مقترح معادلة جديدة لتقييم العزل الصوتي للجدران الخرسانية موقعيا

يوسف خلف يوسف
كلية الهندسة-جامعة الانبار

الخلاصة:

تضمن هذا البحث دراسة خاصية العزل الصوتي لنماذج خرسانية ذات كثافات مختلفة . يهدف البحث إلى إيجاد صيغة لحساب العزل الصوتي للجدران الخرسانية موقعيا وباستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية. أجريت فحوصات مختبرية على النماذج الخرسانية وباستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية . تم حساب العزل الصوتي لجدران خرسانية باعتماد معادلة مقترحة في هذا البحث . تأخذ هذه المعادلة بنظر الاعتبار سرعة الموجات فوق الصوتية ، وعرض الجدار ،والتردد، وتستند على معايير التقييم الإحصائي.تم تقييم النتائج ومقارنتها مع القيم المحسوبة من المعادلة العامة لحساب العزل الصوتي ، حيث أظهرت المقارنات توافق النتائج ، وكانت نسبة الاختلاف ضمن حدود (٣%).

كلمات رئيسية: جدران خرسانية، العزل الصوتي

١ – مقدمة:

يعتبر العزل الصوتي من المعايير التصميمية المهمة في الأبنية لما لهذه الخاصية من تأثير مباشر على راحة الإنسان. وقد لوحظ في الآونة الأخيرة وجود اهتماما بالغا لتقليل تأثير مصادر الضوضاء الناتجة عن ازدياد وسائط النقل واستخدام المعدات الميكانيكية في توليد الطاقة ، فضلا عن الأضرار الناجمة عن أصوات انفجار الصواريخ والقنابل العملاقة والتي يؤدي صوت انفجارها إلى الصمم الجزئي أو الكلي والى تمزق طبلة الأذن . وقد أدت أصوات هكذا انفجارات في الحرب الأمريكية على أفغانستان عام ٢٠٠١ وعلى العراق عام ١٩٩١ وعام ١٩٩٨–٢٠٠٣ إلى أضرار كثيرة من هذا النوع.

تصنف الموجات الصوتية إلى ثلاثة أصناف حسب مقدرة الأذن على سماعها[1]:

١ – الموجات المسموعة (Audible) وهي ذات ترددات بين(٢٠– ٢٠٠٠٠) هرتز.

٢ – الموجات تحت المسموعة (Infrasonic) وتبلغ ترددتها اقل من ٢٠هيرتز، وتنتج عن مصادر ضخمة مثل الزلازل والبراكين وتستطيع بعض الحيوانات سماع هذه الترددات .

٣ – الموجات فوق المسموعة (Ultrasonic) وهذه تزيد ترددتها عن ٢٠٠٠٠ هرتز ، ويتم الحصول عليها بطرق الكترونية دقيقة.

تقاس شدة الصوت (Sound Intensity) بوحدات (dB) وتسمى ديسيبل (decibel) نسبة إلى العالم كراهام بيل، ويمكن حساب شدة الصوت (I) المتولدة من مصدر ذي قدرة (P) وعلى مسافة بمقدار (r) عن مصدر الصوت بموجب قانون التربيع العكسي لتناقص الشدة[1] :

$$I= P/(4\pi r^2) \qquad (1)$$

حيث ان:

I =شدة الصوت (واط/م^2)

P =قدرة المصدر (واط)

r =البعد عن مصدر الصوت (م)

إن طاقة الموجات الصوتية عند سقوطها على حاجز معين ينعكس جزء منها وجزء آخر يمتص وجزء ينتقل إلى الجانب الأخر. إن قيمة العزل الصوتي (Sound Insulation) لحاجز ما هي الفرق بين شدة الصوت المتولد من مصدر معين في احد جانبي الحاجز وبين شدة الصوت المنتقل إلى الجانب الآخر ويعبر عنها بمقياس لوغاريتمي [1]

ويعتمد معامل امتصاص الصوت للمواد الإنشائية على طبيعة المادة وكثافتها وسمك الحاجز وقيمة التردد(Frequency) ويبين الجدول(١) معامل امتصاص الصوت لبعض المواد الانشائية [2].

في عام ١٩٥٦ بين Carlson[3] أن المسامية من أهم الخواص التي تؤثر على كفاءة امتصاص الصوت من قبل المواد وان المسامات الكبيرة والمستمرة التي تسمح للطاقة الصوتية أن تفقد خلالها تعمل على امتصاص الصوت وبذلك يكون الركام خفيف الوزن أكثر كفاءة في امتصاص الصوت من الركام الاعتيادي وان معدل معامل امتصاص الصوت لجدار من الخرسانة خفيفة الوزن تتراوح بين (٠.٤-٠.٦) بينما لجدار من الخرسانة الاعتيادية يتراوح بين (٠.٢-٠.٣٥) .

وفي عام ١٩٦٥ بين (Lewicki) [4]انه لإيجاد كفاءة العزل الصوتي في الأبنية يحسب العزل لتردد ٢٠٠ هرتز ثم لتردد ١٠٠٠هرتز، ويجب أن لا يقل العزل الصوتي عن ٤٠ ديسيبل لكلتا الحالتين .

وفي عام ١٩٧٤ بين (Baum)[5] إن قاطع بسمك ١٠٠ملم من خرسانة البولي ستايرين بكثافة ٦٠٠كغم/م٣ ومغطى من الجهتين بطبقة من الجص الفني سمك ١٥ ملم يمتلك عزل صوتي بمقدار ٤٠ ديسيبل.

وفي عام ١٩٧٩ درس الباحث (Harris)[6] قياس العزل الصوتي بين غرفتين متجاورتين باستخدام تقنية قياس شدة الصوت (Sound Intensity Technique) حيث اعتمد مساحة الجدار

الحاجز بأكمله و استخدم المعادلة التالية كمعادلة عامة لحساب العزل الصوتي (Transmission losses):

$$TL = 20 \log (f*m) - 48 \quad (2)$$

حيث ان:

TL =مقدار العزل الصوتي بوحدات الديسيبل

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

f =التردد بوحدة الهرتز(Hz)

وفي عام ١٩٨١ بين(Neville)[7] ان البنية التي تحتوي على مسامات تجعل من حركة الهواء خلالها ممكنا وتزيد من امتصاص الصوت وذلك من خلال تحول الطاقة الصوتية الى حرارة بالاحتكاك.كما أكد أن وجود الفجوات يؤثر أيضا على العلاقة بين العزل الصوتي وكثافة القاطع ، حيث أن الفجوة تزيد من العزل الصوتي.

وفي عام ١٩٩٧ درس الباحث (Adam)[8] العزل الصوتي للالواح القصب – السمنت(Reed-Cement Boards) باستخدامه لجهاز عملي وقورنت نتائجه باستخدام الواح الزجاج مع بيانات لبحوث سابقة وكان الاختلاف لا يتجاوز (٣) ديسيبل .

٢- الهدف من البحث:

نتيجة لتطور تقنيات القياس في الوقت الحاضر أخذت الفحوصات غير الاتلافية حيزا مهما في تقييم خصائص المواد الهندسية . وفي هذا البحث سيتم إعداد دراسة لإيجاد صيغة لفحص خاصية العزل الصوتي للجدران الخرسانية موقعيا وذلك باستخدام تقنيات الموجات فوق الصوتية ، حيث يهدف البحث إلى اعتماد مؤثر يمثل سرعة الموجات فوق الصوتية بدلا من الكثافة في المعادلة (٢) – المعادلة العامة – لنتمكن من قياس العزل الصوتي لكافة الجدران الخرسانية موقعيا و بدون الحاجة إلى معرفة كثافة المادة الخرسانية التي انشأت منها تلك الجدران.

٣- البرنامج العملي :

تم إجراء الجزء العملي الخاص بالبحث في مختبر الخرسانة في جامعة الانبار / كلية الهندسة ، حيث تم اعتماد نماذج خرسانية مجهزة مسبقا و ذات كثافات مختلفة لغرض إجراء الفحوصات اللازمة للبحث.

٣-١ فحص الموجات فوق الصوتية :

تم استخدام جهاز توليد الموجات فوق الصوتية (ultrasonic instrument) المعروف تجاريا ب (TICO) [9] حيث استخدمت محولات للطاقة Transducers لغرض إرسال واستقبال موجات فوق الصوتية بتردد ٥٤ كيلو هرتز، عند إجراء الفحص وضعت طبقة رقيقة من الدهن (Grease) لضمان عدم تشتت الموجات الذي قد يحدث بسبب النتوءات الموجودة على سطح النموذج الخرساني، وقد اجري الفحص بموجب المواصفة البريطانية (BS1881:part 203) [10]

تعتمد طريقة قياس سرعة الموجات في الخرسانة على قياس الزمن (t) الذي تستغرقه الموجة لاختراق مسافة بمقدار (l) خلال النموذج الخرساني ، وبذلك تكون سرعة الموجة (V) :

$$V=l/t \quad (3)$$

حيث ان:

V =سرعة الموجات فوق الصوتية(كم/ثا)

L =سمك النموذج (ملم)

T =الزمن (مايكروسكند)

٣-٢ فحص الكثافة:

اجري فحص الكثافة للنماذج الخرسانية في حالتها الجافة بالهواء وتم ذلك بقياس الإبعاد ووزن النموذج بميزان كهربائي ذو دقة (٠.١٠ غم) ،حيث تم استخدام نماذج بأبعاد (١٥٠*١٥٠*١٥٠) ملم ، وبموجب المواصفة البريطانية (BS 1881-114:1983) [11]

٤- مقترح ومناقشة معادلة جديدة لحساب العزل الصوتي للجدران الخرسانية موقعيا:

من خلال مقارنة النتائج يمكن ملاحظة الارتباط الوثيق بين الكثافة وسرعة الموجات فوق الصوتية حيث يوضح الشكل (١) ازدياد سرعة الموجات فوق الصوتية بازدياد الكثافة كما يبين الجدول (٢) قيم الكثافة مقارنة مع سرعة الموجات فوق الصوتية خلال النماذج الخرسانية.

باستخدام برنامج (Microsoft Excel) تم اعتماد المعادلة الاسية التالية لتمثل العلاقة بين الكثافة وسرعة الموجات فوق الصوتية للنماذج موضوع البحث:

$$\gamma = 986.08\ V^{0.6333} \quad (4)$$

حيث ان:

γ =الكثافة بوحدات (كغم /م^3)

V =سرعة الموجات فوق الصوتية (كم/ ثا)

ويبين الشكل (٢) التوافق لقيم الكثافة المحسوبة اعتمادا على المعادلة الاسية المقترحة مع قيم الكثافة المقاسة عمليا حيث كانت نسبة الاختلافات ضمن حدود (٢٠%).

كما يظهر الجدول (٣) التقييم الإحصائي لنسبة (الكثافة المحسوبة اعتمادا على المعادلة المقترحة /الكثافة المقاسة عمليا)، حيث كانت قيمة معامل الاختلاف (C.V.) مساوية الى ٠.١٦٨ %

ويمكن التعبير عن قيمة (m) في المعادلة (٢) بدلالة (γ) من المعادلة (٤) وعرض الجدار (w) لتكون ($m=\gamma.w$) :

وبذلك تكون معادلة العزل الصوتي (Transmission losses) للجدران الخرسانية – كمعادلة مقترحة – :

$$TL = 20 \log (f.w.\ V^{0.6333}) + 11.878 \qquad (5)$$

حيث ان:

TL= مقدار العزل الصوتي بوحدات الديسيبل

F =التردد بوحدة الهرتز(Hz)

W =عرض الجدار (م)

V =سرعة الموجات فوق الصوتية (كم/ثا)

ويبين الشكل (٣) والشكل (٥) مدى التوافق بين قيم العزل الصوتي المحسوب من المعادلة العامة والقيم المحسوبة من المعادلة المقترحة وذلك باعتماد قيمة التردد (f) مساوية إلى(٢٠٠هرتز) حيث كانت نسبة الاختلافات ضمن حدود (٣%) لاكثر البيانات.

كما يبين الجدول (٢) قيم العزل الصوتي المحسوب من المعادلة العامة والقيم المحسوبة من المعادلة المقترحة للترددات (٢٠٠ و ١٠٠٠) هرتز.

ويبين الشكل (٤) والشكل (٦) مدى التوافق بين قيم العزل الصوتي المحسوب من المعادلة العامة والقيم المحسوبة من المعادلة المقترحة وذلك باعتماد قيمة التردد (f) مساوية الى (١٠٠٠ هرتز) حيث لم تتجاوز الاختلافات نسبة (٣%) لجميع البيانات.

٥- الاستنتاجات:

١) وجود ارتباط وثيق بين الكثافة وسرعة الموجات فوق الصوتية حيث تزداد سرعة الموجات بازدياد الكثافة، وبموجب النتائج المستحصلة في هذا البحث يمكن حساب الكثافة اعتمادا على سرعة الموجات فوق الصوتية من المعادلة الاسية المقترحة:

$$\gamma = 986.08\ V^{0.6333}$$

حيث لم تتجاوز قيمة معامل الاختلاف (٠.١٦٨%)

٢) يـزداد العـزل الصـوتي بازديـاد سـرعة الموجـات فـوق الصـوتية ويمكـن حسـاب العـزل الصـوتي (Transmission losses) للجدران الخرسانية موقعيا باعتماد عرض الجدار (w) بوحدات(م) وسرعة الموجات فوق الصوتية (V) بوحدات (كم/ثا) والتردد (f) بوحدات (هرتز) وكما يلي:

$$TL = 20 \log (f.w. V^{0.6333}) + 11.878$$

حيث كانت نسب الاختلاف عن القيم المحسوبة من المعادلة العامة ضمن حدود (٣%) للنماذج المعتمدة في هذا البحث.

المصادر:

[1]العلي،ليلى صالح"الفيزياء الاساسية لجميع التخصصات الجامعية"الطبعة الاولى، الكويت، ٢٠٠٤م، ص٤٨٣-٤٩٠

[2]الدواف، يوسف، "انشاء المباني والمواد الانشائية"،بغداد ، الطبعة الخامسة،١٩٧٨م

[3] Carlson ,C.C., light weight aggregates for concrete masonry units , ACI Journal, Vol.53,No.5,Nov.1956,PP.491-498

[4] Lewicki, V. Building with large prefabricates, Institute For Building Research , Warsaw,1965.

[5] Baum, G., Styropore-concrete technology properties and applications , Beton Information,1974

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

[7] Neville, A.M., Properties of Concrete , Longman Publishing, Third Edition, 1981.

[8] Adam, S.K. An Experimental and Theoretical studies of Thermal and Acoustical Properties of Reed-Cement Boards, Ph.D., Thesis, University of Mosul, 1997.pp.1

[9] TICO Manual,Proceq SA switzerland.

[10] British Standard Inst. :BS 1881: part 203: 1986, Testing Concrete

[11] British Standard Inst. :BS 1881: part 114: 1983, Testing Concrete

الجدول(١): معامل امتصاص الصوت لبعض المواد الانشائية[2]

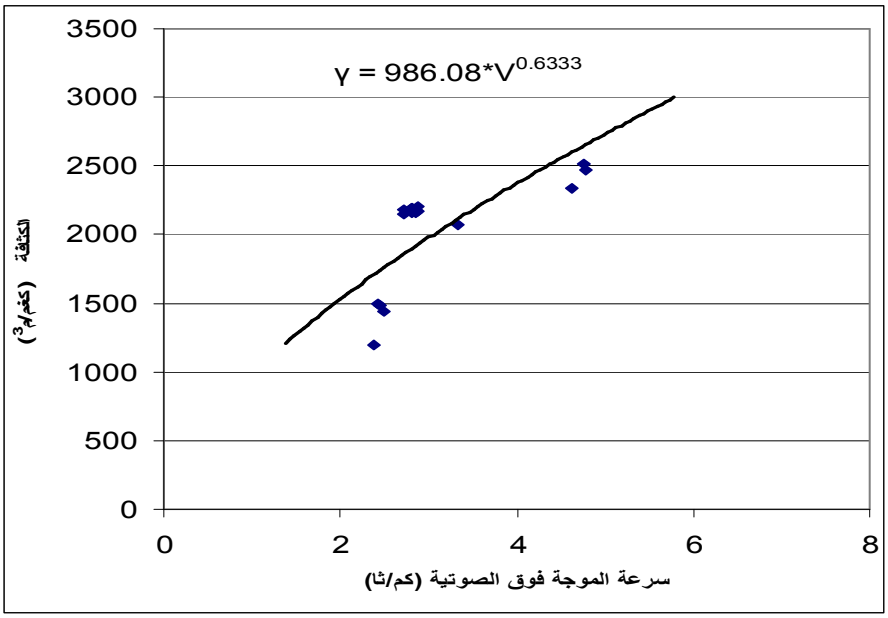
المادة	معامل امتصاص الصوت		
	التردد (هيرتز)		
	١٢٨	٥١٢	٢٠٢٤
الطابوق الطيني	٠.٠١٢	٠.٠١٧	٠.٠٢٣
الطابوق الخرساني	٠.٠٢٤	٠.٠٣٠	٠.٠٤٩
كاشي الأرضيات	٠.٠١٠	٠.٠١٥	٠.٠٢٠
الزجاج	٠.٠٣٥	٠.٠٢٧	٠.٠٢٠
بياض الجص	٠.٠١٣	٠.٠٢٥	٠.٠٤٠
الرخام و الكاشي المزجج	٠.٠١٠	٠.٠١٠	٠.٠١٥
اللبخ	٠.٠٣٩	٠.٠٦٠	٠.٠٥٤

الجدول (٢): قيم الكثافة وسرعة الموجات فوق الصوتية و العزل الصوتي للنماذج الخرسانية

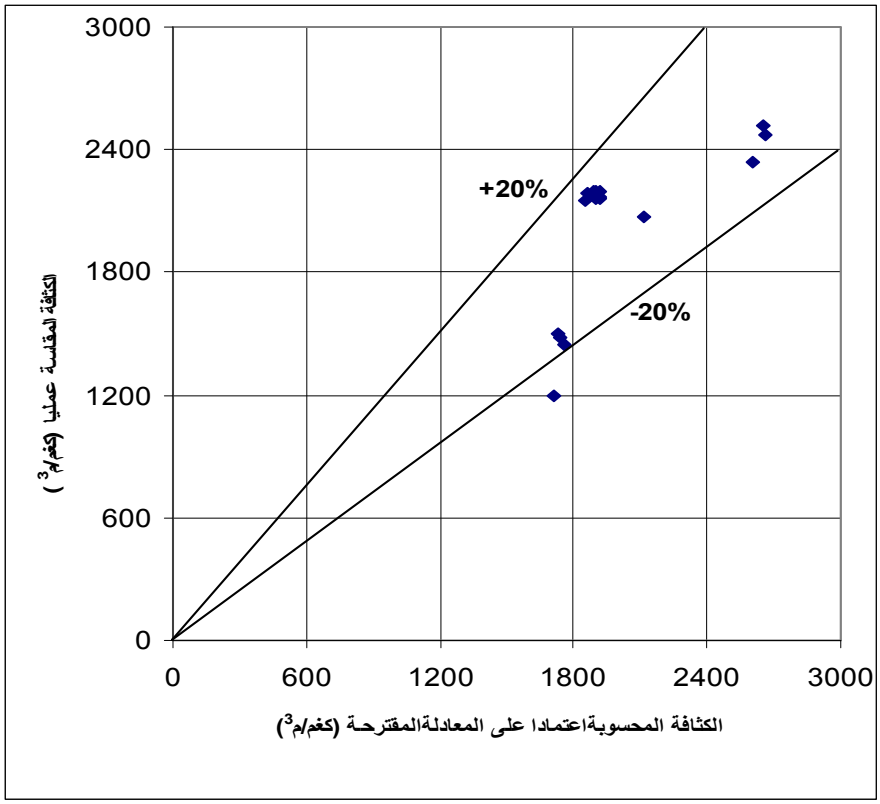
التسلسل	الكثافة (كغم/م٣)	سرعة الموجة فوق الصوتية (كم/ثا)	الكثافة المحسوبة اعتمادا على المعادلة المقترحة (كغم/م٣)	نسبة الكثافة المحسوبة اعتمادا على المعادلة المقترحة /الكثافة المقاسة عمليا	العزل الصوتي لجدار بعرض ٠.٢ م لتردد ٢٠٠ هرتز محسوبا من المعادلة العامة (ديسيبل)	العزل الصوتي لجدار بعرض ٠.٢ م لتردد ٢٠٠ هرتز محسوبا من المعادلة المقترحة (ديسيبل)	العزل الصوتي لجدار بعرض ٠.٢ م لتردد ١٠٠٠ هرتز محسوبا من المعادلة العامة (ديسيبل)	العزل الصوتي لجدار بعرض ٠.٢ م لتردد ١٠٠٠ هرتز محسوبا من المعادلة المقترحة (ديسيبل)
١	١٢٠٠	٢.٣٨٠	١٧٠٨	١.٤٢٣	٤٥.٦٢٥	٤٨.٦٨٩	٥٩.٦٠٢	٦٢.٦٦٩
٢	١٤٤٥	٢.٥٠٠	١٧٦٢	١.٢١٩	٤٧.٢٣٩	٤٨.٩٦٠	٦١.٢١٨	٦٢.٩٣٩
٣	١٤٨٣	٢.٤٥٠	١٧٣٩	١.١٧٣	٤٧.٤٦٤	٤٨.٨٤٩	٦١.٤٤٣	٦٢.٨٢٨
٤	١٤٩٦	٢.٤٣٠	١٧٣٠	١.١٥٧	٤٧.٥٤٠	٤٨.٨٠٤	٦١.٥١٩	٦٢.٧٨٣
٥	٢٠٦٧	٣.٣٣٠	٢١١٢	١.٠٢٢	٥٠.٣٤٨	٥٠.٥٣٧	٦٤.٣٢٧	٦٤.٥١٦
٦	٢١٥٣	٢.٧١٥	١٨٥٦	٠.٨٦٢	٥٠.٧٠٢	٤٩.٤١٤	٦٤.٦٨١	٦٣.٣٩٣
٧	٢١٥٩	٢.٨١٤	١٨٩٩	٠.٨٧٩	٥٠.٧٢٦	٤٩.٦١١	٦٤.٧٠٦	٦٣.٥٩٠
٨	٢١٦٢	٢.٨٥٧	١٩١٧	٠.٨٨٧	٥٠.٧٣٨	٤٩.٦٩٤	٦٤.٧١٨	٦٣.٦٧٣
٩	٢١٧٠	٢.٨٧١	١٩٢٣	٠.٨٨٦	٥٠.٧٧٠	٤٩.٧٢١	٦٤.٧٥٠	٦٣.٧٠٠
١٠	٢١٨٦	٢.٧٢٠	١٨٥٨	٠.٨٥٠	٥٠.٨٣٤	٤٩.٤٢٤	٦٤.٨١٤	٦٣.٤٠٣
١١	٢١٩٤	٢.٨٠٠	١٨٩٣	٠.٨٦٣	٥٠.٨٦٦	٤٩.٥٨٣	٦٤.٨٤٥	٦٣.٥٦٣
١٢	٢١٩٥	٢.٨٢٠	١٩٠١	٠.٨٦٦	٥٠.٨٧٠	٤٩.٦٢٢	٦٤.٨٤٩	٦٣.٦٠٢
١٣	٢٢٠٠	٢.٨٧٠	١٩٢٣	٠.٨٧٤	٥٠.٨٩٠	٤٩.٧١٩	٦٤.٨٦٩	٦٣.٦٩٨
١٤	٢٣٤١	٤.٦٣٠	٢٦٠٣	١.١١٢	٥١.٤٢٩	٥٢.٣٥٠	٦٥.٤٠٩	٦٦.٣٢٩
١٥	٢٤٧٥	٤.٧٩٠	٢٦٥٩	١.٠٧٤	٥١.٩١٣	٥٢.٥٣٧	٦٤.٨٩٢	٦٦.٥١٦
١٦	٢٥١٦	٤.٧٦٠	٢٦٤٩	١.٠٥٣	٥٢.٠٥٥	٥٢.٥٠٢	٦٦.٠٣٥	٦٦.٤٨١

الجدول (٣) : التقييم الاحصائي لنسب الكثافة المحسوبة من المعادلة المقترحة /الكثافةالمقاسة عمليا

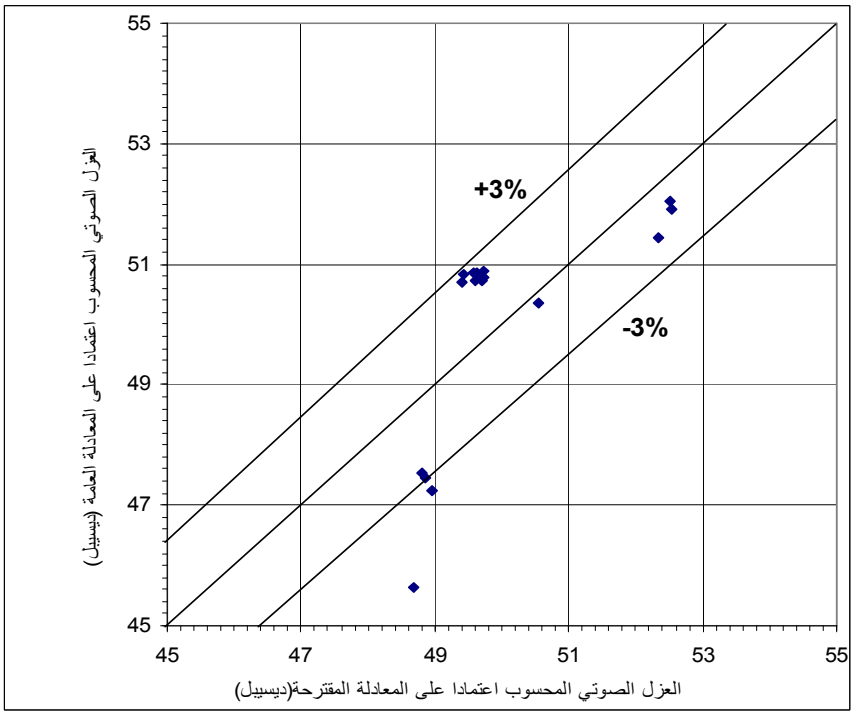
Mean (%)	Standard deviation (%)	Coefficient of Variation (%)
١.٠١٣	٠.١٧٠	٠.١٦٨



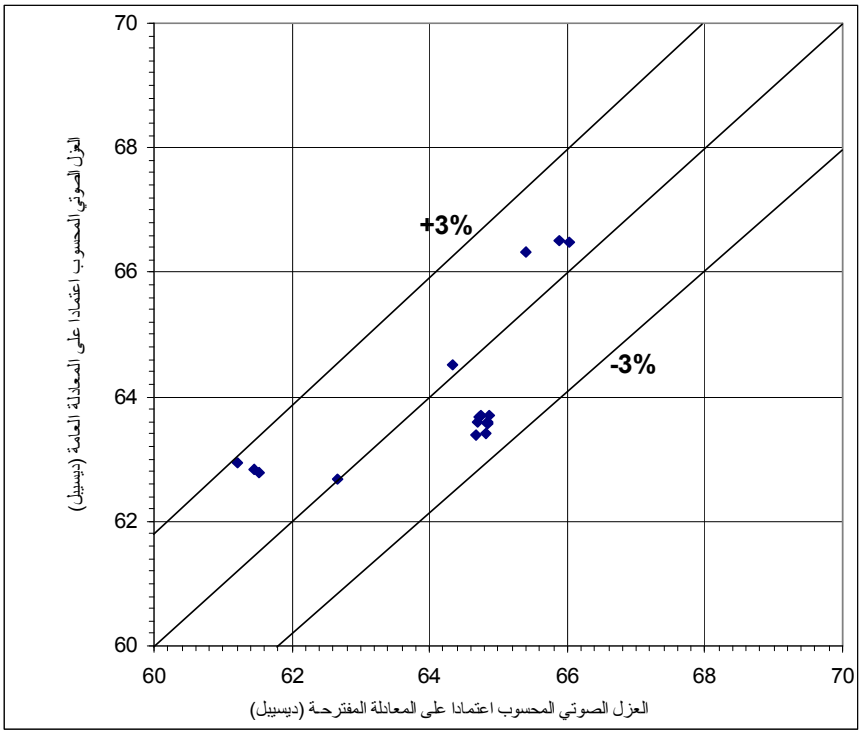
الشكل (١):العلاقة بين سرعة الموجات فوق الصوتية وكثافة النماذج الخرسانية



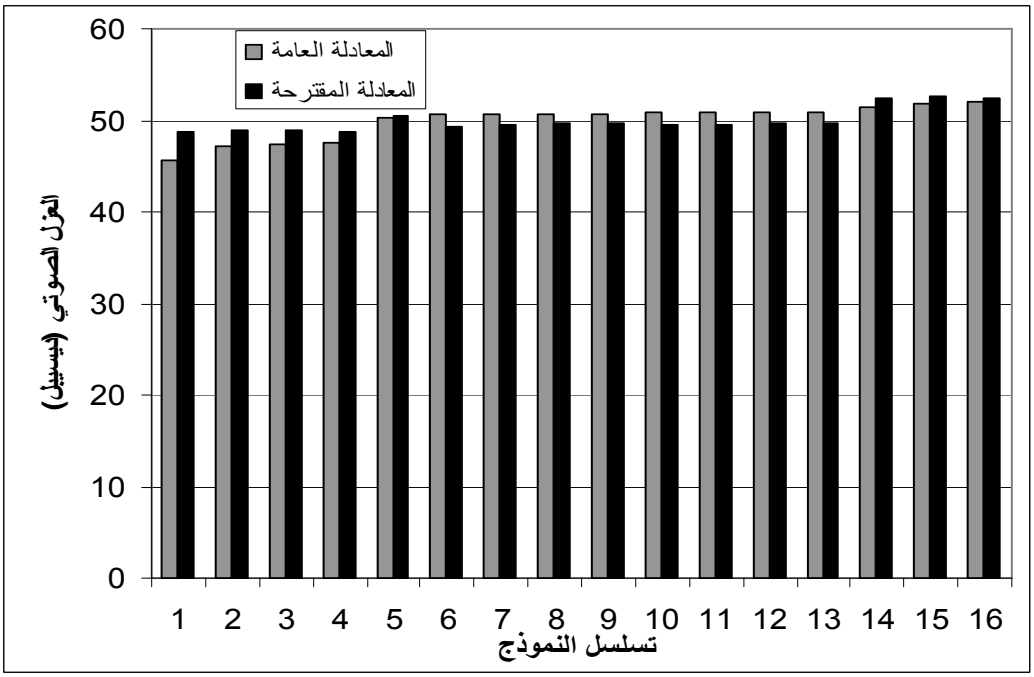
الشكل (٢): مقارنة بين الكثافة المحسوبة اعتمادا على المعادلة المقترحة والكثافة المقاسة عمليا



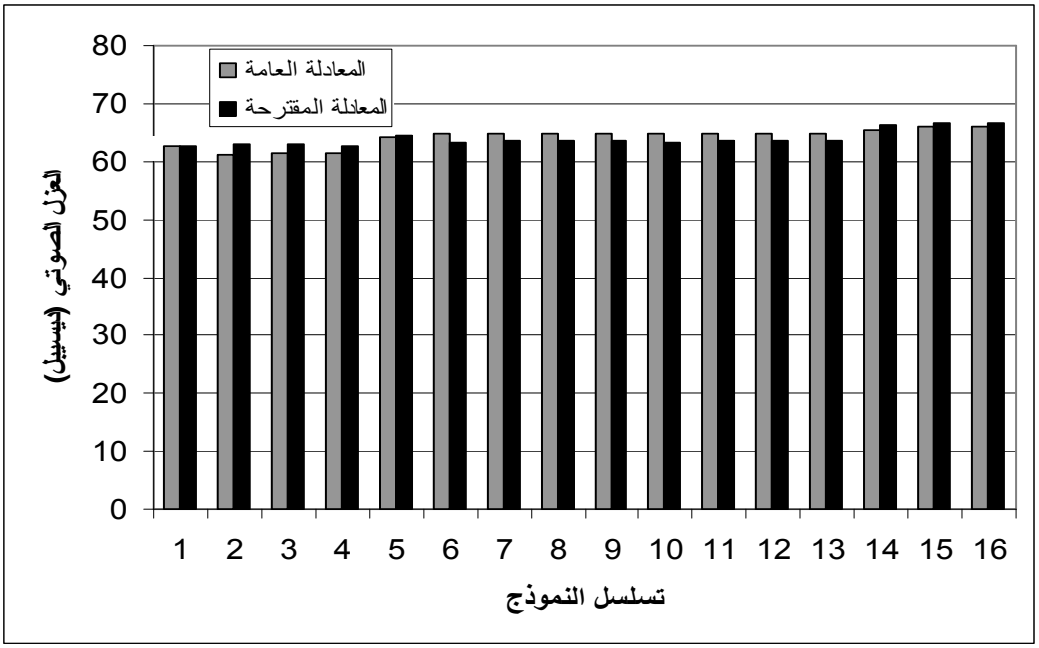
الشكل (٣): مقارنة بين العزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة العامة والعزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة المقترحة لتردد (٢٠٠)هرتز



الشكل (٤): مقارنة بين العزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة العامة والعزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة المقترحة لتردد (١٠٠٠)هرتز



الشكل (٥): العزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة العامة والعزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة المقترحة لتردد (٢٠٠)هرتز



الشكل (٦): العزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة العامة والعزل الصوتي المحسوب اعتمادا على المعادلة المقترحة لتردد (١٠٠٠)هرتز

A proposed new formula to determine the sound insulation of concrete walls

Yousif Khalaf Yousif
College of Engineering, University of Anbar

Abstract:
This research work includes study of sound insulation property of concrete samples with different densities. This study intended to present a proposed empirical formula to determine the sound insulation of concrete walls using the ultrasonic instrument. Experimental tests on concrete samples were made using the ultrasonic instrument, the sound insulation of concrete walls calculated according to a proposed empirical formula made in this work. This formula takes into consideration pulse velocity, wall width, and frequency .This formula is supported on a statistical criteria. The results are evaluated and compared with the values that computed using the most well-known formula, the comparison show compatibility of the results with tolerance of (3%).

***Keywords*:**
concrete, walls, sound, insulation