دراسة إمكانية استعمال مخلفات البناء في انتاج بيتون جديد واستعمالها في طبقات الرصف للطرق ودراسة تأثير إضافة الأسلاك الفولاذية على مقاومتها المختلفة على سلوكها

ليلى بج إشراف، د. عباس الحاج علي عباس، د. ضياء الدين نعساني

كلية الهندسة المدنية – قسم الهندسة الانشائية– جامعة إدلب

الملخص:

لهدف الرئيس من هذا البحث هو دراسة الاستعمال المحتمل للركام الناعم والخشن المعاد تدويره المصنوع من مواد ذات صلة بمخلفات البناء والهدم لاستبدال جزئي أو كلي للركام الطبيعي المستعمل في إنتاج البيتون الإسمنتي وتحت الارصفة للطرق. قد أُجريت حوالي 130 عينة إذ أظهرت النتائج أن الاستبدال الكلي للركام المعاد تدويره بنسب 100 ,75 ,50 ,25 % أدى إلى انخفاض المقاومة بمقدار 40.7% ,34.8 ,27 ,16.8 على التوالي إذ يمكن استعمال هذه المواد بشرط أن تكون النسبة المئوية للركام المعاد تدويره محدودة تتراوح بين ال50 –75 %. ثم عددنا العينة المرجعية هي العينة ذات نسبة الاستبدال 50 % وأضفنا أسلاك مستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة بطولين مختلفين 60 –30 مم ونسب حجمية مختلفة 2– 1.5– 1 2.5– % لقد أظهرت نتائج جيدة إذ ارتفعت قيمة المقاومة المميزة على الضغط للبيتون بأسلاك طولها 3 سم بمقدار 4.15 % لنسبة أسلاك 1.5 % في حين وصلت الزيادة في المقاومة بمقدار 13 % لنسبة أسلاك 2 %. وبالنسبة للبيتون مع أسلاك بطول 6 سم فقد زادت بمقدار 4.15 % لنسبة أسلاك 1.5 % ووصلت الزيادة في المقاومة بمقدار 17.52 %. وهذه النتائج مشجعة لزيادة الأبحاث بهذا المجال.

الكلمات المفتاحية: ركام معاد تدويره، استبدال، زرادة، رمل، بحص، قوة الضغط، ألياف فولاذية.

Studying the Possibility of Using Construction Waste to Produce New Concrete and Using Waste in Roads Pavement Design and Studying the Effect of Adding Steel Wires on its Resistance (RCA)

Preparing the student: Laila Bej
Supervised by: Dr. Abbas Haj Ali Abbas Dr. Diaa Nassaney

This Submitted in the Requirements for Master degree in Civil Engineering Department of Structural Engineering

ABSTRAT:

The main aim of this research is to study the possible use of recycled fine aggregate made from related to construction and demolition (C&D) waste to substitute partially for the natural sand used in the production of cement and sand bricks and paving blocks of Road. On the other hand, the total replacement of recycled aggregate at rates of 25, 50, 75, and 100% resulted in a decrease in resistance by 16.8, 27, 34.8, and 40.7%, In our study, we used fibers with a length of 30-60 mm, We considered the reference sample to be the one with a 50% replacement ratio, and added wires of two different lengths (30-60 mm) and different volumetric ratios (1-1.5-2-2.5%). These samples were compared to reference samples without wires and with a 50% replacement ratio. Concrete reinforced with steel fibers extracted from used car tires showed good results. The characteristic compressive strength value of concrete with 3 cm wires increased by 4.15% at a 1.5% wire ratio, while the increase in strength reached 13% at a 2% wire ratio. Concrete with 6 cm wires increased by 4.15% at a 1.5% wire ratio, and the increase in strength reached 17.52%.

Keywords:

Bricks, cement, recycled aggregate, sand, strength, steel fibers.

1- مقدمة

يؤدي التطور الحضري في جميع أنحاء العالم، إضافة للحروب والزلازل، وظيفة مهمة في توليد نفايات الهدم والبناء (CDW). وفي نفس الاتجاه فإن الزيادة في استعمال البيتون واستهلاك الموارد الطبيعية لإنتاج مادتها الخام – وهي عملية تتطلب كميات كبيرة من الطاقة – يمكن أن تستنفذ مادتها الخام الطبيعية [1].

يشكل الاستخراج الكبير للموارد الطبيعية مثل الإسمنت والرمل الطبيعي والحصى الطبيعي تحديًا بيئيًا بالغ الأهمية، إذ يؤدي إلى استنزاف هذه الموارد بمعدلات مثيرة للقلق [2]. وهناك بعض الحلول التي تلجأ إليها الدول المتقدمة، وهي تقسيم مخلفات البناء إلى مجموعات، إذ يُعاد استعمالها تحت مسمى إعادة تدوير مخلفات البناء لإنتاج مواد بناء جديدة صديقة للبيئة [3]. بدأت الحرب في سوريا في عام 2011، وتسببت في تدمير أكثر من 130 ألف مبنى، 70% منها عبارة عن مباني من البيتون المسلح. وعندما تنتهي الحرب، تشير التقديرات إلى أن ملايين اللاجئين النازحين سيعودون في غضون 8 سنوات، ما يتطلب إعادة تطوير مدني سريع في البلاد [4].

2- مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث الرئيسي في تعزيز ونشر تقنيات إعادة الاستعمال الملموسة في سوريا والتشجيع على البحث والتطوير في هذا المجال، إذ سندرس التقنيات المتعلقة بالموضوع والقاء الضوء على أفضل الممارسات المتعلقة بهذا الموضوع. بعد أن أصبحت أكثر من 50% من المباني عقبة جمالية، وتكلفة نقل هذه النفايات عالية. دُرست إعادة استعمال مخلفات إنشاء وهدم المنشآت من قبل العديد من الباحثين والهيئات العلمية المتخصصة في هذا المجال. ورغم الحصول على أداء جيد لهذه المخلفات عند تدويرها أو إعادة استعمالها وفق التجارب المحلية والعالمية، ولكن مازال قبول استعمالها بعد تدويرها غير منتشر بشكل واسع وخاصة في سوريا، وإنما يقتصر

الاستعمال لهذه المخلفات في سوريا على بعض أعمال الردم وبعض الاستعمالات في طبقات الأساس في الطرقات.

3- تصميم الخلطة البيتونية المرجعية

تعتمد خطة البحث في البداية على تصميم خلطة بيتونية عيارية تكون مرجعية للقيم والنتائج التي سنحصل عليها من استبدال الركام المعاد تدويره،

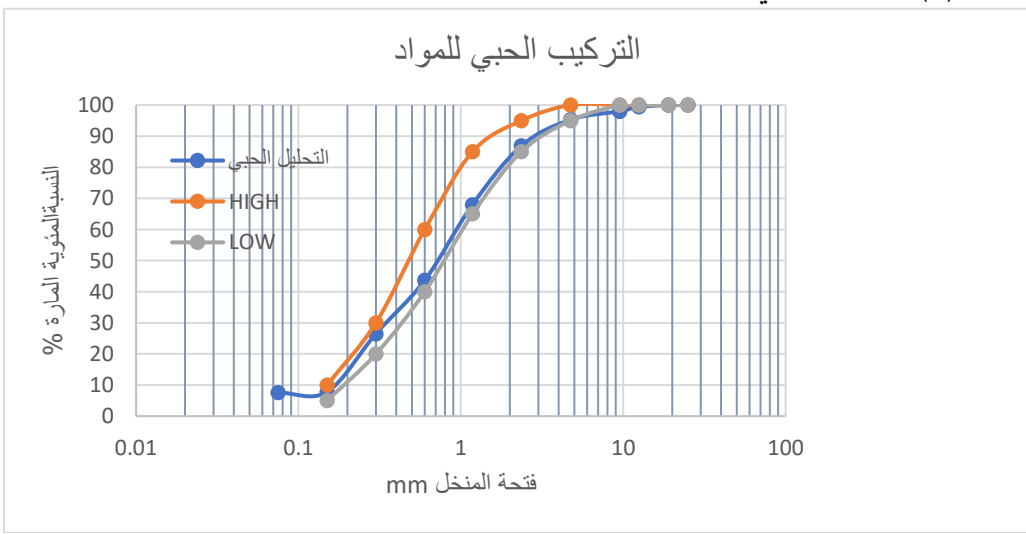
اختيرت المواد المكونة للبيتون حسب المواصفات المنصوص عليها في الكود العربي السوري. زيرت مقالع عدة واختيرت مواد حصوية تطابق المواصفات المنصوص عليها في الكود وكتاب مواد البناء للدكتور محمد ساطع الحصري.

أُجري التحليل الحبي لكل نوع من الحصويات (بحص خشن وزرادة (بحص ناعم) ورمل) ورسم مخطط التحليل الحبي، صُممت الخلطة التي ستكون مرجعية وأُجريت التجارب عليها لمعرفة قدرتها على تحمل قوة الضغط، كثافتها، امتصاصها للماء.

يبين الشكل (1) بعض أنواع البحص المستعملة.

الشكل (1) بعض أنواع البحص المستعملة.

بعد إجراء التحليل الحبي للحصويات الطبيعية حصلنا على النتائج الآتية إذ يبين الشكل (2) التركيب الحبي للمواد المستخدمة.



الشكل (2) التركيب الحبي للمواد المستخدمة

4- محتوى الحصويات الخشنة

تستخدم الحصويات من مقاسات أعظمية 12.5 -19 -25 وفق سلسلة المناخل الفرنسية AFNOR – X11-501. إذ يبين الجدول 1 نتائج تجارب لوس انجلوس

الجدول (1): يبين نتائج تجارب لوس أنجلوس

رقم العينة	وزن المواد المحجوزة على المنخلN12 الذي فتحه 1.7mm مقدرة ب gr	وزن العينة	عامل الاهتراء
1	2058	3330	38.2
2	3320	5000	33.6
3	3110	5000	37.8

كانت النتيجة الوسطية لعامل الاهتراء 36.5 وعليه يمكن استعمال هذه الحصويات في طبقة الأساس في الطرق

5- محتوى الزرادة (البحص الناعم)

تستعمل مقاسات 0.3 -0.6 -1.18 -2.38 -4.75 -9.5(mm) لأقطار المناخل عند اجراء التحليل الحبي للزرادة (بحص ناعم)

6- محتوى الرمل الناعم

تستخدم مقاسات (mm) 0.075 -0.15 -0.3 -0.6 -1.18 -2.36 -4.75

6-1 تجربة المكافئ الرملي للرمل الناعم:

الجدول (2): نتائج المكافئ الرملي

رقم العينة	المكافئ الرملي %
1	65.94
2	62.76
3	65

7- محتوى الإسمنت

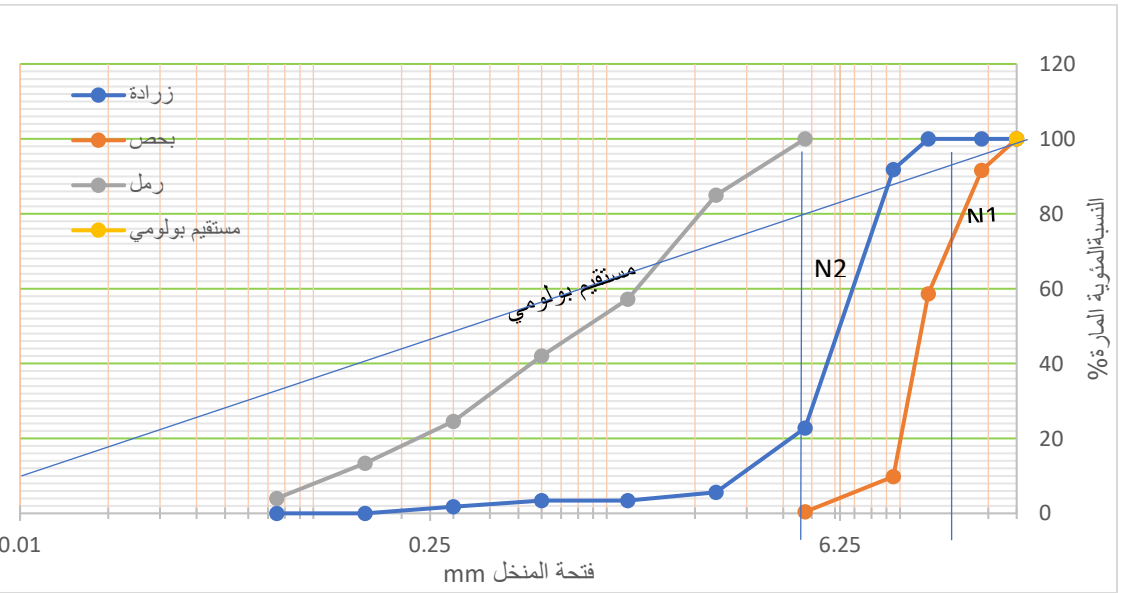
تم استعمال الإسمنت البورتلاندي العادي الموافق للمواصفات السورية.

عيار 350 kg/m3 الموافق لمقاومة ضغط محتملة في حال البيتون المسلح غير المراقبة بدقة 200 kg/cm2 وفقا لاشتراطات الكود العربي السوري.

8- تصميم الخلطة:

المقصود بتصميم الخلطة الخرسانية هو تحديد الكميات المثالية اللازمة من الإسمنت والرمل والبحص الناعم والخشن، لإنتاج متر مكعب من بيتون ذي قابلية تشغيل معينة وذي مقاومة متوسطة في الضغط (f'cm)تُعطي مقاومة مميزة (f'c). نجد بعد الحساب أنه لكل 1m3 من البيتون يكون: نسبة البحص 31%نسبة الزرادة 17% نسبة الرمل 33% نسبة الإسمنت 19% كمية ماء الجبل = 170 Kg

يبين الشكل 3 مخطط مستقيم بولومي لحساب كمية المواد في متر مكعب من البيتون المسلح



الشكل 3مستقيم بولومي

9- الخلط وصب العينات

وزن المواد الأولية بالنسب السابقة التي حُسبت، يوضع البحص والرمل ويخلط مع بعض بشكل جيد، ثم يُضاف الإسمنت وتُخلط المكونات جميعها، ثُم يُضاف الماء ويُخلط المزيج جيداً بشكل متجانس حتى الحصول على عجينة متجانسة.

ثم تم الصب بواسطة قوالب 150x150 × 150 مم وقوالب 200x200x200 mmلتحديد مقاومة الانضغاط، ثم التصحيح بمعامل الشكل وفق اشتراطات الكود العربي السوري. فور إيقاف الخلط تُصب العينات في قوالب مجهزة مسبقاً وجعل سطح المكعبات أملس لتوزيع قوى التحميل بالتساوي وتوضع في مكان آمن لتتصلب وتترك 24 ساعة في القوالب. في اليوم الآتي تفك القوالب وتُخرج العينات منها وتوضع في

حوض ماء بدرجة حرارة 25 درجة مئوية ثم تُخرج لتجفف قبل 24ساعة من كسرها بعمر 28يوم.

10- تجارب الضغط على العينات المعيارية

بعد 28يوماً من صب العينات كُسرت بواسطة جهاز كسر العينات في مخبر مواد البناء فكانت النتائج مبينة في الجدول: (3).

رقم العينة	أبعاد العينة(cm)	القوة (kN)	الإجهاد (kg/cm2)	عامل تصحيح الشكل	المقاومة (kg/cm^2)	الكثافة(kg/cm^3)
1		1390	347.5		288.43	2210
2		1400	350		290.5	2191
3	20*20*20	1326	331.5	0.83	275.15	2180
4		815	362.22		289.78	2281
5	15*15*15	785	348.89	0.8	279.11	2189
6		1430	357.5		296.73	2088
7		1525	381.25		316.44	2135
8	20*20*20	1480	370	0.83	307.1	2163
9		875	388.89		311.11	2222
10	15*15*15	880	391.11	0.8	312.89	2252
11		1420	355		294.65	2219
12		1510	377.5		313.33	2300
13	20*20*20	1495	373.75	0.83	310.21	2256
14		828	368		294.4	2281
15		828.3	368.13		294.51	2267
16		883	392.44		313.96	2267
17		787	349.78		279.82	2237
18	15*15*15	909	404	0.8	323.2	2267
19		905	402.22		321.78	2237
20	15*15*15	957	425.33	0.8	340.27	2341
المتوسط					302.67	2531

11- العمل المخبري لإنتاج البيتون من الركام المعاد تدويره

11-1 تعريف الركام (المخلفات الإنشائية)

هي مخلفات صلبة غير خطرة تتولد من مخلفات الإنشاء والهدم، البناء، التطوير والتصليح، هدم المنشآت والأبنية، الطرق، الجسور، تنظيف الأرض، إنشاء المجاري، وإن المواد المتخلفة في المواقع تتضمن: بيتون، اسفلت، خشب، حديد، زجاج، ألمنيوم، سقوف ثانوية، أسلاك، عوازل وغيرها. إن إعادة استعمال أو تدوير المخلفات الإنشائية والهدم هي أحد أكبر مكونات التنمية المُستدامة [5].

تم الحصول على الركام المعاد تدويره لدراسته من ثلاث مواقع من ابنية مدمرة نتيجة الحرب والقصف على الأبنية، موقع في مدينة إدلب، موقع في مدينة أريحا، وموقع في جسر الشغور.

11-2 الاستبدال لكل من الرمل والزرادة والبحص

بعد إجراء التجارب على استبدال كل من مكونات الركام على حدة قمنا بإجراء التجارب باستبدال كل من الرمل والبحص الخشن والبحص الناعم معاً بنسب استبدال (25-50-75-100) كما هي مبينة في الجدول 4:

الجدول (4):نتائج تجارب الاستبدال الكلي

رقم الاستبدال	نسبة الاستبدال %	وسطي الكثافة(kg/cm^3)	وسطي المقاومة المميزة على الضغط (KN/cm^2)
1	25	2300	251.7
2	50	2252	220.8
3	75	2206	197.4
4	100	2154	179.4

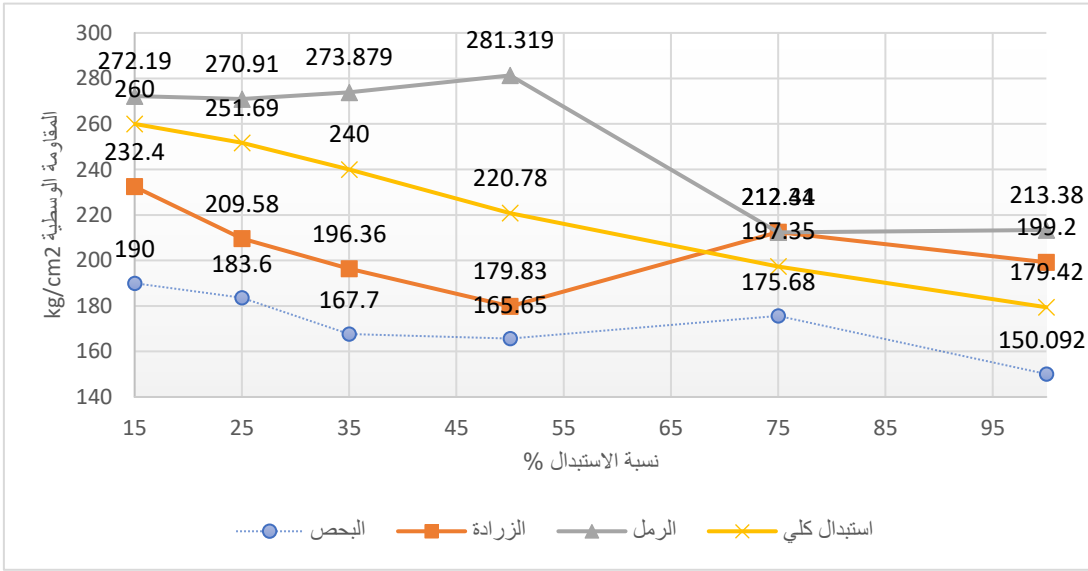
11-3 خاتمة الفصل:

يتبين من خلال قراءة أولية لنتائج كسر العينات وجود انخفاض في المقاومة مقارنة مع مقاومة العينات المرجعية وهذا بديهي إذ إنه باستبدال الرمل وحده انخفضت المقاومة بمقدار يتراوح بين 7% إلى 29.5% والكثافة بين ال 11% إلى 16%, واستبدال البحص الناعم وحده انخفضت المقاومة بين 23% و 40% والكثافة بين ال 12%و14%

واستبدال البحص الخشن وحده انخفضت المقاومة بمقدار يتراوح بين ال 37% وال 50% والكثافة بين ال 9% وال 19%, بينما أدى الاستبدال الكلي للركام بنسب مختلفة 100%, 75%, 50%, 25% إلى انخفاض المقاومة إلى 27%, 16.8%, 40.7%, 34.8% على الترتيب وانخفاض الكثافة بمقدار 12.8%, 11%, 9%, 14.8% على الترتيب.

كما ارتفع معدل امتصاص الماء تقريباً لكل العينات حوالي 65%, وهذا أمر طبيعي كون المواد المعاد تدويرها تكون نسبة المواد الناعمة فيها أكثر وقابلة لامتصاص الماء بشكل أكبر.

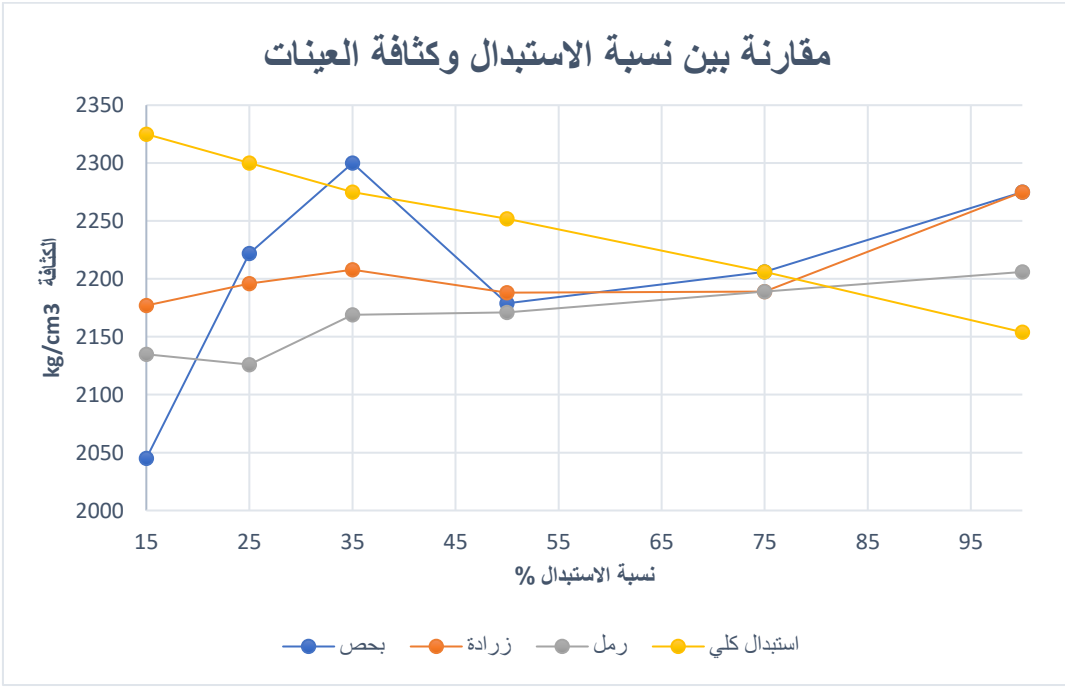
يبين الشكل 4 العلاقة بين نسب الاستبدال المختلفة مع المقاومة، كما يبين الشكل 5 العلاقة بين نسب الاستبدال مع الكثافة.



الشكل 4 مقارنة بين نسب الاستبدال لكل من مكونات الركام مع المقاومة

نلاحظ أن المقاومة انخفضت بالاستبدال الجزئي بشكل غير منتظم إذ كانت قيمة المقاومة الأعلى هي للاستبدال الجزئي للرمل يليه الزرادة (البحص الناعم) ثم البحص الخشن.

بينما انخفضت المقاومة بشكل خطي عند الاستبدال الكلي وكانت قيمة المقاومة عند نسبة استبدال 25% 240 kg/cm2 وهي نسبة جيدة وتقبل لأعمال البيتون المسلح والأرضيات وطبقات الرصف للطرق (الكود العربي السوري، 2004). بينما نسبة الاستبدال 50% كانت قيمة المقاومة 220 kg/cm2 وهذه القيمة مناسبة لأعمال البيتون المسلح وباقي أعمال البيتون وطبقات الرصف وغيرها، ومناسبة أيضاً من الناحية الاقتصادية.



الشكل 5 مقارنة بين نسب الاستبدال لكل من مكونات الركام مع الكثافة

نلاحظ أيضا أن الكثافة انخفضت بشكل غير منتظم بالاستبدال الجزئي بينما انخفضت بشكل خطي عند الاستبدال الكلي.

لذلك من الأفضل عند إعادة التدوير أن يُستبدل بشكل كلي لأن سلوك البيتون في هذه الحالة يكون منتظم إذ تنخفض المقاومة بشكل منتظم وخطي وكذلك الكثافة وكافة الخواص الميكانيكية الأخرى. وكانت نسبة الاستبدال 50 % هي الأفضل بالنسبة لنتيجة المقاومة التي حصلنا عليها ومن الناحية الاقتصادية أيضاً.

12- المواد المُضافة للبيتون المعاد تدويره

إن الهدف من هذه الإضافة هو تحسين مقاومة البيتون على الشد ونظراً لعدم توفر الأجهزة المخبرية اللازمة اكتفينا بإجراء تجارب الضغط حيث أبدت تحسناً مقبولاً في مقاومة الضغط بسبب زيادة التماسك بين هذه الألياف والخلطة البيتونية. يتأثر البيتون المُحضر بخواص المواد الداخلة فيها أي مكونات الخلطة وخواص الألياف المُضافة.

حُضرت الألياف الفولاذية المُستخرجة من الإطارات المُستهلكة للسيارات إذ استخرجت الحلقة الداخلية من الإطار (Bead wire) بتقشير (سلخ) الكاوتشوك عن حزمة الألياف ثم عُرض للحرق ثم التقطيع إلى الطول المطلوب إذ حُصل على الأسلاك الفولاذية [10] [9] [8] [7].

في دراستنا استعملنا ألياف بأطوال 30 و60 مم وبقطر 0.8 مم ما يعادل نسبة معيارية 37.5 و75 على الترتيب.

12-1 مخطط الاختبارات على الضغط

وُضع مخطط لاختبار العينات إذ اعتمدنا العينة المرجعية في هذه الحالة هي العينات المحضرة بنسبة استبدال 50% إذ كانت نتائج اختبارها على الضغط جيدة ومقبولة اعتمدناها كعينة مرجعية

إذ استعملنا نفس نسبة الركام المستعمل لتجهيزها مع إضافة الاسلاك بطولين مختلفين 30 و60 مم وبنسب مختلفة 1% و% 1.5 و2% و2.5% وزناً

12-2 قابلية التشغيل

تُعد قابلية التشغيل Workability للخلطة الخرسانية هي المعيار الرئيسي لتحديد خواص الخلطة في الحالة الطازجة. يؤدي إضافة الألياف إلى تأثير سلبي على قابلية التشغيل إذ يؤثر على تدفق الخلطة flow وعلى توافقها compatibility (Kooiman, 2000). يمكن أن تتكتل الألياف بسبب اضافتها بسرعة إلى الخلطة أو بسبب الخلط غير الفعال. ومن أجل تقييم تغير نسب المزج بالألياف على قابلية التشغيل Workability للبيتون الطازج اختُبر هبوط المخروط لكل خلطة. تناقص هبوط المخروط للخلطات عيار اسمنت 350 كغ/م3 , بزيادة نسب المزج بسبب أن الألياف عند مزجها بالبيتون تشكل بنية شبكية تمنع المزيج من التدفق وبسبب المحتوى العالي من الألياف فإن الألياف سوف تتكتل حولها كمية أكبر من العجينة الإسمنتية وتقلل من لزوجة الخلطة وتقلل الهبوط ما يستوجب استعمال الملدن في حال كان الهبوط منخفض وذلك لتحسين قابلية التشغيل. في خلطاتنا لم يُضف الملدن لأن

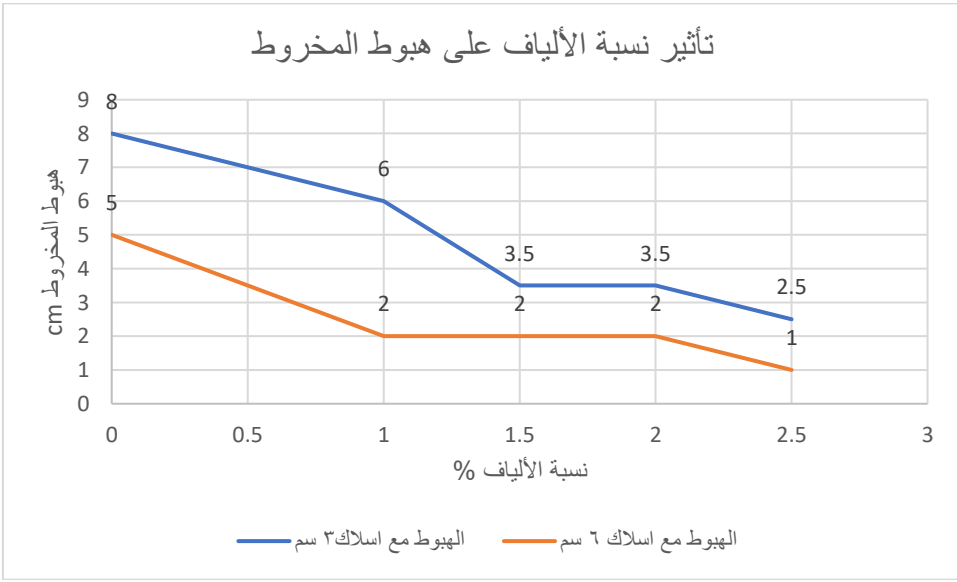
قابلية التشغيل كانت مقبولة بينما في حال زادت نسبة الألياف عن ال 2.5 % عندها يجب إضافة الملدن. يبين الشكل 6 الآتي عملية صب العينات.

يبين الجدول 6 قيم هبوط المخروط، كما يبين الشكل 7 هبوط المخروط لخلطات مع أسلاك، والشكل 8 يبين العلاقة بين هبوط المخروط ونسبة الألياف الممزوجة.

الجدول (6): قيم هبوط المخروط للخلطات مع نسب وأطوال مختلفة من الأسلاك

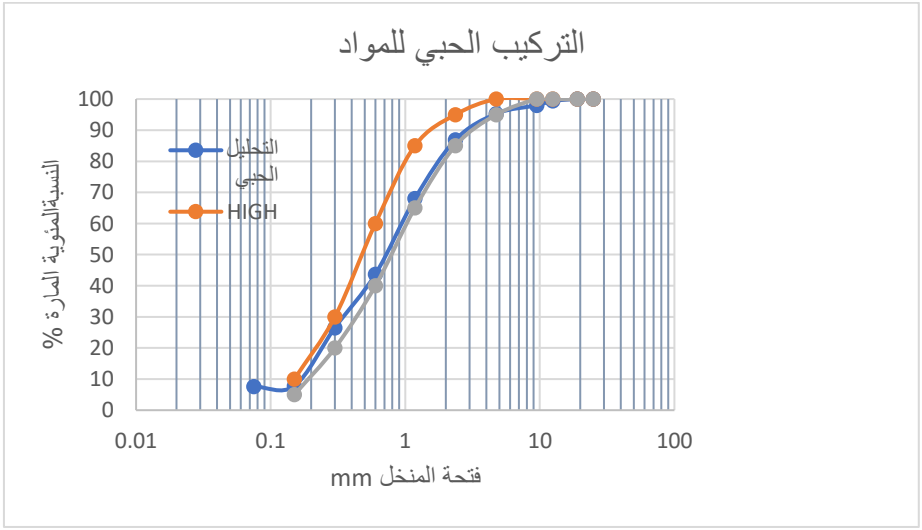
	0%	1%	1.5%	2%	2.5%
الهبوط للعينات مع اسلاك3 سم	8 cm	6 cm	3.5 cm	3.5 cm	2.5 cm
الهبوط للعينات مع اسلاك 6 سم	5 cm	2 cm	2 cm	2 cm	1 cm

الشكل 7 هبوط المخروط لخلطات مع أسلاك



الشكل 8 العلاقة بين هبوط المخروط ونسب المزج بالألياف

ملاحظة: في الجدول 6 السابق صُبت كل خلطة لإضافة الأسلاك الفولاذية بأطوال مختلفة على حدى وقيست هبوط المخروط بدون ألياف 0% لكل خلطة ومقارنتها مع الهبوط لهذه الخلطة بوجود أسلاك بطول محدد وبنسب مختلفة لذلك يوجد فرق في قيمة الهبوط للنسبة 0% بين نتيجتي طولي الأسلاك 3سم و6سم.



.

3-12 المقاومة على الضغط

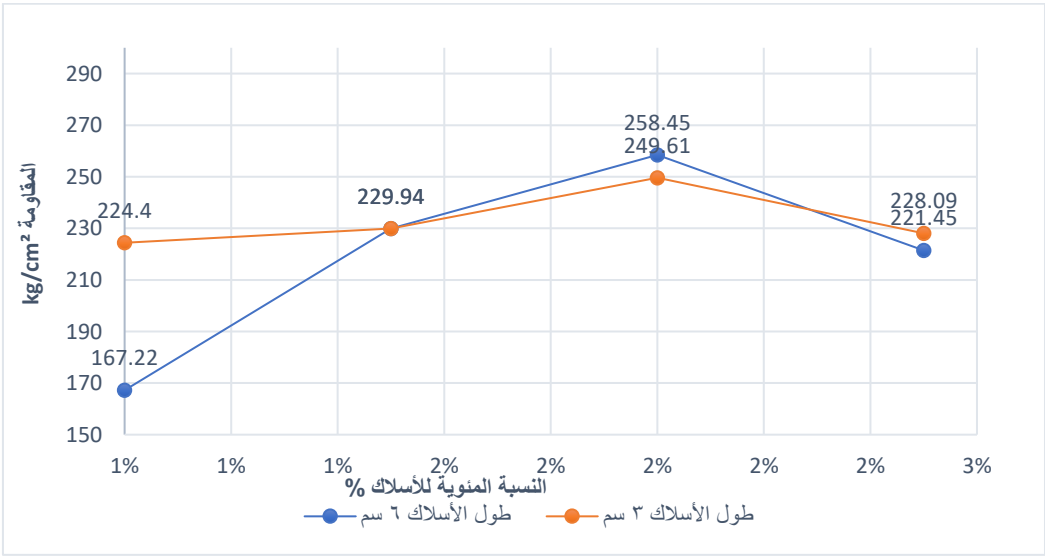
الجدول 7 الآتي يبين نتائج مقاومة البيتون على الكسر لخلطة مواد معاد تدويرها بنسبة 50% مع أسلاك بطول 6سم بعمر 28 يوم

المقاومة (KN/cm^2)	حمولة الانكسار (kN)	الكثافة(kg/cm^3)	العينة	طول الليف(mm30)	
225.02	610	2120	1	1	نسبة الألياف %
230.56	625	2113	2		
217.64	590	2048	3		
224.41		2093	المتوسط		
236.1	640	2246	1	1.5	
221.3	600	2267	2		
232.4	630	2307	3		
229.94		2273	المتوسط		
243.5	660	2302	1	2	
250.84	680	2311	2		
254.53	690	2311	3		
249.61		2308	المتوسط		
236.09	640	2281	1	2.5	
223.12	605	2252	2		
225.02	610	2281	3		
228.09		2272	المتوسط		

يبين الجدول (8): الآتي مقاومة البيتون على الكسر لخلطة مواد معاد تدويرها بنسبة 50% مع أسلاك بطول 6سم بعمر 28 يوم

طول الليف(mm60)		العينة	الكثافة	حمولة الانكسار	المقاومة (kg/cm2)
العينة مرجعية		1	2275	1068	221.61
		2	2280	1040	215.8
		3	2200	1084	224.93
		المتوسط	2252		220.78
نسبة الألياف %	1	1	2193	460	169.69
		2	2202	450	166
		3	2216	450	166
		المتوسط	2203		167.23
	1.5	1	2282	650	239.78
		2	2286	605	223.18
		3	2309	615	226.87
		المتوسط	2292		229.94
	2	1	2302	740	272.98
		2	2338	680	250.84
		3	2308	690	254.53
		المتوسط	2316		259.45
	2.5	1	2252	552	203.63
		2	2252	624	230.18
		3	2275	625	230.56
		المتوسط	2260		221.46

يوضح الشكل 9 مقارنة بين نسب الخلط للأسلاك مع البيتون ومقاومة هذا البيتون على الضغط.



الشكل 9 العلاقة بين نسب خلط الاسلاك والمقاومة على الضغط

يتبين من خلال قراءة النتائج أن المقاومة ازدادت بشكل عام لكل النسب مقارنة بالمقاومة للعينات المرجعية مع اختلاف قيمة الزيادة حسب طول الأسلاك ونسبتها في هذه الخلطة. بالنسبة للبيتون مع أسلاك بطول 3 سم فقد زادت المقاومة على الضغط بمقدار 1.6 % لنسبة أسلاك 1 % وزادت بمقدار 4.15 % لنسبة أسلاك 1.5 % في حين وصلت الزيادة في المقاومة بمقدار 13 % لنسبة أسلاك 2 %وارتفعت بمقدار 3.31 % لنسبة أسلاك 2.5 % ويعزى زيادة المقاومة بين نسبة الأسلاك 1% و 2% إلى زيادة التماسك بين الألياف الفولاذية والبيتون إذ إن هذه النسبة حققت أكبر قدر من التماسك وعند زيادة النسبة أكثر من ذلك انخفضت المقاومة. وبالنسبة للبيتون مع أسلاك بطول 6 سم فقد انخفضت قيمة المقاومة على الضغط بمقدار 3

% لنسبة أسلاك 1 % وزادت بمقدار 4.15 % لنسبة أسلاك 1.5 % ووصلت الزيادة في المقاومة بمقدار 17.52 % لنسبة أسلاك 2 %وارتفعت بمقدار 0.3 % لنسبة أسلاك 2.5 %.

نستنتج أن أعلى مقدار زيادة في المقاومة للبيتون المضاف له أسلاك بطول 3 سم و6 سم هي لنسبة الاسلاك 2% وبعدها تبدأ هذه المقاومة بالانخفاض.

13- النتائج والتوصيات

النتائج:

دُرست إمكانية استعمال مخلفات البناء والهدم في انتاج بيتون جديد في هذه الدراسة وإجراء الاختبارات اللازمة لإغناء هذا البحث وكانت النتائج كالآتي:

1- قمنا بإجراء 85 تجربة على عينات صُبت بنسب مختلفة من الاستبدال الجزئي والكلي ومقارنتها مع 15 عينة معيارية, كما أُجريت 24 عينة بإضافة أسلاك فولاذية مستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة, و6 عينات بإضافة بقايا الحديد من الورشات (بلغ مجموع العينات التي تم اختبارها حوالي 130 عينة).

2- أظهرت نتائج الاختبار على عينات الاستبدال الجزئي للرمل وحده أن المقاومة انخفضت بنسب مختلفة تتراوح من 7% إلى 29.5% إذ أبدى الاستبدال بنسبة 50% أعلى نسبة مقاومة 281 Kg/cm2 وهي قيمة مقبولة حسب اشتراطات الكود العربي السوري، ويمكننا استعمال الرمل بهذه النسب من الاستبدال لاستعماله في أعمال البيتون لعناصر غير حاملة ومن الناحية الاقتصادية فيمكن استعمال النسبة 100% كونها أقل كلفة ومحققة للمقاومة المطلوبة, بشرط إجراء الاختبارات المطلوبة على كل عينة رمل جديدة تُستعمل.

3- أظهرت نتائج الاختبار على عينات الاستبدال الجزئي للزرادة وحدها أن المقاومة انخفضت بنسب مختلفة تتراوح من 23% إلى 40% إذ أبدى الاستبدال بنسبة 25% أعلى نسبة مقاومة 209 Kg/cm2 وهي قيمة مقبولة حسب اشتراطات الكود العربي السوري، ويمكننا استعمال الزرادة (البحص الناعم) بهذه النسبة من الاستبدال

لاستعماله في أعمال البيتون لعناصر غير حاملة ومن الناحية الاقتصادية فيمكن استعمال النسبة 25%كونها أقل كلفة ومحققة للمقاومة المطلوبة.

4- أظهرت نتائج الاختبار على العينات أنه باستبدال البحص وحده انخفضت المقاومة بنسب مختلفة تتراوح من 37% إلى 50% إذ أبدى هذا الاستبدال نسب مقاومة تتراوح من 190 Kg/cm2 إلى 150kg/cm2 وهي قيمة لاتزال من القيمة المسموح بها للبيتون المسلح ويمكن استعمالها أيضاً في طبقات الأساس وتحت الأساس للطرق والبيتون العادي حسب اشتراطات الكود العربي السوري.

5- أدى الاستبدال الكلي للركام بنسب مختلفة 100% ,75% ,50% ,25% إلى انخفاض المقاومة إلى 40.7% ,34.8% ,27% ,16.8% على الترتيب وانخفاض الكثافة بمقدار 14.8% ,12.8% ,11% ,9% على الترتيب، ويمكن استعمال نسبة الاستبدال 50% في أعمال البيتون لعناصر حاملة وغير حاملة بواسطة فولاذ جيد المواصفات كونها محققة للمقاومة المطلوبة حسب اشتراطات الكود العربي السوري.

6- من النتائج السابقة لجميع العينات المختبرة تبين أنه يمكن استعمالها في طبقات الرصف للطرق في طبقات الأساس وتحت الأساس في أعمال الطرق بعد إجراء تجارب الاهتراء (لوس أنجلوس) والمكافئ الرملي والتحليل الحبي لركام كل موقع.

7- فيما يخص أعمال البيتون المسلح بينت تجارب سابقة إمكانية استعمالها في أعمال البيتون المسلح لعناصر حاملة كأعمدة معرضة لضغط ونحن نظراً لافتقار مخبر الكلية للأجهزة اللازمة لهذه الاختبارات لم نتمكن من إجراء هذه التجارب التي تؤكد على إمكانية استعمالها في إنشاء العناصر الحاملة واكتفينا بإجراء تجارب الضغط العادية على العينات المكعبية.

8- بالنسبة للبيتون المعزز بألياف فولاذية مستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة فقد أظهرت نتائج جيدة إذ ارتفعت قيمة المقاومة المميزة على الضغط للبيتون بأسلاك طولها 3 سم بمقدار 4.15 % لنسبة أسلاك 1.5 % في حين وصلت الزيادة في المقاومة بمقدار 13 % لنسبة أسلاك 2 %. وبالنسبة للبيتون مع أسلاك بطول 6 سم

فقد زادت بمقدار 4.15 % لنسبة أسلاك 1.5 % ووصلت الزيادة في المقاومة بمقدار 17.52 %. وهذه النتائج مشجعة لزيادة الأبحاث فيما يتعلق بهذا الموضوع وتطبيقها في المشاريع الحديثة التي ترمي لإعادة إعمار سوريا بأقل التكاليف.

التوصيات:

1- إن التوصيات التي تشجع على الأبحاث في إعادة تدوير المخلفات الطبيعية والصنعية لأسباب اقتصادية وبيئية يمكن تكرارها في هذا المقام بعدّ هذا العمل يندرج تحت هذا العنوان العريض.

2- إن موضوع إعادة استعمال مواد البناء الناتجة عن الهدم في إنشاء بيتون جديد موضوع تمت دراسته قديماً وحديثاً من عدة نواحي. نوصي بمتابعة البحث في هذا الاتجاه ودراسة إمكانية استعمالها في الجوائز والأعمدة التي تتعرض لقوى وأحمال مختلفة لمعرفة مدى إمكانية الاستفادة الفعلية من هذه المخلفات بإعادة استعمالها أو تدويرها مما له أثراً إيجابياً بيئياً واقتصادياً وتقنياً.

3- تطوير وتنفيذ أنظمة معلوماتية تقوم على تجميع وتحليل المعلومات عن كمية ونوعية أماكن تولد النفايات بصورة مستمرة وذلك للاستفادة منها في عمل مشاريع ذات طبيعة مُستدامة تقوم على أساس الاستفادة من هذه المخلفات في شتى المجالات.

4- اعتماد مبدأ الاستدامة والبناية الخضراء لكل عمليات البناء من اختيار الموقع إلى المراحل النهائية مع التأكيد على أخذ الاستدامة بالحسبان وذلك باختيار مواد تصنع من مواد مُعاد تدويرها بدلاً من اختيار مواد تذهب إلى مواقع الطمر الصحي والتي تحتل مساحة في مواقع الطمر الصحي وتستنفذ الموارد وبالإمكان استعمال هذه المواد مرة أخرى.

5- عدم استعمال المواد الناعمة المارة من المنخل 1.18 بسبب امتصاصها العالي للماء.

6- إن الفرز الجيد للركام المعاد تدويره وضبط نسبة الw/c وإضافة الملدن لزيادة قابلية التشغيل تعتبر شروط أساسية لقبول استعمال الركام المعاد تدويره.

قائمة المراجع

1. Silva, F. A. N., & J. M. (2021). Preliminary analysis of the use of construction waste. *Buildings*.

2. El Dalatib, R., & Matara, P. (2011). Strength of masonry blocks made with recycled concrete aggregates. *Physics Procedia*, 21, 180–186.

قاسم، ع. ع. (2024، يونيو). دراسة إمكانية 3.استعمال الكتل الخرسانية المعاد تدويرها لإنتاج الخرسانة الجديدة. *Journal of Engineering and Applied Science*. Retrieved from https://typeset.io/journals/journal-of-engineering-and-applied-science-w06f1sfl

4. Rashwani, A., Kadan, B., Choubi, S. S., & Alhammoudi, Y. (2023). Rebuilding Syria from the rubble: Recycled concrete. *ASCE*.

عبدالله محمد عنصيل الساعدي. (بلا تاريخ). إعادة 5.استعمال.مخلفات مواد البناء

6. (2012) .الكود العربي السوري.

7. ACI Committee 544. (1993). *State-of-the-art report on fiber reinforced concrete*. Detroit: ACI.

ناصر، ع.، الجبيلي، ن.، و أصلان، ط. (2016، 3 أغسطس). الخصائص الميكانيكية للبيتون 8. الخفيف المسلح بالألياف الفولاذية. *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية*. تم الاسترداد من https://journal.tishreen.edu.sy/index.php/engscnc/issue/view/158

ريم حافظ. (2015). دراسة السلوك الميكانيكي للبيتون المقوى بالإضافات. دمشق.9

10. Naaman, A. (2003). Engineered steel fiber with optimal properties for reinforcement of cement composites. *Journal of Advanced Concrete Technology*.

11. ACI Committee 544. (2002). *State-of-the-art report on fiber reinforced concrete (ACI 544.1R-96, reapproved 2002) *.

12. California Integrated Waste Management Board. (2003). *Assessment of markets for fiber and steel produced from recycling waste tires*. Sacramento.

13. Elhakam, A. A. (2012). Influence of self-healing, mixing method and adding silica fume on mechanical properties of recycled aggregates concrete. *Construction and Building Materials*.

14. Leuzzi, F., & Aiello, M. A. (2010). Waste tyre rubberized concrete: Properties at fresh and hardened state. *Waste Management*.

15. European Tire Recycling Association (ETRA). (2006). Tire Technology International – Trends in Tire Recycling. Retrieved from http://www.etra-eu.org

16. Tobes, J. M., & Zerbino, R. (2012). On the orientation of fibers in structural members fabricated with self-compacting concrete.

17. Khatib, J. (2005). Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. *Cement and Concrete Research*, 35, 763–769.

18. Kooiman, A. (2000). *Modeling steel fiber reinforced concrete for structural design*. Delft: Technische Universiteit Delft.

19. Agha, N. (2024, July 2). Effect of recycled concrete aggregate size on physical and mechanical properties of eco-friendly self-compacting concrete. *Studies in Engineering and Exact Sciences*. Retrieved from https://typeset.io/journals/studies-in-engineering-and-exact-sciences-29e2qy2g

20. Pilakoutas, K., & Tlemat, H. (2006). Design issues for concrete reinforced with steel fibers, including fibers recovered from used tires.

21. محمد ساطع الحصري. (1994). *مواد البناء واختباراتها*. حلب.