

県産スギを利用した軽量床衝撃音低減化

中 岡 正 典*, 大 畑 優 作**

Masanori Nakaoka, Oohata Yuusaku

抄 録

県産スギの無垢フローリングを対象として、RC構造住宅における床衝撃音の低減方法について検討した。種々の床システムを試作し評価試験によって検討した結果、前報¹⁾で報告した防音床システムに比べ、軽量床衝撃音レベル低減量で等級が1ランク上回る床システムを考案することができた。また、根太工法では対策が困難な重量床衝撃音についても、フラッシュ構造を基本とした床システムを考案し、良好な特性を示すことを確認した。

1 はじめに

県産スギでRC構造建築物の床を施工する際の、床衝撃音の低減化方法について検討した。前報¹⁾で軽量床衝撃音については効果的な工法を検討できたが、同工法では重量床衝撃音において、スラブ素面に比較して63Hz帯域で7dB悪化することを確認した。従って、本研究では引き続き、表面床材の製品形状を変更せずに施工が可能な根太工法を基本にしつつ、軽量床衝撃音レベル低減量を改善し、さらに重量床衝撃音についても悪化を抑える工法を検討することで、衝撃源の種類を選ばないバランスのとれた防音仕様の床仕上げ構造を提案することを目標とした。

2 実験方法

2・1 簡易音響試験装置による実験

床衝撃音レベル低減量の改善に効果があると思われる音響材料の組み合わせや工法を検討する目的で、簡易音響試験装置の上部に種々の仕様の床システムを試作し、軽量及び重量床衝撃音レベル低減量を測定した。(図1)

床システム表面は、県産スギ(190mm幅, 15mm厚・30mm厚・40mm厚)の表面に熱厚ローラー処理を施して表面硬度を増した床材「こもれび」(商品名)を用い、その下層に次に掲げる各種音響材料や木質系材料を複合化させた。試作した床システムの個々の仕様は、結果及び考察の項で後述する。

表面材以外の木質系材料としては、根太用としてスギ材(断面40mm角)や、面材として合板(12mm

厚, 15mm厚, 21mm厚)を用いた。音響材料としてはD社製床用遮音材(8mm厚, 面密度7.3kg/m²), ポリエステル製繊維板(8mm厚・面密度3.0kg/m², 20mm厚・面密度3.0kg/m², 20mm厚・面密度6.0kg/m²), ポリエステル製繊維マット(40mm厚・面密度1.5kg/m²), グラスウール(24K, 50mm厚)などを使用し、最下層にはスラブからの放湿防止を目的に防湿シート(2mm厚, ポリエチレン系発泡体)を用いた。

各材料の固定方法は、根太を使う場合には、表面の「こもれび」から根太までを、約190mm間隔で木ネジで固定し、根太を支える繊維板などの面材は、基本的に両面テープのみで固定した。

試作床は簡易音響試験装置上部のスラブを想定したコンクリート板(150mm厚)の表面部分(1.2m角・1.44m²)に施工した。また、巾木や壁に相当する部材については省略し、これらの床衝撃音レベルへの影響については、次項のISO音響実験室にお

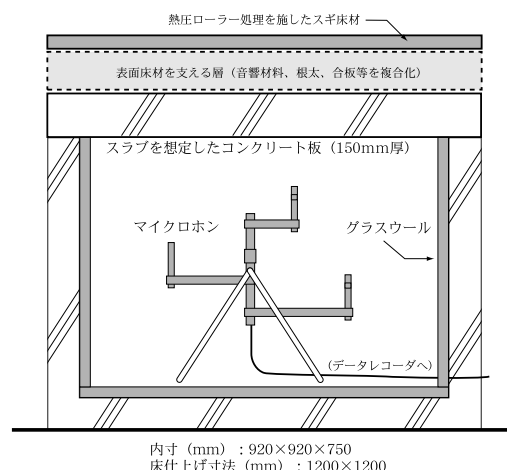


図1 簡易音響試験装置と床システムの施工

*生活科学課, **森林林業研究所

ける実験で反映させた。

簡易音響試験装置内には、各1/3オクターブ帯域の床衝撃音レベルの偏差平方和が小さく、平均値に近い値が得られる3点にマイクロホンを設置した。そしてデータレコーダ（DAT）に収録された床衝撃音レベルのパワー平均値により、スラブ素面の床衝撃音レベルとの差から、床衝撃音レベル低減量に相当する値を求めた。

以上の方法で実験を繰り返し、それらの結果から実用的と思われる床システムの仕様を決定した。

2・2 ISO音響実験室における実験

前項の実験で決定された仕様の床システムについて、高知県工業技術センターのISO音響実験室（受音室容積66m³、スラブ150mm厚）で、軽量及び重量床衝撃音レベル低減量を測定した。（図2）なお、試験方法は「JIS A1440コンクリート床上の床仕上げ構造の軽量床衝撃音レベル低減量の実験室測定方法」に準拠し、評価方法に関しては「日本住宅性能表示基準」の音環境性能に規定されている特別評価方法認定で使用する等級線を用いた。

試験に供した床システムの仕様の詳細について

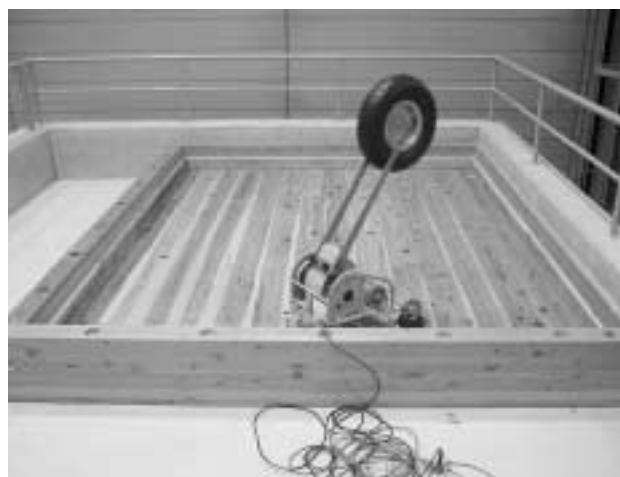


図2 ISO音響実験室における実験の様子

部材1：こもれび（15mm厚）	部材10：防湿シート（2mm厚）
部材2：こもれび（30mm厚）	部材11：根太（スギ、40mm角）
部材3：こもれび（40mm厚）	部材12：グラスウール（24K、50mm厚）
部材4：遮音材（8mm厚、面密度7.3kg/m ² ）	部材13：ポリエステル製繊維マット（約40mm厚、面密度1.5kg/m ² ）
部材5：合板（12mm厚）	部材14：ポリエステル製繊維板（40mm×40mm×8mm厚、面密度3.0kg/m ² ）
部材6：合板（15mm厚）	部材15：ポリエステル製繊維板（断面40mm×20mm厚の棒状根太、面密度3.0kg/m ² ）
部材7：合板（21mm厚）	部材16：ポリエステル製繊維板（断面80mm×20mm厚の棒状根太、面密度3.0kg/m ² ）
部材8：ポリエステル製繊維板（1200mm角×20mm厚の面材、面密度6.0kg/m ² ）	
部材9：ポリエステル製繊維板（1200mm角×20mm厚の面材、面密度3.0kg/m ² ）	

図3 簡易音響試験装置用に試作した床システムに用いた材料

は、結果及び考察の項で後述する。

3 結果及び考察

3・1 簡易音響試験装置による実験結果

簡易音響試験装置における実験で用いた主要な材料を図3に、そしてそれらで構成した試作床の断面を図4に示す。また、同図には歩行感のある程度把握するため、85kg程度の人間が載った際の、荷重によるたわみ量も併記した。

なお、本項の試験方法は、「日本住宅性能表示基準」に規定された測定方法に準拠しておらず、簡易音響試験装置による実験結果を、本来定量的な意味合いを有する等級線で評価すべきではない。しかし相対的な比較ではあっても、改善すべき周波数帯域等を把握するためには有益であるという判断から、敢えて等級線を併記することとした。

各試作床について軽量及び重量床衝撃音レベル低減量を測定した結果から、最終仕様の決定にヒントとなった比較グラフを図5から図25に示す。

図5及び図6では、簡易音響試験装置の特性を把握するため、前報¹⁾で取り組んだ旧タイプの床システムについて、同試験装置による実験と、ISO音響実験室における実験結果との比較を行った。重量床衝撃音では、両者の結果にはかなりの隔たりが見られるが、軽量床衝撃音については63Hz帯域を除き、ほぼ再現されていることがわかる。重量床衝撃音で決定周波数となる63Hzに着目すると、約7～9dB程度の差が生じている。

図7のa1・a2は旧タイプの床システムで、b1はそれを改良した床システムである。「こもれび」を30mm厚とし、遮音材を12mm厚の合板で受け、さらに根太を支える部材に旧タイプよりも柔らかい素材を使うことで、レベル低減量が改善されている。

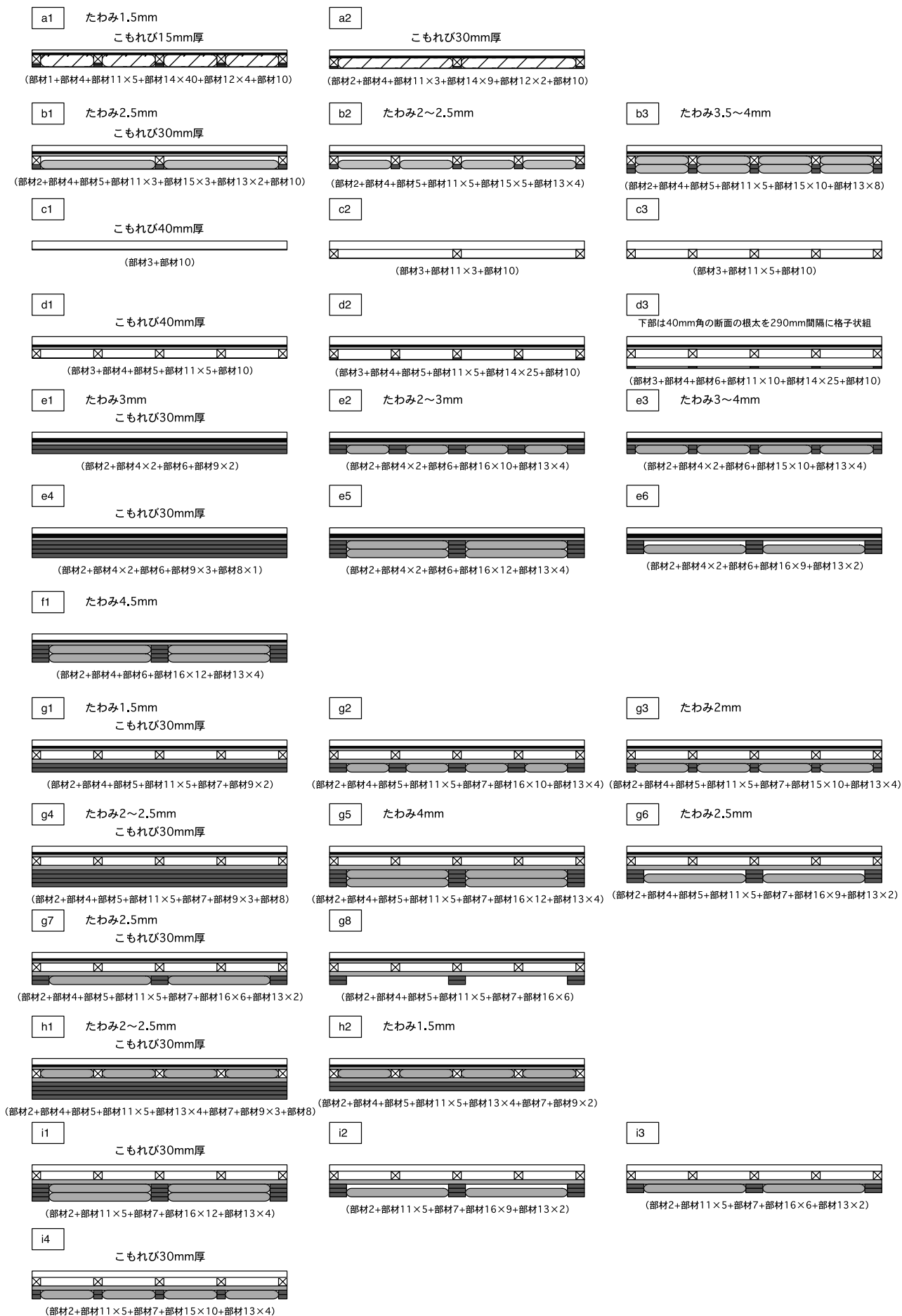


図4 簡易音響試験装置用に試作した床システムの断面図

図8のb2は、30mm厚の「こもれば」と根太5本を組み合わせた例であるが、レベル改善量の悪化が見られ、接地面積が少ない方が好ましいことが推察できる。これは同図のb3のグラフに示すとおり、根太下の部材を2層にすると、ほぼ改善できることがわかる。

図9では、根太間隔の影響を比較した。軽量床衝撃音では明確な差は生じていないが、重量床衝撃音

では、根太が多い（根太間隔が狭い）方が、特に低音域から中音域にかけて有利であることがわかる。多くの根太で支えることで、衝撃時の床表面材の曲げ挙動が変化するためと思われる。この結果は、図8の結果と相反するが、根太下の支持部材の有無や、その柔らかさにより影響が異なるためと思われる。

図10のc3・d1では、「こもれば」に遮音材と合板を積層した場合の効果と比較した。中音域ではそ

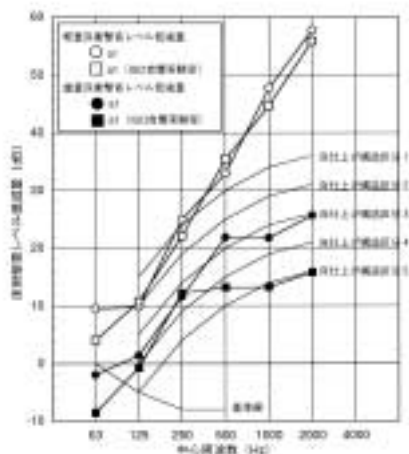


図5 簡易音響試験装置の特性1

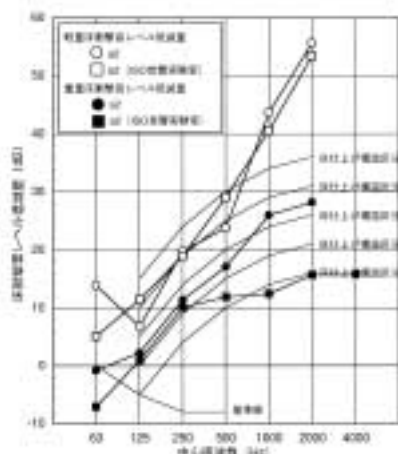


図6 簡易音響試験装置の特性2

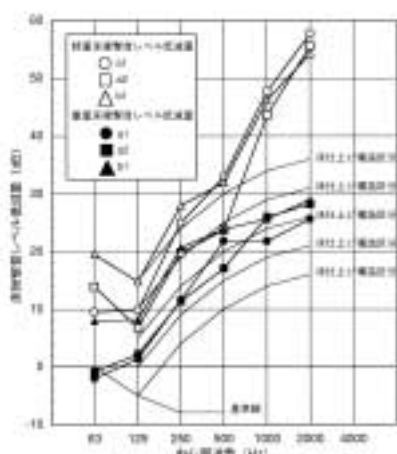


図7 旧タイプ床システムの改良1

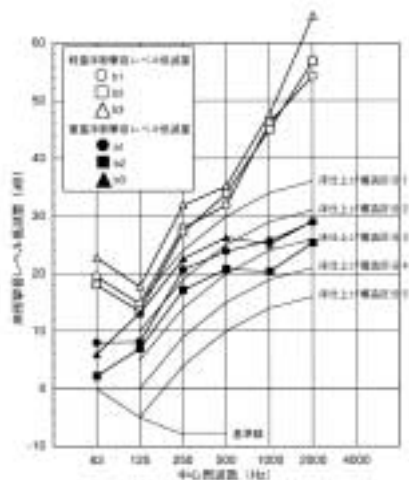


図8 旧タイプ床システムの改良2

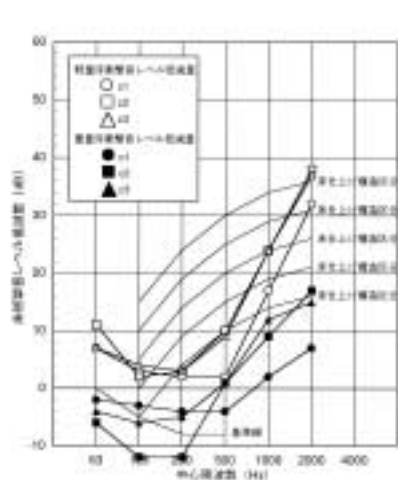


図9 根太間隔の影響

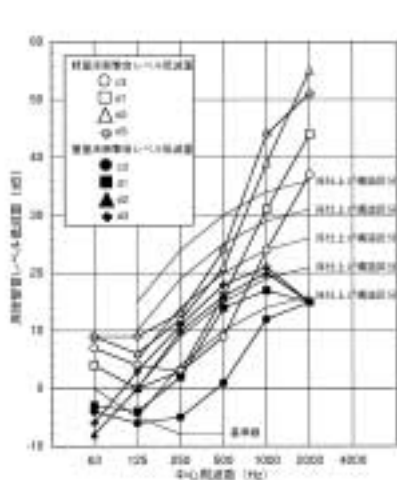


図10 支持材料と格子組の効果

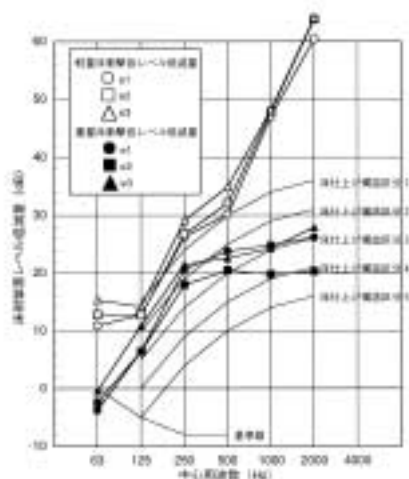


図11 下部支持方法による比較1

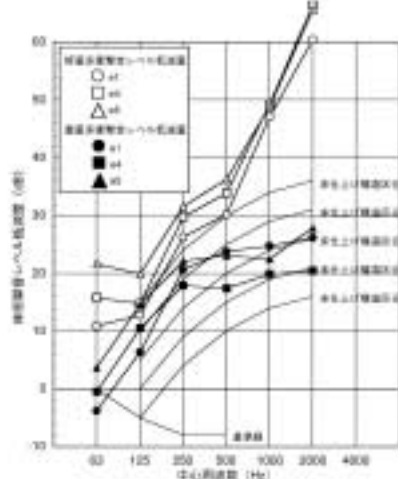


図12 下部支持方法による比較2

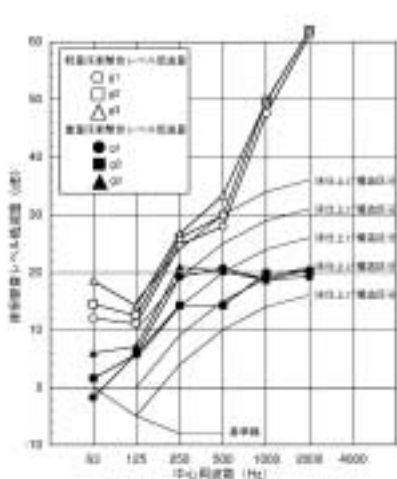


図13 下部支持方法による比較3

の効果が示されているものの、低音域になるに従って効果が薄くなり、軽量床衝撃音では優劣が逆転している。d1・d2の比較では根太下のポリ繊維板の効果を検証している。軽量床衝撃音では全測定周波数帯域にわたってレベル低減量が改善されているが、重量床衝撃音では低音域になるに従って効果が薄くなっている。d3は重量床衝撃音の対策として、根太を格子状に組み、曲げ剛性の向上を意図した例であるが、意に反して低音域の値が芳しくない。

図11のe1・e2・e3は、いずれも「こもれば」と合板で遮音材2枚をサンドイッチ状に挟み、床システム上部の質量を増した構成である。下層の支持方法を変化させることで、その影響を比較している。下層は比較的密度の高いポリエステル製繊維板と、吸音材料としての性能が高いポリエステル製マットに分かれており、直接荷重を受けるのは前者の部分のみである。グラフによる比較では、特に低音域に着目すると、支持面積が狭い方が有利なことがわかる。これは図12のe4・e5のように、支持部材

を積層し、バネ定数を低下させることで、いっそう顕著になる。また、同図のe1・e4では、ポリエステル製繊維板のみで支持した際の、積層の効果を比較している。軽量床衝撃音は低減量が改善しているが、重量床衝撃音では低音域で悪化しており、必ずしも積層することが良いとは限らないことがわかる。

図13・図14は、いずれも床システム上部層が「こもれば」に遮音材と合板を積層し、さらに根太と合板を加えた構成である。ここでも支持方法を変化させることで、その効果を比較している。結果は、概ね図11・図12と同様の傾向を示している。ただし、g5の重量床衝撃音の結果は、63Hz帯域で著しい低減量を示しており、同衝撃源に対しては有効な構成であると思われる。

図15では、上部層の根太によって生じる空気層に、ポリエステル製繊維マットを充填した場合の効果を検証している。グラフから解るとおり、全く効果が無いことがわかる。

図16・図17・図18は、床システム上部層の構成方

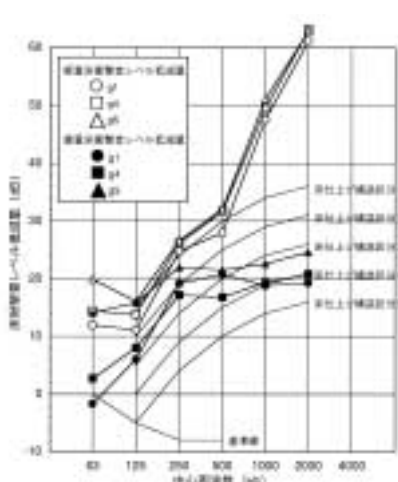


図14 下部支持方法による比較4

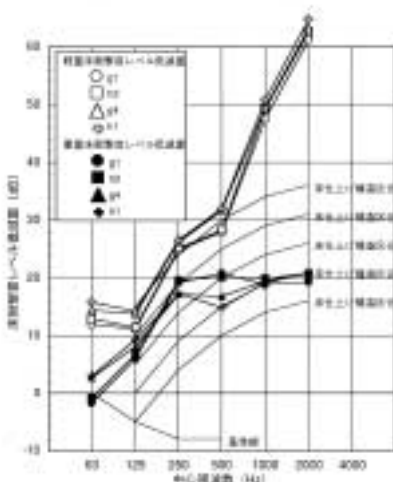


図15 吸音材料の効果1

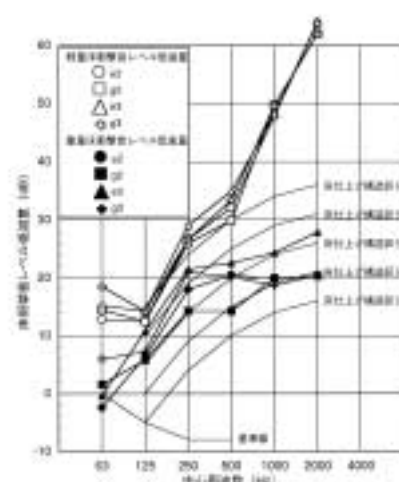


図16 上部構造による比較1

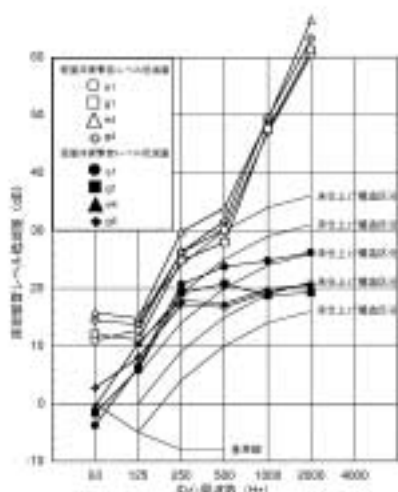


図17 上部構造による比較2

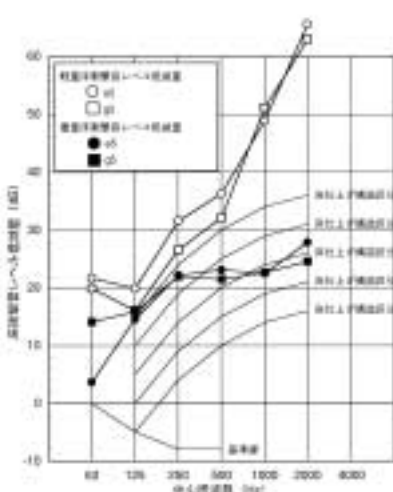


図18 上部構造による比較3

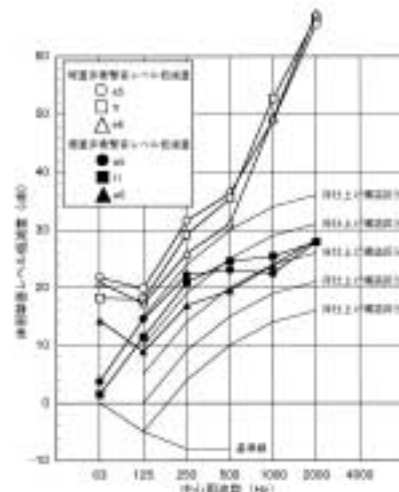


図19 下部支持方法による比較5

法を変化させた場合の比較である。全般的に、軽量床衝撃音では差が小さいが、遮音材を2枚使用したタイプが有利なようである。重量床衝撃音では、周波数帯域によって優劣が逆転しているが、63Hz帯域に着目すると、フラッシュ構造のタイプが明確に優れていることがわかる。

図19のe5・f1では、遮音材の効果を検証した。改善量は少ないが、順当に遮音材の効果が表れている。またe5・e6の比較では、軽量床衝撃音では、下層の支持材が一枚少ないe6が全般的に劣るが、重量床衝撃音の決定周波数となる63Hz帯域においては、著しい低減量を示している。これは、荷重を受ける繊維板の影響ではなく、むしろ内部の空気層の処理方法に起因するものと思われる。e6では繊維マットが完全に充填されておらず、衝撃時に内部の空気が流出し易い構造となっている。これが原因とすると、本項の実験では繊維マットの密度を1.5 kg/m²に固定しているが、空気層にマットが隙間無く充填されている場合でも、マットの密度を下げる

ことによって、低減量を有利に導くことが可能であると思われる。このことは、図20の上部層がフラッシュ構造のタイプの比較でも確認できる。g5・g7を比較すると、繊維板が少ないg7の低減量が劣るが、g5・g6の比較では、図19の場合と同様に、重量床衝撃音の63Hz帯域で、繊維板が少なくマットによる充填が完全でないg6で著しい低減量を示している。また、遮音材の無いフラッシュ構造の支持方法による比較を行った図23でも、ほぼ同様の結果が示されている。ただし、空気層のマットを取り去り、抵抗を全く無くしてしまうと、図21のg7・g8の比較からわかるとおり、軽量床衝撃音で低減量が悪化する。従って、衝撃により空気の流出が生じ易い下部層には、適度な空気抵抗を有する多孔質材料を充填することが重要であることがわかる。

図22のg7・g3では、床システム下層の支持部材の分割度合いの影響を検証している。g2の接地面積が広いタイプが特に重量床衝撃音で劣る他には、特に際立った差はない。従って、接地面積（支

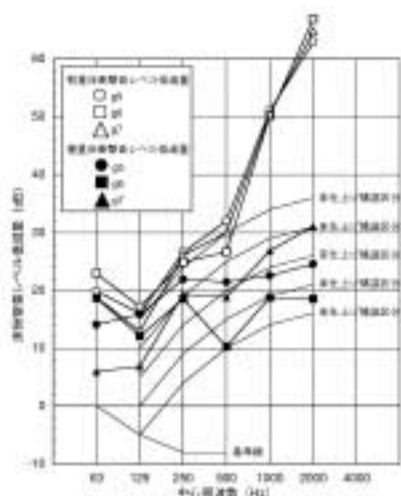


図20 下部支持方法による比較6

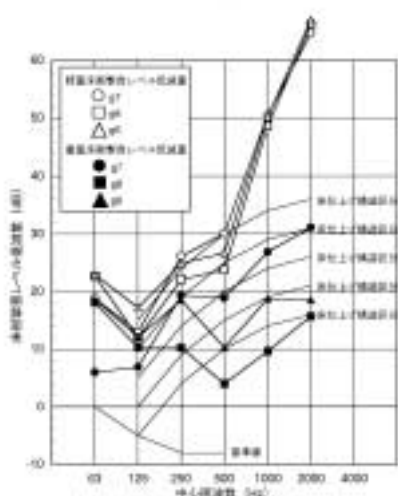


図21 吸音材料の効果2

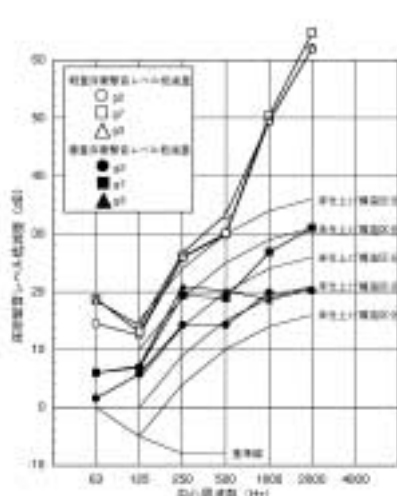


図22 下部支持方法による比較7

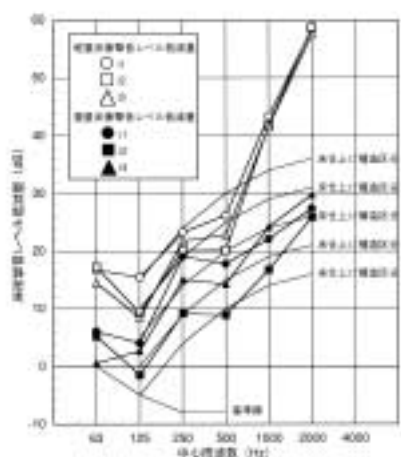


図23 下部支持方法による比較8

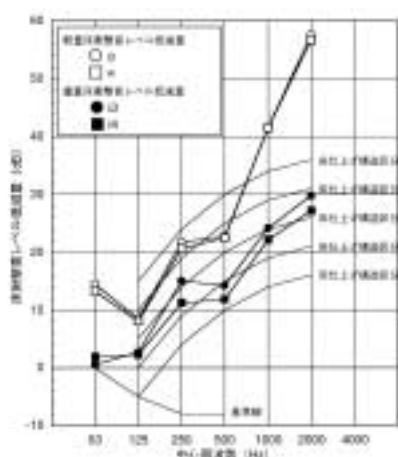


図24 下部支持方法による比較9

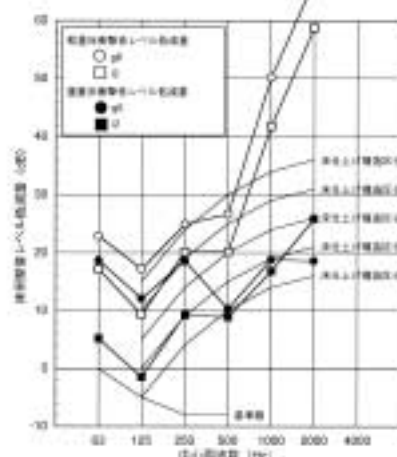


図25 遮音材の効果

持面積)が同等であれば、敢えて施工の手間のかかる分割は必要ないものと思われる。図24でも同様の結果が示されている。

図25では、支持方法が同じ場合の、床システム上層部の遮音材と、それを支える合板の有無による効果を検証している。当然のことながら、遮音材を有する床の低減量が優っているが、軽量床衝撃音に比べ、重量床衝撃音の低音域で差が生じやすい傾向が認められる。

3・2 ISO音響実験室における実験結果

前項の簡易音響試験装置における実験結果から、性能やコストを考慮し、実用的な仕様として図26に示すタイプAとタイプBの2つの防音床システムを考案した。タイプAは前項の実験で良好な結果を示した図4のb1,タイプBはg6からヒントを得ている。

タイプAは、前報で考案した防音床システム¹⁾の改良版である。改善点の一つは、遮音材の下に9mm厚の合板を敷いたことで、これにより上部層の質量を増加させ、かつ遮音材とその上部の「こもれび」との密着度が増し、制振効果が期待できる。次に、施工時の作業性を考慮して、根太を支えるポリエステル製繊維板(40mm×40mm×20mm厚の小片)を根太下に約600mmピッチに配置し点的に支持する方法から、根太を全て支持するよう棒状の繊維板に変更し、密度も8mm厚3.0kg/m²から20mm厚3.0

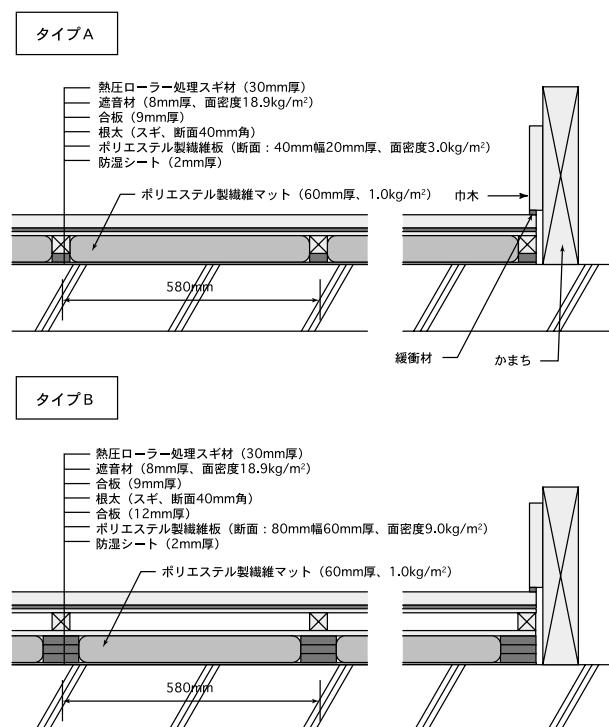


図26 ISO音響実験室で評価した防音床システム

kg/m²に変更した。さらに、内部空気層にはポリエステル製繊維マット(面密度1.0kg/m²)を採用した。以前のタイプではこの部分にグラスウールが用いられており、その方が優ることが確かめられている²⁾が、施工現場における加工の容易さや繊維の飛散のしにくさなど、総合的な観点から考慮した結果である。

試験時の部材の固定方法は、木部は根太に沿って

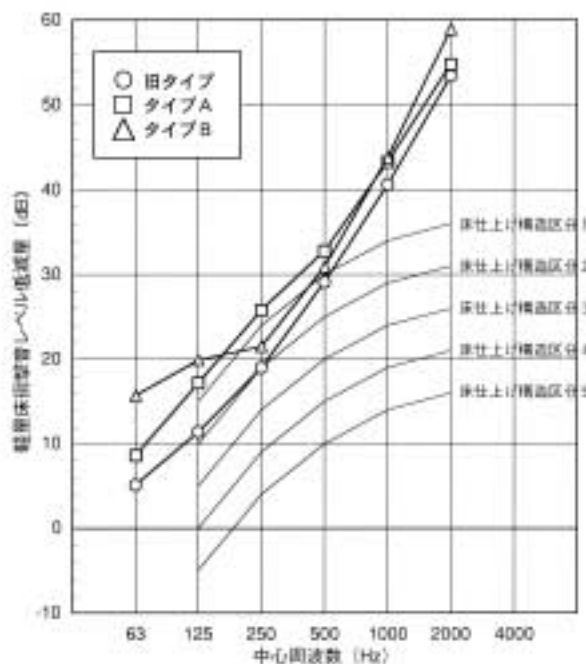


図27 床システムの軽量床衝撃音レベル低減量

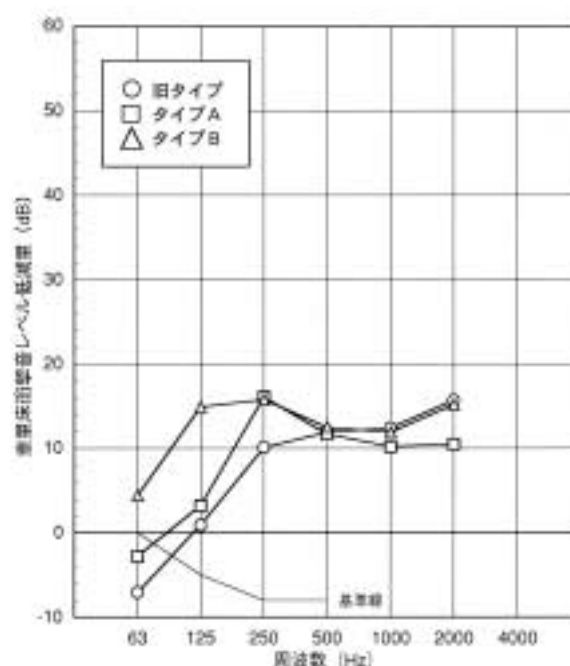


図28 床システムの重量床衝撃音レベル低減量

木ネジで約200mm間隔に固定し、根太を支える繊維板や防湿シートは両面テープで接着した。

また、床システム周辺部分の収まりは、壁との間に5mm以上の隙間を設け、個体伝播音の影響を少なくするよう配慮した。また同様の理由で、巾木(断面30mm×120mm)についても床システムとの間に、市販されている片面に粘着材のついた隙間ふさぎ用の発泡ゴムテープ(断面:12mm×8mm程度、巾木積載時4mm厚程度)を挟み、巾木自体は壁(図26ではかまち)に釘留めしている。なお、図26では本来壁に相当する部分に、実験の際に壁の代わりとして用いられたかまちが描かれている。

一方、タイプBは重量床衝撃音の対策がなされた床システムである。上部層に注目すると、ちょうどタイプAの上部層の下に合板を追加した形になっており、木ネジ固定により一体化しているため一種のフラッシュ構造と見なすことができる。また、「こもれび」直下には遮音材が合板でサンドイッチ状に挟まれており、質量と曲げ剛性の高い仕様を実現している。さらに下部層は、根太の下方にタイプAで用いたポリエステル製繊維板の2倍幅の材を3層に積層している。そして空気層部分はタイプAと同様にポリエステル製繊維マット(面密度1.0kg/m²)を隙間無く敷き詰めている。床システムの周辺部の壁との収まりや、部材の固定方法については、タイプAと同様である。

軽量床衝撃音レベル低減量の実験結果を図27に示す。タイプABとも各周波数帯域において旧タイプ(前報¹⁾で取り組んだ床システム)に比べ、低減量が改善されている。遮音材の下に合板を入れ、根太を支える繊維板の仕様を変更した効果が表れている。平均すると、タイプAで約4dB、タイプBで約5dB程度の改善量となる。タイプBは特に低音域の改善が著しいが、250帯域の改善量が少ないため、床仕上げ構造区分の等級による評価では、旧タイプと同レベルに止まっている。一方、タイプAは比較的低中音域での改善量が大きいため、等級線との相対的な比較が有利に働き、1ランク等級を上げることができた。

次に重量床衝撃音レベル低減量の実験結果を図28に示す。決定周波数となる63Hz帯域における基準線との比較では、タイプAは-3dBを示し改善量が足りなかったが、タイプBでは+4dBの低減量を示し、当初の目標を達成することができた。

4 まとめ

RC構造建築物用途の防音床仕上げ構造について開発に取り組んだ結果、前報¹⁾で報告した防音床システムに引き続き、さらに性能を向上させた2種類(タイプA,B)の防音床システムを開発することができた。タイプAは特に軽量床衝撃音レベル低減量に優れ、床仕上げ構造区分1の性能を示した。タイプBは軽量床衝撃音レベル低減量で床仕上げ構造区分2、重量床衝撃音レベル低減量で決定周波数となる63Hz帯域において4dBを示し、衝撃源の種類を選ばないバランスのとれた防音床システムの開発という当初の目標を達成することができた。

今後は、本研究で得られた成果を元に、更に施工性やコスト面を考慮した防音床システムの改良に取り組みたい。

また、本試験では県産無垢フローリング材による防音床システムの提案を目標に、従来の根太工法を応用した構成方法によってその可能性を検討した。今後は一般的な二重床の表面に同材を使用した場合についても同様に試験し、幅広く防音床システムへの対応が可能であることを確かめたい。

謝 辞

最後になりましたが、材料提供をはじめ開発に深く関わっていただいたTSウッドハウス協同組合の皆様、四国繊維販売株式会社の林健司氏、そして評価実験に際して惜しめない協力をして下さった徳島県農林水産総合技術センターの皆様、施設の使用と測定に快く応じて下さった高知県工業技術センターおよび高知県立森林技術センターの野地清美氏に、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 中岡正典, 網田克明: 徳島県立工業技術センター研究報告, Vol10, p15 (2001)
- 2) 中岡正典, 網田克明: 徳島県立工業技術センター研究報告, Vol10, p13 (2001)