

### 第 3 章 接合金物

### 3.1 開発目標

昨年度までの同事業において、非住宅の中大規模木造用の耐力壁に用いる接合金物の開発を行ってきた。今年度は4,5層用を想定した1階柱脚及び中間階（柱頭、柱脚及び梁受け）用金物について引張試験を行いその性能を確認する。

また、タイダウン金物やめり込み補強金物の開発・標準化を目指し検討を行う。

### 3.2 4,5層用の1階柱脚・中間階金物試験

#### 3.2.1 試験計画

##### (1) 試験体仕様

昨年度までの同事業にて、4,5層用の金物の目標引張性能は建物用途や重量などを仮定し1階柱脚で380~440kN、中間階で280~320kN（いずれも短期許容引張耐力）と報告してきた。今年度はその目標を満足する金物仕様の開発検討を行った。

金物概要を図3.2-1に示す。金物の特徴として、1階柱脚はφ20のドリフトピン11本で接合し、M48のアンカーボルト1本とする。中間階金物は2種類のプレートを組合わせたものであり、下階は十字スリット、上階は単スリットとでφ20のドリフトピンで接合する。上下階の柱同士は突きつけとなり、横架材へのめり込みは生じない仕様となっている。また、直交梁も単スリットで収まる仕様となっている。

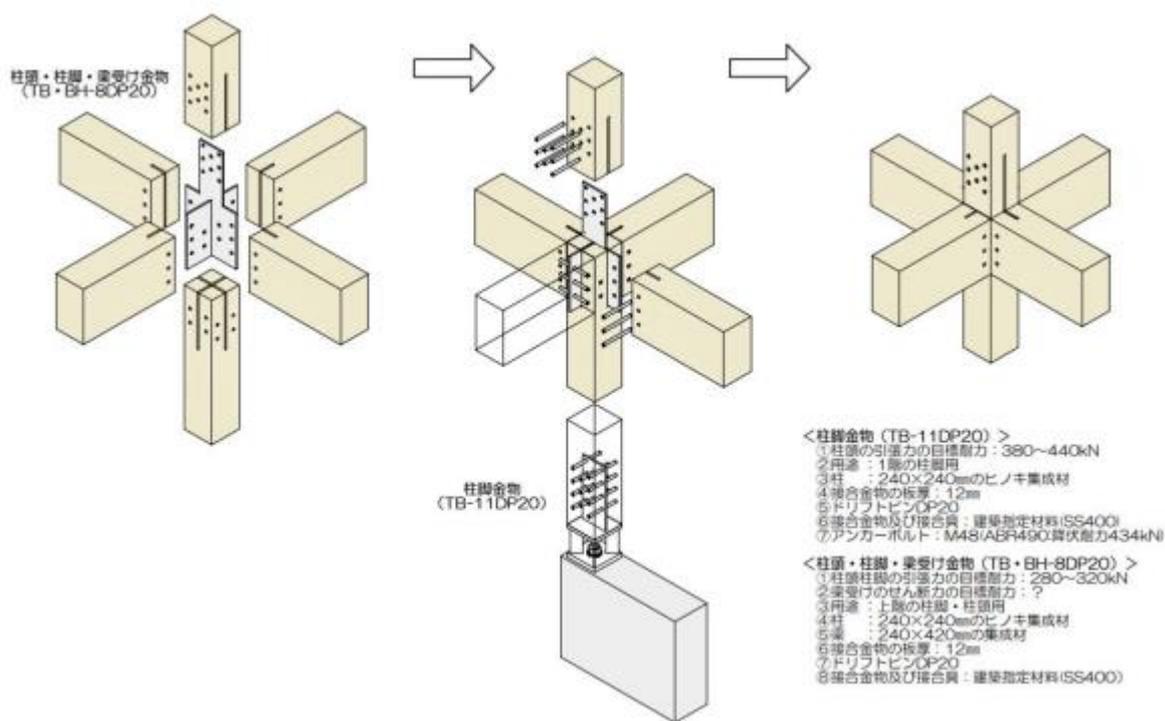


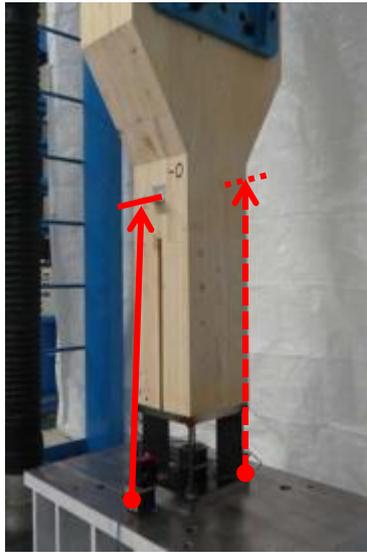
図 3.2-1 4,5層用金物の概要



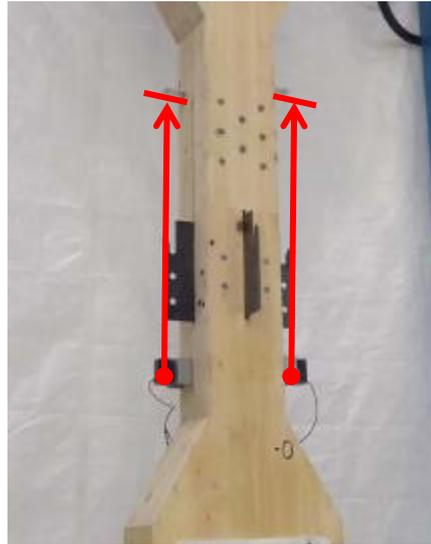


## (2) 計測計画

計測は試験体区間の2点の相対変位を計測する。加力は2点の変位の平均で変位制御とする。



<柱脚金物付き試験体>



<中間階金物付き試験体>

図 3.2-5 計測概要

## (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

単調載荷試験より降伏変位  $\delta y$  を求め、 $\delta y$  の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍の順に一方向繰返し加力を行う。

### 3.2.2 試験結果

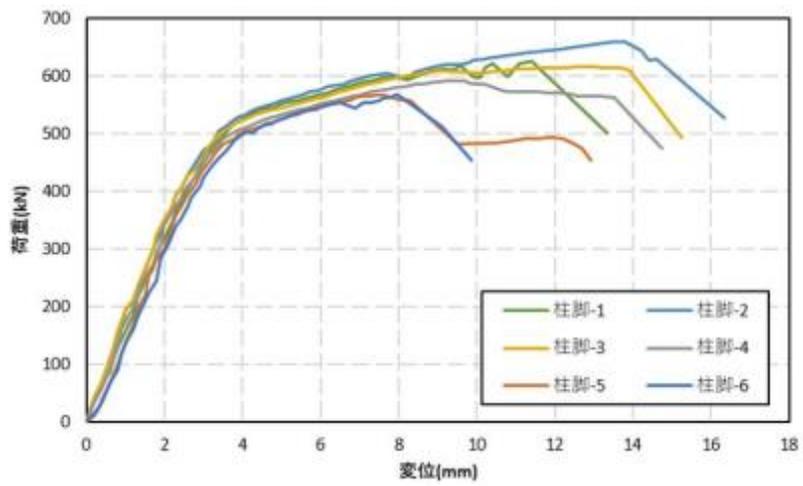
各金物の実験結果を表 3.2-2 に示す。

表 3.2-2 柱脚金物付き試験体の実験結果

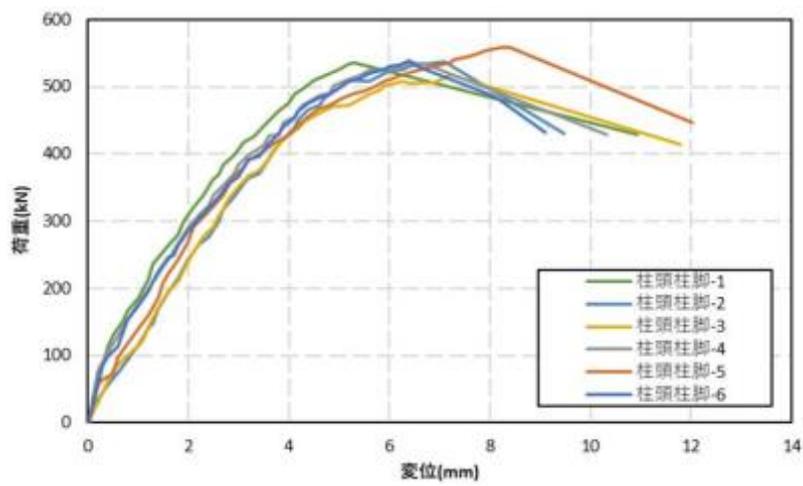
No	加力方法	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		破壊性状
		荷重Py (kN)	変位 δy (mm)	2/3P <sub>max</sub> (kN)	δ <sub>2/3Pmax</sub> (mm)	P <sub>max</sub> (kN)	δ <sub>Pmax</sub> (mm)	
0	単調	401	2.4	397	2.3	596	8.8	接合金物の溶接部切れ
1	一方向 繰返し	439	2.9	417	2.7	625	11.4	ドリフトピン位置での木破
2		454	2.8	440	2.7	660	13.8	ドリフトピン位置での木破
3		418	2.5	410	2.5	615	12.7	接合金物の溶接部切れ
4		392	2.4	395	2.5	592	9.2	接合金物の溶接部切れ
5		383	2.5	378	2.5	567	7.4	接合金物の溶接部切れ
6		398	2.8	379	2.6	568	8.0	ドリフトピン位置での木破
平均		414	2.7	403	2.6	605	10.4	—
標準偏差		28.1	0.21	24.0	0.10	36.1	2.61	
変動係数		0.068	—	0.060	—	—	—	
ばらつき係数		0.841		0.860				
短期基準 引張耐力T <sub>0</sub> (kN)		348		<b>347</b>				

表 3.2-3 中間階金物付き試験体の実験結果

No	加力方法	降伏時		2/3P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		破壊性状
		荷重Py (kN)	変位 δy (mm)	2/3P <sub>max</sub> (kN)	δ <sub>2/3Pmax</sub> (mm)	P <sub>max</sub> (kN)	δ <sub>Pmax</sub> (mm)	
0	単調	292	1.7	365	2.4	547	6.5	ドリフトピン位置での木破
1	一方向 繰返し	284	1.8	357	2.5	536	5.3	ドリフトピン位置での木破
2		331	2.8	358	3.1	537	7.1	ドリフトピン位置での木破
3		321	2.7	346	2.9	518	7.2	ドリフトピン位置での木破
4		296	2.1	357	2.7	536	6.4	ドリフトピン位置での木破
5		363	2.9	372	3.0	558	8.4	ドリフトピン位置での木破
6		274	1.9	360	2.9	540	6.4	ドリフトピン位置での木破
平均		312	2.4	358	2.9	538	6.8	—
標準偏差		33.2	0.49	8.3	0.22	12.7	1.04	
変動係数		0.107	—	0.023	—	—	—	
ばらつき係数		0.750		0.945				
短期基準 引張耐力T <sub>0</sub> (kN)		<b>234</b>		339				



<柱脚金物付き試験体>



<中間階金物付き試験体>

図 3.2-6 荷重変形関係 (包絡線)



写真 3.2-1 破壊性状例

### 3.2.3 考察

#### (1) 試験結果と目標耐力の比較

試験結果と目標耐力の比較を表 3.2-4 に示す。実験値（6 体平均）では目標耐力を満足する結果となったが、短期基準耐力  $T_0$  や低減係数  $\alpha$  を考慮した短期許容引張耐力  $T_a$  では目標に対しやや不足する結果となった。試験結果に特に問題は確認されなかったことから、短期荷重が  $T_a$  以下の範囲であれば実運用は可能と考える。

実験結果のばらつきが大きくなった要因は、木部破壊によるところが大きいと考えられる。目標耐力を満たすように性能を向上させるには、金物の改良を施し靱性を向上させるなどの検討を行っていく必要がある。

表 3.2-4 実験結果と目標耐力の比較

金物 用途	試験結果(kN) (6体平均)			ばらつき 係数	短期基準 引張耐力 $T_0$ (kN)	短期許容 引張耐力 $T_a$ (kN) <sup>※</sup>	目標耐力との比較	
	$P_y$	$2/3P_{max}$	min { $P_y, 2/3P_{max}$ }				評価	目標耐力 (kN)
柱脚 金物	414	403	403	0.86	347	312	△	380~440
中間 階金物	312	358	312	0.75	234	210	△	280~320

※低減係数  $\alpha=0.9$  と仮定した場合の  $T_a$

○：ばらつき、低減係数を考慮して目標耐力以上

△：実験値（平均）が目標耐力以上

×：実験値（平均）が目標耐力未満

### 3.3 その他金物の開発

#### 3.3.1 タイダウンシステム

非住宅・中大規模木造用のタイダウンシステムの開発・標準化に向け検討を行った。課題として以下の点が挙げられる。

- ・現在市販されているタイダウンは枠組み壁工法用として開発されている。本事業は木造軸組工法を想定していて、既存のものをどこまで流用できるか検討が必要ある。
- ・既存のタイダウンには、経年による木材の収縮や建物の沈み込みが原因で発生するナットの緩みが生じないように「緩み防止機構」が設けられている。  
→枠組み壁工法は横架材（頭つなぎ、上枠、下枠など）の数が軸組工法に比べて多いため木材の収縮量も大きくなると考えられる。軸組工法における木材の収縮量は枠組み壁工法に比べれば小さく済むと考えられるため、目標とする木材の収縮量（追従量）や緩み防止機構が必要かどうかの検討が必要である。
- ・タイダウンの各部の目標性能（ロッド径や各階の座金寸法）の再検討を行い、耐力壁への収まりを検討する必要がある。
- ・ロッド径により耐力壁の剛性が変化することが想定されるため、耐力壁の性能を満足するタイダウンの仕様を実験・解析により確認する必要がある。

### 3.3.2 むり込み補強金物

耐力壁試験に用いたむり込み補強金物は圧縮にのみ効く仕様で、実際には引張用にホルダーダウン金物等と併用する必要がある。

本節では非住宅・中大規模木造用のむり込み補強金物として圧縮と引張の両方に効く金物を開発・標準化について検討を行う。

むり込み補強金物の開発イメージと課題を以下に示す。

- ・丸鋼や丸パイプを上下階の柱に通し、ドリフトピンで接合する
- ・横架材と柱の間はプレートを設置、むり込み補強を施す  
→引張はドリフトピンが、圧縮にはドリフトピンとプレートが負担する
- ・施工性を考慮し、丸鋼・丸パイプは1本とする。  
→柱断面が大きければ複数本にできるかも。1本だと柱（壁）の回転でプレートの端部がむり込んでしまう可能性あり。

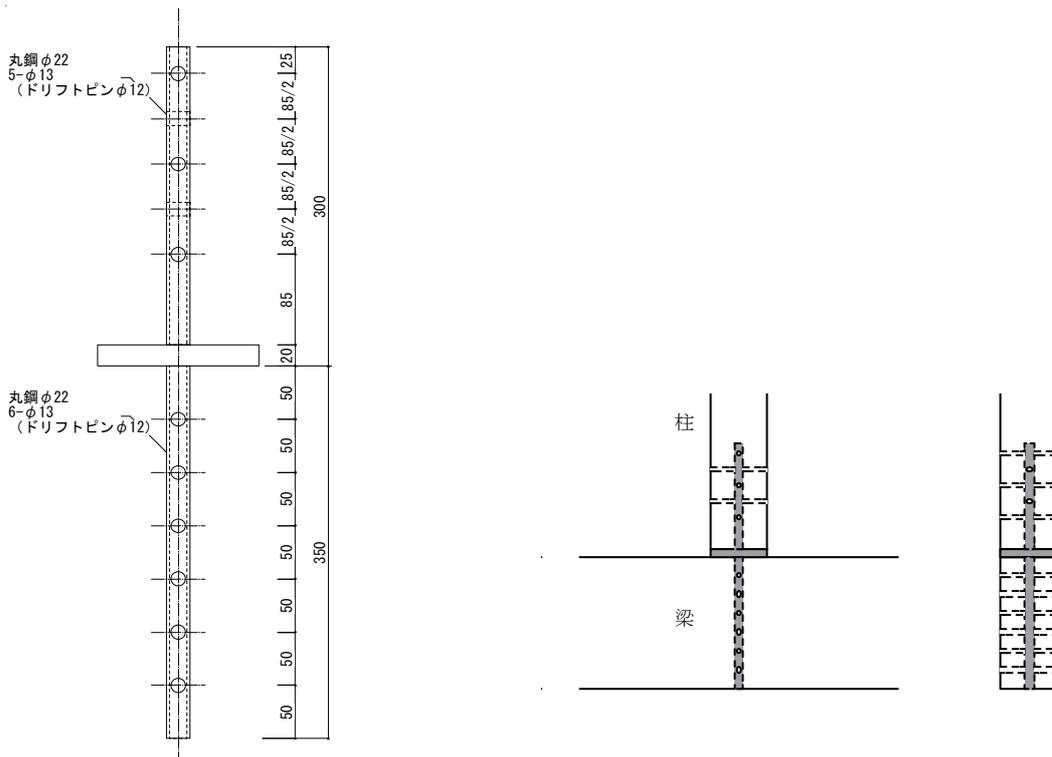


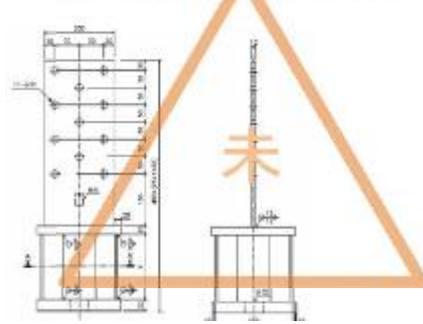
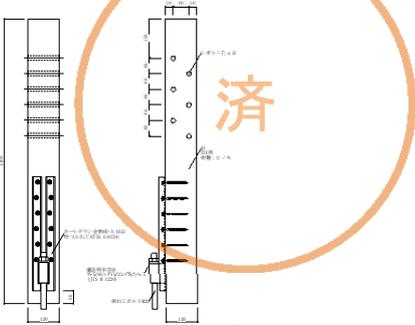
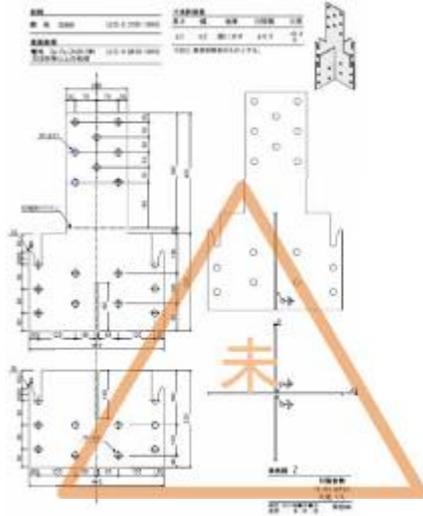
図 3.3-1 むり込み補強金物の開発イメージ

### 3.4 次年度に向けての開発の方向性

#### 3.4.1 これまでの接合金物開発の進捗状況

今年度までに行った接合金物開発の進捗状況を表 3.4-1 に示す。柱脚、中間階金物は 1～3 層用、4,5 層用ともに実験により性能を確認できた仕様がある。耐力がやや不足していたり、金物種類が少ないものもあるため、今後の開発が期待される、また、タイダウンシステム、めり込み補強金物については次年度以降、具体的な開発を目指したい。

表 3.4-1 接合金物開発の進捗状況一覧

金物種類	1～3層	4、5層
柱脚金物	<p><b>最下階</b></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>※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><b>最下階</b></p> <p><b>短期基準引張耐力</b>                      目標…380～440 kN                      結果…347 kN (TB-11DP20)</p>  <p>※目標に対しやや不足する性能であった。</p>
中間階金物	<p><b>中間階</b></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 kN10-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><b>中間階</b></p> <p><b>短期基準引張耐力</b>                      目標…280～320 kN                      結果…234 kN (TB・BH-8DP20)</p>  <p>※目標に対しやや不足する性能であった。</p>

金物種類	1～3層	4、5層
タイダウンシステム	タイダウンは不要	<p><b>未開発(次年度での開発を目指す)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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<sup>未</sup>を無視できる程度に抑制</li> <li>・納まり、施工性の検討</li> <li>・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</li> </ul>
めり込み補強	<p>令和2年度型のめり込み防止金物では十分な性能を確認済み</p> <p style="text-align: center;">↓ <b>改良等すべき項目</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・具体的な構造性能（数値）未確認</li> <li>・製作性、施工性（これらの向上はコストの削減にもつながる）</li> </ul>	<p><b>未開発(次年度での開発を目指す)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・タイダウンシステムを対になって、圧縮力を上階壁脚部から下階壁頂部へと伝達する金物の開発（なるべく横架材に負荷を掛けない構造システムとする必要がある）</li> </ul> <p>※ 令和2年度型の1～3層用めり込み防止金物の流用が可能なかは未検証</p>

### 3.4.2 次年度以降の接合金物開発の方針

#### (1) 4,5 層用中間階金物(TB・BH-8D20)の梁受け部のせん断性能

今年度は 4,5 層用柱脚、中間階金物の引張試験を行った。目標に対しやや不足する性能を有することを確認した。目標耐力を満たすには、ドリフトピンの配置や径などを見直して、より靱性に期待できるよう改良が必要と考えられる(靱性向上により実験結果のばらつきを抑える)。

また、中間階金物は直交梁の梁受け機構も兼ねているため、梁受け部分のせん断試験を行いその性能の確認を目指したい。

#### (2) むり込み補強金物の標準化

3.3 節に示した開発イメージをもとに次年度は詳細を詰めていく。

- ・要求性能に対してコストダウン・製作性・施工性等の考慮した金物開発を行う
- ・要素試験(圧縮、引張)を実施し構造特性を把握する

#### (3) 4,5 層用柱脚金物(タイダウン)の標準化

3.3 節に示したようなタイダウンの要求性能や耐力壁としての要求性能などを検討し、タイダウンの具体化をしていく。

### 3.5 試験成績書

- ・発行番号：第 21C0764 号〔品質性能試験報告書(木質構造接合部の引張試験)〕

## 品質性能試験報告書



一般財団法人 建材試験  
西日本試験所長 真  
山口県山陽小野田市



試験名称	木質構造接合部の引張試験									
依頼者	名称：一般社団法人 木を活かす建築推進協議会 所在地：東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル5F									
試験体	試験体名	主な構成材			接合金物及び接合金具				体数	
	柱脚	・柱（ヒノキ同一等級集成材）： 寸法；240mm×240mm 含水率；7.7%～11.7%			・接合金物（材質）：SS400 ・接合金具：ドリフトピン（φ20mm）				7体	
	中間階	・柱（ヒノキ同一等級集成材）： 寸法；240mm×240mm 含水率；7.5%～12.5%			・接合金物（材質）：SS400 ・接合金具：ドリフトピン（φ20mm）				7体	
	[備考] ・図1～図5（試験体） ・記載事項は、依頼者の提出資料による。									
試験方法	木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）（企画発行：公益財団法人 日本住宅・木材技術センター）の第4章「試験方法と評価方法」に従って行った。試験実施状況を写真1に示す。									
試験結果	試験体名	番号	加力方法	降伏時		2/3 P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		破壊状況
				荷重 P <sub>y</sub> (kN)	変位 δ <sub>y</sub> (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
	柱脚	0	単調 一方向 繰返し	401	2.4	397	2.3	596	8.8	接合金物の 溶接部の切れ
		1		439	2.9	417	2.7	625	11.4	ドリフトピン 位置での木破
		2		454	2.8	440	2.7	660	13.8	ドリフトピン 位置での木破
		3		418	2.5	410	2.5	615	12.7	接合金物の 溶接部の切れ
		4		392	2.4	395	2.5	592	9.2	接合金物の 溶接部の切れ
		5		383	2.5	378	2.5	567	7.4	接合金物の 溶接部の切れ
		6		398	2.8	379	2.6	568	8.0	ドリフトピン 位置での木破
		平均		414	2.7	403	2.6	605	10.4	
	標準偏差			28.1	0.21	24.0	0.10	36.1	2.61	—
変動係数			0.068	—	0.060	—	—	—		
ばらつき係数			0.841		0.860					
短期基準引張耐力 T <sub>0</sub> (kN)			348		347					

つづく

つづき

試験体名	番号	加力方法	降伏時		2/3 P <sub>max</sub> 時		P <sub>max</sub> 時		破壊状況	
			荷重 P <sub>y</sub> (kN)	変位 δ <sub>y</sub> (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)		
試験結果	0	単調	292	1.7	365	2.4	547	6.5	ドリフトピン位置での木破	
	1	一方向繰返し	284	1.8	357	2.5	536	5.3	ドリフトピン位置での木破	
	2		331	2.8	358	3.1	537	7.1	ドリフトピン位置での木破	
	3		321	2.7	346	2.9	518	7.2	ドリフトピン位置での木破	
	4		296	2.1	357	2.7	536	6.4	ドリフトピン位置での木破	
	5		363	2.9	372	3.0	558	8.4	ドリフトピン位置での木破	
	6		274	1.9	360	2.9	540	6.4	ドリフトピン位置での木破	
	平均		312	2.4	358	2.9	538	6.8	—	
	標準偏差		33.2	0.49	8.3	0.22	12.7	1.04		
	変動係数	0.107	—	0.023	—	—	—			
	ばらつき係数	0.750		0.946						
	短期基準引張耐力 T <sub>0</sub> (kN)	234		339						
	[備考] ・短期基準引張耐力を <input type="text"/> に示す。 ・図6及び図7 (荷重-変位包絡線の比較) ・図8及び図9 (荷重-変位曲線, 包絡線及び完全弾塑性モデル) ・写真2~写真13 (破壊状況)									
	試験期間	2022年 2月 1日 ~ 10日								
担当者	試験課長 藤村俊幸 早崎洋一 (主担当) 小森谷誠 品末竹彦									
試験場所	西日本試験所 (山口県山陽小野田市大字山川)									



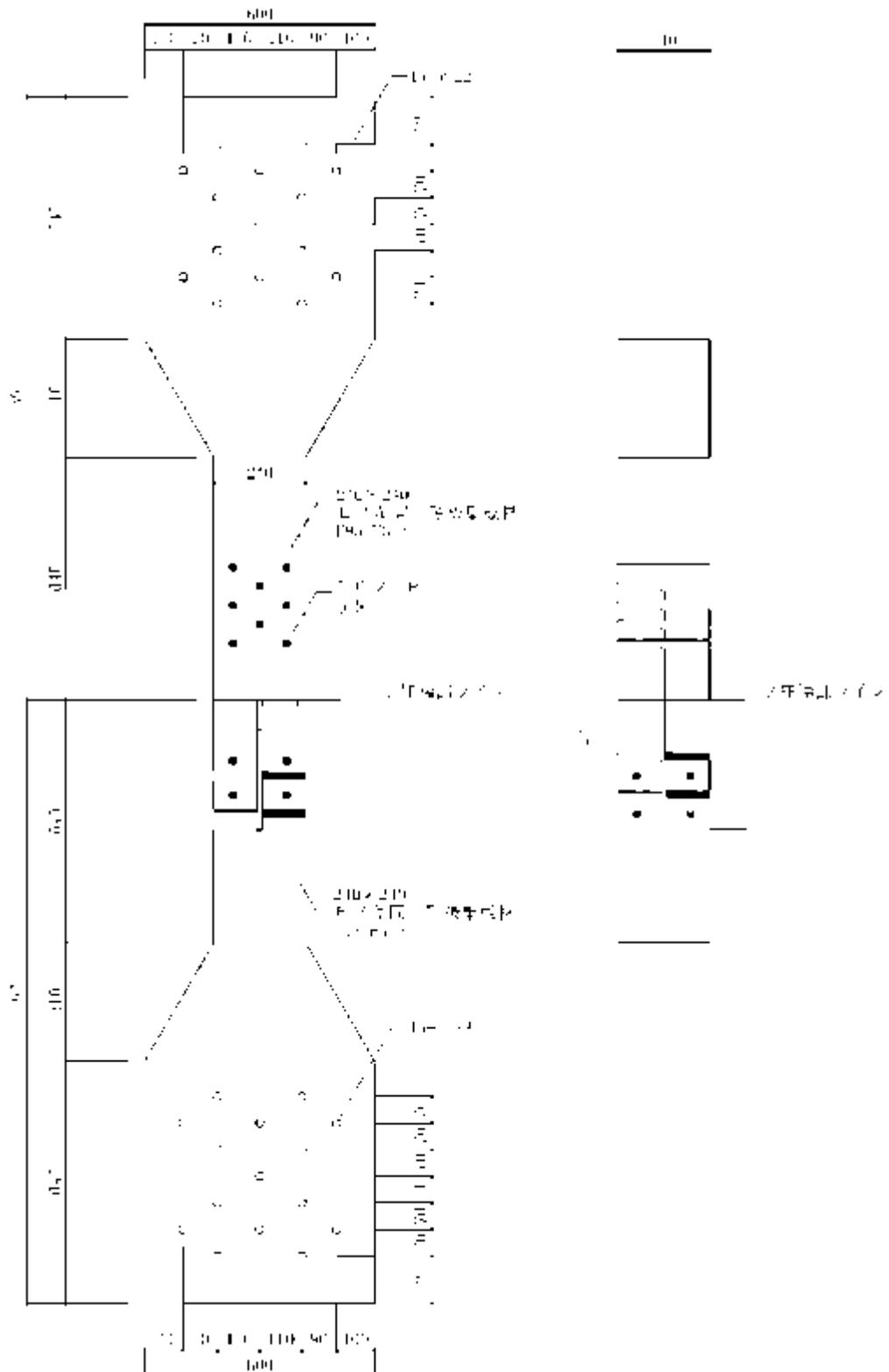


図2 試験体（中間階試験体）

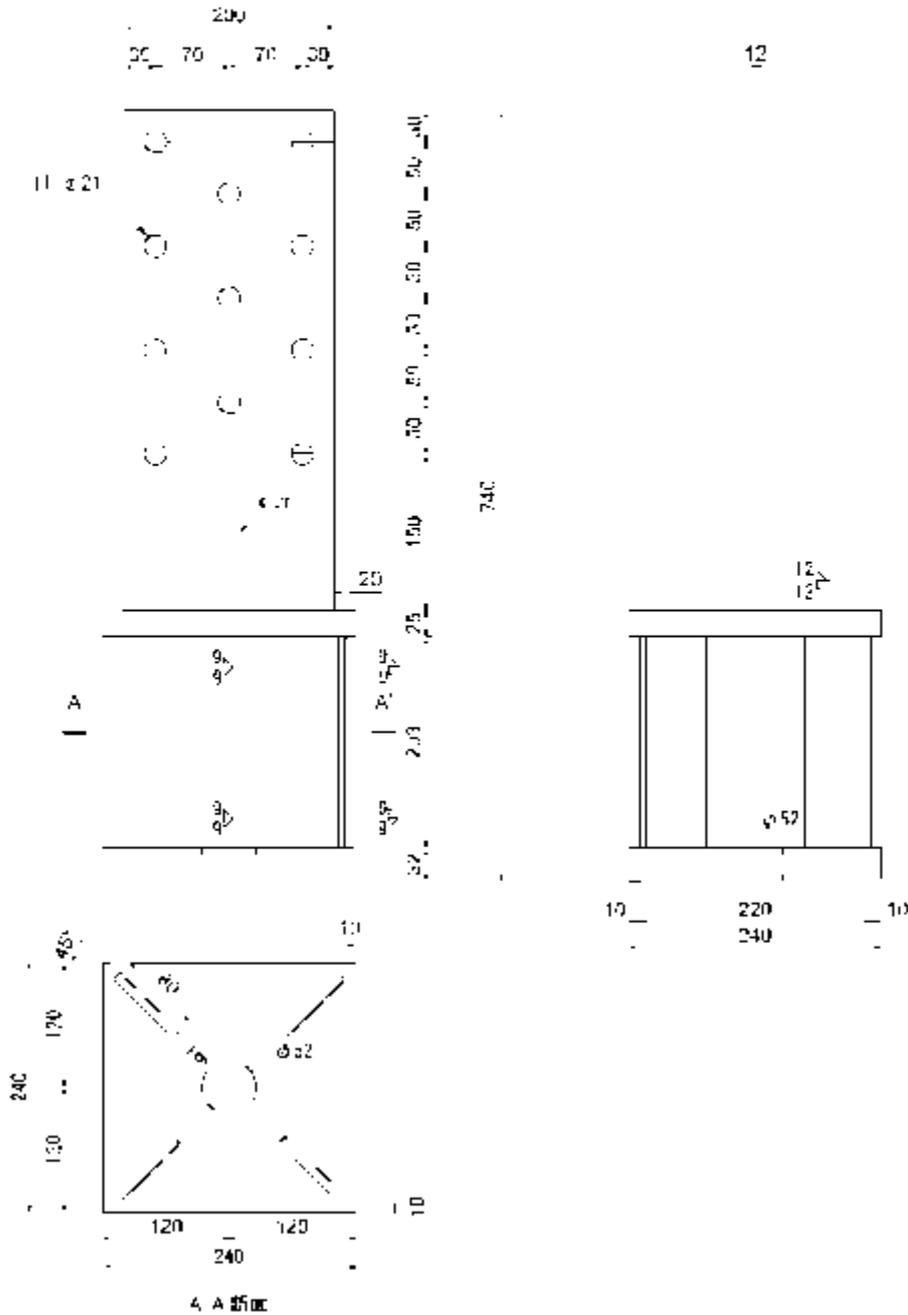
（依頼者提出資料）

単位mm

材料  
 鋼板 S5400 (JIS G 3101:1996)  
 表面処理  
 電気 亜鉛めっき (JIS H 8610:1993)  
 又は同等以上の処理

寸法許容差				
長さ	幅	板厚	穴間隔	穴径
±2	±2	図に示す	±0.5	±0.4

注：括弧内は公差の値を示す。

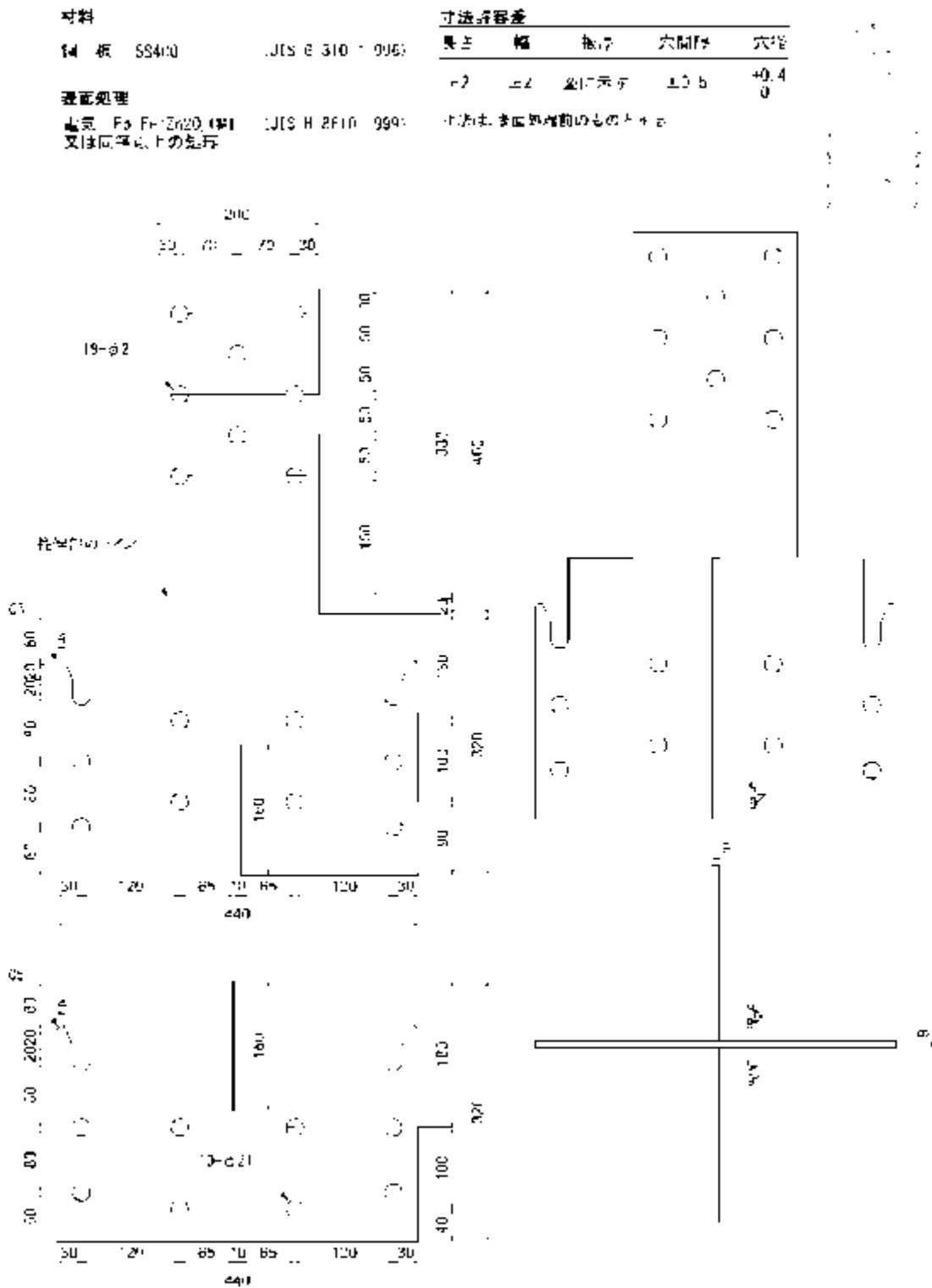


(依頼者提出資料)

図3 試験体 (柱脚試験体)

試験所長の文書による承認なしでは、完全な複製を除き、一部分のみを複製してはならない。

単位mm



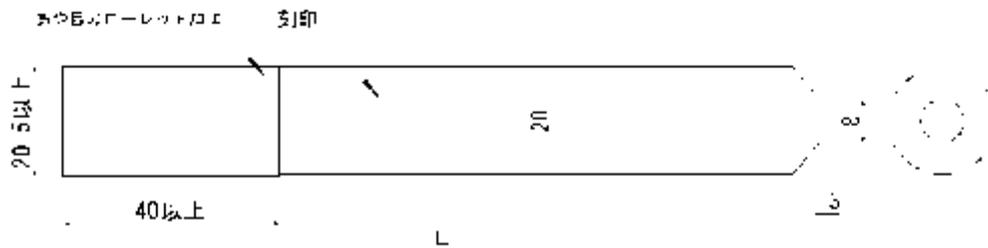
(依頼者提出資料)

図4 試験体 (中間階試験体)

試験所長の文書による承認なしでは、完全な複製を除き、一部分のみを複製してはならない。

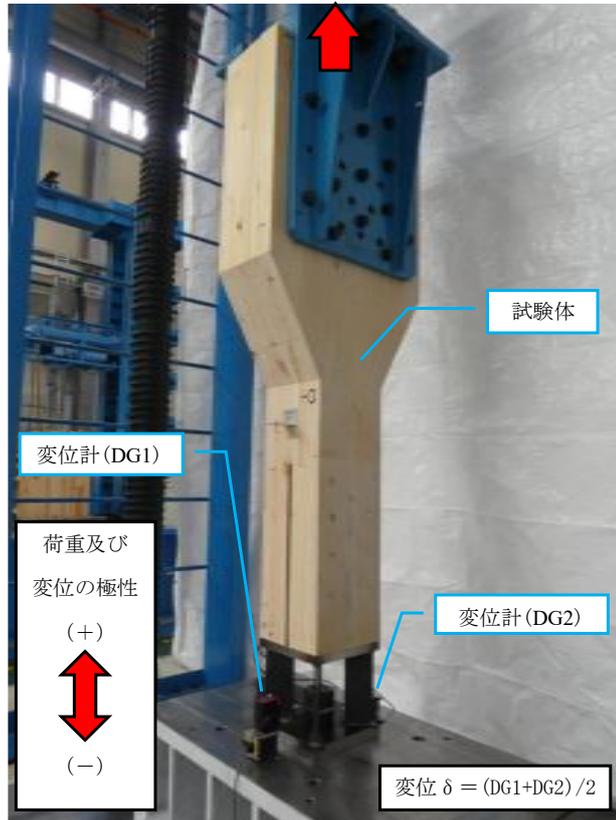
単位mm

長さ L			
210.740			
材料			
母材	SS400	JIS G 3101 (2017)	
表面処理			
塩素化	塩素化	JIS H 4600 (2017)	
又は同等以上の処理			
寸法許容差			
長さ	円筒径	先端部長さ	円筒部径
H2%	0.2	+1.0	+1.0
円筒部径は測定時のものとする。			

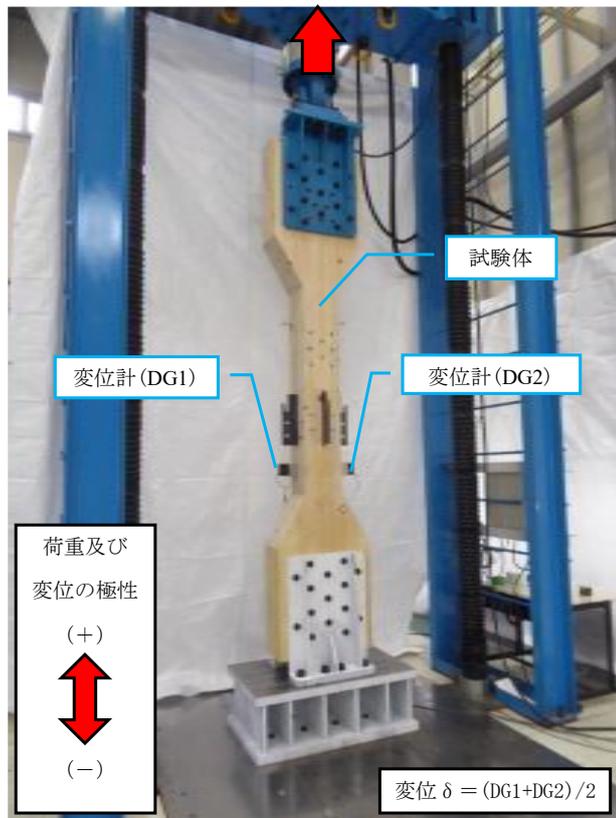


(依頼者提出資料)

図5 試験体（ドリフトピン）



(a) 柱脚試験体



(b) 中間階試験体

写真1 試験実施状況

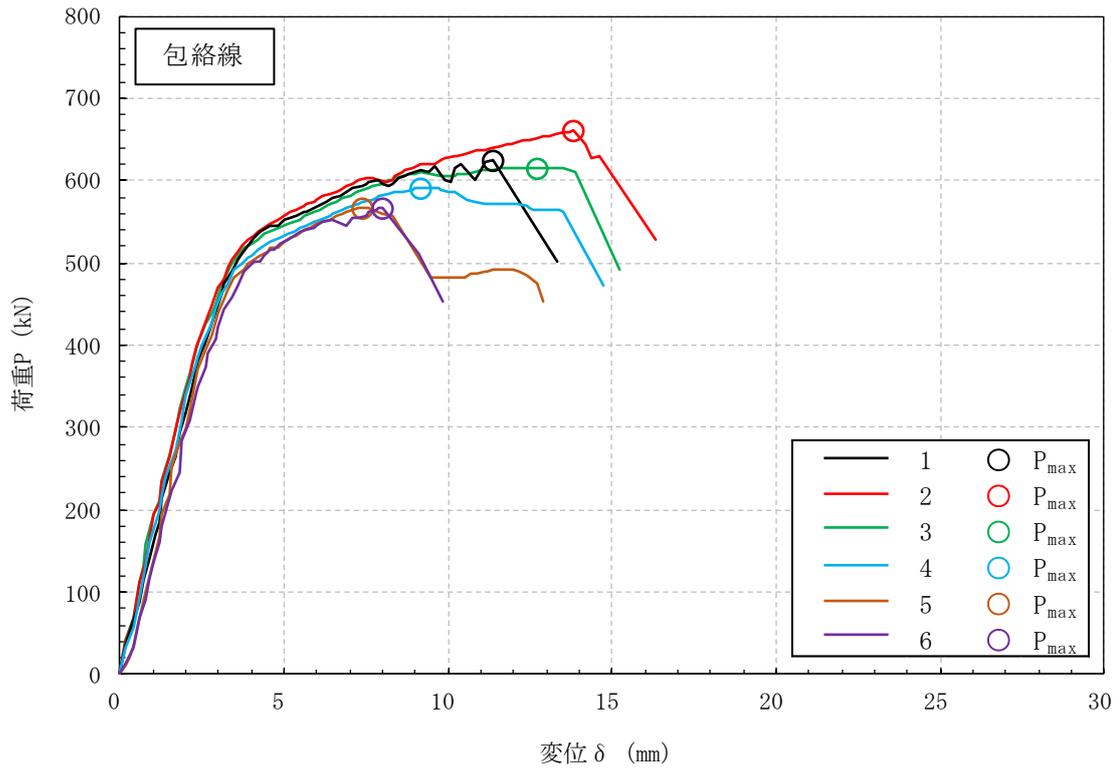


図6 荷重-変位包絡線の比較 (柱脚試験体)

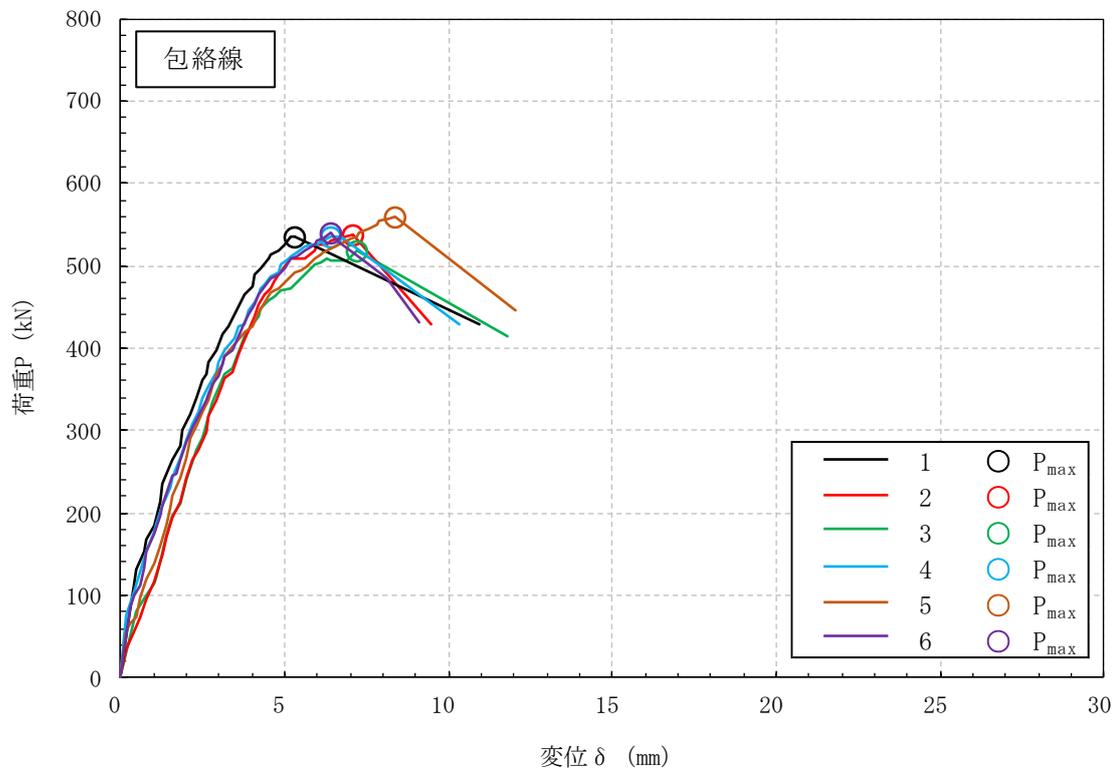


図7 荷重-変位包絡線の比較 (中間階試験体)

試験所長の文書による承認なしでは、完全な複製を除き、一部分のみを複製してはならない。

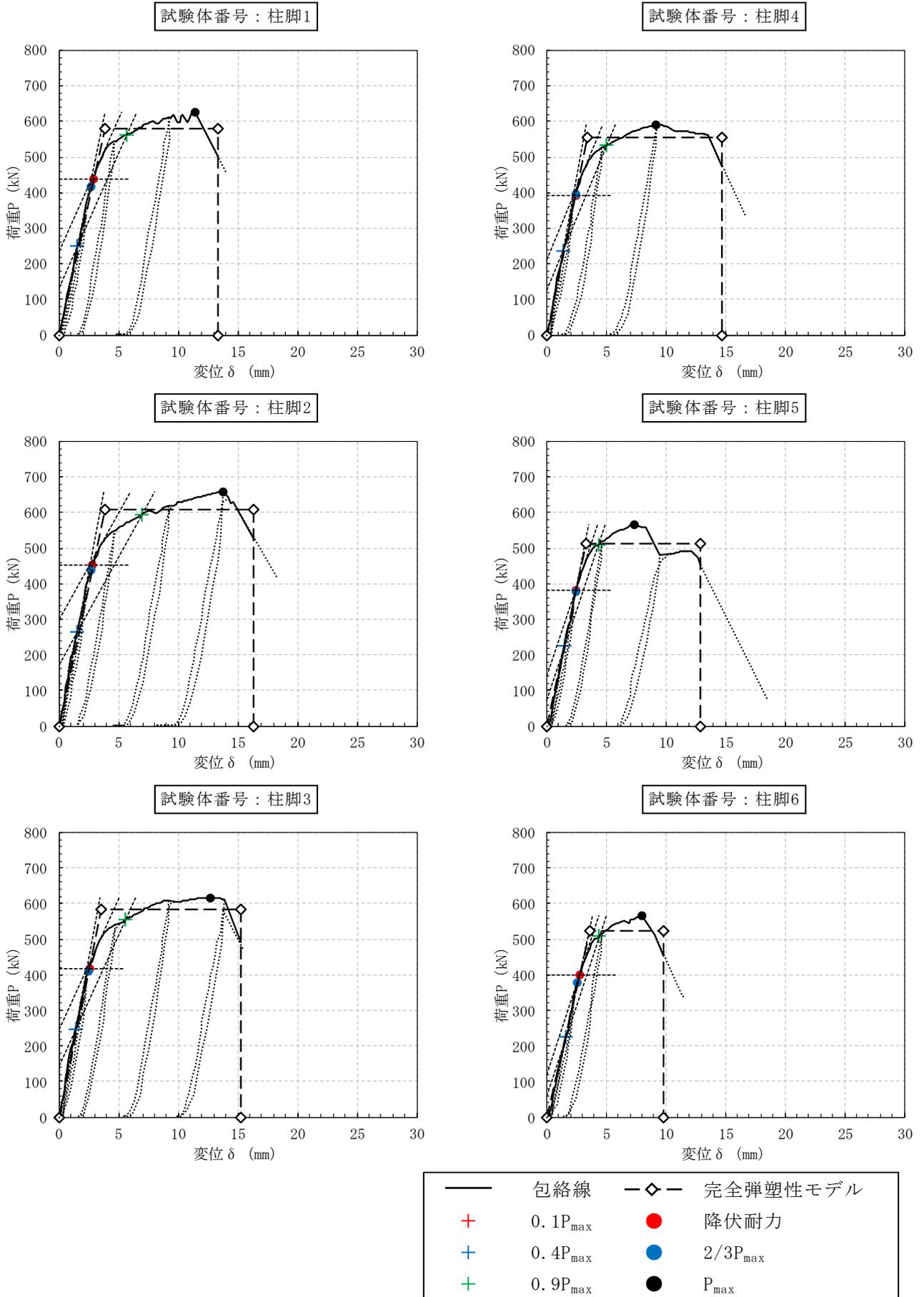


図8 荷重－変位曲線，包絡線及び完全弾塑性モデル（柱脚試験体）

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

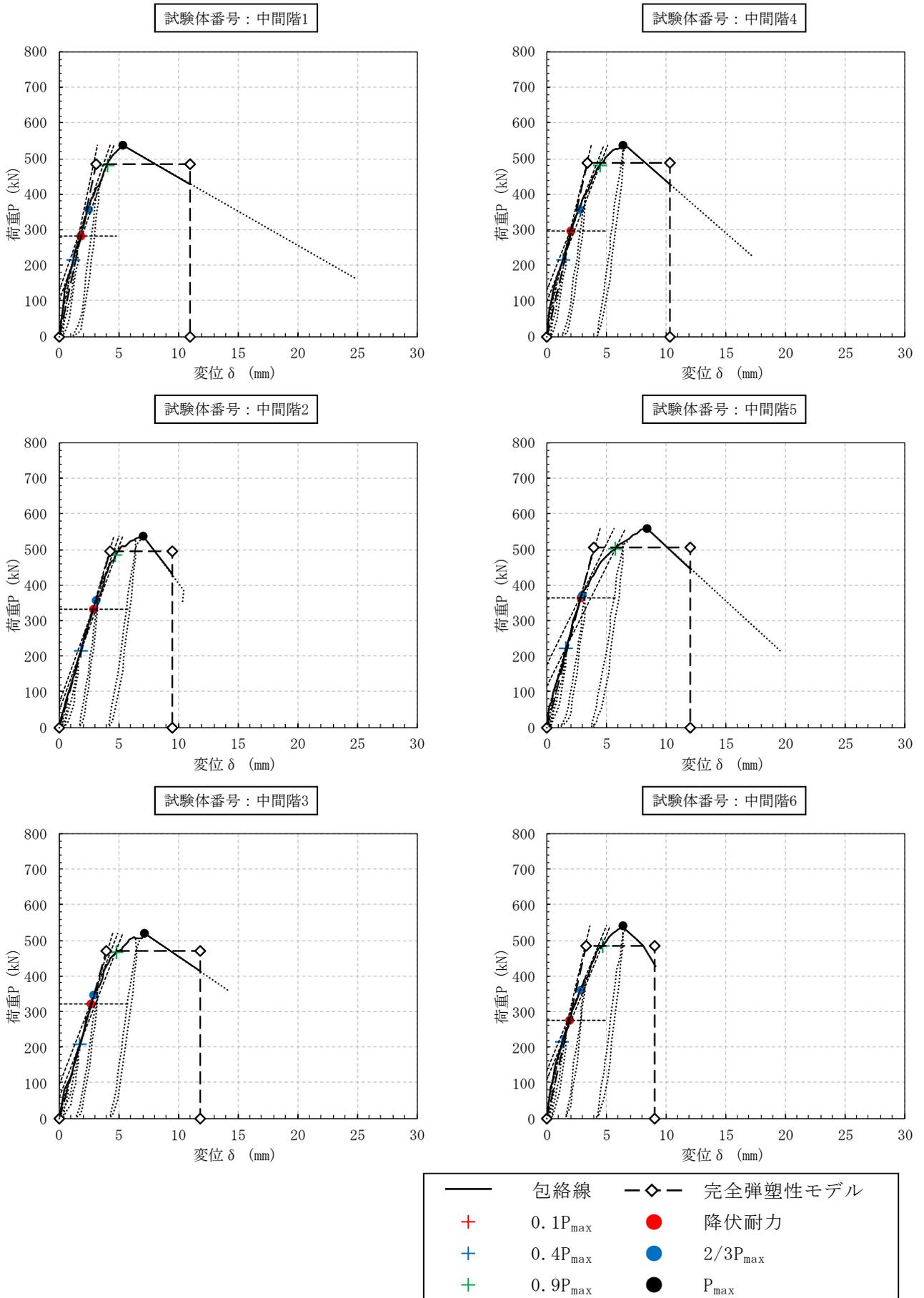


図9 荷重－変位曲線，包絡線及び完全弾塑性モデル（中間階試験体）

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

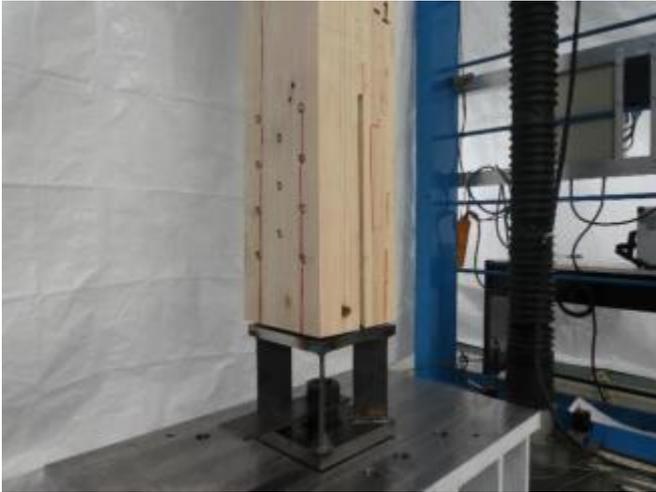


写真2 破壊状況  
試験体番号：柱脚1



写真3 破壊状況  
試験体番号：柱脚2



写真4 破壊状況  
試験体番号：柱脚3



写真5 破壊状況  
試験体番号：柱脚4



写真6 破壊状況  
試験体番号：柱脚5

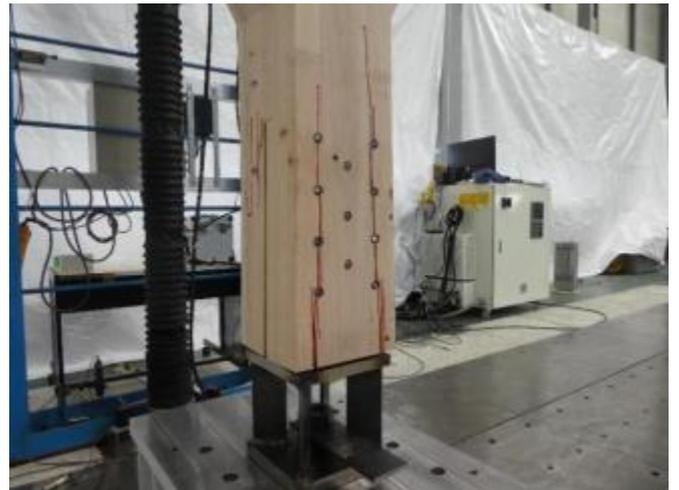


写真7 破壊状況  
試験体番号：柱脚6

試験所長の文書による承認なしでは、完全な複製を除き、一部分のみを複製してはならない。



写真8 破壊状況  
試験体番号：中間階1



写真9 破壊状況  
試験体番号：中間階2



写真10 破壊状況  
試験体番号：中間階3



写真11 破壊状況  
試験体番号：中間階4



写真12 破壊状況  
試験体番号：中間階5

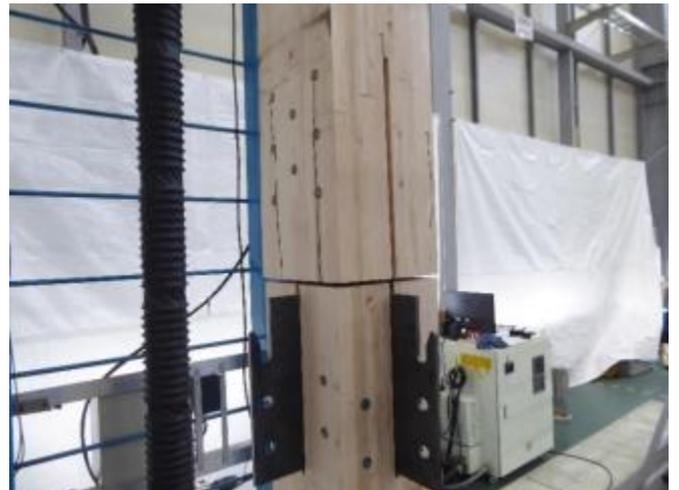


写真13 破壊状況  
試験体番号：中間階6

以上