

第 3 章 接合金物

3. 接合金物

3.1 開発目標

【3層用の柱脚・中間階金物の性能】

これまで3層用の柱脚接合金物として、短期基準引張耐力100kN程度の接合金物数種類を開発、評価してきた。これらの金物は柱断面120角を想定しており、建物のプランによっては金物や柱の性能が不足することが考えられ、より高性能な接合金物の開発が望まれる。

今年度は、柱断面120×240とし接合金物には120角用のTB-D9（ドリフトピン9-φ12）を2個並列することで、より高耐力な性能を目指す仕様とした。TB-D9金物の板厚を厚くするなど仕様の一部を変更し、金物自体の性能向上も見込んでいる。

また、中間階については柱が横架材へめり込まないような納まりとなる仕様を開発し、性能把握を試みる。

【めり込み補強金物の性能】

柱が横架材へめり込まないよう丸パイプやドリフトピンで留め付ける金物（壁実験の柱頭側に用いている金物）であるめり込み補強金物のめり込み性能は昨年度実験により確認している。今後の展開として、ドリフトピン部分（丸パイプ+ドリフトピン）とコの字部分のめり込み性能をそれぞれ評価できるようにすることで、ドリフトピン本数や横架材せいが変化したときに計算により金物のめり込み性能を算出できるようにしたい。

今年度は、めり込み補強金物のドリフトピン部分（丸パイプ+ドリフトピン）のめり込み性能を把握する試験を実施しその性能把握を試みる。

3.2 扁平柱用柱脚金物の引張試験

3.2.1 試験計画

(1) 試験体仕様

これまで非住宅中大規模木造の柱断面は 120mm 角にて検討・実験を行ってきたが、最下階の引張応力等を考慮すると柱断面の増大が必要になるとともに接合金物の性能上昇が望まれる。これまでに開発してきた 120mm 角柱用の接合金物 TB-D9 を改良した (図 3-2)。柱脚接合金物試験では、柱断面 120mm×240mm に対し金物を 2 個併用する形式で試験を実施する (図 3-1)。

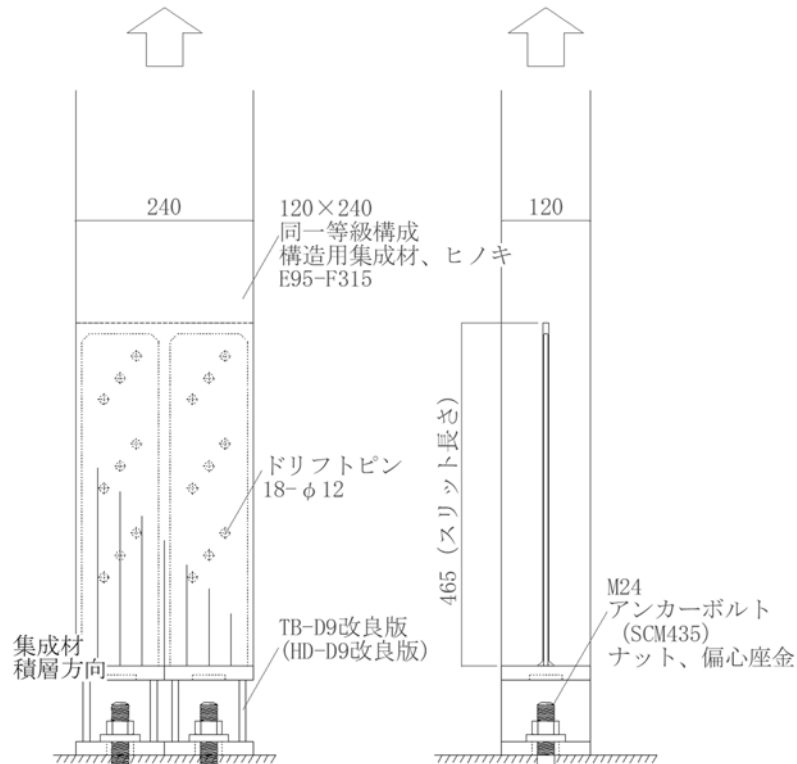


図 3-1 試験体概要図

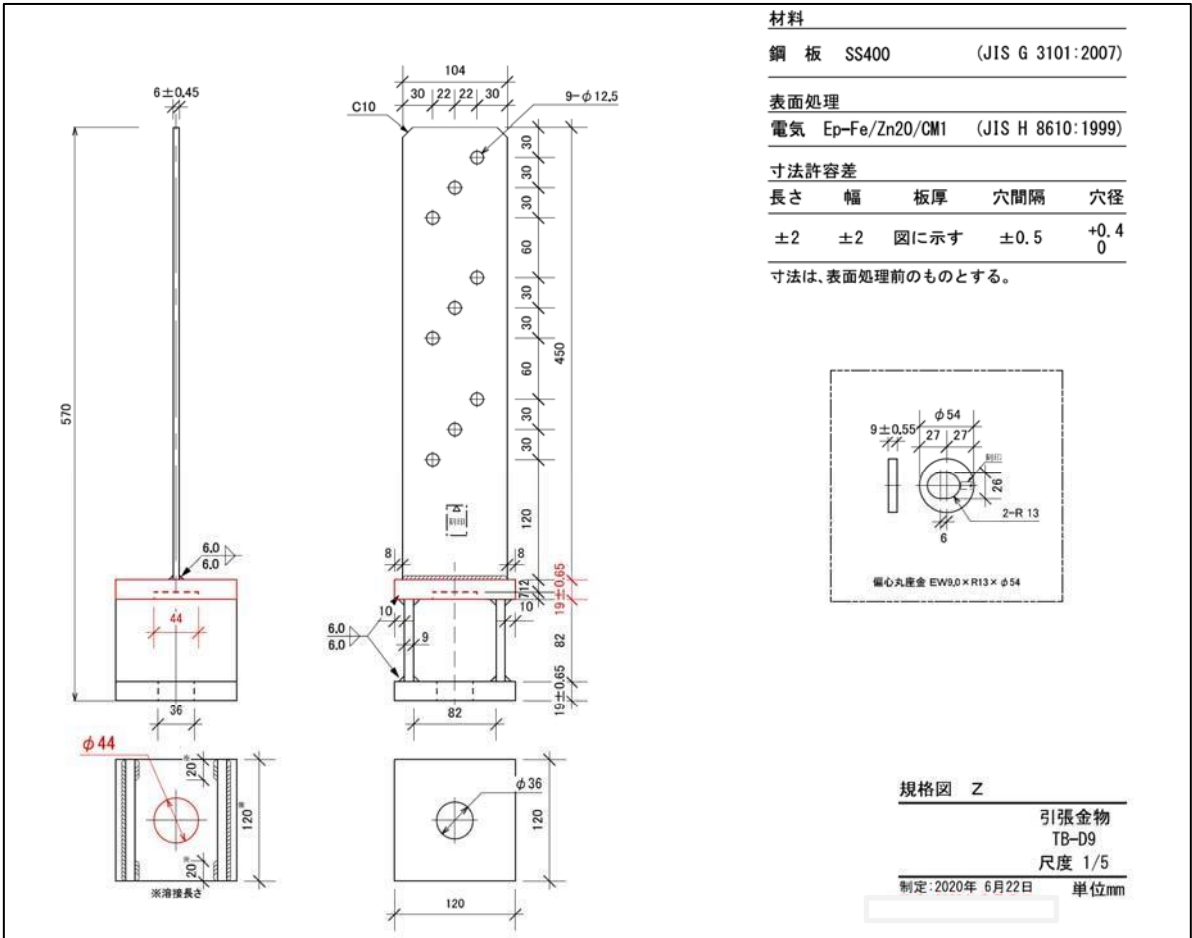


図 3-2 柱脚接合金物 HB-D9 (HD-D9) 改良

(2) 計測計画

表 3-1 計測項目一覧

計測項目	記号
試験体の変位	$\delta 1$
試験体の変位	$\delta 2$

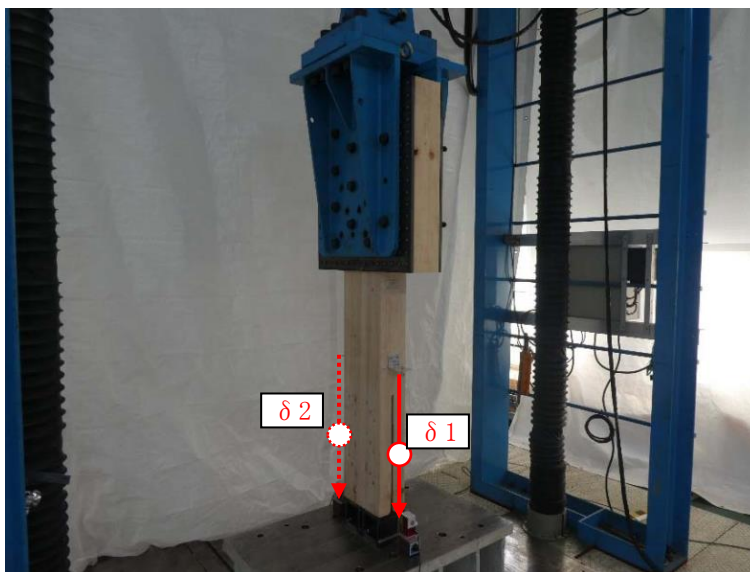


図 3-3 計測概要図

(3) 試験場所

一般財団法人 建材試験センター 西日本試験所

(4) 加力計画

木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）の第4章「試験方法と評価方法」の4.4「継手・仕口の試験」に準じ、単調載荷試験より降伏変位 δy を求め、 δy の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の順に一方向繰返し加力とした。

3.2.2 試験結果

(1) 試験結果概要

荷重変形関係、構造特性値及び破壊性状について図 3-4、表 3-2、表 3-3 に示す。

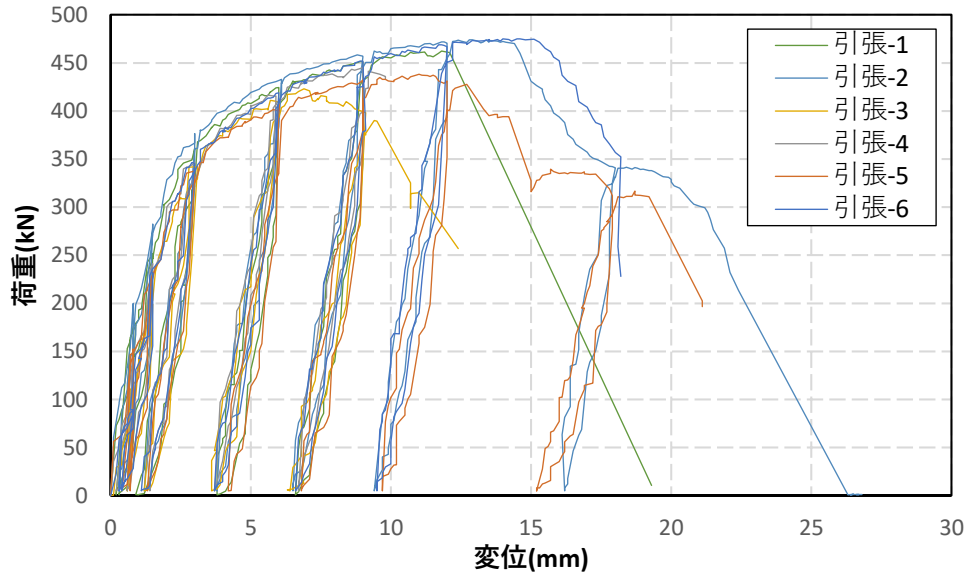


図 3-4 荷重変形関係

表 3-2 構造特性値

	引張-1	引張-2	引張-3	引張-4	引張-5	引張-6	平均	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	5% 下限値
降伏時 P_y (kN)	302.0	297.0	273.4	323.8	309.9	340.0	307.7	22.94	0.075	0.825	253.9
降伏時 δ_y (mm)	2.00	1.80	2.10	2.50	2.50	2.70	2.30	0.35	-	-	-
2/3 P_{max} P (kN)	308.2	316.1	282.0	296.7	292.1	316.7	302.0	14.0	0.046	0.893	269.7
2/3 P_{max} δ (mm)	2.1	1.9	2.2	2.0	2.2	2.5	2.2	0.21	-	-	-
P_{max} P (kN)	462.3	474.1	423.0	445.0	438.2	475.1	453.0				
P_{max} δ (mm)	11.8	12.8	6.9	9.0	11.0	14.6	11.0				
初期剛性 K (kN/mm)	151.0	165.0	130.2	129.5	124.0	125.9	133.8				
終局変位 δ_u (mm)	13.6	16.3	10.5	15	14.7	17.5	14.6				
降伏変位 δ_v (mm)	2.8	2.7	3.0	3.2	3.3	3.5	3.1				
終局耐力 P_u (kN)	429.9	444.4	392.3	411.7	414.8	441.2	422.4				
塑性率 μ	4.86	6.04	3.50	4.69	4.45	5.00	4.76				
構造特性 D_s	0.340	0.300	0.410	0.350	0.360	0.330	0.350				

表 3-3 破壊性状

試験体記号	主な破壊状況
引張-1	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-2	柱脚金物の降伏、終局はドリフトピン位置で破断
引張-3	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-4	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-5	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-6	柱脚金物の降伏、終局では破断直前の状況

(2) 破壊性状



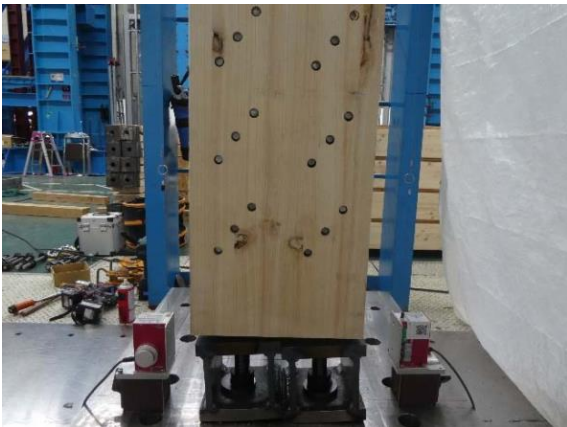
引張-1 ; ドリフトピン位置での木破 引張-2 ; ドリフトピン位置での金物破断



引張-3 ;

引張-4 ;

引張-5 ; ドリフトピン位置での木破



引張-6 ; 接合金物の降伏、破断直前

写真 3-1 柱脚接合金物引張試験 破壊性状

3.2.3 考察

120 角柱 (TB-D9 金物 1 個使い) の結果との比較を表 3-4、図 3-5 に示す。120 角柱 (TB-D9 金物 1 個使い) に比べ、今回の試験結果は耐力・剛性ともに 2 倍以上の性能を有することが確認された。

表 3-4 既存の試験結果との構造特性値比較

仕様	短期基準 引張耐力 (kN)	Py (kN)	2/3Pmax (kN)	初期剛性 (kN/mm)
120 角柱 TB-D9 金物 1 個使い	113.1	<u>113.1</u>	126.9	53.9
120mm×240mm 柱 TB-D9 改良金物 2 個使い	253.9 (2.24)	<u>253.9</u> (2.24)	269.7 (2.13)	133.8 (2.48)

※括弧内数値は 1 個使いの結果との比率を示す

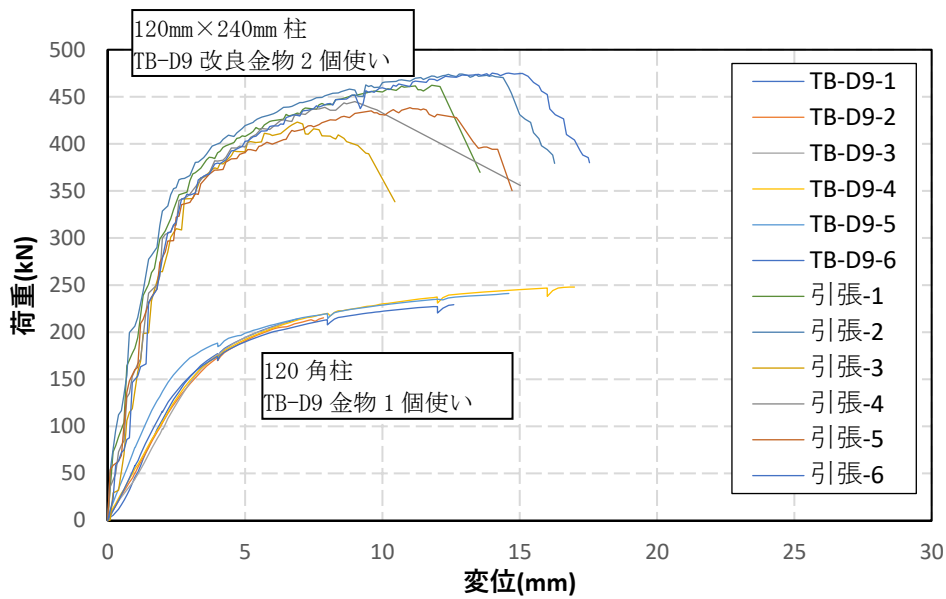


図 3-5 既存試験との荷重変形比較

3.3 扁平柱用中間階金物の圧縮試験

3.3.1 試験計画

(1) 試験体仕様

中間階は上階耐力壁、下階耐力壁が連層する場合を想定し、表 3-6 に示す試験体とした（TB-D9 改金物のドリフトピン部分は省略）。梁せいは想定される最大せい 600mm とした。梁に引きボルトを通し、箱形金物、ナット、高ナット、偏心座金により固定する納まりとし、圧縮力が横架材に伝達しない機構となっている。

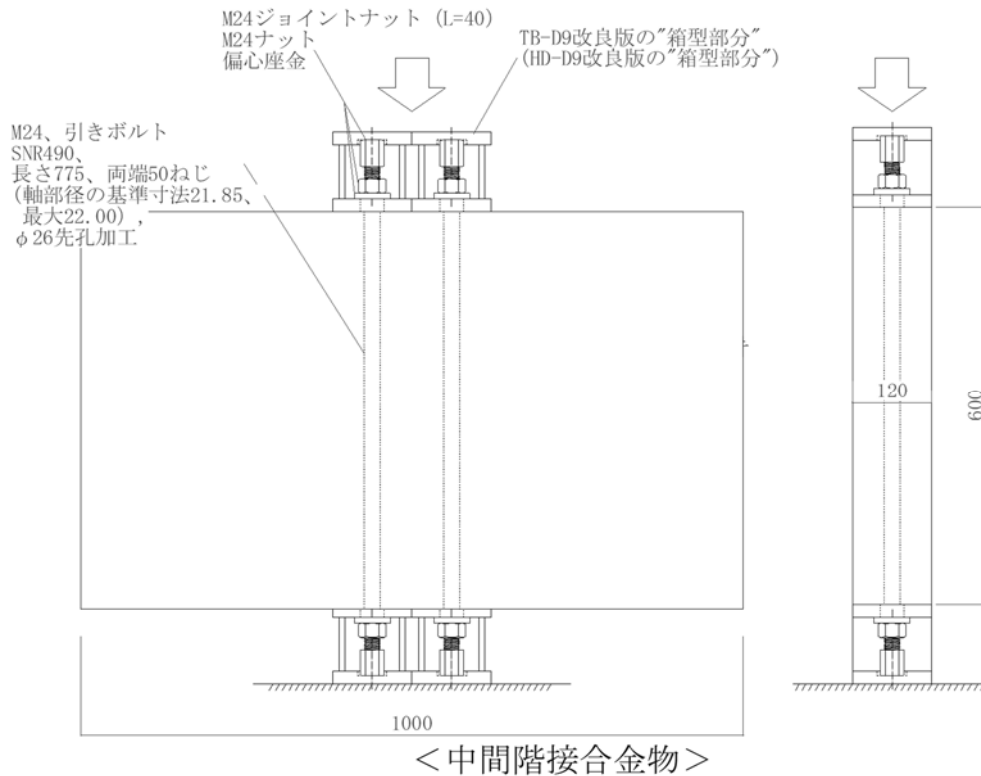


図 3-6 試験体概要図

(2) 計測計画

表 3-5 計測項目一覧

計測項目	記号
加力点変位	$\delta 1$
加力点変位	$\delta 2$

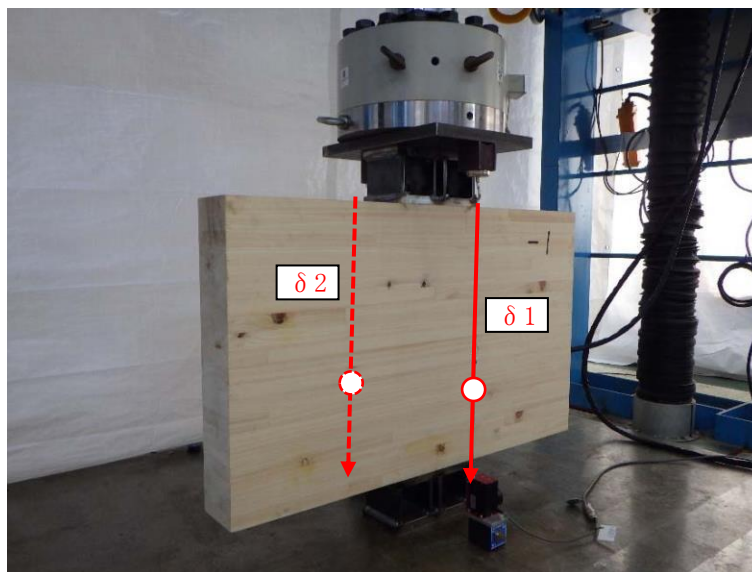


図 3-7 計測概要図

(3) 試験場所

一般財団法人 建材試験センター 西日本試験所

(4) 加力計画

予備試験体の単調載荷試験より最大荷重 P_{max} を求め、 P_{max} の 1/10、2/10、3/10、4/10、5/10、6/10、7/10、1 倍の順に一方向繰返し加力とした。

3.3.2 試験結果

(1) 試験結果概要

荷重変形関係、構造特性値及び破壊性状を図 3-8、表 3-8 表 3-6、表 3-7 に示す。

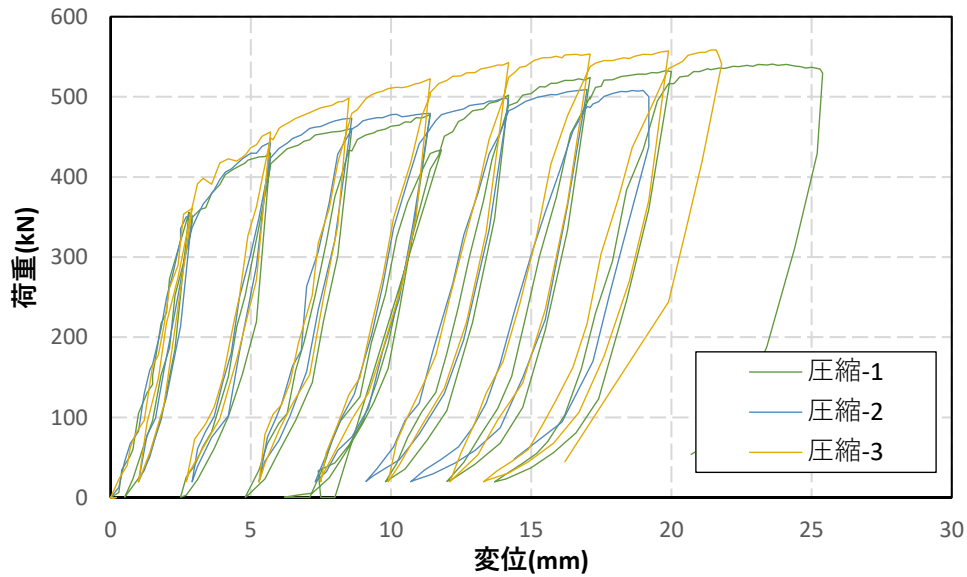


図 3-8 荷重変形関係

表 3-6 構造特性値

	圧縮-1	圧縮-2	圧縮-3	平均	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	基準耐力
降伏時 P_y (kN)	373.6	347.7	395.5	372.3	23.93	0.064	0.798	297.1
降伏時 δ_y (mm)	3.5	3.1	3.5	3.4	0.23	-	-	-
2/3 P_{max} P (kN)	360.5	339.5	372.3	357.4	16.61	0.046	0.855	305.6
2/3 P_{max} δ (mm)	3.3	3.0	3.1	3.1	0.15	-	-	-
P_{max} P (kN)	540.8	509.2	558.4	536.1				
P_{max} δ (mm)	23.6	17.0	21.6	20.7				
初期剛性 K (kN/mm)	106.7	112.2	113.0	109.5				
終局変位 δ_u (mm)	25.4	19.2	21.8	22.1				
降伏変位 δ_v (mm)	4.7	4.2	4.6	4.5				
終局耐力 P_u (kN)	497.7	477.6	520.0	498.4				
塑性率 μ	5.40	4.57	4.74	4.90				
構造特性 D_s	0.32	0.35	0.34	0.34				

表 3-7 破壊性状

試験体記号	主な破壊状況
圧縮-1	引きボルト M24 の圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み
圧縮-2	
圧縮-3	

(2) 破壊性状



圧縮-1 ; 引きボルトの圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み



圧縮-2 ; 引きボルトの圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み



圧縮-3 ; 引きボルトの圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み

写真 3-2 中間階接合金物圧縮試験 破壊性状

3.3.3 考察

オイラーの座屈式より逆算により引きボルトの固定度を推定を試みる。

$$\text{座屈耐力 } F_{cr} = n \times \pi^2 EI / L^2$$

ここで、 n : 柱端の条件による定数 (両端ピン $n=1$, 固定-ピン $n=2.046$, 両端固定 $n=4$)

$$I : \text{断面 2 次モーメント } I = \pi d^4 / 64 = 11499 \text{ mm}^4$$

$$A : \text{断面積 } A = \pi d^2 / 4 = 380.1 \text{ mm}^2$$

$$E : \text{ヤング係数 } E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$L : \text{座屈長さ、} L=600 \text{ mm と仮定 (梁せい)}$$

試験結果より、座屈耐力は 297.1kN (引きボルト 1 本あたり 148.6kN) であることから、柱端の条件による定数 n は

$$n \times 3.14^2 \times 2.05 \times 10^5 \times 11499 / 600^2 = 148.6 \times 10^3$$

$$n = 2.29$$

以上より、今回の仕様における引きボルト端部の固定度は固定-ピンから両端固定の間にあることが確認された。

3.4 めり込み補強金物（ドリフトピン部分）の圧縮試験

3.4.1 試験計画

昨年度実施した試験方法では、下図に示すように「柱部分の桁へのめり込み」と「桁部分のドリフトピンのめり込み」を合わせた性能評価となっている。実設計に用いる際に、梁せいやドリフトピンの数が変化した場合に金物のめり込み性能が未知となり設計で応用することができないため、上記2つのめり込み性能を分離して評価するための試験を実施する。

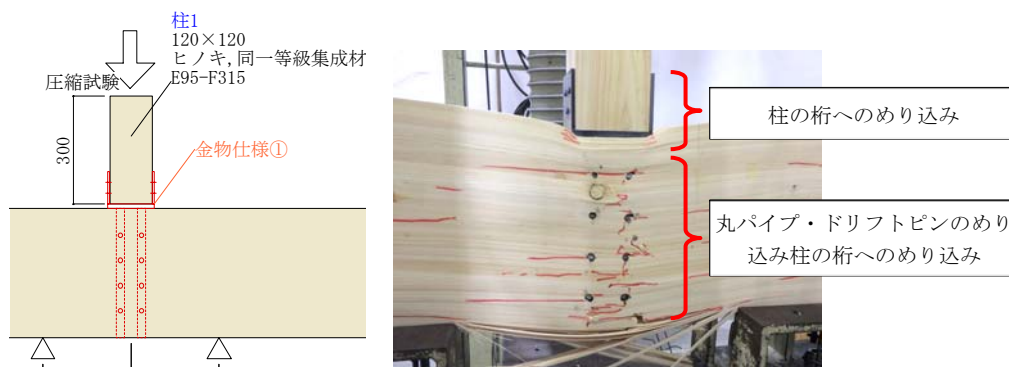


図 3-9 めり込み補強金物の試験概要・破壊状況（昨年度）

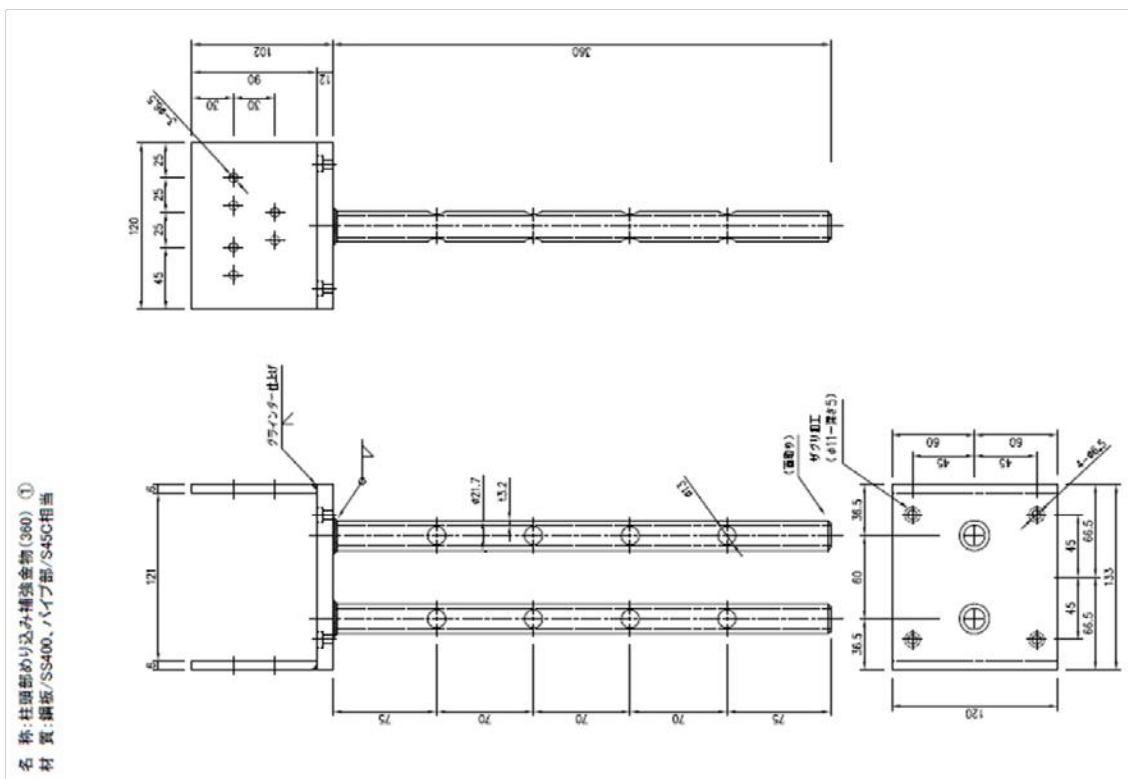


図 3-10 めり込み補強金物（仕様①）

(1) 試験体概要

めり込み補強金物の丸パイプ (t=3.2, φ21.7) とドリフトピン (8-D12) 部分のめり込み性能を確認する。めり込み補強金物①は図 3-10 の形状であるが、丸パイプ部分を延長して図 3-11 の形式で試験を実施する。

表 3-8 試験体仕様

No.	金物仕様	桁材	試験方法	試験体数
1	柱頭めり込み補強金物① (丸パイプ φ21.7、 t=3.2mm)	120×360、対称異等級構造用集成材、ヒノキ、E105-F300	圧縮	1 体 (予備試験、単調) +6 体 (片繰り)

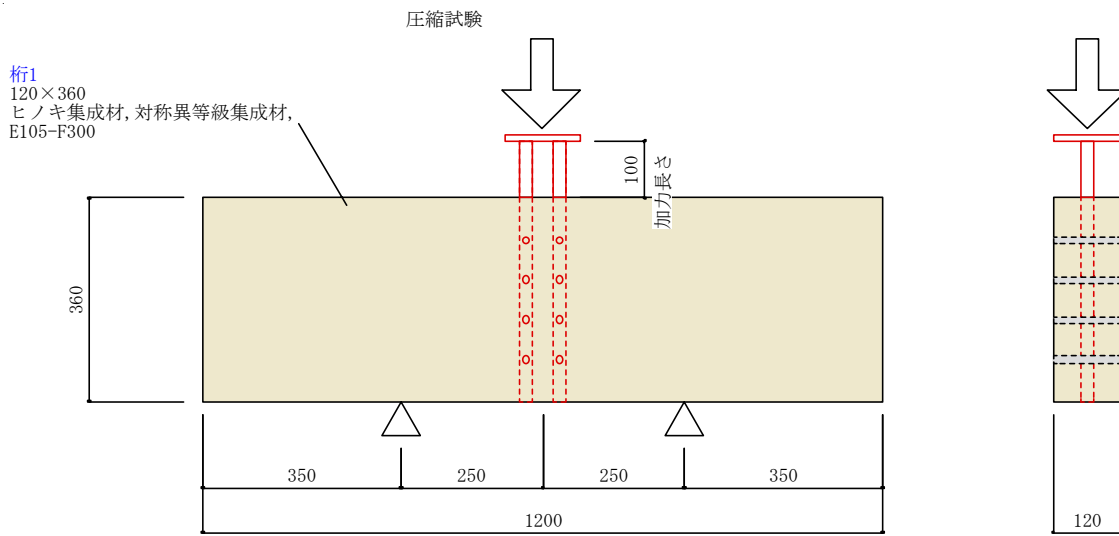


図 3-11 試験体概要図

(2) 計測計画

図. に示す通り接合部の相対上下方向変位について計測を行った。試験の加力制御の変位 δ は、下式による。

$$\delta = (\delta 1 + \delta 2 + \delta 3 + \delta 4) / 4$$

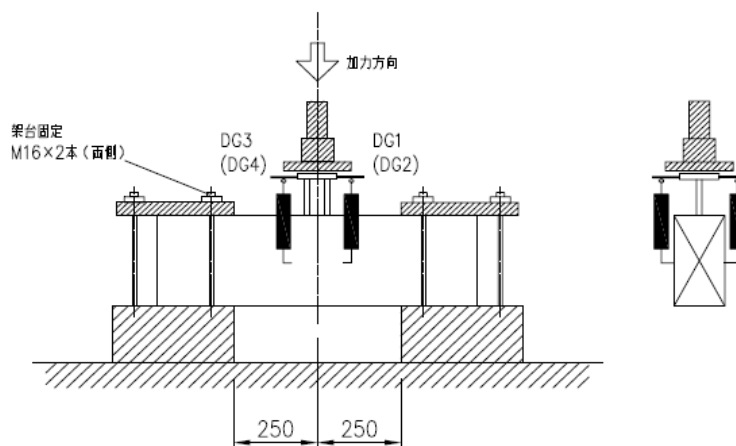


図 3-12 計測図

(3) 試験場所

株式会社カナイグループ 浮塚事業所

(4) 加力計画

木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）の第4章「試験方法と評価方法」の4.4「継手・仕口の試験」に準じ、予備試験体の単調載荷試験より降伏変位 δ_y を求め、 δ_y の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の順に一方向繰返し加力とした。

なお、予備試験で δ_y が得られなかった場合には、最大荷重時変位 δ_{max} の 1/10、1/5、3/10、2/5、1/2、3/5、7/10、1 倍の順で各 1 回繰返し加力とした。最大荷重に達した後、最大荷重の 80% の荷重に低下するまで、または破壊が確認されるまで加力した。

(5) 短期基準接合耐力等の算出

① 包絡線の作成

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

② 短期基準せん断耐力の算出

- A. 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ第Ⅰ直線を引く。
- B. 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ第Ⅱ直線を引く。
- C. 包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。
- D. 第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点から X 軸に平行に第Ⅳ直線を引く。
- E. 第Ⅳ直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
- F. 原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第Ⅴ直線とし、その勾配を初期剛性 K と定める。
- G. 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位、又は $30[\text{mm}]$ のいずれか小さい変位を終局変位 δ_u と定める。
- H. 包絡線と X 軸及び $x = \delta_u$ の直線で囲まれる面積を S とする。
- I. 第Ⅴ直線と $x = \delta_u$ の直線と X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形的面積が S と等しくなるように X 軸に平行な第Ⅵ直線を引く。
- J. 第Ⅴ直線と第Ⅵ直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
- K. 塑性率 $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ とする。
- L. 構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1/\sqrt{2\mu - 1}$ とする。

N. 次式で短期基準せん断耐力 P_0 を算出する。

$$P_0 = \min((1-C_{v1} \cdot k_1) \cdot P_y, (1-C_{v3} \cdot k_3) \cdot (2/3) P_{max})$$

ここで C_{vi} : 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

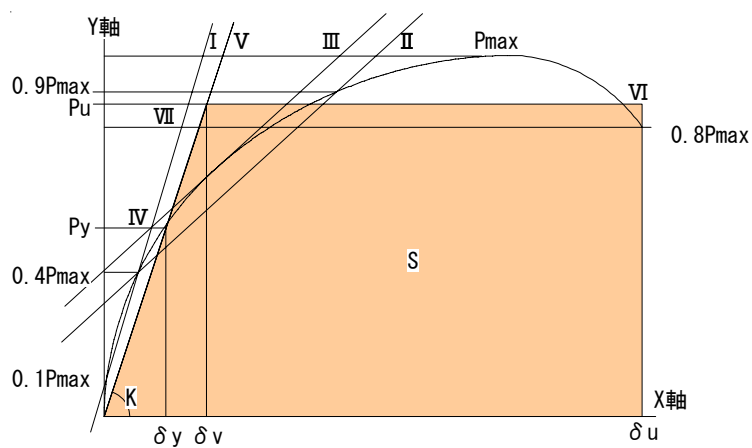


図 3-13 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力の求め方

3.4.2 試験結果

(1) 結果概要

構造特性値及び荷重変形関係を表 3-9 図 3-14 に示す。

表 3-9 構造特性値一覧

	降伏時 Py (kN)	降伏時 δ_y (mm)	2/3Pmax P (kN)	2/3Pmax δ (mm)	Pmax P (kN)	Pmax δ (mm)	終局耐力 Pu (kN)	終局変位 δ_u (mm)	降伏変位 δ_v (mm)	初期剛性 K (kN/mm)
単調加力	108.6	2.79	148.2	7.64	222.3	21.41	186.22	27.82	4.78	38.93
No. 1	116.22	2.69	155.19	7.01	232.78	30	196.23	30	4.55	43.20
No. 2	133.13	2.69	166.33	5.99	249.5	21.21	210.16	28.36	4.25	49.49
No. 3	118.7	2.64	159.46	7.29	239.19	22.05	197.72	25.31	4.4	44.96
No. 4	114.38	2.47	141.24	4.96	211.86	24.56	186.24	30	4.02	46.31
No. 5	118.75	2.97	166.26	7.83	249.39	24.01	211.43	30	5.29	39.98
No. 6	114.94	2.35	158.5	6.53	237.75	18.99	202.63	30	4.14	48.91
平均	119.35	2.64	157.83	6.6	236.75	23.47	200.74	28.95	4.44	45.48
標準偏差	6.99	0.21	9.26	1.02	13.89	3.78	-	-	0.46	3.58
変動係数	0.059	-	0.059	-	-	-	-	-	-	-
ばらつき 係数	0.862	-	0.862	-	-	-	-	-	-	-
基準耐力	102.88	-	136.05	-	-	-	-	-	-	-

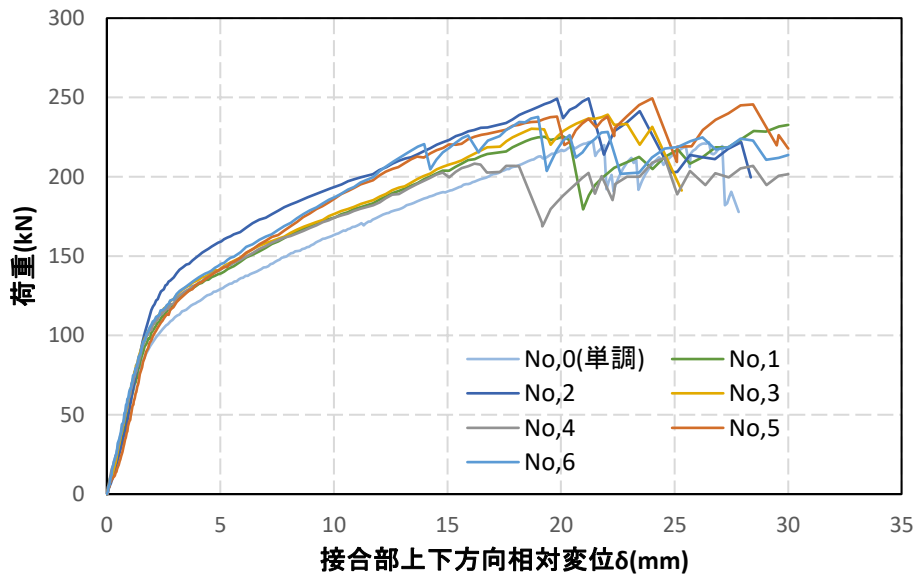


図 3-14 荷重変形関係 (包絡線)

(2) 破壊性状

No. 0 (予備試験)



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

(解体時) ドリフトピンの曲がり

No. 1



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 2



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 3

No. 4



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂



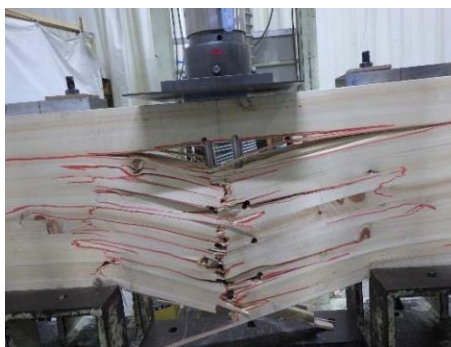
ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 5

No. 6



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

3.4.3 考察

(1) ドリフトピン1本あたりの降伏耐力、剛性

① 実験による降伏耐力、剛性の算出

[降伏耐力 P_y]

実験の結果、めり込み補強金物仕様①（丸パイプ $\phi 21.7$ 、 $t=3.2$ ）における $\phi 12$ のドリフトピン1本あたりのヒノキ集成材（E105-F300）に対する降伏耐力は降伏耐力の平均値 119.35kN より下式で算出する。

$$P_y = 119.35\text{kN} \quad / \quad 8 \text{本}$$

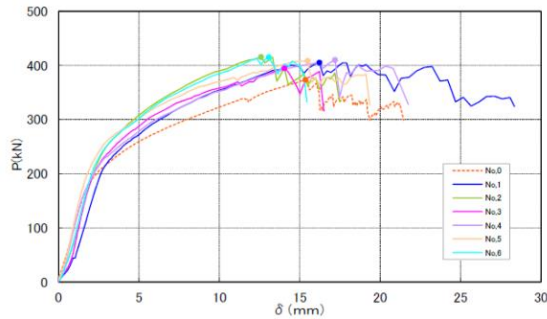
$$= 23.9 \text{ kN/本}$$

[剛性 K_s]

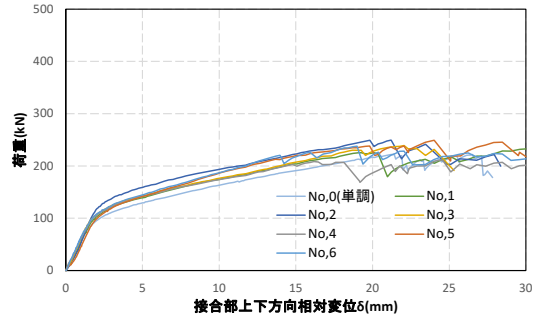
実験の結果、めり込み補強金物仕様①（丸パイプ $\phi 21.7$ 、 $t=3.2$ ）における $\phi 12$ のドリフトピン1本あたりのヒノキ集成材（E105-F300）に対する剛性は初期剛性の平均値 45.4mm より下式で算出する。

$$K_s = 45.5\text{kN/mm} \quad / \quad 8 \text{本}$$

$$= 5.7\text{kN}/(\text{mm} \cdot \text{本})$$



<昨年度実験 P- δ : ドリフトピン+柱>



<今年度実験 P- δ : ドリフトピン部分>

② 理論式による降伏耐力、すべり剛性の算出

[降伏耐力 P_y]

ヨーロッパ型降伏理論式 (EYT 式) による鋼板挿入型の接合具単体の降伏耐力は下式により求める。

接合形式(c)、接合具径 $d = 12\text{mm}$ 、主材厚 $L = 120 - 21.7 = 98.3 \text{ mm}$

$\phi 12$ ドリフトピン：鋼種 SS400 として、 $F = 245 \text{ N/mm}^2$

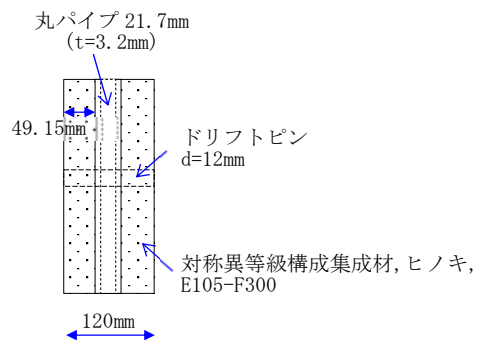
木材 (主材)：対称異等級構成集成材，樹種ヒノキ，E105-F300 より基準支圧強度 $F_e = 11.2 \text{ N/mm}^2$

接合具の基準材料強度と主材の基準支圧強度の比 $\gamma = F/F_e = 21.9$

接合形式と降伏モードによって決まる接合係数 C ：

$$C = \min\left(1, \sqrt{2 + \frac{8}{3}\gamma\left(\frac{d}{L}\right)^2} - 1, \frac{d}{L}\sqrt{\frac{8}{3}\gamma}\right) = \min(1.00, 0.43, 0.93) = 0.43 \text{ (モード 3)}$$

$$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot L = 5657 \text{ (N)} \\ = 5.66 \text{ (kN)}$$



よって、理論式による降伏耐力は 5.66kN となり、実験結果の 23.9kN に比べ 0.24 掛けの結果となった。

[すべり剛性 K_s]

弾性床式による鋼板挿入型の接合具単体のすべり剛性 K_s は下式により求める。

接合形式(c)、接合具径 $d = 12\text{mm}$ 、主材厚 $L = 120 - 21.7 = 98.3\text{mm}$

φ12 ドリフトピン：鋼種 SS400 として、 $F = 245 \text{ N/mm}^2$ 、 $E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

木材：対称異等級構成集成材，樹種ヒノキ，E105-F300 より $E_0 = 10.5 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$

繊維直交方向の基準支圧強度 $F_e = 11.2 \text{ N/mm}^2$

平井・小松式より $k_0 = E_0 / (31.6 + 10.9d) = 64.7 \text{ N/mm}^2$

弾性床式より

$$S_1 = k_0 \cdot d = 64.7 \times 12 = 228.2 \text{ N/mm}^2$$

$$I = \pi d^4 / 64 = 1017.4 \text{ mm}^4$$

$$\lambda_1 = (S_1 / (4EI))^{1/4} = 0.023, \lambda_1 L = 2.23$$

$$\cos(\lambda_1 L) = -0.616, \sin(\lambda_1 L) = 0.788$$

$$\cosh(\lambda_1 L) = 4.723, \sinh(\lambda_1 L) = 4.616$$

$$O_1 = \frac{\lambda_1 \cos h(\lambda_1 L) + \cos(\lambda_1 L)}{S_1 \sin h(\lambda_1 L) + \sin(\lambda_1 L)} = 7.57 \times 10^{-5}$$

$$H = \frac{\lambda_1}{S_1 \sin h(\lambda_1 L) + \sin(\lambda_1 L)} = 1.84 \times 10^{-5}$$

$$K_s = 1 / \left(\frac{O_1}{2} + H \right) = 17.77 \times 10^3 = 17.8 \text{ (kN/mm)}$$

以上より、弾性床式により算定した接合具 1 本あたりのすべり剛性は 17.8kN/mm となり、実験結果の 5.7kN/mm に比べ 3 倍近い

結果となった。

$$O_1 = \frac{\lambda_1 \cos h(\lambda_1 L) + \cos(\lambda_1 L)}{S_1 \sin h(\lambda_1 L) + \sin(\lambda_1 L)}$$

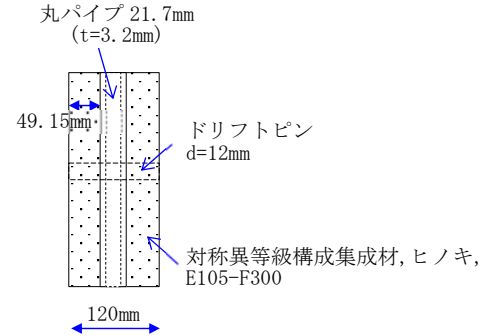
$$H = \frac{\lambda_1}{S_1 \sin h(\lambda_1 L) + \sin(\lambda_1 L)}$$

$$\lambda_1 = \left(\frac{S_1}{4EI} \right)^{1/4}$$

E：接合具の鋼材のヤング係数 (N/mm²)

L：主材厚(mm)、 S_1 ：主材および側材の接合具の単位長さあたりの面厚剛性 (N/mm²)

$S = kd$ k ：木材の面厚剛性 (N/mm²) で平井・小松式による。



(2) ドリフトピン部分を除いためり込み剛性

① 実験

昨年度の試験及び今回の試験結果からドリフトピン部分の特性を除いためり込み剛性（コの字部分のめり込み剛性）を算定する。

昨年度実施しためり込み補強金物仕様①の初期剛性が $K=85.6\text{ kN/mm}$ であるから、
 コの字部分のめり込み剛性（柱断面 120×120 、桁材ヒノキ集成材）としては $85.6 - 45.5 = 40.1\text{ kN/mm}$ 程度と推定される。

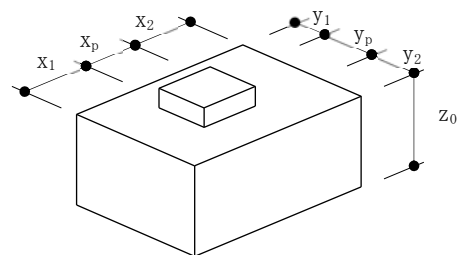
② 計算値（等変位めり込みの剛性）

木質構造接合部設計マニュアルに従い、等変位のめり込み剛性を算出する。
 横架材 $120\text{ mm}\times 360\text{ mm}$ に対する柱 $120\text{ mm}\times 120\text{ mm}$ のめり込み剛性を算定するため、 $x_p = y_p = 120\text{ mm}$ 、
 $x_1 = x_2 = 910\text{ mm}$ 、 $y_1 = y_2 = 0\text{ mm}$ とした。

初期剛性及び降伏耐力の算出結果は以下の通りとなる。

$$K = \frac{x_p y_p C_x C_y E_{90}}{z_0} = 41.2 \text{ [kN/mm]}$$

$$P_y = x_p y_p F_m \sqrt{\frac{C_x C_y}{C_{xm} C_{ym}}} = 69.0 \text{ [kN]}$$



横架材 $120\text{ mm}\times 360\text{ mm}$ 、対称異等級構成集成材、ヒノキ E105-F300 から、 $E = 10.5 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$

E_{90} ：全面横圧縮ヤング係数 $E_{90} = E/50 = 210 \text{ N/mm}^2$

n ：繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数。ヒノキ(J2)は $n = 6$ 。

F_m ：縁端距離を無限大としたときのめり込み降伏応力度 $F_m \approx 0.8F_{cv} = 0.8 \times 7.8 = 6.24 \text{ N/mm}^2$

諸係数については

$$C_x = 1 + \frac{2Z_0}{3x_p} \left(2 - e^{-\frac{3x_1}{2Z_0}} - e^{-\frac{3x_2}{2Z_0}} \right) = 4.91, \quad C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p} = 5.00$$

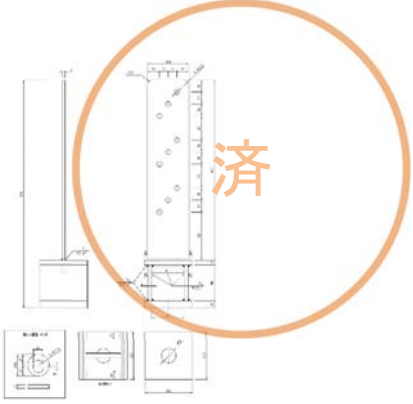
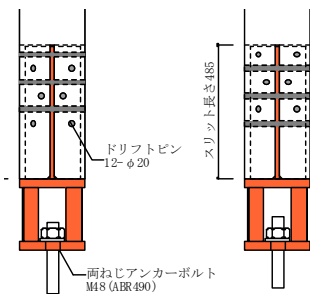
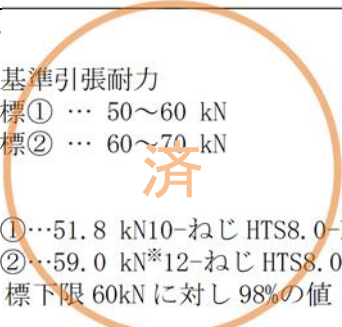
$$C_y = 1 + \frac{2Z_0}{3ny_p} \left(2 - e^{-\frac{3ny_1}{2Z_0}} - e^{-\frac{3ny_2}{2Z_0}} \right) = 1.00, \quad C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p} = 1.67$$

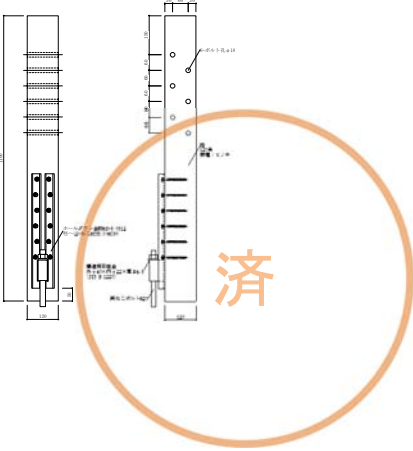
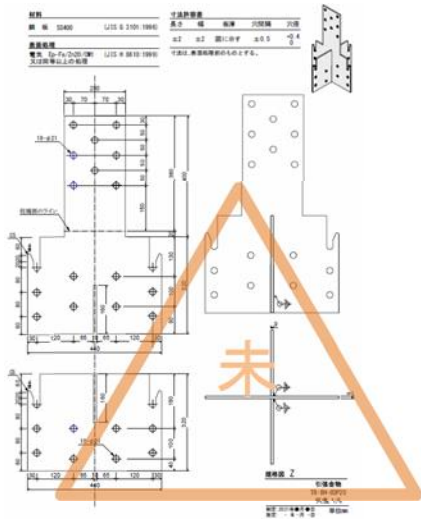
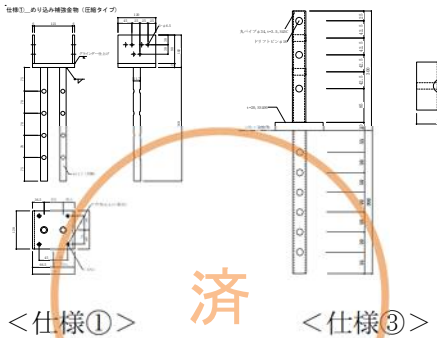
x_1 、 x_p 、 y_1 、 y_p 、 y_2 、 z_0 ：各寸法(mm)

3.5 まとめ

3.5.1 2019 年度からの接合金物開発の成果まとめ

表 3-10 接合金物開発の進捗状況一覧

金物種類	1～3層	4、5層
柱脚接合金物	<p>引張</p> <p>短期基準引張耐力目標 = 110 kN <u>目標達成仕様 HD-D9 (9×DP φ12)</u> 短期基準引張耐力 = 113.1 kN</p> <p>圧縮</p> <p>短期基準圧縮耐力 = 298 kN (初期剛性 = 125kN/mm)</p>  <p>※目標達成した仕様はあるが、今後仕様の追加を目指したい。</p>	<p>引張</p> <p>短期基準引張耐力 目標…380～440 kN 結果…408 kN (1体) →6体での性能を確認したい。</p>  <p>圧縮</p> <p>未確認 →引張で目標耐力を満足した仕様にて、性能確認が望まれる。</p>
中間階金物	<p>中間階</p> <p>短期基準引張耐力 目標① … 50～60 kN 目標② … 60～70 kN</p> <p>結果①…51.8 kN(10-ねじ HTS8.0-HC90) 結果②…59.0 kN*(12-ねじ HTS8.0-HC90) (*) 目標下限 60kN に対し 98%の値</p> 	<p>中間階金物[引張]</p> <p>短期基準引張耐力 目標…280～320 kN 結果…302kN (1体) →6体での性能を確認したい。</p>

金物種類	1～3層	4、5層
		 <p>※目標に対しやや不足する性能であった。</p> <p>中間階金物[せん断] 短期基準せん断耐力：165kN（1体） →6体での性能や、逆せん断性能を確認したい</p>
タイダウンシステム	タイダウンは不要	<p>未開発(次年度での開発を目指す)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 特許を侵害しない緩み防止機構の開発 or ほぞパイプ+ドリフトピンにて、めり込み量自体を無視できる程度に抑制 ・ 納まり、施工性の検討 ・ タイダウンシステムに組込まれた耐力壁の構造特性確認
めり込み補強	 <p><仕様①> <仕様③></p> <p>仕様①：短期基準圧縮耐力=210kN 仕様②：短期基準圧縮耐力=198kN 仕様③：短期基準圧縮耐力=187kN 短期基準引張耐力=73kN</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金物勝ちとして横架材に軸力を伝達しないような納まりとすれば、“めり込み補強金物”は不要となる。 <p>→本表中の 4,5 層用中間階金物が横架材に鉛直軸力を伝達しない納まりとなっている。</p>

3.5.2 次年度以降に向けての開発の方向性

次年度以降の課題として以下の項目を提案する。

- ・ りり込み補強金物のせん断性能の把握
- ・ 扁平柱用接合金物のせん断性能の把握
- ・ 昨年度まで実施した 240 角柱用接合金物（5 層向け）のせん断性能の把握
- ・ 実設計に向けたディテール検証
- ・ 各種金物の理論式による性能算定手法の確立

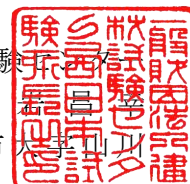
3.6 試験成績書

- ・ 扁平柱用接合金物の試験報告書
- ・ 試験報告書_K23-V270（りり込み補強金物の圧縮試験）

試験完了報告書



一般財団法人 建材試験
西日本試験所長 白
山口県山陽小野田市



発行番号	第23C0752号
依頼者	一般社団法人木を活かす建築推進協議会
試験体	柱脚金物（単調載荷1体，繰り返し6体） 中間階金物（単調載荷1体，繰り返し3体）
試験内容	柱脚金物：引張試験 中間階金物：圧縮試験
試験期間	2024年 1月23日 ～ 2月16日
発行日	2024年 2月19日

ご依頼を受けました上記試験が完了しましたので，報告いたします。

(備考)

特になし

試験成績書

令和6年2月19日

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会殿

株式会社 えびす建築研究所
東京都江東区清澄 2-14-8



ご依頼の試験結果は次の通りです。

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] 2種類の接合金物の引張耐力試験及び圧縮耐力試験を行い、その強度性能を確認する。</p> <p>[試験概要] 1) 引張試験 接合部位：柱脚部 接合金物：柱脚金物 TB-D9 改良 2個並列使い、金物1個あたりドリフトピンφ12×L115を9本 木材：柱-断面寸法 120mm×240mm、ヒノキ集成材 試験体数：7体（1体単調、6体繰り返し）</p> <p>2) 圧縮試験 接合部位：中間階部 接合金物：柱脚金物 TB-D9 改良（箱型部分を使用）を4個、引きボルト M24×L775を2本 木材：梁-断面寸法 120mm×600mm、ヒノキ集成材 試験体数：4体（1体単調、3体繰り返し）</p>
3. 試験結果	別紙に示す通り。
4. 試験期間	令和6年1月23日～2月16日
5. 試験実施場所	一般財団法人 建材試験センター 西日本試験所 山口県山陽小野田市大字山川

1. 試験体

- (1) 試験体の詳細は、表 1-1、表 1-2、図 1-1、図 1-2 に示す。
 (2) 金物及び接合具の詳細は、図 1-3 に示す。
 (3) 柱及び梁の密度、含水率は表 1-3 に示す。

表 1-1 柱脚部引張試験の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	柱脚部
載荷方法	引張
試験体数	7 体
接合金物	柱脚金物 TB-D9 改良 (図 1-3) 概要寸法; 全長 570×幅 120×奥行 120mm (プレート部-長さ 450×幅 104mm、箱形部-高さ 120×幅 120×奥行 120mm) 板厚; プレート 6mm、箱形部-底板及び上板 19mm、側板 9mm 材料; SS400
	接合具; ドリフトピン (図 1-4) 寸法; $\phi 12 \times$ 長さ 115mm 材料; SS400
木材	柱; ヒノキ集成材 寸法; 見付幅 240×奥行 120mm
	加工寸法; ドリフトピン部孔径 $\phi 12$ mm、プレート挿入部のスリット長さ 455×幅 6mm
固定ボルト等	全ねじボルト M24、六角ナット M24、偏心丸座金 $\phi 54$
接合方法	柱-金物; 9-ドリフトピン (金物 1 個あたり) 金物-装置; 1-ボルト、ナット、偏心座金

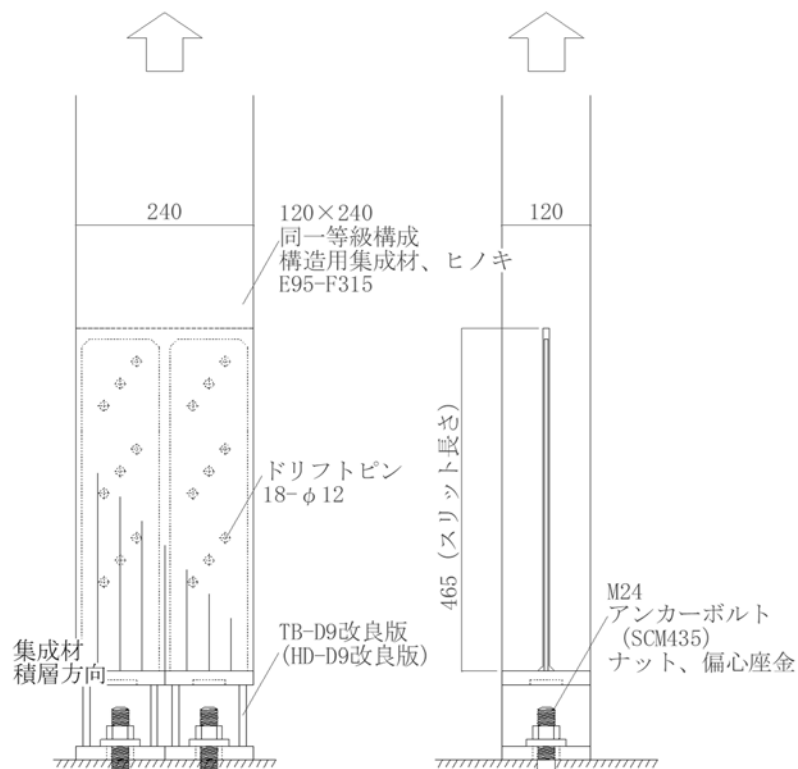
表 1-2 中間階部圧縮試験の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	中間部
載荷方法	圧縮
試験体数	4 体
接合金物	柱脚金物 TB-D9 改良 (図 1-3) 概要寸法; 全長 570×幅 120×奥行 120mm (プレート部-長さ 450×幅 104mm、箱形部-高さ 120×幅 120×奥行 120mm) 板厚; プレート 6mm、箱形部-底板及び上板 19mm、側板 9mm 材料; SS400
	接合具
木材	梁; ヒノキ集成材 寸法; 120mm×600mm
	加工寸法; 引きボルト用先孔 2- $\phi 26$
固定ボルト等	引きボルト M24 (両端ねじ加工)、六角ナット M24、偏心丸座金 $\phi 54$ 、高ナット M24 (L=40mm)
接合方法	上下の金物同士; 引きボルト、六角ナット、偏心座金、高ナット (高ナットを金物に接触させて引きボルトを固定)

表 1-3 柱及び梁の含水率

試験体記号	柱
	含水率 (%)
引張-1	10.3
引張-2	9.0
引張-3	9.4
引張-4	10.2
引張-5	10.7
引張-6	9.5
平均値	9.9

試験体記号	梁
	含水率 (%)
圧縮-1	8.3
圧縮-2	8.3
圧縮-3	8.2
平均値	8.3



< 柱脚接合金物 >

図 1-1 柱脚接合金物引張試験 試験体概要図

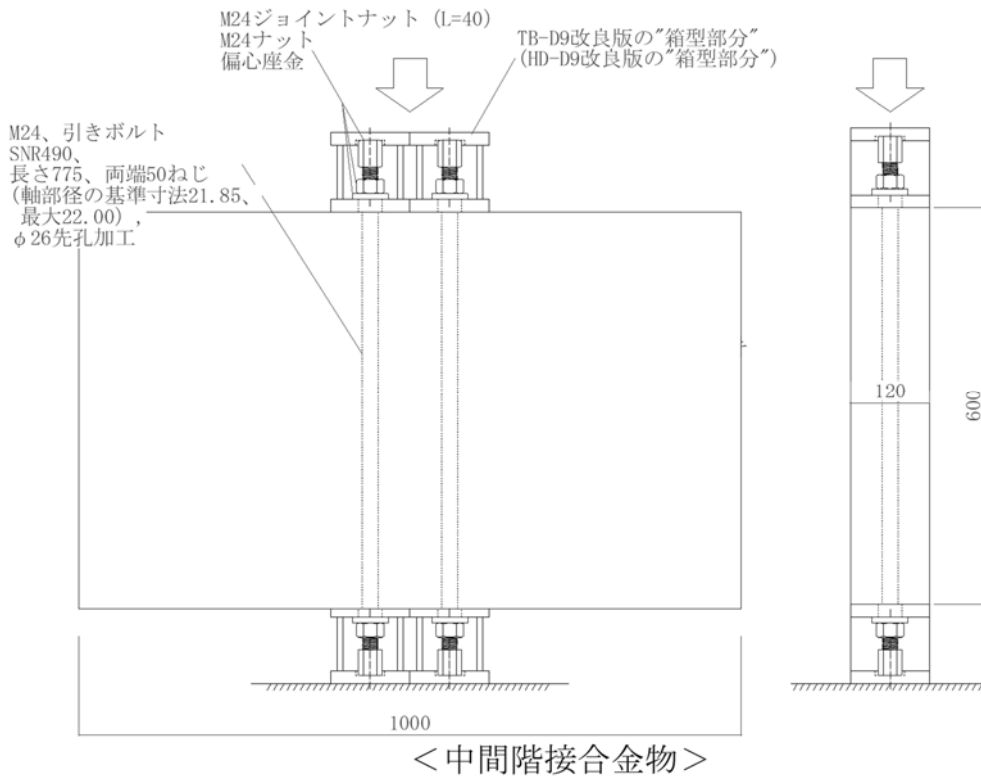


図 1-2 中間階接合金物圧縮試験 試験概要図

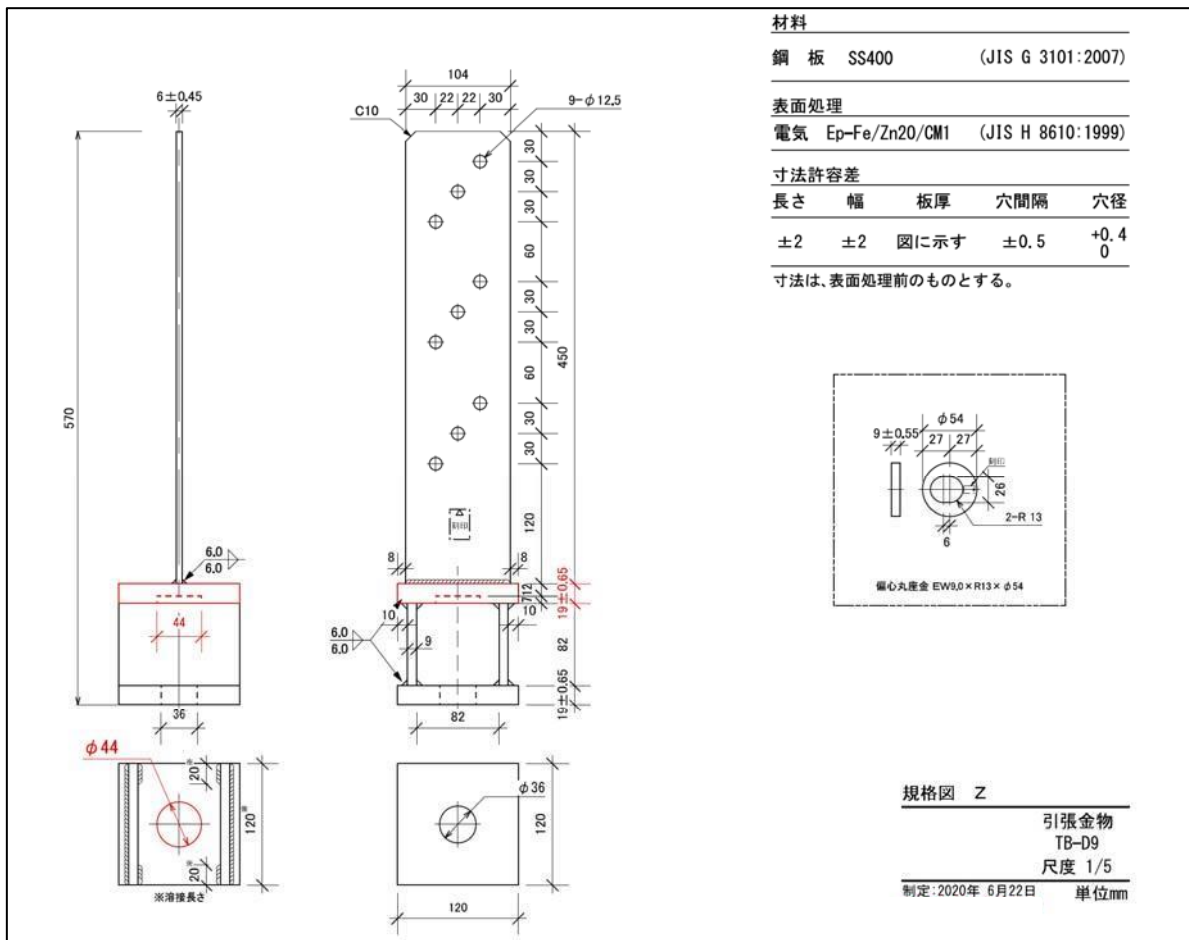


図 1-3 TB-D9 改良 金物図面

名称：ドリフトピンφ12×115
在室：SS400



図 1-4 ドリフトピン概要図

2. 試験方法

(1) 試験方法

試験体記号 No. 0 は予備試験とし、単調加力により破壊に至るまで荷重を連続的に加えた。その結果により降伏耐力に対する変位 δy を求めた。

試験体記号 No. 1~6 は本試験とし、一方向の繰返し加力による荷重を与えた。繰返しは、繰返しは、予備試験で得られた降伏変位 δy の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の順で各 1 回繰返し加力を行った。なお予備試験で δy が得られなかった場合には、最大荷重時変位 δ_{max} の 1/10、1/5、3/10、2/5、1/2、3/5、7/10、1 倍の順で各 1 回繰返し加力を行うこととした。最大荷重に達した後、最大荷重の 80% の荷重に低下するまで、又は破壊が確認されるまで加力した。

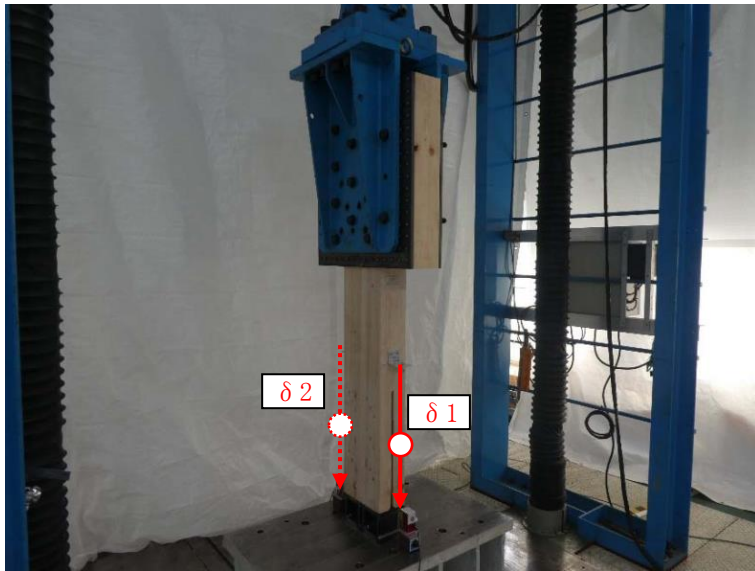


図 2-1 柱脚接合金物の引張試験方法

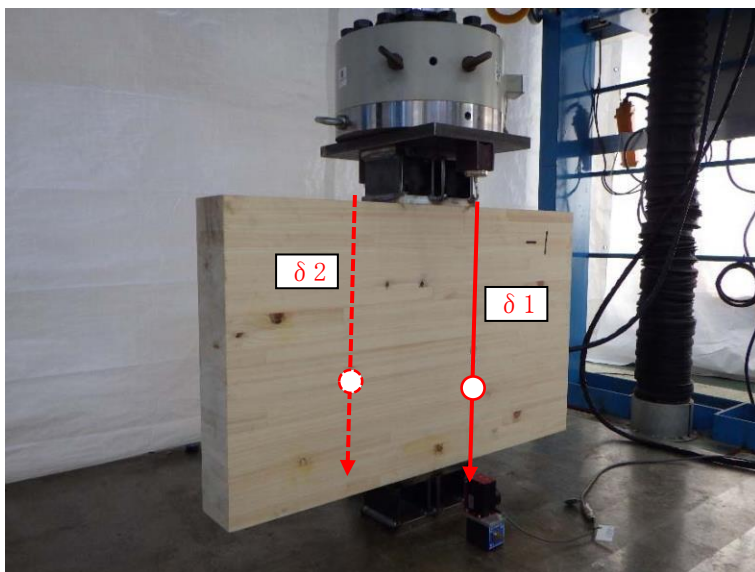


図 2-2 中間階接合金物の圧縮試験方法

3. 試験結果

各試験体の最大荷重時の荷重、変位及び主な破壊性状を表 3-1、表 3-2 に示す。

表 3-1 柱脚金物の引張試験結果

試験体記号	最大荷重時		主な破壊状況
	荷重 (kN)	変位 (mm)	
引張-1	462.3	11.8	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-2	474.1	12.8	柱脚金物の降伏、終局はドリフトピン位置で破断
引張-3	423.0	6.9	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-4	445.0	9.0	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-5	438.2	11.0	ドリフトピン位置での柱脚の木破
引張-6	475.1	14.6	柱脚金物の降伏、終局では破断直前の状況
平均値	453.0	11.0	
標準偏差	20.99	2.74	

表 3-2 中間階金物の圧縮試験結果

試験体記号	最大荷重時		主な破壊状況
	荷重 (kN)	変位 (mm)	
圧縮-1	540.8	23.6	引きボルト M24 の圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み
圧縮-2	509.2	17.0	
圧縮-3	558.4	21.6	
平均値	536.1	20.7	
標準偏差	24.93	3.38	

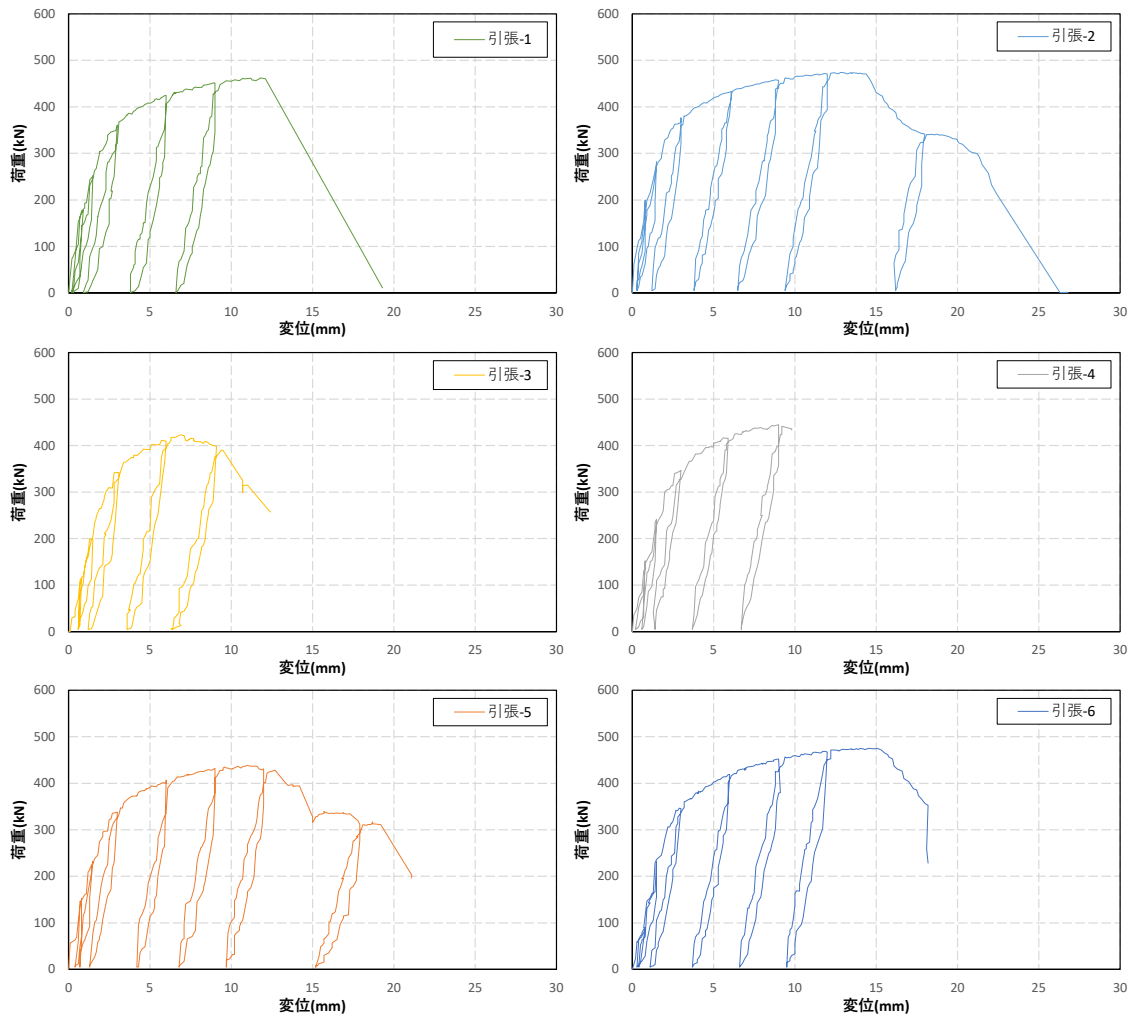


図 3-1 柱脚接合金物引張試験 荷重変形関係

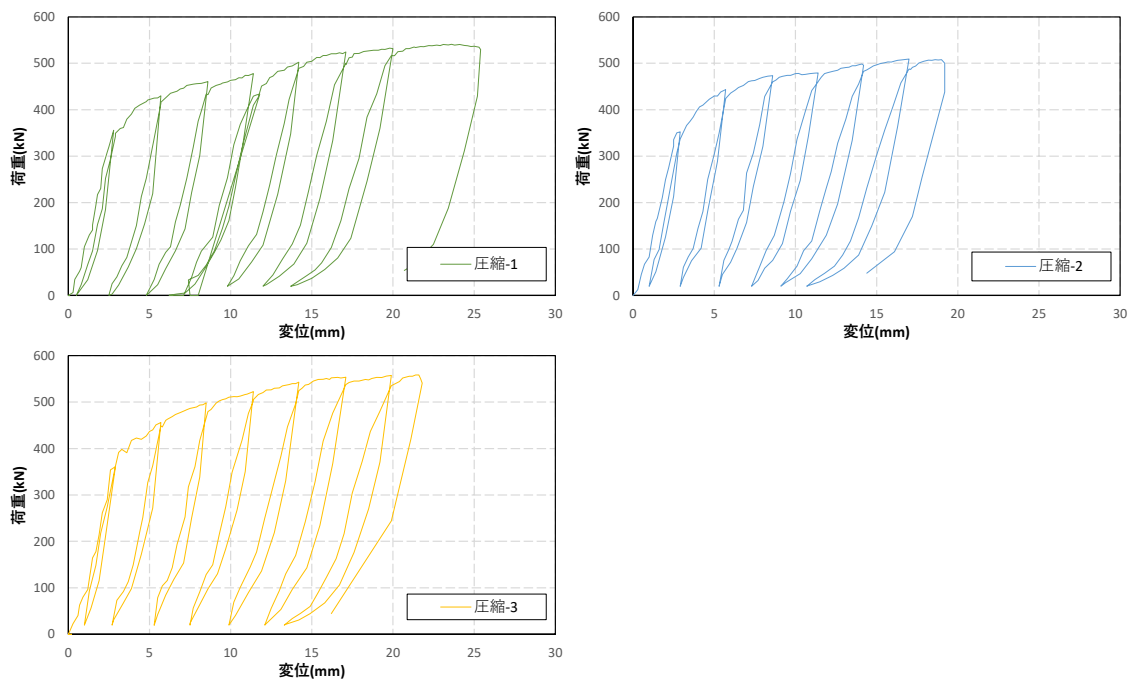


図 3-2 中間階接合金物圧縮試験 荷重変形関係

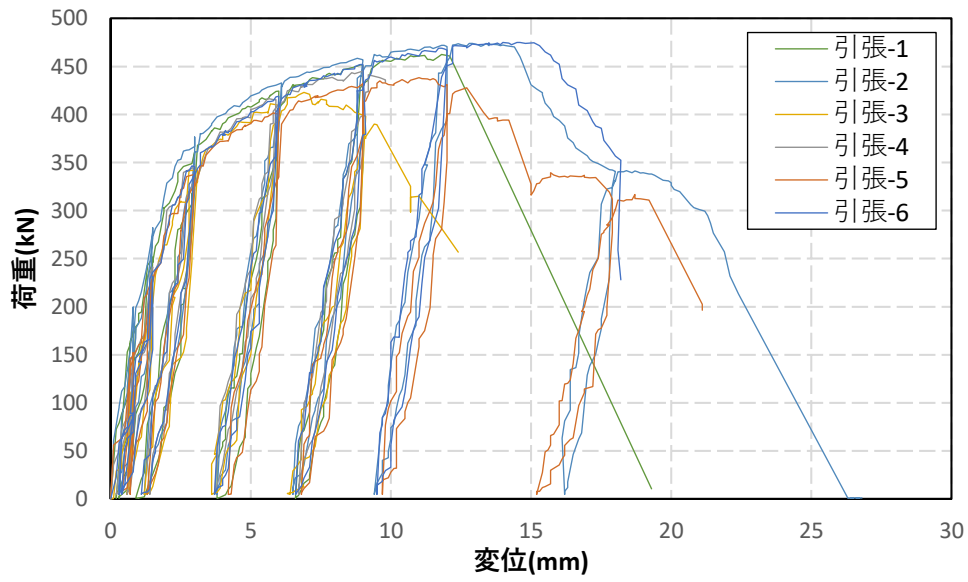


図 3-3 柱脚接合金物引張試験 引張 1~6 荷重変形関係

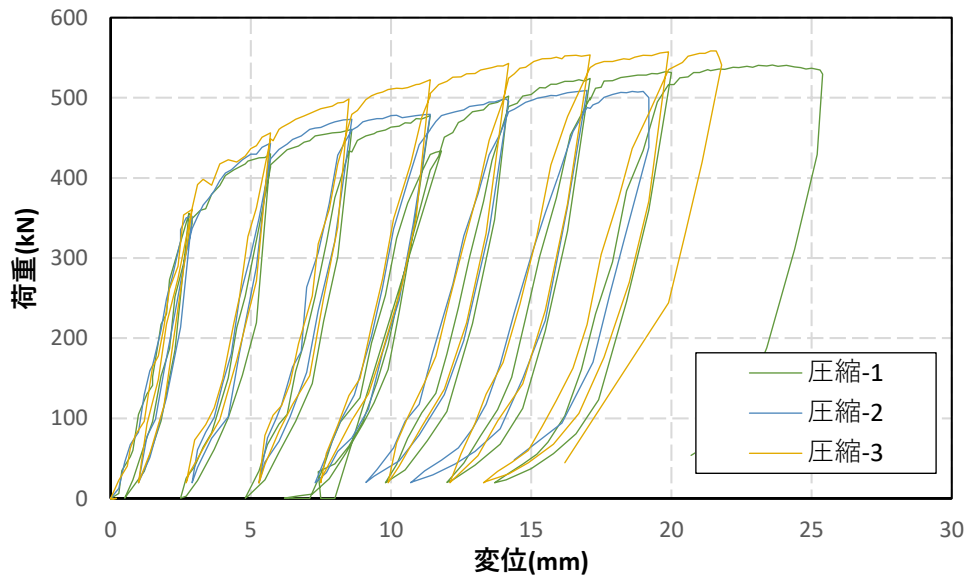


図 3-4 中間階接合金物圧縮試験 圧縮 1~3 荷重変形関係

4. 短期基準耐力の算出

(1) 包絡線の作製と特性値の算出

包絡線は荷重-変位曲線より作成し、図 4-2、図 4-3 に示す。

- (2) 試験体 1 体あたりの包絡線から算出した各種特性値は表 4-2、表 4-3 に示す。
- (3) 各種特性値は、包絡線に完全弾塑性モデルを適合して下記の方法及び図 4-1 に準じて算出する。
 - ① 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ第 I 直線を引く。
 - ② 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ第 II 直線を引く。
 - ③ 包絡線に接するまで第 II 直線を平行移動し、これを第 III 直線とする。
 - ④ 第 I 直線と第 III 直線の交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点から X 軸に並行に第 IV 直線を引く。
 - ⑤ 第 IV 直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
 - ⑥ 原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第 V 直線とし、その勾配を初期剛性 K と定める。
 - ⑦ 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下時の包絡線上の変位を終局変位 δ_u と定める。
 - ⑧ 包絡線と X 軸及び δ_u で囲まれる面積を S とする。
 - ⑨ 第 V 直線と δ_u と X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるように X 軸に平行な第 VI 直線を引く。
 - ⑩ 第 V 直線と第 VI 直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
 - ⑪ 塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_v$ とする
 - ⑫ 構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1/\sqrt{2\mu - 1}$ とする。

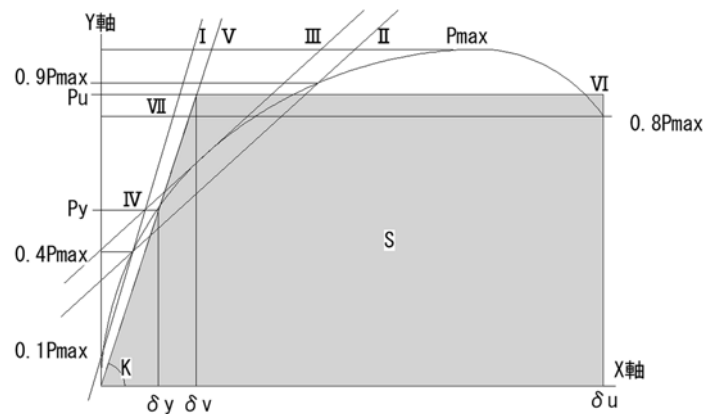


図 4-1 完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力等の求め方

(4) 短期基準耐力は、下記の方法により算出する。

下記の①、②の試験荷重の平均値にばらつき係数を乗じ、5%下限値を求め、値の小さい方を短期基準耐力とする。

- ①降伏耐力 P_y
- ②最大耐力 P_{max} の $2/3$ の値

(5) ばらつき係数は下式による。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot K$$

ここで、 CV ; 変動係数

K ; 信頼水準 75%の 95%下側許容限界を求めるための定数

(6) 試験体 1 体あたりの算出した短期基準耐力は、表 4-1 に示す。

表 4-1 算出した短期基準耐力 (試験体 1 体あたり)

試験体	決定因子	短期基準耐力 (kN)
柱脚接合金物 (引張)	P_y	253.9
中間階接合金物 (圧縮)	P_y	297.1

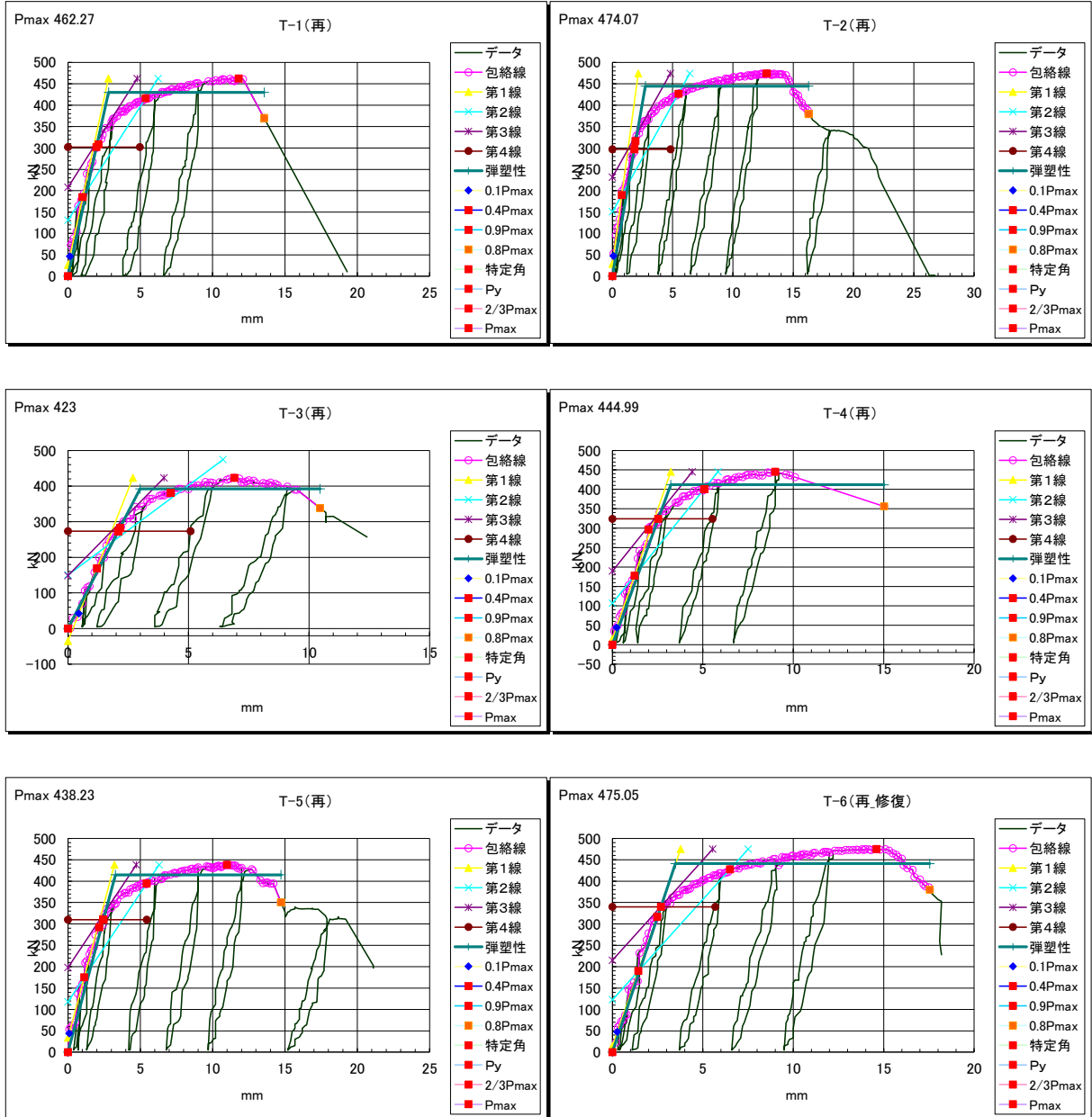


図 4-2 引張試験 包絡線及び完全弾塑性モデル

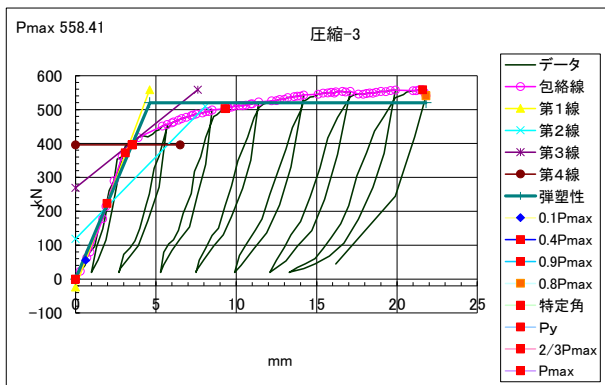
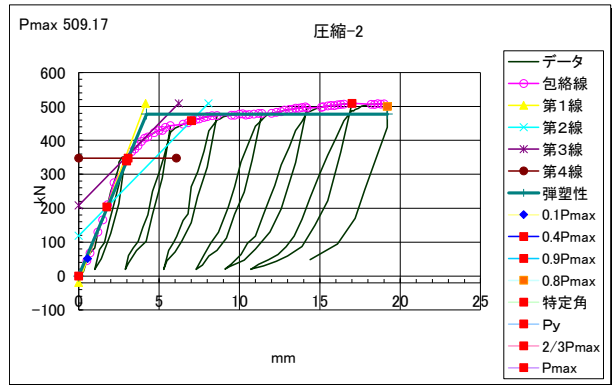
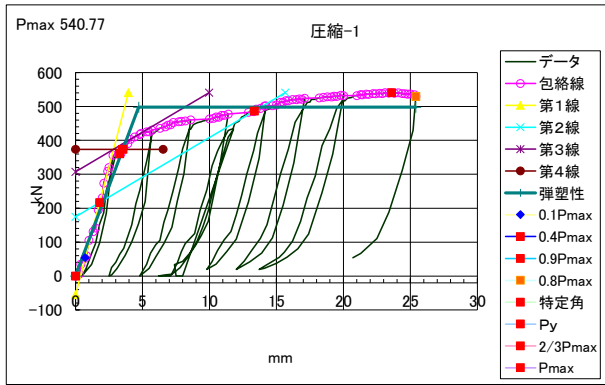


図 4-3 圧縮試験 包絡線及び完全弾塑性モデル

表 4-2 柱脚接合金引張試験；包絡線から算出した各種特性値（試験体 1 体あたり）

	引張-1	引張-2	引張-3	引張-4	引張-5	引張-6	平均	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	5% 下限値
降伏時 P_y (kN)	302.0	297.0	273.4	323.8	309.9	340.0	307.7	22.94	0.075	0.825	253.9
降伏時 δ_y (mm)	2.00	1.80	2.10	2.50	2.50	2.70	2.30	0.35	-	-	-
2/3 P_{max} P (kN)	308.2	316.1	282.0	296.7	292.1	316.7	302.0	14.0	0.046	0.893	269.7
2/3 P_{max} δ (mm)	2.1	1.9	2.2	2.0	2.2	2.5	2.2	0.21	-	-	-
P_{max} P (kN)	462.3	474.1	423.0	445.0	438.2	475.1	453.0				
P_{max} δ (mm)	11.8	12.8	6.9	9.0	11.0	14.6	11.0				
初期剛性 K (kN/mm)	151.0	165.0	130.2	129.5	124.0	125.9	133.8				
終局変位 δ_u (mm)	13.6	16.3	10.5	15	14.7	17.5	14.6				
降伏変位 δ_v (mm)	2.8	2.7	3.0	3.2	3.3	3.5	3.1				
終局耐力 P_u (kN)	429.9	444.4	392.3	411.7	414.8	441.2	422.4				
塑性率 μ	4.86	6.04	3.50	4.69	4.45	5.00	4.76				
構造特性 D_s	0.340	0.300	0.410	0.350	0.360	0.330	0.350				

表 4-3 中間階接合金物圧縮試験；包絡線から算出した各種特性値（試験体 1 体あたり）

	圧縮-1	圧縮-2	圧縮-3	平均	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	基準耐力
降伏時 P_y (kN)	373.6	347.7	395.5	372.3	23.93	0.064	0.798	297.1
降伏時 δ_y (mm)	3.5	3.1	3.5	3.4	0.23	-	-	-
2/3 P_{max} P (kN)	360.5	339.5	372.3	357.4	16.61	0.046	0.855	305.6
2/3 P_{max} δ (mm)	3.3	3.0	3.1	3.1	0.15	-	-	-
P_{max} P (kN)	540.8	509.2	558.4	536.1				
P_{max} δ (mm)	23.6	17.0	21.6	20.7				
初期剛性 K (kN/mm)	106.7	112.2	113.0	109.5				
終局変位 δ_u (mm)	25.4	19.2	21.8	22.1				
降伏変位 δ_v (mm)	4.7	4.2	4.6	4.5				
終局耐力 P_u (kN)	497.7	477.6	520.0	498.4				
塑性率 μ	5.40	4.57	4.74	4.90				
構造特性 D_s	0.32	0.35	0.34	0.34				



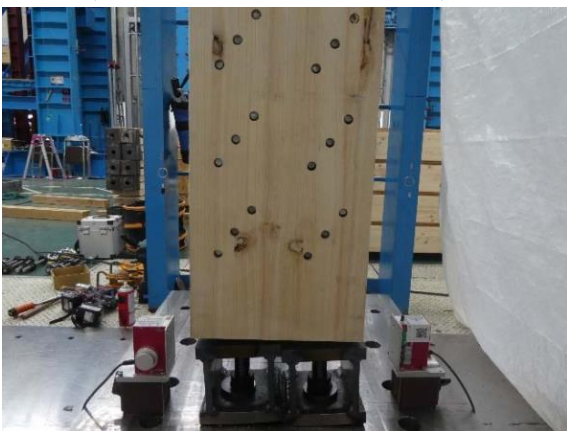
引張-1 ; ドリフトピン位置での木破 引張-2 ; ドリフトピン位置での金物破断



引張-3 ;

引張-4 ;

引張-5 ; ドリフトピン位置での木破



引張-6 ; 接合金物の降伏、破断直前

写真 4-1 柱脚接合金物引張試験 破壊性状



圧縮-1 ; 引きボルトの圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み



圧縮-2 ; 引きボルトの圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み



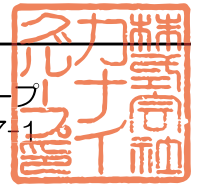
圧縮-3 ; 引きボルトの圧縮座屈、座屈による変位進行による金物の梁へのめり込み

写真 4-2 中間階接合金物圧縮試験 破壊性状

性能試験報告書

試験結果は以下の通りであることをご報告いたします。
2022年11月22日

株式会社カナイグループ
埼玉県八潮市西袋717-1



試験名称	木造建築用接合金物の接合部 圧縮試験
試験内容	<p>[接合金物] 製品名: <試験用>めり込み補強金物 (ドリフトピン接合部分)</p> <p>(接合具) ドリフトピンφ12×115……8本</p> <p>・形状・寸法/材質は 1-3製品図 参照</p> <p>[木材] 桁: 対称異等級構成集成材 (ヒノキ) E105-F300 寸法: 120×360</p> <p>[試験体数] 7体 (うち1体は予備試験体) 試験体の形状・寸法は図-1 参照</p>
試験方法	木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版) (監修: 国土交通省住宅局建築指導課・木造住宅振興室, 企画編集・発行: (公財) 日本住宅・木材技術センター) の4章「試験方法と評価方法」の4.4「継手・仕口の試験」に準じて行った。
試験結果	短期基準接合耐力 102.88 kN
試験期間	2023年11月7日
担当者	<p>試験責任者 株式会社カナイグループ 中村 正芳</p> <p>試験実施者 株式会社カナイグループ 中村 慎吾、田中 進</p>
試験場所	株式会社カナイグループ 埼玉県八潮市浮塚507-1 開発試験センター

1 試験体

1-1. 試験体図

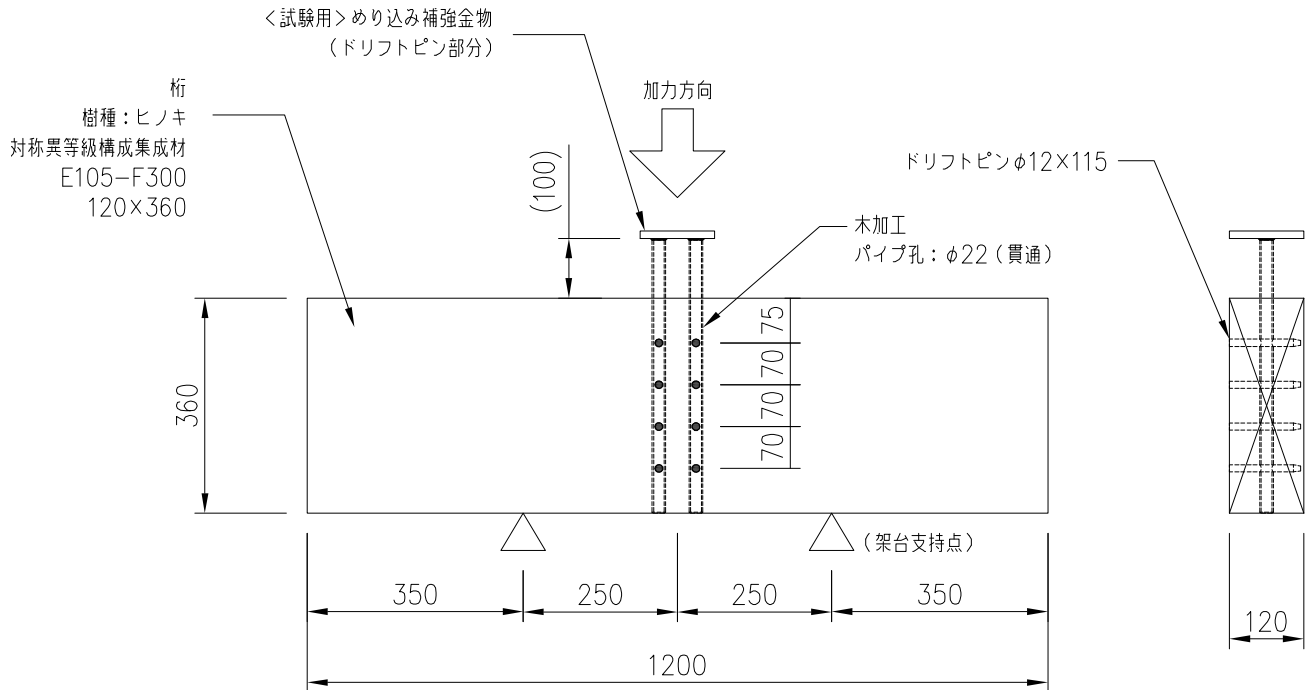


図-1 試験体図

1-2. 密度および含水率

表-1 密度および含水率 一覧

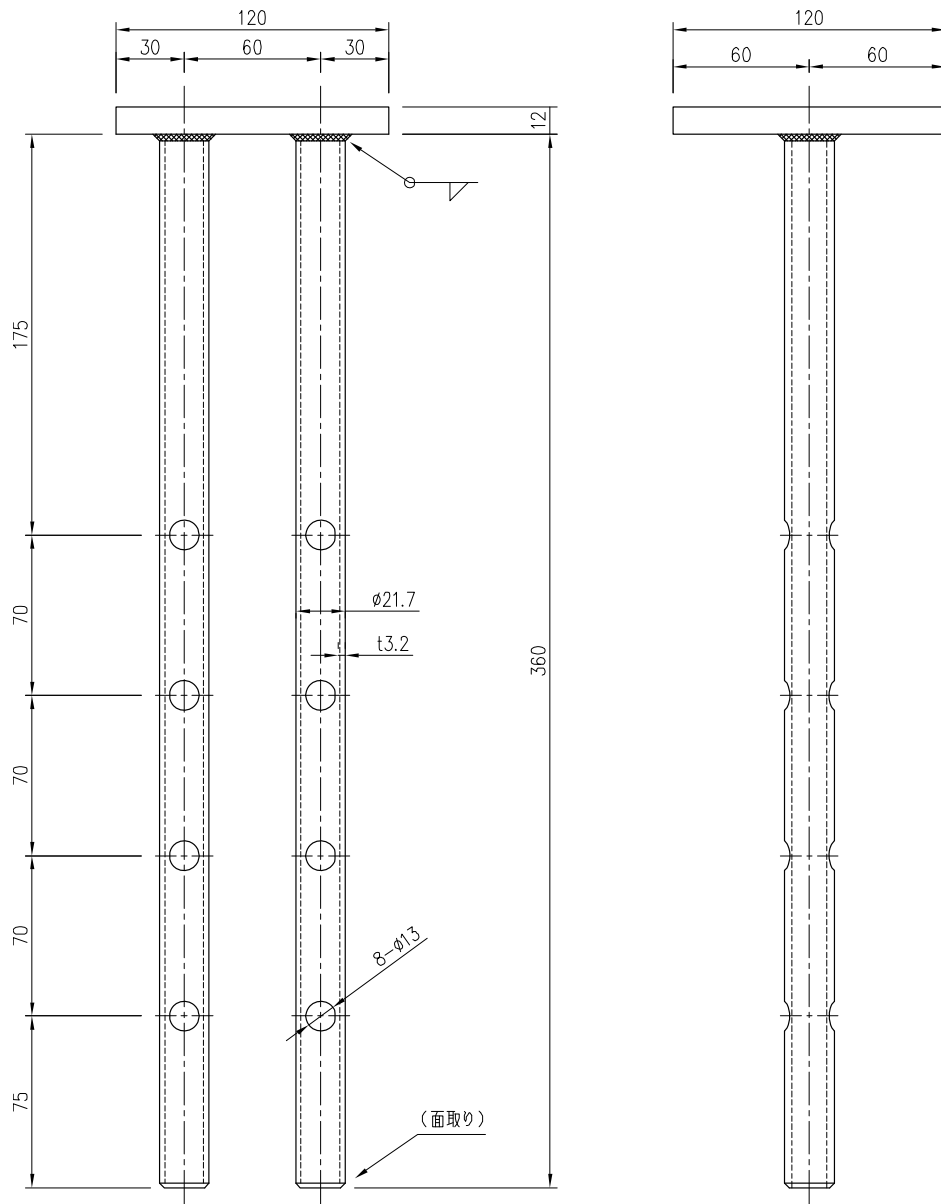
試験体 記号	桁 120×360	
	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
No,0	0.43	9.5
No,1	0.44	9.7
No,2	0.45	10.2
No,3	0.45	10.5
No,4	0.45	9.7
No,5	0.46	10.6
No,6	0.47	10.3
平均	0.45	10.2
標準偏差	0.01	0.39

含水率は 木材水分計 HM-540(株式会社ケット科学研究所)を用いて測定した。

1-3. 製品図

名 称: <試験用>めり込み補強金物(ドリフトピン接合部分)

材 質: 鋼板/SS400(JIS G 3101)、パイプ部: #45(中国国家標準規格 GB/T3639-2009)



名 称: ドリフトピン $\phi 12 \times 115$

材 質: SS400(JIS G 3101)

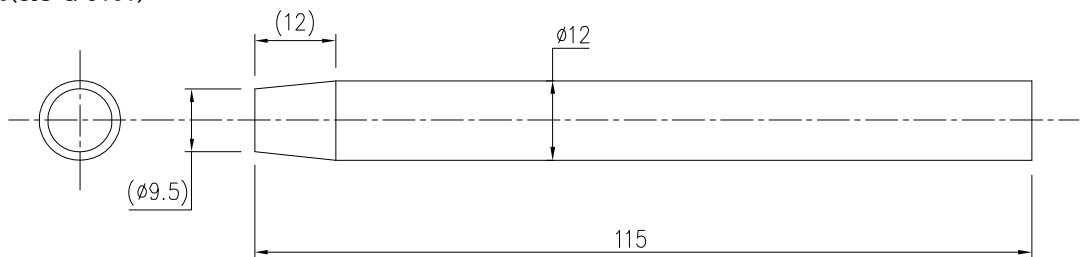


図-2 製品図

2 試験方法の詳細

2-1. 加力方法

加力は圧縮500kN/引張500kN自動コントロール式加力試験機(ロードセル容量：±500kN、ヒステリシス：±0.05%R0)を使用し次の順序で行った。

(1)試験体記号No. 0は予備試験とし、単調加力による荷重を破壊に至るまで連続的に加えた。その結果より降伏耐力に対する変位 δy を求めた。

(2)試験体記号No. 1~6は本試験とし、一方向繰返し加力による荷重を加えた。繰返しは、予備試験で得られた降伏変位 δy の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍の順で各1回繰返し加力を行った。なお予備試験で δy が得られなかった場合には、最大荷重時変位 δ_{max} の1/10、1/5、3/10、2/5、1/2、3/5、7/10、1倍の順で各1回繰返し加力を行うこととした。最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで、又は破壊が確認されるまで加力した。

(3)最大荷重は破壊荷重時の変位が30mm以下の場合には、これを最大荷重として扱い、30mmを超える場合には、変位が30mm以内の最高荷重を最大荷重とした。

2-2. 試験体の変位測定

δ 変位の測定は、接合部の相対上下方向変位について、高感度変位計(容量：100mm、感度： $100 \times 10^{-6}/\text{mm}$ 、非直線性：0.1%R0)を使用して行った。

接合部の上下方向変位 δ は下式による。

$$\delta = (\delta 1 + \delta 2 + \delta 3 + \delta 4) / 2$$

・ $\delta 1 \sim \delta 2$ は高感度変位計DG-1~DG-4の計測値

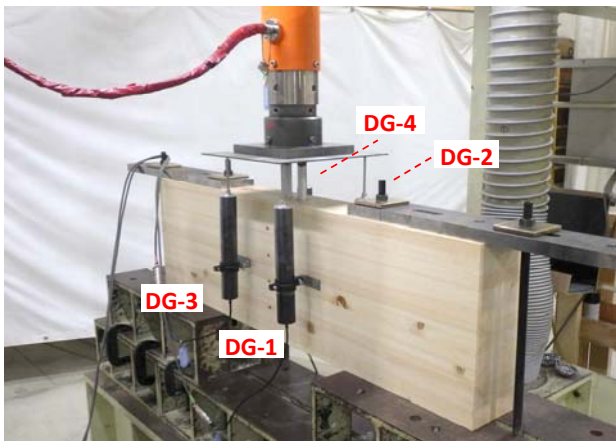


写真-1 変位計取り付け位置

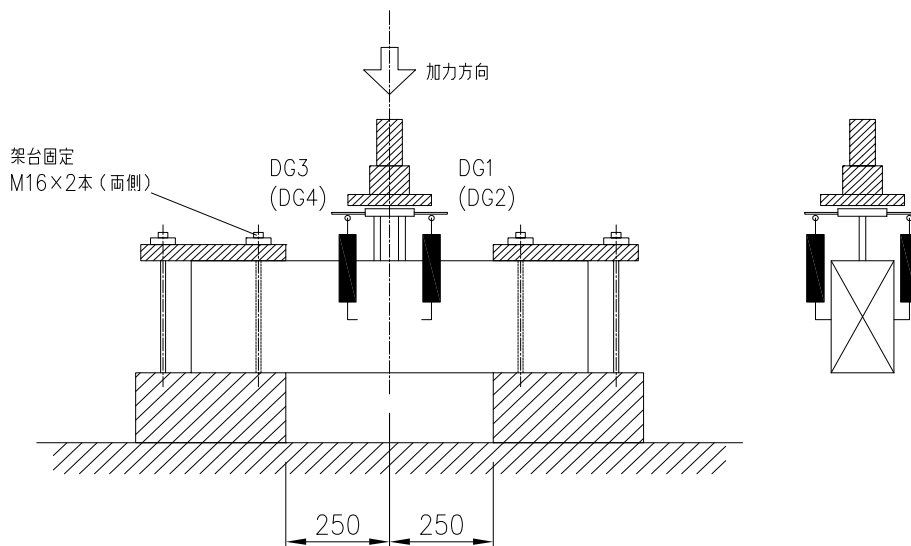


図-3 試験方法

3 降伏耐力、終局耐力等の求め方および短期基準接合耐力の算定方法

3-1. 包絡線の作成

降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 等は、荷重-変位曲線の包絡線より次の手順に従い求めた。

- ① 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ直線（第Ⅰ直線）を引く。
- ② 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ直線（第Ⅱ直線）を引く。
- ③ 包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。
- ④ 第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の降伏耐力 P_y とし、この点からX軸に平行に直線（第Ⅳ直線）を引く。
- ⑤ 第Ⅳ直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
- ⑥ 原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線（第Ⅴ直線）を初期剛性 K と定める。
- ⑦ 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位又は 30mm のいずれか小さい変位を終局変位 δ_u と定める。
- ⑧ 包絡線とX軸及び δ_u で囲まれる面積を S とする。
- ⑨ 第Ⅴ直線と δ_u とX軸及びX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるようにX軸に平行な直線（第Ⅵ直線）を引く。
- ⑩ 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降伏耐力と定め、これを終局耐力 P_u と読み替える。その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
- ⑪ $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ を塑性率とする。
- ⑫ 構造特性係数 D_s は塑性率 μ を用いて、 $D_s = 1 / \sqrt{2\mu - 1}$ とする。

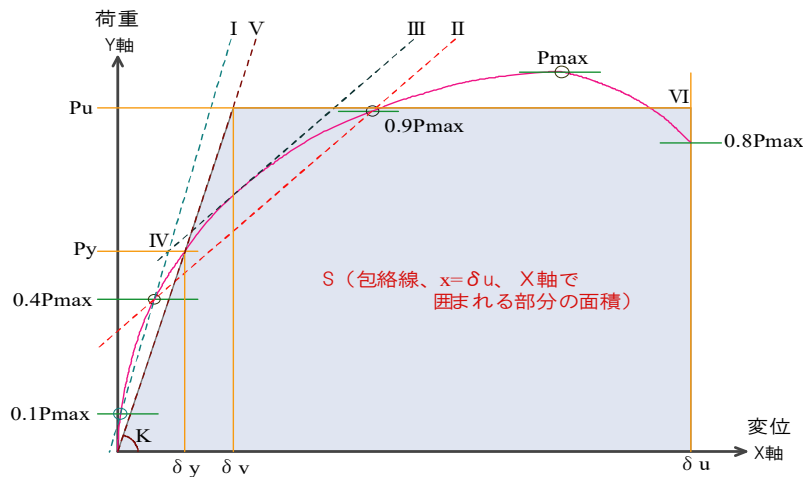


図-4 完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力の求め方

3-2. 短期基準接合耐力の算定

短期基準接合耐力は、降伏耐力 P_y 又は最大荷重の $2/3$ の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方の値とした。
 なお、ばらつき係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値をもとに次式より求めた。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k$$

CV：変動係数

k：定数（下表による）

試験体数n	3	4	5	6	7	8	9	10
k	3.152	2.681	2.464	2.336	2.251	2.189	2.142	2.104

4 算定結果

4-1. 算出結果

算出結果を 表-2に示す。

表-2 短期基準接合耐力算定表 および 特性値 一覧

試験体 記号	降伏時		2/3Pmax時		Pmax時		終局時		降伏変位 δv mm	初期 剛性 K kN/cm	塑性率 μ -	構造特性 係数 Ds mm
	P_y	δy	2/3Pmax	$\delta_{2/3Pmax}$	Pmax	δ_{Pmax}	P_u	δu				
	kN	mm	kN	mm	kN	mm	kN	mm				
No. 0 (単調加力)	108.60	2.79	148.20	7.64	222.30	21.41	186.22	27.82	4.78	389.25	5.82	0.31
No. 1	116.22	2.69	155.19	7.01	232.78	30.00	196.23	30.00	4.55	432.04	6.59	0.29
No. 2	133.13	2.69	166.33	5.99	249.50	21.21	210.16	28.36	4.25	494.91	6.67	0.28
No. 3	118.70	2.64	159.46	7.29	239.19	22.05	197.72	25.31	4.40	449.62	5.75	0.31
No. 4	114.38	2.47	141.24	4.96	211.86	24.56	186.24	30.00	4.02	463.08	7.46	0.27
No. 5	118.75	2.97	166.26	7.83	249.39	24.01	211.43	30.00	5.29	399.83	5.67	0.31
No. 6	114.94	2.35	158.50	6.53	237.75	18.99	202.63	30.00	4.14	489.11	7.25	0.27
平均	119.35	2.64	157.83	6.60	236.75	23.47	200.74	28.95	4.44	454.77	6.57	0.29
標準偏差	6.99	0.21	9.26	1.02	13.89	3.78	9.45	1.90	0.46	35.84	0.74	0.02
変動係数	0.059	/	0.059	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ばらつき係数	0.862	/	0.862	/	/	/	/	/	/	/	/	/
短期基準接合耐力	102.88	/	136.05	/	/	/	/	/	/	/	/	/

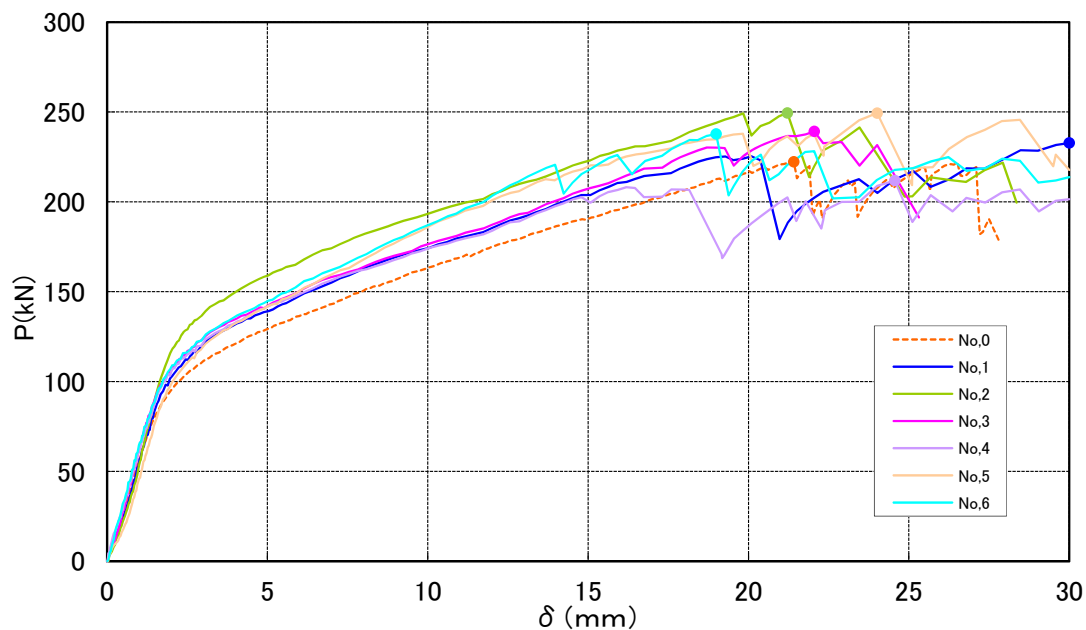
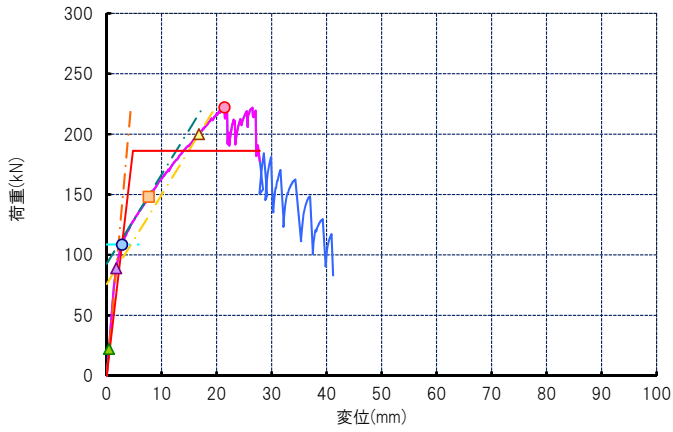


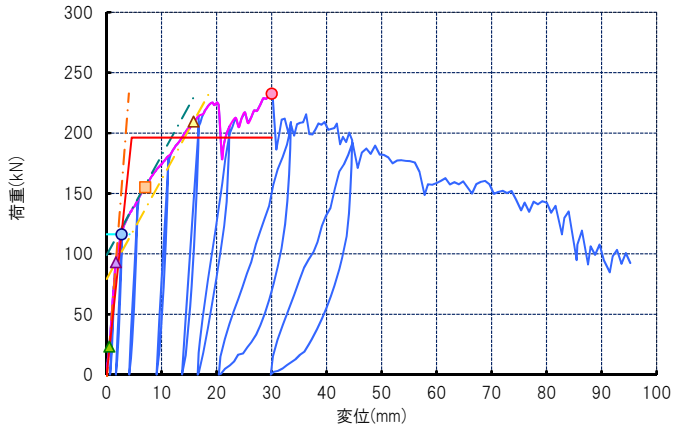
図-5 P- δ 曲線の包絡線 (試験体相互の比較)

5 荷重-変位曲線

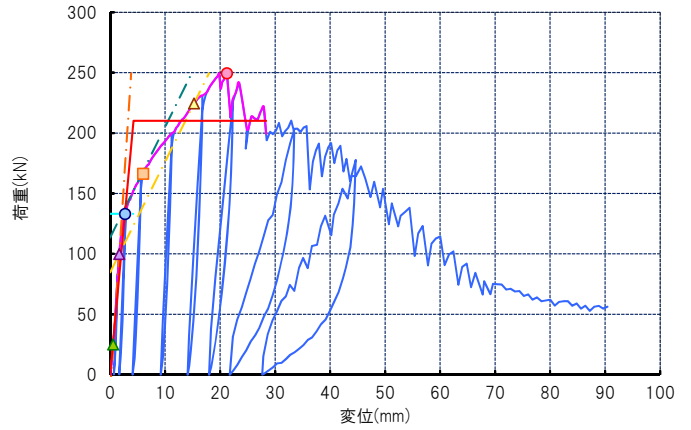
No. 0 (予備試験)



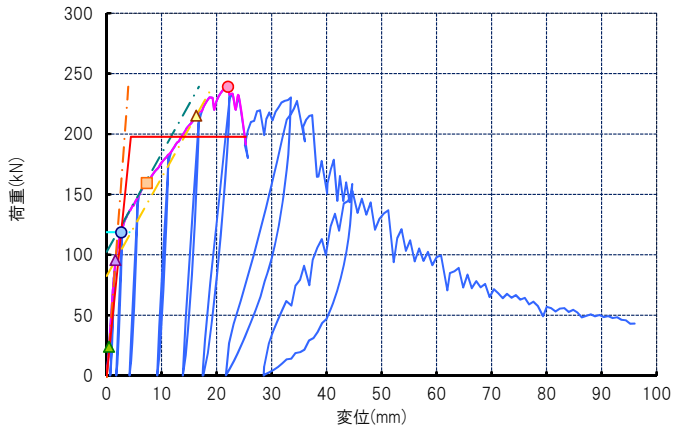
No. 1



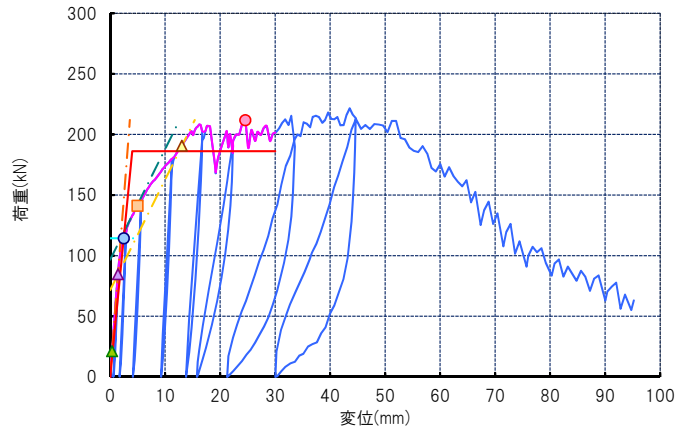
No. 2



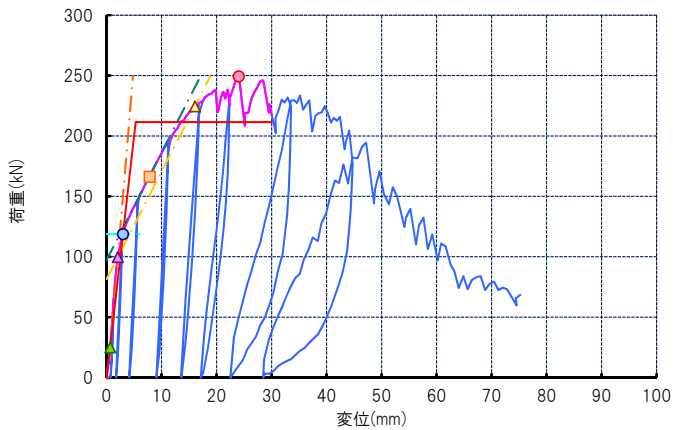
No. 3



No. 4



No. 5



No. 6

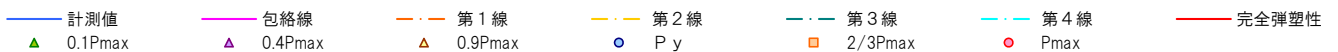
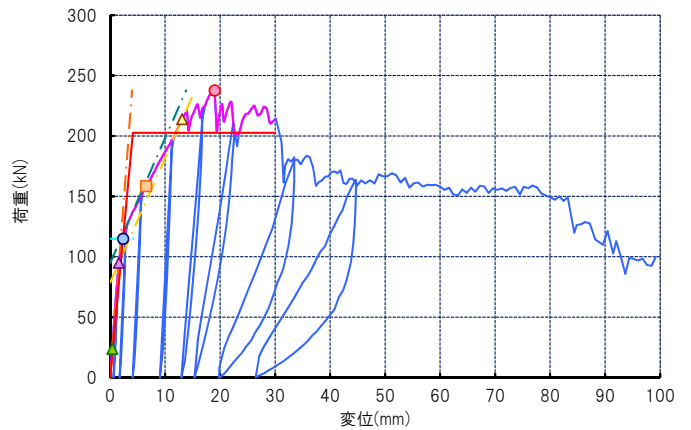


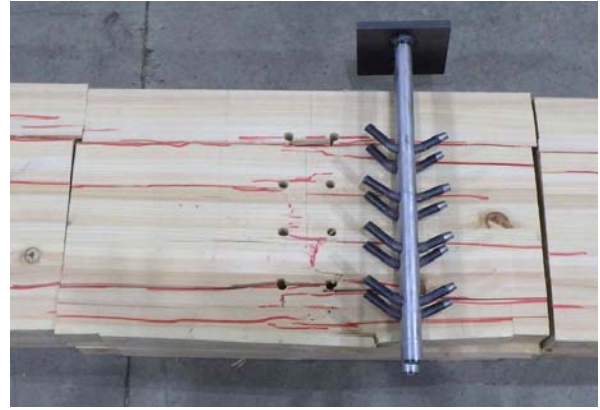
図-6 No. 0~No. 6荷重-変位曲線 一覧

6 試験終了時 破壊状況

No. 0 (予備試験)

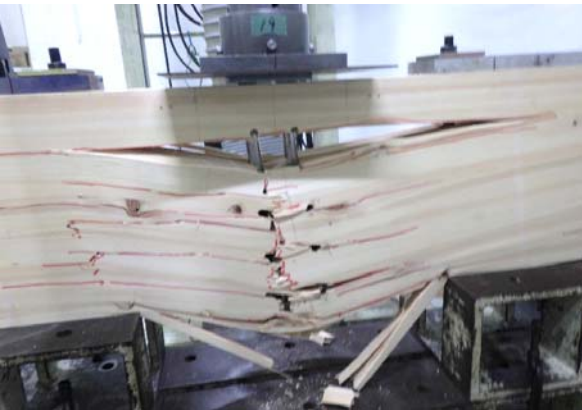


ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂



(解体時)ドリフトピンの曲がり

No. 1



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 2



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 3



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 4



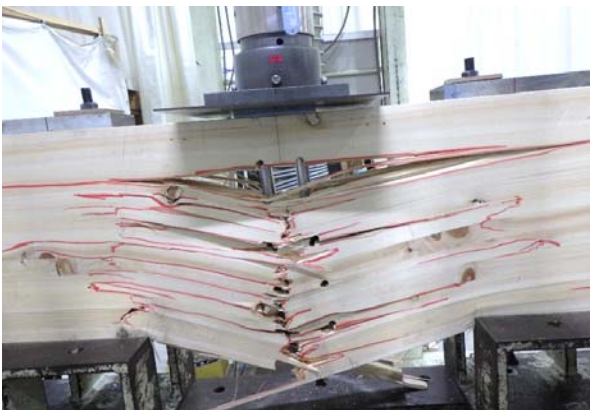
ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 5



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

No. 6



ドリフトピンの変形、支圧による木材の割裂

写真-2 No. 0~No. 6破壊状況 一覧