

TJES

ISSN: 1813-162X

مجلة تكريت للعلوم الهندسية

متاحة على الموقع الإلكتروني: <http://www.tj-es.com>

قابلية العزل الضوضائي لبعض أنواع البلوك الكونكريتي

قصي كمال الدين الأحمد¹ ، مثنى خضر عبد²
¹كلية علوم البيئة وتقاناتها، جامعة الموصل، الموصل، العراق

alahmady@yahoo.com

²شركة مصافي الشمال (ش.ع) - مصفى بيجي

muthannaabed@yahoo.com

(Received 05 September 2016, Accepted 02 May 2017, Available online 30 June 2017)

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة العزل الضوضائي لبعض أنواع البلوك الكونكريتي المستخدمة في العراق حيث تم تقسيم البلوك الى مجموعات واختبار العزل الضوضائي بواسطة جهاز صنع محلياً لهذا الغرض، وتمت المقارنة بين نتائج الاختبار وتم التوصل الى الاستنتاجات الآتية: يزداد العزل الصوتي بصورة عامة بزيادة التردد ولكن الزيادة تكون غير خطية حيث تكون متذبذبة ويلاحظ انخفاض نسبي في قيمة العزل الصوتي للترددات من 2000 هيرتز الى 4000 هيرتز ويزداد العزل الصوتي بزيادة كثافة المادة والعكس بالعكس ويزداد العزل الصوتي بزيادة سمك المادة اذا كانت الكثافة ثابتة ويزداد العزل الصوتي بزيادة سمك الفجوة الهوائية بين مقطعين من مادة معينة وأن أعلى قيمة لخسارة الانتقال الصوتي تقابل أعلى قيمة لتخفيض مستوى الضوضاء وأن أقل قيمة لمؤشر تخفيض الضوضاء تقابل أقل قيمة لتخفيض مستوى الضوضاء، وأن أفضل نوع من أنواع البلوك التي تم اختبارها هو البلوك الصلب المضاف إليه طبقة من الـ (Sandwich Panel). أن نسبة الخطأ بين النتائج العملية والنظرية كانت أقل من 10% وخاصة في الترددات الأقل من 1000 هيرتز.

الكلمات الدالة: التلوث الضوضائي، العزل الصوتي، خسارة الانتقال الصوتي، البلوك الكونكريتي .

Noise Isolation Capability for a Range of Construction Materials Used In Iraq

Abstract

This study deals with the ability of noise isolation for some type of concrete block used in Iraq. These materials are divided into groups and the noise isolation of these materials is tested by a device made locally. The results of these materials are compared and the following conclusions are reached: the sound isolation increases generally with the increase of the frequency, the increase is not linear but vibrated and a relative decrease in the sound insulation is noticed for the frequencies from 2000 Hz to 4000 Hz. The sound isolation increases with the increase of density of the material and vice versa. The sound isolation increases with the increase of the thickness if the density is stable. The sound isolation increases with the increase of the thickness of gap between two layers of a material and the highest value of the loss of sound transition corresponds a highest value of reducing of noise level. The lowest value of the noise reduction index corresponds to the lowest value of reducing of noise level. The most effective materials in reducing noise of the materials tested in this research are the solid concrete block to which a layer of Sandwich panel is added. The error percentage was less than 10%, particularly at the frequencies less than 1000 Hz.

Keywords: Noise pollution, Sound insulation, Sound transmission loss, Concrete block.

المقدمة

للضوضاء تأثيرات عديدة وخطيرة على صحة الانسان حيث تسبب امراض خطيرة ومنها فقدان السمع الدائم أو المؤقت وارتفاع ضغط الدم المزمن والجلطة الدماغية وخاصة عند التعرض الى مستوى عالي ومفاجئ من الضوضاء مثل أصوات الانفجارات وتؤدي أحيانا الى الموت (عطية، عطية محمد وآخرون، 2011) [1].

ويمثل التصميم الصوتي ضرورة مؤثرة في الفعل التصميمي وخصوصاً عند تصميم القاعات المتخصصة وأن أهمل هذا الجانب في التصميم يؤدي الى افتقار معظم القاعات المشيدة الى وضوح الصوت وخاصة القاعات الدراسية وهناك عوامل تؤثر على مستوى الصوت وترداده ومنها مصادر الضوضاء والخصائص الصوتية لمواد الجدران والأسقف (المعموري، حمزة سلمان والمطيري، محمد علي، 2015) [2].

هناك العديد من الحالات والتطبيقات للحد من الضوضاء والتقليل من أثرها، ويعتبر التحكم في الضوضاء عاملاً رئيسياً في التخطيط والتصميم والأنشاء ويدرس المهندسين المعماريين ومهندسي الصوت آلية إبداعية لتقليل الضوضاء بغية الحفاظ على البيئة. ومن هنا تأتي أهمية العزل الضوضائي للمواد (Hawkins,) [3]TG, 2014.

أن عملية تخفيض أو عزل الضوضاء هي قابلية المواد على تخفيض مستوى الضغط الصوتي مع الأخذ بنظر الاعتبار مصدر الصوت والوسط الناقل والمستقبل حيث انها نسبة بين قدرة الصوت قبل اختراق مادة معينة الى قدرة الصوت بعد اختراق تلك المادة وتسمى بنسبة تقليل الضوضاء (Noise Reduction) (Gong,) [4] (Xiao, 2012).

ونحن في العراق نعانى من مشكلة الضوضاء ومن أخطر أنواعها أصوات الانفجارات والقصف نتيجة الحروب لكونها مفاجئة وعالية المستوى وتحدث أضراراً بليغة مما يؤدي الى التفكير بمواد أفضل من ناحية العزل الضوضائي تكون ذات كفاءة عالية وذات كلفة أقل وهناك محددات أخرى لتقليل الضوضاء مثل وجود بعض الاجهزة ولذلك تم إجراء هذا البحث ودراسة العزل الضوضائي لبعض أنواع البلوك المتوفرة.

قام (Cotana Franco, et al., 2007) [5] بدراسة اختبار العزل الصوتي لمجموعة من النماذج الخرسانية وقام بإضافة ثلاث مواد الى الكونكريت بنسب مختلف لكل نموذج لتحسين خاصية العزل الصوتي للكونكريت وهذه المواد هي المطاط (rubber) ونوعين من الأحجار وهي (lapillus) و (pumice) واستنتجوا بأن زيادة نسبة الأحجار أي المواد التالية (pumice) و (lapillus) تؤدي الى زيادة العزل الصوتي وارتفاع خسارة الانتقال الصوتي للخرسانة بشكل ملحوظ ولجميع الترددات، وأيضاً أستنتج اختلاف النتائج العملية عن نتائج قانون الكتلة النظري، وأستنتج بأن زيادة نسبة تركيز الهواء يؤدي الى اقتراب النتائج العملية من نتائج قانون الكتلة العام وذلك للترددات الواطنة أما في الترددات العالية الاكثر من (1000) هيرتز فعكس ذلك تماماً حيث تكون النتائج مختلفة عن قانون الكتلة العام وأن سبب ذلك

يعود الى ظاهرة الرنين وتوصل أيضاً الى أن التركيز الهوائي يؤثر في عملية العزل الصوتي للترددات الواطنة فأقترح تعديلاً على معادلة قانون الكتلة العام يأخذ التركيز الهوائي بنظر الاعتبار.

قام (Yousif, YK, 2009) [6] بدراسة معادلة جديدة لتقييم العزل الصوتي للجدران الخرسانية موقعياً وباستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية حيث أجريت فحوصات مختبرية على نماذج الخرسانة وتوصل الى صيغة معادلة جديدة وأستنتج الباحث وجود ارتباط وثيق بين كثافة المادة وسرعة الموجات فوق الصوتية حيث تزداد سرعة الموجات فوق الصوتية بازدياد الكثافة وبالتالي يزداد العزل الصوتي بازدياد سرعة الموجات فوق الصوتية نتيجة لزيادة الكثافة وأستنتج الباحث أيضاً بأنه يمكن حساب العزل الصوتي (Transmission losses) للجدران الخرسانية الموقعية وذلك بالاعتماد على عرض الجدار وسرعة الموجات فوق الصوتية وكذلك التردد حيث تعتبر المتغيرات الأساسية في المعادلة التي تم التوصل اليها والتي تمت مقارنتها مع المعادلة العامة وكانت نسبة الخطأ فيها لا تتجاوز 3%.

قامت (Hamad, Hind H., 2010) [7] بإجراء دراسة حول انتاج خرسانة خفيفة الوزن، للحصول على عزل صوتي جيد باستخدام مواد مضافة وتم دراسة تأثير تغير نسبة المينكاؤولين المستبدل على خواص الخرسانة، وتم عمل نماذج لأجراء فحوصات (الكثافة، المسامية، فحص الامواج فوق الصوتية، المعاوقة الصوتية. الخ). واستنتجت بأن زيادة نسبة مسحوق المينكاؤولين يؤدي الى زيادة في المعاوقة الصوتية (العزل الصوتي) بسبب زيادة الكثافة وانخفاض المسامية.

قام (Gong, Xiao, 2012) [4] بدراسة تأثير تغيير تصميم التركيب الداخلي للألواح السندويش والذي يكون بشكل خلايا النحل على العزل الصوتي لهذه الألواح حيث تتغير بعض الخصائص الفيزيائية عند اجراء التغييرات في هندسة الخلية وبالتالي يؤثر على العزل الصوتي، وأستنتج العلاقة بين تغيير شكل خلايا النحل وبين العزل الصوتي، وبأن تغيير الأشكال والتقطيعات والزوايا الداخلية الخاصة بخلايا النحل له تأثير كبير على تغيير نتائج العزل الصوتي حيث أن زيادة قيمة الزاوية الداخلية للخلية يزيد من التردد الداخلي وتغيير اتجاه الزاوية بين الموجب والسالب أيضاً يؤثر على قيمة التردد الداخلي للخلية في حين أن زيادة عدد الخلايا مع بقاء نفس الزاوية لا يؤثر على التردد الداخلي وبالتالي لا يؤثر على قيمة العزل الصوتي للألواح السندويش.

قام (Li, C, et al., 2013) [8] بدراسة استعمال طبقتان من الأغشية الغير نفّاذة والتي تستعمل عموماً كمواحد إنشائية في الأبنية وأجرى تجارب عملية لدراسة خسارة الإرسال الصوتي خلال طبقة غشاء ذات ثقوب دقيقة وصغيرة جداً Micro Membrane perforated (MPM). وقام بتقسيم الأغشية الى أربعة من أنواع ودرس تأثير نسبة الثقوب على خسارة الإرسال الصوتي. وأستنتج الباحث بأن وضع طبقة غشاء ذات ثقوب دقيقة وصغيرة جداً في داخل غرف العزل الصوتي يزيد قابلية العزل الصوتي بشكل فعال وأن هذه الأغشية مناسبة في صناعة حواجز الصوت خفيفة الوزن.

أيضا أيجاد الخسارة الصوتية (TL) نظريا من خلال قانون الكتلة وكما في المعادلة التالية:

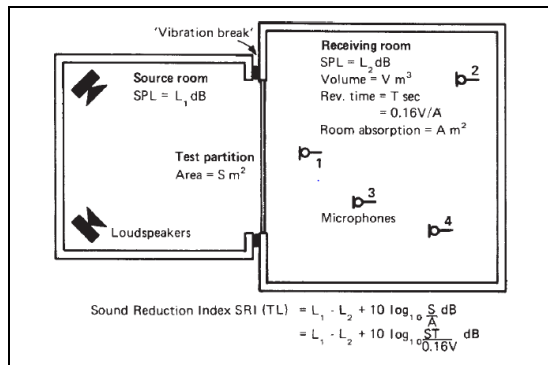
$$TL = 20 \log(f \cdot m) - 48 \dots\dots\dots (3)$$

TL = مقدار خسارة الانتقال الصوتي (العزل الصوتي) بوحدة الديسيبل،
 m = الكتلة لكل وحدة مساحة (كغم/م²)
 f = التردد بوحدة الهرتز (Hz) (Pronk, Arno, et al., (2009) [12].

العزل الصوتي Sound Insulation:

عند انتقال الطاقة الصوتية خلال حاجز معين فإن قابلية مقاومة انتقال الصوت من قبل ذلك الحاجز تمثل العزل الصوتي لذلك الحاجز والشكل (1) أدناه يوضح إحدى الطرق لإيجاد مؤشر تخفيض الضوضاء (Sound Reduction Index) (SRI) ويتم أيجاد العزل الصوتي من خلال أيجاد الفرق بين معدلي مستوى الضغط الصوتي في غرفتين عند أي تردد من خلال المعادلة التالية:

$$\text{Sound Insulation} = (L_1 - L_2) \text{ dB} \dots\dots\dots (4)$$



شكل (1) قياس مؤشر تخفيض الضوضاء مختبرياً [13]

جهاز قياس العزل الضوضائي

تم تصميم وتصنيع الجهاز محلياً بالاعتماد على مبدأ العزل الضوضائي في الغرف الصوتية ويحتوي الجهاز على بعض الاجزاء الإلكترونية التي تم تجهيزها وتوصيلها مع بعضها وكذلك تم ربط بعضها كهربائياً وتمت معايرتها ومن تلك الأجهزة جهاز فحص مستوى الصوت عدد (2) أثنان وجهاز مصدر الصوت وتوجد في الجهاز امكانية قياس الفرق في شدة الصوت بين طرفي المادة المفحوصة بصورة مباشرة في كل من غرفة المصدر وغرفة الاستلام في أن واحد ويعتبر تصميم وحجم الجهاز مناسباً جداً لقياسات مادة البلوك الكونكريتي والشكل (2) الآتي يمثل مخطط يوضح تفاصيل الجهاز.

قام (Lovstad, A, et al., 2014) [9] بدراسة قياس ومحاكاة العزل الصوتي للأماكن في ألبانيا المتجاورة باستخدام برنامج (Odeon combined). قام (Hawkins, TG, 2014) [4] بدراسة العزل الصوتي لبعض المواد التي تستخدم في الحواجز العازلة للصوت والتي يتم تركيبها لتقليل الضوضاء وكذلك دراسة تصحيحات الصوت المنتقل خلال هذه الحواجز ودراسة أسباب تخفيض التلوث الصوتي حيث أجرى الباحث الفحوصات المختبرية وأوجد المعاملات الصوتية معامل الانتقال الصوتي Transmitted coefficient (T) ومن خلاله أوجد مؤشر تخفيض الضوضاء Sound Reduction Index (R) حيث تم تصنيف المواد قيد الدراسة بحسب تلك المؤشرات وأستنتج الباحث بأن أعظم قيمة لـ (R) تقابلها أعظم قيمة لمستوى تخفيض الصوت، وأن أقل قيمة لـ (T) تقابل أعظم قيمة لمستوى تخفيض الصوت وأن المادة الأكثر فعالية في تخفيض الضوضاء هي مادة الفولاذ وأن المادة الأقل فعالية في تخفيض الضوضاء هي مادة الورق ومادة EPS foam.

أهداف الدراسة

يهدف هذا البحث الى:

- 1- تصنيع جهاز لأجراء الفحوصات المتعلقة بالعزل الضوضائي للمواد الإنشائية والذي سيتم توضيحه لاحقاً.
 - 2- دراسة العزل الصوتي للمواد المتوفرة محلياً ومعرفة العوامل المؤثرة على ذلك للمساهمة في تقليل الضوضاء.
 - 3- تصنيف البلوك المفحوص بحسب قابلية العزل الصوتي وأجراء مقارنة بين البلوك ضمن المجموعة الواحدة.
- وتم احتساب خسارة الارسل الصوتي والتي تساوي عشرة أضعاف لوغاريتم الأساس 10 من نسبة قدرة الصوت المرسل عبر النموذج المفحوص (W_1) الى قدرة الصوت المنتقل خلال النموذج الى الطرف الآخر (W_2) من خلال المعادلة التالية:

$$(TL) = 10 \log\left(\frac{1}{\tau}\right) = 10 \log\left(\frac{W_1}{W_2}\right) \text{ dB} \dots\dots (1)$$

حيث أن:

T = معامل الانتقال (transmission coefficient) ويمثل النسبة بين قدرة الصوت المارة من خلال الجدار الى جهة الاستقبال PE الى قدرة الصوت PS القادمة من جهة المصدر.

$$\tau = \left(\frac{p_t}{p_i}\right)^2 = \frac{P_E}{P_S} \dots\dots\dots (2)$$

p_t : الضغط الصوتي المنتقل عبر الجدار (باسكال).

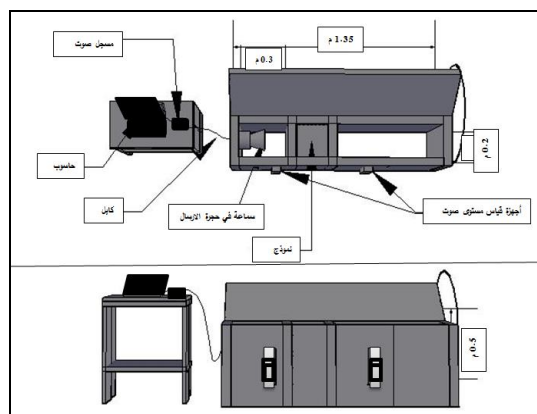
p_i : الضغط الصوتي المسلط على الجدار (باسكال).

ملاحظة: يتم تحديد معامل انتقال الصوت (T) بالنسبة لكل تردد. (Hongisto, V, 2000; Prato and S, 2015; Li, C. et al., 2013) [10,11,8].

العزل الصوتي وتصنيف تلك المواد حسب قابلية العزل الضوضائي وتم استخدام فجوة هوائية مع تغيير قياسها وإيجاد العزل الصوتي للنماذج المفحوصة. الجدول (1) يبين عملية فحص العزل الصوتي لمواد البلوك.

جدول (1) عملية فحص العزل الصوتي لمواد البلوك

ت	المادة	الكتلة/المساحة (كغم/م ²)
1	بلوك مدعم بالفلين بأبعاد (20*20*40) سم، وزن الكتلة 19 كغم	237.5
2	بلوك مدعم بالفلين بأبعاد (35*20*40) سم، وزن الكتلة 24.25 كغم.	303.125
3	بلوك صلد بأبعاد (15*20*40) سم، وزن 21.7 كغم.	271.25
4	بلوك مجوف بأبعاد (12*20*40) سم، وزن 13.5 كغم.	168.75
5	بلوك مجوف بأبعاد (15*20*40) سم، وزن 17.5 كغم.	218.75
6	بلوك مجوف بأبعاد (20*20*40) سم، وزن 21.5 كغم.	268.75
7	بلوك صلد بأبعاد (20*20*40) سم + طبقة Sandwich panel سمك 5 سم، وزن 22.2 كغم.	277.5
8	بلوك مجوف أحمر خفيف الوزن بأبعاد (10*20*40) سم، وزن 4.4 كغم.	55
9	بلوك مجوف أحمر خفيف الوزن بأبعاد (15*20*40) سم، وزن 5.5 كغم.	68.75
10	بلوك مجوف أحمر خفيف الوزن بأبعاد (20*20*40) سم، وزن 6.5 كغم.	81.25
11	بلوك أحمر قطعتين سمك 10 سم لاتوجد بينهما فجوة بأبعاد (20*20*40) سم، وزن 8.8 كغم.	110
12	بلوك أحمر قطعتين بينهما فجوة (5) سم بأبعاد (25*20*40) سم، وزن 8.8 كغم.	110
13	بلوك أحمر قطعتين بينهما فجوة (10) سم بأبعاد (30*20*40) سم، وزن 8.8 كغم.	110



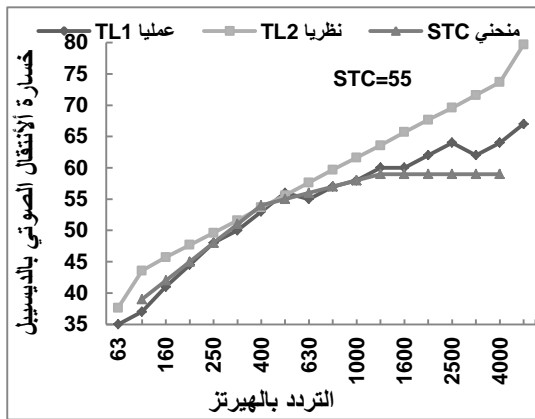
شكل (2) مخطط جهاز فحص العزل الضوضائي

ويتألف مصدر الصوت من برنامج مولد الترددات والنغمات (tone generator) ويقوم بإعطاء صوت ذو تردد ثابت غير متداخل من ناحية الترددات ويتم تشغيل البرنامج عن طريق الهاتف الذكي (Android) أو عن طريق الحاسبة علماً أن البرنامج تم التأكد من دقته ومطابقته للترددات المقروءة وتم اختباره في المعهد التقني في كركوك وباستخدام جهاز راسم الذبذبات أو الأوسيلوسكوب (Oscilloscope) والموجود في مختبر المعهد التقني لضمان دقة النتائج حيث يتم إرسال الإشارة عن طريق كابل معين إلى مسجل الصوت لنتمكن من التحكم في مستوى الصوت ويتم تكبير الصوت عن طريق السماعة الاعتيادية وبقدرة عالية مقدارها 300 واط، وتم تثبيت السماعة في حجرة المصدر وتمت المعايرة في مديرية بيئة كركوك وتمت مقارنة قراءات الأجهزة مع قراءات جهاز مديرية البيئة لضمان دقة النتائج.

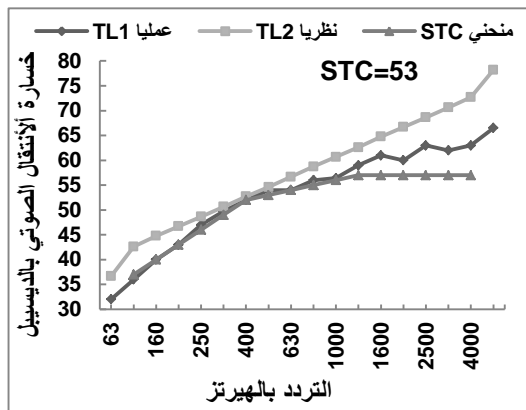
فحص أنواع مواد البلوك

ويتضمن ذلك عدة نقاط وكما مبين في أدناه:

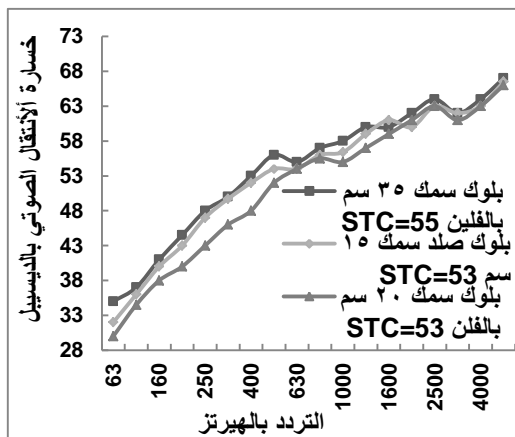
- 1- تحديد نوع البلوك، المطلوب فحصه وبعد ذلك تم تجهيزه وبواقع ثلاث نماذج لكل مادة وتم تثبيت الأبعاد والكثافة، وتم تقطيع بعض النماذج بحيث تكون المساحة السطحية ثابتة لجميع النماذج التي سيتم فحصها وتقطيعها لكي تتناسب حجم الجهاز مع بقاء السمك مختلفاً وتم ترميز النماذج.
- 2- تم وضع النماذج في الجهاز وأحكام إغلاق الباب العلوي حيث استخدمت مادة اسفنجية في إطار الباب لمنع حصول الفراغات. حيث بدأ الفحص بأرسال الموجات الصوتية من غرفة المصدر من خلال تشغيل المصدر الصوتي وإعطاء الترددات الخاصة (Octave band) وبوحدة الهرتز وأرسلت تلك الموجات الصوتية عبر النموذج إلى غرفة الاستلام وتم بعد ذلك تسجيل مستوى شدة الصوت لكل تردد وعلى طرفي النموذج أي قبل وبعد النموذج وفي أن واحد وتم أخذ القراءات لثلاثة نماذج ثم أخذ المعدل.
- 3- تم إجراء الحسابات الخاصة بفحوصات العزل الصوتي ومن ذلك تدوين الكثافات وقراءات جهاز فحص العزل الضوضائي واستخدام المعادلات الخاصة بذلك واستخراج قيم المعاملات الخاصة بذلك وإيجاد



شكل (4) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المدعم بالفلين بسمك 35 سم



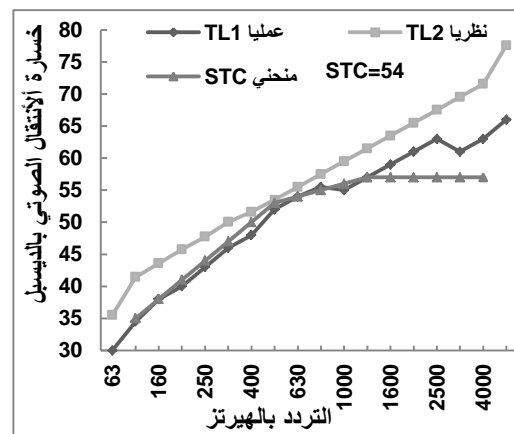
شكل (5) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك الصلد بسمك 15 سم، (ب3)



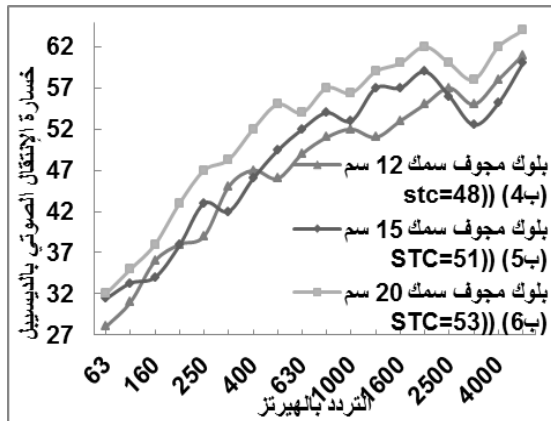
شكل (6) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل ويمثل مقارنة بين العزل الصوتي للأنواع المبينة في الشكل

النتائج والمناقشة

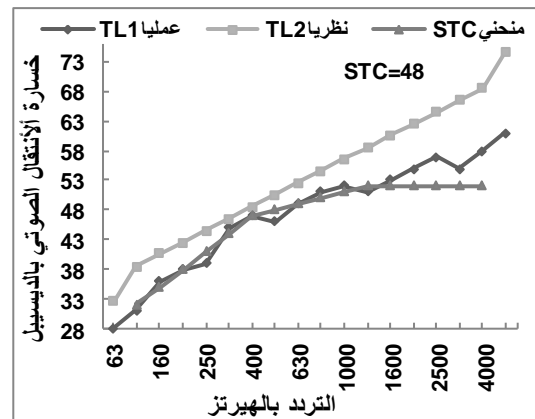
تبين الاشكال (3) الى (20) العلاقة بين زيادة كثافة المادة وكتلتها وبين زيادة العزل الصوتي ولجميع المواد المستخدمة في البحث، ويتبين من الاشكال (6) و (10) و (16) أنه بزيادة سمك البلوك يزداد مؤشر تخفيض الضوضاء وأن هنالك علاقة بين القيم العملية المستخرجة من المعادلة (3) والقيم النظرية المستخرجة من المعادلة رقم (4) وخصوصاً عند ترددات اقل من 2000 هيرتز في حين يظهر تباعد بالمنحنى الأزرق الذي يمثل القيم العملية عن المنحنى الأحمر الذي يمثل القيم النظرية ببيان اختلاف في قيم مؤشر تخفيض الضوضاء عند الترددات أكبر من 2000 هيرتز وأن نسبة الخطأ لا تتجاوز 10% ويتوافق ذلك مع ما بينه الباحث (Al-Makhyoul, ZM. And Ali, SMJ, 2007). وكما يلاحظ من الاشكال وجود علاقة بين التردد وبين فقدان الصوت وهي علاقة طردية ولكنها ليست خطية إذ تنخفض قيمة فقدان عند التردد 3150 ويتوافق ذلك مع بينه الباحث (Phillips, Richard Michael, 2014). أما المنحنيات في الاشكال من (17) الى (19) نرى سلوكاً مشابهاً حيث يزداد فقدان مع زيادة الفجوة الهوائية بين نموذجي البلوك المجوف ونلاحظ من الاشكال (18) و(19) أن المنحنيات العملية كانت أعلى من المنحنيات النظرية عند الترددات بين (200-800) هيرتز وذلك لأن المعادلة النظرية لم تأخذ بنظر الاعتبار وجود الفجوة الهوائية بينما يظهر تأثيرها في الحسابات العملية. من الشكل (12) أدناه نلاحظ بأن العزل الصوتي للبلوك الصلد المضاف الية طبقة من الـ (sandwich panel) أكبر من العزل الصوتي للبلوك الصلد حيث أن إضافة مقطع الـ (sandwich panel) تؤدي الى زيادة أمتصاص الموجة الصوتية لأحتوائه على مادة الـ (foam) ذات المسامية العالية علماً بأن نماذج البلوك هي ذات النماذج التي تم اختبارها في كلا الحالتين.



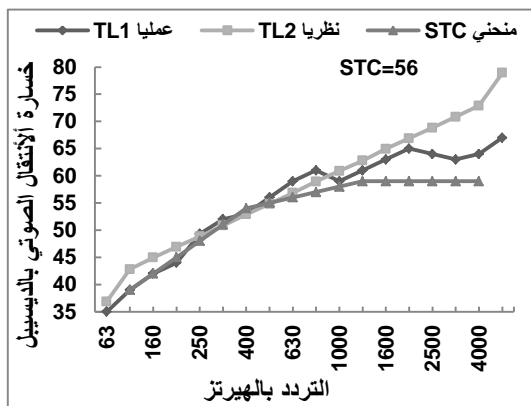
شكل (3) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المدعم بالفلين بسمك 20 سم



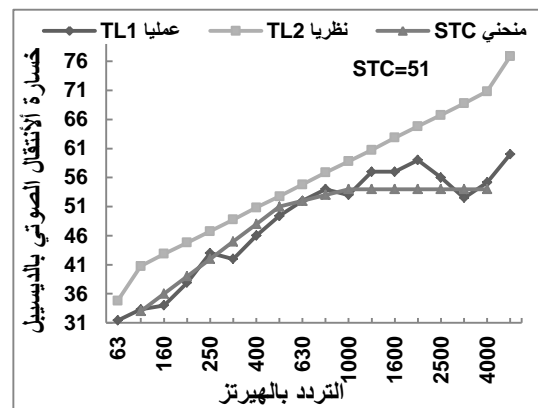
شكل (10) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل ويمثل مقارنة بين نتائج العزل الصوتي لثلاثة أنواع من البلوك المجوف الأعتيادي بسمك (12، 15، 20) سم



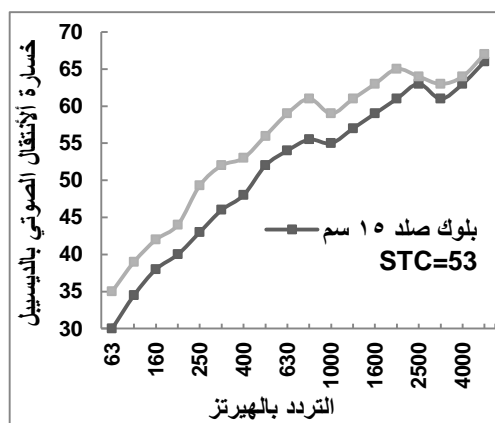
شكل (7) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف بسمك 12سم



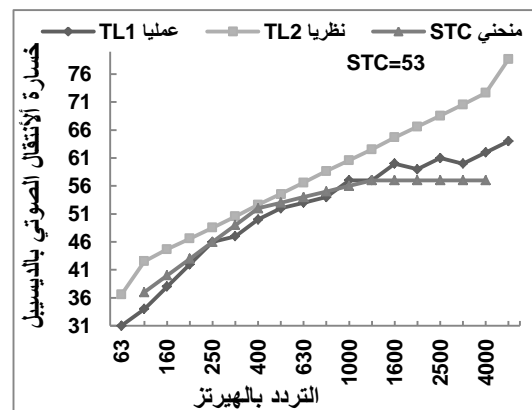
شكل (11) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك الصلد مع طبقة Sandwech panel بسمك 5 سم



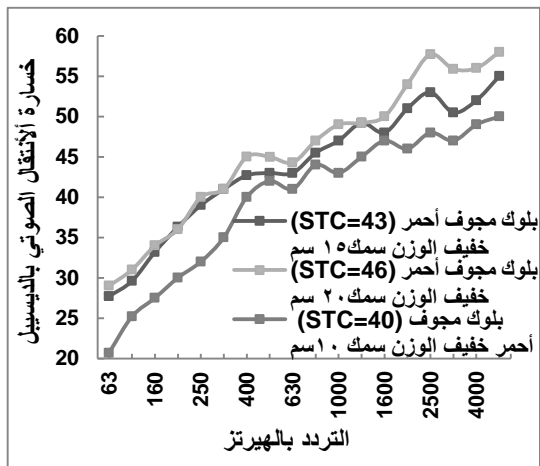
شكل (8) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف بسمك 15سم



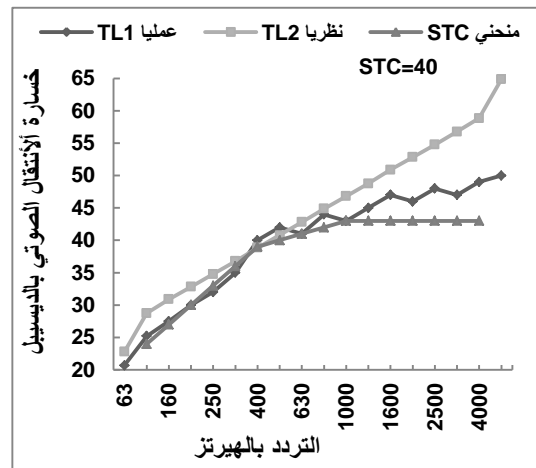
شكل (12) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل ويمثل مقارنة بين العزل الصوتي للبلوك الصلد بسمك 15 سم وبين البلوك الصلد بسمك 15 سم مع طبقة Sandwech panel سمك 5 سم



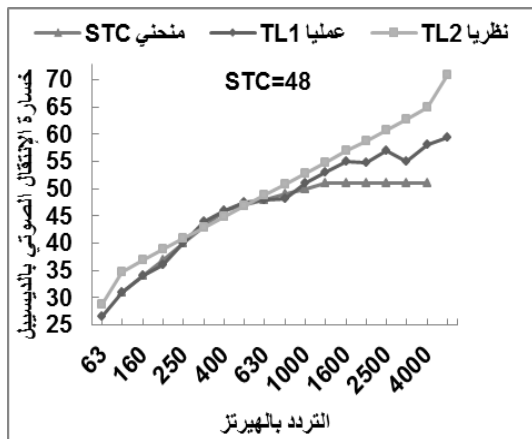
شكل (9) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف بسمك 20 سم



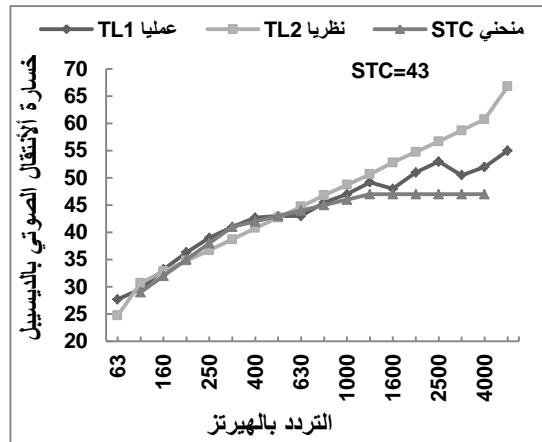
شكل (16) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل ويمثل مقارنة بين نتائج العزل الصوتي لثلاثة أنواع من البلوك المجوف الأعتيادي بسمك (12، 15، 20) سم



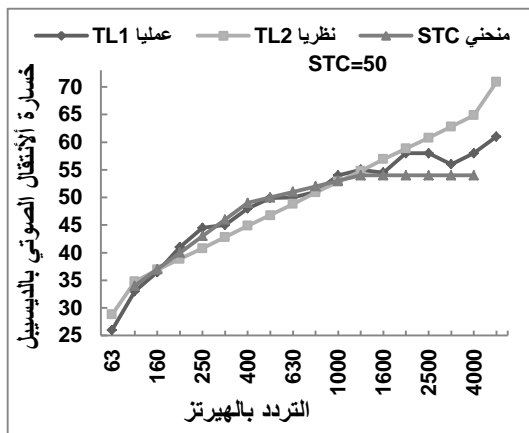
شكل (13) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف الأحمر خفيف الوزن سمك 10 سم



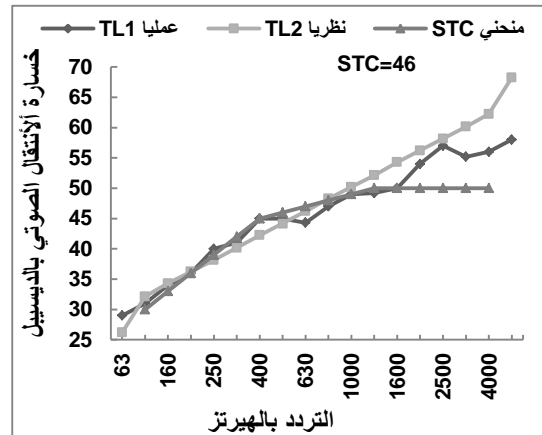
شكل (17) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف الأحمر خفيف الوزن قطعتين بسمك 10 سم لاتوجد بينهما فجوة



شكل (14) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف الأحمر خفيف الوزن سمك 15 سم



شكل (18) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف الأحمر خفيف الوزن قطعتين بسمك 10 سم بينهما فجوة بسمك 5 سم



شكل (15) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف الأحمر خفيف الوزن سمك 20 سم

6- أن أقل قيمة لمؤشر تخفيض الضوضاء تقابل أقل قيم لتخفيض مستوى الضوضاء.

7- المادة الأكثر فعالية في تخفيض الضوضاء من المواد التي تم فحصها في هذا البحث البلوك المدعم بالفلين قيمة $STC=55$ والمقطع المركب من البلوك المضاف إليه طبقة من الـ (Sandwich Panel) بسبك 5 سم أذ بلغت قيمة $STC=56$.

8- عند مقارنة النتائج العملية مع النتائج النظرية التي تعتمد على قانون الكتلة وجد بأن هناك توافق كبير في النتائج وأن نسبة الخطأ كانت أقل من 10% وخاصة في الترددات الأقل من 1000 هيرتز.

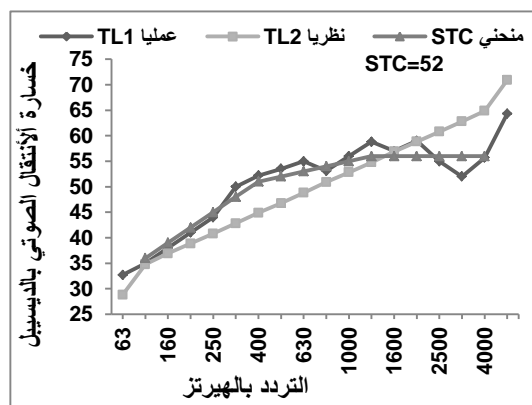
9- وجود اختلاف بسيط بين النتائج العملية والنتائج النظرية وهذا الاختلاف يعزى الى أن الجانب النظري يهمل بعض العوامل ومن تلك العوامل السمك حيث أن المعادلة لا تأخذ بنظر الاعتبار سمك المادة.

10- أن مجموعة البلوك لها عزل صوتي جيد وذلك حيث تحتوي على مادة إسمنتية تعمل على تقليل الفجوات إضافة الى أن الكونكريت هو مادة ذات كثافة عالية.

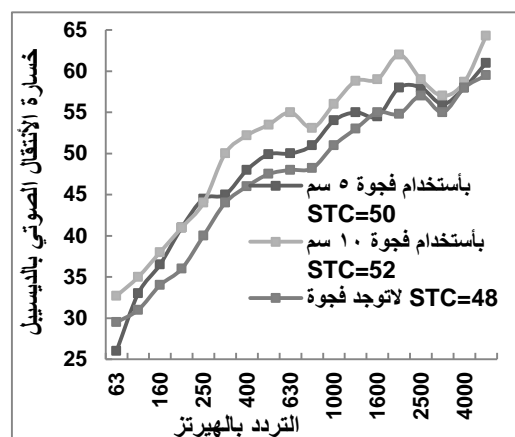
11- أن استخدام مواد الأنهاءات مثل اللبخ والبياض وكذلك الأصباغ يعمل على زيادة العزل الصوتي.

المصادر

- 1- عطيه، محمد عطية وآخرون ، الإنسان والبيئة، دار الحامد للنشر، الأردن؛ 2011.
- 2- المعموري، حمزة سلمان والمطيري، محمد علي، أثر الخصائص المستدامة في الاعتدال الصوتي للقاعات الدراسية، مجلة جامعة بابل للعلوم الهندسية، المجلد 23، العدد 1؛ 2015: 16-26.
- 3- Hawkins T. Studies and research regarding sound reduction materials with the purpose of reducing sound pollution. M.Sc Thesis, California Polytechnic State University; 2014.
- 4- Gong X. Vibration and acoustic performance of in-plane honeycomb sandwich panels. M.Sc Thesis, Clemson University; 2012.
- 5- Cotana C. Acoustic tests on original concrete and inert mixture materials. 14th International Congress on Sound and Vibration in Cairns Australia: Proceedings of the 14th Australasian Conference on the Mechanics of Structures of Materials, ASS, Cairns; 2007.
- 6- Yousif YK. A proposed new formula to determine the sound insulation of concrete walls. Anbar Journal of Engineering Sciences. 2(2); 2009: 117-128.



شكل (19) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل لمادة البلوك المجوف الأحمر خفيف الوزن قطعتين بسبك 10 سم بينهما فجوة بسبك 10 سم



شكل (20) العلاقة بين التردد بالهيرتز وخسارة الانتقال الصوتي بالديسيبل ويمثل مقارنة بين نتائج العزل الصوتي لثلاثة حالات من البلوك المجوف الأحمر الخفيف الوزن بسبك 10 سم

الاستنتاجات

- 1- يزداد العزل الصوتي بزيادة التردد ولكن الزيادة تكون غير خطية حيث تكون متذبذبة ويلاحظ انخفاض نسبي في قيم العزل الصوتي للترددات من 2000 هيرتز الى 4000 هيرتز.
- 2- يزداد العزل الصوتي بزيادة كثافة المادة أي بزيادة نسبة كتلة المادة الى مساحتها والعكس بالعكس.
- 3- يزداد العزل الصوتي بزيادة سمك المادة اذا كانت الكثافة ثابتة.
- 4- يزداد العزل الصوتي بزيادة سمك الفجوة الهوائية بين مقطعين من مادة معينة.
- 5- أن أعلى قيمة لخسارة الانتقال الصوتي تقابل أعلى قيمة لتخفيض مستوى الضوضاء.

- frequency: A modal approach. *Energy Procedia*, 78; 2015: 128-133.
- 12- Pronk A. Research on the combination of water and membranes as a sound insulation building material. In *International Association for Shell and Spatial Structures: Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures*. Alberto Domingo and Carlos Lazaro. Valencia; 2009.
 - 13- Anon, Noise control in industry. E. and F.N. Spon London, England; 1991.
 - 14- Al-Makhyoul ZM and Ali SMJ. An experimental study of the sound insulation for the building materials in Iraq. *Al-Rafidain Engineering*, 15(3); 2007: 1-14.
 - 15- Phillips R. Investigation of transmission loss through double wall structures with varying small air gaps using modal analysis. M.Sc Thesis. University of Louisville; 2014.
 - 7- Hamad HH. Some physical properties of high performance concrete with Porcelainite aggregate. *Association of Arab Universities*. 17(2); 2010.
 - 8- Lovstad A and Rindel JH. Measurement and simulation of high sound insulation and identification of sound transmission paths in complex building geometries. In *Forum Acusticum: Proceedings of the Forum Acusticum, European Acoustics Association Krakow*; 2014.
 - 9- Li C. and Zander A. Sound transmission loss of double layer impervious membranes with an internal microperforated membrane. In *Acoustics: Proceedings of Acoustics, Adelaide. Australian Acoustical Society. Victor Harbor*; 2013.
 - 10- Hongisto V. Airborne sound insulation of wall structures-measurement and prediction methods. Ph.D Thesis, Helsinki University of Technology; 2000.
 - 11- Prato A and Schiavi A. Sound insulation of building elements at low