خواص الركام المعاد تصنيعه من الخرسانة

احمد جميل إبراهيم[1]

DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v25i1.782

الملخـــــص

صممت خمس خلطات خرسانية ذات مستويات مقاومة متباينة باستخدام الركام الطبيعي. بعد فحصها بعمر 28 يوم هذه الخرسانات وهي بهيئة مكعبات ومواشير واسطوانات قد كسرت وغربلت لإنتاج ركام معاد ذو تدرج مشابه لتدرج الركام الأصلي . بعد ذلك تم دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية لركام الخرسانة المعاد الخشن والناعم مقارنة بالركام الطبيعي. الفحوصات التي أجريت على الركام أظهرت بان ركام الخرسانة المعاد يمتلك وزن نوعي اقل وقابلية امتصاص أعلى مقارنة مع الركام الطبيعي الأصلي ، مقاومة الركام المعاد الخشن للتأثيرات الميكانيكية كالصدم والتهشيم والبري كانت أيضا اقل مقارنة مع الركام الطبيعي بالإضافة إلى ذلك وجد إنه لايوجد تأثير للخواص الميكانيكية للخرسانة الأصلية على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام المعاد .

[1] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة عمر المختار ، البيضاء – ليبيا .

©. المؤلف (المؤلفون) هذا المقال المجاني يتم الوصول إليه من خلال رخصة المشاع الإبداعي (CC BY-NC 4.0)

المقدمـــــة

برزت الحاجة الآنية الملحة لاستخدام الأنقاض الخرسانية كركام لإنتاج خرسانة جديدة بعد الحرب العالمية الثانية كفكرة لاقت النجاح للاستفادة منها في مشاريع إعادة الاعمار للمنشاءات والمدن السكنية المدمرة . في الوقت الحاضر بدا التفكير في استخدام الأنقاض الخرسانية لأسباب بيئية وأخرى اقتصادية حيث إن المواقع المحيطة بالمدن الرئيسية والمستخدمة لطمر المخلفات والأنقاض بدأت بالتناقص بالإضافة إلى تزايد حجم الأنقاض الخرسانية بسبب التطور والتجديد العمراني والتوسع في الأعمال الإنشائية وزيادة كلف نقل وطمر هذه الأنقاض إلى المواقع البعيدة المخصصة وكذلك للمحافظة على المصادر الطبيعية لإنتاج الركام حيث إن كثير من بلدان العالم تعاني من نقص في مصادر الركام الطبيعي الجيد. وعلى سبيل المثال ظهرت دراسة قامت بها احد المنظمات البيئية (E.R.I.,1979) إن حوالي 80 مليون طن من الأنقاض الخرسانية سنويا يتولد في قسم من الدول الأوربية وخمنت هذه المنظمة تضاعف هذا الرقم سنة 2000 وزيادته إلى ثلاثة أمثاله عام 2020. وهناك إحصائيات أخرى تفيد بان 60 مليون طن سنويا من الأنقاض الخرسانية يتولد في الولايات المتحدة الأمريكية (Wilson et al,1978) وفي اليابان أظهرت الدراسات إن 10-12 مليون طن سنويا من الأنقاض الخرسانية بالإمكان استخدمها كركام بعد تكسيرها وتدريجها(BCSJ,1978).

أجريت بحوث عديدة لدراسة الاستفادة من ركام الخرسانة المعادة وإمكانية استخدامه لإنتاج خرسانة جديدة (Buck, 1973) ، (Buck, 1977)، (Frondistou -Yannas, 1977)، (Hansen, and Narud, 1983)، (Hansen,1986)، (ACI 2001 Committee 555R,

فعلى سبيل المثال وجد قسم من هؤلاء الباحثين (Hansen, and Narud,1983) إن كثافة ركام الخرسانة المعاد يقل بنسب متفاوتة مقارنة مع كثافة الركام الطبيعي الأصلي بسبب التصاق قسم من مونه الاسمنت بالركام ولا يتأثر بنوعية الخرسانة الأصلية إما الامتصاص فيزداد بنسب متفاوتة تصل أحيانا إلى أكثر من 8% اعتمادا على مقاس الركام. كما وجد إن مقاومة البري للركام بطريقة لوس أنجلس تكون بحدود 22% للركام المعاد الناتج من تكسير خرسانة عالية المقاومة وبحدود 41% للركام الناتج من تكسير خرسانة ضعيفة المقاومة إما مقاومة الركام للتهشيم فتتراوح بين (20-28)% وهذا يعني إن هناك تأثير لمقاومة الانضغاط للخرسانة الأصلية على خواص ركام الخرسانة المعاد.إما

الباحثون(Hasaba,et al,1981) (Hansen,1986) فحصلوا على نتائج مختلفة نوعا ما وهي إن مقاومة التهشيم للركام المعاد تتأثر بشكل محدود بمقاومة انضغاط الخرسانة الأصلية وتكون بحدود 23% للركام المعاد المنتج من خرسانة عالية المقاومة وبحدود 25% للركام الناتج من خرسانة ضعيفة المقاومة أما الامتصاص كان بحدود7% للركام الخشن المدرج قياس (5-25) مم علما انه لم يتأثر بنوعية الخرسانة الأصلية وللركام الناعم المعاد 11% إن هذه النتائج أيدت من قبل باحثين آخرين (Ravindrarajah, , and Tam,1985)،(Rasheeduzzafar and Khan, 1984) . إما أكثر البحوث الأخرى (Buck, 1973) ، (Buck,) 1977

(، (Frondistou -Yannas, 1977)

Nixon, 1978) فركزت على دراسة الفرق بين خواص الخرسانة المعادة مقارنة مع خواص الخرسانة الأصلية كمقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء ومقاومة الشد الانشطاري ومعامل المرونة وانخفاضها بنسب متفاوتة بدون دراسة تأثير خواص الخرسانة الأصلية على خواص ركام الخرسانة المعاد المستعمل لإنتاج خرسانة جديدة .

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الخواص الميكانيكية للخرسانة الأصلية على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام المعاد وذلك لإمكانية الاستفادة من الأنقاض الخرسانية باستخدامها كركام لإنتاج خرسانة جديدة.

ولهذا الغرض صممت خمس خلطات خرسانية ذات مستويات مقاومة متباينة باستخدام الركام الطبيعي، بعد ذلك تم تكسير الخرسانة وغربلتها وتم دراسة الخواص الفيزيائية (الوزن النوعي والامتصاص ووزن وحدة الحجوم) لركام الخرسانة المعاد الناعم والخشن والخواص الميكانيكية (معامل التصادم والتهشيم والبري ومعامل الانتظام للوس أنجلس) لركام الخرسانة المعاد الخشن ومقارنته بالركام الطبيعي.

المواد وطرق البحث

المواد المستعملة: -

2-1-1-الاسمنت : استخدم الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي المنتج من معمل أسمنت كبيسة الواقع في غرب العراق والمبينة خواص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية في الجداول (1) و(2) والمطابق للمواصفات الأمريكية (ASTM C 150-99) والمواصفة العراقية(IQS-5-1984).

جدول (1): التحليل الكيميائي للاسمنت البورتلاندي.

الاوكسيد	aO	iO_2	$l2O_3$	e_2O_3	O_3	gO	$_2O$	a_2O	iO_2	.O.I	.R.
الكمية %	1.9	0.6	.32	.82	.11	.01	.66	.25	.27	.8	.45
المواصفة الأمريكية					3.5	6.0				3.0	0.75
المواصفة العراقية					2.8	5.0				4.0	1.5

جدول (2): الخواص الفيزيائية والميكانيكية للاسمنت.

الخاصية	النتيجة	المواصفة الأمريكية ASTM C 150-99	المواصفة العراقية IQS-5-1984
الوزن النوعي	3.14		
النعومة (المساحة السطحية النوعية) بطريقة Blain(م2/كجم)	348	280 <	230 <
زمن التجمد بطريقة Vicat(دقيقة)			
التجمد الابتدائي	160	45 <	45 <
التجمد النهائي	240	480 >	600 >
مقاومة الانضغاط (نيوتن /مم2)			
عمر3 يوم	20.5	12.4 <	15 <
عمر 7 يوم	26.7	19.3 <	23 <

2-1-2- الركام الناعم: استخدم رمل الاخيضر ذو محتوى أملاح كبريتية اقل من 0.3% وذو محتوى أملاح كلوريدية اقل من0.06 % خواصه الفيزيائية مبينة في الجدول (3)، تدرجه مطابق للمواصفة الأمريكية (ASTM C 33-99) وكما موضح في الجدول (4).

جدول (3): الخواص الفيزيائية للركام الناعم

الوزن النوعي (مشبع جاف السطح)	الامتصاص %	وزن وحدة الحجوم (جاف ومرصوص) كجم/م³
2.62	1.5	1620

جدول (4): تدرج الركام الناعم

فتحة الغربال (مم)	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
النسب العابرة %	100	85.3	75.2	59	28	6.8
حدود المواصفة	100–95	100–80	85–50	60–25	30–10	10–2

2-1-3-الركام الخشـــن: اســـتخدم حصى مكسر من منطقة النباعي شمالي بغـــداد ذو مقاس أقصى 19 مم خواصه الفيزيائية مبينـــه في الجدول (5)، تدرجه مطابق للمواصفة الأمريكيـــة (ASTM C 33-99) وكما موضح في الجـــدول (6). علما إن محتوى الأملاح الكبريتية فيه اقـــل من 0.4% ومحتوى الأملاح الكلوريدية فيه اقل من0.06 %.

جدول(5): الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن الطبيعي

الخواص الفيزيائية			الخواص الميكانيكية			
الوزن النوعي (مشبع جاف السطح)	الامتصاص %	وزن وحدة الحجوم (جاف ومرصوص) كجم/م^3	معامل التصادم %	معامل التهشيم %	معامل البري لوس أنجلس %	معامل الانتظام لوس انجلس (L100/L500)
2.65	0.8	1560	18	18.5	16.3	0.22

جدول (6): تدرج الركام الخشن

فتحة الغربال (مم)	25	19	9.5	4.75	2.36
النسب العابرة %	100	98	42	2	0
حدود المواصفة	100	100-90	55-20	10-0	5-0

2-1-4- الماء:

استعمل الماء الصالح للشـــرب لخلـــط ومعالجـــة الخرسانة.

2-2- البرنامج العملي:

يتكون البرنامج العملي من ثلاث مراحل، المرحلة الأولى هي تصميم الخلطات الخرســـانية وصـــب النماذج الخرسانية وإجراء فحوصـــات الخرســـانة الطرية وهي الهطول والكثافة وبعد ذلك تم معالجة النماذج الخرسانية في أحواض ماء بعد فتحها مـــن القوالب لحين الفحص والمرحلـــة الثانيـــة فهـــي فحوصات النماذج الخرسانية الصلبة بعمر28 يوم إما المرحلة الثالثة فتشمل تكسير هـــذه النمـــاذج وتصنيفها حسب نسب خلطها وغربلتها للحصول

على الركام المعاد بنفس التدرج للركام الأصلي والقيام بإجراء الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية لهذا الركام والذي سميناه الركام المعاد ومقارنته مع الركام الأصلي.

2-2-1- الخلطات الخرسانية :

صممت خمس خلطات خرسا نية هي (خ4، خ5، خ6، خ7، خ8) بموجب الطريقة الأمريكية (ACI 211-1-1991) ذات نسب ماء/سمنت مختلفة هي(0.4 ،0.5 ،0.6 ،0.7 ،0.8) على التوالي وكما موضح في الجدول (7) للحصول على مقاومات متباينة.

جدول(7) : نسب مكونات الخلط الوزنية للخلطات الخرسانية .

نوع الخطة	الماء /الاسمنت	مكونات الخلطة الخرسانية (كجم/م^3)			
		الاسمنت	الرمل الطبيعي	الحصى المكسر	الماء
خ-4	0.4	510	535	1100	205
خ-5	0.5	410	620	1100	205
خ-6	0.6	340	675	1100	205
خ-7	0.7	295	715	1100	205
خ-8	0.8	255	745	1100	205

تم بعد ذلك خلط وصب ومعالجة النماذج الخرسانية بموجب المواصفة الأمريكية (ASTMC192-98) حيث تم خلط المواد ميكانيكيا باستعمال خلاطة قدرية سعتها 56 لتر وتم بعد ذلك صب النماذج الخرسانية المختلفة 3 مكعبات قياس 150 مم لفحص مقاومة الانضغاط و3 اسطوانات قياس 150*300 مم لقياس مقاومة شد الانشطار ألانفلاقي و3 مواشير قياس 100*100*500 مم لقياس مقاومة الانثناء .

2-2-2- فحوصات الخرسانة الطرية والصلبة :

2-2-2-1- فحوصات الخرسانة الطرية :

تم إجراء فحص الهطول بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C143-98) وفحص الكثافة بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C138-2000) لكافة الخلطات الخرسانية .

2-2-2-2- فحوصات الخرسانة الصلبة :

بعمر28 يوم تم إجراء فحص مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية بموجب المواصفة البريطانية (BS 1881-116-1983) وفحص مقاومة الشد ألانفلاقي للاسطوانات بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C 496-96) وفحص مقاومة الانثناء للمواشير الخرسانية بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C 78-94).

2-2-3- فحوصات الركام المعاد :

بعد إن تم فحص مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري ومقاومة الانثناء بعمر 28 يوم لكافة النماذج الخرسانية ذات نسب الخلط المختلفة والتي أعطت مستويات متباينة في مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري ومقاومة الانثناء تم تكسير هذه النماذج المفحوصة من مكعبات واسطوانات ومواشير في المعمل وتم تصنيفها حسب نسب خلطها (خ-4،خ-5،خ-6،خ-7،خ-8) وبعد ذلك تم غربلتها حسب نفس التصنيف بواسطة المناخل القياسية للحصول على نفس التدرج للركام الناعم والخشن الأصلي ثم تم بعد ذلك إجراء الفحوصات الفيزيائية للركام الناعم المعاد والفيزيائية والميكانيكية للركام المعاد الخشن وذلك لبيان تأثير مقاومة الخرسانة الأصلية والذي تم تكسير الركام منها على الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذا الركام وكذلك مقارنة الأنواع المختلفة من الركام المعاد مع خواص الركام الأصلي.

2-3-3-1- الفحوصات الفيزيائية :

2-3-3-1-1- الوزن النوعي والامتصاص:

تم إجراء فحص الوزن النوعي للركام الخشن المعاد والطبيعي (الأصلي) بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C127-93) و للركام الناعم المعاد والطبيعي بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C128-97).

2-3-3-1-2- وزن وحدة الحجوم (الكثافة الكلية) :

تم إجراء فحص وزن وحدة الحجوم للركام المعاد والطبيعي (الأصلي) الخشن والناعم وبحالة جاف ومرصوص بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C29-97) .

2-3-3-2- الفحوصات الميكانيكية :

2-3-3-2-1- فحص مقاومة البري:

تم اختبار هذه الخاصية باستعمال جهاز لوس أنجلس بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C131-96) للركام الخشن المعاد والطبيعي بالإضافة إلى قياس معامل الانتظام للوس أنجلس والذي يمثل الفقدان بالاحتكاك بعد 100 دورة لجهاز لوس

أنجلس نسبة إلى الفقدان بالاحتكاك بعد 500 دورة لنفس الجهاز (L100/L500).

2-3-3-2-2- فحص معامل التصادم ومعامل التهشيم :

تم اختبار مقاومة الركام الخشن المعاد والطبيعي للتهشيم(معامل التهشيم) ومقاومة الركام للتصادم (معامل التصادم) بموجب المواصفات البريطانية (BS 812-110:1990) و-BS 812) (112:1990على التوالي.

النتائج والمناقشة

3-1- فحوصات الخرسانة الطرية والصلبة :

الجدول (8) يبين نتائج الفحوصات للخلطات الخرسانية (خ-4،خ-5،خ-6،خ-7،خ-8) حيث نلاحظ ان الهطول لكل الخلطات كان بحدود (10±1) سم إما كثافة الخرسانة الطرية فكانت تتراوح بين (2353-3403) كجم/ م^3 حيث يلاحظ إن الكثافة تقل بزيادة نسبة الماء / الاسمنت.

نتائج فحوصات الخرسانة الصلبة وهي مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري ومقاومة الانثناء بعمر 28 يوم لكافة الخلطات الخرسانية ذات نسب الخلط المختلفة مبينة كذلك في الجدول(8) حيث إن كل نتيجة مدرجة تمثل المعدل الحسابي لفحص 3 نماذج. أعطت الخلطات الخرسانية مستويات متباينة في مقاومة الانضغاط (18.7-44) نيوتن/مم^2 ومقاومة الشد الانشطاري (3-4) نيوتن /مم^2 ومقاومة الانثناء (2.6-4.7)نيوتن /مم^2.

جدول (8) : نتائج فحوصات الخرسانة الطرية والصلبة للخلطات الخرسانية

نوع الخلطة	الماء /الاسمنت	الهطول سم	الكثافة كجم/م^3	مقاومة الانضغاط نيوتن/مم^2	مقاومة الشد ألانفلاقي نيوتن/مم^2	مقاومة الانثناء نيوتن/مم^2
خ-4	0.4	9	2403	44.0	4.0	4.7
خ-5	0.5	10.5	2392	38.0	3.7	4.2
خ-6	0.6	11	2380	30.0	3.5	3.4
خ-7	0.7	10.8	2367	25.0	2.6	2.8
خ-8	0.8	11	2353	18.7	3.0	2.6

3-2- فحوصات الركام الطبيعي وركام الخرسانة المعاد :

3-2-1- الخواص الفيزيائية :

3-2-1-1- الشكل والملمس السطحي لحبيبات الركام : نلاحظ إن شكل حبيبات الركام المعاد تصنيعه من الخرسانة والحصى المكسر الطبيعي زاوي الشكل ، ونلاحظ إن محتوى الحصى المكسر من الحبيبات الرقائقية وألمستطالة يكون أكثر من ركام الخرسانة المعاد بسبب التصاق وإحاطة قسم من مونة الاسمنت بحبيبات الحصى المكسر مما يؤدي إلى تحسين شكل حبيبات الركام بينما الملمس السطحي للركام المعاد يكون اخشن وكذلك ذو مسامية اعلى مقارنة مع الملمس السطحي والمسامية للحصى المكسر بسبب تغليف قسم من سطوح حبيبات الركام بمونة الاسمنت ويمكن بالعين المجردة ملاحظة انه ليس كل سطوح حبيبات الحصى المكسر مغلفة بمونة ألاسمنت ، بينما نرى إن قسم من حبيبات الركام المعاد تكون من مونة الاسمنت فقط. يؤثر شكل حبيبات الركام على مقاومة الخرسانة وقابلية تشغيلها (Neville,1995) وخاصة الركام الناعم المعاد نتيجة لشكله الزاوي المختلف عن شكل الركام الناعم الطبيعي.

3-2-1-2- الوزن النوعي: نلاحظ من جدول (9) إن الوزن النوعي لركام الخرسانة المعاد الخشن يتراوح بين 2.40-2.46 أي بنقصان قدره(7.2-9.4) % عن الوزن النوعي للركام الخشن الأصلي الذي وزنه النوعي 2.65 علما بان الوزن النوعي يمثل الوزن النوعي الظاهري للركام على أساس إن الركام بحالة مشبع جاف السطح وهذا النقصان في الوزن النوعي للركام هو بسبب مونة الاسمنت الملتصقة بسطح الركام والتي يكون وزنها النوعي اقل من الوزن النوعي للركام بذاته. إما الركام المعاد الناعم فيتراوح وزنه النوعي بين2.17-2.23 أي بنقصان قدره (14.9-17.2)% عن الوزن النوعي للركام الناعم الأصلي الذي وزنه النوعي 2.62 وكما هو مبين في الجدول (10) ويعود سبب زيادة نقصان الوزن النوعي للركام الناعم المعاد مقارنة مع النقصان بالوزن النوعي للركام الخشن المعاد إلى احتواء الركام الناعم المعاد على كمية اكبرمن مونة الاسمنت وعجينة الاسمنت وهذا يتفق مع البحث (BCSJ,1978) الذي لاحظ زيادة مونة الاسمنت الملتصقة بحبيبات الركام الأصلي كلما صغر حجم هذه الحبيبات .

3-2-1-3- الامتصاص: نلاحظ من الجدولين (9) و(10) إن الامتصاص لركام الخرسانة المعاد الخشن والناعم يزداد بشكل كبير جدا وتتراوح قيمه للركام المعاد الخشن بين (5.8-6.3)% مقارنة بالامتصاص للركام الخشن الأصلي الذي قيمته 0.8% ، اما بالنسبة للركام

المعاد الناعم فتتراوح قيمه بين (12.3-14.2)% مقارنة بالامتصاص للركام الناعم الأصلي الذي قيمته 1.6% .أي إن الامتصاص لركام الخرسانة المعاد الخشن يكون تقريبا بحدود سبعة الى ثمانية أضعاف الامتصاص للركام الأصلي، اما الامتصاص للركام المعاد الناعم فكان تقريبا بحدود ثمانية الى تسعة اضعاف الامتصاص للركام الاصلي وهذا يعود لنفس السبب الذي تم مناقشته في الفقرة السابقة (3-2-1-2) .

3-2-1-4- وزن وحدة الحجوم :

نلاحظ من جدول (9) نقصان وزن وحدة الحجوم لركام الخرسانة المعاد الخشن حيث تتراوح قيمة بين (1290-1340) كجم/م^3 مقارنة بوزن وحدة الحجوم للركام الأصلي التي كانت بحدود 1560 كجم/م^3 أي بنقصان قدره حوالي 15%.بينما وزن وحدة الحجوم لركام الخرسانة المعاد الناعم يتراوح قيمته بين (1275-1300) كجم/م^3 مقارنة بوزن وحدة الحجوم للركام الناعم الأصلي التي كانت بحدود 1620 كجم/م^3 أي بنقصان قدره حوالي 20% كما موضح في جدول (10)، وهذا أيضا يعود لنفس السبب الوارد في الفقرة السابقة (3-2-1-2) أما سبب زيادة نقصان وزن وحدة الحجوم للركام المعاد الناعم مقارنة بالنقصان لوزن وحدة الحجوم للركام المعاد الخشن فيعود سببه إلى تأثير الشكل الزاوي لحبيبات الركام الناعم المعاد مقارنة بالشكل المستدير للركام الناعم الأصلي في حين حصل تحسن لشكل الركام الخشن المعاد مقارنة بالركام الخشن الاصلي .

من أعلاه يتضح إن الخواص الفيزيائية المفحوصة لركام الخرسانة المعاد الخشن والناعم لايتاثر بالخواص الميكانيكية للخرسانة الأصلية

جدول (9) : الخواص الفيزيائية للركام الخشن الطبيعي والمعاد

نوع الركام		الوزن النوعي (مشبع جاف السطح)	الامتصاص %	وزن وحدة الحجوم (جاف ومرصوص) كجم/م^3
حصى مكسر طبيعي		2.65	0.8	1560
ركام خشن معاد ناتج من تكسير خرسانة	خ-4	2.46	5.9	1340
	خ-5	2.42	6.3	1300
	خ-6	2.40	6.2	1290
	خ-7	2.40	6.3	1310
	خ-8	2.41	5.8	1340

جدول (10) : الخواص الفيزيائية للركام الناعم الطبيعي والمعاد

نوع الركام		الوزن النوعي (مشبع جاف السطح)	الامتصاص %	وزن وحدة الحجوم (جاف ومرصوص) كجم/م^3
رمل صحراوي طبيعي		2.62	1.5	1620
ركام ناعم معاد ناتج من تكسير خرسانة	خ-4	2.23	12.3	1290
	خ-5	2.19	12.6	1300
	خ-6	2.21	12.4	1280
	خ-7	2.17	12.9	1275
	خ-8	2.18	14.2	1285

-2-2- الخواص الميكانيكية: من جدول(11) نلاحظ مايلي:-

3-2-2-1- معامل التصادم: تتراوح قيم معامل التصادم لركام الخرسانة المعادة (29-33)% مقارنة بمعامل التصادم للركام الأصلي 18% أي بزيادة قدرها 72%.

يمكن إن نلاحظ أيفاء الركام المعاد بمتطلبات المواصفة البريطانية (BS 882-1992) التي تنص على إن لايزيد معامل التصادم عن 30% للخرسانة المعرضة سطوحها للاحتكاك و 45% للأنواع الأخرى من الخرسانة.

3-2-2-2- معامل التهشيم: تتراوح قيم معامل التهشيم لركام الخرسانة المعادة (24-26)% مقارنة بمعامل التهشيم للركام 18.5% أي بزيادة قدرها 35%.

يمكن أن نلاحظ أيفاء الركام المعاد بمتطلبات المواصفة البريطانية (BS 882-1992) التي تنص على إن لايزيد معامل التهشيم عن 25% ،40% للخرسانة المعرضة سطوحها للاحتكاك و 45% للأنواع الأخرى من الخرسانة.

3-2-2-3- معامل الاحتكاك اوالبري: تتراوح قيم معامل البري لركام الخرسانة المعادة (30-32)% مقارنة بمعامل البري للركام الأصلي الذي كان 16.3% أي بزيادة قدرها 90%. ويمكن أن نلاحظ إيفاء الركام المعاد مع متطلبات المواصفة الأمريكية (ASTM C33-99) والتي تنص على إن لايزيد الفقدان والبري باستخدام جهاز لوس أنجلس عن 50% للركام المستخدم في المنشات الاعتيادية و 40% للركام المستخدم في الطرق.

معامل الانتظام للوس أنجلس لركام الخرسانة المعاد (0.27-0.33) مقارنة ب(0.22) للركام الأصلي أي بزيادة قدرها 36 % ويلاحظ إن نتائج معامل الانتظام للوس أنجلس أكثر تأثرا لنوعية الركام مقارنة مع الفحوصات الميكانيكية

الأخرى للركام حيث يتأثر نوعا ما بالخواص الميكانيكية للخرسانة الأصلية وهذا يتفق مع (Popovics, 1979) الذي يرى إن هذا الفحص أكثر تحسسا لقوة الركام من الفحوصات الأخرى. من النتائج السابقة يتضح أن الخواص الميكانيكية لركام الخرسانة المعادة كانت اقل منها للركام الأصلي وكان معامل البري أكثر الخواص الميكانيكية تأثرا يليه معامل التصادم ثم معامل التهشيم حيث ازداد معامل البري بحدود 90%ومعامل التصادم بحدود 72% ومعامل التهشيم بحدود35%. وكما نلاحظ إنه لايوجد تأثير يذكر لخواص الخرسانة الأصلية على خواص ركام الخرسانة المعادة .

جدول (11) : الخواص الميكانيكية للركام الخشن الطبيعي والمعاد

نوع الركام		معامل التصادم %	معامل التهشيم %	معامل البري لوس أنجلس %	معامل الانتظام لوس أنجلس (L100/L500)
حصى مكسر طبيعي		18	18.5	16.3	0.22
ركام معاد ناتج من تكسير خرسانة	خ-4	31.0	26.2	31.6	0.27
	خ-5	31.0	24.1	30.5	0.29
	خ-6	29.1	25.2	30.0	0.29
	خ-7	32.7	25.9	29.8	0.29
	خ-8	31.2	25.6	30.5	0.33

5- الاستنتاجات

استنادا إلى نتائج هذا البحث، يمكن استخلاص النقاط التالية :

1- لايوجد تأثير ملموس للخواص الميكانيكية للخرسانة الأصلية على الخواص الفيزيائية لركام الخرسانة المعاد الناعم والخشن.

2- لايوجد تأثير للخواص الميكانيكية للخرسانة الأصلية على الخواص الميكانيكية لركام الخرسانة المعاد الخشن.

3- الركام المعاد يمتلك وزن نوعي ووزن وحدة حجوم اقل وقابلية امتصاص أعلى مقارنة بالركام الطبيعي الأصلي.

4- مقاومة الركام المعاد الخشن للتأثيرات الميكانيكية كالصدم والتهشيم والبري كانت اقل بالمقارنة مع الركام الطبيعي الأصلي ،ومع ذلك فإن الركام المعاد يفي بمتطلبات المواصفات الأمريكية والبريطانية الخاصة بمقاومة الركام للبري والتهشيم على التوالي.

Properties of Recycled Concrete Aggregate

Ahmad J. Ibrahim.[*]

Abstract

Five grades of concrete mixes where designed and produced with natural aggregate. After tested at the age of 28 days, these concretes in the form of cast cubes, prisms and cylinders where crushed and screened to produce recycled concrete aggregates with similar grading of original one, then the physical and mechanical properties of coarse and fine recycled aggregate have been studied comparing with natural original aggregate. Tests on the aggregates showed, that recycled concrete aggregate gave lower specific gravity and higher water absorption capacity than the original aggregate. The resistance to mechanical action such as impact, crushing, and abrasion for the coarse recycled aggregate is also lower. The properties of recycled aggregate are not significantly affected by the mechanical properties of the original concrete.

[*] Civil Engineering Department, College of Engineering,Omar AL- Mukhtar University,El- Beida-Libya.

المراجـــــع

ACI Committee 555R, 2001: "Removal and Reuse of Hardened Concrete", 26 pp.

ACI Committee 211-1-1991, 1994:" Standard practice for selecting proportion for normal, heavyweight, and mass concrete", ACI Manual of concrete practice. American Society for Testing Materials;

ASTM C 29-97: Test for Unit Weight in and Voids in Aggregates.

ASTM C 33-99: Specification for Concrete Aggregates.

ASTM C 78-94: Test for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third – Point Loading).

ASTM C 127-93: Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate.

ASTM C 128-97: Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate.

ASTM C 131-96: Test for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

ASTM C 136-96: Standard Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

ASTM C 138-2000: Test for Unit Weight, Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

ASTM C 143-98: Test for Slump of Portland cement Concrete

ASTM C 150-99 : Specification for Portland cement.

ASTM C 192-98: Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.

ASTM C 496-96: Test for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

BCSJ , 1978:"Study on recycled aggregate and recycled aggregate", Building Contractors Society of Japan , Committee on disposal and reuse of concrete construction waste , summary in Concrete Journal , Japan ,Vol. 16, pp.18-31.

British Standard Institution;

BS 812-110;1990: Methods for determination of aggregate impact value.

BS 812-112;1990: Methods for determination of aggregate crushing value.

BS 882-1990: Aggregate from Natural Source for Concrete.

BS 1881-116;1983: Methods for determination of Test of compressive Strength of Concrete Cubes.

Buck, A.D., 1973:"Recycled concrete", High way Research Record No. 430 High. Way Research Board, pp.1-8.

Buck A. D., 1977: "Recycled concrete as a source of aggregate", ACI Journal, pp.212-219.

Frondistou -Yannas S., 1977: "Waste concrete as aggregate for new concrete", ACI Journal, pp.373-376.

Hansen T.C., 1986:"Recycled aggregate and recycled aggregate concrete",
Second state-of-the-art report RILEM TC-37-DRC. Materials and Structures
(RILEM), Vol. 19, No.111, pp.201-204.

Hansen T.C., and Narud H., 1983: "Strength of Recycled Concrete Made from Crushed Concrete Coarse Aggregate ", Concrete International-Design and Construction (ACI), Vol. 5, No.1, pp.79-83.

Hasaba S. Kawamura M., Toriik K. and Takemoto K., 1981: "Drying, shrinkage and durability of the concrete made of recycled concrete aggregate", Trans. Of the Japan Concrete Institute, Vol. 1.3, pp.55-60.

E.R.L., 1979 "Demolition waste-an examination of the arisings, end-uses and disposal of demolition wastes in Europe and the potential for further recovery of material from these wastes " , report prepared for the commission of the European Communities, DG-12. Environmental resources limited, London, the Construction Press, Lancaster,London,1980.

Iraqi quality standard, 1984: IQS-5-1984, Specification for Portland cement.

Neville, A.M., 1995:" Properties of concrete", Longman, Essex.

Nixon, P. J., 1978:" Recycled concrete as an aggregate for concrete-a review", First state-of-the-art report RILEM TC-37-DRC, Materials and Structures (RILEM), No. 65, pp.371-378.

Popovics, S. 1979: "Concrete making materials": McGraw-Hill, New York.

Rasheeduzzafar, and Khan A., 1984: "Recycled concrete-a source of new aggregate", Cement, Concrete and Aggregates (ASTM), Vol. 6, No.1, pp.17-27.

Ravindrarajah, R.S. , and Tam, T.C.,1985:"Properties of Concrete Made with Crushed Concrete as Coarse Aggregate", Magazine of Concrete Research, Vol.37,No.130, March,pp.29-38.

Wilson, D.G., Foley, P., Wiesman, R., and Frondistou-Yannas,S.1976: "Demolition debris : quantities , composition and possibilities for recycling" Proceeding , 5th mineral waste utilization symposium, Chicago , ALESHIN E. Ed. , U.S bureau of mines ,Chicago , Illinois .