

تشبيد المباني ١٢

أ.د. نبيل ابراهيم الصوالحي
استاذ في الهندسة المدنية
إدارة التشبيد

البناء بالأحجار

- تعريف الحجر: هو ما كان أصل المادة المكونة له طبيعية.
- وتنقسم الصخور المكونة للحجر إلى ثلاثة أنواع:
- (١) الصخور النارية
 - وتتكون نتيجة انصهار المعادن (غالباً نتيجة البراكين).
 - وتمتاز بألوانها القاتمة، ومساميتها القليلة، وقوتها العالية، ووزنها الثقيل ومن أمثلتها الجرانيت
 - ويمتاز بانه عالي التجانس،
 - ونفاذيته قليلة

- يستخدم في المطابخ و المعامل الكيميائية وقوته كبيرة كما انها تتوفر بالوان مختلفة، منها
- روزابتا
- جبلى جولد
- الجاكرندا،
- تايجر
- اورز
- ونظرا للصفات الجيدة للجرانيت فإنه أصبح يستخدم بكثرة في الأدراج وذلك لمقاومته لعوامل الاحتكاك.

٢. الصخور الرسوبية

- **الصخور الرسوبية** هي نوع من الصخور التي تكونت نتيجة ترسب التراب الطيني المحمول بالماء على مدى أزمنة غير قصيرة. وتتشكل نتيجة تراكم طبقي على فترات طويلة، وتمتاز بوجودها على هيئة طبقات، وبكبر مساماتها، واحتمالية وجود مواد عضوية فيها، كما تمتاز بضعف قوتها.
- والنوع المشهور من الصخور الرسوبية هو الصخور الرملية التي بنى منها المسجد العمري وهي من أضعف أنواع الصخور على الإطلاق.
- والنوع الموجود من الصخور الرسوبية في فلسطين هي الصخور الجيرية أو الطباشيرية، وهي منتشرة في الضفة الغربية

صخور رسوبية



- توجد هذه الصخور في منطقة جماعين في نابلس
- وفي مناطق انجاصة و يطا والشيخوخ في الخليل،
- ومن ناحية الجودة فإن أجودها هو حجر جماعين ثم انجاصة ثم الحجر الموجود في يطا وأقلهما جودة هو الحجر الموجود في الشيخوخ

٣. الصخور المتحولة

- تنشأ الصخور المتحولة من الصخور النارية أو الصخور الرسوبية التي كانت موجودة من قبل تحت تأثير الحرارة والضغط والمحاليل الكيميائية النشطة. و يحدث هذا التحول عندما تتغير الظروف الطبيعية والكيميائية التي تتعرض لها الصخور مما يجعل كثيرا من المعادن المكونة للصخر غير ثابتة للظروف الجديدة وبالتالي تتحول إلى معادن جديدة أكثر ملائمة للبيئة الجديدة ويمكن القول أنها خليط بين النوعين السابقين.
- لذا فان صفاتها تقع بين النارية والرسوبية فهي أقل جودة من الصخور النارية من حيث القوة والمسامية والوزن وأفضل من الصخور الرسوبية في ذلك والمثال المعروف والمشهور للصخور المتحولة هو الرخام ومنه الكرارة .
- وفي الواقع لا تستخدم الصخور النارية أو المتحولة في البناء، بسبب ارتفاع ثمنها وثقلها، وتستبدل بالرسوبية.



عملية استخراج و تصنيع الحجر

- هي عملية إخراج الحجر من موضعه في المحجر و قبل المباشرة في اخراج الحجر لا بد من معرفة صلاحيته للاستعمال و التأكد من أن الحجر يحقق المتطلبات من حيث القوة و الصلابة و امكانية التصنيع و الدوام و اللون و المسامية بالإضافة إلى سهولة تحجيره و الوصول إليه و النقل و عم التحجير و قرب الطبقات من السطح ، كما أن تركيب الطبقات و الفواصل تلعب دورا مهما في إمكانية التحجير بكتل مناسبة و قوية حيث يجب أن يخلوا الحجر من الفواصل القريبة و التشققات و الفواصل الضعيفة

- هذا و يمكن استخدام التثقيب و الفلق في التحجير مع الاستعانة بالتشققات الموجودة بين طبقات الصخر فهذه تحدد سماكة الكتل التي يتم تحجيرها .
- و عند عمل الثقوب في المحاجر ذي الطبقات تكون الثقوب متعامدة مع اتجاه الطبقات و في حالة وجود الصخر ككتلة دون طبقات تعمل ثقوب رأسية و أفقية
- في كلتا الحالتين تدخل الأسافين لكي تفصل الصخر باتجاه الثقوب ثم تقطع إلى الكتل اللازمة ثم تهذب و تستعمل المناشير لكي تقطع الصخر للأحجام و الأبعاد المطلوبة

التصنيع

- بعد استخراج الكتل الحجرية من المحاجر يتم تربية هذه الكتل إلى المقاسات و الأحجام المطلوبة إما يدويا أو بالمنشار .
- بعد ذلك يتم نقش الحجارة بالنقش المطلوبة على إلا يقل غور الحجر في الوسط عن ١٥٠ ملم و ١٢٠ ملم و ٨٠ ملم للحجر المستعمل في بناء الدرجة الأولى و الثانية و الثالثة على التوالي .
- أما البطن العلوي و السفلي فيمكن أن ينقص الغور عن ٧٠/٥٠ ملم فيما لا يجب أن تقل لصاقات الحجر (الجوانب الأسية) عن ٥٠/٤٠ ملم .

التصنيف حسب النقش (دق الحجر)

- يتم نقش الحجر بأشكال متعددة منها
- ملطش (منقر أو مفجر)
- يتم نقش هذا الحجر بتنقير السطح بالشوكة لمديبة موزعا توزيعا منتظما قدر الامكان و موحدا لكامل البناء على ألا يزيد عمق التنقير في بناء الدرجة الأولى عن ٣ ملم و عن ٥ ملم في بناء الدرجتين الثانية و الثالثة

حجر ملطش



- **حجر مسمم :**

- يتم نقش هذا الحجر بتهذيب السطح بالإزميل بخطوط متساوية و متوازية أفقيا و عموديا أو بزاوية ٤٥ درجة و بشكل مكثف مع مراعاة عدم زيادة عمق النقش عما هو مبين فيما يلي (بناء درجة أولى ٣ ملم، بناء درجة ثانية ٥ ملم)



• حجر طبيزة

- يتم نقش هذا الشكل بترك بروز الوجه الطبيعية دون تهذيب سوى إزالة الرؤوس المدببة أو النافرة و الظاهرة بشكل غير لائق على الا يزيد بروز الدرجة عن ٩٠ ملم من مستوى الحواف و ألا يقل عن ٥٠ ملم في بناء الدرجة الاولى و ٤٠ ملم في بناء الدرجة الثانية



حجر طبرزه





• حجر مطبه

- يتم نقش هذا الشكل بتسوية وجه الحجر أولاً إما يدوياً أو بالمنشار ثم دقه بالمطبة سن ١٠ أو ١٢ أو ١٤ بشكل مكثف و حسب ما هو مطلوب على أن يكون وجه الحجر خالياً من أي تجويف أو نقر أو ما يشبه من عيوب



- **حجر ممشط**
- يتم نقش الوجه بتسوية سطح الحجر أولاً و من ثم تمشيط الوجه بالمشط الخاص و بشكل مكثف هذا و لا يصلح إلا للأحجار الطرية

- ٤, ٢, ٧ التصنيف وفقا للخصائص الفيزيائية و الميكانيكية
- يصنف حجر البناء الطبيعي الى الاصناف الثلاث التالية وذلك وفقا لخصائص الحجر الفيزيائية و الميكانيكية وهي كما يلي:

١) الوزن النوعي (Specific Gravity)

عند اجراء اختبار الوزن النوعي لحجر البناء حسب المواصفات القياسية الامريكية (ASTM - c 97) يجب ان يكون كما هو مبين ادناه :

ويكون الوزن النوعي كحد ادنى في صنف أ = ٢,٥٦
 ويكون الوزن النوعي كحد ادنى في صنف ب = ٢,٤٥ وحد
 اقصى ٢,٥٦
 ويكون الوزن النوعي كحد ادنى في صنف ج = ٢,١٦ وحد
 اقصى ٢,٤٥

٢) الامتصاص (Absorption)

عند اجراء اختبار الامتصاص لحجر البناء حسب المواصفات القياسيه الامريكية (ASTM - c 97) يجب ان لا تزيد نسبة الامتصاص عن ٣% لصنف أ وان لا تزيد عن ٤,٢% لصنف ب وان لا تزيد عن ٧,٥% لصنف ج الامتصاص بالمئه بالوزن صنف أ حد اقصى ٣ صنف ب حد ادنى ٣ وحد اقصى ٤,٢ صنف ج حد ادنى ٤,٢ وحد اقصى ٧,٥

٣) معايير التمزق (Modulus of Rupture) (نيوتن/ملم^٢)

عند اجراء اختبار معايير التمزق لحجر البناء حسب
المواصفات القياسية الامريكية (ASTM - c 99) يجب ان لا
يقل عما هو مذكور ادناه
صنف ب حد ادنى ٥,٢
صنف ج حد ادنى ٣,٤

٤ (مقاومة التآكل) Abrasion Resistance (

عند اجراء اختبار مقاومة التآكل لحجر البناء حسب المواصفات القياسية الامريكية (ASTM - c 241) يجب ان لا يقل الفاقد بالوزن لجميع اصناف احجار البناء عن ١٠ %

٥ (الاختبار بالنظر

عند اختبار احجار البناء بالنظر يجب ان تكون خاليه من الشقوق والعيوب والفجوات والجيوب الرملية والطينية (الكمخة) والصدف (التسوس) والعروق والرقش (وهي جيوب صغيره ممتلئة بمواد طباشيرية تتوزع بكثرة داخل جسم الحجر)

• ٦. استخدامات الحجر

- لمادة الحجر الطبيعي الدور الرئيسي لنقل ارث الحضارات والتراث المعماري والفني عبر العصور .
- فعليها نقشت جميع القوانين القديمة ومنها تم صنع اهم الادوات وبعد ذلك تم استخدامها لبناء المسكن ومن ثم تم بناء قصور الملوك والقلاع المحصنة .. والتي تحدث جميع الظروف الطبيعية والبشرية .. واستخدمت الى فتره قريبة جدا تستخدم في البناء كماده اساسية.

والآن يستخدم الحجر كعازل للحرارة والرطوبة واطافة الى الشكل المعماري الجميل الذي يضيفه للمباني بألوانها وزخارفها وديكوراتها المتنوعة والتي توفر على اصحاب المباني اعباء الصيانة المستمرة وهدر الطاقة.

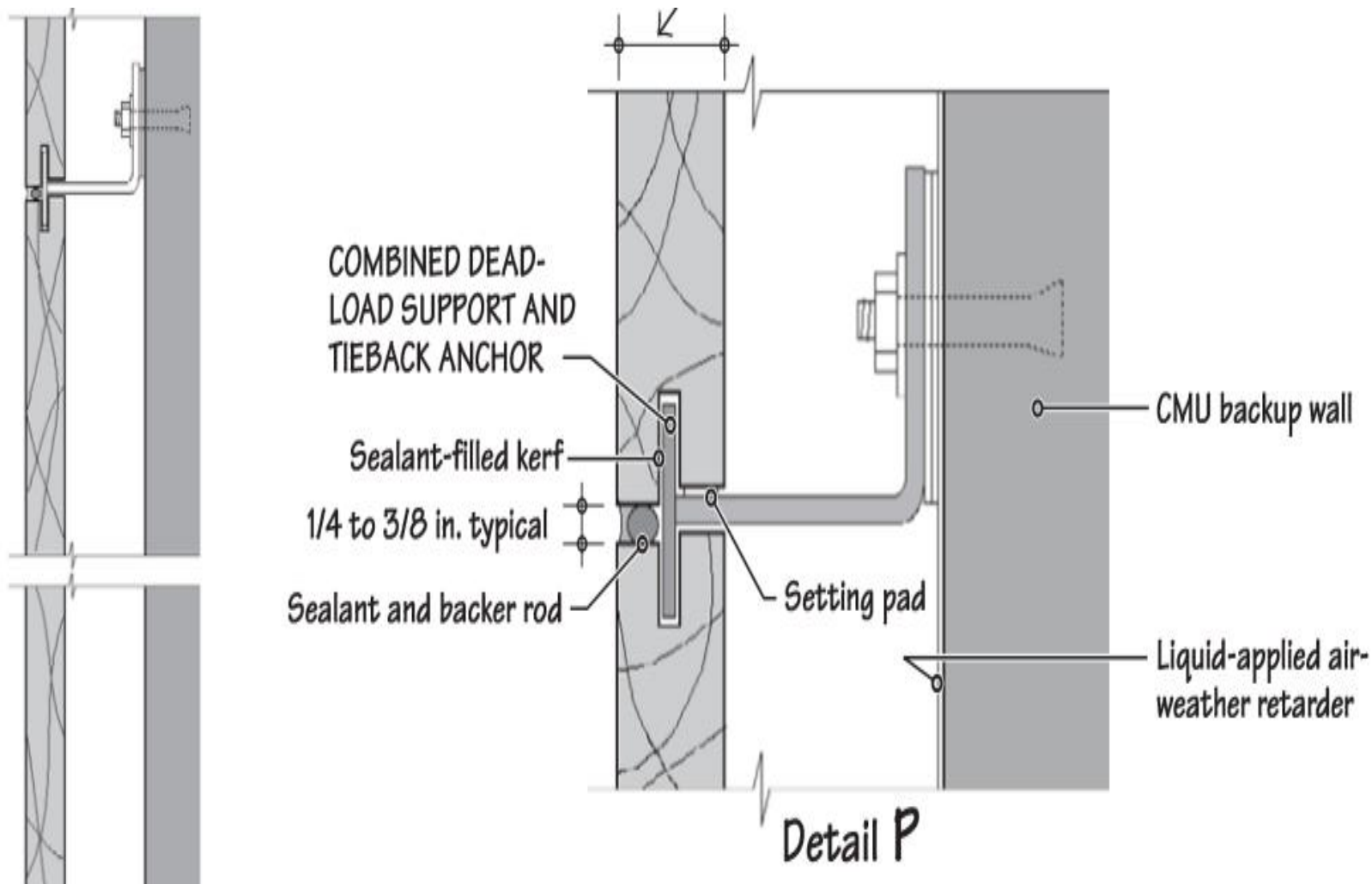
- ٧. العيوب الحجرية التي يجب مراعاتها قبل استخدام الحجر
- الفجوات : على هيئة جيوب داخل الحجر مما يجعله ضعيفا بمرور الزمن.
- التسوس: على هيئة جيوب مملوءة بمواد متحجرة – كالصدف مثلا .
- العروق : عبارة عن شقوق مملوءة بمواد أهمها كربونات الكالسيوم المتبلورة .
- الرقش: وهي جيوب مملوءة بمواد طباشيرية الأمر الذي يشوه منظره ويجعله ضعيفا أيضا.
- وجود الفحم والطين في تكوين الحجر .
- عدم توحيد لون الحجر وأبعاده .
- امتصاص الحجر للماء .
- تلوح الحجر " الفتل " .

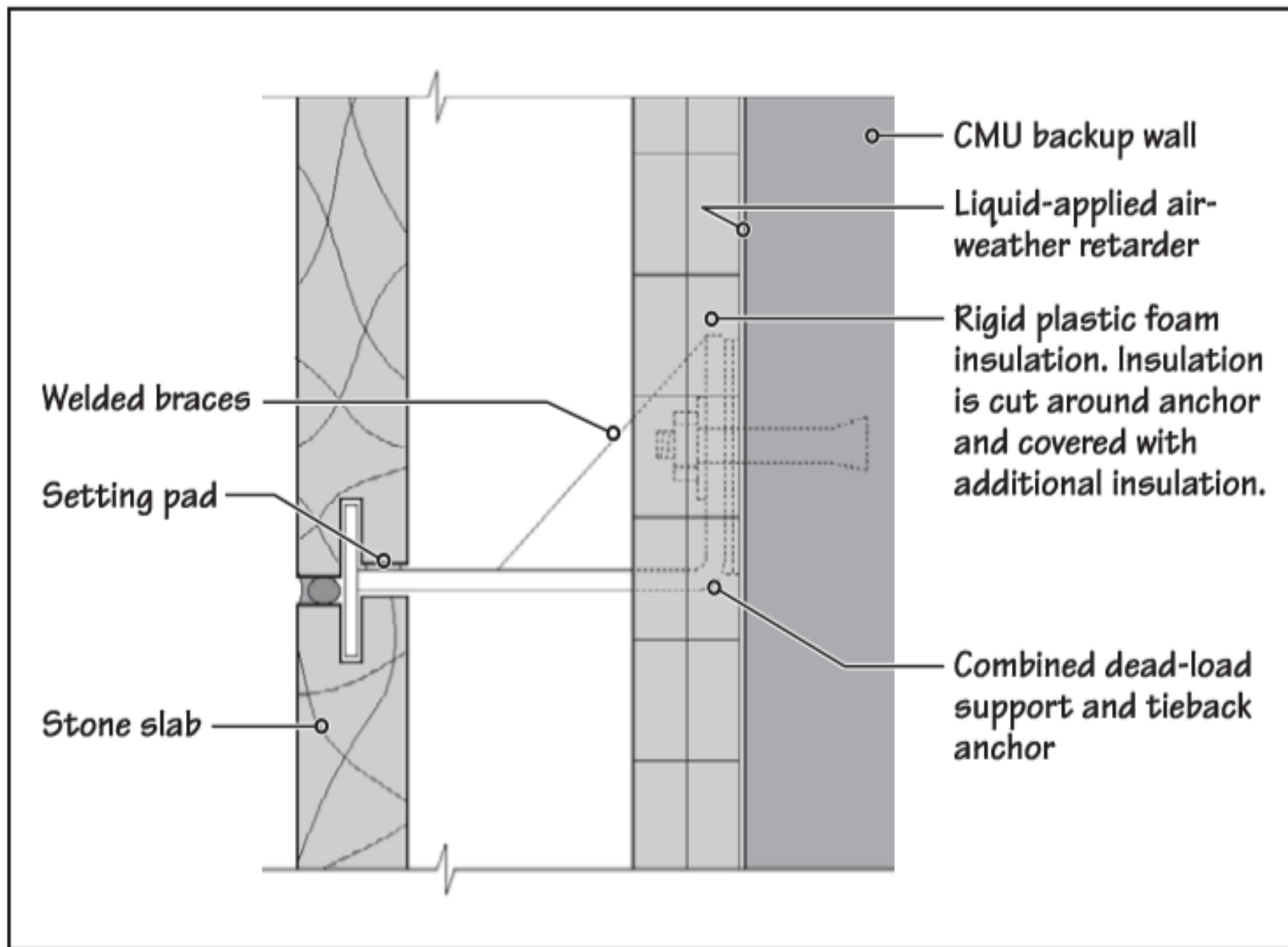
- ٨. بناء الحجر
 - مكونات الخلطة المستخدمة
 - توزيع المكونات بنسب معينة حيث تكون كالتالي :
 - حصمة ناعمة: رمل: اسمنت : كسر حجر
- ٦ : ٤ : ٠,٥ : ٢

- ٩. تركيب الحجر أثناء مرحلة التنفيذ
- بعد إتمام صب القواعد والرقاب ، ثم الحزام الأرضي والأرضية والأعمدة وتبدأ مرحلة بناء الحجر بعد ذلك :
- أ – يبدأ بناء البلوك بصب أرضية (بروز خرساني) بأبعاد ١٠*١٠ سم يتم تشريكه بالحزام الأرضي علي امتداد محيط المبني ليتم بناء الحجر عليه) .
- ب – يتم بناء مدماكين أو ثلاثة أو أربعة (علي الأكثر) من الحجر (بحدود ٥٠-٧٥ سم) في كل مرحلة

- ج - تبني إلى جوار مداميك الحجر مداميك الطوب مع ترك مسافة فاصلة حوالي ٥سم يتم تعبئتها بالباطون الذي قد يكون مسلحاً بشبكة حديد. ويتم تقوية الرابطة بين الباطون والحجر بعدة طرق منها علي سبيل المثال تكسير الجدار المواجه للباطون من الحجر بطريقة تجعل منه أكثر تماسكاً مع الباطون ، أو بعمل فتحة في الحجر بشكل مائل يمتد منها قضيب حديد $\Phi 6$ إلى جسم الخرسانة بشكل مكسوح .
- د - يكرر ذلك مع عدد آخر من المداميك حتى الوصول للسقف .

طرق اخرى لتركيب الحجر





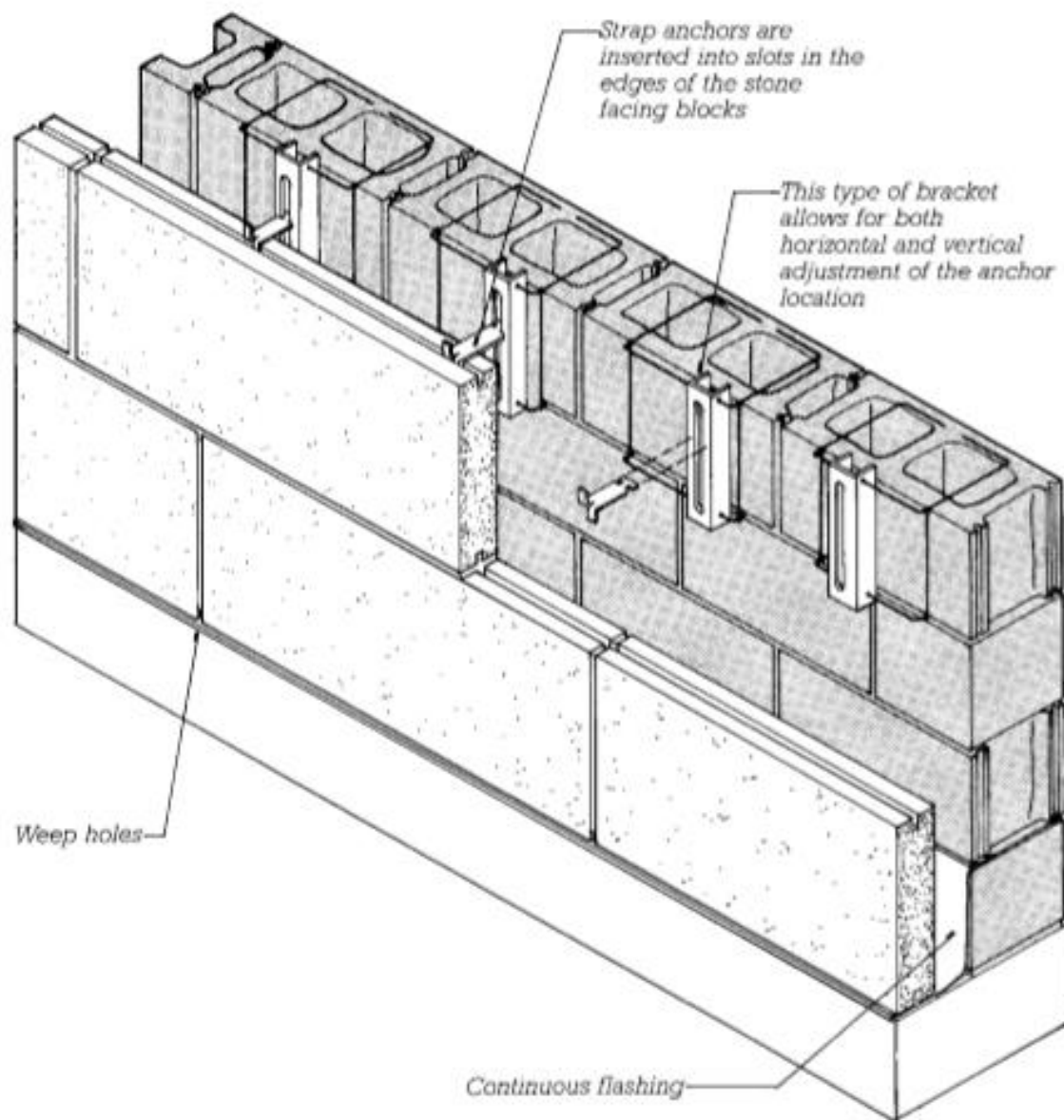


FIGURE 9.12

A conventional method of anchoring blocks of cut stone facing to a concrete masonry backup wall. The strap anchors, which are in direct contact with the stone, should be made only of highly corrosion-resistant stainless steel. (When steel corrodes, it expands. Corrosion of the anchors where they engage with the stone could quickly lead to damage to the stone itself.) The brackets attached to the concrete masonry backup wall may be stainless steel or less expensive galvanized steel. The brackets are built into the concrete masonry backup wall as it rises. The airspace, or cavity, between the stone and concrete masonry creates a drainage plane that conducts water penetrating the stone facing to the bottom of the cavity. The waterproof flashing at the base of the cavity forces the water to exit the wall back to the exterior through small drains in the facing called "weep holes." For more information about cavity wall construction, see the next chapter. For methods of attaching larger panels of stone to a building, see Chapter 20.

- ١٠. تركيب الحجر بعد انتهاء مرحلة التنفيذ
- تتم بعد إتمام البناء الهيكلي (القواعد والأعمدة والأسقف... الخ) ، ثم يأتي دور البناء بالحجر كبديل عن عملية القصارة .
- وفي هذه الطريقة يتم بناء الحجر بطريقة مشابهة لأعمال الكراميك ، أي توضع المونة علي الحائط ويوضح فوقها الحجر مباشرة (وفي أغلب الأحيان يتم تضمين شبكة من الحديد ($\Phi 4$, $\Phi 6$) وظيفتها جعل المونة تتصرف ككتلة واحدة) .
- ويجب مراعاة الأسافين بين الأحجار ، وعدم الارتفاع عن ٣ أو ٤ مداميك في كل دورة بناء في هذه الحالة .

- ١١. الفرق بين تركيب الحجر أثناء التنفيذ وبعد انتهاء التنفيذ
- في كلا الحالتين يتم وضع شبكة من الحديد قطره ٦ ملم ويتم صب خرسانة بين الجدار والتغطية ولكن الاختلاف في الخرسانة ففي الحالة الأولى يتم وضع رمل واسمنت وحصمة أما الحالة الثانية فلا يوضع حصمة .
- يجب وضع حزام من الخرسانة المسلحة تحت التكسية بالحجر الصخري أو ترك مسافة من نفس حزام الجدار وفي حالة وجود طائر يراد تكسيته بالحجر يتم تثبيت زوايا من الحديد المجلفن لحمل الأحجار تحت الطائر. ويتم العمل من أول المدماك حيث تؤخذ مسافة متساوية بين الجدار والتكسية من كلا الطرفين ثم يتم تسوية قائمة الحجر بالميزان ثم يوضع الخيط ويكمل بقية المدماك ويوضع غراء بين الأحجار مع مجفف لسرعة اللصق .

- ويتم وضع أسافين من الخشب تحت الأحجار لتحديد المسافة بين المداميك يتم إزالتها فيما بعد
- تثبت الحجارة بالشبكة عن طريق ربطها بأسلاك يتم تمريرها بثقوب يتم ثقبها في الحجر بقطر ٤ ملم حيث يجب أن يتم ثقب كل حجر ثقبين وتكرر هذه العملية في عدة أحجار من كل مدماك ويتم صب الخرسانة على ارتفاع مدامكين
- عند الانتهاء من المدماك المتعامد عليه على الجدار العمودي على الجدار الأول يتم التقاء الحجر مع الحجر بقسمها طوليا على زاوية ٤٥ درجة أو يمكن أن تترك بشكل أفقي .

• ١٢ . التلميع أو التنظيف و التحيل

- بعد الانتهاء من تركيب الحجر تفك الأسافين ثم ينظف وجه الحجاره من الأوساخ العالقة بإحدى طريقتين إما بالمضخة الهوائية مع الرمل أو الديسك مركب فيه فرشاة سلك .
- بعد الانتهاء من عملية التنظيف يتم فتح الفراغات بين الأحجار ويتم وضع مونه بين الأحجار مكون من اسمنت أبيض ورمل كساره (كوارتز) ثم تنظف هذه الفراغات بين الأحجار باللون الأسود بفرشاة رسم صغيرة حسب الرغبة شريطة أن تكون المونة ما زلت لينة حتى تتشرب الدهان أخيراً يتم دهن السطح كله بماء النار والماء ليعطينا اللون الأصلي واللامع للحجر القدسي .

١٣. ملاحظات عامة على عملية تركيب الحجر

- - سمك الحجر في الطريقة الأولى حوالي ٥ سم ، أما في الطريقة الثانية فيكون ٣ سم ، وذلك لأن الحجر في الحالة ثانية يعمل كبلاط الكراميك في كل ما يتعلق به تقريباً مما يستدعي تقليل سمكه.
- - يجب أن لا يتعدى طول الحجر ثلاث أضعاف ارتفاعه وان لا يقل عن مرة ونصف ضعف ارتفاعه إلا في بعض الحالات.
- - يجب توحيد سمك الحلول بين جميع المداميك علي أن تكون متوازية وتكون الحلول الرأسية متعامدة تماماً عليها

- ضرورة التأكد من تحقق الشروط اللازمة في الحجر
- ١- يجب أن يكون الحجر علي اختلاف أنواعه (الملطش، المجلي، المسمسم.....) من النخب الأول الصلب خاليا من الأملاح والعروق والسوس ولا وجود للمواد الغريبة فيه.
- ٢- يجب أن يكون متجانس اللون والمظهر ولا يفقد تجانسه مع مرور الزمن.
- ٣- يجب أن تخضع الكمية الموردة للفحص المخبري بعد مرورها من الفحص البصري وذلك للتأكد من خواص الحجر، حسب البيان التالي:
فحص نسبة الامتصاص ،الكثافة النوعية القيمة المطلوبة ،قوة التحمل (الكسر)
- ٤- على المقاول تقديم عينات من الحجر المراد تركيبه لتكون نموذجا لنوع الحجر وتبقى هذه العينات محفوظة لدى المهندس المشرف طيلة فترة تنفيذ العمل ويرفض كل حجر أو كمية الحجر التي تختلف عن العينات المقدمة أو الغير مطابقة للمواصفات أو إذا حدث بها رقع أو وصل بأي مادة.

– دور المهندس المشرف

- ١. يمنع صب الباطون خلف الحجر لأكثر من مدماكين لتجنب حدوث خنه في الحجر.
- ٢- يجب خلط مونة لبناء الحجر تكفي للعمل بها خلال نصف ساعة على الأكثر وكل مونة يمضي عليها أكثر من هذه المدة لا يسمح باستعمالها حتى ولو أضيف إليها كميات اسمنت
- ٣- لا يقل ركوب الحجر (التشريك) عن ٢٥ سم من كل جهة إلا إذا كان محصورا تحت لمع يزيد عرضها عن ٥٠ سم فيجب أن يحصر الركوب إلى منتصف اللمع.
- ٤- يجب قدح القطع المجلفنة لتثبيت الحجر بالباطون على عمق ٢,٥ سم (منتصف الحجر) ويجب غمس الكانات المجلفنة بالملتينه لضمان تماسكها بالحجر.
- ٥- مراعاة أن يتم القدح في الباطون القائم بشكل مائل.





