

フロア用ウッドコアパネルの環境・使用性能の改善

Improvement of Environmental Performance and Amenity of Wood Core Panel for Raised Floor System

大嶋 貴*
Takashi Ohshima

大島 浩敬*
Hironori Ohshima

早川 昌吾*
Shougo Hayakawa

小林 佑太*
Yuuta Kobayashi

小林 淳彦*
Atsuhiko Kobayashi

フリーアクセスフロア市場におけるフロア用パネルは、材質としてコンクリート（モルタル含む）や鋼材等を使用したものが多い。製造上の安定性やコスト面で優位な反面、パネル重量が重く環境への負担増、快適性への課題もある。そこで、廃材（再生木材）を原材料とし、リサイクル性に優れた素材でもあるパーティクルボードを鋼板で包み込む、一体強化型ウッドコア構造を採用し、コストを抑えつつ、大幅な軽量化を実現した。本パネルによる床は、軽量かつ住環境性能に優れ、使用時に安定した快適性を有する。

In the raised access flooring market, floor panels have been usually fabricated from materials, such as concrete (including mortar) and steel. Although these materials have provided advantages with respect to manufacturing stability and cost, the panels have been heavy. As a result, they have posed a variety of challenges with respect to increased negative effects on the environment and poor comfortability. Therefore, an integrated and reinforced wood core structure was developed, in which scrap wood (recycled wood) was employed as the raw material and particleboard with excellent recycling efficiency was encased between steel plates. The panels provided lightweight as well as low cost. Floors constructed of these panels have excellent living environmental performance and stable comfortability.

● Key Word : フリーアクセスフロア, フロアパネル, パーティクルボード

● Production Code : WSB500N

● R&D Stage : Development

1. 緒言

フリーアクセスフロア市場は、1980年代後半から主にパソコンの普及やネットワーク化に伴い、多量の配線を床下に収納できることから急速に拡大した。この市場拡大とともにフロア用パネルを生産するメーカーが多数参入し、さまざまな材質や製法の製品が市場に投入されるとともに価格競争も激化した。

本市場で現在主流の材質は、箱型にプレス成型した鋼板の内部をモルタルで充填したスチールモルタル充填パネルや、コンクリート板を鋼板や網などで補強した窯業系パネル等である。セメント等の安価な工業材料を使用するため、コストを抑えた大量生産には適するものの、品質的にパネル重量増加による環境への負担増、快適性への課題等の問題がある。さらに、この種のパネルは製造を海外メーカーのOEM（Original Equipment Manufacturer）供給に依存する例が多く、為替リスク、品質変動、カントリーリスクなどの供給の不安定さが生じる可能性がある。そこで品質の差別化、安定化を第一に、国内生産による供給の安定も含めた次世代パネルの開発をめざした。

フロア用パネルは、耐荷重などの基本性能の他に使用者の住環境の快適性が要求される。また、使用者自らが着脱等の取り扱いを行うことがあり、軽量化が望まれる。従来のスチールモルタル充填パネルや窯業系パネルは、製品重量が重い、安定性は良く、歩行感も一定の市場評価を得ている。反面、材料の特性上断熱効果が低く、取り扱いにも手間取る。また、材料の硬さにより快適性において、改善の余地を有する。

そこで日立機材は、2012年より軽量、住環境性能に優れたフロア用パネルの開発に取り組んだ。日立機材のフロア用パネルは鋼板をプレス成型し、それに加工を加えたスチール系パネルが主体である。スチール系パネルの中では、内部にモルタルを充填したタイプが主であり、コストおよび歩行感をはじめとした住環境性能には一定の評価があった。一方、モルタルを充填したパネルは重量が重く、物流や搬入施工では効率が悪い。そこで、コア材は廃材（再生木材）を原材料とするリサイクル性に優れたパーティクルボード（木片を接着剤を用いて成形熱圧した板）を採用することにより大幅な軽量化と経済性を実現した。また断熱性も向上し住環境性能に優れた製品が実現可能となり、

* 日立機材株式会社

* Hitachi Metals Techno, Ltd

2014年にこのスチール製ウッドコアパネルWSB500Nを製品化した。

本報告では、新製品のスチール製ウッドコアパネルWSB500Nの開発時におけるパネル構造の検討や基本性能の検証結果、住環境性能等の比較検証結果について述べる。

2. パネルの構造と特長

ウッドコアパネルは、表面および裏面に鋼板を使用し、その内部にコア材としてパーティクルボードをはさみ込む構造である。ウッドコアパネルの構造を図1に示す。表裏面の鋼板とコア材のパーティクルボードを接着剤により強固に固定することで、鋼板とパーティクルボードが一体化し、耐荷重性能が向上する。このため、軽量化が可能であり、納入先への物流効率が向上し、従来品に比べ排出CO₂の削減が可能である。さらに、パーティクルボードに再生木材を使用することで、地球温暖化対策のひとつでもあるCO₂固定化による効果も期待した。

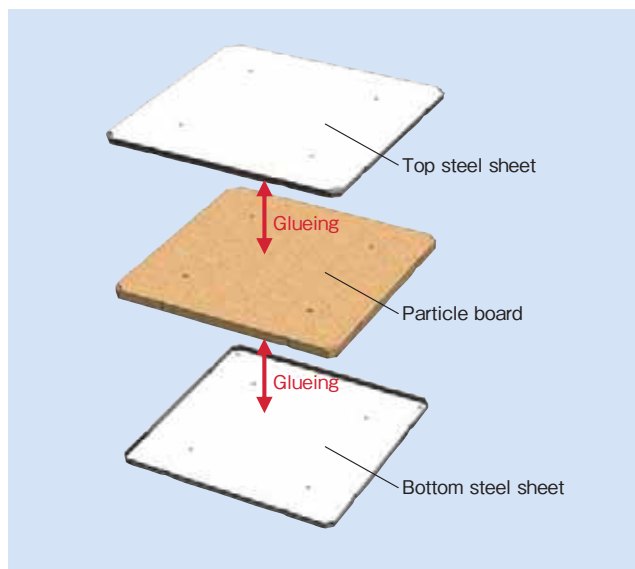


図1 ウッドコアパネル構造
Fig. 1 Wood core panel structure

3. パネル構成材料の検討

ウッドコアパネルの軽量化の目標値を当社従来商品比50%の5 kg/枚以下とした。この目標値を満足させる鋼板の厚さとパーティクルボードの厚さについて実験により検証し、材料の選定をした。

3.1 実験方法

実験用材料は、鋼板を一般用冷間圧延鋼板 (SPCC: Steel Plate Cold Commercial 以下SPCCと表記) で厚さを0.3 mmと0.5 mm、パーティクルボードを家具・木工用途の13Uタイプ (JIS A 5908 13 N/mm²タイプ) で厚さを20 mm, 22 mm, 25 mmとし、各組合せで500×500 mmの大きさの試作品を製作した。この試作品で重量測定および単体強度の検証を実施した。

単体強度は図2に示す静荷重試験により確認した。4本の鋼製受台で試験体を支持し、加圧子は鋼製円柱体 (底面形状が直径50 mm)、載荷速度: 5 mm/min (試験機にて制御) で所定荷重を載荷した時の変形量を測定し強度の評価をした。本開発品は一般的な事務用途を想定しており、所定荷重を3,000 Nとし載荷点の変形量を測定した。載荷点および変形量の目標値は社内規格値で、パネルの中央 (図2・A点) の位置で変形量2 mm以下、辺中央 (図2・B点) の位置で変形量2.5 mm以下とした。

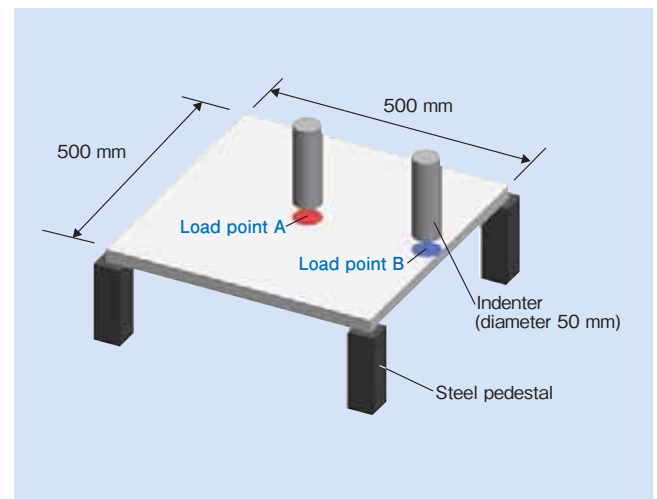


図2 静荷重による実験方法
Fig. 2 Method of concentrated load test

3.2 実験結果

表1に静荷重による単体実験結果を示す。実験結果より、重量および所定荷重における変形量の目標値とともに満足する鋼板厚は0.3 mm、パーティクルボード厚は22 mmとなることが分かり、この材料を採用することとした。

表1 単体重量測定および単体強度実験結果

Table 1 Single weight measurement and single strength experimental results

Thickness of steel sheet (mm)	Thickness of particle board (mm)	Deflection at 3,000 N (mm)		Weight (kg/Sheet)
		Center (A)	Edge of center line (B)	
Spec.		≦2	≦2.5	≦5
0.3	20	1.8	2.7	4.5
	22	1.6	2.3	4.8
	25	1.2	1.7	5.5
0.5	20	1.3	1.8	5.3
	22	1.1	1.5	5.6

4. パネル成形方法の検討

ウッドコアパネルを成形する上で、コア材となるパーティクルボードは可燃材であるため、鋼材で覆う必要がある。隙間なく覆う方法としては、鋼材を絞り加工し、カシメで接合する方法が最適と考えた。

図3に成形方法を表す断面図を示す。案1は、裏面銅板のみを絞り、表面銅板でフタをする方法で、スチール製フロアパネルの代表的な成形方法だが、絞りが深くなるため、銅板の板厚によっては成形できない場合がある。案2は、表面銅板と裏面銅板を互いに絞るため、絞り深さが浅くなり、加工できる銅板の板厚の範囲が広がる。ここでは、厚さ0.3 mmの薄い銅板で、可能な絞り深さを実験により確認し、成形方法の検証をした。

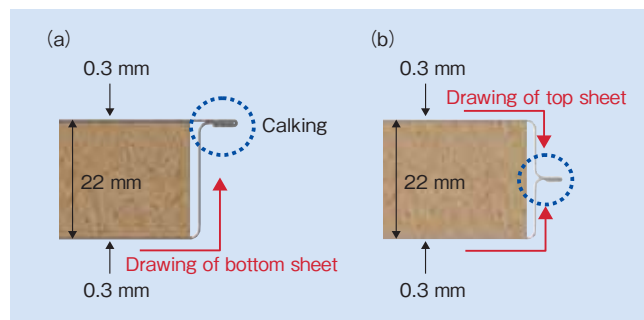


図3 パネル断面形状(成形方法) (a) 案1 (b) 案2
Fig.3 Cross-sectional of panel (forming method) (a) idea1 (b) idea2

4.1 実験方法

図4に示す試験体形状で、絞り加工時に割れが発生しない絞り深さを確認した。試験体の鋼材の材質は、SPCCと絞り用冷間圧延銅板(SPCD: Steel Plate Cold Deep Drawn 以下SPCDと表記)の2種とし、絞り加工する深さは22 mm、16 mm、11 mmの3種とした。

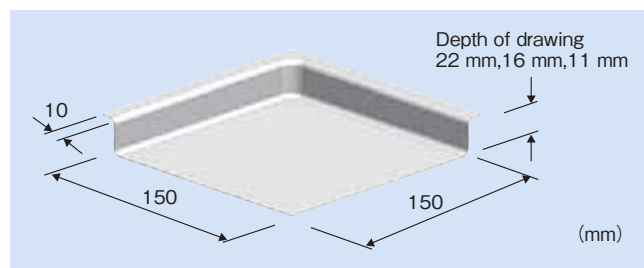


図4 試験体形状
Fig.4 Shape of specimen

4.2 実験結果

表2に絞り加工実験結果を示す。0.3 mmの銅板ではSPCDを使用しても深さ22 mmの絞りは、割れが発生し、加工できなかった。逆に、SPCCで深さ11 mmの加工は、割れ等の発生がなく、可能であることが分かった。この結果より、SPCDよりコストが低いSPCCで深さ11 mmまで絞り加工できることが確認できた。

表2 加工実験結果
Table 2 Result of drawing test

Depth of drawing	22 mm	16 mm	11 mm
SPCC (steel plate cold commercial)	×	×	○
SPCD (steel plate cold deep drawn)	×	○	○

○: Processable (no crack) ×: Crack

4.3 成形方法の検討

絞り深さの実験結果より、図3(b)に示す案2の表面銅板と裏面銅板を互いに絞り成形する方法を採用することとなったため、次にカシメ方法の検討を行った。フリーアクセスフロアは、パネルの辺部が接触すると、せり音(パネル同士が接触し、こすれることにより発生する音)が発生するため、一定の隙間を設けて敷き詰める。しかし、この隙間が大きいと、床施工後の目地が目立ち、外観上の問題が発生する。これを防止するため、隙間は 1.5 ± 0.5 mmとしている。図5にパネル外周部カシメ形状の案を示す。図5(a)の案1は、従来のカシメ方法で、図5(b)の案2は案1のカシメ形状をパネル側面に折り曲げた形状となる。どちらも、パネル間隙間の基準を満足することができない。そこで、図5(c)の案3のようにカム機構を利用した横からの絞り加工で、カシメ形状を入り込ませる成形方法とし、パネル間の隙間の基準を満足するようにした。

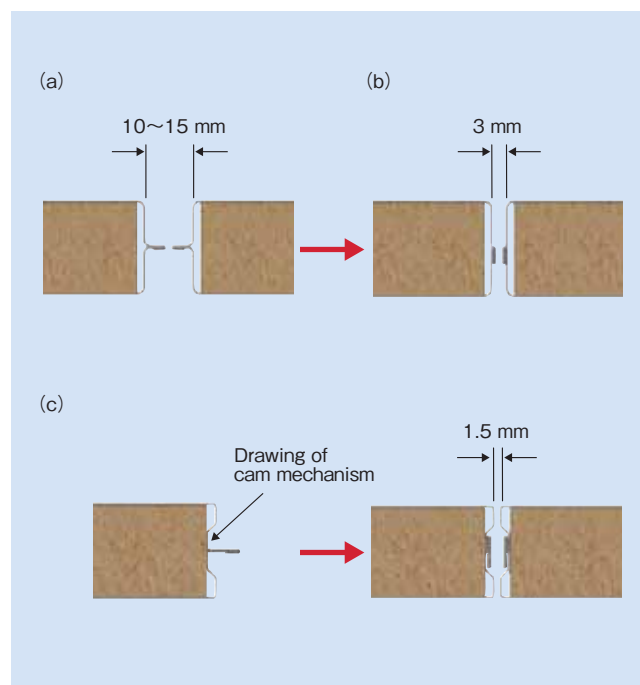


図5 パネル断面形状(カシメ形状案) (a) 案1 (b) 案2 (c) 案3
Fig.5 Cross-section of panel (idea of calking shape)
(a) idea1 (b) idea2 (c) idea3

4.4 パネルの製品化

製品ラインアップは、配線等取り出し可能な開口のある設備タイプと、開口のないソリッドタイプの2種類とした。図6にウッドコアパネルの外観形状を示す。図6(a)は設備タイプの外観を示す。図6(b)の開口フタを取り外せば、コンセントボックス等の取り付けや、大容量の通線が可能となる。また、図6(c)で示すように、開口フタを付けた状態でも直径15 mm×2ヶ所の通線も可能とした。さらに、図6(d)で示すように、どちらのパネルもLANケーブル等の直径5 mm程度の通線可能スペースを標準装備とした。

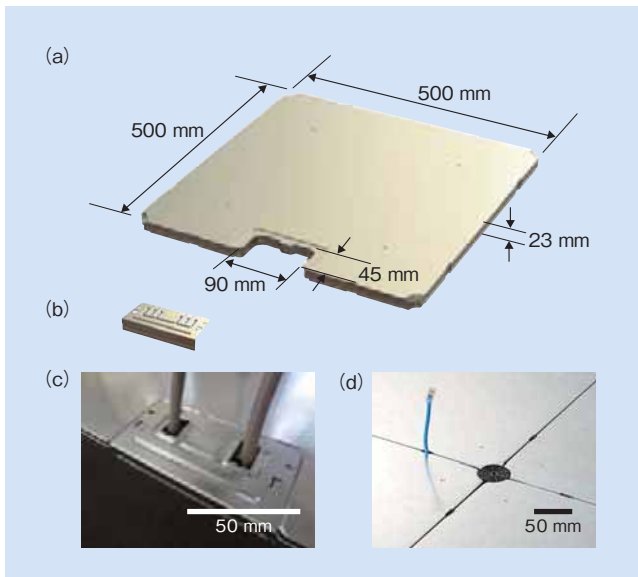


図6 ウッドコアパネル外観形状

(a) 設備タイプ (b) 開口フタ (c) 直径 15 mm × 2 通線部 (d) 直径 5 mm 通線部

Fig. 6 Appearance of wood core panel

(a) equipment type panel (b) lid for opening (c) opening for wire diameter 15 mm × 2 (d) opening for wire diameter 5 mm

5. 性能評価

開発したウッドコアパネル (WSB500N) は、フリーアクセスフロア工業会 (JAFA: Japan Access Floor Association) による「フリーアクセスフロア試験方法 (JIS A 1450: 2009) に基づくフリーアクセスフロアの性能評価」(以下 JAFA 規格と表示) に準拠し、性能を評価した。目標値は JAFA 規格に準拠した値とし、評価はすべて支柱まで含めた構成材で行った。

また、住環境性能について、断熱性能、音響性能、硬さ(快適性および安全性)の評価を行った。従来品であるスチールモルタル充填パネル、窯業系パネルでも同じ評価を行い、目標値は同等以上とした。

5.1 耐荷重性能

図7にウッドコアパネル (WSB500N) の耐荷重試験方法を示す。本開発品はフロア用パネルで広く採用されている耐荷重性能 3,000 N を基本仕様とし、ソリッドタイプ、設備タイプ 2 種類で評価を行った。

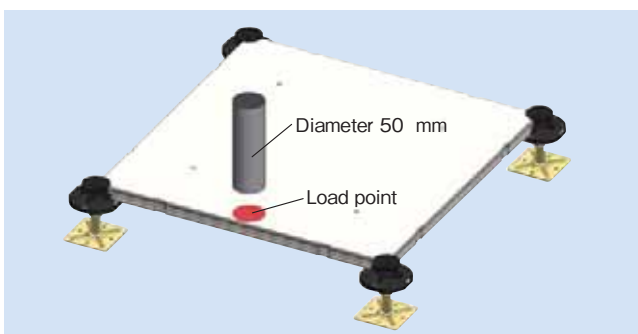


図7 耐荷重試験方法

Fig. 7 Method of concentrated load test

図8にウッドコアパネル (WSB500N) の耐荷重試験結果を示す。ソリッドタイプは最弱部であるパネルの辺中央に、設備タイプは開口フタ上に直径 50 mm の加圧子で 3,000 N を载荷した結果、変形量は目標値 5.0 mm 以下に対してソリッドタイプで 3.2 mm、設備タイプで 4.4 mm、残留変形量は目標値 3.0 mm 以下に対してソリッドタイプで 0.6 mm、設備タイプで 0.8 mm であることを確認した。また、2 タイプともに 3,000 N までは弾性域と確認され、目標性能を満足した結果を得ることができた。

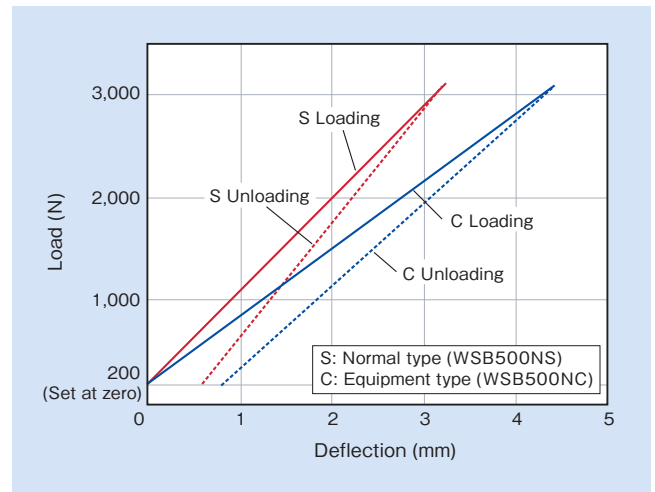


図8 ウッドコアパネル (WSB500N) 荷重-たわみ線図

Fig. 8 Wood core panel (WSB500N) load - deflection curve

5.2 繰返荷重性能

図9に繰り返し荷重性能を評価するローリングロード試験方法を示す。ローリングロード試験により、所定荷重 1,000 N とし、規格は残留変形量 3.0 mm 以下、他損傷がないこととする。これは一般的な事務室における繰り返し荷重に対する影響を知るためのもので、5,000 往復(片道 10,000 回)走行で概ね 10 年の実使用に相当すると言われている。

結果は残留変形量 0.5 mm 以下と目標値 3.0 mm 以下を十分に満足していることを確認した。

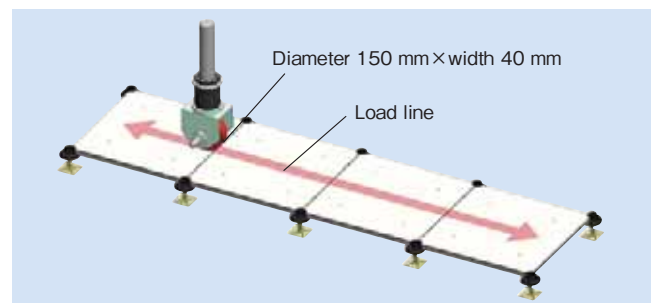


図9 ローリングロード試験方法

Fig. 9 Method of rolling load test

5.3 断熱性能

断熱性については JIS A 1420 に準じ、熱貫流抵抗を測定し、評価を行った。測定結果を図10に示す。測定結果からウッドコアパネルは最も断熱性能に優れ、従来品に比較して約 2 倍の断熱性能を持つので、事務所等における空

調効率の向上に効果が期待できる。これは従来のセメント等と比べ熱抵抗の高い木材を主材料としているためだと考える。

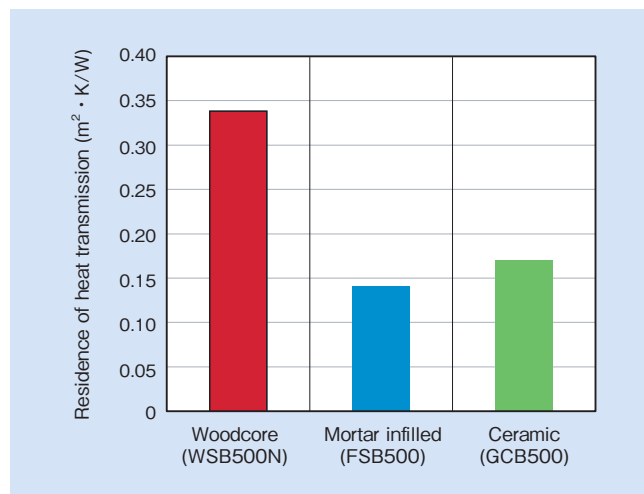


図 10 熱還流抵抗測定結果

Fig. 10 Measurement result of resistance of heat transmission

5.4 音響性能

床における音に関する性能については、床での発生音と階下への伝達音の2つで評価される。発生音については音圧レベルでの差が見られなかったため、階下への伝達音である遮音性能について報告する。遮音性能については「JIS A 1440-2 標準重量衝撃源による方法」に準じ床衝撃音レベルを測定し、評価を行った。図 11 に試験の模式図を示す。フリーアクセスフロア上に表面材のタイルカーペットを施工した状態で、音源室側で衝撃を加え、受音室での床衝撃音レベルを測定した。床スラブ厚さは 150 mm とした。測定はオクターブバンド測定で、衝撃源のインパクトボール（質量 2.5 kg のシリコンボール）で 63 ~ 500 Hz の範囲を測定した。

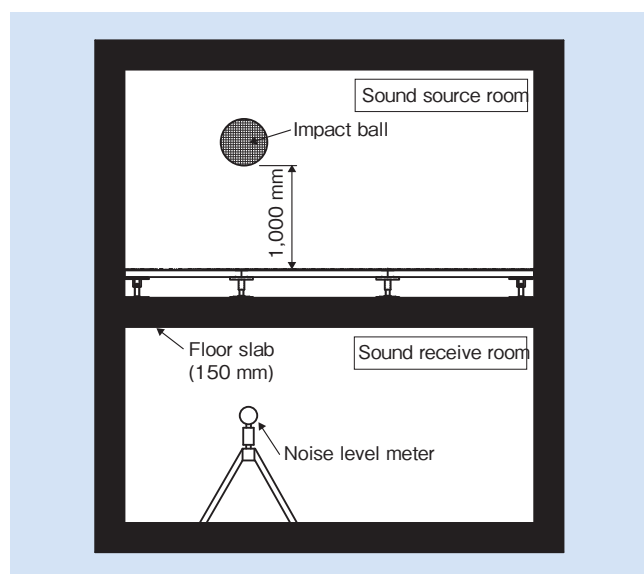


図 11 床衝撃音試験模式図

Fig. 11 View showing a frame format of floor impact sound examination

測定結果を図 12 に示す。測定結果からウッドコアパネルは、125 ~ 500 Hz において、従来品と比べ 3 ~ 8 dB の低減が見られた。このことから、従来品と比べ遮音性能が高く、階下への音の伝播を防ぐ効果が期待できると考える。

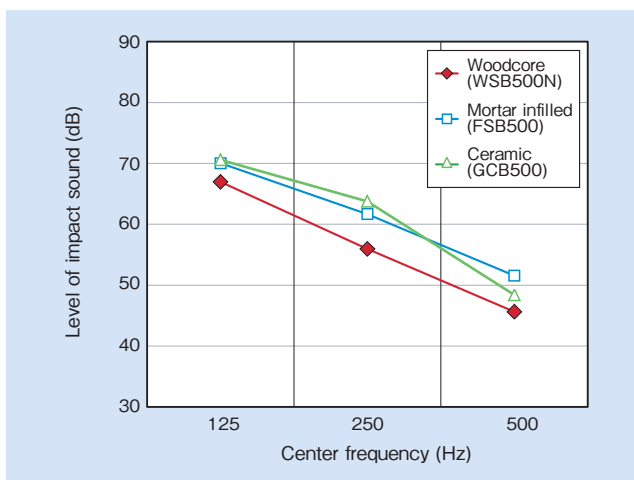


図 12 床衝撃音試験結果（インパクトボール）

Fig. 12 Result of floor impact sound examination (impact ball)

5.5 硬さ（快適性および安全性）

硬さの評価として、社団法人 日本建築学会材料施工委員会 内外装工事運営委員会床工事 WG による「床の性能評価方法の概要と性能の推奨値（案）」¹⁾ A-2 各種動作時のかたさ」（以下 A-2 動作試験と表記）および「同 A-4 転倒衝突時のかたさ」（以下 A-4 転倒試験と表記）を測定し、評価を行った^{1)~3)}。A-2 動作試験の測定についての評価は居住性であり、人間が動作時に感じる硬さの適合、不適合および長時間動作をし続けた場合の疲労の観点から評価した硬さの値である。人間が歩行した時と同様の動的荷重を床に作用させ、算出する。値が小さいほど硬く、値が大きいくほど軟らかいことを示す。事務所、学校での主となる動作である「ゆっくりとした歩行、立位など」での最適値は 0.6 ~ 1.1 とされている。測定結果を図 13 に示す。これよりウッドコアパネルは、従来パネルよりも硬めとなっているが、最適値内に入っていることがわかる。

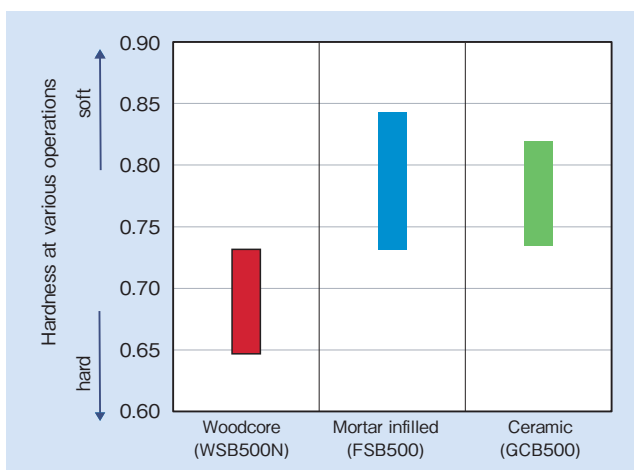


図 13 A-2 動作試験における硬さ測定結果

Fig. 13 A-2 result of hardness of operation test

A-4 転倒試験の測定についての評価は、転倒衝突時の安全性であり、傷害の起こりにくさの観点から評価した硬さである。人間の頭部を模したモデルが床と衝突した時の衝撃を加速度計で測定し、その加速度の最大値で評価する。「転倒衝突の頻度が高く配慮が望まれる床」での推奨値は100 G 以下である。測定結果を図 14 に示す。これより、従来パネルを含めすべて推奨値内に入っているが、ウッドコアパネルは従来パネルより加速度が小さくより安全性が高い。この差は特に窯業系パネルと比較して顕著である。

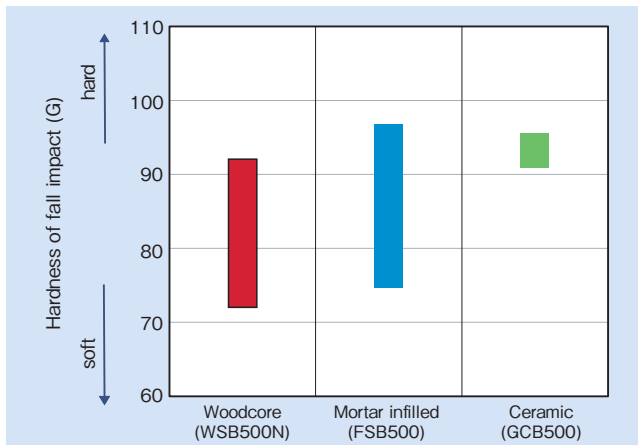


図 14 A-4 転倒衝撃時の硬さ測定結果

Fig. 14 A-4 result of hardness at the time of a fall impact

6. 結 言

環境性能・使用性能に優れたフロア用ウッドコアパネル (WSB500N) を開発・各種評価を行い、以下の結果を得た。

- (1) ウッドコア構造のスチールパネルの採用により、JAF規格を満足しながら、パネル重量を低減させた新型パネルを開発した。
- (2) 使用環境における、利便性、快適性における有意差の数値的評価を試みた。新型パネルは断熱性に優れ、省エネルギーの効果が期待できる。かつ、使用上の剛性等の強度安定性を保持しつつ住環境における安全性、快適性の改善が可能である。
- (3) 遮音性は従来パネルと同等性能を有し、フロア用パネルとして問題ない。
- (4) 安全性は従来パネルと比較し、高い性能を有する。
- (5) 開発目標である軽量化・環境性を実現し、上記結果より、住環境性能に優れたフロア用パネルを開発した。
- (6) 本開発品は、コスト競争力を保ちながら環境性能、使用性能等、使用者に満足していただける製品であり、コスト重視のフリーアクセスフロア市場に一石を投じると期待している。
- (7) 今回、オフィス用途のフロア用パネルの開発を行ったが、データセンター向けのフロアシステムについても検討を開始した。データセンターは機能的なニーズを求められ、それらに対応した付加価値の高い商品を開発していく予定である。

引用文献

- 1) 社団法人日本建築学会材料施工委員会内外装工事運営委員会床工事 WG 著：床の性能評価方法の概要と性能の推奨値 (案) (2008), p.29-33. p.49-50.
- 2) 小野英哲ら：居住性からみた床のかたさの評価方法にする研究 その1 床のかたさに関する心理学的尺度の構成 日本建築学会構造系論文報告集, 第 358 号, 1985.10, p.1-9.
- 3) 小野英哲ら：居住性からみた床のかたさの評価方法にする研究 その2 床のかたさ測定装置の設計・試作および床のかたさの評価指標・評価方法の提示, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 373 号, 1977.3, p.1-8.



大嶋 貴
Takashi Ohshima
日立機材株式会社
関東製作所



大島 浩敬
Hironori Ohshima
日立機材株式会社
関東製作所



早川 昌吾
Shougo Hayakawa
日立機材株式会社
テクニカルセンター



小林 佑太
Yuuta Kobayashi
日立機材株式会社
関東製作所



小林 淳彦
Atsuhiko Kobayashi
日立機材株式会社
テクニカルセンター
一級建築士