International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 37 العدد
Part 1 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

Received	2025/08/30	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/09/28	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/09/30	تم نشر الورقة العلمية في

دراسة تأثير استخدام مخلفات الخرسانة كبديل جزئي للركام الخشن

أرحيم حسين عبدربه
a.hussain@uod.edu.ly
ORCID: 0009-0009-1449-7699

محمد أحمد فرج
muhammad.khalil@uod.edu.ly
ORCID: 0009-0000-0478-6125

كلية الهندسة / فرع القبة – جامعة درنة – ليبيا

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم إمكانية إعادة تدوير مخلفات الهدم الخرسانية واستخدامها كركام خشن بديل جزئي للركام الطبيعي في الخلطات الخرسانية. تم جمع المخلفات من أحد المباني المهدّمة في مدينة القبة، ثم جرى تكسيرها إلى مقاس مناسب لاستعماله كركام خشن. ولتحقيق أهداف البحث، جرى تحضير ثلاث خلطات خرسانية بنسب استبدال مختلفة من الركام الطبيعي (25%، 50%، 75%، من الوزن) بالإضافة إلى خلطة مرجعية بدون أي استبدال. تم صب تسعة مكعبات خرسانية قياسية بأبعاد (150×150×150 مم) لكل خلطة، وخضعت هذه العينات لاختبارات مقاومة الضغط والكثافة، بالإضافة إلى قياس الامتصاص المائي، عند أعمار 7 ، 28 يوما، ثم مقارنة النتائج بالخلطة المرجعية. أظهرت النتائج أن الامتصاص المائي ارتفع تدريجيًا مع زيادة نسب الاستبدال، وربما يرجع ذلك إلى طبيعة الركام المعاد تدويره وما يحمله من طبقة مونة قديمة عالقة به عالية المسامية، كما لوحظ انخفاض تدريجي في لكثافة الخرسانة مع زيادة محتوى الركام المعاد. نتائج اختبار مقاومة الضغط عند عمر 28 يوم سجلت الخلطة المرجعية أعلى قيمة (22.67 Mpa) و بلغت مقاومة الضغط للخلطات المحتوية على الركام المعاد تدويره علي (20.00 Mpa، 19.11، و18.22) لنسب الاستبدال (25%، 50%، و75%) على التوالي. بالرغم من الانخفاض النسبي في المقاومة، بقيت القيم ضمن الحدود المقبولة وفق الأكواد الهندسية، مما يؤكد جدوى استخدام الركام المعاد تدويره لإنتاج خرسانة ذات أداء إنشائي مناسب وفوائد بيئية تدعم الاستدامة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

الكلمات المفتاحية: ركام معاد تدويره، مقاومة الضغط، امتصاص الماء، الكثافة، استدامة مواد البناء.

Study of the Effect of Using Concrete Waste as a Partial Replacement for Coarse Aggregate

Arhaiem Hussain[1*] **Muhammad A. Farag**[1]
[1]Faculty of Engineering - Al-Qubbah - University of Derna - Libya
a.hussain@uod.edu.ly muhammad.khalil@uod.edu.ly

Abstract:

This study aims to evaluate the possibility of using recycled concrete demolition waste as coarse aggregate for the partial replacement of natural aggregate in concrete mixes. The waste was collected from a demolished building in Al- Qubbah city and crushed to a suitable size. Three concrete mixes were made with 25%, 50%, and 75% replacement levels, along with a reference mix without any replacement. Nine standard concrete cubes (150×150×150 mm) were prepared for each mix and tested for compressive strength, density, and water absorption at 7 and 28 days, then compared to the reference mix. The results showed that water absorption increased gradually with higher replacement levels, likely due to the porous nature of the recycled aggregate and the old mortar attached to it. The overall concrete density decreased as more recycled aggregate was used. Compressive strength at 28 days was highest in the reference mix (22.67 MPa), while the mixes with recycled aggregate recorded (20.00, 19.11, and 18.22 MPa) for (25%, 50%, and 75%) replacement, respectively. Despite the slight drop in compressive strength, all values remained within acceptable limits. These findings show that recycled coarse aggregate can be used successfully to produce concrete with good structural performance, while also providing environmental benefits and supporting sustainability**.**

Keywords: Recycled aggregate, Compressive strength, Water absorption, Density, Sustainability of construction materials.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

1. المقدمة:

كمية النفايات الخرسانية (Construction and Demolition Waste,C&D Waste) تتزايد يوما بعد يوم في جميع أنحاء العالم وهي تعتبر من أهم التحديات التي تواجه البيئة والمجتمع، يقابل النمو الاقتصادي المتسارع وما صاحبه من توسع عمراني هدم للمباني القديمة، سواء نتيجة لانتهاء عمرها الافتراضي أو بغرض إعادة بنائها من جديد لاستخدامات حديثة، مما أدى إلى تكدس كميات كبيرة من مخلفات البناء (C&D Waste) ، والتي تشكل الخرسانة الجزء الأكبر منها (طرنبة و آخرون، 2021) . قُدرت كمية مخلفات البناء والهدم في 40 دولة حول العالم ثلاثة مليارات طن سنوياً، حيث ان 65 % من مخلفات الخرسانية عبارة عن ركام خشن (طرنبة و آخرون، 2021) ، (Akhtar and Sarmah, 2018). بلغ الاستهلاك العالمي للركام الطبيعي (Natural Aggregate, **NA**) في عام 2016 ما يقارب 40 مليار طن، في حين لم يتجاوز معدل الاستفادة من الركام المعاد تدويره Recycled Aggregate Concrete, **RAC** نسبة محدودة جداً مقارنةً بالركام الطبيعي (Tam et al., 2018) . إن الاعتماد المفرط على المحاجر لاستخراج الركام (NA) يسبب آثار بيئية كبيرة على المدن والأراضي الزراعية، بالإضافة للتكاليف المادية الكبيرة لإنتاج الركام (NA) في المحاجر (الزحيلي ومقبل، 2014). تكدس مخلفات بعض المباني المهدمة C&D (Waste) سواء من انهيارها جراء السيول التي ضربت بعض المدن مثل مدينة درنة او مخلفات الحروب او حتى من البناء العشوائي الذي يكثر في المدن، والتي أصبحت عبئ كبيرا لعدم وجود مكان ترمى به هذه المخلفات، فيلجأ العديد من أصحاب هذه المباني لرميها في مداخل ومخارج المدن والتي تظهر منظرًا غير حضاري على المدن Saeid (and Abuzreda, 2025). لمعالجة التحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة بمخلفات البناء (C&D Waste) ، توجه العديد من الباحثين والأكاديميين حول العالم إلى دراسة إمكانية إعادة تدوير الخرسانة المهدمة، وذلك باستخدام ركامها الخشن (RAC) كبديل جزئي أو كلي للركام الطبيعي (NA) ، بعد خضوعه لعمليات التكسير والغسل والغربلة ليتوافق مع المواصفات القياسية. وتبرز أهمية هذه التقنية في الحد من كميات النفايات الناتجة، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتقليل المساحات المخصصة لمكبات النفايات، فضلاً عن مساهمتها في دعم مبادئ التنمية المستدامة. وعلى الرغم من الفوائد البيئية والاقتصادية للركام المعاد تدويره (RAC) ، إلا أن له بعض السلبيات المرتبطة بمكوناته وخصائصه مقارنة بالركام الطبيعي (NA) ، إذ تبقى مقدار من المونة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

الإسمنتية ملتصقة بحبيبات الحصى، مما يؤدي إلى زيادة امتصاصه للماء، وانخفاض كثافته الحجمية ووزنه النوعي ، فاقد التآكل اعلي و بالتالي مقاومته للانضغاط ربما تقل (Medina et al., 2014)،(Kachouh, 2022) بناءً على ما سبق، تبرز الحاجة الماسّة إلى إجراء دراسات مقارنة بين الخرسانة المنتجة من مكونات الركام الطبيعية والخرسانة المحتوية على المخلفات (RAC) ، من أجل تقييم مدى تأثير هذه الإضافات على خصائص الخرسانة الميكانيكية ، وتحديد مدى صلاحيتها للاستخدام في المشاريع الإنشائية . قام (طرنبة وآخرون، 2021) بدراسة حول مدى إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره في إنتاج خرسانة صديقة للبيئة حيث قاموا باستبدال الركام المعاد تدويره بنسب من 0% الى 100% وقد أظهرت النتائج ان استخدام المخلفات حتى نسبة 50% صالحة للاستخدام في الخلطات الخرسانية مقارنة بالمعايير وان الاستبدال بسبة 70% تمكن استخدامها ولكن بشرط استخدام بعض المعالجات الكيميائية. أختبر (لامين والعلام، 2025) الركام المعاد تدويره جنبا إلى جنب مع الركام الخشن الطبيعي، أوضحت الدراسات أن استخدام الركام المعاد تدويره (RCA) يساهم في تقليل مخلفات البناء مع تأثير محدود على خصائص الخرسانة. أوضحت الأبحاث أن نسب الاستبدال حتى 30% تعطي نتائج مقبولة دون انخفاض كبير في مقاومة الضغط. عند نسب 50% يقل الأداء نسبياً لكنه يظل مناسباً للاستخدامات الإنشائية، بينما تصبح الخرسانة أقل جدوى عند نسب أعلى من 75%. كما تبين أن الركام المعاد يتميز بامتصاص ماء أعلى ومقاومة تآكل أقل مقارنة بالركام الطبيعي. ومع ذلك، يظل خياراً فعالاً لتحقيق الاستدامة البيئية وتطبيقات البنية التحتية.

(Atmajayanti and Haryanto, 2018) اختبر الباحثون تأثير تحسين سطح الركام المعاد على خصائص الخرسانة. أظهرت النتائج أن المعالجة الميكانيكية تقلل امتصاص الماء وتحسن قوة الضغط، مما يجعل الخرسانة بالركام المعاد منافسة للخرسانة التقليدية عند استبدال حتى 40 %. تبحث هذه الدراسة في جدوى استخدام الركام الخشن المعاد تدويره المستخرج من مخلفات البناء والهدم كبديل للركام الطبيعي في إنتاج الخرسانة. بينت النتائج أن استخدام نسب استبدال تصل إلى 40 % يعطي خرسانة ذات مقاومة ضغط مقبولة وقريبة من الخرسانة التقليدية. كما تبين أن خصائص مثل الامتصاص ومقاومة التآكل قد تتأثر نسبياً، لكنها تظل ضمن الحدود المقبولة للتطبيقات الإنشائية .(Wagih et al., 2013)

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

2. المنهجية والمواد المستخدمة:

1.2 . المواد المستخدمة:

– **الاسمنت:** تم استخدام أسمنت بورتلاند " الصلابة Commercial CEM I (42.5N) " تم الحصول عليه من مصنع الفتائح درنة للإسمنت – شرق ليبيا، وفقًا لمتطلبات المواصفة القياسية . BS EN 197-1:2011 ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للإسمنت موضحة في الجدول (1).

– **الرمل:** الرمل الطبيعي المستخدم في الخلطات الخرسانية (المصدر شط البدين بنغازي) حيث تم دمج نوعين من الرمل لضمان تدرج حبيبي جيد وهو مطابق للمواصفات ASTM C33M. Standard .، و تم غسلها و تجفيفها بالفرن و نتائج التدرج الحبيبي موضحة في الجدول (2) و كذلك الشكل (1) يوضح منحنى التدرج الحبيبي للرمل.

جدول (1): الخواص الفيزيائية والكيميائية للإسمنت

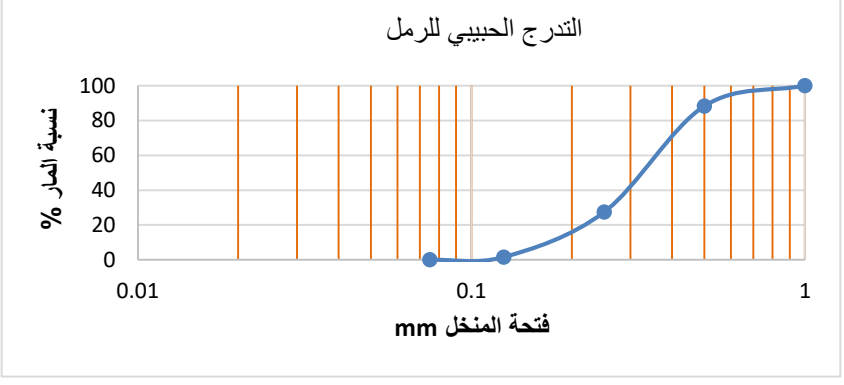
الاختبار	النتيجة	الأكسيد	النتيجة %
زمن الشك الابتدائي (min)	129	$CaCO_3$	63.2
زمن الشك النهائي (min)	164	SiO_2	20.95
الوزن النوعي	3.07	Al_2O_3	5.39
الثبات (مم)	2.2	Fe_2O_3	3.03
النعومة السطحية (سم²/جم)	3039	SO_3	2.4
مقاومة الانضغاط (Mpa) 7أيام 28يوم	 24.1 44.8	MgO	1.35
		L.O.I	2.6
		Alkalies	0.88
		$CaCO_3$	86
		$CaMg(CO_3)_2$	11.5
		SiO_2	2.5

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

جدول (2): نتائج التحليل المنخلي للرمل

فتحة المنخل (مم)	الوزن المتبقي (جم)	النسبة المئوية المحجوزة (%)	النسبة التراكمية المحجوزة (%)	النسبة التراكمية للمار (%)
1	0	0	0	**100**
0.50	59	11.7	11.7	**88.3**
0.25	307	60.9	72.6	**27.4**
0.125	130	25.8	98.4	**1.6**
0.075	8	1.6	100.0	**0**
pan	0	0	—	**—**
المجموع	504			



الشكل (1): نتائج التحليل المنخلي للرمل

معامل النعومة للرمل $= \frac{100.0 + 98.4 + 72.6 + 11.7}{100} = 2.82$

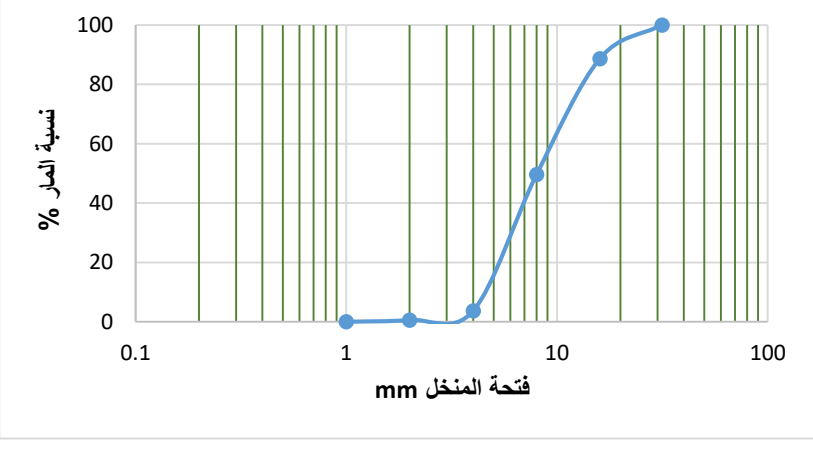
– **الحصى:** الركام الخشن (NA) المستخدم في الخلطات الخرسانية من كسارة تقع بين منطقة المخيلي والنوار ، مركب من خلط نوعين من الحصى Large size coarse aggregate , small/medium size coarse aggregate لضمان تدرج حبيبي جيد، بحد أقصى اسمي للحجم يبلغ 25 مم و هو مطابق للمواصفات. ASTM C33M. Standard ، و تم غسلها و تجفيفها بالفرن و نتائج التدرج الحبيبي موضحة في الجدول (3) و كذلك الشكل (2) يوضح منحنى التدرج الحبيبي للحصى.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

جدول (3): نتائج التحليل المنخلي للحصي الطبيعي

فتحة المنخل (مم)	الوزن المتبقي (غم)	النسبة المئوية المحجوزة (%)	النسبة التراكمية المحجوزة (%)	النسبة التراكمية للمار (%)
31.5	0	0	0	**100**
16	221	11.33	11.33	**88.67**
8	762	39.08	50.41	**49.59**
4	895	45.90	96.31	**3.69**
2	60	3.08	99.39	**0.62**
1	12	0.62	100	**0**
pan	0	0	0	
المجموع	1950			



الشكل(2): نتائج التحليل المنخلي الحصى الطبيعي

– **مخلفات الهدم:** تم جمع مخلفات الهدم المستخدمة في الخلطات من أحد المباني المهدمة في مدينة القبة، حيث تم استخدام حطام البلاطات والكمرات والاعمدة فقط وطحنها لتصبح بمقاس الحصى ومن ثم غسله وتجفيفها بالفرن ونتائج التدرج الحبيبي موضحة في الجدول (4) وكذلك الشكل (3) يوضح منحنى التدرج الحبيبي للركام المعاد.

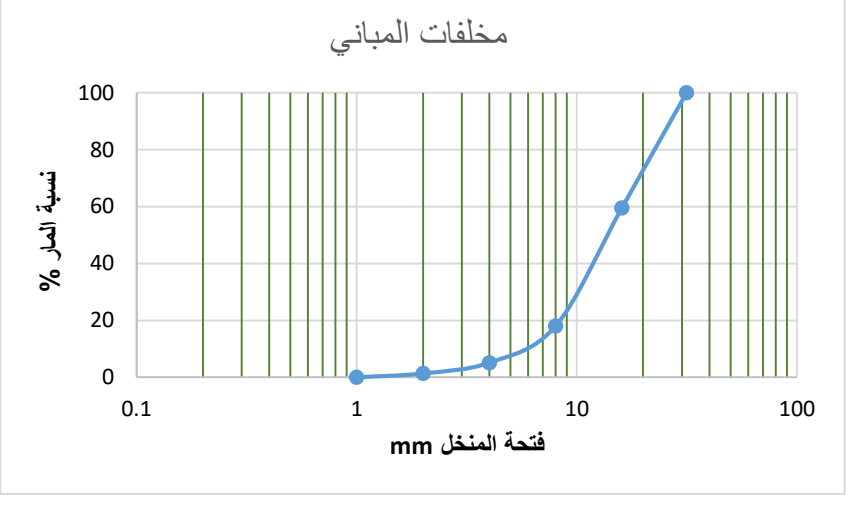
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

– **المياه** : تم استخدام الماء الصالح للشرب المتوفر في كلية الهندسة، جامعة درنة فرع القبة خلال جميع التجارب.

جدول (4): نتائج التحليل المنخلي نتائج التحليل المنخلي لحصي مخلفات البناء

فتحة المنخل (مم)	الوزن المتبقي (غم)	النسبة المئوية المحجوزة (%)	النسبة التراكمية المحجوزة (%)	النسبة التراكمية للمار (%)
31.5	0	0	0	**100**
16	473	40.53	40.5	**59.47**
8	484	41.47	82	**18**
4	150	12.85	94.86	**5.14**
2	44	3.77	98.63	**1.37**
1	16	1.37	100	**0**
pan	0	0	0	
المجموع	1167			



الشكل(3): نتائج التحليل المنخلي لحصي مخلفات البناء

2.2. إجراءات الخلط والصب:

تم تجهيز و خلط المواد بنسب الخلط 1:2:3:0.5 حيث 1 إسمنت ،2 رمل ،3 حصى و 0.5 ماء صالح للشرب.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

– الخلطة المرجعية: و هي الخلطة المســـتخدم فيها الركام الطبيعية بدون اســـتبدال (Reference Mix, RM) ، وقد صممت لتحقيق مقاومة ضغط مقدارها 20 Mpa . الجدول (5) يوضح أنواع الخلطات الخرسانية ونسب الاستبدال.

جدول (5): أنواع الخلطات الخرسانية ونسب الاستبدال

الرمز	نوع الخلطة	نسبة الاستبدال بالركام المعاد تدويره RAC
RM	الخلطة المرجعية	0%
M25	الخلطة الأولى	25%
M50	الخلطة الثانية	50%
M75	الخلطة الثالثة	75%

تم تجهيز المكعبات مقاس (150*150*150 ملم) وخلط العينات بالنســـب المذكورة ثلاثة مكعبات لكل اختبار بموجب المواصـفة. ASTM: C 192–87 بعد الصـب، تُركت عينات الخرسانة في القوالب لمدة 24–ساعة في ظروف المختبر (20 ± 2°م). ثم أُخرجت العينات من القوالب وحُفظت عند درجة حرارة المعمل في ماء المعالجة حتى مواعيد الاختبار (انظر الشكل 4).

الشكل (4): صب عينات الخرسانة

3.2. الاختبارات:

تم إجراء اختبار مقاومة الضـغط (Compressive Strength) لتقييم مقاومة الضـغط للخرسـانة باسـتخدام مكعبات خرسـانية وفقًا للمواصـفة BS EN 12390-3:2019،

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

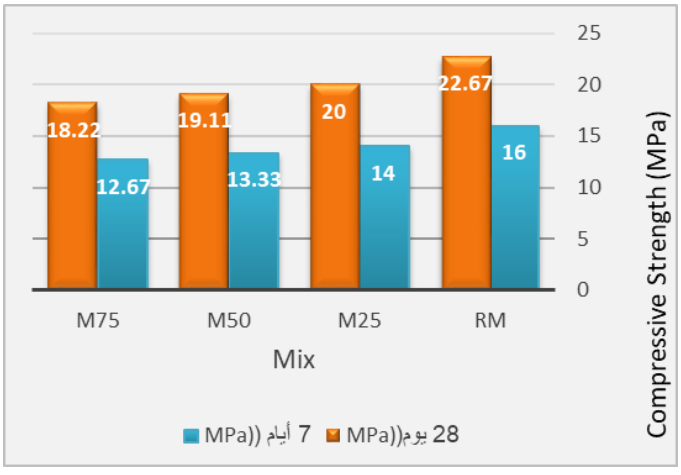
http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

على العينات عند أعمار 7أيام و28 يوم، لمقارنة الخلطة المرجعية (RM) بالخلطات الأخرى.(M25, M50, M75) بعد ذلك تم حساب الكثافة (Density Test) وفقًا للمواصفة BS EN 12390-7:2019 يهدف الاختبار إلى تحديد كثافة الخرسانة بعد التصلب، وهو مؤشر على جودة الخلطة وكمية الفراغات الداخلية. وأخيراً اختبار نسبة الامتصاص (Water Absorption) لكل خلطة. تم قياس امتصاص الماء للخرسانة وفقًا للمواصفة BS EN 12390-7:2019 لتحديد كمية الماء التي تمتصها الخرسانة بعد تصلبها، والتي ترتبط بمستوى المسامية ومقاومة الخرسانة للعوامل البيئية والتجوية.

3. النتائج والمناقشة:

1.3. أختبار مقاومة الضغط (Compressive Strength) :

لوحظ ارتفاع مقاومة الضغط مع زيادة عمر المعالجة لجميع العينات، مما يدل على استمرار عملية التصلب. الخلطة المرجعية (RM) تمتلك أعلى مقاومة ضغط عند كلا العمرين (16 MPa عند 7 أيام و22.67 MPa عند 28 يومًا). كلما زادت نسبة الركام المعاد تدويره، زاد تأثير ذلك في تقليل مقاومة الضغط، خاصة خلال الأيام الأولى من المعالجة. ومع ذلك جميع العينات تظهر زيادة في المقاومة مع الوقت حتى للخلطات المحتوية على نسب عالية من الركام المعاد تدويره. هذا السلوك مشابه لما أبلغ عليه (لأمين و العلام، 2025) ، (Atmajayanti and Haryanto, 2018) الشكل (5) يوضح نتائج مقاومة الضغط.



الشكل(5): نتائج مقاومة الضغط

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

2.3. اختبار الكثافة (Density Test) :

نلاحظ ان الكثافة تنخفض تدريجيًا بزيادة نسبة الاستبدال بالركام المعاد تدويره (RAC)، حيث سجلت الخلطة (RM) أعلى قيمة للكثافة بلغت 2253.33 كغ/م³، في حين انخفضت الكثافة إلى 2248.89 كغ/م³ عند (M25). أما عند نسب الاستبدال الأعلى (M50, M75) فقد لوحظ انخفاض أكبر لتصل الكثافة إلى 2240 ، 2229.63 كغ/م³ على التوالي. هذا السلوك يعزى إلى أن (RAC) المضافة ذات كثافة أقل من الركام الطبيعي (NA)، مما يؤدي إلى تقليل الكثافة الكلية للخلطة مع زيادة نسبة الاستبدال، وتتطابق هذه النتيجة مع ما أشار إليه باحثون آخرون (Atmajayanti and Haryanto, 2018)، (Wagih et al., 2013). الجدول (6) نتائج اختبار الامتصاص والكثافة.

جدول (6): نتائج اختبار الكثافة والامتصاص

رقم العينة	الوزن الجاف (كجم)	الوزن المغمور (كجم)	الكثافة (كجم/م³)	نسبة الامتصاص (%)
RM	7.605	7.800	2253.33	2.564
M25	7.590	7.890	2248.89	2.635
M50	7.560	7.840	2240	3.704
M75	7.525	7.860	2229.63	4.452

3.3. اختبار امتصاص الماء (Water Absorption):

ارتفعت قيمة الامتصاص من 2.564% للعينة المرجعية (RM) إلى 4.452% عند نسبة الاستبدال الكبرى (M75) كما هو مبين بالجدول رقم (6)، ويُعزى هذا الارتفاع إلى الزيادة في المسامية الناتجة الخرسانة الملتصقة بالركام المعاد تدويره والتي لم تزول في عملية الطحن، وهذا ادي الي تعزيز قدرة العينات على امتصاص الماء. كما يُلاحظ أن تأثير الاستبدال كان محدودًا عند النسب المنخفضة (M25) حيث لم تتجاوز نسبة الامتصاص 2.635%.

الجدول (7) يبين أقصى وأقل مقاومة وكثافة مسموح بها والجدول (8) هو مقارنة النتائج المستخرجة بالنسب المسموح بها حسب الاكواد.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

جدول (7): جدول لأقصى وأقل مقاومة وكثافة مسموح بها

الكود	أقل مقاومة للمكعب (MPa)	أعلى مقاومة شائعة (MPa)	الكثافة Kg/m^3
الامريكي (ACI318)	17 – 21	≥ 55	2300–2450
البريطاني (BS8500/BS EN 12390)	≥ 20	≤ 90	50±2350
الأوروبي(EN 206)	16 – 25	≤ 100	2300–2400
المصري(ECP302–2020)	≥ 20	≤ 60	2400–2200

جدول (8): مقارنة النتائج المستخرجة بالنسب المسموح بها حسب الاكواد

العينة	مقاومة الضغط (MPa)	الامريكي (ACI318)	البريطاني (BS8500/BS EN 12390)	الأوروبي (EN 206)	المصري (ECP302–2020)
RM	22.67	مسموح	مسموح	مسموح	مسموح
M25	20	مسموح	مسموح	مسموح	مسموح
M50	19.11	مسموح	غير مسموح	مسموح	غير مسموح
M75	18.22	مسموح	غير مسموح	مسموح	غير مسموح

4. الاستنتاجات

الخلطة المرجعية حققت أعلى قيم لمقاومة الضغط، في حين انخفضت المقاومة تدريجيًا بزيادة نسب الاستبدال بالركام المعاد تدويره وكان هذا الانخفاض أكثر وضوحًا في الأعمار المبكرة.

بينت نتائج اختبار الكثافة أن القيم تنخفض تدريجيًا مع زيادة محتوى الركام المعاد تدويره، ويُعزى ذلك إلى انخفاض الكثافة النوعية للركام المعاد مقارنة بالركام الطبيعي.

أظهرت نتائج الامتصاص المائي ارتفاعًا واضحًا مع زيادة نسب الاستبدال، نتيجة لزيادة المسامية المرتبطة بوجود طبقة المونة القديمة الملتصقة بالركام المعاد تدويره.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

توضح النتائج أن استبدال الركام المعاد تدويره يؤثر بشكل مباشر على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة، مما يتطلب موازنة دقيقة بين نسب الاستبدال والخواص المستهدفة.

يمكن القول إن استخدام الركام المعاد تدويره يعد خيارًا ممكنًا في التطبيقات الإنشائية، شريطة التحكم في نسب الاستبدال لتحقيق الأداء الأمثل دون التأثير السلبي على المتانة والجودة.

ولتعزيز فهم تأثير الركام المعاد تدويره على الخرسانة، يُوصى في الدراسات المستقبلية بإجراء اختبارات متقدمة لقياس متانة الخرسانة على المدى الطويل، بالإضافة إلى الدراسات المجهرية التي تساعد في تحليل البنية الداخلية للخرسانة وتقييم سلوك الركام المعاد تدويره على المستوى المجهري.

5. الخلاصة:

برهنت الدراسة أن استبدال الركام الطبيعي بركام خرساني معاد تدويره يؤدي إلى انخفاض تدريجي في مقاومة الضغط والكثافة وزيادة في الامتصاص المائي مع ارتفاع نسب الإحلال، إلا أن القيم ظلت ضمن الحدود المقبولة هندسيًا. ضرورة إجراء دراسات أوسع لبحث السلوك طويل الأمد للخرسانة المنتجة.

المراجع العربية

عبد المنعم سالم طرنبة، محمد علي عبدالقادر، نوري محمد الباشا، محمد العربي المحروق. 2021. "دراسة مدى إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره في إنتاج خرسانة صديقة للبيئة"، المؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية، 6: 112-99.

فتحي رمضان صالح لامين، علام مصباح العلام. 2025. "استخدام مخلفات المباني المتضررة في مدينة سرت كركام معاد تدويره"، *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)*: 103-09.

قاسم الزحيلي، تماضر مقبل. 2014. "دراسة تجريبية على الخرسانة المنتجة من ركام معاد تدويره"، *Latakia University Journal-Engineering Sciences Series*, 36.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

المراجع الأجنبية

Akhtar Ali, and Ajit K Sarmah. 2018. "Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective", *Journal of Cleaner Production*, 186: 262-81.

Atmajayanti Anggun Tri, and Yanuar Haryanto. 2018. "The effect of recycled coarse aggregate (RCA) with surface treatment on concrete mechanical properties." In *MATEC Web of Conferences*, 01017. Edp Sciences.

Concrete, American Society for Testing Materials. Committee C-9 on, and Concrete Aggregates. 2007. *Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory* (ASTM international).

EN, SR. 2019a. '3:2019 Testing hardened concrete – Compressive strength of test specimens .', *Romania*.

2019 .———b. '12390-7; Testing Hardened Concrete. Part :7 Density of Hardened Concrete. Romanian Standard Association: Bucharest', *Romania*.

Kachouh, Nancy. 2022. "behavior of steel fiber reinforced concrete made with recycled concrete aggregates: material characterization and deep beam shear response".

Medina, César, Wenzhong Zhu, Torsten Howind, María Isabel Sánchez de Rojas, and Moisés Frías. 2014. "Influence of mixed recycled aggregate on the physical–mechanical properties of recycled concrete", *Journal of Cleaner Production*, 68: 216-25.

Saeid, Halima S, and Abdelsalam Abuzreda. "Wanisa A gouma (2025) Advancing Sustainable Construction: Recycling Building Aggregates for Eco-Friendly Concrete Solutions in Benghazi, Libya", *Journal of Waste Management & Recycling Technology. SRC/JWMRT-171. DOI: doi. org/10./*47363*JWMRT/2025 (3)*, 140: 2-5.

Standard, ASTM. 2003. "ASTM C33M. Standard Specification for Concrete Aggregates." In.: Annual Books of ASTM Standards USA: Association of Standard Testing Materials.

Standardization, European Committee for. 2011. *Cement: composition, specifications and conformity criteria for common cements* (British Standards Institute).

Tam Vivian WY, Mahfooz Soomro, and Ana Catarina Jorge Evangelista. 2018. "A review of recycled aggregate in concrete

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/ahmu9031

applications (2000–2017)", *Construction and Building materials*, 172: 272-92.

Wagih Ashraf M, Hossam Z El-Karmoty, Magda Ebid, and Samir H Okba. 2013. "Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete", *HBRC journal*, 9: 193-200.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية