

# 県産材を使用した耐力構造の開発

2015 年度～2017 年度

釜田淳志・鈴木祥仁\*

## 要 旨

野地板等の薄板の需要低下のため、従来これらの板取りをしていた丸太の最外周部は現在では、廃材としてチップ・バイオマスとして利用されることが多い。そこで、スギ薄板の利用価値を高める観点から、厚さ 10mm のスギ板を直交積層し厚さ 20mm とした 1P サイズのスギ 2 層パネルを用いた耐力壁を考案し、その水平せん断性能を評価した。あわせて、スギ 2 層パネルの接合具一面せん断試験を実施し、高耐力が期待できる接合具、軸組材の樹種、パネルの貼付け方について明らかにした。大壁一間タイプでは壁倍率が 2.66 (低減係数 0.85) となり、構造用合板 9mm の耐力壁と同等以上であった。また、高耐力仕様を想定した大壁半間タイプでは各種釘仕様により壁倍率が 4.15～4.56 (低減係数 0.85) となった。間仕切りやあらわし仕上げでの使用を想定した真壁半間タイプでは各種釘仕様により壁倍率が 3.97～4.45 (低減係数 0.85) となった。これらのことから、スギ 2 層パネルを用いた耐力壁は、木造軸組工法住宅において耐力壁として十分使用できる壁倍率を有していることが示された。

## I はじめに

近年の大規模地震の発生により、住宅の耐震性への関心が高まっており、住宅の品質確保の促進等に関する法律による住宅性能評価に定められた耐震等級に合致した木造住宅がスタンダードとなりつつある。

今日の木造軸組工法住宅において、耐震性を確保する耐力壁としては、構造用合板をはじめとした各種木質系面材、無機系の面材、筋交いが主に使用されている。地域の工務店ではハウスメーカーとの差別化を図るため、シックハウス防止や、透湿性の確保、さらなる自然素材へのこだわりといった観点から、構造用合板以外の選択肢を求めるニーズも少なくない。また、国や各都道府県の施策として地域材を利用した住宅にインセンティブを付加し、地域材の利用促進も進められている状況である。

そのような中、各地域では地域材を用いた耐力壁の開発の取組みが行われている(山内ほか 2012、

柴田ほか 2013、中田 2015)。今回、地域で生産される製材品による耐力壁の開発に取り組むうえで、薄板に着目した。製材の木取りの際に発生する丸太の最外周からとれる薄板は、構造用合板の普及により従来使用されていた野地板の需要が低下し、廃材としてチップ・バイオマス利用されている状況となっている。

そこで本研究では、これら薄板の利用価値を高める観点から、厚さ 10mm のスギ薄板を直交積層した厚さ 20mm の 2 層パネルを用いた耐力壁を考案し、その水平せん断性能を明らかにすることを目的とした。パネルサイズは施工性を考慮し、張り継ぎが不要な幅 910mm 長さ 2,730mm とした。耐力壁の仕様としては、大壁式および受材真壁式(以下、真壁式)とし、それぞれにおいて各種釘仕様(釘の種類および釘ピッチ)を変更し、それぞれの水平せん断性能を明らかにした。

## II 方法

### 1. スギ 2 層パネルの作成

Atsushi KAMATA, Yoshihito SUZUKI: Development of board shear wall using regional thin-cutting timbers.

\*現新城設楽農林水産事務所

愛知県産スギ丸太（長さ 4m）を断面幅 95mm 厚さ 11mm の板材に加工し、天然乾燥で含水率を基本的に 15%以下（高周波容量式含水率計で測定）に調湿後、以下の手順で 2 層パネルを作成し、水平せん断試験に供する耐力壁を作成した（図-1 の模式図、写真-1、2 を参照）。

- ①長さ 950mm の板材を 30 枚並べて横使い面とし、長さ 2,850mm の板材を 10 枚並べて縦使い面とした。横使い面、縦使い面とも、板材同士は幅はぎせずに養生テープで仮止めした。
- ②水性高分子・イソシアネート系（アイカアイボン AU-7300FL および AUH-6）の接着材を使用し、横使い面と縦使い面を直交に積層し、コールドプレスを用いて  $7\text{kg}/\text{cm}^2$  で約 2 時間圧縮した。その際、接着剤の量は  $200\text{g}/\text{m}^2$  程度とした。
- ③大壁式、真壁式のパネルについて、パネルソーにより所定の寸法にカットし、ベルトサンダーで 1 層あたりの厚さが 10mm でパネルの厚さが合計 20mm となるように両面仕上げとした。



写真-1 スギ2層パネル表面



写真-2 スギ2層パネル裏面

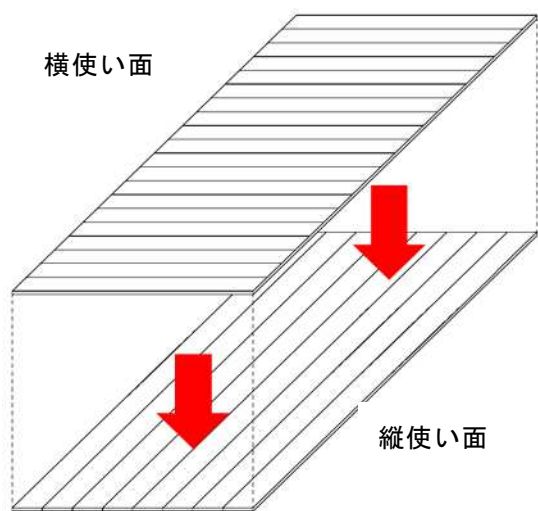


図-1 スギ2層パネルの模式図

## 2. スギ2層パネルの接合具一面せん断試験

### (1) 試験体

軸組工法における面材耐力壁は、軸材と面材の接合部のせん断引抜け抵抗によって耐力壁の水平

抵抗が発現する（日本建築学会 2010）ため、接合部仕様により耐力壁の性能の違いが生じる。スギ2層パネルでの耐力壁で高耐力仕様を検索することを目的として、パラメーターを①接合具（3パターン）、②主材樹種（スギ、ヒノキの2パターン）、③側材（スギ2層パネルの貼り方2パターン）と

表-1 一面せん断試験各種仕様

接合具	主材樹種	繊維平行方向加力	
		①1層目横使い 2層目縦使い (縦使い面を主材に接触)	①1層目縦使い 2層目横使い (横使い面を主材に接触)
		繊維平行方向接触	繊維直交方向接触
CN75	スギ	6	6
	ヒノキ	6	5*
CN90	スギ	6	6
	ヒノキ	6	6
耐力壁用ビス41mm	スギ	3	3
	ヒノキ	3	3
	計	30	29

※：6体中1体について主材が割裂したためデータなしとした。

して各種  $3 \times 2 \times 2 = 12$  パターンでの一面せん断試験を実施した。接合具は大工工事で一般的に用いられる釘打ち機およびビス打ち機が使用できる範囲で有効長の長いものとし、太め鉄丸釘 CN75、CN90、耐力壁ビス 41mm（株カネシン KS4041）の 3 種を用いた。試験については表-1 に示す仕様で実施した。

2 層パネルと主材の一面せん断試験体を図-2 に示す。主材については  $105 \times 105$ mm 断面の 3m 材をスギ・ヒノキともに 6 本用意し、285mm の長さに切り出し含水率と密度を測定した。その後、スギ・ヒノキ 30 本ずつ各試験区分で密度の偏りがないよう振り分けを行った。なお、主材の密度はスギ  $0.356 \sim 0.488 \text{g/cm}^3$ 、ヒノキ  $0.437 \sim 0.490 \text{g/cm}^3$ 、含水率は高周波容量式含水率計で測定したところスギ 9.0~15.5%、ヒノキ 7.5~12.0%であった。また、2 層パネルについては断面幅 95mm 厚さ 10mm のスギ板を用いて直交に積層した  $380 \times 2,660$ mm のパネルを 4 枚作成し、側材寸法の  $92 \times 285$ mm に切り出した。なお、接着剤には水性高分子・イソシアネート系（アイカアイボン AU-7300FL および AUH-6）を使用し、ワールドプレスを用いて  $7 \text{kg/cm}^2$  で約 17 時間圧縮した。なお、接着剤の量は  $200 \text{g/m}^2$  程度とした。

2 層パネルに用いたスギ板について含水率と密度を測定し、主材と同様に各試験区分で密度の偏りがないよう振り分けた。密度は  $0.361 \sim 0.386 \text{g/cm}^3$  であり、含水率は高周波容量式含水率計で測定し 9.0~15.5%であった。各部材の密度と含水率を表-2 に示す。

## (2) 試験方法

試験は圧縮型試験機を用いた一方向単調載荷とし、荷重速度は最大荷重に達するまでの時間が 5 分程度となるように加力した。また、CN75、CN90 の試験体については 6 体中 1 体については、想定される最大荷重 ( $P_{\max}$ ) の  $1/4P_{\max}$ 、 $2/4P_{\max}$ 、

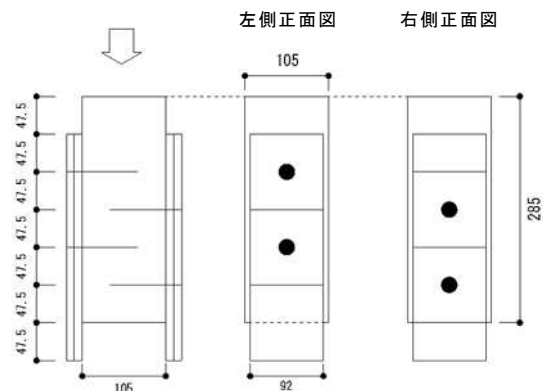


図-2 一面せん断試験体

表-2 試験体作成に用いた部材の密度と含水率

構成部位	樹種	密度 ( $\text{g/cm}^3$ )		含水率 (%)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
主材	スギ	0.418	0.042	12.1	2.0
	ヒノキ	0.466	0.015	9.8	1.3
側材 (2層パネル)	スギ	0.375	0.002	10.1	0.6



写真-3 接合具一面せん断試験  
(繊維平行方向接触の例)

$3/4P_{\max}$  の各時点において除荷し、繰り返し加力を行った。加力は最大荷重の 80% に荷重が低下するまで、または主材と側材の相対変位が 40mm 以上の値に達するまで行った。変位は主材と両側材の相対変位をそれぞれ変位計で計測し、その平均値により評価した。

### 3. スギ2層パネル耐力壁の水平せん断試験

#### (1) 試験体

試験体の基本的な仕様について表-3 に記す。大きく大壁式、真壁式の2つとした。その中で軸組工法において一般的に使われる 105mm 角のスギ柱を使った仕様と、愛知県三河地域における地場の工務店で標準的に使用されることの多い 120mm 角のヒノキ柱を使った仕様とした。さらに耐力壁の壁倍率の数字に幅を持たせることを期待し、釘仕様にもバリエーションを設けた。大壁一間タイプ試験体概略、大壁半間タイプ試験体概略、真壁半間タイプ試験体概略を図-3,4,5 に示す。

梁はスギ(梁背 180mm)、土台はヒノキを用い、柱についてはスギあるいはヒノキを用いた。軸組材寸法については 105mm 角(断面寸法 105×105mm)あるいは 120mm 角(断面寸法 120×120mm)を用いた。仕口は短ほぞ加工に N90 釘 2 本打ちとし、ホールダウン金物で補強した。

面材はスギ2層パネルとし、いずれも貼付け面は1層目を横使い面、2層目が縦使い面とし2層目が軸組材に接触する貼り方とした(写真-4)。大壁式においてはパネル1枚あたりの寸法を 910×2,730mm とし、一間タイプには継手間柱(断面寸法 90×90mm)を継手とし、パネル2枚を各種釘で軸組材に留め付けた。半間タイプは1枚を各種釘で軸組材および間柱に留め付けた。真壁式においてはパネル寸法 787×2,622mm(幅および長さのクリアランスを 3mm とした)とし、受材(見付 45mm×奥行き 60mm)を介して各種釘で軸組材に留め付けた。試験体数は3体もしくは1体とした。各試験体に用いた軸組材の密度および含水率を表-4 に示す。なお、含水率については全乾法により算出した。また、それぞれのタイプにおいて、試験体に用いた各軸組材の密度は、試験体間でのばらつきが少なくなるよう考慮した。

#### (2) 試験方法

耐力壁の水平せん断性能の試験として、(公財)日本住宅・木材技術センターが定める「木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書」(2008)に準じ、無荷重の柱脚固定式にて試験を行った。加力方法は正負交番繰り返し加力とし、みかけのせん断変形角を 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad 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。

表-3 試験体仕様一覧

壁体仕様	タイプ	釘仕様	軸組寸法	柱樹種	試験体数
大壁	一間	N65@150mm以下	105mm角	スギ	3
		N65@100mm以下			1
		CN65@100mm以下			1
		N75@100mm以下			1
	半間	N65@75mm以下	105mm角	スギ	1
		CN75@100mm以下			3
真壁	半間	CN90@100mm以下	120mm角	ヒノキ	3
		CN75@100mm以下			3
		CN50@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)			1
	半間	CN65@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)	120mm角	ヒノキ	3
		CN75@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)			3

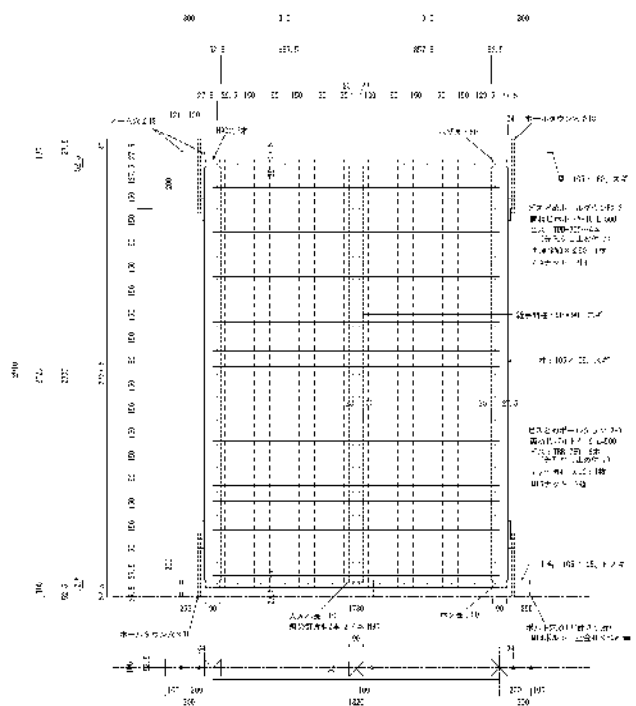


図-3 大壁一間タイプ試験体概略(N65@150mm)

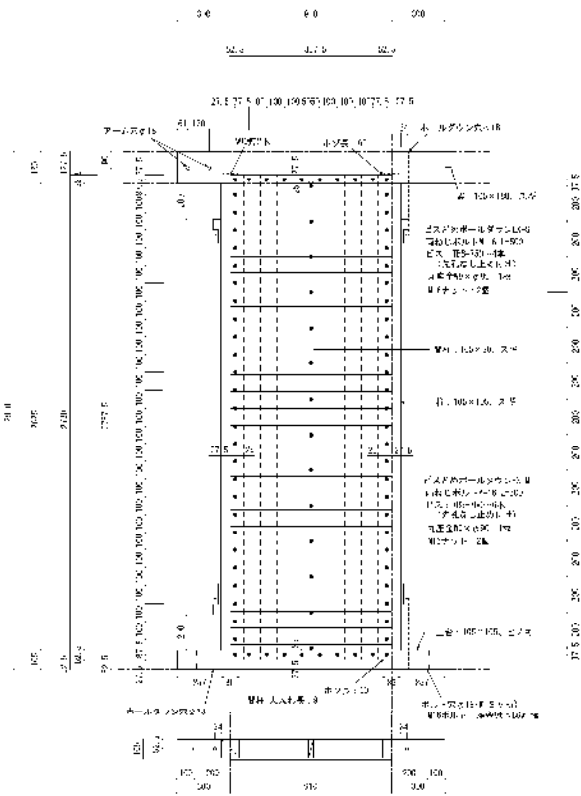


図-4 大壁半間タイプ試験体概略 (CN75, CN90@100mm)

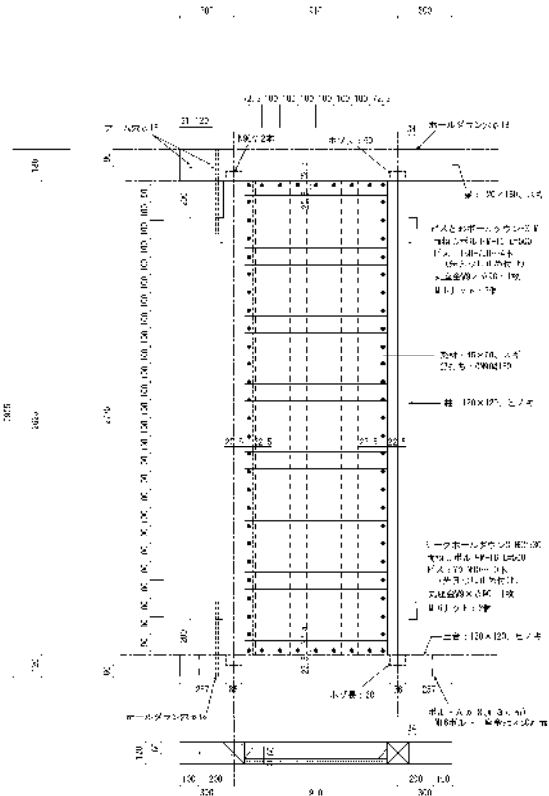


図-5 真壁半間タイプ試験体概略 (CN50, CN65, CN75@100mm)

表-4 試験体各仕様の軸組材の密度および含水率

壁体仕様	タイプ	釘仕様	試験体数	梁 (スギ)		土台 (ヒノキ)		柱 (スギ)		柱 (ヒノキ)		間柱 (スギ)	
				密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)
大壁	一間	N65@150mm以下	3	0.385	15.4	0.538	16.3	0.417	15.7	—	—	0.420	15.6
		N65@100mm以下	1	0.424	13.6	0.556	14.1	0.423	15.3	—	—	0.432	14.8
		CN65@100mm以下	1	0.418	14.3	0.558	14.8	0.435	16.7	—	—	0.406	14.2
		N75@100mm以下	1	0.413	14.5	0.568	14.0	0.406	15.5	—	—	0.495	15.0
		N65@75mm以下	1	0.417	14.2	0.558	14.8	0.417	16.0	—	—	0.499	16.1
	半間	CN75@100mm以下	3	0.388	13.9	0.501	14.7	0.429	14.6	—	—	0.363	—
		CN90@100mm以下	3	0.411	13.9	0.512	14.1	0.423	14.7	—	—	0.385	—
真壁	半間	CN75@100mm以下	3	0.408	14.1	0.491	14.0	—	—	0.479	14.2	0.401	—
		CN50@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)	1	0.379	14.3	0.452	15.2	—	—	0.552	14.8	—	—
		CN65@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)	3	0.411	14.6	0.503	14.2	—	—	0.501	14.7	—	—
		CN75@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)	3	0.420	14.3	0.489	14.5	—	—	0.505	14.7	—	—

試験体数3体のものについては平均値を示す。また、含水率については全乾法により算出した。

### III 結果と考察

#### 1. スギ2層パネルの接合具一面せん断性能

接合具一面せん断試験から得られたデータについて PickPoint (軽部ら 2001) 完全弾塑性化モデルに基づき、接合具1本あたりのせん断耐力、剛

性等について算出した結果を表-5に示す。なお、この試験の目的がスギ2層パネル耐力壁の高耐力仕様に向けての接合具の検索、主材の樹種および2層パネルの貼り付け面の検討であることから、壁倍率性能評価に用いる試験特性値について算出した。ここで、各試験特性値については、信頼水

準 75%の 50%下限許容限界値として算出した。

全体として試験特性値である最大荷重の指標： $2/3P_{max}$ 、降伏耐力： $P_y$ 、靱性の指標： $P_u \times 0.2/D_s$ を比較すると、いずれの試験体区分においても降伏耐力  $P_y$  が最小値となっていた。壁倍率性能評価については各試験特性値のうち最小のものを短期基準せん断耐力として採用し、壁倍率を算出することから、ここではこの降伏耐力  $P_y$  について着目する。結果として以下の関係となっていた。

①接合具 耐力壁ビス<CN75<CN90

②主材樹種 スギ<ヒノキ

③側材貼付け面 繊維直交方向接触<繊維平行方向接触

ここで、繊維直交方向接触とは、主材に接するパネル 2 層目が加力方向に対して繊維が直交している場合、繊維平行方向接触とは、主材に接するパネル 2 層目が加力方向に対して繊維が平行している場合である。

①接合具については、 $P_y$  だけでなく  $2/3P_{max}$  および  $P_u \times 0.2/D_s$  についても同様の大小関係であった。耐力壁用ビスについて、今回用いたものは主材にかかる有効長が 21mm となり（ビスの全長 41mm から側材であるスギ 2 層パネルの厚さ 20mm を除く）、2 種の太め鉄丸釘と比べて短いため、ビスの引抜けが早くせん断耐力として低い結

果となったと考えられる。同時に太め鉄丸釘については CN75 に比べ CN90 が有効長および径の太さも大きい。破壊性状としてはパンチングアウトがみられなかったことから、今回のスギ 2 層パネル厚さ 20mm を側材とする場合については、より主材への有効長かつ径の太い CN90 が優位であったと考えられる。

②主材樹種については、 $P_y$  だけでなく  $2/3P_{max}$  および  $P_u \times 0.2/D_s$  についても同様の傾向であった。これは密度の違いがヒノキでより高いためせん断耐力が上昇したと考えられる。

③側材貼付け面については、繊維平行方向接触でより高い結果となった。スギ無欠点小試験体における釘の面圧試験から繊維平行方向加力が繊維直交方向加力に対し最大応力が有意に高い結果となっている（釜田・鈴木 2016）。その異方性による違いが釘のせん断耐力への発現機構に影響しているのではないかと考えられる。

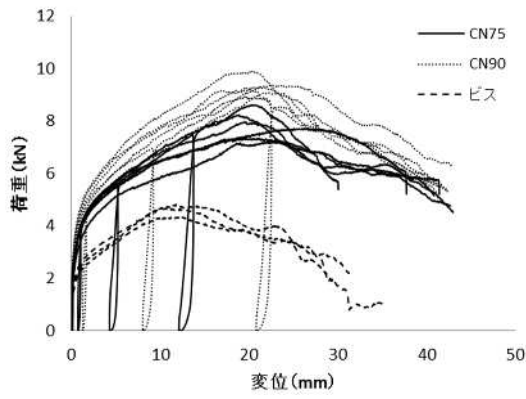
一面せん断試験の変位－荷重曲線について、各接合具での比較を図－6 に示す。前述のとおり、荷重変位曲線が耐力壁ビス<CN75<CN90 の傾向となっていることがわかる。

続いて一面せん断試験の変位－荷重曲線について、側材の貼付け面での比較（接合具 CN75、CN90）を図－7 に示す。このグラフから側材の貼付け面

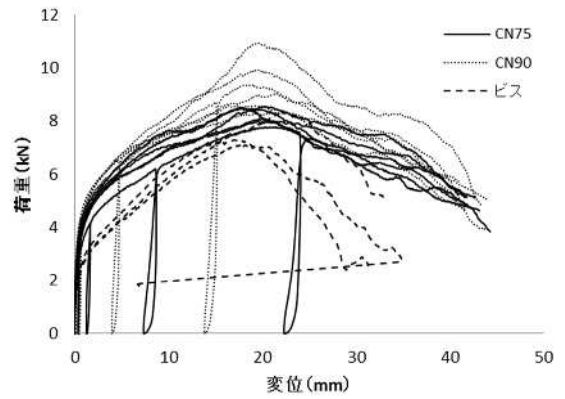
表-5 接合具一面せん断試験における試験特性値等一覧（接合具 1 本あたり）

接合具	主材樹種	側材貼付け面	n	K (kN/mm)	P <sub>max</sub> (kN)	2/3P <sub>max</sub> (kN)	P <sub>y</sub> (kN)	P <sub>u</sub> ×0.2/D <sub>s</sub> (kN)	P <sub>u</sub> (kN)	D <sub>s</sub>	δ <sub>v</sub> (mm)	δ <sub>u</sub> (mm)
CN75	スギ	繊維平行方向接触	6	1.02	3.08	2.05	1.71	2.58	2.70	0.209	1.05	12.52
		繊維直交方向接触	6	1.13	3.33	2.22	1.68	2.52	2.96	0.235	1.03	9.81
	ヒノキ	繊維平行方向接触	6	1.20	3.25	2.17	1.81	2.97	2.86	0.192	0.93	13.08
		繊維直交方向接触	5	1.09	3.49	2.32	1.69	2.49	3.05	0.245	1.09	9.65
CN90	スギ	繊維平行方向接触	6	1.05	3.68	2.45	1.96	2.85	3.18	0.223	1.19	12.51
		繊維直交方向接触	6	1.33	3.53	2.35	1.81	2.90	3.09	0.213	0.92	10.62
	ヒノキ	繊維平行方向接触	6	1.37	3.64	2.42	2.01	3.22	3.19	0.198	0.93	12.33
		繊維直交方向接触	6	1.36	3.71	2.47	1.82	2.99	3.24	0.216	0.94	10.55
耐力壁ビス	スギ	繊維平行方向接触	3	1.05	1.80	1.20	0.91	1.70	1.56	0.184	0.59	9.03
		繊維直交方向接触	3	1.26	1.82	1.22	0.94	1.90	1.60	0.168	0.50	9.15
	ヒノキ	繊維平行方向接触	3	0.53	2.90	1.94	1.32	1.58	2.46	0.312	1.84	10.32
		繊維直交方向接触	3	0.89	2.80	1.87	1.29	1.92	2.39	0.249	1.07	9.17

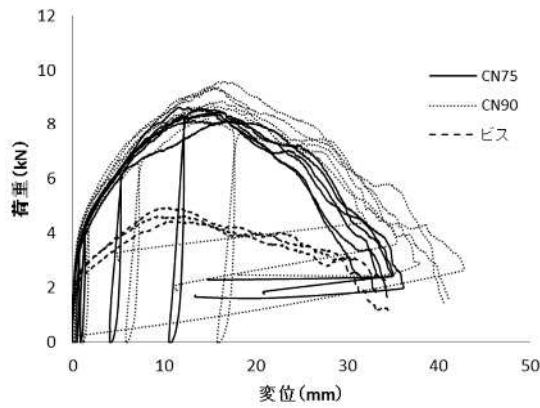
n：試験体数，K：剛性，P<sub>max</sub>：最大耐力，P<sub>y</sub>：降伏耐力，P<sub>u</sub>：終局耐力，D<sub>s</sub>：構造特性係数，δ<sub>v</sub>：降伏点変位，δ<sub>u</sub>：終局変位  
D<sub>s</sub>，δ<sub>v</sub>，δ<sub>u</sub>は平均値を示す。それ以外は信頼水準75%の50%下限許容限界値[平均値×(1-CV×k)]を示す。なおkは信頼限界係数である。



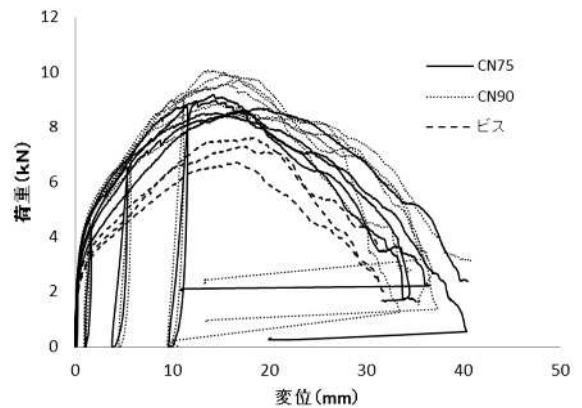
主材スギー側材繊維平行方向接触



主材ヒノキー側材繊維平行方向接触

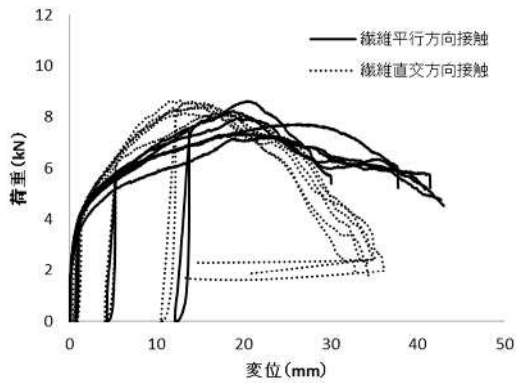


主材スギー側材繊維直交方向接触

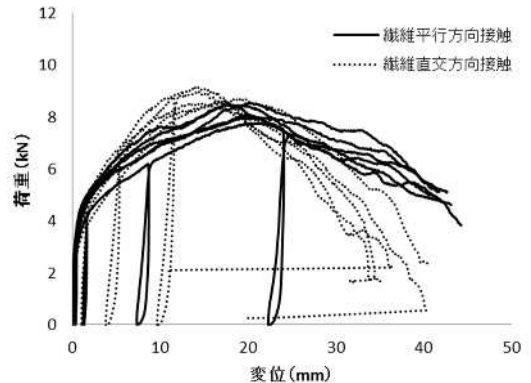


主材ヒノキー側材繊維直交方向接触

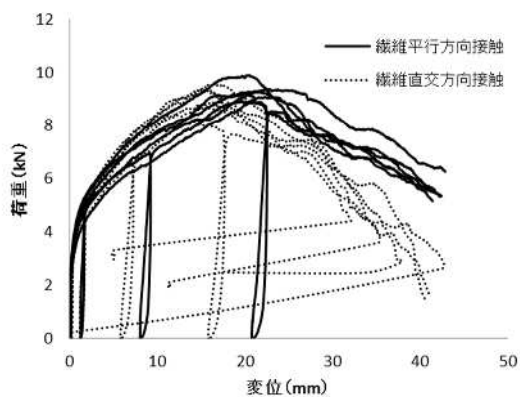
図-6 一面せん断試験の荷重-変位曲線（各接合具比較）



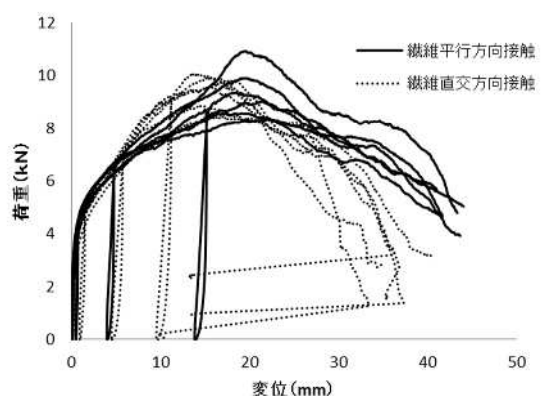
主材スギーCN75



主材ヒノキーCN75



主材スギーCN90



主材ヒノキーCN90

図-7 一面せん断試験の荷重-変位曲線（側材貼り付け面の比較）

の違いによって最大荷重に到達する変位が、釘種および主材の樹種によらず繊維直交方向接触で繊維平行方向接触に比べて小さい傾向となっていた。これも前述のとおり繊維平行方向への加力と繊維直交方向での加力による異方性の違いが影響しているためではないかと考えられる。

以上のことからスギ2層パネル耐力壁の仕様としては、接合具にCN90、軸組材としてはヒノキ、スギ2層パネルは表面に横使い面、裏面に縦使い面がくるように軸組材に縦使い面が接触するように釘で留め付けることにより高耐力が期待できると考えられた。

## 2. スギ2層パネル耐力壁の水平せん断性能

各試験体での壁倍率評価一覧を表-6に示す。また、大壁一間タイプ耐力壁、大壁半間タイプ耐

力壁、真壁半間タイプ耐力壁におけるみかけのせん断変形角と荷重の関係を図-8、9、10に示す。

みかけのせん断変形角-荷重曲線から、完全弾塑性化モデルを用いて壁倍率評価の試験特性値（降伏耐力： $P_y$ 、靱性の指標： $P_u \cdot (0.2/D_s)$ 、最大荷重の指標： $2/3P_{max}$ 、特定変形角(1/120rad)時の耐力： $P_{(1/120)}$ ）を求めた。各試験特性値の平均にばらつき係数をかけ最小値（倍率決定因子）となったものを短期基準せん断耐力とし、ここでは低減係数0.85をかけ短期許容せん断耐力とし、壁倍率を係数(=1.96)および壁の長さで除して求めた。

表-6 壁倍率評価一覧

壁体仕様	タイプ	釘仕様	軸材寸法	柱樹種	試験体No.	$P_y$ (kN)	$P_u \cdot (0.2/D_s)$ (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$P_{(1/120)}$ (kN)	倍率決定因子	低減係数	$P_a$ (kN)	壁倍率				
一間	大壁	N65@150mm以下	105mm角	スギ	1	13.08	11.13	14.79	12.07	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	9.52	2.66				
					2	11.81	11.53	14.76	11.87								
					3	11.34	11.22	13.91	11.36								
					平均	12.08	0.965	11.29	0.991					14.49	0.984	11.77	0.985
	1	19.86	17.26	24.84	19.35	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	17.26	(4.11)								
	1	19.16	14.36	20.14	19.77	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	14.36	(3.42)								
	1	22.75	19.16	28.4	20.47	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	19.16	(4.56)								
	1	19.15	22.22	21.8	24.14	$P_y$	0.85	19.15	(4.56)								
	1	10.24	8.36	12.76	8.63	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	7.40	4.15								
	2	11.48	9.06	14.82	9.49												
3	11.44	9.56	14.66	9.86	平均	11.05	0.970	8.99	0.968	14.08	0.962	9.33	0.968				
半間	大壁	CN75@100mm以下	105mm角	スギ	1	12.15	9.00	15.38	8.87	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	7.62	4.27				
					2	10.81	8.90	14.43	9.41								
					3	10.69	9.23	13.94	9.65								
					平均	11.22	0.966	9.04	0.991					14.58	0.976	9.31	0.980
	1	11.85	9.74	15.34	10.19	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	8.14	4.56								
	2	11.56	9.35	15.54	9.41												
	3	12.81	10.31	17.24	10.41	平均	12.07	0.974	9.80	0.977	16.04	0.969	10.00	0.975			
	1	10.49	8.35	14.1	8.44	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	8.35	(3.97)								
	1	12.77	9.33	16.42	9.25	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	7.95	4.45								
	2	13.1	9.42	17.07	9.84												
3	14.03	9.39	17.67	9.48	平均	13.30	0.977	9.38	0.998	17.05	0.983	9.52	0.985				
真壁	半間	CN75@100mm以下 (受材CN90@150mm以下)	120mm角	ヒノキ	1	11.69	8.80	16.26	9.69	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	0.85	7.52	4.21				
					2	12.64	9.40	17.07	10.12								
					3	11.88	8.81	16.91	10.35								
					平均	12.07	0.980	9.00	0.982					16.75	0.988	10.05	0.984

$P_y$ ：降伏耐力、 $P_u \cdot (0.2/D_s)$ ：終局耐力 $\times$ (0.2/構造特性係数)、 $2/3P_{max}$ ：最大荷重の2/3、 $P_{(1/120)}$ ：1/120ラジアン時の荷重、ばらつき係数： $1-CV \times 0.471$ 、 $CV$ ：変動係数

$P_a$ ：短期許容せん断耐力、壁倍率= $P_a/1.96L$ ( $L$ =壁長)、( )内はばらつき係数を考慮していない参考値



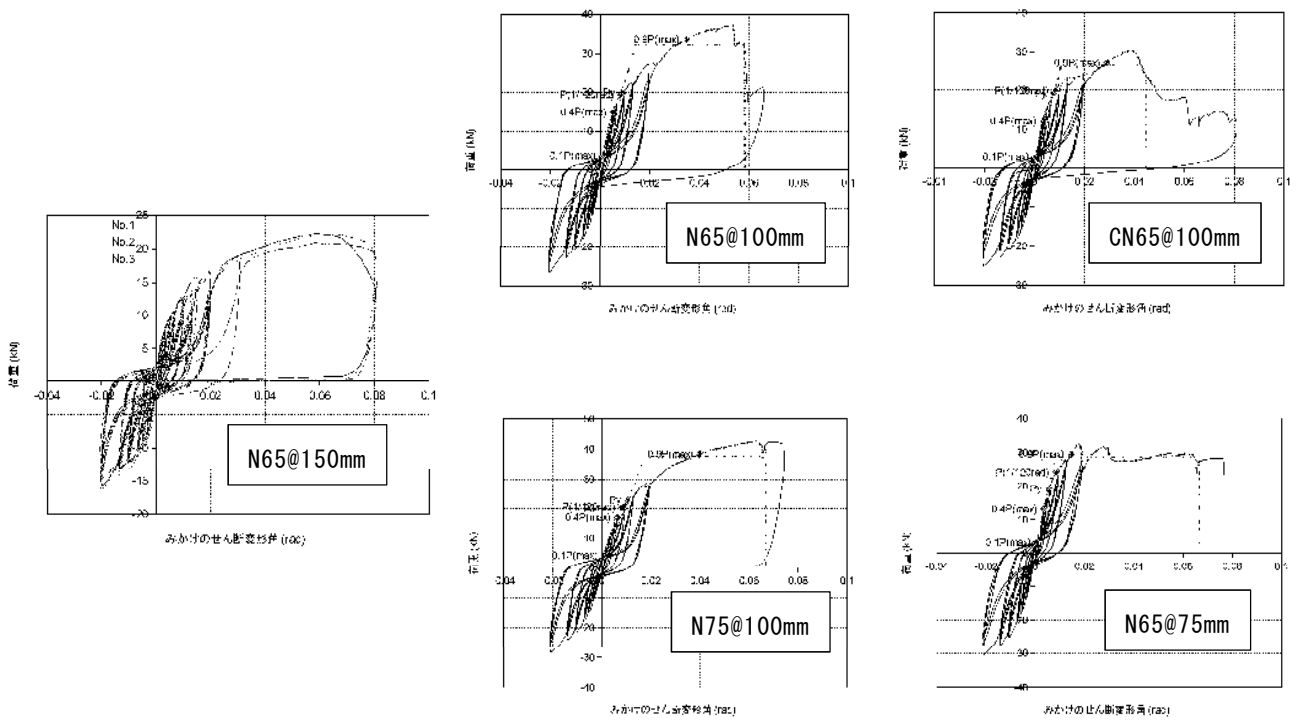


図-8 大壁式一間タイプ耐力壁のみかけのせん断変形角と荷重の関係

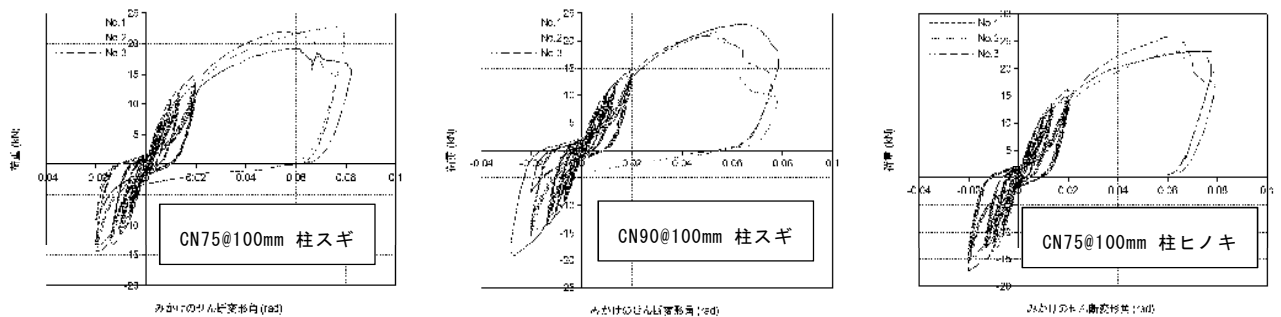


図-9 大壁式半間タイプ耐力壁のみかけのせん断変形角と荷重の関係

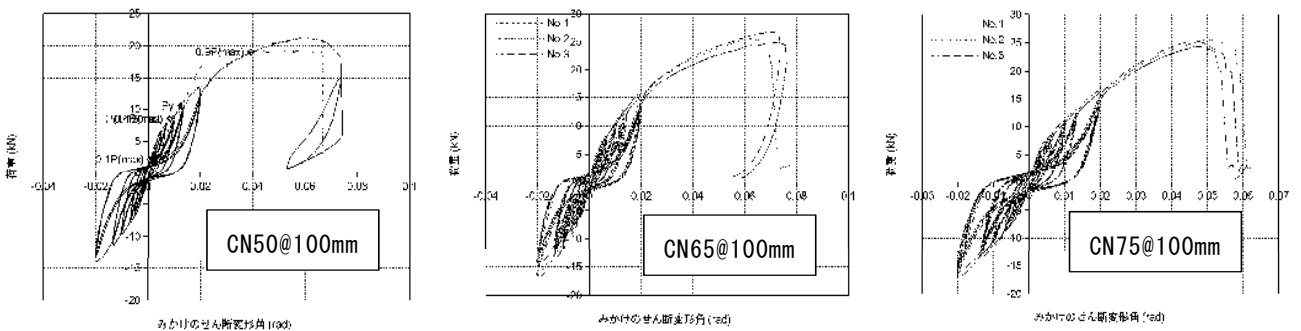


図-10 真壁式半間タイプ耐力壁のみかけのせん断変形角と荷重の関係

倍率決定因子については、大壁一間タイプの N65@75mm 試験体を除いて、靱性の指標である  $Pu \cdot (0.2/Ds)$  であった。青木ら (2008) は 24mm 厚物構造用合板における水平せん断性能を評価した事例において 1/15rad 付近の変形角で最大荷重に到達する場合には、1/15rad 以下の部分で評価する「木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書」に従った場合は特に終局荷重時変位が過小評価されるために塑性率が小さくなり、 $Pu \cdot (0.2/Ds)$  が小さく評価され、それによって倍率が決定されてしまうと述べており、今回のスギ 2 層パネル厚さ 20mm の試験においても同様に 1/15rad (0.0667rad) 付近あるいはその手前で最大荷重となっているケースが多く、その評価の特性状から  $Pu \cdot (0.2/Ds)$  で決定される傾向にあったと考えられる。以下にそれぞれのタイプ別での結果を示す。

#### ①大壁式一間タイプ

まず標準的な釘仕様として N65@150mm を 3 体実施し、その後、高耐力仕様探索のため釘仕様を変化させた 4 仕様 (各 1 体、計 4 体) の試験を実施した。結果として釘仕様 N65@150mm の試験体については壁倍率 2.66 が得られた (写真-4、5)。これは軸組住宅でよく使用される告示 1100 号仕様の構造用合板厚さ 9mm の壁倍率 2.5 倍の同等以上である。なお破壊性状は釘の引抜けであった (写真-6)。その後、高耐力仕様を目指して釘種や釘

ピッチを変更し N65@100mm、CN65@100mm、N75@100mm、N65@75mm を各 1 体ずつ実施した。N65@100mm、CN65@100mm、N65@75mm 試験体では、面材に使用したスギ 2 層パネル自体の接着層での剥がれによりパネル自体の板材相互間のすべりや破断が生じたため荷重低下がおきた (写真-7、8、9)。これはパネルの接着プレス時に接着剤を塗布してからプレス機で圧縮するまでの堆積時間が長かったこと、そしてプレスでの圧縮時間が諸事情により 1 時間確保できないものもあったことが原因だと考えられる。より堆積時間が短かったパネルを使用した試験体 N75@100mm については、パネル自体の変形はなく、破壊性状は 1/15rad 程度で釘の引抜けによる荷重低下であった。この結果より、本試験体ではパネルの接着不良は生じていなかったと考えられる。以降の試験においては堆積時間をより短く、プレスの圧縮時間を 1 時間以上確保することでパネル自体の接着不良が生じない工程とした。なお、標準的な仕様の N65@150mm パネルでは接着面での剥がれなど不具合はなかった。釘仕様 N75@100mm 試験体では壁倍率が 4.56 (参考値) であり、N65@150mm と比較して 1.7 倍の壁倍率となった。これは釘量および釘の有効長および径が長く全体の釘のせん断抵抗力が増加したためと考えられる。この仕様においてどのスギ 2 層パネルにおいても釘のパン



写真-4, 5 N65@150mm 試験体水平加力前後



写真-6 釘の引抜け状況



写真-7, 8, 9 パネル板材相互間すべりの状況 (左、中央 : CN65@100mm、右 : N65@75mm)

チングアウトがほぼ見受けられなかったことから、さらなる高耐力仕様も可能ではないかと考えられた。

#### ②大壁式半間タイプ

接合具の一面せん断試験の結果を踏まえ、高耐力仕様の実証として3仕様を実施した(写真-10)。壁倍率として CN75@100mm (柱スギ) で 4.15、CN90@100mm (柱スギ) で 4.27、CN75@100mm (柱ヒノキ) で 4.56 の数字が得られた。破壊性状としては、みかけのせん断変形角が 0.06rad 前後の大変形時において、CN75@100mm (柱スギ) および CN90@100mm (柱ヒノキ) ではそれぞれ試験体3体中2体において、CN75@100mm (柱ヒノキ) は試験体中1体において、引張側柱脚部で

ホールダウン金物のビスによる柱の割裂に起因する荷重低下がみられた(写真-11、12)。一間タイプ試験体に比べると半間タイプでは柱に大きな引抜き力が働くため、高耐力仕様ではこのような破壊性状のものも見受けられた。なお、パネルにおける釘のパンチングアウトは、ほぼ見受けられなかった。軸組材の樹種での比較として CN75@100mm (柱ヒノキ) は CN75@100mm (柱スギ) と比べて壁倍率は 1.1 倍程度となった。これは樹種による密度の違いが影響していると考えられ、スギ2層パネルの耐力壁で、より高倍率を期待するためには、軸組材にヒノキを用いるのが効果的であることがわかった。また、土台においてはヒノキを用いており、柱にもヒノキを使うこ



写真-10 CN75@100mm (柱スギ)  
試験体 1/15rad 時状況



写真-11 柱割裂状況  
CN75@100mm (柱スギ) 1 体目



写真-12 柱割裂状況  
CN90@100mm (柱スギ) 3 体目

とにより全体の釘せん断抵抗力のバランスも向上する効果もあるのではないかと推察される。

### ③真壁半間タイプ

間仕切り壁での使用およびあらかしでの使用を想定して真壁タイプの試験を3仕様で実施した(写真-13,14)。また、真壁式では柱頭柱脚へ大きな引抜き力が発生すると想定されるため、柱脚側のホールダウン金物をシークホールダウンC-HD230(株カナイ製)とした。壁倍率はCN50@100mmで3.97(参考値)、CN65@100mmで4.45、CN75@100mmで4.21となった。CN75@100mm試験体では、みかけの変形角が0.05rad付近において急激な荷重低下がみられるが、これは引張側の柱脚部においてホールダウン金物の溶接部が破断したためである(写真-15)。またCN65@100mm試験体においても3体中1体がこのケースであったが、ホールダウンの破断が1/15rad(0.0667)付近であったため壁倍率評価への影響はほとんどなかった。このことから釘仕様がCN75@100mm試験体はCN65@100mm試験体より壁倍率が低い結果となっている。(公財)日本住宅・木材技術センター(2017)では、面材張り真壁の抵抗要素は面材釘と受材釘の直列バネおよび面材の隅角部の木口と横架材の圧縮による圧縮

筋交い効果のモデルで説明されるとしている。本試験ではスギ2層パネルの木口による土台および梁のめり込みが観察され(写真-16)、それだけ柱脚部へ大きな引抜き力が発生していた。このため、真壁式においてはCN75@100mm(受材CN90@150mm)以上の強い釘仕様にすることは、より引抜き耐力の高いホールダウン金物により緊結する必要があると考えられる。

## IV まとめ

本研究では薄板材の有効利用に着目し、スギ板材を用いて直交積層した2層パネルによる耐力壁の水平せん断性能評価を行った。大壁仕様および真壁仕様においてはその釘仕様を変えることによりそれぞれ壁倍率2.66~4.56(低減係数0.85)、3.97~4.45(低減係数0.85)となり、スギ2層パネル耐力壁は木造軸組住宅において耐力壁として十分使用可能である性能を有することが示された。また、釘仕様の選択により壁倍率を調整できるため、実際の住宅の間取りにあわせた柔軟な使い方が可能であると考えられる。

半間タイプでの大壁式、真壁式の高耐力仕様では柱脚部分でのホールダウン金物の留め付けビスによる柱材の割裂あるいはホールダウン金物自体



写真-13、14 真壁 CN65@100mm 試験体水平加力前後の状況



写真-15 CN75@100mm  
ホールダウン破断状況



写真-16 パネル木口の土台へのめり込み  
(GN75@100mm)

の破断が見受けられた。住宅においては屋根の重さや建物そのものの重さなどの鉛直荷重が、柱脚部の引抜き力を押える側に働くと考えられるが、これら高耐力仕様においては柱脚部への引抜き力を十分考慮したホールダウン金物を用いる必要があると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、名古屋大学大学院環境学研究科古川忠稔准教授にアドバイザーとしてご指導頂き実施した。また、接合部の一面せん断試験において国立研究開発法人森林総合研究所構造利用研究領域杉本健一氏に多大なご協力を頂いた。また、スギ2層パネルの製作工程においてはアサイウッドマテリア株式会社、株式会社杉生、株式会社今泉工業にご協力を頂いた。試験体の仕様については新城木材青壮年会、愛知建築士会木塾の方々にアドバイスを頂いた。関係者の方々には、ここに厚くお礼を申し上げます。

#### 引用文献

青木謙治、杉本健一、神谷文夫、谷川信江 (2008) 厚物構造用合板を用いた床勝ち仕様耐力壁の水平せん断性能. 木材工業 63-1 : 19-23  
釜田淳志、鈴木祥仁 (2016) スギ材における釘面

圧試験について—耐力壁の釘接合部における強度の検討—. 2016年度日本木材学会中部支部大会講演要旨集 27 : 22-23

軽部正彦、原田真樹、林知行(2001) 荷重変形曲線のモデル化とその問題点共有のための提案 特徴点抽出の自動化ツールについて. 日本建築学会学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ 2001/09 : 215-216

中田欣作 (2015) 補強板をねじ留めしたスギ板壁耐力壁の水平加力試験. 奈良県森技セ研報 44 : 49-58

日本住宅・木材技術センター (2008) 木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書 Rev.3.0

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. 219-220

日本建築学会 (2010) 木質構造基礎理論. Pp340 : 125

柴田寛、森田浩也、桐林真人、西村臣博、川上敬介 (2013) 県産材と伝統技術を有効に活用した住宅用耐力壁の開発. 鳥取県林試業報 : 23-24

山内仁人、伊東嘉文、吉田孝久、橋爪丈夫 (2012) 長野県産材による耐力壁の開発. 長野県林総セ研報 26 : 85-118