

تأثير استبدال حصويات البيتون بحصويات الأنقاض المعاد تدويرها في خصائصه الفيزيائية والميكانيكية

الدكتور علي خيربك*

الدكتور بسام حسن**

باسل أصلان***

(تاريخ الإيداع 29 / 10 / 2014. قُبل للنشر في 25 / 3 / 2015)

□ ملخص □

أثار التوسع العمراني المتسارع في معظم الدول، والحاجة إلى أبنية جديدة و بمتطلبات جديدة تتوافق مع النمو السكاني مشكلة كبيرة تتعلق بتأمين المواد الأولية اللازمة لإنتاج بيتون هذه الأبنية، و خصوصاً الحصويات التي تشكل الحجم الأكبر من هذه المواد. كما طرح خروج عدد كبير من المباني من الخدمة في الآونة الأخيرة مشكلة حقيقية، وهو ما تطلب هدمها وإزالتها لتشكل أنقاضاً من الصعب إدارتها و تخزينها نظراً لأحجامها الكبيرة. استُخدمت هذه الأنقاض في سوريا بشكل محدود، و اقتصر استخدامها على الردم الطرقي و المساهمة في طبقات الأساس الحصوية للطرق و الساحات. إلا أن الاستثمار الجائر للمقالع، و الإساءة إلى المظهر الجمالي لجبالنا وللبينة بشكل عام، و ضرورة التخلص من هذه الأنقاض أفسح المجال للبحث في إمكانية استخدامها كبديل نسبي للحصويات الطبيعية في البيتون والمنتجات الإسمنتية الأخرى. تمحور العمل في هذا البحث حول إحدى آليات الاستفادة من الحصويات المعاد تدويرها من خلال استخدامها في صناعة البيتون و ذلك من خلال إجراء معالجة أولية لحصويات الأنقاض الناتجة عن الهدم ومزجها بنسب تعكس النسب الفعلية لها في النفايات على أرض الواقع. تبدو نتائج عينات البيتون المصنع من هذه الحصويات وذلك باستخدامها مع الحصويات الطبيعية بنسب مختلفة، هامة جداً وتعكس الأهمية الاقتصادية والبيئية لاستخدام هذه الحصويات المعاد تدويرها في عمليات البناء مستقبلاً. حيث بينت النتائج أن النسب المقبولة للاستبدال يمكن أن تصل إلى 50%، مع تسجيل قيم للمقاومات المكعبية أكبر من 300kg/cm^2 علماً بأن عيار الاسمنت المستخدم في خلطاتنا لم يتجاوز 350kg/cm^2 ، وخصائص البيتون الناتج كانت مقبولة.

الكلمات المفتاحية: الحصويات المعاد تدويرها، قابلية التشغيل، خصائص البيتون.

*أستاذ مساعد - قسم هندسة و إدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**أستاذ - قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - سورية.

***طالب دراسات عليا(ماجستير) - قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - سورية.

The Effect of Replacing the Natural concrete aggregate with Recycled aggregate on its Physical and Mechanical Properties

Dr. Ali Kheirbek*
Dr. Bassam Hassan**
Basel Aslan***

(Received 29 / 10 / 2014. Accepted 25 / 3 / 2015)

□ ABSTRACT □

The accelerated structural expansion in most countries has resulted in a major problem related to providing the necessary concrete for these buildings. Besides, the buildings that have become out of service recently has posed a real problem represented in demolishing them creating a large amount of hard-to-manage aggregate.

The necessity to get rid of the aggregate have opened up the possibilities for attempting to use it as a relative substitute for the natural aggregate. The research focuses on recycling these aggregate in an attempt to use them in producing concrete and other construction materials. The research deals with one of the mechanisms of benefiting from these recycled aggregate through using them in producing concrete through treating the aggregate produced from demolition, and mixing them in quantities that reflect their actual ratio. The results are of great importance economically and environmentally.

Keywords: workability, recycled aggregate, concrete proprieties

*Associate Professor , Department Of Management Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Professor, Department Of Construction Engineering and Management, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department Of Construction Engineering and Management, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

مع توسع المدن تضاف إلى مشكلة التخلص من النفايات المنزلية والصناعية مشكلة أخرى وهي التخلص من نفايات وأنقاض المباني ومن المدن التي شهدت تضخم مكباتها هي مدينة اللاذقية، وخاصةً بعد التطور العمراني الكبير منذ السبعينيات من القرن الماضي. وبنظرة سريعة على بعض المكبات (مكب البصة مثلاً) [1]، لوحظ وجود نسبة كبيرة من أنقاض المباني (البيتون والبلوك والبلاط المنزلي وغيرها) والتي لا تتحلل بالمقارنة مع النفايات العضوية وشبه العضوية التي تتحلل بالماء أو بالهواء أو بالأتين معاً. كل هذا يجعل التفكير بمنهجية معينة للتخلص من هذه النفايات بحيث تكون صالحة للاستخدام في الأعمال الهندسية (الطرق - الأبنية ...) أمراً في غاية الأهمية ومجالاً مساعداً للحفاظ على بيئة نظيفة وجميلة، تلعب العوامل كالوعي البيئي وحماية المصادر الطبيعية والتنمية المستدامة دوراً هاماً في المتطلبات العصرية لأعمال التشييد، مما دفع الكثير من دول العالم للبحث عن آليات معينة للاستفادة من هذه النفايات البيوتونية وتحويلها إلى مواد يمكن الاستفادة منها بدلاً من أن تكون السبب في العديد من المشاكل على مختلف الأصعدة.

تم الحصول على المواد الأولية المستخدمة في هذا البحث من مكبات مجلس مدينة اللاذقية. و هي عبارة عن أنقاض لمباني مهدمة تمت معالجتها يدوياً وآلياً وتحويلها إلى حصويات بأحجام مناسبة تستخدم لصنع عينات بيوتونية بنسب استبدال مختلفة ومن ثم إجراء الاختبارات على العينات. تتلخص أهمية البحث في حماية الموارد الطبيعية و تنظيم عمليات تجميع الأنقاض و معالجة هذه النفايات بهدف إنتاج مواد ذات خصائص تشبه أو تفوق خصائص المواد التقليدية المصنعة من الحصويات الطبيعية.

فوائد إعادة التدوير

تعد عملية إعادة تدوير حصويات الأنقاض عملية شديدة التعقيد، و تمر بمراحل مختلفة يتخللها الفصل اليدوي والآلي والتكسير والفرز والترحيل. ولإنجاز هذه العملية لا بد من وجود مراكز خاصة تُعنى بهذه العملية يمكن تسميتها بمصانع التدوير مركزية أو المتنقلة. تتم المعالجة بالمصانع المركزية عن طريق التحطيم والفحص و فصل المواد غير البيوتونية (ورق، حديد، جيس، خشب، بلاستيك وزجاج) بواسطة جهاز فصل مغناطيسي ثم التنظيف بالماء أو الغرلة بالهواء. أما المصانع المتنقلة فتستخدم عادة في مواقع الهدم مع توفر كميات من النفايات المتجانسة عندما يُراد إعادة استخدام الحصويات المدورة في الموقع نفسه.

يمكن تلخيص فوائد عملية التدوير بما يلي:

- a) الحفاظ على الطبيعة كون استخدام الحصويات المدورة يقلل من اللجوء إلى الحصويات الطبيعية من المقالع والشواطئ خاصة بعد النمو العمراني الكبير. فعلى سبيل المثال، و في الولايات المتحدة الاميركية أصبحت موارد الحصويات الطبيعية محدودة. مما دفع إلى استخدام الحصويات المدورة على نطاق واسع كحل اقتصادي و صديق للبيئة.
- b) تقليل النفايات الناتجة عن هدم الأبنية القديمة: بدلاً من إرسال هذه النفايات إلى مكبات واستهلاك أراض خاصة لهذه المكبات، يتم الاستفادة منها بإنتاج مواد جديدة مما يخفف من التلوث البصري.
- c) الاستفادة من المعادن: عن طريق استخلاص حديد التسليح كخطوة مهمة في عملية إعادة التدوير. تُستخدم تقانات المغنطة الكهربائية في عملية نزع التسليح.

(d) الوفير الاقتصادي من خلال إمكانية استخدام نواتج تدوير الحصويات في الموقع المراد إعادة بنائه مما سيساهم في توفير نفقات النقل.

(e) الوفير الإجمالي في المشروع من خلال تخفيض الكتلة المالية اللازمة لتأمين الحصويات. و على سبيل المثال في إحدى الدراسات التي أجريت على مشروع في الصين، بلغت القيمة التقريبية للربح الصافي الناتج عن التدوير حوالي الـ 2.5% من ميزانية المشروع الكلية.

استخدامات الحصويات المعاد تدويرها

استخدمت الحصويات المعاد تدويرها في إنشاء الطرق السريعة وتبين أنها تقوم بأداء أفضل أو يساوي أداء الحصويات الطبيعية كما استخدمت في مجاري التصريف المطري بجانب الطرق حيث تأكد أنها تقوم بأداء أفضل من الحصويات الطبيعية

كما كانت الأكثر شيوعاً في الولايات المتحدة الأمريكية [3] حيث نشر تقرير يبين أن 5 ولايات تعتقد أن استخدام الحصويات المعاد تدويرها أفضل من استخدام الحصويات الطبيعية في طبقات الأساس وماتحت الأساس.

كما استخدمت الحصويات المعاد تدويرها في تقنية البيتون المرصوص بضغط المدحلة حيث استخدام الرص لتقليل الهبوط لحدده الأصغري وبالتالي تقليل الانكماش وزيادة مقاومة مرور المياه وارتشاحها وبالتالي زيادة قدرة التحمل كما كان للبنات الاسمنتيه نصيبها من الحصويات المعاد تدويرها حيث استخدمت في صناعة البلوك والانتزلوك.

أهمية البحث وأهدافه

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير استبدال حصويات البيتون بحصويات الأنقاض المعاد تدويرها على خصائصه المختلفة و أهمها الخصائص الفيزيائية والميكانيكية.

أما الأهمية فتكمن في النقاط الرئيسية التالية :

- حماية الموارد الطبيعية للدولة والتي هي ليست لا نهائية (مقالع- شواطئ -الجبال.....).
- تنظيم عمليات تجميع الأنقاض إذ إن هنالك حجوماً ضخمة من الركام البيتوني الناجم عن الهدم والتي ينتهي بها الأمر في مكبات غير قانونية.
- معالجة هذه النفايات بهدف إنتاج مواد جديدة منها كالبيتون و المنتجات الإسمنتية.

طرائق البحث ومواده:

اعتمد البحث المنهجية التجريبية فيما يتعلق بدراسة الأنقاض ونواتج التدوير والمواد المصنعة، والمنهجية التحليلية والرياضية لدراسة تأثير خصائص المواد المدورة في المنتجات المصنعة، ودراسة تأثير خصائص المنتجات المصنعة في جدوى التدوير. وقد تم العمل وفق المراحل التالية:

- الحصول على الأنقاض ومعالجتها مخبرياً (فرز+طحن+دراسة خصائص).
- توصيف الحصويات بعد تحضيرها كقياس التدرج الحبي و الأوزان الحجمية الظاهرية و الصلبة و القساوة.
- صناعة النماذج المخبريه من البيتون و المونة الإسمنتية و تحليل خواصها.

• تحليل ومناقشة النتائج.

1 الإحضارات

قمنا بإحضار المواد المطلوبة من مكب النفايات البيتونية التابع لمجلس مدينة اللاذقية و التي اشتملت على بقايا هدم بيتونية ومواد سيراميكية إضافة إلى البلاط المنزلي و البلوك.

توضح الأشكال التالية العينات المحضرة من المكبات قبل معالجتها و بعد المعالجة:



الشكل 1-c عملية المعالجة الأولية



الشكل 1-b التكسير الآلي



الشكل 1-a حصويات الأنقاض قبل المعالجة

في البداية تمت عملية فرز الأنقاض من المواد الأخرى (معادن - خشب - بلاستيك..) ومن ثم طحن المواد الأولية المفترزة بالكسارة الآلية بحيث لايتجاوز قطر الفتحة 25mm ثم تتخيل المواد المطحونة للتأكد من أقطارها ثم تخزينها بأكياس لحين استخدامها.

2 توصيف المواد

قمنا لهذا الغرض بمجموعة من الاختبارات الخاصة بتوصيف الحصويات و هي:

(a) تجربة التحليل الحبي.

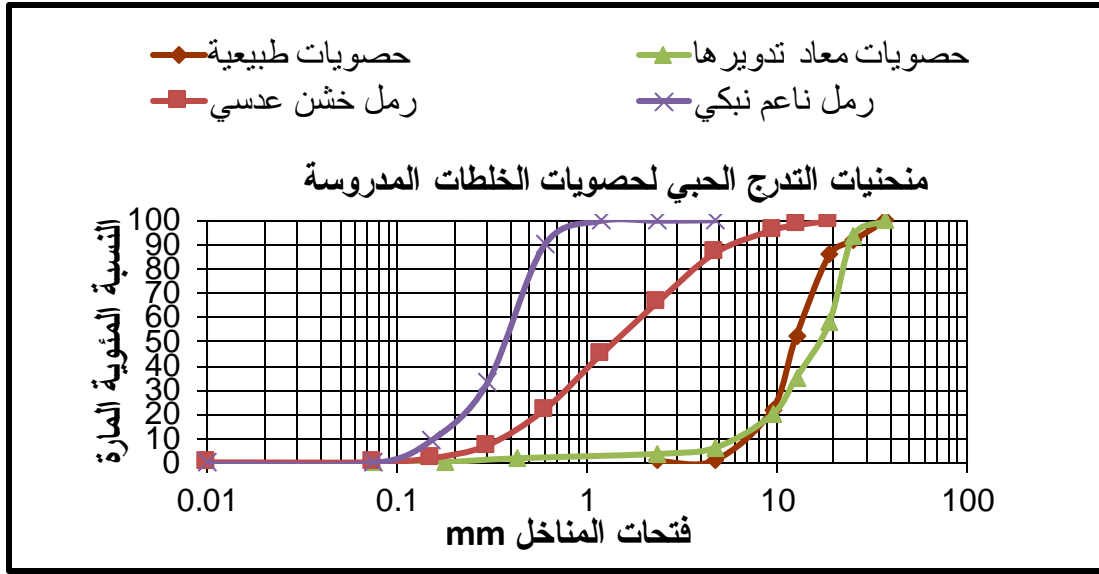
(b) تجربة الوزن الحجمي الظاهري والوزن الحجمي الصلب.

(c) تجربة لوس انجلوس على البحص.

(d) تجربة المكافئ الرملي.

(e) تجربة التشرب.

يبين الشكل 2 منحنيات التدرج الحبي للحصويات المختلفة المستخدمة في تصنيع العينات البيتونية المتنوعة، مع الإشارة إلى أن الحصويات المعاد تدويرها تحتوي على المكونات التالية: (60% بيتون، 20% بلوك، 10% سيراميك، 10% بلاط).



الشكل 2: منحنيات التدرج الحبي لحصويات الخلطات المدروسة

تبدو المنحنيات الخاصة بالحصويات الخشنة متقاربة بشكل كبير مما سيخفف من تأثير التدرج الحبي لكل منها في مواصفات البيتون الناتج في بحثنا.

أما الجدول 1 فيحتوي على نتائج قياس الأوزان الحجمية الصلبة و الظاهرية لمختلف الحصويات:

الجدول 1: نتائج الوزن الحجمي الظاهري والصلب لمختلف الحصويات

الوزن الحجمي الصلب kg/l	الوزن الحجمي الظاهري kg/l	العينة
2.545	1.236	نواتج هدم البيتون
2.412	1.011	نواتج هدم السيراميك
2.655	1.086	نواتج هدم البلاط
2.115	0.997	نواتج هدم البلوك
2.415	1.275	مزيج نواتج الهدم
2.385	1.415	الرمل النبيكي
2.410	1.586	الرمل العدسي
2.596	1.357	البحص الطبيعي

و يبين الجدول 2 قيم معامل الاهتراء لوس أنجلوس و قيم التشرب الأقصى بالماء لمختلف الحصويات:

الجدول 2: نتائج الاهتراء و التشرب الأقصى بالماء لمختلف الحصويات

التشرب %	لوس أنجلوس %	العينة
7.8	41.7	نواتج هدم البيتون
11	47.2	نواتج هدم السيراميك
12.4	58	نواتج هدم البلوك
9.28	43.3	نواتج هدم البلاط
9	44.2	مزيج نواتج الهدم
3.3	22.8	الحصويات الطبيعية

استخدم في صب البيتون إسمنت بورتلاندي عادي من النوع 1 و الصنف 32.5، و حصويات طبيعية و معاد تدويرها بينا خصائصها في الجداول و المنحنيات أعلاه،
أما قيم المكافئ الرملي لنوعي الرمل المستخدم فكانت 66.4% للرمل النبكي و 82% للرمل الخشن العدسي.

3 تصميم الخلطة البيتونية

تم تصميم الخلطة البيتونية بالاعتماد على الطريقة الفرنسية DREUX-GORISSE، حيث تم التصميم على مرحلتين هما: تصميم العجينة الرابطة و تصميم الخلطة الحصوية [4].

يبين الجدول 3 نتائج التصميم الخاصة بالخلطات التي تم صبها مع الإشارة إلى أن الرمز N100 يرمز إلى الخلطة التي استخدمت فيها الحصويات الطبيعية بنسبة 100% و دون حصويات معاد تدويرها، أما الرمز N0 فيدل على خلطة استخدمت فيها الحصويات المعاد تدويرها بنسبة 100% و دون حصويات طبيعية.

تم صب ست خلطات بيتونية بنسب استبدال مختلفة للحصويات الطبيعية (N0,N10,N20,N30,N50 ,N100)

الجدول 3: نتائج تصميم الخاصة بالخلطات التي تم صبها

مكونات الخلطات الحصوية						
N0	N50	N70	N80	N90	N100	الخلطة
0	497	695.8	795.2	894.6	994	البحص الخشن الطبيعي (kg/m ³)
375	375	375	375	375	375	الرمل الناعم (kg/m ³)
375	375	375	375	375	375	الرمل الخشن العدسي (kg/m ³)
350	350	350	350	350	350	الإسمنت (kg/m ³)

201	201	201	201	201	201	الماء (kg/m ³)
994	497	298.2	198.8	99.4	0	الحصويات المعاد تدويرها (kg/m ³)
3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	الملدنات SP90 (kg/m ³)

النتائج والمناقشة:

نستعرض فيما يلي أهم النتائج التي تم التوصل إليها بعد إجراء الاختبارات المختلفة في خلطات البيتون في حالتها الطرية و الصلبة. تمثلت عينات البيتون المتصلب بمكعبات أبعادها 10*10*10cm. بلغ عدد العينات المصبوبة من كل خلطة عشر عينات و اعتمدت في جداول النتائج التالية القيم المتوسطة لنتائج الاختبارات.

وللوقوف على دقة النتائج و تماثل العينات قمنا بحساب الانحراف المعياري لمجموع العينات المختبرة ثم حساب معامل التغير والذي يعطي فكرة واضحة عن تشابه العينات المصبوبة من الخلطة الواحدة و دقة النتائج المعطاة.

الجدول 4: نتائج اختباري الضغط البسيط والتشرب للعينات البيتونية

الخلطة	المقاومة المتوسطة (kg/cm ²)	الانحراف المعياري	معامل التغير (%)	درجة التشرب (%)	الهبوط (cm)	الوزن الحجمي الظاهري/kg
N100	573.4	25.2	4.39	5	6.3	2298
N90	510	20	3.92	5.35	6	2259
N80	500	0	0	6.3	4	2162
N70	476.7	28.9	6.06	7.6	2.5	2108
N50	506.7	28.9	5.7	7.65	1	1839
N0	476.7	25.2	5.28	8.5	0	1751

ولدراسة تأثير الحصويات المعاد تدويرها في ديمومة البيتون المنتج باستخدامها، قمنا بإجراء اختبار ديمومة مسرع على عينات البيتون بغمرها في محلول ملحي مركز (15%) و التحقق من فقدان المقاومة بعد الغمر. يبين الجدول 5 تأثير بيتون الحصويات المعاد تدويرها بعملية التعريض للكوريدات.

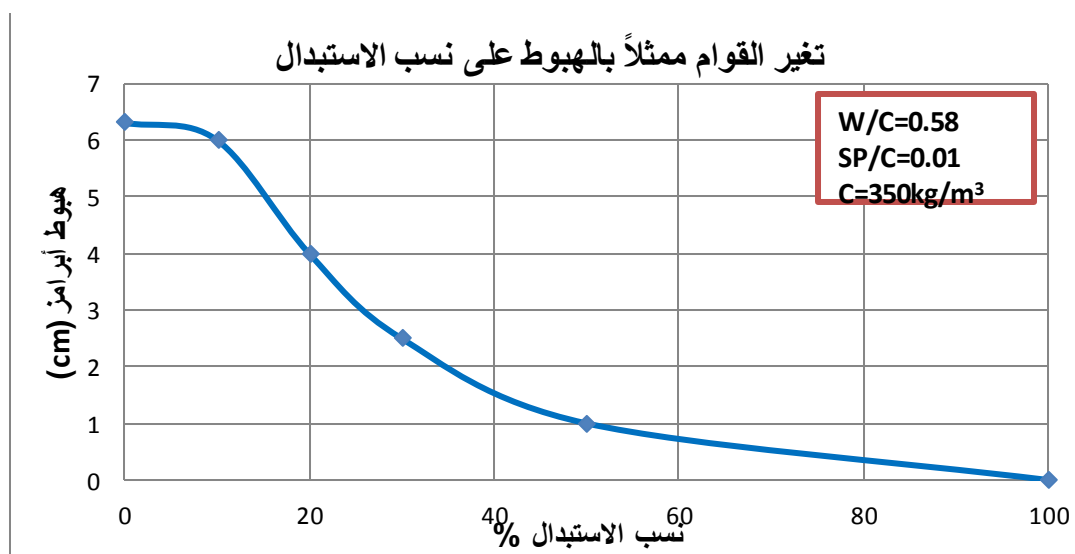
الجدول (5): نتائج الاختبار على المقاومة بعد الغمر بالمحلول الملحي.

الخلطة	المقاومة بعد الغمر بالمحلول الملحي (kg/cm ²)	انخفاض المقاومة (الديمومة) %
N100	430	25
N90	424	16.9
N80	345	20

10.8	425	N70
21.6	397	N50
30.8	330	N0

1- تأثير نسب الاستبدال في القوام ممثلاً بهبوط ابرامز:

يبين الشكل (3) العلاقة بين قوام الخلطات الطرية ممثلاً بهبوط ابرامز (slump) ونسب استبدال الحصى الطبيعية بالحصى المعاد تدويرها:

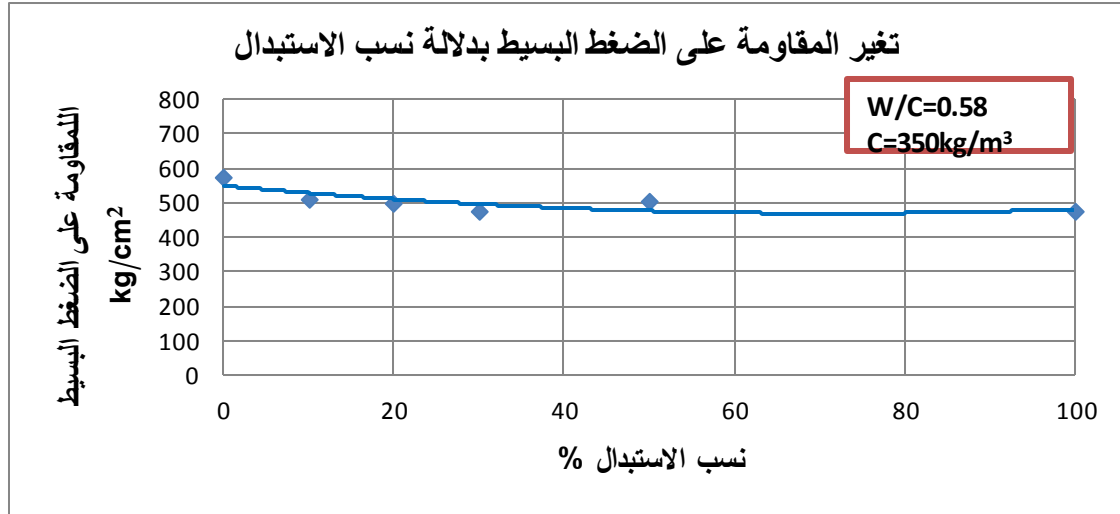


الشكل 3: العلاقة بين قوام الخلطات الطرية ونسب الاستبدال

يبين الشكل التأثير الشديد لقوام البيتون عند استبدال حصواته الطبيعية بالحصى المدورة وذلك عند تثبيت نسبة الماء إلى الاسمنت $w/c=0.58$ ونسبة الملدن المستخدم $sp/c=1\%$ إذ خرجت العينات من شريحة القوام اللدن $slump > 4cm$ إلى شريحة القوام الجامد $slump < 4cm$ عند نسبة الاستبدال 20% يعود ذلك إلى طبيعة الحصى المعاد تدويرها وشهرها النسبي للماء مقارنة مع الحصى الطبيعية وهو ماتبينه قيم التشرب لهذه الحصى منفردة إذ كان تشربها يفوق تشرب الحصى الطبيعية بشكل كبير مما سيخلق مشكلة تتعلق بتشغيل هذا البيتون وهو ما يمكن تلافيه بزيادة جرعة الملدن للحصول على شريحة القوام المستهدفة مع مراعاة عدم زيادة الجرعة عن الحد المسموح لضمان عدم تأخير تصلب البيتون.

2- تأثير نسب الاستبدال في المقاومة على الضغط البسيط:

قمنا بتمثيل العلاقة بين مقاومة العينات المصبوبة على الضغط البسيط ونسب الاستبدال وذلك على الشكل (4):



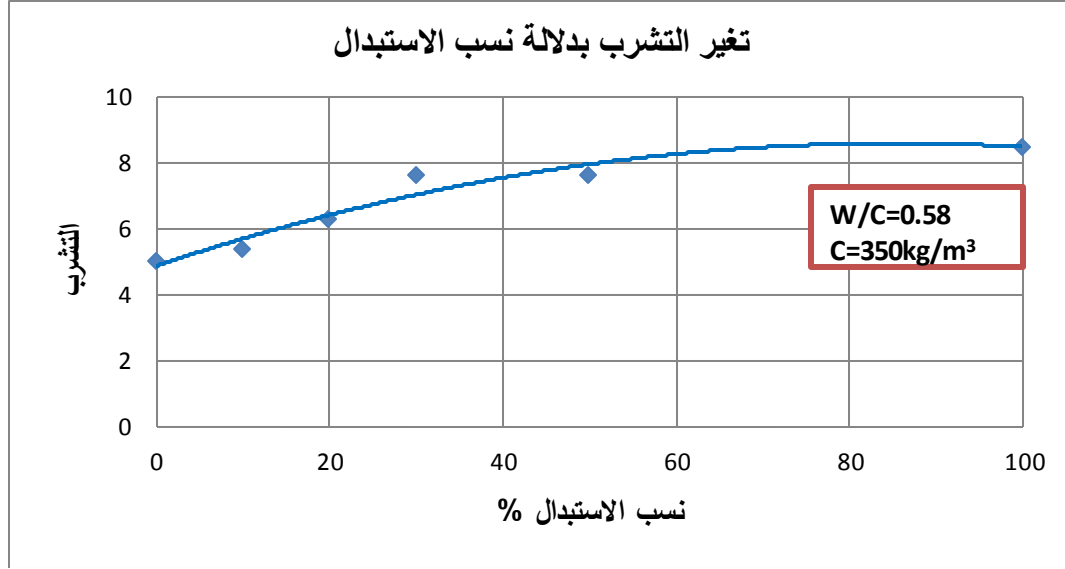
الشكل 4: يمثل العلاقة بين المقاومة على الضغط البسيط ونسب الاستبدال

تبدو النتائج التي حصلنا عليها جيدة وتتوافق مع هدف الدراسة إذ إن انخفاض المقاومة لا يتأثر بشكل كبير بنسب استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها [5] فعند تغير نسب الاستبدال بين 0 و 100 لم يتعدّ انخفاض المقاومة النسبة 17% بين القيمتين العظمى وقدرها 573.4kg/cm² كمقاومة مكعبية والموافقة لحالة عدم الاستبدال (حصويات طبيعية 100%) والدنيا وقدرها 476.7kg/cm² كمقاومة مكعبية والموافقة لحالة الاستبدال الكلي (حصويات معاد تدويرها 100%)

تجدر الإشارة إلى أن الاستبدال الكلي للحصويات حافظ على بيتون قريب من البيتون عالي الأداء من حيث المقاومة [2] إذ بقيت المقاومة بجوار 400kg/cm². تعد هذه النتيجة على درجة عالية من الأهمية وتفسح المجال أمام عملية الاستبدال بشكل واسع مع مراعاة عدم تبدل الخصائص الأخرى بشكل كبير.

3- تأثير نسب الاستبدال في التشرب (a):

يبين الشكل (5) العلاقة بين التشرب (a) ونسب استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها:



الشكل 5: يمثل العلاقة بين التشرب (a) ونسب الاستبدال

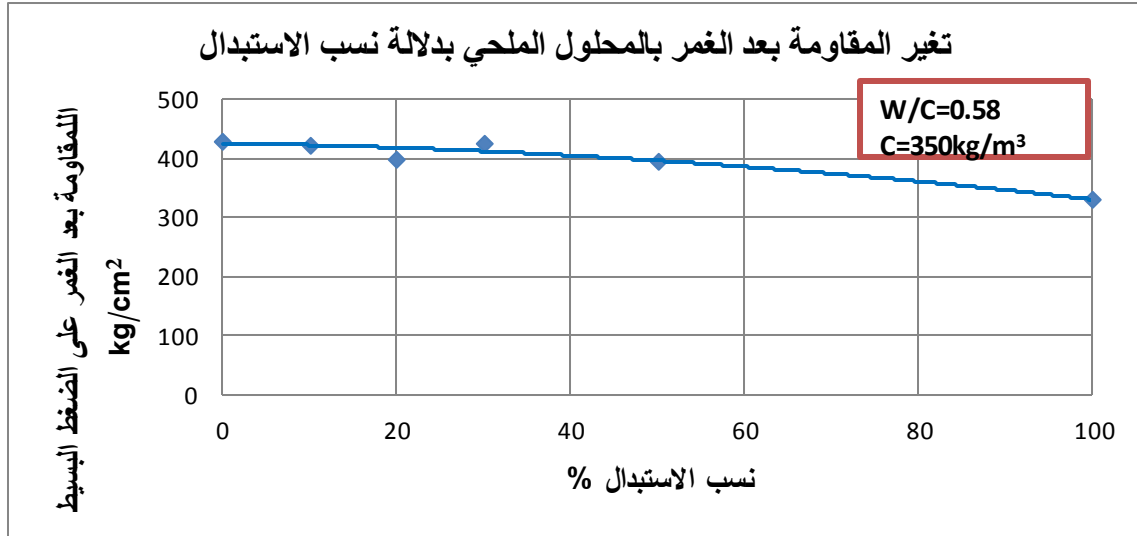
تتقاطع النتائج التي حصلنا عليها في الفقرة السابقة مع نتائج تأثير الاستبدال في التشرب إذ تسجل العينات ازديادا في تشربها من النسبة 5% للعينات بدون استبدال (حصويات طبيعية) إلى النسبة 8.5% a للعينات المصنعة كليا من الحصويات المعاد تدويرها يعود ذلك لنفس السبب المشروح سابقا وهو شره الحصويات المدورة للماء والتي تحتوي على قطع البلوك في تركيبها سيحتاج المهندس عند استخدام هذه الحصويات إلى العناية بمسألة التعرض للماء وذلك بتأمين العزل الجيد للبيتون أو إضافة بعض الإضافات البيتونية التي تسمى في عالم مواد البناء بإضافات تكتيم دون إهمال تصميم الخلطة الجيد الذي يفترض أن يحقق أكبر اكتناز وأقل مسامية مما سينجم عنه تشرب محدود.

4 - تأثير نسب الاستبدال في ديمومة البيتون

لقياس تأثير ديمومة البيتون بتغير نسبة الاستبدال قمنا بإخضاع العينات البيتونية المتصلبة من جميع الخلطات لاختبار ديمومة مسرع عن طريق غمر العينات المتصلبة بعد بلوغها العمر 28 يوم بمحلول ملحي تركيزه 15% وذلك لمدة أسبوع ولنقوم بعدها بإخراج العينات من المحلول ومراقبة حالتها وقياس خصائصها الميكانيكية بعد الغمر ومقارنة ذلك مع العينات السليمة.

يبين الشكل (6) تأثير استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها في مقاومة العينات على الضغط

البسيط بعد غمرها بمحلول كلوريد الصوديوم:



الشكل6:العلاقة بين مقاومة العينات بعد غمرها بكلوريد الصوديوم ونسب الاستبدال

يسلك المنحني المبين على هذا الشكل سلوكاً مشابهاً لمنحني العينات غير المغمورة مع تسجيل فرق وحيد يتمثل بتغير قيم المقاومة بحوالي 23% ولقياس تأثير ديمومة البيتون بدلالة نسب الاستبدال قمنا بحساب معامل يتعلق بالديمومة سميناه معامل انخفاض المقاومة ΔR والمعرف كما يلي:

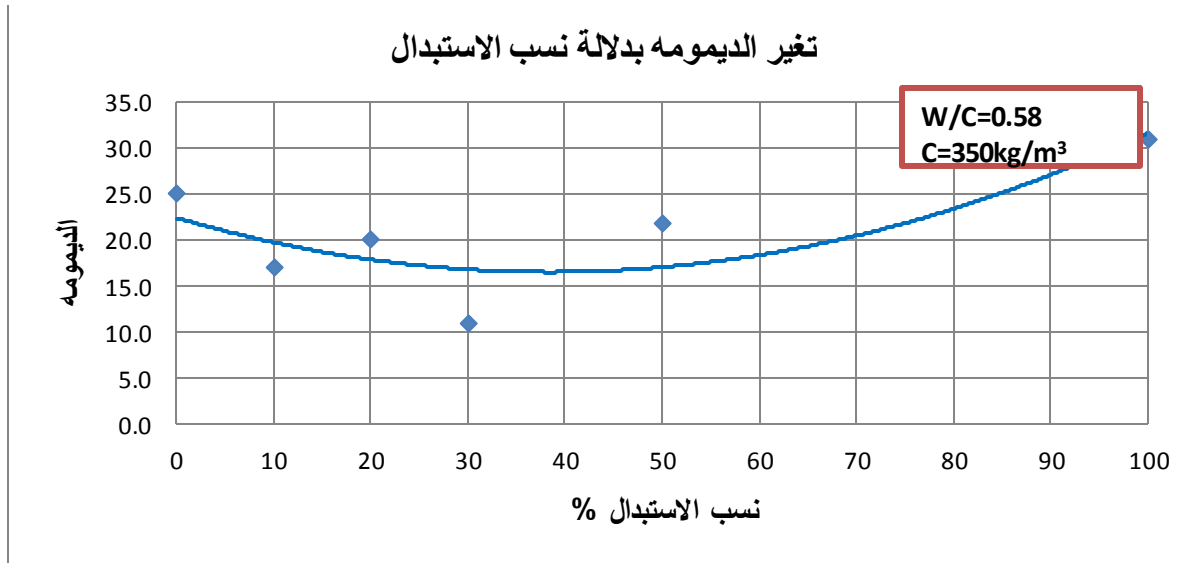
$$\Delta R = (R_2 - R_1) / R_2 * 100$$

حيث:

R_2 : مقاومة العينات على الضغط البسيط قبل غمرها بالمحلول الملحي

R_1 : مقاومة العينات على الضغط البسيط بعد غمرها بالمحلول الملحي

يبين الشكل (7) تأثير نسب الاستبدال على معامل الديمومة المعرف سابقاً :



الشكل7:العلاقة بين تغير الديمومة بدلالة نسب الاستبدال

تشير القيم التي حصلنا عليها إلى ملاءمة نسب الاستبدال بين 0 و 30% والمتوافقة مع العينات N100 و N70 للديمومة الجيدة إذ أن قيم معامل انخفاض المقاومة تقل بين نسب الاستبدال 0 و 30% مما يدل على ضعف التأثير بالكوريدات في هذا المجال لتكبير قيم هذا المعامل خارج المجال وتقل بالتالي ديمومة الخلطات ذات نسب الاستبدال المرتفعة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- يمكن تسجيل النقاط التالية كاستنتاجات هامة لهذا البحث:
- تعطي الحصويات المعاد تدويرها قيمة مقبولة للمقاومات في البيتون عند استخدامها بنسب مختلفة في البيتون وهو مايفسح المجال واسعاً للتفكير باستخدامها في بيوتون المنشآت المدنية.
- تبدو النسب المقبولة للاستبدال محصورة بين 0 و 50% [5] إذا ماراعينا ازدياد معامل انخفاض المقاومة بعد نسبة الاستبدال 30%.
- استطعنا الحصول على بيوتون بمقاومات مكعبية مرتفعة تجاوزت 300kg/cm^2 ، تتوافق هذه النتائج مع القيم التي وجدناها في الدراسات المرجعية بشكل جيد [2]، في أغلب الخلطات وعند نسب الاستبدال المرتفعة علماً بأن عيار الاسمنت المستخدم في خلطاتنا لم يتجاوز 350kg/cm^2 .
- على الرغم من عدم ملاءمة الحصويات المعاد تدويرها من حيث قساوتها للاستخدام في البيتون وفق معايير المواصفات العالمية والتي تتطلب قيمة لمعامل الاهتراء لا تزيد عن 30% فقد أعطت عند استخدامها مع الحصويات الطبيعية مقاومات جيدة يصلح معها البيتون للاستخدام في العناصر الإنشائية.
- تظهر أغلب المنحنيات التي استعرضناها في هذا البحث لتغير مواصفات البيتون بدلالة نسب الاستبدال إنسيابية يبدو معها تأثير استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها غير حاد ولا يغير مواصفات البيتون المختلفة بشكل جذري.

المراجع:

- 1- ميا، فاطر. "تدوير نواتج هدم الأبنية لاستخدامها في إنشاء الطرق المحلية في مدينة اللاذقية"، أطروحة ماجستير، جامعة تشرين، اللاذقية 2011. pp.174.
- 2- NELSON,S. *High-Strength structural concrete with recycled aggregates*, University of Southern Queensland, 2004,112.
- 3- Rao .A ,Jba , K .N .and Misra S .Use of aggregate from recycled construction and demolition waste in concrete , Journal of Resources , Conservation and Recycling . 50(2007), 71-81.
- 4- BARON, J. , OLIVIER, J. P.*Les bétons, bases et données pour leur formulation*, Eyrolles, Paris, 1999, 522.
- 5- Topcu , I.B and sengel .,Properties of concrete produced with waste concrete aggregate , Journal of cement and concrete Research ,34 (2004) , 1307-1312.
- 6- SHIMA, H.TATEYASHIKI,H.,MATSUHASHI,R.,YOSHIDA . *An Advanced Concrete Recycling Technology And Its Applicability Assessment Through input-output Analysis*, Japan concrete Institute, 2005.