

県産材を使用した床構面等の開発

2018 年度～2020 年度

上田耕大*

要 旨

「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に基づく評価方法基準（以下、評価基準）では、板材を用いた水平構面の床倍率は、0.20～0.30 倍と性能が低い。そのため、長期優良住宅の申請に必要な耐震等級 2 以上を取得する場合は、構造用合板を用いることが多く、板材は利用されにくくなっている。そこで、愛知県産スギ大径材の利用を促進する観点から、厚さ 30 mm、幅 200 mm の幅広厚板を用いて 2 種類の仕様の異なる水平構面（試験体 6、試験体 7）を考案し、水平せん断性能を評価した。試験体 6 は、30 mm の杉板に 10 mm の切り欠きを行い、根太（幅 45 mm、高さ 55 mm）を落とし込み、高い床倍率を得られる仕様とした。試験体 7 は、釘の配置を 45° の角度で打ち込み、さらに根太を端部に設置することにより、施工性を高く維持したまま床倍率が得られる仕様とした。その結果、低減係数を 0.8 とした場合、床倍率は試験体 6 で 1.62 倍、試験体 7 で 1.19 倍となり、評価基準で定められている板材を根太に釘で打ち付けた床構面（床倍率 0.30）よりも高い値となり、木造軸組工法住宅において十分使用できる床倍率を有していることが示された。

I はじめに

近年、大規模地震の発生により、全国的に住宅の耐震性に関心が高まっている。その中でも愛知県は、南海トラフ地震が起これと言われていることもあり、耐震性の高い住宅を求める人が多い。実際に愛知県の新規住宅着工戸数のうち長期優良住宅を取得した戸建ての割合は 42.9 %（2019 年）であり、全国で一番高い申請割合となっている（国土交通省 2020）。

住宅の耐震性には、水平構面の剛性が大きく関わる。評価基準では、厚さ 24 mm 以上の構造用合板を梁等に釘で打ち付けた水平構面は、剛性に寄与する床倍率が最大 3.00 倍であり、容易に剛性を高めることができる。一方、板材を用いた水平構面は 0.20～0.30 倍程度で構造用合板に比べると剛性は低いため、長期優良住宅等の

高い耐震性が求められる住宅（耐震等級 2 以上）では、水平構面にスギ板材が利用されにくい状況である（藤井 2020）。

一方で、県内の 10 齢級以上（46 年生以上）の人工林は 83.6 %と全国の 65.6 %に比べて、大きな割合を占めており（愛知県 2020）、資源の大径化が進んでいる。そのため、大径材の利用を向上させるために梁・桁以外の新たな用途開発が求められている（福留 2014）。

そこで本研究では、スギ大径材の利用価値を高めるとともに、長期優良住宅で利用しやすい床倍率を取得することを目的とし、2 種類の仕様の異なる床構面を考案した。1 種類は高い床倍率を重視した仕様とし、もう 1 種類は施工性を重視した仕様とし、面内せん断試験を行い、水平せん断性能を評価した。

Koudai UEDA : Development of floor structure using Sugi lumber from Aichi prefecture

* 現豊田加茂農林水産事務所

II 方法

1. 床構面試験体

試験体は、幅 1820 mm×長さ 2730 mm とし、梁および桁は幅 120 mm×高さ 150 mm、小梁は幅 120 mm×高さ 120 mm の無等級のスギ材を使用した。梁、桁および小梁の仕口は、大入れ蟻掛けとし、梁と桁はホールダウン金物（タナカ EX-S）で接合した。床板は、実加工した厚さ 30 mm×幅 200 mm×長さ 2730 mm のスギ板を使用し、9 枚幅方向に組んだ。

はじめに、仕様の異なる試験体 1 から試験体 5 をそれぞれ 1 体ずつ試験し、水平せん断性能を評価した。その中で、性能の良い 2 つを抽出し、施工性が向上するように改良を行った後（試験体 6、試験体 7）、試験を行った。試験体 6 と試験体 7 は、耐震等級 2 級の申請時に必要な試験成績書を取得するために 3 体ずつ行った。

(1) 試験体 1 から試験体 5

各試験体の釘仕様、釘本数について表-1 に示す。

表-1 試験体 1～試験体 5 の釘仕様、釘本数

項目	釘仕様	釘本数
試験体 1	川の字打ち	N90 216 本
試験体 2	川の字打ち	N65 162 本
		N90 216 本
試験体 3	川の字打ち	N65 162 本
		N90 216 本
試験体 4	川の字打ち	CN75 162 本
	四周打ち	CN90 135 本
試験体 5	川の字打ち 四周打ち	CN90 304 本

試験体 1 は、県内の工務店が採用している幅広厚板の仕様とし、水平構面の基準とした（図-1）。

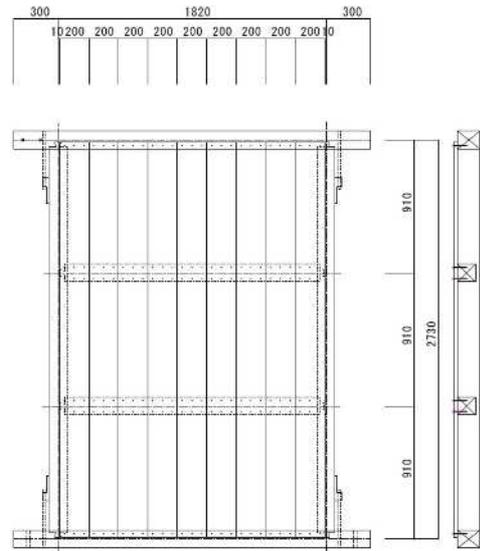


図-1 試験体 1 の概略

試験体 2 は、スギ板の方向と直角に根太（幅 45 mm、高さ 45 mm）を張り、釘を打ち付けることで板間の滑りを抑える仕様とした（図-2、図-3）。根太は 310 mm スパンで設置した。

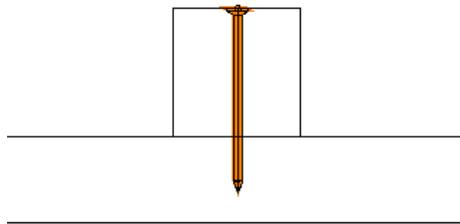


図-2 試験体 2 の断面図

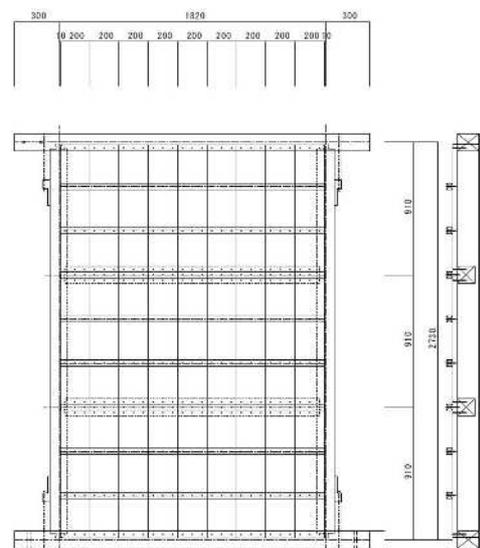


図-3 試験体 2 の概略

試験体 3 は、30 mm の杉板に 10 mm の切り欠きを行い、根太（幅 45 mm、高さ 55 mm）を落とし込む仕様とした。切り欠き以外の仕様は試験体 2 と同様とした（図-4、図-5）。

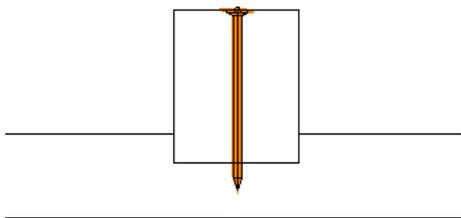


図-4 試験体 3 断面図

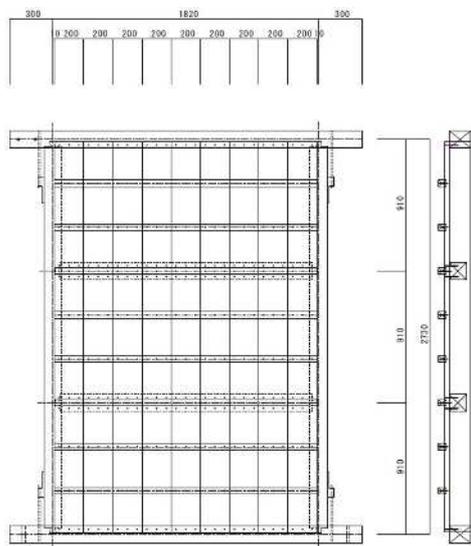


図-5 試験体 3 の概略

試験体 4 は、試験体 2 と試験体 3 の根太上の釘の貫入量が少ないことを改善するため、大梁に切り欠きを行い、そこに根太（幅 45 mm、高さ 60 mm）を落とし込み、その上からスギ板を張る仕様とした（図-6、図-7）。また、釘を N 釘から CN に変更し、釘仕様も川の字打ちから川の字打ち+四周打ちとした。さらに小梁に対する釘の本数を試験体 2 の 3 分の 1 とした。

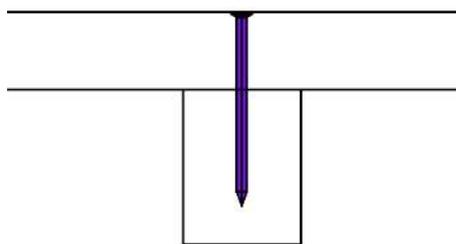


図-6 試験体 4 の概略

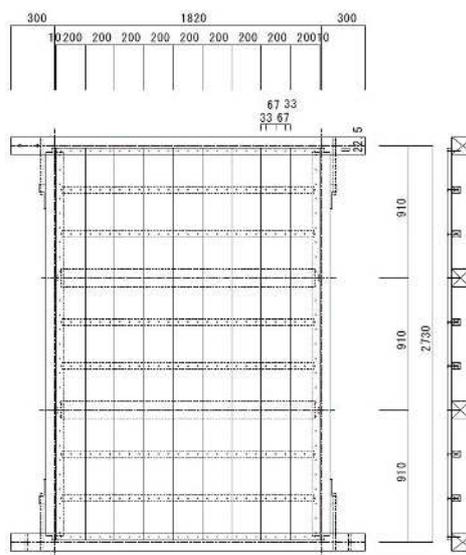


図-7 試験体 4 の詳細図

試験体 5 は、釘を 1 種類（CN90）としたうえで、試験体 4 の結果を踏まえ、釘を 30°の角度で打ち、根太を板の端部に配置することで、板の滑りを抑える仕様とした（図-8、図-9）。

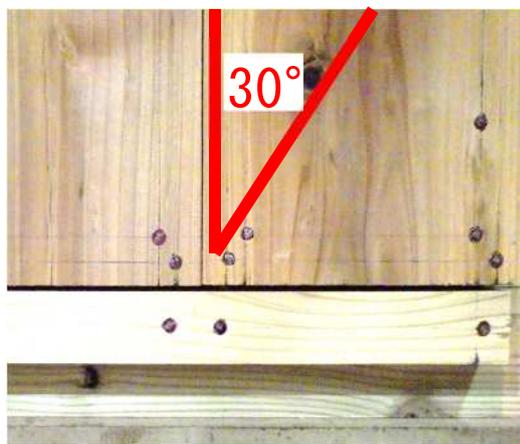


図-8 30°の釘配置（試験体 5）

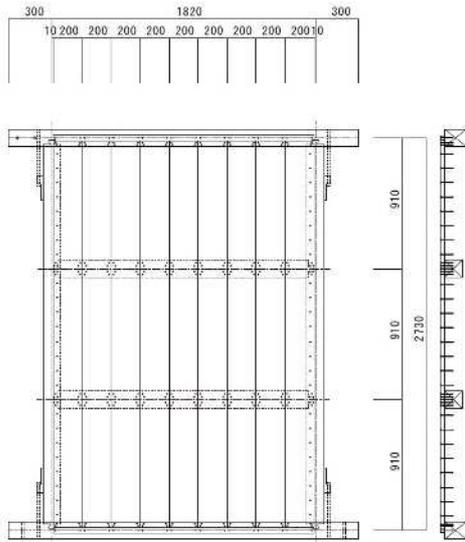


図-9 試験体 5 の概略

(2) 試験体 6、試験体 7

試験体 6、試験体 7 の釘仕様、釘本数について表-2 に示す。

表-2 試験体 6、試験体 7 の釘仕様、釘本数

項目	釘仕様	釘本数
試験体 6	川の字打ち CN65	378 本
試験体 7	川の字打ち CN90	252 本

試験体 6 は、試験体 3 と同様に板に 10 mm の切り欠きを行い、根太を落とし込む方法とした (図-11)。施工性を向上させるために釘の種類は CN65 に統一し、釘の使用を川の字打ちとした。なお、試験体 6 の板の加工はプレカット加工で行った。

試験体 7 は、試験体 5 と同様に根太を板の端部に設置した。施工性を向上させるため、釘の打つ角度を 30° から 45° に変更し、四周打ちをやめ、釘本数を 304 本から 252 本に減らした (図-12)。

2. 幅広厚板の面内せん断試験

図-10 に試験体の設置状況を示す。試験は柱脚固定式とし、面内せん断試験機 ((株) 千代田製作所製) を用いて、(公財) 日本住宅・木材技術センターが定める「木造軸組工法住宅の許容

応力度設計 (2017 年版)」(以下、許容応力度設計) に準じて行った。加力方法は正負交番繰り返し加力 (繰り返し 1 回) とし、みかけのせん断変形角を 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30rad とし、最終的には押し側に大変形を加え、最大荷重に達した後、最大荷重の 80% の荷重に低下するまで、あるいはみかけの変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力を行った。荷重は精度 100kN の (株) 東京測器研究所製のロードセル TCLP-10B で測定し、データロガー TDS-302 ((株) 東京測器研究所) を用いて 1 秒間隔の設定で行った。得られた荷重-みかけのせん断変形角曲線から、完全弾塑性モデルを作成した。作成したモデルから各試験体の特性値を求め、床倍率を次式より算出した。

$$\text{床倍率} = P_0 \times (1/1.96) \times (1/L) \times \alpha$$

P_0 : 短期基準せん断耐力 (kN)

L : 試験体の床の長さ (m)

α : 低減係数



図-10 面内せん断試験の試験状況 (試験体 1)

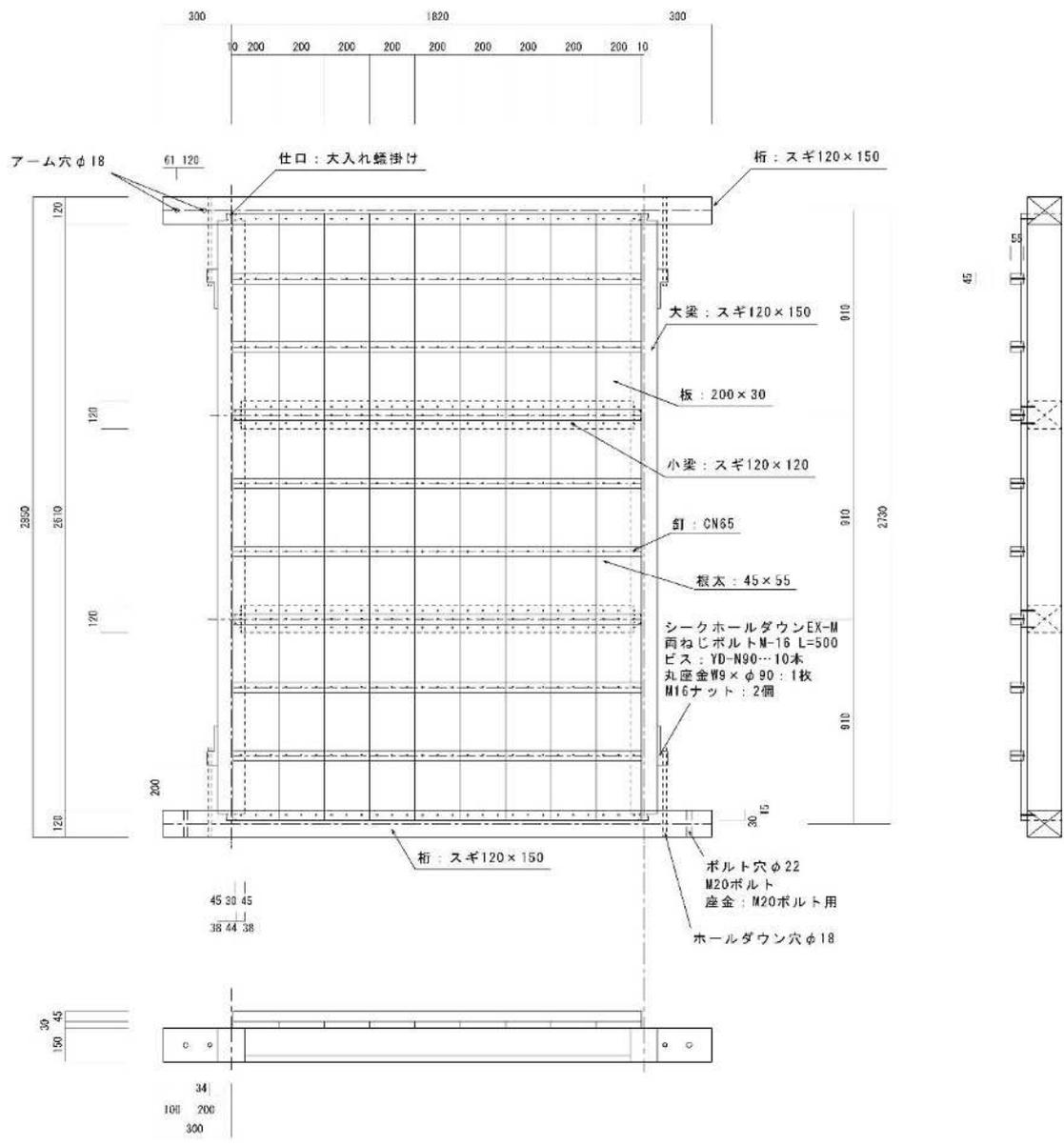


図-11 試験体6の概略

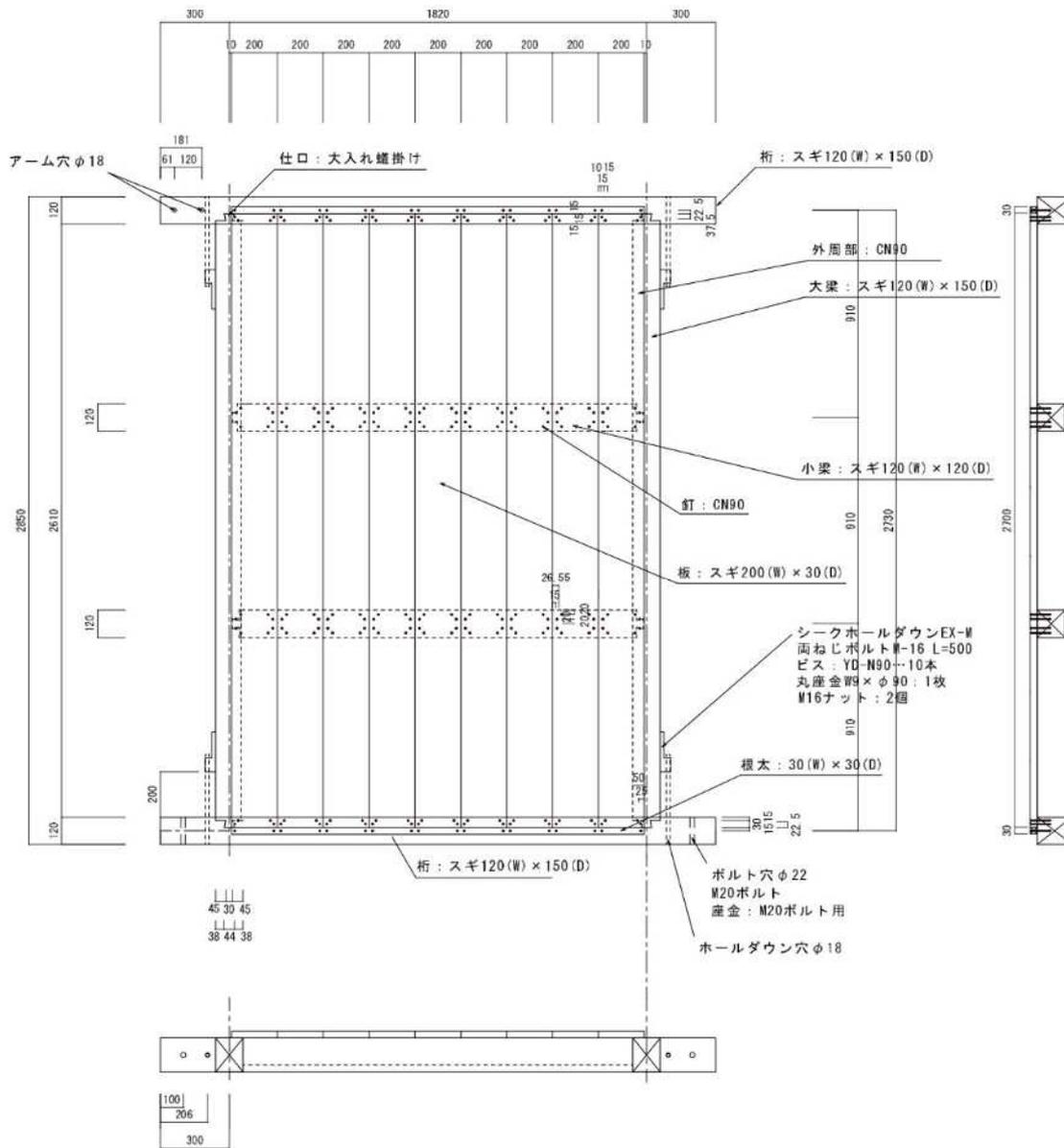


図-12 試験体7の概略

表-3 試験体 1~5 の強度特性値

項目	単位	試験体 1	試験体 2	試験体 3	試験体 4	試験体 5
降伏耐力 P_y	kN	4.96	6.32	11.23	6.11	8.30
$0.2P_u/D_s$	kN	3.21	4.44	6.75	4.30	5.93
$2/3P_{max}$	kN	6.46	8.42	13.83	7.61	10.03
1/120rad 時の耐力 P_{120}	kN	3.39	4.84	6.68	4.50	6.45
最大耐力 P_{max}	kN	9.70	12.63	20.74	11.41	15.05
終局耐力 P_u	kN	8.14	10.62	17.37	9.95	12.99
初期剛性 K	kN/rad	298.58	428.31	621.78	423.07	604.52
塑性率 μ		2.44	2.69	2.39	2.84	3.10
構造特性係数 D_s		0.51	0.48	0.51	0.46	0.44
降伏変形角 δ_y	rad	16.60	14.76	18.05	14.44	13.72
降伏点変形角 δ_v	rad	27.27	24.80	27.93	23.51	21.48
終局変形角 δ_u	rad	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67
耐力の最小値	kN	3.21	4.44	6.68	4.30	5.93
床倍率相当値 (低減係数 0.8)		0.72	1.00	1.50	0.96	1.33

III 結果と考察

(1) 試験体 1 から試験体 5

表-3 に試験体 1 から試験体 5 の強度特性値を示す。ここで算出された数値は、少数第 2 位で四捨五入した。

試験体 1 では、床倍率 0.72 (低減係数 0.8) を得た。加力をするにつれて板間の滑りが確認できた (図-13)。釘のめり込みや、引き抜けは確認されなかった。



図-13 試験体 1 の板間の滑り

試験体 2 では床倍率 1.00 (低減係数 0.8) を得た。根太を張ることで床倍率が少し向上したが、加力をするにつれて板間の滑りが確認された。その際、根太は平行を保ったままであった (図-14)。



図-14 試験体 2 の根太の様子

試験体 3 では、床倍率 1.5（低減係数 0.8）を得た。板が落とし込んだ根太にめり込むところが確認でき、滑りが抑えられた（図-15）。また、根太は、 $1/15$ rad まで加力後には、根太が S の字に変形していた（図-16）。



図-15 板のめり込み（試験体 3）



図-16 試験体 3 の S 字に曲がった根太

試験体 4 では、床倍率 0.96（低減係数 0.8）を得た。釘の入り込み量が多くなったが、試験体 2 よりも低い値となり、板間の滑りが確認された。また、釘の種類を N 釘から CN 釘に変更したことにより、釘自体の耐久性能は上昇したが、小梁に対する釘の本数を大幅に減らしたため、床倍率が低い値となってしまったと考えられる。

試験体 5 では、床倍率 1.33（低減係数 0.8）を得た。端部に設置した根太に板がめり込んで

おり、根太によって板の滑りが抑えられていることが確認された（図-17）。また、釘を板の端部に 30° の角度で打つことにより、試験体 1 から試験体 4 で見られた、中心の釘を軸として板が滑ることは抑えられた（図-18）。

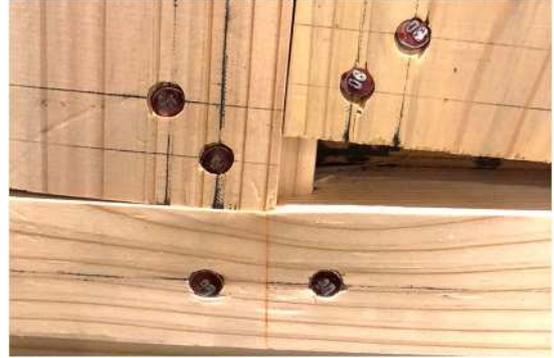


図-17 板のめり込み（試験体 5）



図-18 30° に配置した釘のめり込み（試験体 5）

なお、試験体 4、試験体 5 では、釘を四周打ちとしたが、あまり効果が見られなかった。これは、面材と異なり板材は四周打ちをしたとしても、両端の 2 枚の板のみを固定するだけであり、両端以外の板は固定されなかったためと考えられる。

(2) 試験体 6

表-4 に試験体 6 の強度特性値を示し、表-5 に床倍率の算出結果、図-19 に荷重-みかけのせん断変形角曲線を示す。1/15 rad を超えた付近で耐力の低下が確認された。これは落とし込んだ根太に板がめり込んだ際に荷重が抜けたためだと考えられる(図-21、図-22)。試験体 6 は、床倍率 1.62 (低減係数 0.8) を得ることができ、評価基準で定められている板材を根太(根太間隔 340 mm 以下)に釘で打ち付けた床構面 (0.30 倍) よりも高い性能を有し、許容応力度設計の「構造用合板 12~15mm、根太@340 mm 以下半欠き、N50@150 mm

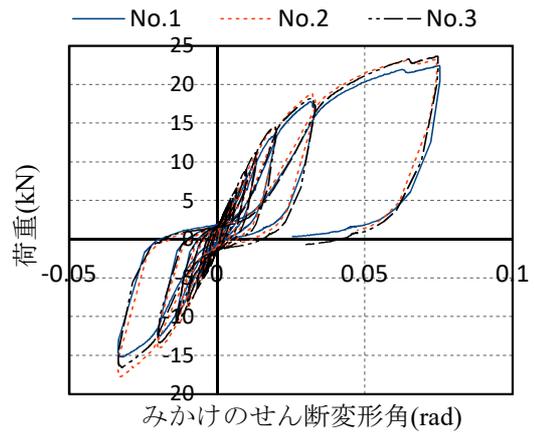


図-19 荷重-みかけのせん断変形角曲線 (試験体 6)

以下 (1.60 倍)」と同程度の性能であった。

表-4 試験体 6 の強度特性値

項目	単位	試験体 6		
		1	2	3
降伏耐力 P_y	kN	13.72	14.16	13.65
$0.2P_u/D_s$	kN	7.43	8.02	8.43
$2/3P_{max}$	kN	14.63	15.47	15.54
1/120rad 時の耐力 P_{120}	kN	7.01	7.31	8.17
最大耐力 P_{max}	kN	21.94	23.21	23.31
終局耐力 P_u	kN	20.32	21.01	20.31
初期剛性 K	kN/rad	661.22	730.92	807.79
塑性率 μ		2.17	2.32	2.65
構造特性係数 D_s		0.55	0.52	0.48
降伏変形角 δ_y	rad	20.74	19.38	16.90
降伏点変形角 δ_v	rad	30.73	28.75	25.14
終局変形角 δ_u	rad	66.67	66.67	28.75

表-5 試験体 6 の床倍率

項目	平均値 (kN)	変動 係数	ばらつき 係数	50% 下限値	短期基準 せん断耐力	床倍率 (低減係数 0.8)
$0.2P_u/D_s$	7.96	0.063	0.970	7.72	7.21	1.62
$2/3P_{max}$	15.21	0.034	0.984	14.97		
1/120rad 時の耐力 P_{120}	7.50	0.080	0.962	7.21		

(3) 試験体 7

表-6 に試験体 7 の強度特性値を示し、表-7 に床倍率の算出結果、図-20 に荷重-みかけのせん断変形角曲線を示す。試験に供した試験体は機械が押すことができる最大まで加力したが、耐力の低下は確認されなかった(図-23、図-24)。試験体 7 は、床倍率 1.19 (低減係数 0.8) を得ることができ、試験体 6 より低い値であるが、評価基準で定められている板材を根太 (根太間隔 340 mm 以下) に釘で打ち付けた床構面 (0.3 倍) よりも高い性能を有し、許容応力度設計の「構造用合板 12~15mm、根太@500 mm 以下半欠き、N50@150 mm

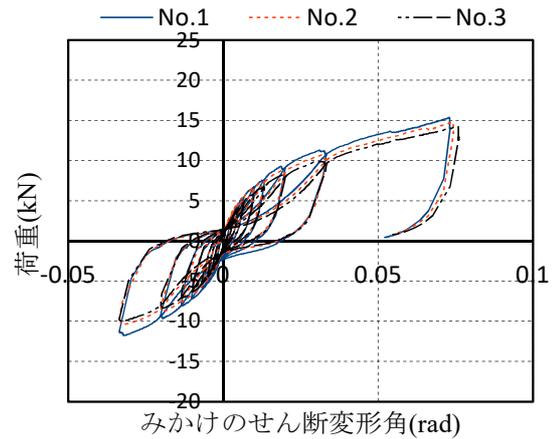


図-20 荷重-みかけのせん断変形角曲線 (試験体 7)

以下 (1.12 倍)」と同程度の性能であった。

表-6 試験体 7 の強度特性値

項目	単位	試験体 7		
		1	2	3
降伏耐力 P_y	kN	7.83	7.33	6.89
$0.2P_u/D_s$	kN	5.67	5.68	5.06
$2/3P_{max}$	kN	9.74	9.37	8.95
1/120rad 時の耐力 P_{120}	kN	6.28	6.17	5.62
最大耐力 P_{max}	kN	14.62	14.05	13.42
終局耐力 P_u	kN	12.60	11.79	11.41
初期剛性 K	kN/rad	572.59	600.50	505.50
塑性率 μ		3.03	3.39	2.95
構造特性係数 D_s		0.44	0.42	0.45
降伏変形角 δ_y	rad	13.68	12.20	13.63
降伏点変形角 δ_v	rad	22.01	19.64	22.57
終局変形角 δ_u	rad	66.67	66.67	66.67

表-7 試験体 7 の床倍率

項目	平均値 (kN)	変動 係数	ばらつき 係数	50% 下限値	短期基準	床倍率 (低減係数 0.8)
					せん断耐力	
降伏耐力 P_y	7.35	0.064	0.970	7.13		
$0.2P_u/D_s$	5.47	0.065	0.969	5.30		
$2/3P_{max}$	9.35	0.043	0.980	9.16	5.30	1.19
1/120rad 時の耐力 P_{120}	6.02	0.058	0.972	5.86		



図-21 板のめり込み（試験体 6）



図-23 板のめり込み（試験体 7）



図-22 1/15 red 加力時（試験体 6）



図-24 1/15 red 加力時（試験体 7）

IV まとめ

本研究では、スギの幅広厚板を用いて床倍率の高さを重視した仕様（試験体 6）と施工性を重視した仕様（試験体 7）の 2 種類の水平せん断性能を評価した。その結果、低減係数を 0.8 とした場合、試験体 6 で床倍率 1.62、試験体 7 で床倍率 1.19 を得ることができ、いずれも評価基準で定められている板材を根太（根太間隔 340 mm 以下）に釘で打ち付けた床構面（0.30 倍）よりも高い性能を有し、木造軸組住宅において十分使用可能である仕様を示すことができた。また、床倍率をさらに高めたい場合は、火打ち材（床倍率 0.80）と併用することもでき、実際の住宅の間取りに合わせた使い方が可能であると考えられる。

引用文献

- 愛知県（2020）林業の動き 176：1-3
- 藤井良光・三好 悠・千里泰三・湊 俊司・根岸 徳美・安藤邦廣（2020）徳島県産スギ厚板を用いた新たな床構面の開発 - スギ板材付きパネル張り床構面の面内せん断性能 - . 徳島農技セ研報 7：15-21
- 福留重人・日高富男・中原 亨（2014）スギ板材を活用した構造用面材の開発. 鹿児島工技セ研報 28：23-25
- 国土交通省（2020）長期優良住宅のページ.
URL：https://www.mlit.go.jp/jutakuken_tiku/house/jutakukentiku_house_tk4_000006.html
- 公益財団法人日本住宅・木材技術センター（2017）木造軸組工法住宅の許容応力度設計①：287-304