الباب الثالث

الدراسة المعملية

1.3 : المقدمة

تناولت الدراسة المعملية للبحث اجراء تجارب معملية على مكونات الخلطة الخرسانية المصممة وفق الطريقة البريطانية وعلى الخلطات الاخرى التي تم فيها تغيير نسبة المضاف الملدن المتفوق SP في حالة ثبات وتغيير نسبة الماء للاسمنت W/C مع اجراء اختبار الهبوط للخرسانة الطرية و اجراء اختبارات الخرسانة المتصلبة بطرق الاختبار الاتلافية وغير الاتلافية لساب مقاومة انضغاط الخرسانة .

2.3 : المواد المستعملة في الخلطة الخرسانية

تم استعمال مواد الخرسانة المتمثلة بالاسمنت والركام بنوعيه الناعم والخشن والمضاف الملدن المتفوق SP من المواد الموجودة في شركة فلاتكو للخرسانة الجاهزة كما في الشكل (3-1) و التي تتميز بالجودة العالية ، والمطابقة للشروط الفنية، وتم اجراء الاختبارات المعملية عليها ايضا . تم تصميم الخلطة الخرسانية الرئيسية والخلطات التي فيها مضاف SP لنسب (3,1)% من وزن الاسمنت و صب (12) مكعب (15)سم^3 لكل خلطة مع ثبات W/C واجراء الاختبارات عليها بعد المعالجة في الماء للاعمار (91,56,28,7)، و صب (6) مكعبات لكل خلطة بنسب مضاف(3,1) مع تغيير W/C بتقليل ماء الخلط واجراء اختبارات عليها باعمار(28,7) يوم ، والاختبارات اخذت بالطرق الاتلافية باستعمال جهاز الكسر ، و بالطرق غير الاتلافية باستعمال جهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية وجهاز قياس رقم الارتداد بمطرقة اشميدت.

الشكل (3-1) اكداس الركام والخلاط المركزي لشركة فلاتكو

1.2.3 : الاسمنت

استعمل الاسمنت البورتلاندي العادي Type I المنتج من مصنع سمنت بربر في ولاية نهر النيل شمال السودان وتم اجراء اختبار القوام القياسي وزمن التصلد (الشك) الابتدائي والنهائي والنعومة وبموجب لمواصفات القياسية البريطانية (BS 12-1996) و (BS 12-1971) وكانت النتائج كما في الجدول(3-1).

جدول (3-1) نتائج اختبارات الاسمنت

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة
القوام القياسي (نسبة الماء الى الاسمنت)	30 %	(26-33) %
زمن التصلد الابتدائي	52 دقيقة	لا تقل عن 45 دقيقة
زمن التصلد النهائي	6 ساعات و30دقيقة	لا تزيد عن 10 ساعات
نعومة الاسمنت المتبقي (منخل 170)	4.5 %	لا تزيد عن 10 %

2.2.3 : الركام

تم اجراء اختبارات التدرج المنخلي للركام الكبير والصغير واختبار ايجاد نسبة الشوائب في الركام الناعم واختبار الامتصاص للركام الخشن وحسب المواصفات البريطانية – BS 882 1996 وكانت النتائج لتدرج الركام الناعم كما في الجدول(3-2) و النتائج لتدرج الركام الخشن كما في الجدول(3-3) .

الجدول (3-2) التدرج المنخلي للركام الناعم

فتحة المنخل mm	الوزن المحجوز gm	الوزن المار gm	نسبة الوزن المار %
10	0	1100	100
5	3.5	1096.5	99.7
2.36	71	1025.5	93.2
1.18	190	835.5	76
600µm	486.8	348.7	31.7
300µm	218	130.7	12
150µm	90.7	40	3.6
pan	40	0	
total	1100		

الجدول(3-3) التدرج المنخلي للركام الخشن

فتحة المنخل mm	الوزن المحجوز gm	الوزن المار gm	نسبة الوزن المار %
40	0	2000	100
20	195	1805	90.25
10	1125	680	34
5	560	120	6
pan	120	0	0.0
Total	2000		

- نسبة امتصاص الركام الكبير 0.6% والوزن النوعي 2.6
- نسبة الطين والمواد الناعمة في الركام الناعم 2 % والوزن النوعي 2.18

3.2.3 : ماء الخلط

تم استعمال الماء الصالح للشرب المغذي لشركة فلاتكو للخرسانة الجاهزة في الخلطات الخرسانية

4.2.3 : المضافات الملدنة المتفوقة Super Plasticizer

تم استعمال المضاف الكيميائي نوع (Conplast SP 432 MS) انتاج الأمارات العربية المتحدة و يخزن في براميل حديدية سعة 210 لتر كما موضح في الشكل (3-2) و يبين الجدول(3- 4) مواصفات الملدن المتفوق Super Plasticizing ، ويبين الملحق (A5) الخصائص ومميزات المضاف .

الشكل(3-2) صلاحية استعمال المضاف المدن المتفوق SP

الجدول (3-4) مواصفات الملدن المتفوق

Form	Viscous liquid
Appearance	Brown liquid
Specific gravity	1.19@ 22°C + 2° C
Water soluble chlorides	Nile
PH	6.6
Alkali content	Typically less than 50 g. Na_2O equivalent / liter of admixture
Normal dosage range	From(1 – 2.5) litters/100kg of cementations material

3.3 : خطوات تصميم الخلطة الخرسانية

صُممت خلطة خرسانية متوسط مقاومة انضغاطها (25 Mpa) لعمر 28 يوم وبمقاس اعتباري الاكبر للركام (20) مم نوع حجر طبيعي غير مكسر Un Crushed و بهبوط (Slump) مقداره (30-60) مم ونسبة الركام الناعم المار من الغربال(600μ) بنسبة(31.7)% والوزن النوعي للركام الخشن (2.6) ، وبطريقة التصميم البريطاني وكما يلي :-

1. من جدول ملحق(B1) و بدلالة (w/c) مساوية الى (0.5) نحسب المقاومة تساوي الى(42) MPa.
2. من جدول ملحق B2 وافتراض غطاء الكونكريت التصميمي (Nominal Cover of Concrete) مساويا الى (30) مم نحسب نسبة الماء الى الاسمنت العظمى(Max free w/c)مساوية الى(0.55)
3. من الشكل الملحق B3 من معلومة متوسط مقاومة الانضغاط (C25) ومنها نجد قيمة (w/c) مساوية الى (0.7) وسوف يتم اختيار (w/c) الاقل مساوية الى (0.55) وعليها تصمم الخلطة
4. من الجدول ملحق B4 ومن قيمة الهبوط (30-60) و المقاس الاعتباري الاكبر للحصى الغير المكسر (20)مم ،نجد كمية الماء وتكون مساوية الى ($180\ kg/m^3$) ، ومن قيمة (w/c) الاصغر التي اختارت وكانت قيمتها (0.55) نحسب كمية الاسمنت .

$$\text{Weight of Cement} = \frac{\text{weight of water}}{w/c} = \frac{180}{0.55} = 328\ kg/m^3$$

5. من الشكل ملحق B5 ومن معلومة وزن الماء($180\ kg/m^3$) ومن قيمة الوزن النوعي للركام BS (2.6) نحسب قيمة كثافة الخرسانة (Wet density of concrete) ونجد قيمتها تساوي ($2375\ kg/m^3$).

6. نحسب الوزن الكلي للركام من دلالة كثافة الخرسانة ووزن كلا من الاسمنت والماء وكما يلي :-

Total weight of aggregate = Wet density−Weight of(Cement+Water)

$= 2375-(328+180) = 1867\ kg/m^3$

7. من الشكل الملحق B6 b وبدلالة المقاس الاعتباري للركام (20) mm وقيـمة الهبوط (30−60)mm ومن قيمة (w/c) وقيمتها (0.55) ومن نسبة الركام الناعم المار من (Passing 600μ) وقيمتها (31.7) ومنها نجد نسبة الركام الناعم(The proportion of fine agg) ومساوية الى(42)%.

8. نحسب كمية الركام الناعم

Weight of fine aggregate (sand)= $0.42 \times 1867 = 785\ kg\ /m^3$

9. نحسب كمية الركام الخشن

Weight of coarse aggregate (gravel)= $1867 - 785 = 1082\ kg\ /m^3$

جدول (3−5) اوزان مكونات الخلطة المصممة المرجعية (Mix design) kg/m^3

cement	sand	gravel	water
328	785	1082	180

الجدول(3−6) اوزان المواد للخلطات الخرسانية في المتر المكعب مع تغيير نسب المضاف SP

NO. of Mix	Mix Design with %SP	Cement kg	Sand kg	Gravel kg	Water kg	W/C	SP litter
1	0%	328	785	1082	180	0.55	0
2	1%	328	785	1082	180	0.55	2.760
3	3%	328	785	1082	180	0.55	8.270
4	1%	328	785	1082	153	0.46	2.760
5	3%	328	785	1082	126	0.38	8.270

تم صب مكعبات اختبار بابعاد(15×15×15) سم^3 ولعدد (36) مكعب بثبات W/C ولعدد(12) مكعب بتغيير W/C والشكل (3−3) يوضح نماذج مكعبات الخرسانة .

الشكل(3-3) نماذج المكعبات حسب نوع الخلطة

4.3 : نماذج الاختبار

تم استعمال نماذج قوالب مكعبة مفردة و ثلاثية الشكل من الحديد الصلب و بأبعاد قياسية المكعب 15×15×15 سم كما في الشكل(3-4).

الشكل (3-4) اشكال نماذج قوالب المكعبات المستعملة

5.3 : أجهزة الاختبار المستخدمة

تم في البحث استعمال العديد من الاجهزة وعُدد الاختبار المعملي في اختبارات مواد الخرسانة حيث استعمل في اختبار قوام زمن الشك للاسمنت جهاز فيكات كما في الشكل (3-5) و استعمل ايضا مجموعة المناخل القياسية لاختبارات نعومة الاسمنت وفي التدرج الحبيبي للركام الناعم والخشن واستعمل بعض العدد اليدوية والزجاجيات المختبرية وميازين حساسة و كبيرة و فرن حراري و التي بينت النتائج السابق ذكرها لاختبارات مواد الخرسانة . في اختبارات الخرسانة الطرية استعمل اختبار الهبوط Slump Test كما في الشكل(3-6) والذي

استعمل لخمس خلطات حسب تغيير نسبة المضاف الملدن المتفوق(SP). في اختبارات الخرسانة المتصلبة استعمل اجهزة الاختبار الاتلافية Destructive Testing جهاز ماكنة الكسر و اجهزة اختبار غير الاتلافيه متمثلة بجهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic Pulse Velocity و جهاز تعيين رقم الارتداد بمطرقة شميدت Schmidt Hammer .

الشكل(3-5) جهاز فيكات في اختبار تحديد القوام و زمن الشك للاسمنت

الشكل (3-6) اختبار الهبوط للخرسانة الطرية

1.5.3 : جهاز الكسر crushing (اختبار مقاومة الانضغاط)

اهم اجهزة اختبار الخرسانة الاتلافية للعنصر المختبر ومهم في تحديد قوة الخرسانة والاعتماد عليه في معظم المشاريع الانشائية ، تم استعمال جهاز الكسرنوع Amili كما في الشكل 3-7 المصمم وفق المواصفات البريطانية ومنشأ هندي ، و تم استعمال الجهاز في الجانب المعملي للدراسة في وظيفتين اساسيتين وهما :

1. تثبيت المكعبات الخرسانية (15×15×15)سم وتحميلها الى (160) KN أي لاجهاد MPa(7) لغرض اخذ قراءات جهاز مطرقة شميدت.
2. تحديد الحمل المسلط المسبب لكسر المكعبات الخرسانية ومن ثم تحديد مقاومة الانضغاط من قسمة الحمل المسبب للفشل الى مساحة المكعب الخرساني ، و تطبيق المعادلة(2-4-1) والتي تنص على ($f_{cu} = \frac{P}{A}$)

الشكل(3-7) جهاز الكسر

1.5.3 : جهاز تعيين رقم الارتداد مطرقة شميدت Schmidt Hammer

هو احد اجهزة الاختبارت غير الاتلافية للخرسانة المتصلبة وتم استعمال جهاز مطرقة شميدت نوع Proseq الماني المنشأ ويتم معايرة الجهاز قبل اخذ القراءات بواسطة سندان المعايرة وتكمن طريقة العمل بتحديد مواقع النقاط التي يتم اخذ القراءات عليها وبمجموع (32) قراءة لوجهين من المكعب أي (16) قراءة لكل وجه وفق المواصفات البريطانية وتاخذ القراءات بعد ان يتم تثبيت المكعب في جهاز الكسر وتحميلة الى حمل (160) KN حسب المواصفات البريـطانية (B.S.1881:45) ، ثم تؤخذ معدل القراءات لرقم الارتداد لكل مكعب ومع الشكل(2-4-17) يتم ايجاد قيمة مقاومة الانضغاط .

الشكل(3-8) جهاز مطرقة شميدث وسندان المعايرة

3.5.3 جهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic Pulse Velocity

اهم اجهزة الاختبارات غير الاتلافية للعنصر الخرساني وتم استعمال الجهاز الموضح في الشكل(3-9) من الاجهزة الحديثة والمتطورة والدقيقة في قياس زمن انتقال الموجات فوق الصوتية خلال العنصر الخرساني ومن ثم يتم حساب سرعة الموجات الفوق الصوتية من قسمة طول مسار الموجة الى زمن انتقالها خلال العنصر ، ومن خلال معادلات خاصة ومخططات محددة يمكن احتساب مقاومة انضغاط الخرسانة ، وقد استخدمت معادلة (2 -4- 9) والتي تنص (V= L/ T) لاحتساب سرعة الموجات فوق الصوتية و تحسب مقاومة الانضغاط من ثلاث معادلات والمبينة في الباب الثالث واخذ المعدل لهم والمعادلات هي كما يلي : -

1. تطبيق معادلة (2-4- 10)(Jones R . eq 1962) والتي تنص($C= 2.8\ e^{0.53v}$)
2. تطبيق معادلة (2-4- 12)(Raouf . eq 1983) والتي تنص($C=2.016\ e^{0.61\ v}$)
3. تطبيق معادلة (2-4- 15)(Nashat . eq 2005) والتي تنص($C=1.19\ e^{0.715\ v}$)

الشكل(3-9) جهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية