The Effect of Using Recycled Aggregates on Concrete Durability Indicators (Capillary Absorption and Total Water Immersion)

Dr. Ali KHEIRBEK*
Dr. Bassam HASSAN**
Basel ASLAN***

(Received 7 / 4 / 2023. Accepted 9 / 5 / 2023)

□ ABSTRACT □

Recycled aggregate is considered a substitute for natural gravel, which resulted due to harsh climatic conditions or natural or human disasters, and was formed in our country in particular because of the war we are living through, and the resulting operations of demolishing and vandalizing facilities and the accumulation of large quantities of demolition debris, those factors that together will secure large quantities of recycled gravel, which enables it to be widely used as a substitute for natural gravel.

The results of the tests conducted on the concrete samples in which the natural aggregates were replaced with recycled aggregates with different replacement rates (0%-20%-30%-50%-100%) were positive. As for the durability studies, they are relatively few because they require a long time and techniques. Advanced to investigate the structure of concrete after exposure to destructive conditions in order to determine its useful life. From here it was necessary to study the change of the characteristics of this concrete with time and to study its durability under the influence of many factors (capillary absorption and total immersion in water) and to measure the extent of the effect of replacing natural stones with recycled stones on the durability properties. The results of the research show good values for the durability indicators of concrete manufactured using recycled aggregates compared to concrete manufactured from natural aggregates only. Durability indicators improve up to 50% replacement rate with regard to capillary absorption and total immersion in water.

Keywords: construction demolition**,** durability of concrete, Recycled concrete aggregate, Total immersion in water, capillary absorption.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

***Professor, Department Of Management Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail : alikheirbek@ tishreen.edu.sy**
****Professor, Department Of Construction Engineering and Management – Tishreen University – Lattakia- Syria.**
***** PhD student- Department Of Construction Engineering and Management – Tishreen University – Lattakia- Syria. E-mail : basel.aslan@tishreen.edu.sy**

تأثير استخدام الحصويات المعاد تدويرها على مؤشرات ديمومة البيتون (الامتصاص الشعري والغمر الكلي بالماء)

د. علي خيربك*

د. بسام حسن**

باسل أصلان***

(تاريخ الإيداع 7 / 4 / 2023. قُبِل للنشر في 9/ 5 / 2023)

□ ملخّص □

تعتبر الحصويات المعاد تدويرها رديفاً بديلاً عن الحصويات الطبيعية والتي نتجت بسبب الظروف المناخية القاسية أو الكوارث الطبيعية أو البشرية وتشكلت في بلادنا بشكل خاص بسبب الحرب التي نعيشها ومانتج عنها من عمليات تهديم وتخريب للمنشآت وتراكم كميات كبيرة من أنقاض الهدم، تلك العوامل التي ستؤمن مجتمعة كميات كبيرة من الحصويات المعاد تدويرها الأمر الذي يتيح إمكانية استخدامها على نطاق واسع كبديل عن الحصويات الطبيعية.

وكانت نتائج الاختبارات التي أجريت على العينات البيتونية التي تم استبدال فيها الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها بنسب استبدال مختلفة (0%-20%-30%-50%-100%) إيجابية، أما دراسات الديمومة فهي قليلة نسبياً كونها تحتاج لوقت طويل و تقنيات متقدمة لسبر بنية البيتون بعد تعرضه للظروف المخربة بهدف تحديد العمر الافتراضي له. من هنا كان لا بد من دراسة تغير خصائص هذا البيتون مع الزمن و دراسة ديمومته تحت تأثير العديد من العوامل (الامتصاص الشعري و الغمر الكلي بالماء) و قياس مدى تأثير استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها على هذه الخصائص. وقد أظهرت النتائج قيماً جيدة لمؤشرات ديمومة البيتون المصنع باستخدام حصويات معاد تدويرها مقارنة مع البيتون المصنع من الحصويات الطبيعية. إذ تتحسن مؤشرات الديمومة حتى نسبة الاستبدال 50% و ذلك فيما يخص الامتصاص الشعري و الغمر الكلي بالماء.

الكلمات المفتاحية: أنقاض البناء، ديمومة البيتون، حصويات البيتون المعاد تدويرها، الغمر الكلي بالماء، الامتصاص الشعري.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ – قسم هندسة و إدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.alikheirbek@ tishreen.edu.sy

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

***طالب دكتوراه – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين – سورية.basel.aslan@tishreen.edu.sy

مقدمة:

نتيجة للزيادة الكبيرة في حجم أنقاض الهدم البيتونية و تأثيرها السلبي على البيئة دفع ذلك إلى إعادة النظر في استخدامها كبديل جزئي أو كلي عن الحصويات الطبيعية، و العمل على إنتاج بيتون جديد يحقق الخواص المطلوبة لاستخدامه في المنشآت الهندسية. مع التنويه إلى إمكانية تحسين بعض الخصائص الميكانيكية لهذا البيتون من خلال معالجة هذه الحصويات قبل استخدامها. يعالج هذا البحث دراسة استبدال الحصويات الطبيعية المستخدمة في البيتون بحصويات معاد تدويرها ناتجة عن ركام الهدم و ذلك وفق نسب استبدال مختلفة تتراوح بين 0%، 20%، 30%، 50%، 100%.

تم الحصول على الأنقاض في هذا البحث من رخصة هدم ممنوحة من قبل مجلس مدينة اللاذقية. وتم نقل الانقاض إلى مخبر تجريب المواد في جامعة تشرين ومن ثم تم طحنها يدوياً وآلياً وتحويلها إلى حصويات بأقطار متقاربة من الحصويات الطبيعية لاستخدامها في صنع عينات بيتونية بنسب استبدال مختلفة ومن ثم إجراء اختبارات الديمومة على هذه العينات.

تتلخص أهمية البحث في دراسة أداء الحصويات المعاد تدويرها لفترة طويلة في البيتون ودراسة مؤشرات ديمومة البيتون تحت تأثير الامتصاص الشعري والغمر الكلي بالماء.

1. المسامية والنفاذية والامتصاص:

لتوضيح الفرق بين مفاهيم الامتصاص والنفاذية والمسامية لابد من تعريف تفصيلي لكل منها. **فالامتصاص:** هو قدرة البيتون على سحب الماء داخل فجواته وهو غير مرتبط بالنفاذية ويؤدي الامتصاص إلى انتفاخ البيتون مما يؤدي إلى تفتته عند تعرضه لحلقات التجمد والذوبان وهى مشبعة بالماء. **أما النفاذية:** فهي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال البيتون والذي بدوره سيعمل على تقليل عمر البيتون والتأثير على فولاذ التسليح مما سيؤدي إلى الصدأ من خلال تغلغل الأحماض والأملاح مما يقود إلى تدهور البيتون.

تؤثر نفاذية البيتون في بعض الحالات على الاخلال بأداء المنشأة لوظيفتها كما في حالة الخزانات المحتوية على سوائل والمنشآت تحت الأرض. ففي مثل هذه المنشآت يصبح تأمين كتامة البيتون خاصية مطلوبة وهامة كمقاومتها للأحمال. **بينما نجد أن المسامية:** تعبر عن وجود مسام أو فجوات داخل المادة الصلبة قد تكون متصلة عن طريق أنابيب دقيقة أو مسارات شعرية، أو قد تكون منفصلة عن بعضها.

تحتوي البنية الداخلية لعجينة الإسمنت على مسام دقيقة نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تصاحب إماهة الإسمنت والماء. وهي مسامات ذات قطر صغير جداً لن يكون له تأثير على نفاذية البيتون[1].

1-2 يوجد ثلاثة أنواع من المسام يمكن تمييزها كما يلي:

1-1-2 المسام الهوائية(Air Pores):

ومنها الصغير جداً وهو عادة ما يتم تكوينه صناعياً داخل البيتون عن طريق إضافات الهواء المحبوس لزيادة القابلية للتشغيل وتحسين المقاومة للصقيع ومنها المسام الهوائية الكبيرة غير المنتظمة وهى تنشأ عادة عن عيوب الصب والدمك للخلطة البيتونية والمسام الهوائية يتراوح قطرها من ٠,٠١ إلى ٠,٢ مم[2].

2-1-2 مسام الجل(Gel Pores):

وهى أدق وأصغر أنواع المسام على الإطلاق وتتكون بعد عملية الإماهة حيث تتصلب العجينة الإسمنتية مكونة جسماً صلباً متجانساً هذا الجسم الصلب به نسبة عالية من الفراغات الداخلية.

2-1-3 المسام الشعري(Capillary Pores):

بعد خلط الإسمنت مع الماء مباشرة يحدث تكتل لحبيبات الإسمنت والماء ويسمى الماء الموجود في الفراغات داخل هذا التكتل بالماء الشعري حتى يحدث له تفاعل كامل مع الإسمنت ويترك مكانه خالياً مكوناً المسام الشعرية التي تعتبر أكثر أنواع المسام والتي تحدد درجة المسامية الكلية للخرسانة.

2. اختبار المساميّة:

إنّ حساب تشرب البيتون للماء في حالة الإشباع يعتبر قياساً لمسامية البيتون المتصلب وحجم الفراغات التي تملأ بالماء في شروط الإشباع، إن المساميّة التي يتم الحصول عليها من اختبار التشرب تحدد بالمسامية الفعالة وتعطى بالعلاقة:

المسامية الفعالية = (حجم الفراغات / الحجم الصلب للعينة)* 100

يتم الحصول على حجم الفراغات من حجم الماء الممتص من قبل العينات الجافة أو حجم الماء المفقود من تجفيف العينات المشبعة بالماء بدرجة°C 105 حتى الوصول إلى وزن ثابت، أما الحجم الصلب للعينة فإنه يستنتج من الفرق بين وزن العينة في الهواء ووزنها في حالة الغمر بالماء.

$$\text{Effective porosity, } n = \frac{(Ws - Wd)}{(Ws - Wsub)} \times 100$$

حيث:

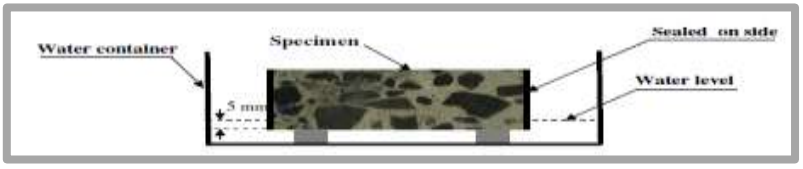
Ws : وزن العينة في شروط الإشباع الكامل.

Wd: وزن العينة المجففة بالفرن.

Wsub: وزن العينة في حالة الغمر بالماء.

3. اختبار التشرب بالخاصيّة الشعرية:

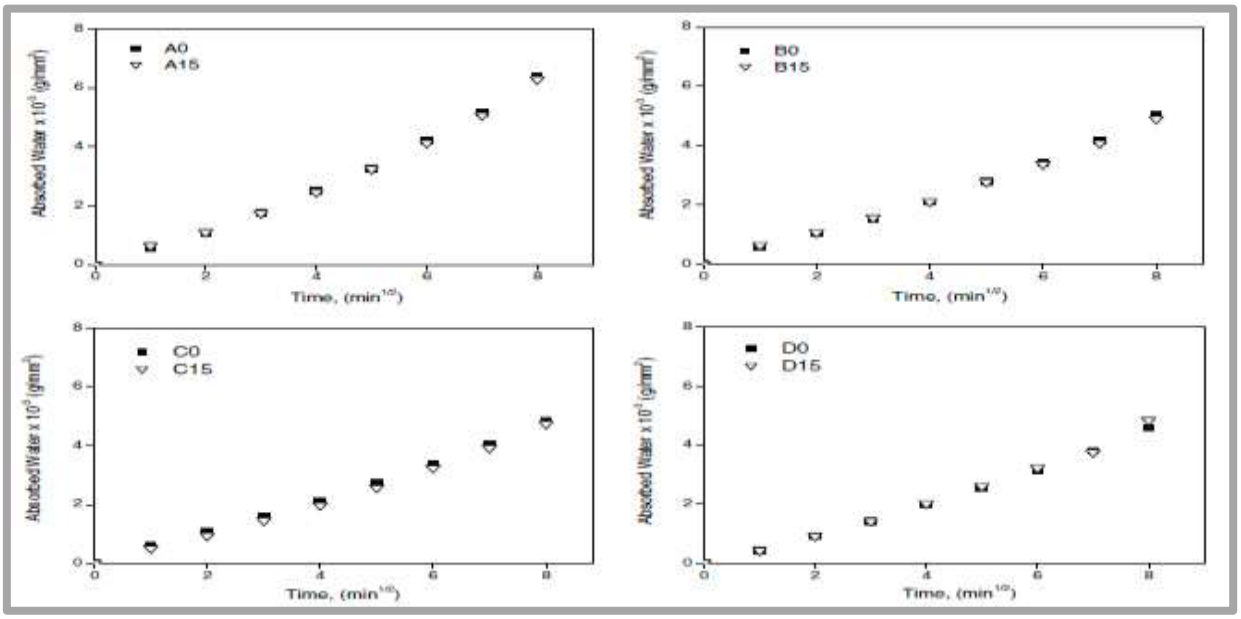
وقد قام مجموعة من الباحثين باختبار التشرب بالخاصية الشعرية على عيّنات أسطوانية (بقطر 50mm*100mm) بعد أن تم تجفيفها بالفرن بدرجة 80C لحين الوصول إلى وزن ثابت، تركت العيّنات لتبرد قليلاً في حوض هوائي محكم الإغلاق وذلك بهدف التأكد من أنّ الماء سيتدفق وفق اتجاهٍ واحد، حيث تمّ التحقق من تمام الإغلاق على الاتجاه المقابل. يبين الشكل (1) آلية اختبار التشرب بالخاصية الشعرية:



الشكل (1): منهجية إجراء اختبار التشرب الشعري[11]

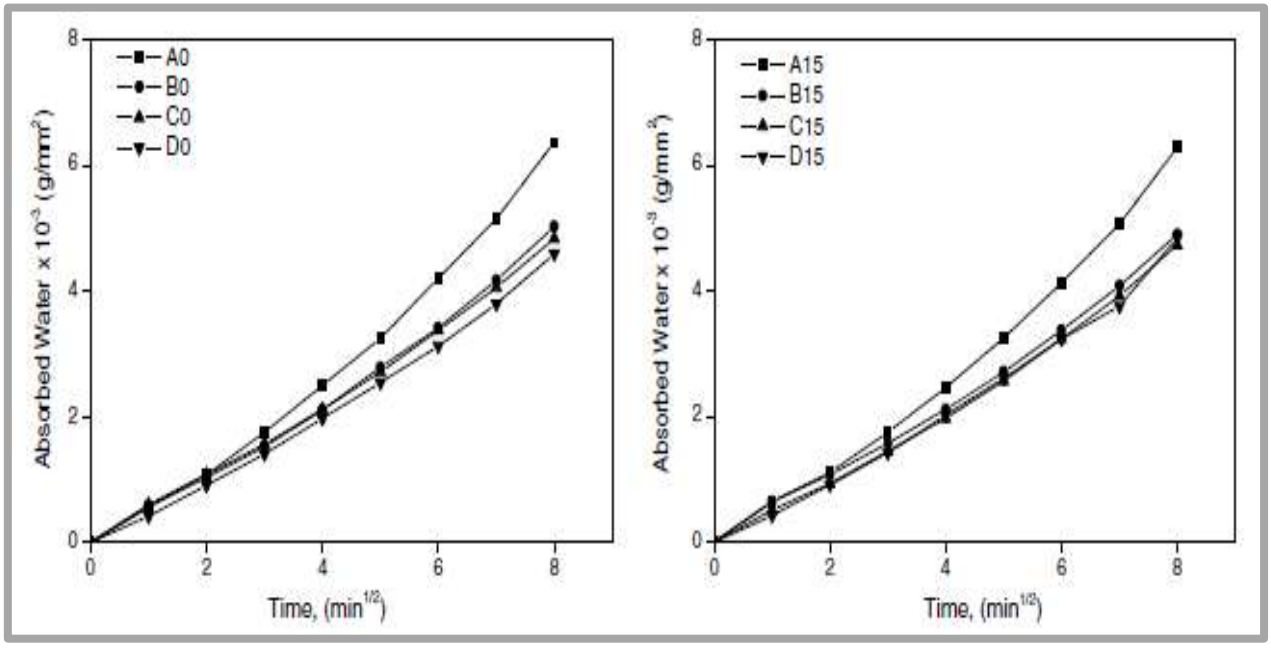
يبين الشكل (2) كمية الماء المتشربة في واحدة المساحة وذلك كتابع للجذر التربيعي للزمن من أجل جميع الخلطات المنفذة (مع أو بدون استعمال المواد الناعمة)، وقد أظهرت النتائج أنّ استبدال 15% من الرمل المستخدم بالنواعم الكلسية كان له تأثير ضئيل على تشرب البيتون بالخاصية الشعرية. أكّد Tsivillis أن استبدال الإسمنت بنسبة وزنية

15% من النواعم يؤدي إلى تخفيض تشرب البيتون بشكلٍ طفيف، حيث لوحظ انخفاض في تشرب العيّنات المنتجة بحدود الـ 5% عند استعمال المواد الناعمة بنسبة 15% مقارنة بالبيتون (بدون نواعم) وذلك مع نسبة ماءٍ للإسمنت [w/c=0,7]



الشكل 2([11]): **قيم التشرب في واحدة المساحة لمجمل الخلطات المنفذة (مع وبدون النواعم)**

أما الشكل (3) فيوضح تأثير نوع الإسمنت المستعمل على تشرب البيتون بالخاصية الشعرية وذلك للخلطات مع وبدون استعمال النواعم الكلسية[5]



الشكل (3): **قيم التشرب في واحدة المساحة للبيتون المنتج بعمر 90d**

توصل الباحثون إلى أن استعمال نوع الإسمنت A في إنتاج الخلطات البيتونية بغض النظر عن إجراء الاستبدال قد أدّى إلى أعلى قيم للتشرب، أمّا قيم التشرب الأخفض فكانت عند استعمال نوعي الإسمنت C وD وهو ما يمكن تفسيره بحقيقة أن هذه الخلطات تحوي كمية أقل من المسامات المتصلة مقارنة بخلطات الإسمنت من النوع A.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثر ديمومة البيتون عند استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها، وذلك من خلال تأثر مؤشرين هامين من مؤشرات الديمومة هما الامتصاص الشعري والغمر الكلي بالماء.

يمكن تلخيص أهداف هذا البحث بما يلي :

- تأثير استخدام الحصويات المعاد تدويرها على خصائص المسامية والنفاذية للبيتون.
- دراسة مؤشرات ديمومة البيتون المصنع من الحصويات المعاد تدويرها من خلال الامتصاص الشعري والغمر الكلي بالماء.

طرائق البحث ومواده:

اعتمد البحث المنهجية التجريبية فيما يتعلق بدراسة الأنقاض و عينات البيتون المصنعة من الحصويات المعاد تدويرها، و المنهجية التحليلية و الرياضية لدراسة تغير مؤشرات الديمومة مع نسب استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها.

أما خطوات العمل فيمكن تقسيمها إلى المراحل التالية:

- توصيف الحصويات الطبيعية والحصويات المعاد تدويرها بعد تحضيرها من الأنقاض المستخدمة.
- صناعة النماذج المخبرية من البيتون بنسب الاستبدال المختلفة.
- إجراء اختبارات ديمومة مُسرعة والمتعلقة بالمؤشرات المدروسة في هذا البحث على عينات من البيتون بنسب استبدال مختلفة.
- تحليل و مناقشة النتائج.

تم لهذا الغرض إخضاع العينات البيتونية من جميع الخلطات لاختبار ديمومة مسرع وذلك لعينات مكعبية بأبعاد 10*10 cm بعد بلوغها العمر 28 يوم وذلك بتجفيف العينات بالفرن لمدة 24 ساعة بدرجة 105C ثم وزنها جافه وبعدها تم الغمر الكلي بالماء لمدة 24 ساعة وبعدها يتم الوزن والفرق بين القيمتين يمثل درجة التشرب للعينات البيتونية. وثم بعد ذلك تم اختبار الامتصاص الشعري لعينات اسطوانية بأبعاد 6*5.4 cm وذلك من خلال غمر هذه العينات بمقدار 1cm تقريباً بالماء وبعد مرور 24 ساعة قمنا بكسر هذه العينات وقياس تغلغل الماء فيها .

4-1 الإحضارات:

تم الحصول على الأنقاض من رخصة هدم ممنوحة من قبل مجلس مدينة اللاذقية والتي اشتملت على بقايا هدم بيتونية وسيراميك إضافة إلى البلاط المنزلي و البلوك. يبين الجدول رقم (1) نتائج قياس الأوزان الحجمية الصلبة و الظاهرية و قيم معامل الاهتراء لوس أنجلوس و قيم التشرب الأقصى بالماء للحصويات الطبيعية والحصويات المعاد تدويرها المستخدمة في صناعة نماذج مكعبات البيتون[1]:

الجدول 1: نتائج قياس الكتلة الحجمية الظاهرية والصلبة والاهتراء و التشرب الأقصى بالماء لمختلف الحصويات

العينة	الوزن الحجمي الظاهري kg/l	الوزن الحجمي الصلب kg/l	لوس أنجلس %	التشرب%
نواتج هدم البيتون	1.22	2.34	29.33	7.60
نواتج هدم السراميك	1.06	2.24	39.26	9.32
نواتج هدم البلاط	1.18	2.27	41.39	11.40
نواتج هدم البلوك	1.09	2.25	43.22	12
مزيج نواتج الهدم	1.35	2.45	42.7	9
البحص الطبيعي	1.42	2.65	23	3.40
الرمل الناعم	1.48	2.63		
الرمل الخشن	1.32	2.54		

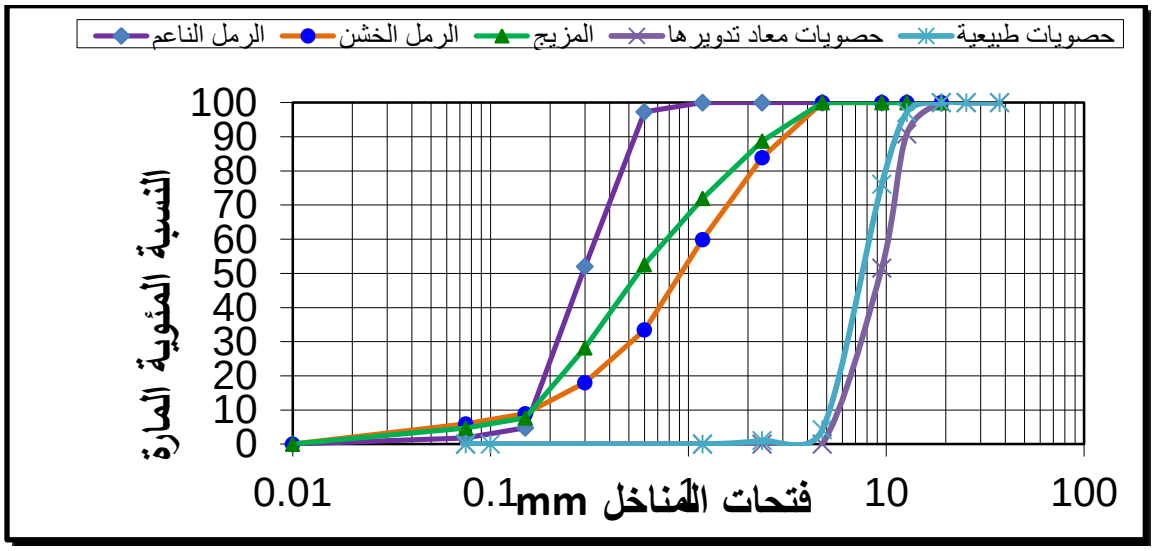
أما قيم المكافئ الرملي لنوعي الرمل المستخدمين فكانت 88% للرمل الناعم ومصدره من النبك و 77% للرمل الخشن ومصدره مجرى نهر الكبير الشمالي.

استخدم في صب البيتون إسمنت بورتلاندي عادي من النوع 1 و الصنف 32.5 من معمل طرطوس.

2-4 تصميم الخلطة البيتونية:

تم تصميم الخلطة البيتونية المستخدمة في صب العينات بالاعتماد على الطريقة الفرنسية DREUX-GORISSE، وتم ترميز العينات التي استخدمت فيها الحصويات المعاد تدويرها بنسبة 100% و دون استخدام الحصويات الطبيعية بالرمز RA100 ، أما الرمز RA0 فيدل على خلطة استخدمت فيها الحصويات الطبيعية بنسبة 100% و دون استخدام حصويات معاد تدويرها.

تم صب خمس خلطات بيتونية بنسب استبدال مختلفة للحصويات الطبيعية (RA0,RA20,RA30,RA50,RA100) ويبين الشكل(2) منحنيات التدرج الحبي للحصويات المستخدمة في الخلطات البيتونية[2].



الشكل (2) منحني التدرج الحبي الخاص بالحصويات المختبرة

ويبين الجدول (2) نتائج تصميم الخلطات البيتونية:

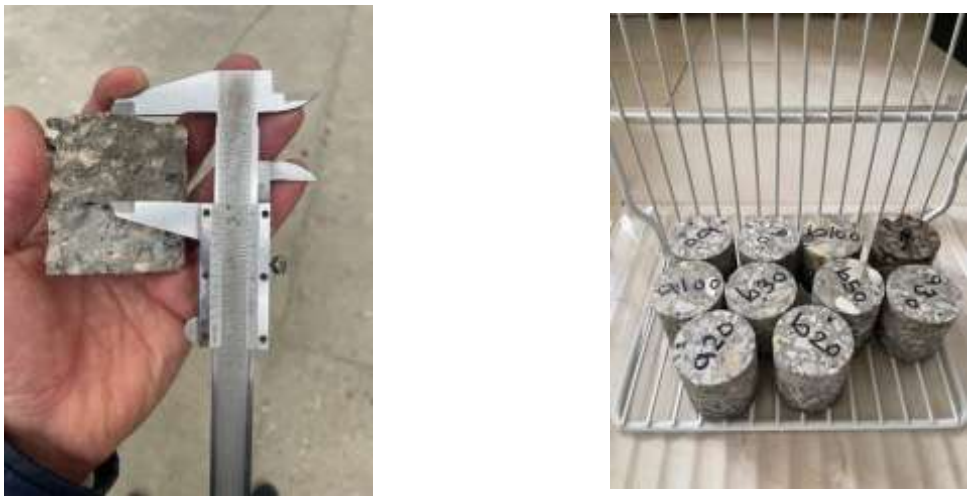
الجدول 2: نتائج التصميم الخاصة بالخلطات التي تم صبها

مكونات الخلطات الحصوية					
الخلـــــــطة	RA100	RA50	RA30	RA20	RA0
البحص الخشن الطبيعي (kg/m^3)	0	497	695.8	795.2	994
الرمل الناعم (kg/m^3)	375	375	375	375	375
الرمل الخشن العدسي (kg/m^3)	375	375	375	375	375
الإسمنت (kg/m^3)	350	350	350	350	350
الماء (kg/m^3)	201	201	201	201	201
الحصويات المعاد تدويرها (kg/m^3)	994	497	298.2	198.8	0
الملدنات SP90 (kg/m^3)	14	8.8	6.3	5.6	4.6

النتائج والمناقشة:

نستعرض فيما يلي أهم النتائج التي تم التوصل إليها بعد إجراء اختبارات الديمومة من اختبار الغمر الكلي بالماء للعينات البيتونية وهي مكعبات بأبعاد (10cm*10*10) ونتائج الامتصاص الشعري بالماء لعينات اسطوانية بأبعاد (D*H=5.4*6cm) وذلك للخلطات بنسب الاستبدال المختلفة.

يوضح الشكل (3) عينات البيتون المصنعة من الحصويات المعاد تدويرها بنسب استبدال مختلفة عند اختبار الامتصاص الشعري بالماء وبعد كسر العينات حيث يظهر أثر امتصاص الماء شعرياً ضمن بنية البيتون بشكل واضح وبالعين المجردة وهو ما يمكن قياسه بشكل دقيق في نقاط مختلفة من خط التشرب تؤخذ بعدها القيمة الوسطية لارتفاع الامتصاص الشعري وذلك بحساب المتوسط الحسابي للقيم المقاسة في مواقع مختلفة من خط التشرب:



الشكل (3) اختبار الامتصاص الشعري بالماء للعينات الاسطوانية

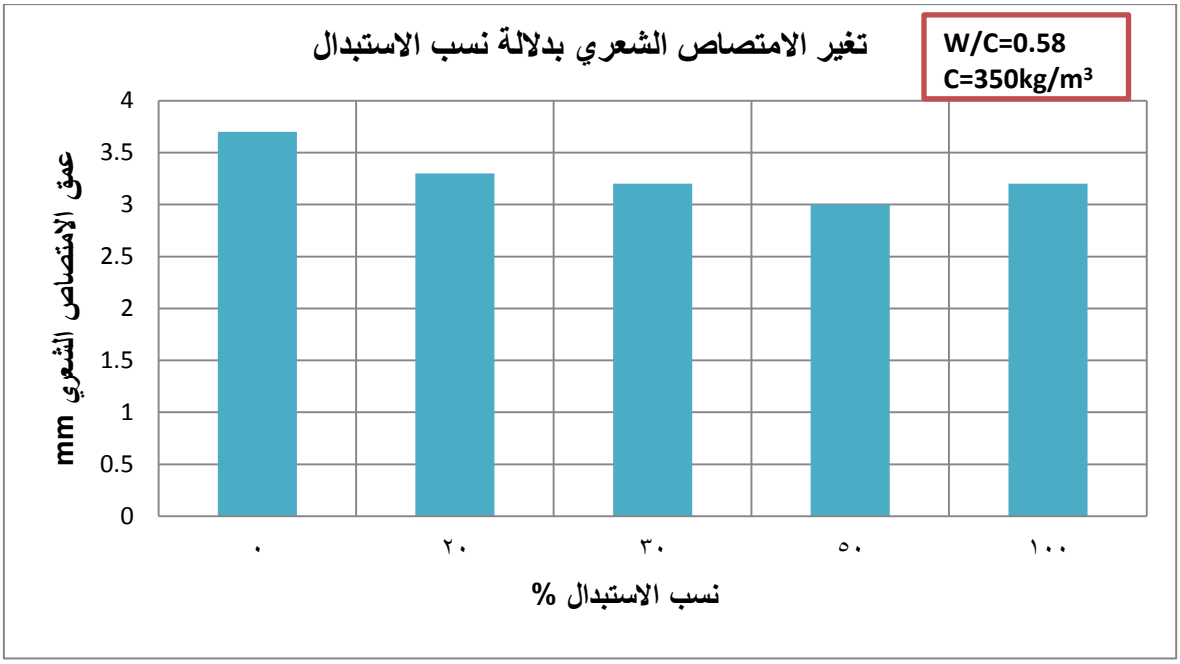
يبين الجدول (4) نتائج اختبارات الامتصاص الشعري والغمر الكلي بالماء للعينات البيتونية:

الجدول4: نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينات البيتونية (10*10*10cm) والامتصاص الشعري لعينات اسطوانية (D*H =5.4*6 cm)

الخلطة	نسبة الاستبدال%	التشرب الكلي بالماء %	الامتصاص الشعري بالماءmm
RA0	0	5.2	3.7
RA20	20	4.0	3.3
RA30	30	4.1	3.2
RA50	50	3.7	3
RA100	100	5.5	3.2

1- تأثير الاستبدال على تغير الامتصاص الشعري للعينات البيتونية:

لإيضاح تأثير الاستبدال على تغير الامتصاص الشعري تم تمثيل العلاقة بين الامتصاص الشعري لعينات اسطوانية (D*H =5.4*6 cm) ونسب الاستبدال وفق الشكل(4):



الشكل 4: العلاقة بين الامتصاص الشعري ونسب الاستبدال

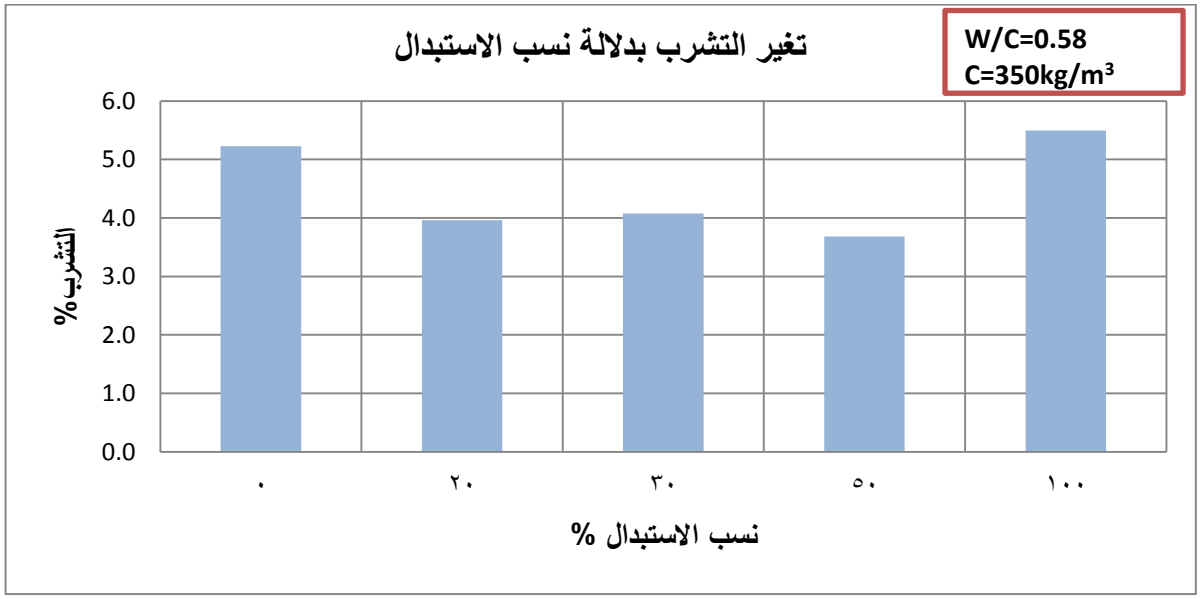
يبين الشكل (4) التأثير الايجابي لزيادة نسبة استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها على قيم الامتصاص الشعري للماء وذلك حتى نسبة الاستبدال 50%، إذ تنخفض قيمة الامتصاص الشعري من 3.7cm بالنسبة لعينات بيتون الحصويات الطبيعية دون استبدال إلى 3.0cm بالنسبة لعينات البيتون بنسبة استبدال 50% من

الحصويات الطبيعية، أي ما يعادل نسبة انخفاض قدرها 19% بين النسبتين 0 و 50%، لتعود هذه القيمة وترتفع من جديد بعد نسبة الاستبدال 50% لتصل إلى 3.2cm عند نسبة الاستبدال 100% والتي تتوافق مع بيتون حصويات معاد تدويرها بشكل كامل.

يمكن أن يعزى هذا التحسن من خلال انخفاض قيمة الامتصاص الشعري عند زيادة نسبة الاستبدال إلى تشكل غشاء من الروبة الاسمنتية جيدة المقاومة والكتامة حول الحصويات المعاد تدويرها والذي سيحد بدوره من فعالية الامتصاص الشعري بالماء. يساهم استخدام الملدن في هذه الخلطات في تحسين جودة الملاط الرابط وبالتالي تحسين كتامته وقدرته على خفض قيمة الامتصاص الشعري[7].

2- تأثير نسب الاستبدال على تغير التشرب للعينات البيتونية:

قمنا هنا أيضاً بتمثيل العلاقة بين نسبة التشرب الأقصى بالماء للعينات المغمورة كلياً لمدة 24 ساعة ونسبة استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها. تم ذلك على عينات مكعبية من البيتون بأبعاد (10*10*10cm) غمرت كلياً بالماء ثم تم تجفيفها بفرن حراري بدرجة حرارة 105°C لمدة 24 ساعة.



الشكل 5: العلاقة بين تغير التشرب ونسب الاستبدال

يبين الشكل (5) أيضاً التأثير الايجابي لزيادة نسبة استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها على قيم التشرب الأقصى بالماء وذلك حتى نسبة الاستبدال 50%، إذ تنخفض قيمة التشرب الأقصى بالماء من 5.2% لعينات بيتون الحصويات الطبيعية دون استبدال إلى 3.7% لعينات البيتون بنسبة استبدال 50% من الحصويات الطبيعية، أي ما يعادل نسبة انخفاض قدرها 29% بين النسبتين 0 و 50% من نسب الاستبدال، لتعود هذه القيمة وترتفع من جديد بعد نسبة الاستبدال 50% لتصل إلى 5.5% عند نسبة الاستبدال 100% والتي تتوافق مع بيتون حصويات معاد تدويرها بشكل كامل.

يعزى هذا التحسن أيضاً في التشرب الأقصى بالماء عند زيادة نسبة الاستبدال إلى سد منافذ تغلغل الماء إلى بنية البيتون من خلال تشكل غشاء من الروبة الاسمنتية الكتيمة حول الحصويات المعاد تدويرها والذي سيحد بدوره من

امتصاصها للماء. وكما في حالة الامتصاص الشعري سيساهم استخدام الملدن في هذه الخلطات في تحسين جودة هذا الغشاء وبالتالي تحسين كتامته وقدرته على خفض قيمة التشرب الأقصى بالماء[8].

الاستنتاجات والتوصيات:

في ضوء هذه النتائج التي حصلنا عليها لتأثير استبدال الحصويات الطبيعية بالحصويات المعاد تدويرها على مؤشرات الديمومة المدروسة في هذا البحث وهي الامتصاص الشعري بالماء والتشرب الأقصى بالماء يمكن تسجيل النقاط التالية كاستنتاجات لهذا البحث:

- تعمل الحصويات المعاد تدويرها عند استخدامها في البيتون بوجود ملدن عالي الأداء على المحافظة على الخصائص الميكانيكية وخصائص الديمومة المتعلقة بنفاذية الماء كالامتصاص الشعري والتشرب الأقصى بالماء، وقد تتحسن هذه الخصائص عند نسب استبدال تصل حتى 50%.
- يساهم استخدام الملدن بشكل واضح في تحسين أداء الحصويات المعاد تدويرها في البيتون من خلال تفعيل تغليفها بغشاء اسمنتي جيد المقاومة يعمل على الحد من النفاذية والتشرب.
- تحافظ الحصويات المعاد تدويرها على تأثيرها الإيجابي على مؤشرات الديمومة المدروسة حتى عند استخدامها بنسبة استبدال تصل إلى 100%.
- يعتبر استخدام الملدنات في البيتون الذي يدخل في تركيبه حصويات معاد تدويرها العامل الأكثر جدوى وفعالية في تحسين أداء هذه الحصويات في البيتون والحد بشكل كبير من تأثيرها السلبي على خصائص المقاومة والديمومة للبيتون.

References:

1- Aslan, Basil. "Studying the suitability of using local recycled demolition rubble in the manufacture of some building materials", Master's thesis, Tishreen University, Lattakia 2016.

2- Imam, A. Dr. Mahmoud, "The Book of Concrete," pp215.

1- **Ali Kheirbek ,Ali Ibrahim ,Majed Asaad ,Gorege Wardeh** "Experimental Study on the Physical and Mechanical Characteristics of Roller Compacted Concrete Made with Recycled Aggregates" infrastructures, Syria 2022.

2- **Tomas U. Ganiron Jr,** "Recycling Concrete Debris from Construction and Demolition Waste", International Journal of Advanced Science and Technology Vol.77, (2015) pp.7-24.

3- **Banjad Pecur, N. Stirmer and B. Milovanovic.** "*Durability Properties of Recycled Aggregate Concrete"* , Croatia, 2020.

4- **C.Tomas, J.Setien,J.A.Polanco,P.Alaejos,M.Sanchez de Juan,** "Durability of recycled aggregate concrete", Construction and Building Materials 40(2013) 1054 Spain.

5- ***Ramadevl, R.Chithra****.,* " Concrete Using Recycle Aggregates" *International Journal of Civil Engineering and Technology, India, 2017.*

6- ***L. Evangelista J.de Brito***" Durability Performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates" Cement & Concrete Composites Portugal 2009.

7- ***Enric Vazquez, Marilda brra, Diego Aponte*** "Improvement of the durability of concrete with recycled aggregates in chloride exposed environment" Construction and Building Materials, Spain 2014.

8- ***S.Manzi C.Mazzotti. M.C.Bignozzi*** "Short and Long –term behavior of structural concrete with recycled concrete aggregate" Cement &Concrete Composites. Italy,2013.
9- ***Romer,M***. "Effect of Moisture and Concrete Composition on the Torrent Permeability Measurement". Materials and Structures Vol.3, 2005, pp. 541-547.