جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مـدونـة الصـوتيات

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠٣

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخـطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مـدونـة الصـوتيات

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠٣

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

اللجنـــــــــــــــة العليا لمشـــــروع المـــــواصفات الفنيـــة والمدونـــات العراقيـــــــــــة

محمد صـاحب الدراجـــي / وزيـــر الاعمـــــار والاســـــــكان / رئيـس اللجنـــــــــــة

اسـتبرق ابراهيـم الشـــوك / الوكيـــل الاقـدم لـــوزارة الاعمـــــــــار والاســـــــــكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المســتشـــــارين / الامانـة العامة لمجلس الـــــــوزراء

سعـد عبـد الوهـــــــاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسـيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنيـة

حســين مجيـد حســين / مديرعام الهيئة العامة للمباني / وزارة الإعمار والإسكان / مديرالمشـــروع

ريـاض حمـودي الوزيـــر/ مدير عام التخطيط والمتابـــعة / وزارة البلديـات والأشغـال العامـــــة

جـلال حسيـن حســـــن / مدير عام شـركة الرشـــــيد / وزارة الصنـــــاعة والمعـــــادن

لـــــواء كريـــم العبيـــدي/ وزارة البـيـــئـــة

د.نمير خورشيـــد سعـــيد / قسم هندســة البناء والانشـــاءات / الجامعـة التكنولوجيـــــــــــــــة

رعد عبد الجليل عبد الامير/ مدير عام دائرة التصـاميـــم الهندسية / وزارة الموارد المائيـــــــــــة

صـــادق محمـود الشمـــري / مدير عام شـــركة ابن الرشـــــــــد / أمانة بغـــــــــــــــــــداد

خضـير عباس داود/ مديرعام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم/ وزارة العلوم والتكنولوجيـا

الفريـــق العامـــل على إعـــداد مدونـــة الصـــوتيات

الأســـتاذ الدكتور / مقـــداد حيدر الجوادي

المـــدرس الدكتورة / ســـوزان عبد حسن

الأستاذ المساعد الدكتور/ يونس محمود محمد سليم

الفريـــق العامـــل على تدقيـــق مدونـــة الصـــوتيات

المدرس الدكتورة / شـــذى عبد الجبـــار ابراهيم

المدرس الدكتور/ محـــمد علـــي رشـــيد

المدرس المساعد / حنـــان عـــادل خضـــير

اللجنـــــــــــــــة الفنيـــــــــــــــة للمشـــــــروع

الخبير المهندس سعـد عبـد الوهـــاب / رئيس اللجنـــــة

الدكتور المهندس علي عبـــــد الحسيـــــن مجبـــــــل

الدكتور الجيولـوجـي فـــراس فيصـــل عبـد الحمـيـــــد

ر.مهندسين أقدم حســـــيـــن محمـــــد علـــــــــي

الدكتورالمهندس خالـــد احـــمـــد جـــــــــــودي

الدكتورالمهندس خالـــــــد كامـــــــــــــل داود

الدكتورالمهندس رائـــــد رمـــــــزي العمـــــــري

الدكتورالمهندس محمـــــــــد مصلـــح ســـــلمـــان

ر.مهندسين أقدم داود عـــــــــواد حـــــمـــــود

الدكتور المهندس ليـــــث خـــالـــــد كامـــــــــل

ر.مهندسين أقدم نيـــــران حســـــيـــن علـــــوان

ر.مهندســـين جنـــان رضـــــــا محـــــمـــــد

اللجنـــــــــــة الاداريـــــــــــة للمشـــــــــــروع

الخبير المهندس حسين مجيـد حسيـن / مديـرالمشـــروع

الدكتورالمهندس رائـــد حســـــــــــن عبـــــود

م.ر.مهندسيـــن الهـام ابراهيـــم عـــبـد الـــــــرزاق

لجنـــــــــــة متابعـــــــــــة المدونـــــــــــة

الخبير المهنـدس جبار حمزة لطيـــف / رئيـــس اللجنـــة

ر.مهنـدسين أقدم رغـــــــــد صالـح عبـــد العـــزيـــز

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كانَ يَحِقُّ للأُمَمِ والأفرادِ أنْ تفْتخرَ بنتاجِها الفِكْريّ و العِلْميّ مِمّا يُجَلّي مَنْقبَةً ظاهِرةً، أو مَزيَّةً يَصْعُبُ مَرامُها، فلوزارةِ الاعمارِ والاسْكانِ السَّبْقُ والقدْحُ المُعَلَّى في أنْ تكُونَ قد اضْطَلَعتْ بأعباءِ قيادةِ مهمةِ مشروعِ إصدارِ مُدَوَّناتِ ومواصفاتِ البناءِ في العراق.

فانْبرتْ لهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمّاءَ لاتقفُ دُونَها غايةٌ، بأنْ كَلّفتْ أُولي العِرفانِ وأهلِ التحصيلِ في كلّ علمٍ (من عُلُومِ مُدَوَنَّاتِ ومواصفاتِ البناء) مِمَّن هُمْ أهْلٌ للاعدادِ، أَعَانَهم في ذلك نُظراءُ لَهم بالرّأيِ و المَشُورةِ مُدَقِقينَ عَمَلِ أقرانِهم، مُؤازرينَ لَهُم برأيٍ حَصِيفٍ ومَشُورةٍ صَواب .

فَسَارَتْ عَمَلِيّةُ إعْدَادِ كُلّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوَثَّق، مُيَمّمَةً سَمْتَ غايتِها مُقْتَصَّةً أَثَرَ تَجَارب الآخرينَ في مُدَوّنَاتهم، تَنْحُو نَهْجَاً مُسَدَّداً. فَجَاءَتْ حَسَنَةَ الدِّيباجةِ، مُحْكَمَةَ التّبويبِ، مُطَّرَدَةَ الفُصُولِ، جَزِيلَةَ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةَ العِبَارةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأطْرافِ غاياتِها، على النّحوِالذي بَيْنَ يَديّ قَارِئِها.

وما بقيَ على عَاتقِ الغيرِ إلّا الانتفاعُ من عُصَارةِ الفِكْرِ هذهِ بجَلِيلِ المَنفعةِ وأَرْجَاها، وأنْ تَتَضَافرَ الجّهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعِ التّطبيقِ والإلْزامِ، بنيَّةٍ جَازِمةٍ حَازِمةٍ. وعندَ ذلك لَنْ يَغدُوَ المَطْلَبُ صَعْباً في أنْ يأتيَ البناءُ في العراق مُحْكَمَ السّمَاتِ والأشْرَاطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِوالإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوَّنَةَ لَبِنَةً تَرْصُفُها لإعْلاءِ صَرْحِ رايةِ العلمِ والبناءِ في عِراقِنا العزيز، واللهُ المُوفّقُ لِسَواءِ السبيلِ. إنهُ نِعْمَ الهادي ونِعْمَ النصير.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار و الإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة رئيس فريق الاعداد

بتوفيقٍ من الله وفضل وقع إختيار الجهات ذات العلاقة على فريقنا لاعداد مدونة الصوتيات، الذي لم يألُ جهدا في تقديم خبرته لصالح إفادة المهندسين من خلال هذه المدونة بوضع ضوابط وارشادات ستعمل بعون الله (إذا اعتمدت) على تقليل الضوضاء في البيئة العامة للانسان ضمن المباني بما يحقق الراحة الصوتية. اذ أثبتت الدراسات والبحوث العلمية العالمية التأثير الضار للضوضاء صحياً ونفسياً على الانسان، كما أن لها دوراً في تقليل فعالية العمل والتعلم.

تكونت المدونة من عشرة ابواب، واعتمدت في توصيف العمل على التجارب والبحوث الرصينة المحلية والعالمية لتساعد المهندس في اختيار المواد والاساليب الصحيحة المستعملة في العزل الصوتي على مستوى تخطيط المدينة وعلى مستوى تصميم المبنى المنفرد. ويكون ذلك من خلال وضع القواعد والشروط التصميمية الخاصة بالعزل الصوتي والوقاية من الضوضاء، بما يضمن تحقيق الراحة الصوتية للمواطنين في العمل والسكن. كما قدمت هذه المدونة ايضا شروحاً لأساليب و نماذج لبعض التراكيب التي تقلل من تأثير الضوضاء والاهتزازات، وقدمت بيانات و أساليب أخرى للتقليل من الضوضاء والانتقال الصوتي داخل المباني باستعمال القواطع البنائية لاقامة بيئة هادئة مريحة للمواطنين.

ويسر فريق الإعداد وهو يضع بين أيدي المختصين هذه المدونة أن يقدم شكرهُ وتقديرهُ الى اللجنة العليا لمشروع إعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات البناء العراقية وإدارة المشروع وكافة الجهات التي ساهمت وتعاونت معه في إظهار هذه المدونة. كذلك يسره أن يستقبل الآراء والملاحظات التي من شأنها تحسين المدونة مستقبلاً. ومن الله التوفيق.

أ.د. مقداد حيدر الجوادي

رئيس فريق الاعداد

قائمة المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
الباب الاول: توطئة عامة	1/1
1-1 المجال	1/1
1-2 الهدف	1/1
1-3 تعاريف ومصطلحات	1/1
1-4 الرموز	1/10
الباب الثاني: تاثيرات الضوضاء وأنواعها	1/2
2-1 تمهيد	1/2
2-2 الضوضاء	1/2
2-3 التأثيرات السلبية للضوضاء	4/2
2-4 الضوضاء ودرجة الإنزعاج	5/2
2-5 تأثير الضوضاء في فهم البيئة الصوتية والإحساس بالمجال السمعي	6/2
2-6 مناسيب الضوضاء المقبولة عالمياً	7/2
2-7 أنواع المصادر الضوضائية	7/2
2-8 المراجع	11/2
الباب الثالث: ضوضاء المباني	1/3
3-1 تمهيد	1/3
3-2 معايير الضوضاء في انماط المباني	1/3
3-3 المراجع	7/3
الباب الرابع: ضوضاء المرور	1/4
4-1 تمهيد	1/4
4-2 العوامل المؤثرة في تشكيل ضوضاء المرور ونموها	1/4
4-3 مؤشرات قياس ضوضاء المرور	1/4
4-4 الضوضاء وتأثيرات المرور	3/4
4-5 أنماط ضوضاء المرور	4/4
4-6 المعايير المعتمدة لضوضاء المرور	8/4
4-7 المراجع	10/4
الباب الخامس : انتشار الصوت في الفضاء الخارجي	1/5
5-1 تمهيد	1/5

2-5 انتشار الصوت في الفضاء الخارجي	1/5
3-5 طرائق تخفيض انتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي	5/5
4-5 المراجع	13/5
الباب السادس: انتشار الصوت في الفضاء الداخلي	1/6
1-6 تمهيد	1/6
2-6 منسوب ضغط الصوت في الفضاء الداخلي	1/6
3-6 معامل الامتصاص	2/6
4-6 الموجات المستقرة	6/6
5-6 زمن الترديد	7/6
6-6 ثابت الفضاء	10/6
7-6 عامل الاتجاهية وتوهين الصوت	11/6
8-6 الانعكاس	12/6
9-6 المراجع	15/6
الباب السابع: العزل الصوتي بين الفضاءات	1/7
1-7 تمهيد	1/7
2-7 العزل الصوتي بين الفضاءات الداخلية	1/7
3-7 العزل الصوتي بين المركبات البنائية(الجدران،الارضيات والسقوف،الابواب والشبابيك والقواطع المتحركة)	9/7
4-7 المراجع	16/7
الباب الثامن: توهين ضوضاء الاجهزة والتراكيب الخدمية	1/8
1-8 تمهيد	1/8
2-8 مصادر ضوضاء الاجهزة والتراكيب الخدمية	1/8
3-8 توهين ضوضاء المكائن والمعدات عند المصدر	2/8
4-8 توهين مسارانتقال الضوضاء	7/8
5-8 طرائق توهين الضوضاء لانماط المكائن والمعدات	7/8
6-8 حسابات الضوضاء في انظمة توزيع الهواء	12/8
7-8 مناسيب الضوضاء المقبولة من المكائن والمعدات	14/8
8-8 المراجع	15/8
الباب التاسع: السيطرة على الاهتزازات	1/9
1-9 تمهيد	1/9
2-9 معايير الاهتزازات في المباني	1/9

3-9 آليات العزل الاهتزازي	3/9
4-9 انماط العوازل الاهتزازية	6/9
5-9 المراجع	7/9
الباب العاشر: توصيات العزل الصوتي للمباني	1/10
1-10 تمهيد	1/10
2-10 معايير نقصان الصوت بالانتقال	1/10
3-10 معايير انتقال الصوت الصدمي	9/10
4-10 العزل الصوتي للواجهات	15/10
5-10 المراجع	19/10
الملاحق	
الملحق أ اساسيات الصوتيات	أ/1
الملحق ب انواع المواد الصوتية	ب/1
الملحق ت المصطلحات الفنية	ت/1
الملحق ث انماط العوازل الاهتزازية وصفات أدائها واستخداماتها الاساسية	ث/1

الباب الاول

توطئة عامة

1-1 المجال

تشمل هذه المدونة تعاريف ومصطلحاتٍ ورموزاً ذات علاقة بالخصائص الصوتية للمباني وعناصر البناء. كما تشمل طرائق قياس ومعايرة تلك الخصائص، أضافة الى محددات الحد الادنى المقبول للضوضاء ومحددات الحد الادنى لضمان الراحة الصوتية للمواطن، وذلك بعزل الجدران والسقوف للصوت. وتشمل هذه المدونة ايضا معايير البيئة الصوتية ومحددات الضوضاء الخلفية والحد الاعلى لفترات التعرض للضوضاء المهني.

2-1 الهدف

تهدف هذه المدونة الى وضع محددات وأجراء قياسات تتعلق بالخصائص الصوتية للمباني وعناصر البناء اللازمة لإقامة بيئة هادئة غير ضارة وتقديم الحماية للمواطنين في جميع مجالات اعمالهم وفي مساكنهم من تأثير الضوضاء الضار وتوفير الراحة والمتعة لهم في اوقات الفراغ والعمل.

3-1 تعاريف ومصطلحات

1/3-1 الانتقال الجانبي (Flanking Transmission)

هو انتقال الصوت بالهواء من فضاء الى اخر عن طريق ممرات هوائية او فتحات تسمح بانتقاله بين الجدران.

2/3-1 انتقال الصوت (Sound Transmission)

هو انتقال الطاقة الصوتية من وسط الى اخر.

3/3-1 امتصاص الصوت (Sound Absorption)

هو اضمحلال موجات الصوت عند مرورها خلال الوسط او عند اصطدامها بسطح ما، او هو الخاصية التي تمتلكها مادة او وسط ما لامتصاص الطاقة الصوتية.

4/3-1 الامتصاص المكافئ (Equivalent Absorption)

أ- عند تردد صوتي معين يعرف الامتصاص المكافئ لحيز معين بانه حاصل ضرب مساحة سطح ذلك الحيز في معامل الامتصاص الترديدي له، ويقاس بالسابين المتري (Sabin Metric).

ب–اما الامتصاص المكافئ لجسم ما داخل حيز فهو زيادة الامتصاص المكافئ لذلك الحيز الناتجة عن وجود الجسم داخله، ويقاس بالسابين المتري(Sabin Metric).

1-3/5 الموجات المتقدمة (Progressive Waves)

هي الموجات التي يكون انتقال الطاقة بواسطتها في اتجاه انتشارها.

1-3/6 الموجات المحنية (Bending Waves)

هي موجات ذات ازاحة عمودية على اتجاه انتشارها تسير في المنشأ وتدعى ايضا الموجات المستعرضة.

1-3/7 تأثير التوافق (Coincidence Effect)

هو ظاهرة زيادة معامل انتقال الصوت لجدار فاصل عندما يكون طول الموجة من الامواج المنحنية باتجاه الجدار مساويا تقريبا لمسقط طول الموجة من امواج الصوت الواردة باتجاه انتشار الامواج المنحنية.

1-3/8 تخفيض الضوضاء الصدمي(Reduction of Impact Noise)

هو تخفيض منسوب الصوت المنتقل صدميا نتيجة لاستعمال مادة ماصة للصوت مثل النسيج او الصوف الزجاجي او السجادوغيرها، من جهة ارضية قياسية مغطاة بتلك المادة الى الجهة الاخرى منها عند قياس ذلك مختبريا، ووحدة قياسه الديسيبيل(dB).

1-3/9 التردد (Frequency)

يعرف تردد كمية دورية ما بأنه معدل تكرار دورات (Cycles) تلك الكمية في وحدة الزمن، ووحدة قياسه الهيرتز (Hertz)، والهيرتز يساوي دورة واحدة في الثانية ويرمز له بالرمز(Hz).

1-3/10 التردد الحرج (Critical Frequency)

هو التردد الذي تكون عنده سرعة انتشار الموجات المنحنية في ذلك الجدار مساوية لسرعة الصوت في الهواء.

1-3/11 تردد الرنين (Resonance Frequency)

هو التردد الذي يحدث عنده الرنين في نظام ما.

1-3/12 تردد القطع (Cut – off Frequency)

هو تردد الانتقال الصوتي ما بين الارسال والتوهين.

1-3/13 التردید (Reverberation)

هو استمرار وجود الصوت وبقاؤه مدة من الزمن في حيزما بعد انقطاع مصدر ذلك الصوت نتيجة للانعكاسات المتكررة له على حدود ذلك الحيز.

1-3/14 التوهين (Attenuation)

هو تخفيض الضغط الصوتي في اثناء الانتقال من نقطة الى اخرى الناتج عن الانتشار والامتصاص والحيود وغيرها من ظواهر صوتية، ويقاس اما بالنسبة او بالديسيبيل(dB).

1-3/15 الجهارة (Loudness)

هي الاحساس السمعي لشخص بشدة الصوت، ووحدة قياسها الصون (Sone).

1-3/16 حزمة نبرة ثلث التردد (Third Octave Band)

هو مدى التردد الذي تكون فيه نسبة التردد المحدد العلوي الى التردد المحدد السفلي مساوية $\sqrt[3]{2}$.

1-3/17 حزمة نبرة ضعف التردد (Octave Band)

هو نطاق تردد يكون فيه التردد المحدد العلوي مساويا ضعف التردد المحدد السفلي، ويميز ذلك النطاق بالتردد الواقع في مركزه.

1-3/18 حساسية الحقل الحر للميكروفون (Free Field Sensitivity of Microphone)

هي نسبة الخرج الكهربائي للميكروفون مقيساً بطريقة معينة الى ضغط الصوت الناتج من موجات صوت مستوية تدريجية غير معترضة عندما يكون الميكروفون مثبتا خلالها بزاوية معينة.

1-3/19 حساسية الوقوع العشوائي (Random Incidence Sensitivity)

هي جذر متوسط مربعات قيم حساسية الحقل الحر لذلك الميكروفون لجميع زوايا الوقوع.

1-3/20 الحقل الترديدي (Reverberant Field)

هو حقل صوت ناتج من تجمع عدة موجات صوتية بسبب انعكاسات مكررة لموجات الصوت عند حدوده.

1-3/21 الحقل الحر (Free Field)

هو حقل الصوت الذي تعتبر معاملات انعكاس الصوت على سطوحه مساوية صفراً.

1-3/22 الحقل المباشر (Direct Field)

هو ذلك الجزء من الحقل الصوتي الذي يسود فيه الصوت المباشر.

1-3/23 الحقل الناشر (Diffuse Field)

هو حقل صوت ذو كثافة طاقة صوتية منتظمة، وفيه تكون اتجاهات انتشار الموجات الصوتية عشوائية.

1-3/24 الدرجة (Pitch)

هي صفة ذاتية للنغمة يمكن بدلالتها ترتيب الصوت على مقياس له علاقة مبدئية بالتردد.

1-3/25 تدفق الطاقة الصوتية (Sound Energy Flux)

يعرف تدفق الطاقة الصوتية باتجاه معين بانه معدل انسياب الطاقة الصوتية في وحدة الزمن عموديا على وحدة المساحة.

1-3/26 دليل الاتجاهية (Directivity Index)

يساوي عشرة امثال اللوغاريتم للاساس عشرة لعامل الاتجاهية.

1-3/27 دليل تخفيض الصوت (Sound Reduction Index)

يعرف دليل تخفيض الصوت لعنصر بناء عند تردد معين وفي ظروف محددة بانه عشرة امثال اللوغاريتم للاساس عشرة لمعكوس معامل انتقال الصوت لذلك العنصر في تلك الظروف، ووحدة قياسه الديسيبيلdB .

1-3/28 الديسيبيل (Decibel)

هو عشرة بيل (Bel) ويرمز له بالرمز (dB).والبيل يساوي اللوغاريتم للاساس عشرة للنسبة بين كميتي القدرة.

1-3/29 الرنين (Resonance)

هو تقوية استجابة نظام فيزيائي لاثارة دورية (Periodic Excitation) عندما يكون تردد تلك الاثارة مساويا للتردد الطبيعي (Natural Frequency) لذلك النظام.

1-3/30 زمن الترديد (Reverberation Time)

يعرف زمن ترديد الصوت لفضاء ما بانه الزمن اللازم لاضمحلال منسوب ضغط الصوت داخله بمقدار60dB مقيساً من لحظة توقف مصدر الصوت، ووحدة قياسه الثانية.

1-3/31 السابين (Sabin)

هو وحدة قياس امتصاص الصوت. ويعرف السابين المتري بانه المساحة المكافئة في الامتصاص لسطح مساحته تساوي مترا مربعا واحدا يمتص الصوت امتصاصا كاملا.

1-3/32 سرعة الجسيم (Particle Velocity)

تعرف سرعة الجسيم الناتجة من الامواج الصوتية بانها سرعة جزء متناه في الصغر من الوسط بالنسبة للوسط كله.

1-3/33 السرعة الحجمية (Volume Velocity)

هي معدل الانسياب المتناوب للوسط خلال سطح معين بسبب الموجات الصوتية.

1-3/34 السلم الموسيقي (Musical Scale)

هو سلسلة من النغمات تبدأ من نغمة معينة وتنتهي بجواب تلك النغمة وتكون مقسمة الى مسافات مخصصة للدرجة (Pitch)،مختارة لغرض موسيقي معين.

1-3/35 شدة الصوت (Sound Intensity)

تعرف شدة الصوت في اتجاه معين بانها تدفق الطاقة الصوتية خلال وحدة المساحة في وحدة الزمن في اتجاه عمودي على ذلك الاتجاه.

1-3/36 الصدى (Echo)

هو الصوت الذي يصل الى السامع منعكسا من سطح ما بعد مدة زمنية من وصول الصوت المباشر الى ذلك السامع سواء بعد انعكاس واحد او عدة انعكاسات، ويكون السامع مميزاً له كأنه تكرار للصوت الاصلي.

1-3/37 الصدى المتكرر (Flutter Echo)

هو صدى متتابع ذو معدل سرعة منتظمة.

1-3/38 صنف انتقال الصوت (Sound Transmission Class)

يعرف صنف انتقال الصوت لجدار فاصل بين غرفتين بانه معيار رقمي مشتق من قيم نقصان الصوت بالانتقال خلال ذلك الجدار الفاصل، ووحدة قياسه الديسيبيلdB .

1-3/39 صنف عزل الصوت الصدمي (Impact Insulation Class)

يعرف صنف عزل الصوت الصدمي لارضية ذات تكوين معين تشكل سقفاً، بانه عدد يعبر عن فعالية تلك الارضية في عزل الصوت الصدمي ووحدة قياسه الديسيبيلdB.

1-3/40 الصوت (Sound)

هو اهتزاز او حركة ميكانيكية مولدة في وسط مرن له ميزة اثارة العصب السمعي.

1-3/41 الصوتيات (Acoustics)

هي العوامل التي تحدد خصائص الحيز الفضائي فيما يتعلق بالاداء الصوتي فيه.

1-3/42 الصون (Sone)

هو وحدة قياس جهارة الصوت على مقياس(Scale) مصمم ليعطي ارقام قياس تتناسب بصورة تقريبية مع جهارة الصوت.

1-3/43 الضوضاء (Noise)

هي الاصوات غير المرغوب في سماعها، وتكون ذات ترددات مختلفة تؤدي الى الاحساس بالانزعاج لدى السامع عادةً.

1-3/44 الضوضاء البيضاء (White Noise)

هي ضوضاء ذات مدى واسع من الترددات تكون كثافة طيفها(Spectral Density) ثابتة في ذلك المدى.

1-3/45 ضوضاء الخلفية (Background Noise)

هي الضوضاء الناتجة من جميع مصادر الصوت المحيطة باستثناء الصوت المعني.

1-3/46 ضغط الصوت (Sound Pressure)

هو الضغط الناتج من وجود موجات الصوت في وسط معين، ووحدة قياسه النيوتن/المتر المربع N/m^2 او الباسكال Pascal.

1-3/47 طول الموجة (Wavelength)

هو المسافة بين قمتين متتاليتين في نفس الطور.

1-3/48 عامل الاتجاهية (Directivity Factor)

أ- هو نسبة شدة الصوت المشع عند اي نقطة بعيدة تقع على محور مرجعي الى معدل مجموع قيم شدة الصوت في جميع الاتجاهات في الفراغ وعلى البعد نفسه من المركز الفعال لمصدر الصوت.

ب–اما عامل اتجاهية الميكروفون عند تردد معين فهو مربع نسبة حساسية الحقل الحر باتجاه مرجعيالى حساسية الوقوع العشوائي.

49/3-1 عرض الحزمة (Bandwidth)

أ– يعرف عرض حزمة تردد مستمر بانه الفرق بين الترددات المحددة ويقاس بالهيرتز (Hz).

ب–يعرف عرض حزمةلاداة معينة بانه مدى الترددات التي تعمل ضمنها الاداةبحسب خاصية ما ضمن حدود معينة، ويقاس بالهيرتز (Hz).

ج–يعرف عرض الحزمة لنظام صوتي نموذجي له استجابة منتظمة بين ترددين وله توهين غير محدود (infinite attenuation)بانه مدى الترددات الواقعة بين ترددات صوت محددة (cut-off sound frequencies) معبرا عنه بالهيرتز (Hz).

50/3-1 عزل الصوت (Sound Insulation)

أ– يعرف عزل الصوت بانه الوسيلة التي تتخذ لتخفيض الطاقة الصوتية المنتقلة من جهة الى جهة اخرى.

ب–يعرف العزل الصوتي لجدار ما بانه مقاومة ذلك الجدار لانتقال الصوت من احدى جهتيه الى الاخرى.

51/3-1 عزل الصوت الصدمي (Impact Sound Insulation)

يعرف عزل الصوت الصدمي لارضية معينة بانه خاصية تلك الارضية في معارضة انتقال الصوت الصدمي من احدى جهتيها الى الاخرى عند قياس ذلك مختبرياً، ووحدة قياسه الديسيبل(dB).

52/3-1 عزل الواجهة للصوت (Sound Insulation of Facade)

يعرف عزل واجهة غرفة ما للصوت بانه خاصية تلك الواجهة التي تعمل في تخفيض الصوت الوارد من خارجها عند مروره خلالها الى داخل الغرفة ويقاس بالديسيبل(dB).

53/3-1 العقدة (Node)

هي النقطة أو الخط أو المستوى لنمط من التداخل يكون فيه مقدار ضغط الصوت او (سرعة الجسيم)مساويا صفرا او مساويا الحد الادنى، وتدعى تلك العقدة عندئذ عقدة الضغط او (عقدة السرعة).

54/3-1 الغرفة عديمة الصدى (Anechoic Room)

هي غرفة تصمم سطوحها الداخلية لامتصاص الصوت بحيث يكون شبيهابالحقل الحر وتكون معزولة عن الاصوات الخارجية عزلا جيدا.

55/3-1 الفون (Phon)

هو وحدة قياس منسوب جهارة الصوت عندما تكون نغمة الصوت القياسية النقية ناتجة عن موجة صوتية متقدمة مستوية وجيبية قادمة للسامع من أمامه مباشرة وذات تردد يساوي 1000 هيرتز. ويكون منسوب ضغط الصوت في الموجة المتقدمة الحرة معبراً عنه بالديسيبل باعتبار القيمة المرجعية لضغط الصوت مساوية $(2\times10^{-5})N/m^2$. كما يكون السامع منصتاً لها بكلتا أذنيه، ويعبر عن العلاقة بين مقياس الفون ومقياس الصون بالمعادلة التالية:

$$P = 40 + 10 \log 2^{*S} \qquad \textbf{(1/3-1)}$$

حيث:-

P=(Phon) الفون

S= (Sone) الصون

56/3-1 قدرة الصوت (Sound Power)

هي الطاقة الكلية المشعة من ذلك المصدر في وحدة الزمن، ووحدة قياسها الواط (W).

57/3-1 الكمية الدورية (Periodic Quantity)

هي كمية اهتزازية (Oscillatory quantity) تتكرر قيمتها بعد مدد زمنية متساوية.

58/3-1 المرشح (Filter)

هو أداة تمرر الطاقة الصوتية عند ترددات معينة، وتوهنها عند الترددات الاخرى.

59/3-1 معامل امتصاص الصوت (Sound Absorption Coefficient)

يعرف معامل امتصاص عنصر بناء للصوت بأنه نسبة الطاقة الصوتية التي يمتصها ذلك العنصر الى الطاقة الصوتية الواردة اليه ويقاس في حقل صوت ترديدي.

1-3/60 معامل انتقال الصوت (Sound Transmission Coefficient)

يعرف معامل انتقال الصوت لسطح ما بانه نسبة الطاقة الصوتية المنتقلة عبر ذلك السطح الى الطاقة الصوتية الساقطة عليه.

1-3/61 مقدمة الموجة (Wave Front)

هي سطح مستمر تكون جميع النقاط المكونة له بنفس الطور.

1-3/62 الممانعة الصوتية (Acoustic Impedance)

تعرف الممانعة الصوتية بانها النسبة بين ضغط الصوت والسرعة الحجمية خلال سطح معين.

1-3/63 المنسوب (Level)

يعرف منسوب كمية لها علاقة بالقدرة بانه نسبة تلك الكمية الى كمية مرجعية من النوع نفسه مقيسة بالديسيبل(dB).

1-3/64 منسوب الجهارة (Loudness Level)

يعتبر منسوب جهارة صوتٍ ما مساوياً لمنسوب ضغط الصوت لنغمة نقية قياسية ذات تردد معلوم يعتبرها السامع مساوية في الجهارة للصوت الذي يراد معرفة منسوب جهارته، ووحدة قياسه الفون (Phon).

1-3/65 النغمة المتأرجحة (Warble Tone)

هي النغمة الصوتية التي يتغير ترددها باستمرار وبطريقة منتظمة ضمن حدود معينة.

1-3/66 النغمة النقية (Pure Tone)

هي موجات صوتية يتغير ضغطها مع الزمن (t) تغيرا جيبياً بسيطاً. ويمكن التعبير عنها بالمعادلة:

$$P(t) = P_o Sin\ (wt) \qquad \textbf{(2/3-1)}$$

حيث:-

P(t)= ضغط الصوت اللحظي كدالة للزمن ويقاس بالباسكال (P)

P_o= القيمة القصوى للضغط بالباسكال (P)

w= التردد الزاوي بالزاوية نصف قطرية

t= الزمن بالثواني (s)

67/3-1 نقصان الصوت بالانتقال (Sound Transmission Loss)

يعرف نقصان الصوت بالانتقال لجدار يفصل بين غرفتين بانه خاصية ذلك الجدار في عزل الصوت و وحدة قياسه الديسيبل(dB).

68/3-1 نمط التداخل (Interference Pattern)

هو التوزيع الفراغي لضغط الصوت (او السرعة الحجمية) الناتج من اضافة موجات صوت تدريجية متساوية في التردد.

4-1 الرموز (Symbols)

A =المساحة المكافئةفي الامتصاص بالسابين المتري.

Ao = المساحة المكافئة المرجعية في الامتصاص وتساوي 10 سابين متري.

ΔA = الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص لغرفة نتيجة ادخال عينة الاختبار اليها بالسابين المتري.

c=سرعة الصوت بالمتر/ ثانية.

d=معدل تضاؤل منسوب ضغط الصوت بالديسيبل/ ثانية.

Dn =نقصان الصوت بالانتقال بالديسيبل.

f = التردد بالهيرتز.

$f$res= تردد الرنين بالهيرتز.

g= التعجيل الارضي بالنيوتن.

L = منسوب ضغط الصوت بالديسيبيل.

L_{eq} = متوسط منسوب ضغط الصوت المكافئ بالديسيبيل.

Leq`1 = منسوب ضغط الصوت المكافئ داخل الغرفة بالديسيبيل.

Leq`2= منسوب ضغط الصوت المكافئ خارج الغرفة وعلى بعد مترين من الواجهة بالديسيبيل.

L_{RIN} =متوسط منسوب ضغط الصوت الصدمي في الغرفة المستقبلة للصوت بالديسيبيل.

L_n = منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير بالديسيبيل.

$(L_n)_1$ = متوسط منسوب الصوت الصدمي المعاير قبل ادخال العينة بالديسيبيل.

$(L_n)_2$ = متوسط ضغط الصوت الصدمي المعاير بعد ادخال العينة بالديسيبيل.

L_{OUT} = متوسط منسوب ضغط الصوت أمام الواجهة مباشرة من الخارج بالديسيبيل.

L_{IN}= متوسط منسوب ضغط الصوت داخل الغرفة التي تشكل الواجهة جداراً جانبياً لها بالديسيبيل.

L_w = منسوب قدرة الصوت بالديسيبل.

ΔL =تخفيض الصوت الصدمي الناتج من تغطية ارضية بعنصر بناء بالديسيبيل.

m = معامل الامتصاص (dB/km) ، او كتلة الجدار السطحية (kg/m^2)

n = عدد النقاط التي يقاس عندها منسوب ضغط الصوت.

P_{ref} = ضغط الصوت المرجعي ويساوي (2×10^{-5})نيوتن/المتر المربع.

P_n = ضغط الصوت عند النقطة (n) بوحدة نيوتن/المتر المربع.

P(t) = ضغط الصوت المتغير مع الزمن بالنيوتن/المتر المربع.

R = دليل تخفيض عنصر البناء للصوت بالديسيبيل.

R'=عزل الواجهات للصوت بالديسيبيل.

S = مساحة السطح بالمتر المربع.

T = زمن ترديد الغرفة للصوت بالثانية.

T_o= زمن ترديد الصوت المرجعي للبيوت السكنية ويساوي 0.5 ثانية.

T_1 = معدل زمن ترديد الغرفة للصوت قبل وضع العينة فيها بالثانية.

T_2= معدل زمن ترديد الغرفة للصوت بعد وضع العينة فيها بالثانية.

T_i = زمن التكامل لايجاد منسوب ضغط الصوت المكافئ بالثانية.

V = الحجم الداخلي للحيز بالمتر المكعب.

α = معامل امتصاص المادة للصوت كنسبة مئوية او كسر عشري.

ϴ= الزاوية المحصورة بين العمودي على سطح الواجهة ومحور مصدر الصوت الخارجي بالدرجات الستينية.

λ = طول موجة الصوت بالمتر.

λ_B = طول موجة الصوت المنحنية في الجدار بالمتر.

STC =صنف انتقال الصوت بالديسيبيل.

E = معامل المرونة (Young`s modulus) لمادة الجدار بالنيوتن /المتر المربع.

σ = نسبة بواسون (Poisson`s ratio) لمادة الجدار.

ρ = كثافة كتلة مادة الجدار بالكيلوغرام / متر مكعب.

Ca =سرعة الصوت في الهواء بالمتر/ثانية.

C_w =سرعة الصوت في مادة الجدار بالمتر/ثانية.

h=سمك الجدار بالمتر.

λn = اللوغاريثم الطبيعي (Natural logarithm) وهو اللوغاريثم للاساس (e).

π = النسبة الثابتة (3.14).

dB = وحدة قياس منسوب ضغط الصوت.

IIC = صنف عزل الصوت الصدمي بالديسيبل (Impact sound insulation class).

AI = دليل اللفظ الواضح (Articulation index) بالنسبة المئوية.

SIL = منسوب تداخل الكلام (Speech interference level) بالديسيبل dB.

PSIL = منسوب تداخل الكلام المفضل بالديسيبل dB(Preferred speech interference level).

NC = معيار الضوضاء (Noise criteria) بالديسيبل dB.

PNC = معيار الضوضاء المفضل (Preferred noise criteria) بالديسيبل dB.

F_{eq}= عامل التعرض المكافئ للضوضاء.

t_i= زمن التعرض رقم (i)للضوضاء ذي المنسوب المعلوم بالثانية.

λ_i= زمن التعرض رقم (i) المسموح به للضوضاء ذي المنسوب المعلوم بالثانية.

NR = معايرة الضوضاء (Noise rating) بالديسيبل dB.

الباب الثاني

تأثيرات الضوضاء وأنواعها

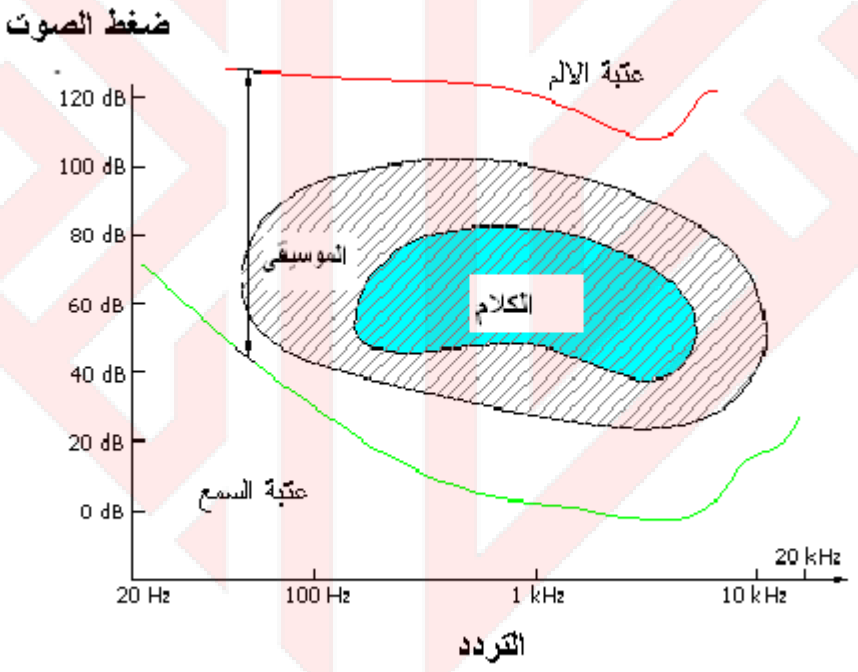
1-2 تمهيد

يتناول الباب الثاني معلومات أساسية عن الضوضاء وتأثيراتها السلبية في الانسان. مع توضيح لأبرز أنواع الضوضاء ومصادرها، وتأثيرها في تلقي البيئة السمعية من قبل الانسان وأبرز التوصيات لمناسيب الضوضاء المقبولة.

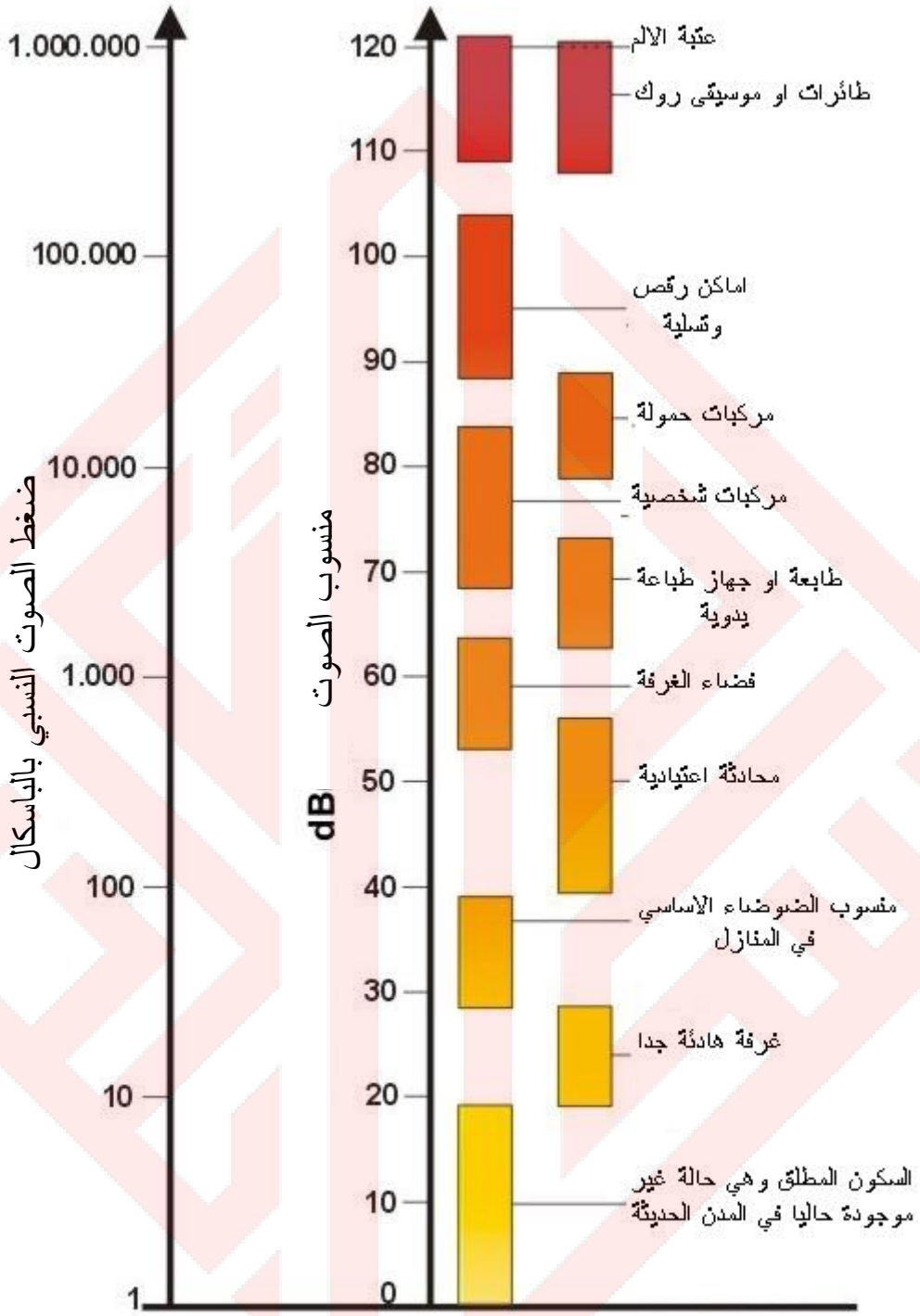
2-2 الضوضاء

1/2-2 حدود سماع الانسان

يستطيع الانسان أن يسمع مدىً واسعاً من الترددات ومناسيب شدة صوت مختلفة، فالأذن البشرية يمكنها أن تسمع الصوت الذي يبلغ تردده بين 20 Hz و(يطلق عليه اسم عتبة السمع)، حتى حد سمع يبلغ تردده 20 kHz (ويطلق عليه اسم عتبة الالم او عدم الارتياح). إلا أنه أكثر تحسساً للترددات التي تقع بين (4000-500) Hz، وهو صوت الكلام الاعتيادي، ويقع نطاق منسوب ضغط الصوت المسموع من (0-120) dB. كما هو مبين في الشكلين (1/2-2) و(2/2-2) [1 ،ص17]



الشكل (1/2-2) حدود سمع الانسان [2، ص2.4.1]



الشكل (2/2-2) منسوب الصوت ومعدلات ضغط الصوت لعدد من مصادر الضوضاء [2، ص2.4.1]

2/2-2 ظاهرة الضوضاء

ظاهرة الضوضاء غير محددة الابعاد، حيث تذكر بعض المصادر الصوتية أن قسماً من مناسيبها قد يكون مقبولاً من قبل مستمع وغير مرغوب فيها من قبل آخر اعتماداً على الشخص المستمع نفسه. ان أبرز مسببات الضوضاء يمكن تلخيصها فيما يلي:

2-2/2/1 وسائل النقل المختلفة العامة والخاصة من سيارات ومركبات متوسطة وكبيرة و دراجات نارية وغيرها مما تكتظ به الشوارع في المدن.

2-2/2/2 الطائرات لاسيما الطائرات النفاثة إذ ان كثيراً من المطارات (بسبب التوسع العمراني) أصبحت قريبة من المدن فضلاً عن طيران الطائرات فوق المدن.

2-2/2/3 عمليات البناء المختلفة والإنشاءات وإقامة الخدمات.

2-2/2/4 الأجهزة المستعملة في المنازل، كالتلفاز، والراديو، وآلات تنظيف والطبخ وغيرها.

2-2/2/5 الضوضاء الصادرة من الصناعات المختلفة كالحدادة والنجارة وغيرها.

2-2/2/6 المناطق أو الساحات العامة وتشمل الأسواق الصغيرة والكبيرة والشوارع وساحات الوقوف وما يصاحبها من أجهزة ومعدات ملحقة بها وخدمات أخرى .[3 ،ص11]

3/2-2 أنواع الضوضاء

1/3/2-2 الضوضاء الشاملة Ambient Noise

وهي جميع الأصوات الموجودة في بيئة معينة. ومن الممكن قياس منسوب الضوضاء الشاملة في أي لحظة مع اختلاف مناسيبها بحسب الوقت خلال اليوم الواحد. وتحتوي على ضوضاء مستقرة (حركة الأشخاص في الشوارع) وضوضاء غير مستقرة (الضوضاء الصادرة من المعامل، حركة السيارات، و القطارات و صفاراتها وغيرها).

2/3/2-2 الضوضاء النبضية (Impulsive Noise)

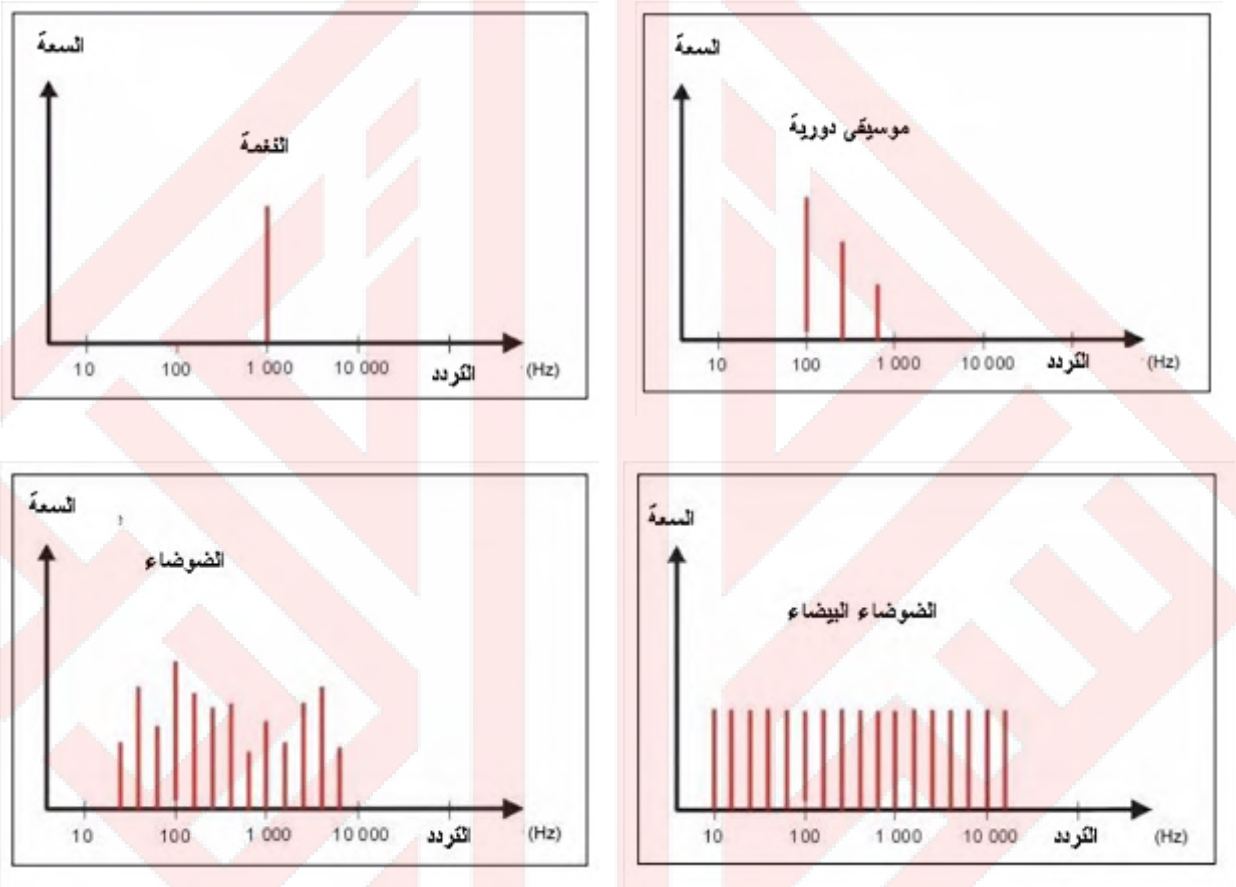
تكون متقطعة ونبضية وتؤثر فى الإنسان أكثر من الضوضاء المستمرة التى تساويها في نسبة الضوضاء، وذلك لتأثيرها المفاجئ. وتشمل الآلات المستعملة في الإنشاءات، وآلات دق الأسس والركائز، و تكون عالية الصوت ولفترة قصيرة ولها منسوب معين يتحمله الانسان وزيادتها تعرضه للخطر.

3/3/2-2 الضوضاء العابرة (Transient Noise)

وهي تكون مستمرة وذات منسوب متغير ومقدار منسوبها يعتمد على تردد الضوضاء لبعد المصدر عن منطقة الاستقبال وتمثل حركة الطائرات والشاحنات والقطارات بكل انواعها.

4/3/2-2 الضوضاء البيئية (Environmental Noise)

وهي مجموع الضوضاء الصادرة من مصادر مختلفة للضوضاء الخارجية والتي تؤثر على الشخص السامع بصورة مباشرة ويزداد منسوبها اذا دخلت الى فضاءات مغلقة بسبب انعكاس الصوت من الجدران المغلقة وسقوف الابنية المجاورة للمصدر، وتشمل حركة المرور في الشوارع، وحركة القطارات، وحركة الطائرات، وأصوات المصانع وأصوات أعمال البناء. [4] انظر الشكل (3/2-2).



الشكل (3/2-2) المخطط الطيفي لنغمة بتردد 1000 Hz، موسيقى دورية، ضوضاء (مركبات)، والضوضاء البيضاء [2 ، ص2.1]

3-2 التأثيرات السلبية للضوضاء

1/3-2 التأثيرات الصحية

تؤثر الضوضاء في الصحة العامة للانسان ويمكن أن تحدد بنوعين رئيسين هما: –

1/1/3-2 الأضرار السمعية: تقلل الضوضاء القدرة السمعية، إما موقتاً أو دائماً، وتسبب الاجهاد للانسان المتأثر بها في حالته الاعتيادية أو اللاارادية عند النوم. كما تولد الضوضاء فقدان السمع كلياً أو جزئياً عند

التعرض المستمر لها أو المفاجيء عندما تكون بمنسوب مرتفع. فالتعرض المستمر مثلاً لمدة ثماني ساعات لمنسوب ضوضاء أكثر من 85 dB يعتبر خطراً على سمع الانسان ويولد فقدان السمع موقتاً او دائمياً.

2/1/3-2 الأضرار غير السمعية: تؤثر الضوضاء على انشطة الجسم المتنوعة وتحدث تاثيرات ضارة عند التعرض المستمر لمنسوب صوت اكثر من 85 dB. ومن هذه التأثيرات الضارة على نشاط القلب حيث تتقلص الاوعية الدموية وتتباطأ دقات القلب ليتحضر القلب لاعادة ضخ الدم مرة ثانية بكمية كبيرة لتعويض النقص مما يؤدي في حالة التكرار الى عدم أنتظام دقات القلب والذي يسبب الاذى للأوعية الدموية. ومنها التاثير على نظام حركة الامعاء والمعدة حيث يولد التعرض المستمر للضوضاء خللاً في تنظيم عمل هذه الاجهزة. ومنها أيضا تأثيرات هرمونية مختلفة.[5]

2/3-2 تأثيرات عملية – صحية

تولد الضوضاء آثاراً صحية سيئة تهبط بمستوى انتاج الفرد منها:

2-3/2/1 تأثيرات نفسية مثل الشعور بالضيق والعصبية وسرعة الغضب وغيرها من الأعراض التي تصيب الاشخاص.

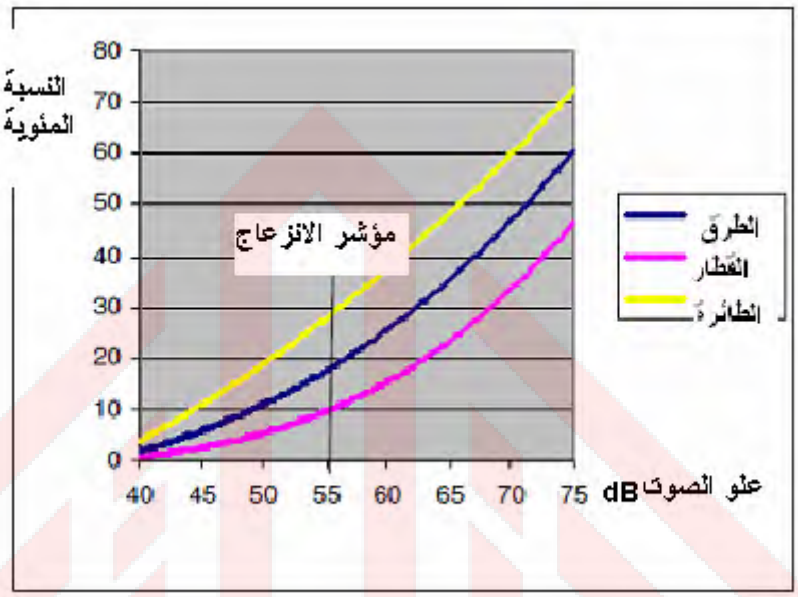
2-3/2/2 نقص المقدرة على التركيز عند أداء الأعمال الذهنية التي تتطلب صبراً أو دقة في العمل مثل العمليات الحسابية.

2-3/2/3 صعوبة التخاطب و يلاحظ ذلك في الأماكن التي تنتشر فيها الضوضاء حيث لا يستطيع المخاطب سماع الأصوات نظراً لاختلاطها بالضوضاء.

2-3/2/4 التأثيرات العصبية الفسيولوجية وهي التي تؤثر على إنتاج العاملين و ينشأ منها قدر من الأخطاء في أداء العمل.[5]

4-2 الضوضاء ودرجة الانزعاج

أكثر المشاكل المتعلقة بالضوضاء هي الانزعاج وهو ما يُعرف بأنه شعور الانسان بعدم الارتياح او التوتر من الضوضاء، والذي قد ينشأ من اصوات الناس مثل اصوات الجيران وغيرهم او من أصوات المكائن والمركبات والطائرات. وقد اظهرت دراسة لمنظمة الصحة العالمية أن شعور الانسان بالانزعاج يبدأ من منسوب 55 dB وان نسبة 30% من الناس ينزعجون من ضوضاء الطائرات و 20% من ضوضاء الطرق و 10% من ضوضاء القطارات كما مبين في الشكل (2-4/4) كما ان البعض الاخر يتولد لديهم الشعور بالانزعاج من منسوب ضوضاء 40 dB فما فوق. [6]



الشكل (2-4/4) نسبة الانزعاج بسبب الضوضاء لدى المتعرضين لها في المناطق السكنية.[6]

يعتمد الازعاج المتولد من الضوضاء على عدد من العوامل المرتبطة بالصوت الضوضائي وكما يلي:

2-1/4 شدة الضوضاء والمناسيب التي يتعرض لها الانسان، اذ كلما زادت شدة الصوت زاد الانزعاج.

2-2/4 جهارة الضوضاء، اذ كلما زادت جهارة الضوضاء زاد الانزعاج المتولد منها.

2-3/4 تردد الضوضاء، اذ يزداد الازعاج بزيادة تردد الضوضاء وعدم انتظامها.

2-4/4 نغمة الصوت، ان الاصوات ذات النغمة النقية أكثر ازعاجاً من النغمات المتعددة.

2-5/4 الاصوات المفاجئة وغير المتوقعة اكثر خطورة من الضوضاء المستمرة و المستقرة.

2-6/4 طول فترةالتعرض، إذ كلما زادت مدة التعرض للضوضاء زادت خطورتها. [6]

2-5 تأثير الضوضاء في فهم البيئة الصوتية والاحساس بالمجال السمعي

تؤثر الضوضاء في فهم الانسان للاصوات والمحادثات ضمن بيئته الصوتية، وخصوصاً في حالة وجود ضوضاء الخلفية، و الجدول (2-1/5) يوضح درجة تأثير منسوب ضوضاء الخلفية في فهم الاتصال والاستجابة الواعية والتي تحدد بدورها درجة التأثر والانزعاج. ان وجود ضوضاء الخلفية غير المرغوب فيها يؤثر في اتصال الشخص مع الآخرين، وهذا الاتصال له نطاق يدرك فيه الصوت تحدده المسافة بين الاشخاص مع مقدار شدة الصوت الكافية لسماع صوت المتكلم. [7 ، ص70-91]

الجدول (2-1/5)

مقياس درجة التأثير لمنسوب الضوضاء الخلفية

منسوب ضوضاء الخلفية (dB)	درجة التأثير
اقل من 25	هادىء جداً
45-35	هادىء– متوسط
50-45	ضوضاء
55-50	ضوضاء عالية
70-55	ضوضاء عالية جداً

2-6 مناسيب الضوضاء المقبولة عالمياً

قدمت منظمة الصحة العالمية في عام 1999 توصياتٍ دوليةً متعلقةً ببحوث أجرتها المنظمة عن أضرارضوضاء المجتمع وضوضاء المصانع وضوضاء وسائط النقل العامة من مركبات و قطارات على صحة الانسان وكيفية تحقيق اختيارات استعمال الاراضي لتوفير اماكن هادئة. ومن أبرز توصيات منظمة الصحة العالمية (عند تخطيط المدن والأستعمال العام لها) في مشروع طرق النقل البيئية المستدامة في عام 2000 م هي:–

1/6-2 التعرض الضوضائي ليلاً

اوصت منظمة الصحة العالمية بضرورة انخفاض مناسيب الضوضاء التي يتعرض لها الانسان ليلاً بمقدار 10 dB عن النهار. وتقاس قيمة الضوضاء التي يتعرض لها الانسان معياريا اعتماداً على وجود مصدر ضوضاء واحد خلال الفترة التي ينام فيها الانسان، وهو الوقت بين الساعة 10 مساءاً الى الساعة 6 صباحاً، على ان لا يزيد مقدار الضوضاء عن 30 dB كمعدل عام في مدة النوم اعتماداً على توفير العزل الصوتي المناسب في بناء المساكن. كما يمكن ان تزداد هذه القيمة في فضاء الشارع فتصل الى 45 dB كحد اعلى.

2/6-2 التعرض الضوضائي نهاراً

اكثر ما يكون اشتداد الضوضاء وتنوعها في النهار والمساء، فتقلل من سهولة فهم المحادثات والتركيز في الاعمال اليومية المطلوبة، ولهذا وضعت قيمة تعرض ضوضائي لاتزيد عن 65 dB في الاماكن المزدحمة مثل الاماكن التجارية، و50-55 dB في المناطق السكنية.[8]

7-2 أنواع المصادر الضوضائية

تقسم مصادر الضوضاء الى ثلاثة أنماط أساسية هي:–

1/7-2 المصدر النقطي (Point Source)

تتمثل المصادر النقطية بموقع ماكنة مولدة للضوضاء (مثل مكائن التبريد والمولدات الكهربائية). إذ ينتشر الصوت كروياً لدى ابتعاده من المصدر النقطي بشكل تام فتكون الطاقة الصوتية في أي اتجاه متناسبة عكسياً مع الزيادة في المساحة الكروية للانتشار (بحسب قانون التربيع العكسي) .

فإذا كان المصدر الصوتي صغيراً بالمقارنة مع المسافة التي تفصل بينه والمتلقي (أو المستمع) فأنه يدعى بالمصدر الصوتي النقطي. ويكون منسوب الضغط الصوتي بنفس المقدار لجميع النقاط التي تقع على نفس البعد عن المصدر الصوتي، وهو يتناقص بمقدار 6 dB عندما تتضاعف المسافة. ويستمر التناقص بنفس القيمة حتى يتأثر منسوب الضغط الصوتي بالتوهين الحاصل بواسطة الارض أو الهواء ويغير قيمة المنسوب ويمكن حساب منسوب الضغط الصوتي في نقطة تبعد مسافة مقدارها (r) عن مصدر صوتي نقطي غير أتجاهي في الحقل الحر بأستعمال المعادلتين التاليتين:- [1،ص62]

$$L_p = L_w - 20\text{Log}_{10}(r) - 11\ \text{dB} \qquad \textbf{(1/7-2)}$$

$$L_{p_2} = L_{p_1} - 20\text{Log}\frac{r_2}{r_1} \qquad \textbf{(2/7-2)}$$

حيث:

L_w = منسوب قوة الصوت للمصدر النقطي قرب مستوى سطح الأرض(dB)

L_p = منسوب الضغط الصوتي (dB)

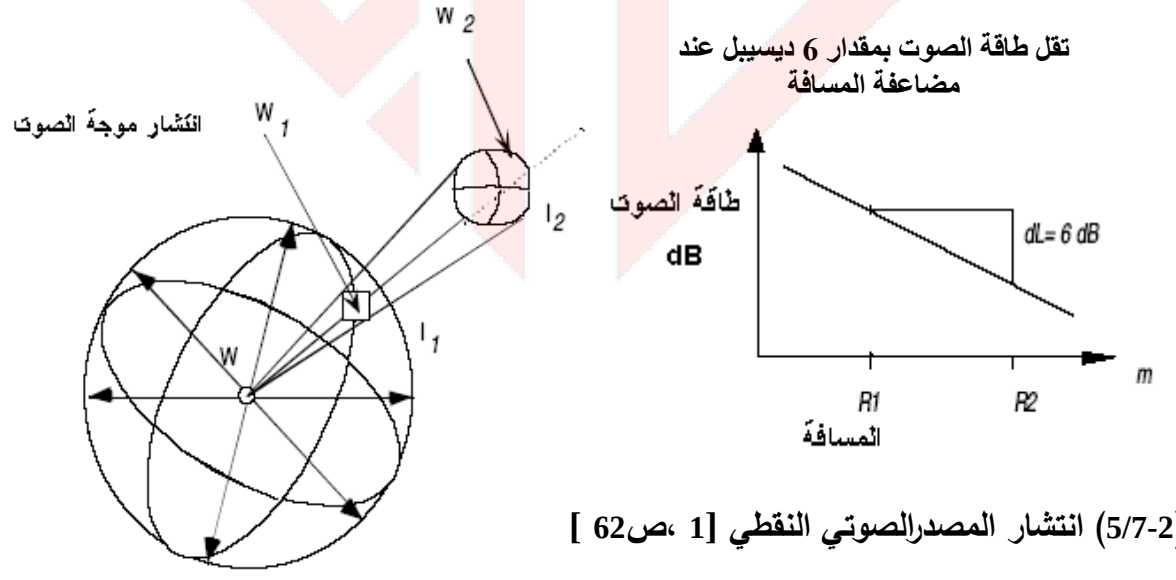
r = المسافة عن المصدر الصوتي (m)

r_1 = المسافة الاولى عن المصدر الصوتي (m)

r_2 = المسافة الثانية عن المصدر الصوتي (m)

L_{p1} = منسوب الضغط الصوتي في المسافة الاولى عن المصدر الصوتي (dB)

L_{p2} = منسوب الضغط الصوتي في المسافة الثانية عن المصدر الصوتي (dB)

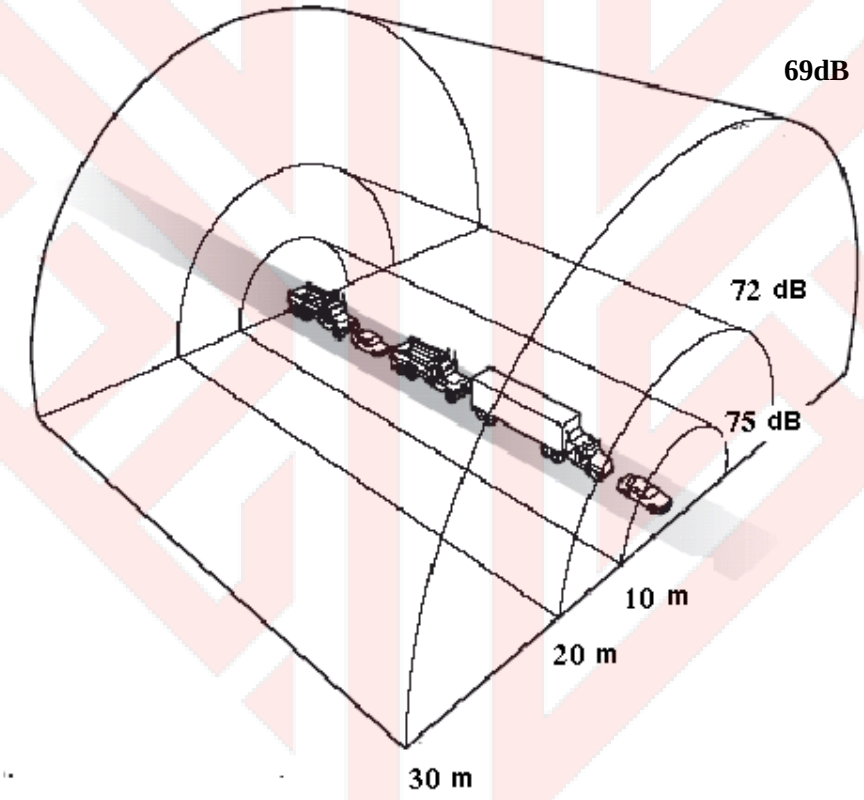


الشكل (5/7-2) انتشار المصدرالصوتي النقطي [1 ،ص62]

2/7-2 المصدر الخطي (Line Source)

وهو مصدر صوت على محور واحد وبخط طويل بالنسبة إلى المتلقي، مثل صوت منبه مستمر نسبياً على طريق سريع. وكذلك يمكن تمثيله على شكل مجموعة من المصادر النقطية كمجموعة من السيارات وكل منها تصدر صوتاً خاصاً بها في طريق مزدحم، والصوت الصادر منها ينتشر بشكل اسطواني ويكون منسوب الضغط الصوتي متشابهاً في جميع النقاط التي تبعد عن المصدر بنفس المسافة، ويبقى هذا المنسوب حتى يتأثر بالتوهين من قبل الهواء أو سطح الأرض ولكن يقل بمقدار 3 dB عند مضاعفة المسافة وتطبق المعادلة التالية .[8] انظر الشكل (6/7-2).

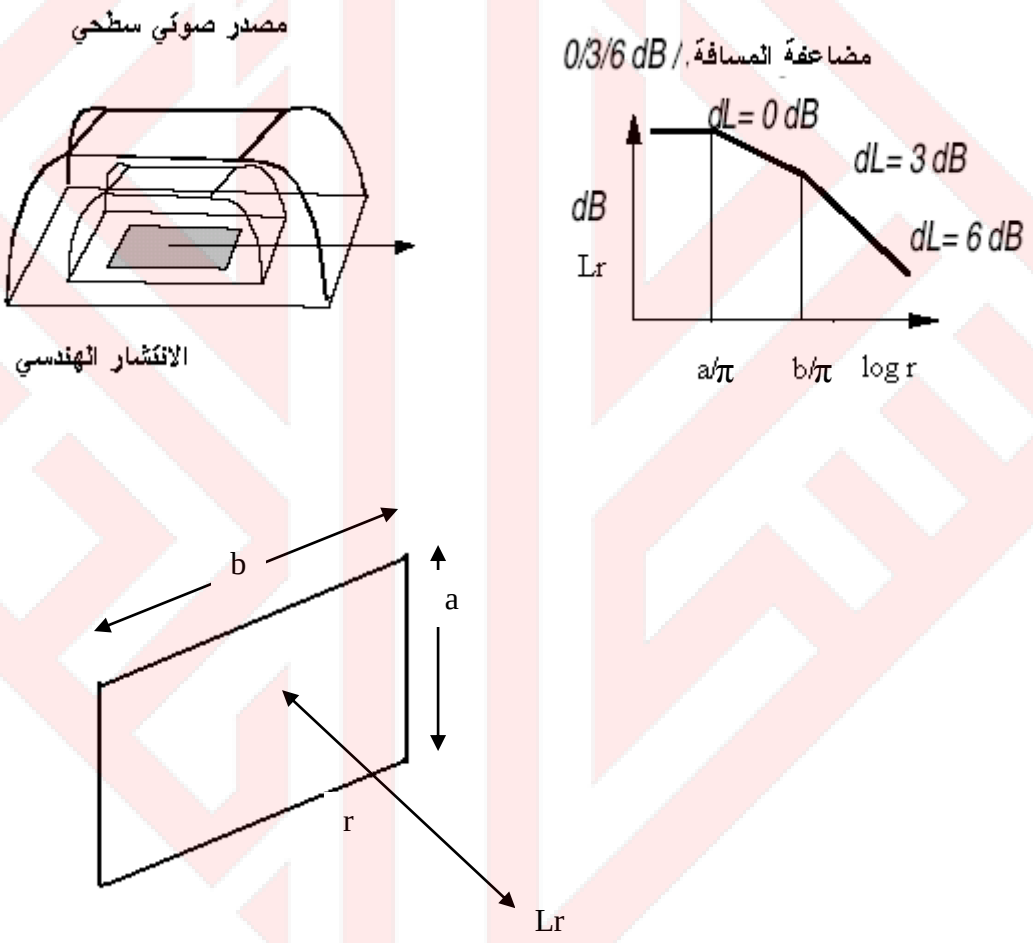
$$L_{p_2} = L_{p_1} - 10\text{Log}\frac{r_2}{r_1} \qquad \textbf{(3/7-2)}$$



الشكل (6/7-2) عند انتشار الصوت من المصدر الخطي يحصل التوهين بمقدار (3 dB) عند مضاعفة المسافة.[8]

3/7-2 مصدر السطح المستوي (Plane Source)

يقصد بالمصدر السطحي مجموعة من المصادر النقطية متوزعة في اتجاهين، وتقع على سطح مستوٍ، و عليه فإن انتشار الصوت أو الضوضاء من هذه المصادر يكون على شكل موجة سطحية والطاقة الصوتية المنتشرة من كل مصدر نقطي منها تكون على شكل خط مستقيم عمودي على السطح المستوي وهذا يعني أنه لا وجود لشكل معين للانتشار لكون الانتشار الصوتي للمصدر لا يتغير. ويمكن تمثيله بسطح او واحهة مبنى ضوضائي حيث يبعث الامواج الصوتية من خلال سطح ذي بعدين مثل واجهة غرفة المكائن او واجهة معمل او نافذة في جدار . كما مبين في الشكل(2-7/7).



الشكل (2-7/7) عند انتشار الصوت من المصدر السطحي تحصل عدة تغييرات في مقدار التوهين مع تغير المسافة [1 ، ص152]

و من الشكل السابق فان عملية حساب الضوضاء المتوقعة من واجهة جدار مستطيلة تعتمد على عدد من الخطوات و هي:

1/3/7-2 تحديد ابعاد الواجهة **(a)** و **(b)** . حيث يكون البعد **(a>b).**

2/3/7-2 اذا كانت المسافة **(r)** المطلوب قياس الضوضاء عندها اقل من قيمة $(\frac{a}{\pi})$ فيبقى منسوب الصوت كما هو ولاتقل قيمته.

3/3/7-2 اما اذا كانت المسافة **(r)** المطلوب قياس الضوضاء عندها اكبر من قيمة $(\frac{a}{\pi})$ واصغر من قيمة $(\frac{b}{\pi})$ فعندها يعامل المصدر السطحي كمصدر خطي، وتطبق في هذه الحالة معادلات المصدر الخطي للصوت، و في كل مضاعفة بالمسافة عن مصدر الصوت تقلل قيمة منسوب الصوت بمقدار **(3 dB).**

4/3/7-2 و اذا كانت المسافة **(r)** المطلوب قياس الضوضاء عندها اكبر من قيمة $(\frac{b}{\pi})$ فعندها يعامل المصدر السطحي كمصدر نقطي وتطبق في هذه الحالة معادلات المصدر النقطي للصوت، وفيها كل مضاعفة بالمسافة عن مصدر الصوت تقلل قيمة منسوب الصوت بمقدار (6 dB). [1، ص152]

8-2 المراجع

[1]Smith,B and J.Peters and,R J.Owen,Stephanie."*Acoustic and Noise Control*".England.Addison Longman Limited,1996.

[2] Baumüller,Jürgen. Hoffmann,and Met. Ulrich. Reuter,Ulrich." *Noise Manual for Urban Development-Indications for urban land-use planning*"Stuttgart, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg,(Ministry of Economics of Baden-Württemberg)

[3] Australian Government Publishing Service, "*National Code of Practice for Noise Management and Protection of Hearing at Work*", 3rd Edition, Canberra, NOHSC: 2009(2004)

[4] Suter, AH. "*Noise and its Effect's*". Administrative Conference of the United States, 1991.

[5] Berglund B, Lindvall T. (Eds.) "*Community Noise*". Archives of the Center for Sensory Research. 1995; 2: 1-195. This document is an updated version of the document published by the World Health Organization in 1995.

[6] Schultz, T. "*Syntheses of social surveys on noise annoyance*". J. Acoust. Soc. Am. (1978),PP 62, 377-405.

[7]John E. Flynn, Jack A. Kremers, Arther W. Segil, and Gary R. Steffy,"*Architectural Interior Systems*",Van Nostrad Reinhold,1970.

[8] WHO (World Health Organisation). *"Guidelines for community noise"*. World Health Organisation: Geneva, Switzerland,1999.

الباب الثالث

ضوضاء المباني

1-3 تمهيد

يتضمن هذا الباب معلومات وبيانات عن الحدود المقبولة لمفهومية الكلام ونسب الضوضاء داخل المباني. تستعمل هذه المعايير لتقييم مدى مناسبة قيم الضوضاء في الفضاءات الداخلية الموجودة، والفضاءات التي يتم الشروع بتصميمها.

2-3 معايير الضوضاء في المباني

وتشمل عددا من المعايير تتمثل بـ:-

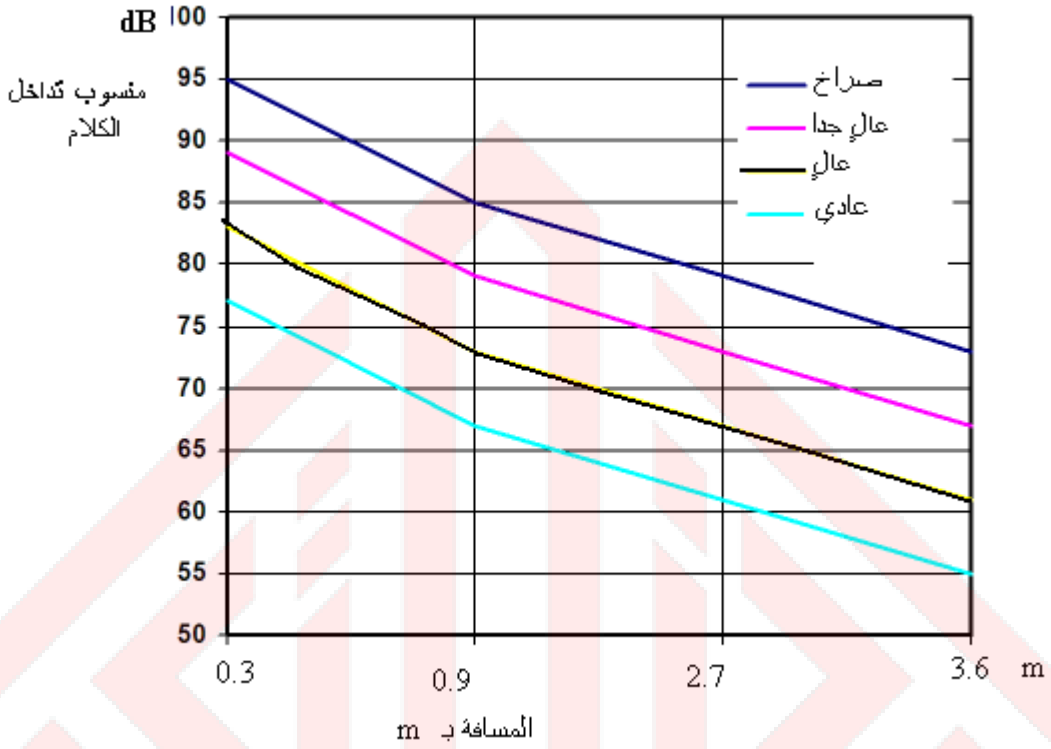
1/2-3 منسوب تداخل الكلام (Speech Interference Level – SIL)

وهو من المؤشرات الرئيسة لقياس درجة مفهومية الكلام، ويعبر عنه بالمعدل الحسابي لمناسيب ضغط الصوت المقيسة بالـ dB في ترددات 500 و 1000 و 2000 Hz، والتي تعد ابرز الحزم الترددية لمفهومية الكلام. ويقيس درجة تداخل ضوضاء الخلفية مع الكلام. يبين الجدول (3-1/2) معدل مناسيب تداخل الكلام وتأثيرها في مفهومية الكلام، وانظر الشكل (3-1/2) الذي يوضح درجة صوت الانسان. [1،ص2-1,2]

الجدول (3-1/2)

معدل مناسيب تداخل الكلام وتأثيرها في مفهومية الكلام

معدل مناسيب تداخل الكلام (dB)	المفهومية
45-30	مقبولة
60-45	صعوبة بسيطة
75-60	صعوبة
75 فما فوق	غير مقبولة



الشكل (3-1/2) درجة الصوت الذي يطلقه الانسان سواء كان صراخاً او صوتاً عالياً جداً او عالياً او عادياً لكي يسمع من قبل الاخرين.

(في الجدول **(3-2/2)** توضيح لأعلى مناسيب ضوضاء الخلفية التي يمكن معها الاستماع والمحادثة على مسافات مختلفة بين المتكلم والسامع).[2، ص93]

الجدول (3-2/2)

أعلى منسوب لضوضاء الخلفية التي يمكن معها وضوح الكلام (dB)

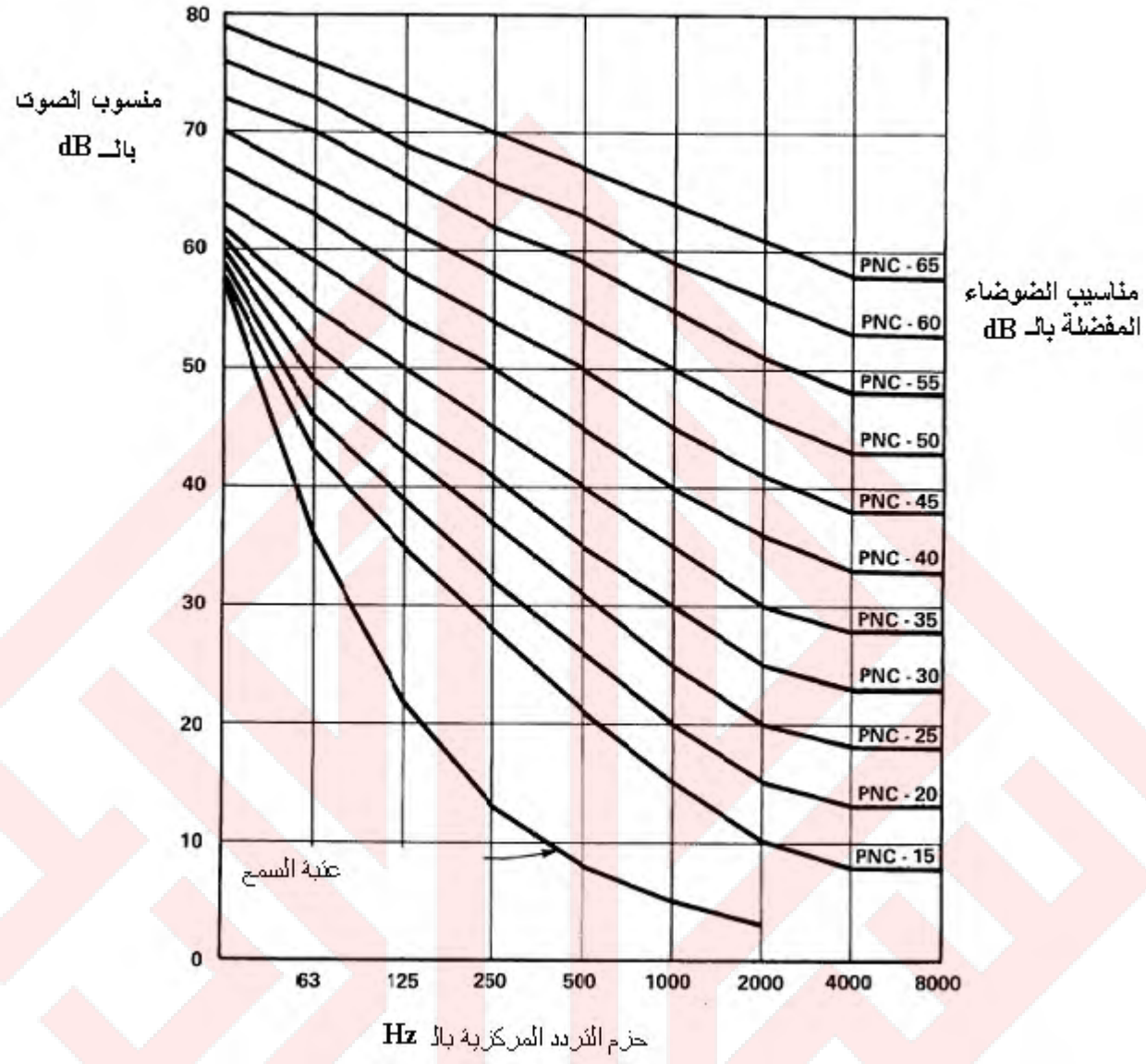
المسافة بين المتكلم والسامع (m)	أنماط الاصوات			
	الصوت العادي	الصوت العالي	الصوت العالي جدا	الصراخ
0.3	65	71	77	83
0.4	63	69	75	81
0.5	61	67	73	79
0.6	59	65	71	77
0.8	56	62	68	74
1	54	60	66	72
1.5	51	57	63	69
2	48	54	60	66
3	45	51	57	63
4	42	48	54	60
8	35	41	47	53

2/2-3 دليل اللفظ الواضح (Articulation Index –AI)

يمثل نسبة الاجابات الصحيحة التي يحققها جمهور من المستمعين عندما تقرأ عليهم مقاطع متوازنة لفظياً وعديمة المعنى لغرض اجراء اختبار اللفظ الواضح، مع وجود مناسيب وتراكيب متعددة من ضوضاء الخلفية الى مجموع المقاطع المقروءة كلها. فاذا كان دليل اللفظ الواضح في الفضاء المستعمل للاختبار مساويا الى 80% او اكثر فان المستمعين يستطيعون فهم كل عبارة تلقى في ذلك الفضاء بسهولة. واذا كان دليل اللفظ الواضح مساويا الى 75% فان على المستمعين ان يركزوا لفهم كل ما يقرأ، اما اذا كان دليل اللفظ اقل من 65% فان وضوح الكلام يكون ضعيفا للغاية.[2 ، ص92]

3/2-3 منحنيات معايير الضوضاء المفضلة (Preferred Noise Criteria Curves –PNC)

هي طريقة للتعبير عن مناسيب الضوضاء المقبولة في المباني. من خلال رسم مجموعة من منحنيات تربط بين منسوب ضغط الصوت والتردد المركزي لنطاق الترددات. ففي الشكل (2/2-3) تُعبر المنحنيات السفلى عن مناسيب الضوضاء الهادئة المناسبة للاستراحة والنوم. في حين أن المنحنيات العليا تعبر عن اماكن العمل الضوضائية التي يكون فيها من الصعوبة سماع الكلام. يمكن استعمال المنحنيات بين هاتين المجموعتين لتحديد مناسيب الضوضاء المفضلة لكل من انماط الفعاليات الداخلية.[1 ، ص1-2]



الشكل (2/2-3) منحنيات المعايير المفضلة للضوضاء[1 ، ص2-2]

4/2-3 معايير الضوضاء المفضلة

يجب ان لاتزيد معدلات الضوضاء في الفضاءات المختلفة عن المعايير المحددة في العمود الاول من الجدول (2/2-3). [1، ص2-4]

الجدول (3-2/2)

المعايير المفضلة للضوضائية في مختلف أنواع الفضاءات

انماط الفضاءات	منسوب الضوضاء المفضل (dB)	منسوب الصوت المكافىء (dB)
الشقق السكنية	35-25	45-35
قاعات الاجتماعات	35-25	45-35
الكنائس	35-30	45-40
قاعات المحاكم	40- 30	50-40
المعامل	65-40	75-50
الفنادق		
الغرف المنفردة او الاجنحة	35-25	45-35
غرف الاجتماعات والحفلات	35-25	45-35
مساحات الخدمة والدعم	45-40	50-45
القاعات والممرات وغرف الانتظار	40-35	55-50
المكاتب		
قاعات الاجتماعات	30-25	40-35
الغرف الخاصة	35-30	45-40
المكاتب المفتوحة	40-35	50-45
اعمال الحاسبات والمكائن المكتبية	45-40	55-50
المستشفيات والعيادات		
الغرف المنفردة	30-25	40-35
غرف العمليات	30-25	40-35

تتمة الجدول (3-2/2)		
الاجنحة	35-30	45-40
المختبرات	40-35	50-45
الممرات	35-30	45-40
الاماكن العامة	40-35	50-45
المدارس		
قاعات الصفوف والمحاضرات	30-25	35-40
الصفوف المفتوحة	40-35	45-50
قاعات العرض السينمائية	35-30	45-40
المكتبات	40-35	50-40
المسارح	25-20	65-30
الاقامة الخاصة	35-25	45-35
المطاعم	45-40	55-50
استوديوهات التصوير	25-15	35-25
استوديوهات التسجيل	20-15	30-25
قاعات الموسيقى والاناشيد	20-15	30-25
قاعات الرياضة	55-45	65-55
غرف البث الاذاعي	20-15	30-25

منسوب الصوت المكافئ L_{eq}

هو منسوب الصوت خلال فترة زمنية محددة ويستعمل كمعيار لتأثير الضوضاء على الناس.

الجدول (3-2/3)

العلاقة بين معايير الضوضاء وبين شدة الصوت في الترددات المختلفة.

معيار الضوضاء (dB)	التردد المركزي (Hz)								
	31.5	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
15	58	43	35	28	21	15	10	8	8
20	59	46	39	32	26	20	15	13	13
25	60	49	43	37	31	25	20	18	18
30	61	52	46	41	35	30	25	23	23
35	62	55	50	45	40	35	30	28	28
40	64	59	54	50	45	40	35	33	33
45	67	63	58	54	50	45	41	38	38
50	70	66	62	58	54	50	46	43	43
55	73	70	66	62	59	55	51	48	48
60	76	73	69	66	63	59	56	53	53
65	79	76	73	70	67	64	61	58	58

يظهر هذا الجدول ان اعتماد التردد 500 الى 1000 Hz لا يوفر المعلومات الكافية عن مقدار الضوضاء التي يتعرض لها الانسان والتي تظهر زيادة في التأثير عند الترددات المنخفضة. [2، ص103]

3-3 المراجع

[1] Departments of the Army and Air Force, TM 5-8054/AFJMAN 32-1090 "*Unified Facilites Criteria (UFC)Noise and Vibration Control*" Washington, DC, 2003

[2] الجمعية العلمية الملكية،مركز بحوث البناء، "*كودة الصوتيات*"، مجلس البناء الوطني الاردني،2000

الباب الرابع
ضوضاء المرور

1-4 تمهيد

تعد ضوضاء المرور احد ابرز مصادر الضوضاء والاهتزازات في مراكز المدن وتؤثر في المناطق السكنية وغيرها من انماط بنائية. يتناول هذا الباب انماط ضوضاء المرور، والعوامل المؤثرة في توليدها مع المؤشرات ومعايير القياس المطلوبة لقياس الضوضاء في المدن.

2-4 العوامل المؤثرة في تشكيل ضوضاء المرور ونموها

هنالك عدة عوامل تؤثر على تشكيل الضوضاء ونموها أهمها:

4-2/1 كثافة المرور يتم وصفها بالمعدل السنوي للمرور اليومي ومعدل المرور اليومي.

4-2/2 طبيعة الزخم المروري (نسبة السيارات الثقيلة).

4-2/3 متوسط سرعة السيارات.

4-2/4 انسيابية حركة المرور.

4-2/5 المسافة بين خط المرور والمتلقي.

4-2/6 انحدار الشارع أو ميله.

4-2/7 طبيعة الأرض بين الشارع و الصف الأمامي من المباني المطلة على الشارع إن كانت أرضاً صلبة أو ناعمة.

4-2/8 اتجاه الرياح في ذلك الشارع.

4-2/9 وجود سطوح عاكسة من مبانٍ وغيرها.

4-2/10 ضوضاء المركبات المنفردة.[1]

3-4 مؤشرات قياس ضوضاء المرور

اعتمد قياس ضوضاء المرور على اربعة مؤشرات رئيسة وهي:-

4-3/1 المنسوب التراكمي L_{A10} : يعتمد على منسوب ضغط الصوت بالوزن A الذي يتم تسجيله في 10% من وقت التسجيل او يزيد، سواء كان في ساعة واحدة او في 18ساعة (من الساعة 6 صباحاً الى الساعة 12 ليلاً)، او في 12 ساعة (من الساعة 6 صباحاً الى الساعة 6 مساءاً). تستعمل المعادلة(4-3/1) لحساب قيمة منسوب الضوضاء التراكمي في ساعة واحدة.

$$L_{A10} = 10\log(q) + 33\log(V+40+5000/V) + 10\log(1+5p/V) - 27.6 \text{ dB} \qquad (4\text{-}3/1)$$

وتستعمل المعادلة (2/3-4) في حساب قيمة منسوب الضوضاء التراكمي في 18 ساعة.

$$L_{A10} = 10\log(Q) + 33\log(V+40+5000/V) + 10\log(1+5p/V) - 40.7dB \quad \textbf{(2/3-4)}$$

حيث:

q = عدد السيارات المارة في الساعة

Q = عدد السيارات المارة في 18 ساعة

P = نسبة السيارات الكبيرة، مثل الشاحنات.

V = سرعة السيارات km/h [2، ص236]

2/3-4 المنسوب التراكمي L_{Aeq}: يمثل متوسط منسوب الصوت للمدة الزمنية للقياس، تستخدم لحساب هذا المؤشر المعادلة الاتية:

$$L_{Aeq} = 10\log_{10}[t_1 \times 10^{L1/10} + t_2 \times 10^{L2/10} + \ldots + t_n \times 10^{Ln/10}] \quad \textbf{(3/3-4)}$$

حيث:

L_{Aeq} = المنسوب التراكمي (dB)

$t_1, t_2, \ldots t_n$ = مدة الزمن (sec)

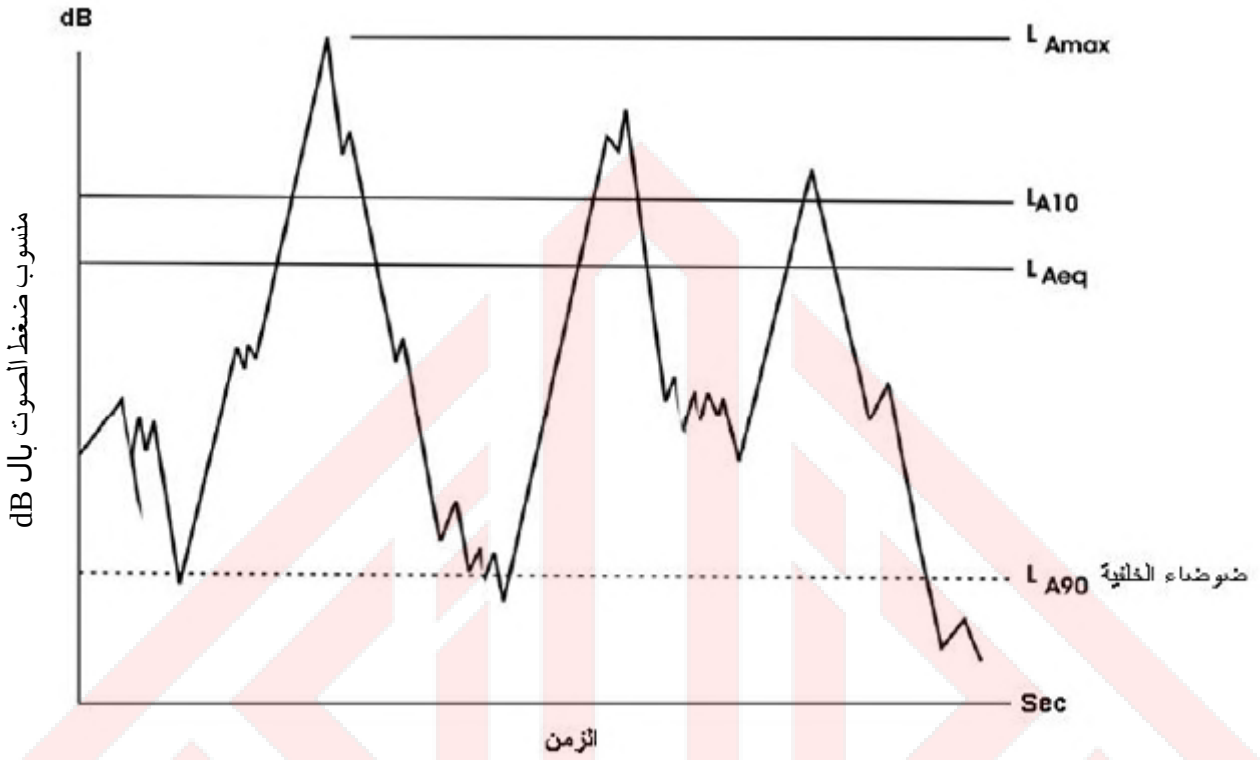
L1, 2,.....n = منسوب ضغط الصوت (N/m^2)

3/3-4 منسوب L_{A90} : يمثل منسوب ضوضاء الذي يتجاوز 90% من اي مدة زمنية. يعتمد هذا المنسوب لتمثيل منسوب ضوضاء الخلفية.

4/3-4 منسوب L_{Amax}: المنسوب الاكبر المتولد من حدث ضوضائي منفرد.

ومن بين هذه المؤشرات فان المنسوب المعتمد هو L_{A10} في 18 ساعة لكونه اكثر تحديدا لمناسيب الضوضاء التي يتعرض لها الناس في اليوم الواحد.

انظر الشكل (1/3-4) الذي يوضح العلاقة بين مؤشرات قياس ضوضاء المرور. [3،ص2-2]



الشكل (4-1/3) العلاقة بين مؤشرات ضوضاء المرور[3،ص2-2]

4-4 الضوضاء وتأثيرات المرور

إن ضوضاء المرور عبارة عن حزمة متداخلة ومركبة من مجموعة ضوضاء المركبات المختلفة على الشارع واعتماداً على حالة وفعالية ونوعية كل منها وبصورة متداخلة عليه فإن تحليل هذه الضوضاء سيعتمد على عوامل ثانوية وهي:

4-4/1 كثافة المرور والسرعة.

4-4/2 تركيب المرور.

4-4/3 تقاطعات الطرق ومعابر المشاة.

4-4/1 كثافة المرور والسرعة

تبين الدراسات أنه كلما زادت كثافة المرور زادت مناسيب الضوضاء في نفس الشارع، وكذلك كلما زادت كثافة المرور حددت السرعة وقيدت.

4-4/2 تركيب المرور

إن زيادة نسبة المركبات الثقيلة على الطريق تعني زيادة مناسيب الضوضاء.

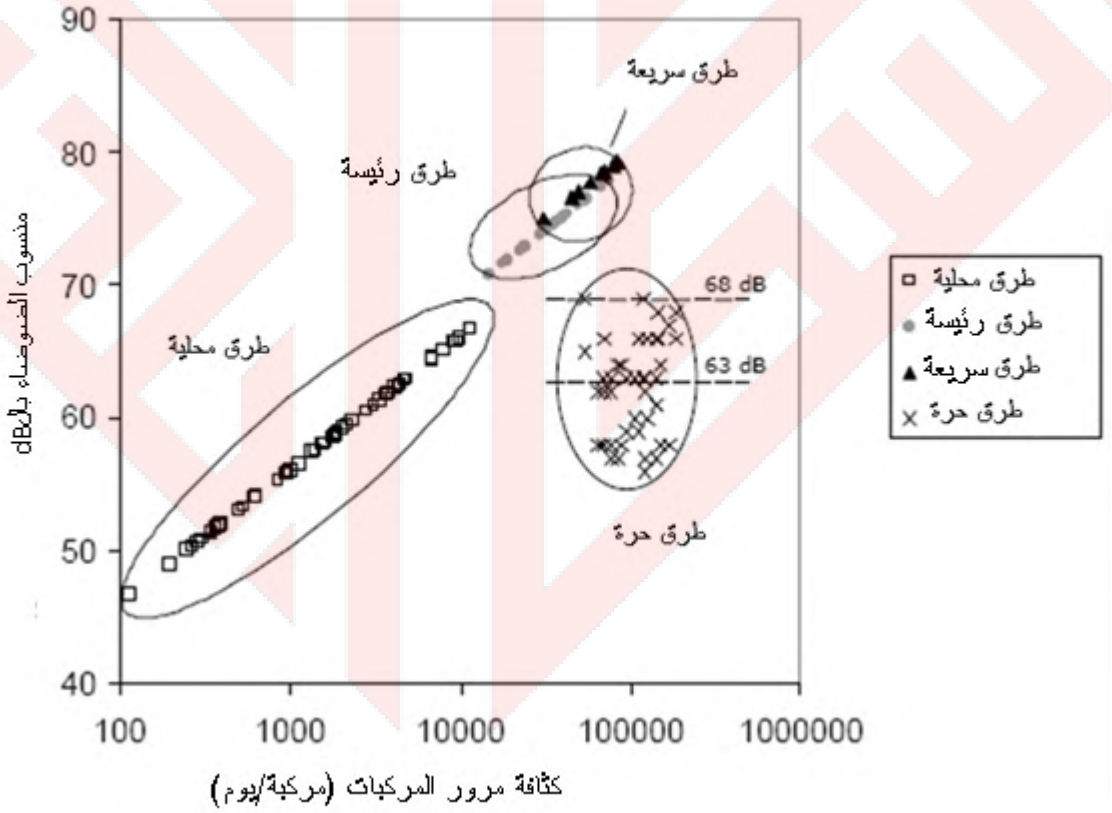
4-4/3 تقاطعات الطرق ومعابر المشاة

تختلف مناسيب ضوضاء المرور عند الإشارات الضوئية وقرب معابر المشاة لأن سرعة السيارة لا تبقى منتظمة عند هذه المناطق، فبعد الشروع بالحركة يزداد منسوب الضوضاء وخصوصاً عند المرور الثقيل فالزيادة تكون بحدود 3 dB .[4، ص34]

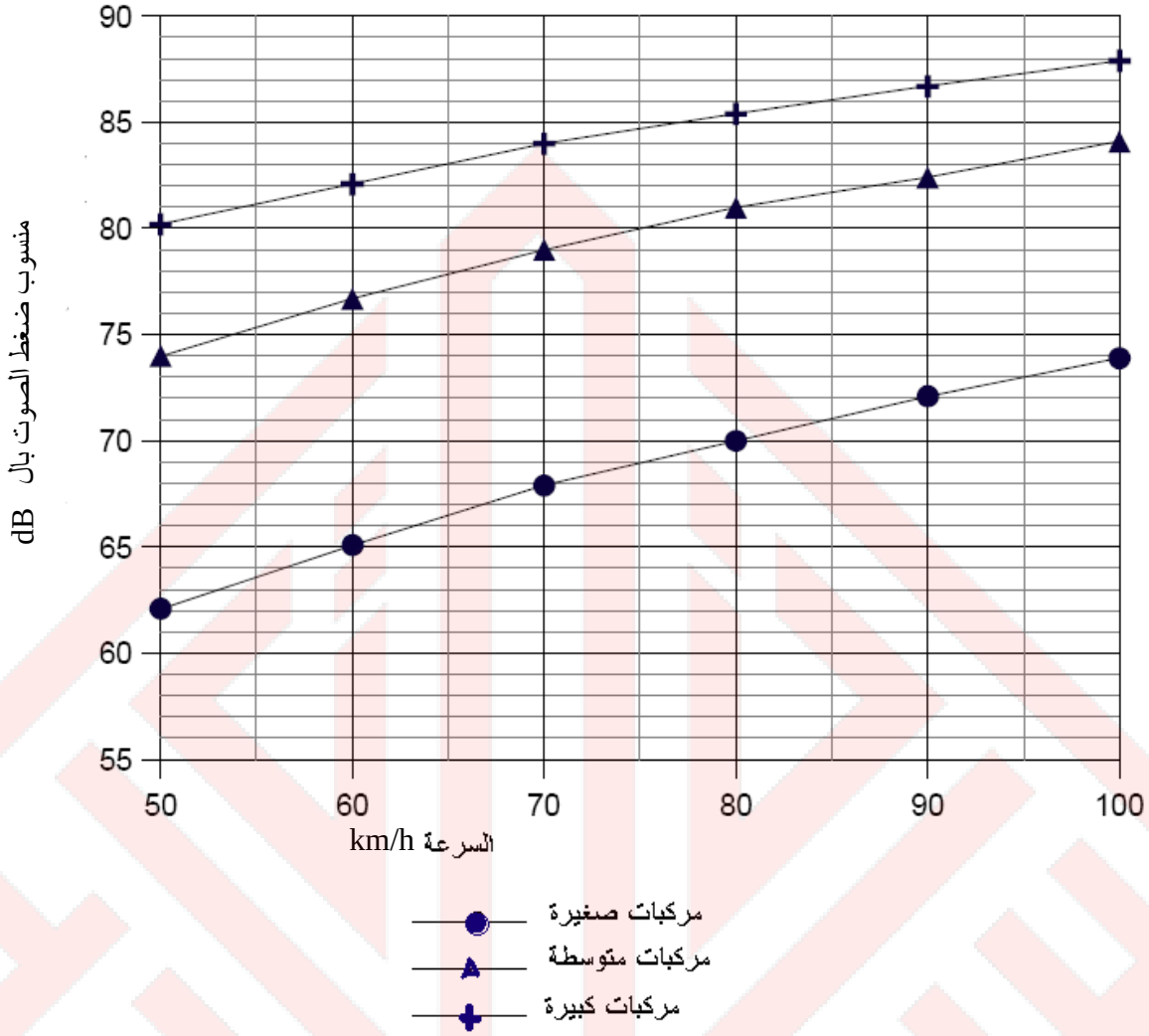
5-4 انماط ضوضاء المرور

1/5-4 ضوضاء المركبات

تعتبر من مصادر الضوضاء الشائعة والمؤثرة ويكون منشؤها الإطارات وصوت المحركات فى المركبات الكبيرة وعند السرع المنخفضة، في حين يكون صوت الاطارات هو الاشد تأثيراً في السرع العالية. الا أن كثافة المرور اليومية وساعات الذروة وعدد مسارات الطريق وأنواع المركبات وموقع المتلقي منها ومواقع الأبنية وارتفاعاتها وتفاصيلها وطرائق معالجتها هي من أهم أسباب توهين الضوضاء الصادرة منها. ان تخفيض حجم حركة المرور إلى النصف في الطرق يقلل مستوى الضوضاء بحدود 3 dB . وتختلف الضوضاء المتولدة من المركبات تبعا لنمط خطوط السير ويبين الشكل (2/5-4) مناسيب الضوضاء المتولدة من خطوط السير الرئيسة والمحلية والسريعة والحرة. ان الشكل (3/5-4) يبين العلاقة بين حجم المرور ومنسوب الضوضاء المتولدة لعدد من الطرق المحلية والرئيسة والسريعة والطرق الحرة. وقد تم الاعتماد على قياس منسوب الضوضاء على مسافة m10 من الطريق العامل ولا وجود لجدران عزل صوتي (اسيجة). أما الطرق المحلية فبنسبة 2% من الشاحنات بسرعة km/h 50. وأما الطرق الرئيسة فبنسبة 5% من الشاحنات وسرعة Km/h 60 ، وأما الطرق السريعة فبنسبة 7% من الشاحنات وسرعة km/h 70.[5،ص6]



الشكل (2/5-4) مناسيب الضوضاء المنبعثة من طرق النقل المختلفة مع تغير كثافة المرور[5،ص7]



الشكل (4-3/5) منسوب الضوضاء المنبعثة من عدة انماط من المركبات [9]

4-5-1/1 انماط المركبات

4-5-1/1/1السيارات الخاصة

تنبعث الضوضاء من ارتفاع 0.6 m فوق سطح الطريق وتتولد من حركة اطارات السيارات على الطريق. هذا التصنيف يشمل نمط السيارات الخاصة وسيارات الحمل الصغيرة والمتوسطة والسيارات الرياضية المتوسطة والصغيرة وسيارات نقل الاشخاص العامة الصغيرة Vans ، وتولد هذه السيارات منسوب ضوضاء يتراوح بين (72–74) dB في سرعة 90 km/h. عند مسافة 16.6 m من السيارة.

4-5-1/1/2 السيارات المتوسطة

تنبعث الضوضاء من ارتفاع (0.6–1.5) m فوق سطح الطريق، وتتولد من حركة اطارات السيارات على الطريق وصوت محرك السيارة. ويشمل هذا التصنيف نمط السيارات المتوسطة كسيارات النقل والتوصيل وسيارات البريد وشاحنات الديزل والمقطورات وسيارات النقل العام وسيارات المدارس والدراجات البخارية

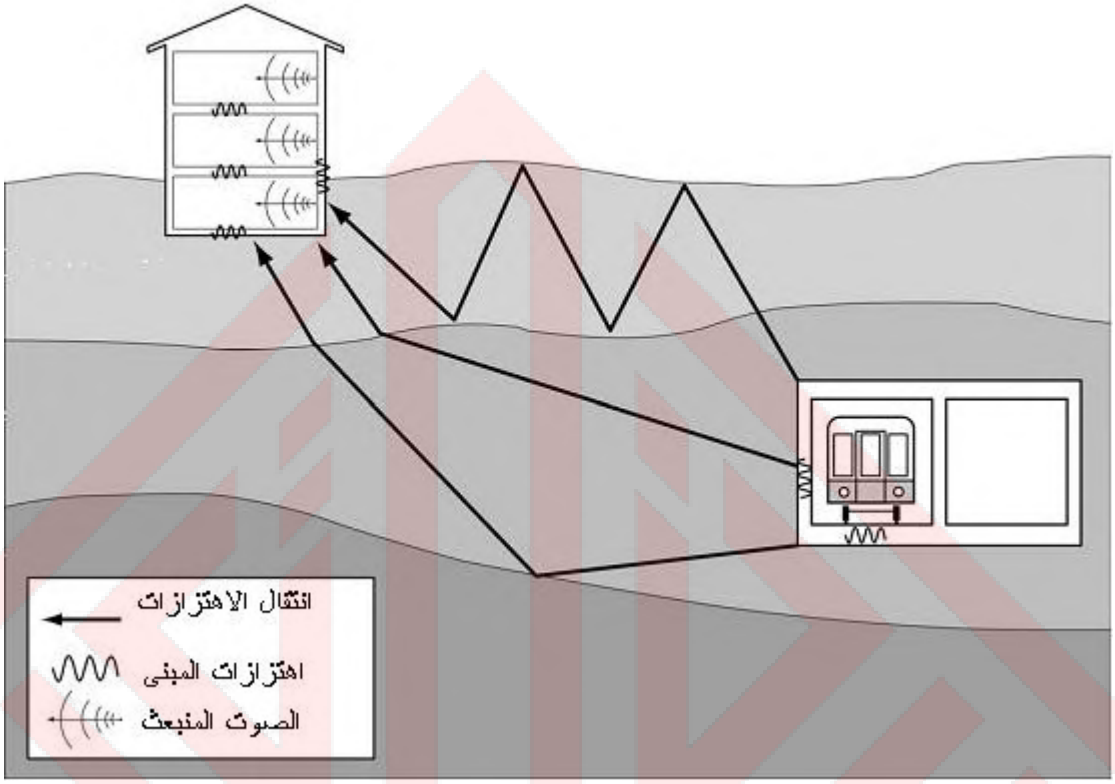
الصغيرة و المتوسطة والشاحنات المتوسطة. ومتوسط منسوب الضوضاء المتولدة منها (80–82) dB في سرعة 90 km/h عند مسافة 16.6 m من السيارة.

3/1/1/5-4 السيارات الثقيلة

تنبعث الضوضاء من ارتفاع (1.8–2.4) m فوق سطح الطريق، وتتولد من مجموع ضوضاء حركة اطارات السيارات وصوت المحرك وماسورة العادم الغازي. يشمل هذا التصنيف نمط السيارات الثقيلة من الجرارات والشاحنات الكبيرة وشاحنات النفايات وخلاطات الاسمنت وباصات النقل الكبيرة والشاحنات التي لها ماسورة هواء اعلى المركبة (يصل ارتفاعها ما بين 3.6–4.5m) والدراجات البخارية الكبيرة، ومتوسط منسوب الضوضاء المتولدة منها (85-87) dB في سرعة 90 km/h عند مسافة 16.6 m من السيارة.[6،ص2-6]

2/5-4 ضوضاء القطارات

تتولد الضوضاء الصادرة عن القطارات من حركة العجلات على قطع السكة الحديدية، والتي تختلف طرائق تثبيتها فتختلف الضوضاء الناتجة منها. وتتولد الضوضاء ايضا من محركات القطارات و خصوصاً محركات الديزل والمولدات الكهربائية المرفقة بالعربات الملحقة بها وعربات المسافرين ونقل البضائع وصوت المكابح. واضافة الى الضوضاء فان حركة القطارات تولد اهتزازات مضرة بالمباني القريبة منها. لاجل ذلك يجب الانتباه الى تأثير انتقال الاهتزازات المتولدة من القطارات تحت الارض على أسس المباني القريبة، فهي تسبب اضراراً في الهيكل الانشائي وخصوصا الابنية القديمة. يبين الشكل (4/5-4) تأثير القطارات تحت الارض في توليد الاهتزازات وانتقالها الى المباني. [2،ص239]



الشكل (4-4/5) يوضح تأثير القطارات تحت الارض في توليد الاهتزازات ونقل الضوضاء الى المباني القريبة. [6،ص7-2]

4-3/5 ضوضاء الطائرات

تعد ضوضاء الطائرات من اسوأ انواع الضوضاء في المدن المعاصرة لزيادة اعتماد الدول على النقل الجوي، وزيادة حجم النقل داخل الدولة الواحدة، كما ان اصوات الطائرات الحربية الصغيرة منها والكبيرة تزيد من مناسيب الضوضاء، وتسبب تلفاً في بعض عناصر المباني كالزجاج. إن الضوضاء الناتجة من حركة الطائرات لها خصائص يصعب معها تقديم المعالجات الخاصة وذلك لان الضوضاء الناتجة منها تأتي من أعلى المباني وجوانبها وهو ما يستلزم توفير المعالجات الخاصة في سقوف المباني القريبة من المطارات وجدرانها.

تتولد الضوضاء من الطائرات من ما يأتي :

4-1/3/5 محركات الطائرات والتي تختلف في توليد المناسيب الضوضائية.

4-2/3/5 محور حركة الطائرة على المدرج ويكون مختلفاً من طائرة إلى أخرى اعتماداً على حجم الطائرة ونوعها وسرعتها وارتفاعها.

4-3/3/5 طرق الطيران التي تتميز عن طرق السيارات والقطارات بانها ليست ثابتة تماماً.[7]

6-4 المعايير المعتمدة لضوضاء المرور

1/6-4 ضوضاء المركبات

تختلف معايير ضوضاء المرور المعتمدة من بلد لآخر لعدة أسباب منها اختلاف الحالة الاجتماعية العامة، ومستوى التخطيط الحضري والعمراني، والوعي والتثقيف العلمي والصحي والمادي وغيرها اضافة إلى عوامل أخرى موقعية كالعوامل المناخية للبلد، والكثافة السكانية، ومستوى التصنيع والتكنولوجيا. لكن يبقى الاتجاه السائد لدى الجميع هو السعي لتخفيض مستويات الضوضاء البيئي بصورة عامة لكي لا تتجاوز الحدود المسموح بها وهي 75-80 (dB) كحد أعلى وخصوصاً في المناطق التجارية و السكنية. يظهر الجدول (1/6-4) مناسيب الضوضاء المسموح بها في المناطق المختلفة خلال فترتي النهار والليل. [9]

الجدول (1/6-4)

مناسيب الضوضاء المسموح بها في المناطق المختلفة [8]

الاستعمالات	منسوب الضوضاء بالـ(dB)	
	فترة النهار	فترة الليل
سكنية خاصة	50	40-35
سكنية عامة	55	45-40
مدارس، مستشفيات، دور التمريض	57	47
مناطق حدائق عامة، مواقع احتفالات عامة	55	55
مساحات زراعية، مساحات متنوعة	60	50-40
مناطق تجارية	65	55-50

2/6-4 ضوضاء الطائرات

اعتمد عدد من المعايير لمنسوب الضوضاء المقبولة من الطائرات وقد صنفت الى معايير منسوب ضوضاء الطائرات الخارجية والداخلية، كما يبين الجدول (2/6-4). [8]

الجدول (4-2/6)

الضوضاء المقبولة من الطائرات[8]

نمط الفضاء	معدل مناسيب الضوضاء المقبولة تقريبا خلال 24 h بالـ(dB)
مبانٍ ادارية، اماكن استقبال، محلات بيع	49-46
مكاتب منفردة وخاصة. غرف اجتماعات وغيرها.	44-41
اماكن سكنية(فضاءات المعيشة، والطعام). غرف النوم في الفنادق، المسارح، المكتبات، المدارس، مراكز الصحة العامة، مشاغل (ورش)عمل صغيرة.	39-36
اماكن النوم في المناطق السكنية، المستشفيات، دور المسنين و التمريض.	34-31

4-3/6 معايير ضوضاء المرور في المناطق السكنية

يمكن تصنيف المناطق السكنية في تخطيط المدن الى عدد من التصانيف بحسب تعرضها الى ضوضاء المرور. يظهر الجدول (4-3/6) تصانيف التعرض الضوضائي في المناطق السكنية.

الجدول (4-3/6)

تصانيف التعرض الضوضائي في المناطق السكنية[8]

تصنيف التعرض الضوضائي	سماحية الاستعمالات السكنية
أ	يسمح باستحداث المنطقة السكنية مع الحاجة الى استعمال الحواجز لمنع مصادر الضوضاء العالية.
ب	تبرز الحاجة عند هذا التصنيف الى الاخذ بنظر الاعتبار تأثير مصادر الضوضاء على تخطيط المنطقة، مع وضع الاشتراطات الخاصة بالحماية من الضوضاء.
ج	منطقة يسمح بالبناء فيها عند الضرورة القصوى وعند عدم توفر مناطق اخرى هادئة مع استعمال الحواجز الضرورية لتقليل مناسيب الضوضاء
د	منطقة غير مسموح للبناء السكني فيها

اعتمد التصنيف على عدد من المحددات هي:

4-3/6-1 عدم وجود سطوح عاكسة محيطة بمصدر الضوضاء عدا سطح الارض.

2/3/6-4 اعتماد منسوب الضوضاء L_{Aeq} في ساعات 07.00–23.00 للأوقات الصباحية و23.00– 0.700 للأوقات المسائية.

3/3/6-4 اعتماد ارتفاع 1.2 – 1.5 m عند قياس منسوب الضوضاء.

يظهر الجدول (4/6-4) مناسيب الضوضاء المتولدة بالـ(dB) من مصادر الضوضاء المرورية المختلفة، وعلاقتها بالتصانيف الخاصة بالمناطق السكنية. [8]

الجدول (4/6-4)

مناسيب الضوضاء المتولدة بالـ(dB) من مصادر ضوضاء المرور المختلفة، وعلاقتها بالتصانيف الخاصة بالمناطق السكنية[8]

انماط مصادر الضوضاء	فترة القياس (h)	مناسيب الضوضاء المتولدة بالـ (dB)			
		التصنيف أ	التصنيف ب	التصنيف ج	التصنيف د
المركبات المرورية	07.00-23.00 23.00-07.00	55> 45>	63-55 57-45	72-63 66-57	72 66<
القطارات	07.00-23.00 23.00-07.00	55> 45>	66-55 59-45	74-66 66-59	74 66<
الطائرات	07.00-23.00 23.00-07.00	57> 48>	66-57 57-48	72-66 66-57	72 66<
متنوعة	07.00-23.00 23.00-07.00	55> 45>	63-55 57-45	72-73 66-57	72 66<

7-4 المراجع

[1] WHO (World Health Organization).. "*Transport, environment and health*". Regional publications European series No. 89, Austria, 2000

[2] د.حماد، رزق نمرشعبان *"الهندسة الصوتية في العمارة"*،الاردن،مطبعة الجامعة الاردنية،1996

[3] Department of Main roads, "*Road Traffic Noise Management, Code of Practice*" Australia, 2007

[4] McCallum-Clark, M.1, Hardy,and R.1, Hunt, "*Transportation and noise: land use planning options for a quieter New Zealand*", Land Transport New Zealand Research Report ,299,147pp. Wellington,2006

[5] Victoria Government policy, "*Road Traffic Noise Strategy*" Background Paper, Publication 845,USA, 2002

[6] Miller,Harris,"*Transit Noise and Vibration Impact Assessment*", Federal Transit Administration ,Office of Planning and Environment, Miller & Hanson Inc,Washington,DC,2006

[7] Ministry of The Environment, "*Noise Assessment Criteria in Land Use Planning: Requirements, Procedures and Implementation*". paper, Ontario Government, 1997

[8] British Standard Institute Department of Environment, "Planning Policy Guidance PPG24.Planning and Noise", England,1994

[9] U.S. Department of Transportation,Federal Highway Administration,Office of Environment and Planning,Noise and Air Quality Branch,Washington, D.C."HIGHWAY TRAFFIC NOISE ANALYSIS AND ABATEMENT POLICY AND GUIDANCE" June 1995,p.p18

الباب الخامس

إنتشار الصوت في الفضاء الخارجي

5-1 تمهيد

تنتشر في أجواء المدن المعاصرة ضوضاء ناشئة من وسائط النقل المتنوعة واستعمال اجهزة التبريد والمراوح ومولدات الكهرباء وصخب التجمعات السكانية وما اليها، فتسبب زيادة في درجة الضوضاء المنتقلة الى داخل الابنية. وفي هذا الباب سنناقش عملية انتشار الصوت في الفضاء الخارجي مع ابرز الطرائق المستعملة لتوهينه بواسطة الحواجز المتنوعة مع دراسة المعايير الخاصة بتصميمها.

5-2 انتشار الصوت في الفضاء الخارجي

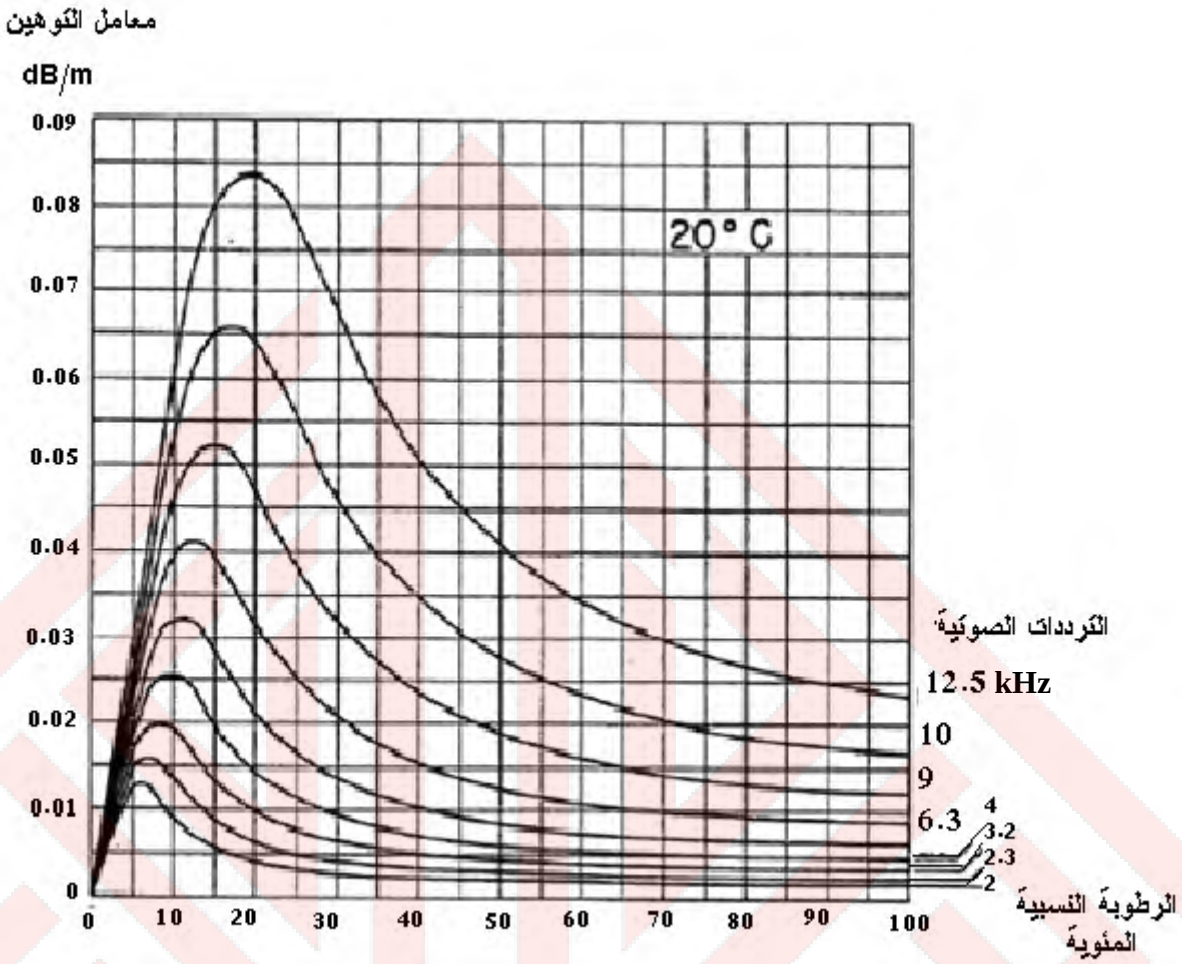
تؤثر في عملية انتشار الصوت في الفضاء خارج الابنية عدد من العوامل تلخص بما يأتي:-

5-2/1 تأثير المسافة

كلما ابتعدت طاقة الصوت عن المصدر الصوتي توزعت بشكل اوسع ونتيجة لهذا التوسع تقل طاقة الصوت بالابتعاد عن مصدر الصوت تبعاً لقانون التربيع العكسي، ويصل مقدار هذا النقصان الى حوالي 6 dB (عندما تتضاعف مسافة البعد عن مصدر الصوت النقطي). [1،ص1-5]

5-2/2 الامتصاص الجزيئي

يعمل الامتصاص الجزيئي على توهين الصوت نتيجة مروره خلال الوسط المادي الذي ينتقل فيه، وتعتمد عملية الامتصاص الصوتي في الهواء على درجة الحرارة والرطوبة وتردد الصوت والبعد عن المصدر. يبين الشكل (5-2/1) العلاقة بين الرطوبة النسبية والتوهين الصوتي في درجة حرارة 20ºس. [1،ص1-5]



الشكل (1/2-5) علاقة امتصاص الصوت بالرطوبة النسبية في درجة حرارة 20ºس [1،ص1-5]

لغرض حساب امتصاص الهواء للصوت تستعمل المعادلة (1/2-5) اعتمادا على ANSI S1.26,.

$$D_{air} = mc/1000 \qquad (1/2\text{-}5)$$

حيث:

D_{air} = نسبة منسوب التوهين الى امتصاص الصوت في الهواء

m = معامل الامتصاص (dB/km)

c = سرعة الصوت (m/s) [2]

الجدول (5-1/2)

معامل الامتصاص m في درجة حرارة 20 سيليزية [2]

الرطوبة النسبية%	الترددات			
	1kHz	**2kHz**	**4kHz**	**8kHz**
40	0.0011	0.0026	0.0072	0.0237
50	0.0010	0.0024	0.0061	0.0129
60	0.0009	0.0023	0.0056	0.0162
70	0.0009	0.0021	0.0053	0.0143
80	0.0008	0.0020	0.0051	0.0133

5-2/3 تأثيرات الغلاف الجوي

تسبب درجات الحرارة والرياح تأثيراً في موجات الصوت وهو ما يؤثر في مناسيب شدة الصوت المستقبلة من قبل المتلقي. وكما يأتي:-

5-2/3/1 درجة الحرارة

تؤثر درجة حرارة الجو في تغيير سرعة الصوت c . تبين المعادلة (5-2/2) علاقة تغيير درجة الحرارة بتغير سرعة الصوت في الهواء .

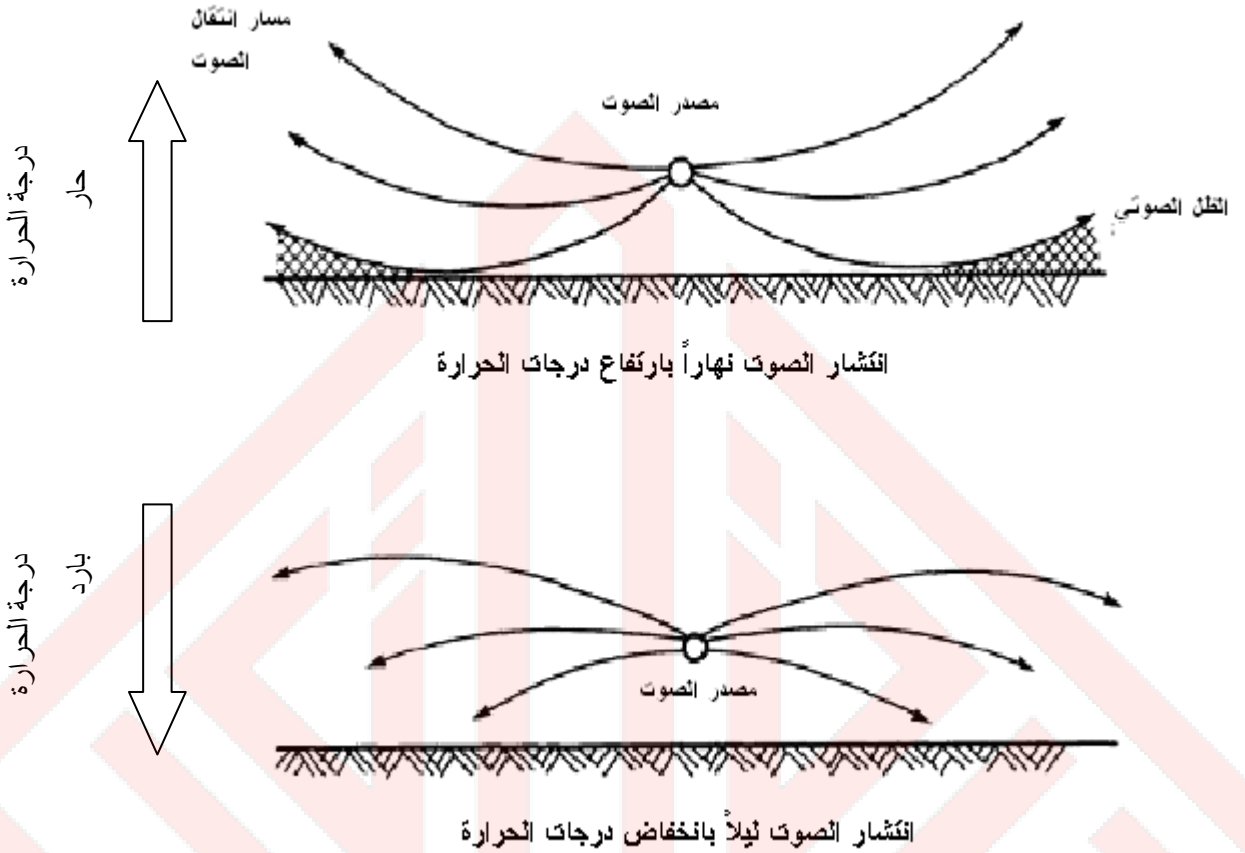
$$c = 20.047\sqrt{273 + T^0C} \qquad \textbf{(5-2/2)}$$

حيث:

T^0C = درجة الحرارة (C) ^{o}

c = سرعة الصوت (m/sec) [3]

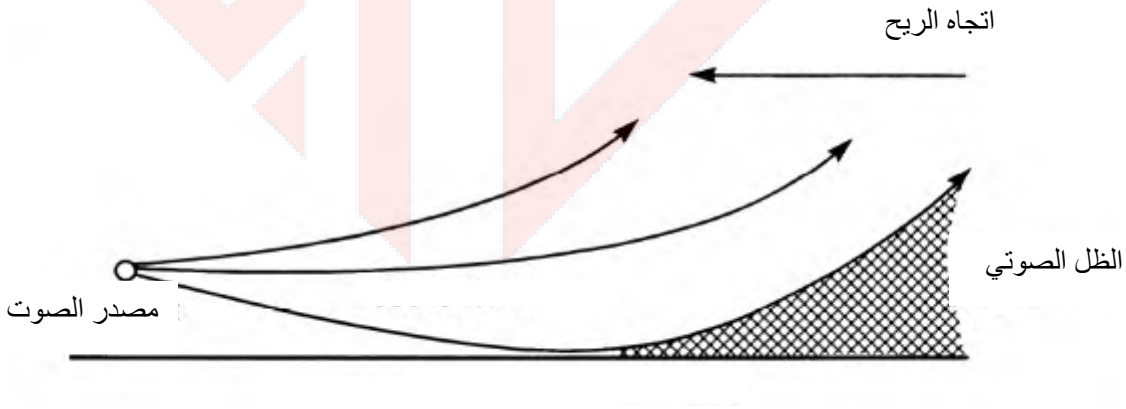
و تؤثر التغييرات في درجة الحرارة في طريقة انتقال الموجات الصوتية ، ففي النهار يسخن الهواء بتأثير الاشعاع الشمسي لكنه يبرد ليلاً عند صعوده الى الاعلى لذا يتولد ظل صوتي في النهار يصعب معه سماع الصوت في حين يكون المدى السمعي واسعا ليلاً لان اتجاه الانتشار يكون نحو الاسفل بعيداً عن مصدر الصوت والشكل (5-2/2) يبين ما تقدم.



الشكل (2/2-5) تأثير درجة الحرارة على انتشار الصوت[1،ص5-1]

2/3/2-5 الرياح

لاتسبب الريح المنسابة بهدوء تأثيراً يذكر في تغيير طريقة انتقال الصوت ولكن تأثيرها يظهر عند زيادة سرعتها إذ تعمل على تكوين منحنيات في موجات الصوت على مدى مسافات واسعة. وتولد في نفس الوقت منطقة ظلال صوتية بالنسبة للمتلقي وذلك في الترددات 300 و5000 Hz. يبين الشكل (3/2-5) تأثير اتجاه الريح في تكوين منطقة ظلال صوتية. [1،ص6-5]

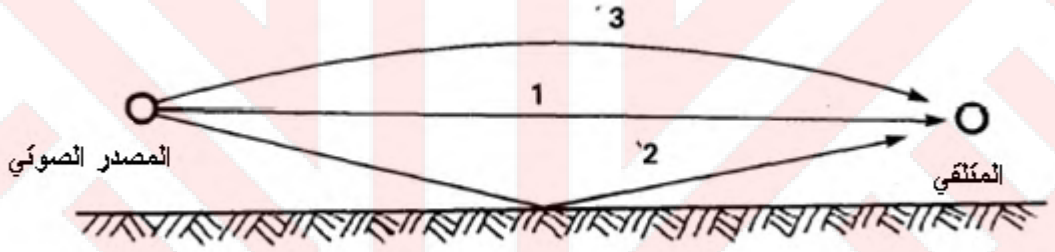


الشكل (3/2-5) تأثير اتجاه الريح على انتشار الصوت[1، ص6-5]

تنتقل موجات الصوت بحسب اتجاه هبوب الرياح فموجات الصوت التي تنتقل مع الريح تنحني بأتجاه الارض وموجات الصوت التي تنتقل عكس اتجاه الريح تنحني فوق مستوى الارض. اما الرياح غير المنتظمة الاتجاه فانها تسبب تغييراً في منسوب الصوت عبر مسافات كبيرة. وبشكل عام فان الرياح غير المنتظمة يصعب معها حساب التغيير في مناسيب الصوت.

5-2/3/3 التغطية الارضية

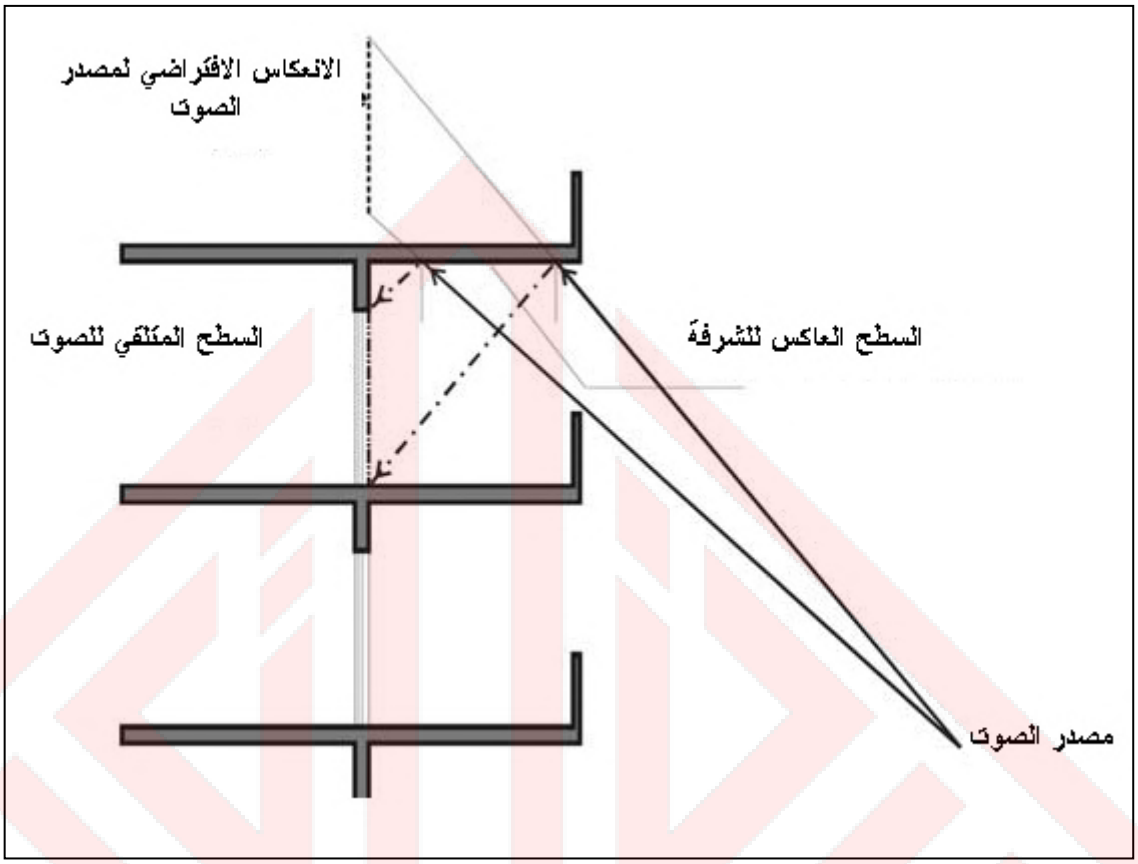
يؤثر نمط التغطية الارضية على انتقال الصوت بثلاث طرائق رئيسة لانتقال الصوت. وكما يبين الشكل (5-2/4) فأن المسار الاول يمثل انتقال الصوت المباشر بين المصدر والمتلقي والمسار الثاني لانتقال الصوت يمثل الصوت المنعكس من الارض الذي قد يكون بنفس الطور او خارج الطور لانتقال الصوت المباشر والذي قد تضعفه او قد تقويه تغطية الارضية التي قد تكون صلبة او ناعمة (عاكسة او ماصة للصوت). اما المسار الثالث فيعبر عن مناسيب الصوت المنخفضة التي تنحني نحو الارض بعدة طرائق اعتمادا على سرعة الريح ودرجة الحرارة ورطوبة الجو، وتعتمد الحسابات على المسارين الاول والثاني بشكل اساسي. [1،ص5-7]



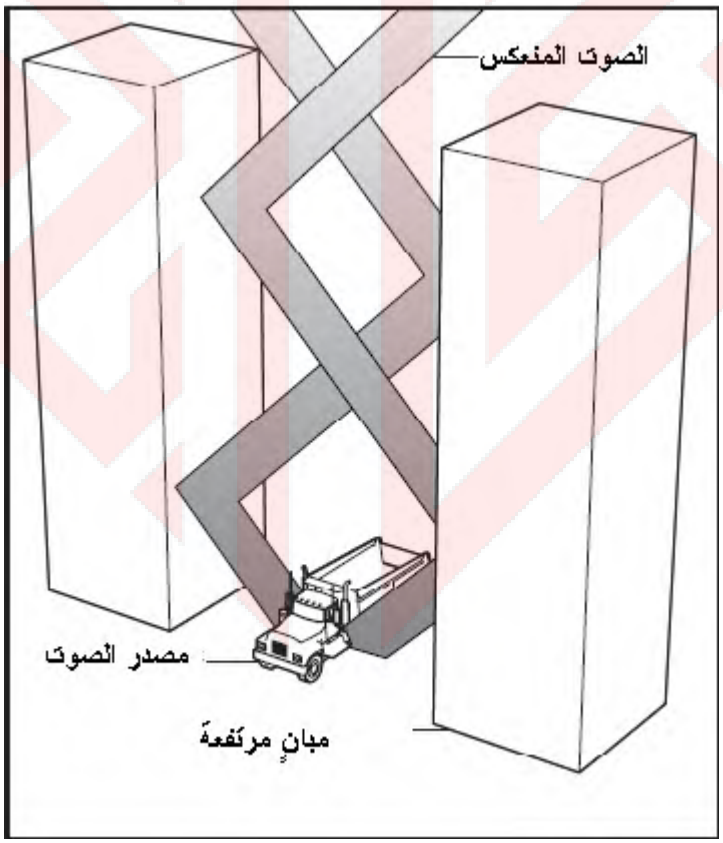
الشكل (5-2/4) مسارات انتقال الصوت [1،ص5-7]

5-3 طرائق تخفيض انتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي

بالنظر للتأثيرات السلبية لانتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي على الابنية القريبة من مصادر الاصوات كما موضح بالشكل (5-3/5) حيث ينعكس الصوت بشكل كامل داخل الفضاء في مبنى متعدد الطبقات، او قد يحدث انعكاس صوتي بين الابنية المرتفعة المتقاربة كما في الشكل(5-3/6)، فقد تم اعتماد عدد من الطرائق لتخفيض انتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي باستعمال الحواجز الصوتية اللازمة للتقليل من الضوضاء مثل العوارض الأرضية، وحواجز الحوائط الخارجية الرقيقة كالاتي:



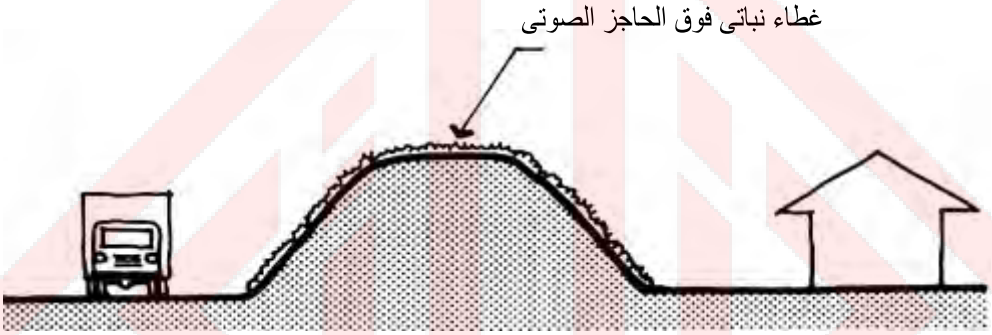
الشكل (5-3/5) انعكاس الصوت في المباني المرتفعة



الشكل(5-3/6) مسارات انعكاس الصوت بين المباني المرتفعة

5-3/1 العوارض الأرضية

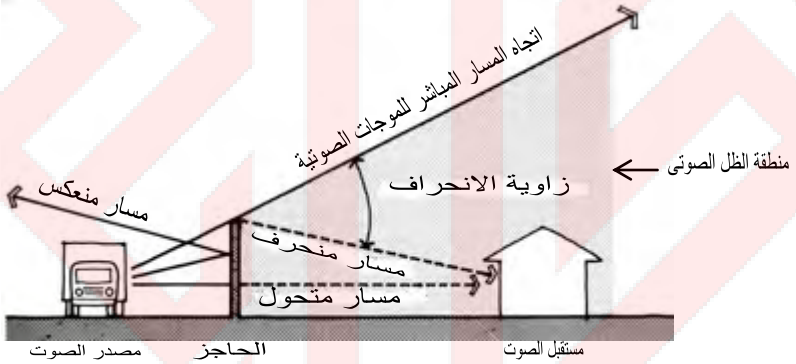
وهي موضحة بالشكل (5-7/3) فقد تكون مغطاة تماماً بالحشائش أو أى مواد نباتية أخرى لكى تمتص الصوت، وتعمل كعازل فعال للضوضاء مخفضاً مناسيبها بنحو 5-10 dB. وكفاءتها يمكن أن تقل إذا كان السطح العلوي لها عاكساً كأن يكون من الأسفلت أو الخرسانة أو أن يتآكل غطاؤه النباتى بجعله ممراً للدراجات أو للمشاة. [4،ص6]



الشكل (5-7/3) الحاجز الصوتى على شكل عوارض أرضية[4، ص7]

5-3/2 الحواجز

يمكن تقليل الضوضاء عن طريق عمل الحواجز الجدارية الخارجية كما يظهر في الشكل (5-8/3) والذي يوضح مسارات الصوت من المصدر إلى المستقبل والمشتتة بحاجز رقيق من الجدران.



الشكل (5-8/3) تقليل الضوضاء باستعمال الحواجز[4، ص7]

والحواجز تراكيب انشائية مصمتة تعمل على تغيير مسار الصوت بين المصدر والمتلقي. وتستعمل في حالة تعذر احاطة المصدر كلياً كالمصادر الخطية او بعض المصادر النقطية في المجال الحر، وتعمل على تخفيض الضوضاء ضمن منطقة الظل الصوتي التي تكونها. وهذه المنطقة تشابه منطقة ظل الضوء عندما يصادف حاجزاً، ولكن منطقة الظلال الصوتية صغيرة مقارنة بمنطقة الظلال الناتجة من الحاجز في حالة الضوء وسبب ذلك ان طول الموجات الضوئية قصير للغاية مقارنة بالموجات الصوتية. [4،ص7]

5-2/3/1 صفات الحواجز

يظهر الشكل (5-9/3) التشكيل الهندسي للحاجز الخارجي من غير وجود سطوح اخرى تعكس الصوت ضمن المنطقة المحمية. اذ كلما زاد ارتفاع الحاجز زاد التوهين الصوتي وقل منسوب الضوضاء وذلك بزيادة مساحة الظل الصوتي خلف الحاجز. كما يؤثر بعد الحاجز عن المصدر او نقطة الاستقبال حيث تزداد مساحة الظل الصوتي للحاجز كلما زاد القرب من المصدر او المتلقي وذلك للمصادر الخطية والنقطية.

ان الارتفاع الفعال للحاجز الذي يعرف بانه (ارتفاع الحاجز المحسوب من قمته الى نقطة تقاطعه مع خط النظر أي انه الخط الواصل بين المصدر ونقطة الاستقبال) وبعده عن المصدر ونقطة الاستقبال، يؤثر على قيمة عامل حجب الحاجز كما تبين المعادلة (5-3/3) حيث انه بزيادة عامل الحجب يزداد توهين الصوت للحاجز.[5،ص 6.2.1.6]

$$Z = \frac{h^2_{eff}}{2}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right) \qquad \textbf{(5-3/3)}$$

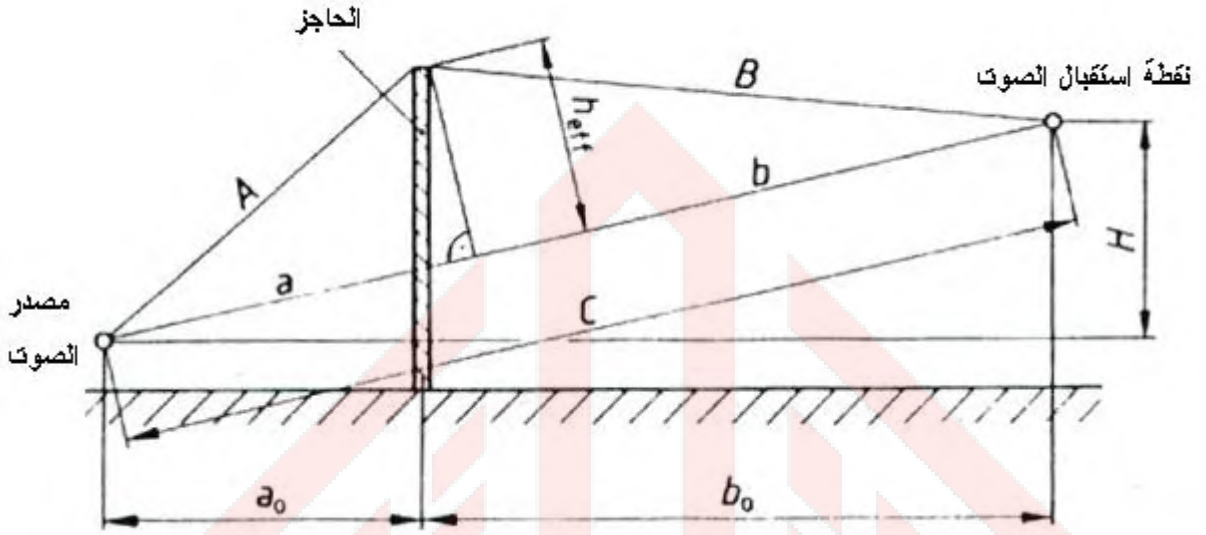
حيث:

h_{eff} = الارتفاع الفعال للحاجز (m)

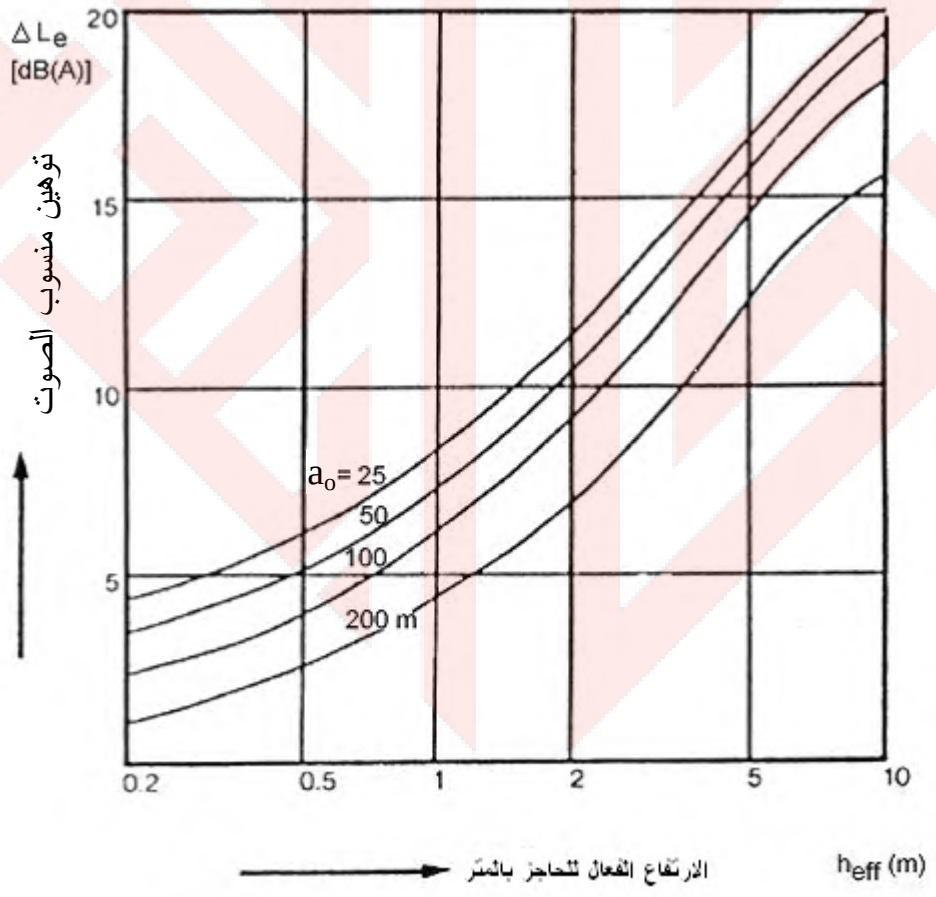
a = المسافة بين الخط العمود على الحاجز والمصدر (m)

b = المسافة بين الخط العمود على الحاجز ونقطة الاستقبال (m)

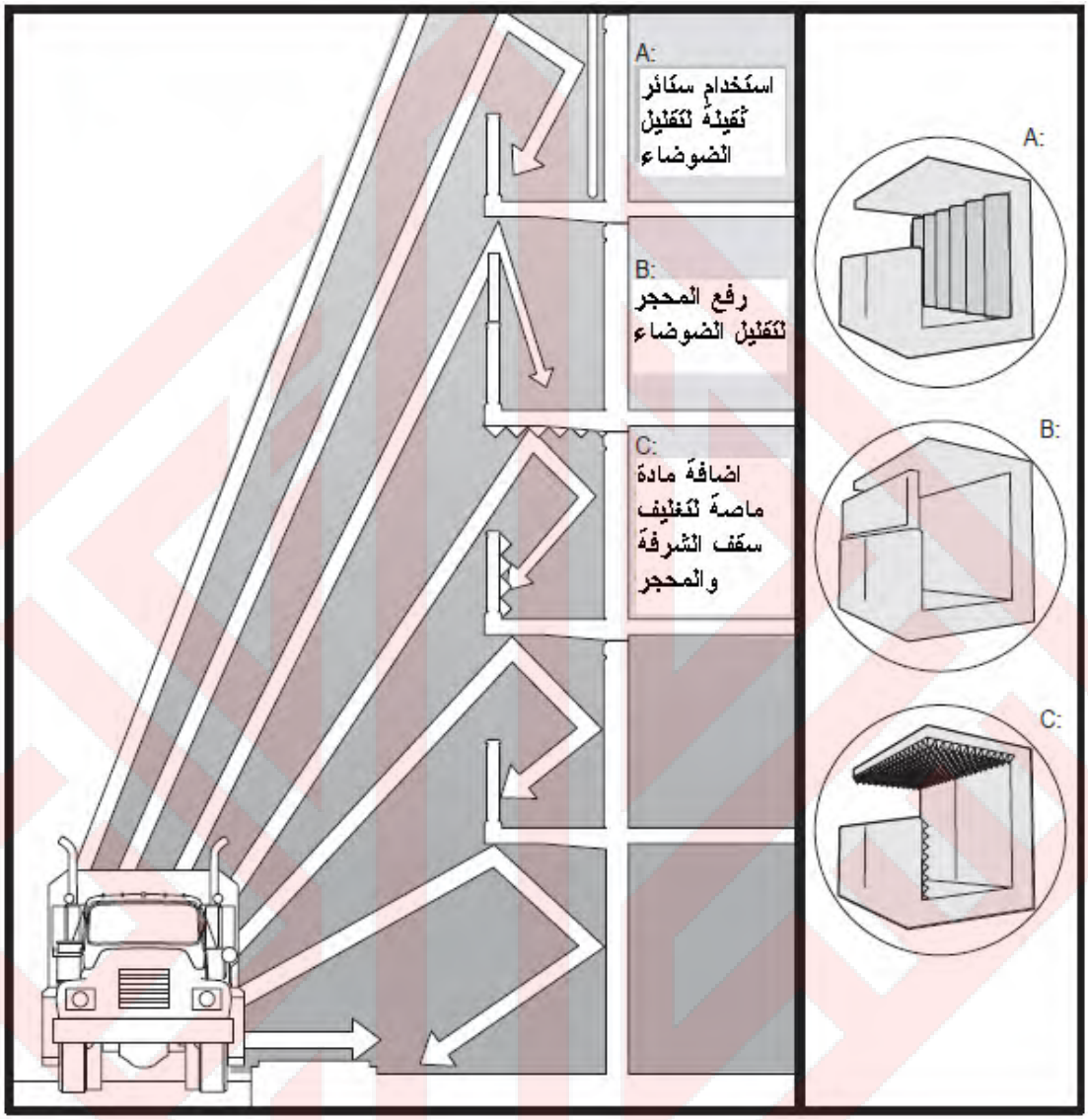
Z = عامل حجب الحاجز



الشكل (5-3/9) التشكيل الهندسي للحاجز الخارجي[5، ص 6.2.1.6]



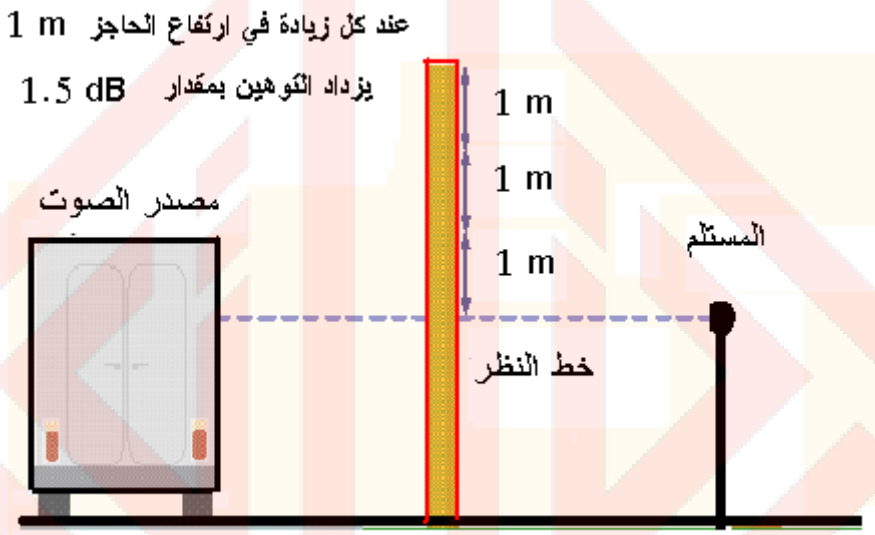
الشكل (5-3/10) توهين منسوب الصوت اعتمادا على الارتفاع الفعال للحاجز وبعد المصدر عنه بالامتار [5،ص 6.2.1.6]



الشكل(5-11/3) توهين منسوب الصوت في مبنى ذي شُرَف اعتمادا على استعمال عدد من المعالجات الصوتية من ضمنها الحواجز [5،ص 6.2.1.6]

5-2/2/3 توهين منسوب الصوت باستعمال الحواجز

هو الفرق بين منسوب الصوت عند المتلقي قبل وضع الحاجز ومنسوب الصوت بعد وضع الحاجز الصوتي. و بشكل عام اعتمادا على قانون الابهام الايسر فان زيادة ارتفاع الحاجز(1 m) فوق مستوى خط البصر يوفر توهينا صوتيا يصل الى 1.5 dB. انظر الشكل(12/3-5).[6]



الشكل (12/3-5) تاثير الحاجز في توهين الضوضاء

إن الزيادة في التوهين التي يسببها ارتفاع الحاجز تصل الى 5 dB عند خط نظرالمتلقي. إن التصميم الجيد للحاجز يحقق توهيناً صوتياً مقداره 10dB بالنسبة للاشخاص أو الأبنية التي تقع مباشرة بعد الحاجز، أما لحالة الاشخاص البعيدين و الابنية البعيدة عن الحاجز فيجب ان يحقق التصميم الجيد للحاجز توهيناً صوتياً مقداره 3-5 dB ويظهر الجدول (2/3-5) انواع حواجز الضوضاء بحسب جودتها الادائية [7].

الجدول (2/3-5)

انواع حواجز الضوضاء وجودتها الادائية[7]

التوهين الصوتي للحاجز (dB)	احتمالية التصميم	نسبة التوهين	الكفاءة الادائية
5	بسيط	%68	يمكن تحسسه
10	مقبول	%90	نصف الضوضاء
15	صعب جداً	%97	3/1 الضوضاء
20	مستحيل تقريباً	%99	4/1 الضوضاء

5-3/2/3 التوهين الصوتي للمواد المختلفة في الحواجز

تسمح كل المواد بنفاذ الصوت من خلالها. وتختلف درجات ذلك باختلاف نوع المواد واختلاف تردد الصوت. ولكي يكون الحاجز الصوتي فعالاً يجب ان يكون منسوب الطاقة التي تعبر خلاله اقل من التي تمر من فوقه او حول حافاته. وقد تم اعتماد توصيات المواصفة القياسية الامريكية ASTM E413 في حساب التوهين الصوتي لاية مادة كما تبين المعادلة (5-4/3).

$$TL = 10\log_{10}\left[10^{(SPL_S/10)}/10^{(SPL_r/10)}\right] \qquad \textbf{(5-4/3)}$$

حيث:

TL = نقصان الصوت بالانتقال (dB).

SPL_s = منسوب ضغط الصوت عند جانب مصدر الصوت (dB).

SPL_r = منسوب ضغط الصوت عند جهة المتلقي (dB).

يعتمد التوهين الصوتي للحاجز على وزن المادة وكثافتها وتردد الصوت. يبين الجدول (5-3/3) القيمة التقريبية لتوهين منسوب الصوت بال(dB) لعدد من المواد المعتمدة في تصميم الحواجز الصوتية والتي اعتمدت على القياسات المختبرية. [8، ص4]

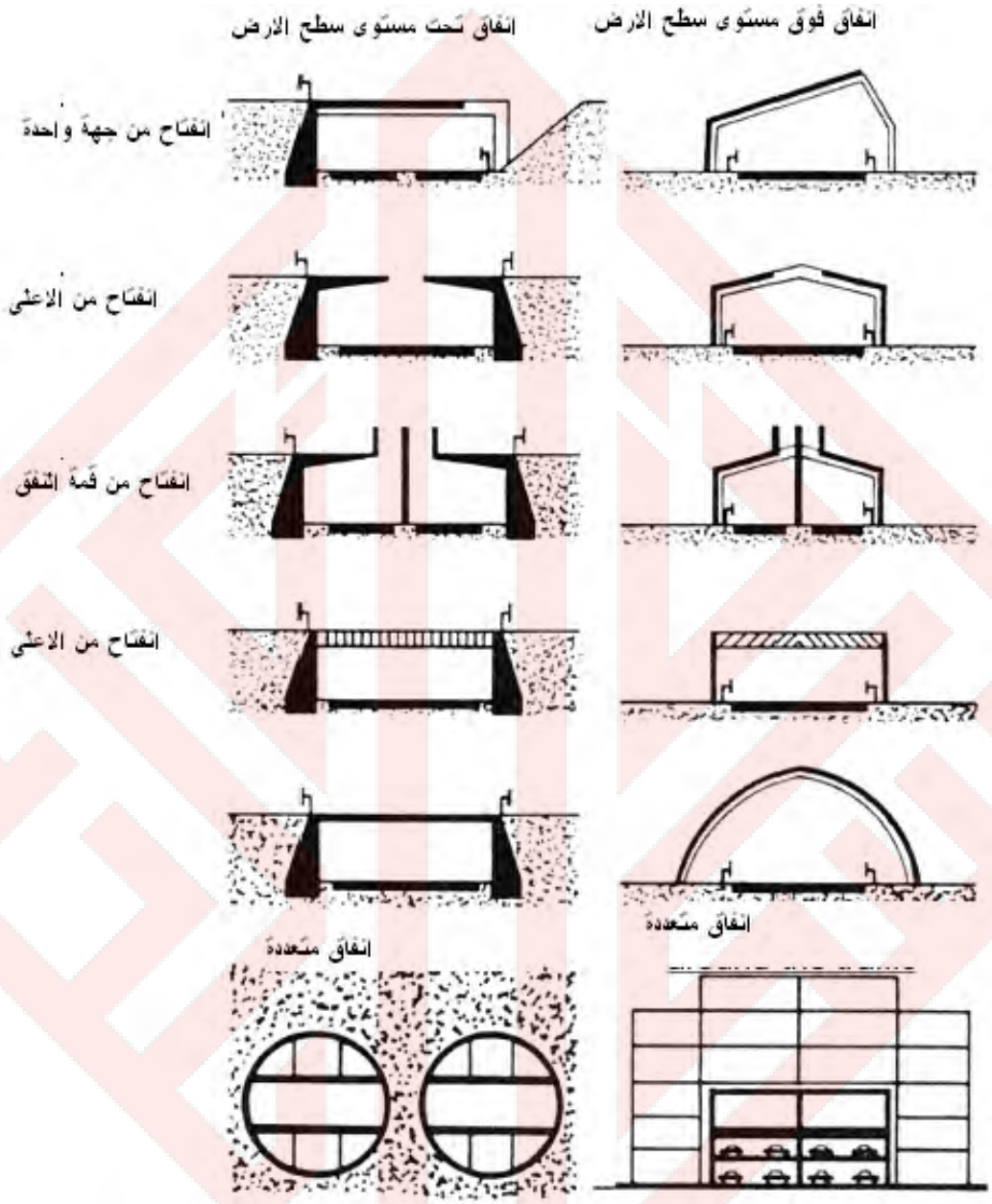
الجدول (5-3/3)

توهين منسوب الصوت لعدد من المواد المستعملة في الحواجز الصوتية [8،ص5]

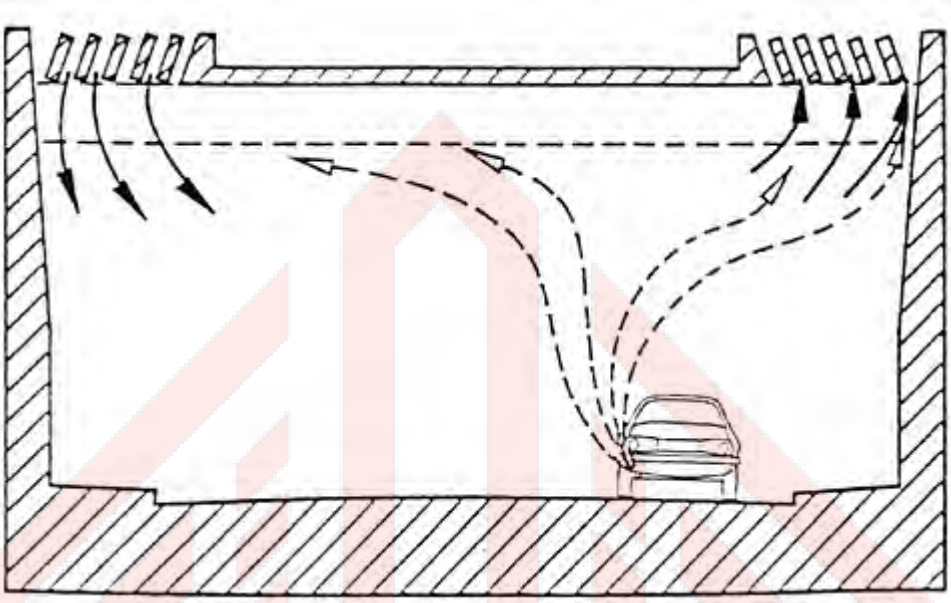
المادة	السمك (mm)	كتلة الجدار الكتلية (Kg/m^2)	توهين انتقال الصوت TL بال(dB)
Polycarbonate	12-8	14-10	33-30
(Acrylic -Poly-Methyl-Meta-Acrylate	15	18	32
كتل خرسانية (بلوك كونكريت) خفيفة الوزن 200x200x400	200	151	34
كونكريت كثيف	100	244	40
كونكريت خفيف	150	244	39
كونكريت خفيف	100	161	36
طابوق	150	288	40
حديد (ستيل) 18 ga	1.27	9.8	25
حديد (ستيل)20 ga	0.95	7.3	22
حديد (ستيل)22 ga	0.79	6.1	20
حديد (ستيل)24 ga	0.64	4.9	18
الواح المنيوم	1.59	4.4	23
الواح المنيوم	3.18	8.8	25
الواح المنيوم	6.35	17.1	27
خشب	25	18	21
خشب رقائقي (معاكس)	13	8.3	20
خشب معاكس	25	16.1	23
الواح ماصة مغلفة بصفائح معدنية	50-125	20-30	30-47

5-3/3 الانفاق

من الطرائق التي استعملت لتقليل مناسيب ضوضاء الطرق الانفاق، سواء منها التي فوق مستوى سطح الارض اوالتي تحت مستوى سطح الارض، وهي تمنع انتقال الصوت المباشر الى المناطق المجاورة والشكل (13/3-5) يوضح بعض الامثلة لها في معالجة ضوضاء المرور، وهي طريقة ناجحة لمعالجة ضوضاء المرور لولا وجود مشاكل الانارة والتهوية و التنظيف وما اليها، مما يمكن تلافيه ومعالجته على وفق عدد من المقترحات التصميمية المبينة في الشكل (14/3-5). [5،ص6.2]



الشكل (13/3-5) مقاطع في انماط مختلفة من الانفاق[5،ص6.2]



الشكل (5-14/3) معالجات مستعملة للتهوية والانارة الطبيعية في الانفاق[5،ص6.2]

5-3/3/1 حساب مناسيب الضوضاء في الانفاق

افضل الطرائق المختصرة لحساب الضوضاء المنبعثة من الانفاق ذات الاشكال متوازية السطوح المستطيلة او نصف الدائرية، هي تلك التي اعتمدت من قبل الجمعية اليابانية لبحوث ضوضاء الطرق والمركبات في عام 1999. تعتمد هذه الطريقة على كون مجمل الطاقة المنبعثة من النفق (P_T) مكونة من مجموع طاقة الصوت المباشرة من مصدر الصوت (P_D) وطاقة الصوت المنعكسة من سطوح النفق الداخلية (P_R) كما تبين المعادلة (5-3/5)

$$P_T = P_D + P_R \qquad \textbf{(5-3/5)}$$

وان زاوية انتقال الصوت هي (Ω) المبينة في الشكل (5-15/3) لأنبعاث الضوضاء من الانفاق المتوازية المستطيلات ونصف الدائرية، تبعاً للنموذج الموضح في الشكل فان طاقة الصوت المنعكسة من المصدر (P_D) تعتمد على عدد الانعكاسات من مصدر الصوت وعلى المسافة التي يقطعها الصوت داخل النفق وتبين المعادلة (5-6/3) ذلك.

$$P_D = P_S / 2\pi \cdot \Omega \qquad \textbf{(6-3/5)}$$

كما ان طاقة الصوت المنبعثة من مسافة مقدارها (d) عن المصدر الصوتي (s) في النفق ذي المقطع المستطيل يمكن تخمينها باستعمال المعادلة **(7-3/5)**

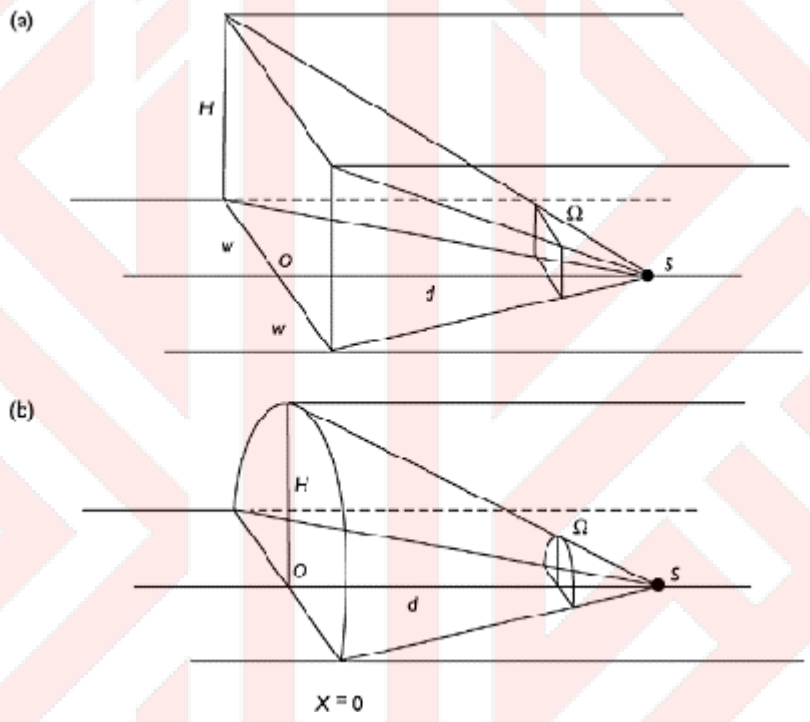
$$P_T = \frac{P_S}{2}\tan^{-1}\left(\frac{wH}{\sqrt{(\alpha_t d)^4 + (w^2 + H^2)(\alpha_t d)^2}}\right) \qquad \textbf{(7/3-5)}$$

حيث:-

P_T = طاقة الصوت الاجمالية المنبعثة من النفق (W)

P_S = طاقة الصوت الاصلية المنبعثة من المصدر (W)

d = المسافة عن مصدر الصوت (m)



الشكل (15/3-5) انبعاث الصوت من النفق متوازي السطوح المستطيلة ونصف الدائري بزاوية Ω.

اذا كانت شدة الصوت المنبعث من خلال نفق مساحة مقطعه $S_r=2wH$ هي $I=P_T/S_r$ فنستعمل المعادلة (8/3-5)

$$I = I_{ref}\frac{2d_{ref}^{\ 2}}{wH}\tan^{-1}\left(\frac{wH}{\sqrt{(\alpha_t d)^4 + (w^2 + H^2)(\alpha_t d)^2}}\right) \qquad \textbf{(8/3-5)}$$

أمـا بالنسـبة للانفـاق ذات المقطـع نصـف الـدائري فـان $I_{ref}=P_S/4\pi d_{ref}^{\ 2}$ تمثـل الشـدة المرجعيـة عـن مسـافة مرجعيـة وهـي d_{ref} فـي ظـروف الحقل الحـر وان H يمثـل ارتفـاع النفـق و 2w يمثـل عـرض النفـق. وان ثابـت الامتصـاص α_t يمثـل عـاملاً تجريبيـاً يسـتعمل لحسـاب الصـفات الصـوتية لجـدران النفـق. ويتلاشـى فـي حـال كون حافات النفق عاكسة للصوت تماما. فتكون المعادلة لطاقة الصوت الاجمالية المنبعثة من النفق كما في المعادلة (9/3-5)

$$P_T = \frac{P_S}{2}\left(1-\frac{\alpha_t d}{\sqrt{H^2+(\alpha_t d)^2}}\right) \qquad \textbf{(9/3-5)}$$

وان شدة الصوت $I=P_T/Ss$ يمكن تخمينها تقريبياً من المعادلة (10/3-5)[9،ص422-423]

$$I = I_{ref}\ \frac{4d_{ref}^2}{H^2}\left(1-\frac{\alpha_t d}{\sqrt{H^2+(\alpha_t d)^2}}\right) \qquad \textbf{(10/3-5)}$$

5-4 المراجع

[1] Departments of the Army and Air Force, TM 5-8054/AFJMAN 32-1090 "*Unified Facilities Criteria (UFC) Noise and Vibration Control*" Washington, DC, 2003

[2] AS TM-C423 "*Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method1"*

[3] U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration 200 Constitution Avenue, "*Noise and Health Effects Occupational*":NW Washington, DC 2010. http://www.osha.gov/index.html

[4] د.المكاوي، محمد عبد الرحمن حسن،"دور التخطيط العمرانى فى معالجة التلوث الضوضائى بالمدينة المصرية"" بحث منشور في مؤتمر التنمية الشاملة للمدن المصرية.-2004

[5] Baumüller,Jürgen. Hoffmann, Met. Ulrich. Reuter,Ulrich." *Noise Manual for Urban Development-Indications for urban land-use planning*"Stuttgart, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg,(Ministry of Economics of Baden-Württemberg)

[6] Breel kjoer inc. "*measuring sound*", Breel kjoer Press. 1999.

[7] Stephen, lownoles, "*A model to investigate traffic noise & naturally ventilation*", euronoise.2006.org.

[8] Environmental Protection Department, Highways Department, "*Guidelines on Design of Noise Barriers*", Government of the Hong Kong SAR.Second Issue, January 2003

[9] Attenborough, Keith, Li, Kai and Horoshenkov Kirill Mi,ng, "P*redicting Outdoor Sound*" Taylor & Francis, London and New York,2007

الباب السادس

إنتشار الصوت في الفضاء الداخلي

1-6 تمهيد

يتناول الباب السادس ابرز الظواهر الصوتية ضمن الفضاء الداخلي، وما يؤثر في استقبال منسوب ضغط الصوت من قبل المتلقي من مصدر صوتي ضمن الفضاء، وتأثير استعمال المواد الماصة في تصاميم الفضاءات الداخلية ضمن المباني ومعاملات امتصاصها، وثابت الفضاء وظاهرة الموجات المستقرة وعامل الاتجاهية وتوهين الصوت.

2-6 منسوب ضغط الصوت في الفضاء الداخلي

منسوب ضغط الصوت في مسافة معينة يمكن ان يحسب من المعادلة الآتية:

$$L_P = 10\log\left[\left(\frac{p}{p_{ref}}\right)^2\right] \qquad (1/2\text{-}6)$$

حيث:-

L_p = منسوب ضغط الصوت بالـ(dB)

P = ضغط الصوت داخل الفضاء (N/m^2)

P_{ref} = ضغط الصوت المرجعي (2×10^{-5}) (N/m^2)، وتكتب المعادلة بالصيغة التالية اختصاراً. [1،ص4-B]

$$L_P = 20\log\left[\left(\frac{p}{p_{ref}}\right)\right] \qquad (2/2\text{-}6)$$

3-6 معامل الامتصاص

يعرف معامل الامتصاص بأنه نسبة الطاقة الصوتية غير المنعكسة من السطح الى الطاقة الكلية الساقطة عليه. وتستعمل المعادلة **(3/3-6)** في التعبير عن قيمة معامل الامتصاص للمواد المختلفة.

$$\alpha = I_a / I_i \qquad (3/3\text{-}6)$$

حيث:-

I_a = شدة الصوت الممتصة على وحدة المساحة (W/m^2)

I_i = شدة الصوت الساقطة على وحدة المساحة (W/m^2)

قيمة معامل الامتصاص تتراوح بين 0 و1 والقيمة 1 تعني ان الصوت يمتص كليا من قبل السطح، مثل ظاهرة النافذة المفتوحة. إن كمية الصوت الممتص في الفضاء تمثل مجموع ما تمتصه سطوح الفضاء من طاقة صوتية. [2، ص3-4]

$$A = \sum_i S_i \alpha_i = S_1\alpha_2 + S_2\alpha_2 + ... = S\alpha_m \qquad \textbf{(4/3-6)}$$

حيث:-

A= المساحة المكافئة في الامتصاص ($Sabin.m^2$)

S= مجموع مساحات سطوح الفضاء (m^2)

α_m = معامل الامتصاص المكافىء (Sabin)

تشمل هذه المعادلة معاملات الامتصاص للاشخاص والهواء ضمن الفضاء.

1/3-6 معدل معامل الامتصاص

يعبر عن معدل معامل الامتصاص بالمعادلة رقم (5/3-6): [2،ص4]

$$\alpha_m = A / S \qquad \textbf{(5/3-6)}$$

حيث:-

α_m = معامل الامتصاص المكافىء (Sabin)

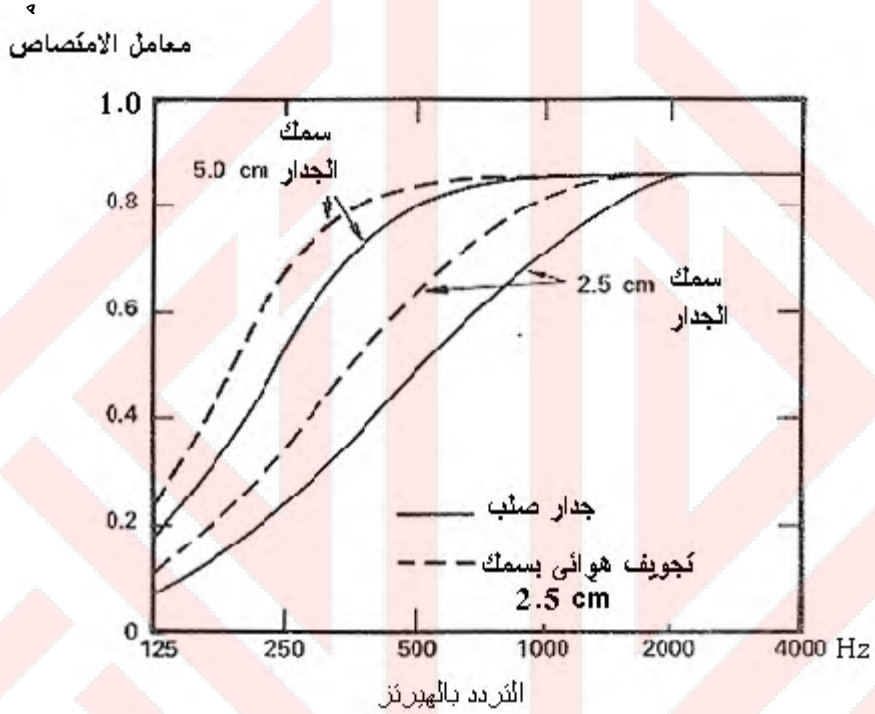
A= المساحة المكافئة في الامتصاص ($Sabin.m^2$)

S= مجموع مساحات سطوح الفضاء (m^2).

2/3-6 المواد الماصة للصوت

يتم قياس قابلية المواد لامتصاص الصوت عبر اختبارها في عدة ترددات صوتية. يمكن ان تصنع المواد الماصة للصوت من الالياف الزجاجية أوالصوف الصخري أوالرغوة، وغيرها من المواد الماصة للصوت. وتتصف هذه المواد بقابلية الامتصاص العالية عند الترددات العالية، والمنخفضة عند الترددات الواطئة اعتمادا على نمط المادة وسمكها. وتعتمد فعالية المواد الماصة للصوت على مقاومة تيار الهواء المرتبط مع الاهتزازات الصوتية للهواء، واكثر فعالية لها تكون في الترددات العالية حيث تكون اقل سمكاً مقارنة مع الطول الموجي للصوت. وبما ان الامتصاص يقل في الترددات المنخفضة فان المواد المسامية قليلة السمك لن تكون فعالة في الترددات

المنخفضة. ويبين الشكل (1/3-6) امكانية تحقيق زيادة امتصاص الصوت للترددات المنخفضة باضافة فجوة هوائية بين مواد الجدار بما يحقق سمكاً كلياً اكبر للمادة الماصة للصوت.[3]



الشكل (1/3-6) استعمال الفجوة الهوائية لزيادة نسبة امتصاص الصوت في الجدران [3]

3/3-6 ايجاد معامل الامتصاص عملياً

لدينا طريقتان لايجاد معامل الامتصاص وهما:

أولاً:- يتم قياس معامل الامتصاص في غرفة ترديدية قبل ادخال عينة المادة المراد معرفة معامل امتصاصها ويتم تحديد معامل زمن الترديد قبل ادخال العينة ضمن الفضاء وبعدها. اما مساحة عينة المادة فيجب ان تتراوح قياساتها بين(10-12 m) داخل هيكل مثبت ضمن الفضاء. ويتم تشغيل صوت ذي حقل ناشر صادر من سماعات مضاف اليها صوت ضوضاء بيضاء (White noise) او صوت نغمة متارجحة (Warble Tone)

وعندما يصل منسوب ضغط الصوت الى مقدار ثابت مستقر يوقف مصدر الصوت فجأة. ويسجل عندئذ منحنى تناقص الصوت على ورق خاص باستعمال جهاز تسجيل منسوب الصوت Level Recorder عند كل تردد مركزي للصوت في نطاق الجواب اذا كان الصوت ضوضاء بيضاء، وعند كل تردد مركزي في نطاق ثلث الجواب اذا كان الصوت نغمة متارجحة. ومن حساب زمن الترديد قبل وضع العينة وبعدها يمكن اجراء الحسابات على الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص ΔA بالسابين المتري من المعادلة (6/3-6)[4]

$$\Delta A = \frac{55.3V}{C} - \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right] \qquad \textbf{(6/3-6)}$$

حيث:-

ΔA = الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص للغرفة الترددية الناتجة عن ادخال عينة الاختبار الى ذلك الفضاء ($Sabin.m^2$).

V = حجم الفضاء (m^3).

C = سرعة الصوت عند درجة حرارة الاختبار داخل الفضاء (m/s).

T_1 = معدل زمن الترديد في الفضاء قبل ادخال العينة فيها (s).

T_2 = معدل زمن الترديد في الفضاء بعد ادخال العينة فيها (s).

يمكن حساب معامل الامتصاص للمادة من المعادلة (7/3-6):

$$\alpha_S = \Delta A / S \qquad \textbf{(7/3-6)}$$

حيث:

α_S = معامل امتصاص المادة للصوت (Sabin).

ΔA = الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص للغرفة ($Sabin.m^2$).

S = مساحة سطح العينة المختبرة (m^2).

ثانياً:-ايجاد معامل الامتصاص باستعمال جهاز انبوب الموجة المستقرة Standing wave apparatus (B&K4200 Standing Wave Apparatus) وهو عبارة عن انبوبين احدهما قطره 30 mm والاخر قطره 100 mm يستعمل الاول في الترددات حتى 1800Hz، والاخر في الترددات بين 1800-6500 Hz، تثبت العينة في مكان مخصص لها في نهاية الانبوب وتسجل الموجات المختلفة على شكل **1/3** نطاق الجواب باتجاه عمودي على العينة. ويقاس معامل الامتصاص مباشرة من المقياس الخاص بالاجهزة اللازمة اعتماداً على قراءة السعة القصوى لضغط الصوت الساقط والمنعكس داخل الانبوب حيث يكون معامل الامتصاص كما في المعادلة:

$$\alpha=1-(B/A)^2 \qquad \textbf{(8/3-6)}$$

حيث:-

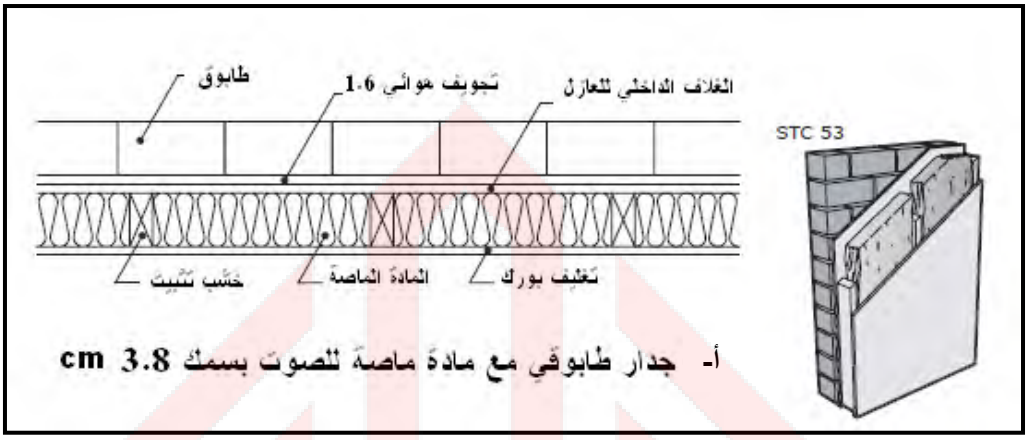
A = السعة القصوى للموجات الساقطة

B = السعة القصوى للموجات المنعكسة

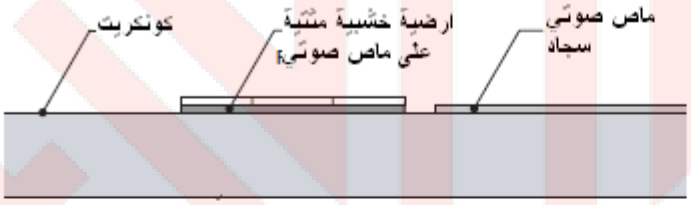
وتعتبر هذه الطريقة تقريبية، لان الموجات الصوتية تسقط بشكل عمودي على العينة، في حين ان الموجات تسقط في الحقيقة على العينة من جميع الاتجاهات. كما ان صغر العينة وصعوبة تثبيتها بالطريقة الصحيحة كما هو الحال في الواقع يجعل هذه الطريقة محدودة الاستعمال، ولكن يمكن استعمالها للمقارنة بين قيم معامل امتصاص بعض المواد التي تشبه السجاد حيث تركب المادة مباشرة على الارض او يوضع تحتها لباد او ما شابه ذلك. [5،ص131]

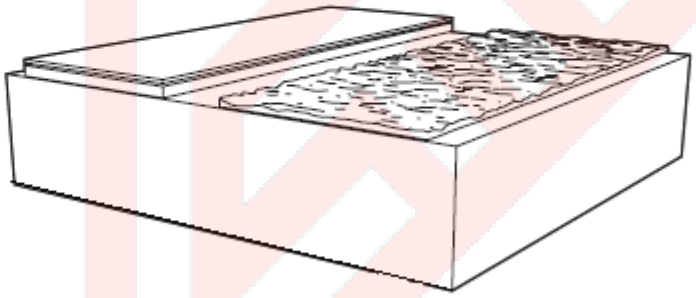
4/3-6 استعمالات المواد الماصة للصوت

يختلف استعمال المواد الماصة داخل الفضاءات بحسب طبيعة واستعمال الفضاء الداخلي. ففي المعامل تستعمل المواد الماصة المكونة من قطع معدنية مثقبة في السقوف للتخلص من الانعكاسات لكونها تتحمل الصدمات والمواد الزيتية، اما في القاعات والفضاءات السمعية والمختبرات وما شابهها فتفضل المواد الماصة خفيفة الوزن في جوانب ونهاية جدران القاعة لمنع حدوث العيوب الصوتية كالصدى والرنين اما انواع المواد الصوتية الماصة فيمكن الاطلاع عليها في الملحق (ج) من هذه المدونة. وفي الشكل (2/3-6) نموذجان لجدار وارضية استعملت فيهما مادة ماصة للصوت .



أ- جدار طابوقي مع مادة ماصة للصوت بسمك cm 3.8





ب- ارضية خرسانية (كونكريتية) مع مادة ماصة للصوت

الشكل (2/3-6) امثلة على استعمالات المواد الماصة في الجدران والارضيات

4-6 الموجات المستقرة

وهي ظاهرة تقوية موجة الصوت عند ارتطامها بسطوح الفضاء و انعكاسها فالمجموع الجبري للموجتين الصادرة والمنعكسة هو موجة لها نفس التردد وضعف الشدة اي تحدث تقوية طبيعية بين سطوح الفضاء لنفس الصوت ويطلق على هذه الظاهرة اسم الرنين Resonance. واكثر مدى ترددي يحدث فيه هو ضمن ترددات 100-150-200 Hz لتوافق المسافة بين سطوح الفضاء ومصدر الصوت وسرعته وطول الموجة. وتسبب ظاهرة الرنين تشويها في سماع الكلمات عند المتلقي فتظهر بعض الحروف بشدة اعلى من نطقها عند المصدر الصوتي. ويمكن حساب الرنين بين سطوح الفضاء من المعادلة (6-9/4) [6،ص90]

$$f_n = \sqrt{\frac{c}{2}\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \qquad \textbf{(9/4-6)}$$

حيث:-

l_z = ارتفاع الفضاء (m)

l_y = عرض الفضاء (m)

l_x = طول الفضاء (m)

n_x, n_y, n_z = قيمة صحيحة 3.2.1 ... الخ

f_n = تردد الرنين(Hz)

c = سرعة الصوت بالهواء (m/s)

5-6 زمن الترديد

يعرف زمن الترديد بانه الزمن اللازم لانخفاض طاقة الصوت بمقدار 60 dB من شدته الاصلية بعد توقف مصدر الصوت، وتوجد عدة صيغ رياضية لقياسه منها:

1/5-6 معادلة سابين (Sabine)

تعتمد معادلة سابين في حساب زمن الترديد على عاملين مؤثرين هما حجم الفضاء الصوتي ومعاملات الامتصاص للمواد المستعملة في تغليف سطوحه.

$$T_S = 0.163\frac{V}{\alpha S} \qquad \textbf{(10/5-6)}$$

وباضافة امتصاص الهواء

$$T_S = 0.163\frac{V}{\alpha S + 4mV} \qquad (11/5\text{-}6)$$

حيث:-

$$\alpha = \sum S_i \alpha_i \qquad (12/5\text{-}6)$$

T_s= زمن الترديد اعتمادا على معادلة سابين (s)

V= حجم الغرفة (m^3)

S = مجموع مساحات سطوح الغرفة (m^2)

4mV = ثابت امتصاص الهواء وفي الفضاءات الصغيرة يمكن اهماله (Sabin)

α= معامل الامتصاص المكافىء ($Sabin.m^2$)

2/5-6 معادلة (Eyring)

تفترض هذه المعادلة ان سطوح الفضاء ناشرة للصوت بشكل متجانس بحيث تحدث عملية امتصاص الصوت بطريقة متجانسة في ارجاء الفضاء ذي الشكل متوازي السطوح المستطيلة ويرمز لزمن الترديد هنا T_e

$$T_e = 0.163\frac{V}{S\ln(1-\alpha) + 4mV} \qquad (13/5\text{-}6)$$

3/5-6 معادلة (Fltzroy)

تعتمد على كون الصوت في الفضاءات ذات الشكل متوزاي السطوح المستطيلة ينتقل بطاقة صوتية مختلفة تبعا لنوع المواد الماصة التي تغطي سطوح الفضاء وعلى الاقطار الاساسية للفضاء، ومن ثم فان هذه المعادلة تعد تطوراً عن معادلة زمن الترديد الاساسية لسابين لامكانية حساب زمن الترديد مع اختلاف نمط المواد المستعملة في تغطية سطوح الفضاءات الصوتية.

$$T_e = 0.163\frac{V}{S^2}\left(\frac{-X}{\ln(1-\alpha_x)} + \frac{-Y}{\ln(1-\alpha_y)} + \frac{-Z}{\ln(1-\alpha_Z)}\right) \qquad (14/5\text{-}6)$$

حيث ان كلاً من X,Y,Z= مجموع المساحة الكاملة للجدارين المتوازيين (m^2).

α_X ، α_y ، α_Z = مجموع معاملات امتصاص الجدران المتقابلة ($Sabin.m^2$).[6،ص87-88]

4/5-6 ايجاد زمن الترديد عملياً

1- يتم وضع مصدر صوت في الفضاء المراد ايجاد زمن الترديد فيه (الغرفة الترديدية) ويشغل مصدر الصوت (يفضل ان يكون من نفس الحزمة الترديدية المراد قياسها).

2-يستقبل الصوت من نفس الفضاء، بواسطة ميكروفون (يدور في منتصف الفضاء) متصل بجهاز قياس منسوب ضغط الصوت (Sound Level Meter)B&K type 2218 ويتصل هذا الجهاز بجهاز مسجل خاص (Level Recorder) (B&K type 2308) وهذا الاخير يحول الاشارة المستقبلة الى شكل اشارة مكتوبة على الورق المتصل بهذا الجهاز. وهذا الورق يمكن التحكم بسرعته لتصل ما بين (mm/sec 30-0.01 الى mm/sec -0.0003 100).

3- يشغل مصدر الصوت في الترددات المطلوبة، وتستقبل الاشارة بواسطة جهاز قياس منسوب الضغط الصوتي عند التردد نفسه ويشغل جهاز التسجيل الخاص بسرعة ورق محددة.

4- يوقف المصدر الصوتي فجأة، فينخفض منسوب ضغط الصوت تدريجيا، يحسب الطاقة الصوتية المرتدة من الحائط وبشكل منحنٍ متعرج مائل حتى يصل الى ادنى حد له وهو ما يسمى ضوضاء الخلفية (الصوت الموجود في الفضاء بدون استعمال المصدر الصوتي).

5- يحدد على هذا الخط منسوب 60 dB ويقاس هذا الاسقاط ويقسم هذا الطول على سرعة الورق المستعمل.[7]

5/5-6 زمن الترديد الامثل

يوصى بان يكون زمن الترديد الامثل للفضاءات السمعية في نطاق الترددات المحصورة بين 500-1000 Hz كما هو في الجدول (6-1/5)[8،ص 88-90]

الجدول (6-1/5)

زمن الترديد المثالي للفضاءات المتنوعة

نوع الفعالية الصوتية	وظيفة الفضاء	زمن الترديد الامثل (sec)	
		الحد الاقصى	الحد الادنى
كلامية	قاعات تسجيل وبث اذاعي	0.6	0.4
	غرف صف مدرسية	0.9	0.5
	دار تمثيل وانتاج مسرحي	1.2	0.8
	غرف محاضرات ومؤتمرات	1.4	0.9
موسيقى وخطابة	قاعات سينما	1.3	0.7
	مسارح صغيرة	1.5	1.1
	قاعات استماع لاغراض عامة	3.4	1.9
	اماكن دينية	3.4	1.2
موسيقى	اماكن رقص	1.3	0.8
	قاعات مسرحيات هزلية كوميدية واوبرا قصيرة	1.5	1.05
	قاعات موسيقى كونسرت وموسيقى شبه تقليدية ومجموعات فرق موسيقية	1.9	1.1
	قاعات اعمال فرق موسيقية معاصرة وغرف موسيقى منفردة	1.9	1.2
	قاعات اوبرا	1.9	1.3
	قاعات فرق موسيقية دينية	2.15	1.6
	قاعات استماع للموسيقى السيمفونية	2.2	1.6
	قاعات استماع لفرقة موسيقية دينية او مجموعة من المرتلين او لالة الاورغن	3.4	1.9
المدارس	قاعات الاجتماع	1	2.5
	الملاعب وبرك السباحة	-	1.5
	غرف الطعام	-	1.25
	غرف الصف	1.25	0.75
	غرف تعليم الموسيقى	1.5	0.75

6-6 ثابت الفضاء

يعبر ثابت الفضاء عن الصفة الصوتية للفضاء . كما في المعادلة (14/6-6).[6،ص91]

$$R = A / (1- \alpha_m)$$

$$= \Sigma S_i \alpha_i / (1- \alpha_m) \qquad (15/6-6)$$

حيث:-

R = ثابت الفضاء ($Sabin.m^2$)

A = امتصاص الفضاء ($Sabin.m^2$)

Si = السطح المنفرد في الفضاء (m^2)

α_i = معامل الامتصاص المكافىء للسطح المنفرد في الفضاء ($Sabin.m^2$)

7-6 عامل الاتجاهية وتوهين الصوت

يعتمد توهين الصوت في الفضاء على موقع مصدر الصوت ومتلقيه وثابت الفضاء. ففي حالة كون مصدر الصوت مستمراً فان منسوب شدة الصوت في الفضاء هو مجموع الصوت الاصلي والترديدي. يعبر عن شدة الصوت بالمعادلة (15/7-6) [9،ص124]

$$L_p = L_w + \log(Q / (4 \pi r^2) + 4 / R) \qquad (16/7-6)$$

حيث:-

L_p = منسوب شدة الصوت المستلمة (dB)

L_w = منسوب طاقة الصوت من المصدر (dB)

Q = دليل الاتجاهية

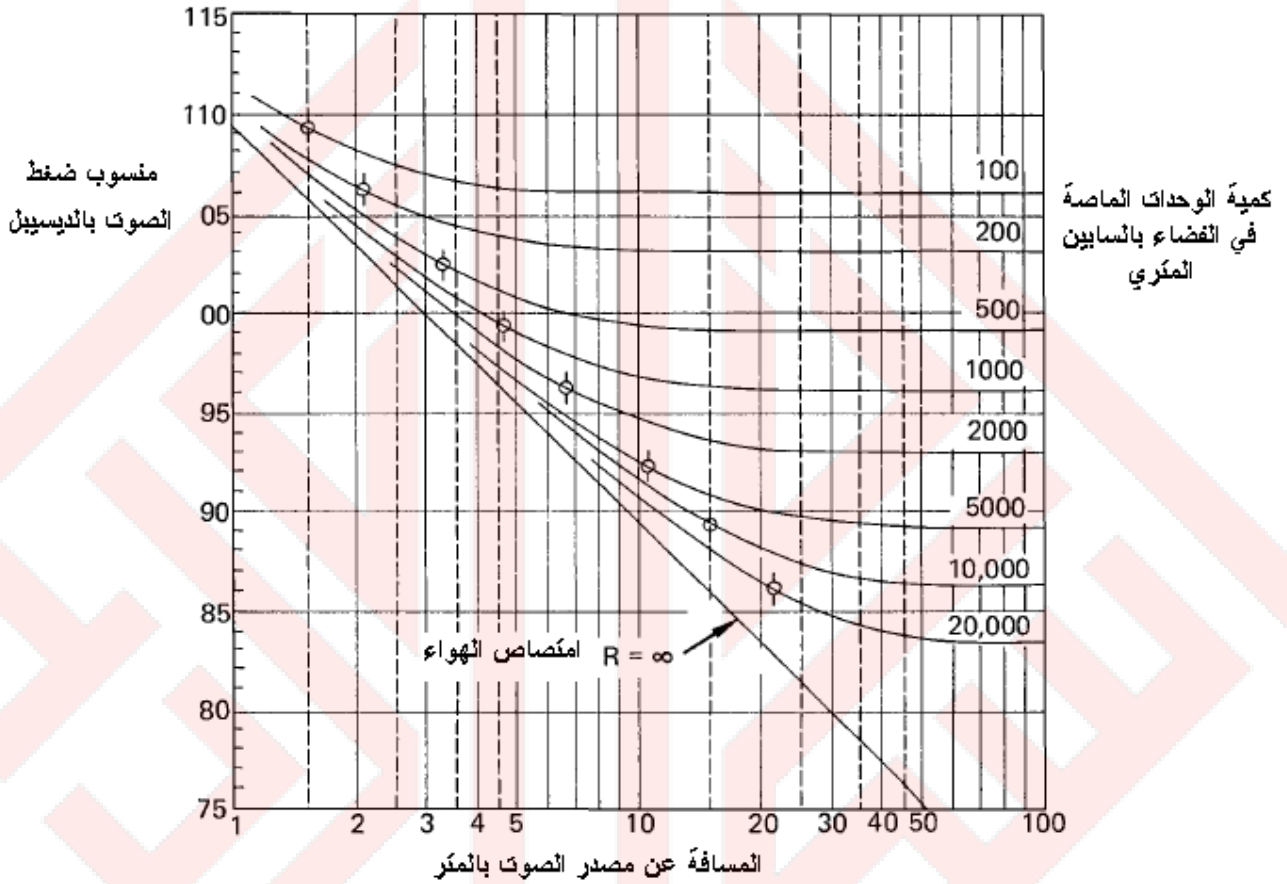
R = ثابت الفضاء ($Sabin.m^2$)

π = 3.14

r = المسافة عن المصدر (m)

ان مقدار توهين منسوب ضغط الصوت لاي مصدر صوتي ضمن الفضاء الواحد يعتمد على بعد المتلقي عن المصدر. اذ يزداد التوهين الصوتي عند ابتعاد المتلقي عن مصدر الصوت ضمن نفس الفضاء اعتماداً على

قانون التربيع العكسي عند مسافة محددة اعتمادا على الوحدات الامتصاصية للفضاء، ومن ثم يتوقف التوهين بسبب بروز ظاهرة الترديد الصوتي. يبين الشكل (3/7-6) ما تقدم.



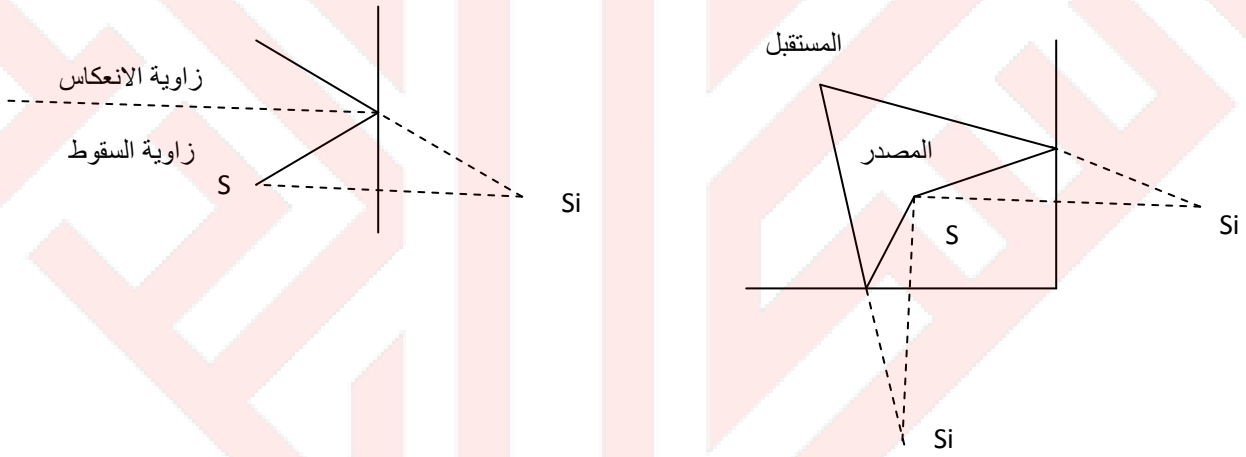
الشكل (3/7-6) علاقة توهين منسوب الصوت مع المسافة عن مصدر الصوت في الفضاء ضمن حقل صوتي ناشر تقريبا و مصدر الصوت اتجاهي.[1،ص2-3]

8-6 الانعكاس

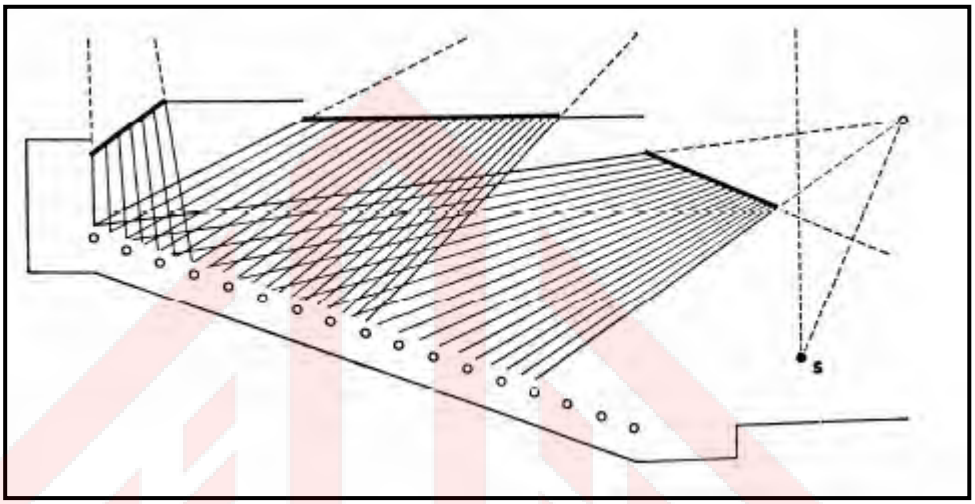
عندما تصطدم الموجات الصوتية بجدارٍ فاما تنعكس كلياً او تمتص كلياً او تنتقل كلياً او يحدث لها امتصاص وانعكاس وانتقال معاً، وتؤثر في ذلك طبيعة المواد المكون منها الجدار وسطحها وكثافتها ومساميتها وسمكها وخواص اخرى فيزيائية، كمعامل المرونة وطريقة تثبيتها وغيره. وتختلف طريقة انعكاس الموجات الصوتية باختلاف اشكال السطوح التي تصطدم بها.

1/8-6 الانعكاس من السطوح المستوية

عندما تنعكس الموجات الصوتية من السطوح المستوية تنطبق عليها قوانين انعكاس الضوء، حيث ان زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس و يمكن ايجاد مواقع انعكاسات الموجات المختلفة من الشكل (4/8-6). يمكن ان يستفاد من الانعكاس في تقوية الصوت طبيعياً في الفضاءات السمعية مثل القاعات الموسيقية والمسرحية وقاعات المؤتمرات لاحظ الشكل (5/8-6). مع التأكيد على : –



الشكل (4/8-6) تقوية طبيعية للمصدر من الانعكاس على السطوح المستوية[5،ص146]



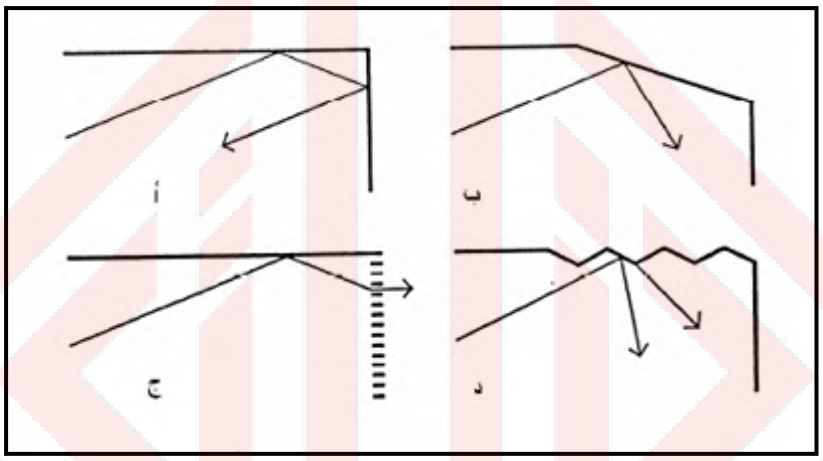
الشكل (6-8/5) تقوية طبيعية للمصدر في القاعات الصوتية باستعمال عاكسات الصوت المستوية

6-8/1/1 ان التقوية الطبيعية افضل من التقوية باستعمال الاجهزة الكهربائية المساعدة بسبب الحاجة الى صيانة هذه الاجهزة وتصميم مواقع تثبيتها في الفضاء بطريقة مدروسة لتحقيق التقوية الصوتية التي لا تؤثر على خواص الصوت ومفهوميته.

6-8/1/2 ملاحظة ان التقوية الطبيعية يجب ان تصل الى اذن المستمع في مدة زمنية محدودة اقل من (0.05 m.sec) والا ظهرت وكأنها صوت اخر، فتشوش على الاشارة الاصلية عندها يصبح فهم الصوت الاصلي صعباً.

6-8/1/3 يسبب انعكاس الصوت من السطوح العاكسة زيادة في منسوب الطاقة الصوتية وفي حين تعد هذه التقوية جيدة في اماكن معينة من الفضاءات السمعية فانها قد تسبب تشويشا ناتجاً عن زيادة طول ممرات الموجات المنعكسة بالنسبة لطول الموجات الاصلية فيحدث الصدى واذا تجاوز الفرق بين طول الممرين (17 m) فمن المتوقع ان يسمع الصوت الاخر وكانه صوت مكرر واضح (صدى). مما يؤدي الى تشتت ذهن السامع بين الصوتين، وفي الحالة الثانية يفضل استعمال مادة ماصة على الجدار الخلفي وفي منطقة الانعكاسات الضارة لتوهين الصوت الى حدود غير مسموعة او الى حدود ضعيفة، مما يقلل من قيمتها فلا

تسمع او تكون ضعيفة. او ان يميل السقف من الخلف فيعكس الصوت الى المناطق الخلفية من القاعة. او تستعمل مواد ناشرة للصوت في الجدار الخلفي فينشر الصوت بعدة اتجاهات ولايسبب تقوية للصوت المنعكس المتأخر، الشكل (6/8-6) يبين أساليب مقترحة لمنع حدوث الصدى.[5،ص 145-150]



الشكل (6/8-6) أساليب مقترحة لمنع حدوث الصدى

أ- وجود الصدى في خلفية القاعة. ب- امالة السقف في خلفية القاعة لمنع حدوث الصدى

ج- استخدام المواد الماصة لمنع حدوث الصدى. د- استعمال المواد الناشرة لمنع حدوث الصدى

2/8-6 الانعكاس من السطوح الدائرية.

يعتمد انعكاس الموجات الصوتية من السطوح الدائرية على اتجاه مركز الدائرة بالنسبة لمصدر الصوت ففي حالة انعكاس الصوت من الاسطح الدائرية في المخطط او المقطع ينطبق عليها قانون زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط فتتركز الانعكاسات في بؤرة معينة يمكن معرفتها من المعادلة (17/8-6).

$$V = \frac{RU}{2U - R} \qquad (17/8\text{-}6)$$

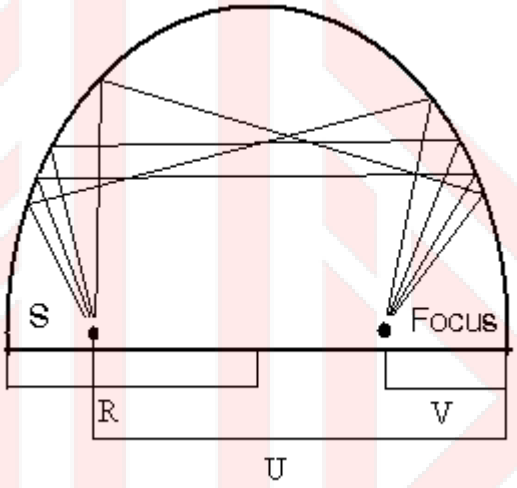
حيث:

V = مركز تجمع الموجات المنعكسة

R = نصف قطر الدائرة (m)

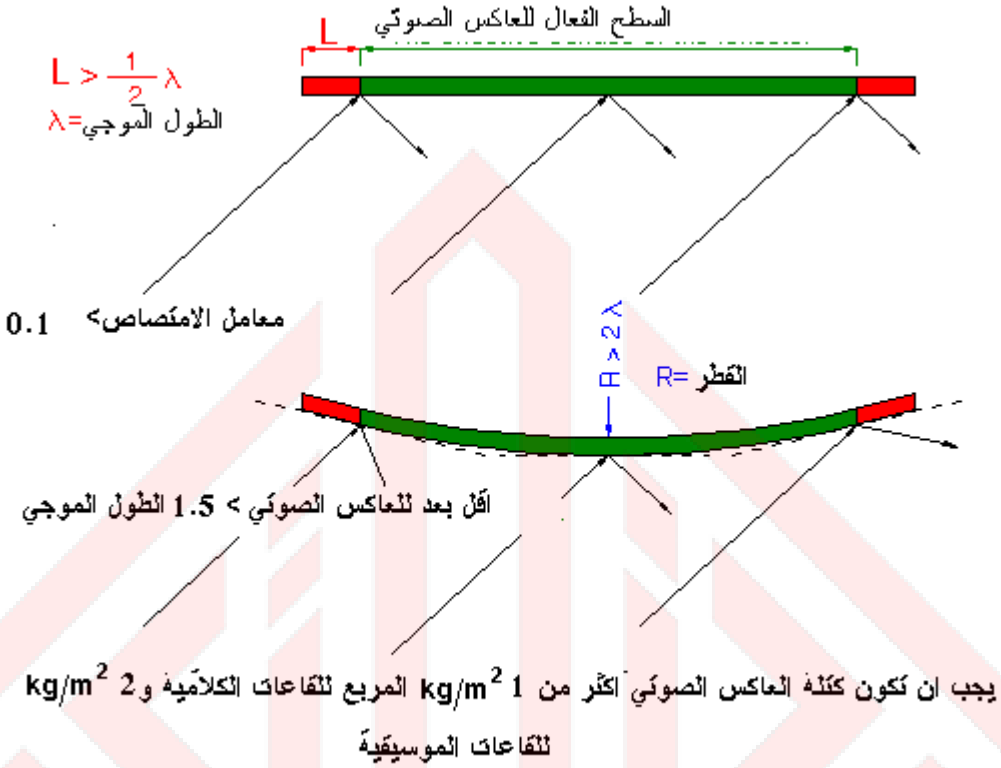
U = بعد المصدر عن الدائرة باتجاه V (m)

وتكون نقطة V مركزاً لتجمع الطاقة الصوتية في الفضاء مما يسبب عيباً صوتياً فيها. اما في حالة انعكاس الموجات الصوتية من السطوح المحدبة فان السطوح المحدبة تعمل كناشرات جيدة للموجات الصوتية، ويمكن استغلال هذه السطوح في نشر الصوت لمسافات اكبر من بقية السطوح. [5، ص150-152]



الشكل (6-7/8) الانعكاسات الصوتية من السطوح الدائرية.[5،ص151]

ولكي يحقق السطح العاكس (المستوي والمحدب) نشراً جيداً لموجات الصوت في القاعات السمعية فان ذلك يستوجب تحقيق عدد من الشروط الموضحة في الشكل (6−8/8).



الشكل (6-8/8) الشروط التي يتوجب ان تحقق في العاكس الصوتي (المستوي والمحدب) لتحقيق نشر متجانس للصوت في القاعات السمعية[6،ص76]

9-6 المراجع

[1] Departments of the Army and Air Force, TM 5-8054/AFJMAN 32-1090 "*Unified Facilities Criteria (UFC) Noise and Vibration Control*" Washington, DC, 2003

[2] Bradley, J.S. "*Insulating Buildings Against Aircraft Noise: A Review IRC Internal Report, IRC IR-760*" Transport Canada and the Institute for Research in Construction , National Research Council,1998

[3] Bradley, J.S. *" Noise Control in Buildings:Sound in Rooms*" Transport Canada and the Institute for Research in Construction , National Research Council,1985

[4] ISO 354 "*Measurement of Absorption Coefficient in a Reverberation Room*"

[5] د.شعبان، رزق نمر *الهندسة الصوتية في العمارة*"،الاردن،مطبعة الجامعة الاردنية،1996

[6] Rindel,Jens Holger." *Fundamental of Acoustics and Noise control*" ,Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark,2009

[7] ISO 3382 "*Measurement of Reverberation Time in Auditoria*"

[8] الجمعية العلمية الملكية،مركز بحوث البناء، *"جودة الصوتيات"*، مجلس البناء الوطني الاردني،2000

[9]Vigran.T.E. "*Building Acoustics*" ,Taylor & Francis.USA and Canada,2008.

الباب السابع

العزل الصوتي بين الفضاءات

7-1 تمهيد

يتضمن هذا الباب بيانات وعمليات لتقدير التغيير في منسوب ضغط الصوت بين مصدر الصوت والمتلقي من خلال مكونات المبنى مثل الجدران والارضيات وغيرها. وكما قد بينا في الباب السابق ان منسوب ضغط الصوت يقل بالتدريج كلما ابتعدنا عن مصدر الصوت وسنوضح في هذا الباب ان الصوت يتعرض لظواهر مثل الامتصاص والانعكاس والانتقال عبر مكونات المبنى من ارضيات وجدران ونوافذ وابواب وغيرها.

7-2 العزل الصوتي بين الفضاءات الداخلية

ان تحديد مقدار العزل الصوتي للمواد المستعملة في الجدران والارضيات وغيرها من مكونات المباني تمكن المصمم من تحديد نسبة العزل الصوتي المقبولة التي يمكن تحقيقها باستعمال مواد معينة وتوفير الفضاء المريح سمعياً.

7-2/1 نقصان الصوت بالانتقال (Sound Transmission Loss-TL)

يقاس نقصان انتقال الصوت للجدران بالديسيبل، ويبين هذا المؤشر نسبة ما ينفذ من شدة الصوت عبر الجدار الى شدة الصوت الساقطة على مجمل الجدار. وهذا النقصان في انتقال الصوت يعتمد كلياً على وزن الجدار ومواده وتركيبه الانشائي وهو قيمة عددية لاتتأثر بالبيئة الصوتية على جانبي الجدار او مساحة الجدار. إن عملية حساب قيمة TL مختبرياً موثقة في ASTM E90[1] اما الحسابات في الحقل فتكون اكبر عادة ب 4-5 dB. اما طريقة الحساب فهي مبينة في ص 12/5 المعادلة (4/3-5) .[2].

7-2/1/1 الطريقة العملية لقياس نقصان الصوت بالانتقال

تعتمد الطريقة العملية لقياس نقصان انتقال الصوت في الجدران مختبريا على قياس انتقال الصوت عبر فضائين متجاورين يشغل في احدهما مصدر للصوت و يقاس منسوب ضغط الصوت في داخل الفضاء في عدد من النقاط n. كما يقاس منسوب ضغط الصوت في n من النقاط في الفضاء المستقبل للصوت و ذلك عند كل تردد مركزي من نطاق الترددات محصور بين 100-3150 Hz، على ان لايقل عدد نقاط القياس n عن خمس نقاط في كل فضاء، وان لايقل بعد الميكروفون عن اي جدار من جدران الفضاء عن 0.5 m وان لايقل بعده عن الجدار المراد قياس عزله للصوت عن متر واحد، ويحسب متوسط منسوب ضغط الصوت في كل من الفضائين. كما تبين ذلك المعادلة (7-1/2).

$$L = 10\log_{10}\frac{P_1^2 + P_2^2 + ... + P_n^2}{nP_0^2} \qquad \textbf{(1/2-7)}$$

حيث:-

L = ضغط الصوت في n من النقاط داخل الفضاء (N/m^2)

P_0 = ضغط الصوت المرجعي 2×10^{-5} (N/m^2)

P n= النقاط التي يقاس عندها ضغط الصوت داخل الفضاء

كما يقاس زمن ترديد الفضاء المستقبل للصوت كما هو منصوص عليه في الباب السادس ومن المفضل ان لايقل حجم الغرفة المستقبلة للصوت عن25 m^3.[1]

7-2/1/2 طريقة حساب نقصان الصوت بالانتقال

يتم قياس نقصان الصوت بالانتقال للجدران D_n بحسب المواصفة القياسية العالميةISO-140, Part IV في كل تردد من المعادلة (7-2/2)

$$D_n = L_{PE} - L_{PR} 10\log_{10}\left(\frac{T}{T_0}\right) \qquad \textbf{(7-2/2)}$$

حيث

D_n = نقصان الصوت بالانتقال(dB)

L_{PE} = متوسط منسوب ضغط الصوت في الفضاء المصدر للصوت (dB).

L_{PR} =متوسط منسوب ضغط الصوت في الفضاء المستقبل للصوت (dB).

T = معدل زمن الترديد للصوت في الفضاء المستقبل للصوت (s).

T_0 = زمن الترديد المرجعي للفضاء ويساوي 0.5 (s).

وفي حالة اعتبار الحقل الصوتي داخل الفضاء حقلاً ناشراً للصوت تستعمل المعادلة التالية للمقارنة:-

$$D_n = L_{PE} - L_{PR} 10\log_{10}\left(\frac{ST}{0.163\,V}\right) \qquad \textbf{(7-2/3)}$$

حيث:-

V = حجم الفضاء المستقبل للصوت (m^3).

T = معدل زمن الترديد للصوت في الفضاء المستقبل للصوت (s).

S = مساحة سطح الجدار الفاصل بين الفضاء المستقبل للصوت والفضاء المصدر للصوت والمراد قياس نقصان الصوت بالانتقال D_n خلاله (m^2). [3]

7-2/1/3 قانون الكتلة

من المؤشرات على انتقال الصوت عبر الجدران والسقوف مؤشر الكتلة على المساحة. حيث يزداد فقدان انتقال الصوت مع زيادة الكتلة. وذلك لان زيادة كتلة الجدار تسبب مقاومة اعلى لانتقال الصوت خلاله. ويستعمل قانون الكتلة للقواطع خفيفة الوزن في ترددات محددة. أما مضاعفة سمك مقطع الجدارفأنها تسبب في زيادة العزل الصوتي بمقدار 6 dB. ويوضح الشكل (7-2/1) في ادناه المقصود بنقصان انتقال الصوت

عبر انتقاله في كتلة الجدارالسطحية، ويمكن ان تتحقق زيادة في كتلة الجدار السطحية اما بزيادة سمك الجدار او اختيار مواد ذات كثافة كتلية عالية. وتستعمل المعادلة (4/2-7) لحساب نقصان الصوت بالانتقال مع تغيير كتلة الجدار السطحية.[4]

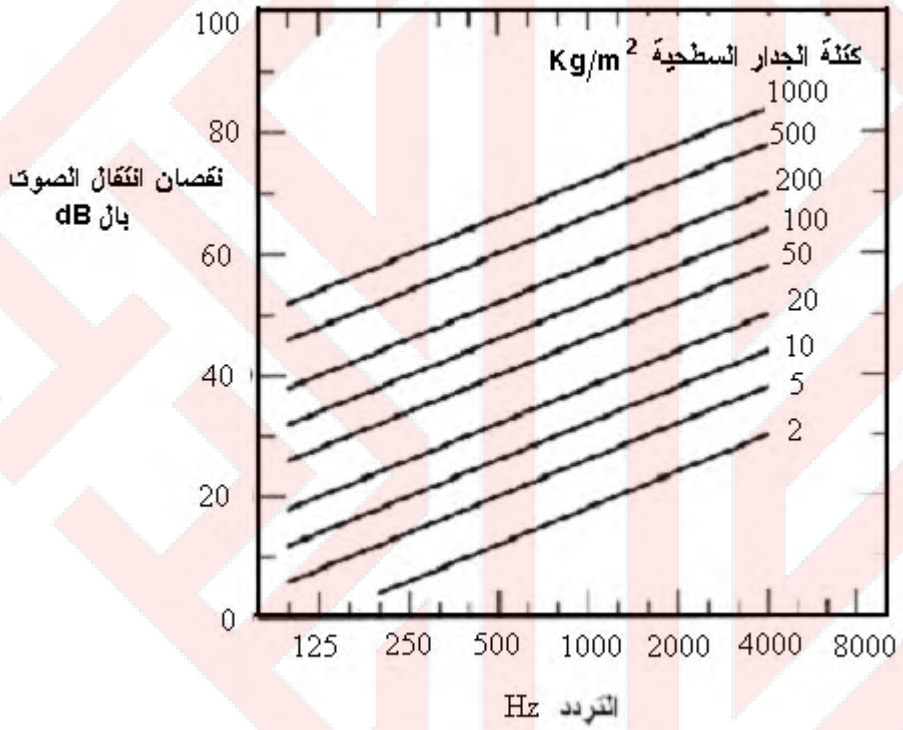
$$D_n = 20\log(mf) - 48 \qquad (4/2\text{-}7)$$

حيث:-

Dn = نقصان الصوت بالانتقال (dB).

m = كتلة الجدارالسطحية (kg/m^2).

f = التردد (Hz)



الشكل (7-1/2) علاقة كتلة الجدار السطحية بنقصان انتقال الصوت[4]

7-2/1/4 تأثير الرنين

ان قانون الكتلة يعتبر مقبولاً لمعرفة عزل الجدران للصوت بشكل تقريبي اذا افترض ان للجدران صلابة منخفضة. ولكن في الواقع للجدار صلابة جيدة، فاذا ما تعرض الى ترددات منخفضة فان مقاومته تعتمد كلياً على الصلابة. وعندما يتعرض الجدار للاهتزاز في الترددات القريبة من ترددات الرنين (حيث ان لكل جسم مادي ترددات رنين خاص به مهما كان صلبا). فانه يهتز بشدة اكبر ويصبح العزل الصوتي له اقل مما يفترض على وفق قانون الكتلة السابق. [4]

7-2/5/1 الترددات الحرجة (Critical frequency)

تظهر الترددات الحرجة عندما تتساوى سرعة الموجات المنحنية في الجدار مع سرعة الصوت في الهواء، وهنا يتساوى طول الموجات المنحنية λ_B مع الموجات الصوتية الساقطة λ. ويمكن معرفة الترددات التي يحدث عليها رنين من المعادلة (7-2/5).

$$F_C = \frac{C^2}{1.8h}\sqrt{\left[\frac{p}{E}\right]} \qquad \textbf{(7-2/5)}$$

حيث:-

F_c = التردد الحرج (Hz)

P = كثافة الجدار الكتلية (kg/m^3)

E = معامل مرونة الجدار (N/m^2)

وتستعمل هذه المعادلة في حالة كون $\lambda_B > 6h$

حيث h سمك الجدار (cm)

وفوق الترددات الحرجة تبقى امكانية حدوث ظاهرة التطابق حيث تبقى زوايا سقوط الموجات الصوتية مساوية لطول الموجة المنحنية داخل الجدار. وتبرز بشكل واضح في الجدران ذات السمك القليل وكذلك في الزجاج والرقائق المشابهة. فاذا كانت زاوية سقوط الموجات الصوتية φ معروفة فيمكن حساب ترددات التطابق من المعادلة(7-2/6) [5، ص223]

$$F_{coin} = \frac{C^2}{1.8hC_L \sin^2\varphi} \qquad \textbf{(7-2/6)}$$

حيث C_L هي سرعة الموجات العرضية بالـ(s) للجدار وتحسب من المعادلة (7-2/7)

$$C_L = \sqrt{\left[\frac{E}{p(1-\sigma^2)}\right]} \qquad \textbf{(7-2/7)}$$

حيث σ هي Poisson's ratio

وتحسب سرعة الموجات المنحنية من المعادلة (7-2/8)

$$C_B = (1.8hfC_L)^{\frac{1}{2}} \qquad \textbf{(7-2/8)}$$

حيث:-

C_B = سرعة الموجات المنحنية(s)

h = سمك الجدار (cm)

7-2/2 صنف انتقال الصوت (Sound transmission class (STC))

يعرف بانه انتقال الصوت خلال العناصر البنائية الفاصلة بين فضائين وهو معيار رقمي مشتق من قيم نقصان الصوت بالانتقال خلال ذلك العنصر البنائي ووحدة قياسه الديسيبل. و هو معيار عددي منفرد يزن

فقدان انتقال الصوت في العديد من الترددات. يستخدم STC في تقييم العزل الصوتي للجدران والارضيات والقواطع والابواب والنوافذ وغيرها، ومدى توفيرها للخصوصية ضد تداخل الكلام او غيرها من الاصوات. يتم قياس درجة انتقال الصوت في ترددات 500–2000 Hz ولايفضل استعماله كمؤشر للضوضاء الميكانيكية. وكلما زادت قيمة صنف انتقال الصوت STC زادت فعالية العزل الصوتي. إن كيفية تحصيل نسبة STC موجودة في ASTM E413 .[6]

7–2/3 عزل الصوت الصدمي (Impact sound Insulation)

يعرف عزل الصوت الصدمي بانه خاصية عنصر البناء (الجدران والارضيات) في عزل انتقال الصوت خلاله من جهة الى اخرى عند قياسها مختبرياً. ووحدة القياس المستعملة هي الديسيبل.

7–2/3/1 الطريقة العملية لقياس عزل الصوت الصدمي

عملية قياس العزل الصوتي الصدمي تعتمد على استعمال آلة الصدمات القياسية Slandered tapping machine في اكثر من موقع على ارضية الفضاء الاختباري ومن ثم قياس مناسيب ضغط الصوت الصدمي في عدة نقاط في الغرفة المستقبلة للصوت وعند الترددات المركزية في نطاق الترددات من 100–3150 Hz. على ان لا يقل بعد آلة الصدمات عن متر واحد من جدران الفضاء، ولايقل بعد الميكروفون عن اي من جدران الفضاء المستقبل للصوت عن 0.5 m . ولايقل عدد نقاط القياس في الفضاء المستقبل للصوت عن 5 نقاط او يستعمل 30 ميكروفوناً دواراً كل منها ذو دورة واحدة في كل 30 sec تقريبا. ومن ثم يقاس زمن الترديد في الفضاء المستقبل للصوت في عدد من النقاط يتراوح بين 3- 5 نقاط ويحسب معدل زمن الترديد في الفضاء بالثواني.

7–2/3/2 حساب عزل الصوت الصدمي

تحسب قيمة منسوب الضغط الصوتي الصدمي من المعادلة (7–2/9):–

$$L_n = L_{RIN} - 10\log_{10}\left(\frac{T}{T_0}\right) \qquad \textbf{(9/2-7)}$$

حيث:–

L_n = منسوب ضغط الصوت الصدمي (dB)

L_{RIN} = متوسط منسوب ضغط الصوت الصدمي (dB)

T = معدل زمن الترديد للفضاء المستقبل للصوت (s)

T_0 = زمن الترديد المرجعي للغرف السكنية (s) [7]

7-2/4 عزل الصوت الصدمي للارضيات (Impact Sound Insulation of Floors)

يعرف عزل الصوت الصدمي لارضية معينة بانه خاصية تلك الارضية في معارضة انتقال الصوت الصدمي من احدى جهتيها الى الاخرى عند قياسها مختبرياً، ووحدة قياسه الديسيبل.

7-2/4/1 الطريقة العملية للقياس

يتم قياس عزل الصوت الصدمي مختبريا باستعمال آلة الصدمات القياسية Standard Tapping Machine على الارضية المراد اختبارها في اربعة اماكن على الاقل. ومن ثم يقاس منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير L_n في الفضاء المستقبل للصوت عند الترددات المركزية في نطاق ثلث الجواب 100-3150 Hz بعد تشغيل آلة الصدمات القياسية في اربع اماكن من الارضية على الاقل. على ان تتراوح مساحة سطح الارضية المراد اختبارها بين 10-20 m^2 بحيث لاتقل اقصر حافة لها عن 2.3 m. على وفق المواصفات العالمية ISO 140-Part 1. [7]

7-2/4/2 حساب عزل الصوت الصدمي للارضيات

تحسب المساحة المكافئة في الامتصاص (A) بالسابين المتري من المعادلة (7-2/10)

$$A = 0.163\frac{V}{T_s} \qquad (7\text{-}2/10)$$

وتحسب قيم منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير L_n بالديسيبل من المعادلة (7-2/11)

$$(L_n) = (L_{RIN}) - 10\log_{10}\left(\frac{A_0}{A}\right) \qquad (7\text{-}2/11)$$

حيث:-

L_n = منسوب ضغط الصوت الصدمي (dB)

L_{RIN} = متوسط منسوب ضغط الصوت الصدمي (dB) في اماكن القياس في الفضاء المستقبل للصوت.

A_0 = المساحة المكافئة في الامتصاص للفضاء المستقبل للصوت ($Sabin.m^2$).

A = المساحة المرجعية المكافئة للامتصاص وتساوي 10 ($Sabin.m^2$).

V = حجم الفضاء (m^3)

T_s= زمن الترديد (s)

7-2/5 تخفيض الضوضاء الصدمي المنتقل بواسطة غطاء لارضية قياسية

Reduction of Transmitted Impact Noise by Floor Coverings on a Standard Floor

يعرف تخفيض الصوت الصدمي المنتقل باستعمال غطاء مناسب (مادة انشائية) او غير ذلك من مواد ذات سمك مناسب، بانه الزيادة الناتجة في معارضته لانتقال الصوت الصدمي من جهة ارضية قياسية مغطاة بتلك المادة الى الجهة الاخرى منها عند قياس ذلك مختبريا و وحدة قياسه الديسيبل.

7-2/5/1 الطريقة العملية لقياس تخفيض الضوضاء الصدمي المنتقل بواسطة غطاء ارضية قياسية

يجب ان لاتقل مساحة سطح العينة المراد أختبارها عن 10 m^2 وان لاتزيد عن 20 m^2. كما يجب ان لايقل طول اقصر حافة لها عن 2.3 m. تشغل آلة الصدمات القياسية في اربعة اماكن على الاقل من ارضية الفضاء المصدر للصوت قبل وضع الغطاء وبعده. ومن ثم تقاس مناسيب ضغط الصوت الصدمي في الفضاء المستقبل للصوت في عدة نقاط لكل موضع من مواضع آلة الصدمات قبل وضع الغطاء ويحسب منها L_{RIN1}، كما تقاس مناسيب ضغط الصوت الصدمي في الفضاء المستقبل للصوت بالمثل بعد وضع الغطاء و يحسب منها L_{RIN2}. مع ملاحظة ان تكون شروط الاختبار مطابقة لما هو وارد في المواصفة القياسية العالمية ISO 140-Part1. [7]

7-2/5/2 حساب تخفيض الضوضاء الصدمي المنتقل بواسطة غطاء لارضية قياسية

تحسب قيمة المساحة المكافئة في الامتصاص من المعادلة (7-2/10)، و تحسب قيمة منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايرْ $(L_n)_1$ قبل وضع الغطاء وقيمة منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير $(L_n)_2$ بعد وضع الغطاء، وفي كلتا الحالتين يحسب منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير من المعادلة (7-2/11)، وتحسب قيمة توهين الضوضاء الصدمي ΔL للتغطية المختبرة من المعادلة (7-2/12)

$$\Delta L = (L_n)_1 - (L_n)_2 \qquad \textbf{(7-2/12)}$$

حيث:-

$(L_n)_1$ = منسوب ضغط الصوت قبل وضع الغطاء (dB)

$(L_n)_2$ = منسوب ضغط الصوت بعد وضع الغطاء (dB)

يتم قياس تخفيض الضوضاء الصدمي مختبريا بحسب المواصفة القياسية العالمية ISO 140-Part 8[8]

7-2/6 عزل الواجهات للصوت (Sound Insulation of facades(R))

يعرف عزل صوت للواجهة بانه خاصية تلك الواجهة التي تعمل على تخفيض الصوت المنتقل من البيئة الخارجية في اثناء مرورها الى داخل الفضاء الداخلي . ويقاس بالديسيبل.

7-2/6/2/1 الطريقة العملية للقياس باعتبار ضوضاء المرور مصدراً صوتياً مؤثراً على الواجهة.

يتم قياس منسوب ضغط الصوت التراكمي على بعد مترين من الواجهة المراد معرفة عزلها الصوتي ويتم ذلك اما باعتماد جهاز قياس منسوب ضغط الصوت المكافىء (L_{eq}) Equivalent sound pressure level meter او من المعادلة (4-3/3) ويؤثر في عملية القياس المتغيرات التالية:

- منسوب ضغط الصوت المكافىء داخل الفضاء المستقبل للصوت بالديسيبل ويقاس بواسطة اجهزة قياس منسوب ضغط الصوت المكافىء . او يحسب من المعادلة السابقة.
- مساحة الواجهة (S) المراد قياسها للصوت (m^2)
- الحجم الداخلي (V) للفضاء المستقبل للصوت (m^3)
- معدل زمن الترديد (T) داخل الفضاء (s)
- المساحة المكافئة في الامتصاص (Equivalent Absorption Area)، وتحسب من المعادلة(7-2/10)

7-2/6/2/2 طريقة القياس

يتم تسجيل الصوت داخل الفضاء وخارجه في آن واحد على شريط باستعمال مسجل ذي قناتي تسجيل، و تكون ضوضاء المرور المستمر خارج ذلك الفضاء هي مصدر الصوت. و من ثم يتم التسجيل داخل الفضاء المستقبل للصوت في خمسة مواقع او باستعمال ميكروفون دوار لايقل بعده عن أي جدار عن 0.5 m و لايقل بعده عن الواجهة المراد قياس عزلها للصوت عن متر واحد.

ثم تقيم مناسيب ضغط الصوت المكافئة المسجلة على كل من القناتين في مدى الفترة الزمنية ذاتها او تقاس باستعمال قياس منسوب ضغط الصوت المكافىء .

ويقاس زمن ترديد الفضاء المستقبل للصوت كما ورد سابقا في الباب في عدد من النقاط يتراوح بين 3-5 نقاط ويحسب معدل زمن ترديد ذلك الفضاء بالثواني.

7-2/6/2/3 طريقة الحساب:

تحسب قيمة عزل الصوت للواجهة من دون اعتبار لمساحة الواجهة وتكوينها من المعادلة (7-2/13)

$$R' = L_{eq,1} - L_{eq,2} + 10\log_{10}\left(\frac{T}{T_0}\right) \qquad \textbf{(13/2-7)}$$

حيث:-

R' = عزل الواجهة للصوت(dB)

$L_{eq,1}$ = منسوب ضغط الصوت المكافىء خارج الفضاء (dB) وعلى بعد مترين من الواجهة.

$L_{eq,2}$ = منسوب ضغط الصوت المكافىء داخل الفضاء (dB)

واذا ما اهملت مساحة الواجهة أي ان القياس يكون قد اجري على قطعة صغيرة منها فانه يمكن استعمال المقدار: $\left[10\log_{10}\left(\frac{S}{A}\right)\right]$ بدلا من المقدار $\left[10\log_{10}\left(\frac{T}{T_0}\right)\right]$ وبذلك تصبح المعادلة كالتالي:

$$R' = L_{eq,1} - L_{eq,2} + 10\log_{10}\left(\frac{S}{A}\right) \qquad \textbf{(14/2-7)}$$

حيث:-

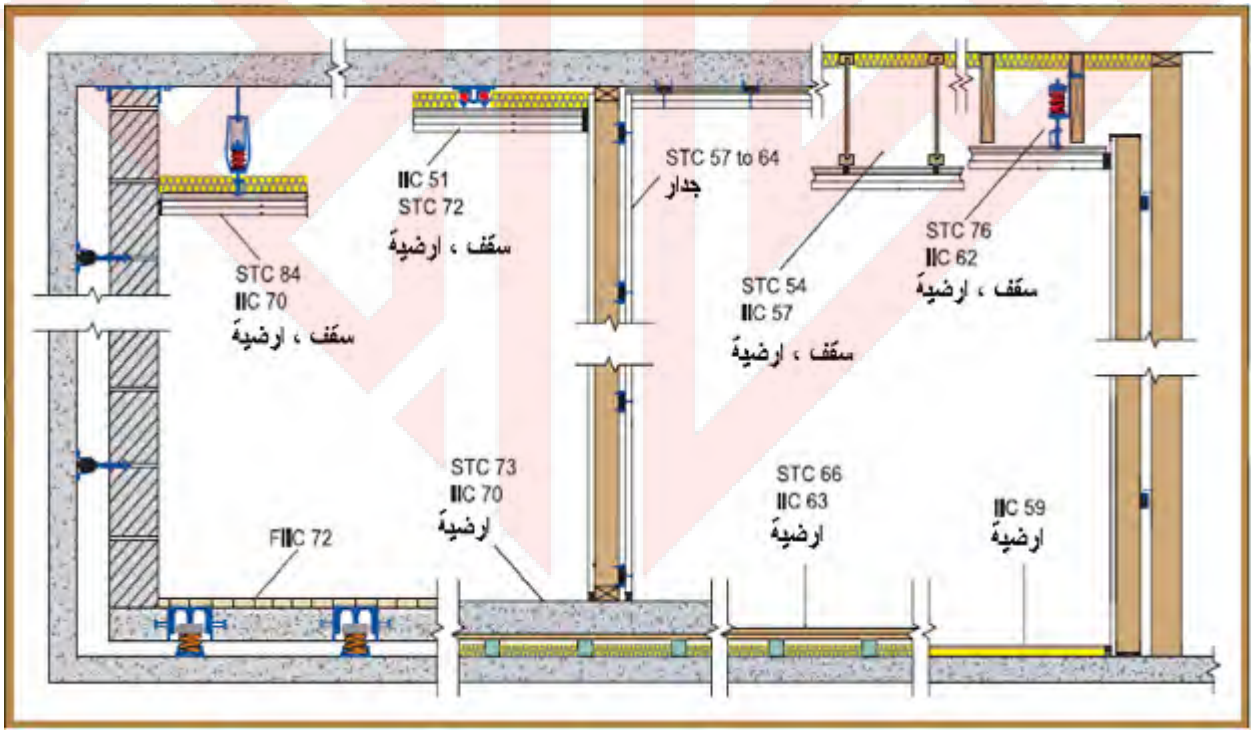
A = المساحة المكافئة في الامتصاص ($Sabin.m^2$). وتحسب من معادلة زمن الترديد

S = مساحة السطح للواجهة المراد قياس عزلها الصوتي (m^2)

يتم قياس عزل الصوت للواجهات للصوت المنتقل عبر الهواء في الموقع بحسب المواصفة القياسية العالمية ISO 140-Part 5.[9]

7-3 العزل الصوتي بين العناصر البنائية (الجدران،الارضيات والسقوف)

يزداد توهين الصوت للعناصر البنائية مع زيادة ترددات الصوت المنتقل. ولذا فأن من المهم التاكد من توهين الضوضاء في كل الترددات لاسيما في الترددات المنخفضة و ضوضاء الارتطام. مع ملاحظة امكانية احتواء العناصر البنائية على عدد من التراكيب مثل الابواب الخشبية او الزجاجية او النوافذ. في الشكل (7-2/3) توضيح لعدد من المعالجات الانشائية للعزل الصوتي بين عناصر البناء.



الشكل (7-2/3) بعض انماط المعالجات الانشائية للعزل الصوتي بين العناصر البنائية

7-3/1 نقصان الصوت بالانتقال في الجدران

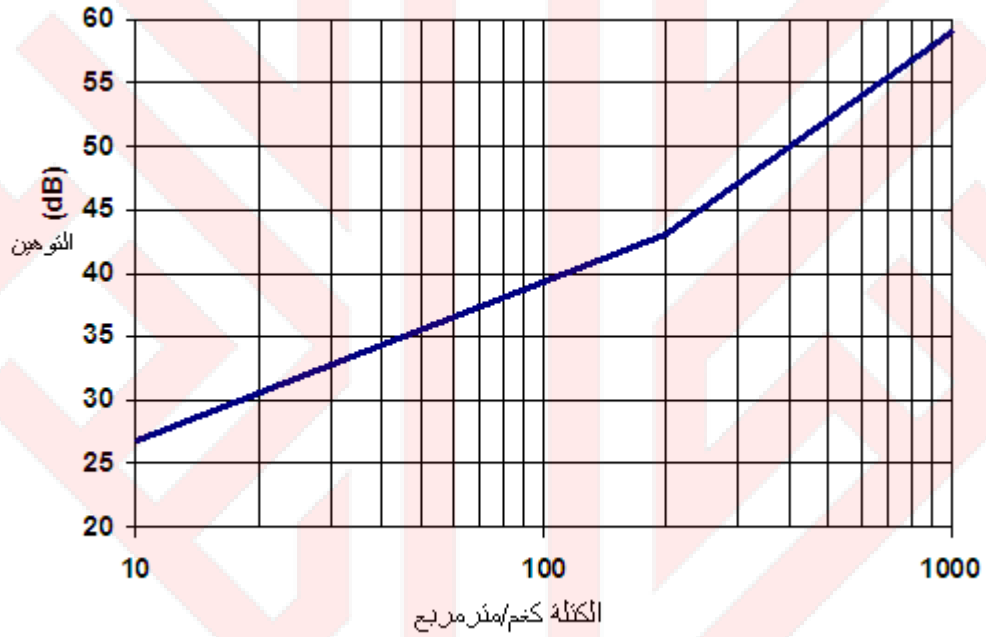
يعتمد نقصان الصوت بالانتقال في الجدران المصنوعة من مادة منفردة على زيادة كتلة المادة المصنوع منها الجدار و تزداد بزيادة التردد. فكلما تضاعفت كتلة الجدار ازدادت قيمة الفقد بالانتقال بمقدار 6 dB وكذلك كلما ضاعفنا التردد زادت قيمة الفقد بالانتقال بمقدار6 dB على وفق قانون الكتلة الذي سبق شرحه في هذا الباب، مع ملاحظة مايلي :-

7-3/1/1 تعتمد قيمة العزل الصوتي للجدار على المواد المكون منها (الكثافة، طبيعة المادة، سمك المادة) وطريقة ربط المواد بعضها مع بعض.

7-3/1/2 ان قيمة العزل الصوتي في الجدران ذات الطبقة الواحدة تعتمد على الكتلة، وان مضاعفة سمك الجدار او مضاعفة كتلته ستحدث زيادة في العزل الصوتي مقدارها 6 dB فقط.

7-3/1/3 ان عزل الجدار للصوت يزداد بازدياد التردد، فهو ايضا يزداد بمقدار 6 dB كلما ضاعفنا التردد.

7-3/1/4 ان قيمة 6 dB السابقة تقل قليلا في الموقع ويفضل استعمال 5dB بدلاً منها. [5،ص280]



الشكل (7-3/3) علاقة كتلة الجدار السطحية بتوهين الصوت [4]

7-3/2 نقصان الصوت بالانتقال في الجدران المركبة TL_c

عندما يصنع الجدار من اكثر من مادة وكل منها له معامل نقصان صوت (TL) خاص (راجع المعادلة 5-4/3 والجدول 5-2/3) فأن معامل نقصان الصوت للجدار المركب (TL_c) سيمكن تعيينه كالتالي:

$$TL_c = 10\log\left[\frac{(S_1 + S_2 + S_3 + ...)}{(S_1 t_1 + S_2 t_2 + S_3 t_3 + ...)}\right] \qquad \textbf{(15/3-7)}$$

حيث:-

TL_c = نقصان الصوت بالانتقال للجدار المركب (dB)

S_1 = مساحة سطح المادة الاولى من مواد مقطع الجدار (الطابوق مثلاً) (m^2)

S_2 = مساحة سطح المادة الثانية من مواد مقطع الجدار (m^2)

S_3 = مساحة سطح المادة الثالثة من مواد مقطع الجدار (m^2)

t_1,t_2,t_3 = معاملات تناقص انتقال الصوت عبر المواد الاولى، والثانية، والثالثة..... من مواد مقطع الجدار (dB) حيث يحسب معامل انتقال الصوت عبر المادة الواحدة (t) كالتالي:

$$t = \frac{1}{10^{(0.1 \times TL)}} \qquad \textbf{(16/3-7)}$$

حيث:-

TL= نقصان الصوت بالانتقال خلال حاجز مكون من مادة واحدة بسمك محدد (راجع الجدول 2/3-5) (dB)

t= معامل انتقال الصوت المنتقل خلال المادة (dB) [10، ص2-4]

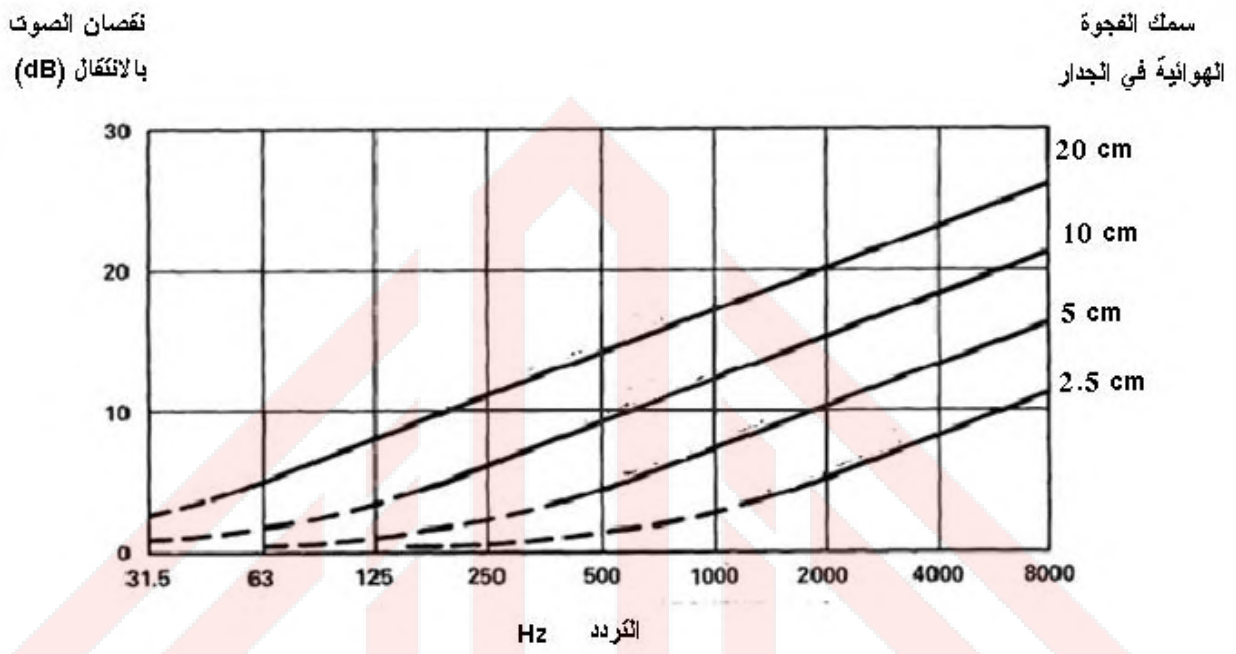
3/3-7 نقصان الصوت بالانتقال في الجدران متعددة الطبقات

تستعمل الجدران متعددة الطبقات للحصول على عزل صوتي اكبر في الفضاءات التي تحوي مصادر ضوضاء عالية مثل غرف الآلات وغيرها، وتؤثرعملية الربط بين طبقات الجدار في مقدار العزل الصوتي. ويزداد مقدار العزل الصوتي في الترددات العالية. ان مسافة التجويف الهوائي يجب ان تكون كبيرة قدر المستطاع لتوفير العزل الصوتي الجيد في الترددات المنخفضة، ويجب ملاحظة النقاط التالية في تصميم القواطع متعددة الطبقات :-

- يجب ان يصل الوزن الاجمالي للجدار الى الحد المعقول.
- يجب ان يكون الفصل بين طبقات الجدار محكم الاغلاق .
- يجب استعمال طبقات المواد الماصة بعد التجويف الهوائي وتثبت باحكام على طبقات الجدار الاخرى.
- يجب ان تكون طبقات الجدار من مواد مختلفة او من مادة واحدة مع اختلاف السمك.
- يجب ان تثبت طبقات الجدار بعضها مع بعض ومع مكونات المبنى الاخرى بطريقة محكمة.

1/3/3-7 تاثير التجويف الهوائي

يظهر الشكل (3/3-7) تأثير التجويف الهوائي في الجدران متعددة الطبقات على افتراض عدم وجود اي رابط بين طبقتي الجدار. وفعلياً حتى في حالة عدم وجود اي ارتباط بين طبقتي الجدار فأنهما ترتبطان بطبقة الهواء بينهما في الترددات المنخفضة. فالتجويف الهوائي في الجدران متعددة الطبقات يجعلها تعمل بطريقة النابض الحلزوني (الهواء في الاوساط المرنة). [10،ص3-4]



الشكل (7-4/3) تأثير سمك طبقة الهواء في زيادة العزل الصوتي للجدران متعددة الطبقات[10، ص4-4]

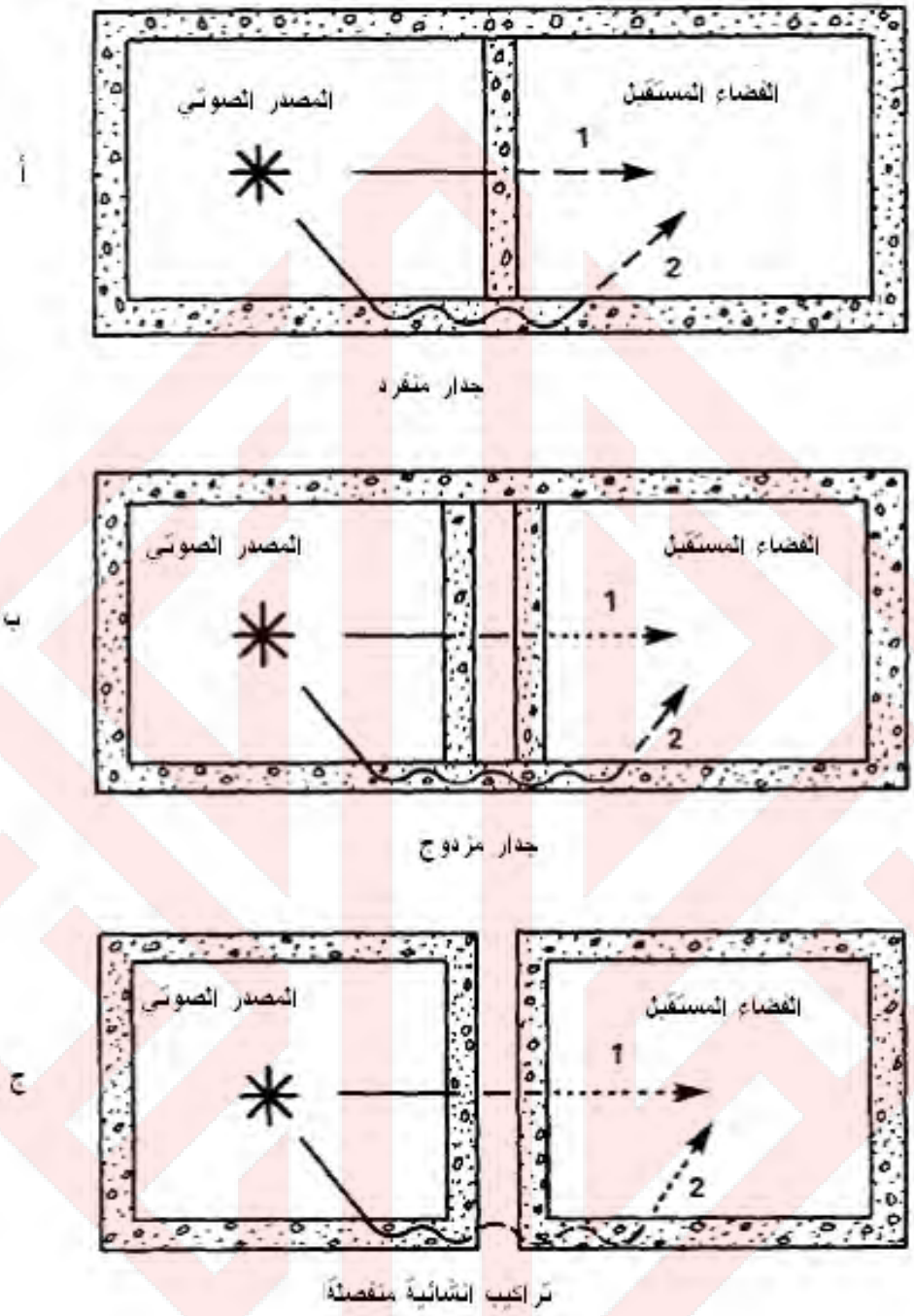
7-3/3/2 ممرات انتقال الصوت

ان الاعتماد على الجدران المزدوجة في العزل الصوتي لغرف الآلات والتبريد يتطلب دراسة كافة تفاصيل التركيب الانشائي للجدران وعلاقتها ببعضها. ثم دراسة كافة التفاصيل الملحقة بها برغم فاعلية العزل الصوتي لها، ومنها دراسة انتقال الصوت عبر ممرات الانتقال مثل الشقوق والانتقال الجانبي، التي قد تسهم في اضعاف العزل الصوتي لهذه التراكيب الانشائية.

يوضح الشكل (7-5/3) أن انتقال الموجات الصوتية عبر ممرات الانتقال في الجدران والارضيات، والتي تتحول بدورها الى اهتزازات الصوت في التراكيب الانشائية، و في فضاء هادىء جدا يمكن لهذه الاهتزازات ان تكون مصدراً للصوت. في الشكل (7-5/3)، الحالة (أ) ينتقل الصوت عبر الجدار المنفرد 1 بشكل مباشر وبشكل غير مباشر في ممر الانتقال 2، بحيث ان نسبة انتقال الصوت المباشر 1 تكون اكبر من انتقال الصوت غير المباشر 2.

اما في الحالة (ب) فان استعمال الجدران المزدوجة والتجويف الهوائي بينها يقلل من انتقال الصوت المباشر 1 ، وفي نفس الوقت فان قيمة انتقال الصوت غير المباشر عبر ممر الانتقال 2 تبقى كما هي مما يقلل من التوهين الضوضائي العام. [10،ص5-4]

في الحالة (ج) فصل التراكيب الانشائية يقلل من انتقال الصوت عبر الممر المباشر 1 والممر غير المباشر 2 ويتم تحقيق التوهين الضوضائي الملائم.



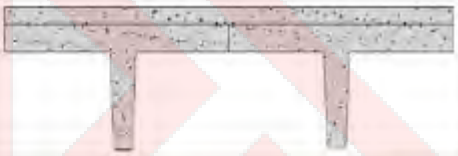
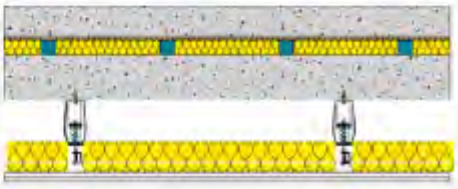
الشكل (7-5/3) انتقال الصوت عبر ممرات الانتقال في الجدران والارضيات[10، ص5-4]

7-4/3 نقصان الصوت بالانتقال في الارضيات والسقوف

يتم تثبيت العديد من الآلات والاجهزة في الأبنية على الأرضية بشكل مباشر في أماكن فوق او أسفل الفضاءات المستعملة من قبل مستعملي المبنى. و هو ما يسبب انتقال الصوت اما عبر الهواء او عبر العناصر الانشائية. ويصل مستوى انتقال الصوت الى حد خمس طبقات فوق او اسفل غرف الآلات والأجهزة. ولتوفير العزل الصوتي المناسب لابد من توفير الظروف التالية :

1/4/3-7 استعمال ارضيات مصمتة مثل السجاد او الانهاءات المصنوعة من مواد ماصة للصوت كالمطاط وغيرها، التي تعمل على توهين الصوت المنتقل عبر البناء ولكنها ضعيفة في توهين الضوضاء المنتقلة في الهواء.

2/4/3-7 الارضية المرفوعة تزيد من توهين الضوضاء المنتقلة عبر البناء والهواء. ويمكن ان تعزز بطبقات مستمرة من العوازل الماصة للصوت التي يمكن ان تثبت بشكل مباشر بين طبقات الارضية المرفوعة او على كراسٍ عازلة لانتقال الصوت بين طبقات الارضية بشكل محكم. تستعمل مادة الخرسانة في طبقات الارضية مع ملاحظة التداخل الجيد لحافات الارضية مع الجدران والتاكد من وجود العزل الكامل بين طبقتي الخرسانة الانشائية والمرفوعة. الشكل (6/3-7) يوضح انماط من الارضيات ودرجة توهينها للصوت. [10،ص19-4]

المواصفات	STC	IIC	المقاطع
صبة خرسانية 5 cm تشكيل خرساني بعمق 16 cm	54	24	
صبة كونكريتية سمك 5 cm عوازل من مواد ماصةصوف زجاجي تشكيل خرساني بعمق 16 cm	73	70	
صبة خرسانية 10 cm صبة خرسانية 16 cm	49 53	25 27	
صبة خرسانية سمك 8 cm و عوازل اهتزازيه وصوف زجاجي سمك 6 cm وتراكيب تثبيتية	62	54	
صبة خرسانية سمك 10 cm عازل مع صوف رجاجي 3 cm صبة خرسانية 16 cm	72	62	
صبة خرسانية سمك 10 cm عازل مع صوف رجاجي 3 cm صبة خرسانية 16 cm نوابض حلزونيه اهتزازية صوف زجاجي 4 cm الواح بياض انهائية	94	82	

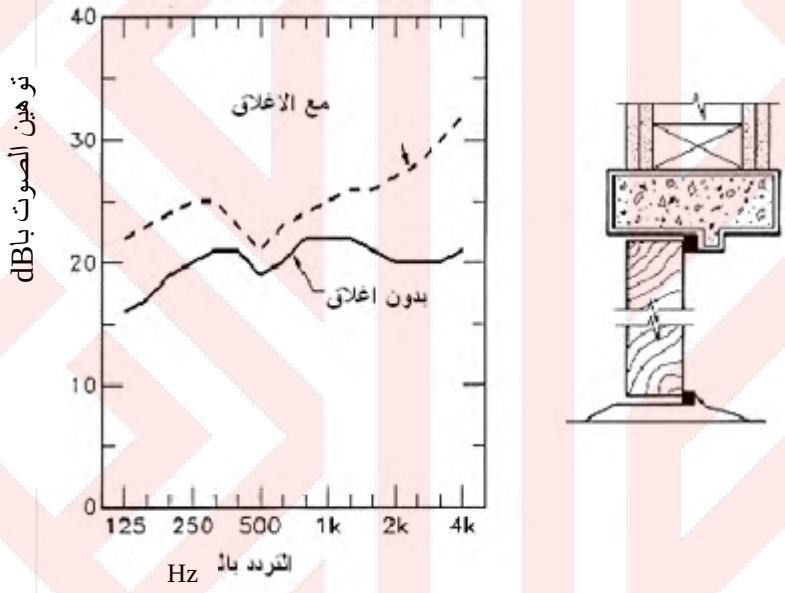
الشكل(6/3-7) أنماط من الارضيات المرفوعة ذات عوازل صوتية [10، ص20-4]

7-3/4/3 السقوف المعلقة الصوتية تحسن من توهين الضوضاء المنتقلة عبر السقف والهواء، ومدى توهين الصوت يعتمد على وزن السقف المعلق ودرجة توهين الصوت للمادة المستعملة في الانهاء.

7-3/5 العزل الصوتي للابواب والشبابيك والقواطع المتحركة

7-3/5/1 الابواب

تزداد فعالية العزل الصوتي للابواب بالاغلاق المحكم لمفاصل الباب مع الاطار وطريقة التثبيت المحكمة مع باقي مكونات المبنى. ويمكن استعمال الغالقات المختلفة مع اطار الباب وذلك لتحقيق الاغلاق المحكم. مع التأكد من تحقيق تثبيت جيد باستعمال الغالقات المتنوعة مع ارضية المبنى. الشكل رقم (7-3/7) يوضح تأثير احكام اغلاق الباب في زيادة العزل الصوتي.



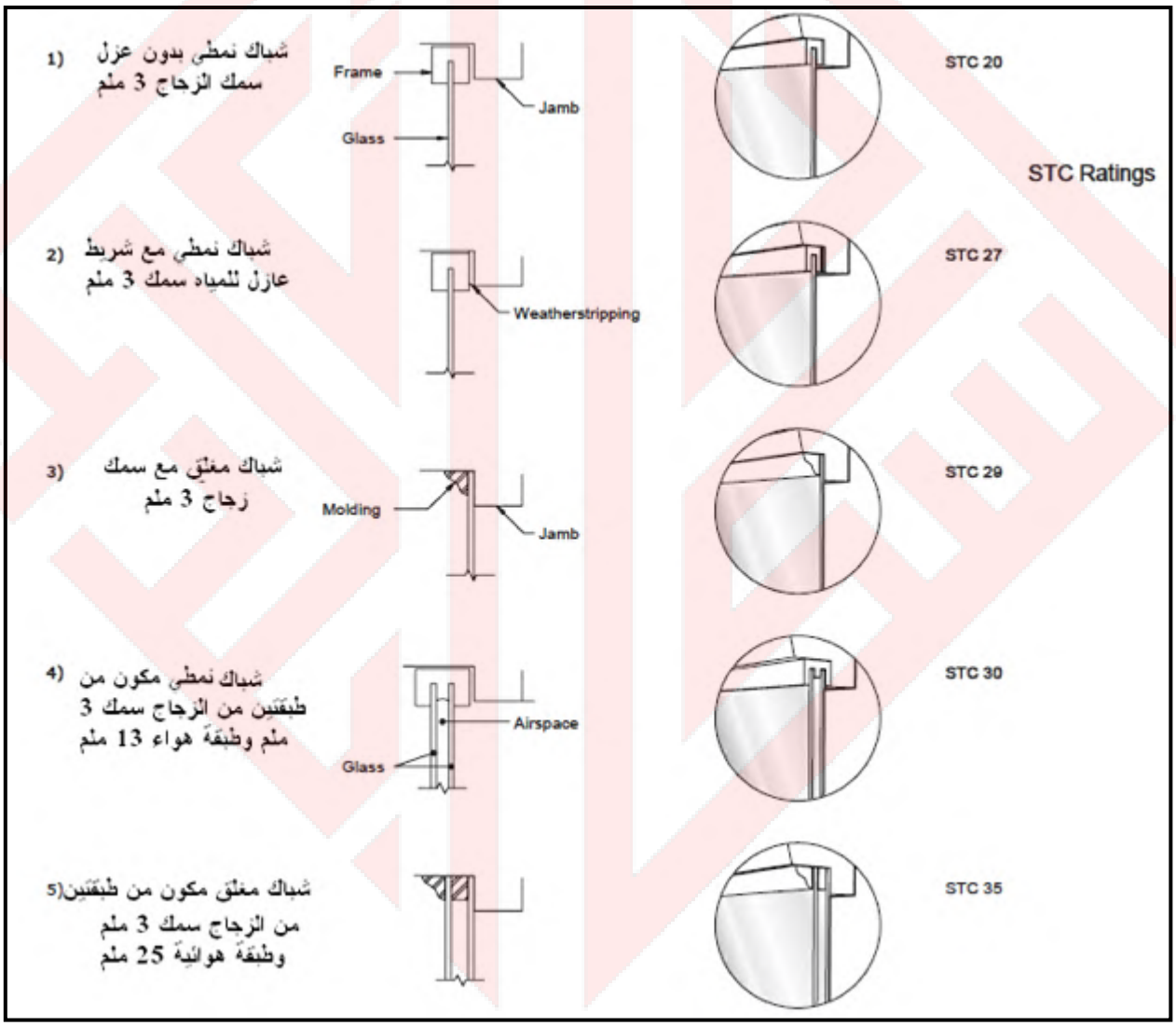
الشكل (7-3/7) تأثير احكام اغلاق الباب في زيادة العزل الصوتي [5]

7-3/5/2 النوافذ والشبابيك

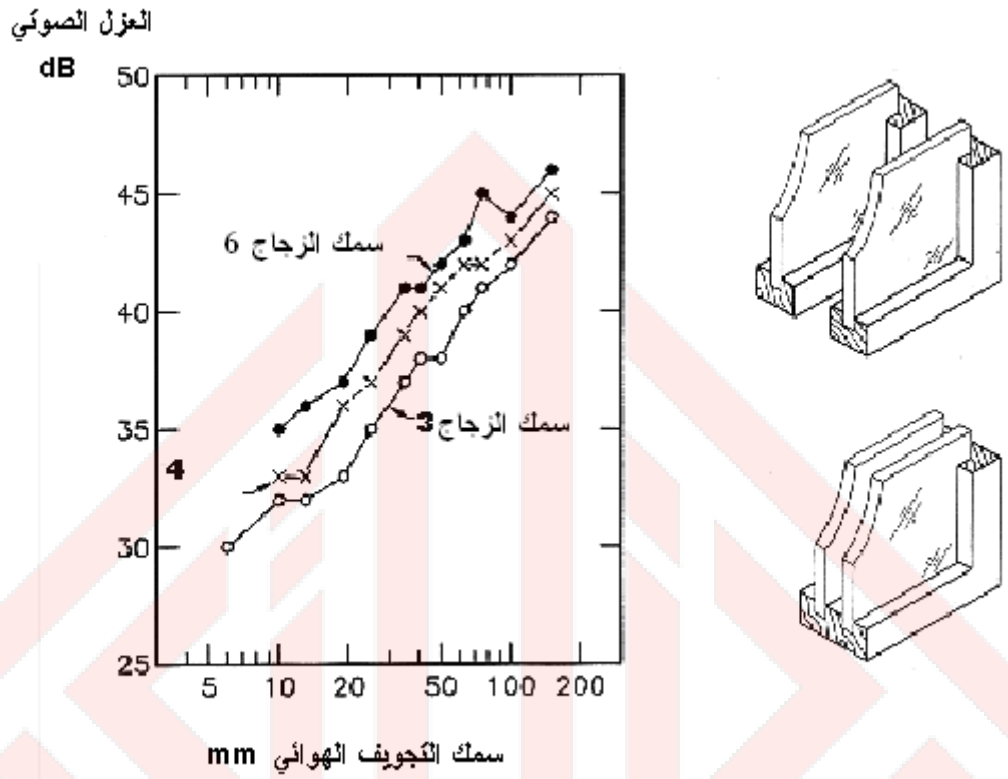
يمكن ان تمثل النوافذ والشبابيك ممرات ضعف صوتي في المباني فاذا كان منسوب الضوضاء في خارج المبنى يتجاوز 65 dB فان فتح الشباك يولد مصدرا ضوضائيا في الفضاء الداخلي ويجب تجنبه باستعمال انظمة التهوية الميكانيكية. ويمكن تحسين العزل الصوتي للنوافذ والشبابيك من خلال :

- السمك:إن زيادة سمك الزجاج تحسن كتلة وصلابة الزجاج فيزداد العزل الصوتي له.
- التجويف الهوائي: لايؤثر التجويف الهوائي بين طبقات الزجاج الا اذا كان بسمك مناسب مع تنوع في سمك طبقات الزجاج والتثبيت المحكم لتحقيق العزل الصوتي المناسب.

- الملء بالغاز: بعض انماط زجاج النوافذ والشبابيك ذات الطبقات المزدوجة تملأ بغازات مثل الاركون والزينون و سداسي فلوريد الكبريت. وهو ما يحسن العزل الصوتي في الترددات العالية ولكن في الترددات الصوتية التي تقل عن 250 Hz لن تحقق تاثيراً يذكر وبما ان معظم ترددات ضوضاء المرور هي ضمن نطاق الترددات المنخفضة فان استعمال زجاج متعدد الطبقات ذي غازات بينية ليست له فاعلية عالية للعزل الصوتي للشبابيك.
- اطارات الشبابيك: التثبيت المحكم لاطارات الشبابيك مع جدران المبنى ومع زجاج الشباك مطلوب لتحقيق العزل الصوتي ومنع دخول مياه الامطار للمبنى ويكون الضعف في الاطارات بسبب عدم المطابقة في المواصفات اوعدم التثبيت المحكم او بسبب هطول البناء بعد فترة من انشائه.



الشكل (7-8/3) مقاطع متنوعة في الشبابيك والعزل الصوتي لها [5]



الشكل (7-9/3) تاثير زيادة سمك الزجاج والتجويف الهوائي في زيادة العزل الصوتي للشباك [5]

7-3/5/3 القواطع المتحركة

يجب الغلق المحكم بالنسبة للقواطع المتحركة كما في الابواب مع ملاحظة وجود سكك نقل للحركة التي يفضل ان تستعمل معها ناقلات حركة تولد ضوضاء قليلة ومن الانواع الجيدة عند التثبيت. [5]

4-7 المراجع

[1] ASTM- E90-09,*" Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and Elements*"

[2] ASTM- E336-09, "*Standard Test Method for Measurement of Airborne Sound Attenuation between Rooms in Buildings*"

[3] ISO 140- PART IV "*Acoustics –Measurement of Sound Insulation In Buildings and of Building Elements- Field Measurements of Airborne Sound Insulation Between Rooms*".

[4] Quirt. J.D.*," Sound Transmission through Building Components*", Transport Canada and the Institute for Research in Construction, National Research Council, 1985

[5] Vigran.T.E. "*Building Acoustics*", Taylor & Francis.USA and Canada,2008

[6] ASTM-E413-04 "*Classification for Rating Sound Insulation*"

[7] ISO 140/1 "*Acoustics –Measurement of Sound Insulation In Buildings and of Building Elements- Requirements for Laboratory Test Facilities With Suppressed Transmission*".

[8] ISO 140/8 "*Acoustics –Measurement of Sound Insulation In Buildings and of Building Elements-: Laboratory Measurements of The Reduction of Transmitted Impact Noise by Floor Coverings on Heavyweight Standard Floor*".

[9] ISO 140/5*" Acoustics –Measurement of Sound Insulation In Buildings and of Building Elements-:: Field Measurements of Airborne Sound Insulation of Facade Elements and Facades".*

[10] Departments of the Army and Air Force, TM 5-8054/AFJMAN 32-1090 "*Unified Facilities Criteria (UFC) Noise and Vibration Control*" Washington, DC, 2003

الباب الثامن

توهين ضوضاء الأجهزة والتراكيب الخدمية

8-1 تمهيد

تسهم السيطرة على الضوضاء الناتجة من الاجهزة الخدمية مثل الاجهزة الميكانيكية والالكترونية والتأسيسات الصحية في تحسين البيئة الصوتية للمباني ويجب ان تتكامل مع باقي مراحل التصميم. في هذا الباب سنتناول ابرزالطرائق المستعملة في توهين ضوضاء الاجهزة والتراكيب الخدمية، ومناسيب الضوضاء المقبولة الناتجة من عمل الآلات والاجهزة.

8-2 مصادر ضوضاء الاجهزة والتراكيب الخدمية

8-2/1 مصادرالضوضاء الداخلية

8-2/1/1 نظام التهوية والتبريد المركزي

- ضوضاء المرواح وممرات الهواء والتبريد
- تيار الهواء في ممرات التهوية والتبريد
- ضوضاء وحدات نشر الصوت
- نظام التهوية والتبريد الداخلي
- وحدات التبريد الداخلية للمكيفات المنفصلة
- المراوح السقفية والعمودية

8-2/1/2 ضوضاء التأسيسات الصحية

- خدمات الانابيب
- مضخات الماء الحار
- ضوضاء تيار الماء في الانابيب
- المطرقة المائية
- ضوضاء وحدات التأسيسات الصحية

8-2/1/3 المعدات الألكترونية

- ضوضاء مصابيح الانارة (الفلورسنت)
- مصادر اخرى
- ضوضاء الحاسبات (مروحة التبريد)

8-2/1/4 الحركة العمودية

- المصاعد
- السلالم المتحركة

8-2/2 مصادر الضوضاء الخارجية

- المعدات الخارجية
- آلات توزيع الهواء
- مراوح سحب الهواء
- مكثفات التبريد
- آلات التبريد والتهوية المنفصلة [1،ص85]

8-3 توهين ضوضاء المكائن والمعدات عند المصدر

ان تقنية توهين منسوب الضوضاء عند مصدرها تعتبر الاكثر فعالية وتقسم الى عدة طرائق وهي الخافضات الصوتية الماصة Silencers، والاحاطة الصوتية Acoustical enclosure، واستعمال الحواجز الصوتية Screen

8-3/1 خافضات الصوت الماصة Silencers

وهي عبارة عن مواد ماصة قوية ذات اشكال هندسية معينة تخفض مستوى الضوضاء. اذ تعمل المواد الماصة على توهين الصوت لمدى واسع من الترددات وتختلف استعمالاتها بحسب الطبيعة الادائية للآلات والاجهزة، وتكون اكثر استعمالات هذه المواد بقرب المراوح الخاصة بالتهوية وممرات الهواء (Ducts)، ويمكن ان تتمدد اشكالها بحسب مقاطع مجاري الهواء وبأبعاد تعتمد على كمية الهواء المار خلال مجرى الهواء.

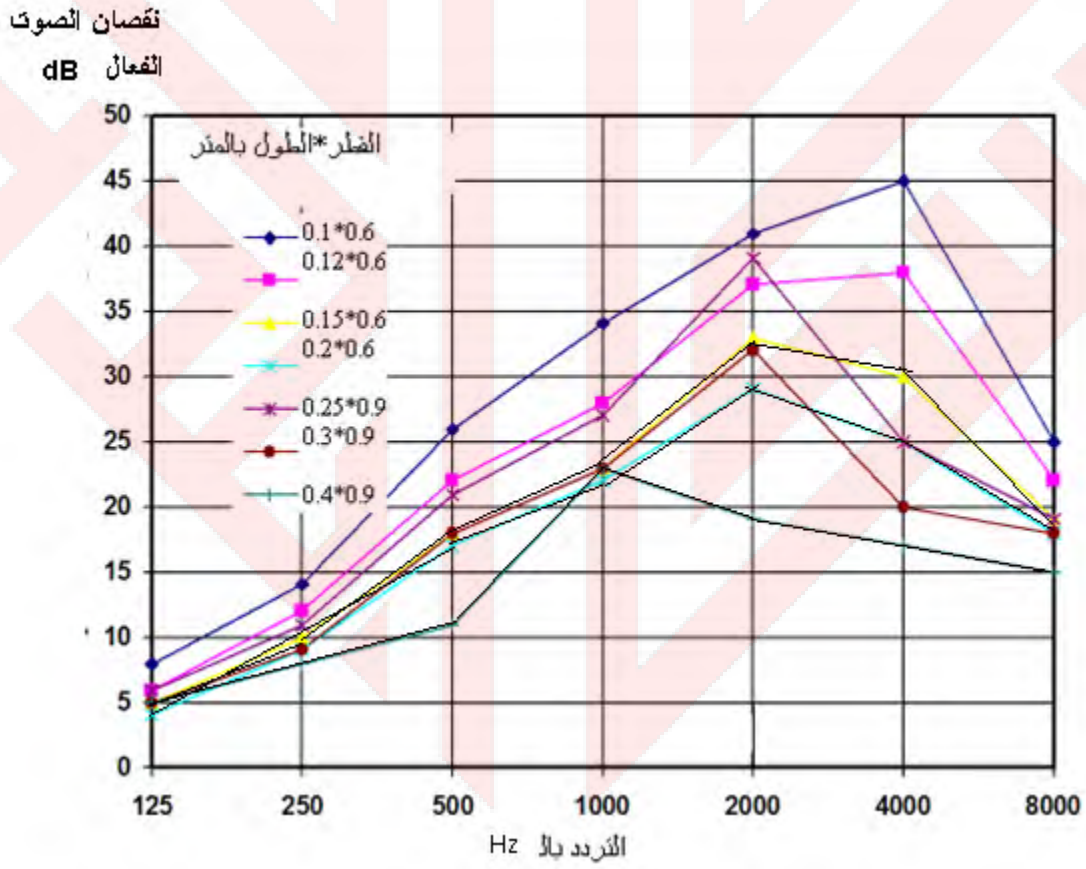
8-3/1/1 نقصان الصوت الفعال Dynamic Insertion Loss (DIL)

هو الفرق بين شدة الصوت المقيسة في نفس النقطة لاعمال ممرات الهواء قبل اضافة الخافضات الصوتية وبعدها. وتعتمد قيمته على تيار الهواء اذا كان متقدما او متراجعا ويكون التيار متقدما في حالة كون تيار الهواء باتجاه نمو موجات الصوت، ويبين الجدول (8-1/3) والشكل (8-1/3) نقص الصوت الفعال للخافضات الصوتية الماصة المختلفة. [1،ص96]

الجدول (8-1/3)

نقصان الصوت الفعال (dB) للخافضات الصوتية الماصة المختلفة[2،ص291]

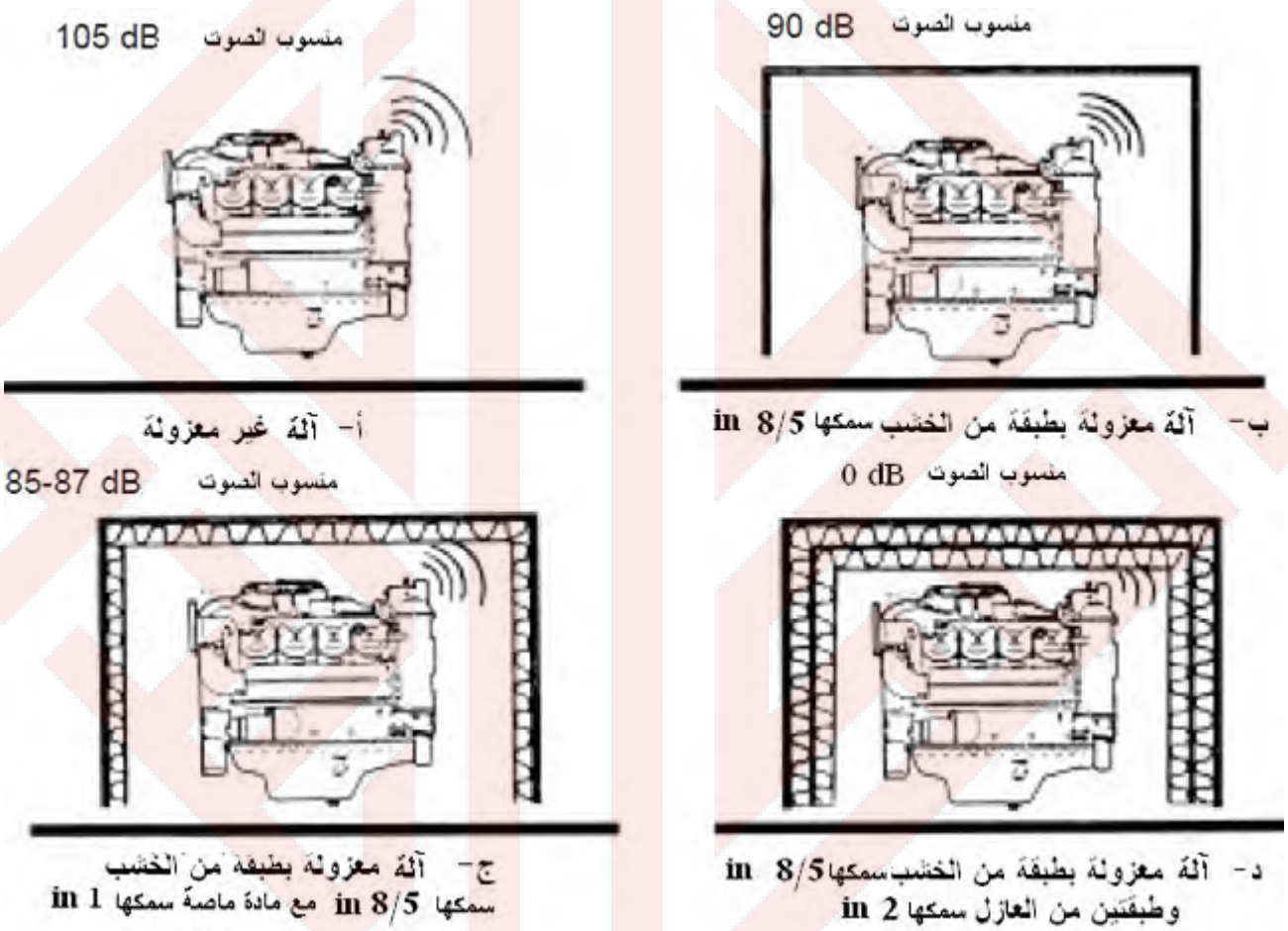
نقصان الصوت الفعال (dB)							الطول (m)	القطر (m)
الترددات (Hz)								
8000	4000	2000	1000	500	250	125		
25	45	41	34	26	14	8	0.6	0.1
22	38	37	28	22	12	6	0.6	0.12
19	30	33	23	18	10	5	0.6	0.15
18	25	29	22	17	9	4	0.6	0.2
19	25	39	27	21	11	6	0.9	0.25
18	20	32	23	18	9	5	0.9	0.3
15	17	19	23	11	8	5	0.9	0.4



الشكل (8-1/3) نقصان الصوت الفعال للخافضات الصوتية المختلفة [3]

8-2/3 الاحاطة الصوتية

هي هياكل قشرية تحيط المصدرالضوضائي وتحتويه وتوفر توهينا للضوضاء بحدود (20-45 dB) ويفضل تبطين هذا الهيكل بمواد ماصة على الجهة المقابلة للمصدر لزيادة فعالية توهينها. وتكون اكثر استعمالات هذه المواد في تخفيض ضوضاء آلات التهوية داخل المبنى وخارجه مثل (مكيفات الهواء، وحدات التبريد المروحية، الوحدات التقنية، وغيرها). الشكل (8-2/3) يبين الاحاطة الصوتية لآلة وتاثيرها في تقليل مناسيب الضوضاء. والجدول (8-2/3) يبين تأثير الاحاطة الصوتية في تقليل مناسيب ضوضاء الآلات [1،ص101]



الشكل (8-2/3) تأثير الاحاطة الصوتية لآلة في تقليل منسوب الضوضاء [3]

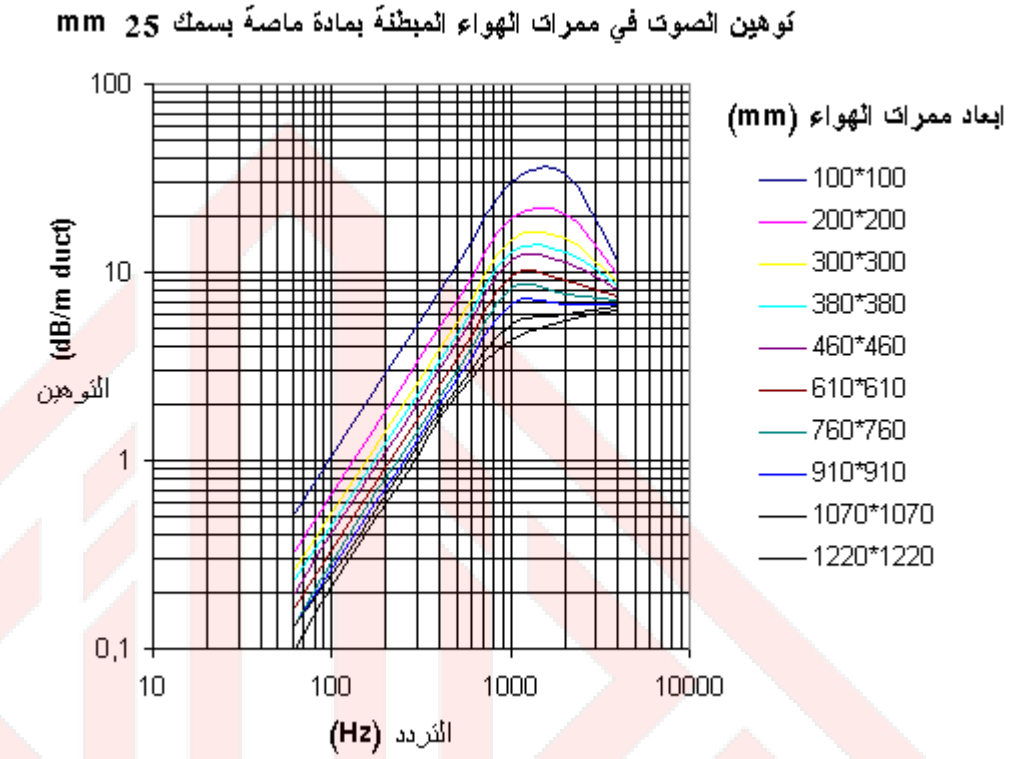
الجدول (8-3/2)

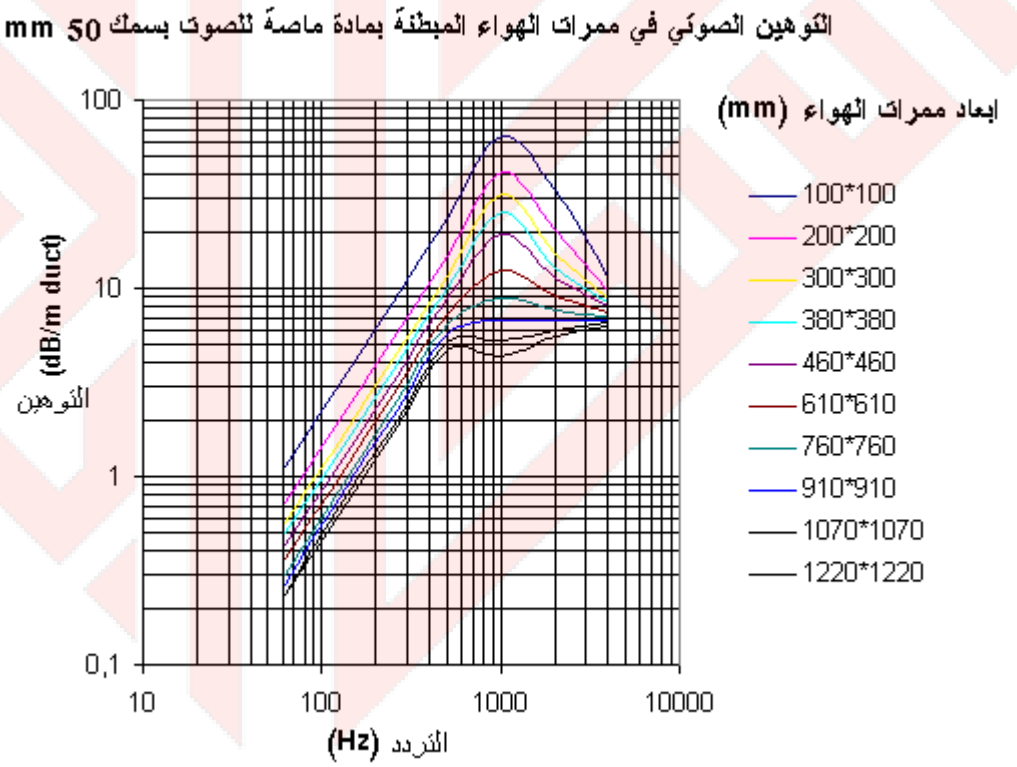
تأثير الاحاطة الصوتية في تقليل مناسيب ضوضاء الآلات [2،ص292]

	الاحاطة الصوتية	توهين منسوب الصوت (dB)
1	الآلة لوحدها بدون اي احاطة او حاجز	0
2	الآلة على العازل الاهتزازي	≈ 2
3	الآلة مع الحاجز	≈ 5
4	الآلة مثبتة في احاطة تامة	≈ 25-20
5	الآلة مثبتة في احاطة تامة مع تبطين بمواد ماصة في الجدران الداخلية وعلى عازل اهتزازي	≈ 45-40

8-3/3 الحواجز الصوتية

تستعمل الحواجز الصوتية في حالة تعذر احاطة المصدر كلياً مثل المصادر الخطية او بعض المصادر النقطية في المجال الحر، وتوضع بالقرب من المصدر لتقطع المسارات الصوتية المنبعثة منه وتحجب جزءاً من الطاقة الصوتية لتوفير منطقة ظل الصوت. واكثر استعمالات الحواجز الصوتية في ممرات الهواء Ducts وانابيب المياه التي تنقل الضوضاء هوائيا. فتقلل هذه الحواجز الضوضاء بحدود (10-20 dB). انظر الشكل (8-3/3) تاثير زيادة سمك مادة التبطين الماصة لممرات الهواء في تقليل مناسيب الضوضاء. [1، ص99]





الشكل (8-3/3) تأثير زيادة سمك مادة التبطين الماصة للصوت في تقليل مناسيب الضوضاء في ممرات الهواء [3]

8-4 توهين مسار انتقال الضوضاء

تنتقل بعض انماط الضوضاء عبر ممرات مثل السلالم، وممرات الانتقال بين الفضاءات وممرات التهوية و التبريد و غيرها، و للحصول على توهين ضوضائي مناسب يتم اتباع ما يلي:

8-4/1 استعمال الارضيات المرفوعة والعوازل الصوتية في الجدران والارضيات والسقوف.

8-4/2 منع انتقال الضوضاء الخارجية الى داخل المبنى عن طريق تقليل انتقال الصوت عبر الجدران والنوافذ والابواب والارضيات والأسس .

8-4/3 عزل فضاءات الضوضاء الميكانيكية عن باقي اجزاء المبنى بواسطة الاحاطة صوتية بجدران وارضيات وسقوف الفضاء والابواب محكمة الاغلاق.

8-4/4 احاطة ممرات التهوية والتبريد في المبنى بعوازل صوتية لتقليل مناسيب الضوضاء المنتقلة عبرها الى فضاءات المبنى.[4]

8-5 طرائق توهين الضوضاء لانماط الآلات والأجهزة

8-5/1 توهين ضوضاء وحدات التبريد والتهوية

تستعمل عدة طرائق لتوهين ضوضاء وحدات التبريد والتهوية المنفردة وابراج التبريد ، وتعتمد معظمها على تقليل ضوضاء المراوح التي تدفع تيار الهواء ضمن الوحدات وهو ما يسبب نقل صوت هذه الاجهزة نحو مستعملي المبنى. وتبلغ النسبة المقبولة لتوليد الضوضاء من وحدات التهوية والتبريد (35-40 dB) ، وتلخص طرائق توهين ضوضاء وحدات التهوية والتبريد في الجدول (8-3/5). [1،ص96]

الجدول (8-5/3)

طرائق توهين ضوضاء وحدات التبريد والتهوية[1،ص96-99]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرق توهين الضوضاء
- مكيفات الهواء - وحدات التبريد المروحية - الوحدات السقفية - الوحدات الصندوقية - وحدات التبريد	1- المراوح الداخلية و المحركات والمكثفات والمضخات وغيرها. 2- سرعة تيار الهواء . 3- ترددات غطاء المروحة .	1- استعمال موهنات صوتية تحيط بالمصدر الصوتي (المروحة). 2- استعمال موهنات صوتية تغلف ممرات الهواء لانظمة التكييف. 3- استعمال احزمة موهنة صوتيا حول ممرات الهواء. 4- استعمال نوابض مصمتة لتثبيت ممرات الهواء. 5- استعمال ارضيات طائفة وموهنات خافضة للضوضاء. 6- احاطة وحدات التبريد بهياكل جدارية موهنة للصوت.
- ابراج التبريد	1- حركة المروحة الداخلية. 2- دوران الماء بعد الاشتغال. 3- ضوضاء حركة الماء في الانابيب. 4- سريان تيار الهواء عبر الموزعات والتفرعات الداخلية.	

8-5/2 توهين ضوضاء الآلات

تستعمل الآلات مثل مولدات الطاقة الكهربائية الاحتياطية في العديد من المباني العامة مثل المستشفيات ومكاتب الادارة ، وهو ما يستلزم توفير معالجات خاصة لتقليل تاثيرات الضوضاء السلبية. الجدول (8-5/4) يبين مصادر الضوضاء في المولدات وطرائق معالجتها .

الجدول (8-4/5)

طرائق توهين ضوضاء الآلات[1،ص92]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
ماكنة توليد الطاقة الكهربائية الاحتياطية (المولدة)	1- محرك المولدة. 2- منفذ الدخان. 3- مدخل الهواء. 4- مروحة التبريد. 5- فتحات التبريد للمحرك.	1- استعمال موهنات صوتية تحيط بالمصدر الصوتي مع الحفاظ على فتحات التهوية. 2- استعمال موهنات صوتية تغلف منفذ الدخان ومدخل الهواء. 3- وضع عوازل اهتزازية مع مطاط بسمك 10 mm على الارضية التي تثبت عليها المولدة. 4- استعمال الارضيات الخرسانية المرفوعة.

8-5/3 توهين ضوضاء المصاعد والسلالم المتحركة

تعتبر المصاعد والسلالم المتحركة ذات ضوضاء مزعجة في حالة وضعها في المباني السكنية متعددة الطبقات والمستشفيات والمباني الادارية والتجارية وغيرها من الابنية والجدول (8-5/5) يوضح مصادر الضوضاء في المصاعد والسلالم المتحركة وطرائق معالجتها.

الجدول (8-5/5)

طرائق توهين ضوضاء المصاعد والسلالم المتحركة[1، ص94]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
المصاعد والسلالم المتحركة باختلاف انواعها	1- غلق وفتح ابواب المصاعد 2- ضوضاء حركة المصعد 3- ضوضاء المحركات . 4- ضوضاء منطقة التحضير لدخول المصعد. 5- ضوضاء المحركات المتعلقة بالمصعد. 6- (الاذرع الحديدية، الحبال والسلاسل،منصة المصعد، درجات السلالم المتحركة).	1- وضع المصاعد في المواقع البعيدة مثل السلالم والمخازن. 2- عزل غرفة محرك المصعد، وكذلك استعمال موهنات صوتية لحركة الاسلاك المعلقة. 3- استعمال عجلات موهنة صوتياً في السكك المستعملة للحركة. 4- توفير منافذ هوائية مفتوحة لتجنب الصدمة الهوائية خلال حركة المصعد. 5- استعمال ابواب ذات ضوضاء قليلة وصوت منبه منفرد.

8-5/4 توهين ضوضاء الانارة

تمثل انارة الفضاءات الداخلية مصدرا ضعيفا للضوضاء، ومع ذلك لابد من توفير التصميم الصوتي المناسب للتقليل من تأثيره. الجدول (8-5/6) يبين طرائق معالجة ضوضاء الانارة.

الجدول (8-5/6)

طرائق توهين ضوضاء الانارة[1، ص94]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
الانارة	الضوضاء التي تنتجها هذه الوحدات قليلة نسبيا ما عدا انارة المستشع التي تسبب نوعاً من الضوضاء المزعجة، وخصوصا عند وضعها قرب فتحات التهوية.	1- في اضاءة المستشع يمكن استعمال اجهزة خاصة لازالة الضوضاء الناتجة عنها. 2- وضع وحدات الانارة بعيدا عن فتحات التهوية وعن القواطع للتخلص من اكبر قدر من الضوضاء .

8-5/5 توهين ضوضاء الانابيب والتأسيسات الصحية

تعد ضوضاء الانابيب من المواضيع الشائعة في المجمعات السكنية متعددة الطبقات. فاما الضوضاء الناشئة من تيار الماء في الانابيب فيمكن ان توهن بواسطة تقليل سرعة الماء في الانابيب الى النسبة المقبولة لكل نوع من انواع الانابيب. كما يؤثر تصميم الانابيب في نسبة الضوضاء المتولدة منها، فيجب ان يخلو التصميم من الانعطافات الحادة ونقاط الارتباط الضعيفة، كما يستعمل الربط المرن مع المضخات المائية. الجدول (8-5/7) يبين طرائق توهين ضوضاء الانابيب والتاسيسات الصحية.

الجدول (8-7/5)

طرائق توهين ضوضاء الانابيب والتاسيسات الصحية. [1،ص99]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
• انابيب نقل الماء • مجاري تصريف الماء والامطار • التراكيب الصحية والتراكيب المساعدة	1- سرعة جريان الماء، الضغط الشديد للماء على الانابيب. 2- المطرقة المائية، بسبب الاندفاع المفاجى للماء. 3- ضوضاء مضخات الماء. 4- ضوضاء الاجزاء المكسورة من المعدات الصحية. 5- تمدد وتقلص انابيب الماء. 6- تفريغ المياه من الحمامات، المغاسل، مجففات الملابس. 7- دخول الهواء في تاسيسات الماء.	1- ابعاد مصادر الضوضاء قدر الامكان عن الاماكن الهادئة في المبنى. 2- تقليل انتقال الضوضاء من التأسيسات المائية الى هيكل المبنى باستعمال مواد مرنة (كالمطاط اواللدائن او غيرها) وغيرها بين الهيكل الانشائي والانبوب . 3- في حالة ضرورة ارتباط الانابيب بالهيكل الرئيس للمبنى فيفضل ان يرتبط بعناصر انشائية قوية (جدران حاملة او هياكل اساسية) وليس بقواطع المبنى. 4- التراكيب الصحية، كالحمامات، المغاسل يجب ان توضع على وحدات مرفوعة او ارضية مصمتة (فلين، مطاط، صوف معدني، وغيرها).

6-8 حسابات الضوضاء في انظمة توزيع الهواء

1/6-8 حسابات توليد الضوضاء من المراوح

يعتمد منسوب طاقة الصوت الذي تولده المراوح على قوة المحرك، والسعة، والضغط الثابت، وحجم الدفع. يمكن استعمال المعادلة (1/6-8) في حساب مناسيب طاقة الصوت للمراوح.

*ملاحظة ان التقدير الفعلي لمناسيب طاقة الصوت يجب ان يستحصل من المنشأ المصنع.[3]

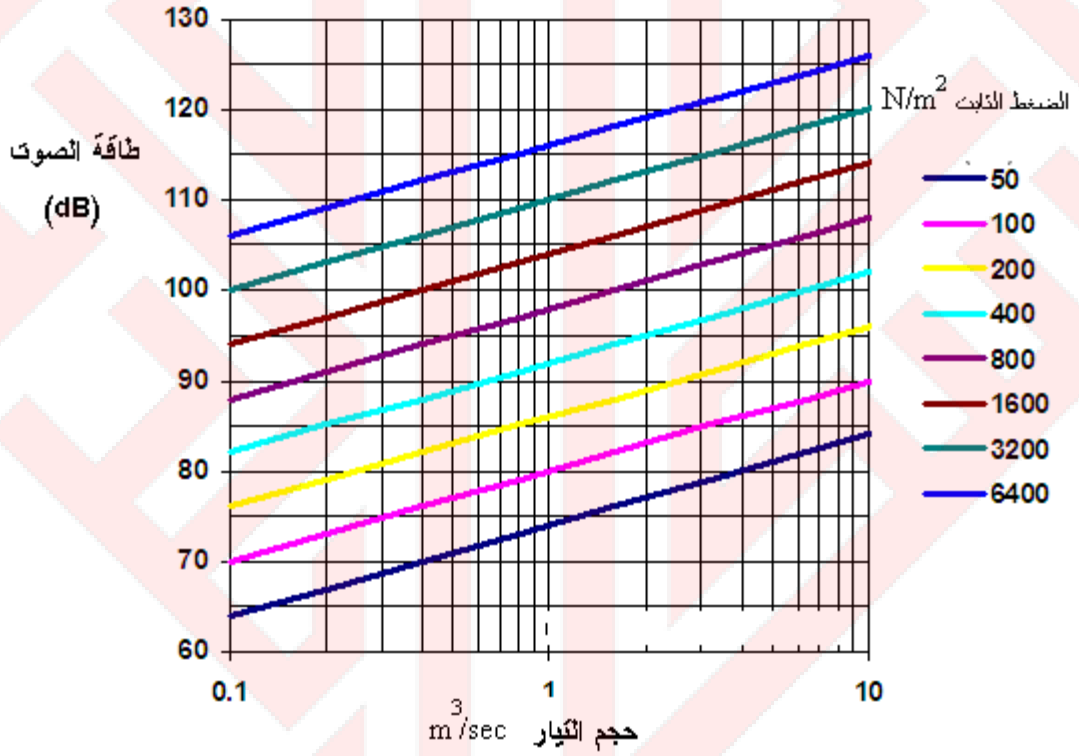
$$L_w = 94 + 20 \log(S) - 10 \log(Q) \qquad \textbf{(1/6-8)}$$

حيث:-

L_w = منسوب طاقة الصوت بالdB

S = قدرة طاقة المحرك بال Kw

Q = حجم الدفع (m^3/sec)



الشكل (4/6-8) علاقة ضغط المروحة وحجم التيار الهوائي بمنسوب طاقة الصوت[3]

8-6/2 سرعة المراوح

كما تقدم فان زيادة سرعة المراوح تتسبب في زيادة مناسيب الضوضاء ولهذا فان سرعة المراوح يجب ان تكون محددة بمقاييس ثابتة للوصول الى مناسيب ضوضاء مقبولة في المباني. والجدول (8-8/6) يوضح الحدود القصوى لسرع المراوح. [2،ص293]

الجدول (8-8/6)

الحدود القصوى لسرع المراوح[2،ص293]

التطبيقات	السرعة القصوى (m/sec)	
	نظام التوصيل	نظام التجهيز
ستوديو الصوت، المكتبات، الجوامع والكنائس	7-5	5-4
المسارح ودور السينما، قاعات الاحتفالات	8-6	7-5
المطاعم والمكاتب والمحلات	9-7	8-6

8-6/3 اعمال ممرات الهواء

يتوزع الهواء في ممرات ذات اشكال متنوعة مستطيلة او دائرية اوبيضوية وتستعمل في صناعتها عادة مادة خفيفة معدنية وتثبت في سقف الفضاءات. إن سريان الهواء في ممرات ضيقة مقارنة نسبياً بحجم الهواء الذي تولده وحدات التهوية والتبريد يتسبب باصدار ضوضاء، اضافة الى احتمال ان تتسبب تفرعات ممرات الهواء في توليد ضوضاء في السقف[3]، ويمكن حساب الضوضاء التي تنتقل عبر ممرات الهواء بالاعتماد على المعادلة (2/6-8)

$$L_p = L_w - TL - 10 \log(A\ F / 4\ A_d) \qquad \textbf{(2/6-8)}$$

حيث:-

L_p = منسوب ضغط الصوت في الفضاء الداخلي (dB)

L_w = منسوب قدرة الصوت في ممرالهواء (dB)

TL = نقصان الصوت بالانتقال خلال جدار الممر الهوائي (dB)

A = امتصاص الصوت ($Sabin/m^2$)

F = مساحة مقطع الممر الهوائي (m^2)

A_d = مساحة السطح (m^2)

الجدول (8-9/6)

علاقة سمك مادة الممر الهوائي بنقصان الصوت بالانتقال [2،ص293]

نقصان الصوت بالانتقال (dB)				
سمك مادة الممر الهوائي (mm)	التردد (Hz)			
	125	250	500	1000
1.25	17	22	25	29
1	15	20	23	27
0.75	14	19	22	26
0.65	12	17	20	24

8-7 مناسيب الضوضاء المقبولة من المكائن والمعدات

يبين الجدول (8-10/7) مناسيب الضوضاء المسموحة في غرف الآلات والأجهزة في المباني السكنية.

الجدول (8-10/7)

مناسيب الضوضاء المسموح بها للمعدات الميكانيكية المقاربة من المباني[2،ص291]

المسافة القصوى المسموح بها من الآلات الى النافذة الخارجية (m)	مناسيب طاقة الصوت (dB)							
	التردد (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3.6	89	82	78	72	72	72	72	72
7.6	93	86	82	72	72	72	72	72
15.2	97	90	86	80	80	80	80	80
30.4	100	93	85	83	83	83	83	83

الجدول (8-11/7)

مناسيب الضوضاء المسموحة في غرف الآلات والاجهزة في المباني السكنية[2،ص290]

الترددات الصوتية (Hz)	منسوب ضغط الصوت (dB)
63	91
125	93
500	95
1000	92
2000	91
4000	88
8000	86

*ملاحظات تخص الجدول (8-10/7)

- يجب ان تقاس المسافة بشكل خط مستقيم بغض النظر عن وجود حواجز.
- اذا لم تتوفر معلومات عن كمية الضوضاء التي تولدها الآلة فيجب ان تقاس موقعيا.
- يجب ان تؤخذ القياسات بواسطة ميكروفون للقياس في المبنى وبمسافة 0.9 m عن نافذة مفتوحة بشكل كامل.
- القياسات يجب ان يتم الحصول عليها في حالة كون الضوضاء الخلفية اقل بمقدار 6 dB في كل الترددات من الضوضاء الناتجة من الآلة.

8-8 المراجع

[1] Templeton.Duncan,"*Acoustics in The Built Environment*" Architecture Press, British, 1997

[2]"*Building Code of The City of New York*", Published by the Department of Citywide Administrative Services, New York,2008

[3]Australian Building Codes Board (ABCB)."*Building Code of Australia and Guideline on Sound Insulation*", Australia.

[4] Departments of the Army and Air Force, TM 5-8054/AFJMAN 32-1090 "*Unified Facilities Criteria (UFC) Noise and Vibration Control- for HVAC Piping and Equipment"* Washington, DC.

الباب التاسع

السيطرة على الأهتزازات

9-1 تمهيد

يتناول الباب التاسع دور الاهتزازات في ضوضاء المباني وتأثيرها السلبي على المبنى والمستفيدين منه. مع توفير ابرز معايير الاهتزاز المقبولة في المباني واليات العزل الاهتزازي وانواع العوازل الاهتزازية المعتمدة.

9-2 معايير الاهتزازات في المباني

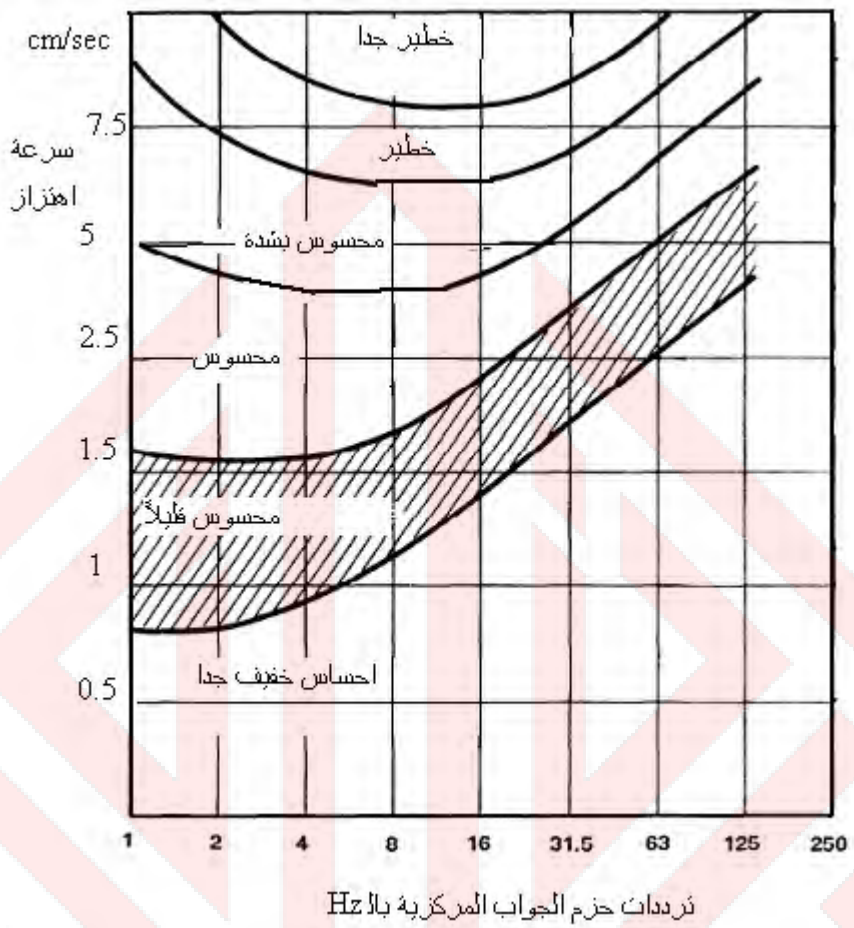
تؤثر الاهتزازات في المباني وقد تنتج اضراراً بالهيكل الانشائي او بسطح المبنى او المكونات البنائية او تتداخل مع عمل معدات بطريقة غير مقبولة اضافة الى الاصوات المزعجة التي تشأ من أهتزاز مكونات المبنى.

9-2/1 معايير الاهتزاز للمستفيدين

يظهر الشكل (9-1/2) استجابة الانسان التقريبية لمناسيب اهتزاز المباني. تبدأ الاستجابة للاهتزاز من منحنى (عتبة الاحساس). كما يؤشر الشكل استجابات انسانية بدرجات تحسس تختلف مع سرعة الاهتزاز. فالاستجابة تختلف باختلاف الاشخاص والهيئة التي يكون عليها المستقبل للاهتزاز عندما يصله الاهتزاز فحال الوقوف غير حال الجلوس. فالمنحنيات الاولية من معدل عتبة الاحساس تلائم الاماكن التجارية، اما في الاماكن السكنية فان الشكوى من الاهتزاز تتجاوز اسفل عتبة الاحساس بالاهتزاز. وهكذا فان اختيار معيار الاهتزاز للاحساس بالانزعاج من قبل سكان المبنى يحدده نمط استعمال المبنى ودرجة حساسية المستفيدين. ويفضل ان ينخفض المعيار بما يعادل 6-8 dB تحت منحنى عتبة الاحساس.

9-2/2 معايير الاهتزاز لهياكل المباني الانشائية

مناسيب الاهتزاز المرتفعة يمكن ان تسبب اضراراً بالهياكل الانشائية وملحقاتها في المباني، وعندما يصل الاهتزاز الى درجة التأثير بمكونات البناء فانه يكون محسوساً من قبل الشاغلين. وقد استعملت سرعة اهتزاز مقدارها 5 cm/sec كحد اعلى آمن في الهياكل الانشائية، والاهتزازات فوق هذه القيمة لها تأثيرات بيئية سلبية. وكقيمة مقبولة للاهتزازت في الهياكل الانشائية فان سرعة اهتزاز مقدارها 2.53 cm/sec يمكن ان تعد كحد اعلى مقبول في الابنية كي لا يحدث بسببها أي ضرر أنشائي. اما عند زيادة سرعة الاهتزازات عن هذا الحد فان هذا يستلزم توفير ترتيبات خاصة لحماية المبنى. وحتى في سرعة 2.53 cm/sec فانها قد تتسبب في نشوء شقوق صغيرة في السطوح. ولضمان عدم حدوث الاضرار السطحية فان قيمة 0.56 cm/sec هي المعتمدة. اما للمباني القديمة فيجب ان لاتتجاوز قيمة الاهتزازات الواصلة اليها 0.05 cm/sec.[1، ص2-5]



الشكل (9-1/2) استجابة الانسان التقريبية لمناسيب اهتزاز المباني[1، ص3-5]

9-3/2 معايير الاهتزاز للأجهزة الخاصة

يمكن ان يشكل اهتزاز المباني تاثيراً في تشغيل الأجهزة الخاصة والتي لها تحسس للاهتزازت. مثل المجهر الالكتروني او أجهزة العمليات الكيميائية والطبية والصناعية. وللحصول على مناسيب اهتزاز منخفضة لا بد من استعمال آلات وعدد خاصة وعوازل تعمل على تخفيض مناسيب الاهتزازات في الابنية ذات الاستعمالات الخاصة.

9-3 آليات العزل الاهتزازي

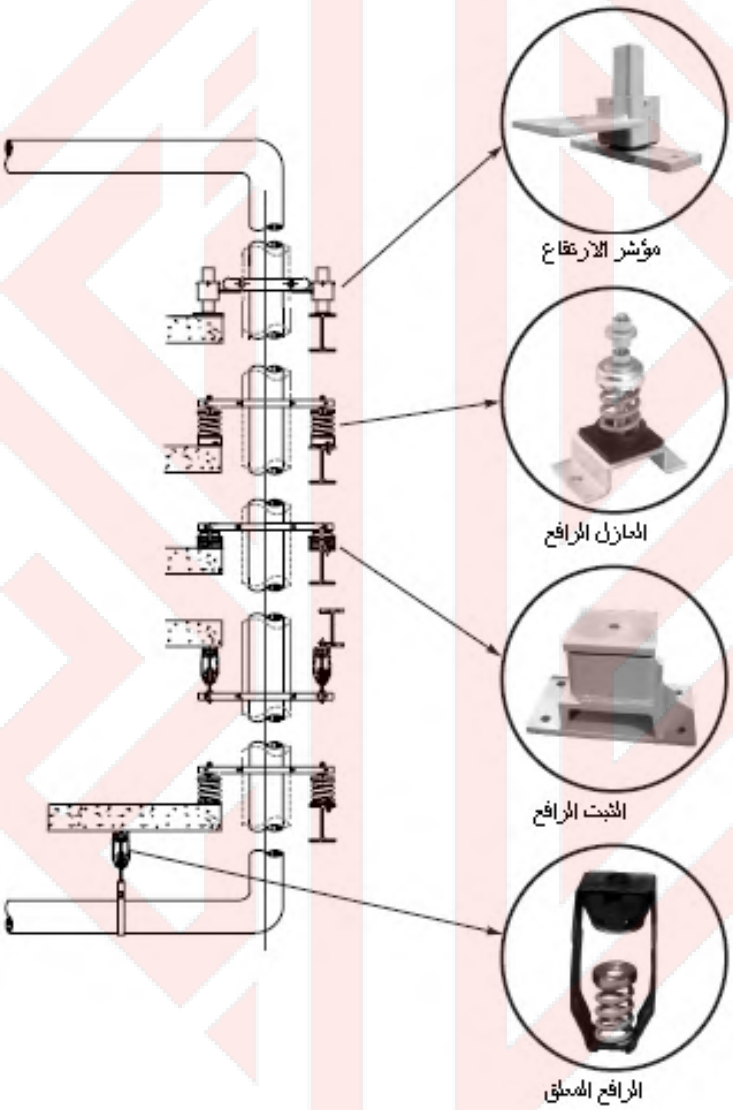
يجب ان توفر كل العوازل صفات عزل الاهتزاز المطلوبة. كما يجب ان تكون مناسبة لنمط العمليات التي تؤديها والظروف البيئية الخاصة التي تعمل فيها. ان الضوابط التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند التعامل مع العزل الاهتزازي هي:-

- تجهز الآلات الميكانيكية بوسائل تعزلها عن هيكل المباني.
- اذا كانت سرعة الدوران في الآلات هي سبب الاهتزاز فان اقل سرعة تشغيل للنظام المراد عزله هي التي تستعمل لتحديد العازل المطلوب.
- ينبغي أن ينتج من اختيار العازل تحميل وانحراف منتظمين حتى لو كان وزن المعدات أو ثقلها غير موزع بالتساوي.
- تكون العوازل قائمة بذاتها، او ثابتة نبضية مع ضبط الاستواء، ويثبت النابض بواسطة اللحام فيما بين لوح الحمل العلوي المثقب ولوح الحمل السفلي الصلب مع ربط حشوة لدائنية (نيوبرين) مضلعة سميكة إلى لوح القاع.
- تجهز الاجهزة المتحركة مثل وحدات الملف والمروحة والمراوح المثبتة بأدوات تعليق (نابض حلزوني) حركية تتكون من دعائم وتغليف صلب مرتبطة باللحام ونابض حلزوني صلب قائم بذاته، ثابت ضد الحركة الجانبية مع حلقة (وردة) لدائنية (نيوبرين) أو عازل حركي لدائني يحوي لوح حمل صلب مسنن بحيث يسمح بالربط إلى الجهاز المرتكز، وتثبيت لوح القاعدة الصلب في المكان.
- تركب مراوح الطرد المركزي والمحركات على قاعدة تثبيت متكاملة من الصلب الإنشائي مع قضبان انزلاق للمحرك مبيتة وقابلة للضبط وذات صلابة مناسبة لمقاومة عزم لي المحرك وشد السير (السحب) وتركب القاعدة على عوازل نبضية.
- تركب اجهزة تكييف الهواء تركب على عوازل نبضية و وسادة خرسانة مرفوعة.
- تثبت جميع الاجهزة الأخرى على وسائد. [1، ص7،10-8]

9-3/1 العوازل الاهتزازية للانابيب والتأسيسات الصحية

- يثبت أنبوب مرن عند كل التوصيلات بالمضخات أو بآي معدات أخرى دوارة أو أماكن أخرى موضحة بالرسوم. تصنع الوصلات من مواد مناسبة لدرجات حرارة التشغيل وضغط السائل الذي ينقل من خلالها.
- يركب الانبوب المرن الخاص بالاجهزة الدوارة في وضع أفقي وموازياً للأعمدة الأفقية لصمامات الغلق في جانب الاجهزة، وتركب أداة تثبيت في نظام تمديدات الانابيب مجاورة للوصلات المرنة .
- يصمم الأنبوب المرن على درجة حرارة تشغيل 32 ^{o} درجة مئوية، وضغط تشغيل لا يقل عن 0.862 ميجاباسكال MPa أو 150% من ضغط تشغيل النظام أيهما أكبر.

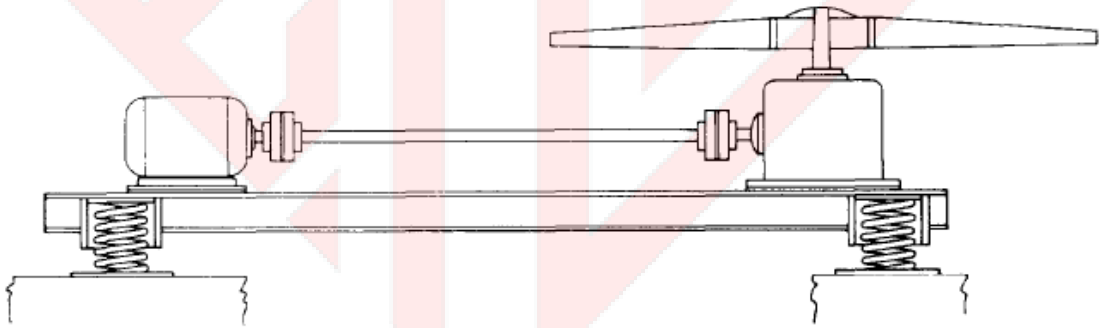
- الوصلات المعدنية المرنة تكون من صلب غير قابل للصدأ وبأنبوب داخلي غير قابل للصدأ معرج وغلاف حماية خارجي من ضفيرة أسلاك غير قابلة للصدأ مع شفة صلب ثابتة.
- تكون وصلات تمدد الانابيب من مطاطٍ ذي تحمل عالٍ EFDM مع لفائف تسليح مفردة محمية ضد التآكل من أسلاك صلب ولها شفة ظهر من صلب طرى خلف الوجه المرتفع للمطاط.
- تعزل الأنابيب التي تتصل بالآلات المثبتة على عوازل الاهتزاز بواسطة طبقة مطاطية مزدوجة مستعرضة أو بواسطة أدوات تعليق أنابيب من النوع الحلزوني. [1، ص9-8،12]



الشكل (9-3/2) العوازل الاهتزازية للأنابيب والتأسيسات الصحية [1، ص5-B]

9-2/3 العوازل الاهتزازية لقواعد الآلات

- تجهز قواعد الآلات بأسس سفلية من الخرسانة لا يقل ارتفاعها عن 150 mm ولجميع الأجهزة الميكانيكية المركبة على الأرض. ترتكز الأسس التحتانية على الأرضية الإنشائية وتسلح بقضبان فولاذ وتوصل بقضبان تسليح الأرضية بواسطة قضبان رابطة مثنية على شكل خطاف في كلا الطرفين وتترك مسافة فاصلة لاتقل عن 50 mm بين الأسس السفلية وجميع بلوكات القصور الذاتي والأسس من الحديد الفولاذ والاعمدة الفولاذية.
- قواعد الآلات تكون من خرسانة ذات قوة تحمل 25 ميجا باسكال MPa على الأقل تليها مساطر حديدية ذات سطح ناعم.
- ينبغي أن يكون العزل مستقراً ومتزناً في أثناء بدء تشغيل وإيقاف الجهاز و بدون آي حركة عرضية أو لامركزية للجهاز والتي قد تؤدى إلى تلف أو تؤثر بشكل معاكس على الجهاز أو تثبيته.
- يكون لكل نظام عزل اهتزازي للتراكيب المثبتة ارضياً أو سقفياً من الآلات حد أقصى للحركة الجانبية عند بدء التشغيل والإيقاف للجهاز قدره 6 mm . يتم الحد من الحركة الزائدة بواسطة نوع تراكيب (تثبيتات) مثل النوابض الحلزونية المعتمدة.
- يجب عزل جميع التوصيلات عزلا صحيحاً سواء منها الكهربائية اوتوصيلات الصرف الصحي اوتوصيلات تمديدات انابيب الماء ..الخ. التي تتعلق بالجهاز على عوازل اهتزاز.
- يختار العزل لأقل سرعة تشغيل للجهاز، والعوازل المعدنية المعرضة للعوامل الجوية يجب ان تكون مغلونة بعد التصنيع. وتختار العوازل وتوضع بحيث تعطي تحميلاً وانحرافاً منتظماً حتى لو كان ثقل الآلة غير موزع بالتساوي. [1، ص9-12،8]



استعمال النابض الحلزوني في عزل اهتزازات مروحة المحرك في سقوف المباني المرتفعة

الشكل (9-3/3) عوازل المراوح النبضية[1، ص6-8]

9-4 انماط العوازل الاهتزازية

يمكن تصنيف انماط العوازل الاهتزازية الى :-

9-4/1 الوسائد

يجب ان تصنع من المطاط او المواد اللدائنية المركبة مثل (نيوبرين) او الالياف الزجاجية المغلفة. والتي تستعمل لعزل اهتزازات الأجهزة الميكانيكية بتثبيتها عند الاماكن المطلوبة مع مراعاة عدم تعريضها الى تاثير المواد الكيميائية لضعف مقاومتها لها.

9-4/2 النابض المعدني العازل

يستعمل لاسناد الآلات الثقيلة و توفير العزل للترددات المنخفضة من 3-60 Hz. للنابض قابلية نقل الاهتزازات العالية عبر المبنى و لهذا تستعمل الوسائد العازلة مع النوابض لزيادة فعالية عزلها الاهتزازي وبسمك لا يقل عن 6 mm. وبالنسبة للنابض الحلزوني لا بد من توفير قطر يصل الى 0.8 الى 1.2 مرة بقدر ارتفاعه بعد الانضغاط. ولغرض زيادة الامان فان النابض الحلزوني يجب أن يكون تحت تأثير الانضغاط وليس الشد.

9-4/3 الوسائد المغلفة

تكون فعالة في عزل الضوضاء المنتقلة عبر المبنى من الانابيب والتأسيسات الصحية، وتكون بشكل طبقة واحدة او عدد من الطبقات التي تحيط بالانابيب، وتمنع انتقال الاهتزازات الى باقي اجزاء المبنى. تتغير الصفات العازلة للوسائد المغلفة في حالة تعرضها للضغط ولهذا لايفضل استعمالها مع المعدات الثقيلة.

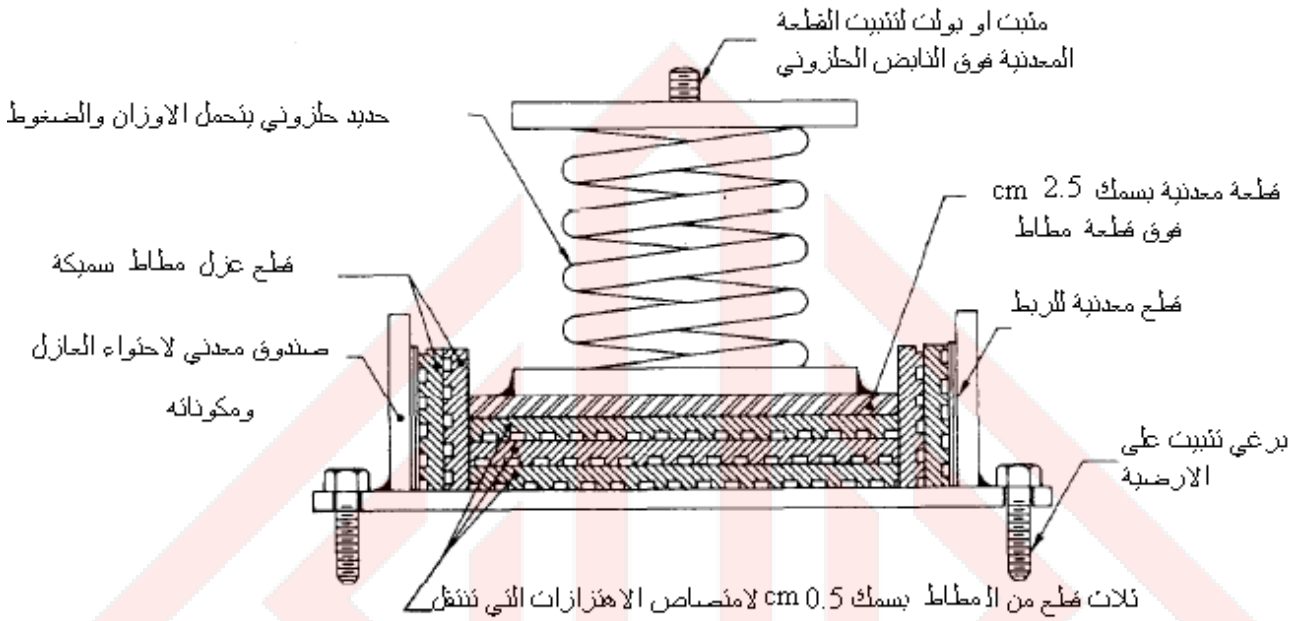
9-4/4 وسائد الالياف الزجاجية

يمكن ان تستعمل لعزل ترددات الضوضاء المنتقلة عبر المبنى. ولكن ليس من المفضل تعرضها للاثقال بسبب قابلية فقدانها للخواص العازلة. ومادتها العازلة الكثيفة تعمل كطبقات عزل بين طبقات الجدران المتعددة وأن اكثر فعاليتها في عزل ترددات الصوت العالية.

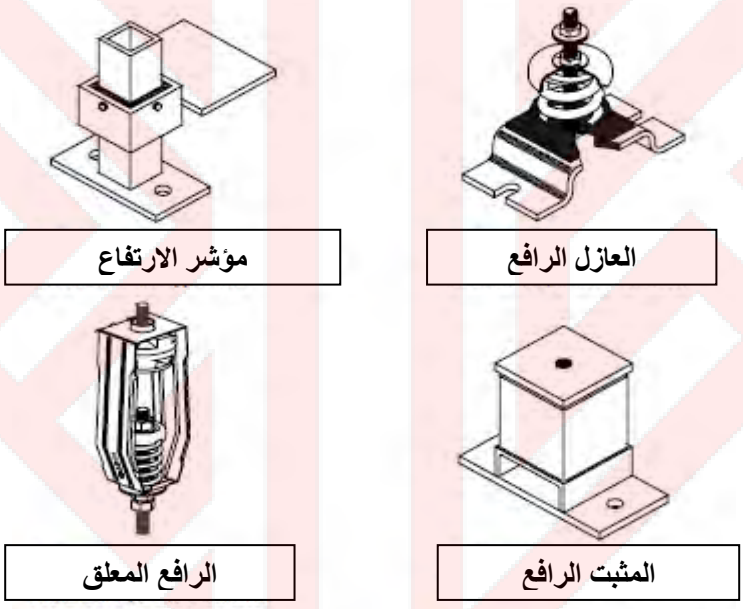
9-4/5 النابض الهوائي

يكون النابض الهوائي فعالا لمدى قليل من الترددات الصوتية ولهذا يستعمل عادة مع عوازل اهتزازية اخرى مثل الوسائد العازلة وتستعمل مادة الحديد في صناعته وبقطر لايقل عن 1.6 mm، ولتطبيقات الارضيات المرفوعة في الغرف الخاصة بالآلات.

في الملحق (هـ). استعراض لعدد من العوازل الاهتزازية وخواصها الادائية واشكالها. [1، ص3،1-8]



الشكل (9-4/4) النابض المعدني الحلزوني [1، ص4-8]



الشكل (9-5/4) انواع العوازل الاهتزازية [1، ص6-B]

9-5 المراجع

[1] Departments of the Army and Air Force, TM 5-8054/AFJMAN 32-1090 "*Unified Facilities Criteria (UFC) Noise and Vibration Control*" Washington, DC, 2003

الباب العاشر

توصيات العزل الصوتي للمباني

10-1 تمهيد

يحدد هذا الباب المعايير الصوتية التي يوصى بمراعاتها في المباني، وتقسم الى معايير تحدد قيم الخصائص الصوتية الدنيا المطلوبة لضمان الراحة الصوتية، ومعايير اخرى تحدد قيم الخصائص الصوتية القصوى المسموح بها.

10-2 معايير نقصان الصوت بالانتقال (Criteria for Sound Transmission Loss (D_n))

10-2/1 عام

يرمز للخطوط البيانية التي تمثل العلاقة بين مقدار نقصان الصوت بالانتقال (D_n) والتردد الصوتي بالارقام الرومانية (I) (II), (III), (IV). اذ يرمز كل رقم من هذه الارقام الاربعة الى خط بياني يمثل العلاقة بين مقدار نقصان الصوت بالانتقال وبين التردد الصوتي، والتي يجب ان تتوافر في الجدران الفاصلة بين اجزاء المباني كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية.

10-2/2 نقصان الصوت بالانتقال الموصى به (Recommended Sound Transmission Loss (D_n))

10-2/2/1 المباني السكنية

يبين الجدول (10-2/1) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمقدار نقصان الصوت بالانتقال (D_n) الموصى به لضمان الراحة الصوتية. وذلك للجدران الفاصلة بين اجزاء المباني السكنية. كما يبين الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10-2/1)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء بيتين متجاورين (أ، ب) ضمن مبنى سكني

		منسوب الصوت (dB)				
		غرفة نوم	غرفة معيشة	مطبخ	غرفة العاب	حمام
البيت (ب)		II 50-40 (*)	II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40
صحن السلم والمصعد		I 57-47	II 50-40	III 43-31	III 43-31	III 43-31
البيت (أ)	حمام	III 43-31	II 50-40	IV 33-22	IV 33-22	IV 33-22
	غرف العاب	III 43-31	III 43-31	III 43-31	IV 33-22	–
	مطبخ	II 50-40	III 43-31	IV 33-22	–	–
	غرفة معيشة	II 50-40	III 43-31	–	–	–
	غرفة نوم	III 43-31	–	–	–	–

* dB(50-40) : تعني ان الحد الادنى الموصى به لمقدار نقصان انتقال الصوت (D_n) لذلك الجدار يساوي (50) لضمان الراحة الصوتية، وان الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (STC– 40).

10-2/2/2 المدارس والاماكن التعليمية

يبين الجدول (10-2/2) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمقدار نقصان الصوت بالانتقال **(D_n)** الموصى به لضمان الراحة الصوتية. وذلك للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المدارس والاماكن التعليمية. كما يبين الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10-2/2)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء المباني التعليمية

		منسوب الصوت (dB)			
المبنى التعليمي		غرف المطالعة	غرف المحاضرات		ملاعب الرياضة	غرف الموسيقى
			تعليم عالٍ	تعليم عادي		
منشأت اخرى		II 50-40 *(50-40)	II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40
صحن السلم والمصعد		II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40
الممرات الداخلية		III 42-31	IV 33-22	IV 33-22	IV 33-22	III 42-31
غرف الموسيقى		I 57-47	I 57-47	I 57-47	I 57-47	
ملاعب الرياضة		I 57-47	I 57-47	I 57-47	III 42-31	–
غرف المحاضرات	تعليم عادي	II 50-40	III 42-31	IV 33-22	–	–
	تعليم عالٍ	II 50-40	III 42-31	–	–	–
غرف مطالعة		III 42-31	–	–	–	–

* dB(50-40) :تعني ان الحد الادنى لمقدار نقصان انتقال الصوت (D_n) لذلك الجدار يساوي (50) لضمان الراحة الصوتية، وان الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (STC–40).

10-2/2/3 المكاتب

يبين الجدول (10-3/2) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمقدار نقصان الصوت بالانتقال (D_n) الموصى به لضمان الراحة الصوتية، وذلك للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المكاتب. كما يبين الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10-3/2)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المكاتب

	منسوب الصوت (dB)			
المكاتب	مكتب المدير	مكتب مستخدمي الادارة	غرف الموظفين	غرف الطباعة
مبان اخرى	II 50–40	II 50–40	II 50–40	II 50–40
صحن السلم والمصعد	II 50–40	II 50–40	IV 33–22	IV 33–22
غرف الطباعة	I *(57–47)	I 57–47	II 50–40	IV 33–22
غرف الموظفين	II 50–40	II 50–50	IV 33–22	–
غرف الموظفين الاداريين	III 42-31	IV 33–22	–	–
الادارة	III 42-31	–	–	–

* dB(57–47) : تعني ان الحد الادنى الموصى به لمقدار انتقال الصوت (D_n) لذلك الجدار يساوي (57) لضمان الراحة الصوتية، وان الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (47 –STC).

10-2/2/4 الفنادق

يبين الجدول (4/2-10) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمقدار نقصان الصوت بالانتقال (D_n) الموصى به لضمان الراحة الصوتية، وذلك للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني الفنادق. كما يبين الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (4/2-10)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني الفنادق

الفنادق	منسوب الصوت (dB)
غرف نوم مباني مجاورة	II 50-40
غرف نوم اخرى	III *(42-31)
ممرات	III 42-31
صحن السلم والمصعد	I 57-47
غرف الخدمة	II 50-40
مرحاض عمومي	I 57-47
حمامات	II 50-40

* dB(42-31) : تعني ان الحد الادنى الموصى به لمقدار نقصان لصنف انتقال الصوت (D_n) لذلك الجدار يساوي (42) لضمان الراحة الصوتية، وان الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (STC– 31) كحد ادنى مقبول.

10-2/2/5 المستشفيات

يبين الجدول(10-5/2) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمقدار نقصان الصوت بالانتقال (D_n) الموصى به لضمان الراحة الصوتية، وذلك للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المستشفيات. كما يبين الحد الادنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10- 5/2)

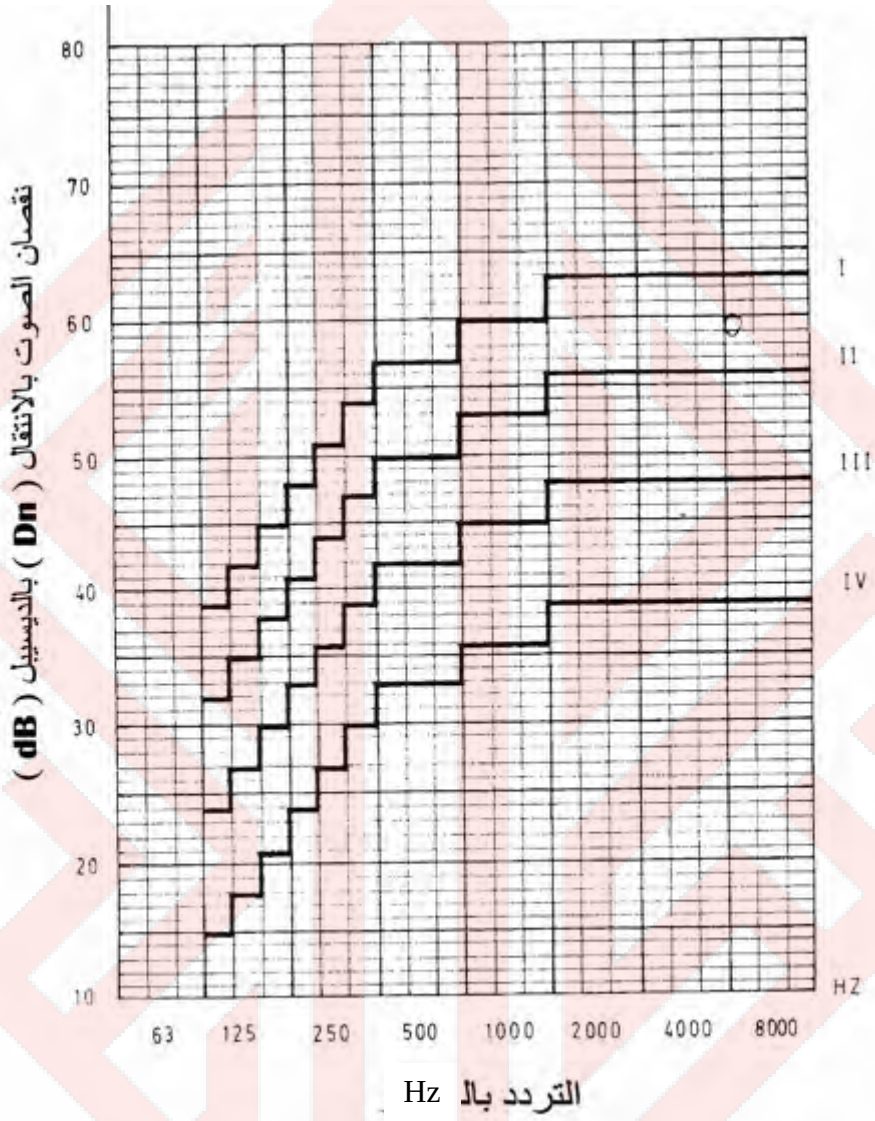
نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المستشفيات

	منسوب الصوت (dB)	
المستشفيات	غرف نوم عادية	غرف عمليات واختبارات مكثفة
مبانٍ مجاورة	II *(50-40)	I 57–47
غرف نوم اخرى	III 42–31	II 50–40
ممرات	III 42–31	I 57–47
صحن السلم والمصعد	II 50–40	I 57–47
غرف الخدمة	III 42–31	I 57–47
مرحاض عمومي	II 50–40	I 57–47
حمامات لغرف نوم اخرى	III 42–31	II 50–40

* dB(50-40) :تعني ان الحد الادنى الموصى به لمقدار انتقال الصوت (D_n) لذلك الجدار يساوي (50) لضمان الراحة الصوتية، و ان الحد الادنى المقبول لأنتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (40–STC).

10-2/2/6 الخطوط البيانية

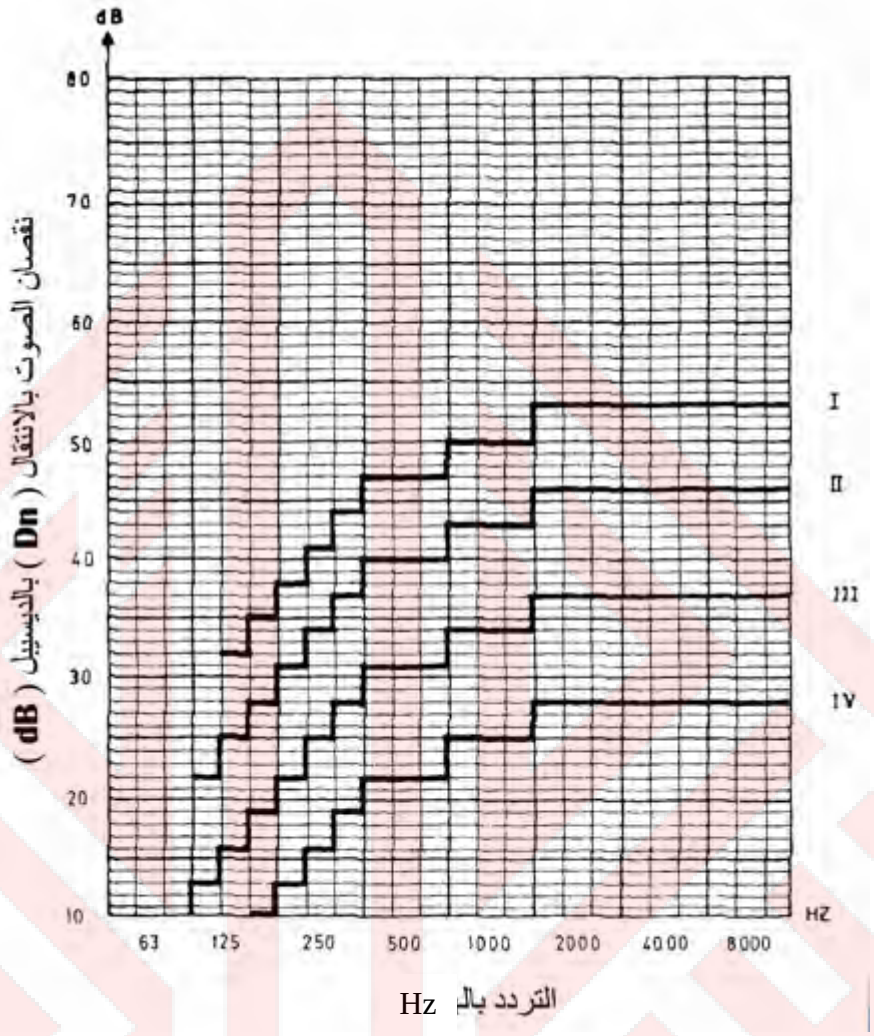
(1) يبين الشكل (10-2/1) الخطوط البيانية ذات الرموز (I), (II), (III), (IV) التي تمثل العلاقة بين نقصان الصوت بالانتقال (D_n) وبين التردد الصوتي للجدران الفاصلة بين اجزاء المباني لضمان الراحة الصوتية .



الشكل (10-2/1) الخطوط البيانية (I), (II), (III), (IV)

الخاصة بالراحة الصوتية

(2) يبين الشكل (10-2/2) الخطوط البيانية ذات الرموز (I), (II), (III), (IV) التي تمثل علاقة نقصان الصوت بالانتقال (D_n) بالتردد وذلك للجدران الفاصلة بين اجزاء المبنى كحد ادنى مقبول.



الشكل (10-2/2) الخطوط البيانية

(IV)، (III)، (II)، (I)

الخاصة بالحد الادنى المقبول للراحة الصوتية

10-3/2 المواصفات المعتمدة

التوصيات المنصوص عليها في البند (10-2/2) مقتبسة من المواصفة القياسية البلجيكية (NBN-SO1-400) والمواصفتين القياسية الامريكية (ASTM-E90) و (ASTM-E 413).

10-3 معايير انتقال الصوت الصدمي (L_n) Criteria for Impact Sound Transmission

10-3/1 عام

يرمز بالارقام الرومانية (I) (II), (III), (IV) للخطوط البيانية التي تمثل العلاقة بين مقدار منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير المنقول خلال الارضيات و بين التردد. تلك العلاقة الواجب توافرها في الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في المباني كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية. كما يرمز كل رقم ايضا الى الخط البياني الذي يمثل العلاقة بين منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير المنقول خلال الارضية وبين التردد كحد اعلى مقبول.

10-3/2 منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n)

10-3/2/1 المباني السكنية

يبين الجدول (10-6/3) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب الصوت الصدمي المعاير(L_n) الموصى به كحد اعلى مقبول والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في المباني السكنية.

الجدول (10-6/3)

عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء المباني السكنية

المبنى السكني		الغرف العلوية / منسوب الصوت (dB)				
		غرف النوم	غرف المعيشة	المطبخ	الحمامات	غرف الألعاب
الغرف السفلية	غرف النوم	II (49-46)*	II 49-46	I 57-54	I 57-54	I 57-54
	غرف المعيشة	III 39-36	II 49-46	II 49-46	I 57-54	I 57-54
	المطبخ	III 39-36	III 39-36	III 39-36	III 39-36	III 39-36
	الحمامات	III 39-36	III 39-36	III 39-36	III 39-36	III 39-36
	غرف الالعاب	III 39-36	III 39-36	III 39-36	III 39-36	III 39-36

* dB(49-46) : تعني ان الحد الادنى لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية لضمان الراحة الصوتية يساوي (IIC- 49) ، وان الحد الادنى المقبول لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية يساوي (IIC- 46) .

10-3/2/2 المدارس والاماكن التعليمية

يبين الجدول (10-7/3) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) الموصى به كحد اعلى مقبول والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في المدارس والاماكن التعليمية.

الجدول (10-7/3)

عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء مباني المدارس والاماكن التعليمية

المباني التعليمية	الغرف العلوية / منسوب الصوت (dB)			
	غرف المطالعة	غرف المحاضرات		غرف الموسيقى	ملاعب الرياضة
		تعليم عالي	تعليم عادي		
غرف المطالعة	II *(49-46)	II 49-46	II 49-46	I 47-54	I 47-54
غرف محاضرات التعليم العالي	II 49-46	II 49-46	II 49-46	I 47-54	I 47-54
غرف محاضرات التعليم العادي	III 39-36	III 39-36	III 39-36	I 47-54	I 47-54
غرف الموسيقى	III 39-36	III 39-36	III 39-36	II 49-46	II 49-46
ملاعب الرياضة	III 39-36	III 39-36	III 39-36	II 49-46	III 39-36

* dB(49-46) : تعني ان الحد الادنى لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية لضمان الراحة الصوتية يساوي (IIC- 49)، وان الحد الادنى المقبول لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية يساوي (IIC- 46) .

10-2/3/2/3 المكاتب

يبين الجدول (10-8/3) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) الموصى به كحد اعلى مقبول والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في المكاتب.

الجدول (10-8/3)

عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء مباني المكاتب

المكاتب		الغرف العلوية/ منسوب الصوت (dB)		
		غرفة لشخص واحد	غرفة لعدة أشخاص	غرفة طباعة وتصوير
الغرف السفلية	غرفة لشخص واحد	III 39-36	II 49-46	I *(57-54)
	غرفة لعدة اشخاص	III 39-36	III 39-36	II 49-46
	غرفة طباعة وتصوير	III 39-36	III 39-36	III 39-36

* (57-54) dB: تعني ان الحد الادنى لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية لضمان الراحة الصوتية يساوي (IIC- 57) وان الحد الادنى المقبول لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية يساوي (IIC- 54).

10-2/3/2/4 الفنادق

يبين الجدول (10-9/3) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير(L_n) الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) الموصى به كحد اعلى مقبول والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في الفنادق.

الجدول (10-9/3)

عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء مباني الفنادق

الفنادق		الغرفة العلوية/ منسوب الصوت (dB)		
		غرف النوم	غرف الخدم والممرات	الحمامات والمطابخ
الغرف السفلية	غرف النوم	II 49- 46	II *(49-46)	I 57-54

* dB(49-46) :تعني ان الحد الادنى لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية لضمان الراحة الصوتية يساوي (IIC- 49) وان الحد الادنى المقبول لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية يساوي (IIC- 46) .

10-3/2/5 المستشفيات

يبين الجدول (10-3/10) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير L_n الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير L_n الموصى به كحد اعلى مقبول والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في المستشفيات.

الجدول (10-3/10)

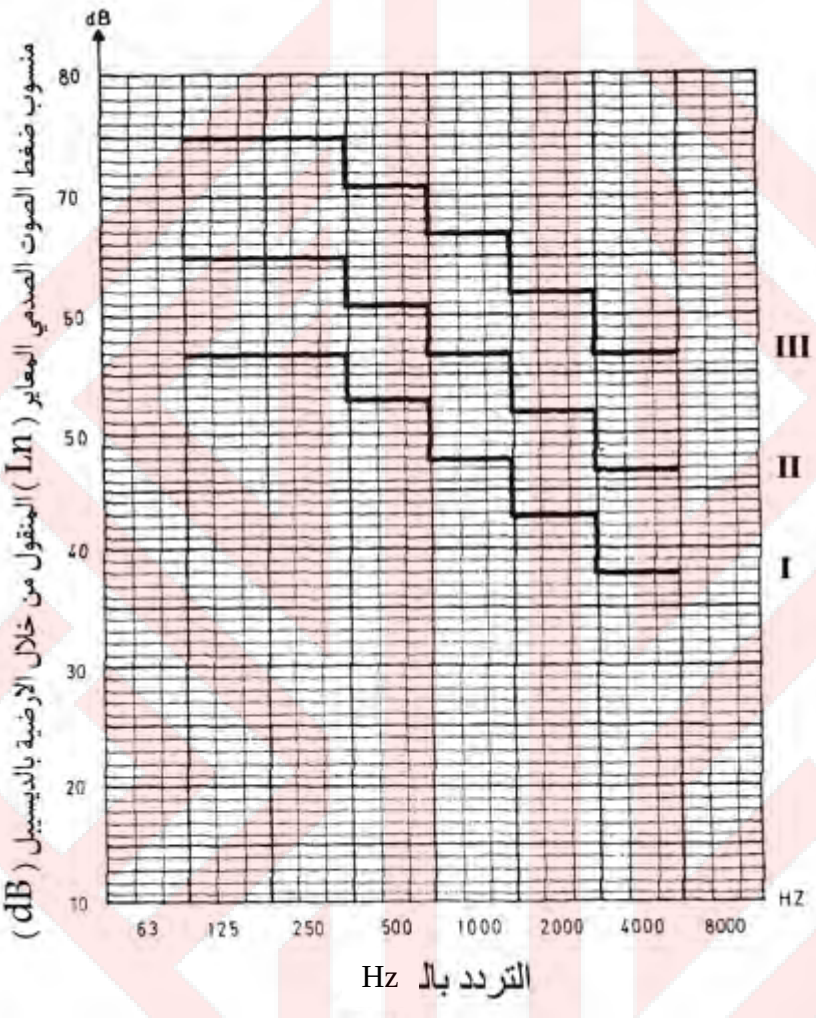
عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء مباني المستشفيات

المستشفيات		الغرفة العلوية/ منسوب الصوت (dB)		
		الردهات	غرف الخدم والممرات	الحمامات والمطابخ
الغرف السفلية	الردهات	II 49-46	II 49-46	II *(57-54)
	غرف فحص مكثف وعمليات	II 49-46	I 57-54	I 57-54

* dB(57-54) : تعني ان الحد الادنى لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية لضمان الراحة الصوتية يساوي (IIC- 57) وان الحد الادنى المقبول لصنف عزل الصوت الصدمي للارضية يساوي (IIC- 54) .

10-3/2/3/6 الخطوط البيانية

(1) يبين الشكل (10-3/3) الخطوط البيانية ذات الرموز (I) و (II) و (III) التي تمثل العلاقة بين منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير(L_n)، والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والسفلية للمباني وبين التردد، كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية.

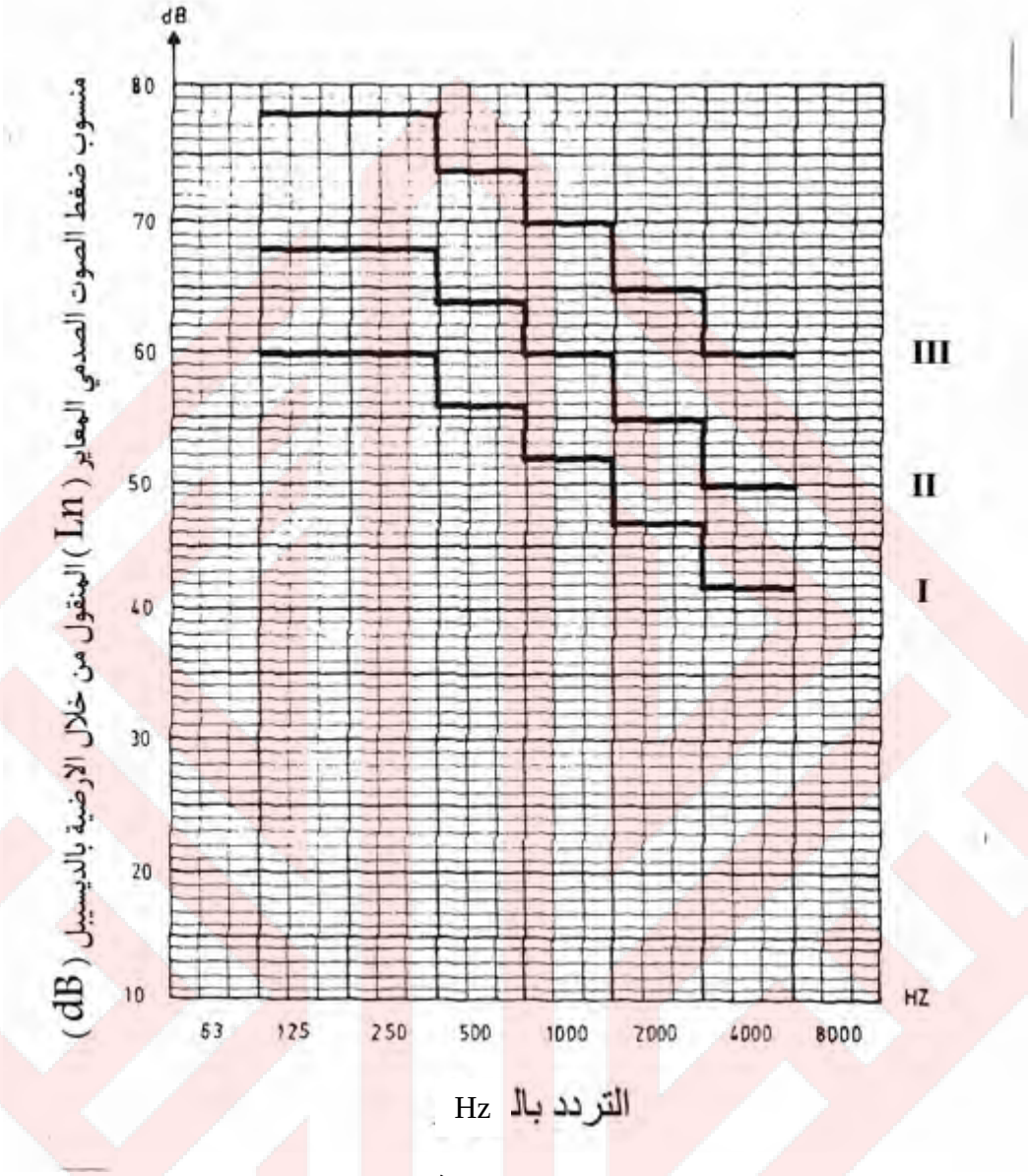


الشكل (10-3/3)

الخطوط البيانية (I) و(II) و(III)

الخاصة بمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير كحد اعلى

(2) يبين الشكل (10-4/3) الخطوط البيانية ذات الرموز (I) و (II) و (III) التي تمثل علاقة منسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير (L_n) ، والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء السفلية للمباني بالتردد كحد اعلى مقبول.



الشكل (10-4/3) الخطوط البيانية(I)، (II)، (III)

الخاصة بمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعاير كحد اعلى مقبول

10-3/3 المواصفات المعتمدة:

التوصيات المنصوص عليها في البند (10-2/3) مقتبسة من المواصفة القياسية البلجيكية (NBN-SO1-400) والمواصفة القياسية الامريكية (ASTM-E492).

10-4 معايير عزل الواجهات للصوت

10-1/4 عام

يرمز بالارقام الرومانية(V)، (VI)، (V11)، (VIII) للخطوط البيانية التي تمثل علاقة عزل الواجهات للصوت بالتردد الصوتي، تلك العلاقة اللازم توافرها في واجهات المباني كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية.

كما يرمز كل رقم منها الى الخط البياني الذي يمثل علاقة عزل الواجهة للصوت بالتردد الواجب توافرها كحد ادنى مقبول.

10-4/2 عزل الواجهات للصوت

10-4/2/1 المباني السكنية

يبين الجدول (10-4/11) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لعزل الواجهات للصوت (R`) الموصى به كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية، أو كحد ادنى مقبول، لواجهات المباني السكنية.

الجدول (10-4/11)

عزل الصوت الموصى به لواجهات المباني السكنية

المكان		منسوب ضغط الضوضاء (L) خارج المبنى (dB)		
		55< L ≤65	65< L ≤75	L >75
غرف النوم	للراحة الصوتية	VI	V	V
		*29	34	34
	الحد الادنى المقبول	VII	VI	V
		24	29	34
غرف المعيشة	للراحة الصوتية	VII	VI	V
		24	29	34
	الحد الادنى المقبول	VIII	VII	VI
		19	24	29
المطبخ	للراحة الصوتية	VIII	VII	VII
		19	24	24
	الحد الادنى المقبول	–	VIII	VIII
			19	19
غرف اللعب	للراحة الصوتية	VIII	VII	VII
		19	24	24
	للحد الادنى المقبول	–	VIII	VIII
			19	19
الحمامات	للراحة الصوتية	VIII	VII	VII
		19	24	24
	للحد الادنى المقبول	–	VIII	VIII
			19	19

*dB29 : تعني ان الحد الادنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC–29)

10-4/2/2 المدارس والاماكن التعليمية

يبين الجدول (10-4/12) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لعزل الواجهات للصوت `R الموصى به كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية، أو كحد ادنى مقبول، وذلك لواجهات المدارس والاماكن التعليمية.

الجدول (10-4/12)

عزل الصوت الموصى به لواجهات مباني المدارس والاماكن التعليمية

المكان			منسوب ضغط الضوضاء (L) خارج المبنى (dB)		
			55< L ≤65	65< L ≤75	L >75
غرف المطالعة		للراحة الصوتية	VI	V	V
			29	34	34
		الحد الادنى المقبول	VII	VI	V
			*24	29	34
غرف المحاضرات	تعليم عالي	للراحة الصوتية	VII	VI	V
			24	29	34
		الحد الادنى المقبول	VIII	VII	VI
			19	24	29
	تعليم عادي	للراحة الصوتية	VIII	VII	VI
			24	24	29
		الحد الادنى المقبول	–	VIII	VIII
				19	24
غرف الموسيقى		للراحة الصوتية	VI	V	V
			29	34	34
		الحد الادنى المقبول	VII	VI	V
			24	29	34

*dB24 : تعني ان الحد الادنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC–24)

10-4/2/3 المكاتب

يبين الجدول (10-4/13) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لعزل الواجهات للصوت `R الموصى به كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية، أو كحد ادنى مقبول، وذلك لواجهات المكاتب.

الجدول (10-13/4)

عزل الصوت الموصى به لواجهات مباني المكاتب

منسوب ضغط الضوضاء خارج المبنى (dB) (L)	غرف الادارة		غرف الموظفين		غرف تتسع لعدد من	
	للراحة الصوتية	للحد الادنى المقبول	للراحة الصوتية	للحد الادنى المقبول	للراحة الصوتية	للحد الادنى المقبول
55< L ≤65	VI 29	VII 24	VII 24	VIII *19	VIII 19	–
65< L ≤75	V 34	VI 29	VI 29	VII 24	VII 24	VIII 19
L >75	V 34	V 34	V 34	VI 29	VI 29	VII 29

*dB19 : تعني ان الحد الادنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC- 19)

10-4/2/5 الفنادق

يبين الجدول (10-14/4) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لعزل الواجهات للصوت `R الموصى به كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية، أو كحد ادنى مقبول، وذلك لواجهات الفنادق.

الجدول (10-14/4)

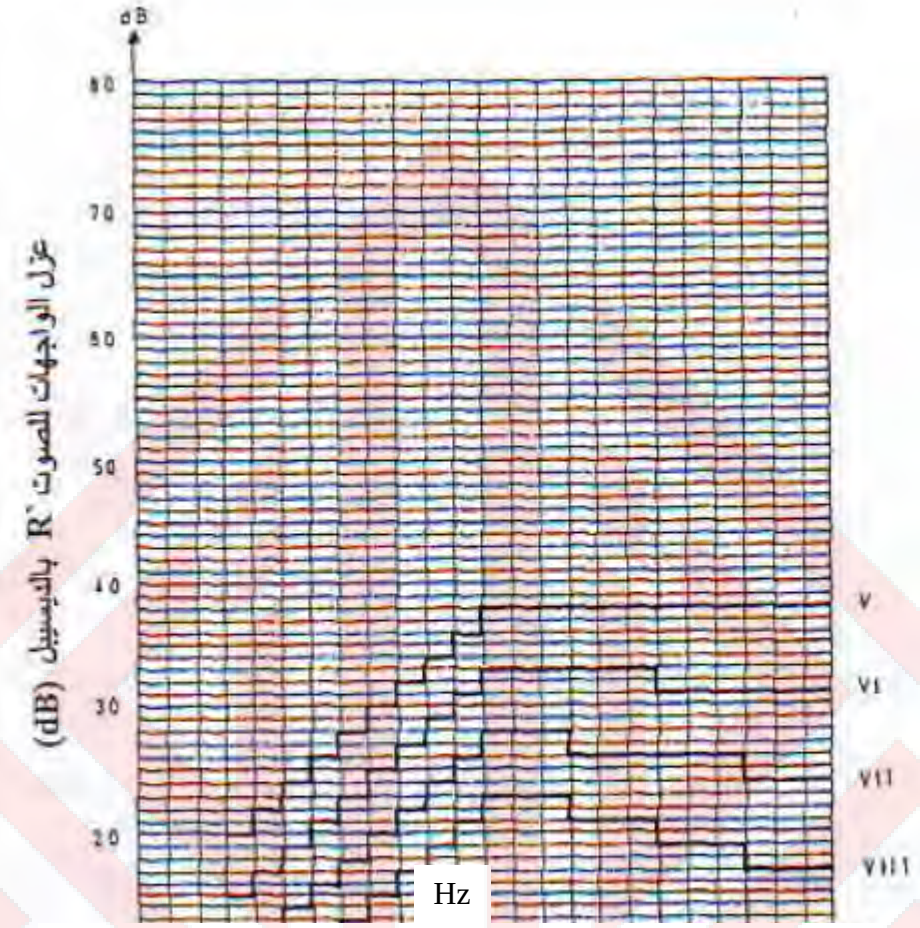
عزل الصوت الموصى به لواجهات مباني الفنادق

منسوب ضغط الضوضاء خارج المبنى (L) (dB)	غرف النوم	
	للراحة الصوتية	للحد الادنى المقبول
55< L ≤65	VI 29	VII 24
65< L ≤75	V 34	VI 29
L >75	V 34	V *34

*dB34 : تعني ان الحد الادنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC- 34)

10-4/2/6 الخطوط البيانية

يبين الشكل (10-5/4) الخطوط البيانية ذات الرموز (V)، (VI)، (V11)، (VIII) التي تمثل العلاقة بين عزل الواجهات للصوت (`R) والتردد كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية، او كحد ادنى مقبول.



الشكل (10-4/5) الخطوط البيانية(V) ،(VI)، (VII)، (VIII) الخاصة بعزل الواجهات للصوت كحد ادنى لضمان الراحة الصوتية او كحد ادنى مقبول.

10-4/3 المواصفات المعتمدة

التوصيات المنصوص عليها في البند (10-4/2) مقتبسة من المواصفة القياسية البلجيكية (NBN-SO1-400) والمواصفتين القياسية الامريكية (ASTM-E90) و (ASTM-E413)

10-5 المراجع

[1] ASTM- E90-09,*" Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and Elements*"

[2] ASTM-E413-04 "*Classification for Rating Sound Insulation*"

[3]ASTM-E492-09 "*Standard Test Method for Laboratory Measurement of Impact Sound Transmission Through Floor-Ceiling Assemblies Using the Tapping Machine*"

[4] NBN S 01-400, Kriteria van de akoestische isolatie, (criteria for acoustical insulation).

الملحق أ

اساسيات الصوتيات

أ-1 تمهيد

يعرض هذا الملحق الكميات الأساسية المستعملة لوصف الخصائص الصوتية. تصنف الأحاسيس الصوتية المدركة بصورة عامة إلى فئتين اساسيتين، هما الصفات الفيزيائية للصوت والجوانب الادراكية الانسانية للصوت.

أ-2 الصفات الفيزيائية للصوت

أ-1/2 الصوت : هو اضطراب في وسط مرن، ينتج احساساً بالصوت المسموع من الاذن البشرية.

أ-2/2 الاهتزاز : هو اضطراب في وسط صلب مرن يمكن أن ينتج حركة قابلة للاكتشاف.

أ-3/2 السعة : هى الفرق بين أعلى ضغط وأوطأ ضغط ،ومن دراسة الموجة الجيبية الممثلة للموجة الصوتية ، يتضح هذا المفهوم من الفرق بين اعلى وأوطا قراءتين.

أ-4/2 الطول الموجي : هو المسافة التي يقطعها الصوت في أثناء موجة كاملة الاهتزاز. وبالاعتماد على سرعة الصوت في الوسط الناقل مقسوماً على التردد يمكن الحصول على المعادلة التالية:-

الطول الموجى = السرعة/ التردد

او يمثل المسافة الفيزيائية بين نقطتين متماثلتين فى الطور من الموجة الصوتية. وتحسب من حاصل قسمة السرعة على تردد الموجة الصوتية.

أ-5/2 التردد : هو المسافة بين أعلى قمة إلى أعلى قمة أو نقطة للموجة الصوتية الواحدة والذي يمر عند نقطة محددة في الفراغ أو الفضاء في الثانية الواحدة.

أ-6/2 السرعة : تعني السرعة التي تنتقل بها الموجة الصوتية، وهي تختلف بين وسط وآخر وتتأثر بدرجة الحرارة.

أ-3 الجوانب الادراكية الانسانية للصوت

أ-1/3 الديسيبل: الوحدة الأساسية للمنسوب في الصوتيات هو الديسيبل (اختصاره هو dB). في الصوتيات، فإن مصطلح "المنسوب" يستعمل لكي يشير إلى قيمة المصدر، التي اما ان يتم تحديدها او اضافتها.

أ-1/1/3 التعريف والاستعمال. ديسيبل (dB)

هي وحدة التعبير عن النسبة بين قوتين او الكميات المتعلقة بالقوة. ان مستوى الديسيبل يساوي 10 مرات ال bel، او :

$$dB = 10 \log \frac{p_1}{p_2} \qquad (أ-1/3)$$

في هذه المعادلة P_2 هو القيمة المطلقة للطاقة تحت التقييم وP_1 هو القيمة المطلقة لكمية الطاقة من المصدر مع الوحدات نفسها. وإذا كانت القوة P_1 هي المعيار المقبول لقيمة المصدر، فإن وحدات الديسيبل لقيمة ذلك المصدر تكون ثابتة. يتم استعمال الديسيبل لقياس مناسيب الضغط الصوتي المسموع من قبل الناس، و مناسيب الطاقة الصوتية من مصادر الصوت، والصوت المفقود المنتقل من خلال جدار، وغيرها من الاستعمالات.

أ-2/1/3 اضافة الديسيبل.

في حالة وجود اكثر من مصدر صوتي واحد، فان عملية جمع مناسيب الطاقة الصادرة عنها تكون لوغارتمية وليست جبرية. فعلى سبيل المثال ، لاتكون اضافة 70 ديسيبل إلى 70 ديسيبل مساوية الى 140 ديسيبل ، بل هي 73 ديسيبل. ولحساب مجموع قيمتين من الديسيبل نضيف كمية الى القيمة الاعلى منهما هي:

عند اختلاف قيمة الديسيبل بمقدار	تضاف الكمية التالية للقيمة الاعلى
dB 1-0	dB 3
dB 3-2	dB 2
dB 9-4	dB 1
dB 10	dB 0

وعندما تستدعي الحاجة اضافة عدة قيم من الديسيبل فأن مجموعها يكون بحسب المعادلة :

$$L_{sum} = 10\log\left[10^{\frac{LP_1}{10}} + 10^{\frac{LP_2}{10}} + 10^{\frac{LP_n}{10}}\right] \qquad (أ-2/3)$$

في حالة كون مستويات الديسيبل المضافة من مصادر ذات مقادير متساوية، فان جمع المناسيب لها يكون بحسب المعادلة

$$L_{sum} = Lp + 10\log(n) \qquad (أ-3/3)$$

حيث n هو عدد المصادر

أ-3/1/3 عملية طرح الديسيبل.

بعض الحالات قد تستدعي طرح مناسيب الديسيبل. كما لو كان المنسوب التراكمي لعدة مصادر معلوماً، فاذا ما تواجدت حاجة الى طرح احد المصادرالصوتية فان ذلك يتم بالاستناد الى المعادلة:

$$L_{diff} = 10\log\left[10^{\frac{LP_1}{10}} - 10^{\frac{LP_2}{10}}\right] \qquad (أ-4/3)$$

أ-4/1/3 معدل الديسيبل.

والذي يقاس لوغارتمياً وليس رياضياً. وينبغي أن تستعمل المعادلة

$$L_{Av} = 10\log\left[\frac{10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + ... + 10^{\frac{L_n}{10}}}{n}\right] \qquad (أ-5/3)$$

أ-2/3 منسوب قدرة الصوت: (Lw أو SWL)

منسوب قدرة الصوت هو قياس مطلق لكمية الطاقة الصوتية التي ينتجها مصدر الصوت. إن قدرة الصوت غير مسموعة مثل ضغط الصوت. الا ان الطريقة التي تتنقل بها طاقة الصوت وتتوزع هي التي تحدد منسوب ضغط الصوت في المكان المحدد له .

أ-1/2/3 تعريفه : ويمكن تعريفه بالديسيبل من خلال المعادلة :

$$L_w = 10\log\left[\frac{W}{W_{ref}}\right] \qquad (أ-6/3)$$

حيث ان W هو المنسوب المطلق لقدرة الصوت وان W_{ref} هو قدرة الصوت المرجعية.

أ-3/3 منسوب شدة الصوت.(Li)

هو قدرة الصوت في وحدة المساحة.ان شدة الصوت هي التي تربط مباشرة قدرة الصوت بضغط الصوت، وبالمعنى الدقيق للكلمة، ان شدة الصوت هو متوسط تدفق الطاقة الصوتية من خلال وحدة المساحة في حقل الصوت. شدة الصوت هو أيضا كمية منتقلة، أي أنها ذات حجم واتجاه. مثل الطاقة الصوتية، وشدة الصوت غير قابلة للقياس بصورة مباشرة، ولكن يمكن الحصول على شدة الصوت من قياسات ضغط الصوت.

أ-1/3/3 تعريفه : ويتم الحصول على منسوب شدة الصوت من المعادلة :

$$L_i = 10\log\left[\frac{I}{I_{ref}}\right] \qquad (أ-7/3)$$

حيث ان I هو المنسوب المطلق لشدة الصوت و ان I_{ref} هو الشدة المرجعية للصوت.

أ-2/3/3 منسوب شدة المصدر : ويعبر عنه بالديسيبل، وهو نسبة لوغاريتمية من شدة الصوت في مكان ، (W/m^2) إلى قاعدة مصدر قدرة الصوت (10^{-12}).

أ-3/3/3 حساب منسوب قدرة الصوت من منسوب شدة الصوت. التحويل من منسوب شدة الصوت (بالديسيبل) الى منسوب قوة الصوت (بالديسيبل) يكون كما يلي:

$$L_w = 10\log\left[A(\frac{I}{I_{ref}})\right] \qquad \textbf{(أ-8/3)}$$

حيث A هو المساحة التي يتحدد فيها معدل الشدة بالمتر المربع، ويمكن كتابة المعادلة ايضا بالشكل التالي :

$$L_w = L_i + 10\log(A) \qquad \textbf{(أ-9/3)}$$

أ-4/3/3 تحديد شدة الصوت. رغم أنه لا يمكن أن تقاس شدة الصوت مباشرة، لكن يمكن الحصول على تقريب معقول إذا كان بالامكان تحديد اتجاه تدفق الطاقة. في ظل الظروف الميدانية الحرة. إذ يمكن التنبؤ باتجاه تدفق الطاقة (في الهواء الطلق على سبيل المثال) حيث مقدار منسوب ضغط الصوت L_p يعادل مقدار الشدة L_i . تظهر هذه النتائج في ظل هذه الظروف بسبب إن الشدة (i) تتناسب طرديا مع مربع ضغط الصوت (P^2). هذا هو المفتاح للعلاقة بين منسوب ضغط الصوت ومنسوب قدرة الصوت. وهذا هو السبب في جعل منسوب الصوت الناتج متناسبا مع لوغاريتم مجموع مربع الضغوط (أي مجموعP^2) عند جمع اثنين من الاصوات لا مجموع الضغوط (و ليس مجموع P). وهذا يعني عند الجمع بين اثنين من الأصوات فان الشدة هي التي تضاف وليس الضغوط. وقد أدت التطورات الحديثة في تكنولوجيا أدوات القياس الى تحديد شدة الصوت مباشرة في الظروف الميدانية الحرة، سواء على مستوى المقدار الصوتي أوالاتجاه.

أ-4/3 مناسيب الاهتزاز

إن مناسيب الاهتزاز مماثلة لمناسيب ضغط الصوت.

أ-1/4/3 تعريفه: منسوب الاهتزاز بالديسيبل يمكن الحصول عليه من المعادلة:

$$L_a = 10\log\left[(\frac{a}{a_{ref}})^2\right] \qquad \textbf{(أ-10/3)}$$

حيث a هو المستوى المطلق للاهتزاز و a_{ref} يمثل مصدر الاهتزاز، وفي السابق كانت تستعمل مختلف القياسات لسعة الاهتزاز، وهذه تشمل من الذروة إلى الذروة (p-p)، وفي حساب المعدل ايضا. هذا ما لم تذكر سعة الاهتزاز، و a يمثل جذر متوسط المربعات لحركة متجانسة بسيطة يمكن ان تكون هذه السعات:

rms value = 0.707 x peak
Average value = 0.637 x peak
rms value = 1.11 x average
peak-to peak = 2x peak

وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن يقاس الاهتزاز اعتماداً على ثلاثة مؤشرات مهمة، وهي، التعجيل، السرعة، الازاحة. ما لم ينص على خلاف ذلك، فأن مناسيب الاهتزاز المستعملة في هذه المدونة تعتمد على التعجيل

والذي يطلق عليه منسوب التعجيل. ويمكن للاهتزازات التوافقية البسيطة في وتيرة واحدة ان تكون فيها السرعة والازاحة ذات صلة بالتعجيل وكما يلي:

$$\begin{aligned} \text{Velcity} &= \text{acceleration} / (2\pi f) \\ \text{displacement} &= \text{acceleration} / (2\pi f)^2 \end{aligned} \qquad \textbf{(11/3-أ)}$$

حيث f هو تردد الاهتزاز مقيساً بالهرتز (دورة بالثانية). في الحزم الترددية الضيقة وحزم نبرة ضعف التردد، تستعمل نفس العلاقة تقريبا حيث f هو تردد مركز الحزمة مقيساً بالهرتز.

أ-2/4/3 مصدر الاهتزاز: منسوب التعجيل الذي يعبر عنه بالديسيبل، هو نسبة لوغاريتمية من مقادير التعجيل حيث ان مصدر التعجيل هو (micro G) 1، حيث G هو تعجيل الجاذبية الارضية، وهو ما يعادل 9.8 m/sec^2. وتجدر الإشارة إلى أن هناك مناسيب مصادر تعجيل أخرى ذات استعمال شائع ايضا .لذا عند ذكر منسوب تعجيل فمن المعتاد ان يذكر منسوب المصدر، مثل 60 dB بالنسبة إلى(micro G) 1.

أ-5/3 التردد.

ان حدود التردد الطبيعي للسمع بالنسبة لمعظم الناس تمتد من وتيرة منخفضة ترددها حوالي 20-50 Hz (الصوت الهادر) الى وتيرة عالية ترددها حوالي1.000-15.000 Hz أو أعلى من ذلك بالنسبة لبعض الناس. ان خصائص التردد ذات أهمية للأسباب الأربعة التالية: الناس لديهم حساسية استماع مختلفة لترددات مختلفة من الصوت (عموما ، يسمع الناس بشكل أفضل في المنطقة العليا من التردد حول 500-2000 Hz، وبالتالي فان المزيد من الأصوات الصاخبة تسبب انزعاجاً في هذه المنطقة من التردد)، الأصوات عالية التردد ذات شدة عالية وطويلة المدة قد تسهم في فقدان السمع، وان قطعاً مختلفة من الآلات الكهربائية والالكترونية تسهم في إنتاج كميات مختلفة من الضوضاء ذات التردد المنخفض، الوسط، وعالية التردد، ومواد السيطرة على الضوضاء والعلاجات تختلف في فعاليتها (عادة ، الضوضاء منخفضة التردد من الصعب السيطرة عليها ، ومعظم العلاجات ذات أداء أفضل في الترددات العالية).

أ-1/5/3 وحدات التردد(الهرتز Hz) . عندما يهتز سلك مفتاح البيانو 400 مرة في الثانية الواحدة ، يكون تردده 400 Hz .

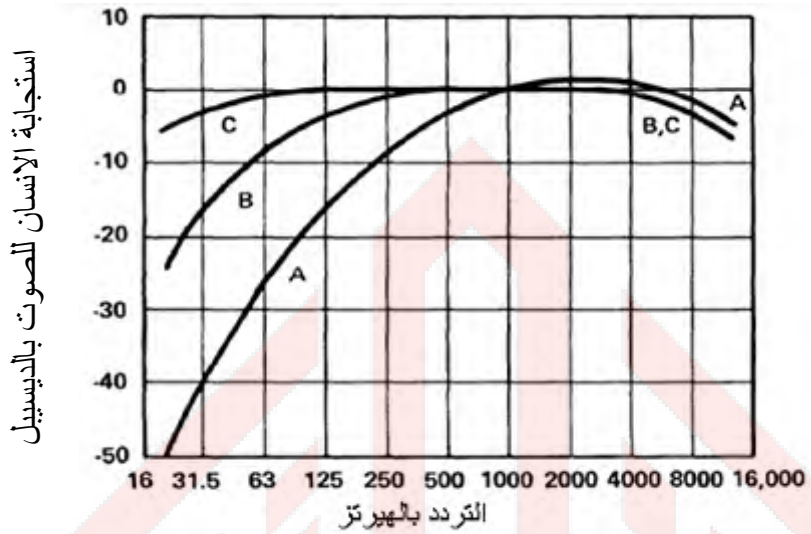
أ-2/5/3 الترددات المتقطعة ، ومكونات النغمة. عندما يعمل جهاز كهربائي أو ميكانيكي بسرعة ثابتة مع بعض الآلية المتكررة التي تنتج صوتا قويا، هذا الصوت قد يكون مركزاً ضمن تردد رئيس ومن الأمثلة على ذلك: وتيرة شفرة المروحة، وتيرة الترددات في الحزام الناقل للحركة في السيارات، و ترددات محرك الاحتراق الداخلي، وغيرها. هذه الترددات تسمى "ترددات منفصلة" أو "نغمات نقية". عندما تتصف الاصوات بنغمة نقية واضحة ، تكون ترددتها قابله للحساب. ومعظم هذه الأصوات تحتوي أيضا على العديد من "التجانسات او

التوافقيات" ضمن الترددات الأساسية. والتي تتشكل من ترددات اساسية متعددة، أي على سبيل المثال ، **2** ، **3** ، **4**، **5** ، وما إلى ذلك من الترددات الأساسية. وتتركز في كثير من الأحيان الطاقة الصوتية ضمن هذه الترددات المنفصلة، وهذه الأصوات هي أكثر وضوحا وأكثر ازعاجا احيانا. ان الترددات المتقطعة يمكن أن تكون موجودة ضمن حزم واسعة من الضوضاء (الضوضاء ذو الترددات المختلفة ، مثل هدير طائرة نفاثة أو ضجيج الماء في برج التبريد أو شلال) مع استعمال مرشحات التردد ذي الحزم الضيقة والذي يمكن ازالته ضمن النطاق الترددي الكامل.

أ–5/5/3 اوزان مناسيب الصوت -A-,B-,C

أن مقاييس مناسيب الصوت تكون مجهزة عادة "بدوائر قياس" تماثل خواص التردد للأذن البشرية لمختلف درجات الصوت. كما يبين الشكل (أ–1/3)، كيف يقترب التردد للاذن الطبيعية من المنحني A عندما تكون مناسيب ضغط الصوت من حوالي20- 30 الى 55 dB. وتقل حساسية الأذن إلى حد ما في منطقة التردد المنخفض وهو الاكثر استعمالاً في القياسات الصوتية للفضاءات الصوتية مثل المسارح وقاعات الموسيقى لكونها تتضمن ترددات صوتية منخفضة، ومنحنى B يمثل التردد التقريبي للأصوات ذات منسوب ضغط ضمن 55-85 dB واستعمالاته قليلة في القياسات الصوتية. ومنحنى C يبين ترددات الاصوات العالية المسموعة من قبل الاذن البشرية والتي تكون ضمن85-140 dB.ويستعمل في القياسات الصوتية لضوضاء مرور المركبات في المناطق المزدحمة.

يحدث الانزعاج عادة عندما تدخل الضوضاء غير المرغوب فيها في بيئة هادئة عموماً. في مثل هذه الأوقات، تكون الأذن ضمن حساسية مشابهة للمنحنى A، وهكذا. وكثيرا ما تتم الاختبارات على الصوت العالي، والضوضاء، والانزعاج، او عندما يدخل صوت او ضوضاء على المنحنى المذكور. لذلك فان جميع القياسات المعتمدة في مدونة الصوتيات تمت كتابتها ضمن مناسيب الصوت ضمن الوزن- A، فمثلا في المنشآت الصناعية ضمن المجمعات السكنية يجب ان لا يتجاوز منسوب الصوت 65 dB (A) خلال النهار أو 55 dB (A) خلال الليل. ان مناسيب الصوت ضمن المنحنيات الثلاثة المذكورة يشار اليها او تتم تسميتها بالتالي : (A) dB ، (B) dB ، و (C) dB ، على التوالي. الأقواس يتم احيانا حذفها، وقد يتم تجاهل بعض الاصوات ضمن هذه المنحنيات لذا لا يشار إلى قيمها على انها مناسيب ضغط الصوت، ولكن فقط مناسيب الصوت. ومن المعروف ان شدة الصوت العالية او الترددات العالية قد تسبب فقدان السمع، ولذا فان منسوب الصوت ضمن المنحنى الاول يستعمل كوسيلة لرصد الضوضاء التي قد تسبب فقدان السمع، ومن المهم جدا عند قراءة مناسيب الصوت التعرف على نوعية الشبكة او المنحنى المستعمل، وذلك لأن مناسيب الصوت يمكن أن تكون مختلفة تماما اعتمادا على مكونات الضوضاء. في بعض الحالات إذا لم يتم تحديد المنحنى، يتم اعتماد المنحنى الاول. كما يبين الجدول (أ–1/3) علاقة الاستجابة بالوزن A وحزم الجواب.



الشكل (أ-1/3) مناسيب الصوت A,B and C

الجدول (أ–1/3)
علاقة الاستجابة بالوزن A وحزم الجواب

الاستجابة بالوزن A بالديسيبل	حزم الجواب الترددية بالهيرتز
39-	**31**
26-	**63**
16-	**125**
9-	**250**
3-	**500**
0	**1000**
1+	**2000**
1+	**4000**
1-	**8000**

أ-6/3 جهارة الصوت

تتميز الأذن بانها ذات حدود ديناميكية واسعة. يمكن للانسان سماع أصوات خافتة جدا بمنسوب ضغط الصوت من حوالي0-10 dB الى منسوب ضغط صوتي يصل الى 100 -120 dB، والذي تكون فيه المناسيب الحقيقية لضغط الصوت 100.000 مرة أكبر من تلك الأصوات الضعيفة. ولكن للحفاظ على السمع يفضل تجنب التعرض لأصوات عالية جدا لفترات طويلة من الزمن.

أ-1/6/3 تقدير جهارة الصوت : في ظل اختبارات صوتية مسيطر عليها، يقدر الانسان ان حصول تغير مقداره 10 dB في منسوب ضغط الصوت في الغالب، يعدل ما يقرب من النصف أو ضعف مقدار علو الصوت. أي إن تخفيض 10 dB في مصدر الصوت يعني حذف حوالي 90 % من الطاقة الصوتية ، الجدول (أ-2/3) يوضح العلاقة التقريبية بين التغييرات في مناسيب الصوت و الخسارة الناتجة في الطاقة الصوتية وتقدير الجهارة النسبية المصاحبة لها .

الجدول (أ-2/3)

التغير في منسوب طاقة الصوت (ديسيبل)	طاقة الصوت	الجهارة النسبية
0	0	الجهارة المرجعية
3-	50	تغيير محسوس
10-	90	2/1 الجهارة
20-	99	4/1 الجهارة
30-	99.9	8/1 الجهارة
40-	99.99	16/1 الجهارة

باتجاه الجزء السفلي من الجدول ، يكون من الواضح انه يجب تقليل أجزاء كبيرة من الطاقة الصوتية للحد من الضوضاء بسبب جهارة الصوت.

أ-2/6/3 الفون والسون Sones و phons

يدل الفون على علو الصوت وهو حسابيا شدة صوت معادلة لمنسوب صوتي لنغمة صوتية في تردد 1 كيلو هيرتز اي ان 1 فون مساوٍ لصوت منسوبه 1 ديسيبل في تردد 1 كيلو هيرتز. يعبر الفون عن التقييم الذاتي

للاصوات المختلفة ولايعبر عن علو الاصوات المختلفة. فعلى سبيل المثال فان صوتاً بمقدار 40 فون لايمثل ضعف علو الصوت ل20 فون ولهذا يستعمل السون في التقييم فالسون الواحد يمثل علو صوت تردده 1 كيلو هرتز لنغمة صوتية منسوبها 40 ديسيبل (40 فون) والصوت الاعلى بمقدار الضعف يساوي 2 سون وكما في التسلسل الآتي:-

40 phons = 1 sone.
50 phons = 2 sones.
60 phons = 3 sones.
30 phons = 0.5 sones.
20 phons = 0.25 sones.
Every 10 additional phons = 1 sone.

أ-7/3 قابلية انتقال الاهتزاز

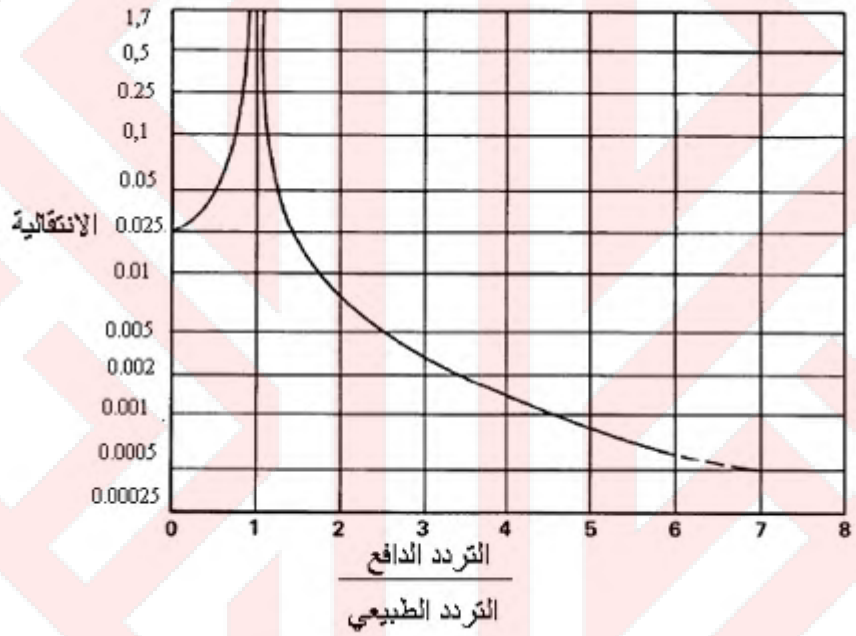
يستعمل منحنى الانتقال كثيراً للإشارة إلى السلوك العام لنظام الاهتزاز بمعزل عن باقي القيم، وتعرف قابلية الانتقال بانها نسبة القوة التي تنتقل عن طريق نظام معزول لهيكل لدعم القوة الدافعة التي تبذلها قطعة من المعدات في حالة اهتزاز. انظر الشكل ب-3/3 الذي يمثل منحنى الانتقال لدرجة مفردة من نظام حر. ان قوة التردد هي عادة أدنى تردد دافع في نظام الاهتزاز. للحصول على ضخ 1800 Cycle/min، على سبيل المثال فان أدنى تردد دافع هو 60 /1800 = 30 Hz.

ان التردد الطبيعي في الشكل (أ-3/3)، هو التردد الطبيعي لمادة عند تحميلها او استعمالها. وهو عبارة عن مجموعة من النوابض المعدنية ، أو منصات من الألياف الزجاجية مضغوطة أو طبقات من منصات المطاط المضلع. فاذا كانت نسبة التردد الدافع إلى التردد الطبيعي أقل من حوالي 1.1، يصبح الانتقال اعلى من 1، والتي هي نفسها في حالة عدم وجود أي عازل للاهتزاز. عند نسبة الترددات تساوي 1، وهذا عندما يتزامن التردد الطبيعي للعازل مع التردد الدافع للآلات، وقد يسبب هذا حالة من التذبذب العنيف في النظام، لدرجة الضرر أو الخطر، ما لم يتم ضبط النظام او ايقافه. أن برنامج التشغيل (الآت التشغيل) تتحرك عادة بسرعة كبيرة خلال المرور بهذه الحالة وتتجاوزها بحيث لا تصل الى حالة الخطر، ولكن بالنسبة للآلات الكبيرة الثقيلة التي تتراكم سرعة تشغيلها ببطء أو تنطفئ ببطء، فان هذه الحالة تمثل مشكلة خاصة يجب أن تعالج. حيث تتجاوز نسبة الترددات 1.1 فان نظام العازل يبدأ بتوفير عزل للاهتزاز للحد من انتقال القوة إلى الارضية أو غيرها من قطع الهيكل المحيطة.

أ-**1/7/3 فعالية العزل** : يمتلك نظام العزل نسبة انتقال محسوبة القيمة او معروفة ، فمثلا قيمة 0.05 في الشكل (أ-3/3) تمتلك فعالية العزل بحوالي 95 % . وقيمة الانتقال 0.02 تتوافق مع 98% من فعالية العزل وهكذا. وبالرغم من وجود هذا الجدول الا انه يجب أن تعدل النسب بحسب الحالة الفعلية.

أ-2/7/3 قيود الانتقال.

ان منحنى الانتقال يعني أن الآلات المدعومة بمادة عازلة تكون مسندة من قبل هيكل ضخم ومثبتة بصورة تامة. في معظم الحالات، لا يتوفر هذا الشرط. فعلى سبيل المثال، الانحناء الحاصل في ارضية خرسانية واقعة تحت تأثير أحمال ثابتة تقع ضمن حدود من 0.0006الى 0.005 m، وبذلك لا يمكن اعتبارها هيكل مثبت بصورة تامة.



الشكل (أ-2/3) الانتقالية لنظام منفرد بسيط حر موهن للضوضاء

ان فعالية العزل تقل عندما يزداد انحناء الارضية الثابتة. لذا فان قيمة الانتقال في الشكل(أ-2/3) تصبح غير متوقعة الحدوث .

(1) التعديلات اللازمة لانحناء الارضية: إن نسبة نظام العزل الاهتزازي لانحناء الارضيات يجب ان تكون اعلى من نسبة الترددات الطبيعية بمقدار مرتين او اكثر للتعويض عن المرونة في الارضية وينطبق هذا بشكل خاص

على الطوابق العلوية من المبنى . وعندما تكون قاعدة الآلات او أسسها مسندة على أجزاء واسعة كبيرة من الأساس الصلب (كالخرسانة) حينئذ فقط يمكن تطبيق منحنى الانتقال مباشرة.

(2)التعديلات اللازمة لمسافة امتداد الارضية . ان منحنى الانتقال ينطبق أيضا على هياكل الارضية ذات الاعمدة التي تفصل بينها حدود مختلفة ، واذا كانت الأرضيات تضم تباعداً كبيراً بين الاعمدة ، مثل 15-18 m، تكون الانحناءات اكبر في الارضية من الارضيات ذات الاعمدة التي تفصل بينها مسافات اقصر ، مثل 6-9 m للتعويض عن ذلك ، فان التردد الطبيعي لنظام العزل عادة يتم جعل قيمته اقل كلما زادت المسافة بين الاعمدة على الارضية. وتندمج كل هذه العوامل في توصيات عزل الاهتزاز المذكورة في هذا الملحق.

(3) الصعوبة في قياس الحقل او الميدان في حالات الاختبارات الميدانية، ليس من السهل قياس وتدقيق الانتقالية لنظام العزل وفحصها ضمن مواصفات معينة . ومع ذلك فإن مفهوم الانتقال هو جزء مهم ضمن عازل الاهتزاز، وينبغي ألا يتم تجاهله بسبب هذه الصعوبة، ويستند البند القادم على العناصر المهمة لمفهوم الانتقالية، مع بعض المقترحات العملية.

أ-8/3 فعالية عزل الاهتزاز.

مع منحنى الانتقال كدليل ، يمكن التوصل الى طريقة عملية الى حد ما نحو تقدير الفعالية المتوقعة للنظام العازل الموضعي الاهتزازي.

أ-1/8/3 الأنحناء الثابت لنظام العزل: الانحناء الثابت للمادة العازلة هو ببساطة الفرق بين ارتفاع العازل القائم بذاته من غير حمل، وارتفاع العازل تحت ضغط حمولته الساكنة. هذا الفرق يمكن بسهولة أن يقدر او يقاس في الحقل من بيانات الشركة المصنعة. فمثلاً نابض حلزوني معدني بارتفاع غير مضغوط بمقدار 0.15 m ذو ارتفاع مضغوط بمقدار 0.1 m عند تركيبه تحت مروحة أو مضخة يقال إنه ثابت الانحناء بمقدار 0.05 m. بيانات الانحناء الثابت تعطى عادة في النشرات المصورة لمصنعي أو موزعي المادة العازلة. ويمكن إعطاء هذه البيانات في شكل قيم الصلابة. على سبيل المثال، صلابة 400 N. تعني ان حملاً قدره 181.4 kg سوف ينتج انحناءً ثابتاً بمقدار0.025 m ، أو أن حملاً مقداره 368.2 kg ينتج انحناء 0.5 m، على افتراض أن العازل (mount) يمتلك قابلية الانحناء بمقدار 0.5 m.

أ-2/8/3 تردد العازل النبضي الحلزوني : ان اقل تردد طبيعي للنابض الحلزوني ولمعظم المواد العازلة للاهتزاز الاخرى يمكن حسابه بصورة تقريبية من المعادلة :

$$f_n = 4.98 * \sqrt{\frac{1}{SD}} \qquad \textbf{(أ-12/3)}$$

حيث fn يمثل اقل تردد طبيعي للنابض الحلزوني العازل بالـHz وان .SD. يمثل الانتقال الانحنائي للنابض مقاس بالسنتمتر.

أ-**3/8/3 مقترحات عملية** : ان الجدول (أ-3/3) يوفر جدولا لتحقيق درجات مختلفة من عزل الاهتزاز في الهياكل او البناء العادي. و يستند الجدول على منحنى الانتقالية، مع توفير حدود واسعة من انظمة التشغيل بحسب التردد الدافع نسبة الى التردد الطبيعي. وان اعتماد مصطلحات مثل عالٍ و مقبول ومنخفض ليست سوى كلمات للوصف، لكنها أكثر وضوحا من مصطلحات مثل 95 أو 98% من فعالية العزل التي تعتبر خاطئة بشكل واضح عندما لا تأخذ في نظر الاعتبار صلابة وكتلة صبة الارضية. ان توصيات مراقبة الاهتزاز الواردة في هذا الفصل تستند على التطبيقات الواردة في هذا الجدول.

إن اقتراح عزل الاهتزاز في هذه المدونة مستند الى الخبرات من المنشآت والآلات الكهربائية وأجهزة التكييف والتهوية الميكانيكية والآلات في المباني. وأن المفاهيم والتوصيات المذكورة هنا قد لا تكون مناسبة للآلات المعقدة ذات انظمة عزل الاهتزاز المعقدة. ففي تلك الحالة ينبغي الاستعانة بمتخصص في عزل الاهتزاز.

الجدول (أ-3/3)

درجة العزل الاهتزازي

نسبة التردد الفعلي للمصدر الى التردد الطبيعي للعازل	درجة العزل الاهتزازي
اقل من 1.4	لايوجد عزل
3-1.4	غير محسوس
6-3	منخفض
10-6	مقبول
10<	عالٍ

الملحق ب
انواع المواد الصوتية

ب-1 تمهيد

يقدم هذا الملحق تعريفاً بابرز انواع المواد المستعملة لتوهين اصوات الضوضاء المتنوعة في المباني.

ب-2 انواع المواد الصوتية

توجد عدة انواع من المواد الصوتية بعضها يوفر توهينا للصوت والاخر يوفر امتصاصا للصوت. من هذه المواد:

ب-2/1 الرغوة الصوتية

الرغوة الصوتية هي تنوعات لمواد مختلفة، الرغوات تصنع إما من خلايا مفتوحة (حيث يستطيع الهواء الدخول والنفاذ الى الخلية) او من خلايا مغلقة (كل خلية مغلقة والمواد محكمة هوائيا). فالرغوات مفتوحة الخلايا تعتبر مواد ماصة جيدة، ويجب ان تكون بسمك كافٍ. يعتمد العزل الصوتي لها على سمك المادة الذي يتراوح ما بين 0.9 الى 50 mm. أما خلايا الرغوات مغلقة الخلايا فتمتص الصوت ولكنها تستعمل بفعالية اقل للسطوح الحلقية مثل سطوح المعدن الكبيرة لتوفير الغمر الصوتي.

ب-2/2 الجص الصوتي

صناعة الجص الصوتي مشابهة لصنع الجص العادي الا انه يختلف عنه في مساميته بعد التجفيف، لان المبدأ الاساسي هو في صنع سطح غير متمفصل (مثل الجص الاعتيادي) والذي يمتص الصوت وهو ما لايفعله الجص الاعتيادي. ولا فائدة من الجص الصوتي ما لم تكن الخلطة صحيحة وطريقة التطبيق متقنة. ويصل العزل الصوتي لهذه المادة الى 0.6 وتحت ظروف مسيطر عليها. إن الجص الصوتي ليس مادة ماصة يمكن الاعتماد عليها.

ب-2/3 الكاشي الصوتي

يستعمل الكاشي الصوتي لتغليف السقوف ويكون من المعدن او من النسيج السيليوزي او من الصوف الزجاجي، ويتواجد بقياسات مختلفة تتروح بين 30×30 cm و61×122 cm وقد تزيد على ذلك، يعلق عادة على سكك حديد ولكن بعض الانماط يمكن ان تلصق على السطوح الصلدة، وهو كثيراً ما يكون قابلاً للتحطم لذا يفضل عدم الصاقه بالجدران والسطوح القريبة من حركة الانسان. إن السبب الرئيس لصنع هذه المادة هو امتصاص الصوت وهو وظيفتها الاساسية، وتصل درجة عزله الى 0.6 وافضل الانواع هو الكاشي 0.95 المصنوع من اللدائن المسلحة بالياف الزجاج (الفايبر كلاس) الذي يكون معلقاً من النوع الملصق والنوع الاكثر سمكاً اكثر امتصاصاً للصوت.

ب-4/2 السجاد

يستعمل السجاد لتغليف الارضيات ويصنع من مواد مثل النايلون والصوف وغيرها، ويمكن ان يوضع مباشرة على الارض او على الارضيات المغلفة. ويعتبر السجاد مادة ماصة للصوت وهي المادة الوحيدة للارضيات التي تمتص الصوت، حيث يعتمد الامتصاص على السمك الكلي وعلى مسامية النسيج المكونة له، والعزل الصوتي له يتراوح بين 0.2-0.55dB وفضلاً عن كونه ماصاً جيداً للصوت فانه يوهن الصوت الكامن بسبب منعه للارتطام الحاد بالارضية حيث يقلل من الترددات الصوتية الواطئة.

ب-5/2 النسيج السيليوزي

وهو احدى المواد الاساسية التي تصنع منها المواد الماصة للصوت كالكاشي الصوتي، والصوف الخشبي والالياف والاغصان وغيرها.

ب-6/2 الستائر والانسجة

تستعمل الستائر الماصة لتغطية سطوح لاتكون ماصة بحد ذاتها حيث تفضل الستائر الثقيلة 500 g/m^2 التي لها مقاومة عالية لمرور تيارات الهواء عبرها. وللستائر الخفيفة مقاومة تصل الى 0.2 dB اما الثقيلة فتصل مقاومتها الى 0.7 dB ، والستائر التي توضع مباشرة على السطح القريب لاتمتص الصوت ولكن اذا علقت على سطح من الفايبر كلاس وبينهما فجوة هوائية اصبحت عازلة للصوت تماماً.

ب-7/2 تبطين ممرات الهواء

تصنع بطانة ممرات الهواء عادة من الالياف الزجاجية (الفايبر كلاس) وتستعمل لتبطين ممرات التهوية والتبريد الداخلية، وفي الممرات الهوائية ذات الدفع الاكبر تغلف الالياف الزجاجية (الفايبر كلاس) بواسطة المعادن المثقبة لمنع تاكله او تطاير اجزائه وبهذا التغليف يمتص الصوت وتقل شدة الضوضاء على طول ممر الهواء بالمقارنة مع ممرات الهواء غير المبطنة.

ب-8/2 الالياف الزجاجية (الفايبر كلاس)

وتوجد بعدة انواع منها الاغطية والالواح الصلدة وهي جيدة الامتصاص للصوت لكثرة مسامها، وقد اثبتت بالتجربة نجاحها في معالجة الضوضاء عند استعمالها في الجدران وممرات التهوية وتصنع على شكل الواح مضغوطة، وتستعمل ايضا بشكل موهنات للصوت تعلق في السقف الثانوي لغرض عزل الصوت المنتقل هوائياً او عبر الضربات الارتطامية.

ب-9/2 الالواح والاغطية النسيجية

تصنع الالواح والاغطية النسيجية من الالياف الزجاجية او من النسيج الصوفي وتعتبر هذه المادة من اكثر انواع عوازل الصوت شيوعاً وتؤدي وظيفتين صوتيتين مهمتين هما:

أ- اذا استعملت على سطوح الغرفة مثل انهاءات الجدران او السقف، فسوف تمتص الصوت وتقلل من الضوضاء وزمن الترديد. إن الادائية الصوتية تعتمد على سمك وصفات المادة ويمكن ان يصل العزل الصوتي لها الى 0.9 .

ب–اذا استعملت بين وجهي القاطع وهو في الفضاء المغلق وفوق السقف المعلق عندما يكون موضع السقف والارضية فوق القاطع، فسوف تحسن من التوهين. وهذا يتم بواسطة امتصاص الهواء الذي ينتقل خلال فجوات القاطع. اما اذا كانت الفجوات مرتبطة انشائيا بقواطع المبنى فان ذلك يقلل من امتصاصها.

الملحق ت
المصطلحات الفنية

(أ)

اتجاه مرجعي	reference direction
اثارة دورية	periodic excitation
ارضيات	floors
ازعاج	annoyance
استجابة بطيئة	slow response
استجابة التردد النسبية	relative frequency response
اضطراب	disturbance
آلة الصدمات القياسية	standard tapping machine
امتصاص الصوت	sound absorption
امتصاص مكافئ	equivalent absorption
امواج متقدمة	progressive waves
امواج تدريجية مستوية	plane progressive waves
امواج محنية	bending waves
انتقال جانبي	flanking transmission
انتقال الصوت	sound transmission

(ب)

باسكال	Pascal
بل	bel
بيئة	environment

(ت)

تأثيرات سلبية	negative effects
تأثير التوافق	coincidence effect
تخفيض	reduction
تردد	frequency

ترددات محدودة	limiting frequencies
تردد الانتقال	frequency of transition
تردد الرنين	resonance frequency
تردد القطع	cut-off frequency
تردد طبيعي	natural frequency
تردد مركزي	central frequency
ترديد	reverberation
توافق	coincidence
توهين	attenuation
توهين غير محدود	infinite attenuation

(ج)

جدار ذو طبقة واحدة	single leaf wall
جدار فاصل بين غرفتين	partition wall
جدار مزدوج	double leafed wall
جهاز تسجيل المنسوب	level recorder
جهاز قياس منسوب ضغط الصوت التكاملي	integration sound level meter
جيبية	sinusoidal

(ح)

حدود	boundaries
حدود التردد	frequency range
حساسية الميكروفون	sensitivity of microphone
حساسية الوقوع العشوائي	sensitivity of random incidence
حقل ترديدي	reverberant field
حقل حر	free field
حقل مباشر	direct field
حقل ناشر	diffuse field

(خ)

الخصائص الصوتية	acoustical characteristics

(د)

درجة	pitch
درجة النغمة	pitch of tone
دفق الطاقة الصوتية	sound energy flux
دليل الاتجاهية	directivity index
دليل تخفيض الصوت	Sound reduction index
دليل اللفظ الواضح	articulation index
دورة	cycle
ديسيبل	decibel

(ر)

رموز	symbols

(ز)

زمن الترديد	reverberation time
زمن الترديد الامثل	optimal reverberation time
زمن التكامل	integrating time
زوايا الورود	angels of incidence

(س)

سابين	Sabin
سابين متري	metric Sabin
سرعة الجسيم	particle velocity
السرعة الحجمية	volume velocity
سلم موسيقي	musical scale

(ش)

شدة الصوت	sound intensity
شبه تقليدي	semi-classical

(ص)

صدى echo

صدى متكرر flutter echo

صنف انتقال الصوت sound transmission class

صنف عزل الصوت الصدمي impact sound insulation class

صوت sound

صوتيات acoustics

صوتيات الغرفة room acoustics

صون sone

(ض)

ضوضاء noise

ضوضاء بيئية Environmental Noise

ضوضاء بيضاء white noise

ضوضاء الخلفية background noise

ضوضاء شاملة Ambient Noise

ضوضاء صدمية impact noise

ضوضاء عابرة Transient Noise

ضوضاء متقطعة intermittent noise

ضوضاء المرور traffic noise

ضوضاء مستمرة continuous noise

ضوضاء نبضية impulsive noise

ضغط الصوت sound pressure

(ط)

طريقة المعايرة rating method

طول الموجة wave length

طيف مستمر continuous spectrum

(ع)

عرض النطاق bandwidth

عرض نطاق التردد المستمر continuous frequency bandwidth

عرض النطاق الترددي للجهاز، للآلة bandwidth of device

عزل الصوت sound insulation

عزل الصوت الصدمي impact sound insulation

عقدة node

جهارة loudness

جهارة الصوت sound loudness

عملي practical

(غ)

غرفة ترددية reverberation room

غرفة عديمة الصدى anechoic room

غطاء الارضية floor covering

غير معترضة unobstructed

(ف)

فسيولوجي physiology

فون phon

(ق)

قاعات استماع auditoriums

قانون الكتلة mass law

قدرة الصوت sound power

قيمة عظمى peak value

(ك)

كمية اهتزازية oscillatory quantity

كمية دورية periodic quantity

قيم مقاسة measured values

(ل)

لوغاريثم طبيعي natural logarithm

(م)

متوسط منسوب ضغط الصوت average sound pressure level

مدرك perceived

مرائب garages

مرشح filter

مستخدمون employees

مستقر steady

معامل modulus

معامل امتصاص الصوت sound absorption coefficient

معامل انتقال الصوت sound transmission coefficient

معامل المرونة Young`s modulus

معايرة الضوضاء noise rating

معايير الضوضاء noise criteria

مفضل preferred

مقدمة الموجة wave front

ممانعة صوتية acoustic impedance

منسوب level

منسوب تداخل الكلام speech interference level

منسوب الجهارة loudness level

ميكروفون دوار rotating microphone

(ن)

نسبة بواسون Poisson`s ratio

نسبة عقدية complex ratio

نطاق ثلث الجواب third octave band

نطاق الجواب octave band

نغمة متأرجحة warble tone

نغمة نقية pure tone

نقصان الصوت بالانتقال sound transmission loss

نمط التداخل interference pattern

(هـ)

هيرتز (دورة في الثانية) Hertz

هيكل frame

(و)

واجهة facade

واسع النطاق broad – band

واط Watt

ورود عشوائي random incidence

وزن منسوب الصوت A- Weighting

وسط medium

وحدات النظام الدولي(SI Units)

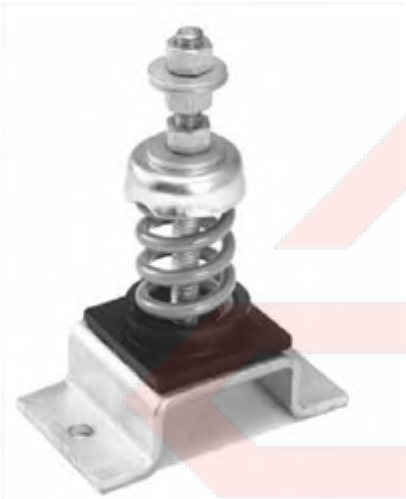
والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	**m**	م
	سنتمتر	**cm**	سم
	مليمتر	**mm**	ملم
	كيلومتر	**km**	كم
الكتلة	غرام	**g**	غم
	كيلوغرام	**kg**	كغم
	طن	**T**	طن
	ميليغرام	**mg**	ملغم
الزمن	ثانية	**s**	ثانية
	دقيقة	**min**	دقيقة
	ساعة	**h**	ساعة
	يوم	**d**	يوم
زاوية مستوية	درجة	**o**	درجة
	دقيقة	`	دقيقة
	ثانية	``	ثانية
الحجم	لتر	**L**	لتر
	ميللتر	**mL**	مللتر
	متر مكعب	$\mathbf{m^3}$	$م^3$
المساحة	متر مربع	$\mathbf{m^2}$	$م^2$
	مليمتر مربع	$\mathbf{mm^2}$	$ملم^2$
القوة	نيوتن	**N**	ن
	كيلو نيوتن	**kN**	كن
الاجهاد	نيوتن/ملمتر مربع	$\mathbf{N/mm^2}$	$ن/ملم^2$
	كيلو نيوتن / متر	$\mathbf{kN/m^2}$	$كن/م^2$
درجة الحرارة	درجة سيلزية	$\mathbf{^oC}$	$س^o$

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

نظام متري	نظام دولي
كيلو غرام قوة =	9.81 نيوتن
كيلو غرام قوة.متر =	9.81 نيوتن.متر
كيلو غرام قوة/متر =	9.81 نيوتن/متر
كيلو غرام قوة/سنتمتر مربع =	9.81نيوتن/ سنتمترمربع
كيلو غرام قوة/متر مربع =	9.81 نيوتن/ متر مربع
كيلو غرام قوة/متر مكعب =	9.81 نيوتن/ متر مكعب
0.102 كيلو غرام قوة =	1 نيوتن
0.102 كيلو غرام قوة.متر =	1 نيوتن.متر
0.102 كيلو غرام قوة/متر =	1 نيوتن/ متر
0.102 كيلو غرام قوة/سنتمتر مربع =	1 نيوتن/ سنتمترمربع
0.102 كيلو غرام قوة /متر مربع =	1 نيوتن/ متر مربع
0.102 كيلو غرام قوة /متر مكعب =	1 نيوتن/ متر مكعب

الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
العوازل النابضية SPRING ISOLATORS FRS	يبلغ حدا الانحراف بين (0.018-0.05) m وقدرتها على تحمل الكتل تصل حتى 158 kg	يوصى باستعمال هذا النوع من العوازل في عزل الاجهزة الميكانيكية خفيفة الوزن الخاضعة لقوة الرياح العالية أو الاجهزة التي تخضع لتغير الوزن. يمكن أيضا ان تستعمل كمساند لرافعات الأنابيب الرأسية حيثما يتطلب العزل. ويمكن استعمالها ايضا في تطبيقات في الفضاءات الخارجية.	
العوازل النابضية HOUSED SPRING ISOLATORS	يصل مدى الانحراف الى m0.04 ضمن حدي تحمل للكتل يبلغان kg 1360-250	تستعمل لعزل الاجهزة الميكانيكية الخاضعة لبدء تشغيل وإيقاف متعدد او متكرر مثل الضواغط ومحركات المولدات.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
العازل النابضي حر التثبيت FREE-STANDING SPRING ISOLATORS	يبلغ حدا الانحراف 0.018-0.01 m مع حمل تصل كتلته الى 105 kg	يستعمل كعازل لاجهزة التبريد المعزولة عن الارض والضواغط والمضخات ومعالجات الهواء، و مكيفات الهواء، والمراوح الطاردة المركزية والمحورية، ومحركات الاحتراق الداخلي، و الاجهزة الخاضعة لتغير الوزن أو قوة الرياح العالية.	
العوازل النابضية SPRING ISOLATORS	يبلغ حدا الانحراف 0.018-0.01 m مع حمل تصل كتلته الى 105 kg	يوصى باستعمال هذا النوع من العوازل لعزل الاجهزة المستعملة لاغراض حمل السوائل مثل المراجل والمبردات، وأبراج التبريد، أو تلك الخاضعة لقوة رياح عالية.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
العازل النبضي الكابح و المثبت SESIMIC RESTRAINT ISOLATORS AND SNUBBERS FHS	تبلغ قوة التحمل ما لا يقل عن قوة تسارع 1 g وتقتصر الحركة على ما يقرب من 0.005 m في أي اتجاه.	يستعمل للحد من الحركة العمودية والافقية للاجهزة الساندة في أثناء وقوع زلزال بدون التقليل من نسبة عزل الاهتزاز للنابض الحلزوني خلال ظروف التشغيل العادية لتلك الاجهزة.	
العازل النبضي الكابح و المثبت SESIMIC RESTRAINT ISOLATORS AND SNUBBERS FLSS	-	يستعمل كعازل ضمن كل من المحور الرأسي والأفقي في وقت واحد حتى الفشل. وان الحدود القصوى الناتجة تحدد قدرة مغلف الحماية.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
العازل السلكي النابضي	-	عازل متعدد الوظائف للتقليل من عدد القطع المختلفة المطلوبة للقيام بهذه المهمة. يعلق السلك إلى الهيكل من خلال تثبيته في الخرسانة بواسطة قطع مثبتة او عن طريق لحامه الى قطعة من الفولاذ مع ممرات الهواء المعلقة، ويستعمل في الاجهزة الميكانيكية، والكهربائية ايضاً.	
العازل النابضي الكابح و المثبت FMS	-	هذا التصميم المرن يسمح بتحمل الزلازل أو قوة الرياح مع الاخذ بنظر الاعتبارمتطلبات الحمل والانحراف.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
الحمالات (الشماعات) العازلة ISOLATION HANGERS	ان مكونات هذا العازل مصممة لتحمل حمل اضافي بقدر 50% او تقوس احد الاجزاء الى حد 30°. وتتحمل اجزاء المثبتة (Brackets) حملاً زائداً بمقدار 500% بدون فشل. وتصل فيها درجة الانحراف الى 0.1 m، واقصى كتلة تتحملها تبلغ 1746 kg	يستعمل في الحد من انتقال الاهتزازات والضوضاء من الاجهزة المعلقة.	
العازل النابضي الكابح HSR	مقدار الانحراف هو 0.05-0.02 m ضمن حدي تحمل للكتل يبلغان 1587-15.8 kg	الحد من الحركة المرتبطة بمروحة الدفع والمثبتة على شكل أزواج.	

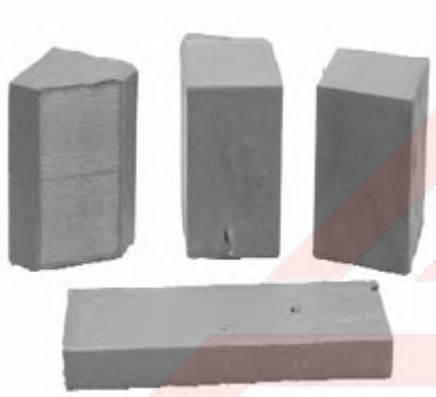
تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
KINFLEXموصلات مرنة FLEXIBLE CONNECTOR	-	منع الاجهادات الناتجة من التوسع والانكماش ، عزل الضوضاء والاهتزاز عن الانتقال ، والتعويض عن الاختلال. تقوم باستيعاب الحركة التي قد تنشأ في منظومة الأنابيب بواسطة درجات الحرارة المحيطة ، والاختلافات في درجة حرارة المواد،والاختلاف في المكونات، وخطر الالتواء أو التفكك وتقليل تكاليف الصيانة.	
عوازل المطاط الصناعي NEOPRENE ISOLATORS	توجد بابعاد مختلفة مثل 45-65 cm وتصمم لحمل مقداره 27.2-54.4 kg ضمن حدي انحراف مقدارهما 0.001-0.002 m وغيرها.	وسادات عازلة مضلعة بصورة مفردة أو مزدوجة، مصنوعة من مادة الاستومر ذات جودة عالية ، وتستعمل في طبقات منفردة أو متعددة ، يفصل بينها حشوات من مادة الستيل. تستعمل لعزل ضوضاء الصدمة ، والاهتزاز ذي الترددات العالية التي تولدها الاجهزة الميكانيكية والصناعية والاجهزة الموجودة ضمن مواقع او مساحات ليست حرجة.	

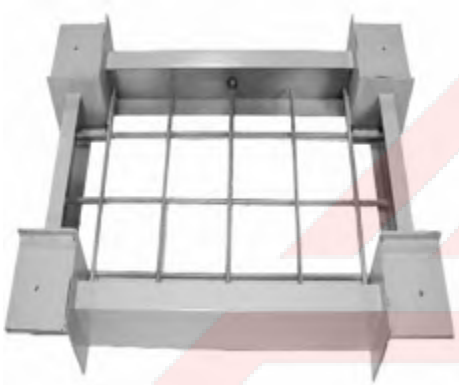
تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
عوازل المطاط RQ الصناعي	توجد بابعاد مختلفة وتصمم لمقدار حمل249-1814.3 kg. ضمن انحراف قدره 0.003 m. وغيرها.	تستعمل في الحد من انتقال الاهتزاز من المضخات الصغيرة، وانظمة التهوية، ووحدات معالجة الهواء ذات الضغط الواطئ، إلخ.	
عوازل الألياف الزجاجية FIBERGLASS ISOLATORS AC	تتوفر في أحجام تتحمل كتلاً بين 18.1-40.8 kg . مع انحراف يقع بين 0.01- 0.004 m.	مصممة لتطبيقات قابلة لان ترتبط بها بواسطة مثبتات معدنية (bolts) مثل مراوح ضمن نظام تهوية ، ومراوح بنظام محوري ،ومحركات عالية السرعة ، وأية أجهزة مماثلة.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
عوازل الألياف الزجاجية KIP	تعمل ضمن حدود سعة من الاحمال فهي متاحة لتتحمل كتلاً من 9 إلى 7252 kg. وهي بسمك من 0.1-0.025 m وبحدي انحراف من 0.04-0.004 m	يوصى باستعمالها في الحد من الاهتزازات التي تنتجها المضخات وأجهزة التبريد و أبراج التبريد وغيرها كما أنها فعالة في الحد من صدمة الانتقال من الضغط الناتج من الضربات وغيرها للآلات المنتجة لتأثير الصدمات.	
قواعد عازلة ISOLATION BASES CIB-H & L	اطارات القاعدة مصممة هندسياً من اطارات من صب مادة الفولاذ الصلب الملتحمة مع تسليح الخرسانة ، ومثبتات معدنية ، ومثبتات معدنية عازلة للاهتزاز، وهي مصممة لكي تضاف ككتلة الى الاجهزة الدوارة بالإضافة لتوفيرها الدعم و الثبات لعزل الاهتزاز	تستعمل مع الضواغط الترددية ، اجهزة التبريد الكبيرة والضواغط والمراوح ، والمضخات ، ويمكن أن يشمل تكوينها ضواغط حلزونية ، الألياف الزجاجية ، المطاط، أو عوازل هواء.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
قواعد عازلة SBB	تتألف الحزمة الإنشائية من قواعد تتكون من قطع فولاذ صلبة مرتبطة ببعضها بمساند فولاذية.	تستعمل لدعم الأجهزة التي لا تحتاج إلى قاعدة مركزية ، مثل مضخات صغيرة قريبة من جانب ، والمراوح ،ومعالجات الهواء، وتوفير الصلابة واستيعاب الاهتزاز .	
قواعد عازلة SFB	-	توفر الصلابة والدعم للاجهزة الميكانيكية.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
الرافع الهوائي AIR MOUNT	تصل كتلة الاحمال الساندة الى kg 3400 ومقدار حديها يبلغ من -997 kg 226 للعازل الواحد.	التطبيقات العملية تشمل الاجهزة الميكانيكية والصناعية، تتطلب العملية اجهزة عزل تردد طبيعي منخفض، وكذلك حماية الاجهزة الحساسة من الاهتزاز المتولد في الارضية	
عوازل نوع ROOFTOP ISOLATION CURBS KSR	تتوفر ضمن حدي انحراف -0.05 m 0.025	تصمم هذه العوازل هندسيا ضمن نظام عزل مدعم بنوابض حلزونية مصممة لأجهزة سطوح السقوف المدعمة curb supported rooftop وتتميز بسهولة نصبها مع غلق محكم بالنسبة للهواء والماء بين مادة سقف الاجهزة الميكانيكية والسطح الخارجي للسقف.	

تتمة الملحق ث/ انماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية وإستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
عازل نوع KSCR	-	عزل الاهتزاز لوحدات تصل كتلة الواحد منها 20 طناً ويمتلك الميزات القياسية الآتية : • مقاوم لحركة الزلازل و انحراف نوابض حلزونية بمقدار 0.05-0.025 m ومقاوم لسرعة الرياح بمقدار 1000 mph • يوفر روابط مرنة ساندة ومحكمة الغلق تجاه الهواء والعوامل الجوية للتطبيقات التي لا تشمل مسارات معلقة (non-ducted) مع امكانية تبديل النوابض الحلزونية.	
عازل نوع ESR	مقاوم لقوة الزلازل بمقدار 1 g وسرعة رياح 125 ميلا في الساعة . تصل درجة الانحراف الـــى m 0.1، وتضم نوابض حلزونية من مادة الفولاذ مغطاة بمسحوق ولها قابلية تحمل حمل زائد بمقدار 50 ٪ .	**ذو قابلية تحمل عالية ، وعزل تام للاهتزاز لوحدات سطح سقف كبيرة، و ميزاته القياسية تشمل :** • **امكانية الوصول لكل مستوٍ عازل ، أو تغيير النوابض الحلزونية بعد نصب الاجهزة المعزولة به.** • **وسائد عازلة لضوضاء الترددات العالية** • **احكام الغلق تجاه الماء والعوامل الجوية بين مادة السطح والمادة العازلة وتوفير دعم للممرات المعلقة (duct).**	

الهيئة العامة للمباني

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com