

## 第 2 章 高耐力壁（高倍率、高階高耐力壁）

## 2.1 開発目標

### 【高耐力壁（高倍率、高階高耐力壁）の面材仕様の追加】

昨年度までの同事業において、1～3層用の耐力壁2仕様（壁倍率15倍相当）の成果が得られた。これまでは耐力壁は通常の流通材、接合具を用いた仕様としていたが、低層用の低倍率耐力壁のように釘接合具が耐力を保持しながら変形していく靱性の高い破壊モードではなく柱、受け材の割裂、面材のせん断破壊、及び接合具のパンチングなど脆性的な挙動が前後して発生する領域であることがわかった。

今年度は靱性が確保できる面材、接合具、柱受け材の組合せを要素試験（後述）で確かめたのち、3層用及び4,5層用の仕様を追加して試験を行い標準仕様に加えることを目標とする。

### 【釘性能の把握】

釘の一面せん断性能を釘の一面せん断試験及び耐力壁試験（グレー本手法）により算定し整理する。耐力壁試験の面材及び釘の組み合わせは、釘の一面せん断試験により確認された靱性のある（釘の引抜け破壊を示す）組み合わせとする。

### 【面材性能の把握】

これまで耐力壁試験や要素試験などに用いた面材は構造用面材に分類されるものであるが、その構造特性は規格で示される程度で実性能は把握できていなかった。

今年度は構造用面材の面内せん断試験を行い、面内せん断性能を把握する。

## 2.2 前期耐力壁試験（タイロッド式）

### 2.2.1 試験計画

#### (1) 試験体仕様

<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。
- ・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（カラマツ対称異等級集成材、E120-F330 →ヒノキ集成材が入手困難であったためカラマツとした）、土台 120×150mm（ヒノキ同一等級集成材、E95-F315）とした。
- ・面材と釘の組み合わせは 2.5.1 項の釘の一面せん断試験により引抜け破壊が確認された組み合わせとした。
- ・No. 23～25 は構造用合板 18mm（1 級相当）の全層カラマツ、全層ヒノキとした。
- ・No. 26 は MDF18mm（構造用 MDF と同じ密度 0.7 程度）とした。
- ・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 30mm 設けた。
- ・柱頭柱脚にはめり込み補強金物を配置した（図 2.2-4、図 2.2-5）。

表 2.2-1 試験体 共通仕様

試験方法	タイロッド式試験
壁仕様	床勝ち大壁
壁高さ	3.8m
壁長さ	0.91m
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
中棧, 土台, 間柱	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
土台側受け材	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
桁	120mm×360mm、カラマツ対称異等級集成材、E120-F330
柱頭・柱脚	めり込み補強金物 (図 2.2-4、図 2.2-5)
床	t=28mm、構造用合板特類 2 級、全層スギ

表 2.2-2 試験体仕様

試験体 No.	2 3	2 4	2 5	2 6
目標耐力※	40kN/m	40kN/m	40kN/m	40kN/m
壁面材	構造用合板, 特類 1 級 (相当)			MDF (密度 0.7 相当)
	全層カラマツ	全層ヒノキ	全層カラマツ	
	t=18mm、両面			
接合具	CNZ65@100mm 2 列千鳥		CNZ75@100 2 列千鳥	CNZ65@200 2 列千鳥
中棧	120mm×120mm			—
試験体数	各 1 体			

※目標耐力は真のせん断変形角評価

No.23、24(構造用合板,t=18mm,CNZ65,両面床勝ち大壁)

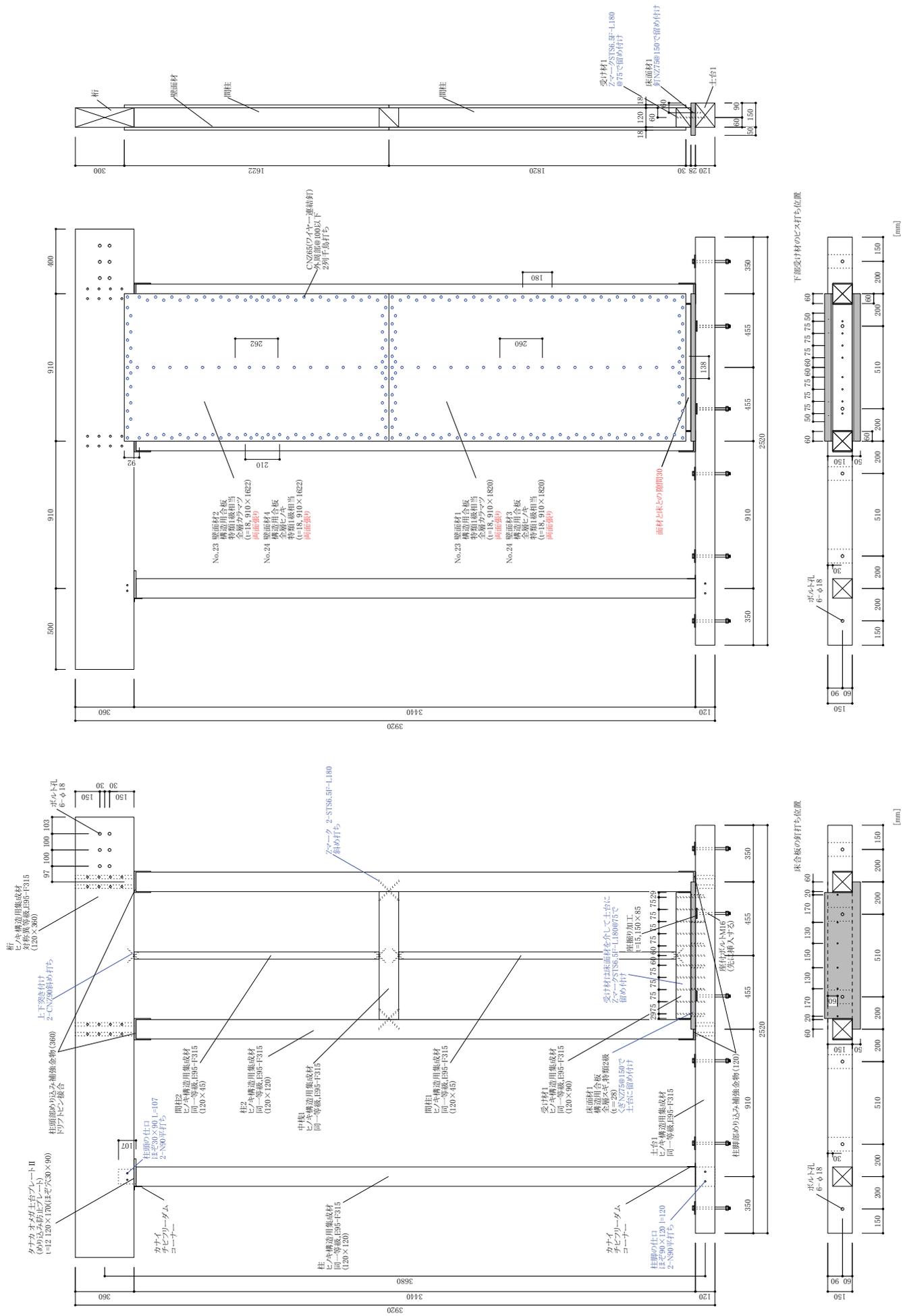


図 2.2-1 試験体図



# No.26 (MDF, t=18mm, 両面床勝ち大壁)

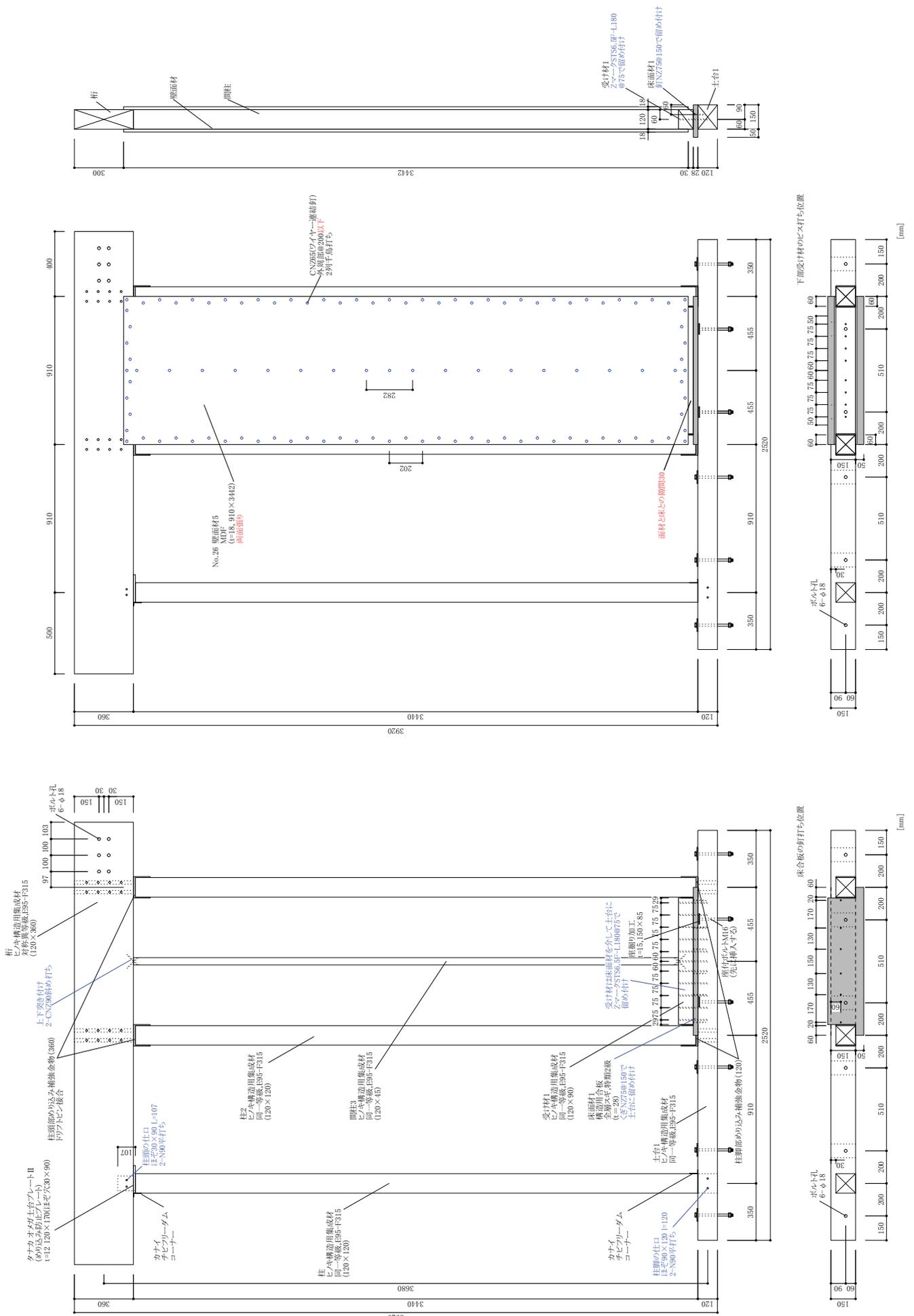
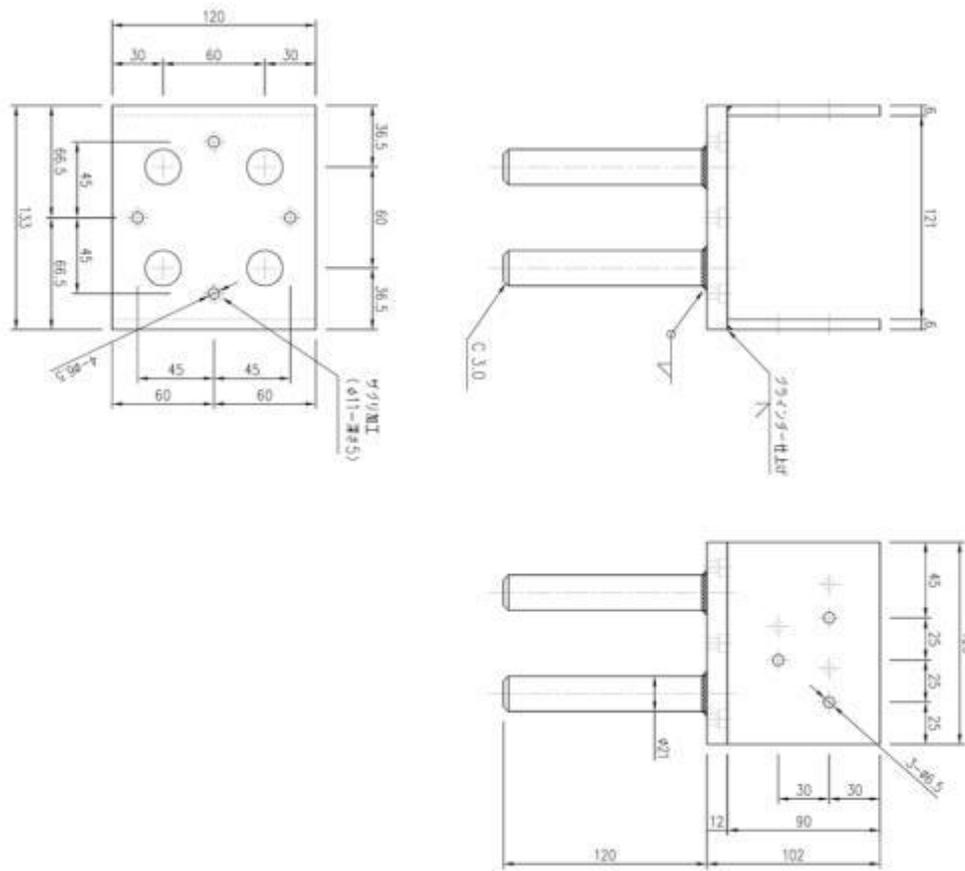
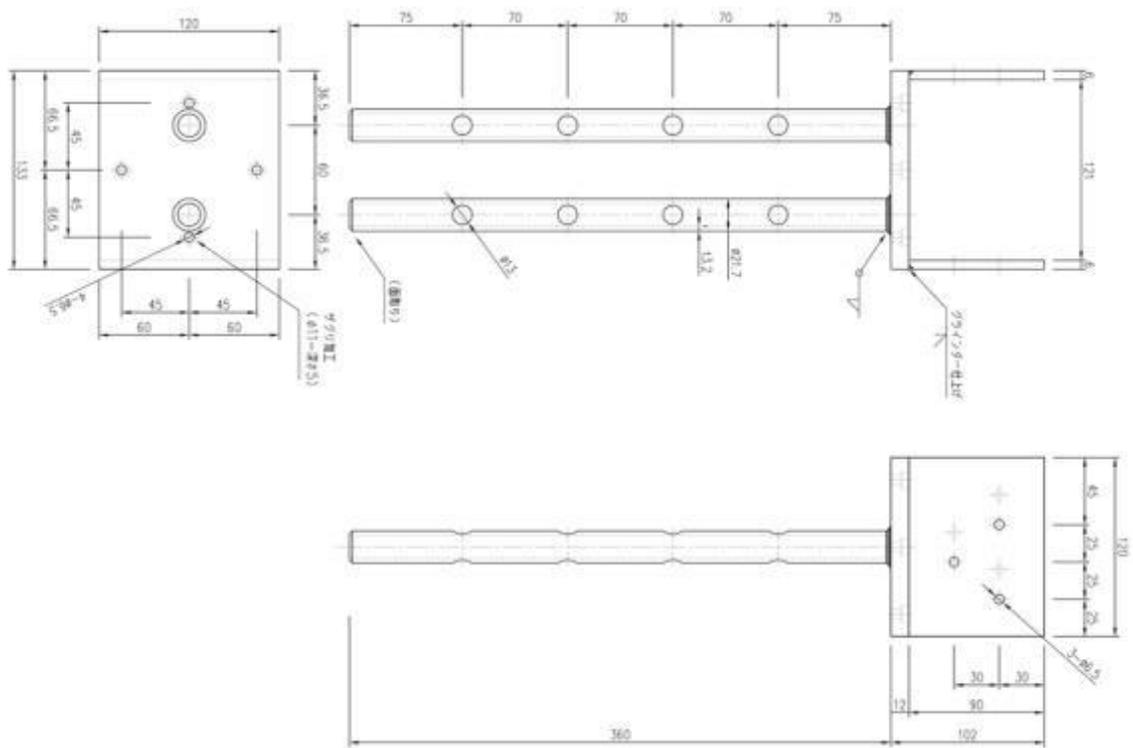


図 2.2-3 試験体図



[単位：mm]

図 2.2-4 柱脚部めり込み補強金物(120)



[単位：mm]

図 2.2-5 柱頭部めり込み補強金物(360)ドリフトピン接合

## (2) 計測計画

計測項目及び計測概要図を表 2.2-3、図 2.2-6 に示す。なお、見かけのせん断変形角  $\gamma$ 、真のせん断変形角  $\gamma_0$  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

梁-面材の相対変位	変位 1 2	全て
土台-面材の相対変位	変位 1 3	全て
加力側柱-上面材の相対変位	変位 1 4	全て
反加力側柱-上面材の相対変位	変位 1 5	全て
上面材の対角変位 (加力側上部-反加力側下部)	変位 1 6	全て
上面材の対角変位 (反加力側上部-加力側下部)	変位 1 7	全て
加力側柱-下面材の相対変位	変位 1 8	No. 23, 24, 25
反加力側柱-下面材の相対変位	変位 1 9	No. 23, 24, 25
下面材の対角変位 (加力側上部-反加力側下部)	変位 2 0	No. 23, 24, 25
下面材の対角変位 (反加力側上部-加力側下部)	変位 2 1	No. 23, 24, 25
加力側柱頭-梁の相対変位	変位 2 2	全て
反加力側柱頭-梁の相対変位	変位 2 3	全て

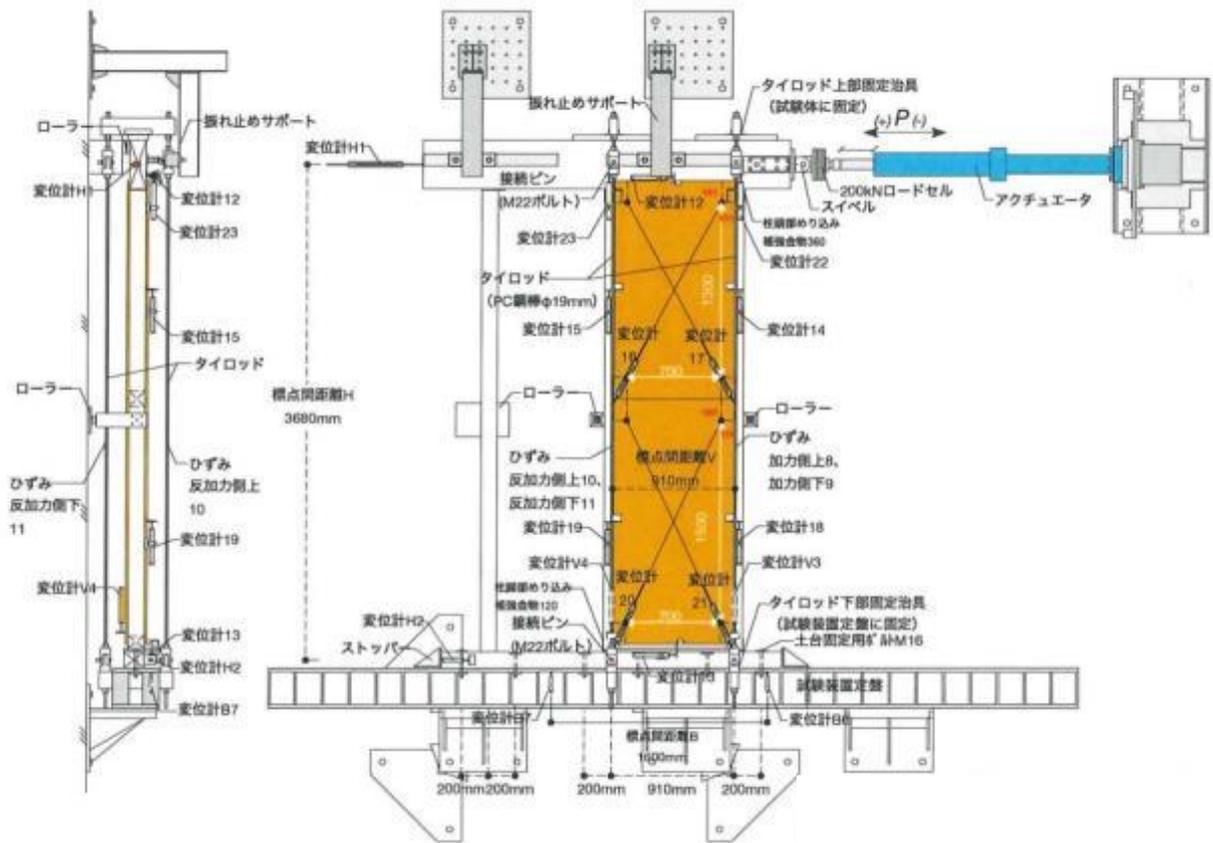


図 2.2-6 計測図 (No. 23, 24, 25)

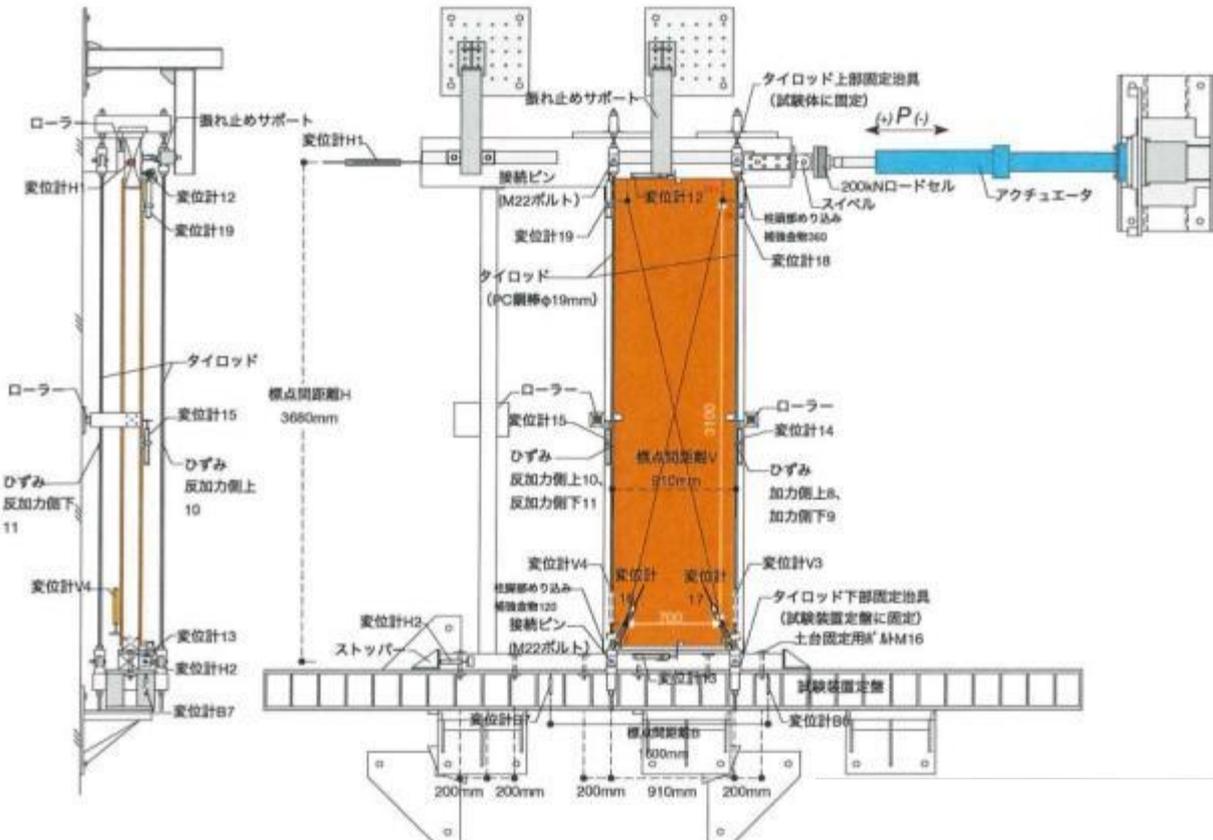


図 2.2-7 計測図 (No. 26)

### (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)の正負交番載荷とした。その後は、最大荷重の80%に低下するか、1/15[rad.]に達するまで単調載荷とした。

### (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  $\delta_y$  とする。
- F. 原点と  $(\delta_y, P_y)$  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  $\delta_u$  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。
- 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  $\delta_v$  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  $\mu$  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 >

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

< 見かけのせん断変形角評価の場合 >

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

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

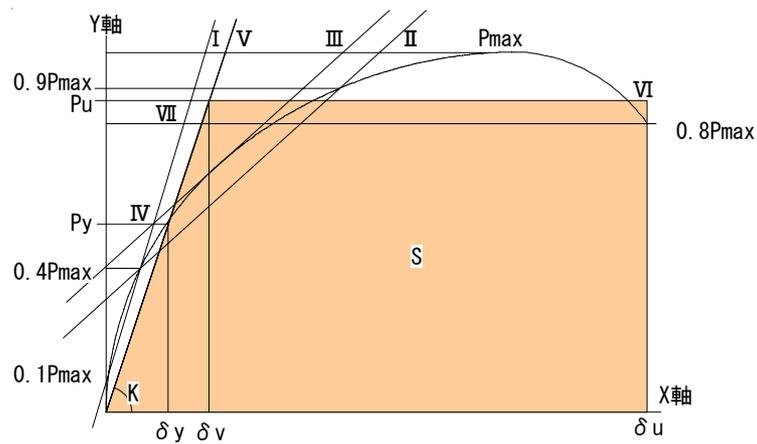
ただし、前期試験の試験体数は 1 体ずつの為、

< 真のせん断変形角評価の場合 >

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

< 見かけのせん断変形角評価の場合 >

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



## 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 2.2-8 に、各試験体の破壊性状を表 2.2-4 に示す。また、構造特性値を表 2.2-5 に示す。

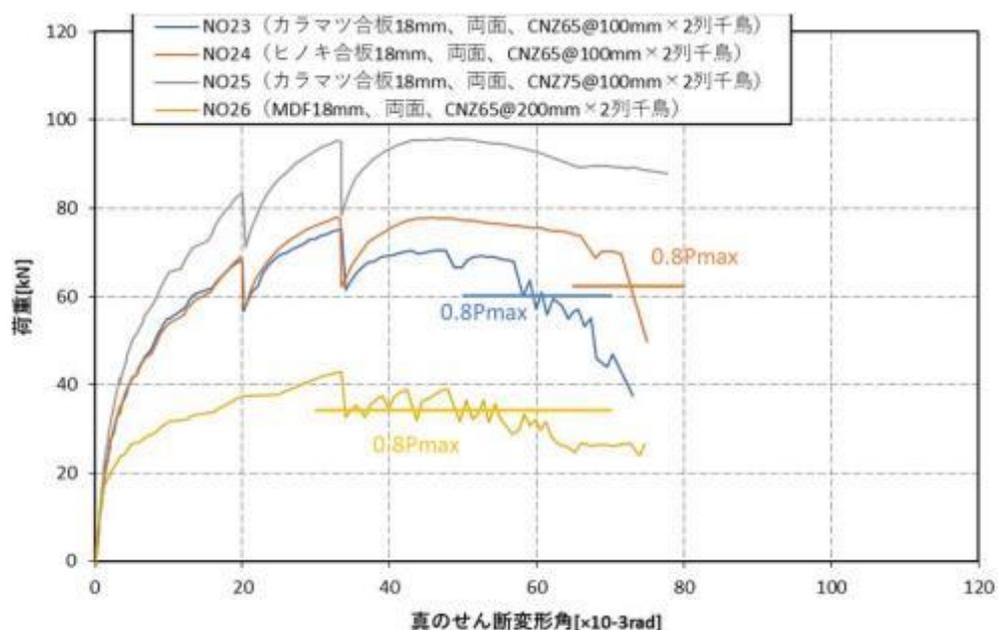


図 2.2-8 荷重変形関係（真のせん断変形角）

表 2.2-4 破壊性状

試験体No	破壊性状
NO. 23 カラマツ合板18mm, CNZ65	主に釘の引抜け・釘頭のめり込み。釘数本にパンチングアウト、破断が見られた。 1/20rad（真）程度で土台側受け材に横方向の割裂が生じた。
NO. 24 ヒノキ合板18mm, CNZ65	主に釘の引抜け・釘頭のめり込み。 面材が床材に接触したのち、1/15rad（真）以降に土台側受け材に横方向の割裂が生じた
NO. 25 カラマツ合板18mm, CNZ75	主に釘の引抜け・釘頭のめり込み。釘数本にパンチングアウト、破断が見られた。 面材が床材に接触したのち、1/17rad（真）程度で土台側受け材に横方向の割裂が生じた。
NO. 26 MDF 18mm, CNZ65	主に釘の引抜け・釘頭のめり込み。釘数本にパンチングアウト、破断が見られた。 1/30rad以降は釘の引抜けにより荷重の低下・上昇を繰り返し終局を迎えた。

表 2.2-5 構造特性値

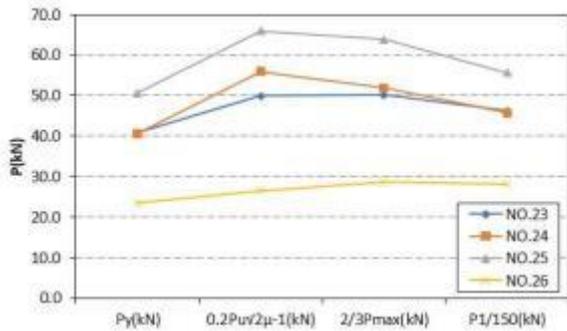
真のせん断変形角評価

評価項目 \ 試験体No	NO. 23	NO. 24	NO. 25	NO. 26
Pmax (kN)	75.3	77.9	95.8	42.9
Py (kN)	40.8	40.6	50.6	23.5
0.2Pu√2μ-1 (kN)	49.9	55.9	66.0	26.5
2/3Pmax (kN)	50.2	51.9	63.9	28.6
P <sub>1/150</sub> (kN)	46.2	45.8	55.7	28.1
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	8.5	8.6	9.9	7.2
Py (kN)	40.8	40.6	50.6	23.5
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	4.83	4.71	5.13	3.28
Pu (kN)	68.3	72.5	89.0	36.6
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	58.07	66.67	66.67	35.93
塑性率	7.18	7.92	7.38	7.03
Ds	0.27	0.26	0.27	0.28
短期基準せん断耐力 (kN) <sup>※</sup>	40.8	40.6	50.6	23.5
壁長さ1mあたり (kN/m) <sup>※</sup>	44.8	44.6	55.6	25.8
相当壁倍率 <sup>※</sup>	22.8	22.7	28.3	13.1

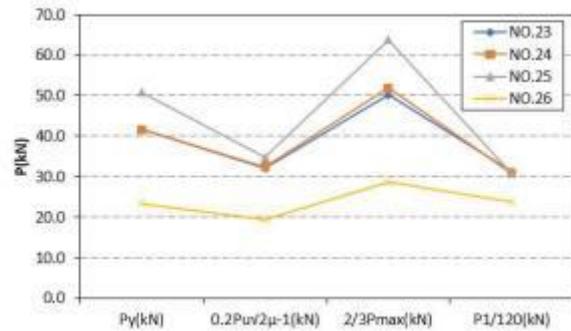
見かけのせん断変形角評価

評価項目 \ 試験体No	NO. 23	NO. 24	NO. 25	NO. 26
Pmax (kN)	75.3	77.9	95.3	42.9
Py (kN)	41.6	41.6	50.8	23.4
0.2Pu√2μ-1 (kN)	32.1	32.4	34.7	19.5
2/3Pmax (kN)	50.2	51.9	63.7	28.6
P <sub>1/120</sub> (kN)	31.3	30.8	30.8	23.8
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	3.3	3.2	3.3	2.9
Py (kN)	41.6	41.6	50.8	23.4
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	12.48	12.71	15.50	8.12
Pu (kN)	68.6	71.8	85.7	37.2
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	66.67	66.67	66.67	50.48
塑性率	3.13	2.87	2.46	4.49
Ds	0.43	0.44	0.49	0.38
短期基準せん断耐力 (kN) <sup>※</sup>	31.3	30.8	30.8	19.5
壁長さ1mあたり (kN/m) <sup>※</sup>	34.4	33.8	33.8	21.4
相当壁倍率 <sup>※</sup>	17.5	17.2	17.2	10.9

※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



<真のせん断変形角評価>



<見かけのせん断変形角評価>

図 2.2-9 構造特性値の分布

(2) 試験体 No.23(カラムツ合板 18mm 両面,CNZ65@100mm 2列千鳥)

No. 23 の荷重変形関係を図 2.2-11 に、接合具の破壊性状を図 2.2-10 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 44.8[kN/m] ( $P_y$ ) となった。1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から釘頭のめり込み、釘の引抜けが確認できた。

単調载荷では 1/20rad 程度で土台側受け材の横方向の割裂が生じ、やや荷重が低下した。釘の引抜けも変形が大きくなるほど抜けも大きくなった。釘破断も数本生じたが、釘の引抜けが目立つ結果となった。

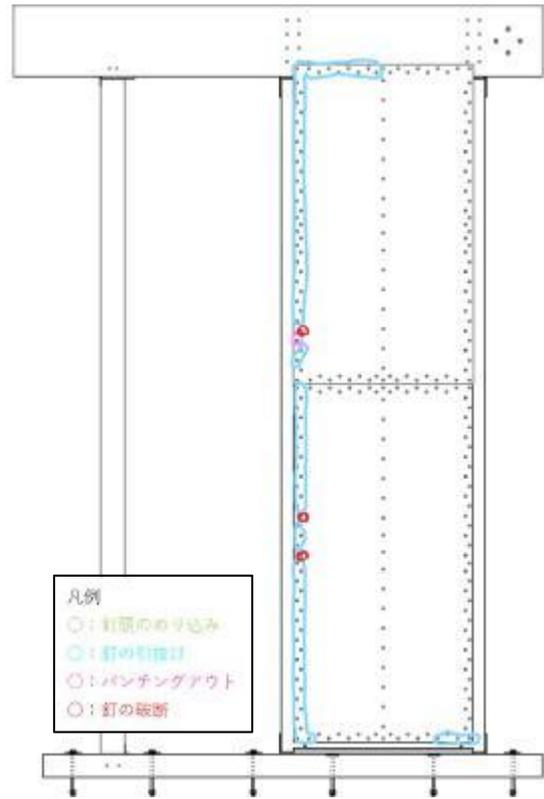


図 2.2-10 接合具の破壊性状

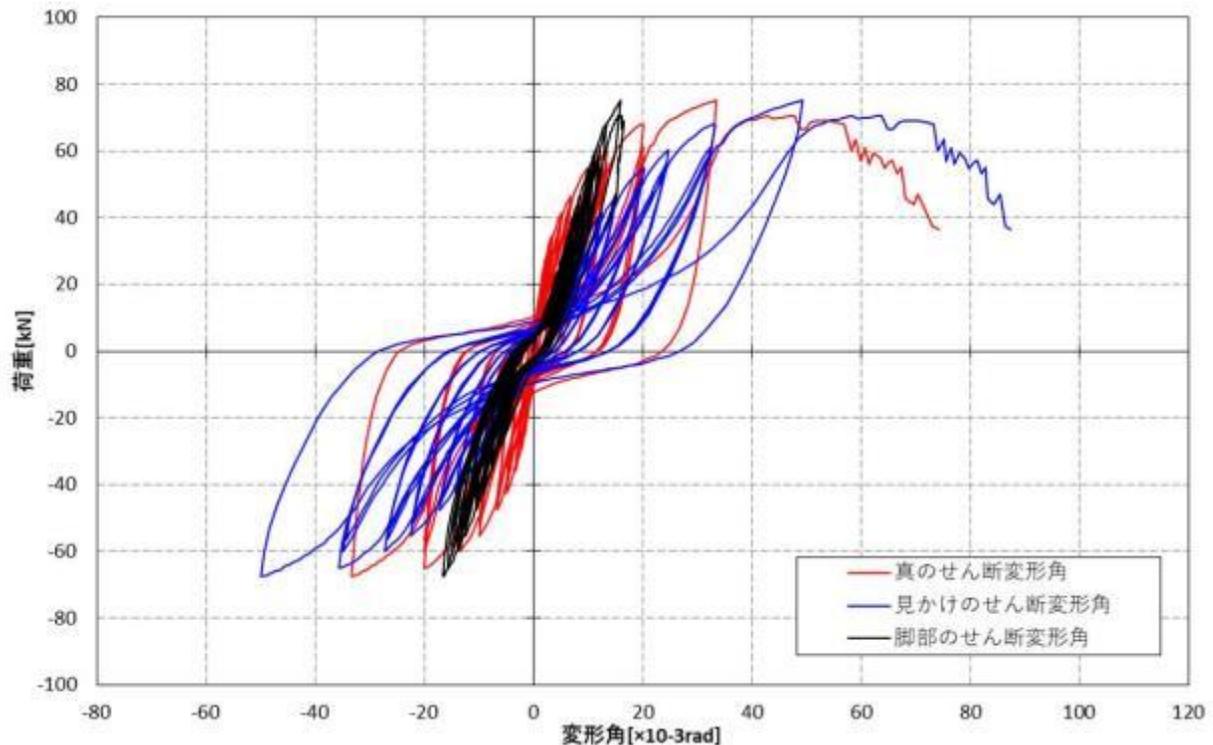


図 2.2-11 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



釘の抜け

写真 2.2-1 試験終了時の写真

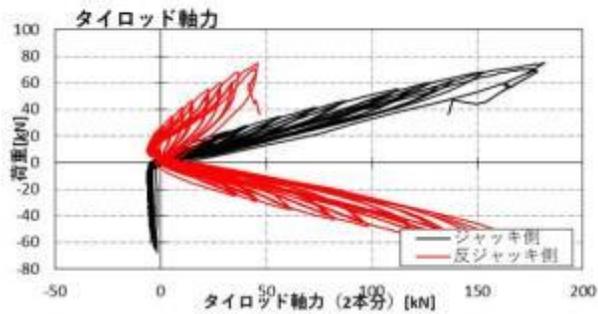
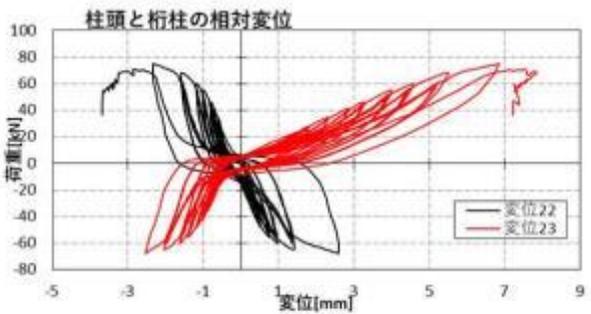
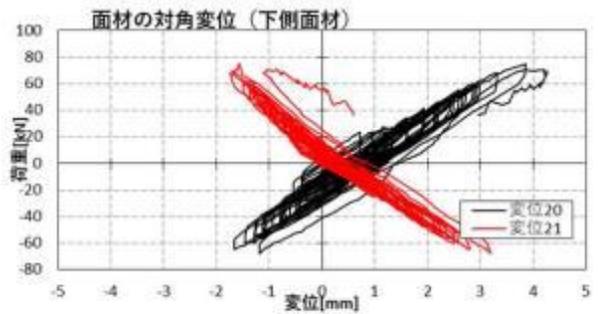
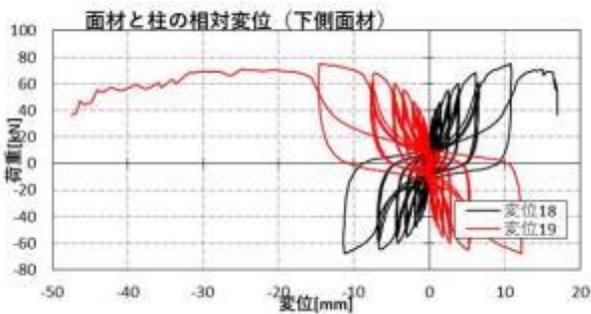
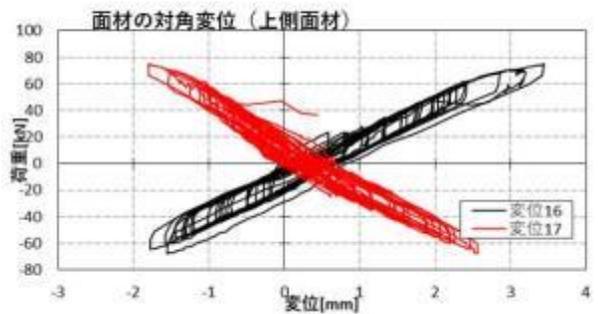
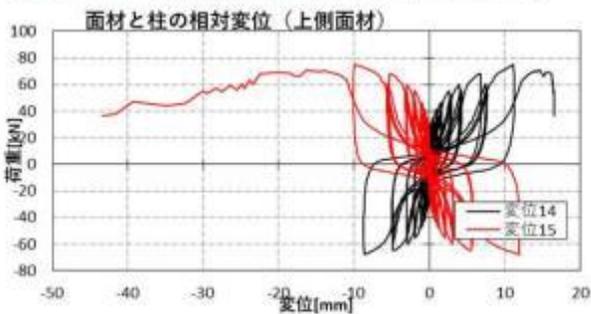
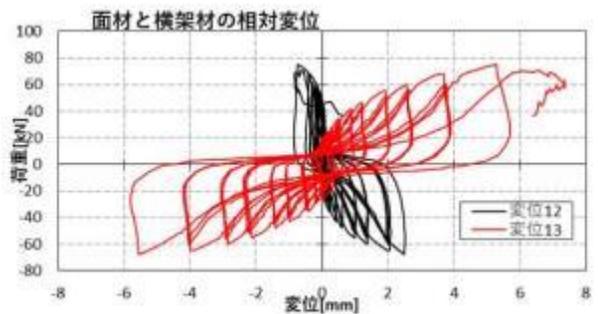
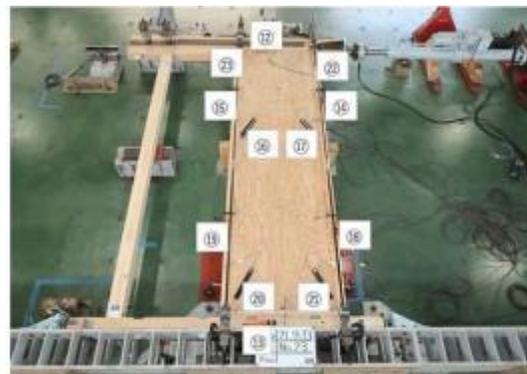
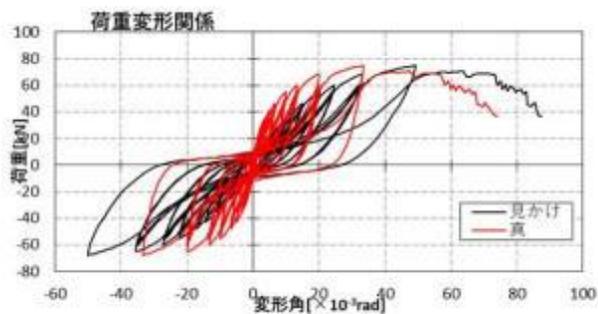


図 2.2-12 計測データ

(3) 試験体 No.24(ヒノキ合板 18mm 両面、CNZ65@100mm 2 列千鳥)

No. 24 の荷重変形関係を図 2.2-14 に、接合具の破壊性状を図 2.2-13 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 44.6[kN/m] ( $P_y$ ) となった。1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から釘頭のめり込み、釘の引抜けが確認できた。

単調载荷においても、釘頭のめり込みと釘の引抜けが進展するのみで、その他に損傷は生じなかった。

1/15rad を過ぎたあたりで土台側受け材に横方向の割裂が生じ荷重が低下した。

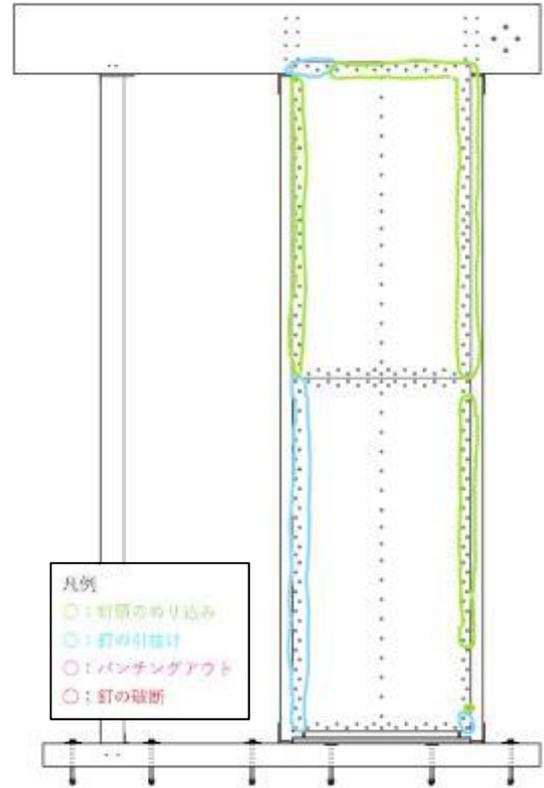


図 2.2-13 接合具の破壊性状

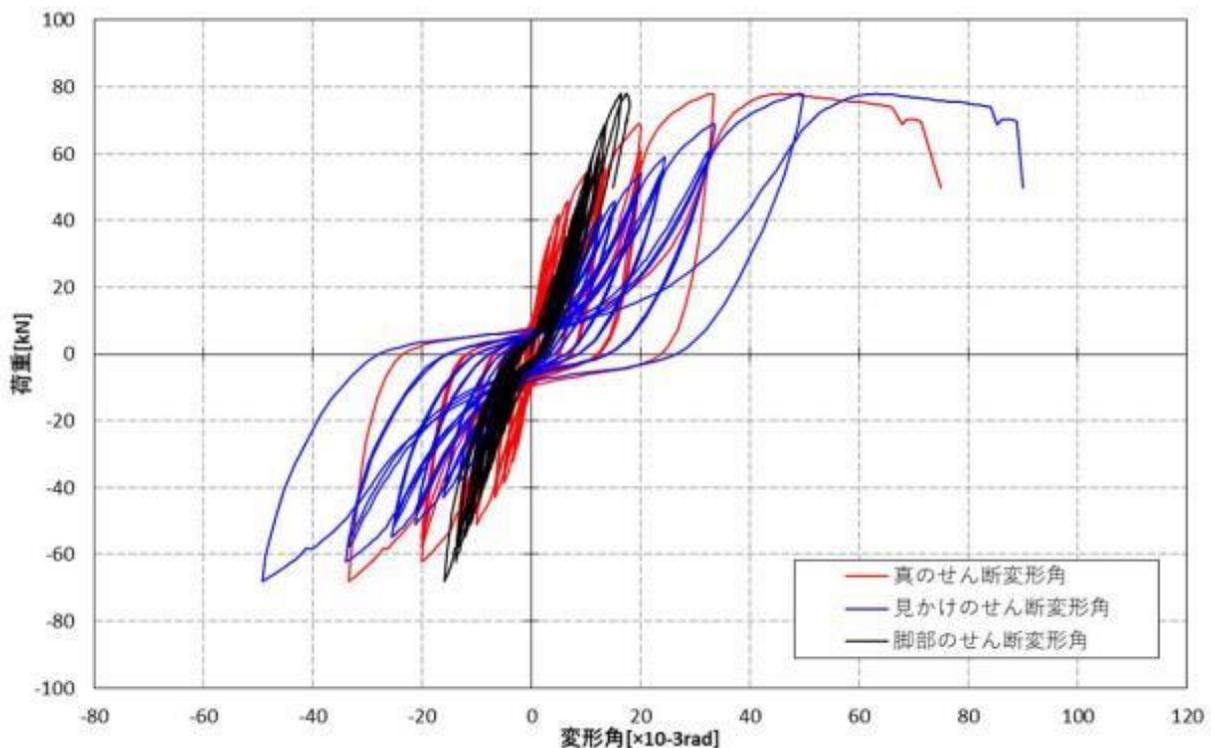


図 2.2-14 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



写真 2.2-2 試験終了時の写真

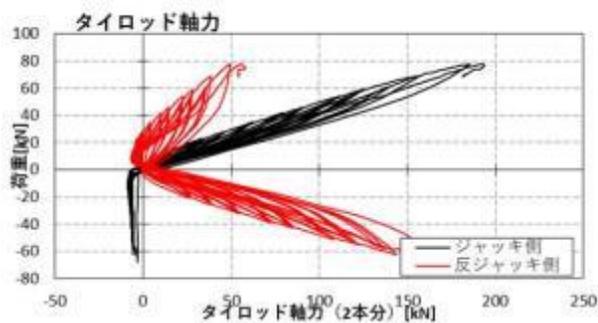
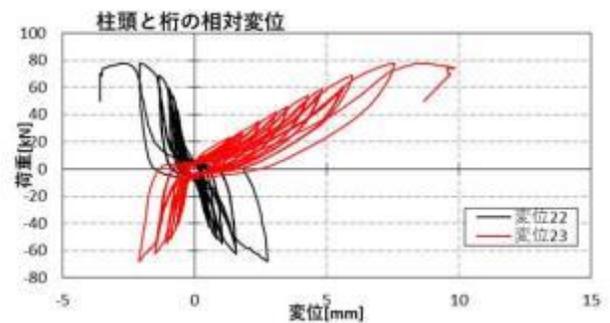
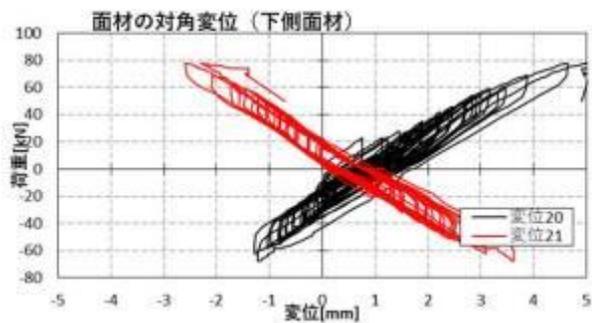
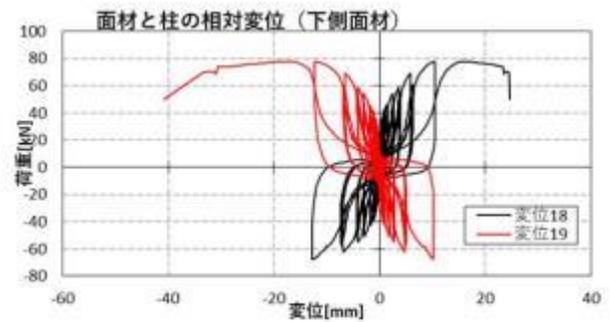
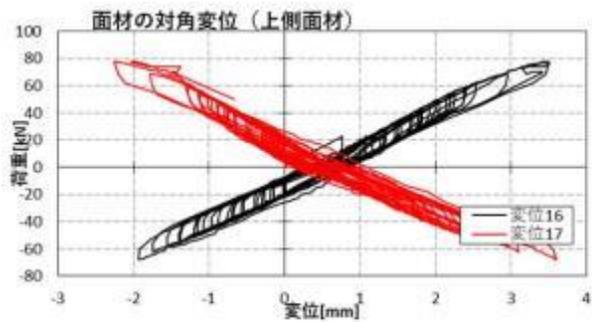
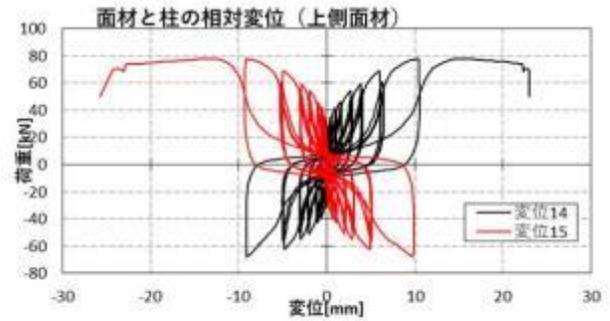
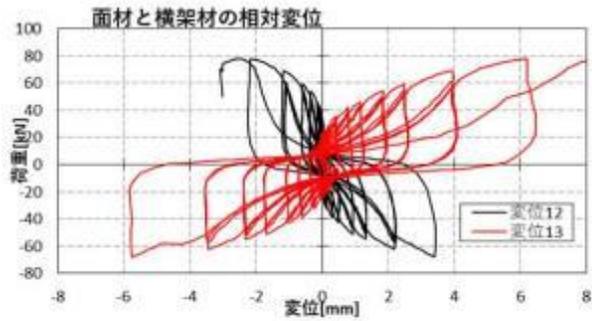
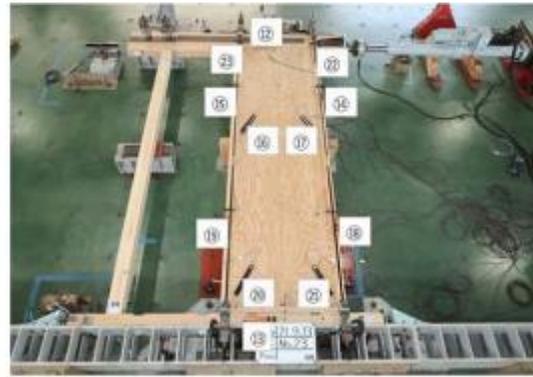
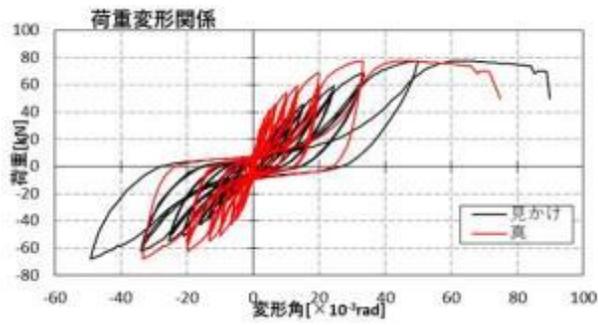


図 2.2-15 計測データ

(4) 試験体 No.25(カラマツ合板 18mm 両面、CNZ75@100mm 2 列千鳥)

No. 25 の荷重変形関係を図 2.2-17 に、接合具の破壊性状を図 2.2-16 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 55.6[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から釘頭のめり込み、釘の引抜けが確認できた。

単調载荷では 1/15rad 程度で土台側受け材に横方向の割裂が生じたが、大きな荷重低下はなかった。

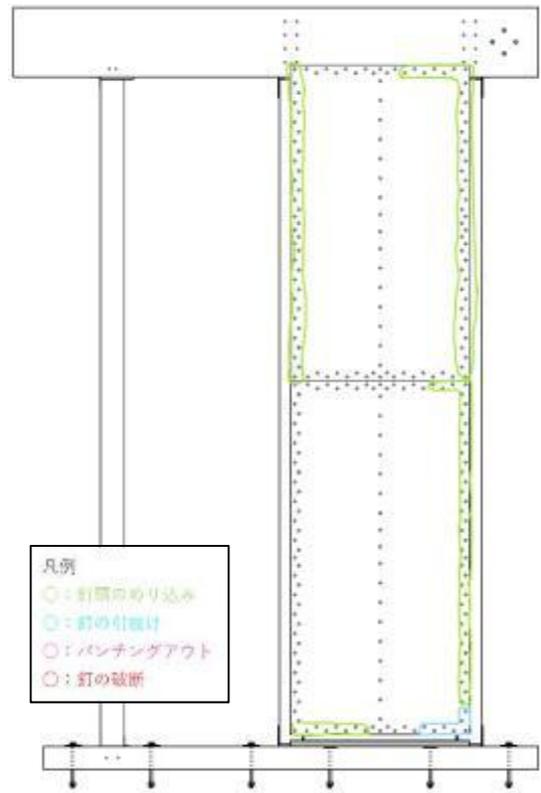


図 2.2-16 接合具の破壊性状

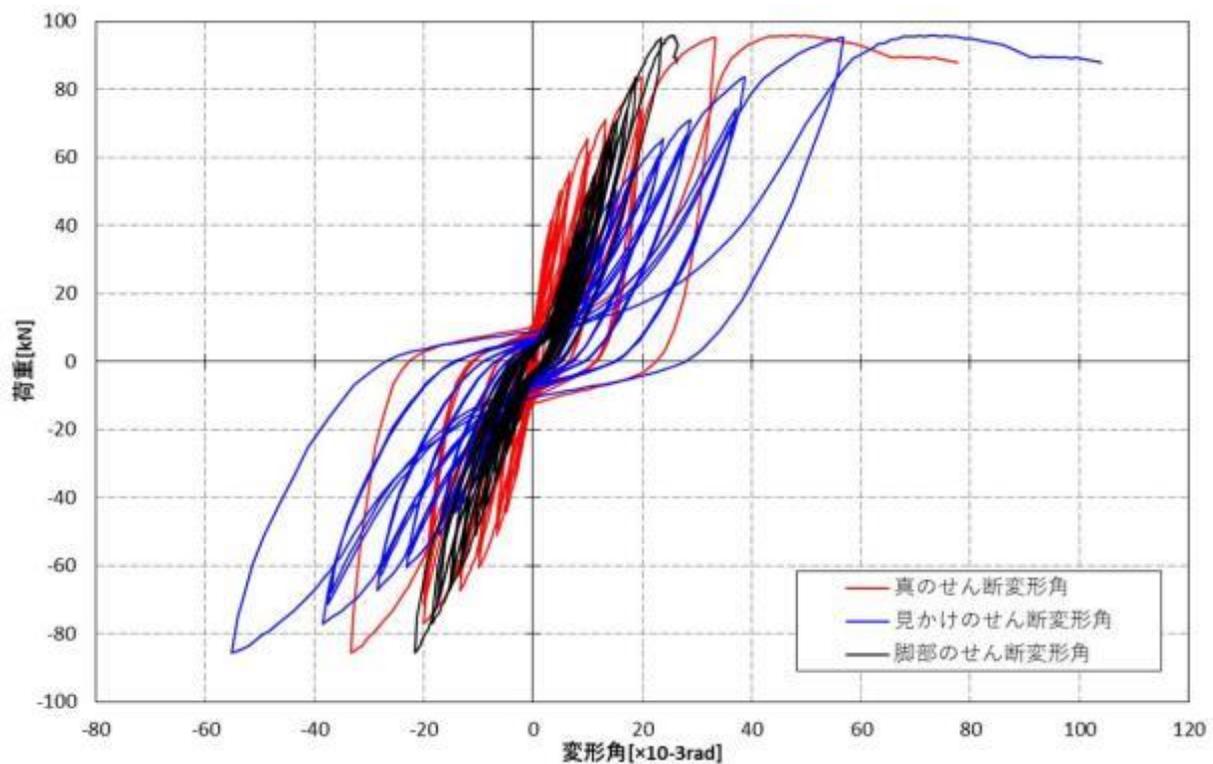


図 2.2-17 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



写真 2.2-3 試験終了時の写真

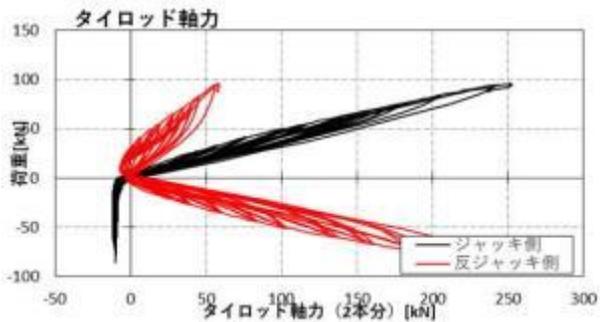
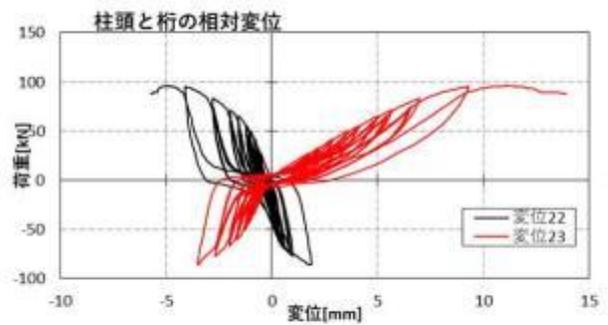
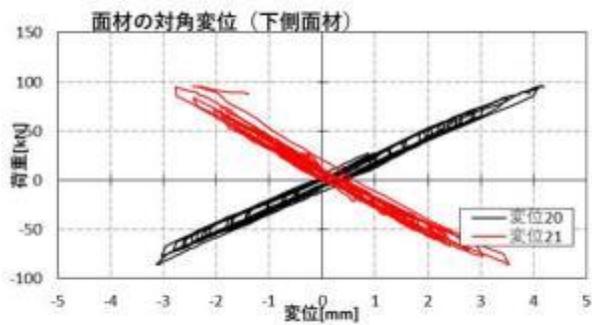
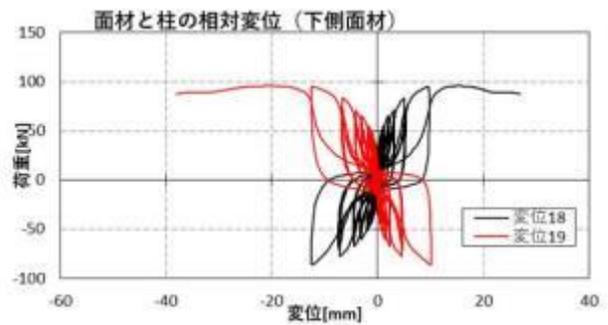
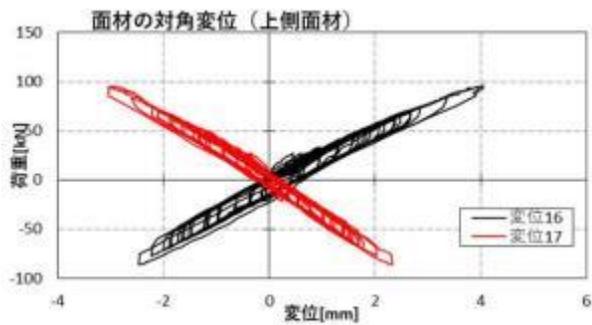
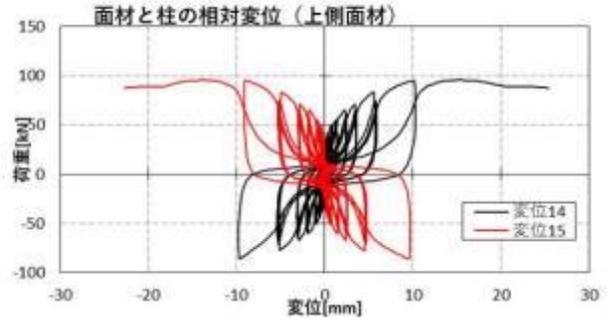
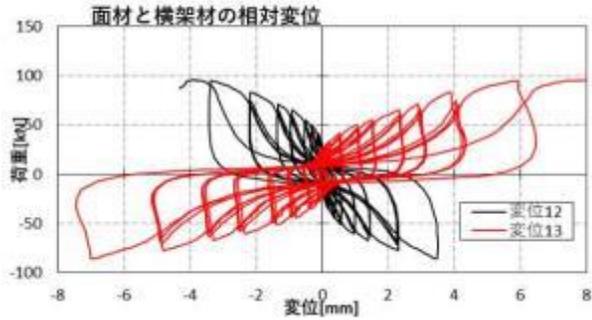
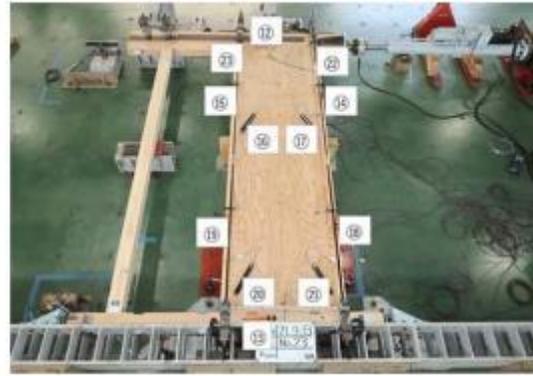
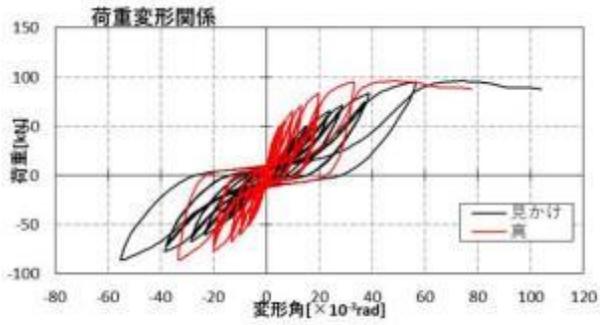


図 2.2-18 計測データ

(5) 試験体 No.26 (MDF18mm 両面、CNZ65@200×2 列千鳥)

No. 26 の荷重変形関係を図 2.2-20 に、接合具の破壊性状を図 2.2-19 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 25.8[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/30rad 程度から釘の引抜けが生じ始めた。釘の先端まで一気に引抜け、数 kN 荷重低下も伴った。

釘が一気に抜けた要因として面材の密度が高いことが考えられる。

釘の破断も数本確認されたが、主な破壊性状は釘の引抜け、釘頭のめり込みであった。

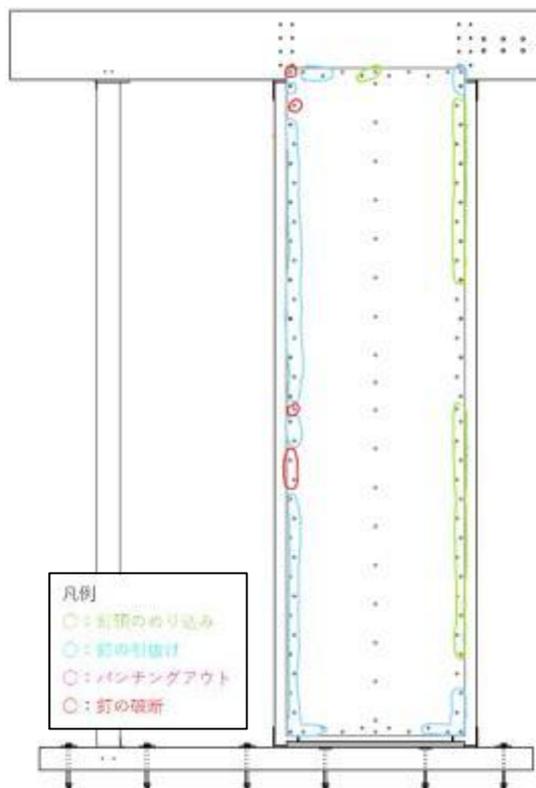


図 2.2-19 接合具の破壊性状

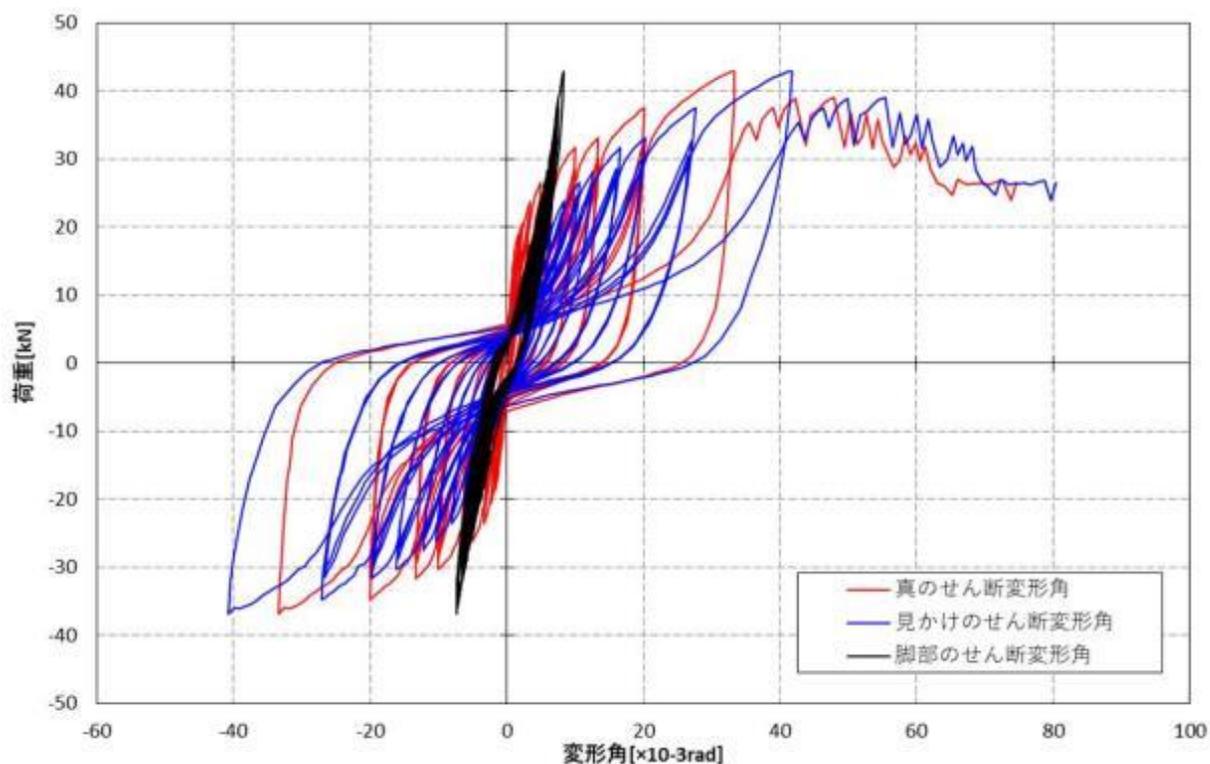


図 2.2-20 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



写真 2.2-4 試験終了時の写真

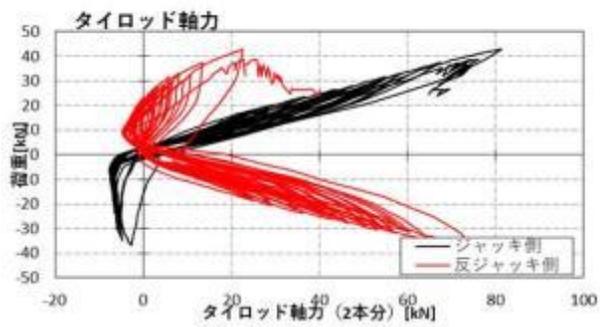
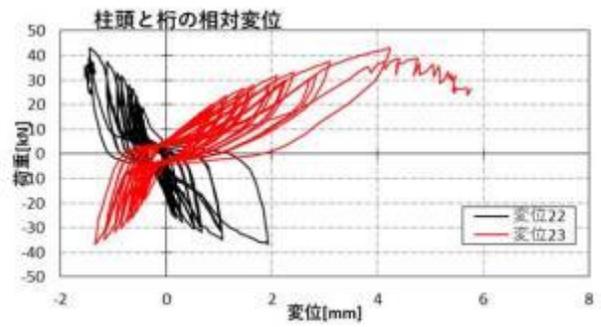
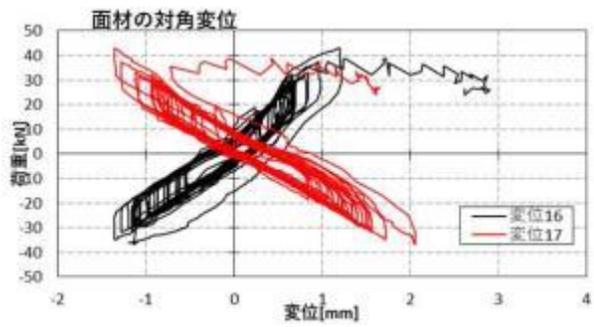
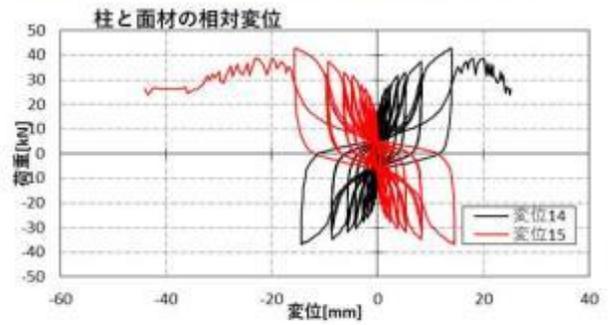
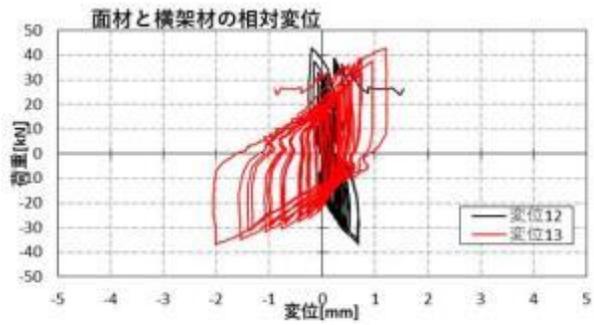
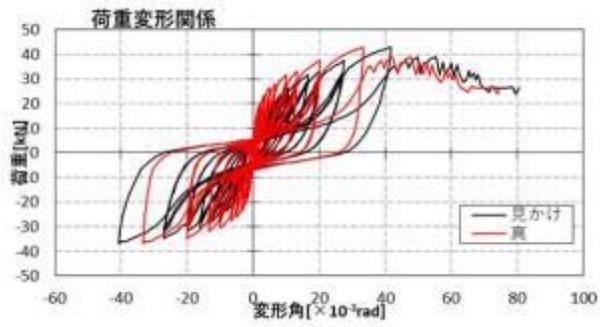


図 2.2-21 計測データ

## 2.3 考察

前期耐力壁試験結果を踏まえ以下のことを考察する。

- ・要素試験（釘の一面せん断試験）を踏まえ、耐力壁試験を実施することでおおむね想定した破壊性状（釘の引抜け破壊）が得られることがわかった。
- ・釘の引抜け破壊は面材や釘の種類によっては荷重がやや低下することがわかった。面材の密度が高いほど釘の保持能力が高く、釘が引抜けにくくなり釘が引抜ける際は一気に引抜けるような挙動となることが考えられる。

## 2.4 後期耐力壁試験（タイロッド式）

### 2.4.1 試験計画

#### (1) 試験体仕様

前期耐力壁試験の結果より、耐力・破壊性状を考慮し表 2.4-1、表 2.4-2 に示す仕様にて性能を確認する。

面材や釘の組合せは No. 23、24、25 の仕様と同じであるが、材料手配の都合上、中棧、間柱、土台はヒノキ同一等級集成材の E105 以上（前期試験では E95-F315）となっている。

また、桁はヒノキ対称異等級集成材 E105-F300（前期試験はカラマツ E120-F330）とした。

表 2.4-1 試験体 共通仕様

試験方法	タイロッド式試験
壁仕様	床勝ち大壁
壁高さ	3.8m
壁長さ	0.91m
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
中棧, 土台, 間柱	ヒノキ同一等級集成材、E105 以上 (材料手配の都合上 E95-F315 を用意できなかったため)
土台側受け材	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
桁	120mm×360mm、ヒノキ対称異等級集成材、E105-F300
柱頭・柱脚	めり込み補強金物（図 2.2-4 図 2.2-5）
床	t=28mm、構造用合板特類 2 級、全層スギ

表 2.4-2 試験体仕様

試験体 No.	27	28	29
目標耐力	40kN/m	40kN/m	40kN/m
壁面材	構造用合板, 特類 1 級 (相当)		
	全層カラマツ	全層ヒノキ	全層カラマツ
	t=18mm、両面		
接合具	CNZ65@100mm 2 列千鳥		CNZ75@100 2 列千鳥
試験体数	各 3 体		

(2) 計測計画

前期試験と同じ

(3) 試験場所

前期試験と同じ

(4) 加力計画

前期試験と同じ

(5) 耐力壁の短期基準せん断耐力の算出

前期試験と同じ

## 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 2.4-1 に、各試験体の破壊性状を表 2.4-3 に示す。また、構造特性値を表 2.4-4 に示す。

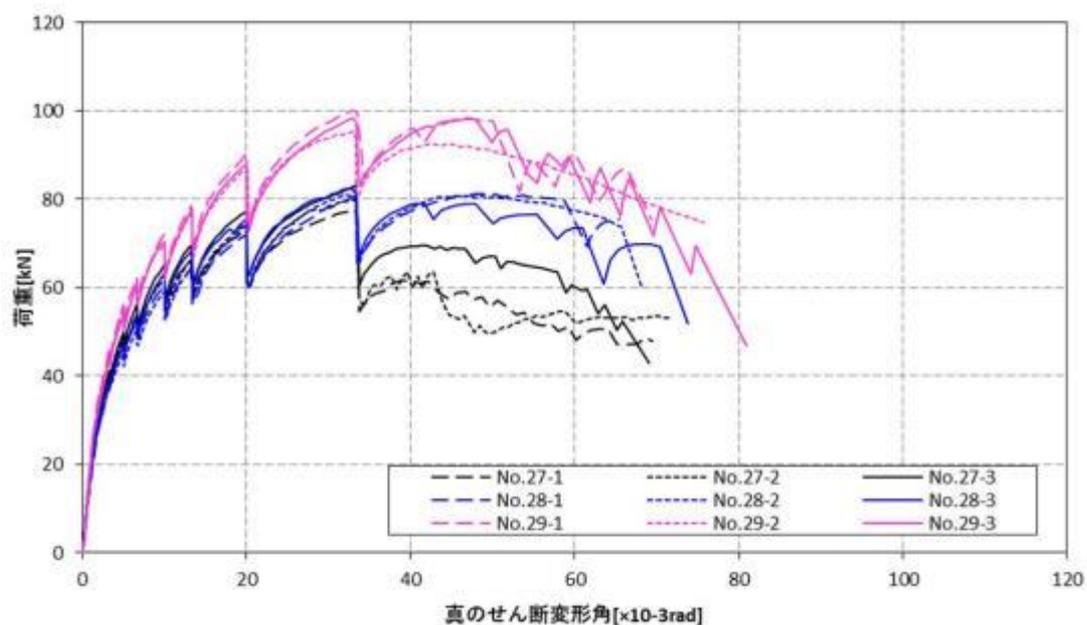


図 2.4-1 荷重変形関係

表 2.4-3 破壊性状

試験体No	破壊性状
NO. 27-1	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 土台側受材に受材を留め付けるビスに沿った割裂(縦方向の割裂)や面材の回転挙動による割裂(横方向の割裂)が生じた。また中棧(胴つなぎ材)の割裂が生じた。また、釘頭のめり込みや釘の破断が生じた。
NO. 27-2	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 土台側受材に縦方向の割裂が生じた。また中棧(胴つなぎ材)の割裂、釘頭のめり込みや釘の破断が生じた。
NO. 27-3	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 土台側受材に縦方向と横方向の割裂が生じた。また釘頭のめり込みや釘の破断が生じた。
NO. 28-1	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 その後釘の破断、釘のパンチングアウト、土台側受け材に縦方向の割裂が確認された。
NO. 28-2	1/100rad程度までは目立った損傷は生じなかった。 土台側受け材に横方向の割裂が生じた。
NO. 28-3	1/100rad程度までは目立った損傷は生じなかった。 1/20rad程度で土台側受け材に横方向の割裂が生じた。
NO. 29-1	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 1/50rad程度で土台側受材に縦方向の割裂破壊が生じた。 その後釘頭のめり込み、釘の破断、釘の抜け等が生じた。
NO. 29-2	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 1/50rad程度で土台側受材に縦方向の割裂破壊が生じた。 その後釘頭のめり込み、釘の破断、釘の抜け、受け材ビスの抜けが生じた。
NO. 29-3	1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。 1/50rad程度で土台側受材に縦方向の割裂破壊が生じた。 その後釘頭のめり込み、釘の破断、釘の抜け、受け材ビスの抜けが生じた。

表 2.4-4 構造特性値

No. 27 (カラマツ合板 18mm 両面, CNZ65)

真のせん断変形角評価

評価項目\試験体No	No. 27-1	No. 27-2	No. 27-3	平均	ばらつき	50%下限値
Pmax (kN)	77.7	79.6	83.1	80.1	0.984	78.8
Py (kN)	45.0	44.6	47.5	45.7	0.984	45.0
0.2Pu√2μ-1 (kN)	46.0	45.8	52.4	48.1	0.963	46.3
2/3Pmax (kN)	51.8	53.1	55.4	53.4	0.984	52.6
P <sub>1/150</sub> (kN)	53.6	53.8	56.1	54.5	0.988	53.8
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	10.3	10.7	10.5	10.5	—	—
Py (kN)	45.0	44.6	47.5	45.7	—	—
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	4.35	4.16	4.52	4.34	—	—
Pu (kN)	70.5	71.6	74.3	72.1	—	—
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	39.55	37.41	47.50	41.49	—	—
塑性率μ	5.82	5.61	6.72	6.05	—	—
構造特性係数Ds	0.31	0.31	0.28	0.30	—	—
短期基準せん断耐力 (kN)**	45.0	44.6	47.5	—	—	45.0
壁長さ1mあたり (kN/m)**	49.5	49.0	52.2	—	—	49.4
相当壁倍率*	25.2	25.0	26.6	—	—	25.2

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数αを乗じていない

→真の変形角評価 : 49.4kN/m (25.2倍相当) (低減係数 α=0.9 の場合は 44.5kN/m、22.7倍)  
見かけの変形角評価 : 33.0kN/m (16.8倍相当) (低減係数 α=0.9 の場合は 29.7kN/m、15.1倍)

見かけのせん断変形角評価

評価項目\試験体No	No. 27-1	No. 27-2	No. 27-3	平均	ばらつき	50%下限値
Pmax (kN)	77.7	79.6	83.1	80.1	0.984	78.8
Py (kN)	44.2	42.2	46.4	44.3	0.978	43.3
0.2Pu√2μ-1 (kN)	30.0	29.6	33.9	31.2	0.964	30.1
2/3Pmax (kN)	51.8	53.1	55.4	53.4	0.984	52.6
P <sub>1/120</sub> (kN)	34.4	34.1	33.9	34.1	0.997	34.0
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	3.8	3.7	3.7	3.7	—	—
Py (kN)	44.2	42.2	46.4	44.3	—	—
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	11.77	11.48	12.72	11.99	—	—
Pu (kN)	70.3	71.1	74.1	71.8	—	—
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	51.93	51.70	63.10	55.58	—	—
塑性率μ	2.77	2.67	3.11	2.85	—	—
構造特性係数Ds	0.47	0.48	0.44	0.46	—	—
短期基準せん断耐力 (kN)**	30.0	29.6	33.9	—	—	30.1
壁長さ1mあたり (kN/m)**	33.0	32.6	37.3	—	—	33.0
相当壁倍率*	16.8	16.6	19.0	—	—	16.8

No. 28 (ヒノキ合板 18mm 両面, CNZ65)

真のせん断変形角評価

評価項目\試験体No	No. 28-1	No. 28-2	No. 28-3	平均	ばらつき	50%下限値
Pmax (kN)	81.1	82.0	82.5	81.9	0.996	81.5
Py (kN)	46.5	43.5	48.1	46.0	0.976	44.9
0.2Pu√2μ-1 (kN)	59.6	59.7	56.8	58.7	0.987	57.9
2/3Pmax (kN)	54.1	54.7	55.0	54.6	0.996	54.4
P <sub>1/150</sub> (kN)	51.6	50.2	53.2	51.7	0.986	51.0
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	9.6	9.4	9.1	9.3	—	—
Py (kN)	46.5	43.5	48.1	46.0	—	—
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	4.86	4.65	5.28	4.93	—	—
Pu (kN)	75.5	76.0	75.8	75.8	—	—
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	65.41	66.67	62.48	64.85	—	—
塑性率μ	8.28	8.21	7.52	8.00	—	—
構造特性係数Ds	0.25	0.25	0.27	0.26	—	—
短期基準せん断耐力 (kN)**	9.6	9.4	9.1	—	—	44.9
壁長さ1mあたり (kN/m)**	10.5	10.3	10.0	—	—	49.4
相当壁倍率*	5.4	5.2	5.1	—	—	25.1

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数αを乗じていない

→真の変形角評価 : 49.4kN/m (25.1倍相当) (低減係数 α=0.9 の場合は 44.5kN/m、22.7倍)  
見かけの変形角評価 : 33.4kN/m (17.0倍相当) (低減係数 α=0.9 の場合は 30.1kN/m、15.3倍)

見かけのせん断変形角評価

評価項目\試験体No	No. 28-1	No. 28-2	No. 28-3	平均	ばらつき	50%下限値
Pmax (kN)	80.7	82.0	82.5	81.7	0.995	81.3
Py (kN)	45.0	43.6	47.3	45.3	0.981	44.4
0.2Pu√2μ-1 (kN)	31.7	33.3	34.1	33.0	0.983	32.5
2/3Pmax (kN)	53.8	54.7	55.0	54.5	0.995	54.2
P <sub>1/120</sub> (kN)	29.7	31.1	32.7	31.2	0.977	30.4
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	3.1	3.3	3.5	3.3	—	—
Py (kN)	45.0	43.6	47.3	45.3	—	—
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	14.46	13.10	13.72	13.76	—	—
Pu (kN)	74.0	75.1	75.9	75.0	—	—
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	66.67	66.67	66.67	66.67	—	—
塑性率μ	2.80	2.96	3.03	2.93	—	—
構造特性係数Ds	0.47	0.45	0.44	0.45	—	—
短期基準せん断耐力 (kN)**	29.7	31.1	32.7	—	—	30.4
壁長さ1mあたり (kN/m)**	32.6	34.2	35.9	—	—	33.4
相当壁倍率*	16.6	17.4	18.3	—	—	17.0

No. 29 (カラマツ合板 18mm 両面, CNZ75)

真のせん断変形角評価

評価項目\試験体No	No. 29-1	No. 29-2	No. 29-3	平均	ばらつき	50%下限値
Pmax (kN)	99.9	95.3	98.2	97.8	0.989	96.7
Py (kN)	53.3	52.2	54.0	53.2	0.992	52.8
0.2Pu√2μ-1 (kN)	70.9	70.5	68.2	69.9	0.990	69.2
2/3Pmax (kN)	66.6	63.6	65.5	65.2	0.989	64.5
P <sub>1/150</sub> (kN)	62.2	60.0	60.4	60.9	0.991	60.3
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	11.8	11.4	10.7	11.3	—	—
Py (kN)	53.3	52.2	54.0	53.2	—	—
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	4.53	4.60	5.07	4.73	—	—
Pu (kN)	90.2	87.2	89.7	89.0	—	—
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	63.0	66.7	65.0	64.90	—	—
塑性率μ	8.22	8.66	7.72	8.20	—	—
構造特性係数Ds	0.25	0.25	0.26	0.25	—	—
短期基準せん断耐力 (kN)**	11.8	11.4	10.7	—	—	52.8
壁長さ1mあたり (kN/m)**	12.9	12.5	11.7	—	—	58.0
相当壁倍率*	6.6	6.4	6.0	—	—	29.5

※表中の短期基準せん断耐力等は低減係数αを乗じていない

→真の変形角評価 : 58.0kN/m (29.5倍相当) (低減係数 α=0.9 の場合は 52.2kN/m、26.6倍)  
見かけの変形角評価 : 36.0kN/m (18.3倍相当) (低減係数 α=0.9 の場合は 32.4kN/m、16.5倍)

見かけのせん断変形角評価

評価項目\試験体No	No. 29-1	No. 29-2	No. 29-3	平均	ばらつき	50%下限値
Pmax (kN)	99.9	95.3	98.2	97.8	0.989	96.7
Py (kN)	52.3	52.0	55.6	53.3	0.982	52.3
0.2Pu√2μ-1 (kN)	37.9	35.7	36.7	36.8	0.986	36.3
2/3Pmax (kN)	66.6	63.6	65.5	65.2	0.989	64.5
P <sub>1/120</sub> (kN)	35.0	32.0	33.3	33.4	0.979	32.7
初期剛性 (10 <sup>3</sup> kN/rad)	3.7	3.4	3.5	3.5	—	—
Py (kN)	52.3	52.0	55.6	53.3	—	—
θ <sub>y</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	14.20	15.31	15.94	15.15	—	—
Pu (kN)	89.4	86.9	89.3	88.5	—	—
θ <sub>u</sub> (10 <sup>-3</sup> rad)	66.7	66.7	66.7	66.7	—	—
塑性率μ	2.75	2.61	2.61	2.66	—	—
構造特性係数Ds	0.47	0.49	0.49	0.48	—	—
短期基準せん断耐力 (kN)**	35.0	32.0	33.3	—	—	32.7
壁長さ1mあたり (kN/m)**	38.5	35.2	36.6	—	—	36.0
相当壁倍率*	19.6	17.9	18.7	—	—	18.3

(2) 試験体 No.27(カラマツ合板 18mm 両面,CNZ65)

① No. 27-1

No. 27-1 の荷重変形関係を図 2.4-3 に、接合具の破壊性状を写真 2.4-1 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 49.5[kN/m] (Py) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から土台の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。

単調载荷では 1/25rad 程度で中棧に割裂が生じた。また、釘の引抜けや釘の破断が生じた。

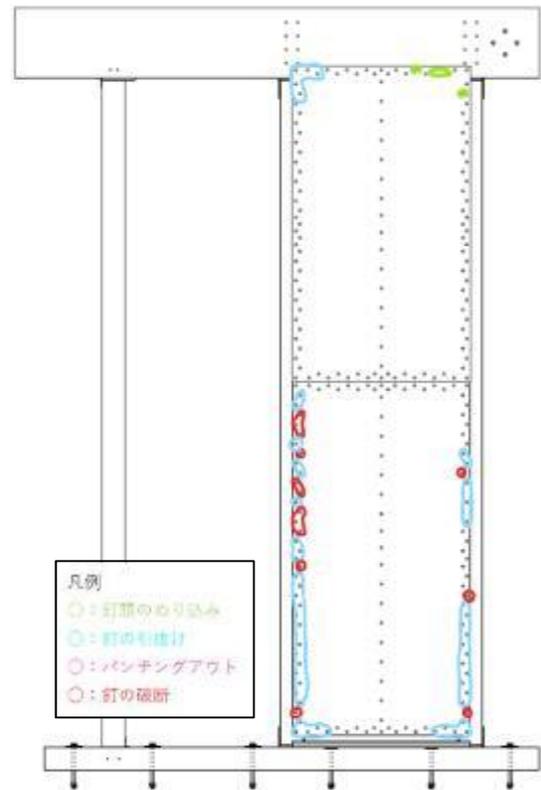


図 2.4-2 接合具の破壊性状

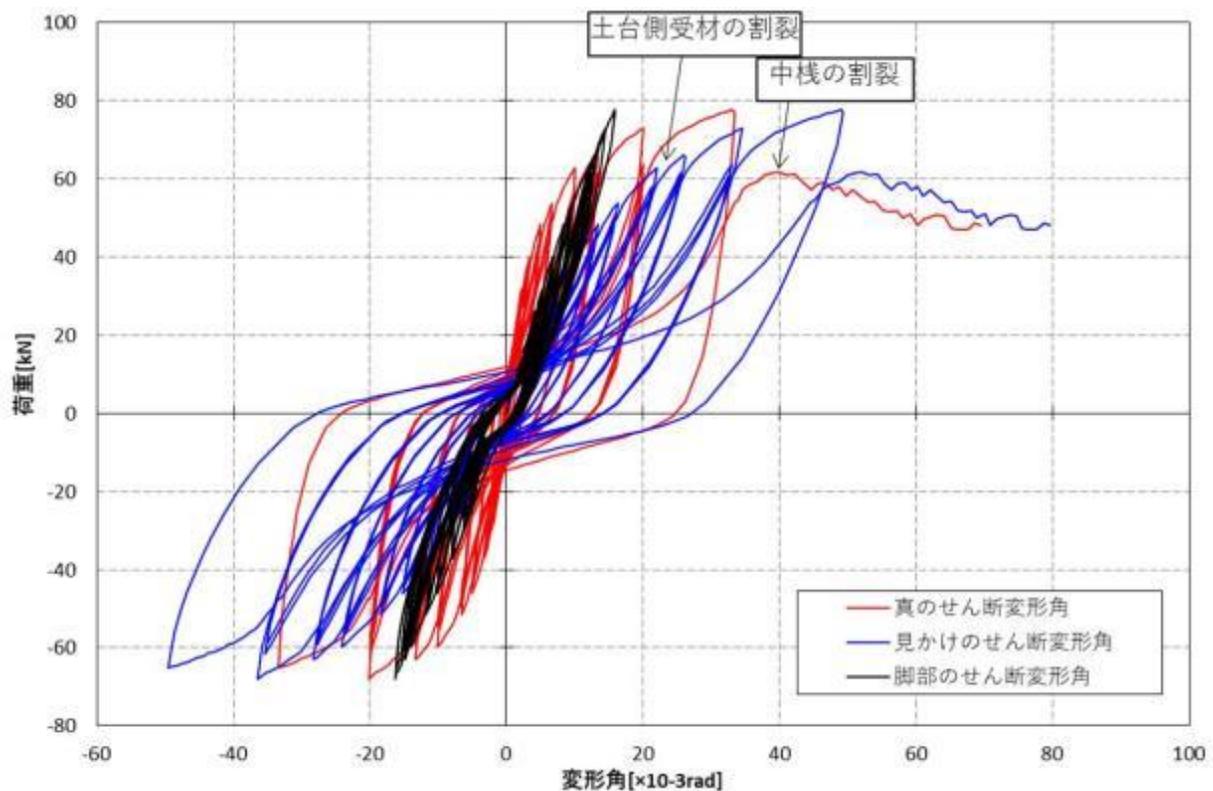


図 2.4-3 荷重-せん断変形角曲線



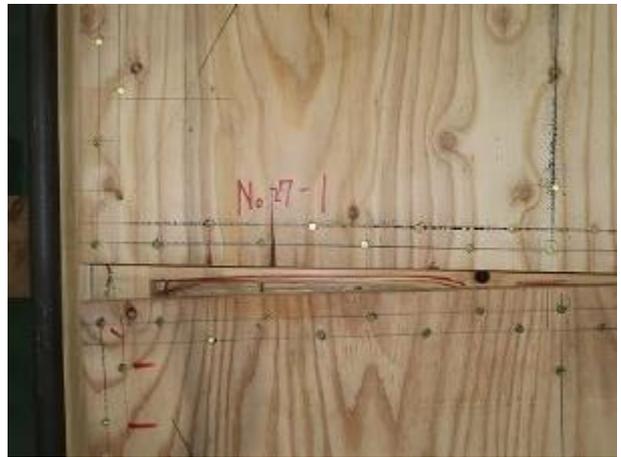
加力前



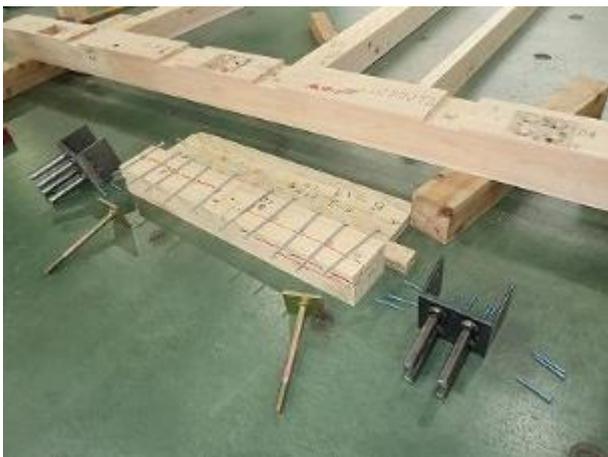
加力後



柱脚



中間：中棧の割裂



土台側受け材の割れ



中棧の割れ

写真 2.4-1 試験終了時の写真

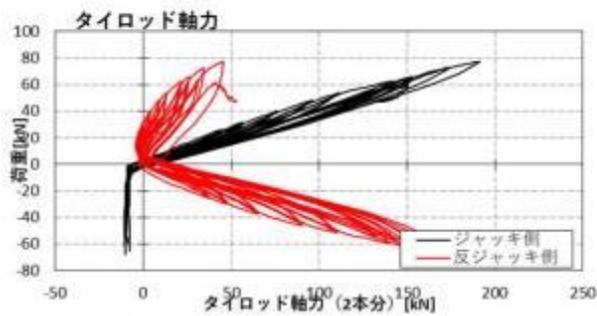
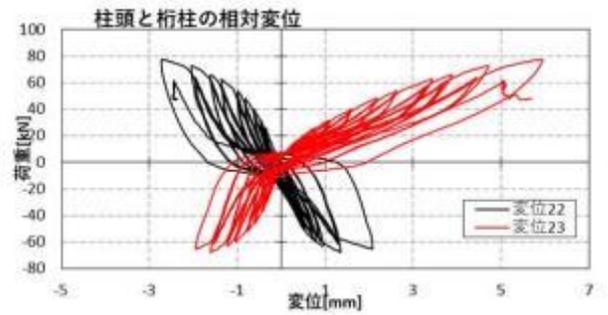
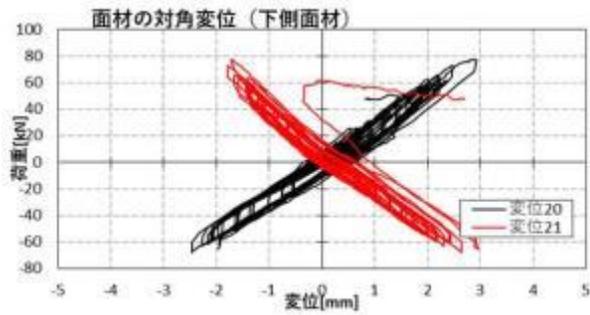
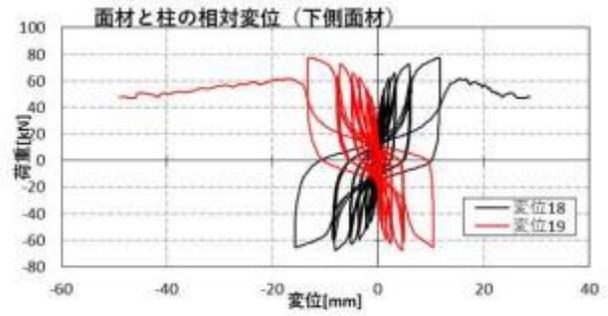
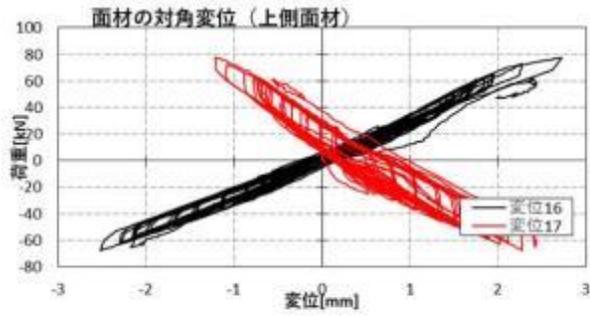
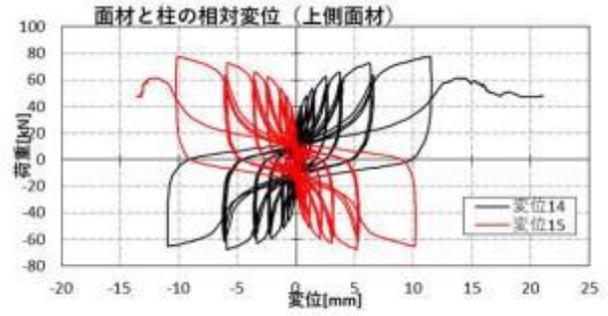
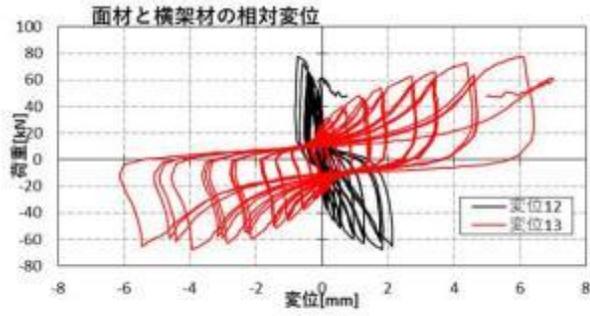
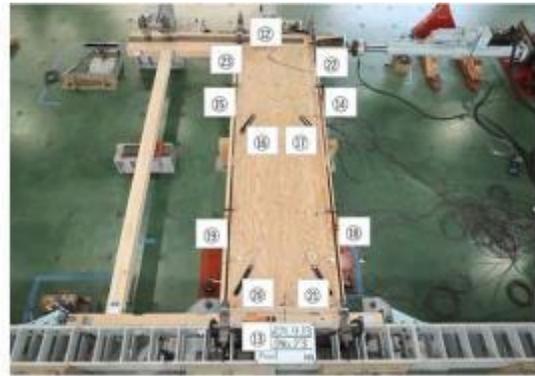
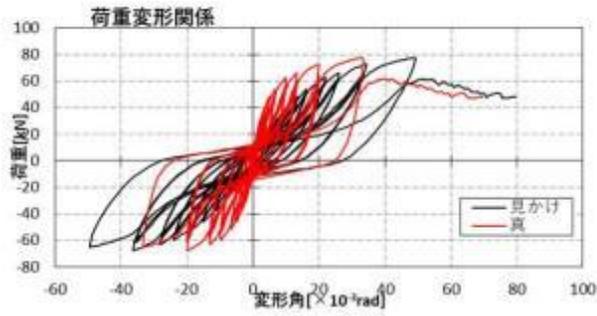


図 2.4-4 計測データ

② No. 27-2

No. 27-2 の荷重変形関係を図 2.4-6 に、接合具の破壊性状を図 2.4-5 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 47.3[kN/m] ( $0.2P_u\sqrt{2}\mu^{-1}$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から土台の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。

単調载荷では 1/25rad 程度で中棧に割裂が生じやや耐力低下した。また、釘の破断や釘の引抜けが生じた。

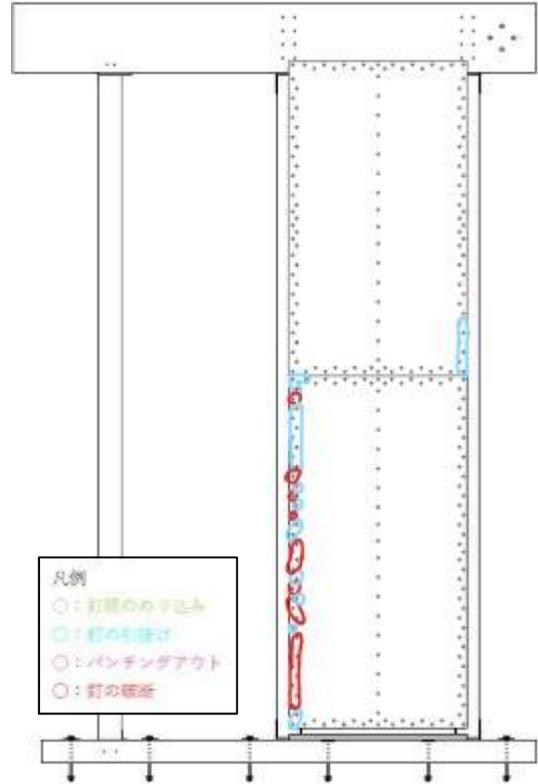


図 2.4-5 接合具の破壊性状

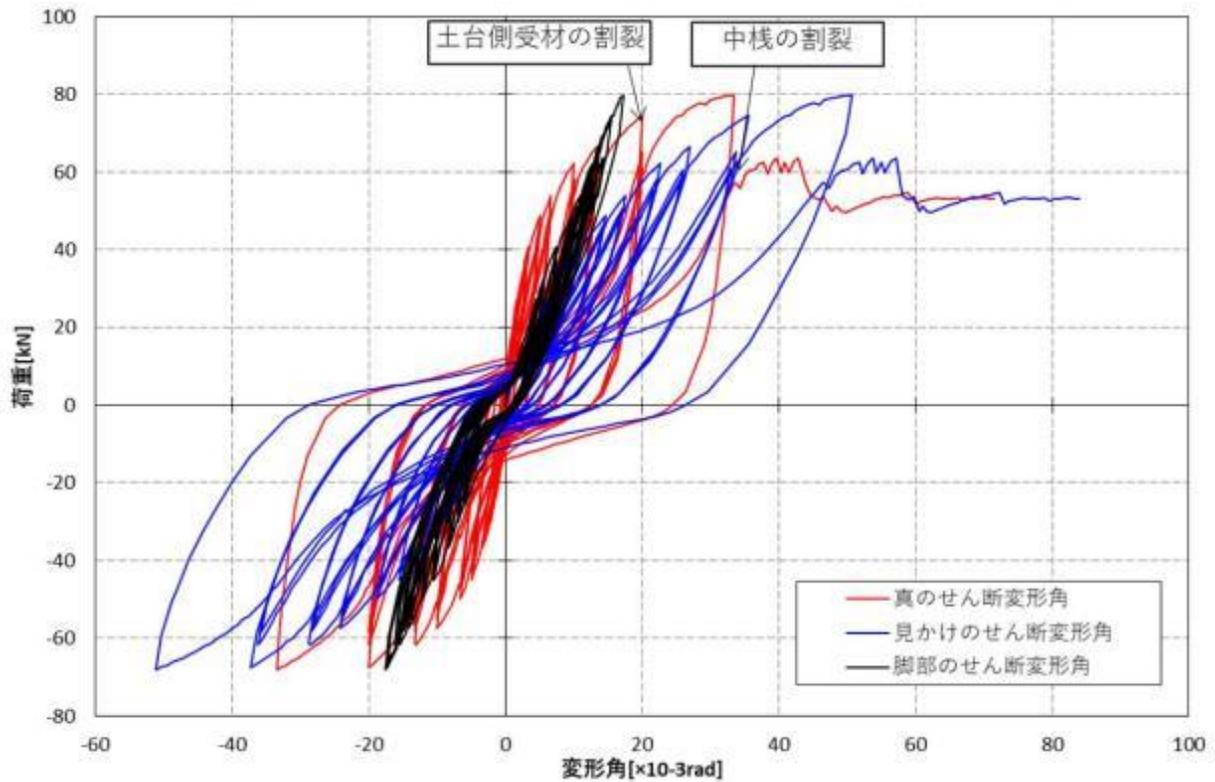


図 2.4-6 荷重-せん断変形角曲線



加力前



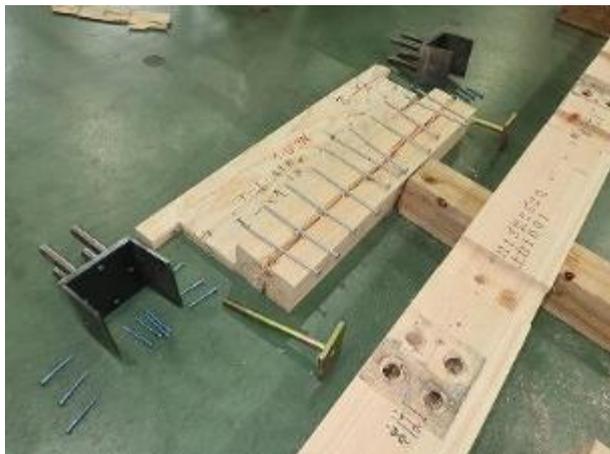
加力後



柱脚：面材のめり込み



中間：中棧の割裂



土台の縦方向の割れ



中棧、間柱の割れ

写真 2.4-2 試験終了時の写真

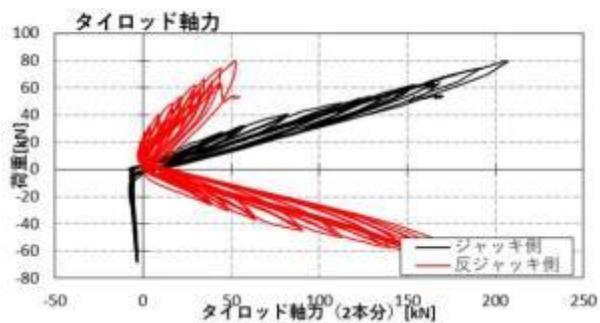
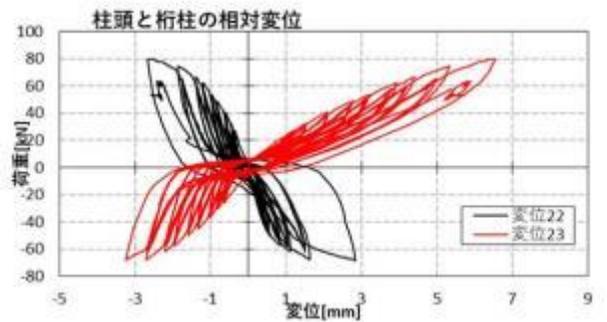
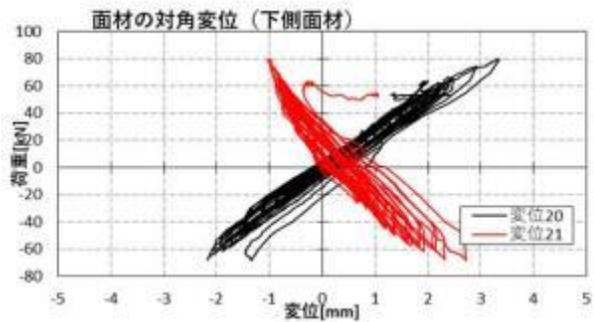
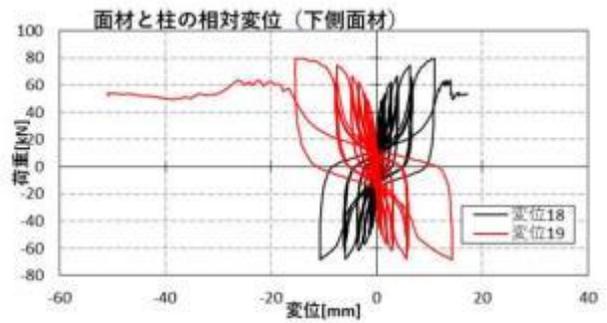
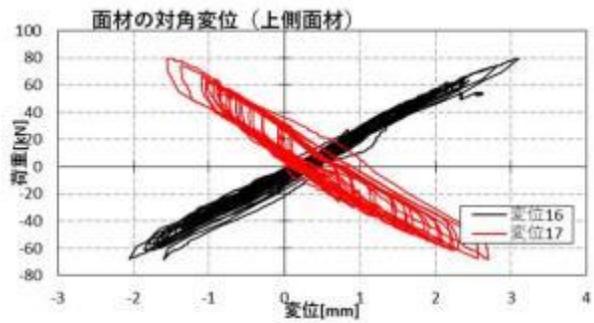
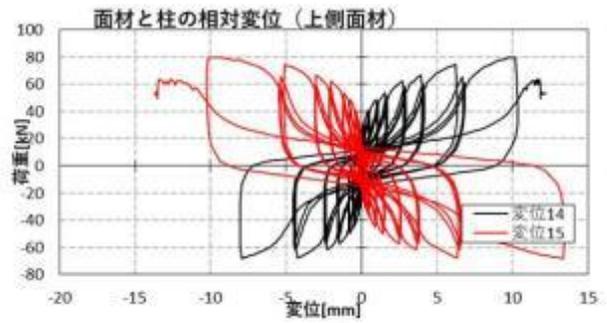
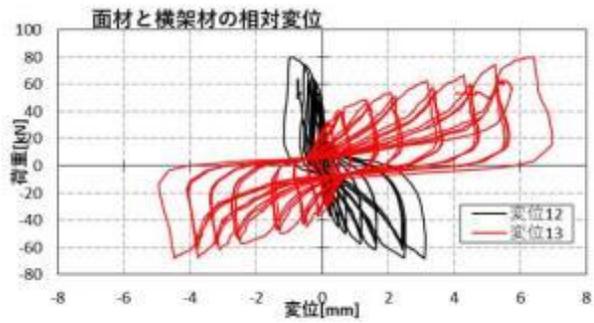
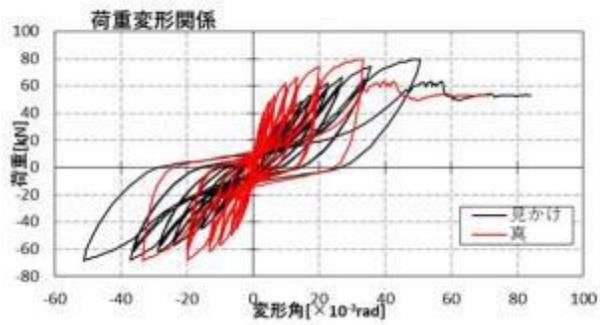


図 2.4-7 計測データ

③ No. 27-3

No. 27-3 の荷重変形関係を図 2.4-9 に、接合具の破壊性状を図 2.4-8 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 52.2[kNm] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から土台の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。単調载荷のサイクルで釘の引抜け、釘の破断が生じた。

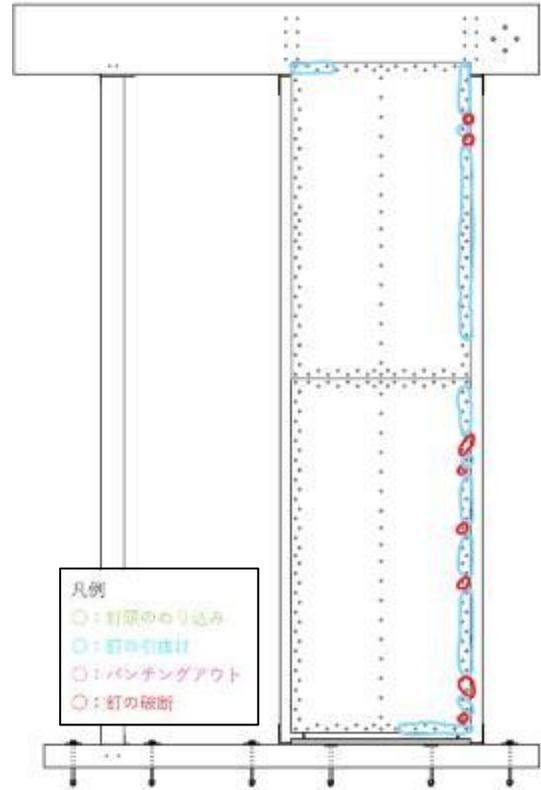


図 2.4-8 接合具の破壊性状

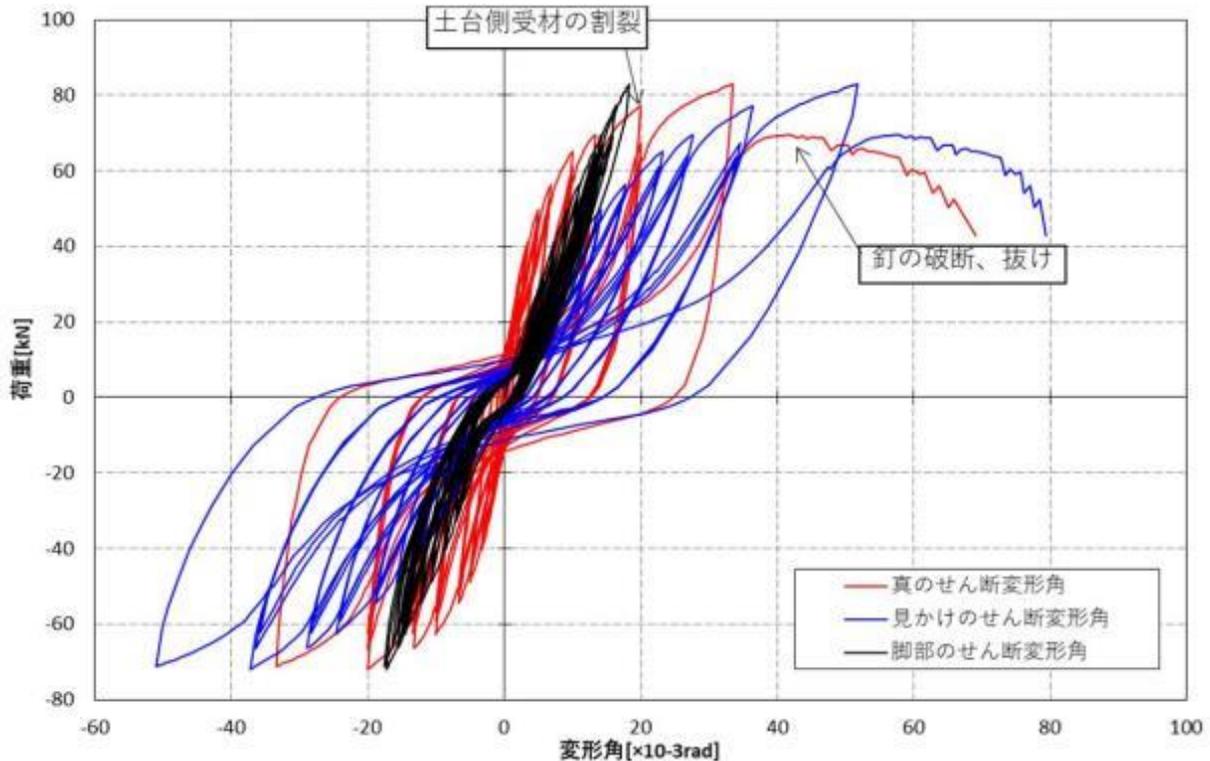


図 2.4-9 荷重-せん断変形角曲線

加力前



加力後



柱脚：面材の回転挙動による受け材の割裂



中間：面材の継目



中棧：損傷無し



土台側受け材の割裂

写真 2.4-3 試験終了時の写真

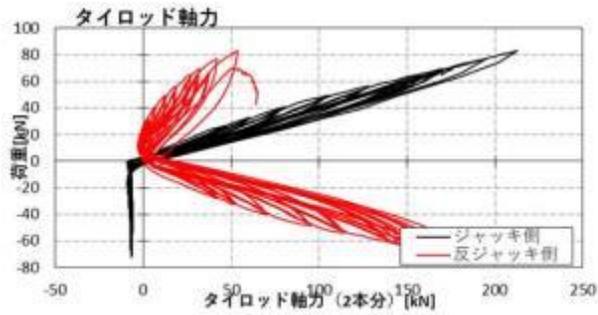
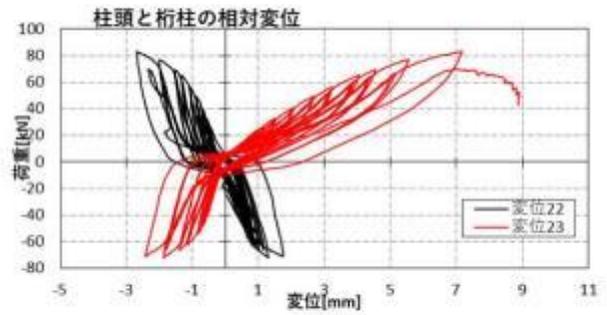
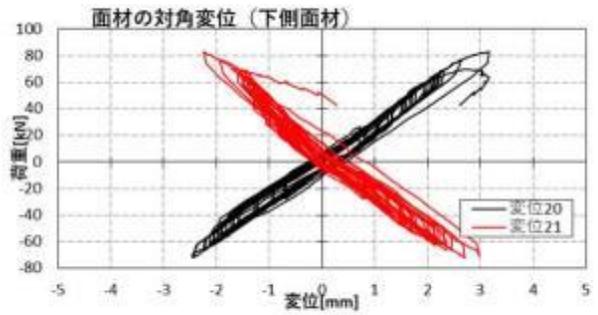
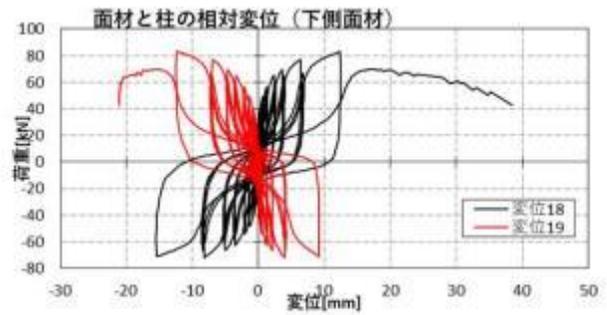
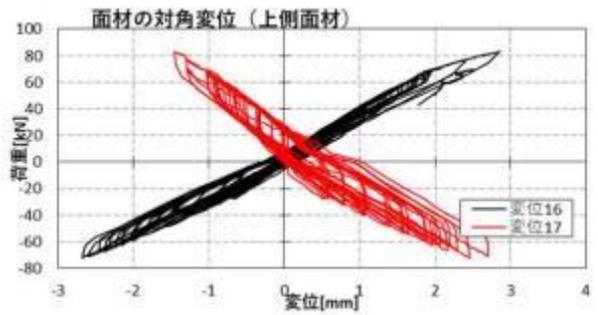
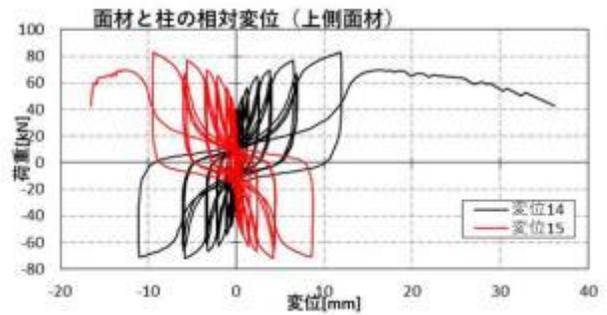
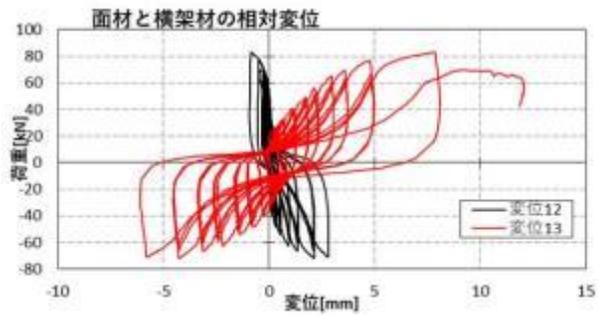
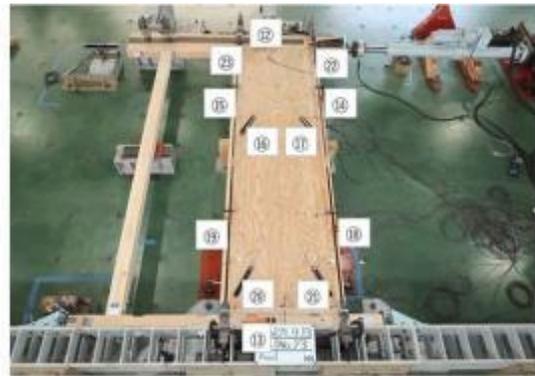
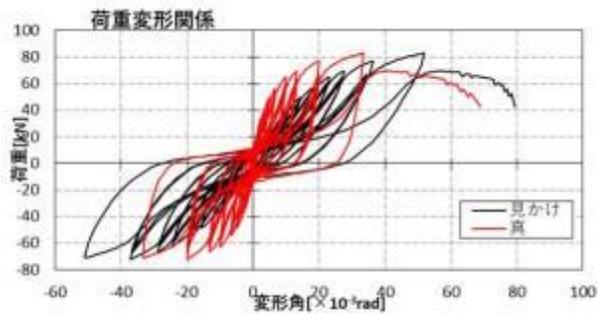


図 2.4-10 計測データ

### (3) 試験体 No.28(ヒノキ合板 18mm 両面,CNZ65)

#### ① No. 28-1

No. 28-1 の荷重変形関係を図 2.4-12 に、接合具の破壊性状を図 2.4-11 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 51.1[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。1/50rad 程度から土台の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。

単調载荷では 1/20rad 程度で土台側受け材に面材の回転挙動による割裂破壊が生じ、やや耐力低下した。また釘接合具は釘頭のめり込み、釘の引抜け、受け材ビスの抜けが生じた。

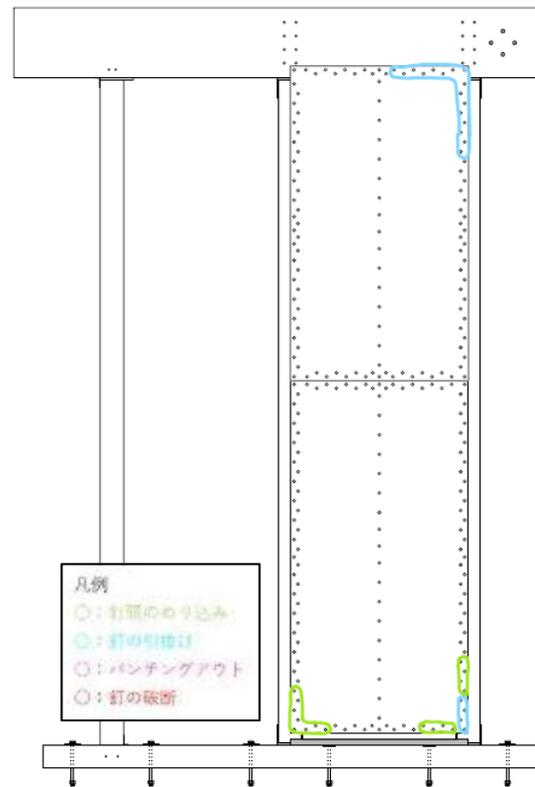


図 2.4-11 接合具の破壊性状

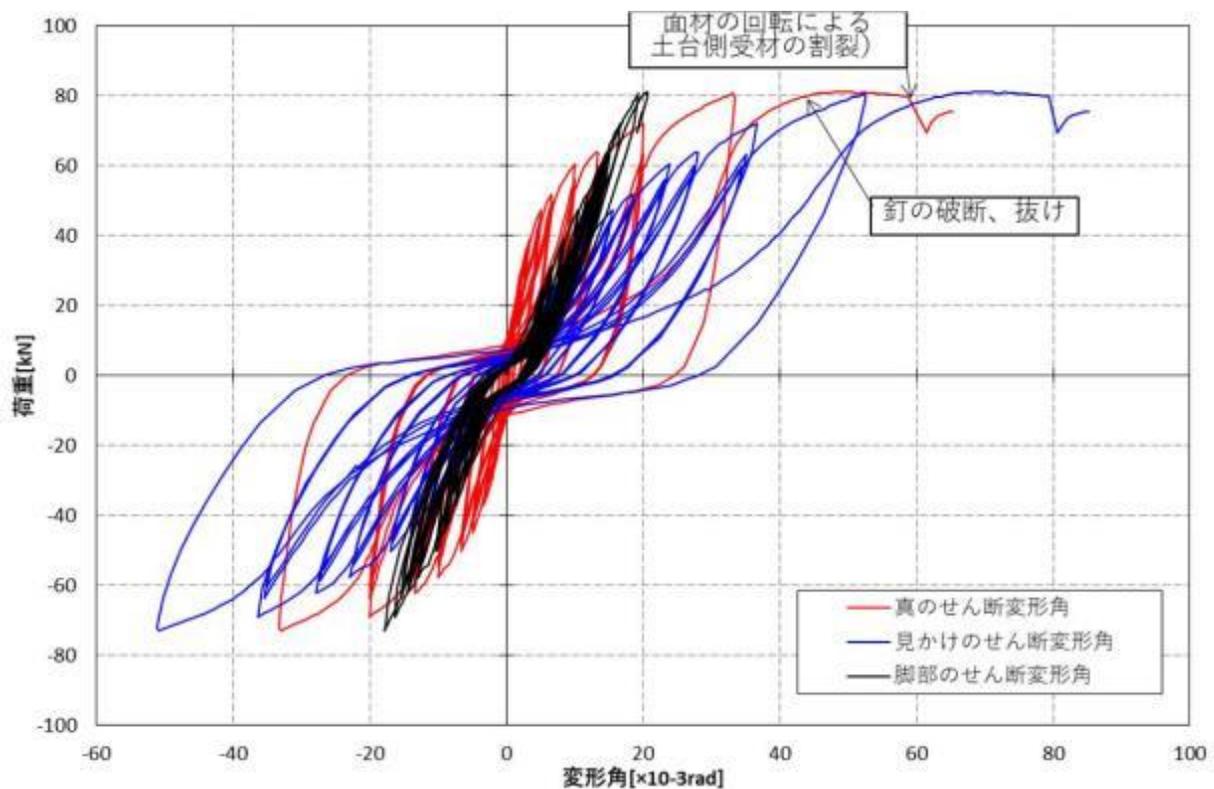


図 2.4-12 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



柱脚



受け材の横方向の割れ、ビスの抜け



柱頭



受け材の縦方向の割れ（端部は横方向割れも）

写真 2.4-4 試験終了時の写真

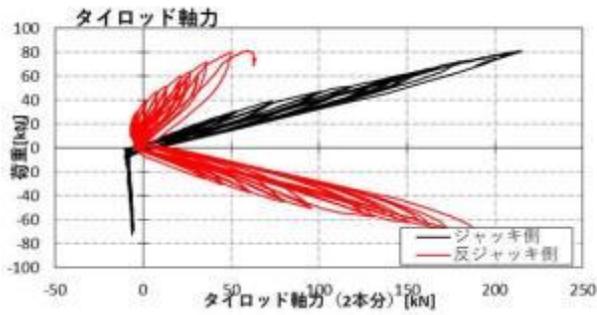
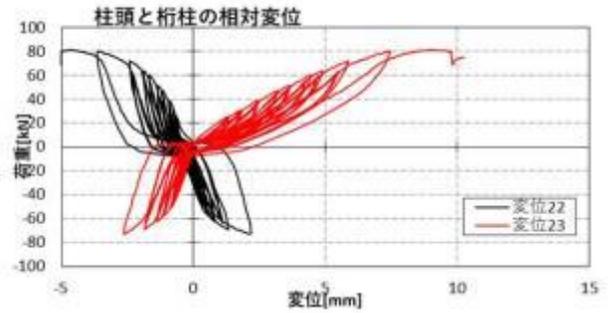
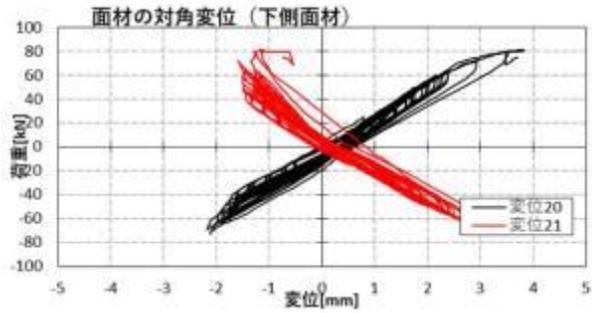
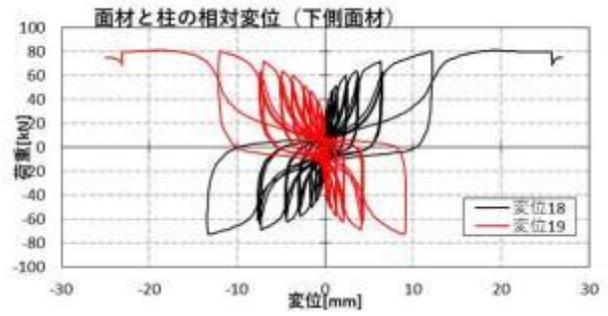
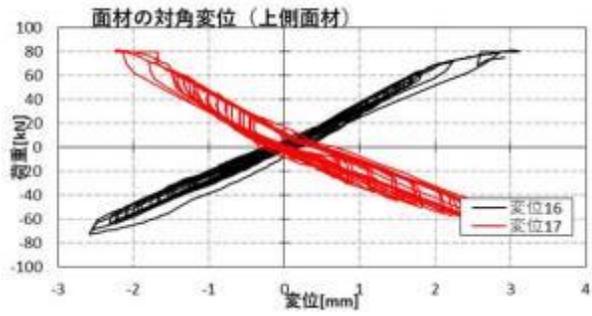
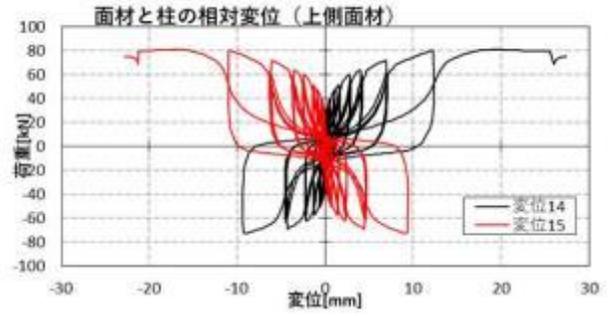
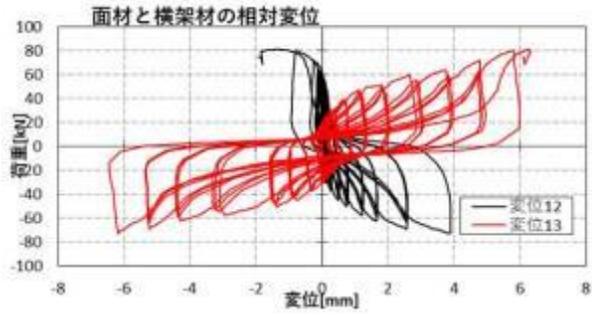
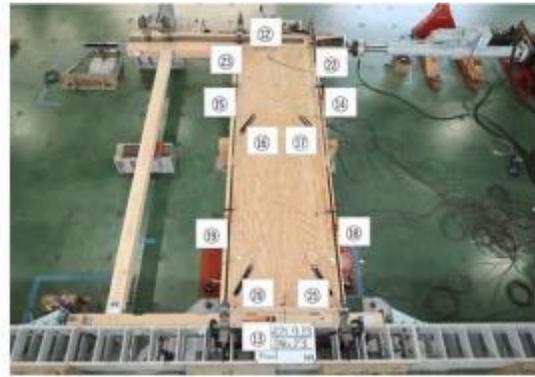
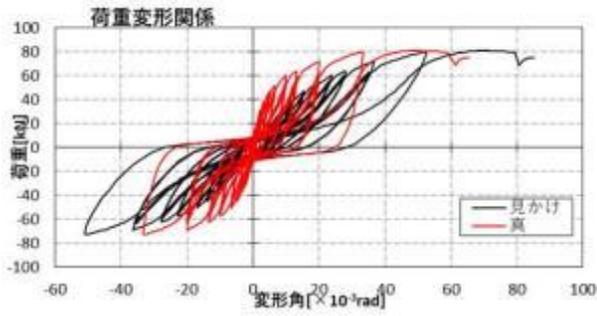


図 2.4-13 計測データ

② No. 28-2

No. 28-2 の荷重変形関係を図 2.4-15 に、接合具の破壊性状を図 2.4-14 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 47.8[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

単調载荷では 1/20rad 程度で土台側受け材に面材の回転挙動による割裂破壊が生じ、やや耐力低下した。また釘接合具は釘頭のめり込み、釘の引抜けが生じた。

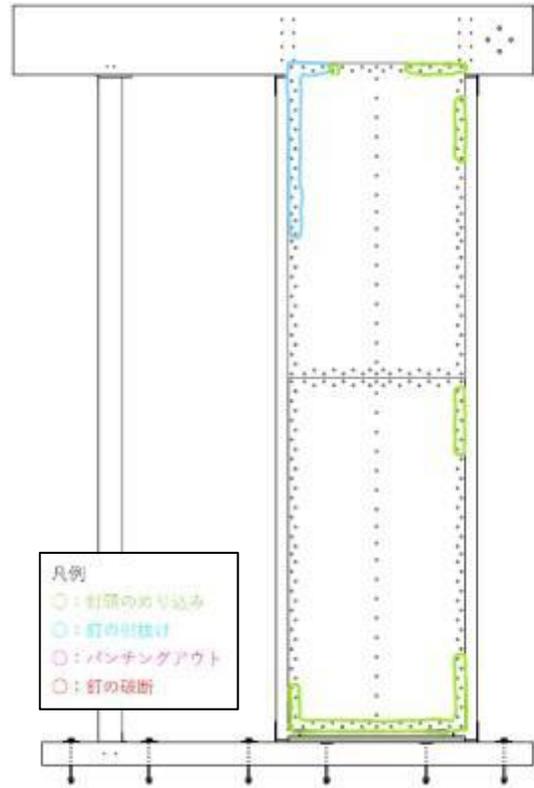


図 2.4-14 接合具の破壊性状

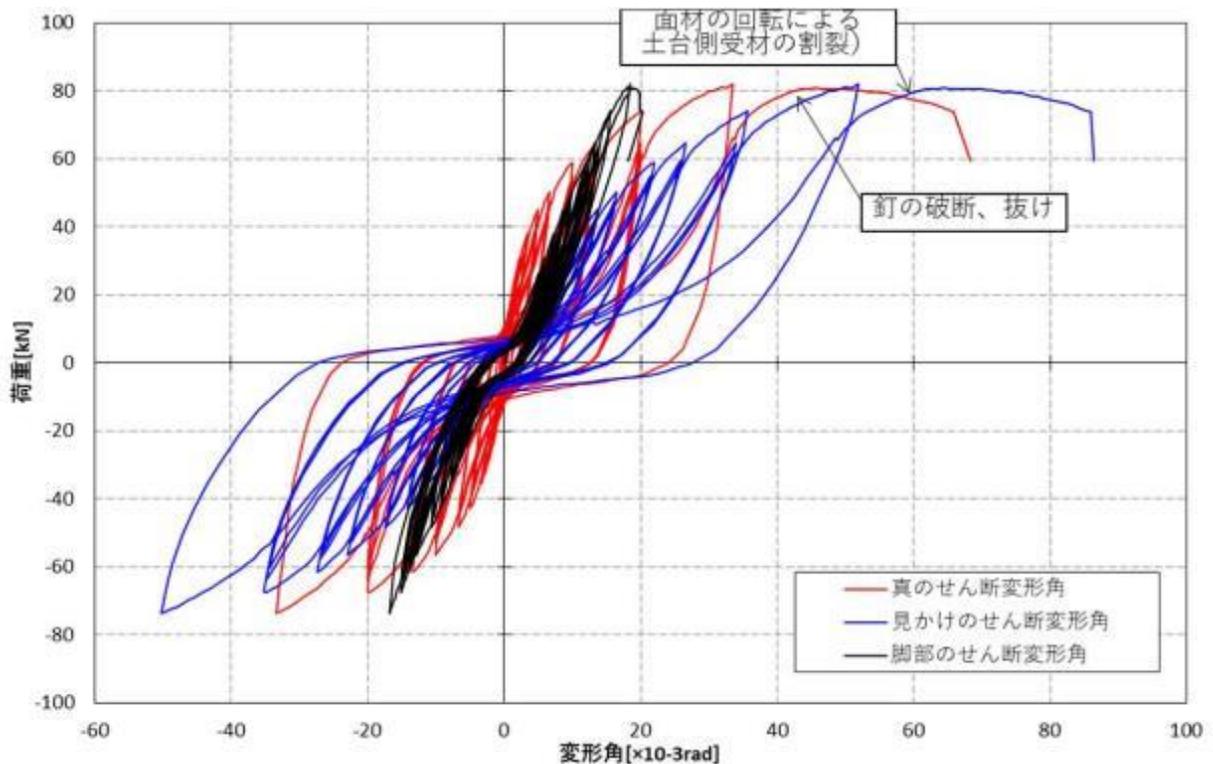


図 2.4-15 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



柱脚側の破壊状況



柱頭側の破壊状況



土台側受け材の横方向の割裂



中棧の破壊状況

写真 2.4-5 試験終了時の写真

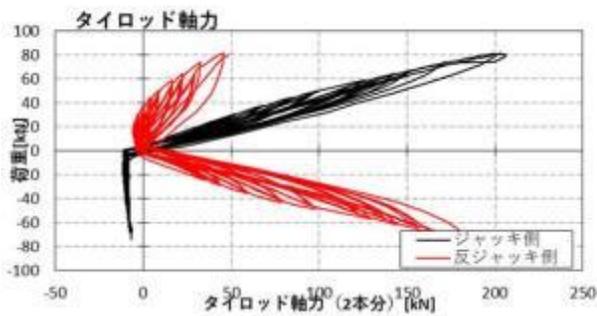
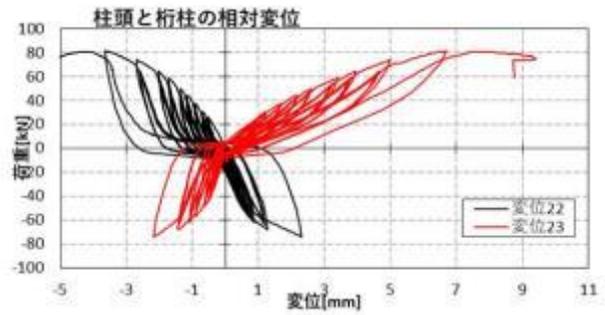
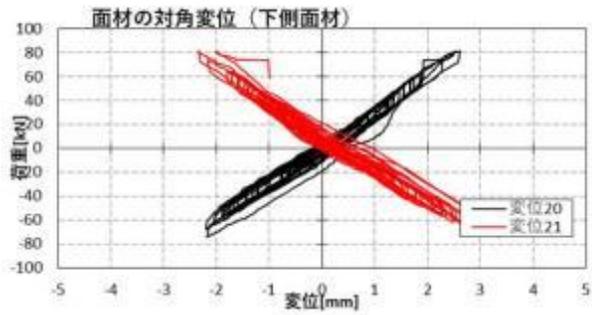
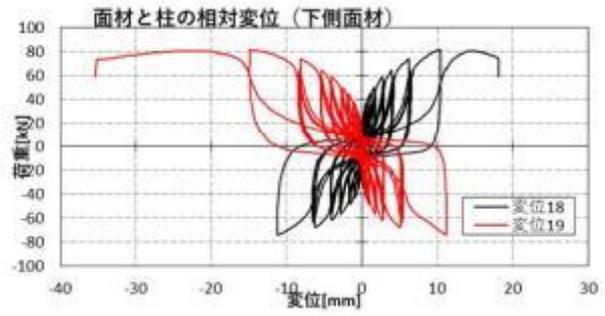
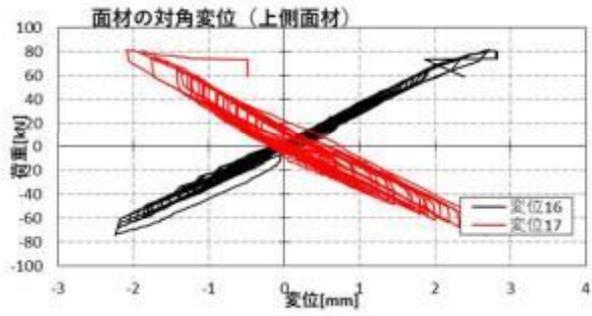
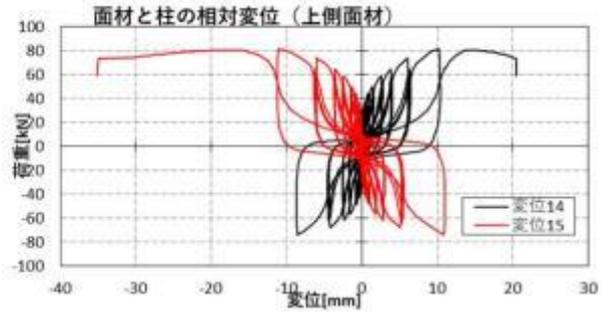
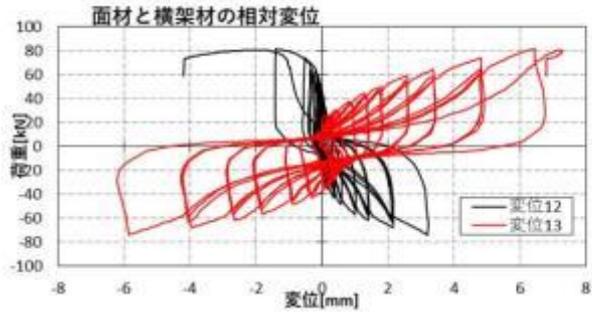
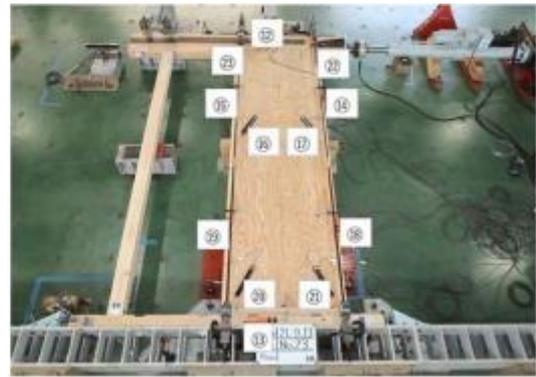
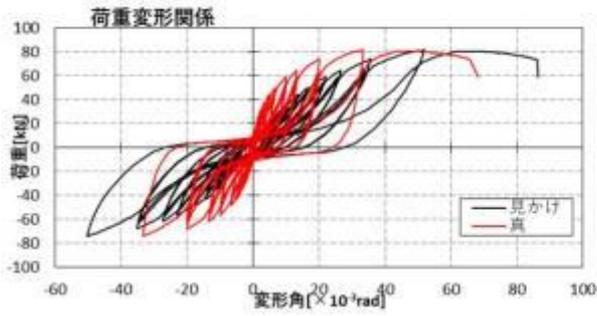


図 2.4-16 計測データ

③ No. 28-3

No. 28-3 の荷重変形関係を図 2.4-18 に、接合具の破壊性状を図 2.4-17 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 52.9[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

単調载荷では 1/20rad 程度で土台側受け材に面材の回転挙動による割裂破壊が生じ、やや耐力低下した。また釘接合具は釘の引抜けが生じた。

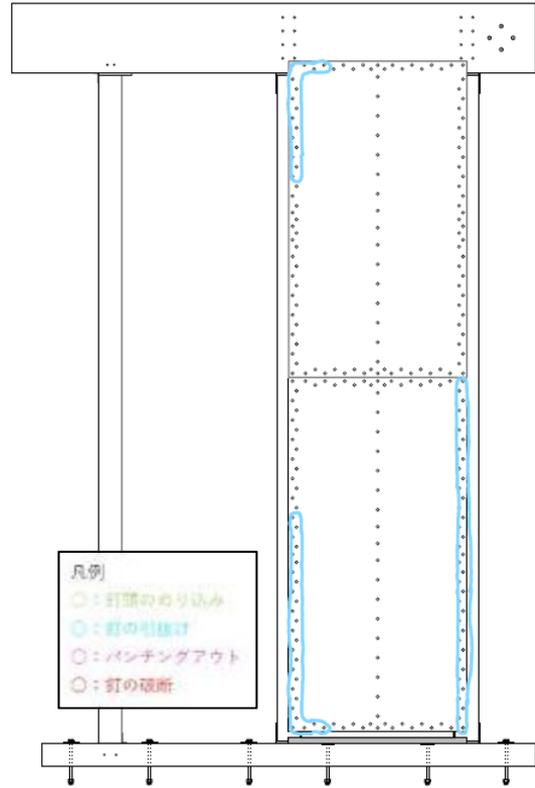


図 2.4-17 接合具の破壊性状

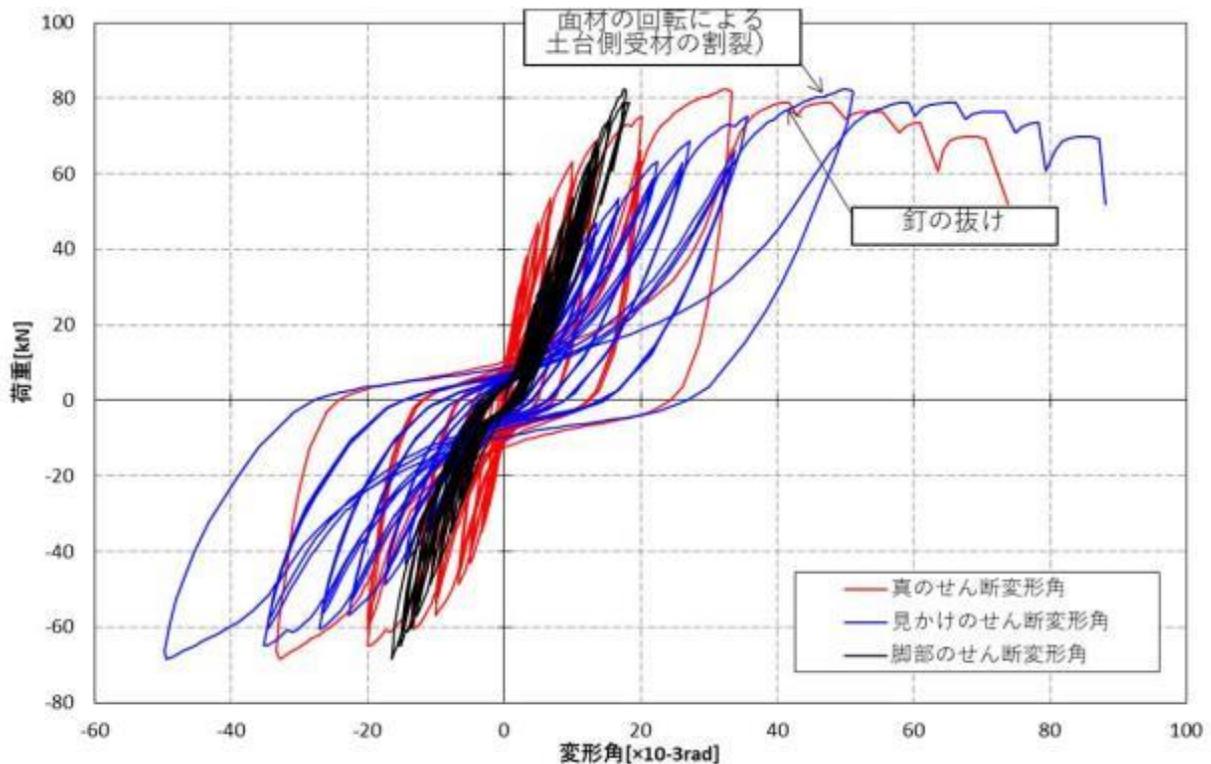


図 2.4-18 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



柱脚側の破壊状況



柱頭側の破壊状況



土台側受け材の破壊状況

写真 2.4-6 試験終了時の写真

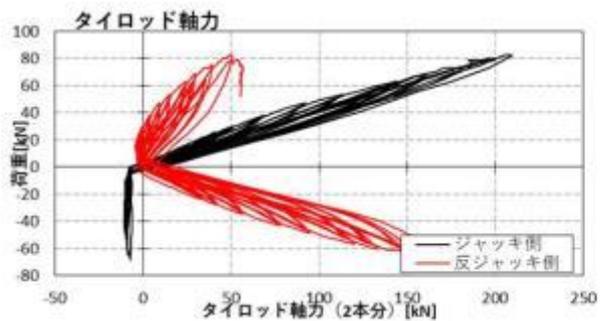
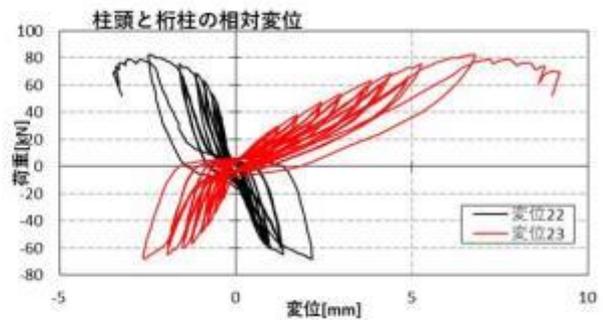
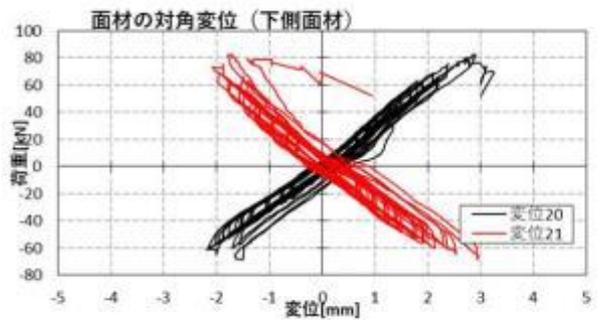
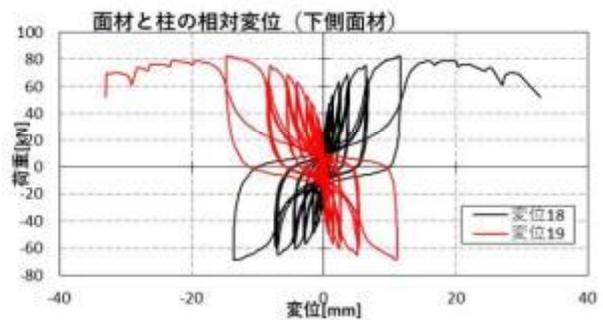
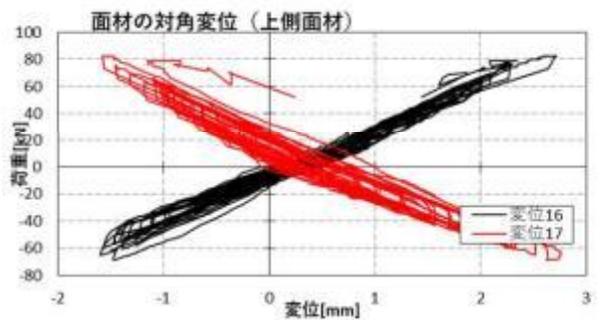
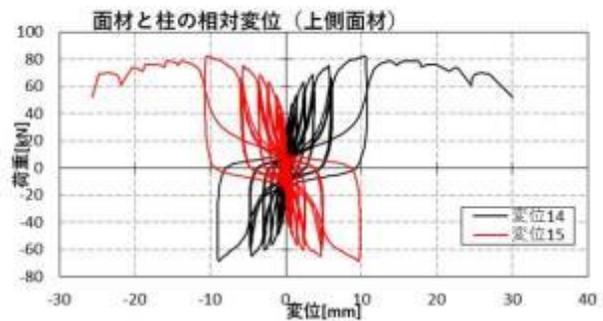
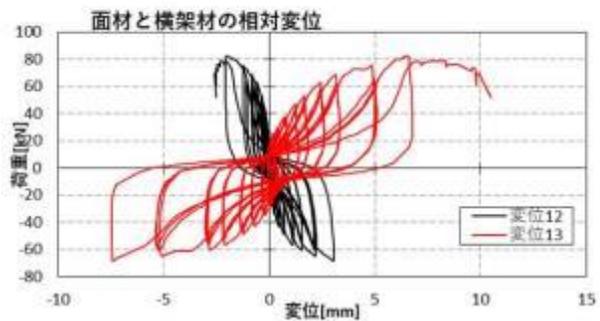
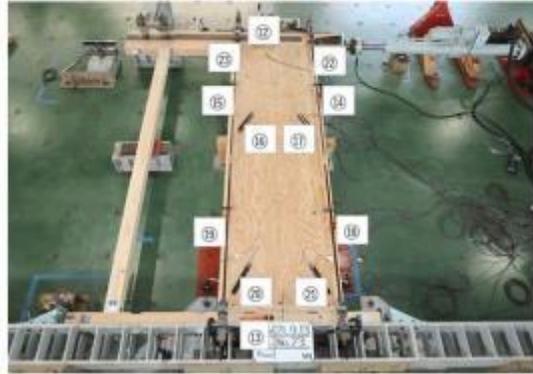
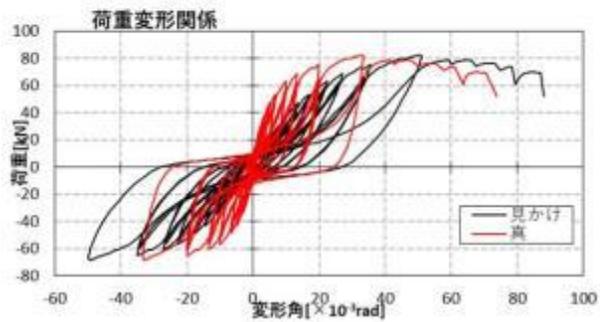


図 2.4-19 計測データ

(4) 試験体 No.29(カラマツ合板 18mm 両面,CNZ75)

① No. 29-1

No. 29-1 の荷重変形関係を図 2.4-21 に、接合具の破壊性状を図 2.4-20 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 58.6[kN/m] (Py) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。

1/50rad 程度から土台に縦方向の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。

単調载荷では 1/20rad 程度で受け材の割裂が進展し荷重がやや低下した。また釘の引抜け、受け材ビスの抜けが生じた。

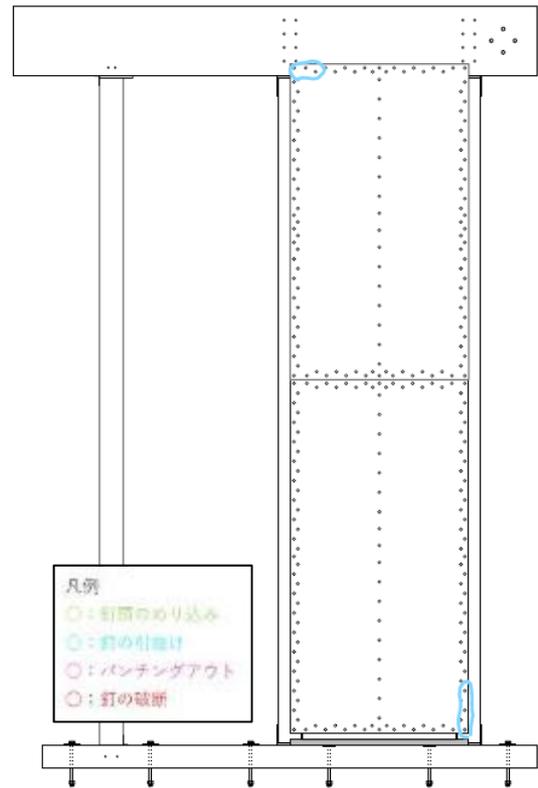


図 2.4-20 接合具の破壊性状

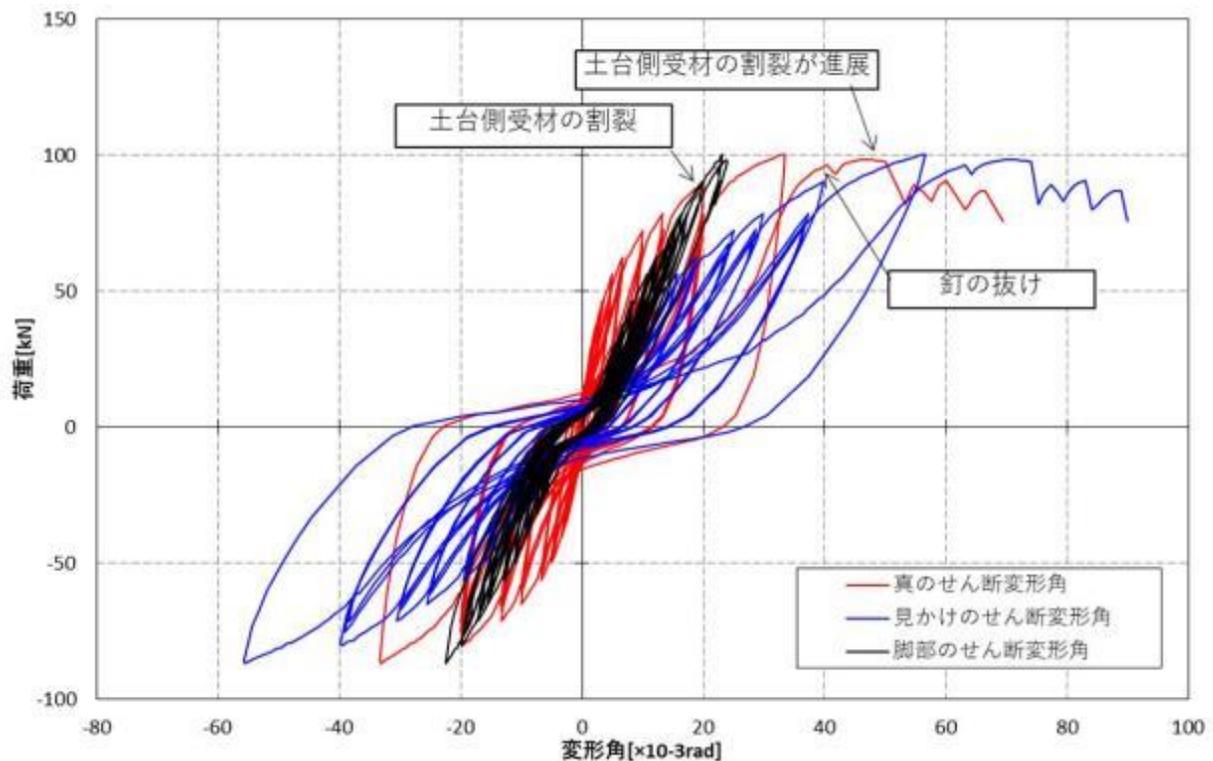


図 2.4-21 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



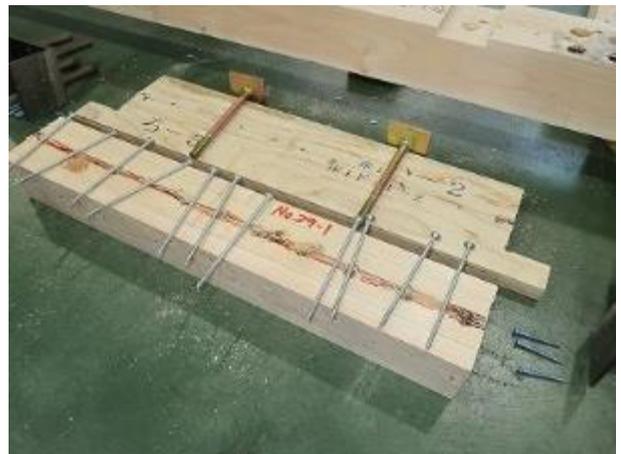
柱脚側の破壊状況



面材継ぎ目の状況



柱頭側の破壊状況



土台側受け材の割裂

写真 2.4-7 試験終了時の写真

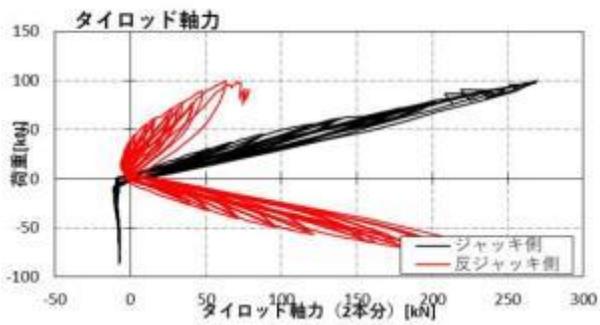
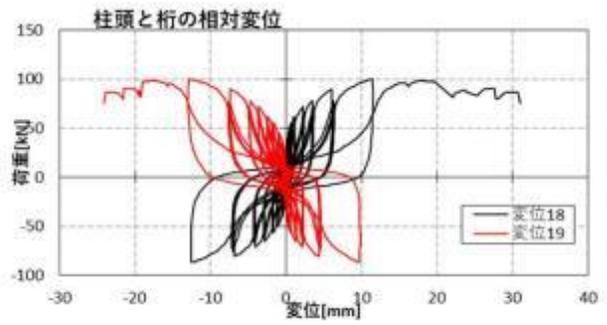
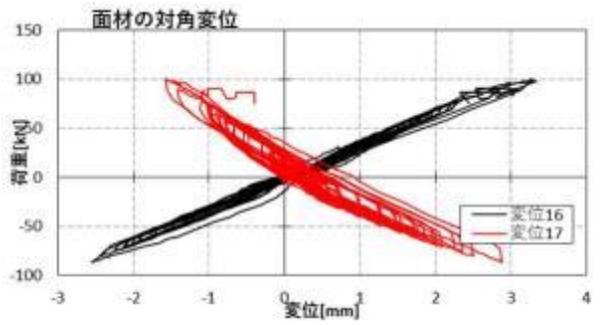
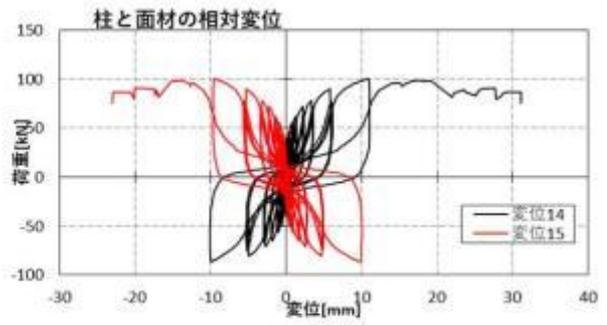
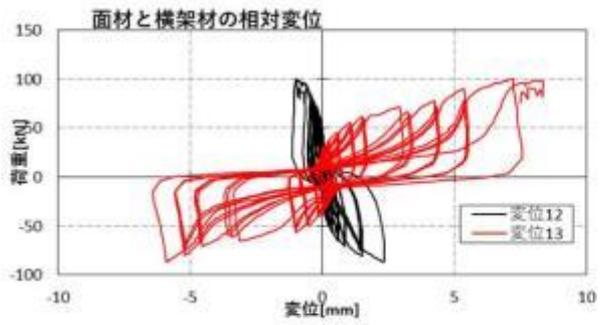
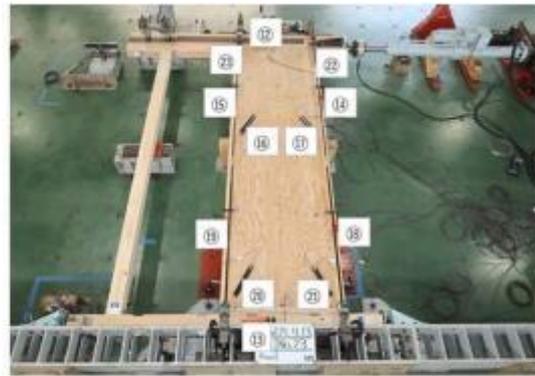
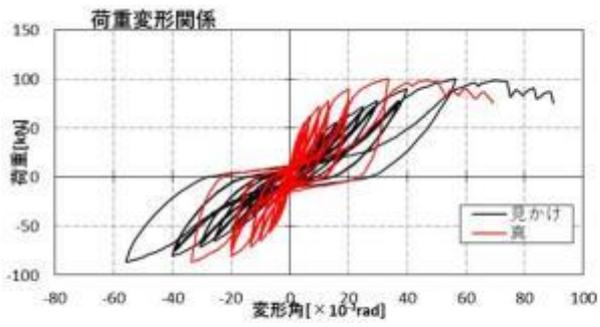


図 2.4-22 計測データ

② No. 29-2

No. 29-2 の荷重変形関係を図 2.4-24 に、接合具の破壊性状を図 2.4-23 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 57.4[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。1/50rad 程度から土台の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。

単調载荷では土台側受け材のビスの抜けや釘の抜けが生じた。

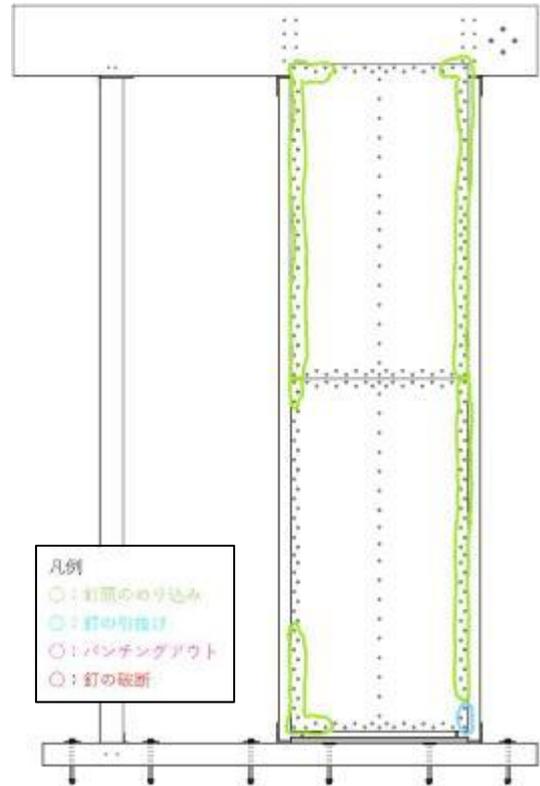


図 2.4-23 接合具の破壊性状

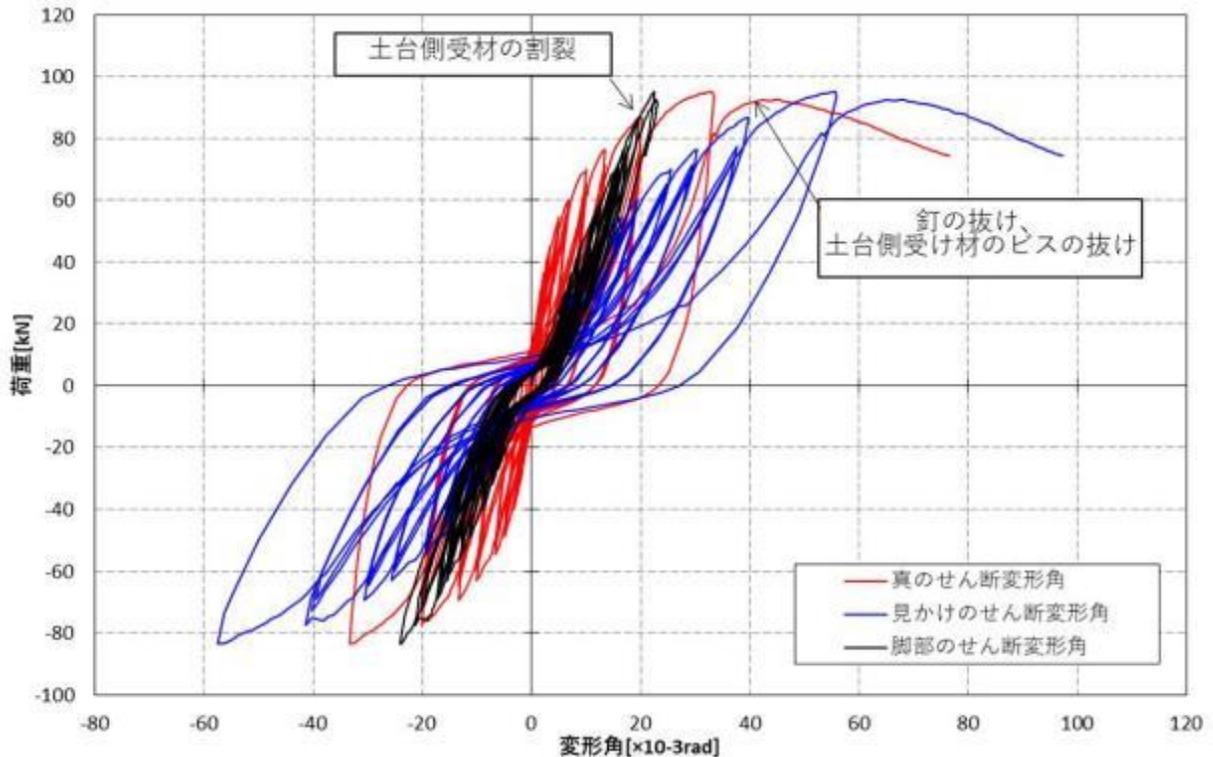


図 2.4-24 荷重-せん断変形角曲線



加力前



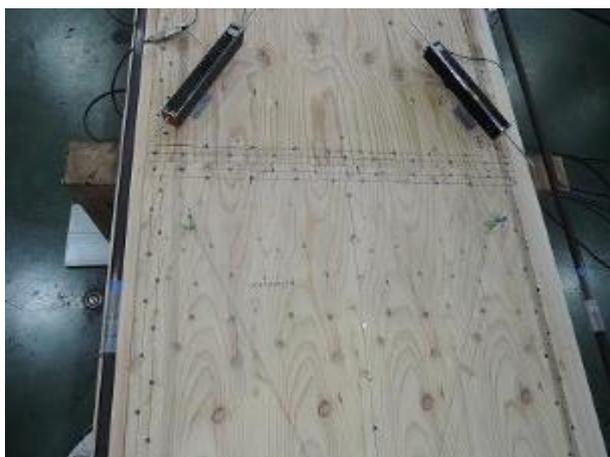
加力後



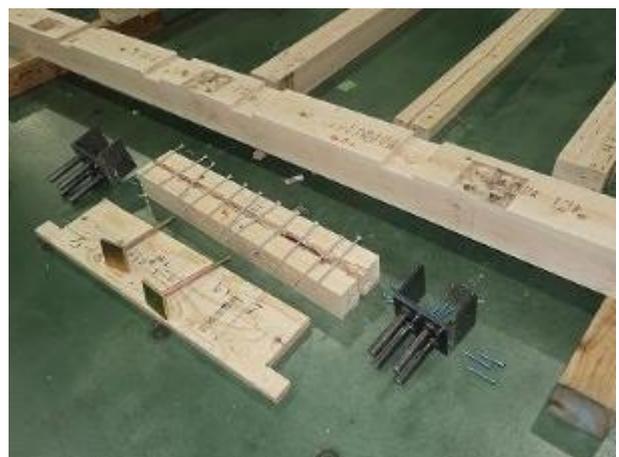
柱脚側の破壊状況



柱頭側の破壊状況



面材継ぎ目の破壊状況



土台側受け材の破壊状況

写真 2.4-8 試験終了時の写真

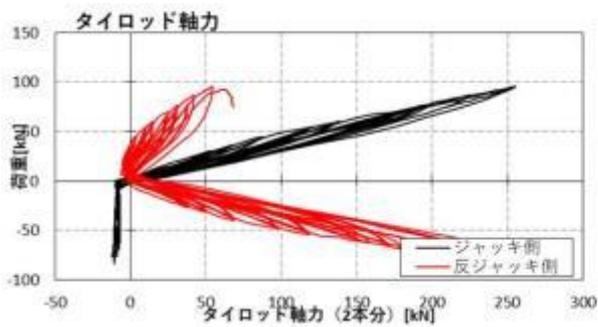
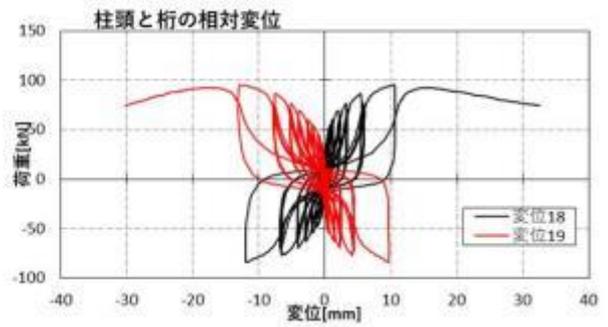
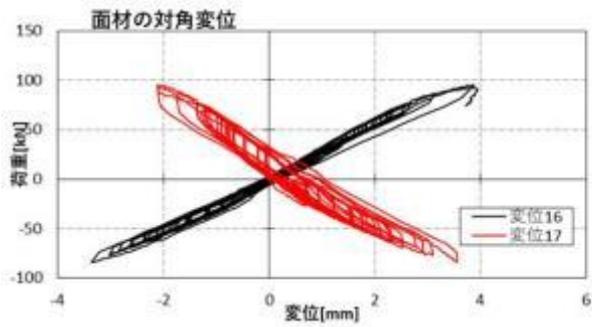
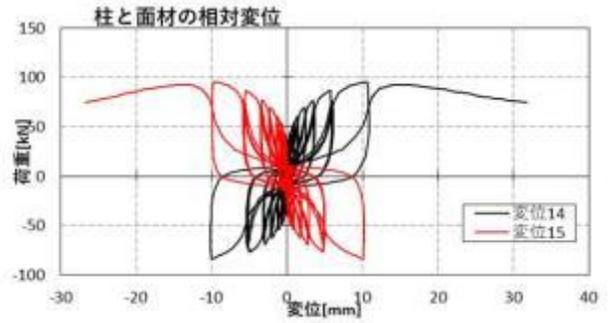
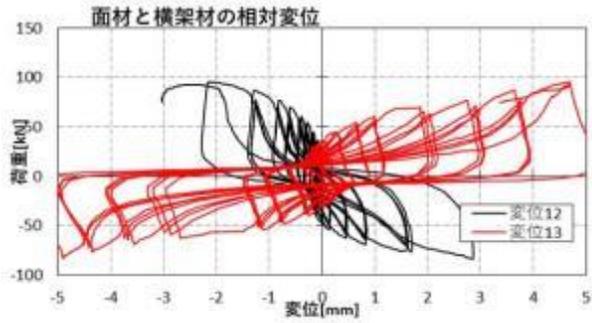
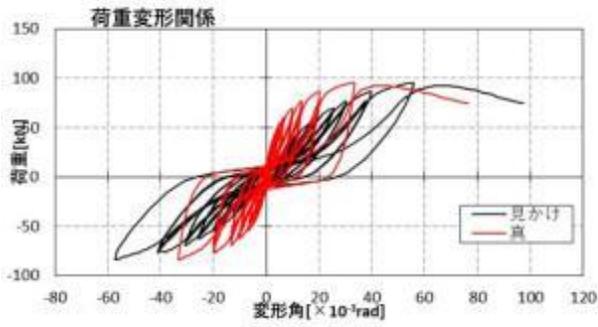


図 2.4-25 計測データ

③ No. 29-3

No. 29-2 の荷重変形関係を図 2.4-27 に、接合具の破壊性状を図 2.4-26 に示す。短期基準耐力は真のせん断変形角評価で 59.3[kN/m] ( $P_y$ ) となった。

1/100rad (真の変形角) 程度までは目立った損傷は生じなかった。1/50rad 程度から土台の割裂が生じはじめたが急激な耐力低下はしなかった。

単調载荷では土台側受け材のビスの抜けや釘の抜け、破断が生じた。

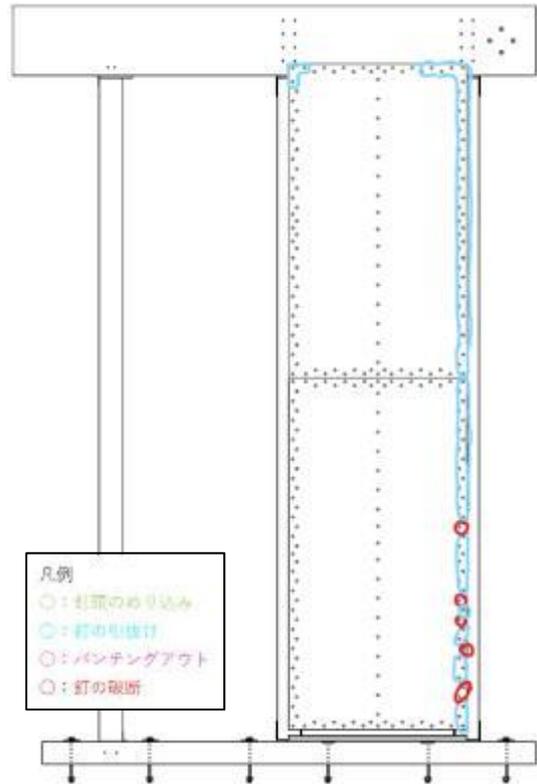


図 2.4-26 接合具の破壊性状

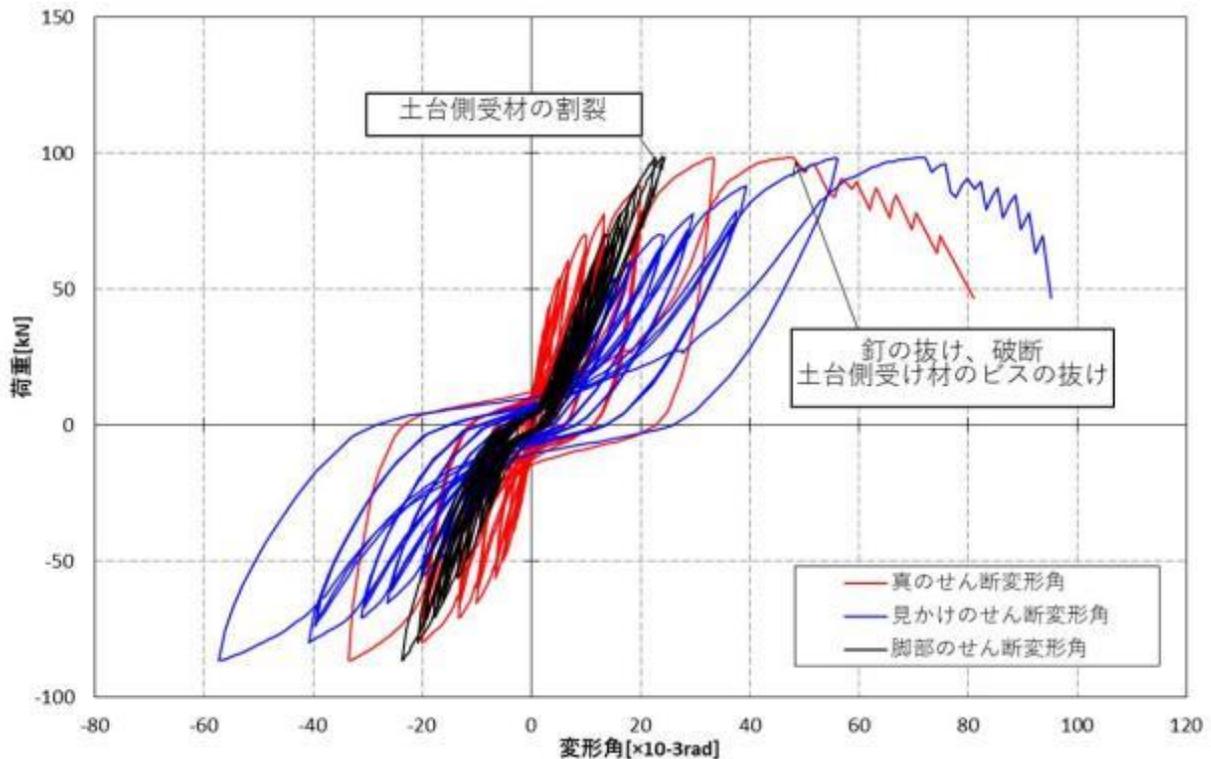


図 2.4-27 荷重-せん断変形角曲線



加力前



加力後



柱脚側の破壊状況



柱頭側の破壊状況



土台側受け材の破壊状況

写真 2.4-9 試験終了時の写真

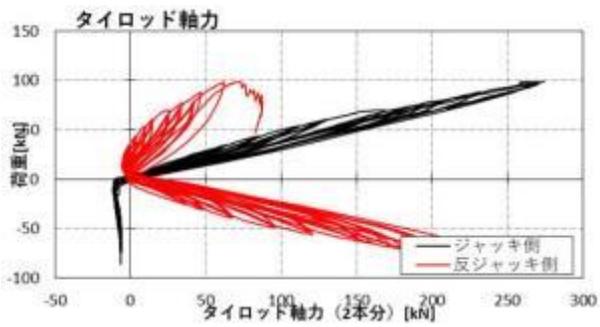
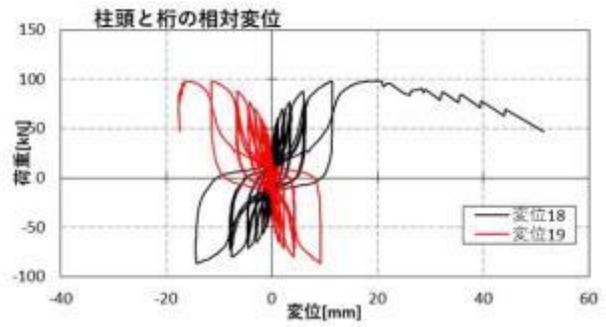
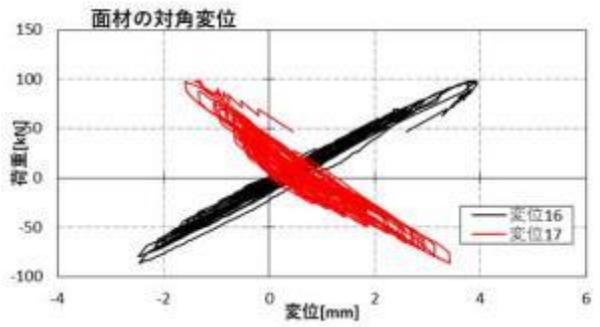
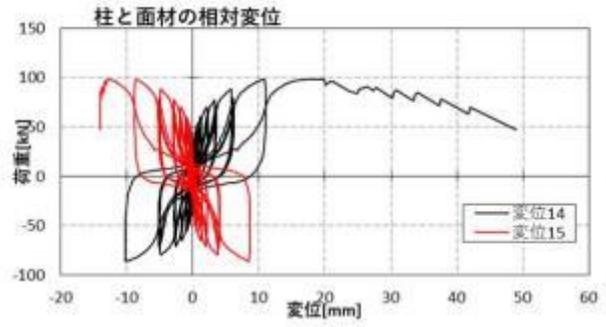
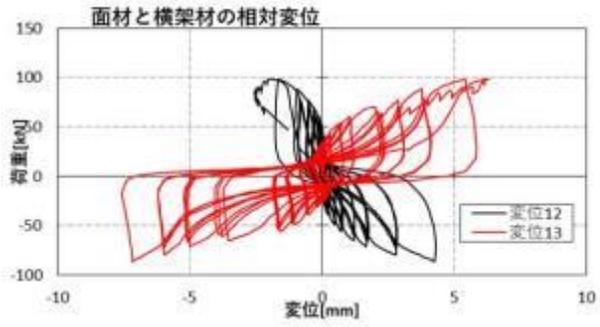
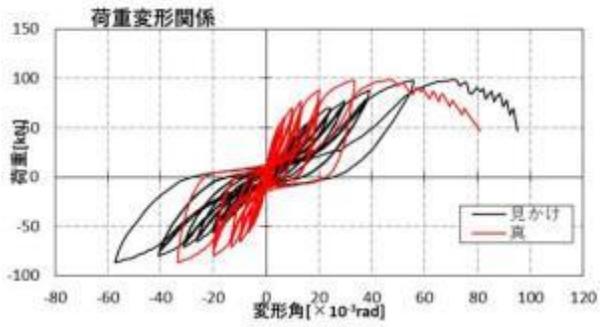


図 2.4-28 計測データ

### 2.4.3 考察

#### (1) 前期試験と後期試験の比較

#### (2) カラマツ合板 18mm, CNZ65 (No23 と No27)

全層カラマツの構造用合板 18mm (CNZ65@100 ×2 列千鳥) の前期・後期試験の荷重変形関係を図 2.4-29 に示す。荷重変形関係や破壊性状などから以下のことを考察する。

- ・耐力は 1/30rad 程度までは後期試験 (No27) の方が高い結果となった。  
→耐力壁の仕様は前期と後期とで同じであるが、中棧・間柱・土台の材料強度が後期試験は E105 以上 (前期試験は E95-F315) となっているため、それが後期試験の耐力が高くなった要因と考えられる。
- ・1/30rad 以降は前期試験 (No23) と後期試験 (No27-3) は同じような履歴となった。No27-1, 2 は土台側受け材の縦方向の割裂及び中棧の割裂が見られており、それが終局耐力が低くなった要因と考えられる。

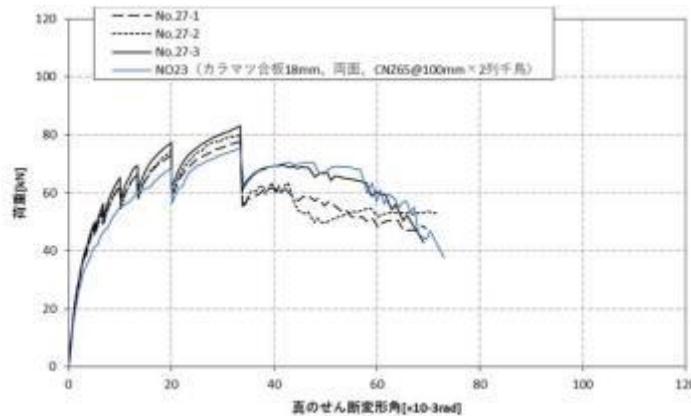
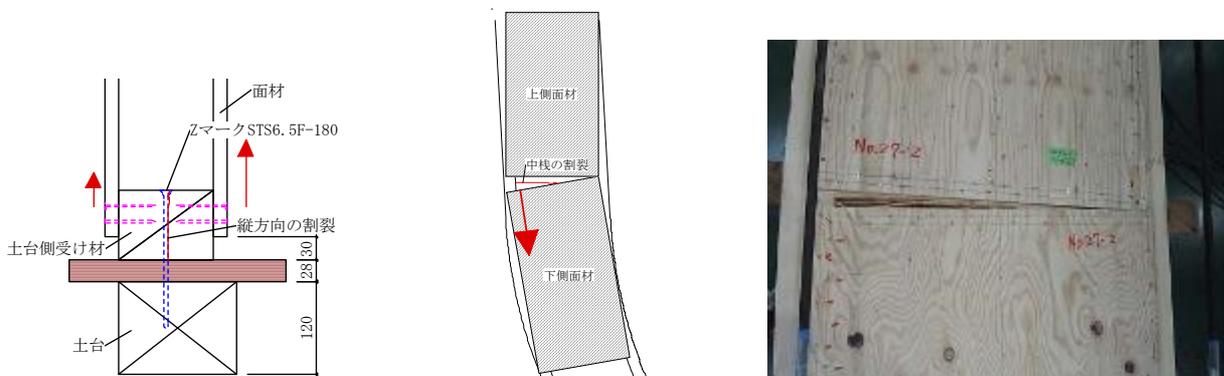


図 2.4-29 荷重変形関係の比較

土台側受け材の縦方向の割裂、中棧の割裂が生じるメカニズムは図 2.4-30 のように考える。両面張りしている裏表の合板が負担する力に偏りが生じる (合板の密度、含水率の違い) ことにより受け材がねじられる挙動となり割裂が生じたものとする【①】。

また、受け材が縦方向に割裂破壊することで下側面材が大きく回転する挙動となり、中棧が上下面材により引っ張られる挙動となり割裂したものとする。



【①】 縦方向の割裂

【②】 中棧の割れメカニズム

【③】 中棧の割れ状況

図 2.4-30 中棧の破壊性状と破壊メカニズム

<割裂を防止するための改良案・今回の試験結果について>

- ・土台側受け材の縦方向の割裂が原因で中棧の割裂破壊も生じる可能性が高いと考えられ、中棧の破壊による耐力低下も生じるため土台側受け材の縦方向の割裂は防ぐようにしたい。

→土台側受け材を留め付けるビスを1列打ちから千鳥打ちにすることで土台側受け材の縦方向の割裂は防げると考える。また、千鳥打ちにすることで、面材の回転挙動による土台側受け材の横方向の割裂の防止にもなると考える。

- ・受け材が割裂しないような仕様であれば、今回よりも良い結果となることが予想され、今回の結果も安全側の評価結果となると考える。

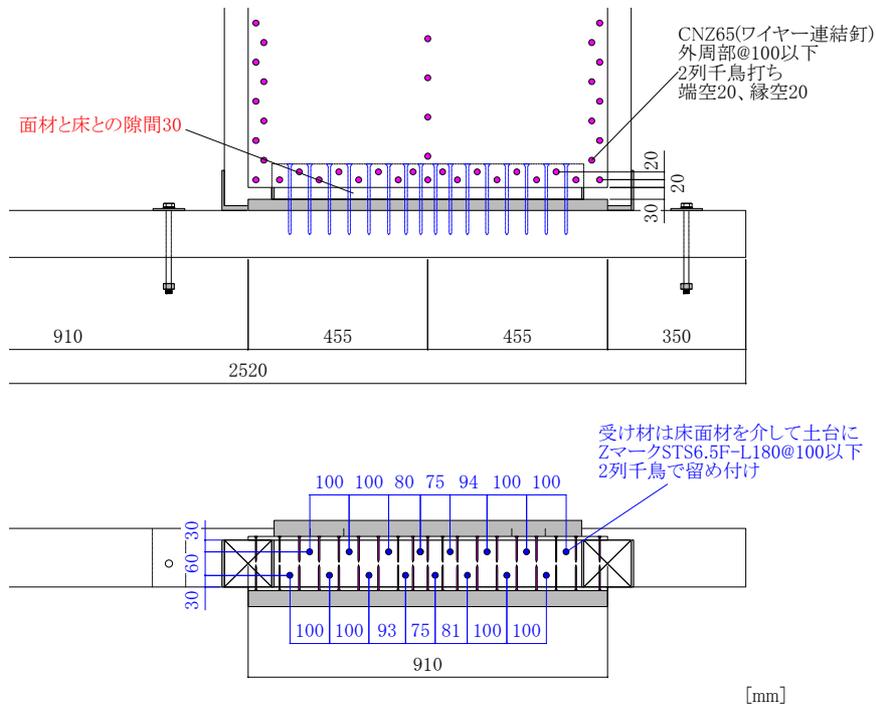


図 2.4-31 面材釘・受け材ビスの納まり変更の例

### (3) ヒノキ合板 18mm, CNZ65 (No24 と No28)

全層ヒノキの構造用合板 18mm (CNZ65@100 ×2 列千鳥) の前期・後期試験の荷重変形関係を図 2.4-32 に示す。荷重変形関係や破壊性状などから以下のことを考察する。

- ・耐力は 1/30rad 程度までは後期試験 (No28) の方が高い結果となったが、概ね同じような履歴を描くことが分かった。

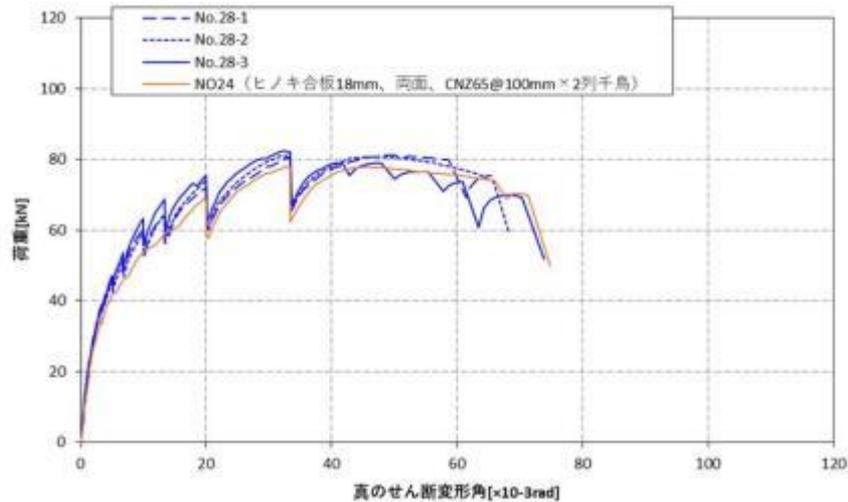


図 2.4-32 荷重変形関係の比較

### (4) カラマツ合板 18mm, CNZ75 (No25 と No29)

全層ヒノキの構造用合板 18mm (CNZ75@100 ×2 列千鳥) の前期・後期試験の荷重変形関係を図 2.4-33 に示す。荷重変形関係や破壊性状などから以下のことを考察する。

- ・耐力は 1/30rad 程度までは後期試験 (No29) の方が高い結果となったが、概ね同じような履歴を描くことが分かった。

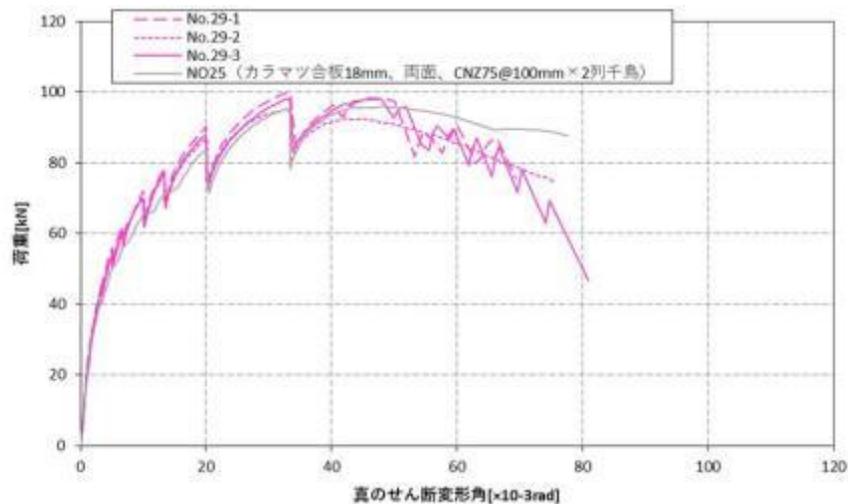


図 2.4-33 荷重変形関係の比較

## 2.5 釘の一面せん断性能の算定（グレー本準拠）

### 2.5.1 検討内容

本節では、日本住宅・木材技術センター「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版)」(以下グレー本)の面材釘等1本あたりの一面せん断特性を算定するための試験に高耐力壁の釘性能算定を試みる。

なお、グレー本に示される釘性能算定法は試験体の適用条件が定められており、本事業の耐力壁仕様が一部適用範囲外となるため、下表のように検討モデルを変更して検討を行った。

また、耐力壁試験に用いた構造用合板はヒノキやカラマツといった密度の高い仕様になるため、せん断弾性係数  $G_B$  は要素試験（面材の面内せん断試験：2.6.3項）により確認された値とした。

表 2.5-1 グレー本適用条件との比較

	グレー本適用条件	今年度実施した試験体	検討モデル
面材	標準サイズ (910×1820mm 版等)	910×1820mm 版+ 910×1622mm 版の上下 2枚張り（両面）	910×3560mm の面材 1 枚として検討
試験体の寸法	標準サイズの面材 1枚 分の幅×高さ	横架材間で 3.8m	910×3560mm の面材 1 枚として検討
柱及び横架材の 木材の樹種	スギ	ヒノキ	試験結果なりに評価
仕口の接合方法	短ほぞ差し+N90 釘 1 本程度	めり込み補強金物	試験なりに評価
壁仕様	床無し大壁	床勝ち大壁	床無し大壁 として検討

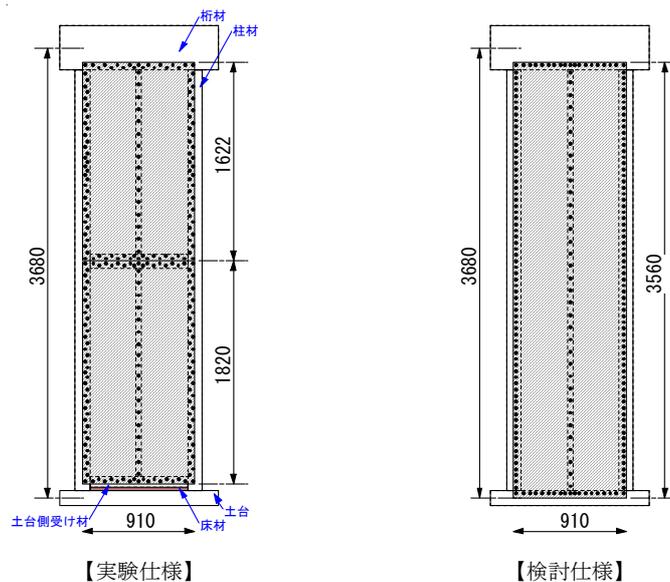


図 2.5-1 試験と検討の仕様比較

## 2.5.2 結果概要

壁試験より算定した釘の一面せん断性能を表 2.5-2 に示す。

表 2.5-2 壁試験より算定した釘の一面せん断性能 (釘 1 本あたり)

	k kN/cm	$\delta v$ cm	$\delta u$ cm	$\Delta Pv$ kN
No.27(合板カラマツ18mm-CN265)	11.98	0.21	1.76	2.52
No.28(合板ヒノキ18mm-CN265)	9.85	0.27	3.28	2.65
No.29(合板カラマツ18mm-CN275)	13.33	0.24	3.41	3.14

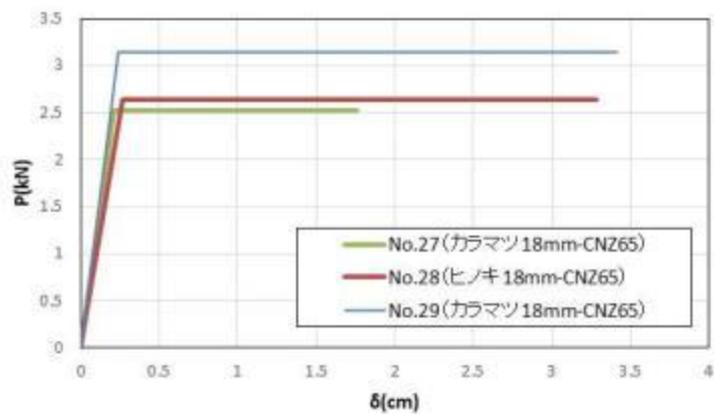


図 2.5-2 釘の一面せん断特性

### 2.5.3 考察

釘の一面せん断試験（2.6.1項）の結果との比較を表 2.5-3 に示す。

- No. 27, 28 は一面せん断試験の方が剛性が高くなり、No. 29 は壁試験より算定した釘性能の方が高くなった。

一般的には一面せん断試験より算定した釘性能の方が高くなるが、今回の結果は面材の面内せん断剛性  $G_B$  のばらつきや、検討モデルの違いなどの影響があったものと思われる。

- 今回の試験は壁試験の補足的な位置づけとしたため、釘性能算定用の試験体適用条件から一部外れる試験体仕様であった。検討結果は参考程度と考えるのが良いと思われる。

表 2.5-3 要素試験結果（一面せん断試験）と釘性能比較の比較

■ 壁試験より算定した釘性能 ( $G_B$ =要素実験) (2.5.2項の算定結果)

	k kN/cm	$\delta_v$ cm	$\delta_u$ cm	$\Delta P_v$ kN
No.27(合板カラマツ18mm-CNZ65)	11.98	0.21	1.76	2.52
No.28(合板ヒノキ18mm-CNZ65)	9.85	0.27	3.28	2.65
No.29(合板カラマツ18mm-CNZ75)	13.33	0.24	3.41	3.14

(参考) 釘の一面せん断試験より算定した釘性能 (2.6.1項)

	k kN/cm	$\delta_v$ cm	$\delta_u$ cm	$\Delta P_v$ kN
要素試験No7: 合板カラマツ18mm-CNZ65	14.54	0.15	2.89	2.19
要素試験No11: 合板ヒノキ18mm-CNZ65	17.69	0.13	2.49	2.23
要素試験No8: 合板カラマツ18mm-CNZ75	8.94	0.33	2.72	2.97

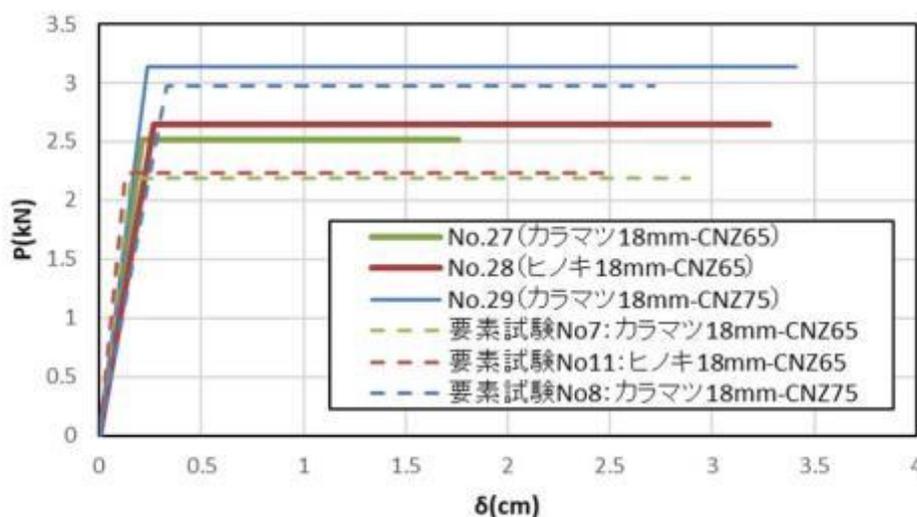


図 2.5-3 要素試験結果との比較

## 2.5.4 釘性能の算出方法及び算定結果

$$\gamma_B = M_u / (l \times h \times t \times G_B)$$

$$\Gamma_v = \gamma_{0v} - \gamma_B$$

$$\Gamma_u = \gamma_{0u} - \gamma_B$$

$\gamma_B$  : 終局モーメント時の面材自体のせん断変形角

$l$  : 面材の幅

$h$  : 面材の高さ

$t$  : 面材の厚さ

$G_B$  : 面材のせん断弾性係数

$\Gamma_v$  : 面材釘のせん断だけによる降伏点変形角

$\Gamma_u$  : 面材釘のせん断だけによる終局変形角

$$\Delta P_v = M_u / (Z_{pxy} \times h \times h)$$

$$\Delta P_{va} = \Delta P_{v0} \times \eta \times \alpha$$

$$\delta_v = \Gamma_v \times I_{xy} / Z_{pxy}$$

$$\delta_u = \delta_v \times \Gamma_u / \Gamma_v$$

$$k = \Delta P_{va} / \delta_{v0}$$

$\Delta P_v$  : 実験により決定された各試験体の面材釘 1 本あたりの 1 面せん断耐力

$\Delta P_{v0}$  : バラツキを考慮した面材釘 1 本あたりの 1 面せん断耐力 (信頼水準 75% の 50% 下限許容限界値)

$\Delta P_{va}$  : 面材釘 1 本あたりの許容 1 面せん断耐力

$\delta_v$  : 実験により決定された各試験体の面材釘 1 本あたりの 1 面せん断降伏変位

$\delta_{v0}$  : バラツキを考慮した面材釘 1 本あたりの 1 面せん断降伏変位 (信頼水準 75% の 50% 下限許容限界値)

$\delta_u$  : 実験により得られた各試験体の塑性率 (=) を元に決定された面材釘 1 本あたりの 1 面せん断終局変位

$\delta_{u0}$  : バラツキを考慮した面材釘 1 本あたりの 1 面せん断終局変位 (信頼水準 75% の 50% 下限許容限界値)

$k$  : 面材釘 1 本あたりのせん断剛性 (算定された  $\Delta P_{va}$  と  $\delta_{v0}$  より求める)

$\eta$  : 軸組フレームの耐力を減じるための低減係数で、面材張り構面の Pmax 時に軸組フレームが負担している耐力の比率から低減係数を求める。ただし、軸組フレームの負担力を差し引いた面材釘  $M - \gamma_0$  曲線を求めた場合には考慮する必要はない。

$\alpha$  : 耐力に影響を及ぼす係数で、試験体の構成材料の耐久性、使用環境の影響、施工性の影響、許容応力度設計の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定める係数。

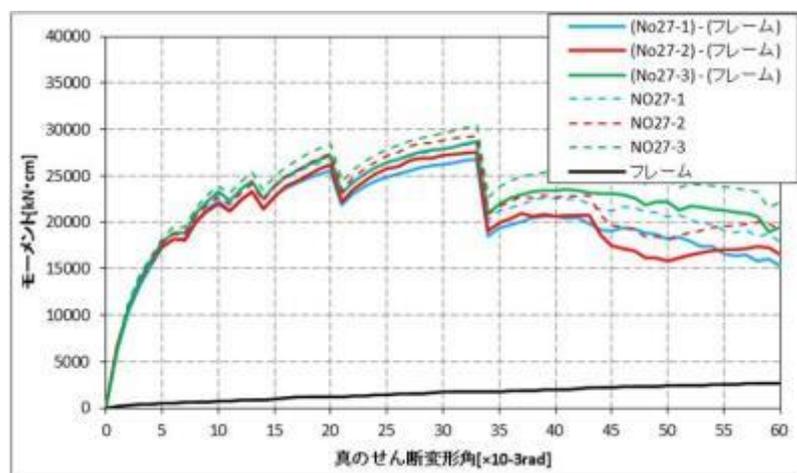
■ 算出結果

NO27(18mmカラマツ合板-CNZ65)

面材幅 l	91	cm
面材高さ h	356	cm
面材厚さ t	1.8	cm
面材のせん断弾性係数 $G_B$	96.8	kN/cm <sup>2</sup> ←実験値
Mu時の面材自体のせん断変形角 $\gamma_B$	0.0021	rad
面材釘のせん断だけによる降伏点変形角 $\Gamma_v$	0.0039	rad
面材釘のせん断だけによる終局変形角 $\Gamma_u$	0.0329	rad
単位面積あたりの釘配列二次モーメント $I_{xy}$	7.8377	cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup>
単位面積あたりの塑性釘配列係数 $Z_{pxy}$	0.1470	cm/cm <sup>2</sup>
試験により決定された各試験体の1本当たりの1面せん断耐力 $\Delta P_{v0}$	2.52	kN
低減係数 $\alpha$	0.95	
低減係数を考慮した面材釘1本あたりの1面せん断耐力 $\Delta P_{va}$	2.39	kN
	$\delta_v$	0.21 cm
	$\delta_u$	1.76 cm
	k	11.98 kN/cm

フレーム差引デーM- $\gamma$ 0関係の評価

		No.27-1	No.27-2	No.27-3	平均値	標準偏差	試験体数n	変動係数Cv	50%下限値
降伏荷重 : My	[kNcm]	15246	15080	16119	15481	456	3	0.029	15267
降伏変形角 : $\gamma_{0v}$	[rad.]	0.0040	0.0037	0.0041	0.0039	0.0002	3	0.0438	0.0039
最大荷重 : Mmax	[kNcm]	26828	27525	28687	27680	767	3	0.028	27319
最大荷重時変位 : $\gamma_0(M_{max})$	[rad.]	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330	0.0000	3	0.0000	0.0330
2/3Mmax時変位 : $\theta(2/3M_{max})$	[rad.]	17885.05	18350.28	19124.58	18453.30	511.26	3	0.028	18212.50
終局荷重 : Mu	[kNcm]	23798	24103	24500	24134	287	3	0.012	23998
終局変形角 : $\gamma_{0u}$	[rad.]	0.0336	0.0337	0.0462	0.0378	0.0059	3	0.1564	0.0350
初期剛性 : K	[kNcm/rad.]	3822111	4064459	3908117	3931562	100318	3	0.026	3884313
降伏点変形角 : $\gamma_{0v}$	[rad.]	0.0062	0.0059	0.0063	0.0061	0.0002	3	0.0245	0.0061
塑性率 : $\mu$		5.40	5.68	7.37	6.15	0.87	3	0.141	5.74
構造特性係数 : Ds		0.32	0.31	0.27	0.30	0.02	3	0.072	0.29
0.1Mmax	[kNcm]	2683	2753	2869	2768	77	3	0.028	2732
0.1Mmax時変位	[rad.]	0.0018	0.0020	0.0018	0.0019	0.0001	3	0.0461	0.0018
0.4Mmax	[kNcm]	10731	11010	11475	11072	307	3	0.028	10928
0.4Mmax時変位	[rad.]	0.0021	0.0021	0.0022	0.0021	0.0001	3	0.0291	0.0021
0.9Mmax	[kNcm]	24145	24773	25818	24912	690	3	0.028	24587
0.9Mmax時変位	[rad.]	0.0168	0.0174	0.0174	0.0172	0.0003	3	0.0154	0.0171
0.2Mu/Ds	[kNcm]	14906	15509	18163	16192	1415	3	0.087	15526
M(1/150rad時)	[kNcm]	18219	18104	18881	18402	342	3	0.019	18240
M(1/120rad時)	[kNcm]	20513	20414	21349	20758	419	3	0.020	20561

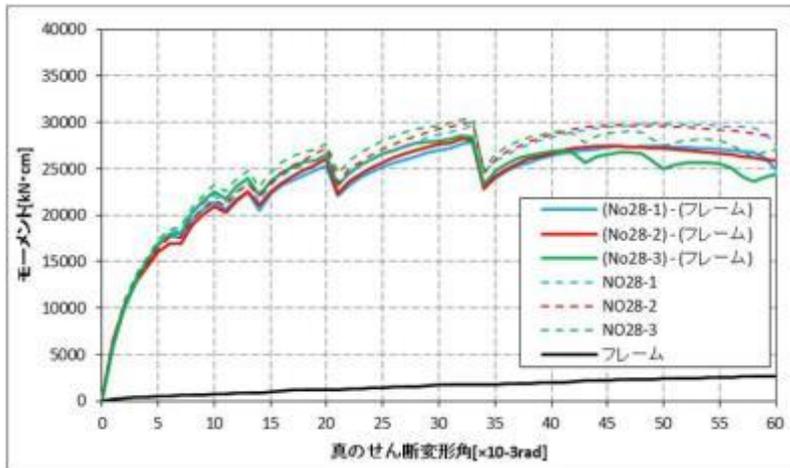


**NO28(18mmヒノキ合板-CNZ65)**

面材幅 l	91	cm
面材高さ h	356	cm
面材厚さ t	1.8	cm
面材のせん断弾性係数 $G_B$	109	kN/cm <sup>2</sup> ←実験値
Mu時の面材自体のせん断変形角 $\gamma_B$	0.0020	rad
面材釘のせん断だけによる降伏点変形角 $\Gamma_v$	0.0050	rad
面材釘のせん断だけによる終局変形角 $\Gamma_u$	0.0615	rad
単位面積あたりの釘配列二次モーメント $I_{xy}$	7.8377	cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup>
単位面積あたりの塑性釘配列係数 $Z_{pxy}$	0.1470	cm/cm <sup>2</sup>
試験により決定された各試験体の1本当たりの1面せん断耐力 $\Delta P_{v0}$	2.65	kN
低減係数 $\alpha$	0.95	
低減係数を考慮した面材釘1本あたりの1面せん断耐力 $\Delta P_{va}$	2.51	kN
	$\delta_v$	0.27 cm
	$\delta_u$	3.28 cm
	k	9.85 kN/cm

**フレーム差引デーM- $\gamma$ 0関係の評価**

		No.28-1	No.28-2	No.28-3	平均値	標準偏差	試験体数n	変動係数Cv	50%下限値	
降伏荷重 : My	[kNcm]	15466	14578	15872	15305	540	3	0.035	15050	
降伏変形角 : $\gamma_{0v}$	[rad.]	0.0042	0.0041	0.0045	0.0043	0.0002	3	0.0371	0.0042	
最大荷重 : Mmax	[kNcm]	27864	28178	28553	28198	282	3	0.010	28065	
最大荷重時変位 : $\gamma_0(Mmax)$	[rad.]	0.0330	0.0320	0.0320	0.0323	0.0005	3	0.0146	0.0321	
	: 2/3Mmax	[kNcm]	18575.68	18785.17	19035.57	18798.81	188.00	3	0.010	18710.26
2/3Mmax時変位 : $\theta(2/3Mmax)$	[rad.]	0.0075	0.0080	0.0074	0.0076	0.0002	3	0.0289	0.0075	
終局荷重 : Mu	[kNcm]	25095	25276	25367	25246	113	3	0.004	25193	
終局変形角 : $\gamma_{0u}$	[rad.]	0.0650	0.0666	0.0618	0.0645	0.0020	3	0.0310	0.0635	
初期剛性 : K	[kNcm/rad.]	3647293	3524063	3515987	3562448	60085	3	0.017	3534148	
降伏点変形角 : $\gamma_{0v}$	[rad.]	0.0069	0.0072	0.0072	0.0071	0.0001	3	0.0210	0.0070	
塑性率 : $\mu$		9.45	9.29	8.56	9.10	0.38	3	0.042	8.92	
構造特性係数 : Ds		0.24	0.24	0.25	0.24	0.01	3	0.023	0.24	
0.1Mmax	[kNcm]	2786	2818	2855	2820	28	3	0.010	2807	
0.1Mmax時変位	[rad.]	0.0017	0.0020	0.0018	0.0018	0.0001	3	0.0700	0.0018	
0.4Mmax	[kNcm]	11145	11271	11421	11279	113	3	0.010	11226	
0.4Mmax時変位	[rad.]	0.0023	0.0024	0.0025	0.0024	0.0001	3	0.0341	0.0023	
0.9Mmax	[kNcm]	25077	25360	25698	25378	254	3	0.010	25259	
0.9Mmax時変位	[rad.]	0.0195	0.0188	0.0179	0.0188	0.0007	3	0.0350	0.0185	
0.2Mu/Ds	[kNcm]	21231	21190	20374	20932	395	3	0.019	20746	
M(1/150rad時)	[kNcm]	17680	16984	18052	17572	443	3	0.025	17363	
M(1/120rad時)	[kNcm]	19816	19284	20614	19904	546	3	0.027	19647	

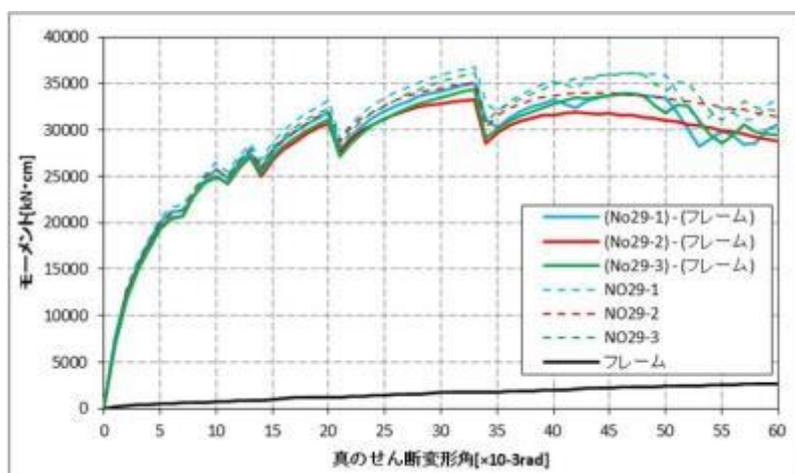


**NO29(18mmカラマツ合板-CNZ75)**

面材幅 l	91	cm	
面材高さ h	356	cm	
面材厚さ t	1.8	cm	
面材のせん断弾性係数 $G_B$	96.8	kN/cm <sup>2</sup>	←実験値
Mu時の面材自体のせん断変形角 $\gamma_B$	0.0026	rad	
面材釘のせん断だけによる降伏点変形角 $\Gamma_v$	0.0044	rad	
面材釘のせん断だけによる終局変形角 $\Gamma_u$	0.0640	rad	
単位面積あたりの釘配列二次モーメント $I_{xy}$	7.8377	cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup>	
単位面積あたりの塑性釘配列係数 $Z_{pxy}$	0.1470	cm/cm <sup>2</sup>	
試験により決定された各試験体の1本当たりの1面せん断耐力 $\Delta P_{v0}$	3.14	kN	
低減係数 $\alpha$	0.95		
低減係数を考慮した面材釘1本あたりの1面せん断耐力 $\Delta P_{va}$	2.98	kN	
	$\delta_v$	0.24	cm
	$\delta_u$	3.41	cm
	k	13.33	kN/cm

**フレーム差引デーM- $\gamma$ 0関係の評価**

		No.29-1	No.29-2	No.29-3	平均値	標準偏差	試験体数n	変動係数Cv	50%下限値
降伏荷重 : My	[kNcm]	18279	17898	18279	18152	180	3	0.010	18067
降伏変形角 : $\gamma_{0v}$	[rad.]	0.0042	0.0043	0.0046	0.0043	0.0002	3	0.0358	0.0043
最大荷重 : Mmax	[kNcm]	35000	33298	34357	34218	702	3	0.021	33888
最大荷重時変位 : $\gamma_0(M_{max})$	[rad.]	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330	0.0000	3	0.0000	0.0330
	: 2/3Mmax	23333.31	22198.48	22904.97	22812.25	467.91	3	0.021	22591.87
2/3Mmax時変位 : $\theta(2/3M_{max})$	[rad.]	0.0083	0.0077	0.0080	0.0080	0.0002	3	0.0311	0.0079
終局荷重 : Mu	[kNcm]	30444	29603	30178	30075	351	3	0.012	29910
終局変形角 : $\gamma_{0u}$	[rad.]	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0000	3	0.0000	0.0667
初期剛性 : K	[kNcm/rad.]	4355375	4209269	4017238	4193961	138468	3	0.033	4128743
降伏点変形角 : $\gamma_{0v}$	[rad.]	0.0070	0.0070	0.0075	0.0072	0.0002	3	0.0330	0.0071
塑性率 : $\mu$		9.54	9.48	8.87	9.30	0.30	3	0.032	9.16
構造特性係数 : Ds		0.24	0.24	0.24	0.24	0.00	3	0.017	0.24
0.1Mmax	[kNcm]	3500	3330	3436	3422	70	3	0.021	3389
0.1Mmax時変位	[rad.]	0.0019	0.0017	0.0017	0.0018	0.0001	3	0.0390	0.0017
0.4Mmax	[kNcm]	14000	13319	13743	13687	281	3	0.021	13555
0.4Mmax時変位	[rad.]	0.0025	0.0024	0.0026	0.0025	0.0001	3	0.0388	0.0025
0.9Mmax	[kNcm]	31500	29968	30922	30797	632	3	0.021	30499
0.9Mmax時変位	[rad.]	0.0194	0.0186	0.0196	0.0192	0.0004	3	0.0224	0.0190
0.2Mu/Ds	[kNcm]	25886	25090	24701	25226	493	3	0.020	24994
M(1/150rad時)	[kNcm]	21275	20644	20611	20843	306	3	0.015	20699
M(1/120rad時)	[kNcm]	23398	23371	23329	23366	28	3	0.001	23352



## 2.6 要素試験

### 2.6.1 釘の一面せん断試験

耐力壁試験の仕様を決めるにあたり、釘や面材のパラメータにして釘の一面せん断試験を行いその破壊性状を確認することを目的とした。

#### (1) 試験体仕様

試験体の一覧を表 2.6-1 に示す。

表 2.6-1 試験仕様一覧

No.	側材 (面材)	加力に対する 面材の繊維方向	接合具 (釘)
1	構造用 MDF 9mm	—	NZ50
2	MDF 15mm (密度 0.7 程度)	—	CNZ65
3	MDF 18mm (密度 0.7 程度)	—	CNZ65
4	構造用パーティクルボード 9mm	—	NZ50
5	構造用合板 15mm (全層カラマツ)	平行	CNZ65
6			CNZ50
7	構造用合板 18mm (全層カラマツ)	平行	CNZ65
8			CNZ75
9	構造用合板 15mm (全層ヒノキ)	平行	CNZ65
10			CNZ50
11	構造用合板 18mm (全層ヒノキ)	平行	CNZ65
12			CNZ75

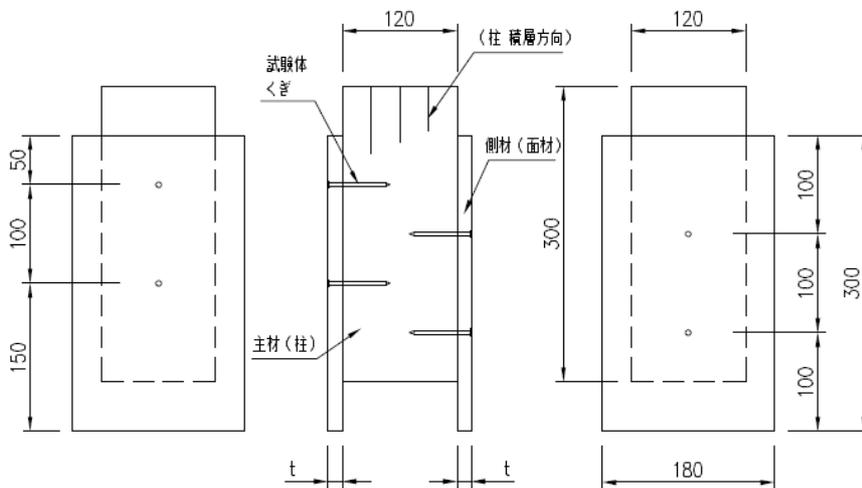


図 2.6-1 試験体図

## (2) 結果概要

- ・告示仕様の組合せである構造用 MDF 9mm (NZ50)、構造用 PB 9mm (NZ50) は 6 体ともパンチングアウトが生じた。
- ・MDF15mm (CNZ65) は 6 体ともパンチングアウトが生じた。
- ・MDF18mm (CNZ65) は 4/6 でパンチングアウトが生じた。→文献では 6 体引抜け
- ・構造用合板 15mm 全層カラマツ (CNZ65) は 5/6 でパンチングアウトが生じた。
- ・構造用合板 15mm 全層カラマツ (CNZ50) は釘頭のめり込みが生じた。
- ・構造用合板 18mm 全層カラマツ (CNZ65、CNZ75) は引き抜け破壊が生じた。
- ・構造用合板 15mm 全層ヒノキ (CNZ65) は 5/6 でパンチングアウトが生じた。
- ・構造用合板 15mm 全層ヒノキ (CNZ50) は釘の引抜け破壊が生じた。
- ・構造用合板 18mm 全層ヒノキ (CNZ65) は 1/6 でパンチングアウトが生じた。
- ・構造用合板 18mm 全層ヒノキ (CNZ75) はパンチングアウトが生じた。

釘種類	面材厚さ		
	9mm	15mm	18mm
NZ50	MDF, PB × ×	ヒノキ, カラマツ, MDF	
CNZ50		○ ○ —	ヒノキ, カラマツ, MDF
CNZ65		△ △ × 5/6 5/6 6/6	△ ○ △ 1/6 0/6 4/6
CNZ75			× ○ —

○: 引抜け、釘頭のめり込み

△: 引抜け、釘頭のめり込み、パンチングアウト

×: パンチングアウト

記号下はパンチングアウトが生じた試験体の割合

表 2.6-2 試験結果概要

No.	側材 (面材)	接合具 (釘)	降伏耐力 (kN)	最大荷重値平均 (kN)
1	構造用 MDF 9mm	NZ50	0.76	1.43
2	MDF 15mm (密度 0.7 程度)	CNZ65	1.05	2.31
3	MDF 18mm (密度 0.7 程度)	CNZ65	1.12	2.37
4	構造用パーティクルボード 9mm	NZ50	0.67	1.58
5	構造用合板 15mm (全層カラマツ)	CNZ65	0.96	2.72
6		CNZ50	0.64	1.56
7	構造用合板 18mm (全層カラマツ)	CNZ65	0.97	2.51
8		CNZ75	1.38	3.44
9	構造用合板 15mm (全層ヒノキ)	CNZ65	1.04	2.67
10		CNZ50	0.75	1.88
11	構造用合板 18mm (全層ヒノキ)	CNZ65	1.04	2.57
12		CNZ75	1.33	3.42

表 2.6-3 試験結果概要

No.	側材 (面材)	接合具 (釘)	k kN/cm	$\delta v$ cm	$\delta u$ cm	$\Delta Pv$ kN
1	構造用 MDF 9mm	NZ50	12.89	0.10	1.89	1.26
2	MDF 15mm (密度 0.7 程度)	CNZ65	19.96	0.10	2.11	2.05
3	MDF 18mm (密度 0.7 程度)	CNZ65	16.96	0.13	2.69	2.15
4	構造用パーティクルボード 9mm	NZ50	18.86	0.08	1.82	1.45
5	構造用合板 15mm (全層カラマツ)	CNZ65	11.98	0.20	2.72	2.37
6		CNZ50	12.28	0.11	2.04	1.39
7	構造用合板 18mm (全層カラマツ)	CNZ65	14.54	0.15	2.89	2.19
8		CNZ75	8.94	0.33	2.72	2.97
9	構造用合板 15mm (全層ヒノキ)	CNZ65	14.51	0.16	2.50	2.29
10		CNZ50	17.00	0.10	2.37	1.68
11	構造用合板 18mm (全層ヒノキ)	CNZ65	17.69	0.13	2.49	2.23
12		CNZ75	12.54	0.23	2.67	2.93

### (3) 試験結果及び既往論文調査のまとめ

- ・『○△×』は左からスギ、ヒノキ、ベイマツ（主材の樹種）の結果を示す。
- ・上段は一面せん断試験における破壊性状を示す。○は引抜け、×はパンチングアウト、△は両方
- ・中段は一面せん断試験における降伏モードを示す。○はモードⅣ、×はモードⅢb、△は両方
- ・下段は壁試験における破壊性状を示す。○は引抜け、×はパンチングアウト、△は両方
- ・青字は文献結果、赤字は本事業で得られた結果

#### MDF

釘種類	胴部径	頭部径	釘長さ	9mm	12mm	15mm	18mm	21mm	24mm
N50	2.75mm	6.6mm	50mm	○△△ ××× ○---	○△× ○△△ ---				
CN50	2.87mm	6.76mm	50.8mm	○△× ××× ---	△△△ △△△ ---				
N65	3.05mm	7.3mm	65mm						
CN65	3.33mm	7.14mm	63.5mm	××× ××× -×-	△×× ××× ---	○△△ ○×× ---	○○○ ○○○ ---	○○○ ○○○ ---	
N75	3.40mm	7.9mm	75mm						
CN75	3.76mm	7.92mm	76.2mm					○○○ ○○○ ---	○○○ ○○○ ---

文献\*\*

MDF繊維密度

0.60~0.65g/cm<sup>3</sup> →パンチングアウト

0.70~ g/cm<sup>3</sup> →引抜け

#### 構造用合板

釘種類	胴部径	頭部径	釘長さ	9mm	12mm	15mm	18mm	21mm	24mm
N50	2.75mm	6.6mm	50	全層ベイマツ 軸材オウシュウアカマツ	---				
CN50	2.87mm	6.76mm	50	全層ベイマツ 軸材オウシュウアカマツ	---	○---			
N65	3.05mm	7.3mm	65mm						
CN65	3.33mm	7.14mm	63.5mm		全層ベイマツ -×- -×- -△-	全層ベイマツ -×- -△- -○-			
N75	3.40mm	7.9mm	75mm						
CN75	3.76mm	7.92mm	76.2mm						全層スギ -×- -△- -○-

昨年度の壁試験結果 (No. 22)

ではパンチングアウトは生じなかった(釘頭のめり込みで収まった)

## 2.6.2 釘の一面せん断試験（端空）

2.6.1 に続き本項では端空を考慮した釘の一面せん断試験を行い、その破壊性状等を確認する。

### (1) 試験体仕様

試験パラメータは 2.6.1 と同様（No. 2, 4 は省略）とし、端空距離は 20mm とした。試験体概要を図 2.6-2 に示す。

表 2.6-4 試験仕様一覧

No.	側材（面材）	加力に対する 面材の繊維方向	接合具（釘）
1	構造用 MDF 9mm	—	NZ50
3	MDF 18mm（密度 0.7 程度）	—	CNZ65
5	構造用合板 15mm	平行	CNZ65
6	（全層カラマツ）		CNZ50
7	構造用合板 18mm	平行	CNZ65
8	（全層カラマツ）		CNZ75
9	構造用合板 15mm	平行	CNZ65
10	（全層ヒノキ）		CNZ50
11	構造用合板 18mm	平行	CNZ65
12	（全層ヒノキ）		CNZ75

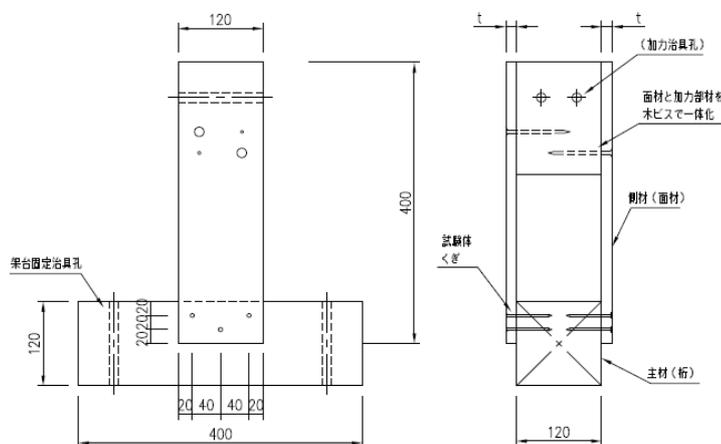


図 2.6-2 試験体概要

## (2) 結果概要

試験結果の概要を以下に示す。

- ・ 告示仕様の組合せである構造用 MDF 9mm (NZ50) は釘の引抜け、釘頭のめり込み、パンチングアウトが生じた。
- ・ MDF18mm (CNZ65) は 1/6 でパンチングアウトが生じた。
- ・ 構造用合板 15mm 全層カラマツ (CNZ65) は釘頭のめり込み、釘の引抜けが生じた。
- ・ 構造用合板 15mm 全層カラマツ (CNZ50) は釘頭のめり込み、釘の引抜けが生じた。
- ・ 構造用合板 18mm 全層カラマツ (CNZ65、CNZ75) は釘頭のめり込み、引き抜け破壊が生じた。一部試験体で主材 (柱) の割れも確認された。
- ・ 構造用合板 15mm 全層ヒノキ (CNZ65) は釘頭のめり込み、引き抜け破壊が生じた。一部試験体で主材 (柱) の割れも確認された。
- ・ 構造用合板 15mm 全層ヒノキ (CNZ50) は釘頭のめり込み、釘の引抜け破壊が生じた。
- ・ 構造用合板 18mm 全層ヒノキ (CNZ65、CNZ75) は釘頭のめり込み、釘の引抜け破壊が生じた。一部試験体で主材 (柱) の割れも確認された。

表 2.6-5 試験結果概要

No.	側材 (面材)	接合具 (釘)	降伏耐力 (kN)	最大荷重値平均 (kN)
1	構造用 MDF 9mm	NZ50	0.61	1.29
3	MDF 18mm (密度 0.7 程度)	CNZ65	0.98	1.89
5	構造用合板 15mm (全層カラマツ)	CNZ65	0.86	1.93
6		CNZ50	0.62	1.50
7	構造用合板 18mm (全層カラマツ)	CNZ65	0.96	1.93
8		CNZ75	0.94	2.34
9	構造用合板 15mm (全層ヒノキ)	CNZ65	0.87	2.00
10		CNZ50	0.82	1.57
11	構造用合板 18mm (全層ヒノキ)	CNZ65	0.93	1.98
12		CNZ75	1.18	2.34

通常的一面せん断試験の結果に比べ (2.6.1 項) に比べやや降伏耐力は小さくなる傾向になったが、破壊性状は釘頭のめり込み、釘の引抜けがやや多い結果となった。また、端空距離を 20mm 程度設ければ端抜け破壊は生じないことが分かったが、主材側が割裂する場合もあることが確認された。

### 2.6.3 面材の面内せん断試験

面材の面内せん断性能を確認するため面材の面内せん断試験を行いその性能を確認する。

#### (1) 試験体仕様

面内せん断試験を行う仕様一覧を表 2.6-6 に示す。試験は図 2.6-3 に示すように Two Rail Shear 法により行った。

表 2.6-6 試験体仕様一覧

NO	面材種類	試験体数
1	構造用 MDF 9mm	3 体
2	構造用パーティクルボード 9mm	3 体
3	MDF 15mm	3 体
4	MDF 18mm	3 体
5	構造用合板, 15mm, カラマツ	3 体
6	構造用合板, 18mm, 全層カラマツ	3 体
7	構造用合板, 15mm, 全層ヒノキ	3 体
8	構造用合板, 18mm, 全層ヒノキ	3 体
9	構造用合板 24mm 全層スギ	3 体

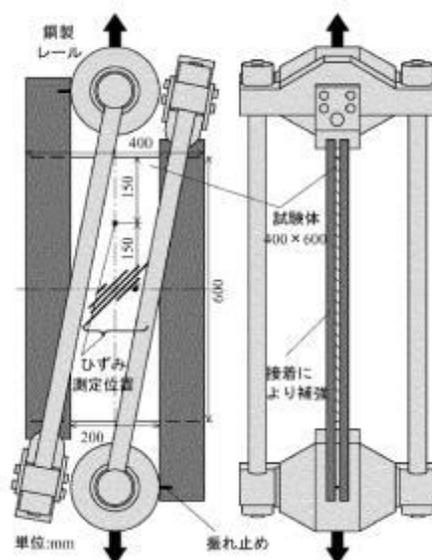


図 2.6-3 試験概要

## (2) 結果概要

試験結果の概要を表 2.6-7 に示す。

- ・ 構造用合板の基準特性としてせん断弾性係数は  $40\text{kN/cm}^2$ （木質構造設計規準・同解説）とされているが、カラマツ、ヒノキ合板の試験結果は基準値を大きく上回る結果となった。スギ合板はやや大きい結果となった。
- ・ ヒノキ合板のせん断弾性係数は大きくばらつく結果となった。
- ・ MDF やパーティクルボードのせん断弾性係数も  $100\text{kN/cm}^2$  を超えるものとなった。

表 2.6-7 試験結果概要

面材種類	No.	密度 ( $\text{kg/m}^3$ )	厚さ (mm)	$\tau$ ( $\text{N/mm}^2$ )	G ( $\text{kN/cm}^2$ )
構造用パーティクルボード 9mm	1	753	8.9	3.06	183.8
	2	744	9.0	4.06	121.0
	3	752	9.0	4.17	194.8
	平均	750	8.9	3.76	166.5
	標準偏差	5	0.1	0.61	39.8
構造用MDF 9mm	1	802	9.0	5.00	154.2
	2	802	9.1	5.91	182.8
	3	790	9.1	5.58	203.3
		798	9.1	5.50	180.1
		6	0.0	0.46	24.7
MDF 15mm	1	727	15.1	5.18	150.6
	2	745	15.1	7.22	112.6
	3	727	15.1	5.67	134.8
		733	15.1	6.02	132.7
		10	0.0	1.06	19.1
MDF 18mm	1	711	18.1	4.92	148.2
	2	715	18.0	6.01	173.2
	3	710	18.3	4.05	135.5
		712	18.1	4.99	152.3
		3	0.2	0.98	19.2
構造用合板カラマツ 15mm	1	543	15.3	5.68	137.7
	2	553	15.3	5.63	116.2
	3	576	15.3	5.75	111.6
		557	15.3	5.69	121.8
		17	0.0	0.06	13.9
構造用合板カラマツ 18mm	1	545	17.9	5.08	92.1
	2	564	17.9	4.79	92.1
	3	593	18.0	5.25	106.4
		567	17.9	5.04	96.8
		24	0.1	0.23	8.3
構造用合板ヒノキ 15mm	1	476	15.4	5.65	100.7
	2	477	15.4	5.81	61.9
	3	489	15.1	6.01	216.2
		481	15.3	5.83	126.3
		7	0.2	0.18	80.3
構造用合板ヒノキ 18mm	1	482	18.0	5.31	83.0
	2	490	17.9	5.05	148.0
	3	491	17.6	5.25	96.2
		487	17.8	5.20	109.0
		5	0.2	0.13	34.3
構造用合板スギ 24mm	1	449	24.5	3.77	57.1
	2	436	24.5	3.37	53.1
	3	439	24.3	3.51	55.4
		441	24.4	3.55	55.2
		7	0.1	0.21	2.0

## 2.7 まとめ

### 2.7.1 試験及び検討結果のまとめ

#### (1) 耐力壁試験(前期・後期)

前節に示した通り、目標耐力 40 [kN/m] (真の変形角評価) に対し、試験で確認した仕様の中で目標を満足した仕様は、表 2.7-1 に示す No.26、27、28 の合板を用いたものであった。

合板は構造用合板 1 級 (相当) のもので樹種を指定することで安定した性能を確保することができた。

なお、破壊性状は釘の引抜けや釘の破断などが生じており、試験体によっては土台側受け材の縦方向の割裂 (受け材を留め付けるビスに沿った割裂) が生じ、やや荷重変形関係に影響が確認された。

→ 下表の面材、釘、軸材の組合せであれば靱性のある荷重変形関係、目標性能が得られる受け材の留付け方法は割裂しないよう変更する必要がある

表 2.7-1 耐力壁仕様

試験体 No.	No. 27	No. 28	No. 29
目標耐力	真 : 40 [kN/m]		
短期基準 せん断耐力*	真 : 44.3 [kN/m] 見 : 29.6 [kN/m]	真 : 44.5 [kN/m] 見 : 30.2 [kN/m]	真 : 52.2 [kN/m] 見 : 32.4 [kN/m]
壁仕様	大壁		
床仕様	床勝ち (t=28mm、構造用合板特類 2 級、全層スギ)		
壁高さ	3.8m		
柱頭・柱脚	めり込み補強金物 (図 2.2-4 図 2.2-5)		
接合具	CNZ65@100mm 2 列千鳥		CNZ75@100 2 列千鳥
壁面材	構造用合板, 特類 1 級 (相当)		
	全層カラマツ	全層ヒノキ	全層カラマツ
	t=18mm、両面		
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315		
桁	120mm×360mm、ヒノキ対称異等級集成材、E105-F300		
間柱	45mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E105 以上		
土台	120mm×150mm、ヒノキ同一等級集成材、E105 以上		
土台側受け材	120mm×90mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315		
主な破壊性状	NG : 受け材の割裂※ <sup>2</sup> 、 釘の引抜け、釘頭のめり 込み	NG : 受け材の割裂※ <sup>2</sup> 、 釘の引抜け、釘頭のめり 込み	NG : 受け材の割裂※ <sup>2</sup> 、 釘の引抜け、釘頭のめり 込み

※ばらつき係数及び低減係数  $\alpha = 0.90$  を考慮した値、真→真のせん断変形角評価、見→見かけのせん断変形角評価

< 割裂を防止するための改良案・今回の試験結果について >

- ・ 土台側受け材の縦方向の割裂が原因で中棧の割裂破壊も生じる可能性が高いと考えられ、中棧の破壊による耐力低下も生じるため土台側受け材の縦方向の割裂は防ぐようにしたい。

→土台側受け材を留め付けるビスを1列打ちから千鳥打ちにすることで土台側受け材の縦方向の割裂は防げると考える。また、千鳥打ちにすることで、面材の回転挙動による土台側受け材の横方向の割裂の防止にもなると考える。

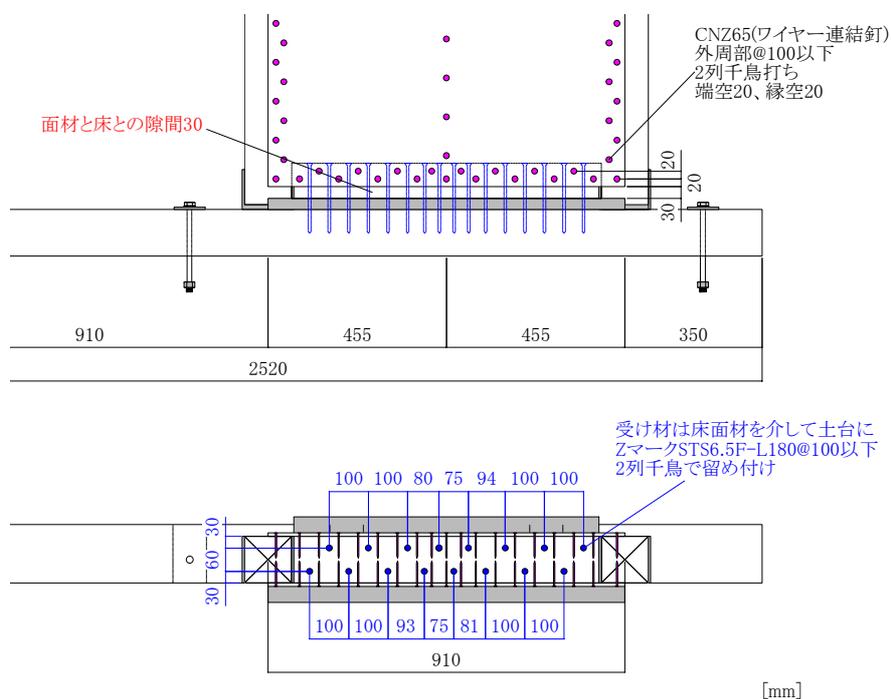


図 2.7-1 面材釘・受け材ビスの納まり変更案

## 2.7.2 2019年度からの耐力壁開発の成果まとめ

### (1) 試験により確認した軸材及び面材の組合せ(タイロッド式)

2019年度から非住宅・中大規模木造向けの耐力壁開発を行ってきた。同一仕様の試験体3体以上実施したのものについて、その仕様と性能及び破壊性状等を取りまとめたものを表2.7-2、表2.7-3、表2.7-4に示す。

表中の○は耐力、破壊性状ともに満足（靱性のある破壊性状）する結果で、表中の仕様で運用可能と判断できる。△は破壊性状が脆性的なものであり、表中の仕様のままでは運用は難しく、脆性的な破壊をしないような仕様に改良する必要があると考える。

表 2.7-2 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	真：20.1 [kN/m] 見：14.0 [kN/m] NG：耐力不足	真：30.7 [kN/m] 見：22.1 [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：面材の面内せん断破壊 (1/50rad) →面材と土台の接触が要因か	NG：パンチングアウト、釘の破断 (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 2.7-3 構造用合板を用いた耐力壁仕様-1

試験体 No.	No. 12	No. 22
目標	30.0 [kN/m]	30.0 [kN/m]
短期基準※ せん断耐力	真：29.3 [kN/m] 見：23.8 [kN/m] OK：耐力ほぼ満足	真：36.7 [kN/m] 見：26.0 [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 (丸鋼)	めり込み補強金物 (丸パイプ+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

表 2.7-4 構造用合板を用いた耐力壁仕様-2

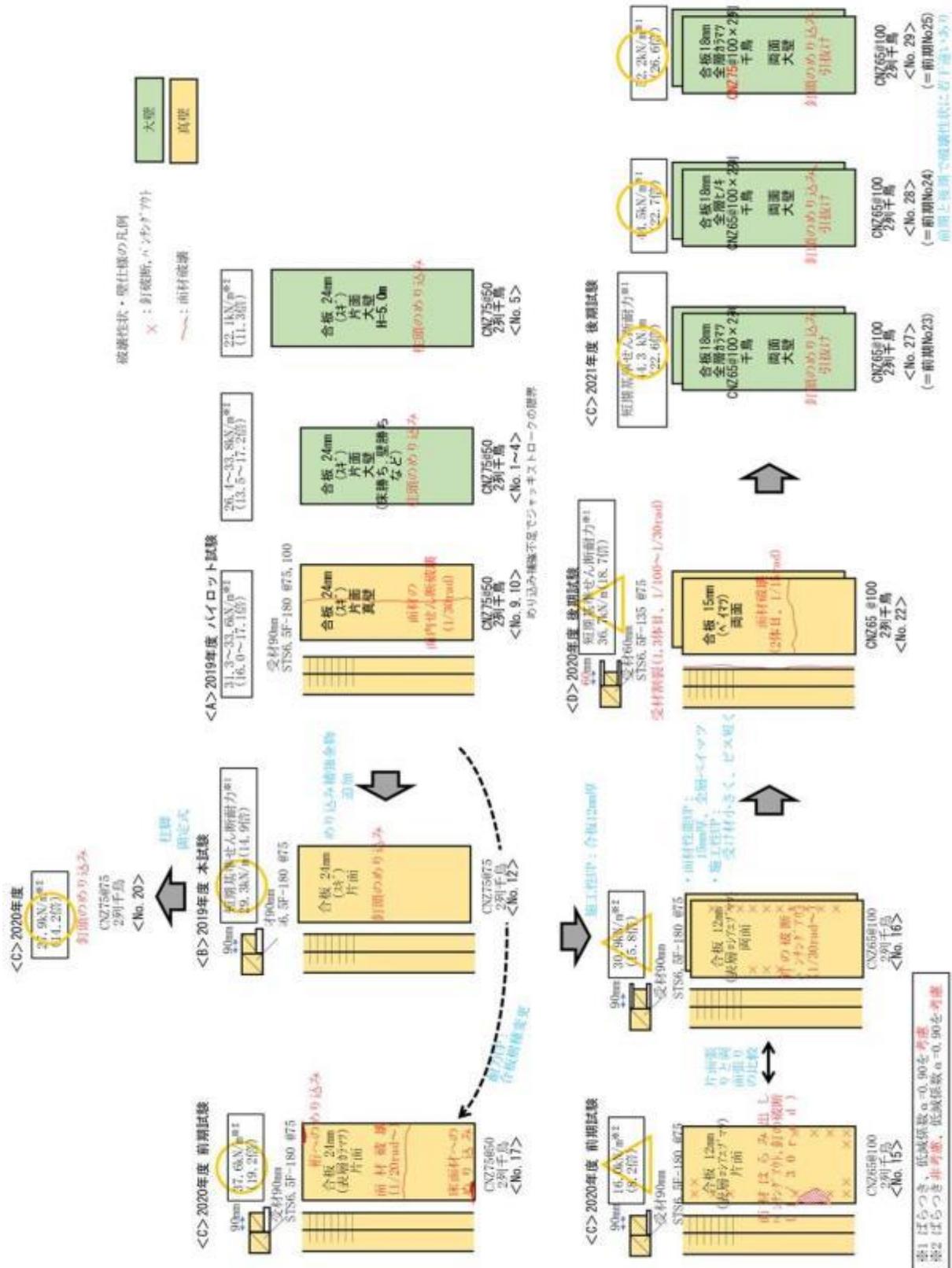
試験体 No.	No. 27	No. 28	No. 29
目標耐力	真：40 [kN/m]		
短期基準 せん断耐力 <sup>※1</sup>	真：44.3 [kN/m] 見：29.6 [kN/m] OK：耐力満足	真：44.5 [kN/m] 見：30.2 [kN/m] OK：耐力満足	真：52.2 [kN/m] 見：32.4 [kN/m] OK：耐力満足
壁仕様	大壁		
床仕様	床勝ち (t=28mm、構造用合板特類 2 級、全層スギ)		
壁高さ	3.8m		
柱頭・柱脚	めり込み補強金物 (図 2.2-4 図 2.2-5)		
接合具	CNZ65@100mm 2 列千鳥		CNZ75@100 2 列千鳥
壁面材	構造用合板, 特類 1 級 (相当)		
	全層カラマツ	全層ヒノキ	全層カラマツ
	t=18mm、両面		
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315		
桁	120mm×360mm、ヒノキ対称異等級集成材、E105-F300		
間柱	45mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E105 以上		
土台	120mm×150mm、ヒノキ同一等級集成材、E105 以上		
土台側受け材	120mm×90mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315		
主な破壊性状	NG：受け材の割裂 <sup>※2</sup> 、 釘の引抜け、釘頭のめり 込み	NG：受け材の割裂 <sup>※2</sup> 、 釘の引抜け、釘頭のめり 込み	NG：受け材の割裂 <sup>※2</sup> 、 釘の引抜け、釘頭のめり 込み

※1 ばらつき係数及び低減係数  $\alpha = 0.90$  を考慮した値、真→真のせん断変形角評価、  
見→見かけのせん断変形角評価

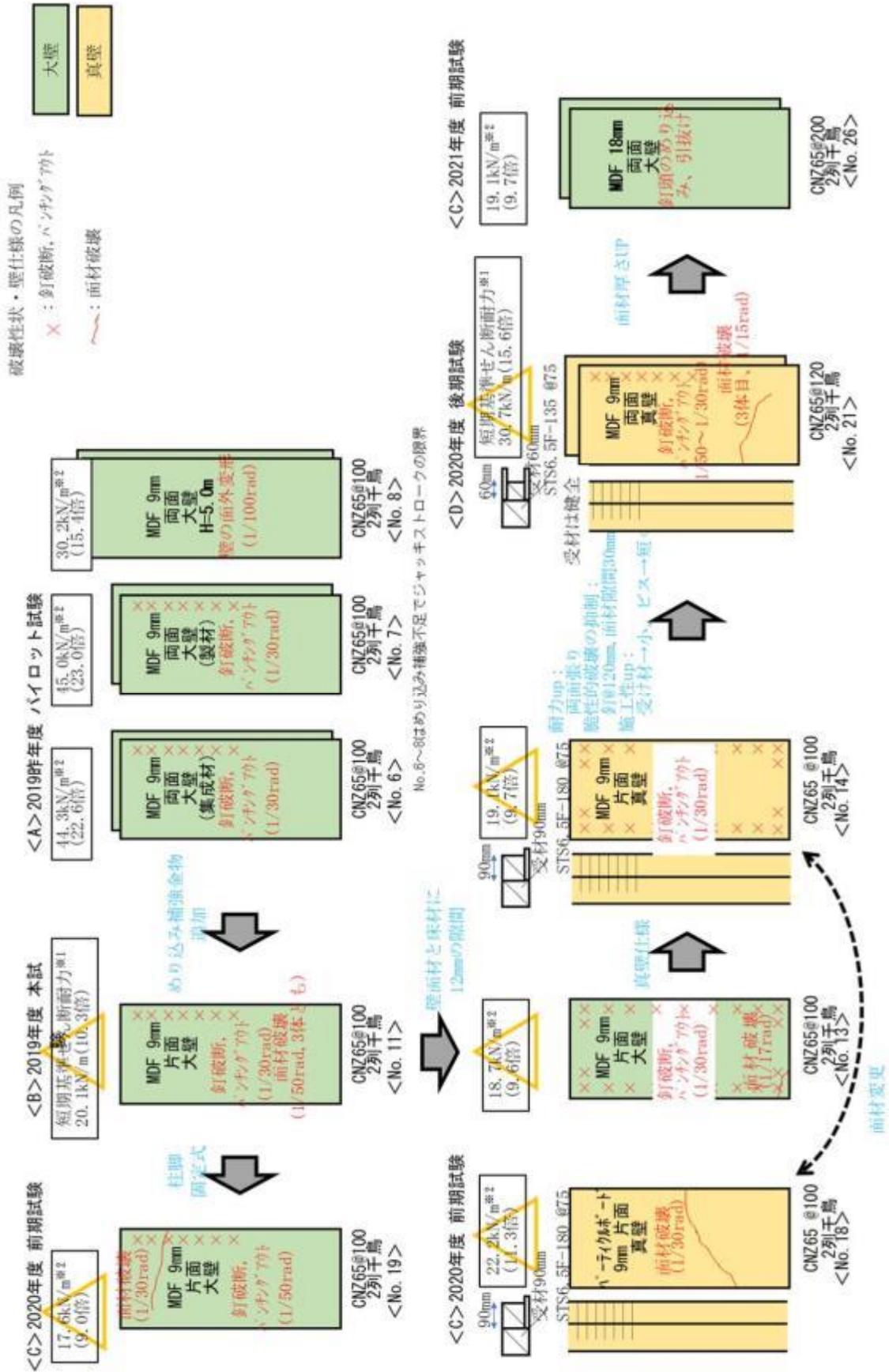
※2 受け材の割裂はビスの配置を変えることで改善すると考える

## (2) 開発してきた耐力壁の変遷

構造用合板を用いた耐力壁



MDF、パーティクルボードを用いた耐力壁



※1 ばらつき、低減係数  $\alpha = 0.90$  を考慮  
 ※2 ばらつき非考慮、低減係数  $\alpha = 0.90$  を考慮

### (3) 実設計で運用可能な耐力壁仕様

試験により耐力壁特性を把握できた仕様のうち、実設計で運用可能な耐力壁仕様を表 2.7-5 に示す。①は前述の No. 12 の仕様で、②～④は前述 No. 27～29 の土台側受け材の留付け方法を変更した仕様である。

表 2.7-5 運用可能な耐力壁仕様

耐力壁仕様	①	②	③	④
短期基準せん断耐力 <sup>※1</sup>	真：29.3 [kN/m] 見：23.7 [kN/m]	真：44.3 [kN/m] 見：29.6 [kN/m]	真：44.5 [kN/m] 見：30.2 [kN/m]	真：52.2 [kN/m] 見：32.4 [kN/m]
初期剛性 K (10 <sup>3</sup> kN/rad)	3.6	10.5	9.3	11.3
壁仕様	真壁	大壁		
床仕様	床勝ち (t=28mm、構造用合板特類 2 級、全層スギ)			
壁高さ	3.8m			
柱頭仕様	めり込み補強金物			
柱脚仕様	めり込み補強金物			
接合具	CNZ75@75mm 2 列千鳥	CNZ65@100mm 2 列千鳥		CNZ75@100 2 列千鳥
壁面材	構造用合板、 特類 2 級	構造用合板, 特類 1 級 (相当)		
	全層スギ t=24mm、片面	全層カラマツ	全層ヒノキ	全層カラマツ
		t=18mm、両面		
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315			
桁	120mm×360mm、 ベイマツ集成材 E120-F375	120mm×360mm、 ヒノキ対称異等級集成材、 E105-F300		
柱側 受け材	96mm×90mm、 ヒノキ集成材、 E95-F315、 STS6.5F-180@75	—		
横架材側 受け材	96mm×90mm、 ヒノキ集成材、 E95-F315	90mm×120mm、 ヒノキ同一等級集成材、 E95-F315		
間柱	96mm×45mm、 ヒノキ集成材、 E95-F315	120mm×45mm、 ヒノキ同一等級集成材、 E95-F315		
中棧	96mm×120mm、 ヒノキ集成材、 E95-F315	120mm×120mm ヒノキ同一等級集成材 E95-F315		
土台	120mm×150mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315			

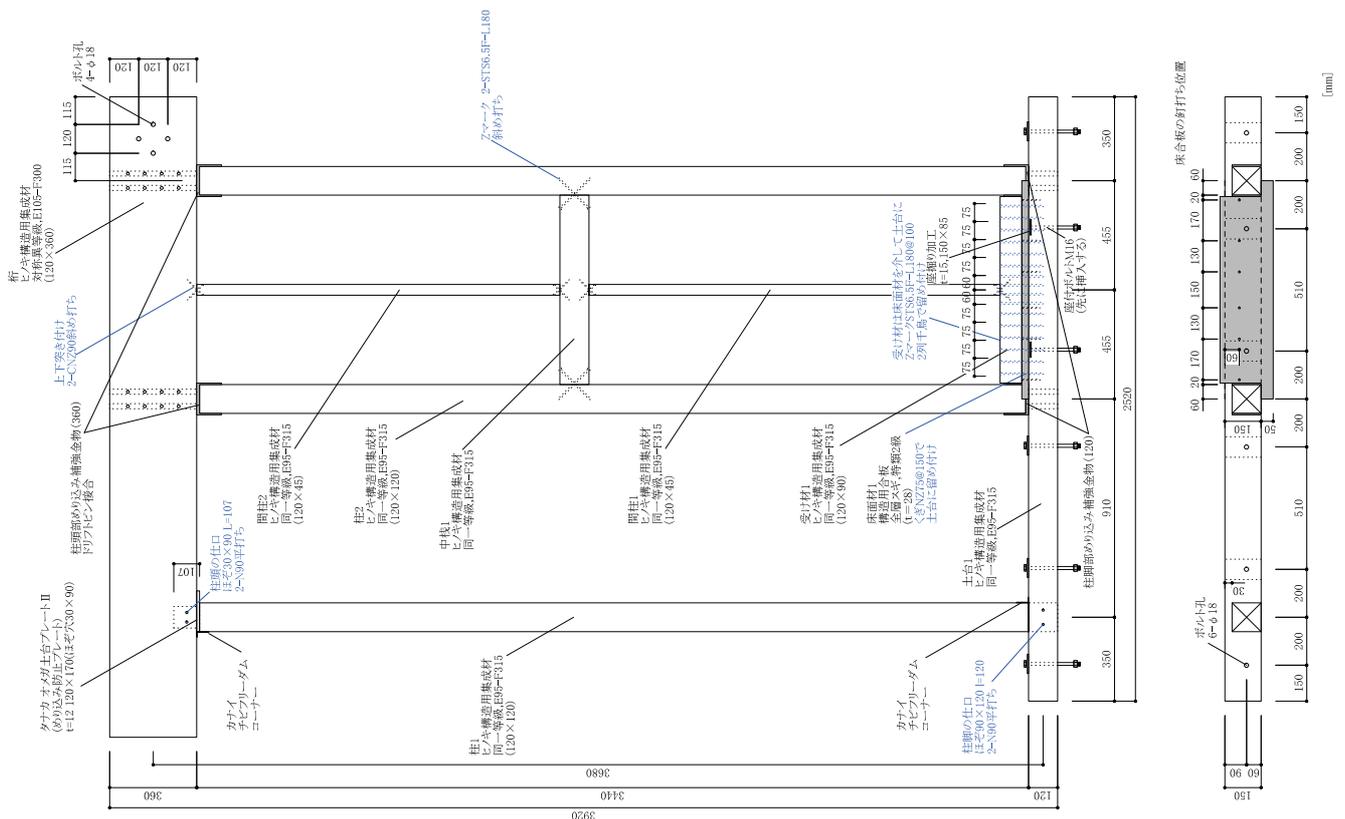


図 2.7-2 試験体概要 (案1)

### 2.7.3 次年度に向けての開発の方向性

今年度までの耐力壁の成果として、運用可能な仕様として4仕様開発（受け材の仕様を要変更）した。その仕様はいずれも1～3層用の目標耐力は40kN/m（真）であり、構造用合板を用いた仕様である。耐力壁の仕様の幅を考えると、構造用合板以外のMDFなどの面材も使えるようになると思う。

次年度の開発の方向性として、土台側受け材の割裂を防止する仕様の開発や、MDFを用いた耐力壁の性能確認を目指したい。

また、これまで1～3層用の耐力壁を開発してきたが、4,5層用の耐力壁の仕様の具体的な開発も目指したい。

その他に、1～3層用の耐力壁について、実運用を考えたとき運用値で30kN/mの耐力壁仕様だけでは設計しにくいと考えられる。また、耐力壁が連層する場合や、上階に配置する耐力壁の耐力は運用値で20kN/m程度のものがあると良く、そのような仕様があると設計自由度も上がると考える。

### (1) 1～3 層用(目標耐力 40kN/m)耐力壁の具体案

今年度の試験結果より土台側受け材が割裂破壊することが確認された。今年度の後期試験仕様のうち1仕様(No. 27)を受け材の留付け方法を変更し、受け材が割裂しない破壊性状が得られることの確認をする。

MDFを用いた仕様がこれまで運用可能な成果(靱性のある破壊性状)が得られていない。今年度、面材厚を18mmとしたことで釘の引抜け破壊を確認できた。今年度の仕様(No. 26)の釘ピッチを細かくし目標耐力に達する仕方を提案する。MDF仕様も土台側受け材の留付けは割裂しないよう変更する。

いずれの仕様も目標耐力は真のせん断変形角で40kN/m(運用は30kN/m程度を想定)とする。

表 2.7-6 試験体 共通仕様

試験方法	タイロッド式試験
壁仕様	床勝ち大壁
壁高さ	3.8m
壁長さ	0.91m
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
中棧, 土台, 間柱	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
土台側受け材	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
桁	120mm×360mm、ヒノキ対称異等級集成材、E105-F300
柱頭・柱脚	めり込み補強金物(図 2.2-4、図 2.2-5)
床	t=28mm、構造用合板特類2級、全層スギ

表 2.7-7 試験体仕様

試験体 No.	案1(確認)	案2(新規)
目標耐力	40kN/m	40kN/m
壁面材	構造用合板, 特類 1級(相当)	MDF (密度0.7相当)
	全層カラマツ	
	t=18mm、両面	t=18mm、両面
接合具	CNZ65@100mm 2列千鳥	
試験体数	各3体	

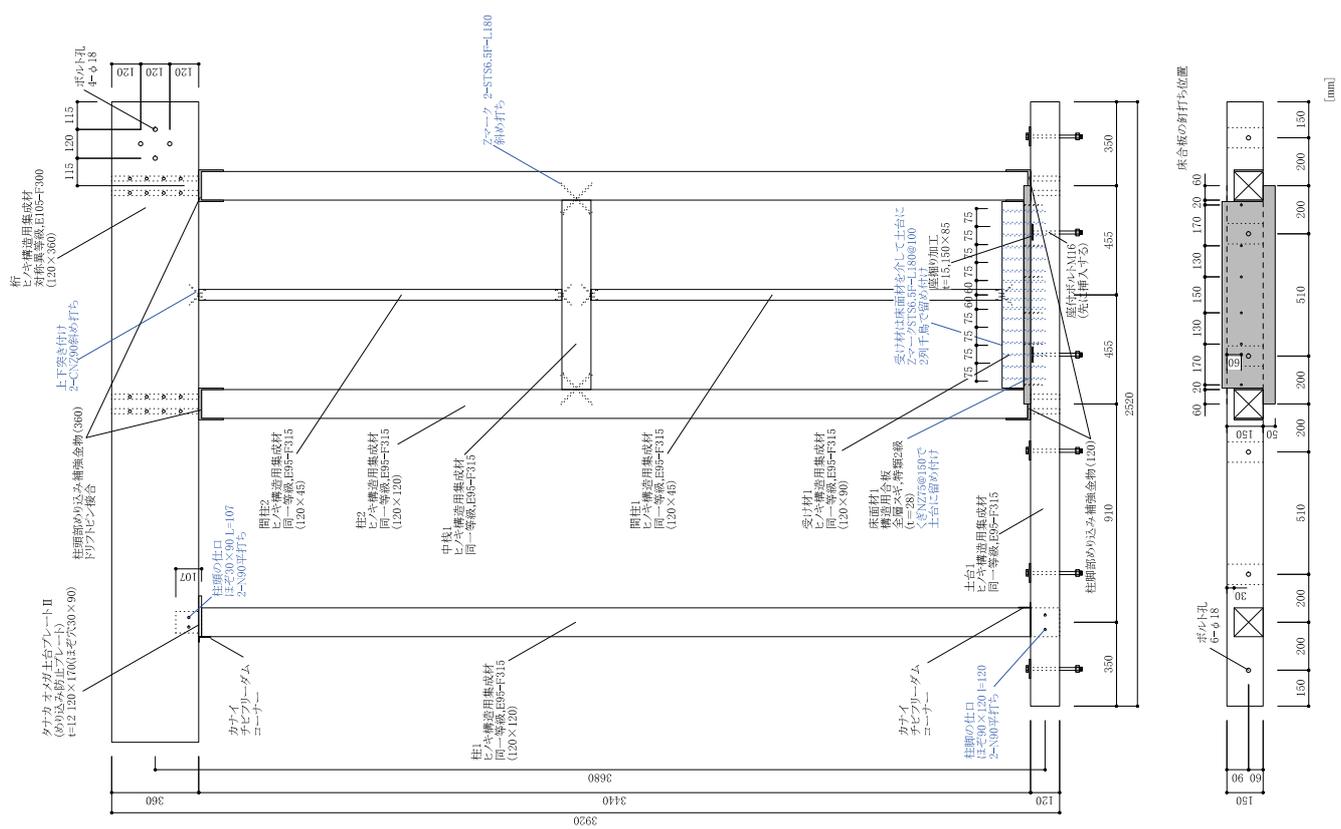


図 2.7-3 試験体概要 (案1)

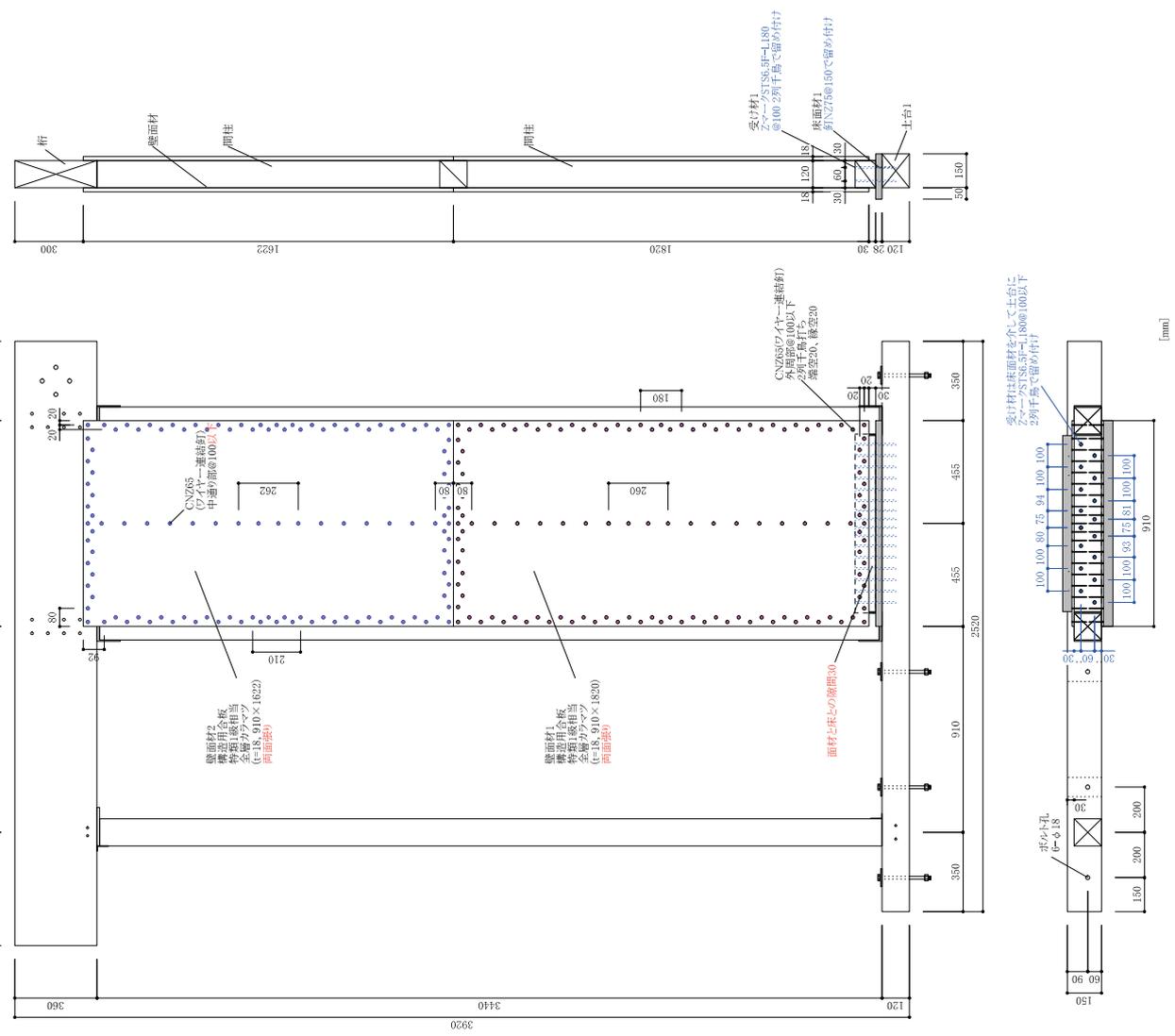


図 2.7-3 試験体概要 (案1)

## (2) 4, 5 層用(真:目標耐力 60~80kN/m)耐力壁の具体案

4, 5 層用のより高耐力な耐力壁仕様の具体的な仕様は検討されていない。次年度は前述した 1~3 層用の耐力壁に加え 4, 5 層用耐力壁の試験を提案する。

主な軸組材料は柱 240mm×240mm、桁 240mm×420mm にするなど 1~3 層用耐力壁の仕様から断面を大きくした。

また面材と釘の仕様は要素試験（釘の一面せん断試験）により特性や破壊性状などを確認する必要があるが、案として 24mm 合板（全層カラマツ）と CNZ90 の組み合わせを提案する。

目標耐力は真のせん断変形角で 60~80kN/m（運用は 50kN/m 程度を想定）とする。

表 2.7-8 試験体 共通仕様

試験方法	タイロッド式試験
壁仕様	床勝ち大壁
壁高さ	3.8m
壁長さ	0.91m
柱	240mm×240mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
中棧, 土台, 間柱	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
土台側受け材	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
桁	240mm×420mm、ヒノキ対称異等級集成材、E105-F300
柱頭・柱脚	めり込み補強金物（要開発）
床	t=28mm、構造用合板特類 2 級、全層スギ

表 2.7-9 試験体仕様

試験体 No.	案 1
目標耐力	真: 60~80kN/m
壁面材	構造用合板, 特類 1 級 (相当)
	全層カラマツ
	t=24mm、両面
接合具	CNZ90@100mm 2 列千鳥
試験体数	各 1 体 (予備) →各 3 体



### (3) 1～3層用(真:目標耐力 25～30kN/m)耐力壁の具体案

これまで1～3層用の耐力壁の目標耐力は、真のせん断変形角で40kN/m(運用は30kN/m程度)を目標に検討・試験を行ってきた。

一般的な軸組工法に用いられる耐力壁の耐力は13.72kN/m(7倍)までであることを踏まえると、実運用を考えたとき運用耐力30kN/mの耐力壁仕様だけでは設計しにくいと考えられる。また、耐力壁が連層する場合や、上階に配置する耐力壁の耐力は運用値で20kN/m程度のものと良く、そのような仕様があると設計自由度も上がると考える。

以上より、実設計を想定し目標耐力25～30kN/m(運用は20kN/m程度)の耐力壁仕様の開発が望まれる。これまでの成果より、以下のような仕様を提案する。

表 2.7-10 試験体 共通仕様

試験方法	タイロッド式試験
壁仕様	床勝ち大壁
壁高さ	3.8m
壁長さ	0.91m
柱	120mm×120mm、ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
中棧, 土台, 間柱	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
土台側受け材	ヒノキ同一等級集成材、E95-F315
桁	120mm×360mm、ヒノキ対称異等級集成材、E105-F300
柱頭・柱脚	めり込み補強金物(図 2.2-4、図 2.2-5)
床	t=28mm、構造用合板特類2級、全層スギ

表 2.7-11 試験体仕様

試験体 No.	案 1	案 2
目標耐力	20～25kN/m	20～25kN/m
壁面材	構造用合板, 特類 1級(相当)	MDF (密度 0.7 相当)
	全層カラマツ	
	t=15or18mm、両面	t=15or18mm、両面
接合具	CNZ65@150mm 2列千鳥	
試験体数	各1体(予備)→各3体	

## 2.8 試験成績書

- ・依 R03-39-1：高倍率、高階高耐力壁の面内せん断試験（2.2 前期耐力壁試験）
- ・依 R03-39-2：高倍率、高階高耐力壁の面内せん断試験（2.3 後期耐力壁試験）
- ・管理番号 K21-V124～127、V143～150：性能試験報告書〔2.6.1 面材を側材とするくぎの一面せん断接合部試験〕
- ・管理番号 K21-V243～252：性能試験報告書〔2.6.2 面材を側材とするくぎの一面せん断接合部試験（面材端あきの確認要素試験）〕
- ・面材の面内せん断試験（2.6.3 面材の面内せん断試験）

# 試験成績書

令和4年1月19日  
依頼番号 依R03-39-1

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会殿

公益財団法人日本住宅・木材技術センター  
理事長 古久保 英嗣



ご依頼の試験結果はつぎのとおりです。

1. 試験依頼者の名称 及び住所	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会 東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル5階
2. 試験概要	<p>[目的] 令和2年度(補正)林野庁補助事業「非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁、接合金物及び高性能防火壁の開発検討事業」における高倍率、高階高耐力壁の性能確認のため。</p> <p>[試験概要] 5仕様の木造軸組耐力壁の面内せん断試験を行い、そのせん断性能を確認する。</p> <p>1) 耐力壁の寸法:幅 910×高 3680mm(芯々寸法) 2) 試験体仕様と接合方法 ①厚 18mm 構造用合板(全層カラマツ,1級相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ65、外周部@100mm の2列千鳥打ち,中通部@100mm ②厚 18mm 構造用合板(全層ヒノキ,1級相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ65、外周部@100mm の2列千鳥打ち,中通部@100mm ③厚 18mm 構造用合板(全層カラマツ,1級相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ75、外周部@100mm の2列千鳥打ち,中通部@100mm ④厚 18mm MDF(30P,構造用 MDF 相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ65、外周部@200mm の2列千鳥打ち,中通部@200mm ⑤軸組フレーム 3) 試験体数:5仕様×各1体=計5体</p> <p>[試験方法] タイロッドの上部を試験体に固定し、下部を試験装置に固定する方式のタイロッドを用いた面内せん断試験</p>
3. 試験結果	別紙に示すとおり。(全44頁)
4. 試験受付日	令和3年8月30日
5. 試験実施日	令和3年9月10、13日、10月27日
6. 試験実施場所	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 試験研究所 東京都江東区新砂3丁目4番2号
7. 試験担当者及び 試験成績書作成者	室長 後藤 隆洋 研究主幹 清水 庸介 技術主任 山田 知明

この試験成績書を転載するときは、必ず全文を記載してください。

## 目 次

1. 試験体	.....	P 1
2. 試験方法	.....	P11
3. 試験結果	.....	P13
4. 短期基準せん断耐力の試算	.....	P25
写 真	.....	P32

## 1. 試験体

- (1) 試験体の詳細は、表1. 1、表1. 2及び図1. 1～図1. 4に示す。  
 (2) 試験体は、柱間隔 910mm の面材張り耐力壁である。なお、耐力壁の反加力側の柱から 910mm 外側の位置に補助柱を設置している。  
 (3) 受材の取付けに用いるタッピンねじの形状詳細は図1. 5に示す。  
 (4) 耐力壁の柱の柱頭部及び柱脚部の上下横架材へのめりこみを防ぐため、柱頭部及び柱脚部にめりこみ防止用の特注金物を取り付けている。柱頭部及び柱脚部のめり込み補強金物の形状詳細を図1. 6及び図1. 7に示す。  
 (5) 合板と木材の密度は質量を体積で除して求め、木材の含水率は全乾法により測定した結果を示す。また、MDF の密度と含水率は JIS A 5905 に準じて測定した結果を示す。

表1. 1: 構造用合板の試験体の詳細

項目	仕様詳細		
試験体記号	No.23(図 1.1)	No.24(図 1.1)	No.25(図 1.2)
耐力壁仕様	厚 18mm カラマツ合板両面張り大壁床勝ち	厚 18mm ヒノキ合板両面張り大壁床勝ち	厚 18mm カラマツ合板両面張り大壁床勝ち
試験体数	1 体	1 体	1 体
耐力壁寸法	幅 910×高 3680mm(芯々寸法)		
面材	厚 18mm 構造用合板(JAS) 接着の程度;特類 曲げ性能等;1 級相当 構成単板;積層数 7、板面の品質;C-D 寸法;幅 910×長 1820(下)、1622(上)mm		
	単板樹種;カラマツ(全層)	単板樹種;ヒノキ(全層)	単板樹種;カラマツ(全層)
	密度;0.54~0.57g/cm <sup>3</sup> (平均 0.55)	密度;0.47~0.50g/cm <sup>3</sup> (平均 0.48)	密度;0.53~0.58g/cm <sup>3</sup> (平均 0.54)
面材の接合	接合具;めっき太め鉄丸くぎ CNZ65 (ワイヤー連結くぎ MNF33-65,KN 村田産業(株)製)		接合具;めっき太め鉄丸くぎ CNZ75(ワイヤー連結くぎ MNF(V)38-75,KN 村田産業(株)製)
	くぎ間隔;外周部@100mm の 2 列千鳥打ち、中通り部@100mm		
	縁端距離;20mm と 40mm 面材と床板との隙間;30mm 面材の目地の隙間;なし くぎ打ち方法;自動くぎ打ち機(HN-90N3)による		
受材と接合	寸法;厚 120×幅 90mm 品質等;同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ		
	接合具;四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F180(図 1.5) ねじ間隔;@75mm		
床下地板と接合	厚 28mm 構造用合板(特類、2 級) 密度;0.39~0.40g/cm <sup>3</sup> 接合方法;めっき鉄丸くぎ NZ75@150mm		
軸組材	柱;120mm 角、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ 梁;幅 120×高 360mm、対称異等級構成構造用集成材(E120-F330)、カラマツ 土台;幅 150×高 120mm、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ 間柱;見付幅 45×奥行 120mm、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ 中柱;見付幅 120×奥行 120mm、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ		
	柱頭;柱頭部めり込み補強金物 360(図 1.6)を柱頭に 6-ビス(φ 6×L60mm)で留め付け、金物鋼棒部を梁に挿入し、8-φ 12×L115mm ドリフトピンで留め付け。		

柱頭、柱脚の仕口及び金物	柱脚;柱脚部めり込み補強金物 120(図 1.7)を柱脚に 6-ビス(φ6×L60mm)で留め付け、金物鋼棒部を土台に挿入し、4-ビス(φ6×L60mm)で留め付け。			
	補助柱の柱頭;柱と梁の間にめりこみ防止プレートのオメガ土台プレートⅡ(厚 12×幅 120×長さ 170mm)を挿入し、ほぞ(幅 90×厚 30×長さ 107mm)差しの上 2-くぎ N90 平打ちし、接合金物チビフリーダムコーナーを留め付ける。 補助柱の柱脚;長ほぞ(幅 120×厚 90×長さ 120mm)差しの上 2-くぎ N90 平打ちし、接合金物チビフリーダムコーナーを留め付ける。			
木材の密度及び含水率	柱	0.46,0.48g/cm <sup>3</sup> 、9.0,10.0%	0.45,0.46g/cm <sup>3</sup> 、13.5,14.0%	0.47,0.49g/cm <sup>3</sup> 、13.5,14.0%
	梁	0.54g/cm <sup>3</sup> 、10.0%	0.53g/cm <sup>3</sup> 、10.5%	0.53g/cm <sup>3</sup> 、10.5%
	土台	0.45g/cm <sup>3</sup> 、13.0%	0.45g/cm <sup>3</sup> 、14.0%	0.49g/cm <sup>3</sup> 、15.5%
	間柱	0.46,0.47g/cm <sup>3</sup> 、13.5,14.0%	0.46,0.49g/cm <sup>3</sup> 、13.0,13.5%	0.45,0.46g/cm <sup>3</sup> 、13.5,14.0%
	中棧	0.47g/cm <sup>3</sup> 、13.0%	0.46g/cm <sup>3</sup> 、14.0%	0.46g/cm <sup>3</sup> 、13.5%
	受材	0.47g/cm <sup>3</sup> 、14.0%	0.43g/cm <sup>3</sup> 、13.5%	0.46g/cm <sup>3</sup> 、14.0%

表1. 2:MDF と軸組フレームの試験体の詳細

項目	仕様詳細	
試験体記号	No.26(図 1.3)	No.0(図 1.4)
耐力壁仕様	MDF 両面張り大壁床勝ち	軸組フレーム
試験体数	1 体	1 体
耐力壁寸法	幅 910×高 3680mm(芯々寸法)	
面材	厚 18mmMDF(JIS A 5905:2014) 曲げ強さによる区分;30 タイプ 接着剤による区分;P タイプ 寸法;幅 910×長 3442mm 密度;0.70,0.71g/cm <sup>3</sup> 、含水率;9.0,9.0%	/
	面材の接合	
受材と接合	寸法;厚 120×幅 90mm 品質等;同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ 接合具;四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F180(図 1.5) ねじ間隔;@75mm	
床下地板と接合	厚 28mm 構造用合板(特類、2 級) 密度;0.40、0.41g/cm <sup>3</sup> 接合方法;めっき鉄丸くぎ NZ75@150mm	
軸組材	柱;120mm 角、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ 梁;幅 120×高 360mm、対称異等級構成構造用集成材(E120-F330)、カラマツ 土台;幅 150×高 120mm、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ 間柱;見付幅 45×奥行き 120mm、同一等級構成構造用集成材(E95-F315)、ヒノキ	
		中棧;見付幅 120×奥行き 120mm、同一等級構成構造用集成材(E105 以上)、ヒノキ
柱頭、柱脚の仕口及び金物	柱頭;柱頭部めり込み補強金物 360(図 1.6)を柱頭に 6-ビス(φ6×L60mm)で留め付け、金物鋼棒部を梁に挿入し、8-φ12×L115mm ドリフトピンで留め付け。	

		<p>柱脚;柱脚部めり込み補強金物 120(図 1.7)を柱脚に 6-ビス(<math>\phi 6 \times L60\text{mm}</math>)で留め付け、金物鋼棒部を土台に挿入し、4-ビス(<math>\phi 6 \times L60\text{mm}</math>)で留め付け。</p> <p>補助柱の柱頭;柱と梁の間にめりこみ防止プレートのオメガ土台プレートII(厚 12×幅 120×長さ 170mm)を挿入し、ほぞ(幅 90×厚 30×長さ 107mm)差しの上 2-くぎ N90 平打ちし、接合金物チビフリーダムコーナーを留め付ける。</p> <p>補助柱の柱脚;長ほぞ(幅 120×厚 90×長さ 120mm)差しの上 2-くぎ N90 平打ちし、接合金物チビフリーダムコーナーを留め付ける。</p>	
木材の 密度及 び含水 率	柱	0.48,0.50g/cm <sup>3</sup> 、14.0,14.5%	0.45,0.48g/cm <sup>3</sup> 、11.5,12.5%
	梁	0.54g/cm <sup>3</sup> 、10.0%	0.47g/cm <sup>3</sup> 、12.5%
	土台	0.42g/cm <sup>3</sup> 、13.5%	0.47g/cm <sup>3</sup> 、12.0%
	間柱	0.47g/cm <sup>3</sup> 、14.0%	0.49,0.50g/cm <sup>3</sup> 、12.5,13.5%
	受材	0.47g/cm <sup>3</sup> 、14.5%	0.47g/cm <sup>3</sup> 、12.0%
	中棧		0.50g/cm <sup>3</sup> 、12.5%

No.23、24(構造用合板,t=18mm,CNZ65,両面床勝ち大壁)

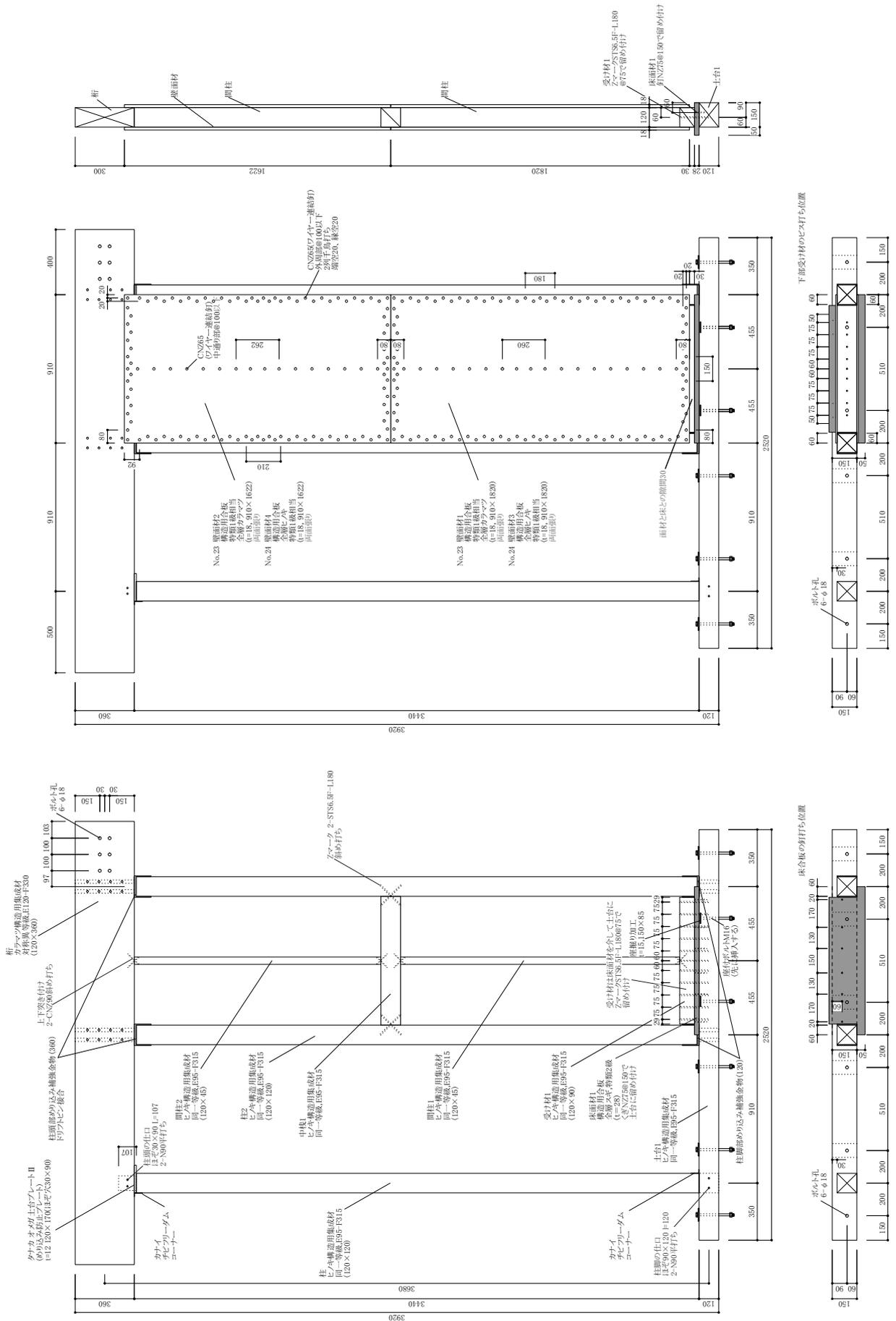


図1. 1:No.23、No.24 試験体の詳細図 (mm)

# No.25 (構造用合板, t=18mm, CNZ75, 両面床勝ち大壁)

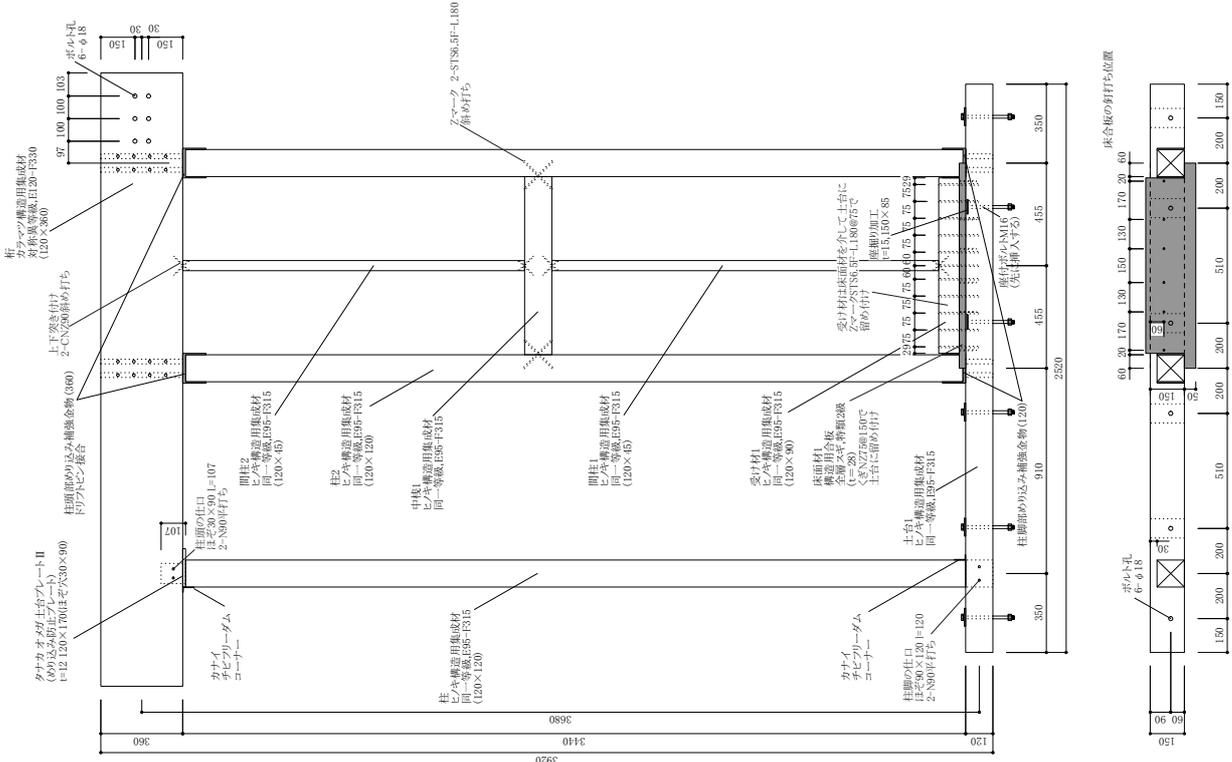


図 1. 2: No.25 試験体の詳細図 (mm)

No.26 (MDF, t=18mm, 両面床勝ち大壁)

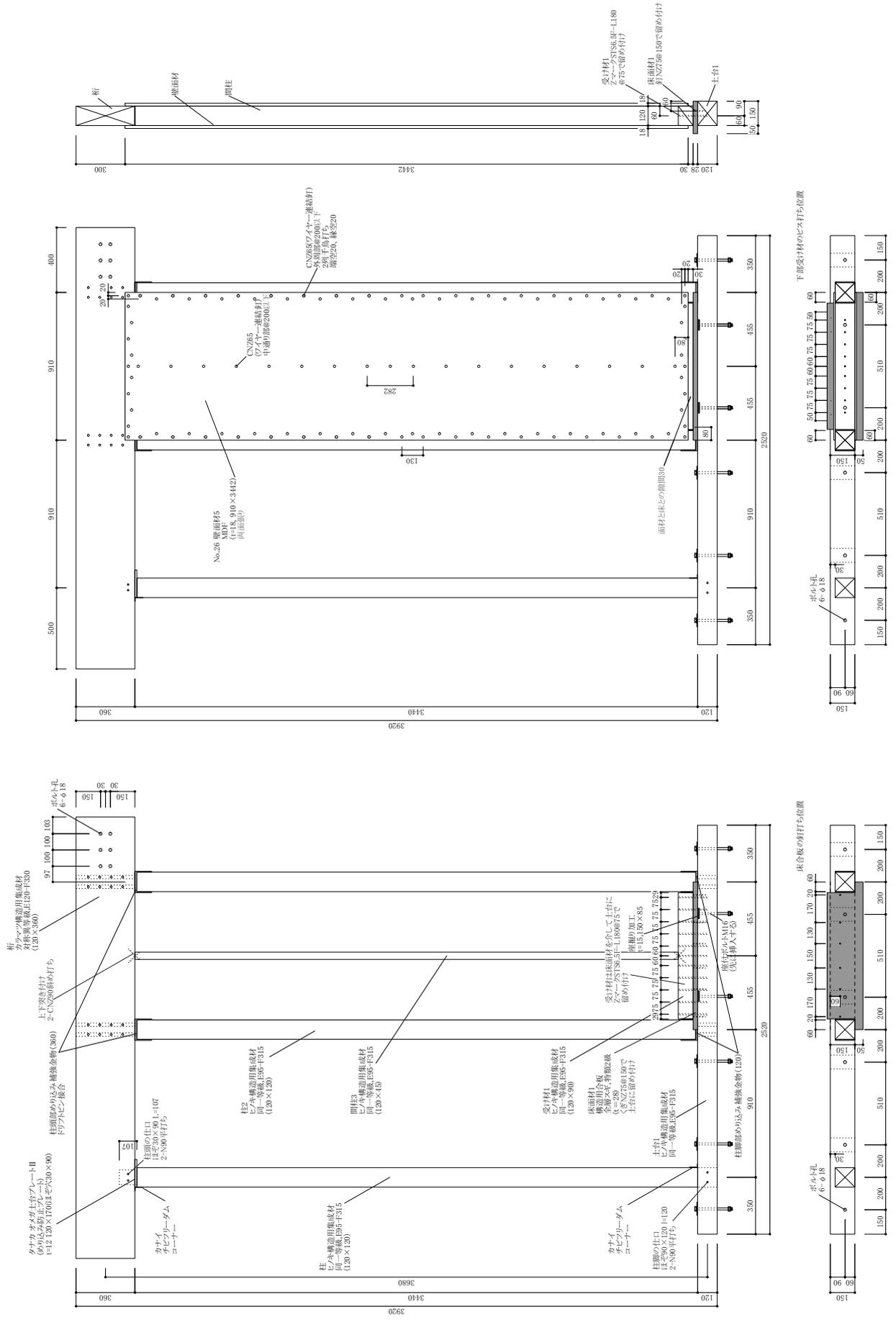


図 1. 3: No.26 試験体の詳細図 (mm)



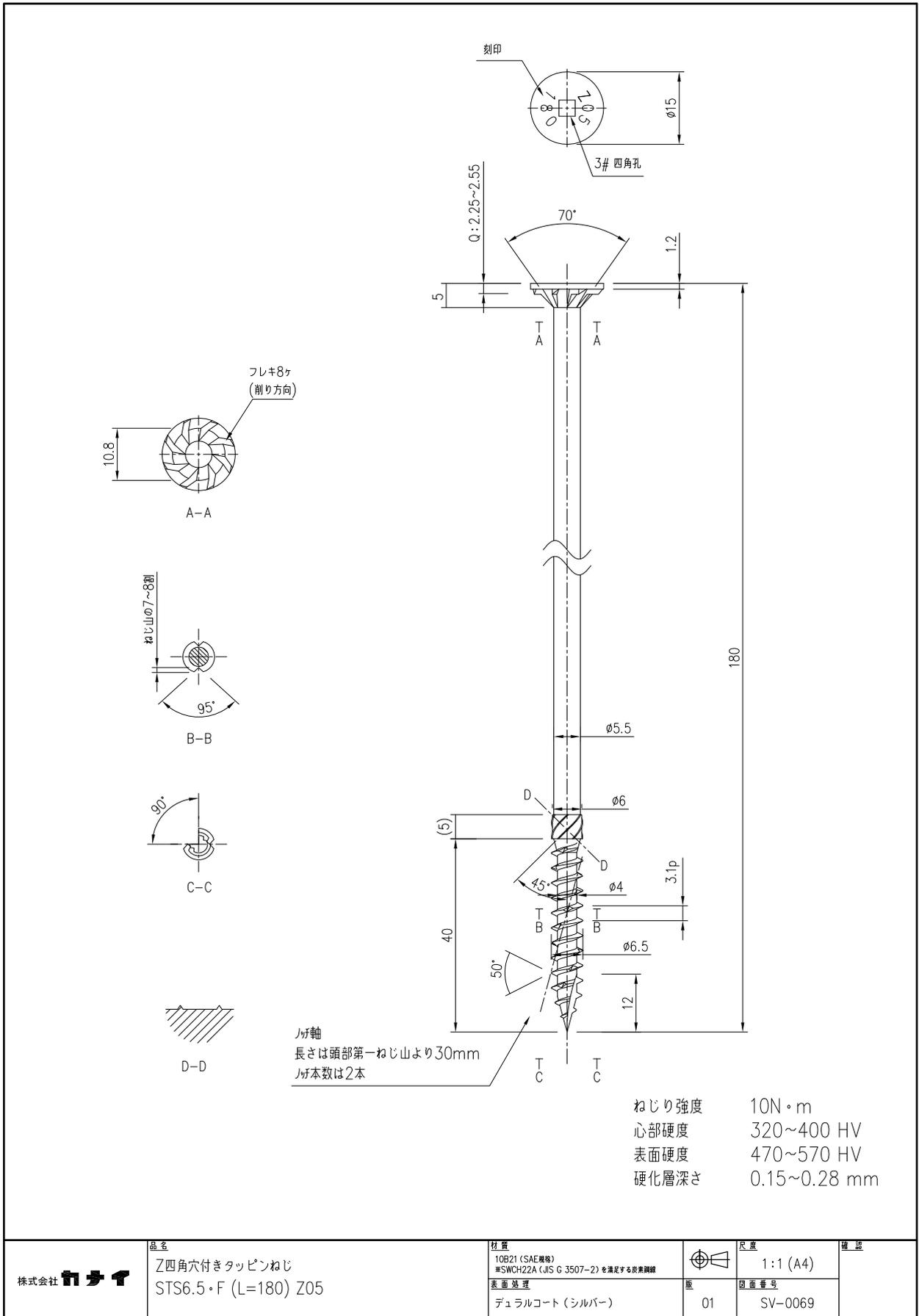


図1. 5: 四角穴付きタッピンねじ STS6.5・F180 の形状詳細 (mm)

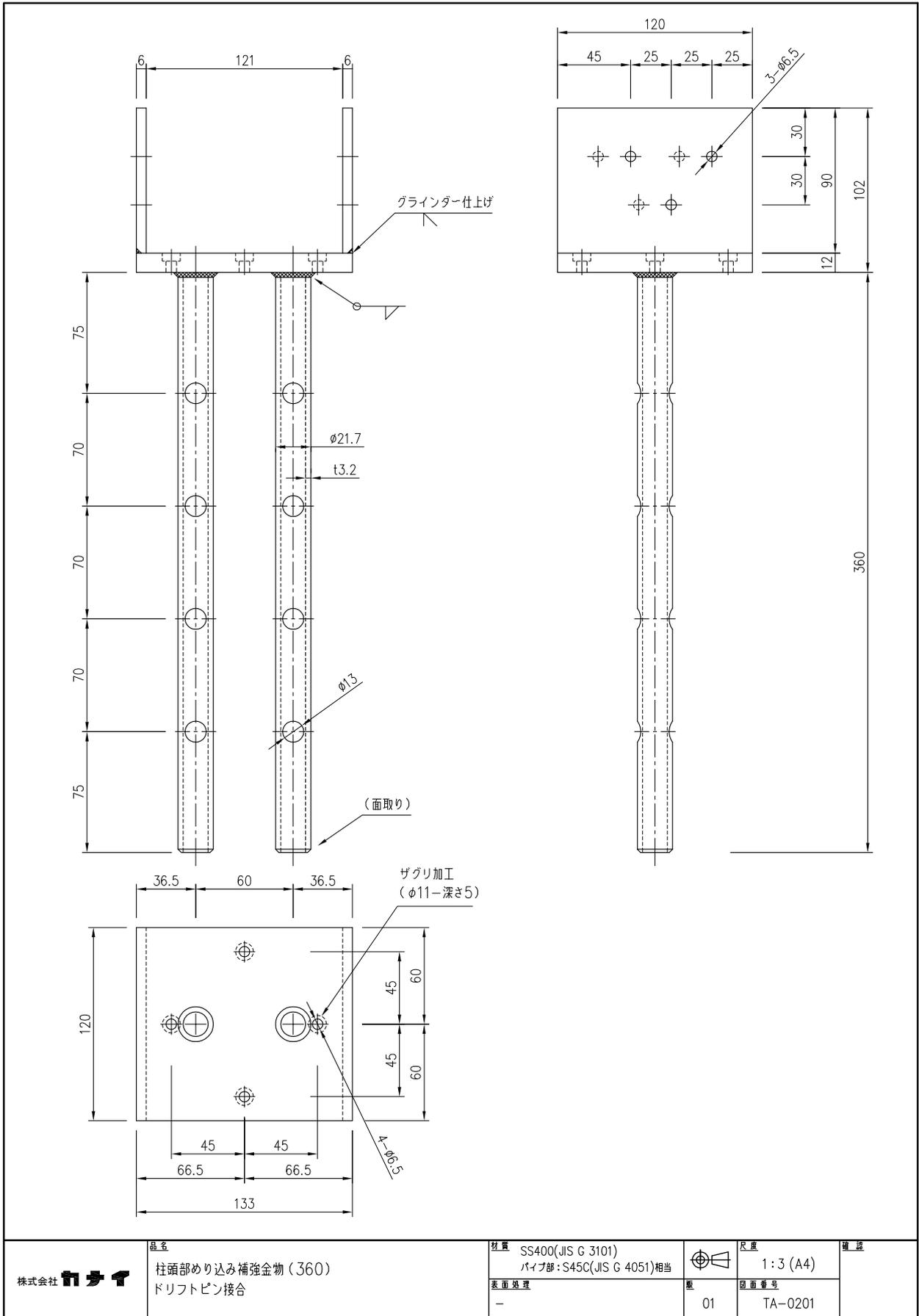
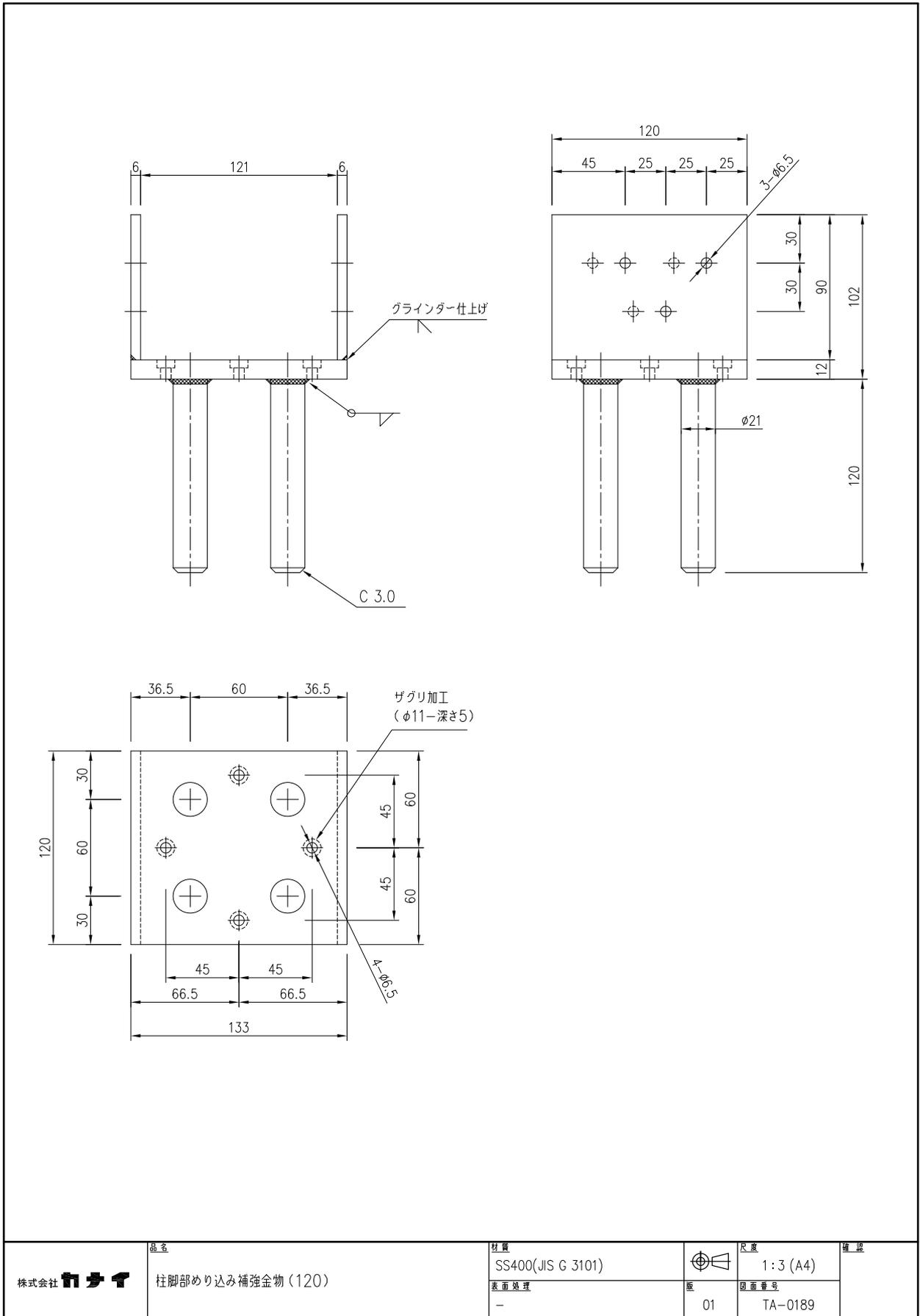


図1. 6: 柱頭部めり込み補強金物(360)の形状詳細 (mm)



株式会社 <b>ニサイ</b>	品名 柱脚部めり込み補強金物(120)	材質 SS400(JIS G 3101)	 1:3 (A4)	縮尺
		表面処理 -		

図1. 7: 柱脚部めり込み補強金物(120)の形状詳細(mm)

## 2. 試験方法

(1) 試験方法は、タイロッドの上部は試験体に固定し、下部は試験装置に固定する方式のタイロッドを用いた面内せん断試験とし、図2. 1及び図2. 2にその概要を示す。

(2) 試験体の固定方法は、土台を柱芯から両側 200mm の位置で、固定用ボルト M16 と角座金 80×厚 9mm を用い 6 箇所試験装置定盤に固定し、土台の両端にはストッパーを設置した。また、梁は振れ止めサポート及びローラーを用い、両面から挟み込むことで支持した。

(3) タイロッドには  $\phi 19\text{mm}$  PC 鋼棒を用い、タイロッド上部は梁上面に取り付けた上部固定治具とピン(ボルト M22)で接続し、タイロッド下部は試験装置定盤に取り付けた下部固定治具とピン(ボルト M22)で接続した。

(4) 繰り返し加力は、真のせん断変形角(変位計 H1-H2-(変位計 V3-V4)×標点間距離 H/V)制御で同一ステップ各3回の正負交番繰り返しとし、 $1/600$ 、 $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50$ 、 $1/30\text{rad}$ ( $1/30\text{rad}$  は 1 回)とした。

(5) 計測に用いた機器の詳細は次のとおり。

- ・ロードセル; 容量 200kN, 出力  $4000 \times 10^{-6}$  ひずみ、容量 50kN, 出力  $5000 \times 10^{-6}$  ひずみ
- ・変位計; 容量 300mm, 出力  $33 \times 10^{-6}/\text{mm}$ 、容量 200mm, 出力  $50 \times 10^{-6}/\text{mm}$ 、容量 100mm, 出力  $100 \times 10^{-6}/\text{mm}$  及び容量 50mm, 出力  $200 \times 10^{-6}/\text{mm}$
- ・ひずみゲージ; (ゲージ長 20mm、ゲージ率 2.12)

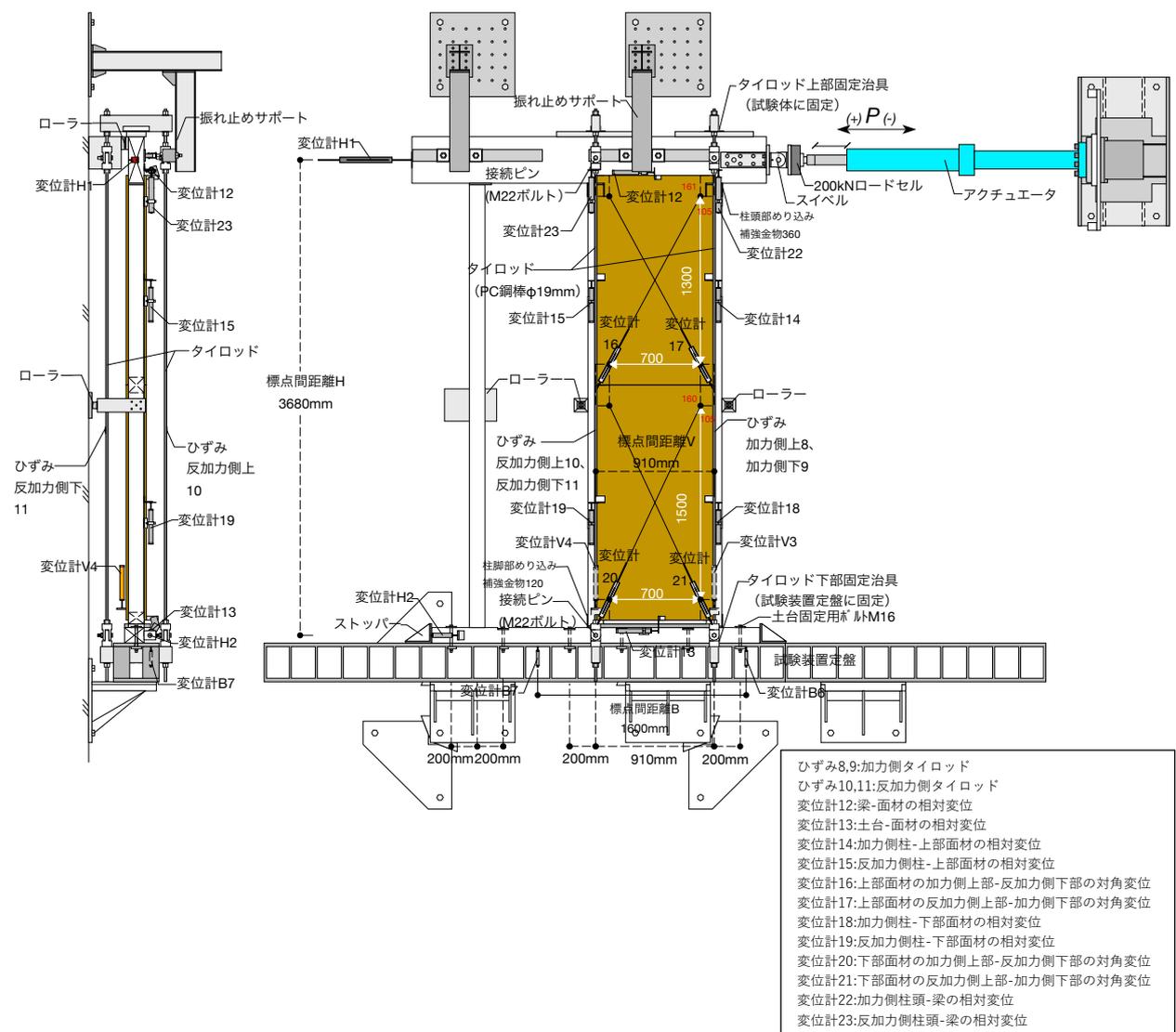


図2. 1:試験体 No.23~25 試験体上部にタイロッドを固定するタイロッドを用いた面内せん断試験方法

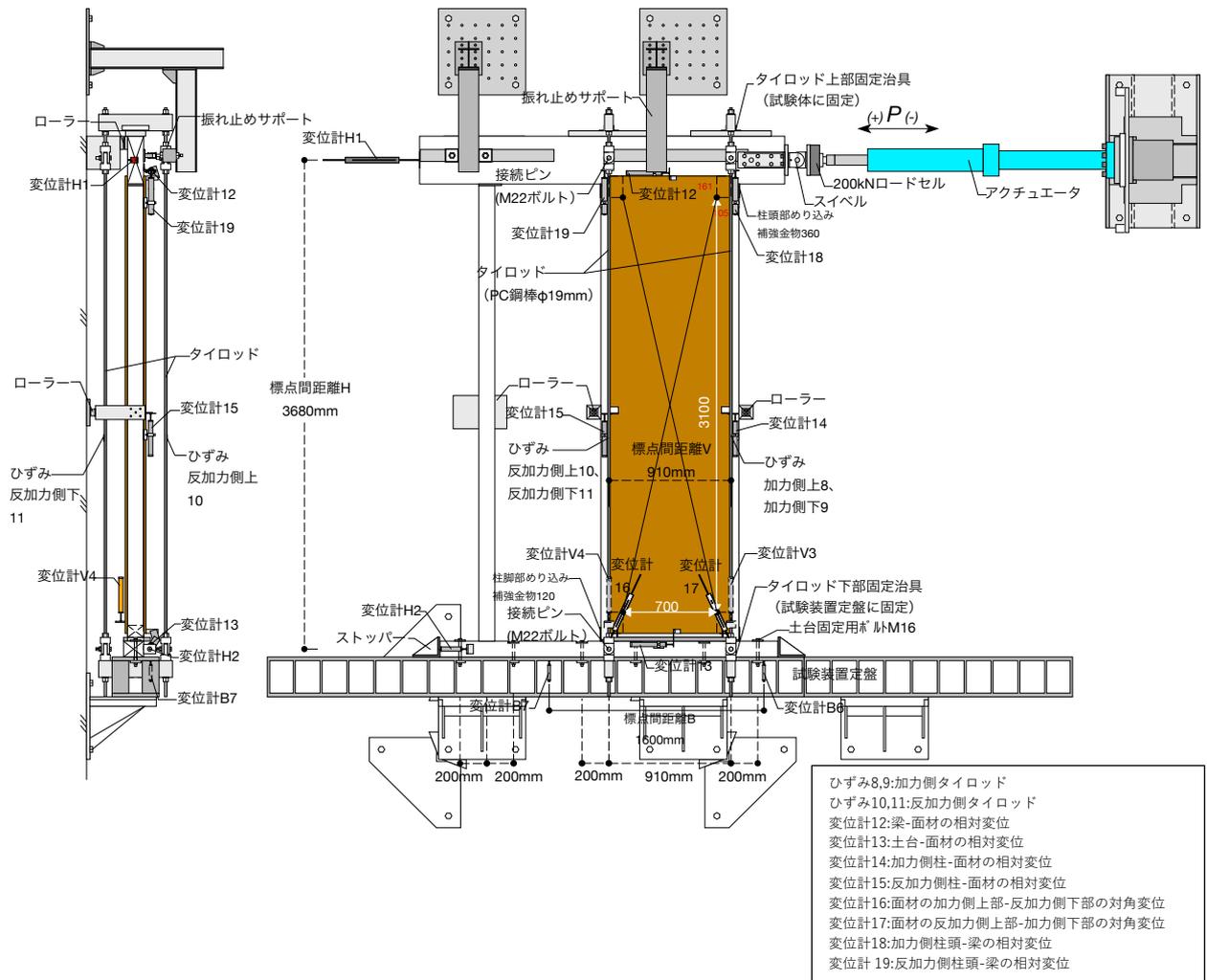


図2. 2: 試験体 No.26 試験体上部にタイロッドを固定するタイロッドを用いた面内せん断試験方法

### 3. 試験結果

(1) 試験結果の概要は表3. 1に示す。なお、試験体記号 No.0 の軸組フレームの最大荷重は真のせん断変形角 1/10rad までの最大値とする。

(2) 見かけのせん断変形角 ( $\gamma$ )、脚部のせん断変形角 ( $\theta$ ) 及び真のせん断変形角 ( $\gamma_0$ ) は、次式を用いて算出する。

$$\gamma = (H1-H2) / H - (B6-B7) / B$$

$$\theta = (V3-V4) / V - (B6-B7) / B$$

$$\gamma_0 = \gamma - \theta$$

ここで、 $\gamma$  ; 見かけのせん断変形角 (rad)

H1; 試験体頂部の水平変位 (mm)

H2; 試験体脚部の水平変位 (mm)

H; H1 と H2 の距離 (ここでは 3680) (mm)

B6; 試験装置定盤加力側の鉛直変位 (mm)

B7; 試験装置定盤反加力側の鉛直変位 (mm)

B; B6 と B7 の距離 (ここでは 1600) (mm)

$\theta$  ; 脚部のせん断変形角 (rad)

V3; 試験体加力側脚部の上下方向変位 (mm)

V4; 試験体反加力側脚部の上下方向変位 (mm)

V; V3 と V4 の距離 (ここでは 910) (mm)

$\gamma_0$ ; 真のせん断変形角 (rad)

(3) 荷重-せん断変形角曲線は、図3. 1～図3. 10に示す。また、荷重-変位曲線及びタイロッドの荷重-ひずみ曲線は図3. 11～図3. 32に示す。

(4) 試験体の破壊状況等は写真1～写真39に示す。

表3. 1: 試験結果の概要

試験体 記号	最大荷重時		主な破壊状況
	荷重 (kN)	変形角 $\gamma_0$ (rad)	
No.23	75.3	1/30	面材のくぎの引き抜け及び破断による面材の浮き上がり。 面材のくぎによる受材の割れ。
No.24	77.9	1/31	面材のくぎの引き抜けによる面材の浮き上がり。 受材固定用ねじによる受材の割れ破壊。 面材のくぎによる受材の割れ。
No.25	95.8	1/21	面材のくぎの引き抜けによる面材の浮き上がり。 面材のくぎによる受材の割れ。
No.26	42.9	1/30	面材のくぎの引き抜け及び破断による面材の浮き上がり。
No.0	8.92	1/10	柱及び間柱の回転。

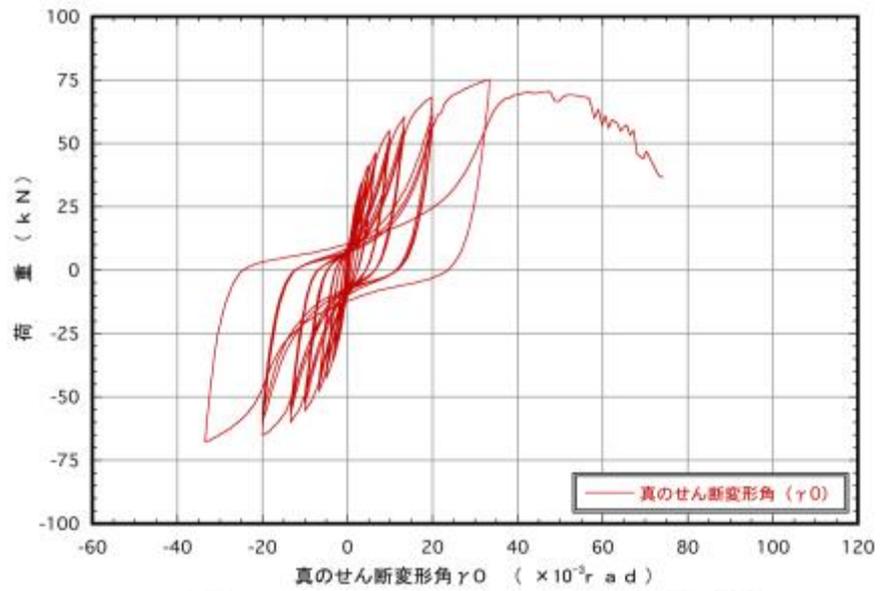


図3.1 : No .2 3 荷重-せん断変形角曲線

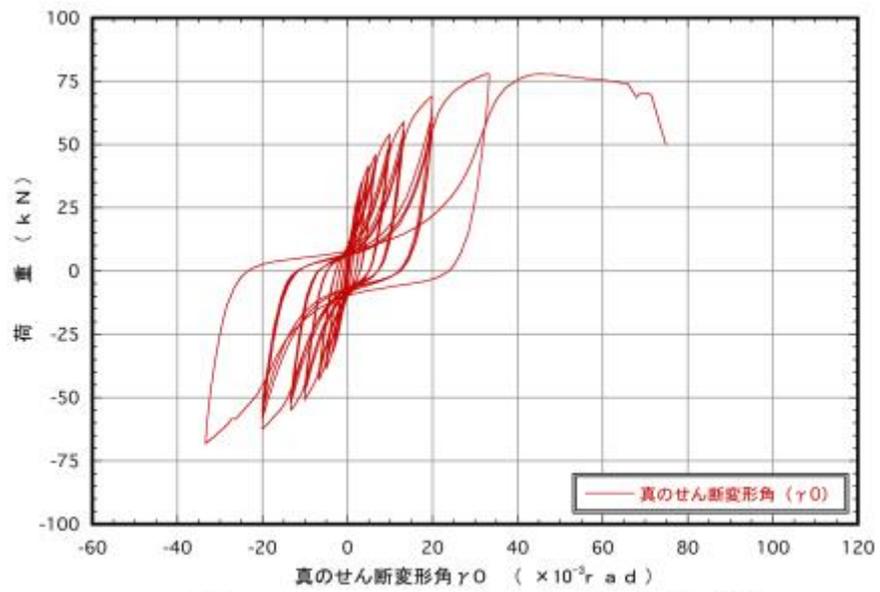


図3.2 : No .2 4 荷重-せん断変形角曲線

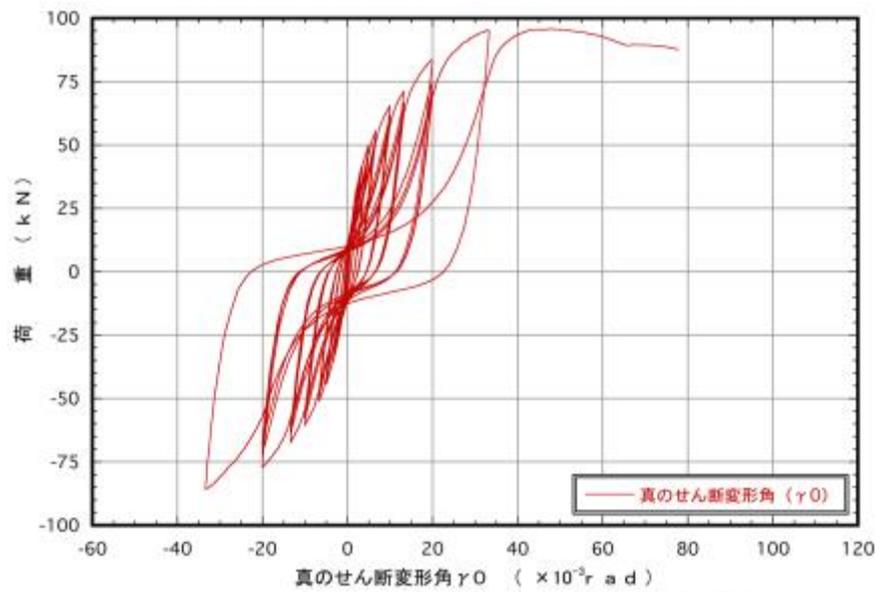


図3.3 : No .2 5 荷重-せん断変形角曲線

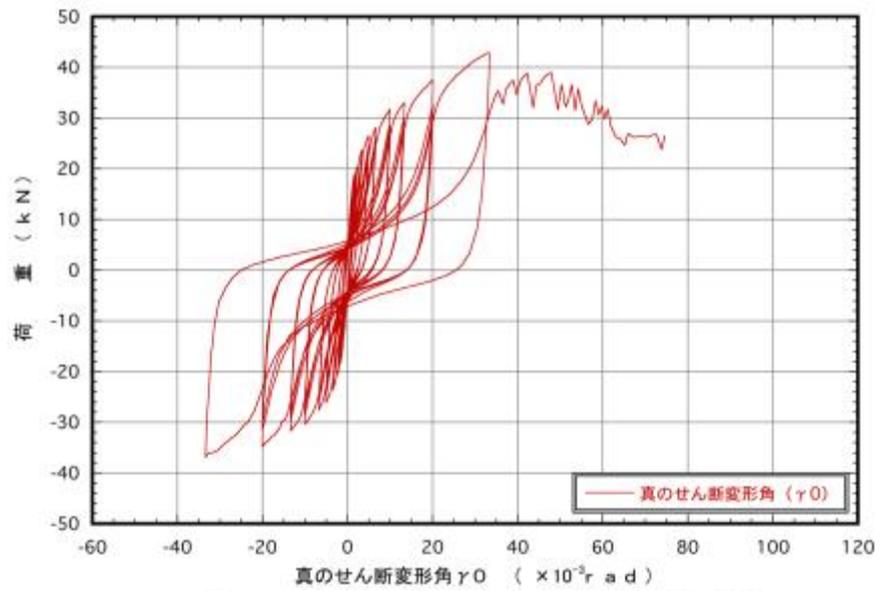


図3.4 : No.26 荷重-せん断変形角曲線

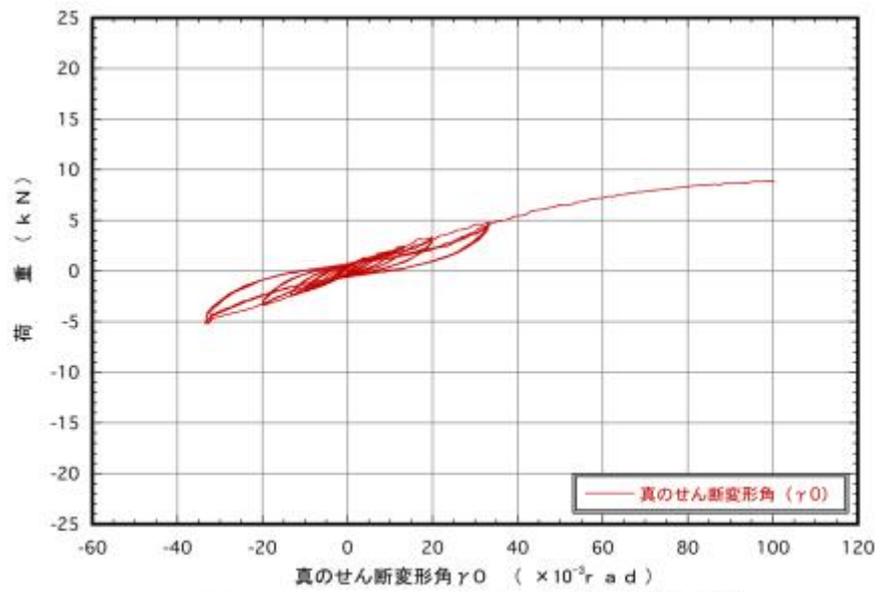


図3.5 : No.0 荷重-せん断変形角曲線

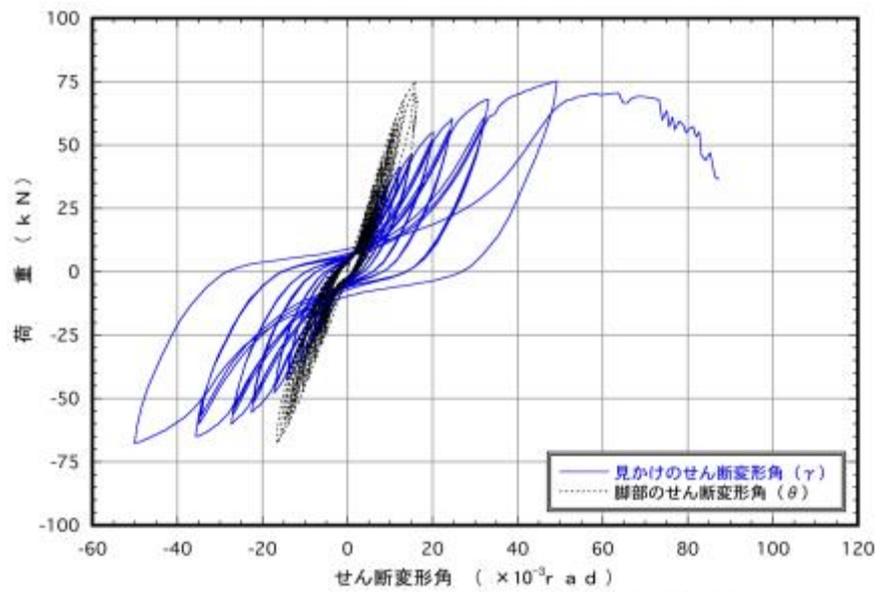


図3.6 : No.23 荷重-せん断変形角曲線

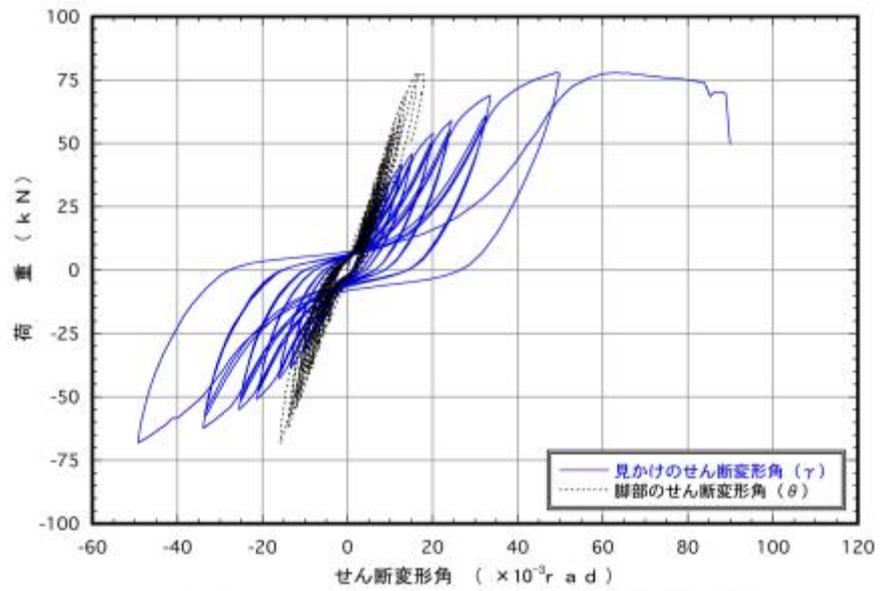


図3.7 : No .24 荷重-せん断変形角曲線

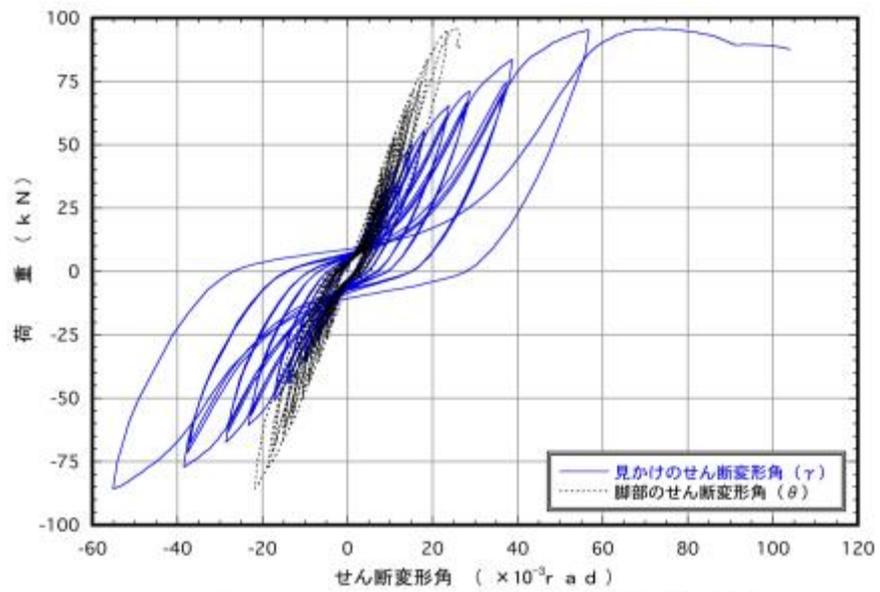


図3.8 : No .25 荷重-せん断変形角曲線

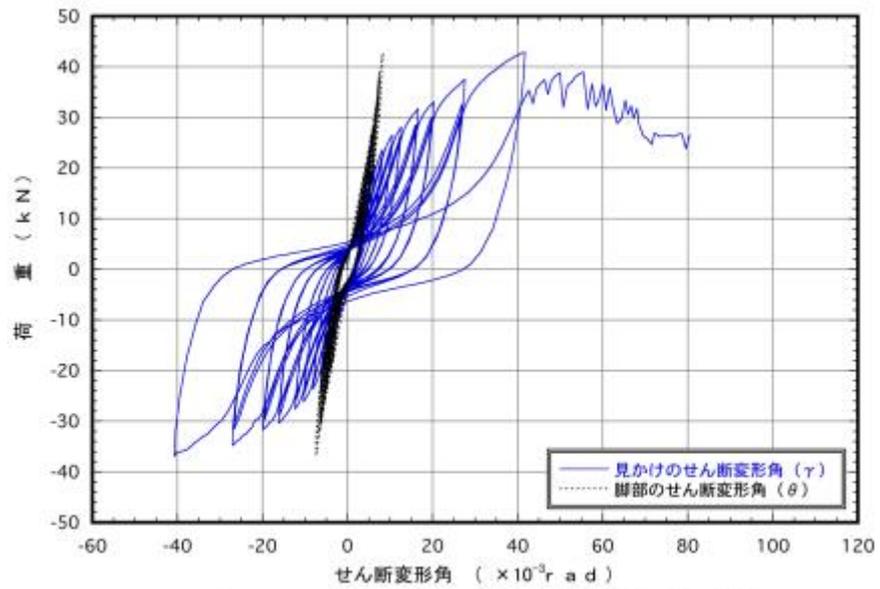


図3.9 : No .26 荷重-せん断変形角曲線

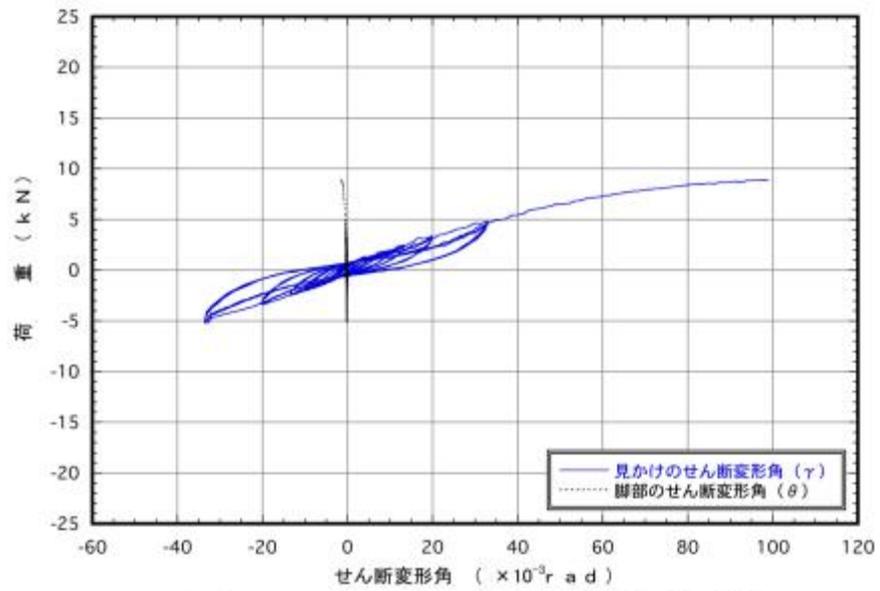


図3.10 : No.0 荷重-せん断変形角曲線

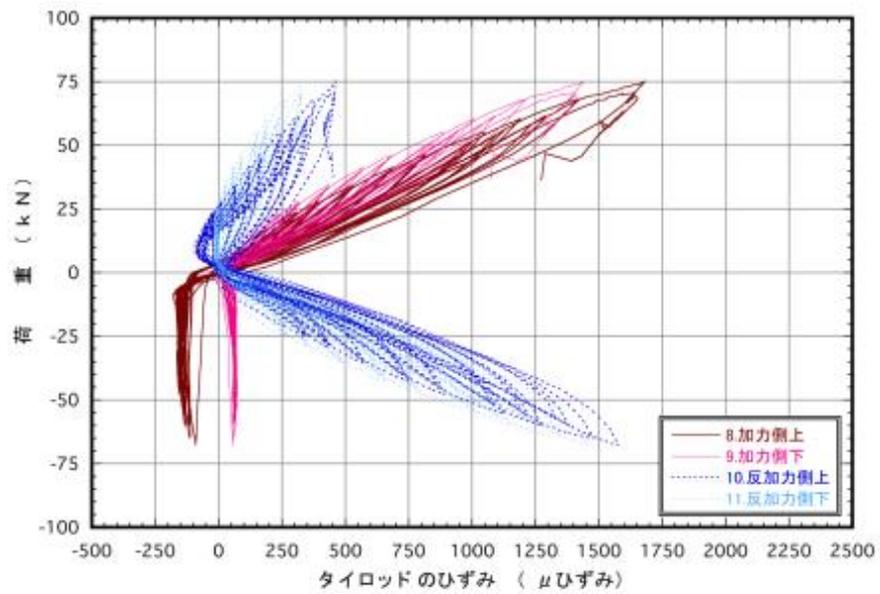


図3.11 : No.23 荷重-ひずみ曲線

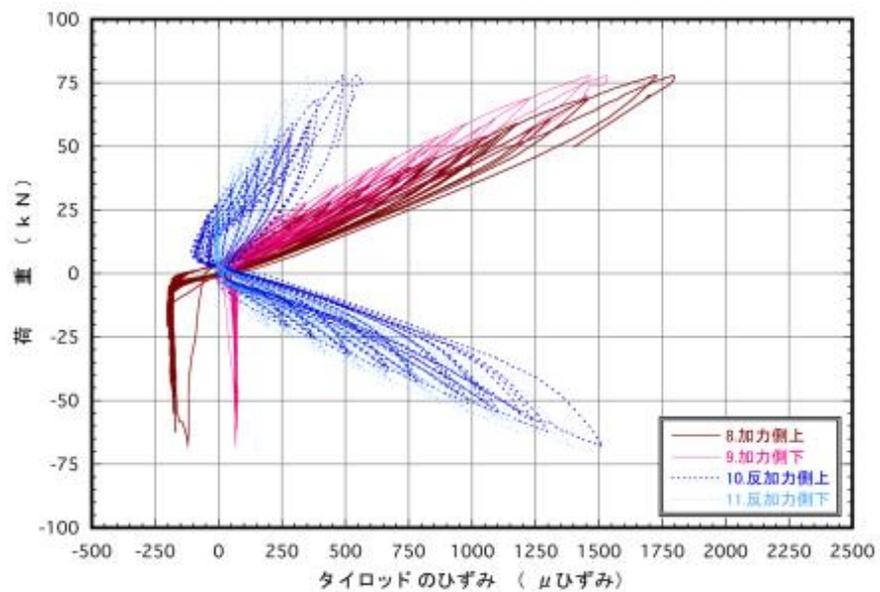


図3.12 : No.24 荷重-ひずみ曲線

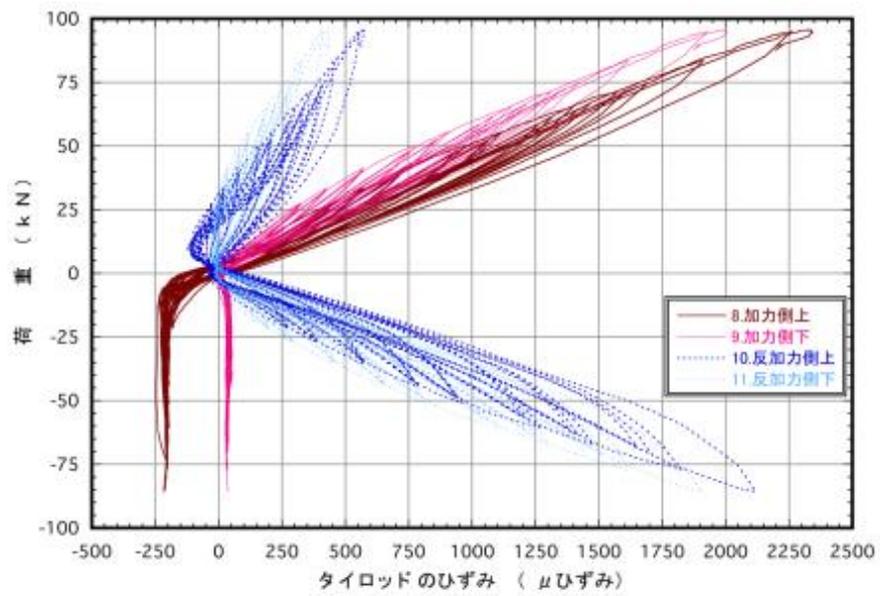


図3.13 : No.25 荷重-ひずみ曲線

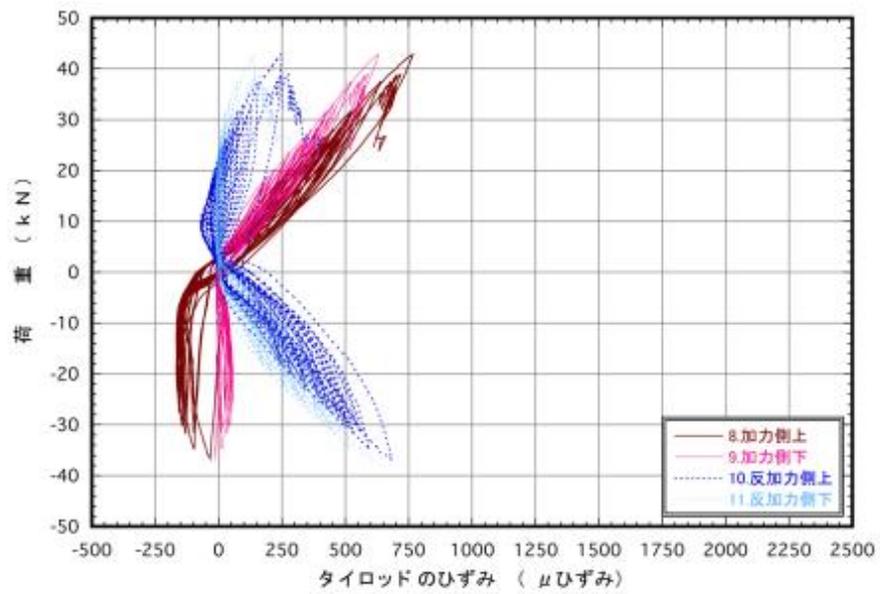


図3.14 : No.26 荷重-ひずみ曲線

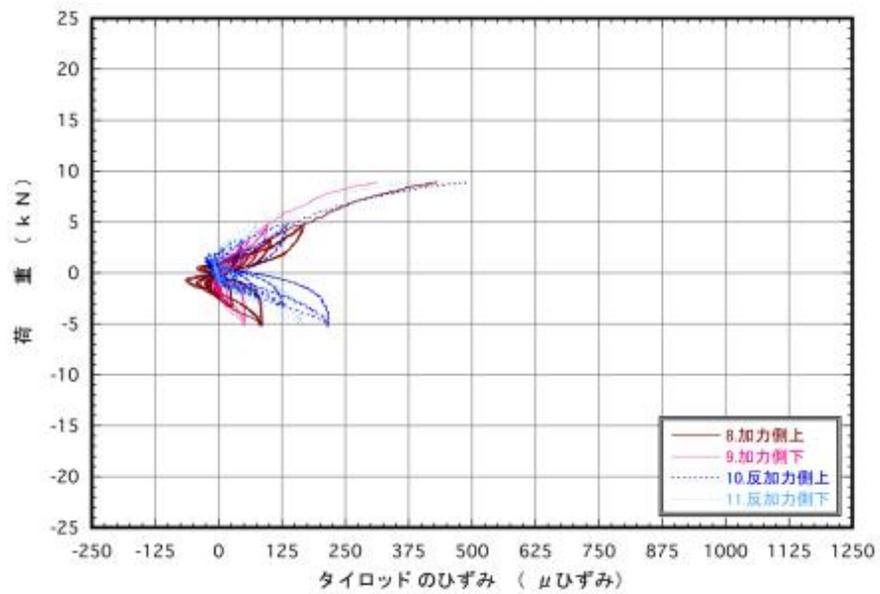


図3.15 : No.0 荷重-ひずみ曲線

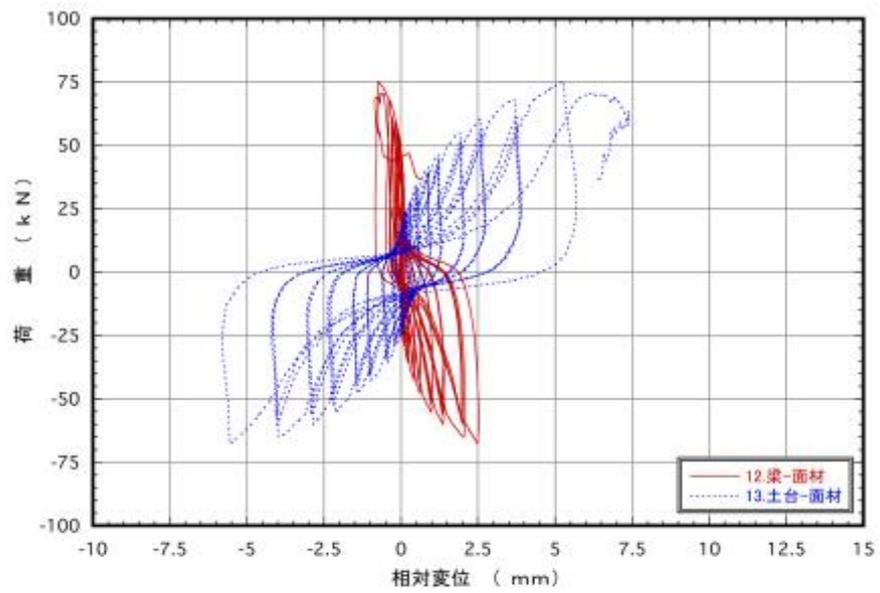


図3.16 : No.23 荷重-変位曲線

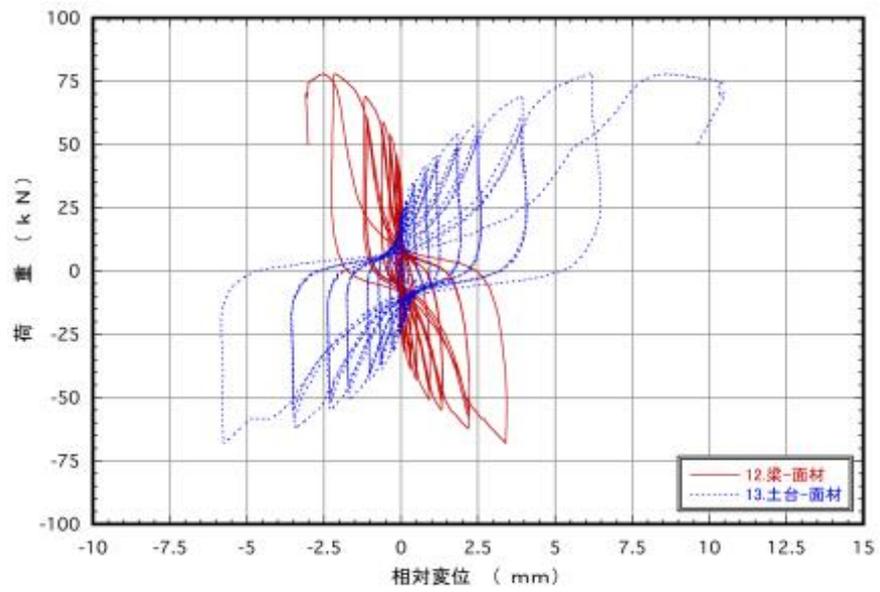


図3.17 : No.24 荷重-変位曲線

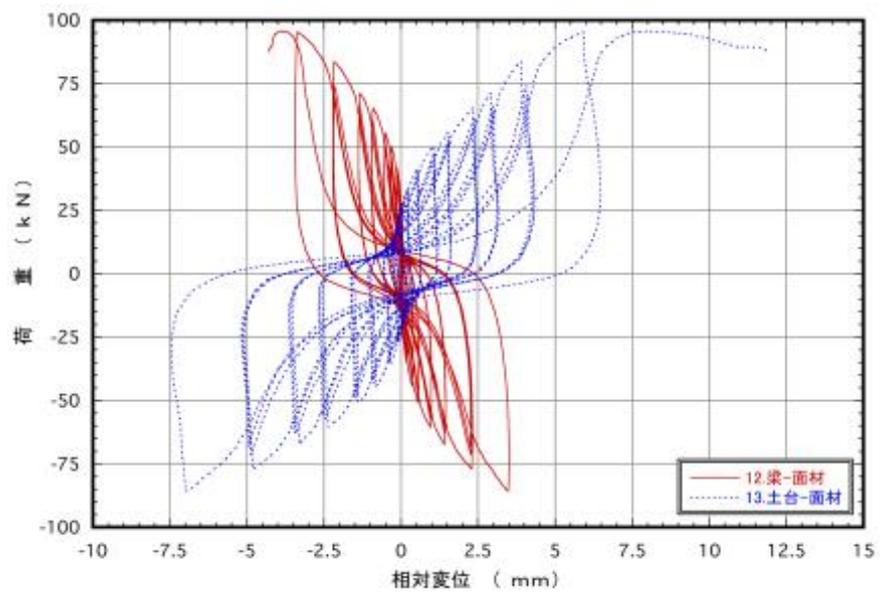


図3.18 : No.25 荷重-変位曲線

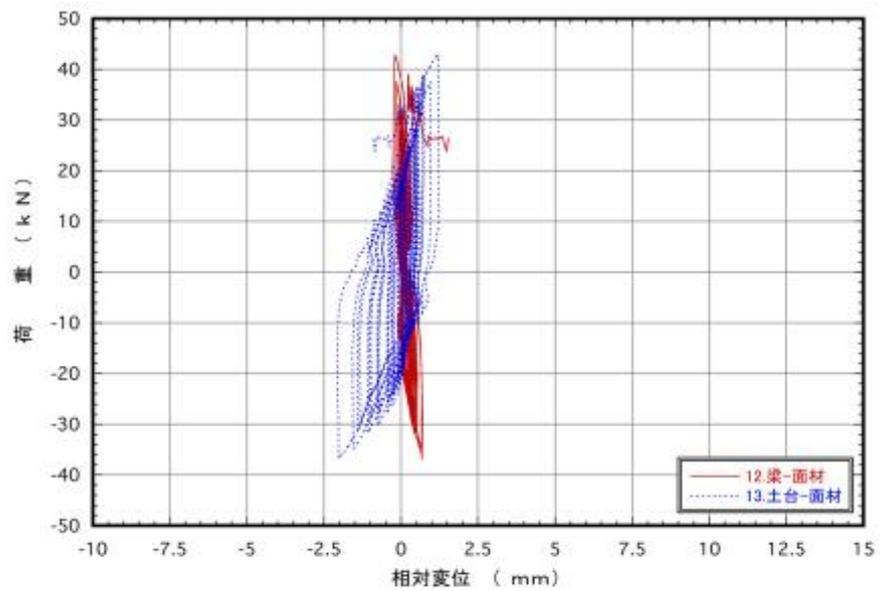


図3.19 : No.26 荷重-変位曲線

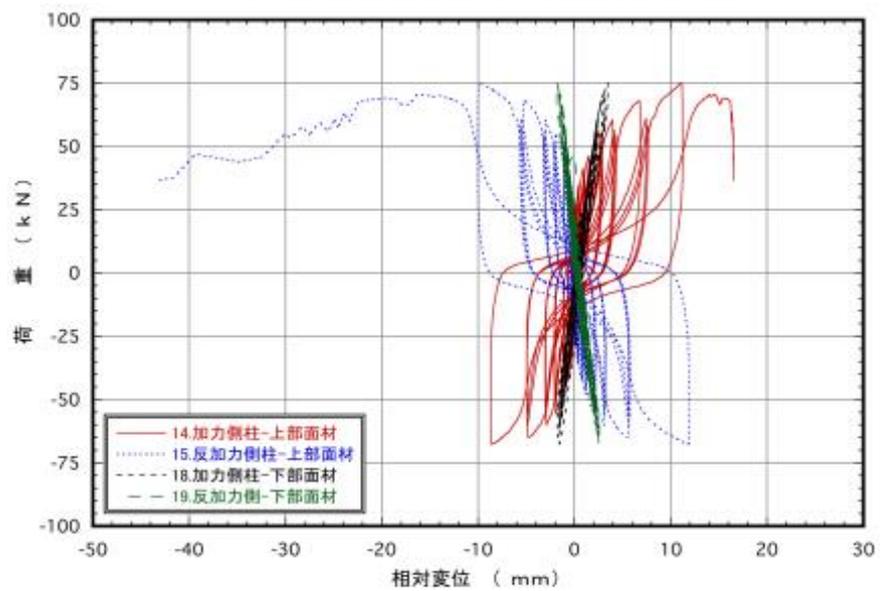


図3.20 : No.23 荷重-変位曲線

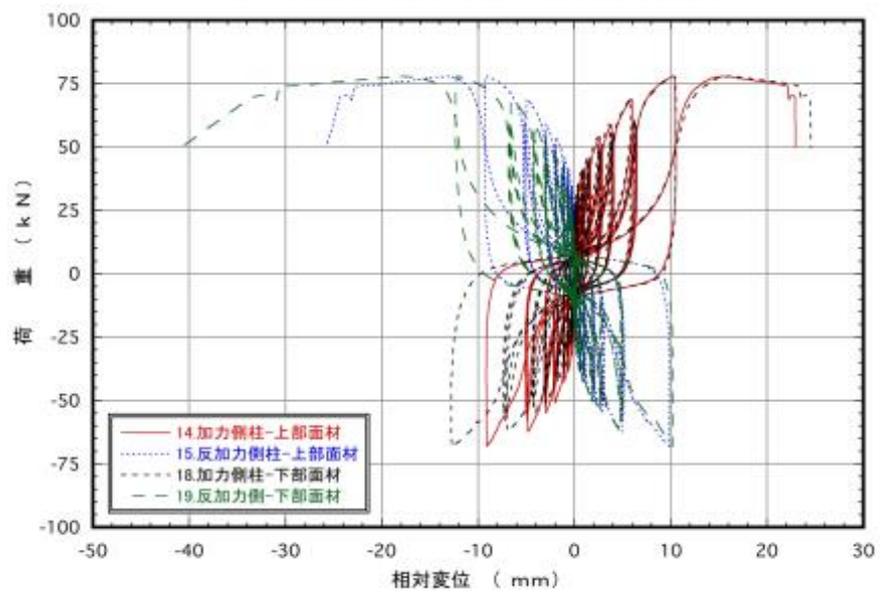


図3.21 : No.24 荷重-変位曲線

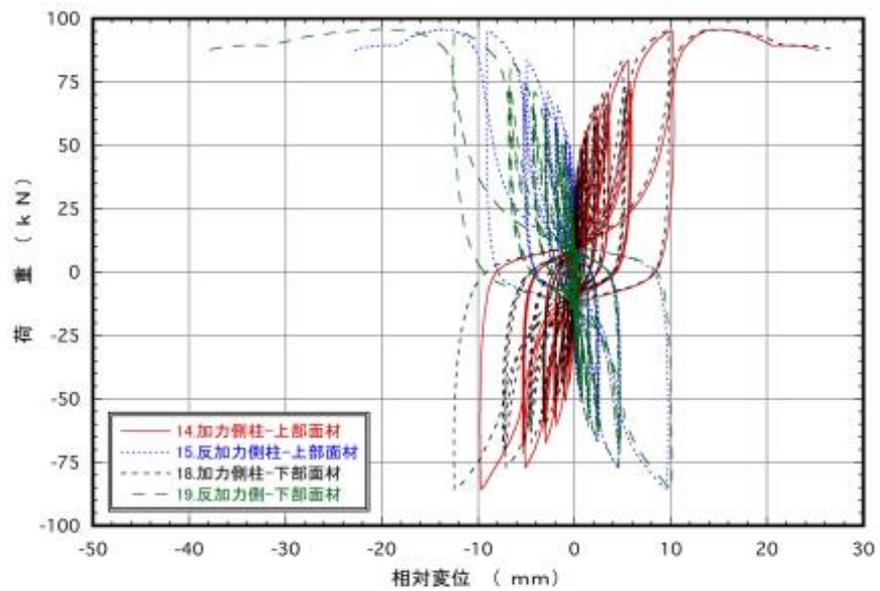


図3.22 : No.25 荷重-変位曲線

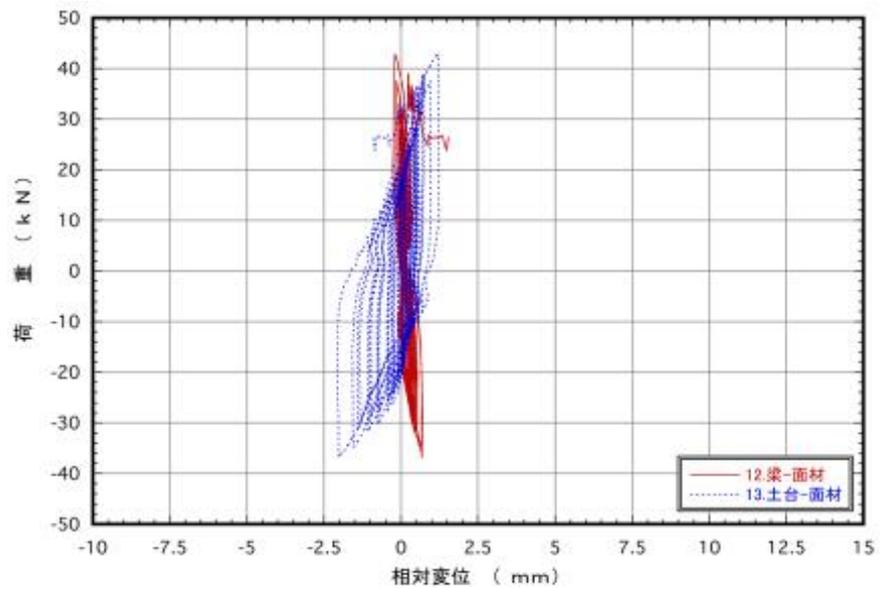


図3.23 : No.26 荷重-変位曲線

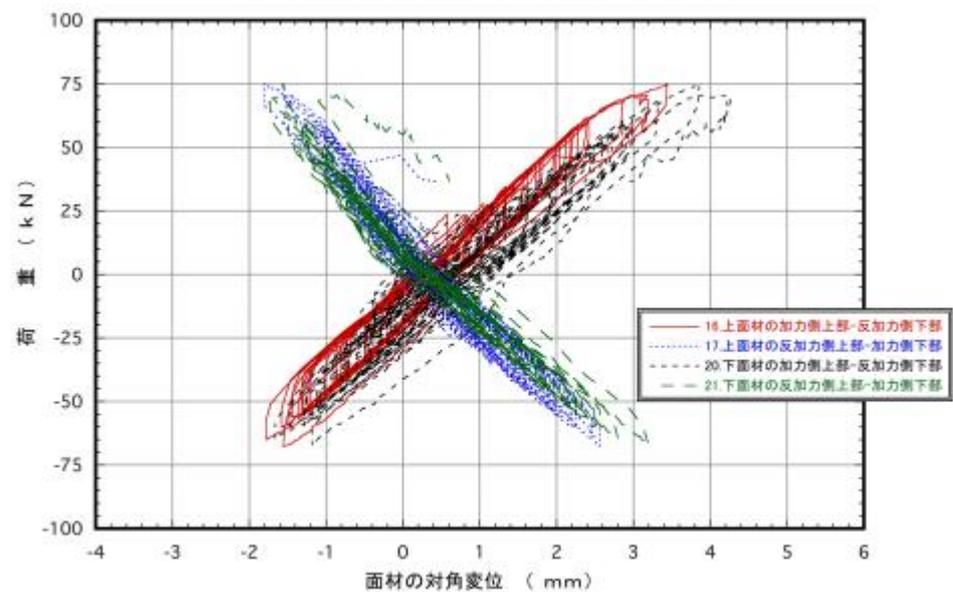


図3.24 : No.23 荷重-変位曲線

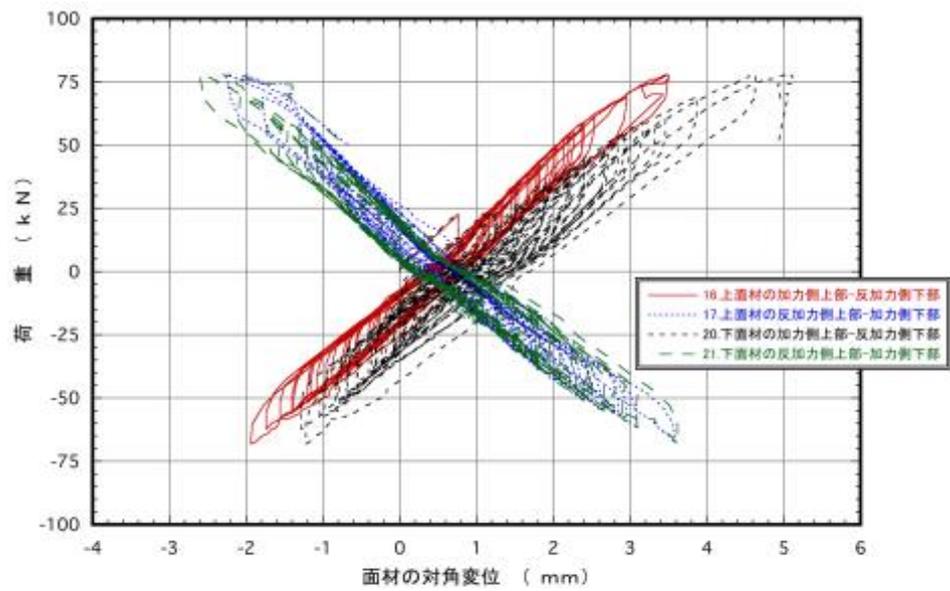


図3.25 : No.24 荷重-変位曲線

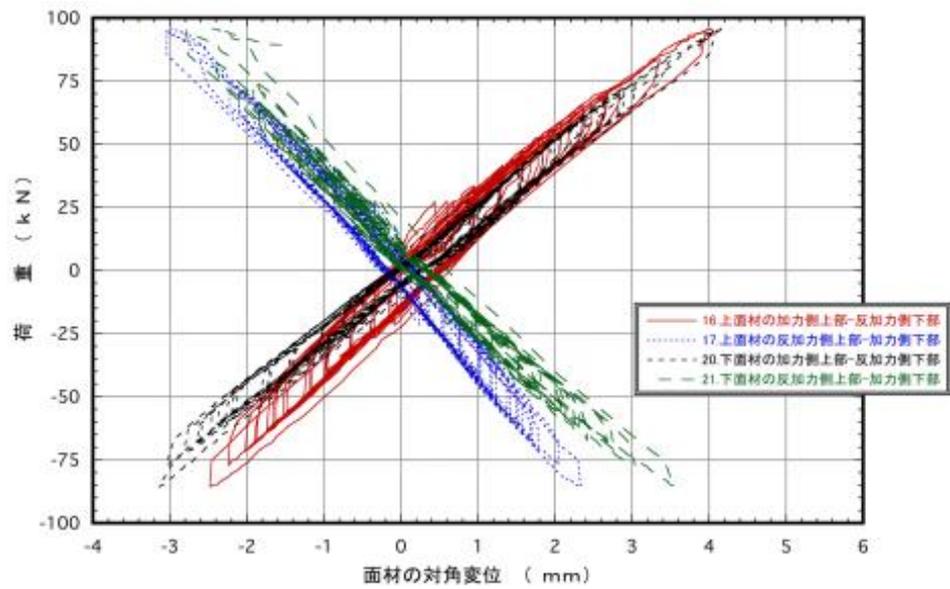


図3.26 : No.25 荷重-変位曲線

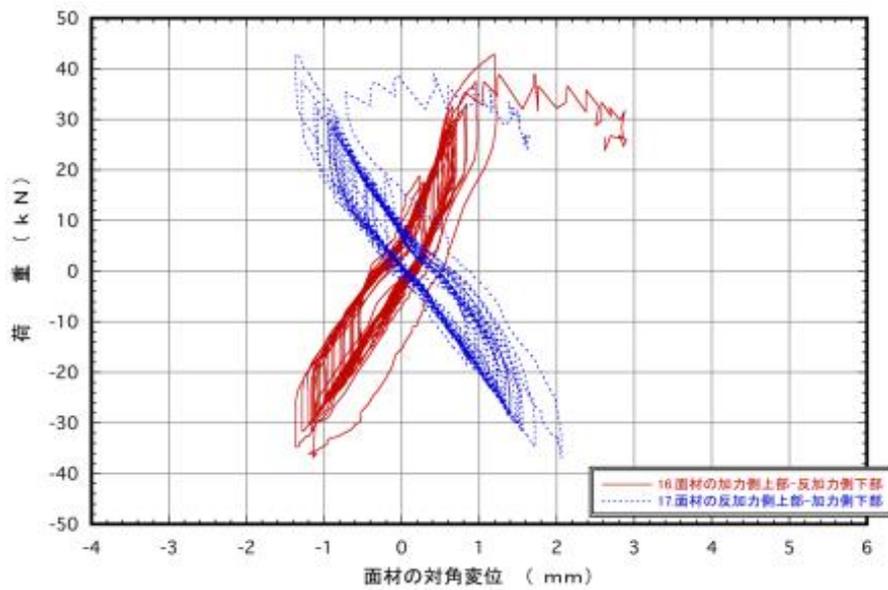


図3.27 : No.26 荷重-変位曲線

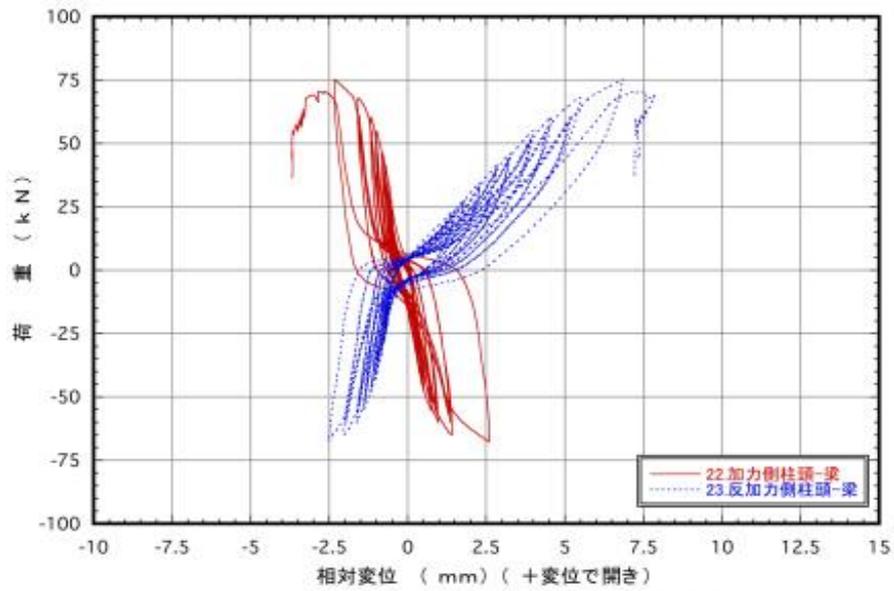


図3.28 : No.23 荷重-変位曲線

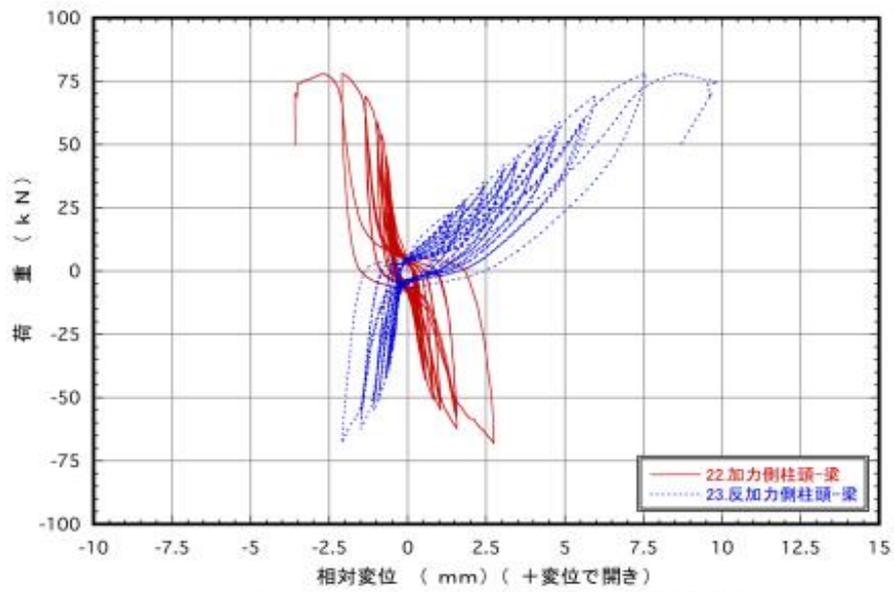


図3.29 : No.24 荷重-変位曲線

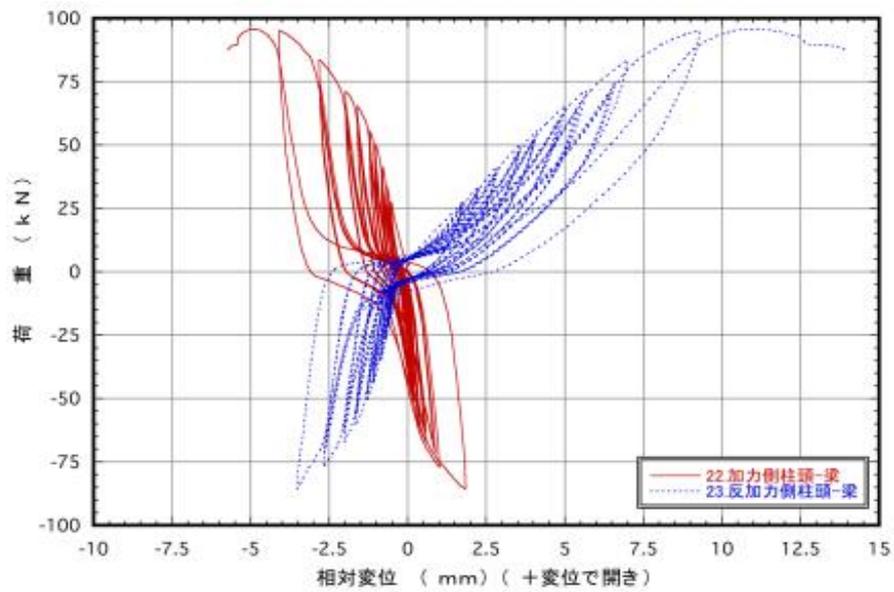


図3.30 : No.25 荷重-変位曲線

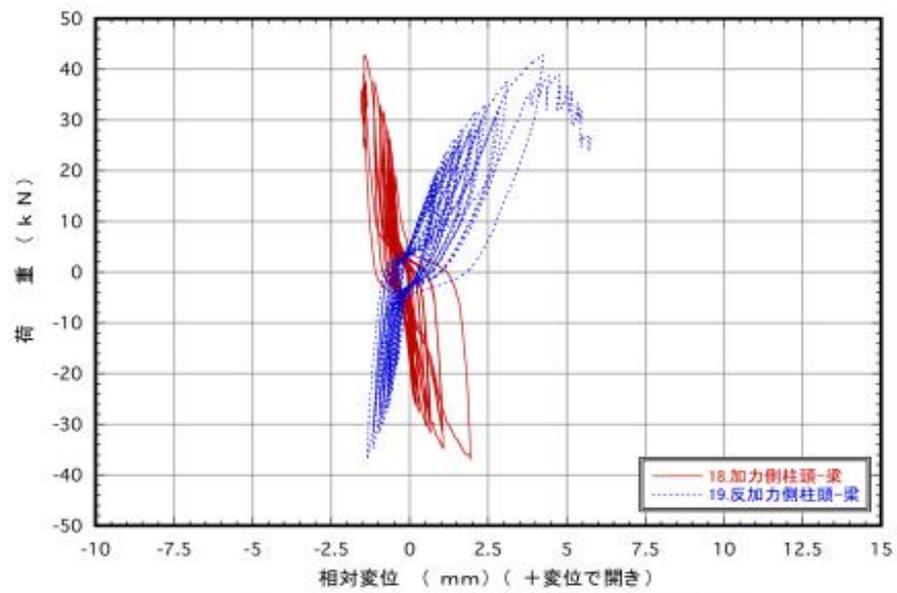


図3.3.1 : No.26 荷重-変位曲線

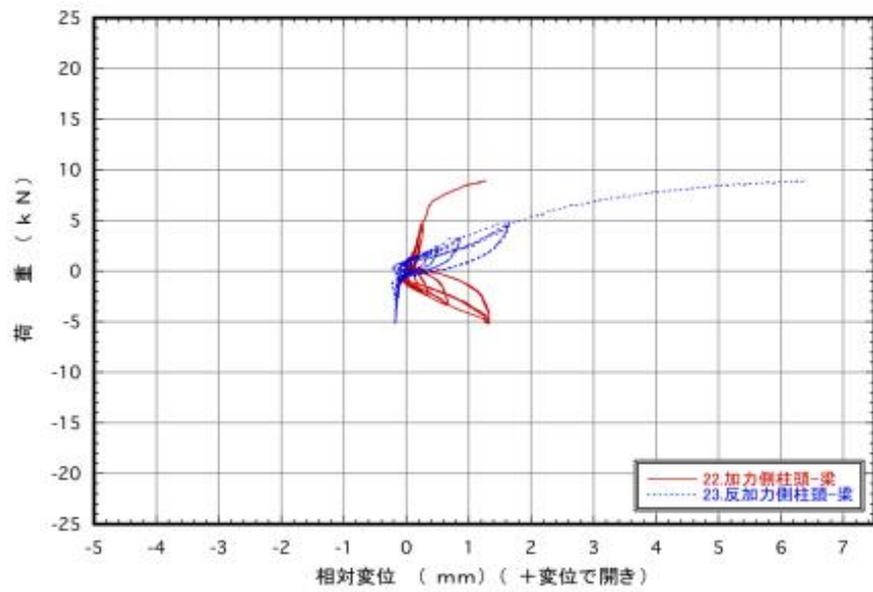


図3.3.2 : No.0 荷重-変位曲線

#### 4. 短期基準せん断耐力の試算

短期基準せん断耐力の試算は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版)」(企画編集(公財)日本住宅・木材技術センター)の鉛直構面の面内せん断試験の評価方法に準拠する。

(1)包絡線は、終局加力側の荷重-真のせん断変形角曲線より作製し、図4. 1～図4. 5に示す。また、荷重-見かけのせん断変形角曲線より作製した包絡線は図4. 6～図4. 10に示す。

(2)真のせん断変形角包絡線から完全弾塑性モデルにより降伏耐力等の特性値を算出し、表4. 1に示す。また、見かけのせん断変形角包絡線から算出した特性値は表4. 2に示す。

(3)短期基準せん断耐力は、下記の①～④に掲げる耐力のうち最も小さい値を短期基準せん断耐力とする。また、見かけのせん断変形角包絡線から算出する場合は下記④は見かけのせん断変形角が1/120rad時の耐力P120とする。なお、ここでは試験体数が各仕様1体のためばらつき係数は乗じていない。

①降伏耐力  $P_y$

②終局耐力  $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$

③最大耐力  $P_{max} \cdot 2/3$

④真のせん断変形角が1/150rad時の耐力P150、見かけのせん断変形角包絡線の場合は見かけのせん断変形角が1/120rad時の耐力P120

(4)壁長1mあたりの短期基準せん断耐力は、表4. 1の真のせん断変形角包絡線より算出した短期基準せん断耐力を試験体の壁長0.91mで除して求め表4. 3に示す。また、表4. 2の見かけのせん断変形角包絡線より算出した短期基準せん断耐力を試験体の壁長0.91mで除して求めた値も併せて示す。

参考に下式より試算した相当倍率も併せて示す。

試算倍率 = 壁長1mあたりの短期基準せん断耐力  $\times$  (1/1.96)

ここで、1.96; 倍率=1の基準値(kN/m)

表4. 3: 壁長1mあたりの短期基準せん断耐力の試算と試算した相当倍率

試験体 記号	真のせん断変形角より算出			見かけのせん断変形角より算出		
	決定因子	短期基準せん断耐力 (kN/m)	相当倍率	決定因子	短期基準せん断耐力 (kN/m)	相当倍率
No.23	$P_y$	<b>44.8</b>	(22.8)	P120	<b>34.4</b>	(17.5)
No.24	$P_y$	<b>44.6</b>	(22.7)	P120	<b>33.8</b>	(17.2)
No.25	$P_y$	<b>55.6</b>	(28.3)	P120	<b>33.8</b>	(17.2)
No.26	$P_y$	<b>25.8</b>	(13.1)	$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$	<b>21.4</b>	(10.9)
No.0	P150	<b>1.70</b>	(0.8)	P120	<b>1.93</b>	(0.9)

注) 短期基準せん断耐力にはばらつき係数は乗じていない。また、相当倍率にはばらつき係数及び低減係数  $\alpha$  は乗じていない。

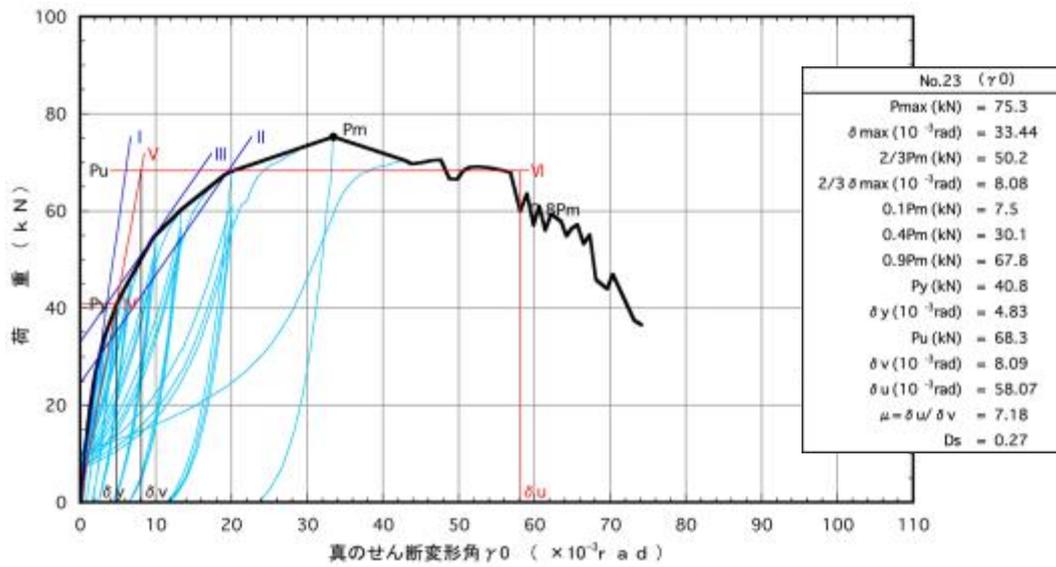


図4.1 : No.23 包絡線及び完全弾塑性モデル

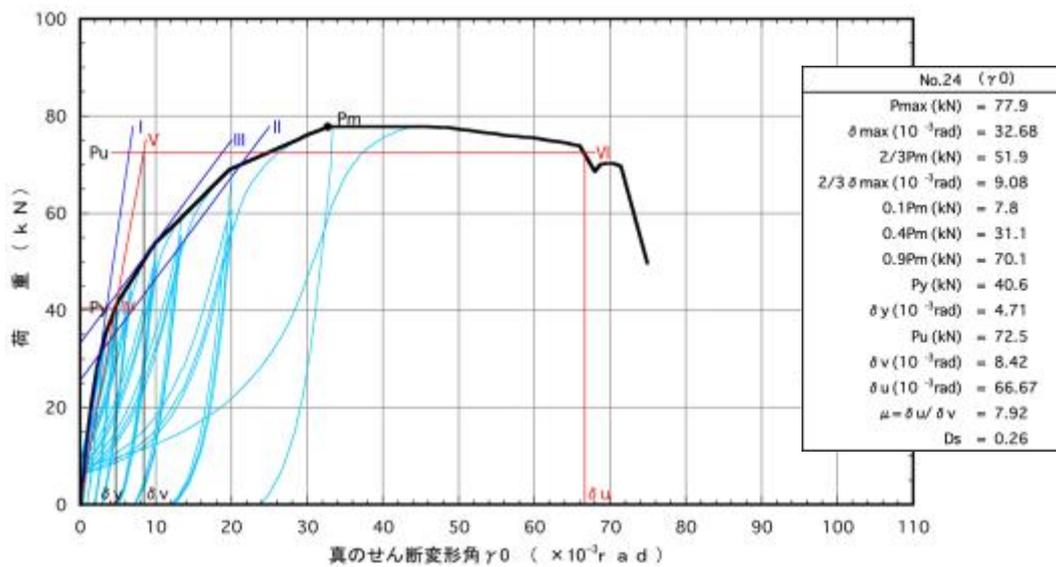


図4.2 : No.24 包絡線及び完全弾塑性モデル

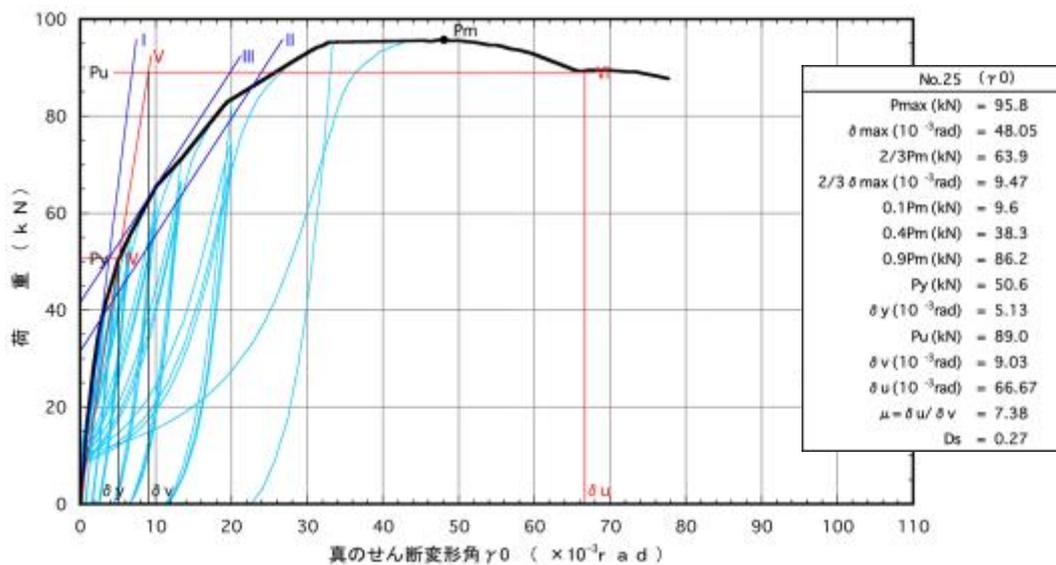


図4.3 : No.25 包絡線及び完全弾塑性モデル

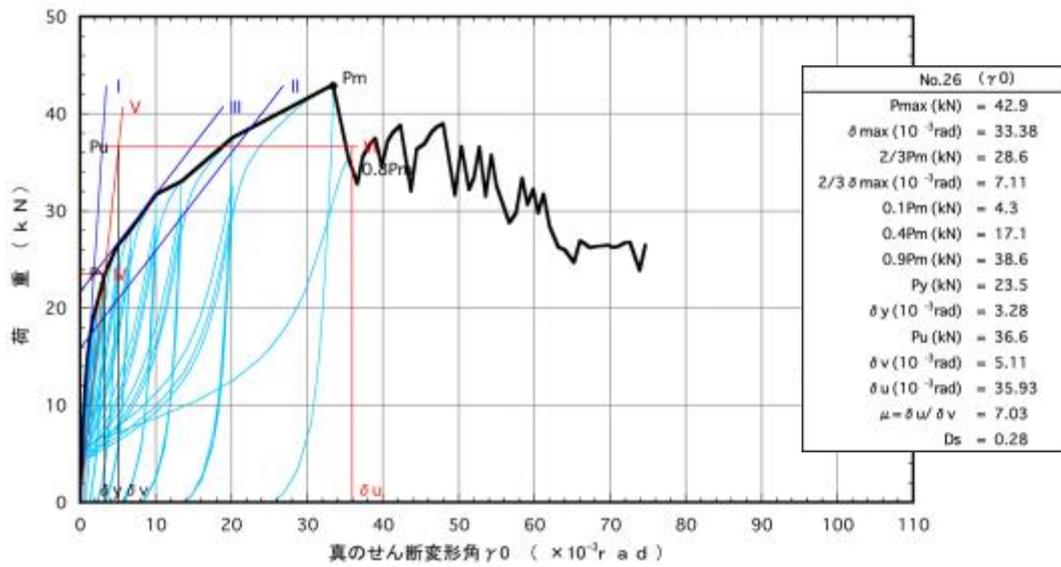


図4.4 : No.26 包絡線及び完全弾塑性モデル

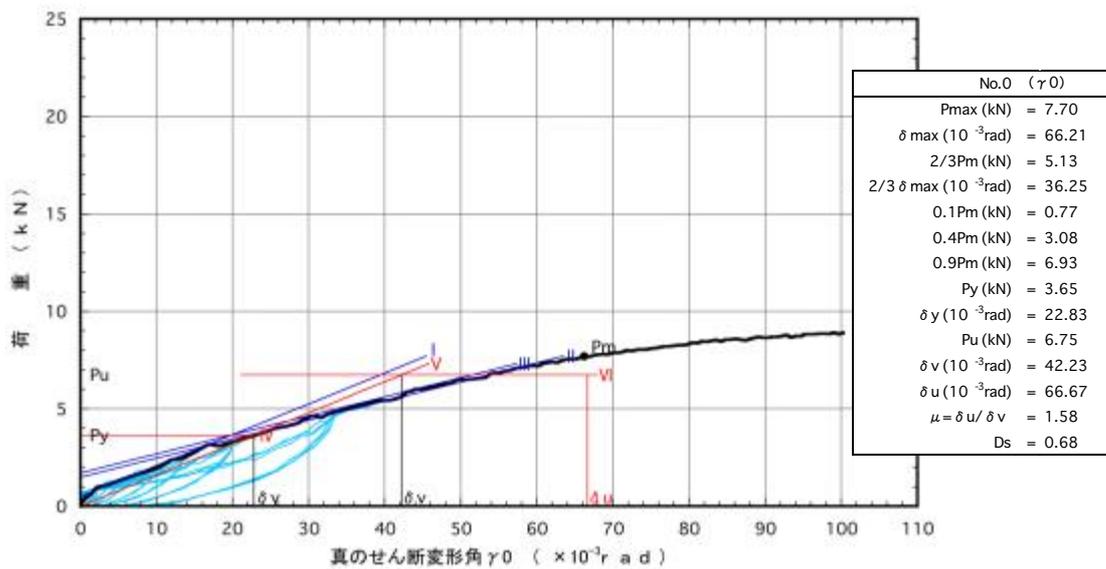


図4.5 : No.0 包絡線及び完全弾塑性モデル

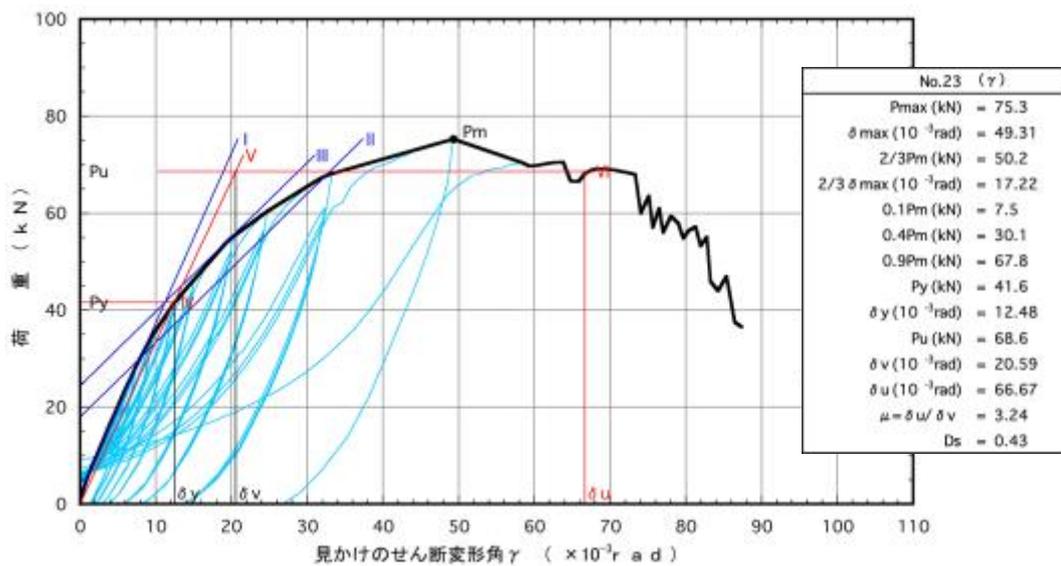


図4.6 : No.23 包絡線及び完全弾塑性モデル

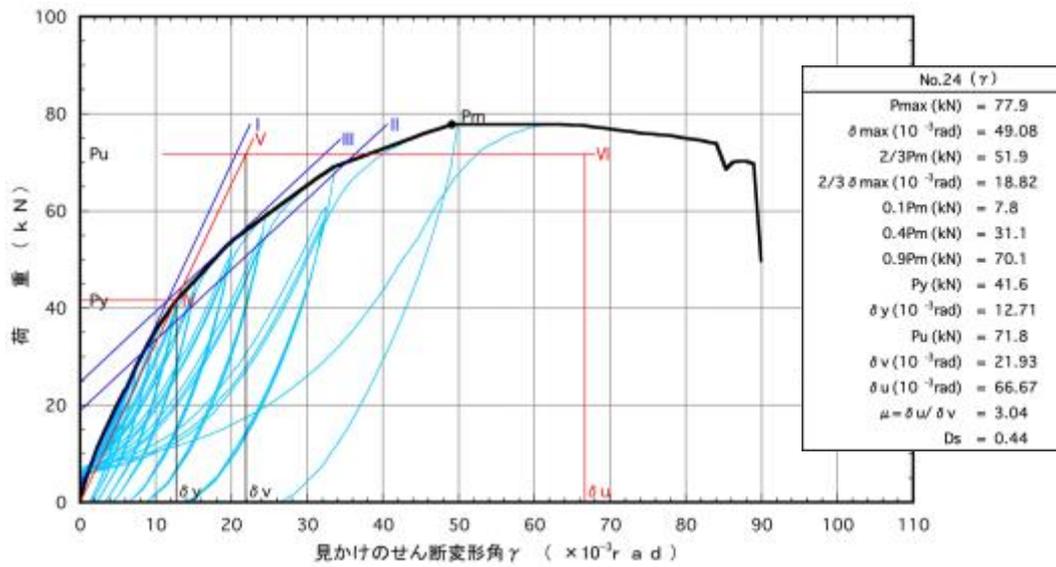


図4.7 : No.24 包絡線及び完全弾塑性モデル

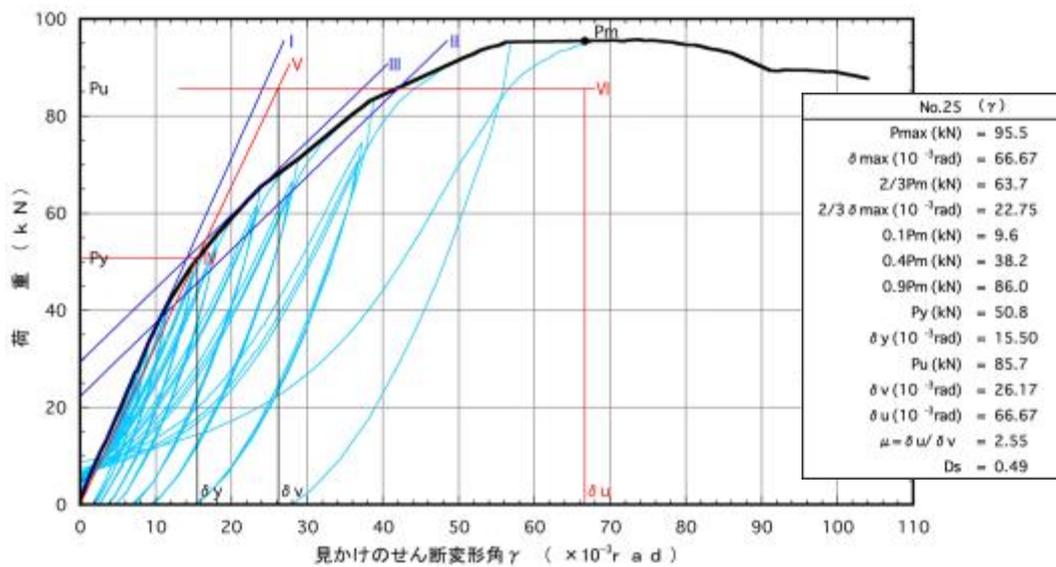


図4.8 : No.25 包絡線及び完全弾塑性モデル

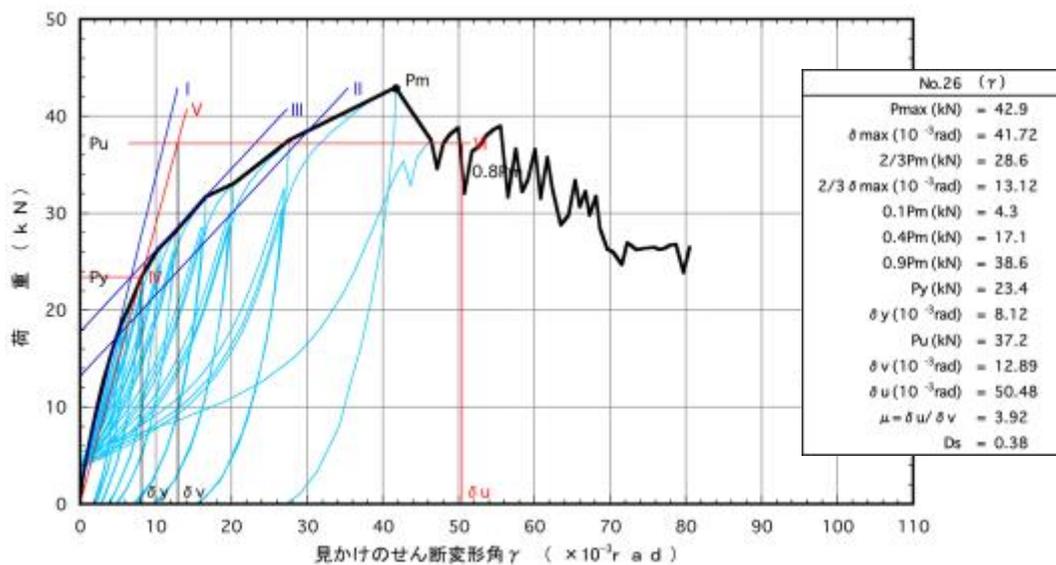


図4.9 : No.26 包絡線及び完全弾塑性モデル

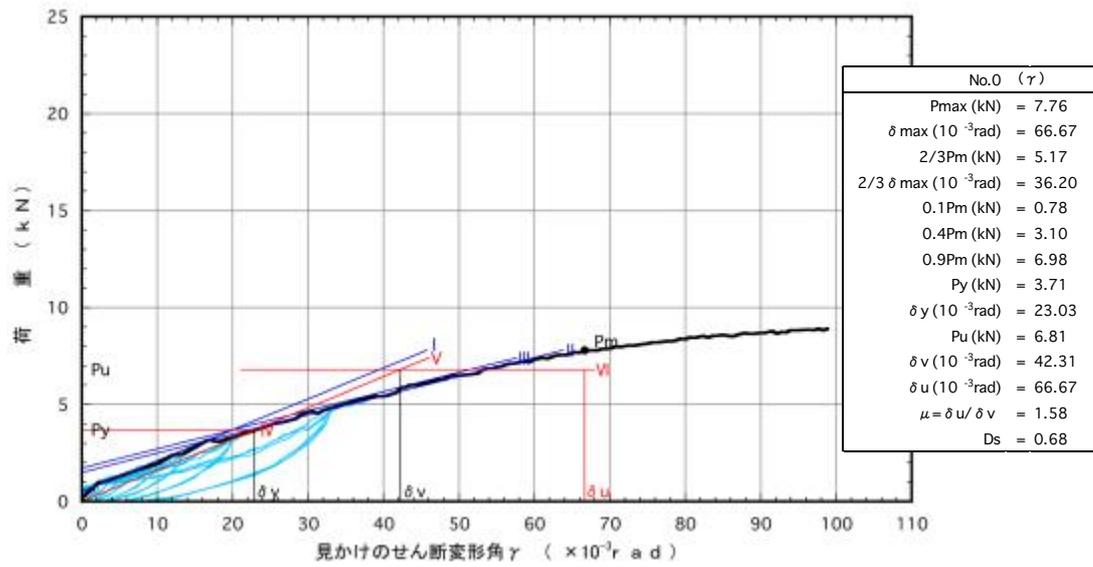


図4.10 : No.0 包絡線及び完全弾塑性モデル

表4. 1:算出した特性値(真のせん断変形角)

変形角	真のせん断変形角				
試験方法	試験体上部にタイロッドを固定するタイロッド式				
壁長	0.91m				
試験体記号	No.23	No.24	No.25	No.26	No.0
最大耐力 Pmax (kN)	75.3	77.9	95.8	42.9	7.70
最大耐力時変形角 $\delta_{max}$ ( $10^{-3}$ rad)	33.44	32.68	48.05	33.38	66.21
①降伏耐力 Py (kN)	<u>40.8</u>	<u>40.6</u>	<u>50.6</u>	<u>23.5</u>	3.65
降伏変形角 $\delta_y$ ( $10^{-3}$ rad)	4.83	4.71	5.13	3.28	22.83
終局耐力 Pu (kN)	68.3	72.5	89.0	36.6	6.75
終局変形角 $\delta_u$ ( $10^{-3}$ rad)	58.07	66.67	66.67	35.93	66.67
降伏点変形角 $\delta_v$ ( $10^{-3}$ rad)	8.09	8.42	9.03	5.11	42.23
剛性 K (MN/rad)	8.45	8.62	9.86	7.16	0.16
塑性率 $\mu$	7.18	7.92	7.38	7.03	1.58
構造特性係数 Ds	0.27	0.26	0.27	0.28	0.68
② $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN)	49.9	55.9	66.0	26.5	1.98
③ $2/3P_{max}$ (kN)	50.2	51.9	63.9	28.6	5.13
一定変形時耐力(kN)					
真 1/300rad	34.6	35.0	41.3	23.7	1.06
真 1/200rad	41.5	41.7	50.1	26.5	1.31
④真 1/150rad	46.2	45.8	55.7	28.1	<u>1.55</u>

表4. 2:算出した特性値(見かけのせん断変形角)

変形角	見かけのせん断変形角				
試験方法	試験体上部にタイロッドを固定するタイロッド式				
壁長	0.91m				
試験体記号	No.23	No.24	No.25	No.26	No.0
最大耐力 Pmax (kN)	75.3	77.9	95.5	42.9	7.76
最大耐力時変形角 $\delta_{max}$ ( $10^{-3}$ rad)	49.31	49.08	66.67	41.72	66.67
①降伏耐力 Py (kN)	41.6	41.6	50.8	23.4	3.71
降伏変形角 $\delta_y$ ( $10^{-3}$ rad)	12.48	12.71	15.50	8.12	23.03
終局耐力 Pu (kN)	68.6	71.8	85.7	37.2	6.81
終局変形角 $\delta_u$ ( $10^{-3}$ rad)	66.67	66.67	66.67	50.48	66.67
降伏点変形角 $\delta_v$ ( $10^{-3}$ rad)	20.59	21.93	26.17	12.89	42.31
剛性 K (MN/rad)	3.33	3.27	3.28	2.88	0.16
塑性率 $\mu$	3.24	3.04	2.55	3.92	1.58
構造特性係数 Ds	0.43	0.44	0.49	0.38	0.68
② $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ (kN)	32.1	32.4	34.7	<u>19.5</u>	2.00
③ $2/3P_{max}$ (kN)	50.2	51.9	63.7	28.6	5.17
一定変形時耐力(kN)					
見かけ 1/300rad	14.2	15.0	12.9	13.4	1.06
見かけ 1/200rad	20.2	20.4	18.8	17.6	1.30
④見かけ 1/120rad	<u>31.3</u>	<u>30.8</u>	<u>30.8</u>	23.8	<u>1.76</u>
真 1/150rad	46.2	45.8	55.7	28.1	1.55

写真番号 1  
依頼番号依R03-39-1  
試験実施日  
令和3年9月13日  
試験体記号  
No.23

概要説明

厚 18mm カラマツ構造用合板  
両面張り大壁床勝ち仕様の木  
造軸組耐力壁の面内せん断  
試験前の状況。  
(くぎ CNZ65 外周部@100mm  
千鳥 2列, 中通り部@100mm)

耐力壁芯々寸法: 幅 910×高  
3680mm



写真番号 2  
依頼番号依R03-39-1  
試験実施日  
令和3年9月13日  
試験体記号  
No.23

概要説明

タイロッド上部の固定方法。

タイロッドの上部は試験体に  
固定。



写真番号 3  
依頼番号依R03-39-1  
試験実施日  
令和3年9月13日  
試験体記号  
No.23

概要説明

タイロッド下部の固定方法。

タイロッドの下部は試験装置  
に固定。



写真番号 4  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.23

概要説明

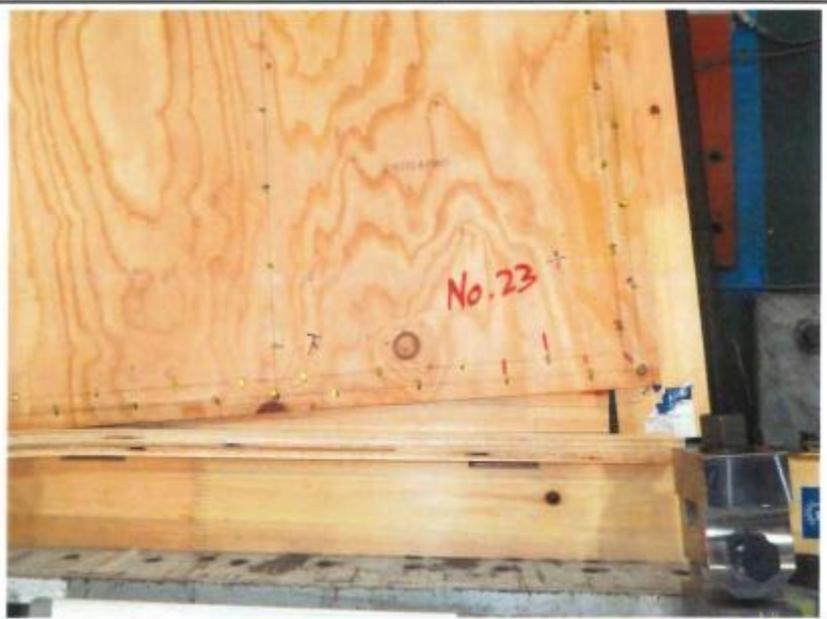
試験終了時。  
 $P_{max} = 75.3kN$



写真番号 5  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.23

概要説明

加力側柱脚部の状況。  
 面材のくぎの引き抜け及び回転。

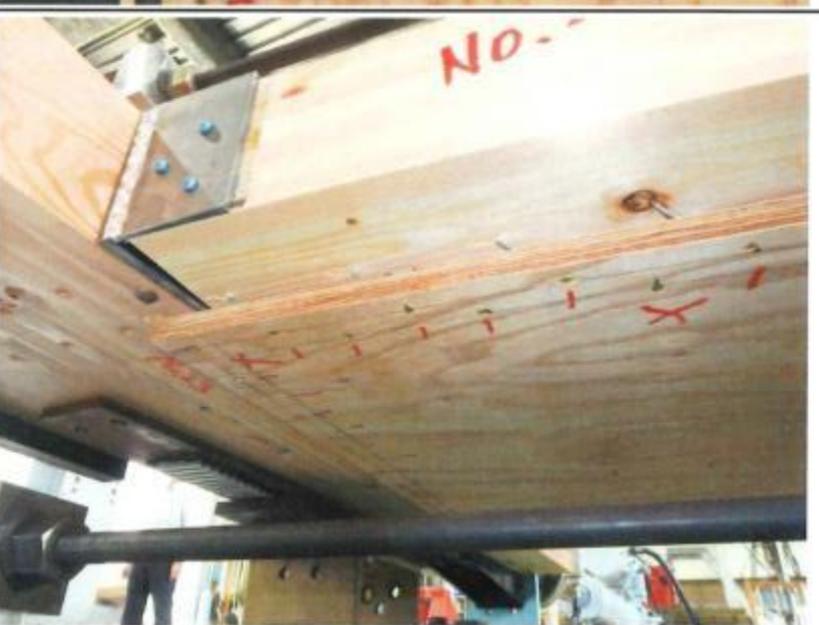


写真番号 6  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.23

概要説明

加力側柱頭部の状況。  
 柱頭部めり込み補強金物の梁へのめりこみ。



<p>写真番号 7          依頼番号依R03-39-1          試験実施日          令和3年9月13日          試験体記号          No.23</p>	
<p>概要説明          反加力側柱部の状況。           面材のくぎの引き抜け及び破断。</p>	
<p>写真番号 8          依頼番号依R03-39-1          試験実施日          令和3年9月13日          試験体記号          No.23</p>	
<p>概要説明          反加力側柱頭部の状況。           面材のくぎの引き抜け。</p>	
<p>写真番号 9          依頼番号依R03-39-1          試験実施日          令和3年9月13日          試験体記号          No.23</p>	
<p>概要説明          写真番号8の裏側の状況。           面材のくぎの引き抜け及び破断。</p>	

写真番号 10  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.23

概要説明  
 試験終了後の柱脚部の解体状況。  
 面材のくぎによる受材の割れ。



写真番号 11  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.23

概要説明  
 面材の留め付けに用いたくぎ  
 めっき太め鉄丸くぎ CNZ65 の  
 ワイヤー連結くぎ MNF33-65



写真番号 12  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.23

概要説明  
 受材の留め付けに用いたねじ  
 四角穴付きタッピンねじ  
 STS6.5・F180



写真番号 13  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月10日  
 試験体記号  
 No.24

概要説明

厚 18mm ヒノキ構造用合板両面張り大壁床勝ち仕様の木造軸組耐力壁の面内せん断試験前の状況。  
 (くぎ CNZ65 外周部@100mm 千鳥 2 列, 中通り部@100mm)

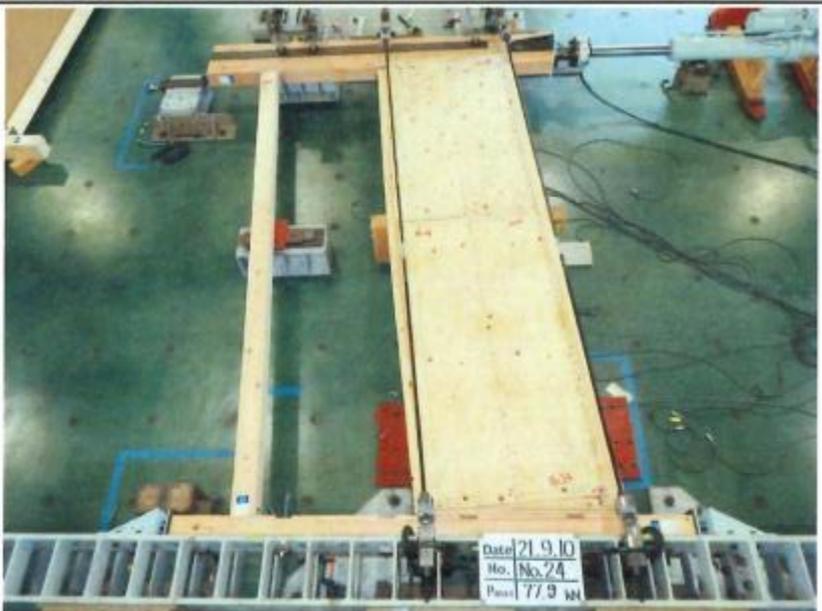
耐力壁芯々寸法: 幅 910×高 3680mm



写真番号 14  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月10日  
 試験体記号  
 No.24

概要説明

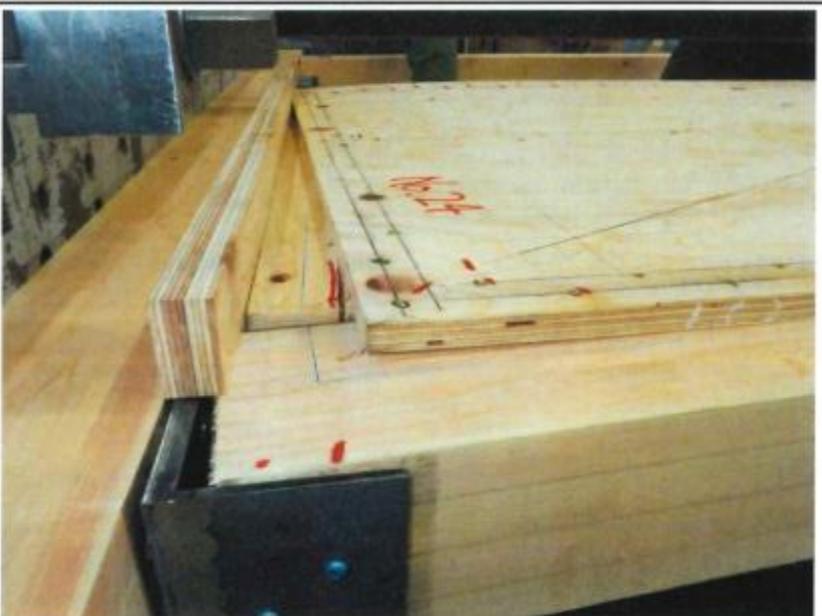
試験終了時。  
 $P_{max} = 77.9kN$



写真番号 15  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月10日  
 試験体記号  
 No.24

概要説明

加力側柱脚部の状況。  
 面材のくぎの引き抜け及び回転。  
 受材の割れ。



<p>写真番号 16</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.24</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験体上部の状況。</p> <p>面材の回転。 くぎの引き抜け。 柱頭部めり込み補強金物の梁へのめりこみ。</p>	
<p>写真番号 17</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.24</p>	
<p>概要説明</p> <p>反加力側柱部の状況。</p> <p>くぎの引き抜けによる面材の浮き上がり。</p>	
<p>写真番号 18</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.24</p>	
<p>概要説明</p> <p>写真番号17の裏側の状況。</p> <p>くぎの引き抜けによる面材の浮き上がり。</p>	

写真番号 19

依頼番号依R03-39-1

試験実施日

令和3年9月10日

試験体記号

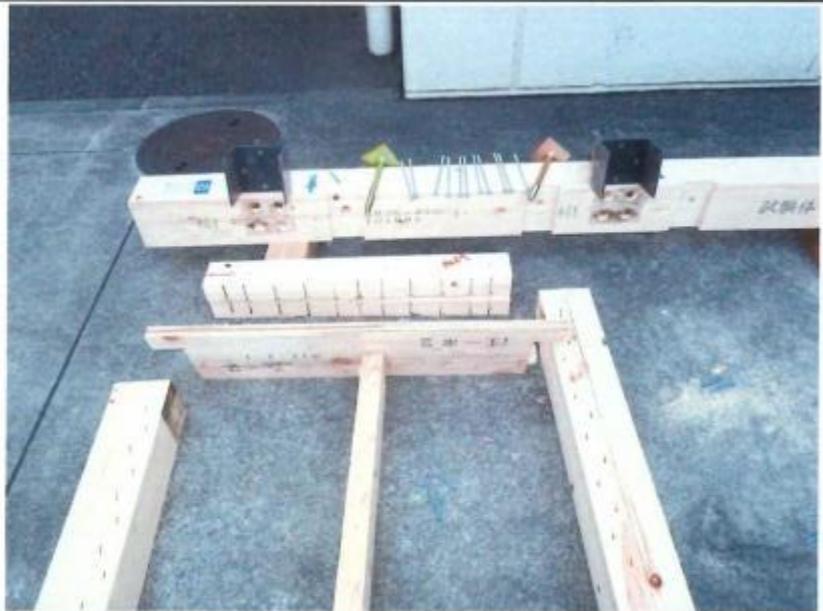
No.24

概要説明

試験終了後の柱脚部の解体状況。

受材固定用ねじによる受材の割れ破壊。

面材のくぎによる受材の割れ。



写真番号 20

依頼番号依R03-39-1

試験実施日

令和3年9月10日

試験体記号

No.24

概要説明

試験終了後の中棧部の解体状況。



写真番号 21

依頼番号依R03-39-1

試験実施日

令和3年9月13日

試験体記号

No.25

概要説明

厚 18mm カラマツ構造用合板  
両面張り大壁床勝ち仕様の木造軸組耐力壁の面内せん断  
試験前の状況。

(くぎ CNZ75 外周部@100mm  
千鳥 2 列, 中通り部@100mm)

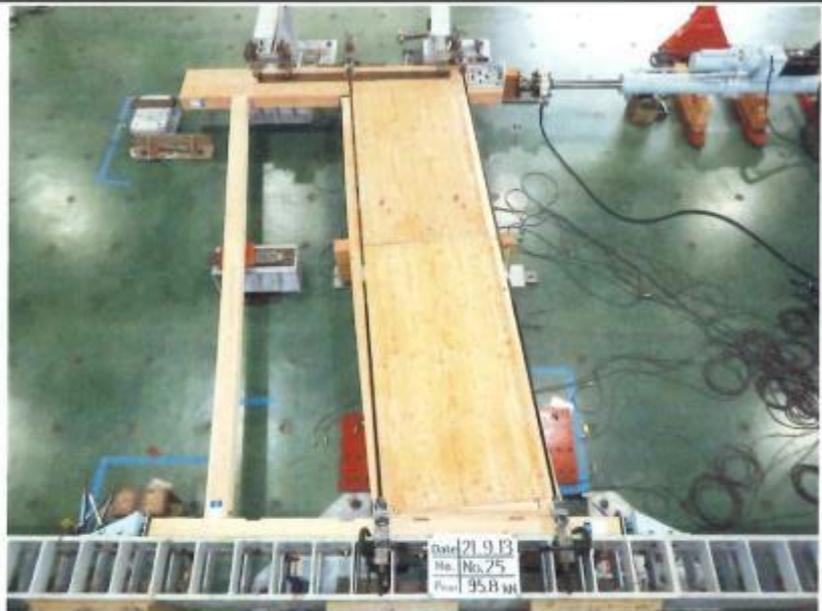
耐力壁芯々寸法: 幅 910×高  
3680mm



写真番号 22  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.25

概要説明

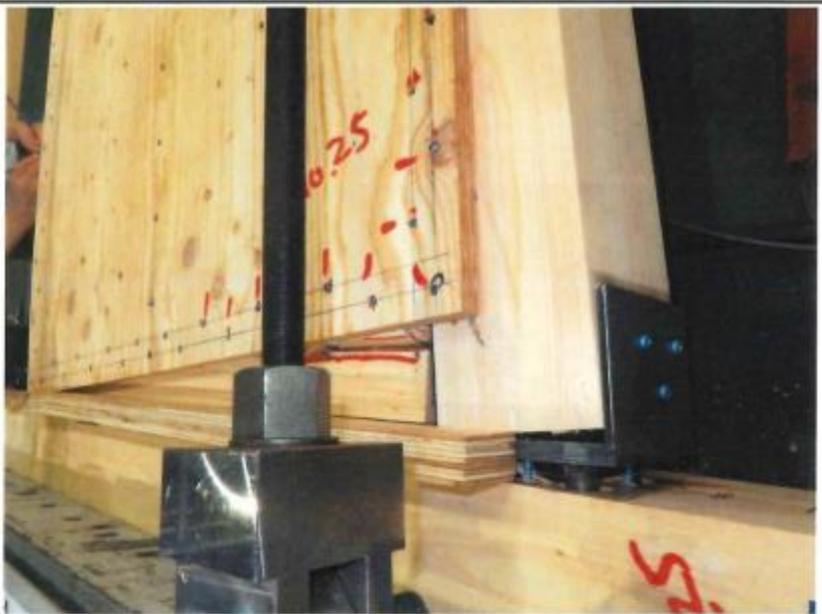
試験終了時。  
 $P_{max} = 95.8kN$



写真番号 23  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.25

概要説明

加力側脚部の状況。  
 面材のくぎの引き抜け及び回転。  
 受材の割れ。  
 柱脚部の浮き上がり。

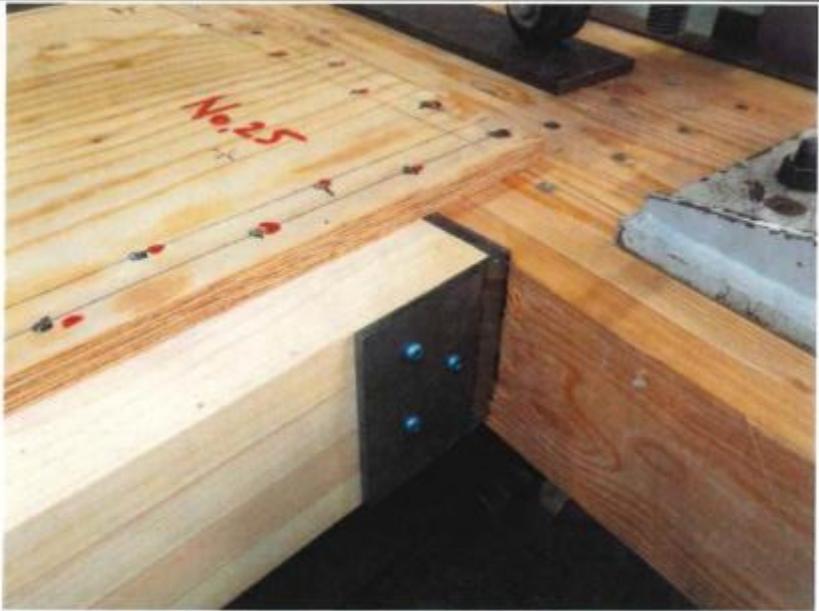
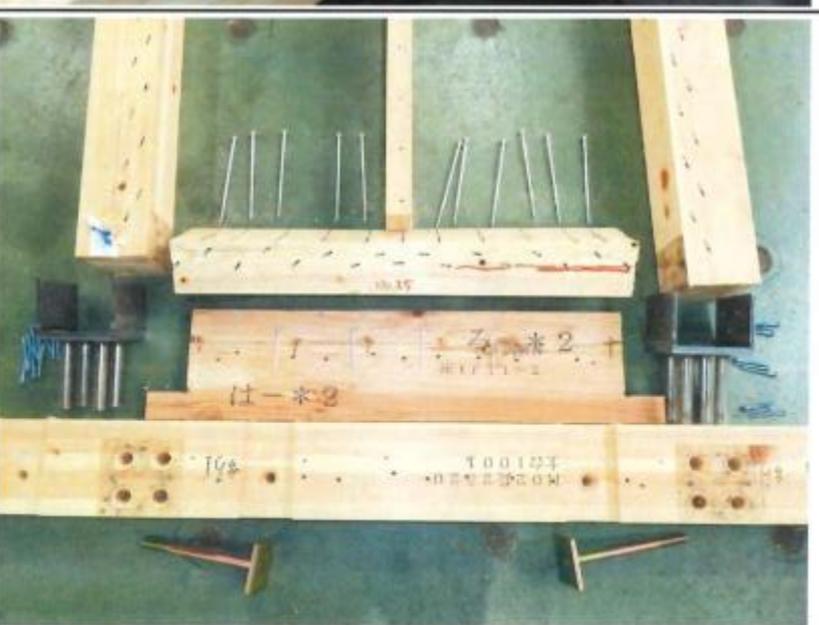


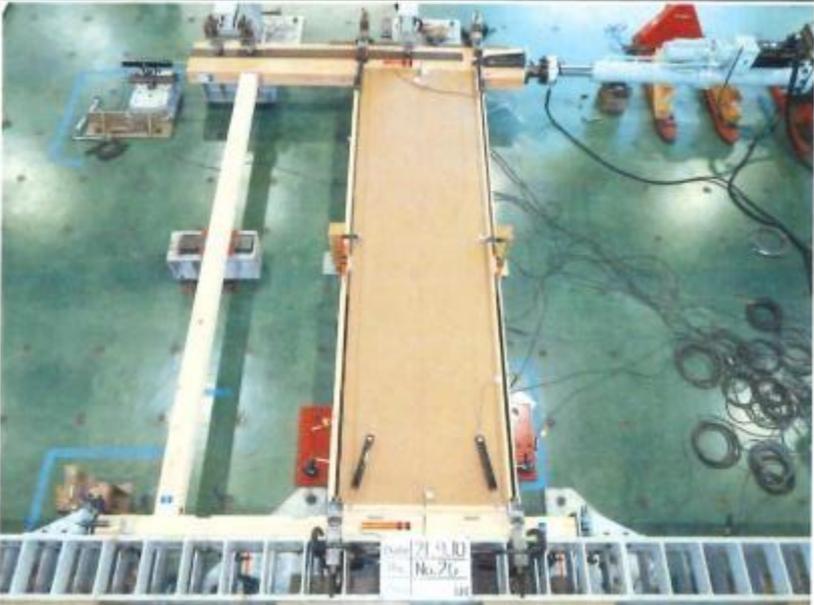
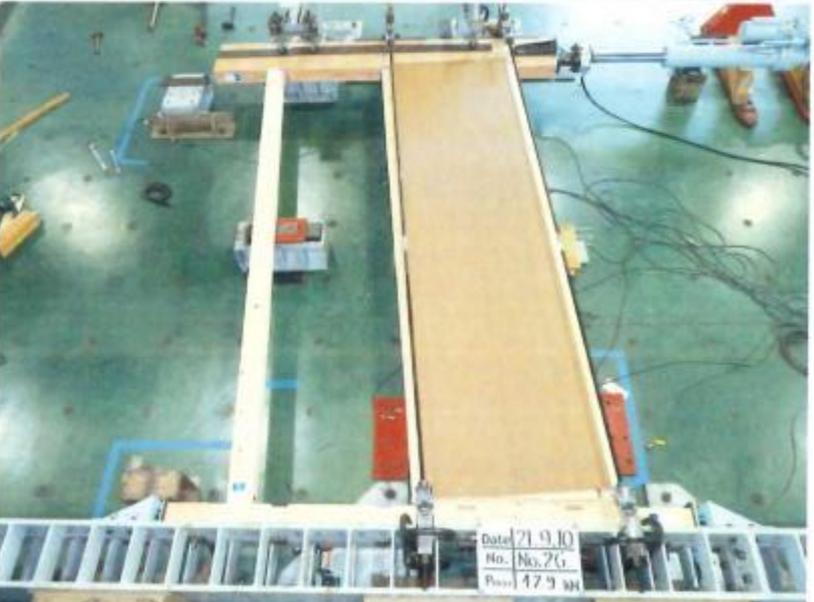
写真番号 24  
 依頼番号依R03-39-1  
 試験実施日  
 令和3年9月13日  
 試験体記号  
 No.25

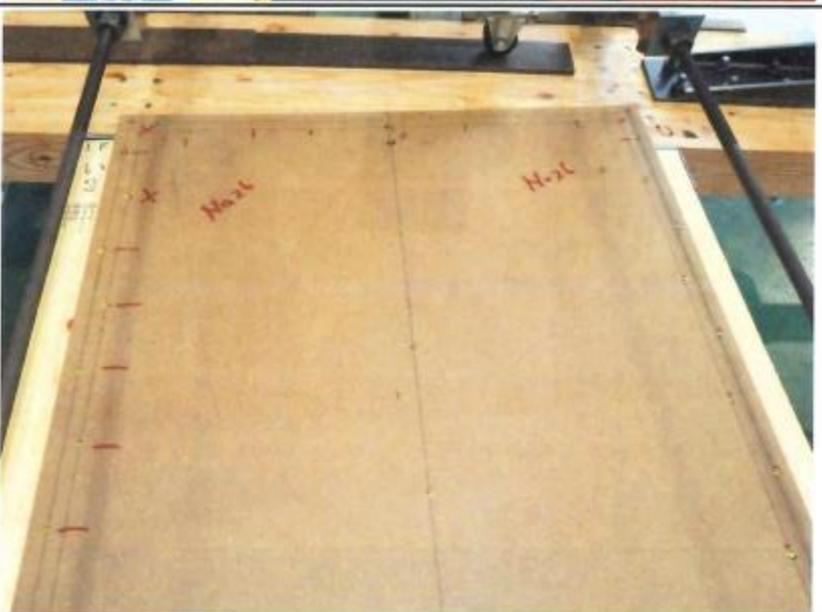
概要説明

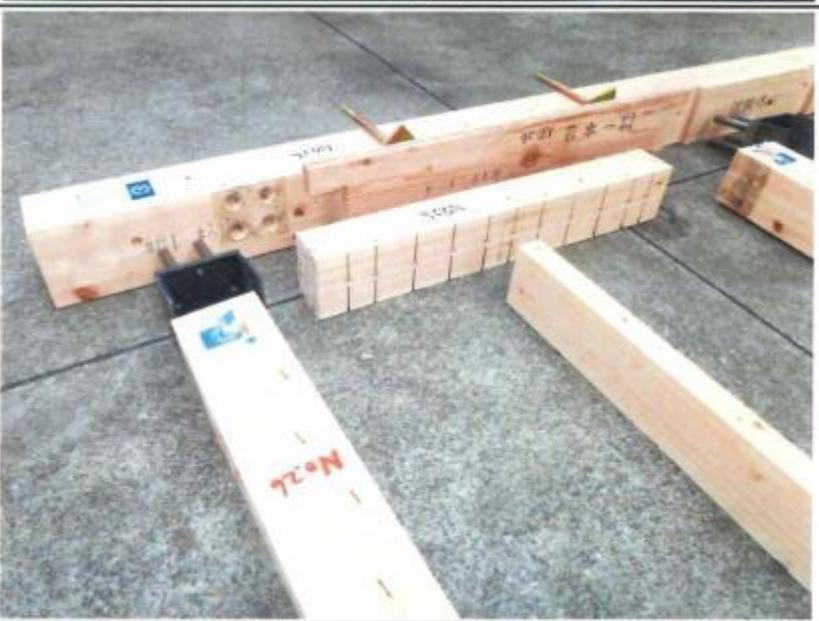
写真番号23の裏側の状況。  
 面材のくぎの引き抜け。  
 受材の割れ。

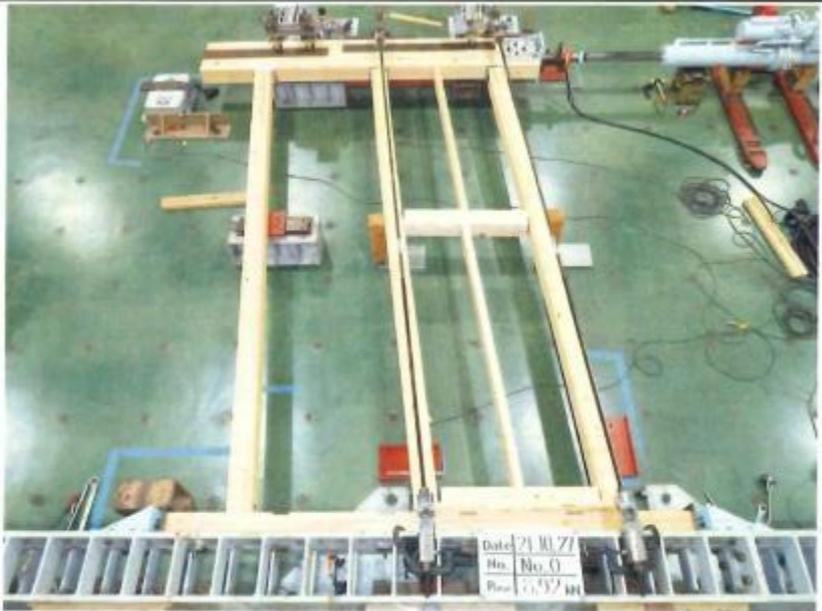


<p>写真番号 25</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月13日</p> <p>試験体記号 No.25</p>	
<p>概要説明</p> <p>加力側柱頭部の状況。</p> <p>柱頭部めり込み補強金物の梁へのめりこみ。</p> <p>面材のくぎ頭のめりこみ。</p>	
<p>写真番号 26</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月13日</p> <p>試験体記号 No.25</p>	
<p>概要説明</p> <p>反加力側柱部の状況。</p> <p>くぎの引き抜けによる面材の浮き上がり。</p>	
<p>写真番号 27</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月13日</p> <p>試験体記号 No.25</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験終了後の柱脚部の解体状況。</p> <p>面材のくぎによる受材の割れ。</p>	

<p>写真番号 28          依頼番号依R03-39-1          試験実施日          令和3年9月13日          試験体記号          No.25</p>	
<p>概要説明          面材の留め付けに用いたくぎ          めっき太め鉄丸くぎ CNZ75 の          ワイヤー連結くぎ MNF(V)38-75</p>	
<p>写真番号 29          依頼番号依R03-39-1          試験実施日          令和3年9月10日          試験体記号          No.26</p> <p>概要説明          厚 18mmMDF 両面張り大壁床          勝ち仕様の木造軸組耐力壁          の面内せん断試験前の状況。          (くぎ CNZ65 外周部@200mm          千鳥 2 列, 中通り部@200mm)</p> <p>耐力壁芯々寸法:幅 910×高          3680mm</p>	
<p>写真番号 30          依頼番号依R03-39-1          試験実施日          令和3年9月10日          試験体記号          No.26</p> <p>概要説明          試験終了時。  <math>P_{max} = 42.9kN</math></p>	

<p>写真番号 31</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.26</p>	
<p>概要説明</p> <p>加力側柱脚部の状況。</p> <p>面材のくぎの引き抜け及び回転。</p>	
<p>写真番号 32</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.26</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験体上部の状況。</p> <p>面材のくぎの引き抜け。 くぎの破断。</p>	
<p>写真番号 33</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.26</p>	
<p>概要説明</p> <p>反加力側柱部の状況。</p> <p>くぎの引き抜け及び破断による面材の浮き上がり。</p>	

<p>写真番号 34</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.26</p>	
<p>概要説明</p> <p>写真番号33の裏側の状況。</p> <p>くぎの引き抜け及び破断による面材の浮き上がり。</p>	
<p>写真番号 35</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年9月10日</p> <p>試験体記号 No.26</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験終了後の柱脚部の解体状況。</p> <p>受材の割れなし。</p>	<p>軸組フレーム床勝ち仕様耐力壁の面内せん断試験前の状況。</p> <p>耐力壁芯々寸法:幅 910×高 3680mm</p>

<p>写真番号 37</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年10月27日</p> <p>試験体記号 No.0</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>試験終了時。</p> <p><math>P_{max}=8.92\text{kN}</math>(1/10rad 時)</p>	
<p>写真番号 38</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年10月27日</p> <p>試験体記号 No.0</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>試験体下部の状況。</p> <p>柱及び間柱の回転。</p>	
<p>写真番号 39</p> <p>依頼番号依R03-39-1</p> <p>試験実施日 令和3年10月27日</p> <p>試験体記号 No.0</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>試験体上部の状況。</p> <p>柱及び間柱の回転。</p>	

# 試験成績書

令和4年1月19日  
依頼番号 依R03-39-2

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会殿

公益財団法人日本住宅・木材技術センター  
理事長 古久保 英嗣



ご依頼の試験結果はつぎのとおりです。

1. 試験依頼者の名称及び住所	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会 東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル5階
2. 試験概要	<p>[目的] 令和2年度(補正)林野庁補助事業「非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁、接合金物及び高性能防火壁の開発検討事業」における高倍率、高階高耐力壁の性能確認のため。</p> <p>[試験概要] 3仕様の構造用合板両面張り床勝ち仕様木造軸組耐力壁の面内せん断試験を行い、そのせん断性能を確認する。</p> <p>1) 耐力壁の寸法: 幅 910×高 3680mm (芯々寸法) 2) 試験体仕様と接合方法 ①厚 18mm 構造用合板(全層カラマツ, 1級相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ65、外周部@100mm の2列千鳥打ち, 中通部@100mm ②厚 18mm 構造用合板(全層ヒノキ, 1級相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ65、外周部@100mm の2列千鳥打ち, 中通部@100mm ③厚 18mm 構造用合板(全層カラマツ, 1級相当)両面張り大壁床勝ち仕様 接合方法-くぎ CNZ75、外周部@100mm の2列千鳥打ち, 中通部@100mm 3) 試験体数: 3仕様×各3体=計9体</p> <p>[試験方法] タイロッドの上部を試験体に固定し、下部を試験装置に固定する方式のタイロッドを用いた面内せん断試験</p>
3. 試験結果	別紙に示すとおり。(全70頁)
4. 試験受付日	令和3年8月30日
5. 試験実施日	令和3年10月28、29日、11月1、2、4日
6. 試験実施場所	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 試験研究所 東京都江東区新砂3丁目4番2号
7. 試験担当者及び試験成績書作成者	室長 後藤 隆洋 研究主幹 清水 庸介 技術主任 山田 知明

この試験成績書を転載するときは、必ず全文を記載してください。