

第 2 章 高倍率、高階高耐力壁

2. 高倍率、高階高耐力壁

2.1 想定する建築物及び目標性能

2.1.1 想定する建築物

本事業で開発を行った高耐力壁は、非住宅低層大規模建築物と非住宅中層建築物に用いられることを想定したものである（表 2.1-1）。

表 2.1-1 事業において想定する建物

建築物の概形	用途等
非住宅低層大規模建築物	平屋又は2階建て郊外型店舗、事務所、ショールーム 工場、倉庫等
非住宅中層建築物	既成市街地内に立地する3、4階建ての店舗、事務所等

2.1.2 想定する建築物と要求される耐力壁等の性能の推定

本節では、建物の層数と前節で想定した建築物の用途に応じて、必要とされる耐力壁のせん断耐力を検討した。層数（階数）は1～3階建てと4、5階建てに分類している。建物重量は用途に応じたスパン割や層数、階高に大きく影響されると考え、建物用途ごとに設定したグリッド寸法及び層数、階高を基準に検討を行った（図 2.1-1）。

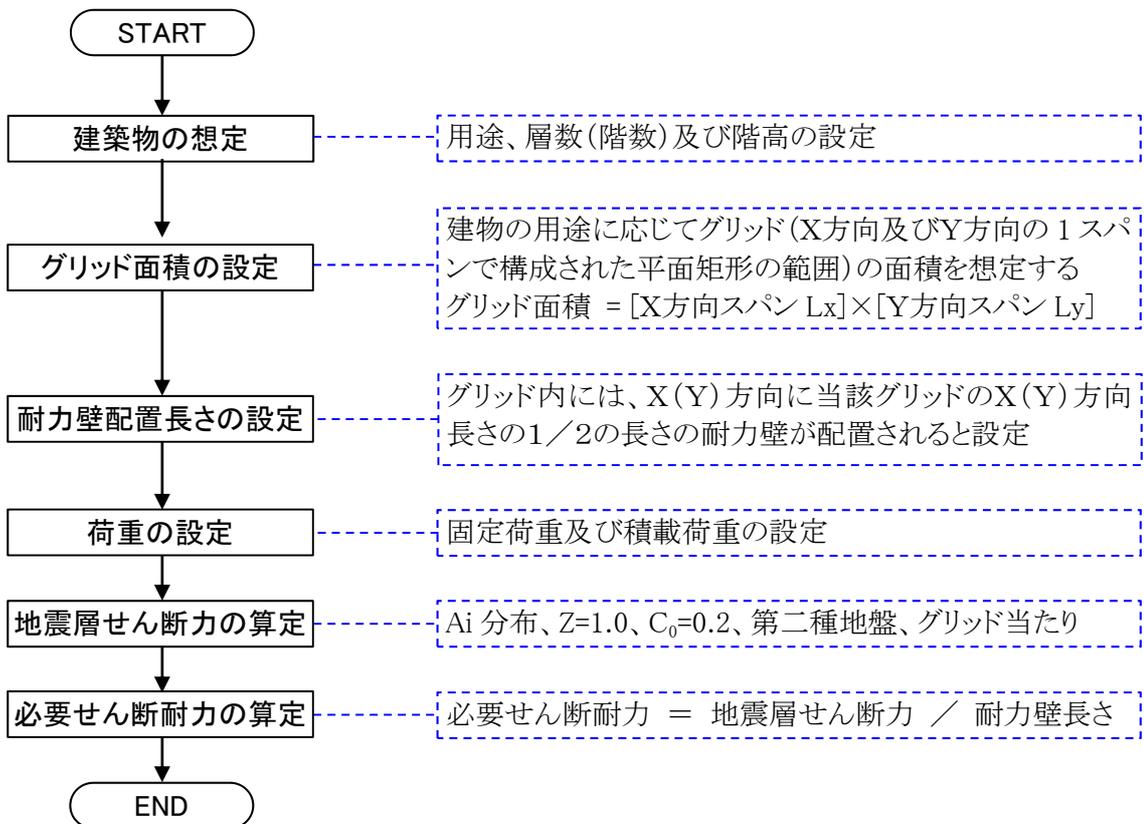


図 2.1-1 耐力壁の必要せん断耐力の算定フロー

2.1.3 用途、階数（層数）、階高及びグリッド寸法の想定

(1) 層数1～3の建築物の想定

層数1～3の建築物については表 2.1-2 のように想定した。

表 2.1-2 建築物の想定（層数1～3）

用途	層数	階高	グリッド寸法 Lx × Ly
事務所 高齢者・特養施設 保育園	3	3.6	6[m]×6[m]
診療所・病院 学校 店舗系	3	3.6	8[m]×8[m]
書庫・図書館	2	3.6	
工場・倉庫	1	4.5	9[m]×20[m]

(2) 層数4,5の建築物の想定

層数4、5の建築物については表 2.1-3 のように想定した。

表 2.1-3 建築物の想定（層数4,5）

用途	層数	階高	グリッド寸法 Lx × Ly
事務所 高齢者・特養施設 保育園	5	3.6	6[m]×6[m]
診療所・病院 学校 店舗系	5	3.6	8[m]×8[m]
書庫・図書館	4	3.6	8[m]×8[m]

(3) グリッド寸法と耐力壁長さの関係について

前項で設定されたグリッド寸法に対し、各グリッド内に配置される耐力壁の長さ L を、当該グリッド辺の長さの $1/2$ の長さとして設定した (図 2.1-3)。

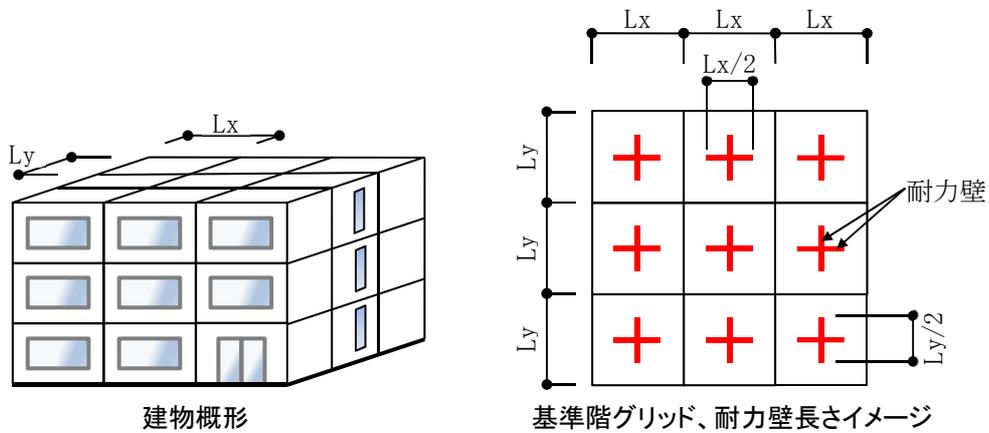


図 2.1-2 グリッド

グリッド寸法 $L_x = 6[m]$ 、 $L_y = 6[m]$ の場合、グリッド内に想定する各耐力壁長さは $6/2 = 3.0[m]$

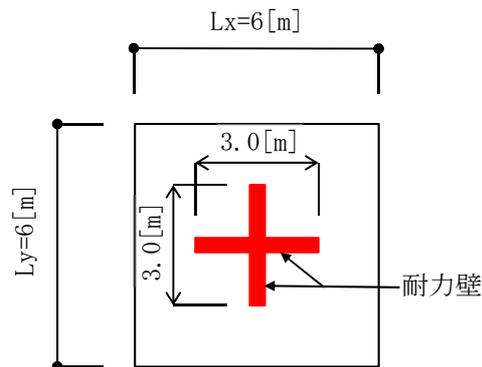


図 2.1-3 グリッド寸法と耐力壁長さの例

2.1.4 設計用荷重

(1) 固定荷重(工場・倉庫建築以外)

工場・倉庫建築以外の固定荷重は文献^(※1)^(※2)を参考に下記のとおり設定した。

① 各部固定荷重

屋根荷重	[N/m ²]
瓦	470
アスファルトルーフィング	20
構造用合板 t=12mm	80
ポリスチレンフォーム t=75mm	30
垂木 60×105@455	70
構造用合板 t=24mm	150
トラス	240
小梁 105×105@910	70
グラスウール t=100mm	30
野縁 40×40@303	60
スギ板 t=12mm	60

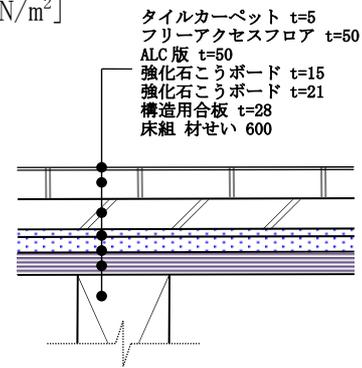
1280 ⇒ 1300 [N/m²]

水平投影面に対して 1430 ⇒ 1500 [N/m²]



床荷重	[N/m ²]
タイルカーペット t=5mm	50
フリーアクセスフロア t=50mm	200
ALC版 t=50mm	325
強化石膏ボード t=15mm	150
強化石膏ボード t=21mm	200
構造用合板 t=28	168
床組 材せい 600mm	500

1593 ⇒ 1600 [N/m²]



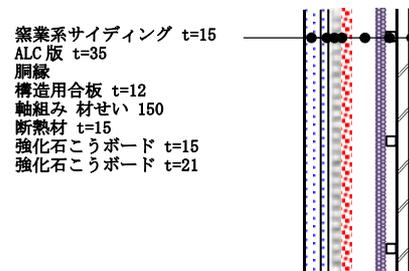
天井	[N/m ²]
グラスウール t=100	50
天井下地 材せい 45mm	60
強化石膏ボード t=21mm	200
強化石膏ボード t=15mm	150

460 ⇒ 500 [N/m²]



外壁(壁面当たり)	[N/m ²]
窯業系サイディング t=15	170
ALC版 t=35mm	228
胴縁	20
構造用合板 t=12	72
軸組 材せい 150mm	200
断熱材 t=15mm	20
強化石膏ボード t=15mm	150
強化石膏ボード t=21mm	200

1060 ⇒ 1100 [N/m²]



(※1) 大橋好光：中大規模木造建築物の建築設計を実務から学ぶ，建築技術 5月号，No. 772，2014

(※2) JIS A 3301 (木造校舎の構造設計標準) の技術資料 (木トラス屋根)

② 壁の均し荷重

壁は下記のように単位床面積当たりの重量に換算して検討に用いることとした。個々のグリッドが負担する壁の長さは、X方向、Y方向ともにグリッド寸法 (L_x 及び L_y) とする。
なお、壁は外壁・内壁の区別をせず、単位重量としては外壁の単位重量を用いた。

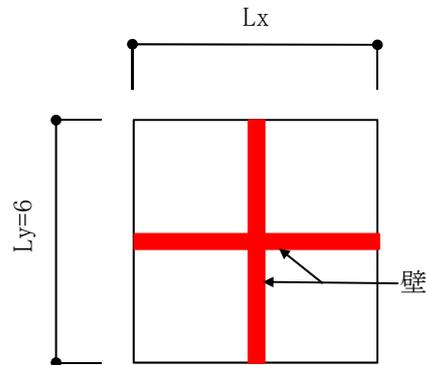


図 2.1-4 個々のグリッドが重量を負担する壁の長さ

条件Ⅰ： グリッド寸法 6[m]×6[m]、階高 3.6[m]即ち条件Ⅰのグリッドでは、 $L_x + L_y = 12$ [m]の長さの壁重量を負担する。

最上層壁重量

$$(1100[\text{N/m}^2] \times 12[\text{m}] \times 3.6[\text{m}]/2) / (6 \times 6) [\text{m}^2] = 660 [\text{N/m}^2] \Rightarrow 700 [\text{N/m}^2]$$

中間層壁重量

$$\text{最上層壁荷重} \times 2 = 1320 [\text{N/m}^2] \Rightarrow 1400 [\text{N/m}^2]$$

条件Ⅱ： グリッド寸法 8[m]×8[m]、階高 3.6[m]

条件Ⅱのグリッドでは、 $L_x + L_y = 16$ [m]の長さの壁重量を負担する

最上層壁重量

$$(1100[\text{N/m}^2] \times 16[\text{m}] \times 3.6[\text{m}]/2) / (8 \times 8) [\text{m}^2] = 495 [\text{N/m}^2] \Rightarrow 500 [\text{N/m}^2]$$

中間層壁重量

$$\text{最上層壁荷重} \times 2 = 990 [\text{N/m}^2] \Rightarrow 1000 [\text{N/m}^2]$$

(2) 固定荷重(工場・倉庫建築)

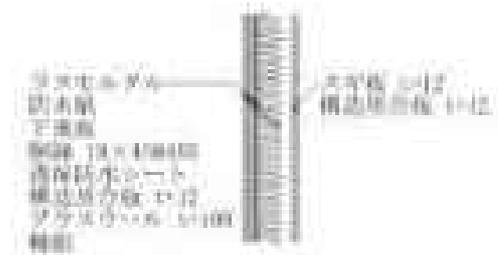
工場・倉庫建築の固定荷重は文献^(※1)に基づき下記のとおり設定した。

① 各部固定荷重

屋根荷重	[N/m ²]
瓦	470
アスファルトルーフィング	20
構造用合板 t=12mm	80
ポリスチレンフォーム t=75mm	30
垂木 60×105@455	70
構造用合板 t=24mm	150
トラス	240
小梁 105×105@910	70
グラスウール t=100mm	30
野縁 40×40@303	60
スギ板 t=12mm	60
	1280 ⇒ 1300[N/m ²]
	水平投影面に対して 1430 ⇒ 1500[N/m ²]



外壁	[N/m ²]
ラスモルタル	640
胴縁 18×45@455	10
透湿防水シート	10
構造用合板 t=12mm×2	150
グラスウール t=100	30
壁軸組	150
スギ板 t=12mm	60
	1050 ⇒ 1100[N/m ²]



(※1) JIS A 3301 (木造校舎の構造設計標準) の技術資料 (木トラス屋根)

② 壁の均し荷重

壁は下記のように単位床面積当たりの重量に換算して検討に用いることとした。なお、壁は外壁・内壁の区別をせず、単位重量としては外壁の単位重量を用いた。

仮定条件：グリッド寸法 9[m]×20[m]、階高 4.5[m]

グリッドが負担する壁の長さは、X方向、Y方向ともにグリッド寸法 (Lx 及び Ly) とする。即ち仮定のグリッドでは、Lx + Ly = 29[m]の長さの壁重量を負担する。

最上層壁重量

$$(1100[\text{N/m}^2] \times 29[\text{m}] \times 4.5[\text{m}]/2) / (9 \times 20) [\text{m}^2] = 399 [\text{N/m}^2] \Rightarrow 400 [\text{N/m}^2]$$

(3) 荷重表

固定荷重の一覧を表 2.1-4 に、地震力算定用の荷重表を表 2.1-5 に示す。

表 2.1-4 固定荷重一覧[N/m²]

用途	層	固定荷重 D.L.			
		屋根 or 床	天井	外壁	合計
事務所 高齢者施設 特養施設 保育園	最上層	1500	500	700	2700
	中間層	1600	500	1400	3500
診療所 病院 学校 店舗系 書庫 図書館	最上層	1500	500	500	2500
	中間層	1600	500	1000	3100
工場 倉庫	最上層	1500		400	1900
	中間層	—		—	—

表 2.1-5 荷重表[N/m²]

用途	層	D. L.	L. L. ^(※1)	T. L.
事務所	最上層	2700	400	3100
	中間層	3500	800	4300
高齢者施設 特養施設	最上層	2700	400	3100
	中間層	3500	600	4100
保育園	最上層	2700	400	3100
	中間層	3500	1100	4600
診療所 病院	最上層	2500	400	2900
	中間層	3100	600	3700
学校	最上層	2500	400	2900
	中間層	3100	1100	4200
店舗系	最上層	2500	400	2900
	中間層	3100	1300	4400
書庫 図書館	最上層	2500	400	2900
	中間層	3100	4900	8000
工場 倉庫	最上層	1900	0	1900
	中間層	—	—	—

(※1) 積載荷重 L. L. は建築基準法施行令第 85 条の地震力算定用の積載荷重
最上層の L. L. は屋上積載物等を想定した値

2.1.5 地震力及び各階で必要な耐力壁せん断耐力の算定

各建物用途について、1グリッド当たり作用する地震力（ A_i 分布）を算定する。

なお、地震地域係数 $Z=1.0$ 、ベースシア係数 $C_0=0.2$ 、地盤種別は第二種地盤（基礎底部の地盤種別に応じた数値 $T_c = 0.6[s]$ ）を仮定した。

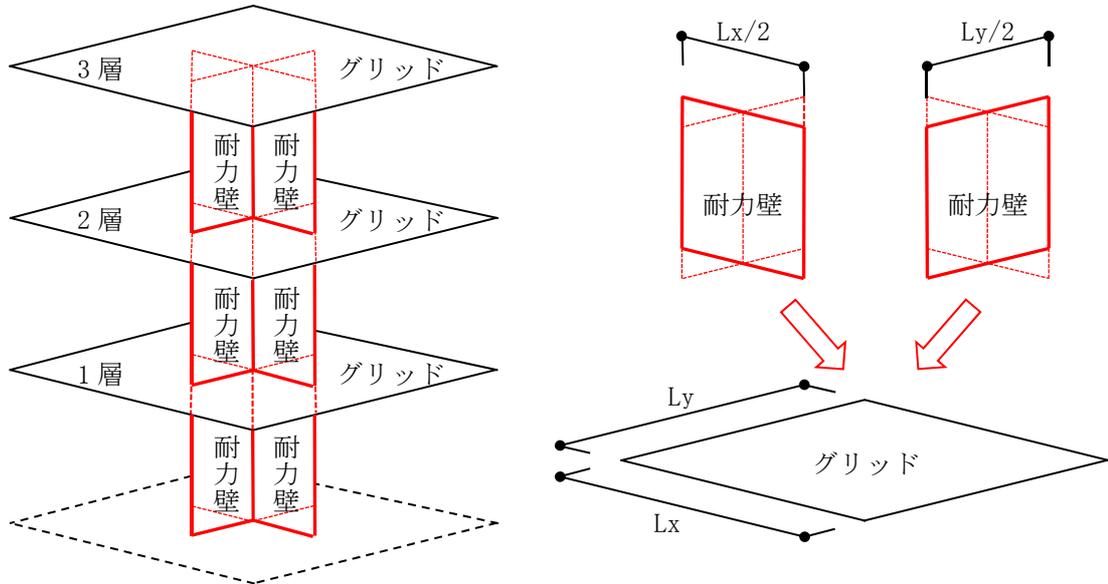


図 2.1-5 地震力算定用の建物想定（層数3の場合）

地震力の算定は下記によった

$$Q_i = C_i \cdot \sum W_i = C_i \cdot \sum (W'_i \cdot L_x \cdot L_y)$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

$$Z = 1.0, R_t = 1^{(\ast 1)}, C_0 = 0.2$$

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \cdot \frac{2T}{1 + 3T}$$

$$\alpha_i = \frac{i\text{階より上の部分の建物重量}}{\text{地上部分の建物全重量}}$$

ここで、 Q_i : i 層に生じる層せん断力

C_i : 層せん断力係数

W'_i : i 層の単位床面積当たり重量 [kN/m²]

L_x, L_y : グリッドの X 方向及び Y 方向の長さ [m]

Z : 地震地域係数

R_t : 振動特性係数

A_i : 層せん断力分布係数

T : 設計用 1 次固有周期で $T = 0.03 \cdot h$ [s]

h : 建築物の高さ [m]

(※1) R_t の値について
想定建築物のうち、最大の建物高さ $h:3.6\text{m}\times 5\text{層} = 18.0\text{ [m]}$
 $T = 0.03 \cdot h = 0.03 \times 18.0 = 0.54\text{ [s]} < T_c \Rightarrow R_t = 1$

当該階に求められる単位長さ当たりの必要せん断耐力 Q_{an} の算定は下記によった

$$Q_{an} = Q_i / (\min\{L_x, L_y\} / 2) \quad [\text{kN/m}]$$

表 2.1-6 及び表 2.1-7 に建物用途別に、地震力 Q_i 及び必要せん断耐力 Q_{an} の算定結果を示す
(各用途、下側表の最右列が各階に耐力壁に必要なせん断耐力 Q_{an} [kN/m]の相当倍率換算値)。

表 2.1-6 地震力及び必要せん断耐力算定結果一覧 (層数 1~3)

事務所

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	3	10.80	0.324	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
3	3.10	6	6	111.6	111.6	0.265	1.551	0.31	34.6	11.5	5.89
2	4.30	6	6	154.8	266.4	0.632	1.205	0.24	64.2	21.4	10.92
1	4.30	6	6	154.8	421.2	1.000	1.000	0.20	84.2	28.1	14.33

高齢者・特養施設

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	3	10.80	0.324	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
3	3.10	6	6	111.6	111.6	0.274	1.537	0.31	34.3	11.4	5.84
2	4.10	6	6	147.6	259.2	0.637	1.202	0.24	62.3	20.8	10.60
1	4.10	6	6	147.6	406.8	1.000	1.000	0.20	81.4	27.1	13.84

保育園

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	3	10.80	0.324	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
3	3.10	6	6	111.6	111.6	0.252	1.572	0.31	35.1	11.7	5.97
2	4.60	6	6	165.6	277.2	0.626	1.210	0.24	67.1	22.4	11.40
1	4.60	6	6	165.6	442.8	1.000	1.000	0.20	88.6	29.5	15.06

診療所・病院

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	3	10.80	0.324	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
3	2.90	8	8	185.6	185.6	0.282	1.527	0.31	56.7	14.2	7.23
2	3.70	8	8	236.8	422.4	0.641	1.200	0.24	101.4	25.3	12.93
1	3.70	8	8	236.8	659.2	1.000	1.000	0.20	131.8	33.0	16.82

学校

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	3	10.80	0.324	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
3	2.90	8	8	185.6	185.6	0.257	1.564	0.31	58.1	14.5	7.41
2	4.20	8	8	268.8	454.4	0.628	1.208	0.24	109.8	27.4	14.00
1	4.20	8	8	268.8	723.2	1.000	1.000	0.20	144.6	36.2	18.45

店舗系

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	3	10.80	0.324	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
3	2.90	8	8	185.6	185.6	0.248	1.579	0.32	58.6	14.6	7.47
2	4.40	8	8	281.6	467.2	0.624	1.211	0.24	113.2	28.3	14.43
1	4.40	8	8	281.6	748.8	1.000	1.000	0.20	149.8	37.4	19.10

書庫・図書館

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H[m]	T[s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	2	7.20	0.216	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
2	2.90	8	8	185.6	185.6	0.266	1.438	0.29	53.4	13.3	6.81
1	8.00	8	8	512	697.6	1.000	1.000	0.20	139.5	34.9	17.80

工場・倉庫

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H[m]	T[s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	2	7.20	0.216	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
1	1.90	9	20	342	342.0	1.000	1.000	0.20	68.4	15.2	7.76

風荷重の確認

工場・倉庫に関しては張間方向の風荷重が地震力を上回らないことを確認する。

仮定条件： $H = 4.5$ [m]、 $C = 1.2$

$V_0 = 38$ [m/s]

地表面粗度区分Ⅲ ⇒ $Z_b = 5$ [m]、 $Z_G = 450$ [m]、 $\alpha = 0.20$

$G_f = 2.5$

$H \leq Z_b$ なので、 $E_r = 1.7 \cdot (Z_b/Z_G)^\alpha = 1.7 \times (5/450)^{0.20} = 0.691$

$E = E_r^2 \cdot G_f = 0.691^2 \times 2.5 = 1.194$

$q = 0.6 \cdot E \cdot V_0^2 = 0.6 \times 1.194 \times 38^2 = 1034$ [N/m²]

風荷重 $Q_w = 1.2 \times 1034 \times 20$ [m] $\times 4.5$ [m] / $2 \times 10^{-3} = 55.8$ [kN] ≤ 68.4 [kN]

地震力 > 風荷重であることが確認された

表 2.1-7 地震力及び必要せん断耐力算定結果一覧（層数 4, 5）

事務所

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	5	18.00	0.540	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
5	3.10	6	6	111.6	111.6	0.153	1.992	0.40	44.5	14.8	7.56
4	4.30	6	6	154.8	266.4	0.365	1.532	0.31	81.7	27.2	13.89
3	4.30	6	6	154.8	421.2	0.576	1.305	0.26	110.0	36.7	18.70
2	4.30	6	6	154.8	576.0	0.788	1.139	0.23	131.3	43.8	22.32
1	4.30	6	6	154.8	730.8	1.000	1.000	0.20	146.2	48.7	24.86

高齢者・特養施設

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	5	18.00	0.540	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
5	3.10	6	6	111.6	111.6	0.159	1.968	0.39	43.9	14.6	7.47
4	4.10	6	6	147.6	259.2	0.369	1.526	0.31	79.1	26.4	13.46
3	4.10	6	6	147.6	406.8	0.579	1.303	0.26	106.0	35.3	18.02
2	4.10	6	6	147.6	554.4	0.790	1.138	0.23	126.2	42.1	21.47
1	4.10	6	6	147.6	702.0	1.000	1.000	0.20	140.4	46.8	23.88

保育園

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	5	18.00	0.540	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
5	3.10	6	6	111.6	111.6	0.144	2.026	0.41	45.2	15.1	7.69
4	4.60	6	6	165.6	277.2	0.358	1.541	0.31	85.4	28.5	14.53
3	4.60	6	6	165.6	442.8	0.572	1.309	0.26	115.9	38.6	19.72
2	4.60	6	6	165.6	608.4	0.786	1.141	0.23	138.8	46.3	23.61
1	4.60	6	6	165.6	774.0	1.000	1.000	0.20	154.8	51.6	26.33

診療所・病院

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	5	18.00	0.540	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
5	2.90	8	8	185.6	185.6	0.164	1.951	0.39	72.4	18.1	9.24
4	3.70	8	8	236.8	422.4	0.373	1.521	0.30	128.5	32.1	16.39
3	3.70	8	8	236.8	659.2	0.582	1.300	0.26	171.5	42.9	21.87
2	3.70	8	8	236.8	896.0	0.791	1.137	0.23	203.8	51.0	26.00
1	3.70	8	8	236.8	1132.8	1.000	1.000	0.20	226.6	56.6	28.90

学校

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	5	18.00	0.540	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
5	2.90	8	8	185.6	185.6	0.147	2.014	0.40	74.7	18.7	9.53
4	4.20	8	8	268.8	454.4	0.360	1.538	0.31	139.8	34.9	17.83
3	4.20	8	8	268.8	723.2	0.574	1.308	0.26	189.2	47.3	24.13
2	4.20	8	8	268.8	992.0	0.787	1.140	0.23	226.3	56.6	28.86
1	4.20	8	8	268.8	1260.8	1.000	1.000	0.20	252.2	63.0	32.16

店舗系

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	5	18.00	0.540	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
5	2.90	8	8	185.6	185.6	0.141	2.038	0.41	75.6	18.9	9.65
4	4.40	8	8	281.6	467.2	0.356	1.544	0.31	144.3	36.1	18.40
3	4.40	8	8	281.6	748.8	0.571	1.310	0.26	196.2	49.1	25.03
2	4.40	8	8	281.6	1030.4	0.785	1.141	0.23	235.2	58.8	30.00
1	4.40	8	8	281.6	1312.0	1.000	1.000	0.20	262.4	65.6	33.47

書庫・図書館

Co	地盤種別	Tc	Z	階高	層数	H [m]	T [s]	Rt
0.2	2種	1	1.0	3.6	4	14.40	0.432	1.0

階	Wi'	Lx	Ly	Wi	ΣWi	αi	Ai	Ci	Qi	Qan	相当倍率
	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]				[kN]	[kN/m]	
4	2.90	8	8	185.6	185.6	0.108	2.106	0.42	78.2	19.5	9.97
3	8.00	8	8	512	697.6	0.405	1.439	0.29	200.7	50.2	25.60
2	8.00	8	8	512	1209.6	0.703	1.185	0.24	286.6	71.6	36.55
1	8.00	8	8	512	1721.6	1.000	1.000	0.20	344.3	86.1	43.92

検討の結果、層数 1～3 では 1 階の必要壁耐力が 15.2～37.4 [kN/m] (7.76～19.10 倍相当)、層数 4, 5 では 46.8～86.1 [kN/m] (23.88～43.92 倍相当) となった。

壁耐力 40.0 [kN/m] (20 倍相当) の耐力壁が開発されると、層数 1～3 では仮定条件のようにグリッド当たりグリッド辺長の 1/2 の耐力壁があれば良いことが分かった。一方で層数 4, 5 ではより高い耐力を持つ耐力壁を配置するか、配置する壁の長さを仮定条件よりも長いものとする必要がある。

以上より、ほとんどの用途において、層数 1～3 では 30.0 [kN/m] (約 15 倍相当程度)、層数 4, 5 では 50.0 [kN/m] (約 25 倍相当程度) の耐力を有する耐力壁を用いることで、設計が可能と考えられる。

2.2 前期試験（タイロッド式）

耐力壁試験は前期試験と後期試験を実施した。前期試験では高倍率、高階高耐力壁の面材仕様の追加を目的に、前年度と同様のタイロッド式試験を行い、また、柱脚接合金物を配した場合の耐力壁特性の把握や解析モデルとの照合を目的に柱脚固定式試験も実施した。後期試験では前期試験（タイロッド式）結果を踏まえ、試験体仕様を設定した。

本節では前期試験（タイロッド式）について報告する。2.3 節に後期試験（タイロッド式）、2.4 節に前期試験（柱脚固定式）を示す。

2.2.1 試験計画

(1) 試験体仕様

耐力壁の目標性能は 25.0～40.0[kN/m]とし、昨年度の成果を踏まえ試験体仕様を表 2.2-1 に示す No. 13～18 のように決定した。

試験体の概要及び、昨年度からの仕様変更点を以下に示す。

<各試験体の概要>

- ・壁高さ 3.8m、壁長さ 0.91m とし、梁の曲げ戻し効果が期待できるよう壁から 0.91m 離れた位置にピン柱を設けた。
- ・全試験体共通で床勝ち仕様、柱 120×120mm（ヒノキ同一等級集成材、E95-F315）、桁 120×360mm（ベイマツ対称異等級集成材、E135-F375）、土台 120×150mm（ヒノキ同一等級集成材、E95-F315）とした。
- ・No. 13, 14 は構造用 MDF を用いた仕様で、基本的な仕様は昨年度の本試験仕様 No. 11（MDF 片面大壁）を踏襲した。No. 14 は真壁仕様とした。昨年度からの変更点として、変形時における壁面材と床面材の接触による壁面材の脆性的な破壊を防ぐために、壁面材と床面材との間に隙間を 12mm 設けた（写真 2.2-2）。
- ・No. 18 は No. 14 の壁面材を構造用パーティクルボードにした仕様である。
- ・No. 15, 16 は 12mm 厚の構造用合板を用いており、片面張りと同面張りの比較ができる仕様である。合板の樹種は表層ロシアエゾマツその他スギとした。
- ・No. 17 は 24mm 厚の構造用合板を用いた仕様である。昨年度の No. 9, 10 と同じ仕様であるが、面内せん断性能の向上を目的として、合板の樹種を全層スギから表層国産カラマツその他スギに変更した。

<昨年度からの仕様変更点>

- ・加力時に試験体が面外にたわまないように、試験体下部にローラーを設置した（写真 2.2-3）。
- ・柱頭側めり込み補強金物をドリフトピン接合に変更した（図 2.2-2）
- ・構造用 MDF、構造用パーティクルボードを使用する試験体は、壁面材と床面材との間に 12mm の隙間を設けた（変形時に壁面材が床面材に接触し、壁面材が脆性破壊することを防ぐため）。

表 2.2-1 試験体仕様一覧

パラメータ\試験体		No. 1 3	No. 1 4	No. 1 5	No. 1 6	No. 1 7	No. 1 8
試験方法		タイロッド式					
目標耐力		40kN/m (真)	40kN/m (真)	25kN/m (真)	40kN/m (真)	40kN/m (真)	25kN/m (真)
壁仕様		大壁	真壁	真壁	真壁	真壁	真壁
柱頭仕様		めり込み補強金物 (ほぞパイプ仕様)					
柱脚仕様		めり込み補強金物					
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用MDF	構造用合板	構造用合板	構造用合板	構造用パーティ
	厚さ	9mm	9mm	12mm ^{※2}	12mm ^{※2}	24mm ^{※3}	9mm
	詳細	30N/mm ² タイプ ^{※1}	30N/mm ² タイプ ^{※1}	特類2級	特類2級	特類2級	18N/mm ² タイプ ^{※1}
	両面or片面	片面	片面	片面	両面	片面	片面
	接合具	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ75@50 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥
受け材	断面	120mm×90mm	111mm×90mm	108mm×90mm	96mm×90mm	96mm×90mm	111mm×90mm
	樹種	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材
壁面材と床面材の隙間		12mm	12mm	0mm	0mm	0mm	12mm
壁面材と柱の隙間		—	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm

※1 曲げ強度 ※2 表層ロシアエゾマツ、その他スギ ※3 表層国産カラマツ、その他スギ

共通仕様

床仕様		床勝ち
壁長さ		910mm
壁高さ		3.8m
桁	断面	120mm×360mm
	樹種	ベイツ集成材
土台	断面	120mm×150mm
	樹種	ヒノキ集成材
柱	断面	120mm×120mm
	樹種	ヒノキ集成材
面外たわみ防止		ローラー有り

表 2.2-2 各面材の密度・含水率 (試験成績書より引用)

	密度 [※]	含水率 [※]
構造用 MDF	0.80	7.4
構造用パーティクルボード	0.74	9.5
構造用合板 12mm	0.43	—
構造用合板 24mm	0.45	—

※各試験体の平均を示す



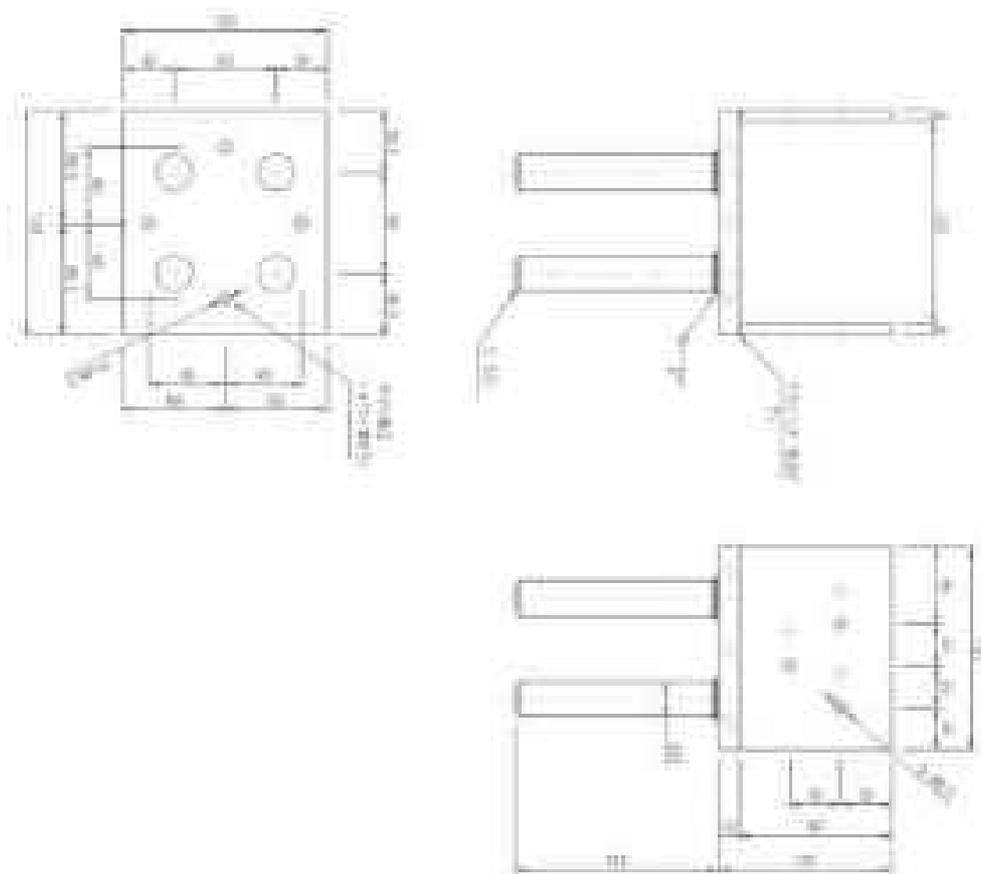
写真 2.2-1 壁面材と床面材の納まり（隙間なし）



写真 2.2-2 壁面材と床面材の納まり（隙間 12mm）

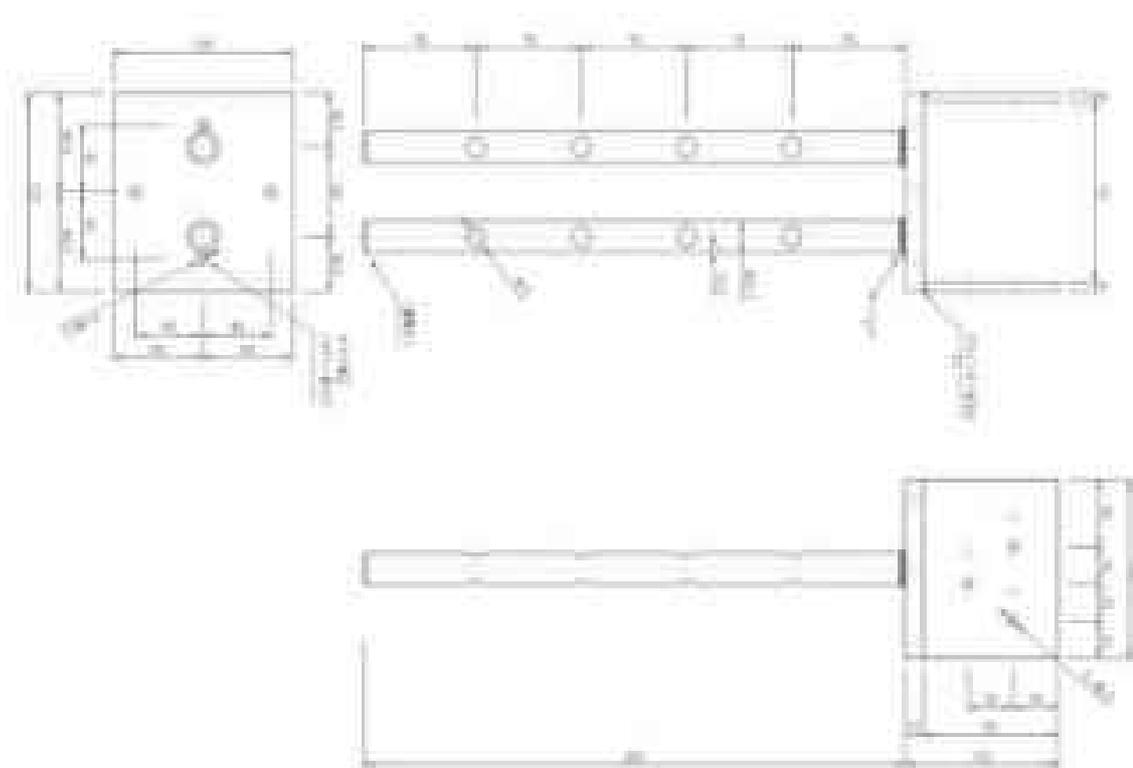


写真 2.2-3 試験体設置状況（試験体下部ローラー）



[単位：mm]

図 2.2-1 柱脚部めり込み補強金物(120)



[単位：mm]

図 2.2-2 柱頭部めり込み補強金物(360)ドリフトピン接合

No.14 (構造用MDF,t=9mm,片面真壁) No.18 (構造用パーテイクルボード,t=9mm,片面真壁)

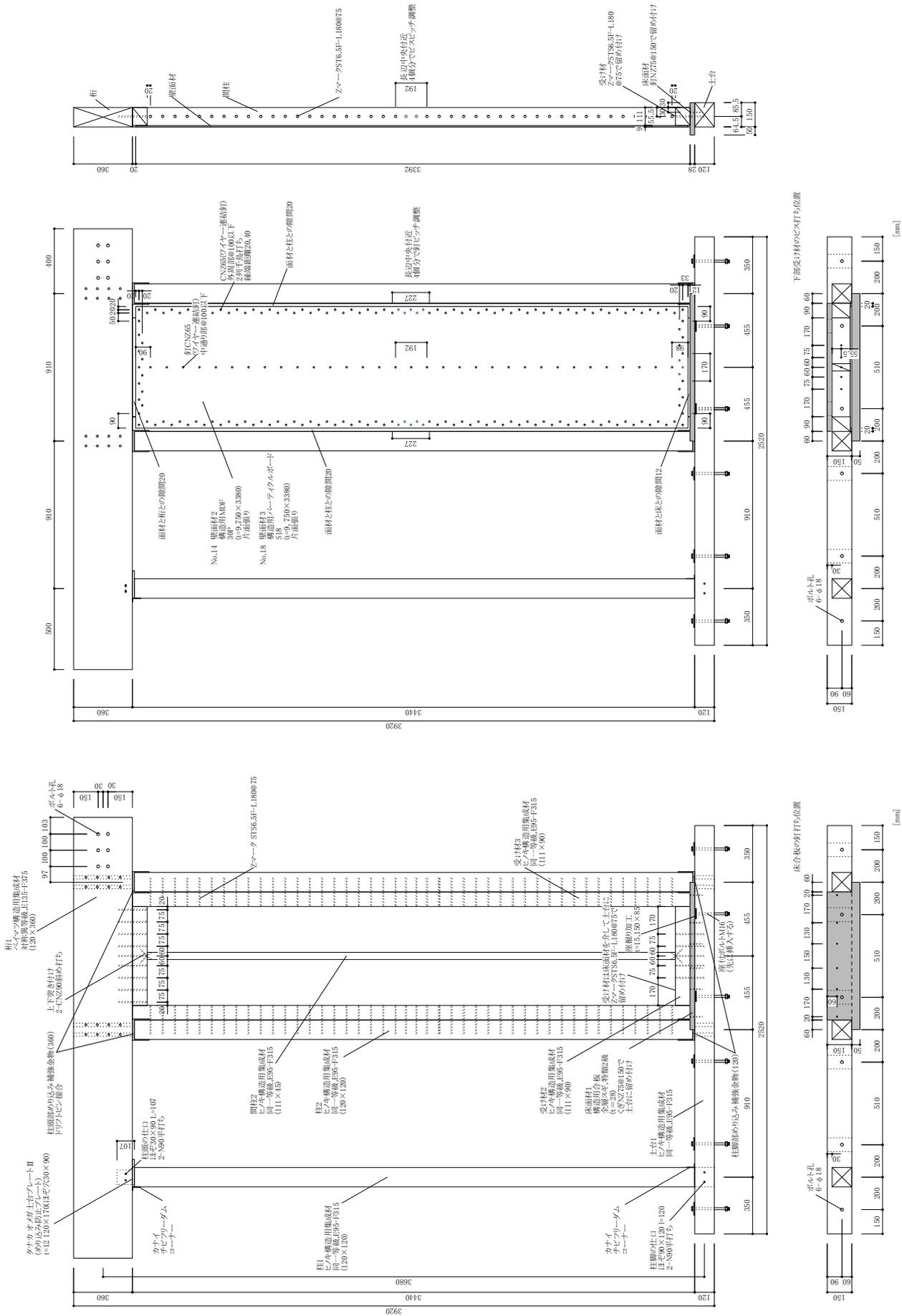


図 2.2-4 試験体 No. 14, 18 試験体図

No.15 (構造用合板, t=12mm, 片面真壁)

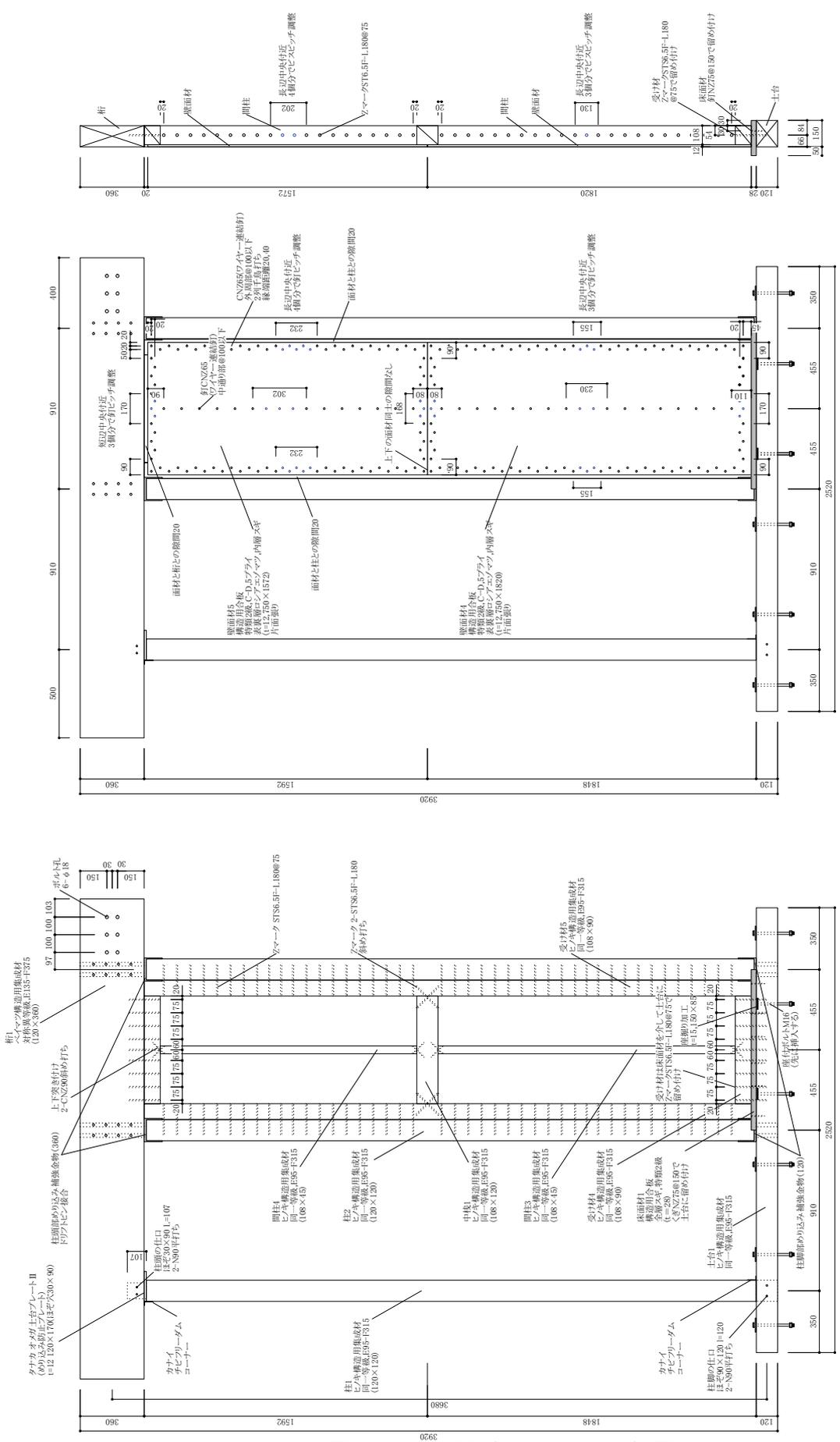


図 2.2-5 試験体 No. 15 試験体図

No.16 (構造用合板, t=12mm, 両面真壁)

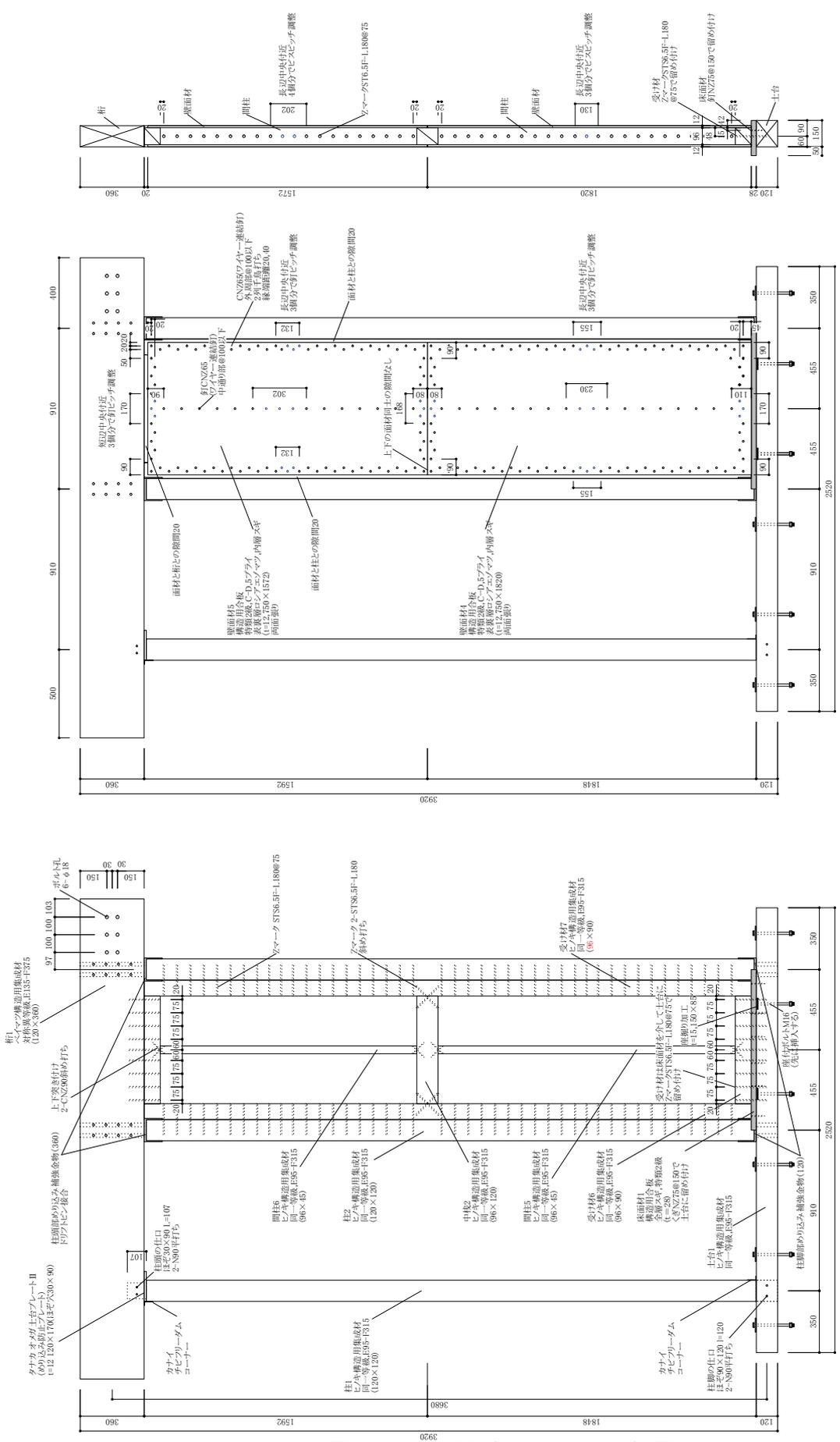


図 2.2-6 試験体 No. 16 試験体図

(2) 計測計画

計測項目及び計測概要図を表 2.2-3、図 2.2-8 に示す。なお、見かけのせん断変形角 γ 、真のせん断変形角 γ_0 は下式により算定する。

$$\text{見かけのせん断変形角 } \gamma = \frac{\text{変位 H1} - \text{変位 H2}}{\text{標点間距離 H}} - \frac{\text{変位 B6} - \text{変位 B7}}{\text{標点間距離 B}}$$

$$\text{脚部のせん断変形角 } \theta = \frac{\text{変位 V3} - \text{変位 V4}}{\text{標点間距離 V}} - \frac{\text{変位 B6} - \text{変位 B7}}{\text{標点間距離 B}}$$

$$\text{真のせん断変形角 } \gamma_0 = \text{見かけのせん断変形角 } \gamma - \text{脚部のせん断変形角 } \theta$$

表 2.2-3 計測項目一覧

計測項目	記号	該当試験体
梁の水平変位	H 1	全て
土台の水平変位	H 2	全て
加力側柱の鉛直変位	V 3	全て
加力反対側柱の鉛直変位	V 4	全て
装置の加力側鉛直変位	B 6	全て
装置の加力反対側鉛直変位	B 7	全て
加力側タイロッドのひずみ	ひずみ上 8, 下 9	全て
加力反対側タイロッドのひずみ	ひずみ上 10, 下 11	全て

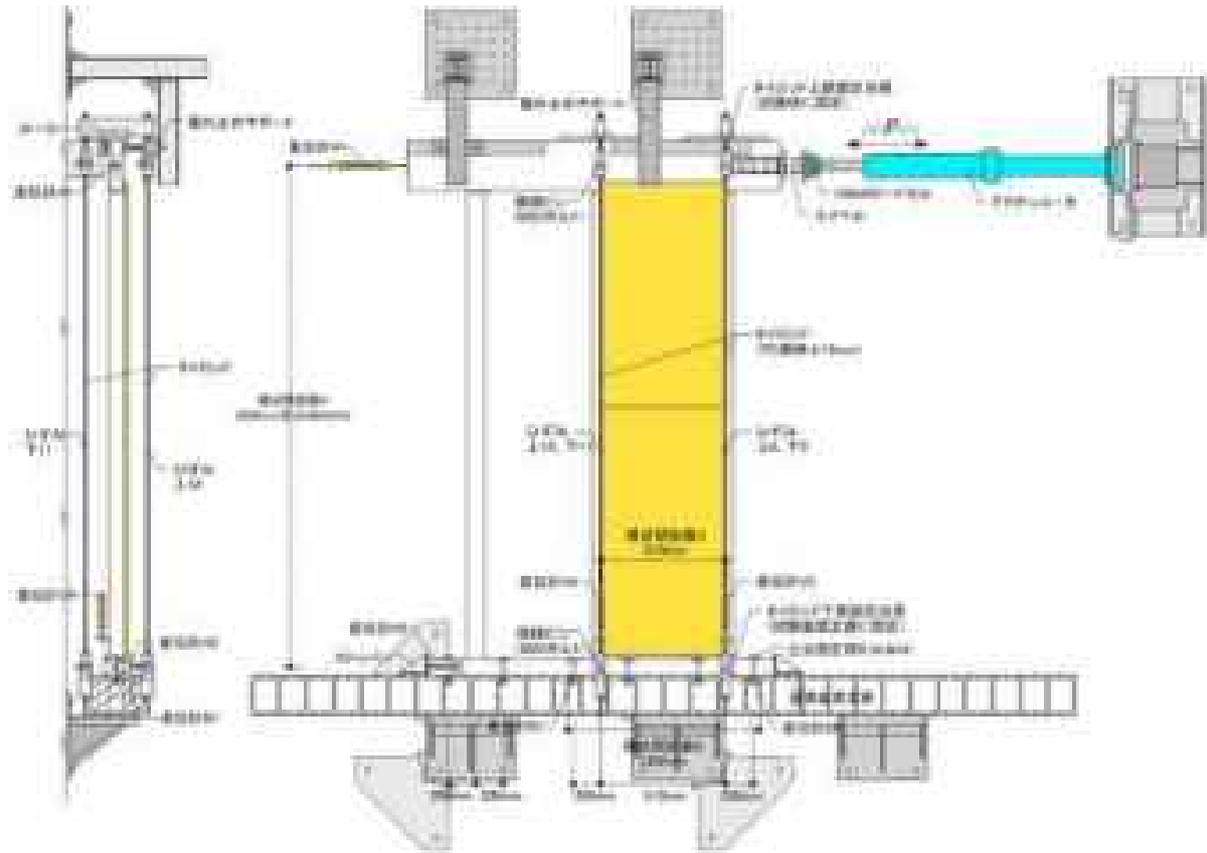


図 2.2-8 計測図 (No. 13~18)

(3) 試験場所

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 構造試験室

(4) 加力計画

タイロッド式試験は真のせん断変形角制御で 1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30[rad] (1/30[rad]のみ 1回,その他は各 3回) の正負交番载荷とした。

(5) 耐力壁の短期基準せん断耐力の算出

荷重 - 変形角曲線から完全弾塑性モデルを作成し、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2017 年版)」((公財)日本住宅・木材技術センター) に従い耐力壁の短期基準せん断耐力 P_0 を算出した。

① 包絡線の作成

最終破壊させた側の荷重 - 変形角曲線より包絡線を作成する。包絡線は、最初の立ち上がりの計測点を繰り返し点まで結ぶ。その後は、各繰り返し加力のピーク及びその間の適切な点を順次結んで曲線を作成する。最大荷重が繰り返し履歴以降で記録される場合は、最後の繰り返し点と最大荷重点を結ぶ。また、その間で適切に補助的な計測点を結びながら曲線を作成する。最大荷重以降は計測された点を結んで曲線とする。

② 短期基準せん断耐力の算出

- A. 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ第 I 直線を引く。
- B. 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ第 II 直線を引く。
- C. 包絡線に接するまで第 II 直線を平行移動し、これを第 III 直線とする。
- D. 第 I 直線と第 III 直線との交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点から X 軸に平行に第 IV 直線を引く。
- E. 第 IV 直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
- F. 原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第 V 直線とし、その勾配を初期剛性 K と定める。
- G. 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変形角、又は $1/15[\text{rad}]$ のいずれか小さい変形角を終局変位 δ_u と定める。
- H. 包絡線と X 軸及び $x = \delta_u$ の直線で囲まれる面積を S とする。
- I. 第 V 直線と $x = \delta_u$ の直線と X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形的面積が S と等しくなるように X 軸に平行な第 VI 直線を引く。
- J. 第 V 直線と第 VI 直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
- K. 塑性率 $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ とする。
- L. 構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1/\sqrt{2\mu - 1}$ とする。
- M. 変形角が $1/15[\text{rad}]$ を超えても最大荷重に達しない場合には、 $1/15[\text{rad}]$ 時の荷重を最大荷重 P_{max} とする。

N. 次式で短期基準せん断耐力 P_0 を算出する。

< 真のせん断変形角評価の場合 >

$$P_0 = \min((1-Cv_1 \cdot k_1) \cdot Py, (1-Cv_2 \cdot k_2) \cdot (0.2/Ds) Pu, (1-Cv_3 \cdot k_3) \cdot (2/3) Pmax, (1-Cv_4 \cdot k_4) \cdot P_{1/150})$$

< 見かけのせん断変形角評価の場合 >

$$P_0 = \min((1-Cv_1 \cdot k_1) \cdot Py, (1-Cv_2 \cdot k_2) \cdot (0.2/Ds) Pu, (1-Cv_3 \cdot k_3) \cdot (2/3) Pmax, (1-Cv_4 \cdot k_4) \cdot P_{1/120})$$

ここで Cv_i : 変動係数、 k_i : 信頼水準 75%における 50%下側許容限界値を求めるための係数

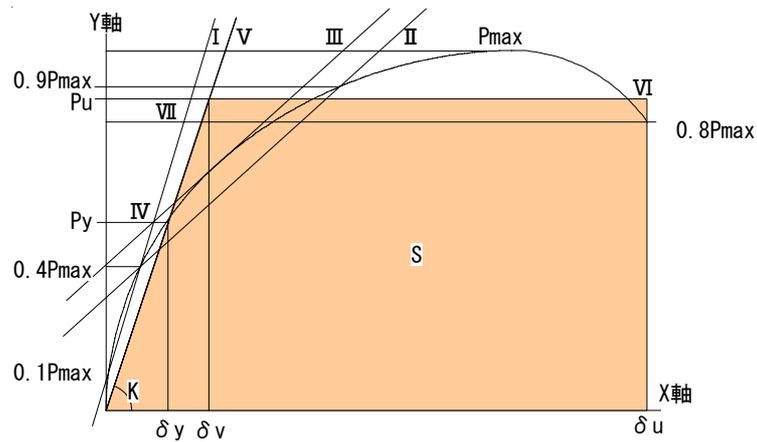
ただし、前期試験の試験体数は 1 体ずつの為、

< 真のせん断変形角評価の場合 >

$$P_0 = \min(Py, (0.2/Ds) Pu, (2/3) Pmax, P_{1/150})$$

< 見かけのせん断変形角評価の場合 >

$$P_0 = \min(Py, (0.2/Ds) Pu, (2/3) Pmax, P_{1/120})$$



2.2.2 試験結果

(1) 結果概要

荷重変形関係の包絡線の比較を図 2.2-9 に、破壊性状一覧を表 2.2-4 に示す。また、特性値一覧を表 2.2-5、特性値の各項目の分布を図 2.2-10 に示す。

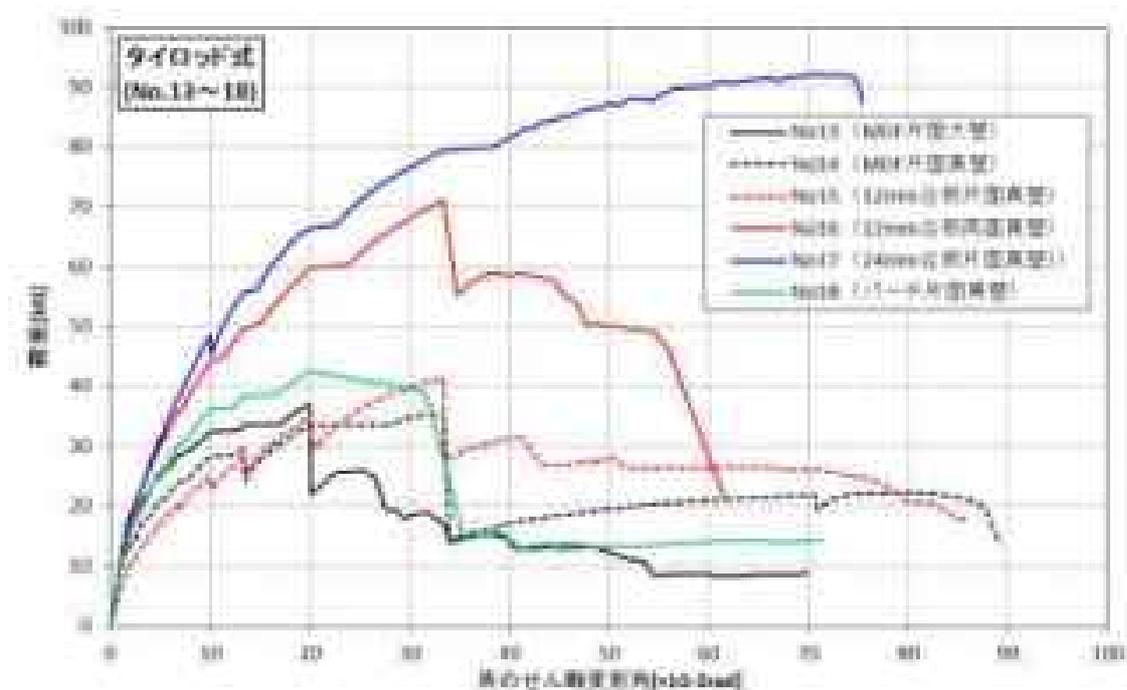


図 2.2-9 タイロッド式試験の荷重変形関係（真のせん断変形角）

表 2.2-4 破壊性状一覧

試験体No	破壊性状
No. 13	壁面材のはらみ(壁面材と床材の接触)、パンチングアウト、釘の破断、面材の破壊
No. 14	壁面材の浮き、パンチングアウト、釘の破断
No. 15	壁面材のはらみ、パンチングアウト、釘の破断
No. 16	壁面材の浮き、パンチングアウト、釘の破断
No. 17	壁面材の床面材へのめり込み、釘頭のめり込み、面材のせん断破壊(1/15rad)
No. 18	壁面材の面内せん断破壊(1/30rad)、パンチングアウト、釘の破断

表 2.2-5 構造特性値一覧

真のせん断変形角評価	評価項目\試験体No	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18
	Pmax (kN)	37.0	35.6	41.5	71.2	91.6	42.6
	Py (kN)	21.4	20.6	21.0	37.3	52.7	23.6
	0.2Pu√2μ-1 (kN)	18.9	19.3	16.2	31.2	40.9	22.5
	2/3Pmax (kN)	24.7	23.7	27.7	47.5	61.1	28.4
	P _{1/150} (kN)	28.3	23.9	20.2	35.7	38.0	30.1
	ハイレニア剛性 (10 ³ kN/rad)	6.5	4.4	2.9	5.1	4.4	5.6
	終局変位 (10 ⁻³ rad)	23.5	36.5	37.7	44.8	66.7	32.0
	短期基準せん断耐力 (kN)※	18.9	19.3	16.2	31.2	38.0	22.5
	壁長さ1mあたり (kN/m)※	20.8	21.2	17.8	34.3	41.8	24.7
相当壁倍率※	10.6	10.8	9.0	17.5	21.3	12.6	

見かけのせん断変形角評価	評価項目\試験体No	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18
	Pmax (kN)	37.0	35.6	41.5	71.2	87.0	42.6
	Py (kN)	24.6	20.7	21.3	38.0	47.0	24.4
	0.2Pu√2μ-1 (kN)	12.2	15.0	13.7	23.7	28.9	16.9
	2/3Pmax (kN)	24.7	23.7	27.7	47.5	58.0	28.4
	P _{1/120} (kN)	23.1	21.0	17.4	24.4	25.6	23.5
	ハイレニア剛性 (10 ³ kN/rad)	2.7	2.5	1.9	2.5	2.6	2.8
	終局変位 (10 ⁻³ rad)	26.3	40.7	43.7	58.0	66.7	39.5
	短期基準せん断耐力 (kN)※	12.2	15.0	13.7	23.7	25.6	16.9
	壁長さ1mあたり (kN/m)※	13.4	16.5	15.1	26.0	28.1	18.6
相当壁倍率※	6.8	8.4	7.7	13.2	14.3	9.4	

※表中の短期基準せん断耐力等は試験体数n=1のため、ばらつき係数及び低減係数αは乗じていない

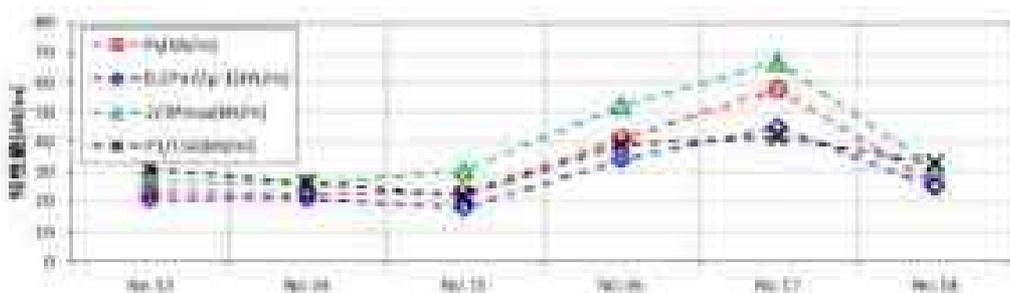


図 2.2-10 特性値 (kN/m) の各項目の分布 (真のせん断変形角)

(2) 試験体 No.13-1(MDF 片面大壁)

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 13-1 の荷重変形関係を図 2.2-11 に、各特性値を表 2.2-6 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で $20.8[\text{kN/m}] (0.2P_u\sqrt{2\mu-1})$ の評価となった。

試験経過は $1/50[\text{rad}]$ 付近で壁面材の回転挙動により床面材と接触し、パンチングアウト、釘の破断、壁面材のはらみ出しが生じた。その後パンチングアウト等の破壊が進行していき、 $1/17[\text{rad}]$ で壁脚部に近い位置で壁面材の面外座屈破壊が生じた。

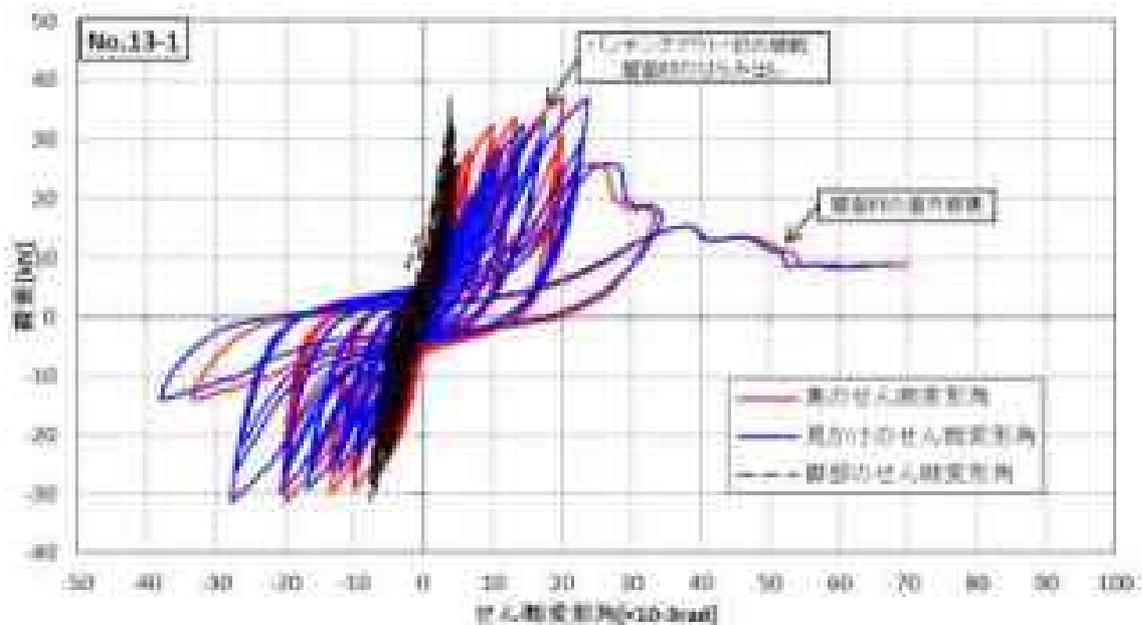


図 2.2-11 荷重-せん断変形角曲線

表 2.2-6 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	37.0	37.0
P_y (kN)	21.4	24.6
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	18.9	12.2
$2/3P_{max}$ (kN)	24.7	24.7
$P_{1/150}, P_{1/120}$ (kN)	28.3	23.1
バネ剛性 (10^3kN/rad)	6.5	2.7
終局変位 (10^{-3}rad)	23.5	26.3
短期基準せん断耐力 (kN) ※	18.9	12.2
壁長さ1mあたり (kN/m) ※	20.8	13.4
相当壁倍率 ※	10.6	6.8

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



全体



柱脚側：面材破壊、パンチングアウト等



柱頭側：釘の破断、パンチングアウト等



柱頭側：釘の破断、パンチングアウト等

写真 2.2-4 試験終了時の写真

(3) 試験体 No.14-1(MDF 片面真壁)

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 14-1 の荷重変形関係を図 2.2-12 に、各特性値を表 2.2-7 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で $21.2[\text{kN/m}] (0.2P_u\sqrt{2\mu-1})$ の評価となった。

試験経過は $+1/30[\text{rad}]$ では釘頭のめり込みが生じたが荷重低下はしなかった。 $-1/30[\text{rad}]$ 付近でパンチングアウト、釘の破断、壁面材の浮き上がりが生じ荷重低下した。その後の正側単調載荷でも壁面材の浮き上がり等が生じた。面材が浮き上がったことにより桁と接触はせず、面材の破壊は生じなかった。最終的に引張側（ジャッキ側）のほぼすべての釘（柱受け材）が破断・パンチングアウトし、土台側受け材や間柱の釘もパンチングアウトが生じた。

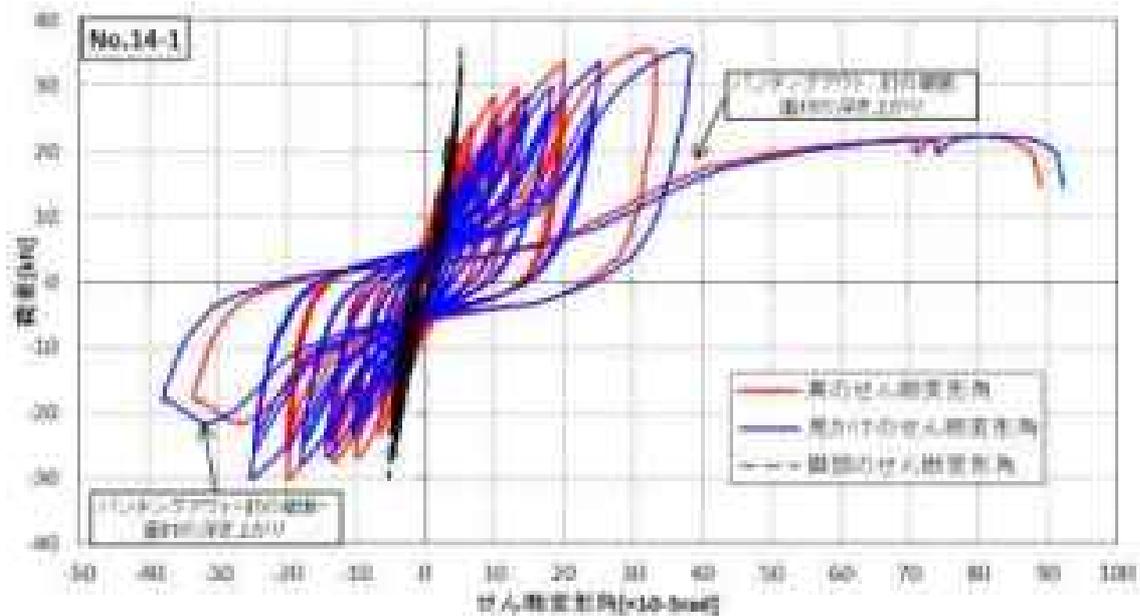


図 2.2-12 荷重-せん断変形角曲線

表 2.2-7 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	35.6	35.6
P_y (kN)	20.6	20.7
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	19.3	15.0
$2/3P_{max}$ (kN)	23.7	23.7
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	23.9	21.0
バネ剛性 (10^3kN/rad)	4.4	2.5
終局変位 (10^{-3}rad)	36.5	40.7
短期基準せん断耐力 (kN)※	19.3	15.0
壁長さ1mあたり (kN/m)※	21.2	16.5
相当壁倍率※	10.8	8.4

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



全体



柱脚側：パンチングアウト、釘の破断



柱頭側：パンチングアウト、釘の破断



柱頭側：面材の浮き上がり

写真 2.2-5 試験終了時の写真

(4) 試験体 No.15-1(12mm 合板片面真壁)

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 15-1 の荷重変形関係を図 2.2-13 に、各特性値を表 2.2-8 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で $17.8[\text{kN/m}] (0.2P_u\sqrt{2\mu-1})$ の評価となった。

試験経過は $1/30[\text{rad}]$ 付近で壁面材のはらみ出しが生じた。その後、壁面材のはらみ出しが進展し $1/20[\text{rad}]$ 付近で壁面材が面外座屈した。

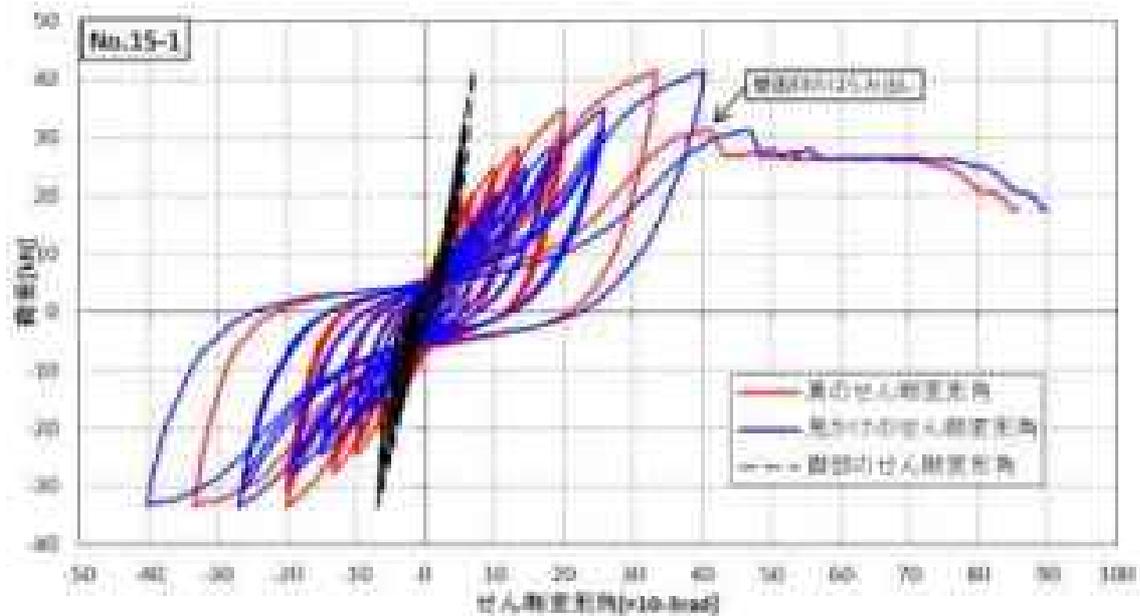


図 2.2-13 荷重-せん断変形角曲線

表 2.2-8 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{\max} (kN)	41.5	41.5
P_y (kN)	21.0	21.3
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	16.2	13.7
$2/3P_{\max}$ (kN)	27.7	27.7
$P_{1/150}, P_{1/120}$ (kN)	20.2	17.4
バネ剛性 (10^3kN/rad)	2.9	1.9
終局変位 (10^{-3}rad)	37.7	43.7
短期基準せん断耐力 (kN) ※	16.2	13.7
壁長さ1mあたり (kN/m) ※	17.8	15.1
相当壁倍率 ※	9.0	7.7

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



1/30[rad] : 面材のはらみ出し



全体



柱脚側 : パンチングアウト、はらみ出し



面材のはらみ出し



柱頭側 : 壁面材の桁へのめり込み、釘の破断等

写真 2.2-6 試験終了時の写真

(5) 試験体 No.16-1(12mm 合板両面真壁)

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 16-1 の荷重変形関係を図 2.2-14 に、各特性値を表 2.2-9 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で $34.3[\text{kN/m}] (0.2P_u\sqrt{2\mu-1})$ の評価となった。

試験経過は $1/30[\text{rad}]$ 付近で釘の抜けや破断などが生じた、その後 $1/20[\text{rad}]$ 付近で荷重低下した。

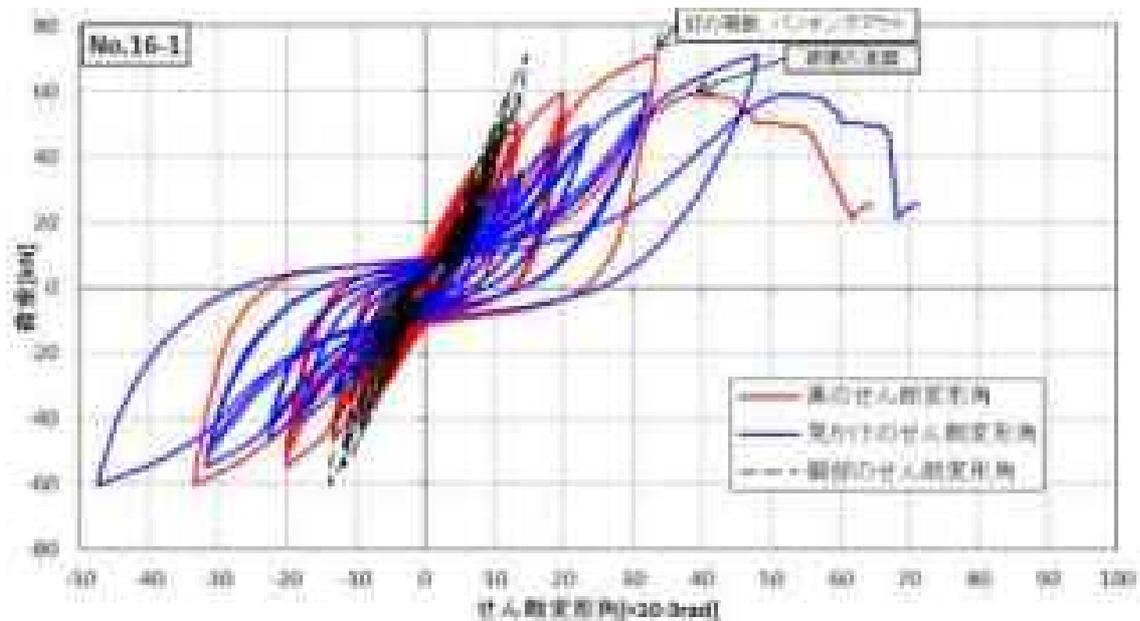


図 2.2-14 荷重-せん断変形角曲線

表 2.2-9 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	71.2	71.2
P_y (kN)	37.3	38.0
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	31.2	23.7
$2/3P_{max}$ (kN)	47.5	47.5
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	35.7	24.4
バネ剛性 (10^3kN/rad)	5.1	2.5
終局変位 (10^{-3}rad)	44.8	58.0
短期基準せん断耐力 (kN)※	31.2	23.7
壁長さ1mあたり (kN/m)※	34.3	26.0
相当壁倍率※	17.5	13.2

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



全体



柱脚側：釘頭のめり込み、パンチングアウト



柱頭側：パンチングアウト、釘の破断



裏面：パンチングアウト、釘の破断

写真 2.2-7 試験終了時の写真

(6) 試験体 No.17-1 (24mm 合板片面真壁)

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 17-1 の荷重変形関係を図 2.2-15 に、各特性値を表 2.2-10 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で 41.8[kN/m] ($P_{1/150}$) の評価となった。

釘頭のめり込みや壁面材の床面材へのめり込みが生じたが、大きな荷重低下は生じなかった。1/15[rad]以降も加力を続け、下部面材の幅方向の面内せん断破壊、土台側受け材の割裂が生じた。

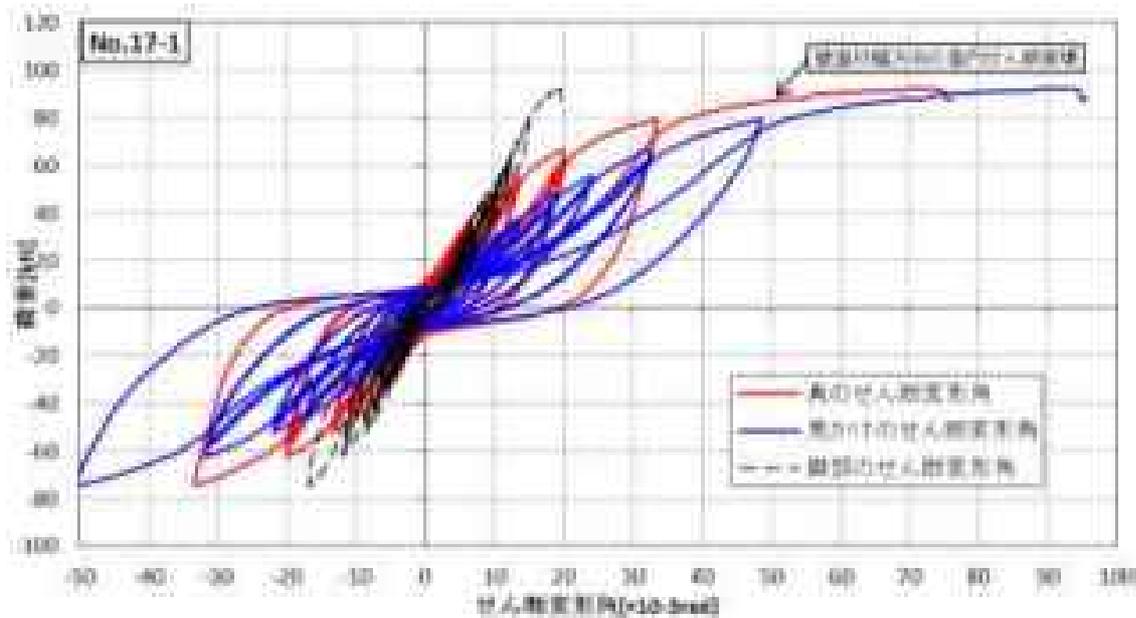


図 2.2-15 荷重-せん断変形角曲線

表 2.2-10 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	91.6	87.0
P_y (kN)	52.7	47.0
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	40.9	28.9
$2/3P_{max}$ (kN)	61.1	58.0
$P_{1/150}, P_{1/120}$ (kN)	38.0	25.6
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	4.4	2.6
終局変位 (10^{-3} rad)	66.7	66.7
短期基準せん断耐力 (kN) ※	38.0	25.6
壁長さ1mあたり (kN/m) ※	41.8	28.1
相当壁倍率 ※	21.3	14.3

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



全体



柱脚側：壁面材の床面材へのめり込み



下側面材：幅方向の面内せん断破壊



柱頭側：面材の桁へのめり込み

写真 2.2-8 試験終了時の写真

(7) 試験体 No.18-1(パーティクルボード片面真壁)

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 18-1 の荷重変形関係を図 2.2-16 に、各特性値を表 2.2-11 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で 24.7[kN/m] ($0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

試験経過は 1/50[rad]付近で釘頭のめり込みや壁面材の浮き上がりが生じ、1/30[rad]付近で壁面材の面内せん断破壊が生じ荷重が低下した。荷重低下したが、そのまま加力を続け面材破壊の進展、パンチングアウトが生じ加力を終了した。

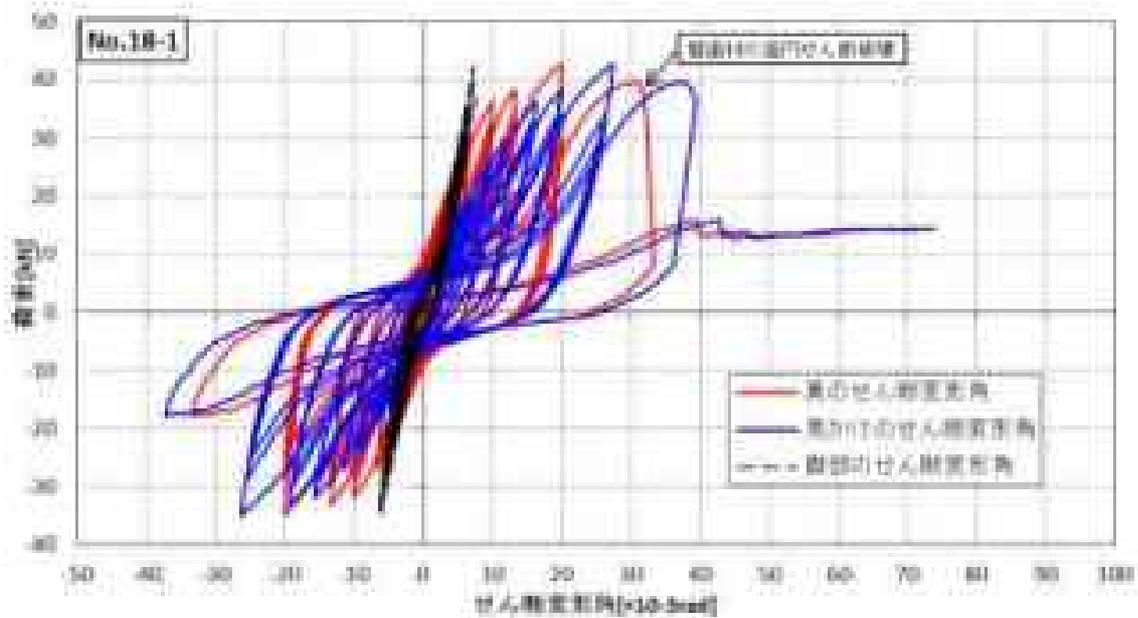


図 2.2-16 荷重-せん断変形角曲線

表 2.2-11 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
Pmax (kN)	42.6	42.6
Py (kN)	23.6	24.4
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	22.5	16.9
2/3Pmax (kN)	28.4	28.4
$P_{1/150}$, $P_{1/120}$ (kN)	30.1	23.5
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	5.6	2.8
終局変位 (10^{-3} rad)	32.0	39.5
短期基準せん断耐力 (kN) ※	22.5	16.9
壁長さ1mあたり (kN/m) ※	24.7	18.6
相当壁倍率 ※	12.6	9.4

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



1/30[rad] : 壁面材の面内せん断破壊



全体



柱脚側 : 面材破壊、釘反破断等



柱頭側 : 面材破壊、釘破断等

写真 2.2-9 試験終了時の写真

2.2.3 考察

(1) 昨年度から変更した点の試験への影響

① 試験体下にローラーを設置

試験体自重に対するたわみ防止として有効であったと思われる。

② 柱頭用めり込み補強金物の仕様変更

試験後の柱頭用めり込み補強金物周辺は、桁へのめり込みはほぼ見らなかった。また、ドリフトピン部分も健全で、解体後も金物の損傷などは見られなかった。壁としての挙動も問題ないようである。

③ 壁面材と床面材との間に 12mm の隙間を設ける

構造用 MDF を用いた試験体 No. 13 は $1/30$ [rad] で床面材と接触、面材破壊はしなかったが面材のはらみ出しが生じた。また、No. 14 は $1/30$ [rad] で床面材と接触したが、面材が浮き上がった（パンチングアウト）ことで面材の破壊が生じなかったと推察される。

構造用パーティクルボードを用いた試験体 No. 18 は、 $1/30$ [rad] で床面材と接触し、面材の面内せん断破壊が生じた。

以上のことから、壁面材と床面材が接触することで壁面材のはらみ出し、浮き上がり、面内せん断破壊が生じやすいことがわかる。隙間をより大きくすることで、壁面材の破壊をより抑制できると考えられる。

(2) 試験体ごとの比較

① 片面 MDF の大壁、真壁による比較

試験体 No. 13, 14 で大壁、真壁による比較を行う。荷重変形関係及び構造特性値の比較を図 2.2-17、表 2.2-12 に示す。

剛性や最大荷重は大壁仕様 (No. 13) の方が高い結果となったが、大壁仕様は 1/50[rad] で脆性的な破壊が生じたため、耐力評価では真壁仕様 (No. 14) の方が高い結果となった。

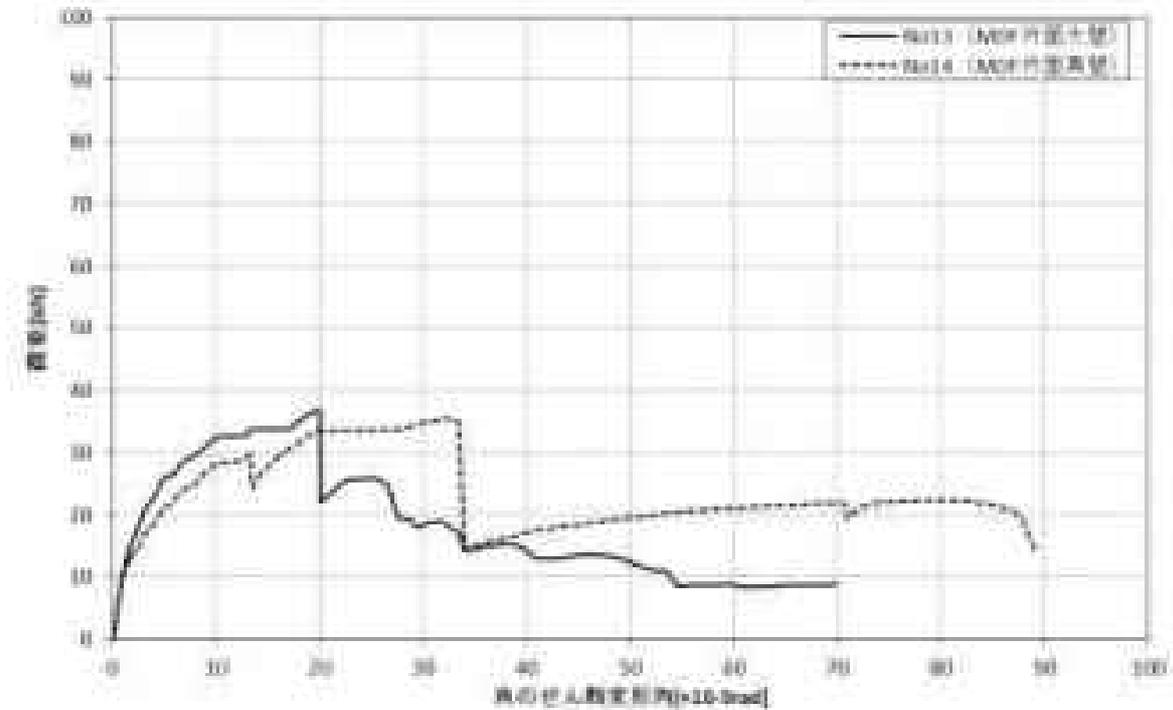


図 2.2-17 荷重変形角関係の比較

表 2.2-12 構造特性値の比較 (真のせん断変形角)

評価項目\試験体No.	No. 13	No. 14
P_{max} (kN)	95.0	85.0
P_y (kN)	71.4	60.0
$0.2P_{max}/\theta_{0.2}$ (kN)	18.8	19.3
$0.2P_{max}$ (kN)	24.7	23.7
$P_{0.05}$ (kN)	28.3	23.0
θ^{-1} 初期剛性 (kN/rad)	6.5	4.4
終局変形 (10^{-3} rad)	20.5	26.5
初期変形せん断耐力 (kN) ^②	18.9	19.1
変形エネルギー (kN·rad) ^③	20.8	21.2
恒常耐力率 ^④	18.8	19.8

② 面材による比較（構造用MDF、構造用パーティクルボード）

No. 14, 18 で、壁面材が構造用MDFと構造用パーティクルボードの場合の比較を行う。荷重変形関係及び構造特性値の比較を図 2.2-18、表 2.2-13 に示す。

いずれの試験体も 1/30[rad] 付近で脆性的な破壊を示した。剛性、最大荷重、耐力ともに構造用パーティクルボード (No. 18) の方が高い結果となった。

面材の曲げ強度（規格）は構造用パーティクルボードが 18N/mm^2 、構造用MDFが 30N/mm^2 と構造用MDFの方が高いが、壁試験の結果としては構造用パーティクルボードを使用した No. 18 の方が剛性、耐力ともに高い結果となった。

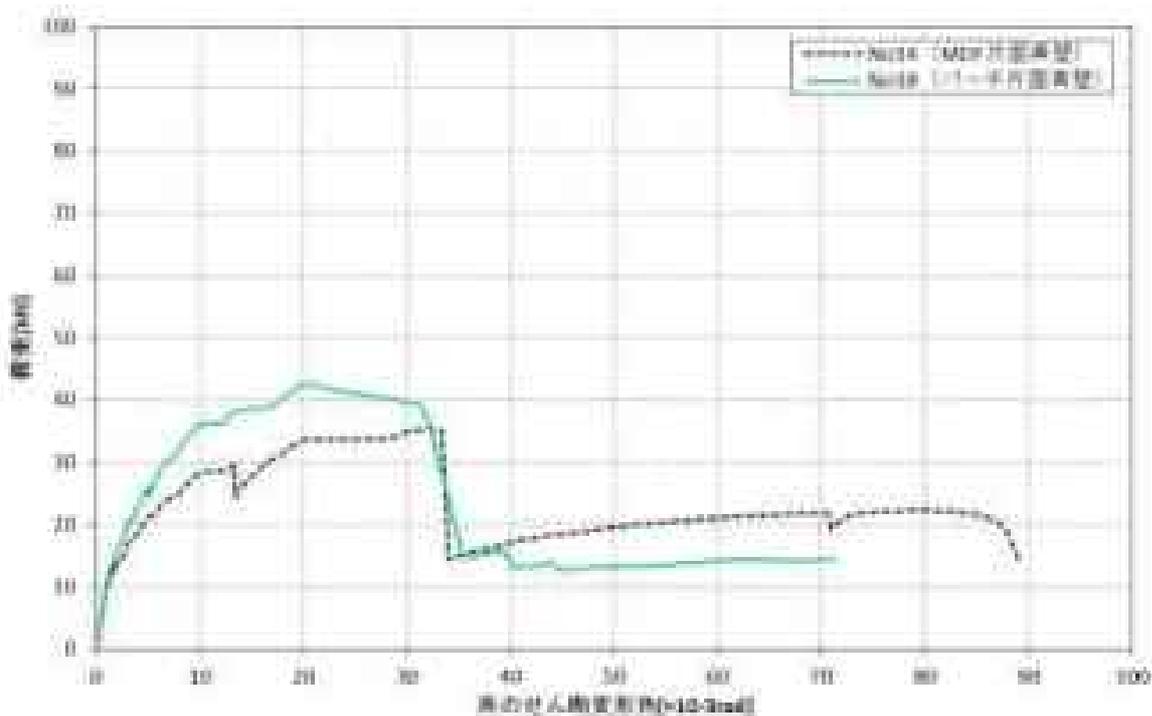


図 2.2-18 荷重変形角関係の比較

表 2.2-13 構造特性値の比較（真のせん断変形角）

評価項目\試験体No.	No. 14	No. 18
P_{max} (kN)	37.0	42.0
P_c (kN)	28.0	23.0
$0.2P_{max}$ までの E (kN)	18.2	22.8
E/P_{max} (kN)	23.7	28.0
P_{100} (kN)	23.9	30.1
θ 1/30 剛性 (10^3N/rad)	4.4	3.4
破壊強度 (10^3N/rad)	36.5	32.0
50%耐力までの耐力 (kN) ^①	19.3	22.8
耐力を10%減した耐力 (kN) ^②	21.2	24.7
相当耐力 ^③	18.8	12.8

③ 面材の片面張り、両面張りによる比較

試験体 No. 15, 16 で壁面材の片面張りと両面張りによる比較を行う。荷重変形角関係及び構造特性値の比較を図 2.2-19、表 2.2-14 に示す。

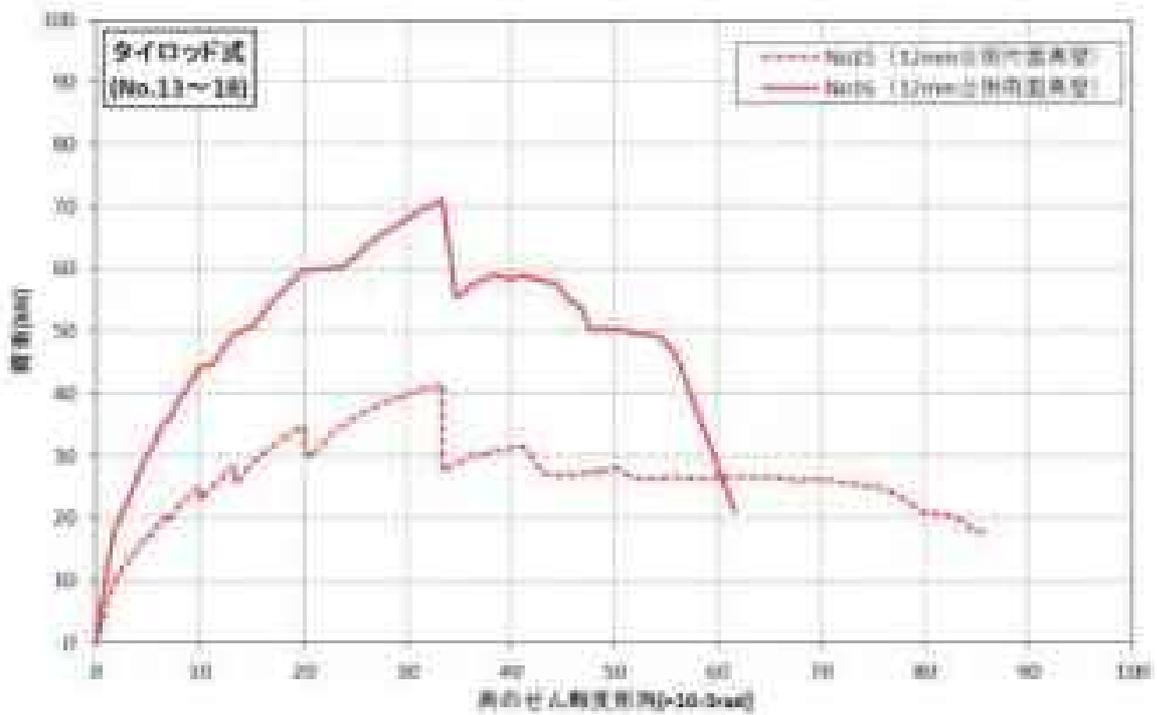


図 2.2-19 荷重変形角関係の比較

表 2.2-14 構造特性値の比較（真のせん断変形角）

評価項目\試験体No.	No.15	No.16
P_{max} (kN)	41.5	71.2
P_y (kN)	21.0	37.3
$0.3P_{max}$ 時の θ (rad)	16.2	31.2
E/P_{max} (kN)	27.7	47.5
E_{max} (kN)	29.7	35.7
初期剛性 (10^3 kN/rad)	2.9	5.1
終期剛性 (10^3 kN/rad)	37.7	44.8
初期変位時の変位角 (10^{-3} rad)	16.2	31.2
変位角付時の変位角 (10^{-3} rad)	17.5	34.3
相当変位率 ^①	9.6	17.5

(3) 前期試験(タイロッド式)結果を踏まえての課題

① 施工性について

【受け材の施工性について】

- ・受け材を留め付けるビスは長さ 180mm (STS6.5F) と長く、精度良く施工するため受け材及び柱・横架材への先孔を設けて施工した。ビスは 75mm 以下の間隔で配置されるため、実際の現場にて同様の施工することは非常に手間であると考えられる。

→ビス長さ 180mm でも先孔なしで施工は可能であるが、ビス長さを短くすることでより施工し易くする。また、

【めり込み補強金物（ドリフトピン）の施工性について】

- ・試験体施工では、ホゾパイプ部分を桁に挿入する際に掛矢で何度も叩いて入れた。
- ・金物やプレカットの精度の影響か、ドリフトピンが上手く挿入できない場合もあった。
- ・現状のままでは、実際の現場で施工するには難しいと考えられる。

→めり込み補強金物のコストや金物製作の観点から、仕様の改善を試みる。

(4) 後期試験(タイロッド式)の試験体仕様の再選定

後期試験では2仕様各3体実施するため、前期試験結果を踏まえ試験体2仕様を提案する。WGでの議論の結果、試験体選定するうえで考慮した点を以下に示す。

【構造用パーティクルボード仕様について】

- ・構造用パーティクルボードを使用した No. 18 の試験結果は、構造用合板、構造用 MDF の試験体に比べより脆性的な破壊性状であったため、後期試験での構造用パーティクルボードを使用した試験体は保留とする。

【壁面材と軸材の隙間について】

- ・壁面材が破壊する要因としては、壁面材が桁や床材（土台）と接触することが挙げられる。前期試験（No. 13, 14, 18）では、壁面材と床材との隙間を 12mm 設けていたが、終局近くにおいては壁面材のかどが床材に接触することにより壁面材の破壊が見受けられた。壁面材破壊を生じさせないために、隙間を 30mm に広げることとする。
- ・真壁仕様では壁面材と柱の隙間を 20mm としたが、壁面材と柱の接触は生じにくいので、隙間をもう少し狭めることとする。

【構造用 MDF 仕様について】

- ・面材破壊を抑制するために CNZ50 に変更すると、枠組壁工法の告示仕様と外周部の釘ピッチが同じとなり、両面張りにしても目標耐力を達成できないことが推測される。
- ・面材破壊を抑制するため、前期試験の CNZ65@100mm×2 列千鳥から@120mm×2 列千鳥とする。

【構造用合板仕様について】

- ・12mm 厚で樹種指定しても目標耐力を達成できない可能性があるため、12mm 厚から 15mm 厚とする。
- ・前期試験 No. 16 は Ds（終局変形）で特性が決まったことから、釘ピッチを細かくするような変更は、初期剛性は高くなるが、より終局変形が厳しくなる傾向となるため止めた方が良い。

【受け材寸法】

- ・施工性を良くするため、柱側に用いる受け材の見付方向の寸法を 60mm 程度としたい。受け材上の壁面材と柱の隙間を狭めるとともに、釘の千鳥間隔を狭めることで受け材の断面を小さくすることができる。また、受け材に用いる材料は、断面寸法を小さくする場合は製材を用いる方が良い。
- ・受け材と柱の留付けには、前期試験では長さ 180mm のビス（STS6.5-F）を用いたが、受け材の断面によってビスの長さを短くできる。

2.3 後期試験（タイロッド式）

2.3.1 試験計画

(1) 試験体仕様

前期試験結果を踏まえ決定した後期試験の試験体仕様を表 2.3-1 に示す。試験体の概要を以下に示す。

<各試験体の概要>

- ・前期試験と同様、壁高さ 3.8m、壁長さ 0.91m、壁から 0.91m 離れた位置にピン柱を設けた。
- ・床勝ち仕様、柱 120×120mm（ヒノキ、同一等級集成材、E95-F315）、桁 120×360mm（ベイマツ、対称異等級集成材、E135-F375）、土台 120×150mm（ヒノキ、同一等級集成材、E95-F315）とした。
- ・壁面材と桁、床面材との隙間は 30mm、壁面材と柱との隙間は 10mm 設けた（図 2.3-1）。
- ・受け材、間柱、中棧はヒノキ製材（機械等級 E90）とした。
- ・柱側受け材の見付寸法が 60mm になったことで、受け材を留め付けるビスも長さ 180mm から 135mm に変更した。
- ・No. 21 は構造用 MDF の両面張り真壁仕様で、面材の釘ピッチは CNZ65@120mm×2 列千鳥とした。
- ・No. 22 は構造用合板 15mm 厚の両面張り真壁仕様で、面材の釘ピッチは CNZ65@100mm×2 列千鳥とした。
- ・構造用合板 15mm は特類 1 級相当（素材試験により性能確認、表 2.3-2）の全層ベイマツとした。

表 2.3-1 試験体仕様一覧

試験体パラメータ

パラメータ\試験体	No. 2 1	No. 2 2	
試験方法	タイロッド式		
目標耐力	40kN/m (真)	40kN/m (真)	
壁仕様	真壁	真壁	
柱頭仕様	めり込み補強金物（ドリフトピン接合）		
柱脚仕様	めり込み補強金物		
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用合板
	厚さ	9mm	15mm
	詳細	30N/mm ² タイプ※1	特類1級※2
	両面or片面	両面	両面
	接合具	CNZ65@120 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥
受け材 (柱側)	断面	102mm×60mm	90mm×60mm
	樹種	ヒノキ製材	ヒノキ製材
受け材 (横架材)	断面	102mm×90mm	90mm×90mm
	樹種	ヒノキ製材	ヒノキ製材
壁面材と床面材・桁の隙間 ／壁面材と柱の隙間	30mm／10mm		
試験体数	3	3	

※1 曲げ強度 ※2 全層ベイマツ（特類1級相当）

共通仕様

床仕様	床勝ち	
壁長さ	910mm	
壁高さ	3.8m	
桁	断面	120mm×360mm
	樹種	ベイマツ集成材
土台	断面	120mm×150mm
	樹種	ヒノキ集成材
柱	断面	120mm×120mm
	樹種	ヒノキ集成材
面外たわみ防止	ローラー有り	

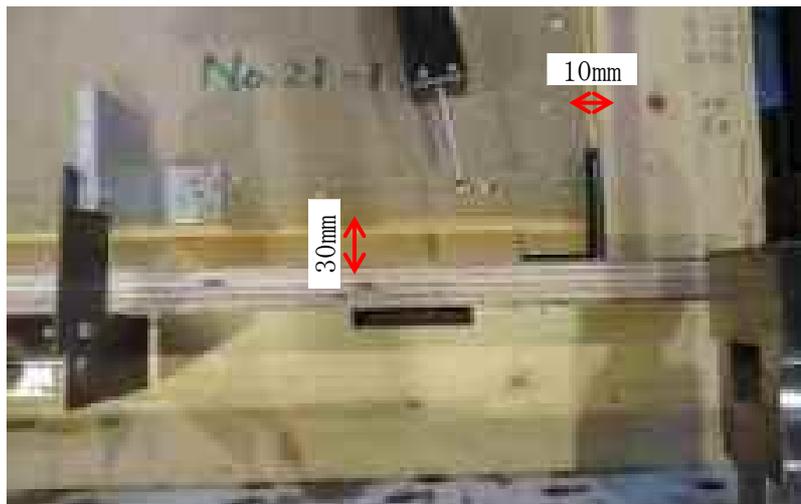


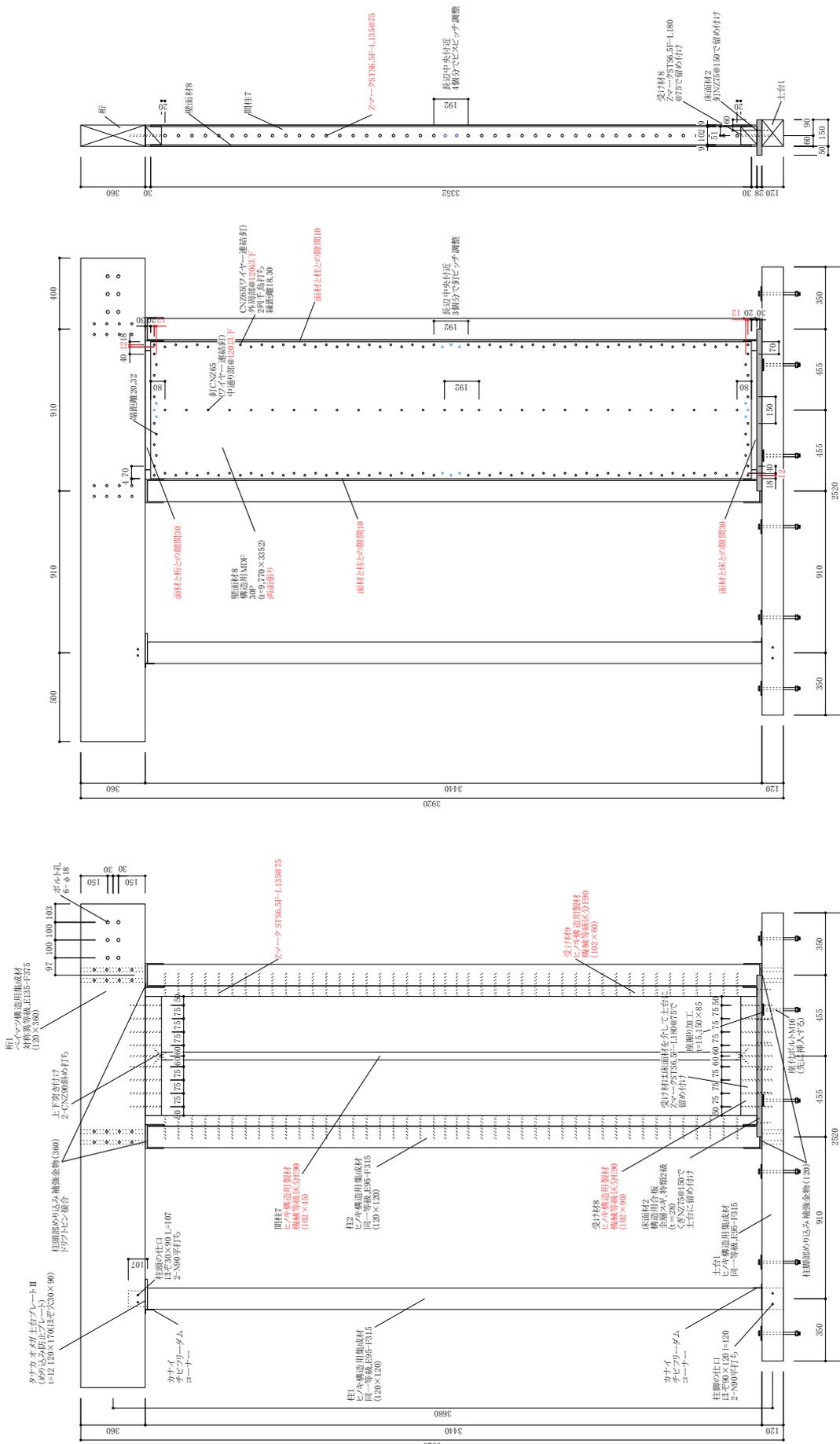
図 2.3-1 壁面材と四周クリアランス（隙間 10, 30mm）

表 2.3-2 構造用合板 15mm 厚素材試験結果

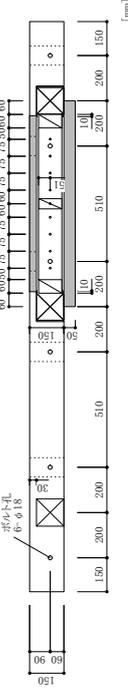
項目	1	2	3	4	5
試験機	試験機 A (100kN)	試験機 B (100kN)			
試験片	1	2			
製造日	2020年11月1日	2020年11月1日			
試験日	2020年11月1日	2020年11月1日			
試験員	2020年11月1日	2020年11月1日			
試験	1級	1級			
試験結果 (曲げ強度 (MPa), 曲げヤング係数 (GPa), 面内せん断強度 (MPa))					
F	0°	22.5	25.5		
	90°	20.5	21.5		
E	0°	6.5	6.8		
	90°	6.2	6.3		
M	0°	3.4	3.5		
	90°	3.2	3.3		

15mm 厚の場合、曲げヤング係数 E … 0° : 5.0GPa 以上、90° : 4.0 以上
 曲げ強度 F … 0° : 20.0MPa 以上、90° : 20.0MPa 以上
 面内せん断強さ M … 3.2MPa 以上

No.21 (構造用MDF, t=9mm, 両面真壁)



下部受け材のビス打ち位置



床合板の釘打ち位置

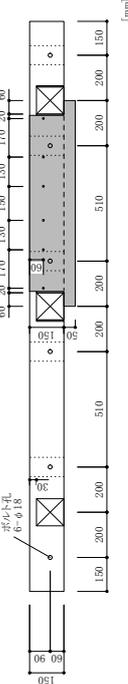


図 2.3-2 試験体 No. 21 試験体図

No.22 (構造用合板, t=15mm, 両面真壁)

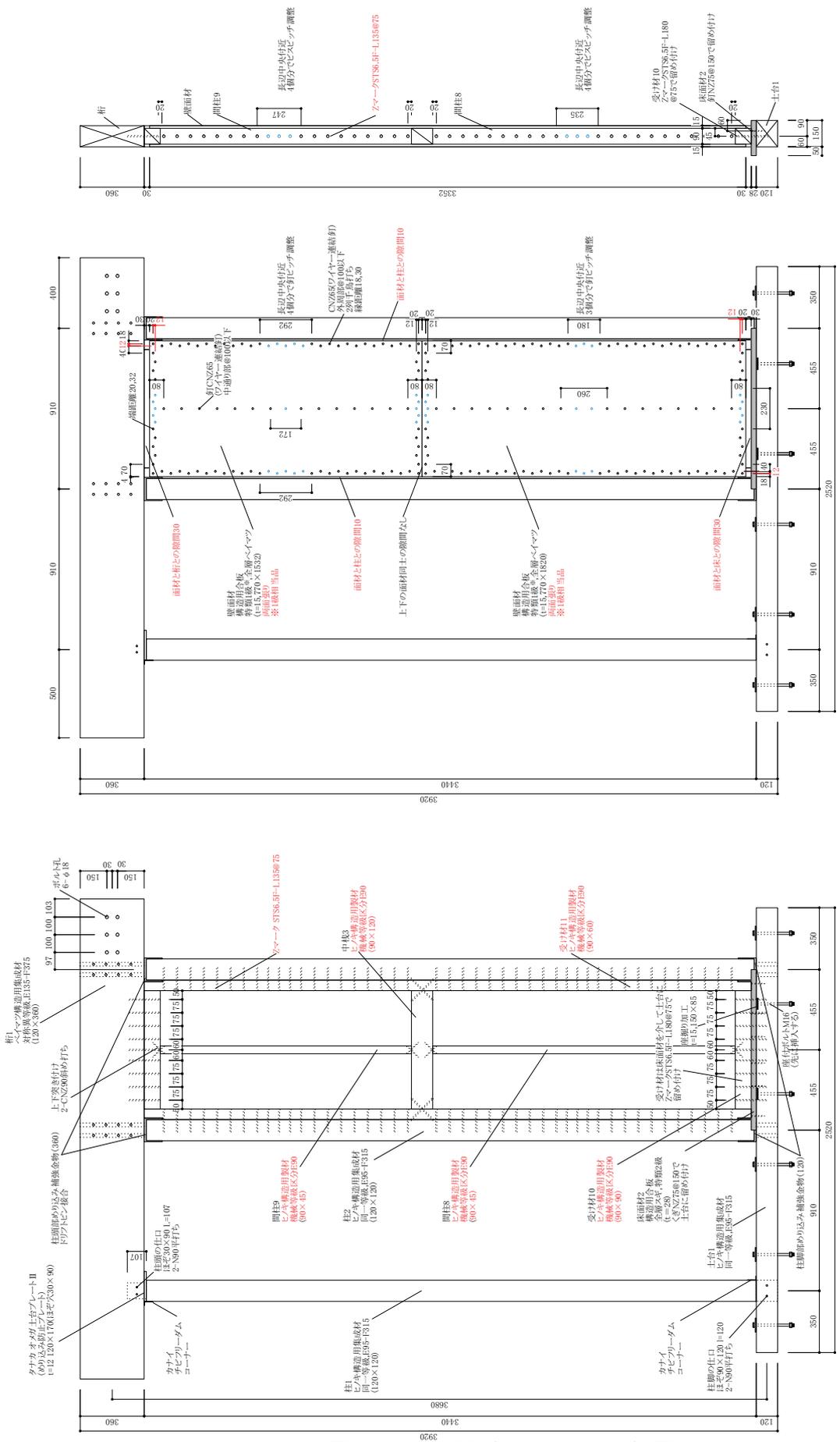


図 2.3-3 試験体 No. 22 試験体図

(2) 計測計画

計測項目及び計測概要図を表 2.3-3、図 2.3-4、図 2.3-5 に示す。なお、見かけのせん断変形角 γ 、真のせん断変形角 γ_0 は下式により算定する。

各要素の相対変位、面材の対角変位等を追加して計測を行った。

$$\text{見かけのせん断変形角 } \gamma = \frac{\text{変位 H1} - \text{変位 H2}}{\text{標点間距離 H}} - \frac{\text{変位 B6} - \text{変位 B7}}{\text{標点間距離 B}}$$

$$\text{脚部のせん断変形角 } \theta = \frac{\text{変位 V3} - \text{変位 V4}}{\text{標点間距離 V}} - \frac{\text{変位 B6} - \text{変位 B7}}{\text{標点間距離 B}}$$

$$\text{真のせん断変形角 } \gamma_0 = \text{見かけのせん断変形角 } \gamma - \text{脚部のせん断変形角 } \theta$$

表 2.3-3 計測項目一覧

計測項目	記号	該当試験体
梁の水平変位	H 1	全て
土台の水平変位	H 2	全て
加力側柱の鉛直変位	V 3	全て
反加力側柱の鉛直変位	V 4	全て
装置の加力側鉛直変位	B 6	全て
装置の反加力側鉛直変位	B 7	全て
加力側タイロッドのひずみ	ひずみ上 8, 下 9	全て
反加力側タイロッドのひずみ	ひずみ上 10, 下 11	全て
梁-壁面材の相対変位	変位 1 2	全て
土台-壁面材の相対変位	変位 1 3	全て
加力側柱頭-梁の相対変位	変位 1 4	全て
反加力側柱頭-梁の相対変位	変位 1 5	全て
加力側柱-壁面材の相対変位	変位 1 6	全て
反加力側-壁面材の相対変位	変位 1 7	全て
壁面材の対角変位 (加力側上部-反加力側下部)	変位 1 8	全て
壁面材の対角変位 (反加力側上部-加力側下部)	変位 1 9	全て
加力側柱-下部面材の相対変位	変位 2 0	No. 22
反加力側柱-下部面材の相対変位	変位 2 1	No. 22
加力側柱-受け材の相対変位	変位 2 2	No. 22
反加力側柱-受け材の相対変位	変位 2 3	No. 22
下部壁面材の対角変位 (加力側上部-反加力側下部)	変位 2 4	No. 22
下部壁面材の対角変位 (反加力側上部-加力側下部)	変位 2 5	No. 22

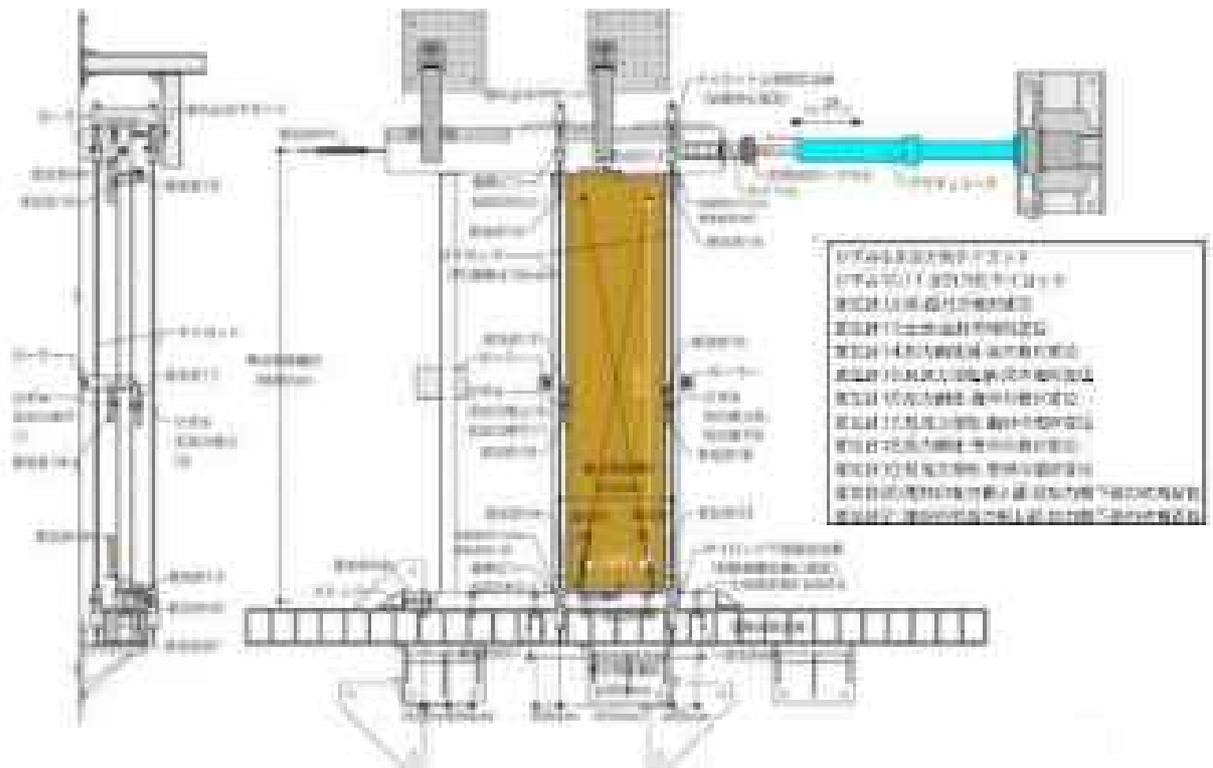


図 2.3-4 計測図 (No. 21)

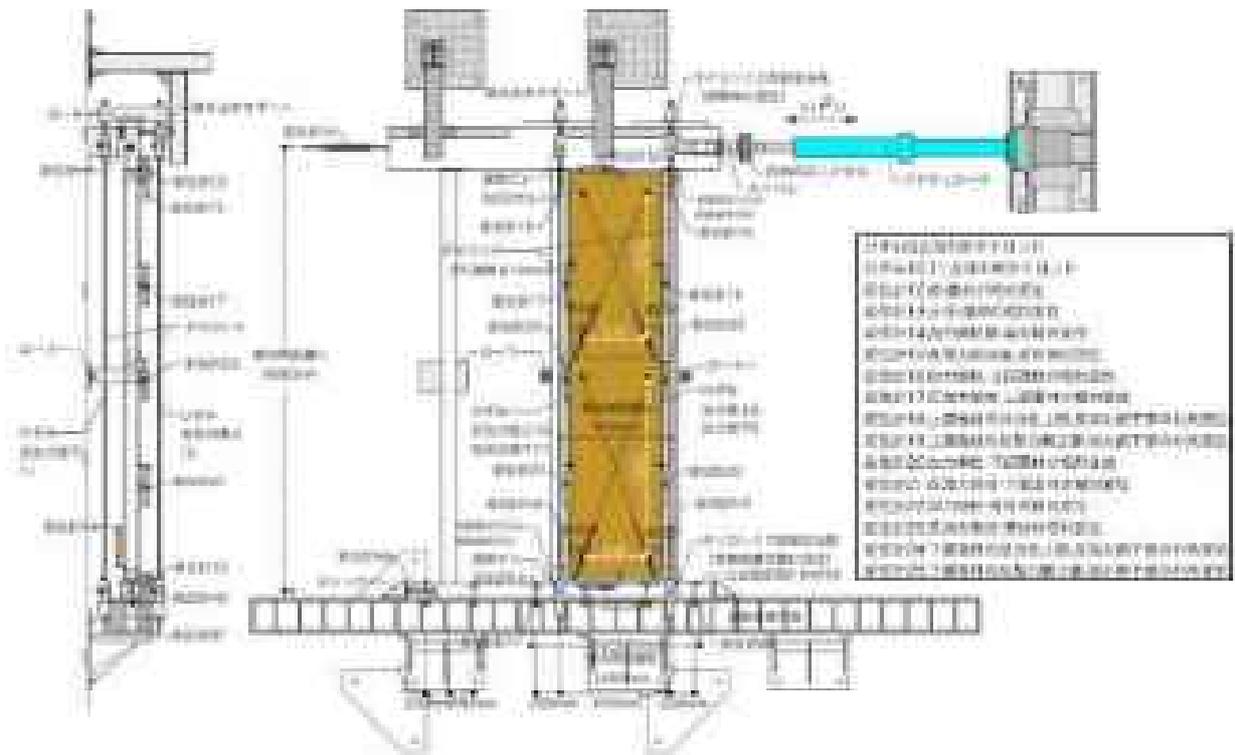


図 2.3-5 計測図 (No. 22)

2.3.2 試験結果

(1) 結果概要

① No. 21 シリーズ (MDF 両面真壁)

荷重変形関係の包絡線の比較を図 2.3-6 に、特性値一覧を表 2.3-4 に示す。No. 21 シリーズの破壊性状は共通して壁面材の浮き上がり (パンチングアウト等) により終局耐力が決定した。いずれも $1/50 \sim 1/30$ [rad] 付近で荷重低下が伴う破壊が生じており、耐力は $0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ で決定する結果となった。

また、追加で計測した各部の変位を次頁以降に示すが、概ね良好な荷重変形関係が見られ、検討に用いることのできるデータが得ることができた。

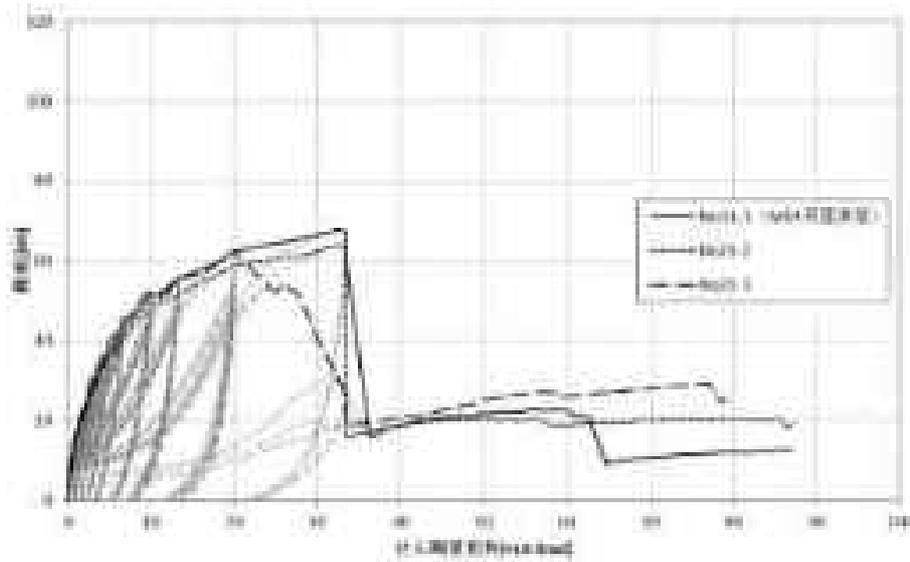


図 2.3-6 No. 21 荷重変形角関係

表 2.3-4 構造特性値一覧

評価項目 \ 試験体No	No. 21-1	No. 21-2	No. 21-3	平均値	ばらつき	50%下限値
	真のせん断変形角評価					
Pmax (kN)	67.9	64.1	62.3	64.8	0.979	63.5
Py (kN)	39.1	37.5	36.0	37.5	0.981	36.8
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.3	30.7	31.5	31.5	0.988	31.1
$2/3P_{max}$ (kN)	45.2	42.7	41.5	43.1	0.979	42.2
$P_{1/150}$ (kN)	43.5	41.1	45.5	43.4	0.976	42.4
ハ イリニア剛性 (10^3 kN/rad)	6.8	6.6	8.4	7.3		
終局変位 (10^{-3} rad)	33.9	30.0	28.0	30.6		
短期基準せん断耐力 (kN)	32.3	30.7	31.5	31.5	-	31.1
壁長さ1mあたり (kN/m)	35.5	33.7	34.6	34.6	-	34.2
相当壁倍率	18.1	17.2	17.7	17.7	-	17.4

評価項目 \ 試験体No	No. 21-1	No. 21-2	No. 21-3	平均値	ばらつき	50%下限値
	見かけのせん断変形角評価					
Pmax (kN)	67.9	64.1	62.3	64.8	0.979	63.5
Py (kN)	42.9	37.6	37.2	39.2	0.962	37.7
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	25.6	23.4	21.1	23.4	0.955	22.3
$2/3P_{max}$ (kN)	45.2	42.7	41.5	43.1	0.979	42.2
$P_{1/120}$ (kN)	33.7	29.7	28.7	30.7	0.959	29.5
ハ イリニア剛性 (10^3 kN/rad)	3.8	3.3	3.3	3.5		
終局変位 (10^{-3} rad)	30.0	30.0	30.0	30.0		
短期基準せん断耐力 (kN)	25.6	23.4	21.1	23.4	-	22.3
壁長さ1mあたり (kN/m)	28.1	25.7	23.2	25.7	-	24.5
相当壁倍率	14.4	13.1	11.8	13.1	-	12.5

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数 α は乗じていない

② No. 22 シリーズ (15mm 合板両面真壁)

荷重変形関係の包絡線の比較を図 2.3-7 に、特性値一覧を表 2.3-5 に示す。No. 22 シリーズの破壊性状は No. 22-1, 3 は柱側受け材の割裂により終局耐力が決定し、No.22-2 は壁面材の幅方向の面内せん断破壊により終局耐力が決定した。受け材の割裂破壊は、材の乾燥割れした箇所へのビスの留付けなどが要因と考えられ、納入された材の状態や施工状況により破壊荷重に違いが見られる。想定外な破壊性状であり、この実験仕様及び結果を用いて設計することは難しいと考える。

No. 22-1 のみ $0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ で耐力が決定しているが、これは早期に受け材の割裂破壊が生じたため、受け材が健全であればその他の試験体と同様に $P_{1/150}$ での評価となりそうである。

また、追加で計測した各部の変位を次頁以降に示すが、概ね良好な荷重変形関係が見られ、検討に用いることのできるデータが得ることができた。

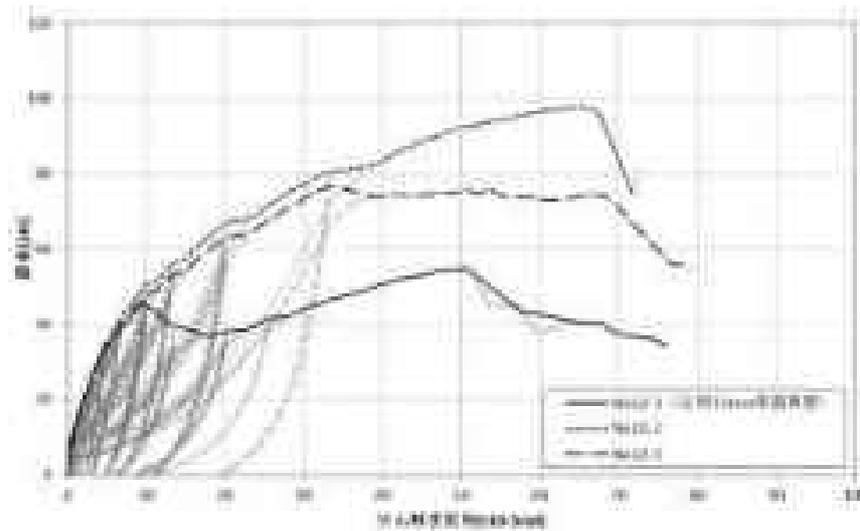


図 2.3-7 No. 22 荷重変形角関係

表 2.3-5 構造特性値一覧

評価項目 \ 試験体No	No. 22-1	No. 22-2	No. 22-3	平均値	ばらつき	50%下限値	
真のせん断変形角評価	Pmax (kN)	55.1	98.0	76.9	76.7	0.868	66.6
	Py (kN)	41.7	51.9	40.3	44.6	0.933	41.6
	$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.6	43.6	44.3	40.2	0.923	37.1
	2/3Pmax (kN)	36.7	65.3	51.3	51.1	0.868	44.4
	$P_{1/150}$ (kN)	39.5	41.5	39.3	40.1	0.986	39.5
	H^2 イニテ剛性 (10^3 kN/rad)	5.3	4.5	5.5	5.1		
	終局変位 (10^{-3} rad)	57.1	72.6	74.2	67.9		
	短期基準せん断耐力 (kN)	32.6	41.5	39.3	40.1	-	37.1
	壁長さ1mあたり (kN/m)	35.8	45.6	43.2	44.1	-	40.8
	相当壁倍率	18.3	23.3	22.0	22.5	-	20.8

評価項目 \ 試験体No	No. 22-1	No. 22-2	No. 22-3	平均値	ばらつき	50%下限値	
見かけのせん断変形角評価	Pmax (kN)	55.1	98.0	76.9	76.7	0.868	66.6
	Py (kN)	42.3	45.8	40.3	42.8	0.969	41.5
	$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	24.7	28.6	28.8	27.4	0.960	26.3
	2/3Pmax (kN)	36.7	59.3	51.3	49.1	0.890	43.7
	$P_{1/120}$ (kN)	28.0	26.0	27.0	27.0	0.983	26.5
	H^2 イニテ剛性 (10^3 kN/rad)	2.8	2.3	2.7	2.6		
	終局変位 (10^{-3} rad)	67.6	95.4	92.9	85.3		
	短期基準せん断耐力 (kN)	24.7	26.0	27.0	27.0	-	26.3
	壁長さ1mあたり (kN/m)	27.1	28.6	29.7	29.7	-	28.9
	相当壁倍率	13.8	14.6	15.1	15.1	-	14.8

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数 α は乗じていない

(2) 試験体 No.21

① 試験体 No. 21-1

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 21-1 の荷重変形関係を図 2.3-8 に、各特性値を表 2.3-6 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で 35.5[kN/m] ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

1/50[rad]付近では各部に損傷は見られなかった。1/30[rad]付近で釘頭のめり込み、釘の破断などが見られた。1/20[rad]付近で面材が浮き上がり荷重低下した。

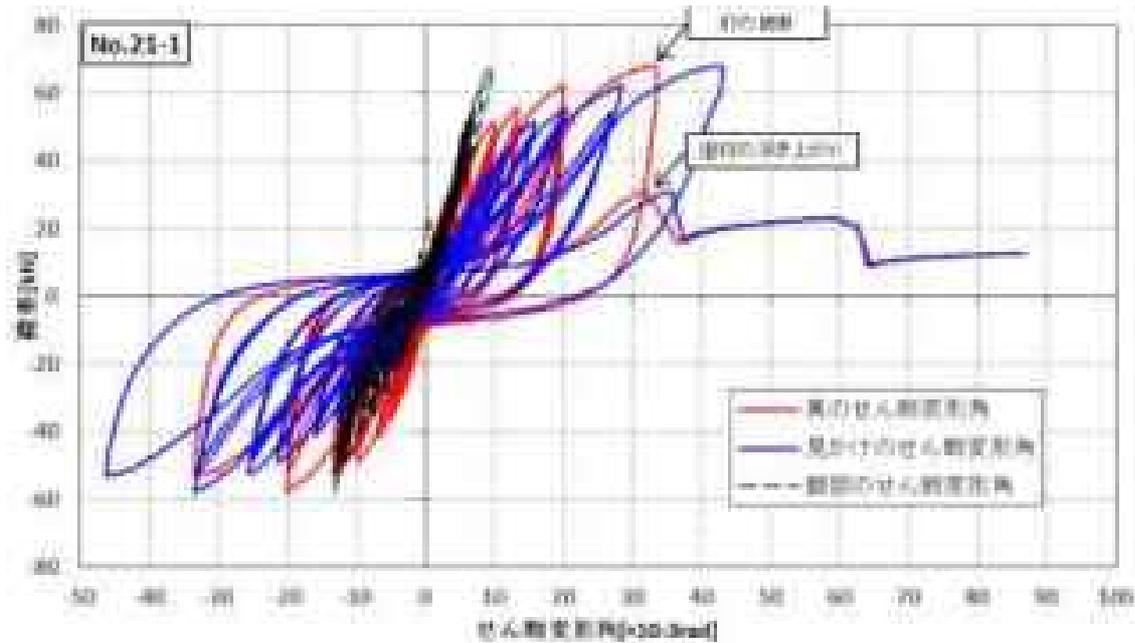


図 2.3-8 荷重-せん断変形角曲線

表 2.3-6 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
Pmax (kN)	67.9	67.9
Py (kN)	39.1	42.9
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.3	25.6
2/3Pmax (kN)	45.2	45.2
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	43.5	33.7
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	6.8	3.8
終局変位 (10^{-3} rad)	33.9	30.0
短期基準せん断耐力 (kN)	32.3	25.6
壁長さ1mあたり (kN/m)	35.5	28.1
相当壁倍率	18.1	14.4

※試験体ごとの結果のため、ばらつき・低減係数は乗じていない



全体



柱脚側:パンチングアウト、釘の破断



柱頭側:パンチングアウト、釘の破断



柱頭側:面材の浮き上がり

写真 2.3-1 試験終了時の写真

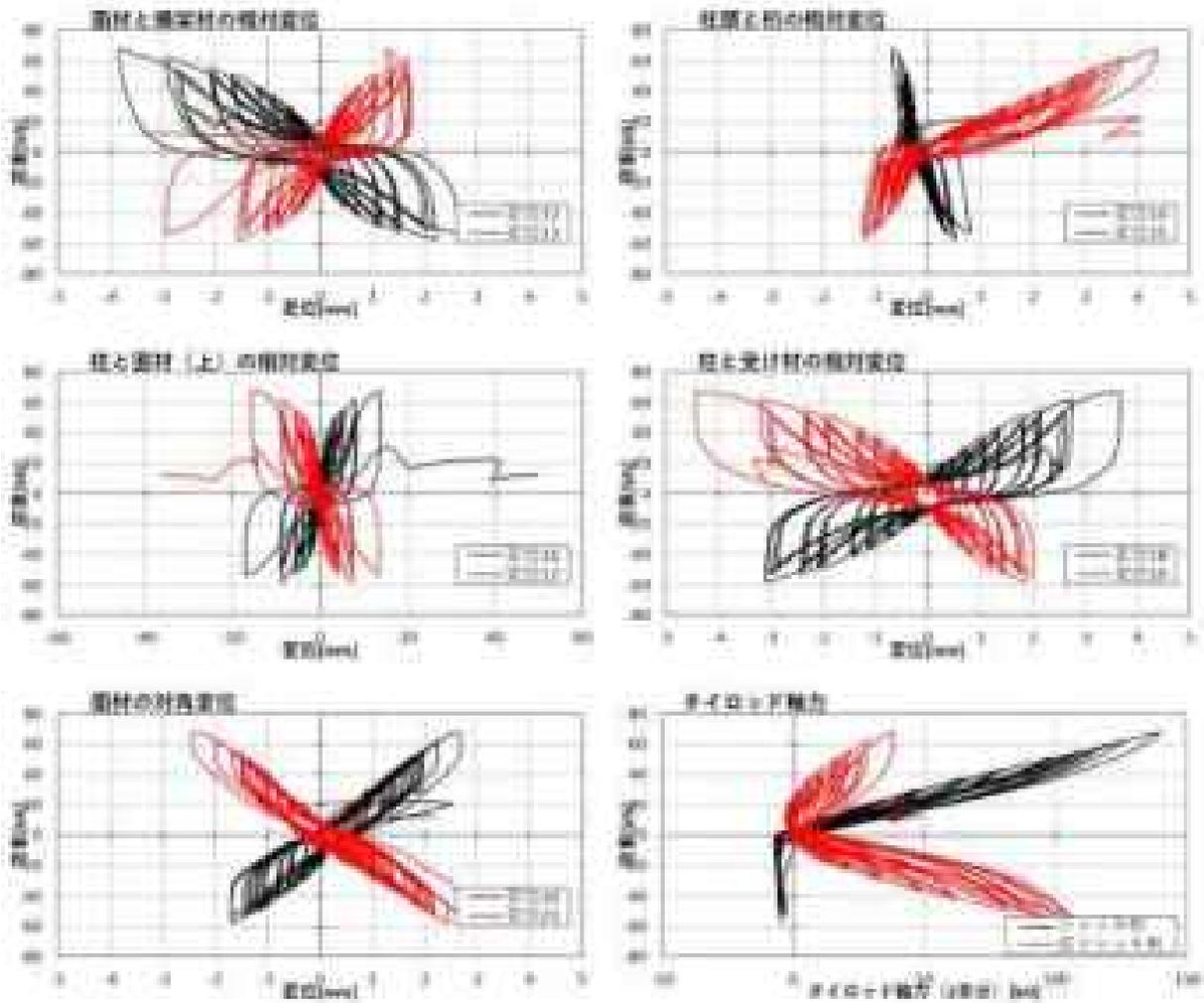


図 2.3-9 計測データ

② 試験体 No. 21-2

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 21-2 の荷重変形関係を図 2.3-10 に、各特性値を表 2.3-7 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で 33.7[kN/m] ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

1/50[rad]付近で釘の破断などが生じた。その後、単調载荷 1/30[rad]付近でパンチングアウト、面材の浮き上がりなど破壊が進行していった。

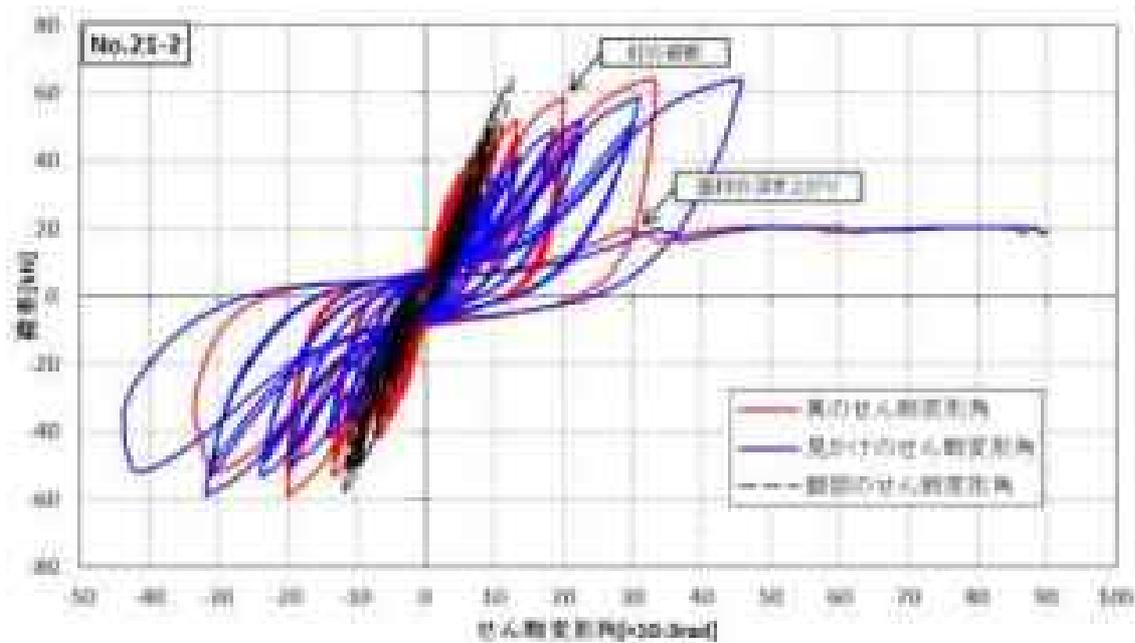


図 2.3-10 荷重-せん断変形角曲線

表 2.3-7 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
Pmax (kN)	64.1	64.1
Py (kN)	37.5	37.6
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	30.7	23.4
2/3Pmax (kN)	42.7	42.7
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	41.1	29.7
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	6.6	3.3
終局変位 (10^{-3} rad)	30.0	30.0
短期基準せん断耐力 (kN)	30.7	23.4
壁長さ1mあたり (kN/m)	33.7	25.7
相当壁倍率	17.2	13.1

※試験体ごとの結果のため、ばらつき・低減係数は乗じていない



全体



柱脚側:パンチングアウト、釘の破断



柱頭側:パンチングアウト、釘の破断



柱頭側:面材の浮き上がり

写真 2.3-2 試験終了時の写真

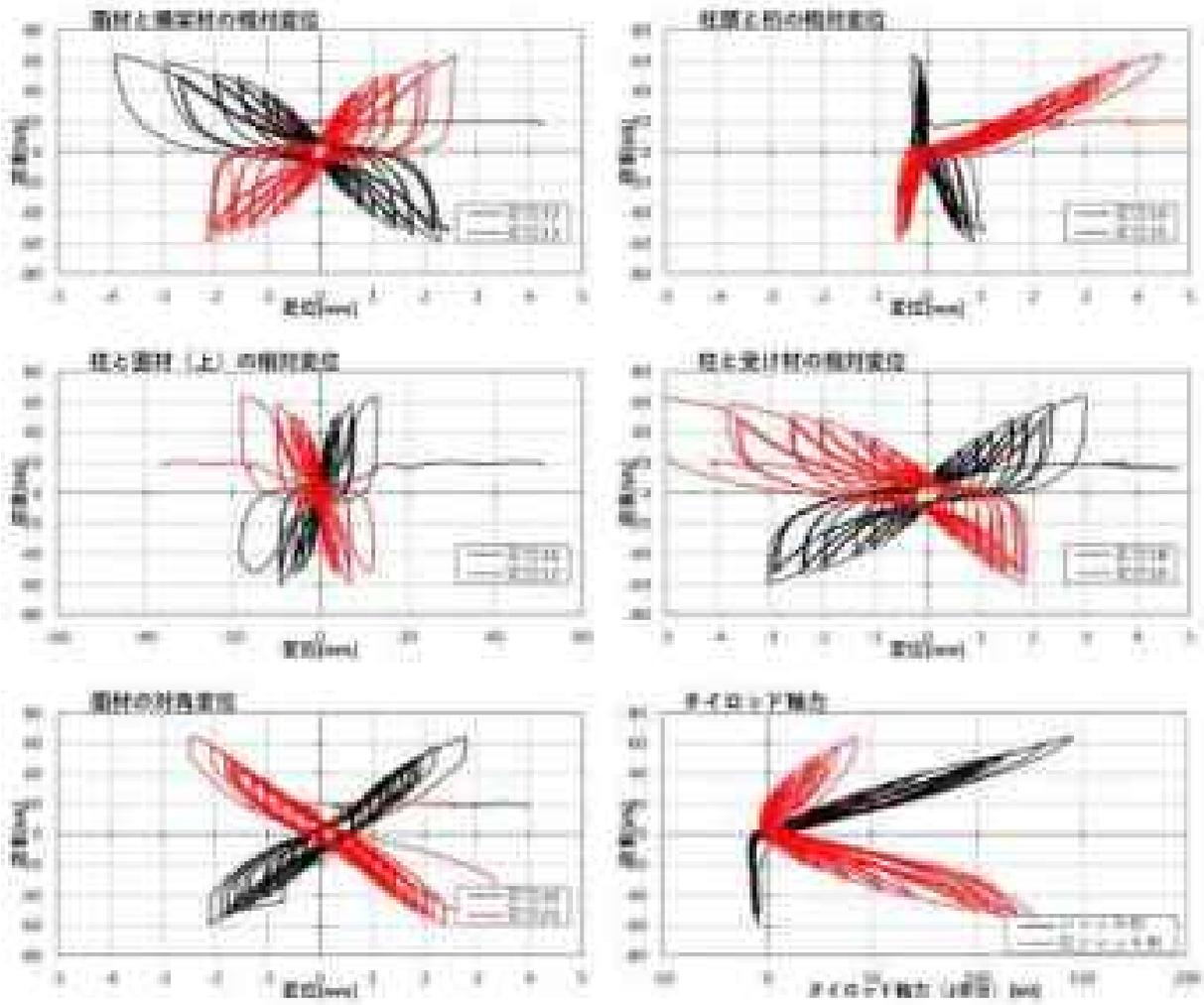


図 2.3-11 計測データ

③ 試験体 No. 21-3

タイロッド式 真のせん断変形角で評価

No. 21-3 の荷重変形関係を図 2.3-12 に、各特性値を表 2.3-8 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で 34.6 [kN/m] ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

破壊性状は $1/50 \text{ [rad]}$ 付近で壁面材の回転挙動により床面材と接触し、パンチングアウト、釘の破断、壁面材のはらみ出しが生じた。その後パンチングアウト等の破壊が進行していき、壁脚部に近い位置で壁面材の面外座屈破壊が生じた

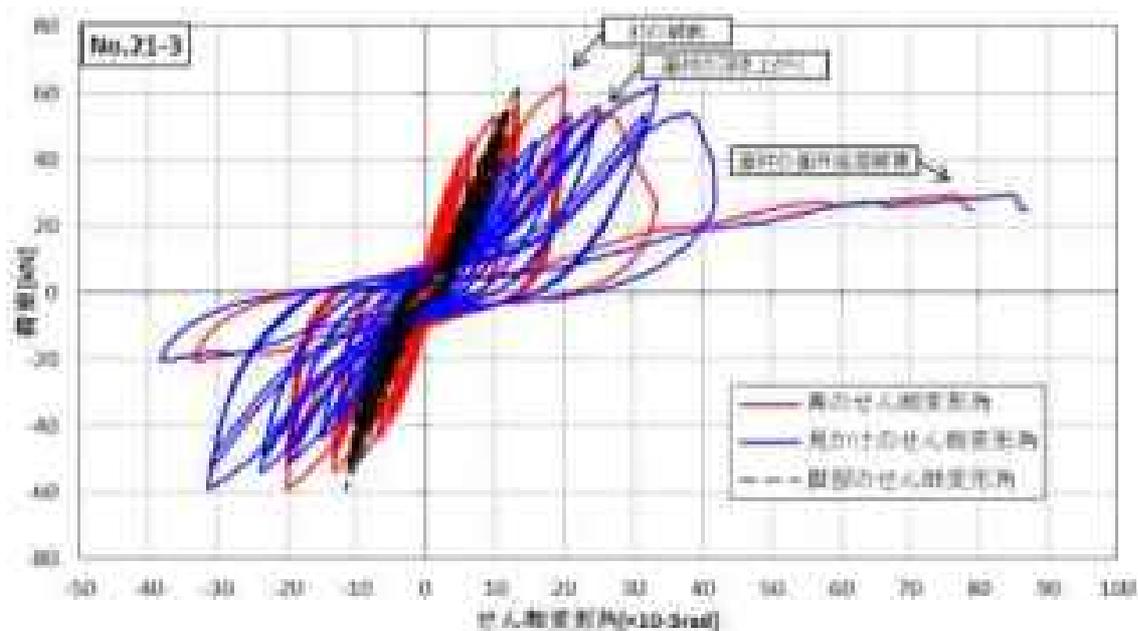


図 2.3-12 荷重-せん断変形角曲線

表 2.3-8 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	62.3	62.3
P_y (kN)	36.0	37.2
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	31.5	21.1
$2/3P_{max}$ (kN)	41.5	41.5
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	45.5	28.7
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	8.4	3.3
終局変位 (10^{-3} rad)	28.0	30.0
短期基準せん断耐力 (kN)	31.5	21.1
壁長さ1mあたり (kN/m)	34.6	23.2
相当壁倍率	17.7	11.8

※試験体ごとの結果のため、ばらつき・低減係数は乗じていない



全体



柱脚側:床面材と接触、パンチングアウト等



柱脚側:床面材と接触、壁面材の面外破壊



柱頭側:パンチングアウト、釘の破断

写真 2.3-3 試験終了時の写真

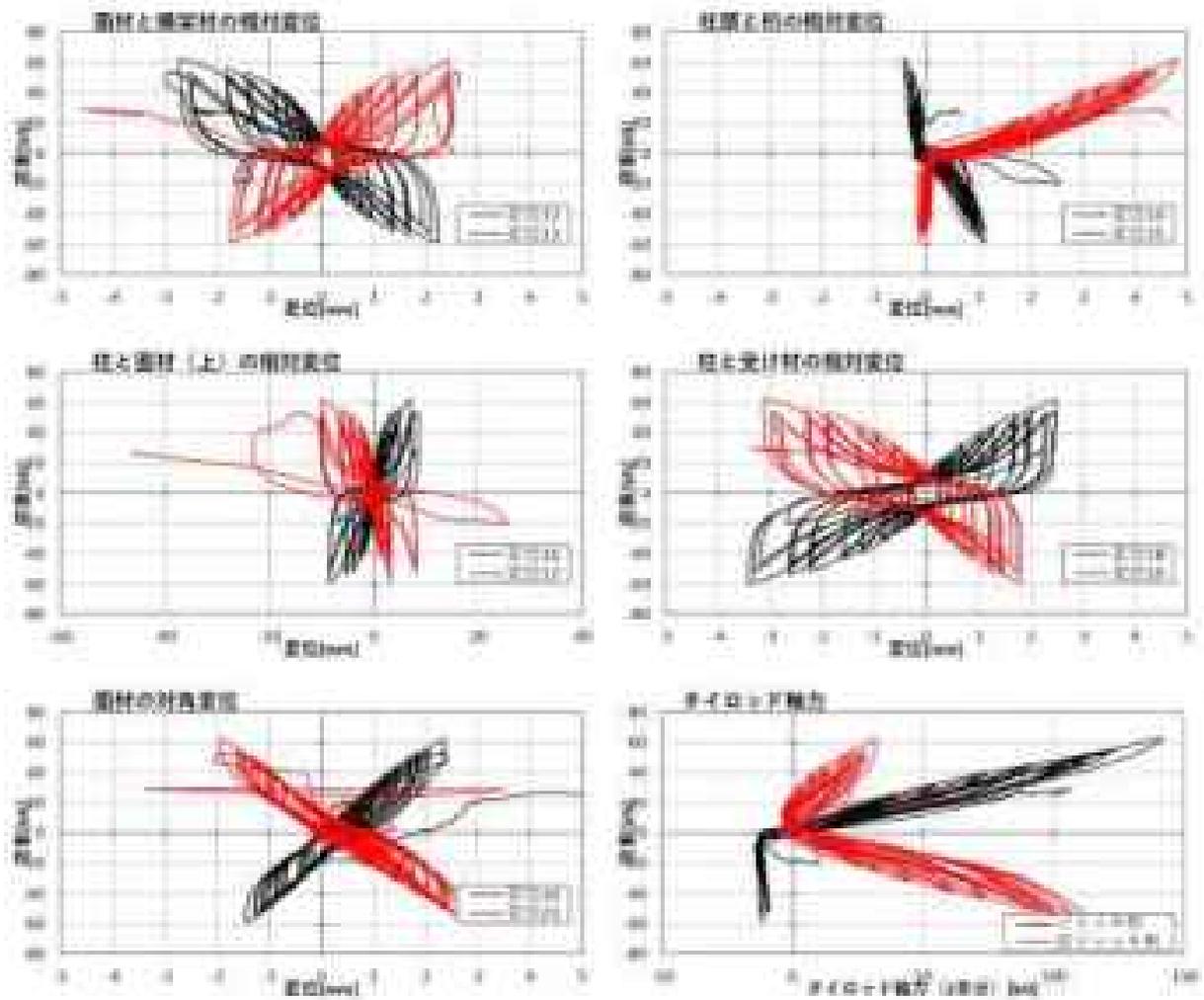


図 2.3-13 計測データ

(3) 試験体 No.22

① 試験体 No. 22-1

No. 22-1 の荷重変形関係を図 2.3-14 に、各特性値を表 2.3-9 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で $35.8[\text{kN/m}] (0.2P_u\sqrt{2\mu-1})$ の評価となった。

1/100[rad]付近で柱側受け材の割裂が生じ、面材が受け材ごと浮き上がるような破壊性状を示した。その後、加力を続けて1/20[rad]付近で柱側受け材が圧縮座屈し荷重低下した。

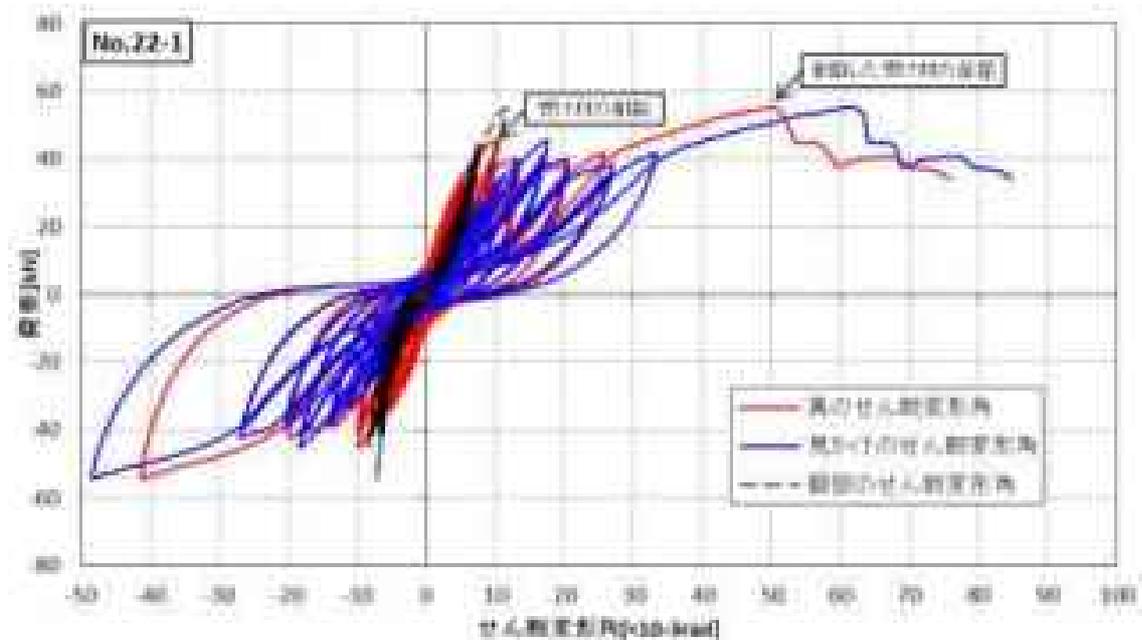


図 2.3-14 荷重-せん断変形角曲線

表 2.3-9 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
Pmax (kN)	55.1	55.1
Py (kN)	41.7	42.3
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.6	24.7
2/3Pmax (kN)	36.7	36.7
$P_{1/150}, P_{1/120}$ (kN)	39.5	28.0
バネ剛性 (10^3kN/rad)	5.3	2.8
終局変位 (10^{-3}rad)	57.1	67.6
短期基準せん断耐力 (kN)	32.6	24.7
壁長さ1mあたり (kN/m)	35.8	27.1
相当壁倍率	18.3	13.8

※試験体ごとの結果のため、ばらつき・低減係数は乗じていない



全体



柱脚側:床面材と接触



柱脚側:受け材の圧壊に伴う面材破壊



柱頭側:桁側受け材ビスの抜け



受け材の割裂破壊

写真 2.3-4 試験終了時の写真

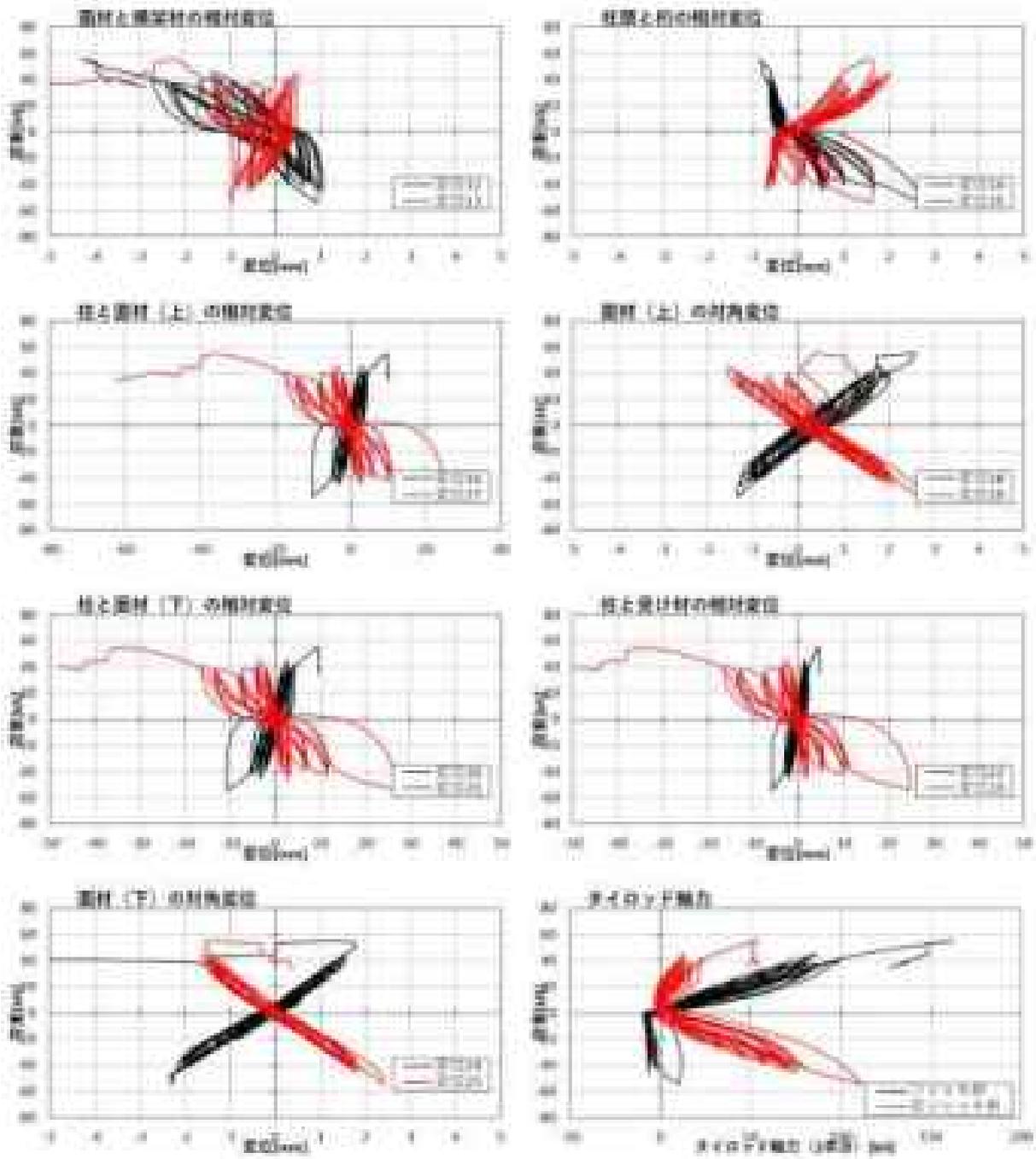


図 2.3-15 計測データ

② 試験体 No. 22-2

No. 22-2 の荷重変形関係を図 2.3-16 に、各特性値を表 2.3-10 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で 45.6[kN/m] ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

釘頭のめり込みや土台側受け材のビスの抜けが生じたが荷重低下するような損傷はなかった。1/15[rad]付近で、壁面材に幅方向のせん断破壊が生じ荷重低下した。解体後、柱側受け材に割裂などの損傷は見られなかった。

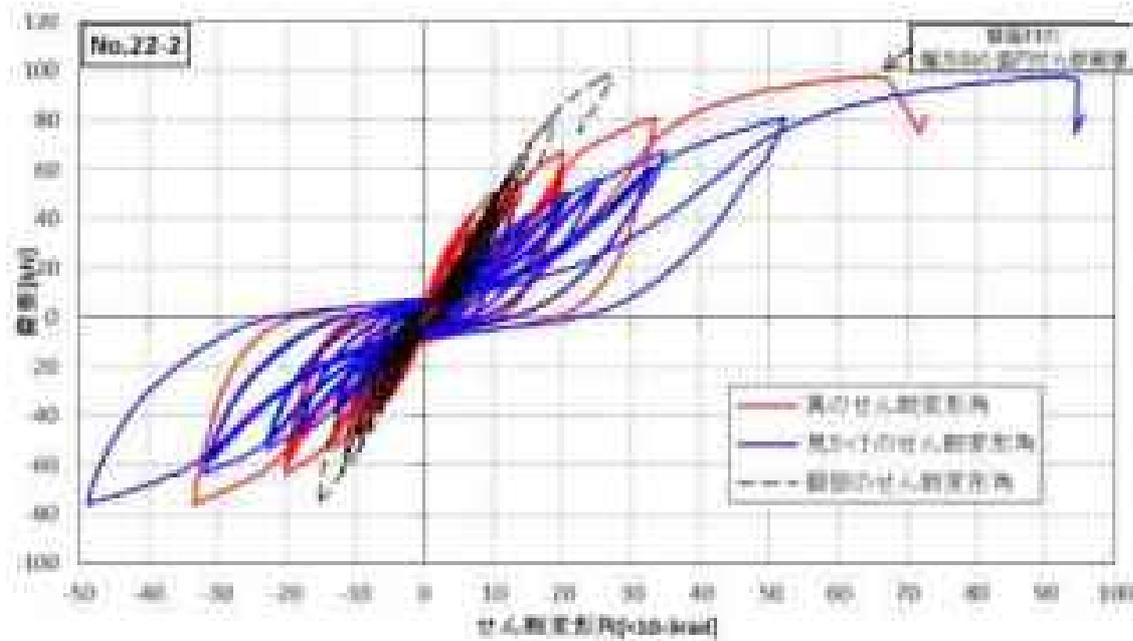


図 2.3-16 荷重-せん断変形角曲線

表 2.3-10 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
Pmax (kN)	98.0	98.0
Py (kN)	51.9	45.8
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	43.6	28.6
2/3Pmax (kN)	65.3	59.3
$P_{1/150}, P_{1/120}$ (kN)	41.5	26.0
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	4.5	2.3
終局変位 (10^{-3} rad)	72.6	95.4
短期基準せん断耐力 (kN)	41.5	26.0
壁長さ1mあたり (kN/m)	45.6	28.6
相当壁倍率	23.3	14.6

※試験体ごとの結果のため、ばらつき・低減係数は乗じていない



全体



柱脚側:土台側受材ビスの抜け、釘頭のめり込み



壁面材下側:面材の幅方向へのせん断破壊



柱頭側:桁側受け材ビスの抜け、釘頭のめり込み

写真 2.3-5 試験終了時の写真

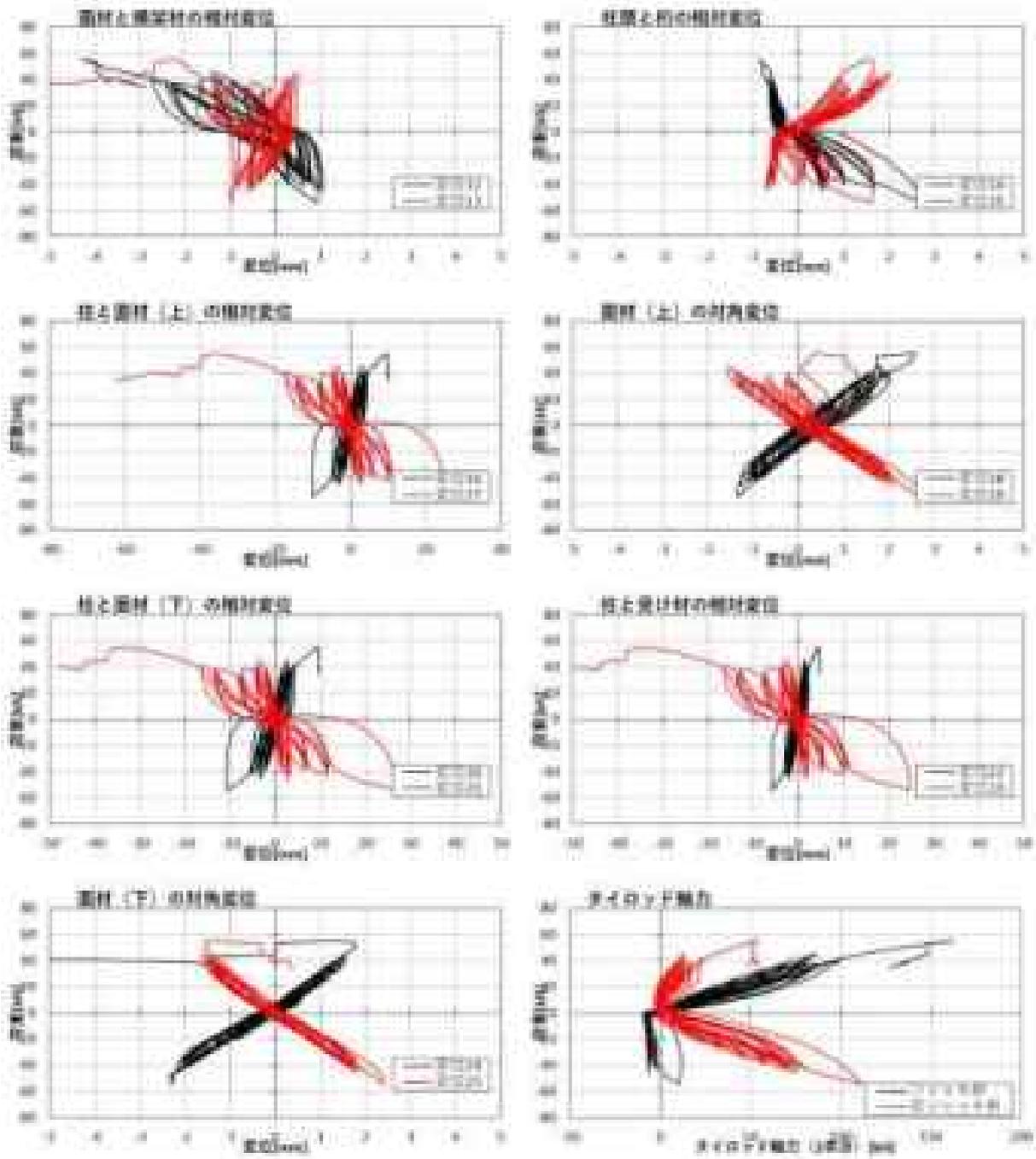


図 2.3-17 計測データ

③ 試験体 No. 22-3

No. 22-3 の荷重変形関係を図 2.3-18 に、各特性値を表 2.3-11 に示す。短期基準せん断耐力は真のせん断変形角評価で $43.2 \text{ [kN/m]} (0.2Pu\sqrt{2\mu-1})$ の評価となった。

$1/30 \text{ [rad]}$ 付近で柱側受け材が割裂し、面材が受け材ごと浮き上がるような破壊性状を示した。その後、桁側受け材ビスの引抜き破壊が見られ、柱側受け材の圧縮座屈が生じ荷重低下した。

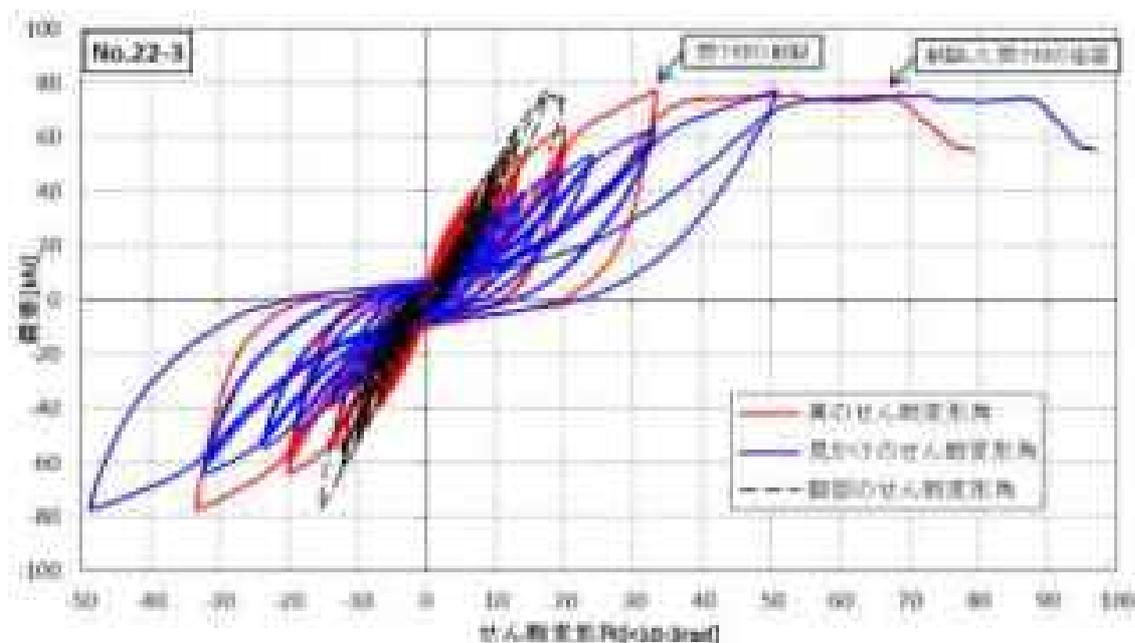


図 2.3-18 荷重-せん断変形角曲線

表 2.3-11 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	76.9	76.9
P_y (kN)	40.3	40.3
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	44.3	28.8
$2/3P_{max}$ (kN)	51.3	51.3
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	39.3	27.0
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	5.5	2.7
終局変位 (10^{-3} rad)	74.2	92.9
短期基準せん断耐力 (kN)	39.3	27.0
壁長さ1mあたり (kN/m)	43.2	29.7
相当壁倍率	22.0	15.1

※試験体ごとの結果のため、ばらつき・低減係数は乗じていない



全体



柱脚側:床面材との接触、はらみ出し



柱脚側:受け材の座屈に伴う面材破壊



柱頭側:桁側受け材ビスの抜け、釘頭のめり込み



受け材の割裂破壊

写真 2.3-6 試験終了時の写真

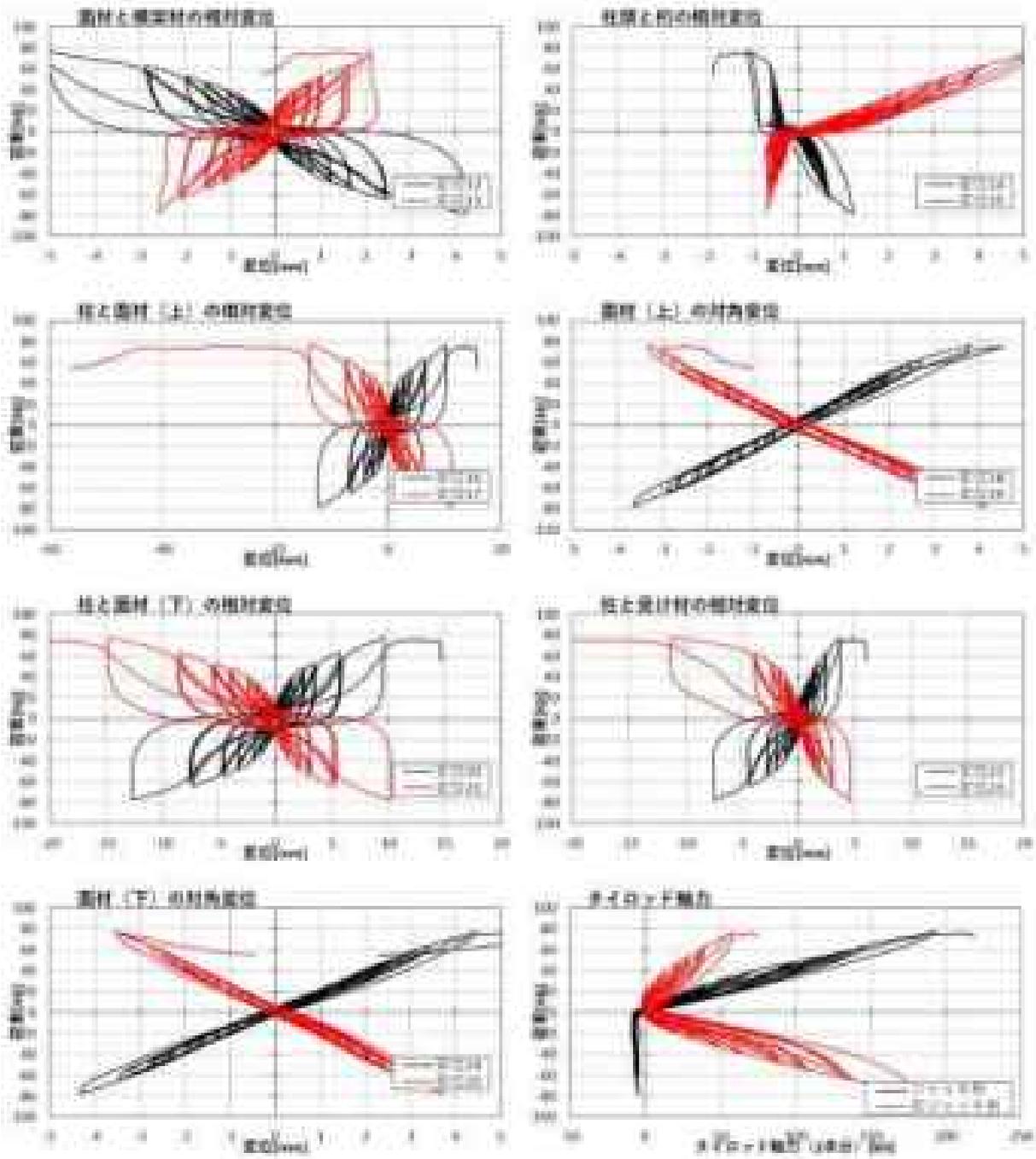


図 2.3-19 計測データ

2.3.3 考察

(1) 後期試験結果を踏まえての課題

① 受け材ビスの留付け

前期試験では受け材ビスの留付けは、先孔を設けてからとしていた。後期試験では実際の施工現場を想定し、先孔なしで施工することとした。

先孔なしでの施工により、以下のことを確認した。

- ・先孔なしでも、概ね施工は可能であることが分かった。
- ・ただし、試験体により施工時にビスが破断することがあった。施工者へのヒアリングによると、他の試験体に比べ材料が堅かったとのこと。

→受け材の密度・含水率を確認すると、その他の試験体と大差がないことが分かった（試験成績書より数値確認）。

② 柱側受け材の割裂破壊

No. 22 シリーズにおいて柱側受け材の割裂破壊する傾向が見られた。破壊するタイミングは試験体によるばらつきが大きく、このような破壊は生じないようにする必要がある。

【受け材の乾燥割れ】

- ・受け材に用いた材は乾燥割れが見られた。試験体 No. 22-1 は受け材をビスで柱に留付けた際に、乾燥割れ部分から破壊が進行した。
- ・No. 22-2, 3 は受け材の乾燥割れ部分を避けて（千鳥のように）留付けた。No. 22-2 の受け材は破壊しなかったが、No. 22-3 は受け材が割裂破壊した。

【受け材の割裂破壊を防ぐには】

- ・乾燥割れ部分を避けて施工するか、乾燥割れした材を使用しないようにすれば今回のような破壊は防げるように思われる。
- ・後期試験では受け材断面が小さくなったため製材としたが、高倍率耐力壁が安定した特性を示すためには、部材そのものの安定性が不可欠であることから、集成材やLVLなどを用いた方が良いと思われる。

2.4 前期試験（柱脚固定式）

2.4.1 試験計画

(1) 試験体仕様

耐力壁の目標性能は 30.0[kN/m]とし、No. 19, 20 の 2 仕様を決定した。耐力壁の仕様は昨年度本試験の No. 11, 12 を踏襲し、柱脚金物には昨年度性能を確認した HD-D9 を配置した。試験体仕様の一覧を表 2.4-1 に示す。

試験体の概要及び、昨年度からの仕様変更点を以下に示す。

<各試験体の概要>

- ・タイロッド式試験と同様に壁高さ 3.8m、壁長さ 0.91m、壁から 0.91m 離れた位置にピン柱を設けた
- ・前試験体共通で床勝ち仕様、柱 120×120mm（ヒノキ同一等級集成材、E95-F315）、桁 120×360mm（バイマツ対称異等級集成材、E135-F375）、土台 120×150mm（ヒノキ同一等級集成材、E95-F315）とした。
- ・No. 19, 20 は昨年度の試験体仕様 No. 11, 12 を柱脚固定式仕様としたものである。柱脚金物には耐力が高かった HD-D9（図 2.4-1）を採用した。なお、柱脚金物のアンカーボルトは M20（SCM435）とした。
- ・No. 19, 20 の柱頭側はめり込み補強金物＋既存のホールダウン金物とした。

表 2.4-1 試験体仕様一覧

パラメータ\試験体		No. 1 9	No. 2 0	(参考:昨年度試験体仕様)	
		No. 1 1	No. 1 2		
試験方法		柱脚固定式		タイロッド式	
目標耐力		25kN/m (見)	30kN/m (見)	25kN/m (真)	30kN/m (真)
壁仕様		大壁	真壁	大壁	真壁
柱頭仕様		めり込み補強+HD金物		めり込み補強金物	
柱脚仕様		柱脚金物 (HD-D9)		めり込み補強金物	
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用合板	構造用MDF	構造用合板
	厚さ	9mm	24mm ^{※2}	9mm	24mm(スギ)
	詳細	30N/mm ² タイプ ^{※1}	特類2級	30N/mm ² タイプ ^{※1}	特類2級
	両面or片面	片面	片面	片面	片面
	接合具	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ75@75 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ75@75 ×2列千鳥
受け材	断面	120mm×90mm	96mm×90mm	120mm×90mm	96mm×90mm
	樹種	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ製材	ヒノキ集成材
壁面材と床面材の隙間		0mm	0mm	0mm	0mm
壁面材と柱の隙間		—	20mm	—	20mm

※1 曲げ強度 ※2 表層国産カラマツ、その他スギ

共通仕様

床仕様		床勝ち
壁長さ		910mm
壁高さ		3.8m
桁	断面	120mm×360mm
	樹種	ヘイマツ集成材
土台	断面	120mm×150mm
	樹種	ヒノキ集成材
柱	断面	120mm×120mm
	樹種	ヒノキ集成材
面外たわみ防止		ローラー有り

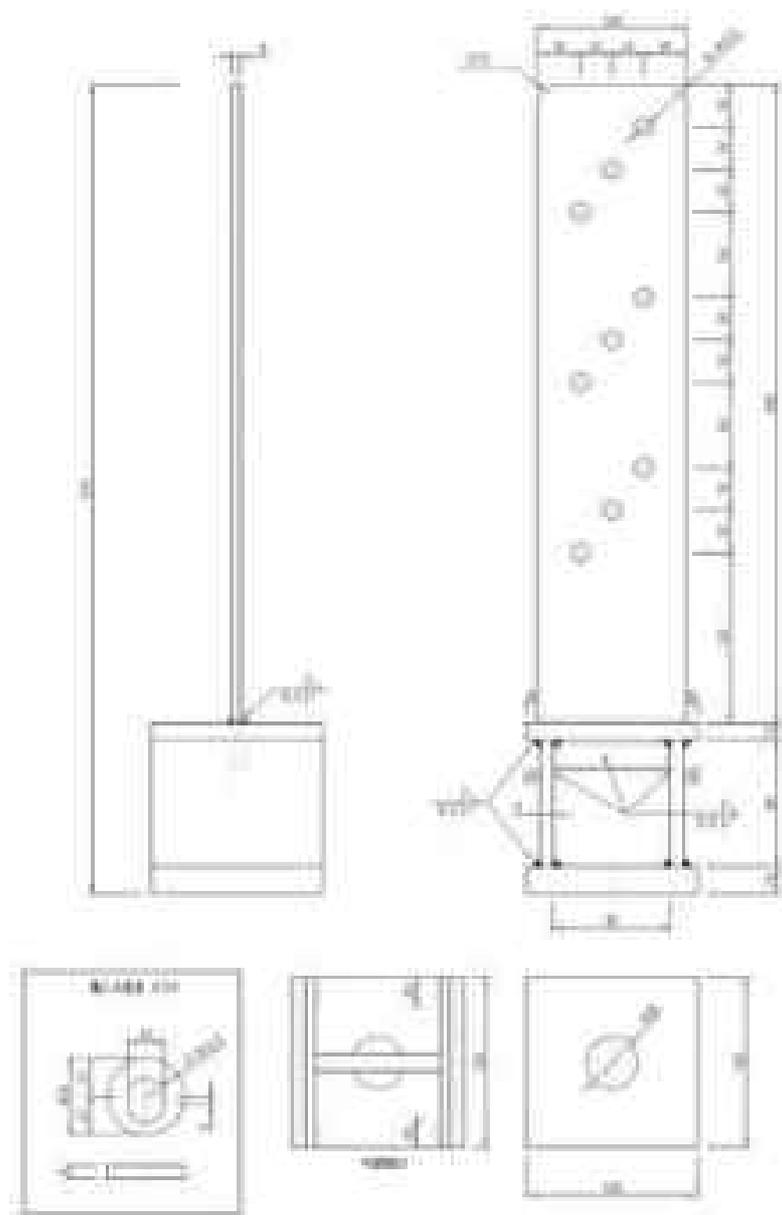


图 2.4-1 柱脚接合金物 (HD-D9)

No.19 (構造用MDF, t=9mm, 片面大壁, 柱脚固定式)

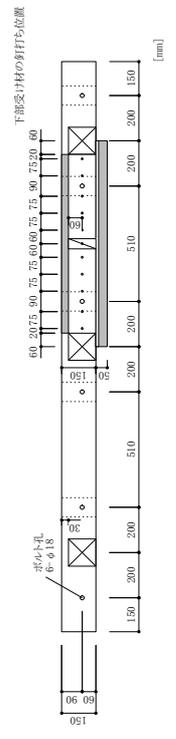
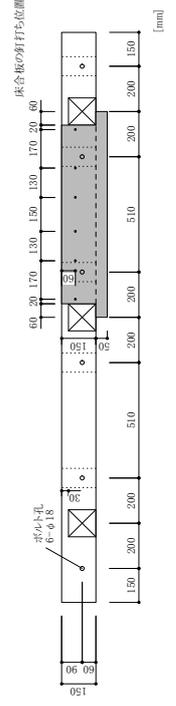
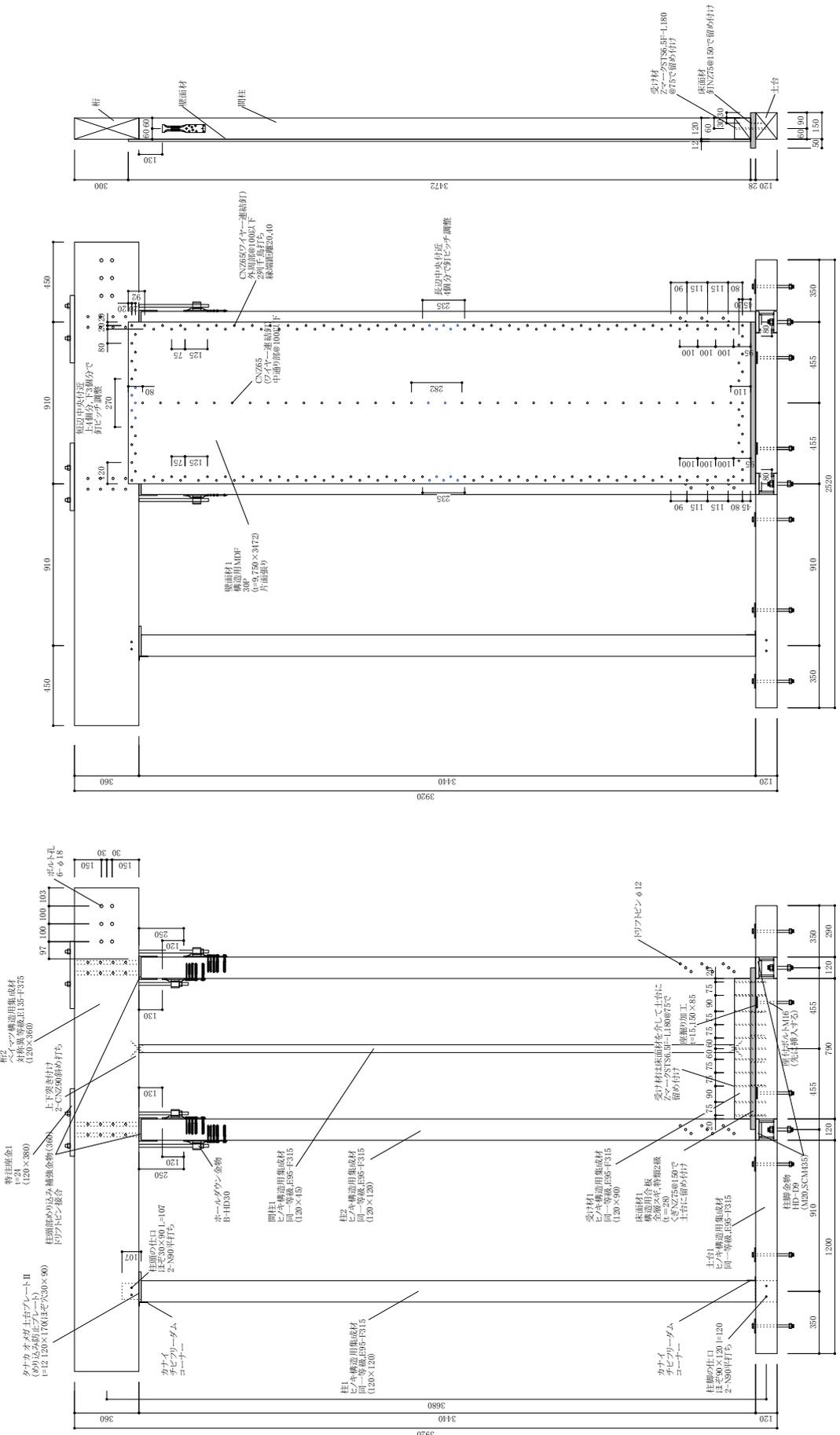


図 2.4-2 試験体 No. 19 試験体図

No.20 (構造用合板, t=24mm, 片面真壁, 柱脚固定式)

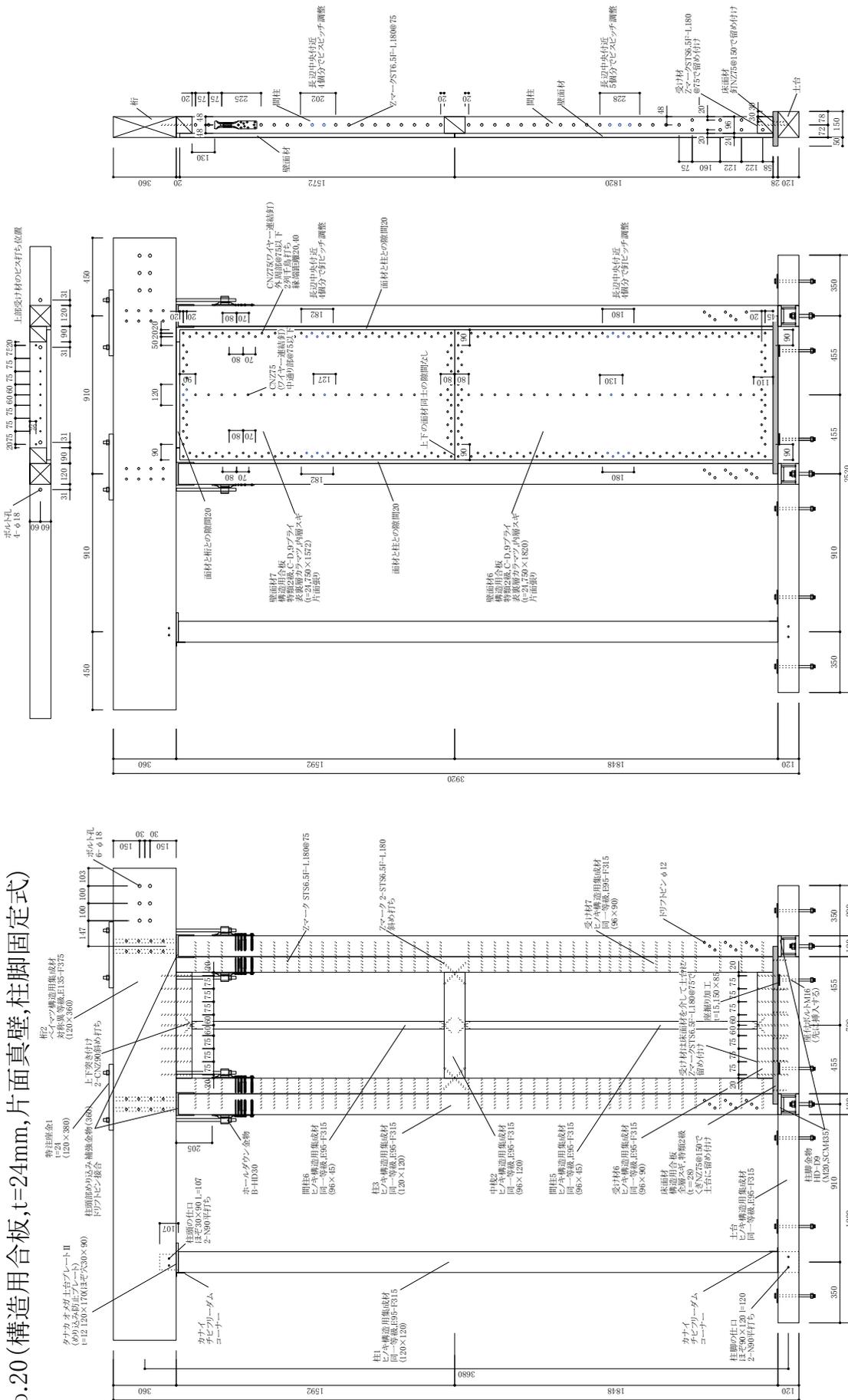
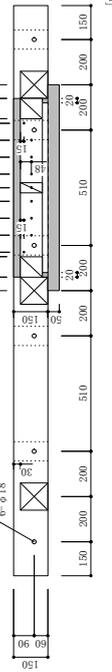
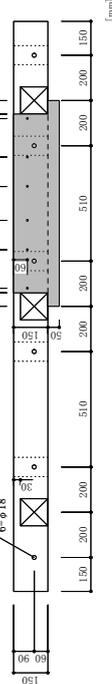


図 2.4-3 試験体 No. 20 試験体図

下部受け材のビス打ち位置



底合板の釘打ち位置



(2) 計測計画

計測項目及び計測概要図を表 2.4-2、図 2.4-4、図 2.4-5 に示す。なお、見かけのせん断変形角 γ 、真のせん断変形角 γ_0 は下式により算定する。

柱脚固定式の No. 19, 20 試験体においては、各部の相対変位や面材の対角変位等を追加して計測した。

$$\text{見かけのせん断変形角 } \gamma = \frac{\text{変位 H1} - \text{変位 H2}}{\text{標点間距離 H}} - \frac{\text{変位 B6} - \text{変位 B7}}{\text{標点間距離 B}}$$

$$\text{脚部のせん断変形角 } \theta = \frac{\text{変位 V3} - \text{変位 V4}}{\text{標点間距離 V}} - \frac{\text{変位 B6} - \text{変位 B7}}{\text{標点間距離 B}}$$

$$\text{真のせん断変形角 } \gamma_0 = \text{見かけのせん断変形角 } \gamma - \text{脚部のせん断変形角 } \theta$$

表 2.4-2 計測項目一覧

計測項目	記号	該当試験体
梁の水平変位	H 1	全て
土台の水平変位	H 2	全て
加力側柱の鉛直変位	V 3	全て
反加力側柱の鉛直変位	V 4	全て
装置の加力側鉛直変位	B 6	全て
装置の反加力側鉛直変位	B 7	全て
梁-壁面材の相対変位	変位 8	No. 19, 20
土台-壁面材の相対変位	変位 9	No. 19, 20
加力側柱頭-梁の相対変位	変位 1 0	No. 19, 20
反加力側柱頭-梁の相対変位	変位 1 1	No. 19, 20
加力側柱-壁面材の相対変位	変位 1 2	No. 19, 20
反加力側-壁面材の相対変位	変位 1 3	No. 19, 20
壁面材の対角変位 (加力側上部-反加力側下部)	変位 1 4	No. 19, 20
壁面材の対角変位 (反加力側上部-加力側下部)	変位 1 5	No. 19, 20
加力側柱-下部面材の相対変位	変位 1 6	No. 20
反加力側柱-下部面材の相対変位	変位 1 7	No. 20
加力側柱-受け材の相対変位	変位 1 8	No. 20
反加力側柱-受け材の相対変位	変位 1 9	No. 20
下部壁面材の対角変位 (加力側上部-反加力側下部)	変位 2 0	No. 20
下部壁面材の対角変位 (反加力側上部-加力側下部)	変位 2 1	No. 20

(3) 加力計画

柱脚固定式試験は見かけのせん断変形角制御で 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50 [rad]（各 3 回）の正負交番载荷とした。

2.4.2 試験結果

(1) 結果概要

荷重変形関係の包絡線の比較を図 2.4-6 に、特性値一覧を表 2.4-4 に示す。

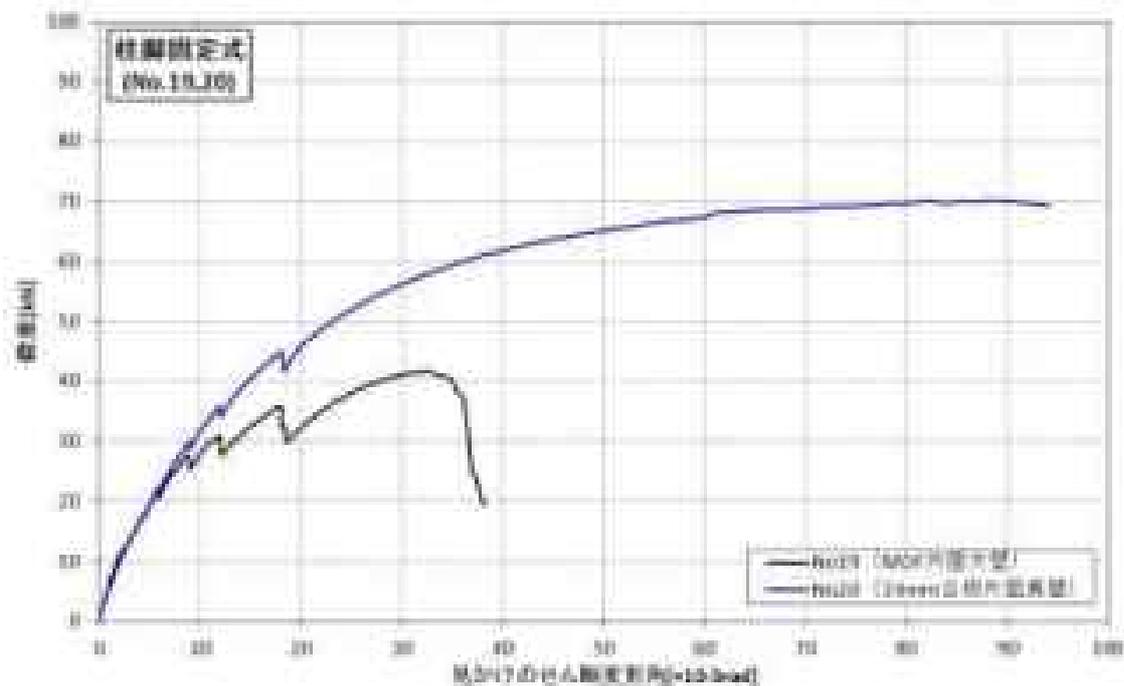


図 2.4-6 柱脚固定式試験の荷重変形関係（見かけのせん断変形角）

表 2.4-3 破壊性状一覧

試験体No	破壊性状
No. 19	壁面材の面外座屈、釘頭のめり込み、パンチングアウト、釘の破断
No. 20	壁面材の桁・床面材へのめり込み、釘頭のめり込み

表 2.4-4 構造特性値一覧

真のせん断変形角評価	評価項目 \ 試験体No	No. 19	No. 20
	Pmax (kN)	41.7	69.5
	Py (kN)	24.6	37.5
	$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	20.1	32.6
	$2/3P_{max}$ (kN)	27.8	46.3
	$P_{1/150}$ (kN)	27.6	29.7
	バネ剛性 (10^3kN/rad)	4.7	3.6
	終局変位 (10^{-3}rad)	32.6	66.7
	短期基準せん断耐力 (kN)※	20.1	29.7
	壁長さ1mあたり (kN/m)※	22.1	32.6
相当壁倍率※	11.2	16.6	

見かけのせん断変形角評価	評価項目 \ 試験体No	No. 19	No. 20
	Pmax (kN)	41.7	68.6
	Py (kN)	24.6	37.6
	$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	17.8	28.2
	$2/3P_{max}$ (kN)	27.8	45.8
	$P_{1/120}$ (kN)	27.0	28.6
	バネ剛性 (10^3kN/rad)	3.4	2.9
	終局変位 (10^{-3}rad)	36.2	66.7
	短期基準せん断耐力 (kN)※	17.8	28.2
	壁長さ1mあたり (kN/m)※	19.6	31.0
相当壁倍率※	10.0	15.8	

※表中の短期基準せん断耐力等は試験体数n=1のため、ばらつき係数及び低減係数 α は乗じていない

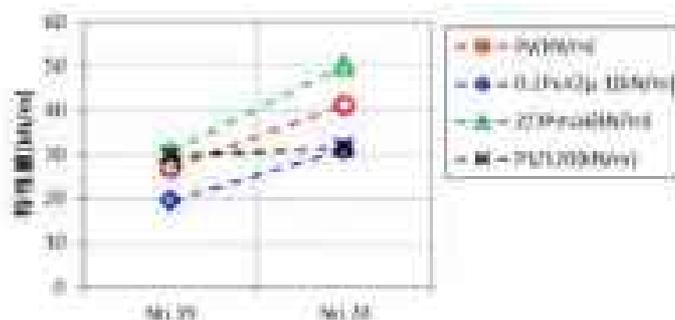


図 2.4-7 特性値 (kN/m) の各項目の分布 (見かけのせん断変形角)

(2) 試験体 No.19-1

柱脚固定式 見かけのせん断変形角で評価

No. 19-1 の荷重変形関係を図 2.4-8 に、各特性値を表 2.4-5 に示す。短期基準せん断耐力は見かけのせん断変形角評価で 19.6 [kN/m] ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

$1/50 \text{ [rad]}$ 付近で釘頭のめり込みやパンチングアウトが生じたが、大きな荷重低下は生じなかった。 $1/30 \text{ [rad]}$ 付近で壁面材に面内せん断破壊が生じ、荷重低下したため試験を終了した。

また、追加で計測した各部の変位を図 2.4-9 に示す。概ね良好な荷重変形関係が見られ、検討に用いることのできるデータが得ることができた。

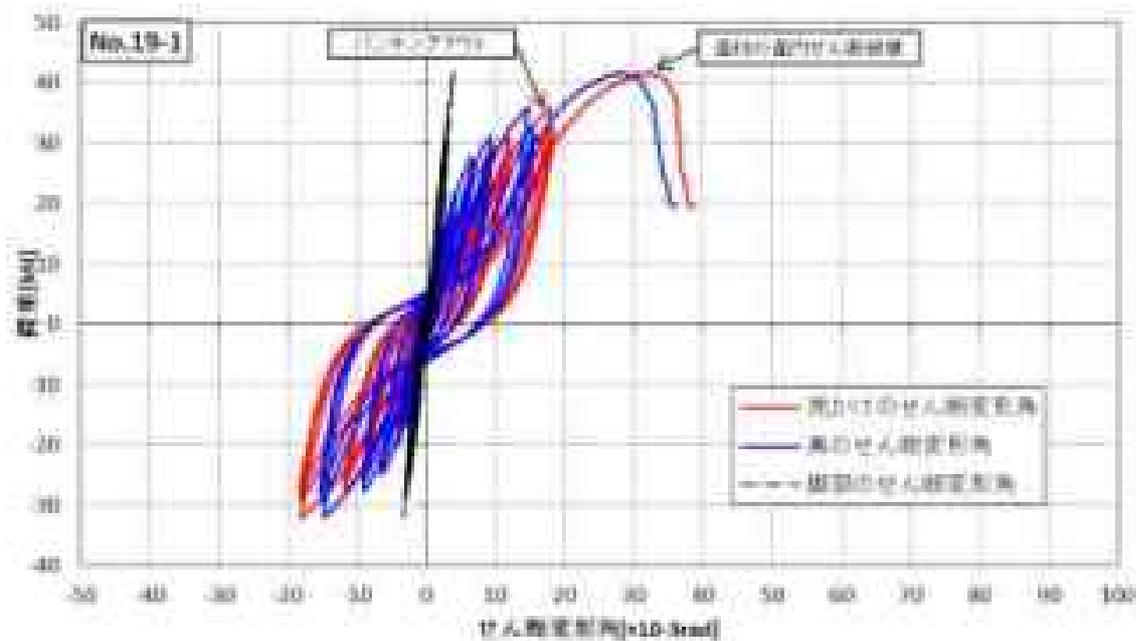


図 2.4-8 荷重-せん断変形角曲線

表 2.4-5 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	41.7	41.7
P_y (kN)	24.6	24.6
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	20.1	17.8
$2/3P_{max}$ (kN)	27.8	27.8
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	27.6	27.0
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	4.7	3.4
終局変位 (10^{-3} rad)	32.6	36.2
短期基準せん断耐力 (kN) ※	20.1	17.8
壁長さ1mあたり (kN/m) ※	22.1	19.6
相当壁倍率 ※	11.2	10.0

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



全体



柱脚側：パンチングアウト、釘頭のめり込み



柱脚側：パンチングアウト、釘頭のめり込み



柱頭側：面材破壊、パンチングアウト等



柱頭側：面材破壊、パンチングアウト等

写真 2.4-1 試験終了時の写真

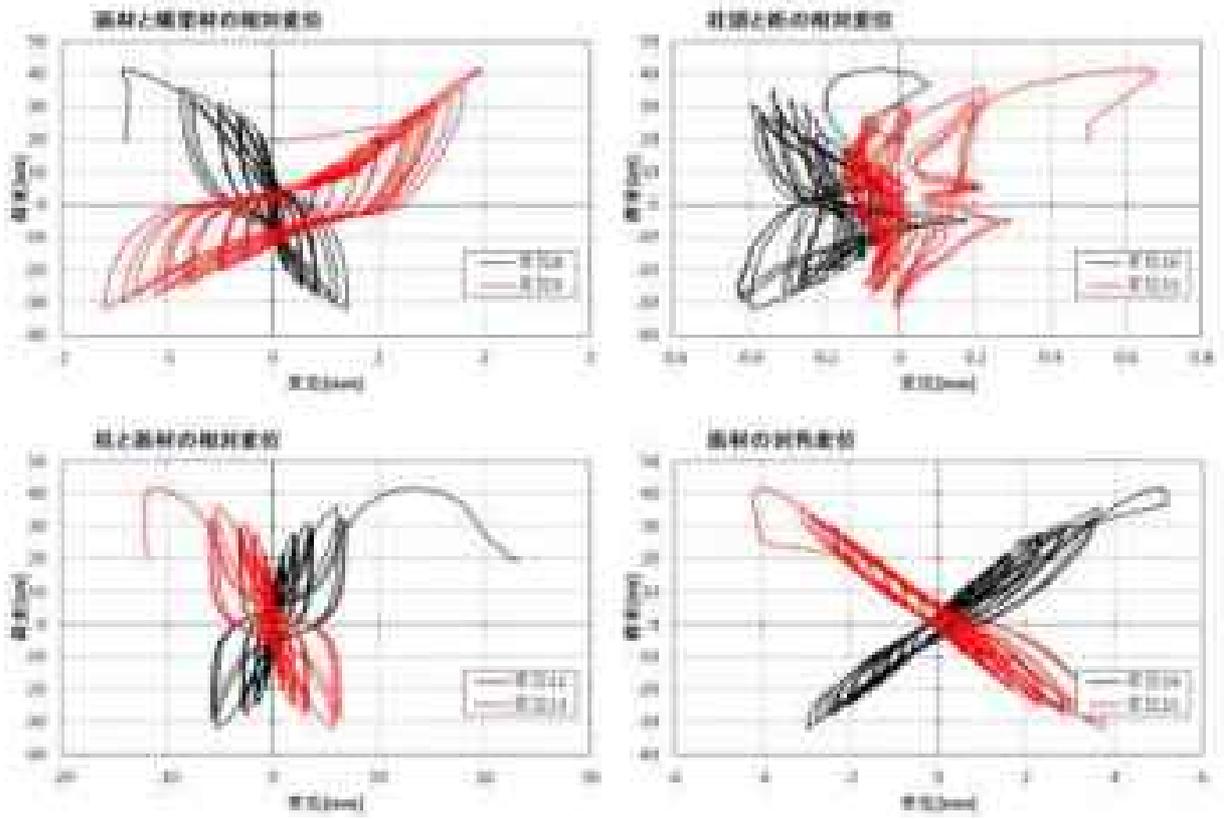


図 2.4-9 計測データ

(3) 試験体 No.20-1

柱脚固定式 見かけのせん断変形角で評価

No. 20-1 の荷重変形関係を図 2.4-10 に、各特性値を表 2.4-6 に示す。短期基準せん断耐力は見かけのせん断変形角評価で 31.0 [kN/m] ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$) の評価となった。

大きな荷重低下はせず、見かけのせん断変形角で $1/10 \text{ [rad]}$ 付近まで加力し試験を終了した。破壊性状は釘頭のめり込み、壁面材の床面材へのめり込み、壁面材の桁へのめり込みが生じた。

また、追加で計測した各部の変位を図 2.4-11 に示す。概ね良好な荷重変形関係が見られ、検討に用いることのできるデータが得ることができた。

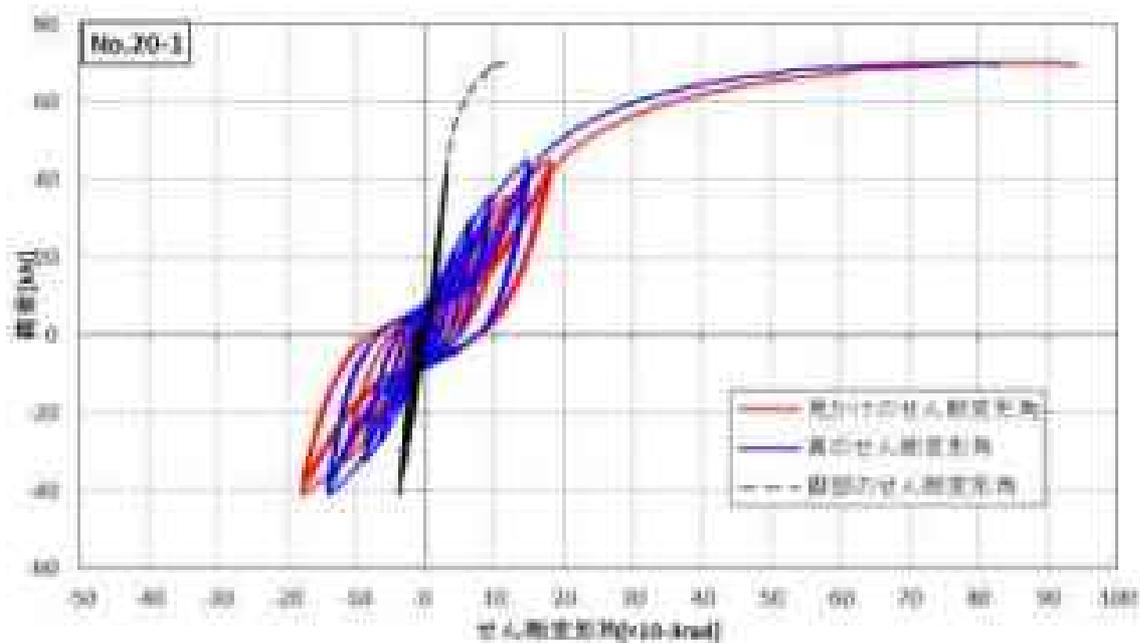


図 2.4-10 荷重-せん断変形角曲線

表 2.4-6 構造特性値

評価項目 \ 試験体No	真	見かけ
P_{max} (kN)	69.5	68.6
P_y (kN)	37.5	37.6
$0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.6	28.2
$2/3P_{max}$ (kN)	46.3	45.8
$P_{1/150}$ 、 $P_{1/120}$ (kN)	29.7	28.6
バネ剛性 (10^3 kN/rad)	3.6	2.9
終局変位 (10^{-3} rad)	66.7	66.7
短期基準せん断耐力 (kN) ※	29.7	28.2
壁長さ1mあたり (kN/m) ※	32.6	31.0
相当壁倍率 ※	16.6	15.8

※表中の短期基準せん断耐力 (kN/m), 壁倍率は試験体数 1 体のため、ばらつき係数及び低減係数は乗じていない。



全体



柱脚側：壁面材の床面材へのめり込み



面材の継目



柱頭側：壁面材の桁へのめり込み

写真 2.4-2 試験終了時の写真

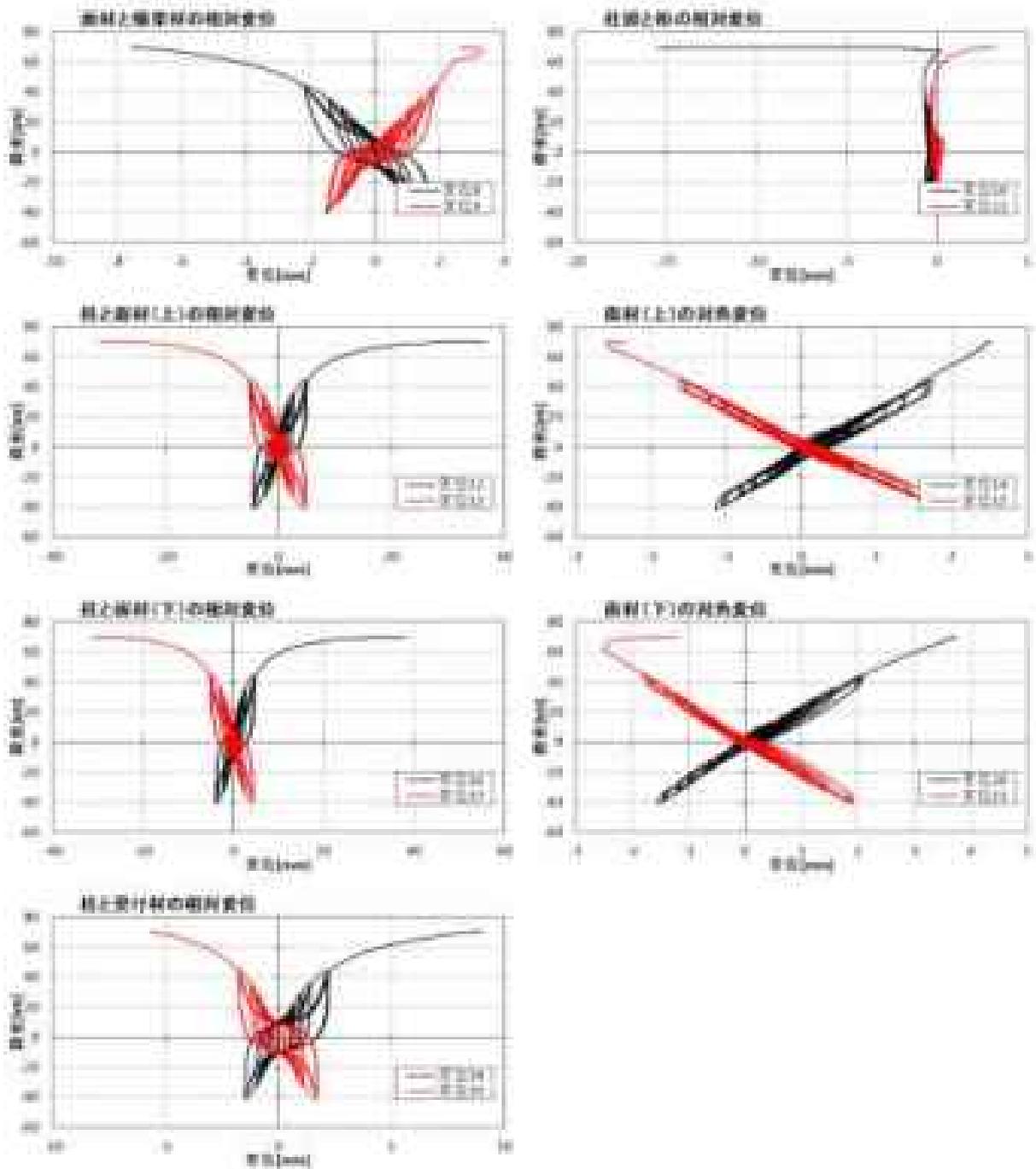


図 2.4-11 計測データ

2.4.3 考察

(1) 試験方式(タイロッド式、柱脚固定式)による結果比較

① 構造用 MDF 片面大壁仕様 (No, 11, 19)

構造用 MDF の片面大壁耐力壁についてタイロッド式試験と柱脚固定式試験の試験方式による比較を行う。荷重変形関係及び構造特性値の比較を図 2.4-12、表 2.4-7 に示す。

荷重変形関係は破壊が生じる 1/50[rad] 付近までほぼ同じであった。短期基準せん断耐力はタイロッド式が 22.5[kN/m] (3 体平均)、柱脚固定式は 22.1[kN/m] (いずれも真のせん断変形角評価) であった。これらより、柱脚固定式試験の接合金物を用いれば、タイロッド式と柱脚固定式の評価に大差がないことを確認した。

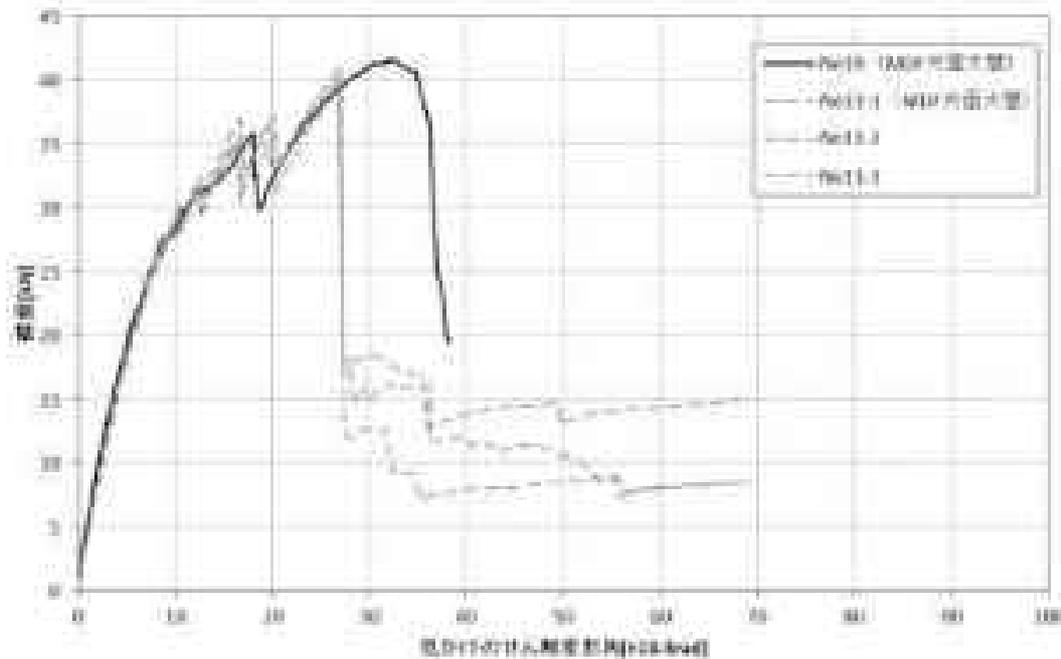


図 2.4-12 荷重-せん断変形角曲線の比較

表 2.4-7 構造特性値の比較

評価項目\試験体No	No. 11-1	No. 11-2	No. 11-3	平均値	50%下限値	No. 19
	Pmax (kN)	40.4	39.5	41.2	40.4	40.0
Py (kN)	24.6	25.4	24.3	24.8	24.5	24.6
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	20.1	20.3	21.0	20.5	20.3	20.1
$2/3P_{max}$ (kN)	26.9	26.4	27.4	26.9	26.7	27.8
$P_{1/50}$ (kN)	31.7	31.6	32.6	32.0	31.7	27.6
H^3 イリア剛性 (10^3 kN/rad)	7.9	8.1	8.4	8.2		4.7
終局変位 (10^{-3} rad)	20.1	20.1	20.1	20.1		32.6
短期基準せん断耐力 (kN)	20.1	20.3	21.0	20.5	20.3	20.1
壁長さ1mあたり (kN/m)	22.1	22.3	23.1	22.5	22.3	22.1
相当壁倍率	11.3	11.4	11.8	11.5	11.4	11.2

評価項目\試験体No	No. 11-1	No. 11-2	No. 11-3	平均値	50%下限値	No. 19
	Pmax (kN)	40.4	39.5	41.2	40.4	40.0
Py (kN)	24.8	25.1	23.5	24.5	24.1	24.6
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	14.1	14.3	14.8	14.4	14.2	17.8
$2/3P_{max}$ (kN)	26.9	26.4	27.4	26.9	26.7	27.8
$P_{1/20}$ (kN)	26.1	26.8	26.8	26.6	26.4	27.0
H^3 イリア剛性 (10^3 kN/rad)	3.2	3.4	3.4	3.3		3.4
終局変位 (10^{-3} rad)	26.8	26.9	27.1	26.9		36.2
短期基準せん断耐力 (kN)	14.1	14.3	14.8	14.4	14.2	17.8
壁長さ1mあたり (kN/m)	15.5	15.7	16.3	15.8	15.6	19.6
相当壁倍率	7.9	8.0	8.3	8.1	8.0	10.0

② 構造用合板 24mm 片面真壁仕様 (No. 12, 20)

構造用合板24mmの片面真壁耐力壁についてタイロッド式試験と柱脚固定式試験の試験方式による比較を行う。荷重変形関係及び構造特性値の比較を図 2.4-13、表 2.4-8 に示す。

剛性及び耐力は柱脚固定式の No. 20 試験体の方が高い傾向にあるが、これは No. 20 の構造用合板が表層カラマツであることが要因と考えられる。

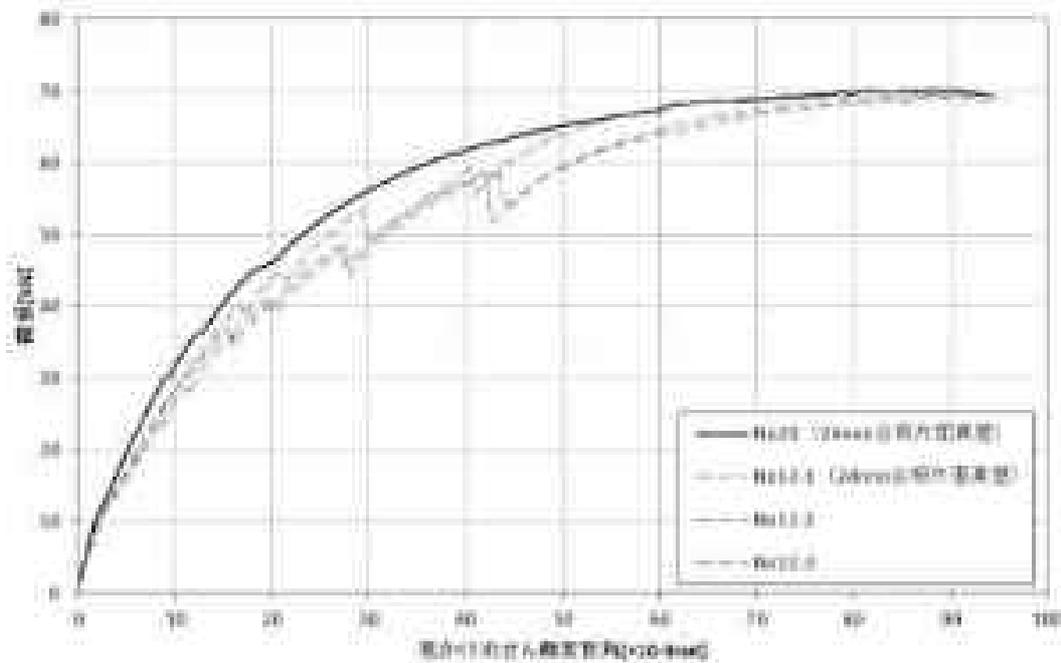


図 2.4-13 荷重-せん断変形角曲線の比較

表 2.4-8 構造特性値の比較

評価項目 \ 試験体No	No. 12-1	No. 12-2	No. 12-3	平均値	50%下限値	No. 20
	Pmax (kN)	68.1	69.7	68.9	68.9	68.5
Py (kN)	37.0	41.1	37.2	38.4	37.3	37.5
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.1	33.9	30.9	32.3	31.6	32.6
$2/3Pmax$ (kN)	45.4	46.5	45.9	45.9	45.6	46.3
$P_{1/150}$ (kN)	30.4	32.8	28.8	30.7	29.8	29.7
H^3 イテア剛性 (10^3 kN/rad)	3.7	3.9	3.4	3.7		3.6
終局変位 (10^{-3} rad)	66.7	66.7	66.7	66.7		66.7
短期基準せん断耐力 (kN)	30.4	32.8	3.4	30.7	29.8	29.7
壁長さ1mあたり (kN/m)	33.4	36.0	3.7	33.7	32.7	32.6
相当壁倍率	17.0	18.4	1.9	17.2	16.7	16.6

評価項目 \ 試験体No	No. 12-1	No. 12-2	No. 12-3	平均値	50%下限値	No. 20
	Pmax (kN)	65.7	68.6	66.7	67.0	66.3
Py (kN)	42.3	45.8	40.3	42.8	41.5	37.6
$0.2Pu\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	24.7	28.6	28.8	27.4	26.3	28.2
$2/3Pmax$ (kN)	36.7	59.3	51.3	49.1	43.7	45.8
$P_{1/120}$ (kN)	28.0	26.0	27.0	27.0	26.5	28.6
H^3 イテア剛性 (10^3 kN/rad)	2.8	2.3	2.7	2.6		2.9
終局変位 (10^{-3} rad)	67.6	95.4	92.9	85.3		66.7
短期基準せん断耐力 (kN)	24.7	26.0	27.0	27.0	26.3	28.2
壁長さ1mあたり (kN/m)	27.1	28.6	29.7	29.7	28.9	31.0
相当壁倍率	13.8	14.6	15.1	15.1	14.8	15.8

(2) 柱脚固定式を踏まえて

① 構造用 MDF を用いた耐力壁

No. 19 は構造用 MDF 片面大壁仕様の柱脚固定式試験で、昨年度及び今年度の前期（タイロッド式）と同様の脆性的な破壊性状を示し、見かけの終局変形角は $1/30$ [rad] 程度となった。

脆性的な破壊をしない耐力壁仕様を検討する必要がある。

② 構造用合板 24mm 厚を用いた耐力壁

No. 20 は 24mm 厚構造用合板片面真壁仕様の柱脚固定式試験で、短期基準せん断耐力は見かけのせん断変形角評価で 28.2 [kN/m]（ばらつき、低減係数 α は非考慮）となった。ばらつきや、低減係数 α を考慮すると、もう少し耐力は下がるため目標としていた 30.0 [kN/m] を下回る結果となる。

目標耐力 30.0 [kN/m] を達成するには現仕様を改良し、より高耐力を目指す必要がある。破壊性状を見ると、面材や接合具等はめり込み破壊などが見られるものの、大きな損傷は見られなかった。

面材や接合具以外の軸材料や金物、各部材の納まりなどの改良案を検討する必要がある。

③ 試験方法による耐力壁試験結果について

(1) に示したように、試験方法による試験結果への影響は大差がないようであった。タイロッド式耐力壁試験にて目標性能を達成する仕様であれば、柱脚固定式耐力壁試験（今年度用いた接合金物）でも大きな耐力低減なく評価できることが確認された。

2.5 高倍率、高階高耐力壁の要素試験〔くぎ・ねじの一面せん断試験〕

2.5.1 試験目的

タイロッド式・柱脚固定式耐力壁試験及び各種接合金物試験から解析モデルを構築して、耐力壁を評価できるようにしたい。

そのために、昨年度及び今年度実施した耐力壁の接合具・柱・受け材の各組合せについて、一面せん断性能を把握する事を目的とする。

2.5.2 試験計画

(1) 試験体仕様

試験体仕様一覧を表 2.5-1 に示す（試験体図は次頁以降に示す）。

表 2.5-1 試験体仕様一覧

試験 No.	柱	受け材、面材	厚み t (mm)	面材 繊維方向	接合具
1	ヒノキ集成材／ E95-F315	ヒノキ集成材／E95-F315	90	—	STS6.5-F180mm
2		ヒノキ集成材／E95-F315	60	—	STS6.5-F135mm
3		合板／特類 1 級／ベイマツ	15	平行	CNZ65
4		合板／特類 2 級／スギ	24	平行	CNZ75
5		合板／特類 1 級／ベイマツ	12	平行	CNZ65
6		MDF／強度区分 30	9	—	CNZ65
7		パーティクルボード	9	—	CNZ65
8		合板／特類 1 級／ベイマツ	15	直交	CNZ65
9		合板／特類 2 級／スギ	24	直交	CNZ75
10		合板／特類 1 級／ベイマツ	12	直交	CNZ65

(2) 計測計画

柱と受け材・面材の相対変位を試験体の表と裏で 2 点計測した。

(3) 加力計画

単調加力とした。

2.5.3 試験結果（試験報告書）

くぎ・ねじの一面せん断試験の試験報告書を次頁以降に添付する。

- ・柱と受け材 管理番号 K20-V185：性能試験報告書（No. 1、No. 2）
- ・柱と面材 管理番号 K20-V187：性能試験報告書（No. 3～No. 10）

性能試験報告書



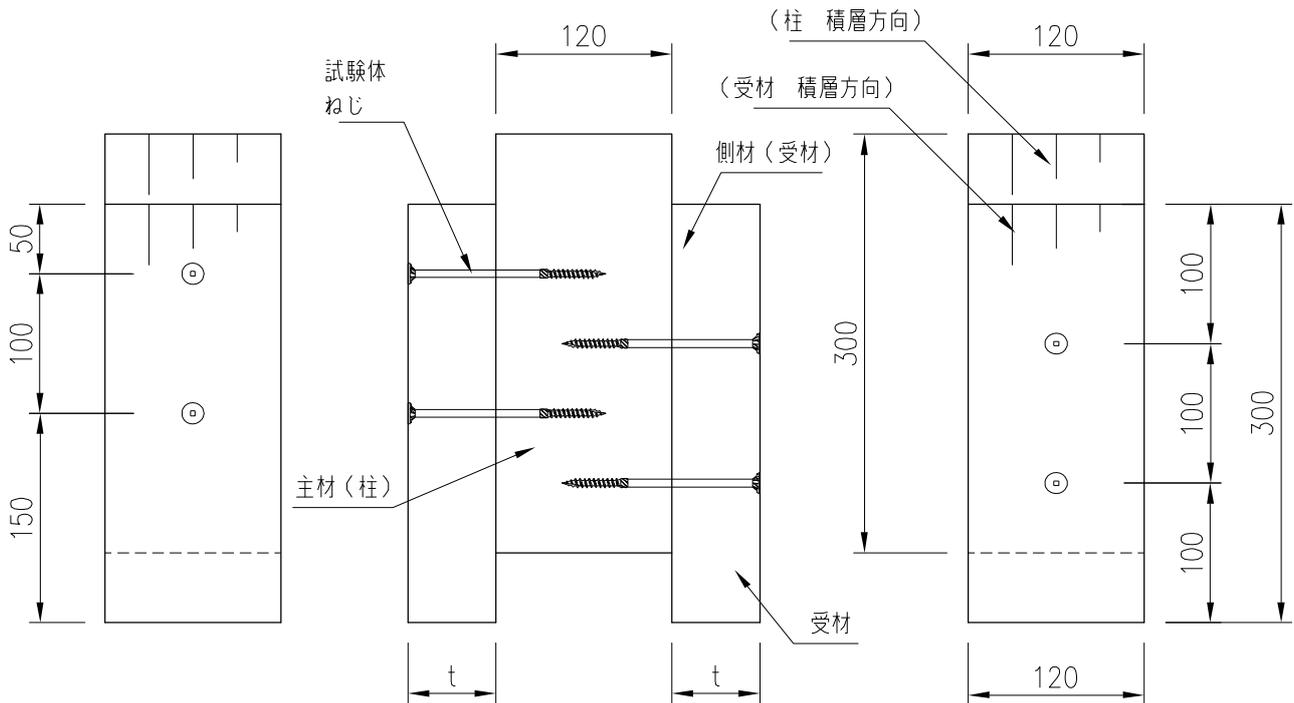
試験結果は以下の通りであることをご報告いたします。
2020/12/21

株式会社カナイ
埼玉県八潮市西袋717-1

試験名称	木材を側材とするねじの一面せん断接合部試験									
試験内容	<p>[試験体概要]</p> <p><共通 主材(柱)> 同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120</p> <table border="1" data-bbox="293 712 1417 891"> <thead> <tr> <th>試験体記号</th> <th>側材(受材)</th> <th>接合具</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.1</td> <td>同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×90</td> <td>四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=180mm</td> </tr> <tr> <td>No.2</td> <td>同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×60</td> <td>四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=135mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>[試験体数] 各6体 試験体の形状・寸法は図-1 参照</p>	試験体記号	側材(受材)	接合具	No.1	同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×90	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=180mm	No.2	同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×60	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=135mm
試験体記号	側材(受材)	接合具								
No.1	同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×90	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=180mm								
No.2	同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×60	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=135mm								
試験方法 評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮加力試験機により、試験体が破壊にいたるか、30mm変位を超えるまで単調加力を行う。 ・載荷速度：0.1mm/sec、計測変位 側材と主材の相対変位 ・上記P-δ曲線より、各特性値を求めた。 <p>※詳細は「2 試験方法および各特性値の求め方」参照</p>									
試験結果	<table border="1" data-bbox="293 1599 1120 1733"> <thead> <tr> <th>試験体記号</th> <th>降伏耐力 (kN)</th> <th>最大荷重値平均 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.1</td> <td>5.21</td> <td>9.42</td> </tr> <tr> <td>No.2</td> <td>4.85</td> <td>8.78</td> </tr> </tbody> </table> <p>数値は ねじ 1本あたり ※詳細は「3 試験結果」参照</p>	試験体記号	降伏耐力 (kN)	最大荷重値平均 (kN)	No.1	5.21	9.42	No.2	4.85	8.78
試験体記号	降伏耐力 (kN)	最大荷重値平均 (kN)								
No.1	5.21	9.42								
No.2	4.85	8.78								
試験実施	<p>試験場所 : 株式会社カナイグループ 埼玉県八潮市浮塚507-1 試験担当者 : 潮 康文、川村 朋希、志田 竜聖 (株式会社カナイグループ) 試験期間 : 2020/12/7~11</p>									

1 試験体

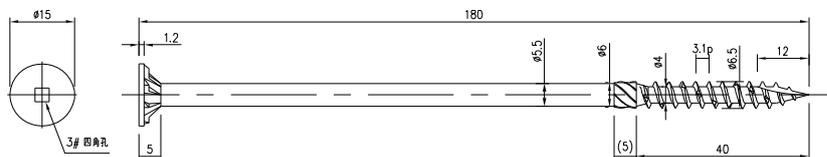
1-1. 試験体図、製品図



試験体記号	主材(柱)	側材(面材)	受材厚み t(mm)	接合具(くぎ)
No.1	同一等級構造用集成材 E95-F315、 樹種：ヒノキ	同一等級構造用集成材 E95-F315、 樹種：ヒノキ	90	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=180mm
No.2			60	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=135mm

図-1 試験体図

製品名：(Zマーク規格)四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=180mm
 材質：CSC SPEC 10B21 (CHINA STEEL CORPORATION規格)
 表面処理：Ep-Fe/Zn20/CM1または同等以上の防錆性能のある表面処理(試験ではデュラルコート処理を用いた)



製品名：(Zマーク規格)四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=135mm
 材質：CSC SPEC 10B21 (CHINA STEEL CORPORATION規格)
 表面処理：Ep-Fe/Zn20/CM1または同等以上の防錆性能のある表面処理(試験ではデュラルコート処理を用いた)

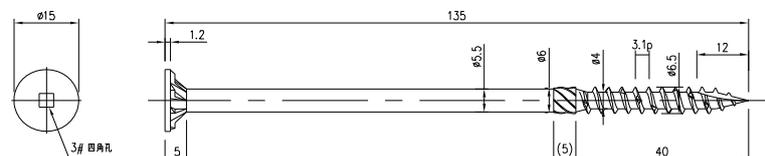


図-2 製品図

2 試験方法および各特性値の求め方

2-1. 試験方法

(1) 試験加力は引張圧縮万能試験機により、一方向単調加力により行った。
荷重値P (kN)は加力装置に接続されたロードセル（容量;±100kN）により計測し、主材と側材の相対変位δ (mm)は変位計（容量;50mm）により計測した。

主材と側材の相対変位δは下式による。

$$\delta = (\delta_1 + \delta_2) / 2$$
 (δ1およびδ2は試験体に設置した変位計の計測値)

(2) 試験載荷速度は0.1mm/secとし、加力は変位δが30mmを超えるか、または最大荷重値の80%以下まで低下するまで行った。

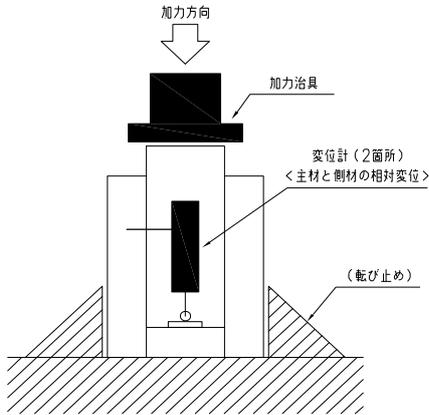


図-3 試験方法 概要図



写真-1 試験体設置状況(例)

2-2. 包絡線の作成および各特性値の求め方

試験により求めた荷重-変位曲線の包絡線より次の手順に従い各特性値を求めた。

- ① 包絡線上の0.1Pmaxと0.4Pmaxを結ぶ直線（第Ⅰ直線）を引く。
- ② 包絡線上の0.4Pmaxと0.9Pmaxを結ぶ直線（第Ⅱ直線）を引く。
- ③ 包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。
- ④ 第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の降伏耐力Pyとし、この点からX軸に平行に直線（第Ⅳ直線）を引く。
- ⑤ 第Ⅳ直線と包絡線との交点の変位を降伏変位δyとする。
- ⑥ 原点と(δy, Py)を結ぶ直線（第Ⅴ直線）を初期剛性Kと定める。
- ⑦ 最大荷重後の0.8Pmax荷重低下域の包絡線上の変位又は30mmのいずれか小さい変位を終局変位δuと定める。
- ⑧ 包絡線とX軸及びδuで囲まれる面積をSとする。
- ⑨ 第Ⅴ直線とδuとX軸及びX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積がSと等しくなるようにX軸に平行な直線（第Ⅵ直線）を引く。
- ⑩ 第Ⅴ直線を第Ⅵ直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの降伏耐力と定め、これを終局耐力Puと読み替える。
その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位δvとする。
- ⑪ $\mu = (\delta u / \delta v)$ を塑性率とする。

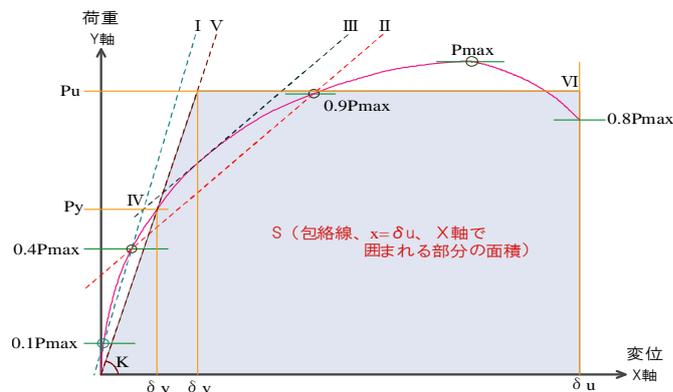


図-4 完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力の求め方

2-3. 短期基準接合耐力の算定

短期基準接合耐力は、降伏耐力Py又は最大荷重の2/3の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方の値とした。
なお、ばらつき係数は、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95%下側許容限界値をもとに次式より求めた。

ばらつき係数 = $1 - CV \cdot k$ (CV: 変動係数、k: 定数2.336【n=6の時】)

3 試験結果

3-1. No. 1 試験結果

No. 1 構成	側材	(受材)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×90
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120
	接合具	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=180mm

表-1 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 1-1	13.1	0.51	11.7	0.49	11.9	0.51
No, 1-2	11.0	0.47	11.6	0.49	12.2	0.46
No, 1-3	11.0	0.47	11.7	0.51	12.6	0.47
No, 1-4	12.0	0.48	12.5	0.52	11.1	0.48
No, 1-5	12.4	0.50	13.5	0.53	11.7	0.49
No, 1-6	11.4	0.50	14.1	0.54	11.5	0.50
平均	11.8	0.49	12.5	0.51	11.8	0.49

表-2 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 1-1	単調 加力	4.86	1.95	5.99	3.52	8.98	16.75	8.07	21.90	24.92	6.76
No, 1-2		5.13	3.84	6.25	7.64	9.37	29.85	7.84	30.00	13.36	5.10
No, 1-3		4.64	3.76	5.55	7.11	8.32	29.70	6.99	30.00	12.34	5.30
No, 1-4		5.33	3.90	6.34	7.10	9.51	29.95	8.02	30.00	13.67	5.12
No, 1-5		5.58	4.27	6.96	9.02	10.44	29.95	8.50	30.00	13.07	4.62
No, 1-6		5.72	3.24	6.61	5.43	9.92	24.75	8.62	29.14	17.65	5.97
平均		5.21	3.49	6.28	6.64	9.42	26.83	8.01	28.51	15.84	5.48
標準偏差		0.42	0.83	0.49	1.91	0.74	5.34	0.58	3.25	4.83	0.76
変動係数		0.081	/	0.078	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.811	/	0.818	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		4.23	/	5.14	/	/	/	/	/	/	/

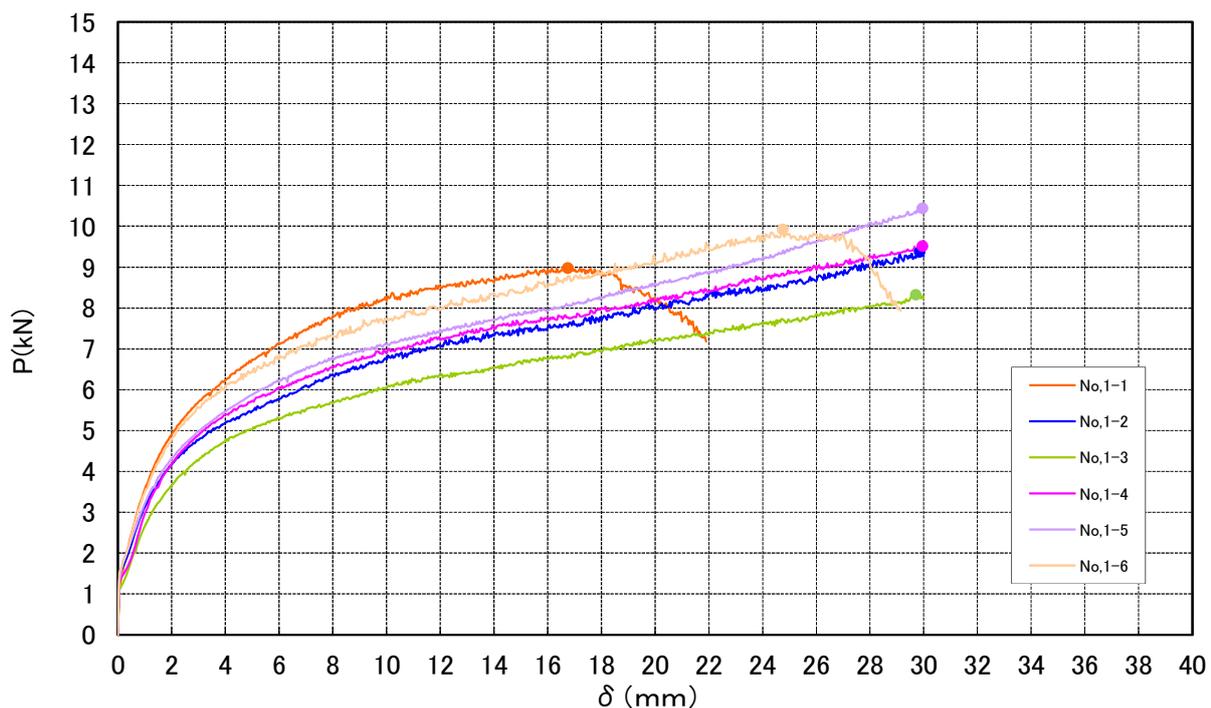


図-5 P- δ 曲線 (試験体相互の比較)

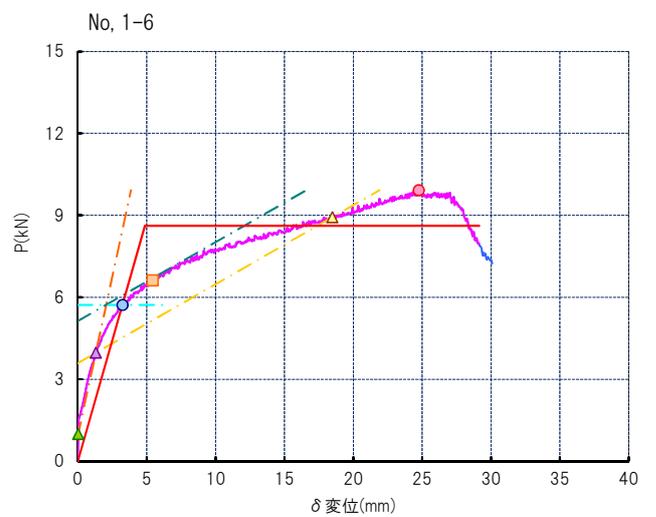
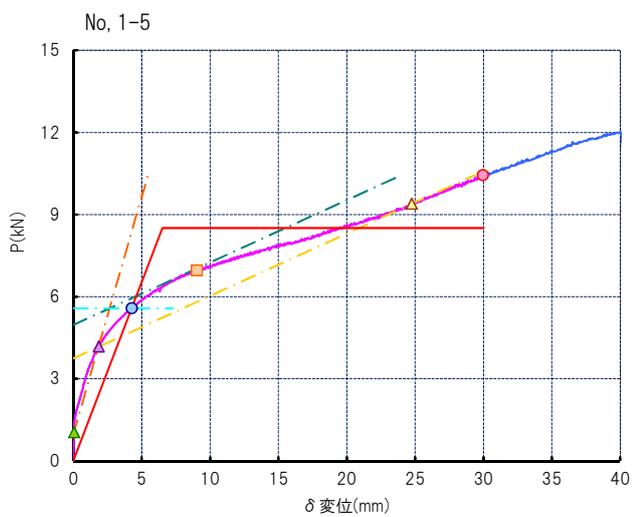
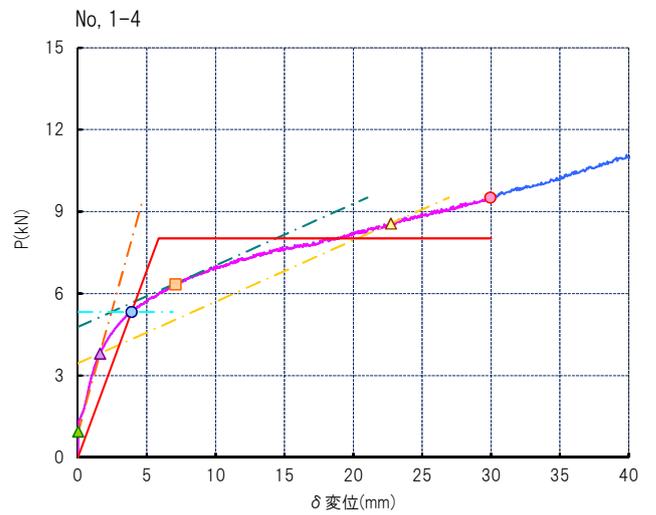
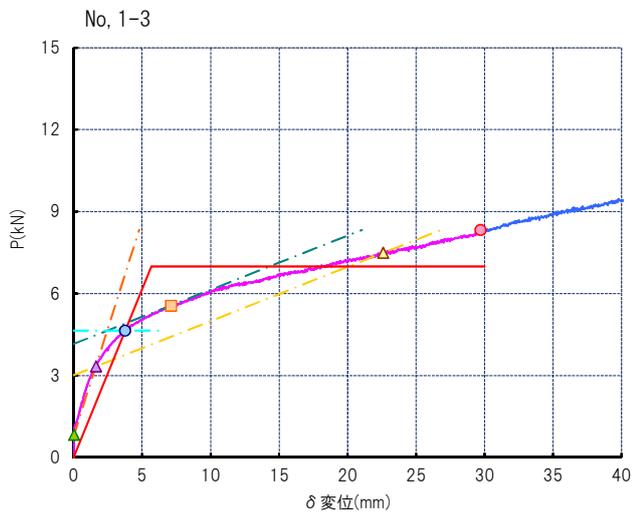
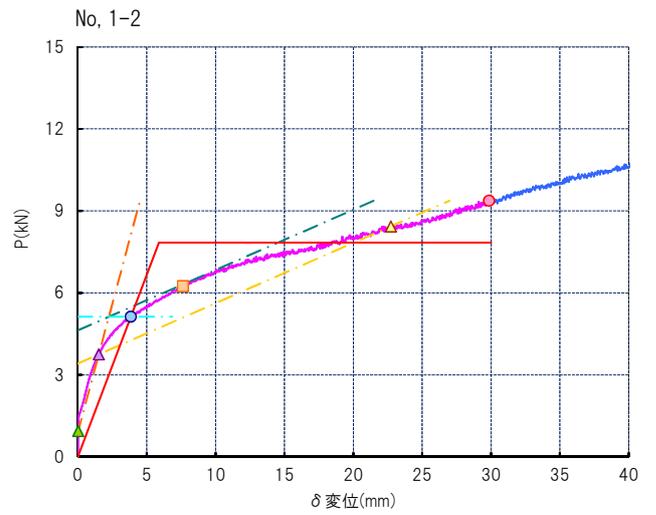
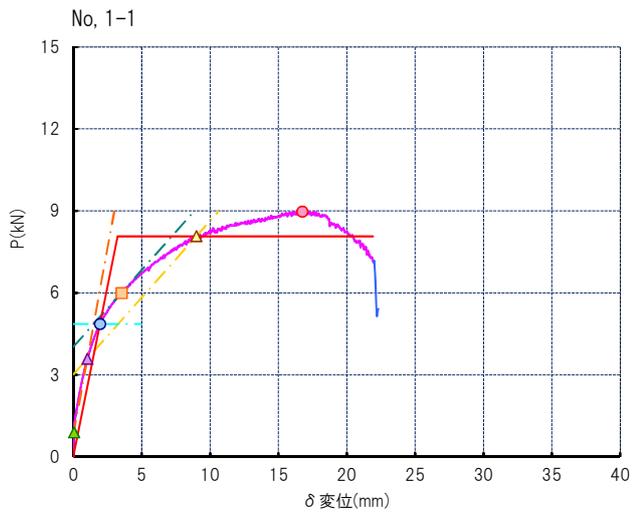


図-6 P-δ曲線 (各試験体 一覽)

3-2. No. 2 試験結果

No. 2 構成	側材	(受材)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×60
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120
	接合具	四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F L=135mm

表-3 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 2-1	14.0	0.47	12.1	0.46	14.1	0.46
No, 2-2	14.5	0.48	12.0	0.47	15.6	0.48
No, 2-3	14.0	0.48	11.7	0.50	14.2	0.48
No, 2-4	14.2	0.48	12.2	0.51	14.4	0.48
No, 2-5	13.9	0.49	14.5	0.52	16.0	0.48
No, 2-6	15.0	0.50	13.2	0.54	16.6	0.50
平均	14.3	0.48	12.6	0.50	15.2	0.48

表-4 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 2-1	単調 加力	4.38	2.15	5.09	3.13	7.64	15.50	6.90	29.14	20.37	8.60
No, 2-2		4.56	2.04	5.30	3.11	7.95	16.65	7.17	28.27	22.35	8.78
No, 2-3		5.37	4.21	6.38	7.08	9.57	29.70	8.19	30.00	12.76	4.67
No, 2-4		4.07	3.19	5.41	8.37	8.11	26.20	6.79	29.04	12.76	5.46
No, 2-5		5.32	4.43	6.67	8.32	10.01	30.00	8.51	30.00	12.01	4.23
No, 2-6		5.37	2.64	6.27	4.27	9.40	29.85	8.45	30.00	20.34	7.21
平均		4.85	3.11	5.85	5.71	8.78	24.65	7.67	29.41	16.77	6.49
標準偏差		0.58	1.02	0.66	2.50	1.00	6.80	0.80	0.71	4.73	1.98
変動係数		0.120	/	0.113	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.720	/	0.736	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		3.49	/	4.31	/	/	/	/	/	/	/

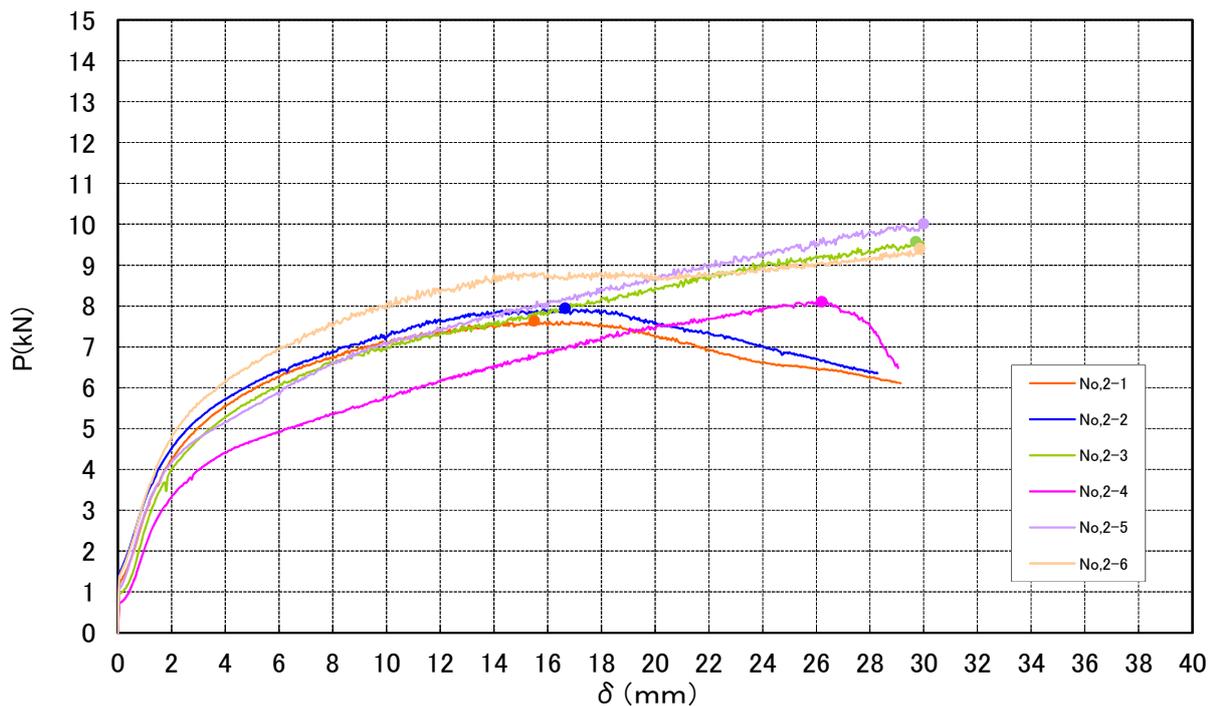


図-7 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

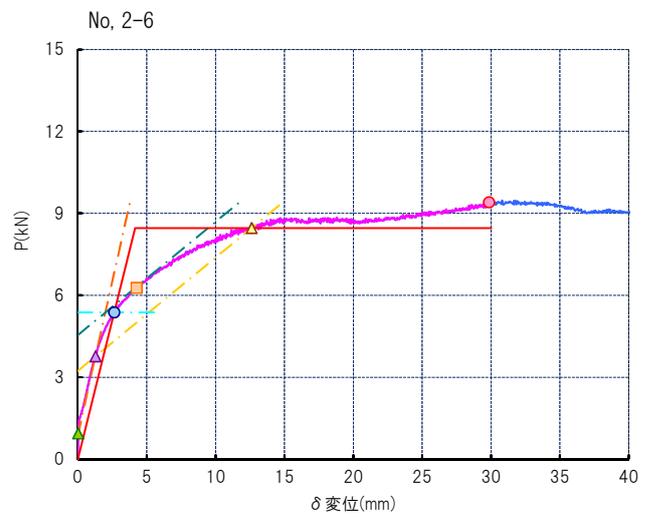
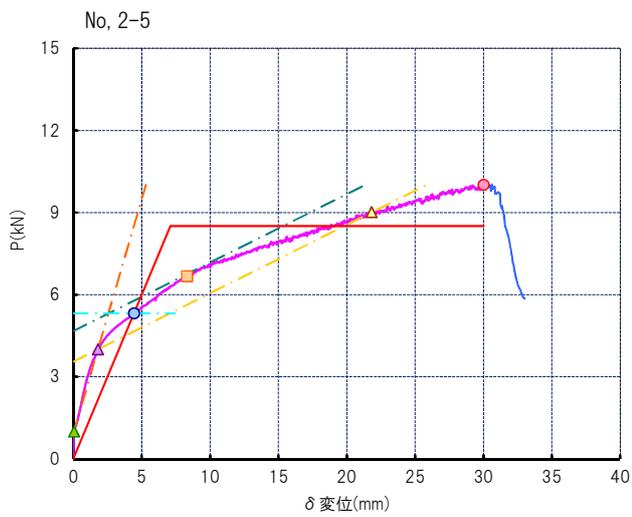
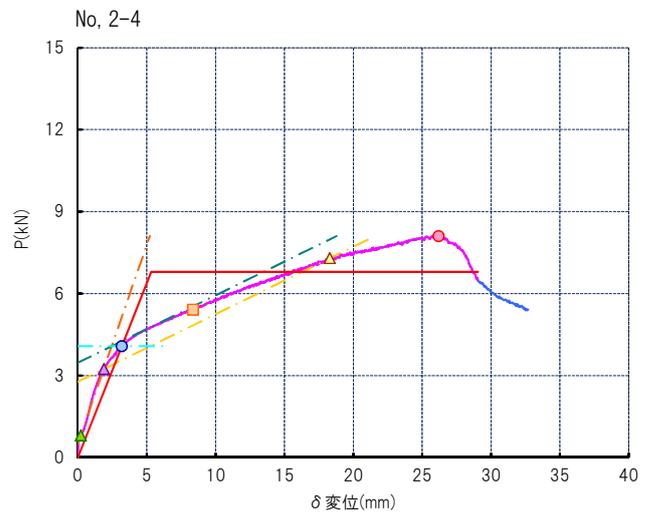
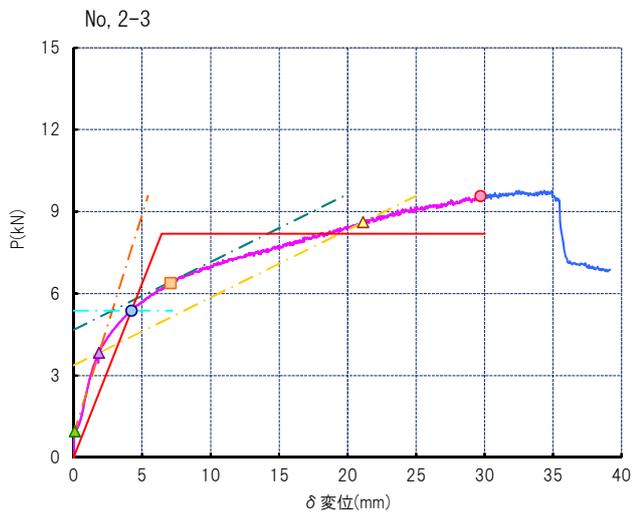
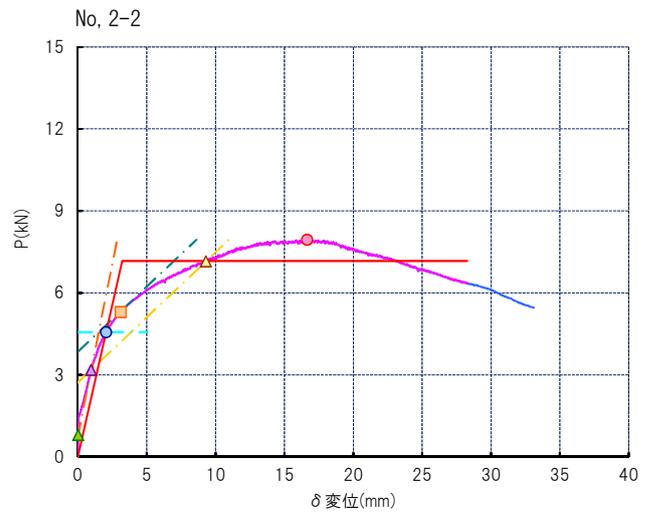
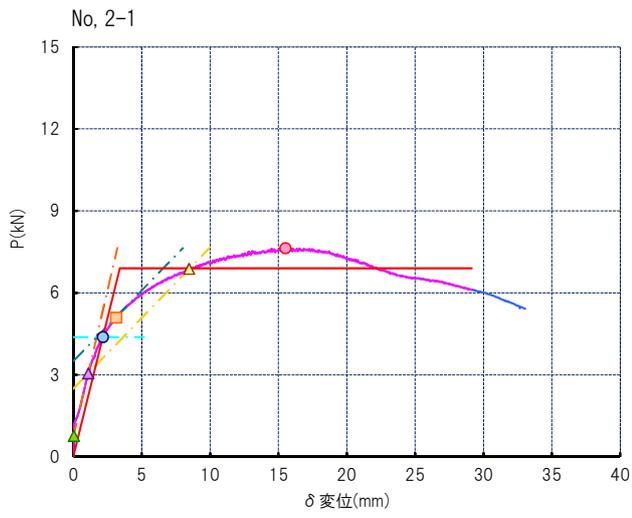


図-8 P-δ曲線 (各試験体一覽)

4 試験後 状況

No. 1



写真-2 No. 3「試験終了後」



写真-3 No. 3「解体後」

破壊状況：受材の割れ、ビス頭のめり込み、ビスの変形

No. 2



写真-4 No. 4「試験終了後」



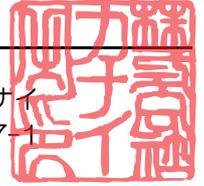
写真-5 No. 4「解体後」

破壊状況：受材の割れ、ビス頭のめり込み、ビスの変形

性能試験報告書

試験結果は以下の通りであることをご報告いたします。
2020/12/21

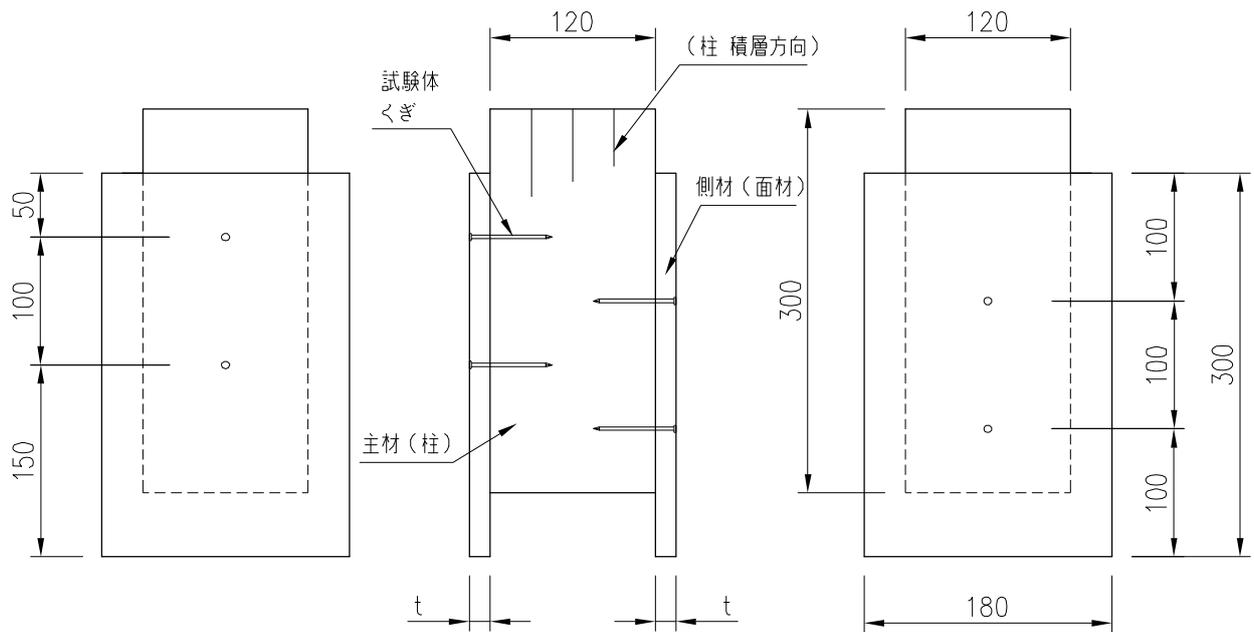
株式会社カナイ
埼玉県八潮市西袋717-1



試験名称	面材を側材とするくぎの一面せん断接合部試験																												
試験内容	[試験体概要]																												
	＜共通 主材（柱）＞ 同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120																												
	試験体記号	側材（面材）	加力に対する面材繊維方向																										
	No.3	構造用合板 特類1級（ベイマツ） 厚み 15mm	平行																										
	No.4	構造用合板 特類2級（内部スギ） 厚み 24mm	平行																										
	No.5	構造用合板 特類1級（ベイマツ） 厚み 12mm	平行																										
	No.6	構造用MDF 曲げ強度区分：30 厚み 9mm	-																										
	No.7	構造用パーティクルボード 厚み 9mm	-																										
	No.8	構造用合板 特類1級（ベイマツ） 厚み 15mm	直交																										
	No.9	構造用合板 特類2級（内部スギ） 厚み 24mm	直交																										
No.10	構造用合板 特類1級（ベイマツ） 厚み 12mm	直交																											
[試験体数] 各6体（うち1体は予備試験体） 試験体の形状・寸法は図-1 参照																													
試験方法 評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮加力試験機により、試験体が破壊にいたるか、30mm変位を超えるまで単調加力を行う。 ・载荷速度：0.1mm/sec、計測変位 側材と主材の相対変位 ・上記P-δ曲線より、各特性値を求めた。 ※詳細は 「2 試験方法および各特性値の求め方」 参照																												
試験結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th>試験体記号</th> <th>降伏耐力 (kN)</th> <th>最大荷重値平均 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.3</td> <td>1.39</td> <td>2.91</td> </tr> <tr> <td>No.4</td> <td>1.60</td> <td>3.04</td> </tr> <tr> <td>No.5</td> <td>1.08</td> <td>2.02</td> </tr> <tr> <td>No.6</td> <td>1.24</td> <td>2.12</td> </tr> <tr> <td>No.7</td> <td>1.33</td> <td>2.42</td> </tr> <tr> <td>No.8</td> <td>1.45</td> <td>3.04</td> </tr> <tr> <td>No.9</td> <td>1.60</td> <td>3.02</td> </tr> <tr> <td>No.10</td> <td>0.97</td> <td>1.90</td> </tr> </tbody> </table>	試験体記号	降伏耐力 (kN)	最大荷重値平均 (kN)	No.3	1.39	2.91	No.4	1.60	3.04	No.5	1.08	2.02	No.6	1.24	2.12	No.7	1.33	2.42	No.8	1.45	3.04	No.9	1.60	3.02	No.10	0.97	1.90	数値は くぎ 1本あたり ※詳細は 「3 試験結果」 参照
試験体記号	降伏耐力 (kN)	最大荷重値平均 (kN)																											
No.3	1.39	2.91																											
No.4	1.60	3.04																											
No.5	1.08	2.02																											
No.6	1.24	2.12																											
No.7	1.33	2.42																											
No.8	1.45	3.04																											
No.9	1.60	3.02																											
No.10	0.97	1.90																											
試験実施	試験場所：株式会社カナイグループ 埼玉県八潮市浮塚507-1 試験担当者：潮 康文、川村 朋希、志田 竜聖（株式会社カナイグループ） 試験期間：2020/12/7～11																												

1 試験体

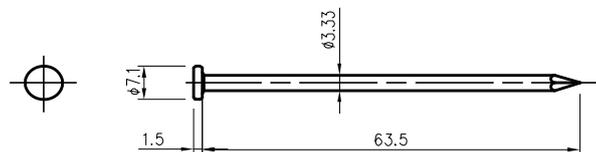
1-1. 試験体図、製品図



試験体記号	主材(柱)	側材(面材)	面材厚み t(mm)	加力に対する 面材繊維方向	接合具(くぎ)
No.3	同一等級構造用集成材 E95-F315、 樹種:ヒノキ	構造用合板 特類1級 (ベイマツ)	15	平行	CNZ65
No.4		構造用合板 特類2級 (内部スギ)	24	平行	CNZ75
No.5		構造用合板 特類1級 (ベイマツ)	12	平行	CNZ65
No.6		構造用MDF 曲げ強度区分:30	9	—	CNZ65
No.7		構造用パーティクルボード	9	—	CNZ65
No.8		構造用合板 特類1級 (ベイマツ)	15	直交	CNZ65
No.9		構造用合板 特類2級 (内部スギ)	24	直交	CNZ75
No.10		構造用合板 特類1級 (ベイマツ)	12	直交	CNZ65

図-1 試験体図

製品名: めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)
 材質: SWRM 15 (JIS G 3505)
 表面処理: 電気亜鉛めっき 1級 Ep-Fe/Zn 2/CM1 (JIS H 8610およびJIS H 8625)



製品名: めっき太め鉄丸くぎ CNZ 75 (JIS A 5508)
 材質: SWRM 15 (JIS G 3505)
 表面処理: 電気亜鉛めっき 1級 Ep-Fe/Zn 2/CM1 (JIS H 8610およびJIS H 8625)

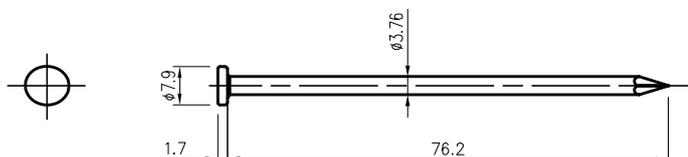


図-2 製品図

2 試験方法および各特性値の求め方

2-1. 試験方法

(1) 試験加力は引張圧縮万能試験機により、一方向単調加力により行った。
荷重値P(kN)は加力装置に接続されたロードセル(容量;±100kN)により計測し、主材と側材の相対変位δ(mm)は変位計(容量;50mm)により計測した。

主材と側材の相対変位δは下式による。

$$\delta = (\delta 1 + \delta 2) / 2$$
 (δ1およびδ2は試験体に設置した変位計の計測値)

(2) 試験載荷速度は0.1mm/secとし、加力は変位δが30mmを超えるか、または最大荷重値の80%以下まで低下するまで行った。

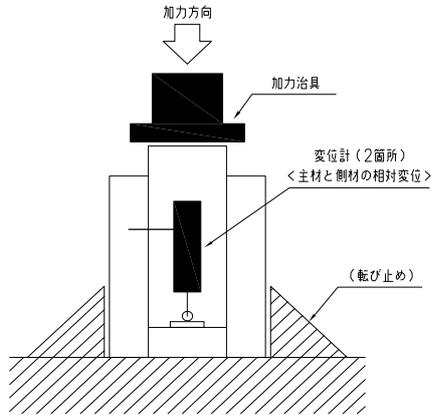


図-3 試験方法 概要図



写真-1 試験体設置状況(例)

2-2. 包絡線の作成および各特性値の求め方

試験により求めた荷重-変位曲線の包絡線より次の手順に従い各特性値を求めた。

- ① 包絡線上の0.1Pmaxと0.4Pmaxを結ぶ直線(第I直線)を引く。
- ② 包絡線上の0.4Pmaxと0.9Pmaxを結ぶ直線(第II直線)を引く。
- ③ 包絡線に接するまで第II直線を平行移動し、これを第III直線とする。
- ④ 第I直線と第III直線との交点の降伏耐力Pyとし、この点からX軸に平行に直線(第IV直線)を引く。
- ⑤ 第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位δyとする。
- ⑥ 原点と(δy, Py)を結ぶ直線(第V直線)を初期剛性Kと定める。
- ⑦ 最大荷重後の0.8Pmax荷重低下域の包絡線上の変位又は30mmのいずれか小さい変位を終局変位δuと定める。
- ⑧ 包絡線とX軸及びδuで囲まれる面積をSとする。
- ⑨ 第V直線とδuとX軸及びX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積がSと等しくなるようにX軸に平行な直線(第VI直線)を引く。
- ⑩ 第V直線を第VI直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの降伏耐力と定め、これを終局耐力Puと読み替える。
その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位δvとする。
- ⑪ $\mu = (\delta u / \delta v)$ を塑性率とする。

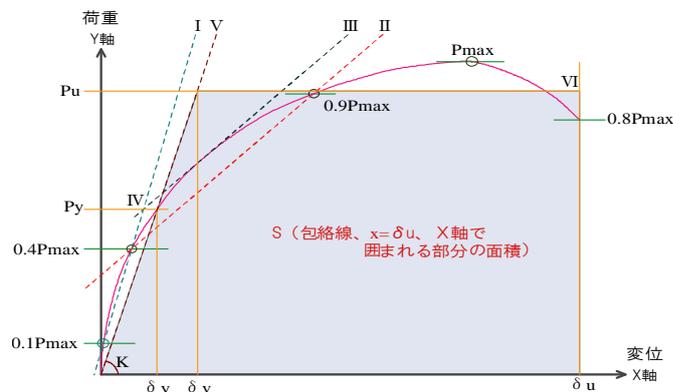


図-4 完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力の求め方

2-3. 短期基準接合耐力の算定

短期基準接合耐力は、降伏耐力Py又は最大荷重の2/3の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方の値とした。
なお、ばらつき係数は、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95%下側許容限界値をもとに次式より求めた。

ばらつき係数 = $1 - CV \cdot k$ (CV: 変動係数、k: 定数2.336【n=6の時】)

3 試験結果

3-1. No. 3 試験結果

No. 3 構成	側材	(面材)構造用合板 特類1級 (ベイマツ) 厚み 15mm 加力繊維方向; 平行
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種: ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)

表-1 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No. 3-1	-	0.52	11.7	0.47	-	0.51
No. 3-2	-	0.53	12.6	0.50	-	0.52
No. 3-3	-	0.53	12.6	0.50	-	0.53
No. 3-4	-	0.53	13.9	0.51	-	0.53
No. 3-5	-	0.54	13.6	0.52	-	0.54
No. 3-6	-	0.54	12.7	0.53	-	0.54
平均	-	0.53	12.9	0.51	-	0.53

表-2 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	変位 mm		
No. 3-1	単調 加力	1.24	1.45	1.78	3.96	2.67	16.15	2.47	30.00	8.55	10.42
No. 3-2		1.33	1.63	1.96	4.72	2.94	16.25	2.59	25.21	8.16	7.95
No. 3-3		1.45	2.44	2.04	5.71	3.06	17.16	2.70	26.20	5.94	5.77
No. 3-4		1.50	2.10	1.95	4.13	2.92	16.21	2.66	26.51	7.14	7.09
No. 3-5		1.58	2.52	2.03	4.78	3.04	16.35	2.67	23.92	6.27	5.62
No. 3-6		1.26	1.44	1.89	4.53	2.84	10.45	2.28	11.10	8.75	4.24
平均		1.39	1.93	1.94	4.64	2.91	15.43	2.56	23.82	7.47	6.85
標準偏差		0.14	0.49	0.10	0.62	0.14	2.47	0.16	6.55	1.20	2.17
変動係数		0.101	/	0.052	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.764	/	0.879	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		1.06	/	1.71	/	/	/	/	/	/	/

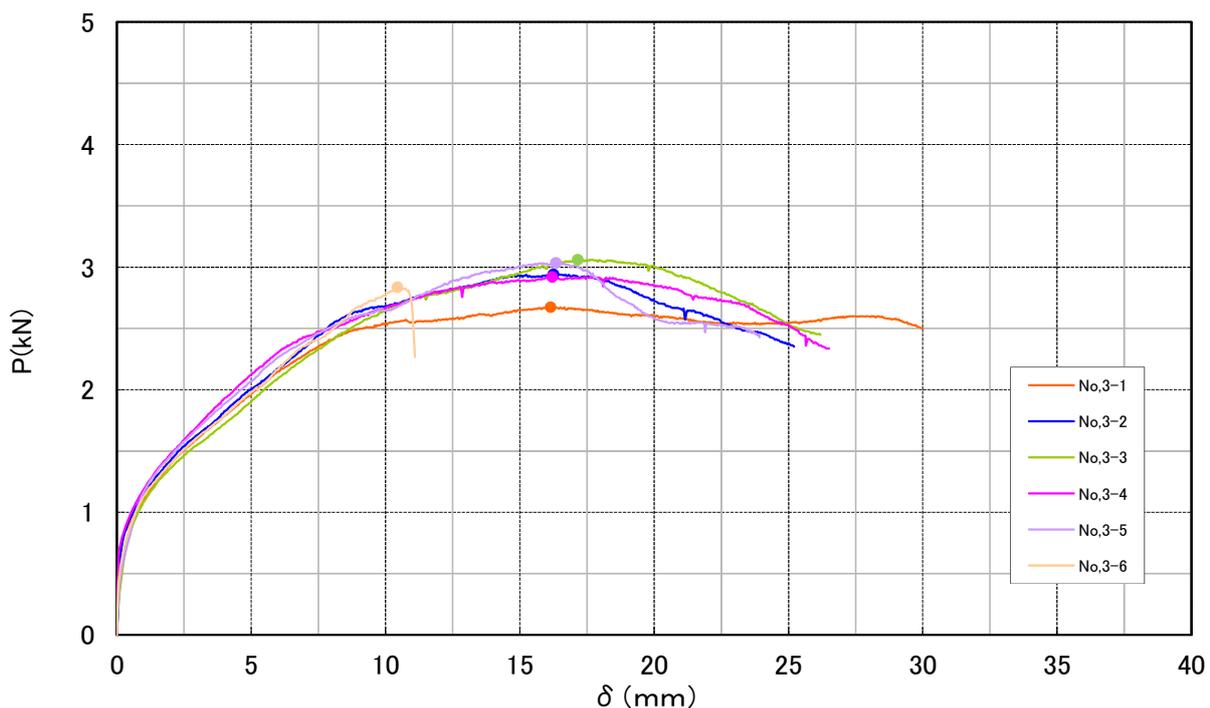


図-5 P- δ 曲線 (試験体相互の比較)

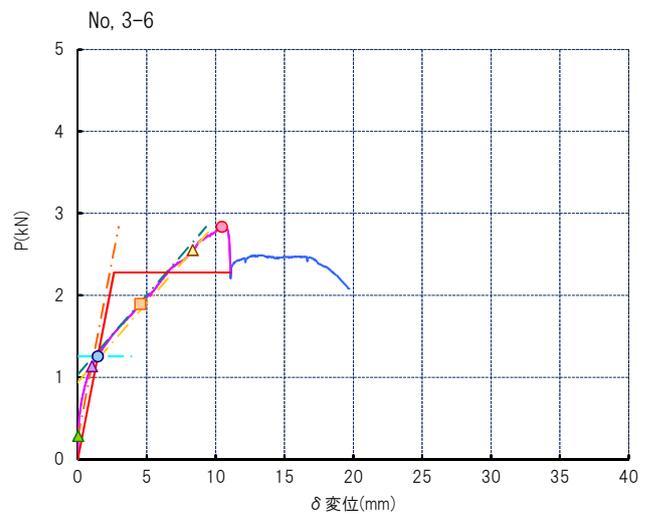
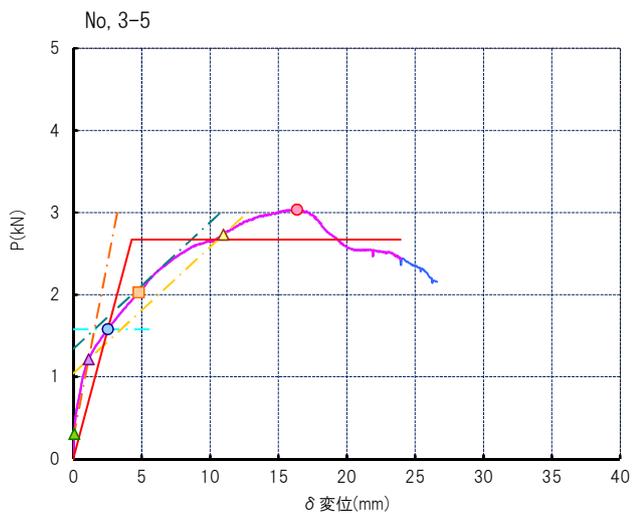
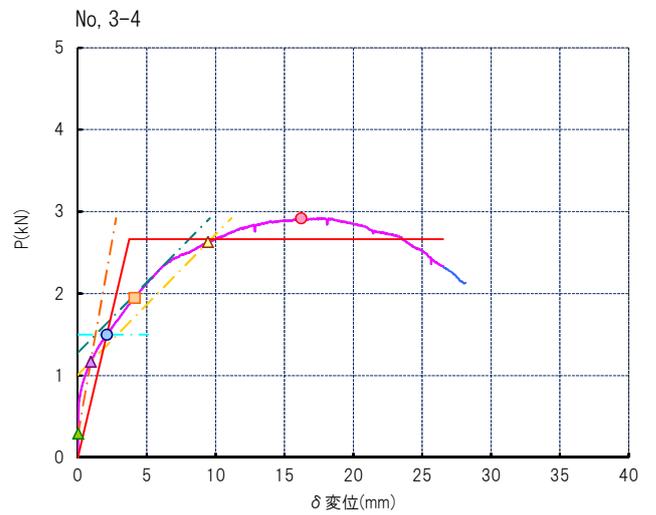
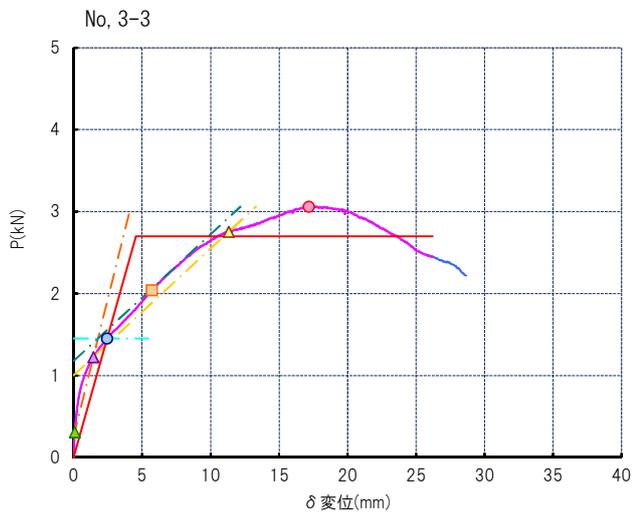
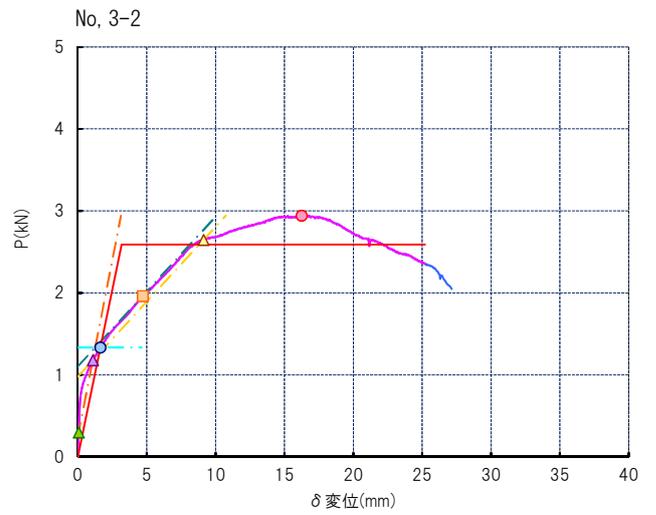
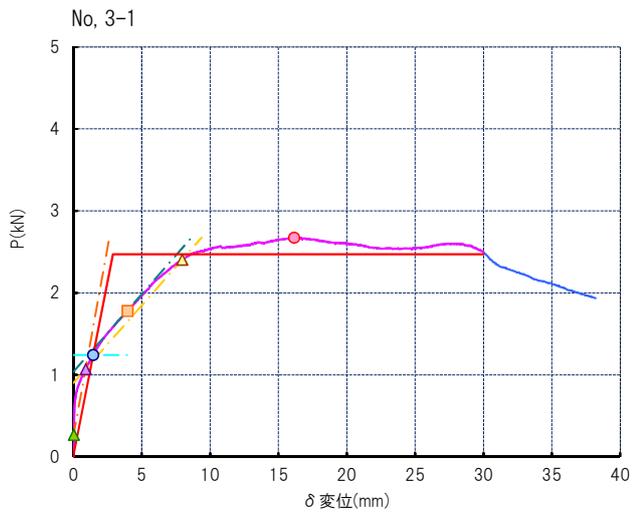


図-6 P-δ曲線 (各試験体 一覧)

3-2. No. 4 試験結果

No. 4 構成	側材	(面材)構造用合板 特類2級 (内部スギ) 厚み 24mm 加力繊維方向; 平行
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種: ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 75 (JIS A 5508)

表-3 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 4-1	-	0.46	11.2	0.47	-	0.47
No, 4-2	-	0.47	12.1	0.50	-	0.47
No, 4-3	-	0.47	13.5	0.50	-	0.48
No, 4-4	-	0.48	12.4	0.52	-	0.48
No, 4-5	-	0.48	14.0	0.53	-	0.48
No, 4-6	-	0.48	13.0	0.51	-	0.48
平均	-	0.47	12.7	0.51	-	0.48

表-4 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 4-1	単調 加力	1.52	1.15	1.92	2.36	2.88	16.00	2.68	29.52	13.22	14.54
No, 4-2		1.75	2.37	2.04	3.58	3.06	16.91	2.77	28.49	7.38	7.62
No, 4-3		1.47	1.67	1.84	3.09	2.76	18.86	2.61	30.00	8.80	10.03
No, 4-4		1.63	1.97	2.16	3.99	3.24	20.15	3.04	30.00	8.27	8.17
No, 4-5		1.55	1.76	2.07	4.59	3.11	22.35	2.83	30.00	8.81	9.35
No, 4-6		1.66	1.85	2.12	4.16	3.18	18.90	2.87	30.00	8.97	9.40
平均		1.60	1.80	2.03	3.63	3.04	18.86	2.80	29.67	9.24	9.85
標準偏差		0.10	0.40	0.12	0.80	0.18	2.27	0.15	0.61	2.03	2.46
変動係数		0.063	/	0.059	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.853	/	0.862	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		1.36	/	1.75	/	/	/	/	/	/	/

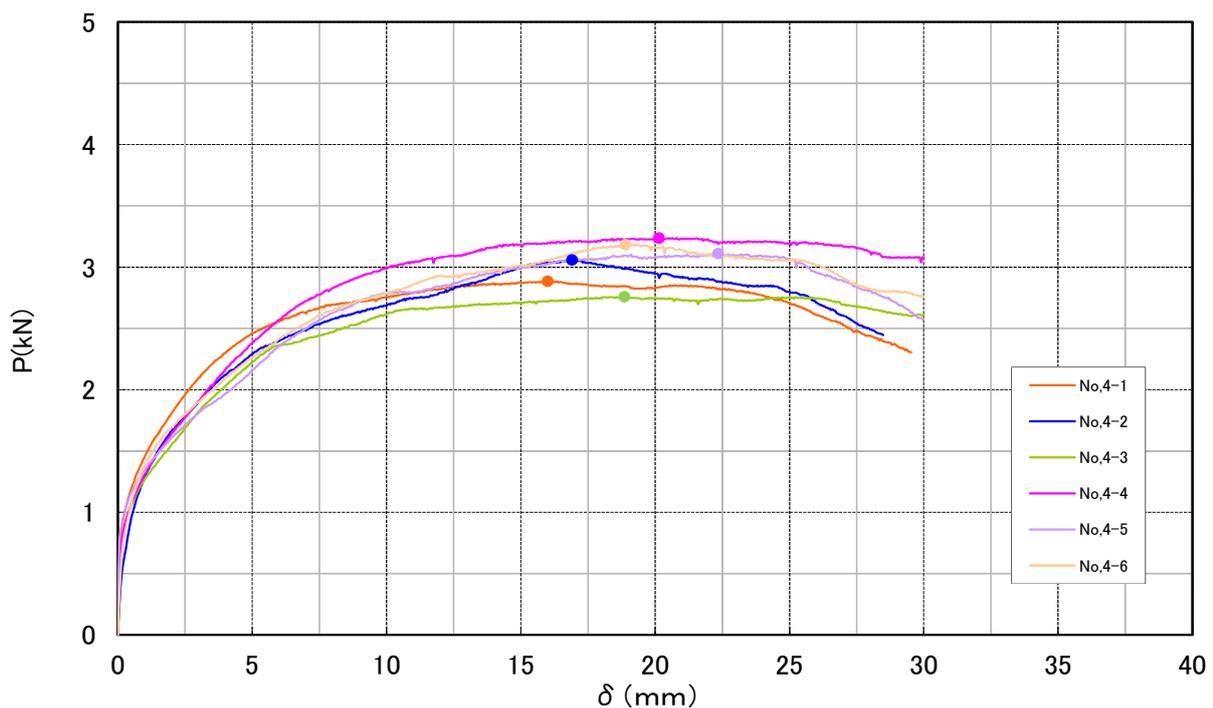


図-7 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

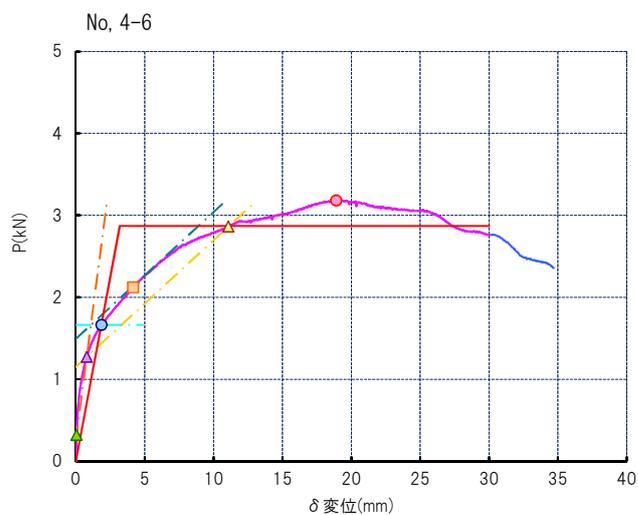
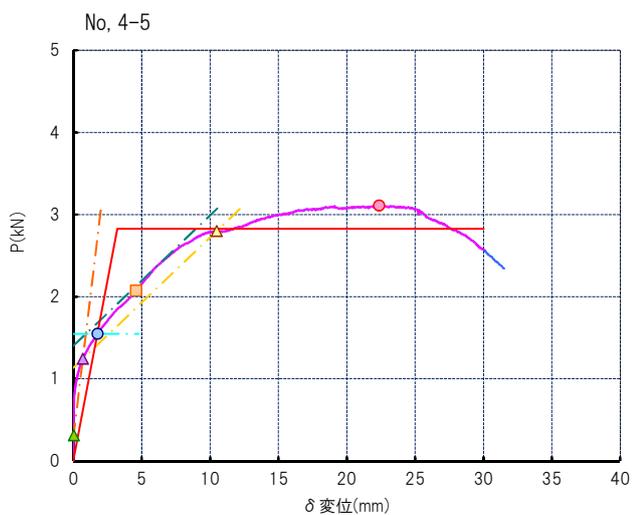
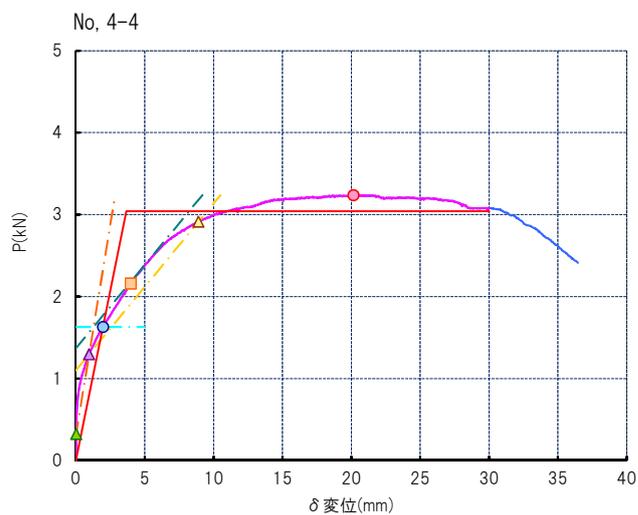
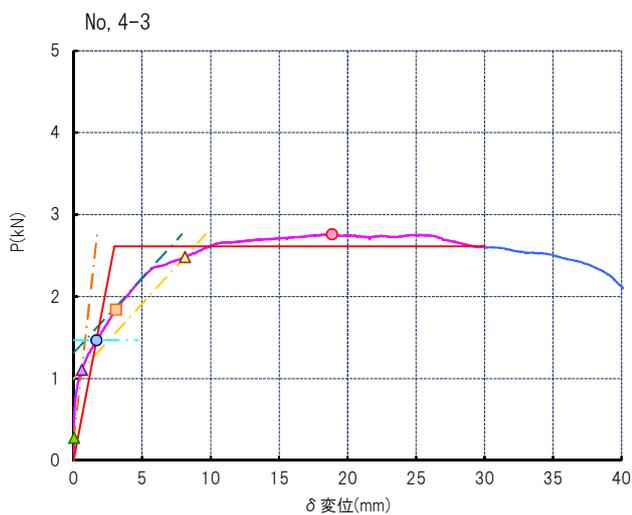
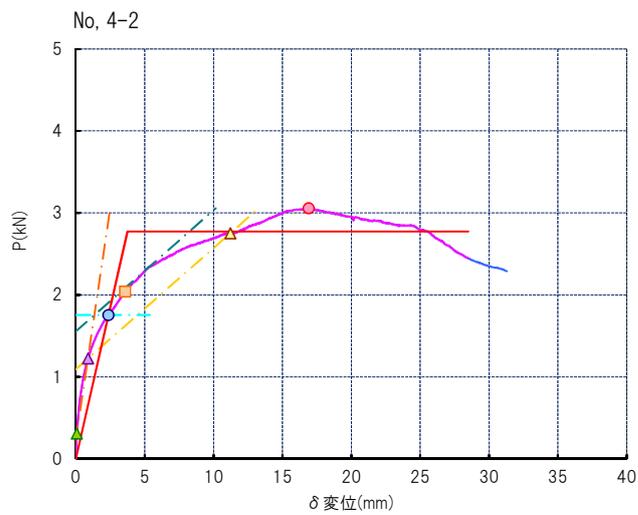
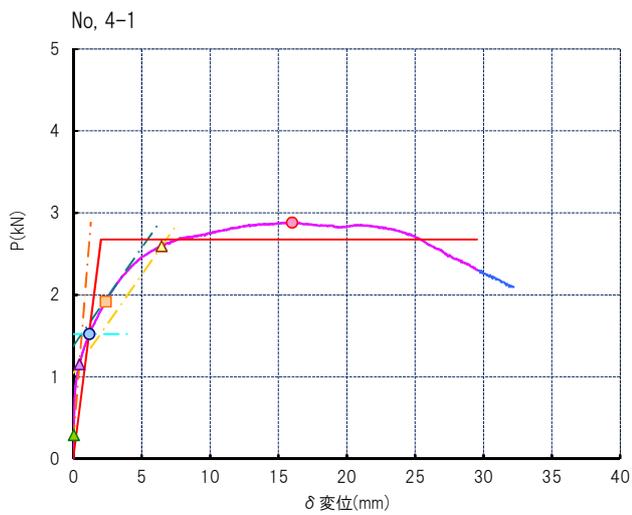


図-8 P-δ曲線 (各試験体一覽)

3-3. No. 5 試験結果

No. 5 構成	側材	(面材)構造用合板 特類1級 (ベイマツ) 厚み 12mm 加力繊維方向; 平行
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種: ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)

表-5 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No. 5-1	-	0.41	11.1	0.47	-	0.42
No. 5-2	-	0.42	12.4	0.51	-	0.42
No. 5-3	-	0.43	12.9	0.52	-	0.43
No. 5-4	-	0.43	13.6	0.52	-	0.43
No. 5-5	-	0.44	12.4	0.53	-	0.44
No. 5-6	-	0.44	12.9	0.55	-	0.44
平均	-	0.43	12.6	0.52	-	0.43

表-6 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No. 5-1	単調 加力	1.09	1.84	1.41	3.86	2.11	12.96	1.88	19.13	5.92	6.00
No. 5-2		1.05	2.34	1.18	3.03	1.77	13.45	1.64	20.05	4.49	5.49
No. 5-3		1.11	1.44	1.35	2.68	2.03	11.85	1.82	18.00	7.71	7.59
No. 5-4		1.09	1.82	1.44	3.95	2.16	12.50	1.88	17.25	5.99	5.48
No. 5-5		1.14	1.67	1.45	3.27	2.17	10.91	1.93	18.87	6.83	6.67
No. 5-6		1.00	1.34	1.24	2.50	1.86	10.30	1.66	18.83	7.46	8.52
平均		1.08	1.74	1.35	3.22	2.02	12.00	1.80	18.69	6.40	6.63
標準偏差		0.05	0.36	0.11	0.60	0.17	1.21	0.12	0.96	1.19	1.23
変動係数		0.046	/	0.081	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.893	/	0.811	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		0.96	/	1.09	/	/	/	/	/	/	/

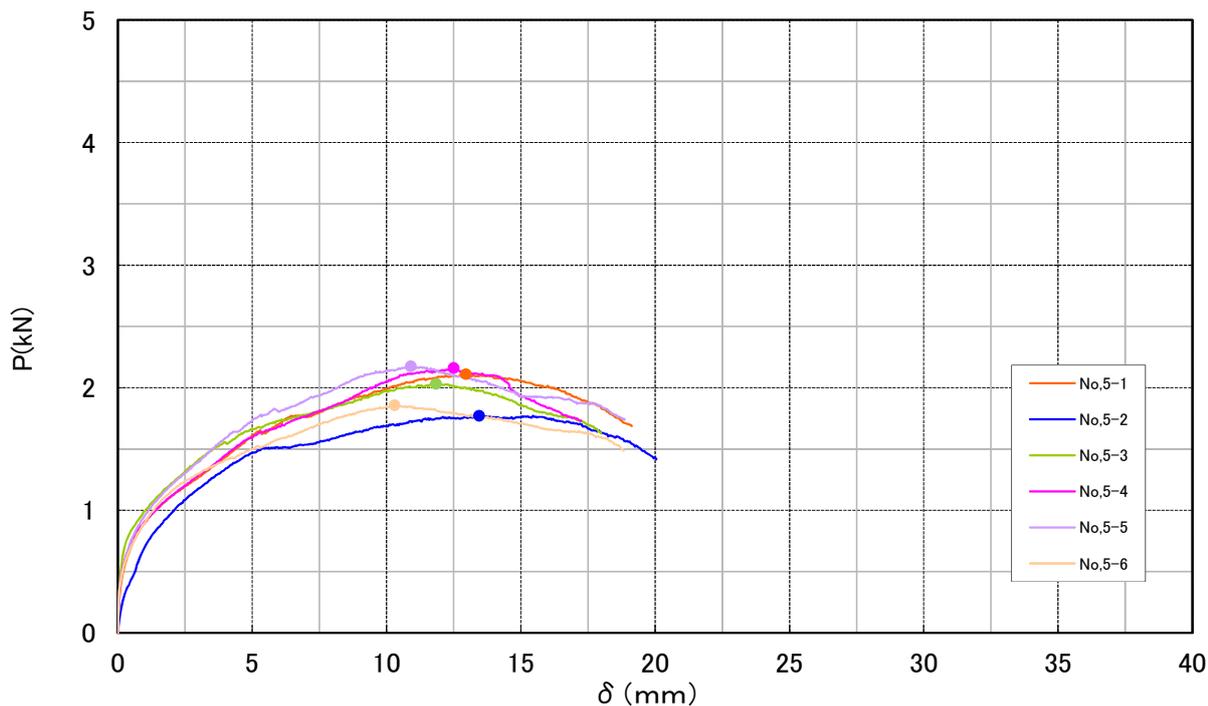


図-9 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

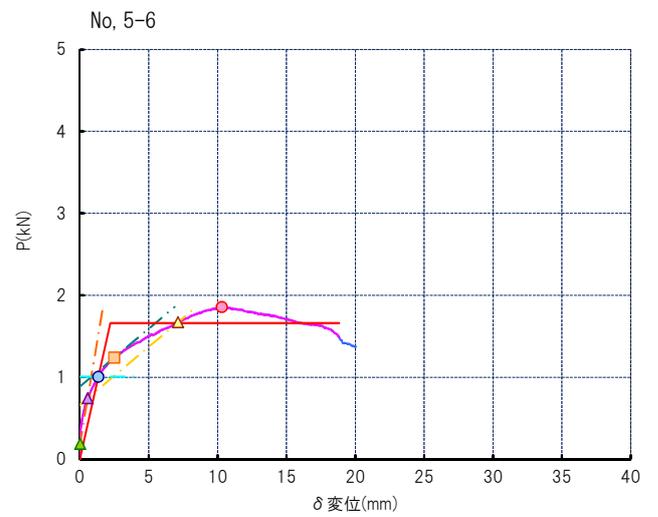
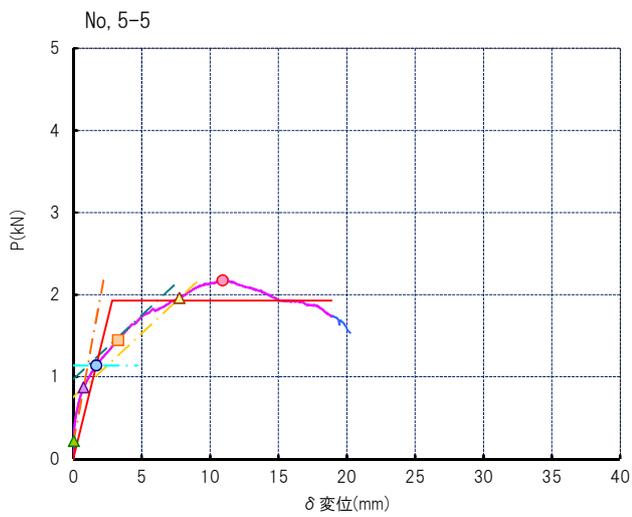
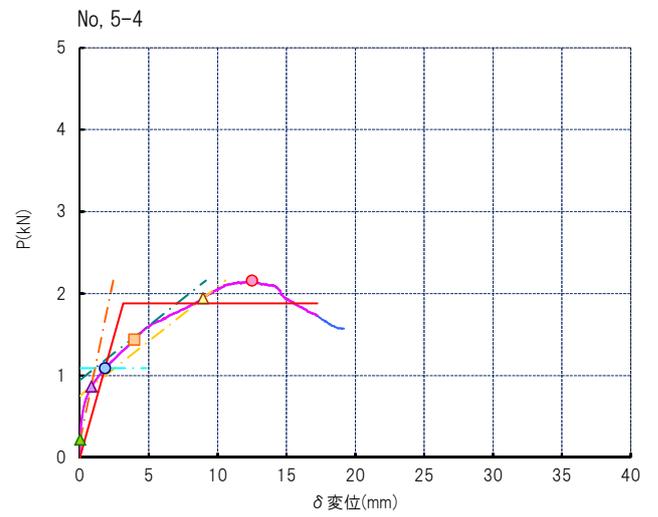
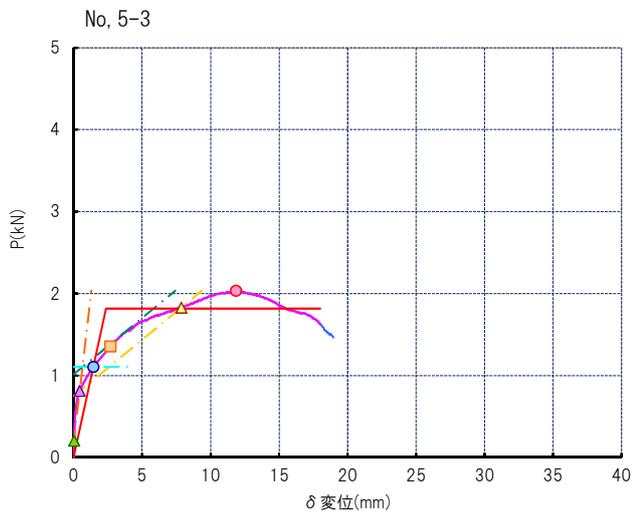
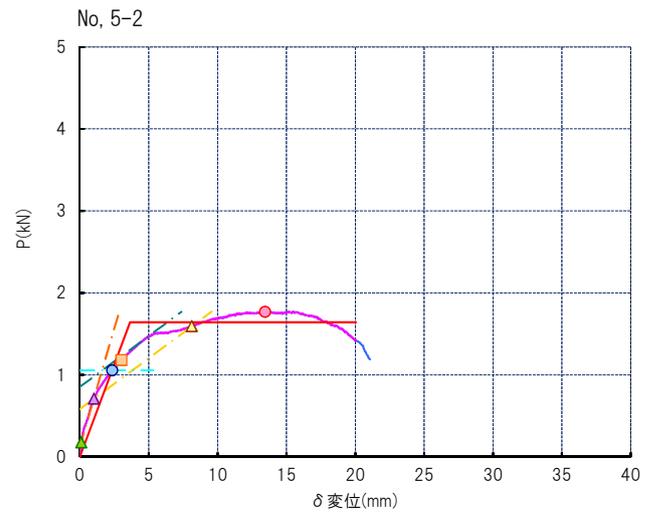
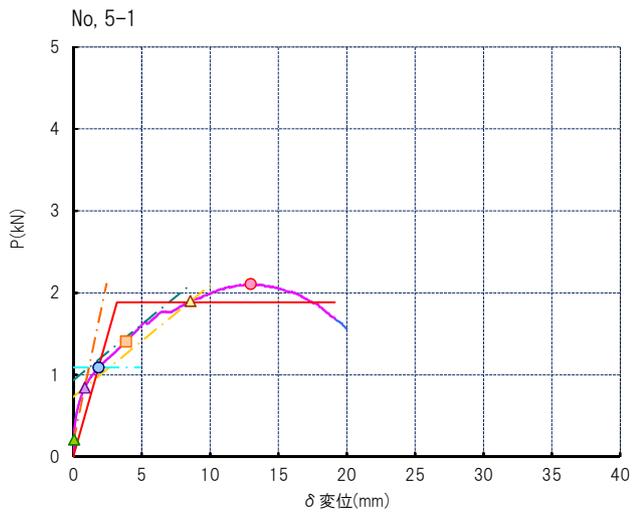


図-10 P-δ曲線 (各試験体 一覽)

3-4. No. 6 試験結果

No. 6 構成	側材	(面材)構造用MDF 曲げ強度区分：30 厚み 9mm
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)

表-7 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 6-1	-	0.82	11.1	0.47	-	0.81
No, 6-2	-	0.84	11.0	0.49	-	0.83
No, 6-3	-	0.84	11.7	0.50	-	0.84
No, 6-4	-	0.84	12.6	0.51	-	0.84
No, 6-5	-	0.84	12.7	0.52	-	0.84
No, 6-6	-	0.84	12.7	0.54	-	0.84
平均	-	0.84	12.0	0.51	-	0.83

表-8 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 6-1	単調 加力	1.20	1.37	1.37	1.89	2.06	7.91	1.94	17.03	8.76	7.71
No, 6-2		1.22	1.39	1.41	1.97	2.11	11.41	1.92	17.14	8.78	7.86
No, 6-3		1.21	0.76	1.43	1.25	2.15	8.20	1.97	15.94	15.92	12.85
No, 6-4		1.31	1.64	1.40	1.95	2.10	12.71	1.91	16.55	7.99	6.92
No, 6-5		1.22	0.23	1.38	0.57	2.07	10.00	1.91	15.50	53.04	44.29
No, 6-6		1.30	0.88	1.47	1.18	2.20	7.65	2.07	15.26	14.77	10.90
平均		1.24	1.05	1.41	1.47	2.12	9.65	1.95	16.24	18.21	15.09
標準偏差		0.05	0.52	0.04	0.57	0.05	2.08	0.06	0.79	17.39	14.48
変動係数		0.040	/	0.028	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.907	/	0.935	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		1.12	/	1.32	/	/	/	/	/	/	/

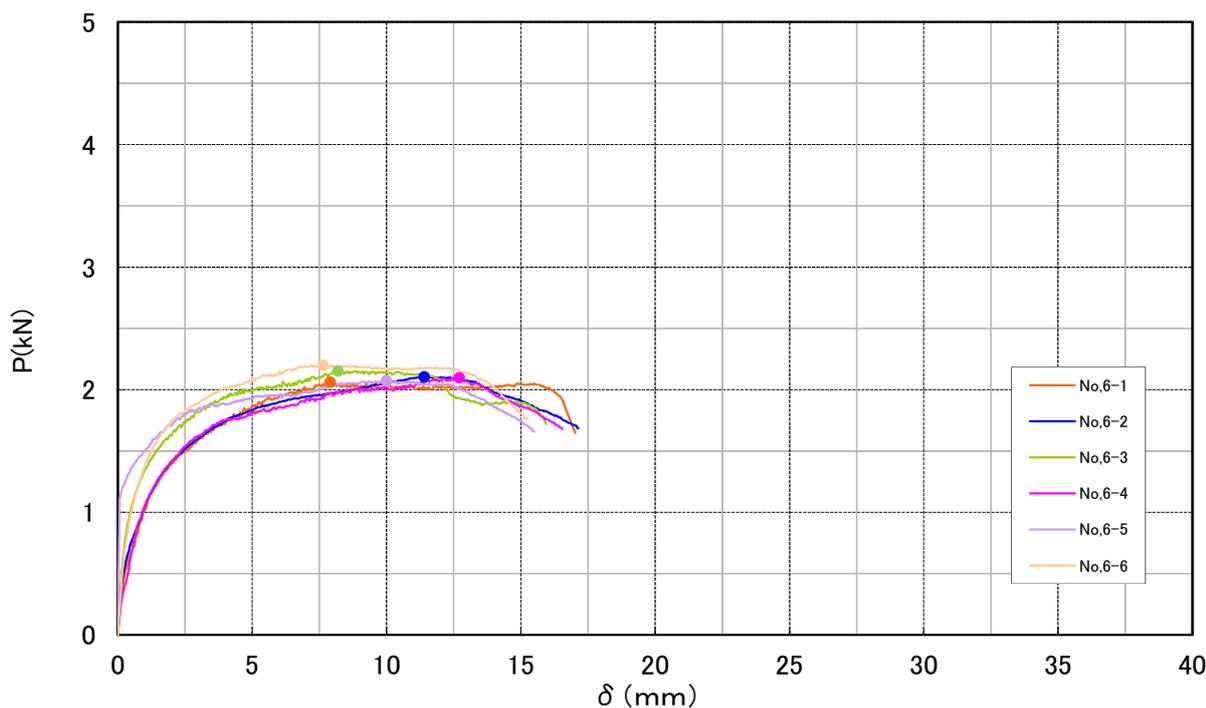


図-11 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

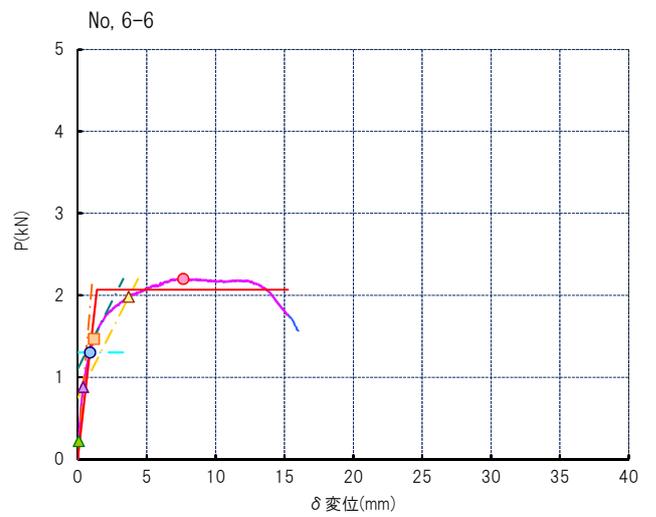
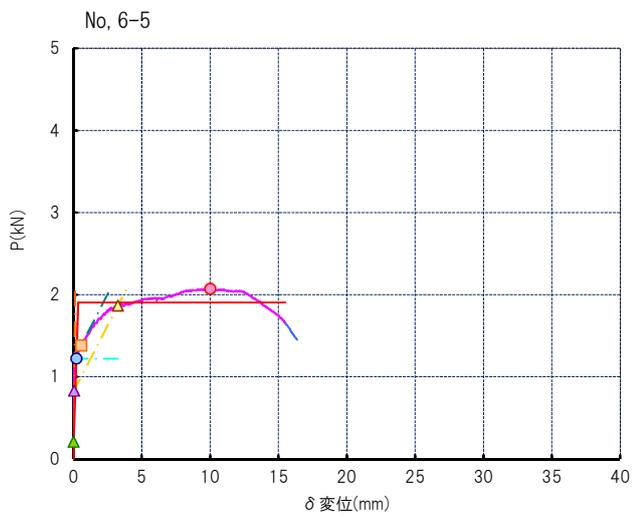
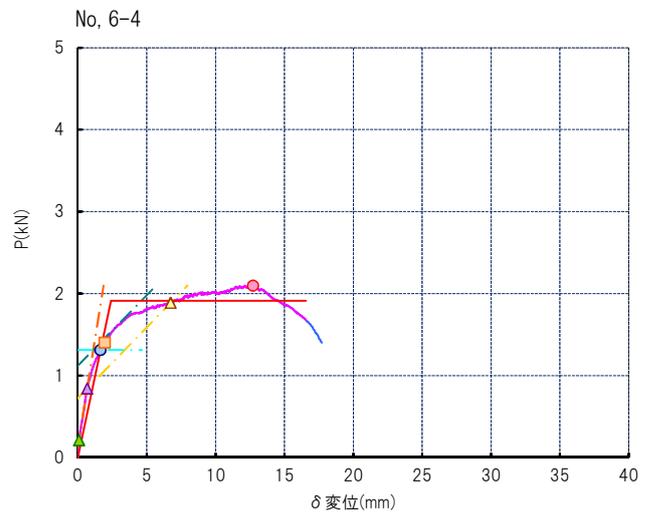
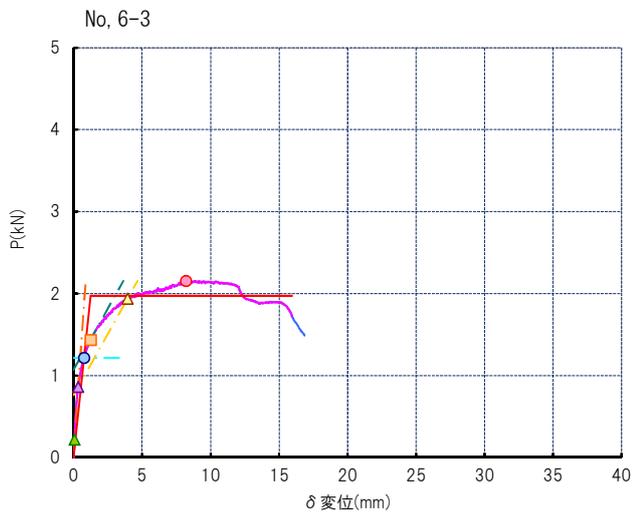
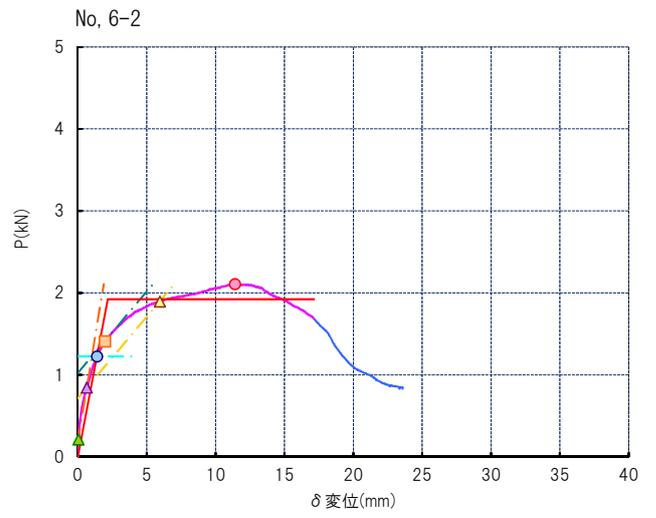
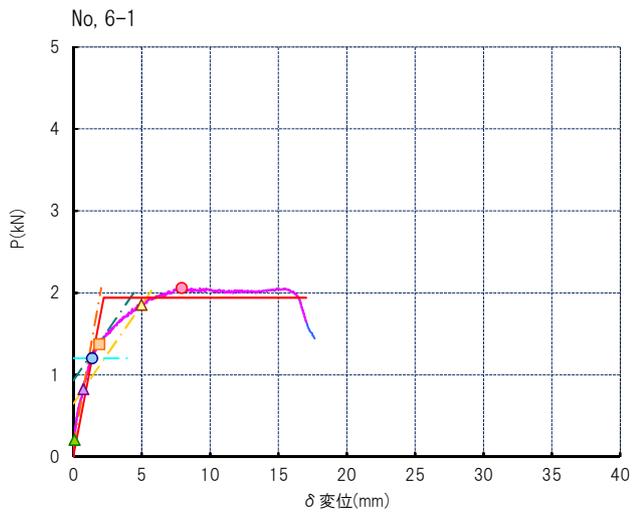


図-12 P-δ曲線 (各試験体 一覧)

3-5. No. 7 試験結果

No. 7 構成	側材	(面材)構造用パーティクルボード 厚み 9mm
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種：ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)

表-9 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 7-1	-	0.74	11.6	0.49	-	0.75
No, 7-2	-	0.75	13.0	0.50	-	0.75
No, 7-3	-	0.75	12.5	0.51	-	0.75
No, 7-4	-	0.76	12.4	0.52	-	0.76
No, 7-5	-	0.76	13.7	0.53	-	0.76
No, 7-6	-	0.76	15.7	0.55	-	0.76
平均	-	0.75	13.2	0.52	-	0.76

表-10 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 7-1	単調 加力	1.18	0.54	1.57	1.71	2.35	8.05	2.13	17.40	21.85	17.76
No, 7-2		1.34	0.65	1.63	1.41	2.45	9.20	2.21	13.84	20.62	12.93
No, 7-3		1.32	0.90	1.56	1.48	2.34	8.41	2.19	15.45	14.67	10.37
No, 7-4		1.35	0.83	1.68	1.73	2.52	8.45	2.29	14.06	16.27	9.90
No, 7-5		1.41	0.95	1.61	1.39	2.42	9.00	2.24	14.08	14.84	9.32
No, 7-6		1.37	1.08	1.65	1.88	2.47	9.35	2.22	14.58	12.69	8.33
平均		1.33	0.83	1.62	1.60	2.42	8.74	2.21	14.90	16.82	11.44
標準偏差		0.08	0.20	0.05	0.20	0.07	0.51	0.05	1.35	3.62	3.46
変動係数		0.060	/	0.031	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.860	/	0.928	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		1.14	/	1.50	/	/	/	/	/	/	/

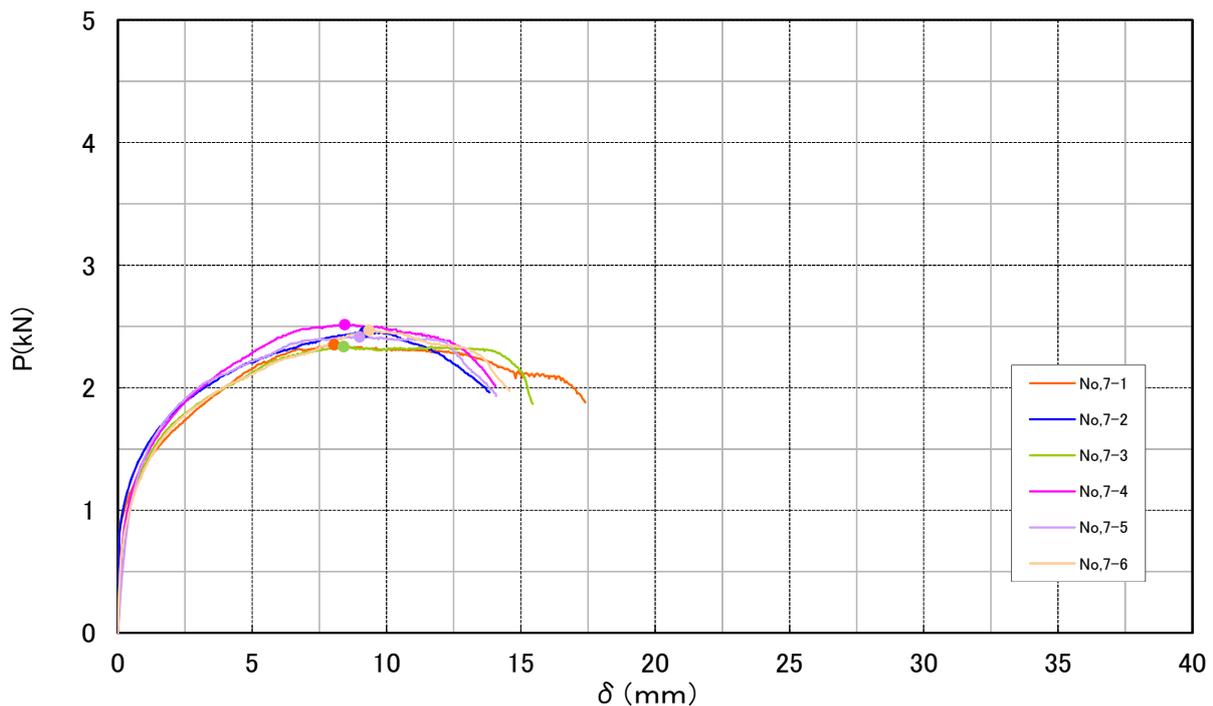


図-13 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

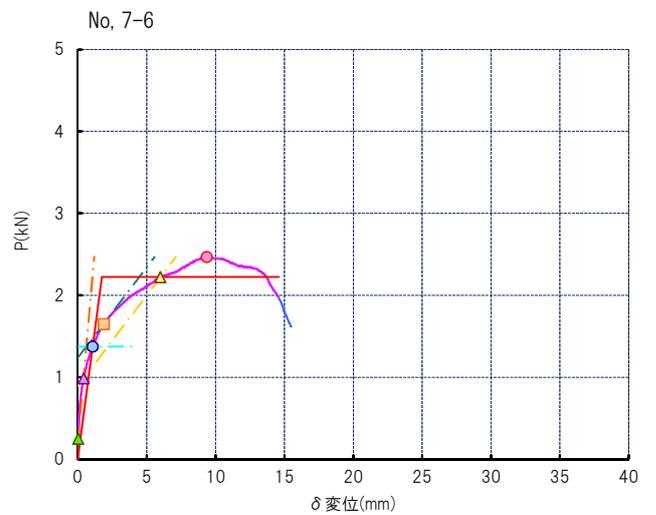
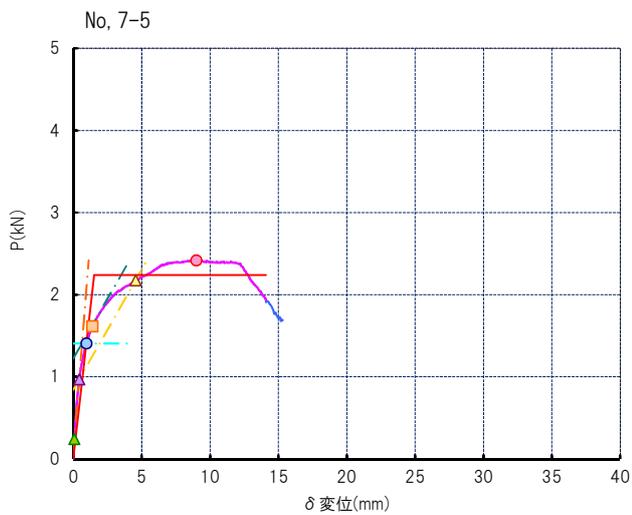
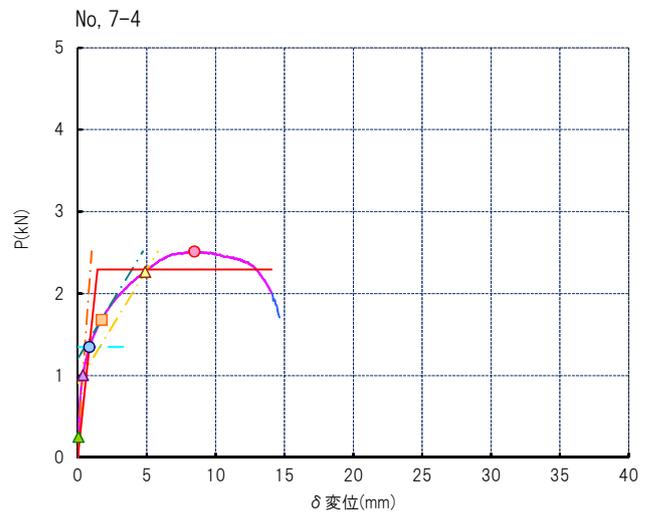
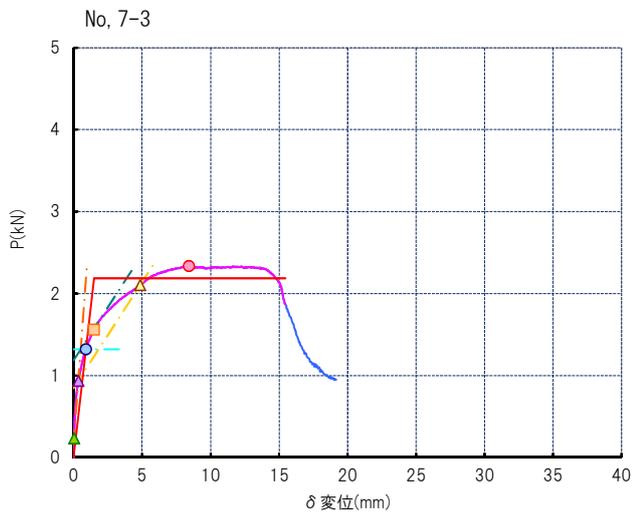
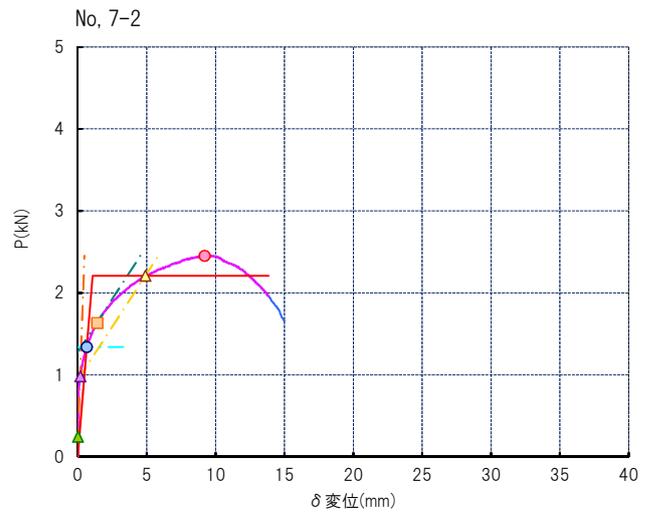
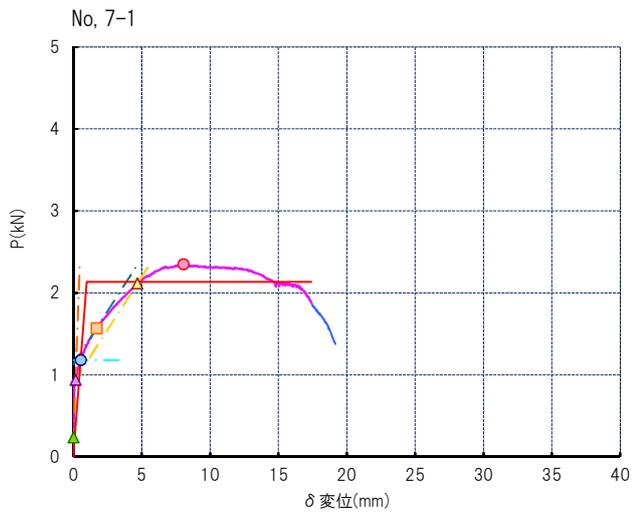


図-14 P-δ曲線 (各試験体 一覽)

3-6. No. 8 試験結果

No. 8 構成	側材	(面材)構造用合板 特類1級 (ベイマツ) 厚み 15mm 加力繊維方向;直交
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種:ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)

表-11 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 8-1	-	0.50	14.0	0.48	-	0.50
No, 8-2	-	0.51	13.1	0.50	-	0.51
No, 8-3	-	0.52	12.4	0.51	-	0.53
No, 8-4	-	0.53	14.5	0.52	-	0.53
No, 8-5	-	0.55	14.2	0.53	-	0.54
No, 8-6	-	0.56	14.4	0.55	-	0.56
平均	-	0.53	13.8	0.52	-	0.53

表-12 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 8-1	単調 加力	1.45	1.45	1.83	2.81	2.74	17.56	2.51	30.00	10.00	12.00
No, 8-2		1.29	1.98	1.93	4.94	2.90	11.86	2.62	23.91	6.52	5.93
No, 8-3		1.47	2.04	2.03	4.60	3.05	16.30	2.73	24.03	7.21	6.37
No, 8-4		1.47	2.25	2.04	4.52	3.06	12.25	2.80	22.57	6.53	5.27
No, 8-5		1.49	2.32	2.25	5.84	3.38	15.65	2.99	24.16	6.42	5.18
No, 8-6		1.52	1.63	2.08	3.93	3.12	13.05	2.83	23.66	9.33	7.81
平均		1.45	1.95	2.03	4.44	3.04	14.45	2.75	24.72	7.67	7.09
標準偏差		0.08	0.34	0.14	1.02	0.22	2.37	0.17	2.65	1.59	2.59
変動係数		0.055	/	0.069	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.872	/	0.839	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		1.26	/	1.70	/	/	/	/	/	/	/

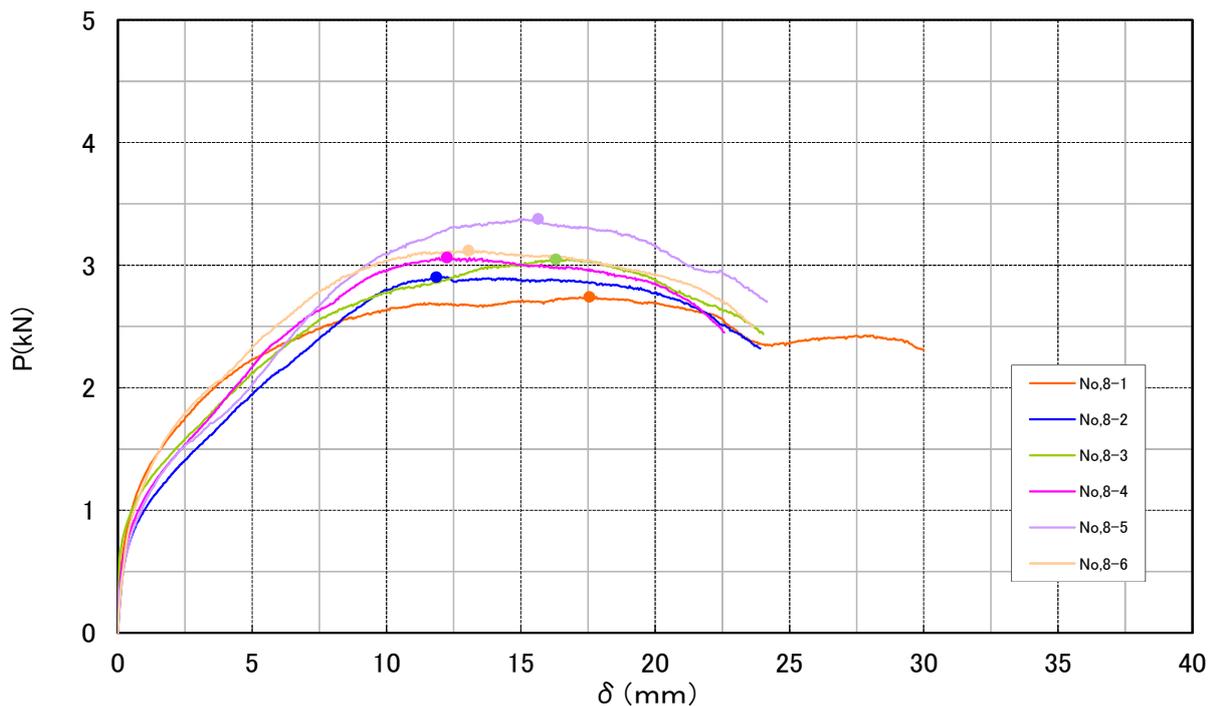


図-15 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

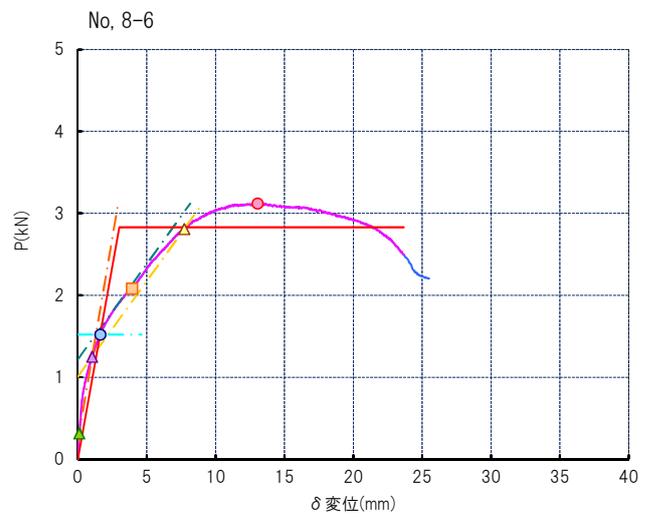
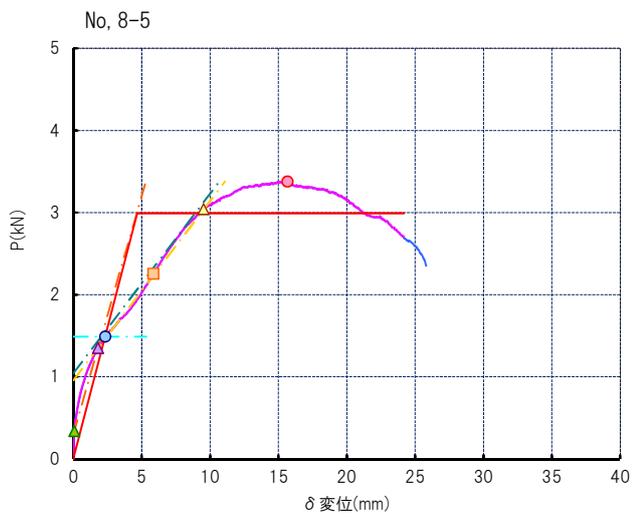
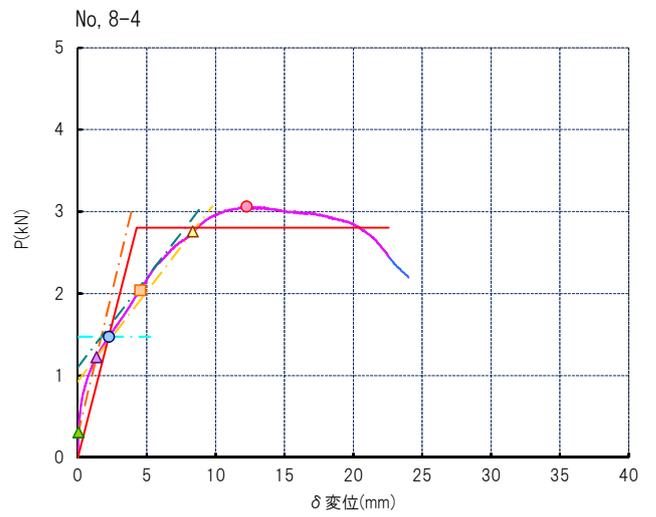
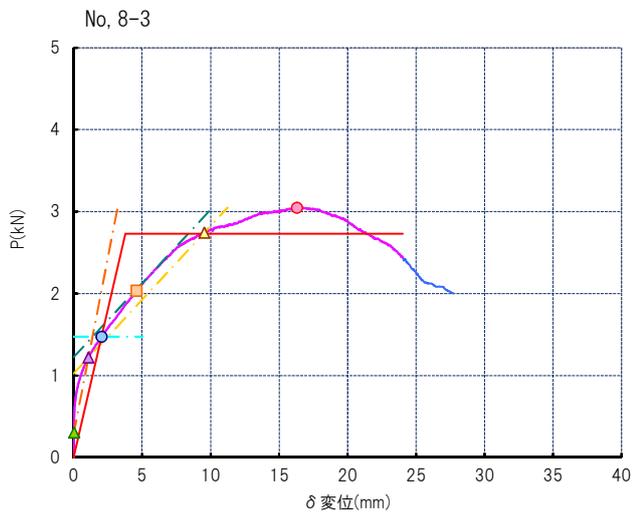
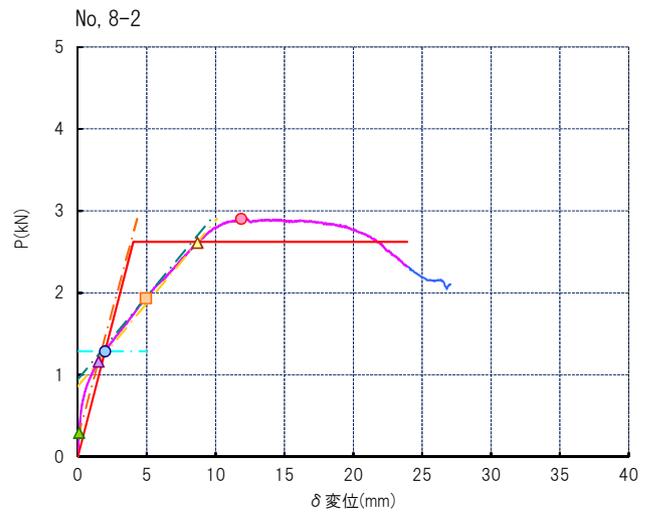
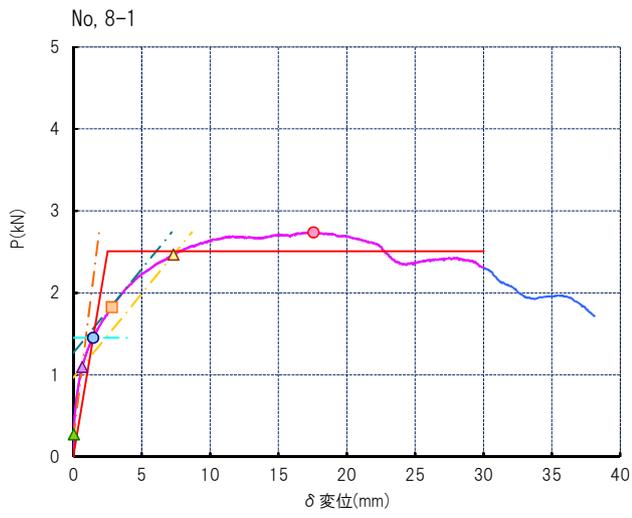


図-16 P-δ曲線 (各試験体 一覧)

3-7. No. 9 試験結果

No. 9 構成	側材	(面材)構造用合板 特類2級 (内部スギ) 厚み 24mm 加力繊維方向;直交
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種:ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 75 (JIS A 5508)

表-13 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 9-1	-	0.48	12.4	0.48	-	0.47
No, 9-2	-	0.48	12.4	0.49	-	0.48
No, 9-3	-	0.48	12.6	0.51	-	0.48
No, 9-4	-	0.48	13.5	0.51	-	0.48
No, 9-5	-	0.48	12.6	0.52	-	0.48
No, 9-6	-	0.48	14.9	0.55	-	0.48
平均	-	0.48	13.1	0.51	-	0.48

表-14 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 9-1	単調 加力	1.60	1.85	1.95	2.96	2.93	17.70	2.74	30.00	8.65	9.46
No, 9-2		1.66	2.00	1.98	3.18	2.97	19.90	2.77	30.00	8.30	9.01
No, 9-3		1.48	1.18	1.89	2.55	2.83	19.11	2.63	30.00	12.54	14.29
No, 9-4		1.42	1.18	1.87	2.25	2.81	17.85	2.68	30.00	12.03	13.39
No, 9-5		1.67	1.59	2.10	2.79	3.15	25.25	2.97	30.00	10.50	10.53
No, 9-6		1.77	2.10	2.27	4.04	3.41	16.45	3.09	28.46	8.43	7.78
平均		1.60	1.65	2.01	2.96	3.02	19.38	2.81	29.74	10.07	10.74
標準偏差		0.13	0.40	0.15	0.62	0.23	3.12	0.18	0.63	1.90	2.57
変動係数		0.081	/	0.075	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.811	/	0.825	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		1.30	/	1.66	/	/	/	/	/	/	/

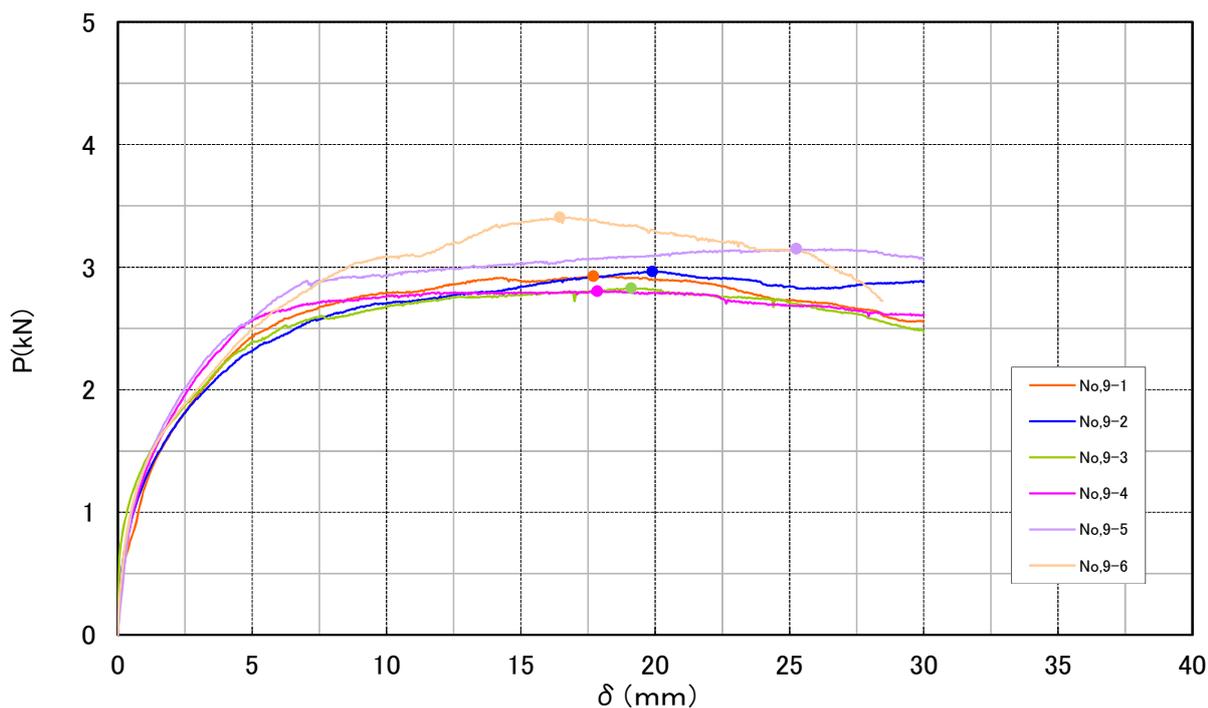


図-17 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

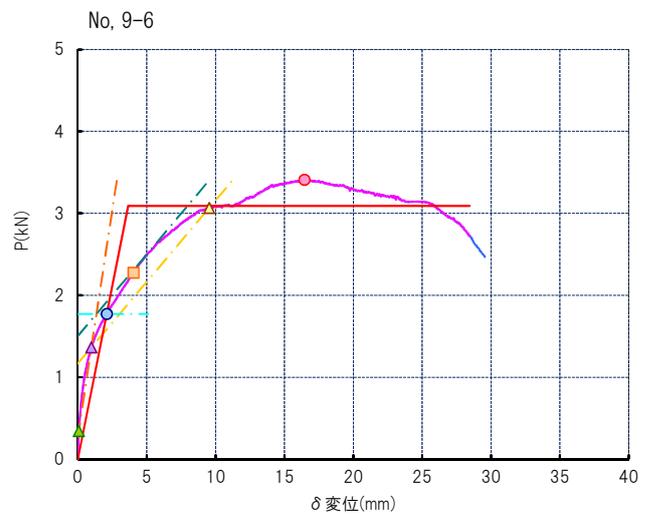
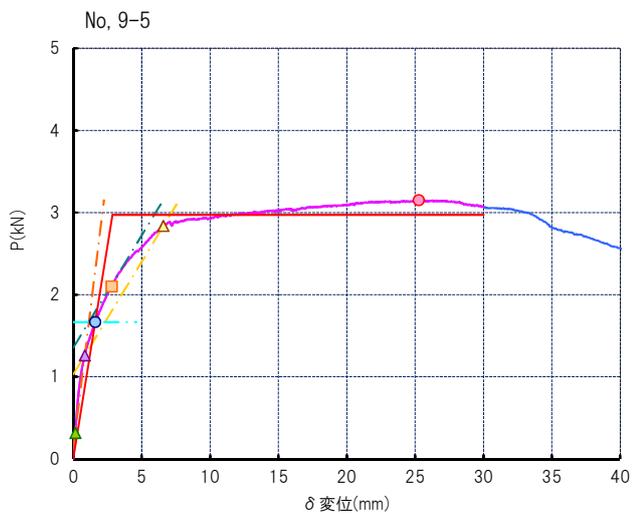
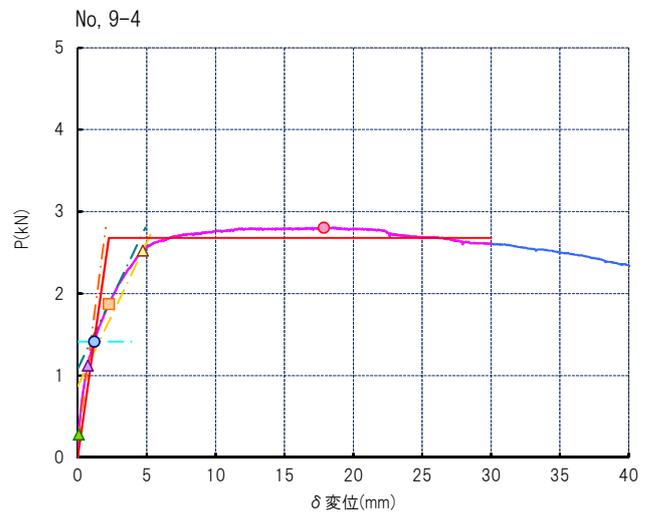
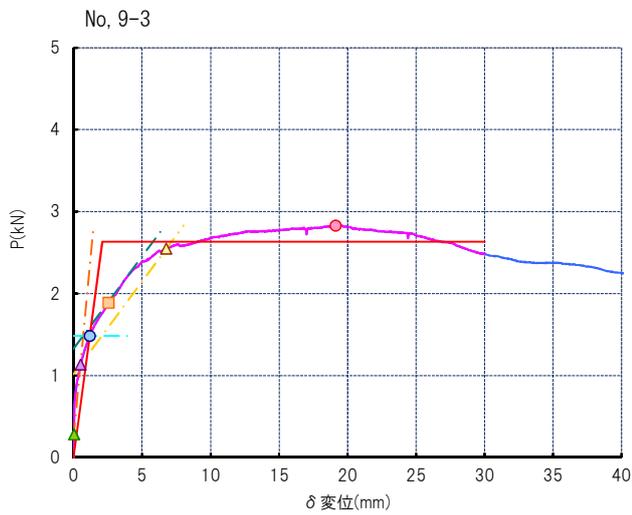
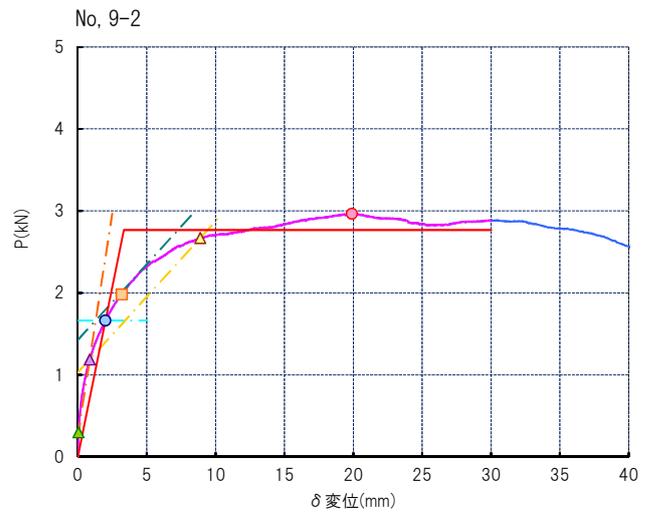
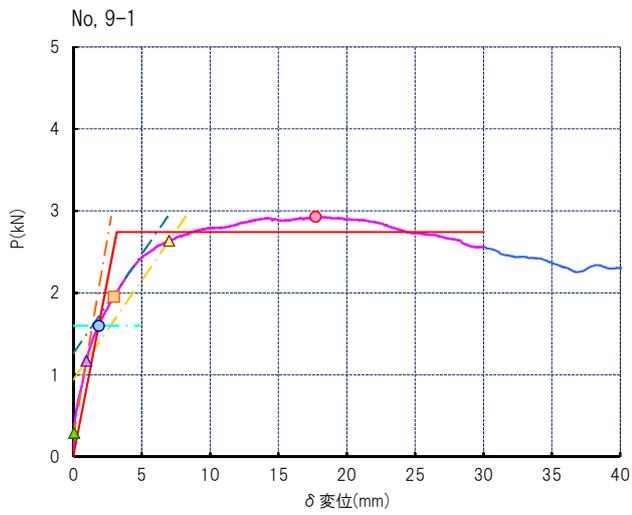


図-18 P-δ曲線 (各試験体 一覽)

3-8. No. 10 試験結果

No. 10 構成	側材	(面材)構造用合板 特類1級 (ベイマツ) 厚み 12mm 加力繊維方向;直交
	主材	(柱)同一等級構造用集成材 E95-F315、樹種:ヒノキ 120×120
	接合具	めっき太め鉄丸くぎ CNZ 65 (JIS A 5508)

表-15 木材 密度、含水率 一覧

	受材(1)		柱		受材(2)	
	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³	含水率%	密度g/cm ³
No, 10-1	-	0.41	11.9	0.49	-	0.41
No, 10-2	-	0.42	12.2	0.49	-	0.41
No, 10-3	-	0.43	13.0	0.51	-	0.42
No, 10-4	-	0.43	12.6	0.53	-	0.43
No, 10-5	-	0.43	12.7	0.53	-	0.43
No, 10-6	-	0.43	13.9	0.54	-	0.44
平均	-	0.43	12.7	0.52	-	0.42

表-16 特性値 一覧

試験体 記号	加力 方法	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		初期 剛性	塑性率
		荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位		
		kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm		
No, 10-1	単調 加力	1.01	0.50	1.38	2.11	2.07	8.05	1.80	17.71	20.20	19.68
No, 10-2		1.01	1.35	1.30	2.76	1.95	14.76	1.76	20.86	7.48	8.91
No, 10-3		1.01	1.46	1.25	2.86	1.87	13.05	1.67	19.68	6.92	8.20
No, 10-4		0.95	0.88	1.27	2.55	1.91	13.25	1.72	20.91	10.80	13.15
No, 10-5		0.91	0.80	1.15	1.97	1.72	9.05	1.56	19.68	11.38	14.26
No, 10-6		0.92	0.98	1.23	2.64	1.85	14.90	1.66	18.99	9.39	10.73
平均		0.97	1.00	1.26	2.48	1.90	12.18	1.70	19.64	11.03	12.49
標準偏差		0.05	0.36	0.08	0.36	0.12	2.93	0.08	1.20	4.83	4.23
変動係数		0.052	/	0.063	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数		0.879	/	0.853	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力		0.85	/	1.07	/	/	/	/	/	/	/

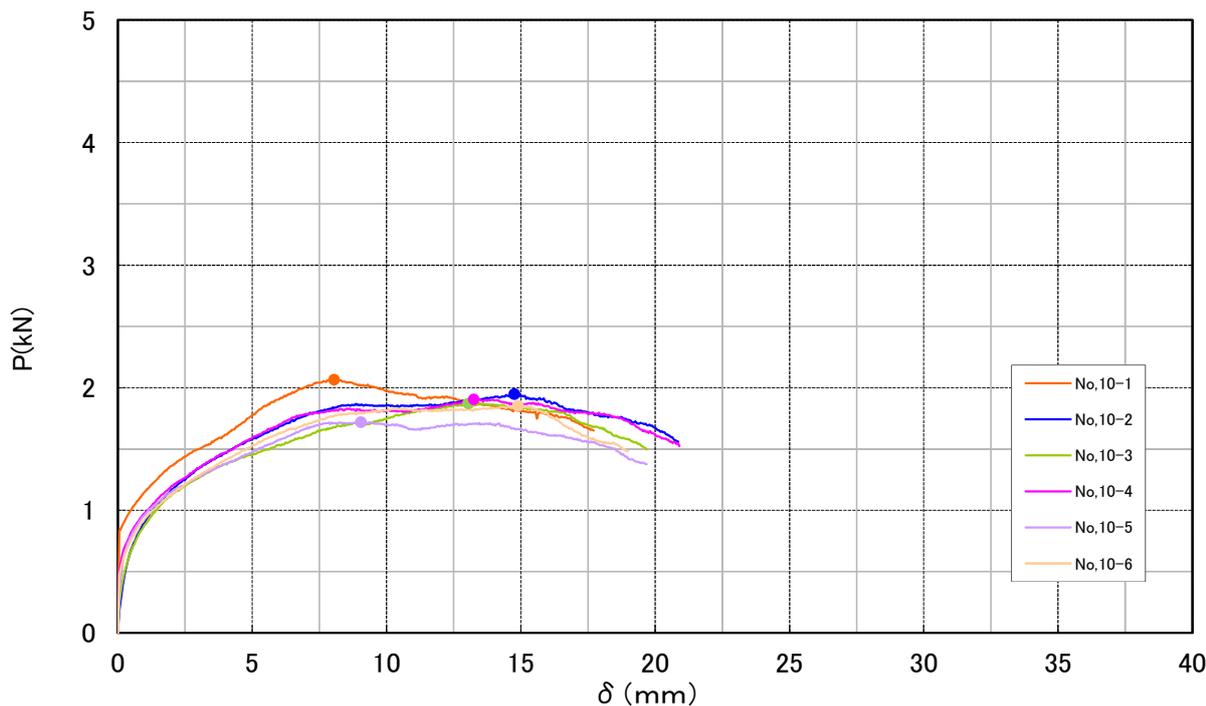


図-19 P-δ曲線 (試験体相互の比較)

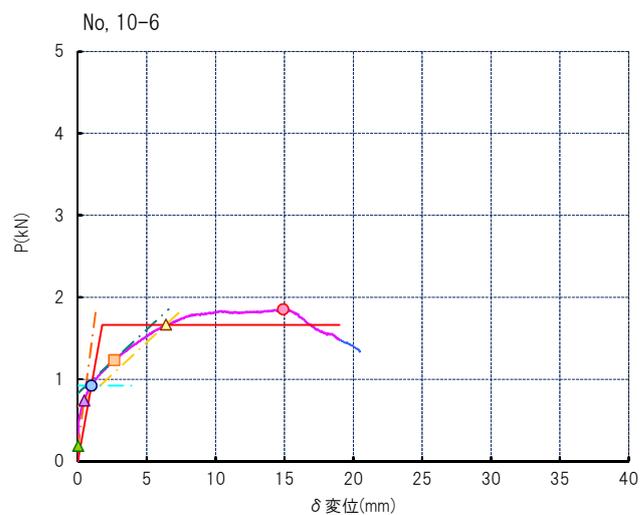
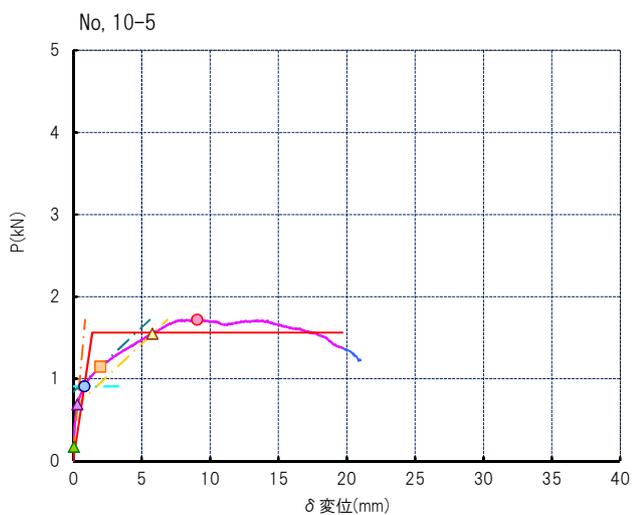
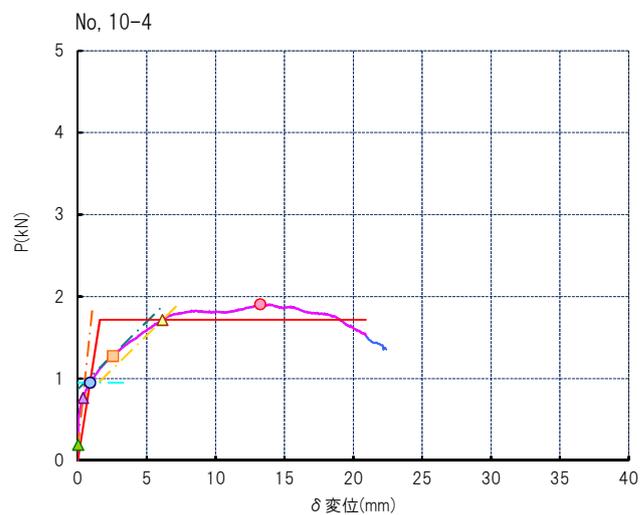
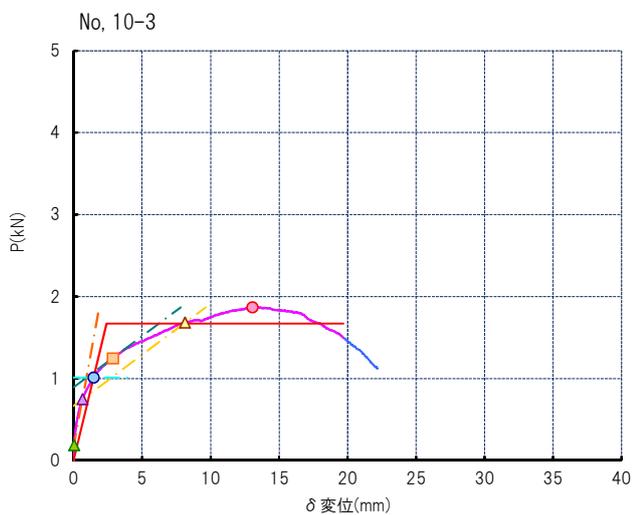
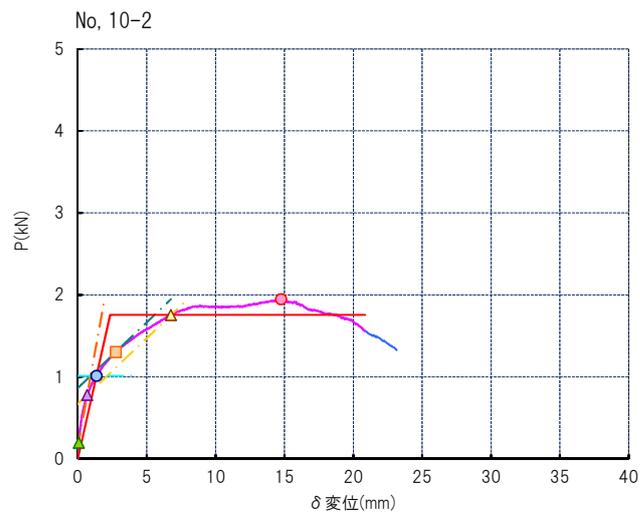
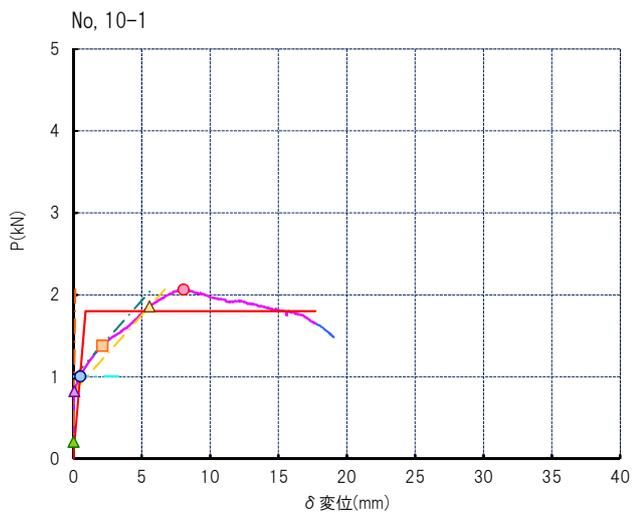


図-20 P-δ曲線 (各試験体 一覧)

4 試験後 状況

No. 3



写真-2 No. 3「試験終了後」



写真-3 No. 3「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 4



写真-4 No. 4「試験終了後」



写真-5 No. 4「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 5



写真-6 No. 5「試験終了後」



写真-7 No. 5「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 6



写真-8 No. 6「試験終了後」



写真-9 No. 6「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 7



写真-10 No. 7「試験終了後」



写真-11 No. 7「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 8



写真-12 No. 8「試験終了後」



写真-13 No. 8「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 9



写真-14 No. 9「試験終了後」



写真-15 No. 9「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

No. 10



写真-16 No. 10「試験終了後」



写真-17 No. 10「解体後」

破壊状況：面材へのくぎ頭のめり込み、くぎの変形

2.5.4 考察

(1) 試験結果について

- P- δ において、ビスの一面せん断試験である No. 1, 2 は試験体によるばらつきが大きいようである。
- 構造用 MDF、構造用パーティクルボードを用いた試験体 (No. 6, 7) の破壊性状は、釘頭のめり込みや釘の変形が見られた。これは耐力壁試験で確認された釘の破断やパンチングアウトとは異なる性状であった。

(2) 試験を踏まえての課題

- 構造用 MDF と構造用パーティクルボードを用いた試験体 (No. 6, 7) の破壊性状は、耐力壁試験の結果とは異なる性状であった。このことから、要素実験の結果を解析モデルのデータとして用いることが妥当かについては検証が必要である。

→壁試験と要素試験とで、接合具に作用する応力状態が大きく異なる可能性や、耐力壁試験が正負交番繰返し加力であるのに対し、要素試験は単調加力で実施している点など。

2.6 まとめ

2.6.1 試験結果のまとめ

(1) 前期試験(タイロッド式)

後期試験(2仕様、各3体)の仕様を決定する目的で前期試験(タイロッド式)を実施した。幅910mmの面材張耐力壁を6仕様各1体実施した。いずれも非住宅中大規模木造建築物を想定して高さ3.8mとした。

パラメータとして、壁仕様(大壁 or 真壁)、壁面材(構造用MDF片面、構造用パーティクルボード片面、構造用合板24mm片面、構造用合板12mm片面・両面)、壁面材と床面材の隙間(0mm or 12mm)とした。

表 2.6-1 試験体仕様一覧(表 2.2-1 再掲載)

パラメータ\試験体	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	
試験方法	タイロッド式						
目標耐力	40kN/m(真)	40kN/m(真)	20kN/m(真)	40kN/m(真)	40kN/m(真)	40kN/m(真)	
壁仕様	大壁	真壁	真壁	真壁	真壁	真壁	
柱頭仕様	めり込み補強金物(ほぞパイプ仕様)						
柱脚仕様	めり込み補強金物						
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用MDF	構造用合板	構造用合板	構造用合板	構造用パーティ
	厚さ	9mm	9mm	12mm ^{※2}	12mm ^{※2}	24mm ^{※3}	9mm
	詳細	30N/mm ² タイプ ^{※1}	30N/mm ² タイプ ^{※1}	特類2級	特類2級	特類2級	18N/mm ² タイプ ^{※1}
	両面or片面	片面	片面	片面	両面	片面	片面
	接合具	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ75@50 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥
受け材	断面	120mm×90mm	111mm×90mm	108mm×90mm	96mm×90mm	96mm×90mm	111mm×90mm
	樹種	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材
壁面材と床面材の隙間	12mm	12mm	0mm	0mm	0mm	12mm	
壁面材と柱の隙間	—	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm	

※1 曲げ強度 ※2 表層ロシアエゾマツ、その他スギ ※3 表層国産カラマツ、その他スギ

表 2.6-2 特性値一覧(表 2.2-5 再掲載)

評価項目\試験体No	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	
真のせん断変形角評価	Pmax(kN)	37.0	35.6	41.5	71.2	92.3	42.6
	Py(kN)	21.4	20.6	21.0	37.3	52.3	23.6
	0.2Pu√2μ-1(kN)	18.9	19.3	16.2	31.2	40.9	22.5
	2/3Pmax(kN)	24.7	23.7	27.7	47.5	61.1	28.4
	P _{1/150} (kN)	28.3	23.9	20.2	35.7	38.0	30.1
	ハ ⁰ リニア剛性(10 ³ kN/rad)	5.8	4.3	2.8	5.0	4.3	4.8
	終局変位(10 ⁻³ rad)	20.1	33.6	33.4	44.8	66.7	32.1
	短期基準せん断耐力(kN) [※]	18.9	19.3	16.2	31.2	38.0	22.5
	壁長さ1mあたり(kN/m) [※]	20.8	21.2	17.8	34.3	41.8	24.7
	相当壁倍率 [※]	10.6	10.8	9.1	17.5	21.3	12.6

評価項目\試験体No	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	
見かけのせん断変形角評価	Pmax(kN)	37.0	35.6	41.5	71.2	92.3	42.6
	Py(kN)	24.6	20.7	21.3	38.0	47.0	24.4
	0.2Pu√2μ-1(kN)	12.2	15.0	13.7	23.7	28.9	16.9
	2/3Pmax(kN)	24.7	23.7	27.7	47.5	58.0	28.4
	P _{1/120} (kN)	23.1	21.0	17.4	24.4	25.6	23.5
	ハ ⁰ リニア剛性(10 ³ kN/rad)	2.7	2.3	1.8	2.4	2.6	2.6
	終局変位(10 ⁻³ rad)	24.0	38.6	40.7	58.0	66.7	39.6
	短期基準せん断耐力(kN) [※]	12.2	15.0	13.7	23.7	25.6	16.9
	壁長さ1mあたり(kN/m) [※]	13.4	16.5	15.1	26.0	28.1	18.6
	相当壁倍率 [※]	6.8	8.4	7.7	13.3	14.4	9.5

※表中の短期基準せん断耐力等は試験体数n=1のため、ばらつき係数及び低減係数αは乗じていない

(2) 後期試験(タイロッド式)

前期試験(タイロッド式)の結果を踏まえ、後期試験で実施する試験体2仕様(構造用MDF両面張り、構造用合板15mm両面張り)を定め試験を実施した。

MDFを面材とするNo.21は、No.14を基準とした床勝ち真壁仕様で、前期試験で面材が脆性的に破壊したことや、目標性能に到達しなかったことなどから、壁面材と床・桁の隙間を30mmとし、面材は両面張りとした。

構造用合板15mmを面材とするNo.22は、試験体No.16を基準とした床勝ち真壁仕様で、前期試験で目標性能に到達しなかったことから合板厚さを12mmから15mmにしたものである。壁面材の四周クリアはNo.21と同じとした。

なお、柱側受け材の施工性を鑑み受け材見付け長さを60mm(集成材から製材に変更)とし、ビス長さも180mmから135mmに変更した。

No.21試験体は真のせん断変形角評価で短期基準せん断耐力(ばらつき係数及び低減係数 $\alpha=0.95$ を考慮)が32.4[kN/m](見かけのせん断変形角評価で23.2[kN/m])の評価となり、目標の40[kN/m]を下回る結果であった。壁面材と桁・床面材との隙間を広げたことで、壁面材の脆性的な破壊を防ぐ(変形角を稼ぐ)効果が見られたが、釘の破断・パンチングアウトにより終局変形角が1/30[rad]程度となり、靱性が十分ではなかった。

No.22試験体は真のせん断変形角評価で短期基準せん断耐力(ばらつき係数及び低減係数 $\alpha=0.95$ を考慮)が38.7[kN/m](見かけのせん断変形角評価で27.4[kN/m])の評価となり、目標の40[kN/m]を下回る結果であった。柱側受け材が割裂する想定外な破壊性状であり、この実験仕様及び結果を用いて設計することは難しいと考える。

表 2.6-3 試験体仕様一覧(表 2.3-1 再掲載)

試験体パラメータ

パラメータ\試験体	No. 21	No. 22	
試験方法	タイロッド式		
目標耐力	40kN/m(真)	40kN/m(真)	
壁仕様	真壁	真壁	
柱頭仕様	めり込み補強金物(ドリフトピン接合)		
柱脚仕様	めり込み補強金物		
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用合板
	厚さ	9mm	15mm
	詳細	30N/mm ² タイプ※1	特類1級※2
	両面or片面	両面	両面
	接合具	CNZ65@120 ×2列千鳥	CNZ65@100 ×2列千鳥
受け材(柱側)	断面	102mm×60mm	90mm×60mm
	樹種	ヒノキ製材	ヒノキ製材
受け材(横架材)	断面	102mm×90mm	90mm×90mm
	樹種	ヒノキ製材	ヒノキ製材
壁面材と床面材・桁の隙間 /壁面材と柱の隙間	30mm/10mm		
試験体数	3	3	

※1 曲げ強度 ※2 全層バイマツ(特類1級相当)

共通仕様

床仕様	床勝ち	
壁長さ	910mm	
壁高さ	3.8m	
桁	断面	120mm×360mm
	樹種	バイマツ集成材
土台	断面	120mm×150mm
	樹種	ヒノキ集成材
柱	断面	120mm×120mm
	樹種	ヒノキ集成材
面外たわみ防止	ローラー有り	

表 2.6-4 特性値一覧 (表 2.3-4、表 2.3-5 再掲載)

真のせん断変形角評価	評価項目 \ 試験体No	No. 21-1	No. 21-2	No. 21-3	平均値	ばらつき	50%下限値
	Pmax (kN)	67.9	64.1	62.3	64.8	0.979	63.5
	Py (kN)	39.1	37.5	36.0	37.5	0.981	36.8
	0.2Pu√2μ-1 (kN)	32.3	30.7	31.5	31.5	0.988	31.1
	2/3Pmax (kN)	45.2	42.7	41.5	43.1	0.979	42.2
	P _{1/150} (kN)	43.5	41.1	45.5	43.4	0.976	42.4
	ハ°イリニア剛性 (10 ³ kN/rad)	6.8	6.6	8.4	7.3		
	終局変位 (10 ⁻³ rad)	33.9	30.0	28.0	30.6		
	短期基準せん断耐力 (kN)	32.3	30.7	31.5	31.5	-	31.1
	壁長さ1mあたり (kN/m)	35.5	33.7	34.6	34.6	-	34.2
相当壁倍率	18.1	17.2	17.7	17.7	-	17.4	

見かけのせん断変形角評価	評価項目 \ 試験体No	No. 21-1	No. 21-2	No. 21-3	平均値	ばらつき	50%下限値
	Pmax (kN)	67.9	64.1	62.3	64.8	0.979	63.5
	Py (kN)	42.9	37.6	37.2	39.2	0.962	37.7
	0.2Pu√2μ-1 (kN)	25.6	23.4	21.1	23.4	0.955	22.3
	2/3Pmax (kN)	45.2	42.7	41.5	43.1	0.979	42.2
	P _{1/120} (kN)	33.7	29.7	28.7	30.7	0.959	29.5
	ハ°イリニア剛性 (10 ³ kN/rad)	3.8	3.3	3.3	3.5		
	終局変位 (10 ⁻³ rad)	30.0	30.0	30.0	30.0		
	短期基準せん断耐力 (kN)	25.6	23.4	21.1	23.4	-	22.3
	壁長さ1mあたり (kN/m)	28.1	25.7	23.2	25.7	-	24.5
相当壁倍率	14.4	13.1	11.8	13.1	-	12.5	

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数αは乗じていない

真のせん断変形角評価	評価項目 \ 試験体No	No. 22-1	No. 22-2	No. 22-3	平均値	ばらつき	50%下限値
	Pmax (kN)	55.1	98.0	76.9	76.7	0.868	66.6
	Py (kN)	41.7	51.9	40.3	44.6	0.933	41.6
	0.2Pu√2μ-1 (kN)	32.6	43.6	44.3	40.2	0.923	37.1
	2/3Pmax (kN)	36.7	65.3	51.3	51.1	0.868	44.4
	P _{1/150} (kN)	39.5	41.5	39.3	40.1	0.986	39.5
	ハ°イリニア剛性 (10 ³ kN/rad)	5.3	4.5	5.5	5.1		
	終局変位 (10 ⁻³ rad)	57.1	72.6	74.2	67.9		
	短期基準せん断耐力 (kN)	32.6	41.5	39.3	40.1	-	37.1
	壁長さ1mあたり (kN/m)	35.8	45.6	43.2	44.1	-	40.8
相当壁倍率	18.3	23.3	22.0	22.5	-	20.8	

見かけのせん断変形角評価	評価項目 \ 試験体No	No. 22-1	No. 22-2	No. 22-3	平均値	ばらつき	50%下限値
	Pmax (kN)	55.1	98.0	76.9	76.7	0.868	66.6
	Py (kN)	42.3	45.8	40.3	42.8	0.969	41.5
	0.2Pu√2μ-1 (kN)	24.7	28.6	28.8	27.4	0.960	26.3
	2/3Pmax (kN)	36.7	59.3	51.3	49.1	0.890	43.7
	P _{1/120} (kN)	28.0	26.0	27.0	27.0	0.983	26.5
	ハ°イリニア剛性 (10 ³ kN/rad)	2.8	2.3	2.7	2.6		
	終局変位 (10 ⁻³ rad)	67.6	95.4	92.9	85.3		
	短期基準せん断耐力 (kN)	24.7	26.0	27.0	27.0	-	26.3
	壁長さ1mあたり (kN/m)	27.1	28.6	29.7	29.7	-	28.9
相当壁倍率	13.8	14.6	15.1	15.1	-	14.8	

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数αは乗じていない

(3) 前期試験(柱脚固定式)

前期試験では、2仕様(各1体)の柱脚固定式耐力壁試験を実施した。耐力壁の仕様は昨年度のNo. 11、12の仕様とし、柱脚金物にHD-D9を配置する仕様とした。

No. 19試験体は、見かけのせん断変形角評価で短期基準せん断耐力(ばらつき係数及び低減係数は考慮していない)が19.6[kN/m](真のせん断変形角で22.1[kN/m])の評価となった。タイロッド式試験と同様に、面材破壊、パンチングアウト等の脆性的な破壊が見られ、終局変形角が1/30[rad]程度となり、靱性が十分ではなかった。

No. 20試験体は、見かけのせん断変形角評価で短期基準せん断耐力(ばらつき係数及び低減係数 α は考慮していない)が31.0[kN/m](真のせん断変形角評価で32.6[kN/m])の評価となった。壁面材や接合具等には損傷は見られず、荷重低下は生じなかった。

いずれの試験体も前年度実施した同一仕様のタイロッド試験結果と剛性・耐力共に大きな低減は見られず、柱脚固定式試験で用いた接合金物と同程度の金物を配置すればタイロッド式試験と同等の結果が得られることがわかった。

表 2.6-5 試験体仕様一覧(表 2.4-1 再掲載)

パラメータ\試験体		No. 19	No. 20
試験方法		柱脚固定式	
目標耐力		30kN/m(見かけ)	
壁仕様		大壁	真壁
柱頭仕様		めり込み補強+HD金物	
柱脚仕様		柱脚金物(HD-D9)	
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用合板
	厚さ	9mm	24mm ^{※2}
	詳細	30N/mm ² タイプ ^{※1}	特類2級
	両面or片面	片面	片面
接合具		CNZ65@100 ×2列千鳥	CNZ75@75 ×2列千鳥
	受材	断面 120mm×90mm	96mm×90mm
	樹種	ヒノキ集成材	ヒノキ集成材
壁面材と床面材の隙間		0mm	0mm
壁面材と柱の隙間		—	20mm

※1 曲げ強度 ※2 表層国産カラマツ、その他スギ

表 2.6-6 特性値一覧(表 2.4-4 再掲載)

評価項目\試験体No	No. 19	No. 20
	Pmax(kN)	41.7
Py(kN)	24.6	37.5
0.2Pu√2μ-1(kN)	20.1	32.6
2/3Pmax(kN)	27.8	46.3
P _{1/150} (kN)	27.6	29.7
ハ ⁺ リニア剛性(10 ³ kN/rad)	4.7	3.6
終局変位(10 ⁻³ rad)	32.6	66.7
短期基準せん断耐力(kN) [※]	20.1	29.7
壁長さ1mあたり(kN/m) [※]	22.1	32.6
相当壁倍率 [※]	11.2	16.6

評価項目\試験体No	No. 19	No. 20
	Pmax(kN)	41.7
Py(kN)	24.6	37.6
0.2Pu√2μ-1(kN)	17.8	28.2
2/3Pmax(kN)	27.8	45.8
P _{1/120} (kN)	27.0	28.6
ハ ⁺ リニア剛性(10 ³ kN/rad)	3.4	2.9
終局変位(10 ⁻³ rad)	36.2	66.7
短期基準せん断耐力(kN) [※]	17.8	28.2
壁長さ1mあたり(kN/m) [※]	19.6	31.0
相当壁倍率 [※]	10.0	15.8

※表中の短期基準せん断耐力等は試験体数n=1のため、ばらつき係数及び低減係数 α は乗じていない

2.7 昨年度からの成果まとめ

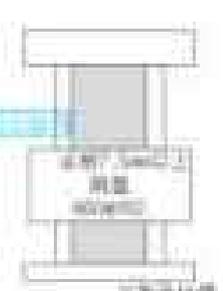
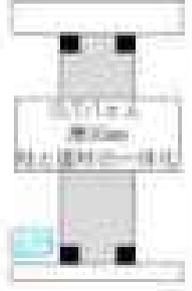
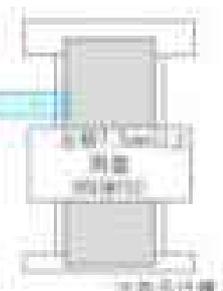
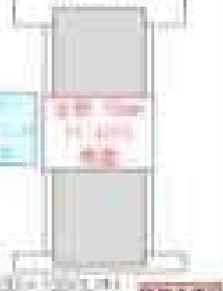
2.7.1 高倍率、高階高耐力壁と既往耐力壁の位置づけ

昨年度からの耐力壁開発の成果のまとめを示す前に、本事業で開発している高倍率、高階高耐力壁と既往の耐力壁との位置づけを示す。

表 2.7-1 に示すように、高倍率、高階高耐力壁は相当壁倍率の点から、在来軸組工法や CLT 工法の中に位置する仕様の耐力壁であることがわかる。

今年度まで主に 1~3 層用耐力壁の開発を行ってきたが、実験で確認された破壊性状（耐力の決定要因）はばらついており、在来軸組工法のように設計で取り扱うには難しいものが多いのが現状である。

表 2.7-1 耐力壁仕様比較

	高倍率、高階高耐力壁		高層 軸組
	1F~3階建て ~8倍程度	4F~10階建て 10~15倍程度	
高層	 <p>高層用耐力壁 高層用耐力壁 高層用耐力壁</p> <p>相当壁倍率</p>	 <p>高層用耐力壁 高層用耐力壁 高層用耐力壁</p> <p>相当壁倍率</p>	 <p>高層用耐力壁 高層用耐力壁 高層用耐力壁</p> <p>相当壁倍率</p>
中層	 <p>高層用耐力壁 高層用耐力壁 高層用耐力壁</p> <p>相当壁倍率</p>	 <p>高層用耐力壁 高層用耐力壁 高層用耐力壁</p> <p>相当壁倍率</p>	

今後は設計で扱いやすい耐力壁の開発が望まれる。表に示すように、1～3層用耐力壁の耐力の決定要因は、在来軸組工法にならって釘やビスで耐力を決定するようにし、4,5層用耐力壁は1～3層用と同様に釘やビスで耐力を決定させるか CLT 工法のように金物で耐力を決定させるような仕様が良くと推察される。

また、終局変形角についても在来工法と CLT 工法の間をとるように1～3層用耐力壁の終局変形角は1/30～1/50[rad]程度、4,5層用耐力壁の終局変形角は1/50[rad]と設計クライテリアを設定して、実験において設定した終局変形角まで耐力壁が脆性的な破壊が生じないことが確認できれば設計でも使用できる、というようなルール作りをしていく必要がある。

表 2.7-2 耐力の決定要因と終局変形角

	在来軸組	高倍率、高階高耐力壁		高層 (CLT 工法)
	1～2	1～3階	4,5階	
面材の面内せん断破壊	◎余裕	△決定要因	?	◎余裕
釘、ビスの抜け、降伏	決定要因	△決定要因	?	—
受け材の破壊	◎余裕	△決定要因	?	—
軸組材の破壊	◎余裕	△	?	—
接合金物の降伏	◎余裕	△決定要因	?	決定要因
終局 変形角 (rad)	1/30	1/30～1/50?	1/50?	1/75

2.7.2 昨年度から開発してきた耐力壁の変遷

昨年度及び今年度実施した高倍率、高階高耐力壁の耐力壁仕様及びその結果の変遷を、MDF・パーティクルボードを用いたものについて図 2.7-1 に、構造用合板を用いたものについて図 2.7-2 に示す。

前項に示した 1～3 層用耐力壁の終局変形角 $1/30$ [rad] に対し、実験結果がどう対応するか確認した。目標耐力 30 [kN/m] 及び終局変形角 ($1/30$ rad) を満足する仕様に○を、いずれか未達成だが仕様変更で達成の見込みが有る仕様に△を印した。

目標耐力を達成し $1/30$ [rad] まで脆性的な破壊が生じなかった仕様は 24mm 合板を用いた仕様のみであった。MDF や構造用合板 12mm, 15mm を使った仕様は目標耐力を達成したが、 $1/30$ [rad] で脆性的な破壊が生じた。これらについては、多少の改良により靱性の向上が期待できると思われる。

表 2.7-3 に耐力壁試験と要素試験（接合具の一面せん断試験）による面材と接合具の組合せによる破壊性状を整理したものを示す。本事業での実験や参考文献からわかる破壊性状を示しているが、面材と接合具の組合せにより破壊性状の特性が決定する傾向にあるように推察される。

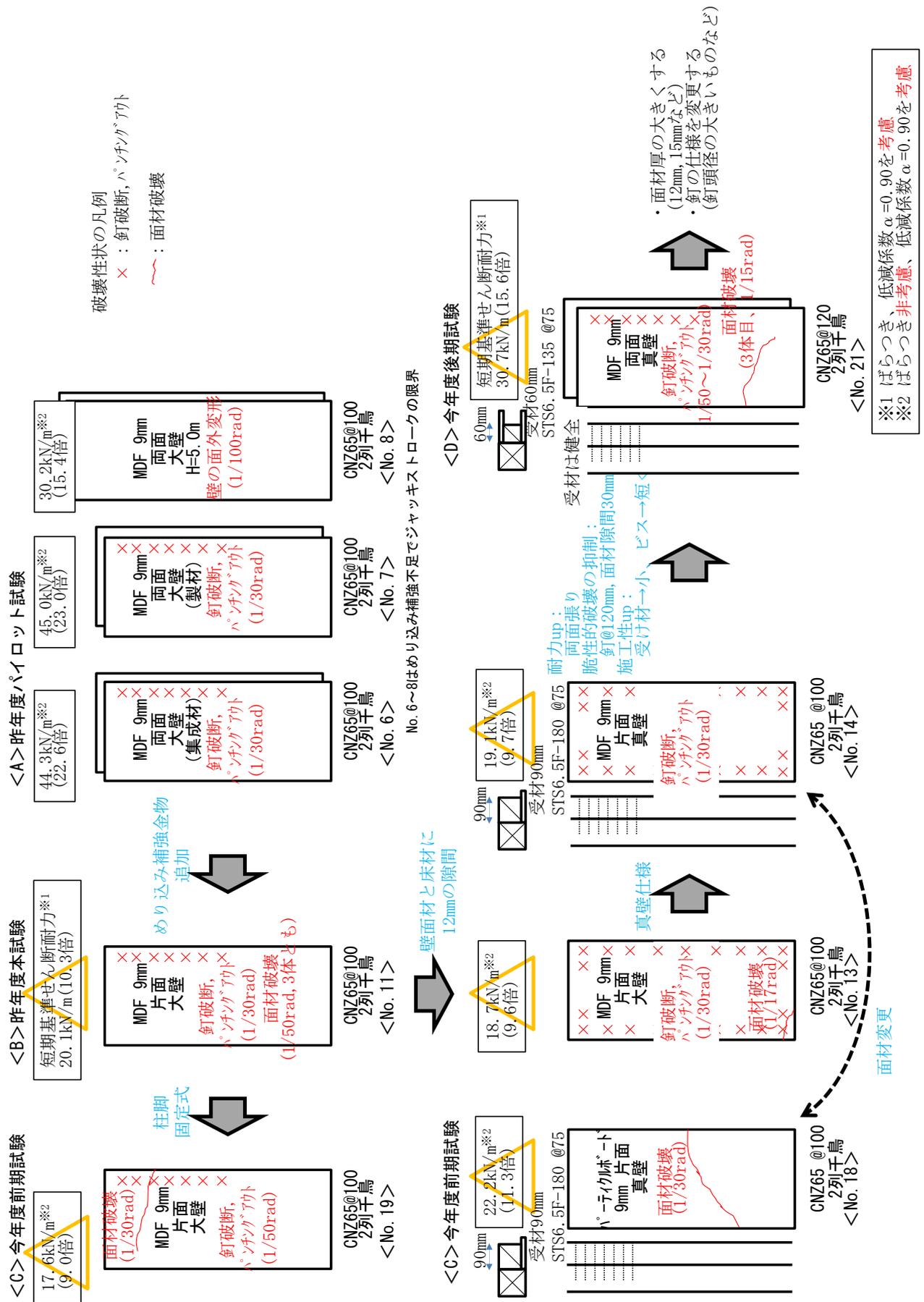


図 2.7-1 MDF、パーティクルボード系の耐力壁仕様の変遷

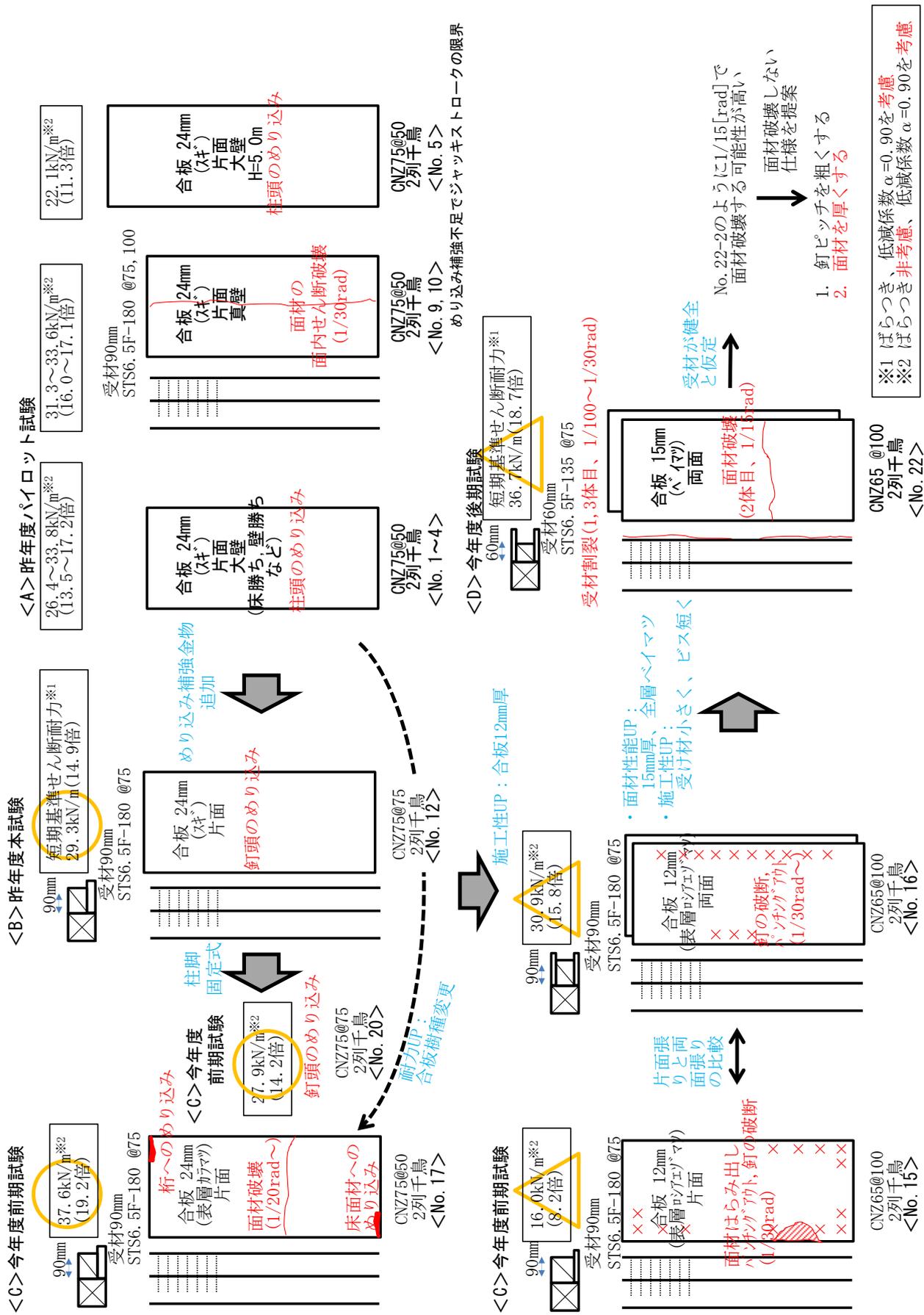


図 2.7-2 構造用合板系の耐力壁仕様の変遷

表 2.7-3 面材と釘の組合せによる破壊性状比較（壁試験・要素試験）

耐力壁

釘(胴径順)	合板		MDF	パーティ
	15mm(ベイマツ)	24mm(スギ)	9mm	9mm
N50 (2.75mm)			○: ??? 外周@75(4.3倍 告示) ?: 未確認 ex外周@75 2列千鳥	○: ??? 外周@75(4.3倍 告示) ?: 未確認 ex外周@75 2列千鳥
CN50 (2.87mm)			○: 枠材からの釘の抜け 外周@50(4.8倍 告示) ?: 未確認 ex外周@75 2列千鳥※	○: 枠材からの釘の抜け 外周@50(4.8倍 告示) ?: 未確認 ex外周@75 2列千鳥※
N65 (3.05mm)				
CN65 (3.33mm)	○: 釘頭のめり込み 外周@100 2列千鳥		×: パンチングアウト, 釘破断 外周@120 2列千鳥	×: パンチングアウト, 釘破断 外周@100 2列千鳥
N75 (3.40mm)			↓	↓
CN75 (3.76mm)	↓ 未確認だが、CN65でNGで あればCN75でも同様と推 察される	○: 釘頭めり込み 外周@75 2列千鳥	↓ 未確認だが、CN65でNGで あればCN75でも同様と推 察される	↓ 未確認だが、CN65でNGで あればCN75でも同様と推 察される

要素試験(単調加力)

釘(胴径順)	合板		MDF	パーティ
	15mm(ベイマツ)	24mm(スギ)	9mm	9mm
N50 (2.75mm)			△: 釘の引き抜け、 パンチングアウト	
CN50 (2.87mm)			△: 釘の引き抜け、 パンチングアウト	
N65 (3.05mm)				
CN65 (3.33mm)	×: パンチングアウト		×: 釘頭のめり込み、 釘の変形、 パンチングアウト※	×: 釘頭のめり込み、 釘の変形、 パンチングアウト
N75 (3.40mm)	↓		↓	↓
CN75 (3.76mm)	↓ 未確認だが、CN65でNGで あればCN75でも同様と推 察される	○: (釘頭めり込み)	↓ 未確認だが、CN65でNGで あればCN75でも同様と推 察される	↓ 未確認だが、CN65でNGで あればCN75でも同様と推 察される

※文献: 須藤竜大朗 他, MDF の構造利用に向けた釘一面せん断性能の把握(第一報), 木材学会誌 Vol. 65, No. 4, p. 201-211(2019)

2.8 次年度に向けての開発の方向性

前節に示した通り、当初予定していた1～3層用耐力壁の設定した目標耐力30[kN/m]に対し、実験で確認された仕様で設計可能と判断できる仕様は構造用合板24mmを用いたものであった。その他の仕様は目標耐力に届かなかったり、設定した終局変形角以前に脆性的に破壊した仕様も見られるが、これらは多少の改良により改善が見込められると思われる。

次年度は1～3層用耐力壁の仕様の追加、また4,5層用のより高倍率な耐力壁の開発が行われることが望まれる。

本節では、昨年度から開発してきた耐力壁の仕様とその改良点を示し、次年度以降の開発する耐力壁仕様の案を示す。

2.8.1 昨年度から開発した耐力壁

(1) 軸材及び面材の組合せ(タイロッド式)

昨年度及び今年度に耐力壁試験(本試験各仕様3体)にて性能を確認した4仕様を表2.8-1、表2.8-2に示す。

表 2.8-1 構造用MDFを用いた耐力壁仕様

試験体 No.	No. 11	No. 21
目標耐力	25.0 [kN/m]	30.0 [kN/m]
短期基準せん断耐力	20.1 [kN/m] ※ NG: 耐力不足	30.7 [kN/m] ※ OK: 耐力満足
壁仕様	大壁	真壁
床仕様	床勝ち	床勝ち
壁高さ	3.8m	3.8m
柱頭仕様	めり込み補強金物	めり込み補強金物 (ドリフトピン)
柱脚仕様	めり込み補強金物	めり込み補強金物
壁面材	構造用MDF、曲げ強度区分30タイプ t=9mm、片面 CNZ65@100×2列千鳥	構造用MDF、曲げ強度区分30タイプ t=9mm、両面 CNZ65@120×2列千鳥
柱	120mm×120mm、ヒノキ製材	120mm×120mm、ヒノキ集成材
柱側受け材	—	102mm×60mm、ヒノキ製材 STS6.5F-135@75
横架材側受け材	120mm×90mm、ヒノキ製材 STS6.5F-180@75	102mm×90mm、ヒノキ製材 STS6.5F-180@75
間柱	120×45mm、ヒノキ製材	102×45mm、ヒノキ製材
中棧	—	—
主な破壊性状	NG: <u>面材の面内せん断破壊</u> (1/50rad) →面材と土台の接触が要因か	NG: <u>パンチングアウト、釘の破断</u> (1/50～1/30rad) →面材と釘の組合せが要因か

※ばらつき係数及び低減係数 $\alpha=0.90$ を考慮

表 2.8-2 構造用合板を用いた耐力壁仕様

試験体 No.	No. 1	No. 2
目標	30.0 [kN/m]	30.0 [kN/m]
短期基準せん断耐力	29.3 [kN/m] ※ OK: 耐力ほぼ満足	36.7 [kN/m] ※ OK: 耐力満足
壁仕様	真壁	真壁
床仕様	床勝ち	床勝ち
壁高さ	3.8m	3.8m
柱頭仕様	めり込み補強金物	めり込み補強金物 (ドリフトピン)
柱脚仕様	めり込み補強金物	めり込み補強金物
壁面材	構造用合板、特類 2 級 全層スギ、t=24mm、片面 CNZ75@75×2 列千鳥	構造用合板、特類 1 級 全層ベイマツ、t=15mm、両面 CNZ65@100×2 列千鳥
柱	120mm×120mm、ヒノキ集成材	120mm×120mm、ヒノキ集成材
柱側受け材	96mm×90mm、ヒノキ集成材 STS6.5F-180@75	90mm×60mm、ヒノキ製材 STS6.5F-135@75
横架材側受け材	96mm×90mm、ヒノキ集成材 STS6.5F-180@75	90mm×90mm、ヒノキ製材 STS6.5F-180@75
間柱	96mm×45mm、ヒノキ集成材	90mm×45mm、ヒノキ製材
中棧	96mm×120mm、ヒノキ集成材	90mm×120mm、ヒノキ製材
主な破壊性状	OK: 釘頭のめり込み	NG: 柱側受け材の割れ (1/100~1/30rad) →材料の品質管理が要因か

※ばらつき係数及び低減係数 $\alpha = 0.90$ を考慮

2.8.2 次年度以降の耐力壁開発の方針

(1) 1～3 層用(目標耐力 30kN/m)耐力壁の具体案

これまでの成果として設計可能と判断できる仕様が 24mm 構造用合板を用いた 1 仕様のみであった。次年度以降、1～3 層用の目標耐力を達成できる仕様追加が望まれる。

これまでの実験の結果や文献などを考慮し、表 2.8-3 に示す耐力壁仕様を提案する。仕様提案にあたり、以下のことに留意した。

- ・真壁仕様は、柱側受け材が材の品質のばらつきにより破壊しないよう LVL を提案する。
- ・真壁仕様は、柱と柱側受け材がずれないようにビスを@75mm×2 列千鳥とした。
- ・構造用 MDF を用いた案 1、2 はパンチングアウトや釘の破断が生じないような仕様として、MDF の告示仕様 (表 2.8-6) や釘の一面せん断試験結果 (表 2.7-3) を参考に、面材釘を N50@75mm×2 列千鳥 (告示 4.3 倍の 4 倍の釘量) とした。面材を厚くすることでパンチングアウトを抑制できるが、構造用 MDF は 9mm 厚のみであるため変更なしとした。
- ・真壁仕様の柱側受け材の施工性が良くないことを考慮し、真壁仕様より安定して性能が期待できる大壁仕様も併せて提案した。

表 2.8-3 1～3 層用耐力壁の仕様一覧 (案)

試験体 No.	案 1	案 2	案 3	案 4
目標耐力	32.0 [kN/m]	32.0 [kN/m]	40 [kN/m]	40 [kN/m]
壁仕様	大壁	真壁	大壁	真壁
床仕様	両側床勝ち	床勝ち	両側床勝ち	床勝ち
壁高さ	3.8m		3.8m	
柱頭仕様	めり込み補強金物		めり込み補強金物	
柱脚仕様	めり込み補強金物		めり込み補強金物	
壁面材	MDF、曲げ強度区分 30 タイプ t=9mm、両面 N50@75×2 列千鳥		構造用合板、特類 1 級 全層ベイマツ、t=15mm、両面 CNZ65@100×2 列千鳥	
柱	120mm×120mm、ヒノキ集成材		120mm×120mm、ヒノキ集成材	
受材	120×90 (床側) ヒノキ集成材 STS6.5F-180@75	102×60 LVL STS6.5F-135@75× 2 列千鳥 →要素試験先行 結果を基にピッチ決定	120×90 (床側) ヒノキ集成材 STS6.5F-180@75	90×60 LVL STS6.5F-135@75× 2 列千鳥 →要素試験先行 結果を基にピッチ決定
間柱	120×45 ヒノキ集成材	102×45 ヒノキ集成材	120×45 ヒノキ集成材	90×45 ヒノキ集成材
中棧	—	—	120×120 ヒノキ集成材	90×120 ヒノキ集成材
面材と横架材の隙間	30mm	30mm	30mm	30mm
面材と柱の隙間	—	10mm	—	10mm

(2) 4,5 層用(目標耐力 50~60kN/m)耐力壁の具体案

4,5 層用耐力壁の開発に当たり、以下の内容を考慮した。

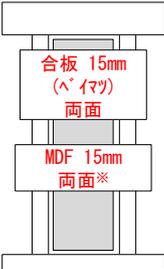
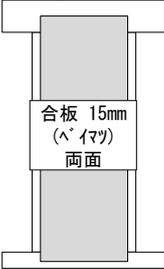
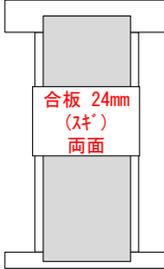
<これまでのように在来軸組工法を基に仕様決定する場合>

- ・より高倍率になると軸材などの破壊が懸念されるため、一般住宅用の流通材で設計するには3層まで(15倍相当まで)が限界と思われる。
- ・より高倍率(4,5層)な耐力壁を開発するには、各構成部材はより大きな断面とする必要がある。
- ・真壁の場合、より高倍率になると受け材を留め付けるビスの本数が過剰となり現実的でない。
- ・受け材を留め付けるビスの本数が過剰となるため、柱や受け材の脆性的な破壊が生じる可能性がある。
 - 真壁仕様の場合、受け材を介さないで面材を留め付けるディテールが求められる。
- ・MDF, パーティクルボード系を用いる場合は面材や釘が脆性的な破壊をしないような仕様とする。
 - 面材を厚くする、釘ピッチを粗くする、釘の仕様を変更する(釘頭大きく)など。
- ・合板を用いる場合は、面材厚さを大きくしてせん断応力度に余裕ができるようにする。

<CLT パネルなどを基に仕様決定する場合>

- ・厚物合板の両面張りにし、釘ピッチを粗くするなどして脆性的な破壊を防ぐと共に、接合金物で安定して耐力が決定する仕様と考えられる。

表 2.8-4 次年度の耐力壁仕様比較

	在来軸組工法	高倍率、高階高耐力壁		高層 60倍
	1~2階建て ~5倍程度	1~3階建て 10~15倍程度	4,5階建て 20~25倍程度	
真壁	 <p>合板7.5mm以上 両面 N50@150</p> <p>※告示仕様</p>	<p>桁:120×360(ﾊﾞｲｯﾌﾟ)</p>  <p>合板 15mm (ﾊﾞｲｯﾌﾟ) 両面</p> <p>MDF 15mm 両面※</p> <p>柱:120×120(ﾋﾞｷ)</p>	<p>桁:240×420以上</p>  <p>合板 24mm (ｽｷﾞ) 両面</p> <p>受材:断面、樹種について要検討</p> <p>柱:240×240以上</p>	 <p>CLTパネル 厚90mm 柱と面材の一体化</p>
大壁	 <p>合板7.5mm以上 両面 N50@150</p> <p>※告示仕様</p>	<p>桁:120×360(ﾊﾞｲｯﾌﾟ)</p>  <p>合板 15mm (ﾊﾞｲｯﾌﾟ) 両面</p> <p>柱:120×120(ﾋﾞｷ)</p>	<p>桁:240×420以上</p>  <p>合板 24mm (ｽｷﾞ) 両面</p> <p>柱:240×240以上</p>	—

以上のような内容を踏まえ、表 2.8-5 のような試験体を提案する。

- ・目標耐力を 50~60[kN] と設定した。
- ・真壁仕様（受材あり）はあまり現実的ではないため、図 2.8-1 に示すように柱や土台、桁を切欠いた部分に壁面材をはめ込み、留付けるような仕様を提案した。
- ・構造用 MDF9mm 厚では耐力に期待が出来ないため、15mm 厚のものを提案した（JAS A 5905-2014 に規定される構造用 MDF は 9mm 厚のみである）。

表 2.8-5 4,5 層用耐力壁の仕様一覧（案）

試験体 No.	案 5	案 6
目標耐力	50~60 [kN/m]	50~60 [kN/m]
壁仕様	真壁（軸材切欠き）	真壁（軸材切欠き）
床仕様	床勝ち	床勝ち
壁高さ	3.8m	3.8m
柱頭仕様	めり込み補強金物	めり込み補強金物
柱脚仕様	めり込み補強金物	めり込み補強金物
壁面材	構造用合板、特類 2 級 全層スギ、t=24mm、両面 CNZ75@75 2 列千鳥	MDF t=15mm、両面 CNZ65@120 2 列千鳥 →要素試験を実施の後、仕様を決定
柱	240mm×240mm、ヒノキ集成材	240mm×240mm、ヒノキ集成材
受材	—	—
面材と横架材の隙間	30mm	30mm
面材と柱の隙間	10mm	10mm

※各部材の断面寸法については要検討

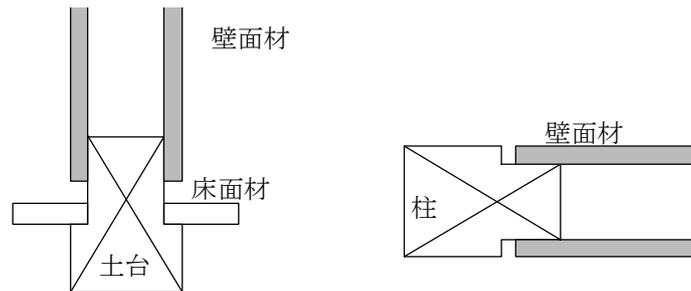


図 2.8-1 各部材の納まり

表 2.8-6 MDF・パーティクルボードを用いた耐力壁の告示仕様一覧

木造軸組工法			
大壁			
面材の種類	倍率	釘	釘の間隔
構造用MDF	4.3	N50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
構造用パーティクルボード	4.3	N50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
構造用MDF	2.5	N50	15cm以下
構造用パーティクルボード	2.5	N50	15cm以下
パーティクルボード	2.5	N50	15cm以下
ハードボード	2.0	N50	15cm以下
シージングボード	1.0	SN40	外周部:10cm以下 その他:20cm以下

木造軸組工法			
床勝ち大壁			
面材の種類	倍率	釘	釘の間隔
構造用MDF	4.3	N50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
構造用パーティクルボード	4.3	N50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
構造用MDF	2.5	N50	15cm以下
構造用パーティクルボード	2.5	N50	15cm以下
パーティクルボード	2.5	N50	15cm以下

木造軸組工法			
真壁、床勝ち真壁			
面材の種類	倍率	釘	釘の間隔
構造用MDF	4.0	N50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
構造用パーティクルボード	4.0	N50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
構造用MDF	2.5	N50	15cm以下
構造用パーティクルボード	2.5	N50	15cm以下
パーティクルボード	2.5	N50	15cm以下

枠組壁工法			
たて枠間隔50cm以内			
面材の種類	倍率	釘	釘の間隔
構造用MDF	4.8	CN50 CNZ50	外周部:5cm以下 その他:20cm以下
構造用パーティクルボード	4.8	CN50 CNZ50	外周部:5cm以下 その他:20cm以下
構造用MDF	3.0	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
構造用パーティクルボード	3.0	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下

枠組壁工法			
たて枠間隔50cm以内			
面材の種類	倍率	釘	釘の間隔
パーティクルボード	3.0	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
ハードボード	3.0	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
ハードボード	2.5	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
シージングボード	1.0	SN40	外周部:10cm以下 その他:20cm以下

枠組壁工法			
たて枠間隔50cm超			
面材の種類	倍率	釘	釘の間隔
パーティクルボード	3.0	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
ハードボード	3.0	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
ハードボード	2.5	CN50 CNZ50 BN50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
シージングボード	1.0	SB40	外周部:10cm以下 その他:20cm以下

表 2.8-7 構造用合板を用いた耐力壁の告示仕様一覧

木造軸組工法			
大壁・大壁床勝ち			
合板の厚さ,等級	倍率	釘	釘の間隔
9mm以上・1,2級	3.7	CN50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
5mm以上・1,2級	2.5	N50	外周部:15cm以下 その他:15cm以下

木造軸組工法			
真壁・真壁床勝ち			
合板の厚さ,等級	倍率	釘	釘の間隔
9mm以上・1,2級	3.3	CN50	外周部:7.5cm以下 その他:15cm以下
7.5mm以上・1,2級	2.5	N50	外周部:15cm以下 その他:15cm以下

枠組壁工法			
たて枠間隔50cm以内			
合板の厚さ,等級	倍率	釘	釘の間隔
12mm以上・1,2級	4.8	CN65 CNZ65	外周部:5cm以下 その他:20cm以下
	4.5	CN65 CNZ65	外周部:7.5cm以下 その他:20cm以下
	3.6	CN65 CNZ65	外周部:10cm以下 その他:20cm以下
9mm以上・1,2級	3.7	CN50 CNZ50	外周部:5cm以下 その他:20cm以下

枠組壁工法			
合板の厚さ,等級			
倍率	釘	釘の間隔	
3.5	CN50 CNZ50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下	9mm以上・1級
			9mm以上・2級
3.0	CN50 CNZ50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下	7.5mm以上9mm未満 1級
			7.5mm以上9mm未満 2級
2.5	CN50 CNZ50	外周部:10cm以下 その他:20cm以下	

2.9 試験成績書

耐力壁試験の試験成績書を次頁以降に添付する。

- ・ 依 R02-34-1 : 耐力壁の無載荷式 (No19、No20)
- ・ 依 R02-34-2 : 耐力壁のタイロッド式 (No13~No18)
- ・ 依 R02-51 : 本試験耐力壁のタイロッド式 (No21、No22)

