

# تقنيات وأعمال الخرسانة

## أعمال الخرسانة في الطقس البارد

## الوحدة الخامسة: أعمال الخرسانة في الطقس البارد

### الجدارة:

يدرس المتدرب في هذه الوحدة تأثير درجات الحرارة المنخفضة على معدل نمو مقاومة الخرسانة و كذلك على عملية تسخين مواد الخرسانة بالإضافة إلى الاحتياطات اللازمة حول صنع الخرسانة في الطقس البارد. و يدرس كذلك أهمية معالجة ووقاية الخرسانة في الأجواء الباردة.

### الأهداف:

خلال دراسة المتدرب لهذه الوحدة يتوقع أن يكون قادراً على أن:

- يفسر تأثير درجات الحرارة على نمو مقاومة الخرسانة.
- يتعرف على كيفية تسخين مواد الخرسانة.
- يحدد درجة حرارة الخرسانة من درجة حرارة مكوناتها.
- يأخذ بعين الاعتبار الاحتياطات حول صناعة الخرسانة.
- يستنتج أهمية المعالجة و الوقاية.

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

**الوقت المتوقع لإنجاز الهدف:** أسبوعان على الأقل.

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

## أعمال الخرسانة في الطقس البارد

### ١,٥. تأثير الطقس البارد:

يكون معدل نمو الخرسانة ضعيف جداً في درجة حرارة منخفضة. ويجب حفظ الخرسانة الطرية من تأثير التجمد حتى تصل مقاومة الخرسانة إلى حوالي ٣,٥ MPa. في درجة حرارة عادية، وتصل مقاومة الخرسانة إلى هذه القيمة بعد حوالي ٢٤ ساعة فقط. وتتنخفض مقاومة الخرسانة بحوالي ٥٠٪ إذا تعرضت الخرسانة إلى التجمد في خلال الساعات الأولى بعد صبها.

فدرجة الحرارة المنخفضة تعيق نمو التفاعل الكيميائي بين الإسمنت و الماء و بالتالي تأخر تصلب الخرسانة و ازدياد مقاومة الخرسانة. فإذا كانت درجة الحرارة أقل من ١٠ درجات مئوية تتوقف التفاعلات الكيميائية و الزيادة في مقاومة الخرسانة.

ويمكن صب الخرسانة بدون التعرض لخطر طوال فصل الشتاء في الأجواء الباردة إذا أخذنا بعض الاحتياطات بعين الاعتبار.

### ٢,٥. احتياطات حول صنع الخرسانة في الطقس البارد:

ينصح بعدم صب الخرسانة فوق طبقة الأرض المجمدة لأنه ينتج عنه فقدان الحرارة من الخرسانة و بالتالي احتمال تجمد الطبقة السفلى من الخرسانة. والفرق في درجة حرارة الخرسانة ينتج عنه تشققات.

كما هو معروف أن الخرسانة تولد حرارة أثناء تصلدها نتيجة التفاعل الكيميائي بين الإسمنت و الماء. وهذه الحرارة مهمة جداً عند صب الخرسانة في فصل الشتاء. لذلك يجب تغطية الخرسانة بأغطية كحاجز فعال لمنع خروج الحرارة من الخرسانة مباشرة بعد صبها. وفي بعض الأحيان هذه الكمية من الحرارة كافية لمعالجة الخرسانة بدون استعمال حرارة إضافية مثل البخار.

فالحصول على مقاومة عالية في الأيام الأولى بعد صب الخرسانة في الطقس البارد مفيدة للتقليل من المدة اللازمة للمحافظة على الخرسانة.

ويمكن الحصول على هذه المقاومة العالية باستعمال إحدى الطرق التالية:

١. استعمال إسمنت نوع (٣) إسمنت سريع التصلد
٢. استعمال كمية مضاعفة من الإسمنت البورتلاندي العادي (من ٦٠ كلغ/م<sup>٣</sup> إلى ١٢٠ كلغ/م<sup>٣</sup>)
٣. استعمال إضافات لتعجيل الشك.

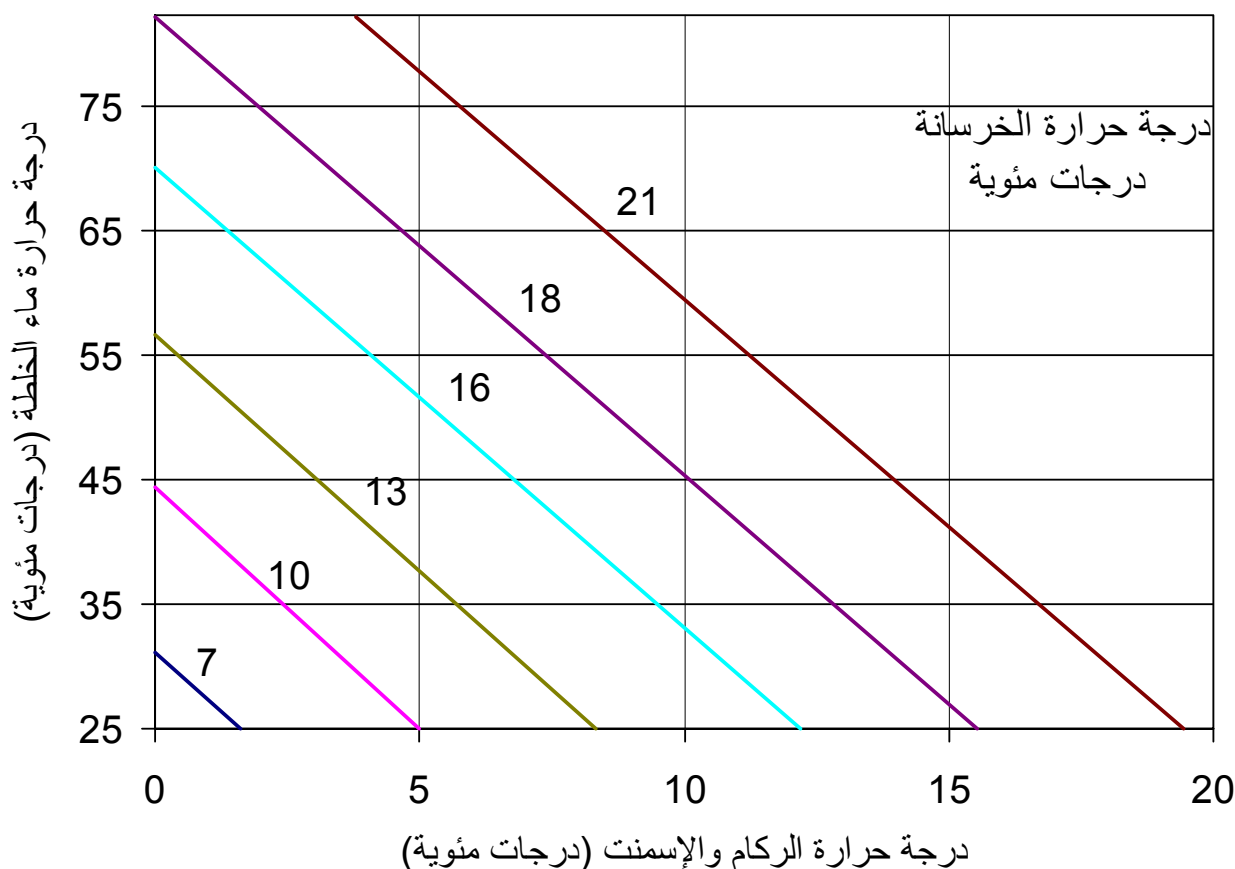
يمكن استعمال كمية قليلة من الإضافات لتعجيل الشك مثل كلوريد الكالسيوم ( $\text{CaCl}_2$ ) (على ألا يزيد عن ٢٪ من وزن الإسمنت علما أنه يقلل من مقاومة الخرسانة لأملح الكبريتات) للزيادة في سرعة زمن الشك ونمو المقاومة المبكرة للخرسانة في الأجواء الباردة.

وفي بعض الإنشاءات الخرسانية يستحسن استعمال خرسانة مع نسبة الإسمنت إلى الماء منخفضة للزيادة في المقاومة المبكرة أيضا.

تسخين ماء الخلطة: يعتبر الماء من أسهل المواد لتسخينه من المواد الأخرى الداخلة في صنع الخرسانة (الإسمنت و الركام) على الرغم من أن وزن الركام والإسمنت في الخرسانة أكبر من وزن الماء. وينصح عدم تسخين الماء أكثر من (٦٠ - ٨٠ درجة مئوية).

و يمكن كذلك تسخين الركام بالبخار حتى ٥٢ درجة مئوية إذا كان تسخين الماء غير كاف.

ويمكن استعمال معادلة حساب درجة حرارة الخرسانة الطرية (T) من درجة حرارة عناصرها (الإسمنت، والماء، والركام) المذكورة في الوحدة الرابعة أو استعمال شكل رقم (٥ - ١).



شكل ١,٥: العلاقة بين درجة حرارة الخرسانة الطرية و درجة حرارة عناصرها في الطقس البارد.

### ٣,٥. طرق الوقاية والمعالجة:

يمكن استعمال طريقة لتغطية سطح الخرسانة باستخدام الورق غير النافذ و الألواح البلاستيكية (شكل رقم ٢,٥) و المركبات الكيميائية الملونة بالأسود لرفع امتصاص الحرارة في المناطق الباردة. وبذلك تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الخرسانة. و يمكن كذلك الاحتفاظ بالحرارة و الرطوبة داخل الخرسانة بتغطيتها بمواد عازلة مثل بطانيات عازلة (شكل رقم ٣,٥).

ويمكن الحصول على درجة حرارة ملائمة بصنع حواجز عازلة حول المنشأ و تزويد المنطقة في الداخل بالحرارة (شكل رقم ٤,٥).

والحرارة بالبخار هي أحسن وسيلة لأنها تحافظ على رطوبة الخرسانة. والمواصفات الأمريكية تقترح استعمال جدول رقم (١ - ٥) لتحديد أدنى مدة لمعالجة الخرسانة في الأجواء الباردة (درجة حرارة الخرسانة = ١٠ درجات مئوية).



شكل رقم 2-5 : استعمال الألواح البلاستيكية لمعالجة الخرسانة في المناطق الباردة



شكل رقم 3-5 : تغطية سطح الخرسانة بمادة عازلة للاحتفاظ بالحرارة داخل الخرسانة



شكل رقم ٥ - ٤: تزويد الخرسانة داخل المنطقة العازلة بالحرارة.

جدول رقم ١.٥: طول مدة معالجة الخرسانة في الطقس البارد (درجة حرارة الخرسانة = ١٠ درجات مئوية) طبقاً للمواصفات الأمريكية (ACI 306R-78)

نوع الإسمنت				مدة المحافظة (الأيام)
نسبة مقاومة الخرسانة بعد ٢٨ يوماً				
٥٠ %	٦٥ %	٨٥ %	٩٥ %	
٦	١١	٢١	٢٩	إسمنت بورتلاندي
٩	١٤	٢٨	٣٥	إسمنت متوسط المقاومة
٣	٥	١٦	٢٦	إسمنت سريع التصلد

و يمكن الملاحظة من الجدول أنه يجب أن تكون مدة معالجة الخرسانة المكونة من الإسمنت البورتلاندي ٦ أيام من أجل الحصول على نسبة مقاومة الخرسانة ٥٠ ٪ من المقاومة المحصل عليها بعد ٢٨ يوما. و هذه المدة تتقلص إلى ٣ أيام فقط بالنسبة لمعالجة الخرسانة المكونة من الإسمنت سريع التصلد.