

奈良県産スギ・ヒノキ材を用いた衝撃吸収フローリングの開発*1

大久保朔実・矢杉瑠美*2・岩本頼子・増田勝則・酒井温子

奈良県産スギ・ヒノキ無垢材とクッション材を組み合わせた衝撃吸収フローリングの開発を試みた。スギ、ヒノキ板目板とクッション材5種類を組み合わせて、各種試験を行った。木材については、含水率、心辺材、気乾密度、板幅、板厚さおよび溝加工の有無を、クッション材については材質を検討項目とした。すべての木材、クッション材の組み合わせにおいて、JIS A 6519 の「体育館」に相当する床硬さ 100G 以下を達成した。木材においては板厚さを薄くする、溝加工を施すことで、クッション材においては厚さを増すことで衝撃吸収性能が向上し、とくに2種類のクッション材で、衝撃吸収性がより高い JIS A 6519 の「柔道場」に相当する床硬さ 65G 以下を達成するなど良好な結果が得られた。また、実部分の耐荷重は今回の試験条件の範囲では、いずれの樹種、クッション材の組み合わせにおいても 10kgf/cm² を上回り、実部分に破損は生じなかった。

1. はじめに

不慮の転倒事故によって発生する大腿骨頸部/転子部骨折の推計発生件数は、2007 年には国内で年間約 15 万件に上り、さらに 2020 年には約 25 万件にもなると予測されている¹⁾。この大腿骨骨折の受傷原因は、立った高さからの転倒が最も多く、受傷場所は屋内が屋外の2倍以上となっている²⁾。また、日常生活において発生する事故のうち「ころぶ」事故は、高齢者の事故の7割以上を占め、高齢者が救急搬送される事故の6割以上が住宅で発生していることから³⁾、転倒による大腿骨骨折などのリスク軽減には、日常生活での対策が有効だといえる。

この対策の一つとして、転倒時に床面に発生する衝撃を吸収する性能を付与させたフローリングがすでいくつかの建材メーカーから販売されているが、溝加工を施した合板を基材に用い、その下面にクッション材を組み合わせたものが主流となっている。また、これら市販の衝撃吸収フローリングの厚さは約 13~20mm と様々で、一般的なフローリングの厚さである 15mm より厚い製品も多い。

そこで本研究は、奈良県内の人工林において蓄積量が増加しているスギ、ヒノキの用途拡大を目指して、無垢の衝撃吸収フローリングを開発することを目的とし、高齢者住宅等でのリフォームを想定して既存の床材と代替可能となるよう、総厚さは 15mm 前後として、木材およびクッション材の仕様を検討することとした。木材の条件として、含水率、心辺材、気乾密度、板幅、板厚さお

よび溝加工の有無が、また、クッション材の条件として、材質と厚さが、衝撃吸収性能に及ぼす影響を調査したので報告する。

2. 材料および方法

2.1 材料

2.1.1 衝撃吸収性能試験

市販されている衝撃吸収フローリング材は、図1に示すような合板とクッション材を貼り合わせた構造を有するものが多い。このため、無垢フローリング材に衝撃吸収能を付与する際にも上面が木材、下面がクッション材の2層構成が適すると推定された。

そこで本報では、木材は無垢フローリング材として市販されている奈良県産スギおよびヒノキの板目板とし、クッション材は安田プラスチック(株)で製造された発泡プラスチックで A、B、C、D および E の5種類とした。

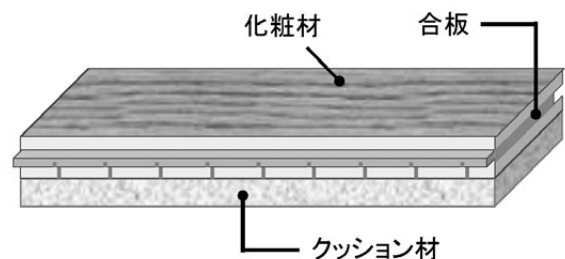


図1 市販の衝撃吸収フローリング構造図例

*1 本研究の一部は、公益社団法人日本木材加工技術協会第40回記念年次大会(2022年10月、東京)において発表した。

*2 現 奈良県 水循環・森林・景観環境部 奈良の木ブランド課

スギは、原則として辺材を使用したが、木裏に心材を含むものもあった。また、安田プラスチック(株)によると、クッション材 B は A より衝撃吸収性に優れるものの、熱に対する安定性に劣るとのこと、クッション材 D は、クッション材 A と B の中間の性能を示すように、材料の混

合比を調整したものであるとのことであった。また、クッション材 C は粘りがあり低反発性のもの、クッション材 E は空手マットなどに使用されているものとのことであった。

表 1 に、検討項目ごとに供試した試験体の詳細を示す。

表 1 試験体の詳細 (その 1)

検討項目	木材								クッション材			総厚さ (mm)	
	樹種	枚数 (枚/組)	幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	溝加工	実加工	その他		種類	厚さ (mm)		寸法 (mm×mm)
								含水率 (%)	気乾密度 (g/cm ³)				
(1) 含水率	スギ	4	110	10	450	なし	なし	8.4	0.34	A	5	450 × 440	15
								13.5					
								19.7					
								8.6					
								13.6					
	ヒノキ	4	110	10	450	なし	なし	19.6	0.46	A	5	450 × 440	15
								8.5					
								13.0					
								18.0					
								9.2					
12.9													
17.3													
木材の性状	スギ辺材	4	110	10	450	なし	なし	12.61	0.43	A	5	450 × 440	15
								12.47	0.42				
								12.92	0.33				
								8.99	0.36				
								12.99	0.40				
								13.07	0.43				
								12.83	0.40				
								12.94	0.36				
								13.40	0.32				
								13.53	0.35				
								13.40	0.35				
								13.58	0.34				
								8.40	0.29				
								8.25	0.30				
								8.36	0.35				
	8.38	0.33											
	スギ心材	4	110	10	450	なし	なし	10.68	0.37	A	5	450 × 440	15
								9.28	0.36				
								10.77	0.37				
								8.94	0.36				
								12.24	0.45				
								13.18	0.46				
	ヒノキ	4	110	10	450	なし	なし	13.51	0.48	A	5	450 × 440	15
								12.95	0.46				
								12.83	0.44				
								11.98	0.46				
								12.08	0.47				
								12.48	0.43				

表 1 試験体の詳細 (その2)

検討項目	木材								クッション材			総厚さ (mm)				
	樹種	枚数 (枚/組)	幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	溝加工	突加工	その他	種類	厚さ (mm)	寸法 (mm×mm)					
(3) 板幅	スギ	3	110	10	250	なし	なし	-	D	5	250 × 250	15				
			90													
			110													
			90													
板厚さ	(4) 総厚さ 15mm 一定	スギ	4	110	450	なし	なし	-	A	5	450 × 440	15				
													10			
													9			
													8			
													7			
													6			
	(5) クッション材5mm 一定	スギ	3	90	250	なし	なし	-	A	5	250 × 250	15				
												12	17			
												15	20			
				90	250							B	5	250 × 250	15	
															12	17
															15	20
(6) 溝加工の有無	スギ	4	110	10	450	なし	なし	※	A	5	450 × 440	15				
						あり		-								
						なし		-								
	ヒノキ	4	110	10	450	なし	なし	-	A	5	450 × 440	15				
						あり		-								
						なし		-								
(7) クッション材種類	スギ	4	110	10	450	なし	なし	-	A	5	450 × 440	15				
									B							
									C							
	ヒノキ	4	110	10	450	なし	なし	-	A	5	450 × 440	15				
									B							
									C							
	スギ	3	90	10	250	なし	なし	-	A	5	250 × 250	15				
									B							
									D							
				12					A			5	250 × 250	17		
									B							
									D							
15				A					5					250 × 250	20	
				B												
				D												
ヒノキ	3	90	12	250	なし	なし	-	A		5	250 × 250				17	
								B								
								D								
								E								

※試験体については、板とクッション材の接着を行っていないが、当該試験体のみ板とクッション材を両面テープで接着し、試験を実施した。

表中(1)含水率の検討では、スギ、ヒノキの各4枚の板材から、長さ方向に連続した3体の試験体を採取し、別々の条件で調湿し、試験に供した。調湿条件は、25°C相対湿度40%雰囲気下(含水率8.4~9.2%)、20°C相対湿度65%雰囲気下(含水率12.0~13.6%)および、20°C相対湿度92%雰囲気下(含水率17.3~19.7%)とした。このように、本研究では表中(2)を除く、全ての検討でスギあるいはヒノキ板目板3~4枚から長さ方向にそれぞれ連続して試験体を採取し検討条件ごとにわりあてた。

表中(2)気乾密度の検討では、板1枚ごとに気乾密度と床硬さの関係を調べた。

表中(4)板厚さ(総厚さ15mm一定)の検討では、スギ板とクッション材Aの合計の厚さが15mmとなるよう、双方の厚さを1mmずつ変えて試験を行った。

表中(5)板厚さ(クッション材5mm一定)の検討では、10、12、15mmのスギ板と5mmのクッション材を組み合わせて、総厚さを15、17、20mmとして試験を行った。

表中(6)溝加工の有無の検討では、板材の裏面に、長さ方向に約15mm間隔で、深さ約5mmの溝加工を施した試験体を用いた。

なお、すべての試験において試験体には実加工は施さず、図2に示すように、木材上面の両端に養生テープを貼り付けることにより3~4枚を幅方向に連結し、2.2.1の測定に供した。

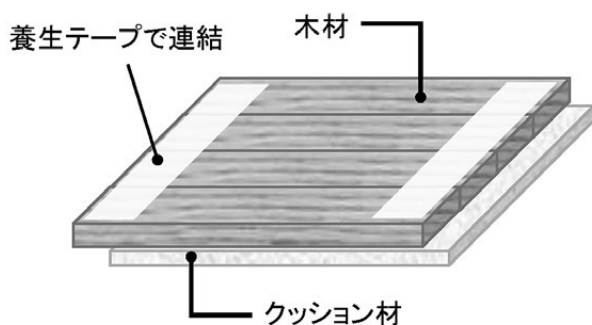


図2 試験体(板4枚の場合)

2.1.2 耐荷重試験

衝撃吸収フローリングは居住空間での使用を想定しており、家具などの設置によって長期的に荷重をうけるほか、高齢者施設等では車椅子の通過など瞬間的に荷重をうけることも想定される。本試験では上面を木材、下面にクッション材の2層構成としており、瞬間的に大きな荷重を受けた際、特に実部分ではフローリングの沈み込みにより、実が破損する可能性がある。そこで、板材と

クッション材を組み合わせた状態で実部分の強度を測定した。木材には奈良県産のスギ、ヒノキの板目板、クッション材にはA、Bの2種類を使用した。試験片は、厚さ10mm×幅110mm×長さ約220mmのスギ(気乾密度0.37g/cm³)、ヒノキ(気乾密度0.45g/cm³)の板の下に、幅、長さの寸法が同じで、厚さが5mmのクッション材を両面テープで貼り合わせたものとした。さらに、図3に示すように、異なる板から採取した2体の試験片を、実のみで連結して1組の試験体とし、作製後、20°C65%の恒温恒湿室で1日以上養生させてから、2.2.2の試験に供した。



図3 耐荷重試験 試験体

2.2 方法

2.2.1 衝撃吸収試験

JIS A 6519:2004「体育館用鋼製床下地構成材」9.6床の硬さ試験に準拠して測定した。すなわち、図4に示すように、コンクリート床面に、直接クッション材を置き、その上に連結させた板を重ねて設置し、さらにゴム板を置いた。そこに、加速度計を取り付けた床の硬さ測定装置(重量3.85kg)をゴム板上面から高さ20cmの位置から自由落下させた。落下箇所は板の長さ方向の中央付近とした。測定装置が床に衝突したときの最大加速度(床硬さGs)を求め、転倒衝突時の床硬さとした。測定装置の落下は板1枚ごとに1回実施し、同一条件ごとに平均値を求めた。

2.2.2 耐荷重試験

図5に示すように、2.1.2で作製した試験体を、コンクリート床を模したブロック上に、試験体両端が浮き上がらないよう固定して設置し、万能材料試験機(INSTRON製5583-STANARD)を用いて実部分に荷重をかけた。装置の加重部分は試験開始位置から6mmまで降下するように設定した。加重部分の降下速度は1mm/分とし、試験中の荷重の変化を調べるとともに、試験後に外観の観察を行った。

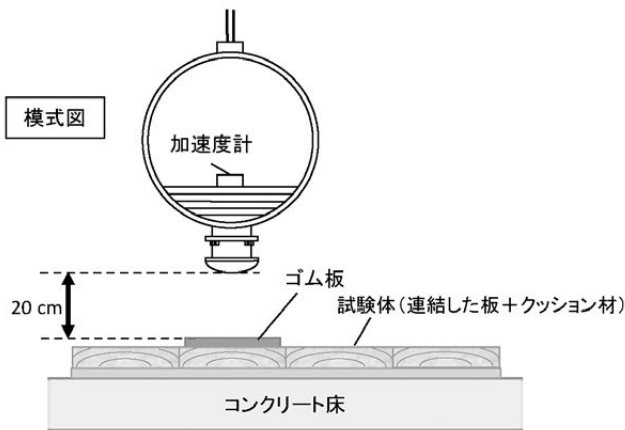


図4 衝撃吸収性能試験の様子



図5 耐荷重試験の様子

3. 結果および考察

3.1 衝撃吸収性能に及ぼす木材の影響

3.1.1 木材の性状

図6に木材の含水率と床硬さの関係を示した。スギ材、ヒノキ材の含水率を3段階に変えてクッション材AまたはBと組み合わせた場合、床硬さはクッション材ごとに同程度の値となり、一般に室内で起こりうる含水率の変

動は衝撃吸収性能にほとんど影響しないことがわかった。このため、以下に示す結果においても、試験体の含水率が8~20%の範囲であれば、含水率の影響は無視できると判断し、含水率以外の要因について考察を行った。

図7に木材の密度と床硬さの関係を示した。また、図中の点線は板条件に関わらず、気乾密度と床硬さの関係を近似線で示した。木材とクッション材Aを組み合わせた場合、気乾密度が高くなるとともに床硬さも高くなる傾向が見られたが、ヒノキ材の場合には、床硬さはおおよそ80G前後、スギ材の場合には辺材と心材で差は見られず、おおよそ75G前後となることがわかった。両樹種ともに、一般的にフローリング材として流通している奈良県産材にみられる密度の差であれば、衝撃吸収性能に大きな影響を及ぼさないことが確認された。

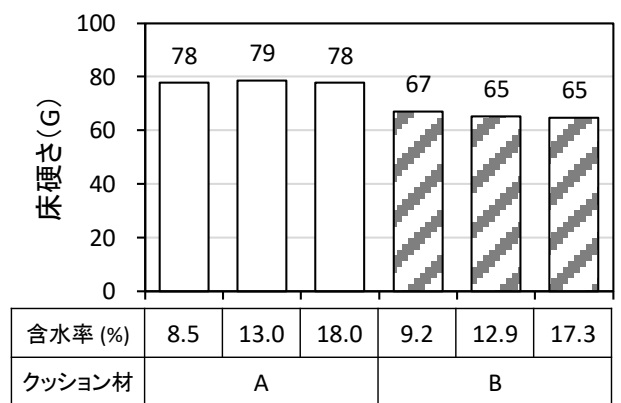
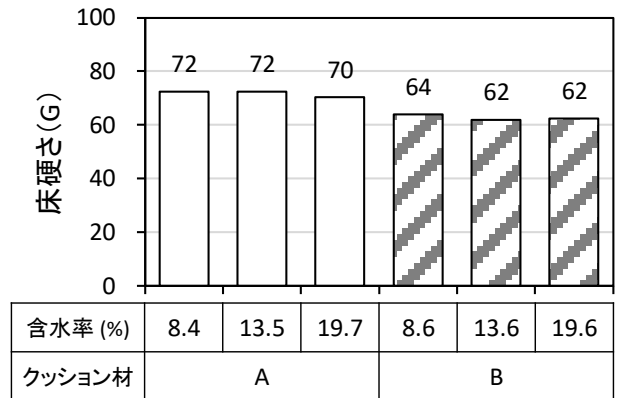


図6 含水率による衝撃吸収性能への影響
(上：スギ、下：ヒノキ)
試験条件は表1(1)に記載のとおり

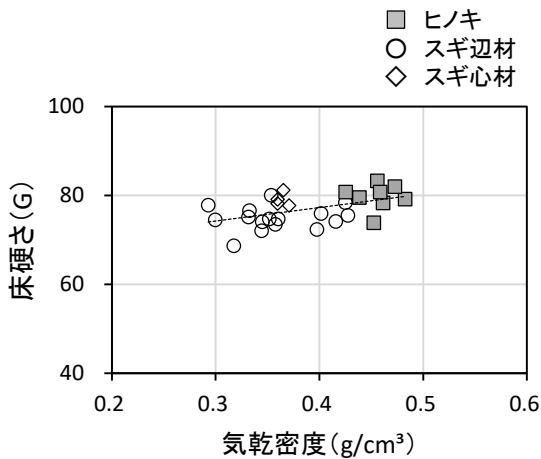


図7 木材の気乾密度と
衝撃吸収性能の関係
試験条件は表1(2)に記載のとおり

3.1.2 板幅

図8に板厚さは10mmで、板幅を90、110mmとしたスギ材を用いた結果を示した。いずれの板幅においても、各クッション材における床硬さは同程度であり、今回設定した範囲においては、板幅は衝撃吸収性能に影響しないことが確認された。なお、著者らは予備的な試験において、同一の板から採取した幅110mmと幅220mmのスギ材と、厚さ5mmのクッション材Aを組み合わせさせた結果、床硬さに差が生じないことも確認している。

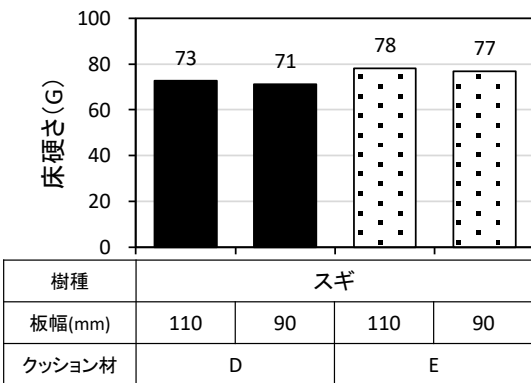


図8 板幅による衝撃吸収性能への影響
試験条件は表1(3)に記載のとおり

3.1.3 板厚さ

図9に、総厚さ15mmになるよう、木材とクッション材の厚さを双方1mmずつ増減した場合の床硬さを示した。板が薄く、クッション材が厚くなるごとに、床硬さは低下し、その低下幅は厚さ1mmごとに4~7Gであった。板厚さ8mm以下、クッション材7mm以上の組み合

わせで、JIS A 6519に定められた「柔道場」および日本建築学会が推奨する「転倒衝突を前提とする床」⁴⁾ (いずれも床硬さ65G以下)に適合する衝撃吸収性能が得られた。一方で、一般的にフローリング材には実加工を施す必要があり、そのためには加工上、板の厚さは少なくとも10mmは必要となる。そのため、3.1.3以外の試験では板の厚さを10mm以上として試験を実施した。

図10に、板厚さ10、12、15mmのスギ材と厚さ5mmのクッション材A、Bを組み合わせさせた結果を示した。クッション材Aでは板厚さ10mm、12mm、15mmのとき、それぞれ床硬さ72G、78G、83G、クッション材Bでは床硬さ61G、63G、66Gと、クッション材の種類によって性能は変化し、かつ、いずれのクッション材においても板厚さの増加に伴う床硬さの上昇が見られた。この結果から、衝撃吸収性能は、板厚さとクッション材の種類に大きく影響されると考えられた。

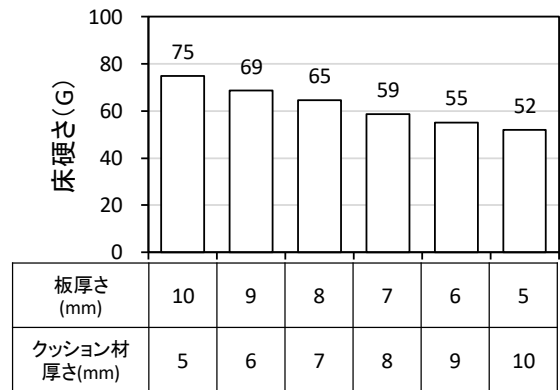


図9 板厚さ(総厚さ15mm)による
衝撃吸収性能への影響
試験条件は表1(4)に記載のとおり

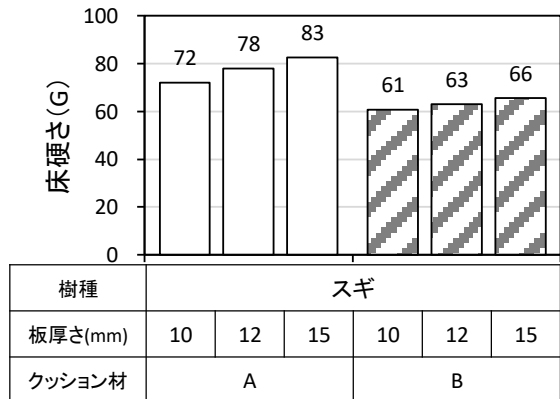


図10 板厚さ(クッション材5mm一定)による
衝撃吸収性能への影響
試験条件は表1(5)に記載のとおり

3.1.4 溝加工の有無

図 11 に、木材の溝加工の有無による衝撃吸収性能の比較を示した。スギ材、ヒノキ材とクッション材 A を組み合わせ合わせた場合、いずれの樹種においても溝加工を施すことで床硬さに 10G 以上の性能の向上が見られた。一方で、クッション材 B と組み合わせ合わせた場合には、いずれの樹種においても床硬さの改善はみられなかった。澤田らは、裏溝加工を施した厚さ 12mm の合板と厚さ 2mm の発泡樹脂シートを組み合わせ合わせた場合の床硬さについて、溝深さにかかわらず、裏溝加工のピッチが狭くなるほど床硬さが上昇することを報告し、これはピッチが細くなるに従ってフローリング基材である合板の剛性が低下し沈み込みやすくなったことで、コンクリートスラブの硬さの影響をうけていると考察している⁵⁾。本試験においても、溝加工を施したスギ、ヒノキ材では板の沈み込みが大きくなったことに加え、クッション材 B は A より衝撃吸収性能に優れたものであることから、溝加工とクッション材 B の組み合わせでは、下面のコンクリート床の硬さの影響を受け、床硬さが低下しなかったと考えられた。

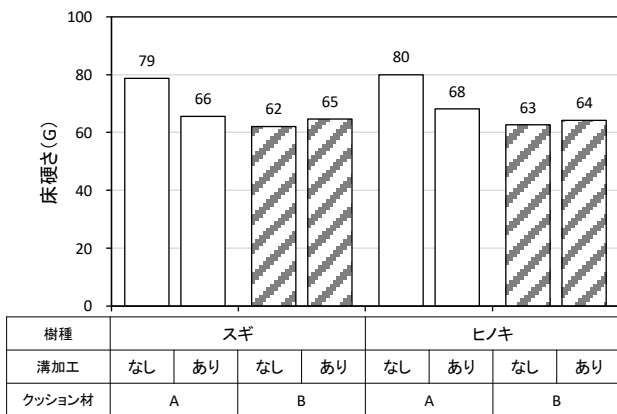


図 11 溝の有無による衝撃吸収性能への影響
試験条件は表 1 (6) に記載のとおり

3.2 衝撃吸収性能に及ぼすクッション材の材質の影響

3.1.3 において、衝撃吸収性能には、板厚さとクッション材の種類が影響すると考えられた。このことから、クッション材 A、B に加え、新たにクッション材 C を用いて、板厚さ 10mm のスギ材、ヒノキ材と厚さ 5mm のクッション材 A、B、C を組み合わせ合わせて試験を実施した。その結果、図 12 に示すように、いずれの樹種においても、クッション材 C>A>B の順に床硬さの低下が見られた。また、クッション材 B、C においては、樹種による差はみられなかった。著者らが事前に行った予備的な試験において、クッション材 C は単体では他に比べて衝撃吸収性能が優れていたが、板材と組み合わせ合わせた場合、

その性能が十分に発揮されないことがわかった。また、高い性能を示すクッション材 B の欠点を補うためクッション材 D と、さらにクッション材 E を検討項目に加え、クッション材 A、B、D、E を用いて試験を実施した。その結果、図 13 に示すように、板厚さ 10mm のスギ材と厚さ 5mm のクッション材を組み合わせ合わせた場合、クッション材 E>A>D>B の順に床硬さが低下した。クッション材 D については、クッション材 A とほぼ同程度の結果となった。板厚さ 12mm のスギ材、ヒノキ材、15mm のスギ材と厚さ 5mm のクッション材を組み合わせ合わせた場合にもクッション材ごとの床硬さの低下の程度は類似の結果であった。

3.3 耐荷重

図 14 に、フローリングの沈み込み量と荷重の関係を示した。いずれの樹種においても、同一の荷重でクッション材 B は A より沈み込みやすいことが確認された。また、どの組み合わせにおいても、沈み込み量 3000 (=5mm) 前後、すなわち下面のクッション材の厚さ以上の沈み込みが起こると、急激に荷重が増加することが確認された。図中の「荷重低下箇所」は、試験体に割れなどの破損が生じたことを示す。試験体の破損は沈み込み量 2400 (=4mm) までは発生しなかったことから、いずれの樹種においても、クッション材 A では荷重 2.0kN、クッション材 B では荷重 1.8kN までは試験体は破損しないものとし、このとき、各条件の試験体にかかる単位面積あたりの荷重を算出した。その結果、表 2 に示すとおり、すべての試験体で、破損がない範囲の耐荷重は 10kgf/cm² を上回っていた。実部分の耐荷重について、規格や性能基準が示されたものはないが、車椅子などの車輪 1 個の接地面を 8cm²、乗車時の重量を 200kg、車輪は 4 個と仮定すると、床には 6.25kg/cm² の荷重がかかると計算される。この仮定の範囲では、今回供試したフローリング材は破損なく使用できると推定された。

試験体の破損が外観で確認されたのは、スギ材とクッション材 B を組み合わせ合わせた試験体 1 体のみで、荷重による板表面の割れが確認された。スギ材ではその他のいずれの組み合わせにおいても、目視において試験体の表面および実部分に破損は確認されなかったことから、図 14 中の白矢印に示す破損は、試験体の板内部やクッションとの接着面など、外観からは見えない箇所で発生していると考えられる。また、ヒノキ材については、いずれの試験体においても荷重の低下、すなわち試験体の破損は見られなかった。

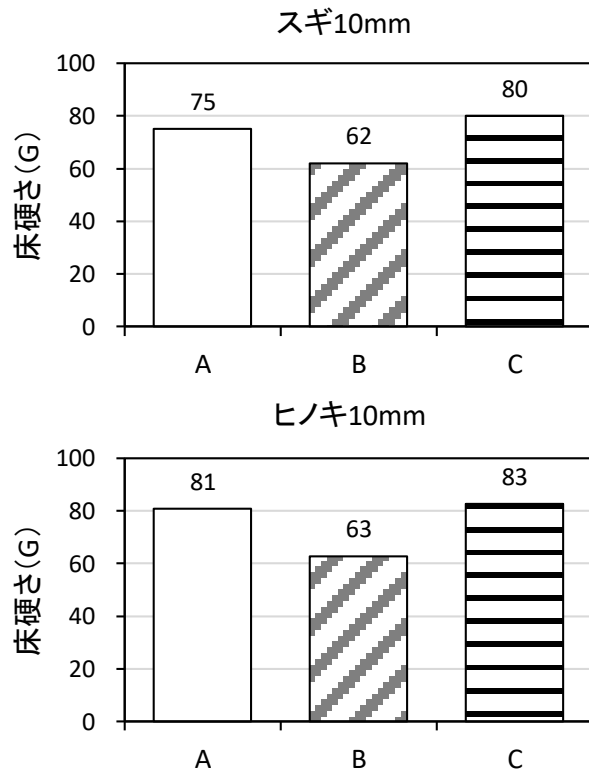


図12 クッション材の種類による
衝撃吸収性能への影響
試験条件は表1(7)に記載のとおり

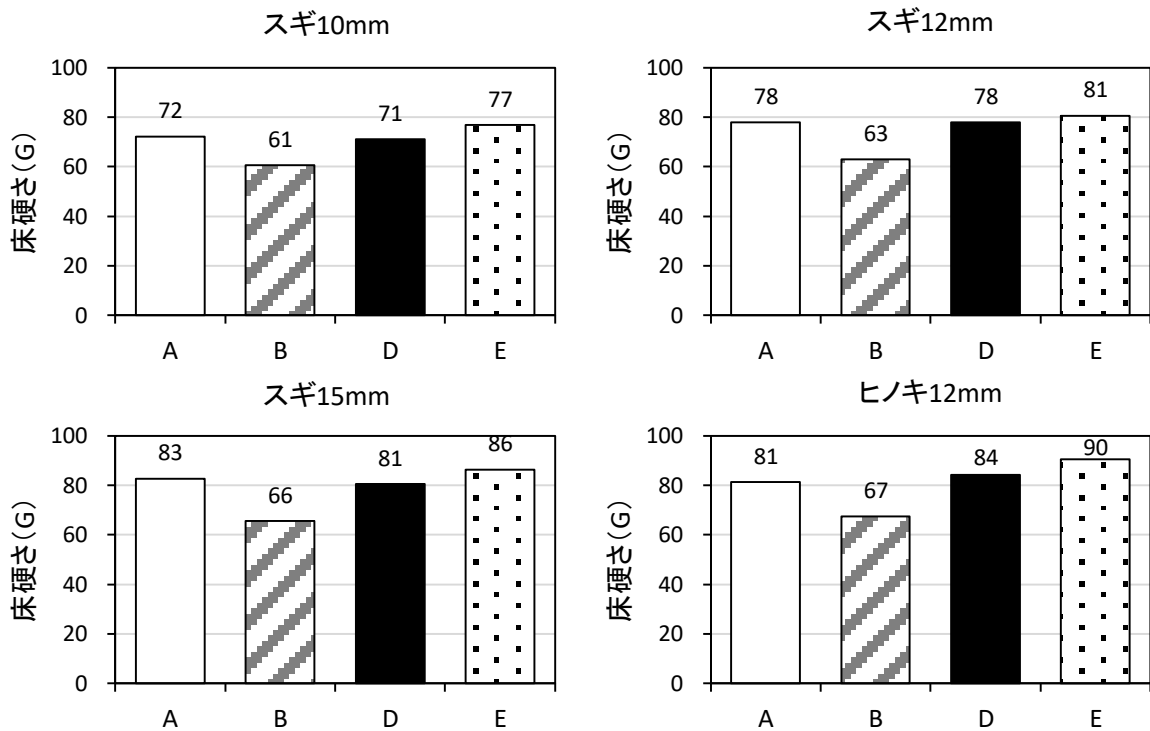


図13 クッション材の種類による衝撃吸収性能への影響
試験条件は表1(7)に記載のとおり

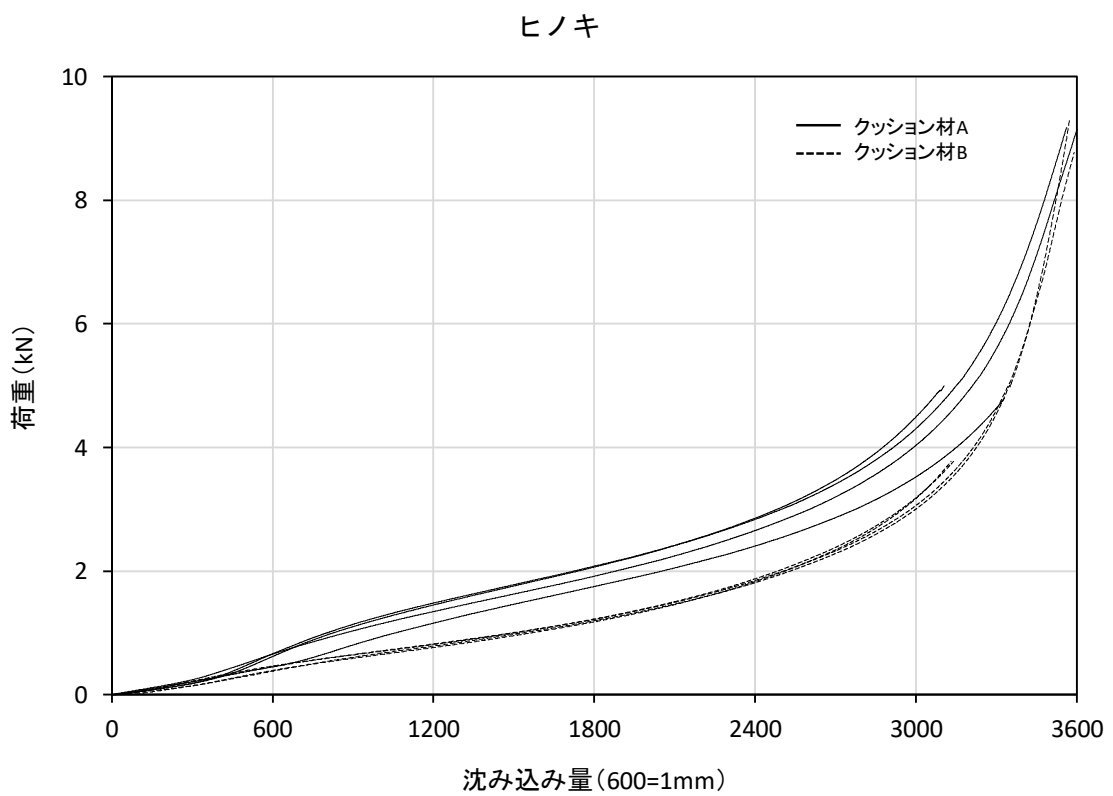
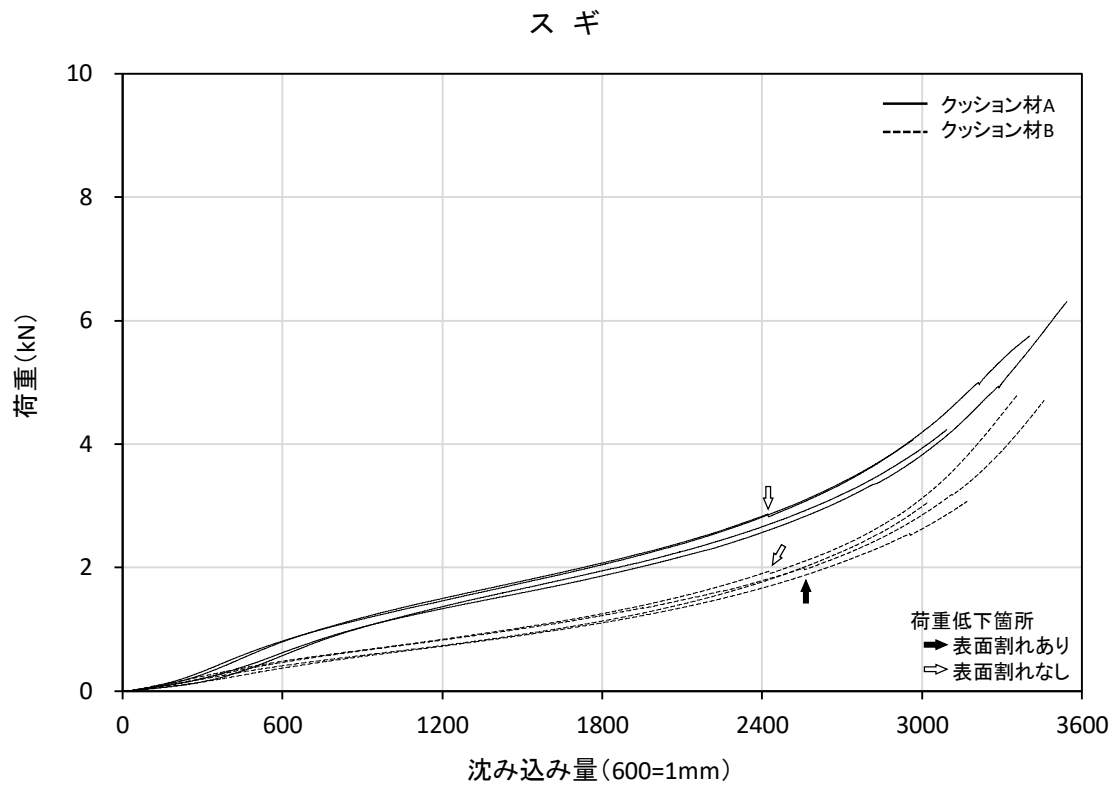


図 14 フローリングの沈み込み量と荷重の関係

表2 フローリングの構成と耐荷重

樹種	木材		クッション材		総厚さ (mm)	破損がない 範囲の耐荷重 (kgf/cm ²)
	厚さ (mm)	溝加工 塗装	厚さ (mm)	種類		
スギ	10	なし	5	A	15	10.8
				B	15	10.7
ヒノキ	10	なし	5	A	15	12.1
				B	15	12.3

4. まとめ

奈良県産スギ材、ヒノキ材を用いた無垢の衝撃吸収フローリング材の開発を試み、木材およびクッション材の仕様を検討した。木材の条件として木材の性状（樹種、含水率、密度）、板幅、板厚さ（総厚さ 15mm、板厚さ 10、12、15mm＋クッション材 5mm）および溝の有無を、クッション材の材質として A、B、C、D、E の 5 種類を用い、それぞれを組み合わせで床硬さを測定した。得られた結果は以下のとおりである。

- ① 含水率がおおよそ 8.0%～20.0%の範囲では、含水率による衝撃吸収性能への影響はほとんどみられなかった。
- ② 奈良県内でフローリング材として一般に流通している木材の気乾密度（スギ 0.31～0.43g/cm³、ヒノキ 0.43～0.51g/cm³）の範囲では、衝撃吸収性能に大きな差は生じなかった。また、スギとクッション材 A の組み合わせにおいては辺材と心材の違いによる影響は見られなかった。
- ③ いずれの樹種、クッション材の組み合わせにおいても、設定した板幅 90、110mm において、板幅による衝撃吸収性能への影響はみられなかった。
- ④ フローリングの総厚さを 15mm とした場合、板が薄く、クッション材が厚くなるごとに衝撃吸収性能が向上することを確認した。クッション材 A、B と、厚さが異なるスギ材のいずれの組み合わせにおいても、板厚さの増加に伴う床硬さの増加がみられた。また、同じ板厚さにおいてもクッション材によって床硬さに差が見られたことから、衝撃吸収フローリングの基本的な性能は、板厚さとクッション材の種類によって決定すると考えられた。
- ⑤ 溝加工を施した板材とクッション材 A の組み合わせでは、いずれの樹種においても衝撃吸収性能が大きく向上したが、クッション材 B との組み合わせでは、樹種によらず衝撃吸収性能の向上は見られなかった。

⑥ 5 種類のクッション材 A～E で試験を行ったところ、試験を実施したいずれの組み合わせにおいても、JIS A 6519 の「体育館」および日本建築学会が推奨する「転倒衝突に対する配慮が望まれる床」⁴⁾（いずれも床硬さ 100G 以下）に適合する衝撃吸収性能が得られた。さらに、クッション材 B では、スギ、ヒノキのいずれの樹種においても、溝加工なしで「床硬さ 65G 以下」に適合する高い衝撃吸収性能を得ることができた。また、クッション材 A においても、溝加工を施した板厚さ 10mm のスギ材を組み合わせることで床硬さは 66G となり、「床硬さ 65G 以下」は満たさなかったものの、高い衝撃吸収性能が得られた。

⑦ 実部分の耐荷重は、スギ、ヒノキ、クッション材 A、B のいずれの組み合わせにおいても 10kgf/cm² を上回った。また、いずれの試験体においても実部分に破損は生じなかった。

以上の結果から、奈良県産スギ、ヒノキの無垢板目板とクッション材の組み合わせで JIS A 6519 の性能を満たす衝撃吸収フローリングの仕様が明らかになった。今回開発したフローリングは、高齢者の大腿骨骨折の予防のみならず、幼児の転倒によるケガの軽減、スポーツや立ち仕事での膝への負担減少にもつながる可能性が高く、多くの場面で利用が期待される。

なお、令和 3 年 4 月から令和 5 年 3 月まで、当センターは県内の木材業者 4 社およびプラスチック製造販売会社 1 社と共同研究契約を締結して実用化に向けた試験を行っており、本結果の一部は共同研究の成果でもある。これらの試験結果をもとに、木材業者各社で衝撃吸収フローリングの製造販売が開始されている。また、当センター内には試験施工した床を設置しており、経年変化について、今後観察を継続していく予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、ご助言ならびに試験材料のご提供をいただいた共同研究参画企業、安田プラスチック(株)、甲村木材(株)、(株)ホーテック、吉田製材(株)、吉野銘木製造販売(株)の皆様、床の硬さ試験についてご教示くださった東京工業大学横山裕教授、福田眞太郎准教授、藤井佑太郎助教、予備試験にご協力くださった奈良県産業振興総合センター森田陽亮氏に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) Orimo H. et al: Hip fracture incidence in Japan: estimates of new patients in 2007 and 20-year trends. Arch Osteoporos 2009. 4, 71-77 (2009).
- 2) 萩野浩：大腿骨頸部骨折の発生頻度および受傷状況に関する全国調査（総括研究報告書）．厚生労働科学研究成果データベース．<https://mhlw-grants.niph.go.jp/project/4143>（閲覧日 2023 年 3 月 29 日）
- 3) 東京消防庁防災部防災安全課：救急搬送データから見る日常生活事故の実態（令和 3 年）．東京消防庁．<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/lfe/topics/nichijou/kkh data/>（閲覧日 2023 年 1 月 26 日）
- 4) 一般社団法人日本建築学会：床性能評価指針．第 1 版第 1 刷，東京，丸善出版株式会社，2015.
- 5) 澤田哲則 ほか：高齢者の方向安全性を備えたフローリングの性能と仕様．林産試験場報．550, 15-22 (2023) .

(2023 年 4 月 26 日 受理)