African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 4, Issue 1, January - March 2025
Page No: 103-109
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2024: 0.877 **SJIFactor 2024: 6.752** **معامل التأثير العربي: 1.62**

استخدام مخلفات المباني المتضررة في مدينة سرت كركام معاد تدويره

فتحي رمضان صالح لامين [1*]، علام مصباح العلام [2]
[2،1] المركز الليبي للبحوث الهندسية وتقنية المعلومات، بني وليد، ليبيا

Recycling material from damaged buildings in the city of Sirte as recycled aggregate

Fathi Ramadan Saleh [1 *], Allam Musbah Al Allam [2]
[1,2] Engineering and Information Technology Research Centre, Bani Walid, Libya

[*]Corresponding author: fathe_l@yahoo.com

تاريخ الاستلام: 2024-11-27	تاريخ القبول: 2025-01-15	تاريخ النشر: 2025-01-22

الملخص

إعادة تدوير الركام الناتج عن المباني المتضررة والمدمرة يمثل قضية بالغة الأهمية على مستوى العالم، حيث يمكن استخدام هذه المواد كمصدر للركام المعاد تدويره لإنتاج الخرسانة. في المدن الليبية التي تأثرت بالحروب، مثل مدينة سرت، تتراكم كميات كبيرة من مخلفات البناء والهدم، وهو ما يُشكّل تهديدًا بيئيًا إلى جانب الأعباء الاقتصادية التي تتحملها الدولة للتخلص من هذه المخلفات. يُعتبر إعادة استخدام هذه المخلفات لإنتاج الركام الخشن المعاد تدويره لاستخدامه في أعمال الخرسانة خطوة واعدة تسهم في تعزيز الاستدامة البيئية والتقليل من التكلفة الاقتصادية ضمن قطاع البناء والتشييد. تهدف هذه الدراسة إلى دراسة إمكانية استبدال الركام الخشن الطبيعي بالركام المعاد تدويره الناتج عن مخلفات المباني المدمرة. تركز الورقة على تحليل خصائص هذا الركام المعاد تدويره الذي تم جمعه من مواقع مختلفة في مدينة سرت تعرّضت للهدم. ويشمل ذلك دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية مثل نسبة الامتصاص، الوزن النوعي، اختبار مقاومة التآكل باستخدام جهاز لوس أنجلس، التحليل الحجمي للتدرج الحبيبي، وقوة الضغط للخرسانة. تتم مقارنة هذه الخصائص مع خصائص الركام الخشن الطبيعي، مع مراعاة تطبيق نسب مختلفة من الركام المعاد تدويره تمثل 0% و50% و100% ضمن الخلطات الخرسانية للتحقق من تأثيرها على جودة الخرسانة المنتجة.

الكلمات المفتاحية: إعادة تدوير الركام، مقاومة الضغط، نسبة الامتصاص للماء، الوزن النوعي، استدامة مواد البناء.

Abstract

The recycling of rubble from damaged and destroyed structures is of significant global relevance, as these materials can serve as a source of recycled aggregate for concrete production. In Libyan cities impacted by conflict, such as Sirte, substantial quantities of building and demolition debris collect, presenting an environmental hazard in addition to the fiscal constraints incurred by the state for garbage disposal. Utilizing this waste to generate recycled coarse aggregate for concrete applications is a promising advancement in promoting environmental sustainability and minimizing economic expenditures in the construction industry. This study seeks to examine the feasibility of substituting natural coarse aggregate with recycled aggregate obtained from deconstructed building waste. The study examines the characteristics of recycled material sourced from multiple locations inside the devastated city of Sirte. This is where the concrete's physical and mechanical properties are checked. These include the specific weight, the Los Angeles abrasion resistance test, and the compressive strength. This study looks at the differences between natural coarse aggregate and recycled aggregate when added to concrete at 0%, 50%, and 100% levels to see how they affect the quality of the concrete.

Keywords: aggregate recycling, compressive strength, water absorption ratio, specific weight, and sustainability of construction materials

مقدمة Introduction

تُعد الخرسانة واحدة من أبرز مواد البناء نظرًا لميزاتها العديدة، خاصة كونها مادة اقتصادية ومتوفرة محليًا. ومع نهاية العقد الأخير من القرن العشرين، شهدت معدلات هدم وإعادة الأعمار ارتفاعًا ملحوظًا، سواء بهدف تكييف المباني لتناسب استخدامات جديدة أو بسبب انتهاء العمر الافتراضي لها .هذا التطور أدى إلى تراكم كميات كبيرة من النفايات، والتي تُشكل الخرسانة نسبة كبيرة منها، مما أوجد تحديًا بيئيًا واجتماعيًا جديدًا.

تناقش هذه الورقة إمكانية استبدال الركام الخشن الطبيعي (NA) مع الركام الخرساني المعاد تدويره (RCA) في الخرسانة الإنشائية. يتم إجراء اختبارات في خصائص (RCA) باستخدام سحق وتدريج المخلفات الخرسانية المجمعة من مواقع الهدم المختلفة في مدينة سرت. ازداد الوعي البيئي عالمياً في الآونة الأخيرة وأصبح إعادة استخدام أو تدوير مخلفات الهدم والبناء أحد أهداف التنمية المستدامة التي لها أثر إيجابي كبير على الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية وخصوصا في وقتنا الراهن الذي تعاني فيه البلاد مشاكل في عدم توفر الدعم المالي لإعادة الأعمار ونقل المخلفات الناتجة من هدم المباني ببعض المدن الليبية بسبب الحروب التي نشبت فيها.

أصبحت عملية إعادة التدوير سياسة تعتمدها وتصر عليها كثير من الدول المتقدمة وتعتبر نيوزيلندا والدانمرك من الدول الرائدة في هذا المجال، وتتلخص هذه العملية بتجميع نفايات الهدم والبناء ومعالجتها وإعادة استخدامها من جديد، أي إعادتها إلى دورتها الحياتية وجعلها مادة صالحة للاستعمال لنفس الغرض أو لأغراض أخرى. وهذه الطريقة مفيدة بيئياً كونها تقلل حجم النفايات المتولدة وبالتالي توفر مساحة الأرض المستغلة كمكب للنفايات، كما أنها تساهم في الحفاظ على المصادر الطبيعية الأصلية للبلاد.

أهداف البحث Objectives of the study

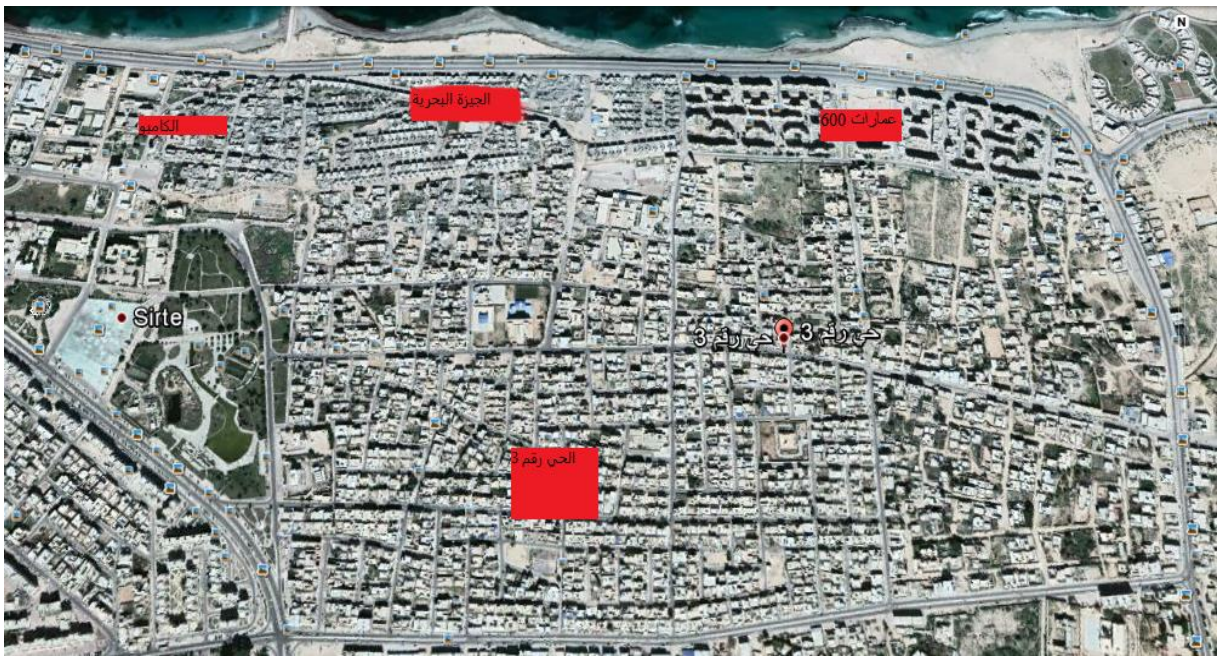
1- خفض استهلاك الموارد الطبيعية بطريقة مستدامة.

2- تقليل الأثر البيئي الناتج عن مخلفات عمليات البناء .

3- تنفيذ مجموعة متنوعة من الاختبارات على الركام المعاد تدويره ومقارنتها بنتائج الركام الطبيعي لتحديد الفروقات وأوجه التشابه بينهما.

جدول 1: يوضح أماكن الدمار ونسبة الدمار التقديرية.

المنطقة	النوع	المساحة التقديرية	نسبة الدمار
الجيزة البحرية	عمارات سكنية من دورين	144275 m2	100 %
عمارات 600	عمارات سكنية من 4 ادوار	231100 m2	70 %
الكامبو	منازل أرضية ومرافق	78500 m2	100 %
حي رقم 3	منازل أرضية	827200 m2	20 %



شكل 1: صورة جوية توضح المناطق المتضررة.

مزايا إعادة تدوير مواد البناء:
1- تستخدم في الخرسانة مسبقة الصب والصب في الموقع.
2- توفير التكلفة: أن الزيادة في تكلفة الاسمنت يمكن تعويضها بتكلفة أقل من الركام الخرساني المعاد تدويره (RCA).
3- حفظ البيئة: التقليل من الاستنزاف للموارد الطبيعية للدولة، وأيضا التقليل من حجم الأراضي المطلوبة لاستخراج الركام.
4- توفير الوقت: لا تحتاج إلى الحفر لاستخراج الركام بحيث توفر الوقت والجهد.
عيوب إعادة تدوير مواد البناء.
1-أقل جودة على سبيل المثال، تقل قوة الانضغاط بنسبة (10-30%).
2-امتصاص ماء عالي جدا حتى (7%).
3- له انكماش وتجفيف أعلى.

الدراسات السابقة Previous studies
يمكن تحويل المخلفات الخرسانية إلى ركام معاد تدويره مفيد يستخدم في إنتاج الخرسانة مع خصائص مناسبة لمعظم تطبيقات الخرسانة الإنشائية في مصر وكانت الخصائص القليلة للركام المعاد تدويره مثل الامتصاص ومقاومة التآكل أقل من تلك التي تتطلبها قواعد الخرسانة المصرية. الركام المعاد تدويره مع نسبة استبدال تصل إلى (100%) من الركام الطبيعي و (400kg/m3) محتوى أسمنتي أنتجت خرسانة إنشائية مع قوة (33Mpa) مناسبة لمعظم تطبيقات الخرسانة الإنشائية في مصر[8].
عند استخدام الركام المعاد تدويره يمكن حماية البيئة من مخلفات المباني الضارة للبيئة وتم تطوير هده التقنية في كلا من جنوب إفريقيا واليابان وروسيا وفرنسا وألمانيا [1].
لا يؤثر استخدام الركام المعاد تدويره حتى 30% على المتطلبات الوظيفية للهيكل حسب نتائج الاختبار. الاختبارات المختلفة التي أجريت على الركام المعاد تدويره والنتائج مقارنة مع الركام الطبيعي مرضية حسب (IS2386). وبهذا يتم توفير البناء والطاقة وتكلفة نقل الموارد الطبيعية والتنقيب بشكل كبير. هذا بدوره يقلل بشكل مباشر من تأثير النفايات على البيئة.[11]
استبدال (25%) من (NCA) مع (RCA) ليس له تأثير سلبي كبير على أداء الخرسانة الإنشائية. عندما زادت نسبة الاستبدال إلى (50%)، تراوحت قوة مقاومة الانضغاط من (7%) إلى (13%) مع انخفاض أصغر في معامل المرونة.[8]
استخدام خليط بنسبة (50%) من الركام المعاد تدويره أعطى مقاومات ضغط اقل بنسبة (8%) من مقاومة الخرسانة التقليدية بينما استخدام نسبة (75%) من الركام المعاد تدويره غير مجدية كثيرا فقد أعطت قيم قريبة من القيم التي أعطتها الخلطة التي تحوي (100%) من الركام المعاد تدويره. تأثّر معامل المرونة بشكل واضح عند استخدام الركام المعاد تدويره لذلك لا بد من الانتباه إلى هذه المسألة عندما يتم استخدام هذا النوع من الخرسانة، من حيث تأثير ذلك على صلابة العناصر الإنشائية[14].
إن اختيار مصدر الركام المعاد بشكل جيد من الممكن أن يرفع من خصائص الخرسانة الناتجة ففي فنلندا أمكن إنتاج خرسانة من الركام المعاد تدويره أعطت مقاومة زادت مرتين إلى ثلاث مرات عن الخرسانة المنتجة من الصخور المكسرة المحلية[16].
يمكن إعادة تدوير نفايات المباني المهدمة لاستخدامها كركام خشن مع خصائص مناسبة لتطبيقات البنية التحتية (مثل الرصيف والحدود على الرصيف). قليل من الخلطات الخراسانية المصنوعة من (CDW) المعاد تدويرها تجاوزت القوة المنخفضة المطلوبة للخرسانة المسلحة (20Mpa) حيث تجاوز معظمها قوة الخرسانة (17Mpa)[12].

منهجية البحث Research methodology
يهدف هذا البحث إلى دراسة قوة الخرسانة المستخدم فيها الركام المعاد تدويره كليا وجزئيا بديلا للركام الخشن الطبيعي. ودراسة الخصائص الفيزيائية للركام المعاد تدويره بحيث تقارن مع الركام الطبيعي وأيضا اختبار الهبوط واختبار الضغط للخرسانة وكانت نسبة الركام الطبيعي إلي الركام المعاد تدويره (50%RCA)، , (0%RCA)) (100%RCA).
تم أجراء هذا البحث في معمل المركز الليبي للبحوث الهندسية وتقنية المعلومات / بني وليد بحيث كانت المواد المستخدمة في أجراء البحث كالاتي:
1-الاسمنت:
تم استخدام اسمنت بورتلاند عادي (OPC) منتج محلي من مصنع اسمنت الاتحاد العربي.
2- الرمل: (Sand)
الرمل المستخدم من مدينة زليتن ويجب أن يوافق المواصفات (ASTM, 2004) ASTM C33.
3- الركام (AGGREGATE)
3-1 الركام الخشن (NCA) تم استخدام ركام خشن محلي من كسارات بني وليد بحيث يطابق المواصفات الفنية ASTM C33 .
3-2 الركام الخشن (RCA) مستخدم من مدينة سرت من مخلفات الحرب وتم تكسيره في المعمل بالطريق اليدوية ومطابقته للمواصفة ASTM C33.

4-المياه (WATER)
تم استخدام مياه محلية خالية من الأملاح والمواد الكيميائية.
5-الخلطة الخرسانية: - (MIX DISGHN)
تم استخدام الخلطة الخرسانية بحسب المواصفة BS5328 و BS8110 لإنتاج خرسانة بقوة 30Mpa.

جدول2: كميات الخلطة الخراسانية.

Volume	Weight(kg)	Water(L)	Cement(kg)	Fine Agg(kg)	Coarse Agg(kg)
1m3	2380	195	365	555	1280

النتائج والتحليل Results and Analysis

1- الركام المعاد تدويره والركام الخشن الطبيعي

تناولت هذه الدراسة فحص الركام المعاد تدويره جنباً إلى جنب مع الركام الخشن الطبيعي. وقد تم الحصول على الركام المعاد تدويره من مخلفات المباني المدمرة في مدينة سرت، حيث خضعت المخلفات لعملية سحق يدوية لضمان توافقها مع المواصفات المعتمدة لتدرج الركام الخشن. بعد ذلك، خضعت المواد لعملية غسيل تهدف إلى إزالة الأتربة والشوائب، تلتها خطوة التجفيف لضمان جاهزيتها للاختبار.

جدول 3: نتائج اختبار الركام الخشن المعاد تدويره.

No.	Test	Result	Specification WSDOT (2009)
1	Specific Gravity	2.2	2.4 – 2.9
2	Apparent specific gravity	2.88	-
3	Absorption	7.9%	0.8-3.7% max
4	Los Anglos	35.56%	15-30% max

جدول 4: نتائج اختبار الركام الخشن الطبيعي.

No.	Test	Result	Specification WSDOT (2009)
1	Specific Gravity	2.57	2.4 – 2.9
2	Apparent Specific Gravity	2.96	-
3	Absorption	2.8%	0.8-3.7% max
4	Los Anglos	25.45%	15-30% max

من الجدولين 3 و4 يمكن الاستنتاج أن الوزن النوعي للركام الطبيعي يفوق الوزن النوعي للركام المعاد تدويره، حيث أن الركام الطبيعي يتوافق مع المواصفات الفنية المحددة .أما الركام المعاد تدويره فلم يحقق المطابقة المطلوبة مع تلك المواصفات، إذ سجل وزناً نوعياً أقل من المعايير المحددة. يُعزى ذلك إلى التصاق المونة الإسمنتية بجزئيات الركام المعاد تدويره، مما يؤدي إلى زيادة في قدرة هذا الركام على امتصاص المياه.

من الجدول نلاحظ أن نسبة الامتصاص للركام الخشن الطبيعي كانت مطابقة للمواصفات الفنية أما الركام الخشن المعاد تدويره كانت اكتر من الحد المسموح به في المواصفات الفنية مما يعني أن الركام المعاد تدويره يمتص كمية اكتر من الماء.

أيضاً من النتائج السابقة نلاحظ أن اختبار البري كان في المسموح به في المواصفات الفنية ولكن نتائج الركام الخشن المعاد تدويره كانت أكثر من المواصفات الفنية المعتمدة ودالك يرجع الي ان الركام المعاد تدويره تلتصق به مواد مثل الاسمنت والرمل الناعم وهي سهلة البري.

ويمكن ان نلخص من النتائج السابقة ان الركام الخشن المعاد تدويره لم يطابق المواصفات الفنية المعتمدة بحيث كان في اختبار الوزن النوعي 2.2 للركام الخشن المعاد تدويره أما الركام الطبيعي كان 2.57 ومطابق للمواصفات الفنية. وفي اختبار

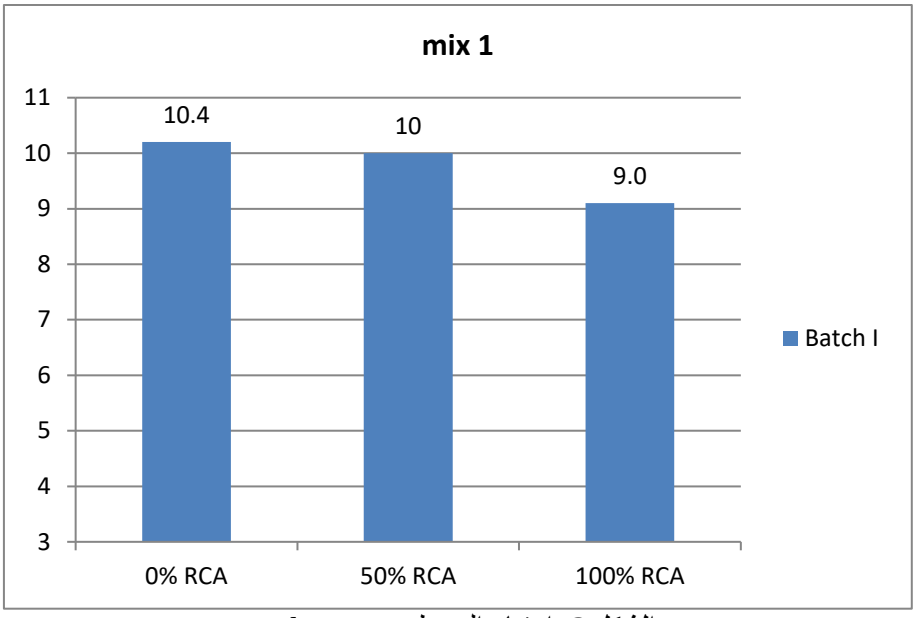
نسبة الامتصاص كانت نسبة الركام الخشن المعاد تدويره 7.9 بحيث كانت اكتر من المواصفات الفنية واما الركام الطبيعي فكان 2.8 وضمن المواصفة الفنية.

2-اختبار الهبوط Slump Test

تم الاختبار بحسب المواصفة الفنية (ASTM C143) ومن النتائج في الجدول 3 يتوضح ان معدل الهبوط في الركام الخشن الطبيعي (10.4). ومعدل الهبوط في الاختبار للركام المعاد تدويره بنسبة 100% كان (9.0) بحيث نستنتج ان الركام المعاد تدويره معدل هبوطه اقل من الركام الخشن الطبيعي وذلك لان نسبة الامتصاص للركام المعاد تدويره أكبر من نسبة الامتصاص للركام الطبيعي.

جدول 5: اختبار الهبوط.

BATCH 1	SLUMP VALUE (CM)
Mix 1.(0.54) w/c + 100% NCA + 0 RCA	10.4
Mix 1 (0.54) w/c 50% NCA + 50% RCA	10
Mix 1 (0.54) w/c +0% NCA + 100 % RCA	9.0



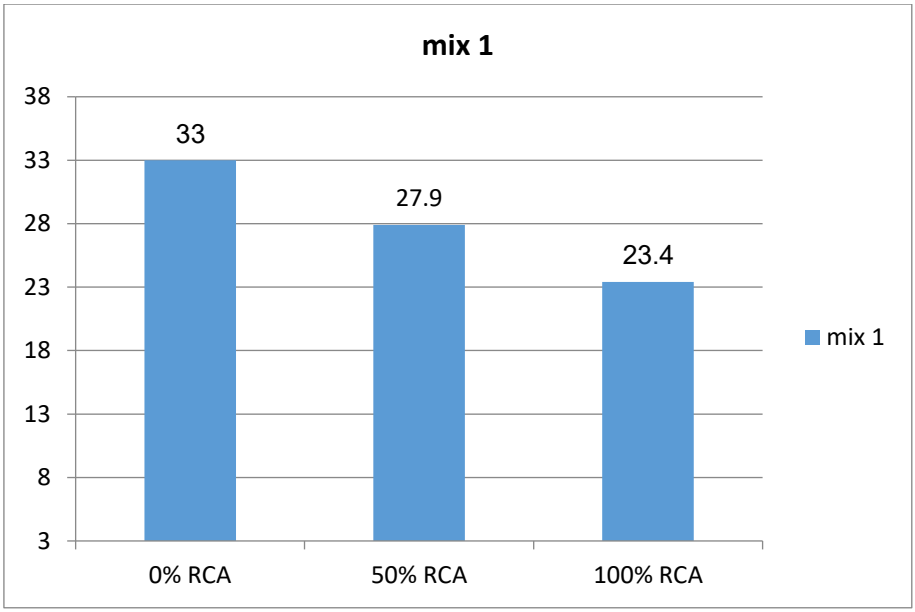
الشكل 2: اختبار الهبوط slump test .

3-اختبار الضغط للخرسانة compression strength

يختص اختبار مقاومة ضغط الخرسانة بتحديد أجهاد الضغط للخرسانة المتصلدة ويجرى بعد مرور 3 أيام و7 أيام و28 يوم وتعبر مقاومة الضغط عن جودة الخرسانة لذا يعتبر اختبار مقاومة الضغط كمقياس للتحكم في جودة إنتاج الخرسانة في المصنع كما يستخدم في التصميم الإنشائي لتحديد أجهاد التشغيل للخرسانة كما يفيد اختبار الضغط في تحديد صلاحية الركام للخرسانة بالتعرف على تأثير الشوائب التي يحويها على مقاومة الخرسانة للضغط.

الجدول 6 : نتائج اختبار الضغط للخرسانة (compression strength).

Batch I	28 days
0 % (RCA)	33 Mpa
50 % (RCA)	27.56 Mpa
100 % (RCA)	23.4 Mpa



الشكل 3: اختبار الضغط للخرسانة compression strength.

من النتائج السابقة يتضح انه عند استخدام الركام الخشن المعاد تدويره تقل قوة التحمل للخرسانة عن الركام الطبيعي الخشن بحيث كان (33 MPa) للركام الخشن الطبيعي وكانت (23.4 MPa) للركام المعاد تدويره بنسبة (100%) من الركام المعاد تدويره وكانت (27.9 MPa) عند إضافة الركام المعاد تدويره بنسبة(50%).

الاستنتاج Conclusion

1- من اختبار نسبة الامتصاص لركام يتضح أن الركام الخشن الطبيعي يوافق المواصفات الفنية المعتمدة ولكن الركام الخشن المعاد تدويره لم يطابق المواصفات الفنية وكانت القيمة اكتر من النسبة المعتمدة وتؤدي إلي امتصاص أكبر للماء والذي يؤثر سلباً على الخلطة الخرسانية.

2- الركام المعاد تدويره سطحه خشن وشكل حبيباته زاوي بعكس حبيبات الركام الطبيعي كروية الشكل وسطحها أنعم، وكلاهما جيد التدرج.

3- الوزن الحجمي للركام المعاد تدويره أقل من الوزن الحجمي للركام الطبيعي.

4- انخفضت مقاومة الضغط عند استخدام الركام المعاد تدويره بنسبة (100%).

5- عند استخدام الركام المعاد تدويره بنسبة (50%) لا تقل قوة الانضغاط للخرسانة الا بقيمة غير ملحوظة.

المراجع References

1. Akbari, Y.V., Arora, N.K., Vakil, M.D. 2011. *Effect on Recycled Aggregate on Concrete Properties.* International Journal of Earth Sciences and Engineering ISSN 0974-5904, Volume 04, No 06 SPL, October 2011, pp. 924-928 .
2. ASTM C33. 2004. Standard Specification for Concrete Aggregates. American Society for Testing and Materials.
3. ASTM C127. 2004. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. American Society for Testing and Materials.
4. ASTM C128. 2004. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. American Society for Testing and Materials.
5. ASTM C136. 2004. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. American Society for Testing and Materials.
6. ASTM C566. 2004. Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. American Society for Testing and Materials.
7. WSDOT (2009) Washington State Department of Transportation.
8. Housing and Building National Research Center, HBRC Journal.
9. http://ees.elsevier.com/hbrcj Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete.
10. Ashraf M. Wagih a, Hossam Z. El-Karmoty b,*, Magda Ebid c, Samir H. Okba d.

11. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) ISSN: 2278-1684, PP: 52-59 www.iosrjournals.org Use of Recycled Aggregate Concrete Mr. Tushar R Sonawane1,Prof. Dr. Sunil S. Pimplikar2 1research Graduate Maeer's Mit Pune, 2h. O. D. Civil Eng. Department, Maeer's Mit Pune.
12. Performance of Green Aggregate Produced by Recycling Demolition Construction Wastes (Case Study of Tanta City) Alaa El-Din M. Sharkawi1, Salah El-Din M. Almofty2, Eng. Shady M. Abbass.
13. Department of Structural Engineering, Faculty of Engineering, Tanta University, Tanta, Egypt.
14. .Department of Mining, Petroleum and Metallurgical. Engineering, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt.
15. EFFECT OF RECYCLED COARSE AGGREGATE FROM CITY OF BENGHAZI ON CONCRETE PROPERTIES https://www.icts2019.tve.gov.ly/2019/PDF/PDFAC/AC1021.pdf. Fathei Ramadan Saleh Lamein .
16. https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/38349 Effect Of Recycled Coarse Aggregate On Concrete Properties. Fathei Ramadan Saleh.

الرموز

الرمز	المعني
NA	NATURAL AGGREGATE
RCA	RECYCLE COARSE AGGREGATE
NCA	NATURAL COARSE AGGREGATE
CDW	CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE
OPC	Ordinary Portland Cement
MPa	Mega Pascal
cm	centimeter
M^2	ARIA