

集合住宅・学校における高性能遮音構造について



小林 正明*

松岡 明彦*

土屋 裕造*

概 要

すべての騒音・振動は距離とともに減衰することから、建築計画において、問題となる騒音・振動源と静かな環境を要求される室とは、できる限り距離を離すことを原則とする。しかし、近年の集合住宅や学校では、静けさが要求される室と騒音源室との近接・隣接が計画上避けられず、高い遮音性能を必要とするケースが増加している。このように、隣接する2室間に高度な遮音性能が要求される場合は、床や天井だけでなく、室全体を他の構造と完全に切り離す「完全浮き構造」が必要である。

本稿では、高性能遮音構造として、完全浮き構造の最近の事例を紹介するとともに、それらの性能実測結果を報告する。

A High Level of Sound Insulation in Apartment House and School

Masaaki KOBAYASHI*

Akihiko MATSUOKA*

Yuzo TSUCHIYA*

All noises and vibrations are reduced more or less with distance. Therefore, architectural planning may have, as their basis, zoning associated with effective layout of buildings and rooms with noise reduction as a prime aim. In principle, zones and those rooms which need to be quiet should be located as far as possible from the offending noise sources. However, it is difficult that the layout reflects all acoustical planning in apartment houses and schools recently and there have been many cases where a high level of sound insulation has been required. When a high level of sound insulation is required between rooms, it is essential that not only the floor and ceiling but also the room itself should be completely discontinuous and floated from other parts of the construction, known as complete floating construction.

In this paper, two examples of complete floating construction details and the measured data of sound insulation on them are reported.

* 戸田建設(株) 技術研究所

* Technical Research Institute Toda Corp.

集合住宅・学校における高性能遮音構造について

小林 正明*
松岡 明彦*
土屋 裕造*

1. はじめに

大きな騒音源と静謐性を求められる室が隣接する場合、それらの界壁・界床、および、開口部には高い遮音性能が要求される。

近年、集合住宅では、居住空間における静謐性への要求が高くなる一方で、スタジオ、ライブハウス、カラオケルーム、宴会場、多目的ルーム等の大音量を発する娯楽施設が併設される事例が多くみられる。すべての騒音・振動は距離とともに減衰することから、建築計画において、問題となる騒音・振動源と静かな環境を要求される室とは、できる限り距離を離すことを原則とする[1]が、静けさが要求される室と騒音源室との近接・隣接が計画上で避けられず、高い遮音性能を必要とするケースが増加しており、当技研でも数多くの遮音検討を行ってきた。本稿では、集合住宅、および、学校における高

性能遮音構造に関する最近の事例を紹介するとともに、その遮音性能実測結果を報告する。

2. 遮音性能と室内騒音に関する適用等級

日本建築学会によれば、遮音性能の判断基準として、各種遮音性能の適用等級 [2] を表-1 のように定めている。表-1 に基づけば、例えば、集合住宅の居室間における室間平均音圧レベル差がD-50 であれば、適用等級1級(遮音性能上すぐれている)に相当し、一般的な日常生活騒音が問題となることはほとんどないと言われている。ここで、室間平均音圧レベル差 [3] は、音源室内と受音室内のそれぞれにおいて測定される室内平均音圧レベルの差、すなわち、音圧レベルの減衰量を表す指標であるため、これとは別に、受音室騒音レベルそのものを評価するものとして、表-2 に示す室内騒音レベ

表-1 各種遮音性能の適用等級

室間平均音圧レベル差に関する適用等級

建築物	室用途	部位	適用等級			
			特級	1級	2級	3級
集合住宅	居室	隣戸間界壁 // 界床	D-55	D-50	D-45	D-40
ホテル	客室	客室間界壁 // 界床	D-55	D-50	D-45	D-40
事務所	業務上プライバシーを要求される室	室間仕切壁 テナント間界壁	D-50	D-45	D-40	D-35
学校	普通教室	室間仕切壁	D-45	D-40	D-35	D-30
病院	病室(個室)		D-50	D-45	D-40	D-35

床衝撃音レベルに関する適用等級

建築物	室用途	部位	衝撃源	適用等級			
				特級	1級	2級	3級
集合住宅	居室	隣戸間界床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60, L-65*
			軽量衝撃源	L-40	L-45	L-55	L-60
ホテル	客室	客室間界床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60
			軽量衝撃源	L-40	L-45	L-50	L-55
学校	普通教室	教室間界床	重量衝撃源 較量衝撃源	L-50	L-55	L-60	L-65

*木造、軽量鉄骨造またはこれに類する構造の集合住宅に適用する

適用等級の意味

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
特級	遮音性能上とくにすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1級	遮音性能上すぐれている	建築学会が推奨する好ましい性能水準
2級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3級	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

ルに関する等級が規定されている [2]。

したがって、隣室の発生音レベルが非常に大きい場合は、居室間の遮音性能が十分であったとしても、受音室騒音レベルを抑制することができず、クレームに発展する恐れが生じる。

3. 各種音源について

図-1に、当技研が保有するカラオケ歌唱時(男性)の周波数特性実測例を示す。これは、天井(岩綿吸音板)と側壁の一面(背後空気層に吸音材を挿入した有孔板)を吸音性とした室内における、男性歌唱時の時間率騒音レベル L_5 を示したものである。これより、カラオケ歌唱時は、1kHz オクターブバンド帯域をピークとした周波数特性を有し、騒音レベルはほぼ100dBAである。

また、各種楽器の音響パワーレベルを算出した志賀らの報告 [4]によれば、弦楽器(ヴァイオリン、チェロ)の音響パワーレベルが80~90dB と示されており、さ

らに、鍵盤楽器(グランドピアノ、アップライトピアノ)や打楽器(ドラム)では100dBを上回るとされている。

このように、カラオケや楽器の演奏音は一般的な生活騒音を大きく上回るものであり、これらの音源室に居住空間が隣接する場合、居住空間の室内騒音レベルを表-2で示した範囲内に抑制するためには、音源室の界壁・界床に高い遮音性能が必要となる。さらに、発生騒音が大型の楽器やスピーカである場合、または、飛ぶ・跳ねる・踊るなどの行為や何らかの衝撃がともなう場合には、それらの振動が直接建築物躯体を伝搬して、居室の内装材から放射される固体伝搬音に対する配慮も必要である。

衝撃音の一例として、図-2にゴミ回収箱(写真-1)の蓋を閉じる際の発生騒音実測結果を示す。このゴミ回収箱は、ある高層集合住宅の各階に配置されたゴミ置場(室内は全面反射性仕様)に設置されたものであり、音圧レベル測定結果はゴミ置場内での最大値を示したもので

表-2 室内騒音に関する適用等級

建築物	室用途	騒音レベル (dBA)			
		1級	2級	3級	
集合住宅	寝室	35	40	45	
	居間	35	40	45	
ホテル	客室	35	40	45	
	宴会場	35	40	45	
	会議室	35	40	45	
	レストラン	40	45	50	
	物販店舗	45	50	55	
	ロビー	40	45	50	
オフィス	役員室	35	40	45	
	応接室	35	40	45	
	大会議室	35	40	45	
	小会議室	35	40	45	
	個室	35	40	45	
	オープン事務室	40	45	50	
	計算機室	45	50	55	
	学校	教室	35	40	45
教員室・職員室	35	40	45		
講堂	講堂	30	35	40	
	体育館	40	45	50	
	音楽室	30	35	40	
	図書室	35	40	45	
	病院	病室(個室)	35	40	45
病室(複床室)		40	45	50	
教会		礼拝堂	35	40	45
裁判所		法廷	35	40	45
放送局		テレビスタジオ	25	30	35
		ラジオスタジオ	20	25	—
		アナウンスブース	20	25	—
		調整室	30	35	—
録音スタジオ		20	25	—	
コンサートホール・オペラハウス		25	30	—	
劇場・多目的ホール	30	35	—		
映画館	35	40	45		
美術館・博物館	35	40	45		
展示場	40	45	50		
斎場	35	40	45		
議会	議場	35	40	45	
商業建物	デパート	40	45	50	
	スーパーマーケット	45	50	55	

※表中の適用等級の意味は、表1と同様である。

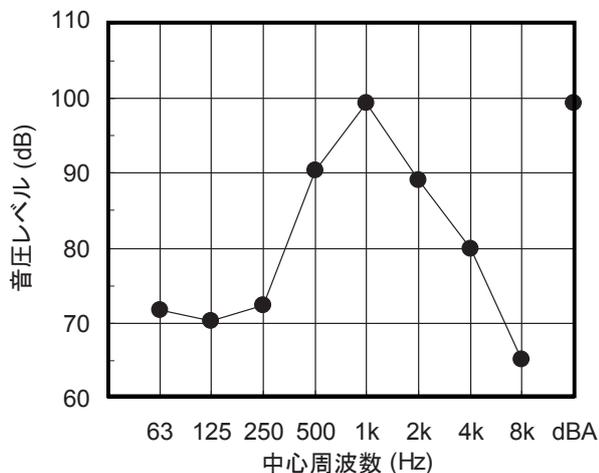


図-1 カラオケ歌唱時の周波数特性実測例 (L_5)

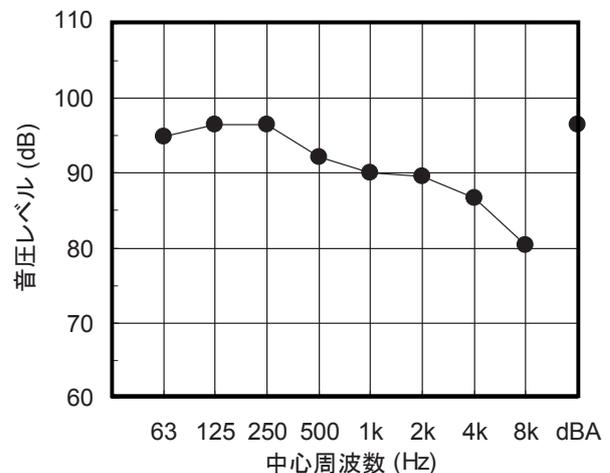


図-2 ゴミ回収箱蓋閉め時の周波数特性実測例 (L_{max})



写真-1 ゴミ回収箱

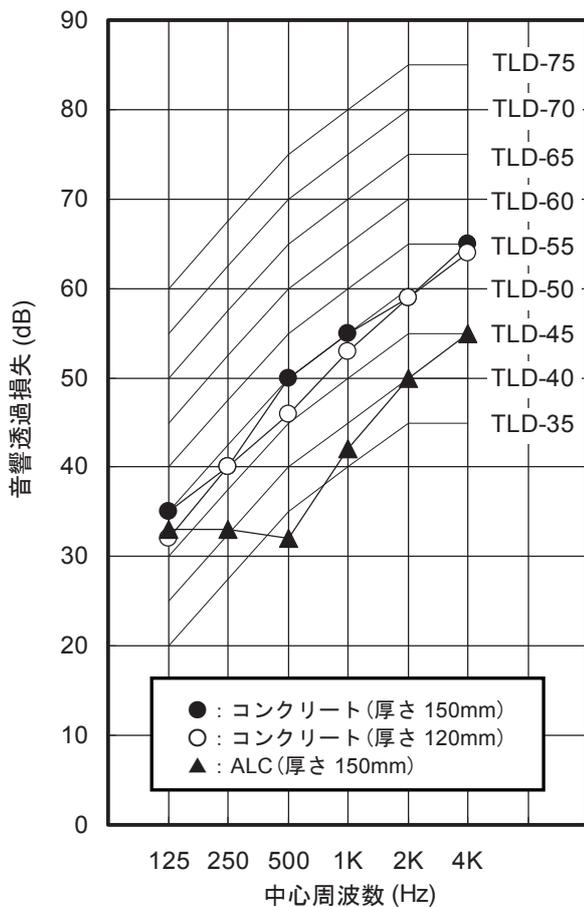


図-3 材料単体の音響透過損失

ある。図-2 に示すように、当衝撃音は低音域ほど音圧レベルが大きい右肩下がりの周波数特性を有し、騒音レベルは約96dBA と非常に大きいものであった。

4. 高遮音性能に必要な構造

以上に示した各種音源から発生する音圧レベル、および居室において許容される室内騒音レベルを考慮すれば、隣室居室との界壁・界床には、表-1 で示した各種遮音性能適用等級における特級(遮音性能上とくにすぐれている)を上回る遮音性能が必要となり、音源と受音室用途の組み合わせによってはD-80 以上が要求されるケースも考えられる。本項では、そのような高遮音性能

に必要な構造について検討する。

まず、材料単体の遮音性能として、コンクリートとALCの音響透過損失 [5] を図-3 に示す。図中の記号は「●」と「○」がそれぞれコンクリート厚さ150mm と120mm の場合をあらわし、「▲」がALC厚さ150mm をあらわす。

図-3 より、ALC の音響透過損失は、図中に示した空気音遮断性能の評価基準曲線との比較より、500Hz帯域における透過損失の低下が明らかである。これは、コインシデンス効果とよばれる平面上に生じた屈曲波に起因するものである。コインシデンス効果は材料の密度や厚さによって異なるため、ALC より面密度が大きいコンクリートでは、図中の周波数範囲においてコインシデンス効果が明確にあらわれず、評価基準曲線に沿った周波数特性を有することが示されている。音響透過損失単一数值評価量 (TLD) は、コンクリート厚さ150mm と120mm の場合でそれぞれTLD-48 (決定周波数250Hz)、TLD-46 (同500Hz) となり、厚さ150mmにおけるALCのTLD-32 (同500Hz) を大きく上回る。また、厚さ120mm と150mmのコンクリートの透過損失比較より、両者には単一数值評価量において2dB、周波数帯域別では0~4dBの差しかみられない。この差は、式(1)~(3)に示した遮音に関する質量則より算出された1.9dBの差とほぼ一致する。なお、これらの式に基づけば、厚さを2倍にした場合の音響透過損失上昇量が6dB程度であることから、図-3に示したコンクリート厚さ150mmを2倍の300mmとした場合であっても、その透過損失はTLD-50~55程度と推定され、表-1で示した室間平均音圧レベル差の特級を上回ることはできない。また、同様の理由から、コンクリートに鉛板や遮音シートなどを付加しても、面密度の増加の割合が小さく、透過損失の向上はほとんど得られない。以上より、単一材料ではD-55を上回る遮音性能は期待できない。

$$TL_0 \cong 10 \log_{10} (\omega m / 2 \rho c)^2 \quad (1)$$

$$= 20 \log_{10} f \cdot m - 43 \quad (2)$$

$$TL_m \cong TL - 10 \log_{10} (0.23 TL_0) \quad (3)$$

TL_0 : 垂直入射波に対する透過損失 (dB)

TL_m : 拡散入射波に対する透過損失 (dB)

ω : 角速度 (rad/s) m : 面密度 (kg/m^2)

ρ : 媒質密度 (kg/m^3) c : 音速 (m/s)

f : 周波数 (Hz)

次に、コンクリートに石膏ボードなどの板材を付加した中空二重構造の透過損失については数多くの報告がなされており [6]、①中空部空気層厚さの増加(共鳴透過の低音域への移行)、②板材の面密度の増加、および異種厚さによる多層化(コインシデンス周波数における遮音性能低下の抑制)、③中空壁を構成する間柱の独立化、④中空部空気層への吸音材の挿入等による遮音性能の向上が示されている。図-4にコンクリートと石膏ボードによって構成された中空二重構造の透過損失測定例を示

す。図-4は、いずれもコンクリート壁に空気層を設けて石膏ボードを2枚付加したもので、間柱を独立(千鳥配置)とし、中空部空気層にグラスウール50mmを挿入したものである。図中の「●」はコンクリート厚さ100mm、空気層厚さ190mm、および、石膏ボード1枚の厚さが12mmの場合をあらわしており、「○」はコンクリート厚さ150mm、空気層厚さ115mm、および石膏ボード1枚の厚さが21mmの場合である。図-4に示すように、「●」と「○」の音響透過損失が、それぞれTLD-56、TLD-54であることから、コンクリートに空気層を設けて石膏ボードを付加することでD-55を上回る遮音性能が期待できる。

ところが、実際に隣接する2室間の音の伝搬経路は、間仕切壁を直接透過する経路のほか、窓やドアなどの開口部を回り込む経路、取り合い部の隙間を透過する経路、側壁やスラブを振動として伝搬する(固体伝搬)経路などの側路伝搬音の影響を大きく受け、界壁・界床の室間遮音性能は透過損失を下回る。よって、隣接する2室間において、表-1で示した遮音性能等級の特級を上回る遮音性能を得るためには、中空二重構造によって界壁・界床の音響透過損失を十分に確保したうえで、固体伝搬音などの側路伝搬音の防止にも配慮した遮音構造、すなわち、浮き構造(ボックス・イン・ボックス仕様)が必要となる。

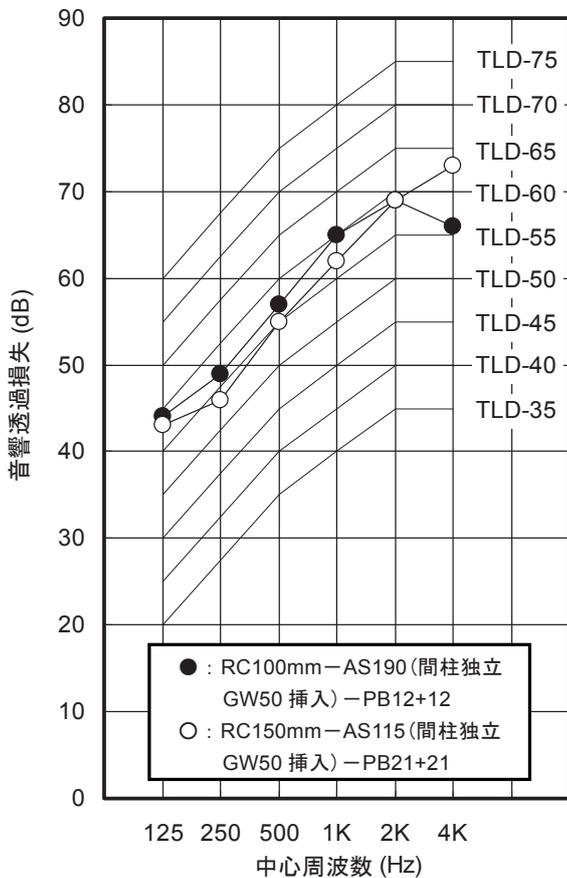


図-4 中空二重壁 (RC + PB) の音響透過損失

5. 浮き構造の実例

本項では、当社が採用した浮き構造事例の中から、最近の2例について、遮音構造仕様と性能実測結果を示す。

5.1 事例1-集合住宅のスタジオ

本事例は、RC造、地上14階地下1階の集合住宅の2階に配置された音楽スタジオに浮き構造を採用したものである。当スタジオは住棟の妻側端に位置しており、直下階は駐車場である。また、隣室が共用スペースであることから、同一階住戸に対しては遮音上有利な配置であり、主として、直上階居室に対する高遮音性能が要求された。当スタジオの断面図を図-5に示す。図-5に示すように、スタジオからの固体伝搬音対策として、乾式の浮き床を採用した。壁、および天井はその浮き床から支持されており、完全な浮き構造となっている。出入り口には前室を設け、演奏中の扉の開閉による音漏れを防ぐよう配慮されている。なお、浮き構造採用時は、サッシや換気口は振動絶縁の弱点となりやすいため、二重構造(サッシ)や防音仕様(換気口)を用い、躯体との絶縁に細心の注意が必要である。図-6にスタジオを音源とした際の隣室間遮音性能測定結果を示す。スタジオと直上階間、スタジオと共用スペース間でそれぞれD-65、D-60が得られており、所期の性能を満足した。なお、音源が測定信号であるため参考値ではあるが、測定時の各室の室内平均騒音レベルは、スタジオが

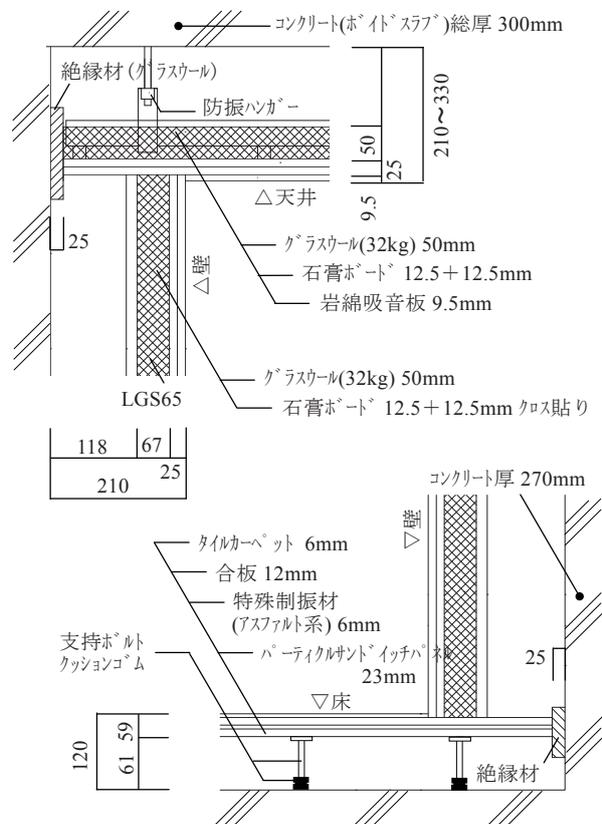


図-5 浮き構造断面図 (事例1)

100dBA であったのに対し、直上階居室、共用スペースでそれぞれ32dB、34dBA となり、室内騒音レベル適用等級における集合住宅寝室・居間の1級に相当した。

5.2 事例2 - 学校の音楽練習室

本事例は、SRC造、地上7階地下1階の大学校舎の改修にともない、4階に計画されたピアノレッスン室に浮き構造を採用したものである。レッスン室は4室が並列して配置されており、各レッスン室に静謐性が要求されるとともに、各室の直上、および直下階教室への高い遮音性能が必要とされた。図-7にピアノレッスン室の断面図、図-8にピアノレッスン室を音源とした場合の遮音性能測定結果を示す。各室に浮き構造を採用したことで、ピアノレッスン室間の室間音圧レベル差はD-85と非常に高い性能が得られた。また、直上階教室、および直下階教室についても、それぞれD-75、D-70が得られた。

6. まとめ

近年の建築物は高層化とともに、居住者や利用者のライフスタイルの変化にともなう施設の複合化が生じており、これまでは計画上の配慮がなされていた大音量音源室と居住空間の近接機会が増加している。本稿で示したように、完全浮き構造によって高い遮音性能は得られるものの、受音室が静かな場合や発生騒音によっては騒音

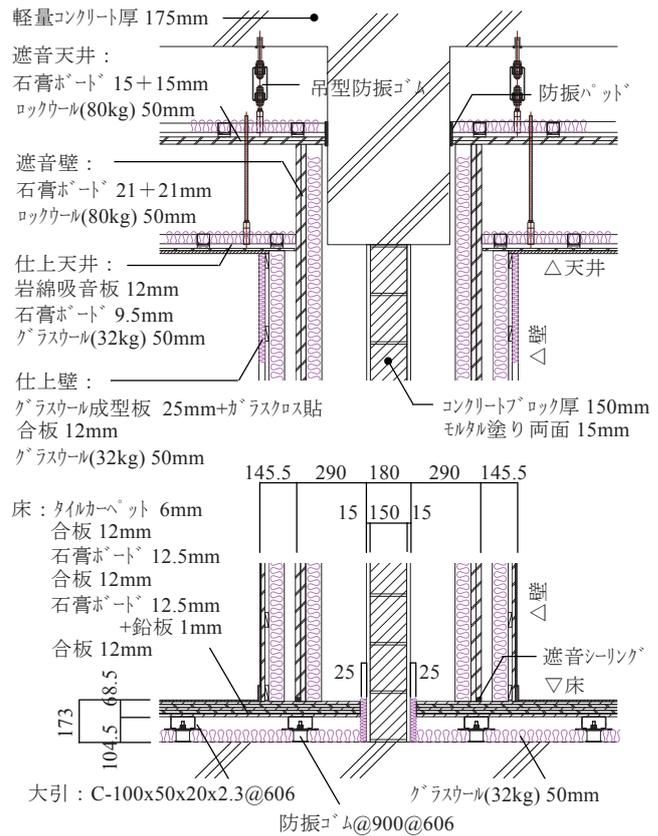


図-7 浮き構造断面図 (事例2)

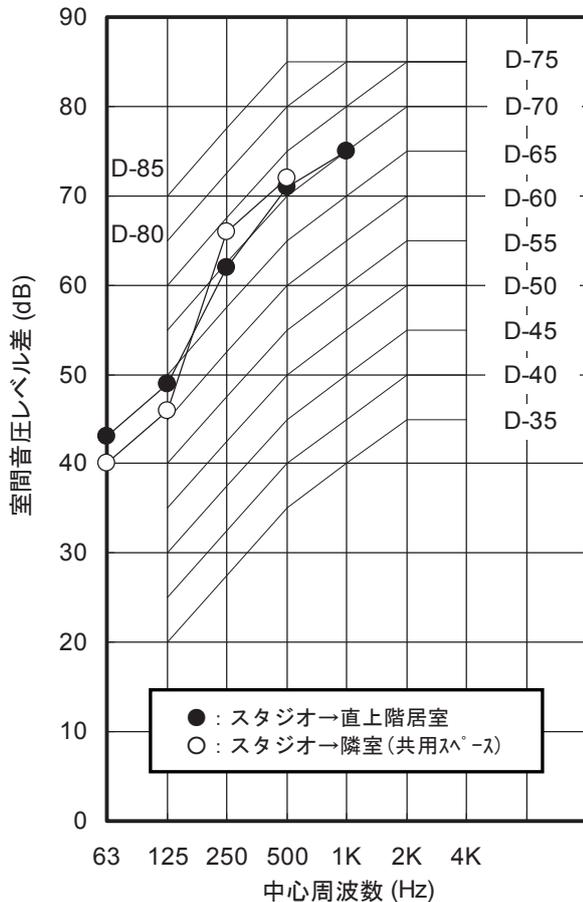


図-6 遮音性能測定結果 (事例1)

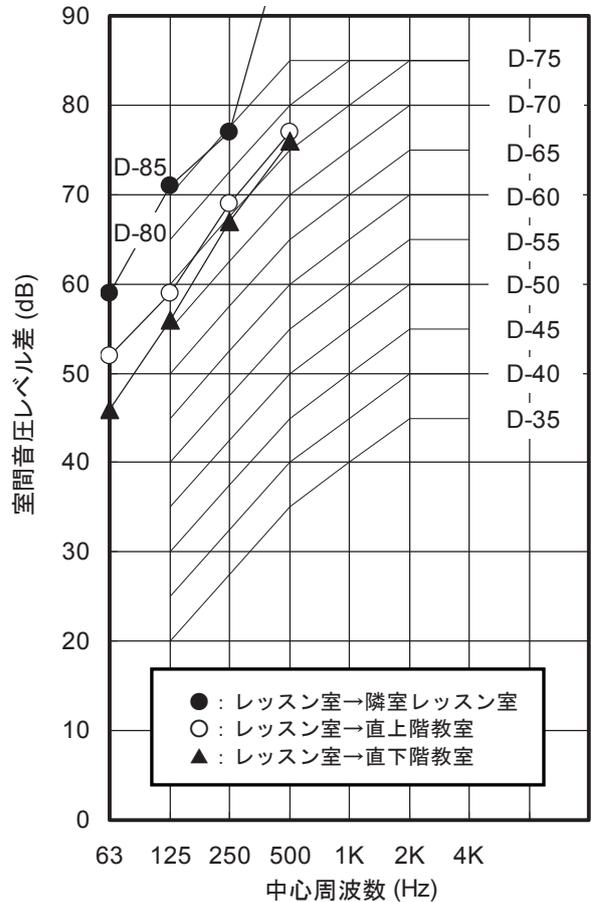


図-8 遮音性能測定結果 (事例2)

が「聞こえる」ことや重低音が問題になることも考えられる。よって、受音室の状況に応じて、深夜における利用上の注意を徹底させるなど、運用面での配慮も必要である。

【参考文献】

- [1] 前川純一、森本政之、阪上公博、建築・環境音響学第二版、共立出版、2000.
- [2] 日本建築学会編、建築物の遮音性能基準と設計指針、技報堂、1997.
- [3] 建築物の空気音遮断性能の測定方法、JIS A 1417、2000.
- [4] 志賀勝、江澤定明、“楽器、ステレオ、テレビの発音音、”音響技術、Vol.25、no. 2、1996.
- [5] 日本建築学会編、建築の遮音設計資料、技報堂、1988.
- [6] 例えば、日本建築学会編、音響材料の特性と選定、(社)日本建築学会、1997.

