

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها

عبدالرؤوف جمعة النايف

المعهد العالي للعلوم والتكنولوجيا - 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 وتلوثها البصري السلبي. تقتصر فكرة المشروع على تجهيز خلطات خرسانية ذات ركام معاد تدويره، وخلطتها 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، وأجري عليها اختباراً 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 المؤثرة على قوة الخرسانة واقتصاديتها، إذ يشكل نسبة الركام الخشن 70% من حجم الخرسانة. عند 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، وتتكلف 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 تقوم بإعادة استخدام خرسانة هذه المبني كركام خشن وإعادة استخدامها من جديد بدليلاً 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.

و كذلك إدخال الخرسانة في عمليات صناعية أخرى تحقق الوفرات الاقتصادية والزمن الأمثل في عمليات الإنجاز للمشاريع الإنسانية. إذ تؤدي استخدام مخلفات الصناعات الأخرى مثل المطاط والإطارات المستهلكة وخبث وخردة الحديد وبعض المخلفات من المصانع البتروكيميائية ومصانع البلاستيك في صناعة الخرسانة إلى إصلاح البيئة . إن عدم استخدام التنمية المستدامة والإيكولوجيا 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 التشغيل في الواقع لها آثار بيئية سلبية تنتج عند التخلص منها ومن الخرسانة الصلبة المتصلة .

خبث المعادن :

هو سmad فسفوري ينتج عند صهر حديد الزهر بفرن التحويل لتحضير الصلب فتتحدد الشوائب الفسفورية بالحديد مع البطانة القاعدية للفرن المذكور، وتطفو على سطح الحديد المنصهر، ثم تفصل جسماً مسامياً له لون داكن . والخبث سmad قلوي يفيد التربة الحامضة أو المتعادلة وفائدته محدودة في غير هذه التربة. ويختلف تركيب الخبث ويسمى أيضاً "فوسفات توماس" نسبة إلى أحد مبتكري بطانة الفرن ويوجه عام يحتوي السماد على 10 إلى 25٪ من خامس أكسيد الفسفور على صورة فوسفات الكالسيوم الرباعية التي تذوب في الماء بعسر وبطء شدیدين إلى جانب أكسيد المغنيسيوم والسيلكون و الحديد . ومن ثم فإن الاستخدام الرئيسي للخبث المحبب هو كمادة إسمنتية والأخبات المطحونة طحنا ناعماً في إسمنته متنوعة ، وتخلط في الأكثر مع الإسمنت البورتلاندي. ويمتاز هذا الإسمنت بمقاومة محسنة لماء البحر والكثيريات . ومن التطبيقات الأخرى لهذه الأخبات تثبيت التربة والأساسات وصناعة الزجاج ، ومادة تجسير 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 سيراميكي الخبث. يمكن استخدام الأحجام الصغيرة من الخبث في مرشحات المياه والمجاري (بدلاً من الرمل وال حصى) وذلك في مرشحات المياه ومعالجتها . كما يمكن استخدام الجلخ أيضاً في صناعة الزجاج العسلاني وأنواع الخزف وكذلك في صناعة السيراميكي .



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 الركام المعاد تدويره والحاوية على 3% من الخبث كخلطه سادسة، و 6 مكعبات للخرسانة ذات الركام المعاد تدويره والحاوية على 6% من الخبث كخلطه 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 المبني

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



شكل (2) يوضح مصدر الركام

المواد:

تم استعمال الإسمنت البورتلاندي العادي المركب 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
حدود المعاصفات القياسية الليبية رقم (2000/12)	الاختبارات
لا يقل عن 45 دقيقة	زمن الشك الابتدائي (ساعة)
لا يزيد عن 10 ساعات	زمن الشك النهائي (ساعة)
لا يزيد عن 10 mm	ثبات الحجم
لا تقل عن 24 N/mm^2	مقاومة الضغط بعد 3 أيام (N/mm^2)
لا تقل عن 39 N/mm^2	مقاومة الضغط بعد 28 يوم (N/mm^2)
مطابق	الوزن النوعي

(241-231)

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها

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

(241-231)

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها

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

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

تحليل النتائج :

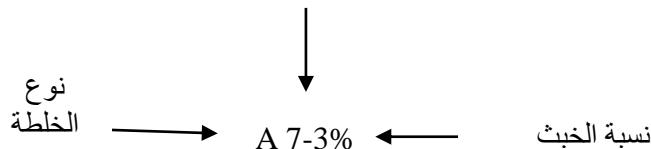
يختص هذا الفصل في تحليل نتائج الاختبارات التي أجريت على المكعبات الخرسانية دراستها دراسة مفصلة حيث سنببدأ بدراسة هبوط الخرسانة لجميع الخلطات الخرسانية ومن ثم سوف ندرس مقاومة الضغط وذلك بعد 7 أيام من تاريخ صناعة الخرسانة وبعد 28 يوم. ولكلة الخلطات التي أجريت واختلاف نسبة الخبث الذي أضيف واختلاف نوع الركام المستخدم ، سيتم وضع مفاتيح ورموز لتسهيل دراسة الخلطات ومعرفة الفروق بينها

إذاً تم تقسيم العينات وذلك حسب الآتي :

جدول (3) يوضح مفتاح الرموز

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

ولقد تم كتابة الرموز بالشكل التالي:

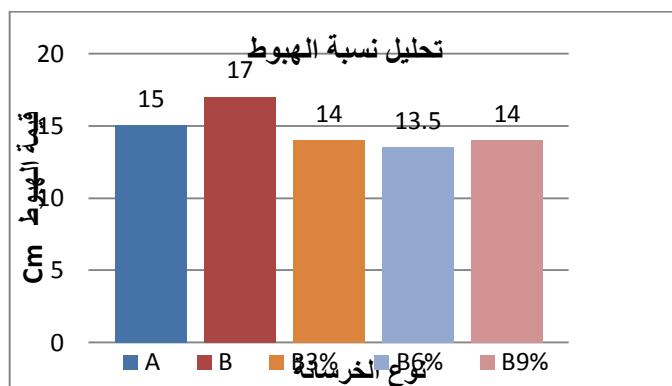


تحاليل هبوط الخرسانة :

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 Cm
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

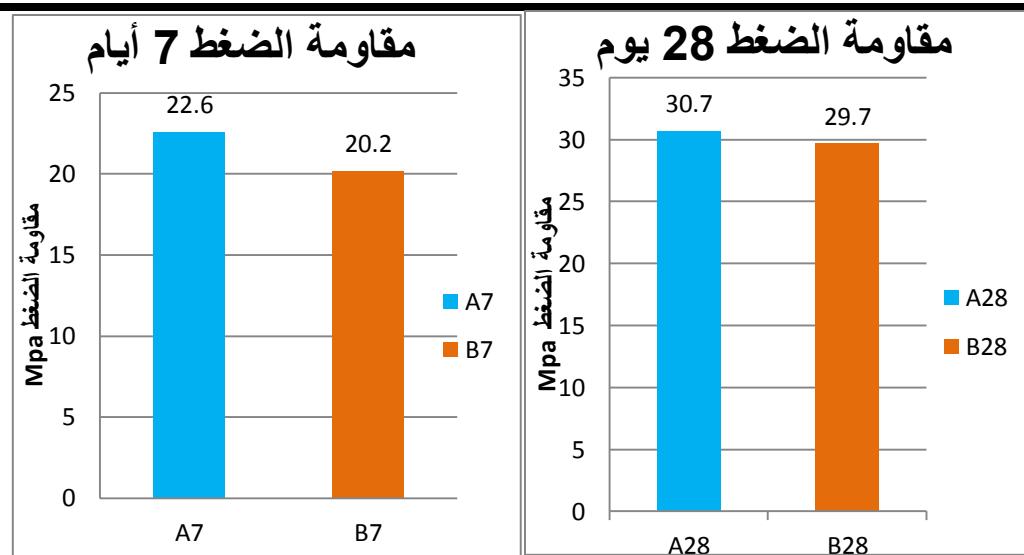
جدول (5) يوضح نتائج اختبارات الضغط

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

(241-231)

تأثير الخبث على الخرسانة المعاد تدويرها

خرسانة ذات ركام خشن معاد تدويره اختبرت بعد 7 أيام ويرمز لها برمز (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 برمز (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 برمز (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 بالرمز (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 بالرمز (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 بنسبة 6% ويرمز لها برمز (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 بنسبة 6% ويرمز لها برمز (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 بنسبة 9% ويرمز لها برمز (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 بنسبة 9% ويرمز لها برمز (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	

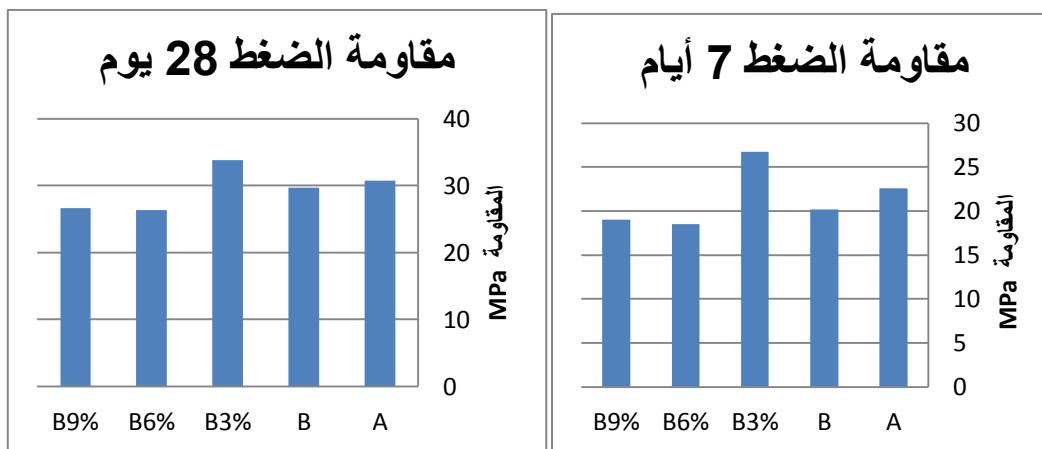


الشكل (4) يوضح مقاومة الضغط للركام الطبيعي والركام المعاد تدويره

- نتائج عن عينة الضغط .

جدول (6) يوضح نتائج الضغط والركام المعاد تدويره وخبث

الخلطة	مقاومة الضغط بعد 7 يوم		مقاومة الضغط بعد 28 يوم	
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	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 يبخر الماء.
- 3 - تقل مقاومة الخرسانة للضغط
- 6 - تقل مقاومة الضغط للخرسانة المعاد تدويرها بعد 7.28 يوم وتزيد مقاومته بإضافة الخبث بنسبة 3% 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 تحافظ على بيئتنا .

المراجع العربية :

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

