مخطط تصميمي للخرسانة الحاوية على ركام خشن معاد استخدامه

د.بيار جعفر السليفاني نهى حميدي الجبوري عشتار صالح اللهيبي

استاذ مدرس مدرس مساعد

جامعة الموصل / كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

إن أعادة استخدام مخلفات البناء ثانية يعتبر من النقاط المهمة من اجل الحفاظ على المصادر الطبيعية والتقليل من استنزافها وهذا نمط من انماط التنمية المستدامة والتي تعرف على انها نمط جديد من التنمية يسعى الى التوفيق بين النجاعة أو المردود الاقتصادي من جهة والاعتبارات الاجتماعية والبيئية من جهة ثانية فالتنمية في هذا الإطار لا تهدف فقط إلى رفع الإنتاج بل تعمل على مراعاة شروط هذا الإنتاج من حيث قيمة وآهمية الموارد المستعملة فيه وما تخلفه هذه التنمية من انعكاسات على البيئة، وذلك من حيث القيمة الاجتماعية في مجال القطاعات التنموية.

مما تقدم ,ولاجراء الدراسة ذات العلاقة تم صب عدة خلطات خرسانية وبنسب مختلفة لايجاد بعض الخواص الميكانيكية لها وبعد فحص نماذجها يتم استخدامها كركام خشن في تكوين خلطة خرسانية جديدة وبنفس نسب المواد ودراسة خواصها الميكانيكية ومقارنتها مع نتائج الخلطة الأولية. من نتائج الفحوصات تبين انه يمكن استخدام الخرسانة المهشمة والمدمرة مرة اخرى كركام خشن في عملية البناء وصب خلطات جديدة، كما تبين ان مقاومة الخرسانة الجديدة للأنضغاط أقل مقارنة بالخلطات الاصلية لكن مقاومتها للشد اعلى، وبالاستفادة من النتائج التي تم الحصول عليها تم عمل مخطط يمكن من خلاله تصميم اي خلطة خرسانية حاوية على خرسانة مهشمة كركام خشن وبمقاس أقصى(25mm).

Design Chart of Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate

Dr. Bayar J. Al-Sulayfani Professor **Nuha H. Aljubory** Lecturer **Ashtar S. Al-Luhybi** Assistant Lecturer

Abstract

The re-use of the demolished parts of buildings is considered as an important factor of conserving natural sources and minimizing its consumption, this may be taken as a good development pattern, which leads to compatibility between economical savings and an environmental and social consideration.

Development in this sense not only aims at improving production but also takes into account the abiding by the production rules in considering the available sources, its cost, and its overall effect on environmental and social values. To carry out this research work a number of concrete mixes were prepared using different ratios the specimen then tested the outcome of the crushed concrete specimens were then used as coarse aggregate to constitute new concrete mixes of similar ratios for studying the mechanical properties of those new mixes and comparing then with the original mixes.

The results indicated clearly the possibilities of using recycled destroyed concrete as aggregates also the results showed a reduction in the compressive strength and an increase in tensile strength. Finally a mix design procedure is given foe the future design of any mix using crushed recycled concrete as an aggregate.

Key words: Concrete, Recycled aggregate, Mechanical Properties, Design Chart

أستلم: 15 - 6 - 2010 قبل: 5 -12 -2010

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

المقدمة

أن اعادة استخدام الخرسانة المدمرة او المهشمة كركام معاد في الخرسانة الجديدة عملية مفيدة من ناحية حفظ المصادر الطبيعية وحماية البيئة فهو يقلل من استنزاف المواد من مصادرها الطبيعية ومن أوائل من بحث في هذا الموضوع هو الباحث Glushg عام(1946)في روسيا [1]، كما وجد ان استخدام الخرسانة المهشمة و الناتجة من البنايات المدمرة يساعد في التقليل من كلف النقل الخاصة بنقل الركام الطبيعي(الناعم او الخشن) من مصدره الى مكان العمل كما انه يلغي الحاجة الى التخلص من حطام ونواتج البنايات المدمرة كما يحافظ على مساحة الارض التي تدفن بها هذه المواد الملوثة[2-5].

هناك من استفاد من الخرسانة المهشمة في استخدامها كركام ناعم(fine aggregate) وهذا ما قام به الباحثان Kalaiarasu and Subramanian[6]سنة (2006) حيث تم استخدام الخرسانة المهشمة كركام ناعم وبنسبة (40%) والباقي عبارة عن رمل طبيعي كما قاما باضافة نسب مختلفة من مادة الـ(silica fume) كبديل عن السمنت وبنسب(10-12.5-15-17.5%) هذا مع تثبيت نسبة الماء/المواد الرابطة والتي بمقدار0.32، فوجدا أن مقاومة هذه الخرسانة للحوامض والكلورايدات تكون أعلى ما يمكن عندما تكون نسبة الـ(silica fume) (15%).

أما في عام (2007) فقد درس الباحث Rifat وجماعته أمكانية استخدام الركام الناتج عن الخرسانة المدمرة كبديل في الخلطات الخرسانية وإنشاء الطرق[7]، حيث قاموا باستخدام الخرسانة المهشمة كركام ناعم اضافة الى الرمل الطبيعي في تكوين خلطاتهم الخرسانية الجديدة، وبصورة عامة فقد اثبتت الفحوصات ان الركام المعاد تصنيعه في صناعة الخرسانة وطبقة الاساس في الطرق يعطي نتائج مقبولة.

أهمية البحث

نظراً لأهمية هذا الموضوع وجد من الافضل دراسة خواص الخرسانة الحاوية على ركام خشن ناتج من خرسانة مهشمة وعلى المواد المحلية وذلك للاستفادة من الخرسانة المهشمة وخصوصا في بعض المناطق من العراق التي تفتقر للحصى لذلك تم القيام بعدة خلطات خرسانية وبعد دراسة خواصها الميكانيكية تم تهشيمها وإعادة استخدامها كركام خشن في تكوين خرسانة جديدة حيث تم استخدام هذا الركام كبديل عن الركام الخشن الاعتيادي وبنسبة(100%) ودراسة خواص هذه الخرسانة ومن ثم الاستفادة من هذه النتائج (على الرغم من محدوديتها) في تكوين وعمل مخطط يمكن من خلاله تصميم اي خلطة خرسانية ذات ركام معاد استخدامه وبمقاس اقصى(25mm).

البرنامج العملي

تم تنفيذ الدراسة على ثلاثة مراحل

المرحلة الاولى: تم صب خمس خلطات خرسانية وبنسب سمنت/الرمل/الحصى/الماء متغيرة وباستخدام الحصى النهري الاعتيادي وبعد انتهاء فترة المعالجة لهذه الخلطات تم اجراء الفحوصات الخاصة بالخواص الميكانيكية لهذه الخلطات وتشمل مقاومة الانضغاط(مكعب،اسطوانة)، مقاومة الشد، مقاومة الانثناء، ومن ثم تثبيت النتائج.

المرحلة الثانية: تكسير النماذج التي تم صبها في المرحلة الاولى بعد معالجتها لمدة 28 يوم بحيث نحصل منها على مصدر جديد للركام الخشن وبعد خلط هذا الركام مع السمنت والرمل والماء تتكون لدينا خلطات جديدة يتم اجراء نفس الفحوصات التي اجريت على الخرسانة الاولية ومقارنة نتائج الفحوصات للمرحلتين.

المرحلة الثالثة: عمل مخطط تصميمي للخرسانة الحاوية على ركام خشن ناتج عن خرسانة مهشمة وبمقاس اقصى(25mm) وذلك لتبسيط عملية التصميم هذا النوع من الخرسانة.

النماذج المستخدمة:

- فحص مقاومة الأنضغاط: لاجراء هذا الفحص تم استخدام مكعبات قياسية (150×150×150mm) كما استخدمت الاسطوانات القياسية (150Ø×300mm)وحسب المواصفة الامريكيةASTM C39/C39M-99 [8].
- فحص الانشطار: لاجراء هذا الفحص تم استخدام اسطوانات قياسية (150Ø×300mm) وحسب المواصفة الامريكيةASTM C496-96 [9].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- فحص معاير الكسر(الانثناء): لاجراء الفحص التالي تم استخدام عتبات (100×100×500mm) وحسب المواصفة الامريكية94-ASTM C78 [10].

المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية:

السمنت:تم استخدام سمنت عراقي محلي مصنع في أحد معامل الموصل حسب الواصفة العراقية رقم(5)لسنة 1984[11].الجدول رقم(1)والجدول رقم(2)يوضحان الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذا السمنت على التوالي.

جدول (1) التحليل الكيميائي للسمنت المستخدم ومركباته الرئيسية

Property	Test result (Percentage)	Standard IQS, No.5
1.Oxides composition:		
Alumina, Al_2O_3	4.7	
Silica, SiO_2	21.5	
Ferric Oxide, Fe_2O_3	2.41	
Lime, CaO	62.86	
Sulphuric Anhydride, SO_3	2.7	Max. 2.8
Magnesia, MgO	2.25	Max. 4
2.Compounds composition:		
C_3S	46.14	
C_2S	27.18	
C_3A	8.4	
C_4AF	7.3	

جدول (2) الخصائص الفيزيائية للسمنت المستخدم.

Property	Test result	Standard IQS, No.5
Fineness(Residue on B.S. sieve No. 170)	8%	Max. 10%
Specific surface "Blaine"	3358.5(cm^2/gm)	Min. 2250(cm^2/gm)
Initial setting time	120 (min.)	≥45 (min.)
Final setting time	200 (min.)	≤600 (min.)
Specific gravity	3.15	
Compressive strength 70.7mm cubes		
at 3 days	18.0 (MPa)	≥15.0(MPa)
at 7 days	25.0 (MPa)	≥23.0(MPa)

الرمل:تم استخدام رمل من نوع متوسط النعومة ومطابق للمواصفات البريطانية(B.S.882:1992)[12]، الجدول رقم(3) والجدول(4)يوضحان خصائص والتدرج المنخلي للرمل المستخدم.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول (3) خصائص الركام الناعم

Type of fine aggregate	Color	Specific Gravity	Absorption %
Medium sand	Brown	S.S.D basis 2.56	2.0

جدول (4) تدرج الركام الناعم

Sieve Size	%Specification Limits According to B.S.882:1992	%Passing of sample to be used
No.4	89-100	100
No.8	60-100	80
No.16	30-100	67
No.30	15-100	44
No.50	5-70	14
No.100	0-15	3

الحصى: تم استخدام حصى نهري اعتيادي ذو شكل دائري وبمقاس اقصى(25mm) ومطابق للمواصفات البريطانية(B.S. 882:1992)[12] في الخلطات الاولية، وبعد تهشيم نماذج هذه الخلطات تم تقسيم الركام الخشن الناتج عنها الى عدة مقاسات باستعمال المناخل ومن ثم ترتيب هذه المقاسات لتعطي تدرج مشابه للخلطات الاولية. الجدول رقم(5)والجدول(6)يوضحان خصائص والتدرج المنخلي للحصى الاعتيادي وللركام الخشن المعاد استخدامه.

جدول (5) تدرج الركام الخشن

Sieve Size	%Specification Limits According to B.S.882:1992	%Passing of sample to be used
1 1/2 in.	100	100
1 in.	95-100	97.5
1/2 in.	25-60	42.5
No.4	0-10	5
No.8	0-5	0
No.16	0	0

جدول (6) خصائص الركام الخشن

Type of coarse aggregate	Maximum aggregate size (mm)	Specific Gravity S.S.D	Angularity Index	Absorption%
Rounded gravel	25	2.69	1.3	0.35
Recycled aggregate	25	2.46	2.57	3.57

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الماء:تم استخدام ماء الشرب الاعتيادي في جميع الخلطات الخرسانية وكذلك لاغراض المعالجة.

تم صب الخلطات الخرسانية بواسطة الخلاطة الكهربائية واستعملت الهزازات(Vibrators)الكهربائية في عملية رص الخرسانة.

النتائج

الجدول رقم(7) والجدول رقم (8) يبينان الخلطات الخرسانية المصممة وفق مقاومات انضغاط مختلفة اضافة الى خلطتين شائعة الاستخدام ويبين ايضا" نتائج الفحوصات التي تم اجرائها.

جدول (7) نسب الخلطات والخواص الميكانيكية للخرسانة الاعتيادية

Mix proportion	w/c*	Slump (mm)	Compressive strength of cylinder (MPa)**	Compressive strength of cube(MPa)**	Splitting strength (MPa)**	Flexural strength (modulus of rupture) (MPa)**
1:1.9:2.85	0.35	90	29.6	45.5	2.9	6.3
1:2.3:3.15	0.40	85	26.3	42.4	2.8	5.9
1:2:4	0.44	85	24.4	38.5	2.7	5.7
1:3.15:3.8	0.47	80	21.2	36.4	2.6	5.4
1:3:6	0.59	70	18.4	31.1	2.5	4.4

*w/c: water to cement ratio

**tested at 28 day

جدول (8) نسب الخلطات والخواص الميكانيكية للخرسانة المعاد استخدامها

Mix proportion	w/c	Slump (mm)	Compressive strength of cylinder (MPa)	Compressive strength of cube(MPa)	Splitting strength (MPa)	Flexural strength (modulus of rupture) (MPa)
1:1.9:2.85	0.35	70	27.2	43.0	3.6	5.7
1:2.3:3.15	0.40	80	24.3	37.6	3.5	5.5
1:2:4	0.44	70	21.1	35.9	3.3	5.2
1:3.15:3.8	0.47	65	18.5	31.0	3.2	5.6
1:3:6	0.59	65	16.5	28.0	3.1	4.1

مناقشة النتائج

- **قابلية التشغيل(Workability):**

من نتائج فحص قابلية التشغيل للخرسانة الطرية تبين أن الخلطات الخرسانية التي استخدم فيها الحصى النهري تبدي قابلية تشغيل ممثله بالهطول افضل واعلى من الخرسانة التي تم استخدام فيها الركام الخشن الناتج عن الخرسانة المهشمة، والسبب في ذلك يعزى الى نسبة الماء في الخلطة الخرسانية والذي يعتمد على مدى درجة تزوي الركام المستعمل في الخلطة، حيث ان الخرسانة المهشمة ذو دليل زاوي (Angularity Index 2.57) والذي تكون المساحة السطحية له اعلى من الحصى النهري ذو الدليل الزاوي (1.3),وايضا الى قابلية الامتصاص حيث تزداد في الركام المعاد استخدامه الى 10 اضعاف تقريبا من قابلية امتصاص الحصى النهري وبالتالي يزداد الطلب على الماء للحصول على نفس الدرجة من قابلية التشغيل.

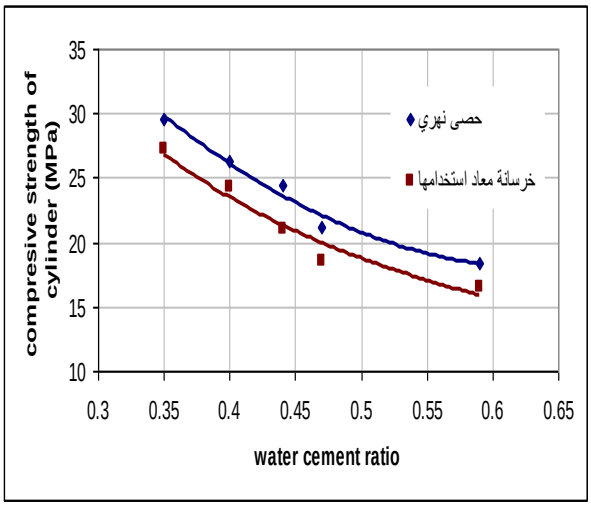
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- **مقاومة الانضغاط(Compressive Strength):**

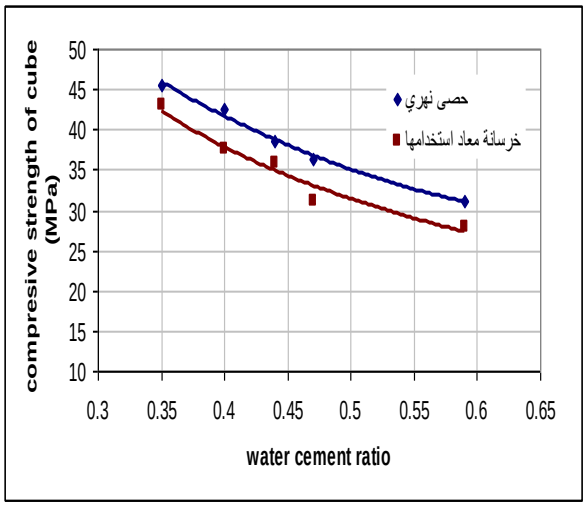
يوضح الشكلان (1) و(2) العلاقة بين مقاومة الانضغاط للخرسانة مع نسبة الماء/السمنت للاسطوانات والمكعبات على التوالي، حيث يتبين ان مقاومة انضغاط الخرسانة التي تستعمل فيها الحصى النهري اعلى من مقاومة انضغاط الخرسانة المتكونة من الخرسانة المهشمة ولعل السبب في نقص الاخيرة يعود الى

أ- الخرسانة المتكونة من الخرسانة المهشمة أكثر مسامية (more porous) من الخرسانة المتكونة من حصى نهري.
ب- مدى مقاومة وتحميل الخرسانة المهشمة أقل من تحمل الحصى النهري لقوى الانضغاط.
ت- سرعة حصول فشل السحق(Crushing Failure) في الخرسانة المهشمة اكبر من سرعة حدوثه في الحصى النهري بسبب ضعف المساحة السطحية التي يحصل بينها الترابط للخرسانة المهشمة.
ث- هناك بعض الشقوق الصغيرة(micro cracks) التي قد تحدث في الحصى النهري بعد فحص الخلطات الخرسانية الحاوية عليه مما يؤدي الى ضعف قوة تحمله وفشله بسرعة بعد استخدامه مرة اخرى في الخرسانة الحاوية على خرسانة مهشمة.

مما سبق بالامكان تلخيص بعض خصائص الحصى النهري والخرسانة المهشمة حيث ان شكل حبيبات الخرسانة المهشمة زاوي (Angular) بينما شكل حبيبات الحصى النهري مدور(Rounded) كذلك فان سطح الخرسانة المهشمة ذو ملمس خشن ومسامي (Rough textured&Porous) بسبب اكساء وتغليف سطح حبيبات الحصى النهري بالمونة القديمة المتصلبة، كذلك فان قابلية الامتصاص للماء للخرسانة المهشمة اعلى من قابلية الامتصاص للحصى النهري بسبب المسامية العالية للخرسانة المهشمة، كذلك فان مقدار الوزن النوعي(Specific Gravity) للخرسانة المهشمة اقل منه في الحصى النهري بسبب المسامية العالية وزيادة نسبة الفجوات في الخرسانة المهشمة عنها في الحصى النهري.



الشكل(1): منحني علاقة مقاومة الانضغاط للاسطوانات مع نسبة الماء/السمنت



الشكل(2): منحني علاقة مقاومة الانضغاط للمكعبات مع نسبة الماء/السمنت

- **مقاومة الشد(Tensile Strength):**

لقد وضحت لنا النتائج انه عند ثبات نسبة الماء/السمنت فان الخرسانة المتكونة من الخرسانة المهشمة تكون مقاومة الشد لها اكبر من مقاومة شد الخرسانة المتكونة من الحصى النهري الاعتيادي وكما موضح في الشكل(3).

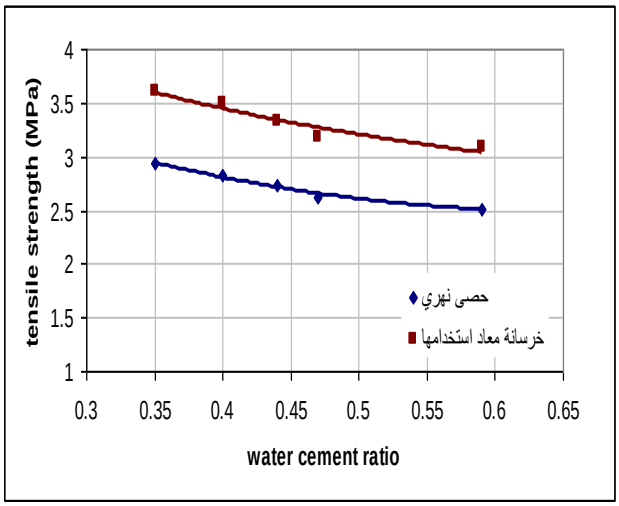
ولعل السبب الرئيسي الذي يعلل هذه الظاهرة يعزى الى قوة التماسك العالية بين عجينة السمنت مع الخرسانة المهشمة والمساحة السطحية الكبيرة بالاضافة الى وجود النتوءات وترابط الخرسانة لمقاومة قوة الشد والسحب عندما يتعرض لها.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

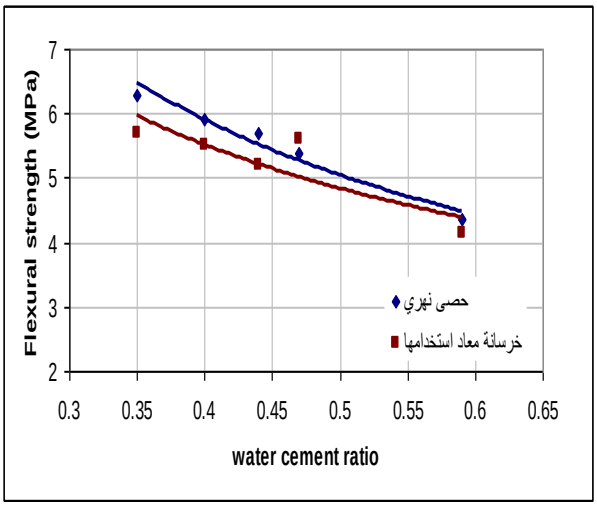
وهنا تكمن اهمية حسابات الحدية(Angularity) في اختلاف مقاومة الشد في الخرسانة الاعتيادية عنها في الخرسانة المتكونة من الخرسانة المهشمة.

- **معاير الكسر(الانثناء)(Modulus of Rupture):**

ان معاير الكسر النوعي للخرسانة الاعتيادية وللخرسانة المتكونة من الخرسانة المهشمة موضح في الشكل(4) والذي يشير الى ان الخرسانة الحاوية على حصى نهري ذو معاير كسر أكبر من معاير الكسر الخرسانة الحاوية على خرسانة مهشمة.



الشكل(3): منحني علاقة مقاومة الشد مع نسبة الماء/السمنت



الشكل(4): منحني علاقة معاير الكسر مع نسبة الماء/السمنت

طريقة لتصميم الخلطات الخرسانية باستعمال الخرسانة المهشمة كمواد خشنة:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها بعد فحص الخلطات الخرسانية الحاوية على حصى نهري والخلطات الخرسانية الحاوية على الخرسانة المهشمة كركام خشن ممكن رسم عدة منحنيات تمثل العلاقة بين

- الهطول والمقاومة المطلوبة
- كمية الماء المستعملة في الخلطة والهطول.
- مقاومة الانضغاط وكمية السمنت الواجب استخدامه.
- كمية السمنت وحجم الرمل اللازم للحصول على مقاومة معينة.
- كمية السمنت وحجم الخرسانة المهشمة اللازمة للحصول على المقاومة المطلوبة.

الشكل(5) يبين مخطط يمكن من خلاله تصميم اي خلطة خرسانية حاوية على خرسانة مهشمة كركام خشن وبمقاس اقصى(25mm).

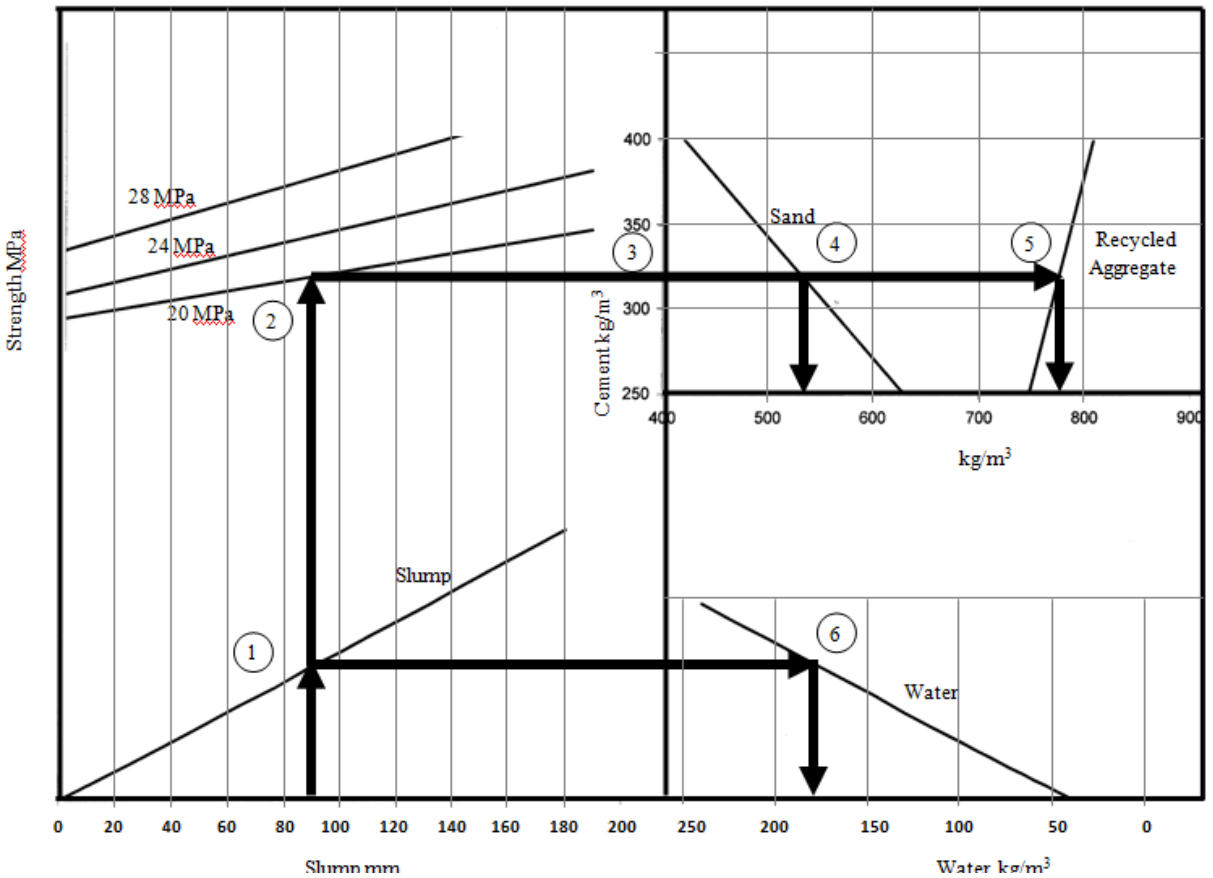
مثال توضيحي لاستخدام المخطط:

لغرض تصميم خلطة خرسانية حاوية على خرسانة مهشمة بمقاس أقصى(25mm) وبقابلية تشغيل(90mm) وبمقاومة انضغاط(20MPa)

1-نأخذ قابلية تشغيل(90mm) ويقاطع مع خط الهطول وخط مقاومة الانضغاط

2-ومن نقاط التقاطع يتم رسم خطوط أفقية للحصول على كمية السمنت والرمل والحصى والماء

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل(5): مخطط تصميم الخلطات الخرسانية حاوية على خرسانة مهشمة كركام خشن وبمقاس اقصى(25mm).

المصادر

1. Gluzhge, P.J., The work of scientific research institute. Gidrotekhnicheskoye Stroitel'stvo 4:27–28. (only available in Russian).
2. Khaldoun Rahal, "Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate", Building and Environment, Volume 42, Issue 1, January 2007, Pages 407-415
3. Buck. A.D., "Recycled concrete as a source of aggregate", ACI Journal 74 (1977) (5), pp.212–219
4. Hansen, T.C. and Hedegard ,S.E., "Properties of recycled aggregate concrete as affected by admixtures in original concretes", ACI Journal 81 (1984) (1), pp. 21–26.
5. González-Fonteboa, B. and Martínez-Abella. F., " Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume. Materials and mechanical properties", Building and Environment, Volume 43, Issue 4, April 2008, Pages 429-437.
6. Kalaiarasu, S.M, and Subramanian, K., "Properties of Recycled Aggregate Concrete with Silica Fume", Journal of pplied Sciences 6(14) 2006 pp. 2956-2958.
7. Rifat, R., Salah, T., Ali B., and Hani, B., " PROPERTIES OF RECYCLED AGGREGATE IN CONCRETE AND ROAD PAVEMENT APPLICATIONS", The Islamic University Journal, Vol.15, No. 2,2007, pp 247-264.
8. ASTM, Designation: C 39/C 39M-99, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimen", Annual Book of ASTM Standards,

www.manaraa.com

VOL. 04. 02, 5 pp.

9. ASTM, Designation: C469-94, "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression Loading)", Annual Book of ASTM Standards, VOL. 04. 02, 4 pp.
10. ASTM, Designation: C78-94, "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete(Using Simple Beam with Third-Point Loading)", Annual Book of ASTM Standards, VOL. 04. 02, 3 pp.
11. المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 (السمنت البورتلاندي).
12. B.S. 882-1992, "British Standard Specification for Aggregate from Natural Sources for Concrete", 1992.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com