



بسم الله الرحمن الرحيم

إعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في المنشآت الهندسية

إعداد الطلاب:

إبراهيم محمد إبراهيم حمدنا

عمار مصطفى إبراهيم المكي

إشراف الأستاذ:

عبدالرحمن محمد عباس

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكالوريوس الشرف في الهندسة المدنية

قسم الهندسة المدنية

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبدالله البدر

ابريل _ 2026

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

“يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ”

سورة المجادلة (الآية 11)

"صدق الله العظيم"

الإهداء

إلى من كانوا لنا سندًا ونورًا في طريق العلم والمعرفة، إلى من زرعوا فينا الأمل، وغرسوا في قلوبنا حب
الاجتهاد والسعي نحو التميز...

إلى والدينا الأعزاء، الذين قدّموا لنا كل الدعم، وكانوا خير معين بعد الله في رحلتنا العلمية، نهديكم هذا العمل
تقديرًا وعرفانًا لجميل عطائكم، ودعواتكم التي كانت زادنا في كل خطوة.

إلى أساتذتنا الكرام، من كان لهم الفضل في توجيهنا وإرشادنا، وفتحوا لنا أبواب الفهم والتفكير، لكم كل الشكر
والامتنان على ما بذلتموه من جهد في تعليمنا، وتوجيهنا خلال إعداد هذا البحث.

إلى زملائنا وأصدقائنا، الذين شاركونا لحظات التعب والنجاح، وكانوا معنا خطوة بخطوة، في الميدان
والمختبر وبين صفحات المراجع، لكم منا كل الحب والتقدير.

إلى كل من آمن بنا، وشجعنا، ووقف إلى جانبنا ولو بكلمة طيبة أو دعاء صادق...

نهدي هذا الجهد المتواضع، راجين من الله أن يكون لبنة من لبنات البناء العلمي النافع، ومصدر فخر لكل
من كان له فضل علينا.

الشكر التقدير

الحمد لله أولاً وآخرًا، ظاهرًا وباطنًا، الذي وفقنا لإتمام هذا العمل البحثي، ومنّ علينا بالقوة والصبر والمعرفة حتى نصل إلى هذه المرحلة.

نتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى أساتذتنا الأفاضل، الذين لم يخلوا علينا بعلمهم، وقدموا لنا الدعم الأكاديمي والفني، وكانوا مصدر إلهام وتوجيه طوال فترة إعداد البحث، وعلى رأسهم المهندس/ **عبدالرحمن محمد**

عباس

الذي كان لنا نعم الداعم والموجه، فله منا كل التقدير والامتنان.

كما نتقدم بخالص الشكر إلى إدارة الكلية والجامعة، لما وفرتنا لنا من بيئة تعليمية مشجعة، ووسائل مساعدة ساهمت في تنفيذ هذا العمل.

ولا يفوتنا أن نعبر عن بالغ امتناننا إلى أسرنا الكريمة، التي كانت لنا الدافع والداعم الأول، تحملوا معنا ضغوط الدراسة، وقدموا لنا الحب والدعاء بلا انقطاع.

ونسأل الله أن يكون هذا العمل خالصًا لوجهه الكريم، وأن يسهم في إثراء المعرفة، ويكون نافعًا لمن يأتي بعدنا في هذا المجال العلمي الحيوي.

المستخلص

تم إجراء اختبارات مقاومة الضغط على عينات الخرسانة في عمر 7 أيام و 28 يوماً للتأكد من تطور القوة الإنشائية استُخدمت نسبة 0% كعينة مرجعية (خرسانة تقليدية) للمقارنة مع بقية النسب (25%، 50%، 100%) نسبة 25% و 50%: أظهرت النتائج أن استخدام الركام المعاد تدويره بهذه النسب يؤدي إلى انخفاض طفيف جداً في المقاومة، حيث تظل الخرسانة محتفظة بخصائص قريبة جداً من الخرسانة التقليدية، مما يجعلها النسبة المثالية للاستخدام الإنشائي الآمن نسبة 100%: لوحظ انخفاض في مقاومة الضغط مقارنة بالعينة المرجعية، ومع ذلك يمكن استخدام هذه النسبة في الأعمال غير الإنشائية مثل الأرصفة والردم أثبت البحث أن الركام المعاد تدويره يمتلك خصائص فيزيائية مقبولة (رغم ارتفاع نسبة الامتصاص قليلاً). التوصية النهائية: يمكن هندسياً استبدال الركام الطبيعي بنسبة تصل إلى 50% دون المساس بسلامة المنشأ، مما يساهم في تقليل تكلفة المواد وحماية البيئة من تراكم الأنقاض. بإيجاز، البحث يؤكد نجاح استخدام الركام المعاد تدويره كبديل فعال واقتصادي في قطاع التشييد في السودان

Extract

The compressive strength tests were conducted on concrete specimens at the ages of 7 and 28 days to verify the development of structural strength. A substitution ratio of 0% was used as a control sample (conventional concrete) to be compared with the other ratios (25%, 50%, and 100%) The results indicated that using recycled aggregate at replacement levels of 25% and 50% led to a very slight decrease in strength, as the concrete maintained properties very similar to conventional concrete, making these the ideal ratios for safe structural use. At a 100% substitution ratio, a noticeable decrease in compressive strength was observed compared to the control sample; however, this ratio remains suitable for non-structural applications such as pavements and backfilling

The research proved that recycled aggregate possesses acceptable physical properties, despite a slightly higher absorption rate. The final recommendation states that natural aggregate can be engineering replaced by up to 50% without compromising the structural integrity, which contributes to reducing material costs and protecting the environment from debris accumulation. In brief, the study confirms the success of using recycled aggregate as an effective and economical alternative in the construction sector in Sudan

The research proved that recycled aggregate possesses acceptable physical properties, despite a slightly higher absorption rate. The final recommendation states that natural aggregate can be engineering replaced by up to 50% without compromising the structural integrity, which contributes to reducing material costs and protecting the environment from debris accumulation. In brief, the study confirms the success of using recycled aggregate as an effective and economical alternative in the construction sector in Sudan

الفهرس :

العنوان	الصفحة
عنوان البحث	I
الآية	li
الإهداء	lii
الشكر و التقدير	lv
المستخلص	v
Extract	vi
الفهرس	vii
فهرس الجداول	x
فهرس الأشكال	ix

العنوان	الصفحة
الفصل الأول	
1.1 المقدمة	2
2.1 هدا ف البحث	2
2.1.1 تحليل المشكلة	2
2.2.1 الجانب البيئي	2
2.3.1 الجانب الاقتصادي	2
2.4.1 الجانب الهندسي	3
2.5.1 الجانب الاجتماعي والتنظيمي	3

3	3.1 منهجية البحث
3	3.2.1 خطوات المنهجية
الفصل الثاني	
6	1.2 الخلفية العلمية
6	2.2 تعرف المخلفات الانشائية
6	3.2 التركيب الكيميائي والفيزيائي للمخلفات
7	4.2 الخواص الميكانيكية
7	5.2 مخلفات البناء
8	6.2 المشكلة التي تسببها أنقاض البناء
9	1.6.2 أنواع أنقاض البناء
9	3.6.2 حجم أنقاض البناء في السودان
10	4.6.2 الأثر البيئي
10	5.6.2 الجانب الاقتصادي والهندسي
10	7.2 مخلفات المباني المتضررة في مدينة الخرطوم كركام معاد تدويره
10	8.2 دراسة مدى إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره في إنتاج خرسانة صديقة للبيئة
11	1.8.2 خطوات اعادة التدوير
11	2.8.2 خصائص المواد المعاد تدويرها
11	3.8.2 التطبيقات الهندسية
12	9.2 لماذا يشكل حطام الانشاءات والهدم مشكلة
13	10.2 المنافع المتوقعة من اعادة استخدام او اعادة تدوير مخلفات البناء والهدم

13	1.10.2 معوقات اعادة التدوير
13	2.10.2 العوامل التي تؤثر على اعادة تدوير مواد البناء
13	11.2 تطوير خطة إدارة مخلفات الانشاءات والهدم.
14	12.2 اعادة استخدام واعادة تدوير مخلفات البناء والهدم
16	1.12.2 كيفية ادارة حطام الهدم والإنشاءات
16	2.12.2 كيفية تقليل النفايات الانشائية من المصدر
17	3.12.2 كيفية اعادة استخدام حطام الانشاءات والهدم
17	4.12.2 كيفية تدوير مخلفات الهدم والانشاءات
18	5.12.2 كيفية طمر مخلفات الانشاءات والهدم
18	13.2 انظمة او تعليمات الادارة مخلفات الانشاءات والهدم
الفصل الثالث	
20	1.3 مقدمة
20	2.3 شرح مواصفات المواد المستخدمة: والتي تشمل
20	3.3 خطوات التحضير
الفصل الرابع	
27	1.4 مقدمة
27	2.4 وصف العينات (sampling)
الفصل الخامس	
32	1.5 الخلاصة (الاستنتاجات)

32	2.5التوصيات
34	3-5 المراجع

فهرس الجداول :

الصفحة	الجدول
15	الجدول 1-2 الخيارات الممكنة لإدارة المخلفات
28	الجدول 1-4 اوزان و كثافة الكعبات الخرسانية
29	الجدول 4-2 نتائج اختبار مقاومة الضغط

فهرس الاشكال :

الصفحة	الشكل
16	4-2 الخيارات الخاصة بإدارة مخلفات المنشآت و الهدم
21	1-3 مكعبات تستخدم لاعادة التدوير
21	2-3 ركام كسر المكعبات
22	3-3 توضح الخلطة الخرسانية قبل الصب
23	4-3 وضع الخليط في المكعب
24	5-3 عملية الدك
30	1-5 مقارنة مقاومة

الفصل الأول

الفصل الأول

المقدمة

1.1 المقدمة:

إعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء في المنشآت الهندسية هي عملية أساسية لتحقيق استدامة البناء، حيث تُعالج المواد الناتجة عن عمليات الهدم والتكسير مثل الخرسانة والطوب والحديد والخشب وتحويلها إلى مواد أولية أو مواد بناء جديدة، مثل الركام والأسفلت، لاستخدامها في مشاريع إنشائية جديدة، مما يقلل من النفايات، ويحافظ على الموارد الطبيعية، ويساهم في خفض التكاليف والبصمة الكربونية، ويعزز الابتكار في القطاع الهندسي.

2.1 أهداف البحث:

دراسة إمكانية إعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء واستخدامها كمواد إنشائية بديلة المقارنة بين المواد المعاد تدويرها والمواد التقليدية من حيث الجودة والأداء في المنشآت الهندسية.

تقليل الأثر البيئي الناتج عن تراكم مخلفات التشييد عبر الاستفادة منها في مشاريع البناء • خفض التكلفة الاقتصادية للمشاريع من خلال تقليل الاعتماد على المواد البكر (الطبيعية). تعزيز مفهوم الاستدامة في قطاع الهندسة المدنية والتشييد.

2.1.1 تحليل المشكلة:

تُعد مخلفات الهدم والبناء واحدة من أكبر التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه المدن الحديثة، حيث تشكل نسبة عالية من إجمالي النفايات الصلبة. وتتمثل المشكلة في عدة محاور:

2.2.1 الجانب البيئي:

تراكم كميات ضخمة من مخلفات التشييد في المكبات والمناطق المفتوحة يؤدي إلى تلوث التربة والمياه والهواء.

صعوبة التخلص من هذه المخلفات بطرق آمنة.

استنزاف الموارد الطبيعية نتيجة الاعتماد المستمر على الركام الطبيعي والحصى.

2.3.1 الجانب الاقتصادي:

ارتفاع تكاليف التخلص من المخلفات ونقلها.

زيادة تكلفة استيراد أو استخراج المواد الإنشائية التقليدية.

ضياع فرصة استثمار هذه المواد كمورد بديل اقتصادي.

2.4.1 الجانب الهندسي:

غياب أنظمة متكاملة لإعادة التدوير داخل مواقع البناء.
محدودية الدراسات التطبيقية التي تثبت كفاءة المواد المعاد تدويرها مقارنة بالمواد الطبيعية.
التخوف من استخدام المواد المعاد تدويرها في المنشآت الحيوية نتيجة قلة التجارب المحلية.

2.5.1 الجانب الاجتماعي والتنظيمي:

ضعف الوعي لدى المجتمع والمهندسين حول فوائد إعادة التدوير.
نقص التشريعات والسياسات التي تلزم شركات التشييد بإعادة استخدام المخلفات.

3.1 منهجية البحث:

. المنهج المتبع

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي مدعوماً بالتجارب العملية، وذلك من خلال:
وصف مشكلة تراكم مخلفات الهدم والبناء.

تحليل إمكانية إعادة تدويرها واستخدامها في المنشآت الهندسية.
إجراء تجارب معملية لتقييم الخصائص الميكانيكية للمواد المعاد تدويرها.

3.2.1 خطوات المنهجية

أ. الدراسة النظرية (المكتبية):

مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المتعلقة بإعادة تدوير مخلفات البناء والهدم.
جمع بيانات من تقارير محلية وعالمية حول نسب المخلفات وتأثيراتها البيئية والاقتصادية.
الاطلاع على المواصفات القياسية العالمية المتعلقة باستخدام المواد المعاد تدويرها في الخرسانة والأعمال الهندسية.

ب. الجزء العملي (التجارب المعملية):

جمع العينات:

الحصول على عينات من مخلفات الخرسانة والطوب والحصى الناتجة عن الهدم.
إعداد العينات:

تكسير المخلفات للحصول على ركام معاد تدويره بأحجام مختلفة.

غربلة وتنظيف العينات لإزالة الشوائب.

إجراء الاختبارات:

اختبار الكثافة النوعية والامتصاص.

اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المحتوية على الركام المعاد تدويره.

اختبار الشد والانحناء (عند الإمكان).

تحليل النتائج:

مقارنة نتائج العينات المعاد تدويرها بالخرسانة التقليدية.

تقييم مدى مطابقة المواد المعاد تدويرها للمواصفات القياسية.

ج. التحليل والمناقشة:

مناقشة النتائج المتحصل عليها في ضوء الدراسات السابقة.

تحديد المزايا والقيود لاستخدام الركام المعاد تدويره.

د. الاستنتاجات والتوصيات:

صياغة استنتاجات حول جدوى إعادة التدوير في المشاريع الهندسية.

تقديم توصيات عملية للمهندسين وصناع القرار حول دمج إعادة التدوير في قطاع التشييد.

الفصل الثاني

الفصل الثاني

الخلفية العلمية

1.2 الخلفية العلمية:

مع زيادة السكان الذي تبعة زيادة في معدلات البناء وكذلك النمو الاقتصادي الذي شهدته البلاد وزيادة معدل الاستثمار ادى الى طفرة في انشاء البنية الأساسية من طرق وعمليات رصف وكذلك حفر الانفاق واقامة الكباري . ادى ذلك الى انتاج ملايين من الاطنان من مخلفات البناء كذلك عمليات الهدم حيث ثبت أن 50% من مباني جمهورية مصر العربية الية للسقوط خلال الثلاثين السنة القادمة مما يترتب عليه ملايين الاطنان من مخلفات الهدم. ان عمليات الصيانة والتجديد هي من أكبر مصادر مخلفات مواد البناء . ومع ارتفاع اسعار مواد البناء وارتفاع اسعار الطاقة وكذلك تفاقم المشاكل البيئية نتيجة التخلص الخاطيء من

المخلفات الذى لة علاقة بالصحة العامة الحوادث

وكذلك التأثير السلبي على الذوق العام وحركة السياحة .

فيجب ان ينظر الى هذه المخلفات على أنها مواد خام يتحتم علينا اعادة تدويرها مرة أخرى واعادتها لصناعة البناء أنها كنوز سوف تدفع الاقتصاد وتؤدي بتدويرها الى التغلب على المشاكل البيئية وكذلك نحافظ على الخامات الأصلية في مناجمها للأجيال القادمة .

ان التطور التكنولوجي قد مكنا من اعادة حوالى 85% من هذه المواد مرة أخرى لصناعة البناء.

2.2 تعرف المخلفات الانشائية :

بانها مخلفات صلبة غير خطرة تتولد من نشاطات البناء الهدم ، الانشاء والتطوير والتصليح ، هدم المنشآت والابنية ، الطرق ، الجسور ، تنظيف الأرض ، انشاء المجاري ، المبازل وان المواد المتخلفة في المواقع تتضمن اسفلت ، كونكريت ، طابوق ، خشب ، زجاج ، المنيوم ، حديد ، عبوات الصبغ ، عوازل انابيب المراجل ، اسلاك ، سقوف ثانوية وغيرها

إعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء (Construction and Demolition Waste Recycling) تقوم على مبدأ الاستدامة الهندسية وتقليل استنزاف الموارد الطبيعية. علمياً، تعتمد على:

3.2 التركيب الكيميائي والفيزيائي للمخلفات:

غالبية المخلفات تتكون من خرسانة، طوب، حديد تسليح، أخشاب، وزجاج. الخرسانة غالباً تحتوي على أسمنت وبحص ورمل يمكن إعادة استخدامها كركام معاد التدوير (Recycled Aggregate).

4.2 الخواص الميكانيكية:

الركام المعاد التدوير يختلف في مقاومة الضغط، الامتصاصية، والكثافة عن الركام الطبيعي، ما يستدعي اختبارات قياسية (مثل ASTM, BS, EN) لضمان ملائمة للاستخدام في الخرسانة أو طبقات الأسفلت والطرق.

5.2 مخلفات البناء :

تشكل مخلفات البناء والهدم أكثر من 22% من المخلفات التي تنتجها المدينة يوميا .
ان هذه المخلفات اها تأثير سلبي على البيئة والصحة العامة وتسبب الحوادث عند القائها على جانبي الطريق وتأثيرها بالسلب على الذوق العام والسياحة ملايين من الاطنان تلقى في الصحراء أو على جانبي الطرق .
ان هذه المخلفات هي في الحقيقة مواد خام ذو قيمة اقتصادية عالية يمكن اعادة تدويرها وادخالها في صناعة البناء مرة أخرى .
وهذه بعض الصور التي تعكس نوع هذه المخلفات ونوعيته:



صورة(1-2) توضح مخلفات هدم حائط من الطوب الاحمر



صورة(2-2) توضح حطام طوب حراري

6.2 المشكلة التي تسببها أنقاض البناء :

تكون المشكلة عندما تتجمع هذه المواد أى مواد البناء التي بقيت بعد نهاية كل بند من بنود البناء وتكون زائدة متلفة عديمة النفع في الموقع فيكون تأثيرها على المكان والبيئة والمال وغيرها من التأثيرات التي تلحق

بالعمل ولنأخذ فكرة تفصيلية عن التأثير والمشاكل التي تحدثها :

- أولا - المكان وذلك لأخذها حيزا كبيرا" يمكن الاستفادة منه سواء في الساحات أو في الشوارع أو في الممرات.
- ثانيا - بينيا حيث يؤدي ذلك الى الضرر الصحى على الروح البشرية من تلوث البيئة بسببها.
- ثالثا - قد تكون عرضة لعبث الأطفال المجاورين لمواقع البناء بحيث تشكل خطرا عليهم.
- رابعا صرف الأموال الكثيرة لشراء مواد زائدة عن الحاجة يؤدي في النهاية الى وقف العمل عن البنود الأخرى من البناء بسبب عدم وجود المال في آخر المشروع.
- خامسا قد تجمع الانقاض فوق خطوط الصرف الصحى أو الكهرباء فتعيق العمل

1.6.2 نواع أنقاض البناء :

- أنقاض الرمل :- وهي الناتجة عن أعمال حفر المواطنين أو الشركات في بداية المشاريع والقسائم فيتم بعد ذلك الاستغناء عن هذا الرمل في حالة الدفان.
- أنقاض الخلطات الخرسانية : وهي الناتجة عن عمليات الخلط الخرساني سواء التي تتم في مصانع الخلطات الجاهزة أو في الموقع والتي تسمى الخلطة الإيرانية وهذه أنقاضها أكثر من التي قبلها.
- أنقاض أعمال الترميم :- وهي الناتجة عن أعمال الهدم والإزالة من الديكور والكاشي والسيراميك والمنجور ويتم بعدها الترميم وهذا النوع من الترميم تكون فيه الأنقاض كثيرة
- أنقاض الأعمال الأسفلتية : وهي الناتجة عن العمليات في توسعات الطرق أو إعادة صب الطبقات أو إزالتها من الشوارع.
- أنقاض أعمال الخشب :- وهي الناتجة عن أعمال المنجور في الأبواب الخشبية والديكورات الخشبية والطوبارات الخشب للأسقف والأعمدة والقواعد والشناعات وللعلم فهي تخلف ورائها أيضا المسامير.
- أنقاض الألمنيوم :- وهي الناتجة عن أعمال أبواب الألمنيوم والشبابيك والقواطع والأسقف الصناعية .
- أنقاض الحديد : وهي الناتجة عن الحديد الزائد في الأسقف والزوايا التلبيس الخارجي للجيري والحجر.
- أنقاض الصلбоخ :- وهي الناتجة عن أعمال التكسير في المناطق الصخرية التي تسمى الكسارات

6.2.2 حجم أنقاض البناء في السودان:

ولنرى دراسة أعدت في المقارنة بين أنقاض البناء في الدول الأوروبية السودان حيث ذكرت الإحصائية أن معدل أنقاض البناء في الدول الأوروبية الناتجة من الإزالة تقدر ب 13-16 طن/م² من مساحة الطابق الأرضي أما في السودان فتقدر أنقاض البناء ب 1.5 طن / م² من مساحة الطابق الأرضي وهذه الأرقام تبين مدى أثر الإزالة .

أما في البناء فأنقاض البناء الناتجة منها في الدنمارك تقدر ب 10-50 كجم / م² من مساحة الطابق الأرضي بينما نجدها في السودان تقدر بحوالي 100 كجم / م² من مساحة الطابق الأرضي

3.6.2 لتقنيات العلمية المستخدمة:

الفصل الميكانيكي (غربة، تكسير).

الفصل المغناطيسي لاستخراج الحديد.

المعالجة الحرارية أو الكيميائية لتحسين جودة الركام.

4.6.2 الأثر البيئي:

يقلل من انبعاثات الكربون المرتبطة باستخراج المواد الطبيعية وصناعة الأسمنت، ويقلل من مساحة الأراضي المستخدمة في المكبات.

5.6.2 الجانب الاقتصادي والهندسي:

دراسات الجدوى تشير إلى أن إعادة التدوير تقلل تكلفة المشاريع على المدى الطويل وتوفر مواد بديلة للبناء والطرق وأعمال الردم. هل ترغب أن ألخص لك المراجع العلمية العربية والأجنبية الموثوقة التي يمكن الاعتماد عليها لدعم هذه الخلفية؟

7.2 مخلفات المباني المتضررة في مدينة الخرطوم كركام معاد تدويره:

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 السودانية التي تأثرت بالحروب، مثل مدينة الخرطوم، تتراكم كميات كبيرة من مخلفات البناء والهدم، وهو ما يُشكّل تهديداً بيئياً 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 واحدة 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 الخرطوم 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.

8.2 دراسة مدى إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره في إنتاج خرسانة صديقة للبيئة:

تعتبر المخلفات الخرسانية الناتجة عن الهدم ومخلفات الحروب من أهم التحديات التي تواجه البيئة والمجتمع وهي مخلفات تحتوي على ركام خشن (حصى) ومادة الإسمنت، وعناصر كيميائية تحتوي على الأكاسيد والسلوكيات التي تصل نسبتها إلى 80%، وهي نسبياً تكون أكاسيد حية غير مطفأة تتفاعل بوجود الرطوبة والهواء، لأنها غير مكتملة التفاعل وتعتبر ضارة جداً بالتربة والمياه الجوفية في حال تسربها. لذلك يتضح حجم الأثر البيئي التي تمثله هذه المخلفات والذي يعتبر مصدر قلق يتطلب حلاً مستداماً.

ففي ظل الاستنزاف المخيف للموارد الطبيعية على كوكب الأرض برزت الحاجة إلى تقنية إعادة تدوير هذه المخلفات واستخدامها مجدداً ليتحقق بذلك التوازن البيئي والاستدامة من خلال تلبية متطلبات الواقع الحالي دون إهمال قدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

تم في هذه الدراسة استخدام ركام خشن معاد تدويره (RA)، من إعادة تدوير مخلفات مباني مدمرة، وذلك لصناعة خرسانة صديقة للبيئة (RAC) بنسب استبدال مختلفة بالوزن (30%، 50%، 70%، 100%) كبديل عن الركام الطبيعي (NA)، وذلك للتحقق من مدى إمكانية استخدام هذا النوع من الخرسانة (RAC) بالمقارنة مع الخرسانة الطبيعية (CC).

نتائج هذه الدراسة أظهرت أن استخدام (RA) يؤثر على خواص الخرسانة (RAC)، وأنه كلما زادت نسبة الاستبدال انخفضت خواص الخرسانة (RAC) مقارنة مع خواص الخرسانة العادية (CC)، ومع ذلك لم يكن الانخفاض كبير عند استخدام نسبة استبدال تراوحت بين (0-50%)، وهي نسبة تشجع على استخدام هذا النوع من الركام (RA) في إنتاج الخرسانة (RAC) ليتحقق بذلك النفع البيئي وتلبية احتياجات السكان الحاليين والحفاظ على احتياجات الأجيال القادمة.

1.8.2 خطوات إعادة التدوير:

■ التصنيف والفصل:

هي تصنيف وفصل المخلفات حسب نوعها.

يتم ذلك يدوياً أو آلياً باستخدام تقنيات مثل الغربلة، والفصل المغناطيسي لإزالة المعادن، والفصل الهوائي لإزالة المواد الخفيفة

■ التكسير والطحن:

بعد الفصل، يتم تكسير المواد الكبيرة مثل الخرسانة والطوب إلى أحجام أصغر باستخدام كسارات خاصة. ثم تُطحن هذه المواد للحصول على حصى ورمل معاد تدويره (Recycled RA - Aggregates).

2.8.2 خصائص المواد المعاد تدويرها:

تعتبر الخرسانة المعاد تدويرها من أهم المواد الناتجة. فخصائصها تعتمد على جودة الخرسانة الأصلية وعملية التدوير. غالباً ما تكون لديها قدرة امتصاص ماء أعلى وكثافة أقل مقارنة بالحصى الطبيعي.

يتم إجراء اختبارات معملية على هذه المواد للتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية للاستخدام في تطبيقات البناء المختلفة.

3.8.2 التطبيقات الهندسية:

يمكن استخدام المواد المعاد تدويرها في العديد من التطبيقات:

الخرسانة المعاد تدويرها: تستخدم في صناعة الخرسانة الجديدة للأساسات، والطرق، والأرصفة، والمباني غير الإنشائية.

ركام الطرق: يستخدم الحصى والرمل المعاد تدويره كمادة أساس في طبقات الطرق.

ردم وتسوية الأراضي: تستخدم المخلفات المعاد تدويرها في مشاريع ردم وتسوية الأراضي.

الفوائد البيئية والاقتصادية:

الحفاظ على الموارد الطبيعية: تقليل الحاجة إلى استخراج الحصى والرمل الطبيعي.
تقليل النفايات: تخفيف العبء على مدافن النفايات.
توفير الطاقة: عملية إعادة التدوير تستهلك طاقة أقل مقارنة بإنتاج المواد الخام الجديدة.
الحد من التلوث: تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن صناعة الإسمنت والمواد الإنشائية.
التوفير الاقتصادي: تقليل تكاليف شراء المواد الخام الجديدة ونقلها.
التحديات:

التلوث: وجود ملوثات في المخلفات يمكن أن يؤثر على جودة المنتج النهائي.
الجودة المتغيرة: قد تختلف جودة المواد المعاد تدويرها حسب مصدرها.
التكلفة الأولية: تكلفة إنشاء وتشغيل مصانع إعادة التدوير قد تكون مرتفعة.
على الرغم من هذه التحديات، فإن التطور المستمر في تقنيات إعادة التدوير يفتح آفاقاً واسعة لاستخدام مخلفات الهدم والبناء كمورد قيم في المستقبل.
اجريت دراسات على كمية النفايات المدورة التي تتولد من مشاريع انشاء المنشآت والبنيات السكنية في الولايات المتحدة الأمريكية وكانت نتائجها ان انشاء (500) قدم مربع يولد (12344) باوند من المخلفات اي بمعدل (2.46) باوند قدم مربع هذه المخلفات تتضمن المواد التالية: خشب (7440) باوند، ورق مقوى (1.414) باوند ، جبس الواح جبسية (500) باوند
ان ادارة المخلفات الانشائية والهدم يعني تدوير واعادة استخدام هذه المخلفات بطريقة ممكن الاستفادة منها في أعمال انشائية أخرى ، وهي ممارسة لتقليل كمية المخلفات المتولدة .
ان اعادة استخدام أو تدوير المخلفات الانشائية والهدم هي أحد أكبر مكونات التنمية المستدامة.
قدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية بان (136) مليون طن من الانقاض الخاصة بالبناء والهدم تولدت في الولايات المتحدة خلال عام 1996 وان الجزء الأعظم من هذه المخلفات يأتي من هدم المباني وترميمها . المتبقي يأتي من البناء الجديد ، (Building Demolition and Renovation)
تقدر كميات مخلفات البناء المتولدة عن قطاعات انشاء الابنية التجارية والسكنية بنسب متساوية تقريبا وقدرت كمية مخلفات البناء بالنسبة لعدد السكان لعام 1996 بـ 2.8 باوند شخص يوم .
يتنوع تركيب المخلفات الخاصة بالبناء والهدم بشكل ملحوظ بالاعتماد على نوع المشروع الذي تتولد منه . على سبيل المثال تحتوي الانقاض الناتجة من الابنية القديمة على مادة البناء بالجبس وأنابيب رصاصية ، بينما من المحتمل أن تحتوي انقاض الابنية الحديثة على كمية ملحوظة من البلاستيك وصفائح جبسية جاهزة.

9.2 لماذا يشكل حطام الانشاءات والهدم مشكلة ؟

تسبب مخلفات البناء والهدم ملو مواقع الطمر الصحي وفي حالة غلق المواقع في المستقبل القريب فمن المستحسن ايجاد خيارات اخرى غير دفن مخلفات الهدم والانشاءات فيها اضافة

الى ان الطمر غير النظامي المخلفات الانشاءات والهدم قد يسبب مخاطر صحية في المستقبل أو تقليل قيمة الأراضي أو تترتب كلف عالية لازالتها وتنظيفها .

ان الادارة المناسبة لتقليل كمية مخلفات الانشاءات والهدم المتولدة تساعد في توفير أموالا ، وكذلك تصون الموارد وتحافظ على البيئة.

10.2 المنافع المتوقعة من اعادة استخدام او اعادة تدوير مخلفات البناء والهدم :

تقليل الكلف المدفوعة لمداخن النفايات واجور النقل والأجور الأخرى .

تقليل نسبة نضوب الموارد والتأثيرات السلبية على البيئة.

ادخار في تجهيز الطاقة وتوفير الكلف

عملية اعادة التدوير موقعا شائعة في تنفيذ مشاريع الانشاء الكبيرة كطريقة لتجنب كلف النقل والتخلص من المواد المتخلفة .

عوائد مادية تتولد من بيع مواد مختارة يعاد تدويرها .

الحفاظ على مواقع الطمر الصحي ذات القيمة في المساحات وكذلك الحفاظ على البيئة

1.10.2 معوقات اعادة التدوير:

- التصميم غير الملائم وكذلك المعدات وكفاءة المشغلين.
- قصور في التجهيز بما ينسجم مع تغذية الموقع بالمواد الانشائية.
- راس مال عالي.
- استناد عام غير متلائم .
- نوعية الادراك او المشاكل .

2.10.2 العوامل التي تؤثر على اعادة تدوير مواد البناء:

- حجوم المواد المنتجة.
- تصميم العمليات.
- العمالة
- مصدر تجهيز المواد.
- الطاقة.
- طبيعة البنى التحتية .
- مواصفات المواد المدورة المنتجة.

11.2 تطوير خطة إدارة مخلفات الانشاءات والهدم.

هناك خمسة خطوات للمساعدة في تطوير خطة ادارة مطلقات الانشاءات والهدم، ولكن ليست كل الخطوات

من الممكن تطبيقها وباسكان المبتلين والمقاولين اختيار افضل الحالات

بعض هذه الخطوات تتطلب تغير كبير في الطريقة في المكتب أو في مقر العمل بينما باقي الخطوات بالامكان تتغيرها ولكن بشكل قبل

الخطوة الأولى: المواد المستهدفة التي يتطلب استرجاعها ، هي مواد كمياتها كبيرة وقيمة ويتطلب ما يلي

- تحديد كمية المواد المستهدفة في الموقع والمواد المطلوب تدويرها لاعطاء فكرة عن ذلك المواد
- يجب تحديد المواد المستهدفة ويتم اختيار احدها يمكن وضع برنامج الاعداد تدويرها لعدة منشآت يتم بناءها في نفس الوقت
- تحديد متى تتولد هذه المواد ، مثلا تتولد مخلفات اكثر خلال صلية الإنهاءات (اللبخ) .
- معرفة نوعية المخلفات وهل هي بحالة تسمح بأعادة استخدامها وتدويرها .

الخطوة الثانية: تحديد الأوجه الاقتصادية لتقليل الاعداد تدوير المواد المستهدفة وذلك من خلال ما يلي :

- وضع دبرنامج الاعداد التدوير مثل البرنامج المتبع في التخلص من التقنيات الاعيانية وهل يحتاج الأمر إلى عمالة اضافية أو عمالة قليلة
- الاتصال بمن يقوم باعادة التدوير الحديد الكلف والقيمة المواد المستهدفة
- طرح كمية المواد التي يعاد تدويرها من الكلب الكلية الخاصة بالتخلص من النفايات لتحديد مقدار الادخار.

الخطوة الثالثة: تقيم التوقيات التولد المواد المستهدفة خلال البناء او الهدم وذلك عن طريق

تطوير برنامج اعادة التدوير بحيث يكون مطابقا مع الزمن الذي تتولد فيه هذه النفايات مثلا الكارتون يتولد في فترة قريبة من نهاية الإنشاء عندما يتم تصب التجهيزات والتأثيث

الخطوة الرابعة: التعرف على حدود المواد المستهدفة حيث أن بعضها يتطلب تحديد ما يلي :

- مساحة الخزن
- مقدار المسافة المطلوبة لنقل المواد المطلوب لإعادة التدويرها
- المواد التي تظهر بطريقة غير مشروعة من قبل السكان العالميين أو عبر المقاولين باعتبار أن طريقة المقاول معروفة)

الخطوة الخامسة: لتطوير خطة النفايات وهذا يتم عن طريق

جمع المعلومات التي تخص المواد المستهدفة من الناحية الاقتصادية ووقت تولد المواد وتوعيتها لغرض تنعيد وتطوير خطة عمل التقليل النفايات في المستقبل.

12.2 اعادة استخدام واعادة تدوير مخلفات البناء والهدم

بغرض تنفيذ و تطوير خطة عمل لتقليل النفايات في المستقبل .

هنالك عدة خيارات لادارة مخلفات البناء والهدم من الممكن اعتمادها قبل تنفيذ الخطة الخاصة بالتنفيذ ولكل خيار متطلبات خاصه وكذلك فوائد ومحاسن ويوضح الجدول رقم (2-1) الخيارات الممكنة لادارة المخلفات.

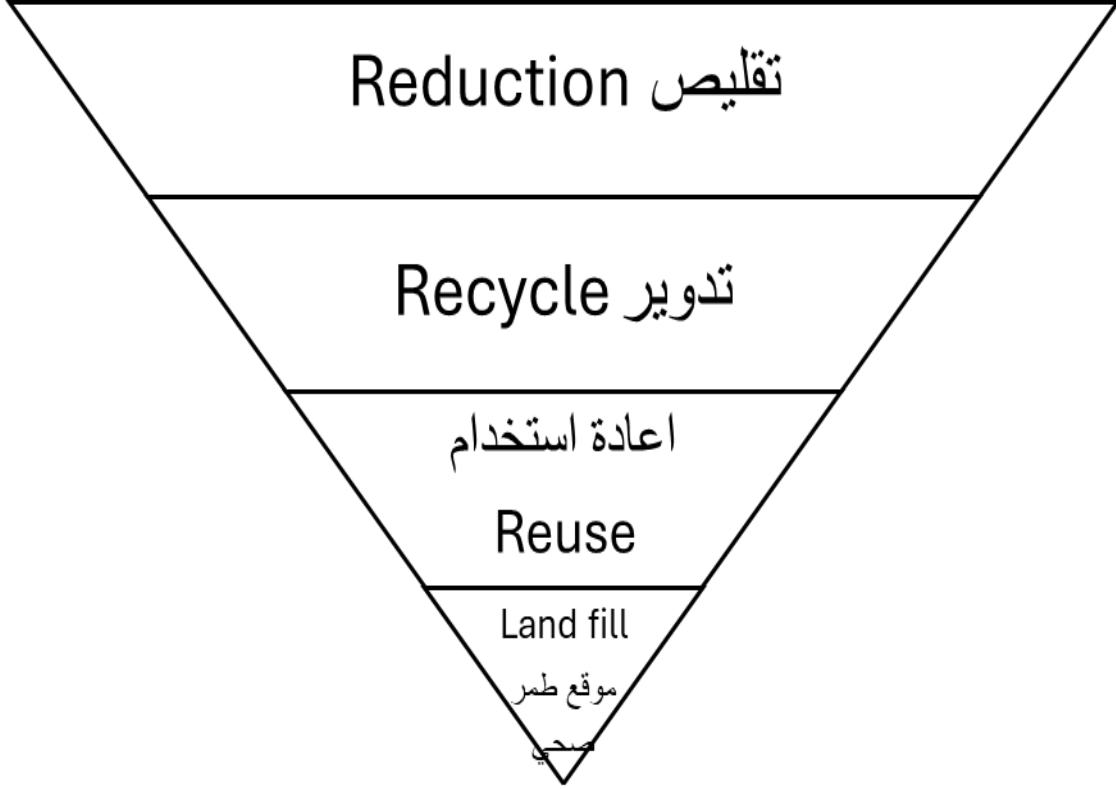
يجب أن نضع في الحسبان ليس كل تقنية ممكنة التطبيق لاي مقاول او بناء وان كل الخيارات ممكن تعديلها التناسب الاحتياجات الخاصة ، وعليه بالامكان خلق خيارات جديدة

الخيارات	الطرق	المحاسن	المساوي
تقليل من المصدر	- تنظيف الموقع من أوراق الأشجار وعدم قطع الأشجار كلما أمكن. - تحسين الخطة الخاصة بتعديل الأرضيات لتناسب. - زيادات القطع.	- توفير في الأموال نتيجة تقلص كلف المواد. - تقليل أجور العمالة والتخلص من المخلفات.	الكلف المستقطعة من المشتريين. توفير فنيين في أعمال الزراعة والديكور ومراقب عمل.
إعادة الاستخدام	- إعادة استخدام القطع في البناء للجدران. إعادة استخدام الطابوق كموايد الإملاء والسقوف. المشاريع التي تهدم قد تحتوي مواد يمكن إنقاذها مثل مغاسل المطبخ، الأنابيب، أخشاب الأرضيات وغيرها.	وفير كلف التخلص للمواد. تقليل الكلف الأولية للمواد. تشجيع كفاءة الاستخدام في المواد.	تدريب طاقم البناء.
استرجاع المواد المخلوطة	فصل المواد المستهدفة من المخلفات لإعادة استخدامها *وضع كل المواد المطلوب تدويرها في حاوية واحدة لنقلها. وضع حاويات عديدة في الموقع.	علاقة البناء وقليلة. يحتاج الى تدريب قليل لطاقم العمل.	نقصان في قيمة المواد.
الفصل في موقع العمل	تجهيز حاويات لنقل كل المواد المطلوب تدويرها. طاقم البناء يجب أن يكون مسؤولاً عن وضع المواد في الحاوية الخاصة لكل مادة.	- قيمة أعلى للمواد المعاد تدويرها منظورة للمشتريين المتوقعين . جدول جمع المخلفات يوضع على اسس الحاجة.	يتطلب تدريب أكثر لطاقم البناء. حاويات كثيرة في الموقع تلوث قسم من المواد يقلل من تسويقها.
سياسة الاسترجاع	الجهة المصنعة تسترجع المخلفات مثل الكاربت، الأثاث، الحشوات ليعاد تدويرها في إنتاج جديد.	تقليل المخلفات من الموقع. المسؤولية تتحملها الجهة المصنعة.	عادة تكون على الكميات الكبيرة فقط. - المواد يجب أن تكون لها قيمة عالية.

جدول(1-2) يوضح الخيارات الممكنة لإدارة المخلفات الإنشائية

1.12.2 كيفية ادارة حطام الهدم والإنشاءات:

عند ادارة مخلفات الهدم والإنشاءات فإن الخيار الأول الذي يؤخذ بعين الإعتبار هو التقليل والخيار الأخير هو الطمر الصحي ويوضح من الجدول رقم (2) الخيارات الخاصة بإدارة المخلفات الإنشائية والهدم



مخطط(2-4) يوضح الخيارات الخاصة بإدارة مخلفات الإنشاءات والهدم

2.12.2 كيفية تقليل النفايات الإنشائية من المصدر ؟

بالامكان تقليل كمية حطام الإنشاءات والهدم التي تتولد من المصدر وذلك بواسطة الاهتمام بتقدير كمية المواد الخام التي تحتاجها لإنشاء النشاط في الموقع بعد التأكد من كمية المواد التي تجلب إلى الموقع.

ان تقليل كمية النفايات المتولدة تقليل من المصدر يؤدي الى :

- تقليل في كلف التخلص من النفايات
 - تقليل أجور العمل المصروفة بسبب قلة المواد المستعملة والمتقطعة.
 - تقليل المبالغ المصروفة على المواد بسبب قلة في المواد المتخلفة .
- ❖ **التصميم:** يتم تبليغ مصمم البناية باستخدام مواد ذات حجوم قياسية على سبيل المثال مقاطع للجدران الجاهزة (84) قدم وغير ذلك من المواد.

❖ **التخطيط :** وضع خطة مستقبلية بحيث تقلل المسار الموضوع للمجهزين المحليين عن طريق:

- التجهيز عن طريق المجهزين المحليين.
- بالامكان خزن التجهيزات أو المواد الفائضة الى المشاريع اللاحقة .
- ❖ **تقليل التغليف :** يتم ابلاغ المجهز بازالة التغليف عن التجهيزات والمواد قبل نقلها واستعمالها في الموقع واستخدام قطع من قماش معاد استخدامها او اعادة مواد التغليف بعد تسليم المواد الى المجهز.

تضمن كلف التخلص من النفايات في المناقصات والمزايدات
الطلاب من المقاولين والمتعهدين لتضمن كلف ازالة المخلفات في المناقصات
تحفيزهم على تقليل انتاج تلك المخلفات.

3.12.2 كيفية اعادة استخدام حطام الانشاءات والهدم؟

تتضمن مخلفات الهدم والانشاء المواد النظيفة التالية :

- الكونكريت المكسر بدون حديد التسليح .
- الطابوق
- حجر
- صخر
- الأسفلت الاكساء المسترجع

الاسواخ والرمال المتولد من نشاط الانشاء والهدم.

يتم تقليل المخلفات الانشائية والهدم عن طريق اعادة الاستخدام وكما يلي:

مخلفات الهدم والانشاء النظيفة بالامكان استخدامها كمواد في طبقات الاملاء اذ يتم تغطيتها بتربة غير

ملوثة كافية لزراعة مناطق خضراء بعد ثلاثين يوما من الاملاء.

الكونكريت المكسر بدون حديد تسليح بالامكان استخدامه لمنع تآكل التربة . اضافة الى ان مواد الهدم ، الابواب ، الطابوق تجهيزات بالامكان اعادة استخدامها

مواد الانشاء والهدم بالامكان فصلها وتصنيفها لغرض اعادة استخدامها في مشاريع أخرى او بالامكان تصنيفها لاستخدامات أخرى .

4.12.2 كيفية تدوير مخلفات الهدم والانشاءات ؟

ان عملية اعادة تدوير مخلفات الهدم والانشاءات تقلل المصروفات المالية وتقلل كمية المواد التي يتطلب التخلص منها في موقع الطمر الصحي .

بالامكان اعادة تدوير الخشب والالمنيوم والمعادن الأخرى، الاسفلت ، الكونكريت والألواح الكارتونية .

هنالك ثلاثة طرق ممكنة للمقاولين في حقل الانشاءات لاعادة تدوير المخلفات متضمنة الآتي:

جمع المواد المخلوطة : المواد التي بالامكان اعادة تدويرها تنقل من موقع العمل ، وتفصل حسب نظافتها وترسل الى عمليات اعادة التدوير.

فصل عند المصدر : المواد نفسها تفصل من المخلفات الأخرى في موقع العمل وحسب نوعيتها (مثل الخشب المعادن ، الكونكريت) ترسل إلى عمليات اعادة التدوير

التصنيع في الموقع : المواد التي يعاد تدويرها يتم تصنيعها في موقع العمل فتكون جاهزة لاعادة الاستخدام .

5.12.2 كيفية طمر مخلفات الانشاءات والهدم ؟

مخلفات الانشاءات والهدم تنقل إلى الاماكن المرخصة بواسطة الناقل مع مراعاة ما يلي:

- يجب الحصول على الموافقة المبدئية على القيام بالتخلص من هذه المخلفات في الموقع.

إذا كانت هناك اصباغ ورصاص يتم ازالتهما من مخلفات غير منزلية (على سبيل المثال الأصباغ المزالة من طبقات الاساس في المواد المصبوغة) كما يجب فحص مخلفات الاصباغ بالمختبر بطريقة الخاصية السمية للراشح .

قبل عملية الدفن حيث تدار هذه Toxicity characteristic leachate procedure (TCLP)

المخلفات بطريقة خاصة .

Illinois Environmental Protection Agency

13.2 انظمة او تعليمات الادارة مخلفات الانشاءات والهدم

بعض السلطات تشترط بأن تفصل مخلفات الانشاءات والهدم من المخلفات الأخرى وتعزل في موقع الطمر الصحي ، لتشجيع اعادة التدوير أو اعادة الاستخدام.

التعليمات تقسم مسار المخلفات الانشائية إلى اربعة اصناف :

- نفايات الهدم
- نفايات قشط التربة
- مخلفات هامة (غير نشطة)
- مخلفات الحقائق

وتوصي باتباع الطرق التالية في التصرف بهذه المواد:

-مخلفات البناء والهدم يجب فصلها الى مواد يمكن اعادة تدويرها ومواد من غير الممكن اعادة تدويرها .

-مخلفات هامة (كونكريت، طابوق ، كتل كونكريتية ، تربة غير ملوثة ، حصى ، صخور) وهذه يمكن اعادة استخدامها او اعادة تدويرها كموايد للإملاءات

-مخلفات الحقائق وتنظيف الارضيات (قشط الأرضيات يجب اعادة تدويرها او اعادة استخدامها كموايد فراش للفواكه او تحت الاشجار او استخدامها كسماد .

الفصل الثالث

الفصل الثالث

الجزء المعمل

1.3 مقدمة:

هذا الفصل الركيزة الأساسية للجانب التطبيقي من البحث، حيث يستعرض بالتفصيل المنهجية العلمية المتبعة والبرنامج المعمل الذي تم تنفيذه لتقييم إمكانية استخدام الركام الخرساني المُعاد تدويره (Recycled Concrete Aggregates) كبديل (احلال وابدال) للركام الطبيعي في الخلطات الخرسانية وذلك بالنسب الموضحة لاحقاً.

سوف نتطرق الى تفاصيل الاختبارات المعملية وطرق انجازها والمواد المستخدمة فيها وتصميم الخلطة الخرسانية من المواد المعاد تدويرها.

2.3 شرح مواصفات المواد المستخدمة: والتي تشمل:

الركام الناتج عن حطام الخرسانة: وهو العنصر المتغير الأساسي في الدراسة.
الأسمنت: كعامل رابط أساسي.

الرمل (الركام الناعم): لضمان تدرج حبيبي متكامل.

الماء: المستخدم في عمليات الخلط والمعالجة.

كما يتناول الفصل وصفاً دقيقاً لخطوات تحضير العينات، وتصميم الخلطات الخرسانية بنسب استبدال متفاوتة، وصولاً إلى شرح البروتوكولات المتبعة في الاختبارات المعملية وفقاً للمواصفات القياسية المعتمدة (البريطانية BS)، وذلك لضمان الحصول على نتائج دقيقة وقابلة للمقارنة والتحليل في الفصول القادمة

3.3 خطوات التحضير:

- نسب المواد: هذه النسب لعدد 6 مكعبات
- ركام: الركام الكلي المستخدم 38.6055 Kg
- رمل: 17.3445 Kg
- اسمنت: 10.5Kg
- ماء: 5.25Litter



صورة (1-3) توضح مكعبات تستخدم لاعادة التدوير



صورة (2-3) توضح ركام كسر المكعبات

اولاً:نسبة 25%ركام معاد تدويره:-

تم اضافة 9.65137 كيلو جرام من الركام المعاد تدويره الى 28.954 كيلو جرام من الخرسانة ثم نضيف 10.5 كيلو من الأسمنت الى الركام ثم نضيف 17.3445 كيلو من الرمل مزج المواد الجافة جيداً نضيف 5.25 لتر من الماء على ثلاث مراحل مع تحريك العينة بمعول (كوريك) اثناء إضافة الماء في هذه الأثناء نقوم بتجهيز 6 قوالب ودهنها بزيوت لمنع الالتصاق نصب كل قالب على ثلاث مراحل بين كل مرحلة نقوم بدمك الخليط بـ 25 ضربة لمنع الفراغات والتعشيش ثم نترك لمدة 24 ساعة ثم تغمر في حوض مائي

- تقسم العينة الى قسمين القسم الاول : 7 مكعبات يتم اخراجها من الماء ويتم وضعها على الشمس حتى يجف سطحها الخارجي ثم توضع على الميزان وتسجيل وزنها ثم توضع على آلة الضغط لحساب المقاومة لكل مكعب وذلك بعد 7 ايام من الغمر
- القسم الثاني: يحدث نفس الشئ للثلاثة مكعبات الاخرى ولكن تختلف في عدد ايام الغمر الى 28 يوم



صورة(3-3) توضح الخلطة الخرسانية قبل الصب

ثانيا:نسبة 50% ركام معاد تدويره:-

تم اضافة 19.3 كيلو جرام من الركام المعاد تدويره الى 19.3 كيلو جرام من الخرسانة ثم نضيف 10.5 كيلو من الأسمنت و 17.3445 كيلو من الرمل ثم نضيف 5.25 لتر من الماء مع تحريك العينة جيدا نصب كل قالب على ثلاث مراحل بين كل مرحلة نقوم بدمك الخليط ب25 ضربة ثم نترك لمدة 24 ساعة ثم تغمر في حوض مائي



صورة(3-4) توضيح وضع الخليط في المكعب

- تقسم العينة الى قسمين القسم الاول :3 مكعبات يتم اخراجها من الماء ويتم وضعها على الشمس حتى يجف سطحها الخارجي ثم توضع على الميزان وتسجيل وزنها ثم توضع على آلة الضغط لحساب المقاومة لكل مكعب وذلك بعد 7 ايام من الغمر
- القسم الثاني: يحدث نفس الشئ للثلاثة مكعبات الاخرى ولكن تختلف في عدد ايام الغمر الى 28 يوم



صورة (3-5) توضح عملية الدمك

ثالثاً:نسبة 100% ركام معاد تدويره:-

في هذه النسبة نقوم بصب 6 مكعبات بما مقداره 38.6055 ركام معاد تدويره و 10.5 كيلو جرام من الاسمنت مع 17.3445 كيلو من الرمل و 5.25 لتر من الماء تخلط في خلاط كهربائي خلطاً جيداً ثم تصب في مكعبات على ثلاث مراحل بين كل مرحلة نقوم بدمك الخليط بـ 25 ضربة ثم تترك لمدة 24 ساعة لتجف ثم تغمر في حوض مائي

- تقسم العينة الى قسمين القسم الاول :3 مكعبات يتم اخراجها من الماء ويتم وضعها على الشمس حتى يجف سطحها الخارجي ثم توضع على الميزان وتسجيل وزنها ثم توضع على آلة الضغط لحساب المقاومة لكل مكعب وذلك بعد 7 ايام من الغمر
- القسم الثاني:يحدث نفس الشئ للثلاثة مكعبات الاخرى ولكن تختلف في عدد ايام الغمر الى 28 يوم

نسبة 100% ركام(خرسانة عادية):-

في هذه النسبة نقوم بصب 6 مكعبات بما مقداره 38.6055 خرسانة و 10.5 كيلو جرام من الاسمنت مع 17.3445 كيلو من الرمل و 5.25 لتر من الماء تخلط خلطاً جيداً ثم تصب في مكعبات على ثلاث مراحل بين كل مرحلة نقوم بدمك الخليط بـ 25 ضربة ثم تترك لمدة 24 ساعة لتجف ثم تغمر في حوض مائي

- تقسم العينة الى قسمين القسم الاول :3 مكعبات يتم اخراجها من الماء ويتم وضعها على الشمس حتى يجف سطحها الخارجي ثم توضع على الميزان وتسجيل وزنها ثم توضع على آلة الضغط لحساب المقاومة لكل مكعب وذلك بعد 7 ايام من الغمر
- القسم الثاني:يحدث نفس الشئ للثلاثة مكعبات الاخرى ولكن تختلف في عدد ايام الغمر الى 28 يوم

ملحوظة:___

تم اجراء اختبار المقاومة والكسر على المكعبات وستنطبق الى نتائج الاختبار في الفصل القادم.

الفصل الرابع

الفصل الرابع

النتائج

1.4 مقدمة:

هذا الفصل هو الأساس للجانب العملي من البحث، حيث يتم فيه استعراض وتحليل البيانات المستخلصة من الاختبارات المعملية التي أجريت على عينات الخرسانة المحتوية على مخلفات الهدم والبناء المعاد تدويرها. ومقارنتها بالخلطات المرجعية التقليدية، للوقوف على مدى صلاحية هذه المخلفات كبديل للمواد الأولية في المنشآت الهندسية.

يتناول هذا الفصل عرضاً تفصيلياً لنتائج صب المكعبات الخرسانية بمختلف مراحلها، بدءاً من قياس الأوزان والكتلة الفراغية للعينات في حالتها الصلدة، وصولاً إلى الاختبار الأهم وهو اختبار مقاومة الضغط (f_{cu})، والذي يعد المؤشر الرئيسي لجودة ومتانة الخرسانة.

وسيتم عرض هذه النتائج من خلال جداول إحصائية ورسوم بيانية توضح العلاقة بين نسب الإحلال للمخلفات وتأثيرها على قوة التحمل، مع تحليل المسببات الهندسية لكل نتيجة بناءً على سلوك الركام المعاد تدويره وتفاعله داخل العجينة الإسمنتية.

2.4: وصف العينات (sampling):-

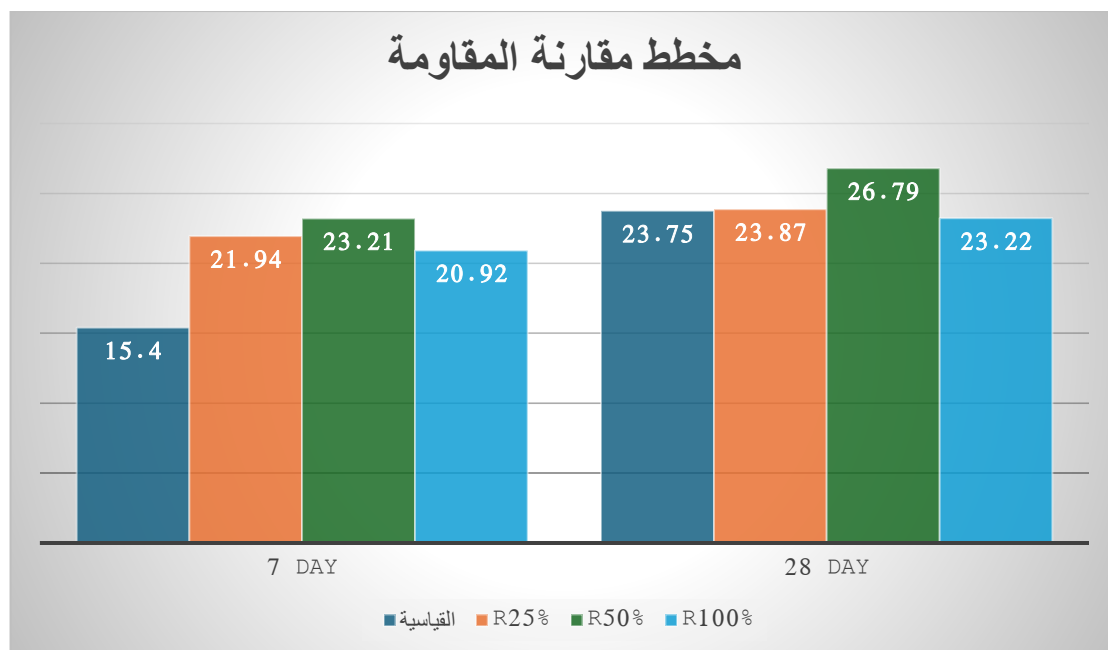
- i. الخلطة القياسية 100% خرسانة (6 مكعبات).
- ii. نسبة 25% ركام معاد تدويره 75% خرسانة (6 مكعبات).
- iii. نسبة 50% ركام معاد تدويره 50% خرسانة (6 مكعبات).
- iv. نسبة 100% ركام معاد تدويره 0% (6 مكعبات).

جدول (1-4) يوضح اوزان وكثافة المكعبات الخرسانية

الوزن بالجرام	الكثافة (Kg\m ³)	الحجم (m ³)	وزن المكعب (kg)	نسبة الإحلال %	رمز الخلطة
7910	0.0023	0.003375	7.910	0%	Control
8290	0.0024	0.003375	8.290		
8460	0.0025	0.003375	8.460		
8280	0.00245	0.003375	8.280		
8085	0.0024	0.003375	8.085		
8465	0.0025	0.003375	8.465		
8170	0.0024	0.003375	8.170	25%	R_25%
7715	0.0023	0.003375	7.715		
8225	0.0024	0.003375	8.225		
8253	0.0024	0.003375	8.253		
8369	0.0025	0.003375	8.369		
8299	0.0025	0.003375	8.299		
8473	0.0025	0.003375	8.473	50%	R_50%
8053	0.0024	0.003375	8.053		
8122	0.0024	0.003375	8.122		
8417	0.0025	0.003375	8.417		
8497	0.0025	0.003375	8.497		
8223	0.0024	0.003375	8.223		
8107	0.0024	0.003375	8.107	100%	R_100%
8115	0.0024	0.003375	8.115		
7933	0.0024	0.003375	7.933		
8060	0.0024	0.003375	8.060		
8095	0.0024	0.003375	8.095		
8070	0.0024	0.003375	8.070		

جدول (2-4) يوضح نتائج اختبار مقاومة الضغط (fcu)

متوسط المقاومة (Mpa)	المقاومة (Mpa)	حمل الكسر (KN)	عمر العينة (ايام)	رمز الخلطة
15.4	15.561 14.922 15.528	350.114 335.745 349.375	7day 7d 7d	Control
23.75	23.358 22.620 25.260	525.549 508.948 568.355	28d 28d 28d	Control
21.94	19.376 23.097 23.346	387.528 461.940 466.346	7day 7d 7d	R_25%
23.870	24.654 23.638 23.319	554.718 531.851 524.686	28d 28d 28d	R_25%
23.21	22.660 23.767	509.848 534.759	7day 7d 7d	R_50%
26.79	27.361 26.104 26.905	615.615 587.338 605.357	28d 28d 28d	R_50%
20.92	21.639 19.777 21.355	486.888 444.982 480.491	7day 7d 7d	R_100%
23.22	24.049 22.386	541.099 503.677	28d 28d 28d	R_100%



الشكل (1-4) مخطط مقارنة المقاومة

الفصل الخامس

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

1.5 الخلاصة (الاستنتاجات):

من خلال الدراسة والتحليل والتجارب العملية التي أجريت ضمن هذا البحث حول إعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء، تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

أثبتت الدراسة إمكانية استبدال الركام الخشن الطبيعي بالركام المعاد تدويره الناتج عن مخلفات المباني المهدمة، مما يعزز الاستدامة البيئية ويقلل التكلفة الاقتصادية.

أظهرت النتائج أن استخدام الركام المعاد تدويره يؤثر على خواص الخرسانة؛ حيث تنخفض هذه الخواص بزيادة نسبة الاستبدال مقارنة بالخرسانة التقليدية.

تبين أن الانخفاض في خواص الخرسانة لم يكن كبيراً عند استخدام نسب استبدال تتراوح ما بين (0% إلى 50%)، وهي نسبة مشجعة لاستخدام هذا النوع من الركام في إنتاج خرسانة صديقة للبيئة.

تتميز الخرسانة المعاد تدويرها عموماً بقدرة امتصاص ماء أعلى وكثافة أقل مقارنة بالحصى الطبيعي، وتعتمد خصائصها بشكل أساسي على جودة الخرسانة الأصلية وعملية التدوير.

تساهم عملية إعادة التدوير في تقليل مساحة الأراضي المستخدمة في المكبات، وخفض انبعاثات الكربون المرتبطة باستخراج المواد الطبيعية وصناعة الأسمنت.

أكدت الدراسة أن التطور التكنولوجي يسمح بإعادة تدوير مخلفات البناء والهدم وإعادة استخدامها لصناعة البناء

2.5 التوصيات:

بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها، يوصي البحث بالآتي:

للمهندسين والمصممين: ضرورة اعتماد التصميم التي تستخدم مواد ذات أحجام قياسية لتقليل كمية النفايات المتولدة من المصدر.

للمقاولين وإدارة المواقع: اتباع سياسة "الفصل عند المصدر" عبر فرز المخلفات (خشب، معادن، خرسانة) في موقع العمل لضمان جودة المواد المعاد تدويرها وتقليل تكاليف النقل.

في التطبيقات الهندسية: التوسع في استخدام الركام المعاد تدويره في الأعمال غير الإنشائية، مثل طبقات الأساس للطرق، الرصف، ردم وتسوية الأراضي، والخرسانة المستخدمة في الأساسات والمباني غير الإنشائية.

للجهات التنظيمية وصناع القرار: وضع تشريعات وسياسات تلزم شركات التشييد بإعادة استخدام نسبة من المخلفات، وتضمين تكاليف التخلص من النفايات ضمن المناقصات لتحفيز المقاولين على تقليل إنتاجها.

للباحثين: إجراء المزيد من الدراسات التطبيقية لرفع كفاءة المواد المعاد تدويرها وإزالة التخوف من استخدامها في المنشآت الحيوية.

إدارة الخطة: ضرورة وضع "خطة إدارة مخلفات" لكل مشروع إنشائي تتضمن تحديد المواد المستهدفة وكيفية استرجاعها وتوقيات تولدها لضمان أقصى استفادة اقتصادية وبيئي

3-5 المراجع:

- (1) _مكتبة نور_ كتاب اعادة تدوير مخلفات الهدم والبناء_دكتور عبدالله الساعدي.
- (2) خالد عبد العزيز 2018 : تكنولوجيا الخرسانة الخضراء و استخدام الركام المعاد تدويرها .
- (3) تقرير وزارة البيئة و الغابات 2020 : الدليل الاسترشادي لإعادة تدوير مخلفات البناء في الدول العربية , جامعة الدول العربية .
- (4) أماني عساف 2012 : ادارة مخلفات البناء و الهدم دراسة حالة في الهندسة المستدامة