

県産スギを用いた壁の防音化について（Ⅱ）

－実矧ぎスギ板を表面に用いた二重壁の遮音改善－

Acoustical Insulation of Wall Made of Prefectural Cedar

- Acoustical Insulation Improvement for Double Wall Covered with Rabbet Joint Cedar Board -

中岡正典*

Masanori Nakaoka

抄 録

実矧ぎスギ板を表面とする二重構造の間仕切り壁を対象として、遮音性能を改善する様々な対策の効果を検証した。その結果、下地材の追加や空気層厚の増加、そして音響材料の追加など、各種対策の効果を定量的に把握することができた。また、耐力壁とする場合には、下地に石膏ボードや構造用合板を使用することが想定されるが、表面にスギ板などの異なる材料を用いることで、下地材に生じるコインシデンス効果を抑制する効果があることも確認できた。

1 はじめに

木材自給率を上げることを目標に、「公共建築物等における木材の利用に関する法律」（木材利用促進法）が平成22年10月に施行された。これにより、国および地方公共団体で率先して低層建築物の木造化が図られることになった。また今後、民間部門でも公共性の高い建築物や住宅の新築・増改築で県産材が利用されることが期待されている。しかしながら、例えばスギを構造部材でなく壁材として用いた場合、無機系材料に比べ密度が低いため、遮音性能の面で不利になることが予測される。特に間仕切り壁は外壁に比べ面密度が低くなりがちで、音のプライバシーの点でしばしば問題になる。これを解決するには、他材料との複合化や工法的な手段を用いる必要がある。

そこで本年度は、県産スギ板を壁表面に用いた二重構造の間仕切り壁を対象とし、遮音性能を改善する様々な対策の効果を検証した。

2 実験方法

実験に際しては、本実（ほんざね）加工された150mm幅の県産スギ板を実矧ぎし表面に用いた木造住宅用の間仕切り壁（真壁）を想定し、図1に示すような30mm厚の空気層を有する二重壁を基本構成とした。そして、他材料との比較をはじめ、基本

構成に対して空気層の増加、面密度の高い材料の追加、そして内部空気層への多孔質材料の充填など、様々な遮音対策を講じた試験体を製作し、音響透過損失の測定により、それらの効果を比較・検証した。

試作に用いた材料は、表1に示すように壁表面に用いる実矧ぎされた県産スギ板をはじめ、スギ構造用合板（表面の一層はダグラスファー）、針葉樹構造用合板、MDF、そして遮音材料として石膏ボードや遮音シートを使用した。また、壁の内部空気層へ充填する多孔質材料は、グラスウール（材厚50mm、嵩密度 24kg/m^3 ）を30mmに圧縮して使用したため嵩

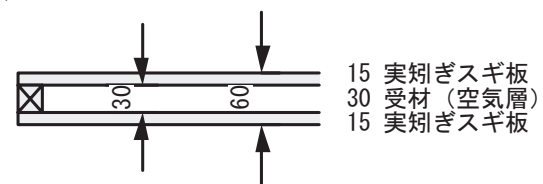


図1 実矧ぎスギ板による間仕切り壁の基本構成

表1 使用した材料の材厚と面密度

	材厚 [mm]	面密度 [kg/m ²]
実矧ぎスギ板	15 (1枚の幅は150mm)	6.4
実矧ぎスギ板	30 (1枚の幅は190mm)	12.1
針葉樹構造用合板	12	6.9
スギ構造用合板	9	4.4
同上	12	5.6
同上	24	10.6
MDF	12	8.5
石膏ボード	12.5	8.4
遮音シート	1.5	2.6

*生活科学課

密度は 40kg/m^3) を使用した。

試作に際しては、実験の都合上、各板材料は釘打ちせず、4 辺を締め付け治具にて圧縮することによ

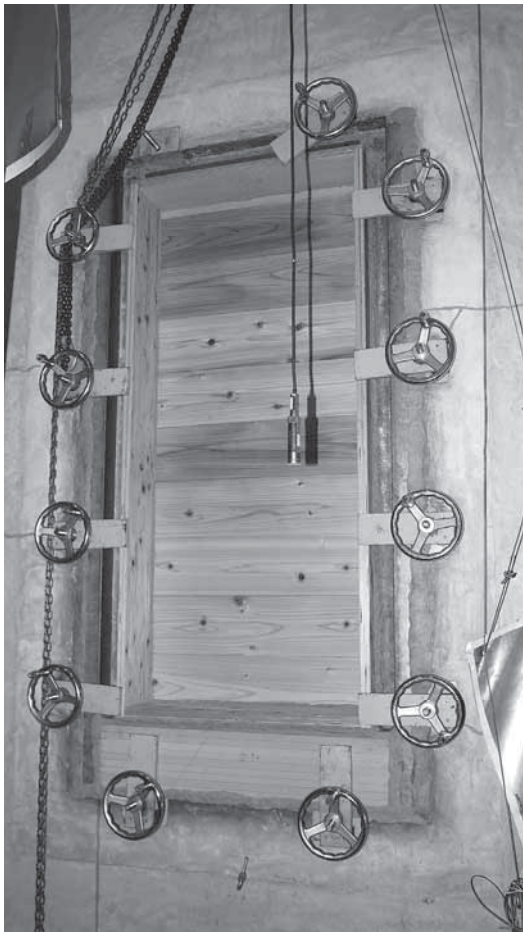


図2 残響室開口部に設置された試験体の様子

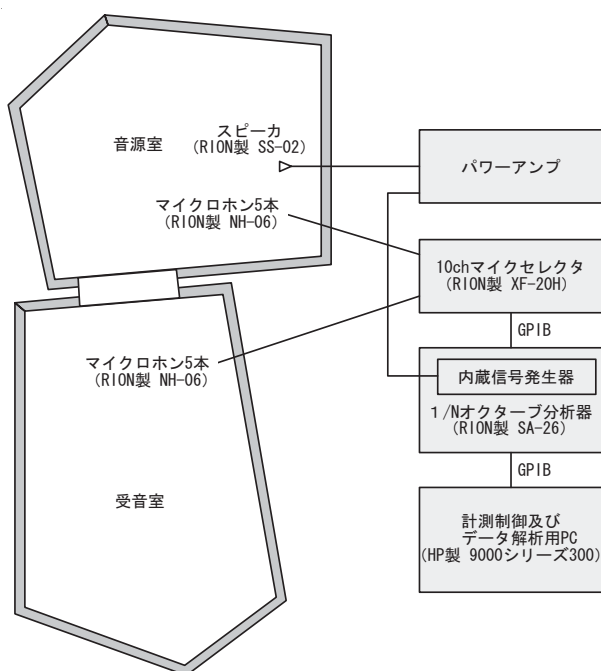


図3 音響透過損失の測定システム

り積層および固定した (図2). なお、実験施設の制約により試験体が小さいため (短辺 0.74m × 長辺 1.71m), 柱を除いた受材と板材などから試験体を構成し評価を行なった。

遮音性能の評価は、残響室を用いて音響透過損失を測定した (図3). ただし、残響室の容積 (音源室: 34m^3 , 受音室: 38m^3) や遮音面寸法 1.27m^2 などが JIS 規格 (JIS A 1416) を満たしていないため、測定結果はあくまで参考値である。

3 結果及び考察

図1に示した基本構成に対し、他材料への変更や遮音対策のために各種の仕様変更を行なった壁を試作し、それらの音響透過損失の実測値を比較・検証した。

グラフの各凡例に表記した AD の数値は、各試験体に用いられた材料の質量和から求めた面密度 (area density) $[\text{kg/m}^2]$ を示している。また、材料名の前に記載した数値は材厚 $[\text{mm}]$, 材料名で A は空気層, PB は石膏ボードを示している。

なお、以降に示す一部のグラフ (図4・5) では、質量則から求めたグラフを併記しているが、これについては入射角 $0\sim 78^\circ$ の範囲で近似した下記の音場入射質量則の式¹⁾を用いた。

$$TL = TL_0 - 5$$

$$TL_0 = 20 \log_{10} f \cdot m - 43 \quad (\text{式1})$$

ここで、TL は音場入射の場合の質量則による音響透過損失 $[\text{dB}]$, TL_0 は垂直入射の場合の質量則による音響透過損失 $[\text{dB}]$, f は周波数 $[\text{Hz}]$, そして m は面密度 $[\text{kg/m}^2]$ を示している。

3・1 板材単体の遮音性能の比較

まず、間仕切り壁表面に用いる実矧ぎスギ板 (15mm 厚と 30mm 厚) について遮音性能を見極めるため、比較対象として石膏ボードを用い、音響透過損失の比較を行なった (図4). その結果、石膏ボードについては、 2500Hz を中心にコインシデンス効果による遮音性能の落ち込みが生じている以外は、概ね質量則に沿った性能を示していることがわかる。

一方、スギ板は両材厚とも周波数の増加に伴い、質量則を下回る傾向を示している。そのため、 30mm 厚のスギ板は石膏ボードに比べ面密度が約 1.4 倍あるにもかかわらず、結果として低周波から

1600Hzまで、両者の性能はほぼ等しい。ただし、スギ板は石膏ボードのような顕著なコインシデンス効果による落ち込みが生じていないため、特に高周波域で有利な側面も有していることがわかる。

次に、下地材として用いるスギ構造用合板（材厚は9mm・12mm・24mmの3種）と針葉樹構造用合板の遮音性能を比較した（図5）。スギ構造用合板の材厚による比較では、1000Hzぐらいまでは材厚の増加に伴う面密度の増加分の性能差が順当に表れているが、それ以上の周波数では、コインシデンス効果による落ち込みにより大きな差は生じていない。また、針葉樹構造用合板との比較では、落ち込みが生じている周波数が異なっており、コインシデンス周波数が異なることがわかる。

さらに図6に、他の材料も加えて各種板材の遮音性能を比較した結果を示す。コインシデンス効果による落ち込みを除けば、面密度の比較的高い30mm厚のスギ板、石膏ボード、そしてMDFが順当に高い性能を示している。なお、石膏ボードとMDFは高周波域における落ち込みも含めて周波数特性が類

似している。

3・2 実矧ぎスギ板における実部分の隙間の影響について

実矧ぎスギ板では、連結した実部分の隙間からの音漏れが心配される。そこで、ビニールテープによって実部分をシーリングした場合と、そうでない場合で遮音性能を比較し、実部分からの音漏れの影響を検証した（図7）。結果は、グラフのとおり、少なくとも本実験における条件下では、ほとんど差異は認められなかった。

3・3 各板材材料について二重壁にした場合の遮音性能の比較

図6で比較した材料を用いて、それらを二重壁とした場合の遮音性能を比較した（図8）。その結果、各試験体間の優劣は概ね図6の結果に類似していることがわかる。1600Hzまでは、面密度の高い30mm厚のスギ板（e）や石膏ボード（a）の遮音性能が比較的高く、それ以上の周波数ではコインシデンス効果が生じないスギ板の性能が高い。また、スギ構造用合板（c）と針葉樹構造用合板（b）の比較では、

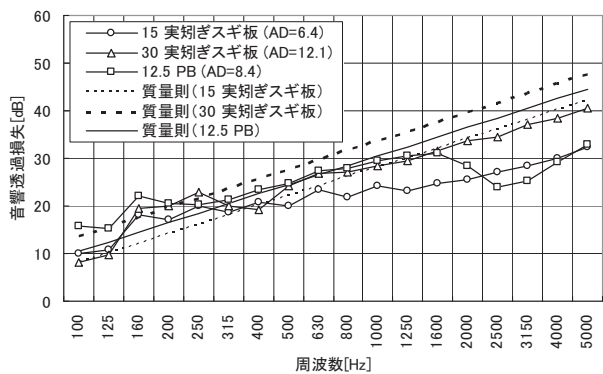


図4 実矧ぎスギ板の遮音性能

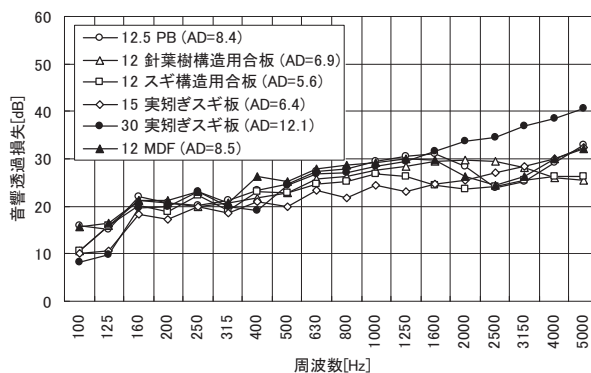


図6 各種板材の遮音性能の比較

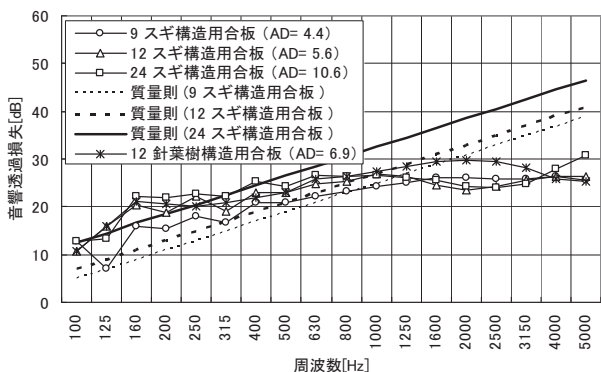


図5 構造用合板の遮音性能の比較

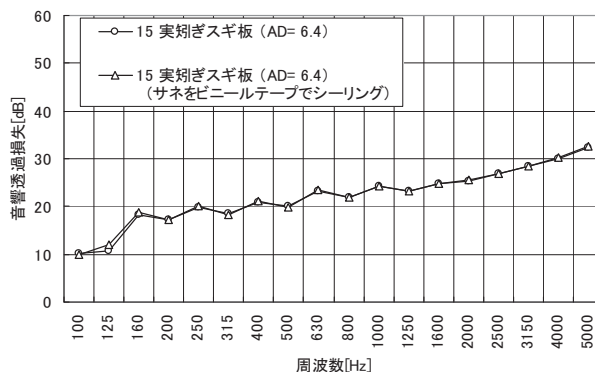


図7 実部分のシーリングの有無による比較

図5における比較結果と同様に、前者の方がより低周波側でコインシデンス効果による落ち込みが生じていることがわかる。

3・4 二重壁で片面を他の板材料に変更した場合の遮音性能の比較

基本構成の(a)について、壁を耐力壁にする場合、片面のSG板を構造用合板に変更する事例が予想される。そこで、片面をSG構造用合板や石膏ボードに置き換えた場合の影響を比較した(図9)。結果は、SG構造用合板への変更(b)については、面密度の変化が少ないため、2000Hzまでは目立った差は生じていない。一方、石膏ボードへの変更(c)は、平均して1.5dB程度の改善が認められる。2500Hz以上では、両者ともコインシデンス効果が生じるため、変

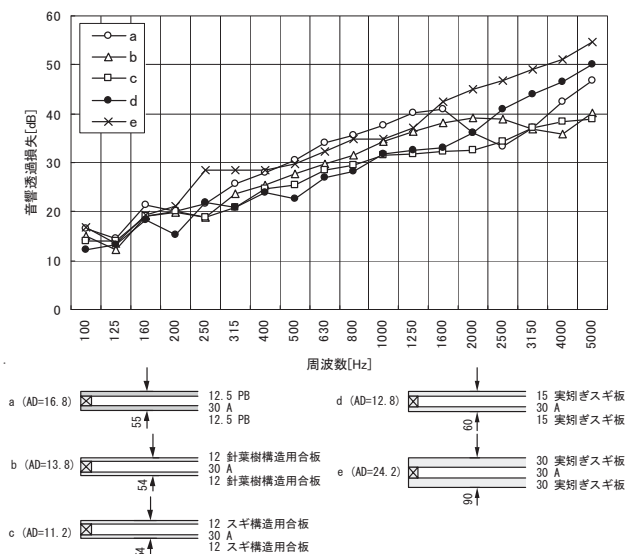


図8 各板材料を二重壁にした場合の比較

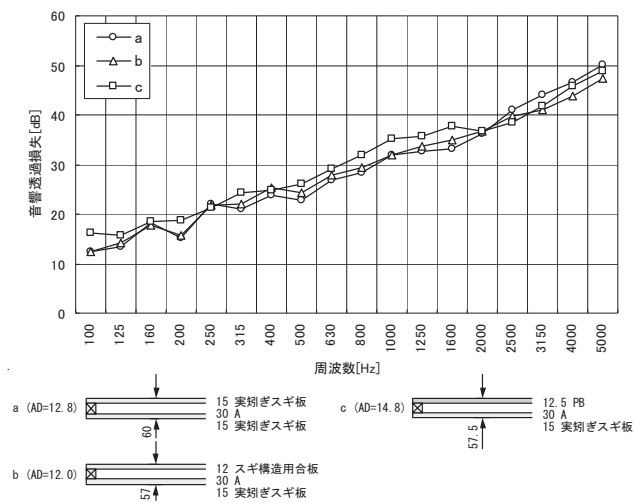


図9 二重壁の片面を他の板材料に変更した場合の比較

更前の(a)の方が若干有利であることがわかる。

3・5 空気層の有無と増加による遮音性能の比較

質量則の式1によると、材厚が2倍になると面密度が2倍になるため、計算上は約6dBの音響透過損失の向上が見込める。しかし、同じ面密度ならば、2層に分けて内部に空気層を設ける方が一般的に有利である。これを確かめるため、材厚が2倍の関係にある15mm厚と30mm厚のSG板、そして15mm厚のSG板による二重壁(空気層は30mmと60mm)について測定値を比較した(図10)。

まず、SG板単体の15mm厚(a)と30mm厚(b)の比較(面密度が2倍の関係)では、面密度の増加により後者が平均して約4.2dB上回った。次に、30mm厚のSG板(b)と15mm厚のSG板の二重壁(c)との比較では、後者が平均して約2.6dB上回り、同等の面密度でも空気層を設けた方が有利であることがわかる。そして、同じ二重壁で空気層厚を30mm(c)から60mm(d)に変化させた比較では、後者が平均して約2.6dB上回り、空気層の増加によってさらに性能が改善したことがわかる。以上の結果から、同じ面密度でも空気層の設置や増加で、それぞれ一定の音響透過損失の向上が得られることが、改めて確認できた。

3・6 遮音シートおよびグラスウールを追加した場合の遮音性能の比較

一般的に用いられる音響材料を追加した際の効果を検証する目的で、その代表例として基本構成(a)に対し、遮音シートの追加(b)および空気層へグラ

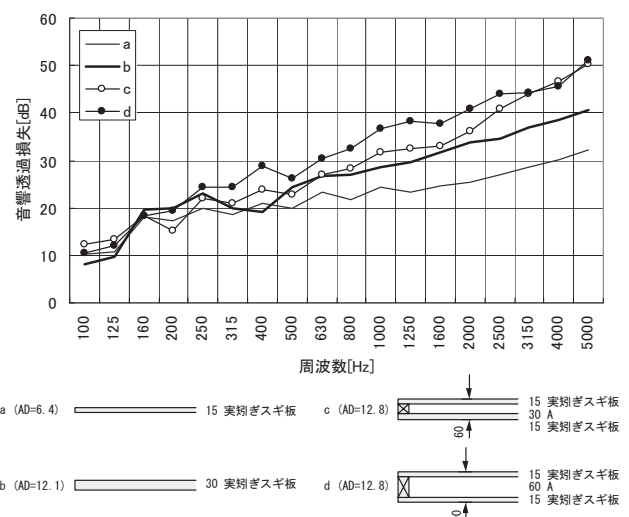


図10 空気層の有無と増加による遮音性能の比較

スウールを充填した場合 (c) について、図 11 でそれらの効果を比較した。結果は、各周波数で平均して、それぞれ 2.0dB と 5.9dB の音響透過損失の向上が認められた。この例のように、面密度の比較的低い遮音シートを用いるならば、代わりに多孔質吸音材料を追加する方がはるかに有利であることがわかる。なお、グラスウールが充填された (c) に対し、さらに遮音シートを追加した条件 (d) では、平均して 1.3dB 程度の改善に止まった。

3・7 スギ板を下地材の上に積層した場合の効果

スギ板を既存の板材の表面に積層した際の効果を検証するため、基本構成の片面がスギ構造用合板の条件 (a) と石膏ボードの条件 (c) について、それぞれ片面にスギ板を積層した際の効果を検証した (図 12)。結果は、それぞれ平均して 6.3dB と 4.8dB

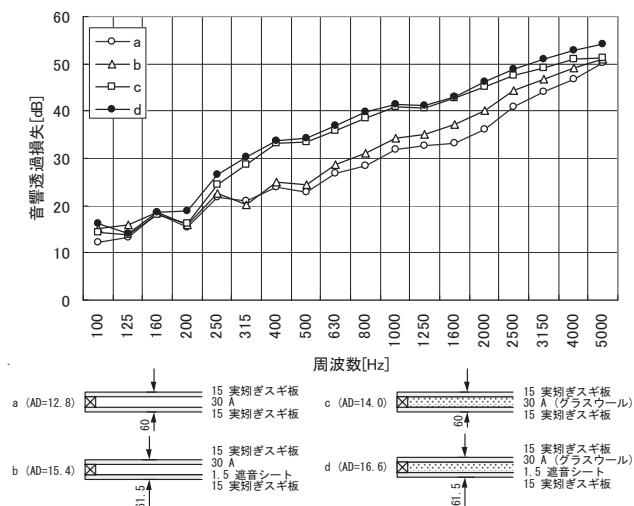


図 11 遮音シートおよびグラスウールの追加による効果

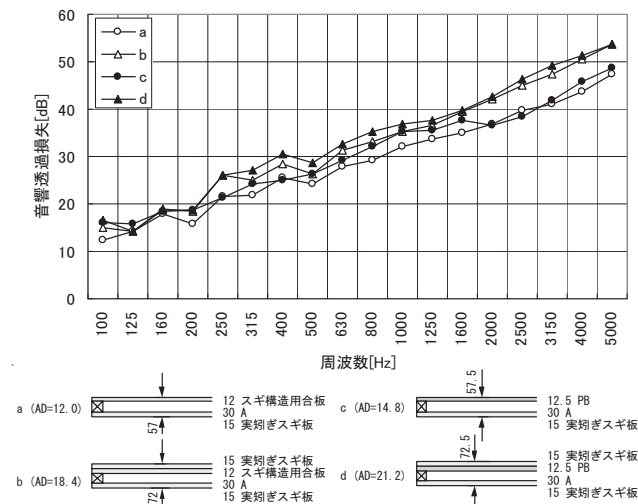


図 12 スギ板を壁の片面に積層した場合の効果

の音響透過損失の向上が認められ、特に高周波域のコインシデンス効果による落ち込みの改善にスギ板の積層が寄与していることがわかる。

次に、石膏ボードとスギ構造用合板の二重壁について、その両表面にスギ板を積層した際の遮音性能を比較した (図 13)。なお、石膏ボードの二重壁については、比較対象としてスギ構造用合板を表面に積層した場合の結果についても併記した。

まず、スギ構造用合板の二重壁 (a) とその両表面にスギ板を積層した (b) との比較では、広帯域にわたって大幅な改善がみられた (平均して 8.9dB)。これは、同じ材料を追加する場合でも、石膏ボードの二重壁 (c) に比べ面密度が低い (a) のような壁に用いる方が、その効果が発揮され易いことを示している。

次に、石膏ボードの二重壁 (c) に対し、その両表面にスギ板 (d) あるいはスギ構造用合板 (e) を積層した場合の効果を比較した。結果は、それぞれ平均して 5.7dB および 5.4dB の音響透過損失の向上が認められた。両者とも、特に高周波域に生じている落ち込みが改善されており、異なる材料の積層によりコインシデンス効果が抑制されていることがわかる。また、その抑制効果はスギ板の方が若干勝っていることが確認できる。

3・8 下地材を挿入した場合の効果

基本構成の二重壁 (a) に対し、片面だけ各種の板材を下地として挿入し比較した例を図 14 に示す。結

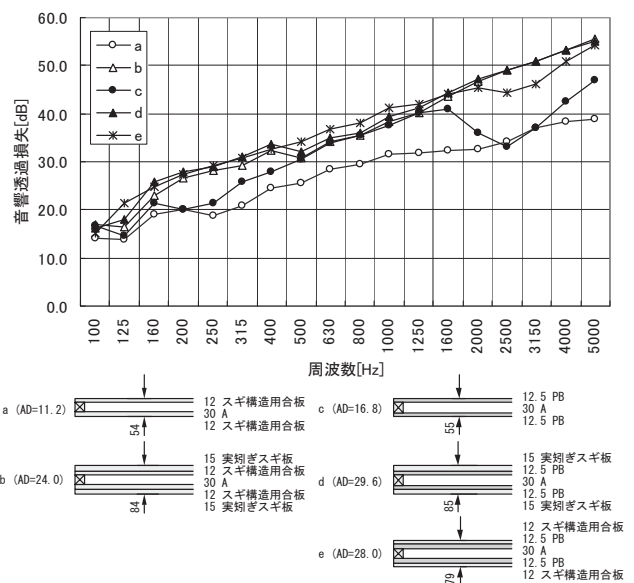


図 13 スギ板を壁の両面に積層した場合の効果

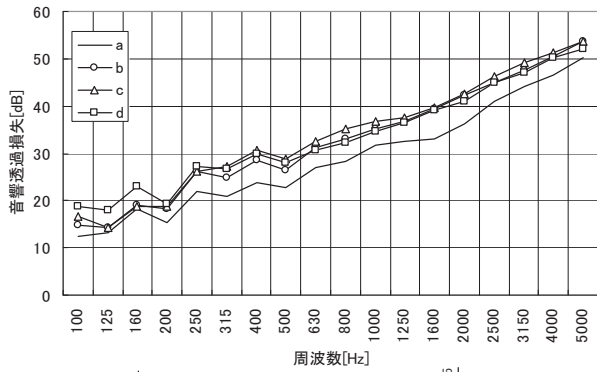


図 14 下地材を片面に挿入した場合の効果

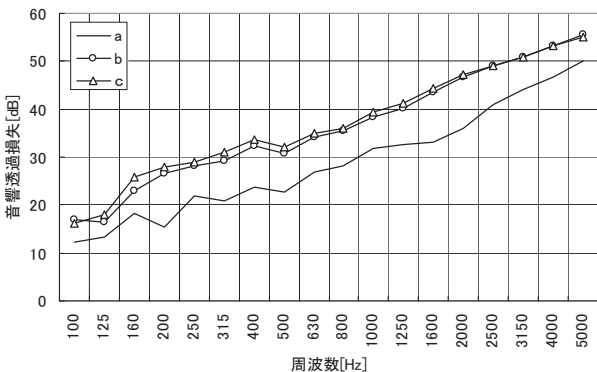


図 15 下地材を両面に挿入した場合の効果

果は、スギ構造用合板 (b)、石膏ボード (c)、そして MDF (d) について、平均してそれぞれ 3.8dB、4.8dB、4.5dB の音響透過損失の向上が確認でき、特に面密度の高い石膏ボードと MDF の効果が比較的高かった。

次に、基本構成の二重壁 (a) に対し、両面の下地にスギ構造用合板 (b) あるいは石膏ボード (c) を挿入した場合について、その効果を比較した (図 15)。結果は、スギ構造用合板で 7.3dB、そして石膏ボードで 8.1dB の音響透過損失の向上が認められた。

一般的に、遮音等級が 5dB ピッチでランク付けされていることを考えると、以上の結果から、スギ板の二重壁のように面密度が低い壁では、下地材の追

加で比較的容易に 1 ランク上の遮音性能を見込めることがわかる。

4 まとめ

実矧ぎスギ板を表面に用いた二重構造の間仕切り壁を想定し、他材料との比較をはじめ、音響材料等の追加や空気層の増加など、各種の遮音対策の効果を検証した結果、以下の知見を得た。

(1) 実矧ぎスギ板は、周波数の増加に伴い質量則を下回る傾向が生じるが、コインシデンス効果による顕著な落ち込みが無いいため、高周波域で他の材料と比較し、有利な側面を有することがわかった。また耐力壁にする場合、下地に石膏ボードや構造用合板を使用することが想定されるが、表面にスギ板などの異なる材料が存在することにより、下地材に生じるコインシデンス効果が抑制されることも確認できた。

(2) 30mm の空気層を有する実矧ぎスギ板の二重壁について、各種の遮音対策ごとの効果を定量的に検証することができた。代表的な例としては、表面のスギ板の材厚の増加 (15mm→30mm) で平均して 5.3dB、空気層の増加 (30mm→60mm) で 2.6dB、空気層へのグラスウールの充填で 5.9dB、そして石膏ボードを片面に下地材として挿入することで 4.8dB の音響透過損失の向上が確認できた。

結果として、本研究の条件下では、壁内部の空気層への多孔質材料の充填や、面密度の比較的高い下地材を挿入する対策が最も効果的であった。もちろん、他の対策も複合的に組み合わせることで、さらなる改善が見込める。

謝辞

本研究を実施するにあたり、試験体の壁断面の仕様を検討する際に、(NPO 法人) 山・すまい・まちネットの皆さんにご協力いただいた。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

1) 前川純一・森本政之・阪上公博：「建築・環境音響学」，共立出版，pp. 105-106 (2004)