

## Some properties of accelerated cured no fine Lightweight concrete

Dr. Zena K.A. Al Anbori

Building and Construction Engineering Department, University of Baghdad / Baghdad

Email: Zka\_abbas@yahoo.com

Received on: 10/7/2012 & Accepted on: 8/11/2012

### ABSTRACT

Thermal insulation is one of the main problems facing the engineers working in building and housing sector spatially for the high summer temperature in the most Arab Gulf and spatially in Iraq, so the study of lightweight aggregate thermal insulation (No fine concrete) is important. The experimental work consist of concrete mixes (cement: porcelinite aggregate) ratios (1:4), (1:5) and (1:6) and for each mixes cement content changes (200, 300 and 400) Kg/m<sup>3</sup>. Dependence on mixing (1:5) and cement content (300Kg/m<sup>3</sup>) change the water to cement ratio (0.4, 0.45 and 0.5) by weight. The research presents the tests of density, absorption, porosity, ultrasonic pulse velocity, accelerated compressive strength according to British standard (BS 1881: Part 112: 1983), normal compressive strength at 7, 28 and 90-day. Light weight concrete was obtained of density ranging from (721-770) kg/m<sup>3</sup> and thermal conductivity ranging from (0.17- 0.24) W/ (m.K). The good correlation between accelerated compressive strength at one day with normal compressive strength at 28-day is approximately (0.245 ±0.005) for water bath at 55°C and (0.335±0.05) for water bath at 82°C.

**Keywords:** No Fine Lightweight Concrete Accelerated Curing, Porcelinite Aggregate.

### بعض خصائص الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم المعجلة الانضاج

#### الخلاصة

تعتبر مشكلة العزل الحراري إحدى المشاكل الهندسية الرئيسية التي تحتاج إلى المزيد من البحث في مجال الإسكان والاعمار وخصوصا بسبب الارتفاع الشديد بدرجات الحرارة صيفا في معظم دول الخليج العربي و العراق خصوصا ومن هنا جاءت أهمية دراسة الخرسانة خفيفة الوزن العازلة للحرارة (الخالية من الركام الناعم). تضمنت التجارب استخدام نسب خلط مختلفة (سمنت : ركام البورسيلينايت)، (٤:١)، (٥:١) و (٦:١) حجمية و لكل نسبة خلط تم تغيير محتوى السمنت (٣٠٠، ٢٠٠، ٤٠٠) كغم /م<sup>٣</sup> مع تثبيت نسبة محتوى الماء الى السمنت (٥،٤٥). بالاعتماد على نسبة خلط (٥:١) تم تثبيت محتوى السمنت (٣٠٠) كغم /م<sup>٣</sup> و تغيير نسبه محتوى الماء الى السمنت (٥،٤ و ٥،٤٥ و ٥،٤) وزنا. وشمل البحث دراسة فحص الكثافة، الامتصاص، المسامية، وسرعة الذبذبات فوق الصوتية، مقاومة الانضغاط المعجلة حسب المواصفة البريطانية (BS 1881: Part 112: 1983 بطرقها الثلاثة و مقاومة الانضغاط الاعتيادية بعمر ٧ و ٢٨ و ٩٠ يوم. تم الحصول على خرسانة خفيفة الوزن بكثافة تتراوح بين (٧٢١-٧٧٠) كغم / م<sup>٣</sup> و موصلية حرارية (٠،١٧-٠،٢٤) واط/م.كلفن. أن العلاقة الجيدة بين المقاومة المعجلة بعمر يوم واحد مع مقاومة الانضغاط

الاعتيادية بعمر ٢٨ يوم هي تقريبا (٠,٠٠٥±٠,٣٩) بطريقة المحمم المائي بدرجة ٥٥°س و (٠,٠٠٥±٠,٥١) بطريقة المحمم المائي ٨٢°س.

### المقدمة

إن خرسانة الركام خفيف الوزن لها فوائد اقتصادية كبيرة من حيث توفير عزل حراري أفضل بكثير من الأسلوب التقليدي للسقوف والجدران. من أحد الطرق لإنتاج خرسانة خفيفة الوزن يكون من خلال استبعاد الركام الناعم بحيث يتواجد عدد كبير من الفجوات خلال الخرسانة وتسمى الخرسانة الخالية من الركام الناعم (No fine concrete), فالخرسانة خفيفة الوزن توفر عزلا حراريا جيدا كما أنها ذات ديمومة مقبولة بالإضافة الى ذلك يساهم تطبيق استخدام العزل الحراري في تخفيض الطاقة الكهربائية المستهلكة في أجهزة التكييف بمعدلات كبيرة تتراوح ما بين ٣٠-٤٠% حيث يعمل على الحد من تسرب الحرارة عبر الجدران والسقوف (ريم (٢٠١٢)).

وكما يمكن تصنيف الخرسانة خفيفة الوزن استنادا للإغراض المستعملة من اجلها حيث يميز بين الخرسانة خفيفة الوزن الإنشائية وبين الخرسانة خفيفة الوزن البنائية المستعملة في الجدران غير الحاملة للإثقال والتي تستعمل لإغراض العزل الحراري (Neville (٢٠٠٥)). وبموجب (R-87-ACI 213) تكون الكثافات لهذه الأنواع الإنشائية بين (١٤٤٠-١٨٨٠) كغم/م<sup>٣</sup> وللعازلة (٣٥٠-٨٨٠) كغم/م<sup>٣</sup> إما المواصفات البريطانية (٨١١٠) لسنة ١٩٨٥ فقد حددت الكثافة للخرسانة المصنوعة من ركام خفيف الوزن بأقل من (٢٠٠٠) كغم/م<sup>٣</sup>.

### استعراض البحوث السابقة:

درس الراوي (١٩٩٥) استخدام ركام البورسيلينايت وهو ركام خفيف الوزن (كثافته = ٩٢٣ كغم/م<sup>٣</sup>) حيث تم إضافته للسمنت و حصل على خرسانة كثافتها تتراوح بين (١٦٦٠-١٧٦٠) كغم/م<sup>٣</sup> كما توصل الى أن خرسانة ركام البورسيلينايت تمتلك معاملات مرونة تبلغ (٥٥%) من معاملات المرونة للخرسانة الاعتيادية، لذا يعطي معامل المرونة الاوطأ لخرسانة البورسيلينايت مجالا لهذه الخرسانة لاستخدامها في الأجزاء الخرسانية الإنشائية التي تتطلب مقاومة للصدم والاهتزاز وهي الأفضل في امتصاص مثل هذه الأحمال.

كما درس الراوي (١٩٩٥) الموصلية الحرارية لخرسانة البورسيلينايت حيث وجد أنها تقل بنسبة (٣٤-٤٣%) عن موصلية الخرسانة الاعتيادية وفسر ذلك بأن ركام البورسيلينايت له دور في تقليل الموصلية الحرارية للخرسانة بسبب تركيبه واحتواءه على عدد كبير من الفجوات الهوائية والتي تعمل على أعاقه انتقال الطاقة الحرارية بالتوصيل.

كما أوضحت نضال (٢٠٠٥) بأن معامل المرونة الديناميكي يتناسب طردياً مع الكثافة ويتراوح ما بين (١٠-١) كيكاسكال معتمداً على الكثافة ومقاومة الانضغاط. درس رؤوف وآخرون (٢٠١٠) خرسانة خفيفة الوزن العازلة للحرارة وتوصل الى أن مقاومة الانضغاط لخرسانة ركام الترمستون تتراوح ما بين (١,٥١-٢,٢ نيوتن /ملم<sup>٢</sup>) وتزداد المقاومة بزيادة الكثافة ونسبة السمنت إلى الماء، كما أن مقاومة الانضغاط لخرسانة الركام المخلوط (البورسيلينايت و نشارة الخشب) تتراوح ما بين (٢,٨-٣,٧ نيوتن /ملم<sup>٢</sup>) كذلك تزداد المقاومة بزيادة الكثافة ونسبة السمنت إلى الماء. كما توصل الى ان المسامية للركام المخلوط (البورسيلينايت و نشارة الخشب) عالية نتيجة لاستخدام ركام البورسيلينايت والذي يمتاز بخاصية الامتصاص العالي لهذا النوع من الركام.

أوضح المرسومي (٢٠٠٩) أن الركام خفيف الوزن في بنيته الهيكلية يحتوي على فجوات هوائية مختلفة الأحجام تبعاً لنوع الركام والتي تمنحه خاصية خفة الوزن، حيث أن الهواء موصل ردي للحرارة فان الخرسانة المصنعة من هذا النوع من الركام تمتلك موصلية حرارية أوطأ من الخرسانة الاعتيادية. ذكر Neville (٢٠٠٥) بأن المسامية هي من أهم الخواص التي تؤثر على كفاءة امتصاص الصوت من قبل المواد، فان المسامات الكبيرة والمستمرة تسمح للطاقة الصوتية أن تفقد خلالها وتعمل على امتصاص الصوت وبذلك يكون الركام خفيف الوزن أكثر كفاءة في امتصاص الصوت من الركام الاعتيادي وأن معدل معامل امتصاص الصوت لجدار من الخرسانة خفيفة الوزن يتراوح ما بين (٠,٤٥-٠,٦) هرتز مقارنة بالقيمة المناظرة للخرسانة الاعتيادية (٠,٢٧).

توصل Short & Kinniburgh (١٩٧٨) بأن مقاومة انضغاط الخرسانة خفيفة الوزن تقل مع نقصان محتوى السمنت مع العلم أن كثير من الخرسانة خفيفة الوزن تصنع بنسبة سمنت (٦:١) إلى (١:١) حجماً ومعتمدة على نوع الركام المستخدم والقوة المطلوبة لهما.

#### المواد المستعملة:

##### السمنت:

تم استعمال السمنت البورتلاندي الاعتيادي (النوع الأول ASTM TYPE 1) والمنتج من معمل الشرقية (سعودي المنشأ) في جميع الخلطات الخرسانية ويوضح الجدولان (١) و(٢) نتائج التحليل الكيميائي والخواص الفيزيائية لهذا السمنت وحسب الترتيب وقد اجري الفحص في مختبر الهندسة المدنية - جامعة بغداد، ويتبين من هذه النتائج إن السمنت المستخدم مطابق للمواصفات العراقية (م.ق.ع.٥/١٩٨٤).

جدول (١) التحليل الكيميائي للأسمنت و مركباته الأساسية .

العنصر	النسبة المئوية وزناً	حدود المواصفة رقم ٥ سنة ١٩٨٤
او كسيد الكالسيوم (CaO)	٦١,٥٨	-
او كسيد السيليكا (SiO <sub>2</sub> )	١٩,٥٩	-
او كسيد الألمنيوم (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	٤,٦٣	-
او كسيد الحديد (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	٣,٥٣	-
او كسيد الكبريت (SO <sub>3</sub> )	٢,٧٤	الحد الأعلى ٢,٨%
او كسيد المغنيسيوم (MgO)	٢,٧٥	الحد الأعلى ٥,٠%
الفقدان بالحرق (L.O.I)	١,٦٤	الحد الأعلى ٤,٠%
مخلفات غير دائبة	٠,٧٨	الحد الأعلى ١,٥%
عامل الإشباع الجيري	٠,٩٥	١,٠٢-٠,٦٦
مركبات الإسمنت الرئيسية	تم إيجاد مركبات السمنت من معادلات (Bogue)	
C <sub>2</sub> S	٥٧,٧٨	-
C <sub>3</sub> S	١٢,٨٩	-
C <sub>3</sub> A	٦,٣١	-
C <sub>4</sub> AF	١٠,٧٣	-

جدول (٢) الخواص الفيزيائية للأسمنت .

الخاصية	نتيجة الفحص	حدود المواصفة رقم ٥ سنة ١٩٨٤
النعومة بطريقة بلين (سم <sup>٢</sup> /غم)	٢٤٠٠	الحد الأدنى ٢٣٠٠ سم <sup>٢</sup> /غم
زمن التجمد بطريقة فيكات : التماسك الابتدائي التماسك النهائي	١٢٠ دقيقة ٤,٣٠ ساعة	لا يقل عن ٤٥ دقيقة لا يزيد عن ١٠ ساعة
مقاومة الانضغاط لمكعبات مونه الأسمنت (نيوتن / مم <sup>٢</sup> ) للأعمار : ٣ أيام ٧ أيام	١٧,٧٥ ٢٥,٢٥	لا يقل عن ١٥ نيوتن / مم <sup>٢</sup> لا يقل عن ٢٣ نيوتن / مم <sup>٢</sup>
الثبات بطريقة اوتوكليف	٠,٢١%	لا يزيد عن ٠,٨%

#### الماء :

استخدم ماء الإسالة الاعتيادية لمدينة بغداد في جميع الخلطات الخرسانية المستخدمة في هذا البحث .  
الركام (البورسيلينايت):

وهو عبارة عن صخور سليكية متصلده معتمه غير زجاجيه وتحتوي بشكل رئيسي على معادن الاوبال (٦٤،٢٨)% والكريستوبولايت وتتواجد هذه الصخور في العراق، وتتراوح كثافة هذه المادة ما بين (٩٠٠-١٤٠٠) كغم/م<sup>٣</sup> الكثافة الجافة لركام الخشن والناعم ، ومن عيوبه أن قابلية امتصاصه للماء عالية وقابل للانتفاخ (المرسومي (٢٠٠٩)) .

تم استخدام حجر البورسيلينايت المكسر كركام خشن في هذا البحث لإنتاج الخرسانة خفيفة الوزن ، وقد تم الحصول على الكميات المستخدمة عن طريق الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين وهي من منطقة طريفواي و كما موضح بالشكل (١). الجدول (٣) يبين التحليل المنخلي للركام وهو ضمن مبدالتدرج لركام خفيف الوزن المنصوص عليه في المواصفة (ASTM C-330). كما يبين الجدول (٤) يبين الخواص الفيزيائية وبعض الفحوص الاخرى للركام و حسب المواصفات المدرجة بالجدول.

#### جدول (٣) التحليل المنخلي للركام البورسيلينايت .

مقاس المنخل	نسبة العابر (وزناً) للمناخل المربعة الفتحاح (ASTM C-330)%	نسبة العابر (وزناً) للمناخل المربعة الفتحاح للتدرج المنتخب
١٢,٥ ملم	(٩٠-١٠٠) %	(٩٢) %
٩,٥ ملم	(٤٠-٨٠) %	(٦٥) %
٤,٧٥ ملم	(١٠٠) %	(٦) %

#### جدول (٤) خواص ركام البورسيلينايت .

الخواص	طريقة الفحص و حسب المواصفات	ركام البورسيلينايت الخشن
الكثافة الجافة غير المرصوصة كغم/م <sup>٣</sup>	ASTM C-29 و حسب الفقرة ٨	٧٦٠
محتوى الفجوات في الركام المرصوص %	ASTM C-29 و حسب الفقرة ١١	٣٤,٠
الوزن النوعي (مشبع جاف السطح)	ASTM C-128	١,٦٦
الامتصاص (ASTM C-128) وزناً %	ASTM C-128	٣١,٩



الشكل (١) : نموذج ركام البورسيلينايت .

### الخلطات الخرسانية التجريبية

لا توجد طريقة عامة لتصميم الخلطات الخرسانية للركام خفيف الوزن (خرسانة خالية من الركام الناعم) تناسب مختلف أنواع الركام لحد الآن، ويهدف تصميم خلطات الخرسانة خفيفة الوزن جدا في هذا البحث إلى الحصول على الكثافة منخفضة والتي تؤمن عزلا حراريا معينا. يمكن تحديد الحدود التصميمية كما يلي (ACI 213 R-87) :-

- ١) لا تزيد كثافة الخرسانة خفيفة الوزن العازلة عن (٨٨٠) كغم/م<sup>٣</sup> .
  - ٢) إن تكون مقاومة الانضغاط تتراوح ما بين (٢-٧) نيوتن/ملم<sup>٢</sup> .
- تضمن البرنامج العملي استخدام نسب خلط مختلفة (سمنت : ركام)، (٤:١)، (٥:١) و (٦:١) و لكل نسبة خلط تم تغيير محتوى السمنت (٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠) كغم /م<sup>٣</sup> مع تثبيت نسبة محتوى الماء الى السمنت (٠،٤٥) وزنا . بالاعتماد على نسبة خلط (٥:١) و تثبيت محتوى السمنت (٣٠٠) كغم /م<sup>٣</sup> تم تغيير نسبة محتوى الماء الى السمنت (٠،٤، ٠،٤٥ و ٠،٥) وزنا، و كما موضح بالجدول (٥).

### طريقة خلط , صب و رص و معالجة الخرسانة

استخدمت الطريقة اليدوية في الخلط وكانت نسب الخلط حسب حجمه وبموجب المواصفة (ASTM C 192-96) , حيث تم تحضير حجم من السمنت المطلوب أولا ثم يضاف إليها الركام المشبع جاف السطح ويخلط جيدا حتى تصبح خلطة رطبة متجانسة وتحاط كل حبيبات البورسيلينايت بالسمنت ثم يضاف نصف حجم الماء وتخلط بصورة جيدة لمدة (١٠ دقائق) ثم يضاف النصف الآخر من كمية الماء المحددة , وتخلط جيدا لحين الحصول على خلطة متجانسة يكون الركام موزع بصورة منتظمة على كل الخلطة.

تم صب الخرسانة بعد الانتهاء من عملية الخلط مباشرة في القوالب بعد إن تم طلاء الأوجه الداخلية لها بطبقة رقيقة من الدهن لتجنب التصاق النماذج الخرسانية بالقوالب وقد تم صب الخرسانة على طبقتين متساويتين في السمك وحسب شكل القالب وبموجب المواصفة (ASTM C 129) ٠ وبعد إتمام عملية الصب تمت تسوية السطح الخارجي للنماذج بشكل جيد وحفظت داخل المختبر وهي مغطاة بقطعة من البولي اثلين لمنع عملية تبخر الماء ولمدة (٢٤) ساعة قبل فتحها و يتم أخذ ثلاث نماذج للمعالجة المعجلة مباشرة حيث يوضع عليها غلاف من الأعلى و توضع بالجهاز و حسب الطريقة الموضحة بالمعاجة المعجلة .

اما النماذج الاخرى فقد تم أنضاجها بموجب المواصفة الامريكية (ASTM C 495-99) وهي لغاية عمر الفحص (٧ و ٢٨ و ٩٠ يوم).

### جدول (٥) الخلطات الخرسانية التجريبية .

رمز الخلطة	نسب الخلط	محتوى السمنت كغم / م <sup>٣</sup>	W / C
Mix1	٤:١	٢٠٠	٠,٤٥
Mix2	٥:١		
Mix3	٦:١		
Mix4	٤:١	٣٠٠	٠,٤٥
Mix5	٥:١		
Mix6	٦:١		
Mix7	٤:١	٤٠٠	٠,٤٥
Mix8	٥:١		
Mix9	٦:١		
Mix10	٥:١	٣٠٠	٠,٤
Mix11	٥:١	٣٠٠	٠,٥

**الفحوصات المختبرية:** تم خلال هذا البحث إيجاد بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية لخرسانة الركام خفيف الوزن (خرسانة خالية من الركام الناعم) و كما يلي:  
**قياس الكثافة:** تم إيجاد الكثافة للخلطات الخرسانية في حالتها الجافة و بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C 567-00) للمكعبات (١٠٠×١٠٠×١٠٠) ملم, و يواقع ثلاث نماذج لكل نتيجة لكل خلطة تضمنها هذا البحث .

**فحص المسامية و الامتصاص :** بعد قياس الاوزان الجافة لنماذج المكعبات المستخدمة لإيجاد الكثافة الجافة تم وضع هذه النماذج في الماء لمدة (٢٤ ساعة) ثم أخرجت وجرى تجفيف النماذج في الفرن بدرجة حرارة (٦٠) درجة مئوية ولمدة (٤ ساعة) بعدها تم وزن النموذج قبل وبعد التجفيف و بذلك استخراج كمية الماء الممتص و من ثم تم حساب المسامية من المعادلة التالية :

$$\text{المسامية} = \text{وزن الماء الممتص} \times \text{الكثافة}$$

$$\text{الامتصاص} = \text{وزن الماء الممتص} / \text{الوزن الجاف}$$

**فحص الذبذبات فوق الصوتية :** اعتمد الفحص على المواصفة الأمريكية (ASTM C597-02) واستخدمت نماذج خرسانية مكعبه الشكل و بابعاد (١٠٠) ملم لقياس سرعة الموجات فوق الصوتية و بالطريقة المباشرة , وهذه الطريقة المباشرة هي أفضل الطرق حيث تعطي هذه الطريقة أدق النتائج للفحص .

$$V = L / T \quad \text{حيث يمثل:}$$

$$V = \text{سرعة الموجات الصوتية وتقاس, بالكيلومتر/ثانية}$$

$$L = \text{طول مسار الذبذبات وتقاس, بالمليمتر}$$

$$T = \text{الزمن اللازم للاختراق وتقاس, بالميكروثانية}$$

كما يمكن حساب المعاوقة الصوتية (IA) - (Acoustic Impedance) من حاصل ضرب الكثافة في السرعة (IA= ρ V) حيث تمثل :

$$\rho = \text{الكثافة وتقاس, كغم/م}^3$$

$$V = \text{السرعة وتقاس, بالكيلومتر/ثا}$$

**فحص مقاومة الانضغاط :** بعد إجراء عملية القولية يتم أخذ القوالب لإجراء عملية المعالجة المعجلة بعمر يوم واحد وحسب المواصفة البريطانية المعتمدة

(BS 1881: Part 112: 1983) وتم استخدام جهاز (FAC-Mod:WB-M24) لإجراء المعالجة المعجلة باستخدام المحمم المائي بدرجة حرارة (٥٥°س و ٨٢°س) ثم يتم إجراء فحص مقاومة الانضغاط بعمر يوم واحد للمكعبات (١٠٠×١٠٠×١٠٠) ملم و حسب المواصفة البريطانية (BS 1881: part 116: 1989). أما النماذج الخاصة بفحص مقاومة الانضغاط المعالجة

بالطريقة الاعتيادية فقد تم بموجب المواصفة البريطانية (B.S. 1881: part 116: 1989) بعمر ٧، ٢٨ و ٩٠ يوم.

**فحص الموصلية الحرارية :** تم قياس الموصلية الحرارية لنماذج بلاطات خرسانية متوازي المستطيلات بإبعاد (٥٠×١٠٠×٢٠٠) ملم باستخدام جهاز الموصلية الحرارية نوع (-Model Tc- 41)، والطريقة المتبعة في الفحص هي طريقة السلك الحار والتي تعتمد على التوصيل الحراري بالحالة غير ثابتة وضمن مدى القياس (٥-٠،٥) واط/متر.كلفن، بعد وضع النموذجين في الموضع المحدد ترتفع درجة حرارة السلك الحراري وتحسب بواسطة الجهاز وبعدها يظهر رقم يمثل قيمة التوصيل الحراري ويكون بالوحدات (واط/متر.كلفن) ((John (1981))، وقد تم تنفيذ تجارب العزل الحراري في مركز بحوث البناء /وزارة الإسكان والتعمير .

#### النتائج ومناقشتها

فيما يلي نتائج التجارب المختبرية التي تم الحصول عليها بموجب برنامج البحث وتحليلها ومناقشتها و دراسة تأثير كل منها على خواص الخرسانة خفيفة الوزن (الخالية من الركام الناعم) وكما يلي:

#### تأثير الكثافة على خواص الخرسانة خفيفة الوزن

ان نوع الركام له تأثير في إعطاء الخواص الهندسية المختلفة حيث يعتمد هذا على خواص الركام المستعمل وكثافته، نلاحظ من النتائج ان استعمال ركام البورسيلينايت يعطي خرسانة خفيفة الوزن إنشائية تتراوح كثافتها ما بين (٧٢١-٧٧٠) كغم/م<sup>٣</sup> وهي ضمن حدود الخرسانة خفيفة الوزن العازلة بموجب (ACI 213-R-87). يبين الجدول (٦) الكثافات الجافة للنماذج مع تغير نسبة ركام البورسيلينايت الى السمنت نلاحظ أن الكثافة تتناقص مع زيادة ركام البورسيلينايت وذلك لان زيادة الركام وهو ذو كثافة واطئة مقارنة بالسمنت ، وهذا يؤدي الى انخفاض في كثافة الخرسانة المكونة له و كما موضح بالشكل (٢) و نلاحظ بالشكل كذلك زيادة الكثافة الجافة بزيادة محتوى السمنت.

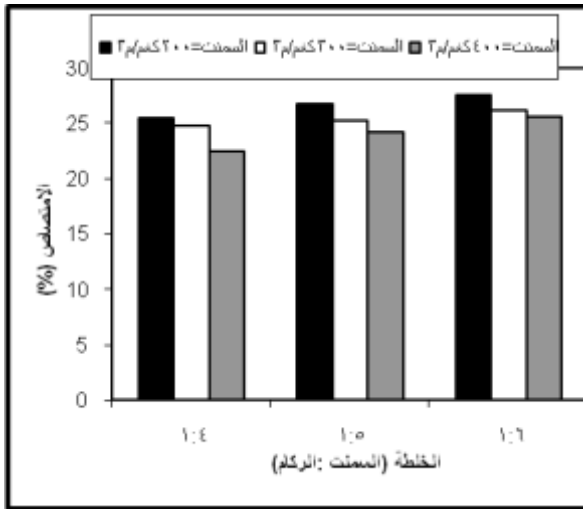
#### تأثير المسامية و الامتصاص على خواص الخرسانة خفيفة الوزن

يبين الجدول (٦) ان نسبة المسامية و الامتصاص تزداد بازدياد نسبة الركام إلى السمنت وكما موضح بالشكل (٣) و (٤) على التعاقب ويعود السبب إلى الامتصاص العالي لركام البورسيلينايت و كذلك طبيعة شكل حبيبات الزاوية والحادة والخشنة بنفس الوقت . نلاحظ من الجدول أن مقاومة الانضغاط تقل بزيادة المسامية والامتصاص وهذه أيضا تتوافق مع أدبيات البحوث . كما أن نسبة المسامية و الامتصاص تقل بزيادة محتوى السمنت حيث أن السمنت سوف يحيط بحبيبات الركام و يحد من تأثير الامتصاص .

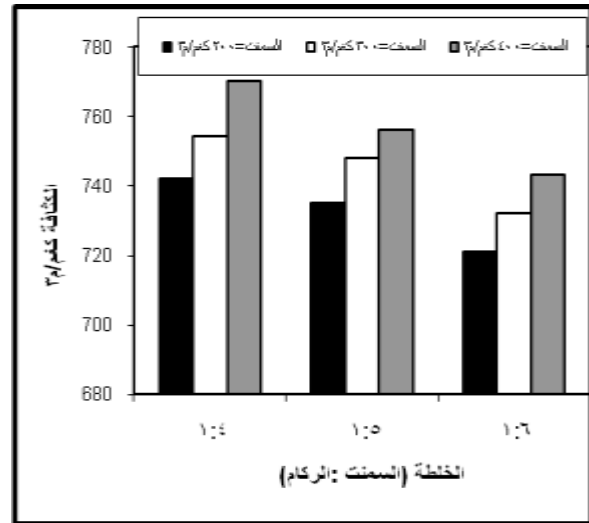
#### تأثير فحص سرعة الموجات فوق الصوتية، المعاوقة الصوتية على الخرسانة خفيفة الوزن

تبين نتائج الفحص في الجدول (٦) العلاقة بين الكثافة وسرعة الموجات وهي علاقة طردية حيث تزداد سرعة الموجات عند زيادة الكثافة ويعود هذا إلى إن ازدياد الكثافة يؤدي إلى تقليل الفجوات الهوائية مما يؤدي إلى نقصان الزمن اللازم لمرور الموجات خلال الخرسانة وبالتالي يؤدي إلى زيادة مقاومة الانضغاط وهذا التجانس بالنتائج يتوافق مع أدبيات البحوث.

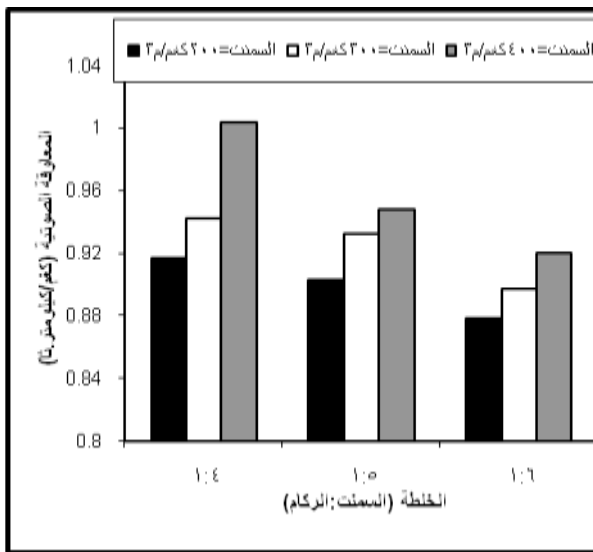
عموما يعتمد العزل الصوتي على كثافة الخرسانة فكلما زادت الكثافة يكون العزل الصوتي أفضل و كما موضح بالشكل (٥).



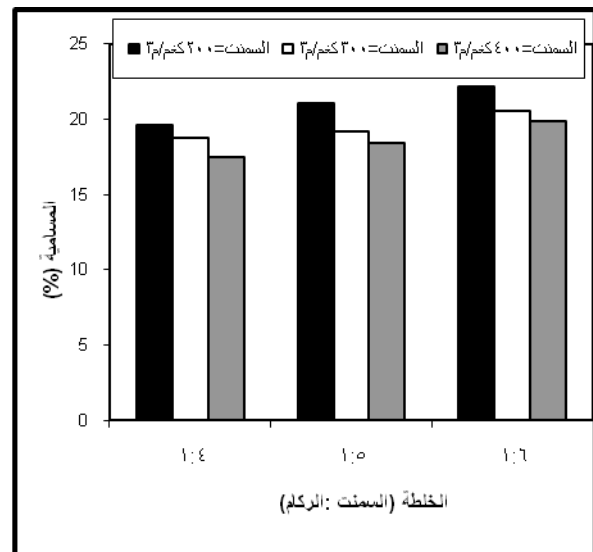
الشكل (٣) علاقة الامتصاص مع مختلف الخلطات و بتغير محتوى السمنت.



الشكل (٢) علاقة الكثافة مع مختلف الخلطات و بتغير محتوى السمنت .



الشكل (٥) علاقة المعاوقة الصوتية مع مختلف نسب الخلط مع تغير محتوى السمنت .



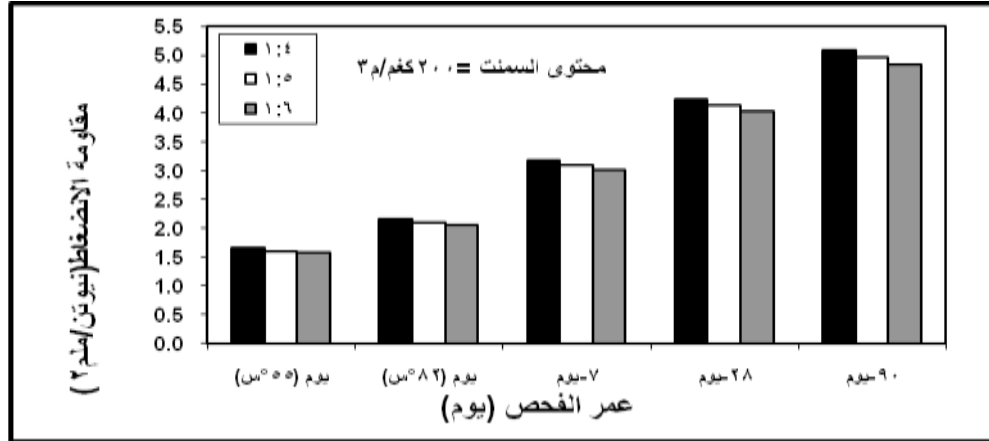
الشكل (٤) علاقة المسامية مع مختلف الخلطات و بتغير محتوى السمنت .

#### تأثير فحص مقاومة الانضغاط على الخرسانة خفيفة الوزن

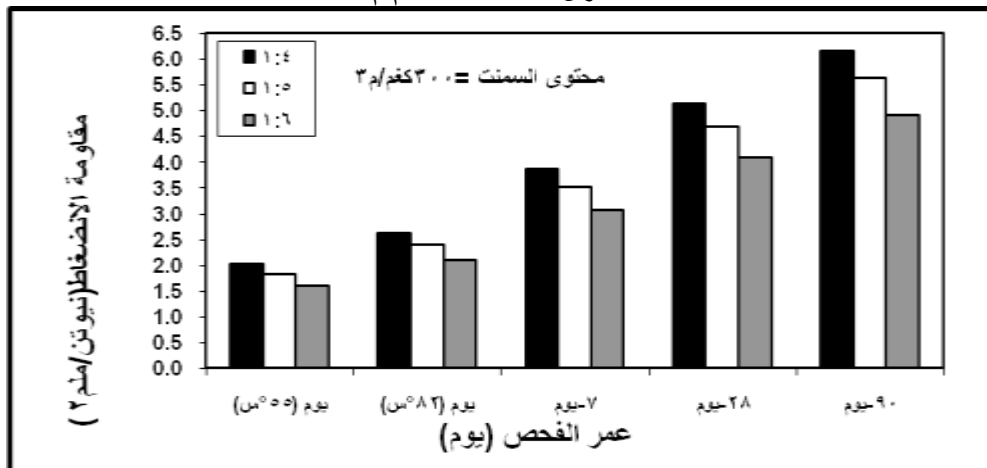
يبين الجدول (٦) نتائج مقاومة الانضغاط المعجلة لعمر يوم واحد و مقاومة الانضغاط الاعتيادية الانضاج لعمر ٧ ، ٢٨ و ٩٠ يوم، نلاحظ من النتائج ان مقاومة الانضغاط تقل مع زيادة نسبة ركام البورسيلينايت الى السمنت و كما موضح بالاشكال (٦)،(٧) و (٨) لمحتوى سممت ٢٠٠ ، ٣٠٠ و ٤٠٠ كجم/م³ بالتعاقب وهذا يتوافق مع أدبيات البحوث ومنها المرسومي (٢٠٠٩). كما توضح الاشكال ان مقاومة الانضغاط المعجلة بالطريقة البريطانية ٨٢°س اعلى من الطريقة ٥٥°س وهذا يتوافق مع Abbas and Auad (٢٠١١) للخرسانة التقليدية مع العلم ان نتائج الطريقة ٣٥°س لم



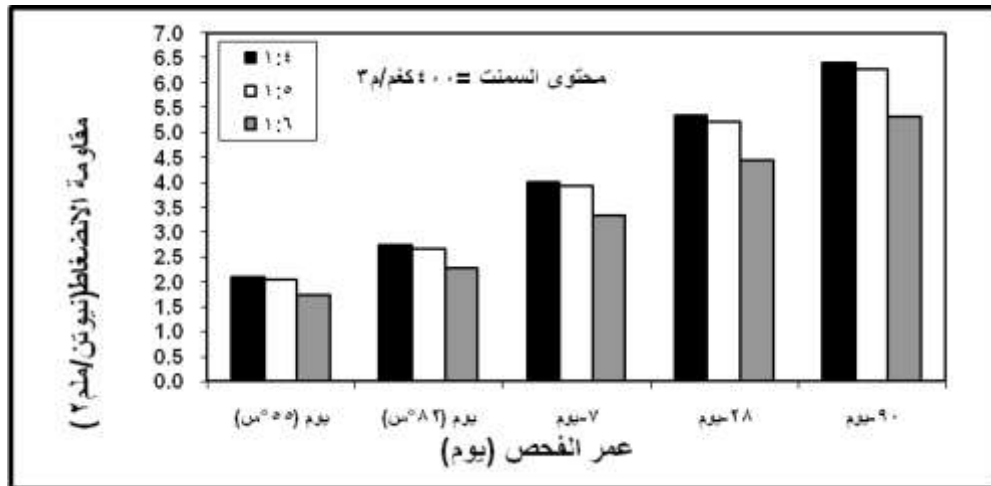
تكن مشجعة و لهذا لم تعرض بالبحث . الاشكال توضح العلاقة بين مقاومة الانضغاط المعجلة بعمر يوم واحد بطريقة المحمم المائي بدرجة حرارة (٥٥ و ٨٢) درجة سيليزية حيث تصل نسبتها الى (٠,٣٩ و ٠,٥١)  $\pm$  ٠,٠٠٥ على التعاقب من مقاومة الانضغاط الاعتيادية بعمر ٢٨ يوم . نلاحظ أن مقاومة الانضغاط تقل مع نقصان كثافة الخرسانة حيث يعود السبب إلى وجود فجوات هوائية تقلل من الكثافة مع تقليل المقاومة.



الشكل (6) علاقة مقاومة الانضغاط المعجلة (٥٥°س و ٨٢°س) و (٢٨،٧ و ٩٠ يوم) لمحتوى سمّنت ٢٠٠ كغم/م³.

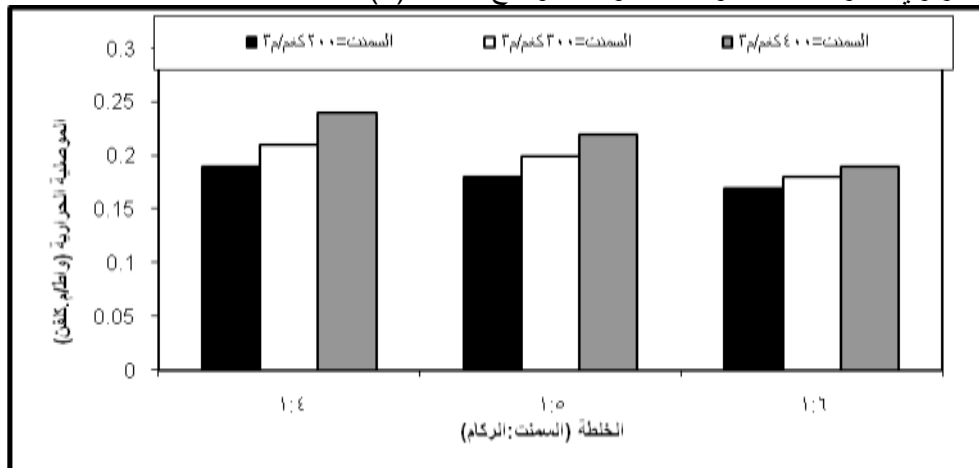


الشكل (٧) علاقة مقاومة الانضغاط المعجلة (٥٥°س و ٨٢°س) و (٢٨،٧ و ٩٠ يوم) لمحتوى سمّنت ٣٠٠ كغم/م³.



الشكل (٨) علاقة مقاومة الانضغاط المعجلة (٥٥°س و ٨٢°س) و (٢٨،٧ و ٩٠ يوم) لمحتوى سمّنت ٤٠٠ كغم/م³.

تأثير فحص معامل التوصيل الحراري على الخرسانة خفيفة الوزن  
يبين الجدول (٦) نتائج فحص الموصلية الحرارية للنماذج الخرسانية وقد أظهرت النتائج إن لهذة الخرسانة عزلا حراريا جيدا وتتراوح قيم معامل التوصيل الحراري ما بين (٠,١٧ - ٠,٢٤) واط /متر. كلفن مقارنة ب(١,٤) للخرسانة الاعتيادية و هو مقارب لما عرضتة ريم (٢٠١٢) حيث أن موصلية الخرسانة الخفيفة توفر عزلا حراريا يساوي ٠,١٥٥ واط /متر. كلفن و كثافة ٥٥١ كغم/م³. عندما يزداد محتوى السمّنت إلى الركام يؤدي إلى زيادة في معامل التوصيل الحراري وذلك بسبب تقليل الفجوات داخل كتلة الخرسانة والتي تعيق حركة الحرارة بداخلها وكذلك التركيب الهيكلي لركام البورسيلينايت الذي يحتوي على عدد كبير من الفجوات الهوائية والتي تعمل على زيادة العزل الحراري للخرسانة المصنوعة منه و كما موضح بالشكل (٩).



الشكل (٩) علاقة الموصلية الحرارية مع مختلف نسب الخلط مع تغير محتوى السمّنت .

#### الاستنتاجات

1. باستخدام خلطات خرسانية خفيفة الوزن بنسب (سمّنت : ركام البورسيلينايت)، (٤:١)، (٥:١) و (٦:١) و لكل نسبة خلط تم تغيير محتوى السمّنت (٣٠٠، ٢٠٠ و ٤٠٠) كغم /م³ مع تثبيت نسبة محتوى الماء الى السمّنت (٠,٤٥) تم الحصول على كثافة تتراوح بين (٧٧٠-٧٢١) كغم / م³.
2. مقاومة الانضغاط لخرسانة ركام البورسيلينايت تتراوح ما بين (١,٧٠٢-٢,٥٦٤) نيوتن /ملم²) كذلك تزداد المقاومة بزيادة الكثافة ونسبة السمّنت إلى الماء.

٣. العلاقة الجيدة بين المقاومة المعجلة بعمر يوم مع مقاومة الانضغاط الاعتيادية بعمر ٢٨ يوم هي تقريبا  $(0.375 \pm 0.005)$  بطريقة المحمم المائي بدرجة  $55^\circ\text{C}$  و  $(0.525 \pm 0.005)$  بطريقة المحمم المائي.
٤. الموصلية الحرارية لخرسانة الركام خفيفة الوزن (الخالية من الركام الناعم) و بأستخدام ركام البورسيلينايت تنخفض مع انخفاض الكثافة ويتراوح معامل التوصيل الحراري ما بين  $(0.17 - 0.24)$  واط/م.كلفن.

#### المصادر

- [1]. الجيلاوي , ندى مهدي, (خواص الخرسانة خفيفة الوزن بالإشارة إلى العزل الحراري والمعاقبة الصوتية), أطروحة ماجستير /جامعة بغداد(١٩٩٧) .
- [٢]. الراوي , قصي شرقي , (خواص الخرسانة خفيفة الوزن المصنعة من ركام البورسيلينايت), أطروحة ماجستير /جامعة بغداد,(١٩٩٥).
- [٣]. المرسومي , محمد حمزة , (خرسانة الركام خفيف الوزن العازلة للحرارة), أطروحة ماجستير /جامعة بغداد(٢٠٠٩) .
- [٤]. المواصفة العراقية القياسية (م.ق.ع/٥/١٩٨٤), الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية العراق /بغداد.
- [٥]. ريم علي طالب, (العزل الحراري و أثره في ترشيد استهلاك الطاقة في الابنية السكنية), مؤتمر وزارة الاعمار و الاسكان-واقع الصناعة الوطنية لمواد البناء والبدائل المحلية لدعم قطاع الاعمار و الاسكان, (٢٠١٢).
- [٦]. رؤوف , زين العابدين و الجيلاوي , ندى مهدي و المرسومي, محمد حمزة, (تطوير خرسانة خفيفة الوزن عازلة للحرارة), مجلة الهندسة و التكنولوجيا, المجلد ٢٨, عدد ١٣, (٢٠١٠)
- [٧]. نضال عبد القادر, (الخواص الديناميكية و الحرارية للخرسانة خفيفة الوزن المصنوعة من قشور الرز وركام القصب), أطروحة ماجستير /الجامعة التكنولوجية , قسم البناء والانشاءات, (٢٠٠٥)

[8]. Abbas, Z.K. and Auad H.K., "Effect of accelerated testing methods in British standard on strength of concrete", 4th International Scientific Conference of Salahaddin University-Erbil, (2011).

[9]. John. J., "perlite aggregate its properties and uses ", journal of the American concrete institute NO, 46, (1981), P.P (185-190).

[10]. Neville A.M., "Properties of concrete", 4<sup>th</sup> and final edition 18. Longman group limited England, (2005).

[11]. Short and Kinniburagh, "light weight concrete", Applied science publishers, third edition, London, (1978).

جدول (٦) نتائج الفحوصات (الكثافة، الامتصاص، المسامية، سرعة الموجات فوق الصوتية، الموصلية الحرارية، مقاومة الانضغاط المعجلة و الاعتيادية).

رمز الخلطة	نسب الخلط	الكثافة / كغم / م <sup>٣</sup>	الامتصاص %	المسامية %	سرعة الموجات فوق الصوتية كيلومتر / ثا	المعاوقة الصوتية / كغم / م <sup>٢</sup> ثا	الموصلية الحرارية واط/م.كلفن	مقاومة الانضغاط نت /ملم <sup>٢</sup> المعجلة (١-١ يوم) ٥٥ م <sup>٢</sup>	مقاومة الانضغاط نت /ملم <sup>٢</sup> المعجلة (١-١ يوم) ٨٢ م <sup>٢</sup>	مقاومة الانضغاط نت /ملم <sup>٢</sup> (٧-١ يوم)	مقاومة الانضغاط نت /ملم <sup>٢</sup> (٢٨-١ يوم)	مقاومة الانضغاط نت /ملم <sup>٢</sup> (٩٠-١ يوم)
Mix1	٤:١	٧٤٢	٢٥.٥	١٩.٦	١.٢٣٦	٠.٩١٧	١.٦٥٢	٢.١٦١	٣.١٧٥	٤.٢٣٦	٥.٠٨٣	
Mix2	٥:١	٧٣٥	٢٦.٨	٢١.١	١.٢٢٩	٠.٩٠٣	١.٦٠٦	٢.١٠٥	٣.٠٩٤	٤.١٢٥	٤.٩٥١	
Mix3	٦:١	٧٢١	٢٧.٦	٢٢.٢	١.٢١٨	٠.٨٧٨	١.٥٦٧	٢.٠٥٠	٣.٠١٨	٤.٠٢٣	٤.٨٢٩	
Mix4	٤:١	٧٥٤	٢٤.٨	١٨.٨	١.٢٥٥	٠.٩٤٢	٢.٠٠٥	٢.٦١٥	٣.٨٥١	٥.١٣٢	٦.١٥٨	
Mix5	٥:١	٧٤٨	٢٥.٢	١٩.٢	١.٢٤٦	٠.٩٣٢	١.٨٢٦	٢.٣٨٦	٣.٥١٥	٤.٦٨٦	٥.٦٢٥	
Mix6	٦:١	٧٣٢	٢٦.٢	٢٠.٦	١.٢٢٥	٠.٨٩٧	١.٥٩٥	٢.٠٨٢	٣.٠٦٥	٤.٠٨٣	٤.٩٠٠	
Mix7	٤:١	٧٧٠	٢٢.٥	١٧.٥	١.٣٠٢	١.٠٠٣	٢.٠٨٦	٢.٧٢٦	٤.٠١١	٥.٣٤٦	٦.٤١٨	
Mix8	٥:١	٧٥٦	٢٤.٢	١٨.٤	١.٢٥٤	٠.٩٤٨	٢.٠٣٨	٢.٦٦١	٣.٩١٥	٥.٢٢٣	٦.٢٦٧	
Mix9	٦:١	٧٤٣	٢٥.٦	١٩.٩	١.٢٣٨	٠.٩٢٢	١.٧٣٢	٢.٢٦٢	٣.٣٣٠	٤.٤٣٧	٥.٣٢٥	
Mix10	٥:١	٧٤٠	٢٦.١	٢٠.٥	١.٢٣٥	٠.٩١٤	١.٦٣٥	٢.١٣٨	٣.١٤٨	٤.١٩٧	٥.٠٣٥	
Mix11	٥:١	٧٢٩	٢٧.٢	٢١.٩	١.٢١٠	٠.٨٨٢	١.٥٨١	٢.٠٦٨	٣.٠٣٨	٤.٠٥٣	٤.٨٦٤	