

試験番号：II J-11-0035(1)

受付日：平成23年10月28日

報告日：平成24年 3月23日

木造軸組耐力壁（壁長さ 455mm）の
面内せん断試験
[商品名：タフボード]
報 告 書

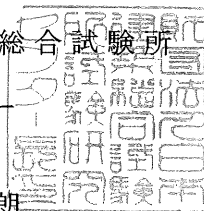
試験結果は、本報告のとおりであることを証明します。

財団法人 日本建築総合試験所

試験研究センター

センター長

工学博士 井上 一郎



技術管理者

構造要素試験室長

完山 利行



1. 一般事項

- (1) 試験名称 : 木造軸組耐力壁（壁長さ455mm）の面内せん断試験
[商品名：タフボード]
- (2) 依頼者 : (会社名) 長期優良住宅耐震システム研究会 株式会社 アクト
(所在地) 大阪府堺市美原区平尾2392
- (3) 試験実施期間 : 平成23年11月1日

2. 試験体

- (1) 試験体の形状・寸法 : 図-1.1*~図-1.3*
- (2) 試験体数 : 3体
- (3) パネルの仕様 : 表-1.1*
- (4) 軸組構成部材の仕様 : 表-1.2*
- (5) 軸組およびパネルに用いる接合具の仕様 : 表-1.3*
- (6) 接合部に用いる接合金物および接合具の仕様 : 表-1.4*

備考：試験体構成部材の加工および試験体の組み立ては依頼者により行われた。

※：依頼者の提出資料による。

3. 試験方法

試験は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）、第6章試験方法と評価方法、PP.563~592」（（財）日本住宅・木材技術センター）に準じて行った。

以下に試験方法の概要を示す。

(1) 試験装置

試験装置を図-2に示す。

(2) 試験体の設置方法

鋼製土台と試験体下部の土台を M16 ボルトで固定し、その前後にストッパーを取り付けて水平移動を拘束した。なお、柱脚部に取り付けたホールダウン金物と鋼製土台との緊結は手締め程度とした。試験体の面外への振れ止めは、横架材を両側からローラーで挟みつける方法により行った。

(3) 荷重方法

最大容量 200kN のオイルジャッキを用いて、加力治具を介して横架材に水平力を加える方法により行った。荷重値の検出には最大容量 50kN のロードセルを用いた。

(4) 荷重履歴

荷重履歴は、見かけのせん断変形角 γ が 1/50rad までの正負交番繰り返し加力の後に、正加力方向に荷重が最大耐力の 80%以下に低下するか、または見かけのせん断変形角 γ が 1/15rad 以上に達するまでの加力とした。正負交番繰り返し加力は見かけのせん断変形角 γ が 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50rad の同一変形段階で3回ずつ行った。

(5) 変位量の測定方法

試験体各部の変位量の測定には、図-2に示す位置に設置した変位計を用いた。

4. 試験結果

試験結果を以下の表および図に示す。

- ・ 主な発生現象 ----- 図-3
- ・ 試験結果の一覧および試験体の破壊状況 ----- 表-2
- ・ $P-\gamma$ 関係の包絡線（試験体相互の比較） ----- 図-4

上記試験結果中に示した記号の定義を [付録1] に、短期基準せん断力および壁倍率の算定方法を [付録2] に示す。

5. 試験結果のまとめ

5.1 破壊状況

図-3に示すように、いずれの試験体も $\gamma=+16.3\sim 34.5\times 10^{-3}\text{rad}$ 時に土台の割り裂きが生じた。試験体No.1およびNo.2では、 $\gamma=+103\sim 112\times 10^{-3}\text{rad}$ 時に、合板の割れが生じて荷重が低下した。試験体No.3は、試験終了時（ $\gamma=+105\times 10^{-3}\text{rad}$ ）まで荷重の低下は認められなかった。

5.2 壁倍率

表-2に示すように、短期基準せん断耐力 P_0 （6.41kN）は $PI20$ で決定し、 $\alpha=1$ （考えられる耐力低下の要因を評価する係数）とした場合の壁倍率は3.5となった。なお、壁長さは2枚の耐力壁長さの合計（ $455\times 2=910\text{mm}$ ）とした。

以 上

構造部 構造要素試験室

試験責任者 今 西 達 也

試験担当者 福 森 大 造

[付録1] 記号の定義

・荷重： P (kN)

・見かけのせん断変形角： γ (rad)

$$\gamma = \frac{\delta 1 - \delta 2}{H} - \theta_b$$

ここに、 $H=3065.5\text{mm}$

・脚部のせん断変形角（回転角）： $\theta 1, \theta 2$ (rad)

$$\theta 1 = \frac{\delta 5 - \delta 6}{V} - \theta_b \quad [\text{非加力側}]$$

$$\theta 2 = \frac{\delta 7 - \delta 8}{V} - \theta_b \quad [\text{加力側}]$$

ここに、 $V=455\text{mm}$

・真のせん断変形角： $\gamma_0 1, \gamma_0 2$ (rad)

$$\gamma_0 1 = \gamma - \theta 1 \quad [\text{非加力側}]$$

$$\gamma_0 2 = \gamma - \theta 2 \quad [\text{加力側}]$$

・鋼製土台の回転角： θ_b (rad)

$$\theta_b = \frac{\delta 3 - \delta 4}{V'}$$

ここに、 $V'=1820\text{mm}$

ただし、 $\delta 1 \sim \delta 8$ は図-2に示す位置に設置した変位計D. T. 1～D. T. 8の読みを示す。
なお、 $\delta 1, \delta 2$ は正加力方向を、 $\delta 3 \sim \delta 8$ は浮き上がる方向を正とする。

[付録2] 短期基準せん断耐力および壁倍率

短期基準せん断耐力および壁倍率の算定は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）、第6章試験方法と評価方法、PP.563～592」（(財)日本住宅・木材技術センター）に準じて行った。以下に算定方法の概要を示す。

(1) 短期基準せん断耐力の算定

短期基準せん断耐力 P_o は、下記の(1)～(4)の耐力の平均値に、それぞればらつき係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする。

$$(1) P_y \quad (2) 0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{2\mu - 1} \quad (3) (2/3) \cdot P_{max} \quad (4) P_{120}$$

ここで、 P_y ：降伏耐力、 P_u ：終局耐力、 μ ：塑性率、 P_{max} ：最大耐力、 P_{120} ：見かけのせん断変形角 $\gamma = 1/120 \text{rad}$ 時の耐力

ばらつき係数は、母集団を正規分布とみなし、信頼水準75%の50%下側許容限界とし、下式により算定する。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k \quad \text{【} CV \text{：変動係数、} k (=0.471) \text{：試験体数}(n=3) \text{に依存する定数】}$$

【降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 及び塑性率 μ の求め方】

上記の降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 、最大耐力 P_{max} 及び塑性率 μ 等は、荷重-変形角曲線の終局加力を行った側の包絡線より、下記の手順で求める。

- 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ第I直線を引く。
- 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ第II直線を引く。
- 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。
- 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。
- 第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変形角 γ_y とする。
- 原点と (γ_y, P_y) を結ぶ直線を第V直線とし、それを初期剛性 K と定める。
- 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形角 γ_u と定める。
- 包絡線と X 軸及び $X = \gamma_u$ で囲まれる面積を S とする。
- 第V直線と $X = \gamma_u$ 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 軸に平行な第VI直線を引く。
- 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、そのときの変形角を完全弾塑性モデルの降伏点変形角 γ_v とする。
- (γ_u / γ_v) を塑性率 μ とする。
- 試験体の変形角が $1/15 \text{rad}$ を超えても最大荷重に達しない場合には、 $1/15 \text{rad}$ の荷重を P_{max} とする。

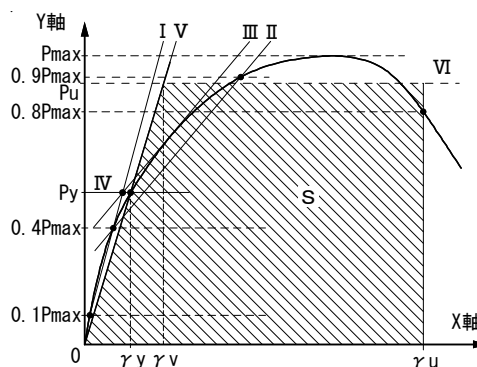


図-A

(2) 壁倍率の算定

壁倍率は、下式により算定する。

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

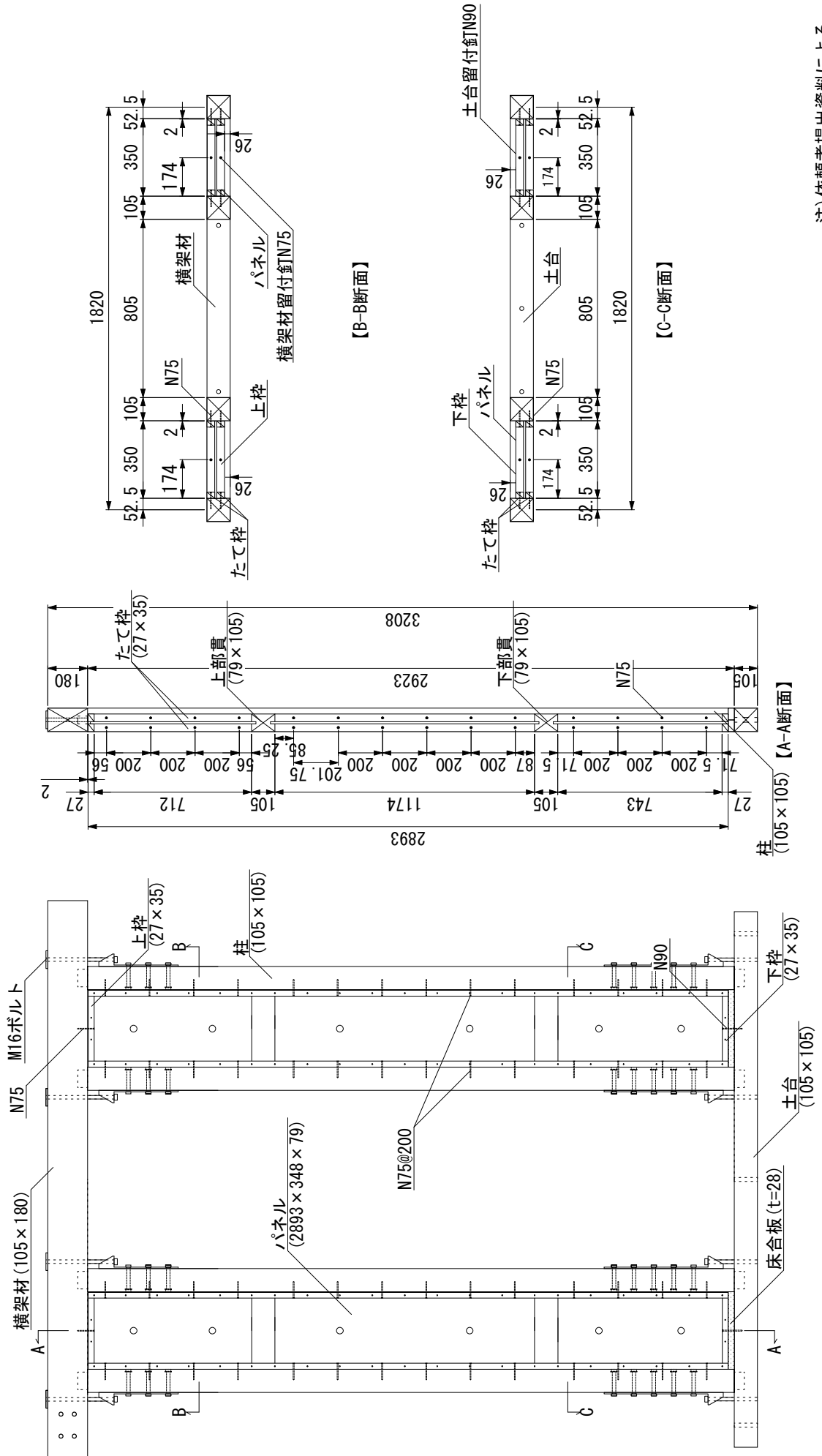
ここで、 P_a ：短期許容せん断耐力 (kN) [= $P_o \times \alpha$]

α ：考えられる耐力低下の要因を評価する係数

1.96：壁倍率=1を算定する数値 (kN/m)

L ：壁長さ (m)

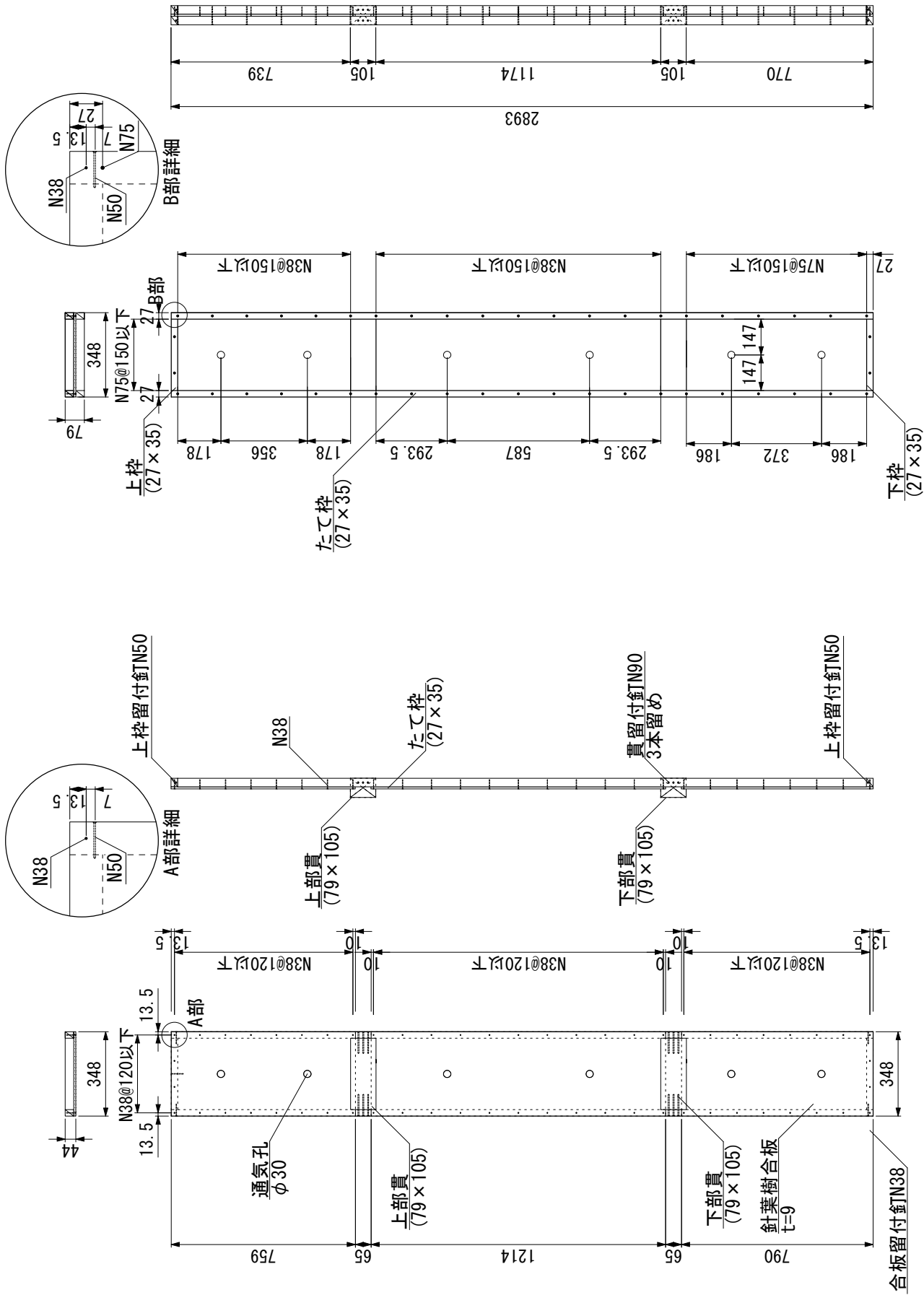
ただし、算出された数値は、原則として0.1毎に端数を切り捨てる。



注) 依頼者提出資料による

(寸法単位:mm)

図-1.2 パネルの留付状況



【内枠と貫、合板組立図】

【外枠、間柱組立図】

図-1.3 パネルの形状・寸法

注) 依頼者提出資料による
 (寸法単位:mm)

表-1.1 パネルの仕様

一般名		構造用合板はめ込みパネル			
商品名		タフボード			
寸法		348×2893×79mm			
合板	規格	JAS構造用合板（特類2級，積層数：3，C-D）			
	樹種	カラマツ			
	寸法	348×759×9mm，348×1214×9mm，348×790×9mm			
	製造所	湖北ベニヤ(株)本社工場			
枠材	種類	すぎ製材			
	規格 [産地]	JAS構造用製材乙種3級 [宮崎県産]			
	断面形状寸法	□-27×35mm			
	製造所 [加工所]	木脇産業(株)			
貫	種類	すぎ製材			
	規格 [産地]	JAS構造用製材乙種3級 [宮崎県産]			
	断面形状寸法	□-79×105mm (溝：幅9.2mm，深さ20mm)			
	製造所 [加工所]	木脇産業(株)			
取り付ける部材	種類	間隔	規格・材質等	製造所	釘打ち機
合板-枠材	鉄丸くぎ N38 商品名：日立ロール釘打ち機用 針金連結釘VS2138MU	150mm	JIS A 5508 (JIS認証番号 TCCN06005)	日立工機 (株)	型式：890S (MAX(株))
たて枠-上下枠	鉄丸くぎ N50 商品名：日立ロール釘打ち機用 針金連結釘VS2850JU	2本 (木口打ち)			
枠材-合板-枠材	鉄丸くぎ N75 商品名：日立ロール釘打ち機用 針金連結釘VS3475JU	150mm			
たて枠-貫	鉄丸くぎ N90 商品名：日立ロール釘打ち機用 針金連結釘VS3890JU	3本 (木口打ち)			

表-1.2 軸組構成部材の仕様

部位	使用材料	断面寸法 (mm)	規格 [産地]	製造所
柱、土台	すぎ製材	□-105×105	JAS構造用製材乙種3級 [宮崎県産]	木脇産業(株)
横架材	べいまつ製材	□-105×180	JAS機械等級区分 E=110以上	中国木材(株)
床合板	針葉樹	厚さ28mm	JAS構造用合板特類2級	島根合板(株)

表-1.3 軸組およびパネルに用いる接合具の仕様

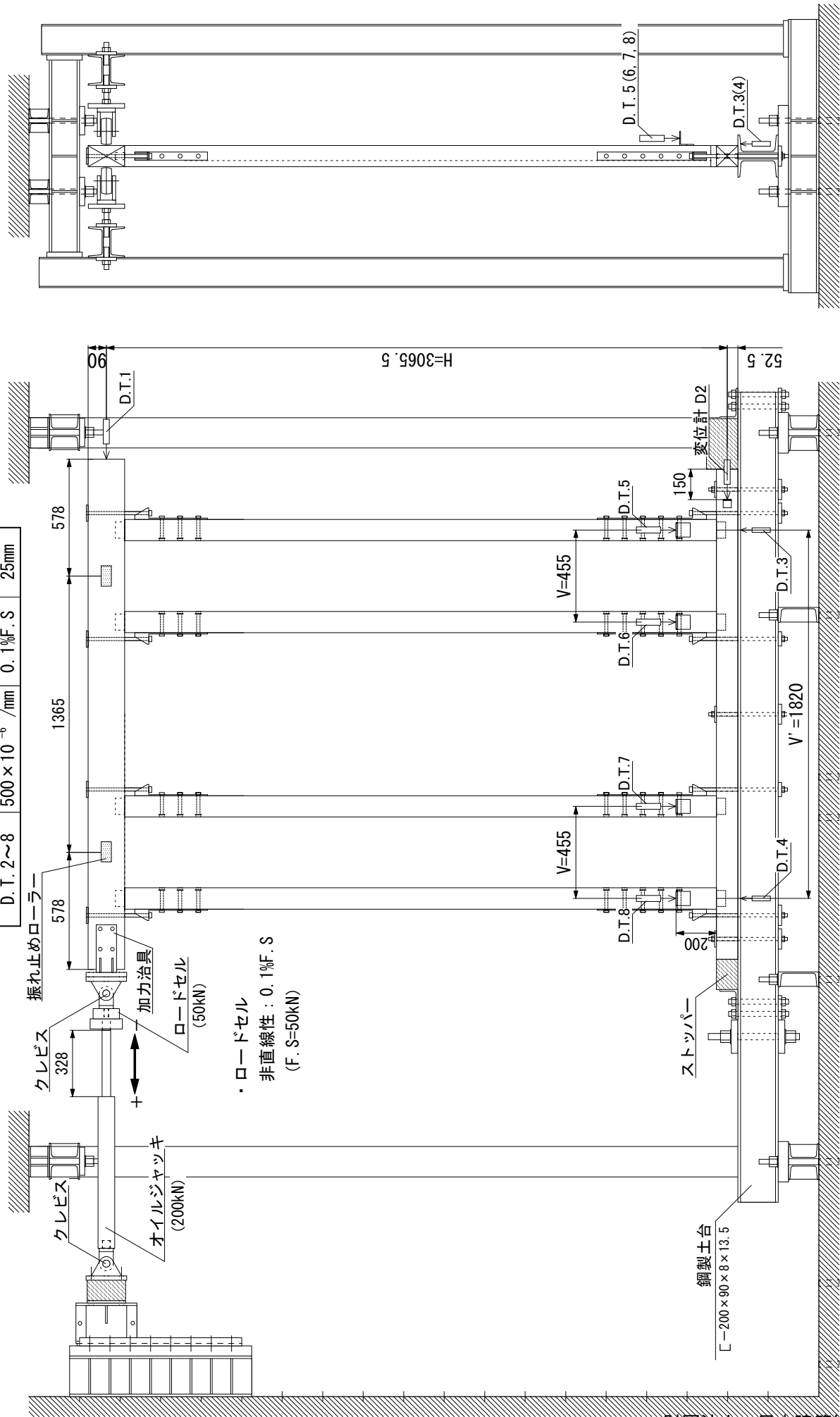
取り付ける部材	種類	間隔	規格・材質等	製造所	釘打ち機
たて枠-柱 上枠-横架材	鉄丸くぎ N75 商品名：日立ローレル釘打ち機用 針金連結釘VS3475JU	200mm	JIS A 5508 (JIS認証番号 TCCN06005)	日立工機 (株)	型式：890S (MAX(株))
床合板-土台		150mm			
下枠-土台	鉄丸くぎ N90 商品名：日立ローレル釘打ち機用 針金連結釘VS3890JU	200mm			

表-1.4 接合部に用いる接合金物および接合具の仕様

接合部位		種類		記号等*	規格・材質等	製造所	
柱- 横架材	仕口	短ほぞ		—	—	—	
	接合具	鉄丸くぎ		N90(2本)	SS400[JIS G 3101]	(株)コクサイ	
	接合金物	ホールダウン金物		S-HD15(1個)	Zマーク表示金物	(株)久保製作所	
	接合具	柱側	六角ボルト		M12×L125(3本)	Zマーク表示金物	(株)久保製作所
		横架材側	両ねじボルト		M16×L400	SS400[JIS G 3101]	市川鋳螺製作所
角座金			80×80×9	Zマーク表示金物	(株)ダイドーハント		
柱-土台	仕口	短ほぞ		—	—	—	
	接合具	鉄丸くぎ		N90(2本)	SS400[JIS G 3101]	(株)コクサイ	
柱- 鋼製土台	接合金物	ホールダウン金物		S-HD25(1個)	Zマーク表示金物	(株)久保製作所	
	接合具	柱側	六角ボルト		M12×L125(5本)	Zマーク表示金物	(株)久保製作所
		鋼製土台側	全ねじボルト		M16×L400	SS400[JIS G 3101]	市川鋳螺製作所
土台- 鋼製土台	接合具	両ねじボルト		M16×L400	Zマーク表示金物	(株)ダイドーハント	
		角座金		80×80×9	Zマーク表示金物	(株)ダイドーハント	

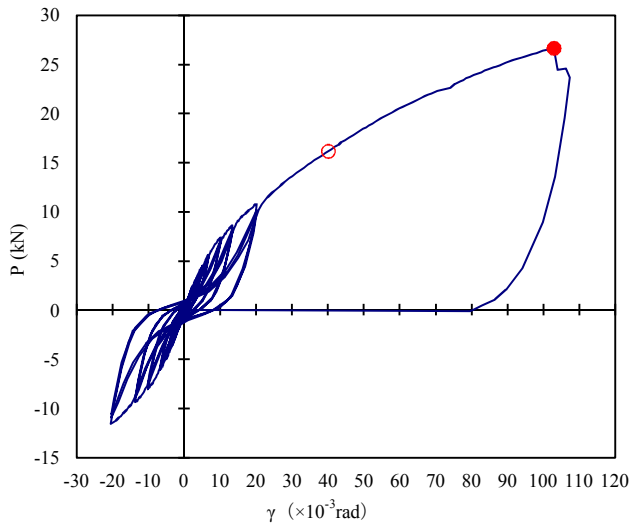
注)※：記号等の欄には、型番（商品名）またはサイズを示す。

変位計	感度	非直線性	F.S.
D.T.1	$50 \times 10^{-6} / \text{mm}$	0.3%F.S	200mm
D.T.2~8	$500 \times 10^{-6} / \text{mm}$	0.1%F.S	25mm



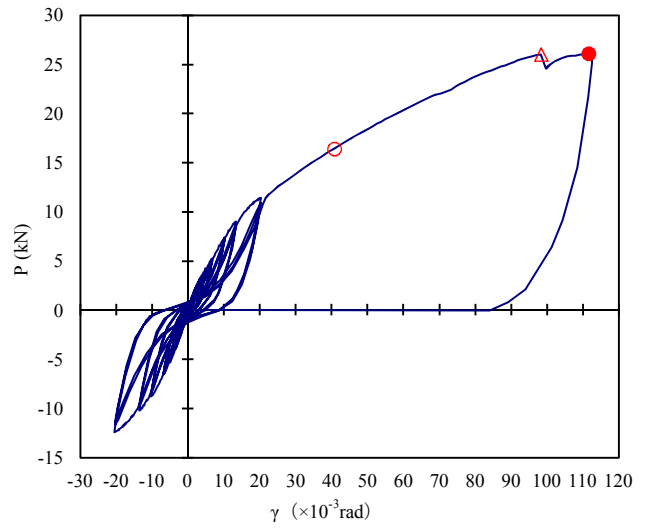
(寸法単位: mm)

図-2 試験装置



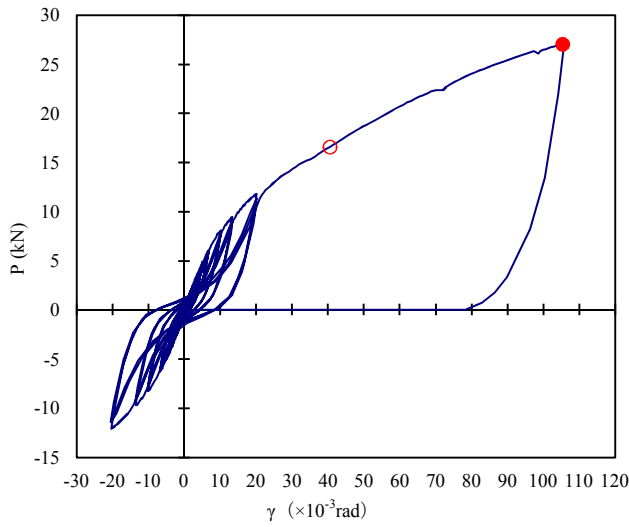
図中記号	サイクル数	P (kN)	γ (x10 ⁻³ rad)	発現現象
○	22	16.2	40.1	①
●	22	26.7	103	Pmax

(a) 試験体 : No. 1



図中記号	サイクル数	P (kN)	γ (x10 ⁻³ rad)	発現現象
○	22	16.4	40.8	①
△	22	26.0	98.3	②
●	22	26.1	112	Pmax

(b) 試験体 : No. 2



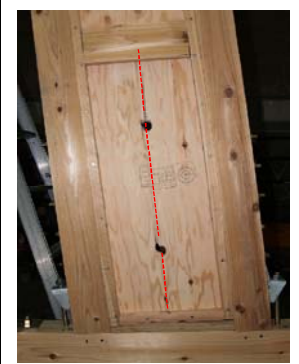
図中記号	サイクル数	P (kN)	γ (x10 ⁻³ rad)	発現現象
○	22	16.6	40.5	①
●	22	27.1	105	Pmax

(c) 試験体 : No. 3

注) 表中の発現現象番号の定義を以下に示す。
(Pmax:最大荷重時)



①: パネルたて枠および下枠の浮き上がり



②: 合板の割れ(赤線部分)

図-3 主な発現現象

表-2 試験結果の一覧および試験体の破壊状況

(a) 各試験体の試験結果						
			試験体			
			No.1	No.2	No.3	
(1)	P_y	(kN)	10.2	10.1	10.3	
(2)	$0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{2\mu-1}$	(kN)	6.40	6.80	7.02	
(3)	$(2/3) \cdot P_{max}$	(kN)	14.5	14.4	14.6	
(4)	P120	(kN)	6.52	6.24	7.10	
	P_{max}	(kN)	21.7	21.6	21.9	
	P_u	(kN)	18.0	17.4	17.8	
	K	($\times 10^3$ kN/rad)	0.56	0.63	0.65	
	μ	(-)	2.08	2.40	2.45	
	$1/\sqrt{2\mu-1}$	(-)	0.56	0.51	0.51	
	γ_y	($\times 10^{-3}$ rad)	18.2	16.1	15.7	
	γ_v	($\times 10^{-3}$ rad)	32.1	27.8	27.2	
	γ_u	($\times 10^{-3}$ rad)	66.7	66.7	66.7	
	γ_{po}	($\times 10^{-3}$ rad)	8.16	8.59	7.34	
	γ_{oy}	($\times 10^{-3}$ rad)	16.3	14.7	14.0	
破壊状況			A,B	A,B	A	

(b) 壁倍率の算出結果							
		平均値 (kN)	変動係数 CV	ばらつき 係 数	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率
(a)	P_y	10.2	0.010	0.995	10.2	6.41	3.5
(b)	$0.2 \cdot P_u \cdot \sqrt{2\mu-1}$	6.74	0.047	0.978	6.59		
(c)	$(2/3) \cdot P_{max}$	14.5	0.007	0.997	14.4		
(d)	P120	6.62	0.066	0.969	6.41		

注) 破壊状況の記号の定義を以下に示す

- A : パネルたて枠および下枠の浮き上がり
- B : 合板の割れ

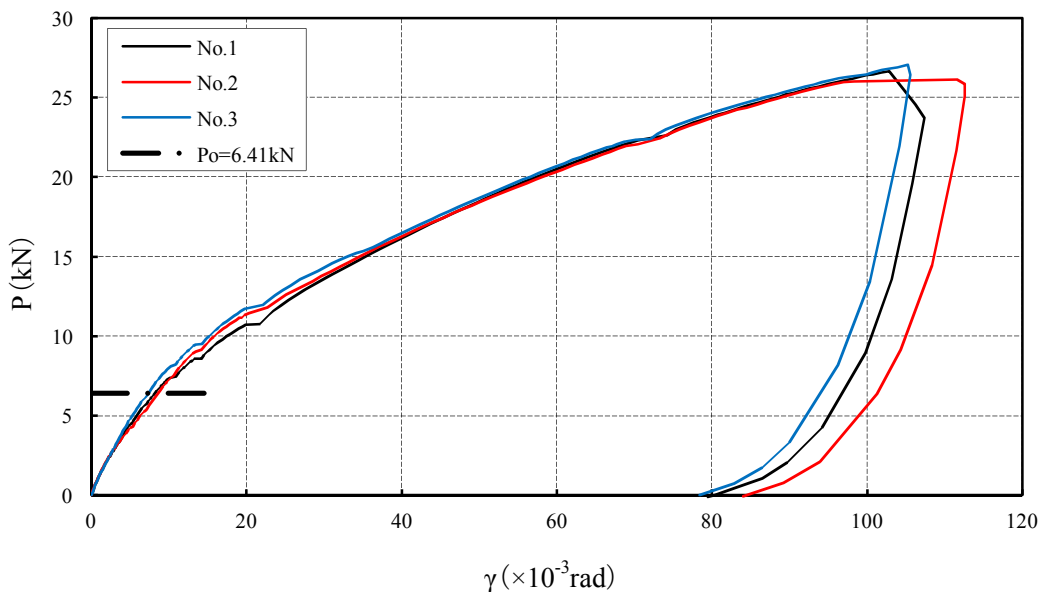


図-4 P- γ 関係の包絡線(試験体相互の比較)

資料 試験データ集

1. 試験結果の一覧

- ・所定変形時における1回目と3回目の荷重比 ----- 付表-1
- ・軸組の寸法測定結果 ----- 付表-2.1
- ・パネルの寸法測定結果 ----- 付表-2.2
- ・ $P-\gamma$ 関係 ----- 付図-1
- ・ $P-\gamma, \theta_i, \gamma_{oi}$ 関係 ----- 付図-2.1~付図-2.3
- ・ $P-\gamma$ 関係の包絡線 (諸量の評価) ----- 付図-3

記号の定義を本文 [付録1] に示す。

2. 試験写真一覧

- ・試験装置 ----- 写真-1
- ・試験終了時の試験体の状況 ----- 写真-2

付表-1 所定変形時における1回目と3回目の荷重比

	見かけの せん断変形角 γ (rad)	載荷 回数	試験体：No.1		試験体：No.2		試験体：No.3	
			荷重 P (kN)	荷重比	荷重 P (kN)	荷重比	荷重 P (kN)	荷重比
正 加 力 時	1/450	1回目	2.39	0.98	2.41	0.99	2.39	1.00
		3回目	2.35		2.40		2.39	
	1/300	1回目	3.22	0.99	3.25	0.97	3.38	0.99
		3回目	3.20		3.16		3.36	
	1/200	1回目	4.49	0.96	4.24	0.97	4.88	0.97
		3回目	4.33		4.11		4.72	
	1/150	1回目	5.60	0.97	5.23	0.96	6.03	0.98
		3回目	5.43		5.05		5.88	
	1/100	1回目	7.38	0.94	7.35	0.96	8.12	0.94
		3回目	6.91		7.07		7.61	
	1/75	1回目	8.59	0.93	9.02	0.94	9.49	0.94
		3回目	7.99		8.48		8.92	
	1/50	1回目	10.7	0.93	11.4	0.92	11.8	0.93
		3回目	9.95		10.6		10.9	
負 加 力 時	-1/450	1回目	-2.54	1.00	-2.81	1.00	-2.68	0.98
		3回目	-2.53		-2.79		-2.62	
	-1/300	1回目	-3.57	0.99	-3.87	0.98	-3.70	0.97
		3回目	-3.52		-3.81		-3.59	
	-1/200	1回目	-4.98	0.97	-5.31	0.98	-5.11	0.98
		3回目	-4.84		-5.22		-5.00	
	-1/150	1回目	-6.09	0.96	-6.53	0.97	-6.26	0.98
		3回目	-5.87		-6.31		-6.15	
	-1/100	1回目	-8.04	0.93	-8.79	0.94	-8.23	0.95
		3回目	-7.50		-8.23		-7.83	
	-1/75	1回目	-9.37	0.92	-10.2	0.94	-9.71	0.94
		3回目	-8.63		-9.60		-9.13	
	-1/50	1回目	-11.6	0.92	-12.4	0.92	-12.1	0.94
		3回目	-10.6		-11.4		-11.4	

注) 荷重比は、各所定変形時における載荷回数1回目の荷重値に対する3回目のその比率を示す。

付表-2.1 軸組の実測寸法

試験体 番号	幅(mm)						高さ(mm)			
	加力側			非加力側			加力側		非加力側	
	A	B	C	E	F	G	①	②	④	⑤
1	350	349	349	351	355	350	2926	2926	2925	2925
2	349	350	351	352	354	350	2926	2926	2926	2926
3	350	352	351	350	352	351	2926	2927	2926	2927

付表-2.2 パネルの実測寸法

試験体 番号	パネルの 施工位置	幅(mm)			高さ(mm)			質量(kg)
		A	B	C	①	②	③	
1	加力側	348	348	348	2894	2894	2894	11.6
	非加力側	349	348	348	2894	2894	2894	11.6
2	加力側	348	347	349	2894	2894	2894	11.8
	非加力側	349	347	348	2894	2894	2894	11.8
3	加力側	349	349	348	2894	2894	2894	11.6
	非加力側	349	347	349	2893	2893	2894	11.8

試験体 番号	パネルの 施工位置	厚さ(mm)					
		a	b	c	d	e	f
1	加力側	81	80	80	81	80	80
	非加力側	80	80	80	80	80	79
2	加力側	80	80	79	80	80	80
	非加力側	78	80	80	80	80	79
3	加力側	80	80	80	80	80	80
	非加力側	81	80	81	81	80	80

注1)測定はパネルの施工前に行った。

注2)測定には鋼製巻尺を用いた。

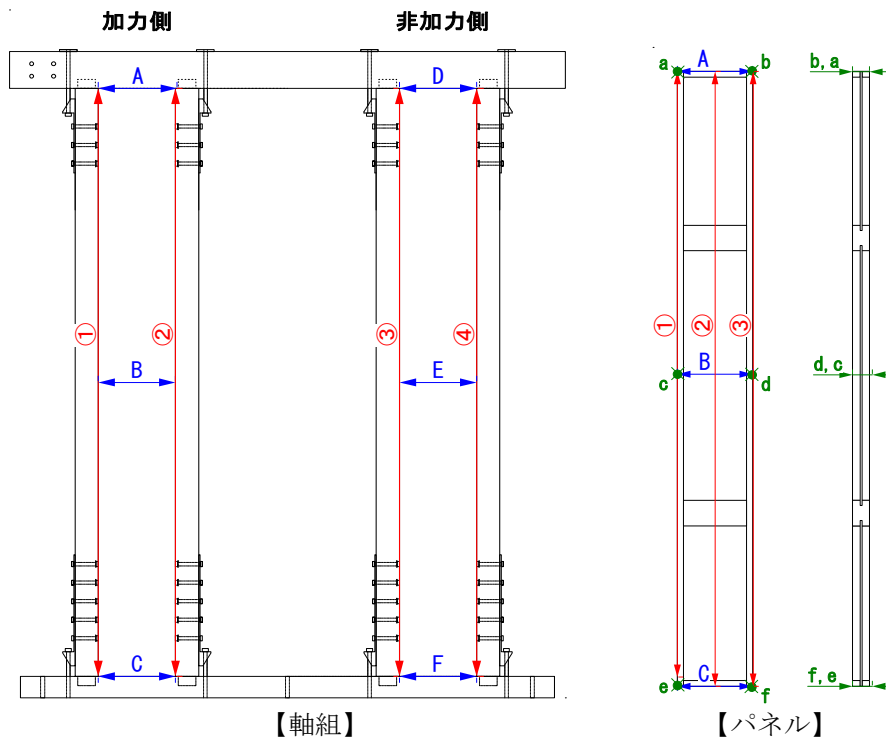
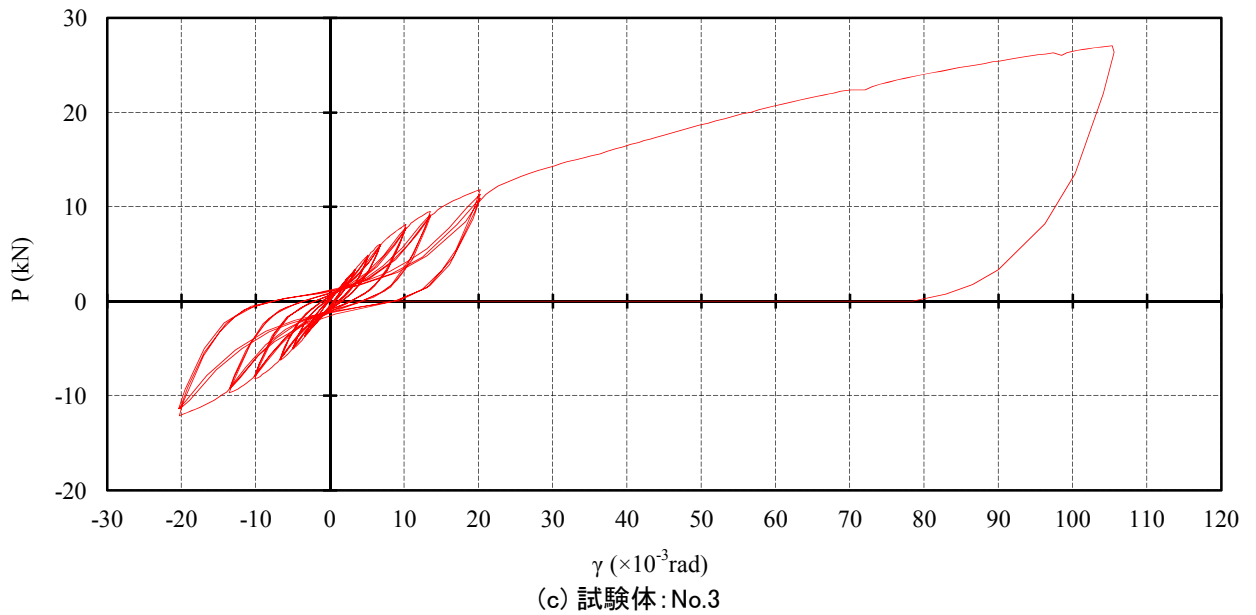
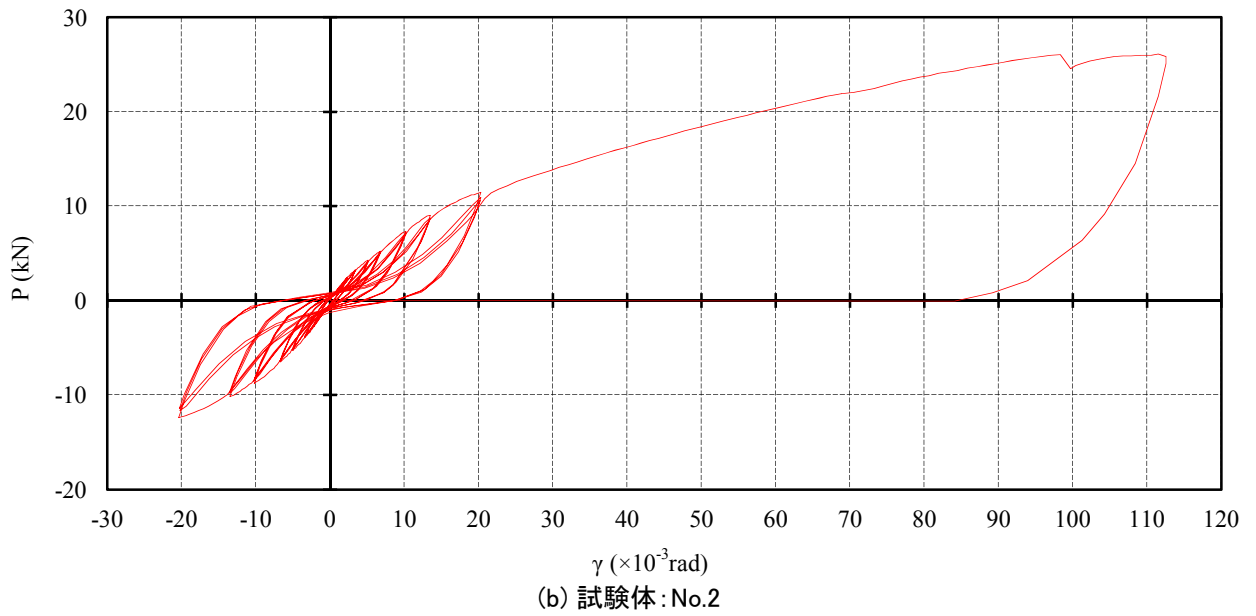
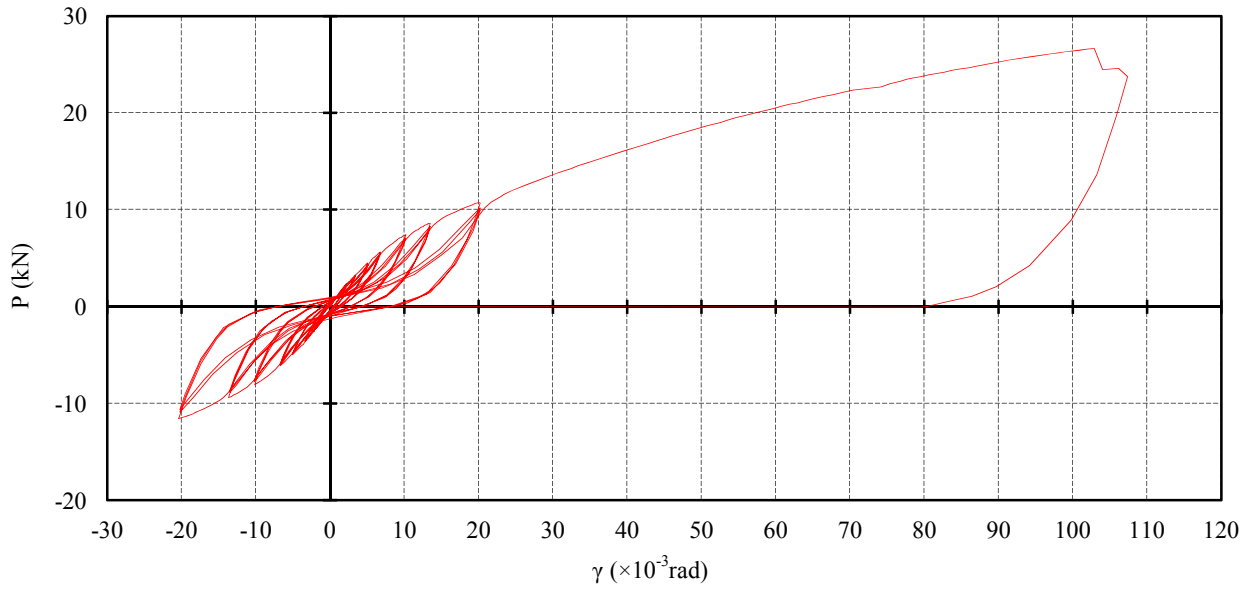
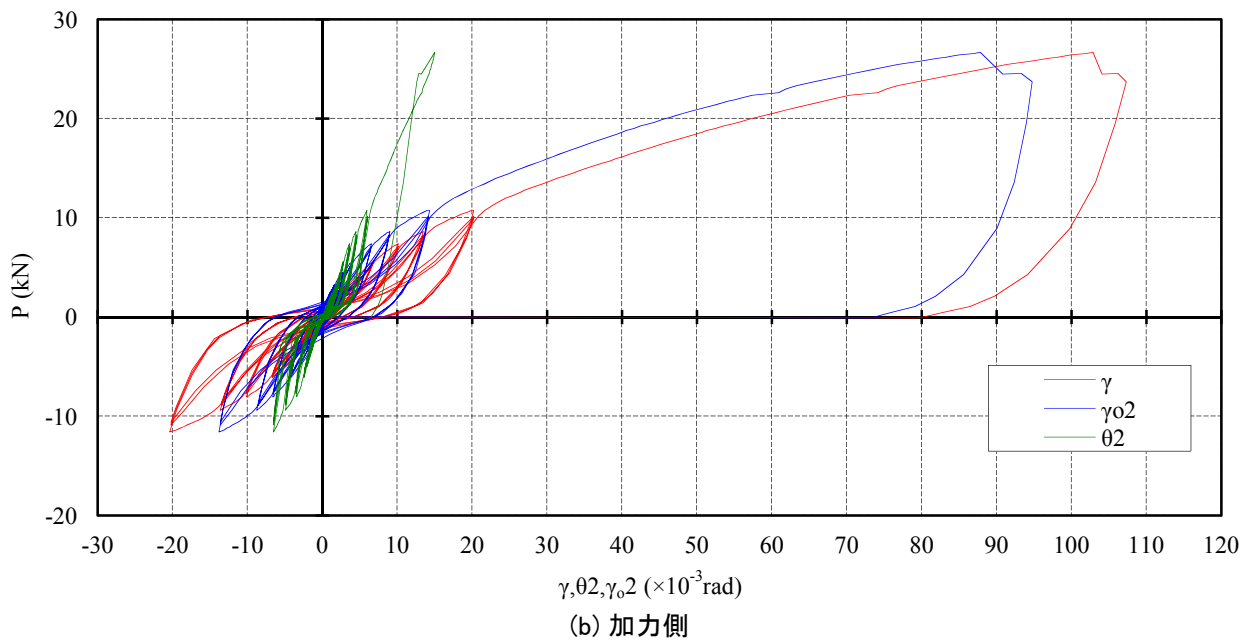
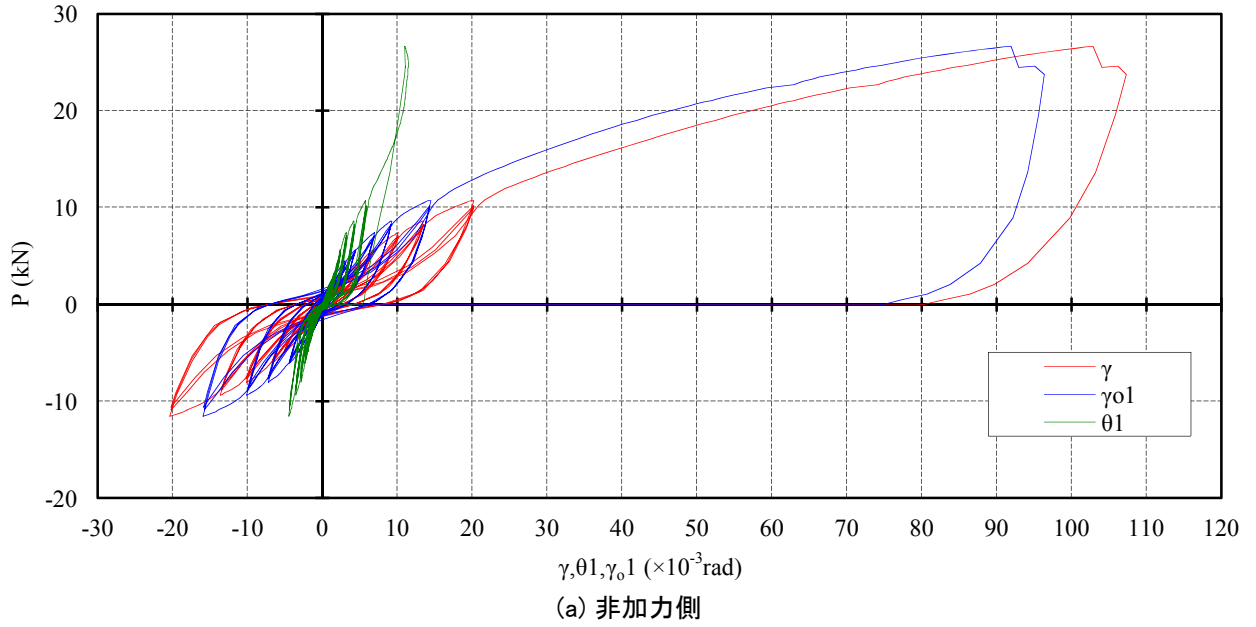


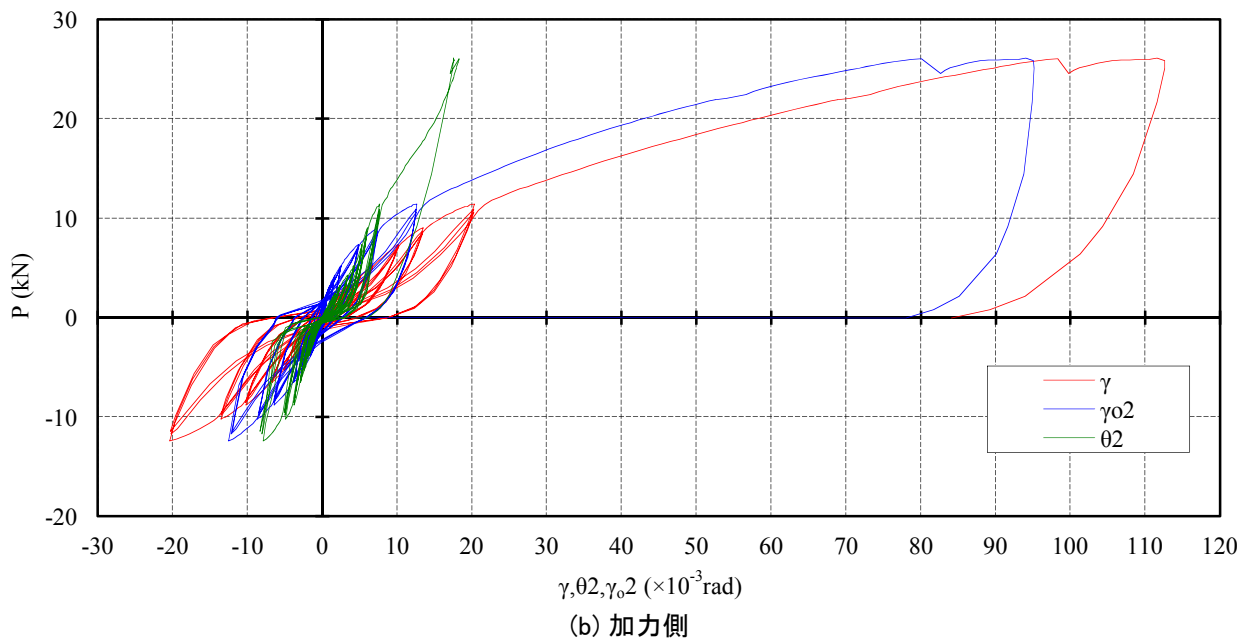
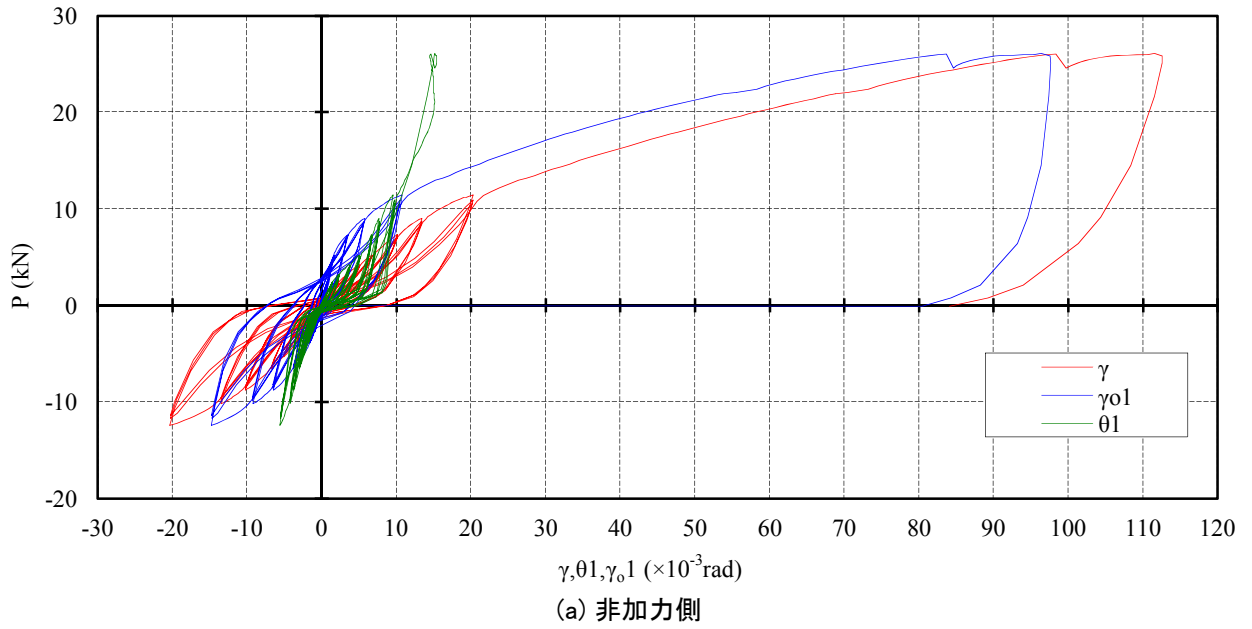
図-A 寸法測定位置



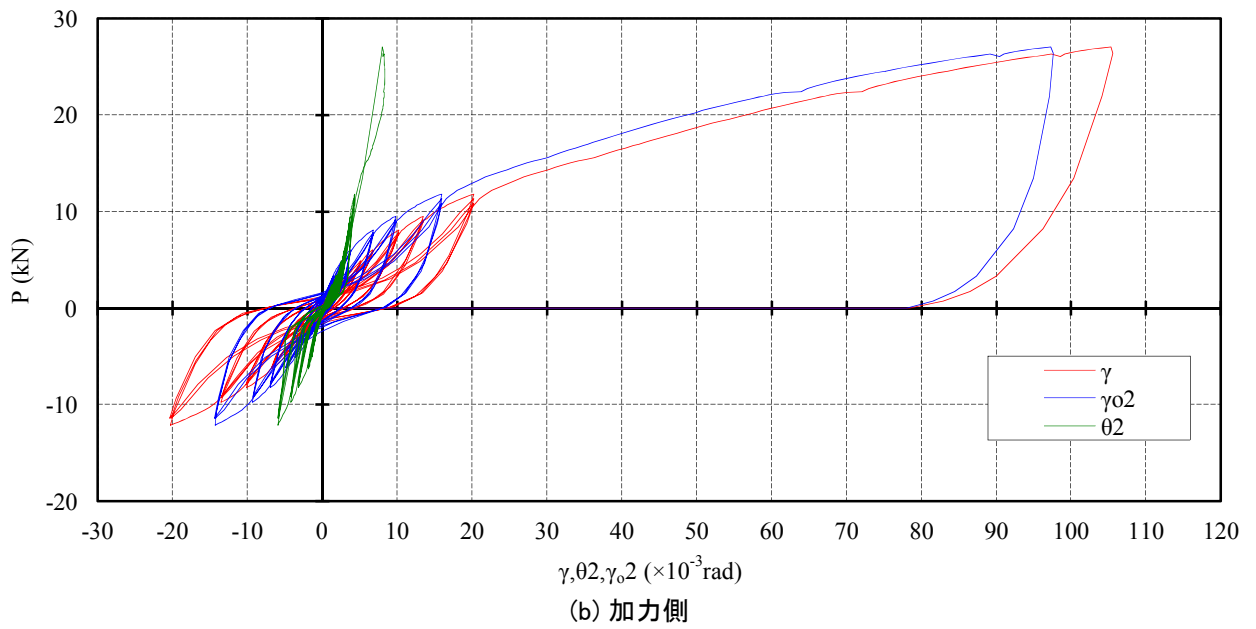
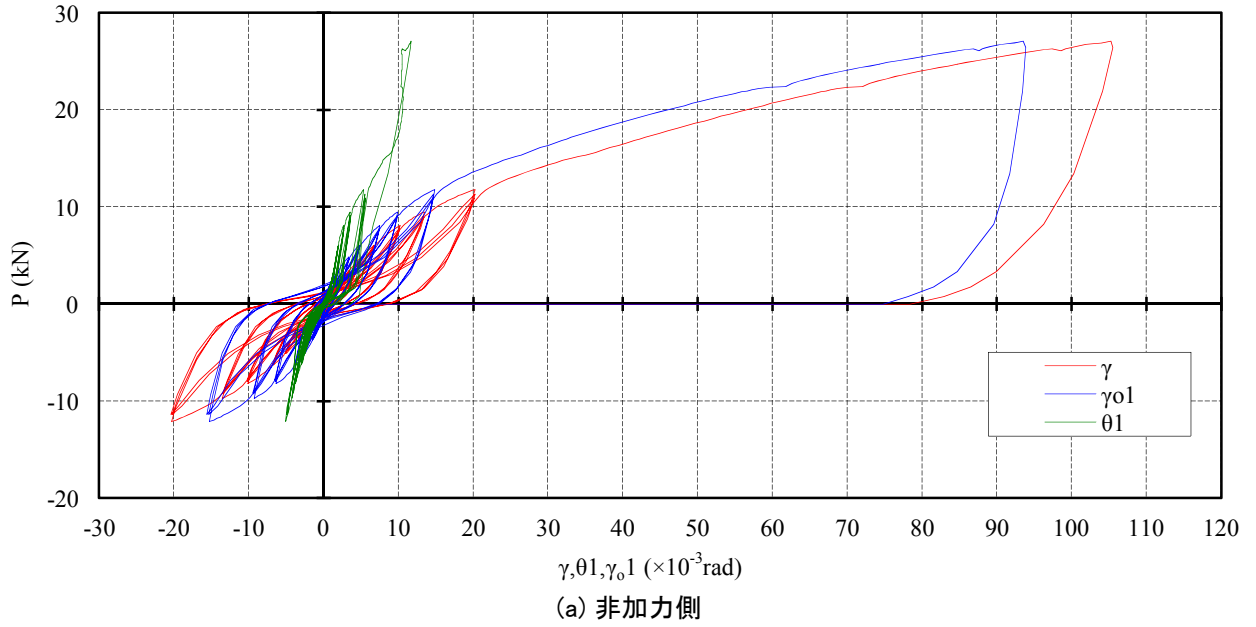
付図-1 P- γ 関係



付図-2.1 P - γ , θ_i , γ_{0i} 関係 [試験体 : No. 1]

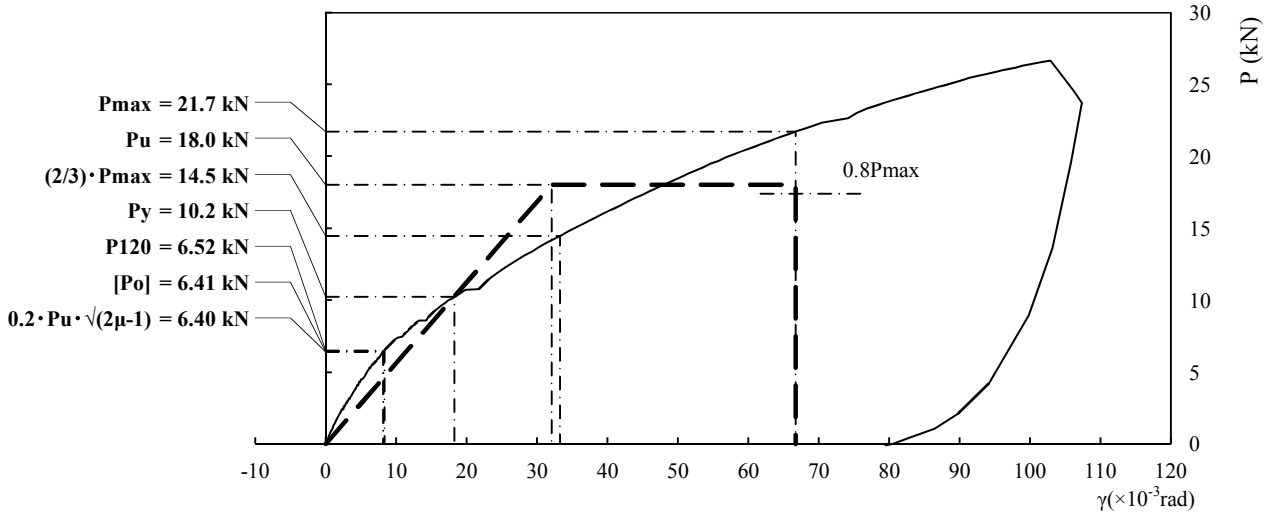


付図-2.2 P - γ , θ_i , γ_{oi} 関係 [試験体 : No. 2]

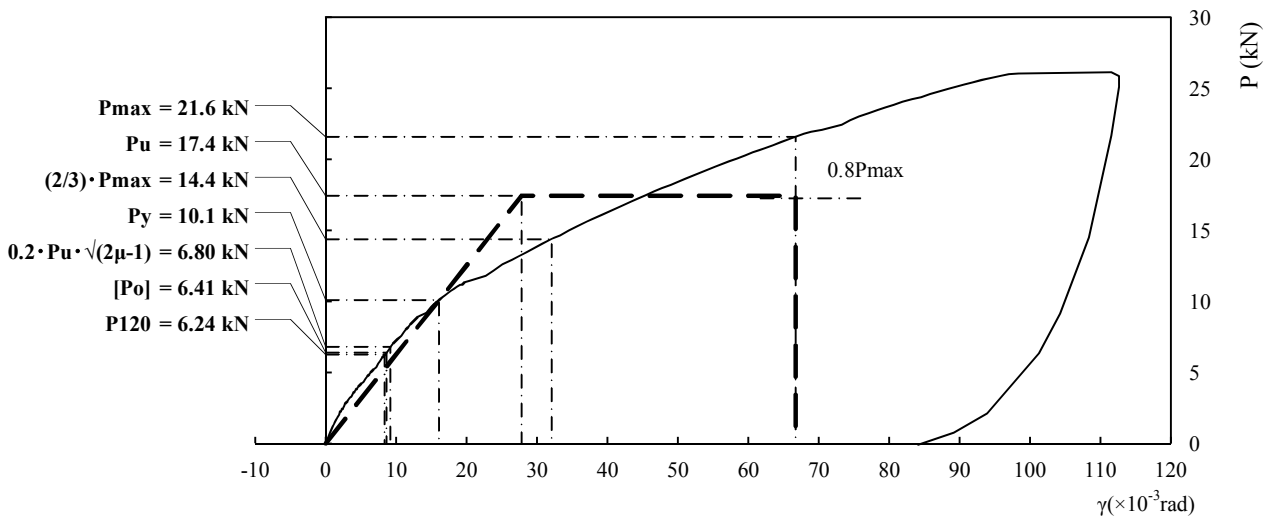


付図-2.3 P - γ , θ_i , γ_{o_i} 関係 [試験体 : No. 3]

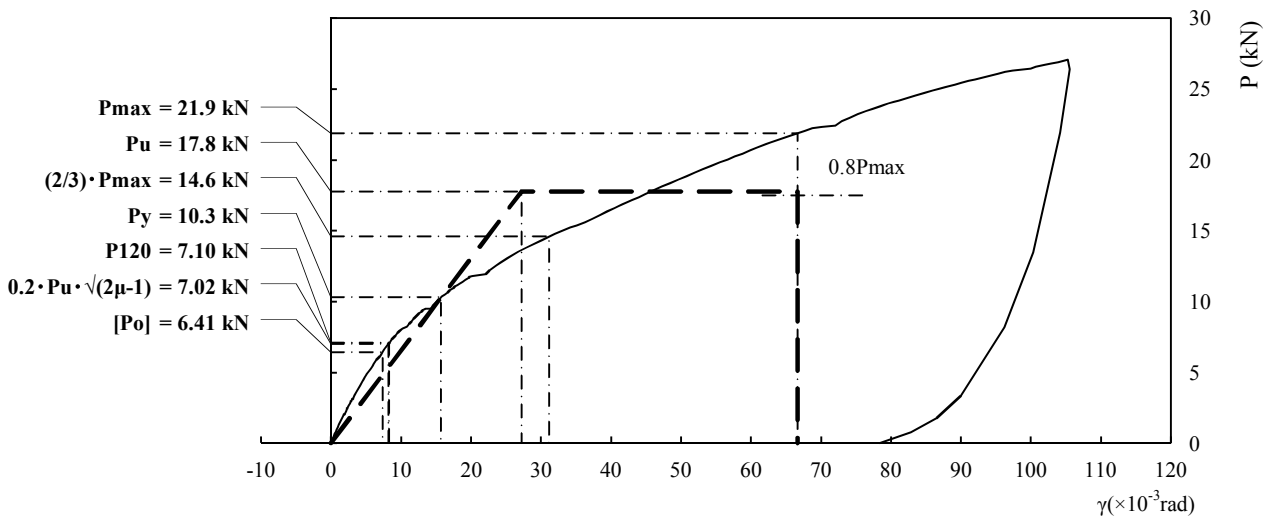
P_y : 降伏耐力
 P_{max} : 最大耐力
 P_{120} : $\gamma=1/120\text{rad}$ 時の耐力
 - - - : 完全弾塑性モデル
 P_u : 終局耐力
 μ : 塑性率
 $[P_o]$: 短期基準せん断耐力
 注) 表-2参照



(a) 試験体: No.1



(b) 試験体: No.2



(c) 試験体: No.3

付図-3 P-gamma 関係の包絡線(諸量の評価)



(a) 全景



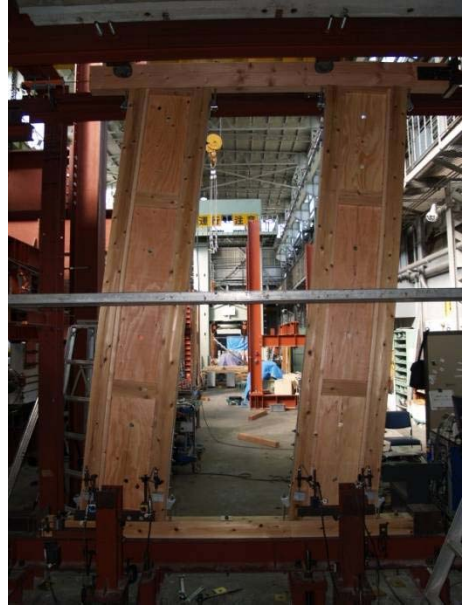
(b) 加力部の状況

写真-1 試験装置

写真-2 試験終了時の試験体の状況



(a) 全景(表面)



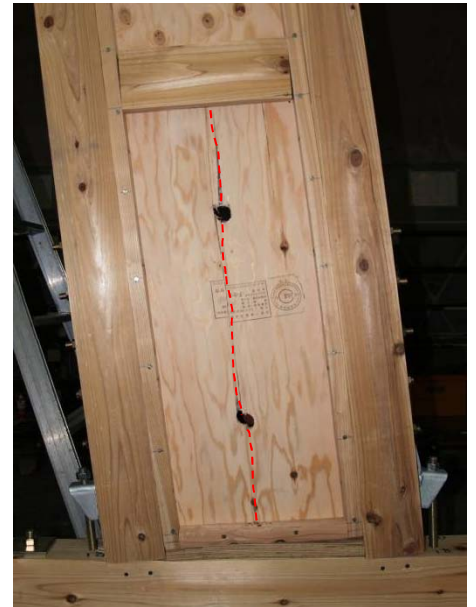
(b) 全景(裏面)



(c) パネル [加力側：上側]



(d) パネル [加力側：中央]



(e) パネル [加力側：下側]



(f) パネル [非加力側：上側]



(g) パネル [非加力側：中央]



(h) パネル [非加力側：下側]

※写真中の赤線は合板の割れが発生した箇所を示す。

写真-2.1 試験体：No.1



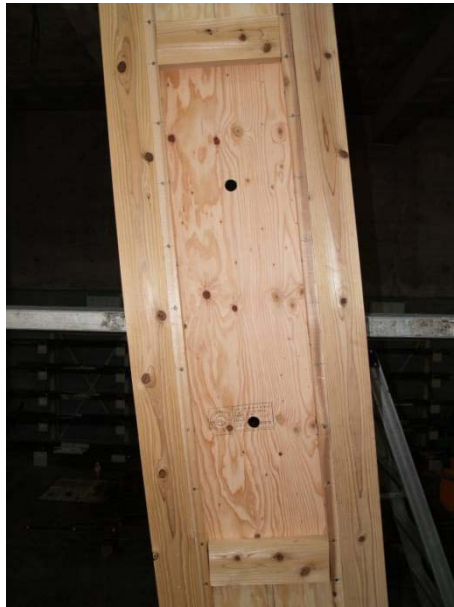
(a) 全景(表面)



(b) 全景(裏面)



(c) パネル [加力側：上側]



(d) パネル [加力側：中央]



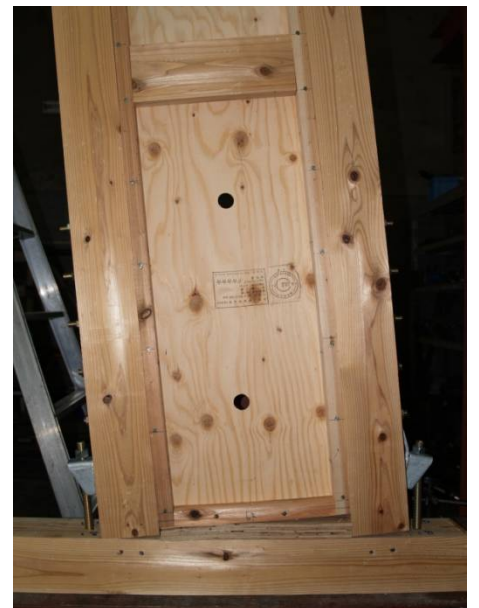
(e) パネル [加力側：下側]



(f) パネル [非加力側：上側]



(g) パネル [非加力側：中央]



(h) パネル [非加力側：下側]

※写真中の赤線は合板の割れが発生した箇所を示す。

写真-2.2 試験体：No. 2



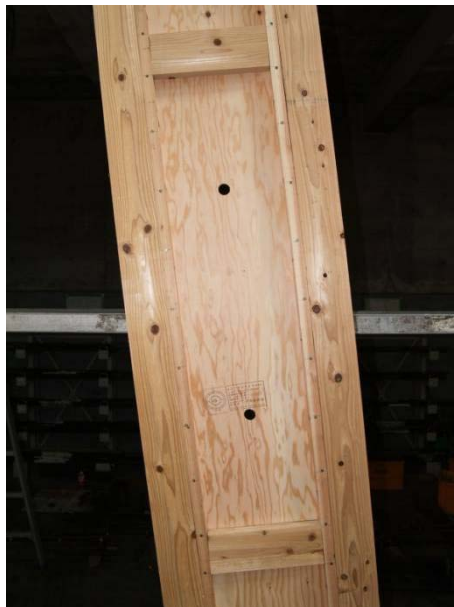
(a) 全景(表面)



(b) 全景(裏面)



(c) パネル [加力側：上側]



(d) パネル [加力側：中央]



(e) パネル [加力側：下側]



(f) パネル [非加力側：上側]



(g) パネル [非加力側：中央]



(h) パネル [非加力側：下側]

本書の取扱いについて

- ・ 本書の試験結果は、本書中に記載の試験体について得られたものです。
- ・ 本書を複製して第三者に開示する場合は、必ず全文を複製することとし、一部分だけの複製は行わないで下さい。
- ・ 本試験結果の一部分を、当試験所の名称を付してカタログに掲載する等、一般に開示する場合は、文書によって当試験所の承認を得るようにして下さい。

本書についての問い合わせは、下記までお願いします。

財団法人 日本建築総合試験所 試験研究センター
構造部 構造要素試験室

〒565-0873 大阪府吹田市藤白台5丁目8番1号

T E L : 06-6834-7913 (直通)

06-6872-0391 (代表)

F A X : 06-6834-1230 (直通)

06-6872-0784 (代表)