

ببحث بعنوان  
( الانفصال الحبيبي للخرسانة )  
(Segregation)

وهي احدى متطلبات نيل رتبة الاستشارية  
في الهندسة المدنية

اعداد

المهندسة : نور عدنان عبد الخالق

## المحتويات

3	المقدمة
3	ماهي الخرسانة
3	انواع الخرسانة
4	خلط الخرسانة
4	الخلط اليدوي
4	الخلط الميكانيكي
4	طريقة الخلط المركزي
4	طريقة الخلط اثناء النقل
5	Segregation الانفصال الحبيبي
5	انواع الانفصال الحبيبي
5	ميكانيكية العملية
5	العوامل المسببة للانفصال الحبيبي
7	احتياطات واجب مراعاتها لمنع حدوث الانفصال الحبيبي
7	طرق المعالجة للانفصال الحبيبي
7	الاضافات الخرسانية
8	الشروط العامة المطلوبة عند استخدام الاضافات
8	اهم الانواع الشائعة من الاضافات
9	العناية بالخرسانة حديثة الخلط
10	العناية بالخرسانة في فصل الصيف
10	المناقشة
11	المصادر

## المقدمة

تعد الخرسانة من أهم مواد البناء في العصر الحديث خصوصاً مع تدعيمها بالحديد لتصبح خرسانة مسلحة ويعتبر الرومان هم أول من أستعمل الخرسانة العادية في التاريخ من حوالي ألفي عام وقد استعملت في معظم مبانيهم لسهولة تشكيلها وإمكان تنفيذها بعمالة مدربة تدريباً بسيطاً ويتناول هذا البحث نبذة تعريفية عن الخرسانة مع التعريف بأنواع الخرسانة ثم التعرف على أهم مشكلة تواجه الخرسانة في الهيكل الإنشائي للمشاريع وهو الانفصال الحبيبي كذلك معرفة أنواع الانفصال الحبيبي وميكانيكية العمل الخاص به مع التعرف على العوامل المسببة للانفصال الحبيبي والاحتياطات الواجب مراعاتها لمنع حدوثه مع طرق المعالجة لهذه المشكلة إضافة لذلك يتضمن هذا البحث نبذة عن الإضافات الخرسانية التي تساهم في تحسين كفاءة الخرسانة مع التعرف على أنواعها والشروط العامة المطلوبة لاستخدام هذه الإضافات والقسم الأخير من هذا البحث يتضمن العناية بالخرسانة الحديثة الخلط خاصة في فصل الصيف للمحافظة عليها من الجفاف باستخدام عدة أساليب موصى بها.

### ماهي الخرسانة :

هي مخلوط من مواد أولية مكونة من الرمل والحصى والاسمنت مع إضافة الماء اليهما وعند خلطهم جيداً تتم عملية تماسك بينهم تسمى زمن الشك , وللخرسانة خصائص كثيرة تمتاز بها عن المواد الأخرى فهي تأخذ شكل صلد ومتين مع الزمن وتبدأ بالشك الابتدائي وتنتهي بالشك النهائي , كذلك فهي شديدة المقاومة للاجهاد الناتج عن ضغطها ولكنها في نفس الوقت ضعيفة جداً في مقاومتها للشد , لذلك فالخرسانة العادية ( غير المسلحة ) لا تستخدم في الأماكن التي تحدث فيها إجهادات الشد.

### انواع الخرسانة :

تعددت انواع الخرسانة كثيراً في وقتنا الحاضر نتيجة مكوناتها نذكر منها على سبيل المثال :

- مونة خرسانية مكونة من خلط الحصى مع مونة الرمل والاسمنت
- خرسانة وهي خليط من كسر الحجر الصلب مع الرمل النظيف والخالي من الشوائب والبودرة الناعمة جداً مع الاسمنت بنسب متعارف عليها فنياً
- خرسانة عادية : وقد تسمى خرسانة نظافة ولا تستعمل في صب أي منشآت عليها أحمال وتصب عادة لملء الفراغات ولتنشيط التربة تحت أو حول منشآت مسلحة بالحديد
- خرسانة مسلحة : هي خرسانة تسمى مسلحة لأنها تصب مع قضبان حديدية لها اشكال خاصة يحددها مهندسون متخصصون بالتصميم لجعل الجسم المصبوب من هذه الخرسانة مع الحديد أكثر قوة وقادر على تحمل اوزان كثيرة مثل ( الجسور ، الاسقف ، المباني العالية )
- خرسانة بيضاء : مكونة من خلط اسمنت أبيض مع مونة الرمل والحصى
- خرسانة كسر الطوب : مكونة من خلط كسر الطوب مع مونة الرمل والاسمنت

يوجد انواع اخرى من الخرسانات المسلحة التي لها صفات واستخدامات خاصة مثل :

- الخرسانة المسلحة المصبوبة تحت الماء
- الخرسانة المسلحة المقاومة للحريق
- الخرسانة المسلحة المقاومة للاشعاعات الذرية
- الخرسانة المسلحة للسدود
- الخرسانة المسلحة ضد القنابل
- الخرسانة المسلحة المقاومة للزلازل
- الخرسانة المسلحة الملونة

## خلط الخرسانة :

قبل خلط مواد الخرسانة يجب التأكد من نظافة الرمل والحصى ولذلك يجب تنظيفها من اي مواد عضوية عالقة بها وذلك بهزها في المنخل وغسلها بالماء قبل استعمالها لان وجود نسبة كبيرة من الطين او المواد العضوية او الاملاح او الفوسفات في الخرسانة يسبب تآكل الحديد والصدأ الموجود فيها ويضعف من قوتها ويتم خلط المواد الاولية للخرسانة عموماً بطريقتين رئيسيتين :

### ● الخلط اليدوي :

بعد تنظيف الرمل والحصى تخزين المواد في مكان مناسب في الموقع بعيداً عن الرطوبة ، يتم خلط الخرسانة يدوياً بطريقة استعمال الجاروف وذلك لخلط كميات قليلة من الخرسانة أما الخلط اليدوي الشائع الاستعمال للكميات الكبيرة من الخرسانة فيتم بوضع حجم عدد 2 صندوق كيل من الحصى يضاف عليهم حجم صندوق كيل من الرمل وعدد اكياس من الاسمنت المطلوبة ثم تخلط هذه المواد على الناشف ثلاث مرات على طبليبة مستوية من الواح الخشب أو اي مادة مماثلة بأستعمال الجاروف ذي الشداد ، وبعدما يصبح لون المخلوط متجانساً يضاف الماء تدريجياً بالقدر المطلوب للخلط ، ويستمر التقليب والخلط ثلاث مرات حتى يتجانس لون وقوام الخلطة .

### ● الخلط الميكانيكي :

تخلط الخرسانة ميكانيكياً بالنسب المطلوبة في خلطات ذات سعة مناسبة مع تناسب حجمها بمعدل النقل والصب للعملية وتستعمل الخلطات في موقع العمل ويتناسب عدد الخلطات مع نوع وطبيعة العمل ومع كميات الخرسانة المطلوبة ، وقد تجهز الخرسانة اوتوماتيكياً في محطات خاصة تعرف بإسم محطات تجهيز الخرسانة ومنها تنقل الى موقع العمل عن طريق عربات مجهزة وتتم طريقة الخلط في محطات تجهيز الخرسانة بطريقتين :

### طريقة الخلط المركزي :

تخلط وتجهز الخرسانة اوتوماتيكياً في هذه الطريقة في محطة تجهيز الخرسانة ويكون مكانها غالباً قريب من موقع المشروع تنقل الخرسانة الى الموقع عن طريق عربات مجهزة لذلك ويجب الا يزيد مشوارها من المحطة الى موقع العمل عن 45 دقيقة وهي المدة الكافية لتكوين الشك الابتدائي للخرسانة لكن في الاجواء الحارة يجب ان يقل المشوار عن 45 دقيقة وذلك لان سرعة الشك تتناسب طردياً مع درجة الحرارة ، فزيادة درجة الحرارة يقل الزمن اللازم لحدوث الشك ، ومن العيوب ايضاً انه في حالة الطرق الغير ممهدة يحدث الانفصال الحبيبي وهو انفصال مواد الخرسانة عن بعضها مما يؤدي الى ضعف مقاومتها بعد الشك ، ويجب ان تُقلب الخرسانة ببطء داخل اسطوانة العربة الناقلة اثناء النقل لمنع انفصال مواد الخرسانة أو تماسكها.

### طريقة الخلط أثناء النقل :

تُخلط مكونات الخرسانة على الناشف في الخلاطة المركزية كما في طريقة الخلط المركزي الا انه يتم خلط الخرسانة بالماء في عربة الخلاطة اما اثناء النقل لموقع العمل او قبل الصب مباشرة ، ومن فوائد هذه الطريقة إنها تعطي وقت اكبر في النقل الا إن عيبها يتمثل في إن سعة عربة الخلاطة تكون حوالي 4/3 سعة العربة الناقلة للخرسانة الجاهزة وذلك لان خلط مكونات الخرسانة بالماء يقلل من حجمها ، كما يجب ان تكون سرعة تقليب الخرسانة أثناء النقل تتراوح بين 2-6 دورة / دقيقة للحفاظ على قوام الخرسانة .

## الانفصال الحبيبي للخرسانة (Segregation):

وهو انفصال مكونات الخرسانة بحيث يصبح توزيع مكوناتها غير منتظم

### انواع الانفصال الحبيبي :

- انفصال الحبيبات الكبيرة من الركام عن باقي مكونات الخلطة وذلك نتيجة نتيجة مرورها على سطح مائل أو لكونها أكثر ترسباً من الحبيبات الصغيرة ويحدث ذلك في الخلطات الفقيرة في الاسمنت ويمكن علاجه بإضافة الماء لتحسين خاصية التماسك
- انفصال حديد التسليح عن الخلطة وله عدة أسباب منها رداءة الحديد (الصدأ) أو وجود شوائب أو طلاء غير متناسب مع الخلطة .
- انفصال الاسمنت اللباني (الاسمنت والماء) ويحدث في الخلطات المبتلة جداً.

### ميكانيكية العملية :

كلاً من عمليات الصب والدمك تتحول الى طاقة حركية يكتسبها الركام , تزداد طاقة الحركة بزيادة كتلة الحبيبات مما يزيد طاقة الحركة للحبيبات الكبيرة فتتغلب على الاحتكاك بينها وبين باقي المكونات فيحدث الانفصال الحبيبي .

### العوامل المسببة للانفصال الحبيبي :

- التصميم الغير جيد للخلطة .
- الصب على مستوى مائل حيث تنزلق الحبيبات الكبيرة أولاً , ويتم ملاحظة ذلك في الشكل رقم ( 1 )
- الصب بارتفاع يزيد عن المترين , فمثلاً في حالة وجود عمود في هيكل انشائي بارتفاع (3) أمتار وتم الصب على ارتفاع أكثر من مترين سيحدث انفصال حبيبي ويتم ملاحظة ذلك في المناطق السفلية للعمود كما في الشكل ( 2 )
- زيادة الماء في الخلطة حيث تكون نسبة الماء للاسمنت عالية في الخلطة والشكل ( 3 ) يوضح حدوث الانفصال الحبيبي للخرسانة في خزان ماء نتيجة زيادة الماء
- عدم الدمك الجيد لكي تتجانس الخلطة فبالتالي يزداد الترابط بين المكونات كما في الشكل ( 4 )
- اثناء عملية الخلط : في حالة الخلط الميكانيكي واذا زاد زمن الخلط عن دقيقتان وزادت سرعة دوران الخلاط او تقريغ الخلاط
- عدم استخدام الهزاز أثناء الصب .
- استخدام قوالب خشبية هالكة .
- توزيع حديد التسليح بشكل سيء لايسمح بمرور الركام أثناء الصب .



الشكل رقم ( 2 ) يوضح الانفصال الحبيبي لعمود بارترقاع ( 3 ) امتار



الشكل رقم (1) يوضح الانفصال الحبيبي لعمود



الشكل رقم ( 4 ) يوضح الانفصال



الشكل رقم ( 3 ) يوضح الانفصال الحبيبي لخزان ماء الحبيبي نتيجة عدم الدمك الجيد

احتياطات واجب مراعاتها لمنع حدوث الانفصال الحبيبي :

- العناية بتصميم الخلطة تصميم جيد ( تدرج مناسب للركام – نسبة مناسبة للاسمنت والماء )
- مراقبة تنفيذ الخلطة والتأكد من مطابقتها للتصميم
- اختيار الطريقة الصحيحة والملائمة لنقل وصب الخرسانة
- الاستخدام الامثل للهزازات لدمك الخرسانة وذلك بالاختيار الملائم لنوع الهزاز وقدرته وسرعته ومدة الهز ودمك
- استخدام الهواء المحبوس في الخرسانة الى الدرجة التي تقلل من خطورة الانفصال الحبيبي

### طرق المعالجة:

- تتم المعالجة باستخدام مونة اسمنتية خاصة للترميم مع اضافات بلمورية
- استخدام المواد الايبوكسية
- استخدام الحقن

### طريقة التنفيذ :

- ازالة الاجزاء الهشة من الخرسانة
- تقطيع جوانب الجزء المراد اصلاحه ليصبح على شكل محدد
- دهان المواد الرابطة
- وضع مونة الترميم على شكل طبقات

وجميع هذه الطرق لاتحتاج لهزاز نظراً لكون المون المستخدمة قليلة اللزوجة ومخصصة لغرض الترميم

### الاضافات الخرسانية:

هي عبارة عن مواد او تراكيب من عدة مواد تضاف للخرسانة اثناء الخلط لتحسين خواص الخلطة الخرسانية وإكسابها ميزات جديدة تتناسب مع الاغراض والمتطلبات لها سواء كان تجهيزها في محطات الخلط المركزية أو مصانع الخرسانة المسبقة الاجهاد أو الخلط الموقعي.

الاضافات هي مواد غير الركام والاسمنت والماء تضاف الى الخلطة الخرسانية اثناء عملية الخلط بكميات صغيرة جداً بغرض اعطاء الخرسانة الطازجة او الخرسانة المتصلدة خواص معينة مثل :

- تحسين قابلية التشغيل
- التعجيل أو التأخير في الشك
- تقليل معدل فقد الهبوط للخرسانة
- تحسين القدرة على ضخ الخرسانة
- الحد من حدوث ظاهرة الانفصال الحبيبي
- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة
- الحصول على خرسانة عالية المقاومة
- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البري
- الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو خرسانة خلوية أو خرسانة ذات صفات خاصة

## الشروط العامة المطلوبة عند استخدام الإضافات :

- يجب أن لا تؤثر تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو حديد التسليح
  - أن تتناسب الفوائد الناتجة من استخدامات الإضافات مع الزيادة في التكاليف
  - يجب عدم اضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التي أساسها من الكلوريدات بناتاً الى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الاجهاد أو الخرسانة التي لها معادن مدفونة
  - يجب التأكد من مدى ملائمة وفاعلية اي من الإضافات في نفس الخلطة الخرسانية
  - اذا استخدم نوعين أو أكثر من الإضافات في نفس الخلطة فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلهما والتأكد من مدى توافقهما
  - يراعى أن سلوك الإضافات مع الاسمنتات المخلوطة أو عالية المقاومة للكبريتات يختلف عنه في حالة الاسمنت البورتلاندي لذلك يجب أن تتوفر معلومات كافية عن مدى الادائية السليمة للإضافات مع الانواع المختلفة من الاسمنت
- يلزم توريد الإضافات معبأة داخل برميل أو اوعية محكمة الغلق ومطبوع عليها الاسم التجاري وتاريخ الانتاج ومدة الصلاحية وكذلك شهادة بخواص الإضافات الموردة ومطابقتها للمواصفات القياسية ذات الصلة , كما يجب تخزين الإضافات بطريقة تحميها من الرطوبة ومن اشعة الشمس والحرارة

## اهم الانواع الشائعة من الإضافات:

يوجد العديد من الإضافات الكيميائية التي تستخدم مع الخرسانة ويمكن تقسيمها الى المجموعات الآتية :

### ● إضافات تخفيض الماء :

الهدف منها تقوية مقاومة الانضغاط وتعطي قابلية للتشغيل تقلل كمية الاسمنت مع ثبات مقاومة الضغط والقابلية للتشغيل تلافى الزيادة غير المطلوبة في كمية الماء اثناء الخلط والصب في الموقع وتستخدم المادة في حالة صب الاساسات عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية او سقوط الامطار

### ● إضافات تعجيل الشك:

الهدف منها هو تقصير زمن الشك حيث تقوم بجعل الخرسانة تشك قبل حدوث الاضرار الناتجة من تجمدها بعد الصب مباشرة.

### ● إضافات مبطنة للشك:

الهدف منها ابطاء الشك للاسمنت في ظروف الاجواء الحارة.

#### ● إضافات الهواء المحبوس:

عبارة عن خلط كمية معينة من هذه الإضافات إلى الخلطة الخرسانية فينتج مجموعة كبيرة من الفقاعات الهوائية ميكروسكوبية منتظمة على سطح الخلطة لما لهذه الفقاعات تأثير على الخرسانة الطازجة من حيث قابلية التشغيل والنضج ، وايضاً تؤثر على الخرسانة المتصلدة من حيث التجمد والنفاذية .

#### ● إضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة

#### ● إضافات لمقاومة اجتراف الاسمنت بفعل الماء

#### ● إضافات لتلوين الخرسانة:

هي اضافة مواد ملونة للخلطة نظراً لتطلبات بعض المواصفات المعمارية بحيث تصب منها طبقة رقيقة على سطح الخرسانة وهذه الاضافات عبارة عن اكاسيد معدنية ومواد اخرى متشابهة ، تضاف المادة الملونة للخلطة التي تتطلب ان تكون الخرسانة ذات سطح ملون وخاصة للخرسانة العادية ومن امثلتها ثاني اوكسيد المنغنيز واوكسيد ابروكسيد الكروم.

#### ● إضافات حقن الخرسانة :

وهي مادة تحقن في الخرسانة المسلحة في حالة وجود تشققات وعيوب في المبنى وبالخصوص تحت الارض المعرضة للرطوبة بحيث تقاوم هذه المادة المقاومة لتأثير التآكل ومن مميزاتا انها مرنة وتتحمل درجة الحرارة وسريعة الجفاف بعد الاستخدام.

#### ● إضافات للمساعدة في ضخ الخرسانة

#### ● إضافات لمنع تكون الرطوبة بالخرسانة

#### ● إضافات لمنع تكون الفطريات والبكتريا على الاسطح الخرسانية للمنشآت المائية:

تستخدم هذه الاضافة في الخرسانة الارضية وخرسانات الحوائط التي يوجد فيها البكتريا التي سببت لها التآكل وعند اضافتها لاي نوع من انواع الاسمنت فإن الاسمنت الناتج يسمى اسمنت مضاد للبكتريا ، ومن مميزاتا تكون ذات تركيز وقوة لمنع النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة كالبكتريا والعفن.

#### ● إضافات لمنع التآكل والصدأ في حديد التسليح

#### ● إضافات لتقليل التفاعل القلوي بين الركام والاسمنت

#### ● إضافات لتكوين الغازات داخل الخرسانة

#### ● إضافات لتحسين التماسك بين حديد التسليح والخرسانة

#### العناية بالخرسانة الحديثة الخلط :

من الضروري جداً العناية بالخرسانة الحديثة الخلط وحمايتها من فقدان الماء (بسبب أشعة الشمس ودرجات الحرارة المرتفعة. في اطار تحقيق افضل مستوى من الخرسانة في الإنشاءات , لايكفي تحديد خلطة خرسانية مناسبة , بل من الضروري العناية بالخرسانة الحديثة الخلط لاسيما في البداية لمنعها من التيسب , تجدر الاشارة الى ان العناية غير السليمة أو عدم العناية بالخرسانة ستؤدي الى انخفاض مستوى الجودة والمتانة للخرسانة ومن ثم الهيكال بالكامل.

ينبغي إيلاء الخرسانة الحديثة الخلط العناية الشديدة لحمايتها من :

#### ● درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة جداً

#### ● الرياح

#### ● انخفاض الرطوبة

#### ● الترسيب الشديد (عندما تكون الخرسانة في حالة مرنة)

## العناية بالخرسانة في فصل الصيف :

تتجسد العناية بالخرسانة في فصل الصيف في التركيز على العناية بالرطوبة بصفة اساسية حيث تهدف الى حمايتها من فقدان الماء بسبب التبخر من سطح العناصر

فيما يلي الاساليب الموصى بها للعناية بالخرسانة في فصل الصيف:

- المواصفات المناسبة للمكونات وتكوين الخلطة الخرسانية ( على سبيل المثال استخدام الخلطات الكيميائية وتأخير الخرسانة)
- العناية بالماء – رش سطح الخرسانة برشاش الماء للمحافظة على انخفاض درجة حرارة الخرسانة
- وضع فرشاة رطبة على سطح الخرسانة وحمايتها من التجفيف
- تغطية سطح الخرسانة الرطبة بطبقات انشائية يجب ربطها بإحكام عند الحواف والفواصل.

## المناقشة

من المعلوم أن الصبة الخرسانية تحتوي على عناصر رئيسية وهي الرمل والحصى والاسمنت وإن تكنولوجيا الخرسانة تحدد نسب هذه المكونات لتعطينا اجهاد انضغاط اقصى ، اي لكل نسبة خلط قيمة انضغاط اقصى خاصة بها فإن حدث وتخلخت هذه الخلطة وطغى احد المكونات على الاخر تغيرت قيمة الانضغاط الاقصى التي حرص المصممون على اخذها عند تصميم المنشأ الخرساني حسب الاحمال الحية والميتة المسلطة عليه وإن حصل الانفصال الحبيبي وفقدت الخلطة المواد الناعمة وهي الاسمنت والرمل الناعم بسبب عدم الخلط بالنسب المحددة أو ضعف في القالب أو كثافة حديد التسليح أو عدم استخدام الهزاز بالشكل المطلوب ففي هذه الحالة يجب أن نقيم الصبة الخرسانية ولانعتمد فقط على اختبار المكعبات لان الانفصال الحبيبي يؤثر تأثيراً كبيراً على إضعاف الخواص المرجوة من الخرسانة المتصلدة المتجانسة وهي مقاومة الانضغاط ومقاومة الانحناء والقص والشد وبذلك يفقدها الغرض الذي أعدت له ، ومعالجة هذا الانفصال تعتمد على نوعه وموقعه وأهمية العنصر الانشائي وطرق العلاج متعددة كما تطرقنا اليها في هذا البحث ، وإن توفر كيمياويات البناء جعل امر معالجتها اسهل وبناتج افضل تكاد تكون مضمونة في تمكين الخرسانة من إستعادة خواصها لتحقيق الغرض الذي أعدت لأجله.

## المصادر

- 1: Zongin Li , Advanced Concrete technology
- 2: The Roman Pantheon : The Triumph of Concrete
- 3: Wouter Nijs, Evelien Cochez, Giorgio Simbolotti & Gian Carlo Tosato ( Cement Production )
- 4: Cement Admixture Association
- 5: Campbell John (2003) Castings Principles: The New Metallurgy of Cast Metals
- 6: Westbrook, J.H. (1964) ( Segregation at grain )