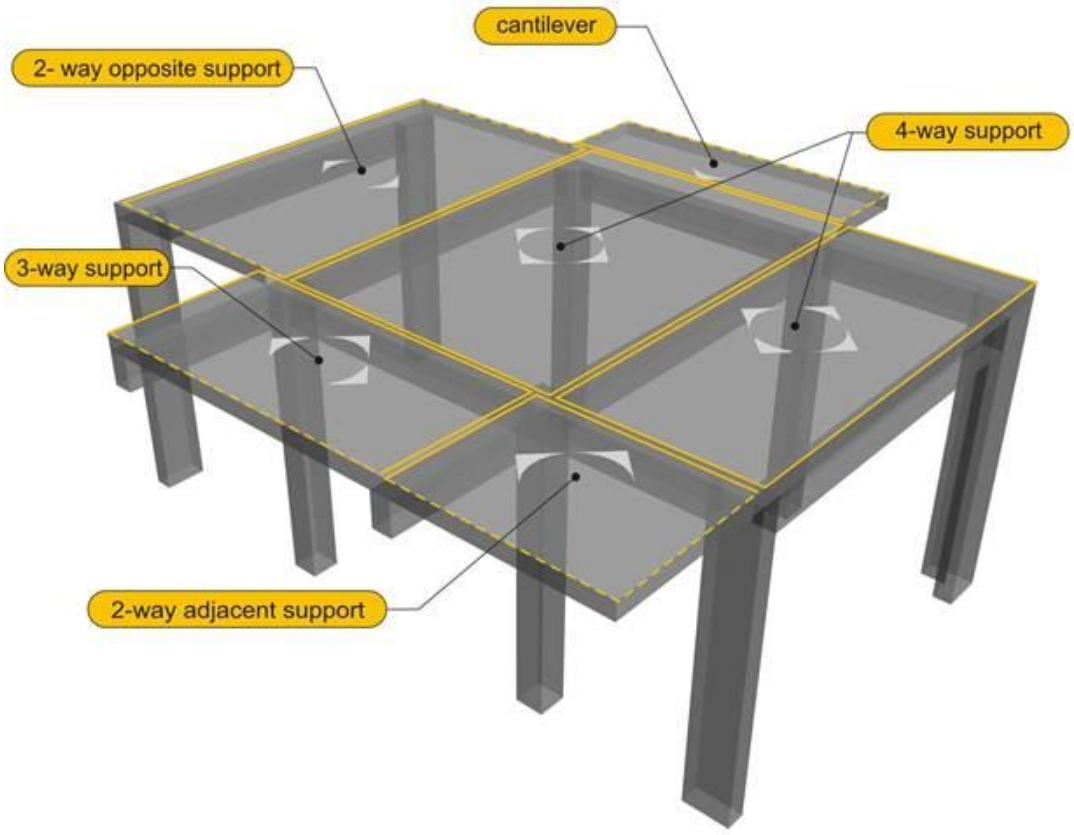
تكون الأحمال الرئيسية بحالة البلاطة متعامدة مع المستوي البلاطة فتقاومها عن طريق اجهادات الانعطاف أما في حالة البلاطة المائلة فتكون مقاومة البلاطة للأحمال ناتجة عن الاجهادات المحورية واجهادات الانعطاف بنسب تتبع ميل البلاطة.

2-1. مساند البلاطات: Slabs Supports



تستند البلاطات عادة إلى جيزان وتستند الجيزان على الأعمدة. كما يحدث أحيانا أن تستند البلاطات مباشرة على جدران حاملة وهناك حالات تلغى فيها الجيزان وبذلك تستند البلاطة مباشرة على العمود وتحصل على سطح خالي من الجيزان (حالة البلاطة الفطرية مثلاً). الشكل ( ) كذلك يمكن أن تكون مساند البلاطة من طرف واحد فقط أو أكثر من البلاطة . كما يمكن أن تكون البلاطة مستمرة فوق المسند بحيث نحصل على حالة وثاقة أو تكون غير مستمرة بحيث نحصل على حالة مسند مفصلي وسنستخدم بالرسم الاصطلاحات التالية:

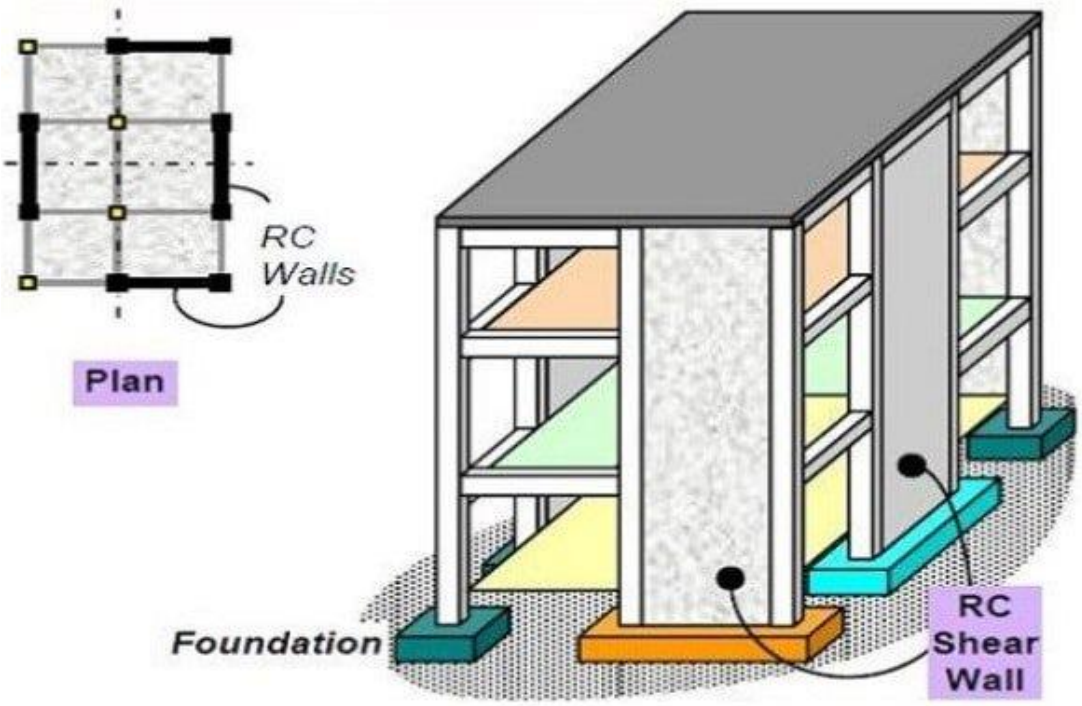
____ طرف حر، ------- استناد بسيط، /////// استمرار أو وثاقة تامة.



3-1. التحليل الانشائي للبلاطات: Structural Analysis Of Slabs

سنذكر هذه الفكرة الاساسية لتحليل البلاطات وسنعطي تفصيلا أكثر عنها عند دراسة أنواع البلاطات. الفكرة هي نأخذ شريحتين من البلاطة باتجاهين متعامدين وندسهما كجائزين يستندان على طرفيهما (بنفس نوعية استناد البلاطة)، ونحسب السهمين للشريحتين عند نقاط تقاطعهما ويكون الشرط الاساسي هو ضرورة تساوي هذين السهمين.

4-1. الجدار كمنشأ سطحي مستوي شاقولي: Wall as a Plan Surface Structure



يقاوم الجدار الاحمال الواقعة ضمن مستويه بإجهادات محورية أساساً. يمكن تصور الجدار كمجموعة متلاصقة من الضواغط (أو الأعمدة) تعمل مع بعض. هذا ويعتبر الجدار الحامل من أقدم العناصر الانشائية التي استخدمت ولا تزال تستخدم ويعتبر من العناصر الانشائية ذات الفعالية لانه يقاوم الاحمال عن طريق الاجهادات المحورية الضاغطة ولذلك يمكن بناء الجدار من مادة انشائية مقاومة للضغط (خشب، حجر، بيتون عادي، بلوك، ... الخ) وفي هذه الحالة يعتبر الجدار عنصرا منفصلا من طرفيه يتعرض لقوى محورية (أو محورية تقريبا) فقط. أما في حال بناء الجدار من مادة ثنائية المقاومة (بيتون مسلح مثلاً) فيمكن عمل استمرار بين الجدار والسقف وهذا يخفف من المواد اللازمة للسقف وبالمقابل يزيد المواد اللازمة للجدار لمقاومة العزم الذي سيحصل به ولكن النتيجة النهائية ستكون أوفر. بعبارة أخرى تحصل في هذه الحالة عمل أي إطارين السقف والجدار عوضا عن جملة الجائز البسيط مع عمود في حالة المادة أحادية المقاومة.

أخيرا لابد من التنويه بأن الجدار قد استخدم كعنصر حامل أساسي في المباني ذات الجدران الحاملة من الحجر لارتفاعات وصلت حتى عشرة طوابق أما في حال كون الجدران من البيتون المسلح فيمكن الحصول على ارتفاعات أعلى كثيرا من ذلك.

5-1. البلاطات المصمتة: Solid Slabs

من ناحية الشكل يمكن للبلاطة أن تأخذ عدة أشكال هندسية كالمستطيل والدائرة والمثلث وشبه المنحرف والمعين والمخمس والمسدس والمنحني ... الخ ولكن سنختصر الكلام على شكلين هما المستطيل والدائرة لانهما أكثر الأشكال شيوعا ثم لأنهما يمثلان بقية الأشكال عمليا. فشبه المنحرف والمعين يمكن أن يقربان إلى مستطيل والمثلث والمخمس والمسدس والمثمن ممكن أن تقرب إلى دوائر.

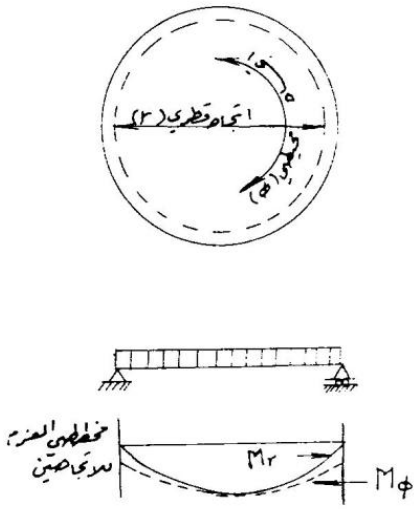
أم بالنسبة للمقطع العرضي للبلاطة فلدينا بلاطة مصمتة وبلاطة غير مصمتة في معظم الأحيان يستخدم الشكل الدائري مع البلاطات المصمتة فقط، أما الشكل المستطيل فيستخدم مع البلاطات المصمتة وغير المصمتة ولذلك سنتوجه بالشرح فيما يلي ضمن هذا الاتجاه.

1-3-1. البلاطة المصمتة الدائرية: Circular Solid Slab

أ. بلاطة دائرية ذات استناد بسيط:

تستند هذه البلاطة على محيطها استنادا بسيطا وتقاوم الاحمال التي تأتي فوقها بعزوم بالاتجاهين هما الاتجاه القطري (r) وبالاتجاه المحيطي (Ø) كما هو مبين بالشكل (4 – 1). يكون الاتجاه القطري مشابها لحالة

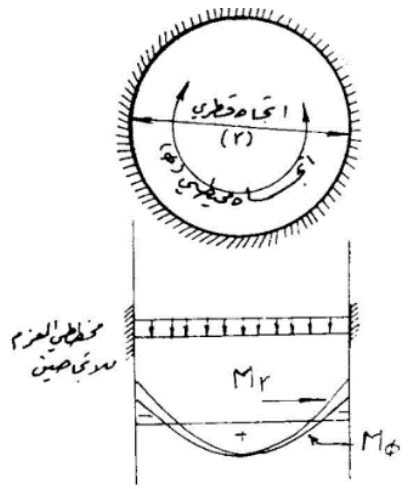
الجائز البسيط تماما. تكون نسبة السمك للمجاز (t / L) المعتادة في حالة البيتون المسلح (1/20 - 1/30) و في حالة الحديد (1/80 - 1/50).



الشكل (4 – 1) بلاطة دائرية بسيطة

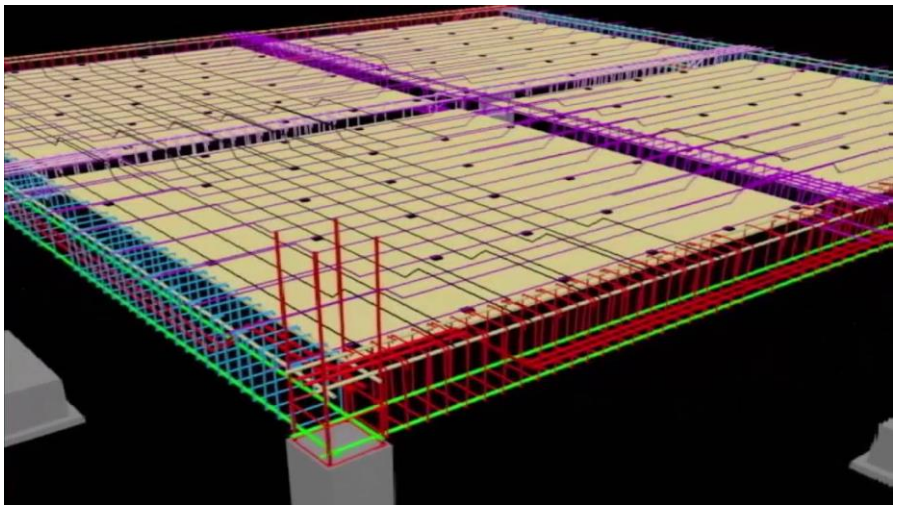
ب. بلاطة دائرية موثوقة:

بهذه الحالة يكون الاتجاه القطري مشابها لحالة الجائز الموثوق من الطرفين ونحصل على توزيع اجهادات أفضل من ذلك الذي نحصل عليه بحالة الاستناد البسيط لنفس الحمل والأبعاد وتكون النسبة t / L المعتادة للبيتون المسلح (1/35 - 1/30).



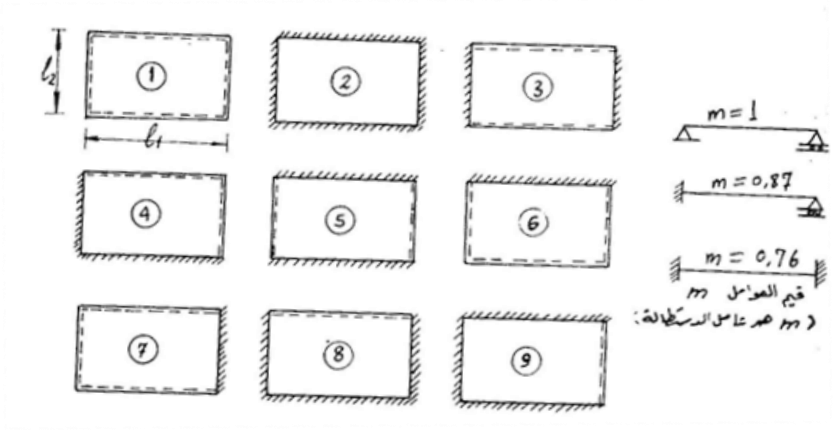
الشكل (4 – 2) بلاطة دائرية موثوقة

2-3-1. البلاطة المصمتة المستطيلة: Rectangular Solid Slab



أ. بلاطة مستندة على الجهات الأربعة:

يمكن تلخيص الجمل الانشائية لهذه الحالة والتابعة لشروط الاستناد الى ماهو مبين بالشكل (4 – 3).



الشكل (4 – 3) حالات البلاطة المستندة على اربعة جهات مع قيم عامل الاستطالة

يجري حل البلاطات المستندة على أربعة جهات بعدة طرق أهمها طريقة البلاطة المكافئة، وفيها نحول جميع أنواع الاستناد الى استناد بسيط فنحصل على البلاطة النموذجية رقم (1). يجري التحويل بضرب أبعاد البلاطة (L_1 , L_2) بعامل الاستطالة m حيث تأخذ m القيم التالية (1، 0.87، 0.76) كما هو مبين بالشكل (3 – 4). وتسمى نسبة الاستطالة r وتحسب من العلاقة:

$$r = \frac{m1 * l1}{m2 * l2}$$

حيث أن (m_1 , m_2 هما m المرافقة ل L_1 , L_2 على التوالي).

جرت العادة عبى تميز نوعين من البلاطة المصمتة المستطيلة. النوع الأول تكون فيه النسبة r أكبر من 2 أو أصغر من 0.5 ويمى هذا النوع ببلاطة ذات اتجاه واحد وفي هذا النوع نعتبر أن جميع الحمل يذهب بالتجاه القصير (إلى الجائزين الطويلين) كما لم يكن هناك أي استناد على الجائزين القصيرين . أما النوع الثاني فتكون فيه نسبة الاستطالة ($0.5 \leq r \leq 2$) ويسمى هذا النوع بلاطة ذات اتجاهين. في هذا النوع يذهب الحمل للمساند على الجهات الأربعة أي يذهب قسم منه بالاتجاه القصير (الى الجائزين الطويلين) والقسم الآخر بالاتجاه الطويل (الى الجائزين القصيرين) ويكون القسم الذي يذهب بالاتجاه القصير أكبر من القسم الذي يذهب بالاتجاه الطويل أما لحالة النسبة $r = 1$ (المربع) فيكون الحمل الذي يذهب بالاتجاهين متساوي.

يجرى حساب قيمة الجزء من الحمل الذي يذهب بكل اتجاه من تساوي السهم عند نقطة تلاقي شريحتين كل واحدة باتجاه. إذا اعتبرنا الفتل بين الشرائح المتتالية بنفس الاتجاه ان ذلك يزيد من مقاومة الشرائح وخاصة البلاطات المربعة أو القريبة من المربعة. كذلك يساهم في زيادة مقاومة الشرائح كون اركان البلاطة مثبتة مع المساند. على سبيل المثال بحالة المربع يذهب 35 % من الحمل بكل من الاتجاهيين ال 30 % المتبقية تقاوم بالفتل بين المقاطع وبتثبيت الأركان. أما في حالة البلاطة مع نسبة استطالة $r = 0.5$ أو $r = 2$ فإن 90 % من الحمل يذهب بالاتجاه القصير و 10% يذهب بالاتجاه الطويل ويكون تأثير الفتل بين المقاطع وتثبيت الاركان شبه معدوم . ونرى أن فرضية 100% من الحمل يذهب بالاتجاه القصير في حالة بلاطة في اتجاه واحد له ما يبرره تماما من الواقع. كذلك نلاحظ من الأرقام الواردة أعلاه أن البلاطة ذات الاتجاهين أكثر اقتصادية من البلاطة ذات الاتجاه الواحد، والبلاطة المربعة هي أكثر البلاطات اقتصادية ولذلك ينصح بها ما أمكن ذلك.

تكون البلاطة ذات الاتجاهين مصنوعة من البيتون المسلح مناسبة لمجازات تصل حتى 6 م (ضلع قصير) ولتحميل حي خفيف أو متوسط ويمكن أن يحوي التحميل الحي أحمالا مركزة. عندما تكون الاحمال الحية المركزة ثقيلة فيشترط سمكا أدني للبلاطة لمنع الثقب. مثلا في حالة بلاطة مصمتة ستمر عليها سيارات سياحية بموقف سيارات او بكراج مثلا فيجب ألا تقل سماكة البلاطة عن 12 سم ويجب التنويه هنا بأن هذا الشرط ينطبق على جميع أنواع البلاطات التي ستتحمل أحمال مركزة.

تكون النسبة t / L المعتادة للبلاطة ذات الاتجاهين في حالة البيتون المسلح هي (1/35 - 1/25) من الضلع القصير أو (1/180) من المحيط . أما في حالة الحديد فتكون نسبة (t / L) للبلاطة ذات الاتجاهين هي (1/125 - 1/100) ويكون المجاز الأعظمي المناسب للضلع القصير بحدود 1 م.

عند تصميم البلاطة مع الجيزان فتصمم البلاطة أولا (اتجاه واحد أو اتجاهين) ثم يصمم الجائز بعدها يصمم العمود فالأساسات. نلاحظ هنا أن حمل البلاطة قد تم نقله كله بأجمعه بالاتجاه الاول ثم جرى نقله كله بأجمعه بالاتجاه الثاني للوصول إلى العمود. وهذا النقل مرتين يحصل سواء كانت البلاطة باتجاه واحد أو باتجاهين.

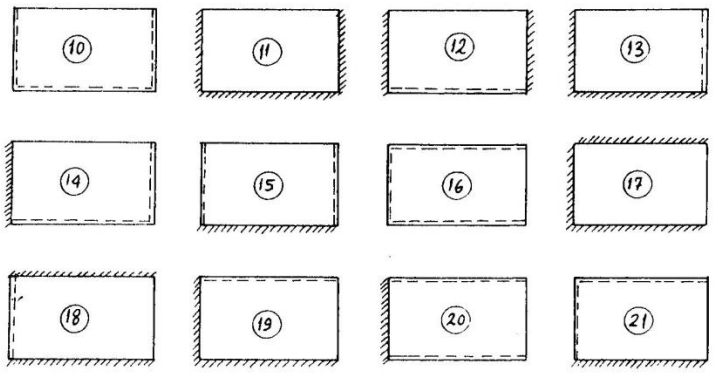
إن البلاطة ذات الاتجاهين أكثر اقتصادية من البلاطة ذات الاتجاه الواحد.

هناك ملاحظة جديرة بالانتباه في عملية نقل الاحمال وهي أن الحمل الحي والميت الإضافي الواقع على البلاطة ينتقل بأكمله الى الجيزان ويضاف له الوزن الذاتي للبلاطة. ثم ينتقل الحمل الجديد بأجمعه للعمود بعد اضافة الوزن الذاتي للجيزان كذلك ينقل الحمل الأخير بأجمعه للأساس بعد اضافة الوزن الذاتي للعمود له.

وقد شبه أحدهم وضع البلاطة والجائز والعمود بوضع ثلاثة رجال فوق أكتاف بعضهم البعض ويحمل أعلاهما صندوقا.

ب. <u>بلاطة حرة من جهة واحدة ومستندة من الجهات الثلاثة الأخرى:</u>

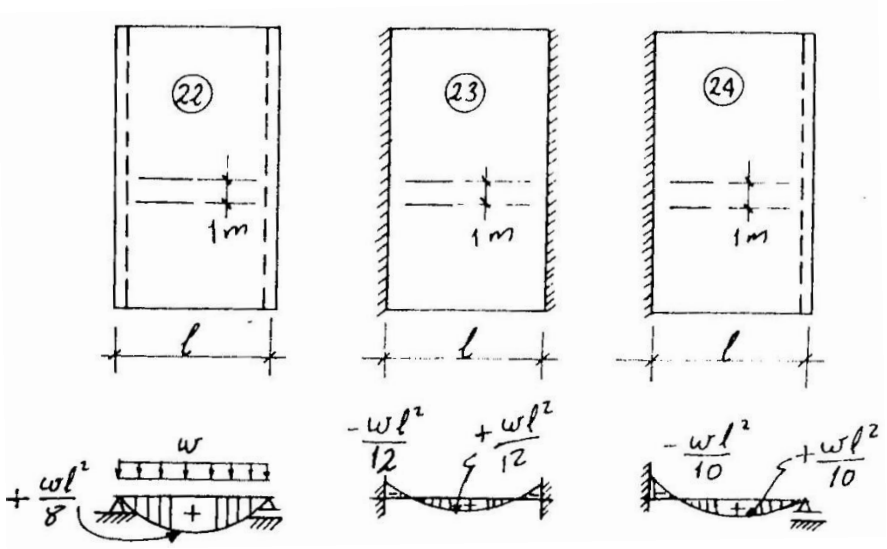
تكون الجمل الانشائية المناسبة بحسب حالات الاستناد كما هو موضح بالشكل (4 – 4).



الشكل (4 – 4) اشكال استناد البلاطات الحرة من جهة واحدة فقط

يمكن لهذه البلاطات أيضا أن تكون ذات اتجاه واحد أو ذات اتجاهين بحسب النسبة بين بعدي البلاطة واعتمادا على مبدأ يسبق ما سبق شرحه بحالة البلاطة المستندة من الجهات الأربعة.

ج. بلاطة مستندة من طرفين متقابلين وحرة من الطرفين الآخرين:



شكل (4 – 5) البلاطة الجائزية

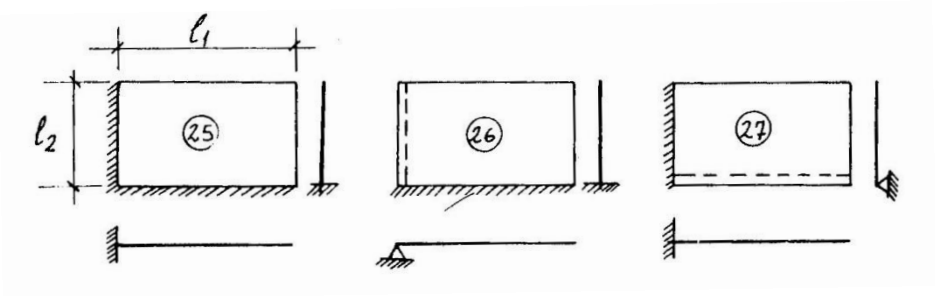
تسمى هذه البلاطة بلاطة جائزية لأن طريقة عملها تشبه طريقة عمل الجائز وحالات استنادها موضحة بالشكل (4 – 5). تعامل هذه البلاطة معاملة مجموعة من الجيزان المتجاورة ذات عرض يساوي لواحدة المسافة اي 1 م. ولكن لسبب كون هذه الجيزان ملتصقة مع بعضها البعض بشكل كامل فيتشكل بين الجيزان المتجاورة قوى قص وعزوم فتل تزيد من مقاومة المقطع. في حالة كون الحمل الحي مطبق على كامل السطح بالتساوي فإن جميع الشرائح تحمل بنفس الاحمال وبالتالي ينعدم القص والفتل بين المقاطع المتجاورة ونقرب من الفرض.

تكون الجملة الانشائية لهذه البلاطة تابعة لنوعية الاستناد فممكن ان تكون بشكل جائز بسيط أو جائز موثوق من الطرفين او من طرف واحد فقط. نعتبر استناد البلاطة على جائز طرفي استنادا مفصليا بسيطا اما اتصال البلاطة مع بلاطة اخرى أو مع جدار سميك مرتفع يعطي وزنا كافيا لمنع البلاطة من الدوران فنعتبره وثاقة تامة.

تكون النسبة t / L المعقولة بحدود (1/30 - 1/20) بيتون مسلح و (1/100 - 1/80) حديد والمجاز المناسب الاعظمي (4 – 5 م) بيتون مسلح و(0.6 – 0.8 م) حديد ويلاحظ أن نسبة t / L في حالة الجائز البسيط هي من (1/12 - 1/10) اي ضعف النسبة في حالة البلاطة الجائزية البسيطة ويمكن تفسير ذلك بأن البلاطة الجائزية هي جائز عريض، بينما يكون عرض الجائز بحدود (1/2 - 1/5) ارتفاعه يكون " عرض "

البلاطة الجائزية وهو (1 م) وهو (5 – 10) مرة ارتفاع البلاطة بالإضافة لكون حمل الجائز للمتر الطولي أكبر من حمل البلاطة الجائزية للمتر الطولي.

د. بلاطة مستندة على طرفين متجاورين وحرة من الطرفين الاخرين:

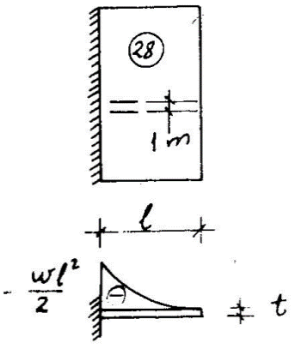


الشكل (4 – 6) البلاطة المستندة على طرفين متجاورين فقط

يوضح الشكل (4 – 6) حالات الاستناد المناسبة بهذه الباطة وواضح من الشكل أن احد المسندين على الاقل يجب ان يكون وثاقة تامة. يمكن لهذه البلاطة ان تعمل باتجاهيم او اتجاه واحد حسب نسبة الاستطالة. اذا كانت نسبة الاستطالة $r = 1$ فيمكن اعتبارها ان 50 % من الحمل يذهب بكل اتجاه وتعطي الجداول نسب العمل بكل اتجاه اذا كانت $r \neq 1$. كطريقة امينة يمكن اعتبار ان كل الحمل يذهب باتجاه الظفر عندما يكون $r \geq 1.2$. لا ينصح باستخدام هذا النوع من البلاطات الا حسن تدعو الضرورة الى ذلك كما في حالة البلكونات.

ه. بلاطة موثوقة من طرف وحرة من ثلاثة أطراف (ظفرية):

تسمى هذه البلاطة بلاطة ظفرية أي انها تتصرف كالظفر لذلك جرت دراسته سابقا بالمنشآت الخطية. يمكن تصور عمل هذه البلاطة بوضع عدة أظفار خطية بجانب بعضها ولصقها مع بعضها البعض لتنقل قوى القص وعزوم الفتل.



الشكل (4 – 7) البلاطة الظفرية

لحل هذه البلاطة سنأخذ شريحة منها بعرض وحدة المسافة (1 م) ونحسب الاحمال والعزوم عليها ثم نصمم المقطع. اما بالنسبة للوثاقة التامة فيمكن ان يكون استمرار مع بلاطة مجاورة او مع جدار سميك مرتفع قادر على منع البلاطة من الدوران.

تكون النسبة t / L المعقولة في حالة البيتون المسلح هي (1/12 - 1/10) وفي حالة الصفائح الحديدية تكون النسبة (1/30 - 1/25)، اما المجاز المناسب الاعظمي فيكون فيكون في حدود (2 م) بيتون مسلح. يمكن استحدام هذه البلاطة لتخفيف العزوم الموجبة في البلاطة المجاورة ويكون استخدامها نافعا عندا يكون مجاز البلاطة المجاورة كبيرا (في حدود اربعة اضعاف مجاز الظفر).

1-3-3. البلاطة الفطرية:

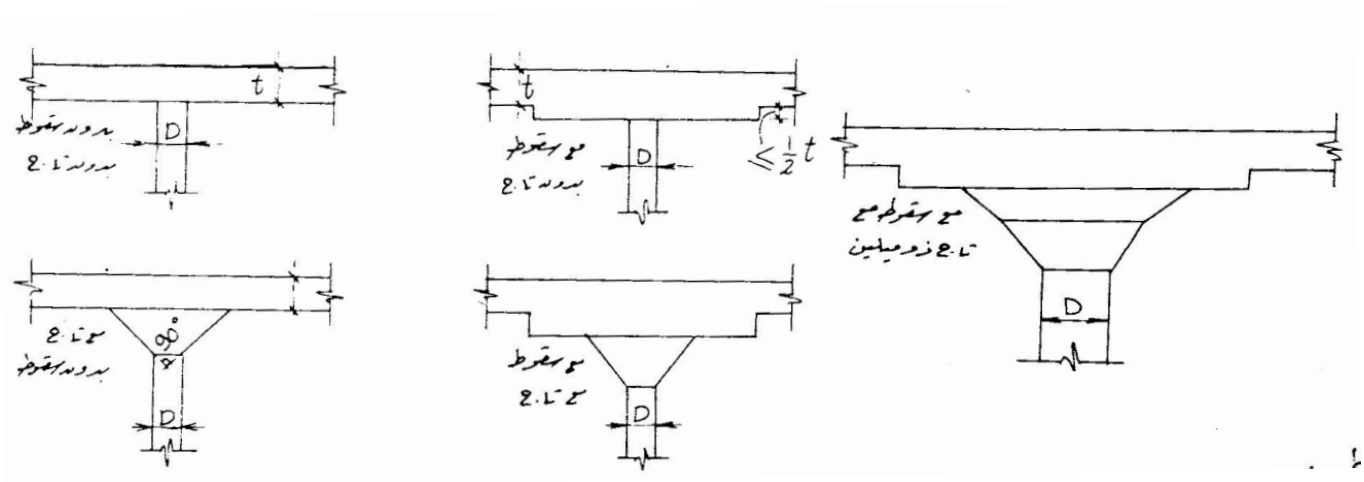
هذه البلاطة هي بلاطة مصمتة من البيتون المسلح وبدون جيزان اي تستند على الاعمدة مباشرة. يمكن ان يكون الاستناد على العمود دون سقوط في البلاطة وبدون تاج للعمود او باحدهما او كلاهما معا مكا هو موضح بالشكل (4 – 8).

ان المهمة الانشائية للسقوط والتاج هي التخفيف من العزوم في البلاطة وبالتالي تفيف السماكات ولذلك فلا داعي لها في المجازات الصغيرة والاحمال الخفيفة، كلما زاد الحمل او المجاز وجب الاتجاه نحو استخدام سقوط او تاج او كليهما معا. يسمح عادة بزيادة السقوط عن نصف سماكة البلاطة كما ان الزاوية بين طرفي التاج لا يسمح ان تزيد عن 90^{o}. وإذا اختيرت أكثر من ذلك لأسباب معمارية فلا تؤخذ الزيادة بعين الاعتبار عند الدراسة الانشائية. يمكن ان تكون الاعمدة (والسقوط والتاج ايضاً) دائرية او مربعة او مسدسة او مثمنة ... الخ.

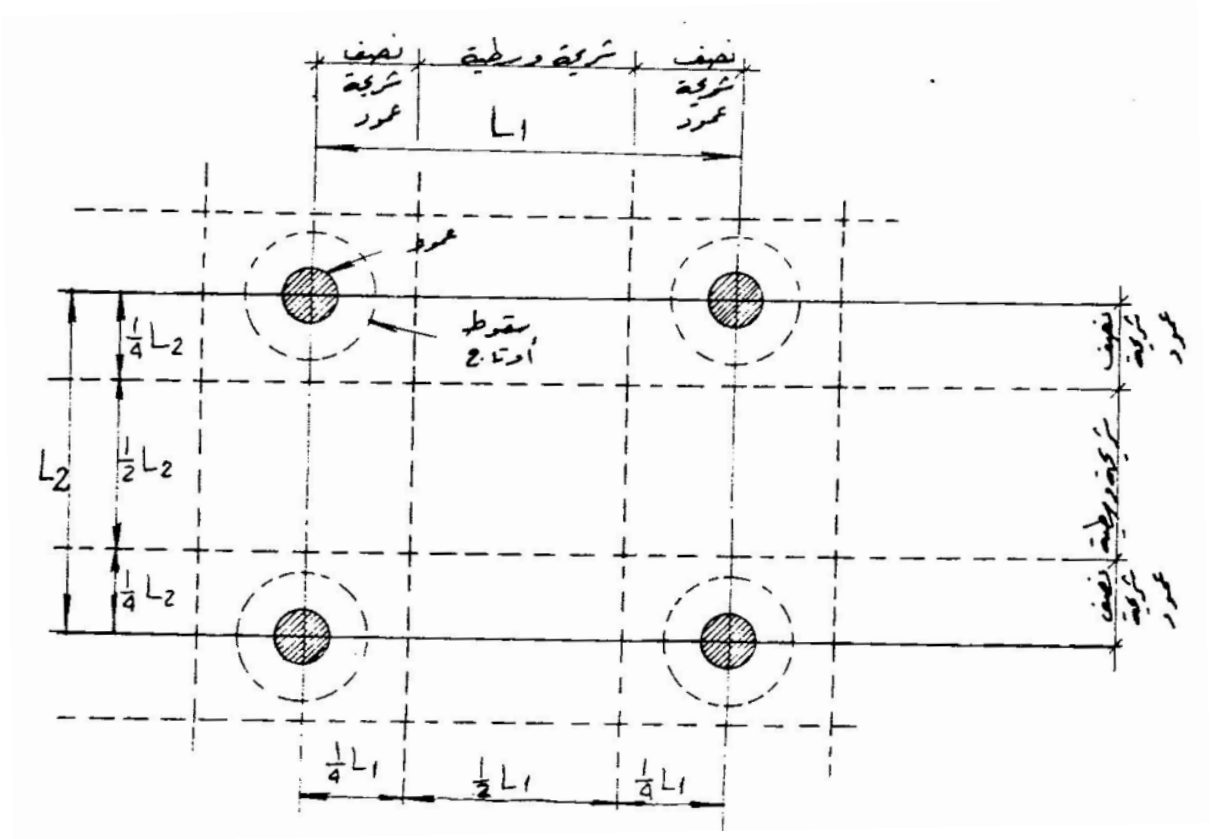
يفضل ان تكون المجازات بالاتجاهين متساوية ($L_1 = L_2$) كذلك يفضل ان لا يقل عددالفتحات بكل اتجاه عن ثلاثة. اثناء التصميم نعتبر ان كل الحمل يحمل بالاتجاه 1 ثم كل الحمل يذهب بالاتجاه 2. وفي كل اتجاه يجري تقسيم البلاطة الى شرائح وسط وشرائح عمود كما في الشكل (4– 8). تكون العزوم عادة في شرائح العمود أكبر منها في شرائح الوسط.

تعتبر البلاطات الفطرية مناسبة للمجازات المتوسطة (5 – 10) م وللتحميل الثقيل سواء كان مركزا او موزعاً. وباعتبار ان هذه البلاطة لا تحتوي على جيزان فتكون مناسبة جدا للمخازن لامكانية استعمال كامل الاستعمال للتخزين.

يكون السمك t المعتاد للبلاطة الفطرية (20 – 30) سم وتكون النسبة t / L بحدود (1/30 - 1/20) من الاتجاه القصير.



الشكل (4 – 8) مقاطع شاقولية عند اتصال البلاطة الفطرية مع العمود



الشكل (4 – 8) البلاطة الفطرية

6-1. البلاطات غير المصمتة: Non- Solid Slabs

عندما يصبح مجاز البلاطة كبيرا نحتاج الى سمك كبير ايضا وبذلك يشكل الوزن الذاتي للبلاطة جزءا مهما من الحمل كذلك يكون قسم من البلاطة معرضا لإجهادات ضعيف جداً. وإذا كانت البلاطة من البيتون المسلح فهناك جزء مهم منها (وهو الجزء بمنطقة الشد) ليس له عمل سوى تغطية قضبا التسليح.

اعتمادا على ذلك جرى التفكير بطريقة لتوفير الوزن الذاتي للبلاطة في المجازات الكبيرة وكان الحل هو استخدام البلاطات غير المصمتة. ومن امثلة ذلك في الحديد هو الشبك المفرغ Gratingوهو مصنوع من صفائح معدنية ذات سمك (1) مم وبارتفاع من (30 – 40) مم تتقاطع مع بعضهما لتشكل بلاطة مفرغة تستخدم في المجازات المتوسطة (1 – 2) م وإذا ازداد المجاز عن ذلك تستخدم صفائح من الحديد مقواة بزوايا من الاتجاهين فنحصل على بلاطة معصبة " حديدية ".

في حالة البيتون المسلح لدينا بلاطة الهوردي والبلاطة المعصبة ذات الجيزان المتصالبة. تستخدم البلاطة الهوردي في المجازات المتوسطة وعندما تزيد المجازات ويصبح مهما جدا تخفيف الوزن الذاتي للبلاطة نزيل بلوك الهوردي فنحصل على بلاطة معصبة. أما في حالة المجازات الكبيرة فيصبح استخدام البلاطة ذات الجيزان المتصالبة هو الاقتصادي.

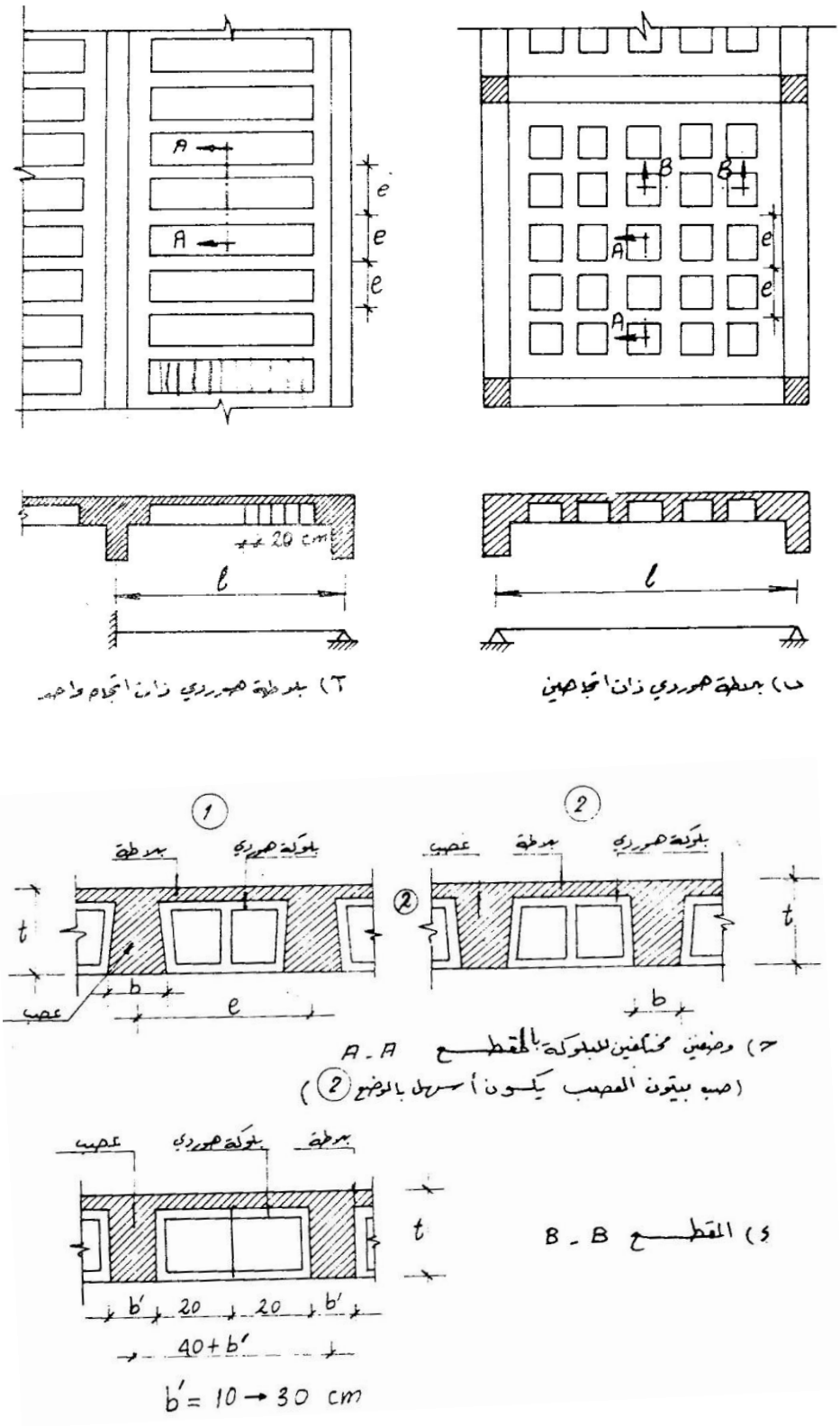
1-6-1. البلاطة الهوردي: Hourdi Slab

تعمل البلاطة الهوردي من البيتون المسلح والبلوك الهوردي المفرغ. وميزة هذا البلوك هي تخفيف في كمية وزن البيتون المستخدم في البلاطة (بالمقارنة مع البلاطة المصمتة) وكذلك توفير في القالب واعطاء عزل حراري جيد. وكذلك من ميزات هذه البلاطة من الناحية المعمارية امكانية عمل جيزان مخفية ضمن البلاطة وذلك إذا دعت المتطلبات المعمارية لذلك.

تكون المسافات بين الاعصاب e انظر الشكل (4 – 9) بحدود (50 – 70)سم وسمك البلاطة المصمتة فوق البلوك من (6 – 10) سم (لا تقل عن e / 10) أما ارتفاع البلوك فيكون من (14 – 35) سم (القياسات النظامية) بالطبع يمكن الحصول على بلاطة الهوردي اسمك من ذلك ولكن هذا غير منصوح فيه الا للضرورة.

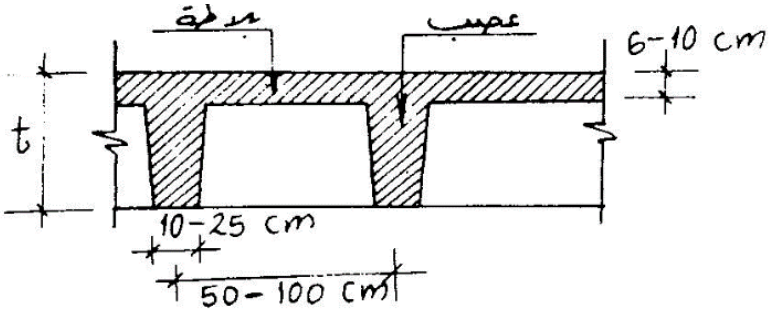
عادة يكون عرض بلوكة الهوردي ثابتا 20 سم اما الطول فيختلف من بين الاعلى والاسفل بمقدار 3 سم والابعاد الموجودة بشكل نظامي هي (32 35 / إلى 40 / 37) ويمكن تصنيع اي ابعاد مطلوبة . بالطبع يختلف تبعا لذلك عرض العصب بين اعلى وأسفل بمقدار 3 سم.

يمكن ان تكون البلاطة الهوردي ذات اتجاه واحد او اتجاهين كما سبق ذكرها في حالات البلاطات المصمتة. لقد جرت العادة ان يتم الحساب الانشائي للبلاطة الهوردي للاحمال الحية الخفيفة الموزعة (حتى 500 Kg / m^2) وللمجازات المتوسطة (4 – 10) م اما النسبة المعتادة لـ t / L فهي بحدود (1/25 - 1/20) للبلاطة الهوردي باتجاه واحد و(1/30 - 1/25) للبلاطة الهوردي باتجاهين.



الشكل (4 – 9) بلاطة الهوردي

2-6-1. البلاطة المفرغة المعصبة: Ribbed Slab



الشكل (4 – 10) مقطع في البلاطة المعصبة

تعمل البلاطة المسلحة من البيتون المسلح وهي تشبه تماما بلاطة الهوردي سوى انها لا تحوي على بلوك. قبل الصب يوضع مكان البلوك قوالب بلاستيكية يجرى ازالتها بعد صب البيتون وتصلبه. ويلاحظ هنا ضرورة ان تكون الاعصاب بالاسفل اضيق منها في الاعلى وذلك لتسهيل فك القالب البلاستيكي. وكذلك عندما تكون البلاطة معصبة في الاتجاهين يجب ان تكون الاعصاب من الاتجاهين ضيقة في الاسفل لتسهيل فك القوالب.

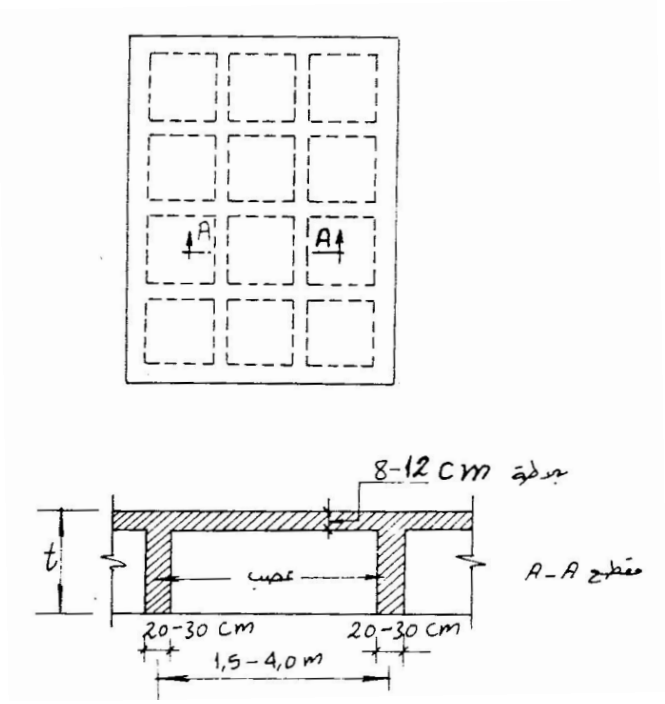
تكون المسافة بين الاعصاب بحدود (50 – 100) سم وسمك البلاطة فوق الاعصاب بحدود (6 – 15) سم . أما الحساب الانشائي فيمكن اعتماد طريقة الحساب للبلاطة المصمتة مع تركيز التسليح ضمن الاعصاب.

إن البلاطة المعصبة غير مناسبة للاحمال الثقيلة وخاصة المركزة منها وهي مناسبة جدا للحمال الخفيفة (حتى 500 Kg / m^2) والمجازات الكبيرة نسبيا (8 – 16) م وتكون النسبة المعتادة لـ t / L بحدود (1/25 - 1/20) للبلاطة ذات الاتجاه الواحد و (1/30 - 1/25) للبلاطة ذات الاتجاهين.

3-6-1. **البلاطة ذات الجيزان المتصالبة: Slab of Panelled Beams**

تستند البلاطة ذات الجيزان المتصالبة على جيزان رئيسية على المحيط في الجهات الأربعة. تعتبر هذه البلاطة ذاات اتجاهين وهي ايضا بلاطة مفرغة أو معصبة, احيانا تسمى بلاطة معصبة من النوع الثاني . الفرق الاساسي بين هذه البلاطة والبلاطة التي درسناها باسم البلاطة المعصبة (والتي تسمى احيانا بلاطة معصبة من النوع الاول) هو ان المسافة بين الاعصاب في النوع الاول لا تزيد عن متر واحد بينما تكون المسافة بين الاعصاب في النوع الثاني لا تقل عن متر واحد عادة (1.5 – 4) م ويتبع ذلك ان الاعصاب في النوع الاول تصبح جيزان في النوع الثاني وتكون ذات عرض ثابت وذلك لان المسافة بين الجيزان اصبحت كبيرة لدرجة

يمكن استخدام القالب الخشبي. ويتبع ايضا انه اصبح من الضروري تصميم البلاطة فوق الجيزان اذ اصبحث بسمك (8 – 12) سم بينما لم يكن هناك حاجة لتصميمها في حالة البلاطة المعصبة من النوع الاول وكان التسليح يؤخذ بصورة انشائية اما احمال الجيزان في الاتجاهين فتابعة لنسبة الاستطالة r ولموقع الجائز بالنسبة للبلاطة انظر الشكل (4 – 11). وتجدر الاشارة هنا ان شروط الاستناد التي سبق شرحها للبلاطات المصمتة المستطيلة يمكن ان تتوفر بهذه البلاطة أيضاً.



الشكل (4 – 11) سقف وقطاع بلاطة ذات جيزان متصالبة

ان البلاطة ذات الجيزان المتصالبة غير مناسبة للاحمال الثقيلة وخاصة المركزة منها وتكون مناسبة جدا للاحمال الحية الخفيفة الموزعة (حتى 500 Kg / m^2) ولمجازات كبيرة نسبيا اي حتى (– 16) م ضلع قصير. يفضل أن تكون ابعاد البلاطة قريبة من المربع ما امكن للحصول على ارتفاعات مقبولة للجيزان أما النسبة المعتادة لـ t / L فهي بحدود (1/25 - /1).