بسم الله الرحمن الرحيم

تقنية الخرسانة

تأليف

البروفسور أ.م. نيفل
جامعة دندي

البروفسور ج. ج بيروكس
جامعة ليذر

ترجمة

د. عبدالرحيم بن محمد عرفة
قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود
ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٦هـ (٢٠٠٥م).

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Concrete Technology. A.M. Neville and J.J. Brooks

©Longman Group UK Limited, Longman Scientific and Technical 1987.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

نيفل، أ.م.

تقنية الخرسانة/أ.م. نيفل؛ ج.ج. بيروكس؛ عبد الرحيم محمد عرفة

–الرياض، ١٤٢٥هـ.

٥٨٣ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٣ -٧٤٢ – ٣٧ - ٩٩٦٠.

١- الخرسانة- مواصفات قياسية أ – بيروكس، ج.ج. (مؤلف).

ب- عبد الرحيم محمد (مترجم). ج- العنوان

ديوي ٦٩١,٣ ١٤٢٥/٤٥٠٤هـ

رقم الإيداع: ١٤٢٥/٤٥٠٤هـ

ردمك: ٣ -٧٤٢ – ٣٧ - ٩٩٦٠

٧٤٢٤٤
م

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه العاشر للعام الدراسي ١٤٢٤/١٤٢٥هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٤/١١/١٩هـ الموافق ٢٠٠٤/١١/١١م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٦هـ

مقدمة المترجم

أتقدم بهذا الكتاب في متناول طلبة الهندسة المدنية والمهتمين بتقنية الخرسانة. وقد حاولت أن أجمع في هذا الكتاب المتخصص بين الدقة في الترجمة العلمية وبين بساطة التعبير اللغوي دون إخلال بقدر الإمكان. ومن المهم أن أشيد بدور مركز الترجمة في جامعة الملك سعود في التعريب في مجال العلوم الهندسية حيث إن من المفيد أن يتوافر كتب هندسية متخصصة باللغة العربية للباحثين. ومن الفضل أن أتقدم بالشكر للدكتور/ فيصل بن حمد الصقير الذي كان لجهوده دور عظيم في اتمام ترجمة هذا الكتاب وأيضاً الأستاذ/ خليل محمد خليل محرر النشر العلمي بقسم النشر العلمي بجامعة الملك سعود لما قام به من مجهود جوهري لإخراج العمل إلى حيز الوجود والله ولي التوفيق.

المترجم

مقدمة المؤلف

هذا الكتاب موجه إلى طلاب الجامعات والكليات ومعاهد العلوم التقنية البريطانية والأمريكية الراغبين في تفهم الخرسانة لاستخدامها في الممارسة المهنية.

إن الحوادث الكبيرة الناتجة عن انهيار مادة المنشآت الخرسانية (بتميزها عن انهيار البنية الإنشائية) في السنوات الأخيرة، كالجسور والمباني والأرصفة ومهابط الطائرات، دليل واضح على أن معرفة المهندس المحترف بالخرسانة ليست كافية، وربما نتيجة لجهله لا يعطي العناية الكافية لضمان اختيار المواد والعناصر الصحيحة لصناعة الخرسانة أو لإعداد خلطة خرسانية مناسبة أو تنفيذ أعمال الخرسانة تنفيذاً سليماً من الناحية الفنية. يبدو أن مؤثرات الجو والحرارة والظروف المحيطة بالمنشآت لا تؤخذ دائماً بالحسبان من أجل ضمان منشآت خرسانية دائمة وقادرة على التحمل.

يكمن العلاج بتحصيل المعرفة المناسبة أثناء تعلم التصميم الإنشائي؛ لأن فهم الخرسانة وسلوكها سيدعم التصميم الإنشائي بحيث تتحقق أهدافه تماما ولا تتأثر بمرور الزمن وعوامل البيئة. وفي الحقيقة، يجب أن يكون المصمم الإنشائي على معرفة كافية بالخرسانة التي يصممها بحيث يعتمد التفاصيل الإنشائية على أساس من الفهم العميق لكيفية سلوك الخرسانة تحت تأثير الأحمال وتأثير تغيرات الحرارة والرطوبة وفي ظل التعرض للظروف البيئية والصناعية. وقد أعد هذا الكتاب لتلبية هذه المتطلبات.

بما أن التنفيذ يخضع لوثائق ومواصفات تعاقدية ينبغي شرح الخواص المختلفة للخرسانة طبقا لشروط المقاييس والمواصفات الوطنية وطرق الاختبار المعتمدة. يشير الكتاب إلى المقاييس البريطانية والأمريكية[1] الهامة ويبين كيفية علاقتها بالسمات الأساسية لسلوك الخرسانة.

ينبغي على المهندس الذي يعمل في تنفيذ المنشآت الخرسانية، من السدود إلى مهابط الطائرات ومن الجسور إلى المباني الشاهقة، أن يصمم خلطة الخرسانة والتي لا يمكن شراؤها على أساس منشورات المورد كما هو الحال في المقاطع الخرسانية. يناقش الكتاب طريقتين من أكثر الطرائق انتشاراً لتصميم الخلطة، إحداهما أمريكية والأخرى بريطانية ويعطي عدد من الأمثلة التوضيحية.

أخيراً، لا بد من الإشارة إلى أن نجاح المنشآت الخرسانية يهم كلاً من مصمم المنشأة والمقاول على حد سواء ولا يمكن لأي مهندس حديث التخرج أن يتجاهل تقنيات الخرسانة مهما كانت توجهات مهنته حتى لو لم يكن اختصاصه في الخرسانة فسوف يظل بحاجة لمعرفة مواد الحوائط الساندة والأساسات والمواد المقاومة للحريق ومواد التشطيبات النهائية وأعمال فرعية متعددة، لذلك ينصح كل مهندس بأن يكون محيطاً بمحتويات هذا الكتاب.

المؤلف

---

(١) السلطات الرئيسية التي تعد المواصفات والمقاييس وكود الممارسة العملية، هي مؤسسة المواصفات البريطانية (BSI) والجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM) والمعهد الأمريكي للخرسانة (ACI). لقد تم إعادة صياغة بعض الأجزاء من المواصفات البريطانية بإذن من مؤسسة المواصفات البريطانية، ويمكن الحصول على النسخ الكاملة من مؤسسة المواصفات البريطانية BSI على العنوان التالي: Linford wood, Milton Keymes, MK14 6LE .

أما عنوان الجمعية الأمريكية لاختبارات المواد فهو:

1619 Race Street . Philadelphia, Pennsylvania 19103

وعنوان المعهد الأمريكي للخرسانة:

P.O. Box : 19150 , 22400 West Seven Mile Road, Detroit, Michigan, 48219

المحتويات

الصفحة

مقدمة المترجم ..... هـ
مقدمة المؤلف ..... ز

الفصل الأول: الخرسانة كمادة إنشائية

ما هي الخرسانة؟ ٢
الخرسانة الجيدة ٤
المواد المركبة ٦
دور السطوح البينية ٨
منهجية دراسة الخرسانة ١٠

الفص الثاني: الأسمنت

صناعة الأسمنت البورتلاندي ١٤
أساسيات كيميائية الأسمنت ١٥
تميؤ الأسمنت ١٩
حرارة التميؤ ومقاومة الأسمنت ٢١

اختبارات الأسمنت ٢٣
نعومة الأسمنت ٢٤
القوام القياسي للملاط ٢٦
زمن الشك ٢٧
الثبات الحجمي للأسمنت ٢٨
المقاومة ٣٠
أنواع الأسمنت البورتلاندي ٣٣
الأسمنت البورتلاندي العادي (نوع I) ٣٦
الأسمنت البورتلاندي سريع التصلد (نوع III) ٣٨
الأنواع الخاصة للاسمنت البورتلاندي سريع التصلد ٣٩
الأسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة (نوع IV) ٣٩
الأسمنت المعدل (نوع II) ٤٠
الأسمنت المقاوم للكبريتات (نوع V) ٤٠
أسمنت خبث الأفران العالية (نوع IS) ٤١
أسمنت عالي الكبريتات ٤٣
الأسمنت البورتلاندي الأبيض والملون ٤٤
الأسمنت البورتلاندي البوزولاني ٤٥
أنواع أخرى من الأسمنت البورتلاندي ٤٧
الأسمنت المتمدد ٤٧
البوزولانات ٤٩
الأسمنت عالي الألومينا (HAC) ٥١
مسائل ٥٤

الفصل الثالث: الركام الطبيعي

التصنيف الحجمي ٦٠
التصنيف المعدني للصخور ٦١
التصنيف الشكلي والنسجي ٦٣
الخواص الميكانيكية ٦٨
التماسك ٦٨
المقاومة ٦٩
المتانة ٧٢
الصلابة ٧٣
الخواص الفيزيائية ٧٤
الوزن النوعي ٧٤
الكثافة الظاهرية ٧٧
المسامية والامتصاص ٧٩
محتوى الرطوبة ٨١
زيادة حجم الرمل ٨٢
عدم الثبات الناجم عن تغير الحجم ٨٢
الخواص الحرارية ٨٣
المواد الضارة ٨٤
الشوائب العضوية ٨٥
الصلصال والمواد الناعمة الأخرى ٨٦
التلوث بالملح ٨٧
عدم الثبات الحجمي الناجم عن الشوائب ٨٧

التحليل المنخلي ٨٨
منحنيات التدرج ٩٠
معامل النعومة ٩٢
متطلبات التدرج الحبيبي ٩٢
القياس الأقصى للركام ٩٥
التدريجات العملية ٩٦
الركام ذي التدرج المنقطع ١٠١
مسائل ١٠٣

الفصل الرابع: نوعية الماء

ماء الخلط ١٠٧
ماء المعالجة ١١٠
اختبارات الماء ١١٠
المراجع ١١١
مسائل ١١١

الفصل الخامس: الخرسانة الطازجة

قابلية التشغيل ١١٣
العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل ١١٥
التماسك والفصل الحبيبي ١١٧
النـــزف ١١٩
اختبارات قابلية التشكيل ١٢٠
اختبار الهبوط ١٢١

اختبار عامل الدمك ١٢٤
اختبار في بي VeBe ١٢٦
اختبار طاولة الانسياب ١٢٧
اختبار اختراق الكرة ١٢٩
مقارنة بين الاختبارات ١٣٠
كثافة الخرسانة الطازجة ١٣٢
مسائل ١٣٣

الفصل السادس: مقاومة الخرسانة

أسلوب ميكانيك الكسور ١٣٦
اعتبارات مقاومة الشد ١٣٦
السلوك تحت إجهاد الضغط ١٣٩
المعايير العملية للمقاومة ١٤١
المسامية ١٤٢
نسبة الهلام إلى الفراغ ١٥٠
الفراغات الكلية في الخرسانة ١٥١
توزع قياسات المسامات ١٥٥
التشققات الدقيقة وعلاقات الإجهاد والانفعال ١٥٦
العوامل المؤثرة في مقاومة الخرسانة ١٥٩
أثر نسبة الماء للأسمنت، درجة الدمك، والعمر ١٦٠
نسبة الركام للأسمنت ١٦٢
خواص الركام ١٦٤
مسائل ١٦٥

الفصل السابع: خلط ومناولة وصب ودمك الخرسانة

الخلاطات ١٦٧
تعبئة الخلاطة ١٧٠
تجانس الخلط ١٧٠
مدة الخلط ١٧٢
الخلط لمدة مطولة ١٧٣
الخرسانة جاهزة الخلط ١٧٤
مناولة الخرسانة ١٧٦
عملية ضخ الخرسانة ١٧٧
الصب والدمك ١٨٠
هز الخرسانة ١٨٤
الهزازات الداخلية ١٨٥
الهزازات الخارجية ١٨٦
طاولات الرج ١٨٧
إعادة الهز ١٨٨
الخرسانة المقذوفة ١٨٨
الخرسانة ذات الركام المسبق الصب ١٩١
المراجع ١٩٤
مسائل ١٩٥

الفصل الثامن: المواد الإضافية

المسرعات (المواد المعجلة) ١٩٨
مؤخرات زمن الشك ٢٠٤

مقللات الماء (الملدّنات) ٢٠٦
الملدّنات الفائقة ٢٠٨
الإضافات والمواد الإضافية الأخرى ٢١٢
المواد الإضافية المعدنية ٢١٢
مواد الترابط الإضافية ٢١٣
المواد الإضافية الطاردة للماء ٢١٣
مسائل ٢١٤

الفصل التاسع: مشكلات الخرسانة في الأجواء الحارة

مشاكل الطقس الحارة ٢١٧
أعمال الخرسانة في الطقس الحار ٢١٩
الخرسانة الكتلية ٢٢٣
أعمال الخرسانة في الطقس البارد ٢٢٧
المراجع ٢٣٣
مسائل ٢٣٣

الفصل العاشر: تطور مقاومة الخرسانة

المعالجة الطبيعية ٢٣٧
طرائق المعالجة ٢٤٠
تأثير درجة الحرارة ٢٤٣
قاعدة النضوج ٢٤٧
المعالجة بالبخار ٢٤٩

المراجع ٢٥٢
مسائل ٢٥٢

الفصل الحادي عشر: خواص أخرى لمقاومة الخرسانة

العلاقة بين مقاومة الشد ومقاومة الضغط ٢٥٥
مقاومة الكلال ٢٥٨
مقاومة الصدم ٢٦٥
مقاومة البريّ ٢٦٨
التماسك مع حديد التسليح ٢٧٠
المراجع ٢٧١
مسائل ٢٧١

الفصل الثاني عشر: مرونة وزحف الخرسانة

المرونة ٢٧٣
العوامل المؤثرة في معامل المرونة ٢٧٩
نسبة بواسون ٢٨١
الزحف ٢٨٢
العوامل المؤثرة في الزحف ٢٨٦
مقدار الزحف ٢٩٤
التنبؤ بمقدار الزحف ٢٩٦
آثار الزحف ٣٠١
مسائل ٣٠٢

الفصل الثالث عشر: التشوهات والتشققات غير المعتمدة على الأحمال

الانكماش والانتفاخ ٣٠٥
انكماش الجفاف ٣٠٧
انكماش الكربنة ٣٠٩
العوامل المؤثرة في الانكماش ٣١١
التنبؤ بالانتفاخ وانكماش الجفاف ٣١٦
التشوهات الحرارية ٣٢١
آثار التقييد والتشقق ٣٢٥
أنواع التشقق ٣٢٧
مسائل ٣٣٢

الفصل الرابع عشر: نفاذية وتحملية الخرسانة

النفاذية ٣٣٦
هجوم الكبريتات ٣٤٠
هجوم ماء البحر ٣٤٢
هجوم الأحماض ٣٤٧
تفاعل الركام القلوي ٣٤٨
صدأ حديد التسليح ٣٥٢
مسائل ٣٦٢

الفصل الخامس عشر: مقاومة الخرسانة للتجمد والذوبان

تأثير الصقيع ٣٦٥
الخرسانة المقاومة للصقيع ٣٦٨

مواد احتباس الهواء ٣٧١
العوامل المؤثرة في احتباس الهواء ٣٧٤
قياس محتوى الهواء..... ٣٧٨
المؤثرات الأخرى لاحتباس الهواء ٣٧٩
مسائل..... ٣٨١

الفصل السادس عشر: اختبارات الخرسانة

دقة الاختبار ٣٨٤
تحليل الخرسانة الطازجة ٣٨٦
اختبارات المقاومة ٣٨٨
مقاومة الضغط ٣٨٩
مقاومة الشد..... ٣٩٥
اختبار القلوب الخرسانية ٣٩٩
المعالجة السريعة..... ٤٠٤
مطرقة شميدت ٤٠٧
مقاومة الاختراق ٤٠٩
اختبار السحب..... ٤١٠
اختبار سرعة الذبذبة فوق الصوتية ٤١١
الاختبارات الأخرى ٤١٤
مسائل..... ٤١٤

الفصل السابع عشر: تحقيق متطلبات المواصفات

تباين المقاومة ٤١٧
القبول وتحقيق الاشتراطات..... ٤٢٣

متطلبات الخواص الأخرى..... ٤٢٧
مخططات مراقبة الجودة ٤٣٠
مسائل..... ٤٣٦

الفصل الثامن عشر: الخرسانة خفيفة الوزن

تصنيف الخرسانات خفيفة الوزن ٤٣٩
أنواع الركام خفيف الوزن..... ٤٤١
خواص الخرسانة ذات الركام خفيف الوزن ٤٤٦
الخرسانة المهواة..... ٤٥٥
الخرسانة الخالية من الركام الناعم..... ٤٥٧
مسائل..... ٤٦٢

الفصل التاسع عشر: تصميم الخلطات الخرسانية

العوامل الواجب مراعاتها ٤٦٦
نسبة الماء للأسمنت ٤٦٧
نوع الأسمنت ٤٧١
التحملية..... ٤٧٢
قابلية التشغيل ومحتوى الماء..... ٤٧٣
اختيار الركام..... ٤٧٩
محتوى الأسمنت..... ٤٨٥
محتوى الركام..... ٤٨٥
الخلطات التجريبية..... ٤٩١
الطريقة الأمريكية – أمثلة..... ٤٩٢
المثال الأول ٤٩٢

المثال الثاني ٤٩٦
الطريقة البريطانية — أمثلة ٤٩٩
المثال الثالث ٤٩٩
المثال الرابع ٥٠١
تصميم خلطات الركام خفيف الوزن ٥٠٣
المثال الخامس ٥١٠
المثال السادس ٥١٢
مسائل ٥١٥

الفصل العشرون: الخرسانة الخاصة

مركبات الخرسانة المبلمرة ٥١٩
مركبات الخرسانة الكبريتية ٥٢٥
الخرسانة المسلحة بالألياف ٥٢٧
الأسمنت المسلح ٥٣٤
الخرسانة المرصوصة بالمدحلة ٥٣٥
الخرسانة عالية المقاومة ٥٣٦
مسائل ٥٣٨

الفصل الحادي والعشرون: مراجعة عامة

مسائل ٥٤٥
المواصفات الأمريكية ذات العلاقة ٥٤٧
المواصفات البريطانية ذات العلاقة ٥٥١
كشاف المصطلحات ٥٥٥