

THE USE OF LOCAL SLAG AS COARSE AGGREGATE IN CONCRETE

Abbass Salim Abbass AL-Ameeri
University of Babylon

Suhaila Gh. Mattar
University of Baghdad

Abstract :-

There are few studies on this problem and they take the same directions as external researches. These studies are aimed at finding the properties of local slag, and its effects on concrete properties.

Local slag is produced by Electrical Arc Furnace using scrap as raw material, for production of pig iron and slag. This slag is called (Steel Slag). Local slag has low activity as a Cementitious material, because it has low content of glass. As a result local slag is left without any treatment. Besides local slag has high content of iron.

For these reasons, this study is carried out to investigate the use of iron industry by-products in concrete, as partial replacement of gravel. The study included slag effects on concrete properties namely slump, compressive strength, tensile strength, and shrinkage. One set of experiments was carried out. This set deals with the effects of replacement of coarse aggregate by slag with the following percentages (0, 30, 60)% at ordinary temperature.

Generally, the result of the this set of experiments show, reduction in workability, Improvement compressive strength, tensile strength, reduction in shrinkage.

استخدام الخبث المحلي كركام خشن في الخرسانة

سهيلة غازي مطر
مدرس
جامعة بغداد

عباس سالم عباس الأميري
أستاذ مساعد
جامعة بابل

الخلاصة :-

أجريت العديد من الدراسات المحلية للتوصل إلى معرفة خواص الخبث المحلي (وهو من مخلفات صناعة الحديد) وتأثيراته على خواص الخرسانة عند استخدامه كركام ومن الجدير بالذكر ان الخبث المحلي ينتج من فرن القوس الكهربائي المستخدم في إنتاج واستخلاص الحديد بالاعتماد على الحديد القديم كمادة اولية ، ويعرف بخبث الصلب (Steel Slag) ويمتاز الخبث المحلي بفاعليته الواطئة كمادة أسمنتية بسبب انخفاض محتوى الزجاج فيه نتيجة عدم معالجته، بالإضافة إلى احتوائه على نسبة عالية من أكاسيد الحديد.

اجري هذا البحث في محاولة لاستخدام مخلفات صناعة الحديد في صناعة الخرسانة عن طريق احلاله جزئيا عن الركام الخشن بنسب (0, 30, 60)% ومعرفة تأثيراته على خواص الخرسانة من خلال فحوصات (الهطول، مقاومة الانضغاط، الشد، والانكماش).

وقد أظهرت النتائج انه مع إحلال الخبث عن الركام الخشن يحدث انخفاض بقابلية التشغيل ، وتحسن بنسبة قليلة في مقاومة الانضغاط والشد وانخفاض الانكماش.

1-المقدمة

ان فكرة الاستفادة من المخلفات الصناعية ومن ضمنها مادة الخبث (Slag) تمتد الى زمن بعيد حيث ان ترك هذه المخلفات من دون معالجة يؤدي الى الضرر البالغ بالبيئة ، حيث تقدر كمية الخبث المنتجة بحوالي (٣, ٠ - ١) طن لكل طن من حديد الزهر الناتج من الفرن النفاخ ^{1}. لكون الاكاسيد المكونة للخبث مشابهة لاكاسيد المكونة للسمنت مع اختلاف نسبها فقد أشاع استخدامه مع السمنت بعد معالجة و طحنة الى نعومة عالية ويطلق عليه مسحوق خبث محبب لافران الصهر العالية (Ground Granulated Blast Furnace Slag) ويرمز له اختصارا بـ(GGBFS). ^{2}

يكون الخبث على نوعان أحدهما خبث افران الصهر العالية (Blast Furnace Slag) والآخر خبث الصلب (Steel Slag) ^{3} الذي ينتج بواسطة الفرن القوسي الكهربائي وهو النوع المستخدم في إنتاج الخبث المحلي (العراقي) بالاعتماد علي الحديد المستعمل (Scrap) في إنتاجه ^{4}

ويعتبر (Loriot) ^{5} عام 1774م أول من استخدم الخبث مع السمنت في إنتاج مونه منهما، وسجل أول إنتاج لسمنت - الخبث عام 1892 م في ألمانيا ^{5}، وفي منتصف القرن العشرين أصبح خبث أفران الصهر العالية أحد مصادر إنتاج أنواع السمنت بالعالم، حيث تقدر كميتة المستخدمة في إنتاج السمنت بحوالي (20%) من كمية السمنت الكلية المنتجة في أوربا ^{1}، ومما أدى الى تخفيض كلفة صناعة السمنت وكلفة إنتاج الخرسانة، كذلك التخلص من مظهر من مظاهر تلوث البيئي.

يهدف هذا البحث الى التعرف على خواص الخبث المحلي (العراقي) وإمكانية الاستفادة منه كركام خشن في إنتاج الخرسانة ومن خلال إجراء الفحوصات:- الهطول، مقاومة الانضغاط والشد، والانكماش، علما ان الخبث المحلي ذا خواص سمنتية ضعيفة، حيث ان إحلاله كنسبة من السمنت يؤدي الى خفض المقاومة للخرسانة عن طريق إحلاله، بسبب انخفاض المحتوى الزجاجي بالخبث لعدم معالجته بالطرق المعروفة وارتفاع محتواه من اكاسيد الحديد ^{4}

2- استعراض البحوث

يرتبط إنتاج الخبث مع عملية استخلاص الحديد، حيث ان الخبث هو ناتج عرضي لصناعة حديد الزهر (Pig Iron) على اختلاف طرق صناعته، والخبث هو منتج لا معدني (Non-Metallic) تختلف طرق معالجة الخبث حسب متطلبات استخدامه

تختلف طرق إنتاج الخبث تبعا الى طرق استخلاص الحديد ونوع مواده الأولية، حيث تؤثر بشكل كبير على مكوناته الكيميائية، حيث أن الخبث نوعان، أولهما :- خبث أفران الصهر العالية (Blast Furnace Slag) وينتج بالاعتماد على خامات الحديد (Ore) وباستخدام الفرن النفاخ (Blast Furnace)، ثانيها:- خبث الصلب (Steel Slag) وينتج بالاعتماد على الحديد المستعمل (Scrap) وباستخدام الفرن القوس الكهربائي وغيره من الطرق الأخرى ^{3,6}، وكلا النوعين من الخبث يمكن معالجتهما، باستخدام طرق عده من اجل تيريد منصهر الخبث (Molten) بواسطة الماء أو الهواء بشكل منفصل أو مزدوج من خلال عمليات تتناسب مع نوع الخبث خواصه الهندسية المطلوبة، حتى يمكن الحصول على الخبث المكور (Pelletized Slag)، الخبث المحبيب (Granulated Slag) والخبث الرغوي (Foam Slag). ^{2,3}

وتعتمد فعالية الخبث بشكل رئيسي على طريقة معالجته (سرعة تبريده) وبالتالي تتحدد طبيعة ونوعية استخداماته العملية بسبب اختلاف خواصه من عوامل عدة منها :- محتوى الزجاج ويعتمد على درجة حرارة المنصهر وسرعة وطريقة تبريده وتركيبية المعدني ولزوجته ^{3} ويتناسب محتوى الزجاج طرديا مع الفعالية الهيدروليكية للخبث حيث ترداد مقاومة الانضغاط لمونه سمنت- الخبث مع زيادة محتوى الزجاج وخصوصا بالأعمار المتأخرة. ^{8,9}

اما التركيب الكيميائي فان يعتمد على المواد الأولية لاستخلاص الخبث، حيث ان التركيب الكيميائي لخبث أفران الصهر العالية (B.F.S) متغير بمدى كبير اعتمادا على طبيعة المواد الخام (خامات الحديد، حجر الكلس، الفحم) حيث إن الاكاسيد الرئيسية للخبث هي (MgO، Al₂O₃، SiO₂، CaO) والتي تشكل نسبة ما مجموعه (80%) من المحتوى الكلي للخبث.

أما التركيب الكيميائي لخبث الصلب (S.S) فان نصف محتواه يتكون من اوكسيد الكالسيوم (CaO) وباقي الاكاسيد تكون النصف الثاني ،وتتراوح نسبة أو كسيد الحديد(12-20)% من مجموع اكاسيده بسبب اعتماد على الحديد المستعمل (Scrap) كمادة أولية.^{3}

أما النعومة فان زيادتها بالسمنت تنعكس إيجابيا على الفعالية الهيدروليكية مسببة زيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة،^{10} وهذا ينطبق على الخبث ، حيث ذكر (Taylor)^{11} أن زيادة نعومة الخبث تؤدي إلى زيادة تطور المقاومة ،بسبب زيادة المساحة السطحية النوعية وبالتالي زيادة الفعالية الهيدروليكية ولكن هذه الزيادة تنعكس سلبيا على الانكماش وزمن الجمود.

وتتحدد استعمالات الخبث في الخرسانة حسب نوعه وطريقة معالجته ، حيث أن الخبث المبرد بالطريقة الطبيعية(من دون معالجة) يمكن تكسيره والاستفادة منه كركام ناعم وخشن ، ويمتاز بالكثافة العالية وتحسينه لمقاومة الخرسانه ضد هجوم الكبريتات والكلوريدات الخارجية وبالتالي إعطاء حماية أكثر لحديد التسليح^{12,13} كذلك يمكن معالجته بضخ الماء على منصهر الخبث وتشكيل كتل رغوية ويطلق عليها(الخبث الرغوي) وتكسيروها وعمل منها ركام خفيف الوزن^{1,3}

ومن اجل الحصول على خبث ذا خواص هندسية جيدة حتى يستخدم في صناعة السمنت، فإنه يحتاج إلى طريقة معالجة مناسبة في سرعة خفض درجة حرارة المنصهر وعدم تشكل الطور البلوري مع زيادة المحتوى الزجاجي حتى يمكن الاستفادة منه في إنتاج (كلنكر السمنت البورتلاندي ، سمنت نورة- لخبث،سمنت بورتلاندي - خبث أفران الصهر العالية،سمنت فائق المقاومة للكبريتات، وسمنت- خبث

بورتلاندي واطى الحرارة^{4,10,14} وتمتاز الخرسانة المنتجة من هذه الأنواع بان قابلية التشغيل لها تتحسن وبشكل ملحوظ ،حيث ذكر (Wood)^{14} ان زيادة نسبة إحلال الخبث لأفران الصهر العالية بدلا عن السمنت البورتلاندي يحسن قابلية التشغيل نتيجة زيادة حجم المونة ،بسبب انخفاض الوزن النوعي للخبث مقارنة مع السمنت ، وبالتالي تسهيل عملية انزلاق الركام مقارنة مع الخلطة الخالية من الخبث ، وهذا يعني جهد اقل للرص عند الصب الخرسانة ، توصل (جمال الملا)^{4} الى نفس الاستنتاج عند استخدامه خبث الصلب (S.S) .

أما تطور مقاومة الانضغاط للخرسانة الحاوية على خبث أفران الصهر العالية كمادة سمنتية فإنه يقل في الأعمار المتقدمة ، وذلك لصعوبة تميا الخبث نتيجة انخفاض فاعليته الهيدروليكية وحاجته إلى منشط مثل(السمنت البورتلاندي) لتوليد $(Ca(OH)_2)$ الذي ينشط عملية تميا الخبث وبعدها يعتمد الخبث على مركب $(Ca(OH)_2)$ الذي ينتج من امهنة ، وهنا تحدث الزيادة في تطور المقاومة في الأعمار المتأخرة بعد عمر(28) يوم^{1,15} .وعند استخدام الخبث المحلي (S.S) تنخفض مقاومة الخرسانة الحاوية عليه عن مقاومة الخرسانة المرجعية ، ويقل مقدار الانخفاض في الأعمار المتأخرة ، سبب تدني المقاومة يأتي من انخفاض محتوى الزجاج بالخبث لعدم معالجته، بالإضافة لطبيعته الكيميائية.^{4}

أما عند استخدام الخبث كركام ناعم أو خشن فبالا مكان الحصول على خرسانة خفيفة الوزن (L.W.C) من خلال استخدام الخبث الرغوي او المكور ، وبالتالي الحصول على مقاومة وخواص عزل حرارية جيدة.^{7,16}

كما تمتاز خرسانة الخبث بكلاً نوعية (S .S) و(B.F.S) بان انكماشها العالي الذي يزداد مع زيادة نسبة إحلال الخبث عن السمنت فيها،^{ 2, 4} ويمكن خفض الانكماش من خلال زيادة محتوى الجبس ، حيث تتكون الاثرنايت (Ettringite) بشكل اكثر وهذا يؤدي الى زيادة في الحجم التي تملا قسم من الفجوات وتؤدي الى انخفاض نسبة الفجوات داخل كتلة الخرسانة .^{ 17,4}

ويؤثر استبدال خبث أفران الصهر العالية عن السمنت على مقدار الزحف باختلاف نوع الزحف ، حيث أن الزحف الأساسي (Basic Creep) ينخفض مع استخدام الخبث في الخرسانة ويعزى ذلك الى تطور مقاومته وزيادة بالحجم يرافقه زيادة في معامل المرونة^{ 19,18} ، ويزداد انفعال الزحف الكلي مع زيادة نسبة الخبث في الخرسانة .^{18}

كما تمتاز خرسانة الخبث بنوعيه (S.S) و(B.F.S) بقابليتها على مقاومة التمدد الناتج عن تفاعل قلوبات السمنت مع السليكا فعاله،^{ 21, 15} وتأتي المقاومة التي يبديها الخبث حيال هذا التمدد من انخفاض نفاذية خرسانة الخبث ، بسبب ربط الأيونات القلوية مع مركباته ضمن الكتلة الناتجة من تميخ الخبث .^{ 21, 15} ويمتاز سمنت-الخبث عند تفاعله مع الماء بانخفاض حرارة امهته^{23} تجعل استخدامه مناسباً في الكتل الخرسانية الكبيرة (Mass Concrete) من دون حدوث أضرار نتيجة هذه الحرارة .

3- الاعمال المختبرية

1-3 المواد المستخدمة بالبحث

1-1-3 السمنت

سمنت بورتلاندي اعتيادي منتج من قبل معمل سمنت كبيسة، مطابق للمواصفة القياسية العراقية (5 لعام 1984) و تم إجراء الفحوصات حسب الدليل الاسترشادي (472 لعام 1993)^{24} والدليل الاسترشادي (198 لعام 1990)^{25} ، الجدولان (1) و(2) يوضحان التحاليل الكيميائية والفحوصات الفيزيائية للسمنت.

2-1-3 الركام الناعم

رمل طبيعي من منطقة الاخضر يقع ضمن تدرج المنطقة رقم (2) ، مطابق للمواصفة القياسية العراقية (45 لعام 1985)^{26} ، الجدول(3) يوضح تدرج الرمل وبعض خواصه.

3-1-3 الركام الخشن

حصى مكسر من مقالع سامراء ذو مقاس أقصى (19) مم ، مطابق للمواصفة القياسية العراقية (45 لعام 1985)^{26} ، الجدول(4) يوضح تدرج الحصى وبعض خواصه .

4-1-3 الخبث

كتل كبيرة الحجم من معمل الحديد و الصلب في أم قصر وتم تكسيه للحصول على خبث تدرجه مماثل لتدرج الركام الخشن المستخدم وتبين التحاليل الكيميائية للخبث المحلي المستخدم عدم مطابقته لمواصفات خبث أفران الصهر العالية الأجنبية، و كما بالجدول (5) .

2-3 أعمال الخرسانة :

1-2-3 الخلطة الخرسانية :

أبتدأ تم اعتماد مقاومة أنضغاط مقدارها (30 نيوتن /م²) بعمر (28) يوم كأساس للتصميم وقابلية تشغيل مناسبة وبموجب طريقة المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI 211.91)^{27} تم إيجاد مكونات الخلطة الخرسانية المرجعية لمترب مكعب على النحو التالي :

الهطول مم	الماء / السمنت	الماء (كغم /م ³)	الحصى (كغم/م ³)	الرمل (كغم/م ³)	السمنت (كغم /م ³)
60	0.41	185	1015	750	450

حيث نسبة الخلط كانت (1.67:1 :2.26) للسمنت،الركام الناعم و الركام الخشن على التوالي،تم استخدام مجموعة واحدة من الخلطات فيها يتم استبدال الخبث عن الركام الخشن بنسب (0، 30، 60)% وزناً حيث يتم فحص النماذج في درجة الحرارة (22± 3) م⁰ و برطوبة نسبية (45± 5) %.

2-2-3 الفحوصات المختبرية :

- 1-فحص الهطول:تم الفحص بموجب المواصفة الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM C 143-78) .
- 2- فحص مقاومة الانضغاط للخرسانة ، و تكون النماذج بأبعاد (100*100*100) مم وحسب المواصفة البريطانية (BS1881 Part (108,116)-83) .
- 3- فحص معايير الكسر و تكون النماذج موشورية و بأبعاد (100 * 100 * 400) مم وحسب مواصفة الجمعية الأمريكية للفحص و المواد (ASTM C 293-83) .
- 4- فحص مقاومة انشطار الشد ، و تكون النماذج أسطوانية بقطر (100) مم و ارتفاع (200) مم ، حسب مواصفة الجمعية الأمريكية للفحص و المواد (ASTM C 496-83) .
- 5- فحص التغير الطولي (الانكماش) و تكون النماذج موشورية و بأبعاد (77*77*285) مم وحسب مواصفة الجمعية الأمريكية للفحص و المواد (ASTM C 157-86) .
- 6- فحص لقياس معامل المرونة و نسبة بواسن ، و تكون النماذج أسطوانية بقطر (100) مم وبارتفاع (200) مم وحسب المواصفة الجمعية الأمريكية للفحص و المواد (ASTM C469-83) .

كافة القوالب المصنوعة من الحديد استخدمت بعدان طليت جميع الأوجها بطبقة رقيقة من الزيت ، وصبت الخرسانه بطبقتين من الخرسانة مع الرص لكل طبقة بواسطة هزازة منضدية ، ما عدا النماذج الأسطوانية فأنها ترص يدوياً ، و بعدها تغلف بقطعة من البولي اثيلين و تترك لمدة (4 ±2) ساعة ، تفتح القوالب و توضع بالماء لغرض المعالجة (Curing) لحين موعد الفحص ، فيما عدا نماذج الانكماش التي يتم إخراجها من الماء بعد (28) يوم ويترك

في جو المختبر، بالإضافة الى قسم من نماذج فحص مقاومة الانضغاط تحفظ في جو المختبر بعد إنضاج بالماء لمدة (7) يوم.

4- تحليل النتائج ومناقشتها

1-4 تأثير احلال الخبث على خواص الخرسانة الطرية :

ان اساس تقييم قابلية التشغيل وتأثيرات نسبة احلال الخبث عليها قد اعتمدت على فحص الهطول (Slump Test)، حيث اجريت لكافة الخلطات في المجموعة ،الجدول (6) يوضح النتائج المستخلصة من الفحص على كافة الخلطات. حيث انخفضت قابلية التشغيل(الهطول) للخرسانة ذات نسبة إحلال (60،30)% بالمقارنة مع الخلطة المرجعية، و السبب في انخفاض الهطول يعود الى ان الخبث مادة ذات خشونة (Harsh) وتحتاج الى متطلبات اعلى من الماء للحصول على نفس الهطول (قابلية تشغيل) {28,12}

2-4 تأثير احلال الخبث على مقاومة الانضغاط بالخرسانة:

الشكلان (1) ،(2) يوضحان تأثير نسبة إحلال الخبث على مقاومة الانضغاط ، حيث يتبين ان مقاومة الانضغاط تزداد و بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة إحلال الخبث و خصوصاً بالأعمار (28،90) يوم وقد بلغت افضل زيادة بالمقاومة (15%) بالنسبة للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث (60 %) بعمر (90) يوم ، كذلك كانت هناك زيادة طفيفة في المقاومة بعمر (28) يوم للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث(60،30) % . اما سبب الزيادة في مقاومة الانضغاط للخرسانة فهوان الخبث ذا سطوح مكسرة وهذه السطوح بشكلها وطبيعتها تعطي نوعا افضل من الربط بينها وبين عجينة السمنت. {28,12}

اما الشكلان (3)،(4) يوضحان ان الخرسانة المعرضة الى الهواء و بدرجة حرارة (42)م مقاومتها اعلى من مقاومة الخرسانة المغمورة بالماء وبزيادة (5،6،4)% في عمر(28) يوم للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث(60،30،0) % على التوالي ، ان سبب الزيادة بالمقاومة يعود الى ان الزيادة في درجة الحرارة تؤدي الى تسريع التبخر وفقدان الماء مصحوب بتسريع في تكوين نواتج امهة وبالتالي اكتساب المقاومة بشكل أسرع من الخرسانة المغمورة بالماء {29} ، بالإضافة ان الخرسانة المغمورة بالماء فأن كمية من الماء داخل كتلة الخرسانة تقلل مقاومتها اتجاه الاجهاد الخارجي . حيث ذكر (Price) {29} ان الزيادة في المقاومة يكون رئيسياً من ازالة الماء الممتز (Adsorbed Water) الذي يشبع النموذج ويؤثر في تعزيز الفشل المبكر بواسطة الانكسار الداخلي (Internal Rupture) ويحصل تراجع بمقاومة الانضغاط للنماذج المعرضة للهواء في اعمار متأخرة كثيراً بالمقارنة مع النماذج المغمورة بالماء بسبب تولد الشقوق المجهرية والتي تساعد على الفشل والنتيجة من الانكماش ، حيث أظهرت النتائج ان الخرسانة بالهواء وبعمر (90) يوم وبدرجة حراره (22+3) م⁰ فان مقاومتها انخفضت بـ (10،1،15) للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث (60،30،0)% على التوالي عن مقاومة الخرسانة المغمورة بالماء من مثيلاتها للسبب اعلاه. {29}

3-4 تأثير احلال الخبث على مقاومة الشد:

تم اجراء فحص مقاومة الشد بواسطة الطرق الغير مباشرة من خلال فحص معايير الكسوفحص انشطار الاسطوانة ، و الشكل (5) يوضح نتائج الفحص للخرسانة ذات نسبة احلال الخبث (0 ، 30، 60) % ، و قد أظهرت النتائج تحسناً بمقاومة الشد مع زيادة نسبة احلال الخبث بالنسبة لطريقة الفحص بأسلوب معايير الكسر بواسطة الحمل بنقطة واحدة .

اما فحص انشطار الاسطوانة للخرسانة فقد أظهرت النتائج تحسناً طفيفاً على مقاومة الشد مع زيادة نسبة احلال الخبث ، اما سبب ذلك فيعود الى نفس أسباب زيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة، حيث زيادة بمقاومة الانضغاط للخرسانة يرافقه زيادة بمقاومة الشد ^{10} ، وذلك بسبب زيادة الربط بين حبيبات الخبث ذات الأسطح المكسرة مع عجينه السمنت والتي تعطي بالنهاية قابلية اعلى للمقاومة الشد الانضغاط معاً.

4-4 تأثير احلال الخبث على الانكماش بالخرسانة:

الشكل (6) يوضح تأثير نسب إحلال الخبث على الانكماش بالخرسانة ، وقد اظهرت النتائج انخفاض الانكماش بالخرسانة ذات نسب احلال الخبث (30، 60)% عن الخرسانة المرجعية بمقدار قليل وبمختلف الأعمار ، وحيث انخفض مقدار الانكماش بالخرسانة ذات نسبة احلال الخبث (60 %) عن انكماش الخرسانة الخالية من الخبث بـ (6.6%) بعمر (90) يوم ، اما السبب في هذا الانخفاض بالانكماش لحصول الترابط الجيد بين مونه السمنت و الخبث افضل من الركام الخشن وبالتالي اعطاءها التقيد المناسب ضد الانكماش ^{30}.

4-5 تأثير احلال الخبث على معامل المرونة ونسبة بواسن بالخرسانة:

الشكل (7) يوضح العلاقة بين الاجهاد العمودي والانفعال العمودي لنموذجين من الخرسانة ذات نسبة احلال الخبث (0 ، 30) % ، وقد حصل تحسن طفيف بمعامل المرونة للخرسانة ذات الإحلال الخبث (30%) عن الخرسانة الخالية منه ، والشكل (8) يبين العلاقة بين الانفعال العمودي والانفعال الجانبي لكلا النموذجين السابقين ، وقد حصل زيادة بنسبة بواسن بـ (6%) للخرسانة ذات نسبة الخبث (30%) عن الخرسانة الخالية من الخبث ، وهذه النتائج متوقعة نظراً لزيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة ذات نسبة الاحلال الخبث (30%) عن الخرسانة الخالية من الخبث ، حيث يزداد معامل المرونة مع زيادة مقاومة الانضغاط للخرسانة ^{10} ، كما تؤثر طبيعة سطح الخبث على مقاومة الانضغاط ومعامل المرونة معاً بشكل إيجابي من قابلية الربط بين حبيبات الركام الخشن مع مونة السمنت .

5 -الاستنتاجات

1-انخفاض قابلية التشغيل الخرسانة مع احلال الخبث عن الركام الخشن بالخرسانة ، حيث أظهرت ان إحلال الخبث بالخرسانة تعطي اقل قابلية تشغيل (من خلال فحص الهطول) عن الخلطة المرجعية .

- 2-احلال الخبث المحلي يؤدي الى زيادة مقاومة الانضغاط و لمختلف ظروف الفحص.
- 3-عند تعريض الخرسانة الى الهواء بعد إنضاج لمدة (7) يوم في الماء ترتفع مقاومتها عن مثيلاتها المغمورة بالماء بعمر (28) يوم بمقدار (4،6،5)% للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث(0،30،60)% على التوالي، وتنخفض بمقدار(10،1،15) % بعمر(90) يوم .
- 4- عند إحلال الخبث عن الركام الخشن فإنه يطرأ تحسن بمقاومة الشد ، تبلغ الزيادة بالمقاومة للخرسانة ذات نسبة إحلال الخبث (30 ، 60)% كركام خشن عن الخرسانة المرجعية بعمر (28) يوم ب(10 ، 30) % على التوالي.
- 5- عند إحلال الخبث المحلي عن الركام الخشن ينخفض مقدار الانكماش عن الخلطة المرجعية بعمر (60) يوم ب(6.5)% للخرسانة ذات نسبة احلال الخبث (60)% عن الركام الخشن ولكافة الاعمار.
- 6-اعطت الخرسانة ذات نسبة احلال الخبث (30%) بعمر (28) يوم تحسن طفيف بمعامل المرونة وزيادة بنسبة بواسن عن الخرسانة الخالية من الخبث علما بان مقاومة الانضغاط للخرسانة ذات نسبة احلال الخبث (30%) كانت اعلى من مقاومة الانضغاط للخرسانة المرجعية .

6-المصادر:-

- 1- **Lea , F.M.** , “ The Chemistry of Cement And Concrete “ Third edition Edward Arnold Ltd , 1970 , London , PP. 454-590 , 557-587.
- 2- **ACI Committee Report, 226.1R-87** , “ Ground Granulated – Blast – Furnace Slag as a Cementitious Constituent in concrete “ , ACI Materials Journal , July –August 1987 , PP. 327-342.
- 3- **Lee, A.R.**, “Blast furnace and Steel Slag , Production , Properties And Uses “ , Edward Arnold Publishers Ltd , 1974 , London .
- 4- **جمال أحمد الملا**، ” تأثير أستخدام الخبث العراقي في صناعة الخرسانة “ أطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ١٩٩٢
- 5- **Mather B.** , “ Laboratory Test of Portland Blast Furnace Slag Cement “ ACI Journal , Proc V.54 . No.3 Sept., 1957 , PP. 205-232.
- 6- **عادل كمال جميل ، علي فليح عجام** ، “كيميااء المعادن و الخامات “، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة بغداد ، ١٩٨٠ ، ص (١٩٢-١٩٥).
- 7- **Mayfield , B., and Louati , M.**, “Can Pettite be Used in Structural Concrete “, Concrete , V.22 , No.10 1988, London .
- 8- **Douglas , E., And Zerbino , R.**, “ Characterization of Granulated and Pelletized Blast Furnace Slag “, Cement and Concrete Research , V.16, 1986, PP. 662-670 .

- 9- **Frigion , G.**, “ Manufacture and Characteristics of Portland Blast furnace Slag Cement “, Blended cement , ASTM STP 897, G. Frohnsaorff, Ed, Philadelphia , 1986 , PP.15-28 .
- 10- **Neville , A.M.**, “Properties of Concrete “ Fifth edition , Pitman Press ., 1995, London .
- 11- **Taylor , W.H.**, “ Concrete Technology And Practice “ 4th Edition , Mc Grow-Hill Book , Comp ., 1977 , London , PP. 19.
- 12- **Gutt , W., Kinniburh, W., and Newman, A.J.**, "Blast Furnace slag as Aggregate for Concrete ", Magazine of Concrete Research , V.19, No.59,June , 1967 , PP. 71-82.
- 13- **Gutt, W. H. , And Russell , A.D.**, “ Blast Furnace Slag as Coarse Aggregate for Concrete Stored in Sulphate Solutions for 22 Years “ Magazine of Concrete Research V.41 , No. 146 , March 1989 , PP. 33-39 .
- 14- **Wood, k. ,** “ Twenty Years of Experiences with Slag Cement “, Symp . on Slag Cement , University of Alabama , 1981 Taken from reference (4).
- 15- **Roy, D.M. , And Indorn , G.M. ,** " Hydration , Structure and Properties of Blast furnace Slag cement , Mortar and Concrete ", ACI Journal , Nov.- Dec. 1982 , PP. 444-457.
- 16- **Lewis , D.W.**, " Light Weight Concrete Made with Expanded Blast Furnace Slag " ACI . Journal , November 1958, PP. 619-633.
- 17- **Hogan , F.J., And Meusel , J.W.**, "Evaluation for Durability and Strength Development of Granulated Blast Furnace Slag ", Cement , Concrete , and Aggregate , V.3 No.1 CCAGPP , Summer 1981 , PP. 40-52.
- 18- **Neville , A.M., Brooks , J.J.**, "Time - dependent Behaviour of Cementsave Concrete " Concrete , V 9 , No.3 , 1975 London , PP. 36-39.
- 19- **Bamforth , P.B.**, “ in Situ Measurement of the Effect of Partial Portland Cement Replacement Using Either Fly Ash or Ground Granulated Blast Furnace Slag on the Performance of Mass Concrete “, Proc. in Stn. Civ. Engirs., Part 2 , V.69, Sept. 1980 , PP.777-800.
- 20- **Thomas , M.D., And Innis , F.A.**, “ Effect of Slag on Expansion Due to Alkali-Aggregate Reaction in Concrete , ACI Materials Journal , Nov. – Dec. 1998, PP. 719-724.

- 21- **Hogan , F.J.** , “ The Effect of Blast Furnace Slag Cement on Alkali Aggregate Reactivity : A Literature Review “ Cement , Concrete and Aggregate , CCAGDP , V.7 , No. 7 Winter 1985, PP. 100-107.
- 22- **Ramachandran , V.S.** , “ Alkali- Aggregate Expansion Inhibiting Admixture “, Cement And Concrete Composite , V.20, 1998 , PP. 149-161 .
- 23- **Orchard , D.F.**, "Concrete Technology " Vol.1 , 4th edition , Applied Science Publishers Ltd , 1979 , London . PP. 12.
- 24- الدليل الاسترشادي المرجعي (٧٢ لعام ١٩٩٣)، طرق التحاليل الكيميائية لسمنت بورتلاند،
- 25- الدليل الاسترشادي المرجعي (١٩٨٠ العام ١٩٩٠)، الفحوصات الفيريائية لسمنت بورتلاند
- 26- المواصفة القياسية العراقية (٥ لعام ١٩٨٠)، ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء
- 27- **ACI Committee (211.1-91)**, "Standard Practice For Selecting Proportions for Normal , Heavy Weight , And Mass Concrete” , ACI Manual Of Concrete Practice , Part 1 , 1991 .
- 28- **Weston , J.C.**, Discussion at Reference No.34 in Short Symp. Held at the Royal Inst. of British Architects , Feb. 1967 , London , Magazine of Concrete Research , V. 19, No.59, June 1967 , PP. 121-126.
- 29- **Price , W.H.** , “ Factors Influencing Concrete Strength “ ACI Proc., Vol.47 , Feb.1951 , PP. 417-443 .
- 30- **Hobbs, D.W.**, "Influence of Aggregate Restrain on The Shrinkage of Concrete " , ACI Journal No.9 Sep.1974.

الجدول (1) نتائج الفحوصات الكيميائية للسمنت .

حدود المواصفة القياسية العراقية (5) 1984	%	الاوksيد
-	61.6	CaO
-	21	SiO ₂
لا يزيد عن 5%	1.73	MgO
-	3.2	Fe ₂ O ₃
-	5.2	Al ₂ O ₃
لا يزيد عن 2.8%	2.64	So ₃
لا يزيد عن 4%	2.6	الفقدان بالحرق
لا يزيد عن 1.5%	1.1	مواد غير ذائبة
1.02-0.66	0.81	عامل الإشباع الجيري
-	1.2	CaO الحر
-	0.4	Na ₂ O
-	0.6	K ₂ O
مركبات السمنت حسب معادلات (Bogue,R.H)		
حدود المواصفات القياسية العراقية (5) 1984	%	المركب
غير محددة	39	C ₃ S
= =	31	C ₂ S
= =	8	C ₃ A
= =	10	C ₄ AF

الجدول (2) نتائج الفحوصات الفيزيائية للسمنت .

حدود المواصفة القياسية العراقية (5) 1984	النتيجة	الفحص
لا تقل 230	290	النعومة بطريقة (Blaine) م ² /كغم
لا تزيد 0.8%	0.23	الثبات (بطريقة المحمم)%
غير محدد	25	القوام القياسي (ماء/ سمنت)%
لا يقل عن 45 دقيقة	2.5	الجمود الابتدائي (ساعة)
لا يزيد عن 10 ساعة	3.75	الجمود النهائي (ساعة)
لا يقل عن 15 نيوتن / مم ²	16.83	مقاومة الانضغاط بعمر (3) يوم نيوتن / مم ²
لا يقل عن 23 نيوتن / مم ²	25.63	مقاومة الانضغاط بعمر (7) يوم نيوتن / مم ²
غير محدد	38.3	مقاومة الانضغاط بعمر (٢٨) يوم نيوتن / مم ²

جدول (3) تدرج الركام الناعم

حدود المواصفة القياسية العراقية (45) / 1985 منطقة تدرج رقم (2)	النسبة المارة %	رقم المنخل
100-90	100	4
100-75	87	8
90-55	69	16
59-35	52	30
30-8	12	50
10- 0	2	100
غير محده	2.78%	معامل النعومة F.M
لا تزيد عن (0.5%)	0.23%	نسبة الأملاح الكبريتية (SO ₃)
غير محده	2.67	الكثافة النسبية S.G
5%	5%	المواد الناعمة المارة من المنخل (200)
غير محده	2%	امتصاص الماء

جدول (4) تدرج الركام الخشن

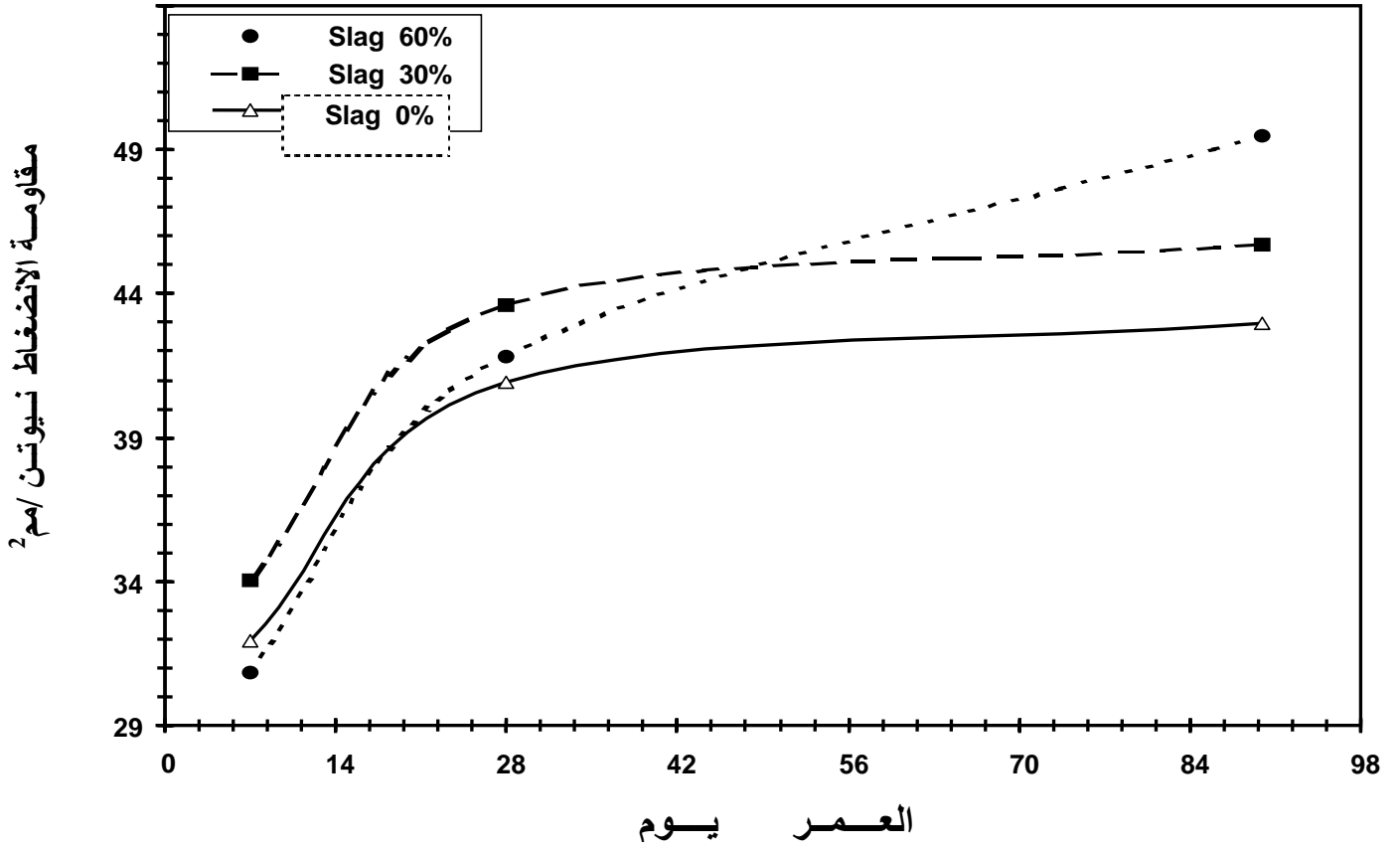
حدود المواصفة القياسية العراقية (45)/1985 للتدرج (5-19) ملم	النسبة المارة %	حجم المنخل (مم)
100	100	37.5
100-95	100	19
60-30	45	9.5
10-0	5	4.76
0.1%	0.011%	نسبة الأملاح الكبريتية SO ₃
-	2,61	الكثافة النسبية S.G
-	1637 كغم /م ²	الكثافة الظاهرية B.D

جدول (5) التحليل الكيميائي للخبث المحلي

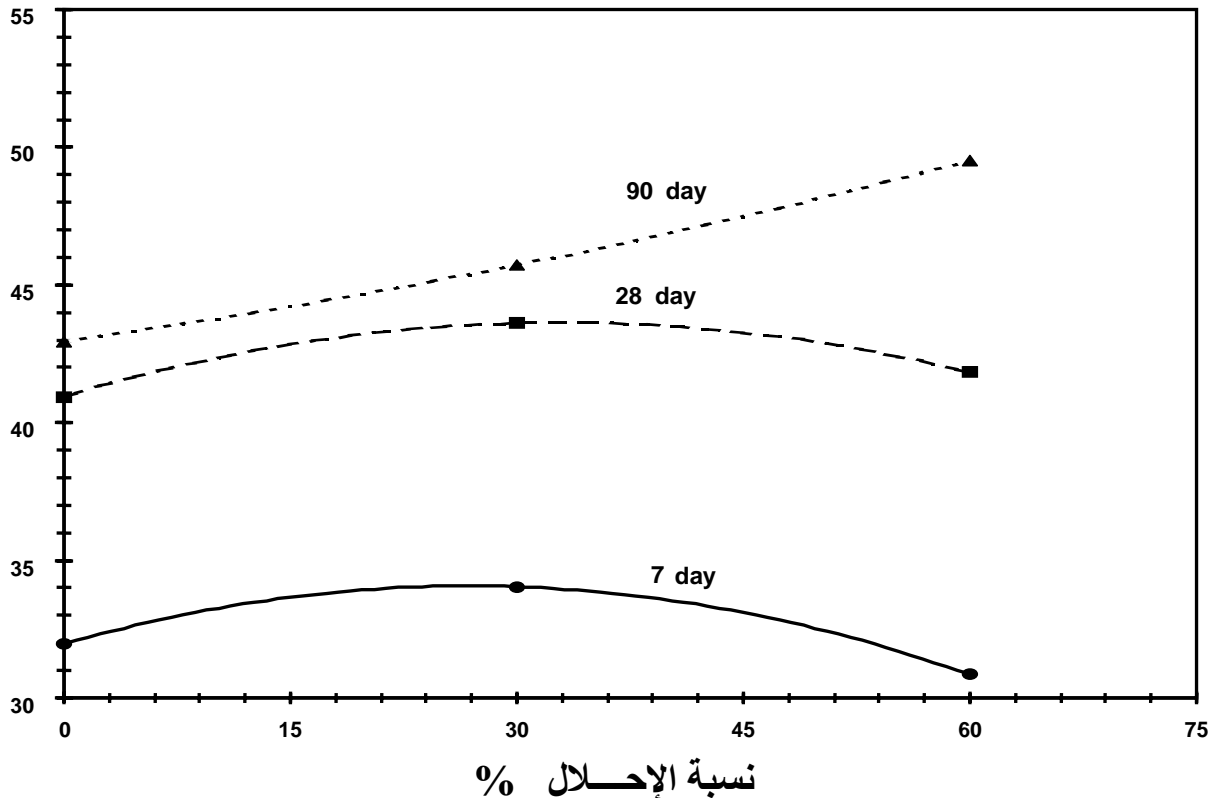
نسبة الاكاسيد بالخبث الصلب الأجنبي ^{3} %	الخبث المحلي %	ألوكسيد %
50 -40	26.8	CaO
20-10	34.4	SiO ₂
4-3	7.1	Al ₂ O ₃
9-2	12.41	MgO
0.9-0.2	0.14	SO ₃
20-12	17.9	Fe ₂ O ₃
-	0.2	Na ₂ O
-	0.04	K ₂ O
-	98.99	المجموع
-	0	الفقدان بالحرق
-	10.88	المتبقي غير ذائب
-	3.15	الكثافة النسبية (كركام خشن)
-	1	امتصاص الماء %

الجدول (6) تأثير نسبة إحلال الخبث عن الركام الخشن على فحص الهطول

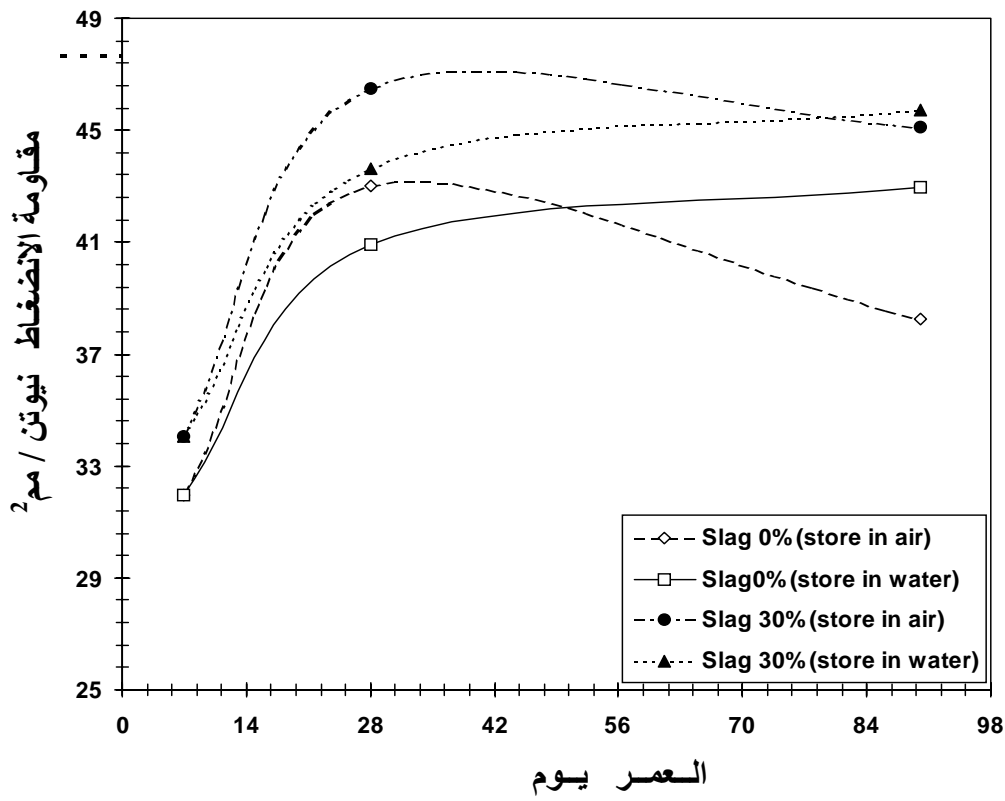
مقدار الهطول (مم)	نسبة الماء / السمنت	نسبة احلال الخبث وزناً %	رمز الخلطة	المجموعة
60	0.41	صفر	R	الاولى
50	0.41	30	S	
40	0.41	60	H	



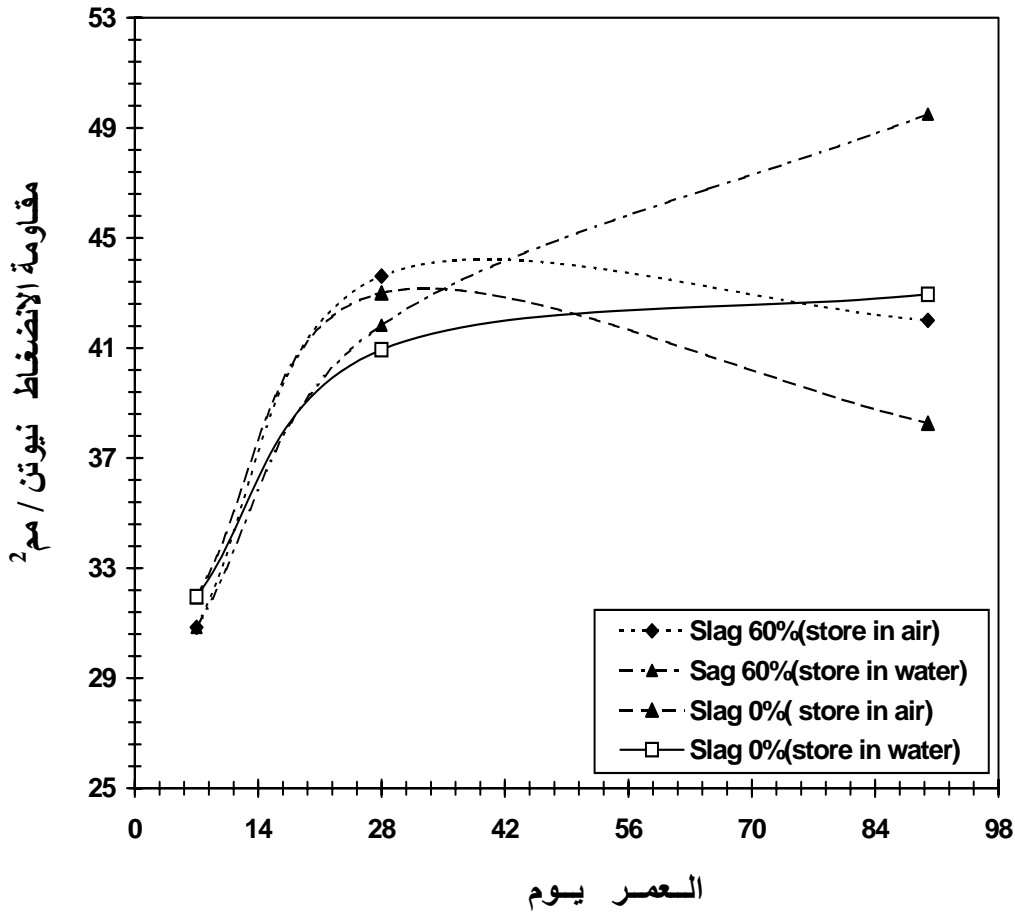
(1)



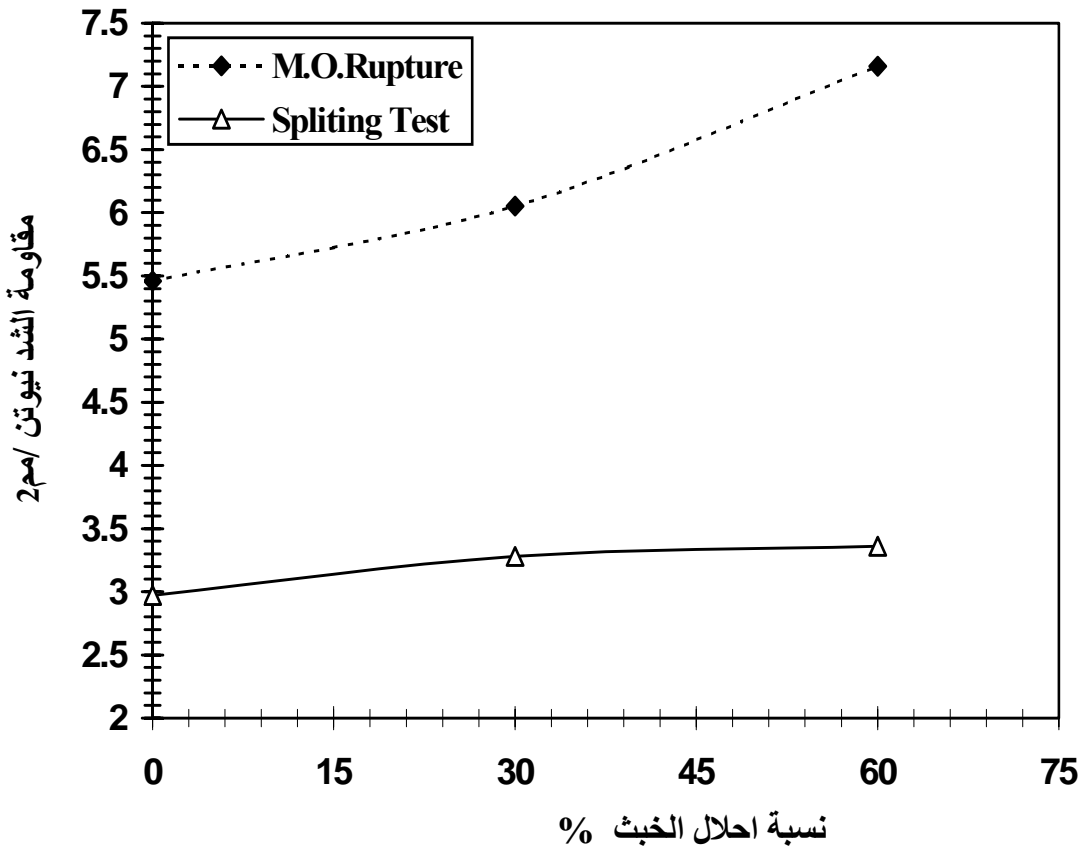
() تأثير نسبة أحلال الخبث كركام خشن على مقاومة الانضغاط للخرسانة
 بالأعمار (7، 28، 90) يوم



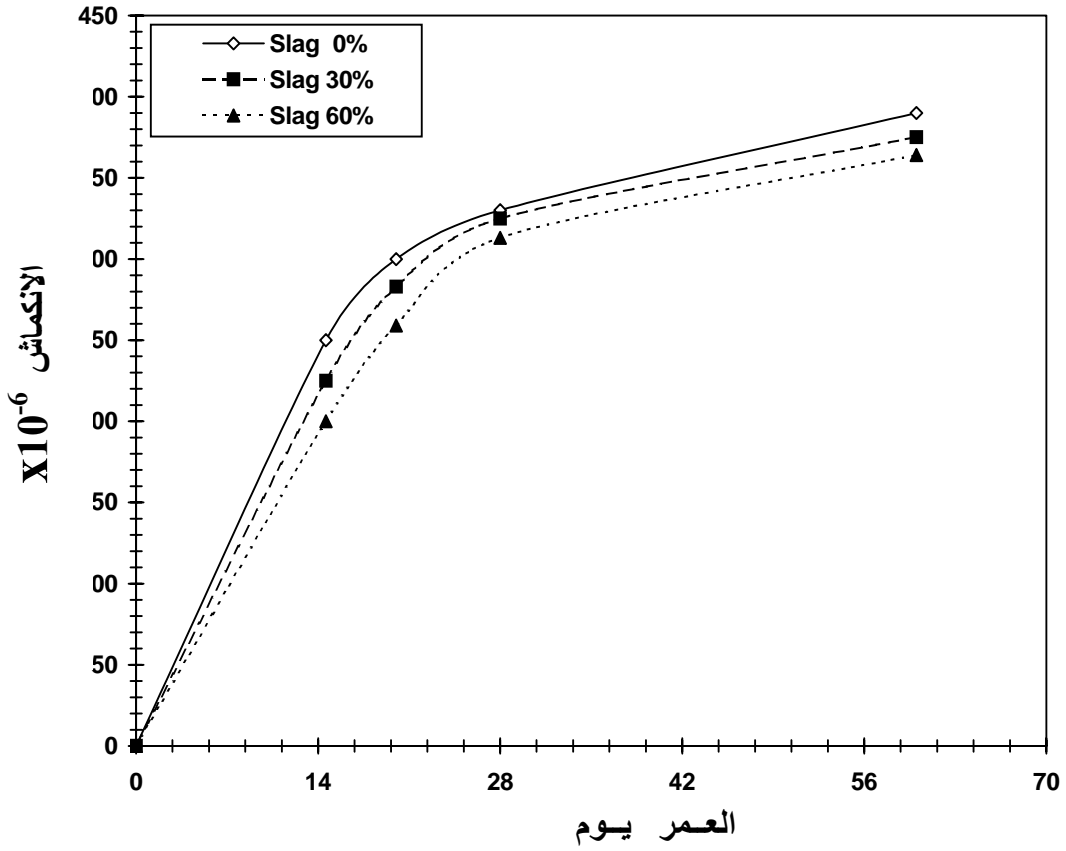
الشكل (3) تأثير نوع خزن الخرسانة على مقاومتها للانضغاط بالنسبة لخرسانة ذات نسبة احلال الخبث عن الركام الخشن (30,0) %



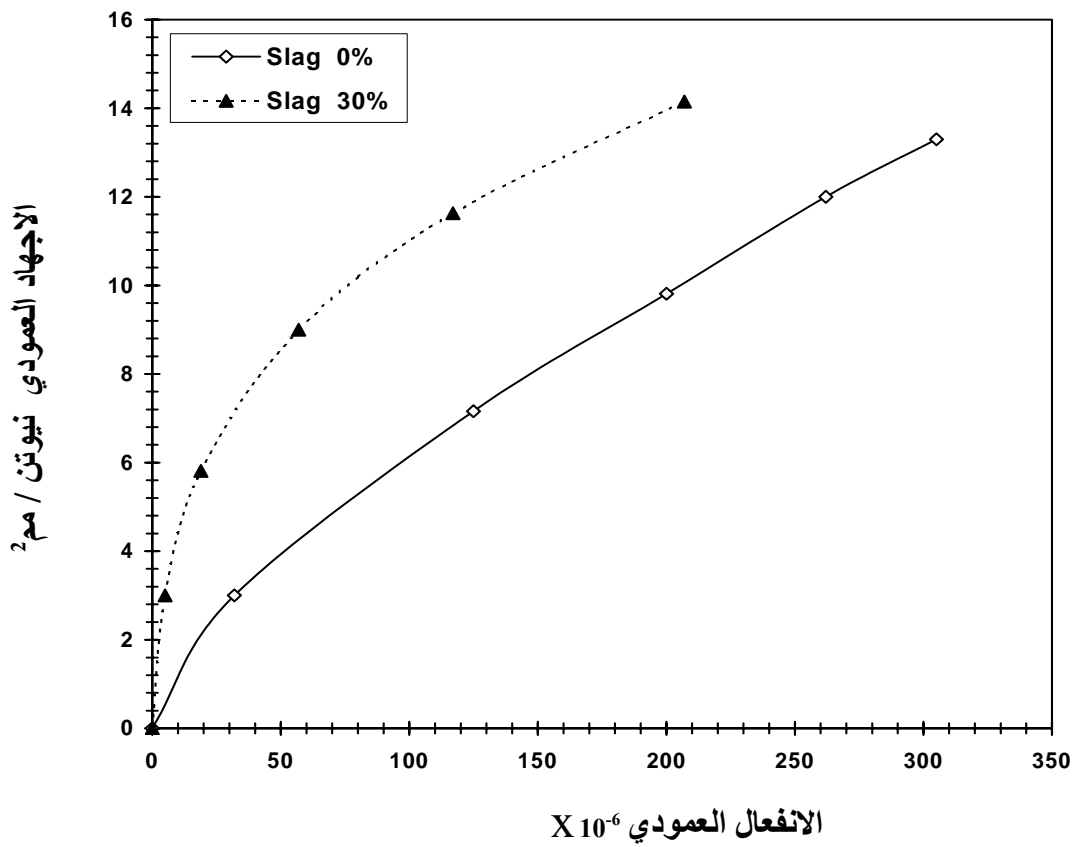
الشكل (4) تأثير نوع خزن الخرسانة على مقاومتها للانضغاط بالنسبة للخرسانة ذات نسبة احلال الخبث عن الركام الخشن (60,0) %



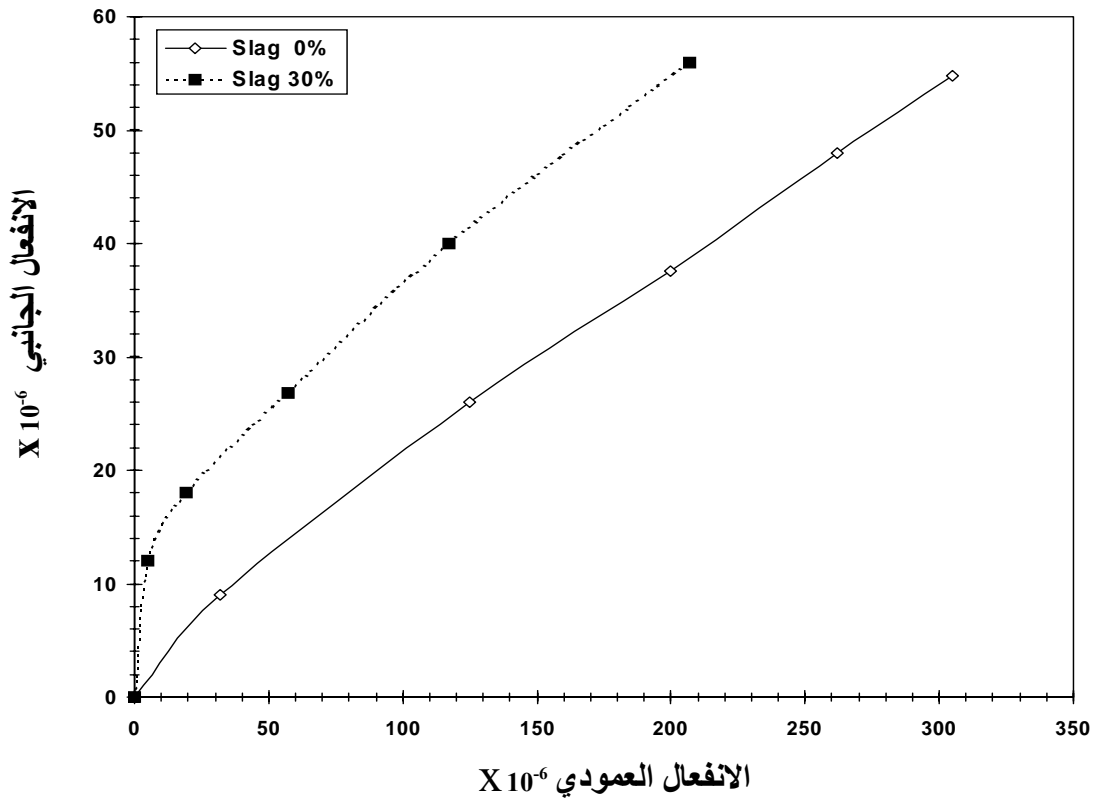
الشكل (5) تأثير نسبة إحلال كركام خشن على مقاومة الشد بعمر (28) يوم بطرق غير مباشرة لقياس مقاومة الشد



الشكل (6) تأثير نسبة احلال الخبث كركام خشن على الانكماش بالخرسانة المنضجة بالماء (28) يوم



الشكل (7) تأثير إحلال الخبث على معامل المرونة الاستاتيكي للخرسانة من خلال تسليط حمل وقياس الانفعال بنفس اتجاه الحمل



الشكل (8) تأثير نسبة احلال الخبث على نسبة بواسن من خلال تسليط الحمل وقياس الانفعال العمودي والجانبى