



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والإنشاءات
فرع البناء وإدارة المشاريع

مقارنة في تصميم الخلطات الخرسانية بالطريقتين الأمريكية والبريطانية

مشروع سنوي مقدم إلى
الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والإنشاءات فرع البناء وإدارة المشاريع
وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في
علوم هندسة البناء والإنشاءات

من قبل

زهراء عبد الرضا عبد الأمير

بإشراف

م.م. ميس فؤاد الربيعي

أ.د. شاكر أحمد المشداني

1431 هـ

2010 م

١٠/١٢



بناء

٨

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ (١)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(٢)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سورة الجمعة (١ و ٢)

الهدى

الى من اخلصوا لله فاستخلصهم الله لنفسه.....

الى الادلاء على الصراط المستقيم، وسفراء الله الى خلقه.....

الى من استنقذنا الله وارشدنا بهم من الضلال.....

الى مظاهر اسماء الحق في خلقه.....

الى رسل الله وانبيائه وحججه جميعا.....

الى من اوانى بها ربي امي.....

اليكم اهدي ثمرة جهدي المتواضع.....

شكر وتقدير

احمد الله واشكره على ان مكنتني من اتمام هذا المشروع . وبعد شكر الله تعالى اتقدم بالشكر
الجزيل وخالص التقدير الى الاستاذ الفاضل الدكتور شاكر احمد المشهداني والست ميس
فؤاد الربيعي لتفضلهم بالاشراف على المشروع وامدادي بالتوجيهات السديدة والاقتراحات
القيمة والمساعدات الجلية .

كما اود ان اقدم شكري وتقديري الى رئاسة قسم هندسة البناء والانشاءات وفرع البناء
وادارة المشاريع لتفضلهم لقبول هذا المشروع .

الخلاصة

إن انتاج ايه خلطة خرسانية يجب ان تسبق بعملية تصميم إذ ان تصميم الخلطة الخرسانية المناسبة سيولد لنا القابلية للتشغيل المطلوبة بالنسبة للخرسانة الطرية بالإضافة الى المتانة والقوة اللازميتين عند تصلب الخرسانة وباقل كلفة ممكنة .

تم انتاج اربعة خلطات خرسانية بمستويين للمقاومة وبطريقتي تصميم (الامريكية والبريطانية) .

تم اجراء فحص الهطول على الخرسانة الطرية ولكل الخلطات الخرسانية واجراء فحص مقاومة الانضغاط وفحص مقاومة شد الانشطار للنماذج المكعبة والاسطوانية وبالاعمار (7 , 14 و 28) يوماً وايجاد مقدار الحيود بين النتائج المستحصلة مختبرياً عن النتائج التصميمية وتبين ان الطريقة البريطانية في التصميم اعطت مقاومة انضغاط اعلى من المقاومة التصميمية بمقدار (6 %) على الاقل بينما كان مقدار الحيود في الخلطة الامريكية بمقدار (4- %) .

فهرست المواضيع

رقم الصفحة	الموضوع	الفقرة
	الفصل الأول : مقدمة عامة عن الخرسانة وتصميم الخلطات الخرسانية	
5	تمهيد	1 - 1
6	أهمية وهدف المشروع	2 - 1
7	خطة المشروع	3 - 1
7	محتويات المشروع	4 - 1
	الفصل الثاني : تصميم الخلطات الخرسانية	
10	مقدمة	1 - 2
12	العوامل المؤثرة على نسب الخلط	2 - 2
12	المقاومة	1 - 2 - 2
12	السيطرة النوعية	2 - 2 - 2
12	المتانة	3 - 2 - 2
13	قابلية التشغيل	4 - 2 - 2
13	المقياس الأقصى للركام	5 - 2 - 2
13	التدرج ونوع الركام	6 - 2 - 2
14	الطريقة البريطانية في تصميم الخلطات الخرسانية	3 - 2
20	الطريقة الأمريكية في تصميم الخلطات الخرسانية	4 - 2
23	مقارنة بين الطريقة البريطانية والأمريكية	5 - 2
	الفصل الثالث : الجانب العملي	
24	مقدمة	1 - 3
24	المواد المستخدمة	2 - 3
24	السمنت	1 - 2 - 3
26	الركام الناعم	2 - 2 - 3
26	الركام الخشن	3 - 2 - 3
27	الخلطات المقترحة إنتاجها	3 - 3
27	إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة متوسطة (25 نت/ملم ²) وفق الطريقة البريطانية لتصميم الخلطات الخرسانية	1 - 3 - 3
28	إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة عالية (45 نت/ملم ²) وفق الطريقة البريطانية لتصميم الخلطات الخرسانية	2 - 3 - 3
29	إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة متوسطة (25 نت/ملم ²) وفق الطريقة الأمريكية لتصميم الخلطات الخرسانية	3 - 3 - 3
30	إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة عالية (45 نت/ملم ²) وفق الطريقة الأمريكية لتصميم الخلطات الخرسانية	4 - 3 - 3
31	الفحوصات المختبرية	4 - 3
31	الهطول	1 - 4 - 3
32	مقاومة الإنضغاط	2 - 4 - 3
33	الشد الغير المباشر	3 - 4 - 3

رقم الصفحة	الموضوع	الفقرة
	الفصل الرابع : النتائج والمناقشة	
34	مقدمة	1 - 4
34	الهطول	2 - 4
34	مقاومة الإنضغاط	3 - 4
36	مقاومة شد الإنشطار	4 - 4
39	الفصل الخامس : الإستنتاجات والتوصيات	
42	المصادر	

فهرست الجداول

الرقم	التفاصيل	رقم الصفحة
	الفصل الثاني	
جدول (1-2)	مقاومة الإنضغاط التقريبية (نت/ملم ²) لخلطات ذات نسبة ماء طليق / سمنت مقدارها (0.5)	15
جدول (2-2)	محتوى الماء الطليق (كغم/م ³) اللازم لإعطاء مختلف مستويات قابلية التشغيل	16
جدول (3-2)	القيم التقريبية لمتطلبات الماء ومحتوى الهواء لمقادير مختلفة من الهطول والمقاسات القصوى الاسمية للركام	20
جدول (4-2)	العلاقة بين نسبة الماء/السمنت ومقاومة الإنضغاط	21
جدول (5-2)	حجم الركام الخشن لكل وحدة حجم من الخرسانة	22
جدول (6-2)	التقدير الأولي لوزن الخرسانة الطرية	23
	الفصل الثالث	
جدول (1-3)	الخواص الفيزيائية والكيميائية للسمنت	25
جدول (2-3)	تدرج الركام الناعم المستعمل	26
جدول (3-3)	خواص الركام الخشن المستعمل	26
	الفصل الرابع	
جدول (1-4)	الهطول لكافة الخلطات الخرسانية	34
جدول (2-4)	مقاومة الإنضغاط لكافة الخلطات الخرسانية	35
جدول (3-4)	مقاومة الشد لكافة الخلطات الخرسانية	36

فهرست الأشكال

الرقم	التفاصيل	رقم الصفحة
	الفصل الأول	
شكل (1-1)	شكل إنسيابي لبرنامج البحث	9
	الفصل الثاني	
شكل (1-2)	العلاقة بين نسبة الماء/ السمنت ومقاومة الإنضغاط (نت/ملم ²)	18
شكل (2-2)	العلاقة بين محتوى الماء الطليق والكثافة الرطبة لخليط الخرسانة كغم/م ³	18
شكل (2-3-أ)	المقاس الأقصى (10) ملم	19
شكل (2-3-ب)	المقاس الأقصى (20) ملم	19
شكل (2-3-ج)	المقاس الأقصى (40) ملم	19
	الفصل الثالث	
شكل (1-3)	جهاز فحص الإنضغاط	32
شكل (2-3)	أسلوب فحص النماذج لحساب مقاومة الشد الغير المباشر	33
	الفصل الرابع	
شكل (1-4)	العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والعمر .	35
شكل (2-4)	العلاقة بين مقاومة شد الإنشطار والعمر .	37
شكل (3-4)	أشكال الفشل في النماذج لجميع الخلطات	38

الفصل الأول

مقدمة عامة عن الخرسانة وتصميم الخلطات الخرسانية

1.1 : تمهيد :

لعبت الخرسانة دوراً مهماً في الحضارات العالمية وتطور إستعمالها في القرن الأخير سريعاً وذلك كون أن المواد السمنتية على شكل مونة أو خرسانة تعتبر جذابة للإستعمال كمواد إنشائية لأنها رخيصة الثمن وذات ديمومة ولها مقاومة إنضغاط مناسبة وجساءة ملائمة للإستعمالات الإنشائية بالإضافة إلى ذلك فإنها في الحالة الطرية تكون سهلة التشكيل في القوالب مما يجعل بالإمكان تصنيع الأشكال المعقدة. أما سلبياتها فتعود إلى خواصها القصيفة من ضعف لمقاومة الشد والصدمات وسرعة تأثرها بحركة الرطوبة .

كما وتعد الخرسانة من المواد الأساس في تنفيذ المشاريع الإنشائية حيث يتم إنتاجها بكميات ضخمة يومياً في مختلف أنحاء العالم نظراً لما تتميز به من خواص تتفرد بها عن بقية المواد ولهذا كان من الضروري الإهتمام بطرق وأساليب تصميمها لضمان إنتاج الخرسانة بالكمية والجودة المطلوبة وفي الوقت المناسب .

ومن الواضح أن الخرسانة قد أصبحت من أكثر المواد البنائية إنتشاراً ويتوقع أن تبقى كذلك لسنوات عديدة قادمة .

إن العوامل المسببة لإنتشارها بكميات كبيرة جداً في قطاع التشييد كثيرة منها :

1- توفر المواد الأولية في مختلف مواقع الأعمال أو قريباً منها وسهولة إيصالها ونقلها .

2- خواصها الهندسية المتعددة والجيدة بشكل عام وديمومتها الجيدة وهذا يعني تعدد

الإستعمالات .

3- إمكانية التحكم في الخواص الهندسية وإنتاج الخرسانة حسب ما هو مطلوب لكل حالة

وهذا يعني حرية الإنتقاء وإنتاج المناسب للحاجة . [1]

إن تحديد خواص الخرسانة تتم من قبل مصمم المنشأ بالإضافة إلى أن خواص الخرسانة تتبع نوع المنشأ وأسلوب الوضع والنقل المتوفر لتلك الخرسانة ويمكن تلك المتطلبات المهندسة من تحديد مكونات الخلطة مع ملاحظة درجة السيطرة المتوفرة في الموقع . [2]

وبذلك يمكن تعريف تصميم الخلطة الخرسانية على أنها عملية تحديد نسب الخلط بين المواد المختلفة للخرسانة وأن نسب الخلط هذه تختلف اعتماداً على العوامل المؤثرة على الخرسانة ومتطلبات المواصفات لتكون الخلطة مطابقة لمواصفات معينة وحاصلة على الحد الأدنى من الخواص الأخرى . آخذين بنظر الاعتبار أن يكون الخليط ذا إقتصادية معقولة وبالخواص المحددة . أي عدم تفضيل أحد العنصرين الكلفة والمواصفات على الآخر .

أي أن لإنجاح أي خلطة خرسانية يجب أن تسبق الخلطة دراسة كافية لكل عنصر من عناصر الخلطة (السمنت ، الرمل ، الحصى والماء) والمضافات الأخرى إن وجدت . وهذا لن يؤدي إلى فهم العمليات التي ستتم في الخلطة فحسب ولكنه سوف يؤدي إلى الحصول على نتائج أكثر دقة على الرغم من أن هناك عوامل عديدة تؤثر على التصميم كشكل الركام وحجمه وطبيعة العمل وقابلية التشغيل وطريقة الخلط وتوفر المواد ودرجة الحرارة حيث يتم مراعاة تحديد المكونات بحيث تغطي كل حبات الركام بالسمنت وبحيث تتخل الحبيبات الأصغر حجماً في الفراغات الأكبر حجماً وبحيث تعطي الخرسانة القوة المطلوبة واللونة اللازمة وأن تكون غير منفذة ومتينة وقوية ومقاومة للعوامل الجوية . [3]

2.1 : أهمية وهدف المشروع :

نتيجة لأهمية الخرسانة والتي إكتسبتها من مميزاتها ومواصفاتها ، ولأنها تعد واحدة من أهم متطلبات قطاع التشييد يتم في هذا المشروع دراسة تصميم الخلطات الخرسانية وإنتاج خلطات خرسانية بمستويين للمقاومة وفقاً لطريقتين ، الطريقة الأمريكية والبريطانية والمقارنة بسين

النتائج النظرية والعملية ومن ثم إيجاد مقدار الحيوود بين النتائج النظرية والنتائج العملية المستحصلة مختبرياً .

3.1 : خطة المشروع :

يتم في هذا المشروع إستخدام الطريقة البريطانية والطريقة الأمريكية لتصميم خلطتين بمستويين مختلفين من المقاومة وهما (25 نت/ملم² ، 45 نت/ملم²) ويتم إستخدام المواد المتوفرة محلياً وإجراء الفحوصات المختبرية للتأكد من مطابقة المواد للمواصفات القياسية العراقية .

يتم إجراء فحوصات الهطول على الخرسانة الطرية وفحوصات مقاومة الإنضغاط ومقاومة شد الإنشطار على الخرسانة المتصلبة وبأعمار (7 ، 14 ، 28) يوماً. وبعد إستحصال كافة النتائج المختبرية يتم إجراء المقارنة بين تلك النتائج والقيم التصميمية وإيجاد مقدار الحيوود بينهما .

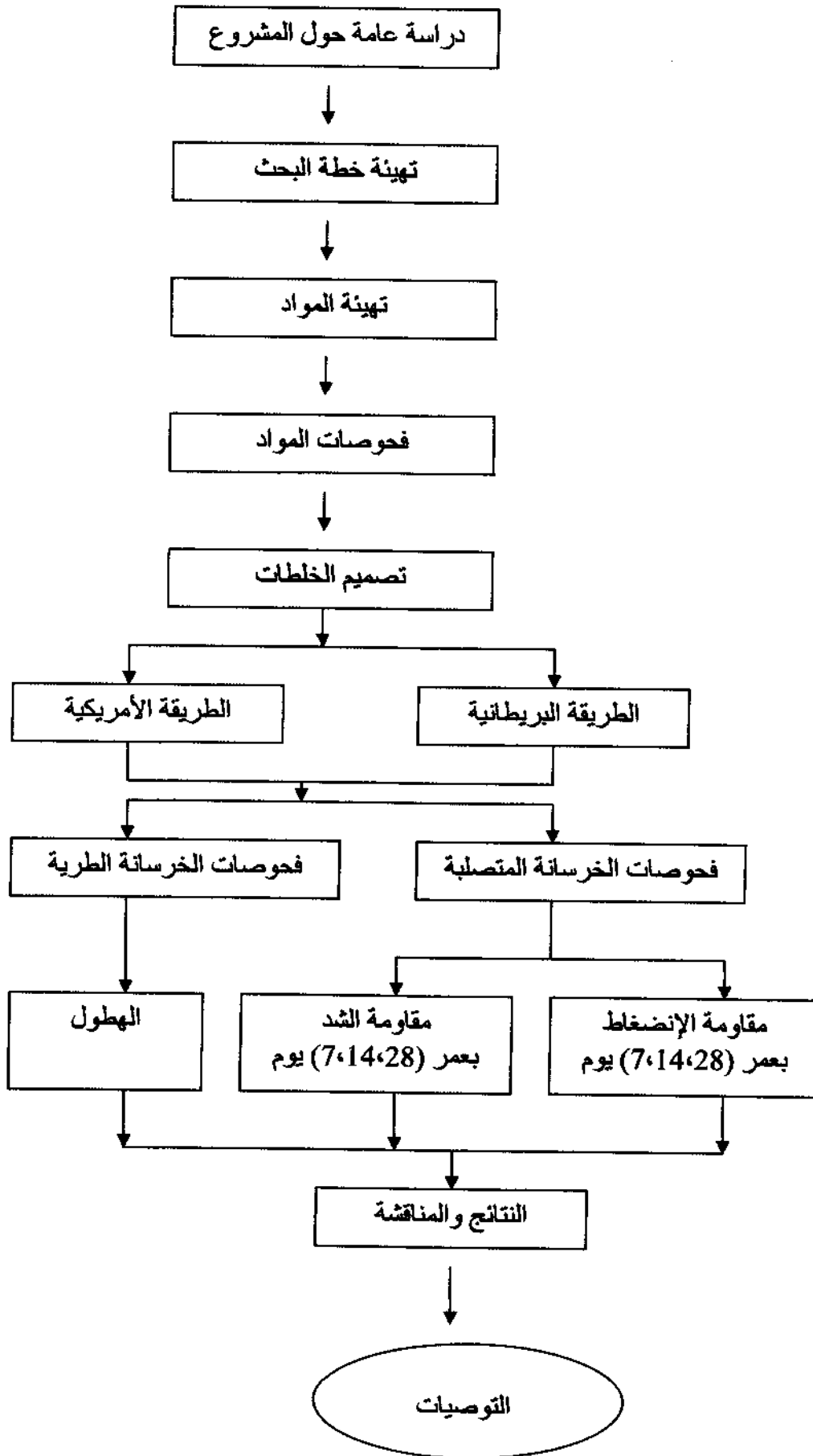
4.1 : محتويات المشروع :

يتضمن المشروع جانبين هما الجانب النظري الذي يتكون من الفصل الأول مقدمة عامة عن المشروع وأهمية وخطة البحث بينما يتضمن الفصل الثاني توضيحاً وافياً لإثنين من أهم طرق تصميم الخلطات الخرسانية وهما الطريقة الأمريكية والبريطانية أما الجانب العملي فيتضمن الفصل الثالث الذي يتناول جانب المواد المستخدمة لإنتاج الخرسانة (السمنت ، الركام الناعم ، الركام الخشن ، الماء) والخلطات المقترحة إنتاجها والفحوصات المختبرية للخرسانة الطرية (فحص الهطول) والخرسانة المتصلبة (مقاومة الإنضغاط ومقاومة شد الإنشطار) .

يتضمن الفصل الرابع النتائج المستحصلة والمناقشة والرسومات البيانية .

أما الفصل الخامس فيتضمن الإستنتاجات والتوصيات التي يتم التوصل إليها من خلال دراسة النتائج المتحصلة ومناقشتها .

يمكن ملاحظة خطوات المشروع بصورة تتابعية من خلال المخطط رقم (1-1) البسيط :



شكل (1-1) المخطط الإنسيابي لبرنامج البحث

الفصل الثاني

تصميم الخلطات الخرسانية

1.2 : مقدمة :

إن الهدف الأساسي من تصميم الخلطات الخرسانية ودراستها هو تحديد أفضل نسبة لمكونات الخلطة لكي تتكامل في عملها وتلبي حاجة العمل المنجز لأجله .

إن مفتاح الحصول على خرسانة قوية ومتينة يقع في نسب الخلط وطريقة الخلط للخليط المشكل للخرسانة . فالخرسانة التي لا تمتلك عجينة سمنتية كافية لملا الفراغات بين الركام من الصعب وضعها في القوالب ورصها وإنهاء سطحها بشكل جيد فضلاً عن تأثير ذلك على مسامية الخرسانة المنتجة وبالتالي مقاومتها وديمومتها .

أما الخليط المحتوي على الكثير من العجينة السمنتية سيكون من السهل وضعه في القوالب بالإضافة إلى حصوله على سطح أملس وناعم مع ذلك سينتج لنا خرسانة عالية الإنكماش وستكون غير إقتصادية بتأناً من ناحية الكلفة . إذاً فإن تصميم الخلطة الخرسانية المناسبة سيولد لنا القابلية للتشغيل المطلوبة بالنسبة للخرسانة الطرية بالإضافة إلى المتانة والقوة اللازمين عند تصلب الخرسانة [4] ويتضح ذلك من أن هناك نقطتين أساسيتين يجب أخذهما بنظر الاعتبار .

1- الكلفة (Cost) :

من المعروف أن كلفة الأعمال الخرسانية تكون أكبر من كلفة المواد والمعدات وأجور العمل وهناك إختلاف عن كلف المواد الداخلة في تكوين الخرسانة وكلفة السمنت تكون أعلى بكثير من كلفة الركام لذا يكون الهدف الطبيعي عند تصميم الخلطة إستعمال كمية أقل من السمنت وضمن الحدود . [1]

2- المواصفات (Specification) :

من المعتاد سابقاً وفي بعض الأحيان تحديد المواصفات الخاصة بالخرسانة نسب كل من السمنت والرمل والحصي في الخلطة الخرسانية وبهذا أنتجت خلطات خرسانية معروفة . إن هذا يجعل المواصفات محددة عند توفير مواد أولية جيدة ولكن في حالة عدم توفر ذلك هنالك احتمالية في عدم الحصول على مقاومة مقبولة باستعمال نسب الخلط المعينة ولهذا السبب في بعض الأحيان أضيف تحديد تدرج الركام وشكل الحبيبات إلى المتطلبات الأخرى ولهذا السبب ليس من الغريب أن تكون الإتجاهات الحديثة للمواصفات أقل تحديداً إذ أنها تضع الحدود الدنيا لعدد من الخواص منها :

1. مقاومة الإنضغاط الدنيا المطلوبة وفق إعتبارات المنشأ المطلوب .
2. الحد الأدنى لنسبة الماء/السمنت أو الحد الأعلى لمحتوى السمنت وبظروف جوية معينة عندما يكون الحد الأدنى لمحتوى الهواء المقصود لإعتبارات المتانة .
3. محتوى السمنت الأقصى لتلافي التشققات الناتجة من الحرارة في الكتل الخرسانية الضخمة ومحتوى السمنت الأقصى لتلافي تشققات الإنكماش وتبين أهمية هذه الفقرة في الخزانات الأرضية وكذلك في الخرسانة الكتلية .

4. أدنى كثافة للخرسانة للمنشآت المتكونة من الكتل الخرسانية الضخمة وتتوضح أهمية هذه النقطة في الخرسانة ذات المواصفات المطلوبة فيها خرسانة ذات كثافة عالية والمستخدمة في المفاعلات النووية . [1]

2 . 2 : العوامل المؤثرة على نسب الخلط :

1. المقاومة (Strength) :

تعتبر المقاومة من أهم خواص الخرسانة المتصلبة علماً أن معدل مقاومة الإنضغاط المطلوبة بعمر معين تتحدد بنسبة الماء/السمنت في الخليط وبما أن نوع السمنت المستعمل يؤثر على معدل سرعة التصلب فلا بد من الإشارة إلى نوع السمنت .

إن التصميم الإنشائي يستند على إفتراض الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة ولكن المقاومة الفعلية للخرسانة في موقع العمل أو المختبر متغيرة . لهذا يجب أن يكون معدل المقاومة أعلى من الحد الأدنى المطلوب عند التصميم . [5]

2. السيطرة النوعية (Quality Control) :

إن للسيطرة النوعية أهمية كبيرة لتحديد الفرق بين الحد الأدنى ومعدل المقاومة للخرسانة ويقصد بذلك السيطرة الدقيقة على خواص المواد الأولية الداخلة في تركيب الخرسانة أو السيطرة على العمليات التي تؤثر على مقاومة الخرسانة كتحديد كمية الخرسانة وعملية الخلط ونقل ووضع الخرسانة في الوضع المطلوب إضافة إلى طريقة معالجتها وفحصها . [5]

3. المتانة (Durability) :

إن الخرسانة ذات المقاومة المطلوبة يجب أن تكون متينة في الظروف الطبيعية لذا يجب أن يتم تحديد نسبة الماء/السمنت للحصول على المقاومة المطلوبة ولإنتاج خرسانة ذات مواصفات معينة المتانة يجب تحديد الحد الأدنى لمحتوى السمنت في الظروف التي تتعرض لها الخرسانة وكذلك يتم تحديد نوعية السمنت المستخدم . [5]

4. قابلية التشغيل (Workability) :

من الضروري إنتاج خلطة خرسانية ذات قابلية تشغيل مرضية لتسهيل مناولة ووضع الخرسانة من مكانها حيث تعتمد قابلية التشغيل على عاملين هما :

- (1) حجم المقطع المطلوب صب الخرسانة فيه والمسافة بين قضبان حديد التسليح .
- (2) رص الخرسانة وبغية إنتاج خرسانة ذات قابلية تشغيل مقبولة يتم تحديد كمية الماء المطلوبة والتي تعتمد على المواد الداخلة في الخلطة والمقاس الأقصى للركام وإن زيادة كمية الماء تعني زيادة قابلية التشغيل وبنفس الوقت تقلل من المقاومة وللحصول على المقاومة المطلوبة يجب زيادة السمنت وأن زيادة السمنت تعني زيادة الكلفة لذا يجب الموازنة بين كمية الماء لكي تكون الخلطة متجانسة وذات كلفة مقبولة . [5]

5. المقاس الأقصى للركام (Maximum Size of Aggregation) :

يتم تحديد المقاس الأفضل للركام اعتماداً على ما يلي :

- (1) عرض المقطع (أقل بعد) والمسافة بين قضبان التسليح .
 - (2) سمك الصبة إن تحسين خواص الخرسانة بزيادة المقاس الأقصى المستعمل يحصل ضمن حدود معينة لايتجاوز مقاس (40) ملم وبهذا فإن إستعمال الركام بمقاسات كبيرة لا يكون مفيداً
- إختيار المقاس الأقصى يعتمد أيضاً على توفر المواد وكلفتها . [5]

6- التدرج ونوع الركام (Grading and Type of Aggregate) :

لإنتاج خرسانة ذات قابلية تشغيل ومقاومة جيدة يجب أن يكون الركام المستخدم ذو تدرج جيد لإنتاج خرسانة خالية من من الفراغات وذات كثافة ومقاومة جيدة لأنه في حالة إستخدام الركام الغير جيد التدرج فإنه سوف يؤثر على متانة الخرسانة وكذلك على مقاومة الخرسانة ونتم تعويض المقاومة بإضافة السمنت وهذا يعني زيادة الكلفة .

في الركام الخشن يمكن الحصول على تدرج منتظم بصورة بسيطة وذلك بإستعمال جملة ركام منفصلة لكل جزء من المقاس ومع ذلك يتطلب هذا عناية كبيرة للمحافظة على إنتظام تدرج الركام الناعم ولهذا أهمية خاصة عندما يحدد محتوى الماء في الخليط من قبل مشغل الخلطة على أساس قابلية تشغيل ثابتة ، بالإضافة إلى تدرج الركام المنتظم يجب الأخذ بنظر الإعتبار كذلك تأثير نوع الركام وذلك لكون الملمس السطحي والشكل يؤثر بدرجة كبيرة على نسبة (الماء / السمنت) ولذلك يكون من الضروري عند تقييم الخلطة معرفة نوع الركام المتوفر. [5]

3.2 الطريقة البريطانية في تصميم الخلطات الخرسانية [6]

(Building Research Establishment Method)

هذه الطريقة معتمدة من قبل مركز بحوث البناء في المملكة المتحدة والأسلوب المتبع يربط بين العوامل المختلفة وتأثيراتها على تصميم الخلطة وأن المعلومات الأولية مقسمة إلى صنفين هما:

أ - متغيرات معينة تكون قيمتها ثابتة محددة من المواصفات المطلوبة في الخلطة .

ب- معلومات إضافية تكون متوفرة بصورة إعتيادية لمنتج الخلطة الخرسانية .

إن هذه المعلومات الأولية تستعمل بالإقتران مع المعلومات المرجعية والتي يعبر عنها بهيئة أشكال أو جداول بغية تقدير عدد من القيم المشتقة والتي عادة تكون مقسمة إلى قسمين أيضاً هما :

أ - المتغيرات في الخلطة والتي يكون العديد منها بهيئة خطوة وسطية لتقدير الصنف التالي - ب -

ب - نسب الخلط النهائية والتي تعرف بوزن المواد لإنتاج متر مكعب واحد من الخرسانة المرصوفة .

ولغرض توضيح تسلسل العمليات المتبعة عند تصميم خليط ذو مقاومة إنضغاط معينة ولتسهيل عملية الرجوع إلى المصدر فإن عمليات الإنسياب منقسمة إلى عدة مراحل وكل مرحلة تعامل وجهة معينة للتصميم وتنتهي بمتغير للخلطة أو نسب الخلطة النهائية وهي :

المرحلة الأولى / تعالج مقدار المقاومة المستهدفة مؤدية إلى تحديد نسبة (w/c) .

المرحلة الثانية / تعالج قابلية التشغيل مؤدية إلى تحديد محتوى الماء الطليق .

المرحلة الثالثة / تربط نتائج المرحلة الأولى والثانية لتعطي محتوى السمنت في الخليط .

المرحلة الرابعة / تقدير محتوى الركام الكلي في الخلطة .

المرحلة الخامسة / تعالج أسلوب تحديد محتوى كل من الركام الخشن والناعم في الخليط .

3.2 : المرحلة الأولى : إختيار نسبة الماء / السمنت المطلوب

أ- هناك طرق لتحديد معدل القيمة المستهدفة للمقاومة المعينة وهي طريقة الإنحراف المعياري

وقد تم إعتداد مقاومة مستهدفة مقدارها (25 نت/ملم² ، 45 نت/ملم²) في هذا البحث .

ب- من جدول رقم (1-2) يتم إختيار مقاومة الإنضغاط التقريبية (نت/ملم²) لخلطات ذات نسبة ماء طليق / سمنت بالإعتماد على نوع السمنت ونوع الركام الخشن .

ج- إستعمال شكل رقم (1-2) وقيمة مقاومة الإنضغاط التقريبية المحسوبة في الفقرة (ب) ومعدل المقاومة المستهدفة من الفقرة (أ) يتم حساب نسبة الماء / السمنت .

جدول رقم (1-2) مقاومة الإنضغاط التقريبية (نت / ملم²) لخلطات ذات نسبة

ماء طليق / سمنت مقدارها (0.5)

مقاومة الإنضغاط (نت / ملم ²) العمر بالأيام				نوع الركام	نوع السمنت
91	28	7	3	الخشن	
49	42	30	22	غير مكسر	البورتلاندي الإعتيادي أو البورتلاندي المقاوم للكبريتات
56	49	36	27	مكسر	
54	48	37	29	غير مكسر	البورتلاندي السريع التصلب
61	55	43	34	مكسر	

3.2 : المرحلة الثانية : تقدير محتوى الماء الطليق

حسب متطلبات قابلية التشغيل المحددة بمقدار الهطول أو وقت (vebe) والمقاس الأقصى للركام (ملم) وإعتماداً على جدول رقم (2-2) يتم تحديد محتوى الماء الطليق في الخلطة الخرسانية إعتماداً على نوع الركام مكسر أم غير مكسر .

جدول رقم (2-2) محتوى الماء الطليق (كغم / م³) اللازم لإعطاء مختلف مستويات قابلية التشغيل

محتوى الماء الطليق (كغم / م ³)					الركام	
180-60	60-30	30-10	10-0	الهطول (ملم)	النوع	المقاس الأقصى (ملم)
3-0	6-3	12-6	أقل من 12	زمن VB ثا		
225	205	180	150		غير مكسر	10
250	230	205	180		مكسر	
195	180	160	135		غير مكسر	20
225	210	190	170		مكسر	
175	160	140	115		غير مكسر	40
205	190	175	155		مكسر	

3.2 : المرحلة الثالثة : تقدير محتوى السمنت .

يتم حساب محتوى السمنت المطلوب في الخلطة إعتماداً على المعلومات المحسوبة من المرحلة الأولى والمرحلة الثانية وعن طريق المعادلة التالية :

$$Cc = \frac{w}{c} \quad \dots\dots\dots [2-1]$$

حيث أن :

Cc : محتوى السمنت في الخليط .

w : محتوى الماء الطليق من المرحلة الثانية .

w/c : نسبة الماء / السمنت المحسوب من المرحلة الأولى .

3.2 : المرحلة الرابعة : محتوى الركام الكلي

من الشكل رقم (2-2) وإعتماداً على محتوى الماء الطليق (كغم / م³) والكثافة النسبية (الوزن النوعي) للركام يمكننا إستخراج كثافة الخرسانة المرصوفة كلياً .
وإعتماداً على كثافة الخرسانة المرصوفة كلياً وبإستعمال المعادلة التالية يتم إيجاد محتوى الركام الكلي في الخلطة الخرسانية (على أساس ركام مشبع جاف السطح) .

$$Total\ a. = D\ wet - (C\ c + w) \quad \dots\dots\dots [2-2]$$

حيث أن :

$Total\ a.$: المحتوى الكلي للركام (مشبع جاف السطح) .

$D\ wet$: الكثافة الرطبة للخرسانة المرصوفة .

$C\ c$: وزن السمنت .

w : وزن الماء .

2.2 : المرحلة الخامسة : إختيار محتوى الركام الناعم والخشن .

بإستعمال الأشكال (2-3 ، 3 ، ب ، ج) وإعتماداً على كل من (المقاس الأقصى للركام ومقدار الهطول ونسبة الماء الطليق / السمنت) يتم إستخراج محتوى الركام الناعم كنسبة مئوية من الركام الكلي المحسوب في المرحلة الرابعة حيث يتم إستخراج محتوى كل من الركام الناعم والخشن حسب المعادلتين التاليتين :

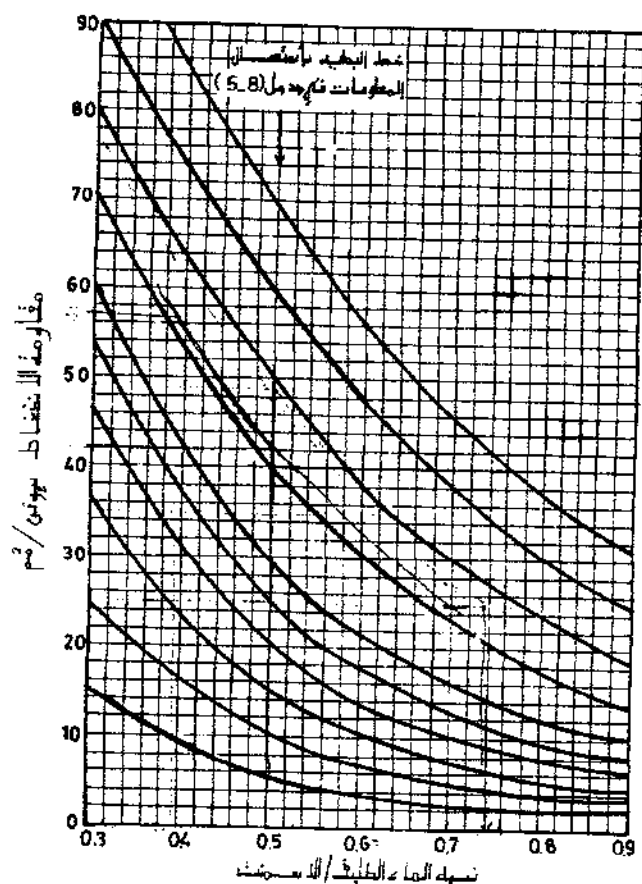
$$F.a = \% \text{ From fig (2-3) } * Total\ a. \quad \dots\dots\dots [2-3]$$

$$C.a = Total\ a - F.a \quad \dots\dots\dots [2-4]$$

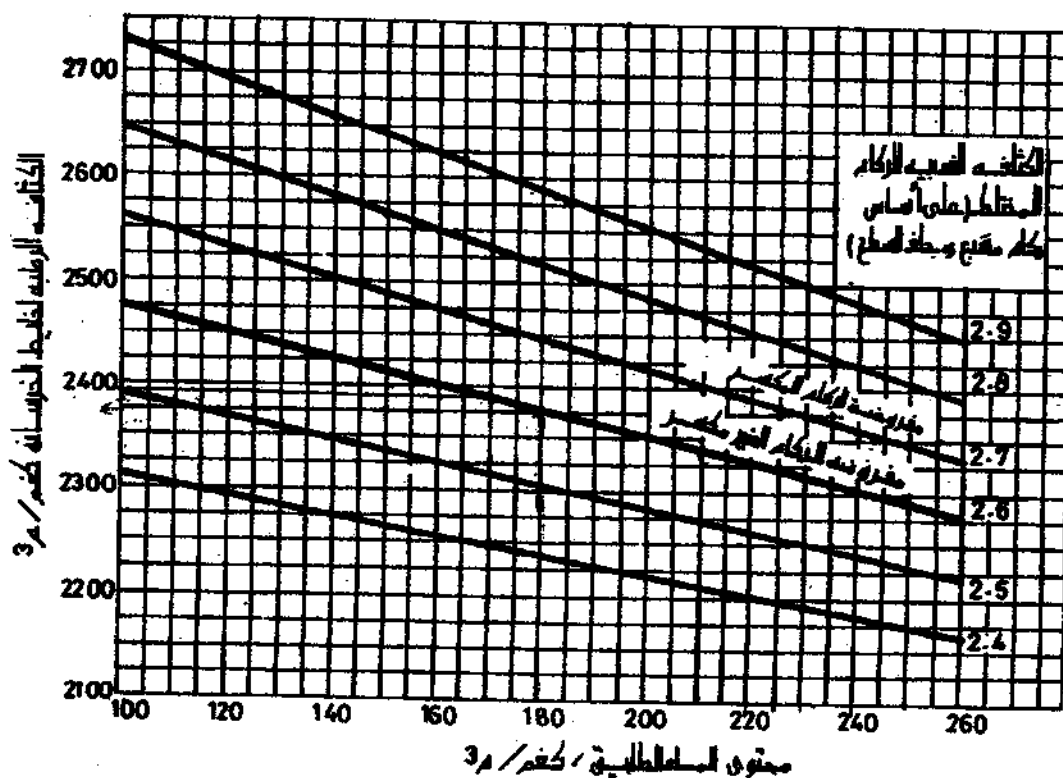
حيث أن :

$F.a$: محتوى الركام الناعم .

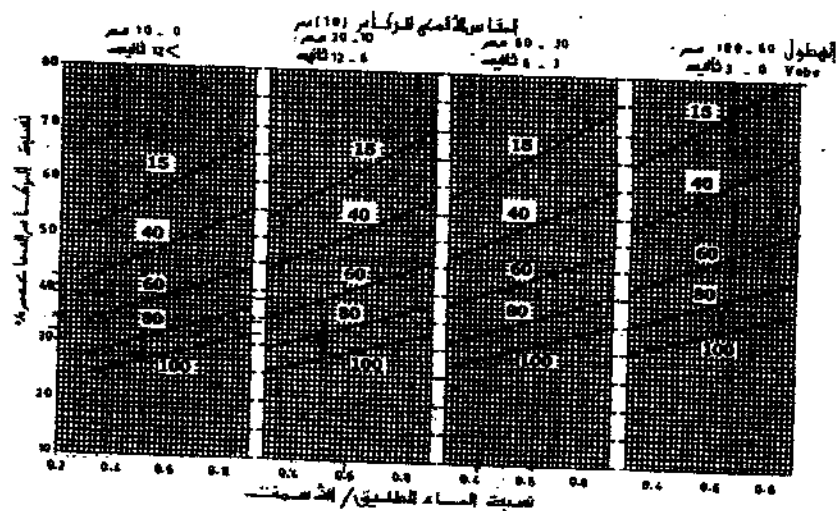
$C.a$: محتوى الركام الخشن .



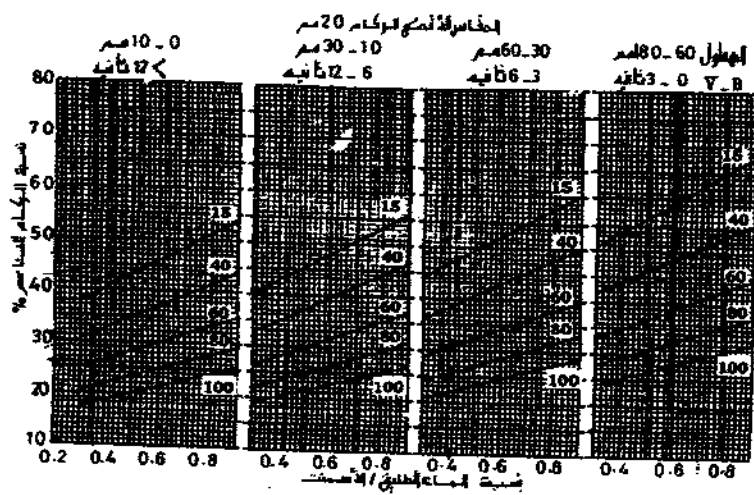
شكل (1-2) يوضح العلاقة بين نسبة الماء / السمنت ومقاومة الإنضغاط (نت / ملم²)



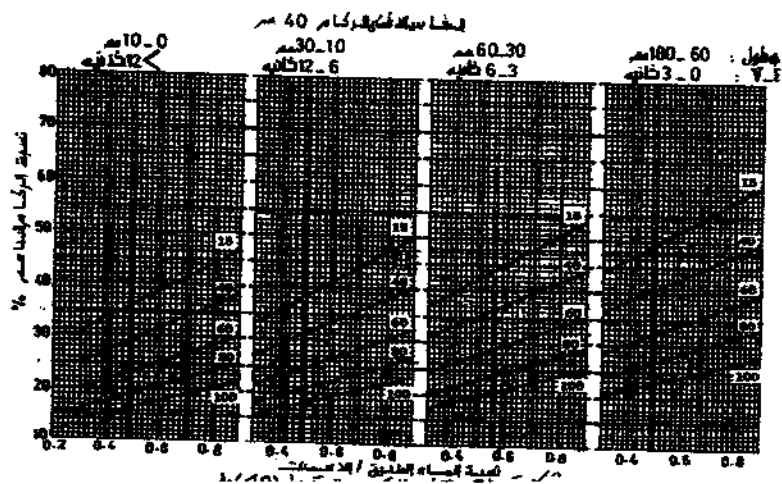
شكل (2-2) العلاقة بين محتوى الماء الطليق والكثافة الرطبة لخليط الخرسانة (كغم/م³)



شكل (2-3-1)



شکل (2-3-ب)



شکل (2-3-2)

2.3 : الطريقة الأمريكية في تصميم الخلطة الخرسانية (American method) :

وهي الطريقة المبينة في المواصفات القياسية لمعهد الخرسانة الأمريكي

(ACI Standard of the American Concrete Institute)

تعتمد على إتباع أسلوب بسيط وسهل لتقدير أوزان المواد الأولية المتوفرة موقعياً ، المطلوبة لكل وحدة حجم من الخرسانة مع الأخذ بنظر الاعتبار كون الخليط مناسباً لنوع العمل وحسب ما مبين أدناه :

2.4 : المرحلة الأولى : إستخراج محتوى الماء الطليق في الخلطة .

من الحدود المسموحة للطول والمقاس الأقصى للركام وباستعمال جدول رقم (2-3) يستخرج المحتوى التقريبي للماء الطليق في الخلطة .

جدول (2-3) القيم التقريبية لمتطلبات الماء ومحتوى الهواء لمقادير مختلفة من الطول والمقاسات القصوى الاسمية للركام

كمية الماء (كغم/م ³) من الخرسانة للمقاسات القصوى للركام بالملم								الهطول (سم)
150	70	50	40	25	20	12.5	10	
الخرسانة الاعتيادية								
125	145	155	160	180	185	200	206	5 - 3
140	160	170	175	195	200	215	225	10 - 8
---	170	180	185	205	210	230	240	18 - 15
0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	القيم التقريبية للهواء المحصور في الخرسانة (%).
الخرسانة الحويه على هواء مقصود								
120	135	140	145	160	165	175	180	5 - 3
135	150	155	160	175	180	190	200	10 - 8
---	160	165	170	180	190	205	215	18 - 15
3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	المعدلات المقترحة لمحتوى الهواء الكلي (بضمنها الهواء المقصود) (%).

2. 4 : المرحلة الثانية : إختيار نسبة الماء / السمنت المناسبة .

تحدد مقاومة الإنضغاط المطلوبة للكتل الخرسانية بعمر 28 يوم بـ (نت/ملم²) ونوع الخرسانة وباستعمال جدول رقم (4-2) تستخرج نسبة الماء / السمنت .

جدول رقم (4-2) العلاقة بين نسبة الماء / السمنت ومقاومة الإنضغاط

نسبة الماء/السمنت بالوزن		مقاومة الإنضغاط بعمر 28 يوم (نت/ملم ²)
خرسانة هواء مقصود	الخرسانة الاعتيادية	
---	0.38	45
---	0.43	40
0.40	0.48	35
0.46	0.55	30
0.53	0.62	25
0.61	0.70	20
0.71	0.80	15

2. 4 : المرحلة الثالثة : تقدير محتوى السمنت في الخليط .

وهو لا يختلف كثيراً عن المرحلة الثالثة في الطريقة البريطانية حيث يتم إستخراجه عن طريق المعادلة أيضاً :

$$Cc = w / (w / c) \quad \dots\dots\dots [2-5]$$

2 - 3 : المرحلة الرابعة : حساب محتوى الركام الخشن .

من المقاس الأقصى للركام ومعامل النعومة للركام الناعم نستخرج من جدول رقم (2-5) حجم الركام الخشن لكل وحدة حجم من الخرسانة .

ومن معرفة الوزن الجافة المرصوفة حيث تضرب بحجم الركام الخشن المستخرج من جدول رقم (2-5) ونستخرج بذلك وزن الركام الخشن الجاف .

$$W_{c.a} = V_{ca} * B_u \quad \dots\dots\dots [2-6]$$

$W_{c.a}$: وزن الركام الخشن الجاف .

V_{ca} : حجم الركام الخشن .

B_u : وحدة الوزن الجافة المرصوفة .

جدول (5-2) حجم الركام الخشن لكل وحدة حجم من الخرسانة

حجم الركام الخشن الجاف والمرصوص بالذك اليدوي لكل وحدة حجم من الخرسانة ولمقايير مختلفة من معامل نعومة الرمل				المقاس الأقصى للركام (مم).
3.0	2.8	2.6	2.4	
0.44	0.46	0.48	0.50	10
0.53	0.55	0.57	0.59	12.5
0.60	0.62	0.64	0.66	20
0.65	0.67	0.69	0.71	25
0.70	0.72	0.74	0.76	40
0.72	0.74	0.76	0.78	50
0.75	0.77	0.79	0.81	70
0.81	0.83	0.85	0.87	150

2. 4 : المرحلة الخامسة : حساب محتوى الركام الناعم .

يمكن حساب محتوى الركام الناعم باستعمال إحدى الطريقتين التاليتين :

أ- الطريقة الوزنية :

يستخدم الجدول رقم (6-2) للحصول على تقدير أولي لوزن الخرسانة الطرية اعتماداً على المقاس الأقصى للركام. يتم حساب محتوى الركام الناعم (كغم/ م³) من خلال المعادلة :

$$w f . a = Density - (W w + W c + W c . a) \quad [2-7]$$

$w f . a$: وزن الركام الناعم .

$Density$: وزن الخرسانة .

$W c$: وزن السمنت .

$W w$: وزن الماء .

$W c . a$: وزن الركام الخشن .

ب- الطريقة الحجمية :

تكون الحسابات في هذه الطريقة أكثر دقة من التقدير الوزني وعندما يكون هناك فرق كبير في الوزن النوعي (الكثافة النسبية) بين الركام الناعم والخشن يجب استخدام الطريقة الحجمية . تستخدم المعادلة التالية في الحسابات :

$$(1 \text{ م}^3) = V c + V w + V c . a + V f . a + V air \quad [2-8]$$

حجم الهواء + حجم الركام الناعم + حجم الركام الخشن + حجم الماء + حجم السمنت = حجم الخرسانة

$$V c = \frac{W c}{s . g * 1000}$$

$$V w = \frac{W w}{1000}$$

$$V c . a = \frac{W c}{s . g * 1000} \quad [2-9]$$

جدول (6-2) التقدير الأولي لوزن الخرسانة الطرية

المقاس الأقصى للركام (مم).	التقدير الأولي لوزن الخرسانة الطرية (كغم/م ³).	
	الخرسانة الاعتيادية	خرسانة هواء مقصود
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2440	2375
70	2465	2400
150	2506	2435

5.2 : مقارنة بين الطريقة البريطانية والأمريكية :

إن هنالك بعض الفوارق ما بين الطريقة البريطانية والأمريكية ويمكن تلخيصها كما يلي :

- 1- في الطريقة الأمريكية لا يتم أخذ نوع السمنت بنظر الاعتبار بينما يؤخذ نوع السمنت بنظر الاعتبار في الطريقة البريطانية .
- 2- كذلك في الطريقة الأمريكية لا يتم أخذ نوع الركام المستخدم بنظر الاعتبار أما في البريطانية فيؤخذ بنظر الاعتبار .
- 3- أعلى مقاومة تصميمية في الطريقة البريطانية بعمر (28) يوم هي (55 نت/ملم²) بينما في الأمريكية هي (45 نت/ملم²) بعمر (28) يوم .
- 4- الطريقة البريطانية تتيح تصميم الخرسانة بمقاومة بعمر (3 أيام ، 7 أيام ، 28 يوم و 91 يوم) بينما في الأمريكية بعمر (28) يوم فقط .
- 5- في الطريقة البريطانية مقاسات الركام الخشن لغاية (40) ملم (المقاس الأقصى) بينما في الأمريكية لغاية (150) ملم .
- 6- تعتمد الطريقة البريطانية على معيارين في إختيار قابلية التشغيل وهما الهطول وزمن الرص (vb) بينما الأمريكية فتعتمد فقط على الهطول .
- 7- الطريقة الأمريكية يمكن من خلالها تحديد القيمة التقريبية للهواء المحصور في الخرسانة بينما يتعذر ذلك في تصميم الخلطة بالطريقة البريطانية .
- 8- الطريقة الأمريكية تحتاج إلى معرفة معامل نعومة الركام الناعم بينما البريطانية تحتاج إلى معرفة منطقة التدرج للركام الناعم أو النسبة المئوية العابرة من المنخل مقاس (600) مايكرون .
- 9- يمتاز إحتواء الطريقة الأمريكية على رسوم أو منحنيات تستخدم في العمل بل تعتمد على الجداول في إختيار نسب المواد جميعها على الطريقة البريطانية حيث تعتمد على الجداول والمنحنيات في تحديد نسب المواد . [6 ، 7]

الفصل الثالث

(الجانب العملي)

1.3 : مقدمة :

لقد تم إجراء الجانب العملي للمشروع في المختبرات الإنشائية التابعة لقسم هندسة البناء والإنشاءات في جامعة التكنولوجيا وتضمن الجانب العملي إنتاج خلطات خرسانية بطريقتين مختلفتين هما الطريقة البريطانية التي تضمنت إنتاج خلطتين بمستويين مختلفين للمقاومة (25 نت/ملم² ، 45 نت/ملم²)

والطريقة الأمريكية التي تضمنت كذلك إنتاج خلطتين بمستويين مختلفين للمقاومة (25 نت/ملم² ، 45 نت/ملم²) وباستخدام المواد المتوفرة محلياً تم تحضير الخلطات الخرسانية داخل المختبر في الظروف الجوية الإعتيادية .

2.3 : المواد المستخدمة :

من المعروف أن الخلطة الخرسانية تحتوي على (10 – 15) % سمنت ، (60 - 70) % ركام ناعم وخشن و (15 - 20) % ماء بالإضافة إلى نسبة (5 - 8) % هواء محبوس داخل الخرسانة . [4]

1.2.3 : السمنت :

في الجانب العملي لهذا المشروع تم استخدام السمنت البورتلاندي الإعتيادي (طاسلوجة) والمطابق للمواصفات القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 [8] ، والخواص الكيميائية والفيزيائية للسمنت المستخدم مبينة في الجدول رقم (3 - 1) .

جدول (3 - 1) يوضح الخواص الفيزيائية والكيميائية للسمنت

الأكسيد	المتطلبات الكيميائية	متطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984
CaO	نسبة (%) وزناً	
SiO ₂	62.32	
Al ₂ O ₃	21.83	
Fe ₂ O ₃	3.55	
MgO	4.20	
SO ₃	2.13	5.0 % >
	2.48	2.5 % >

الفقدان أثناء الحرق	1.83	4.0 % >
المواد الغير القابلة للذوبان	0.65	1.5 % >
عمل الإشباع الجيري	0.90	1.02 - 0.66
C ₃ S	50.81	
C ₂ S	24.25	
C ₃ A	2.30	
C ₄ AF	12.78	

الخواص المفحوصة	نتائج الفحص	متطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984
النعومة (م ² /كغم) مقاسة بطريقة - (Blaine)	295	250 <
فحص الثبات بطريقة الأوتوكليف %	0.35	0.8 ≥
زمن التجمد - الابتدائي (min) - النهائي (hr)	2:10 3:30	45 ≤ 10 ≥
مقاومة الإنضغاط نت/ملم ² - بعمر ثلاثة أيام - بعمر سبعة أيام	22.7 31.5	15 ≤ 23 ≤

2.2.3 : الركام الناعم :

لقد تم استخدام رمل الإخضر (رمل متوسط التدرج) لإنتاج الخلطات الخرسانية والمبينة خواصه في الجدول رقم (2-3) والذي كان مطابق لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم (45) لسنة 1984 [10 ، 9] .

جدول (3 - 2) يوضح تدرج الركام الناعم المستعمل

مقاس المنخل (ملم)	النسبة الوزنية المنوية المارة %	حدود المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984
4.75	100	90 - 100
2.36	91.2	85 - 100
1.18	83.4	75 - 100
0.60	69.8	60 - 80
0.30	26.0	12 - 40
0.15	2.3	0 - 10
معامل النعومة		
الكثافة الكلية (كغم / م ³)		
الإمتصاص %		
2.75		
1650		
1		

3.2.3 : الركام الخشن :

تم استخدام ركام خشن مكسر جزئي نو مقاس أقصى (20 ملم) مأخوذ من منطقة النباعي. الركام الخشن المستخدم كان مطابق لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم (45) لسنة 1984 والجدول رقم (3-3) يبين خواص الركام الخشن المستخدم

جدول رقم (3-3) يبين خواص الركام الخشن المستخدم

مقاس المنخل (ملم)	النسبة الوزنية المنوية المارة %	حدود المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984
20.0	99	95 - 100
14.0	90	—
10.0	46	30 - 60
5.00	2	0 - 10
2.36	—	—
الكثافة الكلية (كغم / م ³)		
الإمتصاص %		
1600		
0.5		

3. 2. 4 : الماء :

الماء المستخدم في الخلطات لغرض الخلط والمعالجة هو ماء الإسالة الصالح للشرب .

3. 3 : الخلطات المقترحة إنتاجها :

3. 3. 1 : إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة متوسطة (25 نت/ملم²) وفق الطريقة

البريطانية لتصميم الخلطات الخرسانية .

المرحلة الأولى : إختيار نسبة الماء / السمنت المطلوب .

من جدول رقم (1-2) \Rightarrow مقاومة الانضغاط التقريبية بعمر (28) يوم = (49 نت/ملم²)

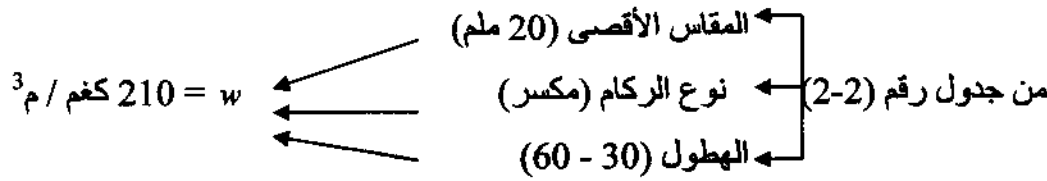
من شكل رقم (1-2) \Rightarrow نسبة الماء الطليق / السمنت لتحقيق مقاومة إنضغاط مقدارها

(25 نت/ملم²) بعمر (28) يوم = (0.76) .

لأغراض الديمومة يجب أن لا تزيد نسبة الماء / السمنت عن 0.55

∴ النسبة المعتمدة هي 0.55

المرحلة الثانية : تقدير محتوى الماء الطليق



المرحلة الثالثة : تقدير محتوى السمنت

باستخدام المعادلة (1 - 2)

$$C c = \frac{210}{0.55} = 381.8 \cong 382 \text{ كغم}$$

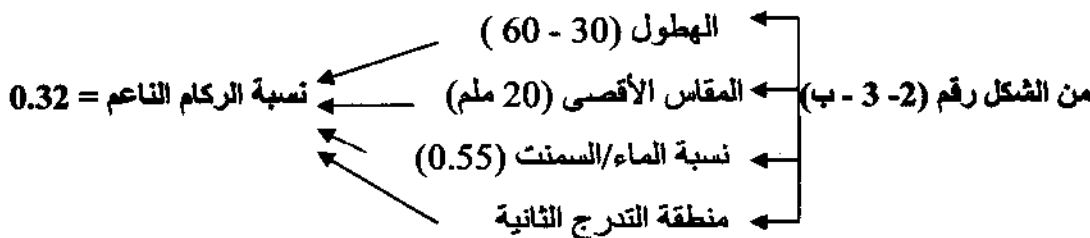
المرحلة الرابعة : محتوى الركام الكلي

من شكل رقم (2-2) \Rightarrow الوزن النوعي 2.7 \Rightarrow $D_{wet} = 2410 \text{ كغم / م}^3$.

باستخدام معادلة (2 - 2)

$$a. \text{ Total } = 381 - 210 - 2410 = 1819 \text{ كغم}$$

المرحلة الخامسة : إختبار محتوى الركام الناعم والخشن



باستخدام معادلة (3 - 2)

$$Fa = 1819 * 0.32 = 582 \text{ كغم}$$

باستخدام معادلة (4 - 2)

$$C.a = 1819 - 582 = 1237 \text{ كغم}$$

وقد تم تقريب نسب الخلط بحيث اعتمدت الأوزان التالية لكل 1 م³

السمت	الرمل	الحصى	الماء	w/c
390	650	1200	192.5	0.55

3. 3. 2 : إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة عالية (45 نت/ملم²) وفق الطريقة البريطانية

لتصميم الخلطات الخرسانية

المرحلة الأولى : إختيار نسبة الماء/ السمنت المطلوب .

من جدول رقم (1-2) ← مقاومة الانضغاط التقريبية بعمر (28) يوم = (49 نت/ملم²)

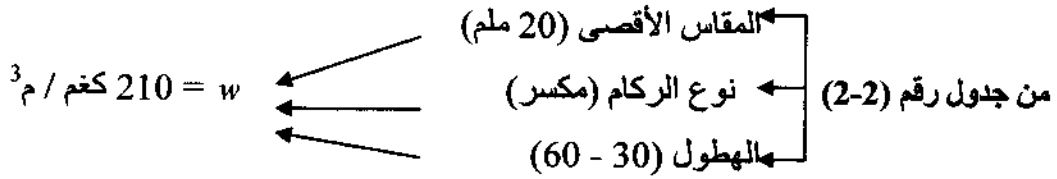
من شكل رقم (1-2) ← نسبة الماء الطليق / السمنت لتحقيق مقاومة إنضغاط مقدارها

45 نت/ملم² بعمر (28) يوم = 0.5 .

لأغراض الديمومة يجب أن لا تزيد نسبة الماء/السمنت عن 0.55 .

∴ النسبة المعتمدة هي 0.5

المرحلة الثانية : تقدير محتوى الماء الطليق



المرحلة الثالثة : تقدير محتوى السمنت

باستخدام معادل (1 - 2)

$$Cc = \frac{210}{0.5} = 420 \text{ كغم/م}^3$$

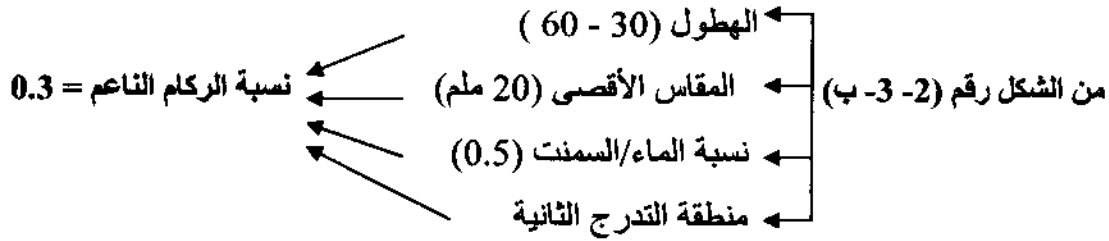
المرحلة الرابعة : محتوى الركام الكلي .

من شكل رقم (2-2) ← الوزن النوعي 2.7 ← $d_{wet} = 2410 \text{ كغم/م}^3$

باستخدام المعادلة (2-2)

$$a. \text{ Total} = 2410 - 420 - 210 = 1780 \text{ كغم}$$

المرحلة الخامسة : إختيار محتوى الركام الناعم والخشن .



باستخدام معادلة (2-3)

$$534 = 1780 * 0.30 \text{ Fa كغم}$$

وباستخدام المعادلة (2-4)

$$1246 = 534 - 1780 = C.a \text{ كغم}$$

وقد تم تقريب النسب بحيث اعتمدت النسب التالية لكل م^3

السمنت	الرمل	الحصى	الماء	w/c
445	600	1200	210	0.47

3.3.3 : إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة متوسطة (25 نت/ملم²) وفق الطريقة الأمريكية لتصميم الخلطات الخرسانية .

المرحلة الأولى : إستخراج محتوى الماء الطليق في الخلطة.

من جدول رقم (3-2) ←

- الهطول المطلوب (5 سم) ←
- المقاس الأقصى (20 ملم) ←

185 = Ww كغم / م^3 ←

المرحلة الثانية إختيار نسبة الماء / السمنت المناسبة

من جدول رقم (4-2) ← $0.62 = w/c$

من متطلبات الديمومة أن نسبة الماء/السمنت لا تزيد عن 0.55

∴ يتم إعتداد نسبة الماء/السمنت مقدارها 0.55

المرحلة الثالثة تقدير محتوى السمنت في الخليط

باستخدام معادلة (2-5)

$$336 = \frac{185}{0.55} = C.c \text{ كغم/م}^3$$

المرحلة الرابعة : حساب محتوى الركام الخشن .

$$0.655 = V c.a \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{مقاس أقصى للركام (20 ملم)} \\ \text{معامل النعومة (2.75)} \end{array} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{من جدول رقم (5-2)} \\ \text{من معادلة (2-6)} \end{array}$$

من معادلة (2-6)

$$1048 = 1600 * 0.655 = W c.a$$

المرحلة الخامسة : حساب محتوى الركام الناعم

$$\text{من جدول رقم (6-2)} \quad \leftarrow \text{وزن الخرسانة} = 2355 \text{ كغم / م}^3$$

باستخدام المعادلة (2-7)

$$786 = 185 - 336 - 1048 - 2355 = W.f.a$$

وتم تقريب النسب بحيث اعتمدت الأوزان التالية لكل 1 م³

السمنت	الرمل	الحصى	الماء	w/c
300	786	1000	185	0.55

3 - 3 - 4 : إنتاج خلطة خرسانية ذات مقاومة عالية (45 نت/ملم²) وفق الطريقة الأمريكية

لتصميم الخلطات الخرسانية

المرحلة الأولى : استخراج محتوى الماء الطليق في الخلطة

$$\text{من جدول رقم (3-2)} \quad \leftarrow \text{الهطول المطلوب (5سم)} \quad \leftarrow Ww = 185 \text{ كغم/م}^3$$

المرحلة الثانية : اختيار نسبة الماء / السمنت المناسبة

$$\text{من جدول رقم (4-2)} \quad \leftarrow w/c = 0.38$$

من متطلبات الديمومة أن نسبة الماء / السمنت لا تزيد عن 0.55

∴ النسبة المعتمدة هي 0.38

المرحلة الثالثة : تقدير محتوى السمنت في الخليط

باستخدام معادلة (2-5) .

$$487 = \frac{185}{0.38} = C c$$

المرحلة الرابعة : حساب محتوى الركام الخشن .

$$0.655 = V c.a \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{مقاس أقصى للركام (20 ملم)} \\ \text{معامل النعومة (2.75)} \end{array} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{من جدول رقم (5-2)} \\ \text{من معادلة (2-6)} \end{array}$$

$$1048 = 1600 * 0.655 = W.c.a$$

المرحلة الخامسة : حساب محتوى الركام الناعم .

من جدول رقم (2-6) ← وزن الخرسانة = 2355 كغم/م³

باستخدام المعادلة (2-7)

$$487 - 185 - 1048 - 2355 = W.f.a$$

$$= 635 \text{ كغم / م}^3$$

وتم تقريب النسب بحيث اعتمدت الأوزان التالية لكل 1 م³

السمنت	الرمل	الحصى	الماء	w/c
490	675	1000	185	0.38

3. 4 : الفحوصات المختبرية :

3. 4. 1 : الهطول (Slump) :

يعتبر الهطول من الفحوصات المفيدة في المختبر وموقع العمل في جميع أنحاء العالم وذلك للكشف عن التغيرات الحاصلة في المواد الداخلة في تكوين الخرسانة بين فترة وأخرى كتغير محتوى الرطوبة في الركام أو تغير تدرج الركام كنقصان كمية الركام الناعم في الخليط وبالتالي تعيين قوام الخرسانة الطرية . [11]

تم إجراء فحص الهطول ضمن الفحوصات المختبرية الخاصة بالجانب العملي وباستخدام الأجهزة والملحقات الخاصة بهذا الغرض والمتوفرة في المختبر وهي قالب معدني على شكل مخروط ناقص مفتوح من الأعلى والأسفل وقضيب معدني طوله 600 ملم مدور من إحدى نهايتيه وذو مقطع قطره 16 ملم .

بعد تنظيف السطح الداخلي للمخروط المعدني الناقص بصورة تامة وإزالة الرطوبة الفائضة وأية خرسانة تجمدت على سطحه الداخلي ووضعه على سطح أفقي ناعم وغير قابل للإمتصاص في موقع بعيد عن الرج والإهتزازات وتثبيتته بشكل جيد ثم ملأه بالخرسانة على شكل أربعة طبقات كل منها حوالي 4/1 ارتفاع القالب وترص كل طبقة باستعمال القضيب وذلك بالدك 25 ضربة منتظمة التوزيع على مساحة سطح الخرسانة مع المراعاة عند رص الطبقة الثانية والطبقات التالية . إختراق قضيب الرص الطبقة السفلى التالية وبعد رص الطبقة العليا وإزالة الخرسانة الفائضة وتعديل السطح وتنظيف المساحة المحيطة بالقاعدة من الخرسانة الزائدة ثم رفع القالب بصورة بطيئة وباتجاه عمودي بعد مرور 6 دقائق تقريباً من إضافة الماء إلى مكونات الخليط ثم إحتساب الهطول من خلال تعيين الفرق بين إرتفاع القالب وأعلى نقطة في نموذج الفحص ثم تكرار هذا الفحص لكل خلطة من الخلطات التجريبية .

2.4.3 : مقاومة الإنضغاط (Compressive Strength) :

يعتبر فحص مقاومة الإنضغاط من أهم فحوصات الخرسانة المتصلبة كون أن مقاومة الإنضغاط للخرسانة تعتبر المعيار في تحديد نوعية الخرسانة وأن الإجهادات التشغيلية (Working Stress) محددة بالموصفات العالمية كنسبة مئوية من مقاومة الإنضغاط المعينة بفحوصات قياسية لنماذج خرسانية أسطوانية أو بهيئة مكعبات .

ولتعيين مقاومة الإنضغاط للخرسانة يستعمل عادة نموذجاً إسطوانياً إرتفاعه يساوي ضعف قطره او مكعباً بمقياس (100) ملم أو (50) ملم " المستعمل في فحوصات هذا البحث هو (100 × 100) ملم " وتكون المعالجة بالطريقة الرطبة لمدة (28) يوم وبدرجة حرارة 20°م بعدها يعرض النموذج للتحميل بماكنة فحص قياسية وبسرعة موصوفة لحين تصدعه ، وعادة يتم التحميل خلال دقيقتين أو ثلاث . [12 ، 13] . الشكل رقم (3-1) يبين جهاز الفحص المستخدم . وتحسب المقاومة للنماذج من خلال القانون التالي :

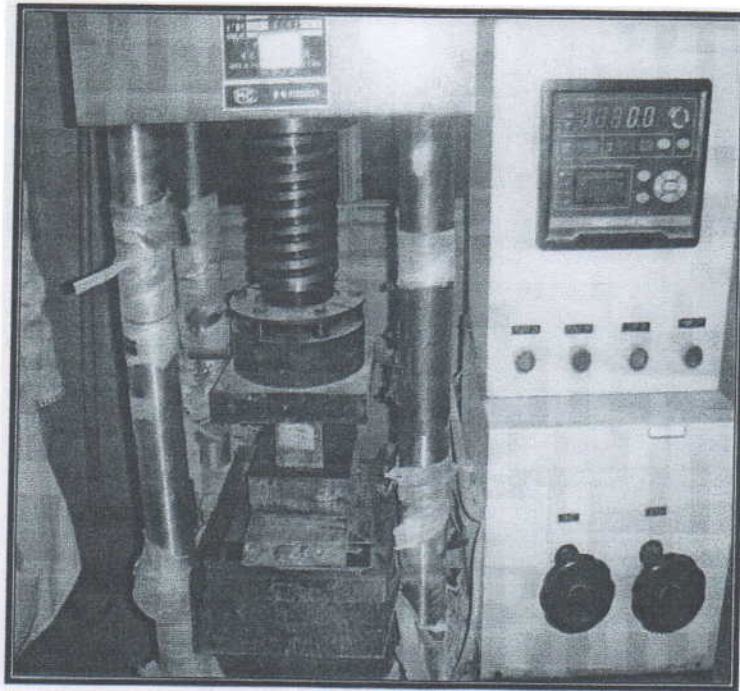
$$\sigma = P / A \quad \dots\dots\dots (3 - 1)$$

حيث أن :

σ : الإجهاد الأقصى الذي تتحمله الخرسانة (نت/ملم²) .

P : الحمل المسلط (نت) .

A : مساحة قاعدة النموذج .



شكل (3 - 1) جهاز فحص مقاومة الإنضغاط

3.4.3 : الشد الغير مباشر (Splitting Tension Strength) :

إن معرفة مقاومة الشد تكون ذات أهمية لتقدير الحمل الذي تحصل عنده التشققات في الخرسانة وكذلك فإن مقاومة الشد للخرسانة تساعد في تفهم سلوك الخرسانة المسلحة . إستعملت في هذا الفحص نماذج أسطوانية ذات أبعاد قياسية (100 × 200) ملم حُضرت وعُولجت بنفس الطريقة المستعملة لنماذج مقاومة الانضغاط حيث توضع الأسطوانة تحت تأثير قوة انضغاط بإتجاهين متعاكسين وقطرين مؤثرين من خلال شريحة التحميل المكونة من خشب رقائقي على طول خطين محوريين وكما موضح في الشكل (2-3) حيث يقوم مسند الخشب الرقائقي بتوزيع قوة الانضغاط على عرض قليل والذي يكفي لتجنب أي تركيز غير مقبول للإجهاد وكذلك يعوض عن أي عدم إنتظام في السطح ، إن الفشل في الشد سيكون على طول القطر العمودي للمقطع العرضي [14] وتحسب مقاومة شد الإنشطار باستعمال المعادلة التالية :

$$\sigma = \frac{2 P}{\pi d L} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

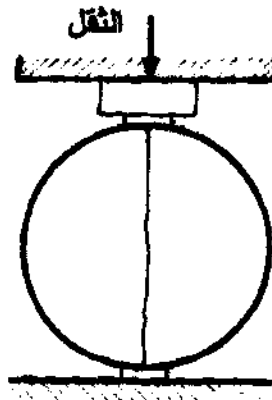
حيث أن :

σ : مقاومة شد الإنشطار .

P : الحد الأقصى للقوة المسلطة .

d : قطر الأسطوانة .

L : طول الأسطوانة .



شكل (2-3) أسلوب فحص النماذج لحساب مقاومة الشد غير المباشر

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

4 - 1 : مقدمة :

يتضمن هذا الفصل عرض النتائج العملية المستحصلة من الفحوصات المختبرية التي أجريت على النماذج الخرسانية ومناقشة هذه النتائج بشكل تفصيلي وتمثيلها بيانياً .

4 - 2 : الهطول :

بعد أن تم إجراء فحص الهطول تم الحصول على النتائج المبينة في الجدول رقم (4-1) ، تبين النتائج أن كافة الخلطات المستحصلة كانت ذات قابلية تشغيل مطابقة للتصميم حيث أن الهطول المستهدف كان (50 ± 10) ملم.

الجدول رقم (4-1) يوضح الهطول لكافة الخلطات الخرسانية

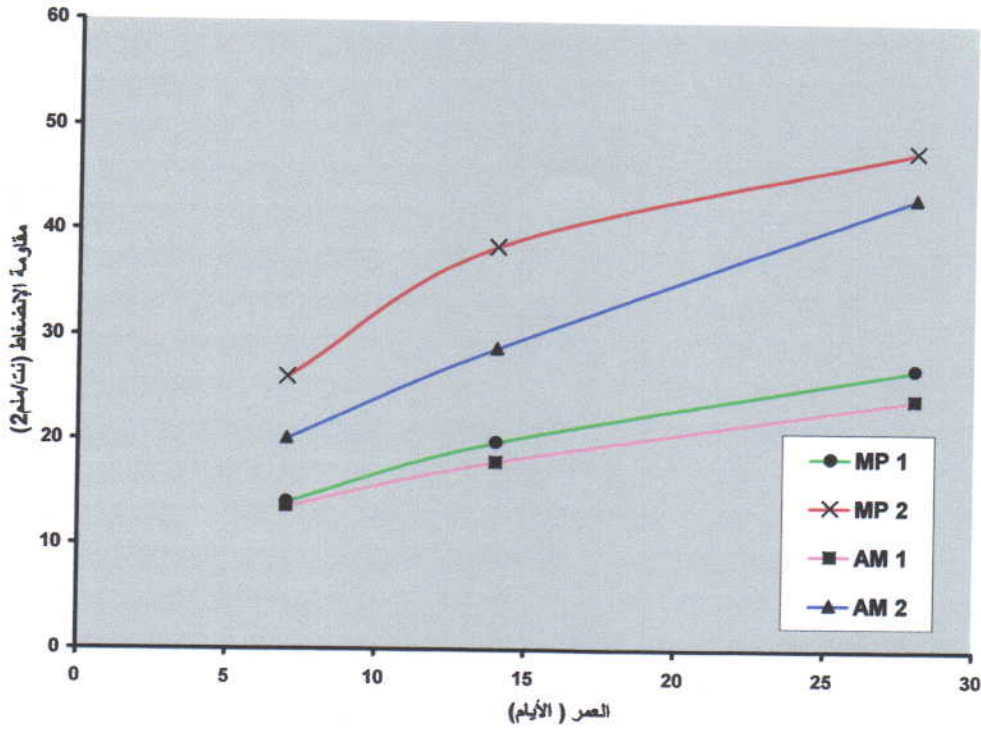
نوع الخلطة	رمز الخلطة	المقاومة المستهدفة (نت/م ²)	الهطول (ملم)
البريطانية	MP1	25	42
	MP2	45	45
الأمريكية	MA1	25	56
	MA2	45	54

4 - 3 مقاومة الإنضغاط (Compressive Strength) :

لقد تم إجراء فحص مقاومة الإنضغاط للنماذج المكعبة والإسطوانية بالأعمار 7 أيام ، 14 يوم ، 28 يوم وتم الحصول على النتائج المبينة في الجدول رقم (4-2) والشكل (4-1) .

جدول رقم (2-4) يوضح مقاومة الإنضغاط لكافة الخلطات الخرسانية

نوع الخلطة	رمز الخلطة	المقاومة المستهدفة (نت / ملم ²)	مقاومة الإنضغاط (نت/ملم ²) مع العمر (يوم)	
			7	28
البريطانية	MP 1	25	14.0	26.9
	MP 2	45	26.0	47.7
الأمريكية	MA 1	25	13.6	24.0
	MA2	45	20.1	43.2



شكل رقم (1-4) يوضح العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والعمر لكافة الخلطات

توضح النتائج حصول زيادة مستمرة في مقاومة الإنضغاط مع العمر لكافة الخلطات وذلك بسبب تقدم عمليات الإماهة للنماذج المعالجة بالماء ونقصان نسبة الفجوات في العجينة السمنتية حيث كانت نسبة الزيادة في المقاومة بعمر (28) يوم عند نظيرتها بعمر (7) أيام هي (92 % ، 83 % ، 76 % و 115 %) للخلطات (MA 2 ، MA 1 ، MP2, MP1) على الترتيب. ونلاحظ أن هناك إختلاف في السلوك للخلطات (MA2, MP2) حيث كانت هناك زيادة تختلف عن الخلطات (MA1, MP1) والسبب يرجع إلى الكمية الأكبر للسمنت المضافة إلى الخلطات (MA2, MP2) أي أن نسبة الماء / السمنت كانت قليلة مما أدى إلى تطور عملية الإماهة وزيادة المقاومة. كما وتبين النتائج أن الخلطات المصممة بالطريقة البريطانية أعطت مقاومة إنضغاط أعلى من المقاومة التصميمية بعمر (28) يوم بينما الخلطات الأمريكية كانت مقاومتها أقل بقليل من المقاومة التصميمية حيث أن نسبة الحيوود الحاصلة بين المقاومة التصميمية والفعليّة كانت (7.6 % ، 6 % ، 4 % و 4 % -) للخلطات (MA2 ، MA1 ، MP2, MP1) على الترتيب .

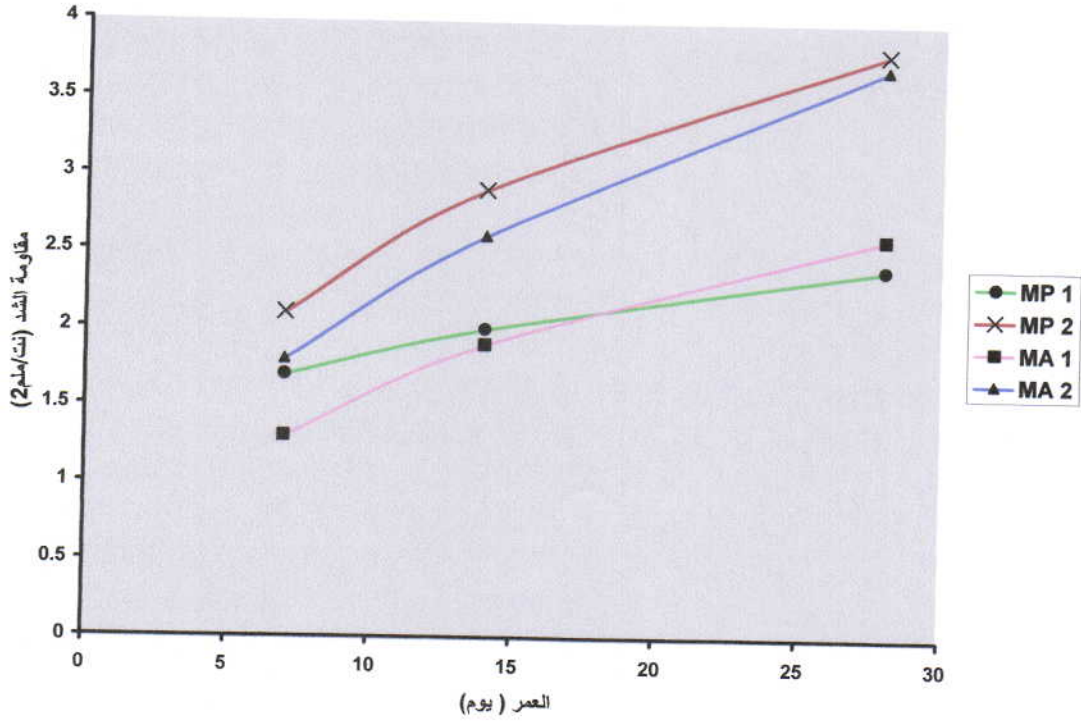
يرجع هذا السبب في الإختلاف إلى عوامل عديدة منها إختلاف درجة الحرارة بين زمن صب الخلطات المختلفة وقلة الخبرة وتأثير شكل النموذج حيث أعطت النماذج المكعبة مقاومة أعلى من النماذج الإسطوانية لنفس مستوى المقاومة ويرجع السبب في ذلك إلى حجم النماذج الأكبر والذي يسبب إحتمال أعلى لوجود التشققات المجهرية في النماذج الإسطوانية منه في النماذج المكعبة فضلاً على التقيد الأقل من قبل صفائح التحميل في جهاز الإنضغاط للنماذج الإسطوانية.

4.4 : مقاومة شد الإنشطار : (Splitting Tensile Strength) :

تم إجراء فحص شد الإنشطار للإسطوانات بالأعمار (7 ، 14 ، 28) يوم وتم الحصول النتائج المبينة في الجدول رقم (3-4) والشكل (2-4) .

الجدول رقم (3-4) يوضح مقاومة الشد لكافة الخلطات الخرسانية

نوع الخلطة	رمز الخلطة	المقاومة المستهدفة (نت / ملم ²)	مقاومة الإنضغاط (نت/ملم ²) مع العمر (يوم)		
			7	14	28
البريطانية	MP 1	25	1.7	2.0	2.4
	MP 2	45	2.1	2.9	3.8
الأمريكية	MA 1	25	1.3	1.9	2.6
	MA2	45	1.8	2.6	3.7



شكل (2-4) يوضح العلاقة بين مقاومة الشد والعمر

تبين النتائج حصول تطور في مقاومة الشد المستحصلة مع العمر حيث كانت الزيادة في مقاومة الشد بعمر (28) عن نظيرتها بعمر (7) أيام (41.2 % ، 81 % ، 100 % و 105.5 %) للخلطات (MP1 , MP2 , MA1 , MA2) على التوالي .

يرجع السبب إلى حصول تقدم بعملية الإماهة مع الوقت كما ونلاحظ حصول تطور في مقاومة الشد الغير مباشر بزيادة محتوى السمنت ونقصان نسبة الماء / السمنت في كلتا الطريقتين للتصميم (البريطانية والأمريكية) كما وتبين النتائج أن هناك تقارب كبير في قيم المقاومة المستحصلة للخلطات المصممة بالطريقة البريطانية والطريقة الأمريكية لنفس مستوى المقاومة. من خلال النتائج المستحصلة في حساب مقاومتي الإنضغاط والشد غير المباشر نجد أن نسبة مقاومة الشد لمقاومة الإنضغاط كانت (8.9 % ، 8 % ، 10.8 % و 8.6 %) للخلطات (MP1 , MP2 , MA1 , MA2) على التوالي .

ومن خلال النتائج يتبين أن كافة قيم مقاومة الشد هي ضمن المديات المتوقعة للخرسانة الإعتيادية

[5]

يمكن ملاحظة أشكال الفشل للنماذج الإسطوانية والمكعبة من خلال الشكل رقم (3-4) .



شكل رقم (3-4) أشكال الفشل للنماذج الإسطوانية والمكعبة

الفصل الخامس

الإستنتاجات والتوصيات

الإستنتاجات :

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها خلال الجانب العملي لهذا المشروع ومقارنتها بالقيم التصميمية تم اتوصل إلى الإستنتاجات التالية :-

1- وجود إختلاف بين العوامل الداخلة في تصميم كل من الخلطتين البريطانية والأمريكية بالشكل الذي ينعكس على نسبة الحيوود بين المقاومة الفعلية المستحصلة والمقاومة التصميمية .

2- إعتقاد الطريقة البريطانية في التصميم أعطت مقاومة إنضغاط أعلى من المقاومة التصميمية بمقدار (6 %) على الأقل بينما كان مقدار الحيوود في الخلطة الأمريكية بمقدار (4 % -) .

3- لا يوجد تأثير واضح بين طريقتي التصميم البريطانية والأمريكية على مقاومة الشد الغير مباشر .

التوصيات :

لإنتاج خلطات خرسانية بمقاومة فعلية ذات حيود أقل ما يمكن عن المقاومة التصميمية نوصي بما يلي :

- 1- إجراء فحوصات دقيقة على المواد المستخدمة من حيث التدرج للركام ونوع السمّنت المستخدم والكثافة ومعامل النعومة ، وإعتماد القيم المستحصلة في التصميم .
- 2- توفير السيطرة النوعية العالية على عمليات الخلط والصب والرص والمعالجة والنقل .

المقترحات :

1. إجراء دراسة إقتصادية لإيجاد الأفضل بين طريقتي التصميم من ناحية الكلفة .
2. إجراء مقارنة في تصميم الخلطات بين الطريقة الأمريكية والبريطانية إذا تغيرت المعطيات من حيث نوع السمّنت ونوع الركام المستخدم والهطول المطلوب .

المصادر

- 1- الخلف ، مؤيد نوري ويوسف ، وهناء عبد " تكنولوجيا الخرسانة" الجامعة التكنولوجية ، 1984 .
- 2- أمين ، أمير مجيد وإبراهيم ، ظافر عبد الكريم " تصميم الخلطات الخرسانية بإستخدام الطريقة البريطانية والروسية" بحث مقدم إلى قسم هندسة البناء والإنشاءات في الجامعة التكنولوجية كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في هندسة البناء والإنشاءات ، بغداد ، 1997 .
- 3- [www.arab_eng.org/vb/t169cc - 13. html](http://www.arab_eng.org/vb/t169cc-13.html).
- 4- [www.nicehom.com/a Home. Html](http://www.nicehom.com/aHome.Html) .
- 5- Neville A.M. " properties of concrete" , pitman. 1995 .
- 6- ACI 211.1-03
- 7- Neville A.M , J.J Brook " concret technology " London – 1987.
- 8- المواصفة العراقية رقم 5 "السمنت البورتلاندي" ، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد ، 1984 .
- 9- المواصفة العراقية رقم 45 "ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء" ، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد ، 1984 .
- 10 – B.S. 882 , " Specific for Aggregates From Natural Sources of Concrete " , British Standards Institution , 1992 .
- 11- ASTM C143.00 " Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete " , Annual book ASTM Standards , American Society for Testing and Material , Vol. 04-02 , 2005 .
- 12- B.S 1881 , part 116 , " Method for determination of Compressive Strength of Concrete Cubes " , British Standard Institution , 1989 .
- 13- ASTM C109-02 ." Standard and Test Method of Compressive Strength of Concrete Cubes " , volume 04-01 , Issued September 2003 , PP.1-6
- 14- ASTM Cu 96-96 , " Standard and Test Method for Splitting Tensile of cylindered Concrete Specimens " , Annual Book of ASTM Standard , American Society for Testing and Materials , 04-02 ,1996 .