تأثير تدرج الركام الخشن على بعض خواص الخرسانة الخالية من الرمل

د.خالد عبد العزيز زكريا
أستاذ

كلية الهندسة / جامعة الموصل

حسان عصام الخطيب

مدرس مساعد

المعهد التقني / الموصل

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تدرج الركام الخشن على بعض خواص الخرسانة الخالية من الرمل وهي: الكثافة الجافة، مقاومة الانضغاط، مقاومة الانثناء، التوصيلية الحرارية.

تم إعداد سبعة خلطات من الخرسانة الخالية من الرمل بنسبة خلط وزنية (١-٦ سمنت- ركام) ونسبة انسياب (٥٠-٦٠%) وبسبعة تدرجات مختلفة للركام، الثلاثة الأولى منها أحادية المقاس، والأربعة الأخرى ركام مدرج وبمقاسات قصوى مختلفة.

أظهرت النتائج أن استعمال الركام المدرج بدل الركام أحادي المقاس سبب زيادات كبيرة في مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء وصلت إلى (٥٦% و ٢١%) على التوالي، كما سبب ذلك زيادة قليلة في الكثافة الجافة والتوصيلية الحرارية لم تتجاوز (٣% و ٨%) على التوالي.

Effect of Coarse Aggregate Gradings on Some Properties of No-Fines Concrete

Khalid A. Zakaria

Professor

College of Eng., Mosul Univ.

Hassan E. Al-Khatib
Assistant lecture

Mosul Technical Institute

Abstract

The present work deals with the effect of graded coarse aggregates on some properties of no-fines concrete.

Seven mixes of no-fines concrete having (1-6) (cement - coarse aggregate by weight) and (50-60%) flow were tried with different

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

gradation of aggregates (first three were single sized, the remaining four were graded aggregate with different maximum aggregate size). The main parameters investigated were the compressive strength, flexural strength, dry density (unitweight) and thermal conductivity. The results showed that the use of graded aggregates as compared to single size resulted in an increase in both compressive and flexural strength in the order of (56% and 21%) respectively and a lesser increase of dry density and thermal conductivity in the order of (3% and 8%) respectively.

Keywords: No-Fines Concrete, Aggregate Gradings, Maximum Aggregate Size.

أستلم في 15/٦/٢٠٠٧

١- المقدمة

تعتبر الخرسانة الخالية من الرمل (الركام الناعم) أحد أنواع الخرسانة خفيفة الوزن، والتي تتكون بصورة رئيسية من الركام الخشن والسمنت والماء. وعدم احتوائها على الركام الناعم يجعل كتلتها ذات فراغات كبيرة، وهذه الفراغات تلعب دورا رئيسيا في تحديد خواص هذا النوع من الخرسانة كمادة إنشائية، فهي تعمل على تقليل التوصيلية الحرارية وانكماش الجفاف لها، إضافة إلى أن عدم استعمال الركام الناعم سيخفف الكثير من المشاكل الناتجة عن احتواء تلك المادة على نسبة عالية من الأملاح الكبريتية وخاصة في معظم المقالع للمنطقة الوسطى والجنوبية من العراق.

إن الكثافة الجافة ومقاومة الخرسانة الخالية من الرمل تعتمد كثيرا على المقاس الأقصى للركام المستعمل كما ذكر الباحثون [١،٢،٥،٣]، وعادة يستعمل الركام الخشن أحادي المقاس الذي تتراوح أقطار حبيباته بين (١٩-٩.٥ملم) لإعداد هذه الخرسانة ولكن من الممكن استعمال ركام تصل أقطاره إلى (٥٠ملم)، كما في الجدول رقم (١). ويوصى عادة بعدم استخدام الركام المكسر ذو النهايات المدببة لإنتاجها لان هذه النهايات تتكسر بسهولة عند التحميل (local crush) وذلك يسبب انخفاض مقاومة الخرسانة.

للركام العادي أحادي المقاس تتراوح كثافة الخرسانة الخالية من الرمل بين (١٦٠٠-٢٠٠٠كغم/م^3) وتزداد بنسبة (١٠%) عند استعمال ركام مدرج، ومقاومتها الانضغاطية تتراوح بين (١.٤-١٤ نيوتن/ملم^2) وهي اقل من نظيرتها في الخرسانة الاعتيادية، توصيليتها الحرارية تتراوح بين (٠.٦٩-٠.٩٤ واط/م.كلفن) [٨].

الفائدة من استخدام الخرسانة الخالية من الرمل هي اقتصادية بالدرجة الأولى، نظراً لانخفاض كلفتها خاصة عند توفر ركام خشن مناسب، فكلفتها تتراوح بين (٥٥-٧٥%) من كلفة الخرسانة الاعتيادية [5]. وهي تستعمل غالبا في إنشاء جدران الأبنية السكنية واطئة الكلفة، كما توضع اسفل الخزانات لتصريف السوائل الراشحة خلالها، وفي بناء الجدران الساندة الصغيرة، ورصف الطرق المعرضة لكميات كبيرة من الماء، لان فراغاتها الكبيرة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تعمل عمل الأنابيب لتصريف الماء بسرعة، أو في إعداد طبقة مانعة لارتفاع الماء بالخاصية الشعرية ، أو حماية أكتاف الأنهار والسواقي من التعرية، وفي رصف المماشي والملاعب ذوات الأرضيات الصلبة[2].

جدول رقم (١) تدرج الركام أحادي المقاس المقترح للخرسانة الخالية من الرمل [٧]

المنخل ملم	نسبة المار %		
	المقاس الأقصى ٥٠ملم	المقاس الأقصى ٢٥ملم	المقاس الأقصى ١٢.٥ملم
٥٠	١٠٠		
٣٧.٥	٩٥-١٠٠		
٢٥		١٠٠	
١٩	٠-صفر	٩٥-١٠٠	
١٢.٥			١٠٠
٩.٥		٠-صفر	٩٥-١٠٠
٤.٧٤			٠ – صفر

٢-الهدف من البحث

دراسة تأثير تغير تدرج الركام الخشن واستخدام الركام المدرج بمقاسات قصوى مختلفة بدل الركام أحادي المقاس الشائع الاستعمال على بعض خصائص الخرسانة الخالية من الرمل.

٣-الجزء العملي

٣-١ المواد المستخدمة

٣-١-١ الركام الخشن: استخدم حصى نهري اعتيادي بتدرجات مطابقة للمواصفة البريطانية رقم (٨٨٢) لعام ١٩٩٢، والمبينة في الجدول رقم (٢).

٣-١-٢ السمنت: استخدم سمنت اعتيادي مطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤، وكانت خواصه الفيزيائية وتركيبه الكيميائي كما مبين في الجدول رقم (٣).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٣-١-٣ الماء: استعمل ماء الإسالة الاعتيادي في إعداد جميع الخلطات.

٣-٢ الخلطات

تم إعداد سبعة خلطات من الخرسانة الخالية من الرمل بنسبة خلط وزنية (١-٦ سمنت-ركام)، ومحتويات مائية مختلفة تراوحت بين (٠.٣٠-٠.٣٥) من وزن السمنت بحيث كانت نسبة الانسياب لجميع الخلطات (٥٠-٦٠%)، وقد احتوت كل خلطة على تدرج مختلف من الركام الخشن، الثلاثة الأولى هي تدرجات أحادية المقاس، والأخرى احتوت ركام مدرج، وبمقاسات قصوى مختلفة، كما مبين في الجدول رقم (٢).

جدول رقم (٢) تدرج الركام الخشن المستخدم

فتحة المنخل ملم	النسبة المئوية المارة %						
	منطقة التدرج (ملم) حسب المواصفة						
	٢٠	١٤	١٠	٤٠-٥	٢٠-٥	١٤-٥	١٤-٥
٣٧.٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٢٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٦٨	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٤	٤٠	١٠٠	١٠٠	٤٥	٦٨	١٠٠	١٠٠
١٠	٠	٠	١٠٠	٢٥	٤٥	٦٨	٨٥
٥	٠	٠	٠	٠	٥	١٠	١٠
٢.٣٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
المقاس الأقصى(ملم)	٢٠	١٤	١٠	٣٧.٥	٢٠	١٤	١٤
رقم التدرج	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
معامل النعومة	٧.٦٠	٧.٠٠	٦.٠٠	٧.٦٢	٦.٨٢	٦.٢٢	٦.٠٥
نوع التدرج	أحادي المقاس			ركام مدرج			

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الوزن النوعي الكلي للركام (مشبع جاف للسطح)= ٢.٦٦

جدول رقم (٣) التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية للسمنت المستعمل

التركيب الكيميائي:

المركب	النسبة المئوية %	حدود المواصفة IQS:5/1984
CaO	60.60	
SiO2	٢٢.٠٠	
Al2O3	٥.٦٤	
MgO	٣.٣٠	٥% حد أعلى
Fe2O3	٢.٧٦	
SO3	٢.٧٠	٢.٨% حد أعلى
الفقدان بالحرق	١.٢٠	٤% حد أعلى
المواد غير القابلة للذوبان	٠.٤١	١.٥% حد أعلى
عامل الإشباع الجيري	٠.٨٤	١.٠٢-٠.٦٦
النورة الطليقة	١.٢٠	
C3S	٢٩.٨	
C2S	٤٠.٦٧	
C3A	١٠.٢٨	٥% حد أعلى
C4AF	٨.٤٠	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الخواص الفيزيائية:

الخصائص	النتائج	حدود المواصفة IQS:5/1984
النعومة بطريقة بلين (م^2/كغم)	٢٦٣	لا تقل عن ٢٣٠
القوام القياسي (%)	٢٤.٥	
زمن التصلب الابتدائي (دقيقة)	١٣٢	لا يقل عن ٤٥ دقيقة
زمن التصلب النهائي (دقيقةساعة)	٣:٤٥	لا يزيد عن ١٠ساعات
مقاومة الانضغاط (٣)أيام (نيوتن/ملم^2)	١٨.٥	لا يقل عن ١٥
مقاومة الانضغاط (٧)أيام (نيوتن/ملم^2)	٢٩.٥	لا يقل عن ٢٣
التمدد بطريقة المحمم (%)	٠.٢٥	لا يزيد عن ٠.٨

٣-٣ الفحوص المختبرية

تم إجراء الفحوص التالية لكافة الخلطات:

١. فحص الكثافة الجافة باعتماد الوزن لكل وحدة حجم لنماذج بأبعاد (١٠٠×١٠٠×١٠٠ملم) تم رصها ومعالجتها حسب المواصفة البريطانية [٦] الخلطة بمكعبات الخرسانة الخالية من الرمل.

٢. فحص مقاومة الانضغاط بعمر (٧و٢٨ يوم) لنماذج بأبعاد (١٠٠×١٠٠×١٠٠ ملم) تم رصها ومعالجتها حسب المواصفة البريطانية [٦].

٣. فحص مقاومة الانثناء بعمر (٢٨يوم) لنماذج بأبعاد (٥٠٠×١٠٠×١٠٠ملم) وباتباع طريقة نقطتي التحميل. تم رص النماذج باستعمال المنضدة الهزازة ولطبقة واحدة ولمدة (٨) ثواني، أما معالجتها فتمت بالرش المستمر مع التغطية بطبقة من النايلون.

٤. احتسبت التوصيلية الحرارية باعتماد المعادلة الآتية [٤]:

$$K=0.072\ e^{0.00125\rho}$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

حيث:

K = التوصيلية الحرارية لنموذج مجفف في الفرن.

ρ = الكثافة الجافة لنموذج بعمر (٢٨) يوم.

٤-النتائج والمناقشة

من اختبار نماذج الخرسانة الخالية من الرمل التي أعدت باستعمال تدرجات الركام الخشن المذكور سابقاً، ومن مقارنة نتائج كل فحص للتدرجات المختلفة مع نتيجة التدرج أحادي المقاس (٢٠) ملم والذي رمز له برقم (١)، والتي اعتمدت نتيجة مرجعية لان هذا التدرج هو أكثرها شيوعا في الاستعمال لإعداد هذه الخرسانة، نلاحظ الآتي:

٤-١ فيما يخص الكثافة الجافة (جدول رقم ٤) و(شكل رقم ١)، من الملاحظ أن تقليل المقاس الأقصى للركام أحادي المقاس من (٢٠ملم) إلى (١٤ملم) ثم إلى (١٠ ملم) سبب زيادة طفيفة جداً في الكثافة لم تتجاوز (٠.٥%). أما باستخدام الركام المدرج ذو المقاس الأعظمي (٢٠ ملم) فقد سبب زيادة طفيفة في الكثافة الجافة بمقدار (٠.٦%)، وعند تقليل المقاس الأقصى إلى (١٤ملم) للركام المدرج وصلت الزيادة إلى (٣.١%)، وسبب هذه الزيادة أن الركام المدرج يعطي حجم اقل من الفراغات بين الحبيبات مما يعطيه الركام أحادي المقاس، كما أن تقليل المقاس الأقصى للركام يسبب تقليل حجم هذه الفراغات، وهذا ما يسبب زيادة الكثافة الجافة.

٤-٢ عند ملاحظة نتائج مقاومة الانضغاط (جدول رقم ٥) و (شكل رقم ١)، يتبين أن استعمال الركام أحادي المقاس (١٤ ملم) قد سبب زيادة المقاومة بعمر (٢٨) يوم بمقدار (١١.٥%)، في حين أن تقليل المقاس الأقصى إلى (١٠ملم) سبب زيادة المقاومة بمقدار (٣٨.٥%). ولكن عند استخدام ركام مدرج حتى بمقاس أقصى (٣٧.٥ ملم) كانت زيادة المقاومة بعمر (٢٨) يوم هي (٣٠.٨%)، في حين أن استعمال الركام المدرج (٢٠ ملم) زاد المقاومة عن الركام أحادي المقاس (٢٠ملم) بمقدار (٤٦.٢%)، وعند تقليل مقاس الركام المدرج إلى (١٤ ملم) وصلت الزيادة إلى (٥٦.٢%). إن تقليل مقاس الركام يسبب زيادة المساحة السطحية للحبيبات وبالتالي زيادة محصلة قوى التلاصق بين عجينة السمنت وسطح هذه الحبيبات، كما أن استعمال الركام المدرج يقلل نسبة الفراغات ويزيد من عدد نقاط الاتصال (Points of Contact) المسؤولة عن ترابط كتلة الخرسانة الخالية من الرمل نظراً لوجود أحجام مختلفة من حبيبات الركام، فتزداد مقاومة الانضغاط تبعا لذلك.

٤-٣ وكذلك عند ملاحظة نتائج مقاومة الانثناء (جدول رقم ٦) و (شكل رقم١)، نرى أن تقليل مقاس الركام أحادي المقاس من (٢٠ ملم) إلى (١٤ ملم) ثم إلى (١٠ ملم) سبب زيادة قدرها (١%) و (١٠.٦%) على التوالي. في حين أن استخدام الركام المدرج بمقاس (٢٠ملم)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

سبب زيادة قدرها (١٠.١%) ، أما عند استخدام الركام المدرج (١٤ ملم) فقد وصلت الزيادة إلى (٢٠.٧%)، لنفس الأسباب المذكورة في النقطة السابقة.

٤-٤ أما فيما يخص التوصيلية الحرارية (جدول رقم ٧) و (شكل رقم١)، فقد سبب تقليل مقاس الركام أحادي المقاس من (٢٠ ملم) إلى (١٤ ملم) ثم إلى (١٠ ملم) زيادة قليلة قدرها (٠.٣%) و(١.٢%) على التوالي، وإن استخدام ركام مدرج (٢٠ملم) سبب زيادة (٦.٤%)، وعند تقليل مقاس الركام المدرج إلى (١٤ملم) سبب زيادة لم تتجاوز (٧.٧%). إن تقليل مقاس الركام واستخدام الركام المدرج بدل أحادي المقاس يسبب تقليل نسبة الفراغات بين حبيبات الركام وبالتالي تقل قابلية الخرسانة على العزل الحراري وتزداد التوصيلية الحرارية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول رقم (٤) نتائج فحص الكثافة الجافة

نوع الركام	رقم التدرج	المقاس الأقصى ملم	الكثافة كغم/م^3	النسبة المئوية للزيادة %
أحادي المقاس	١	٢٠	١٩٢٩	خلطة مرجعية
	٢	١٤	١٩٣١	٠.١
	٣	١٠	١٩٣٩	٠.٥
ركام مدرج	٤	٣٧.٥	١٩٢٦	٠.٢-
	٥	٢٠	١٩٤١	٠.٦
	٦	١٤	١٩٧٩	٢.٦
	٧	١٤	١٩٨٩	٣.١

جدول رقم (٥) نتائج فحص مقاومة الانضغاط

نوع الركام	رقم التدرج	المقاس الأقصى ملم	(٧) أيام نيوتن/ملم^2	النسبة المئوية للزيادة %	(٢٨) يوم نيوتن/ملم^2	النسبة المئوية للزيادة%
أحادي المقاس	١	٢٠	٩.٩	-	١٣.٠	خلطة مرجعية
	٢	١٤	١٠.٨	٩	١٤.٥	١١.٥
	٣	١٠	١٤.٢	٤٣.٤	١٨.٠	٣٨.٥
ركام مدرج	٤	٣٧.٥	١٣.٣	٣٤.٣	١٧.٠	٣٠.٨
	٥	٢٠	١٣.٧	٣٨.٤	١٩.٠	٤٦.٢
	٦	١٤	١٤.٥	٤٦.٥	٢٠.٠	٥٣.٨
	٧	١٤	١٤.٩	٥٠.٥	٢٠.٣	٥٦.٢

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول رقم (٦) نتائج فحص مقاومة الانثناء

نوع الركام	رقم التدرج	المقاس الأقصى ملم	مقاومة الانثناء نيوتن/ملم^2	النسبة المئوية للزيادة%
أحادي المقاس	١	٢٠	١.٩٨	خلطة مرجعية
	٢	١٤	٢.٠٠	١.٠
	٣	١٠	٢.١٩	١٠.٦
ركام مدرج	٤	٣٧.٥	١.٩٧	٠.٥-
	٥	٢٠	٢.١٨	١٠.١
	٦	١٤	٢.٣٠	١٦.٢
	٧	١٤	٢.٣٩	٢٠.٧

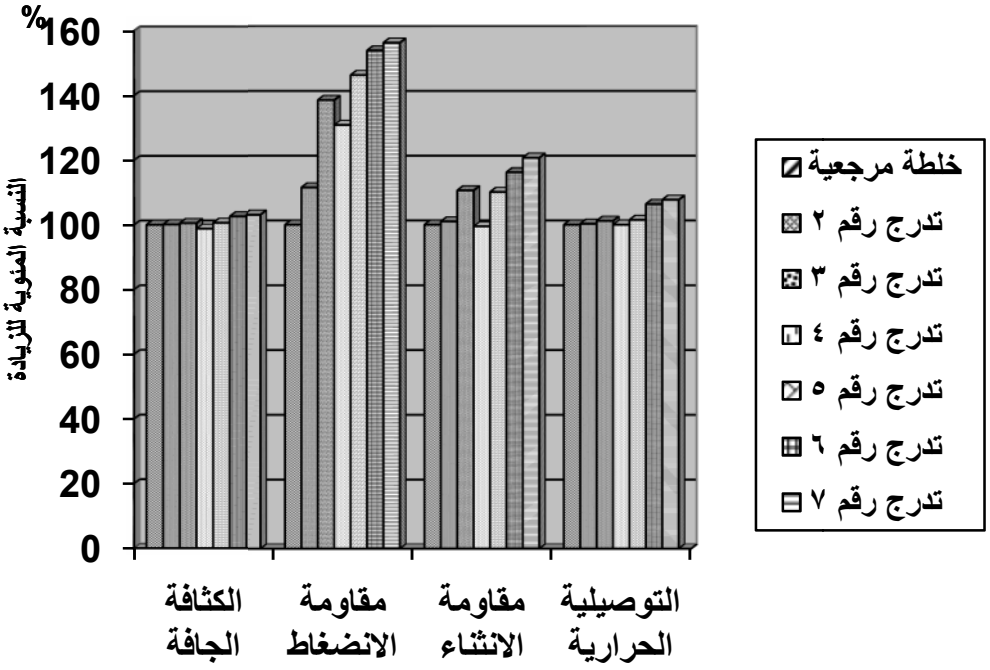
جدول رقم (٧) نتائج التوصيلية الحرارية

نوع الركام	رقم التدرج	المقاس الأقصى ملم	التوصيلية الحرارية واط/م.كلفن	النسبة المئوية للزيادة%
أحادي المقاس	١	٢٠	٠.٨٠٣	خلطة مرجعية
	٢	١٤	٠.٨٠٥	٠.٣
	٣	١٠	٠.٨١٣	١.٢
ركام مدرج	٤	٣٧.٥	٠.٨٠٣	٠.٠
	٥	٢٠	٠.٨١٥	١.٥

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

	٦	١٤	٠.٨٥٤	٦.٤
	٧	١٤	٠.٨٦٥	٧.٧

شكل رقم (١) تأثير تغير تدرج الركام على خصائص الخرسانة



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٥- الاستنتاجات

إن استخدام الركام المدرج بدل الركام أحادي المقاس الشائع الاستعمال في إعداد الخرسانة الخالية من الرمل لنفس المقاس الأقصى سبب زيادة كبيرة في مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء وهذا له فائدة إنشائية كبيرة عند استخدام هذه الخرسانة في تشييد الأبنية، خاصة ان انخفاض مقاومة الانثناء يعتبر أحد عيوب هذه الخرسانة. كما سبب ذلك زيادة قليلة في الكثافة الجافة مقارنة بالزيادة الكبيرة في المقاومة التي تحققت، وأدى إلى زيادة قليلة في التوصيلية الحرارية ولكنها بقيت اقل كثيرا من نظيرتها في الخرسانة العادية، يتضح ذلك من مقارنة نتائج التدرجين (١ و٥) أو (٢ و٧).

كذلك فان تقليل المقاس الأقصى للركام الخشن أو زيادة نسبة الحبيبات الناعمة فيه قد سبب زيادة كبيرة في مقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء وزيادة قليلة في الكثافة الجافة والتوصيلية الحرارية، يتضح هذا عند مقارنة نتائج كل من التدرجات (١و٢و٣) أو (٤و٥و٦و٧)معاً.

ان استخدام ركام مدرج ذو مقاس أقصى (١٤ ملم) قد مكّن من الحصول على زيادة كبيرة في مقاومة الانضغاط والانثناء بلغت (٥٦% و ٢١%) على التوالي، مقابل زيادة قليلة في الكثافة الجافة والتوصيلية الحرارية لم تتجاوز (٣%و ٨%) على التوالي مقارنة بالركام أحادي المقاس ذو المقاس الأقصى (٢٠ ملم).

٦-المصادر

١. إحسان، حمدي علي "دراسة بعض خواص الخرسانة الخالية من الرمل " . رسالة ماجستير، هندسة البناء والإنشاءات ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد ، العراق ، ١٩٨٥.

٢. الخطيب ، حسان عصام "دراسة مقارنة لبعض خصائص الخرسانة خفيفة الوزن" . رسالة ماجستير، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، العراق ، ٢٠٠٤.

3. Abadjieva T., Sephiri P. “Investigation on Some Properties of No-Fines Concrete ”, Construction in Developing Countries: Conference proceeding 15-17 November, Botswana University, Botswana , 2000.

4. ACI Committee 523 “ Guide for Cast-in-Place Low – Density Concrete”, Journal of ACI, Vol.83, September-October, 1986.pp830-837.

5. Al-Feel J. “Some Properties of No-Fines Concrete ”, Concrete Technology for Developing Countries: Conference proceeding 21-23 October, Amman, Jordan, 2002.

6. British Standard Institute, B. S 1881: Part 113: 1983 “Method of Making and Curing No- Fines Test Cubes”.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

7. Malhotra V. M. “No-Fines Concrete-Its Properties and Applications”, Journal of ACI, Vol.73, No. 11, November, 1976,pp.628-644.

8. Neville A.M. “Properties of Concrete”. Third edition Pitman Publishing Limited, London, UK., 1981.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com