دليل المهندس
في أعمال التشييد والبناء
٥- الخلطة الخرسانية

دليل المهندس
في أعمال التشييد والبناء

٥- الخلطة الخرسانية

* اعـداد
المهندس/ محمد أبو الفتوح السيد حجاج
* مراجعة
المهندس/ مرتضى على عبد الله
معهد تدريب الهرم

طبعة ثانية سبتمبر ٨٩

الفهرس

- مقدمة

تصميم للخلطات الخرسانية Concrete Mix Design

١ - التغيرات فى نسب مكونات الخلطات الخرسانية .
٢ - طرق تصميم الخلطات الخرسانية .
(أ) طريقة الاختيار
(ب) طريقة المحاولة
(جـ) طريقة الكثافة القصوى للركام
(د) طريقة معاير النعومة
(هـ) طريقة المساحة السطحية للركام
(و) طريقة البيانات المجمعة
(ز) طريقة نسبة الفراغات الى الأسمنت
٣ - تأثير قياس مواد الخلطة على الخرسانة
(أ) العوامل المؤثرة على جودة الأعمال الخرسانية
(ب) طرق القياس المختلفة
(جـ) تأثير أخطاء طرق القياس

الخلطات الخرسانية

مقدمـــة :

تعتبر الخرسانة مادة البناء الأولى وصورة التقدم الانشائى فى العصر الحديث ـ كما أنها رمز لتطور العلم .

وبالرغم من أن الخرسانة بسيطة فى مظهرها الا أنها مادة معقدة ومتعددة فى صورها واستعمالاتها .

وقد كثرت جدا واختلفت تعاريف مادة الخرسانة ونرجع فى هذا المجال الى أسس التصميم واشتراطات التنفيذ لجمهورية مصر العربية والتى عرفت الخرسانة سنة ١٩٦٦ على أنها :

(هى مخلوط من الركام والأسمنت والماء بنسب معينة)

ان الازدهار المطرد فى العالم والانتشار الواسع فى الانشاء قد زاد من معدل استخدام الخرسانة بكميات هائلة ومن استعراض بسيط لتاريخ الخرسانة خلال السنوات القليلة الماضية يتضح مدى التقدم الذى وصلت اليه هذه المادة وما ينتظرها من تقدم أكبر وأعظم فى المستقبل .

ففى أوائل القرن الحالى كانت الخرسانة مازالت تجاهد لكى تقف بين مواد البناء الاخرى وكانت مقاومة الضغط لها هى ١٤٠ كجم/ سم^{٢} .

أما الآن فى نهاية القرن تدرس بعض مراكز الأبحاث دراسات للحصول على خرسانة فائقة المقاومة تتكون من أسمنت بورتلاندى وركام من نوع جديد يبلغ الحد الأدنى لمقاومتها ٧٠٠ كجم/ سم^{٢} وتدرس أيضا استخدام ركام مصنوع من كلنكر الأسمنت البورتلاندى ليصل بالخرسانة لمقاومة ١٠٥٠ كجم/ سم^{٢} بعد ٢٨ يوما .

هذا بالاضافة الى أنواع الخرسانات المختلفة التى ظهرت مثل (الخرسانة سابقة الاجهاد والخرسانة التمددية والخرسانة فائقة خفة الوزن (١٦, . ـ ٨, .) طن / م^{٣} وخرسانة محبوسة الهواء .

مما سبق يتضح مدى التطور الفائق للخرسانة وما ينتظرها من تقدم فى المستقبل .

تعريـــف :

يقصد بتصميم الخلطات الخرسانية تعين الكميات النسبية (Proportioning) للمواد الداخلة فى تكون الخرسانة الطازجة (الأسمنت والرمل والزلط والماء والاضافات ان وجدت) لتفى بأغراض استخدامات معينة بعد التصلد بأقل التكاليف وباستخـدام المواد المتـوفرة مـا أمكن .

١ - التغيرات فى نسب مكونات الخلطة الخرسانية

الخرسانة كأى مادة لها خواص فيزيائية تتغير بتغير النسب المكونة للخلطة وأى تغير فى أى من مقادير هذه المكونات قد يؤثر تأثيرا كبيرا على خواصها .

العوامل الأساسية المتغيرة فى الخلطات الخرسانية عند التصميم هى :

(أ) نسبة الماء الى الأسمنت (م/س) (W/C ratio)

(ب) محتوى الأسمنت أو نسبة الأسمنت للركام (C/A_{gg} ratio)

(جـ) نسبة الركام الصغير الى الركام الكبير (S/G ratio)

(د) تدرج الركام ومساحته السطحية

(هـ) قوام الخرسانة الطازجة

كل هذه العوامل المتعلقة ببعضها لا يمكن أن تختار معا فى خلطة واحدة بل أن تثبيت اثنين أو ثلاثة من هذه العوامل تحدد وتضبط باقى العوامل الاخرى لتعطى خرسانة أحسن قابلية للتشغيل مع اقتصاد فى التكاليف .

٢ - طرق تصميم الخلطات الخرسانية

(أ) طريقة الاختيار

تعتمد على اختيار نسب وضعية معينة من الأسمنت والرمل والزلط موصى بها من واقع الخبرة العملية .

(ب) طريقة المحاولة

تتطلب وجود عينات من الأسمنت والركام الصغير والركام الكبير المتوفر فى موقع العمل ولذلك يلزم معرفة العلاقة بين النسبة م/س ومقاومة الضغط .

(جـ) طريقة الكثافة القصوى للركام

وتعتمد هذه الطريقة على استخدام ركام خليط له أقل نسبة فراغات ممكنة أى أكبر كثافة ممكنة ، وتقوم الطريقة على أساس استخدام التحليل بالمناخل للركام الخليط مع التحكم فى نسبة الماء الى الأسمنت للحصول على أقصى كثافة للخرسانة .

(د) طريقة معاير النعومة

تعتمد على أساس معاير النعومة للركام الخليط وتعيين نسبة الركام الصغير الى الركام الكبير(واستخدام التحليل بالمناخل)مع معرفة نسبة الماء الى الأسمنت ومقاومة الضغط للخرسانة .

(هـ) طريقة المساحة السطحية للركام

وهى مبنية على أساس علاقة كمية الأسمنت مع مساحة سطح حبيبات الركام وكذلك علاقة المساحة السطحية للركام الخليط بمقاومة الضغط للخرسانة .

(و) طريقة البيانات المجمعة من الخلطات التجريبية

وهى طريقة شبه حسابية وتعتمد على بيانات مجمعة فى جداول كخلاصة نتائج عدد كبير من الخلطات التجريبية .

وفيما يلى شرح موجز لأربعة محاولات فى مجال التصميم للخلطات الخرسانية وتعتمد على بيانات مختلفة جمعت من سلسلة الدراسات الأكاديمية التى قامت بها الهيئات الآتية :

معمل المواد بهندسة القاهرة ـ معهد الخرسانة بأمريكا .

معهد أبحاث الطرق بانجلترا ـ معمل المواد بهندسة عين شمس .

(أ) بيانات معمل المواد بهندسة القاهرة

قام المعمل باجراء سلسلة من الدراسات التجريبية للوصول الى مجموعة من المنحنيات والجداول يمكن للمهندس استخدامها فى تصميم الخلطات المختلفة .

* تعريف معاير النعومة

هو مجموع النسب المئوية المحجوزة على المناخل القياسية التسعة من الركام / ١٠٠

ومقداره فى الرمل من ٢ ـ ٣,٧٥ ٪

ومقداره فى الزلط من ٥ ـ ـ ٨,ـ ـ ٪

وفيما يلى بعض النتائج من مجموعة المنحنيات التى تم الحصول عليها :

١ - يمكن الحصول على مقاومة الضغط القصوى غالبا عندما تكون نسبة الماء الى الأسمنت كالمبينة بالجدول رقم (١)

جدول رقم (١) - م/ س للخلطات ذات مقاومة الضغط القصوى

المقاس الاعتيادى الأكبر للركام	م / س				
	لمحتوى الأسمنت كجم/ م^{٣} خرسانة				
مـــم	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠
١٠	,٧٥	,٦٠	,٥٠	,٤٧٥	,٤٠
٢٠	,٦٥	,٥٥	,٤٥	,٤٢٥	,٣٧٥
٤٠	,٦٠	,٤٨	,٤٢٥	,٣٨٥	,٣٧

٢ - عندما تكون كمية الماء المستخدم قليله نسبيا فان مقاومة الضغط يمكن أن يكون عالية جدا أو منخفضة جدا ويعتمد ذلك على اذا كانت هذه الكمية من الماء كافية لاعطاء الدمك الكامل .

٣ - تقل قيمة م / س بزيادة المقاس الاعتبارى الأكبر للركام بالنسبة لمحتوى معين من الأسمنت مع ثبات القوام تقريبا .

٤ - نسبة الماء اللازمة لتغطى قواما معينا تزيد بزيادة محتوى الأسمنت أو بزيادة نسبة الركام الصغير .

* نسبة الماء اللازم لتعطى قواما معينا تزيد اذا نقص المقاس الاعتبارى الأكبر للركام وذلك بالنسبة لمحتوى أسمنت معين .
* نسبة الماء اللازمة لتعطى قواما معينا فى خلطة غنية بالأسمنت تقل عن تلك التى تعطى نفس القوام فى خلطة فقيرة للأسمنت مع ثبات المقاس الاعتبارى الأكبر .

(٢) بيانات معهد الخرسانة بأمريكا

تقوم هذه الطريقة أساسا على استخدام نتائج مأخوذة من عدة اختبارات معملية وهذه النتائج موضحة فى خمسة جداول أمكن بواسطتها التوصل الى تصميم الخلطة الخرسانية المطلوبة .

جدول رقم (١)

قوام الخرسانة لأنواع المنشآت المختلفة

نوع المنشأ الخرسانى	القوام بطريقة الهبوط (سم)	
	أقصى قيمة	أدنى قيمة
القواعد والأساسات المسلحة والقيسونات	١٢,٥	٥
البلاطات والكمرات والحوائط المسلحة	١٥	٧,٥
أعمدة البناء	١٥	٧,٥
الرصف	٧,٥	٥
الخرسانة الكتلية	٧,٥	٢,٥

جدول رقم (٢)

المقاس الاعتبارى الأكبر المستخدم فى الأعمال الخرسانية

أصغر بعد للقطاع الخرسانى (سم)	المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (سم)			
	الحوائط والكمرات والأعمدة المسلحة	الحوائط المسلحة	البلاطات المسلحة تسليحا ثقيلا	البلاطات المسلحة تسليحا خفيفا
١٢,٥ - ٦,٢٥	١,٨ - ١,٢٥	١,٨	٢,٥ - ١,٨	٣,٧٥ - ١,٨
٢٧,٥ - ١٥	٣,٧٥ - ١,٨	٣,٧٥	٣,٧٥	٧,٥ - ٣,٧٥
٧٢,٥ - ٣٠	٧,٥ - ٣,٧٥	٧,٥	٧,٥ - ٣,٧٥	٧,٥
٧٥ فأكثر	٧,٥ - ٣,٧٥	١٥	٧,٥ - ٣,٧٥	١٥ - ٧,٥

جدول رقم (٣)

العلاقة بين كمية ماء الخلط والقوام المناظر (الهبوط) والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام للخرسانة ذات الهواء المحبوس وبدونه

القوام بطريقة الهبوط (سم)	كمية الماء المستعمل (لتر / م٣ من الخرسانة) المناظر للمقاس الاعتبارى الأكبر							
	٠,٩٥سم	١,٢٥سم	١,٨سم	٢,٥سم	٣,٧٥سم	٥ سم	٧,٥سم	١٥ سم
الخرسانة بدون هواء محبوس								
٢,٥ ـ ٥	٢٠٨	١٩٨	١٨٣	١٧٨	١٦٣	١٥٣	١٤٤	١٢٤
٧,٥ ـ ١٠	٢٢٨	٢١٨	٢٠٣	١٩٣	١٧٨	١٦٨	١٥٨	١٣٩
١٥ ـ ١٧,٥	٢٤٢	٢٢٨	٢١٣	٢٠٣	١٨٨	١٧٨	١٦٨	١٤٩
الهواء المحبوس (٪)	٣	٢,٥	٢	١,٥	١	٠,٣	٠,٣	٠,٢
الخرسانة ذات الهواء المحبوس								
٢,٥ ـ ٥	١٨٣	١٧٨	١٦٣	١٥٣	١٤٤	١٣٤	١٢٤	١٠٩
٧,٥ ـ ١٠	٢٠٣	١٩٣	١٧٨	١٦٨	١٥٨	١٤٩	١٢٩	١١٩
١٥ ـ ١٧,٥	٢١٣	٢٠٣	١٨٨	١٧٨	١٦٨	١٥٨	١٤٩	١٢٩
محتوى الهواء الكلى المقترح (٪)	٨	٧	٦	٥	٤,٥	٤	٣,٥	٣

جدول رقم (٤)

اختلاف مقاومة ضغط الخرسانة باختلاف نسبة الماء للأسمنت

نسبة الماء للأسمنت لتر / شيكارة	مقاومة الضغط المتوقعة بعد ٢٨ يوم كجم/ سم^{٢}	
	الخرسانة بدون هواء محبوس	الخرسانة ذات الهواء المحبوس
١٧,٧	٤٢٠	٢٣٥
٢٢,٢	٣٥٠	٢٨٠
٢٦,٦	٢٨٠	٢٢٥
٣١,٠	٢١٠	١٨٠
٣٥,٤	١٧٥	١٤٠
٤٠,٠	١٤٠	١١٠

جدول رقم (٥)

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (سم)	حجم الركام الكبير لكل وحدة حجوم من الخرسانة لمعايرات النعومة المختلفة للرمل			
	٢,٤	٢,٦	٢,٨	٣,٠
,٩٥	,٤٦	,٤٤	,٣٢	,٤٠
١,٢٥	,٥٥	,٥٣	,٥١	,٤٩
١,٨٠	,٦٥	,٦٣	,٦١	,٥٩
٢,٥٠	,٧٠	,٦٨	,٦٦	,٦٤
٣,٧٥	,٧٦	,٧٤	,٧٢	,٧٠
٥,٠٠	,٧٩	,٧٧	,٧٥	,٧٣
٧,٥٠	,٨٤	,٨٢	,٨٠	,٧٨
١٥,٠٠	,٩٠	,٨٨	,٨٦	,٨٤

وتتلخص طريقة معهد الخرسانة الأمريكى فى الخطوات التالية :

١ ـ يؤخذ قوام الخرسانة (عبارة عن الهبوط الملائم لظروف صب هذه الخرسانة من الجدول رقم (١)

٢ ـ يختار المقاس الاعتبارى الأكبر المناسب للمنشأ من جدول رقم (٢)

٣ ـ تعين نسبة الماء فى الخلطة (لتر / م^{٣} خرسانة) من الجدول رقم (٣) وذلك بدلالة الهبوط والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام السابق معرفتها من الجدولين (١) ، (٢) وكذلك تعين النسبة المئوية للهواء المحبوس فى الخرسانة ذات الهواء المحبوس من جدول رقم (٣) .

٤ ـ تحدد نسبة الماء للأسمنت (م/س) من الجدول رقم (٤) .
لتعطى مقاومة ضغط بعد ٢٨ يوم معلومة القيمة .

٥ ـ يحسب محتوى الأسمنت بقسمة محتوى الماء على م/س (جدول ٣ على جدول ٤)
أى محتوى الأسمنت = محتوى الماء ÷ م/س
= م ÷ م / س

٦ ـ بمعلومية كل من معايير النعومة للرمل والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام جدول (٢)
يمكن معرفة حجم الركام الكبير اللازم وذلك من الجدول رقم (٥)

٧ ـ يتم حساب الحجم المطلوب للركام الصغير (الرمل) من المعادلة .
حجم الرمل = الحجم الكلى للخرسانة – (الحجم المطلوب للأسمنت + حجم الركام الكبير + حجم الماء + حجم الهواء) وتحسب على أساس أن الركام الكبير جاف .

مثال :ـ

تصميم خلطة خرسانية لبلاطات وكمرات وأعمدة مسلحة مقاومة الخرسانة المتصلدة المطلوبة بعد ٢٨ يوما ٣٥٠ كجم .

الحل :ـ

هبوط القوام = ٧,٥ من جدول رقم (١)
المقاس الاعتبارى الأكبر للركام = ٣,٧٥ سم من جدول رقم (٢)
كمية الماء المستعمل للمتر المكعب خرسانة = ١٧٨ لتر / م^{٣}

نسبة الهواء المحبوس المحتمل وجوده = ١٪ من جدول رقم (٣)

نسبة م / س = ٢٢,٢٠ لتر شيكارة من جدول رقم (٤)

عدد شكاير الأسمنت

$$= \frac{\text{محتوى الماء}}{\text{م / س}} = \frac{١٧٨}{٢٢,٢} = ٨ \text{ شيكارة / م}^٣ \text{ خرسانة}$$

اذا كان معاير النعومة للرمل = ٢,٦

حجم الركام الكبير لكل وحدة حجوم خرسانة = ٠,٧٤ م^٢ / م^٣ خرسانة من جدول رقم (٥)

وزن الركام الكبير = ٠,٧٤ × ١٦٠٠ = ١١٨٤ كجم

(حيث أن الوزن الحجمى للركام الكبير = ١٦٠٠ كجم / م^٣)

$$\text{الحجم المطلق للركام الكبير} = \frac{\text{وزن الركام الكبير}}{\text{كثافته}} = \frac{١١٨٤}{٢,٦٨} = ٤٤٢ \text{ لتر / م}^٣ \text{ خرسانة}$$

الحجم المطلق للهواء المحبوس = ١٠٠٠ × ٠,٠١ = ١٠ لتر

الحجم المطلق للركام الصغير = ١٠٠٠ - (١٢٧ + ١٧٨ + ٤٤٢ + ١٠) = ٢٤٣ لتر

وزن الركام الصغير = الحجم × كثافة

= ٢٤٣ × ٢,٦٥ = ٦٤٤ كجم

نسب خلط المكعب من الخرسانة بالوزن

ماء	أسمنت	رمل	زلط
١٧٨ لتر	٤٠٠ كجم	٦٤٤ كجم	١١٨٤ كجم

٣ - بيانات معهد أبحاث الطرق بانجلترا

وهى باختصار شديد طريقة تعتمد على تحديد اجهاد التصميم (مقاومة ضغط الخرسانة بعد ٢٨ يوم ومنه يتم تحديد نسبة الماء الى الأسمنت (م/س) من منحنى مقارنة الضغط ونسبة م/س

وأيضا من عدة منحنيات تستطيع تحديد نسبة الركام الى الأسمنت وبالتالى تحدد نسب الخلط .

٤ - بيانات معمل المواد بهندسة عين شمس

قام معمل المواد بهندسة عين شمس بعمل تجارب فى تصميم الخلطات الخرسانية على أساس المساحة السطحية للركام وتوصل الى مجموعة من الرسومات البيانية والجداول تحدد

العلاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة والمساحة السطحية للركام الخليط وذلك لدرجات مختلفة من القابلية للتشغيل (عالية ـ متوسطة ـ منخفضة) ولمحتوى الأسمنت المختلف (٢٠٠ ـ ٣٠٠ ـ ٣٥٠ ـ ٤٠٠ ـ ٤٥٠ كجم/ م^{٣} من الخرسانة) .

(ز) طريقة نسبة الفراغات الى الأسمنت

وهى مبنية على أساس نظرية نسبة الفراغات الى الأسمنت وكمية الفراغات الموجودة فى المونة .

٣ ـ تأثير قياس مواد الخلطة على الخرسانة

(أ) العوامل المؤثرة على جودة الأعمال الخرسانية

تعتمد مقاومة الخرسانة المتصلدة على متغيرات وعوامل عديدة فالتغير فى نوع مواد الخلطة الخرسانية أو التغير فى كمياتها أو ـ تدرجها وغيرة يحدث أكبر الأثر على المقاومة النهائية . ويعتبر الخطأ فى طريق قياس المواد المكونة للخلطة الخرسانية من أهم العوامل التى تؤثر على مقاومة الخرسانة .

وقد تم تقدير أثر العوامل المختلفة على مقاومة الخرسانة كما يلى :

١ ـ التغير فى نوع الأسمنت يتسبب فى ± ١٥٪ فى مقاومة الخرسانة .
٢ ـ التغير فى تدرج الركام الصغير والركام الكبير يتسبب فى تغير ± ١٠٪
٣ ـ الخطأ فى تقدير كمية ماء الخلط تعرض الخرسانة للتغير فى مقاومتها
٤ ـ الدمك غير الكامل للخرسانة يؤدى أحيانا الى خفض فى مقاومتها يصل الى ٤٠٪ ولا يظهر هذا النقص فى المكعبات الاختبارية (حيث يتم دمكها بطريقة قياسية ثابتة) .
٥ ـ يحدث تذبذب فى مقدار مقاومة الخرسانة تبعا لدرجات المراقبة التى تتعرض لها الخرسانة فى المراحل المختلفة .

(ب) طرق القياس المختلفة

يمكن تقسيم العمل فى الطبيعة لدرجات ثلاثة تبعا للطريقة المتبعة فى قياس المواد المكونة للخلطة الخرسانية .

١ ـ حالات جيدة

وفيها يقاس الأسمنت بالوزن ويقاس الركام الصغير والركام الكبير بالحجم وذلك باستخدام أوعية قياسية عميقة وذات قطاع صغير وتملأ بطريقة ثابتة ويمكن قياس الزيادة الحجمية للركام الصغير .

٢ ـ حالات عادية

وفيها يقاس الأسمنت بالوزن والركام الصغير والكبير بالحجم بأوعية قصيرة (غير عميقة) وذات قطاع كبير تعرف باسم صناديق القياس ولا يعمل حساب الزيادة الحجمية للركام الصغير .

٣ ـ حالات رديئة

وفيها يقاس الأسمنت والركام الصغير والركام الكبير بالحجم فى أوعية قصيرة ولها قطاع كبير وتملأ الى علامة قبل نهاية الوعاء ولا تعمل محاولة لتسوية السطح .

وقد وجد أن الأخطاء فى نسبة الخلطات فى الحالة الأولى لا تزيد عن ± ١٪
ووجد أن الأخطاء فى الحالات العادية من ± ١٪ ـ ± ٥٪
ووجد أن الأخطاء فى الحالات الرديئة تصل الى ± ١٠٪

والجدول التالى يوضح الخطأ المناظر للطريقة المستخدمة فى قياس مواد الخلطة الخرسانية مع ذكر الأسباب المؤدية للأخطاء حتى يمكن تلافيها .

طريقة تقدير المواد	المواد	أسباب الأخطاء	التقدير المنتظر للخطأ	ملاحظات
بالوزن	جميع المواد	أخطاء عادية أثناء الانشاء عند استخدام الوزن	± ١ ٪	
بالحجم فى أوعية خاصة تملأ لنهايتها	للركام الكبير والصغير	أخطاء فى تقدير مستوى الملء التغير فى درجة الدمك	± ١ ٪	
بالحجم فى أوعية خاصة بها علامة للملء قبل نهاية الوعاء	الركام الصغير الركام الكبير	الأخطاء فى تقدير مستوى الملء	من ٥٪ الى ١٠ ٪	
بالحجم	للأسمنت	التغير فى درجة الدمك تغير كميات الأسمنت	± ٥٪	

ويوضح الجدول التالى القيم المختلفة للأخطاء المناظرة لطرق قياس المواد

المادة	أكبر خطأ منتظر كنسبة مئوية			
	قياس المواد	قياس الأسمنت بالوزن وباقى المواد بالحجم		قياس كل المواد بالحجم
	بالوزن	حالات جيدة	حالات عادية	الحالات الرديئة
أسمنت	± ١	± ١	± ١	± ٢٠
ركام صغير	± ١	± ٢	± ١٠	± ٢٠
ركام كبير	± ١	± ٢	± ٥	± ١٠
مـاء	± ١	± ٢ - ± ٣	± ١٠ - ± ١٥	± ١٠ - ± ٢٠

(جـ) تأثير أخطاء طرق القياس على مقاومة مكعبات الخرسانة

وفيما يلى بعض النتائج المستخلصة نتيجة أخطاء طرق القياس على مقاومة المكعبات :

١ ـ فى حالة قياس كل المواد بالوزن أو قياس الأسمنت بالوزن وباقى المواد بالحجم بدقة فان التغير فى مقاومة المكعبات نتيجة أخطاء القياس يكون صغير جدا .

٢ ـ فى حالة قياس الأسمنت والركام والماء بالحجم والملء بالطرق العادية فان تأثرها على تغير مقاومة المكعبات يكون كبير .

٣ ـ اذا كانت نسبة الخطأ فى نسبة الماء / الأسمنت ثابتة فان التغير فى مقاومة الخرسانة يزيد بزيادة متوسط نسبة الماء / الأسمنت .

ماتم اصداره من سلسلة دليل المهندس

١ ـ الأسمنت	نوفمبر عام ١٩٨٧ م
٢ ـ الركام	ديسمبر عام ١٩٨٧ م
٣ ـ حديد التسليح	مارس عام ١٩٨٨ م
٤ ـ ماء الخلط	سبتمبر عام ١٩٨٨ م
٥ ـ تصميم الخلطة الخرسانية (طبعة أولى)	مارس عام ١٩٨٩ م

فى الطريق اليك :

- الخرسانة الطازجة
- الاضافات الخرسانية
- المواد العازلة