

# تقنية وأعمال الخرسانة

## مراحل صناعة الخرسانة الطرية

## الوحدة الأولى : مراحل صناعة الخرسانة الطرية

### الجدارة:

يتعلم المتدرب في هذه الوحدة كيفية خلط الخرسانة و أنواع الخلطات المستعملة. و يتعرف كذلك على عملية نقل و ضخ و صب الخرسانة في العناصر الإنشائية بالإضافة إلى أخذ بعض الاحتياطات لتفادي انفصال حبيبات الركام. و يدرس كذلك أهمية دمك الخرسانة المصبوبة على خواص الخرسانة المتصلبة و أنواع الهزازات المستعملة في هذه العملية بالإضافة إلى تشطيب الخرسانة بعد ذلك.

**الأهداف:** عند الانتهاء من هذه الوحدة يكون للمتدرب القدرة على:

- التعرف على كيفية خلط و نقل و ضخ و صب الخرسانة في العناصر الإنشائية.
- معرفة العلاقة بين تكثيف الخرسانة و خواص الخرسانة المتصلبة.
- تعلم عملية تكثيف الخرسانة.
- تعلم كيفية تشطيب الخرسانة بعد دمكها.

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يلم المتدرب الإلمام التام بالجدارة المبينة أعلاه.

**الوقت المتوقع لإنجاز الهدف:** ٥ أسابيع على الأقل.

**متطلبات الجدارة:** اجتياز مادة خواص و اختبارات المواد.

## مراحل صناعة الخرسانة الطرية

### ١- مقدمة:

تحتوي صناعة الخرسانة على عدة مراحل:

- تصميم خلطات الخرسانة بعد تحديد نوعها ومقاومتها للقوى واختبار مكوناتها.
  - خلط مكونات الخرسانة لبضع دقائق.
  - نقل الخرسانة إلى مكان الصب بطريقة صحيحة لتفادي انفصال حبيبات الخرسانة و المحافظة على تماسكها .
  - صب الخرسانة في العناصر الإنشائية و دمكها لإزالة كل الفراغات الهوائية داخل الخرسانة.
  - تشطيب الخرسانة.
  - إصلاح العيوب الناتجة عن صب الخرسانة.
- كل هذه المراحل مهمة جدا للحصول على خواص الخرسانة المطلوبة.

### ٢- ١ خلط الخرسانة:

عملية الخلط عبارة عن دوران و تحريك مواد الخرسانة (الركام، والإسمنت، والماء) و الهدف منها تغطية كل حبيبات الركام بعجينة الإسمنت و الحصول على خليط متجانس و يجب المحافظة على هذا التجانس أثناء تفريغ الخرسانة من الخلاط.

ويجب تنظيف مواد الخرسانة (الرمل، والركام الكبير) قبل خلطها من المواد الضارة مثل المواد الناعمة و المواد العضوية و الأملاح لأن ذلك قد يسبب تشقق الخرسانة بسبب أملاح الكبريتات ومن ثم تآكل الحديد بسبب أملاح الكلوريدات.

بعد ذلك تصب المواد الجافة (الرمل، والركام الكبير، والإسمنت) بعد وزنها في الخلاطة و تخلط عدة مرات ثم يضاف الماء بنسب معينة و يجب الأخذ بعين الاعتبار الماء الموجود على سطح الركام (خاصة في فصل الشتاء) أو إن كان الركام جافا جدا (الأجواء الحارة).

تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت (water/cement ratio) حسب نوع الخرسانة المطلوبة (جدول رقم ١ - ١).

جدول رقم ١ - ١: العلاقة بين معدل مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوم و نسبة الماء إلى الإسمنت طبقاً للمواصفات الأمريكية.

| معدل مقاومة الضغط بعد<br>٢٨ يوم (MPa) | نسبة الماء إلى الإسمنت<br>(w/c ratio) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ٢٠                                    | ٠,٧٠                                  |
| ٢٥                                    | ٠,٦٢                                  |
| ٣٠                                    | ٠,٥٥                                  |
| ٣٥                                    | ٠,٤٨                                  |
| ٤٠                                    | ٠,٤٣                                  |
| ٤٥                                    | ٠,٣٨                                  |

يتم خلط المواد الأولية للخرسانة بإحدى الطرق التالية:

#### ١ - ٢ - ١. الخلطات اليدوية:

تستعمل هذه الطريقة لخلط كميات قليلة حيث تخلط المواد على لوح خشبي بواسطة الجاروف ثلاث مرات و هي جافة ثم يضاف الماء بكميات مناسبة.

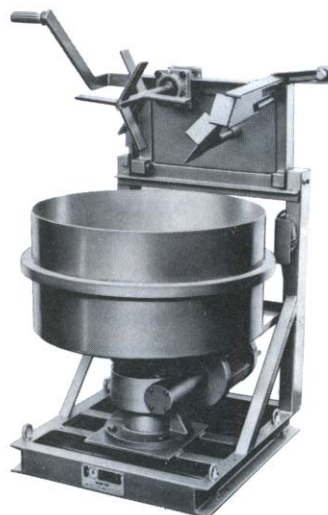
#### ١ - ٢ - ٢. الخلطات الميكانيكية:

توجد ثلاثة أنواع من الخلطات الخرسانية:

- **خلطات العبوة الواحدة:** هذا النوع هو الأكثر استعمالاً حيث تعبأ الخلطة بمواد الخرسانة و تخلط ويتم التفريغ قبل البدء في الخلطة الثانية.
- **الخلطات المستمرة:** يستعمل هذا النوع لإنتاج الخرسانة باستمرار (دون توقف) و هذه الطريقة يصعب الحصول فيها على خرسانة متجانسة.
- **الخلط في العربة:** يتم خلط المواد الناشفة في الخلطات المركزة و بعد ذلك يضاف الماء و يخلط المزيج في العربة أثناء النقل أو مباشرة قبل صب الخرسانة.

تصل سعة الخلطات إلى ١٣ متراً مكعباً أما سعة الخلطات الموجودة في المعمل (شكل رقم ١ - ١) هي ٠,٠٠٤ متر مكعب. يجب الإشارة أن حجم الخرسانة قبل الخلط (الإسمنت + الركام + الماء) يختلف عن

حجم الخرسانة بعد الخلط و الدمك. و يزيد الحجم في حالتها الأولى عن حجم الخرسانة المكثفة بحوالي ٥٠ %.



شكل رقم ١ - ١: يبين إحدى الخلاطات العملية.

١ - ٢ - ٣. زمن الخلط: **Mixing time**

العوامل التي تؤثر على زمن الخلط هي:

- نوع الخلطة
- سرعة دوران الخلاطة
- حجم الخرسانة داخل الخلاطة.
- طبيعة مواد الخرسانة.

يكون زمن الخلط في الخلاط في حدود دقيقة واحدة للمتر المكعب الواحد للخرسانة و تضاف ربع دقيقة لكل متر مكعب للخرسانة المضافة. وجدول رقم ١ - ٢ يعطي قيم زمن الخلط لعدة أحجام مختلفة للخرسانة. وفي حال زيادة أو نقص زمن الخلط تنتج خرسانة غير متجانسة و مقاومتها ضعيفة.

جدول ٢- ١: توصيات زمن الخلط طبقاً للمواصفات الأمريكية

| حجم الخلط (م <sup>٣</sup> ) | زمن الخلط (دقيقة) |
|-----------------------------|-------------------|
| ٠,٨                         | ١                 |
| ١,٥                         | ١,٢٥              |
| ٢,٣                         | ١,٥               |
| ٣,١                         | ١,٧٥              |
| ٣,٨                         | ٢                 |
| ٤,٦                         | ٢,٢٥              |
| ٧,٦                         | ٣,٢٥              |

### ١- ٣. نقل الخرسانة:

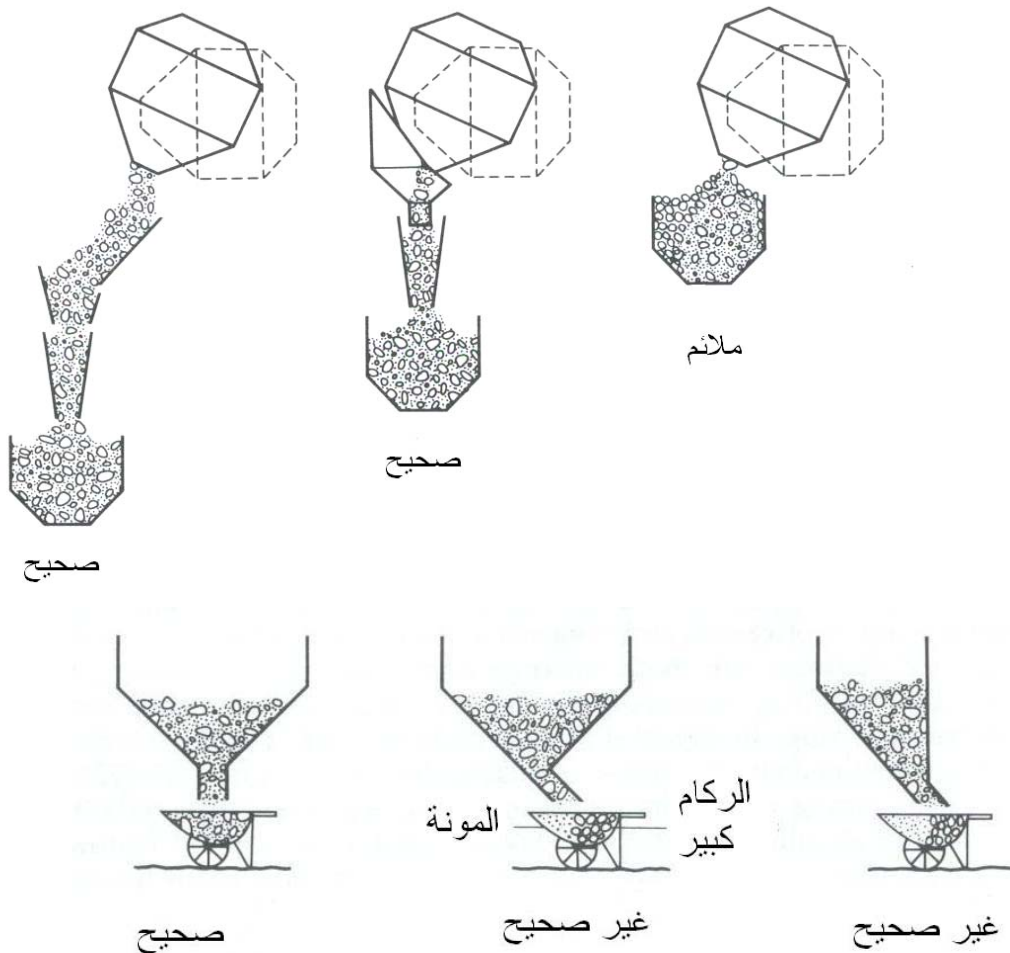
يوجد عدة طرق لنقل الخرسانة من الخلطة إلى أماكن الصب واختيار الطريقة يعتمد على كمية الخرسانة ونوع وحجم المنشأ الخرساني.

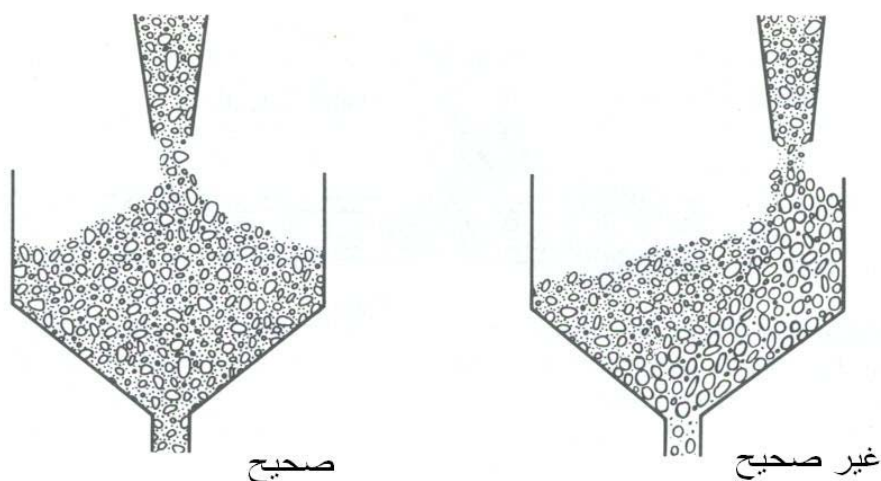
يوجد عدة اقتراحات لنقل الخرسانة:

- العربّة
- الدلو
- الأوعية
- السيور الناقلة
- مضخات
- العربات الخاصة

وتستعمل كذلك الروافع لنقل الخرسانة. ويجب حفظ الخرسانة أثناء النقل من أشعة الشمس والرياح وخاصة في المناطق الحارة. ويجب الأخذ بعين الاعتبار أثناء نقل الخرسانة على أن تحافظ الخرسانة على تماسكها (cohesion) واجتتاب انفصال حبيباتها (segregation). ويمكن تعريف انفصال حبيبات الخرسانة بهبوط الركام إلى الأسفل وبقاء الحبيبات الصغيرة والماء في الأعلى وذلك يؤدي إلى ضعف مقاومة الخرسانة.

ويوضح شكل رقم ٢- ١ بعض الطرق السلبية والإيجابية في نقل الخرسانة من مكان إلى مكان آخر لتفادي انفصال حبيبات الخرسانة.





شكل رقم ١ - ٢: بعض الطرق السلبية والإيجابية في نقل الخرسانة.

#### ١ - ٤. ضخ الخرسانة:

أصبحت الآن كميات كبيرة من الخرسانة يتم نقلها بواسطة ضخها عن طريق مواسير لمسافات طويلة إلى مكان الصب (شكل رقم ١ - ٢). وتستعمل هذه الطريقة عند استحالة نقل الخرسانة بالطرق الأخرى. ويمكن ضخ الخرسانة بنجاح على مسافات طويلة مثلاً أكثر من ٤٢٠ م أفقياً و ٤٠ م عمودياً وهذه المسافات في ازدياد مع تطور تكنولوجية الأجهزة. شكل رقم ١ - ٤ يبين جهاز ضخ الخرسانة.

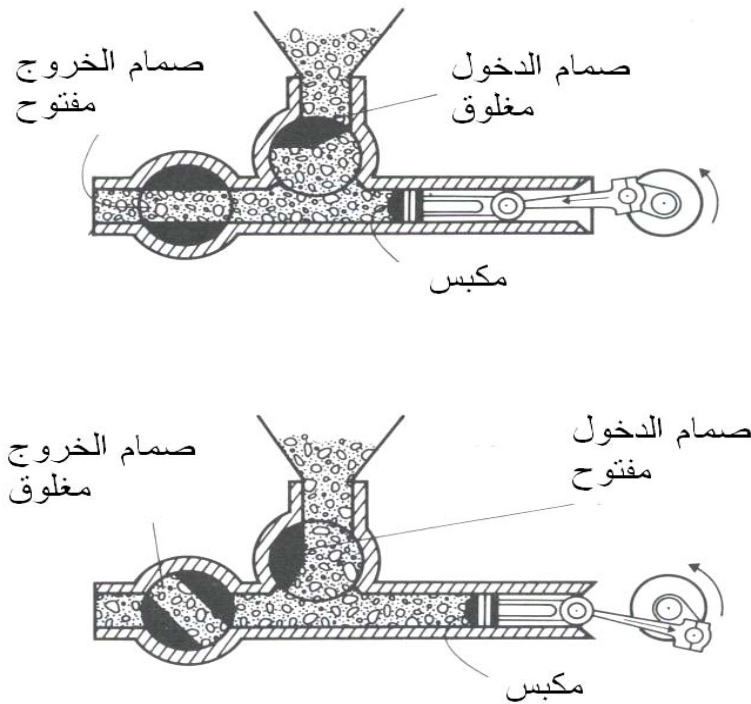




شكل رقم ١ - ٣: صب الخرسانة من خلال أنبوب بواسطة الضخ.

طريقة عمل الجهاز: بعد دخول الخرسانة في المضخة يُفتح صمام الخروج ويغلق صمام الدخول وعند تحرك المكبس عموديا و بعد عدة سلسلات من قوة الدفع تخرج الخرسانة خلال الأنابيب إلى مكان صب الخرسانة.

ويمكن ضخ كمية ٦٠ م<sup>٣</sup> من الخرسانة في الساعة من خلال أنابيب قطرها ٢٢٠ مم.



شكل رقم ١ - ٤: جهاز ضخ الخرسانة.

وتعتمد هذه المسافات على عدة عوامل:

- (١) قدرة المضخة.
- (٢) قطر الأنابيب.
- (٣) عدد إعاقات الجريان المنتظم للخرسانة.
- (٤) سرعة الضخ.
- (٥) خواص الخرسانة المستعملة.

يجب أن يكون القطر الداخلي للأنابيب على الأقل ثلاث مرات أكبر من مقاس الركام الأكبر المستعمل. مثلاً عند استعمال ركام ٢٥ مم يجب أن يكون قطر الأنابيب أكبر من ٧٥ مم.

والخلطات المناسبة للضخ هي التي لا تكون جافة جداً أو مبللة جداً وتكون قابلة تشغيل الخرسانة محددة باختبار الهبوط بين ٤٠ و ١٠٠ مم أو معامل الدمك بين ٠,٩٠ و ٠,٩٥. فعملية الضخ تسبب عادة دمكاً جزئياً للخرسانة و بذلك تقل نتائج اختبار الهبوط من ١٥ إلى ٢٥ مم. والالتزام بقابلية تشغيل معينة ضروري لتفادي الاحتكاك الزائد داخل الأنابيب بالنسبة للخلطات الجافة جداً أو حدوث انفصال حبيبات الركام بالنسبة للخلطات المبللة جداً.

وفي حالة الخرسانة غير المتماسكة مع بعضها ، يحدث في بعض الأحيان إنسداد للأنابيب كلياً أو جزئياً. و بالتالي يستدعي تنظيف الأنبوب أو تغييره في أسرع وقت قبل أن تجف الخرسانة. لذلك يجب استخدام العدد الكافي من العمال في حالة صب الخرسانة بواسطة الضخ.

## ١- ٥. صب الخرسانة:

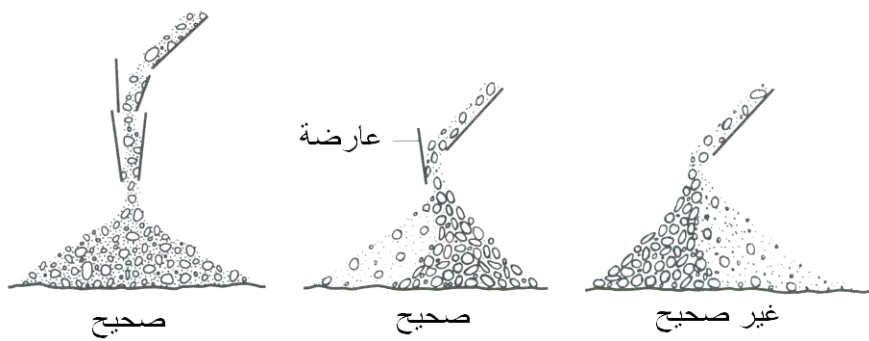
تعتبر عملية صب و دمك الخرسانة عمليتين مترابطتين مع بعضهما ، ويتم عادة تنفيذهما في نفس الوقت. فصب الخرسانة ودمكها مهم جداً للحصول على مقاومة عالية للخرسانة والتقليل من نفاذية الخرسانة و بالتالي ديمومة عالية للخرسانة الصلبة في المنشأ. فمن بين العوامل المؤثرة على نفاذية الخرسانة هي طريقة خلط و صب و دمك الخرسانة.

يجب أخذ بعض الاحتياطات قبل صب الخرسانة :

- عند صب الخرسانة في الشدات الخشبية يراعى دهانها بالزيت لتقليل امتصاصها للماء وتحسين وجه الخرسانة الناتج وكذلك يراعى رشها بالماء قبل الصب.
  - رش سطح الأرض بالماء للتقليل من امتصاص الرطوبة من الخرسانة وخاصة في الأجواء الحارة.
  - عند الصب فوق خرسانة قديمة يجب التأكد من السطح العلوي للخرسانة أن يكون خشناً ونظيفاً و مبللاً بالماء لضمان ربط جيد بين الطبقتين ويستحسن استخدام مادة رابطة مثل الإيبوكسي.
  - التأكد من ربط الشدات حسب المواصفات لتحمل الضغط الناتج عن صب الخرسانة وخاصة في حالة صب الخرسانة في الجدران الرفيعة. كما هو معروف أن الضغط يزيد بازدياد عمق الخرسانة.
  - التأكد من أن حديد التسليح نظيف لضمان ترابط جيد للخرسانة مع حديد التسليح.
- ويجب صب الخرسانة من أقرب مكان (شكل رقم ٥- ١) لتفادي حدوث انفصال حبيبات الركام والحصول على الدمك الكامل لذلك يجب أخذ بعض الاحتياطات في عملية صب الخرسانة. ويجب صب الخرسانة رأسياً مباشرة فوق الخرسانة التي سبق صبها وليس بالجانب (شكل رقم ٦- ١).

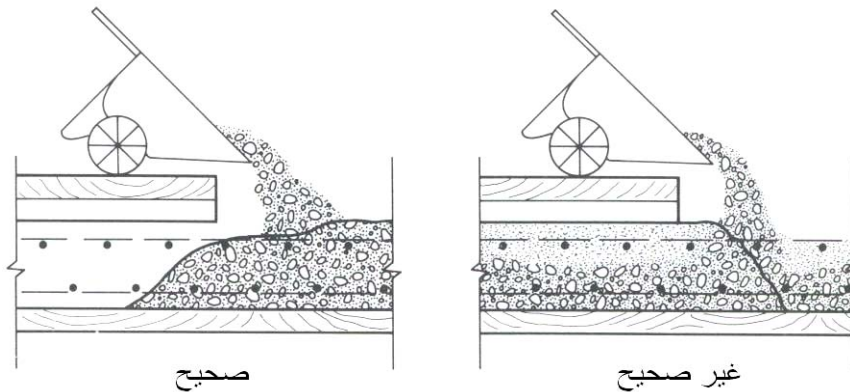


شكل رقم ١ - ٥: صب الخرسانة من أقرب مكان (العربة)

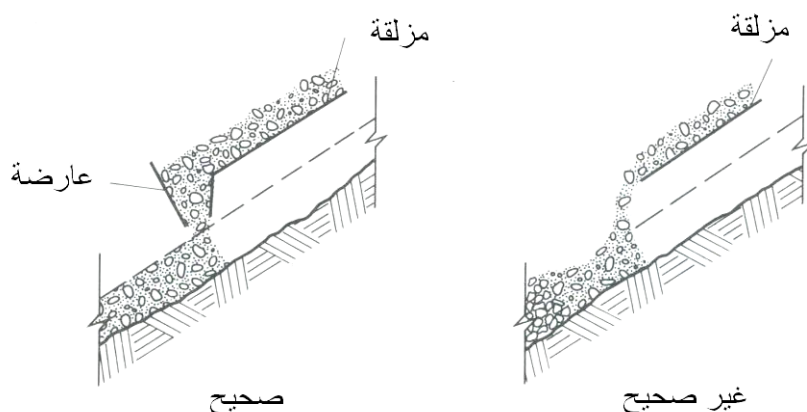


شكل رقم ١ - ٦: طريقة صب الخرسانة لتفادي انفصال حبيبات الركام

عند صب البلاطات الأفقية أو المائلة، يجب تفريغ الخرسانة في وجه التي سبق وضعها من قبل (شكل رقم ١ - ٧ و ١ - ٨).



شكل رقم ١ - ٧: طريقة صب الخرسانة (من العربة) لتفادي انفصال حبيبات الركام.



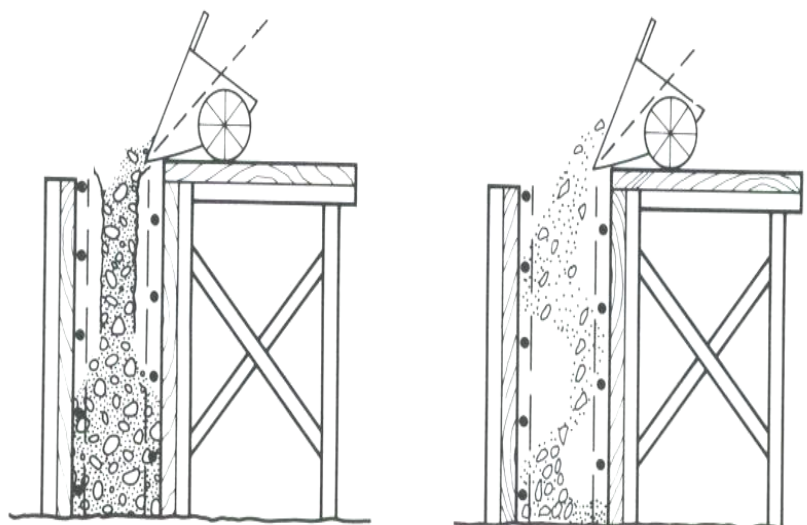
شكل رقم ١ - ٨: صب الخرسانة على أسطح مائلة.

### صب الخرسانة في الأعمدة والجدران:

في حالة صب الخرسانة في الأعمدة والجدران متوسطة الارتفاع يتم إسقاط الخرسانة مباشرة من الأعلى ويجب تجنب اصطدام الخرسانة بجوانب الشدة (شكل رقم ١ - ٩). بينما في حالة صب الخرسانة في الأعمدة و الجدران العميقة، ينصح بعدم رمي الخرسانة من الأعلى إلى الأسفل لأنه ينتج عن ذلك نوع من انفصال حبيبات الركام وبالتالي يقع الركام في أسفل الأعمدة فتترك العجينة الإسمنتية وكمية من الماء في الأعلى. و بالتالي تكون مقاومة الخرسانة في الأعلى ضعيفة جدا وحتى مقاومة التماسك مع حديد التسليح ضعيفة لذلك ينصح باستعمال أنبوب طويل يصل إلى الأسفل (شكل رقم ١ - ١٠). ففي هذه الحالة تنتج دقة في وضع الخرسانة مع تفادي انفصال حبيبات الركام.

وتكون عادة سرعة صب الخرسانة أكبر من ٢ متر في الساعة لتفادي تكوين فواصل الصب. وتصب الخرسانة على طبقات ويكون سمك الطبقات مطابقاً لطريقة الدمك حتى يسمح بطرد الفراغات الهوائية. ويكون عادة سمك كل طبقة حوالي ٥٠ سم على الأكثر. ويتم دمك كل طبقة كلياً قبل صب الطبقة التالية. فعند صب الطبقة اللاحقة يجب أن تكون الخرسانة الموجودة سابقاً مازالت لدنة حتى يحدث ترابط جيد بينهما ولتفادي حدوث فواصل الصب.

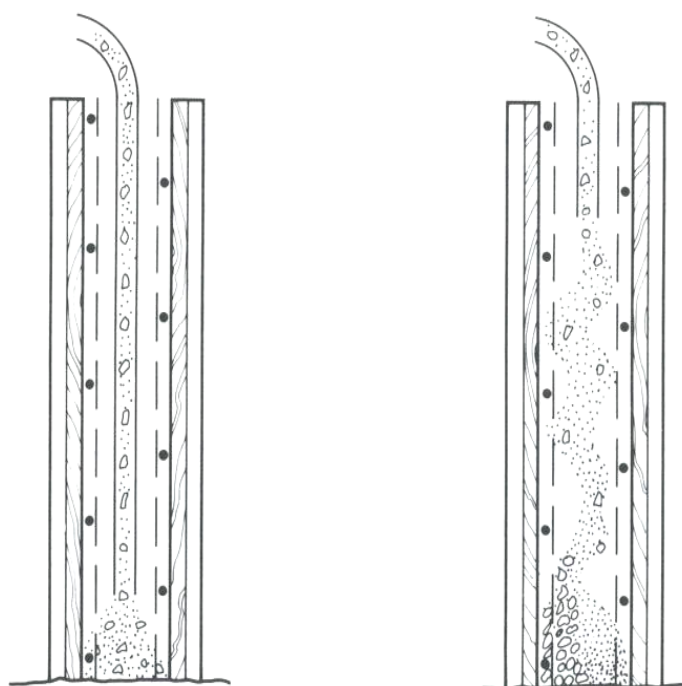
ويمكن صب الخرسانة من خلال فتحات جانبية لتجنب سقوط الخرسانة من مسافات عالية في حالة الأعمدة و الجدران الرفيعة.



صحيح

غير صحيح

شكل رقم ٩ - ١: صب الخرسانة في الأعمدة و الجدران من المجاري أو العربات.



صحيح

غير صحيح

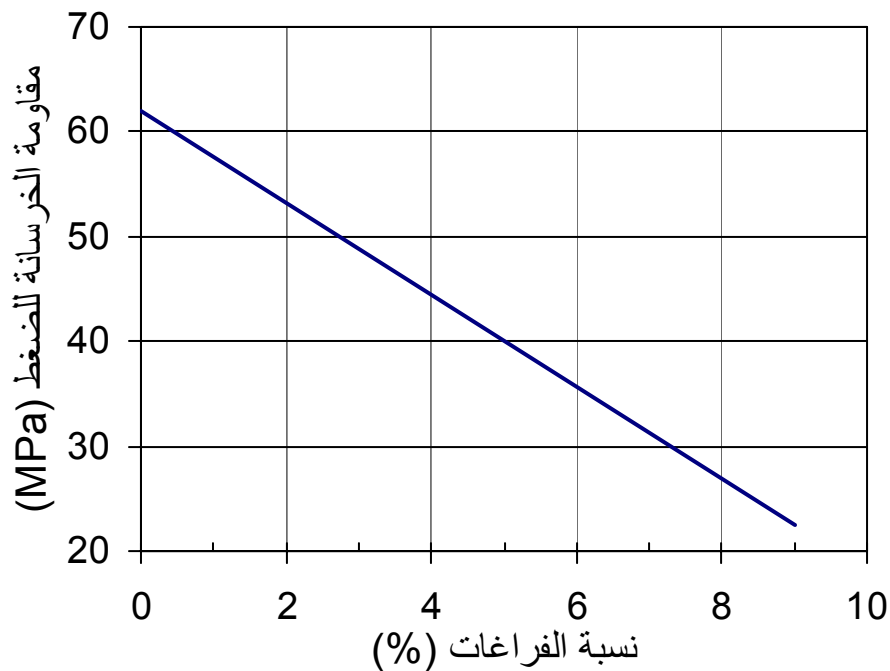
شكل رقم ١٠ - ١: صب الخرسانة في الأعمدة و الجدران العميقة باستعمال الأنابيب.

## دمك الخرسانة :

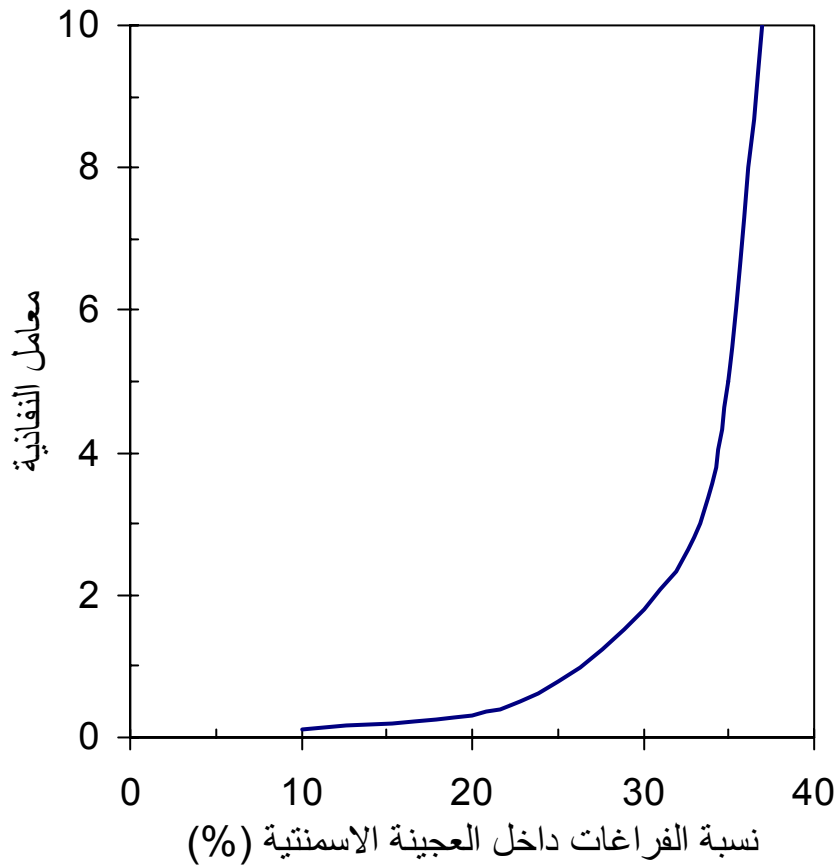
الهدف الرئيس من دمك الخرسانة هو إزالة الفراغات الهوائية داخل الخرسانة الطازجة وكذلك زيادة في تماسكها مع حديد التسليح. وذلك للحصول على خرسانة متصلبة بأقل حجم من الفراغات وبالتالي مقاومة عالية وانخفاض في خاصية نفاذية الخرسانة وزيادة في تحمل الخرسانة (durability) للظروف المعرضة لها في الطبيعة. يبين شكل رقم ١ - ١١ تأثير الزيادة في نسبة الفراغات داخل الخرسانة على مقاومة الخرسانة للضغط. فالزيادة في حجم الفراغات بقيمة ٥ % تؤدي إلى انخفاض في مقاومة الخرسانة بحوالي ٣٠ %. ويبين شكل رقم ١ - ١٢ العلاقة بين نسبة الفراغات و عامل نفاذية الخرسانة. فالزيادة في الفراغات من ٣٠ % إلى ٣٥ % يؤدي إلى زيادة في نفاذية الخرسانة (permeability) بحوالي أربع مرات.

ومن خلال النتائج المبينة في الشكلين رقم ١ - ١١ و ١ - ١٢ يظهر مدى أهمية إزالة كل الفراغات الهوائية من داخل الخرسانة الطرية و بالتالي يجب تكثيفها من أجل الحصول على مقاومة عالية للخرسانة الصلبة.

وتوجد طريقتان لدمك الخرسانة : الدمك اليدوي أو الميكانيكي. و من المفروض أنه يمكن للطريقتين إعطاء نتائج عالية أي خرسانة ذات جودة عالية.



شكل رقم ١ - ١١ : العلاقة بين مقاومة الخرسانة للضغط و نسبة الفراغات داخل الخرسانة.



شكل رقم ١٢،١: العلاقة بين نسبة الفراغات و عامل النفاذية للخرسانة.

#### ١ - ٦ - ١. الدمك اليدوي:

تستخدم في عملية الدمك اليدوي قضبان من الخشب أو الحديد وتكون طويلة بحيث تصل إلى قاع الخرسانة و تكون بسمك بحيث يسمح بمرورها خلال حديد التسليح و بالتالي توزيع الخرسانة بين حديد التسليح. و تستمر عملية دمك الخرسانة يدويا لحين خروج فقاعات الهواء من داخل الخرسانة.

#### ١ - ٦ - ٢. الدمك الميكانيكي:

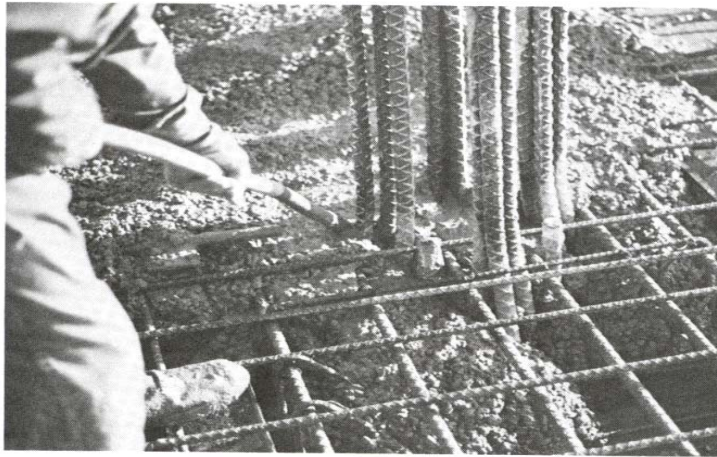
على العموم نوع خلاطات الخرسانة هي التي تحدد طريقة دمك الخرسانة. مثلا لا يفضل استعمال الطرق الميكانيكية عندما يمكن تكثيف الخرسانة يدويا (مثلا في حالة الخرسانة السائلة). مع أن في بعض الأحيان يجب استعمال التكثيف الميكانيكي مثلا في الخرسانة الجافة جدا أي يستحيل دمكها يدويا.

ويستعمل في هذه الطريقة أجهزة هزازة (vibrators) و تنقسم إلى ثلاثة أقسام:

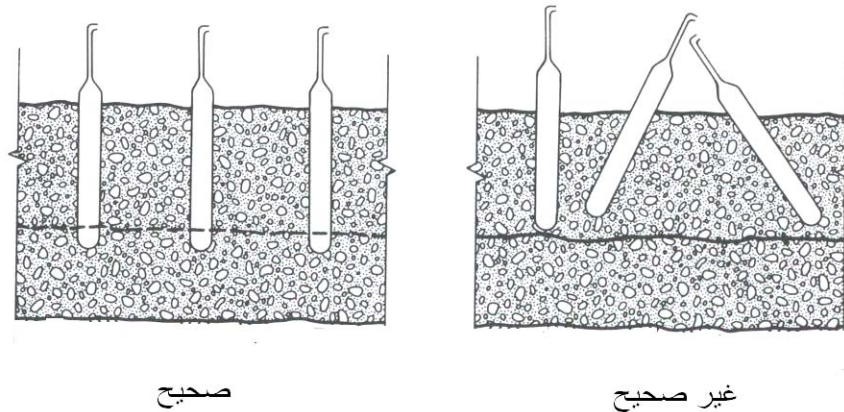


## ١- ٦- ٣. الهزازات الداخلية: (internal vibrators)

الهزازات الداخلية هي الأكثر استعمالاً و تستعمل في جميع أنواع المنشآت (شكل رقم ١- ١٣). و تحتوي على رأس هزاز و محرك. وتتراوح عادة ذبذبات الهزاز بين ٧٠ و ٢٠٠ Hz. ويجب تحريك الهزازات بسهولة من مكان إلى مكان آخر (المسافة تتراوح بين ٠,٥ إلى ١ م) حتى يتحقق دمك الخرسانة بالكامل. ومن أجل الحصول على نتائج جيدة من عملية إخراج الفراغات الهوائية من داخل الخرسانة يجب غطس الهزاز عمودياً و بسرعة خلال عمق الخرسانة المصبوبة حديثاً و كذلك داخل طبقة الخرسانة التي تحتها (على الأقل بعمق ١٥٠ مم) إذ مازالت لدنة للحصول على ربط جيد بين الطبقتين (شكل رقم ١- ١٤). و يجب الإشارة أنه يصعب إخراج الفقاعات الهوائية من أسفل طبقة الخرسانة إذا كان عمقها يزيد عن ٠,٥ م. ومدة التكتيف بالهزاز تتراوح بين ١٠ و ٢٠ ثانية ثم يرفع الهزاز ببطء. و يتحقق الدمك الكامل حتى تظهر طبقة رقيقة من عجينة الإسمنت فوق السطح و بالتالي يتوقف الدمك. ولا يجب استعمال الهزاز لمدة أطول من اللازم (over-vibration) لأن ذلك يسبب انفصال حبيبات الركام (segregation). يجب تجنب تحريك الخرسانة أفقياً باستعمال الهزاز.



شكل رقم ١- ١٣: استعمال هزاز داخلي لتكتيف الخرسانة داخل عمود يحتوي على حديد تسليح مكثف.



شكل رقم ١ - ١٤: الوضعية الصحيحة للهزاز الداخلي لتكثيف الخرسانة.

#### ١ - ٦ - ٤. الهزازات الخارجية: (external vibrators)

يثبت هذا النوع من الهزازات على الشدة من الخارج و بالتالي تهتز الهزازات و الشدة معا. و بتحريك الهزاز حول الشدة يتم دمك جميع أنحاء الخرسانة و يجب تجنب الاهتزازات الزائدة حتى لا تتلف الشدة. لذلك يجب أن تكون الشدة صلبة و قوية و متماسكة حتى لا يخرج الماء من الخرسانة و ينصح باستخدام الشدات الحديدية في حالة استعمال الهزازات الخارجية. و تستعمل عادة الهزازات الخارجية في مقاطع المنشآت الرقيقة و تحتوي على حديد تسليح مكثف و بالتالي يصعب إدخال الهزاز الداخلي و تحريكه في قلب الخرسانة. وتتراوح ذبذبات الهزازات من ٥٠ إلى ١٥٠ Hz.

وفي حالة صب الخرسانة على طبقات يجب أن لا تكون الطبقات عميقة جدا حتى يسهل إخراج الفراغات الهوائية من داخلها. ويفضل تغيير مكان الهزاز مع الصب المستمر. و تعد عادة الهزازات الخارجية أقل تأثير من الهزازات الداخلية.

#### ١ - ٦ - ٥. مناظيد الهز: (vibrator tables)

مناظيد الهز تعطي نتائج جيدة في دك الخرسانة سابقة الصب (precast concrete) و تحقيق تكثيف موزع بانتظام. و يثبت الهزاز في أسفل المنضدة و باستعمال محرك يعطي حركة رأسية فقط للمنضدة و بالتالي تنتقل الهزازات إلى القوالب و الخرسانة الموضوعة فوق المنضدة. و يستعمل عادة هذا النوع من الهزازات في المختبر. وتتراوح ذبذبات الهزازات بين ٢٥ و ١٢٠ Hz.

#### ٦.٦.١. عملية إعادة الهز: (revibration)

تعاد عملية الهز بعد ساعة إلى ساعتين بعد صب الخرسانة مما يزيد في مقاومة الخرسانة بحوالي ١٥ % . ولكن القيمة الحقيقية تعتمد على الدرجة التشغيلية للخرسانة.

عملية إعادة الهز تؤدي إلى طرد الماء الصاعد إلى سطح الخرسانة (bleeding) بعد عملية الدك و في غالب الأحيان هذا الماء الصاعد يبقى مباشرة تحت حديد التسليح أو تحت الركाम الكبير مما يؤدي إلى ضعف تماسك الخرسانة مع حديد التسليح. لذلك عملية إعادة الهز مفيدة في زيادة مقاومة ربط الخرسانة مع الحديد.

و هذه العملية مفيدة كذلك لتماسك الطبقة العليا من الخرسانة المصبوبة حديثا بالطبقة السفلى. لأنها تزيل الماء الصاعد من الطبقة السفلى. كما هو معروف بأن صعود الماء إلى سطح الخرسانة يؤدي إلى ارتفاع نسبة الماء إلى الإسمنت و بالتالي تنخفض مقاومة الخرسانة.

#### ١ - ٧. تشطيب الخرسانة:

عدة تقنيات طُورت لتشطيب أسطح الخرسانة مثل البلاطات و الطرق. والهدف من هذه العملية هو إنتاج خرسانة مكثفة حتى تتحمل الظروف المعرضة لها في الطبيعة. ويجب الإشارة أنه ليس من أهداف عملية التشطيب تحسين الخرسانة غير المصممة جيدا. فعملية التشطيب المتسلسلة هي كما يلي:

- يتم تسوية سطح الخرسانة بإزالة الخرسانة الزائدة. و يتم ذلك يدويا بواسطة القدد أو بآلات ميكانيكية (شكل رقم ١ - ١٥). فبتحريك القدد فوق الخرسانة إلى الوراء و الأمام يدفع الخرسانة الزائدة إلى الأمام ملء البقع الفارغة. و يتبع هذه العملية مباشرة ردم حبيبات الركام الكبيرة و ملء أية بقع منخفضة.

- بعد تصلب الخرسانة و تبخر الماء الصاعد إلى سطح الخرسانة يتم تهذيب (floating) سطح الخرسانة يدويا (شكل رقم ١٦.١) أو باستعمال آلة ميكانيكية (شكل رقم ١ - ١٧). هذه العملية تؤدي إلى ردم الركام الكبير، و تكثيف سطح الخرسانة و التخلص من أية عيوب على سطح الخرسانة. و إذا تم الشروع في هذه العملية قبل تصلب الخرسانة أو بعد تصلبها بمدة طويلة يمكن حدوث ضرر لسطح الخرسانة.

- يمكن صقل سطح الخرسانة بعد أن يتم تهذيبها لهدف الحصول على سطح ناعم و كثيف.



شكل رقم ١ - ١٥: تهذيب سطح الخرسانة باستعمال آلة ميكانيكية



شكل رقم ١ - ١٦: تهذيب سطح الخرسانة يدويا بواسطة ملاسة.





شكل رقم ١ - ١٧: تهذيب سطح الخرسانة ميكانيكيا باستعمال آلة التهذيب.