

RC 戸境壁の独立下地ボード壁仕上げの 遮音性能に関する研究

Experimental Study on Sound Insulation of Double Wall composed of RC Wall and Gypsum Boards in Multiple Dwellings

嶋田 泰 YASUSHI SHIMADA
岩本 毅 TAKESHI IWAMOTO

集合住宅の RC 戸境壁の内装仕上げとして独立下地ボード壁を設置した場合、RC 壁とボード壁からなる中空壁の共鳴透過により隣戸間の遮音性能が低下することがある。しかしながら、住戸プランの違いなどによるボード壁仕様の条件の違いによって遮音性能低下の程度にはばらつきがあり、現場性能の予測が困難な状況である。そこで、本研究では独立下地ボード壁の仕様の違いによる遮音性能の変化の傾向を明らかにするため実験室における実験を行った。その結果、遮音性能低下に影響を及ぼす要因を明らかにすることができた。

キーワード：RC 壁，ボード壁，遮音性能，共鳴透過

In cases of constructed gypsum boards wall as a RC wall finish, there is sound insulation loss by resonance transmission caused by double wall. Because the degree of sound insulation loss is varied by characteristic of double wall specifications, the prediction of sound insulation performance is difficult. To investigate the sound insulation of double wall under various conditions, an experimental study was executed. As a result, factors of sound insulation loss were clarified.

Key Words: RC Wall, Gypsum Boards Wall, Sound Insulation, Resonance Transmission

1. はじめに

集合住宅の遮音性能については、施主および入居者の要求は相変わらず高く、建物の設計時の予測から竣工時の検証に至るまで十分な検討が要求される。その中で隣戸間の戸境壁の遮音性能については最も基本的な性能の一つとして各施主とも遮音性能基準を設けており、その必達が求められている。

近年、RC 戸境壁の内装仕上げとして、断熱補強部との仕上げ段差の解消や仕上げ精度の向上などの理由から、戸境壁面の外側に軽量鉄骨 (LGS) や木軸による独立下地に石膏ボードを張った独立下地ボード壁仕上げ (以降、単にボード壁と呼ぶ) とする建物が増えてきている。この場合、隣戸間の遮音性能に対しては、RC 壁とボード壁との間に空気層を持つ中空壁による共鳴透過の影響により、基の RC 壁の遮音性能に比べ低音域での遮音性能が低下することがある。しかしながら、住戸プランの違い

などによるボード壁の仕様や施工方法、周辺の内装仕上げ仕様などの違いによって、その性能低下の程度は大きくばらつき、現場性能の予測が困難な状況である。そこで、本研究では、ボード壁の仕様の違いによる遮音性能の変化の傾向を明らかにするため、実験室において以下の実験を行った。

2. 検討項目

室間の遮音性能に影響を及ぼすと考えられるボード壁の仕様上の要素として、表-1 に示す 4 つの要素に着目し、検討項目とした。

表-1 検討項目

①	ボード壁の空気層寸法の違いによる影響
②	ボード壁下地材の RC 壁への固定の影響
③	ボード壁に周辺部位の内装仕上げが取り付く影響
④	戸境壁の両側にボード壁を施工する影響

3. 実験方法

実験方法は、基本的な検討項目である表-1の①②については、ボード壁単体としての特性を調べることとし、実験室の戸境壁の受音室側にボード壁のみを設置した状態で、ボード壁面の振動測定を行った。検討項目③④については、より実際の建物に近い条件下における傾向を調べることが目的とし、戸境壁以外の天井や側壁の内装仕上げも再現した状態で、ボード壁面の振動と併せて室間の遮音性能(室間音圧レベル差)の測定も行った。

実験室は図-1のRC構造の箱型実験室であり、戸境壁はRC壁200mm厚である。ボード壁面の振動測定については音源室のスピーカーから広帯域ノイズを発生させ、受音室側のボード壁面の振動加速度レベル(壁面に対して鉛直方向、1/3オクターブバンド25Hz~1250Hz)の測定を行った。測定点は図-2に示す20点とした。なお、音源の特性は1/3オクターブバンドの各帯域での音源室内の平均音圧レベルが一律90dBになるように、分析時に受音室側の測定結果に対して補正を施した。室間音圧レベル差測定についてはJIS A 1417(2000)に準拠した。

測定のプロックダイアグラムを図-3に示す。

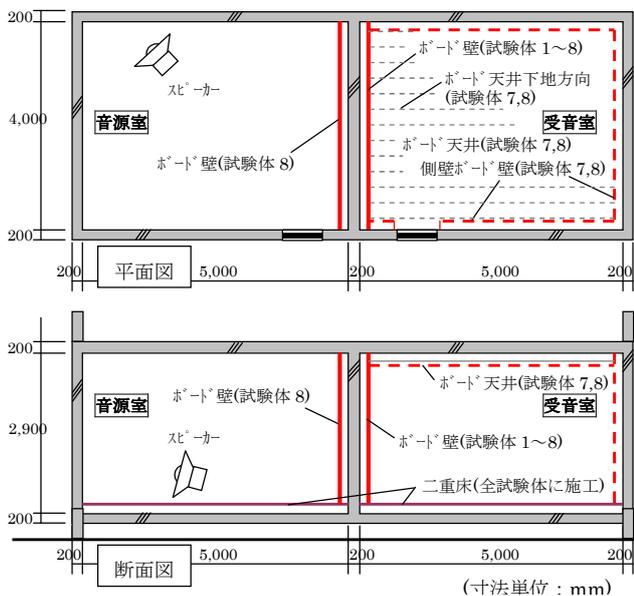


図-1 実験室概要

表-2 試験体一覧図

試験体名	RC壁厚 :t0(mm)	ボード壁の設置箇所	ボード厚 :t1(mm)	空気層寸法 :d(mm)	縦スリット(下地) ピッチ:w(mm)	縦スリット(下地)のRC 壁への固定	周辺部位の仕上げ (二重床は全試験体に施工)	
							天井	側壁
試験体-1	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	55 mm	303 mm	固定無し	無し(コンクリート表面)	無し(コンクリート表面)
試験体-2	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	75 mm	303 mm	固定無し	無し(コンクリート表面)	無し(コンクリート表面)
試験体-3	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	95 mm	303 mm	固定無し	無し(コンクリート表面)	無し(コンクリート表面)
試験体-4	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	115 mm	303 mm	固定無し	無し(コンクリート表面)	無し(コンクリート表面)
試験体-5	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	55 mm	303 mm	接着材*固定	無し(コンクリート表面)	無し(コンクリート表面)
試験体-6	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	115 mm	303 mm	接着材*固定	無し(コンクリート表面)	無し(コンクリート表面)
試験体-7	200 mm	片側(受音室側のみに設置)	12.5 mm	55 mm	303 mm	接着材*固定	ボード天井(ボード 9.5mm厚)	ボード壁(ボード 12.5mm厚)
試験体-8	200 mm	両側(受音室側と音源室側の両方に設置)	12.5 mm	55 mm	303 mm	接着材*固定 *発泡ウレタン系接着材	ボード天井(ボード 9.5mm厚)	ボード壁(ボード 12.5mm厚)

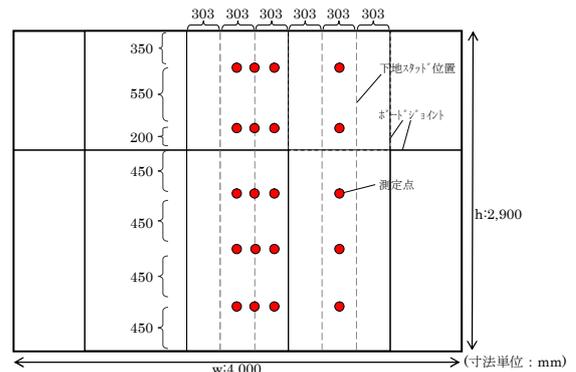


図-2 ボード壁面の振動測定点

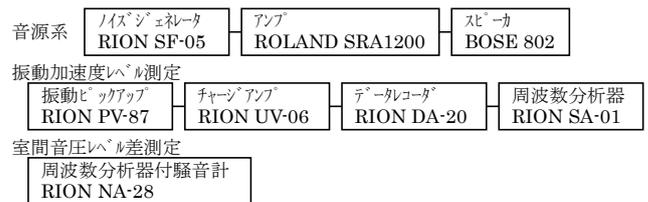


図-3 測定のプロック図

4. 試験体の仕様

表-1の各検討項目に沿って表-2に示すように各条件を変えたボード壁の試験体1~8を作成した。各試験体の詳細図を図-4に示す。

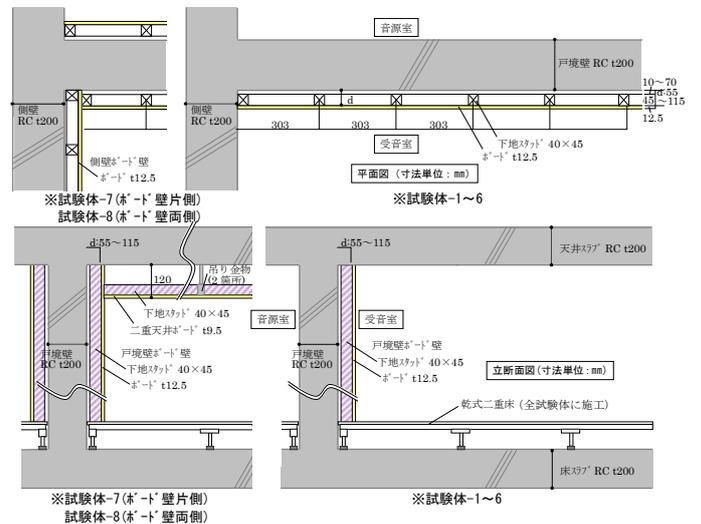


図-4 試験体詳細図

5. 実験結果

以下に、ボード壁面の振動加速度レベルおよび室間の遮音性能（室間音圧レベル差）の測定結果を示す。

(1) ボード壁面の振動加速度レベル

a) ボード壁の空気層寸法の影響

RC戸境壁の受音室側のみ片側にボード壁を設置し、その空気層寸法を55mmから115mmまで20mmずつ4段階に変化させた試験体-1~4について、ボード壁面の振動加速度レベル測定結果を図-5に示す。

いずれも中空壁構造での共鳴透過による振動加速度レベルのピークが63Hz~125Hz帯域付近に表れた結果となっている。125Hz帯域付近のピークに関しては、空気層寸法の小さい試験体-1(55mm)のレベルが最も大きくなっているが、空気層寸法が大きくなるにつれて125Hz帯域付近のピークが小さくなり、逆に低音域側の80Hz帯域付近のピークが大きくなる傾向が見られる。

参考に各試験体の共鳴周波数の計算値を表-3に示すが、空気層寸法が大きくなるほど共鳴周波数が低音域側にシフトする傾向など計算値とも対応した結果となっている。

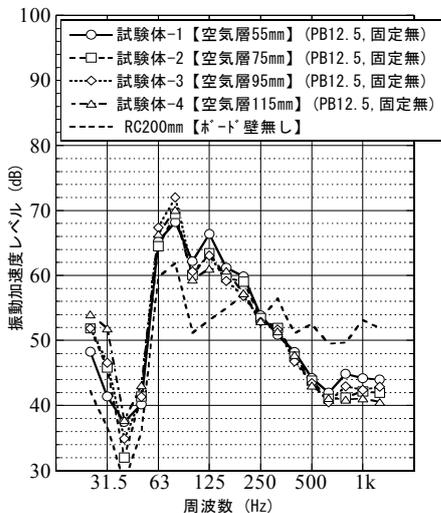


図-5 空気層寸法の違いの影響

表-3 ボード壁の共鳴周波数計算値

空気層寸法(mm)	55	75	95	115
共鳴周波数 $\frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{ML}}$ (Hz)	91.0	77.9	69.2	62.9
(1/3オクターブバンド帯域)	(100Hz帯域)	(80Hz帯域)	(63Hz帯域)	(63Hz帯域)

M:面密度kg/m², L:空気層厚さm, ρ:空気密度kg/m³, c:音速m/s

b) ボード壁下地材のRC壁への固定の影響

実際の建物においては、ボード壁の下地材はボード壁のたわみ防止のためRC壁面に部分的に固定する場合が多い。ボード壁の各下地材を高さ方向の中間1点で発泡

ウレタン系接着剤にてRC壁面に固定させた(写真-1)試験体-5, 6(空気層寸法55mm, 115mm)の測定結果をそれぞれ図-6, 7に示す。

下地材の固定無し試験体-1, 4に比べ、振動加速度レベルの125Hz帯域付近のピークのレベルが6dB程度大きくなる傾向が見られる。接着剤を介したRC壁からボード壁への振動伝達の影響と考えられる。

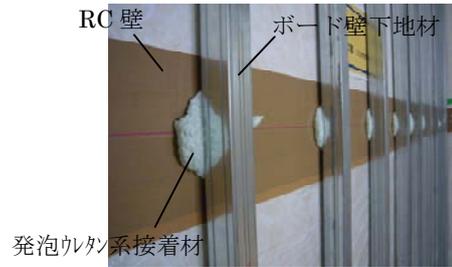


写真-1 ボード壁下地材のRC壁面への固定状況

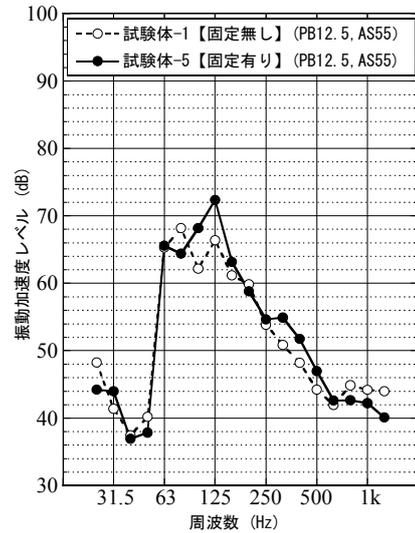


図-6 下地材の固定有無の影響(空気層寸法55mm)

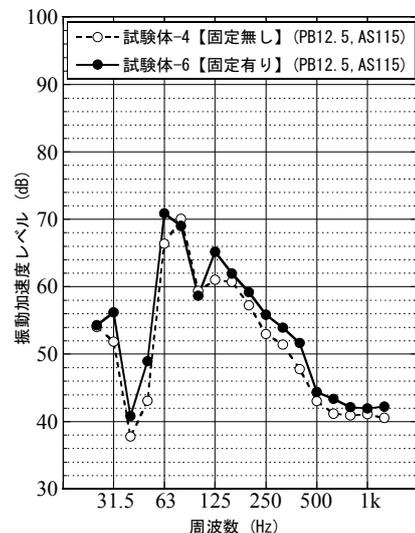


図-7 下地材の固定有無の影響(空気層寸法115mm)

c) ボード壁に周辺部位の仕上げが取り付く影響

実際の建物においては、戸境壁のボード壁には側壁や天井、床といった周辺部位の内装仕上げが取り付く。戸境壁の受音室側の空気層寸法 55 mmのボード壁に側壁のボード壁および天井のボード天井が取り付けいた仕様(図-4 参照)である試験体-7の測定結果を図-8に示す。

なお、本実験においては床の仕上げについては全試験体とも二重床仕上げが施工された条件となっている。

側壁および天井の仕上げが取り付けしていない試験体-5に比べ、125Hz帯域付近の振動加速度レベルのピークのレベルが多少小さくなる傾向が見られる。その原因についてはさらなる検討が必要だが、戸境壁のボード壁の下地材にボード天井の下地材を固定することによってボード壁の剛性がある程度高まることや、戸境壁のボード壁の空気層がボード天井裏の空気層と繋がることにより空気層の空気バネの性状が変化することなどが影響している可能性がある。

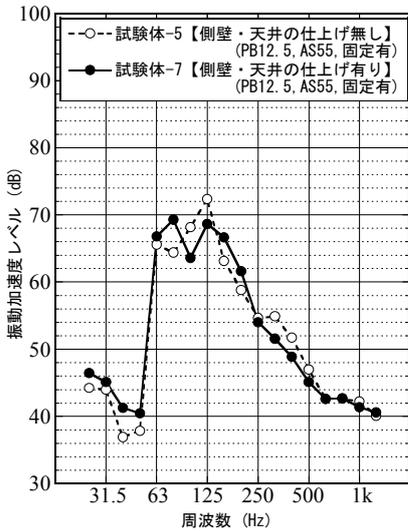


図-8 周辺部位の内装仕上げの取り付けの影響

受音室側の天井および側壁部分の内装仕上げが施工された試験体-8において、受音室側の各部位の内装仕上げ面(ボード面)の振動加速度レベルを測定した結果を図-10に示す。

ボード天井面および側壁のボード壁面では戸境壁のボード壁面と同様に 63Hz~125Hz帯域付近に振動加速度レベルのピークが見られ、ピークのレベルは戸境壁のボード壁面に比較的近い大きさとなっている。特にボード天井面でのピークのレベルは戸境壁のボード壁面とほぼ同レベルとなっており、室間の遮音性能に対してボード天井面からの放射音の影響が大きいことが伺える。本試験体では、ボード天井の下地材を戸境壁のボード壁の下地材に直接固定し支持させる施工方法を用いており、この施工方法の場合は、戸境壁のボード壁からボード天井へ振動伝達しやすくなることが示唆される。側壁のボード壁についても、ある程度遮音性能への影響は大きいと考えられる。

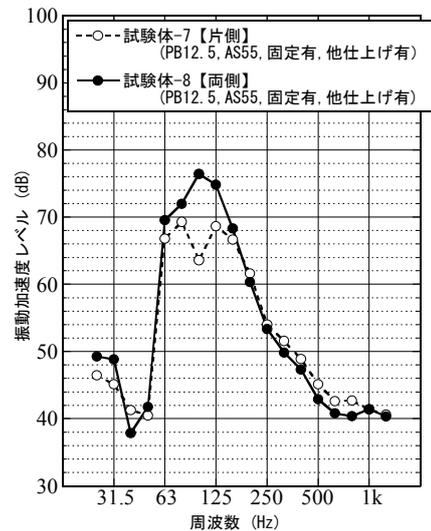


図-9 戸境壁の両側に設置する影響

d) 戸境壁の両側にボード壁を設置する影響

実際の建物においては、戸境壁の両側に同じ仕様の内装仕上げが施される場合が多い。上記の試験体-7にさらに音源室側にも受音室側と同仕様のボード壁を設置した試験体-8の測定結果を図-9に示す。

戸境壁の片側のみにボード壁を設置した試験体-7に比べ、63Hz~125Hz帯域付近の振動加速度レベルのピークのレベルがさらに大きくなっており、その差は大きいところで 10dB以上となっている。両側のボード壁による共鳴透過の連性作用の影響と考えられる。

e) 周辺部位からの側路伝搬の影響

実際の建物における隣戸間の遮音性能は、戸境壁面からの透過音の他に、周辺部位からの側路伝搬音の影響も考えられる。その側路伝搬の寄与を調べるため、前記の

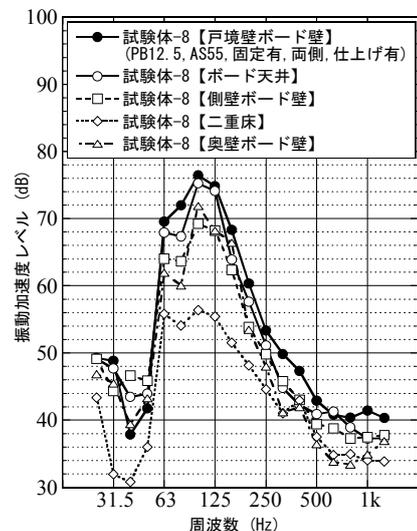


図-10 周辺部位の内装仕上げ面の振動加速度レベル

(2) 室間音圧レベル差

実際の建物での室間音圧レベル差は戸境壁面からの透過音のほかに周辺部位からの側路伝搬の影響も含めて評価する必要がある。そこで、本実験の試験体の中で、受音室側の周辺部位の内装仕上げが施工され実際の建物の仕様に比較的近い試験体-7, 8 において 1/3 オクターブバンドの室間音圧レベル差を測定した結果を図-11 に示し、その結果から 1/1 オクターブバンドに換算した結果を図-12 に示す。

試験体-7, 8 とも戸境壁のボード壁の空気層寸法は 55 mm であるが、戸境壁の両側にボード壁が設置された試験体-8 では、125Hz 帯域付近で室間音圧レベル差の大幅な落ち込みが見られる。その落ち込みの周波数帯域は図-9 のボード壁面の振動加速度レベルのピークの周波数帯域とも対応した結果となっている。戸境壁の片側のみにボード壁が設置された試験体-7 では、125Hz 帯域付近に大きな落ち込みは見られない。

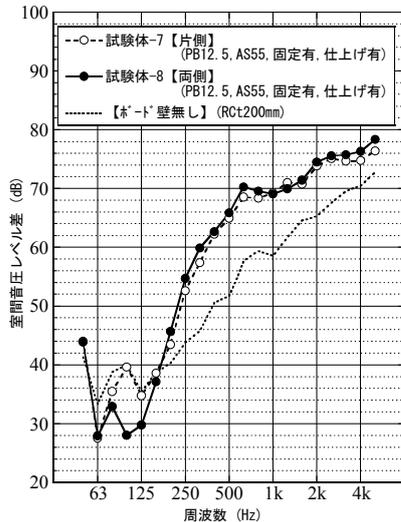


図-11 室間音圧レベル差実測値 (1/3オクターブバンド)

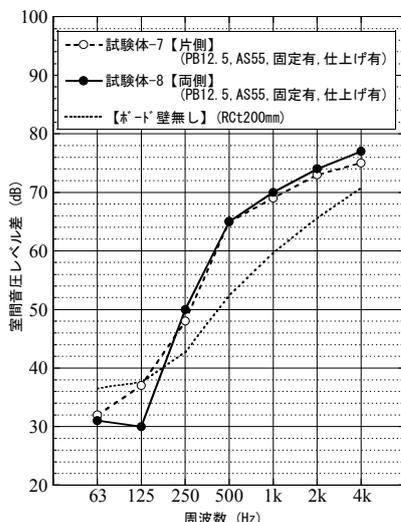


図-12 室間音圧レベル差実測値 (1/1オクターブバンド)

6. 計算による室間音圧レベル差の推定

前章の各試験体でのボード壁面の振動加速度レベルの測定結果から、主にボード壁単体としての空気層寸法や下地材固定などの条件ごとの特性や、周辺部位の内装仕上げからの側路伝搬の影響度合いについての傾向をつかむことができた。また、実際の建物の条件に近い試験体-7, 8 において室間音圧レベル差の測定を行い、遮音性能の特性の傾向をつかむことができた。

さらに試験体-7, 8 以外の条件も含め、詳細に戸境壁のボード壁の仕様条件の違いによる遮音性能の変化を調べる目的で、前章の測定結果を用いて計算による室間音圧レベル差の推定を試みた。

(1) 計算モデル

計算対象としては、遮音性能の低下に大きく影響すると考えられる要素として、ボード壁の空気層寸法の違い、および、ボード壁下地材の RC 壁への固定の有無を取り上げ、それらによる遮音性能の変化を比較できるように表-4 に示す計算モデルを設定した。

表-4 計算モデルの設定

計算モデル-1	両側、空気層寸法 55 mm、下地固定有り 周辺仕上げ有り ※実測値有り (試験体-8)
計算モデル-2	両側、空気層寸法 115 mm、下地固定有り 周辺仕上げ有り
計算モデル-3	両側、空気層寸法 55 mm、下地固定無し 周辺仕上げ有り

(2) 計算方法

モデル-1 およびモデル-3 については試験体-1 (片側、空気層寸法 55 mm、下地固定無し、周辺仕上げ無し)、モデル-2 については試験体-4 (片側、空気層寸法 115 mm、下地固定無し、周辺仕上げ無し) の振動加速度レベルの測定結果を基データとして用い、下地材固定、他の内装仕上げ取り付け、両側設置の各影響については、空気層寸法 55 mm における試験体-1, 5, 7, 8 の各測定結果の相互関係を基に推定し計算した。

計算方法としては下式(1)より、各部位の内装仕上げ面の振動加速度レベル測定結果から、その面からの放射音による室内平均音圧レベルを算出し、それから式(2)より室間音圧レベル差を算出した。各部位の内装仕上げ面の音響放射係数が未知であるが、ここでは戸境壁、側壁、天井の各ボード面の音響放射係数がすべて等しいものと仮定して、試験体-8 における各部位の振動加速度レベルと室間音圧レベル差の実測値を式(1), (2)に代入

し、逆算によりみかけの音響放射係数（図-13）を求めた。

$$L_p = L_a - 20 \log(f) + 10 \log(S/A) + 10 \log(k) + 36 \quad \text{式(1)}$$

L_p : 室内平均音圧レベル (dB)

L_a : 振動加速度レベル (dB)

f : 周波数(Hz), S : 放射面積 (m^2)

A : 室内の吸音力 (m^2)

k : 音響放射係数 (10log(k):音響放射率レベル)

$$D = L_s - L_p \quad \text{式(2)}$$

D : 室間音圧レベル差 (dB)

L_s : 音源室内平均音圧レベル (dB)

L_p : 受音室内平均音圧レベル (dB)

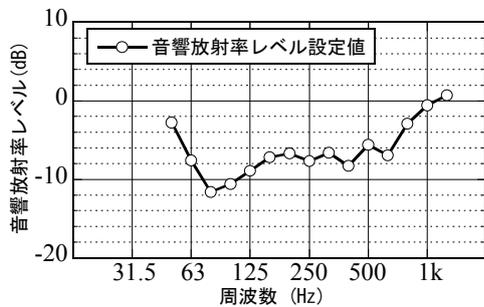


図-13 みかけの音響放射係数計算値

(3) 計算結果

各計算モデルの計算結果を図-14 (1/3 オクターブバンド)、図-15 (1/1 オクターブバンド換算) に示す。

まず、モデル-1 の計算値と実測値の比較については、両者は各周波数帯域において傾向が一致しており、比較的良い対応が得られている。

空気層寸法 55 mm (モデル-1) と 115 mm (モデル-2) の比較については、共にボード壁の下地材固定有りという条件下において、1/1 オクターブバンドでの 125Hz 帯域での遮音性能は、115 mmの方が 55 mmよりも 3dB 程度改善する結果となっている。

また、ボード壁の下地材の固定有り (モデル-1) と固定無し (モデル-3) に比較については、共にボード壁の空気層寸法 55 mm という条件化において、1/1 オクターブバンドでの 125Hz 帯域での遮音性能は、固定無しの方が固定有りよりも 4dB 程度改善する結果となっている。

7. おわりに

以上、RC 戸境壁の内装仕上げとしてボード壁を設置する場合の遮音性能低下について、実験室における実験

により、どのような要因がどの程度、影響を及ぼしているのかをある程度定量的につかむことができた。ボード壁の空気層寸法および下地材の RC 壁への固定の影響が比較的大きいことが分かり、今後、実際の建物における遮音性能のさらなる改善のための具体的な仕様の検討に繋げていきたい。

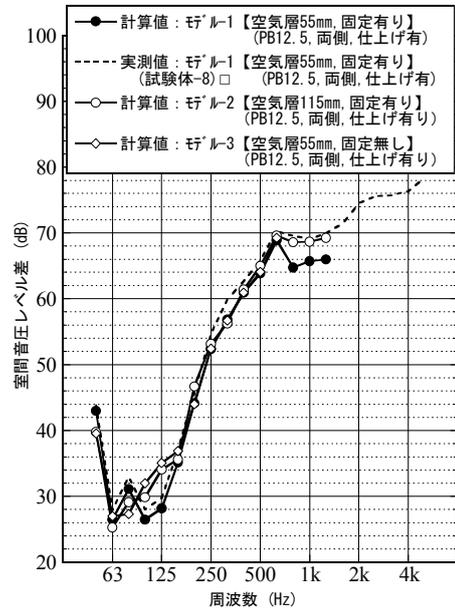


図-14 室間音圧レベル差計算結果 (1/3オクターブバンド)

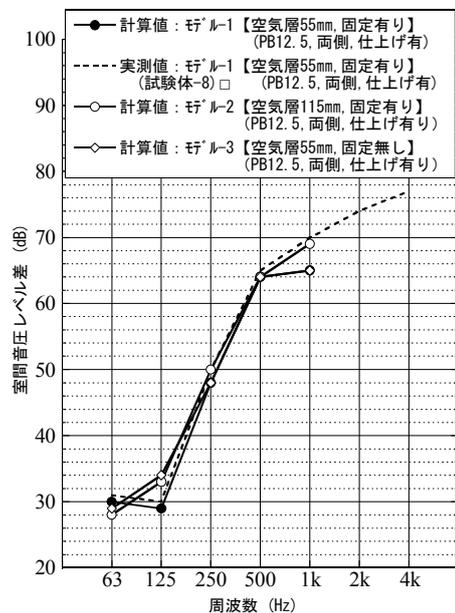


図-15 室間音圧レベル差計算結果 (1/1オクターブバンド)