

平成 21 年度林野庁補助事業 2×4住宅部材の開発事業

「スギ等国産材合板による高強度耐力壁の開発」
事業成果報告書

平成 23 年 2 月 28 日

全国木材協同組合連合会
東京合板工業組合

1. 目次

まえがき	1
委員名簿	2
1. 目的	3
2.全体計画	3
2.1 予備試験	3
2.2 耐力壁の評価試験	3
2.3 事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験	3
2.4 開発した耐力壁の耐力評価	3
3. 開発成果	3
(1) 開発成果の概要	3
(2) 各試験の結果	6
1) 予備試験の結果	6
2) 評価試験の結果	40
3) 事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験の結果	52
まとめ	59

まえがき

枠組み壁工法における国産材使用率を上げるには、枠組材に関して北米材から国産材への転換のほかに、壁・床・屋根下地として使用している合板を国産材合板に転換することが有効である。国産材で製造した構造用合板は、床・屋根については特に支障なく使用できるが、耐力壁については JAS2 級であることから倍率が 3.0 であり、1 級のラワン合板を張った倍率 3.5 の耐力壁より設計が厳しくなるのが現状である。

本事業では、枠組み壁工法における国産材使用率を上げるため、もっとも強度が低いオールスギ構造用合板を使用して、倍率 4 程度の高強度耐力壁を開発することを目的とした。

また別紙のような国産針葉樹（地域材）合板を活用した 2×4 工法住宅部材の高強度耐力壁開発のための「2×4 工法住宅部材開発委員会」を組織し、本事業を実施した。委員として技術開発に取り組んでいただいた（社）日本ツーバイフォー建築協会、大学、関係研究機関各位を始め、多くの関係者の方々に多大のご協力を賜りましたことに対して深く感謝いたします。

平成 23 年 2 月

東京合板工業組合
理事長 井上篤博

国産針葉樹(地域材)合板を活用した2×4工法住宅部材の高強度耐力壁開発のための「2×4工法住宅部材開発委員会」委員会

- | | | |
|----------|--------|---|
| 委員 | 神谷 文夫 | セイホク株式会社 技師長
(独)森林総合研究所 フェロー |
| 委員 | 相馬 智明 | 東京大学大学院 農学生命科学研究科
木質材料科学研究室助教 |
| 委員 | 杉本 健一 | 独立行政法人 森林総合研究所 構造利用研究領域
木構造住居環境研究室 室長 |
| 委員 | 清野 明 | (社)日本ツーバイフォー建築協会
技術開発委員会 委員長 |
| 委員 | 谷川 信江 | セイホク株式会社 スーパーバイザー |
| 技術アドバイザー | | |
| | 洪沢 龍也 | (独) 森林総合研究所 複合材料研究領域
複合化研究室 室長 |
| | 青木 謙治 | (独) 森林総合研究所 構造利用研究領域
木質構造居住環境研究室 主任研究員 |
| オブザーバー | | |
| | 川喜多 進 | 日本合板工業組合連合会 専務理事 |
| 事務局 | | |
| | 石川 高 | 東京合板工業組合 |
| | 佐々木 祐子 | 東京合板工業組合 |
| | 荒澤 恵美 | 東京合板工業組合 |

1. 目的

住宅の高質化に伴い、より高い耐震性の確保が求められている。枠組壁工法壁の耐震性の基幹をなす構造用合板張り耐力壁は、ラワン材を原料とする1級の合板を張った場合は倍率3.5の耐震強度が与えられているものの、国産針葉樹を原料とする構造用合板2級を張った場合はそれより低い倍率3.0の強度となっている。

本事業では、枠組壁工法においてより多くの国産材を活用するとともに、その耐震性を高めるため、国産材合板の厚さ、釘の種類と間隔等を変えることにより、倍率3.5を超える高強度耐力壁を開発するとともに、大臣認定を取得することを目的とする。

2. 全体計画

2.1 予備試験

大臣認定取得には、指定評価機関において強度試験を行い性能評価書を発行してもらうことが必要である。指定評価機関における試験の実施と評価書の発行にはある程度の費用がかかる。そのため、構強度の耐力壁の開発では、開発のためもさることながら、設計した耐力壁については予め予備試験を実施して、その強度性能を確認する必要がある。

また、枠組壁工法における国産材合板の利用法として、住宅用耐力壁以外に、規模の大きな公共建物やこれから発展が期待されている中層木造建築物がある。このため、大臣認定を取得する5倍が限度の住宅用耐力壁以外に、これを対象としたさらに高強度の耐力壁についても開発を行った。

2.2 耐力壁の評価試験

予備試験の結果を基に、評価を受ける耐力壁を選定し、指定評価期間において評価を受けた。

2.3 事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験

耐力壁の事故的水濡れと長期使用による耐力低下を評価するために、釘頭貫通試験と釘側面抵抗試験を行った。

2.4 開発した耐力壁の耐力評価

「耐力壁の評価試験」の結果と、「事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験」の結果から、大臣認定により得られる耐力を予測した。

低減係数は、施工精度による低減係数を0.95、事故的水濡れと耐久性を考慮した低減係数による強度低下と耐久性評価試験」

3. 開発成果

(1) 開発成果の概要

大臣認定取得耐力壁については、釘種類と釘間隔変えた耐力壁3仕様を設計した。また、

公共建物・中層木造建築物用耐力壁として4仕様を設計した。合計7仕様の設計した耐力壁について、東京大学にて予備試験を行った。試験結果を表1に示す。

表 1. 予備試験の結果

樹種	合板		釘		倍率	決定因子
	厚さ (mm)	張り方	種類	間隔 (mm)		
オールスギ	12	片面	CN50	75-200	3.74	P(1/120)
	12			50-100	4.95	P(1/120)
	24		CN75	100-200	5.17	P(1/120)
	12	両面	CN50	75-200	7.24	$P_u/D_s*0.2$
	12			50-200	7.37	P_y
	12	ミッドプライ	CN75	100	*	*
	12			50	5.99	$P_u/D_s*0.2$

注) 倍率は $\alpha=1$ とした値

*は終局まで加力不能のため未評価

予備試験の結果、大臣認定を受ける耐力壁として4仕様を選定し、(財)日本住宅木材技術センターにて評価試験を受けた。結果を表2に示す。

表 2. 評価試験の結果

樹種	合板		釘種類	釘間隔 (mm)	倍率
	厚さ (mm)	張り方			
オールスギ	12	片面	CN50	50-200	6.1
				100-200	4.2
			CN65	75-200	5.2
				50-200	6.1

注) 倍率は低減係数をかける前の値

「事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験」を(財)ベターリビングに委託して行った。結果を表3に示す。

表 3. 事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験の結果

試験	方向	処理A	処理B
		無処理	無処理
釘頭部引き抜き	-	1.019	0.964
釘側面抵抗	繊維に平行	0.971	1.026
	繊維に直交	0.920	0.869

処理A: 20±3°Cの水中に72時間浸せき後、20±2°C、65±5%RHの雰囲気にて恒量(重量変動が0.1%以内)に達するまで静置

処理B: 「20±3°Cの水中に4時間浸せき→60±3°Cにて乾燥」のサイクルを2回繰返した後、20±2°C、65±5%RHの雰囲気にて48時間静置

「耐力壁の評価試験」の結果と、「事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験」の結果から、大臣認定により得られる耐力を予測した。

低減係数は、施工精度による低減係数を 0.95、事故的水濡れと耐久性を考慮した低減係数を 0.89 とすれば、全体の低減係数は 0.84 となる。この結果、CN65@75-200 の仕様は 4.4 倍程度、CN50@50-200 と CN65@50-200 の仕様は倍率 5 程度となり、本事業の目標を達成したことになる。

(2) 各試験の結果

1) 予備試験の結果

<h2>試験成績書</h2>	
平成22年11月19日 東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室 教授 安藤直人	
1. 件名	枠組壁工法耐力壁の面内せん断試験
2. 試験概要	<p>[1] 目的 枠組壁工法耐力壁の面内せん断試験を行い、壁倍率の算定を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <p>1) 部材構成：枠組となるたて枠、上枠、下枠および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。</p> <p>2) 枠 組：SⅡグループSPF 204材</p> <p>3) 面 材：構造用合板 厚さ12mmまたは24mm（JAS2級 特類）</p> <p>4) 土 台：Hem-FirまたはD Fir-L 404材</p> <p>5) 桁 : Hem-FirまたはD Fir-L 406材</p> <p>5) 面 材 釘：CN50@50または@75（12mm合板）、CN75@100（24mm合板）</p> <p>5) 試験体数：9体（12mm合板×6体および24mm合板×3体）</p> <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。</p>
3. 試験結果	別紙の通り。（全12ページ）
4. 試験実施場所	東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内 弥生講堂実験棟
5. 試験実施日	2010/10/21, 22, 27, 28, 29 2010/11/4, 5, 10, 11, 12
6. 試験担当者および試験成績書作成者	東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 担当者：相馬智明 作成者：水野裕章

1. 一般事項
2010/11/19

<p>東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室 教授 安藤直人</p>	
1. 件名	<p>枠組壁工法耐力壁の面内せん断試験</p>
2. 試験概要	<p>[1] 目的 枠組壁工法耐力壁の面内せん断試験を行い、壁倍率の算定を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <p>1) 部材構成：枠組となるたて枠、上枠、下枠および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。</p> <p>2) 枠 組：SII グループSPF 204材</p> <p>3) 面 材：構造用合板 厚さ12mmまたは24mm (JAS2級 特類)</p> <p>4) 土 台：Hem-FirまたはD Fir-L 404材</p> <p>5) 桁 : Hem-FirまたはD Fir-L 406材</p> <p>5) 面 材 釘：CN50@50または@75 (12mm合板)、CN75@100 (24mm合板)</p> <p>5) 試験体数：9体 (12mm合板×6体および24mm合板×3体)</p> <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008年版)』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。</p>
3. 試験実施者	<p>東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 教授 安藤直人</p>
4. 試験実施場所	<p>東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内 弥生講堂実験棟</p>
5. 試験実施日	<p>2010/10/21, 22, 27, 28, 29 2010/11/4, 5, 10, 11, 12</p>
6. 試験担当者および試験成績書作成者	<p>東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 担当者：相馬智明 作成者：水野裕章</p>

2. 試験体

表2. 1 試験体仕様

仕様詳細	
試験体数	9体 (12mm合板×6体および24mm合板×3体)
枠組	SIIグループSPF 204材 (ただし24mm合板時404材の柱を使用)
面材	構造用合板 厚さ12mmまたは24mm (JAS2級特類)
土台	Hem-FirまたはD Fir-L 404材
桁	Hem-FirまたはD Fir-L 406材
面材釘	CN50@50または@75 (12mm合板)、 CN75@100 (24mm合板)
接合方法	枠組となるたて枠、上枠、下枠および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。

表2. 2 材料物性値

- ・試験体保管の都合上データは以下の試験体のみ測定した。
- ・試験体名は「合板の厚さ | CNピスの種類 | @外周のビス打ちスパン | 番号」を表わす。
- ・たて枠は壁に向かって左から右に1～5番とした。

試験体部材	12CN50@75No. 3		12CN50@50No. 1		12CN50@50No. 2	
	密度 (g/cm ³)	含水率 (%) (※)	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
合板 左	0.43	7.5	0.44	11.7	0.43	10.5
合板 右	0.45	7.0	0.45	13.0	0.44	11.6
土台	0.52	16.7	0.53	21.7	0.55	19.4
桁	0.56	13.2	0.49	10.7	0.53	24.3
たて枠 1	0.52	17.7	0.42	11.9	0.50	22.5
たて枠 2	0.48	17.6	0.43	12.2	0.49	19.8
たて枠 3	0.48	16.5	測定ミス		0.52	24.6
たて枠 4	0.49	14.9	0.43	13.5	0.50	23.2
たて枠 5	0.49	12.0	0.46	15.6	0.49	27.5
上枠	0.49	22.2	0.47	16.9	0.51	16.4
頭つなぎ	0.43	16.6	0.41	14.8	0.39	16.1
下枠	0.56	24.9	0.43	14.0	0.53	22.3
平均値	0.49	15.6	0.45	14.2	0.49	19.9
標準偏差	0.04	5.2	0.04	3.1	0.05	5.3

試験体部材	12CN50@50No. 3		24CN75@100No. 1		24CN75@100No. 3	
	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
合板 左	0.44	13.6	0.41	10.0	0.43	10.9
合板 右	0.44	15.2	0.42	9.8	0.43	11.2
土台	0.52	25.4	0.59	25.0	0.56	18.9
桁	0.51	19.1	0.54	22.8	0.54	20.6
たて枠 1	0.46	21.0	0.51	19.0	0.49	14.1
たて枠 2	0.42	16.9	0.45	16.4	0.49	21.4
たて枠 3	0.52	22.3	0.52	17.0	0.49	18.8
たて枠 4	0.43	17.6	0.48	17.7	0.49	18.9
たて枠 5	0.49	23.2	0.47	16.4	0.48	14.1
上枠	0.44	16.4	0.48	19.6	0.52	20.2
頭つなぎ	0.53	26.6	0.49	24.9	0.48	16.9
下枠	0.45	20.2	0.56	25.2	0.49	21.6
平均値	0.47	19.8	0.49	18.6	0.49	17.3
標準偏差	0.04	4.1	0.05	5.3	0.04	3.8

※含水率の測定は高周波式含水率計による。
軸材については両端部と中央部の3点の平均値、
合板についてはそれぞれ2か所で6点の平均値を用いた。

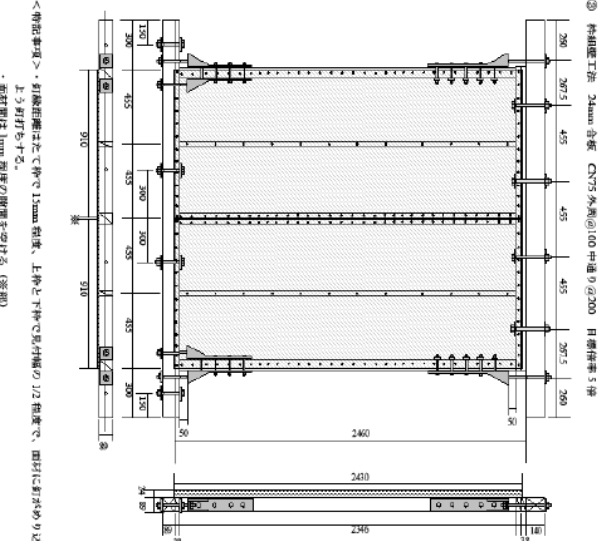
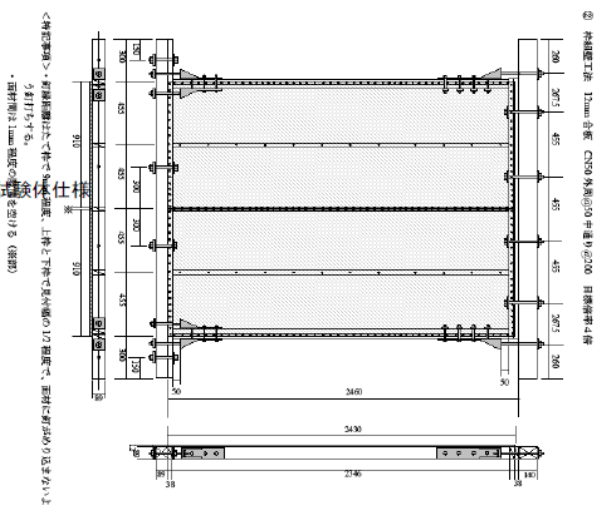
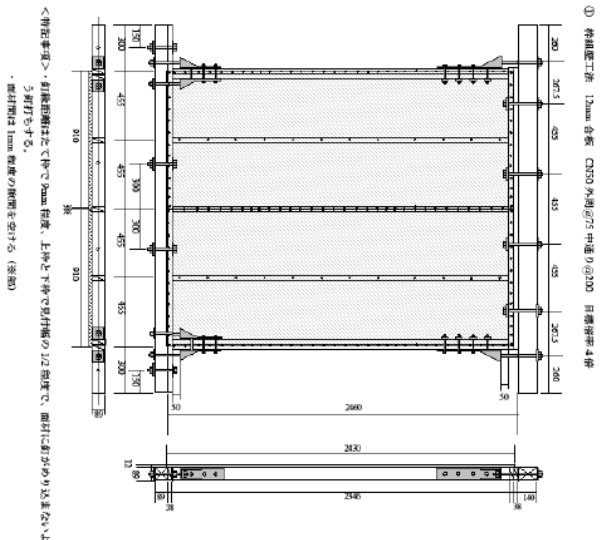


図2.1 各仕様

3. 試験方法

『木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。

- (1) 油圧ジャッキを用いて、加力用の桁に水平に正負交番繰り返し荷重を加えた。無載荷式の試験方法に従い、見掛けのせん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radに至る加力を各段階で3回繰り返した。最大荷重後に荷重がその80%以下となった時点で終了とした。
- (2) 変位は、試験方法に従い変位計DP-1000EとCDP-50（東京測器研究所製）を取り付け、その相対変位を計測し、見掛けと真のせん断変形角を算出した。
- (3) 荷重はロードセル 100kN（東京測器社製）により、検出した。
- (4) 測定した荷重および変位のデータは、データロガーUCAM-65B（共和電業社製）を介してパソコンに取り込んだ。
- (5) 試験終了後、高周波式含水率計にて各部材の含水率を、重量計にて重量を計測した。



図3.1 試験方法

4. 試験結果

(1) 各試験体の荷重—見掛けの変形角曲線を図4. 1に示す。

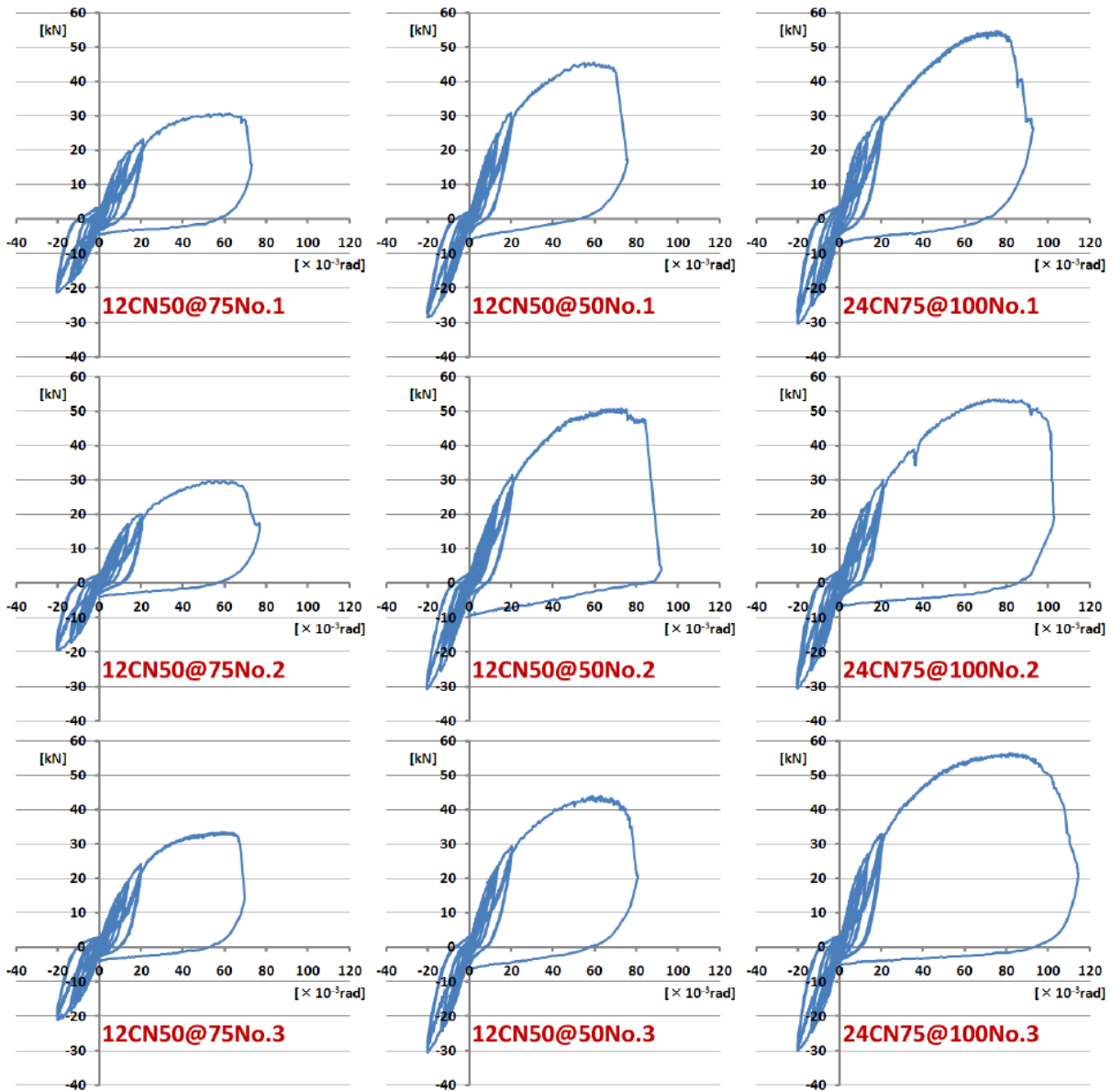


図4. 1 荷重—見掛けの変形角曲線

(2) 最大耐力および最大耐力時の変形角を表 4. 1 に示す。

表 4. 1 最大耐力と最大耐力時変形角

試験体番号		最大耐力と最大耐力時見掛け変形角	
		Pmax (kN)	δ (Pmax) ($\times 10^{-3}$ rad)
12CN50@75	1	30.70	62.52
	2	29.80	57.43
	3	33.55	60.44
平均値		31.35	60.13
標準偏差		1.96	2.56
12CN50@50	1	45.52	61.19
	2	50.83	73.94
	3	43.97	59.23
平均値		46.77	64.79
標準偏差		3.60	7.99
24CN75@100	1	54.64	76.00
	2	53.49	83.61
	3	56.49	84.55
平均値		54.87	81.39
標準偏差		1.51	4.69

(3) 破壊状況は以下のとおりである。

- 1) 試験体は、主に12mm合板では釘の引き抜けにより、24mm合板では釘のパンチングアウトにより破壊した。
- 2) 破壊状況の写真は「6. 破壊状況」に示す。

5. 基準許容せん断耐力、基準終局耐力、基準剛性の算出

(1) 一覧表

読み取りファイル名	12CN50#75No.1	12CN50#75No.2	12CN50#75No.3	12CN50#50No.1	12CN50#50No.2	12CN50#50No.3	24CN75#100No.1	24CN75#100No.2	24CN75#100No.3
Pmax [kN]	30.70	29.80	33.55	45.52	50.83	43.97	54.64	53.49	56.49
D(Pmax) [mm]	147.55	135.53	142.63	144.41	174.50	139.79	179.35	197.32	199.54
対象データ数	256	291	340	246	426	357	458	409	455
処理結果	OK(Bi-Linear)	OK(Bi-Linear)	注意[初期滑り]剛線達を越えた	注意[初期滑り]剛線達を越えた	注意[初期滑り]剛線達を越えた	注意[初期滑り]剛線達を越えた	注意[初期滑り]剛線達を越えた	注意[初期滑り]剛線達を越えた	OK(Bi-Linear)
初期滑り [mm]	なし	なし	0.50	-0.11	0.21	0.00	0.10	0.30	なし
D(0.1Pmax) [mm]	2.76	2.92	3.17	3.97	3.55	3.54	3.54	4.70	4.12
D(0.4Pmax1) [mm]	15.73	19.39	18.02	19.86	25.38	19.77	22.54	30.25	23.10
D(0.4Pmax2) [mm]	15.73	19.39	18.02	19.86	25.38	19.77	22.54	30.25	23.10
D(0.9Pmax) [mm]	89.21	98.56	81.89	96.61	106.64	96.01	124.51	133.12	118.98
曲線に接する点P	19.63	19.83	23.79	30.10	31.60	27.69	29.65	30.10	41.57
曲線に接する点D	35.44	47.81	45.63	44.05	49.33	42.18	44.74	53.39	74.75
二直線の交点Py [kN]	16.86	15.85	18.51	25.41	27.17	23.23	24.53	25.98	28.20
二直線の交点D(Py)	22.18	26.63	25.53	28.23	35.18	26.71	25.65	37.56	29.37
曲線上の点δy	24.69	30.36	30.58	35.25	38.65	31.04	31.19	42.67	35.90
D(0.8Pmax): δu	181.61	183.73	161.00	169.95	201.61	184.07	202.61	260.52	250.42
初期剛性K [kN/mm]	0.683	0.522	0.615	0.719	0.707	0.749	0.789	0.613	0.786
Energy	4430.53	4205.63	4177.17	5862.42	7763.97	6196.41	8065.02	10628.70	11099.90
Pu [kN]	27.56	26.57	30.84	41.53	45.97	39.26	46.63	48.09	50.92
D(Pu): δv	40.99	50.91	50.63	57.69	65.24	52.45	59.20	78.73	64.81
μ = δu / δv	4.430	3.609	3.202	2.942	3.097	3.510	3.426	3.318	3.864
Ds = 1 / sqrt(2μ - 1)	0.357	0.401	0.430	0.452	0.439	0.408	0.413	0.421	0.386
残差	453.02	434.56	347.57	527.42	691.81	582.26	1122.91	1092.17	1047.80
適合度 = 1 - 残差 / Energy	0.898	0.897	0.917	0.910	0.911	0.906	0.861	0.897	0.906
横軸値 [1000/120]	7.74	6.43	7.80	8.48	9.20	9.05	11.00	8.44	10.18

(2) 短期基準せん断耐力の算定

短期基準せん断耐力 P_0 は、下記の (a) ~ (d) で求めた耐力の平均値に、それぞれのバラツキ係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする。なお、バラツキ係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の50%下側許容限界値をもとに次式より求めた。

$$\text{バラツキ係数} = 1 - C \cdot V \cdot k$$

ただし、C: 変動係数、k: 定数0.471 (n=3)

- (a) 降伏耐力 P_y 、(b) 終局耐力 P_u に $(0.2 \times \sqrt{2\mu - 1})$ を乗じたもの
 (c) 最大耐力 P_{max} の2/3、(d) 見掛けの変形角が1/120rad時の耐力 ($P_1/120$)

(3) 短期許容せん断耐力の算定

短期許容せん断耐力 P_a は次式によって算定した。

$$P_a = P_0 \times \alpha$$

ここで、 P_0 : 短期基準せん断耐力

α : 耐力に影響を及ぼす係数で、耐力要素の構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、水平構面の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定められる係数であり、ここでは「1.0」とした。

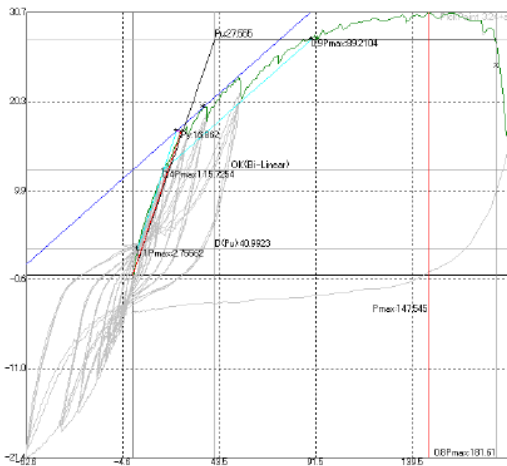
(4) 壁倍率の算定

壁倍率は次式によって算定した。

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

ただし、 P_a : 短期許容せん断耐力 (kN)、1.96: 壁倍率=1を算定する数値 (kN/m)
 L: 壁長

(5) 完全弾塑性モデル



12CN50@75
 Left: No.1
 Left below: No.2
 Below: No.3

Y-axis: Load [kN]
 X-axis: Displacement [mm]

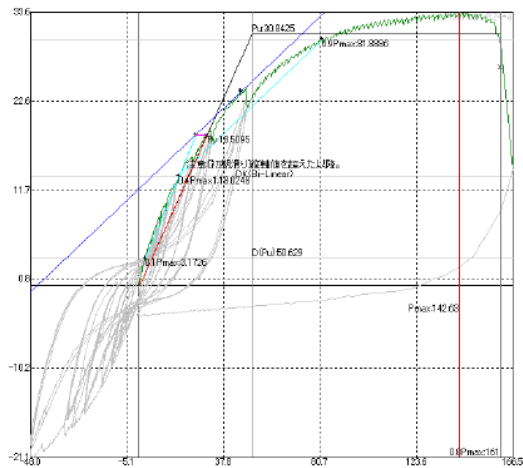
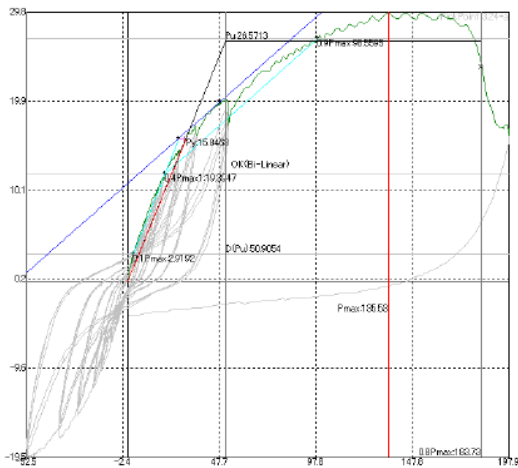
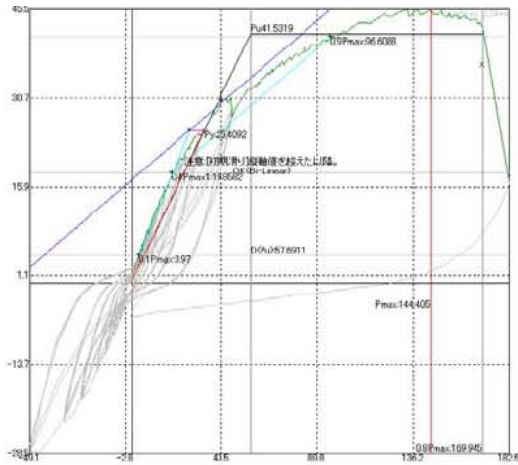


図 5. 1 12CN50@75試験体の完全弾塑性モデル



12CN50@50

Left: No.1

Left below: No.2

Below: No.3

Y-axis: Load [kN]

X-axis: Displacement [mm]

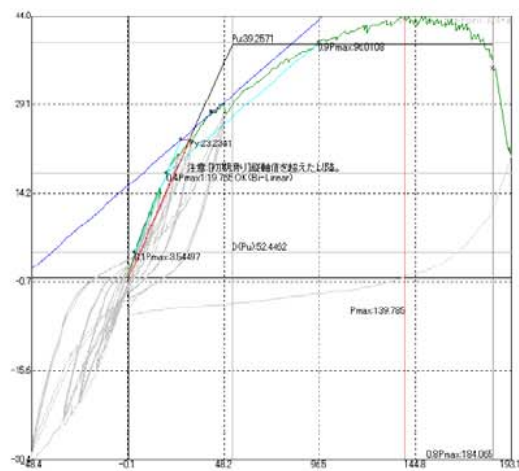
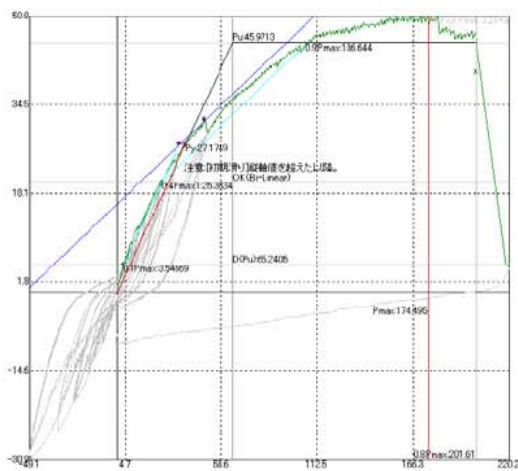
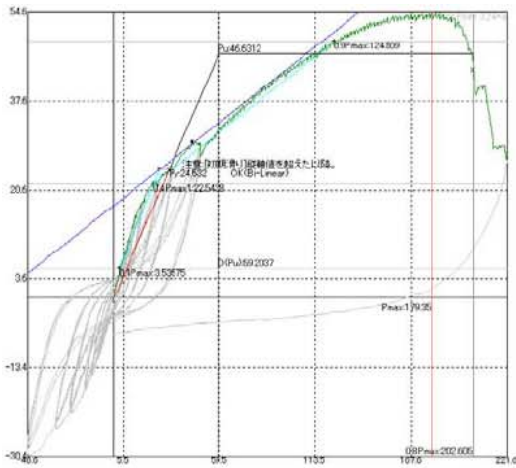


図 5. 2 12CN50@50試験体の完全弾塑性モデル



24CN75@100

Left: No.1

Left below: No.2

Below: No.3

Y-axis: Load [kN]

X-axis: Displacement [mm]

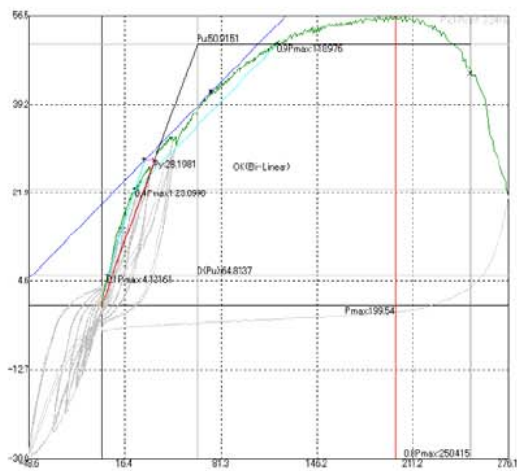
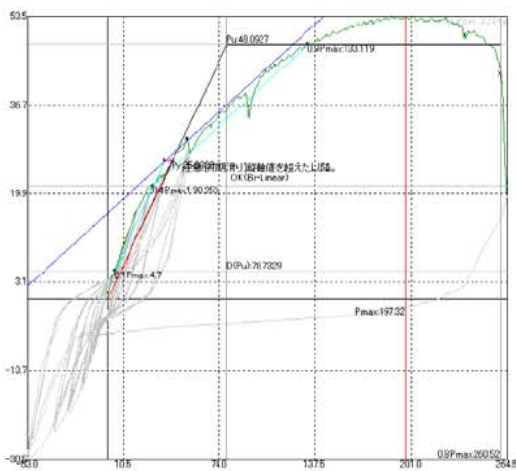




図 5. 3 24CN75@100試験体の完全弾塑性モデル

(6) 壁倍率算定結果一覧

12CN50@75	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	16.86	15.85	18.51	17.07	1.34	0.079	0.963	16.44	13.34	3.74
(b) $P_u/D_s*0.2$	15.45	13.25	14.34	14.35	1.10	0.077	0.964	13.83		
(c) $P_{max}*2/3$	20.47	19.87	22.37	20.90	1.31	0.063	0.971	20.28		
(d) みかけ変形 P_{120}	14.77	12.47	14.57	13.94	1.28	0.092	0.957	13.34		
12CN50@50	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	25.41	27.17	23.23	25.27	1.97	0.078	0.963	24.34	17.65	4.95
(b) $P_u/D_s*0.2$	18.36	20.95	19.26	19.52	1.32	0.067	0.968	18.90		
(c) $P_{max}*2/3$	30.35	33.89	29.31	31.18	2.40	0.077	0.964	30.05		
(d) みかけ変形 P_{120}	18.38	17.13	18.53	18.01	0.77	0.043	0.980	17.65		
24CN75@100	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	24.53	25.98	28.20	26.24	1.85	0.070	0.967	25.37	18.45	5.17
(b) $P_u/D_s*0.2$	22.83	26.41	22.56	23.94	2.15	0.090	0.958	22.92		
(c) $P_{max}*2/3$	35.66	37.66	36.42	36.58	1.01	0.028	0.987	36.10		
(d) みかけ変形 P_{120}	16.88	20.58	21.18	19.55	2.33	0.119	0.944	18.45		
12CN50@50W	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	31.11	32.78	31.74	31.88	0.84	0.027	0.988	31.48	25.82	7.24
(b) $P_u/D_s*0.2$	23.62	27.34	33.67	28.21	5.08	0.180	0.915	25.82		
(c) $P_{max}*2/3$	42.10	44.44	45.84	44.13	1.89	0.043	0.980	43.24		
(d) みかけ変形 P_{150}	29.06	31.53	31.85	30.81	1.53	0.050	0.977	30.09		
12CN50@75W	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	26.29			26.29	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	26.29	7.37
(b) $P_u/D_s*0.2$	28.37			28.37	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
(c) $P_{max}*2/3$	33.29			33.29	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
(d) みかけ変形 P_{150}	28.53			28.53	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
MP12CN75@50	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	36.07			36.07	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	21.36	5.99
(b) $P_u/D_s*0.2$	21.36			21.36	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
(c) $P_{max}*2/3$	49.31			49.31	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
(d) みかけ変形 P_{150}	27.99			27.99	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		

6. 破壊状況

<p>中央：12CN50@75No. 2 右：12CN50@50No. 1</p> <p>12mm合板でCN50を用いた試験体は、最終引張側の面材釘の引き抜けによって破壊した。</p>		
<p>中央：12CN50@75No. 2 右：12CN50@75No. 1</p> <p>また、それぞれの面材の引張側の隅角部でせん断破壊した。</p>		
<p>中央：12CN50@50No. 1 右：12CN50@50No. 2</p> <p>12CN50@50では、上枠が引張によって破壊された場合や、引張側のたて枠がボルトによって割裂された場合があった。</p>		
<p>中央：24CN75@100No. 1 右：24CN75@100No. 3</p> <p>24CN75@100では、隅角部で面材釘が引き抜けず下枠が引張によって割裂され、面材釘がパンチングアウトして破壊された。</p>		

試験成績書

平成23年2月17日

東京大学大学院 農学生命科学研究科
木質材料学研究室 教授 安藤直人

1. 件名	枠組壁工法両面張り耐力壁の面内せん断試験
2. 試験概要	<p>[1] 目的 枠組壁工法両面張り耐力壁の面内せん断試験を行い、壁倍率の算定を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <p>1) 部材構成：枠組となるたて枠、上枠、下枠および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。</p> <p>2) 枠 組：SⅡグループSPF 204材</p> <p>3) 面 材：構造用合板 厚さ12mm (JAS2級 特類)</p> <p>4) 土 台：Hem-FirまたはD Fir-L 404材</p> <p>5) 桁 : Hem-FirまたはD Fir-L 406材</p> <p>5) 面 材 釘：CN50@50または@75 (12mm合板)</p> <p>6) 試験体数：6体 (50mmピッチ釘×3体、75mmピッチ釘×3体)</p> <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008年版)』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。</p>
3. 試験結果	別紙の通り。(全11ページ)
4. 試験実施場所	東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内 弥生講堂実験棟
5. 試験実施日	2010/12/24, 25 2011/1/10
6. 試験担当者および試験成績書作成者	東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 担当者：相馬智明 作成者：水野裕章

1. 一般事項
2011/2/17

東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室 教授 安藤直人	
1. 件名	桝組壁工法両面張り耐力壁の面内せん断試験
2. 試験概要	<p>[1] 目的 桝組壁工法両面張り耐力壁の面内せん断試験を行い、壁倍率の算定を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 部材構成：桝組となるたて桝、上桝、下桝および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。 2) 桝 組：SIIグループSPF 204材 3) 面 材：構造用合板 厚さ12mm (JAS2級 特類) 4) 土 台：Hem-FirまたはD Fir-L 404材 5) 桁 : Hem-FirまたはD Fir-L 406材 5) 面 材 釘：CN50@50または@75(12mm合板) 6) 試験体数：6体 (50mmピッチ釘×3体、75mmピッチ釘×3体) <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。</p>
3. 試験実施者	東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 教授 安藤直人
4. 試験実施場所	東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内 弥生講堂実験棟
5. 試験実施日	2010/12/24, 25 2011/1/10
6. 試験担当者および試験成績書作成者	東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 担当者：相馬智明 作成者：水野裕章

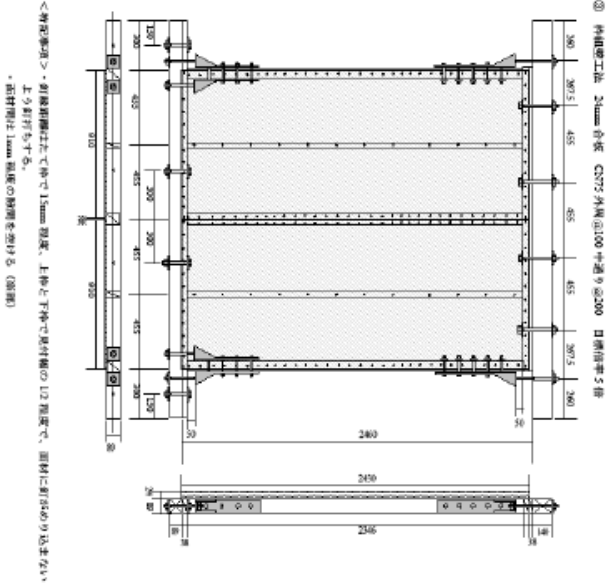
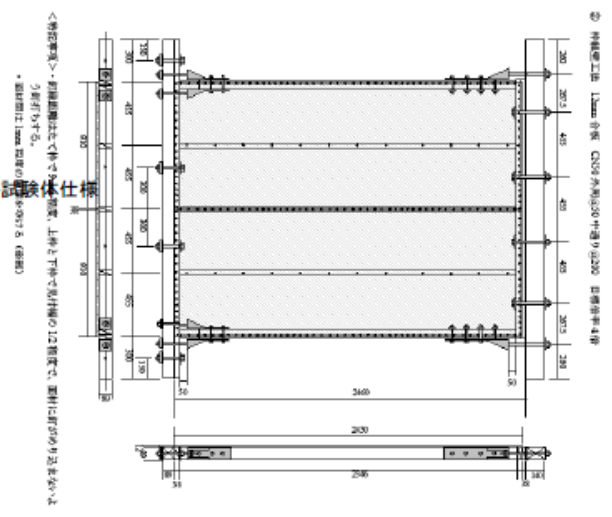
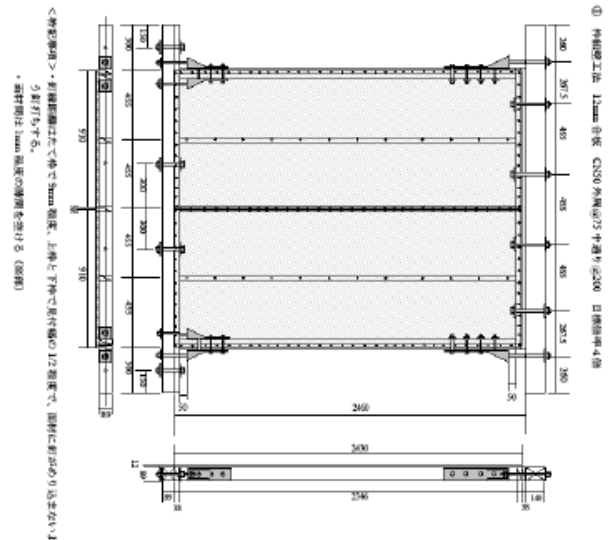
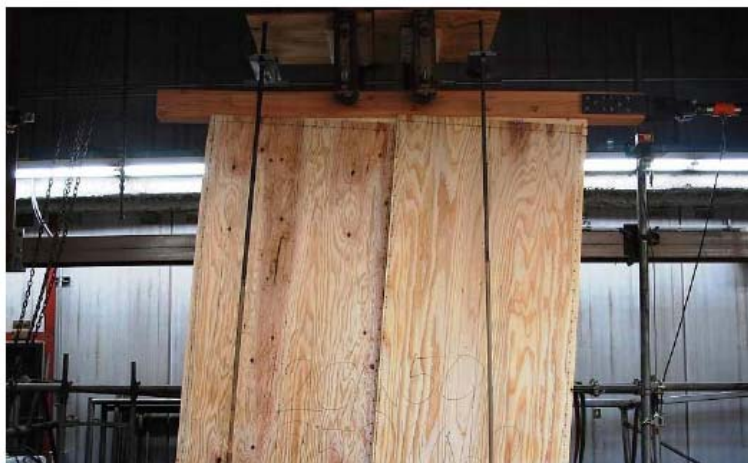


図2.1 各仕様仕様

3. 試験方法

『木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。

- (1) 油圧ジャッキを用いて、加力用の桁に水平に正負交番繰り返し荷重を加えた。タイロッド式の試験方法に従い、真のせん断変形角が $1/600$ 、 $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50$ radに至る加力を各段階で3回繰り返し返した。最大荷重後に荷重がその80%以下となった時点で終了とした。
- (2) 変位は、試験方法に従い変位計DP-1000EとCDP-50（東京測器研究所製）を取り付け、その相対変位を計測し、見掛けと真のせん断変形角を算出した。
- (3) 荷重はロードセル 100kN（東京測器社製）により、検出した。
- (4) 測定した荷重および変位のデータは、データロガーUCAM-65B（共和電業社製）を介してパソコンに取り込んだ。
- (5) 試験終了後、高周波式含水率計にて各部材の含水率を、重量計にて重量を計測した。



4. 試験結果

(1) 各試験体の荷重－真の変形角曲線を図4. 1に示す。

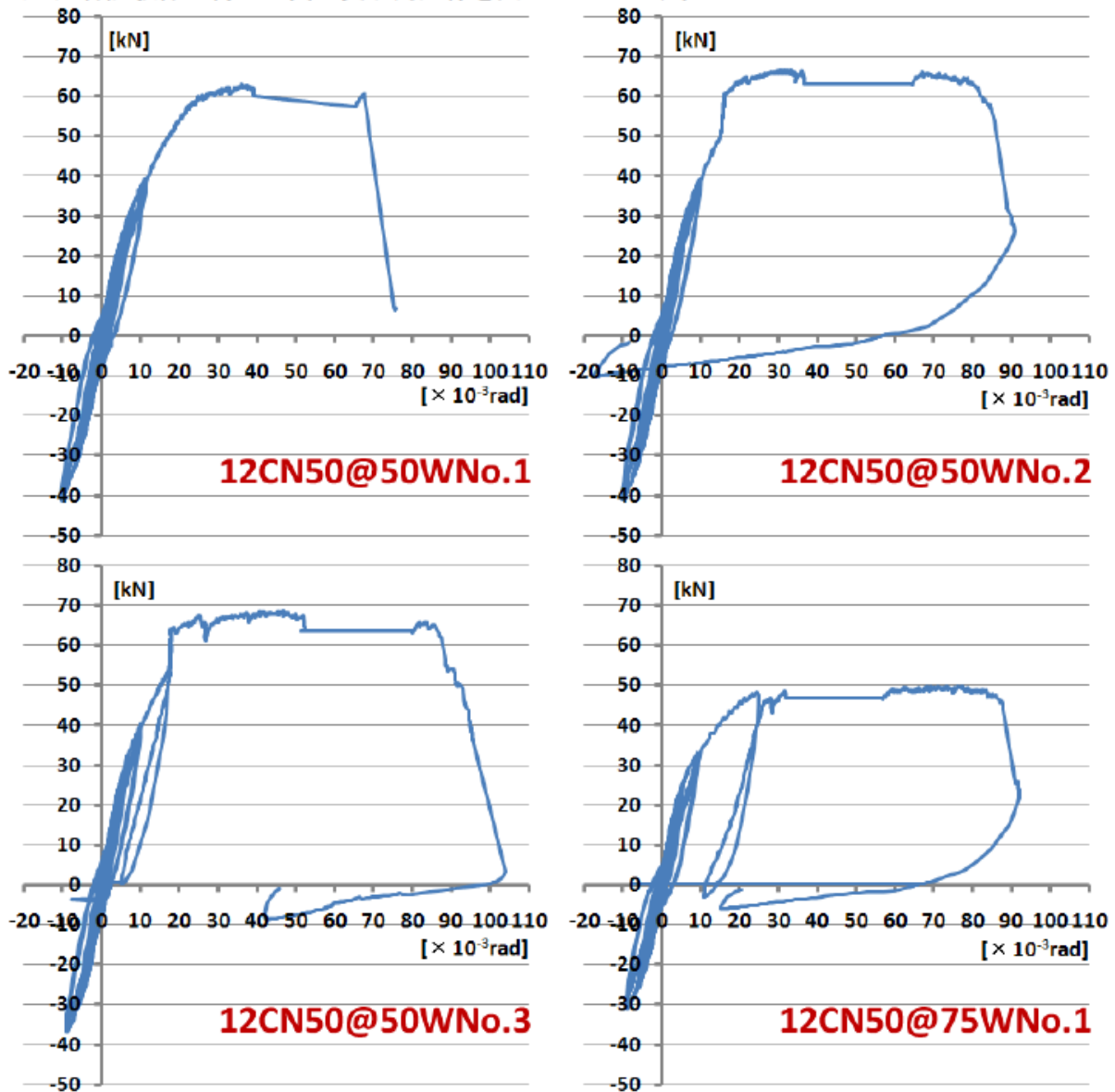


図4. 1 荷重－真の変形角曲線

(2) 最大耐力および最大耐力時の変形角を表 4. 1 に示す。

表 4. 1 最大耐力と最大耐力時変形角

試験体番号		最大耐力と最大耐力時真の変形角	
		Pmax (kN)	δ (Pmax) ($\times 10^{-3}$ rad)
12CN50@50W	1	63.15	36.06
	2	66.66	33.14
	3	68.76	46.69
平均値		66.19	38.63
標準偏差		2.83	7.13
12CN50@75W	1	49.93	76.21
	2		
	3		
平均値		49.93	76.21
標準偏差		#DIV/0!	#DIV/0!

(3) 破壊状況は以下のとおりである。

- 1) 試験体は、主に12mm合板では釘の引き抜けにより破壊した。
- 2) 破壊状況の写真は「6. 破壊状況」に示す。

5. 基準許容せん断耐力、基準終局耐力、基準剛性の算出

(1) 一覧表

PickPoint 3.24+a

読み込みファイル名	12CN50@50WN0.1	12CN50@50WN0.2	12CN50@50WN0.3	12CN50@75WN0.1			
Pmax [kN]	63.15	66.66	68.76	49.93			
D(Pmax) [mm]	151.92	159.36	197.13	183.85			
対象データ数	241	254	218	187			
処理結果	OK(BI-Linear)	OK(BI-Linear)	OK(BI-Linear)	OK(BI-Linear)			
初期滑り [mm]	考慮しない	考慮しない	考慮しない	考慮しない			
D(0.1Pmax) [mm]	4.12	4.74	4.10	3.73			
D(0.4Pmax1) [mm]	23.39	25.68	25.61	21.18			
D(0.4Pmax2) [mm]	23.39	25.68	25.61	21.18			
D(0.9Pmax) [mm]	101.75	109.04	110.18	92.66			
曲線に接する点P	39.06	46.32	40.31	33.30			
曲線に接する点D	47.08	64.44	49.35	48.97			
二直線の交点Py [kN]	32.47	33.82	32.98	26.09			
二直線の交点D(Py)	30.72	33.18	31.33	28.30			
曲線上の点 δy	34.22	37.42	35.32	31.61			
D(0.8Pmax): δu	151.92	159.36	197.13	183.85			
初期剛性K [kN/mm]	0.949	0.904	0.934	0.825			
Energy	6795.42	7481.24	10173.30	7157.76			
Pu [kN]	55.36	59.05	62.07	45.87			
D(Pu): δv	58.35	65.34	66.46	55.58			
$\mu = \delta u / \delta v$	2.604	2.439	2.966	3.308			
$Ds = 1 / \sqrt{2\mu - 1}$	0.488	0.508	0.450	0.422			
残差	687.80	738.11	1011.52	608.03			
適合度=1-残差/Energy	0.899	0.901	0.901	0.915			
横軸値[1000/120]	11.62	11.13	11.97	9.39			

(2) 短期基準せん断耐力の算定

短期基準せん断耐力 P_0 は、下記の (a) ~ (d) で求めた耐力の平均値に、それぞれのバラツキ係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする。なお、バラツキ係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の50%下側許容限界値をもとに次式より求めた。

$$\text{バラツキ係数} = 1 - CV \cdot k$$

ただし、CV: 変動係数、k: 定数0.471 (n=3)

- (a) 降伏耐力 P_y 、(b) 終局耐力 P_u に $(0.2 \times \sqrt{2\mu - 1})$ を乗じたもの
 (c) 最大耐力 P_{max} の2/3、(d) 見掛けの変形角が1/120rad時の耐力 ($P_{1/120}$)

(3) 短期許容せん断耐力の算定

短期許容せん断耐力 P_a は次式によって算定した。

$$P_a = P_0 \times \alpha$$

ここで、 P_0 : 短期基準せん断耐力

α : 耐力に影響を及ぼす係数で、耐力要素の構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、水平構面の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定められる係数であり、ここでは「1.0」とした。

(4) 壁倍率の算定

壁倍率は次式によって算定した。

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

ただし、 P_a : 短期許容せん断耐力 (kN)、1.96: 壁倍率=1を算定する数値 (kN/m)

L: 壁長

(5) 完全弾塑性モデル

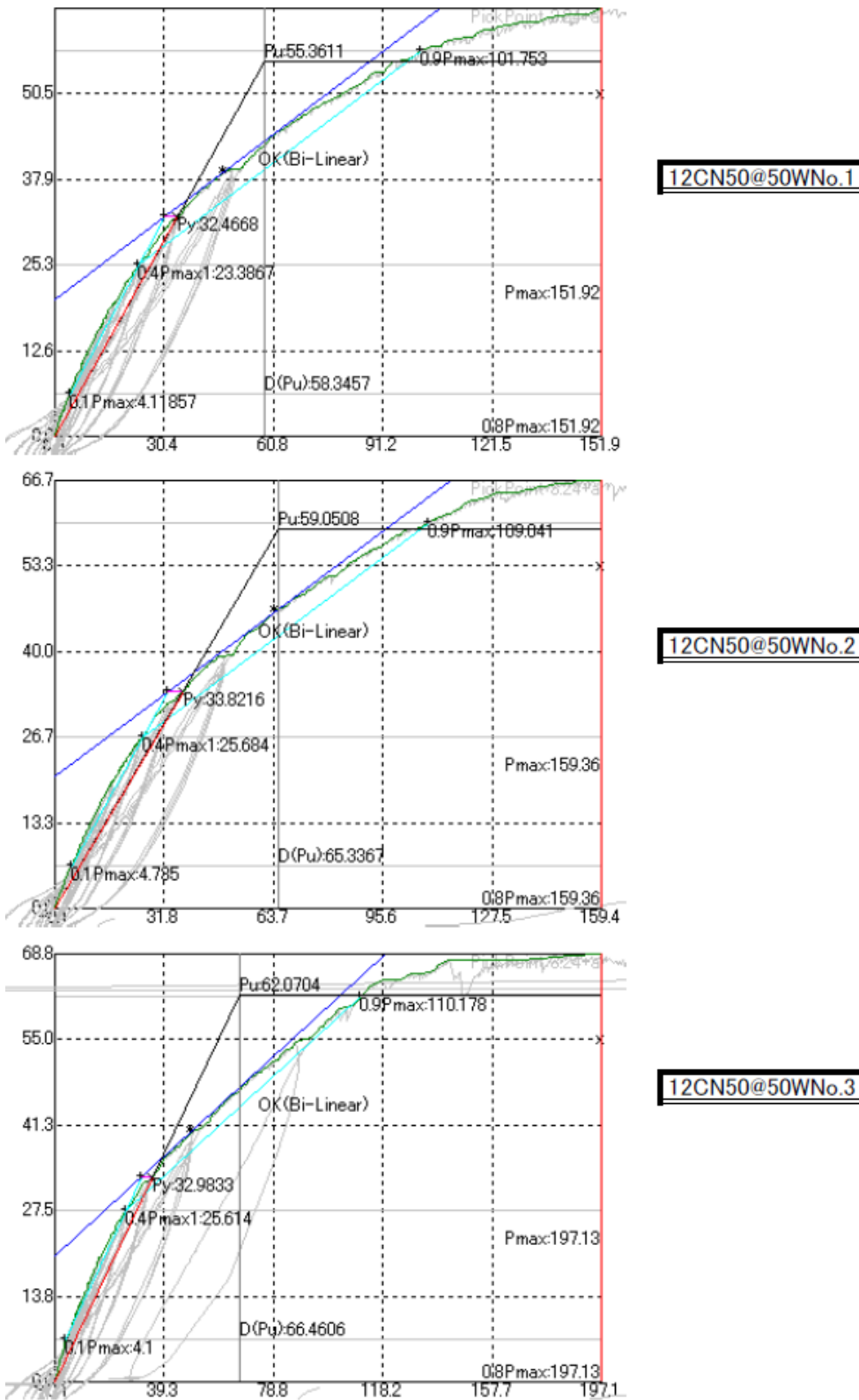


図5. 1 12CN50@50W試験体の完全弾塑性モデル

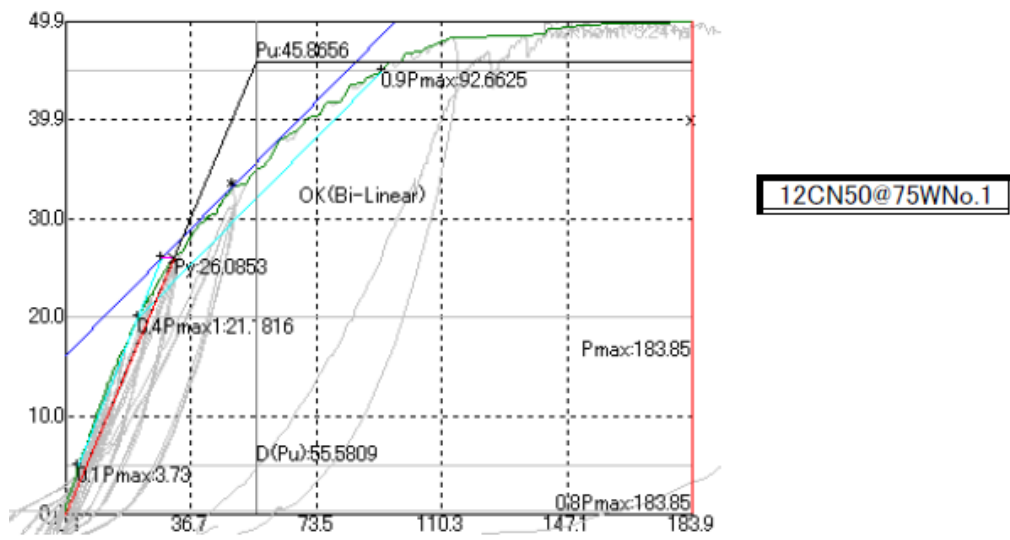


図 5. 2 12CN50@75W試験体の完全弾塑性モデル

(6) 壁倍率算定結果一覧

12CN50@50W	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	32.47	33.82	32.98	33.09	0.68	0.021	0.990	32.77	23.26	6.52
(b) $P_u/D_s*0.2$	22.71	23.26	27.57	24.51	2.66	0.109	0.949	23.26		
(c) $P_{max}*2/3$	42.10	44.44	45.84	44.13	1.89	0.043	0.980	43.24		
(d) 真の変形 P_{150}	29.40	32.00	32.10	31.17	1.53	0.049	0.977	30.45		
12CN50@75W	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	26.09			26.09	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	21.74	6.09
(b) $P_u/D_s*0.2$	21.74			21.74	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
(c) $P_{max}*2/3$	33.29			33.29	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
(d) 真の変形 P_{150}	28.70			28.70	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		

6. 破壊状況

<p>12CN50@50W</p> <p>最終引張側の面材釘の引き抜けによって破壊した。また、それぞれの面材の引張側の隅角部で破壊した。</p>	 A close-up photograph showing the corner of a plywood panel where it meets a vertical support. The corner is significantly damaged and delaminated.	 A photograph of a plywood panel being held in place by several metal fasteners. A blue power drill is visible on the right side of the panel.
<p>12CN50@50W</p> <p>引張側の柱脚が引き抜け破壊した。また圧縮側の柱脚がめり込み破壊した。</p>	 A photograph showing a plywood panel mounted on a metal frame. The panel is being pulled from the left side, causing the support structure to fail.	 A close-up photograph of a joint between a plywood panel and a wooden support. The joint is broken, with the wood splintered and the panel shifted.
<p>12CN50@75W</p> <p>12CN50@50Wと同様であった。</p>	 A photograph showing a plywood panel mounted on a metal frame, similar to the previous images. The panel is being pulled from the left side.	 A close-up photograph of a joint between a plywood panel and a wooden support, showing significant damage and failure.

試験成績書

平成23年2月17日

東京大学大学院 農学生命科学研究科
木質材料学研究室 教授 安藤直人

1. 件名	枠組壁工法MP耐力壁の面内せん断試験
2. 試験概要	<p>[1] 目的 枠組壁工法MP耐力壁の面内せん断試験を行い、壁倍率の算定を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <p>1) 部材構成：枠組となるたて枠、上枠、下枠および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。</p> <p>2) 枠 組：SⅡグループSPF 204材</p> <p>3) 面 材：構造用合板 厚さ12mm (JAS2級 特類)</p> <p>4) 土 台：Hem-FirまたはD Fir-L 404材</p> <p>5) 桁 : Hem-FirまたはD Fir-L 406材</p> <p>5) 面 材 釘：CN75@100 (12mm合板)</p> <p>6) 試験体数：6体</p> <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008年版)』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。</p>
3. 試験結果	別紙の通り。(全10ページ)
4. 試験実施場所	東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内 弥生講堂実験棟
5. 試験実施日	平成23年1月10日
6. 試験担当者および試験成績書作成者	東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 担当者：相馬智明 作成者：水野裕章

1. 一般事項
2011/2/17

<p>東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室 教授 安藤直人</p>	
1. 件名	<p>桝組壁工法MP耐力壁の面内せん断試験</p>
2. 試験概要	<p>[1] 目的 桝組壁工法MP耐力壁の面内せん断試験を行い、壁倍率の算定を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <p>1) 部材構成：桝組となるたて桝、上桝、下桝および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。</p> <p>2) 桝 組：SⅡグループSPF 204材</p> <p>3) 面 材：構造用合板 厚さ12mm (JAS2級 特類)</p> <p>4) 土 台：Hem-FirまたはD Fir-L 404材</p> <p>5) 桁 : Hem-FirまたはD Fir-L 406材</p> <p>5) 面 材 釘：CN75@100(12mm合板)</p> <p>6) 試験体数：6体</p> <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。</p>
3. 試験実施者	<p>東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 教授 安藤直人</p>
4. 試験実施場所	<p>東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内 弥生講堂実験棟</p>
5. 試験実施日	<p>平成23年1月10日</p>
6. 試験担当者および試験成績書作成者	<p>東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室 担当者：相馬智明 作成者：水野裕章</p>

2. 試験体

表2. 1 試験体仕様

	仕様詳細
試験体数	6体
枠組	SⅡグループSPF 204材
面材	構造用合板 厚さ12mm (JAS2級 特類)
土台	Hem-FirまたはD Fir-L 404材
桁	Hem-FirまたはD Fir-L 406材
面材釘	CN75@100 (12mm合板)
接合方法	枠組となるたて枠、上枠、下枠および頭つなぎに、加力用の桁と土台を緊結し、構造用合板を面材として釘打ちする。

表2. 2 材料物性値

・試験体名は「MP+合板の厚さ | CNビスの種類 | @外周のビス打ちスパン | 番号」を表わす。
 ・たて枠は壁に向かって左から右に1～5番とした。

試験体名	MP12CN75@100No.1					
試験体部材	密度 (g/cm3)	含水率 (%)	密度 (g/cm3)	含水率 (%)	密度 (g/cm3)	含水率 (%)
合板 表左	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
合板 表右	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
合板 裏左	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
合板 裏右	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
土台	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
桁	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
たて枠 1	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
たて枠 2	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
たて枠 3	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
たて枠 4	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
たて枠 5	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
上枠	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
頭つなぎ	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
下枠	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
平均値	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!
標準偏差	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!

3. 試験方法

『木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）』の「6.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」における試験データの取得方法に基本的に準ずる。

- (1) 油圧ジャッキを用いて、加力用の桁に水平に正負交番繰り返し荷重を加えた。タイロッド式の試験方法に従い、真のせん断変形角が $1/600$ 、 $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50$ radに至る加力を各段階で3回繰り返した。最大荷重後に荷重がその80%以下となった時点で終了とした。
- (2) 変位は、試験方法に従い変位計DP-1000EとCDP-50（東京測器研究所製）を取り付け、その相対変位を計測し、見掛けと真のせん断変形角を算出した。
- (3) 荷重はロードセル 100kN（東京測器社製）により、検出した。
- (4) 測定した荷重および変位のデータは、データロガーUCAM-65B（共和電業社製）を介してパソコンに取り込んだ。
- (5) 試験終了後、高周波式含水率計にて各部材の含水率を、重量計にて重量を計測した。



図3. 1 試験方法

4. 試験結果

(1) 各試験体の荷重－真の変形角曲線を図4. 1に示す。

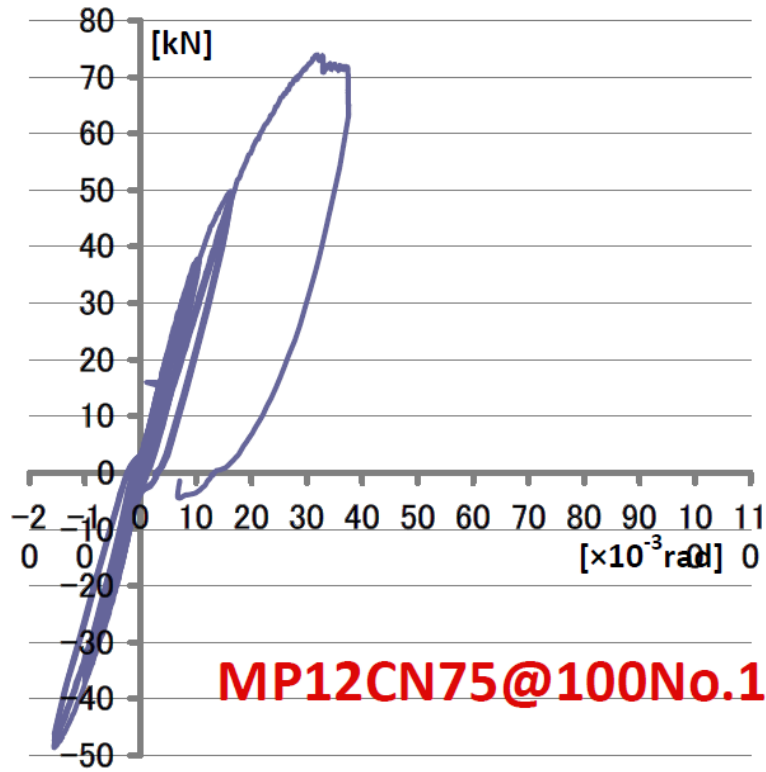


図4. 1 荷重－真の変形角曲線

(2) 最大耐力および最大耐力時の変形角を表 4. 1 に示す。

表 4. 1 最大耐力と最大耐力時変形角

試験体番号		最大耐力と最大耐力時真の変形角	
		Pmax (kN)	δ (Pmax) ($\times 10^{-3}$ rad)
MP12CN75@100	1	73.97	31.92
	2		
	3		
平均値		73.97	31.92
標準偏差		#DIV/0!	#DIV/0!

(3) 破壊状況は以下のとおりである。

- 1) 試験体は、主に により破壊した。
- 2) 破壊状況の写真は「6. 破壊状況」に示す。

5. 基準許容せん断耐力、基準終局耐力、基準剛性の算出

(1) 一覧表

PickPoint_3.24+a

読み込みファイル名	MP12CN75@100No.1						
Pmax [kN]	73.97						
D(Pmax) [mm]	94.64						
対象データ数	222						
処理結果	OK(Bi-Linear)						
初期滑り [mm]	考慮しない						
D(0.1Pmax) [mm]	5.80						
D(0.4Pmax1) [mm]	23.37						
D(0.4Pmax2) [mm]	23.37						
D(0.9Pmax) [mm]	75.75						
曲線に接する点P	43.62						
曲線に接する点D	38.27						
二直線の交点Py [kN]	37.55						
二直線の交点D(Py)	29.67						
曲線上の点 δy	31.21						
D(0.8Pmax): δu	94.64						
初期剛性K [kN/mm]	1.203						
Energy	4304.47						
Pu [kN]	62.80						
D(Pu): δv	52.20						
$\mu = \delta u / \delta v$	1.813						
$Ds = 1 / \sqrt{2\mu - 1}$	0.617						
残差	370.49						
適合度=1-残差/Energy	0.914						
横軸値[1000/120]	10.87						

(2) 短期基準せん断耐力の算定

短期基準せん断耐力 P_0 は、下記の (a) ~ (d) で求めた耐力の平均値に、それぞれのバラツキ係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする。なお、バラツキ係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の50%下側許容限界値をもとに次式より求めた。

$$\text{バラツキ係数} = 1 - CV \cdot k$$

ただし、CV: 変動係数、k: 定数0.471 (n=3)

(a) 降伏耐力 P_y 、(b) 終局耐力 P_u に $(0.2 \times \sqrt{2\mu - 1})$ を乗じたもの
 (c) 最大耐力 P_{max} の $2/3$ 、(d) 見掛けの変形角が $1/120$ rad時の耐力 ($P_1/120$)

(3) 短期許容せん断耐力の算定

短期許容せん断耐力 P_a は次式によって算定した。

$$P_a = P_0 \times \alpha$$

ここで、 P_0 : 短期基準せん断耐力

α : 耐力に影響を及ぼす係数で、耐力要素の構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、水平構面の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定められる係数であり、ここでは「1.0」とした。

(4) 壁倍率の算定

壁倍率は次式によって算定した。

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

ただし、 P_a : 短期許容せん断耐力 (kN)、1.96: 壁倍率=1を算定する数値 (kN/m)

L: 壁長

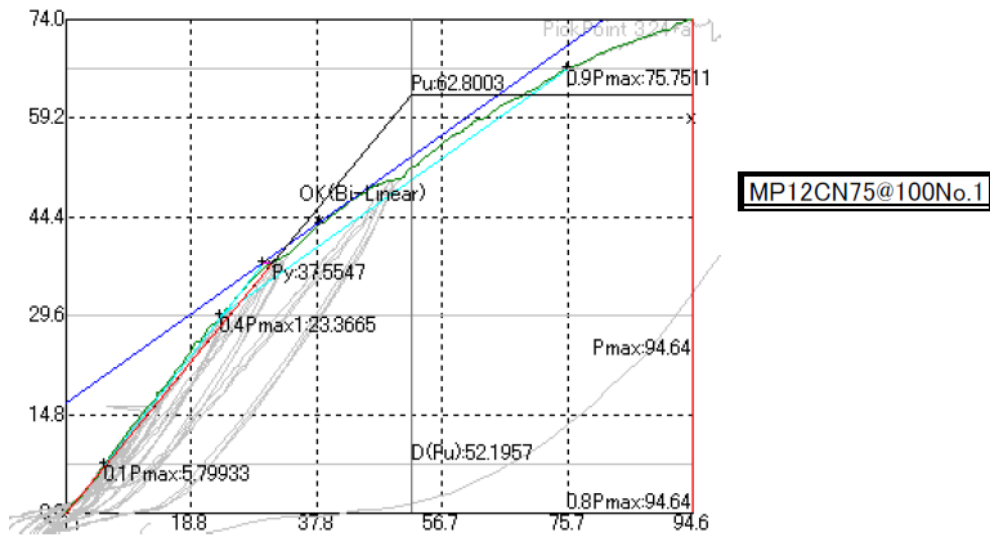






図 5. 1 MP12CN75@100試験体の完全弾塑性モデル

(6) 壁倍率算定結果一覧

MP12CN75@100	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差	変動係数CV	ばらつき係数	50%下限値	P0	壁倍率
(a) 降伏耐力 P_y	37.55			37.55	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	20.35	5.71
(b) $P_u/D_s*0.2$	20.35			20.35	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
(c) $P_{max}*2/3$	49.31			49.31	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
(d) 真の変形 P_{150}	28.40			28.40	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			

6. 破壊状況

MP12CN75@100		
MP12CN75@100		

2) 評価試験の結果

1. 試験体

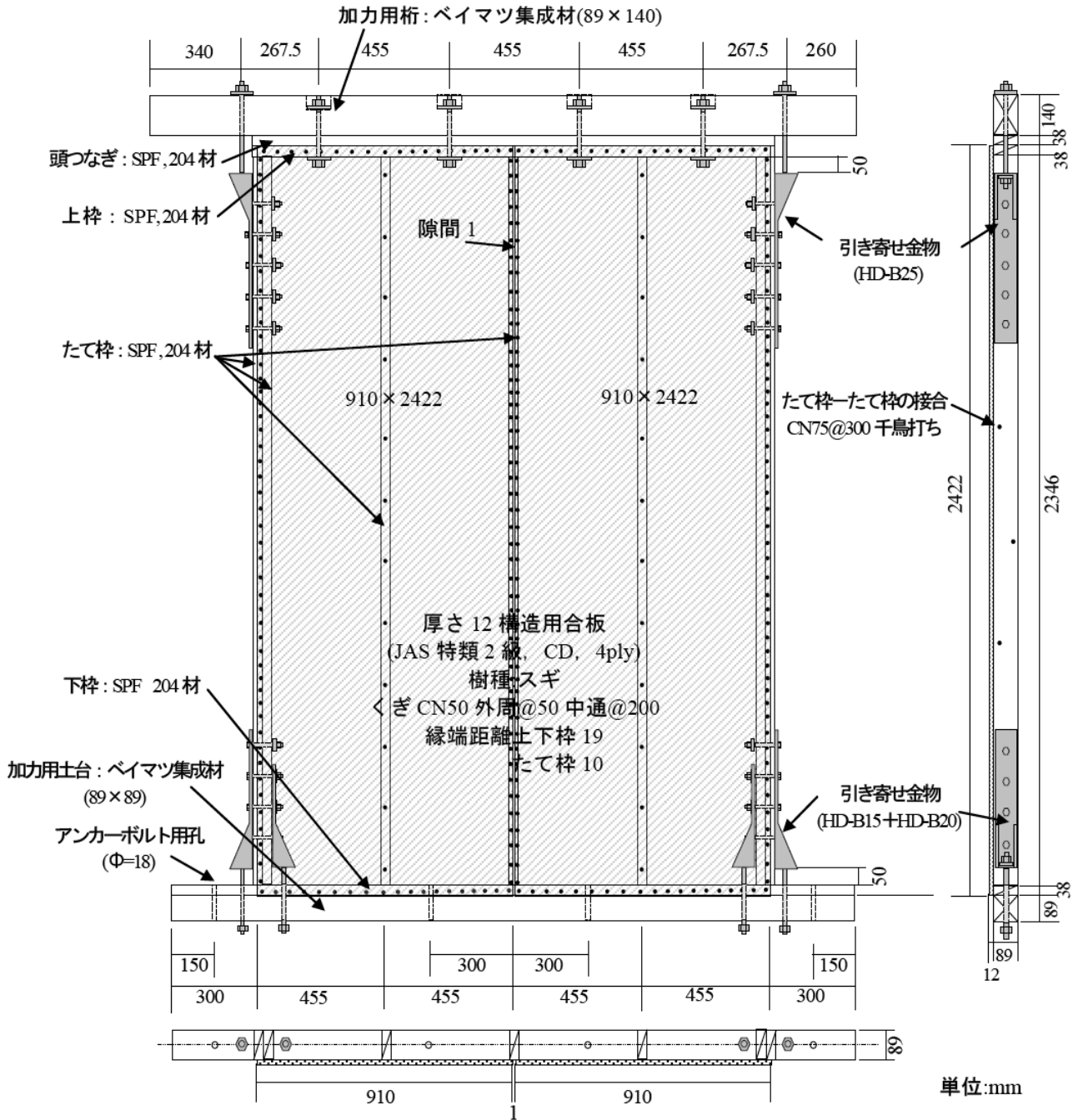


図 1. CN50@100-200 仕様

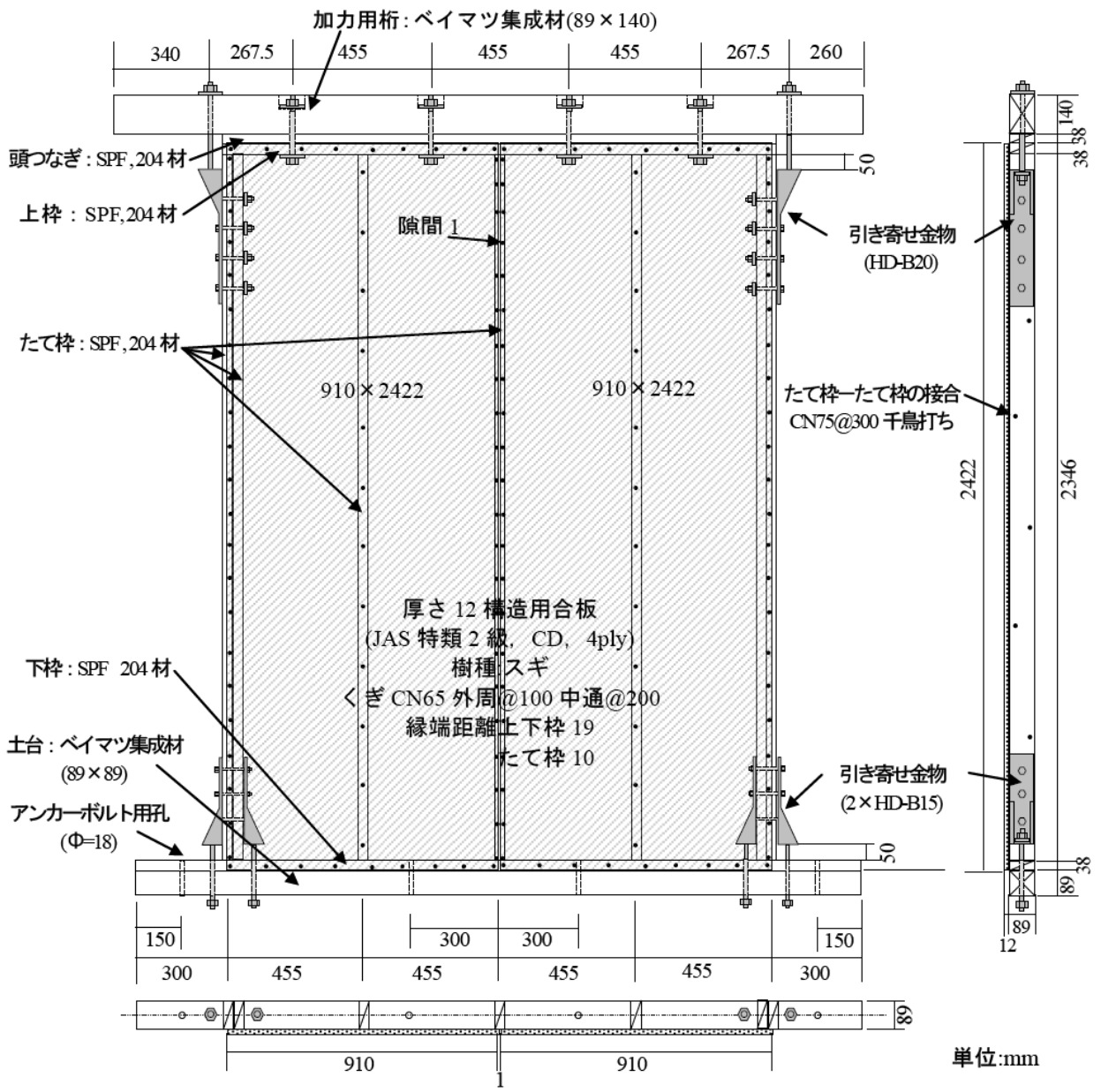


図 2. CN65@50-200 仕様

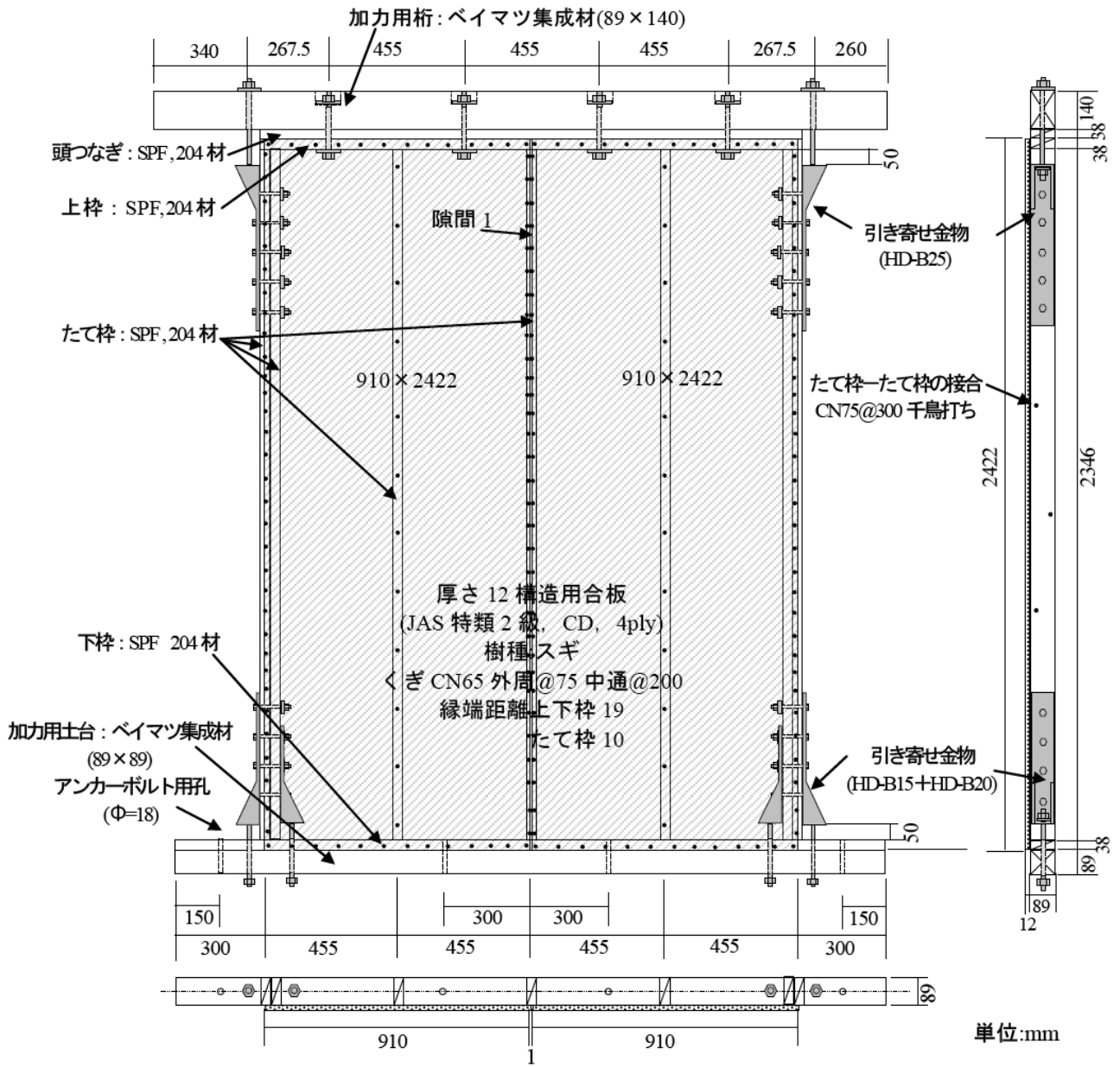


図 3. CN65@75-200 仕様

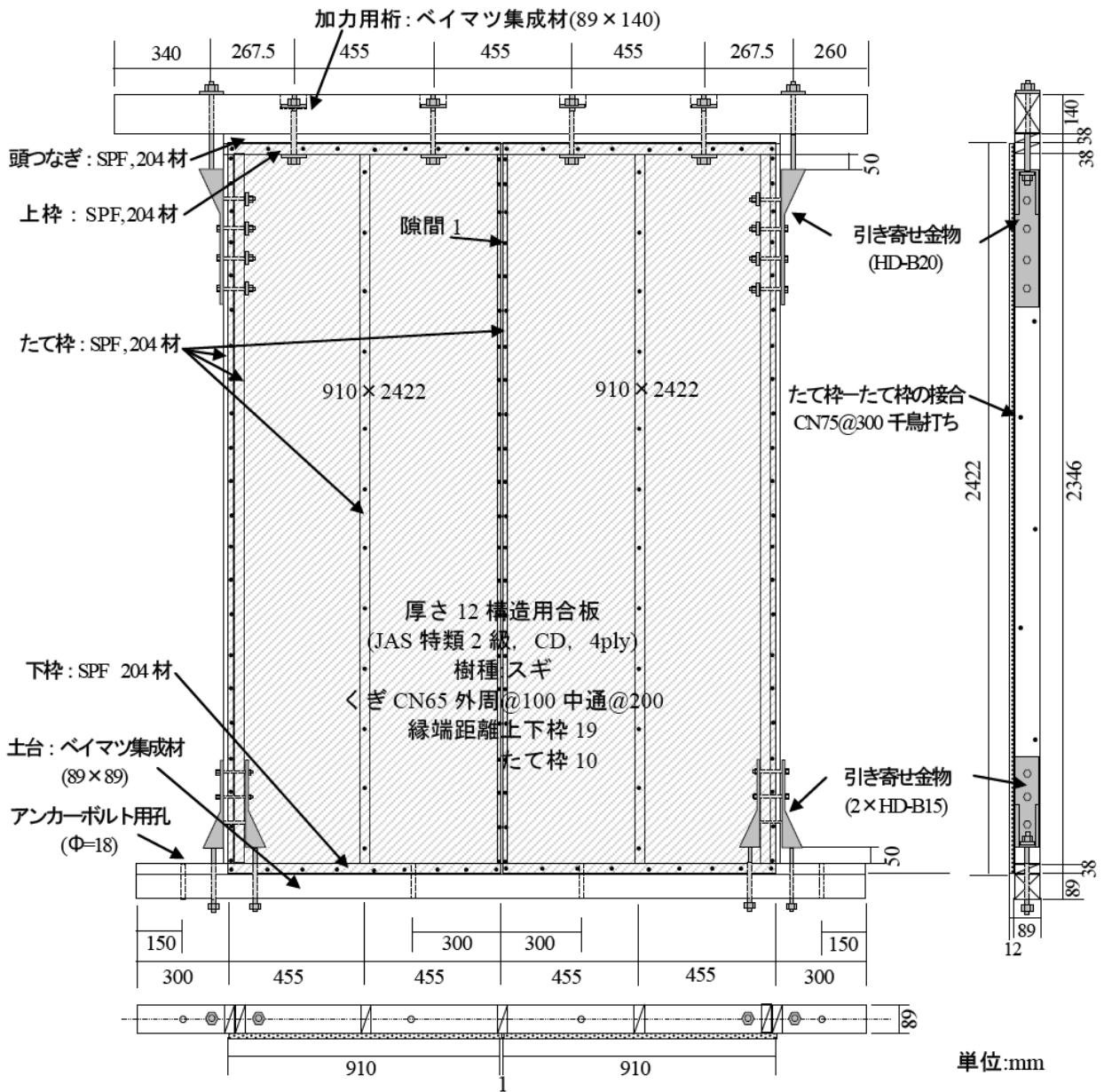


図 4. CN65@100-200 仕様

2. 試験結果

2224-72 CN50@50mm

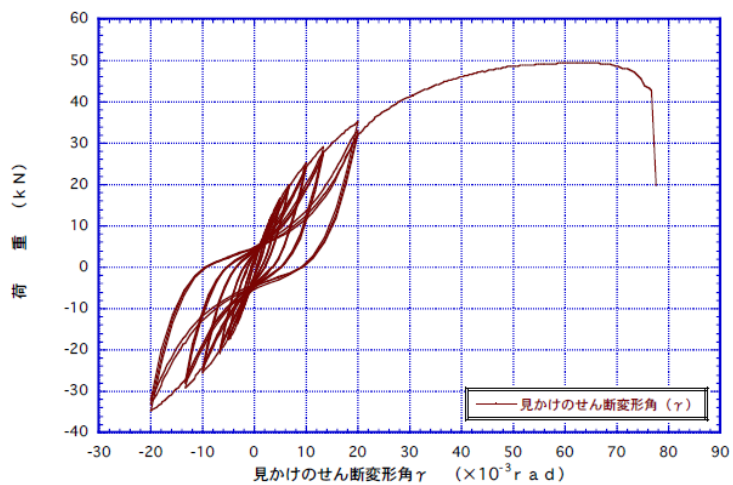


図1：5C5-1 荷重-せん断変形角曲線

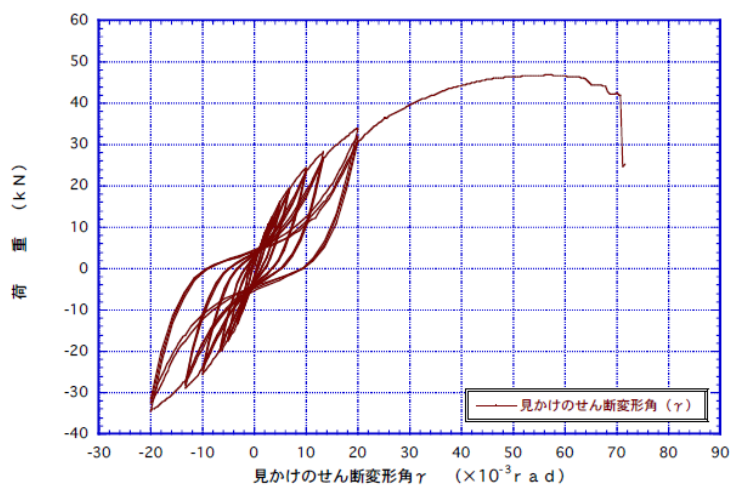


図2：5C5-2 荷重-せん断変形角曲線

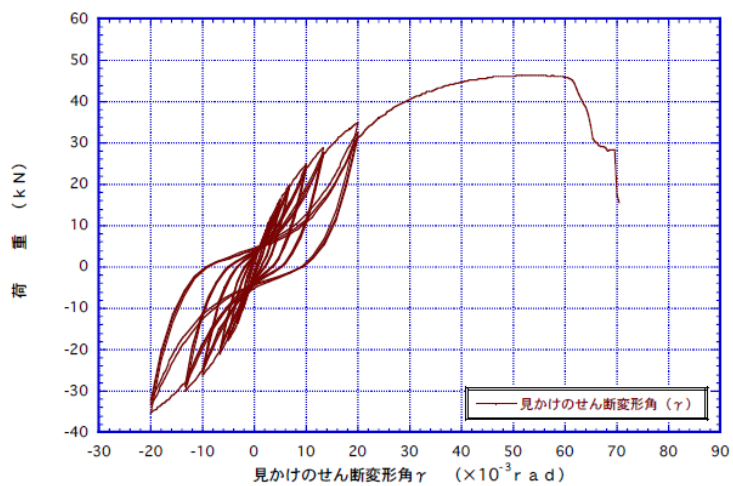


図3：5C5-3 荷重-せん断変形角曲線

2224-72 CN50@50mm
HWP2224-72 東京合板(5C5)

表. 1 : 算定した特性値

試験方法	無載荷式、3回正負				
	5C5 -1	5C5 -2	5C5 -3	平均値	標準偏差
最大耐力 P _{max} (kN/1.82m)	49.5	46.9	46.5	47.6	1.63
最大耐力時変形角 δ _{max} (10 ⁻³ rad)	60.00	56.16	54.91	57.02	2.65
降伏耐力 P _y (kN/1.82m)	25.7	24.7	24.7	25.0	0.58
降伏変形角 δ _y (10 ³ rad)	10.40	10.10	9.78	10.09	0.31
終局耐力 P _u (kN/1.82m)	44.7	42.5	42.3	43.2	1.33
終局変形角 δ _u (10 ³ rad)	66.67	66.67	64.34	65.89	1.35
降伏点変形角 δ _v (10 ³ rad)	18.08	17.37	16.75	17.40	0.67
剛性 K (MN/rad)	2.47	2.45	2.53	2.48	0.04
塑性率 μ	3.69	3.84	3.84	3.79	0.09
構造特性係数 D _s	0.40	0.39	0.39	0.39	0.01
P _u ・0.2・√2μ-1 (kN/1.82m)	22.6	22.0	21.9	22.2	0.38
2/3 P _{max} (kN/1.82m)	33.0	31.3	31.0	31.8	1.08
一定変形時耐力(kN/1.82m)					
見かけ 1/300rad	12.6	12.4	12.3	12.4	0.15
見かけ 1/200rad	16.8	16.3	16.5	16.5	0.25
見かけ 1/120rad	22.7	22.0	22.4	22.4	0.35
真 1/300rad	15.3	14.9	15.1	15.1	0.20

表. 2 : 試験荷重と50%下限値

項目	試験荷重 (平均値) (kN/1.82m)	ばらつき係数	50%下限値 (kN/1.82m)
P _y	25.0	0.989	24.7
P _u ・0.2・√2μ-1	22.2	0.992	22.0
2/3 P _{max}	31.8	0.984	31.3
P ₁₂₀	22.4	0.992	22.2

K= 0.471
幅= 1.82

P0	倍率
22.0	6.1

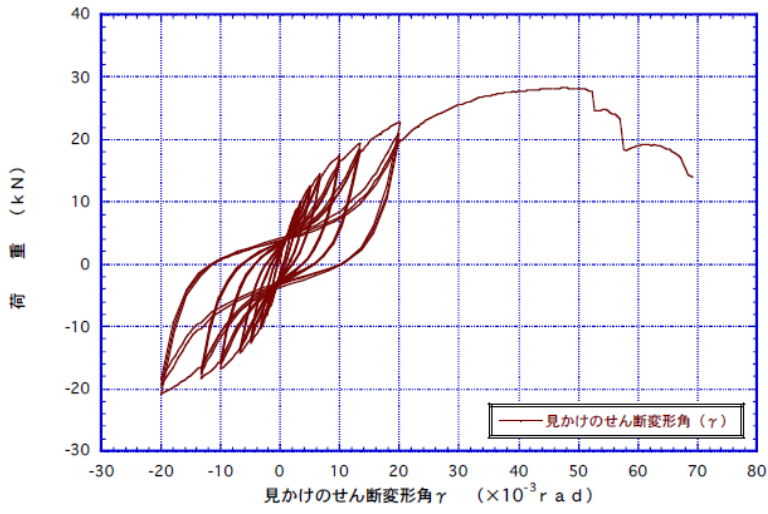


図1：10C6-1 荷重-せん断変形角曲線

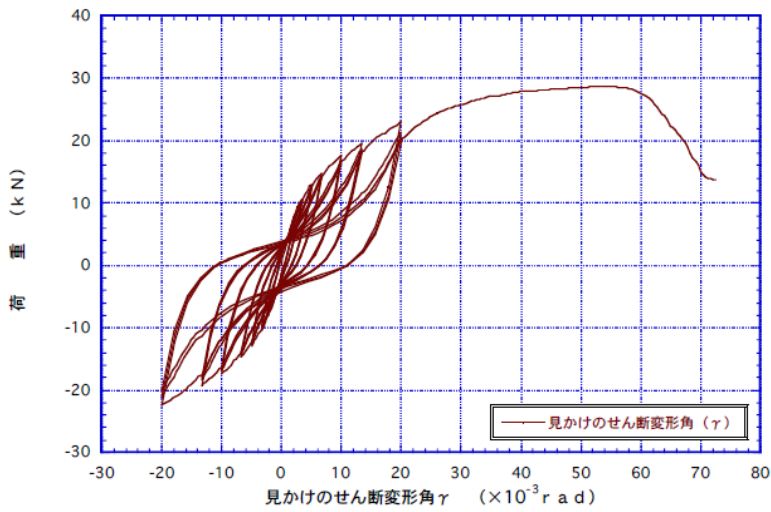


図2：10C6-2 荷重-せん断変形角曲線

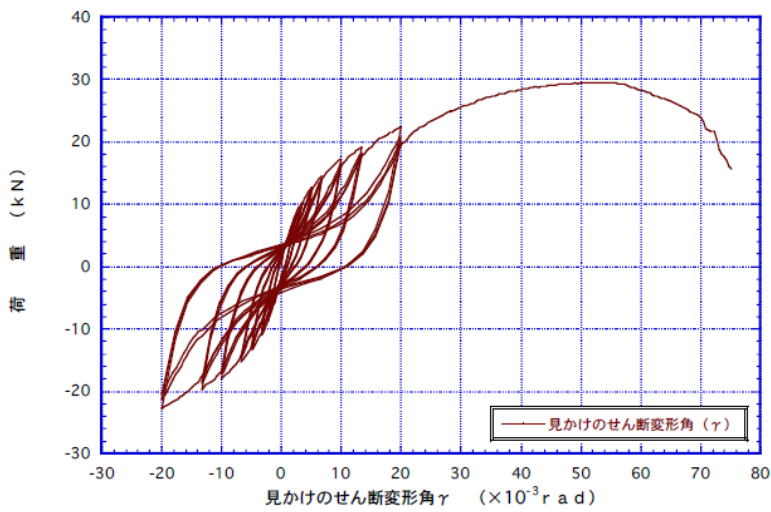


図3：10C6-3 荷重-せん断変形角曲線

2224-69 CN65@100mm
HWP2224-69 東京合板(10C6)

表. 1 : 算定した特性値

試験方法	無載荷式、3回正負				
	10C6 -1	10C6 -2	10C6 -3	平均値	標準偏差
最大耐力 P _{max} (kN/1.82m)	28.3	28.8	29.6	28.9	0.66
最大耐力時変形角 δ _{max} (10 ⁻³ rad)	47.19	53.64	51.55	50.79	3.29
降伏耐力 P _y (kN/1.82m)	15.1	15.2	15.4	15.2	0.15
降伏変形角 δ _y (10 ³ rad)	7.38	7.18	7.62	7.39	0.22
終局耐力 P _u (kN/1.82m)	25.4	26.0	26.5	26.0	0.55
終局変形角 δ _u (10 ³ rad)	57.15	64.58	66.67	62.80	5.00
降伏点変形角 δ _v (10 ³ rad)	12.37	12.27	13.17	12.60	0.49
剛性 K (MN/rad)	2.05	2.12	2.02	2.06	0.05
塑性率 μ	4.62	5.26	5.06	4.98	0.33
構造特性係数 D _s	0.35	0.32	0.33	0.33	0.02
P _u ・0.2・√2μ-1 (kN/1.82m)	14.6	16.0	16.0	15.5	0.81
2/3 P _{max} (kN/1.82m)	18.9	19.2	19.7	19.3	0.40
一定変形時耐力(kN/1.82m)					
見かけ 1/300rad	10.0	10.6	10.3	10.3	0.30
見かけ 1/200rad	12.6	13.0	12.8	12.8	0.20
見かけ 1/120rad	16.0	16.2	15.9	16.0	0.15
真 1/300rad	11.4	11.6	11.9	11.6	0.25

表. 2 : 試験荷重と50%下限値

項目	試験荷重 (平均値) (kN/1.82m)	ばらつき係数	50%下限値 (kN/1.82m)
P _y	15.2	0.995	15.1
P _u ・0.2・√2μ-1	15.5	0.976	15.1
2/3 P _{max}	19.3	0.990	19.1
P ₁₂₀	16.0	0.996	15.9

K= 0.471
幅= 1.82

P0	倍率
15.1	4.2

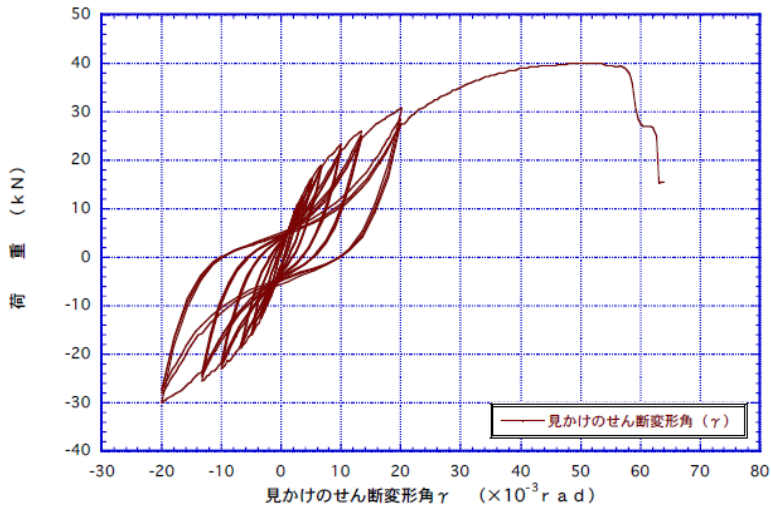


図 1 : 7 C 6 - 1 荷重-せん断変形角曲線

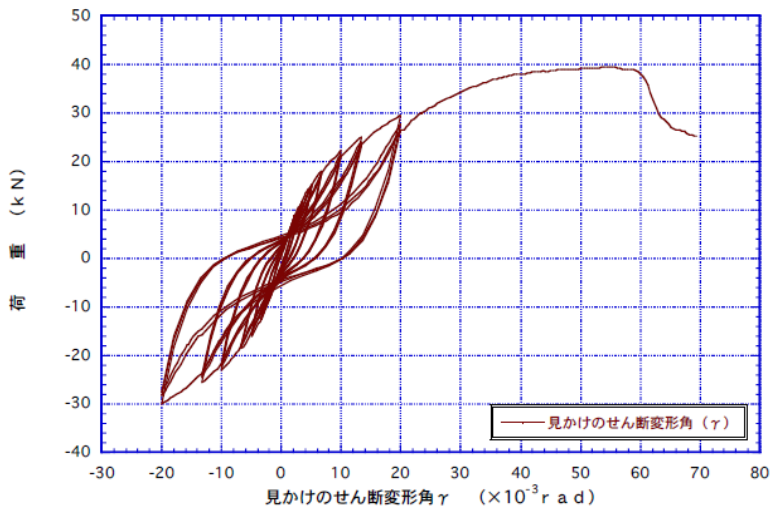


図 2 : 7 C 6 - 2 荷重-せん断変形角曲線

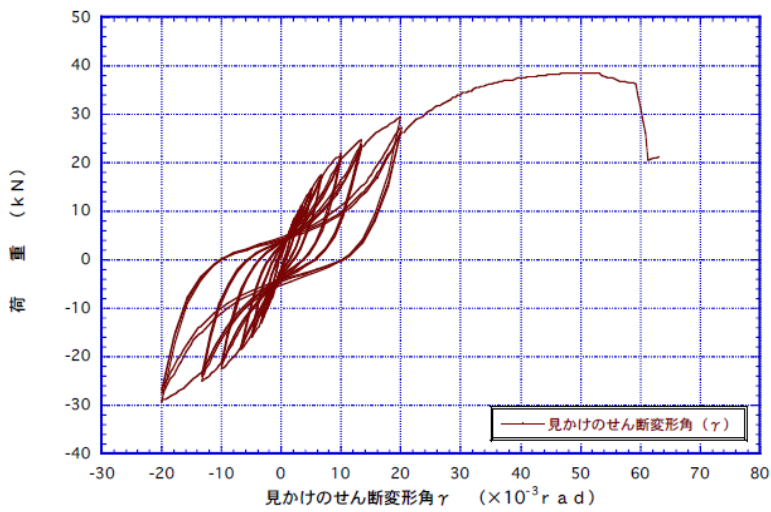


図 3 : 7 C 6 - 3 荷重-せん断変形角曲線

2224-70 CN65@75mm
HWP2224-70 東京合板(7C6)

表. 1 : 算定した特性値

試験方法	無載荷式、3回正負				
	7C6 -1	7C6 -2	7C6 -3	平均値	標準偏差
最大耐力 P_{max} (kN/1.82m)	40.0	39.5	38.6	39.4	0.71
最大耐力時変形角 $\hat{\delta}_{max}$ (10^{-3} rad)	51.01	54.90	49.76	51.89	2.68
降伏耐力 P_y (kN/1.82m)	21.0	20.6	20.2	20.6	0.40
降伏変形角 δ_y (10^3 rad)	8.30	8.72	8.72	8.58	0.24
終局耐力 P_u (kN/1.82m)	36.0	35.5	34.8	35.4	0.60
終局変形角 δ_u (10^3 rad)	59.05	62.47	60.14	60.55	1.75
降伏点変形角 δ_v (10^3 rad)	14.21	15.07	15.00	14.76	0.48
剛性 K (MN/rad)	2.53	2.36	2.32	2.40	0.11
塑性率 μ	4.16	4.15	4.01	4.11	0.08
構造特性係数 Ds	0.37	0.37	0.38	0.37	0.01
$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN/1.82m)	19.5	19.2	18.4	19.0	0.57
$2/3 P_{max}$ (kN/1.82m)	26.7	26.3	25.7	26.2	0.50
一定変形時耐力(kN/1.82m)					
見かけ 1/300rad	12.6	11.7	11.3	11.9	0.67
見かけ 1/200rad	16.2	15.1	14.8	15.4	0.74
見かけ 1/120rad	21.1	20.1	19.7	20.3	0.72
真 1/300rad	14.2	13.9	14.0	14.0	0.15

表. 2 : 試験荷重と50%下限値

項目	試験荷重 (平均値) (kN/1.82m)	ばらつき係数	50%下限値 (kN/1.82m)
P_y	20.6	0.991	20.4
$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$	19.0	0.986	18.7
$2/3 P_{max}$	26.2	0.991	26.0
P_{120}	20.3	0.984	20.0

K= 0.471
幅= 1.82

P0	倍率
18.7	5.2

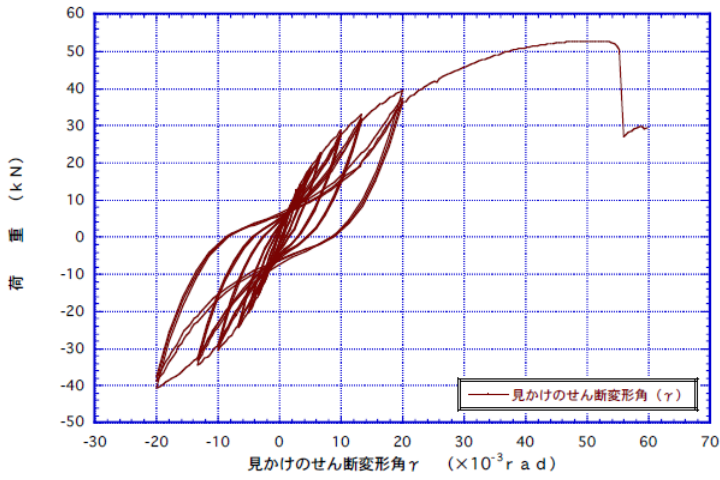


図 1 : 5C6-1 荷重-せん断変形角曲線

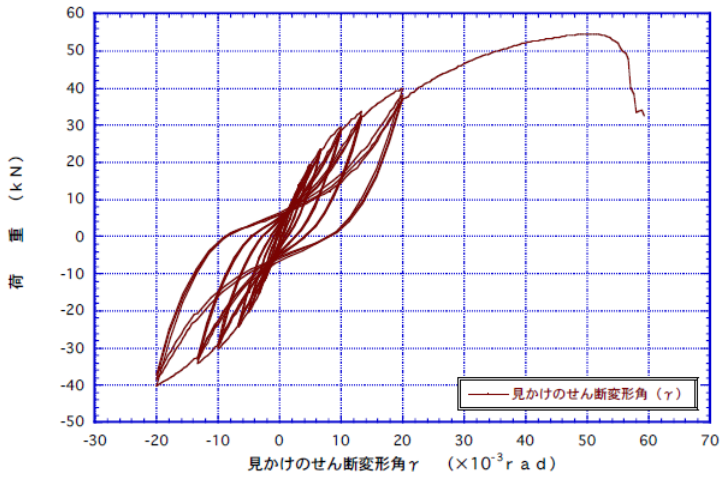


図 2 : 5C6-2 荷重-せん断変形角曲線

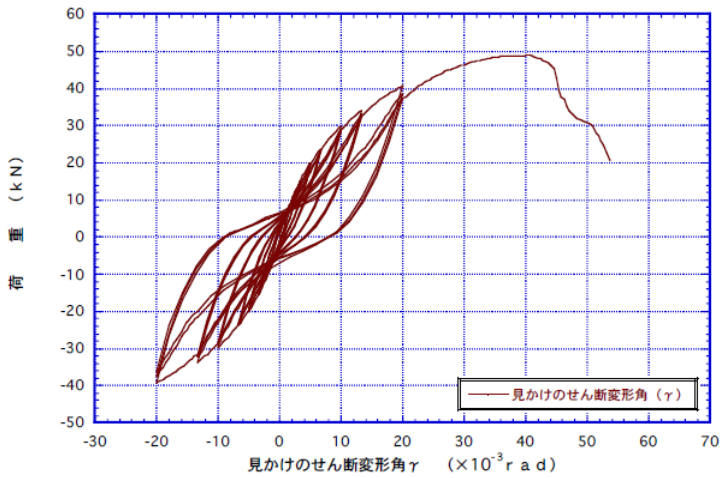


図 3 : 5C6-3 荷重-せん断変形角曲線

2224-71 CN65@50mm
HWP2224-71 東京合板(5C6)

表. 1 : 算定した特性値

試験方法	無載荷式、3回正負				
	5C6 -1	5C6 -2	5C6 -3	平均値	標準偏差
最大耐力 P _{max} (kN/1.82m)	52.8	54.6	48.9	52.1	2.91
最大耐力時変形角 δ _{max} (10 ⁻³ rad)	47.94	49.80	40.26	46.00	5.06
降伏耐力 P _y (kN/1.82m)	27.8	28.3	26.5	27.5	0.93
降伏変形角 δ _y (10 ³ rad)	9.48	9.30	8.16	8.98	0.72
終局耐力 P _u (kN/1.82m)	47.3	48.1	44.4	46.6	1.95
終局変形角 δ _u (10 ³ rad)	55.25	56.92	45.49	52.55	6.17
降伏点変形角 δ _v (10 ³ rad)	16.12	15.82	13.67	15.20	1.34
剛性 K (MN/rad)	2.93	3.04	3.25	3.07	0.16
塑性率 μ	3.43	3.60	3.33	3.45	0.14
構造特性係数 D _s	0.41	0.40	0.42	0.41	0.01
P _u ・0.2・√2μ-1 (kN/1.82m)	22.9	24.0	21.1	22.7	1.46
2/3 P _{max} (kN/1.82m)	35.2	36.4	32.6	34.7	1.94
一定変形時耐力(kN/1.82m)					
見かけ 1/300rad	14.2	14.4	15.0	14.5	0.42
見かけ 1/200rad	18.9	19.5	19.8	19.4	0.46
見かけ 1/120rad	25.7	26.6	26.8	26.4	0.59
真 1/300rad	17.3	17.6	17.2	17.4	0.21

表. 2 : 試験荷重と50%下限値

項目	試験荷重(平均値) (kN/1.82m)	ばらつき係数	50%下限値 (kN/1.82m)
P _y	27.5	0.984	27.1
P _u ・0.2・√2μ-1	22.7	0.970	22.0
2/3 P _{max}	34.7	0.974	33.8
P ₁₂₀	26.4	0.990	26.1

K= 0.471
幅= 1.82

P0	倍率
22.0	6.1

3) 事故的水濡れによる強度低下と耐久性評価試験の結果

試験成績書第 10-4530 号

試 験 成 績 書

依頼者	所在地	東京都千代田区三崎町 2-21-2 リーフスクエア水道橋ビル 8F
	会社名又は団体名	東京合板工業組合
	責任者名	理事長 井上 篤博
	依頼試験の名称	合板のくぎ頭部貫通試験及びくぎ側面抵抗試験

平成 22 年 12 月 22 日付契約した依頼試験について、当財団法人ベターリビング
つくば建築試験研究センターにおいて試験を実施した結果は次のとおりである。

平成 23 年 2 月 28 日

東京都千代田区富士見 2 丁目 7 番 2 号
ステージビルディング

財団法人 ベターリビング
理事長 那珂 正

1. 試験目的

東京合板工業組合の依頼により、促進劣化処理を施した合板-くぎ接合部におけるくぎ頭部貫通試験及びくぎ側面抵抗試験を実施し、最大耐力の残存率を求めることを目的とする。

2. 試験体と試験方法

2. 1 試験体

(1) 試験体

試験体は次項2. 2に示す各処理条件(3条件)につき10体とし、試験片は次のように準備した。

① 面材

依頼者より支給されたJAS 特類2級の構造用合板(樹種:スギ、寸法:12×910×1820mm、4プライ)10枚のそれぞれから、くぎ頭部貫通試験用試験片3体(処理条件3種類に対して各1体)、くぎ側面抵抗試験用試験片6体(処理条件3種類に対して、表層繊維方向と加力方向が平行なもの3体、直交するもの3体)の合計90体を切り出し、温度20±2℃、相対湿度65±2.5%RHに制御された恒温恒湿装置内にて恒量(1日の重量変化が試験体重量の1/1000以下)に達するまで調湿した。なお、試験片寸法はすべて厚さ12mm(支給材料のまま)、幅75mm、長さ150mmとした。

② くぎ

依頼者より支給された太め鉄丸くぎ(CN50)を用いた。

くぎ打ち位置は、くぎ頭部貫通試験片では板面の中央、くぎ側面抵抗試験片では幅方向(75mm)の中央、かつ長さ方向(150mm)の端から12mmとした。

なお、くぎ打ちに際し、予めくぎ径の約90%の先あなを空け、くぎ打ちは各促進処理を実施する前に行った。

(2) 試験方法

① くぎ頭部貫通試験

写真1に示すように材料試験機(INSTRON社製、型式4482)を用いて行った。

加力速度2mm/minの単調载荷にて、最大荷重の50%以下に達するまで加力を行った。

② くぎ側面抵抗試験

写真2に示すように材料試験機(INSTRON社製、型式4482)を用いて行った。

加力速度2mm/minの単調载荷にて、最大荷重の50%以下に達するまで加力を行った。



写真1: くぎ頭部貫通試験



写真2: くぎ側面抵抗試験

2. 2 試験片の促進劣化処理

本試験では、促進劣化処理による最大耐力残存率を評価するため、試験片処理方法として、促進処理を行わない場合（無処理）、2種の促進処理（72時間水中浸せき処理、乾湿繰り返し処理）を行う場合の、計3条件を設定した。

なお、2.1(1)②で述べたくぎ打ち後の試験片は、以下の各処理前に、2.1(1)①と同様の調湿処理を行ったものである。

(1) 無処理

くぎ打ち後の試験片を調湿した後、試験に供した。

(2) 事故的な水掛りを想定した処理

平成12年建設省告示第1446号の別表第二(い)欄第一第十号に掲げる建築材料の(ろ)欄第9号の「事故的な水掛りに準じた促進処理(72時間散水又は20℃水中に72時間浸せき後、散水前の重量まで乾燥させた後に試験)」に準じ、調湿後のくぎ打ち試験片の72時間水中浸せき処理を行った。

水中浸せき後、温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\pm 2.5\text{RH}$ の恒温恒湿装置中に放置したが、最終的に浸せき前の重量まで戻らなかったため、1日の重量変化が試験片重量の $1/1000$ 以下になった時点で恒量に達したものとして試験に供した。

(3) 乾湿繰り返しによる耐水性を想定した処理

調湿後のくぎ打ち試験片を、 20°C の水中に4時間浸せきし、取り出した試験片を $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ の乾燥機中で20時間乾燥するというサイクルを2回繰り返した後、温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\pm 2.5\text{RH}$ の恒温恒湿装置中に48時間静置したものを試験に供した。

3. 試験結果

3.1 くぎ頭部貫通試験

各処理方法による試験片の恒量時の密度、促進処理を施した試験片については試験時の密度、得られた最大荷重を表1に示す。最大耐力の残存率については10体の平均値を比較することによって求め、表2に示した。

表1 くぎ頭部貫通試験結果

番号	無処理		72時間浸せき処理			乾湿繰返し処理		
	恒量時 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)	恒量時 密度 (g/cm ³)	試験時 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)	恒量時 密度 (g/cm ³)	試験時 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)
1	0.417	1.672	0.439	0.453	1.380	0.418	0.418	1.478
2	0.436	1.925	0.432	0.448	1.372	0.419	0.421	1.726
3	0.409	1.084	0.398	0.412	1.403	0.412	0.415	1.451
4	0.433	1.244	0.422	0.438	1.562	0.449	0.453	1.334
5	0.430	1.454	0.437	0.452	1.110	0.438	0.441	1.336
6	0.418	1.314	0.442	0.454	1.374	0.407	0.407	1.311
7	0.440	1.456	0.409	0.422	1.465	0.413	0.414	1.092
8	0.420	1.289	0.423	0.436	1.574	0.424	0.425	1.134
9	0.414	1.293	0.398	0.412	1.696	0.419	0.420	1.384
10	0.415	1.277	0.405	0.417	1.336	0.406	0.404	1.254
平均値	0.423	1.401	0.420	0.434	1.427	0.421	0.422	1.350
標準偏差	0.011	0.242	0.017	0.017	0.160	0.014	0.015	0.180

表2 くぎ頭部貫通試験における最大耐力残存率

	72時間浸せき処理／無処理	乾湿繰返し処理／無処理
最大耐力残存率	1.019	0.964

3. 2 くぎ側面抵抗試験

各処理方法による試験片の恒量時の密度、促進処理を施した試験片については試験時の密度、得られた最大荷重を表3~4に示す。最大耐力の残存率については、表板繊維方向と加力方向の関係別の10体の平均値、および表板繊維方向と加力方向の関係を無視した20体の平均値を比較することによって求め、表5及び表6に示した。

表3 くぎ側面抵抗試験結果（表板繊維方向と加力方向が平行）

番号	無処理		72時間浸せき処理			乾湿繰返し処理		
	恒量時密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	恒量時密度 (g/cm ³)	試験時密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	恒量時密度 (g/cm ³)	試験時密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)
Para.1	0.413	0.955	0.405	0.415	0.887	0.432	0.434	0.971
Para.2	0.413	1.107	0.423	0.439	0.757	0.417	0.418	1.252
Para.3	0.405	0.957	0.441	0.457	0.888	0.420	0.422	0.809
Para.4	0.436	1.291	0.413	0.429	0.939	0.434	0.436	1.444
Para.5	0.452	1.162	0.438	0.455	1.093	0.417	0.418	0.960
Para.6	0.409	0.870	0.424	0.439	1.215	0.410	0.411	1.033
Para.7	0.402	0.845	0.399	0.411	1.061	0.405	0.403	1.042
Para.8	0.394	0.833	0.410	0.425	0.987	0.402	0.403	0.857
Para.9	0.399	1.042	0.401	0.413	0.984	0.398	0.397	1.176
Para.10	0.421	1.349	0.417	0.430	1.298	0.401	0.398	1.135
平均値	0.414	1.041	0.417	0.431	1.011	0.414	0.414	1.068
標準偏差	0.018	0.183	0.014	0.016	0.162	0.013	0.014	0.190

※番号欄の“Para.”は、表板繊維方向と加力方向が平行（parallel）であることを示す。

表4 くぎ側面抵抗試験結果（表板繊維方向と加力方向が直交）

番号	無処理		72時間浸せき処理			乾湿繰返し処理		
	恒量時密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	恒量時密度 (g/cm ³)	試験時密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	恒量時密度 (g/cm ³)	試験時密度 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)
Perp.1	0.441	1.146	0.436	0.451	1.155	0.427	0.429	1.119
Perp.2	0.438	1.287	0.404	0.420	0.993	0.418	0.422	1.143
Perp.3	0.407	1.256	0.447	0.466	1.095	0.410	0.412	1.097
Perp.4	0.435	1.155	0.440	0.458	1.276	0.443	0.448	1.253
Perp.5	0.424	1.112	0.411	0.427	1.045	0.417	0.418	1.287
Perp.6	0.419	1.561	0.413	0.428	1.031	0.400	0.402	0.570
Perp.7	0.421	1.298	0.434	0.450	1.499	0.398	0.398	1.142
Perp.8	0.412	1.456	0.405	0.420	1.072	0.395	0.395	0.948
Perp.9	0.395	1.001	0.415	0.429	1.040	0.411	0.412	1.072
Perp.10	0.419	1.064	0.399	0.412	1.139	0.416	0.416	1.087
平均値	0.421	1.234	0.420	0.436	1.135	0.413	0.415	1.072
標準偏差	0.014	0.175	0.017	0.018	0.151	0.014	0.016	0.200

※番号欄の“Perp.”は、表板繊維方向と加力方向が直交（perpendicular）していることを示す。

表5 くぎ側面抵抗試験結果（全体：表板繊維方向と加力方向が平行及び直交）

番号	無処理		72時間浸せき処理			乾湿繰返し処理		
	恒量時 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)	恒量時 密度 (g/cm ³)	試験時 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)	恒量時 密度 (g/cm ³)	試験時 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)
20体の 平均値	0.418	1.137	0.419	0.434	1.073	0.414	0.415	1.070
20体の 標準偏差	0.016	0.200	0.016	0.017	0.165	0.013	0.015	0.190

表6 くぎ側面抵抗試験における最大耐力残存率

		72時間浸せき処理／無処理	乾湿繰返し処理／無処理
最大耐力 残存率	表板繊維方向と 加力方向が平行	0.971	1.026
	表板繊維方向と 加力方向が直交	0.920	0.869
	全 体	0.943	0.941

4. 試験担当者

つくば建築試験研究センター

統括技術管理者	理事・所長	二 木 幹 夫
技 術 管 理 者	環境・材料性能試験研究部 部長	犬 飼 達 雄
試 験 責 任 者	企画管理部 次長	佐久間 博 文
試 験 実 施 者	企画管理部 次長	佐久間 博 文
	環境・材料性能試験研究試験部 主任試験研究役	下屋敷 朋 千

5. 試験期間

平成22年12月24日～平成23年2月25日

6. 試験実施場所

財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター
〒305-0802 茨城県つくば市立原2番地
TEL. 029-864-1745 FAX. 029-877-0050

4. 成果の利活用

評価を受けた4仕様の耐力壁については、東京合板工業組合の独自予算にて国交大臣の認定を目指す。

また、開発した公共建物・中層木造用の高強度耐力壁について得られた知見等は、工業組合発行の技術資料等を通して広くPRしたい。

まとめ

オール国産樹種による高強度耐力壁を開発し、評価機関による評価を受けた。これを基に国交大臣より倍率 5 程度の認定を受けられよう。また、公共建物や中層木造用としてさらに高強度の耐力壁を開発し、実験的に評価して、これら建物の設計資料を得た。

これらの成果により、枠組壁工法住宅において国産材使用率が大幅に上昇するとともに、より地震に強い住宅の建設に大きく貢献することが期待される。