نحو تصميم خلطة بيتونية مثلى باستعمال المواد المحلية في مدينة دمشق وريفها[1]

المهندس حسام بلّوط[2] الدكتور المهندس عصام مالك[3]

الدكتور المهندس اندراوس سعود[4]

الملخص

البيتون هو العنصر الأساسي في عملية البناء، وذلك كونه يتمتع بجملة من الميزات أهمها مقاومته العالية للضغط فضلاً عن توافر مواده الأولية محلياً بكثرة، وقد أثبتت العديد من الدراسات[13-14-15-16] أنَّ زهاء 50% من العينات لم تحقق المقاومة الاسطوانية المميزة 200kg/cm² للخرسانة المراقبة و180kg/cm² للخرسانة غير المراقبة وذلك باستخدام المواد المتوافرة محلياً في ظروف الورشة واستخدام عيار إسمنت350kg/m³.

ونظراً لأنَّ المقاومة تتعلق بشكل رئيس بخواص مكونات البيتون (الحصويات – الإسمنت – الماء)، ونظراً لأنَّ تصنيع الإسمنت يتم وفقاً للمواصفات الفنية المعتمدة، وباستخدام ماء صالح لأعمال البيتون فتكمن أهمية البحث في دراسة مواصفات الحصويات (البحص والرمل) للمقالع التي تغذي مدينة دمشق وريفها للوصول إلى التوصيات اللازمة لضمان تحقيق المقاومات المطلوبة بظروف الورشة.

[1] أعد هذا البحث في سياق شهادة الماجستير في الهندسة الإنشائية للمهندس حسام بلوط بإشراف الدكتور المهندس عصام مالك ومشاركة الدكتور المهندس اندراوس سعود.

[2] قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[3] قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[4] قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

1- مقدمة:

من أهم خواص البيتون هي مقاومته العالية للضغط، التي افترض الكود العربي السوري قيمها بحدود200kg/cm² للخرسانة المراقبة و180kg/cm² للخرسانة غير المراقبة وذلك من أجل عيار إسمنت 350kg/m³، وقد أثبتت العديد من الدراسات السابقة[13-14-15-16] أن نسبة كبيرة من العينات لمشاريع منفذة في مدينة دمشق وريفها تصل إلى 40-60% لا تحقق المقاومات المطلوبة.

ونظراً لأنَّ البيتون يتكون من خلط الحصويات مع الإسمنت والماء كرابط كيميائي يتفاعلان متحولين من الحالة السائلة إلى مادة متصلبة تقوم بربط الحصويات، فإن لمكونات البيتون وخصائصها دوراً فعالاً وأساسياً في تحديد مقاومته.

ونظراً لأنَّ الإسمنت المستخدم غالباً في المشاريع هو الإسمنت البورتلندي العادي والمحقق للاشتراطات والمواصفات المعترف بها والمحددة في الشروط الخاصة بالمشروع بموجب شهادة منشأ، وأن الماء المستخدم صالح لأعمال البيتون فيبقى الدور الأساسي في تحديد مقاومة البيتون لمواصفات وخصائص الحصويات ولنسبة الماء إلى الإسمنت، فضلاً عن طريقة صنع البيتون والاهتمام به إثناء الصب وبعده.

2-الهدف من البحث:

الهدف من البحث هو دراسة خصائص ومواصفات الحصويات المحلية المستخدمة في المنشآت البيتونية في مدينة دمشق وريفها، ودراسة مدى تأثيرها في مقاومات البيتون ومقارنة نتائج استخدام الحصويات المعدلة مع نتائج الحصويات الخام دون تعديل، ودراسة انعكاس طريقة تصميم الخلطة على مقاومات البيتون.

3- طريقة الدراسة والبحث:

توجه هذا البحث إلى دراسة الحصويات المتوافرة في المقالع التي تزود محافظتي دمشق وريفها ومدى انعكاس مواصفاتها على مقاومة البيتون، وذلك باستخدام إسمنت

يحقق المواصفات المعتمدة من قبل المصنع المنتج ومطابق للمواصفات، وباعتبار أن الماء صالح للاستخدام في تصميم الخلطة البيتونية.

3-1- الدراسة الحقلية:

قمنا بزيارة 62 مقلعاً من المقالع التي تغذي محافظة دمشق وريفها بالحصويات اللازمة لتصنيع البيتون والواقعة في المناطق المبينة في الجدول(1).

أسماء المناطق	عدد المقالع المدروسة		أسماء المناطق	عدد المقالع المدروسة
مقالع جبهة حفير الشمالية	3		مقالع جبهة حسيا الجنوبية	4
مقالع جبهة حفير الجنوبية	5		مقالع جبهة حسيا الوسطى	4
مقالع جبهة حفير الشرقية	5		مقالع منطقة النبك	6
مقالع منطقة القسطل	6		مقالع منطقة الرحيبة	1
مقالع منطقة المراح	4		مقالع منطقة المشرفة	5
مقالع جبهة حسيا	13		مقالع منطقة جباتا الخشب	6

الجدول(1)

وتم إحضار 169 عينة بحص و89 عينة رمل من جميع أنواع الحصويات المتوافرة فيها، والمأخوذة وفق طرائق اختيار العينات المعتمدة في المرجع (8) بحيث تمثل هذه العينات الحصويات المختبرة تمثيلاً جيداً.

3-2- الدراسة المخبرية:

والتي تضمنت:

1- تحديد الخواص العامة للحصويات وذلك بإجراء العديد من التجارب على عينات البحص (تجربة الاهتراء (لوس انجلوس)– تحديد عامل التفتت بتجربة الصلابة– تجربتي التطاول والتسطح لتحديد شكل الحصويات– تجربة الوزن النوعي والامتصاص– تجربة التدرج الحبي) وكذلك على عينات الرمل (تجربة التدرج

الحبي– تجربة الوزن النوعي والامتصاص– تجربة معامل النعومة– تحديد نسبة الغضار– تجربة المكافئ الرملي).

2- دراسة نتائج التجارب ومقارنتها مع المواصفات المعتمدة وتحديد الحصويات الخام المقبولة و تقييم المقالع والعينات.

3- دراسة إمكانية تعديل الحصويات الخام غير المحققة للمواصفات وذلك بإضافة نوع آخر من حصويات المقلع نفسه بنسب معينة للحصول على حصويات معدّلة تحقق المنحنى الحبي النظامي بشكل أساسي.

4- تصميم الخلطات البيتونية وفق الطريقة الأميركية[6] لكل من المقالع المدروسة وفق ما يأتي:

- 42 خلطة باستخدام الحصويات الخام المتوافرة دون تعديل، وهي موزعة بين 16 خلطة حصوياتها محققة للتدرج الحبي المثالي و26 خلطة حصوياتها غير محققة للتدرج الحبي المثالي.
- 26 خلطة باستخدام الحصويات المعدّلة(ذلك للمقالع التي حصوياتها غير محققة للتدرج الحبي).

5- تنفيذ عينات مكعبية (15*15*15) بيتونية لكل من النماذج المدروسة في المرحلة السابقة، وحفظها في شروط المخبر مدة 28 يوماً.

6- اختبار العينات البيتونية على الضغط وذلك وفق الطريقة العامة لاختبار العينات على الضغط بالاعتماد على المرجع(1+6)، ومقارنتها مع المقاومة الاسطوانية المميزة المقبولة للخرسانة المراقبة $200kg/cm^2$.

7- إجراء دراسة للنتائج والمقارنة بين المقاومات الناتجة عن الخلطات السابقة، ودراسة مدى تأثير خواص الحصويات وتعديلها في هذه المقاومات.

8- التوصل إلى التوصيات اللازمة للحصول على مقاومات محققة للمقاومة المطلوبة بظروف الورشة.

4- خواص الحصويات واختباراتها:

تشكل الحصويات الكتلة الأساسية في البيتون ولذلك يجب أن تكون ذات مقاومة وخصائص جيدة من أجل الحصول على المقاومات المطلوبة للبيتون، كما أن التأثير الكبير لخواص الحصويات في مقاومات البيتون يجعل من الضروري تحديد خواصها وإجراء العديد من التجارب قبل تصميم الخلطة. ومن أهم تلك الخواص التي يجب اختبارها:

4-1- المقاومة:

يدعى هذا الاختبار باختبار التفتت، الذي يحدد مقاومة البحص وفق المرجع [10].

ويجب ألا تزيد قيمة عامل التفتت على 10% للبيتون العادي.

4-2- الصلابة:

يدعى هذا الاختبار باختبار اهتراء أو تآكل المواد الحصوية(لوس انجلوس) وفق المرجع [3- 5].

ويجب أن لا تزيد نسبة الفاقد على 30% بالنسبة للبيتون العادي.

4-3- شكل الحبيبات:

إن الاختبارات المستعملة من أجل تقييم شكل الحبيبات ليست ثابتة وأكثرها استعمالاً هي تحديد دليل التطاول ودليل التسطح وفق المرجع [3].

يجب أن لا يتجاوز كل من دليل التطاول و دليل التسطح النسبة 15%.

4-4- التدرج الحبي:

يقصد بالتحليل الحبي تحديد نسب الحبيبات ذات الأحجام المختلفة الداخلة في تركيب نموذج من الحصويات وفق المرجع [5- 6].

يجب أن يقع تصنيف الحصويات الخشنة حسب المواصفات السورية ضمن حدود نسب التحليل المنخلي المبينة فيها والتي تتغير حسب المقاس الاسمي للبحص، ويجب

أن يقع تصنيف الحصويات الناعمة ضمن حدود نسب التحليل المنخلي الثابت والمحدد ضمن المواصفة.

4-5- الوزن النوعي والامتصاص:

الوزن النوعي هو النسبة بين وزن المادة إلى حجمها المطلق (حجم الأجزاء الصلبة)، أما الامتصاص فهي الزيادة في وزن الحصويات نتيجة الماء الموجود في مسامات المادة، ولا يشمل الماء الملتصق بالسطح الخارجي للحبيبات.

يتم إجراء التجربة للحصويات الخشنة(البحص) والناعمة(الرمل) كما هو وارد في المرجع (9).

4-6- نسبة الغضار في الرمل:

إن المنخل رقم 200 ذا الفتحة 0.07mm هو المنخل الفاصل بين الرمل والغضار.

يجب أن لا تزيد نسبة الغضار على 7%.

4-7- معامل نعومة الرمل:

يعدُّ معامل نعومة الرمل من أهم خواص الرمل لأنه يعطينا فكرة عن حجم الحبيبات الناعمة في حصويات الخلطة.

يعتبر المجال المقبول لمعامل النعومة وفق المواصفات البريطانية والفرنسية-Mf=(2.2 2.8)، وفي المقاييس السورية Mf=(2.3-3.1).

4-8- المكافئ الرملي:

تعبر قيمة المكافئ الرملي عن حجم المواد الغريبة كالغضار والشوائب والحبيبات الناعمة والمعلقات الموجودة في الرمل. وتحدد قيمة المكافئ الرملي كما في المرجع [7].

يجب أن لا تقل قيمة المكافئ الرملي عن 70 للبيتون العادي، وعن 75 للبيتون العادي ذي المقاومة المرتفعة نسبياً، وعن 85 للبيتون عالي المقاومة.

5- تصميم الخلطات البيتونية:

يقصد بتصميم الخلطة البيتونية تحديد القيم النسبية لمكونات البيتون، وهي البحص والرمل والإسمنت والماء.

يحدد وفق طرائق التصميم المختلفة للخلطات البيتونية ما يأتي:

1- النسبة بين الماء والإسمنت W/C .

2- كمية الإسمنت اللازمة لمتر مكعب من البيتون و تقاس ب kg/m^3 .

3- النسب بين الحصويات S/G أو S/S+G.

4- كمية الماء اللازمة لمتر مكعب من البيتون.

وهناك العديد من الطرائق التي يمكن اتباعها في تصميم الخلطات البيتونية نذكر منها: الطريقة الوضعية– الطريقة البريطانية– الطريقة الفرنسية– الطريقة الأميركية[6].

6- عرض نتائج الدراسة:

سيتم عرض النتائج لجميع التجارب عن طريق التمثيل العمودي إذْ يمثل المحور الأفقي نتائج التجارب والمحور الشاقولي النسب المئوية لعدد العينات أو المقالع المحققة، والهدف من ذلك الإيجاز في الشرح والسهولة في عرض النتائج و قراءتها.

6-1- نتائج تجارب البحص:

6-1-1- نتائج تجربة الاهتراء(لوس انجلوس) وتجربة عامل التفتت:

تمت دراسة 169 عينة مأخوذة من 59 مقلعاً موزعة على 11 منطقة، وقد قمنا بحساب الوسطي لكل من نسبة الفاقد لتجربة لوس انجلوس وعامل التفتت من تجربة المقاومة فكانت القيم كما هو مبين في الجدول (2).

القيم المسموحة	نسبة الفاقد≤ 30%	عامل التفتت≤ 10%			
منطقة الدراسة	نسبة الفاقد	عامل التفتت	منطقة الدراسة	نسبة الفاقد	عامل التفتت
جبهة حفير الشمالية	19.56	5.61	جبهة حسيا الجنوبية	17.01	4.3
جبهة حفير الجنوبية	16.93	5.07	جبهة حسيا الوسطى	17.21	4.38
جبهة حفير الشرقية	13.84	4.79	منطقة النبك	17.22	3.57
منطقة القسطل	25.57	7.13	منطقة الرحيبة	17.99	4.37
منطقة المراح	20.98	5.14	منطقة المشرفة	24.76	7.25
جبهة حسيا	15.85	4.60	منطقة جباتا الخشب	21.82	7.35

الجدول(2)

نلاحظ من الجدول أن جميع المقالع محققة لكل من فاقد الاهتراء (الصلابة) وعامل التفتت (المقاومة) مع اختلاف مقاومة هذه الحصويات، وتم تصنيف المقالع حسب نتائج تجربتي المقاومة والصلابة كنسب مئوية لمقاوماتها كما في الشكل(1).

الشكل(1)

6-1-2- نتائج تجربتي التطاول والتسطح:

تمت دراسة العينات المأخوذة من المقالع المدروسة والتي بلغ عددها 59 والموجـــودة في 11 منطقة، وتم حساب دليل التطاول الوسطي ودليل التسطح الوسطي لكل مقلـــع، فكانت نتائج تصنيف المقالع كنسب مئوية لقيم كل من دليل التسطح والتطاول فيها كما في الشكل (2).

الشكل(2)

كما يبين الشكل(3) النسبة المئوية للمقالع التي شكل بحصها يحقق كًّـــلاً مـــن دليلـــي التطاول والتسطح معاً.

الشكل(3)

6-1-3- نتائج تجربة الوزن النوعي والامتصاص:

من دراسة نتائج تجربة الوزن النوعي والامتصاص لعينات البحص نجد أن قيم الوزن النوعي تراوحت ما بين 2.2-2.8t/m³، أما نسبة الامتصاص فكانت قيمها متغيرة أيضاً وتراوحت وسطياً بين 0.7-2.2% ووصلت في بعض العينات إلى 4-6%، وقد انعكس ذلك على مقاومات البيتون فكانت مقاومات البيتون مرتفعة مع استخدام بحص وزنه النوعي أعلى ونسبة امتصاصه منخفضة.

6-1-4- نتائج تجربة التدرج الحبي:

تمت دراسة النتائج التي أعطتها تجربة التدرج الحبي لعينات البحص البالغة 169عينة من 59 مقلعاً وصنفنا المقالع حسب التدرج الحبي لبحصها فكانت النتائج في الشكل(4) كالآتي:

- عدد المقالع التي فيها بحص محقق دون عملية التعديل 47 .
- عدد المقالع التي لا يوجد فيها بحص محقق قبل التعديل 12 .

الشكل(4)

6-1-5- دراسة عملية تعديل البحص:

سيتم عرض عملية التعديل من خلال مخططات التدرج الحبي لإحدى عينات البحص كما في الشكل(5)، علماً أن المنحنى الحبي للعينة المدروسة هو المستقيم الواصل بين رمز o ، ويمثل المنحنيان الآخران المجال النظامي للبحص الذي قطره الاســـمي-19) . 37.5)

الشكل(5)

ومن الشكل السابق نلاحظ أن عملية التعديل للعينة السابقة كانت مفيدة لأن المنحنى الحبي الناتج أصبح واقعاً ضمن المجال النظامي للبحص، مع التنويه إلى أن نسبة كبيرة من العينات لم تكن عملية التعديل مجدية فيها وذلك لضرورة استخدام نسبة تزيد على 60% من بحص آخر، وبذلك نكون قد غيرنا مواصفات البحص كلياً وحصلنا على بحص جديد.

6-2- نتائج تجارب الرمل:

6-2-1- نتائج تجربة التدرج الحبي:

من دراسة نتائج التدرج الحبي لعينات الرمل المدروسة والبالغ عددها 89 عينة موزعة على 55 مقلعاً في منطقة الدراسة قمنا بتصنيف المقالع المدروسة حسب التدرج الحبي للرمل كما في الشكل(6)، فكانت النتائج كالآتي:

- عدد المقالع التي فيها رمل محقق 29 مقلعاً.
- عدد المقالع التي رملها غير محقق وتعديلها غير منطقي 26 مقلعاً.

الشكل(6)

6-2-2- نتائج تجربة الوزن النوعي والامتصاص:

بينت التجارب على العينات أن قيم الوزن النوعي الكلي للرمل تراوحت بين 2.00- 2.4t/m³ و نسبة الامتصاص بين 4-19% ووصلت في بعض العينات إلى28%، وقد انعكس ذلك على خواص مقاومات البيتون التي ازدادت بزيادة الوزن النوعي للرمل و نقصان امتصاصه.

6-2-3- نتائج معامل نعومة الرمل:

بمقارنة معامل النعومة لعينات الرمل المدروسة (89 عينة) مع معامل النعومة النظامي التي تبلغ قيمته وفق المواصفات السورية بين 2.3-3.1 ، ووفق المواصفات الفرنسية والبريطانية بين 2.2-2.8 نصل إلى النتائج المبينة في الجدول (3)، علماً أن جميع العينات تصبح جيدة النعومة وفق جميع المواصفات المدروسة بعد عملية التعديل.

نوع العينة	عدد العينات	
	وفق المواصفات السورية	وفق المواصفات الفرنسية والبريطانية
عينات رمل جيدة	29	19
عينات رمل ناعمة	4	2
عينات رمل خشنة	53	65
عينات رمل مزار	3	3

الجدول(3)

6-2-4- نتائج تجربة نسبة الغضار:

بمقارنة نسبة الغضار لعينات الرمل المدروسة (89 عينة) مع النسبة المقبولة في المواصفات والتي تشترط أن تكون أقل من 7% نجد أن عدد العينات المحققة هي 22 عينة.

6-2-5- نتائج تجربة المكافئ الرملي:

تمت دراسة تجربة المكافئ الرملي على (80 عينة) من الرمل فكانت عدد العينات التي قيمة مكافئها الرملي أكبر من 75 والتي هي القيمة الدنيا المسموحة للبيتون العادي ذي المقاومة المرتفعة نسبياً هو 24 عينة.

ويبين الشكل(7) مقارنة بين نسب عينات الرمل المحققة لكل من تجارب معامل النعومة ونسبة الغضار والمكافئ الرملي.

الشكل(7)

6-2-6- دراسة عملية تعديل الرمل:

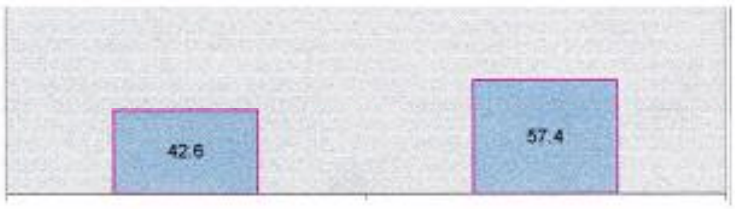
يتم توضيح التعديل في الشكل (8)، علماً أن المنحنى الحبي للعينة المدروسة هو المستقيم الواصل بين رمز o، ويمثل المنحنيان الآخران المجال النظامي للرمل.

الشكل(8)

6-3- تقييم التدرج الحبي لحصويات المقالع:

بعد دراسة التدرج الحبي لكل من عينات البحص والرمل لكل مقلع، قمنا بتحديد المقالع التي توفر فيها بحص ورمل يحققان التدرج الحبي فكان عددها 23 مقلعاً. ويبين الشكل (9) تصنيف المقالع بالنسبة للتدرج الحبي لحصوياتها:

تصنيف المقالع كنسبة مئوية حسب التدرج الحبي لحصوياتها



لا يوجد فيها بحص ورمل يحققان التدرج الحبي **فيها بحص ورمل يحققان التدرج الحبي**

الشكل (9)

6-4- نتائج تصميم الخلطات البيتونية:

قمنا بكسر العينات المكعبية المصبوبة بعد 28 يوماً من الصب، وأجرينا عليها الدراسة اللازمة من أجل تحديد المقاومة الإسطوانية المميزة. ونعرض في الجدول (4) نتائج واحدة من الخلطات المدروسة والبالغة 42 خلطة (الفقرات 6-4-1، 6-4-2،) وهي الخلطة(17) للمقلع 20:

رقم الخلطة	وزن العينة	قوة الكسر	مقاومة مكعبية	وزن حجمي	Fcm مكعبية	Fc مكعبية	Fc اسطوانية	المقاومة الناتجة / المقاومة المطلوبة
17 عادي	7.92	65	289	2.36	292	270	216	1.08
	8.02	69	307					
	7.96	63	280					
17 معدّل	8.02	76	338	2.39	316	284	227	1.135
	8.05	68	302					
	8.08	69	307					

الجدول(4)

كما يبين الجدول (5) مواصفات الحصويات المستخدمة في الخلطة السابقة.

مواصفات عينة البحص (70) المستخدمة في الخلطة (17)							
القطر الاسمي	التدرج الحبي	فاقد لوس انجلوس	عامل التفتت	دليل التسطح	دليل التطاول	الوزن الحجمي الردمي	الوزن النوعي الكلي
4.75-25	محقق	22.8 %	6.09 %	14.38 %	17.6 %	1.556	2.64

مواصفات عينة الرمل (30) المستخدمة في الخلطة (17)								
قبل التعديل					بعد التعديل			
التدرج الحبي	معامل النعومة	المكافئ الرملي	نسبة الغضار	الوزن الحجمي الردمي	الوزن النوعي الكلي	التدرج الحبي	معامل النعومة	نسبة الغضار
غير محقق	3.429	77%	11.2%	1.769	2.432	محقق	2.177	8.23%

الجدول(5)

وتم تصنيف نتائج الخلطات وذلك وفق نماذج الخلطات المبينة في الفقرة(2-2)– البند4 إلى:

6-4-1- نتائج الخلطات العادية:

قمنا بدراسة نتائج المقاومات الإسطوانية المميزة لخلطات النموذج الأول (42 خلطـــة) المنفذة باستخدام الحصويات الخام وتصنيف هذه النتائج وفق ما يأتي:

- (2) خلطة مقاومتها أقل من 200.
- (11) خلطة مقاومتها ونظراً لأنَّ.
- (14) خلطة مقاومتها (221-260kg/cm²).
- (9) خلطات مقاومتها (261-300kg/cm²).
- (5) خلطات مقاومتها (301-350kg/cm²).

ويبين الشكل (10) العلاقة بين تصنيف الخلطات نسبة لمقاوماتها الإسطوانية المميزة .

الشكل(10)

نلاحظ من نتائج الخلطات العادية السابقة باستخدام الحصويات الخام المتـــوافرة فـــي المقالع أن نسبة 5% فقط من العينات كانت مقاومتها أقل من المقاومة المطلوبة وهـــذا يعود بشكل أساسي إلى طريقة صنع البيتون إِذْ تم تنفيذ العينات في ظـــروف المخبـــر

وجودة دك عالية، فضلاً عن كون تصميم الخلطات تم باستخدام الطريقة الأميركية التي تأخذ بالحسبان مواصفات الحصويات المختلفة (القطر الأعظمي للحصويات و معامل نعومة الرمل والأوزان النوعية الفعلية) والتي لا تلحظ نهائياً عند استخدام الطريقة الوضعية التي استخدمت في أغلب المشاريع الواردة في المراجع (13-14-15-16).

كما نلاحظ اختلاف المقاومات تبعاً لمصدر الحصويات، وقد تم تصنيف المقالع حسب المقاومة الإسطوانية المميزة للخلطات المنفذة بحصوياتها في المجموعات الثلاث الآتية:

1- مقالع متوسط المقاومة الإسطوانية المميزة لخلطات حصوياتها 280 kg/cm²، وهي: حفير الشمالية– حفير الجنوبية– حسية الجنوبية– حسية الوسطى.
2- مقالع متوسط المقاومة الإسطوانية المميزة لخلطات حصوياتها 255 kg/cm²، وهي: حسية– النبك– المشرفة– جباتا الخشب.
3- مقالع متوسط المقاومة الإسطوانية المميزة لخلطات حصوياتها 215 kg/cm²، وهي: حفير الشرقية– القسطل– المراح– الرحيبة.

6-4-2- نتائج الخلطات المعدّلة:

يبين العمود الأخير من الجدول (4) أن تعديل الحصويات أدى إلى زيادة المقاومة الإسطوانية المميزة بنسبة تتراوح بين % 5.0-9.0 للخلطات التي قمنا بتعديل رملها وكان بحصها محققاً، بينما زادت بنسبة تتراوح بين % 12.5-14.5 للخلطات التي عدّلنا بحصها وكان رملها محققاً. وهذا يبين أن تأثر المقاومة بنوعية البحص أكثر من الرمل.

وبذلك نجد إمكانية زيادة المقاومة بنسبة تصل إلى 15% عن طريق تعديل الحصويات (البحص أو الرمل) مع ملاحظة التكاليف العالية اللازمة لذلك من معدات وتجهيزات خاصة وأدوات يجب توافرها في المقالع.

7- النتائج:

1- أثبتت التجارب أن اختلاف مصادر الحصويات مقرون باختلاف مواصفاتها، الأمر الذي يعطي مقاومات مختلفة للبيتون.

2- إن مقاومة الحصويات تؤثر بشكل مباشر في المقاومات البيتونية التي تزداد بزيادتها، وقد أظهرت التجارب تقارب النتائج بين تجربتي نسبة فاقد لوس انجلوس وعامل التفتت، والتي أثبتت أن مقاومة البحص في جميع المقالع المدروسة محققة للمواصفات مع اختلاف هذه المقاومات، حيث كان البحص في 70% من المقالع ذا مقاومة جيدة وفي 30% بمقاومة مقبولة كما هو موضح بالشكل(1)، مما انعكس على مقاومة الخلطات البيتونية لهذه المقالع، فكلما قلت نسبة التآكل وعامل التفتت زادت مقاومة البحص ومن ثَمَّ مقاومة البيتون.

3- إن شكل الحصويات يؤثر في مقاومات البيتون وأظهرت التجارب أن زهاء 62.7% من المقالع المدروسة تحقق شرط التطاول، و47.5% تحقق شرط التسطح، في حين 27.1% من المقالع تحقق شرطي التطاول والتسطح معاً.

4- إن الوزن النوعي للبحص (أو الرمل) ونسبة امتصاصه تؤثر في مقاومات البيتون، فتزداد مقاومة البيتون مع استخدام بحص (أو رمل) وزنه النوعي أعلى ونسبة امتصاصه منخفضة.

5- إن زيادة نعومة الرمل أو نقصانها عن المجال المسموح وزيادة كل من المكافئ الرملي ونسبة الغضار فيه تؤثر بشكل سلبي في مقاومات البيتون، وقد أظهرت التجارب تقارب النتائج بين تجارب المكافئ الرملي ومعامل النعومة ونسبة الغضار في عينات الرمل المدروسة والتي تحققت في 27.5 % من المقالع.

6- إن التدرج الحبي لكل من البحص والرمل ومدى مطابقته للمواصفات يؤدي دوراً مهماً وأساسياً في التأثير في مقاومات البيتون، وقد أظهرت التجارب أن 79.6% من المقالع المدروسة فيها بحص تدرجه الحبي نظامي و52.7% من المقالع فيها

رمل تدرجه الحبي مقبول، في حين 42.3% من المقالع فيها بحص ورمل يحققهما معاً.

7- إن المقاومات التي تم الحصول عليها باستخدام الحصويات الخام محققة للمقاومات المطلوبة بنسبة 95% وهذا يعود لطريقة صنع البيتون في ظروف المخبر وجودة الدك العالية، فقد تم استخدام الطريقة الأميركية في تحديد النسب الوزنية لمكونات الخلطة والتي تأخذ بالحسبان مواصفات الحصويات. إن انخفاض المقاومات للبيتون المنتج في الورشات كما هو موضح في المراجع[13- 14-15-16] يعود لاستخدام الطريقة الوضعية المعتمدة في تصميم الخلطات في أغلب المشاريع والتي تحدد النسب الحجمية دون اعتبار لمواصفات الحصويات المستخدمة ومصادرها.

8- إن تعديل الحصويات غير المحققة للمواصفات قبل استخدامها في الخلطات البيتونية أدى إلى زيادة في المقاومة البيتونية المميزة بنسبة 5-15%، علماً أن عملية التعديل مقرونة بتكاليف وأعمال إضافية يجب أخذها بالحسبان.

8- التوصيات:

1- ضرورة مراقبة جميع المقالع واختبار حصوياتها للتأكد من مطابقتها للمواصفات الفنية المطلوبة.

2- تزويد أماكن التنفيذ بشهادة منشأ تتضمن الخواص الأساسية للحصويات المستخدمة.

3- التأكيد على ضرورة غسيل البحص والرمل قبل الاستخدام وذلك للتخلص من الحبيبات الناعمة والمواد الغضارية والعالقة، والتي تؤدي إلى عدم التصاق المونة الإسمنتية بالمواد الحصوية التصاقاً جيداً كما تؤدي إلى زيادة السطح النوعي للحصويات ومن ثَمَّ تثبيت كمية من الماء الحر حول سطح حبيباتها دون

السماح لها بالمشاركة في عملية التفاعل مع الإسمنت مما يؤدي إلى عدم تجانس البيتون وانخفاض مقاومته.

4- دراسة خواص المواد الحصوية قبل تصميم الخلطة والتحقق من مطابقتها للمواصفات في حال عدم توافر شهادة منشأ بمواصفات الحصويات، ويفضل التأكد من هذه المواصفات مع توافر شهادة المنشأ.

5- الاعتناء برّج البيتون ومراقبته في أثناء الصب وعدم الصب في أوقات البرد والحر الشديدين، والعناية بالبيتون بعد الصب والمحافظة على رطوبته مدة كافية لتحقيق التفاعل الكيميائي الكامل ومن ثَمَّ رفع مقاومته.

6- السعي لتصميم الخلطات البيتونية في الورشات بالاعتماد على طرائق دقيقة كالطريقة الأميركية باستخدام تقانات خاصة(مجبل مركزي)، وعدم الاعتماد على الطريقة الوضعية في التصميم للوصول إلى المقاومات البيتونية المطلوبة.

9- المراجع:

1- الإحصاء وطرق تطبيقه في ميادين البحث العلمي– الجزء الأول – جامعة دمشق– د.أنيس كنجو.

2- أعمال الخرسانة والخرسانة المسلحة– نقابة المهندسين.

3- الطرق– جامعة البعث.

4- الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة– نقابة المهندسين– 2004 .

5- المواصفات القياسية السورية– دمشق 1985.

6- تكنولوجيا البيتون والمدخل للبيتون المسلح– جامعة دمشق– د.رزوق– د.زين الدين.

7- مواد البناء واختباراتها– جامعة دمشق– د.سعود– د.سطاس.

8- الكتاب العربي لمواصفات و طرق اختبار الخرسانة– الجمعية الأميركية لاختبار المواد–ASTM-2000 .

9- دليل التجارب والاختبارات – AASHTO .

10- BSI, Testing Aggregates, British Standard-1990.

11- C.B.WLBY,Concrete for Structural Engineers, London-1977

12- M.L.Gambhir, Concrete Technology, Second Edition-1995.

13–دراسة مقاومات البيتون وطرائق تحسينها– رسالة ماجستير/ كلية الهندسة المدنية/ جامعة دمشق– إعداد الدراسة م.محمد أبو الشكر– إشراف د.م.عصام مالك د.م.مأمون السمكري – 1997.

14– دراسة إحصائية لنتائج كسر عينات البيتون في بعض مشاريع دمشق و ريفها– رسالة دبلوم/ كلية الهندسة المدنية/ جامعة دمشق– إعداد م. اياد عمورة– إشراف د.م.عصام مالك – 1998.

15-دراسة إحصائية لنتائج كسر عينات البيتون في بعض مشاريع دمشق و ريفهـــا- رسالة دبلوم/ كلية الهندسة المدنية/ جامعة دمـــشق- إعـــداد م. ماريـــا طامـــا- إشراف د.م.عصام مالك - 2001.

16-دراسة إحصائية لنتائج كسر عينات البيتون في بعض مشاريع دمشق و ريفهـــا- رسالة دبلوم/ كلية الهندسة المدنية/ جامعة دمشق- إعـــداد م. ميـــادة الـــسبع- إشراف د.م.عصام مالك - 2003.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: 2005/2/28.