

第Ⅱ部
試験報告書

第1章 試験目的

本事業では、中高層の非住宅用途の建築物（4階建て以上の事務所、店舗等）のうち、RC造やS造との混構造建築物を対象とした検討を進めている。今年度は下層部をRC造、上層部を木造とした立面混構造の建築物を中心として、令和4年度までの成果をもとに構造特性値の適用条件の検証を行っており、本試験はこれらの検討・検証に資することを目的とした高耐力壁の試験法・評価法検討の一環として実施した。

試験内容は、構造用合板張り耐力壁の面内せん断試験、および、要素試験とした。構造用合板張り耐力壁の面内せん断試験においては、同一の面材釘打ち仕様に対して、柱脚固定式と鉄骨柱式の試験を行い、それらの結果を比較した（鉄骨柱式は接合部の影響を分離した釘打ち面材のせん断性能を把握できる試験法である）。面材張り大壁の詳細計算法と実験結果の比較も併せて行った。要素試験は、面内せん断試験で使用した柱脚接合部および柱頭接合部の引張試験および曲げ試験とした。

今後、上記の試験結果から、釘打ち面材のせん断変形と柱頭柱脚接合部の軸変形をそれぞれモデル化した解析と柱脚固定式試験結果との比較検討を行い、高耐力壁の設計法の検討にもつなげていくことを意図している。

第2章 試験報告書

2.1 構造用合板張り高耐力壁の面内せん断試験報告書

2.1.1 試験概要

試験体一覧を表 1.1 に示す。

柱脚固定式（試験法 A）の試験では、柱脚には製作金物による木口ビス打ち方式の接合金物、柱頭には既製品のホールダウン金物を取り付けた。A-1・2・3 でアンカーボルトの種類を変える目的は、ボルトの強度を変えることで破壊順序をコントロールすることである（詳細は 2.1.7「アンカーボルトの計算」を参照）。

鉄骨柱式（試験法 B）の試験では、引張力はすべて鉄骨柱が負担するため、木造柱の柱頭柱脚金物は取り付けしていない。

面材仕様を決めるにあたり、壁倍率 15 倍相当を想定した。

表 1.1 試験体一覧

試験体名	試験方法	面材の有無	アンカーボルト
A-0	柱脚固定式 (試験法 A)	柱梁フレームのみ	2-M24(強度区分 10.9)
A-1		面材張り	2-M24(強度区分 10.9)
A-2			2-M24(SNR400B)
A-3			2-M24(SNR490B)
B-F	鉄骨柱式 (試験法 B)	鉄骨治具のみ	
B-0		鉄骨治具+柱梁フレームのみ	
B-1,2,3		面材張り	

※1 A-0 試験体は、面材を除いたフレームの接合部のモーメント抵抗分を把握する目的で実施。

※2 B-0 試験体の結果を B-1,2,3 試験体の結果から差し引くことで釘打ち面材の抵抗分を把握する。

2.1.2 試験体仕様

樹種

柱・上部梁・中棧： オウシュウアカマツ集成材

(正角材:同一等級 E95-F315、平角材:対称異等級 E105-F300)

土台：ヒノキ製材 E90

間柱：スギ無等級材

面材釘打ち仕様

面材厚：12mm (JAS 構造用合板特類 2 級) 両面張り

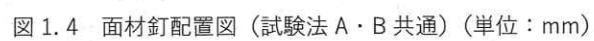
接合具：N50(JIS A 5508)平打ち

外周部@30 千鳥,中間部@90

想定壁倍率：両面で 15 倍相当

試験体図を図 1.1～図 1.3 に、面材釘配置図を図 1.4 に、試験法 A に用いた柱脚金物詳細図を図 1.5～図 1.7 に、試験法 B に用いた鉄骨治具の詳細図を図 1.8～図 1.12 に、それぞれ示す。試験体の密度および含水率を表 1.2、表 1.3 に示す。





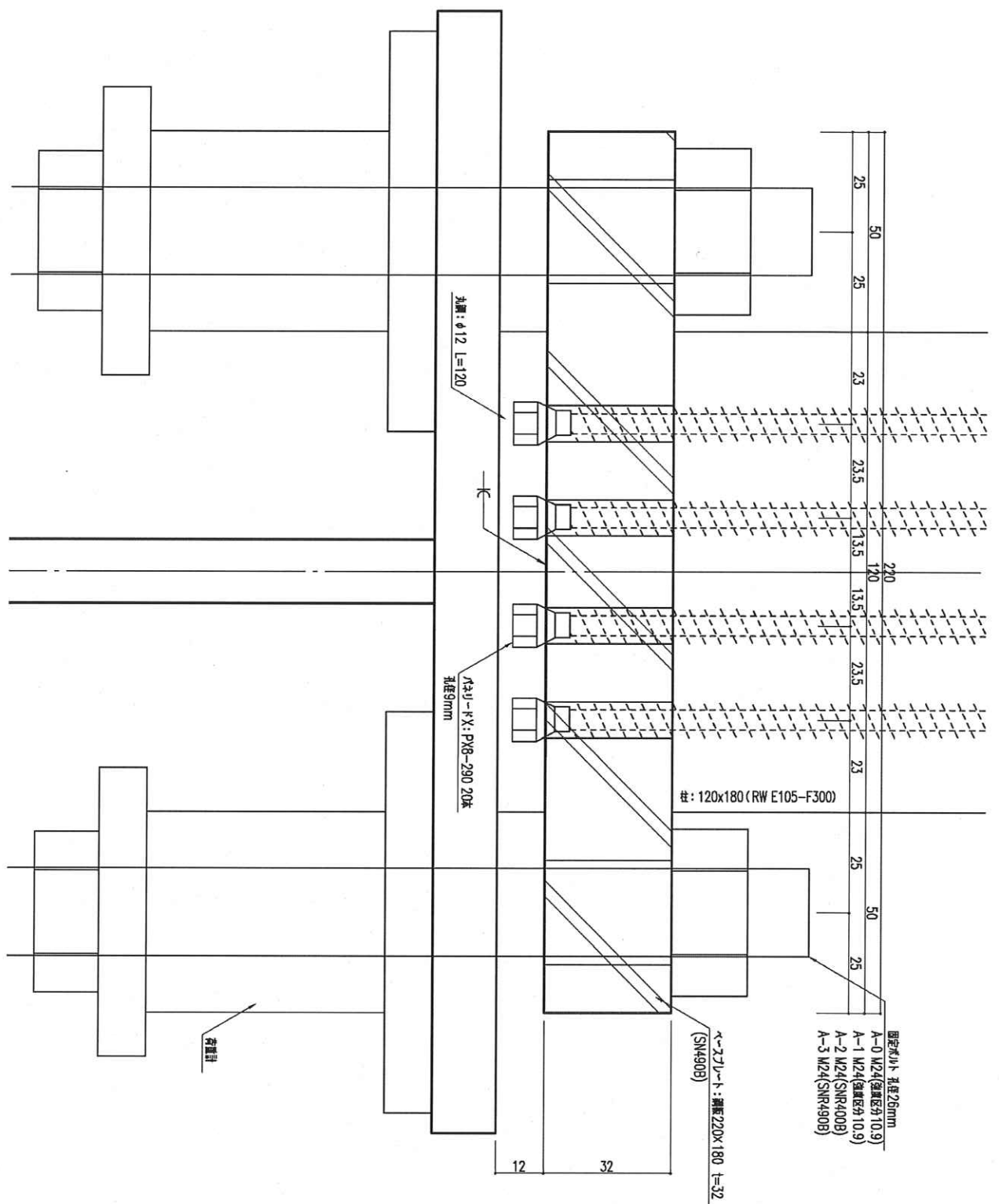


図 1.5 試験法 A 柱脚金物詳細図 (側面) (単位: mm)

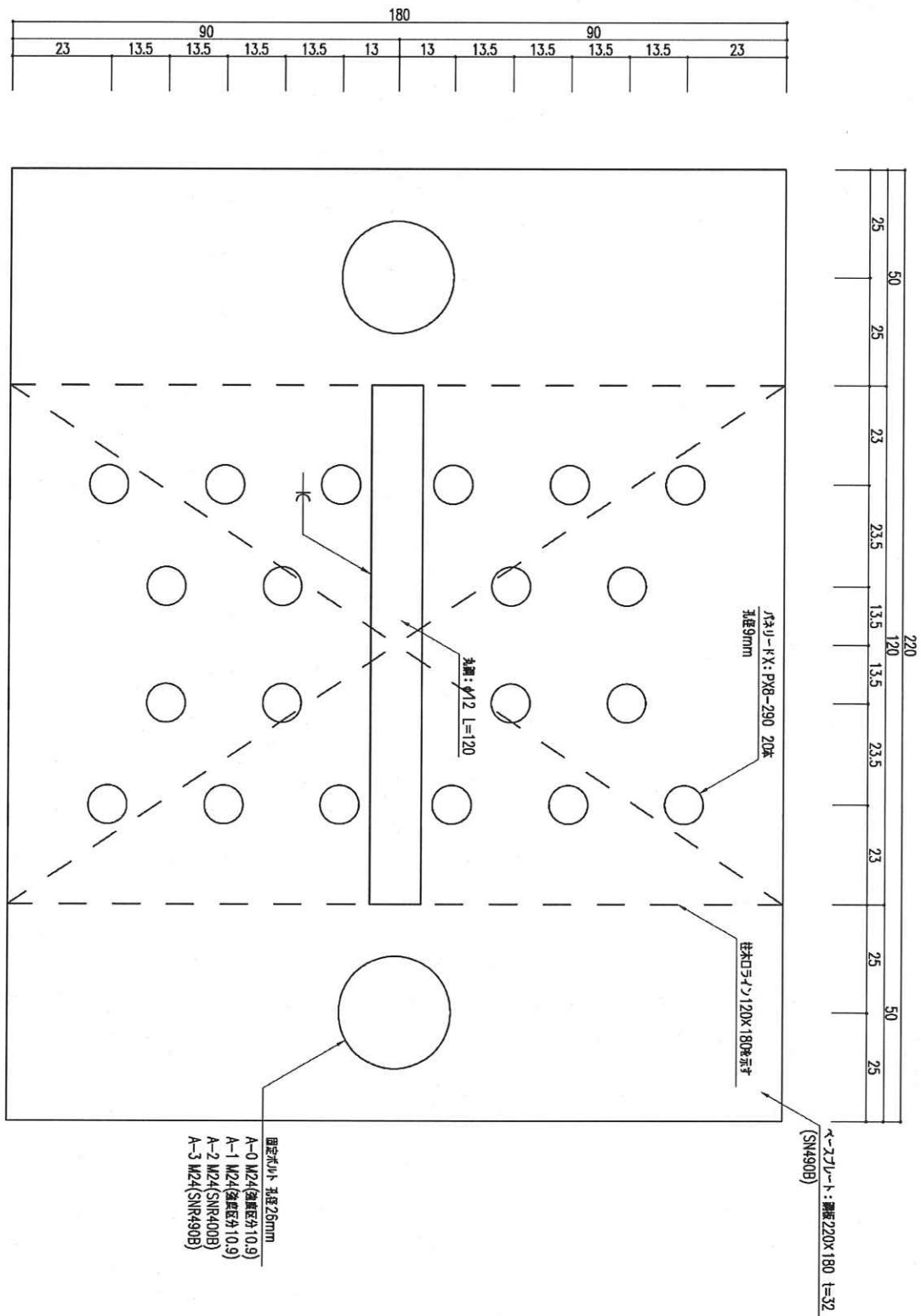


図 1.7 試験法 A 柱脚金物詳細図（裏面）（単位：mm）

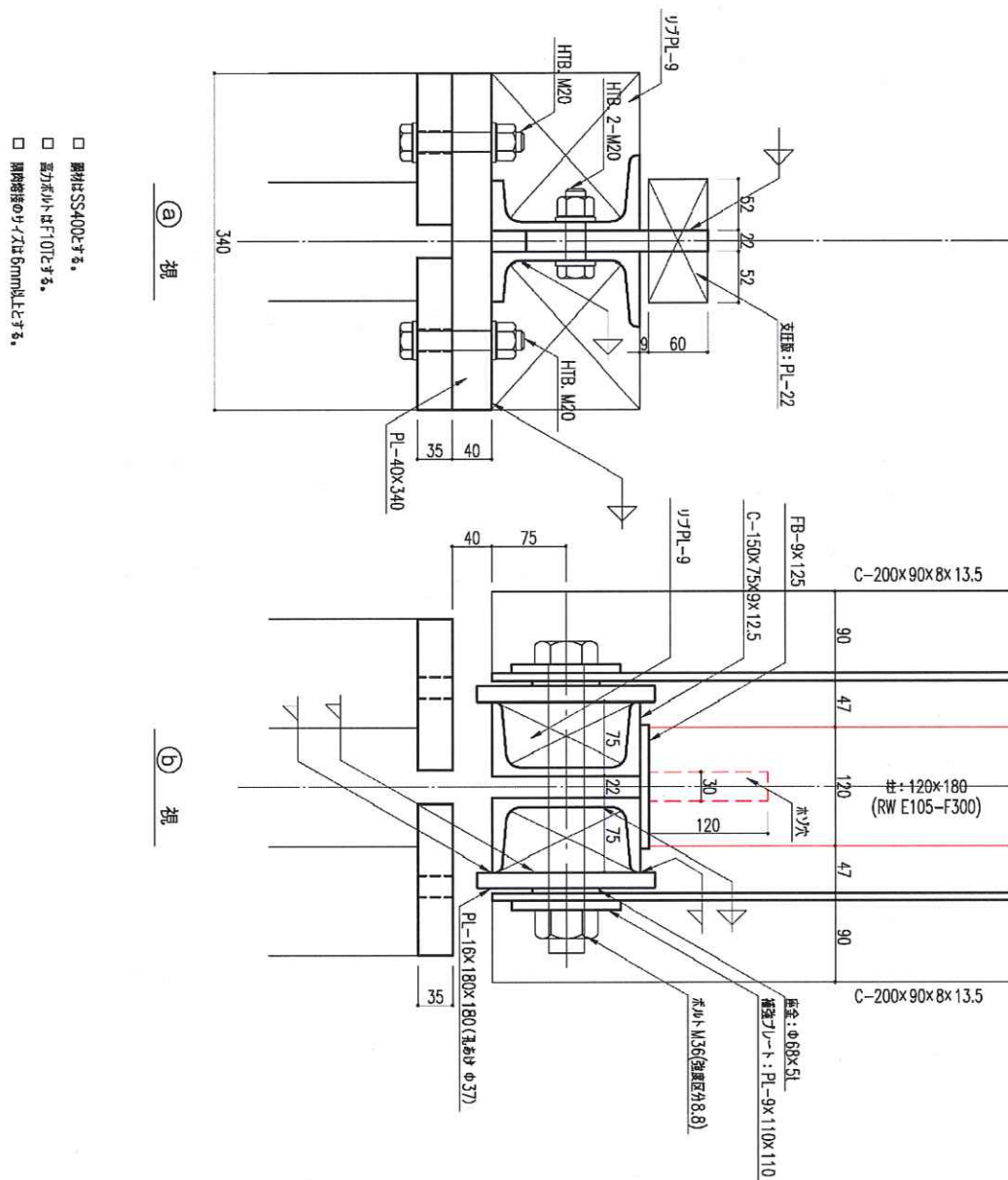
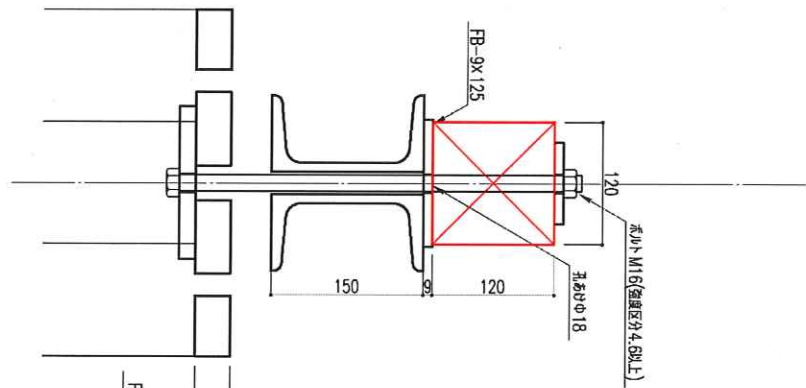


図 1.8 試験法 B 治具詳細図 (1) (単位: mm)

- ☐ 鋼材はSS400とする。
- ☐ 電力ボルトはF10Tとする。
- ☐ 隅肉除去のサイズは6mm以上とする。

③ 規



④ 規

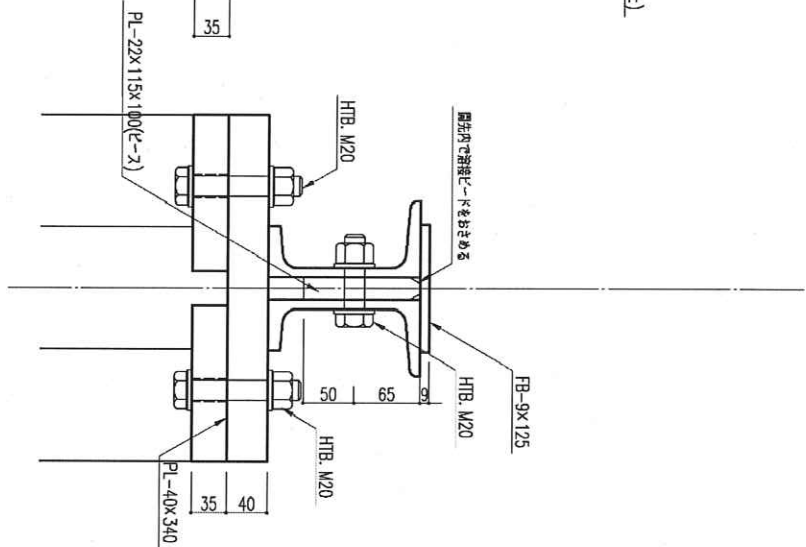
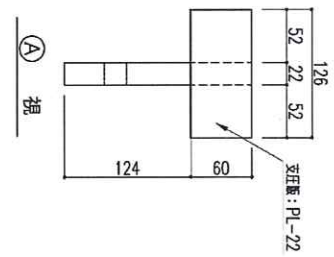
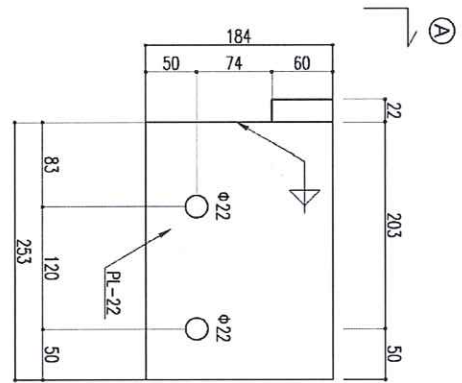
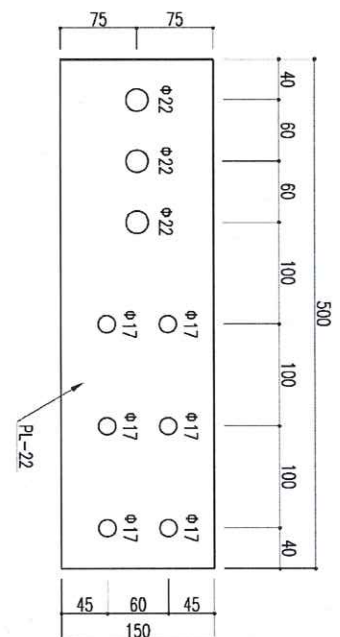


図 1.9 試験法 B 治具詳細図 (2) (単位 : mm)

スリッパ 4台



ジャッキ接続用プレート 1台



土合ずれ止め 2台

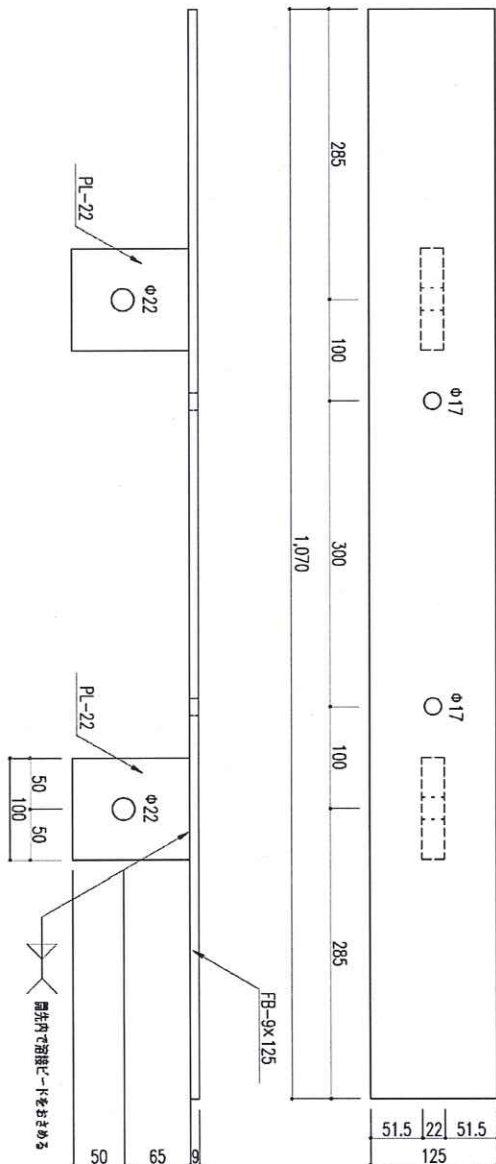
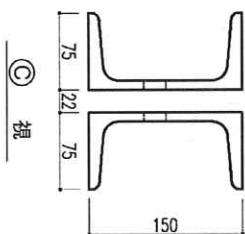


図 1.10 試験法 B 治具部品図 (1) (単位 : mm)



147



148

表 1.2 試験体材料の密度および含水率 (A-0~3)

オショウカマツ集成材				
梁		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
A-	1	0.50	10.0	
	2	0.49	9.5	
	3	0.49	9.5	
	0	0.50	9.5	
	平均値	0.50	9.6	
ヒノキ製材				
土台		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
A-	1	0.57	10.0	
	2	0.54	9.0	
	3	0.53	9.5	
	0	0.53	10.5	
	平均値	0.54	9.8	
オショウカマツ集成材				
柱		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
A-	1右	0.50	12.0	
	1左	0.54	11.5	
	2右	0.50	11.0	
	2左	0.51	10.5	
	3右	0.50	11.5	
	3左	0.46	12.0	
	0右	0.51	10.5	
	0左	0.50	13.0	
	平均値	0.50	11.5	
スギ製材				
間柱		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
A-	1上	0.36	10.0	
	1下	0.39	10.0	
	2上	0.36	10.0	
	2下	0.40	11.0	
	3上	0.34	9.0	
	3下	0.41	10.5	
	0上	0.34	10.0	
	0下	0.36	10	
	平均値	0.37	10.1	
オショウカマツ集成材				
中棧		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
A-	1	0.48	11.0	
	2	0.45	9.0	
	3	0.45	10.0	
	0	0.48	10.5	
	平均値	0.47	10.1	
厚さ12mm構造用合板 (特類,2級,C-D,5ply)				
面材		密度(g/cm3)	密度(g/cm3)	
A-	1表側-上	0.58	3表側-上	0.52
	1表側-下	0.56	3表側-下	0.54
	1裏側-上	0.48	3裏側-上	0.48
	1裏側-下	0.58	3裏側-下	0.51
	2表側-上	0.48	平均値	0.52
	2表側-下	0.52		
	2裏側-上	0.50		
	2裏側-下	0.50		

含水率は高周波木材
水分計による測定値

表 1.3 試験体材料の密度および含水率 (B-0~3)

梁		密度(g/cm3)	含水率 (%)	含水率は高周波木材水分計による測定値
B-	1	0.49	10.0	
	2	0.46	11.5	
	3	0.48	10.0	
	0	0.50	11.0	
	平均値	0.48	10.6	
土台		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
B-	1	0.52	10.0	
	2	0.52	8.5	
	3	0.58	9.0	
	0	0.52	9.5	
	平均値	0.54	9.3	
柱		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
B-	1右	0.50	12.5	
	1左	0.50	12.0	
	2右	0.51	12.0	
	2左	0.53	13.0	
	3右	0.46	11.0	
	3左	0.50	10.5	
	0右	0.48	10.0	
	0左	0.51	15.0	
	平均値	0.50	12.0	
間柱		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
B-	1上	0.36	9.0	
	1下	0.34	9.0	
	2上	0.39	11.5	
	2下	0.38	10.5	
	3上	0.37	10.0	
	3下	0.38	10.0	
	0上	0.35	9.0	
	0下	0.34	9.5	
	平均値	0.36	9.8	
中棧		密度(g/cm3)	含水率 (%)	
B-	1	0.49	11.0	
	2	0.48	13.0	
	3	0.51	12.0	
	0	0.47	10.0	
	平均値	0.49	11.5	
面材		密度(g/cm3)		密度(g/cm3)
B-	1表側-上	0.51	3表側-上	0.50
	1表側-下	0.50	3表側-下	0.49
	1裏側-上	0.55	3裏側-上	0.49
	1裏側-下	0.52	3裏側-下	0.51
	2表側-上	0.57	平均値	0.51
	2表側-下	0.49		
	2裏側-上	0.50		
	2裏側-下	0.53		

2.1.3 試験方法

試験法 A・B とともに耐力壁を平置きした状態で行い、耐力壁下部の土台は固定用ボルト 2-M16 で架台に固定した。試験法 A では、柱脚金物固定用ボルトを荷重計に通して架台にナットにより固定した。

加力は同一の変形角について 3 回の正負繰り返し(押し側が正)とし、真の変形角が 1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30 rad の正負交番とした。最大荷重に達した後、変形角 1/12 rad 程度(試験装置の限界)まで押し切りとした。

計測計画を図 1. 13、図 1. 14 に示す。荷重値は加力装置に取り付けたロードセルにより計測した。木材のひずみはポリエステル箔ゲージ(東京測器研究所 PFL-30-11-5LJCT-F)、鋼材のひずみはひずみゲージ(東京測器研究所 FLAB-3-11-5LJCT-F)にて計測した。面材の最大せん断ひずみは、

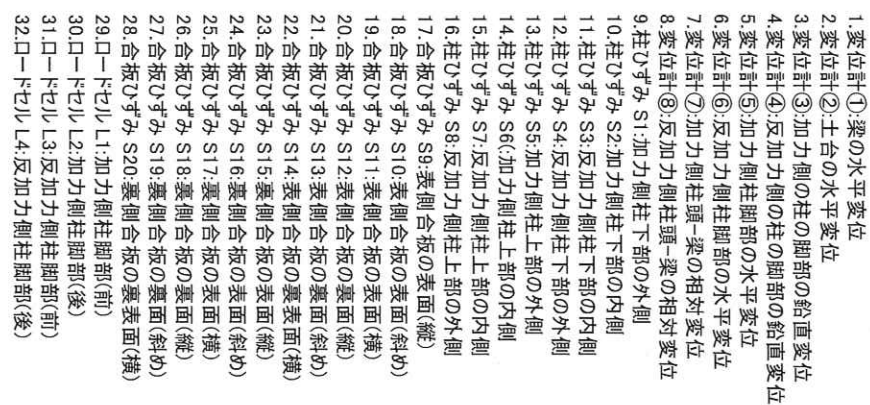
$$\gamma_{max} = \sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}}$$

より計算した。ここに、

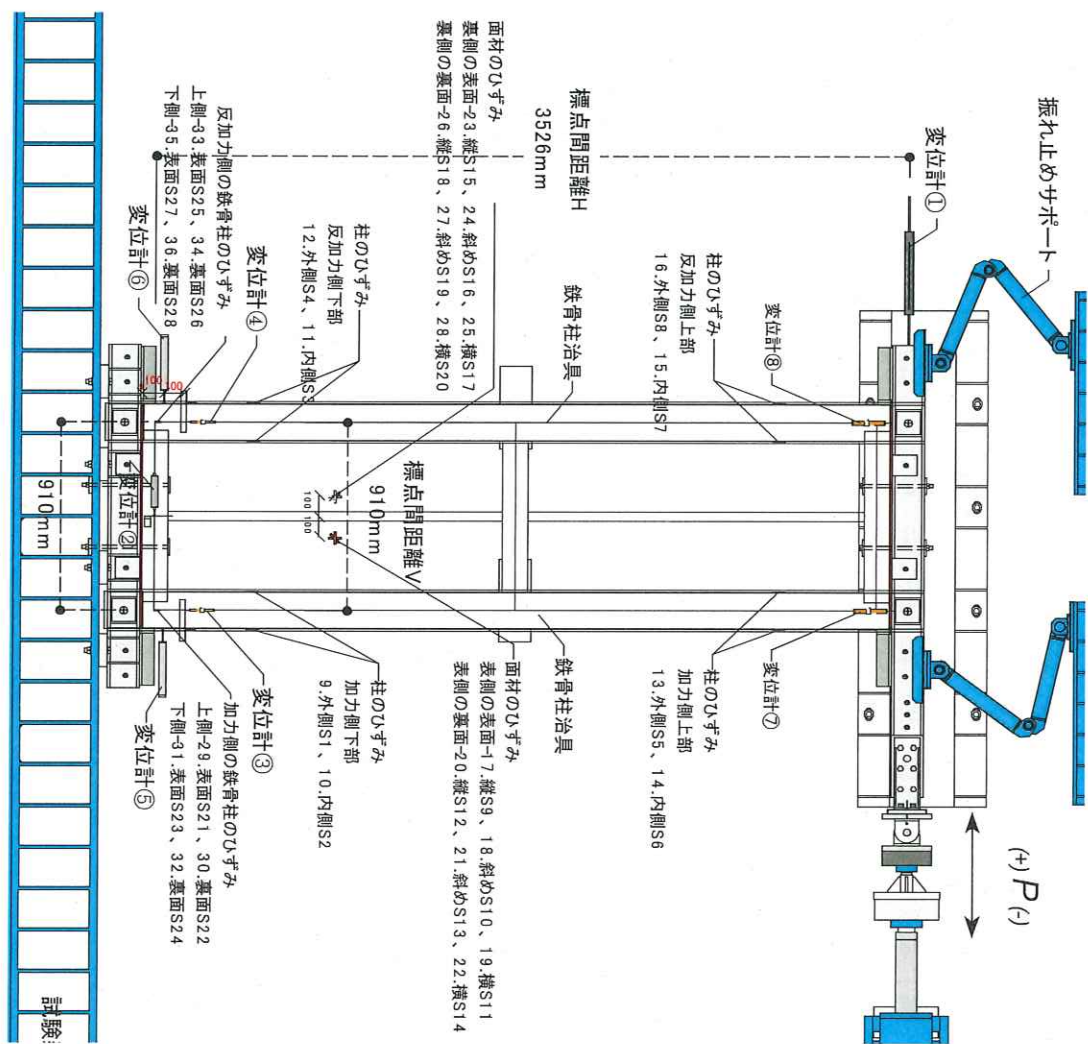
ε_1 : 面材の縦方向ひずみ

ε_2 : 面材の横方向ひずみ

ε_3 : 面材の 45° 方向ひずみ



152



1. 変位計①: 梁の水平変位
2. 変位計②: 土台の水平変位
3. 変位計③: 加力側の柱の脚部の鉛直変位
4. 変位計④: 反加力側の柱の脚部の鉛直変位
5. 変位計⑤: 加力側柱脚部の水平変位
6. 変位計⑥: 反加力側柱脚部の水平変位
7. 変位計⑦: 加力側柱頭-梁の相対変位
8. 変位計⑧: 反加力側柱頭-梁の相対変位
9. 柱ひずみ S1: 加力側柱下部の外側
10. 柱ひずみ S2: 加力側柱下部の内側
11. 柱ひずみ S3: 反加力側柱下部の内側
12. 柱ひずみ S4: 反加力側柱下部の外側
13. 柱ひずみ S5: 加力側柱上部の外側
14. 柱ひずみ S6: 加力側柱上部の内側
15. 柱ひずみ S7: 反加力側柱上部の内側
16. 柱ひずみ S8: 反加力側柱上部の外側
17. 合板ひずみ S9: 表側合板の表面(縦)
18. 合板ひずみ S10: 表側合板の表面(斜め)
19. 合板ひずみ S11: 表側合板の表面(横)
20. 合板ひずみ S12: 表側合板の裏面(縦)
21. 合板ひずみ S13: 表側合板の裏面(斜め)
22. 合板ひずみ S14: 表側合板の裏面(横)
23. 合板ひずみ S15: 裏側合板の表面(縦)
24. 合板ひずみ S16: 裏側合板の表面(斜め)
25. 合板ひずみ S17: 裏側合板の表面(横)
26. 合板ひずみ S18: 裏側合板の裏面(縦)
27. 合板ひずみ S19: 裏側合板の裏面(斜め)
28. 合板ひずみ S20: 裏側合板の裏面(横)
29. 鉄骨柱ひずみ S21: 加力側の上側の表面
30. 鉄骨柱ひずみ S22: 加力側の上側の裏面
31. 鉄骨柱ひずみ S23: 加力側の下側の表面
32. 鉄骨柱ひずみ S24: 加力側の下側の裏面
33. 鉄骨柱ひずみ S25: 反加力側の上側の表面
34. 鉄骨柱ひずみ S26: 反加力側の上側の裏面
35. 鉄骨柱ひずみ S27: 反加力側の下側の表面
36. 鉄骨柱ひずみ S28: 反加力側の下側の裏面

図 1.14 試験装置 (試験法 B)

2.1.4 評価方法

(1) セン断変形角の算出

見かけのせん断変形角(γ)、脚部のせん断変形角(θ)、真のせん断変形角(γ_0)は、次式により算出する。

$$\gamma = (\text{変位計①} - \text{変位計②}) / H \cdots (1)$$

$$\theta = (\text{変位計③} - \text{変位計④}) / V \cdots (2)$$

$$\gamma_0 = \gamma - \theta \cdots (3)$$

ここに、

変位計①：梁の水平変位 (mm)

変位計②：土台の水平変位 (mm)

H：水平方向変位計の標点間距離 (mm)

変位計③：加力側の柱脚部の鉛直変位 (mm) 浮き上がりを正とする

変位計④：反加力側の柱脚部の鉛直変位 (mm) 浮き上がりを正とする

V：鉛直方向変位計の標点間距離 (mm)

(2) 包絡線の作成

包絡線は、荷重－変形曲線より繰り返し加力のピークをできるだけ補助的な計測点を結びながら順次作成する。

(3) 完全弾塑性モデルによる特性値の算定

降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 、最大耐力 P_{max} 及び塑性率 μ 等の特性値は、真のせん断変形角を用いた荷重－変形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（図 1. 15 参照）。今回の試験では $1/30 \text{ rad}$ も 3 回繰り返しとしているためやや厳しめの評価となるが、一例として下記により特性値の算出を行った。

- A) 包絡線上の $0.1 P_{max}$ と $0.4 P_{max}$ を結ぶ第 I 直線を引く。
- B) 包絡線上の $0.4 P_{max}$ と $0.9 P_{max}$ 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。

2.1.5 試験結果

(1) 荷重変形関係および特性値

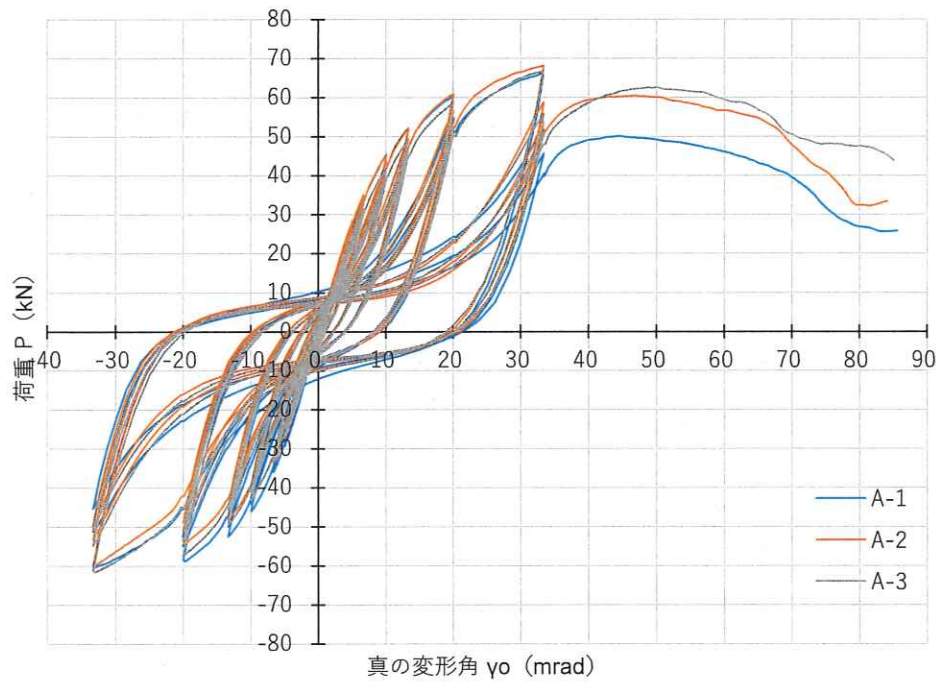


図 1.16 真の変形角による荷重変形関係 (A-1～A-3 試験体)

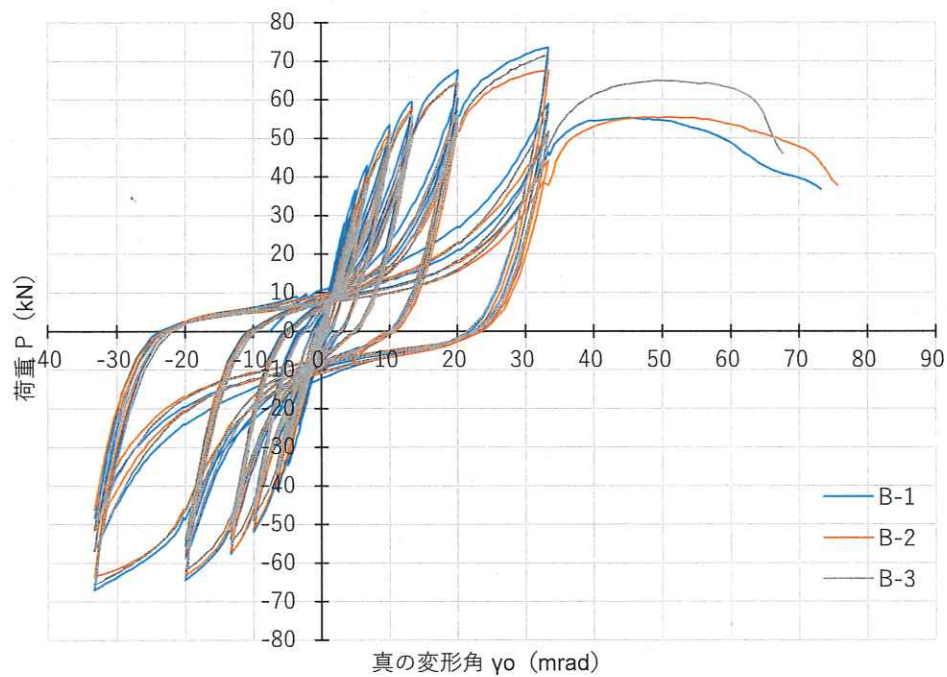


図 1.17 真の変形角による荷重変形関係 (B-1～B-3 試験体)

表 1.4 特性値一覧（真のせん断変形角による）

試験体名			A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
最大荷重	P _{max}	kN	66.4	68.1	66.6	73.5	67.5	71.4
最大荷重時変形角	$\theta_{\max}$	mrاد	33.3	33.4	32.8	33.3	33.3	33.0
降伏耐力	P _y	kN	38.5	41.1	40.9	42.4	42.4	42.5
降伏変形角	θ_y	mrاد	7.85	8.57	9.60	6.52	7.39	7.73
初期剛性	K	kN/mrad	4.91	4.79	4.26	6.51	5.73	5.50
終局耐力	P _u	kN	58.1	59.4	59.3	64.3	57.5	62.0
終局変形角	θ_u	mrاد	33.3	65.0	66.6	33.4	58.6	64.0
降伏点変形角	θ_v	mrاد	11.8	12.4	13.9	9.9	10.0	11.3
塑性率	μ		2.82	5.24	4.79	3.38	5.84	5.68
1/150rad 時荷重		kN	34.4	35.1	31.5	42.9	40.2	38.4

表 1.5 特性値平均値一覧（真のせん断変形角による）

試験法			A-AV*	A-SD*	A-CV*	B-AV*	B-SD*	B-CV*
最大荷重	P _{max}	kN	67.0	0.92	0.014	70.8	3.01	0.043
最大荷重時変形角	$\theta_{\max}$	mrاد	33.2	0.29	0.009	33.2	0.22	0.007
降伏耐力	P _y	kN	40.2	1.45	0.036	42.4	0.08	0.002
降伏変形角	θ_y	mrاد	8.7	0.88	0.102	7.2	0.63	0.087
初期剛性	K	kN/mrad	4.7	0.35	0.074	5.9	0.53	0.089
終局耐力	P _u	kN	58.9	0.72	0.012	61.2	3.46	0.056
終局変形角	θ_u	mrاد	55.0	18.75	0.341	52.0	16.35	0.315
降伏点変形角	θ_v	mrاد	12.7	1.07	0.084	10.4	0.77	0.074
塑性率	μ		4.28	1.29	0.301	4.97	1.38	0.278
1/150rad 時荷重		kN	33.7	1.91	0.057	40.5	2.26	0.056

*AV：平均値、SD：標本標準偏差、CV：変動係数

表 1.6 短期基準せん断耐力（単位：kN）

	試験法 A	試験法 B	詳細計算法*	試験 A/計算	試験 B/計算
(1) 降伏耐力 P _y	39.5	42.4	45.1	0.88	0.94
(2) 終局耐力 $P_u \times 0.2\sqrt{2\mu-1}$	32.2	35.6	25.7	1.25	1.39
(3) 最大荷重 P _{max} の 2/3	44.4	46.2	—	—	—
(4) 特定変形時(1/150rad)の耐力	32.8	39.4	28.1	1.17	1.40
短期基準せん断耐力 P _o	32.2	35.6	25.7	1.25	1.39
相当壁倍率	18.1	20.0	14.4		

*面材張り大壁の詳細計算法による計算値（2.1.10 参照）

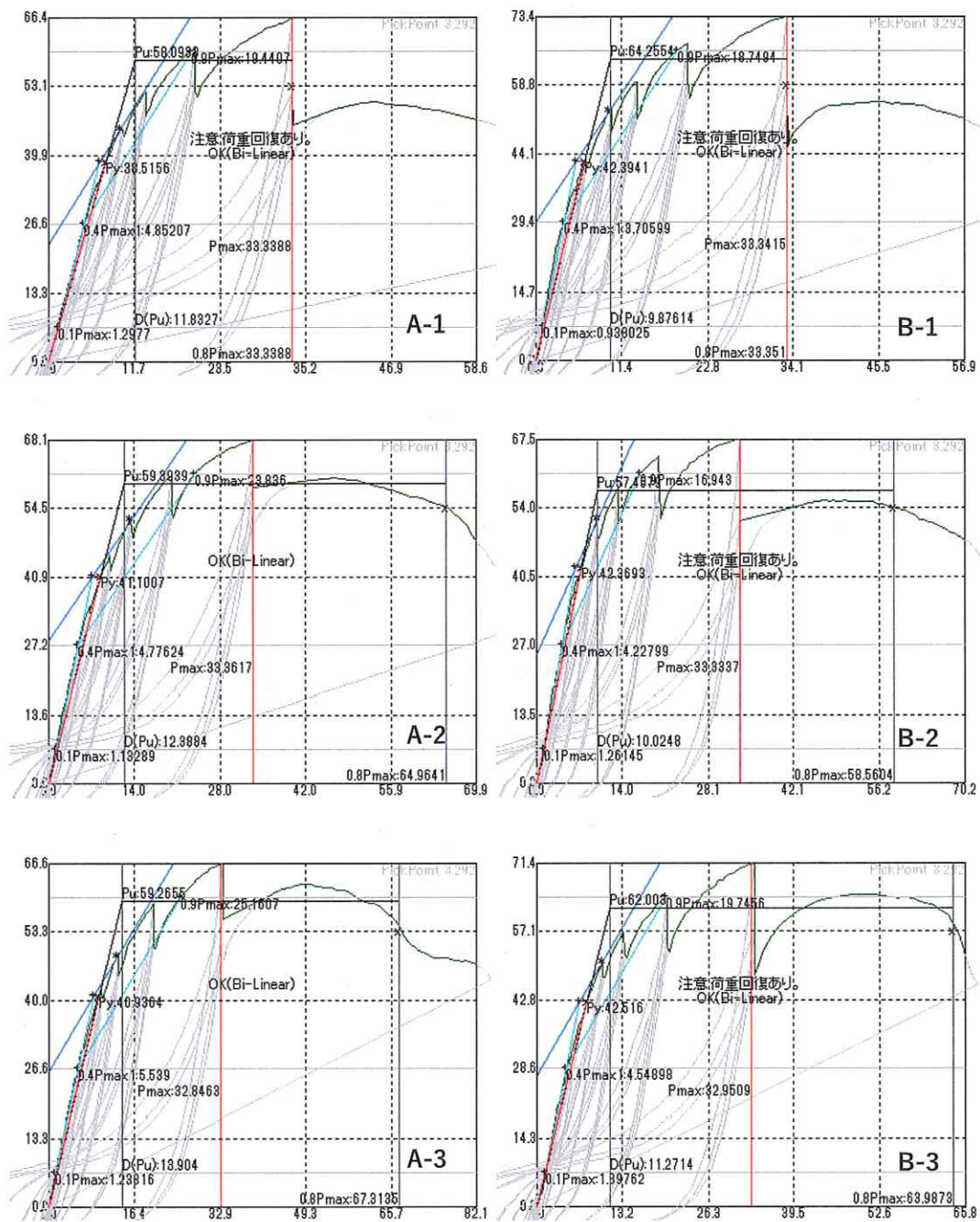


図 1.18 完全弾塑性モデル (pickpoint による)

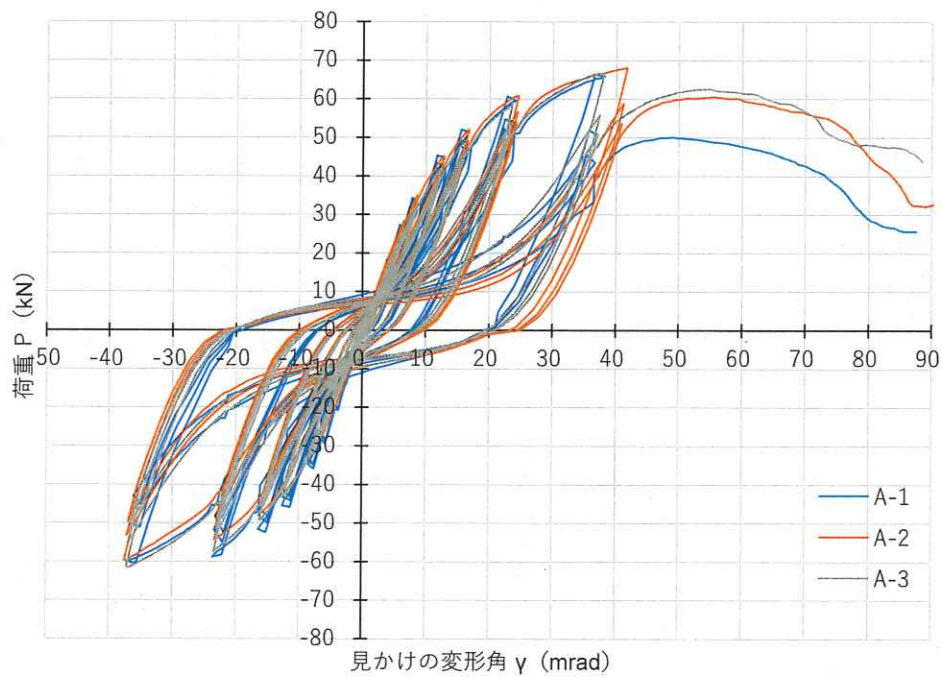


図 1.19 見かけの変形角による荷重変形関係 (A-1～A-3 試験体)

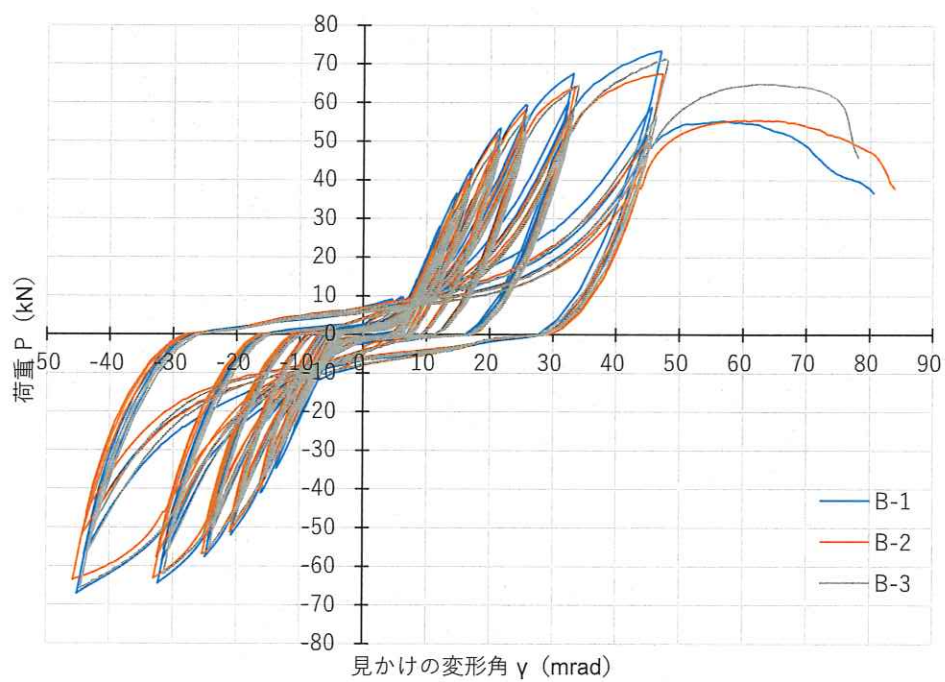


図 1.20 見かけの変形角による荷重変形関係 (B-1～B-3 試験体)

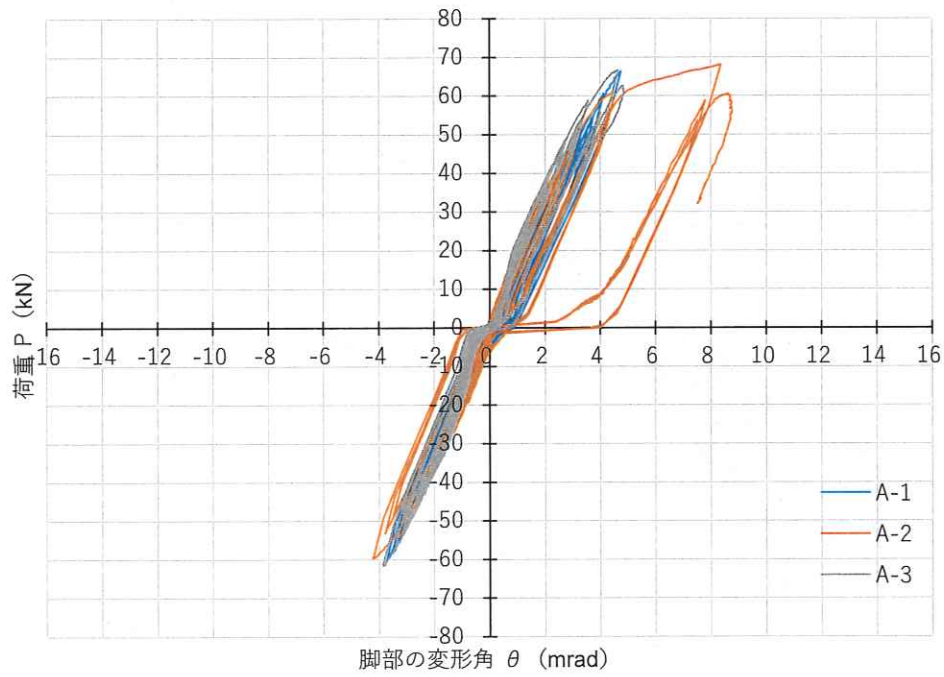


図 1.21 荷重－脚部変形角関係（A-1～A-3 試験体）

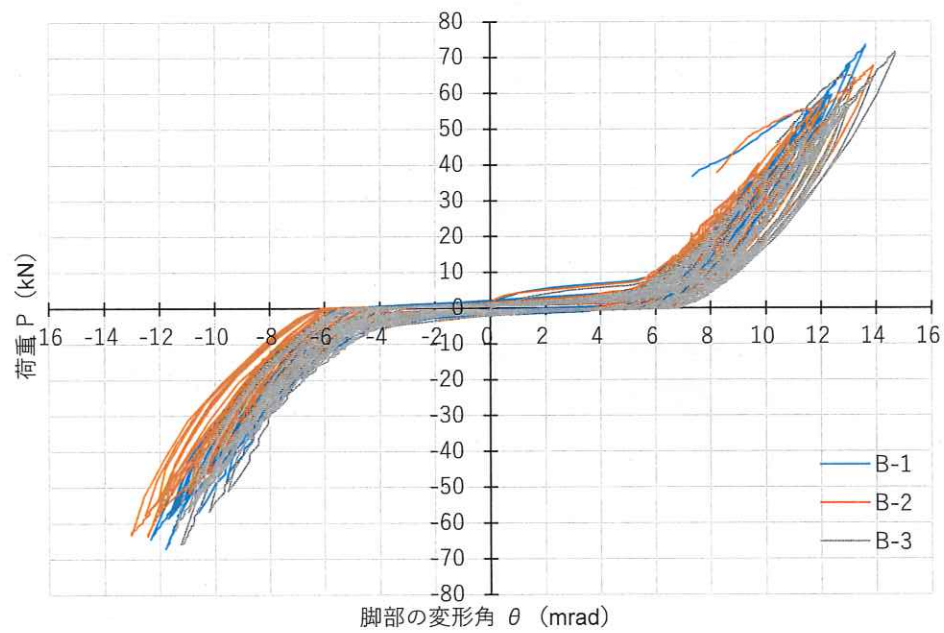


図 1.22 荷重－脚部変形角関係（B-1～B-3 試験体）

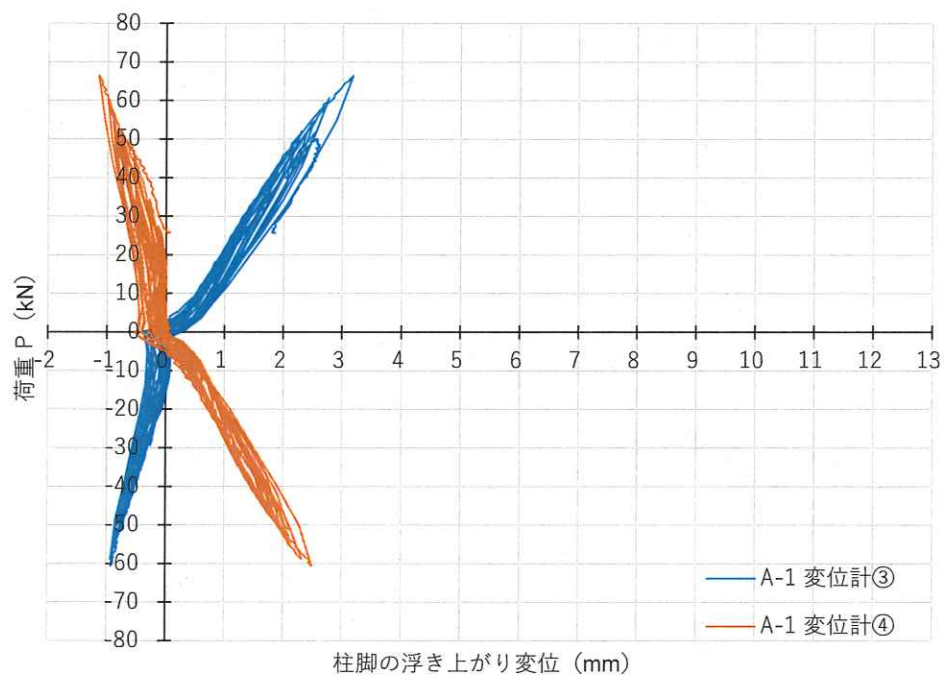


図 1.23 柱脚の浮き上がり変位 (A-1 試験体)

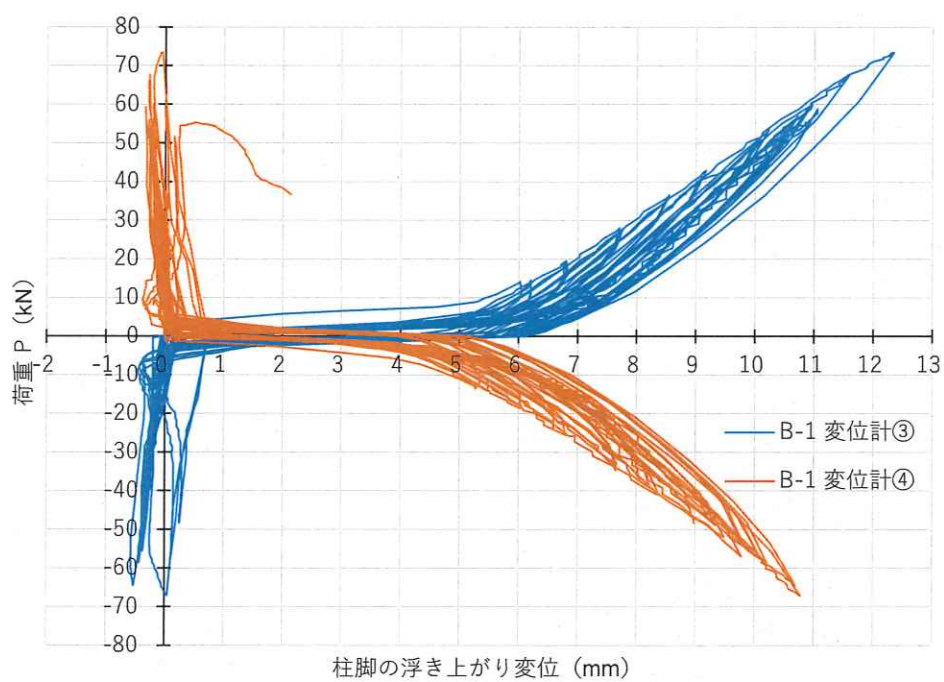


図 1.24 柱脚の浮き上がり変位 (B-1 試験体)

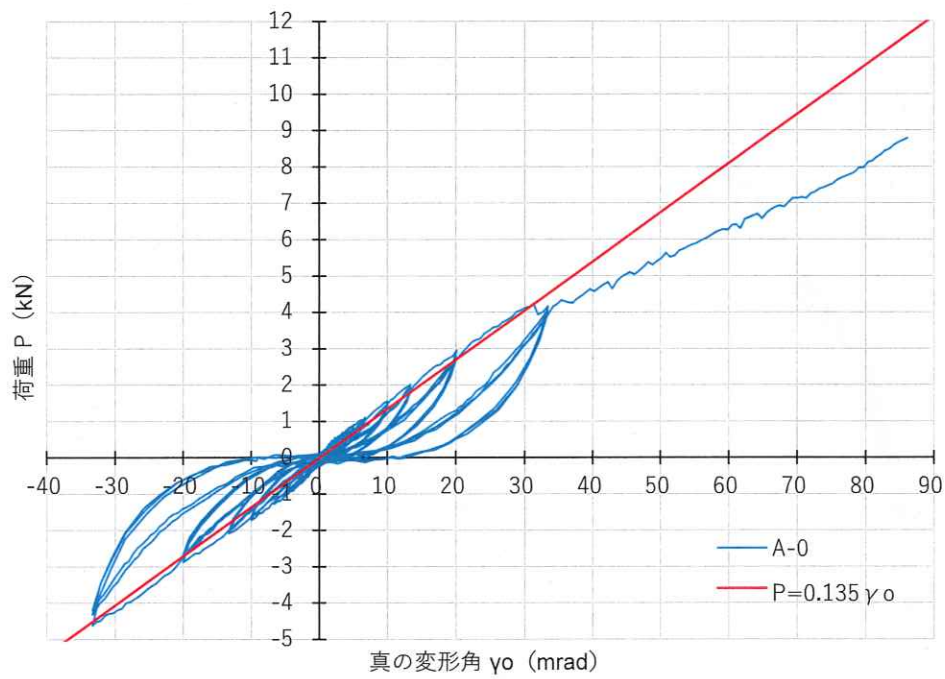


図 1. 25 荷重－変形角関係(A-0 試験体)

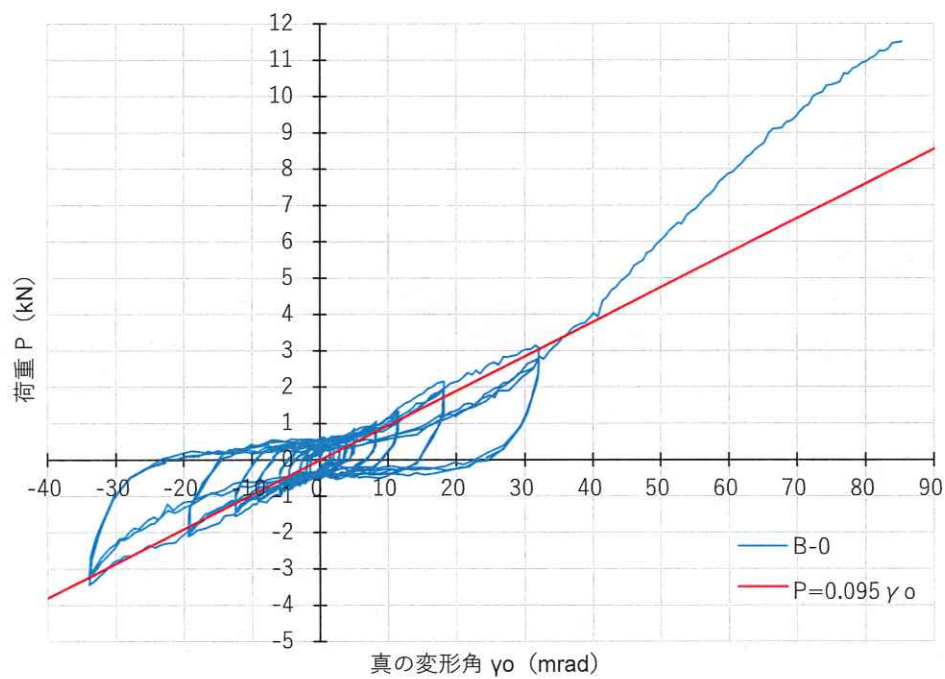


図 1. 26 荷重－変形角関係(B-0 試験体)

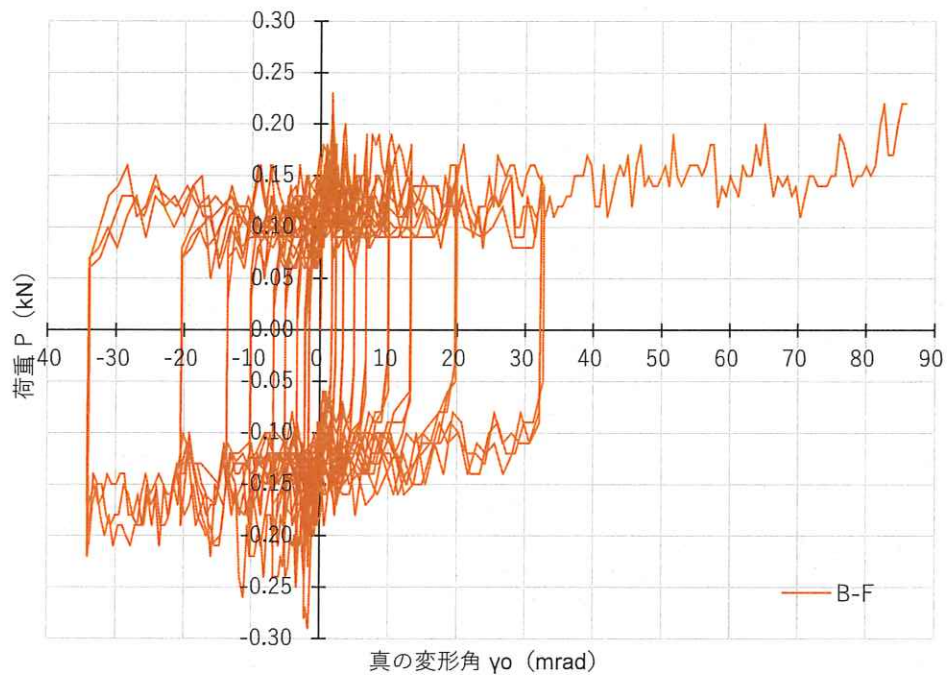


図 1.27 荷重－変形角関係(B-F 試験体)

(2) 柱脚アンカーボルト軸力

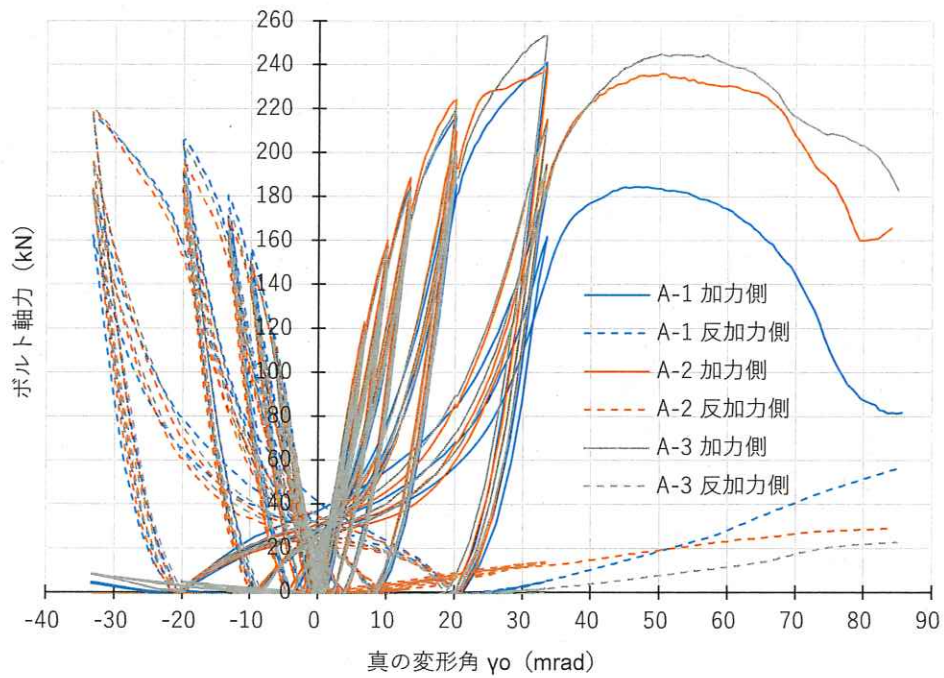


図 1.28 柱脚アンカーボルト軸力 (A-1～A-3 試験体)

(3) 面材のひずみ

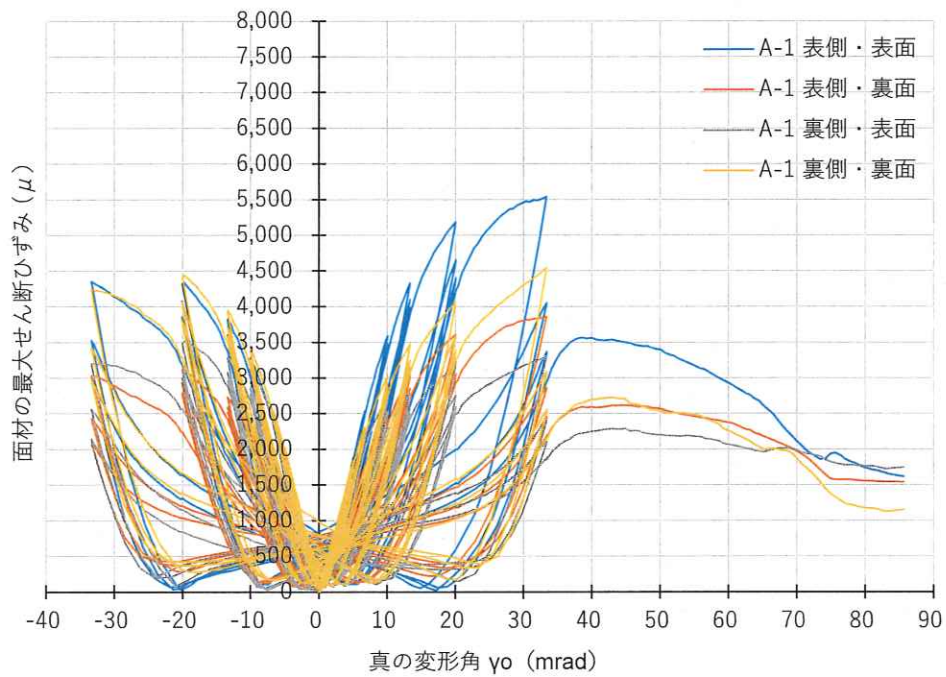


図 1.29 面材の最大せん断ひずみ(A-1 試験体)

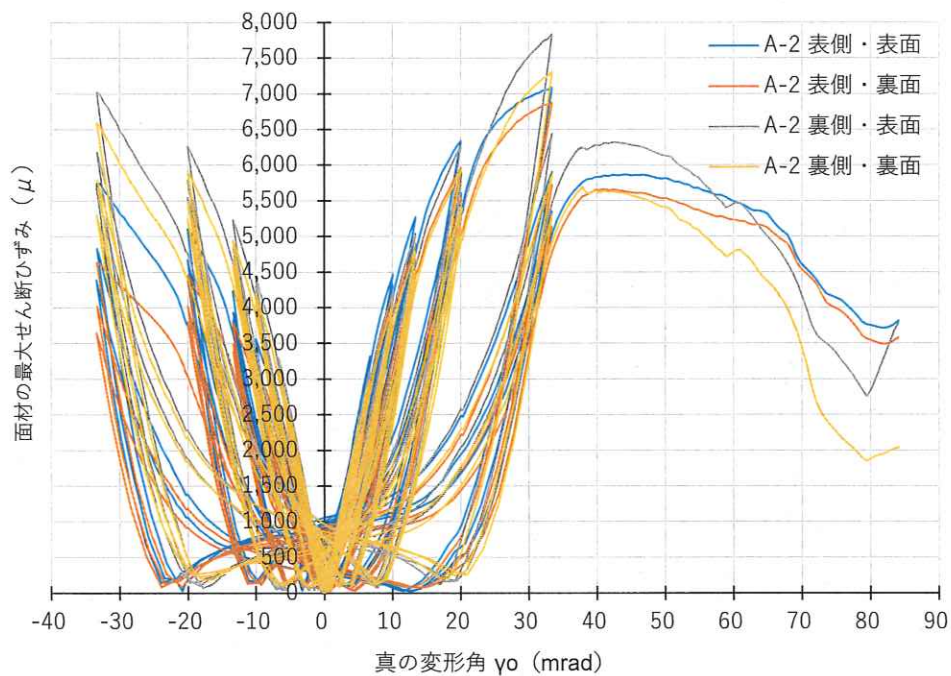


図 1.30 面材の最大せん断ひずみ(A-2 試験体)

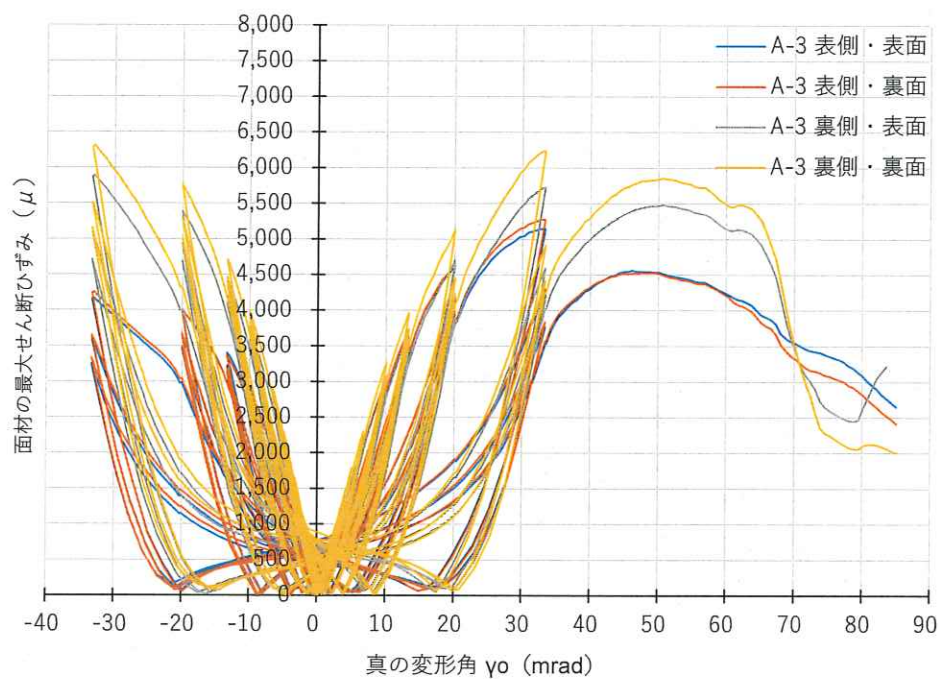


図 1. 31 面材の最大せん断ひずみ(A-3 試験体)

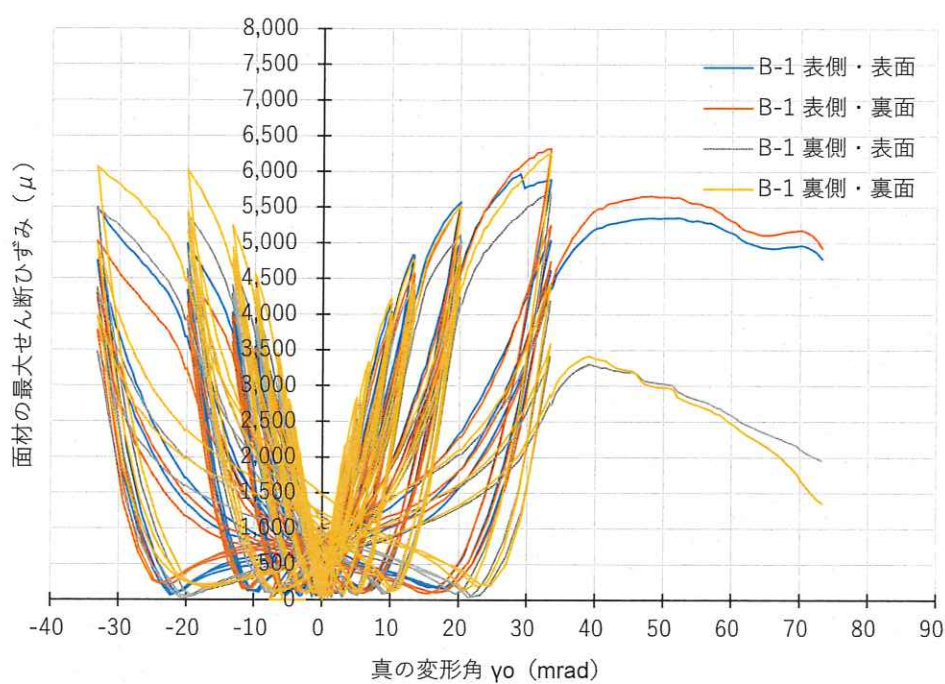


図 1. 32 面材の最大せん断ひずみ(B-1 試験体)

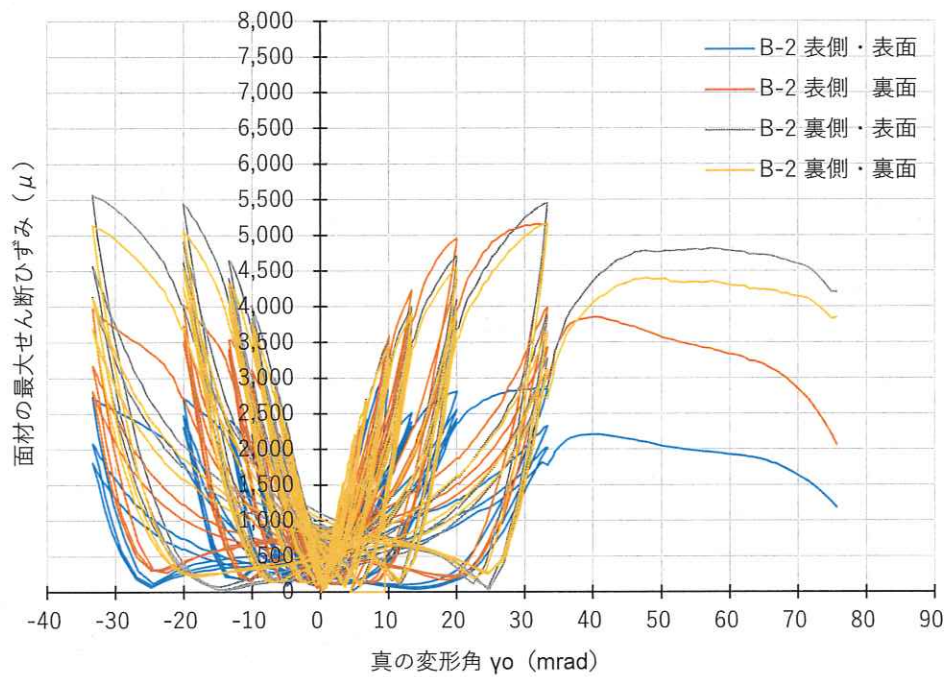


図 1.33 面材の最大せん断ひずみ(B-2 試験体)

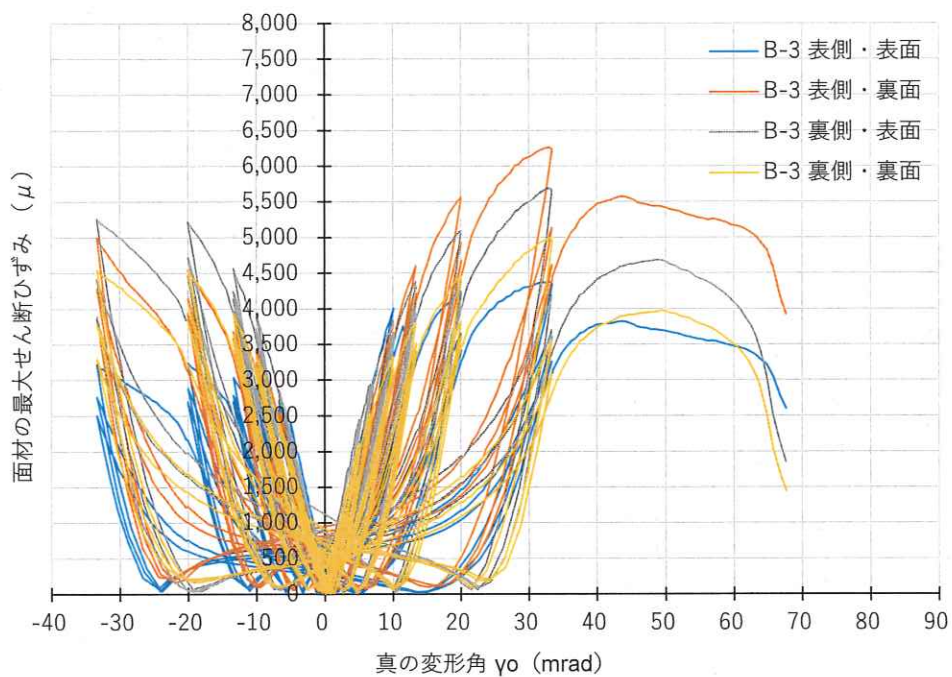


図 1.34 面材の最大せん断ひずみ(B-3 試験体)

(4) 柱のひずみ

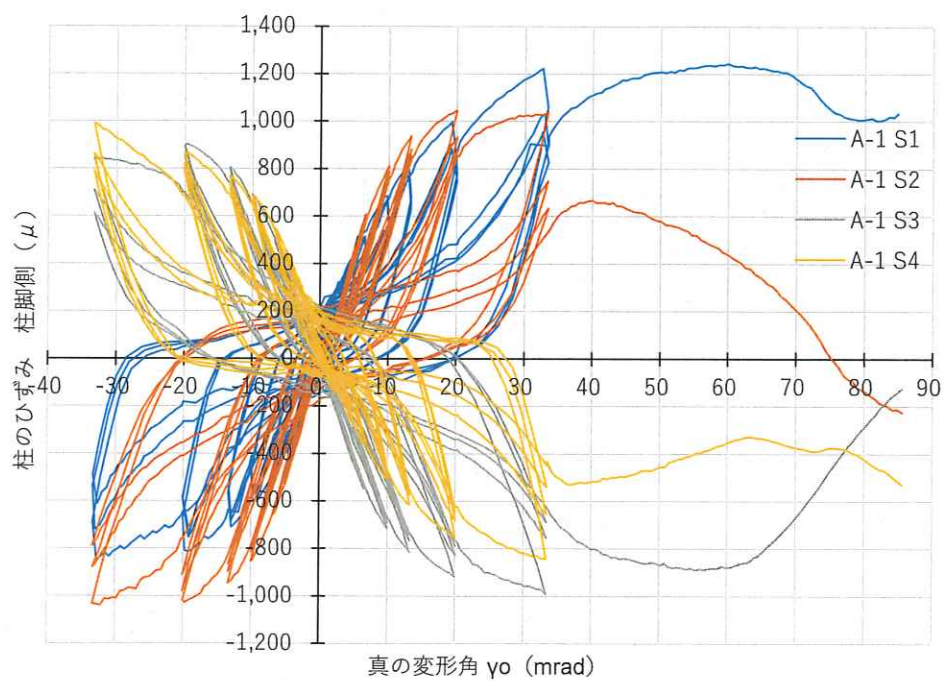


図 1.35 柱のひずみ 柱脚側(A-1 試験体)

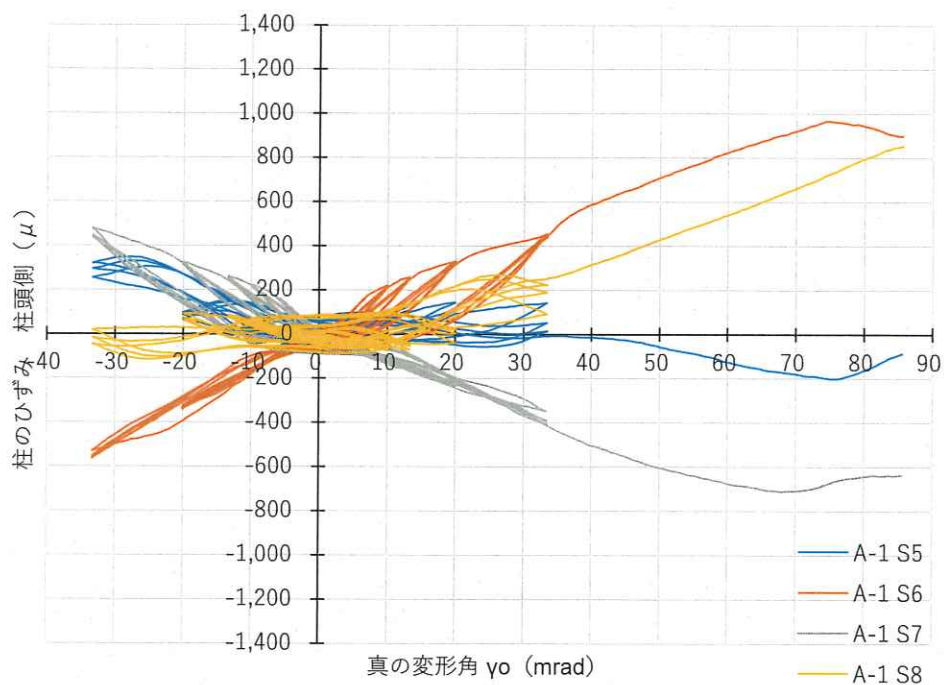


図 1.36 柱のひずみ 柱頭側(A-1 試験体)

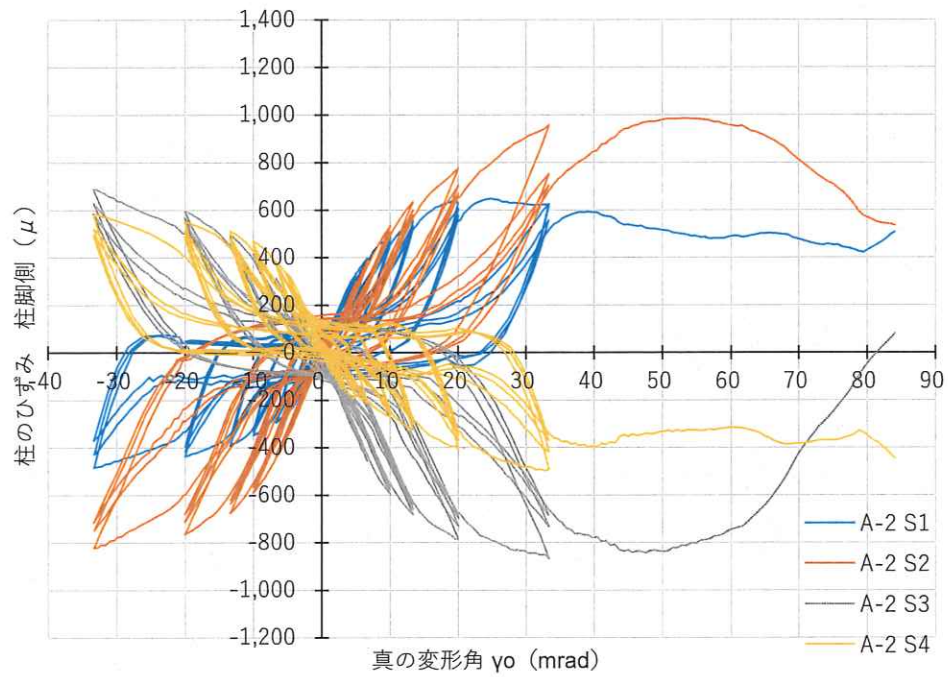


図 1. 37 柱のひずみ 柱脚側(A-2 試験体)

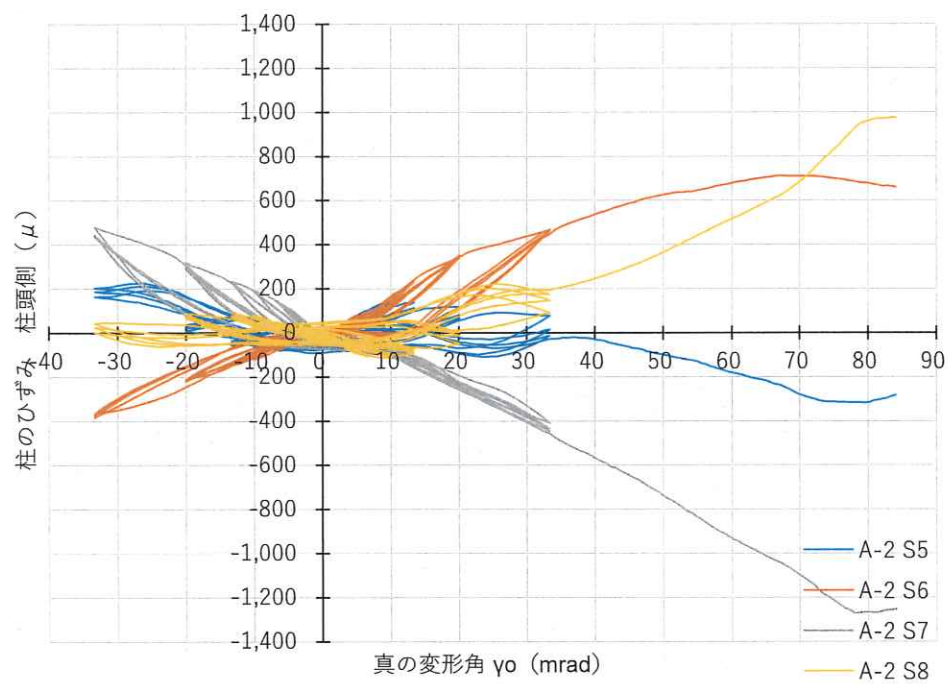


図 1. 38 柱のひずみ 柱頭側(A-2 試験体)

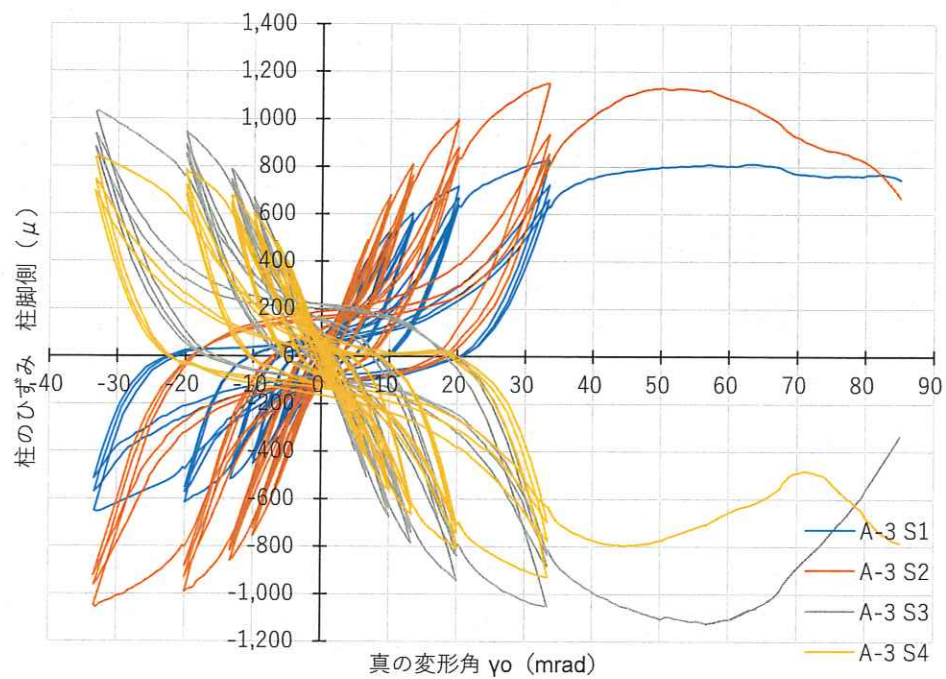


図 1. 39 柱のひずみ 柱脚側(A-3 試験体)

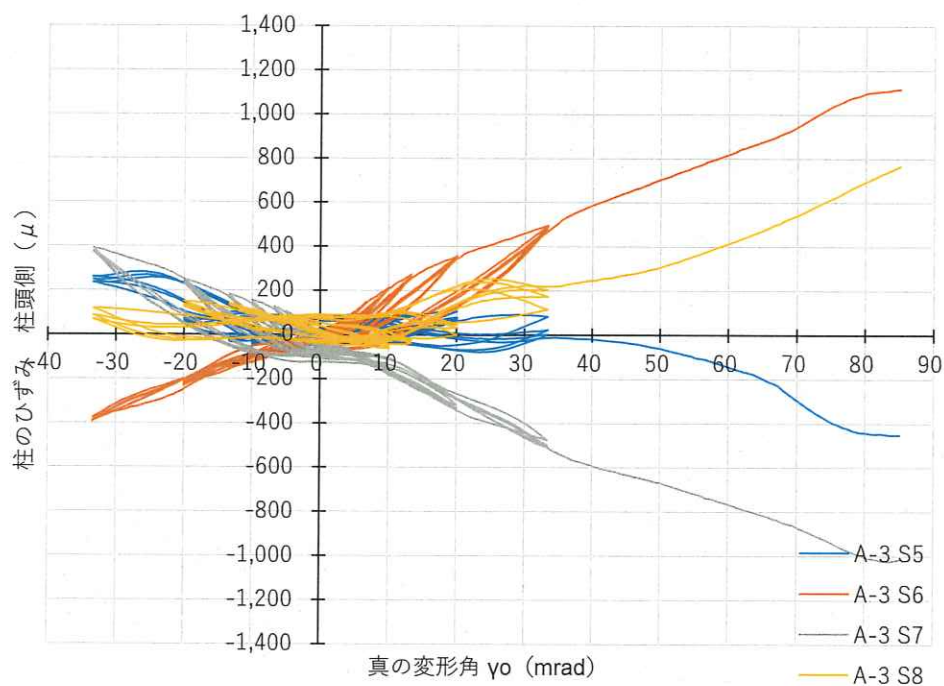


図 1. 40 柱のひずみ 柱頭側(A-3 試験体)

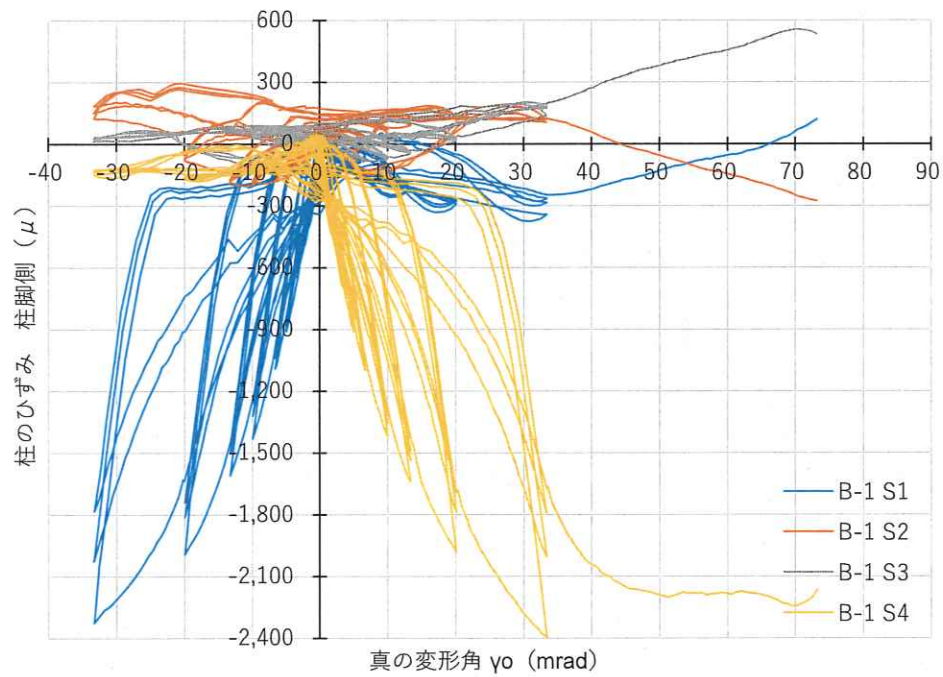


図 1.41 柱のひずみ 柱脚側(B-1 試験体)

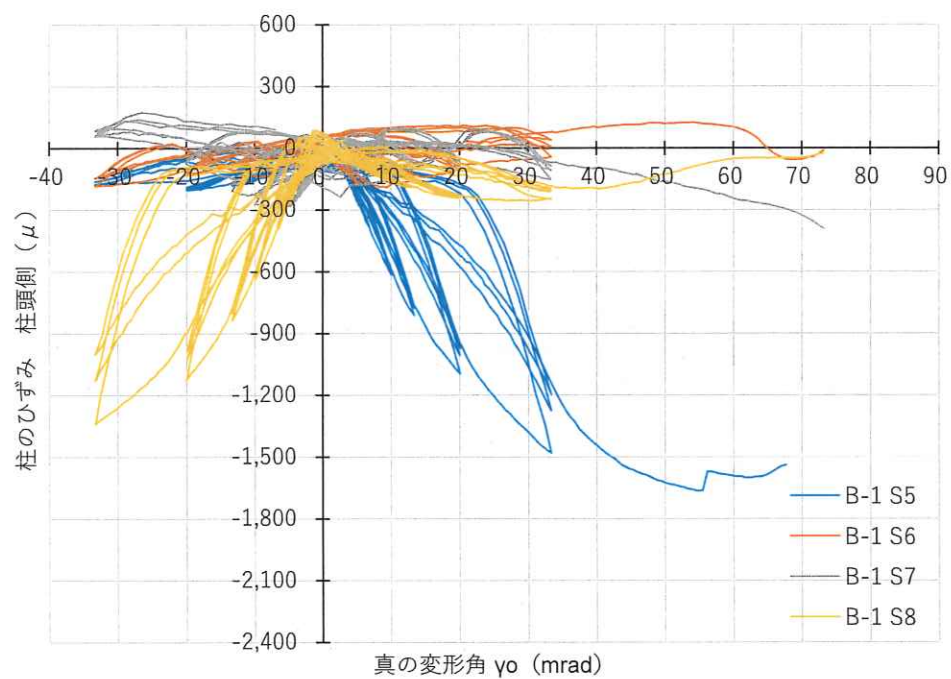


図 1.42 柱のひずみ 柱頭側(B-1 試験体)

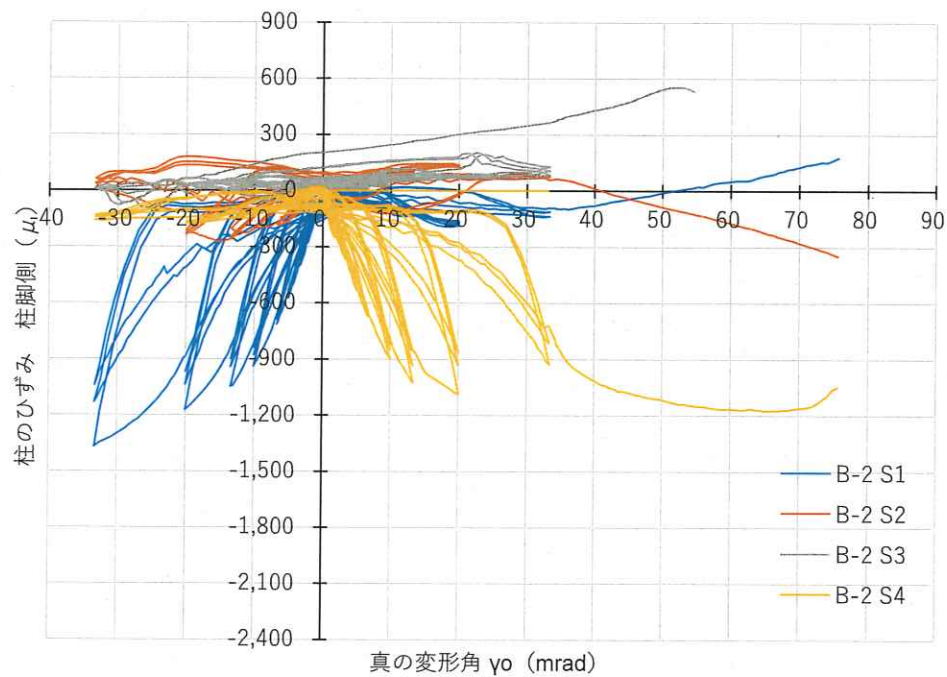


図 1.43 柱のひずみ 柱脚側(B-2 試験体)

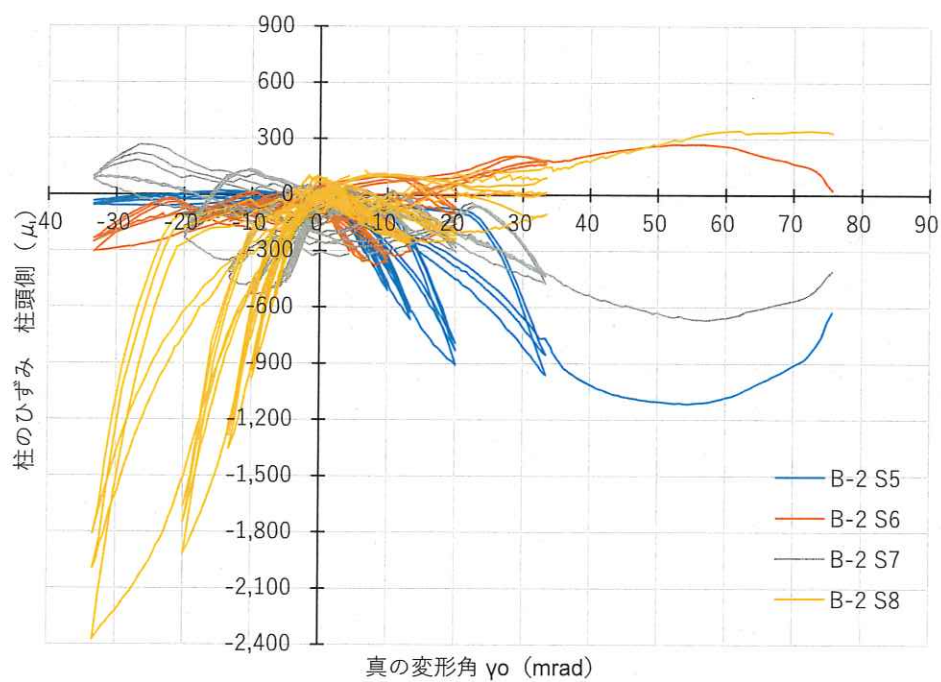


図 1.44 柱のひずみ 柱頭側(B-2 試験体)

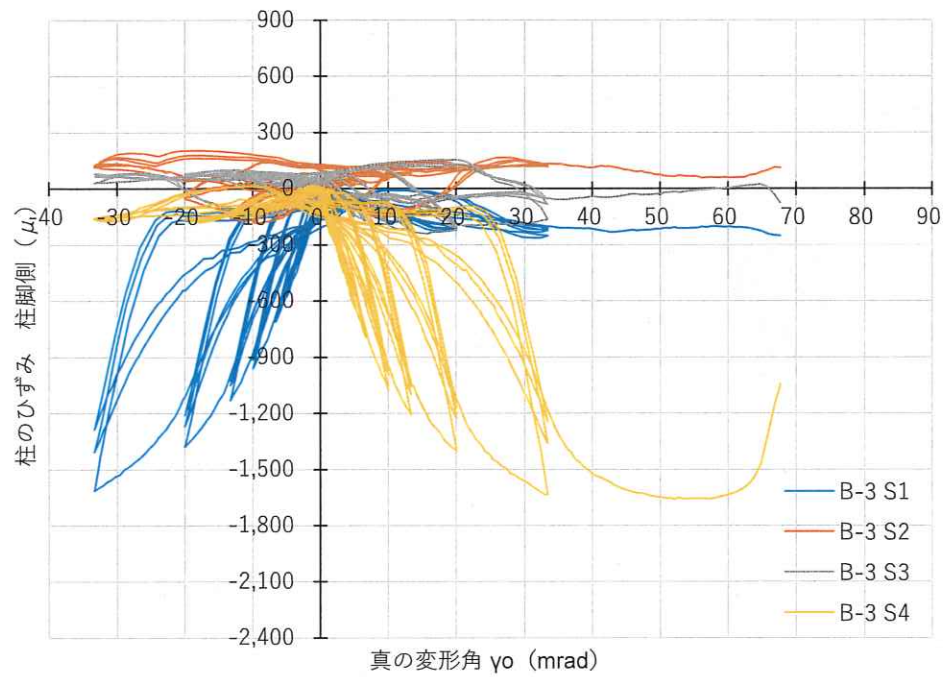


図 1. 45 柱のひずみ 柱脚側(B-3 試験体)

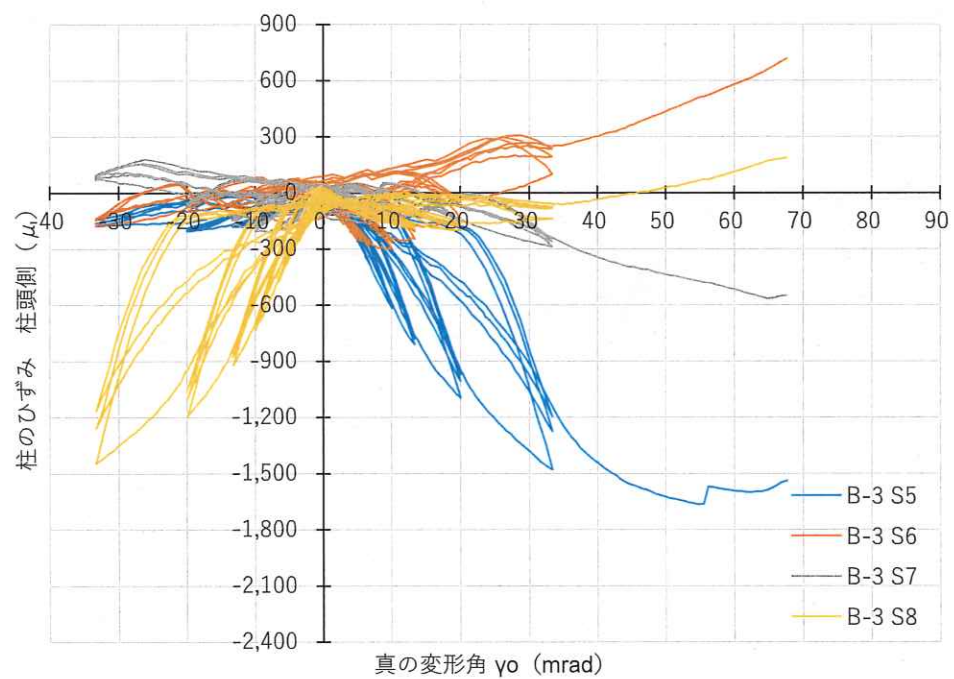


図 1. 46 柱のひずみ 柱頭側(B-3 試験体)

(5) 鉄骨柱のひずみ

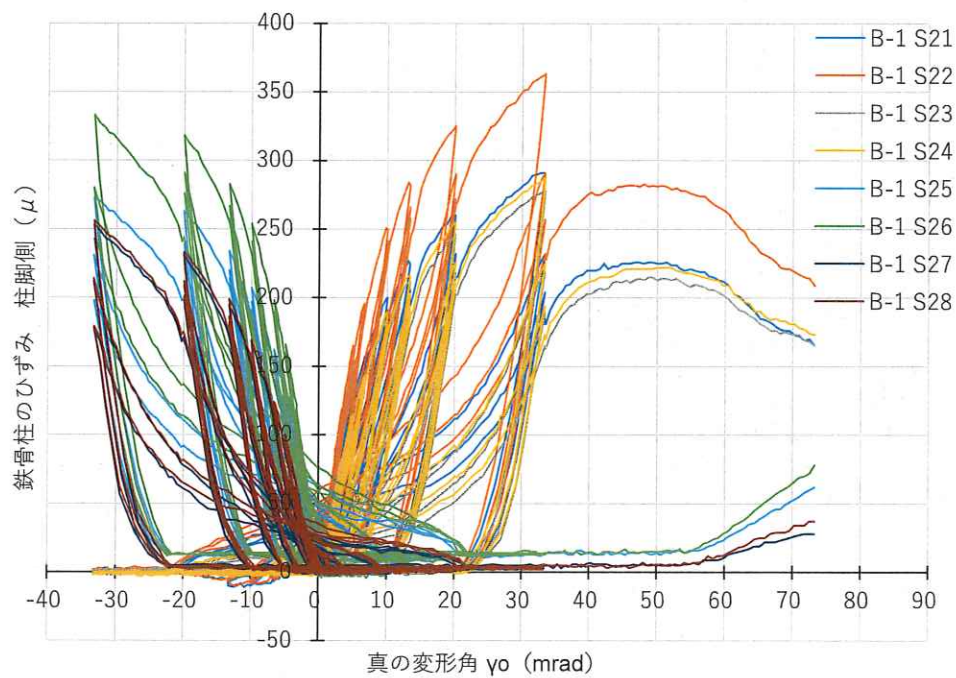


図 1.47 鉄骨柱のひずみ 柱脚側(B-1 試験体)

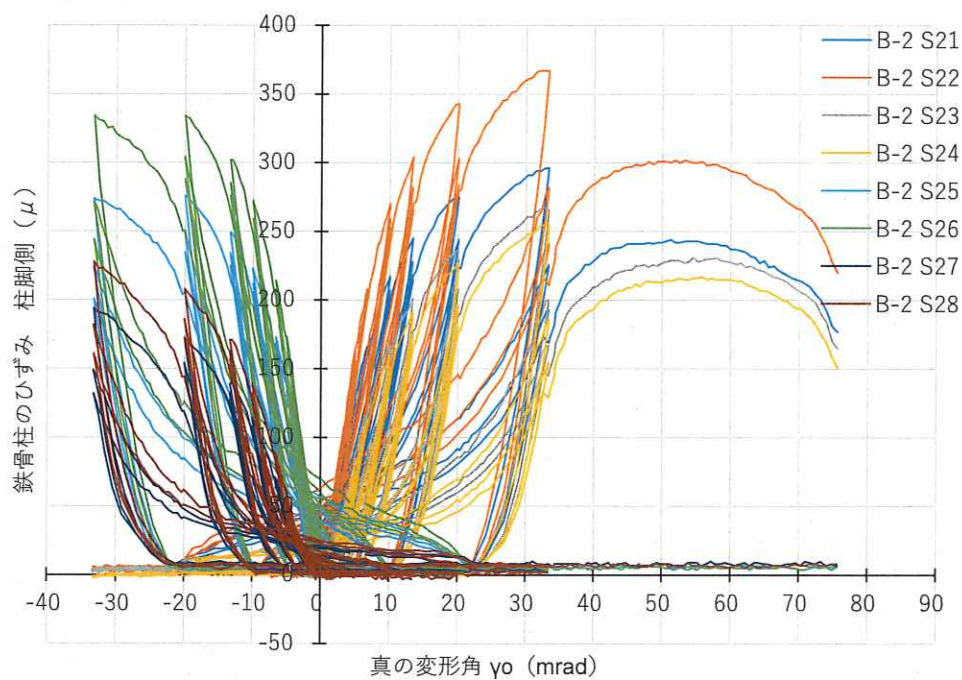


図 1.48 鉄骨柱のひずみ 柱脚側(B-2 試験体)

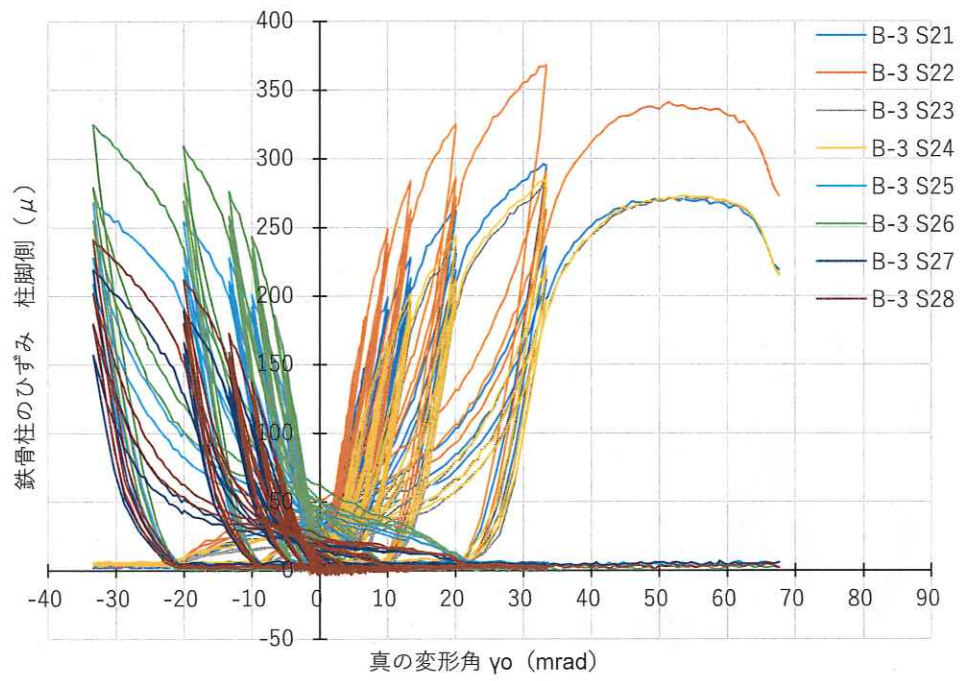


図 1.49 鉄骨柱のひずみ 柱脚側(B-3 試験体)

(6) 写真

<A-1 試験体>

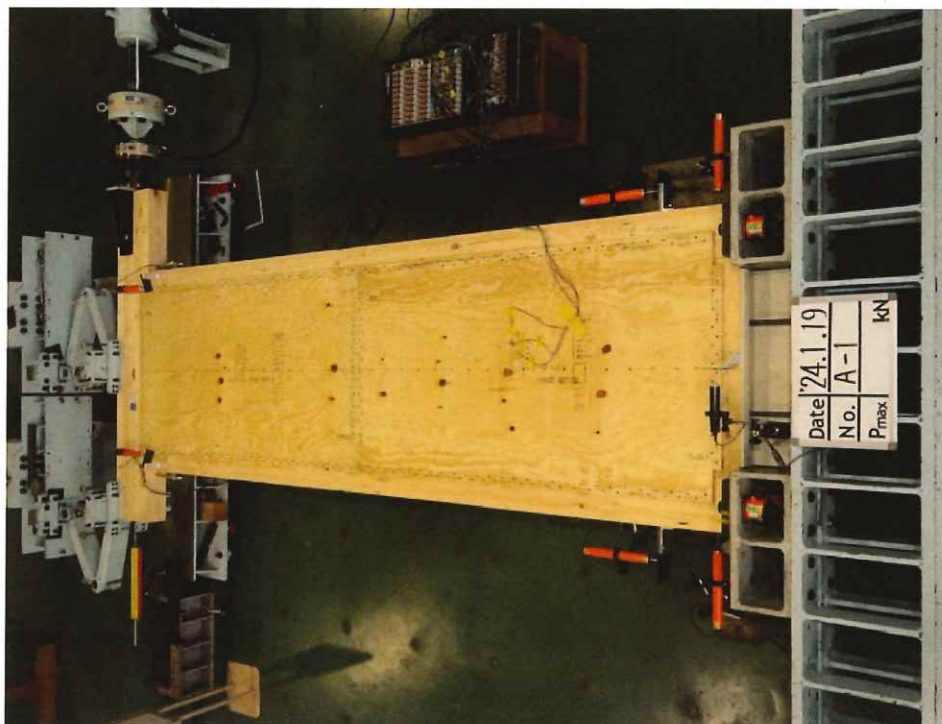


写真 1.1 A-1 加力前 全景

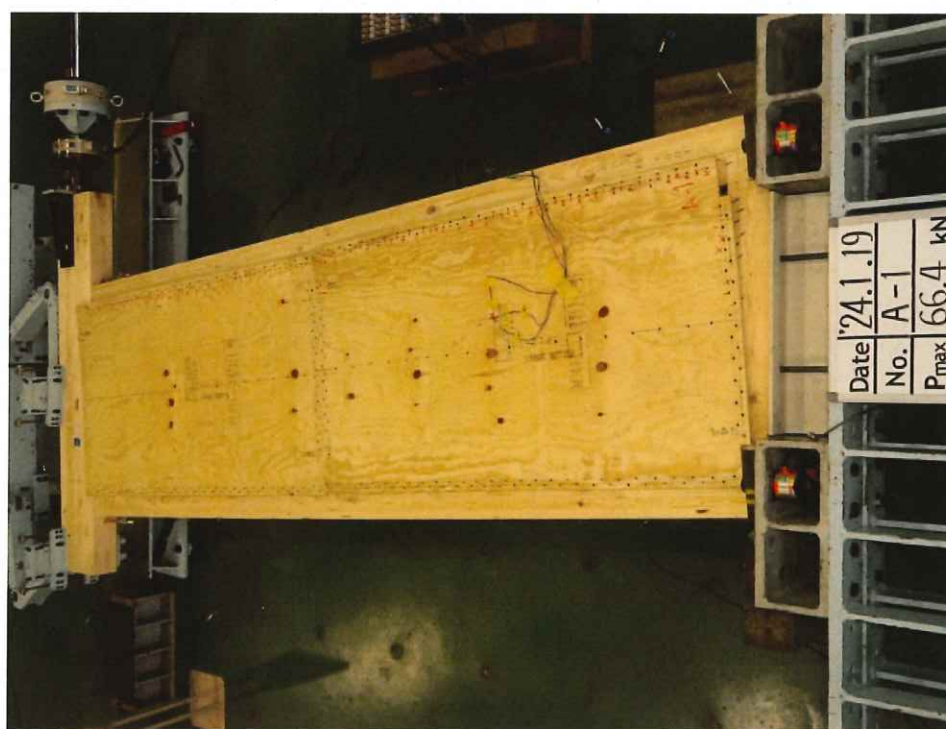


写真 1.2 A-1 試験終了後 全景



写真 1.3 A-1 解体後 面材(表)



写真 1.4 A-1 解体後 面材(裏)

釘の破壊記号凡例 - : 引き抜け × : 破断 ○ : パンチングアウト



写真 1.5 A-1 試験終了後 柱脚の浮き上がり、釘の抜け、釘の破断、釘頭のめり込み



写真 1.6 A-1 試験終了後 面材の浮き

<A-2 試験体>

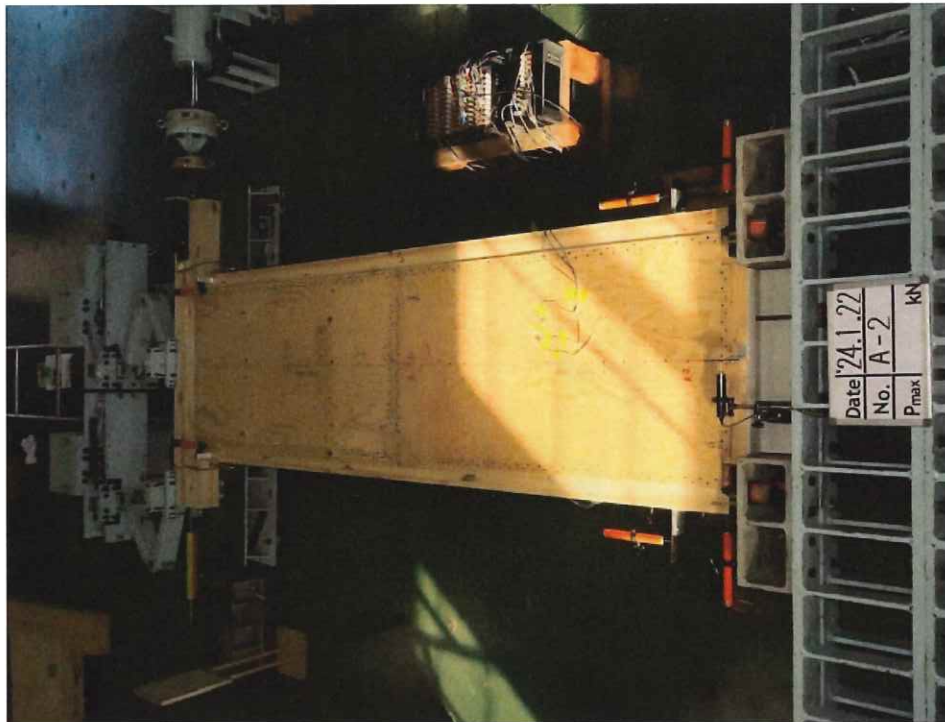


写真 1.7 A-2 加力前 全景

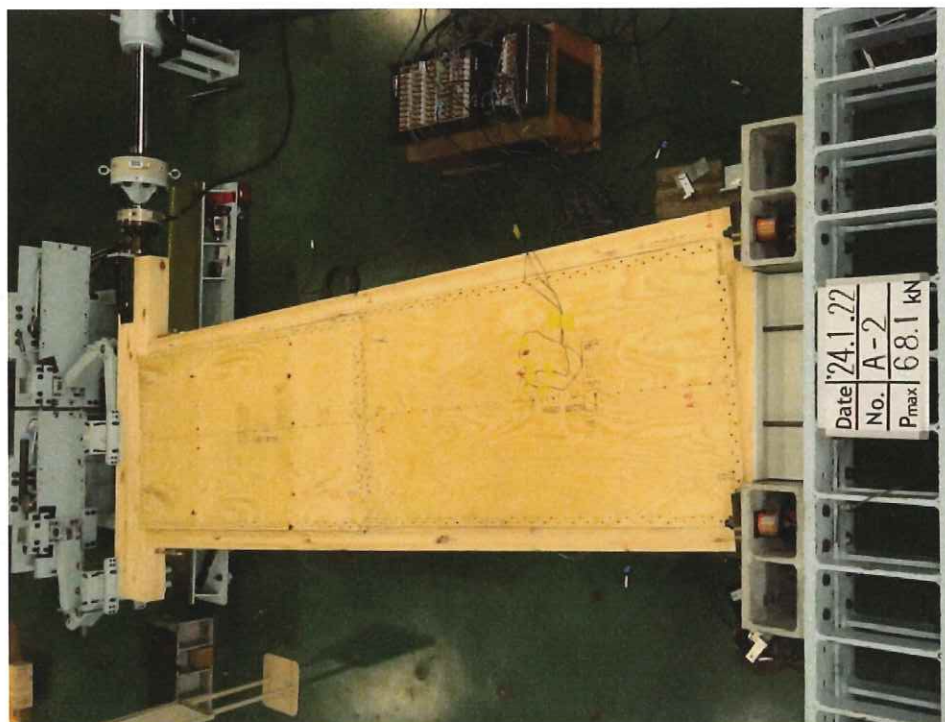


写真 1.8 A-2 試験終了後 全景

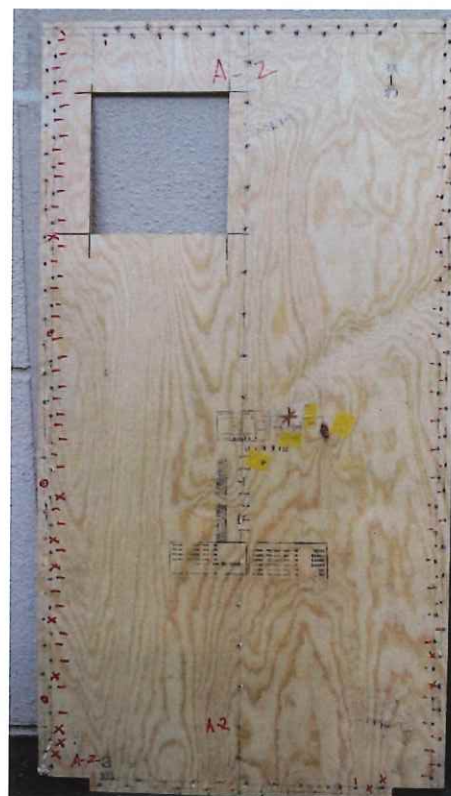
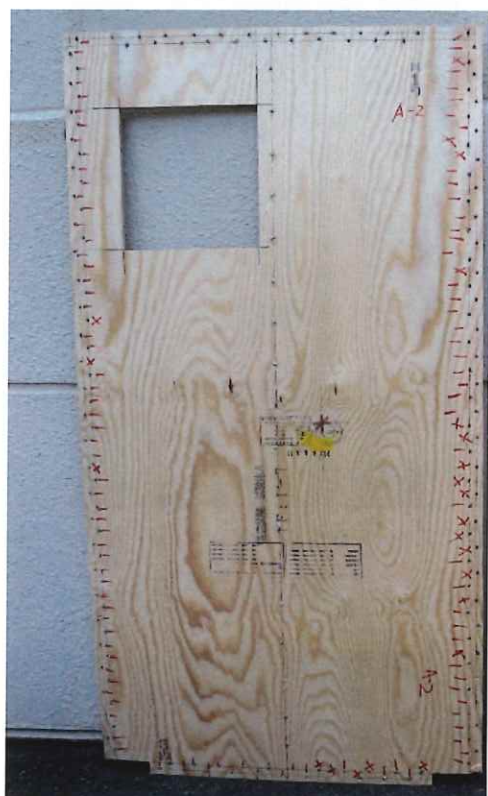


写真 1.9 A-2 解体後 面材(表)

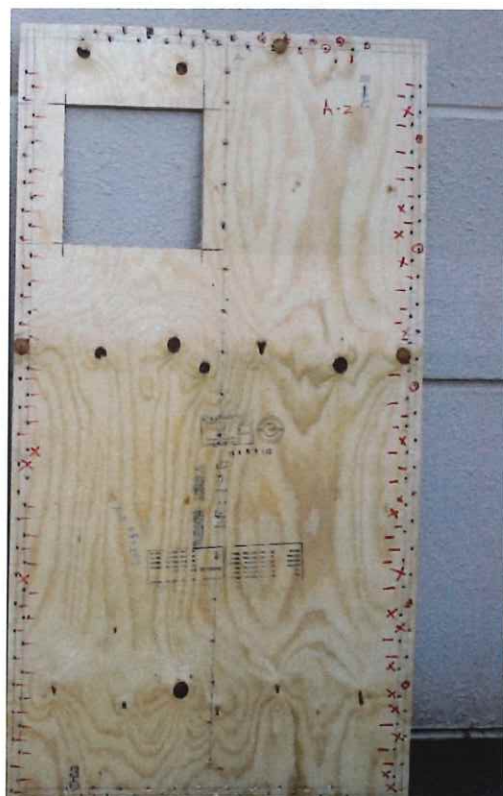


写真 1.10 A-2 解体後 面材(裏)

釘の破壊記号凡例 - : 引き抜け x : 破断 o : パンチングアウト



写真 1.11 A-2 試験終了後 柱脚の浮き上がり



写真 1.12 A-2 試験終了後 アンカーボルト 黒皮の剥がれ

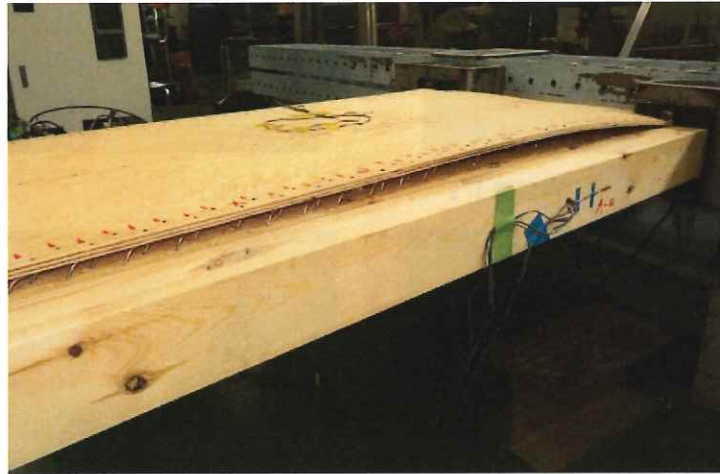


写真 1.13 A-2 試験終了後 面材の浮き



写真 1.14 A-2 試験終了後 釘の抜け、釘の破断、パンチングアウト

<A-3 試験体>

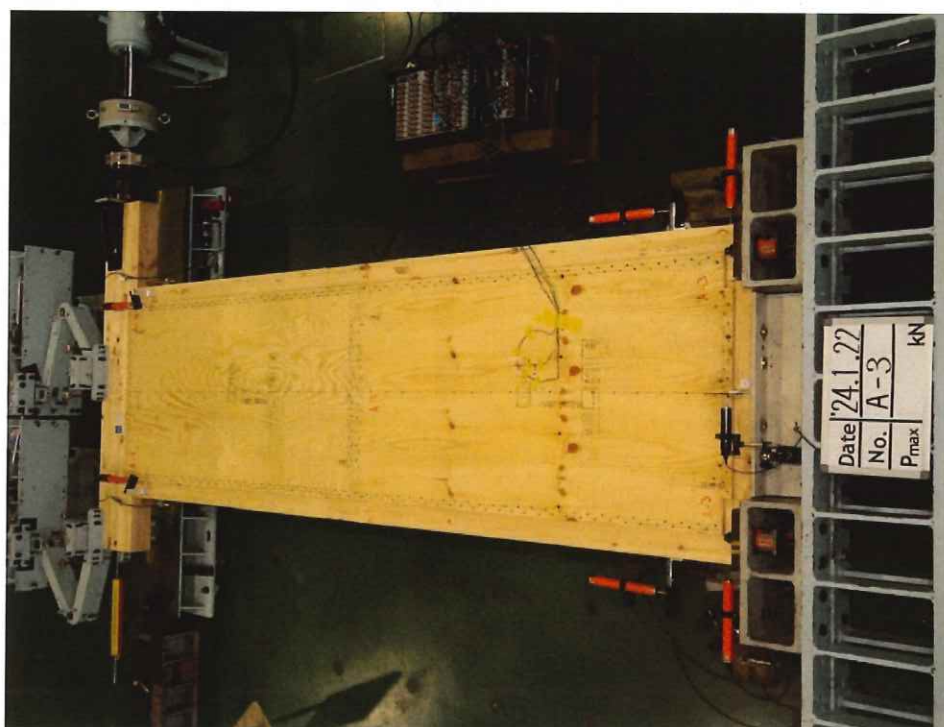


写真 1.15 A-3 加力前 全景



写真 1.16 A-3 試験終了後 全景



写真 1.17 A-3 解体後 面材(表)



写真 1.18 A-3 解体後 面材(裏)

釘の破壊記号凡例 —：引き抜け ×：破断 ○：パンチングアウト



写真 1. 19 A-3 試験終了後 柱脚の浮き上がり



写真 1. 20 A-3 試験終了後 アンカーボルト
部分的な黒皮の剥がれ



写真 1. 21 A-3 試験終了後 面材の浮き



写真 1. 22 A-3 試験終了後 釘の抜け、釘の破
断、パンチングアウト



写真 1. 23 A-3 試験終了後 中棧の割れ

<B-1 試験体>

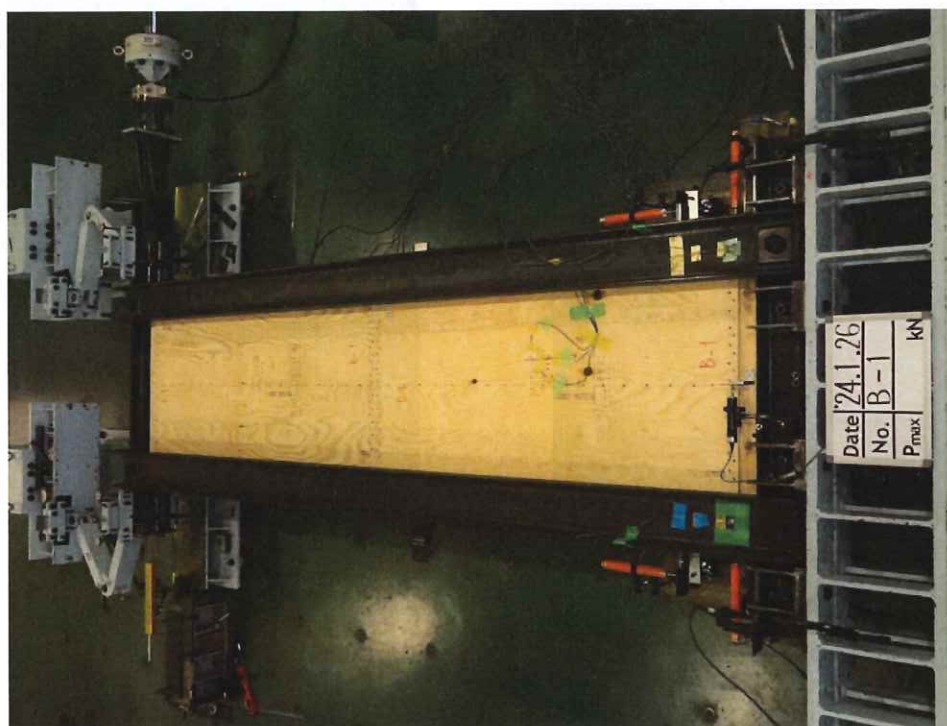


写真 1. 24 B-1 加力前 全景

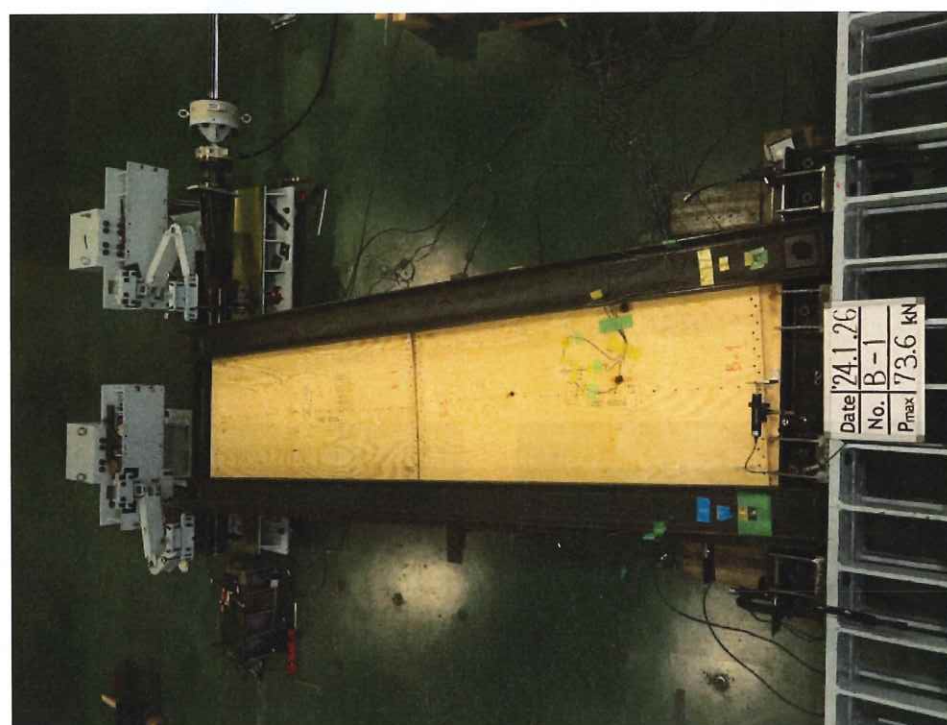


写真 1. 25 B-1 試験終了後 全景



写真 1.26 B-1 解体後 面材(表)



写真 1.27 B-1 解体後 面材(裏)

釘の破壊記号凡例 — : 引き抜け × : 破断 ○ : パンチングアウト



写真 1. 28 B-1 試験終了後 面材の浮き



写真 1. 29 B-1 試験終了後 釘の抜け、釘の破断、パンチングアウト



写真 1. 30 B-1 試験終了時 柱脚部の浮き上がり

<B-2 試験体>

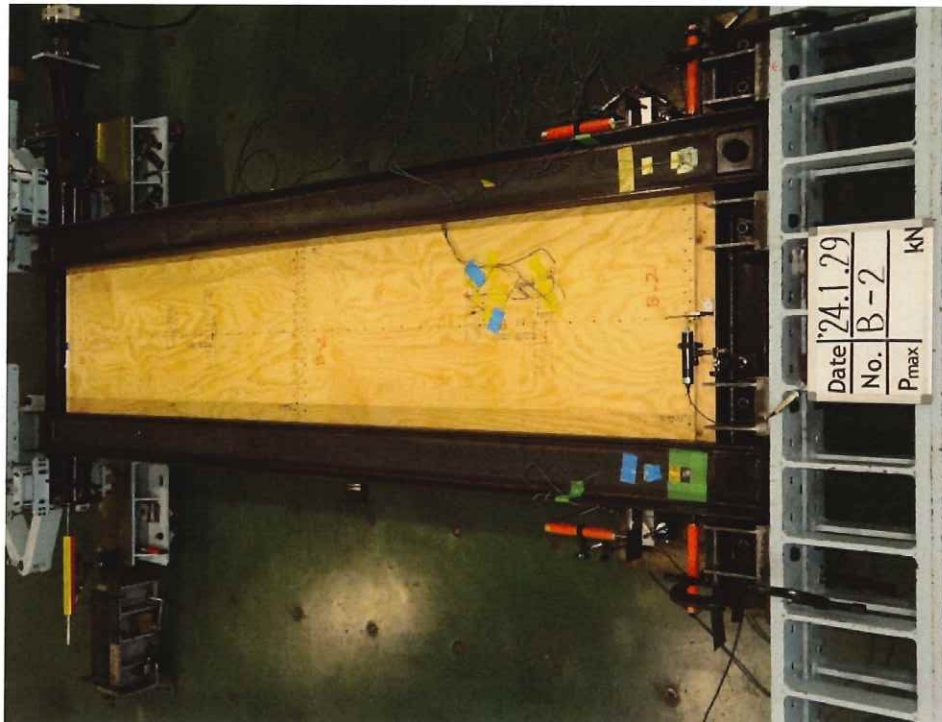


写真 1. 31 B-2 加力前 全景



写真 1. 32 B-2 試験終了後 全景



写真 1. 33 B-2 解体後 面材(表)



写真 1. 34 B-2 解体後 面材(裏)

釘の破壊記号凡例 - : 引き抜け × : 破断 ○ : パンチングアウト



写真 1. 35 B-2 試験終了後 面材の浮き



写真 1. 36 B-2 試験終了後 釘の抜け、釘の破断



写真 1. 37 B-2 試験終了時 柱脚部の浮き上がり

<B-3 試験体>

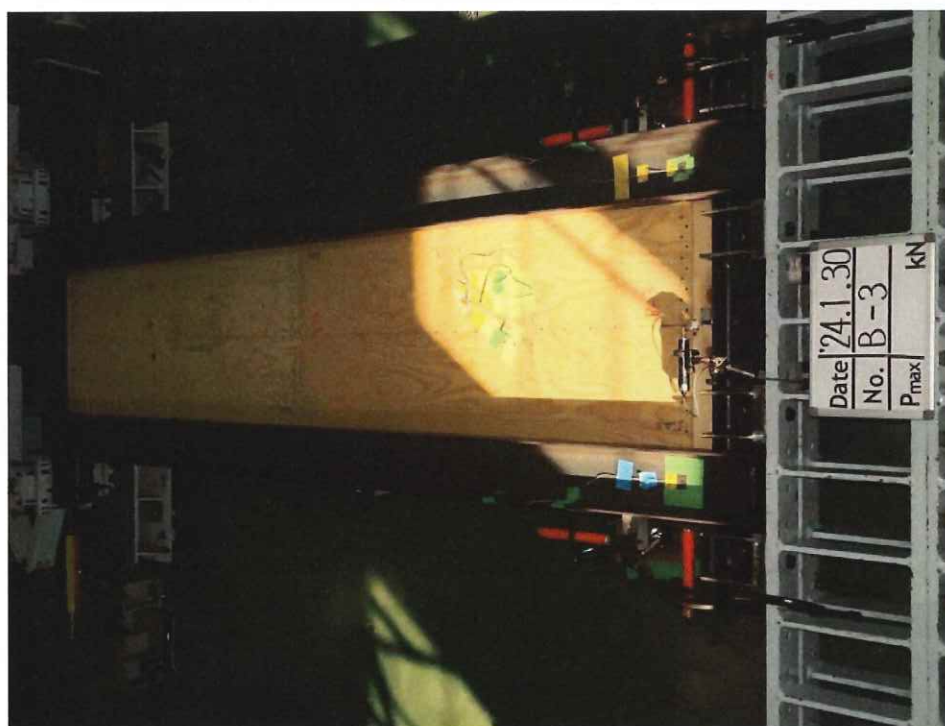


写真 1. 38 B-3 加力前 全景



写真 1. 39 B-3 試験終了後 全景



写真 1. 40 B-3 解体後 面材(表)



写真 1. 41 B-3 解体後 面材(裏)

釘の破壊記号凡例 - : 引き抜け x : 破断 o : パンチングアウト



写真 1. 42 B-3 試験終了後 面材の浮き



写真 1. 43 B-3 試験終了後 釘の抜け、釘の破断、パンチングアウト



写真 1. 44 B-3 試験終了時 柱脚部の浮き上がり

2.1.6 面内せん断試験結果まとめ

- 柱脚固定式（試験法 A）と鉄骨柱式（試験法 B）に共通して、破壊は釘の引き抜け、破断、パンチングアウトが多く見られ、面材のせん断破壊やせん断座屈は生じなかった。
- 最大荷重 P_{max} （3 体の平均値）は、試験法 A で 67.0 kN、試験法 B で 70.8 kN であった。真のせん断変形角に基づく荷重変形関係は、両試験法で大きな差は生じなかった。
- 真のせん断変形角で評価した相当壁倍率は試験法 A で 18.1 倍、試験法 B で 20.0 倍となり、試験法 B のほうが約 1 割大きい結果となった。詳細計算法による相当壁倍率は 14.4 倍であり、試験法 A の結果はその 1.25 倍、試験法 B の結果は 1.39 倍であった。実験、計算、いずれも $P_u \times 0.2\sqrt{(2\mu - 1)}$ で決定した。
- A-2 試験体では、脚部の変形角（図 1. 21）からアンカーボルトの降伏が生じたことが確認でき、黒皮の剥がれも観察された。A-1 および A-3 試験体では脚部の変形角からアンカーボルトの降伏は確認されなかった。
- 試験法 B の脚部変形角（図 1. 22）および柱脚浮き上がり変位（図 1. 24）より、鉄骨治具の初期ガタに起因すると考えられる脚部の回轉變形（すべり）が生じていることが確認された。すべり量は 4mm 程度であり、その影響から試験法 A と比べて試験法 B のほうが脚部の変形角が大きい結果となった。
- 面材を張らない柱梁フレームのみの試験結果より、A-0 試験体では $K=0.135 \text{ kN/mrad}$ 、B-0 試験体では $K=0.095 \text{ kN/mrad}$ の剛性が確認できた（剛性値はグラフ目視による）。
- 面材のひずみについては、試験法 A と試験法 B で大きな傾向の差は見られなかった。柱のひずみ計測結果から、柱頭付近、柱脚付近ともに、試験法 A では圧縮・引張の両方を柱が負担しているのに対して、試験法 B では柱には引張はほぼ生じておらず、圧縮だけを負担していることが確認できた。
- 鉄骨柱に生じたひずみは最大でも 400μ 未満であり、降伏点の半分以下の応力であったと推定される。

2.1.7 アンカーボルトの計算

試験法 A では柱脚金物を固定するアンカーボルトの強度を変えることで破壊順序をコントロールすることを意図している。下記にその計算を示す。

面材壁の最大荷重(試験結果の最大値)	Pmax	kN	92.6
耐力壁の高さ	H	m	3.5
Pmax 時の柱脚引抜力： $P_{\max} \times H/0.91$	Tmax	kN	356
面材壁の降伏耐力(試験結果の平均値)	Py	kN	46.1
Py 時の柱脚引抜力： $P_y \times H/0.91$	Ty	kN	177
2-M24 の有効断面積	Ae	cm ²	7.06
SNR400B の降伏点 (下限と上限の平均)	F400	kN/cm ²	29.5
SNR400B の引張強さ (下限と上限の平均)	σ_{u400}	kN/cm ²	45.5
SNR490B の降伏点 (下限と上限の平均)	F490	kN/cm ²	38.5
SNR490B の引張強さ (下限と上限の平均)	σ_{u490}	kN/cm ²	55.0
2-M24(SNR400B)の降伏耐力	Ta400	kN	208
2-M24(SNR400B)の破断耐力	Tu400	kN	321
2-M24(SNR490B)の降伏耐力	Ta490	kN	272
2-M24(SNR490B)の破断耐力	Tu490	kN	388
2-M24(強度区分 10.9)の短期許容引張力	Ta1000	kN	635

①柱脚が先行降伏しない (グレー本の設計法)

→2-M24(強度区分 10.9) **Tmax < Ta1000**

②柱脚が先行降伏し、最終的に柱脚で破壊するが、靱性が十分にある

→2-M24(SNR400B) **Ta400 < Tu400 < Tmax** (**Ta400 ≒ Ty**)

③柱脚が先行降伏するが、終局耐力には達せず、耐力壁の破壊で決まる

→2-M24(SNR490B) **Ta490 < Tmax < Tu490**

2.1.8 面材のせん断破壊・せん断座屈の検定

検定方法は、中大規模グレー本〈令和4年度講習会テキスト 木造軸組工法 中大規模木造建築物の構造設計の手引き（許容応力度設計編）〉p.171(3)「面材自体が破壊しないことの確認」によった。

1. 仕様

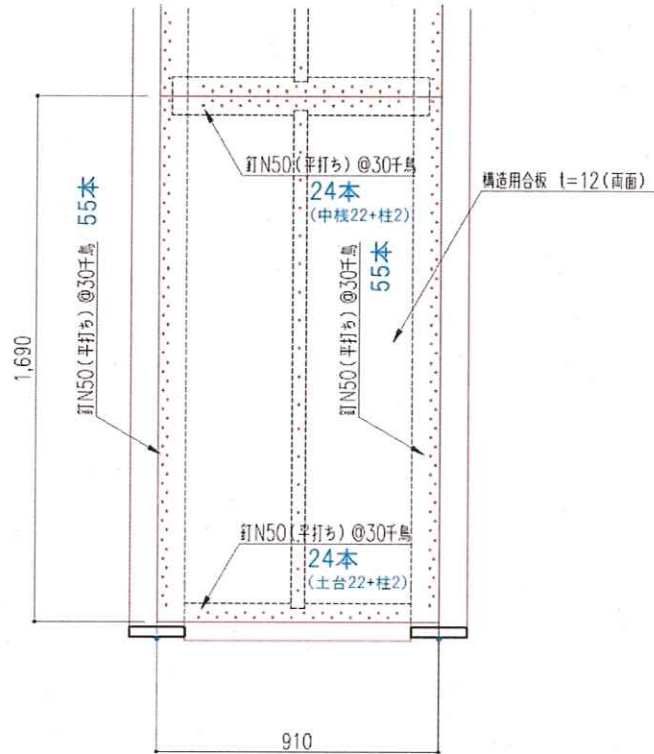
釘：N50 面材：構造用合板 $t=12$

$$\Delta P_v = 0.98 \text{ kN}$$

右図の釘配列より

$$Z_{xy} = 0.2722 \text{ cm/cm}^2$$

$$C_{xy} = 1.07$$



2. 面材のせん断破壊の検定

$$\tau_N = 1.07 \cdot 0.2722 \cdot 0.98 / 1.2 = 0.238 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\max} = 0.24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_N / \tau_{\max} = 0.99 < 1.0 \quad \text{OK}$$

3. 面材のせん断座屈の検定

$$\begin{aligned} \tau_{cr} &= \xi \cdot t^2 \cdot C_a \cdot S \cdot (E_1^3 \cdot E_2)^{1/4} / (3a^2) \\ &= 2 \cdot 1.2^2 \cdot 11.148 \cdot 1.104 \cdot (350^3 \cdot 550)^{1/4} / (3 \cdot 91^2) \\ &= 0.559 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\alpha = 0.091, \quad \beta = 0.6028$$

$$\tau_N / \tau_{cr} = 0.42 < 1.0 \quad \text{OK}$$

2.1.9 鉄骨治具（試験法 B）の検討

1. 諸元

土台下端～梁天端間 $H_o=3.500\text{ m}$

鉄骨梁（2C-150×75）芯々間 $H=3.670\text{ m}$

鉄骨柱（2C-200×90）芯々間 = 木柱芯々間 $W=0.910\text{ m}$

最大荷重 $P_{\max}=100\text{ kN}$

（JIS A 3301 用面材耐力壁試験〈12mm 合板両面張り〉の最大 $P_{\max}$ ：92.6 kN より仮定）

最大軸力 $N_{\max}=100 \times 3.67 / 0.91=404\text{ kN}$

2. 鉄骨柱の引張力に対する検討

鉄骨柱断面 C-200×90×8×13.5（全断面積 38.65 cm²、ウェブ断面積 $A_w=16.0\text{ cm}^2$ ）

鉄骨柱 1 本あたりの軸力 $404/2=202\text{ kN}$

短期許容引張力 $sNa=16.0 \times 23.5=376\text{ kN}$ （検定比 0.54） ※ウェブの断面のみ考慮

伸びひずみ $202/38.65/20500=0.0255\%$

伸び量 $3670 \times 0.0255/100=0.94\text{ mm}$

3. 鉄骨柱梁接合部の検討

1) ボルトのせん断

接合具：ボルト M36（強度区分 8.8、ねじ部有効断面積 $A_e=8.17\text{ cm}^2$ ）

ボルトの降伏強度 $F_{bt}=64.0\text{ kN/cm}^2$

ボルトの短期許容せん断応力度 $sfs=36.95\text{ kN/cm}^2$

ボルトの短期許容せん断力 $sQa1=301\text{ kN}$

2) 鉄骨柱母材・添板の支圧

鉄骨柱母材・添板の鋼種と板厚 SS400（ $F=23.5\text{ kN/cm}^2$ ）、 $t=16\text{ mm}$

（柱のウェブ板厚は 8mm のため、9mm のプレートで補強して合計 17mm とする）

鉄骨柱母材・添板の短期許容支圧応力度 $sfp=1.5 \times 23.5 \times 1.25=44.06\text{ kN/cm}^2$

鉄骨柱母材・添板の短期許容支圧力 $sQa2=3.6 \times 1.6 \times 44.06=253\text{ kN}$

3) 添板と鉄骨梁の隅肉溶接

添板と鉄骨梁の隅肉溶接サイズ $s=0.6\text{ cm}$ とする。

添板と鉄骨梁の隅肉溶接長 $2 \times (18-0.6 \times 2) + 2 \times (12.5-0.6 \times 2)=56.2\text{ cm}$

隅肉溶接の短期許容せん断力 $sQa3=0.7 \times 0.6 \times 56.2 \times 13.5=318\text{ kN}$

接合部の短期許容せん断力 $sQa=\min(sQa1, sQa2, sQa3)=253\text{ kN}$ （検定比 0.80）

4. 鉄骨梁の曲げの検討

鉄骨梁断面 $C=150 \times 75 \times 9 \times 12.5$ ($Z=140 \text{ cm}^3$, $sfb=23.5 \text{ kN/cm}^2$)

ベース間距離 $L=40 \text{ cm}$

鉄骨梁 1 本あたりの曲げモーメント $M=202 \times 40 / 4 = 2020 \text{ kNcm}$

設計応力度 $\sigma = 2020 / 140 = 14.43 \leq 23.5 \quad \text{OK}$

5. 鉄骨梁とベースの隅肉溶接の検討 (ベース 1 か所あたりで検討)

ベース 1 か所あたりの設計引張力 $404 / 2 = 202 \text{ kN}$

溶接サイズ $s=0.6 \text{ cm}$ とする

溶接長 82.8 cm

梁の下フランジとベース (片面 4 か所) : $4 \times (7.5 - 2 \times 0.6) = 25.2 \text{ cm}$

リブプレートとベース (両面 4 か所) : $2 \times 4 \times (8.4 - 2 \times 0.6) = 57.6 \text{ cm}$

隅肉溶接の短期許容せん断力 $sQa = 0.7 \times 0.6 \times 82.8 \times 13.5 = 469 \text{ kN}$ (検定比 0.43)

6. ストッパーの検討

圧縮側の柱脚軸力 $Cv = P_{\max} \times H / W = 100 \times 3670 / 910 = 404 \text{ kN}$

摩擦力 $F = Cv \times 0.3 = 404 \times 0.3 = 121.2 \text{ kN}$ (静止摩擦係数 0.3 と仮定)

摩擦力が $P_{\max}$ を上回るためストッパー不要であるが、高さ 60mm のストッパーを設ける。

7. ベースと架台 (ベースフレーム) の接合ボルトの検討

接合具 : ボルト M20 (強度区分 8.8、ねじ部有効断面積 $Ae=2.45 \text{ cm}^2$)

ボルトの降伏点 $Fbt=64.0 \text{ kN/cm}^2$

ボルトの短期許容せん断応力度 $sfs=36.95 \text{ kN/cm}^2$

ボルト 1 本あたりの設計引張力 $404 / 4 = 101 \text{ kN}$

ボルト 1 本あたりの設計せん断 $100 / 8 = 12.5 \text{ kN}$

ボルトに作用するせん断応力度 $\tau = 12.5 / 2.45 = 5.1 \text{ kN/cm}^2 \leq 36.95 \quad \text{OK}$

せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力度 $fts = \sqrt{(64.0^2 - 3 \times 5.1^2)} = 63.3 \text{ kN/cm}^2$

ボルトに作用する引張応力度 $\sigma_t = 101 / 2.45 = 41.2 \text{ kN/cm}^2$ (検定比 0.65)

2.1.10 面材張り大壁の詳細計算法

木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2017 年坂) 3.3「面材張り大壁の詳細計算法」(p.198
～) の方法により、今回の試験に用いた耐力壁の許容せん断耐力を計算する。

釘配列定数は下記の条件より計算した。

- ・釘の端あき：22.5 mm (千鳥配置の図心)
- ・短辺方向の釘本数：上の面材 23／下の面材 24 (上の面材は上辺と下辺の平均)
- ・長辺方向の釘本数：上の面材 53／下の面材 55

1)面材の諸元				
階高(土台芯～加力芯)	H	cm	352.6	
面材の厚み	t	cm	1.2	
上側の面材幅	w 上	cm	91.0	
上側の面材高さ	h 上	cm	167.0	
下側の面材幅	w 下	cm	91.0	
下側の面材高さ	h 下	cm	167.0	
合計の高さ	h	cm	334.0	
面材の面積（上）	Aw 上	cm2	15197	
面材の面積（下）	Aw 下	cm2	15197	
面材のせん断弾性係数	GB	KN/cm2	40.0	
2)面材釘の一面せん断の数値				
釘の種類	-		N	
	-		50	
釘長さ ≧ 面材厚 x2.5 の確認	-		OK	
	k	kN/cm	4.80	
	δ v	cm	0.21	
	δ u	cm	1.53	
	ΔPv	kN	0.98	
3)釘配列諸定数				
面材（上）	lxy 上	cm2/cm2	10.19	
	Zxy 上	cm/cm2	0.2616	
	Cxy 上	-	1.07	
面材（下）	lxy 下	cm2/cm2	10.60	
	Zxy 下	cm/cm2	0.2722	
	Cxy 下	-	1.07	
4)壁の回転剛性				
	K0 上	kNcm/rad	368160	
	K0 下	kNcm/rad	375351	
	上+下	K0	kNcm/rad	743511

5)変形角 1/150rad 時のモーメント M_{150}	M_{150}	kNcm	4957	× 2(両面)
M_{150}/H	P_{150}	kN	14.1	28.1
6)壁の降伏モーメント M_y	M_y 上	kNcm	3896	
	M_y 下	kNcm	4054	
	上+下 M_y	kNcm	7950	
M_y/H	P_y	kN	22.5	45.1
7)壁の終局モーメント M_u	M_u 上	kNcm	4169	
	M_u 下	kNcm	4338	
	M_u	kNcm	8506	
8)壁の塑性率	μ 上	-	4.11	
	μ 下	-	4.05	
	$\min(\mu \text{ 上}, \mu \text{ 下})$	μ	-	4.05
9)壁の $0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times M_u$		kNcm	4534	
$0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times M_u/H$		kN	12.9	25.7
10)壁の許容せん断耐力 P_a				
$\min(M_y, K_0/150, 0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times M_u)$		kNcm	4534	
壁の許容せん断力 上記 $\min$ /階高 H	P_a	kN	12.9	25.7
単位長さあたりの ΔP_a		kN/m	14.13	28.3
相当壁倍率		倍	7.21	14.4

2.2 要素試験報告書

2.2.1 柱脚ビス接合部の引張試験 (T-CB)

2.2.1.1 試験概要・試験体仕様

構造用合板張り高耐力壁の面内せん断試験（試験法 A）に用いた柱脚金物を再利用し、柱脚の引張試験を行った。柱脚金物を架台に止めつけるアンカーボルトは降伏を生じさせないことを意図して強度区分 10.9 を使用した。試験体数は予備試験（単調加力）1 体、本試験（一方向繰り返し加力）3 体とした。

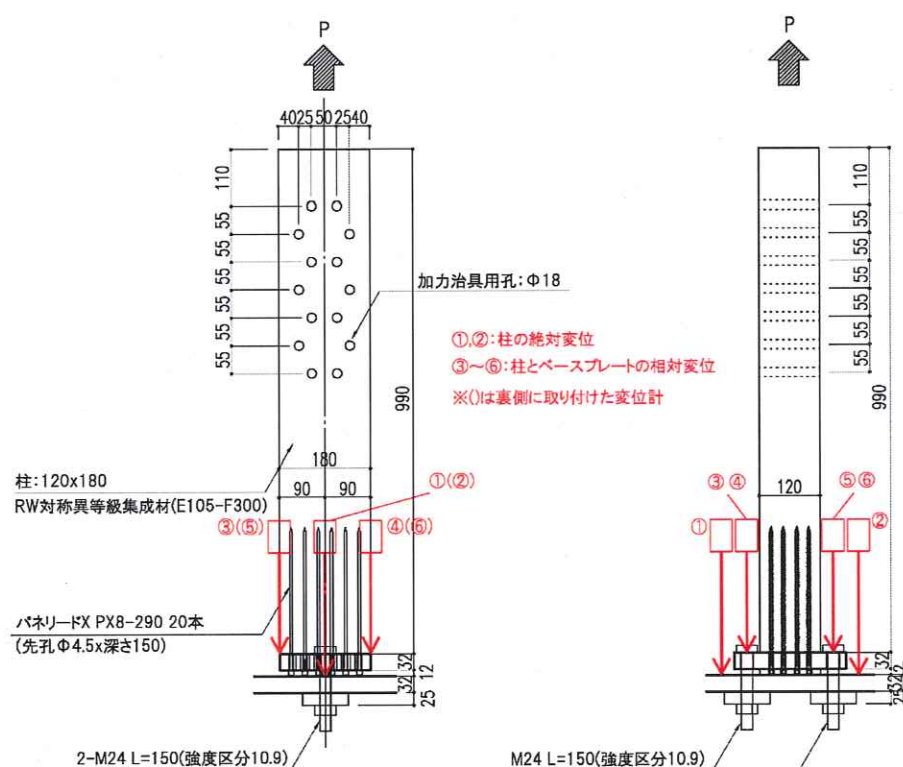


図 2.1 試験体図 (T-CB) (単位 : mm)

表 2.1 試験体の密度および含水率 (T-CB)

試験体名	密度(kg/m ³)	含水率計で測定した含水率(%)	全乾法含水率(%)
T-CB-0	490	9.3	11.9
T-CB-1	498	10.1	11.5
T-CB-2	490	14.7	12.1
T-CB-3	496	12.3	12.0

2.2.1.2 試験方法

予備試験 (T-CB-0) は単調加力とし、その降伏変位を δ_y とする。本試験 (T-CB-1・2・3) は、 δ_y の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の変形まで順に一方向の繰り返し加力を行った (今回の試験は $2\delta_y$ のサイクル途中で終了した)。

制御用の変位は図 2. 1 に示す変位計①と②の平均値とした。荷重値は加力装置に取り付けたロードセル (容量 500 kN) にて計測した。

2.2.1.3 評価方法

接合部の浮き上がり変位 δ は、図 2. 1 に示す③④⑤⑥の平均値とした。包絡線の作成および完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の算定は、2.1.4 にて説明した構造用合板張り高耐力壁の面内せん断試験と同じ方法による。

2.2.1.4 試験結果

(1) 荷重変位関係および特性値

予備試験 (T-CB-0) において加力部で集合型せん断破壊が生じた。そのため本試験 (T-CB-1・2・3) は加力部にビス補強を行ったが、T-CB-1・2 では同様に加力部で集合型せん断破壊が生じた。T-CB-3 では加力部は破壊せず、柱脚金物のビス接合部での集合型破壊となった。ただし、各試験体で P_{max} に大きな差は見られなかった。

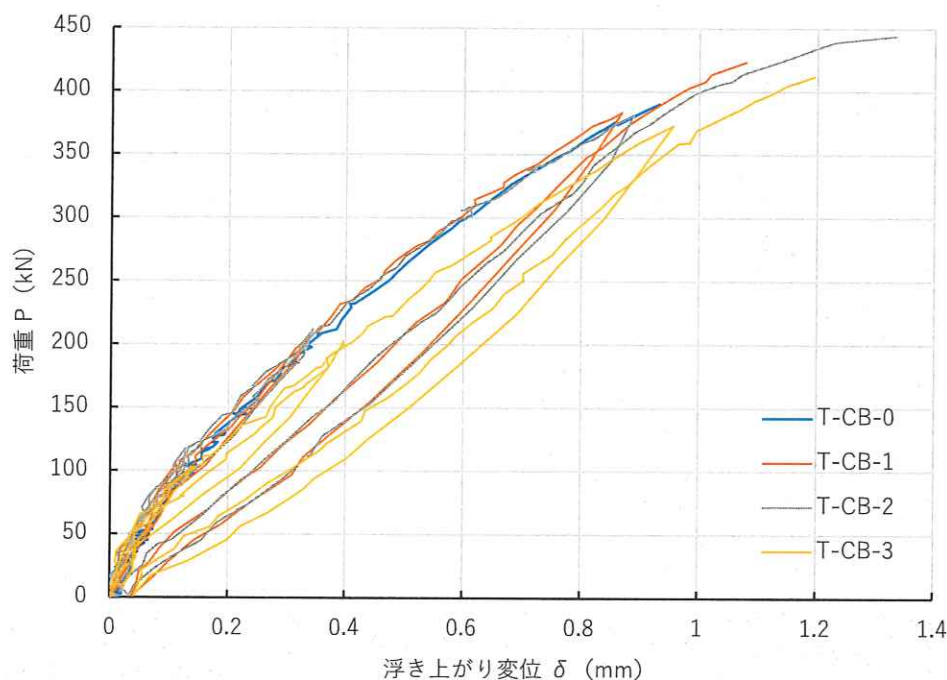


図 2.2 荷重－変位関係 (T-CB)

表 2.2 特性値一覧 (T-CB)

試験体名			T-CB-1	T-CB-2	T-CB-3	平均	標準偏差	CV
最大荷重	Pmax	kN	423.2	443.9	411.8	426.3	16.28	0.038
最大荷重時変位	δ_{max}	mm	1.08	1.33	1.19	1.20	0.13	0.106
降伏耐力	Py	kN	211.1	229.1	198.1	212.8	15.55	0.073
降伏変位	δ_y	mm	0.35	0.40	0.39	0.38	0.02	0.061
初期剛性	K	kN/mm	595.5	579.6	502.1	559.1	49.98	0.089
終局耐力	Pu	kN	373.3	396.3	363.6	377.7	16.80	0.044
終局変位	δ_u	mm	1.08	1.33	1.19	1.20	0.13	0.106
降伏点変位	δ_v	mm	0.63	0.68	0.72	0.68	0.05	0.072
塑性率	μ		1.72	1.95	1.65	1.77	0.16	0.089

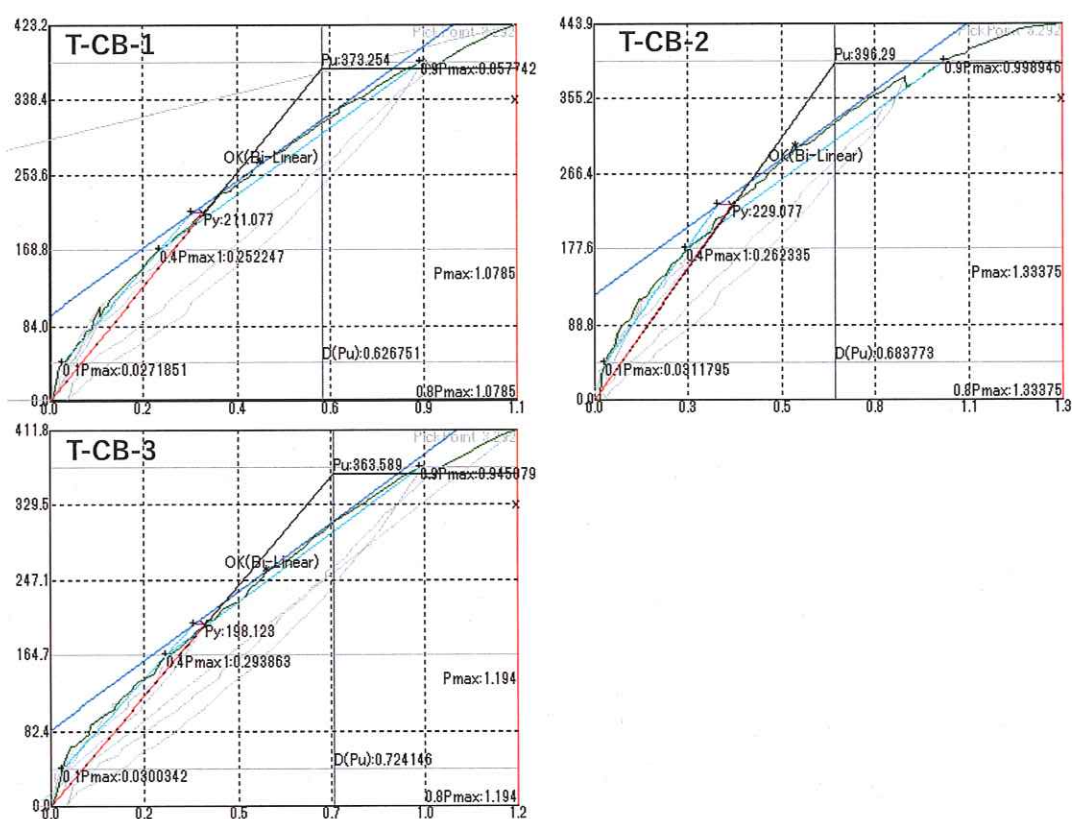


図 2.3 完全弾塑性モデル (pickpoint による)

(2) 写真



写真 2.1 T-CB-0 加力前 全景



写真 2.2 T-CB-0 試験終了後 全景

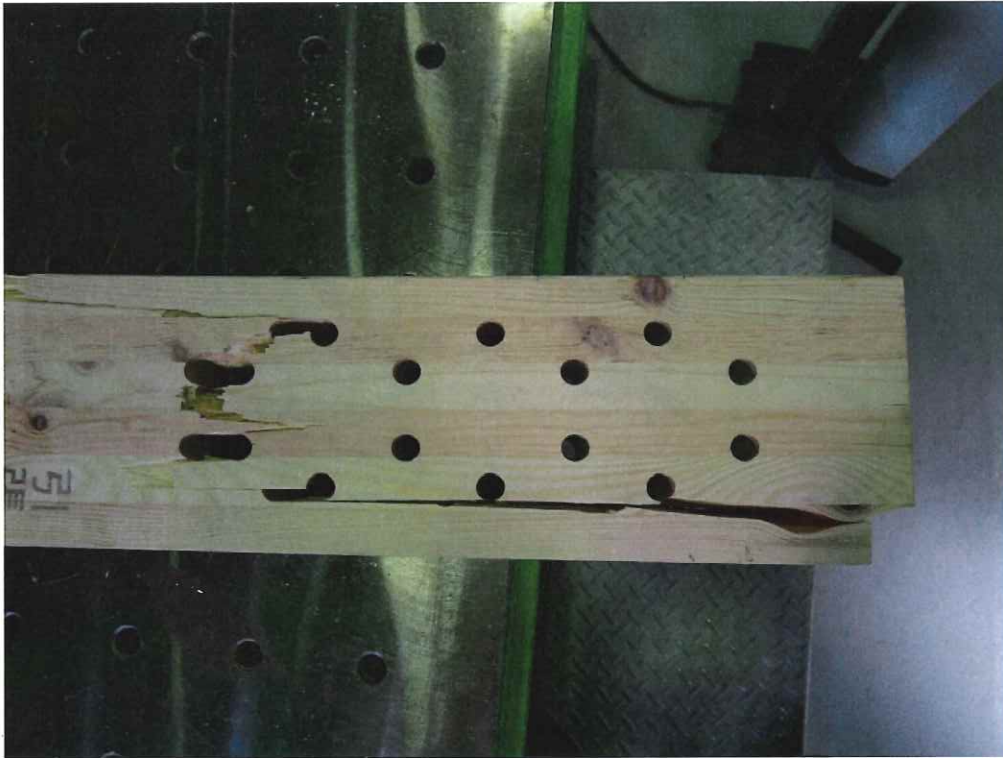


写真 2.3 T-CB-0 試験終了後 加力部の集合型せん断破壊

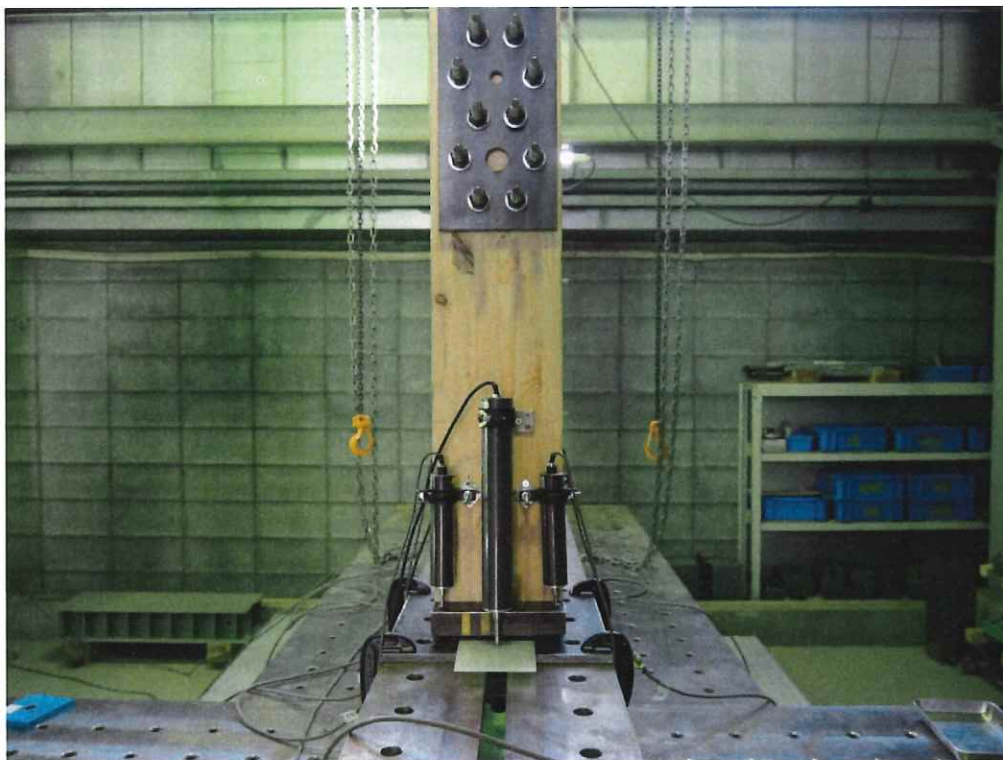


写真 2.4 T-CB-1 加力前 全景

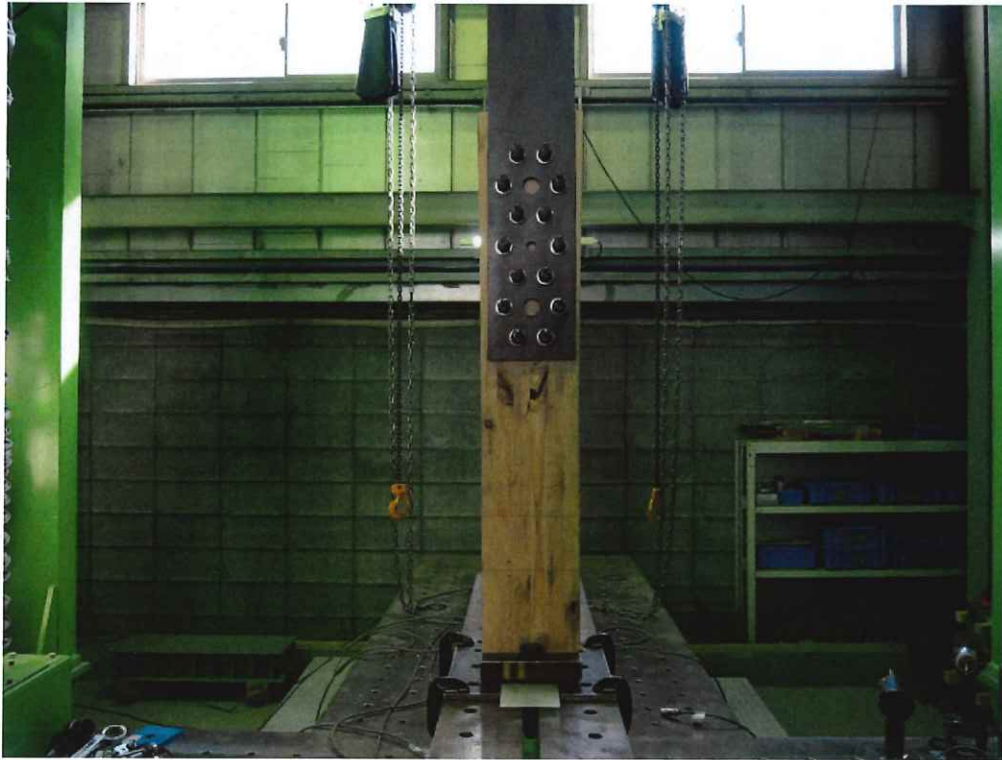


写真 2.5 T-CB-1 試験終了後 全景



写真 2.6 T-CB-1 試験終了後 加力部の集合型せん断破壊

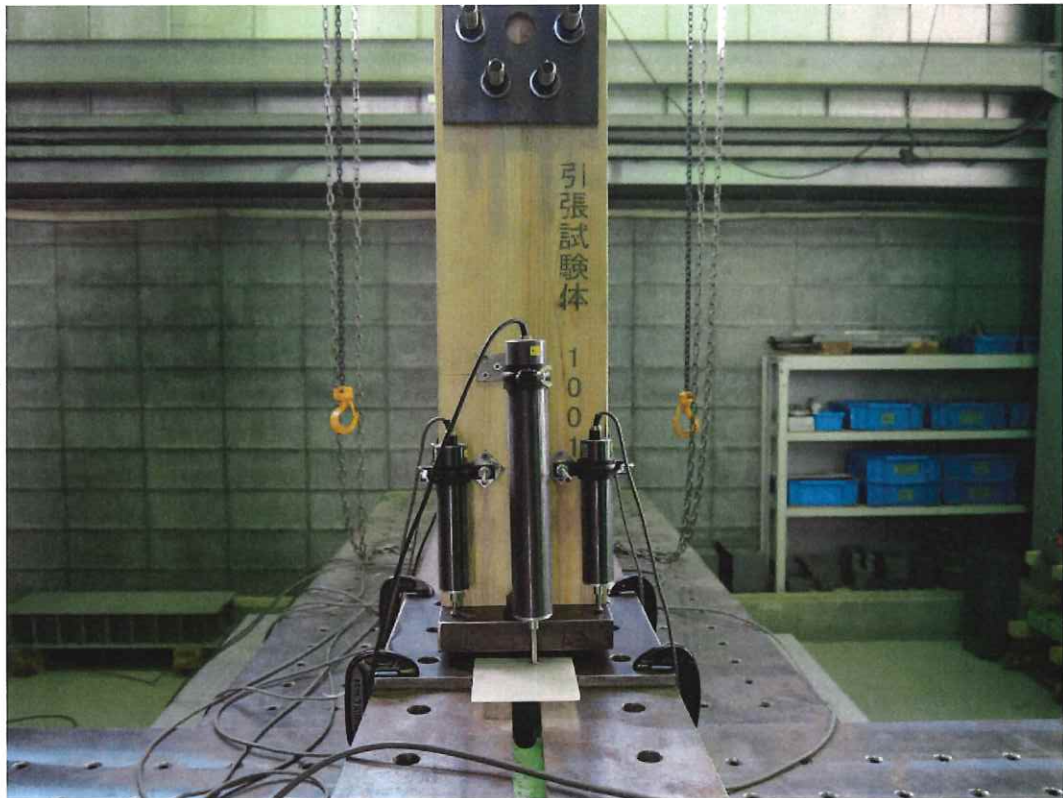


写真 2.7 T-CB-2 加力前 全景

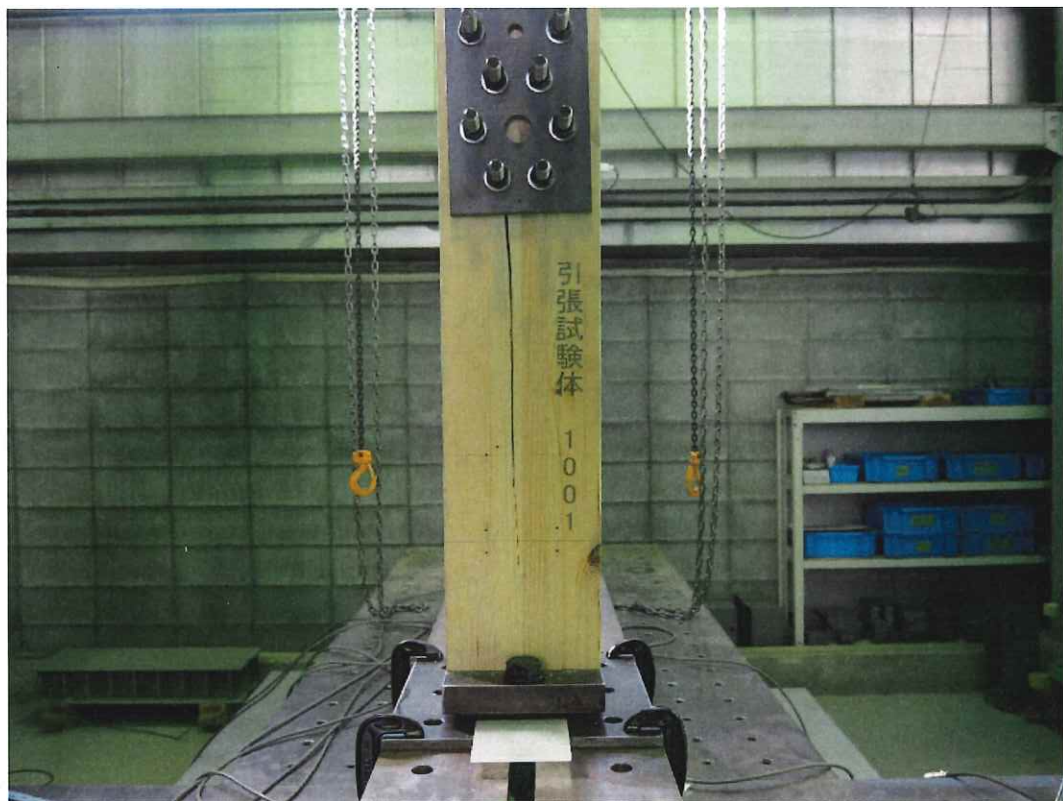


写真 2.8 T-CB-2 試験終了後 全景



写真 2.9 T-CB-2 試験終了後 加力部の集合型せん断破壊



写真 2.10 T-CB-3 加力前 全景



写真 2.11 T-CB-3 試験終了後 全景



写真 2.12 T-CB-3 試験終了後 ビス接合部の集合型破壊



写真 2.13 T-CB-3 試験終了後 ビス接合部の集合型破壊

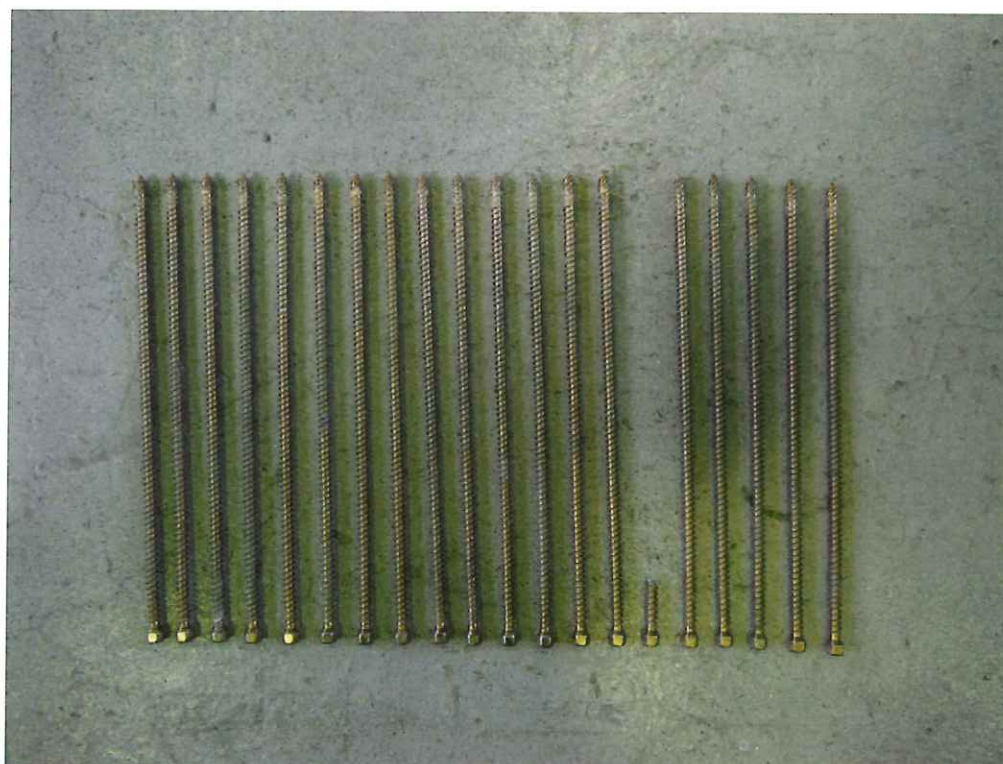


写真 2.14 ビスの破断

2.2.2 柱脚ビス接合部の曲げ試験 (M-CB)

2.2.2.1 試験概要・試験体仕様

構造用合板張り高耐力壁の面内せん断試験（試験法 A）に用いた柱脚金物を再利用し、柱脚の曲げ試験を行った。柱脚金物には回転しやすいように裏面に丸鋼が溶接されているため、曲げ抵抗が微小であることの確認の意味で、1 体試験を行った。

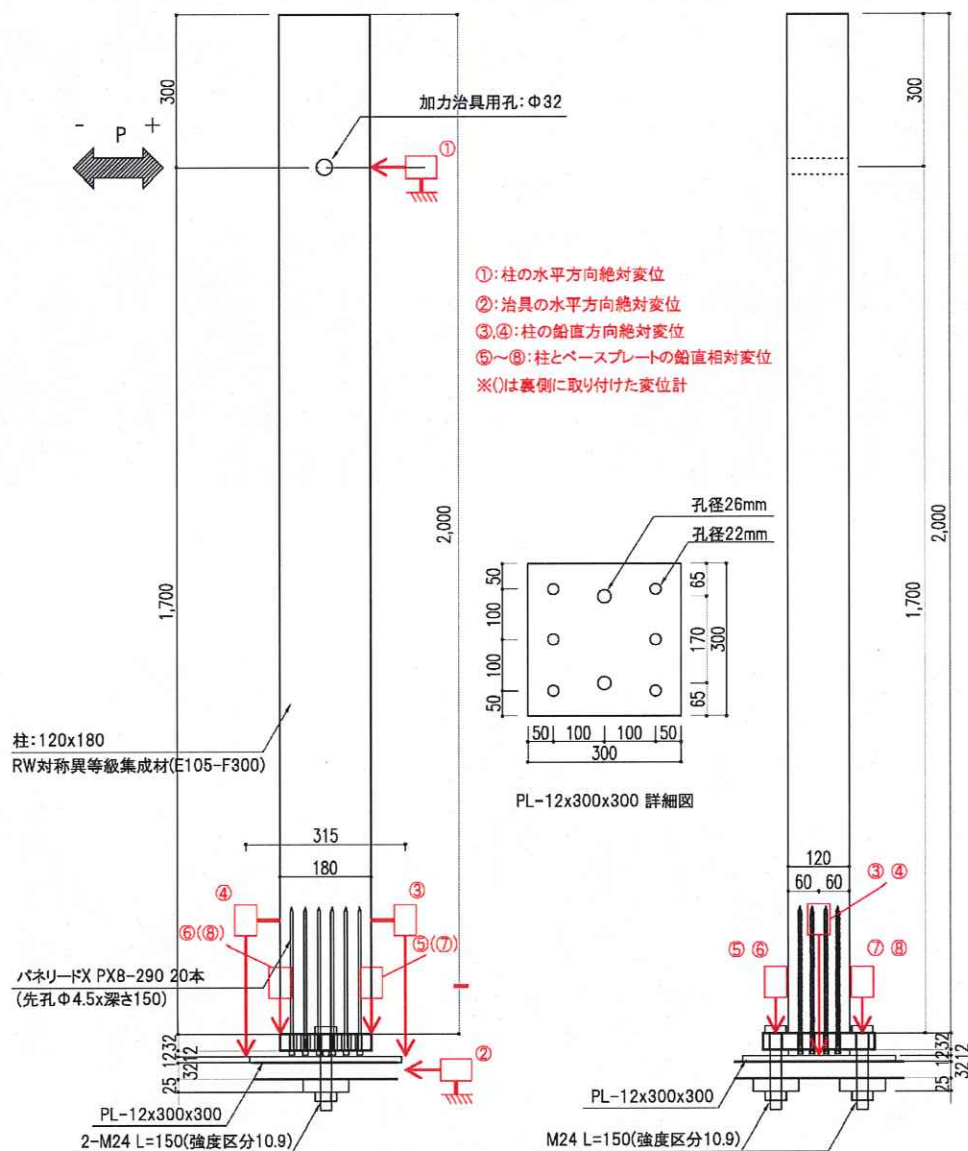


図 2.4 試験体図 (M-CB) (単位: mm)

表 2.3 試験体の密度および含水率 (M-CB)

試験体名	密度(kg/m ³)	含水率計で測定した含水率(%)	全乾法含水率(%)
M-CB	377	5.1	10.5

2.2.2.2 試験および評価方法

加力は正負交番繰り返し加力とした。接合部回転角が 1/450、1/300、1/200、1/100、1/75、1/50、1/30 の順に正負各 3 回ずつ繰り返した後、正側に引き切りとした。

接合部回転角 θ は、図 2.4 に示す変位計より、 $\theta = (\textcircled{4} - \textcircled{3}) / 315$ として算出した。接合部モーメント M は、加力装置に取り付けたロードセルの計測値に、加力点から柱脚金物下端までの距離 (1,744mm) を乗じた値とした。

2.2.2.3 試験結果

(1) モーメントー回転角関係

試験により得られたモーメントー回転角関係を図 2.5 に示す。直線 ($M=0.017\theta$) は、目視により見当を付けて引いた初期剛性である。

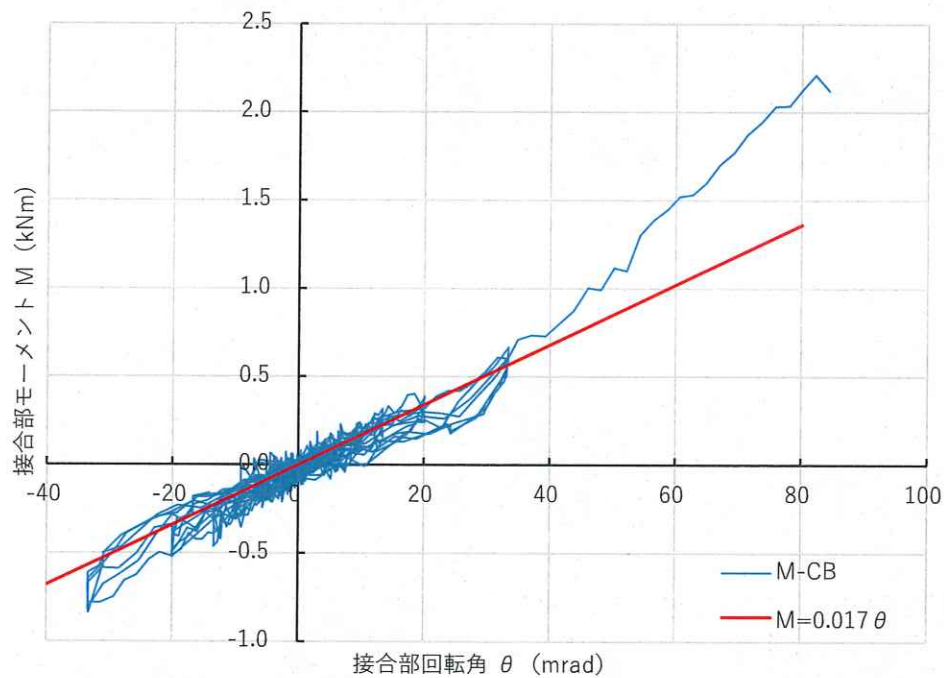


図 2.5 モーメントー回転角関係 (M-CB)

(2) 写真



写真 2.15 M-CB 加力前 全景



写真 2.16 M-CB 試験終了後 全景



写真 2.17 M-CB 試験終了後 柱脚部拡大



写真 2.18 M-CB 試験終了後 ビスおよび木材に破壊なし

2.2.3 柱頭ホールダウン金物接合部の引張試験 (T-HD)

2.2.3.1 試験概要・試験体仕様

構造用合板張り高耐力壁の面内せん断試験（試験法 A）の柱頭と同仕様の接合部について、引張試験を行った。試験体数は1体とした。

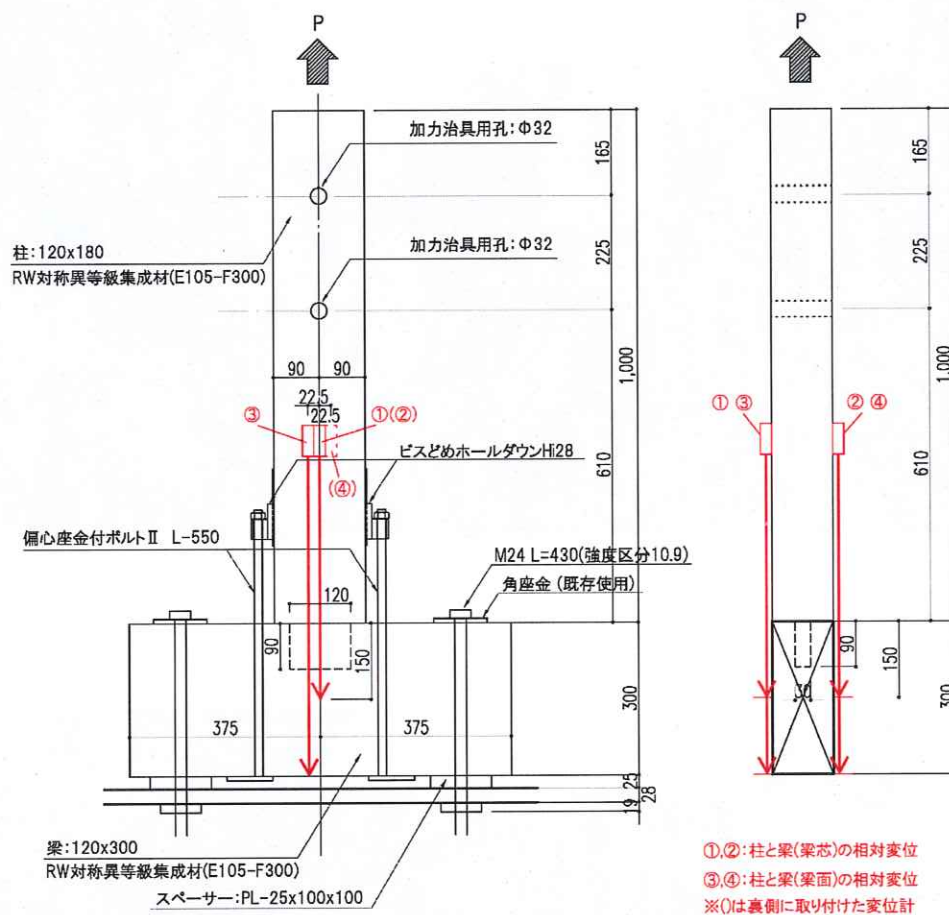


図 2.6 試験体図 (T-HD) (単位 : mm)

表 2.4 試験体の密度および含水率 (T-HD)

試験体名	密度(kg/m ³)	含水率計で測定した含水率(%)	全乾法含水率(%)
T-HD	518	13.4	12.0

2.2.3.2 試験および評価方法

加力は単調加力とした。接合部の浮き上がり変位 δ は、図 2.6 に示す変位計①と②の平均値とした。荷重値は加力装置に取り付けたロードセル（容量 500 kN）にて計測した。荷重はホールダウン金物 2 個分の値である。

2.2.3.3. 試験結果

(1) 荷重変位関係および特性値

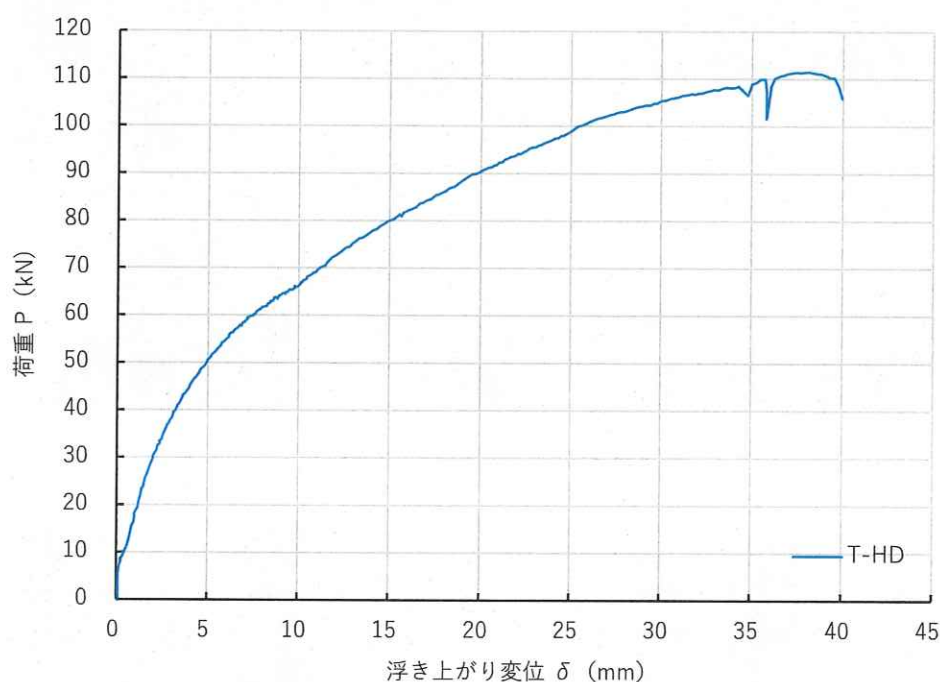


図 2.7 荷重－変位関係 (T-HD)

表 2.5 特性値 (T-HD)

試験体名		T-HD	
最大荷重	Pmax	kN	111.5
最大荷重時変位	δ_{max}	mm	38.1
降伏耐力	Py	kN	55.0
降伏変位	δ_y	mm	6.0
初期剛性	K	kN/mm	9.2
終局耐力	Pu	kN	95.6
終局変位	δ_u	mm	39.9
降伏点変位	δ_v	mm	10.4
塑性率	μ		3.83

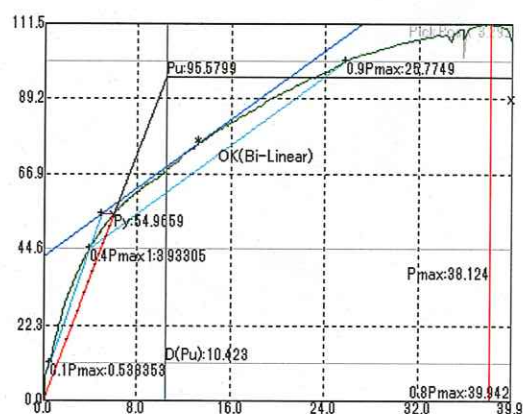


図 2.8 完全弾塑性モデル(pickpoint による)

(2) 写真



写真 2.19 T-HD 加力前 全景



写真 2.20 T-HD 試験終了後 全景

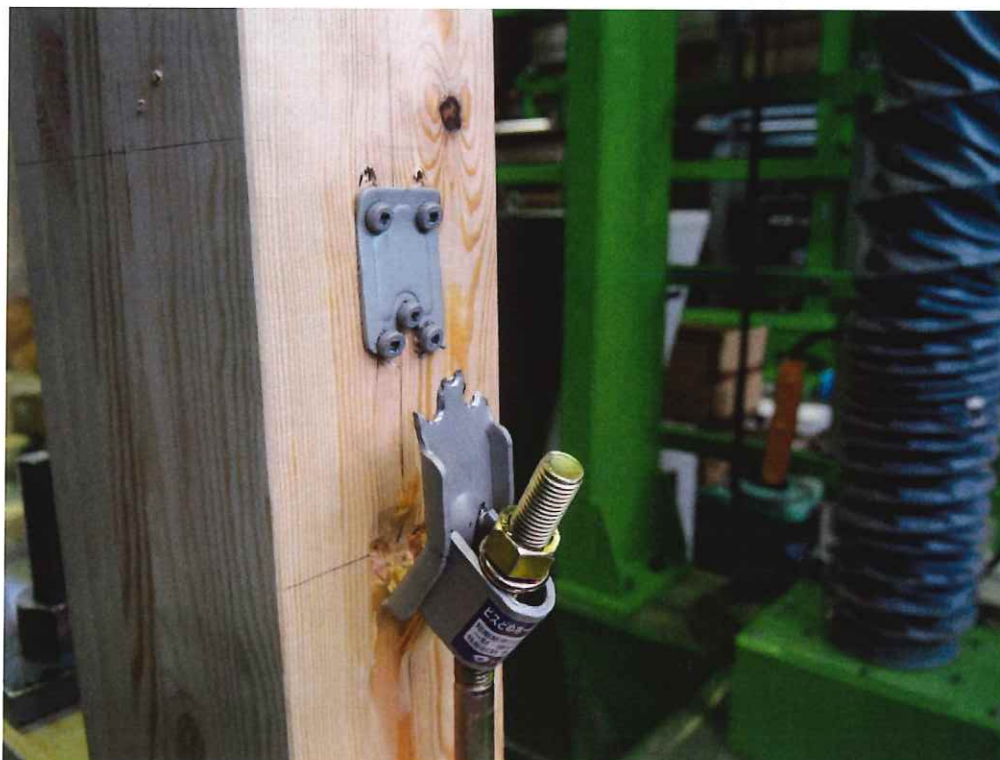


写真 2.21 T-HD 試験終了後 ホールダウン金物の破壊



写真 2.22 T-HD 試験終了後 座金のめり込み

2.2.4 柱頭ホールダウン金物接合部の曲げ試験 (M-HD)

2.2.4.1 試験概要・試験体仕様

構造用合板張り高耐力壁の面内せん断試験（試験法 A）の柱頭と同仕様の接合部について、引張試験を行った。試験体数は3体とした。

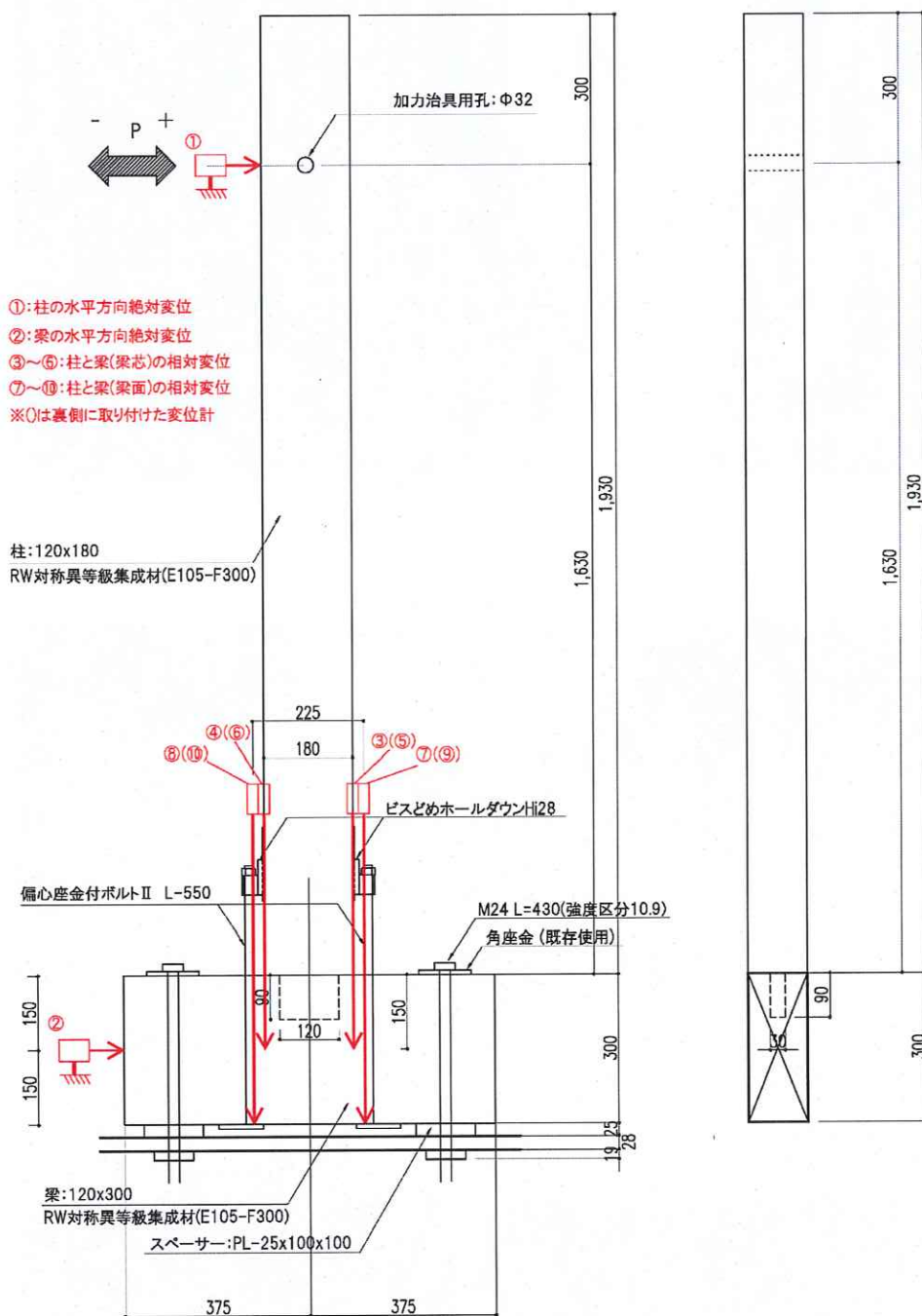


図 2.9 試験体図 (M-HD) (単位: mm)

表 2.6 試験体の密度および含水率 (M-HD)

試験体名	密度(kg/m ³)	含水率計で測定した含水率(%)	全乾法含水率(%)
M-HD-1	504	15.3	12.5
M-HD-2	504	17.2	12.6
M-HD-3	502	9.1	12.2

2.2.4.2 試験および評価方法

加力は正負交番繰り返し加力とした。接合部回転角が 1/450、1/300、1/200、1/100、1/75、1/50、1/30 の順に正負各 3 回ずつ繰り返した後、正側に引き切りとした。

接合部回転角 θ は、図 2.9 に示す変位計より

$$\theta = \left\{ \left(\frac{\textcircled{4} + \textcircled{6}}{2} \right) - \left(\frac{\textcircled{3} + \textcircled{5}}{2} \right) \right\} / 180$$

として算出した。接合部モーメント M は、加力装置に取り付けたロードセルの計測値に、加力点から梁芯までの距離 (1,780mm) を乗じた値とした。

2.2.4.3 試験結果

(1) モーメントー回転角関係および特性値

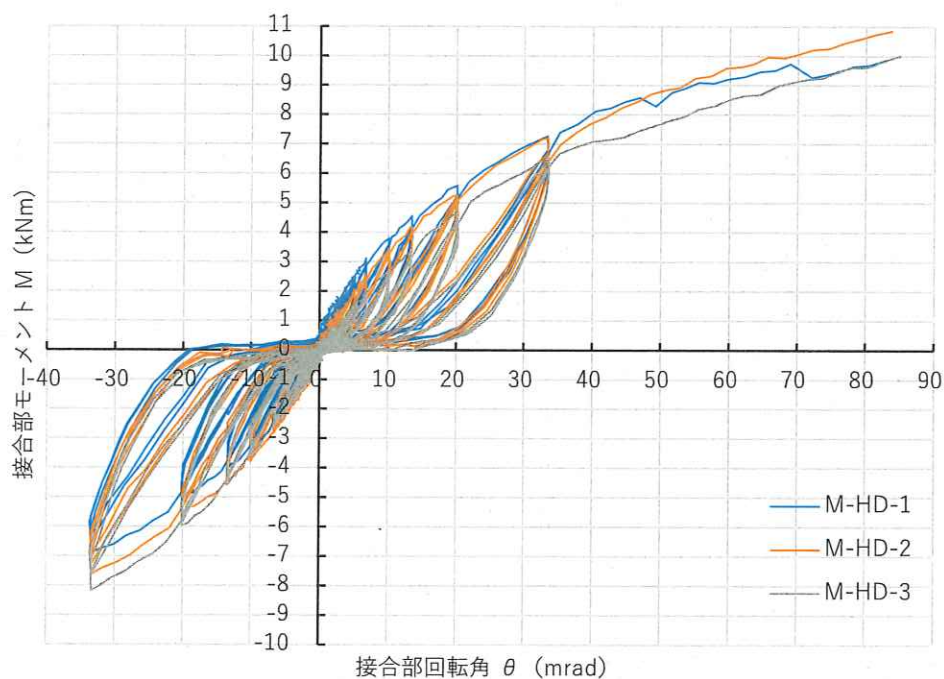


図 2.10 モーメントー回転角関係 (M-HD)

表 2.7 特性値一覧 (M-HD)

試験体名			M-HD-1	M-HD-2	M-HD-3	平均	標準偏差	CV
最大モーメント	Mmax	kNm	10.00	10.85	9.99	10.28	0.49	0.048
最大モーメント時 回転角	θ_{max}	mrad	84.8	83.6	84.7	84.4	0.63	0.007
降伏モーメント	My	kNm	5.26	5.77	5.53	5.52	0.25	0.045
降伏回転角	θ_y	mrad	18.0	23.1	25.5	22.2	3.83	0.172
初期剛性	K_{θ}	kNm/mrad	0.292	0.249	0.217	0.253	0.04	0.149
終局モーメント	Mu	kNm	8.84	9.43	8.50	8.93	0.47	0.053
終局回転角	θ_u	mrad	84.8	83.6	84.7	84.4	0.63	0.007
降伏点回転角	θ_v	mrad	30.3	37.9	39.2	35.8	4.82	0.135
塑性率	μ		2.80	2.21	2.16	2.39	0.36	0.149

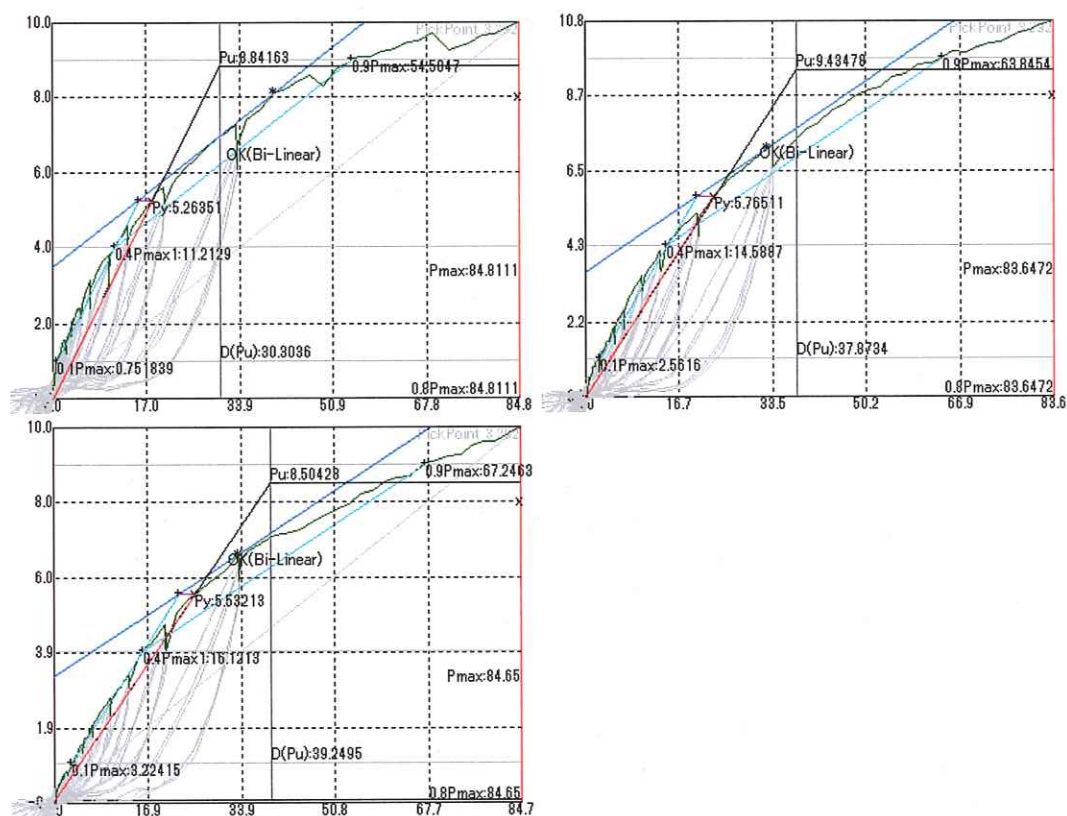


図 2.11 完全弾塑性モデル (pickpoint による)

(2) 写真

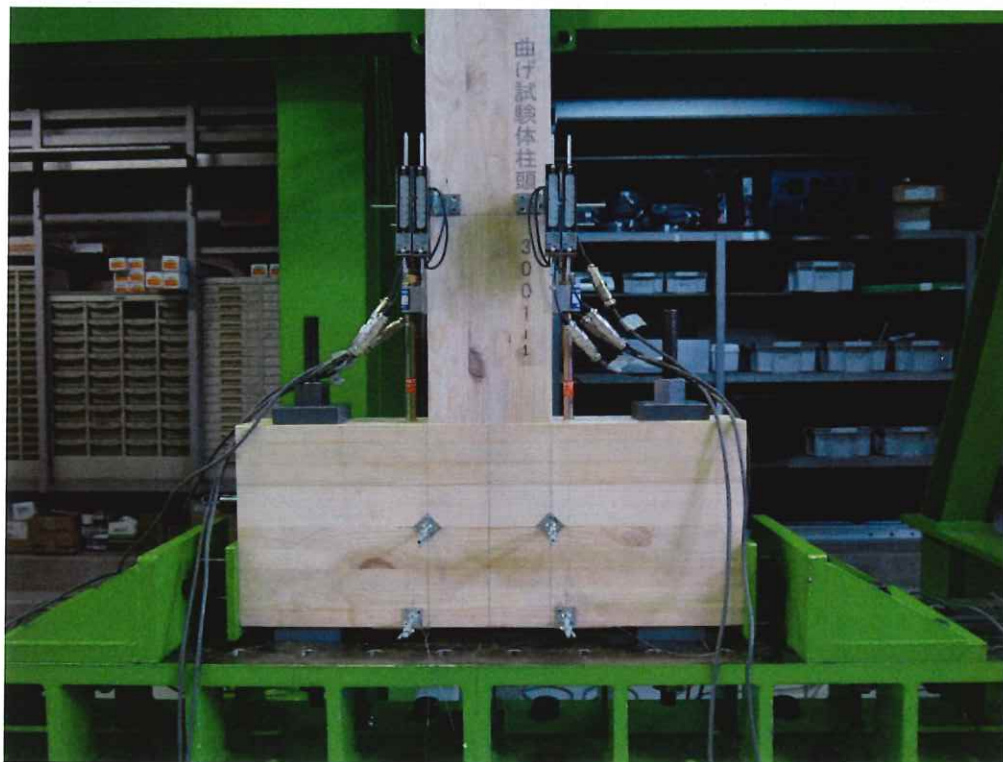


写真 2. 23 M-HD-1 加力前 全景

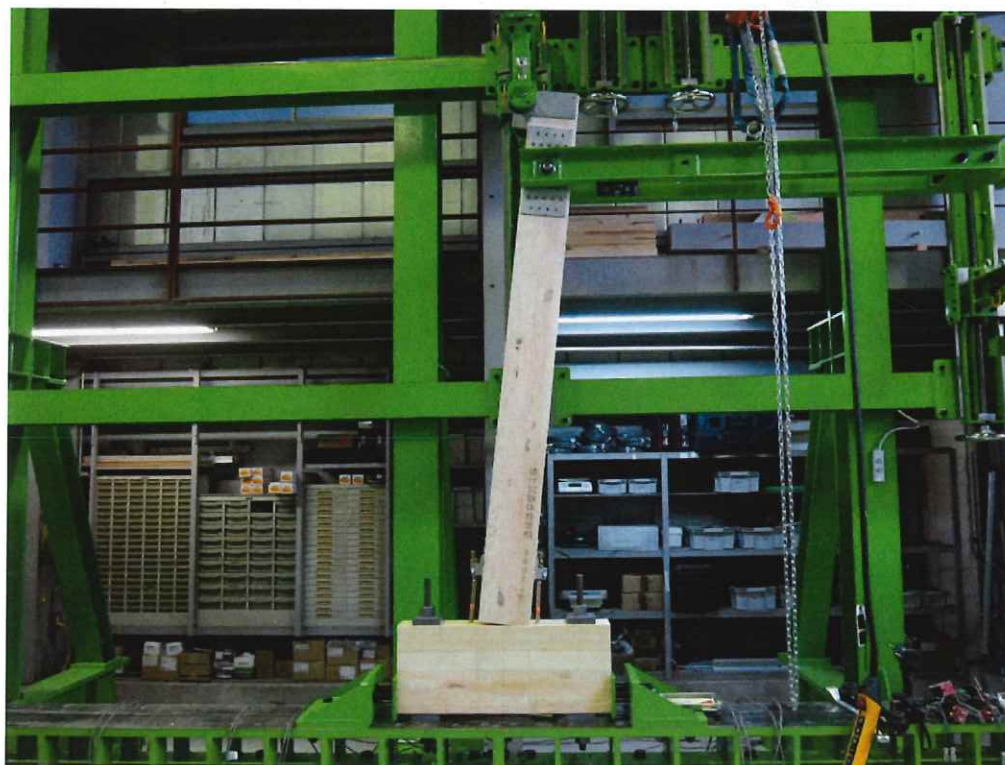


写真 2. 24 M-HD-1 試験終了後 全景



写真 2.25 M-HD-1 試験終了後 柱の浮き上がりと梁へのめり込み、アンカーボルトの変形



写真 2.26 M-HD-1 試験終了後 ホールドダウン金物の変形



写真 2.27 M-HD-2 加力前 全景



写真 2.28 M-HD-2 試験終了後 全景

※試験終了後の各部拡大写真は M-HD-1 と同様のため省略

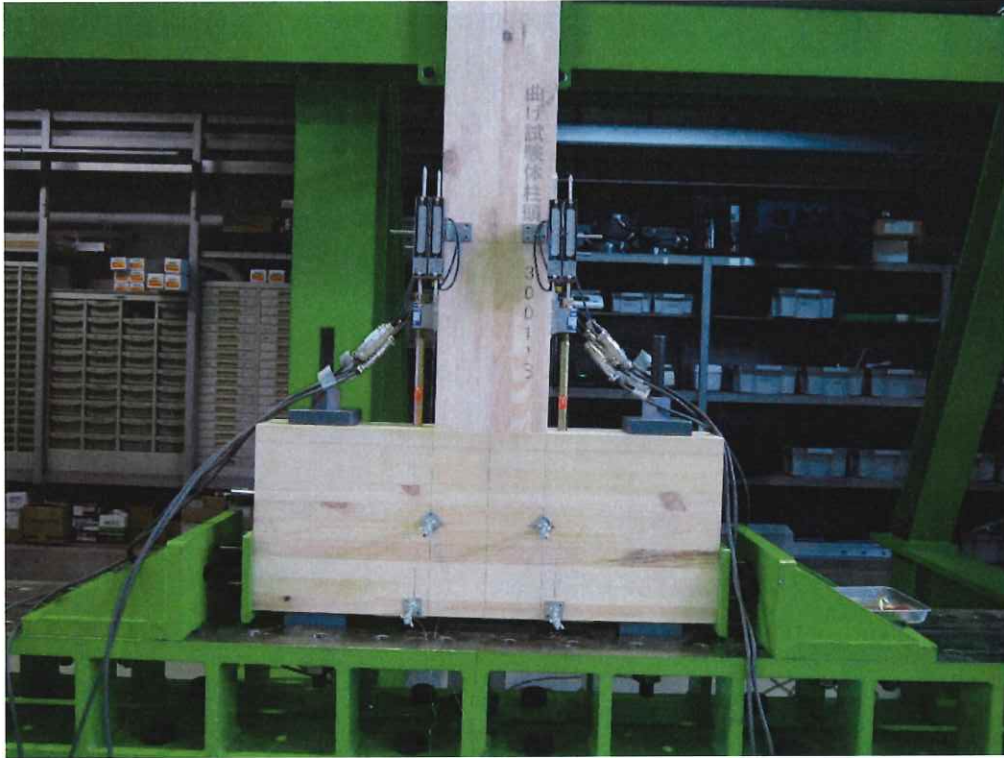


写真 2. 29 M-HD-3 加力前 全景



写真 2. 30 M-HD-3 試験終了後 全景

※試験終了後の各部拡大写真は M-HD-1 と同様のため省略

第3章 まとめ

構造用合板張り耐力壁の面内せん断試験を、同一の面材釘打ち仕様に対して柱脚固定式と鉄骨柱式の2パターンで実施し、試験結果の比較を行った。試験結果として得られた相当壁倍率は18.1～20.0倍であり、試験計画の想定（15倍）を上回った。鉄骨柱式は接合部の影響を分離した釘打ち面材のせん断性能を把握する目的で実施した。真のせん断変形角に基づく荷重変形関係は、両試験法で大きな差は生じなかったが、鉄骨柱式の試験では鉄骨治具の初期ガタに起因すると考えられる脚部の回轉變形（すべり）が生じた。

要素試験として、面内せん断試験で使用した柱脚接合部および柱頭接合部の引張試験および曲げ試験を実施し、主要な特性値として下記を得た（T-CBとM-HDは3体の平均値）。

1) 柱脚ビス接合部の引張試験（T-CB）：

$$P_{\max}=426.3 \text{ kN}, P_y=212.8 \text{ kN}, K=559.1 \text{ kN/mm}$$

※1 上記はアンカーボルトの伸びは含まないビス接合部のみの評価である

※2 加力部で破壊した試験体が含まれている

2) 柱脚ビス接合部の曲げ試験（M-CB）：

$$K_{\theta}=0.017 \text{ kNm/mrad} \quad (\text{グラフ目視による値})$$

3) 柱頭ホールダウン金物接合部の引張試験（T-HD）：

$$P_{\max}=111.5 \text{ kN}, P_y=55.0 \text{ kN}, K=9.2 \text{ kN/mm} \quad (\text{ホールダウン金物2個分の値})$$

4) 柱頭ホールダウン金物接合部の曲げ試験（M-HD）：

$$M_{\max}=10.28 \text{ kNm}, M_y=5.52 \text{ kNm}, K_{\theta}=0.253 \text{ kNm/mrad}$$

今後の検討課題として、下記が挙げられる。

- ・ 釘打ち面材のせん断変形と柱頭柱脚接合部の軸変形をそれぞれモデル化した解析と柱脚固定式試験結果との比較検討。
- ・ 鉄骨柱式試験で初期ガタが試験結果に及ぼす影響の詳細検討、および、初期ガタを減らす鉄骨柱式試験方法の改良。

