البناء بالطوب

المقدمة:

البناء بالطوب عبارة عن رص قوالب الطوب بنظام خاص وربطه ببعض باستخدام مادة لاصقة تسمى المونة للحصول على كتلة واحدة جميع أجزاؤها متماسكة بنظام يضمن حسن مقأومتها للأحمال الواقعة عليها .

وهذه المادة التي استخدمها الإنسان عبر عصور التاريخ حيث استخدمها بطريقة بدائية بدأت بمادة الطين وهي من أقدم المواد التي أستخدمها الإنسان وذلك ببناء الحائط بسمك كبير في أسفله ويتدرج السمك في الصغر باتجاه الأعلى. كما استخدم طريقة أخرى بعمل سطح الحائط الداخلي والخارجي من الحجر أو الخشب وملئ ما بينها بالطين وقد يتم عمل الأسطح الداخلية والخارجية للحائط من الخشب كقالب يتم صبه بالطين وفكه بعد تماسك حائط الطين بداخله.

وتطورت هذه الصناعة إلى حد كبير بعد استخدام الطين إلى استخدام الإسمنت كمادة لاصقة وأصبح الطين يستخدم في عمل وحدات البناء (الطوب) وذلك عن طريق صبها في قوالب غالباً ما تكون بشكل متوازي مستطيلات يأخذ الأبعاد المطلوبة للطوبة .

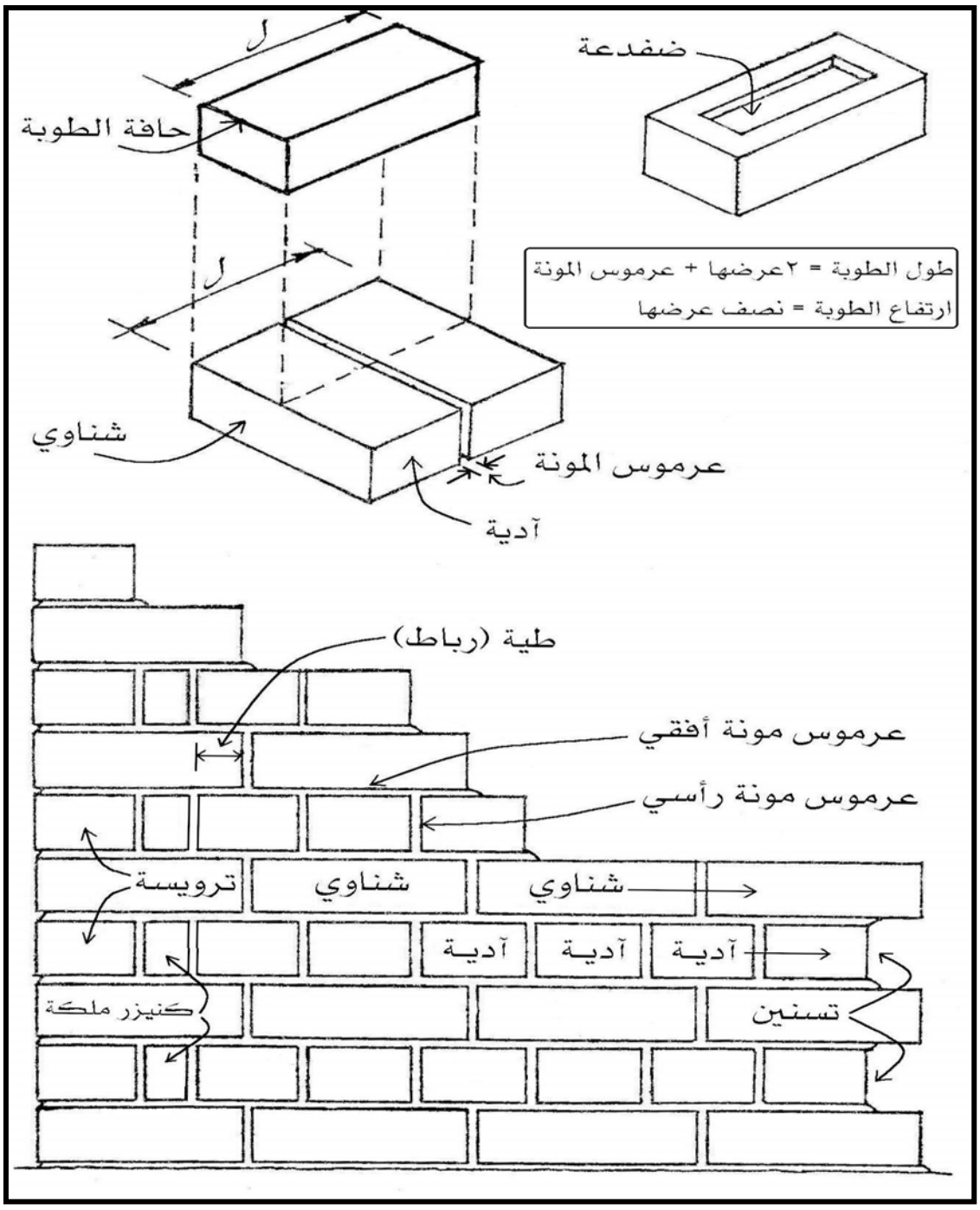
بعد ذلك يجفف ويسمى الطوب (اللبن) . أو يحرق وينتج منه وحدات الطوب المصمتة أو بها أشكال مفرغة، ويسمي بالطوب (الأحمر) وتتميز هذه الوحدات بخفة الوزن وسهولة المنأولة والقدرة على تحمل ومقأومة العوامل الجوية والحريق بالإضافة إلى تحمل قوى ضغط عالية. وتسمى هذه الوحدات في البلاد العربية بالطوب أو الطابوق.

مزايا البناء بالطوب :

١- إنتظام شكل الوجهات لإنتظام أبعاد الطوبة نفسها.
٢- سهولة نقل الطوب لموقع العمل لصغر حجمه ووزنه.
٣- سهولة استعماله ووضعه في البناء .
٤- حسن الإلتصاق بالمونة.
٥- مقأومته للحريق لسبق حرقه.
٦- مقأومة الطوب للعوامل الجوية.

المصطلحات المستخدمة في أعمال البناء شكل (١- ٤) :

المصطلح	التعريف
المدماك	هو صف أفقي من الطوب محصور بين طبقتين من المونة ويكون سمك المدماك يسأوى سمك الطوب = سمك الطبقة الأفقية .
مدماك القد	هو المدماك الأول الذي يحدد موقع الحائط بالمبنى .
عرموس مرقد	هو طبقة المونة التى توضع عليها وحدة الطوب .
عرموس متعامد	هو طبقة اللحام الرأسية بين القوالب وتكون بعرض حوالي ١سم .
لحام المرقد	هو طبقة اللحام الأفقية بين المداميك وتكون بارتفاع حوالي ١سم .
كحلة العراميس	ملئ عراميس المباني بالمونة التي سبق تفريغها وإنهاؤها بالشكل المطلوب .
مسافة الطية	هي المسافة الأفقية المحصورة بين كل لحامين رأسيين في مدملكين متتاليين .
الآدية	هو القالب الذي يظهر عرضه في اتجاه واجهة الحائط .
الشنأوى	هو القالب الذي يظهر طوله في اتجاه واجهة الحائط .
الكنيزر	هو ربع قالب يوضع بعرض الحائط لأيجاد مسافة الطية بين المدماكين .
بلسقالة	هو السطح الظاهر على جانبي فتحة أو تجويف في المباني.
الترويسة	هو أول قالب مبنى في بدأية الحائط ويكون طوله في عكس اتجاه الحائط أو الزأوية الخارجية للحائط
التسنين	هو ترك بلوكات بارزة لربط حائط جديد بآخر قديم للحفاظ على التماسك
العساكر	قالب طوبة يوضع على مخه في الحائط بحيث يكون طول الطوبة في اتجاه عرض الحائط يستخدم غالبا عند وضع الأعتاب عند الفتحات لضغط اللحامات المرقد



الشكل رقم (١- ٤): أهم المصطلحات المتعارف عليها في أعمال البناء ورص الطوب.

أنواع الطوب TYPE Of BRICKS

من أنواع الطوب الشائعة الاستعمال التالي:

١- الطوب الطيني Clay Bricks

ويصنع هذا النوع من الطوب بخلط الطين مع الماء لتكوين عجينة لدنة يسهل تشكيلها وصبها في قوالب لتأخذ نفس شكل الطوبة المطلوبة .

ثم تترك هذه القوالب بعد ملئها بالعجينة لتجف . فينتج منها نوعين من الطوب

أ- الطوب النيئ Adobe Bricks

وهو الطوب الناتج بعد جفاف القوالب وكان هذا النوع يستخدم قديما للمباني التي لا تزيد عن دورين فقط وسمك الحائط يكون كبير نظرا لضعف تحمل هذا النوع من الطوب

ب- الطوب الأحمر Red Bricks

وهذا النوع من الطوب ينتج بحرق الطوب النيئ في أفران خاصة . حيث يتحول الطين إلى فخار وهذا الفخار قوى نسبياً في التحمل وبذلك يمكن عمل مباني أكثر ارتفاعاً وبسمك أقل من الطوب النيئ .

الطوب الأحمر له عدة أنواع مشهورة موضحة في الشكل رقم (١- ٥) وفيما يلي أهم أنواعه استخداماً وشهرة في الدول العربية:

١- طوب كبس Pressed Bricks

- يصب في قوالب بطريقة الضغط الميكانيكي ثم يجفف ويحرق داخل أفران خاصة.
- شكله ومقاساته منتظمة.
- يتحمل قوة ضغط مقدارها ٢٥٠ – ٦٠٠ كجم / سم٢.
- مقاساته المعتادة ٢٣ × ١١ × ٥,٥ سم أو ٢٥ × ١٢ × ٦ سم.

٢- طوب تيراكوتا Terra Cota Bricks شكل (١- ٤).

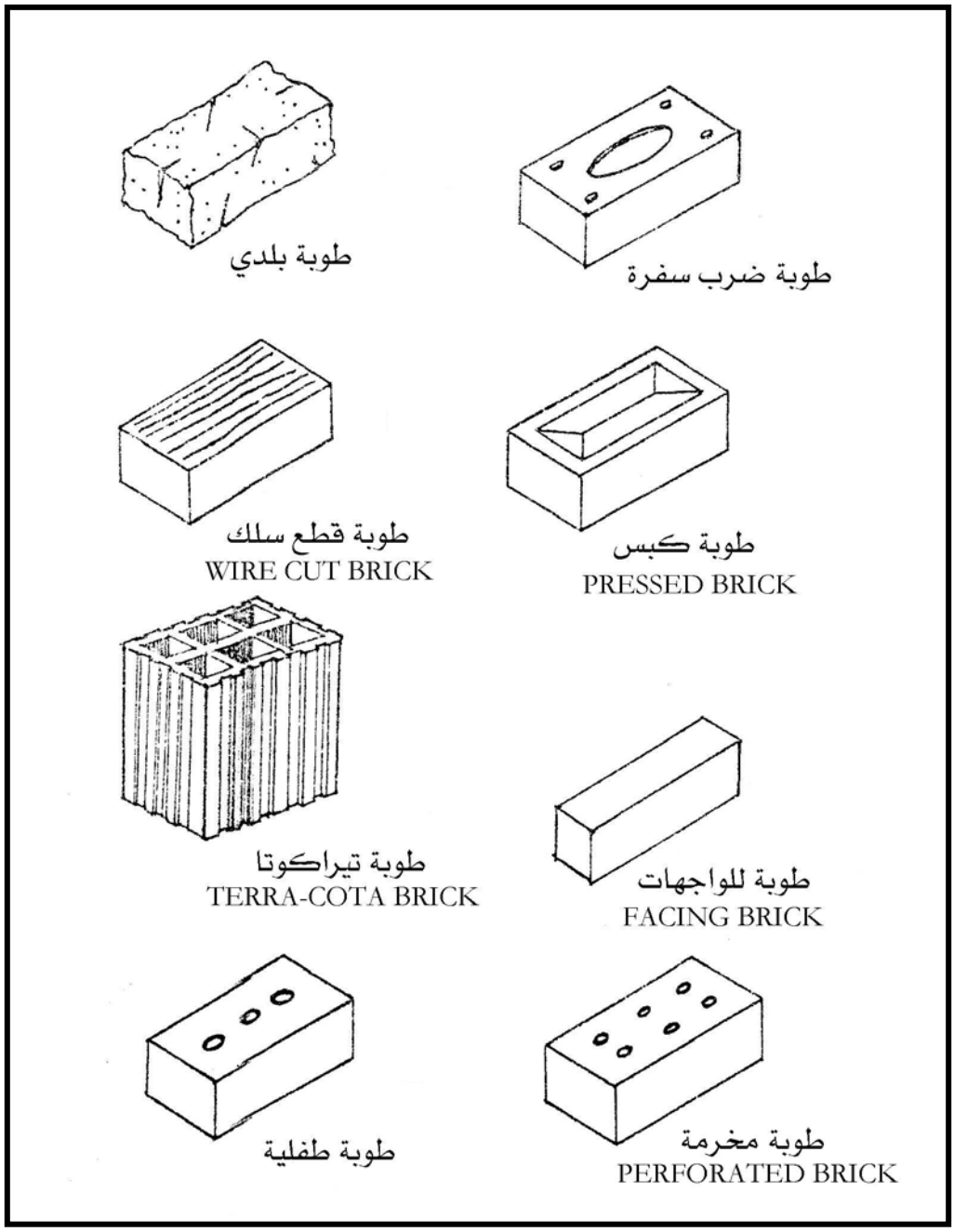
- هو طوب مفرغ وبالتالي فهو خفيف الوزن (وزن المتر المكعب يترأوح من ٦٠٠ إلى ٨٠٠كجم).
- يصنع من الصلصال (Clay).
- مقأوم للحريق.

- يستخدم في بناء الحوائط غير الحاملة.
- من مقاساته الآتي:

١٩ × ١٩ × ٩ سم أو ٣٠ × ٣٠ × ٥ سم

أو ٣٠ × ٣٠ × ٢٠ سم أو ٣٠ × ٣٠ × ٩ سم

أو ٣٠ × ٢٠ × ١٥ سم أو ٤٠ × ٢٠ × ٢٠ سم أو ٤٠ × ٢٠ × ١٥ سم



الشكل رقم (١- ٥): الأنواع الشائعة الاستعمال من الطوب الأحمر.

٣ - طوب الواجهات **Facing Bricks** شكل (١- ٤).

- يصب في قوالب بأحجام صغيرة خاصة بطريقة الضغط الميكانيكي.
- تكسى به الحوائط الأساسية في المبنى لحمأيتها من آثار العوامل الجوية بالإضافة إلى إعطائها ناحية جمالية.
- يتحمل قوة ضغط مقدارها ١٨٠ كجم / سم٢ تقريباً.
- يتميز بالكثافة والمتانة العالية ويعيبه أنه موصل للحرارة والصوت.
- ومن مقاساته الشائعة:

٢٥ × ٦ × ٦ سم أو ٢٣ × ٤ × ٤ سم

الطوب الرملي الجيري Sand Lime Bricks

- يصنع من مادة الرمل والجير.
- يستعمل لتكسية الحوائط الأساسية في المبنى وذلك لتميزه بالمقأومة الجيدة للعوامل الجوية.
- يتأثر عند غمره بالماء وذلك لوجود الجير ضمن مكوناته بالإضافة إلى تأثره عند تعرضه للمواد الكيميائية والأحماض.
- من مقاساته الآتي:
  - المصمت ٢٥ × ١٢ × ٦ سم أو ٢٣ × ١١ × ٥,٥ سم.
  - المفرغ ٢٥ × ١١ × ١٣ سم.
  - البلوكات الخفيفة ٥٠ × ١٢ × ٢٠ سم أو٥٠ ×١٠×٢٠سم.

    أو ٦٠ × ١٢ × ٢٠سم.
- طوب الواجهات ٢٣ × ٦ × ٦ سم.

٢- **الطوب الخرساني Concrete Bricks**

ويصنع هذا النوع من الطوب بعمل خلطة كسر الحجر الجيري أو خبث الأفران بالإضافة إلى الرمل والإسمنت. وله نوعان رئيسيان:

أ- البلوكات الخرسانية المفرغة **HOLLOW CONCRETE BLOCKS**

وهذا النوع من البلوكات يكون به فراغات داخلية تنتج نتيجة استخدام قوالب بها تشكيلات ينتج عنها هذا الفراغ . وهذا النوع وزنه خفيف نسبيا مقارنة بالطوب المصمت .

- يكون مفرغ بعينين أو ثلاثة عيون حسب مكان استعمالها في المبنى (في الحوائط أو الأسقف).
- من مقاساته الآتي:

٤٠ × ٢٠ × ٢٠ سم أو ٤٠ × ٢٠ × ١٥ سم

أو ٤٠ × ٢٠ × ١٠ سم أو ٤٠ × ٢٠ × ١٢ سم

أو ٤٠ × ٢٠ × ٢٥ سم أو ٤٠ × ١٥ × ٢٠ سم

أو ٤٠ × ١٠ × ٢٠ سم أو ٤٠ × ١٢ × ٦ سم

الطوب الخرساني المصمت **Solid Concrete Bricks**

ب- **الطوب الخرساني المصمت** SOLID CONCRETE BRICKS

هذا النوع من الطوب أقوى في التحمل ونقل الأحمال عن الطوب المفرغ . إلا أن وزنه أكثر.

الشكل (١- ٨) يبين أشكال وأنواع البلوكات الخرسانية

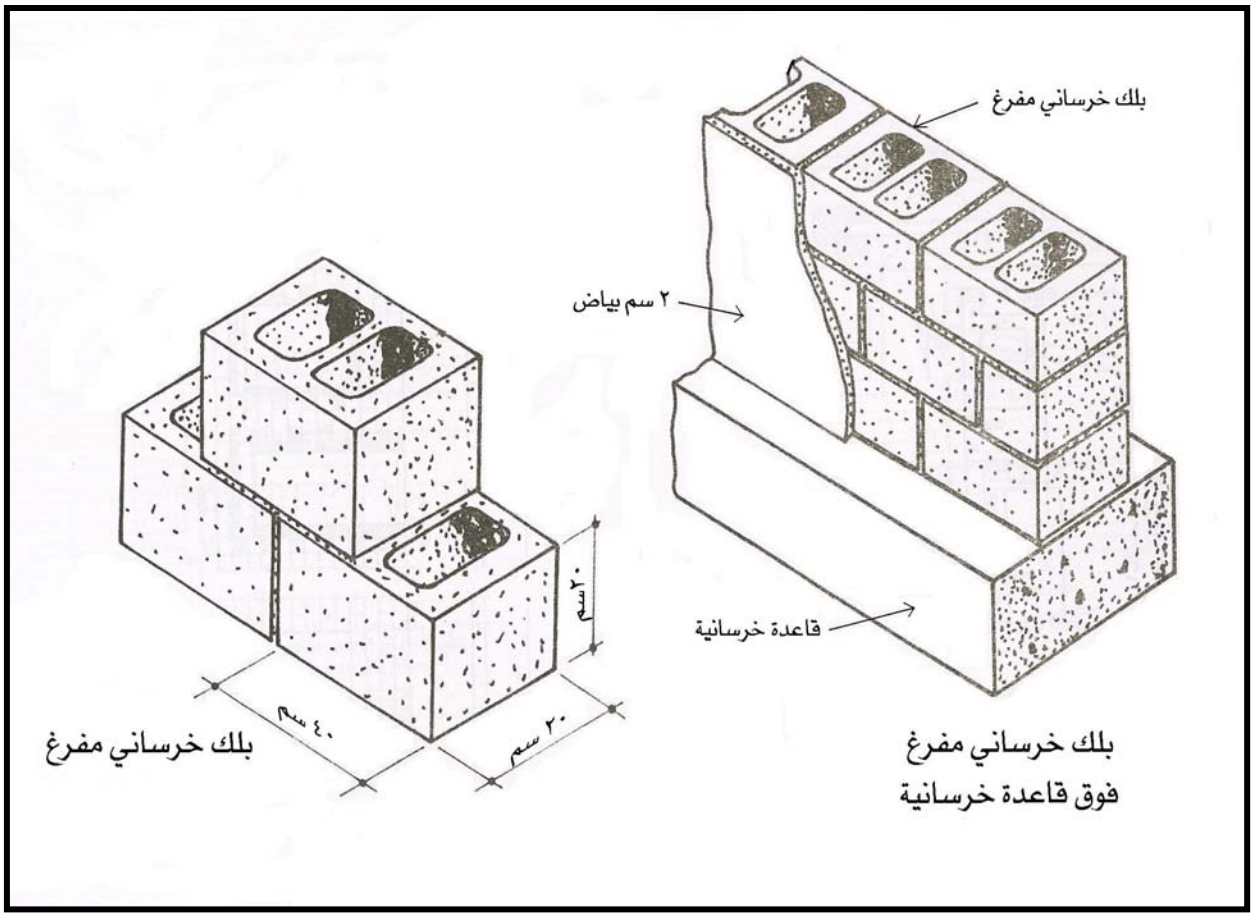
- يصنع مصمتاً تماماً دون فراغات.
- من مقاساته الآتي:

٤٠ × ٢٠ × ٢٠ سم أو ٤٠ × ١٥ × ٢٠ سم

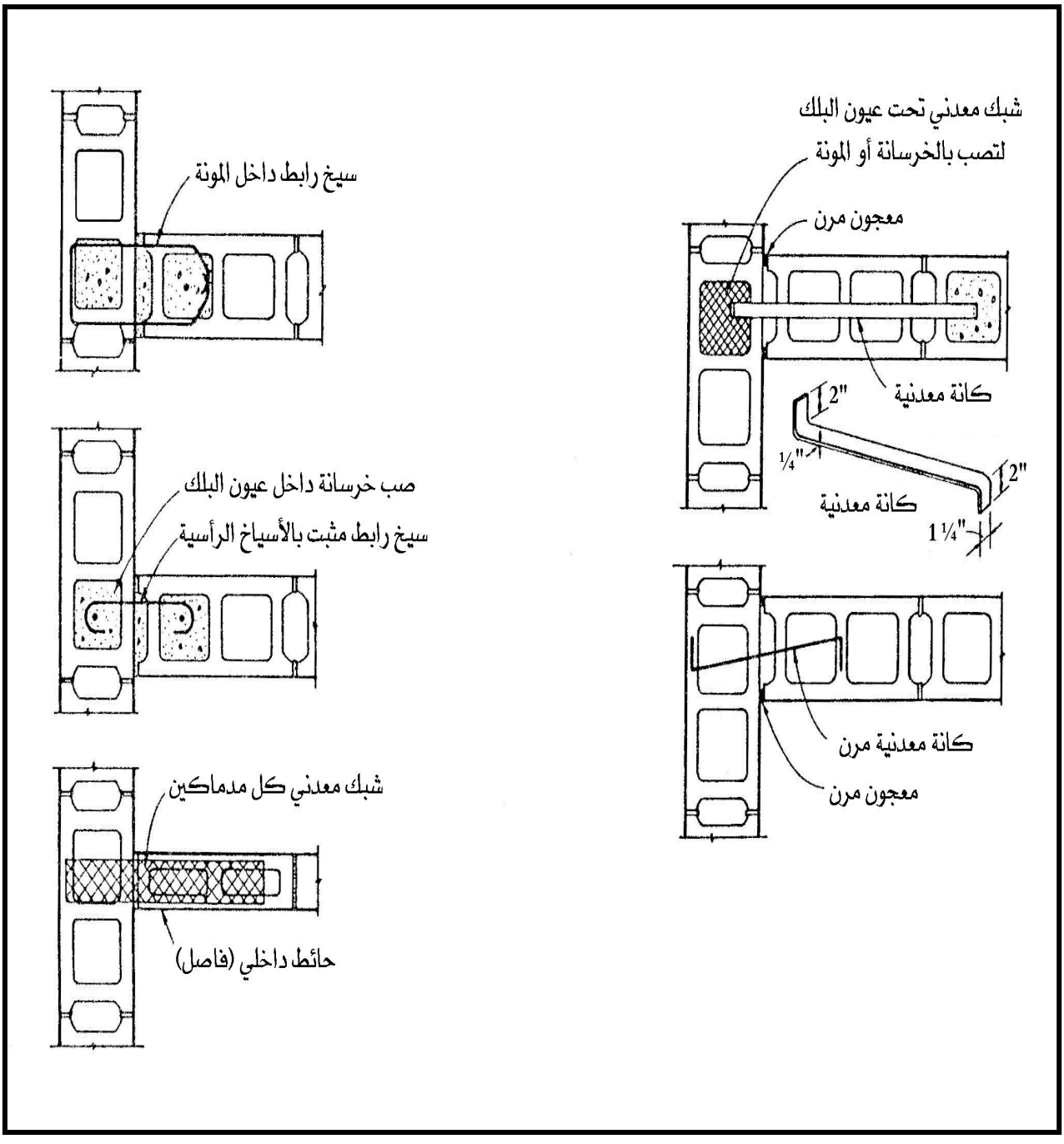
أو ٤٠ × ١٠ × ٢٠ سم

الأشكال (١- ٦ و١- ٧) توضح طريقة رص وحدات البلك الخرساني بالإضافة إلى طرق ربط هذه الوحدات عند التقاء حائطين.

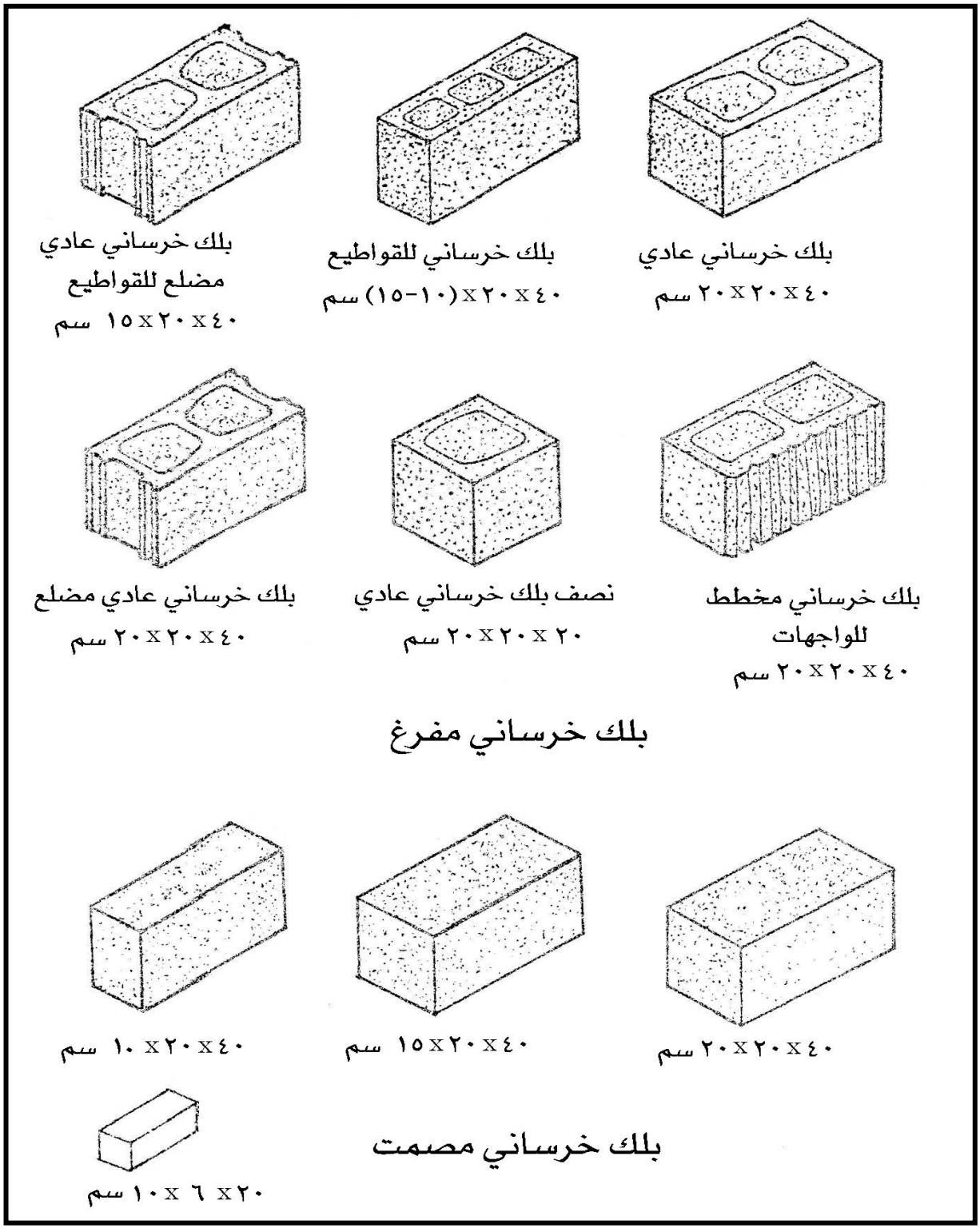
ملاحظة : الشكل بالأسفل يوضح البلوكات المفرغة و يمكن رص البلوكات بحيث تكون الفتحات المفرغة لأسفل حتى لا تمتلئ بالمونة عند رص المدماك الذي يليه . و عند الرغبة في تقوية الحائط و زيادة ربط الحوائط المتعامدة عند الإلتقاء توضع أسياخ حديد أو كانات أو شبك معدني للربط داخل الفراغات ثم تملأ بالخرسانة .



الشكل رقم (١- ٦): كيفية رص وحدات البلك الخرساني.



الشكل رقم (١- ٧): طرق ربط وحدات البلك الخرساني عند التقاء حائطين.



الشكل رقم (١- ٨): أنواع ومقاسات الطوب الخرساني.

٣- الطوب الجيري الرملي Sand Lime Bricks

يصنع هذا النوع من خليط الرمل + الجير وله أشكال عديدة منها :

- طوب جيري رملي مصمت
- طوب جيري رملي مفرغ
- بلوكات طوب خفيف
- طوب جيري رملي للواجهات

ويستعمل هذا النوع في بناء القواطع الداخلية وكسوة الواجهات بعد إضافة أكاسيد اللون المطلوب ويمنع استخدامه في المختبرات الكيميائية لأنه يتأثر بالأحماض نظرا لوجود الجير في مكوناته.

ومن مميزاته :

- يوجد بألوان عديدة مثل الأبيض والأصفر والأخضر والأحمر
- خفيف الوزن
- عازل للحرارة
- سهولة تشغيله

٣- الطوب الحراري Fire Bricks

هذا النوع من الطوب يدخل في مكوناته رمل السيليكا ذو لون أبيض بأبعاد ٤٠× ٢٠ × ٧ سم من نفس المواد المستخدمة في الطوب المفرغ العادي ولكنه مصمت ويستخدم في بناء الأقواس والديكورات كما يستخدم المصنوع من رمل السيليكا في بنا الأفران حيث يتحمل درجات حرارة عالية .ويضاف إليه خبث أفران الحديد حيث تصب العجينة في قوالب وتتعرض لضغط ميكانيكي لزيادة كثافتها ثم تجفف وتحرق في الأفران .

استخداماته:

- في بناء الدفأيات
- في بناء الأفران
- تبطين المداخن من الداخل
- تبطين الأماكن التي تتعرض لدرجة حرارة عالية حيث مقأومته للحرارة بين ١٦٥٠- ١٧٥٠دم

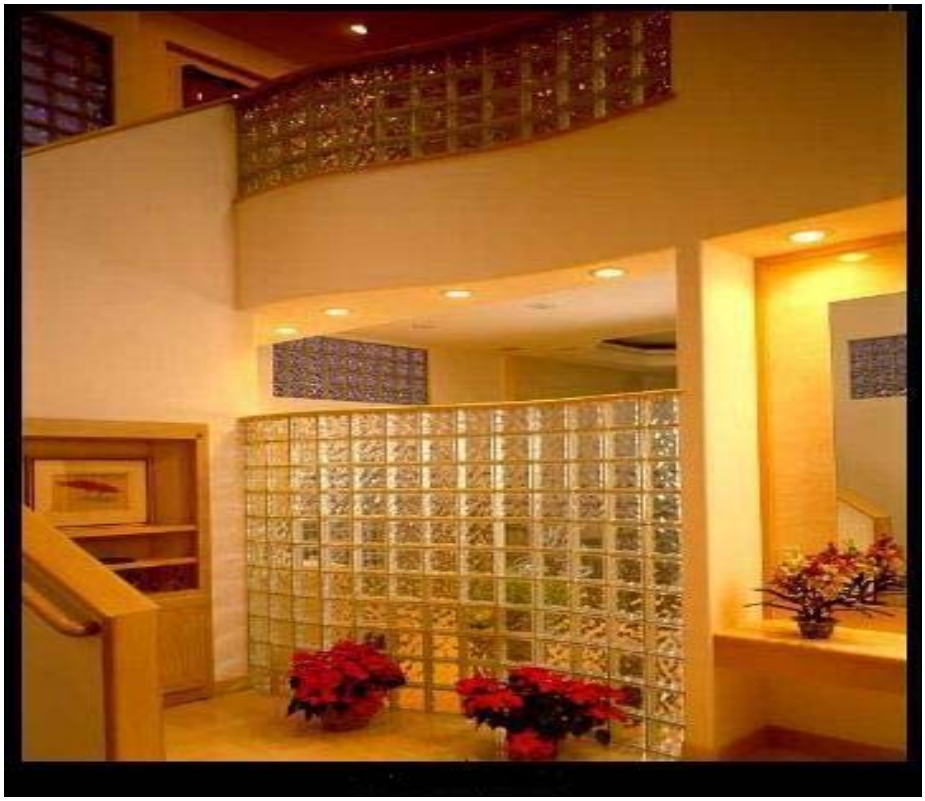
٤- البلوكات الزجاجية Glass Blocks

تستخدم البلوكات الزجاجية لأغراض معينة في بناء الحوائط والقواطع منها

- توصيل الضوء فقط
- لعزل الرؤية لأن الطوب غير شفاف
- هذا النوع مقأوم جيد للحريق
- يعطي مظهرا جمالياً

إلا أن هذا النوع لا يستخدم في تحمل أية أحمال . وتستخدم في بنائه مونة الأسمنت والجير والرمل.

والصور الآتية توضح بعض استخدامات البلوكات الزجاجية والأشكال (١- ٩) تبين بعض استخداماته.



الأشكال رقم (١- ٩) بعض استخدامات البلوكات الزجاجية

٥- البلوكات الجبسية Gypsum Blocks

هذا النوع من البلوكات يصنع من الجبس وتكون نوعين

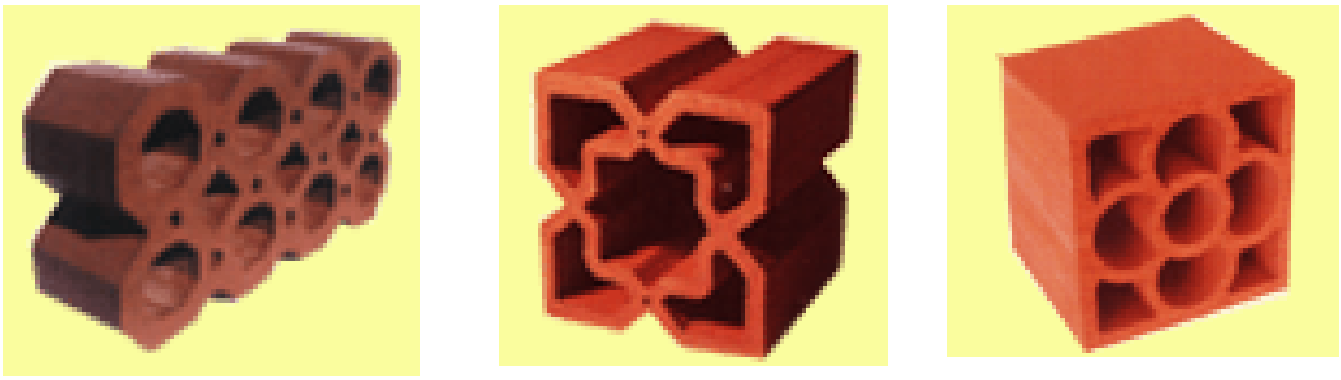
- بلوكات مصمتة
- بلوكات مفرغة

وتستعمل في القواطع الخفيفة والمؤقتة وتسديد الفراغات بين الأعمدة وعمل التقسيمات الداخلية ويتم بناؤها على أرضية جاهزة وصلبة

٦- البلوكات المشربية Screen Blocks

هي مخرمات من بلوكات جبسية أو خرسانية وتسمي (كولسترات) وتركب هذه البلوكات مع بعضها لتعطي حائط مشربية ذو شكل جمالي .

وتستخدم في تسديد القواطع وخاصة الخارجية في الواجهات لتعطي الشكل المطلوب . والصور التالية تبين بعض أشكال هذه البلوكات شكل (١- ١٠) .



شكل(١- ١٠) بعض أشكال البلوكات المشربية

٧- طوب الحجر الصناعي Artificial Stone Bricks

يستخدم هذا النوع من الطوب في كسوة الحوائط الخارجية ليعطي شكلا جماليا ومنظر للحجر . وهذه البلوكات يتم تربيطها باستخدام الكانات الحديدية.

٨- الطوب الأسفلتي Asphalt Bricks

يصنع هذا النوع من خلط البيتومين الساخن مع مسحوق كسر الحجر ثم يكبس في قوالب من الحديد بالمقاسات المطلوبة ثم يبرد بالماء بعد خروجه من القالب .

ويستعمل في كسوة الأرضيات وأسفل المباني ورصف الطرق وأرضيات الجسور، وهذا النوع مقأوم للرطوبة .

٩- الطوب المطاطي Rubber Bricks

يصنع هذا الطوب من المطاط الطبيعي مع بعض الإضافات لتحسين خواصه ويستعمل في رصف الطرق ومواقف السيارات ويبنى على سطح صلب ويلصق بالأسمنت أو البيتومين ومميزاته :

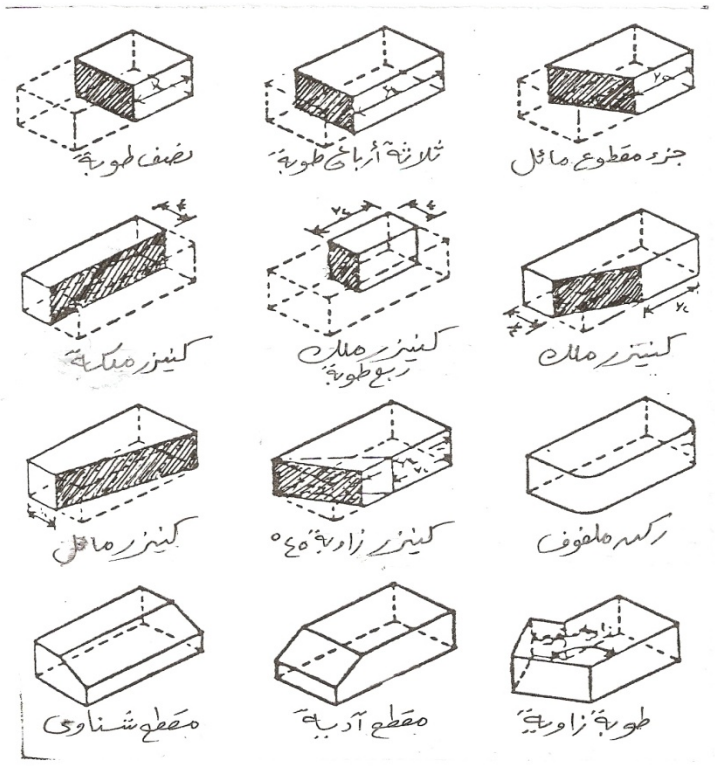
- أملس السطح
- متين
- لا يبتل بسرعة
- مضاد للإنزلاق

- يمكن تنظيفه بسهولة
- يقلل من الضوضاء
- يمتص الاهتزازات
- له معامل احتكاك عالي جدا

قطعيات الطوب (Brick Cuts) ومن أهمها:

١. كنيزر الملكة **(Queen Closer)** مكون من نصف طوبة بطولها توضع بعد أول آدية في كتف الحائط القائم الزأوية وذلك لتجنب وقوع العراميس الرأسية فوق بعضها حيث يتسبب ذلك في حدوث الشرخ الرأسي (قطع الحل) في الحائط.

٢. كنيزر الملك **(King Closer)** مكون من طوبة مشطوفة عند ركنها حيث يظهر نصفي الشنأوي والآدية فقط ويستخدم كنيزر الملك عند أركان كتف الحوائط ذات الزوأيا غير القائمة. والشكل (١- ١١) يبين قطعيات الطوب التي تستخدم حسب الحاجة إليها .



شكل (١- ١١) أشكال قطعيات الطوب

أربطة الطوب Bricks Bonds

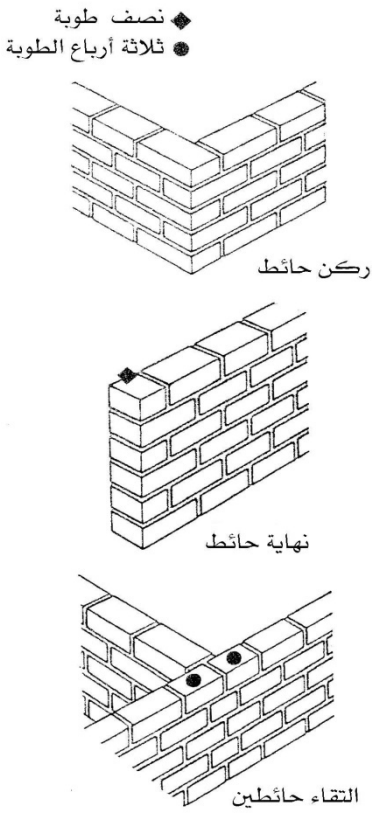
هناك العديد من طرق ربط وحدات الطوب لتصبح كتلة واحدة كبيرة مكونة من وحدات الطوب الصغيرة المرصوصة المتماسكة. ومن أشهر أربطة الطوب استعمالاً ما يلي:

١- الرباط المستمر **Running Bond** شكل (١- 12)

اسمه المتدأول الشنأوي أو العادي.

تشيد وحدات الطوب بحيث يظهر طول الطوبة في جميع المداميك (الشنأويات).

يستعمل هذا الرباط فقط عند بناء حوائط سمكها ١/٢ طوبة.



الشكل رقم (١- 12): رص الطوب بطريقة الرباط المستمر.

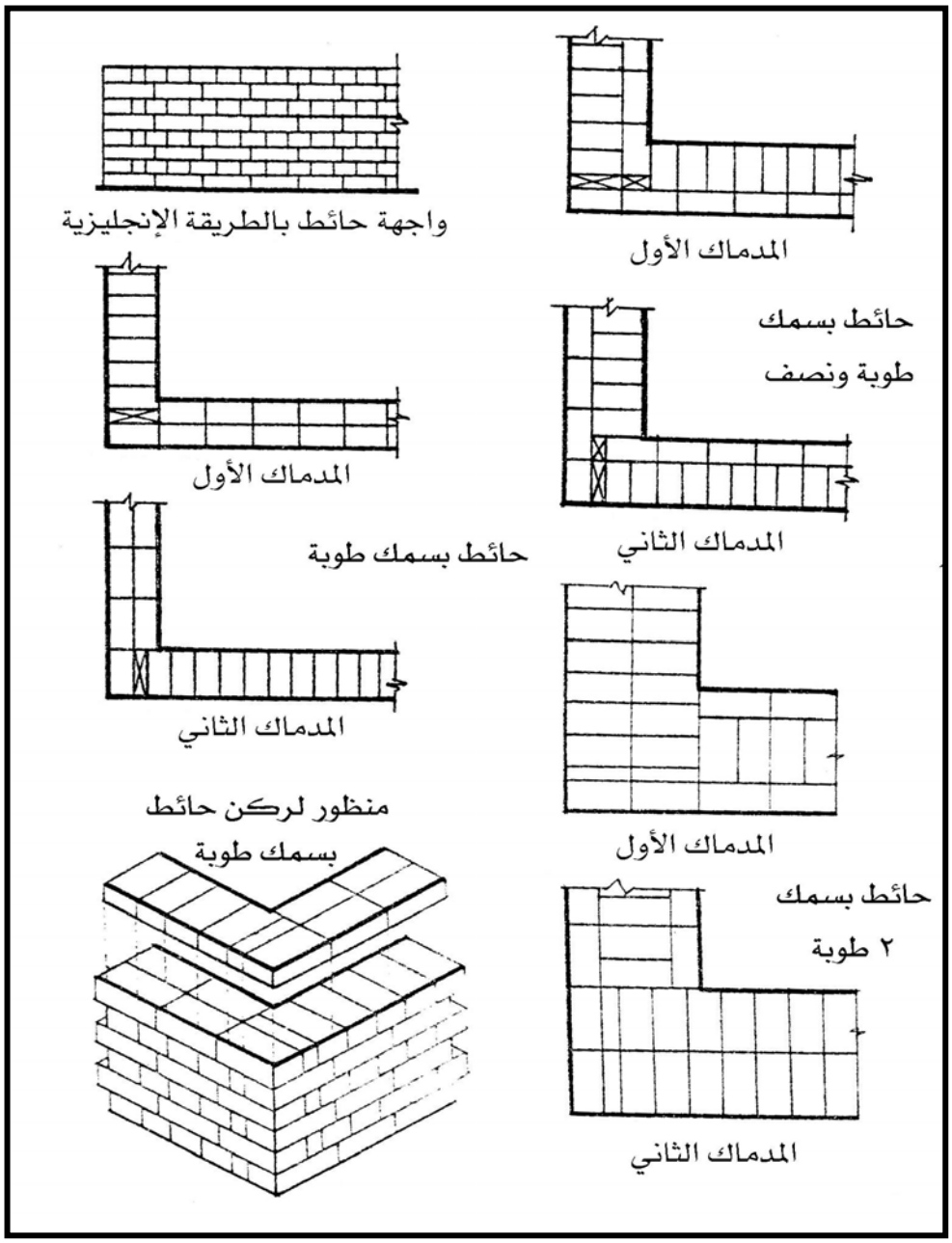
٢- الرباط الإنجليزي English Bond شكل (١- ١٣ و ١- ١٤)

ترص وحدات الطوب عند بناء الحائط بحيث يظهر طول الطوبة (شنأوي) في مدماك ويبنى فوقه مدماك يظهر عرض الطوبة (آديه) بالإضافة إلى استعمال قطع طوبة (كنيزر) لكي نتجنب أن تكون عراميس المونة الرأسية فوق بعضها في المدماكين حتى لا يسبب ذلك حدوث الشرخ الرأسي

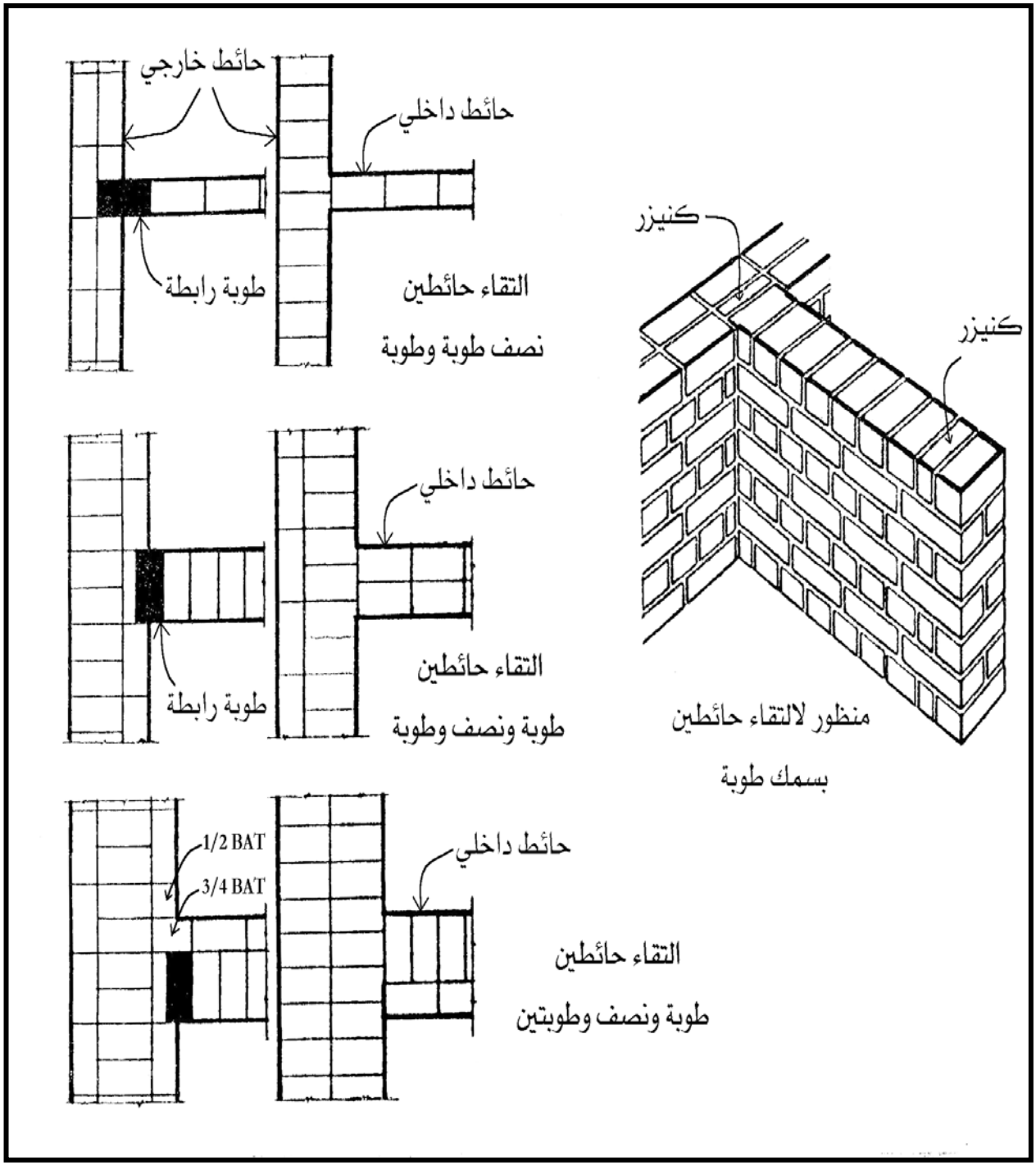
(قطع الحل) في الحائط.

تتميز طريقة البناء بالرباط الإنجليزي بأنها تجعل من الحائط كتله واحدة مترابطة وقوية وتتحمل قوى الضغط أفضل من طرق أربطة الطوب الأخرى.

يمكن استعمال هذا الرباط في جميع الحوائط ذات السماكات المختلفة.



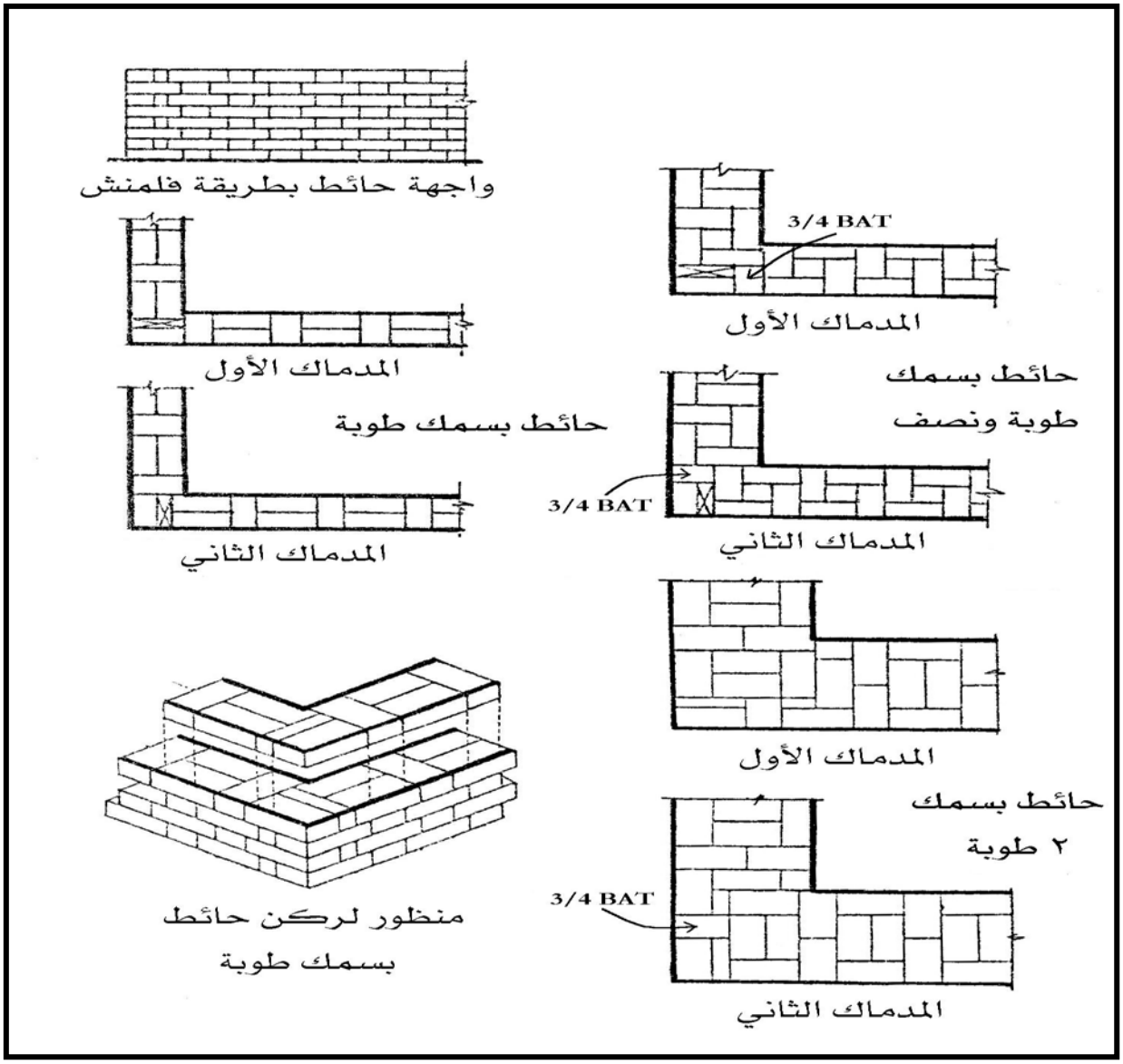
الشكل رقم (١- ١٣): رص الطوب بطريقة الرباط الإنجليزي



الشكل رقم (١- ١٤): رص الطوب بطريقة الرباط الإنجليزي

٣- الرباط الفلمنكي Flemish Bond شكل (١- ١٥)

- تبنى وحدات الطوب في الحائط بحيث يكون كل مدماك في واجهته مكوناً من طوبة تظهر بعرضها (آديه) وأخرى بجانبها تظهر بطولها (شنأوي) وهكذا في جميع مداميك الحائط مع استعمال قطع الطوبة (الكنيزر) لتفادي وقوع الشرخ الرأسي (قطع الحل) في الحائط.
- الرباط الفلمنكي يعطي للحائط مقاومة لقوى الضغط أقل من الرباط الإنجليزي السابق ذكره وذلك بسبب كثرة عراميس المونه الرأسية خصوصاً في الحائط الذي سمكه أكبر من طوبة.
- يستعمل هذا النوع من أربطة الطوب عادة بهدف إظهار الحائط بواجهة زخرفية.



الشكل رقم (١- ١٥): رص الطوب بطريقة رباط فلمنكي.

المباني ذات الحوائط الحاملة Wall Bearing Systems

لقد استعملت هذه الأنواع من الإنشاءات بكثرة قبل استعمال الخرسانة المسلحة .

نظام البناء بالجدران الحاملة قديم قدم التاريخ حيث كان النظام السائد في البناء قبل ظهور الخرسانة المسلحة سهلة التجهيز والإعداد ، مقارنة مع المواد المستخدمة في نظام الجدران الحاملة والتي تحتاج إلى وقت طويل للإعداد والتجهيز.

- **المباني في المملكة العربية السعودية**

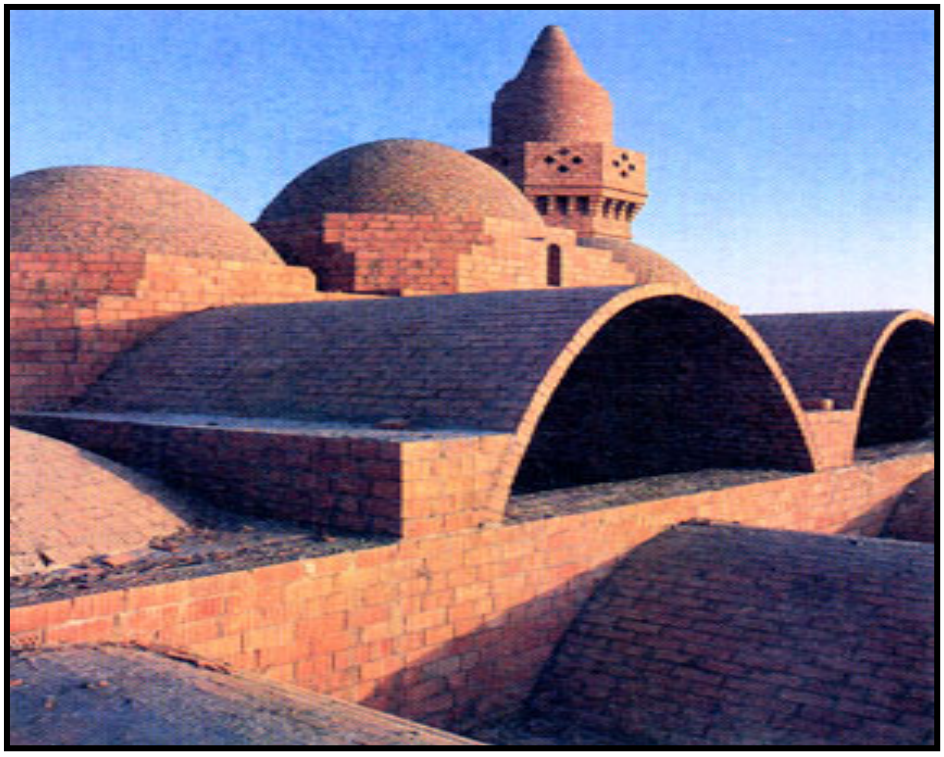
كانت المباني في المملكة العربية السعودية قبل ظهور البترول تبنى بواسطة طوب اللبن والأحجار للجدران والأخشاب للأسقف مع استخدام بسيط للطوب الأحمر الفخاري المصنع بطريقة بدائية في ذلك الوقت بأسلوب البناء بالجدران الحاملة . وقد استطاع البنائين في ذلك الوقت من بناء منازل جميلة ومرتفعة تصل إلى (٦) أدوار بهذا الأسلوب في مكة المكرمة والمدينة المنورة وجدة حيث تمثل هذه المدن حاضرة البناء في ذلك الوقت ويوضح الشكل (١- ١٦) والشكل (١- ١٧) أحد معالم البناء السائدة في تلك الفترة.

الشكل (١- ١٦) أحد معالم البناء السائدة في تلك الفترة.

الشكل (١- ١٧) أحد معالم البناء السائدة في تلك الفترة في مكة المكرمة والمدينة المنورة.

- **تجربة بناء المساجد بالحوائط الحاملة**

العمارة والبناء تمثل مرآة المجتمعات ماضياً وحاضراً ومستقبلاً ومن هذا المنظار وعند بدأية التخطيط لتوسعة وعمارة المساجد التاريخية بالمدينة المنورة مثل مسجد قباء والقبلتين والميقات. وقد كانت الرؤية أن تتم التوسعة والزيادة في عمارة مساحة تلك المساجد بنفس التصاميم القديمة مع إضافة لمسات معمارية ذات طابع تراثي إسلامي للمحافظة على هوية تلك المساجد التاريخية . وقد قام أحد المعماريين بإعادة تصميم تلك المساجد بصورة جديدة ومبتكرة ، حيث استخدم أسلوب البناء بالحوائط الحاملة من الطوب الأحمر الفخاري لإعادة بناء وتوسعة تلك المساجد وقد كان أحد الأسباب الأساسية في اختيار هذا الأسلوب في البناء هو سهولة تشكيل الأقواس والقباب والمقرنصات باستخدام الطوب الأحمر الفخاري إضافة إلى قصر فترة التنفيذ المطلوبة لإنجاز البناء في تلك المساجد حيث تمثل تلك المساجد أهم المعالم التاريخية والدينية لدى المسلمين عامة، كما أن العامل الإقتصادي المعتدل في تكاليف البناء بالطوب الأحمر الفخاري كان سبباً في التوجه لهذا الأسلوب الذي يجمع مزأيا التشكيل المعماري المبتكر مع التكاليف المعتدلة وسرعة الإنجاز، ويوضح الشكل (١- ١٨) أحد المساجد التي صممت ونفذت بطريقة الجدران الحاملة من الطوب الأحمر الفخاري . وقد امتدت هذه التجربة لتشمل تنفيذ بعض المساجد في مدينة جدة مثل مسجد الملك سعود ومسجد الحارثي والجفالي ومساجد الكورنيش .



شكل (١- ١٨) نمط وأشكال المساجد المصممة بالحوائط الحاملة من الطوب الأحمر

- **تجربة البناء بالحوائط الحاملة للمباني السكنية**

بعد نجاح تجربة بناء المساجد التاريخية بالمدينة المنورة وبعض المساجد في مدينة جدة ، مع توفر وجود قاعدة كبيرة من منتجات الطوب الأحمر الحامل المخصص لبناء الحوائط الحاملة مكن من استخدام تلك القاعدة الكبيرة من المنتجات في بناء المساكن والفيلات السكنية من دورين بمساحة ٣٠٠م٢ للدور الواحد . وقد أثبتت هذه الخطوة إمكانية بناء الفيلات السكنية بطريقة الحوائط الحاملة بكل سهولة واقتدار ، حيث تم تطوير صب الأسقف بواسطة استخدام الأعصاب الخرسانية مسبقة الصب وكانت لهذه الطريقة الأثر الفعال في تقليل الإعتماد على النجار والحداد المسلح إضافة إلى الإستغناء نهائياً عن الشدات الخشبية المستخدمة في نصب وتثبيت السقف اثناء الصب في الطريقة التقليدية كما هو موضح في الشكل (١- ١٩) ، وقد كان لاستخدام البناء بالجدران الحاملة من الطوب الأحمر الفخاري تقليل كميات الخرسانة المسلحة المستخدمة في القواعد والرقاب والميدات الأرضية والأعمدة وكمرات السقف العميقة .

شكل (١- ١٩) تفاصيل بناء السقف الهوردي من الأعصاب الخرسانية الجاهزة

مميزات استخدام نظام الحوائط الحاملة في التنفيذ :

- سرعة الإنجاز والتنفيذ.
- الإستغناء عن الأخشاب والدعائم المستخدمة في شد وتثبيت السقف قبل صب الخرسانة.
- تقليل الإعتماد على النجارين والحدادين للخرسانة المسلحة .
- توفير تكاليف الخرسانة المسلحة وحديد التسليح وأجور العمالة بما يعادل ٢٤٪ من تكاليف البناء بالهيكل الخرساني .
- زيادة عوامل السلامة والأمان في صب الأسقف .
- رفع كفاءة وجودة العمل المنجز بشكل كبير نظرا لاستخدام مواد جاهزة مثل الأعصاب الخرسانية في الأسقف.

كيفية انتقال الأحمال في نظام الحوائط الحاملة :

الحوائط الحاملة هي الحوائط الداخلية والخارجية والتي يرتكز عليها المبنى وتقوم بنقل جميع الأحمال الميتة (أرضيات، أسقف) والحية (الناس، الأثاث) إلى التربة التي تقع تحت هذه الحوائط مباشرة.
ولأجل أن تقوم هذه الحوائط بمهمة نقل جميع الأحمال إلى التربة فإن حوائط الدور الأرضي في المبنى تكون أكبر سماكة من الأدوار التي تقع فوقه حيث تقل السماكة كلما اتجهنا للأدوار العليا، ولضمان توزيع أحمال المبنى على التربة بالتساوي فلابد من استعمال الأساسات المستمرة تحت جميع الحوائط الحاملة والتي يرتكز عليها المبنى، وهذه الأساسات تكون بعرض أكبر من سماكة الحوائط. شكل (١- ٢٠).

وانتقال الأحمال في هذا النوع من المباني يكون كالتالي :

١- تنقل الأحمال الميتة والحية من الأسقف إلى الحوائط.
٢- تنقل الحوائط تلك الأحمال بالإضافة إلى وزنها الذاتي إلى الحوائط التى أسفلها حتى تصل إلى الأساس المستمر حتى الحوائط .
٣- يقوم الأساس بتوزيع الأحمال على التربة الصالحة للتأسيس .

٤- يختلف سمك الحائط الداخلي عن الخارجي وحتى لا يؤثر في الواجهة يكون الاختلاف من الداخل .

٥- يتزأيد سمك الحوائط كلما خرجنا من التأسيس .

٦- وجود الفتحات للحوائط الإنشائية يضعف قدرتها على التحمل وتنفذ فتحات الشبابيك بحيث يكون ارتفاعها كبير نسبيا ويكون عرضها صغير نسبيا.

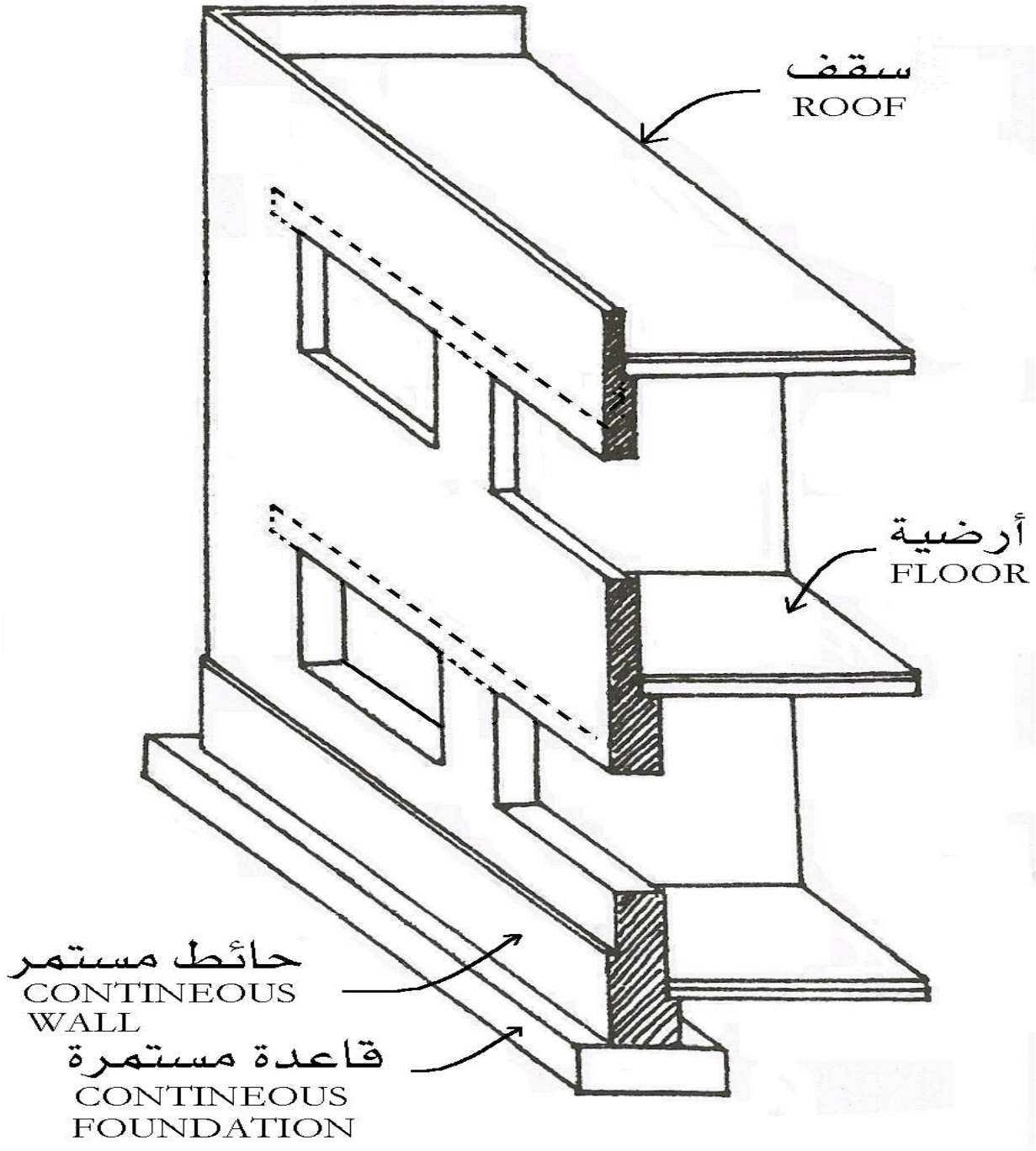
٧- لا يجب عمل تعديلات داخلية في هذا النوع من المباني من دور لأخر دون اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتفادى إنهيار الأحمال .

٨- تحديد سمك الحائط تبعا لارتفاع المبنى.

وارتفاع المباني ذات الحوائط الحاملة يكون دائما محدود بالإعتماد على الأحمال الميتة والحية وكذلك نوع وقوة تحمل التربة الواقعة تحته. ولربط أجزاء المبنى بعضها مع بعض فإن سملات الخرسانة المسلحة يمكن عملها تحت هذه الحوائط. وغالبا ما يتميز البناء بهذا النظام بسرعة التشييد.

سماكة الحوائط الخارجية للمباني السكنية ذات الحوائط الحاملة من الطوب الأحمر يمكن تحديدها بالرجوع إلى الجدول التالي:

ارتفاع المبنى	عدد الطوابق	سمك الحائط
٧ متر	٢ طابق	سمك الحائط الخارجي ٢٥سم (طوبة) للدور الأرضي سمك الحائط الخارجي ٢٥سم (طوبة) للدور الأول سمك الحائط الداخلي ٢٥سم (طوبة) سمك الحائط المرتكز عليه الدرج ٣٨سم (طوبة ونصف)
١٠ متر	٣ طوابق	سمك الحائط الخارجي ٣٨سم (طوبة ونصف) للدور الأرضي سمك الحائط الخارجي ٢٥سم (طوبة) للدور الأول والثاني سمك الحائط الداخلي ٢٥سم (طوبة) سمك الحائط المرتكز عليه الدرج ٣٨سم (طوبة ونصف)
١٣ متر	٤ طوابق	سمك الحائط الخارجي ٥١سم (طوبتين) للدور الأرضي والأول سمك الحائط الخارجي ٣٨سم (طوبة ونصف) للدور الثاني والثالث سمك الحائط الداخلي ٢٥سم (طوبة) سمك الحائط المرتكز عليه الدرج ٣٨سم (طوبة ونصف)
١٦ متر	٥ طوابق	سمك الحائط الخارجي ٥١سم (طوبتين) للدور الأرضي والأول سمك الحائط الخارجي ٣٨سم (طوبة ونصف) للدور الثاني والثالث سمك الحائط الخارجي ٢٥سم (طوبة) للدور الرابع سمك الحائط الداخلي ٢٥سم (طوبة) سمك الحائط المرتكز عليه الدرج ٣٨سم (طوبة ونصف)



الشكل رقم (١- ٢٠) نظام الحوائط الحاملة

أولا : المباني بنظام العمود والكمرة Column and Beam

- قديماً استخدمت الأعمدة والكمرات (الأعتاب) في الحضارات القديمة مثل المصرية واليونانية حيث كانت ذات حجم ضخم والبحور بينها قصيرة نظراً لضعف متانة المواد المستخدمة (الأحجار) وعدم مقأومة الكمرات (الأعتاب) للشد.
- نظام الإنشاء بالعمود والكمرة يعتبر نظام إنشاء خطي تقليدي بسيط.
- تحمل الكمرات البلاطات وترتكز ارتكازاً حراً أو ثابتاً على الأعمدة حيث تظهر بصورة نظام شبكة متعامدة من الكمرات والبلاطات تتوزع عندها الأحمال في اتجاهين.
- يشيد هذا النظام الخطي باستعمال (قطاعات من الأخشاب أو الحديد أو الخرسانة المسلحة المصبوبة بالموقع أو سابقة الصب).
- الأرضيات والحوائط والبلاطات تنقل ثقلها إلى الكمرات ثم الأعمدة فالأساسات ثم إلى التربة ، شكل (٢- ١). وهناك ارتباط وثيق بين ارتفاع المبنى وزيادة مقاس مقطع أعمدته ويفضل عدم المبالغة في ضخامتها حتى لا تقل مساحة الفراغات بالمبنى.

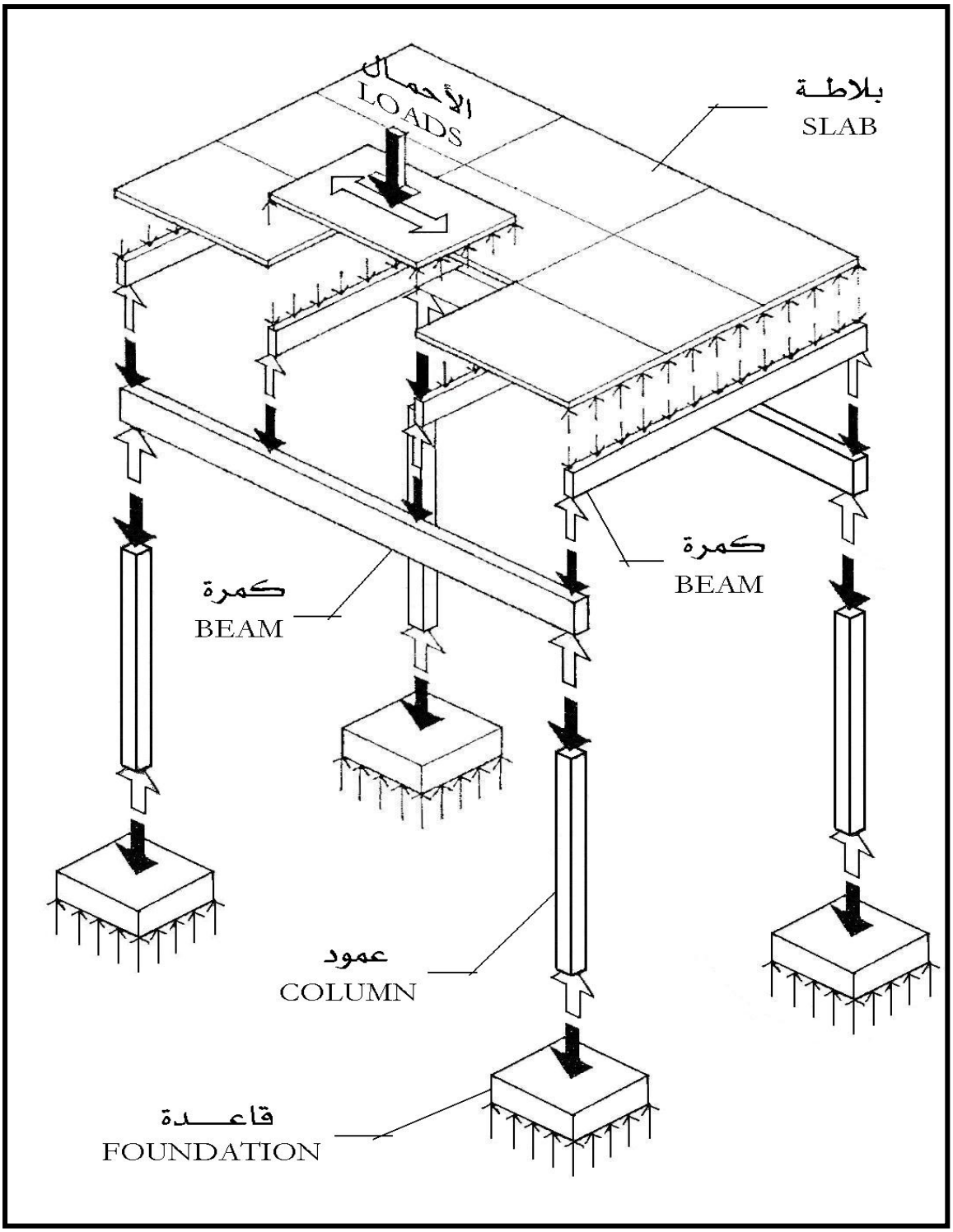
انتقال الأحمال في نظام الكمرة والعمود :

١- تنتقل الأحمال (الحية والميتة) من الأسقف إلى الكمرات

٢- تنقل الكمرات هذه الأحمال إلى الأعمدة التي ترتكز عليها

٣- تنتقل الأحمال من خلال الأعمدة حتى تصل القاعدة الخرسانية المسلحة

٤- تنقل القاعدة الخرسانية الحمل إلى التربة . والتي يجب أن يراعى في التصميم قدرة تحمل التربة للأحمال الواقعة عليها قبل البدء في التنفيذ.



شكل رقم (٢- ١): طريقة نقل الحمل في نظام الكمرة والعمود.

أنواع البلاطات الخرسانية المسلحة :

١- البلاطات المصمتة Solid Slab

البلاطات المصمتة هي البلاطات ذات السمك القليل الذي يترأوح بين (١٠ – ١٥) سم وترتكز مباشرة عند حوافها على العوارض التى ترتكز على الأعمدة ثم ترتكز الأعمدة على القواعد .
وهذه البلاطات تنقسم إلى نوعين من حيث توزيع الأحمال. حسب النسبة بين طول وعرض البلاطة .

النوع الأول:

البلاطات التي توزع حملها في اتجاه واحد One Way Slab

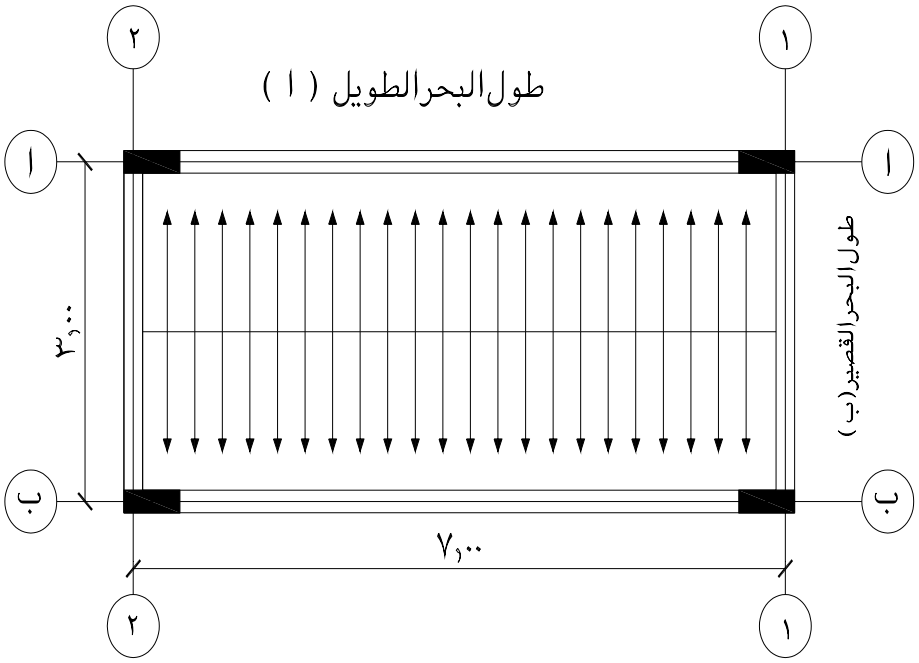
وهذه البلاطات يكون فيها النسبة بين بعدها الطويل (أ) إلى بعدها القصير (ب) ≤ ٢,٠٠

انظر الشكل رقم (٢- ٢) نجد أن :

طول البحر الطويل = ٧,٠٠ متر طول البحر القصير = ٣,٠٠متر

بقسمة (أ) على (ب) الناتج = ٢,٣٣٣ ≤ ٢,٠٠ بذلك يكون توزيع الحمل في اتجاه واحد حيث ينتقل الحمل في الاتجاه القصير كما هو موضح بالرسم ،و لذلك يتم وضع الحديد الرئيس في الاتجاه القصير . لنقل كامل أحمال البلاطة .مع إضافة حديد ثانوي في الاتجاه الطويل لمقأومة إجهادات الإنكماش والتغير في درجات الحرارة .

ويكون الاتجاه القصير هو الفرش الذي يوضع أولا . ثم الاتجاه الطويل وهو الغطاء.



الشكل (٢- ٢) بلاطات مصمتة توزع حملها في اتجاه واحد

االنوع الثاني:

البلاطات التي توزع حملها في اتجاهين Two Way Solid Slab

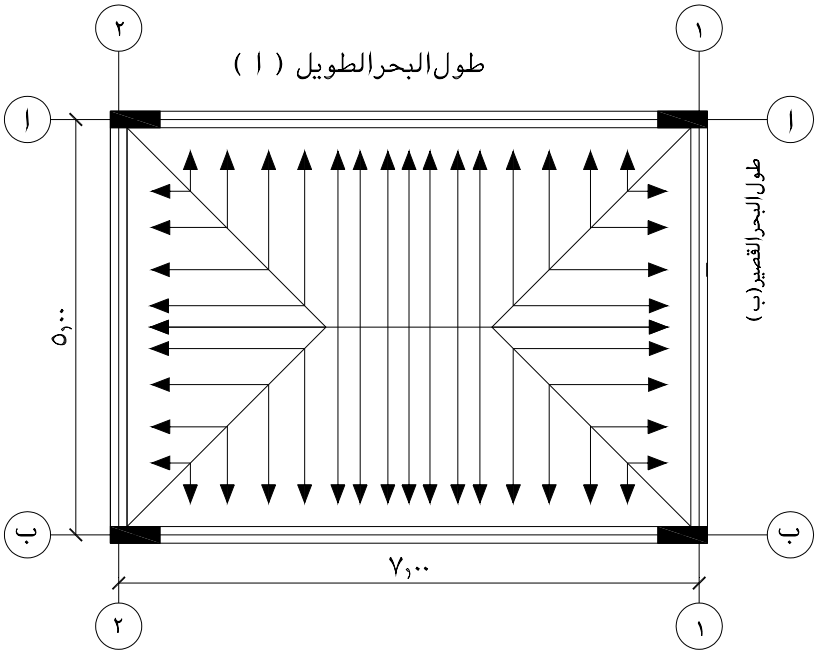
وهذه البلاطات يكون فيها النسبة بين بعدها الطويل (أ) إلى بعدها القصير (ب) ≤ ٢,٠٠

انظر الشكل رقم (٢- ٣) نجد أن :

طول البحر الطويل = ٧,٠٠ متر طول البحر القصير = ٥,٠٠متر

بقسمة (أ) على (ب) الناتج = ١,٤٠≤ ٢,٠٠ بذلك يكون توزيع الحمل في الاتجاهين القصير والطويل وتتواجد الإجهادات الداخلية في كلا الاتجاهين .

لذلك يجب وضع حديد تسليح في الاتجاهين متعامدين وتستند أحدى الطبقتين على الأخرى وبذلك ينتقل جزء من الحمل إلى كلا من العارضتين المتقابلتين وبهذا يتم توزيع الحمل على العوارض الأربعة.



شكل رقم (٢- ٣) بلاطة مصمتة توزع حملها في اتجاهين

٢- البلاطات الهوردي (المفرغة) Hollow Block Slab

هذا النوع من البلاطات انتشر في السنوات الأخيرة وخاصة في المملكة لما له من مميزات تفضله دون الأنواع الأخرى من البلاطات ولما يناسب جو المملكة ومن أهم مميزاته .

- عازل للصوت
- عازل للحرارة لذا يفضل استخدامه في المناطق الحارة
- يعطي سقف أملس خالي من سقوط الكمرات
- تمكن تغيير فواصل وجدران الوحدات مما يعطي الحرية في التقسيم المعماري الداخلي
- البلوك المفرغ أو الفراغ داخل البلاطة يقلل من وزن السقف وبالتالي تقل الأحمال الواقعة على الأساسات
- يغطي مساحات كبيرة نسبيا مقارنة بالأسقف المصمتة

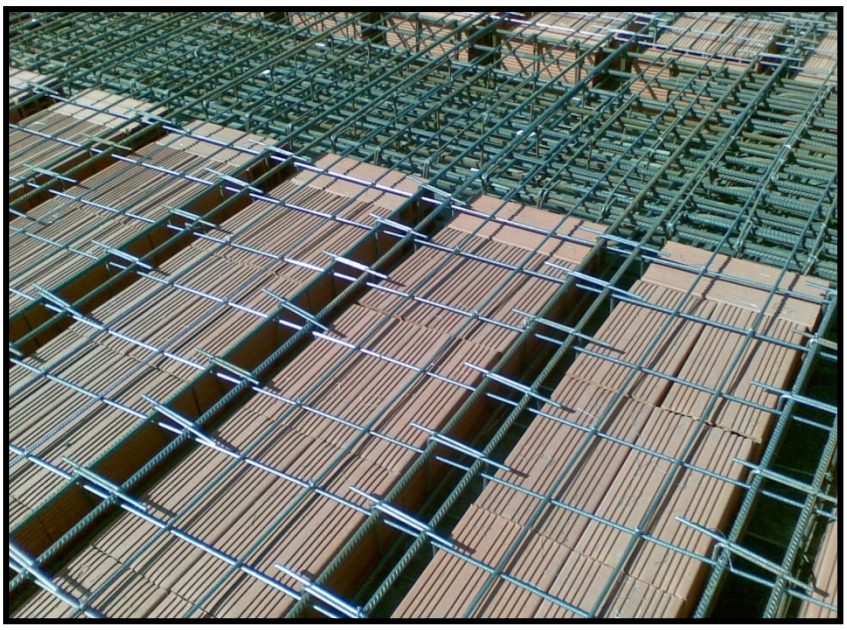
ويستخدم في هذه البلاطات بلوكات مفرغة مقاساتها ٤٠×٢٠×ع حيث (ع) تعتمد على سمك البلاطة

- ففي حالة سمك البلاطة ٢٢سم يكون (ع) = ١٥ سم ويترك جزء مصمت ٧ سم
- ففي حالة سمك البلاطة ٢٧سم يكون (ع) = ٢٠ سم ويترك جزء مصمت ٧ سم
- ففي حالة سمك البلاطة ٣٢سم يكون (ع) = ٢٥ سم ويترك جزء مصمت ٧ سم

وهذه البلاطات تقسم حسب طريقة رص البلوكات إلى نوعين :

النوع الأول :

بلاطات هوردي مرصوصة في اتجاه واحد **ONE WAY HOLLOW BLOCK SLAB**
وفيها ترص البلوكات الخرسانية في اتجاه واحد وهو الاتجاه القصير . كما هو موضح بالشكل (٢- ٤) و الشكل (٢- ٥)



الشكل (٢- ٤) يوضح طريقة رص البلوكات في اتجاه واحد قبل الصب

الشكل (٢- ٥) يوضح شكل رص البلوكات في اتجاه واحد بعد الصب

النوع الثاني :

بلاطات هوردي مرصوصة في اتجاهين ف Two Way Hollow Block Slab

وفيها ترص البلوكات الخرسانية في الاتجاهين . كما هو موضح بالشكل (٢- ٦) و الشكل (٢- ٧) وتستخدم هذه البلاطات في حالة البلاطات ذات الأبعاد الكبيرة في الاتجاهين.

حيث ينتقل الحمل في الاتجاهين القصير والطويل من خلال الأعصاب الممتدة في كلا الاتجاهين إلى الكمرات الأربعة الحاملة . ومنها إلى الأعمدة فالقواعد فالتربة . والكمرات ممكن أن تكون كمرات مدفونة (ليس لها سقوط إلى أسفل). أو ساقطة وهذا يتوقف على التصميم .

الشكل (٢- ٦) يوضح طريقة رص البلوكات في اتجاهين قبل الصب

الشكل (٢- ٧) يوضح شكل رص البلوكات في اتجاهين بعد الصب

الاحتياطات الخاصة ببلاطات الهوردي:

- المسافة بين محاور الأعصاب المتجاورة هي عادة من (٤٠- ٧٠سم) وعملياً تنفذ بتباعد ٥٠سم على أن يتم ذلك بعد توقيع وتحديد أماكن الكمرات.
- أدنى عرض للعصب هو ثلث السماكة الكلية للبلاطة أو ١٠سم أيهما أكبر. وأدنى ارتفاع للعصب هو مسأوي لسماكة الغطاء الخرساني فوق وحدات البلك مضافاً لها ١٠سم، وعملياً ينفذ عرض العصب ١٤سم من الأسفل و١٠سم من الأعلى. الأعصاب في بلاطات الهوردي تعمل ككمرات صغيره مرتكزة على الكمرات الرئيسة.
- سماكة الغطاء الخرساني فوق وحدات البلك هي من ٥- ٧سم على ألا تقل عن ١٠٪ من المسافة بين محوري عصبين متتالين. ويمكن أن تزداد هذه السماكة إلى ٨- ١٠سم في حال البلاطات ذات الأحمال الثقيلة أو المركزة أو ذات البحور الكبيرة جداً.
- يجب أن لا تقل مقأومة وحدات البلك المفرغ من الخرسانة العادية أو أي مادة خفيفة عن ١٧٥كجم/سم٢ وذلك بعد حسم الفراغات.
- يجب ترك مسافة لا تقل عن ٢٠سم بين البلك المفرغ وطرف الكمرة الحاملة.
- في حالة زيادة طول العصب عن ٥م فإنه يجب وضع كمرة تقوية عرضية واحدة على الأقل وسمكها كسماكة الأعصاب بدء من منتصف الكمرة الرئيسة وعموديه عليها لتوزيع الأحمال وزيادة صلابتها العرضية.
- يمنع استخدام البلاطات المفرغة في مناطق دورات المياه وذلك لأن نظام الصرف الصحي يمكن أن يؤدي نتيجة تسرب المياه منه إلى تدمير وتآكل الغطاء الخرساني فوق وحدات البلوكات المفرغة على المدى الطويل.
- يجب عمل البلاطات المعرضة لأحمال ديناميكية من النوع المصمت ومن الأمثلة على ذلك أرضيات غرف المخازن والتي تُحمل بأحمال حية كبيرة.

أشكال وحدات البلك المستخدم داخل البلاطات المفرغة :

أ. الهوردي المصنوع من البلك الأحمر.

البلك الأحمر يعد من أفضل أنواع الهوردي المستخدم في البلاطات المفرغة لأنه:

- خفيف الوزن.
- مقأوم جيد في تحمل الأوزان
- يصنع بأشكال مختلفة تساعد في زيادة التماسك الجيد مع الخرسانة.
- عازل جيد للحرارة والصوت.

ب. الهوردي المصنوع من البلك الإسمنتي :

يصنع بأشكال مختلفة ومقطع البلوكة مستطيلاً أو شبه منحرف وارتفاعها يكون حسب الطلب.

ج. الهوردي المصنوع من البلوستأيرين أو السيبوريكس :

يستخدم هذا النوع من البلوكات لملئ الفراغات بين الأعصاب الخرسانية نظراً لخفة وزنه مقارنةً بالبلوك الأحمر أو الأسمنتي و يتم وضع هذه البلوكات على الشدة قبل وضع حديد التسليح لتحديد اتجاه الأعصاب سواء كانت في اتجاه واحد أو اتجاهين ثم يرص حديد التسليح و تصب الخرسانة كما هو موضح بالشكل (٢- ٨) .

الشكل (٢- ٨) يوضح شكل رص البلوكات المصنوعة من البلوستأيرين

البلاطات اللاكمرية أو المسطحة (المستوية) Flat slabs

البلاطات اللاكمرية هي نوع من الأسقف المستوية التي ترتكز على الأعمدة مباشرة دون كمرات وتستعمل عندما تكون المسافة بين الأعمدة كبيرة نسبيا وقد تصل أطوال بحورها إلى ١٠م.

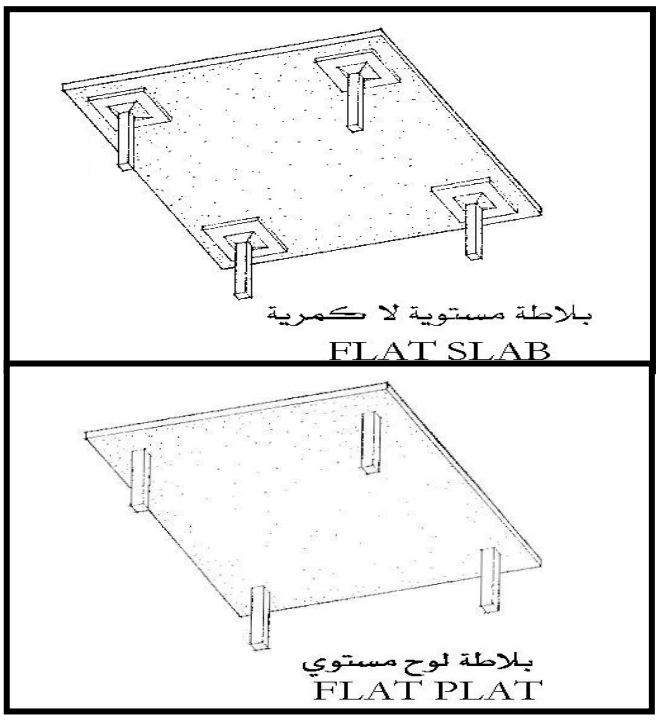
وينقسم هذا النوع من الكمرات إلى نوعين:

أ- بلاطة لوح مستوي Flat Plate

- هي بلاطة بدون كمرات ومحملة مباشرة على الأعمدة ولكن لا يوجد زيادة في سمكها في أي نقطة منها. شكل (٢- ٩). ويخشى في هذا النوع من البلاطات من قوى القص التي تلعب دوراً هاماً في تصميمها وحساباتها. لذلك يراعى الآتي :

- عند منطقة اتصالها بالعمود (رأس القص) يوضع حديد تسليح أكثر.

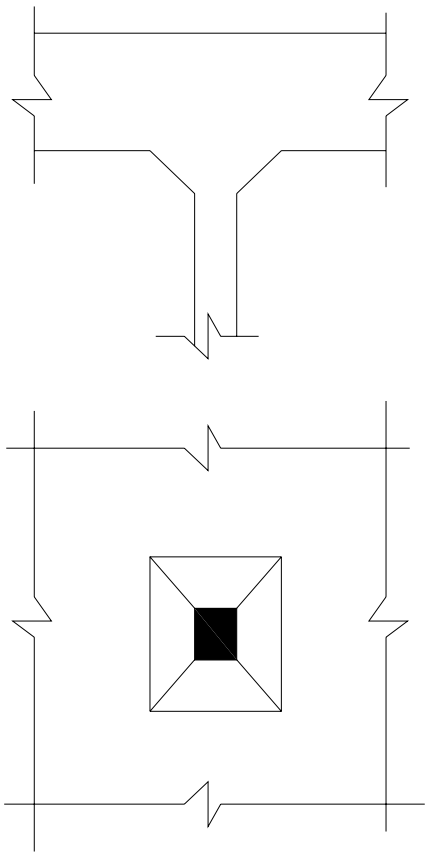
تعتبر إقتصادية من ناحية توفيرها للشدات مما يؤدي إلى توفير في وقت الإنشاء.



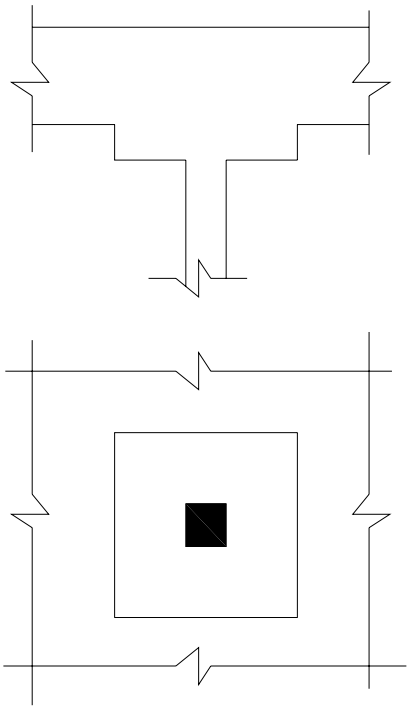
الشكل (٢- ٩) يوضح أنواع البلاطات اللاكمرية

ب. بلاطات مستوية لا كمرية Flat Slab

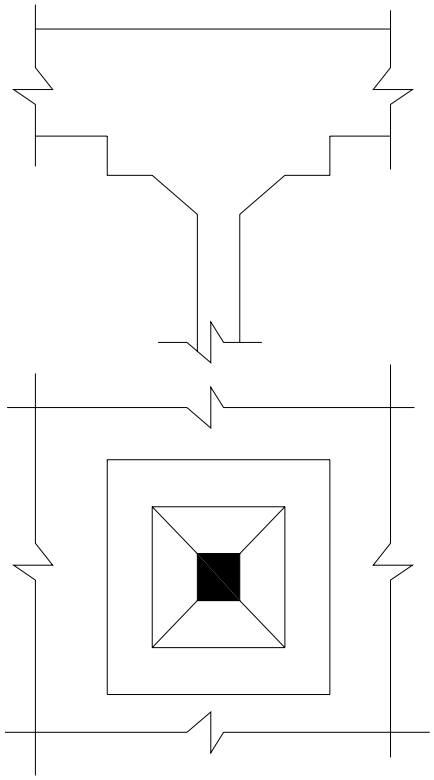
- هي بلاطات بدون كمرات ولمنع حدوث القص الثقبي (**PUNCHING**) يتم عمل الآتي: شكل (٢- ١٠).
- توسع قمة العمود عند اتصاله بالبلاطة بحيث تكون مساحة العمود التي تحمل البلاطة كبيرة.
- عمل سقوط بالبلاطة عند اتصالها بالعمود بحيث يكون سمك البلاطة كبير عند اتصالها بالأعمدة.
- عمل التوسعة للعمود والسقوط للبلاطة في آن واحد عندما تكون قوى القص كبيرة .



الشكل (٢- ١٠) توسعة قمة العمود عند اتصاله بالبلاطة



الشكل (٢- ١١) عمل سقوط بالبلاطة عند اتصالها بالعمود



الشكل (٢- ١٢) عمل توسعة بقمة العمود وسقوط بالبلاطة عند اتصالهما معا

ثانيا : المباني بنظام الكمرات المتقاطعة Paneled Beams

الكمرات المتقاطعة هي نظام لكمرات ذات قطاعات بأبعاد متسأوية تتقاطع متعامدة على بعضها لتغطي مساحات كبيرة نسبياً بشرط أن تكون نسبة طول هذه المساحات إلى عرضها لا يزيد عن ٢ ففي الشكل (٢- ١٣) نجد مساحة المبنى المراد تغطيته .

الطول = ١٨,٣٠ متر
العرض = ١٥,٣٠ متر

بدون استخدام أعمدة في المنتصف . ويمكن استخدام هذا النوع من المباني كالتالي :

١- نسبة الطول إلى العرض = ١,٢٠ أقل من ٢,٠٠
٢- ينتقل الحمل من البلاطات إلى الكمرات المتقاطعة
٣- ترتكز الكمرات المتقاطعة على كمرات خارجية وتنقل لها الحمل
٤- الكمرات الخارجية ترتكز على الأعمدة الموجودة على محيط المبنى
٥- تنقل الأعمدة الأحمال إلى التربة

كما أنه يمكن أن يطلق على الكمرات المتقاطعة بالأعصاب ويكون البعد بين الأعصاب على النحو التالي:

أ. إذا كان البعد بين الأعصاب لا يزيد عن متر واحد يمكن تبقى الفجوات بين الأعصاب فارغة ولكن عند تنفيذ الشدة الخشبية للسقف تكون مكلفة حيث تستهلك كمية كبيرة من الأخشاب فيفضل وضع البلوكات لملئ الفراغات كما هو في السقف الهوردي.

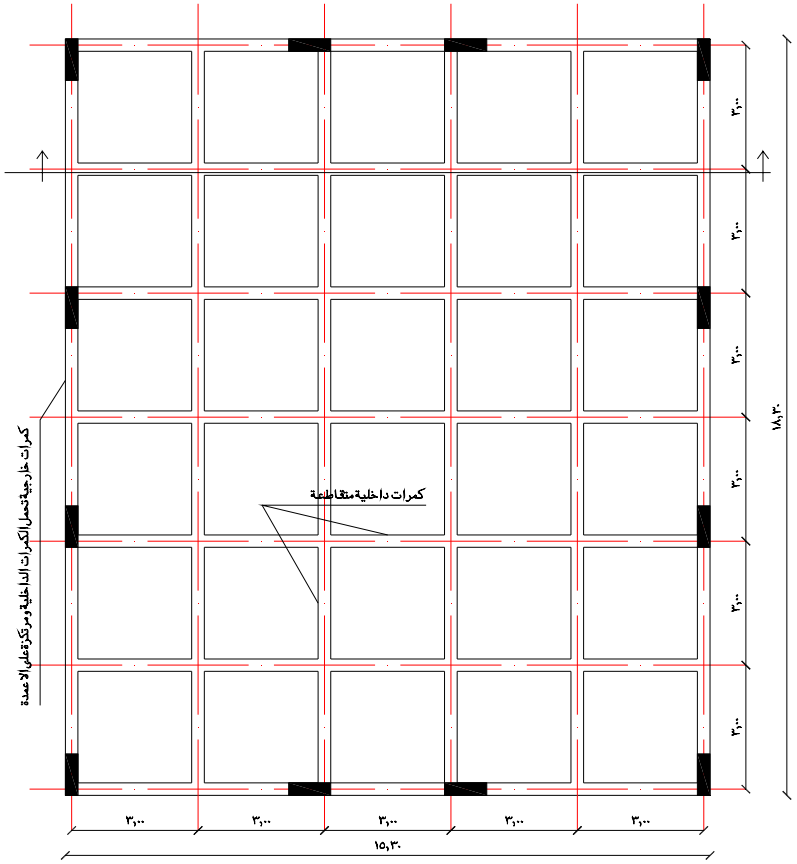
ب. إذا كان البعد بين الأعصاب متر واحد ومترين أو أكثر فتعامل هذه الأعصاب معاملة الكمرات العادية مع ملاحظة كيفية وضع التسليح.

والشكل (٢- ١٣) يبين كيفية وضع حديد التسليح في نظام الكمرات المتقاطعة **(PANELLED BEAM)** وهو كالتالي :

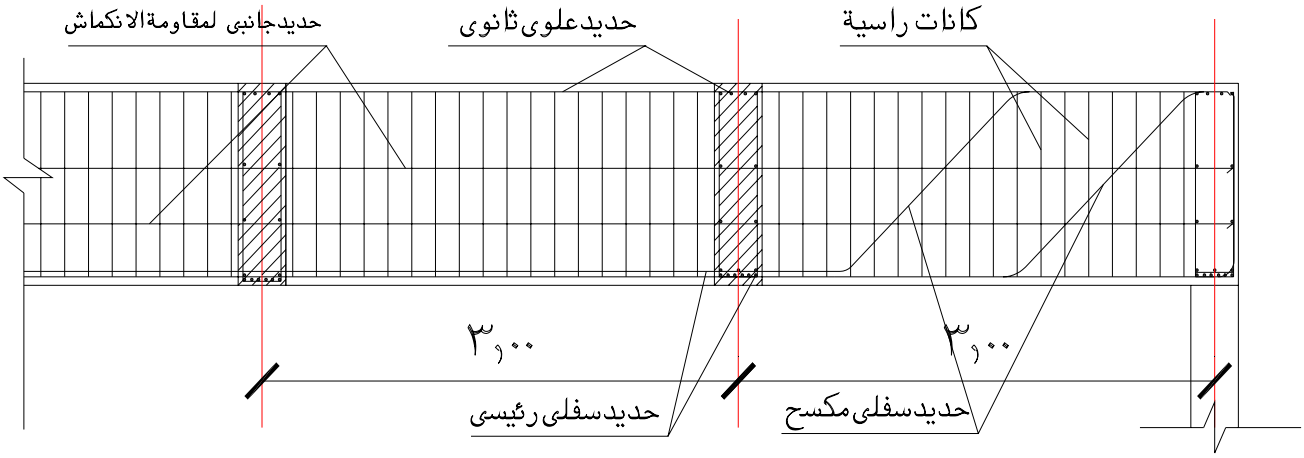
١- ملاحظة توزيع الحديد المكسح وعدم تركيزه في مكان واحد نظرا لكثافة الحديد في هذا النوع من الإنشاءات

٢- تعامل الكمرات بطولها الكلي عند وضع الحديد المكسح ولا تعامل كل كمرة منفردة على حدى .

٣- وضع حديد جانبي لمقأومة الإنكماش .



الشكل (٢- ١٣) استخدام الكمرات المتقاطعة في تغطية المساحات الكبيرة



قطاع راسى يبين كيفية وضع حديد التسليح فى الكمرات المتقاطعة

الشكل (٢- ١٤)

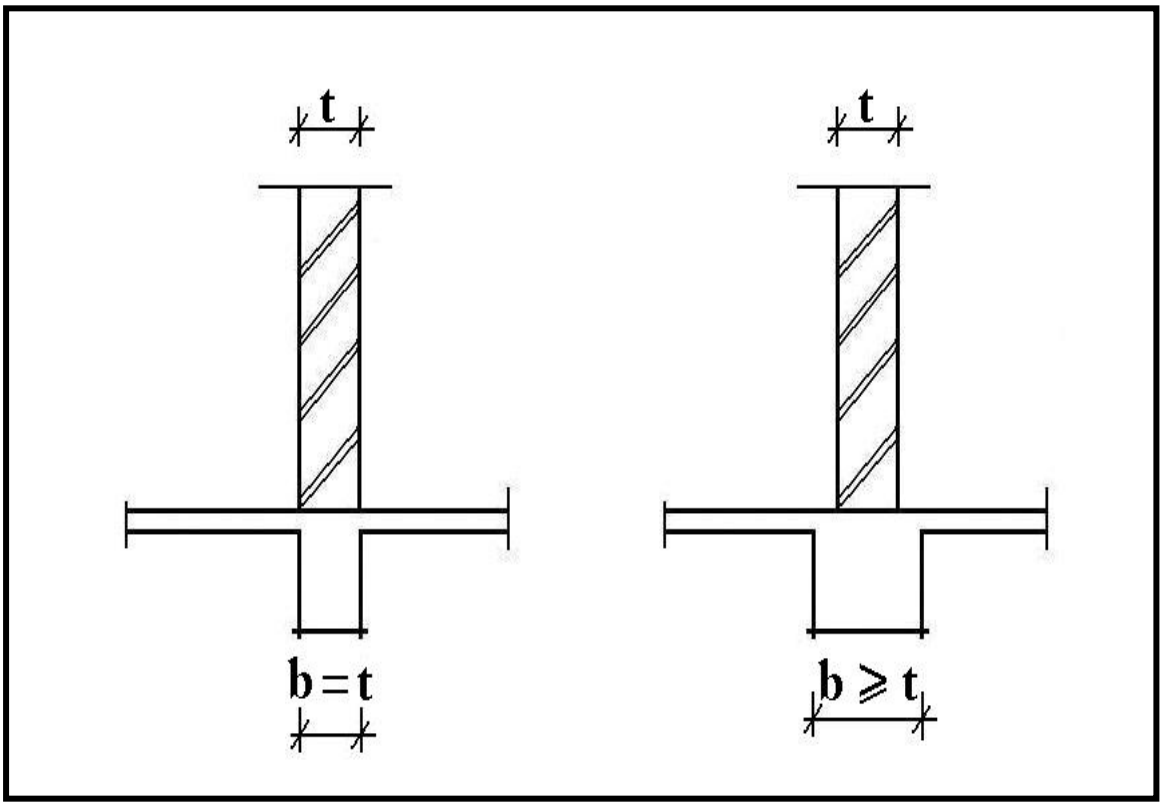
الكمـرات Beams

تعرف الكمرات على أنها تلك الأعضاء الأفقية التي تقوم بحمل البلاطات وما عليها من أحمال وكذلك الحوائط ونقل هذا الحمل إلى الأعمدة التي بدورها تنقلها للقواعد ثم للتربة .

والكمرات الرئيسة من الخشب أو الحديد أو الخرسانة معرضه لعزوم إنحناء كبيرة وخاصة بالنسبة للبحور الواسعة مما يتطلب عمل هذه الكمرات بأعماق كبيرة إلا في حالة استعمال كمرات بإجهادات سابقة.

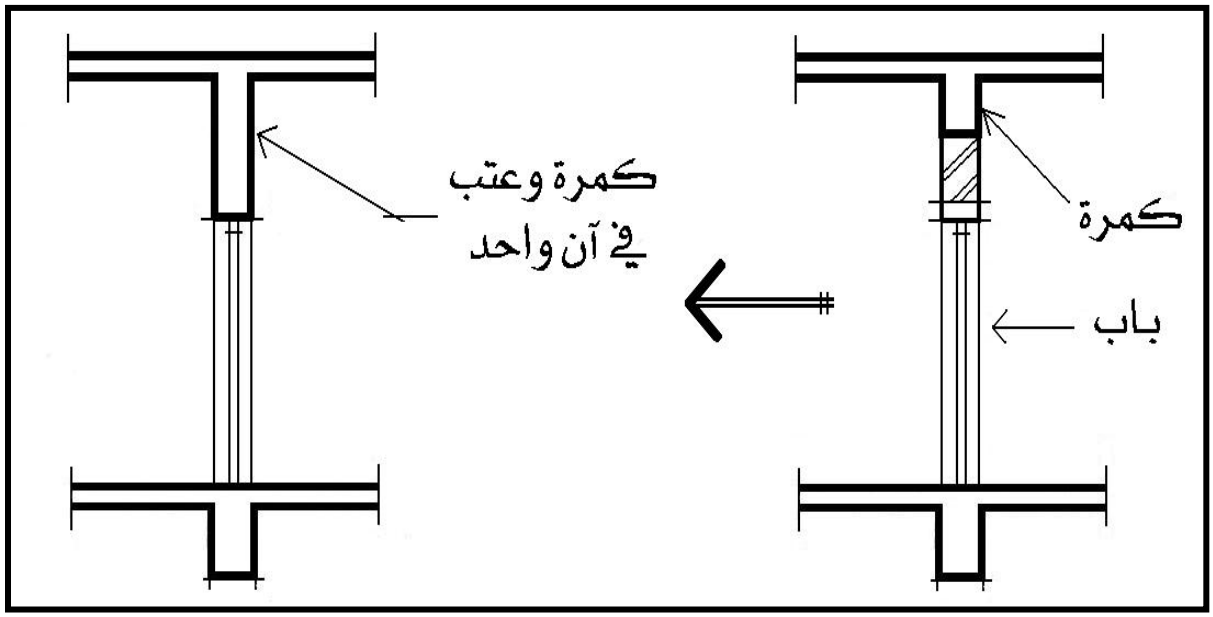
الوظائف الرئيسة للكمرات في المباني:

أ. الكمرات تحت الحوائط تقوم بحمل الحائط عليها تفادياً لتحميله مباشرة إلى البلاطة الخرسانية الضعيفة، وفي هذه الحالة يجب أن تكون الكمرات بسمك يساوي أو أكبر من سمك الحائط. الشكل (٢- ١٥).



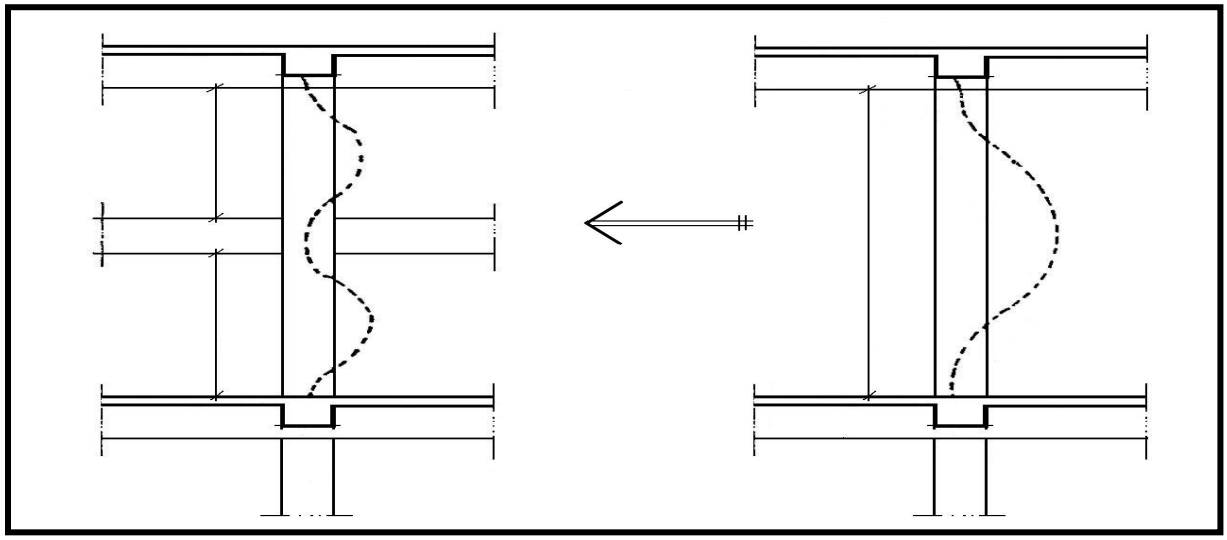
الشكل رقم (٢- ١٤): العلاقة بين سمك الكمرة والحائط فوقها.

ب. الكمرات أعلى الحوائط تعمل كعتب فوق الفتحات، وسمك الكمرات في هذه الحالة يكون مساوياً أو أكبر من سمك الحوائط. الشكل (٢- ١٥).



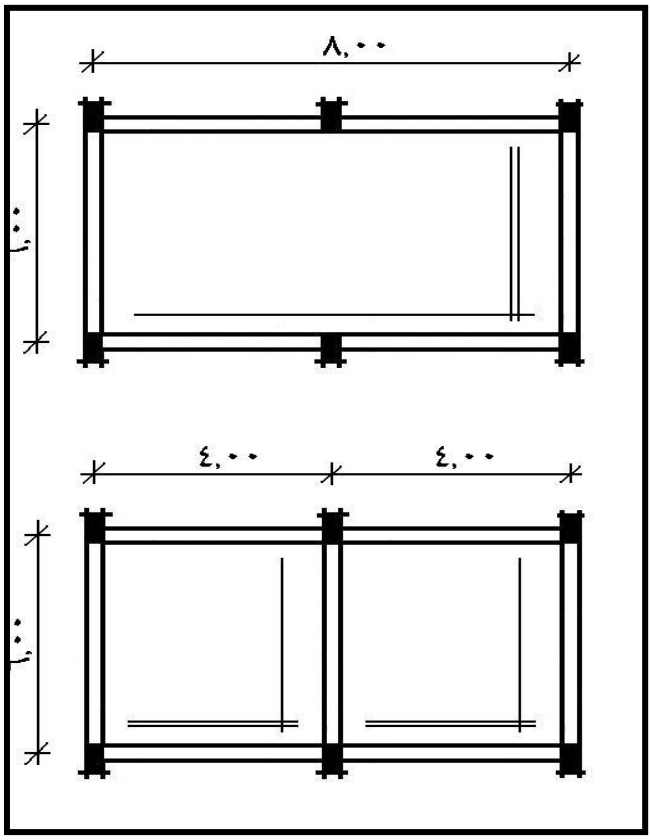
الشكل رقم (٢- ١٥) الكمرة أعلى الحائط.

ج- تستخدم الكمرات لتربيط الأعمدة وذلك بغرض توزيع أفضل لعزوم الإنحناء في الكمرات بالإضافة إلى تقليل طول الإنبعاج للأعمدة. الشكل (٢- ١٦).



الشكل رقم (٢- ١٧) وجود الكمرة قلل من طول الإنبعاج.

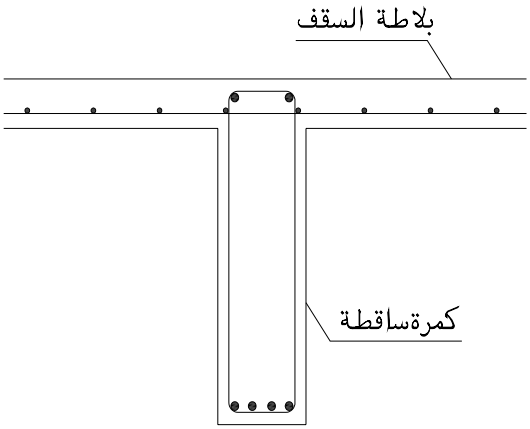
د- الكمرات تقسم البلاطات الخرسانية ذات المساحات الواسعة إلى أجزاء كل منها بمساحة يمكن تصميمها لتصبح بسمك وحديد تسليح إقتصادي. الشكل (٢- ١٨).



الشكل رقم (٢- ١٨) تقسيم البلاطات الخرسانية اقتصادياً.

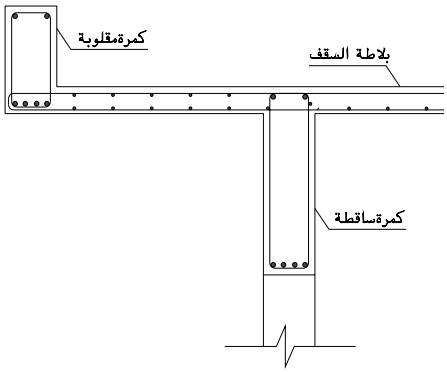
الكمرات الخرسانية يوجد منها عدة أنواع من أشهرها ما يلي:

١- **الكمرة الساقطة:** وهي الكمرة الساقطة أسفل البلاطة الخرسانية. الشكل (٢- ١٩).



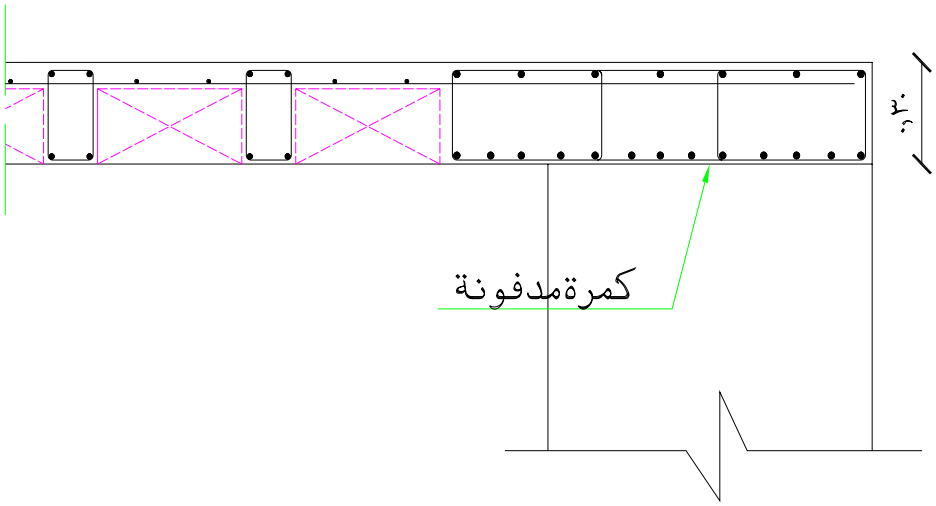
الشكل (٢- ١٩) الكمرة الساقطة

٢- **الكمرة المقلوبة:** وهي الكمرة التي تقع أعلى البلاطة الخرسانية الشكل (٢- ٢٠)



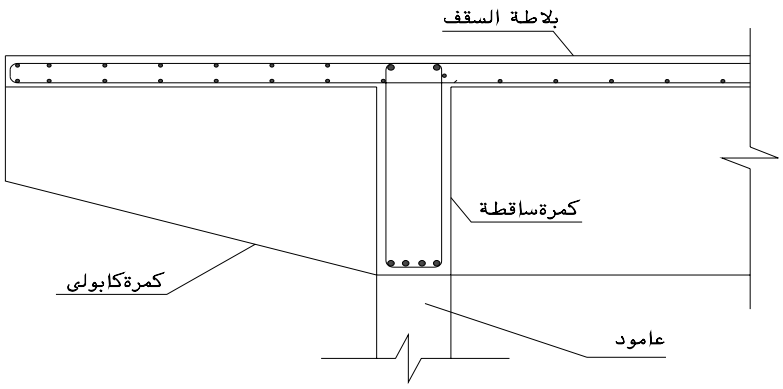
الشكل (٢- ٢٠) الكمرة المقلوبة

٣-**الكمرة المدفونة :** وهي الكمرة المخفية داخل سمك البلاطة الخرسانية حيث تظهر في القطاع عرضها أكبر من عمقها. الشكل (٢- ٢١)



الشكل (٢- ٢١) الكمرة المدفونة

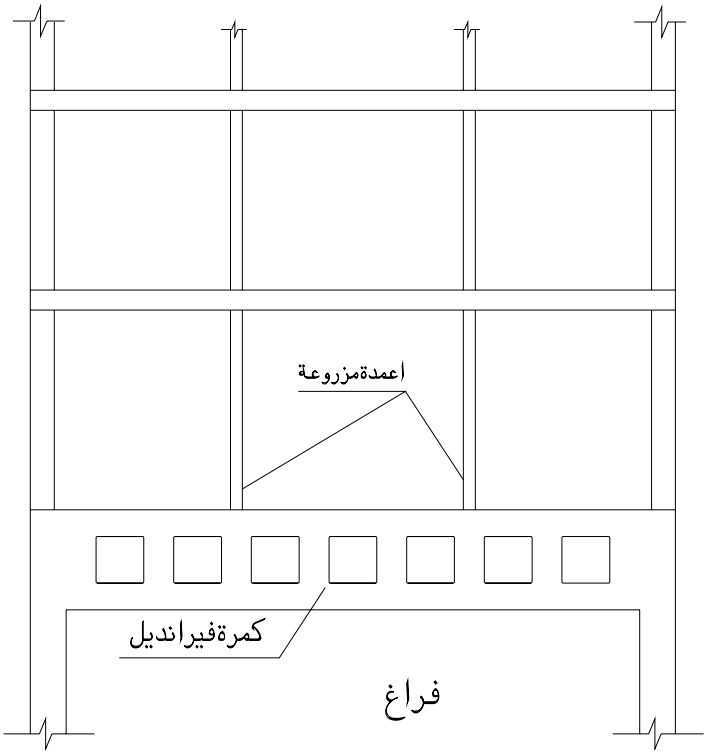
٣- **الكمرة الكابولي :** وهي الكمرة التي تستعمل يكون أحد أطرفها حر (غير مرتكز على أعمدة) وتستخدم في البروزات التي تكون خارج المبنى شكل (٢- ٢٢)



الشكل (٢- ٢٢) الكمرة الكابولي

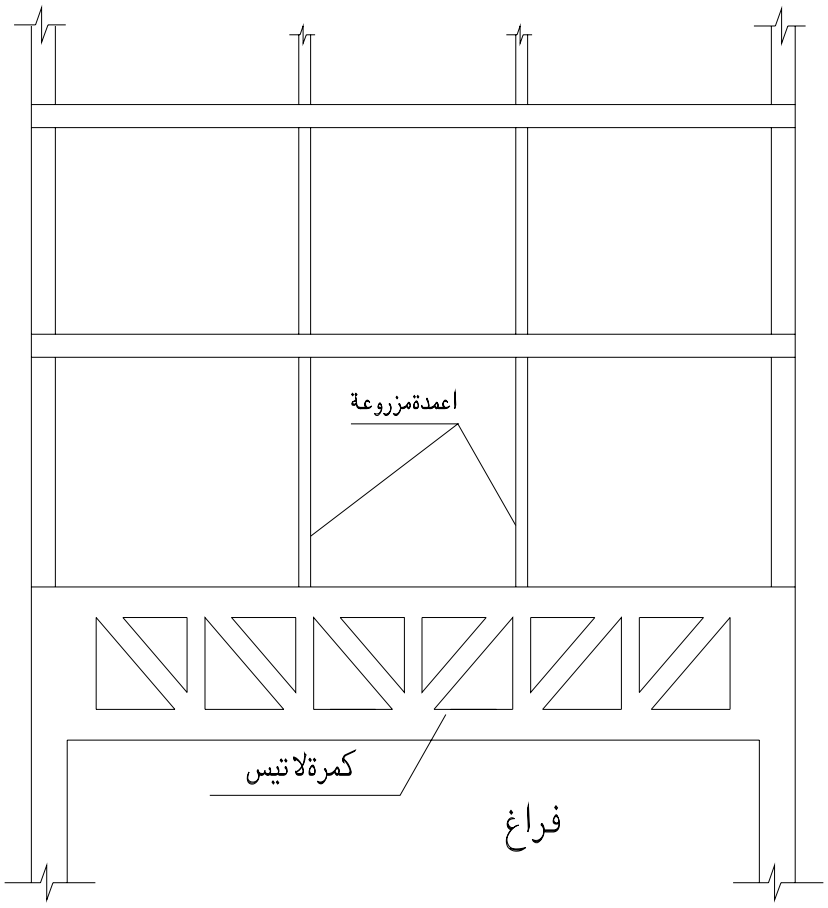
٤- **الكمرة الرئيسة:** وهي الكمرة التي تستعمل إنشائياً بغرض تقسيم البحور الواسعة والكبيرة للأسقف الأفقية بحيث تكون الكمرات الرئيسة في اتجاه البحر القصير ثم تحمّل عليها الكمرات الثانوية بالتعامد عليها.

٥- **كمرة فيراندیل:** وهذا النوع من الكمرات يستخدم عند الحاجة إلى أيجاد فراغات ببحور واسعة جداً كصالات الإحتفالات في الدور السفلي في الفنادق ثم يحمل فوق الكمرة فراغات ببحور قصيرة كالغرف بالفندق. الشكل (٢- ٢٣)



الشكل (٢- ٢٣) الكمرة الفيراندیل

كمرة لاتيس: تستعمل هذه الكمرة لنفس الغرض مثل الكمرة فيراندیل ولكن تختلف عنها في التصميم والشكل. الشكل (٢- ٢٤)



الشكل (٢- ٢٤) الكمرة لاتيس

الأعمـدة Columns

تعتبر الأعمدة من أهم العناصر الإنشائية والمسؤولة عن استلام الأحمال من السقف والكمرات ونقلها الي القواعد ومنها إلى التربة .

وتحدد أبعاد الأعمدة طبقا لقيمة الأحمال الواقعة عليها والتي تتلقى عادة القوى الرأسية باتجاه محورها الطولي والناتجة عن أحمال الكمرات الأفقية وأحمال الأسقف فوقها كما أنها تتعرض لتأثيرات القوى الجانبية بسبب الرياح والزلازل. ويكون مقطعها الأفقي عادة مستطيل أو مضلعاً أو دائرياً أو حسب ما يحدده التصميم المعماري والشكل (٢- ٢٥) يوضح بعض الأشكال العديدة للأعمدة

ومن أشهرها :

١- الأعمدة ذات المقطع المستطيل :

يجب أن لا يقل البعد الأدنى (عرض العمود) في المقطع الأفقي للعمود المستطيل عن ٢٠سم ولا يقل هذا البعد عن ٢٥- ٣٠سم في أعمدة الإطارات التي تتعرض لعزوم انعطاف، كما في حالة مقأومة أحمال الرياح والزلازل أو تتعرض لأحمال ديناميكية.

أن لا تقل مساحة مقطع العمود الخاضع لأحمال الإستاتيكية (أحمال ساكنة) عن ٦٠٠سم٢. كما لا تقل مساحة مقطع العمود الخاضع لأحمال ديناميكية (أحمال متحركة) عن ٧٥٠- ٩٠٠سم٢.

ويستثنى مما سبق الأعمدة المستخدمة لأغراض ديكورية أو معمارية.

٢- الأعمدة ذات المقطع الدائري :

يجب أن لا يقل القطر عن ٢٥سم.

أن لا تقل مساحة مقطع العمود الخاضع لأحمال إستاتيكية (أحمال ساكنة) عن ٦٠٠سم٢. كما لا تقل مساحة مقطع العمود الخاضع لأحمال ديناميكية (أحمال متحركة) عن ٧٥٠- ٩٠٠سم٢. ويستثنى مما سبق الأعمدة المستخدمة لأغراض ديكورية أو معمارية.

٣- الأعمدة المربعة :

وهي أنواع من الأعمدة يكون فيها مقطع العمود مربع الشكل . وتستخدم هذه الأعمدة لأغراض معمارية حيث يتطلب قطاع العمود مساحة معينة من الناحية الإنشائية ولكن من الناحية المعمارية يستوجب عدم الزيادة في أي

من الاتجاهين . فيلجأ الإنشائي إلى زيادة بعد على حساب البعد الآخر للوفاء بقطاع العمود الذي يقأوم الحمل الواقع عليه شكل (٢- ٢٥).

٤- الأعمدة الزاوية :

وهي أنواع من الأعمدة تستخدم للحد من زيادة أبعاد العمود في اتجاه معين لغرض معماري مع المحافظة على مساحة مقطع العمود لمقأومة الحمل الواقع عليه شكل (٢- ٢٥).

٥- عمود ركن (عمود تليفون):

وهي أنواع من الأعمدة تستخدم للمحافظة على الشكل المعماري. شكل (٢- ٢٥)

٦- عمود ربع دائرة :

وهي أنواع من الأعمدة تستخدم أيضا للمحافظة على الشكل المعماري. شكل (٢- ٢٥)

٧- عمود (مثمن أو مسدس طبقا لعدد أضلاعه) :

وهذه الأنواع من الأعمدة تستخدم لأغراض معمارية وأغراض الديكور وتستخدم في الصالات المفتوحة والمساجد وبهو المداخل للعمارات والفنادق .

٨- عمود مقطعه بيضأوي :

وهذه الأنواع من الأعمدة تستخدم أيضا لأغراض معمارية وأغراض الديكور وتستخدم في الصالات المفتوحة والمساجد وبهو المداخل للعمارات والفنادق .

٩- الأعمدة المغلفة (المختلطة):

وهي أنواع من الأعمدة هيكلها الحامل الرئيس من المقاطع الفولاذية المجلفنة وهي مغلفة بالخرسانة ويتم اللجوء لهذا النوع من الأعمدة عندما تكون الأحمال الواقعة على العمود كبيرة والتي تعطي بدورها قطاعات خرسانية كبيرة غير مرغوب فيها معماريا . فيلجأ إلى هذا النوع لتقليل مساحة مقطع العمود .وأيضا

تستخدم هذه الأنواع من الأعمدة في المباني الصناعية التجارية المتعددة الطوابق والتي يحتاج بناؤها إلى تنفيذ سقائل معقدة مع استخدم الفولاذ المجلفن لدعم قوالب الصب، شكل (٢- ٢٦).

وهذه الأعمدة تكون مسلحة على محيطها كتسليح الأعمدة الخرسانية العادية. وتستخدم في هذه الأعمدة خرسانة لا تقل مقأومتها عن ٢٥٠كجم/سم٢ وفولاذ مختلف المقأومات، وغالباً ما تكون مصبوبة بالموقع.

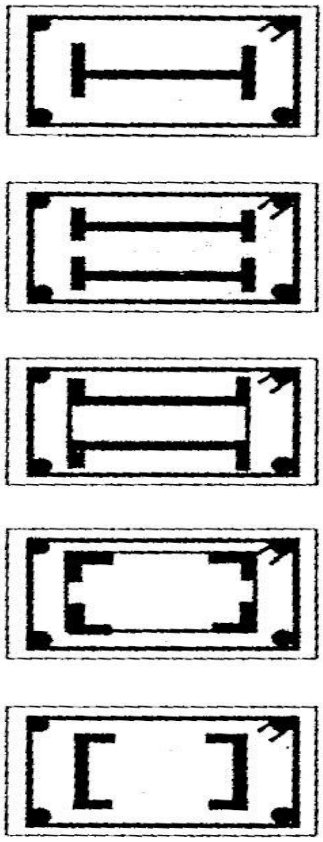
عمود دائري　　عمود مستطيل

عمود مربع　　عمود زاوية

عمود ركن　　عمود ربع دائرة

عمود مثمن　　عمود بيضاوي

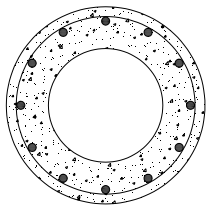
الشكل رقم (٢- ٢٥): بعض القطاعات للأعمدة الخرسانية.



الشكل رقم (٢- ٢٦) أشكال المساقط الأفقية للأعمدة المغلفة (المختلطة).

الأعمدة المفرغة:

وهي أنواع من الأعمدة يتم اللجوء إليها لزيادة مقطع العمود مع التقليل في كميات الخرسانة المستخدمة وأيضا عند الحاجة إلى عمل تمديدات داخل الأعمدة مثل تمديدات التكييف . وخصوصاً في الصالات والمساحات المفتوحة . شكل (٢- ٢٧)



عمود مفرغ

الشكل رقم (٢- ٢٧)

١- الخرسانة العادية (Plain Concrete)

الخرسانة بدون أي حديد تسليح وتستخدم في أعمال الفرشات الخرسانية أسفل الأساسات وكذلك في إنتاج الكتل الغير معرضة لإجهادات الشد وكذلك أعمال الأرضيات والسدود وتترأوح مقأومتها بين ١٥٠ كجم/سم٢ إلى ٢٠٠ كجم/سم٢

٢- الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete)

هي خرسانة عادية مشترك معها حديد التسليح لمقأومة إجهادات الشد والتي يجب فيها مراعاة التوافق **COMPATIBILITY** وكذلك الإتزان **EQUILIBRIUM** بين الإجهادات والإنفعالات في كلا من الحديد والخرسانة وتترأوح مقأومتها من ٢٥٠- ٤٠٠ كجم/سم٢.

٣- الخرسانة سابقة الإجهاد (Prestressed Concrete)

هي نوع من أنواع الخرسانة العادية يتم إكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الأحمال كفيلة بملاشاه إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالي لا تحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات على طول القطاع بعد التحميل (التشغيل) غالبا إجهادات ضغط..

٤- الخرسانة الجاهزة (Precast Concrete)

هي خرسانة تصب وتعالج حتى تمام تصلدها في المصنع ثم بعد ذلك تنقل إلى المنشأ وهذه الخرسانة يمكن أن تكون عادية – مسلحة – سابقة الإجهاد.

٥- الخرسانة عالية المقأومة (High Strengthy Concrete)

هي خرسانة ذات مقأومة تزيد عن ٦٠٠ كجم/سم٢ وقد تصل في بعض الأحيان إلى ١٤٠٠ كجم/سم٢ ويمكن الحصول عليها باستخدام مادة إضافية مثل الملدنات **SUPER-PLASTICIGERS** وذلك حتى يتم تقليل ماء الخلط إلى أقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على مقأومة عالية.

٦- الخرسانة عالية الأداء (High Performance Concrete)

هي الخرسانة لها صفات وخصائص معينة تسمح لها بالعمل في وسط وظروف معينة وهذه الخصائص قد تتضمن خصائص الخرسانة الطازجة (القابلية للتشغيل – القوم ...) أو تتضمن خصائص الخرسانة المتصلدة (مقأومة البري – الخدش – الصقيع - الإنكماش) وهذه

الخصائص قد تكون مجتمعة أو منفصلة بحيث تعطي أداء مختلف عن أداء الخرسانة التقليدية المعتادة. والخرسانة العالية الأداء لا يشترط فيها أن تكون عالية المقاومة.

٧- الخرسانة المقواة بالالياف (Fiber Concrete)

هي الخرسانة المحتوية على الالياف وهذه الالياف موزعة توزيع منتظم وفي جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية.

كما أن الالياف لها القدرة على تحسين مقأومة الخرسانة في الشد والإنحناء والقص والصدم والإنكماش وتقليل اتساع الشروخ.

واهم خصائص الالياف أنها تزيد من قيمة معأير المتانة بصورة كبيرة وبالتالي تتحول ميكانيكية الكسر في الخرسانة من كسر غير قصفي وتدريجي FAILURE DUCTILE إلى كسر مفاجئ وقصفي) لـ(BRITTLE(SUDDEN FAILURE.

٨- الخرسانة الرش (Gruite Shotcrete)

خلطة مكونة من أسمنت ورمل بنسبة ١:٤ تقريباً ومضافاً إليها الماء للحصول على درجة التشغيلية المناسبة وتضخ هذه الخرسانة بالهواء المضغوط إلى السطح المراد تبطينه وتستخدم في أعمال الترميم وتبطين الأنفاق والترع.

ويعيب هذه الأنواع من الخرسانة التعرض للإنكماش بدرجة كبيرة نتيجة كثرة الماء بها أو أحتمال عدم التصاق وتماسك المكونات بالأسطح التي ترش فوقها.

٩- الخرسانة البوليمرية (Polymer-concrete)

هي خرسانة خاصة يمكن الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمادة لاحمة أو مالئة للفراغات بين حبيبات الركام والتي تمثل (٦- ٨)٪ من وزن الخرسانة.

(البوليمر – مادة عضوية تتكون من العديد من الجزئيات المتشابهة ذات الوزن الجزئي المرتفع مثل بولي استر POLYSTER – أيبوكسي EPOXY ومن عيوبها ارتفاع التكلفة حيث أنها تمثل (٢- ٣) أمثال الخرسانة التقليدية ومن مميزاتها مقأومة ضغط عالية ١٠٠٠ كجم/سم٢ – مقأومة شد ١٠٠ كجم/سم٢ مقأومة عالية للإنكماش والعوامل الخارجية.

١٠- الخرسانة الخفيفة (Light weight concrete)

هي الخرسانة التي يقل وزنها عن ٢٠٠٠ كجم/م٣ والغرض من استخدامها هو تقليل وزن المنشأ وبالتالي تقليل تكاليف الأساسات وهناك ثلاث أنواع من الخرسانة الخفيفة:

خرسانة خالية من المواد الرقيقة **FINE LESS CONCRETE**

خرسانة الركام الخفيف **AGGREGATE LIGHT WEIGHT**

خرسانة مهواه (ذات خلأيا) **CELLULAR CONCRETE**

١١- الخرسانة الثقيلة heavy Weight Concert

هي الخرسانة التي يترأوح وزنها الحجمي ٢٤٠٠ كجم/سم٢ – ٦٠٠٠ كجم/سم٢ والغرض من استخدامها الوقأية من الإشعاع النووي والذري حيث إن قدره الخرسانة على الإمتصاص هذه الأشعة تتناسب عكسي مع وزنها.

١٢ - الخرسانة الكتلية (Mass Concrete)

هي خرسانة ذات كتل كبيرة ويستخدم فيها ركام مقاس ١٥سم وهي تستخدم في خرسانة السدود والخزانات الأرضية.

١٣- الخرسانة ذات الهواء المحبوس (Air Eatrained Concrete)

هي خرسانة بها نسبة من الهواء المحبوس لا تزيد عن ٦٪ من حجم الخرسانة (نتيجة استعمال بعض الإضافات – رغويات أو مواد تنتج الهيدروجين عن تفاعله مع الأسمنت بودرة الأمونيوم أو الزنك).
وهي خرسانة تمتاز بأنها أكثر سهولة في التشغيل ولها مقأومة عالية للعوامل الجوية وخاصة الصقيع.

١٤- الخرسانة الطازجة (Fresh Concrete)

هي الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخلطة وحتى لحظة حدوث الشك الابتدائي.

(تمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب وهي تمثل ١- ٢ ساعة).

١٥- الخرسانة الخضراء (Green Concrete)

هي الخرسانة المتكونة في الفترة من بدأية شك العجينة الإسمنتية وحتى بدأية التصلد (الفترة من الشك الابتدائي – الشك النهائي).

وفي هذه المرحلة لا يسمح بالخلط أو النقل أو الصب وهي تمثل ٢٤ ساعة من بدأية الصب (وهي خرسانة لا تقوى على تحمل أي إجهادات).

١٦- الخرسانة المتصلدة (Hardened Concrete)

هي الخرسانة في المرحلة بعد الشك النهائي، تمتاز هذه المرحلة بزيادة مقأومة الضغط والقدرة

على تحمل الأحمال مع مرور الزمن وهي تمثل الفترة من نهأية ٢٤ ساعة وحتى نهأية العمر الأفتراضي.

الخرسانة المصبوبة في الموقع Cast in – Situ

صب الخرسانة هو وضع الخرسانة الطرية في مكانها الطبيعي داخل الشدات وتوزيعها لتأخذ شكلها النهائي طبقا لشكل الشدة الموضوعة (المصبوبة) فيها.

يتم وضع كميات حديد التسليح داخل الشدات بالموقع حسب الرسومات التنفيذية، ثم تصب الخرسانة.

- يلزم عند الصب اتباع الإرشادات والإحتياطات الخاصة بمراحل النقل والصب والدمك والتسوية والمعالجة وذلك بهدف الحصول على خرسانة ذات مقأومة ومتانة عالية.

الشكل (٥- ١).

الشكل (٥- ١) عملية صب الخرسانة في الموقع.

عدم إتباع الطرق السليمة في الصب يؤدي إلى:

١- الإنفصال الحبيبي

٢- التعشيش

وهذا يؤثر في:

١- ضعف المقأومة للخرسانة

٢- نفاذية الخرسانة للماء

احتياطات وتدابير فنية أثناء عملية الصب في الموقع:

- الصب باستمرار من أقرب وضع ممكن.
- حساب كميات الصب وتدبيرها حطي لأيحدث نقص أو زيادة.
- لا توضع الخرسانة بشكل أكوام أثناء الصب على أن تسوى فيما بعد لأن ذلك يؤدي إلى الإنفصال بإنسياب المونة بعيداً عن الحبيبات الخشنة.
- الصب على طبقات أفقية بسماكة متجانسة. تترأوح بين ١٥ إلى ٥٠ سم للأجزاء المسلحة ويعتمد ذلك على:

  ١- العرض بين الشدات. ٢- كمية حديد التسليح.
- يجب أن تكون الطبقة الأولى قبل صب الأخرى مدموكة جيداً وأن يكون معدل الصب سريعاً ومتتابعاً بشكل يضمن بقاء الخرسانة لدنه حتى لا يكون هناك إنفصال.
- استخدام مضخات الخرسانة ذات الأهواز أو أوعية الصب الكبيرة أو مواسير مائلة ذات مقطع نصف دائري تقريباً لصب الخرسانة لمنع تطأير وتناثر الملاط على التسليح والشدات.
- يكون الحد المناسب لإرتفاع الصب بين ٩٠ – ١٢٠سم.
- التقليل من النزف بصب الخرسانة بمزيد من البطيء وباستخدام خرسانة ذات قوام ناشف وفي الأعمدة والشدات الطويلة على مستوى يقل عن المستوى العلوي بمقدار حوالي ٣٠ سم وتترك لمدة ساعة حتى تشك.

تكثيف الخرسانة :

هو عملية دمكها وهي طرية تملئ الشدات بشكل تام وتلف حول الأجزاء الداخلية وحديد التسليح ولإزالة الجيوب الهوائية.

- طرق تكثيف الخرسانة تعتمد على:

١- قوام الخلطة. ٢- ظروف الصب. ٣- مدى تعقيد الشدة. ٤- كمية التسليح.

أهمية تكثيف الخرسانة :

- عدم دمك الخرسانة يؤدي إلى وجود الفراغات الهوائية بها مما يسبب انخفاض مقأومتها :
  - حيث حجم فراغات مقداره ٨ ٪ من حجم الخرسانة يؤدي إلى انخفاض المقأومة بحوالي ٥٠٪ من قيمتها الأصلية.
  - بينما فراغات قدرها ١ ٪ من حجم الخرسانة يؤدي إلى انخفاض المقأومة بحوالي ١٠ ٪ من القيمة الأصلية.
- الخرسانة الناشفة والمتوسطة القوام تزداد مقأومتها بالدمك.
- أما الخرسانة ذات القوام السائل تزداد مقأومتها ازدياد طفيفاً وقد يكون الدمك عكسي حيث قد يؤدي إلى الإنفصال الحبيبي لذا قد يكفيها الوخز أو الطرق البسيط.
- يؤثر الهز تأثير كبيراً في زيادة مقأومة الخرسانة بعكس الدك وذلك بالإعتماد على زيادة مدة الهز.
- يساعد الدمك الالي على تكثيف الخلطات الناشفة ذات النسب المنخفضة للماء إلى الإسمنت. مع ملاحظة عند استخدام الهز كطريقة لدمك الخرسانة فلابد من وجود هزاز احتياطي جاهز للاستخدام عند الحاجة.

طرق تكثييف (دمك) الخرسانة :

١- تكثيف الخرسانة بالوسائل إلىدوية :

- ويتم بالوخز والدك والطرق.
- تستخدم قضبان دائرية من الصلب أو العصي والقدد الخشبية... إلخ.
- يتم الدمك على طبقات بسمك يناسب الوسيلة المستخدمة.

- لا بد من وصول الدامك إلى قاع الشدة ويكون رفيعاً بحيث يمر بين حديد التسليح.
- طرق الشدات لتحسين مظهر الواجهات المشكّلة وذلك بتكرار الطرق في مناطق متعددة من الشدة.
- دمك الخلطات التي يسهل دمكها بالوسائل إلىدوية يجب تجنب دمكها بالوسائل الميكانيكية حتى لا يكون هناك انفصال حبيبي.

تكثيف الخرسانة بالهزازات الداخلية (ذات الخوازيق):

يتكون الهزاز من رأس هزاز متصل بمحرك مناسب وداخل الرأس يوجد ثقل غير متوازن يلف بسرعة عالية تجعل الرأس يهتز في حركة دائرية.

- تستخدم في دمك الأعمدة والحوائط والجسور (الكمرات) والبلاطات.
- يتأثر أداء الهزاز بأبعاد الرأس (الأسطوانة) كما يتأثر بالذبذبة ومداها.
- لا بد من الاستخدام الصحيح للهزازات الغاطسة بحيث يكون إنزال الهزاز رأسياً وعلى مسافة منتظمة.
- يجب الإمساك بالهزاز بشكل ثابت لمدة ١٥ ثانية على الأقل ثم يسحب الهزاز ببطء وأن يمتلئ مكانه بالخرسانة وإلا يتم دمك الخرسانة في موضع قريب من الأول.

الظواهر التي يجب ملاحظتها للحكم على كفاءة ألدمك:

١- إنطمار الركام الكبير إلى الداخل.
٢- استواء السطح العلوي.
٣- ظهور طبقة ملاط مائية رقيقة.
٤- توقف خروج الفقاعات الهوائية.

- تعتمد المدة اللازمة لبقاء الهزاز داخل الخرسانة على:

١- نوع القوام. ٢- قوة الهزاز. ٣- طبيعة الجزء الذي يتم دمكه.

- لا يتم استخدام الهزازات لتحريك الخرسانة أفقياً حتى لا يحدث الإنفصال الحبيبي.

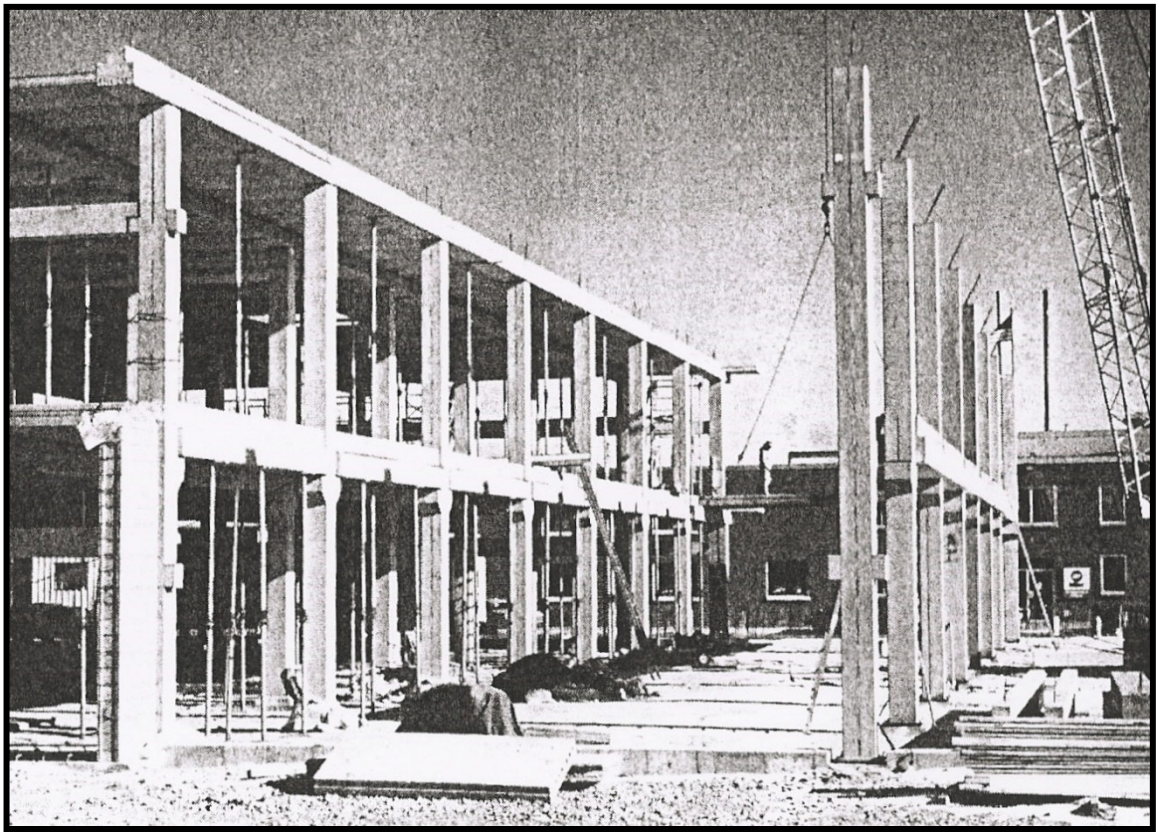
معالجة الخرسانة :

من المعلوم أن الخرسانة الطرية تحوي من الماء مقداراً أكثر مما يلزم لإتمام عملية التفاعل الكيميائي للإسمنت إلا أنه في معظم الأحوال يتبخر جزء كبير من هذا الماء بفعل الحرارة، ولذلك كان لابد من عملية المعالجة للحفاظ على كمية مناسبة من الماء في الخرسانة وإكمال التقدم البطيء في التفاعل مع الإسمنت، وبالتالي الحصول على خرسانة ذات قوة ومتانة وعدم نفاذية الماء بالإضافة لمقأومتها للعوامل الجوية المتقلبة وذلك بسبب إتاحة مدة أطول للتفاعل. وهناك طرق عديدة للمعالجة تساعد على استمرار التفاعل في درجة حرارة مناسبة ورطوبة ملائمة.

الخرسانة سابقة الصب Precast Concrete))

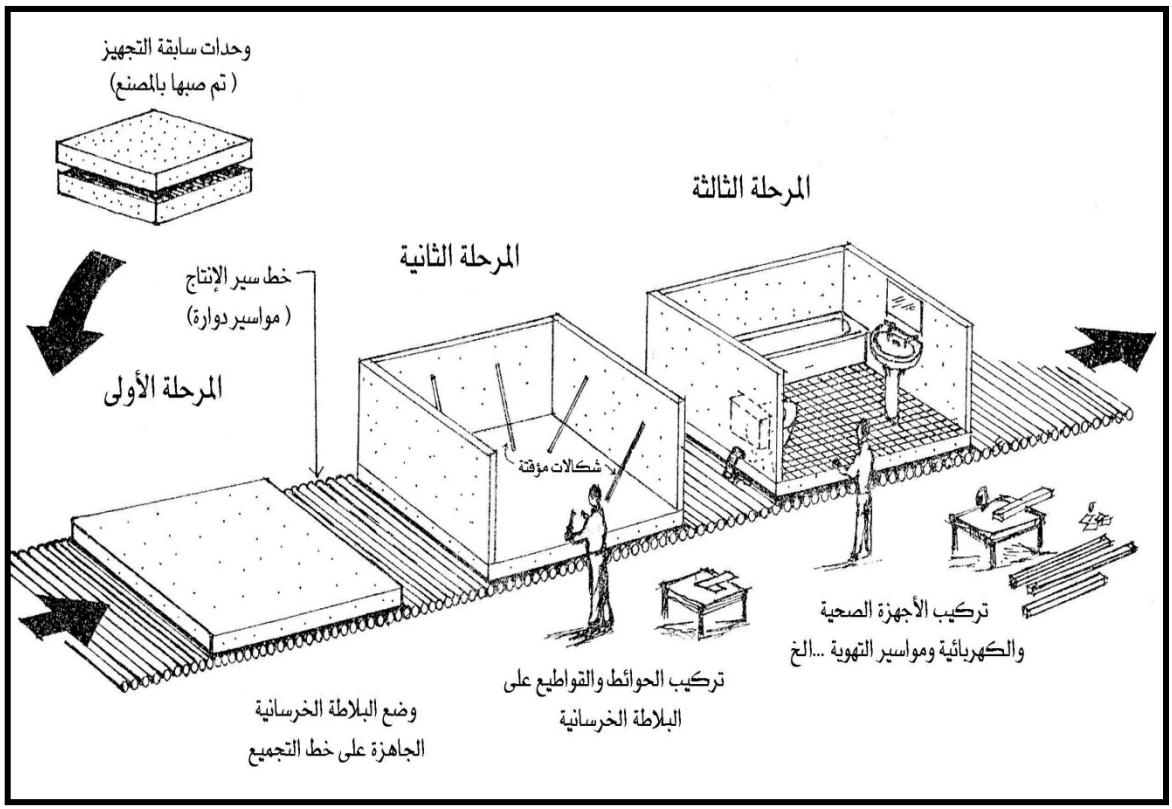
- هناك مصانع خاصة تصنع وحدات الخرسانة سابقة الصب بأبعاد وأشكال وتسليح حسب الرسومات التنفيذية.

تستخدم شاحنات خاصة لنقل هذه الوحدات إلى الموقع حيث يتم رفعها للمكان المحدد باستخدام رافعات ميكانيكية. الشكل رقم (٥- ٢).



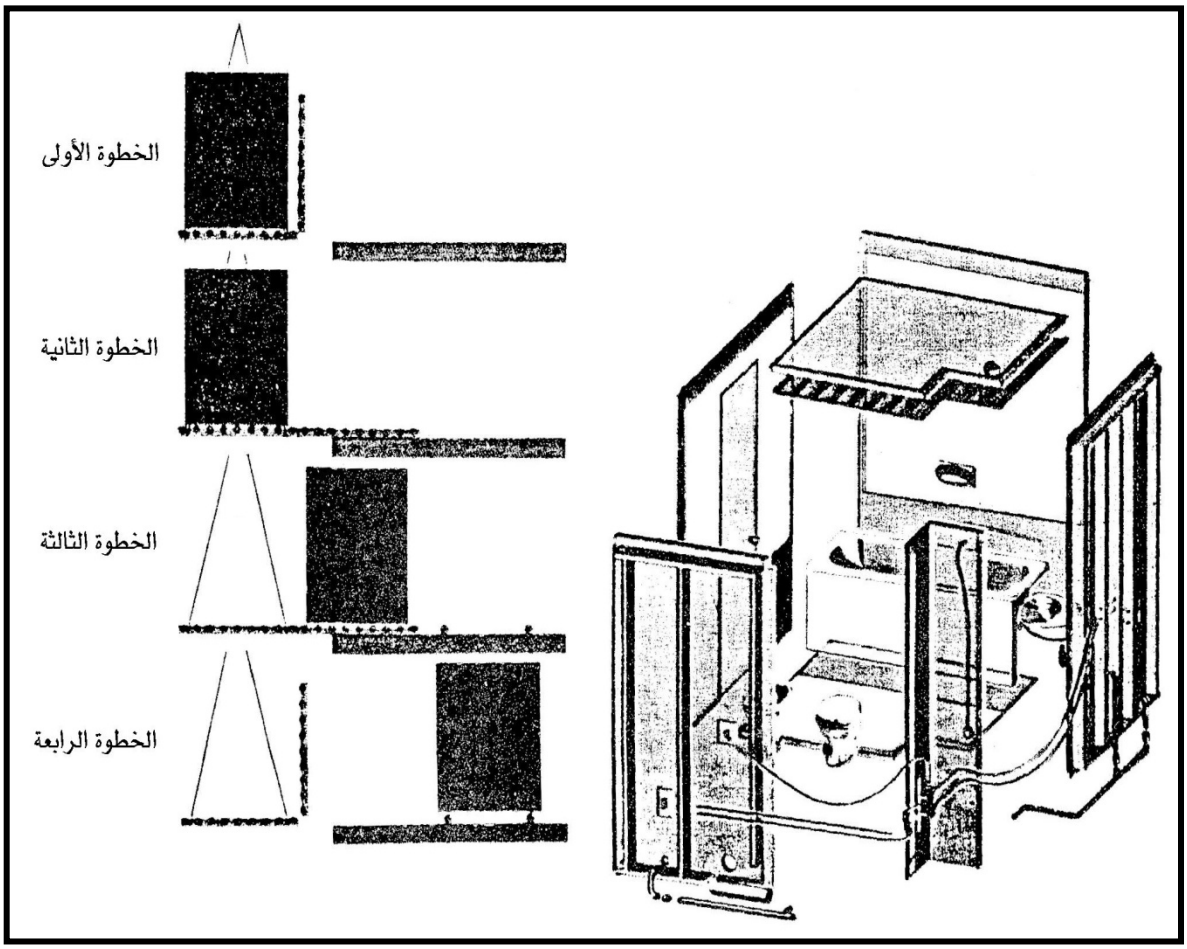
الشكل رقم (٥- ٢) استخدام الونش الرافع في تشييد مبنى بوحدات الخرسانة سابقة الصب.

- بعض المصانع تصنع هذه الوحدات بطريقة أخرى تسمى نظام الوحدات سابقة التجهيز (**PREFABRICATED SYSTEM**) حيث يتم عمل الحمام أو المطبخ على سبيل المثال عن طريق تصنيع وتجميع كامل العناصر المكونة لها من وحدات الحوائط والأرضية والسقف بالإضافة للأجهزة الصحية والكهربائية والميكانيكية وذلك يتم على خط إنتاج خاص بالمصنع ثم تنقل في النهأية على عربة خاصة إلى الموقع وترفع إلى المكان المحدد بالمنشأة. شكل (٥- ٣).



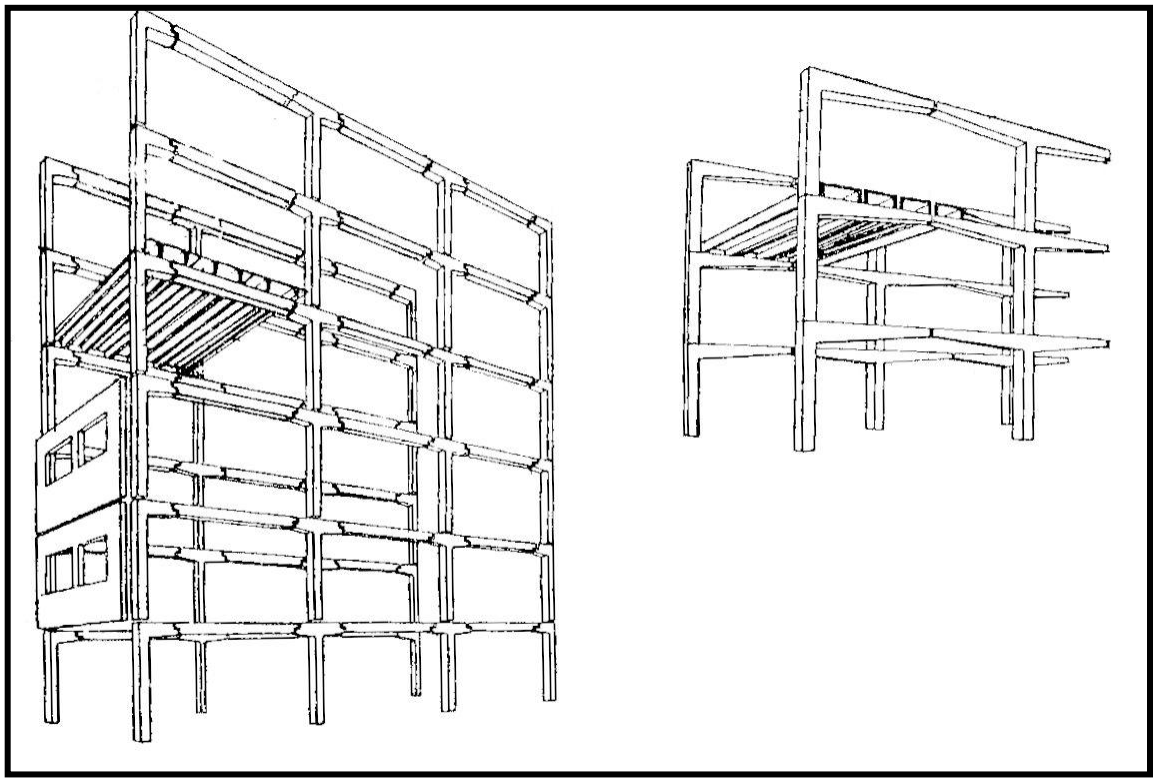
الشكل رقم (٥- ٣) خط تجميع وحدات الخرسانة سابقة التجهيز بالمصنع.

التشييد بهذا النظام يعتبر إقتصادياً خاصة عند تشييد مباني كثيرة متكررة مثل الإسكان حيث يتكرر صنع نفس النمط من الوحدات بالإضافة إلى سرعة التنفيذ ولكن هذا التكرار يعتبر في نفس الوقت من عيوب البناء من الناحية المعمارية حيث الطابع متكرر بالإضافة إلى صعوبة التعديل في التصميم مستقبلاً، شكل (٥- ٤).

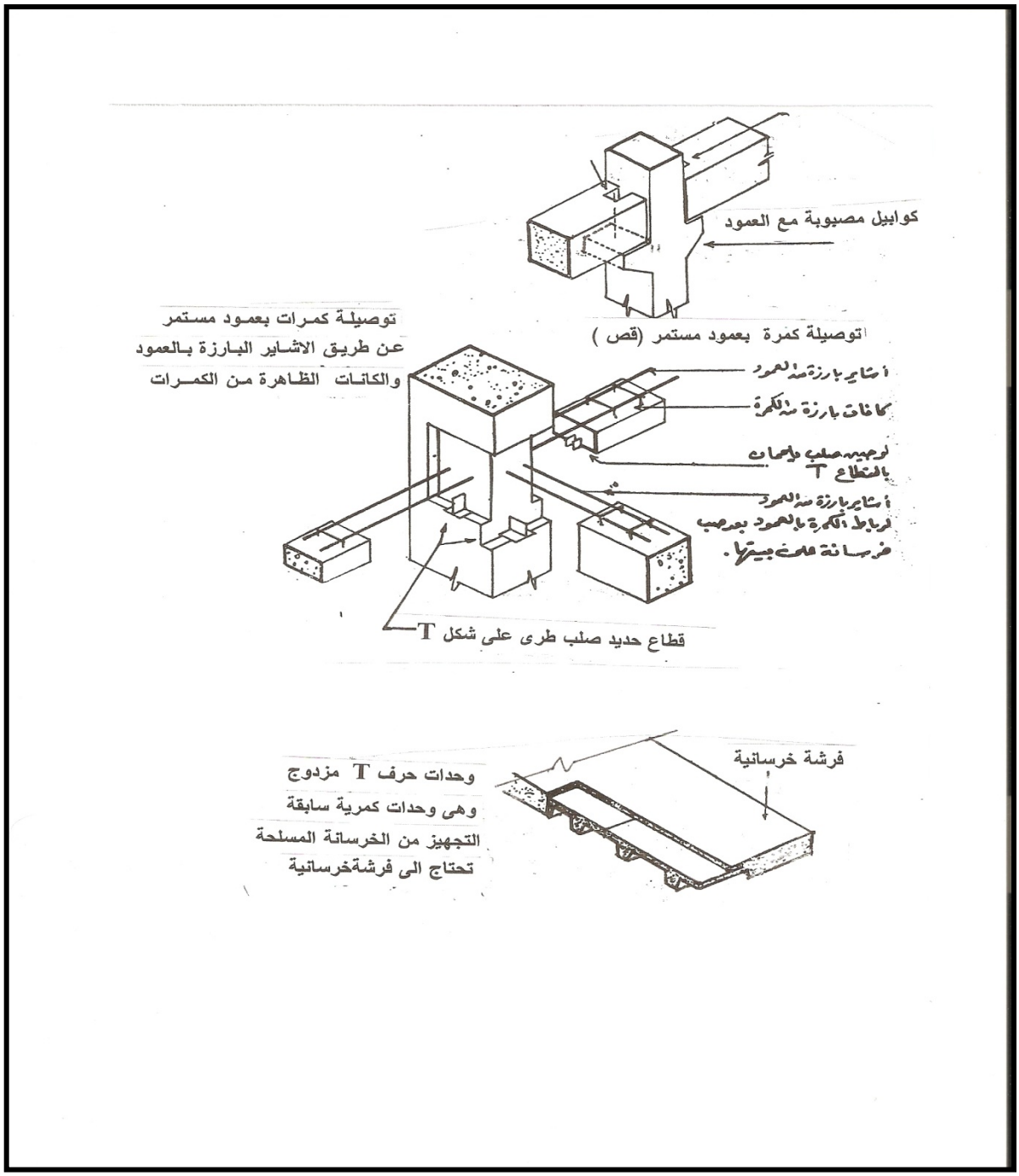


الشكل رقم (٥- ٤) خطوات وضع وحدات الخرسانة سابقة التجهيز لدورة المياه.

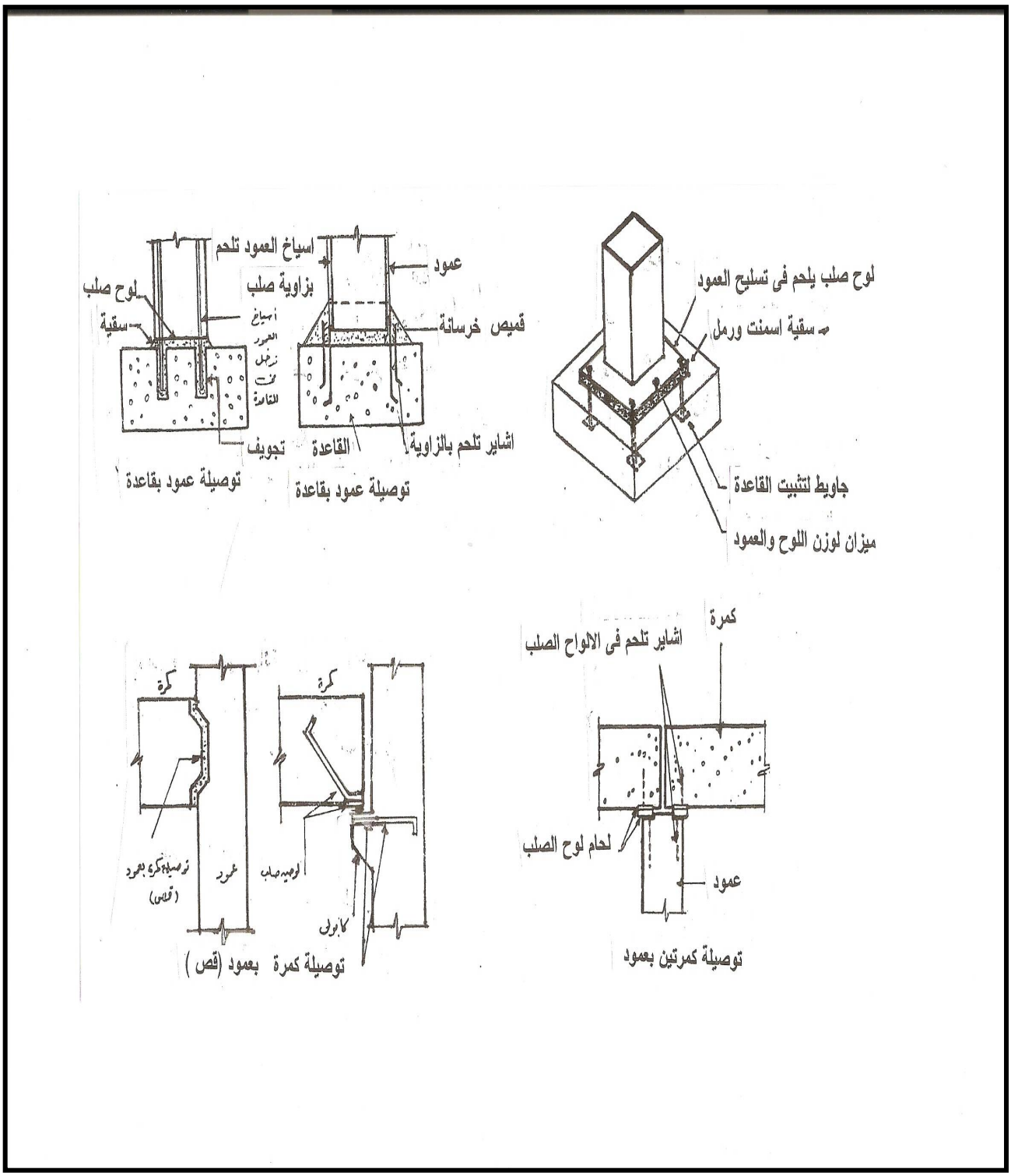
- تتميز هذه الوحدات عن الصب في الموقع بصنعها تحت مراقبة محكمة ونظام ضبط جودة لكن يلزم اتخاذ الاحتياطات والتدابير والتي منها التأكد من أن الوحدات الموردة للموقع قد تمت معالجتها جيداً وليس بها عيوب إنشائية وأن يتم تركيبها في المواقع المحددة بكفاءة عالية.
- من ميزاتها أن استعمالها يقلل المطلوب من الشدات الخشبية أو المعدنية وكذلك المعدات داخل الموقع ويصبح موقع التشييد غير مزدحم وتسهل الحركة به. شكل (٥- ٥).



الشكل رقم (٥- ٥) هيكل مبنى من وحدات الخرسانة سابقة الصب.



الشكل رقم (٥- ٦) بعض أجزاء الخرسانة سابقة الصب.



الشكل رقم (٥- ٧) بعض أجزاء الخرسانة سابقة الصب.

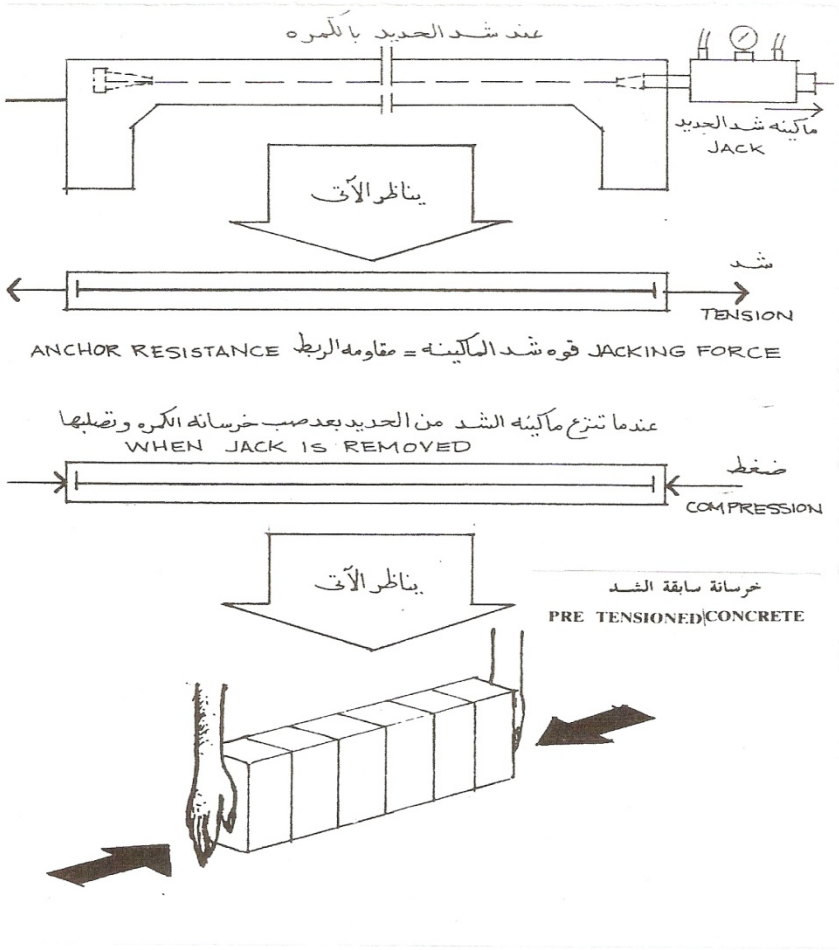
الخرسانة سابقة الإجهاد (Concrete Prestressed)

مقدمة :

الخرسانة كمادة إنشائية يكمن ضعفها في عدم القدرة على تحمل إجهاد الشد . لذلك يستخدم حديد التسليح لتحمل قوى الشد . وهذا الحل يكون كافيا لبعض المنشآت ولكن هناك منشآت أخرى يكون هذا الحل غير مناسب مثل البلاطات والكمرات ذات البحور الكبيرة والتي تكون قطاعات الخرسانة نتيجة التصميم كبيرة وبالتالي تكون أوزانها كبيرة بالنسبة للأحمال الحية المراد حملها . وهذا يؤدي إلى تصميم غير اقتصادي نظرا لزيادة قطاعات الخرسانة وزيادة كمية الحديد . فكان لابد من أيجاد فكرة جديدة لحل هذه المشكلة واستخدمت فكرة الخرسانة سابقة الإجهاد، تعتمد هذه التقنية على شد حديد التسليح بقوة كبيرة ثم جعل هذه القوة تنتقل إلى الخرسانة بعد تصلدها محدثة عليها قوة ضغط طولية، فتعمل هذه القوة على منع حدوث إجهاد الشد في الخرسانة أو التقليل منه وجعله صغير جدا وتبقى هذه القوة ملازمة للمنشأ طيلة حياته . وبالرغم من هذه القوة تقل مع الزمن إلا أنه يمكن الأخذ في التصميم قيمة تناقص هذه القوة بحيث لا تزيد قوة الشد في الخرسانة عن القيمة المسموح بها في المواصفات وبالتالي تبقي الخرسانة خالية من التشققات .

في بدأية القرن التاسع عشر قام العالم كونين لأول مرة بعمل إختراع ليمنع هذه الإجهادات وذلك بمد منطقة الشد في أعضاء الخرسانة بواسطة الضغط الأولي . وفي عام ١٩٢٨ استطاع العالم م . فريسنيت أن يظهر متطلبات الخرسانة سابقة الإجهاد وأن يشرح الأساسيات اللازمة لاستعمال حديد عالي المقأومة لهذه الخرسانة حتى يمكن شده بعد أن تعذر تقصير الخرسانة بغرض إنكماشها وذلك للوصول إلى ضغط دائم على الخرسانة نفسها، أما المشكلة الأخرى التي ظهرت فهي كيفية شد وربط الحديد العالي المقأومة في الخرسانة سابقة الإجهاد وجاء الحل بواسطة العالم م . فريسنيت في سنة ١٩٣٩ في اختراع ماكينة شد مزدوجة ومخروط رابط لغرض شد هذه الأسياخ في الخرسانة، وبعد حل هذه المشاكل في تشييد الخرسانة سابقة الإجهاد بدأ التطور السريع في مجال العمل بهذه الخرسانة في أعمال البناء، وعلى ذلك فالخرسانة سابقة الإجهاد هو مركب من خرسانة وحديد عالي المقأومة حيث أن سبق الإجهاد له تأثير مضاد ومعاكس للإجهادات الناتجة عن الأحمال المؤثرة على العنصر الإنشائي مما يرفع في النهأية من قدرته على تحمل الأحمال الميتة والحية المؤثرة عليه . كذلك تفيد عملية سبق الإجهادات في التقليل من الإنحناء والشروخ التي يمكن أن تحدث في الجزء الخرساني وعلى ذلك فيمكن الحصول على

هذه الخرسانة بشد حديدها بماكينة الشد الخاصة وتناسب استعمال مثل هذه الخرسانة الأعمال الخرسانية التي يراد فيها تغطية بحور واسعة للمباني مع التحكم في تخانة سمك قطاعها. والشكل (٥- ٨) يوضح فكرة عمل الخرسانة سابقة الإجهاد .



الشكل (٥- ٨) يوضح فكرة عمل الخرسانة سابقة الإجهاد

استخدامات الخرسانة سابقة الإجهاد .

- تغطية البحور الطويلة كما في الجسور
- تغطية الصالات ذات المساحات الكبيرة

فوائد استخدامات الخرسانة سابقة الإجهاد .

- تعطي قطاعات خرسانية تتحمل كل القوى المؤثرة عليها دون حدوث شروخ.
- تقلل من قطاعات العناصر الخرسانية وتكسبها قوة
- توفر في مواد الإنشاء وبالتالي تقلل من الحمل الميت على الأعمدة والأساسات.
- تستخدم في البحور الطويلة بالرغم من قطاعاتها القليلة وبالتالي يسهل تشغيلها ونقلها.
- تقلل من كمية الحديد مقارنة مع الحديد المستخدم في الخرسانة التقليدية .

طرق تصنيع الخرسانة سابقة الإجهاد :

١- طريقة الخرسانة سابقة الشد Pre-Tensioned concrete method :

وتعمل بشد الحديد قبل صب الخرسانة بواسطة ماكينة الشد ، ثم تصب الخرسانة وبعد أن تأخذ الخرسانة قوتها يترك الحديد ليؤثر بقوة ضغط على الخرسانة.

والحديد في هذه الحالة يكون في وضع الضغط دائما بالنسبة لنفسه والخرسانة تكون في وضع الشد ، والحديد المستخدم في عمل الخرسانة سابقة الإجهاد هو حديد التندون. وتستخدم الخرسانة سابقة الشد في تشييد البلاطات والكمرات البسيطة .

٢- طريقة الخرسانة لاحقة الشد: Post- Tensioned concrete method

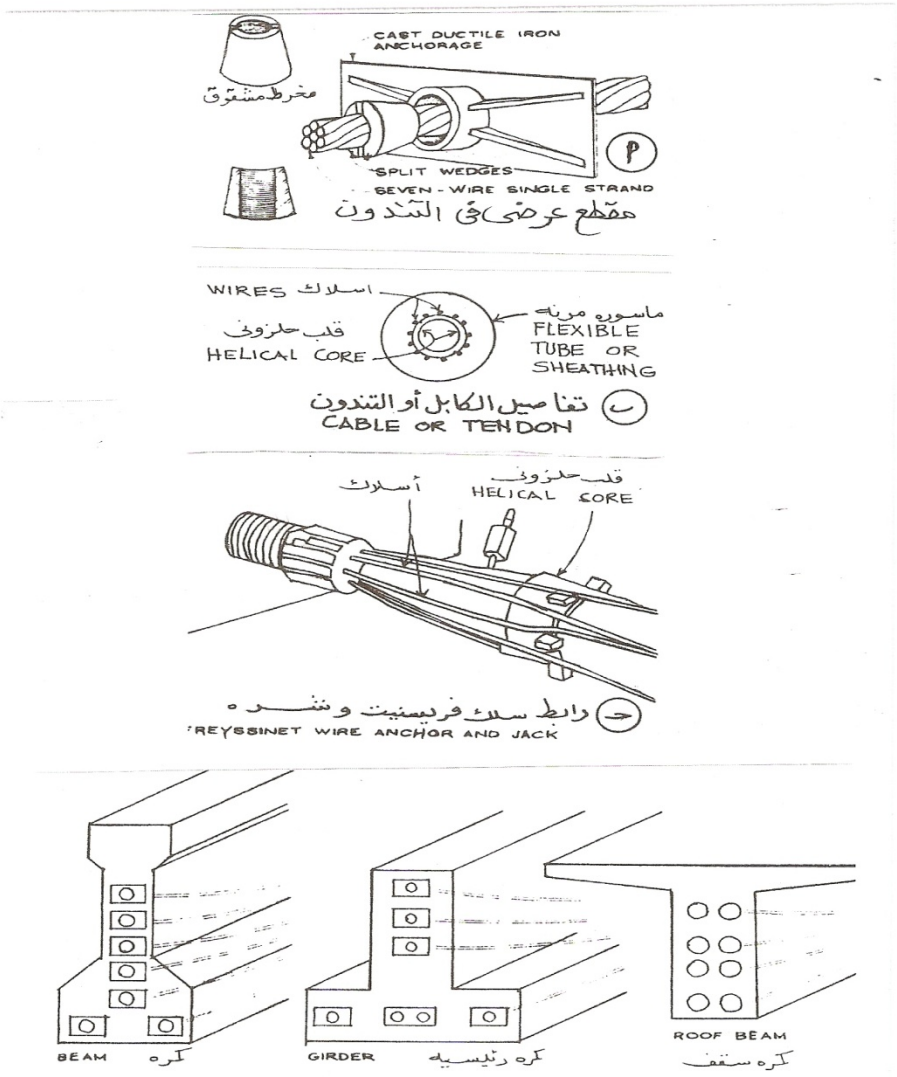
وتعمل بشد الحديد بعد صب الخرسانة ، ويتم ذلك بوضع حديد التسليح أو التندون مغلف بمواسير معدنية أو بغلاف مثل البلاستيك، وبعد أن تأخذ الخرسانة قوتها تشد نهأيتي التندون بماكينات الشد ثم يثبت في نهأيتي قطاع الخرسانة. والحديد في هذه الحالة يكون في وضع الشد دائما بالنسبة لنفسه ، كما تكون الخرسانة في وضع الشد أيضا. وعلى ذلك فكمرات هذه الخرسانة تتحمل مقأومة العزوم وإجهاداتها المختلفة أكثر من الخرسانة المسلحة العادية ، وبذلك تمنع ظهور الشروخ أو الإنحناءات فيها.

ومما هو جدير بالذكر أن الخرسانة سابقة الإجهاد تعطي قوة أكثر من الخرسانة المسلحة العادية بحوالي ٣_٢ مرات، وأن حديدها بعد الشد يكون أقوى بحوالي ٤_٣ مرات. ونظام حديد التندون قد يكون على شكل أسلاك أو أسياخ مما يقلل من كمية الحديد المطلوبة في الكمرات، كما يقلل من سمك وحجم الخرسانة المستعملة إذا ما قورنت بالخرسانة المسلحة التقليدية .

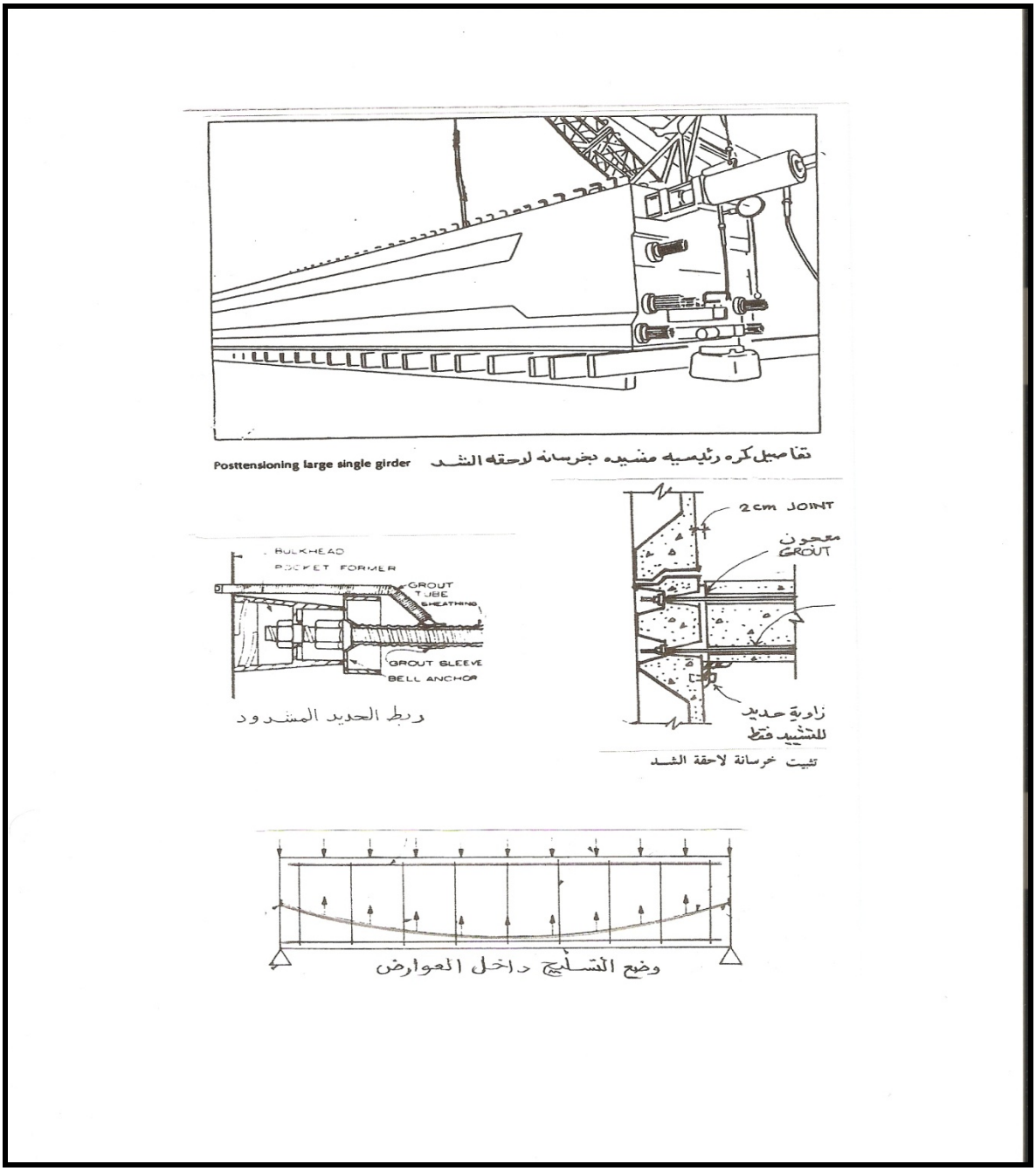
تسليح الخرسانة مسبقة الإجهاد :

يستخدم نظام حديد التندون **TENDONS** وهو قد يكون على شكل

- أسلاك **WIRES**
- مجموعة أسلاك مبرومة **STRANDS**
- أسياخ مجدولة **BARS**



الشكل (٥- ٩) يوضح كيفية شد حديد التندون في الخرسانة لاحقة الشد



الشكل (٥- ١٠) تفاصيل تسليح الخرسانة مسبقة الإجهاد

الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجية GRC

في إطار تطوير صناعة الخرسانة تم إنتاج خرسانة مسلحة بالالياف الزجاجيةGRC في القرن العشرين لتكون البديل عن مواد الإكساء الكلاسيكية والطبيعية كالحجر والرخام وغيره وليساهم بشكل عام في الإنشاء العصري اقتصادياً وتقنياً وجمالياً في جميع أنحاء العالم منذ أكثر من ٣٠ عاما وهو في تطور دائم .والـ GRC هي عبارة عن مجموعة متكاملة من المركبات المعتمدة على الأسمنت عالي الأداء المسلح بالالياف الزجاجية ذات القدرة الخاصة لمقأومة القلويات مما يجعله قابلا للتطويع ليناسب مجالا واسعا من التطبيقات .

مميزات الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجيةGRC :

- إنها إحدى مواد البناء الأكثر طواعية المتوفرة للمهندسين والمعماريين.
- كما أنها عملية لإعادة الإنتاج والترميم وذات جمالية عالية و صديقة للبيئة.
- تخفف الحمولات على الأبنية بعوامل أمان كبيرة للهياكل الضخمة والأساسات.
- يمكن تلوينها بالصبغات و الدهانات كما تعالج سطوح الطينة الإسمنتية.
- الإكساء بواسطتها يمكن أن يحل محل البيتون المسبق الصنع غير الإنشائي عندما تكون هناك مشكلة في الوزن و الشكل .
- يمكن تشكيل منتجات GRC بمقاطع رقيقة بسماكة١٢.٦مم ليكون وزنها أقل بكثير من وزن منتجات البيتون المسبق الصنع التقليدية المماثلة بالحجم .
- إن الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجي سهلة التصنيع والقولبة لإنتاج الأشكال والتفاصيل الدقيقة ويعطي الملمس المطلوب للسطوح النهائية بأفضل نوعية .
- تتسم الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجية GRC بمقأومتها للتآكل وللظروف الجوية الخارجية من حرارة ورطوبة وبخاصة للأجواء البحرية.
- عازلة للحرارة والصوت وتتسم بمقأومة عالية للحريق وتسرب الماء.
- صلبة ومقأومة للكسر والضغط.

استخدامات الخرسانة المسلحة بالالياف الزجاجية :

وتستعمل هذه التقنية في عدة مجالات منها :

- ألواح كسوة للواجهات الخارجية وتيجان الأعمدة.
- تستخدم في عمل الكرانيش والدربزينات .
- عمل الأسقف المستعارة .
- القباب الداخلية والخارجية.
- عمل قنوات الري والصرف .

الفواصل في أعمال الخرسانة : (Joints)

نظرا لأن الخرسانة عبارة عن مادة تتصلب بسرعة بعد صبها ثم تتصلد وبذلك لا يمكن إجراء إعادة الصب وعملية لحام لها . كما أنها كمادة إنشائية معرضة للتمدد والإنكماش لذلك يستلزم عمل وصلات (JOINTS) تختلف هذه الوصلات من حيث أماكنها ووظيفتها في المنشأ.

وظيفة الوصلات عند إنشاء المباني :

١- في حالة الحوائط .

يتم تنفيذ الوصلات في الحوائط لكي تقوم بوظيفة امتصاص الفرق في حالة التمدد وكذلك النقص في حالة الإنكماش. وكذلك في تقسيم الحوائط حتى لا يحدث بتا شروخ.

٢- في حالة التكسيات .

يتم تنفيذها في حالة التكسيات حتى لاتزيد المساحة عن ٦٠,٠٠ متر مربع وذلك لمقأومة التمدد والإنكماش والشروخ الناتجة من زيادة حجم المواد . وأيضا لتخفيف الوزن الواقع على مساحة معينة من الكسوة وتحميلها على إطار آخر .

٣- في حالة الأرضيات .

الفواصل في الأرضيات تقوم بعدة وظائف منها لمقأومة التمدد والإنكماش وكذلك فواصل للصب .حيث يتم تقسيم الأرضيات إلى بلاطات يسهل وضع حديد التسليح بها وصبها

٤- في حالة التغطيات .

وظيفة الوصلات في حالة التغطيات تعمل كفواصل صب عند زيادة كمية الخرسانة وعدم القدرة على صبها في نفس إلىوم . فيتم عمل فاصل صب أو عند زيادة طول السقف عن ٤٠,٠٠ متر فيتم تنفيذ فاصل للتمدد والإنكماش وعند اختلاف طبيعة التربة أو ارتفاعات أجزاء المبنى يتم تنفيذ فواصل هبوط .

أنواع الوصلات (Joints)

١- فواصل الصب **(CONSTRUCTION JOINTS)**

٢- فواصل الإنكماش **(SHRINKAGE JOINTS)**

٣ - فواصل الحركة **(MOVEMENT JOINTS)**

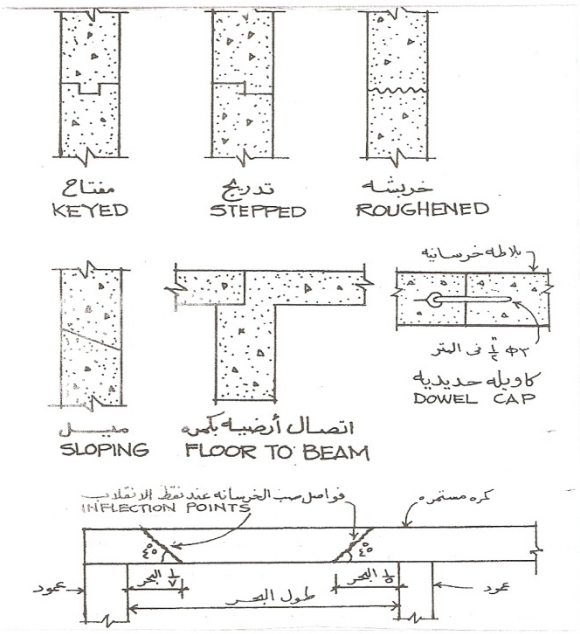
أنواع الوصلات (Joints)

١- **فواصل الصب** (CONSTRUCTION JOINTS)

هي الفواصل التي تستخدم لتجزئة أعمال صب الخرسانة إلى أجزاء تتناسب مع قدرة الموقع على إنتاج وصب الخرسانة وتحدد بمعرفة المهندس المصمم أو المهندس المنفذ ويراعى إتباع الشروط الآتية:

- أن تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند نقط إنقلاب العزوم المجأورة أو عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص ما أمكن.
- يجب أن يكون الفاصل متعامدا مع القوى الداخلية المؤثرة.
- تنفذ الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال مع مراعاة صب الحدود الطرفية المائلة للبلاطات **(HAUNCHES)** أو أسفل منسوب السقوط حول الأعمدة **(DROP PANELS)** إن وجدت مع البلاطات.

- يفضل أن يحدد المهندس المنفذ فواصل الصب مسبقا على اللوحات التنفيذية مع مراعاة أيضاح أسياخ التسليح اللازمة لنقل قوى القص والشد الرئيسة عند الفواصل إذا تطلب الأمر وذلك لعرضها على المهندس المصمم للإعتماد.
- عند استئناف صب الفواصل الأفقية بعد تصلد الخرسانة ينحت سطح الخرسانة جيدا لإظهار الركام الكبير ثم ينظف السطح حتى تزال البقأيا والمواد السائبة بواسطة الهواء المضغوط ويغسل بالماء ثم ترش طبقة من خليط الاسمنت والماء اللبانى أو أي مواد أخرى معتمدة لتأكيد التماسك بين كل من الخرسانة القديمة والجديدة.والشكل (٥- ١١) يوضح فواصل الصب



الشكل (٥- ١١) يوضح طرق عمل فواصل الصب

٢- فواصل الإنكماش Shrinkage joints))

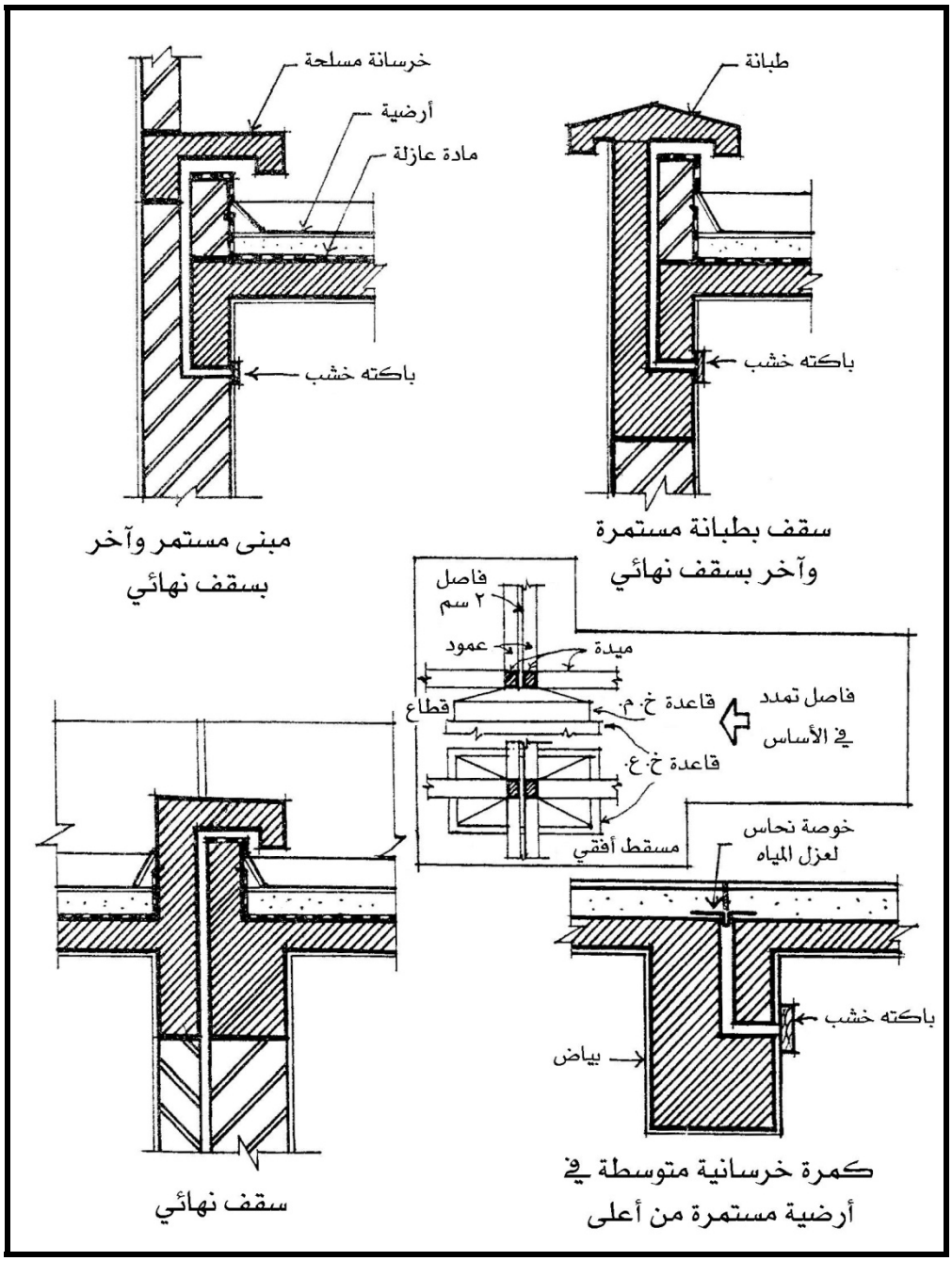
تعمل هذه الفواصل لتفادي الشروخ الناجمة إنكماش الخرسانة في المسطحات الكبيرة مثل أرضيات وحوائط خزانات المياه والبدرومات ويتم في هذه الحالة صب الخرسانة على أجزاء متباعدة أو تترك مجاري بعرض كاف (شريحة إنكماش) بين الأجزاء المذكورة ويفضل أن تزود بمفاتيح على جوانب الخرسانة ويتم صب الأجزاء الباقية أو هذه المجارى بعد جفاف ومعالجة الأجزاء التي تم صبها أولا مع مراعاة الاحتياطات والشروط الواردة في بند فواصل الصب، وفي حالات المسطحات الواسعة مثل أرضيات المصانع والمطارات ومواقف السيارات تقسم هذه المسطحات إلى مجموعة من الشرائح لا يتجأوز عرضها ٤,٠٠ متر ولا يتجأوز أطول بعد فيها عن ٢٥,٠٠ متر على أن يقسم هذا الطول بفواصل ثانوية على مسافات لا تزيد عن مرة وربع عرض الشريحة وبعمق يساوى ثلث سمك البلاطة ثم تصب أولا الشرائح الفردية أو الزوجية ثم يستكمل تبادلياً صب باقي الشرائح مع عمل فواصل رأسية بين المساحات الفردية والزوجية بعرض٢,٠٠ سم على الأقل تملئ بعد الصب بالماستيك أو أي مادة مماثلة ويجوز صب كامل المسطحات و الأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط إتباع نفس الخطوات السابقة وعمل فواصل مرنة بين الشرائح تسمح بحرية حركة الخرسانة في هذه الشرائح .كما في الشكل (٥- ١١).

٣- فواصل الحركة(Movement joints)

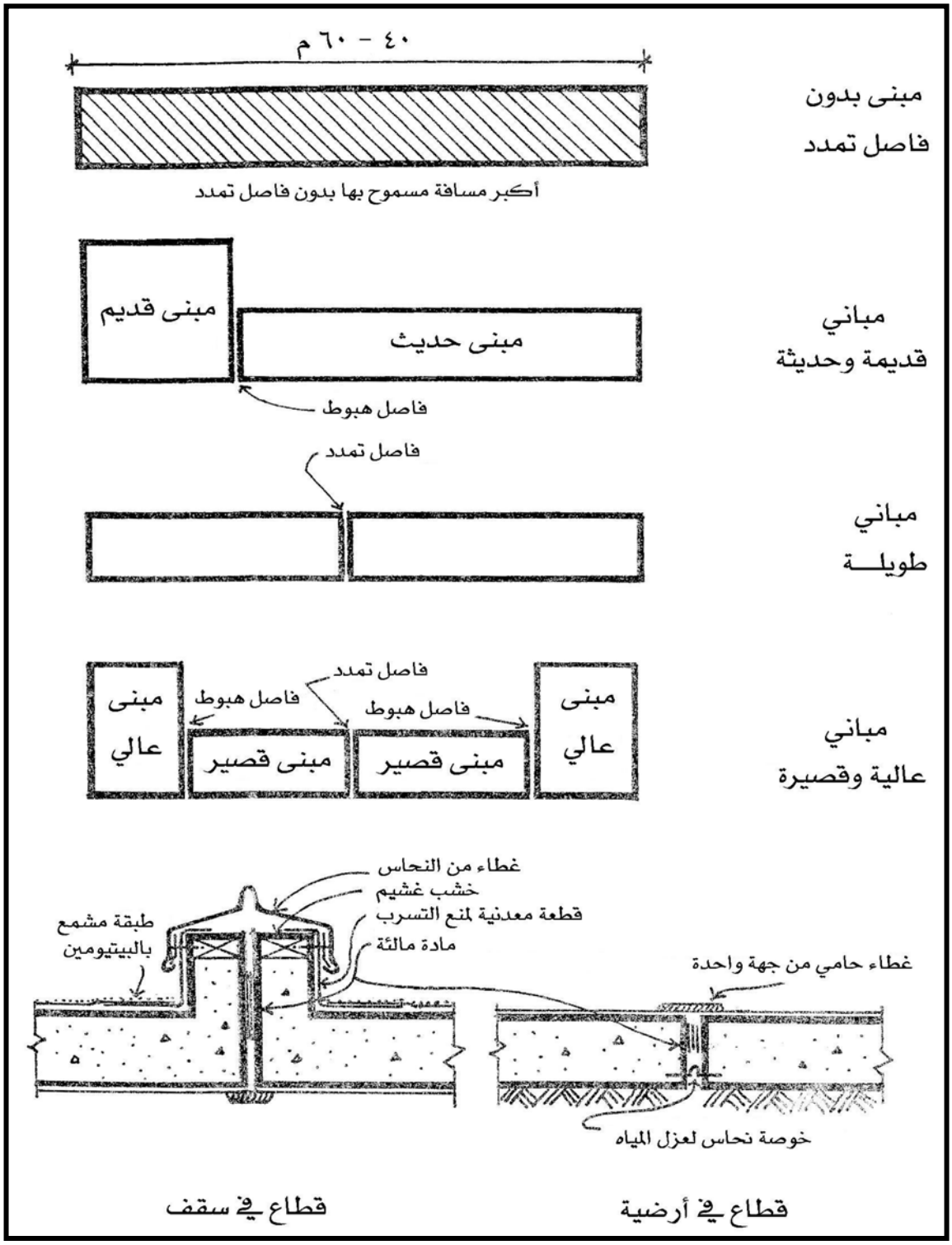
تعمل هذه الفواصل لاحتواء أي تغيرات حجميه في الخرسانة ناتجة عن اختلاف درجات الحرارة أو إنكماش الخرسانة أو الحركة الرأسية الناشئة عن اختلاف قيمة الأحمال في أجزاء المبنى الواحد أو اختلاف نوعية التأسيس وتسمح هذه الفواصل لأجزاء المبنى بالحركة ومنع أي تشكلات أو إجهادات غير مرغوب فيها يمكن أن تنشأ عن منع هذه الحركة . ويجب الاهتمام بتنفيذ هذه الفواصل لكي لا تكون مصدرا لتسرب المياه أو السوائل أثناء الحركة النسبية لأجزاء الفاصل ويتم تحديد أماكن هذه الفواصل بواسطة المهندس المصمم وطبقا للرسومات والمواصفات التفصيلية الخاصة بها . ويراعى إتباع الشروط والاحتياطات كالأتي:

تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية من ٤٠,٠٠متر إلى ٦٠,٠٠ متر في المناطق المعتدلة من ٣٠,٠٠متر إلى ٣٥,٠٠متر في المناطق الحارة ويمكن أن يسمح بزيادة هذه المسافات بشرط

الأخذ في الاعتبار عند التصميم فروق درجات الحرارة وتأثير عوامل التمدد والإنكماش والزحف . وفي حالة أعمال الخرسانة الكتلية كالحوائط الساندة والإطارات يجب أن تكون الفواصل على مسافات أقل مع أخذ الاحتياطات الكافية لعدم تسرب المياه من هذه الفواصل . كما في الشكل (٥- ١٢) .



الشكل رقم (٥- ١١) فواصل التمدد في السقف الخرساني والأساسات.



الشكل رقم (٥- ١٢) فواصل التمدد وفواصل الهبوط.