

# جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

## معمونة الصوتيات

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٣٠٥





الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

هذه الملائمة مصدقة رعيما ويليسن للبيع

# تنمية الملحق ث / النمط العازل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية



العازل الاهتزازي	موصفاتة الفنية	استعمالاته	شكل العازل
عازل نوع KSCR		عزل الاهتزاز لوحدات تصنع كتلة الواحد منها 20 طن ويمتلك الميزات القياسية الآتية : • مقاوم لضغط الزلازل و انحراف نهج ، حلزونية بمقدار $0.025 - 0.000$ m و مقاوم لسرعة الرياح بمقدار 1000 mph • يوفر رابط مرنة سفدة ومحكمة الغلق تجاه الهواء والعوامل الجوية للتطبيقات التي لا تشمل مسارات معلقة (non-ducted) مع امكانية تبديل النواضح الحلزونية.	
عازل نوع ESR	دقائم لقوة الزلازل بمقدار $1g$ وسرعة رياح 125 ميلا في الساعة . تصل درجة الانحراف الحزونية من 0.1 ، وتضم نواضح حلزونية من مادة الفولاذ مغطاة بمسحوق ولها قابلية تحمل حمل زائد بمقدار 750 %	نوع قابلية تحمل عالية ، وعزل تلم للاهتزاز لوحدات سطح سقف كبير ، و ميزاته القياسية تشمل : • امكانية الوصول لكل مستوى عازل ، أو تغيير النواضح الحلزونية بعد نصب الاجهزة المعزولة به . • وسائد عزلية لضوضاء الترددات العالية • احكام الغلق تجاه الماء والعوامل الجوية بين مادة السطح والمعدة العازلة وتوفر دعم للممرات المعلقة (duct).	

# تنمة الملحق ث/ أنماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية



العازل الاهتزازي	موصفاتة الفنية	استعمالاته	شكل العازل
الرافع الهوائي AIR MOUNT	تصل كتلة الاحمال السليدة الى kg 3400 ومقدار حديها يبلغ من - 997 kg 226 للعازل الواحد.	التطبيقات العمليه تشمل الاجزاء الميكانيكية والصناعية، تتطلب العملية اجزاة عزل تردد طبيعي منخفض، وكذلك حماية الاجهزة الحساسة من الاهتزاز المتولد في الارضية	
عوازل نوع ISO, ATION CURBS KSIR	تتوفر ضمن حدي انحراف - 0.05 m 0.025	تصمم هذه العوازل هندسيا ضمن نظام عزل مدعم بنواياض حلزونية مصممة لاجزاة سطوح السقوف المدعمة curb supported rooftop وتتميز بسهولة نصبها مع خلق محكم بالنسبة للجواء والماء بين مادة سقف الاجهزة الميكانيكية والسطح الخارجي للسقف.	





## تنمية الملحق ث/ المطاط العازل الاهتزازية وصفاتها الانايبية واستعمالاتها الاساسية

المعازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل المعازل
قواعد عازلة SBB	تتألف الحزمة الانشائية من قواعد تتكون من قطع فولاذ صلبة مرتبطة ببعضها بمساند فولاذية.	تستعمل للحزم الاجهزة التي لا تحتاج لعدة مركبة ، مثل مضخات صغيرة قريبة من جانب ، والمرآح ومعالجات الهواء ، وتوفر العازلية واستيعاب الاهتزاز .	
قواعد عازلة SFB	-	توفر الصلابة والدعم للاجهزة الميكانيكية.	



## تنمة الملحق ث/ النمط العوزل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية

العوزل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العوزل
عوزل الاكيايف الزاجاجية KIP	تعمل ضمن حدود سعة من الاحمل فهي متاحة لتتحمل ككلاً من 9 إلى 7252 kg. وهي بيسلك من 0.025-0.1 m ويحددي انحراف من 0.04-0.004 m	يوصى باستعمالها في الحد من الاهتزازات التي تنتجها المضخات في جهاز التبريد و أبراج التبريد وغيرها كما أنها فعالة في الحد من صدمة انتقال من الضغط الناتج من الخرابت وغيرها للآلات المنتجة لتأثير الصدمات.	
قواعد عازلة ISOLATION BASES CIB-H & L	انحرافات القاعدة مصممة هندسياً من اطارات من صب مادة القو لاذ الصلب الملحقة مع تسليح الخرسة، ومثبتات معدنية، ومثبتات معدنية عازلة للاهتزاز، وهي مصممة لكي تضاف ككافة الى الاجهزة الدوارة بالإضافة لتوفيرها الدعم والنبات لعزل الاهتزاز	تستعمل مع الضواغط التبريدية، اجهزة التبريد الكبيرة والضواغط والسرورج، والمضخات، ويمكن أن يشمل تكوينها ضواغط حلزونية، الاكيايف الزاجاجية، المطاط أو عوزل هواء.	

# تنمية الملحق ث / المطاط العازل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية



العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
عوازل المطاط RQ الصناعي	توجد بابعاد مختلفة وتصمم لمقدار حمل 1814.3-249 kg. ضمن انحراف قدره 0.003 m. وغيرها.	تستعمل في الحد من انتقال الاهتزاز من المضخات الى قيرورة، وانظمة التهوية، ووحدات معالجة الهواء ذات الضغط الواطي، إلخ.	
عوازل الألياف الزجاجية FIBERGLASS ISOLATORS AC	تتوفر في أحجام تتحمل كلاً بين 18.1-40.8 kg. مع انحراف يقع بين 0.004 - 0.01 m.	مصممة لتطبيقات قليلة لأن ترتبط بها بواسطة مثبتات معدنية (bolts) مثل مراوح ضمن نظام تهوية، ومراوح بنظام محوري، ومحرركات عالية السرعة، وأبواب أجهزة مماثلة.	

## تنمية الملحق ث/ المطاط العازل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	موصفاتة الفنية	استعمالاته	شكل العازل
KINFLEX FLEXIBLE CONNECTOR مرونة موصلات مرنة		<p>منع الاجهادات الناتجة من التوسع والانكماش ، عزل الضوضاء والاهتزاز عن الانتقال ، والتعويض عن الاختلافات التي قد تنشأ في الخواصة التي قد تنشأ في خطوط الانابيب بواسطة درجات الحرارة المحيطة ، ولاختلافات في درجة حرارة المواد والاختلاف في المكونات ، وخطر الالتواء أو التفكك وتقليل تكاليف الصيانة.</p>	
عوازل المطاط الصناعي NEOPRENE ISOLATORS	<p>توجد بابعاد مختلفة مثل 45-65 cm وتصمم لحمل مقارنه 27.2-54.4 kg ضمن حدي انحراف مقدارهما 0.001-0.002 m وغيرها.</p>	<p>وسادات عازلة مصنوعة بصورة مفردة أو مزدوجة، مصنوعة من مادة الاستومر ذات جودة عالية ، وتستخدم في طبقات منفردة أو متعددة ، يفصل بينها حشوات من مادة السيليل. تستخدم لعزل ضوضاء الصدمة ، والاهتزاز ذي الترددات العالية التي تولدها الاجهزة الميكانيكية والصناعية والاجهزة الموجودة ضمن مواقع أو مساحات ليست حرجية.</p>	





# تنمية الملحق ث / أنماط العوارل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية

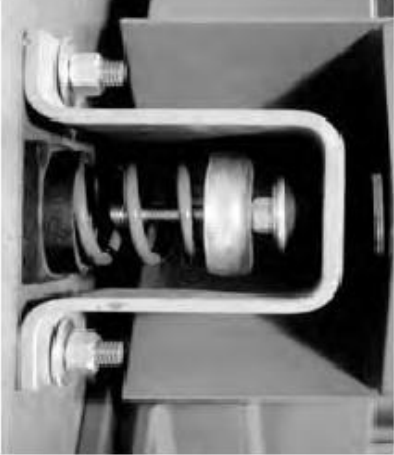

العوارل الاهتزازية	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العوارل
العوارل الاهتزازية (الشعاعات) العازلة ISOLATION HANGERS	ان مكونات هذا العوارل مصممة لتحمل حمل اضافي يقدر بـ 50% او تقوس احد الاجزاء الى حد 30°. وتتحمل اجزاء المثبتة (Bracket) حملاً زائداً بمقدار 500% بدون فشل. وتصل فيها درجة الانحراف الى 0.1 m، وأقصى كتلة تتحملها تبلغ 1746 kg	يستعمل في الحد من انتقال الاهتزازات والضوضاء من الاجهزة المعلقة.	
العوارل النابضي الكابحة HSR	مقدار الانحراف هو 0.02-0.05 m ضمن حدي تحمل للكتل يبلغان 15.8-1587 kg	الحد من الحركة المرتبطة ببروحة الدفع والمثبتة على شكل أزواج.	





## تنمية الملحق ث / أنماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
العازل السلكي النابضي		عازل متعدد الوظائف للتقليل من عدد القطع المختلفة المطلوبة لأجزاء هذه المهمة. يعلق السلك إلى الهيكل من خزان تنقيته في الخرسانة بواسطة قطع مثبتة أو عن طريق لحامه إلى قطعة من الألومنيوم مع ممرات الهواء المغلقة، ويستعمل في الأجهزة الميكانيكية، والكهربائية أيضاً.	
العازل النابضي الكابح المثبت FMMS		هذا التصميم المرن يسمح بحمل الزلازل أو قوة الرياح مع الأخذ بنظر الاعتبار متطلبات الحمل والانحراف.	

# تنمية الملحق ث/ أنماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية

العازل الاهتزازي	مواصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العازل
<p>العازل النبضي الكابح و المثبت</p> <p>SEISMIC RESTRAINT</p> <p>ISOLATORS AND SNUBBERS</p> <p>FHS</p>	<p>تبلغ قوة التحمل ما لا يقل عن قوة تسارع 1g وتقتصر الحركة على ما يقرب من 0.005 m في أي اتجاه.</p>	<p>يستعمل للحد من الحركة العمودية والأفقية للأجهزة الساندة في أثناء وقوع زلزال ،توزر الثقل من نسبة عزل الاهتزاز للتأريض الحزوني خلال ظروف التشغيل العادية لتلك الأجهزة .</p>	
<p>العازل النبضي الكابح و المثبت</p> <p>SEISMIC RESTRAINT</p> <p>ISOLATORS AND SNUBBERS</p> <p>FLSS</p>		<p>يستعمل كعازل ضمن كل من المحور الرأسي والأفقي في وقت واحد حتى الفشل. وأن الحدود القصوى الناتجة تحدد قدرة مغلف الحماية.</p>	

# تنمية الملحق ث / أنماط العوارل الاهتزازية وصفاتها الادائية واستعمالاتها الاساسية

العوارل الاهتزازية	موصفاتة الفنية	استعمالاته	شكل العوارل
العوارل النابضية حر التثبيت FREE-STANDING SPRING ISOLATORS	يبلغ حدا الانحراف مع حمل تصل كئلته الى kg 105 0.018-0.01 m	يستعمل كعوارل لاجهزة التبريد المعزولة عن الارض والضوء والاهتزازات ومعاليات الهواء، و مكيفات الهواء، والمراوح الطاردة المركزية والمحورية، وسحركات الاحتراق الداخلي، والاجهزة الخاضعة لتغير الوزن أو قوة الرياح العالية.	
العوارل النابضية SPRING ISOLATORS	يبلغ حدا الانحراف مع حمل تصل كئلته الى kg 105 0.018-0.01 m	يوصى باستعمال هذا النوع من العوارل لعزل الاجهزة المستعملة لأغراض حمل السوائل مثل المراجل والمبردات، وأبراج التبريد، أو تلك الخاضعة لقوة رياح عالية.	

# الملحق ت/ أنماط العوازل الاهتزازية وصفاتها الأدائية واستعمالاتها الأساسية

العزل الاهتزازي	موصفاته الفنية	استعمالاته	شكل العزل
<p>العوازل النابضية SPRING ISOLATORS FRS</p>	<p>يبلغ حدا الانحراف بين <math>m(0.05)</math> وقدرتها على تحمل الكتل تصل حتى 158 kg (-0.018)</p>	<p>يوصى باستعمال هذا النوع من العوازل في عزل الأجهزة الميكانيكية ذات الوزن الخاضعة لوزن الرياح العالية أو الأجزاء التي تخضع لتغير الوزن يمكن أيضا ان تستعمل كحساس لارتفاعات الأتاريب الرئيسية حيثما يتطلب العزل. ويمكن استعمالها أيضا في تطبيقات في الفضاءات الخارجية.</p>	
<p>العوازل النابضية HOUSED SPRING ISOLATORS</p>	<p>يصل مدى الانحراف الى 0.04 m ضمن حدي تحمل للكتل يبلغان 1360-250 kg</p>	<p>تستعمل لعزل الأجهزة الميكانيكية الخاضعة لبدء تشغيل وإيقاف متعدد أو متكرر مثل الضواغط ومحركات المولدات.</p>	

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

نظام دولي	نظام متري
9.81 نيوتن	كيلو غرام قوة =
9.81 نيوتن.متر	كيلو غرام قوة.متر =
9.81 نيوتن/متر	كيلو غرام قوة/متر =
9.81 نيوتن/ سنتيمتر مربع	كيلو غرام قوة/سنتيمتر مربع =
9.81 نيوتن/ متر مربع	كيلو غرام قوة/متر مربع =
9.81 نيوتن/ متر مكعب	كيلو غرام قوة/متر مكعب =
1 نيوتن	0.102 كيلو غرام قوة =
1 نيوتن.متر	0.102 كيلو غرام قوة.متر =
1 نيوتن/ متر	0.102 كيلو غرام قوة/متر =
1 نيوتن/ سنتيمتر مربع	0.102 كيلو غرام قوة/سنتيمتر مربع =
1 نيوتن/ متر مربع	0.102 كيلو غرام قوة/متر مربع =
1 نيوتن/ متر مكعب	0.102 كيلو غرام قوة/متر مكعب =



وحدات النظام الدولي (SI Units)

والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	m	م
	سنتيمتر	cm	سم
	مليمتر	mm	مم
	كيلومتر	km	كم
الكتلة	غرام	g	غم
	كيلوغرام	kg	كغم
	طن	T	طن
	مليغرام	mg	ملغم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	°	درجة
	دقيقة	'	دقيقة
	ثانية	"	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميليلتر	mL	مليلتر
	متر مكعب	m <sup>3</sup>	م <sup>3</sup>
المساحة	متر مربع	m <sup>2</sup>	م <sup>2</sup>
	مليمتر مربع	mm <sup>2</sup>	مم <sup>2</sup>
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الاجهاد	نيوتن/ملمتر مربع	N/mm <sup>2</sup>	ن/ملم <sup>2</sup>
	كيلو نيوتن / متر	kN/m <sup>2</sup>	كن/م <sup>2</sup>
درجة الحرارة	درجة سيلزية	°C	س°

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

(ل)

natural logarithm      لوغاريثم طبيعي

(م)

average sound pressure level      متوسط منسوب ضغط الصوت

perceived      مدرك

garages      مرئب

filter      مرشح

employees      مستخدمون

steady      مستقر

modulus      معامل

sound absorption coefficient      معامل امتصاص الصوت

sound transmission coefficient      معامل انتقال الصوت

Young's modulus      معامل المرونة

noise rating      معايرة الضوضاء

noise criteria      معايير الضوضاء

preferred      مفضل

wave front      مقدمة الموجة

acoustic impedance      ممانعة صوتية

level      منسوب

speech interference level      منسوب تداخل الكلام

loudness level      منسوب الجهارة

rotating microphone      ميكروفون دوار

(ن)

Poisson's ratio      نسبة بواسون

complex ratio      نسبة عقدية

third octave band      نطاق ثلث الجواب

octave band      نطاق الجواب

warble tone      نغمة متأرجحة

عرض نطاق التردد المستمر continuous frequency bandwidth

عرض النطاق الترددي للجهاز، للألة bandwidth of device

عزل الصوت sound insulation

عزل الصوت الصدمي impact sound insulation

عقدة node

جهازة loudness

جهازة الصوت sound loudness

عملي practical

(ع)

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

(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)



(د)

pitch درجة

pitch of tone درجة النغمة

sound energy flux دفع الطاقة الصوتية

directivity index دليل الاتجاهية

Sound reduction index دليل تخفيض الصوت

articulation index دليل اللفظ الواضح

cycle دورة

decibel ديسيبل

(ر)

symbols رموز

(ز)

reverberation time زمن التردد

optimal reverberation time زمن التردد الأمثل

integrating time زمن التكامل

angels of incidence زوايا الورود

(س)

Sabin سابين

metric Sabin سابين متري

particle velocity سرعة الجسيم

volume velocity السرعة الحجمية

musical scale سلم موسيقي

(ش)

sound intensity شدة الصوت

semi-classical شبه تقليدي

limiting frequencies      ترددات محدودة

frequency of transition      تردد الانتقال

resonance frequency      تردد الرنين

cut-off frequency      تردد القطع

natural frequency      تردد طبيعي

central frequency      تردد مركزي

reverberation      ترديد

coincidence      توافق

attenuation      توهين

infinite attenuation      توهين غير محدود

(ج)

single leaf wall      جدار ذو طبقة واحدة

partition wall      جدار فاصل بين غرفتين

double leafed wall      جدار مزدوج

level recorder      جهاز تسجيل المنسوب

integration sound level meter      جهاز قياس منسوب ضغط الصوت التكاملي

sinusoidal      جيبية

(ح)

boundaries      حدود

frequency range      حدود التردد

sensitivity of microphone      حساسية الميكروفون

sensitivity of random incidence      حساسية الوقوع العشوائي

reverberant field      حقل ترددي

free field      حقل حر

direct field      حقل مباشر

diffuse field      حقل ناشر

(خ)

الملحق ت  
المصطلحات الفنية

(أ)

reference direction	اتجاه مرجعي
periodic excitation	اثارة دورية
floors	ارضيات
annoyance	ازعاج
slow response	استجابة ببطء
relative frequency response	استجابة لتردد نسبية
disturbance	اضطراب
standard tapping machine	آلة الصدمات القياسية
sound absorption	امتصاص الصوت
equivalent absorption	امتصاص مكافئ
progressive waves	امواج متقدمة
plane progressive waves	امواج تدرجية مستوية
bending waves	امواج منحنية
flanking transmission	انتقال جانبي
sound transmission	انتقال الصوت

(ب)

Pascal	باسكال
bel	بل
environment	بيئة

(ت)

negative effects	تأثيرات سلبية
coincidence effect	تأثير التوافق
reduction	تخفيض

ب- إذا استعملت بين وجهي القاطع وهو في الفضاء المغلق وفوق السقف المغلق 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.

هذه الملاحظة مصدقة رسمياً وليس للبيع

#### 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 0.2-0.55 dB وفضلاً عن كونه ماصاً جيداً للصوت فإنه يوهن الصوت الكامن بسبب منعه للارتطام الحاد بالارضية حيث يقلل من الترددات الصوتية الواطنة.

#### ب-5/2 النسيج السيليوزي

وهو احدى المواد الاساسية التي تصنع منها المواد الماصة للصوت كالكاشي الصوتي، والصوف الخشبي والالياف والاصقان وغيرها.

#### ب-6/2 الستائر النسيجية

تستعمل الستائر الماصة لتغطية سطوح لا تكون ماصة بحد ذاتها حيث تفضل الستائر الثقيلة  $500 \text{ g/m}^2$  التي لها مقاومة عالية لمرور تيارات الهواء عبرها. وللستائر الخفيفة مقاومة تصل الى 0.2 dB اما الثقيلة فتصل مقاومتها الى 0.7 dB ، وتكون التي توضع مباشرة على السطح القريب لامتصاص الصوت ولكن اذا علق على سطح من الفايبر كلاس وبيدهما نجوة 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 المنقبة لمنع تاكله او تطاير اجزائه وبهذا التعريف يمتص الصوت وتقلل شدة الضوضاء على طول ممر الهواء بالمقارنة مع ممرات الهواء غير المبطن.

#### 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 تقليل الصوت المنقول هوائياً او عبر الضربك الارتطامية.

#### ب-9/2 الالواح والاعطية النسيجية

تصنع الالواح والاعطية النسيجية من الالياف الزجاجية او من النسيج الصوفي وتعتبر هذه المادة من احدى 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 التردد. إن الادائية الصوتية تعتمد على سمك وصفات المادة ويمكن ان يصل العزل الصوتي لها الى 0.9 .



## الملحق ب أنواع المواد الصوتية

### ب-1 تمهيد

يقدم هذا الملحق تعريفاً ببرز أنواع المواد المستعملة لتوهين اصوات الضوضاء المتنوعة في المباني.

### ب-2 أنواع المواد الصوتية

توجد عدة أنواع من المواد الصوتية بعضها يوفر توهيناً للصوت والآخر يوفر امتصاصاً للصوت. من هذه المواد:

#### ب-1/2 الرغوة الصوتية

الرغوة الصوتية هي نوع من المواد مختلفة، الرغوات تصنع إما من خلايا مفتوحة (حيث يستطيع الهواء الدخول والنفوذ إلى الخلية) أو من خلايا مغلقة (كل خلية مغلقة والمواد محكمة هوائياً). فالرغوات مفتوحة الخلايا تعتبر مواد ماصة جيدة. ويجب أن تكون بسمك كافٍ. يعتمد العزل الصوتي لها على سمك المادة الذي يتراوح ما بين 0.9 إلى 50 mm. أما خلايا الرغوات مغلقة الخلايا فتتمتع بالصوت ولكنها تستعمل بفعالية أقل للسطوح الحلقية مثل سطوح المصانع الكبيرة لتوفير الغمر الصوتي.

#### ب-2/2 الجص الصوتي

صناعة الجص الصوتي مشابهة لصنع الجص العادي إلا أنه يختلف عنه في مساميته بعد التجفيف، لأن المبدأ الأساسي هو في صنع سطح غير متصل (مثل الجص العادي) والذي يمتص الصوت وهو ما لايفعله الجص العادي. ولا فائدة من الجص الصوتي ما لم تكن الخلطة صحيحة وطريقة التطبيق متقنة. ويصل العزل الصوتي لهذه المادة إلى 0.6 وتحت ظروف مسيطر عليها. إن الجص الصوتي ليس مادة ماصة يمكن الاعتماد عليها.

#### ب-3/2 الكاشي الصوتي

يستعمل الكاشي الصوتي لتغليف السقوف ويكون من المعدن أو من النسيج السيليني أو من الصوف الزجاجي، ويتواجد بقياسات مختلفة تتراوح بين 30×30 cm و 122×61 cm وقد تزيد على ذلك، يعلق عادة على سلك حديد ولكن بعض الأنماط يمكن أن تلتصق على السطوح الصلبة، وهو كثيراً ما يكون قابلاً للتحطم لذا يفضل عدم الصاقه بالجدران والسطوح القريبة من حركة الإنسان. إن السبب الرئيس لصنع هذه المادة هو امتصاص الصوت وهو وظيفتها الأساسية، وتصل درجة عزله إلى 0.6 وأفضل الأنواع هو الكاشي 0.95 المصنوع من اللدائن المسلحة باللياف الزجاج (الفايبر كلاس) الذي يكون معلقاً من النوع الملتصق والنوع الأكثر سمكاً أكثر امتصاصاً للصوت.

أ-3/8/3 مقترحات عملية : ان الجدول (أ-3/3) يوفر جدولاً لتحقيق درجات مختلفة من عزل الاهتزاز في الهياكل أو البناء العادي. و يستند الجدول على منحنى الانتقالية، مع توفير حدود واسعة من أنظمة التشغيل بحسب التردد الدافع نسبة الى التردد الطبيعي. وان اعتماد مصطلحات مثل عالٍ و مقبول ومنخفض ليست سوى كلمات للوصف، لكنها أكثر وضوحاً من مصطلحات مثل 95 أو 98% من فعالية العزل التي تعتبر خاطئة بشكل واضح عندما لا تأخذ في نظر الاعتبار صلابة وكثافة صلبة الأرضية. 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 أنظمة عزل الاهتزاز المعقدة. ففي تلك الحالة ينبغي الاستعانة بمختص في عزل الاهتزاز.

الجدول (أ-3/3)  
درجة العزل الاهتزازي

درجة العزل الاهتزازي	نسبة التردد الفعلي للمصدر الى التردد الطبيعي للعازل
لا يوجد عزل	اقل من 1.4
غير محسوس	3-1.4
منخفض	6-3
مقبول	10-6
عالٍ	10<

على الطوابق العلوية من المبنى . وعندما تكون قاعدة الآلات أو أسسها مسندة على أجزاء واسعة كبيرة من الأساس الصلب ( كالخرسانة ) حينئذ فقط يمكن تطبيق منحنى الانتقال مباشرة.

(2) التعديلات اللازمة لمسافة امتداد الأرضية . ان منحنى الانتقال ينطبق أيضا على هياكل الأرضية ذات الأعمدة التي تفصل بينها حدود مختلفة ، وإذا كانت الأرضيات تضم تباعداً كبيراً بين الأعمدة ، مثل 15-18 m ، تكون الانحناءات أكبر في الأرضية من الأرضيات ذات الأعمدة التي تفصل بينها مسافات أقصر ، مثل 6-9 m . لتوضيح عن ذلك ، فإن التردد الطبيعي لنظام العزل عادة يتم جعل قيمته أقل كلما زادت المسافة بين الأعمدة على الأرضية . وتتدمج كل هذه العوامل في توصيات عزل الاهتزاز المذكورة في هذا الملحق.

(3) الصعوبة في قياس الحقل أو الميدان في حالات الاختبارات الميدانية، ليس من السهل قياس وتدقيق الانتقالية لنظام عزل وفحصها ضمن مواصفات معينة . ومع ذلك فإن مفهوم الانتقال هو جزء مهم ضمن عزل الاهتزاز، وينبغي ألا يتم تجاهله بسبب هذه الصعوبة، ويستند البند القادم على العناصر لمهمة لمفهوم الانتقالية، مع بعض المقترحات العملية.

#### أ-3/8 فعالية عزل الاهتزاز.

مع منحنى الانتقال كدليل ، يمكن الوصول إلى طريقة عملية إلى حد ما نحو تقدير الفعالية المتوقعة للنظام العازل الموضعي الاهتزازي.

أ-3/8/1 الانحناء الثابت لنظام العزل: الانحناء تُثبت للمادة العازلة هو ببساطة الفرق بين ارتفاع العازل القائم بذاته من غير حمل، وارتفاع العازل تحت ضغط حملته الساكنة. هذا الفرق يمكن بسهولة أن يقدر أو 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 مروحة 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 أن حملاً قدره 181.4 kg سوف ينتج انحناءً ثابتاً بمقدار 0.025 m ، أو أن حملاً مقداره 368.2 kg ينتج انحناءً 0.05 m ، على افتراض أن العازل (mount) يمتلك قابلية الانحناء بمقدار 0.5 m .

أ-3/8/2 تردد العازل النبضي الحلزوني : ان أقل تردد طبيعي للنابض الحلزوني وعظم المواد العازلة للاهتزاز الأخرى يمكن حسابه بصورة تقريبية من المعادلة :

$$f_n = 4.98 * \sqrt{\frac{1}{SD}} \quad (أ-3/12)$$

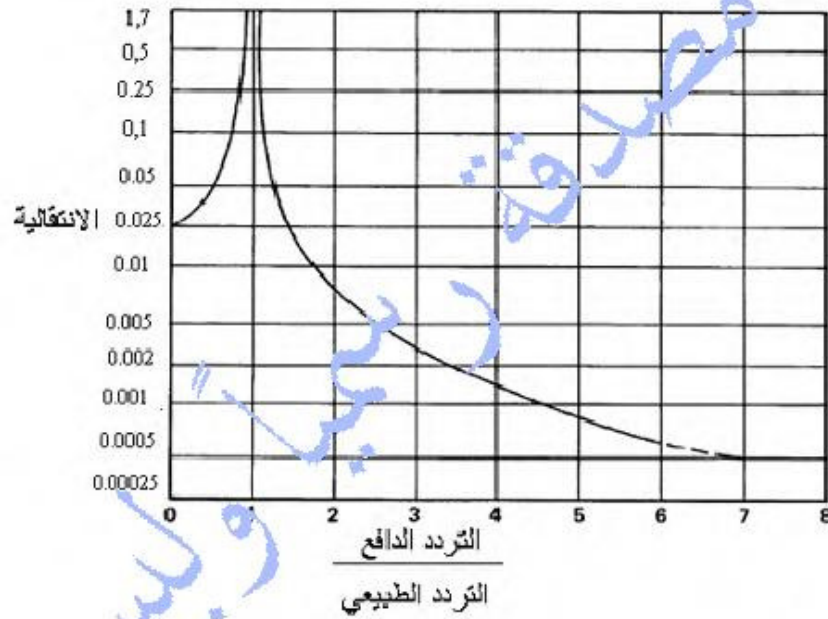
حيث  $f_n$  يمثل أقل تردد طبيعي للنابض الحلزوني العازل بالـ Hz وان SD. يمثل الانتقال الانحنائي للنابض مقاس بالسنتيمتر .



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 منحني 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 0.0006 الى 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-3/3) 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

للاصوات المختلفة ولا يعبر عن علو الاصوات المختلفة. فعلى سبيل المثال فان صوتاً بمقدار 40 فون لا يمثل ضعف علو الصوت لـ 20 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 منحني 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 منحني الانتقال لدرجة مفردة من نظام حر. ان قوة التردد هي عادة أدنى تردد دافع في نظام الاهتزاز. للحصول على ضخ Cycle/min 1800، على سبيل المثال فان أدنى تردد دافع هو  $30 \text{ Hz} = 1800 / 60$ .

ان التردد الطبيعي في الشكل (أ- 3/3)، هو التردد الطبيعي لمدة عند تحميلها او استعمالها. وهو عبارة عن مجموعة من النولبض 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 إيقافه. أن برنامج التشغيل (الآت التشغيل) يتحرك عادة بسرعة كبيرة خلال المرور بهذه الحالة وتتجاوزها بحيث لا تصل الى حالة الخطر، ولكن بالنسبة للآلات الكبيرة سيطرة التي تتراكم سرعة تشغيلها ببطء أو تتطفئ 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 سطح الهيكل المحيطة.



### أ-3/6 جهازة الصوت

تتميز الأذن بأنها ذات حدود ديناميكية واسعة. يمكن للإنسان سماع أصوات خافتة جداً بمنسوب ضغط الصوت من حوالي 0-10 dB إلى منسوب ضغط صوتي يصل إلى 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 جداً لفترات طويلة من الزمن.

أ-3/6/1 تقدير جهازة الصوت : في ظل اختبارات صوتية مسيطر عليها، يقدر الإنسان أن 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 التغيرات في مناسيب الصوت و الخسارة الناتجة في الطاقة الصوتية وتقدير الجهاز النسبية المصاحبة لها .

الجدول (أ-2/3)

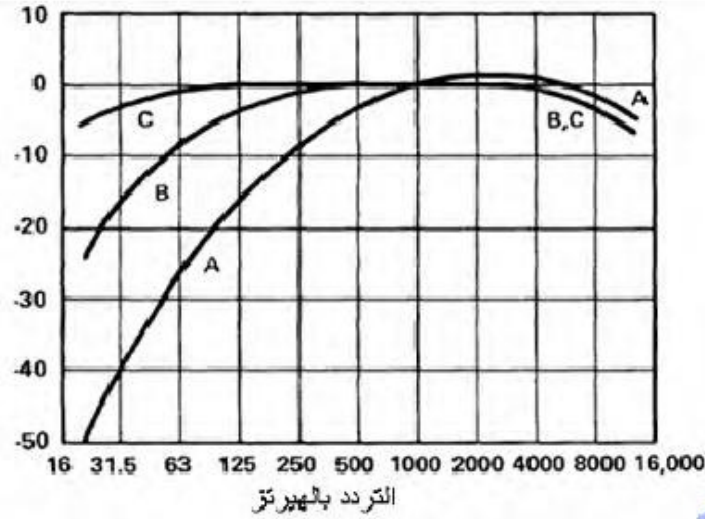
الجهازة النسبية	طاقة الصوت	التغير في منسوب طاقة الصوت (ديسيبل)
جهازة المرجعية	0	0
تغير محسوس	50	3-
2/1 الجهازة	90	10-
4/1 الجهازة	99	20-
8/1 الجهازة	99.9	30-
16/1 الجهازة	99.99	40-

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

### أ-3/6/2 الفون والسون phons و Sones

يدل الفون على علو الصوت وهو حسابياً شدة صوت معادلة لمنسوب صوتي لنغمة صوتية في تردد 1 كيلو هيرتز أي أن 1 فون مساو لصوت منسوبه 1 ديسيبل في تردد 1 كيلو هيرتز. يعبر الفون عن التقويم الذلي

استجابة الانسان للصوت بالديسيبل



الشكل (أ-1/3) مناسب الصوت A, B and C

الجدول (أ-1/3)

علاقة الاستجابة بالوزن A وحزم الجواب

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

التوافقيات" ضمن الترددات الأساسية. والتي تتشكل من ترددات أساسية 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 وضوحاً وأكثر ازعاجاً أحياناً. ان الترددات المنقطعة 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 إزالته ضمن النطاق الترددي الكامل.

#### أ- 5/3-3 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 للأذن الطبيعية من المنحنى A عندما تكون مناسيب ضغط الصوت من حوالي 20-30 إلى 55 dB. ونقل حساسية الأذن إلى حد ما في منطقة التردد المنخفض وهو الأكثر 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. ونحنى C يبين ترددات الأصوات العالية المسموعة من قبل الأذن البشرية والتي تكون ضمن 85-140 dB. ويعمل 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. وكثير ما تتم الاختبارات على الصوت العالي، والضوضاء، والانزعاج، أو عندما يدخل صوت أو ضوضاء على المنحنى المذكور. لذلك فإن جميع القياسات المعتمدة في مدونة الصوتيات تمت كتابتها ضمن مناسيب الصوت ضمن الوزن A، فمثلاً في المنشآت الصناعية ضمن المجمعات السكنية يجب أن لا يتجاوز منسوب الصوت 55 dB (A) خلال النهار أو 55 dB (A) خلال الليل. ان مناسيب الصوت ضمن المنحنيات الثلاثة المذكورة يشار إليها أو يتم تسميتها بالتالي : (A) dB ، (B) dB ، و (C) dB ، على التوالي. الأقواس يتم أحياناً حذفها، وقد يتم تجاهل بعض الأصوات ضمن هذه المنحنيات لذا لا يشار إلى قيمها على أنها مناسيب ضغط الصوت، ولكن فقط مناسيب الصوت. ومن المعروف ان شدة الصوت العالية أو الترددات العالية قد تسبب فقدان السمع، ولذا فإن منسوب الصوت ضمن المنحنى الأول يستعمل كوسيلة لرصد الضوضاء التي قد تسبب فقدان السمع، ومن المهم جداً عند قراءة مناسيب الصوت التعرف على نوعية الشبكة أو المنحنى المستعمل، وذلك لأن مناسيب الصوت يمكن أن تكون مختلفة تماماً اعتماداً على مكونات الضوضاء. في بعض الحالات إذا لم يتم تحديد المنحنى، يتم اعتماد المنحنى الأول. كما يبين الجدول (أ-1/3) علاقة الاستجابة بالوزن A وحزم الجواب.



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

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

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

أ-2/4/3 مصادر الاهتزاز: منسوب التعجيل الذي يعبر عنه بالديسيل، هو نسبة لوغاريتمية من مقادير التعجيل حيث ان مصدر التعجيل هو (micro G) 1، حيث  $G$  هو تعجيل الجاذبية الارضية، وهو ما يعادل  $9.8 \text{ m/sec}^2$ . وتجدر الإشارة إلى أن هناك ماسب مصادر تعجيل أخرى ذات استعمال شائع أيضاً. لذا عند ذكر منسوب تعجيل فمن المعتاد ان يذكر منسوب المصدر، مثل 60 dB بالنسبة إلى (micro G) 1. أ-3/5 التردد.

ان حدود التردد الطبيعي للسمع بالنسبة لمعظم الناس تمتد من وثيرة منخفضة ترددها حوالي 20-50 Hz (الصوت الهادر) إلى وثيرة عالية ترددها حوالي 1.000-15.000 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 (عموماً، يسمع الناس بشكل أفضل في المنطقة لعلي من التردد حول 2000-500 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 والإلكترونية تسهم في إنتاج كميات مختلفة من الضوضاء ذات التردد المنخفض، الوسط، وعالية التردد، ومواد السيطرة على الضوضاء والعلاجات تختلف في فعاليتها (عادةً، 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 البيلو 400 مرة في الثانية واحدة، 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 صوتاً قوياً، هذا الصوت قد يكون مركزاً ضمن تردد رئيس ومن الأمثلة على ذلك: وثيرة شفرة المروحة، وثيرة الترددات في الحزام الناقل للحركة في السيارات، و ترددات محرك الاحتراق الداخلي، وغيرها. هذه الترددات تسمى "ترددات مفصلة" أو "نغمات نقية". عندما تتصف الأصوات بنغمة نقية واضحة، تكون تردداتها قابلة للحساب. ومعظم هذه الأصوات تحتوي أيضاً على العديد من "التجانسات أو

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

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

$$L_w = L_i + 10 \log(A) \quad (9/3-أ)$$

أ- 4/3/ تحديد شدة الصوت. رغم أنه لا يمكن أن نقيس شدة الصوت مباشرة، لكن يمكن الحصول على تقريب معقول إذا كان بالإمكان 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 أن الشدة ( $i$ ) تتناسب طردياً 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 متناسباً مع لوغاريتم مجموع مربع الضغوط (أي مجموع  $P^2$ ) عند جمع اثنين من الأصوات لا مجموع الضغوط (و ليس مجموع  $P$ ). هذا يعني عند الجمع بين اثنين من الأصوات فإن الشدة هي التي تضاف وليس الضغوط. وقد أدت التطورات الحديثة في تكنولوجيا أدوات القياس إلى تحديد شدة الصوت مباشرة في الظروف الميدانية الحرة، سواء على مستوى مقدار العنصري أو الاتجاه.

#### أ-4/3/ مناسيب الاهتزاز

إن مناسيب الاهتزاز ممانئة لمناسيب ضغط الصوت.

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

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

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 أيضاً. هذا ما لم تذكر سعة الاهتزاز، و  $a$  يمثل جذر متوسط المربعات لحركة متجانسة بسيطة يمكن أن تكون هذه السعات:

$$rms \text{ value} = 0.707 \times peak$$

$$Average \text{ value} = 0.637 \times peak$$

$$rms \text{ value} = 1.11 \times average$$

$$peak \text{ to peak} = 2 \times peak$$

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



أ-4/1/3 معدل الديسيبل.

والذي يقاس لوغاريتمياً وليس رياضياً. وينبغي أن تستعمل المعادلة

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

أ-2/3 منسوب قدرة الصوت: ( $L_w$  أو  $SWL$ )

منسوب قدرة الصوت هو قياس مطلق لكمية الطاقة الصوتية التي ينتجها مصدر الصوت. إن قدرة الصوت غير مسموعة مثل ضغط الصوت. إلا أن الطريقة التي تنتقل بها طاقة الصوت وتوزع هي التي تحدد منسوب ضغط الصوت في المكان المحدد له.

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

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

حيث أن  $W$  هو المنسوب لمطلق لقدرة الصوت وأن  $W_{ref}$  هو قدرة الصوت المرجعية.

أ-3/3 منسوب شدة الصوت. ( $L_i$ )

هو قدرة الصوت في وحدة المساحة. إن شدة الصوت هي التي تربط مباشرة قدرة الصوت بضغط الصوت، وبالمعنى الدقيق للكلمة، إن شدة الصوت هو متوسط تدفق الطاقة الصوتية من خلال وحدة المساحة في حقل الصوت. شدة الصوت هو أيضاً كمية منقولة، أي لها ذات حيز 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 :

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

حيث أن  $I$  هو المنسوب المطلق لشدة الصوت و  $I_{ref}$  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) إلى منسوب قوة الصوت (بالديسيبل) يكون كما يلي:

في هذه المعادلة  $P_2$  هو القيمة المطلقة للطاقة تحت التقييم و  $P_1$  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 مناسب الضغط الصوتي المسموع من قبل الناس، و مناسب الطاقة الصوتية من مصادر الصوت، والصوت المفقود المنتقل من خلال جدار، وغيرها من الاستعمالات.

أ-3/2 إضافة الديسيبل.

في حالة وجود أكثر من مصدر صوتي واحد، فإن عملية جمع مناسب الطاقة الصادرة عنها تكون لوغاريتمية وليست جبرية. فعلى سبيل المثال، لا تكون إضافة 70 ديسيبل إلى 70 ديسيبل مساوية إلى 140 ديسيبل، بل هي 73 ديسيبل. لحساب مجموع قيمتين من الديسيبل نضيف كمية إلى القيمة الأعلى منهما هي:

عند اختلاف قيمة الديسيبل بمقدار      نضاف الكمية التالية للقيمة الأعلى

dB 3	dB 1
dB 2	dB 3-2
dB 1	dB 9-4
dB 0	dB 10

وعندما نستخدم الحاجة إضافة عدة قيم من الديسيبل فإن مجموعها يكون بحسب المعادلة :

$$L_{sum} = 10 \log \left[ 10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_p}{10}} \right] \quad (أ-3/2)$$

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

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

حيث  $n$  هو عدد المصادر

أ-3/1/3 عملية طرح الديسيبل.

بعض الحالات قد نستخدمي طرح مناسب الديسيبل. كما لو كان المنسوب التراكمي لعدة مصادر معلوماً، فإذا ما تواجدت حاجة إلى طرح احد المصادر الصوتية فإن ذلك يتم بالاستناد إلى المعادلة:

$$L_{diff} = 10 \log \left[ 10^{\frac{L_R}{10}} - 10^{\frac{L_B}{10}} \right] \quad (أ-3/4)$$

## الملحق أ

### اساسيات الصوتيات

#### أ-1 تمهيد

يبرهن هذا الملحق الكميات الأساسية المستعملة لوصف الخصائص الصوتية. تصنف الأحاسيس الصوتية المدركة بصورة عامة إلى فئتين أساسيتين، هما الصفات الفيزيائية للصوت والجوانب الإدراكية الانسانية للصوت.

#### أ-2 الصفات الفيزيائية للصوت

أ-2/1 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-2/3 السعة : هي الفرق بين أقصى ضغط وأوطأ ضغط، ومن دراسة الموجة الجيبية الممثلة للموجة الصوتية، يتضح هذا المفهوم من الفرق بين أعلى وأوطأ قراءتين.

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

الطول الموجي = السرعة / التردد

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

أ-2/5 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-2/6 السرعة : تعني لسرعة التي تنتقل بها الموجة الصوتية، وهي تختلف بين وسط وآخر وتتأثر بدرجة الحرارة.

#### أ-3 الجوانب الإدراكية الانسانية للصوت

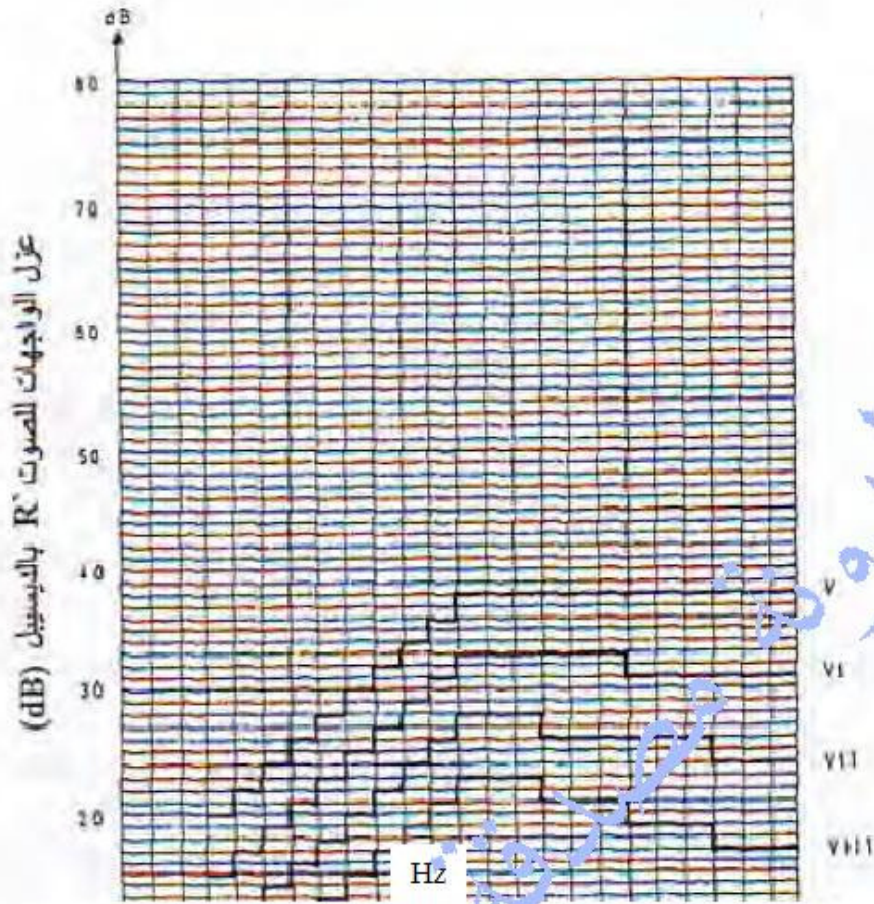
أ-3/1 الديسيبل: الوحدة الأساسية للمنسوب في الصوتيات هو الديسيبل (اختصاره هو dB) في الصوتيات، فإن مصطلح "المنسوب" يستعمل لكي يشير إلى قيمة المصدر، التي اما ان يتم تحديدها او اضافتها.

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

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

$$dB = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad (أ-3/1)$$





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

#### 3/4-10 المواصفات المعتمدة

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

#### 5-10 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).

### الجدول (13/4-10)

عزل الصوت الموصى به لواجهات مباني المكاتب

غرف تتسع لعدد من		غرف الموظفين		غرف الإدارة		منسوب ضغط الضوضاء خارج المبنى (dB) (L)
للحد الأدنى المقبول	للراحة الصوتية	للحد الأدنى المقبول	للراحة الصوتية	للحد الأدنى المقبول	للراحة الصوتية	
-	VIII 19	VIII *19	VII 24	VII 24	VI 29	$55 < L \leq 65$
VIII 19	VII 24	VII 24	VI 29	VI 29	V 34	$65 < L \leq 75$
VII 29	VI 29	VI 29	V 34	V 34	V 34	$L > 75$

\*dB19: تعني أن الحد الأدنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC- 19)

### 10-5/2/4 الفنادق

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

### الجدول (14/4-10)

عزل الصوت الموصى به لواجهات مباني الفنادق

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

\*dB34: تعني أن الحد الأدنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC- 34)

### 10-6/2/4 الخطوط البيانية

يبين الشكل (5/4-10) الخطوط البيانية ذات الرموز (V)، (VI)، (VII)، (VIII) التي تمثل العلاقة بين عزل



## 10-2/2 المدارس والاماكن التعليمية

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

### الجدول (12/4-10)

عزل الصوت الموصى به لواجهات مباني المدارس والاماكن التعليمية

المكان			منسوب ضغط الضوضاء (L) خارج المبنى (dB)		
			$L > 75$	$65 < L \leq 75$	$55 < L \leq 65$
غرف الطلبة	للراحة الصوتية		V	V	VI
			34	34	29
	الحد الأدنى المقبول		V	VI	VII
			34	29	* 24
غرف المحاضرات	تعليم عالي	للراحة الصوتية	V	VI	VII
			34	29	24
		الحد الأدنى المقبول	VI	VII	VIII
			29	24	19
	تعليم عادي	للراحة الصوتية	VI	VII	VIII
			29	24	24
		الحد الأدنى المقبول	VIII	VIII	-
			24	19	
غرف الموسيقى	للراحة الصوتية		V	V	VI
			34	34	29
	الحد الأدنى المقبول		V	VI	VII
			34	29	24

\* dB24 : تعني ان الحد الأدنى لصنف انتقال الصوت للواجهة يساوي (STC-24)

## 10-3/2 المكاتب

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

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

#### 10-2 عزل الواجهات للصوت

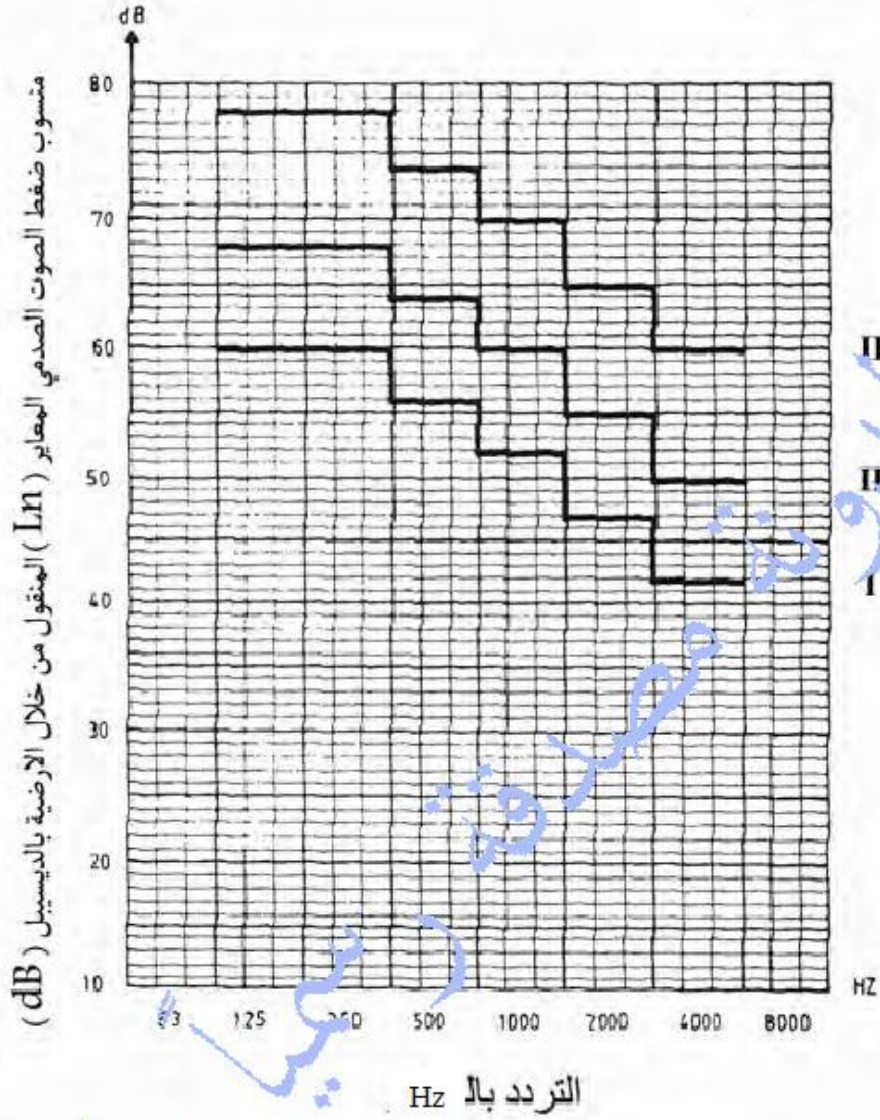
#### 10-1/2 المباني السكنية

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

#### الجدول (10-11/4)

#### عزل الصوت الموصى به لواجهات المباني السكنية

المكان			منسوب ضغط الضوضاء (L) خارج المبنى (dB)		
			$L > 75$	$65 < L \leq 75$	$55 < L \leq 65$
غرف النوم	للراحة الصوتية		V	V	VI
			34	34	*29
	الحد الأدنى المقبول		V	VI	VII
			34	29	24
غرف المعيشة	للراحة الصوتية		V	VI	VII
			34	29	24
	الحد الأدنى المقبول		VI	VII	VIII
			29	24	19
المطبخ	للراحة الصوتية		VII	VII	VIII
			24	24	19
	الحد الأدنى المقبول		VIII	VIII	-
			19	19	
غرف اللعب	للراحة الصوتية		VII	VII	VIII
			24	24	19
	الحد الأدنى المقبول		VIII	VIII	-
			19	19	
الحمامات	للراحة الصوتية		VII	VII	VIII
			24	24	19
	الحد الأدنى المقبول		VIII	VIII	-
			19	19	



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

الخاصة بمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير كحد أعلى مقبور

### 3/3-10 المواصفات المعتمدة:

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

### 4-10 معايير عزل الواجهات للصوت

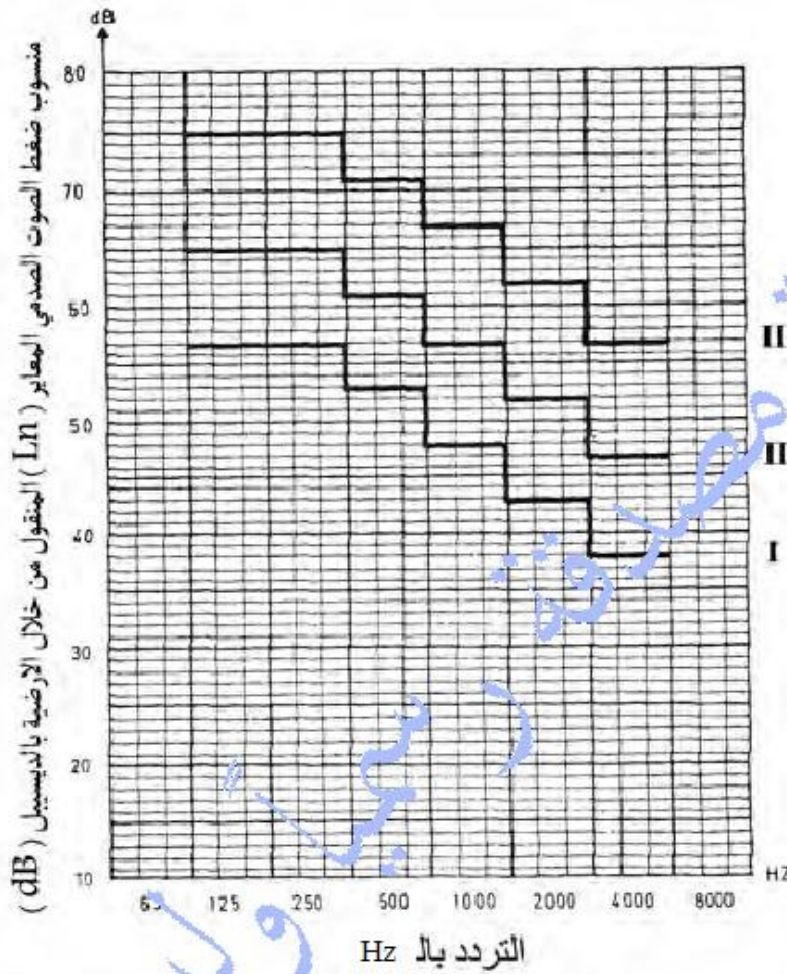
#### 1/4-10 عام

يرمز بالأرقام الرومانية (V)، (VI)، (VII)، (VIII) للخطوط البيانية التي تمثل علاقة عزل الواجهات



### 6/2/3-10 الخطوط البيانية

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



الشكل (3/3-10)

الخطوط البيانية (I) و (II) و (III)

الخاصة بمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير كحد اعلى

(2) يبين الشكل (4/3-10) الخطوط البيانية ذات الرموز (I) و (II) و (III) التي تمثل علاقة منسوب ضغط

الصوت الصدمي المعايير ( $L_n$ ) ، والمنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء السفلية للمباني بالتردد

كحد اعلى مقبول.

### الجدول (9/3-10)

عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء مباني الفنادق

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

\* 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) .

### 5/2/3-10 المستشفيات

يبين الجدول (10/3-10) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير  $L_n$  الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية - الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير  $L_n$  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

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

\* 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 المكاتب

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

الجدول (8/3-10)

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 أشخاص	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).

### 10-4/2 3 الفنادق

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

## 10-2/3 المدارس والاماكن التعليمية

يبين الجدول (10-7/3) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير ( $L_n$ ) الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير ( $L_n$ ) 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

المبنى التعليمية					الغرف العلوية / منسوب الصوت (dB)
غرف المطالعة	غرف المحاضرات	غرف الموسيقى	ملاعب الرياضة		
I	II	I	I	I	غرف المطالعة
49-46	49-46	47-54	47-54	47-54	
II	II	I	I	I	غرف محاضرات التعليم العالي
49-46	49-46	47-54	47-54	47-54	
III	III	I	I	I	غرف محاضرات التعليم العادي
39-36	39-36	47-54	47-54	47-54	
III	III	II	II	II	غرف الموسيقى
39-36	39-36	49-46	49-46	49-46	
III	III	II	III	III	ملاعب الرياضة
39-36	39-36	49-46	39-36	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 معايير انتقال الصوت الصدمي ( $L_n$ ) Criteria for Impact Sound Transmission

10-3/1 عام

يرمز بالأرقام الرومانية (I), (II), (III), (IV) للخطوط البيانية التي تمثل العلاقة بين مقدار منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير 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 المعايير المنقول خلال الارضية وبين التردد كحد اعلى مقبول.

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

10-3/2/1 الاعاني السكنية

يبين الجدول (10-3/2) الرموز الدالة على الخطوط البيانية لمنسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير ( $L_n$ ) الموصى به كحد اعلى لضمان الراحة الصوتية والخطوط البيانية لمنسوب الصوت الصدمي المعايير ( $L_n$ ) الموصى به كحد اعلى مقبول المنقول بواسطة الارضيات الفاصلة بين الاجزاء العلوية والاجزاء السفلية في المباني السكنية.

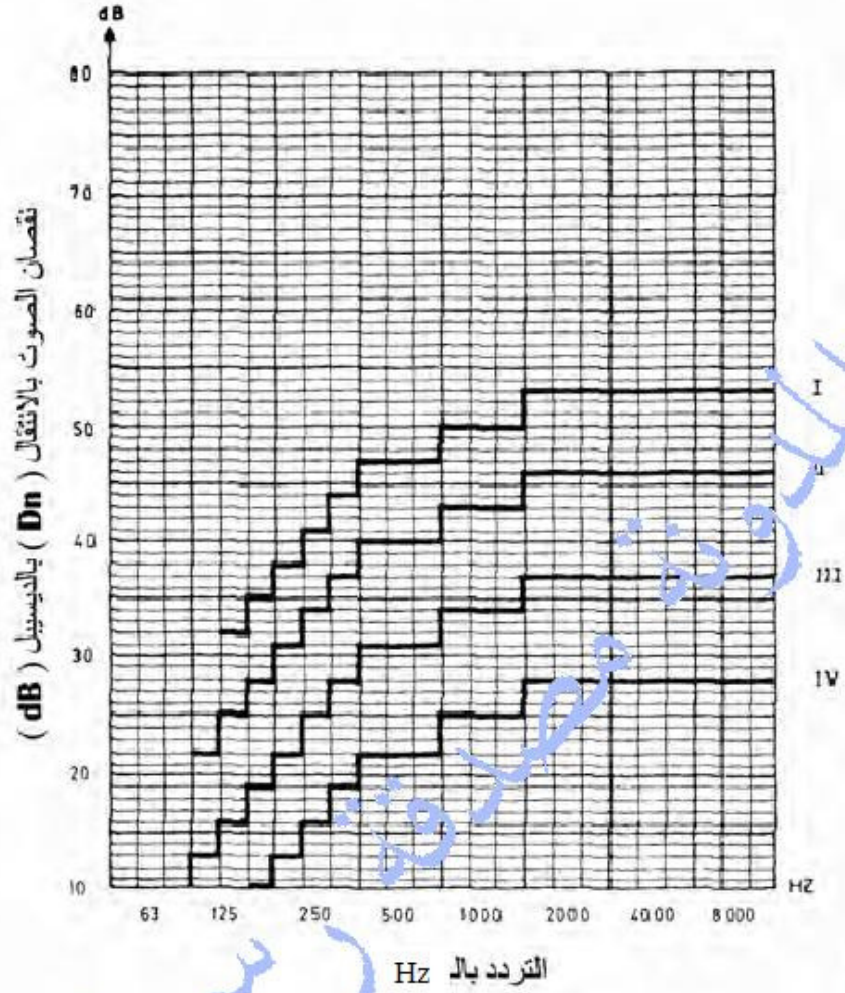
الجدول (10-3/2)

عزل الصوت الصدمي الموصى به للارضيات الفاصلة بين اجزاء المباني السكنية

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

\* 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) .





الشكل (2/2-10) الخطوط البيانية

(I)، (II)، (III)، (IV)

الخاصة بالحد الأدنى المقبول للراحة الصوتية

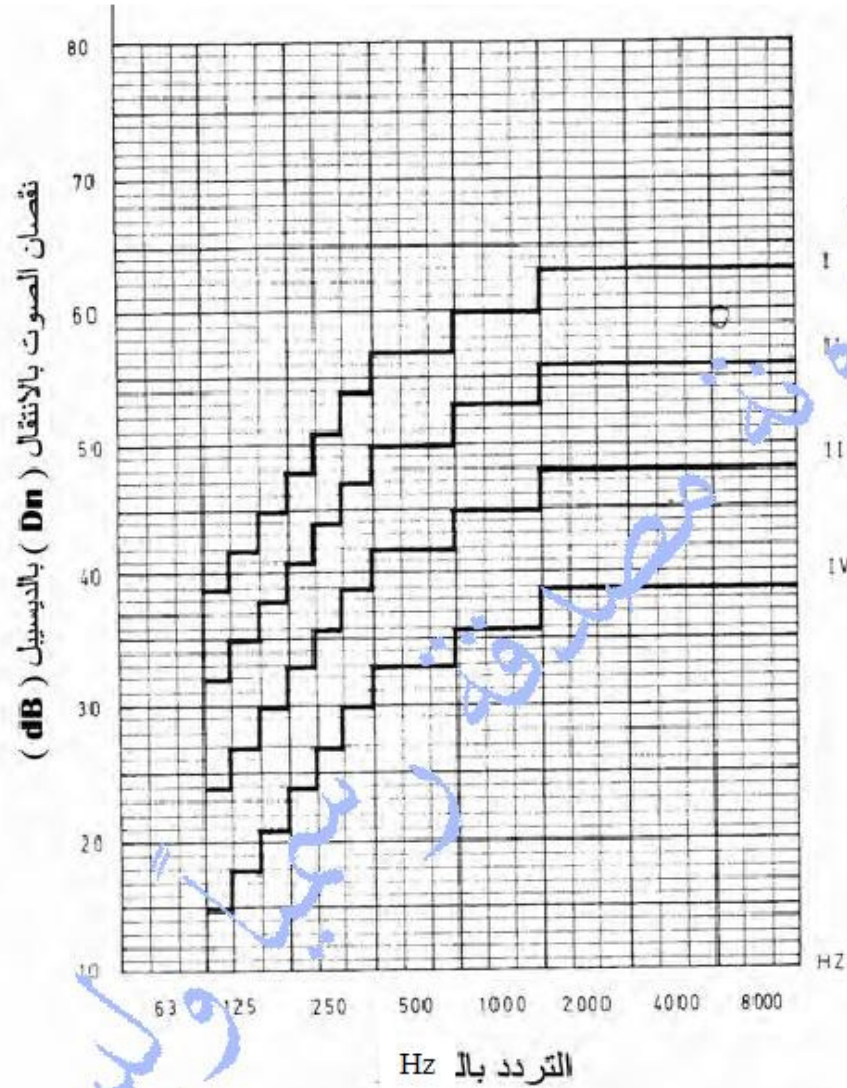
### 3/2-10 المواصفات المعتمدة

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



## 10-2/6 الخطوط البيانية

(1) يبين الشكل (10-1/2) 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 (10-1/2) 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.

## 10-5/2 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 الأدنى المقبول لتصنيف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10-5/2)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المستشفيات

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

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

#### 10-4/2/2 الفنادق

يبين الجدول (10-4/2) 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 الأدنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10-4/2)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني الفنادق

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

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

### 10-2/3 المكاتب

يبين الجدول (10-2/3) 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 الأدنى المقبول لتصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.

الجدول (10-2/3)

نقصان الصوت بالانتقال الموصى به للجدران الفاصلة بين اجزاء مباني المكاتب

منسوب الصوت (dB)				
المكاتب	مكتب لمدير	مكتب مستخدمى 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	-	-	-

\* (57-47) dB : تعني ان الحد الأدنى الموصى به لمقدار انتقال الصوت ( $D_n$ ) لذلك الجدار يساوي (57) لضمان الراحة الصوتية، وان الحد الأدنى المقبول لتصنف انتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (47-STC).



## 10-2/2 المدارس والاماكن التعليمية

يبين الجدول (10-2/2) الرموز الدالة على الخطوط لبيانبة 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 لتصنف 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 الموسيقى	ملاعب الرياضة	غرف المحاضرات		غرف المطالعة	
		تعليم عادي	تعليم عال		
II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40	II (50-40)*	منشآت اخرى
II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40	II 50-40	صحن لسلم والمصعد
III 42-31	IV 33-22	IV 33-22	IV 33-22	III 42-31	الممرات الداخلية
	I 57-47	I 57-47	I 57-47	I 57-47	غرف الموسيقى
-	III 42-31	I 57-47	I 57-47	I 57-47	ملاعب لرياضة
-	-	IV 33-22	III 42-31	II 50-40	غرف المحاضرات
-	-	-	III 42-31	II 50-40	
-	-	-	-	III 42-31	غرف مطالعة

\*  $dB(50-40)$  تعني أن الحد الادنى لمقدار نقصان انتقال الصوت ( $D_n$ ) لذلك الجدار يساوي (50) لضمان الراحة الصوتية، وإن الحد الادنى المقبول لتصنف انتقال الصوت لذلك الجدار يساوي (40-STC).

### الجدول (10-1/2)

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

سكني

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

\* (50-40) dB : 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)

## الباب العاشر

### توصيات العزل الصوتي للمباني

#### 1-10 تمهيد

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

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

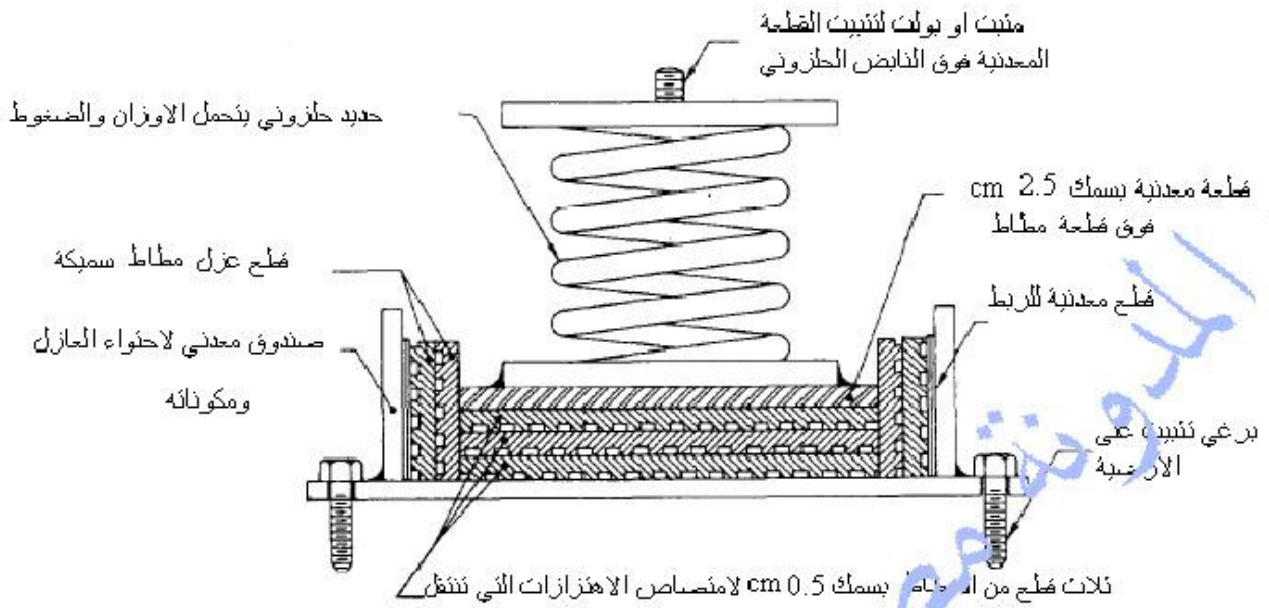
##### 10-2/1 عام

يرمز للخطوط البيانية التي تمثل العلاقة بين مقدار نقصان الصوت بالانتقال ( $D_n$ ) والتردد الصوتي بالأرقام الرومانية (I)، (II)، (III)، (IV). إذ يرمز كل رقم من هذه الأرقام الأربعة إلى خط بياني يمثل العلاقة بين مقدار نقصان الصوت بالانتقال وبين التردد الصوتي، والتي يجب أن تتوافر في الجدران الفاصلة بين أجزاء المباني كحد أدنى لضمان الراحة الصوتية.

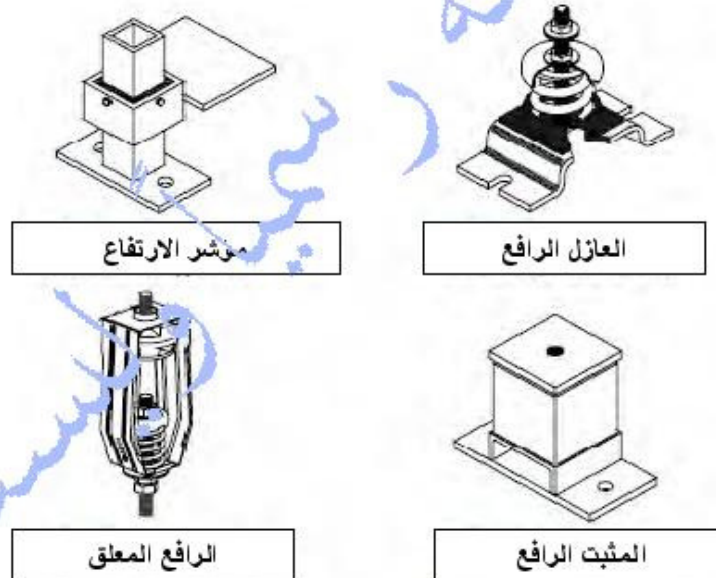
#### 10-2/2 نقصان الصوت بالانتقال الموصى به (Recommended Sound Transmission Loss ( $D_n$ ))

##### 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 أجزاء المباني السكنية. كما يبين الحد الأدنى المقبول لصنف انتقال الصوت (STC) لهذه الجدران.



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



الشكل (5/4-9) أنواع العوازل الاهتزازية [1، ص 6-B]

## 5-9 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



#### 9-4 أنماط العوازل الاهتزازية

يمكن تصنيف أنماط العوازل الاهتزازية الى :-

##### 9-4/1 الوسائد

يجب ان تصنع من المطاط او المواد اللدائنية المركبة مثل (نيوبرين) او الالياف الزجاجية المغلفة. والتي يستعمل لعزل اهتزازات الأجهزة الميكانيكية بثنيتها عند الاماكن المطلوبة مع مراعاة عدم تعريضها الى تأثير 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. لهذا تعمل الوسائد العازلة مع النابض لزيادة فعالية عزلها الاهتزازي وبسبك لا يقل عن 6 mm. وبالنسبة للنابض الحزوني لا بد من توفير قطر يصل الى 0.8 الى 1.2 مرة بقدر ارتفاعه بعد الانضغاط. ولغرض زيادة الامان فان النابض الحزوني يجب أن يكون تحت تأثير الانضغاط وليس الشد.

##### 9-4/3 الوسائد المغلفة

تكون فعالة في عزل الضوضاء المنقلة عبر المبنى من الانابيب والتأسيسات الصحية، وتكون بشكل طبقة واحدة او عدد من الطبقات التي تحيط بالانابيب، وتتمتع انتقل 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 المنقلة عبر المبنى. وسر ليس من المفضل تعرضها للانتقال بسبب قابلية فقدانها للخواص العازلة. ومادتها العازلة الكثيفة تعمل كطبقات عزل بين طبقات الجدران المتعددة وأن أكثر فعاليتها في عزل ترددات الصوت العالية.

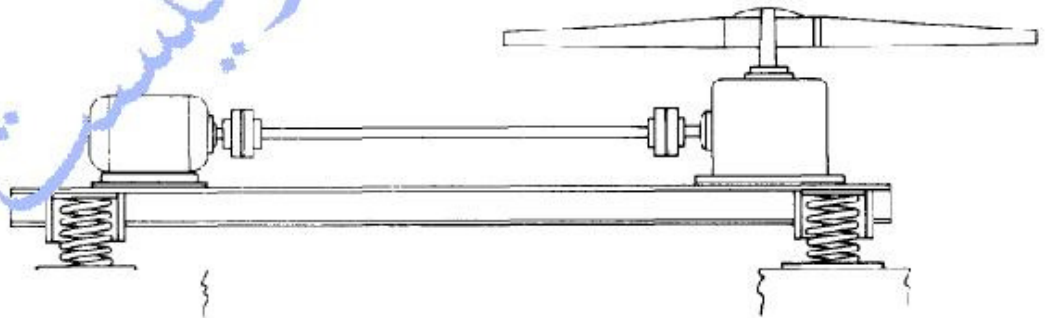
##### 9-4/5 النابض الهوائي

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

في الملحق (هـ). استعراض لعدد من العوازل الاهتزازية وخواصها الادائية واشكالها. [1، ص 1-3-8]

### 9-2/3 العوازل الاهتزازية لقواعد الآلات

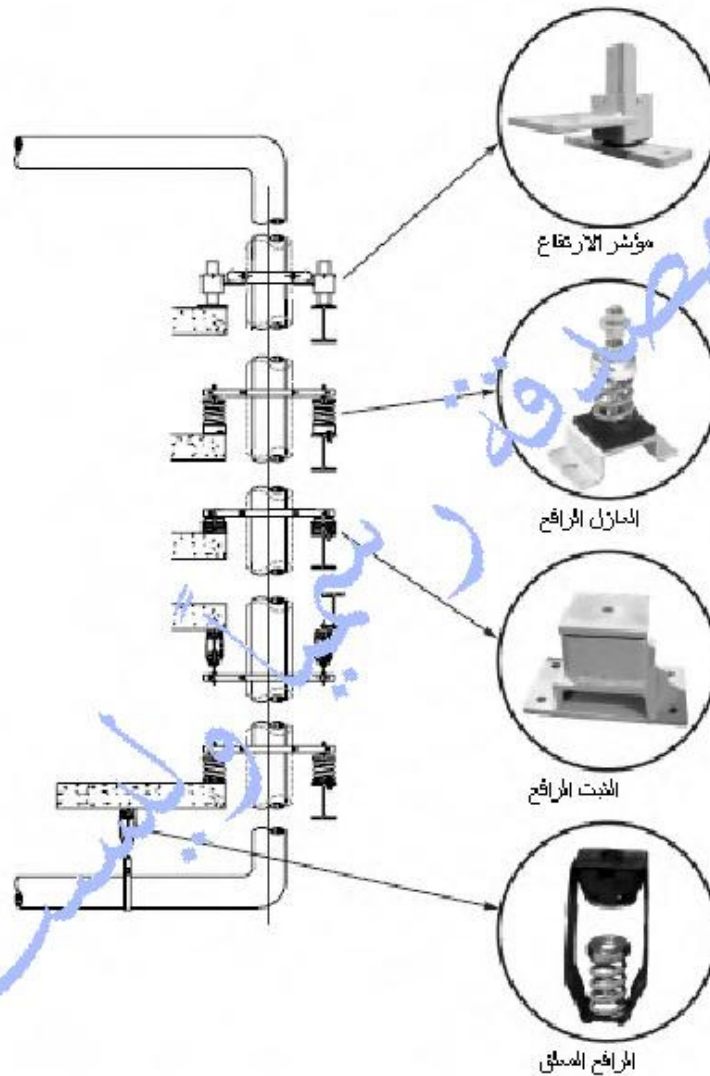
- تجهز قواعد الآلات بأسس سفلية من الخرسانة لا يقل ارتفاعها عن 150 mm ولجميع الأجهزة الميكانيكية المركبة على الأرض. تتركز الأسس التحتانية على الأرضية الإنشائية وتسليح بقضبان فولاذ وتوصل بقضبان تسليح الأرضية بواسطة قضبان رابطة مثنية على شكل خطاف في كلا الطرفين وتترك مسافة فاصلة لانتقل عن 50 mm بين الأسس 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 ملس.
- ينبغي أن يكون العزل مستقراً ومتزاناً في أثناء بدء تشغيل وإيقاف الجهاز و بدون أي حركة عرضية أو لامركزية للجهاز وذلك قد تؤدي إلى تلف أو تؤثر بشكل معاكس على الجهاز أو تثبيته.
- يكون لكل نظام عزل اهتزازي للتراكيب المثبتة ارضياً أو سقياً من الآلات حد أقصى للحركة الجانبية عند بدء التشغيل والإيقاف للجهاز قدره 6 mm . يتم الحد من الحركة الزائدة بواسطة نوع تراكيب (تثبيطات) مثل النوابض الحلزونية المعتمدة.
- يجب عزل جميع التوصيلات عزلاً صحيحاً سواء منها الكهربائية او توصيلات الصرف الصحي او توصيلات 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 تحملاً واسعاً منتظماً حتى لو كان ثقل الآلة غير موزع بالتساوي. [1، ص 9-12، 8]



استعمل النوابض الحلزونية في عزل اهتزازات مروحة المحرك في سقف المباني المرتفعة

الشكل (9-3/3) عوازل المرواح النبضية [1، ص 6-8]

- الوصلات المعدنية المرنة تكون من صلب غير قابل للصدأ وبأنبوب داخلي غير قابل للصدأ معرج وغلاف حامية خارجي من صغيرة أسلاك غير قابلة للصدأ مع شفة صلب ثابتة.
- تكون وصلات تمدد الأنابيب من مطاط ذي تحمل عالٍ EFDM مع لفائف تسليح مفردة محمية ضد التآكل من أسلاك صلب ولها شفة ظهر من صلب طرى خلف الوجه المرفوع للمطاط.
- تعزل الأنابيب التي تتصل بالآلات المثبتة على عوازل الاهتزاز بواسطة طبقة مطاطية مزدوجة مستعرضة أو بواسطة أدوات تعليق أنابيب من النوع الحلزوني. [1، ص 9-12]



الشكل (2/3-9) العوازل الاهتزازية للأنابيب والتأسيسات الصحية [1، ص 5-B]



### 9-3 آليات العزل الاهتزازي

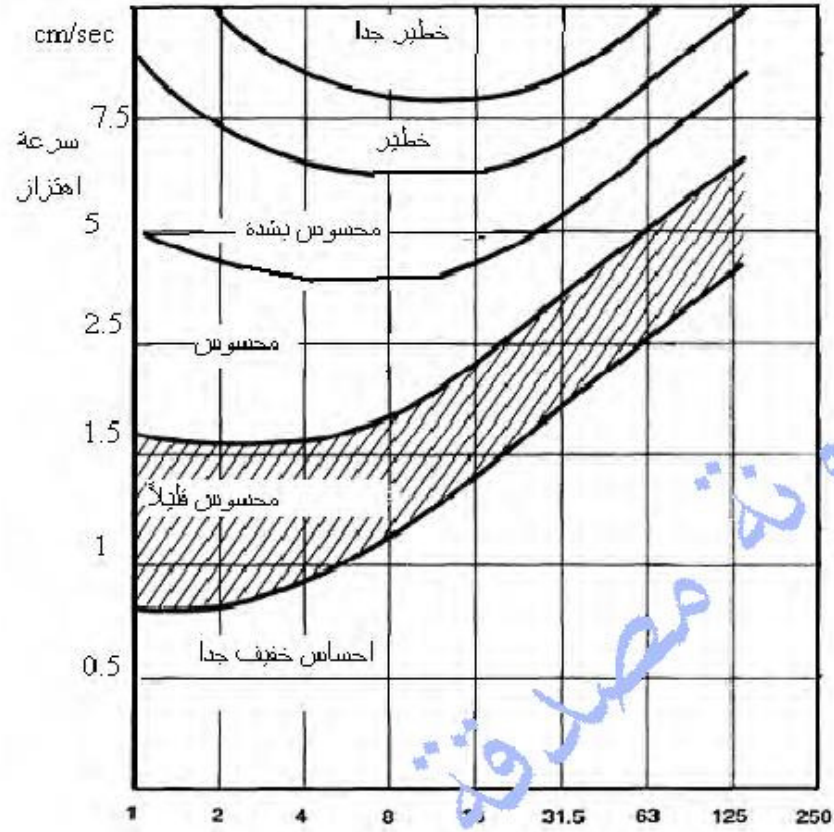
يجب ان توفر كل العوازل صفات عزل الاهتزاز المطلوبة. كما يجب ان تكون مناسبة لنمط العمليات التي تؤديها والظروف البيئية الخاصة التي تعمل فيها. ان الضوابط التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند التعامل مع العزل الاهتزازي هي:-

- 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 ان ينتج من اختيار العازل تحميل وانحراف منتظمين حتى لو كان وزن المعدات أو نقلها غير موزع بالتساوي.
- تكون العوازل قائمة بذاتها، أو ثابتة نبضية مع ضبط الاستواء، ويثبت النابض بواسطة اللحام فيما بين لوح الحمل العلوي المنقب 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 مرتبط، بدعام 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، وتثبت لوح القاعدة الصلب في المكان.
- تتركب مراوح الطرد المركزي والمحركات على قاعدة تثبت بكاملية من الصلب الإنشائي مع قضبان انزلاق للمحرك مثبتة وقابلة للضبط وذات صلابة مناسبة لمقاومة زخم لي لمحرك وشد السير (السحب) وتتركب القاعدة على عوازل نبضية.
- تتركب اجهزة تكييف الهواء تتركب على عوازل نبضية و وسادة خرسانة مرفوعة.
- تثبت جميع الاجهزة الأخرى على وسائد. [1، ص7، 10-8]

### 9-1/3 العوازل الاهتزازية للانابيب والتأسيسات الصحية

- يثبت أنبوب مرن عند كل التوصيلات بالمضخات أو بأي معدات أخرى دوارة أو أمام أخرى موصلة بالرسوم. تصنع لوصلات من مواد مناسبة لدرجات حرارة التشغيل وضغط السائل الذي ينقل من خلالها.
- يتركب الانبوب المرن الخاص بالاجهزة الدوارة في وضع أفقي وموازياً للأعمدة الأفقية لصمامات الغلق في جانب الاجهزة، وتتركب أداة تثبت في نظام تمديدات الانابيب مجاورة للوصلات المرنة.
- يصمم الأنبوب المرن على درجة حرارة تشغيل 32 ° درجة مئوية، وضغط تشغيل لا يقل عن 0.8 MPa ميجاباسكال أو 150 % من ضغط تشغيل النظام أيهما أكبر.





الشكل (9-2/1) استجابة الانسان التقريبية لمناسيب اهتزاز المباني [1، ص 3-5]

### 9-2/3 معايير الاهتزاز للأجهزة الخاصة

يمكن ان يشكل اهتزاز المباني تأثيراً في تشغيل الأجهزة الخاصة والتي لها تحسس للاهتزازات. 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 الالة ذات الاستعمالات الخاصة.

## الباب التاسع السيطرة على الاهتزازات

### 9-1 تمهيد

يتناول الباب التاسع دور الاهتزازات في ضوضاء المباني وتأثيرها السلبي على المبنى والمستفيدين منه. مع توفير لبرز 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 تنشأ من اهتزاز مكونات المبنى.

### 9-2/1 معايير الاهتزاز للمستفيدين

يظهر الشكل (9-2/1) استجابة انسان التقريبية لمناسيب اهتزاز المباني. تبدأ الاستجابة للاهتزاز من منحنى (عتبة الاحساس). كما يؤثر الشكل استجابات انشائية 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 الاولى من معدل عتبة الاحساس تلائم الاماكن التجارية، اما في الاماكن لسكنية 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 ومخلفاتها 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. وقيمة مقبولة للاهتزازات 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 انشائي. 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 لسطوح. ولضمان عدم حدوث الاضرار السطحية فان قيمة 0.56 cm/sec هي المعتمدة. اما للمباني القديمة فيجب ان لا تتجاوز قيمة الاهتزازات الواصلة اليها 0.05 cm/sec [1، ص 2-5]

### الجدول (11/7-8)

مناسيب الضوضاء المسموحة في غرف الآلات والاجهزة في المباني السكنية [2، ص 290]

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

\*ملاحظات تخدم الجدول (10/7-8)

- 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 المبني وبمسافة 0.9 m عن نافذة مفتوحة بشكل كامل .
- القياسات يجب ان يتم الحصول عليه 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



### الجدول (8-6/9)

علاقة سمك مادة الممر الهوائي بنقصان الصوت بالانتقال [2، ص 293]

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

7-8 مناسب الضوضاء المتوقعة من المكنات والمعدات

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

### الجدول (8-7/10)

مناسب الضوضاء المسموح بها للمعدات الميكانيكية المقاربة من المباني [2، ص 291]

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



## 8-6/2 سرعة المراوح

كما تقدم فان زيادة سرعة المراوح تتسبب في زيادة مناسب الضوضاء ولهذا فان سرعة المراوح يجب ان تكون محددة بمقاييس ثابتة للوصول الى مناسب ضوضاء مقبولة في المباني. والجدول (8/6-8) يوضح الحدود القصوى لسرعة المراوح. [2، ص 293]

### الجدول (8/6-8)

الحدود القصوى لسرعة المراوح [2، ص 293]

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

## 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. ان 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)

$$L_p = L_w - TL - 10 \log (A F / 4 A_d) \quad (2/6-8)$$

حيث:-

$L_p$  = منسوب ضغط الصوت في الفضاء الداخلي (dB)

$L_w$  = منسوب قدرة الصوت في ممر الهواء (dB)

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

$A$  = امتصاص الصوت ( $\text{Sabin/m}^2$ )

$F$  = مساحة مقطع الممر الهوائي ( $\text{m}^2$ )

$A_d$  = مساحة السطح ( $\text{m}^2$ )

## 8-6 حسابات الضوضاء في أنظمة توزيع الهواء

### 8-6/1 حسابات توليد الضوضاء من المراوح

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

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

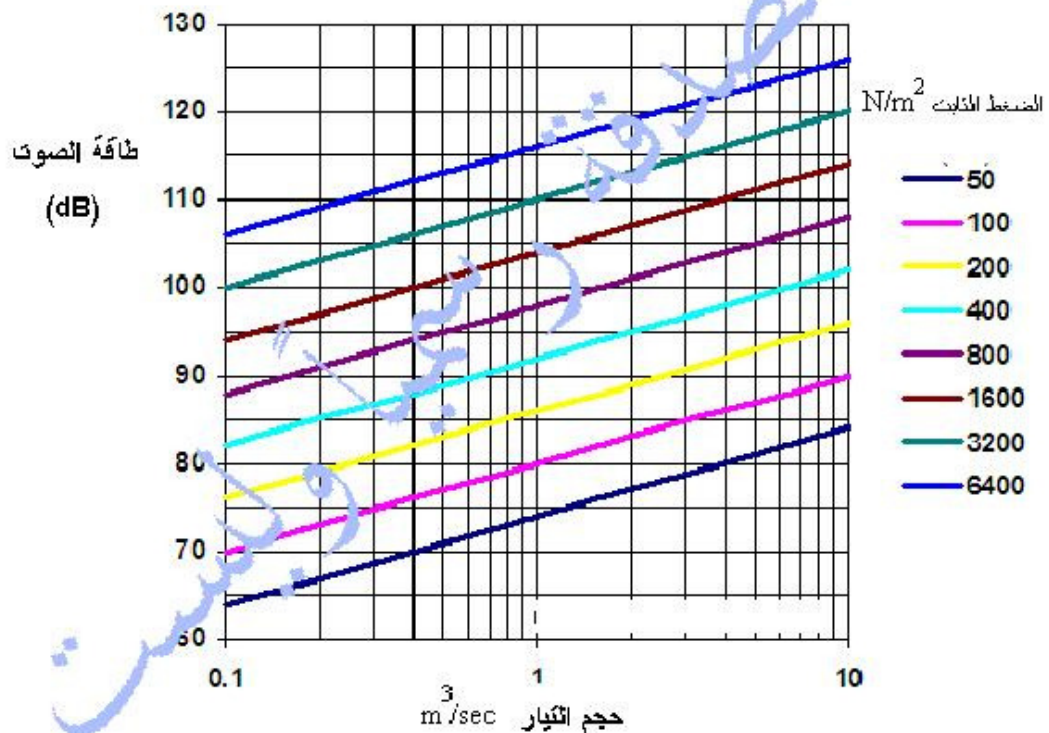
$$L_w = 94 + 20 \log(S) - 10 \log(Q) \quad (8-6/1)$$

حيث:-

$L_w$  = منسوب طاقة الصوت بل dB

$S$  = قدرة طاقة لدحرك بال Kv.

$Q$  = حجم الدفع ( $m^3/sec$ )



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

الجدول (7/5-8)

طرائق توهين ضوضاء الانابيب والتاسيسات الصحية. [1، ص 99]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
<ul style="list-style-type: none"> <li>• انابيب نقل الماء</li> <li>• مجاري تصريف الماء والاطار</li> <li>• التراكيب الصحية والتراكيب المساعدة</li> </ul>	<p>1- سرعة جريان الماء، الضغط الشديد للماء على الانابيب.</p> <p>2- المطرقة المائية، بسبب الاندفاع المفاجي للماء.</p> <p>3- ضوضاء مضخات الماء.</p> <p>4- ضوضاء الاجزاء المكسورة من المعدات الصحية.</p> <p>5- تمدد وتقلص انابيب الماء.</p> <p>6- تدفق المياه من الحمامات، المغاسل، مجففات الملابس.</p> <p>7- دخول الهواء في تاسيسات الماء.</p>	<p>1- ابعاد مصادر الضوضاء قدر الامكان عن الاماكن الهادئة في المبنى.</p> <p>2- تقليل انتقال الضوضاء من التاسيسات المائية الى هيكل المبنى باستعمال مواد مرنة (كالمطاط او اللدائن او غيرها) وغيرها بين الهيكل الانشائي والانبوب .</p> <p>3- في حالة ضرورة ارتباط الانابيب بالهيكل الرئيس للمبنى فيفضل ان يرتبط بعناصر انشائية قوية (جدران حاملة او هياكل اساسية ) وليس بقواعد المبنى.</p> <p>4- التراكيب الصحية، كالحمامات، الماسل يجب ان توضع على وحدات مرفوعة او ارضية مصمتة (قلين، مطاط، صوف معدني وغيرها).</p>

#### 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، ص 94]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
الانارة	الضوضاء التي تنتجها هذه الوحدات قليلة نسبيا ما عدا لارة المستشع التي تسبب نوعاً من الضوضاء المزعجة، وخصوصا عند وضعها قرب النافذ، 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 والتأسيسات الصحية.



#### الجدول (4/5-8)

طرائق توهين ضوضاء الآلات [1، ص 92]

مصدر الضوضاء	انتاج الضوضاء	طرائق توهين الضوضاء
ماكينة 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 بسبك 10 mm على الارضية التي تثبت عليها المولدة. 4- استعمال الارضيات الخرسانية المرفوعة.

#### 3/5-8 توهين ضوضاء المصاعد والسلالم المتحركة

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

#### الجدول (5/5-8)

طرائق توهين ضوضاء المصاعد والسلالم المتحركة [1، ص 94]

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 والمرازن. 2- عزل غرفة محرك المصعد، وكذلك استعمال موهنات صوتية لحركة الاسلاك المعلقة. 3- استعمال عجالات 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.

### الجدول (3/5-8)

طرائق توهين ضوضاء وحدات التبريد والتهوية [1، ص 96-99]

مصدر الضوضاء	إنتاج الضوضاء	طرق توهين الضوضاء
<ul style="list-style-type: none"> <li>- مكيفات الهواء</li> <li>- وحدات التبريد</li> <li>- المروحة</li> <li>- الوحدات السقفية</li> <li>- الوحدات الصندوقية</li> <li>- وحدات التبريد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- المراوح الداخلية و المحركات والمكثفات والمضخات وغيرها.</li> <li>2- سرعة تيار الهواء .</li> <li>3- ترددات غطاء المروحة .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- استعمال موهنات صوتية تحيط بالمصدر الصوتي (المروحة).</li> <li>2- استعمال موهنات صوتية تغلف ممرات الهواء لأنظمة التكييف.</li> <li>3- استعمال أحزمة موهنة صوتياً حول ممرات الهواء.</li> <li>4- استعمال نوابض مصممة لتثبيت ممرات الهواء.</li> <li>5- استعمال أرضيات طائفة وموهنات خافضة للضوضاء.</li> <li>6- إحاطة وحدات التبريد بهياكل جدارية موهنة للصوت.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- أبراج التبريد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- حركة المروحة الداخلية.</li> <li>2- دوران الماء بعد الاشتغال.</li> <li>3- ضوضاء حركة الماء في الانابيب.</li> <li>4- سريان تيار الهواء عبر الوصلات والفتحات الداخلية.</li> </ul>	

### 8-2/ توهين ضوضاء الآلات

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

#### 8-4 توهين مسار انتقال الضوضاء

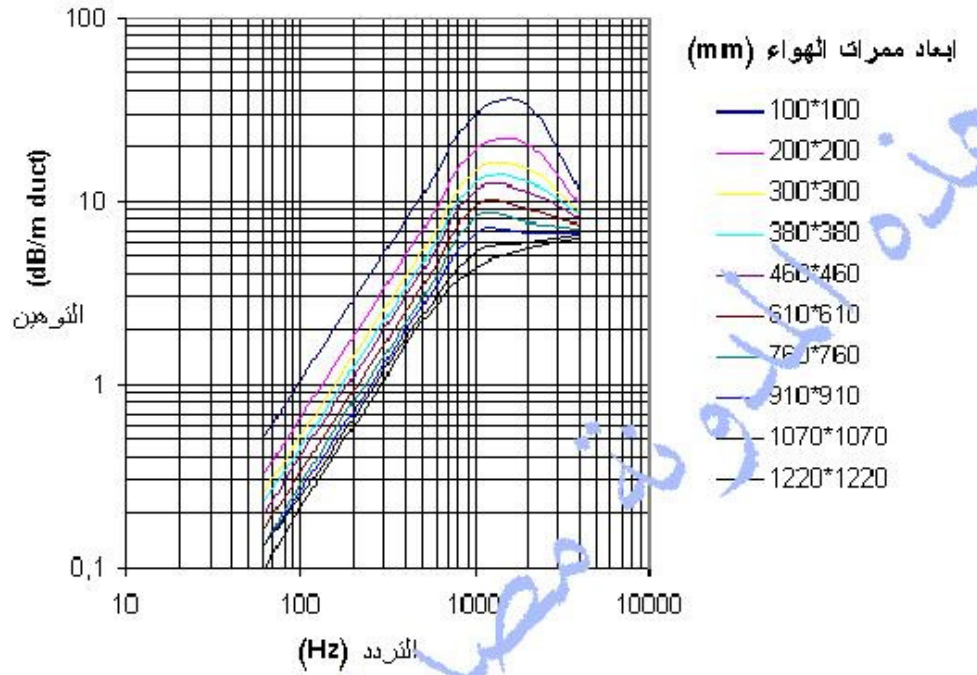
- تنتقل بعض انماط الضوضاء عبر ممرات مثل السلالم، وممرات الانتقال بين الفضاءات وممرات التهوية والتبريد وغيرها، وللحصول على توهين ضوضائي مناسب يتم اتباع ما يلي:
- 8-4/1 استعمال الارضيات المرفوعة والعوازل الصوتية في الجدران والارضيات والسقوف.
  - 8-4/2 منع انتقال الضوضاء الخارجية الى داخل المبنى عن طريق 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 مناسب الضوضاء المنقولة عبرها الى فضاءات المبنى. [4]

#### 8-5 طرائق توهين الضوضاء لامتداد الآلات والأجهزة

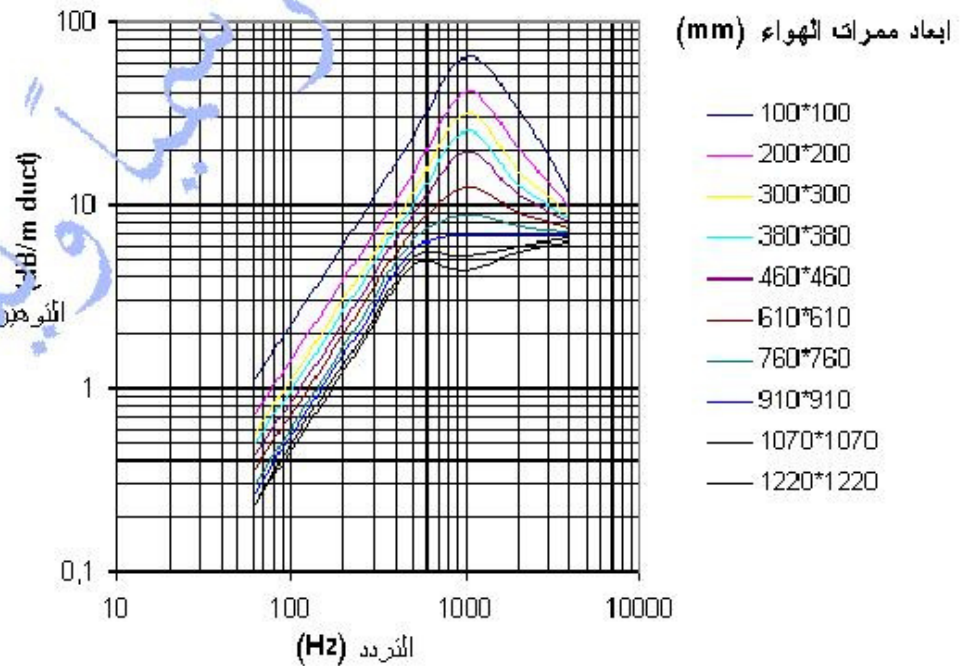
##### 8-5/1 توهين ضوضاء وحدات التبريد والتهوية

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 (8-5/3). [1، ص96]

توهين الصوت في ممرات الهواء المبطنّة بمادة ماصة بسمك 25 mm



التوهين الصوتي في ممرات الهواء المبطنّة بمادة ماصة للصوت بسمك 50 mm



الشكل (3/3-8) تأثير زيادة سمك مادة التبطين الماصة للصوت في

تقليل مناسب الضوضاء في ممرات الهواء [3]



### الجدول (2/3-8)

تأثير الاحاطة الصوتية في تقليل مناسب ضوضاء الآلات [2، ص 292]

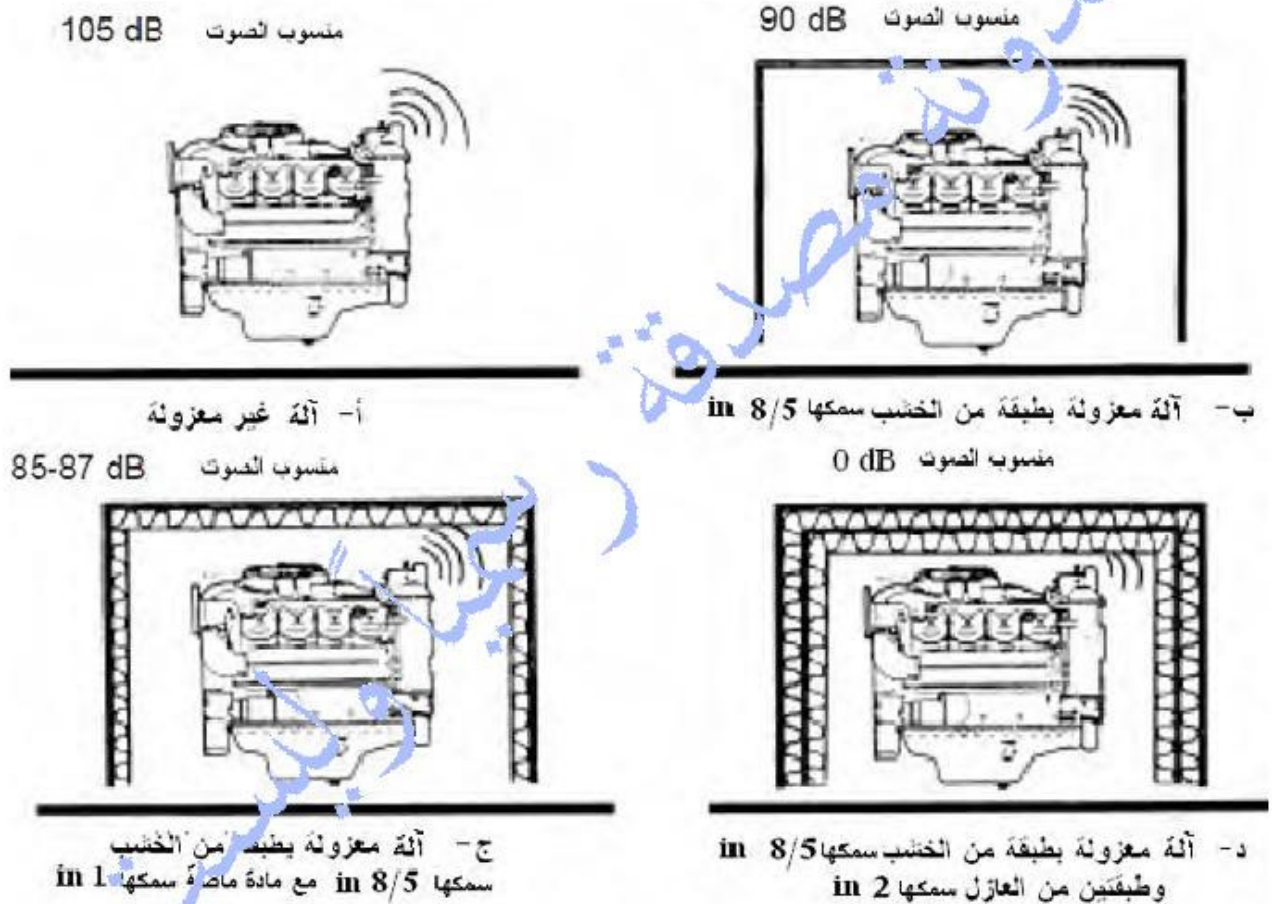
الاحاطة الصوتية	توهين منسوب الصوت (dB)
1 الآلة لوحدها بدون اي احاطة او حاجز	0
2 الآلة على العازل الاهتزازي	$\approx 2$
3 الآلة مع الحاجز	$\approx 5$
4 الآلة مثبتة في احاطة تامة	$\approx 25-20$
5 الآلة مثبتة في احاطة تامة مع تبطين بمواد ماصة في الجدران الداخلية على عازل اهتزازي	$\approx 45-40$

### 3/3-8 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 لنقط المسارات الصوتية المنبعثة منه وتُحجب جزءاً من الطاقة الصوتية لتوفير منطقة ظل الصوت. وأكثر استعمالات الحواجز الصوتية في ممرات الهواء Ducts وانابيب المياه التي تنقل الضوضاء هوائياً. فنقل هذه الحواجز الضوضاء بحدود (10-20 dB). انظر الشكل (3/3-8) تأثير زيادة سمك مادة التبططين الماصة لممرات الهواء في تقليل مناسب الضوضاء. [1، ص 99]

## 8-2/3 الاحاطة الصوتية

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



الشكل (8-2/3) تأثير الاحاطة الصوتية لآلة في تقليل مناسب

الضوضاء [3]

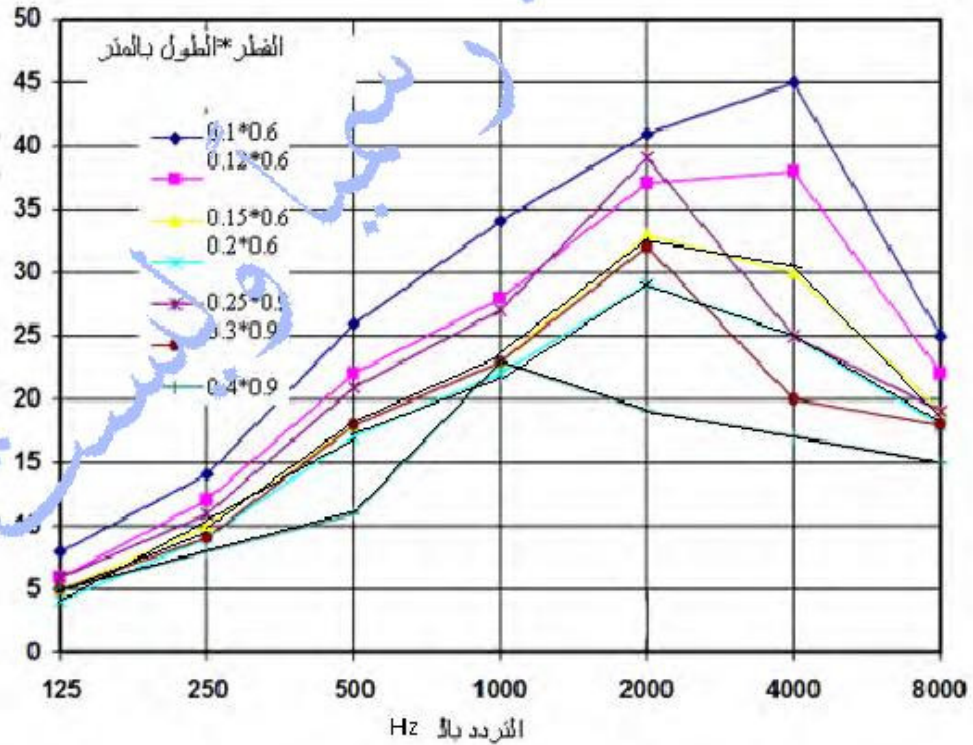
الجدول (1/3-8)

نقصان الصوت الفعال (dB) للخافضات الصوتية الماصة المختلفة [2، ص 291]

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

نقصان الصوت

الفعال dB



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

#### 8-4/1 الحركة العمودية

- المصاعد
- السلالم المتحركة
- 8-2/2 مصادر الضوضاء الخارجية
  - المعدات الخارجية
  - آلات توزيع الهواء
  - مراوح سحب الهواء
  - مكثفات التبريد
  - آلات التبريد والهوية المنفصلة [1، ص85]

#### 8-3 توهين ضوضاء المكان والمعدات عند المصدر

إن تقنية توهين منسوب الضوضاء عند مصدرها تعتبر الأكثر فعالية وتقسّم الى عدة طرائق وهي الخافضات الصوتية الماصة Silencers، والاحاطة الصوتية Acoustical enclosure، واستعمال الحواجز الصوتية Screen

#### 8-1/3 خافضات الصوت الماصة Silencers

وهي عبارة عن مواد ماصة قوية ذات اشكال هندسية معينة تخفف مستوى الضوضاء. اذ تعمل المواد الماصة على توهين الصوت لمدى واسع من الترددات وتختلف استعمالاتها بحسب الطبيعة الادائية للآلات والجهزة، وتكون اكثر استعمالا 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.

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

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 الفعّل للخافضات الصوتية الماصة المختلفة. [1، ص96]



## الباب الثامن

### توهين ضوضاء الأجهزة والتراكيب الخدمية

#### 8-1 تمهيد

تسهم السيطرة على الضوضاء الناتجة من الأجهزة الخدمية مثل الأجهزة الميكانيكية والإلكترونية والتأسيسات الحرجية في تحسين البيئة الصوتية للمباني ويجب ان تتكامل مع باقي مراحل التصميم. في هذا الباب سنتناول أبرز الطرق المستخدمة في توهين ضوضاء الأجهزة والتراكيب الخدمية، ومناسيب الضوضاء المقبولة الناتجة من عمل الآلات والأجهزة.

#### 8-2 مصادر ضوضاء الأجهزة والتراكيب الخدمية

##### 8-2/1 مصادر الضوضاء الداخلية

##### 8-2/1/1 نظام التهوية والتبريد المركزي

- ضوضاء المراوح 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

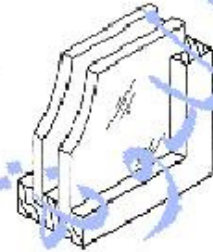
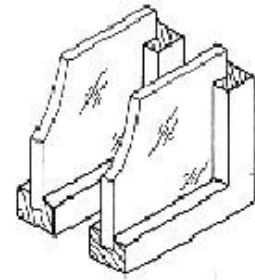
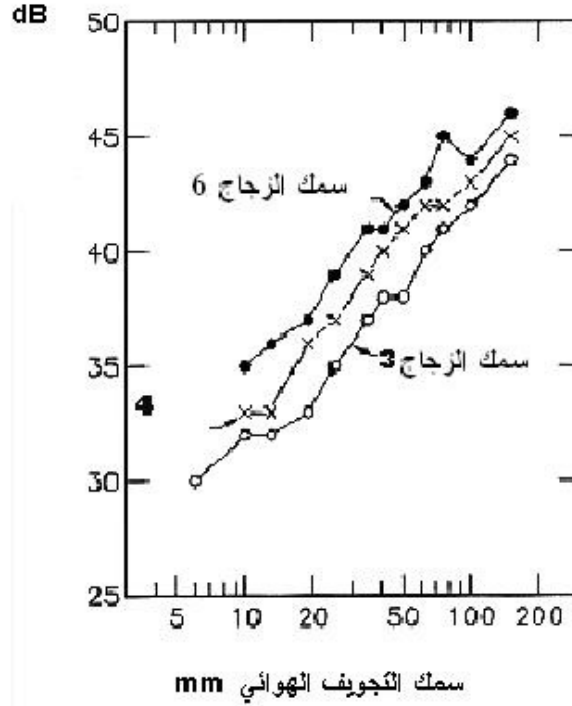
- خدمات الانابيب
- مضخات الماء الحار
- ضوضاء تيار الماء في الانابيب
- المطرقة المائية
- ضوضاء وحدات التأسيسات الصحية

##### 8-2/1/3 المعدات الإلكترونية

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

- [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/AFJMA17-32-1090 " *Unified Facilities Criteria (UFC) Noise and Vibration Control*" Washington D.C, 2003

العزل الصوتي



الشكل (7-9) تأثير زيادة سمك الزجاج والتجويف

الهوائي في زيادة العزل الصوتي للشباك [5]

3/5/3-7 القواطع المتحركة

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

- الملاءم بالغاز: بعض أنماط زجاج النوافذ والشبابيك ذات الطبقات المزدوجة تملأ بغازات مثل الأرجون والزينون و سداسي فلوريد الكبريت. وهو ما يحسن العزل الصوتي في الترددات العالية ولكن في الترددات الصوتية التي تقل عن 250 Hz لن تحقق تأثيراً يذكر وبما أن معظم ترددات ضوضاء المرور هي ضمن نطاق الترددات المنخفضة فإن استعمال زجاج متعدد الطبقات ذي غازات بينية ليست له فاعلية عالية للعزل الصوتي للشبابيك.
- إطارات الشبابيك: التثبيت المحكم لإطارات الشبابيك مع جدران المبنى ومع زجاج الشبابيك مطلوب لتحقيق العزل الصوتي ومنع دخول مياه الأمطار للمبنى ويكون الضعف في الإطارات بسبب عدم المطابقة في المواصفات أو عدم التثبيت المحكم أو بسبب هطول البناء بعد فترة من إنشائه.

1) شباك نمطي بدون عزل سمك الزجاج 3 ملم	Frame Glass Jamb	STC 20
2) شباك نمطي مع شريط عازل للمياه سمك 3 ملم	Weatherstripping	STC 27
3) شباك مغلق مع سمك زجاج 3 ملم	Molding Jamb	STC 29
4) شباك نمطي مكون من طبقتين من الزجاج سمك 3 ملم وطبقة هواء 13 ملم	Airspace Glass	STC 30
5) شباك مغلق مكون من طبقتين من الزجاج سمك 3 ملم وطبقة هوائية 25 ملم		STC 35

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

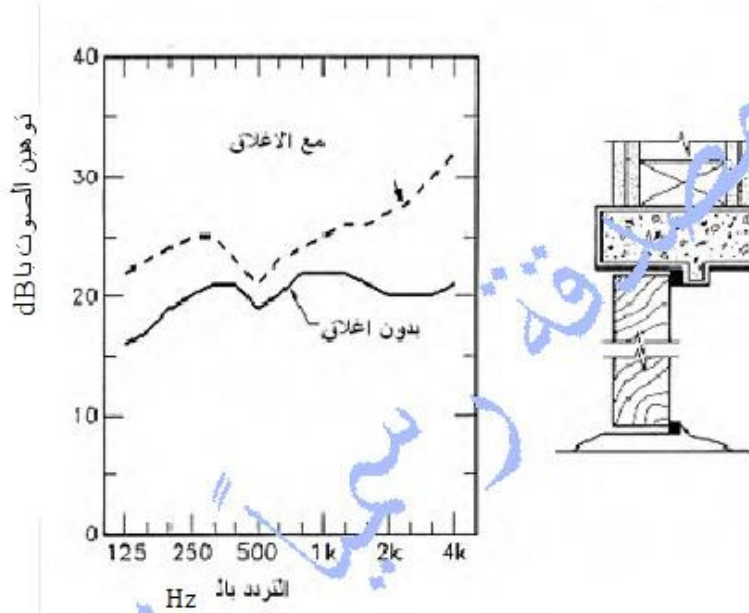


3/4/3-7 السقوف المعلقة الصوتية تحسن من توهين الضوضاء المنقولة عبر السقف والهواء، ومدى توهين الصوت يعتمد على وزن السقف المعلق ودرجة توهين الصوت للمادة المستعملة في الانهاء.

### 5/3-7 العزل الصوتي للابواب والشبابيك والقواطع المتحركة

#### 1/5/3-7 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]


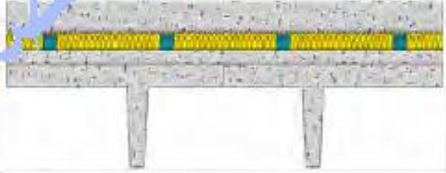



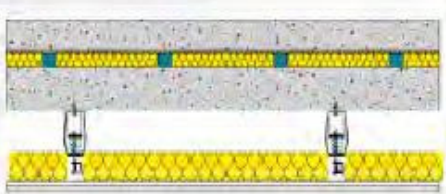
### 2/5/3-7 النوافذ والشبابيك

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 أنظمة التهوية الميكانيكية. ويمكن تحسين العزل الصوتي للنوافذ والشبابيك من خلال :

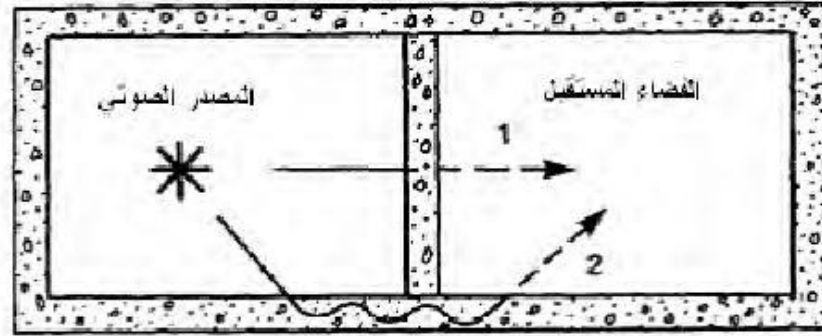
- السمك: إن زيادة سمك الزجاج تحسن كتلة وصلابة الزجاج فيزداد العزل الصوتي له.
- التجويف الهوائي: لا يؤثر التجويف الهوائي بين طبقات الزجاج الا اذا كان بسمك مناسب مع تنوع

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

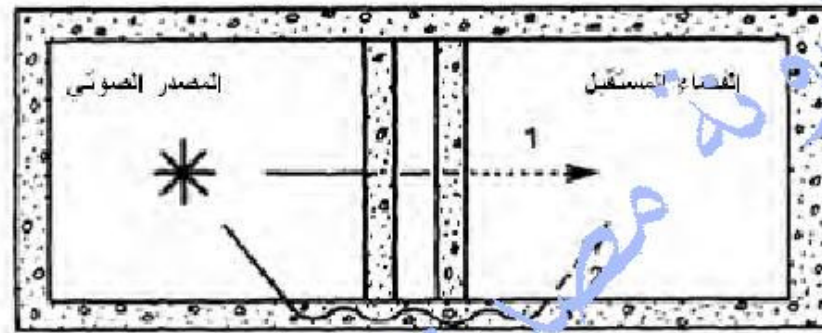
7-4/3 2 الارضية المرفوعة تزيد من توهين الضوضاء المنقلة عبر البناء والهواء. ويمكن ان تعزز بطبقات مستمرة من العوازل الماصة للصوت التي يمكن ان تثبت بشكل مباشر بين طبقات الارضية المرفوعة او على كراسي عازلة لانتقال الصوت بين طبقات الارضية بشكل محكم. تستعمل مادة الخرسانة في طبقات الارضية مع ملاحظة التداخل الجيد لحافات الارضية مع الجدران والتأكد من وجود العزل الكامل بين طبقتي لخرسانة الانشائية والمرفوعة. الشكل (7-6/3) يوضح انماط من الارضيات ودرجة مريحها للصوت. [10، ص 4-19]

المقاطع	IIC	STC	المواصفات
	24	54	صبية خرسانية 5 cm تشكيل خرساني بعمق 16 cm
	70	73	صبية كونكريتية سمك 5 cm عوازل من مواد ماصة صوت زجاجي تشكيل خرساني بعمق 16 cm
	25 27	49 53	صبية خرسانية 10 cm صبية خرسانية 16 cm
	54	62	صبية خرسانية سمك 8 cm و عوازل اهتزازية وديسوف زجاجي سمك 6 cm وكرايب ثلثية
	62	72	صبية خرسانية سمك 10 cm عازل مع صوف زجاجي 3 cm صبية خرسانية 16 cm
	82	94	صبية خرسانية سمك 10 cm عازل مع صوف زجاجي 3 cm صبية خرسانية 16 cm نوابض حثرونية اهتزازية صوف زجاجي 4 cm الواح بياض انهاءية

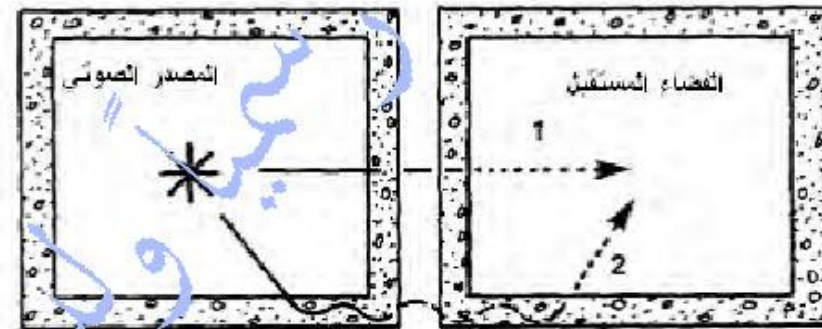
الشكل (7-6/3) أنماط من الارضيات المرفوعة ذات عوازل صوتية [10، ص 4-20]



جدار منفرد



جدار مزدوج



ترتيب إنشائية مقصدة

الشكل (5/3-7) انتقال الصوت عبر ممرات الانتقال في الجدران

والارضيات [10، ص 4-5]

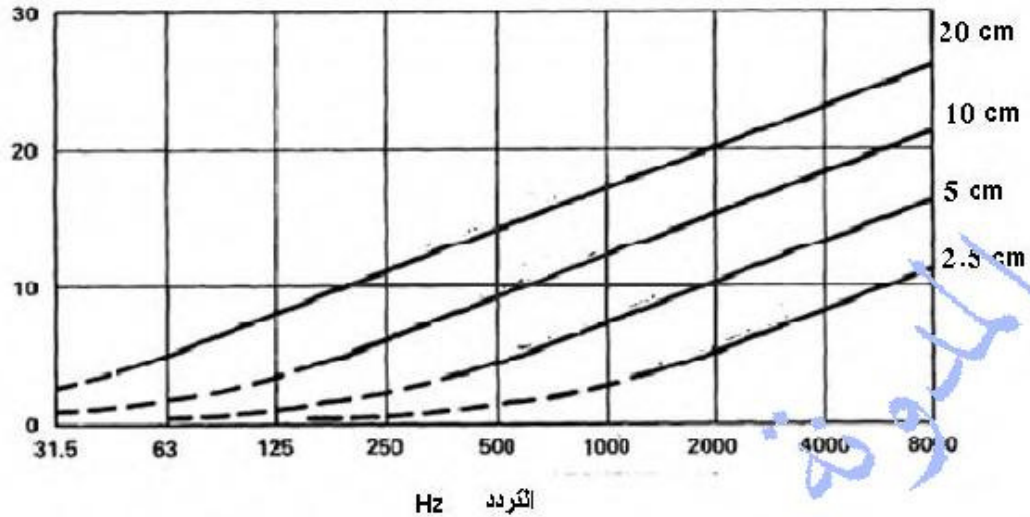
#### 4/3-7 نقصان الصوت بالانتقال في الارضيات والسقوف

يتم تثبيت العديد من الآلات والاجهزة في الأبنية على الأرضية بشكل مباشر في أماكن فوق أو 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 أو أسفل غرف الآلات



نقصان الصوت  
بالانتقال (dB)

سمك الفجوة  
الهوائية في الجدار



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

### 2/3/3-7 ممرات انتقال الصوت

ان الاعتماد على الجدران المزدوجة في العزل الصوتي لغرف الآلات والتبريد يتطلب دراسة كافة تفاصيل التركيب الإنشائي للجدران وعلاقتها ببعضها. ثم دراسة كافة التفاصيل المتعلقة بها برغم فاعلية العزل الصوتي لها، ومنها دراسة انتقال الصوت عبر ممرات الانتقال مثل شقوق والانتقال الجانبي، التي قد تسهم في إضعاف العزل الصوتي لهذه التركيب الإنشائية.

يوضح الشكل (5/3-7) أن لانتقال الموجات الصوتية عبر ممرات الانتقال في الجدران والأرضيات، والتي تتحول بدورها إلى اهتزازات الصوت في التركيب الإنشائية، وفي فضاء هادئ جداً يمكن لهذه الاهتزازات ان تكون مصدراً للصوت. في الشكل (5/3-7)، الحالة (أ) ينتقل الصوت عبر الجدار المزدوج 1 بشكل مباشر وبشكل غير مباشر في ممر الانتقال 2، بحيث ان نسبة انتقال الصوت المباشر 1 تكون أكبر 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، ص 4-5]

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



$S_1$  = 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:

$$t = \frac{1}{10^{(0.16 \cdot TL)}} \quad (16/3-7)$$

حيث:-

$TL$  = نقصان الصوت بالانتقال خلال حاجز مكون من مادة واحدة بسمك محدد (راجع الجدول 5-3/2) (dB)  
 $t$  = معامل انتقال الصوت المنتقل خلال المادة (dB) [10، ص 2-4]

### 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، وتؤثر عملية الربط بين طبقات الجدار في مقدار لعزل 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 تأثير 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 بطريقة الهواء بينهما في الترددات المنخفضة. فالتجويف الهوائي في الجدران متعددة الطبقات يجعلها تعمل، بطريقة النابض الحزوني (الهواء في الاوساط المرنة). [10، ص 4-3]

### 7-1/3 نقصان الصوت بالانتقال في الجدران

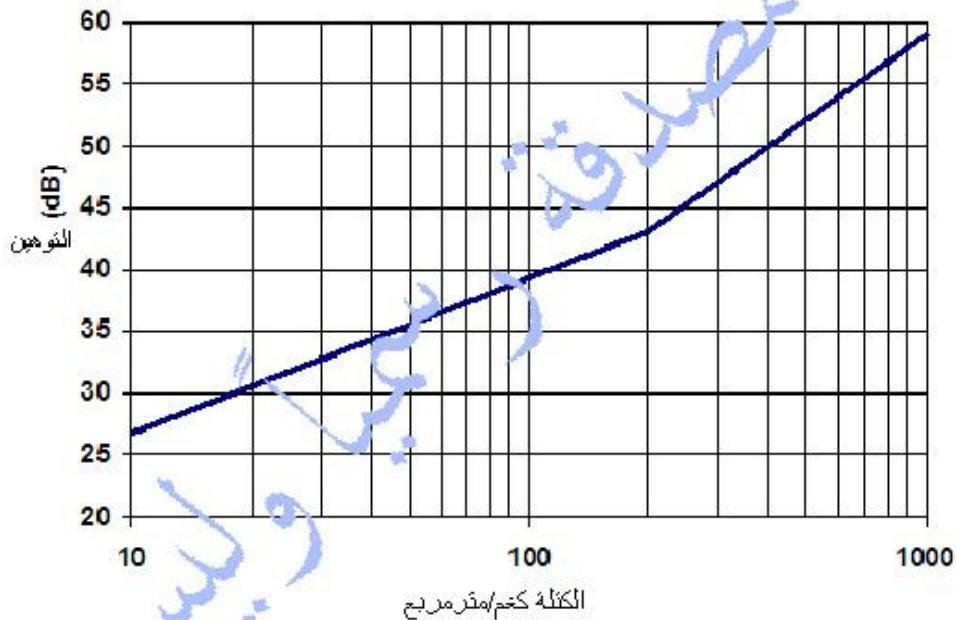
يعتمد نقصان الصوت بالانتقال في الجدران المصنوعة من مادة منفردة على زيادة كثلة المادة المصنوع منها الجدار و تزداد بزيادة التردد. فكلما تضاعفت كثلة الجدار ازدادت قيمة الفقد بالانتقال بمقدار 6 dB وكذلك كلما ضاعفنا التردد زادت قيمة الفقد بالانتقال بمقدار 6 dB على وفق قانون الكثلة الذي سبق شرحه في هذا الباب،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

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

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

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

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



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

### 7-2/3 نقصان الصوت بالانتقال في الجدران المركبة TL<sub>c</sub>

عندما يصنع الجدار من اكثر من مادة وكل منها له معامل نقصان صوت (TL) خاص (راجع المعادلة 7-2/3 والجدول 5-2/3) فإن معامل نقصان الصوت للجدار المركب (TL<sub>c</sub>) سيتمكن تعيينه كالتالي:

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

حيث:-

وإذا ما أهملت مساحة الواجهة أي ان القياس يكون قد اجري على قطعة صغيرة منها فإنه 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:

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

حيث:-

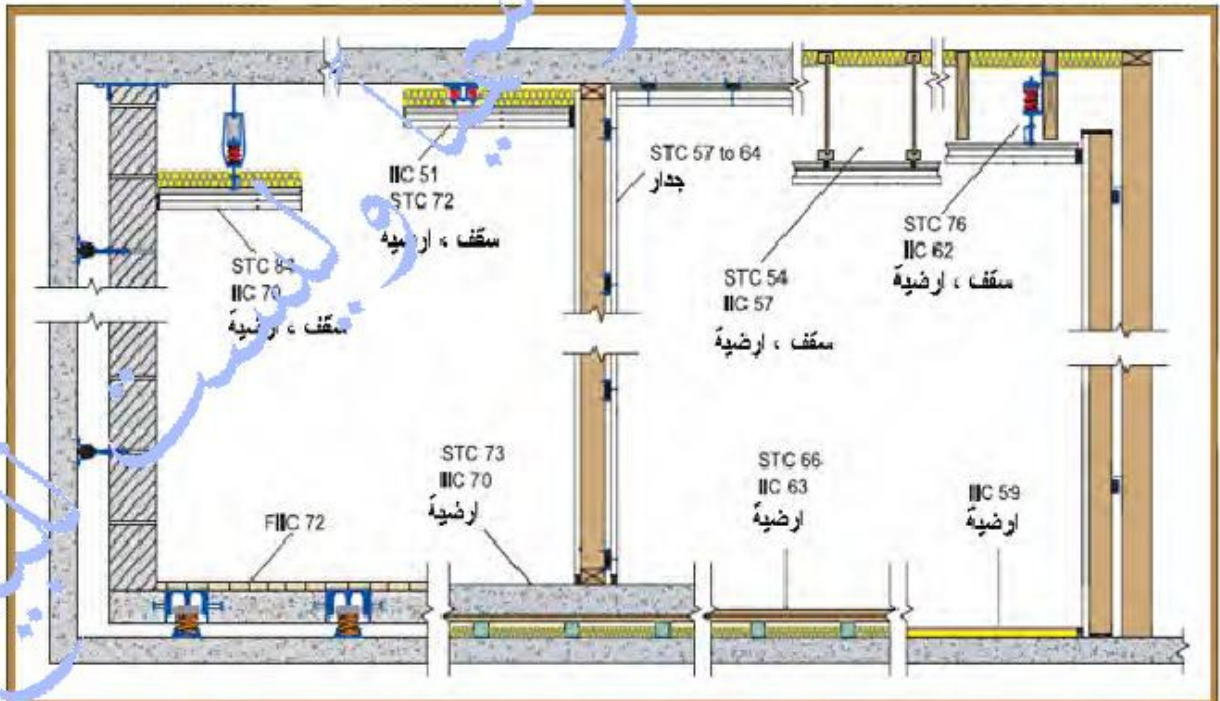
$A$  = المساحة المكافئة في الامتصاص (Sabin.m<sup>2</sup>). وتحسب من معادلة زمن التردد

$S$  = مساحة السطح للواجهة المراد قياس عزلها الصوتي (m<sup>2</sup>)

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

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

يزداد توهين الصوت للعناصر البنائية مع زيادة ترددات الصوت المنقل. ولذا فإن من المهم التأكد من توهين الضوضاء في كل الترددات. تبدأ في الترددات المنخفضة و ضوضاء الارتطام. مع ملاحظة إمكانية احتواء العناصر البنائية على عدد من المراكيب 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 اتماط المعالجات الانشائية للعزل الصوتي بين العناصر البنائية



7-2/6/1 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 المكافئ (Equivalent sound pressure level meter ( $L_{eq}$ )  
او من المعادلة (3/3-4) ويؤثر في عملية القياس المتغيرات التالية:

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

#### 7-2/6/2 طريقة القياس

يتم تسجيل الصوت داخل الفضاء ومدارجه 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 لا يقل بعده عن أي جدار عن 0.5 m و  
لا يقل بعده عن الواجهة المراد قياس عزلها للصوت عن متر واحد.  
ثم نقيم مناسيب ضغط الصوت المكافئة المسجلة على تن من القناتين في مدى الفترة الزمنية ذاتها او نقاس  
باستعمال قياس منسوب ضغط الصوت المكافئ .  
ويقاس زمن تردد الفضاء المستقبل للصوت كما ورد سابقاً في اداب في عدد من النقاط يتراوح بين 3-5  
نقاط ويحسب معدل زمن تردد ذلك الفضاء بالنوئي.

#### 7-2/6/3 طريقة الحساب:

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

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

حيث:-

$R'$  = عزل الواجهة للصوت (dB)

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

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



## 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، بأنه 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 لا تقل مساحة سطح العينة المراد اختبارها عن  $10 \text{ m}^2$  وان لا تزيد عن  $20 \text{ m}^2$ . كما يجب ان لا يقل طول حافة لها عن  $2.3 \text{ m}$ . تشغل آلة لصدمات القياسية في اربعة اماكن على الاقل من ارضية الفضاء المعدر للصوت قبل وضع الغطاء وبعده. ومن ثم تقاس مناسيب ضغط الصوت الصدمي في الفضاء المسبق للصوت في عدة نقاط لكل موضع من مواضع آلة الصدمات قبل وضع الغطاء وبحسب منها  $L_{RIN1}$ ، كما تقاس مناسيب ضغط الصوت الصدمي في الفضاء المستقب للصوت بالمثل بعد وضع الغطاء و بحسب 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

تحتسب قيمة المساحة المكافئة في الامتصاص من المعادلة (7-10/2)، و تحسب قيمة منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير  $(L_n)_1$  قبل وضع الغطاء وقيمة منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير  $(L_n)_2$  بعد وضع الغطاء، وفي كلتا الحالتين بحسب منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير من المعادلة (7-11/2)، وتحتسب قيمة توهين الضوضاء الصدمي  $\Delta L$  للتغطية المختبرة من المعادلة (7-12/2)

$$\Delta L = (L_n)_1 - (L_n)_2 \quad (7-12/2)$$

حيث:-

$$(L_n)_1 = \text{منسوب ضغط الصوت قبل وضع الغطاء (dB)}$$

$$(L_n)_2 = \text{منسوب ضغط الصوت بعد وضع الغطاء (dB)}$$

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 بأنه خاصية تلك الواجهة التي تعمل على تخفيض الصوت المنتقل من البيئة الخارجية في اثناء مرورها الى داخل الفضاء الداخلي . ويقاس بالديسيبل.

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

يعرف عزل الصوت الصدمي لارضية معينة بأنه 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 مختبرياً باستعمال آلة الصدمات القياسية Standard Tapping Machine على الارضية المراد اختبارها في اربعة اماكن على الاقل. ومن ثم يقاس منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير  $L_n$  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 لا تقل 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

تحتسب المساحة المكافئة في الامتصاص  $A$  بالسابين المترى من المعادلة (7-10/2)

$$A = 0.165 \frac{V}{T_s} \quad (10/2-7)$$

وتحتسب قيم منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير  $L_n$  بالديسيبل من المعادلة (7-11/2)

$$(L_n) = (L_{R'}) - 10 \log_{10} \left( \frac{A_0}{A} \right) \quad (11/2-7)$$

حيث:-

$L_n$  = منسوب ضغط الصوت الصدمي (dB)

$L_{R'n}$  = 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 التردد (s)

فقدان انتقال الصوت في العديد من الترددات. يستخدم STC في تقييم لعزل الصوتي للجدران والارضيات والقواطع والابواب والنوافذ وغيرها، ومدى توفرها 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]

### 3/2- عزل الصوت الصدمي ( Impact sound Insulation )

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

#### 1/3/2-7 الطريقة القياسية 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 مناسب 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، ولا يقل بعد الميكروفون عن اي من جدران الفضاء المستقبل للصوت عن 0.5 m. ولا يقل عدد نقاط القياس في الفضاء المستقبل للصوت عن 5 نقاط او يستعمل 30 ميكروفوناً دواراً من منها ذو دورة واحدة في كل 30 sec تقريباً. ومن ثم يقاس زمن التردد في الفضاء المستقبل للصوت في عدد من نقاط يتراوح بين 3-5 نقاط ويحسب معدل زمن التردد في الفضاء بالنواني.

#### 2/3/2-7 حساب عزل الصوت الصدمي

تحتسب قيمة منسوب الضغط الصوتي الصدمي من المعادلة (9/2-7):

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

حيث:-

$L_n$  = منسوب ضغط الصوت لصدمي (dB)

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

$T$  = معدل زمن التردد للفضاء المستقبل للصوت (s)

$T_0$  = زمن التردد المرجعي للغرفة السكنية (s) [7]



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

تظهر الترددات الحرجة عندما تتساوى سرعة الموجات المنحنية في الجدار مع سرعة الصوت في الهواء، وهنا يتساوى طول الموجات المنحنية  $\lambda_B$  مع الموجات الصوتية الساقطة  $\lambda$ . ويمكن معرفة الترددات التي يحدث عليها رنين من المعادلة (7-1/5).

$$F_c = \frac{C^2}{1.8h} - \left[ \frac{p}{E} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7-1/5)$$

حيث :-

$F_c$  = التردد الحرج (Hz)

$P$  = كثافة الجدار الكتلية ( $\text{kg/m}^3$ )

$E$  = معامل مرونة الجدار ( $\text{N/m}^2$ )

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. يبرز بشكل واضح في الجدران ذات السمك القليل وكذلك في الزجاج والرقائق المشابهة. فاذا كانت زاوية سقوط الموجات الصوتية  $\phi$  معروفة فيمكن حساب ترددات التطابق من

المعادلة (7-1/6) [5، ص 223]

$$F_{\text{coin}} = \frac{C^2}{1.8hC_L \sin^2 \phi} \quad (7-1/6)$$

حيث  $C_L$  هي سرعة الموجات العرضية بالـ (s) للجدار وتحسب من المعادلة (7-1/7)

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

حيث  $\sigma$  هي Poisson's ratio

وتحسب سرعة الموجات المنحنية من المعادلة (7-1/8)

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

حيث :-

$C_B$  = سرعة الموجات المنحنية (s)

$h$  = سمك الجدار (cm)

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

يعرف بأنه لنتقال الصوت خلال العناصر البنائية الفاصلة بين فضاءين وهو معيار رقمي مشتق من قيم

تقاسم الصوت بين الجانبين خلال ذلك العنصر وذلك بموجدة قياسه الاستدلال وهو معيار عددى يحدد



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

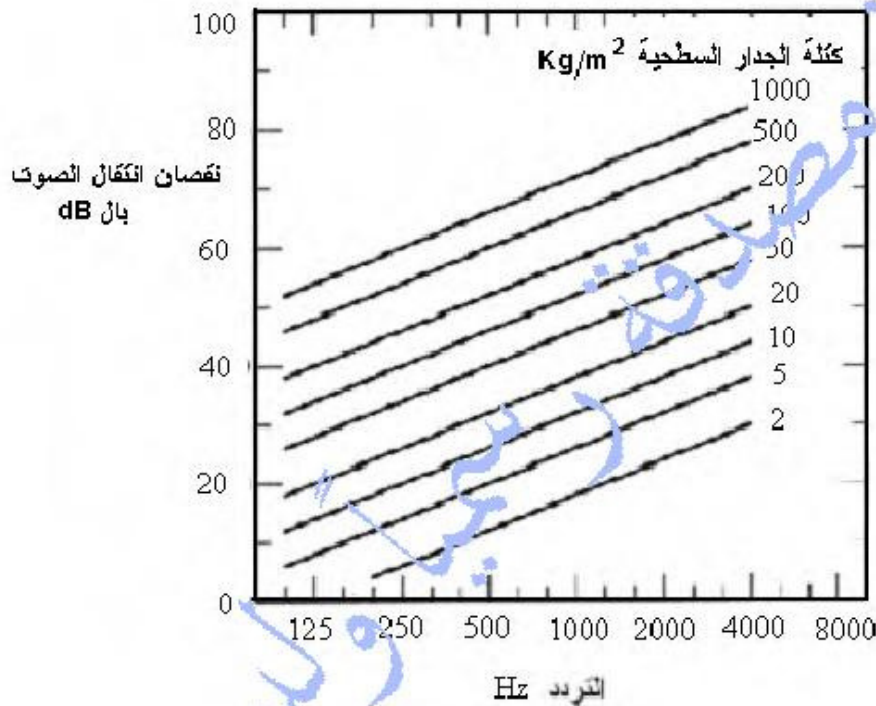
$$D_n = 20\log(mf) - 48 \quad (4/2-7)$$

حيث:-

$D_n$  = نقصان الصوت بالانتقال (dB).

$m$  = كتلة الجدار السطحية ( $\text{kg/m}^2$ ).

$f$  = التردد (Hz)



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

#### 4/1/2-7 تأثير الرنين

ان قانون الكتلة يعتبر مقبولا 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 صلباً)، فانه يهتز بشدة اكبر ويصبح العزل الصوتي له اقل مما

حيث:-

$$L = \text{ضغط الصوت في } n \text{ من النقاط داخل الفضاء } (N/m^2)$$

$$P_0 = \text{ضغط الصوت المرجعي } 2 \times 10^{-5} (N/m^2)$$

$$P_n = \text{النقاط التي يقاس عندها ضغط الصوت داخل الفضاء}$$

كما يقاس زمن ترديد الفضاء المستقبِل للصوت كما هو منصوص عليه في الباب السادس ومن المفضل ان لا يقل حجم الغرفة المستقبلة للصوت عن  $25 \text{ m}^3$  [1]

### 7-1/2 طرقته حساب نقصان الصوت بالانتقال

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

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

حيث

$$D_n = \text{نقصان الصوت بالانتقال (dB)}$$

$$L_{PE} = \text{متوسط منسوب ضغط الصوت في الفضاء المعبر للصوت (dB)}$$

$$L_{PR} = \text{متوسط منسوب ضغط الصوت في الفضاء المستقبِل للصوت (dB)}$$

$$T = \text{معدل زمن التردد للصوت في الفضاء المستقبِل للصوت (s)}$$

$$T_0 = \text{زمن التردد المرجعي للفضاء ويساوي 0.5 (s)}$$

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

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

حيث:-

$$V = \text{حجم الفضاء المستقبِل للصوت } (m^3)$$

$$T = \text{معدل زمن التردد للصوت في الفضاء المستقبِل للصوت (s)}$$

$$S = \text{مساحة سطح الجدار الفاصل بين الفضاء المستقبِل للصوت والفضاء المصدر للصوت والمراد قياس}$$

$$\text{نقصان الصوت بالانتقال } D_n \text{ خلاله } (m^2) \text{ [3]}$$

### 7-1/2 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 الجدران فأنها تسبب

## 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 يمكن المصمم من تحديد نسبة العزل الصوتي المقبولة التي يمكن تحقيقها باستعمال مواد معينة وتوفير الفضاء المرشح سمعياً.

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

يُقاس نقصان انتقال الصوت للجدران بالدراسيل، 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 لا تتأثر بالبيئة الصوتية على جانبي الجدار او مساحة الجدار. إن عملية حساب قيمة TL مختبرياً موقعة في ASTM E90 [1] اما الحسابات في الحقل فتكون اكبر عادة ب 4-5 dB. اما طريقة الحساب فهي مبينة في ص 12/5 معادلة (5-4/3). [2]

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

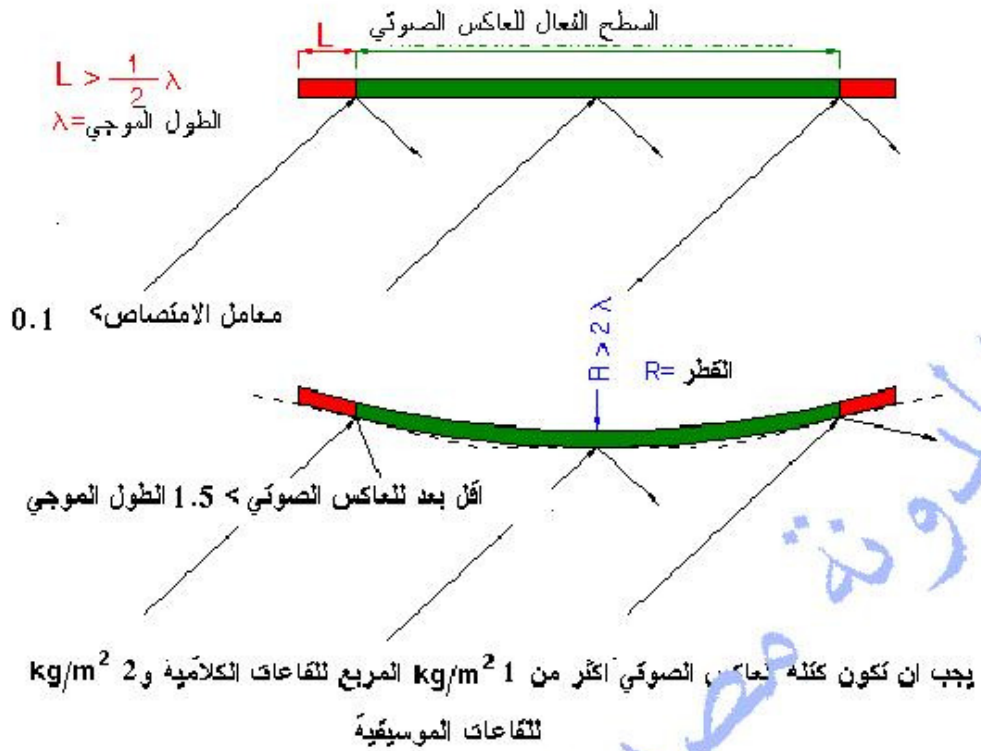
تعتمد الطريقة العملية لقياس نقصان انتقال الصوت في الجدران مختبرياً على قياس انتقال الصوت عبر فضائين متجاورين يشغل في احدهما مصدر للصوت و يقاس منسوب ضغط الصوت في داخل الفضاء في عدد من النقاط n. كما يقاس منسوب ضغط الصوت في n من النقاط في الفضاء المستقبلي للصوت و ذلك عند كل تردد مركزي من نطاق الترددات محصور بين 100-3150 Hz، على ان لا يقل عدد نقاط القياس n عن خمس نقاط في كل فضاء، وان لا يقل بعد الميكروفون عن اي جدار من جدران الفضاء عن 0.5 م وان لا يقل 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).

$$L = 10 \log \frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_n^2}{P_0^2} \quad (7-1/2)$$



- [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 در "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 للملكية، مركز بحوث البناء، "كود البناء"، مجلس البناء الوطني الاردني، 2000
- [9] Vigran, T.E. " *Building Acoustics*" ,Taylor & Francis, USA and Canada,2008.

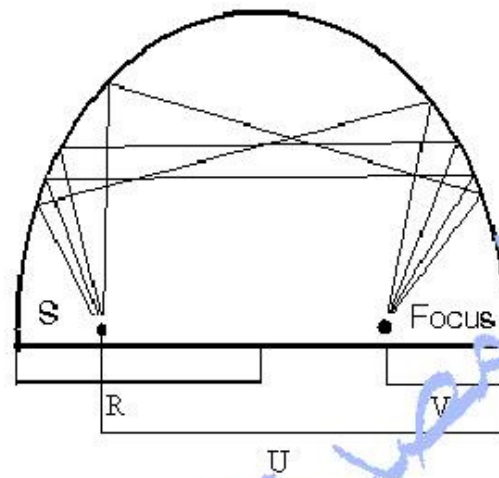




الشكل (8/8-6) الشروط التي يتوجب ان تحقق في العاكس الصوتي (المستوي والمحدب) لتحقيق

نشر متجانس للصوت في القاعات السمعية [ص 6، 76]

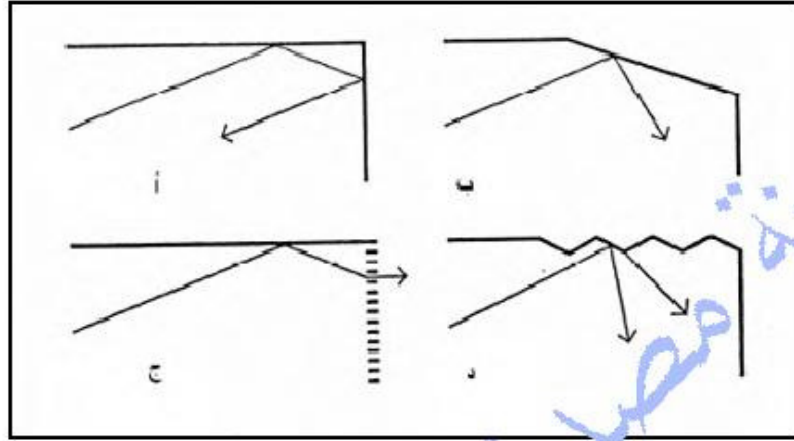
وتكون نقطة V مركزاً لتجمع الطاقة الصوتية في الفضاء مما يسبب عيباً صوتياً فيها. اما في حالة انعكاس الموجات الصوتية من السطوح المحدبة فان السطوح المحدبة تعمل كناشرات جيدة للموجات الصوتية، ويمكن استغلال هذه السطوح في نشر الصوت لمسافات اكبر من بقية السطوح. [5، ص150-152]



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

ولكي يحقق السطح العاكس (المستوي والمحدب) نشرًا جيدًا لموجات الصوت في القاعات السعوية فان ذلك يستوجب تحقيق عدد من الشروط الموضحة في الشكل (6-8/8).

تسمع أو تكون ضعيفة. أو ان يميل السقف من الخلف فيعكس الصوت الى المناطق الخلفية من القاعة. أو 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 العاعة. ب- إمالة 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 أو المقطع ينطبق عليها قانون زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط فنتركز الانعكاسات في بؤرة معينة يمكن معرفتها من المعادلة (6-17/8).

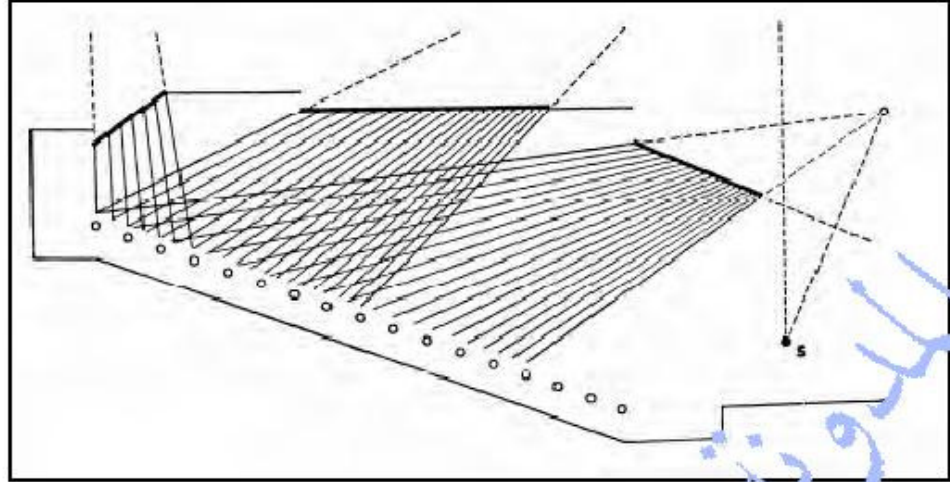
$$V = \frac{RU}{2U - R} \quad (17/8-6)$$

حيث:

$V$  = مركز تجمع الموجات المنعكسة

$R$  = نصف قطر الدائرة (m)

$U$  = بعد المصدر عن الدائرة باتجاه  $V$  (m)



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

1/1/8-6 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.

2/1/8-6 ملاحظة ان التقوية الطبيعية يجب ان تصل الى اذن المسمع 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.

3/1/8-6 بسبب انعكاس الصوت من السطوح العاكسة زيادة في منسوب الطاقة الصوتية في حين تعد هذه التقوية جيدة في اماكن معينة من الفضاءات السمعية فانها قد تسبب تشويشاً 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 وكأنه صوت مكرر واضح (صدى). مما يؤدي الى تشتت ذهن السامع بين الصوتين، وفي الحالة الثانية يفضل استعمال مادة ماصة على الجدار الخلفي وفي نقطة الانعكاسات الضارة لتوهين الصوت الى حدود غير مسموعة او الى حدود ضعيفة، مما يقلل من قيمتها فلا

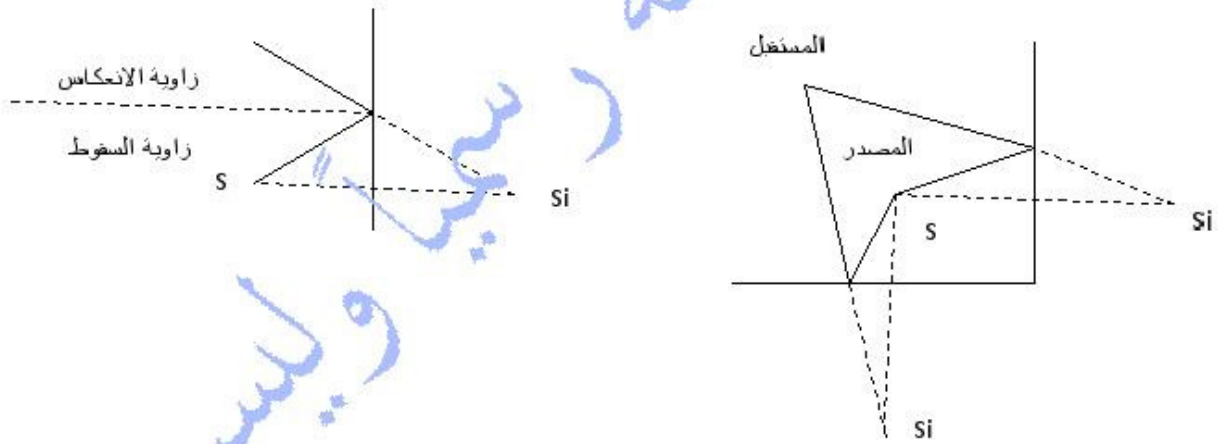


## 6-8 الانعكاس

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

### 6-8-1 انعكاس من السطوح المستوية

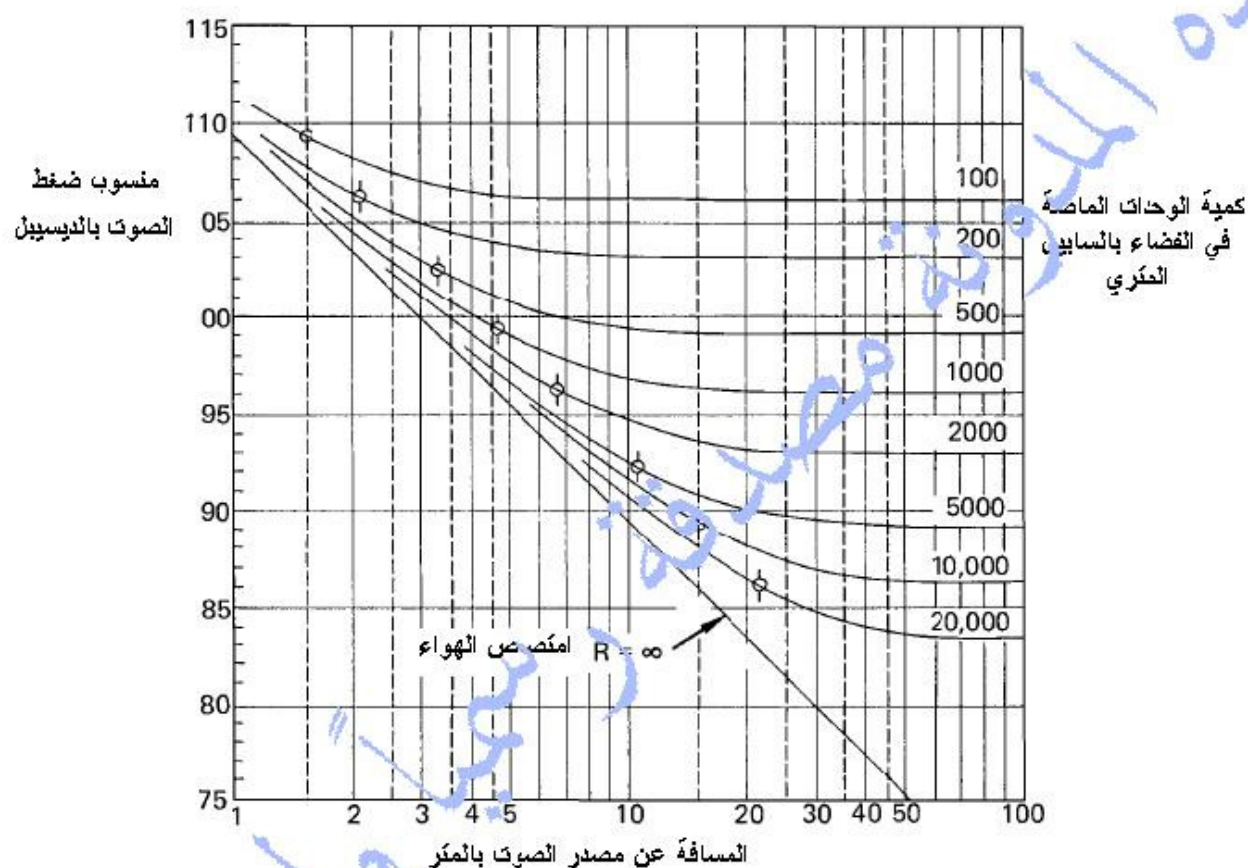
عندما تنعكس الموجات الصوتية من السطوح المستوية تنطبق عليها قوانين انعكاس الضوء، حيث ان زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس و يمكن ايجاد مواقع انعكاسات الموجات المختلفة من الشكل (6-8/4). يمكن ان يستفاد من الانعكاس في تقوية اصوات طبيعياً في الفضاءات السمعية مثل القاعات الموسيقية والمسرحية وقاعات المؤتمرات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



الشكل (6-8/4) تقوية طبيعية للمصدر من الانعكاس على السطوح

المستوية [5، ص146]

قانون التربيع العكسي عند مسافة محددة اعتمادا على الوحدات الامتصاصية للفضاء، ومن ثم يتوقف التوهين بسبب بروز ظاهرة التردد 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، ص 32]

## 6-6 ثابت الفضاء

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

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

$$= \sum S_i \alpha_i / (1 - \alpha_m) \quad (15/6-6)$$

حيث:-

$R$  = ثابت الفضاء (Sabin.m<sup>2</sup>)

$A$  = امتصاص الفضاء (Sabin.m<sup>2</sup>)

$S_i$  = السطح المنفرد في الفضاء (m<sup>2</sup>)

$\alpha_i$  = معامل الامتصاص المحفوف للسطح المنفرد في الفضاء (Sabin.m<sup>2</sup>)

## 6-7 عامل الاتجاهية وتوهين الصوت

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

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

حيث:-

$L_p$  = منسوب شدة الصوت المستلمة (dB)

$L_w$  = منسوب طاقة الصوت من المصدر (dB)

$Q$  = دليل الاتجاهية

$R$  = ثابت الفضاء (Sabin.m<sup>2</sup>)

$\pi = 3.14$

$r$  = المسافة عن المصدر (m)

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

الجدول (6-1/5)

زمن التردد المثالي للفضاءات المتنوعة

نوع الفعالية الصوتية	وظيفة الفضاء	زمن التردد الأمثل (sec)	
		الحد الأدنى	الحد الأقصى
كلامية	قاعات تسجيل وبث إذاعي	0.4	0.6
	غرف صف مدرسية	0.5	0.9
	دور تمثيل وإنتاج مسرحي	0.8	1.2
	غرف محاضرات ومؤتمرات	0.9	1.4
موسيقى وغنائية	قاعات سينما	0.7	1.3
	مسارح صغيرة	1.1	1.5
	قاعات لسماع لأغراض عامة	1.9	3.4
	أماكن دينية	1.2	3.4
موسيقى	أماكن رقص	0.8	1.3
	قاعات مسرحيات هزلية كوميدية ولوبرا قصيرة	1.05	1.5
	قاعات موسيقى كونسرتو وموسيقى شبيهة تقليدية ومجموعات فرق سيمفونية	1.1	1.9
	قاعات أعمال فرق موسيقية معاصرة وغرف موسيقى منفردة	1.2	1.9
	قاعات لوبرا	1.3	1.9
	قاعات فرق موسيقية دينية	1.6	2.15
	قاعات لسماع للموسيقى للسمفونية	1.6	2.2
	قاعات لسماع لفرقة موسيقية دينية أو مجموعة من الممثلين أو لالة الأورغن	1.9	3.4
	قاعات الاجتماع	2.5	1
لمدارس	لملاعب وبرك لسباحة	1.5	-
	غرف لطعام	1.25	-
	غرف لصف	0.75	1.25
	غرف تعليم للموسيقى	0.75	1.5



#### 4/5-6 إيجاد زمن التردد عملياً

- 1- يتم وضع مصدر صوت في الفضاء المراد إيجاد زمن التردد فيه (الغرفة الترددية) ويشغل مصدر الصوت (يفضل ان يكون من نفس الحزمة الترددية المراد قياسها).
- 2- يستقبل الصوت من نفس الفضاء، بواسطة ميكروفون (يدور في منتصف الفضاء) متصل بجهاز قياس منسوب ضغط الصوت (B&K type 2218 Sound Level Meter) 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 لتحكم بسرعه لتصل ما بين (0.01-30 mm/sec الى -0.0003 mm/sec). (100)
- 3- يشغل مصدر صوت في الترددات المطلوبة، وتستقبل الاشارة بواسطة جهاز قياس منسوب الضغط الصوتي عند التردد نفس ويشغل جهاز التسجيل الخاص بسرعة ورق محددة.
- 4- يوقف المصدر الصوتي فجأة، فينخفض منسوب ضغط الصوت تدريجياً، بحسب الطاقة الصوتية المرتدة من الحائط وبشكل منحنٍ متعرج مانر 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 ويقارن هذا الاسقاط ويقسم هذا الطول على سرعة الورق المستعمل. [7]

#### 5/5-6 زمن التردد الامثل

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

وبإضافة امتصاص الهواء

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

حيث:-

$$\alpha = \sum S_i \alpha_i \quad (12/5-6)$$

$T_s$  = زمن التردد اعتماداً على معادلة سابين (s)

$V$  = حجم الغرفة ( $m^3$ )

$S$  = مجموع مساحات سطوح الغرفة ( $m^2$ )

$4mV$  = ثابت امتصاص الهواء وفي الفضاءات الصغيرة يمكن إهماله (Sabine)

$\alpha$  = معامل الامتصاص الكافى  $(\text{Sabine} \cdot m^2)$

### 2/5-6 معادلة (Eyring)

نفترض 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 التردد هنا  $T_e$

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

### 3/5-6 معادلة (Flitzroy)

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

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

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

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$  = مجموع معاملات امتصاص الجدران المتقابلة ( $\text{Sabine} \cdot m^2$ ). [6، ص 87-88]

#### 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. وأكثر مدى ترددي يحدث فيه هو ضمن ترددات 100-150 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 (9/4-6) [ص90]

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

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)

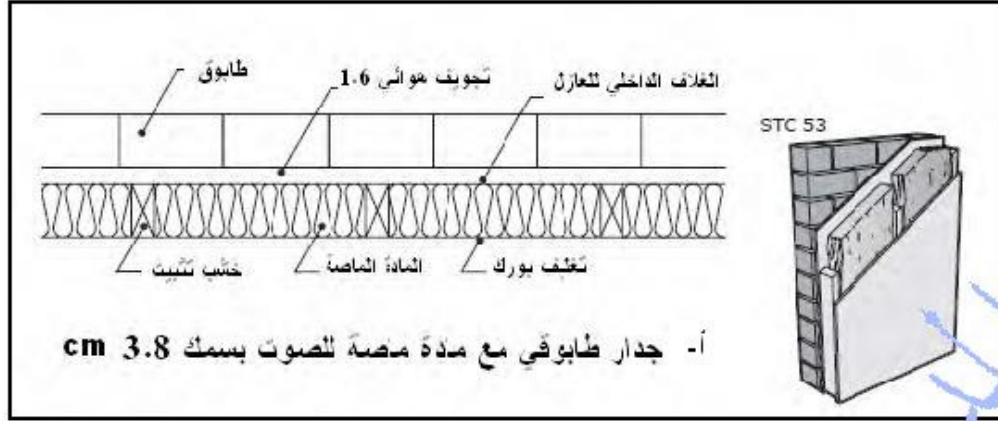
#### 5-6 زمن التردد

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

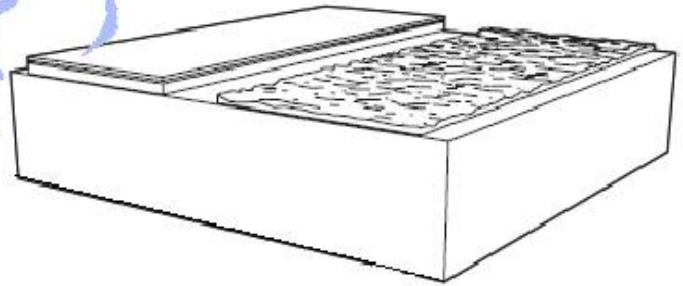
1/5-6 معادلة سابين (Sabine)

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

$$T_s = 0.163 \frac{V}{\alpha S} \quad (10/5-6)$$



ب- أرضية خرسائية (كونكريتية) مع مادة ماصة للصوت



الشكل (2/3-6) أمثلة على استعمالات المواد الماصة في الجدران والأرضيات



$$\alpha=1-(B/A)^2$$

(8/3-6)

حيث:-

A = السعة القصوى للموجات الساقطة

B = السعة القصوى للموجات المنعكسة

وتعتبر هذه الطريقة تقريبية، لأن الموجات الصوتية تسقط بشكل عمودي على العينة، في حين أن الموجات تسقط في الحفرة على العينة من جميع الاتجاهات. كما أن 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 تتسم بسجاد حيث تتركب المادة مباشرة على الأرض أو يوضع تحتها لباد أو ما شابه ذلك. [5، ص131]

#### 4/3-6 استعمال 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 للسكن من الانعكاسات لكونها تتحمل الصدمات والمواد الزيتية، أما في القاعات والفضاءات السمعية والمختبرات وما شابهها فتفضل المواد الماصة خفيفة الوزن في جوانب ونهاية جدران القاعة لمنع حدوث العيوب الصوتية كالصدى الرنين أما أنواع المواد الصوتية الماصة فيمكن الاطلاع عليها في الملحق (ج) من هذه المدونة. وفي الشكل (6-3/2) نموذجان لجدار وارضية استعملت فيهما مادة ماصة للصوت.

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 التردد قبل وضع العينة وبعدها يمكن اجراء استدلالت على الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص  $\Delta A$  بالسابين المتري من المعادلة (6/3-6) [4]

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

حيث:-

$\Delta A$  = الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص للغرفة الترددية الناتجة عن ادخال عينة الاختبار الى ذلك الفضاء (Sabin.m<sup>2</sup>).

$V$  = حجم الفضاء (m<sup>3</sup>).

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

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

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

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

$$\alpha_s = \Delta A / S \quad (7/3-6)$$

حيث:

$\alpha_s$  = معامل امتصاص المادة للصوت (Sabin).

$\Delta A$  = الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص للغرفة (Sabin.m<sup>2</sup>).

$S$  = مساحة سطح العينة المختبرة (m<sup>2</sup>).

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 1800 Hz، والاخر في الترددات بين 1800-6500 Hz، تثبت العينة في

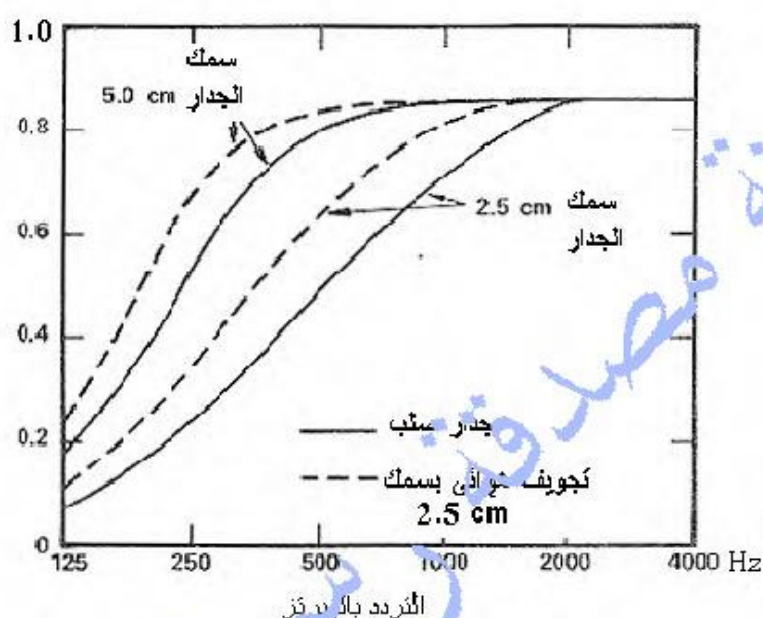
مكان مخصص لها في نهاية الانبوب وتسجل الموجات المختلفة على شكل 1/3 نطاق الجول باتجاه عمودي

على العينة. ويقاس معامل الامتصاص مباشرة من المقياس الخاص بالاجهزة اللازمة اعتماداً على قراءة السعة

القوى لضغط الصوت الساقط والمنعكس داخل الانبوب حيث يكون معامل الامتصاص كما في المعادلة:

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]

معامل الامتصاص



الشكل (1/3-6) استعمال الفجوة الهوائية لزيادة نسبة

امتصاص الصوت في الجدران [3]

3/3-6 ايجاد معامل الامتصاص عملياً

لدينا طريقتان لاجاد معامل الامتصاص وهما:

أولاً:- يتم قياس معامل الامتصاص في غرفة ترددية قبل ادخال عينة المادة المراد معرفة معامل امتصاصها ويتم تحديد معامل زمن التردد قبل ادخال العينة ضمن الفضاء وبعدها. اما مساحة عينة المادة فيجب ان تكون اقاساتها 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)

قيمة معامل الامتصاص تتراوح بين 0 و 1 والقيمة 1 تعني ان الصوت يمتص كلياً من قبل السطح، مثل ظاهرة النافذة المفتوحة. إن كمية الصوت الممتص في الفضاء تمثل مجموع ما تمتصه سطوح الفضاء من طاقة صوتية. [2، ص 3-4]

$$A = \sum_i S_i \alpha_i = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots = S \alpha_m \quad (4/3-6)$$

حيث:-

$A$  = المساحة المكافئة في الامتصاص ( $\text{Sabin.m}^2$ )

$S$  = مجموع مساحات سطوح الفضاء ( $\text{m}^2$ )

$\alpha_m$  = معامل الامتصاص المكافئ (Sabin)

تشمل هذه المعادلة معاملات الامتصاص للأشخاص والهواء ضمن الفضاء.

### 1/3-6 معدل معامل الامتصاص

يعبر عن معدل معامل الامتصاص بالمعادلة رقم (5/3-6): [2، ص 4]

$$\alpha_m = A / S \quad (5/3-6)$$

حيث:-

$\alpha_m$  = معامل الامتصاص المكافئ (Sabin)

$A$  = المساحة المكافئة في الامتصاص ( $\text{Sabin.m}^2$ )

$S$  = مجموع مساحات سطوح الفضاء ( $\text{m}^2$ ).

### 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 اعتماداً على نمط المادة وسمكها. وتعتمد فعالية المواد الماصة للصوت على مقاومة تيار الهواء المرتبط مع الاهتزازات الصوتية للهواء، وأكثر فعالية لها تكون في الترددات العالية حيث تكون أقل سمكاً مقارنة مع الطول الموجي للصوت. وبما ان الامتصاص يقل في الترددات المنخفضة فان المواد المسامية قليلة السمك لن تكون فعالة في الترددات



## الباب السادس

### إنتشار الصوت في الفضاء الداخلي

#### 1-6 تمهيد

يتناول الباب السادس لبرز 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 تأمين الصوت.

#### 2-6 منسوب ضغط الصوت في الفضاء الداخلي

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

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

حيث:-

$L_p$  = منسوب ضغط الصوت بالـ (dB)

$P$  = ضغط الصوت داخل الفضاء ( $N/m^2$ )

$P_{ref}$  = ضغط الصوت المرجعي ( $2 \times 10^{-5} N/m^2$ )، ونكتب المعادلة بالصيغة التالية اختصاراً. [1، ص 4-B]

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

#### 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.

$$\alpha = I_a / I_i \quad (3/3-6)$$

حيث:-

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

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

أما بالنسبة للانفاق ذات المقطع نصف الدائري فإن  $I_{ref} = P_s / 4\pi d_{ref}^2$  تمثل الشدة المرجعية عن مسافة مرجعية وهي  $d_{ref}$  في ظروف الحقل الحر وان  $H$  يمثل ارتفاع النفق و  $2w$  يمثل عرض النفق. وان ثابت الامتصاص  $\alpha$  يمثل عاملاً تجريبياً يستعمل لحساب الصفات الصوتية لجدران النفق. ويتلشى في حل كون حافات النفق عاكسة للصوت تماماً. فتكون المعادلة لطاقة الصوت الاجمالية المنبعثة من النفق كما في المعادلة (9/3-5)

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

وان شدة الصوت  $I = P_T / S$  يمكن تخمينها تقريبياً من المعادلة (10/3-5) [9، ص 422-423]

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

#### 4-5 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
- [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 العمراني في معالجة التلوث الضوضائي بالمدينة المصرية" بحث

منشور في مؤتمر للتنمية 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] Brel kjoer inc. " *measuring sound* ", Brel kjoer Press. 1999.
- [7] Stephen, Iownoles, " *A model to investigate traffic noise & naturally ventilation* ",  
[euronoise.2006.org](http://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, " *Predicting Outdoor Sound* " Taylor & Francis, London and New York, 2007

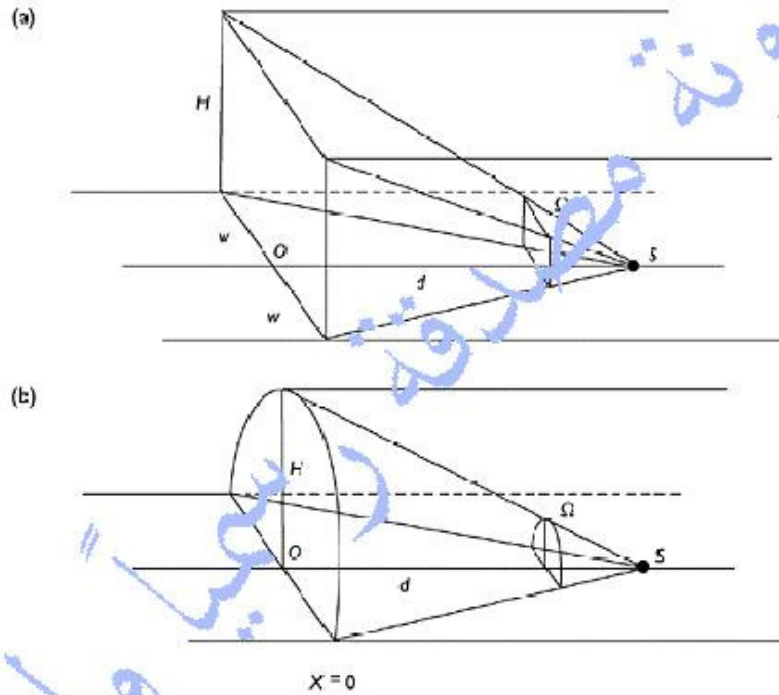
$$P_T = \frac{P_s}{2} \tan^{-1} \left( \frac{wH}{\sqrt{(\alpha_t d)^4 + (w^2 + H^2)(\alpha_t d)^2}} \right) \quad (7/3-5)$$

حيث:-

$P_T$  = طاقة الصوت الاجمالية المنبعثة من لنفق (W)

$P_s$  = طاقة الصوت الاصلية المنبعثة من المصدر (W)

$d$  = المسافة عن مصدر الصوت (m)



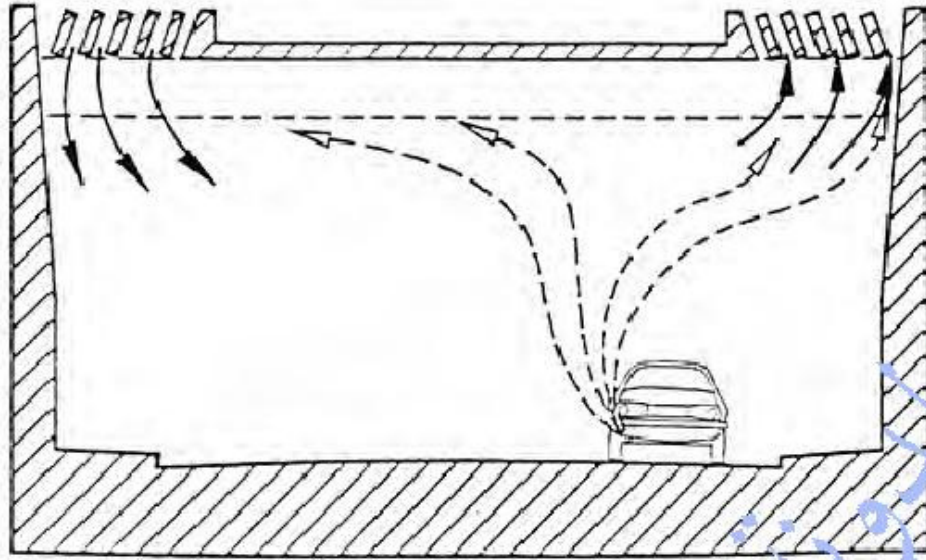
الشكل (5-3/15) انبعاث الصوت من النفق متوازي السطوح  
المستطيلة ونصف الدائري بزاوية  $\Omega$ .

إذا كانت شدة الصوت المنبعث من خلال نفق مساحة مقطعه  $S_r = 2wH$  هي  $I = P_T/S_r$  فنستعمل المعادلة

(5-3/8)

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





الشكل (5-3/14) معالجات مستعملة للتهوية والانارة الطبيعية في  
الانفاق [5، ص 6.2]

#### 5-3/3-1 حساب مناسب 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)

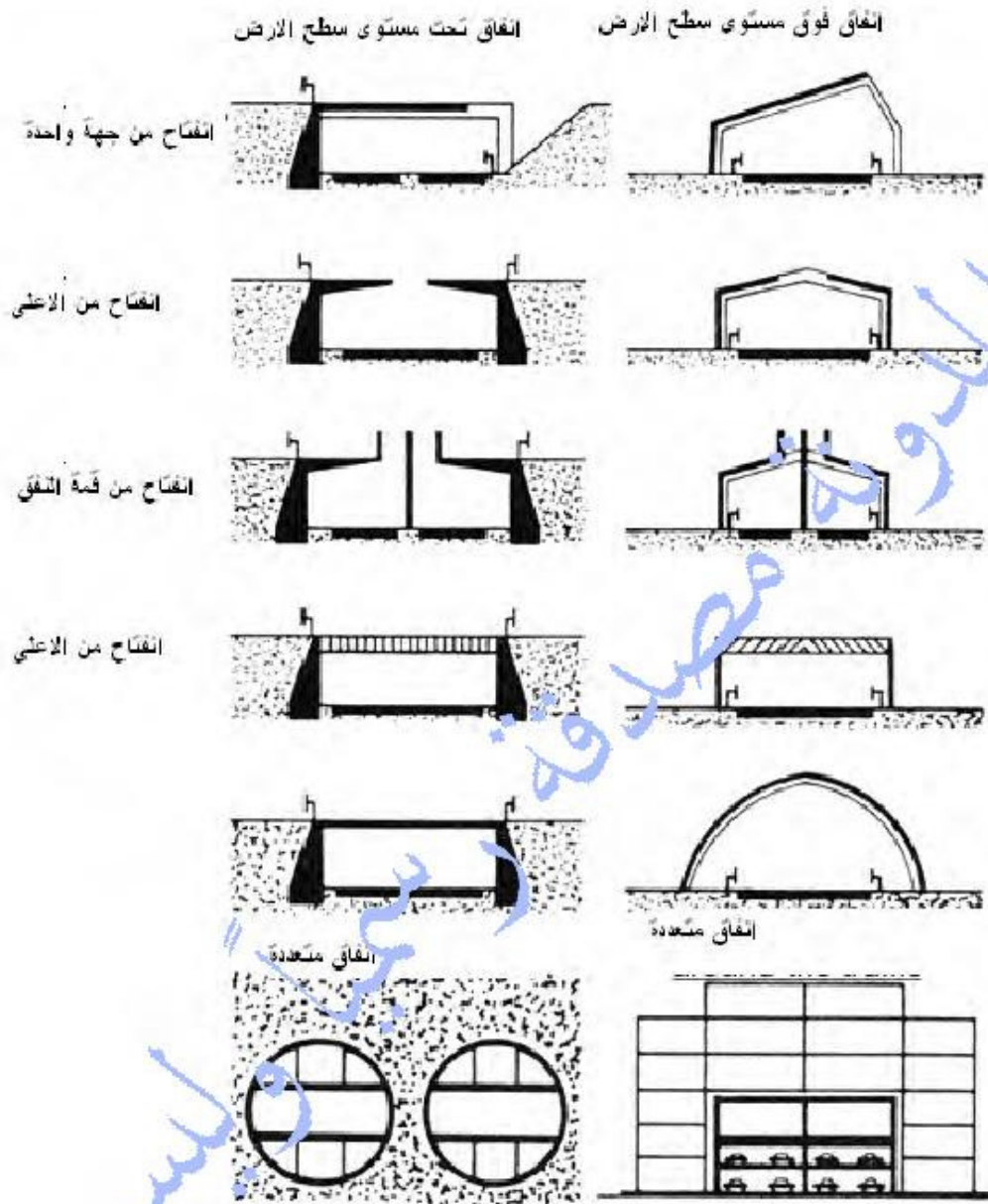
$$P_T = P_D + P_R \quad (5/3-5)$$

وان زاوية انتقال الصوت هي ( $\Omega$ ) المبينة في الشكل (5-3/15) 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 (5-3/6) ذلك.

$$P_D = P_s / 2\pi \cdot \Omega \quad (6/3-5)$$

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





الشكل (5-13/3) مقاطع في أنماط مختلفة من الأنفاق [5، ص 6.2]

### الجدول (3/3-5)

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

توهين انتقال الصوت TL بال (dB)	كتلة لجدار لكتلية (Kg/m <sup>2</sup> )	لسمك (mm)	لمادة
33-30	14-10	12-8	Polycarbonate
32	18	15	(Acrylic -Poly-Methyl-Meta-Acrylate)
34	151	200	كتل خرسانية (بلوك كونكريت) خفيفة الوزن 200x200x400
40	244	100	كونكريت كثيف
39	244	150	كونكريت خفيف
36	161	100	كونكريت خفيف
40	288	150	طابوق
25	9.8	1.27	حديد (ستيل) 18 ga
22	7.3	0.95	حديد (ستيل) 20 ga
20	6.1	0.79	حديد (ستيل) 22 ga
18	4.9	0.64	حديد (ستيل) 24 ga
23	4.4	1.59	لواح ألمنيوم
25	8.8	3.13	لواح ألمنيوم
27	17.1	6.35	لواح ألمنيوم
21	18	25	خشب
20	8.3	13	خشب رقائقي (معاكس)
23	16.1	25	خشب معاكس
30-47	20-30	50-125	لواح ماصة مغلفة بصفائح معدنية

### 3/3-5 الانفاق

من الطرائق التي استعملت لتقليل مناسب ضوضاء الطرق الانفاق، سواء منها الذي فوق مستوى سطح الأرض والتي تحت مستوى سطح الأرض، وهي تمنع انتقال الصوت المباشر إلى المناطق المجاورة والشكل (3/3-5) يوضح بعض الأمثلة لها في معالجة ضوضاء المرور، وهي طريقة ناجحة لمعالجة ضوضاء المرور لولا وجود مشاكل الإثارة والتهوية والتنظيف وما إليها، مما يمكن تلافيه ومعالجته على وفق عدد من المقترحات التصميمية المبينة في الشكل (3/3-5). [5، ص6.2]

### 5-3/2 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 أن يكون منسوب الطاقة التي تعبر خلاله أقل من التي تمر من فوقه أو حول حافته. وقد تم اعتماد توصيات المواصفة القياسية الأمريكية ASTM E413 في حساب التوهين الصوتي لاية مادة كما تبين المعادلة (5-3/4).

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

حيث:

$TL$  = نقصان الصوت بالديسيبل (dB).

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

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

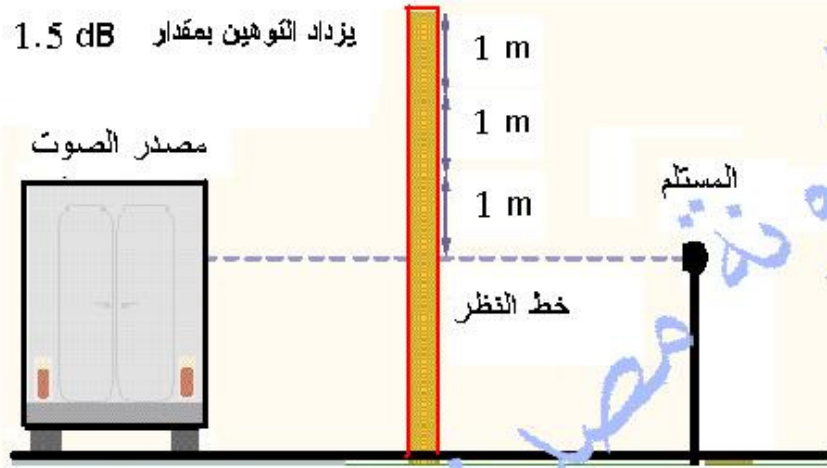
يعتمد التوهين الصوتي للحاجز على وزن المادة وكثافتها وتردد الصوت. يبين الجدول (5-3/3) القيمة التقريبية لتوهين منسوب الصوت بال (dB) لبعض من المواد المعتمدة في تصميم الحواجز الصوتية والتي اعتمدت على القياسات المختبرية. [8، ص4]

### 5-2/2 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 (5-12/3). [6]

عند كل زيادة في ارتفاع الحاجز 1 m

يزداد التوهين بمقدار 1.5 dB



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

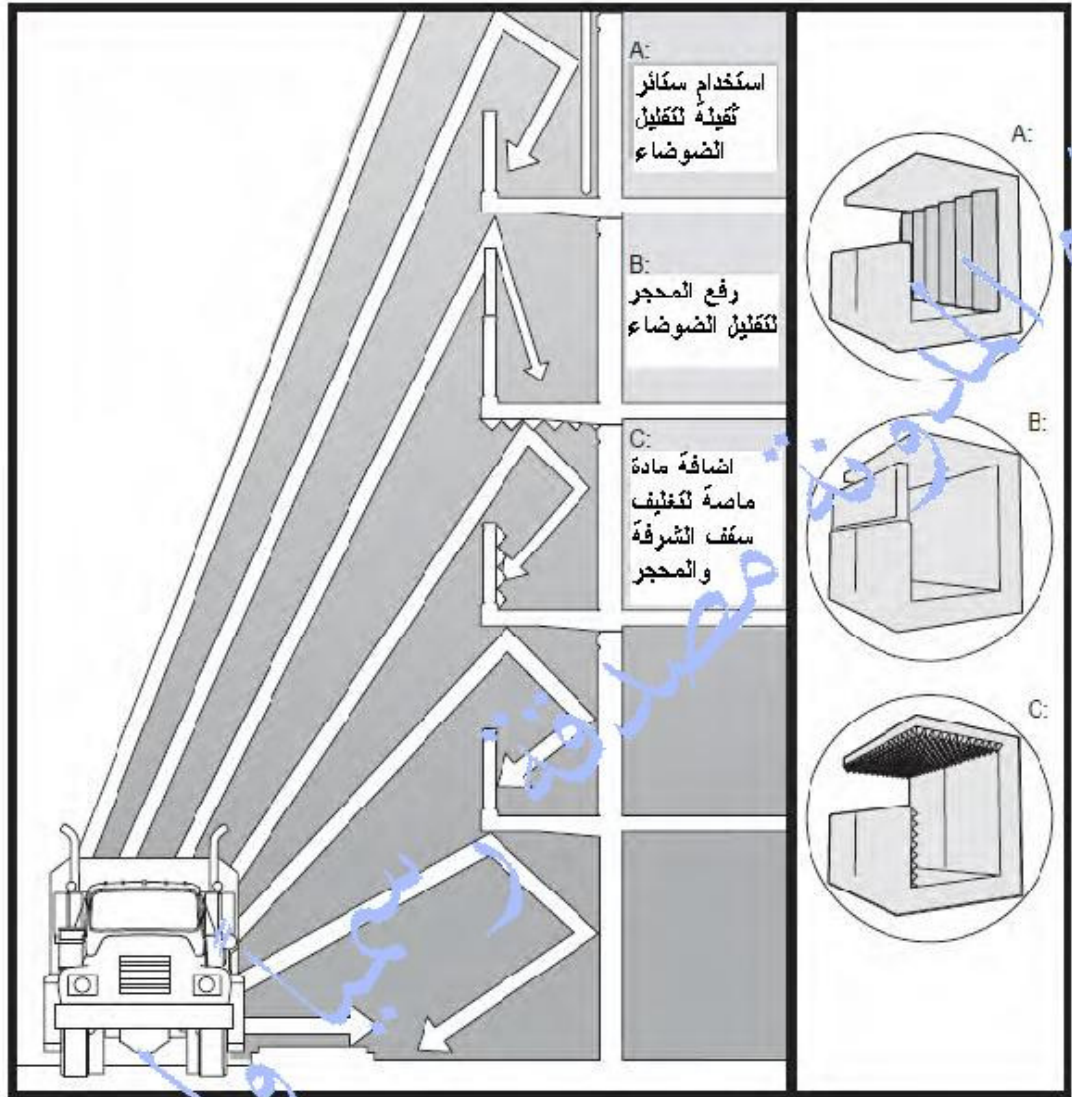
إن الزيادة في التوهين التي يسببها ارتفاع الحاجز تصل الى dB عند خط نظر المتلقي. إن التصميم الجيد للحاجز يحقق توهيناً صوتياً مقداره 10 dB بالنسبة للأشخاص أو الأبنية التي تقع مباشرة بعد الحاجز، أما لحالة الأشخاص البعيدين و الأبنية البعيدة عن الحاجز فيجب ان يحقق تصميم جيد للحاجز توهيناً صوتياً مقداره 3-5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

### الجدول (5-2/3)

انواع حواجز الضوضاء وجودتها الادائية [7]

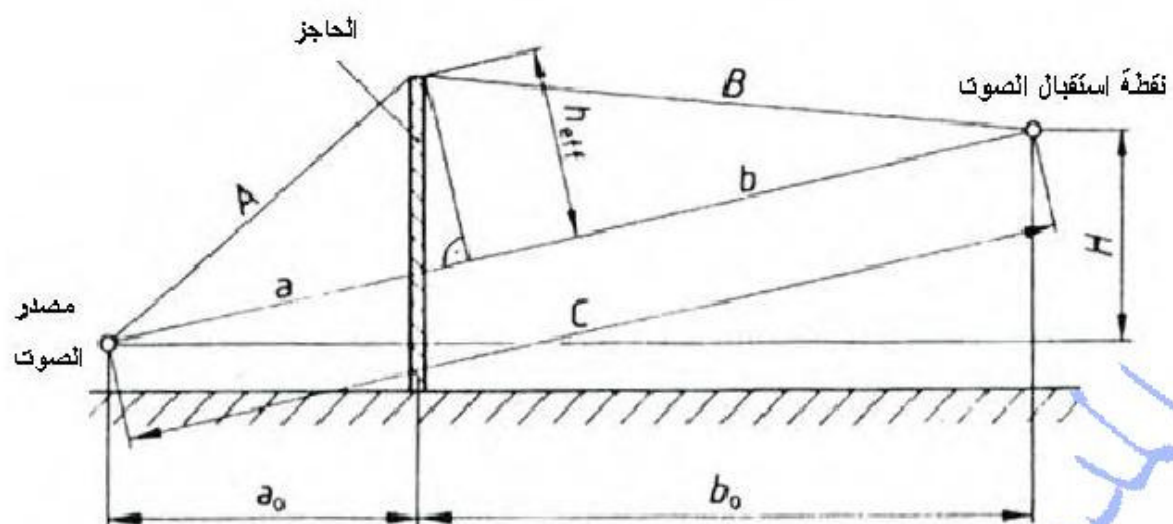
التوهين الصوتي للحاجز (dB)	احتمالية التصميم	نسبة التوهين	الكفاءة الادائية
5	بسيط	68%	يمكن تحسسه
10	مقبول	90%	نصف الضوضاء
15	صعب جداً	97%	3/1 الضوضاء



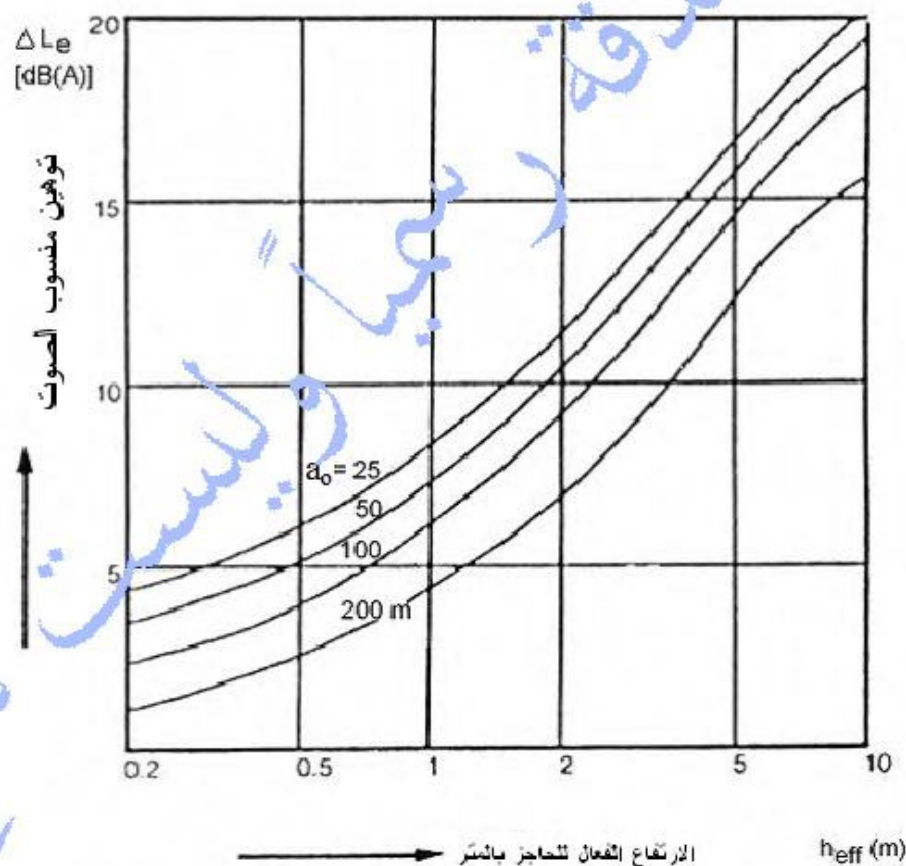


الشكل (5-11/3) توهين منسوب الصوت في مبنى ذي شرف اعتمادا على استعمال عدد من الوسائل

الصوتية من ضمنها الحواجز [5، ص 6.2.1.6]



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



الشكل (5-10) توهين منسوب الصوت اعتمادا على الارتفاع الفعال للحاجز

### 5-1/2 صفات الحاجز

يظهر الشكل (5-9/3) التشكيل الهندسي للحاجز لخارجي 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 بأنه (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, 6.2.1.6]

$$Z = \frac{h_{\text{eff}}^2}{2} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \quad (5-3/3)$$

حيث:

$h_{\text{eff}}$  = الارتفاع الفعال للحاجز (m)

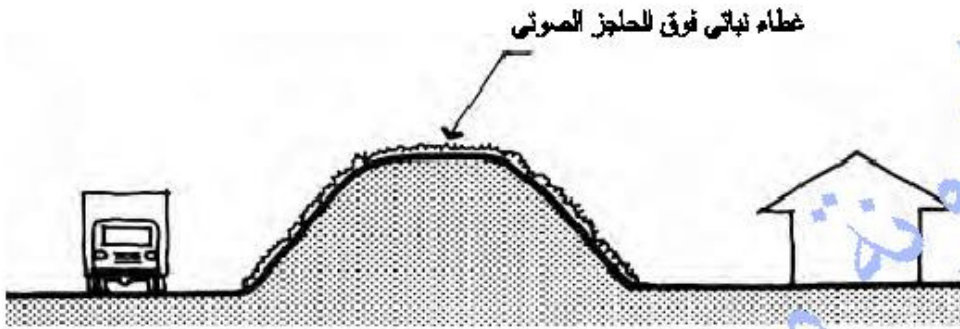
$a$  = المسافة بين الخط العمود على الحاجز والمصدر (m)

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

$Z$  = عامل حجب الحاجز

### 5-1/3 العوارض الأرضية

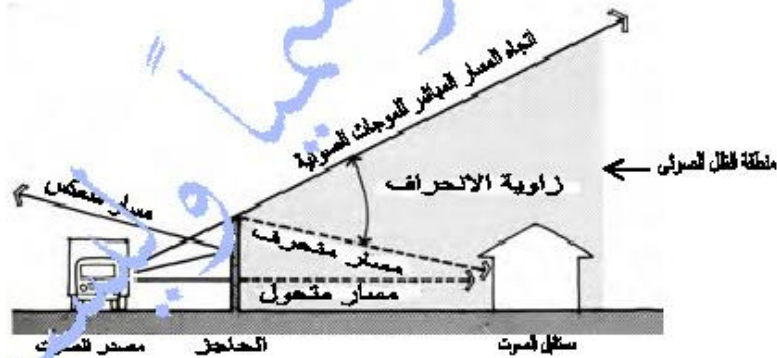
وهي موضحة بالشكل (5-7/3) فقد تكون مغطاة تماماً بالحشائش أو أى مواد نباتية أخرى لكي تمتص الصوت، وتعمل كعازل فعال للضوضاء مخفضاً مناسبها بنحو 5-10 dB. وكفاءتها يمكن أن تقل إذا كان السطح العلوي لها عاكساً كأن يكون من الأسفلت أو الخرسانة أو أن يتآكل غطاؤه النباتي بجعله ممراً للدراجات أو للمشاة. [4، ص6]



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

### 5-2/3 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 وللمشتتة بحاجز رقيق من الجدران.

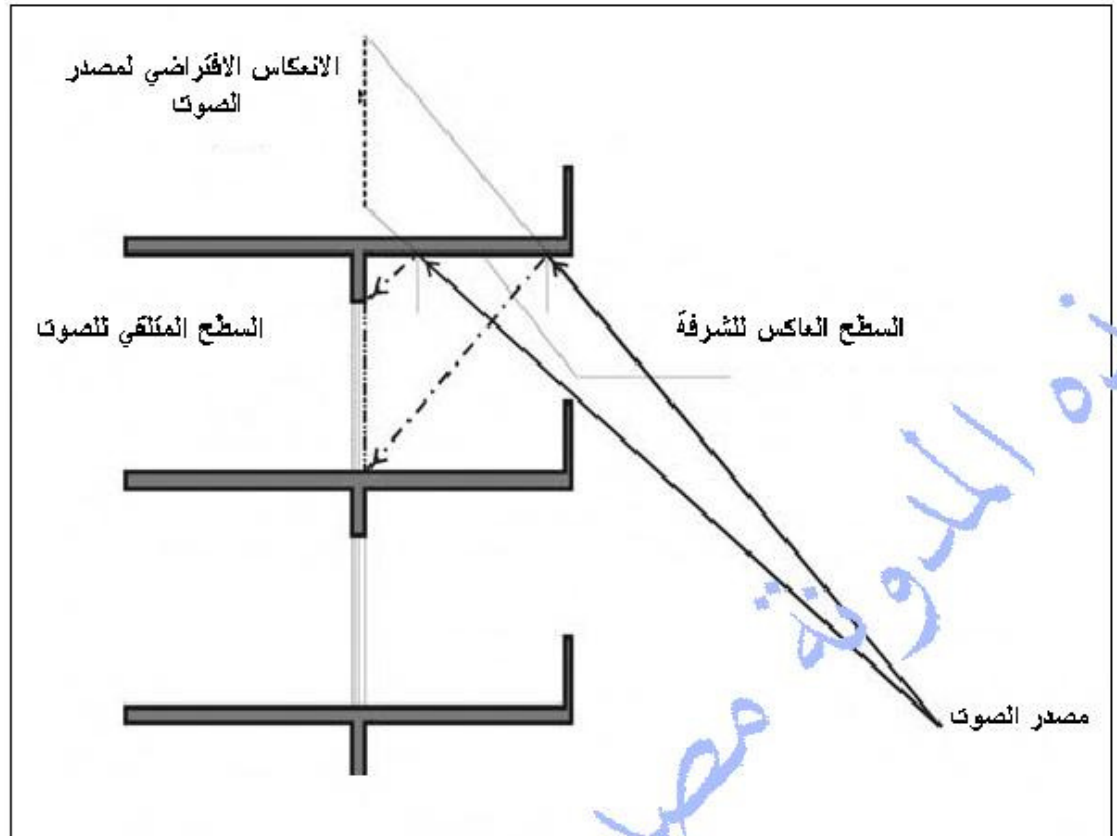


الشكل (5-8/3) تقليل الضوضاء باستعمال الحواجز [4، ص7]

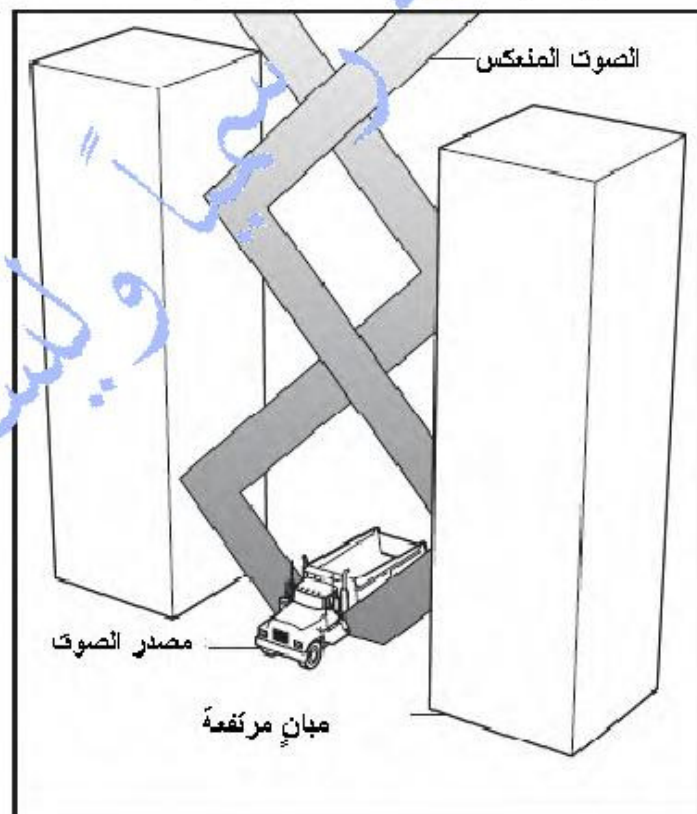
والحواجز تراكيب انشائية مصممة تعمل على تغيير مسار الصوت بين المصدر والمتلقي. وتستخدم في حالة تعذر احاطة المصدر كلياً كالمصادر الخطية أو بعض المصادر النقطية في المجال الحر، وتعمل على تخفيض الضوضاء ضمن منطقة الظل الصوتي التي تكونها. وهذه المنطقة تشابه منطقة ظل الصوت عندما يصادف حاجزاً، ولكن منطقة الظل الصوتية صغيرة مقارنة بمنطقة الظلال الناتجة من الحاجز في حالة

الصوت وسبب ذلك أن طول الموجات الصوتية قصير للغاية مقارنة بالموجات الصوتية. [4، ص7]





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

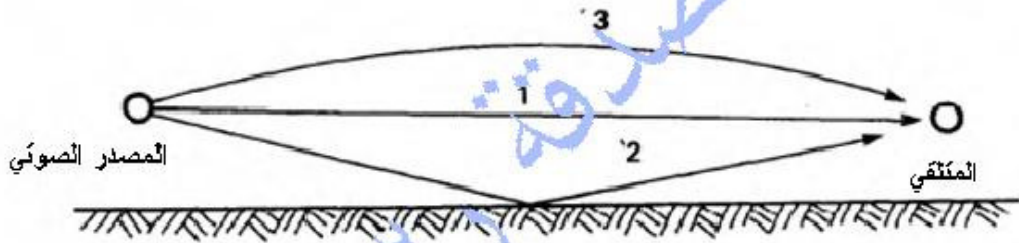


الشكل (6/3-5) مسارات انعكاس الصوت بين المباني المرتفعة

تنتقل موجات الصوت بحسب اتجاه هبوب الرياح فموجات الصوت التي تنتقل مع الرياح تتحني باتجاه الأرض وموجات الصوت التي تنتقل عكس اتجاه الرياح تتحني فوق مستوى الأرض. أما الرياح غير المنتظمة الاتجاه فأنها تسبب تغييراً في منسوب الصوت عبر مسافات كبيرة. وبشكل عام فإن الرياح غير المنتظمة يصعب معها حساب التغيير في مناسيب الصوت.

### 3/3/2-5 التغطية الأرضية

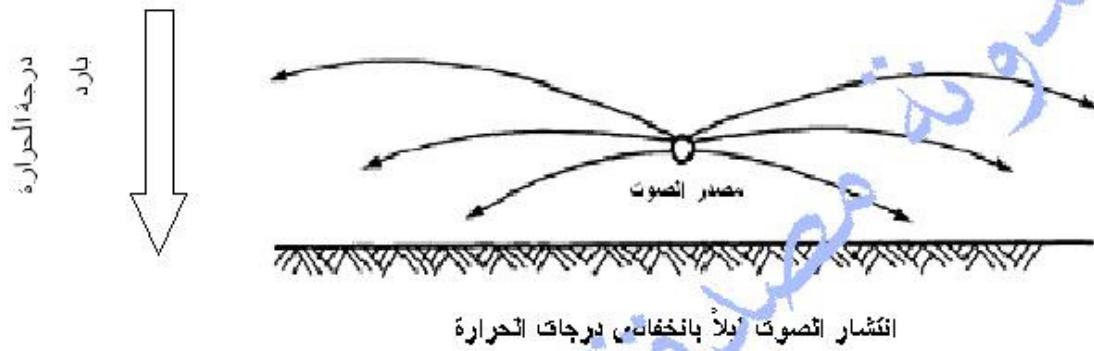
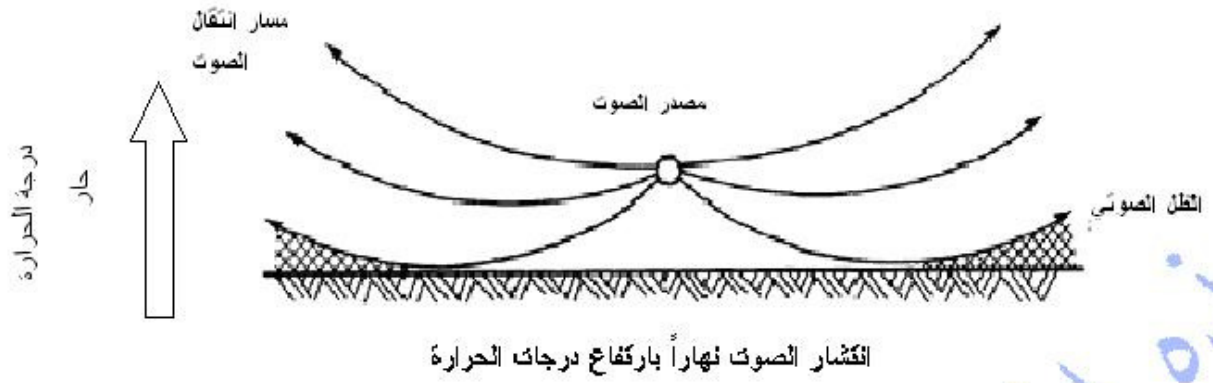
يؤثر نمط التغطية الأرضية على انتقال الصوت بثلاث طرق رئيسة لانتقال الصوت. وكما يبين الشكل (4/2-5) فإن المسار الأول يمثل انتقال الصوت المباشر بين المصدر والمتلقي والمساير الثاني لانتقال الصوت يمثل الصوت المنعكس من الأرض الذي قد يكون بنفس الطور أو خارج الطور لانتقال الصوت المباشر الذي قد تضعفه أو قد تقويه تغطية الأرضية التي قد تكون صلبة أو ناعمة (عاكسة أو ماصة للصوت). أما المسار الثالث فيعبر عن مناسيب الصوت المنخفضة التي تتحني نحو الأرض بعدة طرق اعتماداً على سرعة الرياح ودرجة الحرارة ورطوبة الجو، وتعتمد الحسابات على المسارين الأول والثاني بشكل أساسي. [1، ص 5-7]



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

### 3-5 طرائق تخفيض انتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي

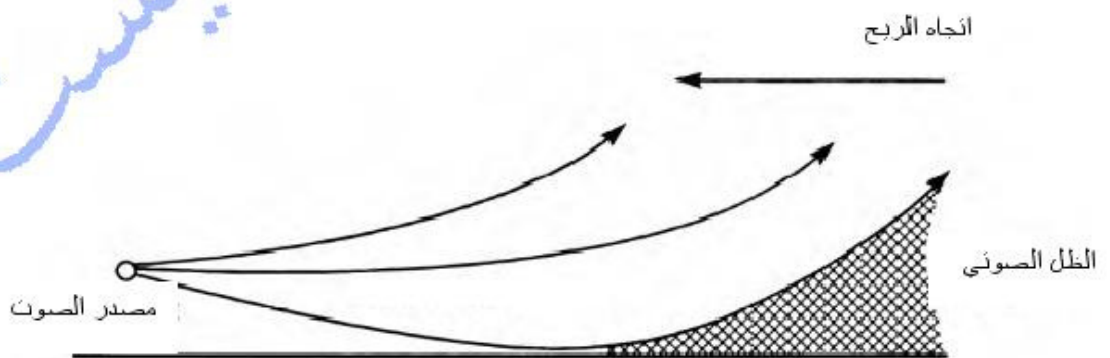
بالنظر للتأثيرات السلبية لانتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي على الابنية القريبة من مصادر الاصوات كما موضح بالشكل (5/3-5) حيث ينعكس الصوت بشكل كامل داخل الفضاء في مبنى متعدد الطبقات، أو قد يحدث انعكاس صوتي بين الابنية المرتفعة المتقاربة كما في الشكل (6/3-5)، فتم اعتماد عدد من الطرائق لتخفيض انتقال الضوضاء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



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

### 2/3/2-5 الرياح

لأنسبب الرياح المناسبة بهدوء تأثيراً يذكر في تغيير طريقة انتقال الصوت ولكن تأثيرها يظهر عند زيادة سرعتها إذ تعمل على تكوين منحنيات في موجات الصوت على مدار مسافات واسعة. وتولد في نفس الوقت منطقة ظلال صوتية بالنسبة للمتلقي وذلك في الترددات 300 و 5000 Hz. يبين الشكل (3/2-5) تأثير اتجاه الرياح في تكوين منطقة ظلال صوتية. [1، ص 5-6]



الشكل (3/2-5) تأثير اتجاه الرياح على انتشار الصوت [1، ص 5-6]

### الجدول (5-1/2)

معامل الامتصاص  $\alpha$  في درجة حرارة 20 سيليزية [2]

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

### 5-3/2: تأثيرات الغلاف الجوي

تسبب درجات حرارة والرياح تأثيراً في موجات الصوت وهو ما يؤثر في مناسيب شدة الصوت المستقبل من قبل المتلقي. كما يأتي:-

### 5-1/3/2- 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 .

$$c = 20.047 \sqrt{273 + T^{\circ}C} \quad (5-2/2)$$

حيث:

$$T^{\circ}C = \text{درجة حرارة } (^{\circ}C)$$

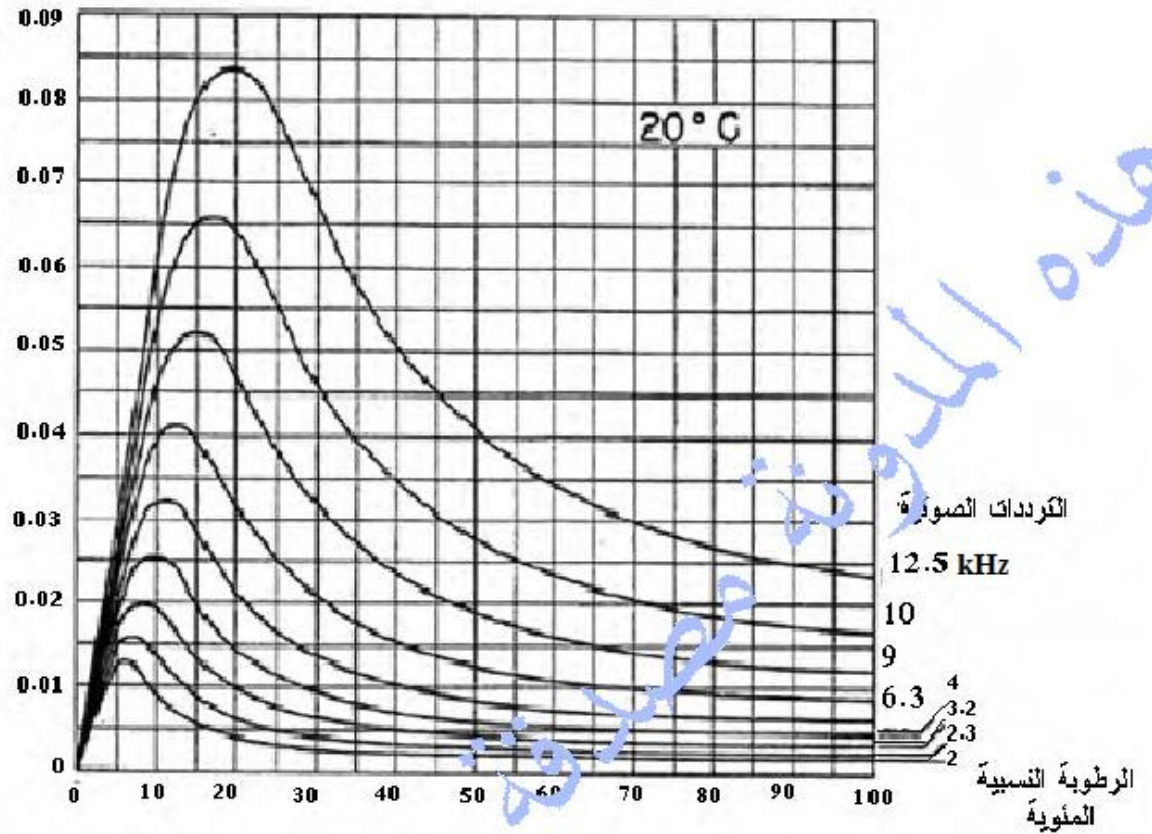
$$c = \text{سرعة الصوت (m/sec) [3]}$$

و تؤثر التغيرات 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 واسعاً ليلاً لان اتجاه الانتشار يكون من الاسفل بعيداً عن مصدر الصوت والشكل (5-2/2) يبين ما تقدم.



معامل التوهين

dB/m



الشكل (1/2-5) علاقة امتصاص الصوت بالرطوبة النسبية في درجة حرارة 20°س

[1، ص 5-1]

لغرض حساب امتصاص الهواء للصوت تستعمل المعادلة (1/2-5) اعتماداً على ANSI S1.25.

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

حيث:

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

$m$  = معامل الامتصاص (dB/km)

$c$  = سرعة الصوت (m/s) [2]

## الباب الخامس

### انتشار الصوت في الفضاء الخارجي

#### 1-5 تمهيد

تنتشر في أجواء المدن المعاصرة ضوضاء ناشئة من وسائل النقل المتنوعة واستعمال أجهزة التبريد والمراوح ومولدات الكهرباء وصخب التجمعات السكنية وما إليها، فتسبب زيادة في درجة الضوضاء المنقولة إلى 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.

#### 2-5 انتشار الصوت في الفضاء الخارجي

تؤثر في عمالية انتشار الصوت في الفضاء خارج الابنية عدد من العوامل نلخص بما يأتي:-

##### 1/2-5 تأثير المسافة

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

##### 2/2-5 الامتصاص الجزيئي

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

4-6/3/2 اعتماد منسوب الضوضاء  $L_{Aeq}$  في ساعات 07.00-23.00 للأوقات الصباحية و 23.00-07.00 للأوقات المسائية.

4-6/3/3 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 بالتصنيف الخاصة بالمناطق السكنية. [8]

#### الجدول (4-6/4)

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

انماص مصادر الضوضاء	فترة القياس (h)	مناسيب الضوضاء المتولدة بالـ (dB)			
		التصنيف أ	التصنيف ب	التصنيف ج	التصنيف د
المركبات المرورية	07.00-23.00	55>	63-55	72-63	72<
	23.00-07.00	45>	57-45	66-57	66<
القطارات	07.00-23.00	55>	66-55	74-66	74<
	23.00-07.00	45>	59-45	66-59	66<
الطائرات	07.00-23.00	55>	66-57	72-66	72<
	23.00-07.00	48>	57-48	66-57	66<
متنوعة	07.00-23.00	55>	63-55	72-73	72<
	23.00-07.00	45>	57-45	66-57	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 الأردنية، 1995
- [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* "



#### الجدول (2/6-4)

##### الضوضاء المقبولة من الطائرات [8]

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

#### 3/6-4 معايير ضوضاء المرور في المناطق السكنية

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

#### الجدول (3/6-4)

##### تصنيفات التعرض الضوضائي في المناطق السكنية [8]

تصنيف التعرض الضوضائي	سمحية الاستعمالات السكنية
أ	يسمح باستحداث المنطقة السكنية مع الحاجة إلى استعمال الحواجز لمنع مصادر الضوضاء المحلية.
ب	تبرز الحاجة عند هذا التصنيف إلى ألا ينظر الاعتبار تأثير مصادر الضوضاء على تخطيط المنطقة، مع وضع الاشتراطات الخاصة بالحماية من الضوضاء.
ج	منطقة يسمح بالبناء فيها عند الضرورة القصوى وعند الحاجة توفر مناطق أخرى هادئة مع استعمال الحواجز الضرورية لتقليل مناسب الضوضاء
د	منطقة غير مسموح للبناء السكني فيها

اعتمد التصنيف على عدد من المحددات هي:

1/3/6-4 عدم وجود سطوح عاكسة محيطية بمصدر الضوضاء عدا سطح الأرض.



#### 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 والتكيف العلمي والصحي والمادي وغيرها إضافة 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]

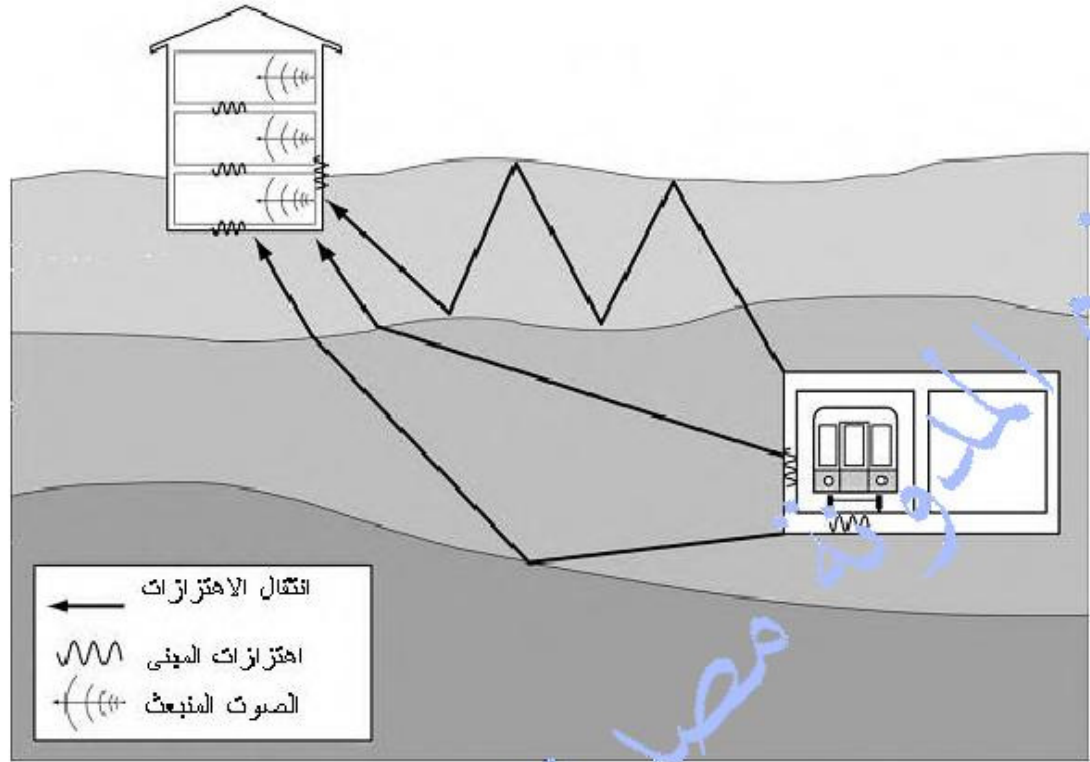
##### الجدول (1/6-4)

مناسيب الضوضاء المسموح بها في المناطق المختلفة [8]

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

##### 2/6-4 ضوضاء الطائرات

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



الشكل (4/5-4) يوضح تأثير القطارات تحت الأرض في توليد الاهتزازات ونقل الضوضاء الى المباني القريبة. [1، ص 2-7]

### 3/5-4 ضوضاء الطائرات

تعد ضوضاء الطائرات من أسوأ أنواع الضوضاء في المدن المعاصرة لزيادة اعتماد الدول على النقل الجوي، وزيادة حجم النقل داخل الدولة الواحدة، كما أن أصوات 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 لأن الضوضاء الناتجة منها تأتي من أعلى المباني وجوانبها وهو ما يستلزم توفير المعالجات الخاصة في سقوف المباني القريب من المطارات وجدرانها.

تتولد الضوضاء من الطائرات من ما يأتي :

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

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

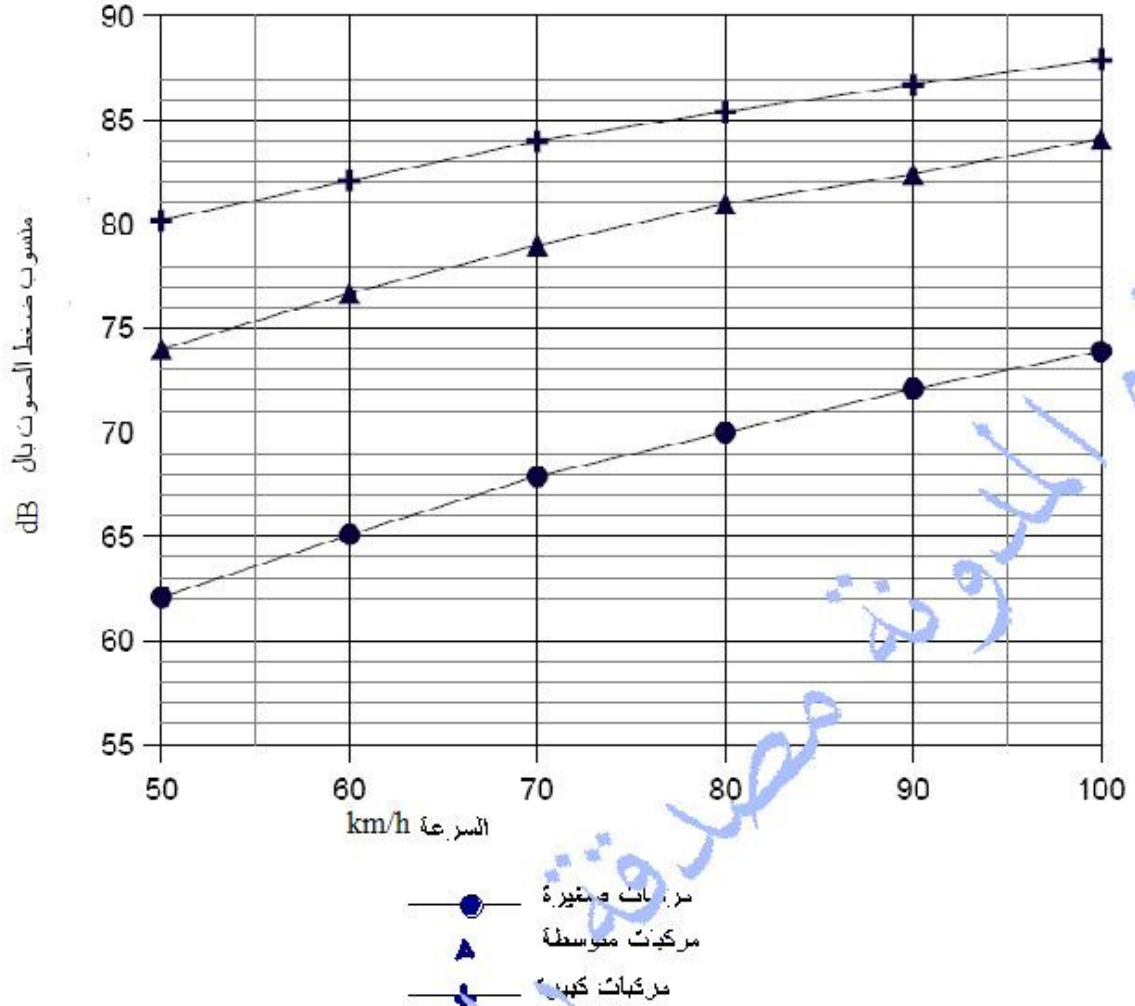
الصغيرة و المتوسطة والشاحنات المتوسطة. ومتوسط منسوب الضوضاء المتولدة منها (80-82) dB في سرعة 90 km/h عند مسافة 16.6 m من السيارة.

#### 3/1/1/5-4 السيارات الثقيلة

تتبع 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 وخلطات الاسمنت وباصات النقل الكبيرة والشاحنات التي لها ماسورة هواء اعلى المركبة (يصل ارتفاعها ما بين 3.6-4.5 m) والدراجات البخارية الكبيرة، ومتوسط منسوب الضوضاء المتولدة منها (85-87) dB في سرعة 90 km/h عند مسافة 16.6 m من السيارة. [6، ص 2-6]

#### 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 خصوصا محركات الديزل والمولدات الكهربائية. مرفقة بالعربات الملحقة بها وعربات المسافرين ونقل البضائع وصوت المكابح. واطافة 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 اضرارا في الهيكل الانشائي وخصوصا الابنية القديمة. يبين الشكل (4-5/4) تأثير القطارات تحت الارض في توليد الاهتزازات وانتقالها الى المباني. [2، ص 239]



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

#### 1/1/5-4 أنماط المركبات

##### 1/1/1/5-4 السيارات الخاصة

تتبع الضوضاء من ارتفاع  $m$  0.6 فوق سطح الطريق وتنتج من حركة إطارات السيارات على الطريق. هذا التصنيف يشمل نمط السيارات الخاصة وسيارات الحمل الصغيرة والمتوسطة والسيارات الرياضية المتوسطة والصغيرة وسيارات نقل الأشخاص 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.

##### 2/1/1/5-4 السيارات المتوسطة

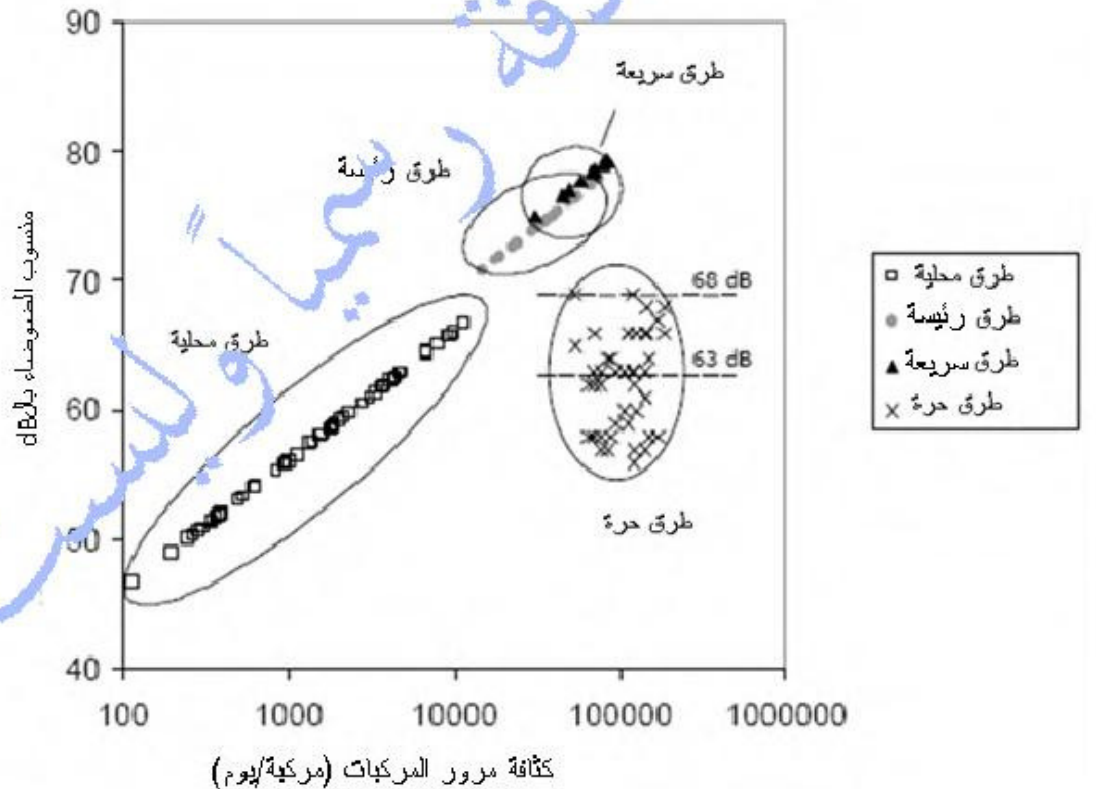
تتبع الضوضاء من ارتفاع (0.6-1.5) m فوق سطح الطريق، وتنتج من حركة إطارات السيارات على الطريق وصوت محرك السيارة. ويشمل هذا التصنيف نمط السيارات المتوسطة كسيارات النقل والتوصيل وسيارات البريد وشاحنات الديزل والمقطورات وسيارات النقل العام وسيارات المدارس والدراجات البخارية



#### 5-4 أنماط ضوضاء المرور

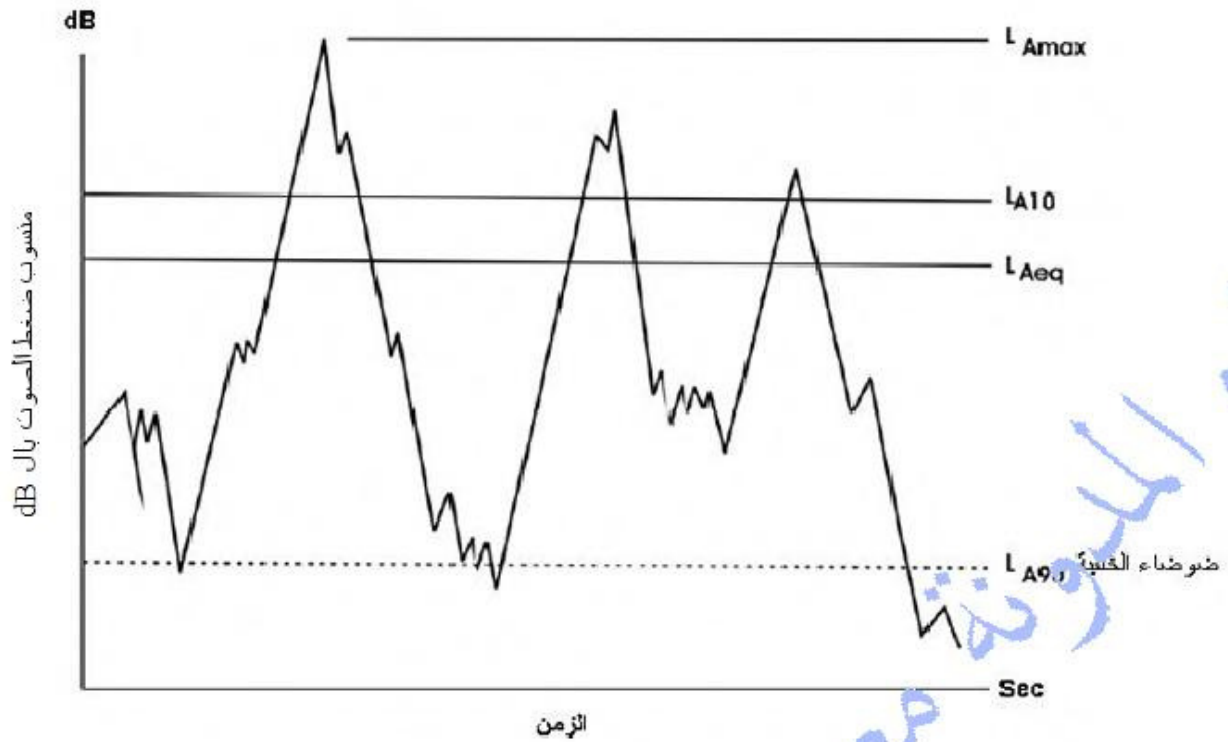
##### 1/5-4 ضوضاء المركبات

تعتبر من مصادر الضوضاء الشائعة والمؤثرة ويكون منشؤها الإطارات وصوت المحركات في المركبات الكبيرة وعند السرعة المنخفضة، في حين يكون صوت الاطارات هو الاشد تأثيراً في السرعة 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 تقيض حجم حركة المرور إلى النصف في الطرق يقلل مستوى الضوضاء بحدود 3 dB . وتختلف الضوضاء المتولدة من المركبات تبعاً لنمط خطوط السير ويبين الشكل (2/5-4) مناسيب الضوضاء المتولدة من خطوط السير الرئيسية والمحلية والسريعة والحررة. ان الشكل (3/5-4) يبين العلاقة بين حجم المرور ومنسوب الضوضاء المتولدة لحد من الطرق المحلية والرئيسة والسريعة والطرق الحررة. وقد تم الاعتماد على قياس منسوب الضوضاء على مسافة 10 m من الطريق العامل ولا وجود لجدران عزل صوتي (اسيجة). أما الطرق المحلية فنسبة 2% من الشاحنات بسرعة 50 km/h. وأما الطرق الرئيسية فنسبة 5% من الشاحنات وسرعة 60 Km/h ، وأما الطرق السريعة فنسبة 7% من الشاحنات وسرعة 70 km/h. [5، ص6]



الشكل (2/5-4) مناسيب الضوضاء المنبعثة من طرق النقل المختلفة مع

تغير كثافة المرور [5، ص7]



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

#### 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 عاينها فإن تحليل هذه الضوضاء سيعتمد على عوامل ثانوية وهي:

1/4-4 كثافة المرور والسرعة.

2/4-4 تركيب المرور.

3/4-4 تقاطعات الطرق ومعابر المشاة.

1/4-4 كثافة المرور والسرعة

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

2/4-4 تركيب المرور

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

3/4-4 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

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

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

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، ص 236]

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

المؤشر المعادلة التالية:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} [t_1 \times 10^{L_1/10} + t_2 \times 10^{L_2/10} + \dots + t_n \times 10^{L_n/10}] \quad (3/3-4)$$

حيث:

$L_{Aeq}$  = المنسوب التراكمي (dB)

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

$L_1, L_2, \dots, L_n$  = منسوب ضغط الصوت ( $N/m^2$ )

3/3-4 منسوب  $L_{A90}$ : يمثل منسوب ضوضاء الذي يتجاوز 10% من أي مدة زمنية. يعتمد هذا المنسوب

لتمثيل منسوب ضوضاء الخلفية.

4/3-4 منسوب  $L_{Amax}$ : المنسوب الأكبر المتولد من حدث صوتي منفرد.

ومن بين هذه المؤشرات فإن المنسوب المعتمد هو  $L_{A10}$  في 18 ساعة لكونه أكثر تحديداً لمناسيب

الضوضاء التي يتعرض لها الناس في اليوم الواحد.

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

## الباب الرابع ضوضاء المرور

### 1-4 تمهيد

تعد ضوضاء المرور احد ابرز مصادر الضوضاء والاهتزازات في مراكز المدن وتؤثر في المناطق السكنية وغيرها من اناط بنائية. يتناول هذا الباب اناط 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:

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

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

3/2-4 متوسط سرعة السيارات.

4/2-4 انسيابية حركة المرور.

5/2-4 المسافة بين خط المرور والمتلقي.

6/2-4 انحدار لشارع أو ميله.

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

8/2-4 اتجاه لرياح في ذلك الشارع.

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

10/2-4 ضوضاء المركبات المنفردة. [1]

### 3-4 مؤشرات قياس ضوضاء المرور

اعتمد قياس ضوضاء المرور على اربعة مؤشرات رئيسة وهي:-

1/3-4 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 18 ساعة (من الساعة 6 صباحاً الى الساعة 12

ليلاً)، او في 12 ساعة (من الساعة 6 صباحاً الى الساعة 6 مساءً). تستعمل المعادلة (1/3-4) لحساب قيمه

منسوب الضوضاء التراكمي في ساعة واحدة.



### الجدول (3-3/2)

العلاقة بين معايير الضوضاء وبين شدة الصوت في الترددات المختلفة.

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

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، ص 103]

### 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، "كوة الصوتيات"، مجلس البناء الوطني الاردني، 2000

تتمة الجدول (2/2-3)		
45-40	35-30	الأجنحة
50-45	40-35	لمختبرات
45-40	35-30	لممرات
50-45	40-35	الاماكن العامة
لمدارس		
35-40	30-25	قاعات الصفوف ولمحاضرات
45-50	40-35	لصفوف لمفتحة
45-40	35-30	قاعات العرض لسينمائية
50-40	40-35	لمكتبات
65-30	25-20	لمسارح
45-35	35-25	الاقامة الخاصة
55-50	45-40	لمطاعم
35-25	25-15	لستوديوهات التصوير
30-25	20-15	لستوديوهات التسجيل
30-25	20-15	قاعات الموسيقى والانشيد
55-55	55-45	قاعات الرياضة
30-25	20-15	غرف لبث الاداعي

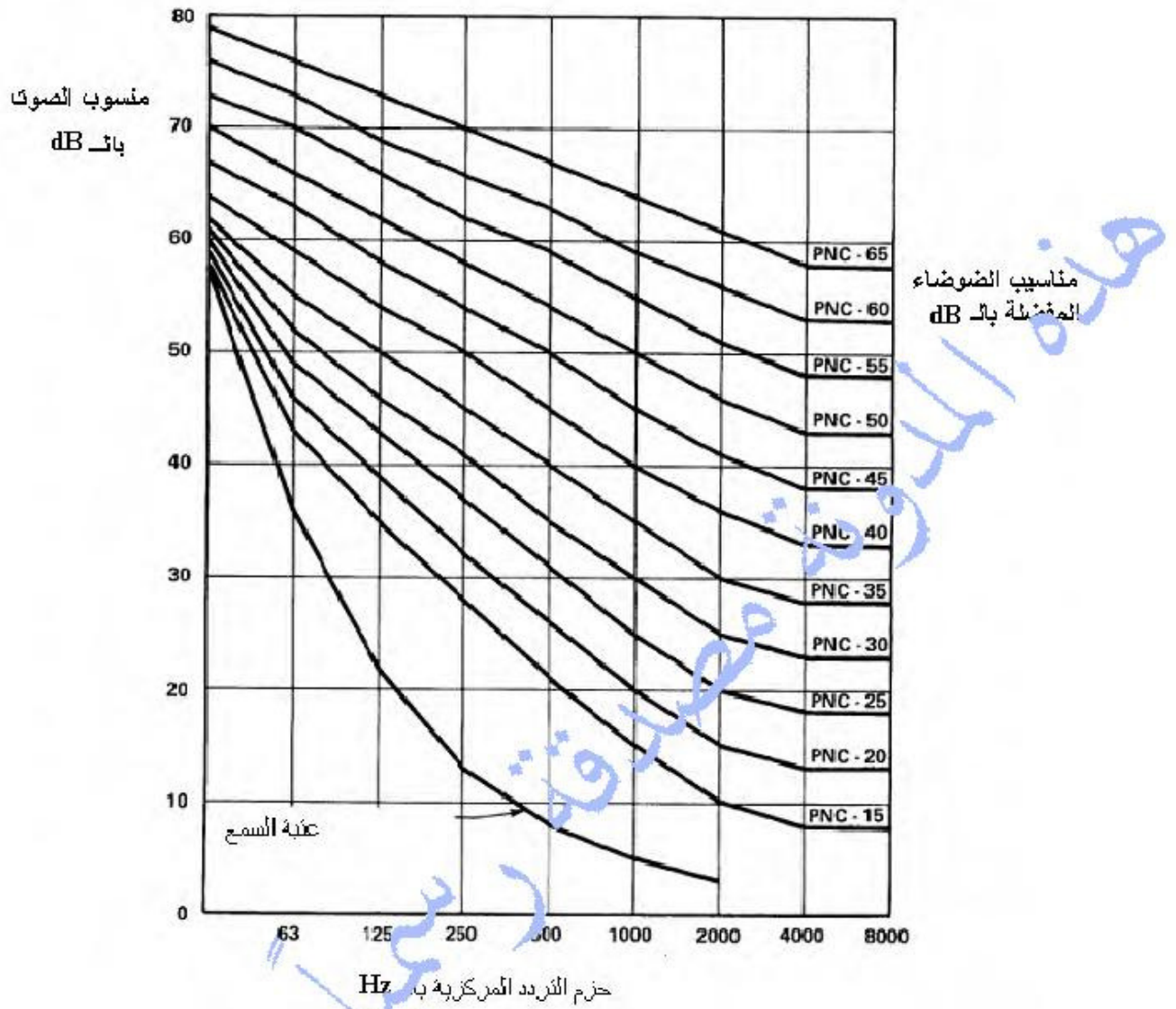
منسوب الصوت المكافئ  $L_{eq}$

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

### الجدول (2/2-3)

المعايير المفضلة للضوضائية في مختلف أنواع الفضاءات

انماط الفضاءات	منسوب الضوضاء المفضل (dB)	منسوب الصوت المكافئ (dB)
لشقق سكنية	35-25	45-35
قاعات الاجتماعات	35-25	45-35
المكاتب	35-30	45-40
قاعات المحاكم	40-30	50-40
لمعامل	65-40	75-50
لبناني		
لغرف المنفردة أو الأجهزة	35-25	45-35
غرف الاجتماعات والحفلات	35-25	45-35
مساحات الخدمة والدعم	45-40	50-45
لقاعات والممرات وغرف الانتظار	40-35	55-50
لمكاتب		
قاعات الاجتماعات	30-25	40-35
لغرف الخاصة	35-30	45-40
لمكاتب مفتوحة	40-35	50-45
اعمال الحاسبات والمكائن المكتبية	45-40	55-50
لمستشفيات ولعيادات		
لغرف المنفردة	30-25	40-35
غرف العمليات	30-25	40-35



الشكل (2/2-3) منحنيات المعايير المفضلة للضوضاء [ص 2-2]

#### 4/2-3 معايير الضوضاء المفضلة

يجب ان لا تزيد معدلات الضوضاء في الفضاءات المختلفة عن المعايير المحددة في العمود الاول من

الجدول (2/2-3). [1، ص 4-2]

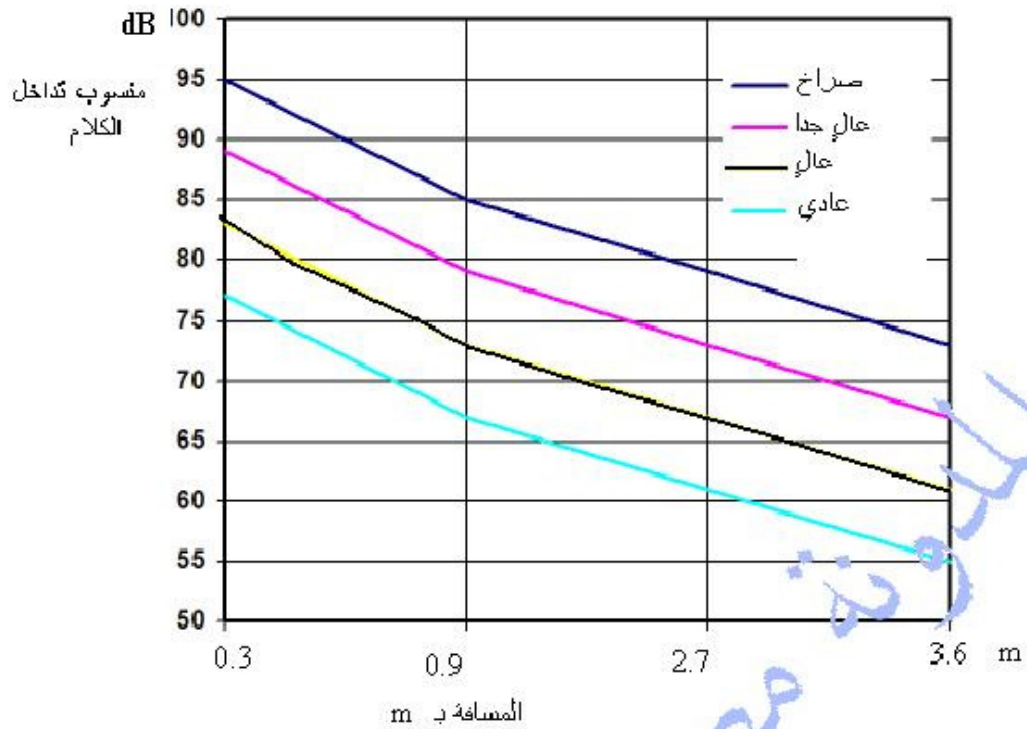


### 2/2-3 دليل اللفظ الواضح (AI - Articulation Index)

يمثل نسبة الاجابات الصحيحة التي يحققها جمهور من المستمعين عندما نقرأ 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 الضوضاء المستعمل للاختبار مساوياً الى 80% او اكثر فان المستمعين يستطيعون فهم كل عبارة تلقى في ذلك الضوضاء بسهولة. واذا كان دليل اللفظ الواضح مساوياً الى 75% فان على المستمعين ان يركزوا لفهم كل ما يقرأ، اما اذا كان دليل اللفظ اقل من 65% فان وضوح الكلام يكون ضعيفاً للغاية. [2، ص 92]

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

هي طريقة للتعبير عن مناسيب الضوضاء المقبولة في المباني. من خلال رسم مجموعة من منحنيات تربط بين منسوب ضغط الصوت، والتردد لمركزي 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، ص 2-1]



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

(في الجدول (3-2/2) توضيح لأعلى مناسب لضوضاء الخلفية التي يمكن معها الاستماع والمحادثة على  
مسافات مختلفة بين المتكلم والسامع). [2، ص 93]

#### الجدول (3-2/2)

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

أنماط الاصوات				المسافة بين المتكلم والسامع (m)
الصراخ	الصوت العالي جدا	الصوت العالي	الصوت العادي	
85	77	71	65	0.3
81	75	69	63	0.4
79	73	67	61	0.5
77	71	65	59	0.6
74	68	62	56	0.8
72	66	60	54	1
69	63	57	51	1.5
66	60	54	48	2
63	57	51	45	3
60	54	48	42	4

## 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 ب:-

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

وهو من المؤشرات الرئيسة بقياس 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. ويقاس درجة تداخل ضوضاء الخلفية مع الكلام. يبين الجدول (1/2-3) معدل مناسيب تداخل الكلام وتأثيرها في مفهومية الكلام، ونظر الشكل (1/2-3) الذي يوضح درجة صوت الانسان. [1، ص2-2، 1]

#### الجدول (1/2-3)

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



و من الشكل السابق فإن 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 (b>a).

2/3/7-2 اذا كانت المسافة (r) المطلوب قياس الضوضاء عندها اقل من قيمة  $(\frac{a}{\pi})$  فيبقى منسوب الصوت كما هو ولا تقل 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 تقل 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 تقل قيمة منسوب الصوت بمقدار (6 dB). [1، ص 152]

## 8-2 المراجع

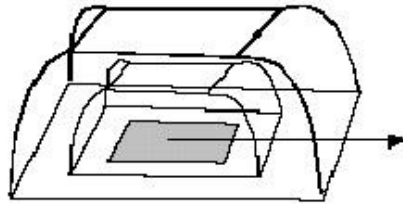
- [1] Smith, B and J. Peters and, R. J. Owen, Stephanie. "Acoustic and Noise Control". England. Addison Longman Limited, 1996.
- [2] Baumüller, Jürgen. Hoffmann, and Mel. Ulrich. Heuter, Ulrich. "Noise Manual for Urban Development-Indications for urban and-use planning" Stuttgart, Wirtschaftsministerium 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, A.H. "Noise and its Effects". 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.



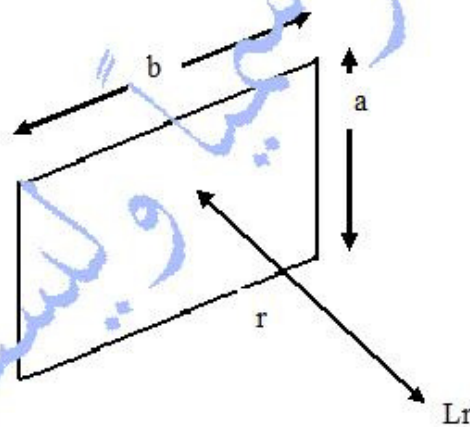
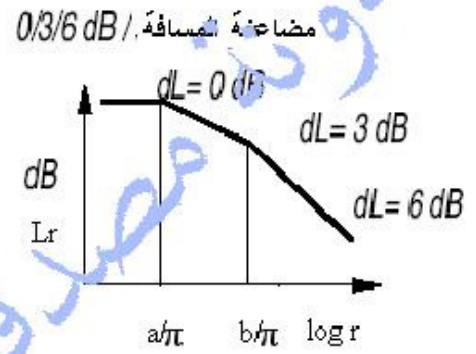
### 3/7-2 مصدر السطح المستوي (Plane Source)

يقصد بالمصدر السطحي مجموعة من المصادر النقطية متوزعة في اتجاهين، وتقع على سطح مستوي، 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 واجهة مبنى ضوضائي حيث يبعث الامواج الصوتية من خلال سطح ذي بعدين مثل واجهة غرفة المكائن او واجهة منزل او نافذة في جدار . كما مبين في الشكل (7/7-2).

مصدر صوتي سطحي



الانتشار الهندسي



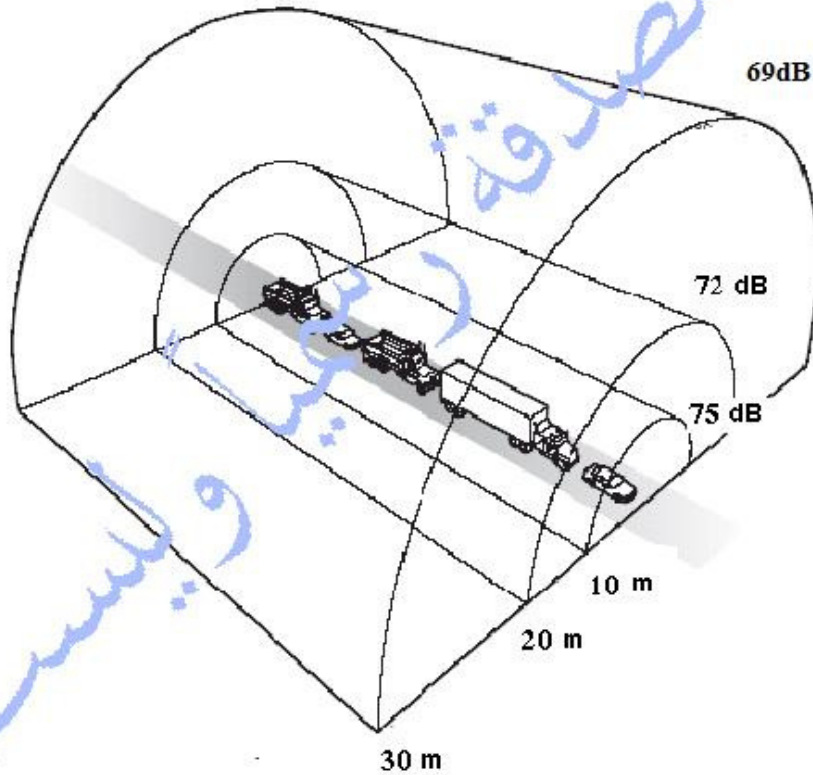
الشكل (7/7-2) عند انتشار الصوت من المصدر السطحي تحصل عدة

تغييرات في مقدار التوهين مع تغير المسافة [ 1 ، ص 152 ]

## 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 (2-7/6).

$$L_{p_2} = L_{p_1} - 10 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2-7/3)$$



الشكل (2-7/6) عند انتشار الصوت من المصدر الخطي يحصل التوهين

بمقدار (3 dB) عند مضاعفة المسافة. [8]

## 1/7-2 المصدر النقطي (Point Source)

تتمثل المصادر النقطية بموقع مآكنة 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) فإنه 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 الأرض 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، ص 62]

$$L_p = L_w - 20 \log_{10}(r) - 11 \text{ dB} \quad (1/7-2)$$

$$L_{p_2} = L_{p_1} - 20 \log_{10} \frac{r_2}{r_1} \quad (2/7-2)$$

حيث:

$L_w$  = منسوب قوة الصوت للمصدر النقطي قدم مستوي سطح الأرض (dB)

$L_p$  = منسوب الضغط الصوتي (dB)

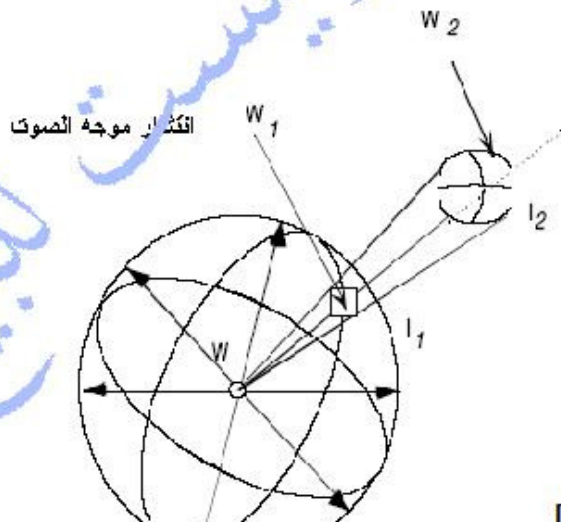
$r$  = المسافة عن المصدر الصوتي (m)

$r_1$  = المسافة الأولى عن المصدر الصوتي (m)

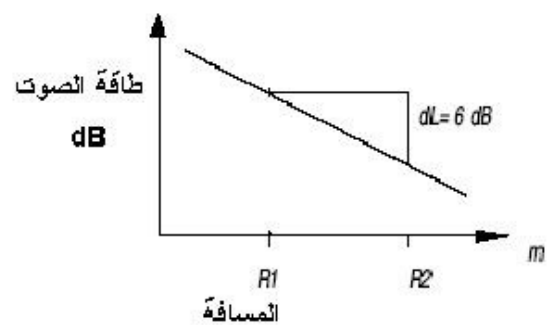
$r_2$  = المسافة الثانية عن المصدر الصوتي (m)

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

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



تقل طاقة الصوت بمقدار 6 ديسيبل عند مضاعفة المسافة





## الجدول (2-5/1)

مقياس درجة التأثير لمنسوب الضوضاء الخلفية

درجة التأثير	منسوب ضوضاء الخلفية (dB)
هاديء جداً	أقل من 25
هاديء - متوسط	35-45
ضوضاء	45-50
ضوضاء عالية	50-55
ضوضاء عالية جداً	55-70

## 2-6 مناسيب الضوضاء المقبولة عالمياً

قدمت منظمة لصحة العالدية في عام 1999 توصيات دولية متعلقة ببحوث أجرتها المنظمة عن أضرار ضوضاء المجتمع وضوضاء المصانع وضوضاء وسائل النقل العامة من مركبات و قطارات على صحة الانسان وكيفية تحقيق اختيارات استعمال الااضي لتوفير اماكن هادئة. ومن أبرز توصيات منظمة الصحة العالمية (عند تخطيط المدن والأستعمار العام لها) في مشروع طرق النقل البيئية المستدامة في عام 2000 م هي:-

### 2-6/1 التعرض الضوضائي ليلاً

أوصت منظمة الصحة العالمية بضرورة انخفاض مناسيب الضوضاء التي يتعرض لها الانسان ليلاً بمقدار 10 dB عن النهار. وتقاس قيمة الضوضاء التي يتعرض لها الانسان بمقياساً اعتماداً على وجود مصدر ضوضاء واحد خلال الفترة التي ينام فيها الانسان، وهو الوقت بين الساعة 10 مساءً 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.

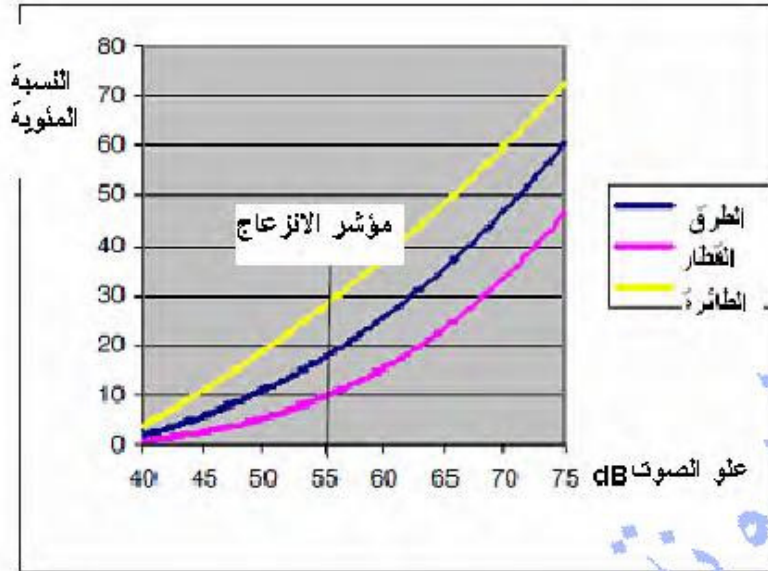
### 2-6/2 التعرض الضوضائي نهاراً

اكثر ما يكون اشتداد الضوضاء وتنوعها في النهار والمساء، فتقلل من سهولة فهم المحادثات والتكيز في الاعمال اليومية المطلوبة، ولهذا وضعت قيمة تعرض ضوضائي لا تزيد عن 65 dB في الاماكن المزدحمة مثل الاماكن التجارية، و 50-55 dB في المناطق السكنية. [8]

## 2-7 أنواع المصادر الضوضائية

تقسم مصادر الضوضاء الى ثلاثة أنماط أساسية هي:-





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

- يعتمد الانزعاج المتولد من الضوضاء على عدد من العوامل المرتبطة بالصوت الضوضائي وكما يلي:
- 2-4/1 شدة الضوضاء والمناسيب التي يتعرض لها الانسان، اذ كلما زادت شدة الصوت زاد الانزعاج.
  - 2-4/2 جهارة الضوضاء، اذ كلما زادت جهارة الضوضاء زاد الانزعاج المتولد منها.
  - 2-4/3 تردد الضوضاء، اذ يزداد الانزعاج بزيادة تردد الضوضاء وعدم انتظامها.
  - 2-4/4 نغمة الصوت، ان الاصوات ذات النغمة اسقية أكثر ازعاجاً من النغمات المتعددة.
  - 2-4/5 الاصوات المفاجئة وغير المتوقعة اكثر خطورة من الضوضاء المستمرة و المستقرة.
  - 2-4/6 طول فترة التعرض، اذ 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 لجدول (2-5/1) يوضح درجة تأثير منسوب ضوضاء الخلفية في فهم الاتصال والاستجابة الواعية والتي تحدد بدورها درجة التأثير والانزعاج. ان وجود ضوضاء الخلفية غير المرغوب فيها يؤثر في اتصال الشخص مع الآخرين، وهذا الاتصال له نطاق يدرك فيه الصوت تحده المسافة بين الاشخاص مع مقدار شدة الصوت الكافية لسماع صوت المتكلم. [7 ، ص 70-91]

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 مؤقتاً او دائماً.

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

#### 2-3-2 تأثيرات عملية - صحية

تولد الضوضاء آثاراً صحية سيئة تهبط بمستوى انتاج الفرد منها:

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

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

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

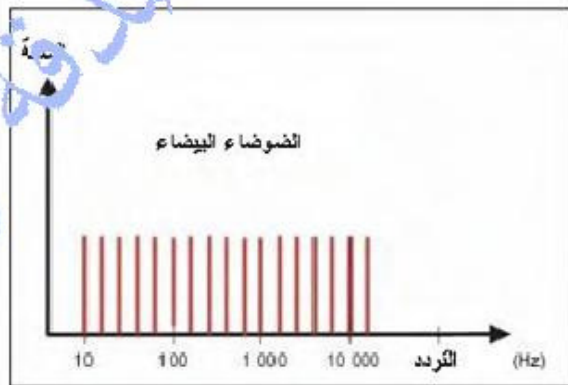
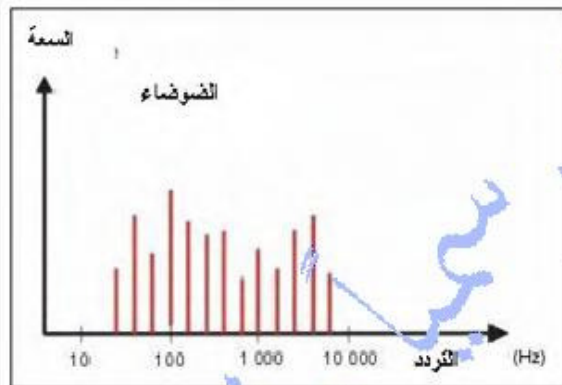
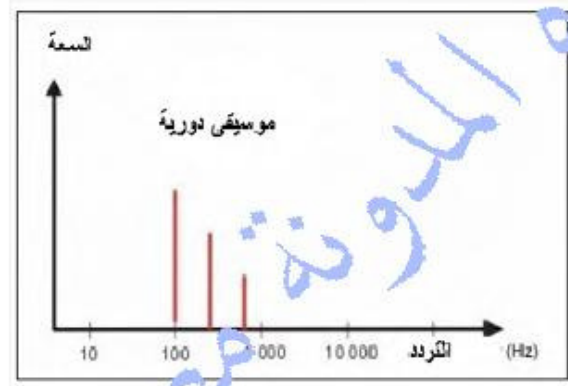
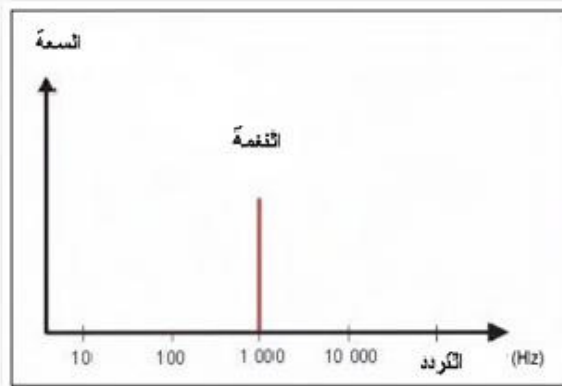
2-4/3-4 التأثيرات العصبية الفسيولوجية وهي التي تؤثر على إنتاج العاملين و ينشأ منها قدر من الأخطاء في أداء العمل. [5]

#### 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 الآخر يتولد لديهم الشعور بالانزعاج من منسوب ضوضاء 40 dB فما فوق. [6]

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

وهي مجموع الضوضاء الصادرة من مصادر مختلفة للضوضاء الخارجية والتي تؤثر على الشخص السامع بصورة مباشرة ويزداد منسوبها إذا 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 (عجبات)، والضوضاء البيضاء [2، ص 2.1]

## 3-2 التأثيرات السلبية للضوضاء

### 1/3-2 التأثيرات الصحية

تؤثر الضوضاء في الصحة العامة للإنسان ويمكن أن تحدد بنوعين رئيسيين هما: -

### 1/1/3-2 الأضرار السمعية: تقلل الضوضاء القدرة السمعية، إما مؤقتاً أو دائماً، وتسبب الاجهاد للإنسان



## 2-2/2 ظاهرة الضوضاء

ظاهرة الضوضاء غير محددة الابعاد، حيث تذكر بعض المصادر الصوتية أن قسماً من مناسبتها 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، كالثلاجة، والراديو، وآلات تنظيف والطبخ وغيرها.

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

2-2/2-6 المناطق أو الشاحات العامة وتشمل الأسواق الصغيرة والكبيرة والشوارع وساحات الوقوف وما يصابها 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. وان الممكن قياس منسوب الضوضاء الشاملة في أي لحظة مع اختلاف مناسبتها بحسب الوقت خلال اليوم الواحد. وتحتوي على ضوضاء مستمرة (حركة الأشخاص في الشوارع) وضوضاء غير مستمرة (الضوضاء الصادرة من المعامل حركة السيارات، و القطارات و صفاراتها وغيرها).

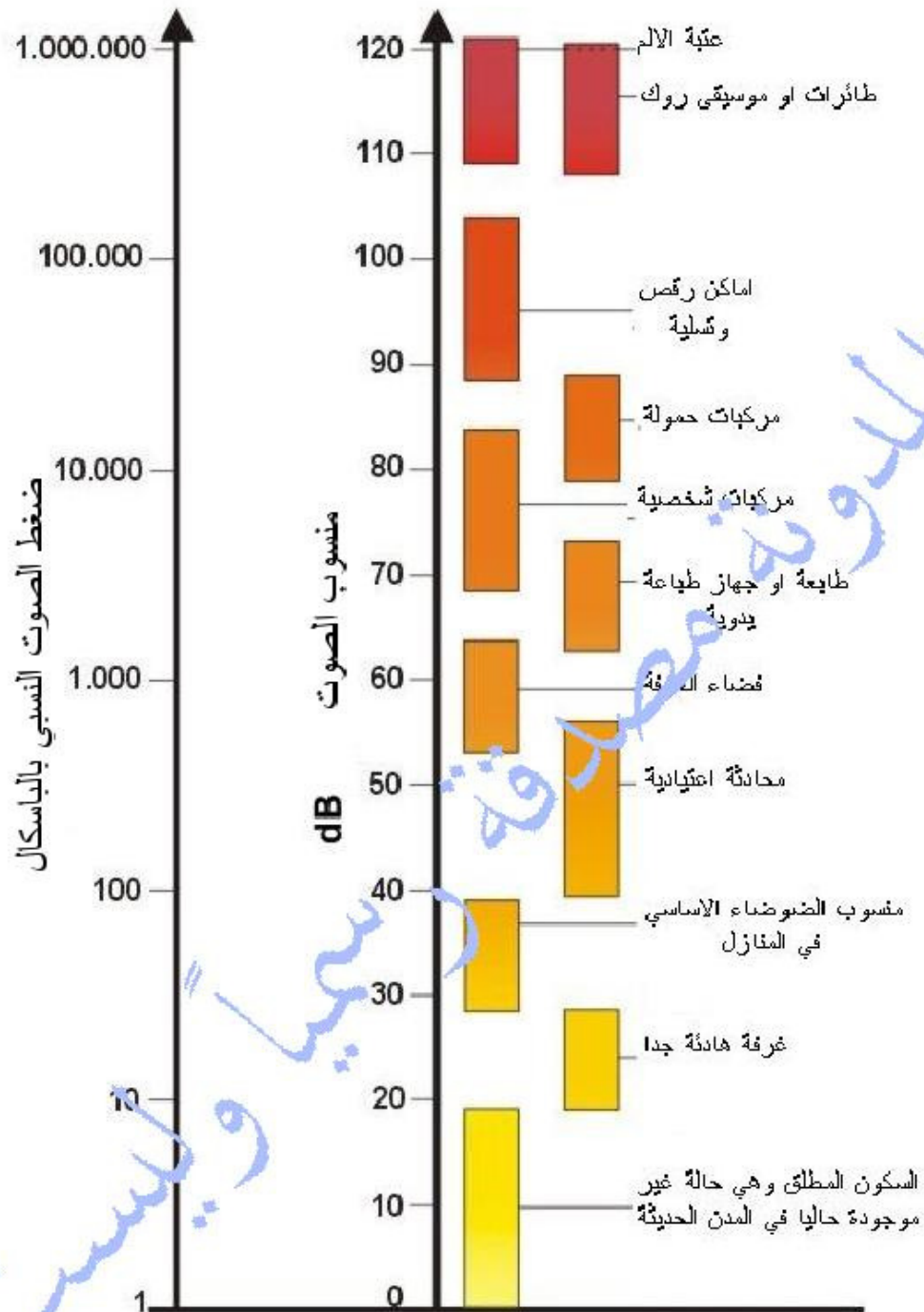
### 2/3-2/2 الضوضاء النبضية (Impulsive Noise)

تكون منقطعة ونبضية وتؤثر في الإنسان أكثر من لضوضاء المستمرة التي تساويها في نسبة الضوضاء، وذلك لتأثيرها المفاجئ. وتشمل الآلات المستعملة في الإنشاءات، وآلات دق الأسس والردائز، و تكون عالية الصوت ولفترة قصيرة ولها منسوب معين يتحملة الانسان وزيادتها تعرضه للخطر.

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

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





الشكل (2/2-2) مستوى الصوت ومعدلات ضغط الصوت لعدد من مصادر الضوضاء

## الباب الثاني تأثيرات الضوضاء وأنواعها

### 1-2 تمهيد

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

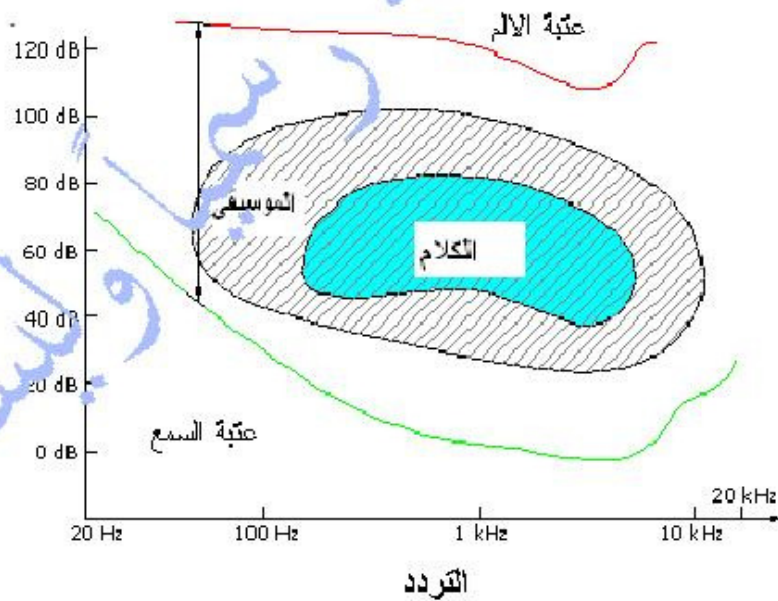
### 2-2 الضوضاء

#### 1/2-2 حدود سماع الإنسان

يستطيع الإنسان أن يسمع مدى 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 الألم أو عدم الارتياح). إلا أنه أكثر تحسناً 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، ص 17]

#### ضغط الصوت



الشكل (1/2-2) حدود سمع الإنسان [2، ص 2.4.1]

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

$F_{eq}$  = عامل التعرض المكافئ للضوضاء.

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

$\lambda_i$  = زمن التعرض رقم (i) المسموح به للضوضاء ذي المنسوب المعلوم بالثانية.

NK = حايرة الضوضاء (Noise rating) بالديسيبل dB.

$V$  = الحجم الداخلي للحيز بالمتر المكعب.

$\alpha$  = معامل امتصاص المادة للصوت كنسبة مئوية أو كسر عشري.

$\theta$  = الزاوية المحصورة بين العمودي على سطح الواجهة ومحور مصدر الصوت الخارجي بالدرجات الستينية.

$\lambda$  = طول موجة الصوت بالمتر.

$\lambda_B$  = طول موجة الصوت المنحنية في الجدار بالمتر.

STC = صنف انفعال الصوت بالديسيبل.

$E$  = معامل المرونة (Young's modulus) لمادة الجدار بالنيوتن / المتر لمربع.

$\sigma$  = نسبة بواسون (Poisson's ratio) لمادة الجدار.

$\rho$  = كثافة كتلة مادة الجدار بالكيلوغرام / متر مكعب.

$C_a$  = سرعة الصوت في الهواء بالمتر/ثانية.

$C_w$  = سرعة الصوت في مادة الجدار بالمتر/ثانية.

$h$  = سمك الجدار بالمتر.

$\lambda_n$  = اللوغاريتم الطبيعي (Natural logarithm) وهو اللوغاريتم للأساس (e).

$\pi$  = النسبة لثابتة (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).



$L_n$  = منسوب ضغط الصوت الصدمي المعايير بالديسيبييل.

$(L_n)_1$  = متوسط منسوب الصوت الصدمي المعايير قبل ادخال العينة بالديسيبييل.

$(L_n)_2$  = متوسط ضغط الصوت الصدمي المعايير بعد ادخال العينة بالديسيبييل.

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

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

$L_w$  = منسوب قدرة الصوت بالديسيبييل.

$\Delta L$  = تخفيض الصوت الصدمي الناتج من تغطية ارضية بعنصر بناء بالديسيبييل.

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

$n$  = عدد النقاط التي يقاس عندها منسوب ضغط الصوت.

$P_{ref}$  = ضغط الصوت المرجعي ويساوي ( $2 \times 10^{-5}$ ) 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 بالديسيبييل.

$R'$  = عزل الواجهات للصوت بالديسيبييل.

$S$  = مساحة السطح بالمتر المربع.

$T$  = زمن تردد الغرفة للصوت بالثانية.

$T_0$  = زمن تردد الصوت المرجعي للبيوت السكنية ويساوي 0.5 ثانية.

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

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

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

يعرف نقصان الصوت بالانتقال لجدار يفصل بين غرفتين بأنه خاصية ذلك الجدار في عزل الصوت ووحدة قياسه الديسيبل (dB).

#### 68/3-1 نمط التداخل (Interference Pattern)

هو التوزيع الفراغي لضغط الصوت (أو السرعة الحجمية) الناتج من إضافة موجات صوت تدرجية متساوية في التردد.

#### 4-1 الرموز (Symbols)

$A$  = المساحة الكثيفة في الامتصاص بالسابين المتر.

$A_0$  = المساحة المكافئة المرجعية في الامتصاص وتساوي 10 سابين متر.

$\Delta A$  = الزيادة في المساحة المكافئة في الامتصاص لغرفة نتيجة ادخال عينة الاختبار اليها بالسابين المتر.

$c$  = سرعة الصوت بالمتر / ثانية.

$d$  = معدل تضاؤل منسوب ضغط الصوت بالديسيبل / ثانية.

$D_n$  = نقصان الصوت بالانتقال بالديسيبل.

$f$  = التردد بالهيرتز.

$f_{res}$  = تردد الرنين بالهيرتز.

$g$  = التعجيل الارضي بالنيوتن.

$L$  = منسوب ضغط الصوت بالديسيبل.

$L_{eq}$  = متوسط منسوب ضغط الصوت المكافئ بالديسيبل.

$L_{eq1}$  = منسوب ضغط الصوت المكافئ داخل الغرفة بالديسيبل.

$L_{eq2}$  = منسوب ضغط الصوت المكافئ خارج الغرفة وعلى بعد مترين من الواجهة بالديسيبل.

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

يعرف معامل انتقال الصوت لسطح ما بأنه نسبة الطاقة الصوتية المنقولة عبر ذلك السطح الى الطاقة الصوتية لساقطة عليه.

### 61/3-1 مقدمة الموجة (Wave Front)

هي سطح مستمر تكون جميع النقاط المكونة له بنفس الطور .

### 62/3-1 الممانعة الصوتية (Acoustic Impedance)

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

### 63/3-1 المنسوب (Level)

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

### 64/3-1 منسوب الجهارة (Loudness Level)

يعتبر منسوب جهارة صوت 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).

### 65/3-1 النغمة المتأرجحة (Warble Tone)

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

### 66/3-1 النغمة النقية (Pure Tone)

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

$$P(t) = P_0 \sin (wt) \quad (2/3-1)$$

حيث:-

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

$P_0$  = القيمة القصوى للضغط بالباسكال (P)

$w$  = التردد الزاوي بالزاوية نصف قطرية

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

هي غرفة تصمم سطوحها الداخلية لامتصاص الصوت بحيث يكون شبيهاً بالحقول الحر وتكون معزولة عن الاصوات الخارجية عزلاً جيداً.

### 55/3-1 الفون (Phon)

هو وحدة قياس منسوب جهازه الصوت عندما تكون نغمة الصوت القياسية النقية ناتجة عن موجة صوتية مستوية مستوية وجيبية قادمة للسامع من أمامه مباشرة وذلك تردد يساوي 1000 هيرتز. ويكون منسوب ضغط الصوت في الموجة المتقدمة الحرة معبراً عنه بالديسيبل باعتبار القيمة المرجعية لضغط الصوت مساوية  $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ . كما يكون السامع منصتاً لها بكتفا أذنيه، ويعبر عن العلاقة بين مقياس الفون ومقياس الصون بالمعادلة التالية:

$$P = 40 + 10 \log_{10} S \quad (1/3-1)$$

حيث: -

(Phon) = P الفون

(Sone) = S 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 مساوية

### 58/3-1 المرشح (Filter)

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

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

يعرف معامل امتصاص عنصر بناء للصوت بأنه نسبة الطاقة الصوتية التي يمتصها ذلك العنصر إلى الطاقة الصوتية الواردة إليه ويقاس في حقول صوت ترددي.



ب- اما عامل لتجاهية 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 بأنه الفرق بين الترددات المحددة ويقاس بالهيرتز (Hz).
- ب- يعرف عرض حزمة لاداة معينة بأنه مدى الترددات التي تعمل ضمنها الاداة بحسب 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) بأنه 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 بدرء الوسيلة التي تتخذ لتخفيض الطاقة الصوتية المنقولة من جهة الى جهة اخرى.
- ب- يعرف العزل الصوتي لجدار ما بأنه 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 بأنه 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 بأنه 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 أو (سرعة الجسيم) مساوياً صفراً أو مساوياً الحد الأدنى، وتدعى تلك العقدة عندئذ عقدة الضغط أو (عقدة السرعة).

### 40/3-1 الصوت (Sound)

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

### 41/3-1 الصوتيات (Acoustics)

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

### 42/3-1 الصون (Sone)

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

### 43/3-1 الضوضاء (Noise)

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

### 44/3-1 الضوضاء البيضاء (White Noise)

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

### 45/3-1 ضوضاء الخلفية (Background Noise)

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

### 46/3-1 ضغط الصوت (Sound Pressure)

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

### 47/3-1 طول الموجة (Wavelength)

هو المسافة بين قمتين متتاليتين في نفس الطور.

### 48/3-1 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.

### 32/3-1 سرعة الجسيم (Particle Velocity)

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

### 33/3-1 السرعة الحجمية (Volume Velocity)

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

### 34/3-1 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.

### 35/3-1 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.

### 36/3-1 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 تكرر للصوت الاصيل.

### 37/3-1 الصدى المتكرر (Flutter Echo)

هو صدى متتابع ذو معدل سرعة منتظمة.

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

يعرف صنف انتقال الصوت لجدار فاصل بين غرفتين بأنه معيار رقمي مشتق من قيم نقاط الصوت بالانتقال خلال ذلك الجدار الفاصل، ووحدة قياسه الديسيبل dB.

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

يعرف صنف عزل الصوت الصدمي لارضية ذات تكوين معين بشكل سقفاً، بأنه عدد يعبر عن فعالية تلك الارضية في عزل الصوت الصدمي ووحدة قياسه الديسيبل dB.



### 23/3-1 الحقل الناشر (Diffuse Field)

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

### 24/3-1 الدرجة (Pitch)

هي صفة ذاتية للנגمة يمكن بدلائلها ترتيب الصوت على مقياس له علاقة مبدئية بالتردد.

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

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

### 26/3-1 دليل الاتجاهية (Directivity Index)

يساوي عشرة أمثال اللوغاريتم للأساس عشرة لعامل الاتجاهية.

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

يعرف دليل تخفيض الصوت لعنصر بناء عند تردد معين وفي ظروف محددة بأنه عشرة أمثال اللوغاريتم للأساس عشرة لمعكوس معامل انتقال الصوت لذلك العنصر في تلك الظروف، ووحدة قياسه الديسيبل dB.

### 28/3-1 الديسيبل (Decibel)

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

### 29/3-1 الرنين (Resonance)

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

### 30/3-1 زمن التردد (Reverberation Time)

يعرف زمن تردد الصوت لفضاء ما بأنه الزمن اللازم لاضمحلال منسوب ضغط الصوت داخله بمقدار 60dB مقياساً من لحظة توقف مصدر الصوت، ووحدة قياسه الثانية.

### 31/3-1 السابين (Sabin)

هو وحدة قياس امتصاص الصوت. ويعرف السابين المنزلي بأنه المساحة المكافئة في الامتصاص لسطح مساحته تساوي متراً مربعاً واحداً يمتص الصوت امتصاصاً كاملاً.



### 13/3-1 التردد (Reverberation)

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

### 14/3-1 التوهين (Attenuation)

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

### 15/3-1 الجهارة (Loudness)

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

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

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

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

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

### 18/3-1 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 تدرجية غير معترضة عندما يكون الميكروفون مثبتاً خلالها بزاوية معينة.

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

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

### 20/3-1 الحقل الترددي (Reverberant Field)

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

### 21/3-1 الحقل الحر (Free Field)

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

### 22/3-1 الحقل المباشر (Direct Field)

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

#### 5/3-1 الموجات المتقدمة (Progressive Waves)

هي الموجات التي يكون لنقل الطاقة بواسطتها في اتجاه انتشارها.

#### 6/3-1 الموجات المنحنية (Bending Waves)

هي موجات ذات إزاحة عمودية على اتجاه انتشارها تسير في المنشأ وتدعى أيضا للموجات المستعرضة.

#### 7/3-1 تأثير التوافق (Coincidence Effect)

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

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

هو تخفيض منسوب الصوت المنقول نتيجة لاستعمال مادة ماصة للصوت مثل النسيج او الصوف الزجاجي او السجاد وغيرها، من جهة ارضية مغطاة بتلك المادة الى الجهة الاخرى منها عند قياس ذلك مختبريا، ووحدة قياسه الديسيبل (dB).

#### 9/3-1 التردد (Frequency)

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

#### 10/3-1 التردد الحرج (Critical Frequency)

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

#### 11/3-1 تردد الرنين (Resonance Frequency)

هو التردد الذي يحدث عنده الرنين في نظام ما.

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

هو تردد الانتقال الصوتي ما بين الارسال والتوهين.

## الباب الاول

### توطئة عامة

#### 1-1 المجال

تشمل هذه المدونة تعاريف ومصطلحات ورموزاً ذات علاقة بالخصائص الصوتية للمباني وعناصر البناء. كما تشمل طرائق قياس ومعايرة تلك الخصائص، إضافة الى محددات الحد الأدنى المقبول للضوضاء ومحددات الحد الأدنى لضمان الراحة الصوتية للمواطن، وذلك بعزل الجدران والسقوف للصوت. وتشمل هذه المدونة أيضاً معايير البيئة الصوتية ومحددات الضوضاء الخلفية والحد الأعلى 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 الممتعة 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 بأنه حاصل ضرب مساحة سطح ذلك

3/9	9-3 آليات لعزل الاهتزازي
6/9	9-4 نماط لعزل الاهتزازية
7/9	9-5 لمراجع
1/10	باب العاشر: توصيات لعزل لصوتي للمباني
1/10	10-1 تمهيد
1/10	10-2 معايير نقصان الصوت بالانتقال
9/10	10-3 معايير انتقال الصوت للصلمي
15/10	10-4 العزل الصوتي للواجهات
19/10	10-5 المراجع
	لملاحق
1/أ	الملحق أ لاسيما الصوتيات
1/ب	الملحق ب انواع لمواد الصوتية
1/ت	الملحق ت المصطلحات الفنية
1/ث	الملحق ث نماط العزل الاهتزازية وصفات ألاتها ولستخداماتها الاساسية



1/5	2-5 انتشار الصوت في الفضاء الخارجي
5/5	3-5 طرق تخفيض انتقال الضوضاء في الفضاء الخارجي
13/5	4-5 لمراجع
1/6	<b>لباب لسادس: انتشار لصوت في فضاء داخلي</b>
1/6	1-6 تمهيد
1/6	2-6 منسوب ضغط لصوت في فضاء الداخلي
2/6	3-6 معامل الامتصاص
6/6	4-6 لموجات المستقرة
7/6	5-6 زمن لتريد
10/6	6-6 ثابت لفضاء
11/6	7-6 عامل الاتجاه و زوايا للصوت
12/6	8-6 الانعكاس
15/6	9-6 لمراجع
1/7	<b>لباب لسابع: عزل لصوتي بين لفضاءات</b>
1/7	1-7 تمهيد
1/7	2-7 عزل الصوتي بين لفضاءات الداخلية
9/7	3-7 العزل الصوتي بين لمركبات البنائية (لجدران، الارضيات والسقف، الابواب ولشبابيك ولقواطع المتحركة)
16/7	4-7 لمراجع
1/8	<b>لباب لثامن: توهين ضوضاء الاجهزة ولتركيب لخممية</b>
1/8	1-8 تمهيد
1/8	2-8 مصادر ضوضاء الاجهزة ولتركيب لخممية
2/8	3-8 توهين ضوضاء لمكائن ولمعدات عند المصنر
7/8	4-8 توهين مسارات انتقال الضوضاء
7/8	5-8 طرق توهين الضوضاء لانماط المكائن ولمعدات
12/8	6-8 حسابات الضوضاء في لظمة توزيع الهواء
14/8	7-8 مناسيب الضوضاء لمقبولة من المكائن ولمعدات
15/8	8-8 لمراجع
1/9	<b>لباب لتاسع: لسيطرة على الاهتزازات</b>
1/9	1-9 تمهيد

## قائمة المحتويات

رقم الصفحة	العنوان
1/1	لباب الاول: توطئة عامة
1/1	1-1 المجال
1/1	2-1 الهدف
1/1	3-1 تعاريف ومصطلحات
1/10	4-1 لرموز
1/2	لباب لثاني: تأثيرات لضوضاء وفواعها
1/2	1-2 تمهيد
1/2	2-2 الضوضاء
4/2	3-2 لتأثيرات لسلوكية للضوضاء
5/2	4-2 الضوضاء ودرجة الإنزعاج
6/2	5-2 تأثير لضوضاء في فهم لبيئة لمدنية والإحساس بالمجال لسمعي
7/2	6-2 مناسب لضوضاء لمقبولة عالمياً
7/2	7-2 أنواع المصادر لضوضائية
11/2	8-2 لمراجع
1/3	لباب لثالث: ضوضاء لمباني
1/3	1-3 تمهيد
1/3	2-3 معايير لضوضاء في لثماط لمباني
7/3	3-3 لمراجع
1/4	لباب لرابع: ضوضاء لمرور
1/4	1-4 تمهيد
1/4	2-4 العوامل لمؤثرة في تشكيل ضوضاء لمرور ونموها
1/4	3-4 مؤشرات قياس ضوضاء لمرور
3/4	4-4 الضوضاء وتأثيرات لمرور
4/4	5-4 لثماط ضوضاء لمرور
8/4	6-4 المعايير المعتمدة لضوضاء لمرور
10/4	7-4 لمراجع
1/5	لباب لخامس : لتشتت لصوت في لفضاء لخارجي
1/5	1-5 تمهيد

بسم الله الرحمن الرحيم  
مقدمة رئيس فريق الاعداد

بتوفيق من الله وفضل وقع إختيار الجهات ذات العلاقة على فريقنا لاعداد مدونة الصوتيات، الذي لم يأل 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 للإنسان ضمن المباني بما يحقق الراحة الصوتية. إذ أثبتت الدراسات والبحوث العلمية العالمية التأثير الضار للضوضاء صحياً ونفسياً على الإنسان، 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 شروحات لأساليب و نماذج لبعض التراكيب التي تحدث 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 شكره وتقديره الى اللجنة العليا لمشروع إعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات لبناء العراقية وإدارة المشروع وكافة الجهات التي ساهمت وتعاونت معه في إظهار هذه المدونة. كذلك يسره أن يستقبل الآراء ولملاحظات التي من شأنها تحسين المدونة مستقبلاً. ومن الله توفيق.

أ.د. مقداد حيدر الجوادى

رئيس فريق الاعداد

تقديم  
بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كَانَ يَحِقُّ لِلأُمَمِ والأَفْرَادِ أَنْ تَفْتَخَرَ بِبَنَائِهَا الفِكْرِيِّ والعِلْمِيِّ مِمَّا يُجَلِّي مَنْقِبَهُ ظَاهِرَةً،  
أَوْ مَزِيَّةً يَصْغُبُ مَرَامُهَا، فلوزارة الاعمار والاسكان السَّيْقُ والقُدْحُ المَعْلَى في أَنْ تَكُونَ قد  
اضْطَلَعَتْ بأعباء قيادة مهمة مشروع إصدار مُدَوِّنَاتٍ ومواصفات البناء في العراق.  
فانْزَبَتْ لَهُ بعزيمة ماضية وغاية شَمَاءَ لاتَقْفُ دُونَهَا غَايَةً، بِأَنْ كَلَّفَتْ أُولِي العِرْفَانِ وأَهْلَ  
التَّحْصِيلِ في كُلِّ عِلْمٍ (من عُلُومِ مُدَوِّنَاتٍ ومواصفات البناء) مِمَّنْ هُمْ أَهْلٌ للاعداد، أَعَانَهُمْ في  
ذلك نُظَرَاءُ لَهُمْ بالرَّأيِ المشورة مُدَقِّقِينَ عَمَلِ أَقْرَانِهِمْ، مُؤَازِرِينَ لَهُمْ بِرَأْيِ حَصِيفٍ وَمَشُورَةٍ  
صَوَابٍ.

فَسَارَتْ عَمَلِيَّةُ إَعْدَادِ كُلِّ مُدَوِّنَةٍ عَلَى رَوِيَّةٍ يَخْذُوهَا عَقْدٌ مُوثَّقٌ، مُيَمِّمَةٌ سَمَتْ غَايَتَهَا  
مُقْتَصَبَةً أَثَرِ تَجَارِبِ الأَخْرَيْنِ في دِيُونَاتِهِمْ، تَنْحُو نَهْجاً مُسَدَّداً، فَجَاءَتْ حَسَنَةُ الدِّيْبَاجَةِ، مُحْكَمَةً  
التَّبْوِيْبِ، مُطَرَّدَةً الفُصُولِ، جَزِيْلَةً المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةً العِبَارَةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأَطْرَافِ غَايَتِهَا، عَلَى  
النَّحْوِ الَّذِي يَنْ يَدِي قَارِئِهَا.

وما بَقِيَ عَلَى عَاتِقِ الغَيْرِ إِلَّا الِانْتِفَاعُ مِنْ عَصَاةِ الفِكْرِ هَذِهِ بِجَلِيلِ المَنْفَعَةِ وَأَرْجَاهَا، وَأَنْ  
تَتَضَافَرَ الجُهُودُ نَحْوَ جَعْلِهَا مَوْضِعَ التَّطْبِيقِ والإِثْرَامِ، بِنِيَّةٍ جَازِمَةٍ حَازِمَةٍ. وَعِنْدَ ذَلِكَ لَنْ يَغْدُو  
المَطْلَبُ صَغْباً في أَنْ يَأْتِيَ البناءُ في العِراقِ مُخَرِّجاً السَّمَاءَ والأَشْرَاطَ تَخْطِيطاً وتنفيذاً وإشرافاً  
وَاسْتِعْمَالاً.

ووزارة الإعمار والإسكان تَضَعُ هَذِهِ المُدَوِّنَةَ لِيَنَّةً تَرْصُفُهَا لِإِعْلَاءِ صَرْحِ رَايَةِ العِلْمِ والبناءِ في  
عِرَاقِنَا العَزِيزِ، وَاللَّهُ المَوْفِيقُ لِسَوَاءِ السَّبِيلِ، إِنَّهُ نِعْمَ الهَادِي وَنِعْمَ الدَّالِمُ.

المهندس

محمد صاحب الدراجي

وزير الإعمار والإسكان

رئيس اللجنة العليا

لمشروع المدونات و المواصفات العراقية



### اللجنة الفنية للمشروع

الخبير المهندس سعد عبد الوهاب / رئيس اللجنة  
الدكتور المهندس علي عبد الحسين مجبّل  
الدكتور الجيولوجي فراس فيصل عبد الحميد  
ر.مهندسين أقدم حسين محمد علي  
الدكتور المهندس خالد احمد جودي  
الدكتور المهندس خالد كامد لداود  
الدكتور المهندس رائد رمزي العمري  
الدكتور المهندس محمد مصلح سلمان  
ر.مهندسين أقدم داود عواد حمود  
الدكتور المهندس ليث خالد كامد  
ر.مهندسين أقدم نيران حسين علوان  
ر.مهندسين جنان رضا محمد

### اللجنة الإدارية للمشروع

الخبير المهندس حسين مجيد حسين / مدير المشروع  
الدكتور المهندس رائد حسن عبدود  
م.ر.مهندسين الهام ابراهيم عبد الرزاق

### لجنة متابعة المدونة

الخبير المهندس جبار حمزة لطيف / رئيس اللجنة  
ر.مهندسين أقدم رغد صالح عبد العزيز

الفريق العامل على إعداد  
مدونة الصلة الوثائق

الأستاذ الدكتور / مقـداد حيدر الجوادى

المدرس الدكتور / سـوزان عبد حسن

الأستاذ المساعد الدكتور / يونس محمود محمد سليم

الفريق العامل على تدقيق  
مدونة الصلة الوثائق

المدرس الدكتور / شذى عبد الجبار ابراهيم

المدرس الدكتور / محمد علي رشيد

المدرس المساعد / حنان عبد خضير

اللجنة العليا لمشروع المواصفات الفنية والمدونات العراقية

محمد صاحب الدراجي / وزير الاعمار والاسكان / رئيس اللجنة

استبرق ابراهيم الشوك / الوكيل الاقدم لوزارة الاعمار والاسكان

د. محمد علي عمران الاتباري / عضو هيئة المستشارين / الامانة العامة لمجلس الوزراء

سعد عبد الوهاب / رئيس الجهاز المركزي للتقسيص والسيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنية

حسين مجيد حسين / مدير عام الهيئة العامة للمباني / وزارة الاعمار والاسكان / مدير المشروع

رياض حمودي الوزير / مدير عام التخطيط والمتابعة / وزارة البلديات والأشغال العامة

جلال حسين حسن / مدير عام شركة الرشيد / وزارة الصناعة والمعادن

لواء كريم العبيدي / وزارة البيئية

د. نعيم خورشيد سعيد / قسم هندسة البناء والإنشاءات / الجامعة التكنولوجية

رعد عبد الجليل عبد الامير / مدير عام دائرة التصميم الهندسية / وزارة الموارد المائية

صادق محمود الشمري / مدير عام شركة ابن الرشيد / امانة بغداد

خضير عباس داود / مدير عام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم / وزارة العلوم والتكنولوجيا

# جمهورية العراق

وزارة التخطيط

وزارة الإعمار والإسكان

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

الهيئة العامة للمباني

## مدونة الصوتيات مدونة بناء عراقية

م.ب.ع. ٥٠٣



الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

