Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

دراسة تأثير إضافة الركام المعاد تدويره الناتج من مخلفات المباني كبديل جزئي عن الركام الخشن في الخلطات الخرسانية

م . خالد محمد عمرو أمحمد [1]، م . طارق محمد علي العربي [2]
[1] كلية الهندسة – جامعة غريان ، غريان Khaled.emhamed@gu.edu.ly
[2] كلية الهندسة – جامعة غريان ،غريان tarik.aboshena@gu.edu.ly

*Corresponding author: Khaled.emhamed@gu.edu.ly

Received: 05 Aug 2026	Accepted: 18 Aug 2026	Published: 01 Sep 2026

الملخص

تهدف هذه الدراسة الى دراسة تأثير استخدام الركام المعاد تدويره الناتج عن مخلفات المباني كبديل جزئي عن لركام الخشن الطبيعي في الخلطات الخرسانية، وذلك في إطار التوجه نحو تقليل الأثر البيئي لمخلفات البناء والهدم وتحقيق مبادئ الاستدامة في قطاع التشييد، تم جمع مخلفات خرسانية من مبانٍ مهدمة في مدينة غريان، ثم جرى تكسيرها يدويا واستخدامها في إنتاج خلطات خرسانية بنسب استبدال مختلفة بلغت (0%، 25%، 50%، 75%) من وزن الركام الخشن وتم اجراء اختبار الهبوط لتقييم قابلية التشغيل، واختبارات الكثافة، ومقاومة الضغط عند أعمار مختلفة، إضافة إلى مقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الانحناء، وقد تم مقارنة نتائج الخلطات المحتوية على الركام المعاد تدويره مع الخلطة المرجعية المصنوعة من ركام طبيعي وأظهرت نتائج الدراسة انخفاضا في مقاومة الضغط بنسب (6%، 14%، 23%) عند عمر 7 أيام وعند نسب استبدال (25%، 50%، 75%) علي التوالي وعند عمر 14 يوم ارتفعت نسب الانخفاض الي (9%، 18%، 25%) لنفس نسب الاستبدال اما عند عمر 28 يوم فسجلت نسب الانخفاض (6%، 14%، 25%) لنفس نسب الاستبدال علي التوالي وزيادة نسبة الركام المعاد تدويره تؤدي إلى انخفاض في قابلية التشغيل حيث انه عند نسبة ماء الي اسمنت 0.5 للخلطتين (0%، 25%) انخفض الهبوط من 75 مم الي 65 مم اما عند نسبة ماء الي الاسمنت 0.55 للخلطتين (50%، 75%) فقد انخفض الهبوط من 95 مم الي 83 مم ، والخواص الميكانيكية الأخرى تنخفض انخفاضا تدريجيا، وبينت النتائج أن نسب الاستبدال المنخفضة والمتوسطة حققت خصائص هندسية مقبولة، مما يسمح باستخدام هذا النوع من الخرسانة في بعض التطبيقات الإنشائية.

الكلمات المفتاحية: مخلفات المباني ، الخلطة الخرسانية ، قابلية التشغيل ، الركام

1. المقدمة

تُعدّ الخرسانة اليوم المادة الأساسية في معظم المنشآت الهندسية الحديثة، فهي الركيزة الأولى في مشاريع البنية التحتية والطرق والمباني والجسور، نظرًا لمتانتها العالية وقدرتها على مقاومة الأحمال المختلفة وتوافقها مع البيئات المتنوعة ورغم التقدم الكبير في تقنيات البناء فإن الخرسانة تعتمد بشكل كبير على الركام الطبيعي بوصفه المكوّن الأكبر من حيث الحجم والنسبة في الخلطة الخرسانية، وهو ما جعل الطلب على هذا المورد يتزايد بوتيرة غير مسبوقة هذا الارتفاع المتسارع في استهلاك الركام الطبيعي أدى إلى استنزاف واضح للموارد الطبيعية ، فضلًا عن الآثار البيئية السلبية الناتجة عن عمليات استخراج الركام من المحاجر، والتي تشمل تدهور الأراضي، وتغيير تضاريس المناطق، وارتفاع معدلات التلوث ويشهد قطاع

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

البناء والهدم نموًا ملحوظًا نتجت عنه كميات كبيرة من المخلفات الإنشائية التي تتكوّن غالبًا من خرسانة مكسّرة وطوب ومواد إسمنتية أخرى. وتشير العديد من الدراسات إلى أن مخلفات البناء قد تمثّل ما يقارب 65% من إجمالي النفايات الصلبة في المدن الكبرى، مما يستدعي إيجاد حلول مبتكرة للحد من تراكم المخلفات وتقليل استنزاف الموارد الطبيعية ،وفي دراسات سابقة تم الوصول إلى إمكانية استبدال الركام الطبيعي بنسبة تتراوح ما بين 15% إلى 20% وتشير إلى أن استخدام الركام المعاد تدويره في الخرسانة لا يؤثر بشكل كبير على مقاومة الضغط، إلا أن اختلاف بعض خصائصه يتطلب ضبط تصميم الخلطات. ويُعدّ هذا التوجه ذا أهمية كبيرة في المشاريع التي تتطلب جودة عالية، لما يحققه من فوائد بيئية واقتصادية من خلال دعم البناء المستدام وتقليل الانبعاثات واستهلاك الطاقة والمخلفات[1].

1.1 المخلفات الإنشائية ومصادرها

تعرف المخلفات الإنشائية بكونها المخلفات الصلبة غير الخطرة التي تتولد من أنشطة أعمال الهدم و البناء وتشييد المشاريع والتطوير والترميم وتولد عمليات الإنشاء و التوسع العمراني ملايين الأطنان من المخلفات الإنشائية، تشمل الإسفلت والبلاط ومواد العزل، والخرسانة العادية والمسلحة، وطوب البناء والخشب والزجاج ومواد الطلاء، وأيضا معادن مختلفة مثل الحديد والألمنيوم، وكذلك الكابلات والأسلاك الكهربائية، إضافة إلى المخلفات البلاستيكية على غرار بقايا الأنابيب، مع بقايا الأكياس ومواد التغليف، وهى كلها مواد غالبا ما يتم التخلص منها في مكبات النفايات دون معالجة، مع ما يحمله ذلك من زيادة في مستوى التلوث البيئي، وهدر لموارد قابلة للاستغلال بشكل مفيد، إن لمخلفات البناء والهدم النسبة الأكبر بين المخلفات الصلبة وتتبع مشاكل تلك النوعية من المخلفات من الزيادة المطردة في أنشطة البناء، وما يصاحبها من زيادة في مخلفات البناء، إضافة لذلك فإن زيادة إنتاج مواد البناء يزيد من استنزاف المواد الخام والأضرار البيئية الناجمة عن ذلك، متمثلة في استهلاك المواد الأولية، وطالما أن البناء دائما ما يسير جنبا إلى جنب مع الهدم ، وحيث أن عمر المباني في البلدان النامية قصير نسبيا، فان مخلفات الهدم تتزايد أيضا، وقد أصبح إلقاء هذه المخلفات غير المشروع على الطرق العامة ، والطرق السريعة وبجوار المناطق السكنية من الممارسات الشائعة، مما يسبب أضرارا منها التلوث، وزيادة الجسيمات الصلبة العالقة في الهواء عند هبوب الرياح، ناهيك عن التسبب بالاختناقات المرورية، والواضح أنه كلما ازداد التوسع العمراني، ازدادت معه كمية المخلفات الانشائية،حيث أنه في العديد من المنشآت القائمة عند هدم أي مبنى نجد كسر الخرسانات والمباني والأبواب والشبابيك والأدوات الصحية، أو مخلفات انهيار المنشآت نتيجة كوراث طبيعية ، زلازل، مخلفات المصانع فعند إنتاج مادة الاسمنت والتي تعتبر عنصر أساسي في عمليات التشييد والبناء، ينتج عن حرق وطحن المواد الخام، مواد جيرية، ومواد طينية وكذلك كل مخلفات مصانع الطوب والمواسير، ومخلفات المحاجر خاصة المخلفات الناتجة عن مصانع الرخام والجرانيت وإن جزء كبير من ما يتم شراؤه من مواد البناء يتحول إلى مخلفات، وذلك نتيجة عدم وجود تقدير حسابي دقيق للاحتياجات وضعف إدارتها واستعمالها، وضعف

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

الاحترافية ســـواء في البناء أو الهدم، مما يؤدي إلى وجود فائض عن الحاجة أو اهدار تلك المواد، كما أن طول فترات التخزين أو النقل الســيئ لتلك المواد، يؤدي إلى تحويلها كاملة أو جزء منها لمواد غير صـــالحة للاســتعمال، يجري رميها كنفايات صـلبة، يضـاف إلى هذا السـبب الوجود الدائم للمخلفات الإنشـائية نتيجة تجاوز العمر الافتراضـي للأبنية، والمقدر بحوالي 35عاما، حيث يتم تحديد نسـبة الاسـتهلاك السـنوي حوالي3%، حقيقة أن إهمال الأبنية دون صـيانة وإدامته لفترة من الزمن حيت يؤدي إلى انخفاض كفاءتها وتقلص عمرها الافتراضي، ويعجل بهدمها وتعويضها بأبنية ومنشآت جديدة .

2. مكونات الخلطة الخرسانية :

1.2 تجهيز المخلفات:

تم تجهيز المخلفات الخرسانية، حيث تم تكسيرها يدويا باستخدام بعض من أدوات الكسر الخاصة و دلك لإدخالها في الخلطات الخرسانية وتم تجهيز ايضا جميع المواد الداخلة في الخلطات الخرسانية واجراء اختبارات عليها مثل التحليل المنخلي و تلى دلك اجراء الاختبارات الخاصة على الخرسانة و منها اختبار مقاومة الضغط واختبار الهبوط ، والكثافة واختبار الشد الغير مباشر والانحناء وذلك بتكسير المخلفات يدويا للحصول على الحجم المطلوب للركام والنتيجة كانت كما بالشكل(1) .

شكل 1 : المخلفات بعد التكسير

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

2.2 التحليل المنخلي للركام المعاد تدويره:

بعد الحصول على الركام من العينة يدويا تم البدء بإجراء أختبار التحليل المنخلي للركام ودلك للتأكد من مدى جودة التدرج الحبيبي للركام الناتج من المخلفات التي تم تكسيرها ودلك للتأكد منها مطابقة للمواصفات او غير دك ، وتحصلنا على النتائج الموضحة بالجدول (1).

جدول 1: نتائج اختبار التحليل المنخلي لعينة مخلفات الركام المعاد تدويره

فتحة المنخل (مم)	الوزن المحجوز (جرام)	الوزن التراكمي للمحجوز (جرام)	النسبة المئوية للمحجوز %	نسبة المار %	المواصفات البريطانية BS 882:1992
37.5	0	0	0	100	100
20	21.5	21.5	1.20	98.8	100 – 90
14	512.5	534	29.83	70.17	80 – 40
10	544	1078	60.22	39.78	60 – 30
5	678	1756	98.1	1.9	10 – 0
الوعاء	32.5	1788.5	99.91	0.09	

3.2 الاسمنت البورتلاندي

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي نوع (42.5N) المورد من مصنع البرج زليتن المنتج محلياً من شركة (الاتحاد العربي للمقاولات) طبقًا للمواصفات القياسية الليبية في جميع الخلطات المتبعة في هذه الدراسة حيث يوضح الجدول (2) الخواص الفيزيائية للإسمنت المستخدم في هده الدراسة.

جدول 2 : حدود المواصفة البريطانية للأسمنت

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة
زمن الشك الابتدائي	160 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	225 دقيقة	لا يزيد عن 10 ساعات
النعومــة	%9.25	لا تزيد عن %20
التمــدد	1 مم	لا يزيد عن 10 مم
نسبة المحتوى المائي القياسي	% 26.5	ما بين(25–30) %
مقاومة الضغط بعد 7 أيام	23.18 ن/مم²	لا تقل عن 23 ن/مم²
مقاومة الضغط بعد 28 يوم	41.85 ن/مم²	لا تقل عن 39 ن/مم²

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

4.2 الركام الناعم :

تم جلب الركام الناعم من محجر منطقة (أبورشـــادة)، وكانت نتائج التحليل المنخلي ضـــمن الحدود المطابقة للموصفات البريطانية (BS 882: 1992) والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 م و الجدول رقم (3) يوضح نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم ، و كذلك والجدول رقم (4) يبين الخواص الفيزيائية للركام الناعم.

جدول 3: نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم

رقم المنخل (mm)	وزن المحجوز (gm)	المحجوز التراكمي (gm)	نسبة المحجوز (%)	(%) نسبة المار	حدود المواصفة
5	0	0	0	100	100
2.36	11.8	11.8	0.59	99.41	80–100
1.18	79.2	91	4.56	95.44	70–100
0.6	84.5	175.5	4.23	95.77	55–100
0.3	1004.3	1179.8	59.08	40.92	5–70
0.15	565.6	1745.4	87.4	12.6	0–15
الوعاء	251.6	1997	100	0	----

جدول 4: الخواص الفيزيائية للركام الناعم

الخواص	نتيجة الاختبار	حدود المواصفة
الوزن النوعي الظاهري	2.65	2.6 – 2.7
نسبة الامتصاص	%0.92	لا تزيد عن 3%
نسبة المواد الناعمة	%1.56	لا تزيد عن 3%

5.2 الركام الخشن الطبيعي:

تم جلب الركام الخشن بمقياسين اعتباريين (1cm) و (1.5cm) من. نفس محجر الركام الناعم محجر منطقة أبورشادة ، وتم الخلط بنسبة 1:1 وكانت نتائج اختبار التحليل المنخلي عند خلط الركام ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات البريطانية (BS 882: 1992) كما في الجدول (5) .

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

جدول 5: نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الطبيعي

رقم المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفات
37.5	100	100
20	66.5	35 – 70
14	51.73	25 – 55
10	22.08	10 – 40
5	0.96	0 – 5
الوعاء	0	----

6.2 ماء الخلط :

يعتبر الماء عنصرا أساسيا في تكوين الخلطات الخرسانية، تنص المواصفات على أن الماء المستخدم في الخرسانة يجب أن يكون نظيف وخالي من الشوائب والمواد الضارة مثل الأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية سواء كانت ذائبة أو عالقة، ويجب أن تكون مطابقة للمواصفات للماء المستخدم في الخلطات الخرسانية وبشكل عام فإن الماء الصالح للشرب يحققها، لذلك تم استخدام ماء صالح للشرب في إنتاج الخلطات الخرسانية والجدول (6) يوضح نتائج التركيب المعدني للماء المستخدم في هذه الدراسة.

جدول 6: الخصائص الكيميائية لماء الخلط

اسم الاختبار	الكمية الموجودة بالماء (mg/L)	حدود المواصفات الليبية رقم 294 ، الحد الأقصى المسموح به mg/L
SO_4	22	1000
Cl	20	500
T.D.S	100	2000
PH	6.8	6–8

3. عملية الخلط والصب:

تم تجهيز وخلط المواد بنسب خلط 1:2:3 حيث 1اسمنت 2 رمل 3 ركام وكمية اسمنت ($350Kg/m^3$) ونسبتي ماء الي اسمنت (W/C= 0.5). حيث استخدمت نسبة الماء الي الاسمنت (W/C=0.5) في الخلطة المرجعية والخلطة التي يكون فيها نسبة استبدال الركام المعاد تدويره (25%) واستخدمت نفس نسبة الماء الي الاسمنت في باقي الخلطات التي يكون فيها نسبة استبدال الركام المعاد تدويره (50%، 75%) ويوضح الجدول (7) كمية المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية.

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

جدول 7: كمية المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية ونسبة الماء إلى الإسمنت

W/C %	وزن الماء (kg/m³)	وزن الركام الخشن (kg/m³)	وزن الركام الناعم (kg/m³)	وزن الإسمنت (kg/m³)
0.5	175	1100	700	350

1.3 تحديد نسب الخلط لكل خلطة:

تم تنفيذ 4 خلطات خرسانية منها 3 خلطات تحتوي على الركام المعاد تدويره وبنسب استبدال (25% ،50%، 75%) من وزن الركام الخشن، بالإضافة إلى الخلطة الخالية من الركام المعاد تدويره والتي اعتبرت الخلطة المرجعية للمقارنة و الجدول رقم (8) يبين نسب الركام المعاد تدويره و كميات المواد المستخدمة في كل عينة .

جدول 8: مكونات الخلطات الخرسانية ونِسَب استبدال الركام المعاد تدويره

رقم الخلطة	الركام المعاد تدويره %	كمية الماء (L)	وزن الركام المعاد تدويره (Kg)	وزن الاسمنت (Kg)	وزن الركام الناعم (Kg)	وزن الركام الخشن الطبيعي (Kg)
Mix.1	%0	4.88	0	9.75	19.5	30.6
Mix.2	%25	4.88	7.65	9.75	19.5	22.95
Mix.3	%50	5.35	15.3	9.75	19.5	15.3
Mix.4	%75	5.35	22.95	9.75	19.5	7.65

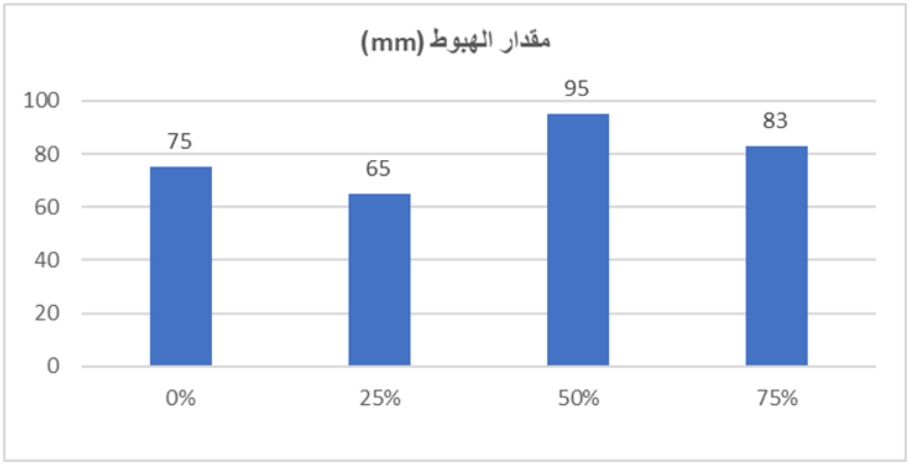
4- تحليل وعرض النتائج

1.4 نتائج اختبار الهبوط والكثافة:

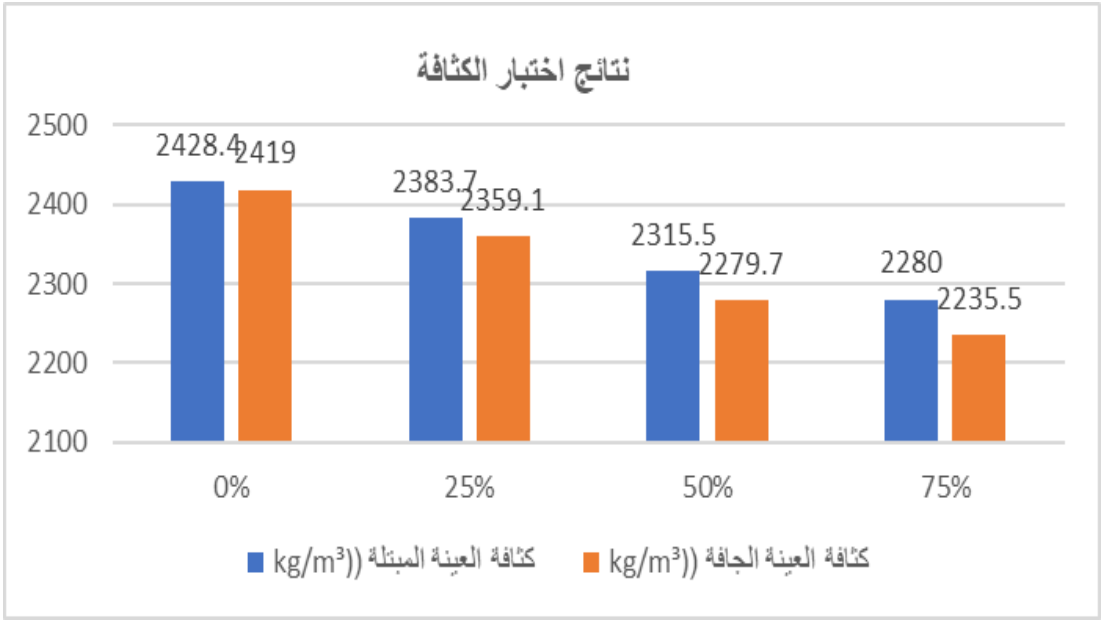
أظهر اختبار الهبوط أن الخلطة المرجعية سجلت هبوطًا قدره 75 مم ضمن درجة تشغيل متوسطة، وانخفض إلى 65 مم عند استبدال 25% من الركام الخشن (بنفس نسبة الماء إلى الإسمنت 0.5)، نتيجة الامتصاص العالي للركام المعاد تدويره. وعند رفع نسبة الماء إلى الإسمنت إلى 0.55 لخلطتي الاستبدال 50% و75%، ارتفع الهبوط إلى 95 مم ثم انخفض إلى 83 مم على الترتيب، مما يؤكد أن قابلية التشغيل تتأثر بنسبة الماء إلى الإسمنت أكثر من تأثرها بنسبة الاستبدال ذاتها وهو ما تم توضيحه بالشكل (2). كما أظهرت نتائج الكثافة انخفاضًا تدريجيًا من 2428 كجم/م³ للخلطة المرجعية إلى 2280 كجم/م³ عند نسبة استبدال 75%، كما توضحه النتائج بالشكل (3) ويعزى ذلك إلى ارتفاع مسامية الركام المعاد تدويره نتيجة احتوائه على بقايا عجينة إسمنتية ملتصقة بسطحه .

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly



شكل 2: نتائج أختبار الهبوط



شكل 3: نتائج اختبار الكثافة

2.4 نتائج اختبار مقاومة الضغط

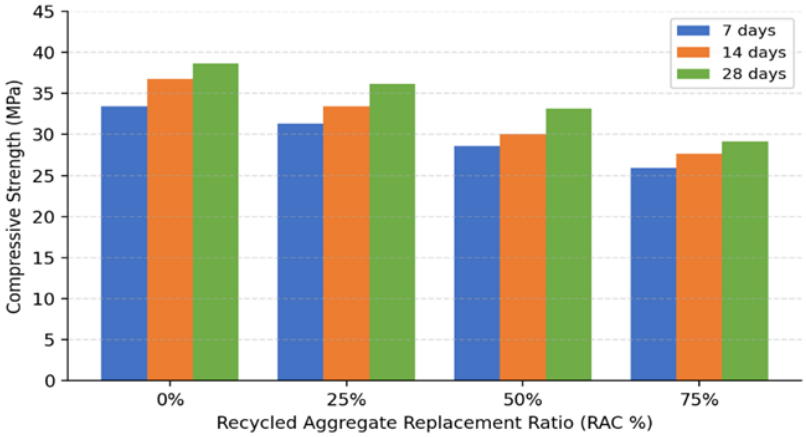
تشير النتائج الموضحة في الجدول (9) والشكل (4) إلى انخفاض مقاومة الضغط بشكل يتناسب طرديًا مع زيادة نسبة الركام المعاد تدويره في جميع الأعمار، حيث بلغت نسبة الانخفاض عند عمر 28 يومًا نحو 6.4% و14.2% و24.5% لنسب الاستبدال 25% و50% و75% على التوالي مقارنة بالخلطة المرجعية. ويعزى هذا الانخفاض إلى ضعف منطقة الالتحام بين الركام المعاد تدويره وعجينة الإسمنت الجديدة، وارتفاع نسبة الماء إلى الإسمنت في الخلطات ذات نسب الاستبدال العليا.

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

جدول 9 : نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات الخرسانية عند مختلف الأعمار (MPa)

رمز الخلطة	نسبة الاستبدال %	7 أيام	14 يوم	28 يوم
Mix.1	0	33.41	36.73	38.66
Mix.2	25	31.36	33.44	36.17
Mix.3	50	28.57	30.07	33.16
Mix.4	75	25.88	27.67	29.18



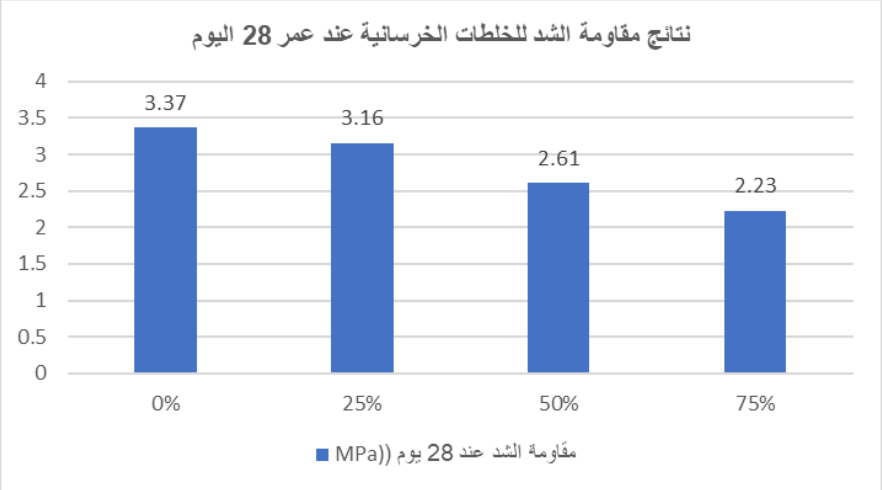
شكل 4: العلاقة بين نسبة الركام المعاد تدويره ومقاومة الضغط عند أعمار مختلفة

3.4 نتائج اختباري الشد غير المباشر والانحناء:

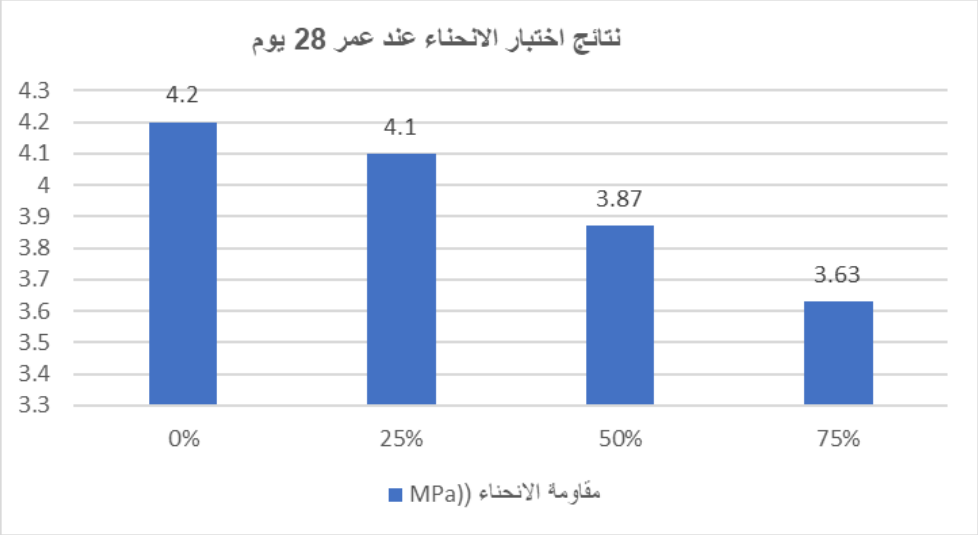
أظهرت نتائج اختبار الشد غير المباشر عند عمر 28 يومًا انخفاضًا من 3.37 MPa للخلطة المرجعية إلى 3.16 و2.61 و2.23 MPa لنسب الاستبدال 25% و50% و75% على الترتيب كما هو مبين في الشكل رقم (4) ، وسجّل اختبار الانحناء نمطًا مشابهًا، إذ انخفضت المقاومة من 4.20 MPa للخلطة المرجعية إلى 4.10 و3.87 و3.63 MPa للنسب ذاتها كما هو موضح بالشكل رقم (5) ، وبالرغم من هذا الانخفاض التدريجي في جميع الخواص الميكانيكية المدروسة، فإن القيم المسجلة عند نسبتي الاستبدال 25% و50% ظلت ضمن الحدود المقبولة هندسيًا وفق الأكواد المستخدمة، الأمر الذي يدعم إمكانية استخدام هذا النوع من الخرسانة في مجالات إنشائية معينة.

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly



شكل4 : نتائج اختبار مقاومة الشد



شكل 5: يبين نتائج اختبار مقاومة الانحناء

5. الخاتمة

بيّنت هذه الدراسة أن استبدال الركام الخشن الطبيعي بركام خرساني معاد تدويره ناتج عن مخلفات هدم المباني يؤدي إلى انخفاض تدريجي في قابلية التشغيل، والكثافة، ومقاومة الضغط، ومقاومة الشد غير المباشر، ومقاومة الانحناء، مع بقاء هذه القيم ضمن الحدود الهندسية المقبولة عند نسب استبدال تصل إلى 50%، وقد أعطت نسبة الاستبدال 25% أقرب النتائج إلى الخلطة المرجعية. وتؤكد هذه النتائج جدوى إعادة تدوير مخلفات الهدم الخرسانية في إنتاج خرسانة صديقة للبيئة،

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"

Gharyan University Journal of Engineering Science (GUJES)
ISSN (3105-4560)
Website: http://journals.gu.edu.ly
email: gujes@gu.edu.ly

بما يسهم في الحد من استنزاف الركام الطبيعي وتقليل تراكم مخلفات البناء في ليبيا. ويوصي الباحثان بإجراء دراسات مستقبلية تتناول استخدام الإضافات الكيميائية، كالملدنات الفائقة، لتحسين قابلية التشغيل بدلًا من زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت، واستخدام كسارات ميكانيكية بدلًا من التكسير اليدوي لتحسين جودة وانتظام حجم الركام الناتج، إلى جانب إجراء دراسة جدوى اقتصادية شاملة لمقارنة تكلفة الركام المعاد تدويره بالركام الطبيعي، ووضع نظام متكامل لإدارة مخلفات البناء والهدم في ليبيا.

قائمة المراجع:

[1] Al-Muhairi, M. R., *"The effect of using recycled aggregates on the properties of concrete,"* Journal of Civil Engineering, vol. 10, no. 2, pp. 55–68, 2018.

[2] British Standards Institution, *BS 1881: Testing Concrete*, Parts 102, 116, 117, 118, London: BSI.

[3] نوري محمد جمعة الباشا، عبد المنعم سالم عمر طرنبة، «*دراسة مدى تأثير استخدام الركام المعاد تدويره المعالج وغير المعالج على خواص الخرسانة*»، مجلة البحوث الهندسية، العدد 32، 2021.

[4] عماد عبد المجيد ياسين السعدي، «*دراسة تأثير الركام الخشن المعاد تدويره على بعض خواص الخرسانة*»، المؤتمر الهندسي الرابع لنقابة المهن الهندسية، الزاوية، 2023.

[5] قاسم الزحيلي، «*دراسة تجريبية على الخرسانة المنتجة من الركام المعاد تدويره*»، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، المجلد 36، العدد 4، 2014.

[6] ارحيم حسين عبدربه، محمد أحمد فرج، «*دراسة استخدام الركام المعاد تدويره كبديل جزئي للركام الخشن الطبيعي في الخلطة الخرسانية*»، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، المجلد 1، العدد 37، 2025.

[7] محمد، المحسن.(2016). إعادة تدوير مخلفات الخرسانة. جامعة البريمي، كلية الهندسة، سلطنة عمان، منظمة المجتمع العربي.

"Articles published in GUJES are licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License"