Effect of cement content on some properties concrete with natural and partial replacement recycled coarse aggregates

تأثير محتوى السمنت على بعض خواص خرسانة الركام الخشن الطبيعي والمعاد المستبدل جزئيا

خالد حسن حاوي / المعهد التقني بابل
KhalidHawi@Yahoo.com

الخلاصة :

تناول البحث دراسة تأثير استخدام الزيادة في كمية السمنت على بعض خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة لأربع خلطات خرسانية بمحتوى سمنتي مختلف باستخدام ركام خشن طبيعي(NAC) وأربع خلطات اخرى بنفس المواصفات ولكن باستبدال نسبة 50% من الركام الطبيعي بركام خشن معاد (RAC) . للوصول الى افضل محتوى سمنتي للخلطة التي تكون فيها نسبة زيادة في خواص الخلطة اكبر من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها مقارنة بالخلطة الاقل والأعلى منها محتوى سمنتي ، وكان ذلك في خرسانة المحتوى السمنتي 359 كغم / م^3 ذات الرمز C_{30} بالركام الخشن الطبيعي والمعاد ذات الرمز $_{50}C_{30}$. حيث حققت نسبة زيادة في قوة انضغاط خرسانة الركام الطبيعي اكبر من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها بمقدار الضعف (2.174) ، وفي خرسانة الركام المعاد بمقدار (1.77) ، وهذا ما لم تحققه الخلطات الخرسانية الاخرى ذات المحتوى السمنتي الاقل منها وهي (288 ، 319) كغم / م^3 وكذلك الاعلى منها محتوى سمنتي 458 كغم / م^3 . وكذلك الحال لنفس الخرسانة بالمحتوى السمنتي 359 كغم / م^3 في خاصية امتصاصها للماء حيث سجلت اعلى نسبة النقصان في الامتصاص / نسبة زيادة المحتوى السمنتي فيها الى 1.5 في خرسانة الركام الطبيعي والى (2.24) لخرسانة الركام المعاد مقارنة بمحتوى الخلطة التي تسبقهما . كما تتناقص نسبة النقصان في الهطول / نسبة زيادة المحتوى السمنتي بزيادة المحتوى السمنتي للخلطة الخرسانية . ويقل هذا التناقص في النسبة بزيادة المحتوى السمنتي لها ولكلى النوعين من خرسانة الركام الطبيعي والمعاد .

الكلمات المفتاحية : خرسانة ركام خشن طبيعي ، خرسانة ركام خشن معاد بنسبة استبدال 50% ، المحتوى السمنتي .

Abstract :

The research was deliberate the increasing cement content effect on some fresh and hard concrete properties in four different cement content mixes with natural coarse aggregate (NAC) and another four same mixes but with replacement 50% of coarse aggregate (RAC) in mix . Getting to better cement content in mix which give increasing ratio mix properties more than cement content increase ratio compares with low and higher than cement content of it . This mix has 359 kg/m^3 cement content concrete in natural coarse aggregate (C_{30}) and recycled ($_{50}C_{30}$) . The increase ratio in compressive strength of natural coarse aggregate concrete was 2.174 more than cement content increase ratio , also recycled coarse aggregate concrete achieves 1.77 more than cement content increase ratio, that's no happen in another low cement content mix (288 ,319) kg/m^3 and higher 458 kg/m^3. The water absorption 359 kg/m^3 cement content concrete was achieved higher absorption decrease ratio /cement content increase ratio get to 1.5 in (C_{30}) and 2.24 for ($_{50}C_{30}$)

The slump decrease ratio / cement content increase ratio decreased with increase cement content of mix concrete and that is less in increase cement content of mix in two kinds (NAC) and (RAC) concrete .

Keywords: Natural coarse aggregate concrete (NAC), Recycled coarse aggregate concrete (RAC), Cement content .

المقدمة: Introduction

الركام هو احد المكونات الرئيسية في انتاج الخرسانة ويشكل نسبة 75% من المجموع الكلي من المواد لأي خلطة خرسانية [1]. وان قوة الخرسانة المنتجة تعتمد على خواص الركام المستخدم ، ان التقدم العمراني والحاجة الى البناء بشكل متزايد عمل على تزايد الطلب على تلك المادة ، لذلك دعت الحاجة الى ظهور ركام خشن بديل عن الركام الطبيعي المستخدم [2]. ان العديد من البنى التحتية كالأبنية وغيرها تصبح متهالكة لتقادم عمرها وتصبح بحاجة الى ازالتها مما تولد كميات كبيرة من نفايات الخرسانة المهدمة [3] ففي اليابان ينتج اكثر من 30 مليون طن من الخرسانة المهدمة سنويا [4] . كما خمنت وكالة حماية البيئة (EPA) Environment Protection Agency خلال عام 1996 بان أنتجت الولايات المتّحدة 136 مليون طن من حطام الأبنية

المهدمة ، باستثناء الحطام من الطرق والجسور [5]. ان الكميات الكبيرة من الخرسانة المهدمة تحتاج الى مساحات كبيرة من الاراضي لطمرها والتخلص منها ، لذلك اصبح من الضروري التفكير في اعادة استخدامها واستغلالها كمصدر من مصادر مواد البناء للحفاظ على البيئة والتقليل من مساحات الاراضي المستغلة في طمر تلك الخرسانة كما وتعتبر كمصدر داعم لمصادر المواد الطبيعية المنشأ كالركام الطبيعي المستخدم في انتاج الخرسانة والحفاظ على تلك المواد من النفاذ من الطبيعة [6،7،8،9] . ان اعادة استخدام الخرسانة المهدمة كركام لإنتاج خرسانة جديدة اصبح ذو اهمية في اعمال البناء وذلك لحماية البيئة واستمرارية تطويرها والتقليل من الطلب المتزايد على الركام الطبيعي لإنتاج الخرسانة ويقلل من مواقع طمر الخرسانة المهدمة [10،11،12،13] . اكد الباحث [14] وآخرون [15] بان اداء خرسانة الركام المعاد متأثرة بمونة السمنت الملتصقة والمتبقية على حبيبات الركام المعاد المستخدمة ، ان هذه المونة الملتصقة او المتخلفة على حبيبات الركام المعاد تغير او تبدل نسبة الامتصاص والكثافة وتملك تأثيرا معاكس او مضاد على الاداء الخرساني [16] . ان استخدام الركام المعاد بصورة عامة يزيد من الانكماش الجاف ، والزحف Creep والمسامية للماء وينقص من قوة انضغاط الخرسانة مقارنة بخرسانة الركام الطبيعي [14 ، 17 ، 18] . ان مواطن ضعف استخدام خرسانة الركام المعاد يمكن ان تخفف بزيادة كمية السمنت في الخلطة الخرسانية وقد عرف قديما بان كمية السمنت في الخلطة تؤثر على قوة انضغاط ومسامية الخرسانة للماء [19] . ونظرا لان نتائج الابحاث اوضحت التأثير السلبي لاستخدام الركام المعاد على خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة المنتجة ، لذلك فان هدف هذه الدراسة هو البحث في ايجاد فرصة اكبر لاستخدام الركام الخشن المعاد لإنتاج خرسانة جديدة من خلال ايجاد الكمية المثلى للسمنت المستخدمة في الخلطة الخرسانية لتحسين خواص تلك الخرسانة وبالتالي زيادة استخدامه في الاعمال الانشائية والتخلص من كميات الخرسانة المهدمة وتقليل مواقع طمرها وتقليل الطلب على الركام الخشن الطبيعي .

الجانب العملي : (Experimental program)

أولا : المواد الأولية المستعملة : (Materials used)

1- السمنت (Cement): تم استعمال السمنت البورتلاندي الاعتيادي (Type I) المنتج من معمل سمنت الكوفة والمطابق المواصفة القياسية العراقية رقم 5 لسنة (1984) [20]. الجدول رقم (1) يبين الخواص الفيزياوية والجدول رقم (2) يبين التحليل والكيماوي للسمنت المستخدم .

2 - الركام الناعم (Fine Aggregate) : تم استعمال الرمل الطبيعي من مقالع الاخيضر كركام ناعم في عمل الخلطات الخرسانية. ويبين الجدول رقم 3 تدرج وبعض خواص الركام الناعم الطبيعي (الرمل) المستخدم والشكل رقم 1 يمثل منحني التدرج الحبيبي للرمل المستعمل مع بيان الحدود الدنيا والقصوى للتدرج وضمن منطقة التدرج الثانية وحسب المواصفات القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984[21] .

3 - الركام ألخشن : (Coarse Aggregate)

اولا : الركام الخشن الطبيعي Natural coarse aggregate : استعمل الحصى المدور الطبيعي كركام خشن من مقالع منطقة النباعي والمطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 [21] ذو مقياس أقصى له لا يزيد عن 20 ملم ، ويبين الجدول رقم 4 الخصائص الفيزياوية وتدرج الركام الخشن الطبيعي المستعمل في جميع الخلطات . والشكل رقم 2 يمثل منحني التدرج الحبيبي للحصى الطبيعي المستعمل مع بيان الحدود الدنيا والقصوى للتدرج .

ثانيا : الركام الخشن المعاد تدويره Recycled coarse aggregate : لقد تم اختيار خرسانة نماذج الفحص المختبرية المختلفة الاشكال المكعبة منها والاسطوانية صورة رقم 1 للحصول على الركام الخشن المعاد تدويره الصورة رقم 2 المستخدم في الدراسة لتمثيلها الواقع الفعلي لخرسانة النفايات المهدمة كونها خليط مختلف من الخرسانة ذات النسب الخلط المختلفة بالإضافة لكونها نظيفة وخالية من الشوائب والمواد الكيميائية الاخرى وقد تم تكسيرها وغربلتها وإزالة قطع الحصى الكبيرة منها ثم درجت لتكون مطابقة للمواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984[21] ذو مقياس أقصى له لا يزيد عن 20 ملم ، ويبين الجدول رقم 4 ايضا تدرج وبعض خواص الركام الخشن المعاد تدويره المستخدم والشكل رقم 2 يبين منحني تدرج الركام الخشن المعاد تدويره المستعمل في جميع الخلطات .

4 - ماء الخلط (Water mix) : تم استعمال الماء الصالح للشرب (ماء الإسالة) في عمل الخلطات الخرسانية والمعالجة .

ثانيا : الخلطات الخرسانية : (Concrete mixtures)

تم عمل اربع خلطات خرسانية بقوى تحمل انضغاط تصميمية (21 ، 25 ، 30 ، 40) نيوتن / ملم^2 وقابلية تشغيل تصميمية متوسطة بنسبة هطول تتراوح بين 8 – 10 سم باستعمال نسب المزج المستحصلة من طريقة معهد الخرسانة الامريكي (ACI method) [22] باستخدام نسب الخلط الوزنية للمواد الداخلة في الخلطة والتي كانت على التوالي (1:2.69:3.47 ، 1:2.34:3.16 ، 1:1.96:2.80 ، 1:1.33:2.20) وقد تم استخدام الركام الخشن الطبيعي في الخلطات الاربعة وكانت الرموز المستخدمة للخرسانة فيها هي على التوالي (C_{21} ، C_{25} ، C_{30} ، C_{40}) حيث يمثل الرقم الى الجانب الايمن من الحرف C القوة التصميمية للخلطة ، وقد تم عمل اربع خلطات خرسانية اخرى بنفس المواصفات المذكورة وبنفس نسب الخلط إلا انه قد تم استبدال نسبة 50% من الركام الخشن الطبيعي المستخدم بركام خشن معاد لجميع الخلطات الاربعة ورمزت لها بالرموز ($_{50}C_{21}$، $_{50}C_{25}$ ، $_{50}C_{30}$ ، $_{50}C_{40}$) على التوالي ويمثل الرقم 50 على يسار الحرف C نسبة استبدال الركام الخشن الطبيعي بركام خشن معاد في الخلطات ، وبذلك يكون المحتوى السمنتي لكل خلطة من الخلطات الاربعة بنوعيها للركام الخشن الطبيعي والمعاد بنسبة استبدال 50% هو(288، 319، 359، 458) كغم/ م^3 على التوالي ويبين الجدول رقم 5 أنواع الخلطات الخرسانية ورموزها وكميات المواد الداخلة فيها كغم/ 1م^3.

ثالثا:تحضير قوالب النماذج والصب: moulds samples and mixtures preparing

استخدمت ست قوالب حديدية مكعبة الشكل بطول ضلع 15 سم لتحضير نماذج خرسانية لقياس مقاومة الانضغاط وحسب المواصفة (B. S. 1881, Part 116, 1989) [23] وبالأعمار 7 و 28 يوم ثلاثة لكل عمر وأخرى لإيجاد الامتصاص وبعمر 28 يوم وحسب المواصفة (B. S. 1881, Part 122, 1989) [24] وتم عمل النماذج أعلاه لكل خلطة خرسانية لإجراء فحوصات الانضغاط والامتصاص . حيث تم تزييت القوالب وملئها بالخرسانة ورصها ميكانيكيا باستخدام الهزاز الكهربائي المنضدي للتخلص من الفراغات الهوائية داخل الخرسانة بشكل جيد وبعد تسوية وجه القوالب وإنهاء الصب تم تغطية القوالب الخرسانية بالنايلون لمدة 24 ساعة حيث تم فتح القوالب بعدها. وانضجت بأحواض حاوية على الماء الصالح للشرب (ماء انابيب الاسالة) وبدرجة حرارة المختبر(20–24) درجة مئوية بعد 24 ساعة من عملية الصب وفتح القوالب ولحين وقت الفحص بعد 7 أيام لثلاث نماذج و 28 يوم للثلاث الأخرى. كما تم فحص الهطول للخلطات الخرسانية الطرية ولجميع الخلطات حسب المواصفة (ASTM C143-71) [25].

رابعا : الفحوصات المختبرية . Laboratory Tests

1 - فحص مقاومة الانضغاط : Compressive Strength Test

تم إجراء الفحص ألمختبري على 3 نماذج وبالعمرين 7 و 28 يوم لجميع الخلطات الخرسانية لمعرفة قوة الانضغاط وهي جافة السطح مشبعة وبموجب المواصفة (B.S.1881, Part 116, 1989) [23] باستخدام جهاز سعة 100 طن نوع (MARUI) ياباني المنشأ لفحص الانضغاط بتسليط قوة تحميل مباشرة على النموذج.

2 - فحص امتصاص الخرسانة للماء: Water Absorption test

تم إجراء فحص الامتصاص طبقا للمواصفة BS. 1881 part 122 – 1989 [24]. بعد تجفيف العينات الخرسانية بعمر 28 يوم في فرن كهربائي درجة حرارته 100-105 درجة مئوية ولمدة 24 ساعة ثم بردت في مجفف ووزنت بميزان الكتروني وثبت وزن العينات وهي جافة (W_1) ثم غمرت العينات مباشرة في ماء درجة حرارته 15 – 20 درجة مئوية لمدة 24 ساعة وأخرجت بعد ذلك وجفف سطحها بقطعة من القماش تم وزنت النماذج لتثبيت وزنها وهي رطبة (W_2) وتم احتساب النسبة المئوية للامتصاص كما يلي :

$$\text{Water Absorption \%} = (W_2 - W_1 / W_1) \times 100 \quad \text{----------1}$$

3- فحص الهطول : Slump Test

تم إجراء فحص الهطول للخلطات الخرسانية الطرية حسب المواصفة (ASTM C143-71) [25] .

النتائج والمناقشة: Results and discussion

تبين الجداول رقم 6 - 10 والأشكال البيانية من (3-17) نتائج الفحوصات المختبرية للخرسانة الطرية والمتصلبة لجميع الخلطات البالغ عددها ثمانية خلطات ومدى تأثير زيادة كمية السمنت في الخلطات ذات الركام الخشن الطبيعي والمعاد تدويره بنسبة استبدال 50% كما يلي :

أولا : خواص الخرسانة الطرية :

1 - فحص الهطول للخلطات الخرسانية الطرية .

يبين الجدولين رقم 6 ، 7 والأشكال البيانية من (3-6) نتائج فحص الهطول للخلطات الخرسانية الطرية المختلفة حيث تتناقص نسبة الهطول للخلطات بشكل متزايد بزيادة نسبة كمية السمنت فيها في كل من خرسانة الركام الخشن الطبيعي والمعاد تدويره بنسبة استبدال 50% وبنسب متفاوتة ، ففي خرسانة الركام الخشن الطبيعي نلاحظ حصول نقصان كبير في نسبة هطول خرسانة C_{25} عنها في C_{21} وكانت بنسبة 8.42% وتشكل نسبة 78.25% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها عن سابقتها C_{21} ، وفي خرسانة C_{30} كانت نسبة نقصان الهطول 5.74% مقارنة بسابقتها C_{25} ، وتشكل نسبة 45.77% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها عن سابقتها C_{25} ، اما في خرسانة C_{40} فكانت نسبة نقصان الهطول 7.31 % مقارنة بسابقتها C_{30} وتشكل نسبة 26.51% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها عن سابقتها C_{30} .

وكذلك ما حدث في خرسانة الركام الخشن المعاد تدويره بنسبة استبدال 50% فان نسبة نقصان الهطول في خرسانة $_{50}C_{25}$ كانت 7.77% وتشكل نسبة 72.21% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها مقارنة بسابقتها $_{50}C_{21}$. اما خرسانة $_{50}C_{30}$ فكانت نسبة نقصان الهطول فيها 8.43% وتشكل نسبة 67.22% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها عن سابقتها $_{50}C_{25}$ ، وان خرسانة $_{50}C_{40}$ كانت نسبة نقصان الهطول فيها 5.26% وتشكل نسبة 19.07% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي عن سابقتها $_{50}C_{30}$. وبذلك نلاحظ التأثير الكبير على نسبة هطول خرسانة كل من C_{25} بالركام العادي و خرسانة $_{50}C_{25}$ بالركام المعاد مقارنة بمثيلتيهما اللتان تسبقانهما C_{21} و $_{50}C_{21}$ على التوالي ، وقد وصل هذا التأثير في نسبة نقصان الهطول الى ما يقارب ثلاثة ارباع نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي . ولكن هذا التأثير يقل بالتدريج لتصبح نسبة النقصان في الهطول في خرسانة C_{40} تشكل نسبة 26.51% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها . ويقل هذا التأثير بشكل اكبر في خرسانة الركام الخشن المعاد $_{50}C_{40}$ حيث شكلت نسبة النقصان في الهطول 19.07% من نسبة زيادة المحتوى السمنتي عن سابقتها $_{50}C_{30}$. ويعزى تناقص الهطول الحاصل في الخلطات الخرسانية المختلفة الى اختلاف نسبة ماء الخلط (w/ c) وكمية السمنت المستخدمة في خلطات الركام الطبيعي والمعاد المستخدمة وكما مبينة في الجدول رقم 5 حيث تتناقص نسبة الهطول وبشكل متزايد بزيادة كمية السمنت وتقليل نسبة ماء الخلط للخلطات ، كما نلاحظ هطول خلطات الركام المعاد اقل من هطول خلطات الركام الطبيعي وذلك نسبة الى الشكل الزاوي وخشونة سطح الركام المعاد والمونة السمنتية المتبقية على سطحه هذا بالاضافة الى نسبة امتصاص الماء العالية للركام المعاد والمبينة في الجدول رقم 4 ولذلك تكون خلطات الركام المعاد ميالة بشكل اكبر لفقدان الهطول .

ثانيا : الخرسانة المتصلبة :

1 - فحص قوى الانضغاط للخرسانة :

تبين الجداول رقم 6،8 ،9 والأشكال البيانية من (7 – 13) نتائج فحص الانضغاط للنماذج الخرسانية بعمري 7 ، 28 يوم والتي تبين جميعها الزيادة المستمرة في قوة انضغاط الخرسانة لجميع الخلطات بزيادة المحتوي السمنتي لها ولخرسانة الركام الطبيعي NAC والمعاد تدويره بنسبة استبدال 50% $_{50}$RAC في الخلطات ويظهر هذا التأثير في خرسانة NAC اكبر منه في خرسانة $_{50}$RAC ولكن هذا التزايد يتفاوت بين خلطة وأخرى

أ - خرسانة الركام الطبيعيNAC :

في الجدولين رقم 6 ، 8 بينت خرسانة الركام الطبيعي بعمر 28 يوم C_{25} زيادة قوة انضغاطها بنسبة 13.8 % عن سابقتها C_{21} بزيادة محتواها السمنتي بنسبة 10.76% أي بنسبة زيادة قوة انضغاطها نسبة الى زيادة محتواها السمنتي بمقدار 1.282 بينما كانت زيادة قوة انضغاط C_{30} عن انضغاط C_{25} بنسبة 27.27% بزيادة المحتوى السمنتي بمقدار 12.54% والتي تشكل نسبة 2.174 من نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي أي ان نسبة الزيادة الحاصلة في قوة الانضغاط تصل الى اكثر من ضعف نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي . في حين كانت زيادة قوة الانضغاط لخرسانة C_{40} عنها في C_{30} بنسبة 25.3% بزيادة محتواها السمنتي بنسبة 27.57% أي ان نسبة الزيادة في قوة الانضغاط الى نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي لها كانت 0.917 أي اقل من مقدار نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي . وبذلك يكون اكبر تأثير لزيادة المحتوى السمنتي بحصول نسبة زيادة قوة الانضغاط بمقدار الضعف مقارنة بنسبة زيادة المحتوى السمنتي للخلطة C_{30} بالركام الاعتيادي .

كما يبين الجدولين رقم 6 ، 8 قوة انضغاط الخرسانة بعمر 7 ايام ونسب الزيادة في قوة الانضغاط للخرسانة ونسب زيادة المحتوى السمنتي للخلطات مقارنة بالخلطات الاقل منها محتوى سمنتي ولعمر 7 ايام . ونلاحظ اكبر تأثير لزيادة المحتوى السمنتي هو لخرسانة C_{30} بعمر 7 ايام وذلك باكتسابها زيادة في قوة الانضغاط تصل الى الضعف نسبة الى نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي . في حين كانت نسبة الزيادة في قوة الانضغاط في كل من خرسانة C_{25} و C_{40} بعمر 7 ايام اقل من نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي وتصل الى النصف تقريبا في خرسانة C_{40} .

ب - خرسانة الركام المعاد تدويره المستبدل بنسبة 50% ($_{50}$RAC) :

يبين الجدولين رقم 6 ، 9 تأثير زيادة المحتوى السمنتي على قوة انضغاط خرسانة الركام المعاد($_{50}$RAC) وبعمري 7 و 28 يوم ، ففي عمر 28 يوم كانت زيادة قوة انضغاط خرسانة $_{50}C_{25}$ مقارنة بخرسانة $_{50}C_{21}$ بنسبة 13.3% بزيادة المحتوى السمنتي بنسبة 10.76% أي ان الزيادة الحاصلة في قوة الانضغاط اكبر من نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي بمقدار 1.23 . بينما كانت زيادة انضغاط $_{50}C_{30}$ عنها في $_{50}C_{25}$ بنسبة 22.26% بنسبة زيادة محتواها السمنتي بمقدار 12.54% أي بزيادة قوة الانضغاط بمقدار 1.77 اكبر من زيادة المحتوى السمنتي لها . في حين كانت زيادة انضغاط $_{50}C_{40}$ مقارنة بسابقتها $_{50}C_{30}$ بنسبة 26.82 بزيادة المحتوى السمنتي بنسبة 27.57% ، ان نسبة الزيادة في قوة الانضغاط هنا هي اقل من نسبة زيادة المحتوى السمنتي للخلطة . اما في عمر 7 ايام فنلاحظ التزايد المستمر في قوة انضغاط الخرسانة بالركام المعاد بتزايد المحتوى السمنتي للخلطات . وان نسبة زيادة قوة الانضغاط للخلطات $_{50}C_{25}$ و $_{50}C_{40}$ كانت اقل من نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي لتلك الخلطات ، في حين كانت نسبة زيادة انضغاط الخرسانة $_{50}C_{30}$ تقارب الضعف من نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها مقارنة بالخلطة التي تسبقها $_{50}C_{25}$ وكما في الجدول رقم 9 . وبذلك تكون افضل محتوى سمنتي هو في خرسانة $_{50}C_{30}$ وللعمرين 7 و 28 يوم لإعطائه زيادة في قوة الانضغاط تقارب ضعف نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها . ان تزايد مقاومة انضغاط الخرسانة بزيادة محتواها السمنتي هو بسبب زيادة الترابط بين الركام وعجينة الإسمنت من خلال زيادة كمية الإسمنت داخل الخلطة والذي يؤدي الى زيادة نواتج الاماهة داخل جسم الخرسانة وتحسين طبيعة منطقة الانتقال البينية Interfacial transition zone(ITZ) بين مونة الإسمنت الموجودة والركام مما يسبب زيادة التلاصق بين حبيبات الركام وعجينة الإسمنت ويقلل من الفراغات الداخلية بجسم الخرسانة وبالتالي يؤدي الى تحسين مقاومة الانضغاط ، كما وتلعب نسبة الماء إلى الاسمنت (w/c) دوراً كبيراً في التأثير على مقاومة الخرسانة, فعند زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت تنخفض تبعاً لذلك مقاومة الخرسانة بشكل كبير كما مبينه في الجدولين رقم 5 ، 6 .

2 – الامتصاص :

يبين الجدولين رقم 6 ، 10 والأشكال البيانية من (14 – 17) نتائج فحوصات الامتصاص للخلطات الخرسانية المتصلبة المختلفة وبعمر 28 يوم ، حيث تبين وبشكل عام النقصان المتزايد في نسبة امتصاص الخرسانة للماء بتزايد المحتوى السمنتي لها ولكلى النوعين من الخلطات الخرسانية بالركام الخشن الطبيعي NAC والمعاد تدويره بنسبة استبدال 50% $_{50}$RAC ، حيث سجلت خرسانة C_{21} بالركام الطبيعي نسبة امتصاص 5.3% بينما سجلت C_{40} نسبة 3.1% أي بنسبة انخفاض مقدارها 41.5% وذلك لزيادة المحتوى السمنتي لها بنسبة 59% عن خرسانة C_{21} . في حين سجلت خرسانة الركام المعاد $_{50}$RAC نوع $_{50}C_{21}$ نسبة امتصاص 8.2% بينما كانت $_{50}C_{40}$ بنسبة امتصاص 3.8% أي بنسبة انخفاض في الامتصاص مقدارها 53.66% بزيادة المحتوى السمنتي لها بنسبة 59% . كما يبين الجدول رقم 10 والشكلين رقم 16 و17 نسب النقصان الحاصلة في نسب امتصاص الخلطات الخرسانية مع نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي لها لخرسانية الركام الخشن الطبيعي NAC والمعاد تدويره $_{50}$RAC مقارنة بالخرسانة التي تسبقها بالمحتوى السمنتي ، مع تبيان نسبة النقصان الحاصلة في الامتصاص نسبة الى نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها . حيث كانت نسبة نقصان امتصاص خرسانة C_{25} عنها في C_{21} هي 9.43% بزيادة كمية السمنت بنسبة 10.76% ، اما نسبة نقصان امتصاص C_{30} عنها في C_{25} كانت 18.75% بزيادة محتواها السمنتي بنسبة 12.54% في حين كانت نقصان نسبة امتصاص C_{40} عنها في C_{30} هي 20.51% بزيادة محتواها السمنتي بنسبة 27.57% .

اما في خرسانة الركام المعاد $_{50}$RAC فكانت نسبة نقصان الامتصاص في خرسانة $_{50}C_{25}$ عنها في $_{50}C_{21}$ كانت 13.41% بزيادة المحتوى السمنتي بنسبة 10.76% ،بينما كان نقصان امتصاص $_{50}C_{30}$ عنه في $_{50}C_{25}$ بنسبة 28.17% بزيادة كمية السمنت بنسبة 12.54% . في حين كانت نسبة نقصان امتصاص خرسانة $_{50}C_{40}$ عنها في $_{50}C_{30}$ هي 25.5% بزيادة المحتوى السمنتي بنسبة 27.57% . وبذلك تكون خرسانية الركام الخشن الطبيعي(NAC) C_{30} والمعاد($_{50}$RAC) $_{50}C_{30}$ بمحتواها السمنتي 359 كغم / م^3 هي الاكثر تأثرا بنقصان نسبة امتصاصها للماء . كما يبين الجدول رقم 10 والشكل رقم 16 تأثير زيادة كمية السمنت في خرسانة الركام المعاد ($_{50}$RAC) على النقصان في نسبة الامتصاص بشكل اكبر مما في خرسانة الركام الطبيعي (NAC) وخصوصا في خرسانة $_{50}C_{30}$ حيث تكون نسبة النقصان الحاصلة في الامتصاص اكثر من ضعف(2.24) من نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي لها . ان هذا التناقص المتزايد في نسبة امتصاص الخرسانة للماء بزيادة المحتوى السمنتي للخلطات الخرسانة هو بسبب زيادة نواتج الاماهة من تفاعل السمنت مع الماء وتحسين طبيعة منطقة الانتقال البينية بين مونة السمنت والركام وبالتالي تقليل الشقوق والفراغات الداخلية في الخرسانة وتقليل نفاذيتها للماء .

الاستنتاجات : Conclusions

1 - الهطول للخلطات الخرسانية الطرية .

تتناقص قابلية تشغيل الخلطات الخرسانية (الهطول) ذات الركام الخشن الطبيعي(NAC) والمعاد($_{50}$RAC) بزيادة المحتوى السمنتي لها مقارنة بالخرسانة التي تسبقها بالمحتوى السمنتي ، وبذلك تكون اقل نسبة نقصان في هطول الخلطات نسبة لزيادة المحتوى السمنتي لها مقارنة بالخلطة التي تسبقها كانت C_{40} لخرسانة الركام الطبيعي و $_{50}C_{40}$ لخرسانة الركام الخشن المعاد($_{50}$RAC) .

2 - الامتصاص :

ان لزيادة المحتوى السمنتي تأثير كبير على نقصان نسبة امتصاص خرسانة الركام الخشن المعاد($_{50}$RAC) وبشكل اكبر مما هو عليه في خرسانة الركام الطبيعي(NAC) وان اعلى نسبة نقصان في الامتصاص نسبة الى نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي كانت في خرسانة C_{30} وبلغت 1.5 في الركام الطبيعي وفي خرسانة $_{50}C_{30}$ بلغت 2.24 لخرسانة الركام المعاد وبمحتوى سمنتي 359 كغم / م^3 . ان لهذا المحتوى السمنتي اكبر تأثير في نقصان نسبة امتصاص الخرسانة للماء مقارنة ببقية الخلطات للركام الطبيعي(NAC) والمعاد ($_{50}$RAC) .

3 – انضغاط الخرسانة :

تتزايد قيمة الانضغاط بزيادة المحتوى السمنتي للخلطات الخرسانية ولكن بشكل متباين من خلطة الى اخرى ولكلى النوعين من الخلطات بالركام الخشن الطبيعي(NAC) والمعاد($_{50}$RAC) ، وان اكبر تأثير لزيادة المحتوى السمنتي للخلطات على قوة انضغاط الخرسانة قد حصل في خرسانة C_{30} للركام الطبيعي و$_{50}C_{30}$ لخرسانة الركام الخشن المعاد($_{50}$RAC) وبمحتوى سمنتي 359 كغم / م^3 ، حيث كانت نسبة الزيادة في قوة الانضغاط وصلت الى اكثر من ضعف نسبة الزيادة لكمية السمنت في خرسانة C_{30} بنسبة 2.174 وازدادت نسبة الانضغاط لخرسانة $_{50}C_{30}$ بنسبة 1.77 بنفس المحتوى السمنتي . مع مطابقة قوة انضغاط نماذج خرسانة الركام الخشن المعاد($_{50}$RAC) $_{50}C_{30}$ للقوة التصميمية المحسوبة لخرسانة الركام الطبيعي وبنفس نسب المواد المكونة للخلطة وذلك لرفع كفاءة تلك الخرسانة وتقليل تأثير الركام الخشن المعاد المستبدل فيها بشكل كبير جدا ، على عكس خرسانة $_{50}C_{25}$ و $_{50}C_{40}$ حيث كانت نسبة زيادة المحتوى السمنتي لها اكبر من الزيادة الحاصلة في قوة انضغاطها وللعمرين 7 و 28 يوم ، كما انها لم تصل الى القوة التصميمية المحسوبة لخرسانة الركام الطبيعي المماثلة لها .

الجداول والأشكال البيانية :

جدول رقم 1 : الخواص الفيزياوية للسمنت المستعمل

نوع الفحص	نتائج فحص الاسمنت	حدود المواصفة رقم 5 لسنة 1984
وقت التماسك		
ا – الابتدائي (دقيقة)	115	≤ عن 45 دقيقة
ب – النهائي (ساعة)	4.5	≥ عن 10 ساعة
تحمل الضغط MPa		
بعمر 3 أيام	21.3	≤ 15
بعمر 7 أيام	28.5	≤ 23

جدول رقم 2 : التحليل الكيماوي للسمنت المستعمل

مركبات الاكاسيد	محتوى الاكاسيد%	حدود م.ع.ق. رقم 5 لسنة 1984
CaO	60.4	-----
SiO_2	20.8	-----
Fe_2O_3	4.1	-----
Al_2O_3	5.2	-----
MgO	3. 0	5 ≥
SO_3	2.3	2.8 ≥
الفقدان عند الحرق	2.8	4 ≥
المواد غير القابلة للذوبان	0.95	1.5 ≥
عامل الإشباع الجيري	0.85	1.02 – 0.66
C_3S	39.3	-----
C_2S	29.8	-----
C_3A	8.4	-----
C_4AF	11.5	-----

جدول رقم 3 تدرج وبعض خواص الركام الناعم الطبيعي (الرمل)

مقياس المنخل ملم	نسبة المار للنموذج %	م.ق.ع. 45 لسنة 1984 منطقة تدرج 2
10	100	100
4.75	96.3	90-100
2.36	78.2	75-100
1.18	66.0	55-90
0.600	42.7	35-59
0.300	18.6	8-30
0.150	3.2	0-10
الخاصية	نتيجة فحص النموذج	حدود المواصفة
الوزن النوعي للرمل specific gravity	2.64	------
نسبة الأملاح SO_3	0.40 %	0.5 % ≥
امتصاص الماء Water absorption	1.2%	----

جدول رقم 4 تدرج وبعض خواص الركام الخشن الطبيعي والمعاد تدويره المستخدم

مقياس المنخل ملم	نسبة المواد المارة % للنموذج		حدود م.ق.ع. 45 لسنة 1984 %المقياس الاسمي للركام 20 - 5 ملم
	الركام المعاد تدويره	الركام الطبيعي	
37.5	100	100	100
20	96	97	95 - 100
10	36	44	30 - 60
5	2	3	0 - 10
2.36	0	0	0
الخاصية	نتيجة فحص النموذج		حدود م.ق.ع. 45 لسنة 1984
الوزن النوعي للحصى	2.42	2.67	------
امتصاص الماء%	2.6	0.5	----

جدول رقم 5 يبين أنواع الخلطات الخرسانية ورموزها وكميات المواد الداخلة فيها كغم / 1م^3

نسبة الخلط والقوة التصميمية	رمز الخلطة	محتوى السمنت كغم / م^3	نسبة ماء/ سمنت W/C	نسبة الركام / السمنت A/C	رمل طبيعي كغم / م^3	حصى طبيعي كغم / م^3	حصى معاد كغم/م^3	الماء لتر
21 Mpa 1:2.69:3.47	C_{21}	288	0.677	6.16	775	1000	--	195
	$_{50}C_{21}$				775	500	500	195
25 Mpa 1:2.34:3.16	C_{25}	319	0.613	5.50	747	1008	--	195
	$_{50}C_{25}$				747	504	504	195
30 Mpa 1:1.96:2.80	C_{30}	359	0.544	4.76	704	1006	--	195
	$_{50}C_{30}$				704	503	503	195
40 Mpa 1:1.33:2.20	C_{40}	458	0.426	3.53	610	1008	--	195
	$_{50}C_{40}$				610	504	504	195

جدول رقم 6 يبين أنواع الخلطات ونتائج فحوصات الخرسانة الطرية والمتصلبة للخلطات المستخدمة *

نسبة الخلط والقوة التصميمية	رمز الخلطة	المحتوى السمنتي كغم /م^3	الهطول سم	الامتصاص 28% يوم*	مقاومة الانضغاط MPa المختبرية بعمر 7 ايام*	مقاومة الانضغاط MPa المختبرية 28 يوم*
21 Mpa 1:2.69:3.47	C_{21}	288	9.5	5.3	15.8	23.2
	$_{50}C_{21}$	288	9.0	8.2	15.2	21.8
25 Mpa 1:2.34:3.16	C_{25}	319	8.7	4.8	17.3	26.4
	$_{50}C_{25}$	319	8.3	7.1	16.1	24.7
30 Mpa 1:1.96:2.80	C_{30}	359	8.2	3.9	22.4	33.6
	$_{50}C_{30}$	359	7.6	5.1	20.1	30.2
40 Mpa 1:1.33:2.20	C_{40}	458	7.6	3.1	25.8	42.1
	$_{50}C_{40}$	458	7.2	3.8	23.6	38.3

* القراءة تمثل معدل فحص ثلاث نماذج

جدول رقم 7 يبين نسبة النقصان في الهطول لخرسانة الركام الخشن الطبيعي والمعاد المستبدل بنسبة 50% مع نسبة زيادة المحتوى السمنتي مقارنة بالخرسانة التي تسبقها

رمز الخلطة	نسبة النقصان في الهطول %	نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي %	نسبة النقصان في الهطول / نسبة زيادة المحتوى السمنتي
C_{25}	8.42	10.76	0.782
C_{30}	5.74	12.54	0.457
C_{40}	7.31	27.57	0.265
$_{50}C_{25}$	7.77	10.76	0.722
$_{50}C_{30}$	8.43	12.54	0.672
$_{50}C_{40}$	5.26	27.57	0.190

جدول رقم 8 يبين نسبة الزيادة في قوة الانضغاط لخرسانة الركام الطبيعي مع نسبة زيادة المحتوى السمنتي بعمري 7 و 28 يوم مقارنة بالخرسانة التي تسبقها

العمر ايام	رمز الخلطة	نسبة الزيادة في قوة الانضغاط %	نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي %	نسبة زيادة قوة الانضغاط / نسبة زيادة المحتوى السمنتي
28 يوم	C_{25}	13.8	10.76	1.282
	C_{30}	27.27	12.54	2.174
	C_{40}	25.3	27.57	0.917
7 ايام	C_{25}	9.5	10.76	0.882
	C_{30}	29.48	12.54	2.35
	C_{40}	15.14	27.57	0.55

جدول رقم 9 يبين نسبة الزيادة في قوة الانضغاط لخرسانة الركام الخشن المعاد المستبدل بنسبة 50% مع نسبة زيادة المحتوى السمنتي بعمري 7 و 28 يوم مقارنة بالخرسانة التي تسبقها

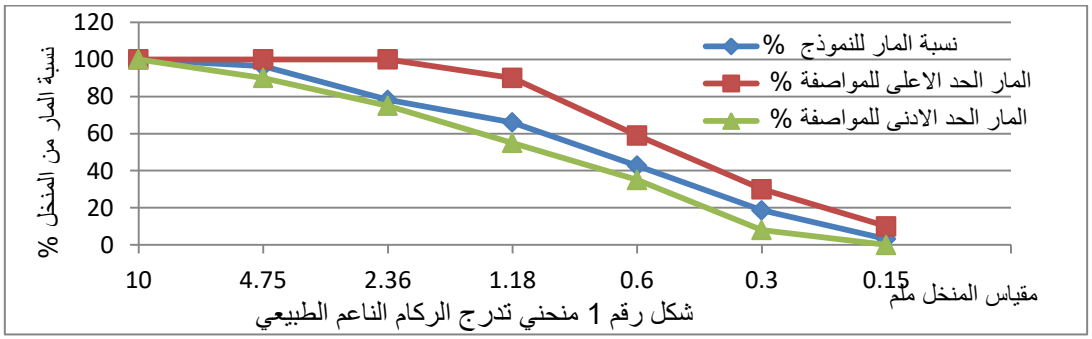
العمر بالأيام	رمز الخلطة	نسبة الزيادة في قوة الانضغاط %	نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي %	نسبة زيادة قوة الانضغاط / نسبة زيادة المحتوى السمنتي
28 يوم	$_{50}C_{25}$	13.3	10.76	1.236
	$_{50}C_{30}$	22.26	12.54	1.775
	$_{50}C_{40}$	26.82	27.57	0.972
7 ايام	$_{50}C_{25}$	5.92	10.76	0.55
	$_{50}C_{30}$	24.84	12.54	1.98
	$_{50}C_{40}$	17.41	27.57	0.631

جدول رقم 10 يبين نسبة النقصان في الامتصاص لخرسانة الركام الخشن الطبيعي والمعاد المستبدل بنسبة 50% مع نسبة زيادة المحتوى السمنتي بعمر 28 يوم مقارنة بالخرسانة التي تسبقها

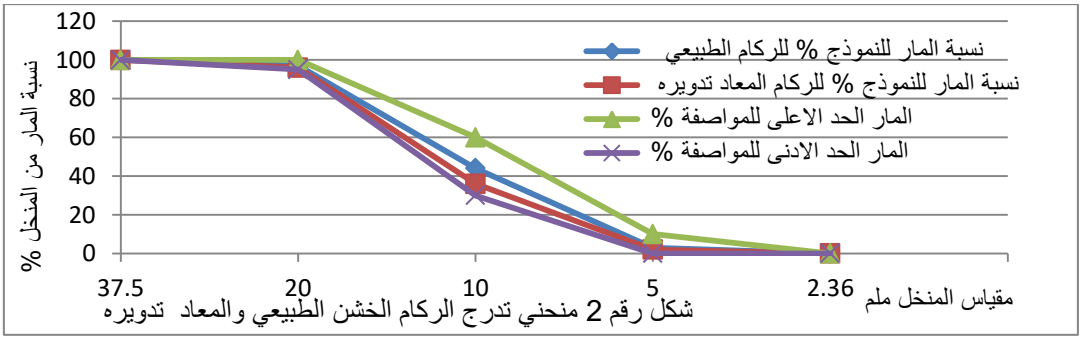
رمز الخلطة	نسبة النقصان في الامتصاص %	نسبة الزيادة في المحتوى السمنتي %	نسبة النقصان في الامتصاص / نسبة زيادة المحتوى السمنتي
C_{25}	9.43	10.76	0.876
C_{30}	18.75	12.54	1.5
C_{40}	20.51	27.57	0.744
$_{50}C_{25}$	13.41	10.76	1.22
$_{50}C_{30}$	28.17	12.54	2.246
$_{50}C_{40}$	25.5	27.57	0.925

صورة رقم 1 نماذج مكعبات مفحوصة وتالفة

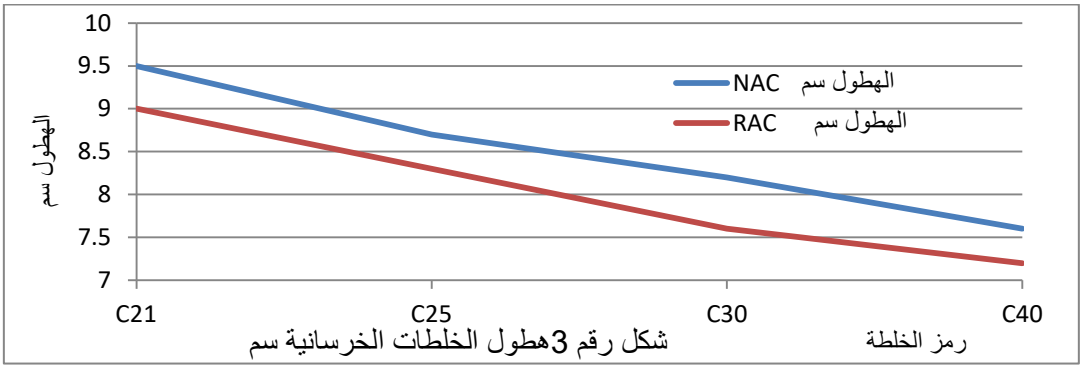
صورة رقم 2 ركام خشن معاد تدويره من تكسير المكعبات



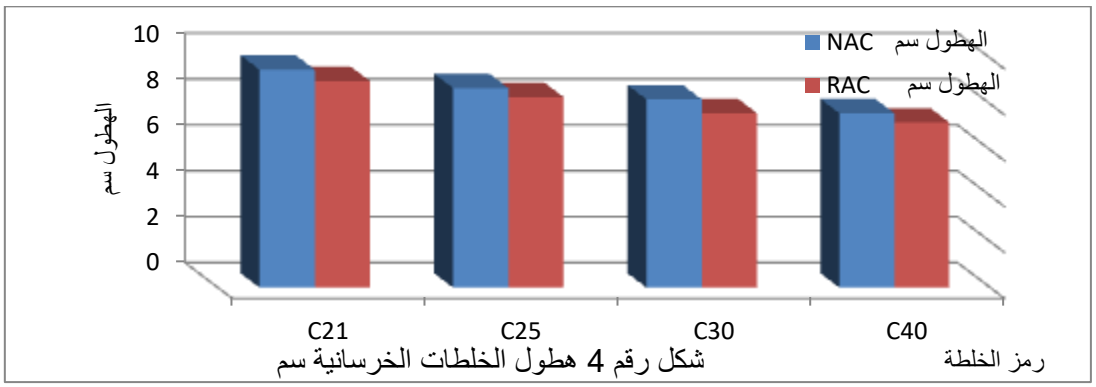
شكل رقم 1 منحني تدرج الركام الناعم الطبيعي



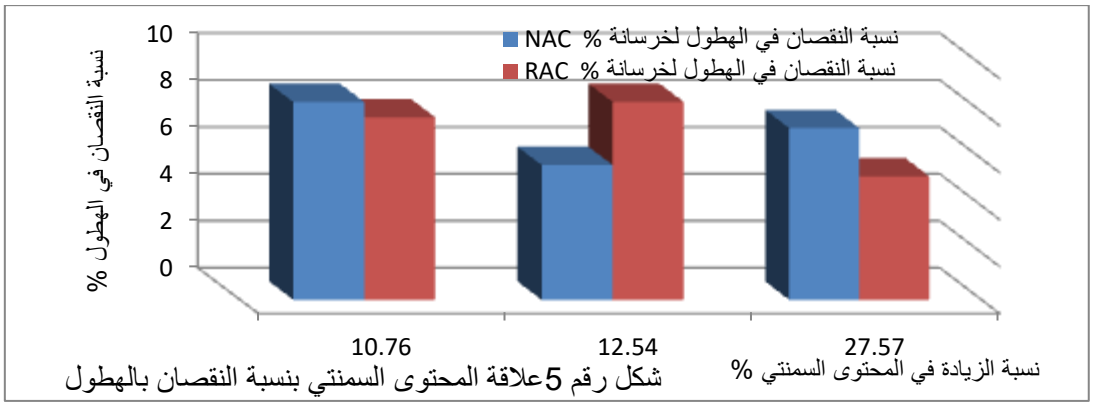
شكل رقم 2 منحني تدرج الركام الخشن الطبيعي والمعاد تدويره



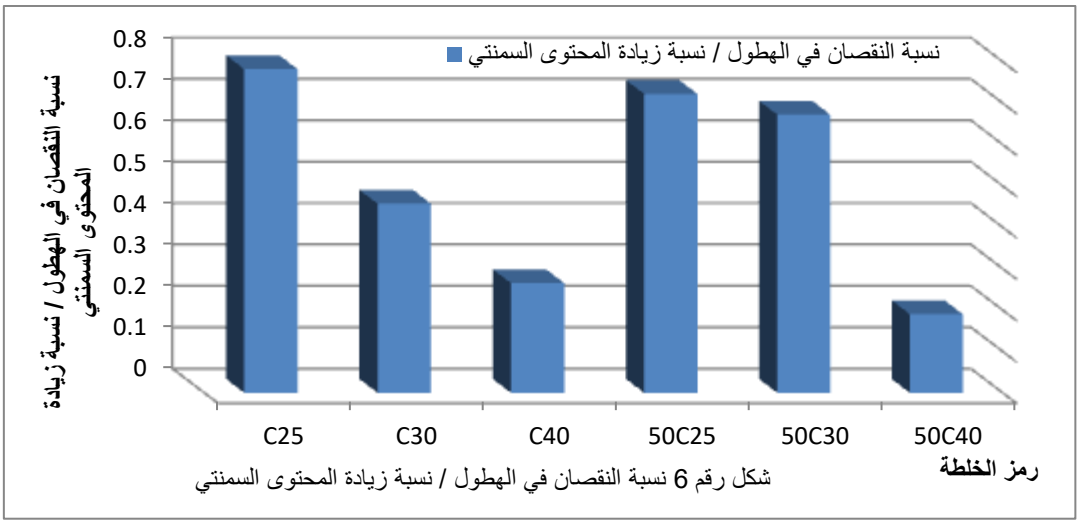
شكل رقم 3هطول الخلطات الخرسانية سم



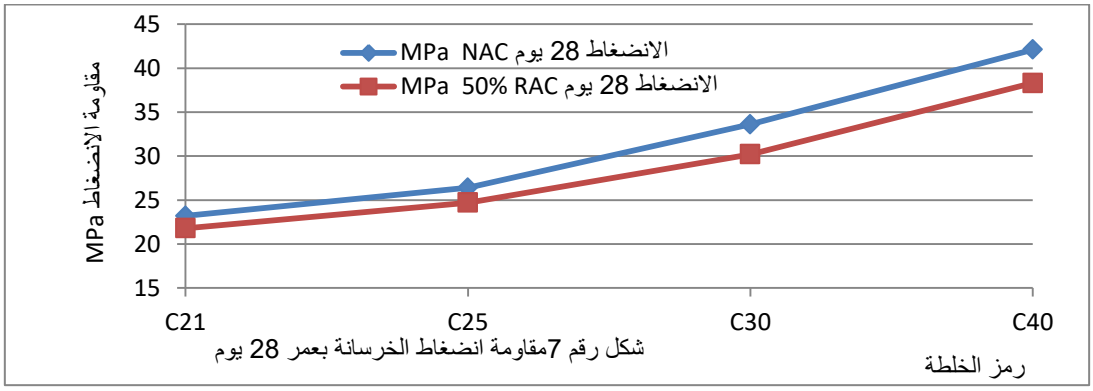
شكل رقم 4 هطول الخلطات الخرسانية سم



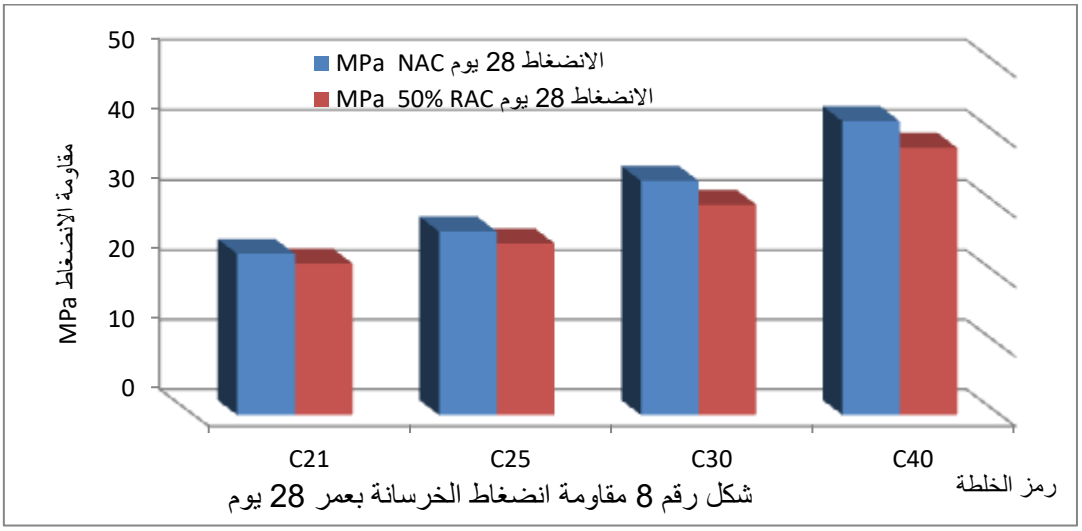
شكل رقم 5علاقة المحتوى السمنتي بنسبة النقصان بالهطول



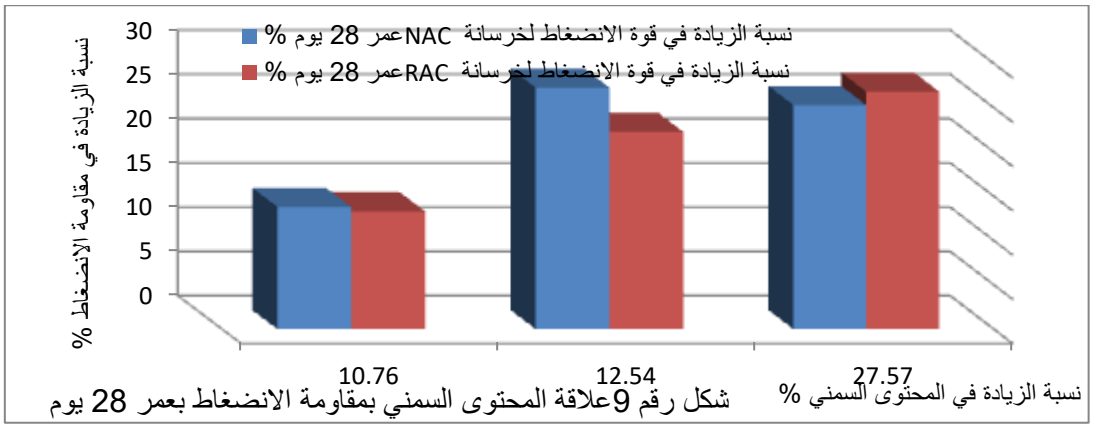
شكل رقم 6 نسبة النقصان في الهطول / نسبة زيادة المحتوى السمنتي



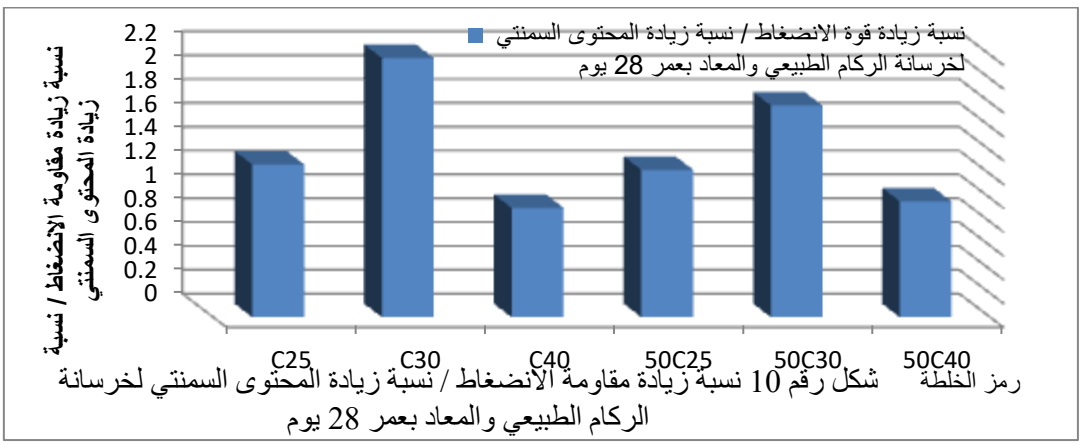
شكل رقم 7مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 28 يوم



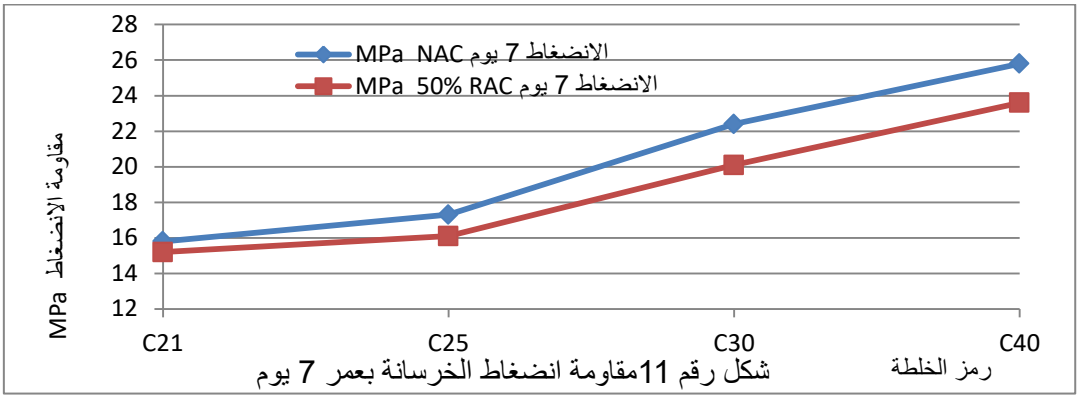
شكل رقم 8 مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 28 يوم



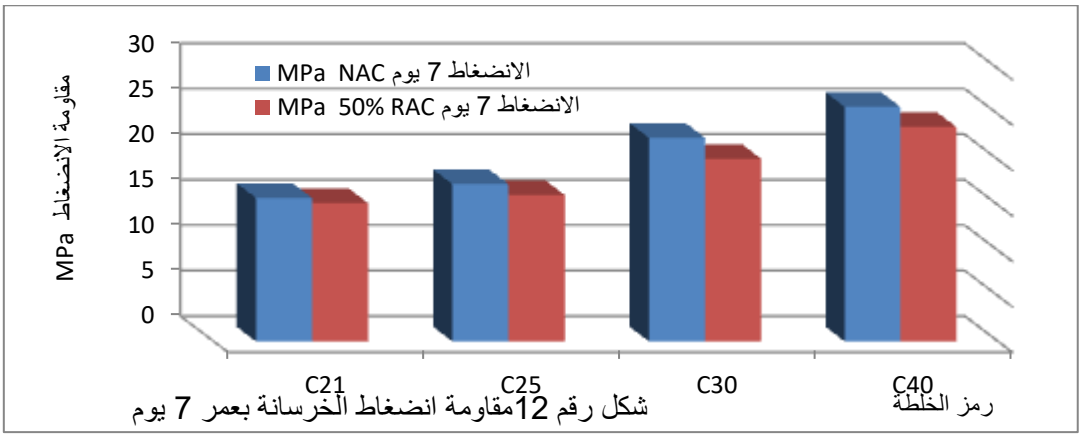
شكل رقم 9علاقة المحتوى السمني بمقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم



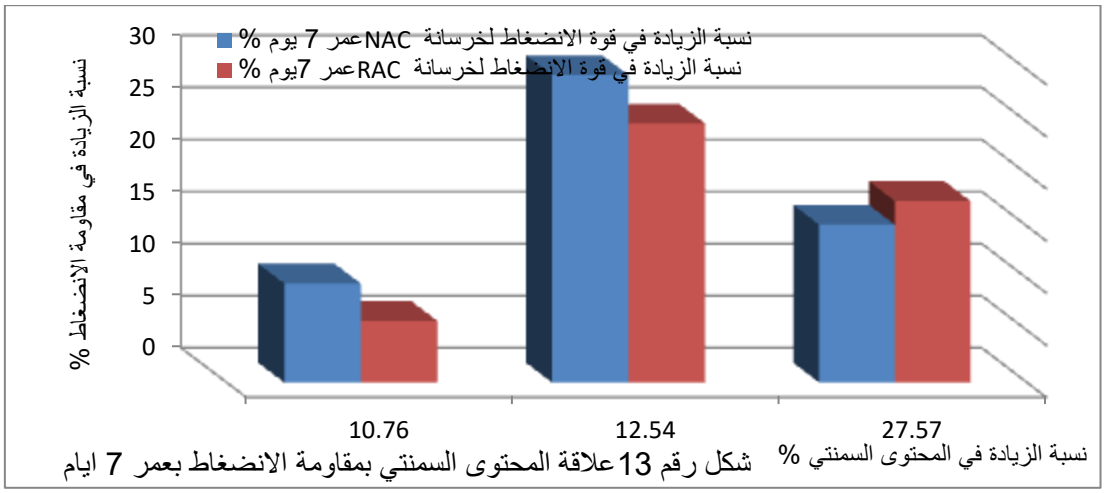
شكل رقم 10 نسبة زيادة مقاومة الانضغاط / نسبة زيادة المحتوى السمنتي لخرسانة الركام الطبيعي والمعاد بعمر 28 يوم



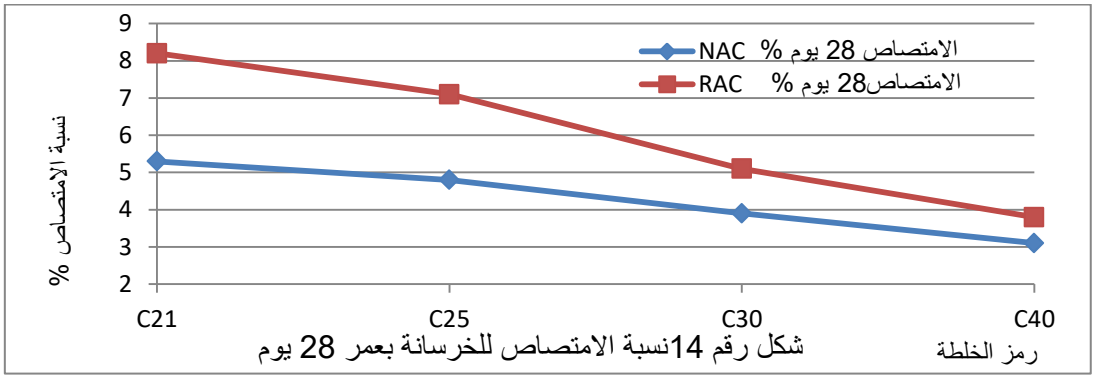
شكل رقم 11مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 7 يوم



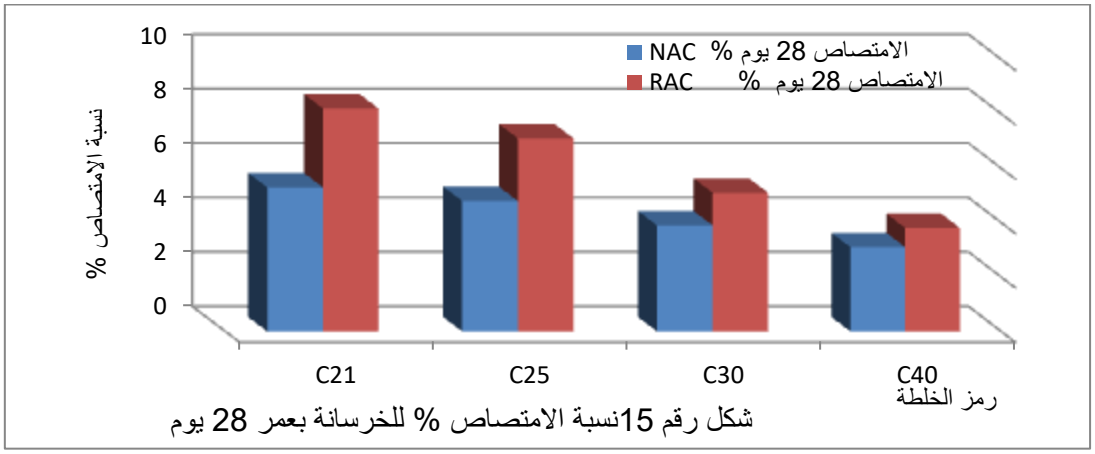
شكل رقم 12مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 7 يوم



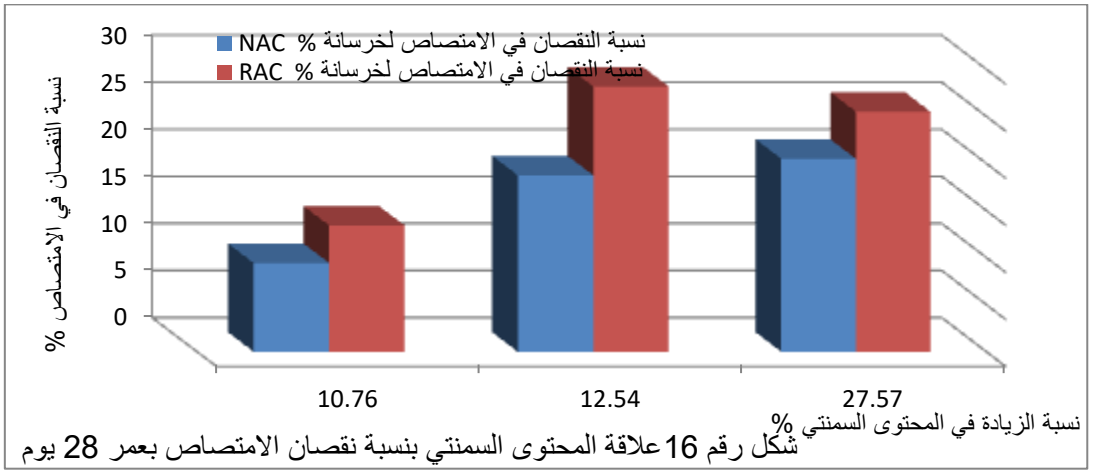
شكل رقم 13علاقة المحتوى السمنتي بمقاومة الانضغاط بعمر 7 ايام



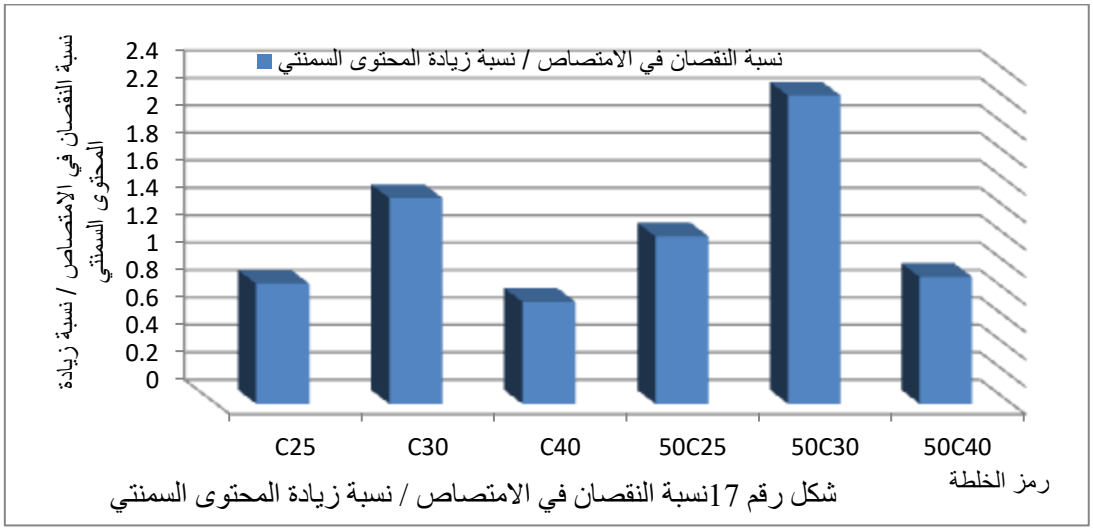
شكل رقم 14نسبة الامتصاص للخرسانة بعمر 28 يوم



شكل رقم 15نسبة الامتصاص % للخرسانة بعمر 28 يوم



شكل رقم 16علاقة المحتوى السمنتي بنسبة نقصان الامتصاص بعمر 28 يوم



شكل رقم 17نسبة النقصان في الامتصاص / نسبة زيادة المحتوى السمنتي

:References

1 - Kaushal Kishore , 2012 ," Concrete Aggregates – from Discarded tyre Rubber " , Central P.W.D. Engineers' Association / New Delhi

2 - Sivakumar N. , Muthukumar S. , 2014 , " Experimental Studies on High Strength Concrete by using Recycled Coarse Aggregate" International Journal of Engineering And Science Vol.4, Issue 01 (January 2014), PP 27-36

3 - Rao A, Jha KN, Mishra S.,2007, "Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete." Resources, Conservation and Recycling. March 2007;Volume 50(Issue 1):Pages 71-81. http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.05.010

4 - The Ministry of Land, Survey actual situation of construction by-product, http://www.mlit. go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/jittaichousa/index01.htm

5 - Building savings- Strategies for waste Reduction of Construction and Demolition Debris from Buildings. Environmental Protection Agency – EPA. http://www.epa.gov/garbage/pubs/combined.pdf

6 - Obla KH, Kim H., 2009, "Sustainable concrete through reuse of crushed returned concrete." TRB Transportation Research Record. 2009; 2113:114-121. http://dx.doi.org/10.3141/2113-14

7 - Limbachiya M.C, Koulouris A, Roberts JJ, Fried AN.2004," Performance of recycled aggregate concrete." In: RILEM International Symposium on Environment-Conscious Materials and Systems for Sustainable Development; 2004; Koriyama, Japan. Baneux, France: RILEM Publications SARL; 2004. p. 127-136.

8 – Yong P.C, Teo D.CL.,2009," Utilization of recycled aggregate as coarse aggregate in concrete." UNIMAS E-Journal of Civil Engineering. 2009; 1(1):1-6.

9 – Gilpin R., Robinson J., David W.M., Hyun H. , 2004 , " Recycling of construction debris as aggregate in the Mid-Atlantic Region USA" Resour Conserv Recycl, 42 , pp. 275–294

10 - Khaldoun R.2007," Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate" , Building and Environment, Volume 42, Issue 1, January 2007, p.p. 407-415

11 – Buck A.D. ,1977," Recycled concrete as a source of aggregate", ACI Journal 74 (1977) (5), pp. 212–219

12 - Hansen T.C. and Hedegard S.E., 1984 , " Properties of recycled aggregate concrete as affected by admixtures in original concretes", ACI Journal 81 (1984) (1), pp. 21–26.

13 – González - Fonteboa B. and Martínez-Abella F. , 2008 ," 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

14 - Hansen , J. C. (1996). " Recycling of demolished concrete and masonry", RILEM Report No 6, Ed. E &FN Spon, London, UK.

15 - Rasheeduzzafar I.B., Khan A. ,1984, " Recycled concrete – a source of new concrete", ASTM Cem, Concr. Aggregates 6 (1), (1984),17-27

16 - Sagoe – Crentsil K.K. , Brown T. , Taylor A.H.,2000, " Performance of concrete made with commercially produced coarse recycled concrete aggregate", Cement and concrete research, (2000).

17 –Sriravindrarajah R. & TAM C. T. (1987). "Recycling concrete as fine aggregate in concrete", International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, vol. 9. PP 235-241.

18 - Domingo A., Lazaro C., Gavarre F. L., Serrano M. A. & Lopez -Colina C. (2010)." Long term deformation by creep and shrinkage in recycled aggregate concrete", Materials and Structures, Vol. 43. PP. 1147-1160.

19 -Tavakoli M. & Soroushian P. (1996). "Strength of recycled aggregate concrete made using field demolished concrete as aggregate", ACI Materials Journal, Vol. 93. PP 178-181.

20- المواصفة القياسية العراقية رقم 5 لسنة 1984 " الأسمنت البورتلاندي" الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

21 - المواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 "ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء" الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية - بغداد

22 - Wadud Z. , Ahmad S. , 2001."ACI Method of Concrete Mix Design : A Parametric Study" The Eighth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Singapore, pp. 1408.

23 - British Standards Institute, (1989) British Standards B. S. 1881, Part 116" Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes "

24- British Standards Institute, (1989) British Standards B. S. 1881, Part 122" Method for Determination of water Absorption"

25 - ASTM C143-71(1978-1979). " Slump of hydraulic cement concrete" Amercan Society for Testing and Materials Vol . 14 -02