# دراسة العزل الصوتي لمواد البناء المصنوعة بالعراق عملياً

الدكتور صباح محمد جميل ملا علي زياد محمد مجيد المخيول

مدرس / مساعد

قسم الهندسة الميكانيكية / كلية الهندسة / جامعة الموصل

## الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة العزل الصوتي لبعض المواد الغالب استخدامها في تشييد البنايات لتقليل الضوضاء والإزعاج الناتج من مصادر كثيرة ومختلفة في الحياة وإيجاد الأفضل منها من اجل راحة الإنسان داخل البناية إذ تم استخدام جهاز عملي من صنع الباحث ادم Adam [5] ، حيث صنعت بعض أجزائه في الورشة الميكانيكية في قسم الهندسة الميكانيكية وأخرى هي أجهزة قياس. استخدمت في هذا البحث مواد مختلفة الأنواع والأبعاد كمادة البلوك الأسمنتي الشائعة الاستخدام والحجر الحراري والطابوق الناري المثقب وغير المثقب والطابوق الجيري واستخدمت هذه الأنواع بعد بنائها على شكل جدران ايضاً استخدم الزجاج بسمك ٤ و ٦ ملم واستخدمت أيضاً طبقتين من الزجاج بسمك ٤ ملم وفراغ هوائي بينهما بمقدار ١٠ ملم والفلين بسمك ٢٠ و ٤٠ ملم والخشب بأسماك ٣ و ٦ و ١٢ ملم على التوالي. لدى المقارنة بينت النتائج أن مادة البلوك هي افضل من غيرها من مواد البناء الأخرى كونها من مادة أسمنتية بالمقارنة مع التراكيب الأخرى كالحجر الحراري ، اذ لوحظ بان كلما كانت نسبة كتلة المادة الى كثافتها كبيرة كان العزل الصوتي افضل.

الكلمات المفتاحية: العزل الصوتي ، مواد البناء ، البنايات

# Experimental Study of the Sound Insulation for the Building Materials in Iraq

**Dr. S.M.J. Ali**
**Professor**

**Ziad M. Al-Makhyoul**

**Department of Mechanical Engineering -University of Mosul – Iraq**

## Abstract

The study of acoustic insulation for some materials which were used in most building is investigated in this paper to reduce the noise and distribance which generated from the different sources. The object is to the best comfort to the human. A practical device is made by author and is used in this work. Some of these parts are made in the

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

workshop of mechanical engineering and the other apparatus measurements. The concrete block, thermostone and fire block are used as walls for buildings. The glass was used with thick (4,6) mm and two layer of glasses with thick 4mm with 10 mm gap, thirospore and wood are used with thick (20,40)mm and thickness of (3,6,12)mm respectively. The comparison between above material shows that the concrete block is the best material being made from the concrete, as a comparison with other constructions. It was notice when the ration of mass to density for any material was high, the sound insulation for this material becomes excellent.

**Key words:** Sound insulation , building materials , buildings

## المقدمة :

أستلم في 2005/4/25 وقبل في 2006/9/25

الصوت كمولد للإزعاج خلال الوسط الذي ينتقل فيه وهو عبارة عن سلسلة من التخلخلات والتضاغطات التي تنتقل في الأوساط المادية وتصل إلى الأذن وتتحسس بها ، فالموجات الصوتية التي يولدها جسم مهتز في الهواء هي سلسلة من التغيرات في ضغط الهواء التي تسببها حركة جسيماته المهتزة عن موضع استقرارها فتولد الإحساس بالصوت بواسطة الأذن وان عدد الموجات التي تتحسسها الأذن في الثانية الواحدة تتراوح من (٢٠ – ٢٠٠٠٠) هيرتز (Hz) ، وان مقدار التغير في الضغط الذي تتحسسه الأذن كصوت يتراوح بين (٢٠ x ١٠$^{-٦}$ – ٢٠) نيوتن/م$^{٢}$ وبذلك لا يمكن سماع الضغط الأقل من الحد الأدنى في حين يسبب تلفاً داخلياً للأذن أي ضغط أعلى من الحد الأعلى [1].

إن الطاقة الصوتية عندما تسقط على أي تركيب خارجي حيث ان جزء منها ينعكس وجزء آخر يمتص واخر يمر خلال هذا التركيب وتنتقل هذه الطاقة من مكان او جانب الى جانب آخر وان قدرة أي مادة على إمرار الصوت يسمى انتقال الصوت والمواد التي لها القدرة على الامتصاص وتسمى المواد الماصة للصوت .

إن المعنى الفيزياوي لقيمة العزل الصوتي لحاجز ما هي النسبة المتوقفة على قدرة الصوت في جانب معين من ذلك الحاجز إلى قدرة الصوت المنتقلة إلى الفراغ في الجانب الآخر ويعبر عنها بمقياس لوغاريتمي وهذه النسبة تسمى بتقليل الضوضاء ( Noise Reduction) وتقاس بوحدة الديسيبل (db) [2] ، وكنتيجة اصبح من المهم معرفة وقياس العزل الصوتي لمواد البناء الشائعة الاستخدام في في الوقت الحاضر في القطر العراقي وإيجاد الأفضل منها وذلك لتقليل الضوضاء والذي سيؤدي بالنتيجة إلى راحة الإنسان الموجود داخل البناية عامةً والغرفة خاصةً كالمستشفيات والفنادق وغير ذلك.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

درس الباحث Hiroo [3] قياس العزل الصوتي بين غرفتين باستخدام تقنية قياس شدة الصوت (Sound Intensity Technique) إذ استخدم نموذج بشكل صفيحة من الألمنيوم مثبتة داخل جدار مفتوح بمقدار (٠.٣x٠.٤٥)م$^{٢}$في غرفة مصدر الصوت ، وتم اخذ القياسات على بعد ٠.٣ ملم من سطح قطعة الألمنيوم حيث كانت قراءات مستوى شدة الصوت والضغط في نفس الوقت وتم الاعتماد على المعدل لخمس قراءات لمستوى ضغط الصوت. استنتج الباحث ان الطريقة المتبعة كانت فعالة جداً لهذا النوع من القياسات الصوتية ، وذلك بقياس قدرة الصوت خلال أجزاء الجدران ، كما استخدم الباحث Harris [2] نفس الطريقة السابقة لقياس مقدار العزل الصوتي وذلك باستخدامه مساحة الجدار بأكمله بين غرفتين متجاورتين وطبق قانون الكتلة (Mass Law) كقانون عام لحساب مقدار العزل الصوتي حيث يعتمد على كتلة الجدار لكل وحدة مساحة والتردد المعتمد في القياسات وكالآتي:

$$TL = 20 \log (f*m) - 48 \quad \ldots(1)$$

حيث ان :

TL = مقدار العزل الصوتي بوحدة الديسيبل

m = الكتلة لكل وحدة مساحة بوحدة كغم/م$^{٢}$

f =(Hz ) التردد بوحدة الهيرتز

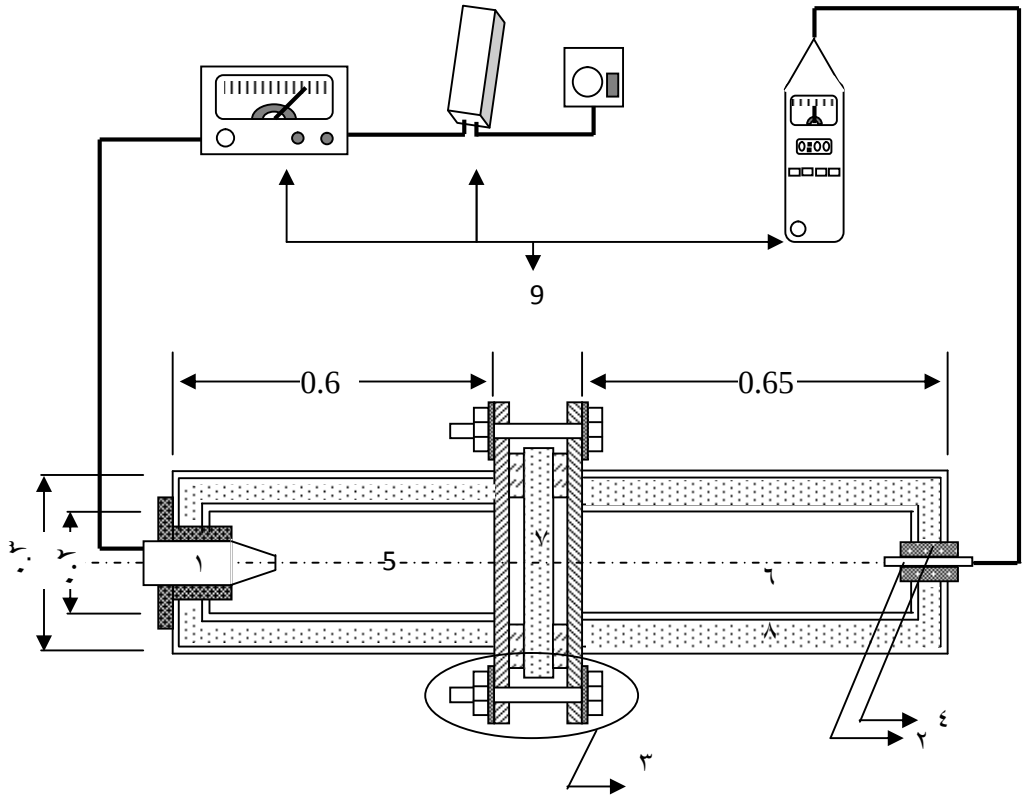
استخدم الباحث Ise [4] نوعين من التجارب البسيطة لحساب العزل الصوتي في البنايات باستخدام تقنية السيطرة الفعالة ( Active Control Technique ) . التجربة الأولى كانت لاثبات العزل الصوتي بين داخل وخارج بيت خشبي وكانت المحاولة بوضع مصدر الضوضاء خارج البيت. أما التجربة الثانية فكانت قياس العزل الصوتي بين غرفتين متجاورتين داخل البيت وكانت نتائجه جيدة مقارنة بالنتائج الأخرى . واخيراً درس الباحث Adam [5] العزل الصوتي لألواح القصب والسمنت باستخدامه لجهاز عملي وقورنت نتائجه باستخدام ألواح الزجاج مع بيانات لبحوث سابقة وكان الاختلاف لا يتجاوز الـ (٣) ديسيبل لمدى كامل من الذبذبات.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

في هذا البحث سيتم قياس العزل الصوتي لمواد بناء محلية الصنع كمادة البلوك الاسمنتي والحجر الجيري بانواعه اذ تم بنائهم على شكل جدران إضافة الى مواد اخرى كالزجاج والخشب والفلين اذ سيتم ايجاد الافضل منها من اجل راحة الانسان داخل البنايات.

**الجهاز المستخدم وطريقة التجربة**

من اجل تطبيق الناحية العملية من العمل تم استخدام جهاز صنع محلياً مكون من اسطوانتين متقابلتين صنعتا من معدن حديد الزهر (Cast Iron)، كل اسطوانة مكونة من اسطوانتين (خارجية وأخرى داخلية) متحدتي المركز إذ كانت الاسطوانة الداخلية بقطر (٢٥) سم والخارجية بقطر (٣٠) سم وقد ملء الفراغ بينهما بمادة الرمل لعزل الصوت بين داخل الاسطوانة والمحيط الخارجي كما في الشكل (١).




الشكل (١) مخططاً للجهاز المستخدم وأجهزة القياس المستخدمة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

١- مكبر الصوت (Loud speaker)
٢- اللاقطة (Microphone)
٣- البراغي والواشرات المطاطية (Rubber washer and nuts)
٤- المادة الاسفنجية (Sponge material)
٥- حيز المصدر ( Source Zone).
٦- حيز المستقبل (Receiver Zone)
٧- المادة المراد قياس عزلها الصوتي (Specimen)
٨- مادة الرمل (Sand)
٩- أجهزة القياس (Measurement Instruments)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الاسطوانة الأولى طولها (٦٠) سم وتسمى حيز المصدر (Source Zone) والثانية طولها (٦٥) سم وتسمى حيز المستلم (Receiver Zone) موضوعتين على حامل معدني طويل ، إضافة إلى وجود أربع براغي تربط بين الاسطوانتين للضغط على المادة المراد قياس عزلها الصوتي . فضلاً عن أجهزة القياس المستخدمة وهي :

١- مكبر صوت (Amplifier).
٢- لاقطة (Microphone) لتحويل الموجات الصوتية إلى موجات كهربائية.
٣- مجهز القدرة (Power Supply).
٤- جهاز مسجل ضغط الصوت (Sound Level Meter).

اما طريقة اجراء التجربة فستوضح باختصار ، اذ تربط في البداية الدائرة الكهربائية وذلك بوضع مكبر الصوت في الاسطوانة المسماة حيز المصدر بعد ربطه بمجهز القدرة وتوضع اللاقطة في الاسطوانة المسماة بحيز المستقبل. بعد ذلك تبدا طريقة القياس وكخطوة أولى ورئيسية تم اخذ القراءات عند عدم وجود أي مادة بين الاسطوانتين إذ تم ربط الاسطوانتين مع بعضهما ، وتم استخدام قدرة مسلطة بمقدار (٧٥ و ٨٥ و ٩٥) واط وعند كل قدرة استخدمت ترددات مختلفة ما بين (٥٠٠ إلى ٨٠٠٠) هيرتز (Hz) في حيز المصدر واستقبلت هذه الترددات في حيز المستقبل عن طريق اللاقطة التي من وضيفتها نقل هذه الترددات الصوتية إلى جهاز مسجل مستوى ضغط الصوت بوحدة الديسيبل (db) . ومن ثم تعاد نفس العملية السابقة ولكن هذه المرة باستخدام المادة المراد قياس عزلها الصوتي والفرق بين العمليتين هو مقدار العزل الصوتي للمادة .

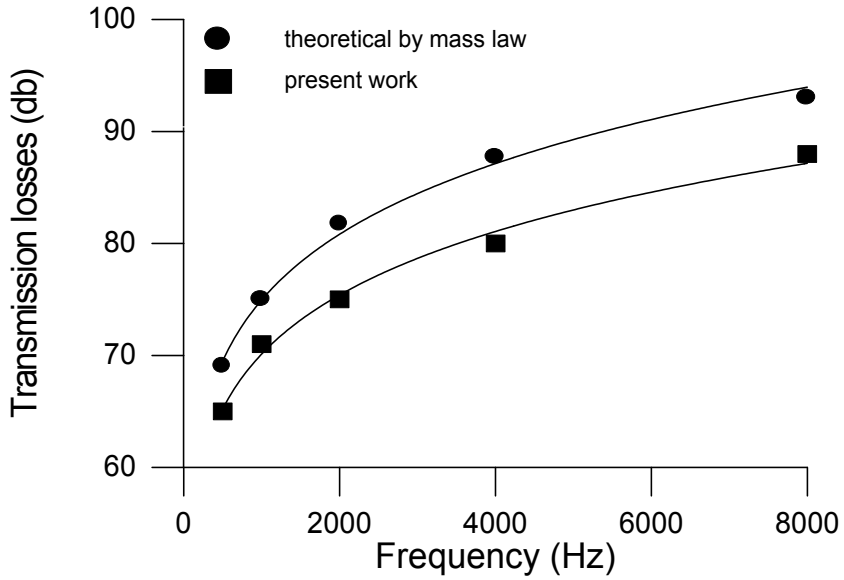
استخدم في هذا البحث عدة مواد كالبلوك الأسمنتي والثرموستون والطابوق بأنواعه الثلاثة (الناري المثقب والناري الغير مثقب والجيري) وتم بنائها بشكل جدران ( كل مادة على حدا) والزجاج بأسمك (٤٠ و ٦٠) ملم فضلاً عن طبقتين من الزجاج بسمك ٤٠ ملم وفراغ هوائي بينهما بمقدار ١٠ ملم والفلين بسمك (٢٠ و ٤٠) ملم والخشب بسمك ( ٣ و ٦ و ١٢) ملم كما وكون اللاقطة المستخدمة حساسة جداً للصوت فقد أخذت جميع القراءات في الليل حيث كان المختبر معزول بصورة جيدة عن بقايا أجزاء البناية وبالتالي بعيداً عن مصادر الضوضاء.

**النتائج ومناقشتها :**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

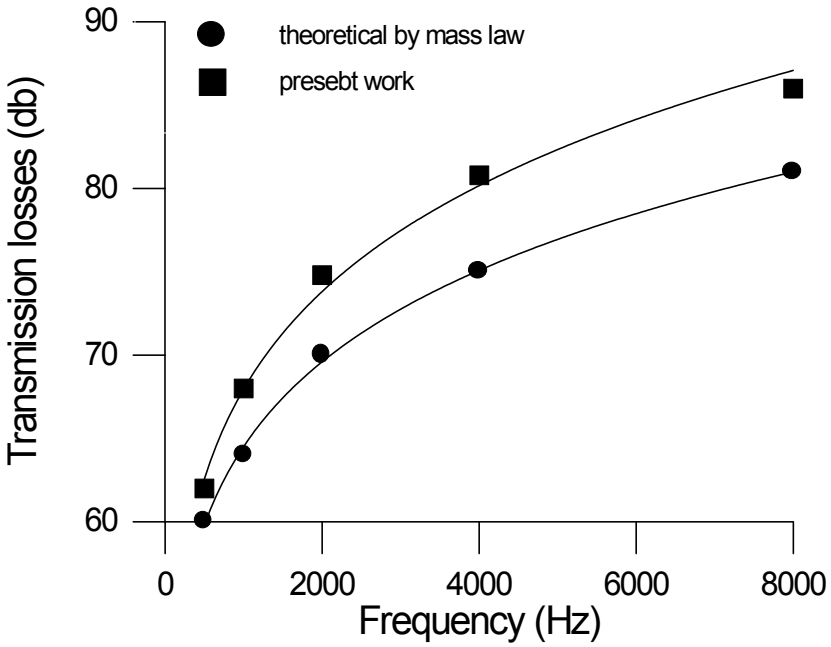
تم الاعتماد في رسم المنحنيات على مدى من الترددات تتراوح ما بين ٥٠٠ هيرتز وإلى ٨ كيلوهيرتز وأهملت الترددات الأقل من هذا المدى إذ كلما كان التردد قليلاً كان طول الموجة الصوتية اكبر من طول الاسطوانة المستخدمة وهذا يعطينا نتائج غير منطقية فضلاً عن الحصول على توزيع متجانس للصوت في كل من الاسطوانتين فضلاً عن كون المنحنيات كانت تمثل مقدار العزل الصوتي في محور (y) والتردد في محور (x). يوضح الشكل (٢) النتائج التي تم الحصول عليها لمادة البلوك من التجارب العملية بالمقارنة مع قانون للكتلة في المعادلة (١) ، ومن الملاحظ في الشكل التقارب الواضح بين النتيجتين لمدى كامل من الذبذبات ( بين ٥٠٠ هيرتز الى ٨٠٠٠ هيرتز) وبنسبة خطا قليلة نسبياً مما يؤكد صحة النتائج المأخوذة من الجهاز المستخدم .

ويوضح الشكل (٣) النتائج التي تم الحصول عليها لمادة الحجر الحراري (Thermostone) وبالاعتماد على النتائج المختبرية وبالمقارنة مع قانون الكتلة يلاحظ التقارب الواضح بين المنحنيين وبنسبة خطا قليلة وتؤكد صحة النتائج المأخوذة من الجهاز العملي .




شكل (٢) يوضح مقارنة العزل الصوتي بين النتائج العملية الحالية مع النتائج النظرية باستخدام قانون الكتلة لمادة البلوك عند قدرة ٨٥ واط

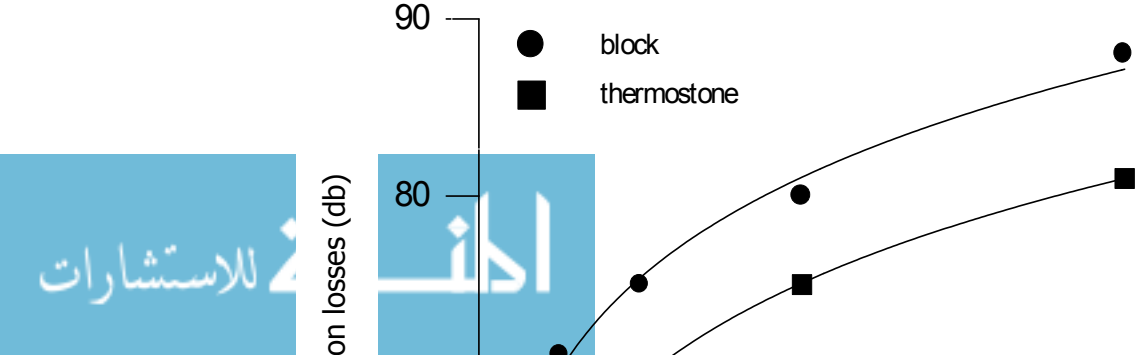
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com




شكل (٣) يوضح مقارنة العزل الصوتي بين النتائج العملية الحالية مع النتائج النظرية باستخدام قانون الكتلة لمادة الحجر الحراري (Thermostone) عند قدرة ٨٥ واط

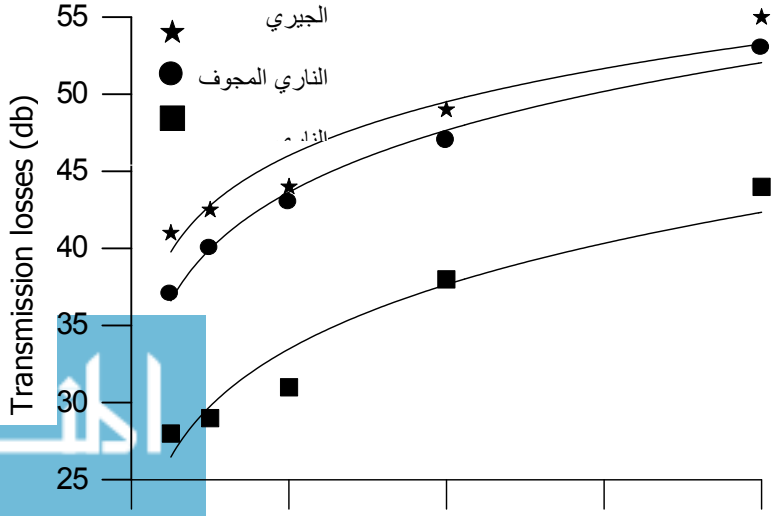
يوضح الشكل (٤) مقارنة بين مادتي البلوك والحجر الحراري بعد ان تم التأكد من نتائجهما في الشكلين السابقين بالاعتماد على قانون الكتلة ، إذ يلاحظ ان العزل الصوتي لمادة البلوك اكبر من الحجر الحراري لمدى كامل من الذبذبات وعلى الرغم من اختلاف الكتلة للمادتين إلا انه تم التعامل معهما كجدارين مستقلين لهما نفس الارتفاع بغض النظر عن عدد القطع المستخدمة في البناء ، وقد يعزى ذلك إلى كون نسبة كتلة المادة الى مساحتها اكبر في مادة البلوك مما هي عليه في مادة الثرموستون وبالتالي وحسب قانون الكتلة فان المادة ذات الكتلة الأكبر تملك عزل صوتي اكبر من المادة ذات الكتلة الأقل وكالآتي [5] :

| المادة | الكتلة (كغم/م$^2$) |
|---|---|
| البلوك | ١٥٣٧ |
| الثرموستون | ٦٨٩ |



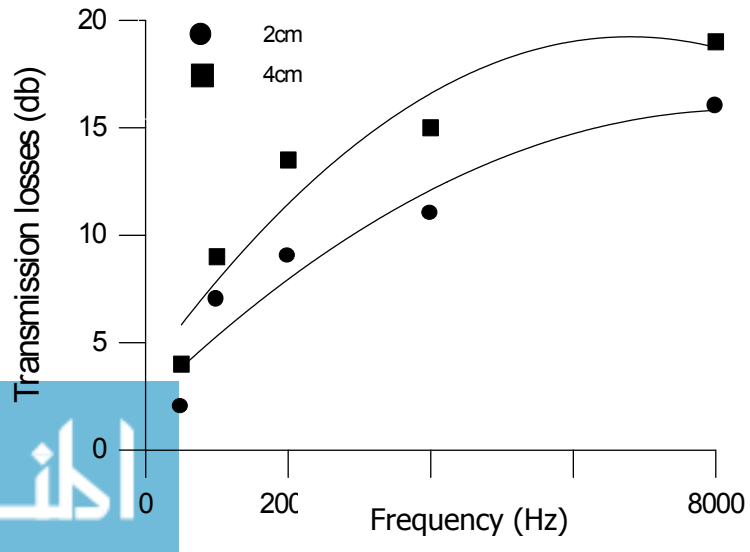

www.manaraa.com

اما الشكل (٥) فيبين المقارنة بين أنواع مادة الطابوق الثلاثة (الجيري والناري المثقب وغير المثقب) ذوات الأبعاد المتقاربة جداً عند قدرة مسلطة مقدارها ٨٥ واط ، إذ ظهر لنا ان العزل الصوتي لمادة الطابوق الجيري هو الأفضل ومن ثم الطابوق الناري المثقب واخيرا الطابوق الناري غير المثقب ويعزى سبب ذلك إلى أن الطابوق الجيري مصنوع من مادة أسمنتية كما في مادة البلوك مما جعلها افضل من غيرها من المواد الأخرى فضلاً عن تراص جزيئاتها الداخلية مما جعلها تتغلب على الأنواع الأخرى أما بالنسبة إلى أنواع الطابوق الناري المثقب وغير المثقب فكانت النتائج لصالح النوع المثقب ومن الملاحظ أثناء بناء الجدار إن كمية من مادة الأسمنت كانت تدخل في الثقوب الموجودة في هذا النوع من الطابوق مما جعل عزلها الصوتي افضل من النوع الثاني الغير مثقب.



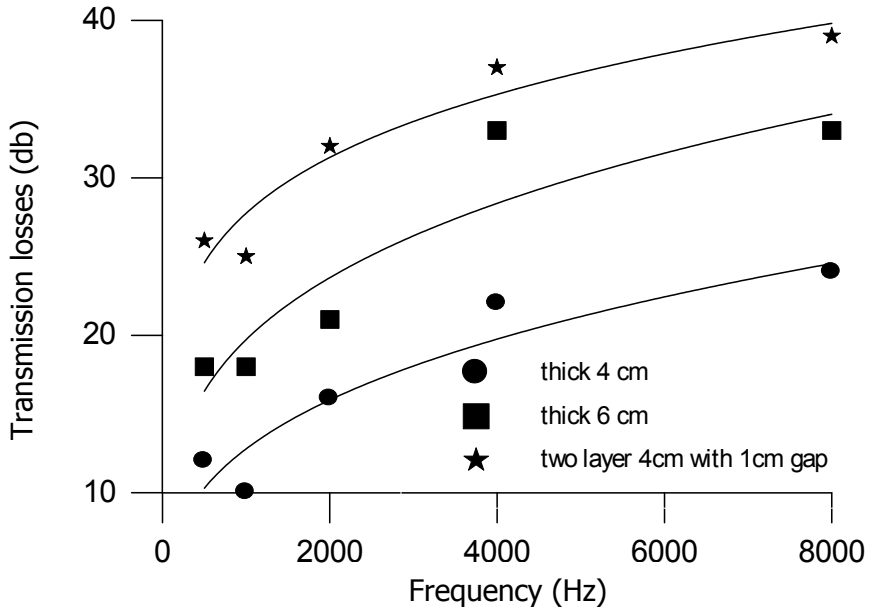

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل (٦) يوضح سلوكية مادة الفلين والمقارنة بين نوعين مختلفين بالسمك إذ إن الأوسمك (٢٠) ملم والثانية بسمك (٤٠) ملم وكون المادتين من نفس النوع فكتفسير طبيعي ان المادة ذات السمك الأكبر تمتلك عزل صوتي اكبر من نظيرتها ذات السمك الأقل كون نسبة الكتلة الى المساحة السطحية في القطعة ذات السمك (٤٠) ملم اكبر من النسبة في القطعة ذات السمك الاقل (٢٠) ملم .




المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

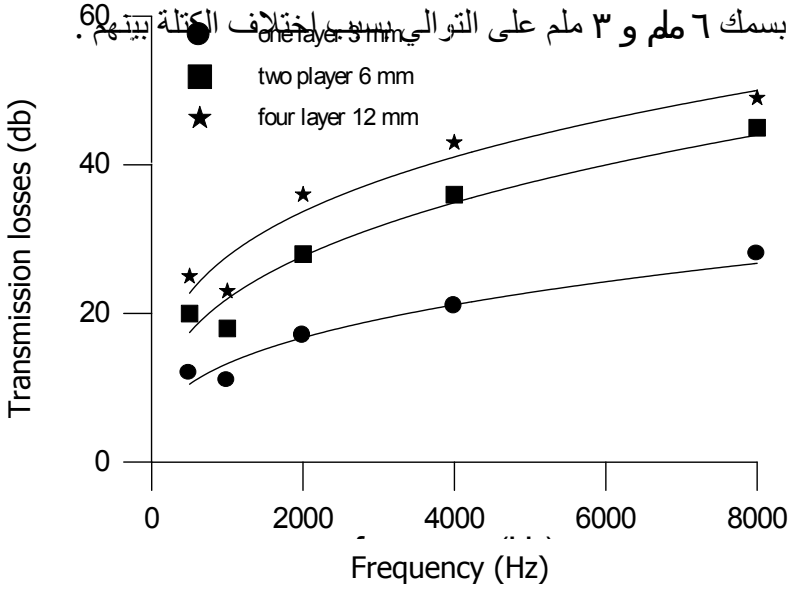
يبين الشكل (٧) مقارنة بين ثلاثة أشكال لمادة الزجاج الاول بسمك ٤ ملم والثاني بسمك ٦ ملم والثالث استخدمت طبقتين من الزجاج ذو السمك ٤ ملم بينهما ١٠ ملم كفراغ هوائي (Air Gap) ، وكمقارنة بين النوعين الاول والثاني فيلاحظ ان كتلة النوع الثاني اكبر من النوع الأول وبالتالي فان النوع الثاني يمتلك عزل صوتي اكبر من النوع الأول ، أما النوع الثالث فيعتبر حالة خاصة وفيها يكون مقدار العزل الصوتي بالتأكيد اكبر من الحالتين الأوليتين كون الزجاج اصبح طبقتين إضافة إلى الفراغ الهوائي الموجود بينهما مما شكل عازلا كبيرا امام اختراق الصوت لهذا التركيب.




شكل (٧) يبين قيم العزل الصوتي لمادة الزجاج عند ثلاثة حالات مختلفة وعند قدرة ٨٥ واط

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

واخيراً يبين الشكل (٨) مقدار العزل الصوتي لمادة الخشب بأسماك ٣ و ٦ و ١٢ ملم على التوالي وكما هو الحال في مادة الزجاج فان مادة الخشب ذات الكتلة الأكبر تمتلك عزل صوتي افضل من الأقل إذ أن المادة التي سمكها ١٢ ملم يكون عزلها الصوتي اكبر من المادة التي هي بسمك ٦ ملم و ٣ ملم على التوالي بسبب اختلاف الكتلة بينهم.




شكل (٨) يبين قيم العزل الصوتي لمادة الخشب لثلاثة اسماك مختلفة عند قدرة ٨٥ واط

**الاستنتاجات :**

www.manaraa.com

١-عند مقارنة النتائج العملية لمادتي الـ بلوك الأسمنتي والثرموستون مع قانون الكتلة يلاحظ إن نسبة الخطأ لم تتجاوز ١٠% وهي نسبة مقبولة عند المقارنة بين الحلين النظري والعملي .

٢-بعد المقارنات أعلاه ، وجدنا أن المادة التي تكون نسبة كتلتها إلى مساحتها السطحية كبيرة تعطي عزلا صوتيا افضل نظيرتها القليلة كما هو مبين عند مقارنة مادة البلوك مع مادة الثرموستون وكذلك بقية أنواع المقارنات الأخرى عند نفس القدرة.

٣-بمقارنة أنواع الأحجار الثلاثة المستخدمة في العمل (الحجر الجيري والحجر الناري بنوعيه المثقب وغير المثقب ) نرى ان الحجر الجيري كان افضل عزلا من النوعين الآخرين كونه مصنوع من مادة أسمنتية مما يوضح لنا جليا ان المادة الأسمنتية تمتلك عزل صوتي افضل من غيرها من المواد.

## References المصادر


1- Kormer, A., Building Materials and Components, Mir Publisher, Moscow, 1974.

2- Harris, C.M. Handbook, of Noise Control, McGraw-Hill, U.S.A.,1979.

3- Hiroo, Y., Hideki, T. and Kiyotern, I., " Application of Sound Intensity Measuring Technique to Sound Insulation ", Institute of Industrial Scince, University of Tokyo, roppongi 7-22-1, Minota-Ku, Japan, 1983.


المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4- Ise, S., Yano, H. and Tachibana, H., " Application of Active Control to Sound Insulation of Building walls ",Institute of Industrial Scince, University of Tokyo, roppongi 7-22-1, Minota-Ku, Japan, 1991.

5- Adam. S., K., "An Experimental and Theoretical Studies of Thermal and Acoustical Properties of Reed-Cement Boards ", Ph.D., Thesis, University of Mosul, 1997.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com