

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها

عبدالرؤوف جمعة النايض

المعهد العالي للعلوم والتقنية - الخمس .

الملخص :

تعتبر النفايات الخرسانية واحدة من أكبر المشاكل التي تواجه الدول النامية ؛ إذ لهذه النفايات الآثار البيئية والاقتصادية السيئة ؛ لذلك أصبح البحث عن الاستفادة منها في مجالات البناء أمر يقلل من أضرارها وجعلها عاملاً إيجابياً بدلاً من تكديسها في فراغات كبيرة وتلويثها البصري السلبي . تقتصر فكرة المشروع على تجهيز خلطات خرسانية ذات ركام معاد تدويره ، و خلطها بنسب متقاربة من الخبث (3% ، 6% ، 9%) ، بواقع 6 مكعبات من كل خلطة ، بالإضافة إلى خلطتين : واحدة للركام الطبيعي، وأخرى للركام المعاد تدويره بدون خبث للتحكم ، وأُجْرِيَ عليها اختبارا الهبوط والضغط ، وأظهر الاختباران نتائج فعالة ، إذ يمكن استعمال الركام المعاد تدويره .

الكلمات المفتاحية : النفايات ، الخبث ، التلوث ، الخرسانة ، الركام .

المقدمة :

يعتبر الركام الخشن أهم المواد في الخرسانة والمؤثرة على قوة الخرسانة واقتصاديته ، إذ يشكل نسبة الركام الخشن 70% من حجم الخرسانة. وعند تدهور المنشآت الخرسانية أو عند إزالتها فإنه يتم التخلص منها برميها في شواطئ البحار أو في محاجر خاصة بها ؛ ما يسبب تلوثاً في تلك الشواطئ والأراضي ، وتكلف الدولة مبالغ طائلة في التخلص منها ، وأصبحت مشكلة تعاني منها جميع الدول ولعلاج هذه المشكلة ؛ فإن العالم اليوم يقوم بدراسة كيفية إعادة تدوير هذه المواد . وفي هذه الدراسة سوف نقوم بإعادة استخدام خرسانة هذه المباني كركام خشن وإعادة استخدامها من جديد بدلاً عن الركام العادي.

إن استخدام الإيكولوجيا الصناعية (عملية التدوير) تقلل من المشاكل البيئية الناتجة عن عملية صناعة الخرسانة الجاهزة وتحافظ على جودة المنتجات الجديدة ، وتحقق القدر الأكبر من التلوث في مخلفات الخرسانة السائلة والصلبة وإعادة تدويرها في الصناعات التي تعتمد على الخرسانة.

وكذلك إدخال الخرسانة في عمليات صناعية أخرى تحقق الوفرة الاقتصادية والزمن الأمثل في عمليات الإنجاز للمشاريع الإنشائية. إذ تؤدي استخدام مخلفات الصناعات الأخرى مثل المطاط والإطارات المستهلكة وخبث وخردة الحديد وبعض المخلفات من المصانع البتروكيميائية ومصانع البلاستيك في صناعة الخرسانة إلى إصحاح البيئة . إن عدم استخدام التنمية المستدامة والايكولوجيا الصناعية في مجال صناعة الخرسانة يؤدي إلى زيادة الفجوة التكنولوجية في مجال صناعة الخرسانة . وهناك العديد من المواد الخام الأولية التي تستخدم في عملية تصنيع الخرسانة أثناء النقل وأثناء التصنيع أو أثناء التشغيل في المواقع لها آثار بيئية سلبية تنتج عند التخلص منها ومن الخرسانة الصلبة المتصلدة .

خبث المعادن :

هو سماد فسفوري ينتج عند صهر حديد الزهر بفرن التحويل لتحضير الصلب فتتحد الشوائب الفسفورية بالحديد مع البطانة القاعدية للفرن المذكور، وتطفو على سطح الحديد المنصهر، ثم تفصل جسما مساميا له لون داكن . والخبث سماد قلوي يفيد التربة الحامضة أو المتعادلة وفائدته محدودة في غير هذه التربة. ويختلف تركيب الخبث ويسمى أيضا "فوسفات توماس" نسبة إلى أحد مبتكري بطانة الفرن وبوجه عام يحتوي السماد على 10 إلى 25% من خامس أكسيد الفسفور على صورة فوسفات الكالسيوم الرباعية التي تذوب في الماء بعسر وببطء شديدين إلى جانب أكسيد المغنيسيوم والسيلكون و الحديد . ومن ثم فإن الاستخدام الرئيسي للخبث المحبب هو كمادة إسمنتية . والأخبث المطحونة طحنا ناعما في إسمنتات متنوعة ، وتخلط في الأكثر مع الإسمنت البورتلاندي. ويمتاز هذا الإسمنت بمقاومة محسنة لماء البحر والكبريتات . ومن التطبيقات الأخرى لهذه الاخبث تثبيت التربة والأساسات وصناعة الزجاج ، ومادة تجيير زراعية (معالجة بالجير لمعادلة الحامضية) ، ويستخدم الخبث في مجالات أخرى منها في مجال رصف الطرق . في مجال استخدام الجلخ كركام للخرسانة المسلحة وطوب المباني في مجال تغطية جوانب السكك الحديدية. في إنتاج سيراميك الخبث. يمكن استخدام الأحجام الصغيرة من الخبث في مرشحات المياه والمجاري (بدلا من الرمل والحصى) وذلك في مرشحات المياه ومعالجتها . كما يمكن استخدام الجلخ أيضا في صناعة الزجاج العسلي وأنواع الخزف وكذلك في صناعة السيراميك.



شكل (1) يوضح شكل الخبث.

البرنامج العملي :

يتلخص البرنامج العملي في تحضير عدد 6 مكعبات للخرسانة العادية (غير محتوية على ركام معاد تدويره ولا يحتوى على خبث) كخلطة أولى ومقارنتها مع 6 مكعبات للخرسانة ذات الركام معاد تدويره ولا يحتوى على خبث كخلطة خامسة، 6 مكعبات للخرسانة ذات ركام معاد تدويره. والحاوية على 3% من الخبث كخلطه سادسة، و 6 مكعبات للخرسانة ذات الركام المعاد تدويره والحاوية على 6% من الخبث كخلطة سابعة، و 6 مكعبات للخرسانة ذات الركام المعاد تدويره والمحتوية على 9% من الخبث كخلطة ثامنة. انظر الجدول رقم (1) الآتي:

جدول رقم (1) الخلطات والخبث المستخدم .

رقم الخلطة	عدد المكعبات	الركام المستخدم	نسبة الخبث
1	6	عادي	0%
2	6	معاد تدويره	0%
3	6	معاد تدويره	3%
4	6	معاد تدويره	6%
5	6	معاد تدويره	9%

عينة الخرسانة من المبنى

تم اختيار عينة الخرسانة من مبنى قديم بجوار ميناء الخمس عمره حوالي 12 سنة. تم أخذ تلك القطع الخرسانية وإزالة الحديد منها وتجهيزها ليتم طحنها باستخدام طاحونة في العمامرة وتم تكسيدها إلى ركام (1cm) كما هو موضح في الشكل، حيث استخدمنا حوالي (100kg) من الركام في دراستنا .



شكل (2) يوضح مصدر الركام

المواد:

تم استعمال الإسمنت البورتلاندي العادي المرقب الخمس، والركام الخشن من محجر قصر الأخيار، والركام الناعم من مدينة زليتن، والجدول (2) يوضح الخواص الطبيعية للمواد ونتائج الاختبارات المستعملة .

الجدول (2) الخواص الطبيعية للمواد المستعملة

الإسمنت		المادة
الاختبارات	النتائج	حدود المواصفات القياسية الليبية رقم (2000/12)
زمن الشك الابتدائي (ساعة)	3:25	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي (ساعة)	5:30	لا يزيد عن 10 ساعات
ثبات الحجم	1	لا يزيد عن 10 mm
مقاومة الضغط بعد 3 أيام (N/mm^2)	26:45	لا تقل عن $24 N/mm^2$
مقاومة الضغط بعد 28 يوم (N/mm^2)	44:55	لا تقل عن $39 N/mm^2$
الوزن النوعي	3.15	مطابق

(241-231)

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها

المساحة السطحية		2977	لا تقل عن (2225cm ² /gm)			
المادة		الركام الناعم				
الوزن النوعي		2.68	(2.7.2.6)			
وزن وحدة الحجم (kg/m^3)		1567	(1800 – 1400)			
معامل النعومة		2.4	(3- 2)			
المادة		الركام الخشن				
الوزن لنوعي		2.75	(2.7- 2.6)			
وزن وحدة الحجم (kg/m^3)		1576	(1800- 1400)			
معامل الصدم (%)		23.56	لا تزيد عن 45%			
نسبة الامتصاص %		0.357	لا تزيد عن 3%			
المادة		الركام الخشن المعاد تدويره				
الوزن النوعي		2.4				
اختبار التحليل المنخلي للركام						
الركام الناعم						
قياس فتحة المنخل (mm)	وزن المحجوز (جم)	الوزن التراكمي المحجوز(جم)	النسبة المئوية للمحجوز(جم)	النسبة المئوية المثوية للمار(جم)	المواصفات ASTM	
5	0	0	0	100	95-100	
2.38	0	0	0	100	80- 100	
1.18	0.1	0.1	0.02	99.98	50- 85	
0.6	0.5	0.6	0.12	99.88	25- 100	
0.3	168.5	169.1	33.82	66.18	10- 30	
0.15	288.7	457.8	91.66	8.34	2- 10	
الوعاء	41.7	499.5	99.9	0	- - -	
الركام الخشن (ركام زاوي الشكل وقطر هذا الركام (1cm)).						
37.5	0	0	0	100	- -	
20	0	0	0	100	100	
14	413.2	413.2	8.264	91.736	90- 100	
10	610.2	1023.4	20.468	79.532	50- 85	
5	3714.6	4738	94.76	5.24	0- 10	
3.35	237.2	4975.2	99.504	0.496	- -	

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها (241-231)

الوعاء	245.6	5220.8	100	0	- -
ركام معاد تدويره (تم غربلته على منخل رقم 5)					
37.5	0	0	0	100	
20	0	0	0	100	
14	303.3	303.3	6.066	93.934	
10	635.6	938.9	18.778	81.222	
5	733.3	1672.2	33.444	66.556	
3.35	2352.2	4024.4	80.488	19.512	
الوعاء	975.6	5000 جم	100	0	

كانت نسبة الماء في الخلطة (0.5) ونسبة الركام الناعم (0.3) ونسبة الركام الخشن (0.7) .

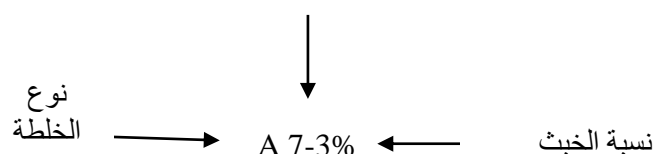
تحليل النتائج :

يختص هذا الفصل في تحليل نتائج الاختبارات التي أجريت على المكعبات الخرسانية ودراساتها دراسة مفصلة حيث سنبدأ بدراسة هبوط الخرسانة لجميع الخلطات الخرسانية ومن ثم سوف ندرس مقاومة الضغط وذلك بعد 7 أيام من تاريخ صناعة الخرسانة وبعد 28 يوم. وكثرة الخلطات التي أجريت واختلاف نسبة الخبث الذي أضيف واختلاف نوع الركام المستخدم ، سيتم وضع مفاتيح ورموز لتسهيل دراسة الخلطات ومعرفة الفروق بينها إذا تم تقسيم العينات وذلك حسب الأتي: -

جدول (3) يوضح مفتاح الرموز

الخبث	الركام	الرمز
لا يوجد	عادي	A
لا يوجد	عادي	A
يوجد	المعاد تدويره	B.%
لا يوجد	المعاد تدويره	B

ولقد تم كتابة الرموز بالشكل التالي: ز من التكسير

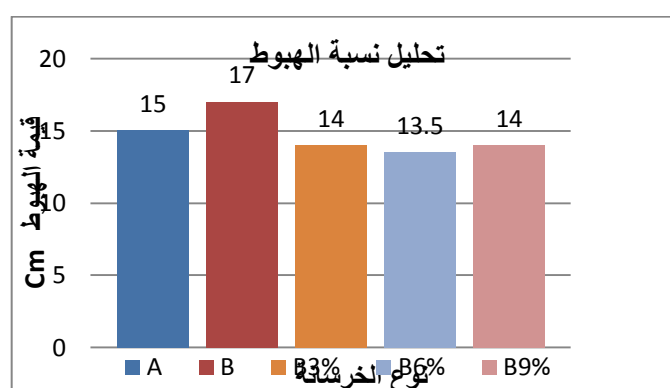


تحليل هبوط الخرسانة : -

تعتبر قيمة هبوط الخرسانة المؤشر لتشغيل الخرسانة ومدى إمكانية مناولتها ، لهذا يجب دراسة هبوط الخرسانة في الخرسانة المضافة إليها نسب مختلفة من الخبث للحكم على إمكانية استخدامها من عدمها .

جدول (4) يوضح قيمة الهبوط

نوع الخلطة	قيمة الهبوط C_m
A	15
B	17
B _{3%}	14
B _{6%}	13.5
B _{9%}	14



الشكل (3) يوضح الهبوط في الخلطات .

نلاحظ من الشكل السابق أن الخرسانة ذات الركام الخشن المعاد تدويره لها هبوط أعلى من تلك الخرسانة ذات الركام المعاد تدويره مع الخبث، الأمر الذي يعني أن الخبث يؤثر على تشغيلية الخلطة.

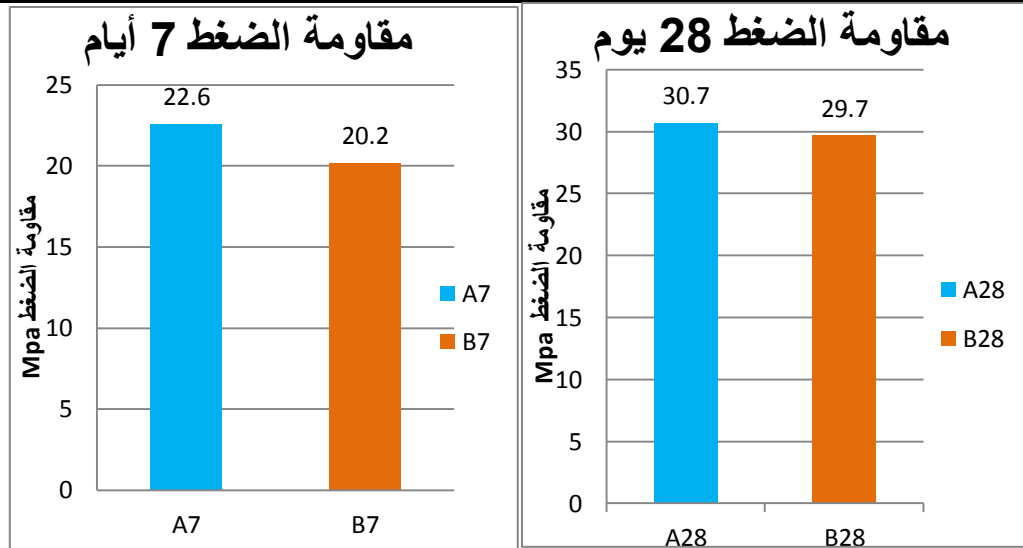
• تحليل نتائج الضغط

جدول (5) يوضح نتائج اختبارات الضغط

خرسانة ذات ركام طبيعي اختبرت بعد 7 أيام ويرمز لها برمز (A ₇)					العينة
متوسط الإجهاد (N/mm ²)MPa	الإجهاد N/mm ²	حمل الضغط KN	كثافة المكعب Kg/m ³	وزن المكعب Kg	رقم المكعب
22.6	22.4	504	2.336	7.884	1
	21.3	480	2.247	7.584	2
	24.1	544	2.345	7.917	3

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها (241-231)

خرسانة ذات ركام خشن معاد تدويره اختبرت بعد 7 أيام ويرمز لها برمزم (B ₇)					العينة
20.2	20.6	464	2.35	7.933	1
	19.8	446	2.22	7.513	2
	20.2	458	2.24	7.566	3
نتائج عن عينة الركام الطبيعي بعد 28 يوم ويرمز لها برمزم (A ₂₈)					العينة
30.7	33.7	759	2.31	7.821	1
	29.6	667	2.35	7.933	2
	29.0	654	2.28	7.720	3
نتائج عن عينة الركام المعاد تدويره بعد 28 يوم ويرمز لها برمزم (B ₂₈)					العينة
29.7	30.4	686	2.28	7.705	1
	28.7	646	2.19	7.393	2
	30.0	676	2.35	7.962	3
يوضح نتائج عينة الركام معاد تدويره بعد 7 أيام ونسبة خبث 3% ويرمز لها بالرمزم (B _{7-3%})					العينة
26.7	26.4	595	2.18	7.358	1
	25.1	565	2.32	7.838	2
	28.8	649	2.22	7.509	3
نتائج عينة الركام معاد تدويره بعد 28 يوم ونسبة خبث 3% ويرمز لها بالرمزم (B _{7-3%})					العينة
33.8	34.5	778	2.26	7.644	1
	34.0	767	2.26	7.629	2
	32.9	741	2.29	7.734	3
نتائج عينة الركام المعاد تدويره بالخبث بعد 7 أيام بنسبه 6% ويرمز لها برمزم (B _{7-6%})					العينة
18.5	19.3	436	2.23	7.538.	1
	17.6	398	2.16	7.313	2
	18.6	419	2.19	7.402	3
نتائج عينة الركام المعاد تدويره بالخبث بعد 28 يوم بنسبه 6% ويرمز لها برمزم (B _{28-6%})					العينة
26.3	26.0	587	2.25	7.602	1
	27.6	621	2.21	7.476	2
	25.4	572	2.20	7.442	3
نتائج عن عينة الركام المعاد تدويره بالخبث بعد 7 أيام بنسبه 9% ويرمز لها برمزم (B _{7-9%})					العينة
19	19.2	433	2.21	7.490	1
	19.3	436	2.22	7.509	2
	18.5	418	2.18	7.359	3
نتائج عن عينة الركام المعاد تدويره بالخبث بعد 28 يوم بنسبه 9% ويرمز لها برمزم (B _{28-9%})					العينة
26.6	27.2	614	2.22	7.511	1
	26.3	592	2.21	7.480	2
	26.5	597	2.26	7.647	3

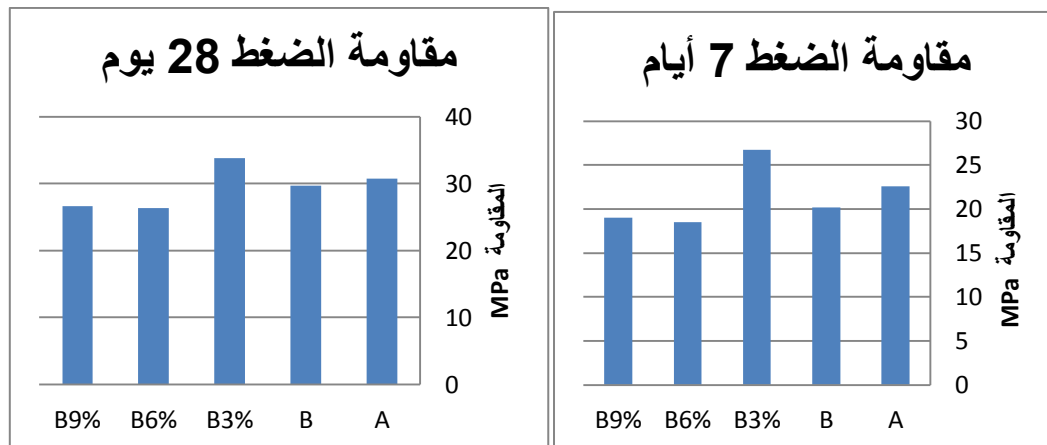


الشكل (4) يوضح مقاومة الضغط للركام الطبيعي والركام المعاد تدويره

• نتائج عن عينة الضغط .

جدول (6) يوضح نتائج الضغط والركام المعاد تدويره وخبث

الخلطة	مقاومة الضغط بعد 7 يوم N/mm ²	مقاومة الضغط بعد 28 يوم N/mm ²
B	20.2	29.7
B _{3%}	26.7	33.8
B _{6%}	18.5	26.3
B _{9%}	19.0	26.6



الشكل (5) يوضح المقاومات المختلفة للخرسانة .

النتائج :

- 1 - الركام المعاد تدويره بدون خبث يعطى نسبة هبوط عالية ، وذلك لاختلاف حالة سطح الركام المعاد تدويره عن الركام العادي .
- 2 - وجود الخبث مع الركام المعاد تدويره يقلل من نسبة الهبوط للخرسانة ، وذلك لإطلاق الخبث حرارة إضافية ييخر الماء .
- 3 - تقل مقاومة الخرسانة للضغط
- 6 - تقل مقاومة الضغط للخرسانة المعاد تدويرها بعد 7.28 يوم ، وتزيد مقاومته بإضافة الخبث بنسبة 3% : 12% تقريبا .

التوصيات :

- الاستمرار في مثل هذه البحوث والخاصة بإعادة تدوير النفايات الصناعية ، يحقق اقتصادية أكبر وبيئة خضراء ، خاصة في مجال الركام سواء كان الطبيعي أو معاد تدويره ، ذلك كون نسبة الركام الخشن في الخرسانة لا تقل عن 70% ، لكي نحافظ على بيئتنا .

المراجع العربية:

- 1 -م. محمود حسين المصلي هندسة التشييد والإنشاءات العامة والمباني الجزء الأول دار الكتب العلمية 2004ف.
- 2 -أ.د. إبراهيم أحمد درويش و د. عبد الوهاب محمد عوض الخلطات الخرسانية دار الراية الجامعية 1986ف.
- 3 -د. أحمد علي العريان - عبد الكريم محمد عطا خواص الخرسانة وتصميم خلطتها الجزء الثاني عالم الكتب بالقاهرة 1975ف.
- 4 -د. محمد سامح هلال،(الخرسانة "صناعتها -خواصها -أنواعها") كلية الهندسة ،جامعة القاهرة 1996ف
- 5 -د. شريف فتحي الشافعي (الاختبارات القياسية للخلطات الخرسانية الأسمنتية) دار الكتب العامة، القاهرة 2004ف
- 6 -د. أحمد علي العريان -د. عبد الكريم محمد عطا (خواص الخرسانة وتصميم خلطتها) الجزء الثاني عالم الكتب بالقاهرة 1975 .

المراجع الأجنبية :

- 1- N.Krishna Ragu''Design of Concrete Mixes''1994,CBS publishers & Disdributors, D elhi,India,127pp'2

2- Portland Cement Association ‘‘Principles of Quality Concrete’’1975 , John wiley & Sons, Inc,USA,312pp.