مدخل إلى الهندسة المدنية

خالد غسان شيخه

Civil
Engineering

بسم الله الرحمن الرحيم

{ وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْماً }

1439-2018

مدخل إلى الهندسة المدنية

خالد غسان شيخه

المحتويات

الموضوع **الصفحة**

مقدمة..... ٥

أنواع المباني..... ٧

الأحمال التي يتعرض لها الهيكل الإنشائي..... ١٠

مكونات البناء الأساسية..... ١١

أنواع الأساسات..... ١٢

الجسور الخرسانية المسلحة (الكمرات)..... ٢٠

البلاطات الخرسانية وأنواعها..... ٢٤

تحليل التربة وأنواعها..... ٣٤

المواد الأساسية الداخلة في البناء..... ٣٨

مراحل البناء..... ٤٥

بعض المصطلحات الأساسية في عملية البناء..... ٥٦

المصادر والمراجع..... ٥٩

مقدمة

- **يتم استخدام البناء لاستخدامات كثيرة وواسعة ابتداءاً من الأبنية الصغيرة الى الأبنية الضخمة، والهندسة المدنية معنية بدراسة وتصميم وتحليل المنشآت المختلفة كالأبنية السكنية والتجارية والصناعية والحكومية والدينية وغيرها من المباني.**
  وتطورت أنواع المباني بتقدم الزمن فكان البناء بالطوب اللبن الى الطوب الإسمنتي مرورا بمراحل هذه التطورات في الوصول الى أعلى مستوى للتنفيذ.

- **وعلم الهندسة المدنية يختص في عمليات البناء والتشييد ووضع الاسس للتصميم النهائي للمشروع وتطبيقه على أرض الواقع والإشراف على بناءهِ.**

- **الهندسة المدنية موجودة منذ قدم الحضارات والتي تعود الى ما قبل 3000 سنة من التاريخ الميلادي، وهناك حضارات بقيت تذكر الى يومنا هذا للتاريخ المدني وآثارها العظيمة التي تعتبر من عجائب الدنيا السبع مثل الفراعنة في بناء الأهرامات، والأنباط في بناء البتراء وسور الصين العظيم، والكثير من الآثار والأبنية والمعالم والأبراج بأشكال هندسية يبدع فيها المهندس المدني والمعماري.**

- **ومن الأمور الذي يجب مراعاتها في البناء:**

- التصميم الداخلي للمبنى.
- نوعية المواد وطريقة التشييد المستخدمة.
- المظهر المعماري الخارجي للمبنى.
- طبيعة المنطقة المراد البناء عليها.
- أماكن أنظمة الخدمة.
- طبيعية الأحمال الأفقية ومقدارها.
- ارتفاعات ومواصفات المبنى.

- **وعملية تدوير البناء تتم من خلال:**

- التخطيط.
- التصميم.
- المناقصات.
- عملية البناء.
- التسليم.
- التقييم.

أنواع المباني

1) الحوائط الحاملة (Wall bearing): هي الحوائط الداخلية التي يرتكز عليها المبنى، وتقوم بنقل جميع الأحمال الميتة والحية الى التربة مباشرة، والأسقف المستخدمة فيها عادة تكون أسقف مصمتة وتكون محمولة على الكمرات أو على حوائط مبنية من الطوب مباشرة ولا يوجد أعمدة خرسانية في المبنى، فالحوائط في الدور الأرضي للمبنى يرتكز عليها أكبر الأحمال ونتيجة لذلك تكون سمكها أكبر سمكا من الدور الذي يليه وتقل السماكات كلما أتجهنا للأعلى، وبناء على ذلك فأن ارتفاع المباني في هذا النظام لا يزيد عن 5 طوابق.

- **ومن مميزات هذا النظام:**
  - سريع البناء.
  - رخيص الثمن.
  - الحوائط المستخدمة تكون عازلة للحرارة.
  - ذو متانة عالية فيستطيع تحمل التغيرات المناخية والصدمات.
  - توزيع الأحمال الإنشائية بانتظام على طول الحوائط.

- **ومن سلبيات هذا النظام:**

- بطيء التنفيذ حيث انه لا يمكن صب السقف الا بعد بناء جميع الحوائط الداخلية والخارجية بعكس المباني ذات النظام الهيكلي
- سمك الحائط كبيرا ما يقارب من 30 الى 50 سم اما بالنسبة للجدران الداخلية تكون سمكها ما يقارب 25 سم
- عدد الأدوار فيه 5-4 أدوار فقط.

2) المباني الهيكلية: تنفذ الإنشاءات الهيكلية من الصلب وتركز على الأعمدة، وأحمال السقف من كل دور.

تنتقل الى الكمرات ثم الى الأعمدة ثم الى أعمدة الدور الأرضي لتصل الى الأساسات وتقوم الأساسات بتوزيع الأحمال الى طبقات التربة.

(العقدة أو السقف أو البلاطة --> الكمرة أو الجسر--> العامود --> القواعد أو الأساسات --> طبقة التربة).

والمباني الهيكلية عن طريقها يمكن تنفيذ وتصميم أي رسومات معمارية معقدة وبارتفاعات عالية على عكس المباني ذات الحوائط الحاملة.

لكن من سلبياتها ان تكلفتها باهظة وعالية مقارنة بالمباني ذات الحوائط الحاملة رخيصة الثمن وذلك بسبب استخدام حديد تسليح وخرسانة بكميات كبيرة بالمباني الهيكلية.

الأحمال التي يتعرض لها الهيكل الإنشائي

- **أحمال حية (Live loads):**

هي الحمل الناتج عن الكائنات الحية مثل الإنسان والحيوان وحمولات والأثاث وكل شيء حي يشغل المبنى.

- **أحمال ميتة (Dead loads):**

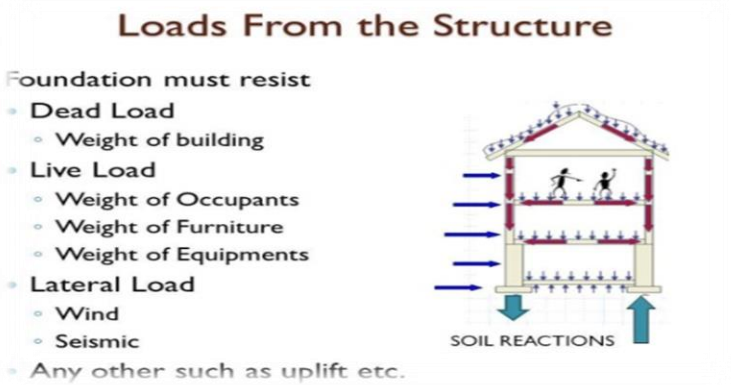
هي الحمل الناتج عن وزن المنشأ ووزن الأرضيات والحوائل والأعمدة.

- **أحمال طبيعية أو جانبية (Lateral loads):**

هي حمل الرياح وحمل الزلازل وحمل الاهتزازات حسب المناخ السائد في كل دولة.

- **أحمال ثانوية أو فجائية (Secondary loads):**

هي التغيرات التي قد تطرأ على المباني في المستقبل، مثل الانكماش الجاف للخرسانة وهبوط الأساسات.



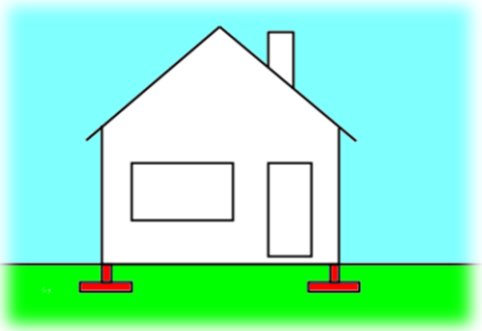
مكونات البناء الأساسية

أولاً: ينقسم البناء الى قسمين:

- قسم أسفل البنية التحتية (Sub-structure):
  - الأساسات ومنها السطحية ومنها العميقة.
- قسم أعلى البنية التحتية (Super-structure):
  - الأعمدة.
  - الجدران.
  - الكمرات أو الجسور.
  - الأسقف أو البلاطات أو العقدات.
  - الأبواب والنوافذ.
  - الدرج.
  - الديكورات.
  -

ثانياً: من العناصر الأساسية في هيكل البناء:

الأساسات، الأعمدة، الأسقف.



أنواع الأساسات

- تنقسم أنواع الأساسات بصفة عامة إلى نوعين أساسيين يحتوي كل منهما على عدة طرق للتأسيس حسب نوع التربة وحمل المبنى.

- وهذين النوعين هما:
  - **أولاً : الأساسات السطحية (Shallow Foundations).**
  - **ثانياً : الأساسات العميقة (Deep Foundations).**

- **أولاً : الأساسات السطحية (Shallow Foundations):**

في هذا النوع كون تأسيس المبنى على أعماق قريبة من سطح الأرض ويحدث ذلك بالطرق الآتية :

- أساسات القواعد الشريطية.
- أساسات القواعد المنفصلة والمشتركة.
- أساسات لبشة أو حصيرة.

- **ثانياً : الأساسات العميقة (Deep Foundations):**

ويتم اللجوء إليها عندما يتعذر الحصول على طبقة صالحة لتأسيس بالقرب من سطح الأرض لذلك نلجأ إلى اختراق التربة إلى أعماق كبيرة للحصول على السطح الصالح للتأسيس ويتم ذلك بالطرق الآتية:

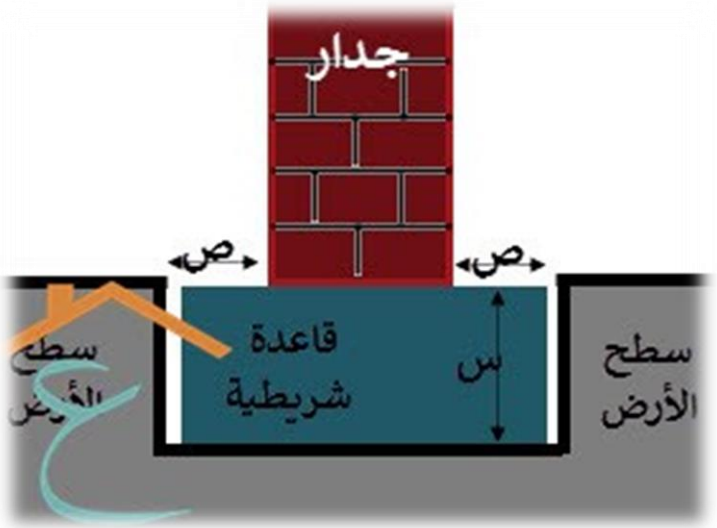
- أساسات الآبار الإسكندراني.
- أساسات خازوقية.
- أساسات القيسونات.

● النوع الأول : الأساسات السطحية (Shallow Foundations):

- أساسات القواعد الشريطية (Strip Foundations):

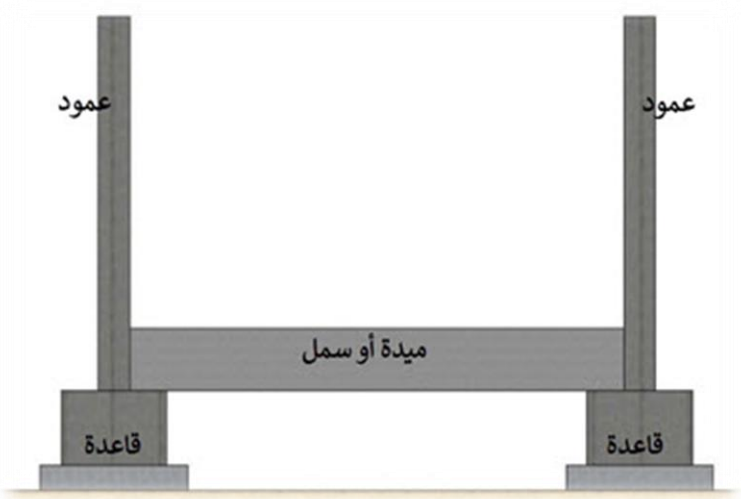
وقد تسمى أساسات مستمرة ويستعمل هذا النوع من الأساسات عند إنشاء المباني ذات الحوائط الحاملة وتتم عن طريق حفر خندق في الأرض لكل حائط من حوائط المبنى وتعتمد نظرية هذا النوع من التأسيس على انتقال أحمال المبنى إلى التربة عن طريق الحوائط وبالتالي يلزم استمرار الأساس تحت أسفل الحوائط بالكامل يحقق انتشار الأحمال على أكبر مساحة ممكنة من الأرض.

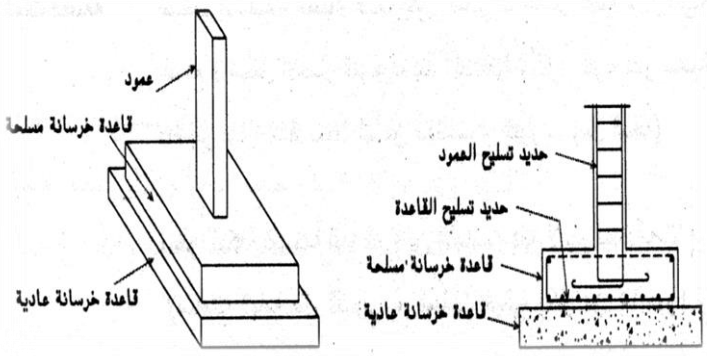
ومما هو جدير بالذكر أن هذا النوع من التأسيس يلجأ إليه في الوقت الحاضر في المباني السكنية الصغيرة نظراً لأنه يتيح إمكانيات محدودة وخاصة في ارتفاع بالمبنى أو استخدام الفتحات أو البحور الكبيرة ، كما أن استعماله غير اقتصادي في بعض الأحيان.



- أساسات القواعد المنفصلة (Pad Foundations):

ويستعمل هذا النوع من الأساسات عند إنشاء المباني الهيكلية وتعتمد نظريتها على نقل أحمال المبنى عن طريق الكمرات إلى نقط ارتكاز المبنى التي تتمثل في الأعمدة حيث ينتقل الحمل من كل عمود إلى القاعدة أسفله وقد ترتبط هذه الأعمدة والقواعد بواسطة السملات أو الميد يوضح كيفية ارتباط العمود بالقاعدة والاحتمالات المختلفة لوضع السملات الرابطة طبقاً لبعدها عن سطح الأرض .

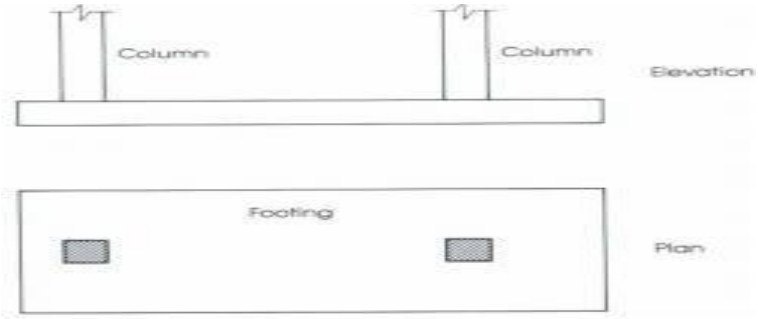




حالات خاصة لأساسات القواعد المنفصلة :

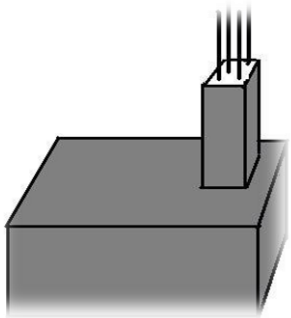
أ- القواعد المشتركة (Combined Footings)

وتعمل عند زيادة الأحمال في بعض أجزاء المبنى لدرجة تستدعي كبر حجم القاعدة لدرجة قربها الشديد من قاعدة أخرى مما يستدعي ضم القاعدتين من في قاعدة واحدة ، ويحدث هذا للخرسانة العادية فقط أو لكل من الخرسانة العادية والمسلحة حسب الحالة.



ب- قواعد الجار (Neighbor Footings)

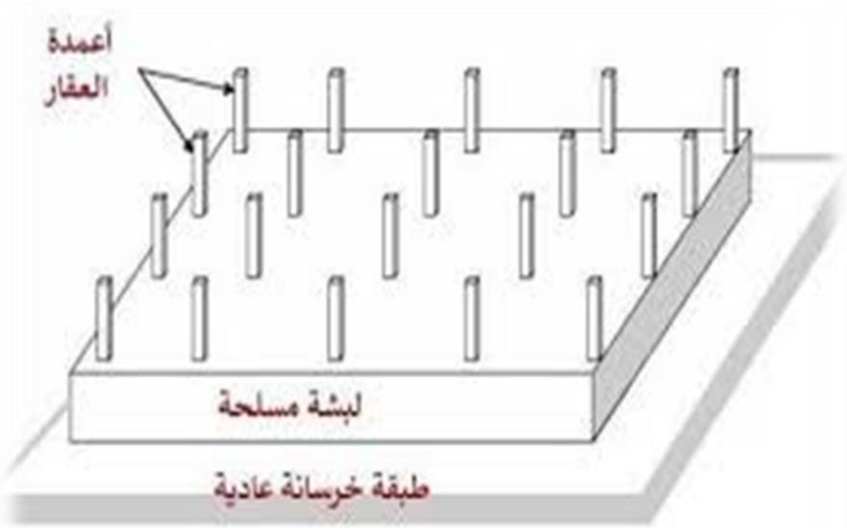
وتعمل عند حدود الجيران في حالة أن يكون المبنى على حد الأرض حيث من المستحيل أن يتداخل أي جزء من المبنى في أرض الجار حتى ولو كانت أساسات المبنى ويتم ربط هذا النوع من القواعد بباقي قواعد المبنى بالكمرة الرابطة منعاً لانقلاب القاعدة نظراً لعد مركزية الحمل الواقع عليها.



- التأسيس باللبشة أو الحصيرة (Raft Foundations):

تستخدم هذه الطريقة لنقل أحمال المباني الهيكلية لتوزيع متساوي على كامل مسطح الأرض تحت المبنى حيث تستخدم في الأراضي الضعيفة التي لا تتحمل تركيز الأحمال في مسطح القواعد المنفصلة كما في النظام السابق ، ويشترط في هذا النوع من التأسيس أن يكون جهد التربة متجانس تماماً تحت مسطح المبنى بالكامل كما يتطلب الأمر بتوزيع الأعمدة في المبنى بطريقة تضمن توزيع الأحمال بالتساوي على مسطح اللبشة ومنها إلى الأرض .

ويتم تنفيذ هذه الطريقة بأن تحفر الأرض بكامل مسطح المبنى وتصب إما بالخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة حسب الأنواع المختلفة للبشة. ويتحدد النظام الأمثل للبشة إنشائياً طبقاً لقوة تحمل التربة وأحمال المبنى.

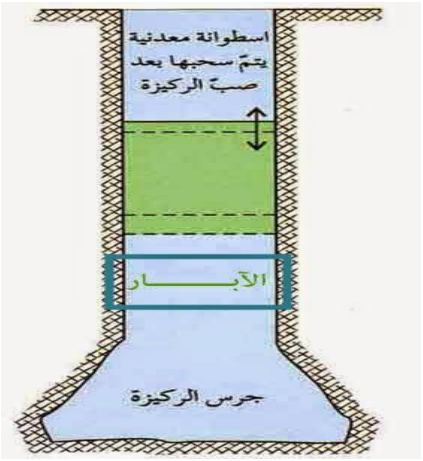


● النوع الثاني: الأساسات العميقة (Deep Foundations):

- أساسات الآبار الاسكندراني:

ترجع التسمية إلى استعمال هذا النوع من الأساسات في الإسكندرية منذ عهد اليونان عندما كانت امبراطورية الإسكندر الأكبر . وتعتمد نظرية التأسيس بهذا النوع على حفر آبار بمقاس لا يقل عن ٨٠،٨٠×٨٠، متر (أقل مساحة يمكن للعامل أن يحفر بداخلها) وبعمق يتوقف على صلابة الأرض وعدم انهيار جوانبها ... وعلى عمق المياه الجوفية أيضاً . حيث قد يتم الحفر حتى الوصول لمنسوب ٥٠ سم على الأقل تحت منسوبها... وتملأ هذه الآبار بالخرسانة العادية لتكوين قاعدة عميقة من الخرسانة العادية تحت القواعد المسلحة لأعمدة المبنى ... هذا وقد يصل عمق هذه القواعد إلى ١٢ متر أو أكثر في بعض الأحيان ... وعند تصميم الأساس بهذه الطريقة قد تهمل مقاومة احتكاك حوائط البئر مع التربة حوله نظير اهمال وزن البئر نفسه.

وتستخدم هذه الطريقة في المناطق التي توجد بها أتربة ردم أو أن تكون المياه الجوفية على بعد قريب من سطح الأرض.



- الأساسات الخازوقية:

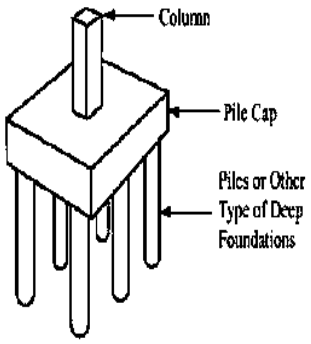
يعتمد هذا النوع من التأسيس على نقل أحمال المبنى من مستوى قريب من سطح الأرض إلى السطح الصالح للتأسيس على أعماق بعيدة وذلك في حالة عدم وجود هذا السطح المناسب على أعماق قريبة، هذا وقد تعتمد بعضها على نظرية الاحتكاك المباشر حيث أن أي طول من المواد التي تدق في أي تربة (ماعدا الماء) تعطى احتكاكاً يتناسب تناسباً طردياً مع الطول الممتد في الأرض، ومن هذا المنطلق تنقسم الخوازيق إلى نوعين رئيسيين هما:

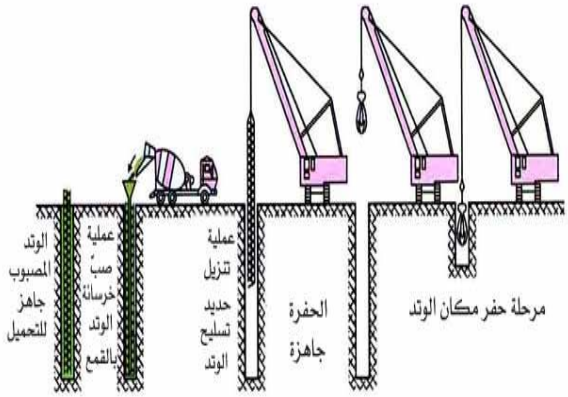
أ- خوازيق الارتكاز:

وتعتمد على نظرية نقل أحمال المبنى إلى أعماق كبيرة تتراوح بين ٨ متر إلى ٢٥ متر تحت سطح الأرض حسب عمق السطح المناسب للتأسيس، وتستعمل للمباني الهيكلية ذات الأحمال الكبيرة.

ب- خوازيق الاحتكاك:

وتعتمد على تحمل التربة المحيطة بالخازوق للأحمال الناتجة عن المبنى بالاحتكاك المباشر ... وعادة يتحدد طول الخازوق بمقدار ٣٠ مرة من قطرة ... كما يتخذ الخازوق شكل متعرج مما يساعد في زيادة قوة الاحتكاك بينه وبين التربة المحيطة.





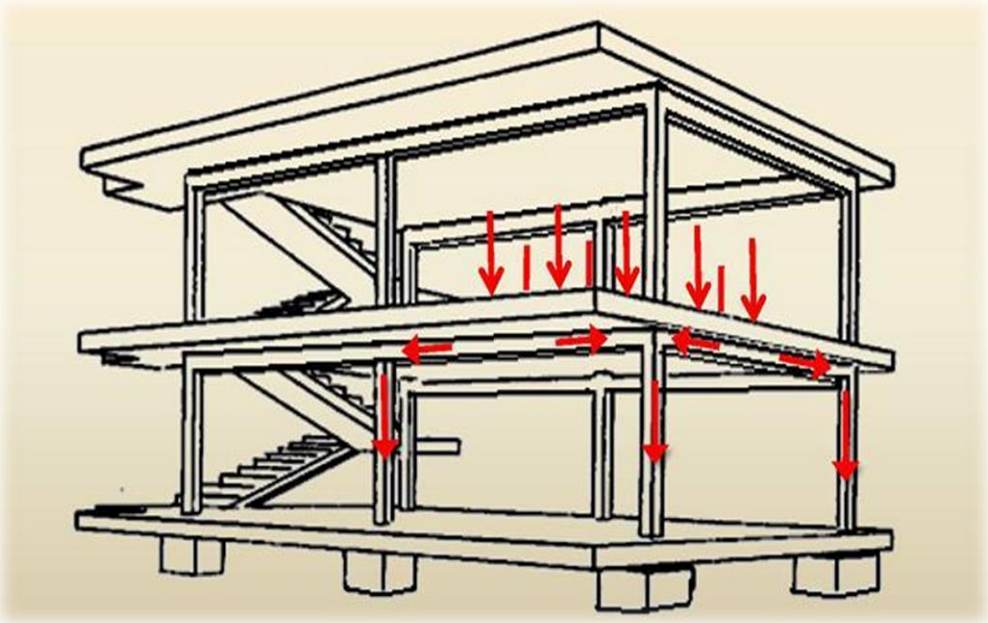
- أساسات القيسونات:

وتستعمل هذه الأساسات في الكباري أو الأعمال البحرية أو المجاري المائية وقطرها أكبر من الأساسات الخازوقية وتتحمل أحمال أكبر منها.
وقد يعمل هذا النوع من الأساسات بالخشب أو الحديد أو الخرسانة.
وقد تشيد أما من داخل غرفة تغطس في المياه عن طريق عمل ستائر مانعة للمياه حولها وهذا النوع يسمى بالحجرة الغاطسة، أو قد تشيد حجرة عمل القيسونات من النوع مفتوح السقف.

- الأساسات العميقة يتم استخدامها عندما تكون التربة السطحية ضعيفة وغير صالحة للتأسيس وتكون الطبقة الصالحة للتأسيس على مسافات عميقة لذلك نلجأ إلى اختراق التربة إلى أعماق كبيرة للحصول على السطح الصالح للتأسيس ويتم عادة الاعتماد على الاساسات العميقة في التربة الرملية مثل الشواطئ والمناطق الصحراوية كما ان المنشآت التي تعتمد في نقل حملها على الحمل الراسي اكثر من الافقي مثل الجسور والعمارات العالية الشاهقة فوق ارض تكون المياه الجوفية قريبة من سطحها.

الجسور الخرسانية المسلحة (الكمرات)

- **الكمرات (Beams):** هي الأعضاء الإنشائية المسئولة عن حمل وتثبيت البلاطات والحوائط ونقل أحمالها الى الأعمدة التي تنقلها بدورها إلى الأساسات ومن ثم الى التربة.

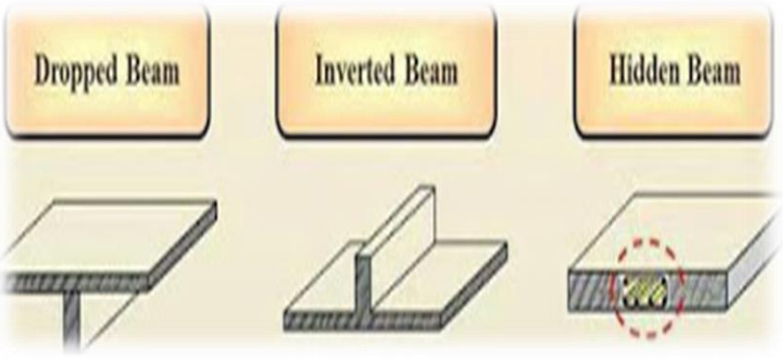


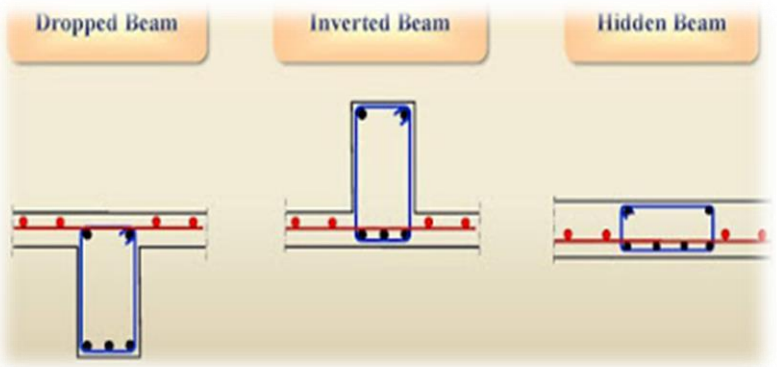
- **أنواع الكمرات الخرسانية:**

- جسر نازل / الكمرة الساقطة (Dropped Beam):
هي كمرة عمقها للأسفل.

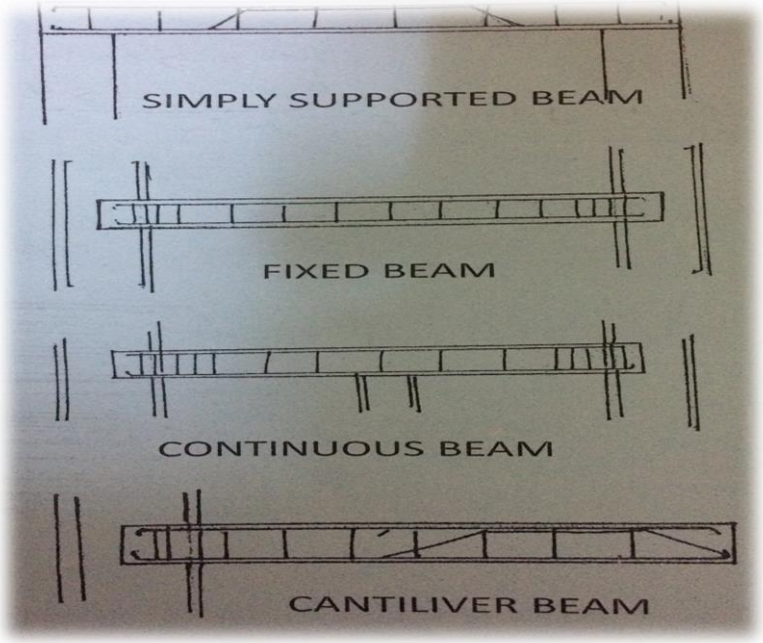
- جسر مقلوب / الكمرة المقلوبة (Inverted Beam):
هي كمرة ترتفع للأعلى.

- جسر مخفي / الكمرة المدفونة (Hidden Beam):
هي كمرة تنفذ بنفس سمك البلاطة.



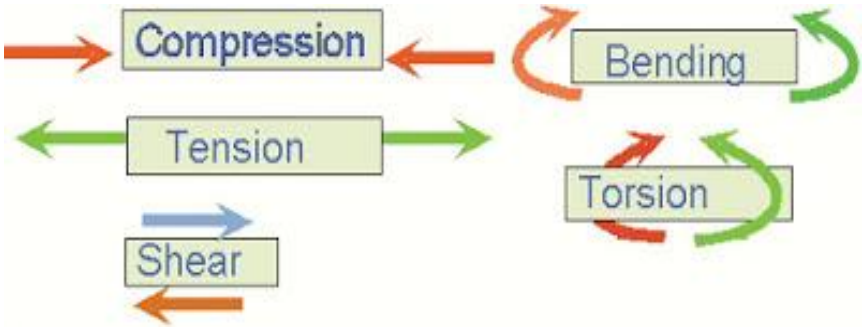


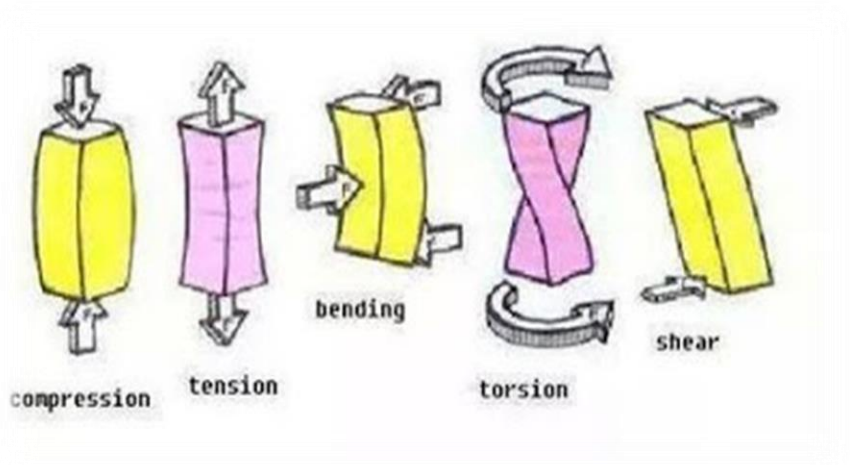
- **تصميم الجسور الخرسانية (أنواعها حسب النظام الإنشائي)**
  - جسور تدعيم مبسطة (Simply supported beam).
  - جسر تدعيم ثابت (Fixed beam).
  - جسر معلق (Cantilever beam).
  - جسر مستمر (Continuous beam).



- **ملاحظة:** لجميع الكمرات أو الجسور يتم حساب الأحمال لها وتصميمها ورسم تفاصيل التسليح الرئيسي والثانوي ووضعية الكانات لها بنفس الكيفية والطريقة، ولكن الفرق الوحيد هو وضعية كل منها بالنسبة للبلاطة أو العقدة ووضع تسليح البلاطة بالنسبة لها.

- **قوى القص وعزم الانحناء (مقاومة العزوم والاجهادات)**
  - ضغط (Compression).
  - شد (Tension).
  - قص (Shear).
  - التواء (Torsion).
  - تقويس أو تقعر (Bending).





البلاطات الخرسانية وأنواعها

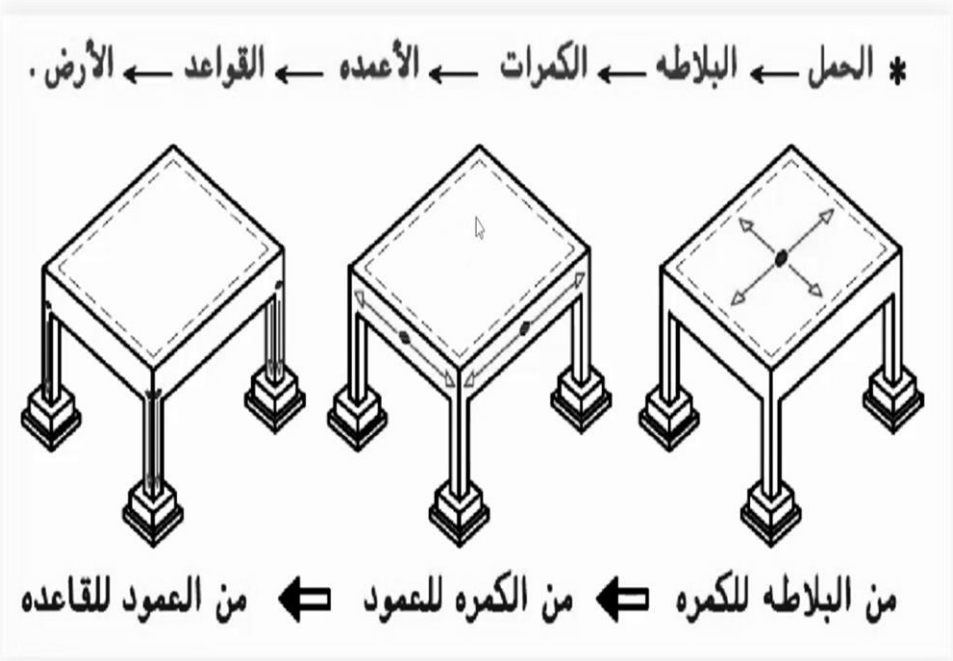
- **البلاطة (السقف / العقدة):** هي عبارة عن سطح أفقي وهيكل إنشائي مستوي، له وظائف متعددة، ويتكون من أنواع مختلفة.

- **وظيفة البلاطات:**
  - غلق المحيط الخارجي عن المحيط الداخلي.
  - يقسم المنشأة إلى طوابق كما يساعد على توازنها.
  - ربط الأعمدة والجسور والجدران مما يساعد على توازن البناء.
  - حماية ما بداخل الأسقف من العوامل الفيزيائية مثل الرطوبة والحرارة والاهتزازات، ومن العوامل الطبيعية مثل المطر والرياح وغيرها.
  - تأخذ الحمولات من الجسور (الكمرات) وتوزعها الى الأعمدة، وتقوم الأعمدة بدورها بنقل الحمل الى الأساسات ومن ثم تقوم الأساسات بنقل الحمل الى التربة،
    (الجسور--> البلاطة --> الأعمدة --> الأساسات --> التربة).

- **أنواع البلاطات:**

1) البلاطة المصمتة أو الكمرية (Solid slab):

هو نظام يحتوي على كمرات ساقطة من جميع الجوانب التي بدورها تنقل الحمل من السقف الى الكمرات الى الأعمدة الى الأساسات على هيئة حمل مركز ينتقل الى القواعد المتصلة أو المنفصل ومن ثم تنقل القواعد الحمل المركز الى التربة.

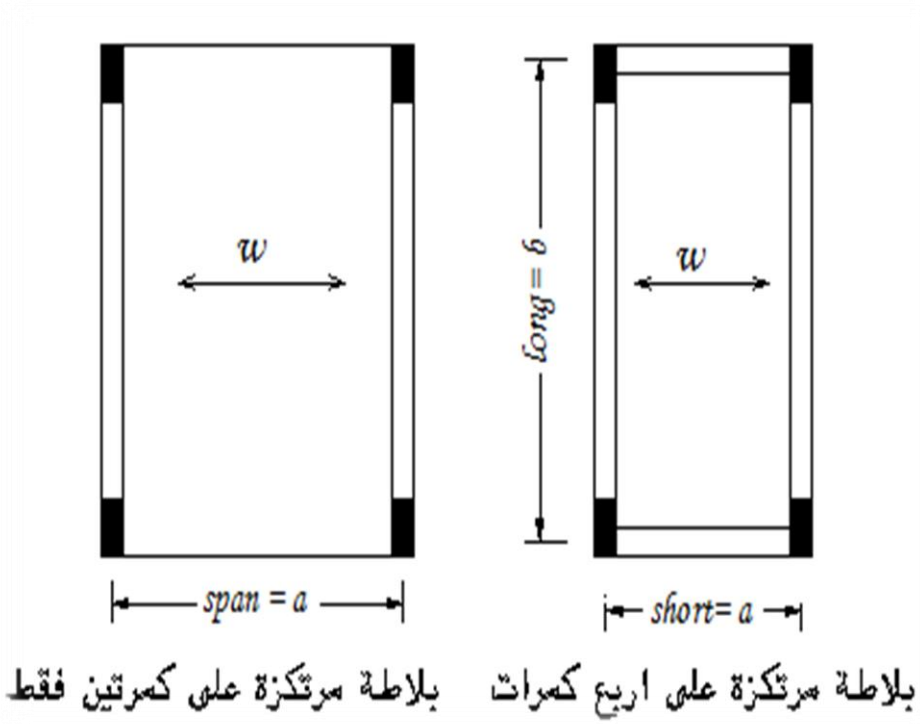


أنواع البلاطة المصمتة:

- بلاطة مصمتة ذات أتجاه واحد (One way solid slab):

يسير فيها الحمل باتجاه واحد فقط وهو الأصغر
ونستخدمها إذا كان كالتالي:

$$2 < \frac{\text{الأتجاه الطويل}}{\text{الأتجاه القصير}}$$

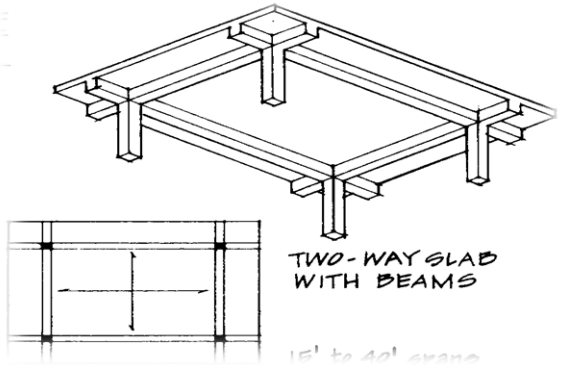


بلاطة مرتكزة على كمرتين فقط بلاطة مرتكزة على اربع كمرات

- بلاطة مصمتة ذات أتجاهين (Two way solid slab):

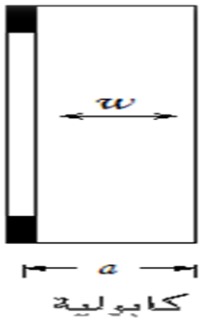
يسير فيها الحمل باتجاهين.
ونستخدمها إذا كان كالتالي:

$$2 > \frac{\text{الأتجاه الطويل}}{\text{الأتجاه القصير}}$$



- بلاطة مصمتة كابوليه:

هي بلاطة محمولة على كمرة واحدة فقط:
يسير الحمل باتجاه الكمرة.



بلاطة كابولية

2) البلاطة المسطحة أو اللاكمرية (Flat slab):

هو نظام يتكون من عنصرين أساسيين هما البلاطات والأعمدة ويتكون السقف من طبقتين من الحديد فرشة غطاء علوي وفرشة غطاء سفلي.
ولا تحتوي على كمرات وامكانية وضع الحوائط في أي مكان داخل المبنى وسهولة وسرعة تشييد شدتها الخشبية.

أنواع البلاطات المسطحة:

- بلاطة مسطحة لا كمرية/عادية (Ordinary flat slab):

يرتكز الحمل مباشرة على العمود.

من شروط استخدامها:
عندما يكون الحمل الحي أقل من 500 كجم/سم٢.
عندما تكون المسافة بين الأعمدة 5 متر.
لا تقل سماكه البلاطة عن 15 سم.

- بلاطة مسطحة بسقوط (Flat slab with drop panel only):

يرتكز الحمل على العمود عن طريق العتبة.

من شروط استخدامه:
عنما يكون الحمل يزيد عن 1000 كجم/ سم٢.

- بلاطة مسطحة بتيجان (Column head):

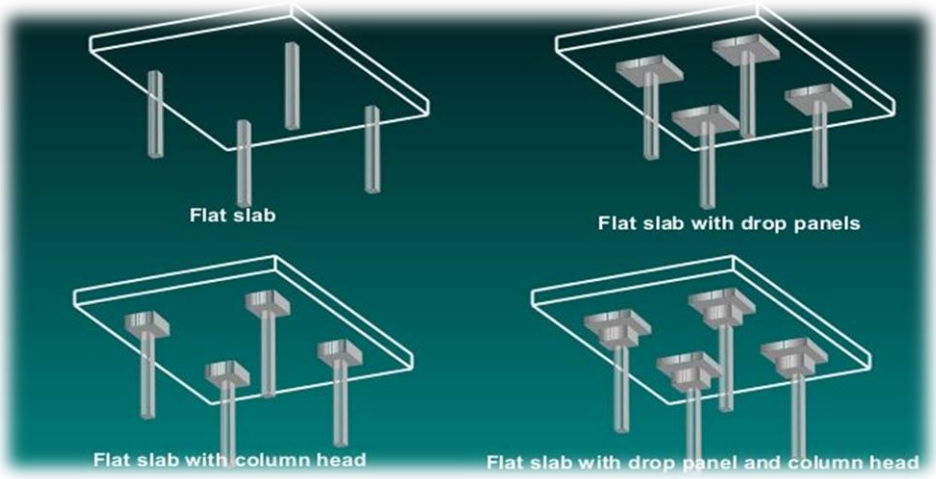
يتم توزيع الحمل على العمود عن طريق التيجان.

من شروط استخدامه: عندما يكون الحمل الحي يتراوح بين 500 الى 1000 كجم / سم٢.
ويجب ان لا تزيد زاوية اقصى ميل للتاج في المحور الرأسي عن 45 درجة.

- بلاطة مسطحة ذات السقوط والتيجان:

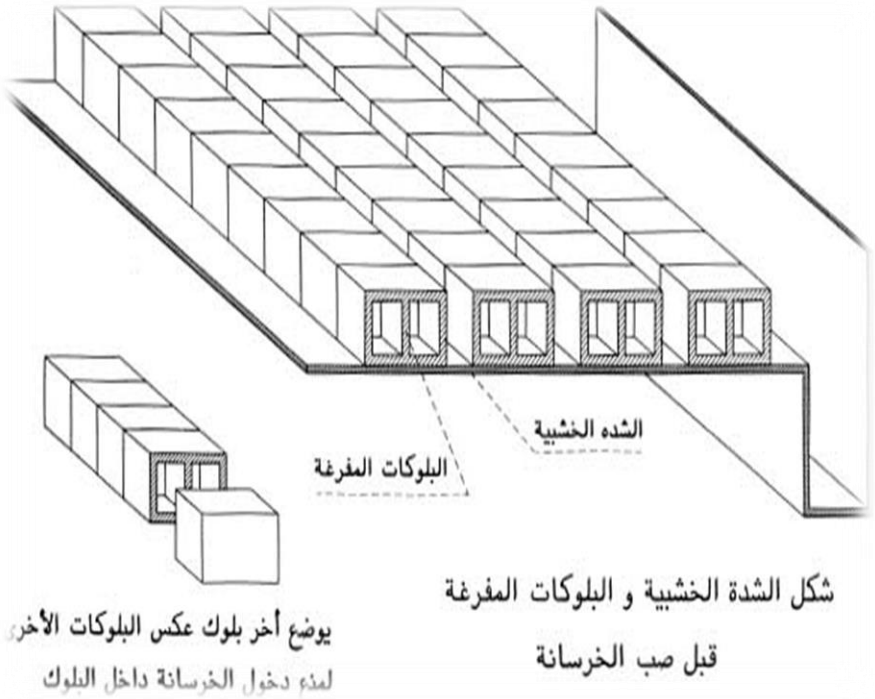
يتم توزيع الحمل على العمود عن طريق العتبة والتاج.

من شروط استخدامه:
عندما يكون الحمل الحي أكبر من 1500 كجم/سم٢.



3) البلاطات المفرغة / الهوردي (Hollow block slab):

هذا النوع من البلاطات انتشر في السنوات الأخيرة لما له من مميزات تفضله عن الأنواع الأخرى من البلاطات، فهو عازل للحرارة والصوت، يسمح بوجود فراغات لعملية التمديدات.



شكل الشدة الخشبية و البلوكات المفرغة قبل صب الخرسانة

- **أنواع البلاطات المفرغة:**

- بلاطة هوردي مرصوصة في اتجاه واحد: وفيها ترص البلوكات في اتجاه واحد وهو الأقصر.

- بلاطة هوردي مرصوصة في اتجاهين: وفيها ترص البلوكات في اتجاهين وتستخدم هذه الحالة في حالة البلاطة كبيرة في الاتجاهين.

- **الاحتياجات الخاصة ببلاطة الهوردي:**

المسافة بين الأعصاب عادة تكون من (40 الى 70 سم) وعمليا تنفذ بتباعد 50 سم على ان يتم ذلك بعد تحديد اماكن الكمرات.

يمنع استخدام البلاطات المفرغة في مناطق دورات المياه وذلك لأن نظام الصرف الصحي يمكن أن يؤدي نتيجة لتسرب المياه منه الى تأكل الغطاء الخرساني.

- **أشكال وحدات البلوك المستخدمة في البلاطة المفرغة:**

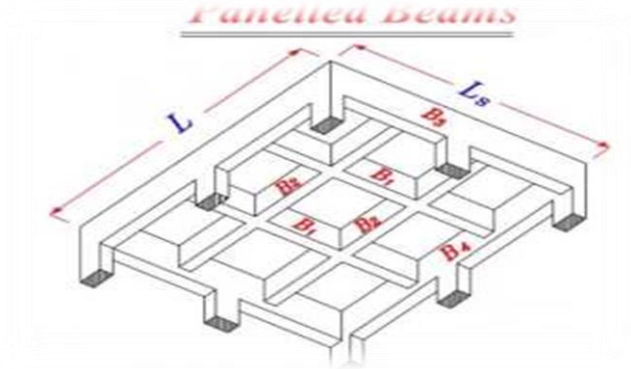
- البلوك الأحمر: يعد من أفضل انواع البلوك، فهو خفيف الوزن. ومقاوم جيد في تحمل الأحمال وعازل جيد للحرارة والصوت
- البلوك الإسمنتي: يصنع بأشكال وارتفاعات على حسب الطلب.
- البلوك البولسترين: يستخدم هذا النوع لملء الفراغات بين الأعصاب الخرسانية نظراً لخفه وزنه مقارنتاً بالبلوك الأحمر والإسمنتي.
- الفلليين: يتم غالباً وضع الفلليين داخل البلاطة الهوردي كنوع من البلوك.

4) البلاطات الصندوقية (Waffle slab):

هو نظام يشبه نظام البلاطات المجوفة حيث تتكون من أعصاب اما من اتجاه واحد اومن اتجاهين، لكن بدل البلوك يتم استخدام قوالب خاصة يتم فكها مع الشدة الخشبية.

5) نظام الكمرات المتقاطعة (Paneled beams):

هو نظام لكمرات ذات قطاعات بأبعاد متساوية تتقاطع متعامدة على بعضها لتغطي مساحات كبيرة نسبياً دون استخدام اعمدة في المنتصف، بحيث ينتقل الحمل من البلاطات الى الكمرات المتقاطعة وترتكز الكمرات المتقاطعة على الكمرات الخارجية وتنقل لها الحمل والكمرات الخارجية ترتكز على الأعمدة الموجودة على محيط المبنى وتنقل الأعمدة الأحمال الى التربة.



تحليل التربة وأنواعها

- **لماذا ندرس التربة وتحليلها قبل البناء عليها:**

لتحقيق تصميم أمن للمبنى.

لاختيار التصميم والنظام الإنشائي المناسب.

لاختيار نوع الأساسات المناسبة.

لتجنب حدوث عيوب مستقبلية.

لمعرفة قدرتها على التحمل.

لمعرفة درجة امتصاصها للماء.

لمعرفة قابليتها للانتفاخ (التغير الحجمي).

- **التربة وأنواعها:**

1) التربة الصخرية.
2) التربة الطينية.
3) التربة الرملية.

1) التربة الصخرية:

وتصنف الى:

- صخور نارية مثل الجرانيت.
- صخور متحولة مثل الرخام.
- صخور رسوبية مثل الحجر الجيري.

تعتبر التربة الصخرية اساساً جيدا ومناسباً للبناء عليها، فهي قادرة على تلق أحمال كبيرة دون حصول هبوط أو تشققات، ولكن يمكن ان تحجب فجوات خطيرة يمكن الكشف عنها بواسطة جهاز صدى الصوت او عن طريق الكشف الجيوفيزيائي (الكشف الكهربائي والزلزالي) او عن طريق الكشف الألي.

2) التربة الطينية:

وتصنف الى:

- تربة طينية متماسكة.
- تربة طينية رخوة.
- تربة طينية الذي يتخللها حصى.
- تربة طينية قابلة للانتفاخ.

وتعد من أسوء انواع الأتربة القابل التأسيس عليها
ويمكننا مواصلة الحفر اثناء تواجد تربة طينية للبحث عن تربة صخرية صالحة للبناء واذا لم يجد نعمل على زيادة قوة ومساحة الأساسات.

3) التربة الرملية:

وتصنف الى:

- تربة رملية جافة قليلة الرطوبة.
- تربة رملية مشبعة بالرطوبة.

فالتربة الرملية الجافة قليلة الرطوبة جيدة للتأسيس بشرط ان تكون المنطقة المراد بناء عليها ضعيفة النشاط الزلزالي.
واذا كانت التربة الرملية مشبعة بالرطوبة مثل الذي تكون قرب الشواطئ فأن تعرضها لاهتزازات أرضية تؤدي الى انهيار المباني المقامة عليها وتميؤها (عملية تحول الرمل الى ماء).

- **الإسمنت (Cement)....**

- يستخدم كمادة لاحمة لربط مكونات الخرسانة ببعضها ببعض وتماسكها مع حديد التسليح، وهو عنصر مقاوم للضغط.

- ويتكون من كربونات الكالسيوم CaCo3 ومن السليكات Sio2.

- يمكن اضافة بعض المواد الأخرى (الاضافات) للحصول على خواص معينة.

- من أنواع الإسمنت: 1) Portland Cement.
  2) Cement Paste.
  3) Cement Mortal.

- Cement Paste: تتكون من إسمنت أبيض + ماء
  ويتم استخدامه لسد الشقوق.

- Cement Mortal: تتكون من إسمنت + رمل + ماء
  ويتم استخدامه للمونة (تحت البلاط) أو
  للقصارة (الجدران) أو بين الطوب.

- الخلطات الإسمنتية:

1) الخلطة الإسمنتية الناعمة:

تتكون من (إسمنت + رمل + ماء)
وتستخدم للمونة والقصارة وما بين الطوب
ولكن بنسب مختلفة ما بين الإسمنت والرمل والماء.

2) الخلطة الإسمنتية الخشنة:

تتكون من (إسمنت + حصمة + رمل + ماء)
وتستخدم للخرسانات العادية أو المسلحة
ولكن بنسب مختلفة ما بين الإسمنت والحصمة والرمل والماء.

- الفرق بين الحصى والحصمى:

الحصى (Gravel): حصى لِوحدها ليست ممزوجة مع شيء.
الحصمى (Aggregator): حصى ممزوجة مع رمل.

- **الخشب (Timber)....**

- يستخدم في عملية التشييد بما تسمى عملية الطوبار للهياكل الإنشائية.

- ويستخدم أيضاً داخل البناء كعنصر جمالي.

- ومن مميزاته قليل التكلفة.

- من أنواع الخشب المستخدم في البناء (خشب التشييد، وخشب البليوت).

- **الحديد (Steel)....**

- هو عبارة عن خليط من الكاربون وخامة الحديد.
- وهو عنصر مقاوم للشد.
- يوجد على شكل اسياخ باختلاف أقطارهُ ليستخدم في عملية التسليح.
- ولكن من سلبياته كلما ارتفعت درجات الحرارة قلت قوته.

- **الخرسانة (Concrete)....**

- تتكون من إسمنت ورمل وركام خشن وماء، يوجد منها نوعان: مسلحة وغير مسلحة، عنصر مقاوم للضغط.

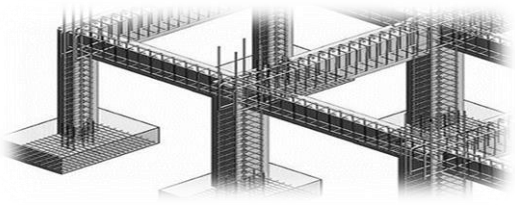
- يجب ان لا تتعدى درجة حرارة الخرسانة اثناء الصب ٣٢ درجة مؤيه وإلا سيتم رفض الخرسانة.

- بعض الأمور الهامة الخاصة بالخرسانة ومكوناتها:

1) يتم وضع الإسمنت للتلاحم، والرمل لسد الفراغات ما بين الحصمة، والحصمة تتواجد في الخرسانة بهدف الحصول على مقاومة الضغط المطلوبة.

2) كلما زادت نسبة الحصة وقلت نسبة المياه في الخلطة الإسمنتية كلما كانت قوى الخرسانة أعلى، ولذلك يجب أن تكون نسبة الحصى ضعف نسبة الرمل.

3) كلما قلت نسبة المياه وجفاف الخلطة الإسمنتية كانت قوى الخرسانة أقوى وذلك لأن المياه الفائضة داخل الخرسانة مع مرور الزمن تتبخر ويحل محلها الهواء فيصبح لدينا فقاعات من الهواء داخل الخرسانة فتصبح الخرسانة هشة وضعيفة.



● الطوب (Block)....

- يصنع الطوب من الصلصال على هيئة قطع مستطيلة ذات شكل متوازي.

- يتم استخدامه في بناء الجدران والأعمدة كما يدخل الطوب في مع الحديد والخرسانة حيث يتم استخدام هذا المزيج في بناء الأسقف

- أنواع الطوب:

1) الطوب الأحمر:
وهو ناتج من حرق الطين الزراعي لذلك توقف إنتاجه وجرم بواسطة القانون.

2) الطوب الرملي:
وهو مناسب لجميع الأغراض وله عدة ألوان لكن يعيبه ثقله النسبي.

3) الطوب الخرساني:
أيضا مناسب لكل الأغراض ولكن يعيبه الثقل لذلك يصنع مجوف لتقليل الوزن كما أنه منفذ لذلك لا يستخدم في مناطق الحمامات أو المناطق التي بها مياه، ويوجد منه نوعان:
الطوب المصمت:
وهو طوب لا يحتوى على فراغات داخلية سوى فتحتان دائريتان بقطر ١٠ cm لكل منهما ، وكان يستخدم قديما في بناء الجدران الحاملة حيث لا تقل مقاومته للكسر عن ٧٠ kg/cm^3، ولكن قل استخدامه حتى أصبح نادرا للأسباب التالية : ثقل وزنه وتكلفته العالية وعزله للرطوبة (حجز الرطوبة الداخلية لفترة طويلة) صعوبة تنفيذ التمديدات الصحية والكهربائية عبره. والمقاسات التي وجدت منه: ٤٠ × ٢٠ × ٢٠ سم و ٤٠ × ٢٠ × ١٥ سم.

الطوب المفرغ:

وهو الطوب الذي يحتوى على فراغات أو ثقوب مشكلة صناعيا، وينقسم إلى نوعين:

الطوب المفرغ الخفيف:

يكون وزنه خفيف جدا بالنسبة لدمكه وخلطه، ويعزو هذا لنوع الركام المستخدم إذ يحتوى على نسبة فراغات عالية، ويستخدم هذا النوع من الطوب في حالات خاصة نظرا لارتفاع ثمنه، ومن حالات استخدامه: رسوب بعض المواد المكونة للمنشأ في أحد الفحوصات وإضافة أحمال دون أخذها بعين الاعتبار في التصميم ووجود مسافات عالية في السقف.

الطوب المفرغ العادي:

وينقسم الطوب المفرغ العادي إلى عدة أنواع.

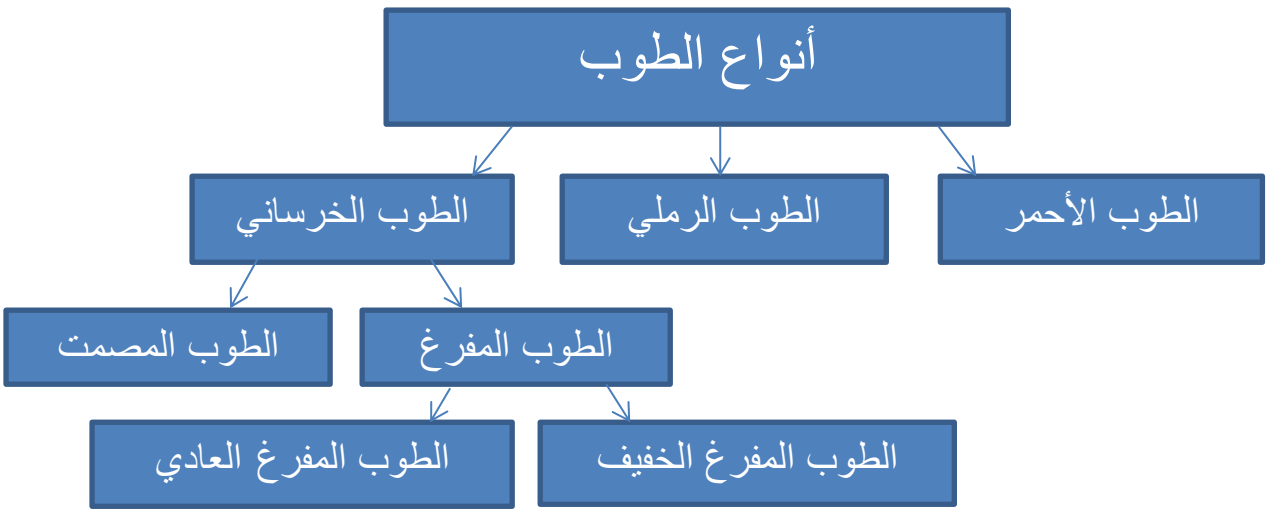
طوب ٢٠ (يستخدم لبناء الجدار الخارجي أو لنواحي معمارية).

طوب ١٥ (يستخدم لبناء الجدران الخارجية والداخلية).

طوب ١٢ (يستخدم في التقطيع الداخلي).

طوب ١٠ (يستخدم في التقطيع الداخلي).

طوب ٤ (ويستخدم في حالة الشبابيك المنزلقة).



مراحل البناء

- **أولاً:** تحليل التربة والكشف عن نوعها، أن كانت صخرية أم طينية أم رملية، فالأساسات توضع بناءً على نوع التربة.

- **ثانياً:** حفر التربة للوصول الى منسوب التسوية المطلوب.

- **ثالثاً:** صبة النظافة: اما صبة الارضية كاملة.
واما صبة تحت القواعد (متصلة ومنفصلة).

ولا يمنع من وضع المشمع قبل عملية الصب.
(وظيفة المشمع: لمنع امتصاص التربة لمياه الخلطة الخرسانية، ولمنع اختلاط مياه التربة بمياه الخلطة الخرسانية).

- **رابعاً:** تحديد مكان القواعد، ومن ثم تخشيبها بالطوبار ومع خشب البليوت ووضع حديد التسليح داخلها لحين وصولها الى الارتفاع المطلوب، ومن ثم وضع الأعمدة (الرقاب) داخل القواعد ووضع حديد التسليح داخل الاعمدة وربطها مع حديد تسليح القواعد لحين وصولها الى الارتفاع المطلوب، ومن ثم يتم تخشيبها بالطوبار ومع خشب البليوت ايضا، ومن ثم يتم صب القواعد ومن ثم صب الرقاب.

- **خامساً:** عمل سور حائط حول الموقع بواسطة الطوب (الطابوق) لحين وصولها الى الارتفاع المطلوب.

- **سادساً:** تغطية الأعمدة والقواعد بالزفتة (عزل الأساسات)، ومن ثم تبدأ عملية الردم الأولى في خلف السور وفي داخل الموقع، ومن ثم تسويتها وغمرها بالماء (ويتم غمرها بالماء لكي تهبط التربة قبل عملية البناء، فعندما لا نغمرها بالماء ويتم البناء عليها سوف تهبط التربة من الوزن الثقيل الناتج عن الأحمال ويحدث تشققات وربما انهيار المبنى).

- **سابعاً:** تبدا عملية الردم الثانية لحين وصولها الى الارتفاع المطلوب (مستوى سطح الأرض)، ومن ثم تسويتها وغمرها بالماء مرة أخرى.

- **ثامناً:** يتم تخشيب الميدات (الزنانير/ الجسور الأرضية) باستخدام الطوبار او خشب البليوت ووضع حديد التسليح داخل الميدات ويتم وضع أسفل الميدات ما يسمى بالكرسي (وهو عبارة عن حديد تسليح يتم وضعه أسفل الميدات كما ذكرنا سابقا ووظيفته لرفع الميدات والصبة عن الأرض).

- **تاسعاً:** تبدأ عملية التمديدات الصحية (السباكة) وعملة التمديدات الكهربائية.

- **عاشراً:** تبدأ عملية صب الميدات، ومن ثم بعد جفاف الصبة ورشها بالماء يتم دهن الميدات بالزفتة الا ما يقارب 10 سم.

- **احدى عشر:** تبدأ عملية الردم الثالثة والأخيرة بالتربة الرملية الا ما يقارب 10 سم، ومن ثم تسويتها وغمرها بالماء.

- **اثنى عشر:** صب الميدات بصبة النظافة ويتم وضع اسفلهم المشمع.

- **ثلاثة عشر:** تبدأ عملية تخشيب الأعمدة بالطوبار ومع خشب البليوت ووضع حديد التسليح وربط الحديد مع الاشاير (الحديد) الخارج من الرقاب، ومن ثم يتم تشييدهم (عملية التشييد تتم لمساندة واستقامة الأعمدة) ومن ثم يتم صبهم.

- **اربعة عشر:** يتم بناء الأسوار الخارجية والجدران الداخلية بالطوب مع فتحات الأبواب والشبابيك والتمديدات الكهربائية والصحية الذي يتم بنائهم فوق الميدات وحسب المخطط مع تخشيب الكشفات باستخدام الطوبار وخشب البليوت، والكشفات تكون اعلى فتحات الشبابيك وايضا مع تخشيب العتبات باستخدام الطوبار وخشب البليوت، والعتبات تكون اعلى فتحات الابواب ومن ثم صبهم ورشهم بالماء (الكشفات: هو حزام خرساني يصب اعلى فتحات الشبابيك، العتبات: و حزام خرساني صب اعلى فتحات الابواب).

- **خمسة عشر:** يتم تخشيب الدرج باستخدام الطوبار وخشب البليوت ووضع حديد التسليح ليتم صبه.

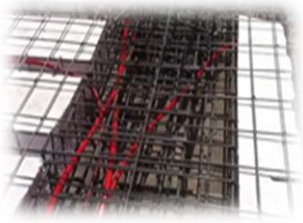
- **ستة عشر:** تبدا عملية تخشيب السقف مع الجسور (الكمرات) باستخدام الطوبار وخشب البليوت ووضع دعامات حديد او خشب (وظيفة الدعامات: لامساك وتدعيم خشب البليوت من الأسفل)، ومن ثم نضع حديد التسليح على الأسقف والكمرات حسب المخطط الانشائي ونوع البلاطة (العقدة/السقف) المراد استخدامه، ومن ثم يتم عمل الكهربائي والسباك من التمديدات.

ملاحظة: يمكن صب السقف بعد بناء الجدران الداخلية والخارجية، أو بعد عملية صب السقف يتم بناء الجدران الداخلية والخارجية، وذلك يعتمد على نوع البناء.

- **سبعة عشر:** يبدأ اعمار الدور الأول برفع الأعمدة وتخشيبهم بواسطة الطوبار مع خشب البليوت ومن ثم وضع حديد التسليح وتشييدهم ومن ثم صبهم.

- **ثمانية عشر:** عملية بناء جدران الدور الأول بالطوب.

- **تسعة عشر:** عملية بناء سقف الدور الثاني كما فعلنا بسقف الدور الأول.



- **عشرون:** ونستمر هكذا الى ان نوصل الى الملحق ويتم بناء الجسور المقلوبة بارتفاع ما يقارب 40 سم (الجسور المقلوبة: هي عبارة عن خرسانة مسلحة يتم بناؤها في الملحق، وهي تعمل على ايقاف البلاط والحد من زحفة نحو الخارج وايضا تسهم في المحافظة على العزل وعدم ظهور تشققات من الخارج.

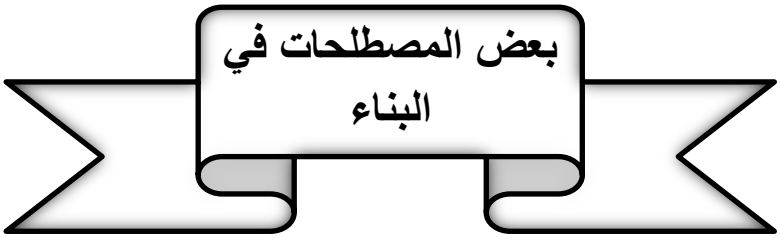
- **احدى وعشرون:** بناء السور على الجسور المقلوبة بواسطة الطوب.

- **اثنى وعشرون:** عملية عزل السطح اما بالبيتومين او بالزفتة او اي مادة عازلة.

- **ثلاثة وعشرون:** عملية التمديدات الصحية والكهربائية داخل الغرف

- **أربعة وعشرون:** تبدأ عملية افراغ الدور الأرضي من مخلفات البناء، ويتم تعبئته بالرمل ورصها ودكها، ووضع اكياس بلاستيكية (المشمع)، ومن ثم وضع البسكوت (وظيفة البسكوت: لرفع حديد التسليح عن الارض)، ومن ثم يتم وضع حديد التسليح (الفرشة)، ويتم صبها صبة النظافة.

- **خمسةٌ وعشرون:** ومن ثم أخيرا تبدأ اعمال القصارة والدهان والديكورات والبلاط والأمور الأخيرة في البناء.



- **القواعد (Rules):** وهي الأساسات تحت المبنى ومنها المتصلة والمنفصلة.
- **الرقاب(Columns):** هي الأعمدة الخارجة من القواعد.
- **الجسور الأرضية أو الميدات أو الزنانير أو الشناجات أو الحزامات (Ground Beams):** هي عبارة عن خرسانة مسلحة تربط رقاب الأعمدة ببعضها البعض.
- **الخنزيرة أو السناتر أو مراكز الأعمدة (Center of columns):** وهي عبارة عن اطار خشبي على حدود الحفر تدق فيها مسامير تحدد مراكز الأعمدة.
- **الكشفات أو العتبات:** هو حزام خرساني يصب اعلى فتحات الشبابيك والأبواب.
- **الكمرات (Beams):** وهو عبارة عن خرسانة مسلحة يقوم بنقل الأحمال من الأسقف الى الأعمدة.
- **الأشاير:** هي أسياخ من الحديد الزائدة من الأجزاء الخرسانية لوصلها بأجزاء خرسانية أخرى.
- **الكانات:** هي الذي تحيط بالحديد.
- **الأعصاب:** هو الحديد الذي يكون بين الطوب في السقف.
- **الفرشة:** هو الحديد الذي يكون فوق الطوب في السقف.
- **البسكوت:** وظيفته رفع الحديد عن الأرض او التخشيب.
- **الوتر:** هو حديد ممتد فوق الكرسي ليحمل فرشة الطبقة العليا.

- **الرمل أو الركام الناعم (Sand):** يستخدم في الخلطات الخرسانة لسد الفراغات ما بين الحصمة.
- **الحصمى أو الركام الخشن أو الزلط (Gravel):** تستخدم في الخلطات الخرسانية وهي من أهم عنصر في الخلطة.
- **كيس أو شكارة أو شوال من الإسمنت:** يستخدم في الخلطات الخرسانية وهو عبارة عن مادة لاحمة.
- **الأدية:** هي الطوبة التي تظهر بشكلها العرضي.
- **الشناوي:** هي الطوبة التي تظهر بشكلها الطولي.
- **المدماك:** صف أفقي من الطوب.
- **الكنيزر:** هي عبارة عن ربع طوبة.
- **اللحامات:** هي المونة ما بين الطوب.
- **المرقد:** هو اللحام الأفقي.
- **العرموس:** هو اللحام العمودي.
- **الترويسة:** هي أخر طوبة في المدماك (الصف الأفقي من الطوب).

المصادر والمراجع

- كتاب تشييد المباني للدكتور فاروق عباس حيدر.
- تكنولوجيا الخرسانة للدكتور محمود الامام.
- محاضرات تكنولوجيا المواد
- محاضرات في هندسة المواد.
- نظرية فيتروفيوس (Vitruvius).
- كتاب الأنشاء المعماري (ضمن سلسة التقنية المعمارية).
- من سلسلة الشكل والإنشاء في العمارة للدكتور نبي محمد حسن.
- المواقع البحثية (الأنترنت).

Civil
Engineering

مدخل إلى الهندسة المدنية

Civil
Engineering