JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

بحث بعنوان

# الانكماش في الخرسانة وكيفية منع حدوثه

م.ضياء محمود سليمان حراحشة

مهندس مدني ابنية وانشاءات

بلدية النسيم

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

**الملخص**

يتحدث الباحث في هذه الدراسة عن الانكماش في الخرسانة وكيف تمنعه حيث ان الانكماش في الأساس، هو مزيج من عدة أنواع أساسية من الانكماش. إنّ الانكماش الخرساني يستخدم بشكل دقيق في وصف جوانب التغيرات المختلفة في الحجم في الخرسانة بسبب تبخر ماء الخرسانة في مراحل مختلفة لأسباب مختلفة. السبب الرئيسي لشقوق الانكماش هو التبخّر السريع للماء من سطح الخرسانة.وتحدث الباحث عن تعريف الخرسانة وتاريخ الخرسانة وانواع الخرسانة وتعريف الانكماش في الخرسانة وكيف يتم منع انكماش الخرسانة.

**Abstract**

In this study, the researcher talks about shrinkage in concrete and how to prevent it, since shrinkage is a combination of several basic types of shrinkage. Concrete shrinkage is accurately used to describe aspects of different volume changes in concrete due to evaporation of concrete water at different stages for different reasons. The main cause of shrinkage cracks is the rapid evaporation of water from the concrete surface. The researcher talked about the definition of concrete, the history of concrete, the types of concrete, the definition of shrinkage in concrete, and how concrete shrinkage is prevented.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

## المقدمة

تخضع الخرسانة لتغييرات حجمية ، إما مستحثة أو غير إرادية. يعد تغيير الحجم أحد أكثر الخصائص الضارة للخرسانة ، مما يؤثر على قوتها ومتانتها على المدى الطويل. بالنسبة للمهندسين العمليين ، يعد جانب تغيير الحجم للخرسانة مهمًا من حيث التسبب في حدوث تشقق قبيح في الخرسانة ، يسمى انكماش الخرسانة. الانكماش المحدد هو التغيير في الطول لكل وحدة طول ، لذلك يتم التعبير عن الأبعاد كنسبة مئوية. يعتمد الانكماش على الوقت ويتضمن انكماش البلاستيك ، والانكماش الذاتي ، وانكماش التجفيف ، وانكماش الكربنة ، وعادة ما يتم قياسه في micro strains. تأثيرات الخواص الحرارية للركام والخرسانة ، التفاعلات بين القلويات والركام ، تغيرات الحجم بسبب تأثير الكبريتات وغيره. كما تمت مناقشة التغيرات الحجمية بسبب خصائص الانكماش الكامنة في الخرسانة لذلك يجب ان نتعرف على الخرسانة ما هي .

## الخرسانة ما هي؟

الخرسانة هي المادة الرئيسية المستخدمة في صناعة البناء وتشارك في تكوين العناصر الهيكلية داخل المنشآت. وهي العناصر التي صممت لتتحمل الحمولات الكبيرة و الضغط العالي مثل :

- جدران القص.
- الجدران الاستناديّة.
- الجوائز (الكمرات).
- الأساسات بأنواعها.
- الأعمدة.

## تاريخ الخرسانة

أنشأ الرومان القدماء نوعًا خاصًا من الخرسانة منذ 7000 عام. اليوم ، يمكن إرجاعه إلى الآثار المتبقية من تلك الفترة، بما في ذلك البانثيون. ولم يتحقق تطوير استخدام الخرسانة لبعض الوقت حتى بدأ المهندسون باختبار مكونات جديدة من الأسمنت في القرن الثامن عشر. مع تطور الأسمنت البورتلاندي في عشرينيات القرن التاسع عشر، ظهرت الخرسانة الحديثة والحديثة، وإدخال الفولاذ كعضو تقوية في منتصف القرن التاسع عشر، وإدخال الخرسانة سابقة الإجهاد في أوائل القرن العشرين، مما وفر الوسائل لتطويرها. تم أخذه. على مدار الـ 75 عامًا الماضية، شهدنا تطوير أنواع مختلفة من الأسمنت واستخدام مواد مضافة لاستعادة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية للخرسانة استجابة لطلب المستخدم. طوال القرن العشرين، كانت عملية تطوير وتطبيق الخرسانة المسلحة منتشرة على نطاق واسع. إلى جانب التغييرات في تركيبة

الأسمنت، تطورت أنواع الخرسانة من الخرسانة منخفضة القوة إلى عالية القوة، من الخرسانة خفيفة الوزن إلى الخرسانة الثقيلة، وأنواع أخرى من الخرسانة. لذلك، في العصر الحالي هناك أنواع من الخرسانة لجميع تطبيقات واستخدامات البناء.

## مكونات الخرسانة

وتعد الخرسانة مادة صناعية ومركبة تتكون من ثلاثة عناصر رئيسية هي:

- الإسمنت
- الرُكام (الخشن والناعم)
- الماء

تشكل الركام 60–75٪ من الخلطة الخرسانية ، مع المكونين المتبقيين ، الاسمنت والماء ، مما يشكل باقي المركب. يمكن استخدام الإضافات لتعديل خصائص ووظائف الخرسانة. عندما يتم خلط الماء مع الأسمنت ، يتم تكوين مادة رابطة تزداد قوتها تدريجياً وتتصلب ، وهذا الرابط

يغلف ويربط حبيبات الركام الكبيرة والصغيرة لتشكيل الخرسانة. وعندما يتم خلط جميع المكونات بنسب معينة ، فإن الأسمنت والماء سيبدأ تفاعل ترطيب ويكون المنتج النهائي عبارة عن كتلة صلبة. الماء مهم للخلطات الخرسانية ، حيث أن نسبة الماء إلى الأسمنت هي العامل الأكثر أهمية في تحديد جودة الخرسانة. وذلك لأن المزيد من الماء في الخليط سيقلل من قوة الانضغاط ويقلل الماء في الخليط من قوة الانضغاط. تعتبر نسبة الماء إلى الأسمنت في الخلطة الخرسانية ضرورية للحصول على خرسانة مثالية وقوية وعاملة.

## مواصفات الخرسانة

وتتوقف خصائص الخرسانة على نسبة المكونات المستخدمة فيها. إن نسبة الماء إلى الإسمنت تشكل عاملا مصيريًا في الخرسانة العادية المحتوية على كمية ماء أقل وبالتالي فان المنتج سيكون أقوى. ورغم ذلك، فان نقص الماء، يقلص من فاعلية الخرسانة. ويمكن تحديد مدى الفاعلية من خلال فحص الهبوط للخرسانة. إن حجم وشكل ونسب الركام، يمكن أن يكون لها أثر مماثل في مشروع الخلطة الخرسانية. وفي حالة الضرورة، فانه يمكن خفض نسبة الركام الكبير (الخشن) في الخلطة من أجل زيادة الميوعة والسيولة. ومع ذلك، فان الإسمنت، يمثل عنصرًا لافتًا في تحديد التكلفة والنفقات، بحيث أن تزايد كميته في الخليط، يؤدي إلى ارتفاع سعر التكلفة النهائية.

## ما هو عيار الخرسانة؟

إن عيار الخرسانة يعني تصنيفها حسب مقاومة انضغاط الخرسانة. ولصنع الخرسانة، يتم خلط الإسمنت والركام والماء معًا بنسب معينة، وتوضع في قالب مقاسه 150 مليمترًا. ويتم غمر

القالب الخرساني في الماء لمدة 28 يومًا، لكي يصل إلى المقاومة المنشودة. إن مقاومة الانضغاط لـ 28 يوما، والتي تخضع لاختبار التحميل، تمثل عيار الخرسانة، ويقاس بـ النيوتن على المتر المربع. ويتم إظهار عيار الخرسانة ونظرا إلى مقاومتها الانضغاطية بـ M10و M20 و M30 . وحرف الـ " M" هو الحرف الأول لكلمة " Mixer"، والعدد الذي يلي حرف الـ M يرمز إلى مقاومة انضغاط الخرسانة بعد 28 يومًا. وتعني الخرسانة M10 أن الخرسانة تملك مقاومة انضغاطية مقدارها 10 نيوتن على المتر المربع حسب المقاومة المحددة لـ 28 يوما.

وفي التقييس الأوروبي، يُكتب العيار بحرف الـ " C" وعلى هيئة C10 و C15 و C20 وC25 . ويرمز حرف الـ C إلى صنف أو طبقة من مقاومة الخرسانة، والعدد الذي يليه يرمز إلى مقاومة الانضغاط لـ 28 يومًا حسب النيوتن على المتر المربع ومن خلال اختبار الانضغاط على القالب الاسطواني بارتفاع 30 سنتميترًا.

### مزايا الخرسانة

- إن مكوناتها متوافرة في معظم مناطق العالم ويمكن الحصول عليها بسهولة.
- على النقيض من الأحجار الطبيعية، فان هذه المادة الصناعية، خالية من العيوب والخلل.
- يمكن تحويلها إلى المقاومة المنشودة بجدوى اقتصادية.
- تتمتع بثبات ومتانة كبيرتين.
- يمكن التحكم بها بسهولة ويتم صبها في القوالب بالأشكال المنشودة.
- عملية الصبّ يمكن أن تتم في موقع البناء الأمر الذي يسهم في التوفير اقتصاديًا.
- تكلفة صيانتها لا شئ تقريبًا.
- من غير المبرر تلفها بمرور الوقت والزمن.

- صامدة بنسبة عالية للنار.
- يمكن أن تقاوم درجات الحرارة المرتفعة.
- مقاومة للرياح والمياه.
- تستخدم كمادة عازلة للصوت.

**تطبيقات الخرسانة**

تعد الخرسانة واحدة من أكثر المواد الإنشائية المتاحة في البناء والتشييد، تقاوم التآكل والحرائق والتأكسد، وتوفر بذلك أساسات ثابتة وآمنة للمباني المرتفعة. ويبلغ طول عمرها، ضعفي سائر مواد البناء بما فيها الخشب. وبسبب ثباتها، تستخدم في شق الطرق والشوارع. كما تساعد في ظل خفض نفقات الصيانة على الاقتصاد في الأسفلت ورفد البيئة.

إن الخرسانة تعتبر مادة بناء ثابتة وصامدة، وبحاجة إلى صيانة ضئيلة. ولهذا السبب، تستخدم في المباني السكنية والإدارية والتجارية، كما أنها تخفض تكاليف البناء والاستثمار بسبب الخصائص التي تتميز بها. وبالنسبة للمباني السكنية، فان مقاومتها للنار والحرائق، تؤدي إلى وقوع حوادث أقل في حالة حدوث الكوارث الطبيعية. ونشير فيما يلي إلى تطبيقاتها الاخرى:

- مسيل الماء والأخاديد ومجاري الصرف الصحي
- الجسور الخرسانية
- السدود الخرسانية
- الإنشاءات والهياكل البحرية
- الأنفاق تحت الأرض

- طبقة الرصف الخرسانية
- استخدام الخرسانة كساتر ترابي
- شقّ الطرق

### المواد المُضافة للخرسانة

وتُضاف المواد المضافة إلى الخلطة الخرسانية بهدف تحسين خواصها. وأهم هذه المواد هي عوامل امتصاص الهواء التي تنتج فقاعات صغيرة داخل الخليط، وتحسن من قدرات الخرسانة على مقاومة دورات التجمد والانصهار وكذلك عوامل إضفاء الرطوبة. إن العوامل المُسرِّعة بما فيها كلوريد الكالسيوم تزيد من سرعة الشك، وهي ملائمة للطقس البارد. بينما تعطي العوامل المُبطِئة نتائج عكسية، وتطبق في الطقس الحار. وتشتمل سائر المضافات على مواد تسهم في خفض انكماش الخرسانة ونزفها. ويتم في بعض الأحيان إضافة البوليمرات إلى خلطة الإسمنت البورتلاندي، من أجل إنتاج خرسانة تتميز بدرجة عالية من الالتصاق ونسبة متدنية من النفاذية.

### أسعار الخرسانة

وبشكل عام فان كلفة كل متر مكعب من الخرسانة تتحدد حسب العوامل التالية:

- أسعار المواد الأولية
- عيار الخرسانة ( ازدياد كمية الإسمنت يزيد من سعر التكلفة)
- نسبة الطلب على الخرسانة
- بُعد مصنع الخرسانة عن موقع المشروع (كلما بعدت المسافة كلما ازداد سعر الخرسانة)
- المُضافات المستخدمة

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023

- نوع الخرسانة المختارة

## معالجة الخرسانة

ولكن في جميع الأحوال ما عدا بعض التطبيقات الهامة، يجب أن تتم العناية بصورة متقنة حتى تتم معالجة الخرسانة جيداً، وتحقيق أفضل قوة وصلابة.يتم هذا بعد أن يتم صب الاسمنت. يحتاج الأسمنت إلى الترطيب، التحكم في البيئة المحيطة لاكتساب القوة والتصلب بشكل كامل أمر ضروري. مزيج الإسمنت يتصلب مع مرور الزمن، في البداية يكون سائلاً ثم يصبح صلباً وإن كان ضعيفاً جداً، ويزداد قوة في الأيام والأسابيع التالية. بعد حوالي 3 أسابيع، عادة ما يتم التوصل إلى أكثر من 90 ٪ من قوته النهائية، على الرغم من أنه قد يلزم عدة عقود من أجل تعزيز هذه القوة. الاماهة والتصلب للخرسانة خلال الأيام الثلاثة الأولى أمر بالغ الأهمية.التجفيف السريع بصورة غير طبيعية والانكماش نتيجة لعوامل مثل التبخر بفعل الرياح عند الصب قد يؤدي إلى زيادة إجهاد الشد في الوقت الذي لم يحصل بعد على قوة كبيرة، مما يؤدي إلى مزيد من التشقق الناجم عن الانكماشات. يمكن زيادة القوة في وقت مبكر بابقائه رطباً لفترة أطول خلال عملية المعالجة. التقليل من الإجهاد قبل المعالجة يقلل من التكسر. تزداد قوة الخرسانة لمدة تصل إلى ثلاث سنوات. ذلك يعتمد على ابعاد المقطع العرضي للمبنى وشروط استغلال الهيكل. خلال هذه الفترة يجب أن تكون الخرسانة في ظروف ذات درجة حرارة ورطوبة متحكم بها. في الممارسة العملية، يتحقق ذلك عن طريق الرش أو غمر سطح الخرسانة بالماء، مما يوفر الحماية الشاملة من الآثار السيئة للظروف المحيطة. الصور تظهر اثنين من العديد من الطرق لتحقيق ذلك، الغمر والتغليف البلاستيكى ( لمنع تبخر المياه). المعالجة بشكل صحيح تؤدي إلى زيادة القوة وانخفاض النفاذية، واتقاء تكسر السطح حين يجف قبل الأوان.

ويجب أيضا الحرص على تجنب التجمد أو تسخين الاسمنت ( استخدم في سد هوفر أنابيب تحمل المبرد أثناء الإعداد لتجنب إلحاق الضرر بالخرسانة). عدم المعالجة السليمة يمكن أن تؤدي إلى انخفاض قوة الخرسانة، وضعف المقاومة للتآكل والتشقق.

## انواع الخرسانة

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

- مونة خرسانية: مكونة من خلط الزلط الحمصانى مع مونة الرمل والإسمنت.
- خرسانة: وقد تسمى باطون وهي خليط من البحص (الطبيعي أو كسر الحجر الصلب) مع الرمل النظيف والخالي من الشوائب والبودرة الناعمة جداً مع الأسمنت بنسب متعارف عليها فنياً.
- خرسانة عادية: وقد تسمى خرسانة نظافة ولا تستعمل في صب أي منشئآت عليها أحمال، وتصب عادة لملء الفراغات ولتثبيت التربة تحت أو حول منشآت مسلحة بالحديد.
- خرسانة مسلحة: هي خرسانة تسمى مسلحة لأنها تصب مع قضبان حديدية لها أشكال خاصة يحددها مهندسون متخصصون بالتصميم لجعل الجسم المصبوب من هذه الخرسانة مع الحديد أكثر قوة وقادر على تحمل أوزان كثيرة مثل (الجسور، الأسقف، المباني العالية، وغيرها).
- خرسانة بيضاء: مكونة من خلط اسمنت أبيض مع مونة الرمل والبحص.
- خرسانة كسر طوب: مكونة من خلط كسر الطوب مع مونة الرمل والأسمنت. كما يوجد أنواع أخرى من الخرسانات المسلحة التي لها صفات واستخدامات خاصة مثل:

1. الخرسانة المسلحة المصبوبة تحت الماء.
2. الخرسانة المسلحة المقاومة للحريق.
3. الخرسانة المسلحة المقاومة للإشعاعات الذرية.
4. الخرسانة المسلحة للسدود.
5. الخرسانة المسلحة ضد القنابل.
6. الخرسانة المسلحة المقاومة للزلازل.
7. الخرسانة المسلحة الملونة.

والطرق المختلفة لتجهيز منتجات الخرسانة المسلحة يكسبها أسماء أخرى مثل:

- الخرسانة المصبوبة في الموقع (لا يتم تحريك الجسم المصبوب بعد الصب)
- الخرسانة مسبقة الصنع (تصب الأجسام في معامل خاصة وتتصلب هناك ثم تنقل إلى الموقع المطلوب ليتم تركيبها بواسطة وصلات).
- الخرسانة مسبقة الإجهاد (تصب ويتم شدها بأسلاك قويه جداً – يتم قطع هذه الأسلاك بعد تصلب الخرسانة لتصبح الخرسانة قادرة على حمل أحمال كبيرة جداً مثل الجسور الطويلة جداً.

**ما هو الانكماش في الخرسانة؟**

يحدث الانكماش في الخرسانة عندما يكون هناك تغير في محتوى الرطوبة. عند خلط الخرسانة، يضاف الماء لتعزيز قدرتها على العمل. من الضروري استخدام الكمية الصحيحة من الماء في الخرسانة لأن هذا له تأثير كبير على سلوك الخرسانة. عندما يتم وضع الخرسانة وتبدأ في

التجفيف، يبدأ الماء في ترك الخرسانة. يؤدي هذا إلى تغيير حجم الخرسانة المعروفة باسم الانكماش. نتيجة لذلك، يمكن أن تتسبب قوى الشد في تكسير الخرسانة إذا لم تكن قوية بما يكفي. بالإضافة إلى ذلك، حيث يتم تجفيف الجزء العلوي من الخرسانة بشكل أسرع من الجزء السفلي من الخرسانة، يمكن أن يتسبب ذلك في تكسير التفاضل الحراري.

### ما هو تأثير الانكماش في الخرسانة؟

الآن وقد أجبنا على سؤال "ما هو الانكماش"، فمن المحتمل أن تتساءل عن سبب أهمية أن تكون على دراية به. المشكلة الرئيسية في انكماش الخرسانة هي أنها تسبب تشققات في الهياكل الخرسانية. يمكن أن تتشقق الخرسانة بشكل طبيعي بمرور الوقت من خلال البلى مما يعني أنه ليست كل الشقوق الخرسانية مشكلة. ومع ذلك، يمكن أن تؤثر الشقوق الأكثر شدة على قوة ومتانة الهياكل الخرسانية. لهذا السبب، عند التفكير في ما هو الانكماش في الخرسانة، من المهم معرفة كيفية منعه لتجنب تشققات خطرة محتملة. يُعرف انكماش الخرسانة بأنه التغير في الطول لكل وحدة طول منها، ومن ثَم يوجد رقم قياسي للدلالة على الانكماش يُعبَر عنه كنسبة، وعادةً ما يقاس بالميكرو انفعال وهو ما يكافئ جزءاً من مليون جزء من البوصة لكل بوصة، ويكافئ كذلك جزءاً من مليون جزء من المتر لكل متر.

## لماذا يسبب الانكماشُ عدة شروخ ؟

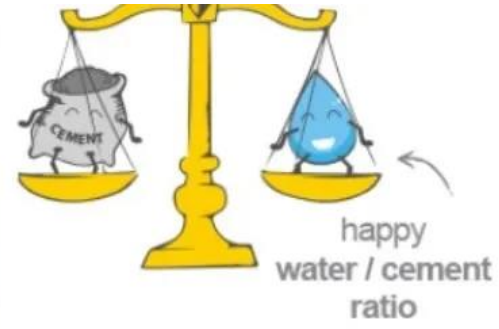
من المعروف أن إجهاد الشد للخرسانة ضعيفٌ للغاية (0.1 من إجهاد الضغط) فإذا كان إجهاد الضغط للخرسانة 25 ميجا باسكال مثلاً فإن إجهاد الشد في هذه الحالة يكون 2.5 ميجا باسكال فقط! هذا في حال وصولها إلى إجهاد التصميم فكيف بها إذا كانت حديثة الصب! ويحدثُ أن يتعرضَ جزءٌ منها للانكماش دون الآخر مسبباً إجهاد شد بين هذين الجزأين، وعندما يتخطى هذا الإجهادُ مقدار الإجهاد الذي تتحمله الخرسانة تظهر هذه الشروخُ في منطقة الشد.

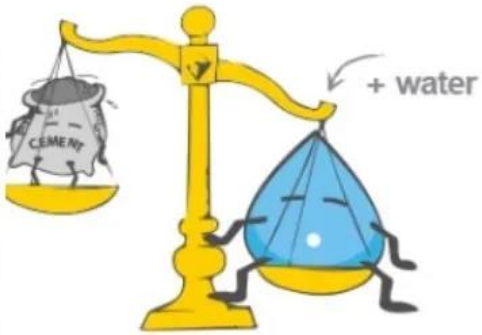
يلعب الزمن دوراً مهماً في انكماش الخرسانة فيكون كلُّ نوعٍ منه فعالاً في وقتٍ ما ، وتعد الشروخ والتشققات الناتجة عن الانكماشِ من العيوب شديدة الخطورة وغير المقبولة خصوصاً في الأرصفة والبلاطات والأرضيات، وليس السؤال هنا عن كيفية الحصول على خرسانة بلا انكماش أو تشقق؛ إذ يصعب ذلك عملياً، وإنما عن التحكم في مقدار ذلك الانكماش والشروخ الناتجة عنه وكيفية تقليصه. يستخدم مصطلح الانكماش عموماً ليصف أشكال التغير الحجمي المختلفة في الخرسانة نتيجة فقد الرطوبة على مراحل مختلفة ولأسباب عدة، ولفهم هذه العلاقة أكثر يمكننا تصنيف الانكماش إلى أربعة أنواع:

- الانكماش اللدن
- انكماش الجفاف
- الانكماش الذاتي
- انكماش الكربنة

## كيف يتم منع انكماش الخرسانة؟

عند مناقشة سؤال "ما هو الانكماش في الخرسانة"، ذكرنا أهمية المحتوى الرطوبي. هذا هو السبب في أن أفضل طريقة لمنع انكماش الخرسانة هي خلط كمية أقل من الماء في الخرسانة. عند تعديل نسبة الماء، من الضروري موازنة القوة مع قابلية التشغيل بحيث يمكن رصف الخرسانة بشكل فعال دون أن تكون عرضة للتقلص. يمكن أيضًا استخدام المضافات لتحسين قابلية التشغيل. هناك طريقة أخرى يستخدمها المقاولون غالبًا لتقليل تأثير الانكماش وهي إضافة مفاصل تحكم. تقطع الوصلات في الخرسانة، مما يعني أنه عندما تبدأ الخرسانة في التصدع بسبب الانكماش، فإنها تتشقق على طول فواصل التحكم، مما يقلل من التأثير على سلامة الخرسانة نفسها.



## المراجع و المصادر


- Habeeb, G. M., Essa, M. S., & AL-Tai, M. J. Drying Shrinkage Behavior Of Base Restrained High Strength Concrete Walls.
- Sakata, K. (1983). A study on moisture diffusion in drying and drying shrinkage of concrete. Cement and Concrete Research, 13(2), 216-224.
- Li, J., & Yao, Y. (2001). A study on creep and drying shrinkage of high performance concrete. Cement and Concrete Research, 31(8), 1203-1206.
- Halawani, M. M. Study of Creep and Shrinkage for Normal-And Light-Weight Concretes in Jordan (Doctoral dissertation, Yarmouk University).
- عبد الرحمان, درقيش, فتحي, & بن ناصر. (2020). دراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف المعدنية.
- حمد النيل, المنجد أبوعاقلة يوسف, دفع الله, محمد يوسف محمد صالح, علي, يوسف أحمد المصطفى محمد أحمد, ... & مشاعر عبدالرحيم. (2015). إدارة وضبط جودة الخرسانة في ولاية الخرطوم (Doctoral dissertation, جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا).