

論文 (Original article)

フローリングと梁桁で構成される民家型工法床の床衝撃音遮断性能

末吉 修三^{1)*}、宇京 斉一郎¹⁾、森川 岳¹⁾

Floor-impact sound insulation performance of a private house-type wooden floor consisting of flooring and beams

Shuzo SUEYOSHI^{1)*}, Seiichiro UKYO¹⁾ and Takeshi MORIKAWA¹⁾

Abstract

We conducted a series of acoustic tests to improve the floor-impact sound insulation performance of a wooden floor, constructed using the private house-type method, which consisted of flooring and beams without a ceiling. Inserting sound-insulating and shock-absorbing materials between double-layered Japanese cedar flooring, we investigated the influence of each constituent material on the floor-impact sound insulation performance, using both light and heavy floor-impact sound levels as indices. As a result of increasing stiffness, adding mass and improving shock absorbing performance, we clarified the quantitative effect of each constituent material on both light and heavy floor-impact sound level reductions in the frequency domain. These results will help improve the sound insulation performance of wooden houses constructed by the private house-type method and promote the penetration of houses in which domestic timber is abundantly used.

Key words : private house-type wooden floor, light floor-impact sound, heavy floor-impact sound

要旨

フローリングと梁桁で構成される民家型工法床の床衝撃音遮断性能の改善に取り組んだ。2層のスギ単層フローリングの間に遮音材と衝撃緩衝材を挟み込んだ床を供試し、軽量及び重量床衝撃レベルを指標として各構成材料が床衝撃音遮断性能に及ぼす影響を調べた。床の剛性を高め、質量を付加し、さらに軽量衝撃に対する衝撃緩衝性を高めた結果、軽量および重量床衝撃音レベルに及ぼす各構成材料の定量的な効果を周波数領域で明らかにすることができた。これらの結果は、民家型工法木造住宅の遮音性の改善に役立てられ、ひいては国産材を多用したこれらの木造住宅の普及につながることを期待できる。

キーワード：民家型工法床、軽量床衝撃音、重量床衝撃音

1. はじめに

日本の林業・林産業の再生を目指して、国産材の有効利用を一層進める必要がある。その方策の一つとして、国産材を豊富に使った民家型工法住宅の普及が挙げられる。民家型工法住宅では、梁・桁に上階の床材を直接施工し、下階の天井を設けないことから、いわゆる化粧表しとなる。そのため、軸材と面材の組み合わせによって視覚的効果が得られるが、上下階を隔てる床構造が単純なため、種々の対策が施された木造住宅（末吉 1993）と比較して、遮音性能の改善を要する場合がある。このような民家型工法住宅の普及の阻害要因となる可能性がある床衝撃音については、そ

の遮断性能の向上を目指した研究が進められてきた（網田ら 2000, 末吉ら 2004 2006, 宇京ら 2008, 吉永 2010）。

本研究では、民家型工法住宅の遮音性を高めるため、表裏面を熱圧によって圧密化したスギ単層フローリング、遮音材および衝撃緩衝材を積層複合化することによって、民家型工法床の上下面の外観を変えることなく、床に加えられた衝撃エネルギーを効率的に低減する方法を検討してきた。ここでは、軽量及び重量床衝撃音のオクターブ分析に基づいて、民家型工法床を構成する各材料が床衝撃音遮断性能に及ぼす影響について報告する。

原稿受付：平成 24 年 11 月 29 日 Received 29 November 2012 原稿受理：平成 25 年 3 月 1 日 Accepted 1 March 2013

1) 森林総合研究所構造利用研究領域 Department of Wood Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所構造利用研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1 Department of Wood Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan, e-mail: sue@ffpri.affrc.go.jp

2. 実験方法

2.1 スギ単層フローリングと遮音材の積層複合化

民家型工法床の軸組の仕様は、模式的に示すと Fig. 1 の通りである。軸材（断面寸法：105 mm × 240 mm，ベイマツ）を鉄筋コンクリート構造（2,815 mm × 3,725 mm × 高さ 3,000 mm，壁厚 80mm）の上面の開口部の周囲および長手方向に約 910 mm の間隔で 2 本施工した。軸組はプレカットの蟻継ぎで、羽子板ボルトを用いて接合した。本実加工のスギ単層フローリング（SF30，製品寸法：幅 190 mm，厚さ 30 mm，長さ 4,000 mm，表裏面は熱圧による圧密加工）を長さ 50mm のビスで軸材に固定し、天井なしの化粧表とした（Photo 1）。また、厚さ 30 mm のスギ単層フローリングを直交に 2 重張りしたもの、および遮音材（アスファルト系，製品寸法：455 mm × 910 mm，厚さ 4 mm，8 mm，12 mm の 3 種類（SI4，SI8，SI12），密度 3g/cm³）を厚さ 30mm のスギ単層フローリングで挟み込んだもので、合計 5 種類を供試した。各試験体の面材構成を下から上へ記号で表すと、SF30，SF30+SF30，SF30+SI4+SF30，SF30+SI8+SF30，および SF30+SI12+SF30 となる。以後、これらを試験体の記号として用いる。上側のスギ単層フローリングと遮音材は、下側のスギ単層フロ

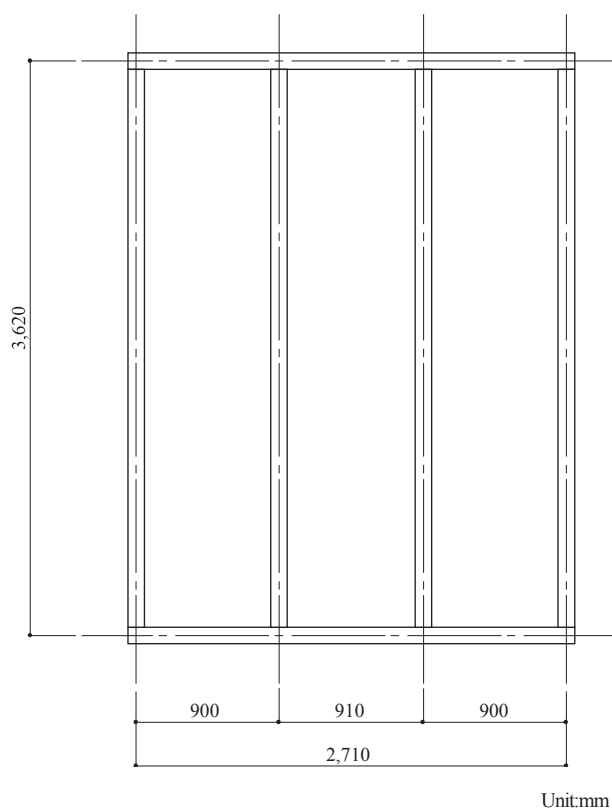


図 1. 民家型工法床の軸組
(梁間隔：910 mm，受材なし)

Fig. 1. Beam layout of the private house-type wooden floor.
(Long beam interval: 910 mm, without short beams)

ーリングに長さ 50mm のビスを用いて約 15 cm 間隔で固定した。

軽量衝撃源として、日本工業規格「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第 1 部：標準軽量衝撃源による方法」JIS A 1418-1:2000 に規定されているタッピングマシン (Brüel & Kjær Type 3207) を用いた。重量衝撃源については、同「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第 2 部：標準重量衝撃源による方法」JIS A 1418-2:2000 にタイヤ（軽自動車用，重量 7.3 kg，落下高さ 85 cm）とインパクトボール (RION Type YI-01，重量 2.5 kg，落下高さ 1 m) が規定されている。タイヤは木造住宅などの軽量構造物には過大と考えられているので、本研究の民家型工法床のように軽い試験体に対する重量衝撃源としての適性を検証するため、タイヤとインパクトボールの両方を重量衝撃源として用いた。各床衝撃音レベルは、上述の JIS に準拠し、建築音響計測システム (Brüel & Kjær PULSE 3560C) によって測定した。

受音室の内装の仕様は以下の通りである。すなわち、コンクリート壁面はグラスウール吸音材（密度 32kg/m³，600mm × 900mm × 25mm）のピン留めで処理されており、同じく床面はコンクリートスラブに転がした根太に厚さ 30mm のスギ単層フローリングをビス留めした木床仕上げとなっている。JIS の規定にしたがい、軽量床衝撃音レベルを標準化するために測定した受音室の残響時間は、1/3 オクターブバンドの 200 Hz 帯域以下で 1～2 秒程度、同じく 250 Hz 帯域以上で 0.5 秒前後であった。このような残響時間特性から判断して、受音室は、壁面を吸音材で処理し中高音域の残響を抑え、床を単層フローリングで仕上げた鉄筋コンクリート造の矩形の比較的狭い部屋に近い音環境と考えられる。



写真 1. 民家型工法床
(梁間隔：910 mm，受材なし)

Photo 1. Private house-type wooden floor
(Long beam interval: 910 mm, without short beams)

2.2 スギ単層フローリング、遮音材および衝撃緩衝材の積層複合化

Fig. 2 に模式的に示した通り、前項の民家型工法床の軸組より梁間隔が広く、受材を追加した以下の仕様の軸組を用いた。すなわち、軸材（断面寸法：105 mm × 240 mm，バイマツ）を鉄筋コンクリート構造（前出）の上面の開口部の周囲および長手方向に 1820 mm の間隔で 2 本施工し、さらに長手方向に直交して 910 mm 間隔で 100 mm 正角材を受材として 3 本渡した。前項と同様、軸組はプレカットの蟻継ぎで、羽子板ボルトを用いて接合した。また、本実加工のスギ単層フローリング（SF30，製品寸法：幅 190 mm，厚さ 30 mm，長さ 4,000 mm，表裏面は熱圧による圧密加工）を軸材に長さ 50mm のビスで留め、天井なしの化粧表しとした（Photo 2）。これに遮音材（SI12，アスファルト系，製品寸法：455 mm × 910 mm，厚さ 12 mm，密度 3 g/cm³）、衝撃緩衝材としてスギ樹皮ボード（製品名：フォレストボード，製品寸法：1,820 mm × 910 mm，厚さ 20 mm，40 mm（BK20，BK40），密度 0.23 g/cm³）を敷いて、仕上げにスギ単層フローリング（SF15，幅 150 mm，厚さ 15 mm，長さ 4,000 mm，下地に用いたフローリングと同様に圧密加工および本実加工が施されている）で挟み込んだ。スギ単層フローリングの 2 層の間に遮音材と衝撃緩衝材を挟み込む効果に焦点を絞るため、こ

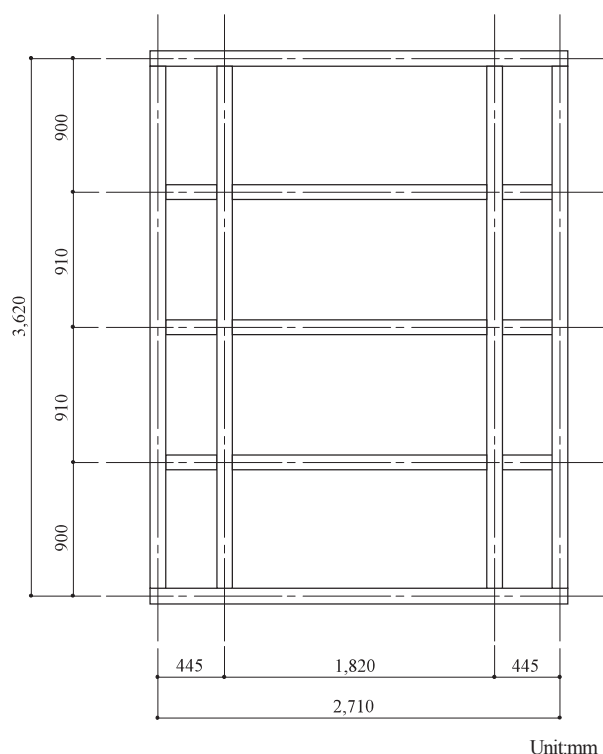


図 2. 民家型工法床の軸組
(梁間隔：1,820 mm，受材あり)

Fig. 2. Beam layout of the private house-type wooden floor.
(Long beam interval: 1,820 mm, with short beams)

こではスギ単層フローリング 2 重張りを比較の基準とした。各試験体の面材構成を下から上へ記号で表すと、SF30+SF15，SF30+BK20+SF15，SF30+BK40+SF15，SF30+SI12+SF15，SF30+SI12+BK20+SF15，および SF30+SI12+BK40+SF15 となる。前項と同様、これらを試験体の記号として用いる。上側のスギ単層フローリング、樹皮ボードおよび遮音材は、長さ 50mm のビスで、下側のスギ単層フローリングに固定することを基本とした。ただし、厚さ 40mm のスギ樹皮ボードが入った試験体 2 種類（SF30+BK40+SF15，SF30+SI12+BK40+SF15）および厚さ 12mm の遮音材と厚さ 20mm のスギ樹皮ボードが入った試験体（SF30+SI12+BK20+SF15）については、長さ 75mm のビスを用いた。したがって、SF30+SF15 の試験体のみ、長さ 50mm のビスが 5mm 程度軸材に達していることになる。ビス留めは、いずれも約 15 cm 間隔で行った。

衝撃源にはタッピングマシン（前出）およびインパクトボール（前出）の 2 種類を用い、建築音響計測システム（前出）によって床衝撃音レベルを測定した。また、受音室の内装の仕様ならびに残響時間の特性は、前項と同様である。

3. 結果と考察

3.1 スギ単層フローリングと遮音材の積層複合効果

スギ単層フローリングと遮音材を積層複合化した民家型工法床について、軽量床衝撃音を測定した結果を Fig. 3 に示す。日本工業規格「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法—第 2 部：床衝撃音遮断性能」JIS A 1419-2:2000 に規定されている遮音等級（以下、L 等級と呼ぶ）を決定する、いわゆる“等級曲線”の一部を表示した。全体的傾向としては、SF30，SF30+SF30，SF30+SI4+SF30，SF30+SI8+SF30，

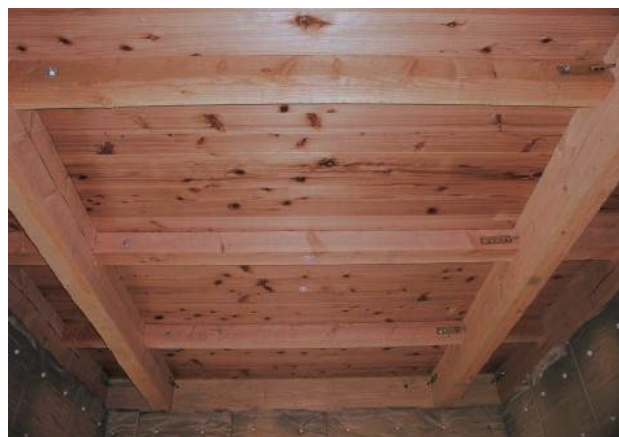


写真 2. 民家型工法床
(梁間隔：1,820 mm，受材あり)

Photo 2. Private house-type wooden floor
(Long beam interval: 1,820 mm, with short beams)

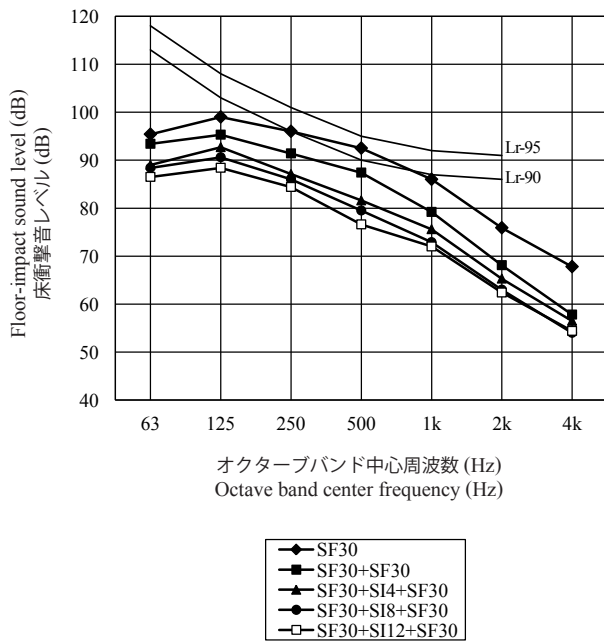


図3. 民家型工法床の軽量床衝撃音レベル
(梁間隔: 910 mm, 受材なし, 衝撃源: タッピングマシン)
注) SF: スギ単層フローリング, SI: 遮音材, 数字は材料の厚さ (mm) を示す。
Lr-90, Lr-95: JIS A 1419-2 による遮音等級

Fig. 3. Light floor-impact sound levels of the private house-type wooden floors.
(Long beam interval: 910 mm, without short beams, Floor-impact source: Tapping machine)
Note: SF: Sugi flooring, SI: Sound insulation board.
Each number shows the thickness of materials in millimeters.
Solid lines of Lr-90 and Lr-95 show the floor-impact sound insulation grades provided by JIS A 1419-2.

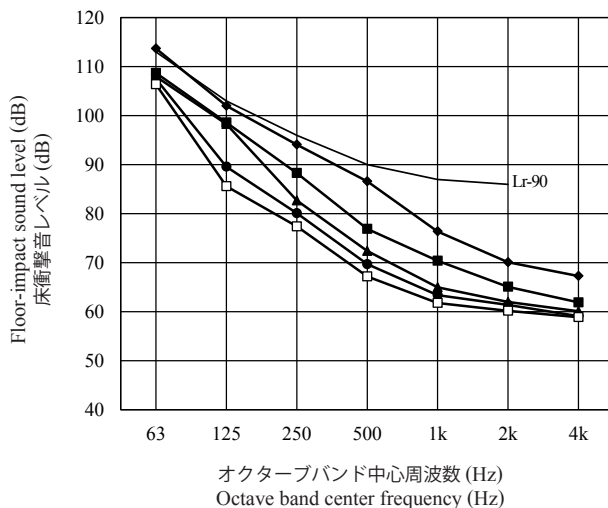


図4. 民家型工法床の重量床衝撃音レベル (1/1 オクターブバンド)
(梁間隔: 910 mm, 受材なし, 衝撃源: タイヤ)
凡例と注は Fig. 3 と同じ。

Fig. 4. Heavy floor-impact sound levels of the private house-type wooden floors at 1/1 octave bands.
(Long beam interval: 910 mm, without short beams, Floor-impact source: Tire)
Legends and note are the same as Fig. 3.

および SF30+SI12+SF30 の順番に、床の質量と厚さが増すことから、質量付加と高剛性化の複合効果で、軽量床衝撃音レベルは全周波数帯域に渡って低下した。L 等級の決定周波数帯域である中心周波数が 500 Hz のオクターブ帯域 (以下、500 Hz 帯域と呼ぶ) に注目すると、SF30 と比較して、SF30+SF30 で約 5 dB, SF30+SI4+SF30, SF30+SI8+SF30, および SF30+SI12+SF30 で 11 ~ 16 dB、それぞれ軽量床衝撃音レベルは低下した。

同じ民家型工法床について、タイヤ落下による重量衝撃音を測定した結果を Fig. 4 に示す。軽量床衝撃音と同様、質量付加と高剛性化の複合効果で、重量床衝撃音レベルは全周波数帯域に渡って低下傾向を示した。L 等級の決定周波数帯域である 1/1 オクターブの 63 Hz 帯域に注目すると、SF30 と比較して、SF30+SF30 で 5 dB, SF30+SI4+SF30, SF30+SI8+SF30, および SF30+SI12+SF30 で 6 ~ 7 dB、それぞれ床衝撃音レベルは低下した。1/1 オクターブ分析では、タイヤ落下に対して、遮音材の積層効果は 63 Hz 帯域で 1 ~ 2 dB に留まっている。Fig. 5 に示した 1/3 オクターブ分析の結果を見ると、この傾向はつぎのように見て取れる。すなわち、Fig. 5 の床衝撃音レベルのプロフィールから推定して、50 Hz 帯域を共鳴域とすると、31.5 Hz と 40 Hz 帯域では、剛性が支配的な重量床衝撃音レベル低減効果を発揮しており、63 Hz から 1250 Hz 帯域付近までは質量が支配的な効果を発揮していると考えられる。SF30+SF30 から SF30+SI12+SF30 まで、床衝撃音レベルは 63Hz 帯域と 80Hz 帯域でそれぞれ

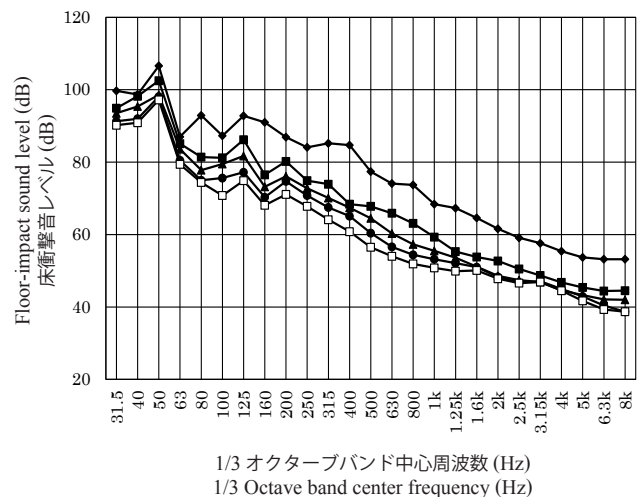


図5. 民家型工法床の重量床衝撃音レベル (1/3 オクターブバンド)
(梁間隔: 910 mm, 受材なし, 衝撃源: タイヤ)
凡例は Fig. 3 と同じ。

Fig. 5. Heavy floor-impact sound levels of the private house-type wooden floors at 1/3 octave bands.
(Long beam interval: 910 mm, without short beams, Floor-impact source: Tire)
Legends are the same as Fig. 3.

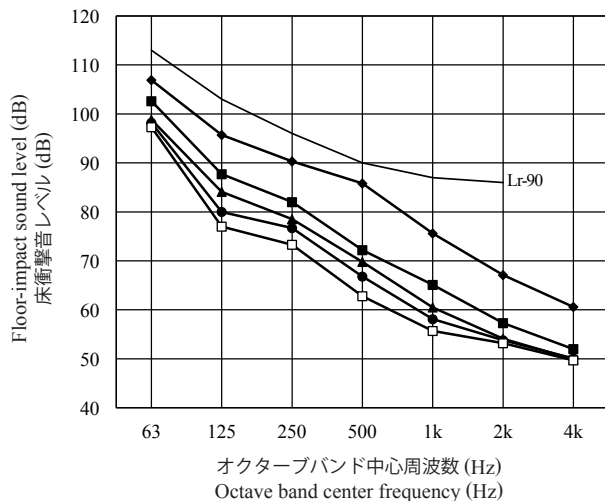


図 6. 民家型工法床の重量床衝撃音レベル
(梁間隔：910 mm, 受材なし, 衝撃源：インパクトボール)
凡例と注は Fig.3 と同じ。

Fig. 6. Heavy floor-impact sound levels of the private house-type wooden floors.

(Long beam interval: 910 mm, without short beams, Floor-impact source: Impact ball)

Legends and note are the same as Fig. 3.

9 dB と 19dB 低下しているが、50Hz 帯域でほとんど低下せず高いレベルに留まっていることが影響して、1/1 オクターブの 63Hz 帯域の床衝撃音レベルの変化が小さくなったことがわかる。同じくインパクトボール落下による重量床衝撃音については、Fig. 6 に示す通りである。重量床衝撃音レベルの低下傾向はタイヤ落下に類似している。ほとんどの試験体の L 等級の決定周波数帯域となる 63 Hz 帯域に注目すると、SF30 と比較して、SF30+SF30 で約 4 dB、SF30+SI4+SF30、SF30+SI8+SF30、および SF30+SI12+SF30 で 8～10 dB の床衝撃音レベル低減効果が認められた。このように最大衝撃力で 4000 N を超えるタイヤと比較して、最大衝撃力が 1500 N 程度のインパクトボールは、本研究の試験体のような軽量構造物では、遮音材の積層複合効果を反映した重量床衝撃音を発生させられることが確かめられた。

つぎに、JIS A 1419-2:2000 に規定されている床衝撃音遮断性能の単一指標である A 特性音圧レベルの測定結果を Table 1 にまとめて示す。軽量および重量床衝撃音ともに、質量付加と高剛性化の複合効果が、A 特性音圧レベルの低下によって把握できる。

なお、重量床衝撃音については、「音の大きさ」の心理音響指標である非定常ラウドネスが、A 特性音圧レベルより、床衝撃音レベルの広い範囲で床構造の仕様の違いに対応して変化すること (Sueyoshi 2008) や聴感との相関が高いこと (末吉ら 2012) など、重量床衝撃音遮断性能の単一評価指標としての利点を有していることが明らかにされつつある。

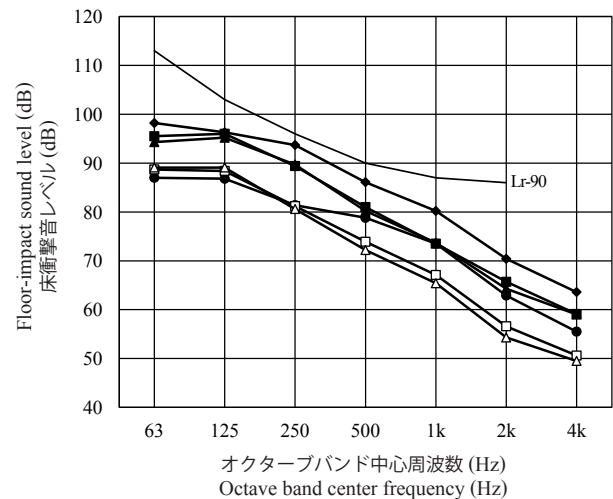


図 7. 民家型工法床の軽量床衝撃音レベル

(梁間隔：1,820 mm, 受材あり, 衝撃源：タッピングマシン)

注) SF: スギ単層フローリング, SI: 遮音材, BK: スギ樹皮ボード

数字は mm 単位で材料厚さを示す。

Lr-90: JIS A 1419-2 による遮音等級

Fig. 7. Light floor-impact sound levels of the private house-type wooden floors.

(Long beam interval: 1,820 mm, with short beams, Floor-impact source: Tapping machine)

Note: SF: Sugi flooring, SI: Sound insulation board, BK: Sugi bark board

Each number shows the thickness of materials in millimeters.

Solid line of Lr-90 shows the floor-impact sound insulation grade provided by JIS A 1419-2.

3.2 スギ単層フローリング、遮音材および衝撃緩衝材の積層複合効果

スギ単層フローリング、遮音材および衝撃緩衝材としてスギ樹皮ボードを積層複合化した民家型工法床について、軽量床衝撃音を測定した結果を Fig. 7 に示す。SF30+SF15 と比較して、スギ単層フローリング 2 層の間に遮音材およびスギ樹皮ボードを積層複合化させた場合 (SF30+BK20+SF15, SF30+BK40+SF15, SF30+SI12+SF15, SF30+SI12+BK20+SF15 および SF30+SI12+BK40+SF15)、全周波数帯域で軽量床衝撃音レベルは 7～16 dB 低下した。とくに L 等級の決定周波数帯域である 250 Hz あるいは 500 Hz 帯域では、最大で 13～14 dB の低減効果が認められた。また、500 Hz 帯域以上の床衝撃音レベルの低減量は、遮音材とスギ樹皮ボードをそれぞれ単体で適用した場合の低減量を足し合わせた値に概ね等しくなることがわかった。

表 1. 民家型工法床の軽量及び重量床衝撃音レベル (dBA)
(梁間隔: 910 mm, 受材なし)

Table 1. Light and heavy floor-impact sound levels (dBA) of the private house-type wooden floors.
(Long beam interval: 910 mm, without short beams)

Floor impact source 床衝撃源	Sectional specification 断面構成				
	SF30	SF30+SF30	SF30+SI4+SF30	SF30+SI8+SF30	SF30+SI12+SF30
Tapping machine タッピングマシン	93	88	83	81	79
Tire タイヤ	91	86	84	80	79
Impact ball インパクトボール	87	78	75	73	71

注) SF: スギ単層フローリング, SI: 遮音材。数字は材料の厚さ (mm) を示す。

Note: SF: Sugi flooring, SI: Sound insulation board, BK: Sugi bark board

Each number shows the thickness of materials in millimeters.

同じ民家型工法床について、インパクトボール落下による重量床衝撃音を測定した結果を Fig. 8 に示す。スギ単層フローリング 2 層にスギ樹皮ボードを挟んだ場合、63 Hz 帯域の重量床衝撃音レベルは、SF30+SF15 と比較して、SF30+BK20+SF15 で 6 dB、SF30+BK40+SF15 で 8 dB 低下した。スギ樹皮ボードを挟み込むことによって、床の厚さが増して剛性が高くなり、重量衝撃に対する床の機械インピーダンスが高くなったためと推察される。スギ単層フローリングに遮音材のみを挟み込んだ場合 (SF30+SI12+SF15) と、スギ樹皮ボードと遮音材を積層複合させて挟み込んだ場合 (SF30+SI12+BK20+SF15 および SF30+SI12+BK40+SF15) を比較すると、63 ~ 250 Hz 帯域で重量床衝撃音レベルがほぼ同じになることから、重量衝撃に対しては遮音材による質量付加効果が支配的であることが見て取れる。L 等級の決定周波数帯域である 63 Hz あるいは 125 Hz 帯域では、スギ単層フローリング 2 層に遮音材とスギ樹皮ボードを挟み込むことによって、床衝撃音レベルはそれぞれ最大で 19 dB あるいは 10 dB 低下した。

つぎに、前項と同じく床衝撃音遮断性能の単一指標である A 特性音圧レベルの測定結果を Table 2 にまとめて示す。A 特性音圧レベルの変化からも、オクターブ分析の結果と同様、軽量衝撃には遮音材と衝撃緩衝材の両方に床衝撃音レベルの低減効果が認められるが、重量衝撃には遮音材の質量付加効果が支配的であることがわかる。

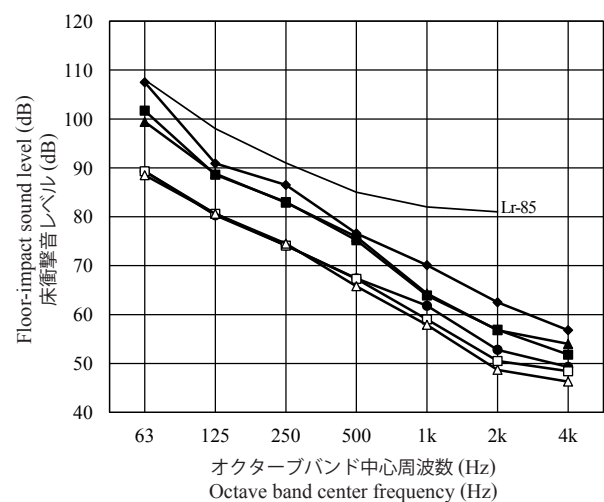


図 8. 民家型工法床の重量床衝撃音レベル
(梁間隔: 1,820 mm, 受材あり, 衝撃源: インパクトボール)
凡例と注は Fig.7 と同じ。

Fig. 8. Heavy floor-impact sound levels of the private house-type wooden floors.
(Long beam interval: 1,820 mm, with short beams, Floor-impact source: Impact ball)
Legends and note are the same as Fig. 7.

表 2. 民家型工法床の軽量及び重量床衝撃音レベル (dBA)
(梁間隔: 1820 mm, 受材あり)

Table 2. Light and heavy floor-impact sound levels (dBA) of the private house-type wooden floors.
(Long beam interval: 1,820 mm, with short beams)

Floor impact source 床衝撃源	Sectional specification 断面構成					
	SF30+SF15	SF30+BK20 +SF15	SF30+BK40 +SF15	SF30+SI12 +SF15	SF30+SI12 +BK20+SF15	SF30+SI12 +BK40+SF15
Tapping machine タッピングマシン	89	84	84	80	77	76
Impact ball インパクトボール	83	79	79	71	70	70

注) SF: スギ単層フローリング, SI: 遮音材, BK: スギ樹皮ボード
数字は mm 単位 of 材料厚さを示す。

Note: SF: Sugi flooring, SI: Sound insulation board, BK: Sugi bark board
Each number shows the thickness of materials in millimeters.

4. まとめ

国産材を豊富に使用した民家型工法住宅の床衝撃音遮断性能を向上させるため、表裏面を熱圧によって圧密化したスギ単層フローリング、遮音材および衝撃緩衝材を積層複合化した民家型工法床について、床衝撃音レベルに及ぼす各構成材料の影響を検討した。軽量及び重量床衝撃音をオクターブ分析するとともに、A特性音圧レベルを測定した結果、以下のことが明らかになった。

1) スギ単層フローリングの2重張りによる床の高剛性化ならびにスギ単層フローリング2層の間に遮音材を挟み込むことによる高剛性化と質量付加を図った結果、床衝撃音レベルの低減量を定量的に明らかにすることができた。

なお、民家型工法床のような軽量構造物では、タイヤと比較して、インパクトボールは、遮音材を積層複合化した床の仕様の違いを反映した重量床衝撃音を発生させられることが確かめられた。

2) スギ単層フローリング2層の間に、遮音材とさらに衝撃緩衝材としてスギ樹皮ボードを挟み込んで積層複合化を図り、床の剛性、質量および軽量衝撃に対する衝撃緩衝性を段階的に高めた結果、軽量および重量床衝撃音レベルに及ぼす各構成材料の低減効果を周波数領域で明らかにすることができた。

3) 床衝撃音遮断性能の単一評価指標のA特性音圧レベルによって、各材料の積層複合による軽量および重量床衝撃音レベル低減効果を把握することができた。

引用文献

- 網田克明・中岡正典・中村茂史 (2000) 徳島すぎを用いた民家型工法の性能評価についてー簡易音響測定装置による床衝撃音の測定ー, 徳島県林業総合技術センター研究報告, 第37号, 1-8.
- 宇京斉一郎・末吉修三 (2008) 民家型工法モデル床の床衝撃音遮断性能ースギ樹皮ボードと遮音材の積層複合効果ー, 第58回日本木材学会大会研究発表要旨集, CD-ROM.
- 末吉修三 (1993) 木造住宅の遮音性能, 木材工業, Vol.48, No.8, 356-362.
- 末吉修三・森川 岳・吉永 亨・中岡正典 (2004) 民家型工法モデル床の床衝撃音遮断性能ー厚密スギフローリングと遮音材の複合化ー, 第54回日本木材学会大会研究発表要旨集, 555.
- 末吉修三・吉永 亨・中岡正典 (2006) 民家型工法モデル床の床衝撃音遮断性能ースギ樹皮ボードの軽量衝撃緩衝性ー, 第56回日本木材学会大会研究発表要旨集, CD-ROM.
- Sueyoshi, S. (2008) Psychoacoustical evaluation of floor-impact sounds from wood-framed structures. J. Wood Science, 50, 285-288.
- 末吉修三, 宇京斉一郎, 菅沼一希, 立和名悠介, 塩田正純 (2012) 木質構造の重量床衝撃音の心理音響評価, 木材学会誌, 58, 69-73.
- 吉永 亨 (2010) 民家型工法住宅における床衝撃音遮断性能の改善について, 徳島県立農林水産総合技術支援センター 森林林業研究所研究報告, 第6号, 1-5.