Vol. 4, No. 7 and 8, P. (115-130)A, 2016

تأثير اضافة الطابوق المكسر على بعض خواص الكتل الخرسانية المجوفة المحملة

مشتاق صادق راضي
قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة كربلاء، العراق

تاريخ الاستلام: 2 / 6 / 2016
تاريخ قبول النشر: 21 / 7 / 2016

Abstract

In this research, the effect of using crushed brick as an alternative to the coarse aggregate on some load-bearing hollow concrete block properties were investigated.

The hollow concrete blocks with standard dimension (150 ×150×300) mm, were produced. The mix proportions were (1) cement to (6) total aggregate. The course aggregate was replaced by the crushed brick in volumetric percent at rate of (25 %, 50%, 100%), then the effect of the replacement was investigated on some concrete block properties such as compressive strength , density, absorption and thermal and sound insulation in different ages (7, 14, 28) days. According to the results, crushed brick can be used as course aggregate to produce load-bearing hollow concrete blocks class B with medium concrete density that can be used in interior wall or exterior wall that protected from moisture and weather conditions. The optimum percent of replacement of crushed brick was (50%). Some properties like density, thermal insulation was improved, while, the other properties like compressive strength, absorption, sound insulation was kept at acceptable range. It can be concluded that the effect of the crushed brick as aggregate on concrete blocks properties, compared to normal aggregate, resulting from the combined effect low density, low crushing value, surface roughness, and its contribution to the process of internal curing for the concrete. Also, the use of crushed brick has an environmental effect in terms of its contribution to the recycling process for this waste materials and save the environment from it, as well as to reduce the pressing on sources of natural aggregates, which considered a national resources and must be preserved and be used in optimal utilization.

Keywords

Hollow Concrete Block, Crushed Brick, density, compressive strength

الخلاصة

في هذا البحث تم دراسة تاثير استخدام الطابوق المكسر كبديل عن الركام الخشن على بعض خواص الكتل الخرسانية المجوفة المحملة حيث تم انتاج كتل خرسانية مجوفة بابعاد قياسية (150 ×150 × 300) ملم وبنسب خلط اسمنت الى ركام اعتيادي 1 : 6 ومن ثم تم استبدال الركام الخشن الاعتيادي بالطابوق المكسر وبنسب حجمية (25% و50% و100%) ومن ثم دراسة تاثير الاستبدال على بعض خواص الكتل الخرسانية االمنتجة مثل تحمل الضغط والكثافة والامتصاص والعزل الحراري والعزل الصوتي وباعمار (7 و 14 و28) يوم. وفقا للنتائج بالامكان استخدام الطابوق المكسر كركام خشن في انتاج كتل خرسانية مجوفة ذات كثافة خرسانة متوسطة ومن الصنف ب المستخدم في الجدران الحاملة للاثقال الداخلية او الجدران الحاملة للاثقال الخارجية المحمية من الظروف الجوية والرطوبة حيث كانت افضل نسبة استبدال للطابوق المكسر كبديل عن الركام الاعتيادي فى انتاج الكتل هي (50%) حيث تم تحسين الكثافة والعزل الحراري مع المحافظة على الخواص الاخرى مثل مقاومة الانضغاط وامتصاص وعزل صوتي ضمن الحدود المقبولة . ان تأثير ركام الطابوق المكسر على خواص الكتل الخرسانية ناتج من التاثير المشترك لقلة الكثافة والتحمل وخشونة السطح ومساهمته في عملية الانضاج الداخلي للخرسانة مقارنة مع الركام الاعتيادي. ان استخدام الطابوق المكسر، اضافة الى تأثيره الايجابي على الخواص المذكورة سابقا، له اثر بيئي مزدوج حيث يساهم في عملية اعادة التدوير لهذة المخلفات ويخلص البيئة منها وكذلك يساهم في تقليل الضغط على مصادر الركام الطبيعية والتي تعتبر ثروة وطنية يجب المحافظة عليها واستخدامها الاستخدام الامثل .

الكلمات المفتاحية

الكتل الخرسانية المجوفة، الطابوق المكسر، تحمل الضغط، الكثافة .

1. المقدمة

كتلة البناء الخرسانية المجوفة المحملة هي وحدة بناء الجدران المصنعة من الاسمنت البورتلاندي والركام الاعتيادي اوالركام الخفيف او كليهما والماء و التي تزيد في الطول والعرض والارتفاع على الابعاد المحددة في المواصفة القياسية العراقية الخاصة بالطابوق الخرساني (240 ×115 × 75) ملم ويشكل حجم التجويف فيها من (25% الى 50%) من الحجم الكلي للكتلة البنائية وتستخدم في الجدران الحاملة. تمتاز كتل البناء الخرسانية المحملة بخواص جيدة من تحمل الضغط جيد تبعا لنسب الخلط وطريقة الرص المستخدمة ولكن عند مقارنتها مع الطابوق الطيني فان كثافتها تكون اعلى و عزلها الحراري اقل [2, 1]. المواصفة القياسية العراقية رقم (1077) لسنة 1985 [3] والمواصفة الامريكية [4] (ASTM C90) تقسم الكتل الخرسانية المجوفة المحملة الى درجتين حسب استعمالها؛ الدرجة الاولى للاستعمال في الجدران الخارجية والمحلات المعرضة للظروف المناخية والرطوبة والدرجة الاخرى للكتل التي تستعمل في الجدران الداخلية والمحلات غير معرضة للظروف الجوية والرطوبة او الجدران الخارجية المحمية بطبقة واقية تمنع وصول الرطوبة و التاثيرات المناخية والجدول رقم (1) يبين المتطلبات الخاصة بالكتل الخرسانية المجوفة المحملة وفق المواصفتين العراقية والامريكية . اضافة الى التصنيف السابق للكتل الخرسانية المجوفة المحملة فان المواصفة القياسية العراقية رقم (1129) لسنة 1990 [5] والمواصفة الامريكية (ASTM C90) [4] صنفت الكتل الخرسانية بصورة عامة المجوفة والمصمتة حسب كثافة الخرسانة المصنعة منها الكتل على اساس الوزن الجاف بالفرن الى ثلاثة اصناف؛ كتل خرسانية خفيفة الوزن التي تكون كثافة الخرسانة فيها اقل من (1680) كغم / م^3 وكتل خرسانية متوسطة الوزن التي تكون كثافة الخرسانة فيها من (1680) كغم / م^3 الى (2000) كغم/ م^3 و؛ كتل خرسانية اعتيادية الوزن التي تكون كثافة الخرسانة فيها اكثر من (2000) كغم/ م^3 .

ان لاستخدام الركام خفيف الوزن الذي يمتاز بكثافته الواطئة ومساميته العالية في انتاج الخرسانة فائدتين الاولى لانتاج خرسانة بكثافة اقل من كثافة الخرسانة الاعتيادية وبالتالي تقليل الاحمال الميتة والمؤثرة في المنشا وكذلك زيادة العزل الحراري للخرسانة [6] والفائدة الثانية من استخدام الركام الخفيف في الخرسانة هي استخدامه في المعالجة والانضاج للخرسانة عن طريق توفير ماء داخلي للانضاج عندما يكون الركام الخفيف مشبع بالماء جاف السطح فان الماء الممتص من قبل الركام الخفيف لا يؤثر على نسبة الماء الى الاسمنت الابتدائية عند الخلط في الخرسانة الطرية وبتقدم عمليه الاماهة في الخرسانة فان الركام الخفيف المشبع جاف السطح يوفر رطوبة اضافية لتسمح باستمرار الاماهة في الخرسانة وخصوصا في الخلطات ذات نسب الماء الى الاسمنت قليلة مؤديا الى زيادة في مقاومة الخرسانة وديمومتها، يمكن استبدال جزء من الركام الاعتيادي بخفيف الوزن او استبدال كل الركام لزيادة الرطوبة الداخلية للانضاج وتسمى هذه الطريقة بالانضاج الداخلي للخرسانة ويجب ان تجرى بالاقتران مع بقية الطرق الخارجية المتعددة [7] . يمكن اعتبار الطابوق الطيني المكسر الذي يتنج من مخلفات صناعة الطابوق او مخلفات عملية البناء من انواع الركام الخفيف الوزن وذلك لان الخرسانة المنتجة باستخدام الطابوق المكسر تكون اقل كثافة عند مقارنتها بالخرسانة المنتجة بالركام الاعتيادي [8].

جدول رقم (1): يبين متطلبات المواصفة العراقية والامريكية للكتل الخرسانية المجوفة المحملة .

الصنف او الدرجة	الحد الادنى لتحمل الضغط على معدل المساحة الكلية (MPa) كمعدل لثلاث وحدات		لاتزيد نسبة الامتصاص كمعدل لثلاث وحدات	
	مواصفة عراقية	مواصفة امريكية	مواصفة عراقية	مواصفة امريكية
صنف " أ "	7	6.9	15	13
صنف " ب "	5	4.8	20	18

لقد قام عبد الاحد [9] باجراء دراسة لانتاج بلوك خرساني نمطي اقتصادي باستخدام كسر الطابوق الطيني المعاد كبديل عن الركام الخشن لكن الدراسة طغى عليها الجانب المعماري على الجانب المدني وتعتبر محاولة للتجديد في عملية التصميم ليعطي امكانيات معمارية واسعة عن طريق التحكم باوجه الطابوق المقترح وفق رؤية المصمم المعماري وكان البلوك المقترح وفق ابعاد غير قياسية (125 ×250 × 250)ملم وبنقوش خاصة يستخدم في اغلب الاحيان لاغراض معمارية وكما ان تدرج الطابوق المكسر خلاف المواصفات القياسية العراقية او العالمية حيث تم انتاج نوعين من البلوك النمطي الاول باستخدام قطع طابوق كبيرة بارتفاع (7.5) والاخر باستخدام طابوق مكسر وبمقاسات تقريبية (1 و2 و 3) سم وكذلك تعمقت الدراسة بالمقارنة الاقتصادية بين البلوك النمطي المقترح و الطابوق الطيني و كتل البناء الخرسانية الاعتيادية وتركت الباب مفتوحا لدراسة اهم الخواص للبلوك المقترح من تحمل الضغط والامتصاص وغيرها الى بحوث لاحقة .

وفي دراسة اخرى [10] اجريت لغرض تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية للكتل الخرسانية المجوفة عن طريق استخدام المخلفات الصناعية وبنسب مختلفة حيث تم استخدام نشارة الخشب ومفروم الاطارات المطاطية ومطحون قصب الشعير حيث تمت الاضافة بنسب (5 % ,10 % ,15% ,20 %) لكل منها من وزن الاسمنت وتم استنتاج ان المواد المضافة اثرت بشكل ملحوظ على خواص الكتل الخرسانية المجوفة من العزل الحراري والكثافة و مقاومة الانضغاط وكان التحسن في خواص العزل الحراري والكثافة على حساب مقاومة الانضغاط حيث ان مقاومة الانضغاط و لكافة المواد المضافة وللنسب كافة انخفضت وبشكل ملحوظ باستثناء نسبة الاضافة (5%) لمفروم الاطارات ونشارة الخشب اعطت زيادة في المقاومة بنسبة (8.4% و13%) على الترتيب مع تحسن بسيط في خواص العزل الحراري و الكثافة.

هذا البحث يتضمن محاولة لايجاد تاثير استخدام الطابوق الطيني المكسر كبديلا عن الركام الخشن بصورة جزئية او كلية على اهم الخواص للكتل الخرسانية المجوفة المحملة لغرض تحسين الخواص غير المرغوبة من الوزن الثقيل والكثافة العالية والعزل الحراري المنخفض مع المحافظة قدر الامكان على الخواص المرغوبة من تحمل الضغط والامتصاص والعزل الصوتي ضمن الحدود المسموحة في المواصفات القياسية العراقية .

2. الجانب العملي:

المواد المستخدمة

1.1.2. الاسمنت : تم استخدام الاسمنت البورتلاندي المقاوم لاملاح الكبريتات نوع الجسر من انتاج معمل اسمنت

كربلاء والتي كانت خواصه الفيزيائية والكيميائية ضمن حدود متطلبات المواصفة العراقية القياسية رقم (5) لسنة 1984 [11]،كما موضح في الجدول رقم(2) والجدول رقم(3).

2.1.2. الركام الناعم: تم استخدام رمل مغسول منطقة التدرج الثاني مجهز من مقالع الاخيضر في محافظة كربلاء والتي كانت خواصه الكيميائية والفيزيائية ضمن حدود ومتطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 [12]، كما موضح في الجدول رقم (4) والجدول رقم (5).

جدول رقم (2): الخواص الكيمائية للاسمنت المستخدم .

الخواص	النسبة المئوية وزنا	حدود المواصفة العراقية رقم 5
اوكسيد الكالسيوم (CaO)	62.32	-
ثاني اوكسيد السيلكون (SiO_2)	21.83	-
اوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3)	3.55	-
اوكسيد الحديديك (Fe_2O_3))	4.20	-
اوكسيد المغنسيوم (MgO)	2.31	≤ 5.0 %
ثالث اوكسيد الكبريت (SO_3)	2.48	≤ 2.5 %
الفقدان عند الحرق	1.83	≤ 4.0 %
المواد غير قابلة للذوبان	0.65	≤ 1.5 %
عامل الاشباع الجيري	0.89	0.66 – 1.02

المركبات الرئيسية للاسمنت

اسم المركب	الاسم المختصر	النسبة المئوية وزنا	حدود المواصفة
سليكات ثلاثي الكالسيوم ($3CaO.SiO_2$)	C_3S	50.83	-
سليكات ثنائي الكالسيوم ($2CaO.SiO_2$)	C_2S	24.33	-
الومينات ثلاثي الكالسيوم ($3CaO.Al_2O_3$)	C_3A	2.31	≤ 3.5
اوكسيد الحديديك ($4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$)	C_4AF	12.78	-

جدول رقم (3): الخواص الفيزيائية للاسمنت المستخدم .

الخواص الفيزيائية	نتائج الفحص	حدود المواصفة العراقية رقم 5
النعومة بطريقة بلين (م 2/ كغم)	290	≤ 250
وقت التماسك مقاسا بجهاز فيكات		
ا- الابتدائي (دقيقة : ساعة)	2:10	≥ 45 دقيقة
ب- النهائي (دقيقة : ساعة)	3:30	≤ 10 ساعات
الثبات بطريقة المحمم	0.35	≤ 0.80 %
تحمل الضغط (نت / ملم 2)		
ا- بعمر ثلاثة ايام	22.7	≥ 15
ب- بعمر سبعة ايام	31.5	≥ 23

جدول رقم (4): التدرج للركام الناعم المستخدم.

مقاس المنخل (ملم)	النسبة المئوية للمواد المارة من المناخل	حدود المواصفة العراقية منطقة التدرج الثاني
10	100	**100**
4.75	90	**100 - 90**
2.36	76	**100 -75**
1.18	67	**90 – 55**
0.60	50	**59 - 35**
0.30	17	**30 -8**
0.15	3	**10 – 0**

جدول رقم (5): بعض خواص الركام الناعم المستخدم .

الخواص	نتائج الفحص	حدود المواصفة العراقية رقم 45
الوزن النوعي	2.59	-
الكثافة (كغم / م^3)	1710	-
املاح الكبريتات (SO_3)	0.07	≤ 0.50 %
النسبة المئوية الامتصاص	2	-
المواد االعابرة من منخل 75 مايكرون	2.6	≤ 5 %

3.1.2. الماء : ان الماء المستخدم لكافة الخلطات الخرسانية وعملية الانضاج للكتل الخرسانية المجوفة المحملة هو ماء الصالح للشرب .

4.1.2. الركام الخشن:

1. الركام الخشن الاعتيادي: تم استخدام الحصى الاعتيادي بمقاس اسمي (10) ملم (بحص) والمطابق لمتطلبات المواصفة االقياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984 [12] باستثناء التدرج حيث كان الحصى مار من منخل (10) ملم ومتوقف على منخل (5) ملم وفقا الى الاشتراطات الواردة في مدونة مواد البناء العراقية رقم 311 لسنة 2015 [13] التي تجيز استثناء الركام الخشن المستخدم في انتاج الكتل الخرسانية المجوفة فقط من متطلبات التدرج الواردة في المواصفة القياسية العراقية والتي اجازت باستخدام ركام خشن بمقاس اسمي (10) ملم كما موضحة خواصه الفيزيائية والكيمائية في الجدول رقم (6) والجدول رقم (7).

2. الطابوق المكسر: تم استخدام الطابوق الطيني المثقب من انتاج معامل النهروان مطابق لحدود المواصفات القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1984 [14] من صنف ب حيث تم تكسير الطابوق وغربلته على المنخلين رقم (10) ملم و(5) ملم ولغرض تدريجه بشكل مقارب للركام الخشن الاعتيادي المستخدم كما موضحة بعض خواصة في الجدول رقم (6) والجدول رقم (7) .

جدول رقم (6): التدرج للركام الخشن المستخدم .

مقاس المنخل (ملم)	النسبة المئوية للمواد المارة من المناخل		حدود المواصفة العراقية رقم 45 للمقاس الاسمي 5-14 ملم
	الحصى الاعتيادي	الطابوق المكسر	
20	100	100	**100**
14	100	100	**100 - 90**
10	100	100	**85 -50**
4.75	2	0	**10 – 0**

جدول رقم (7): بعض خواص الركام الخشن المستخدم .

الخواص	نتائج الفحص		حدود المواصفة العراقية رقم 45
	الحصى الاعتيادي	الطابوق المكسر	
الوزن النوعي	2.62	2.03	-
الكثافة الجافة (كغم / م^3)	1635	1265	-
املاح الكبريتات (SO_3)	0.09	-	٪ ≤ 0.10
النسبة المئوية الامتصاص	1	11	-
المواد االعابرة من منخل 75 مايكرون	1.3	-	٪ ≤ 3
التأكل الميكانيكي	14.7	29.4	٪ ≤ 35

2.2. خليط الخرسانة:

لتحقيق اهداف الدراسة تم تصميم الخلطة الخرسانية المرجعية بالاعتماد على طريقة معامل النعومة للركام والخاصة بتصميم الخلطات الخرسانية لكتل البناء [15,16]، وفقا للتصميم والخلطات التجريبية فكانت كمية الاسمنت المستخدمة هي (300) كغم/ م^3 ونسبة الماء الى الاسمنت (0.45) ونسبة الاسمنت الى الركام الكلي هي 1:6 ويشكل وزن الركام الخشن نسبة (53%) من وزن الركام الكلي وهذه النسب قريبة الى النسب المستخدمة في معامل انتاج الكتل الخرسانية المجوفة حيث في انتاج الكتل الخرسانية تكون نسب الركام الخشن مساوية تقريبا الى نسب الركام الناعم في الخليط، و تم استبدال الركام الخشن الاعتيادي بالطابوق المكسر وبنسب حجمية (25% و50% و100%).

3.2. مزج الخرسانة:

عملية مزج الخرسانة مهمة للحصول على قابلية التشغيل والتجانس للخلطة الخرسانية، عملية الخلط تمت في خلاطة قدرية صغيرة حيث تم اضافة الركام الخشن وجزء من ماء الخلط اولا وخلطها لعدة دورات ثم اضيف الركام الناعم والاسمنت والجزء المتبقي من الماء وخلطه بصورة كلية وتراوح زمن الخلط من (6-4) دقيقة مع مراعاة غمر ركام الطابوق المكسر في الماء لمدة (24) ساعة وتجفيف سطحه من الرطوبة الزائدة بعد استخراجه من الماء لكي لايوثر على كمية الماء الداخلة في الخليط ومن ثم تم قياس قابلية التشغيل للخليط، وكان القوام لجميع الخلطات شبه جافا وذلك لتسهيل عملية رفع القوالب بعد عملية رص الكتل الخرسانية مباشرة .

4.2. صب وانضاج الكتل الخرسانية:

لانتاج كتل بناء خرسانية مجوفة محملة تم تصنيع قالب معدني مطابق لحدود المواصفة القياسية العراقية [3] وبابعاد (300 ×150× 150) ملم تحتوي على ثلاث تجاويف باشكال هندسية تشكل تقريبا (26%) الحجم الكلي للكتلة البنائية يتم ملأ القالب بالخليط وثم تجرى عملية الرص للكتل عن طريق الكبس اليدوي وبعد اكتمال عملية الرص يتم رفع القالب وصب كتلة خرسانية اخرى تترك الكتل الخرسانية لمدة (24) ساعة في جو رطب لتجف كما موضح في الشكل رقم (1) وبعدها يتم المباشرة بعملية الانضاج عن طريق الرش بالماء مرة واحدة يوميا ولمدة سبعة ايام حيث ان المواصفات العراقية لاتسمح بفحص او استخدام الكتل الخرسانية بعمر اقل من سبعة ايام.

5.2. الفحوصات

1.5.2. مقاومة الانضغاط : تم اجراء فحص مقاومة الانضغاط للكتل الخرسانية المجوفة باستخدام ماكنة فحص الانضغاط من نوع ELE بسعة (2000) كيلو نيوتن حيث تم اجراء الفحوصات ولجميع الخلطات باعمار (7 و14 و28) يوم وبمعدل ثلاثة كتل خرسانية لكل عمر فحص مطلوب تم الاعتماد على المساحة الكلية للكتلة الخرسانية في احتساب المقاومة وفقا للمواصفة القياسية العراقية رقم 1077 لسنة 1985.

الشكل رقم (1): عملية صب الكتل الخرسانية المجوفة.

2.5.2. الكثافة: تم احتساب كثافة الخرسانة الجافة بالفرن للكتل الخرسانية وباعمار (7 و 14 و 28) لجميع الخلطات وبمعدل ثلاث كتل خرسانية لكل عمر عن طريق قياس وزن الكتلة الخرسانية المجففة بالفرن وثم تقسيمها على الحجم الصافي وبعد طرح التجاويف .

3.5.2. الامتصاص: تم احتساب الامتصاص للكتل الخرسانية بالاعتماد على نفس النماذج المستخدمة في ايجاد الكثافة حيث يتم غمرها بالماء لمدة (24) ساعة و اخراجها من الماء وتركها لمدة دقيقة لتخلص من الرطوبة السطحية وتجفيف سطحها الخارجي باستخدام قطعة قماش ويتم وزنها ليمثل الوزن الرطب للكتل الخرسانية وللحصول على الوزن الجاف للكتل الخرسانية يتم وضعها في فرن تجفيف بدرجة حرارة (110) مئوية لحين ثبوت الوزن تقريبا ولمدة لاتقل عن (24) ساعة والنسبة المئوية للفرق بين الوزن الرطب والوزن الجاف الى الوزن الجاف يمثل نسبة الامتصاص للكتلة الخرسانية .

4.5.2. العزل الحراري: ان الهدف من العزل الحراري في المباني هو لغرض تقليل تسرب الحرارة منها عند التدفئة او تقليل تسرب الحرارة اليها عند التبريد ومنع تكثيف البخار داخلها ولتقليل تمددها وتقلصها [2]، وللتعرف على خواص العزل الحراري للكتل الخرسانية المنتجة في هذا البحث لابد من التعرف على المعاملات التالية :-

1. الايصال الحراري : يعرف الايصال الحراري للمادة بمقدار الحرارة المتسربة بين وجهي السطح مقدرة بالسعرات الحرارية لكل مترمربع منه تحت تاثير فرق درجة حرارة مئوي بين جهات السطح في الزمن الذي مقداره ساعة واحدة عندما يكون السطح بسمك متر واحد ويرمز له k وحداته بصورة عامة ($W / m .℃$) [2]، تم احتساب الايصال الحراري للكتل الخرسانية ولجميع الاعمار وبالاعتماد على المعادلة ادناه والواردة في مدونة معهد الخرسانة الامريكي [17] والتي تربط بين الايصال الحراري للمادة الخرسانية والكثافة الجافة للخرسانة :-

$$k = 0.072$$

حيث **k** الايصال الحراري ووحداته، $W / m . c°$

كثافة الكتل وو حداتها كغم / $م^3$

2. معامل الانتقال الحراري : هو مقياس اخر للعزل الحراري ويمكن تعريفه كمقياس لقابلية السقف او الجدار لتسريب الحرارة بين خارج المبني وداخلة وكلما كبرت قيمته زادت الحرارة المتسربة ويرمز له بالحرف U ووحداته واط لكل متر مربع من السطح لكل درجة مئوية واحدة فرق بين جهتي السطح ويعتمد على الايصال الحراري للمادة [2], تم احتساب معامل الانتقال الحراري للكتل الخرسانية ولجميع الاعمار وبالاعتماد على المعادلتين ادناه [18]:-

$$R =$$

حيث ان **R** المقاومة الحرارية للكتل/ $W / m^2 . ℃$ و t سمك الكتل الخرسانية بالمتر و k الايصال الحراري

$$U =$$

حيث ان **U** معامل الانتقال الحراري و**R** المقاومة الحرارية للكتل/ $W / m^2 . ℃$

5.5.2. العزل الصوتي: من سمات الحياة الحديثة ازدياد شدة الضجيج داخل وخارج الابنية لذا توجب الاهتمام بموضوع زيادة العزل الصوتي للمباني لتوفير شروط افضل من الناحية الصحية والانتاجية لاشغال مختلف المنشات، ان المعنى الفيزيائي لمقدار العزل الصوتي لحاجز معين هي النسبة المتوقفة على مقدرة الصوت في جانب ذلك الحاجز الى مقدرة الصوت التي تنتقل الى الفراغ في الجانب الاخر ويمكن التعبير عنها بمقياس لوغاريتمي وتسمى هذه النسبة بتقليل

الضوضاء، ولاجراء مقارنة بين الكتل الخرسانية المجوفة المنتجة في هذه الدراسة من ناحية العزل الصوتي تم استخدام القانون ادناه حيث تم استخدام التردد (500) هيرتز لغرض قياس العزل الصوتي [19] :-

$$SI = 20 \log [m \times f] - 48 \quad -$$

- حيث ان **SI** تمثل العزل الصوتي بالديسيبل، m الكتلة لكل وحدة مساحة بال كغم / م^2، f التردد المراد قياس العزل الصوتي بالهيرتز

3. النتائج والمناقشة

في هذة الفقرة تم استعراض النتائج المتحصلة من الدراسة المتضمنة ايجاد تاثير استخدام الطابوق المكسر على بعض خواص الكتل الخرسانية المحملة ومناقشتها حيث تم اعتماد الرموز التالية لانواع الكتل الخرسانية المنتجة وحسب نسبة الاستبدال حيث ان الرمز **BB00** يشير الى الخلطة المرجعية بدون اي نسبة استبدال و الرموز **BB25** و**BB50** و**BB100** تشير الى نسب الطابوق المكسر كبديل عن الركام الخشن (25 % و50 % و100 %) على الترتيب .

1.3. تاثير اضافة الطابوق المكسر على مقاومة الانضغاط:

تعتبر خاصية تحمل الضغط من اهم خواص الكتل الخرسانية ويمكن اعتبارها مقياسا غير مباشرا لبقية الخواص الاخرى [20]، الجدول رقم (8) يلخص نتائج مقاومة الانضغاط لجميع الخلطات ولكافة الاعمار كما موضح في الشكل رقم 2 جميع الخلطات اظهرت زيادة في مقاومة الانضغاط مع تقدم العمر وان الجزء الاكبر من تطور المقاومة كان في الاسبوع الاول وهذه الزيادة في المقاومة نتيجة لتقدم عملية اماهة الاسمنت.

اظهرت النتائج انخفاض في مقاومة انضغاط الكتل الخرسانية المجوفة مقارنة مع الخلطة المرجعية وكانت الخلطات ذات نسبة الاستبدال الاقل هي الاكثر انخفاضا في المقاومة ولكافة الاعمار، عند عمر (7) ايام كانت نسبة الانخفاض حوالي (56 % ,17 % ,16 %) وعند عمر (14) يوم (52 % ,25 % ,27 %) وعند عمر (28) يوم (55 % ,30 % ,35 %) للخلطات ذات نسب استبدال الطابوق المكسر بدلا من الركام الخشن الاعتيادي (25 % و50 % و100 %) على الترتيب، وهذا النقصان في مقاومة الانضغاط يعود الى ان مقاومة الخرسانة تعتمد على عدة عوامل منها قوة الركام المستعمل حيث ان الطابوق المكسر اقل قوة من الركام الاعتيادي. ان مقاومة الانضغاط زادت في الخلطات ذات نسبة الاستبدال الاعلى ومن المحتمل ان تكون هذه الزيادة في مقاومة الانضغاط ناتجة من التاثير المشترك لخشونة سطح الطابوق المكسر مقارنة مع الطابوق الاعتيادي ومساهمة الطابوق المكسر في عملية الانضاج الداخلي عن طريق الرطوبة الممتصة من قبل المسامات فيه وخصوصا بعد تو قف عملية الانضاج الخارجي للكتل الخرسانية .

2.3. تاثير اضافة الطابوق المكسر على الكثافة:

كثافة الكتل الخرسانية المجوفة تعتمد على كثافة الخرسانة والتي هي بدورها دالة الى كثافة المواد الداخلة في انتاجها ونسب الخلط ومحتوى الماء والهواء فيها ودرجة الرص [21] .الجدول رقم (9) والشكل رقم (3) يظهران الكثافة الجافة للخرسانة المنتجة منها الكتل الخرسانية لجميع الخلطات ولكافة الاعمار وكذلك الكثافة اظهرت سلوك مشابه الى مقاومة الانضغاط عند تقدم العمر ازدات الكثافة وهذا ايضا نتيجة تقدم عملية الاماهة للاسمنت .

وفق النتائج فان العلاقة بين الانخفاض في الكثافة الجافة للخرسانة التي تم انتاج الكتل منها ونسبة استبدال الركام الخشن الاعتيادي بالطابوق المكسر طردية حيث كلما زادت

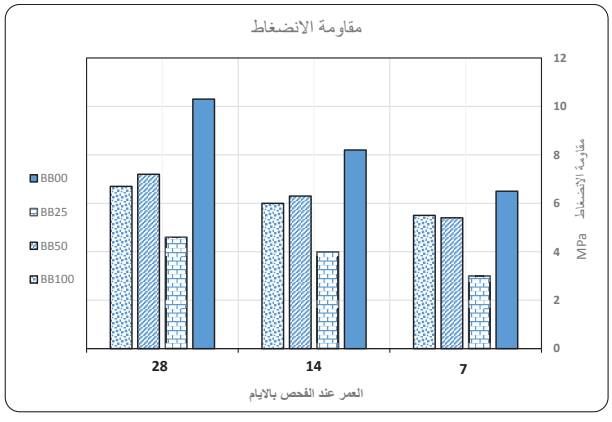
نسبة الاستبدال زاد الانخفاض في قيمة الكثافة الجافة، حيث نسبة الانخفاض في الكثافة عند مقارنتها مع كثافة الخلطة المرجعية بعمر (7) يوم كانت نسبة الانخفاض حوالي (7 % ,11 %19,) وعند عمر (14) يوم (6 % ,11 % 15,%) وعند عمر (28) يوم (10 % ,13 % 17,%) للخلطات ذات نسب استبدال الطابوق المكسر بدلا من الركام الخشن الاعتيادي (25 % و 50 % و100 %) على الترتيب، وهذا نتيجة طبيعية كون الطابوق المكسر ذو كثافة اقل من الركام الخشن الاعتيادي .

جدول رقم(8): يوضح نتائج قوة التحمل للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .

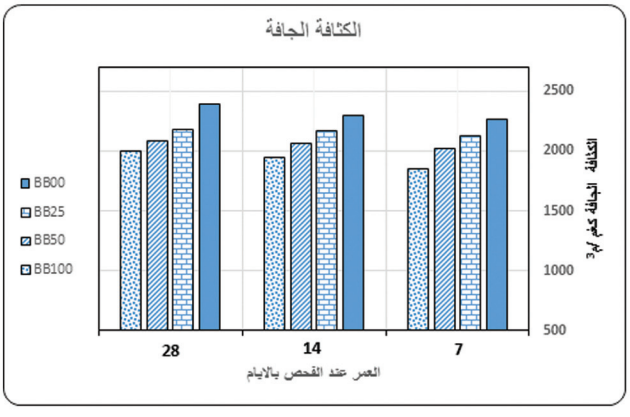
الخلطة	(MPa) مقاومة الانضغاط للكتل الخرسانية محسوبة وفق المساحة الكلية		
	يوم 7 بعمر	يوم 14 بعمر	يوم 28 بعمر
BB00	6.5	8.2	10.3
BB25	3.0	4.0	4.6
BB50	5.4	6.3	7.2
BB100	5.5	6.0	6.7

جدول رقم (9): يوضح نتائج الكثافة الجافة للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .

الخلطة	(كغم/ م^3) الكثافة الجافة		
	يوم 7 بعمر	يوم 14بعمر	يوم 28 بعمر
BB00	2265	2298	2390
BB25	2119	2162	2172
BB50	2011	2053	2081
BB100	1848	1943	1990



الشكل رقم (2): نتائج قوة التحمل للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة.



الشكل رقم (3): نتائج الكثافة الجافة للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة.

3.3. تاثير اضافة الطابوق المكسر على الامتصاص: ان امتصاص الماء في الكتل الخرسانية المجوفة يعتمد نفاذية الخرسانة المنتجة منها الكتل والتي بدورها تعتمد على حجم المسامات الشعرية الموجودة في عجينة الاسمنت والركام ومدى اتصالها مع بعضها. الجدول رقم (10) والشكل رقم (4) يلخص نتائج الامتصاص لجميع الخلطات ولكافة الاعمار ومن الواضح ان الامتصاص بصورة عامة للكتل الخرسانية يقل بتقدم العمر وذلك نتيجة استمرار عملية الاماهة للاسمنت وبالتالي على المسامات بنواتج الاماهة الجديدة .

عند مقارنة نتائج الامتصاص للكتل الخرسانية مع الكتل الخرسانية المنتجة من الخلطة الخرسانية المرجعية وبدون اي استبدال الزيادة في الامتصاص للخلطات الحاوية الطابوق المكسر عند العمر (7) ايام حوالي (51 % ,85 %,110 %) وعند عمر (14) يوم (112 % ,187 %,213 %) وعند عمر (28) يوم(30 % ,110 %,100 %) للخلطات ذات نسب استبدال الطابوق المكسر بدلا من الركام الخشن الاعتيادي (25 % و 50 % و100 %) على الترتيب، تعود الزيادة في الامتصاص للكتل الخرسانية بازدياد نسبة الاستبدال للركام الاعتيادي بالطابوق المكسر كون امتصاص الطابوق المكسر اكثر من امتصاص الطابوق الاعتيادي بسبب احتوائه على مسامات اكثر .

4.3. تاثير اضافة الطابوق المكسر على خواص العزل الحراري:

الجدول رقم (11) يوضح نتائج خاصتي العزل الحراري للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات ولكافة الاعمار وبصورة عامة فان الايصال الحراري ومعامل الانتقال الحراري للكتل الخرسانية اظهر سلوكا مشابها لمقاومة الانضغاط والكثافة حيث ازدادت بتقدم العمر لجميع الخلطات.

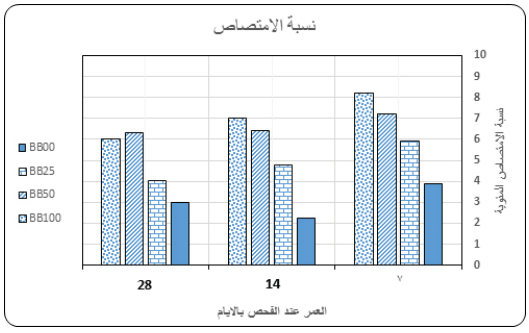
الشكل رقم (5) يبين الايصال الحراري للكتل الخرسانية حيث كانت نسبة النقصان في الايصال الحراري مقارنة مع الايصال الحراري للكتل الخرسانية المرجعية عند العمر 7 ايام حوالي (17 % ,27 %,41 %) وعند عمر (14) يوم (15 % ,29 %,36 %) وعند عمر (28) يوم (24 % ,34 %,39 %) للخلطات ذات نسب استبدال الطابوق المكسر بدلا من الركام الخشن الاعتيادي (25 % و50 % و100 %) على الترتيب، بينما الشكل رقم(6) يستعرض تاثير استخدام الطابوق المكسر بدلا من الركام الاعتيادي على معامل الانتقال الحراري للكتل الخرسانية وللخلطات والاعمار المختلفة، كانت نتائج معامل الانتقال الحراري للخلطة ذات نسبة الاستبدال (100 %) هي حوالي (41 % ,36 %,38 %) وللخلطة ذات نسبة الاستبدال (50 %) هي حوالي (27 % ,28 %,28 %) وللخلطة ذات نسبة الاستبدال (25 %) هي حوالي (17 % ,16 %,24 %) وللاعمار (7 و14 و28) يوم على الترتيب مقارنة مع معامل الانتقال الحراري للكتل الخرسانية المجوفة وذلك يعود الى ان قيمة الايصال الحراري تتاثر بالرطوبة والمسامية والكثافة حيث يرتبط الايصال الحراري للمادة بالكثافة التي بدورها تعتمد على المسامات والفراغات الموجود فيها حيث ان الركام الخفيف مثل الطابوق المكسر يحتوي على مسامات اكثر مقارنة مع الركام الاعتيادي اما معامل الانتقال الحراري فانه يرتبط بعلاقة طردية مع الايصال الحراري اي كلما كانت قيمة الايصال الحراري للمادة اعلى فقيمة معامل الانتقال الحراري لها اعلى وهذا السلوك لخواص الحرارية يتوافق مع ما توصل له بعض الباحثين [18] .

جدول رقم (10): يوضح نتائج الامتصاص للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .

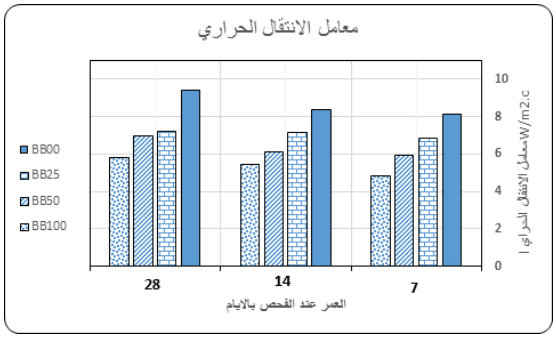
الخلطة	النسبة المئوية للامتصاص		
	يوم 7 بعمر	يوم 14بعمر	يوم 28بعمر
BB00	3.9	2.23	3
BB25	5.92	4.74	4
BB50	7.21	6.41	6.3
BB100	8.2	7	6

جدول رقم (11): يوضح نتائج خواص العزل الحراري للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات.

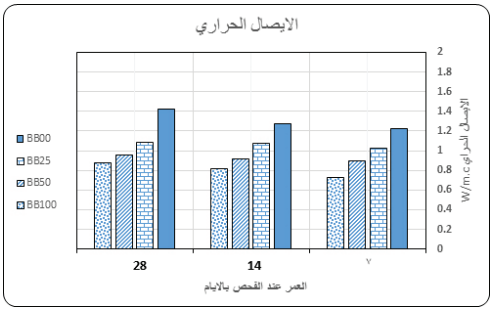
الخلطة	الايصال الحراري (°W/ m . c)			معامل الانتقال الحراري (°W/ m² . c)		
	يوم 7 بعمر	يوم 14 بعمر	يوم 28 بعمر	يوم 7 بعمر	يوم 14 بعمر	يوم 28 بعمر
BB00	1.22	1.27	1.42	8.13	8.4	9.4
BB25	1.02	1.07	1.08	6.8	7.13	7.2
BB50	0.89	0.91	0.95	5.93	6.06	6.93
BB100	0.72	0.81	0.87	4.8	5.4	5.8



الشكل رقم(4): نتائج الامتصاص للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .



الشكل رقم (6): نتائج الانتقال الحراري للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .



الشكل رقم (5): نتائج الايصال الحراري للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .

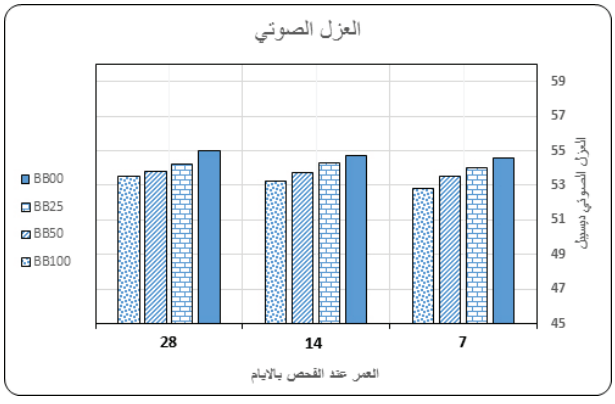
5.3. تاثير اضافة الطابوق المكسر على العزل الصوتي:

الجدول رقم 12 والشكل رقم 7 يلخصان تاثير استخدام الطابوق المكسر كبديل عن الركام الخشن الاعتيادي في انتاج كتل خرسانية مجوفة محملة على العزل الصوتي عند تردد 500 هيرتز حيث يبين ان العزل الصوتي يزداد بتقدم العمر وهذا السلوك مشابه لمقاومة الانضغاط والكثافة لكن نسب الزيادة مع العمر كانت قليلة جدا.

عند مقارنة نتائج العزل الصوتي للجميع الخلطات ولاعمار الفحص المختلفة فكانت نسبة النقصان في العزل الصوتي عند العمر (7) ايام حوالي (1.1 % ,2.1 %,3.3 %) وعند عمر (14) يـوم (0.74 % ,1.8 %,2.75 %) وعنـد عمـر (28) يـوم (0.44 % ,2.2 %,2.7 %) للخلطـات ذات نسـب اسـتبدال الطابوق المكسـر بدلا من الركام الخشـن الاعتيادي (25 % و 50 % و 100 %) على الترتيب وذلك يعود الى ان العزل الصوتي للمادة يعتمد على كتلة المادة لوحدة المساحة التي تعتمـد على السمك والكثافة وبالتالي كلما ازدادت الكثافة زاد العزل الصوتي للـمادة وفقا للنتائج فان العـزل الصوتي للكتل الخرسـانية ولكافة الخلطـات يعتبر جيد لكن تاثير اسـتخدام الطابوق المكسر كبديل عن الركام الخشـن الاعتيادي ذو تاثير طفيـف لكون علاقة العزل الصـوتي علاقة طردية لوغارتيمية وهذا السلوك مقارب لما توصل اليه ملا علي والمخيول [19].

جدول رقم (12): يوضح نتائج خواص العزل الصوتي للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات.

الخلطة	العزل الصوتي بالديسيبل		
	يوم 7 بعمر	يوم 14 بعمر	يوم 28 بعمر
BB00	54.6	54.7	55
BB25	54	54.3	54.2
BB50	53.5	53.7	53.8
BB100	52.8	53.2	53.5



الشكل رقم (7): نتائج العزل الصوتي للكتل الخرسانية المجوفة المحملة ولجميع الخلطات وباعمار مختلفة .

4. الاستنتاجات والتوصيات

بالاعتماد على النتائج المتحصلة من الدراسة العملية لتاثير استخدام الطابوق المكسر كبديل عن الركام الخشن في انتاج الوحدات البنائية المحملة وتفسير النتائج ومناقشتها، يمكن التوصل الى الاستنتاجات والتوصيات التالية :-

1.4. ان تاثير استخدام الطابوق المكسر كركام في الكتل الخرسانية ناتج من التاثير المشترك لقلة الكثافة والتحمل وخشونة السطح ومساهمته في عملية الانضاج الداخلي للخرسانة مقارنة مع الركام الاعتيادي .

2.4. يمكن انتاج كتل خرسانية مجوفة تستخدم للاغراض الانشائية ذات كثافة خرسانة متوسطة باستخدام الطابوق المكسر كبديل جزئي او كلي للركام الخشن ومن الصنف ب المستخدم في الجدران الحاملة للاثقال الداخلية او الجدران الحاملة للاثقال الخارجية المحمية من الظروف الجوية والرطوبة .

3.4. ان افضـل نسبة اسـتبدال للطابـوق المكسر كبديل عن الركـام الاعتيـادي فى انتـاج الكتل هـي(50 %) حيث تم تحسـين الخواص الغير المرغوبة مـن الكثافة والعزل الحراري مـع المحافظة على الخـواص المرغوبة مـن مقاومة الانضغاط

وامتصاص وعزل صوتي ضمن الحدود المقبولة في المواصفات.

4.4. يمكن استخدام الطابوق المكسر في عملية المعالجة والانضاج الداخلي في عملية انتاج الكتل الخرسانية بالاقتران مع طرق المعالجة الخارجية للمساعدة على اكتساب المقاومة للكتل الخرسانية وخصوصا ان عملية الانضاج الخارجية في معامل انتاج الكتل هي عملية الرش بالماء والتي لاتتعدى الثلاثة ايام.

5.4. ان استخدام الطابوق المكسر الناتج كمخلفات من عملية البناء او كمخلفات معامل الطابوق كبديل جزئي او كلي عن الركام في انتاج الكتل الخرسانية بصورة خاصة او باعمال الخرسانة بصورة عامة ذو اثر بيئي مزدوج، الاول يساهم في عملية اعادة التدوير لهذة المخلفات ويخلص البيئة منها والثاني هو تقليل الضغط على مصادر الركام الطبيعية والتي تعتبر ثروة وطنية يجب المحافظة عليها واستخدامها الاستخدام الامثل .

المصادر

[1] سلمان، انيس جواد، "تركيب المباني، الجدران الحاملة وتفاصيلها المعمارية " الجامعة التكنولوجية، الطبعة الثانية، (1988).

[2] ساكو، زهير وليفون، ارتين، "انشاء المباني "جامعة بغداد ، الطبعة الثانية، (1988).

[3] المواصفة القياسية العراقية رقم 1077، "كتل البناء الخرسانية المحملة"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، (1985).

[4] ASTM C90-94, "Standard Specification for Load Bearing Concrete Masonry Units," Annual Book of ASTM Standards American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02.

[5] المواصفة القياسية العراقية رقم 1129، " وحدات البناء الخرسانية الغير المحملة "، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، (1990).

[6] Neville, A. M., "Properties of Concrete," Fourth and Final Edition Standards updated to 2002, Pearson, (2005).

[7] Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., and Panarese, W. C., "Design and Control of Concrete Mixtures," Portland Cement Association, 14th edition, (2003).

[8] Shetty, M.S., "Concrete Technology, Theory and Practice," 6th multi-colour edition, (2009).

[9] عبد الاحد، سلام سمعان، "استخدام كسر الطابوق الطيني المعاد كبديل عن الحصى في انتاج بلوك نمطي اقتصادي" مجلة الهندسة، العدد 4، المجلد16 ، (2010).

[10] Qatta, H. I., "Improvement The Mechanical and Thermal Properties of Concrete Hollow Blocks by Using Local Materials in Iraq," The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.13, No3, (2013).

[11] المواصفة القياسية العراقية رقم 5، "الاسمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية،(1984).

[12] المواصفة القياسية العراقية رقم 45، "ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، (1984).

[13] مدونة البناء العراقية رقم 311، "الدليل العراقي لمواد البناء"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة التخطيط والهيئة العامة للمباني وزارة الاسكان والاعمار، 2015.

[14] المواصفة القياسية العراقية رقم 25، "الطابوق الطيني"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، (1984).

[15] Shierhorn, C., "Producing Structural Lightweight Concrete Block," abrdeens magazine of masonry construction, March (2010).

[16] Jablonski, N., "Mix designs for concrete block, Proportioning using the fineness modulus method" Concrete Masonry Technology Blockmakers Workshop Series, (1996).

[17] ACI 523, "Guide for Cast in Place Low Density Concrete ," Reported by ACI Committee 523, ACI Manual of Concrete Practice, American Concrete Institute, (2004).

[18] قدوري، جليل ابراهيم وعلي، سمير داود، "العزل الحراري لمواد البناء" مجلة ديالى للعلوم الهندسية، العدد 1، المجلد 3، (2010).

[19] ملا علي، صباح محمد والمخيول، زياد محمد، "دراسة العزل الصوتي لمواد البناء المصنوعة بالعراق عمليا" مجلة الرافدين، العدد 3، المجلد 15، (2007).

[20] Neville, A. M., and Brooks, J. J., "Concrete Technology," Pearson, 2nd edition, pp. 306-318, (2010).

[21] Mehta, P.K.,Monteiro, P. J. M. "Concrete, Structures, Properties, and Materials," McGraw-Hill press, 3rd edition, (2006).