

平成7年度 農林水産省補助事業  
低コスト住宅資材供給体制整備事業

# 34 木質建材利用合理化事業報告書

平成8年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



## まえがき

阪神淡路大震災を契機として、木造軸組構法住宅の耐震性に関する技術開発の重要性が高まっている。当財団では関係業界や行政の協力を得て、震災後、木造住宅の現地調査や神戸海洋地震波を用いた実大木造住宅による振動実験を実施してきた。その結果、現行建築基準法に適合している住宅では、阪神淡路大震災と同程度の地震においても大きな被害が生じないことが確認できた。

しかし、さらに耐震性能を向上させるためには、定量的に評価する技術開発が重要である。一般に木造住宅の破壊は接合部から発生することが多く、躯体の変形も接合部の変形によるものが大きい。また、店舗付住宅や間口の狭い住宅などでは建築基準法の規定に基づいて壁量を確保することが困難である。

本事業では以上の状況をふまえ、強度性能評価方法、設計法の標準化及び木質ラーメン形式の架構法の開発を行い、木工事関連の施工の合理化を図ろうとするものである。

事業の実施にあたっては接合部設計法委員会を設置し、接合部の部位により筋かい、梁受け・柱脚、木質ラーメンの3つの試験部会を設け活動を行った。

なお、平成7年度は接合部の強度性能評価実験に重点をおいて活動を行った。

多忙な時間を割いて、実験及び報告書のとりまとめをいただいた委員各位とこの事業にご協力をいただいた関係の皆様には厚くお礼を申し上げます。

平成8年3月

(財)日本住宅・木材技術センター  
理事長 岡 勝 男

## 要約

木造軸組構法住宅の接合部を定量的に評価するため、主要な接合部の各部分について実験方法及び評価方法の標準化を目的とした強度性能評価実験を実施した。また、間口の狭い敷地に建つ住宅の耐震性を確保するために、木質ラーメン形式架構法の技術的検討を行った。具体的には以下のとおりである。

- ①筋かいプレート、筋かいボックス、ブレースボックス、ヘキサプレート、2倍用フリーガゼット、かたぎ大入れびんた延ばし釘止めによる筋かい壁において面内せん断試験を実施して考察を行った。
- ②エースプレート、トライプレート及びYプレート金物による柱-土台接合部について引張せん断試験を実施して考察を行った。
- ③引寄せ金物、かど金物、込み栓による柱-土台、柱-基礎接合部について引張試験を実施して剛性の評価を行った。
- ④外付けタイプ、センターウェッジタイプ金物による梁-梁、梁-柱接合部について引張試験、圧縮順せん断試験及び圧縮逆せん断試験を実施して考察を行った。
- ⑤1階を木質ラーメン構造、2、3階を在来軸組構造とした木造住宅を想定して構造設計を行い、1層門型ラーメン部の実大加力実験を実施して考察を行った。

## キーワード

木造軸組構法住宅、実験方法、評価方法、スギ、ベイマツ、荷重-変位曲線、単調載荷、繰り返し載荷、剛性、最大荷重、割裂、含水率、比重、変位、筋かい、壁倍率、せん断変形角、せん断試験、塑性率、集成材、木質ラーメン、FEM、梁-梁接合部、梁-柱接合部、柱-土台接合部、かたぎ大入れびんた延ばし釘止め、ブレースボックス、ヘキサプレート、フリーガゼット、筋かいプレート、筋かいボックス、エースプレート、トライプレート、Yプレート金物、引寄せ金物、かど金物、込み栓、プレート釘止め式かど金物、アンカーボルト、外付けタイプ金物、センターウェッジタイプ金物、挿入ドリフトピン接合、



# 目 次

	ページ
第1章 事業概要	
1 趣旨	1
2 事業の内容	1
第2章 筋かい壁強度性能評価実験－筋かいプレート、筋かいボックスによる接合	
1 目的	4
2 実験	4
3 結果と考察	4
4 まとめ	6
第3章 筋かい壁強度性能評価実験－かたぎ大入れびんた延ばし釘止め、 ブレースボックス、ヘキサプレート、筋かいボックスによる接合	
1 実験概要	39
2 試験体及び実験方法	39
3 材料実験	42
4 実験結果	42
5 まとめ	62
第4章 筋かい壁強度性能評価実験－筋かいプレート接合による3つ割筋かい壁	
1 目的	66
2 試験	66
3 結果と考察	70
第5章 筋かい壁強度性能評価実験－フリーガゼット接合による3つ割筋かい壁	
1 試験条件	81
2 試験結果	82
第6章 柱脚金物強度性能評価実験－プレート釘止め式かど金物による接合	
1 はじめに	95
2 試験方法	95
3 試験結果	100

第7章	柱脚金物強度性能評価実験－引寄せ金物、かど金物、込み栓による接合	
1	はじめに	119
2	試験体概要	119
3	使用材料の含水率と比重の関係	121
4	アンカーボルト（M16）の引っ張り試験	121
5	実験結果	121
6	剛性の評価	122
7	まとめ	122
第8章	梁受金物強度性能評価実験－外付け、センターウェッジタイプ金物による接合	
1	目的	215
2	試験体	215
3	試験方法	225
4	試験結果	231
第9章	木質ラーメン強度性能評価実験－1階ラーメン構造 （鋼板挿入ドリフトピン接合）、2・3階在来軸組構造木造住宅	
1	想定住宅の概要	266
2	仮定荷重	266
3	地震力の算定	267
4	梁に加わる鉛直荷重の算定	267
5	門型ラーメンの設計	267
6	接合部の設計	273
7	実大実験	280
8	まとめ	297

## 第1章 事業概要

### 1. 趣旨

木造軸組構法住宅は、開口部を広くとれること、設計の自由度が高いことなどの特性があるため、そのニーズは高いものがある。しかし、今年発生した阪神・淡路大震災では、倒壊など大きな被害を受けた住宅が多かったため、国民の間に、その耐震性に対する疑問感が広がっており、その需要は減少する動きを示している。

このような中で、木造軸組構法住宅に対する国民の信頼を確保するためには、その耐震性を定量的に評価し得るようにするとともに、耐震性の高い住宅を安定的に供給できるようにすることが必要で、そのための技術を開発することが緊要となっている。

木造住宅の破壊は、一般に、部材そのものから起きるのではなく接合部から発生する。また、躯体の変形も部材よりも接合部のほうがはるかに大きい。したがって、耐震性能を明らかにするとともに、木造軸組構法の耐震性を高めるためには、接合部の定量的な評価法を開発するなど接合部に関する技術開発を図ることが必要である。特に、店舗付住宅、間口の狭い住宅、開口部を広くとりたい住宅などでは、建築基準法の規定に基づいて壁量を確保することは困難な事情にあり、こうしたネックを解消するための接合方法を開発することが急がれている。

そこで、本事業では、上述のような観点から接合部の強度性能の定量的な評価法を開発するとともに、ラーメン形式の架構法の開発を行おうとするものである。

### 2. 事業の内容

#### (1) 各種接合部の強度試験

柱脚接合部、筋かいの接合部、柱梁接合部、梁・梁桁接合部の強度試験

#### (2) 住宅用ラーメンに関する強度試験

柱と梁の軸組のみで、水平力に耐える耐震性の高い架構を開発するための接合部強度試験

#### (3) 住宅用ラーメンに準じた架構に関する強度試験

幅が狭い壁、袖壁などと土台・柱・梁を接合した耐震性の高い架構を開発するための接合部強度試験

#### (4) 接合部の強度性能評価法及びラーメン形式による架構法の開発

(1) 及び (2) の試験成果に基づいて各種接合部の強度性能評価法の開発するとともに、ラーメン形式による架構法を開発する。

# 接合部設計法委員会 委員名簿

(平成7年度)

委員長	坂本 功	東京大学工学部建築学科 教授
委員	宮沢 健二	工学院大学工学部建築学科 助教授
〃	大橋 好光	東京大学工学部建築学科
〃	山口 修由	建築研究所第三研究部
〃	小松 幸平	森林総合研究所木材利用部接合研究室長
〃	軽部 正彦	森林総合研究所木材利用部接合研究室
〃	稲山 正弘	稲山建築設計事務所 代表取締役
〃	伊東 洋路	日本集成材工業協同組合 (セブン工業(株))
〃	西谷嘉寿夫	(社)全国木材組合連合会専務理事
〃	日野 壽郎	(社)日本木造住宅産業協会 技術開発部長
〃	宮越 喜彦	一級建築士事務所 木住研
〃	中野 栄吉	(社)全日本建築士会 (中野工務店)

試験部会委員一覧（順不同、敬称略）

氏名	所属	試験部会名
前田典昭	北海道立林産試験場構造利用科長	筋かいWG
尾内俊夫	足利工業大学工学部建築学科講師	筋かいWG
徳田迪夫	三重大学生物資源学部木質資源工学科教授	筋かいWG
村上雅英	近畿大学理工学部建築学科専任講師	梁受け・柱脚WG
藤田 誠	愛媛県林業試験場	梁受け・柱脚WG
西内 豊	高知県工業技術センター総括主任	筋かいWG 梁受け・柱脚WG
井上正文	大分大学工学部建設工学科助教授	梁受け・柱脚WG
福留重人	鹿児島県工業技術センター主任研究員	梁受け・柱脚WG
鈴木祥之	京都大学防災研究所助教授	筋かいWG
入江康隆	宇都宮大学工学部建設学科助教授	木質ラーメンWG
秦 正徳	高岡短期大学産業工芸学科助教授	木質ラーメンWG
後藤正美	金沢工業大学建築学科助手	木質ラーメンWG
平井卓郎	北海道大学農学部森林科学科教授	梁受け・柱脚WG

筋かい試験部会（WG）	○大橋好光 前田典昭 尾内俊夫 徳田迪夫 鈴木祥之 西内 豊 宮澤健二
-------------	---

梁受け・柱脚試験部会（WG）	○村上雅英 藤田 誠 西内 豊 井上正文 福留重人 平井卓郎
----------------	---

木質ラーメン試験部会（WG）	○稲山正弘 入江康隆 秦 正徳 宮澤健二 後藤正美 小松幸平 軽部正彦
----------------	--

## 第2章 筋かい壁強度性能評価実験－筋かいプレート、筋かいボックスによる接合

### 1. 目的

軸組工法の筋かい壁において、引張り筋かいの端部止め付け方法が耐力壁の水平せん断耐力にどのような影響を及ぼすかを実験によって調べた。

### 2. 実験

#### 2.1 実験材料

〔木材〕土台、柱、桁および筋かいとしてスギ（比重 0.36-0.56、平均 0.44、含水率 11.7%-21.2%、平均 15.2%）とベイマツ（比重 0.49-0.70、平均 0.59、含水率 18.0%-27.0%、平均 20.2%）を用いた。一試験体内の柱、土台、桁、筋かいは同一樹種を用いた。

〔筋かい止め付け金物〕（図 1）

- i) 筋かいプレート BP-2（2倍用、Z金物）
- ii) 皿ビス筋かいボックス（2倍用、SSB-3, カナイ）

#### 2.2 試験体および試験方法

筋かいの挿入角度の影響をみるために、1Pと2Pの試験体を作製した（図 2）。試験体数は {金物 (2) x 樹種 (2) x 角度 (2) x 繰り返し (6) = 48} である。同一条件で6体の試験を行ったが、その内訳は、単調加力3体、片振れ加力2体、押し引き繰り返し加力1体である。ただし一部のシリーズで単調加力4体、片振れ加力1体のものがある。

試験体は床に寝かせ、コンクリート床と試験体との間に6本の鉄パイプをはさみ、摩擦の軽減をはかった。柱と土台および桁とは短ほぞで、コーナー部を固めるために4隅に引き寄せ金物を取付けた。筋かいは突き付けで、両端部に筋かい取付け金物を配置した。

水平荷重を桁に加えたときに筋かいに流れる力を測定するために、筋かいの中央部を切断して、5トンのロードセルを取付けた。変形の測定位置は図 2に示した通りである。変位計 9、10で筋かい端部の開きを筋かい軸線に沿って測定した。

### 3. 結果と考察

表 1-1と表 1-2に筋かい壁のせん断試験結果を示した。N<sub>max</sub>は最大荷重時に筋かいに加わった引張り荷重で、 $\gamma_{max}$ は最大荷重時のみかけのせん断変形角、 $\gamma_{0max}$ は最大荷重時の真のせん断変形角（見かけのせん断変形角-柱の浮き沈みによる回転角）である。ここで、みかけのせん断変形角と真のせん断変形角は、筋かいのロードセル取付け部での遊びを補正した値である。すなわち、本実験では、筋かいの中央部を切断して、そこにロードセルを挿入したので、加力した時に遊びが生じ、壁全体の変形が見かけ上大きくでた。表中、網掛けをした数値は壁倍率を決定した値である。

図3は水平力と筋かい中央部の遊びの実測値を示したものである。水平荷重がかかり始めると、遊びによる伸びが急速に増えていき、200 kgあたりから傾きが大きくなり、加力初期よりもしまってくる。この遊び量を単純に幾何学的な考え方を使って、変形角の補正をした。

補正方法は図2で、筋かいと土台とのなす角を $\theta$ とすると、

$$\delta_c = \delta_0 - (\delta_{11} + \delta_{12}) \cos \theta$$

と表せる。

ここで、 $\delta_c$  : 補正後の水平変位

$\delta_0$  :  $\delta_1 - \delta_2$  (補正前の水平変位)

$\delta_{11}$ 、 $\delta_{12}$  : それぞれ、変位計11と12の伸び量

図4は荷重とせん断変形角の関係のグラフである。破線の「見かけ」は、補正前の曲線である。No.6の両振れは補正後の曲線のみを記した。

試験体の破壊形態は、筋かいプレートでは、まず釘の引抜けと曲げ降伏が起こり(写真1)、最後には角根ボルトの所から発生した亀裂が、筋かい端部にまで達して破壊に至った(写真2)。中に最終段階で、桁の釘打ち部分での割裂によるものがあった(写真3)。一体だけ、目切れのため筋かいが破断したものがあつた(写真4)。皿ビス筋かいボックスでは、破壊点近くで金物の変形と柱と桁または土台に打ち付けたネジの引き抜けが生じ(写真5)、最終的にはネジ頭が飛んだ(写真6)。

図5は壁体に加えた水平力と、その時筋かいにかかる力との関係である。これを見ると、両者はほぼ直線関係にあり、しかも試験体間のばらつきが極めて少なかった。筋かいに確実に力が流れていたことが読み取れる。

図6は筋かいにどの程度の力が流れているかを示したもので、縦軸が筋かいに加わる力と水平荷重の比で、横軸は筋かい切断部の遊びを補正する前のせん断変形角である。節点が完全なピンと仮定した時には、曲線は図中の水平な実線と重なる。これを見ると、水平力の約80%が筋かいに流れていることがわかる。

図7に筋かい壁の壁倍率を試験体別にプロットした。1Pと2Pの壁倍率の差は少ないが、樹種による変動が大きい。特に皿ビス筋かいボックスは釘の引抜きで決まるので、筋かいプレート以上に、スギの壁倍率がベイマツより小さく、壁倍率2に達しなかつた。しかしながら、全体的に見ると、筋かい金物がしっかりしていれば、筋かいに引張りがかかる場合でも所定の壁耐力があることが判明した。

図8は荷重に対する安全率(最大荷重/許容耐力)と、壁の水平方向の変形に対する安全率(最大荷重時の変形角/許容耐力時の変形角)の関係である。いずれも、正の相関があり、文献(1)とほぼ同様の傾向があつた。

#### 4. まとめ

- 1) 筋かいには、耐力壁に加えた水平力の約80%が流れ、しかも、水平力と筋かいに加わる力とは最大荷重付近まで直線関係にあった。言い換えると、筋かいに確実に力が流れていた。
- 2) 筋かい壁の壁倍率は、試験体サイズの差は少なかった。一方、壁の変形や耐力が、筋かい金物に打ち付けた釘のせん断と引抜きによって決まったので、樹種による変動は大きかった。
- 3) 皿ビス筋かいボックスは釘の引抜きで決まるので、筋かいプレート以上に、スギの壁倍率がベイマツより小さく、壁倍率2に達しなかった。
- 4) 全体的に見ると、本実験で用いた筋かい金物は、筋かいに引張りがかかる場合でも所定の壁耐力を有していた。

#### 文献

- (1) 平嶋義彦他4名、筋違入り軸組の剪断性能とその構造解析（第1報）軸組の水平剪断試験）、木材学会誌、Vol.27,No.12(1981)
- (2) 平嶋義彦他4名、筋違入り軸組の剪断性能とその構造解析（第2報）軸組の構造解析）、木材学会誌、Vol.27,No.12(1981)

（文責：徳田迪夫）



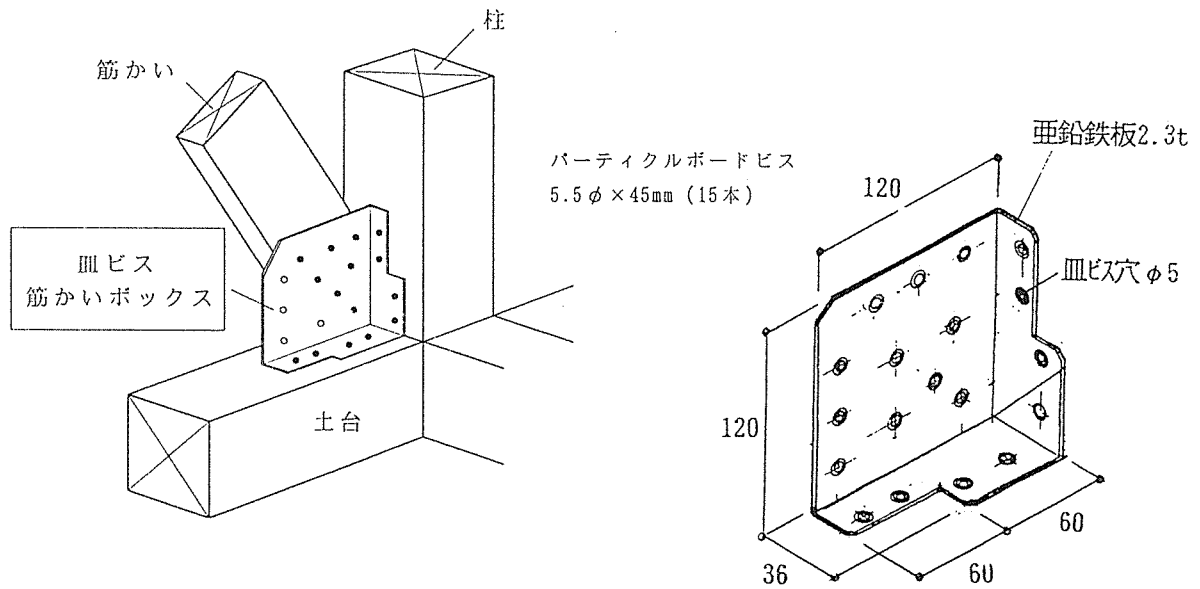
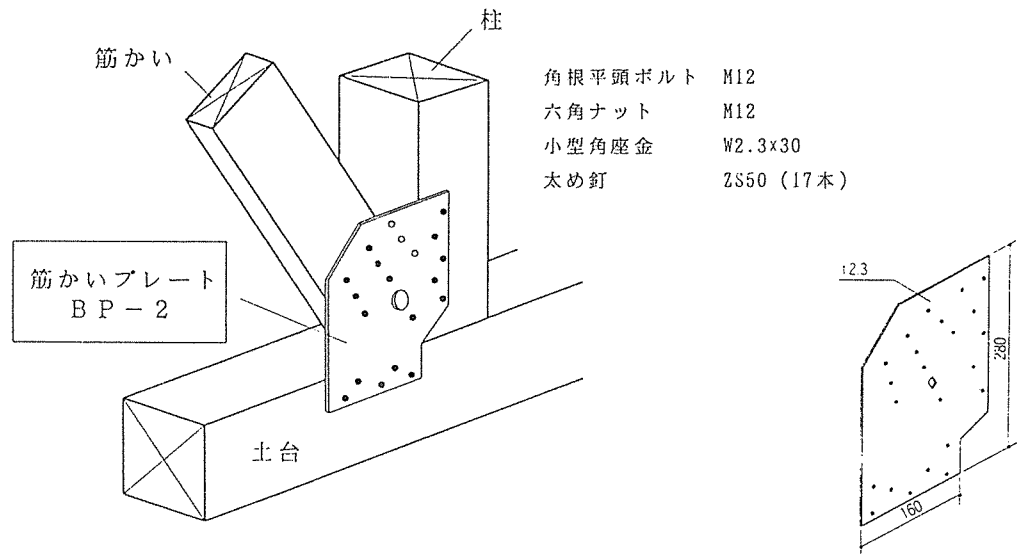
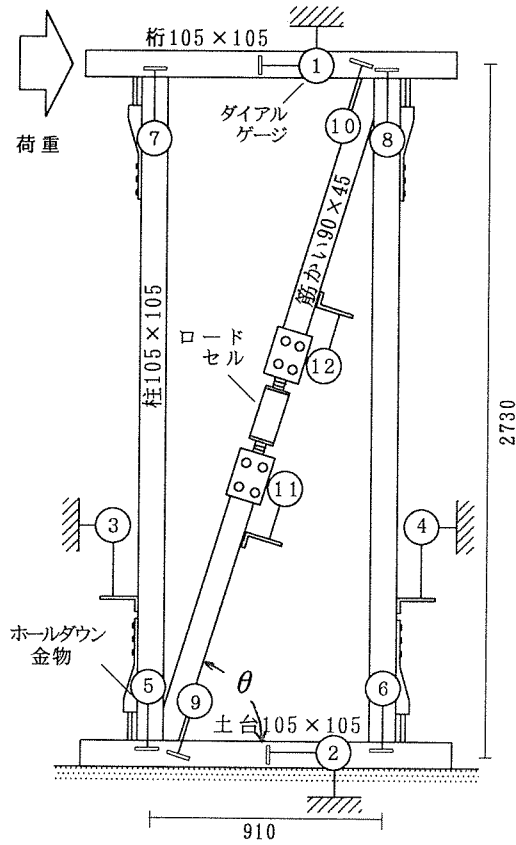
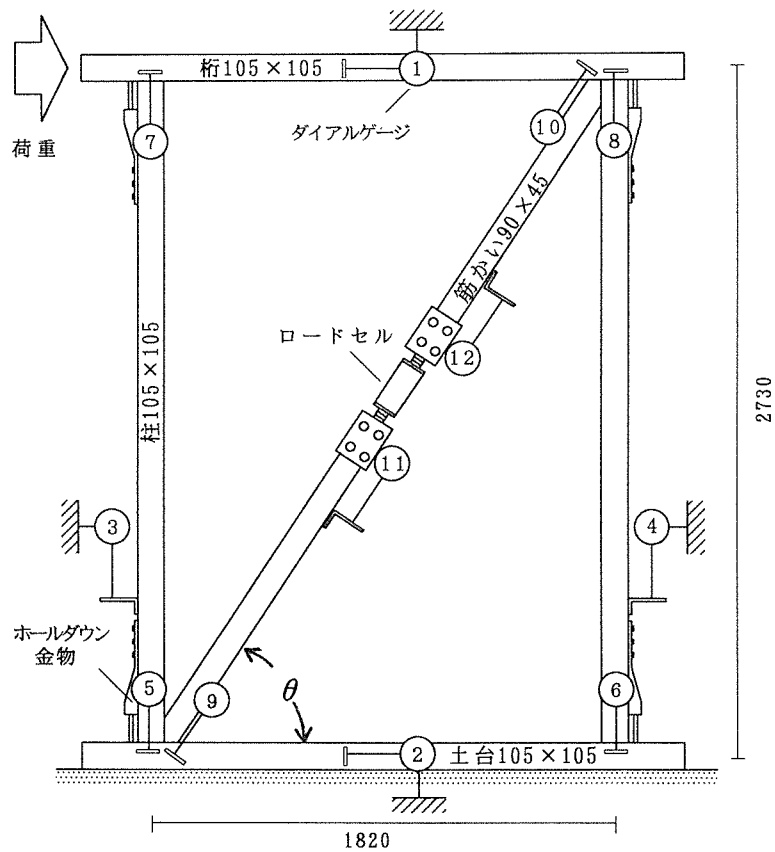


図1. 筋かい金物の形状・寸法



a) 1P 試験体



b) 2P 試験体

図2. 筋かいフレーム試験体の形状・寸法および試験方法

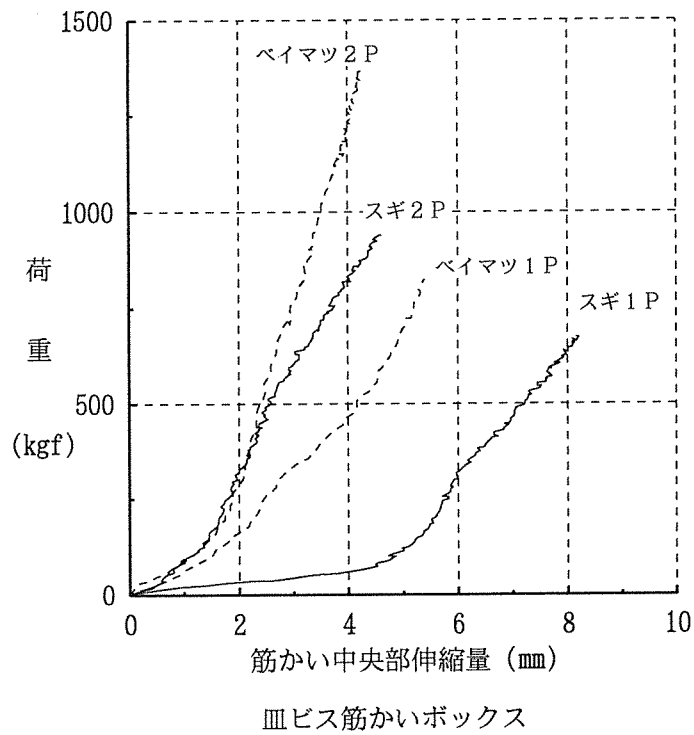
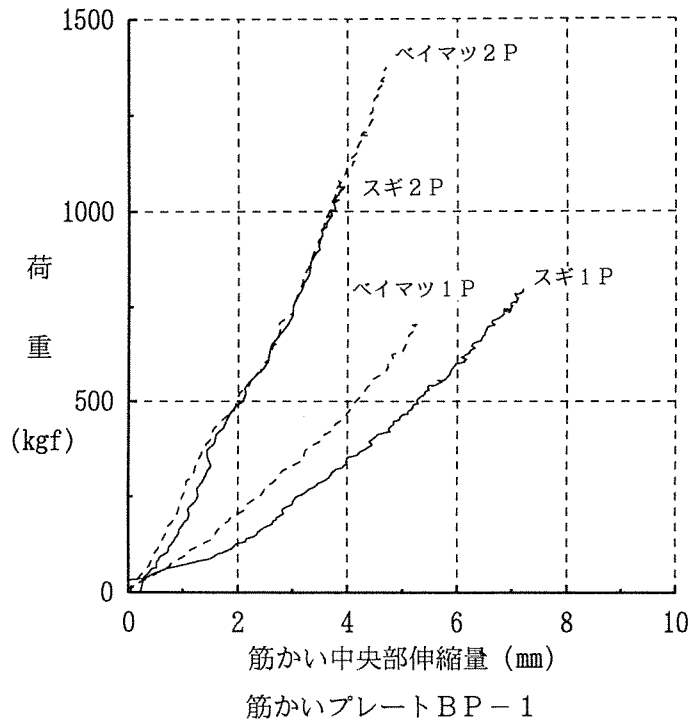


図3. せん断試験時の水平力と筋かい中央部の切断部分の伸び量の関係の一例  
(いずれも試験体No.1)

表 1 - 1 筋かい壁の水平せん断試験結果 (筋かいプレート, BP-2)

(a) フレームの樹種: スギ 壁形状: 1P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	798	2122	46.7	40.8	532	374	618	2.4	P <sub>1</sub>
2	//	688	1845	33.0	28.9	459	373	524	2.4	//
3	//	806	2120	48.4	44.1	537	350	650	2.2	//
4	//	745	1905	41.1	36.1	497	315	607	2.0	//
5	片振れ	868	2320	39.5	31.0	579	353	615	2.2	//
6	両振れ	934	2482	63.7	36.1	623	300	751	1.9	//
平均 1~4		759	1998	42.3	37.5	506	353	600	2.3	
平均 1~6		807	2132	45.4	36.2	538	344	628	2.2	

(b) フレームの樹種: スギ 壁形状: 2P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	1081	1773	10.6	8.8	721	1025	862	2.3	P <sub>1</sub>
2	//	1124	1878	14.3	10.9	749	868	781	2.4	//
3	//	1068	1755	13.8	11.4	712	855	767	2.3	//
4	//	1166	1953	14.6	10.7	777	859	792	2.5	//
5	片振れ	989	1640	13.3	10.7	659	807	696	2.1	//
6	両振れ	1523	2643	29.2	20.1	1015	846	1169	2.7	P <sub>2</sub>
平均 1~4		1110	1840	13.3	10.5	740	902	801	2.4	
平均 1~6		1159	1940	16.0	12.1	772	877	845	2.4	

註) 1) 1P: 壁長 910mm, 2P: 壁長 1820mm

2) 加力方法

片振れ;

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

両振れ;

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{1}{5} P_{max} \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{2}{5} P_{max} \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

3) N<sub>max</sub>: P<sub>max</sub>時に筋かいにかかる力 (kgf)

γ<sub>max</sub>: P<sub>max</sub>時の見かけのせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o max</sub>: P<sub>max</sub>時の真のせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

$$\gamma_o = \gamma - \theta \quad (\theta; \text{柱の浮き沈みによる回転角})$$

P<sub>1/120</sub>: γ=1/120 rad 時の荷重 (kgf)

P<sub>γ<sub>max</sub>/2</sub>: γ<sub>max</sub>の 1/2 変形した時の荷重 (kgf)

4) 破壊形態

P<sub>1</sub>: 土台、桁、柱に打った釘の引き抜けおよび筋かい部ボルトより生じた筋かいの割れ (筋かいプレート)

P<sub>2</sub>: 桁に打った釘部分での桁材の割れ (筋かいプレート)

P<sub>3</sub>: 筋かい部分の木ネジのせん断および土台、桁、柱に打った木ネジの引き抜け (皿ビス筋かいボックス)

B: 筋かいの破断

表 1-1 筋かい壁の水平せん断試験結果（筋かいプレート，BP-2）

(c) フレームの樹種：ベイマツ 壁形状：1P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	707	1815	21.0	18.4	471	484	553	3.0	P <sub>1</sub>
2	//	675	1625	21.4	20.0	450	426	495	2.7	//
3	//	740	1960	19.0	15.5	493	443	485	2.8	B
4	//	876	2340	29.4	24.3	584	391	597	2.5	P <sub>1</sub>
5	片振れ	743	1952	21.8	18.9	495	450	643	2.9	//
6	両振れ	993	-	44.5	23.4	662	387	780	2.5	//
平均 1~4		750	1935	22.7	19.6	500	436	533	2.8	
平均 1~6		789	1938	26.2	20.1	526	430	592	2.7	

(d) フレームの樹種：ベイマツ 壁形状：2P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	1375	2322	17.6	14.4	917	964	1004	2.9	P <sub>1</sub>
2	//	1261	2100	15.3	11.0	841	990	903	2.7	//
3	//	1284	2105	13.8	10.6	856	992	880	2.7	//
4	片振れ	1183	1942	12.5	9.9	789	1036	843	2.5	//
5	//	1408	2382	13.7	10.0	939	1157	1084	3.0	//
6	両振れ	1377	2300	16.1	10.4	918	979	943	2.9	//
平均 1~3		1307	2176	15.6	12.0	871	982	929	2.8	
平均 1~6		1315	2192	14.8	11.1	877	1020	943	2.8	

註) 1) 1P：壁長 910mm，2P：壁長 1820mm

2) 加力方法

片振れ；

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

両振れ；

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{1}{5} P_{max} \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{2}{5} P_{max} \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

3) N<sub>max</sub>：P<sub>max</sub>時に筋かいにかかる力 (kgf)

γ<sub>max</sub>：P<sub>max</sub>時の見かけのせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o max</sub>：P<sub>max</sub>時の真のせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o</sub> = γ - θ (θ；柱の浮き沈みによる回転角)

P<sub>1/120</sub>：γ=1/120 rad 時の荷重 (kgf)

P<sub>γ<sub>max</sub>/2</sub>：γ<sub>max</sub>の 1/2 変形した時の荷重 (kgf)

4) 破壊形態

P<sub>1</sub>：土台、桁、柱に打った釘の引き抜けおよび筋かい部ボルトより生じた筋かいの割れ (筋かいプレート)

P<sub>2</sub>：桁に打った釘部分での桁材の割れ (筋かいプレート)

P<sub>3</sub>：筋かい部分の木ネジのせん断および土台、桁、柱に打った木ネジの引き抜け (皿ビス筋かいボックス)

B：筋かいの破断

表 1-2 筋かい壁の水平せん断試験結果 (皿ビス筋かいボックス)

(a) フレームの樹種：スギ 壁形状：1P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	675	1680	44.7	41.2	450	314	506	2.0	P <sub>3</sub>
2	//	634	1565	43.9	41.1	423	294	477	1.9	//
3	//	579	1392	46.6	45.2	386	278	456	1.8	//
4	片振れ	649	1640	45.2	43.0	433	281	493	1.8	//
5	//	640	1600	43.9	40.5	427	281	474	1.8	//
6	両振れ	706	1845	46.3	25.5	471	273	513	1.7	//
平均 1~3		629	1546	45.1	42.5	420	295	480	1.9	
平均 1~6		647	1620	45.1	39.4	432	287	487	1.8	

(b) フレームの樹種：スギ 壁形状：2P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	940	1552	19.4	17.3	627	629	684	2.0	P <sub>3</sub>
2	//	1020	1665	27.3	25.0	680	638	807	2.0	//
3	//	945	1532	20.5	17.3	630	602	682	1.9	//
4	片振れ	1025	1605	30.3	28.8	683	577	802	1.8	//
5	//	915	1495	16.7	14.3	610	659	659	1.9	//
6	両振れ	1143	1887	21.9	16.0	762	616	763	2.0	//
平均 1~3		968	1583	22.4	19.9	646	623	724	2.0	
平均 1~6		998	1623	22.7	19.8	665	620	733	1.9	

註) 1) 1P：壁長 910mm, 2P：壁長 1820mm

2) 加力方法

片振れ;

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

両振れ;

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{1}{5} P_{max} \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{2}{5} P_{max} \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow -\frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

3) N<sub>max</sub> : P<sub>max</sub>時に筋かいにかかる力 (kgf)

γ<sub>max</sub> : P<sub>max</sub>時の見かけのせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o max</sub> : P<sub>max</sub>時の真のせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o</sub> = γ - θ (θ; 柱の浮き沈みによる回転角)

P<sub>1/120</sub> : γ=1/120 rad 時の荷重 (kgf)

P<sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> : γ<sub>max</sub>の 1/2 変形した時の荷重 (kgf)

4) 破壊形態

P<sub>1</sub> : 土台、桁、柱に打った釘の引き抜けおよび筋かい部ボルトより生じた筋かいの割れ (筋かいプレート)

P<sub>2</sub> : 桁に打った釘部分での桁材の割れ (筋かいプレート)

P<sub>3</sub> : 筋かい部分の木ネジのせん断および土台、桁、柱に打った木ネジの引き抜け (皿ビス筋かいボックス)

B : 筋かいの破断

表 1-2 筋かい壁の水平せん断試験結果（皿ビス筋かいボックス）

(c) フレームの樹種：ベイマツ 壁形状：1P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	824	2130	32.9	29.2	549	394	575	2.5	P <sub>3</sub>
2	//	767	1943	31.8	29.7	511	366	543	2.3	//
3	//	826	2085	40.1	37.0	551	322	589	2.0	//
4	片振れ	845	2150	39.1	37.0	563	373	618	2.4	//
5	//	880	2268	40.7	37.8	587	401	649	2.5	//
6	両振れ	755	-	37.1	22.2	503	319	527	2.0	//
平均 1~3		806	2053	34.9	32.0	537	361	569	2.3	
平均 1~6		816	2115	37.0	32.2	544	363	584	2.3	

(d) フレームの樹種：ベイマツ 壁形状：2P

試験体 No.	加力方法	P <sub>max</sub> (kgf)	N <sub>max</sub> (kgf)	γ <sub>max</sub> (rad)	γ <sub>o max</sub> (rad)	壁倍率の評価			破壊形態	
						$\frac{2}{3}P_{max}$ (kgf)	P <sub>1/120</sub> (kgf)	P <sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> (kgf)		
1	単調増加	1366	2230	23.8	21.3	911	806	988	2.6	P <sub>3</sub>
2	//	1281	2103	18.1	16.0	854	865	900	2.7	//
3	//	1155	1880	20.1	17.8	770	727	816	2.3	//
4	片振れ	1155	1848	19.3	17.5	770	740	822	2.3	//
5	//	1226	2015	19.4	17.5	817	851	933	2.6	//
6	両振れ	1217	-	22.5	16.6	811	662	814	2.1	//
平均 1~3		1267	2071	20.7	18.4	845	799	901	2.5	
平均 1~6		1233	2015	20.5	17.8	822	775	879	2.4	

註) 1) 1P：壁長 910mm, 2P：壁長 1820mm

2) 加力方法

片振れ;

$$0 \rightarrow \frac{1}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{2}{5} P_{max} \rightarrow 0 \rightarrow \frac{3}{5} P_{max} \rightarrow \text{破壊}$$

両振れ;

$$0 \nearrow \frac{1}{5} P_{max} \searrow -\frac{1}{5} P_{max} \nearrow \frac{2}{5} P_{max} \searrow -\frac{2}{5} P_{max} \nearrow \frac{3}{5} P_{max} \searrow -\frac{3}{5} P_{max} \nearrow \text{破壊}$$

3) N<sub>max</sub> : P<sub>max</sub>時に筋かいにかかる力 (kgf)

γ<sub>max</sub> : P<sub>max</sub>時の見かけのせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o max</sub> : P<sub>max</sub>時の真のせん断変形角 (×10<sup>-3</sup> rad) (筋かい切断部の遊びを補正)

γ<sub>o</sub> = γ - θ (θ; 柱の浮き沈みによる回転角)

P<sub>1/120</sub> : γ=1/120 rad 時の荷重 (kgf)

P<sub>γ<sub>max</sub>/2</sub> : γ<sub>max</sub>の 1/2 変形した時の荷重 (kgf)

4) 破壊形態

P<sub>1</sub> : 土台、桁、柱に打った釘の引き抜けおよび筋かい部ボルトより生じた筋かいの割れ (筋かいプレート)

P<sub>2</sub> : 桁に打った釘部分での桁材の割れ (筋かいプレート)

P<sub>3</sub> : 筋かい部分の木ネジのせん断および土台、桁、柱に打った木ネジの引き抜け (皿ビス筋かいボックス)

B : 筋かいの破断

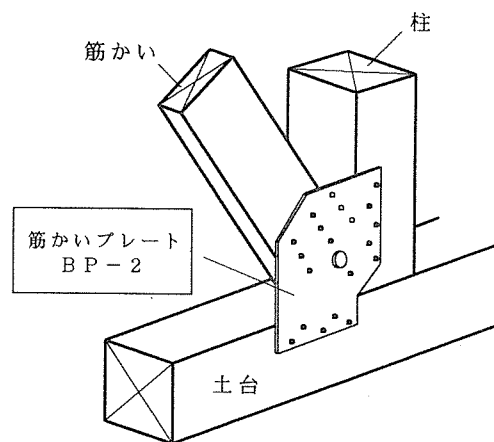
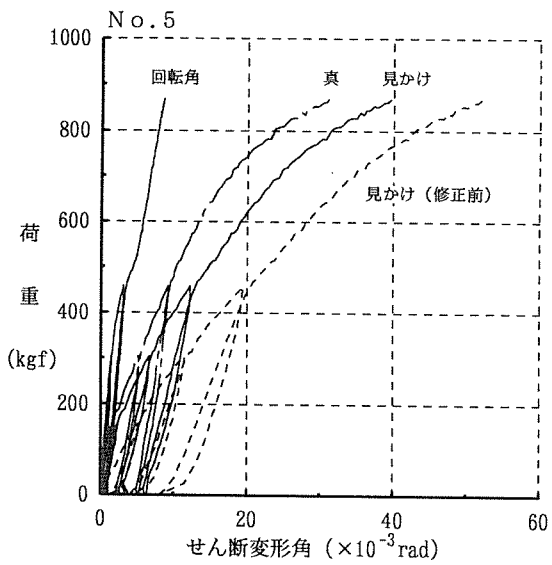
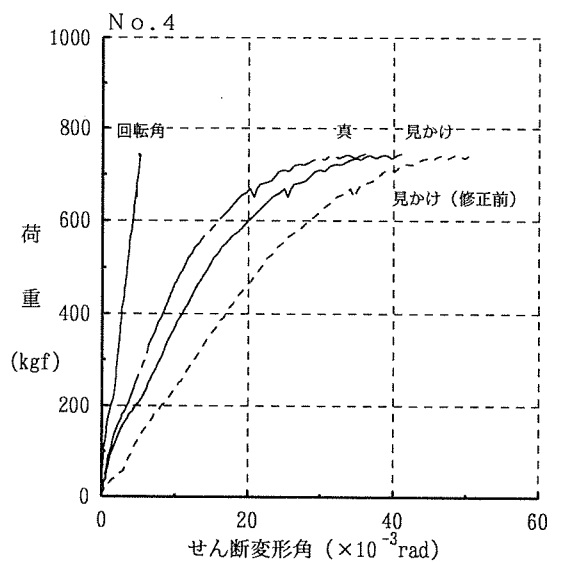
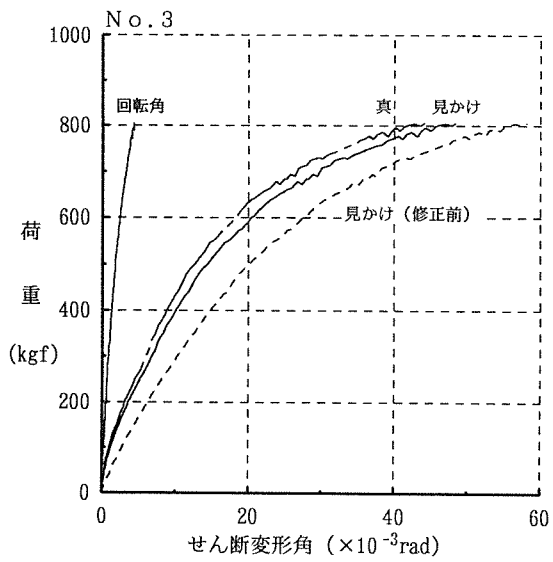
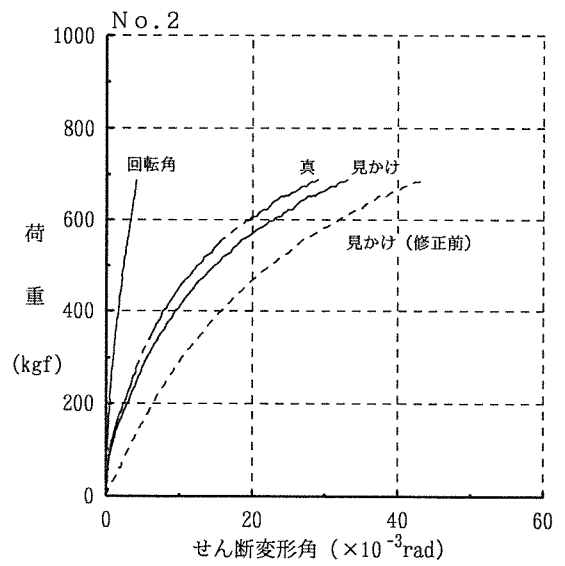
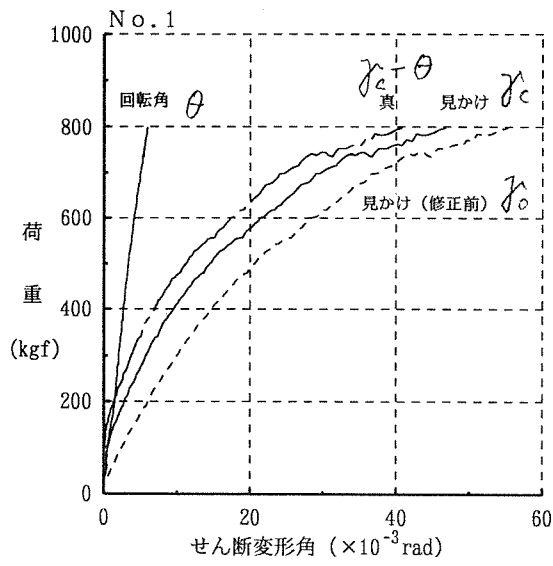


図 4-1. せん断試験における荷重-変形曲線  
(スギ、1P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.1-5)



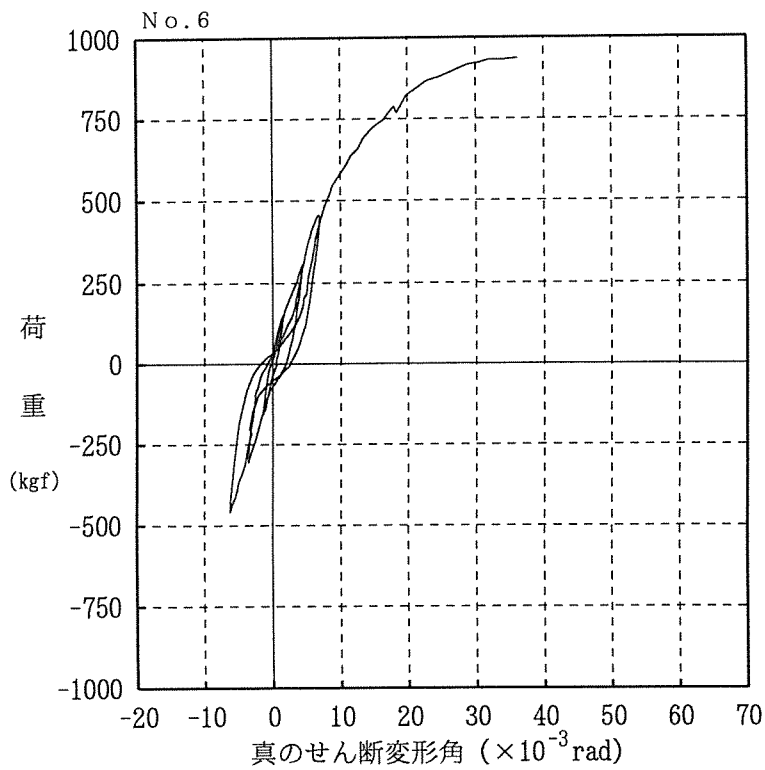
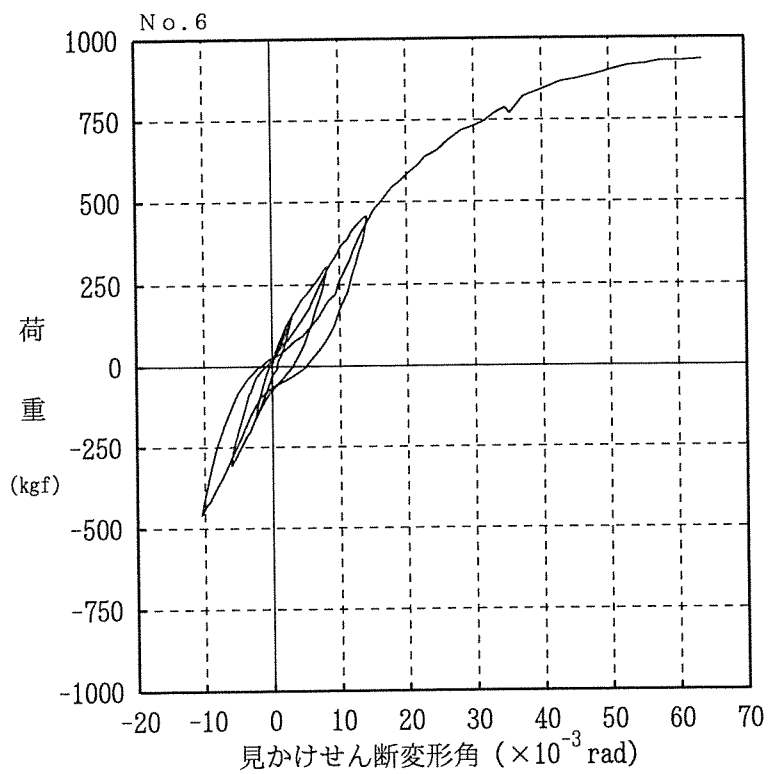


図 4-2. せん断試験における荷重-変形曲線  
(スギ、1P、筋かいプレートBP-2、試験体No.6)

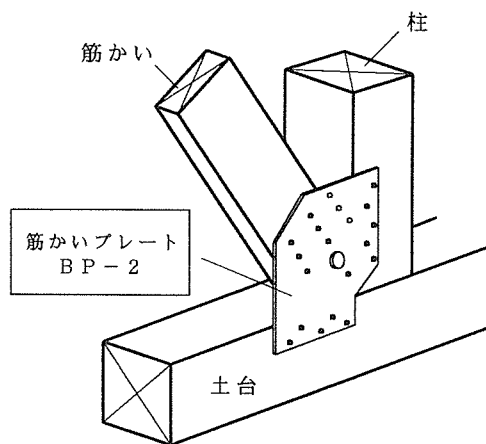
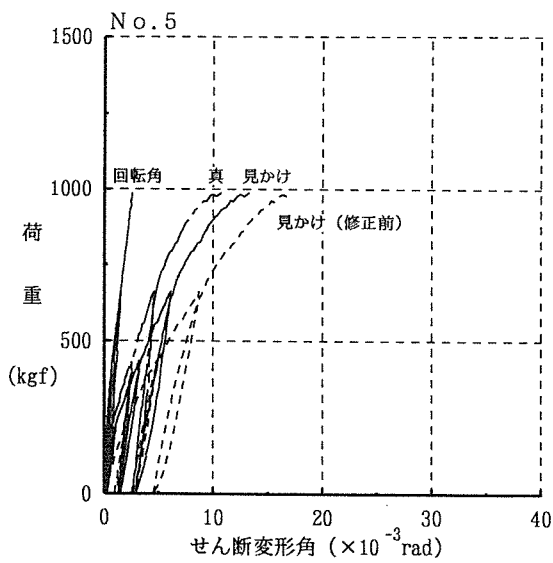
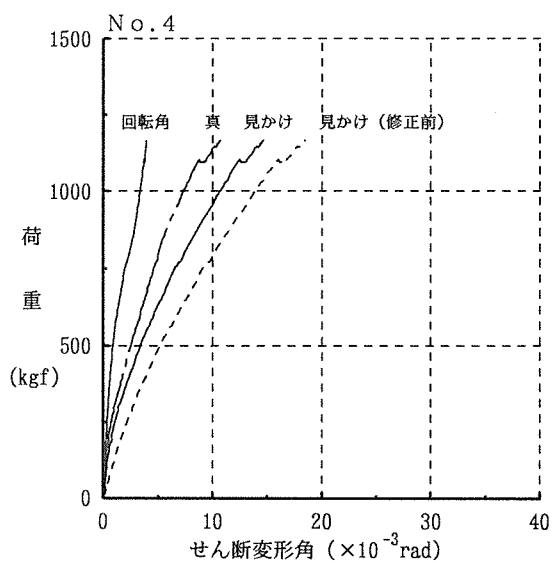
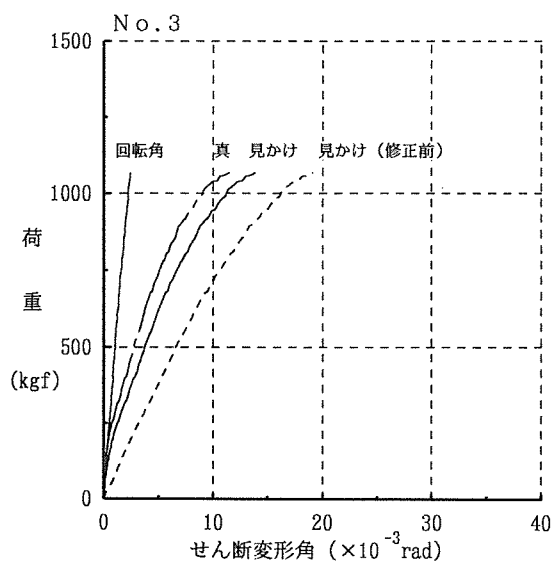
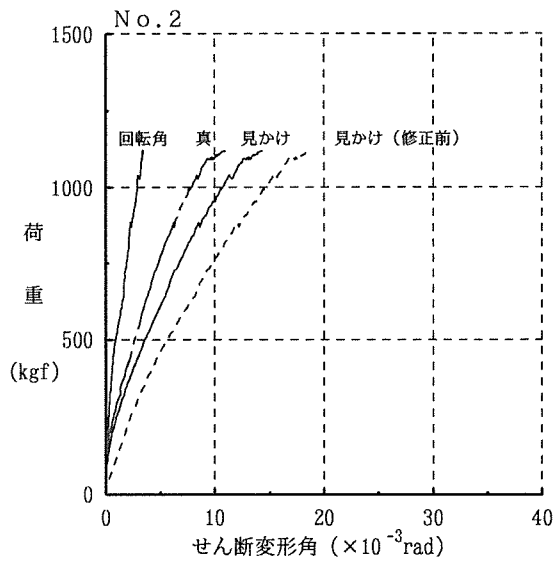
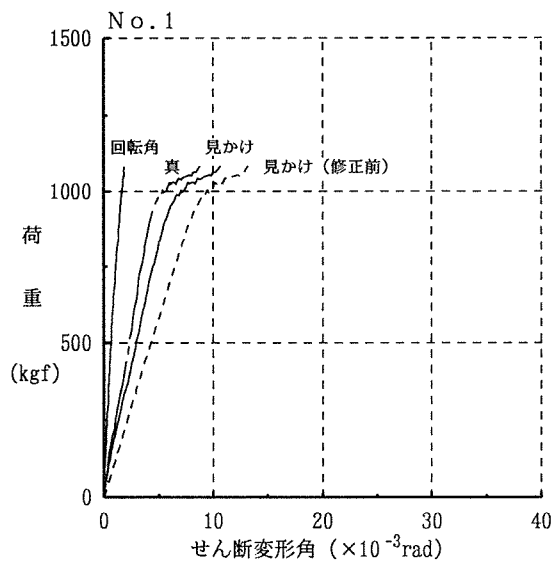


図 4-3. せん断試験における荷重-変形曲線  
(スギ、2P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.1-5)

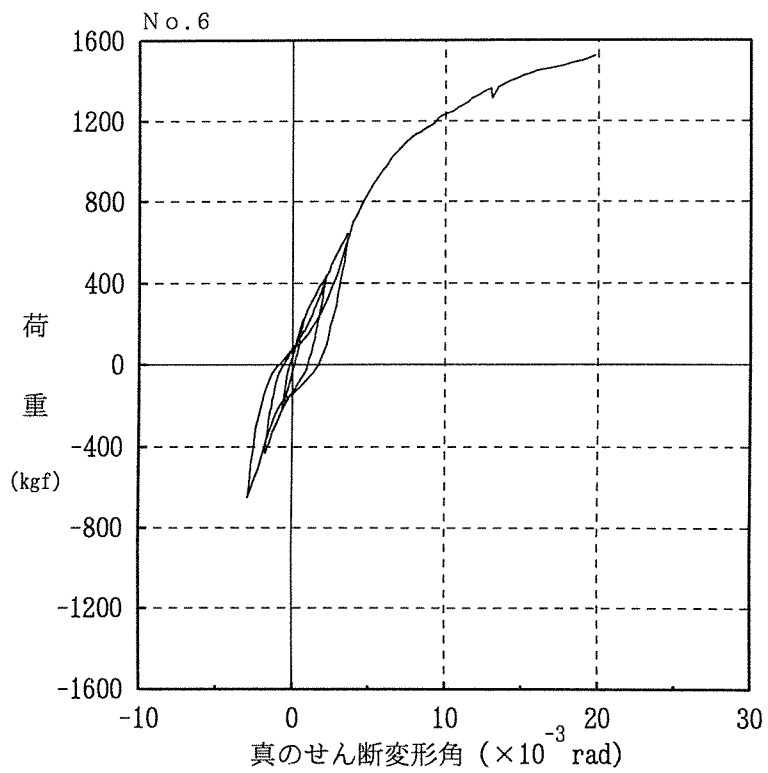
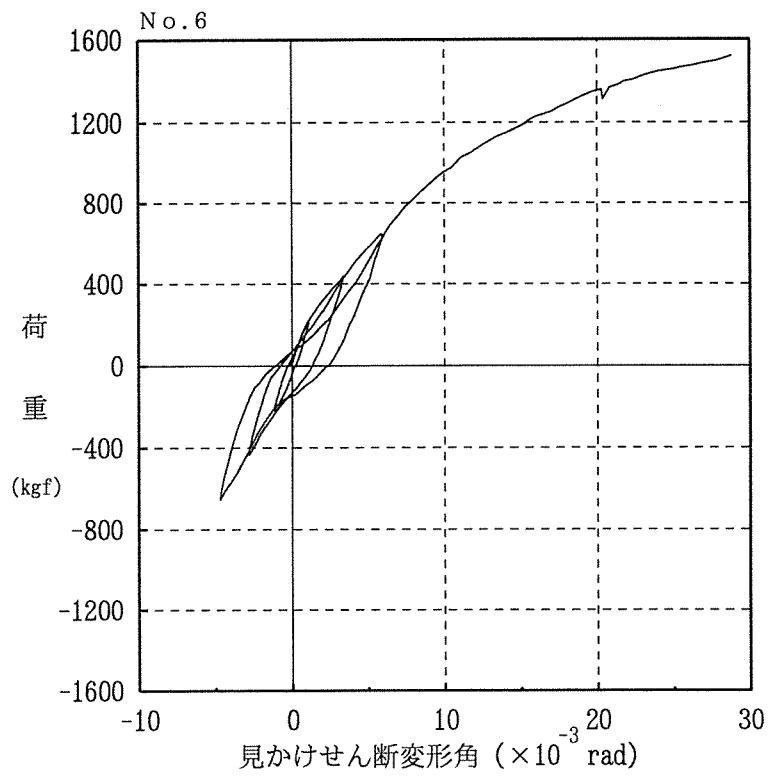


図 4-4. せん断試験における荷重-変形曲線  
(スギ、2P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.6)

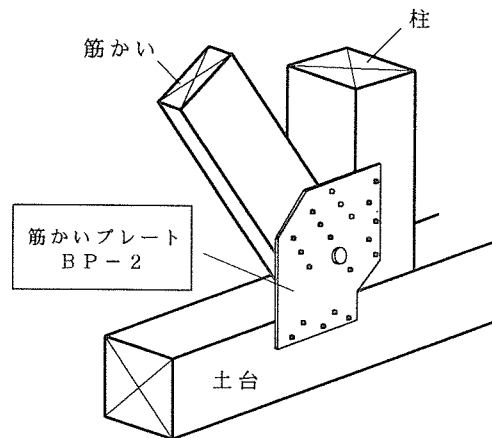
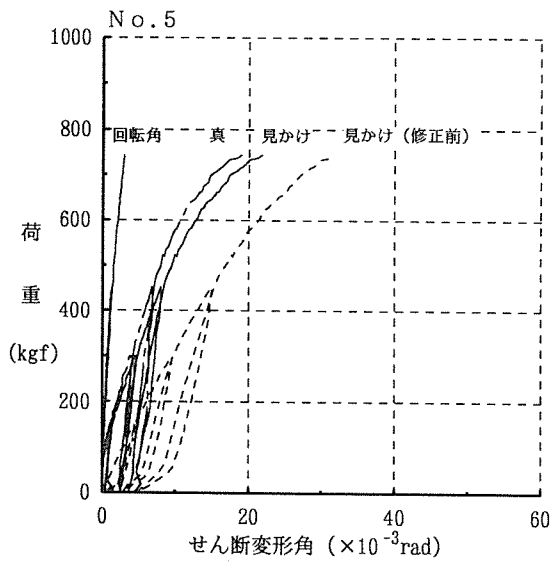
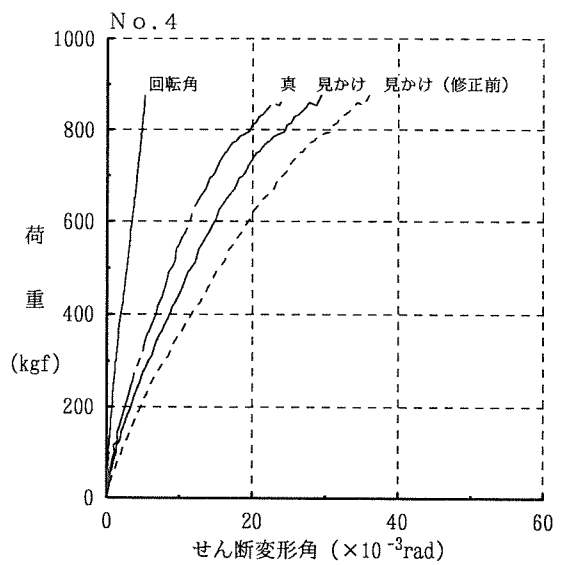
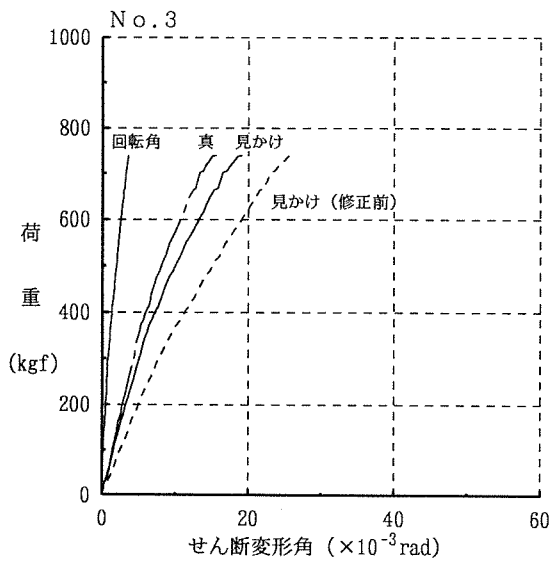
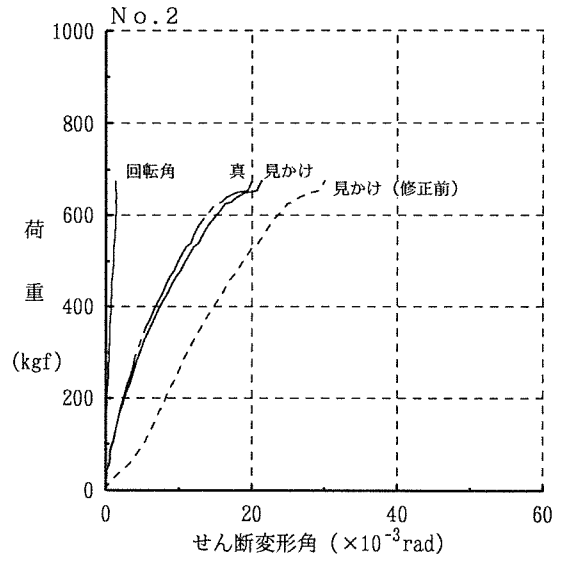
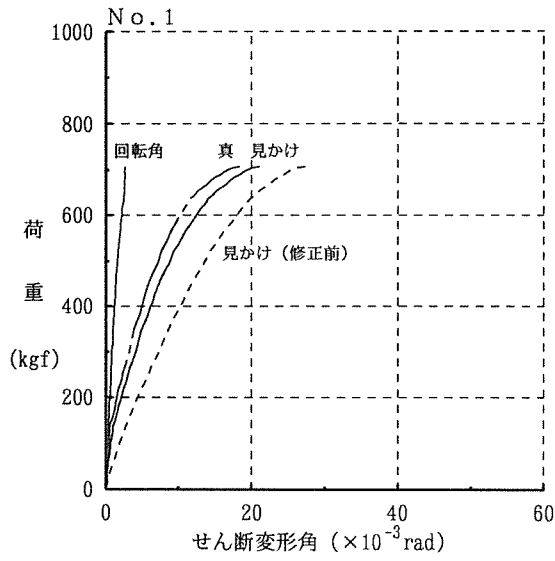


図 4-5. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、1P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.1-5)

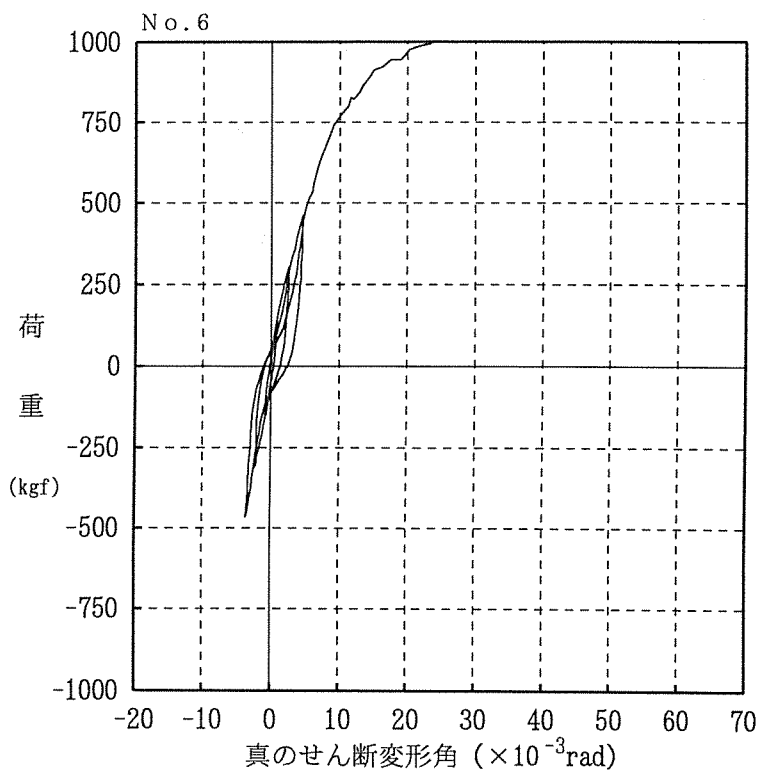
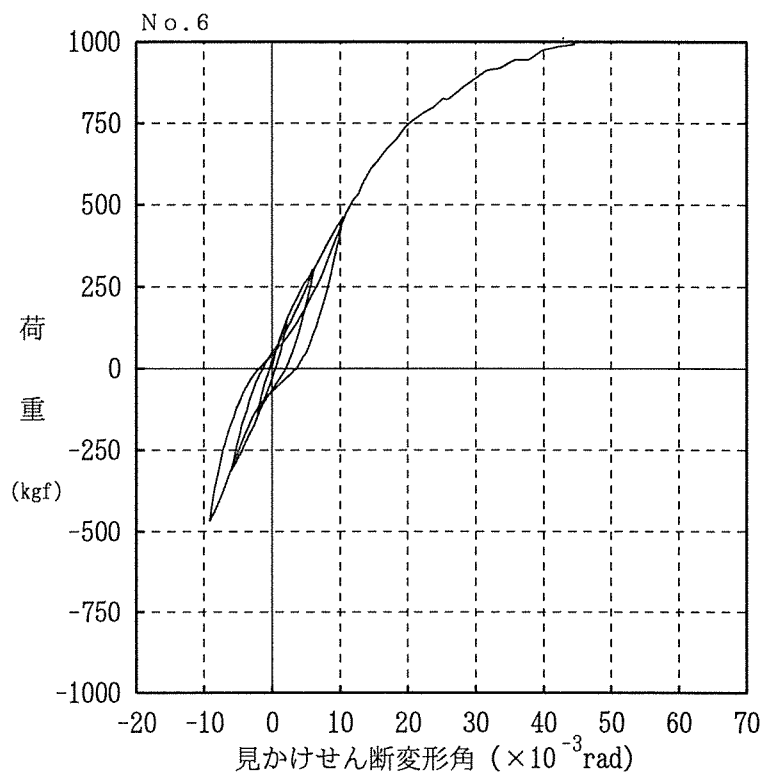


図 4-6. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、1P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.6)

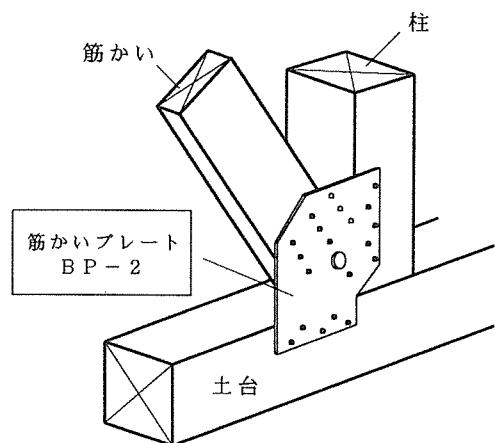
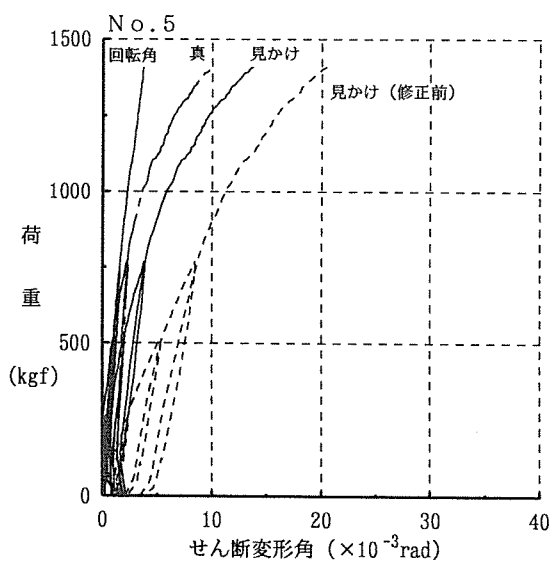
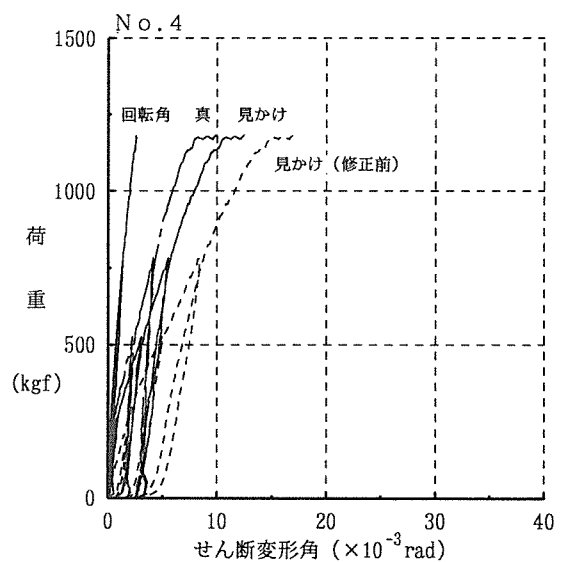
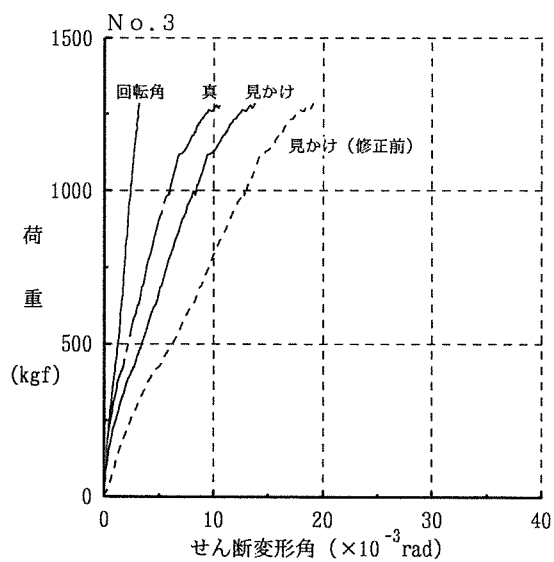
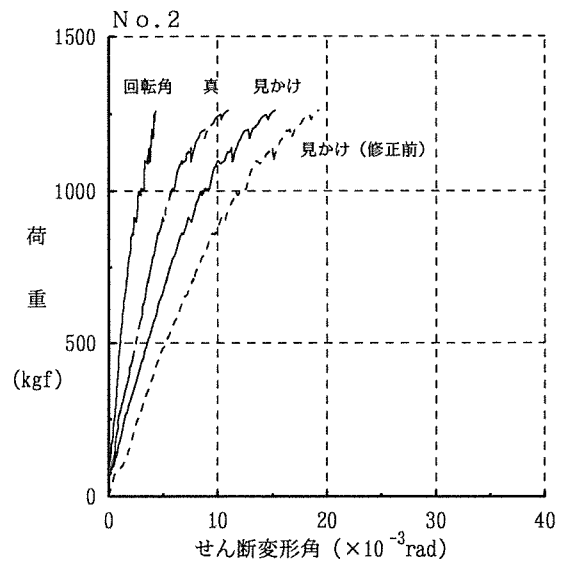
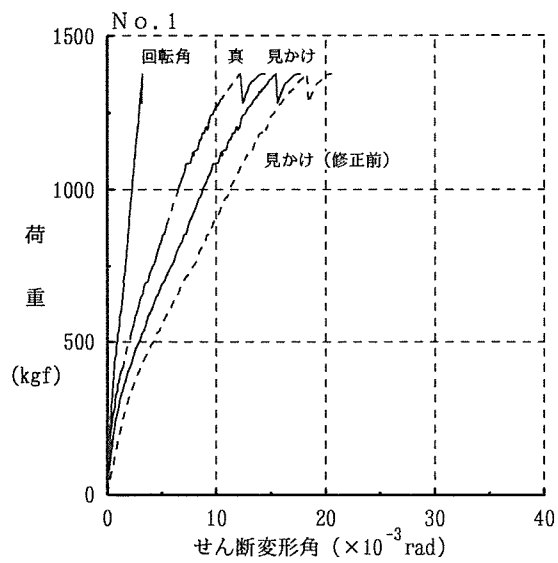


図 4-7. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、2P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.1-5)

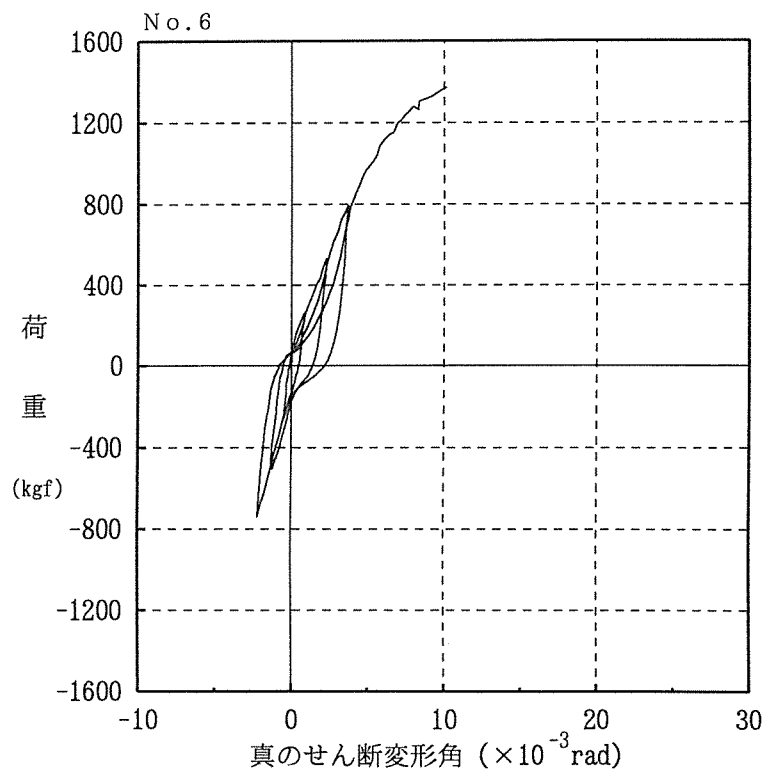
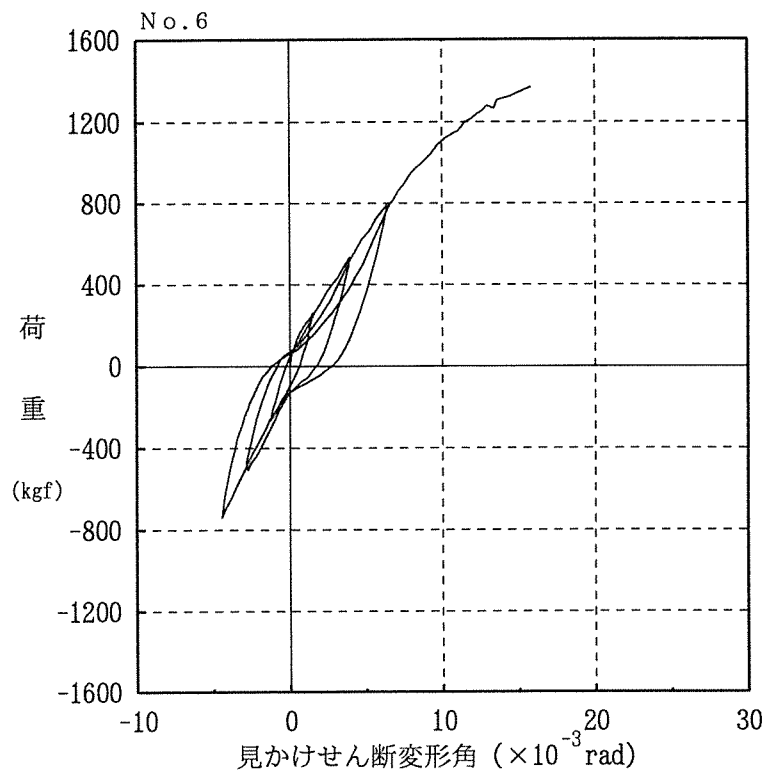


図 4.8. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、2P、筋かいプレートBP-2、試験体 No.6)

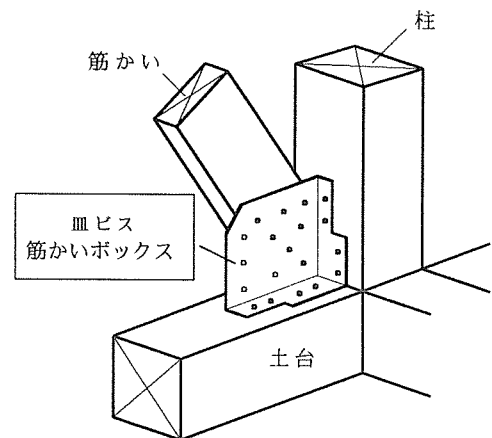
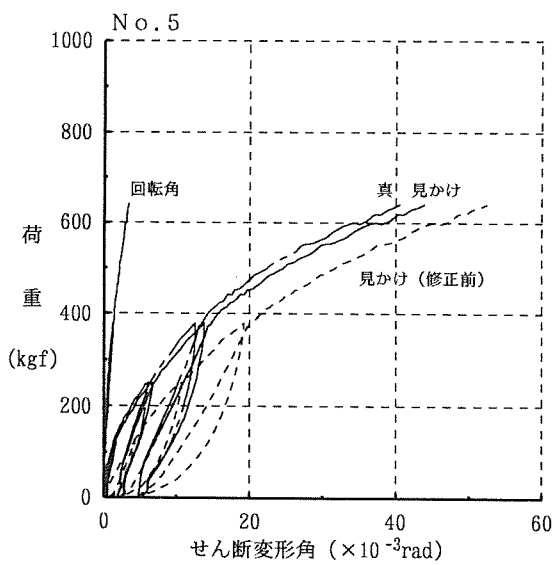
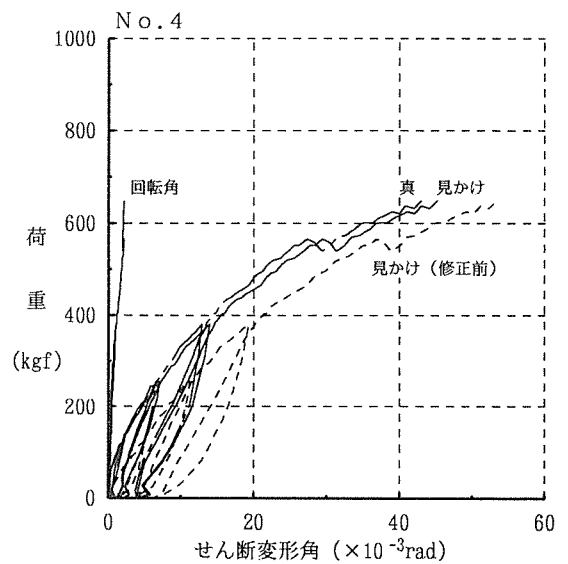
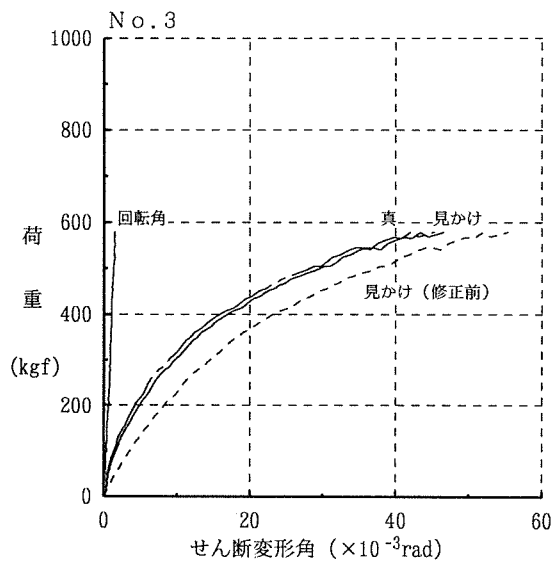
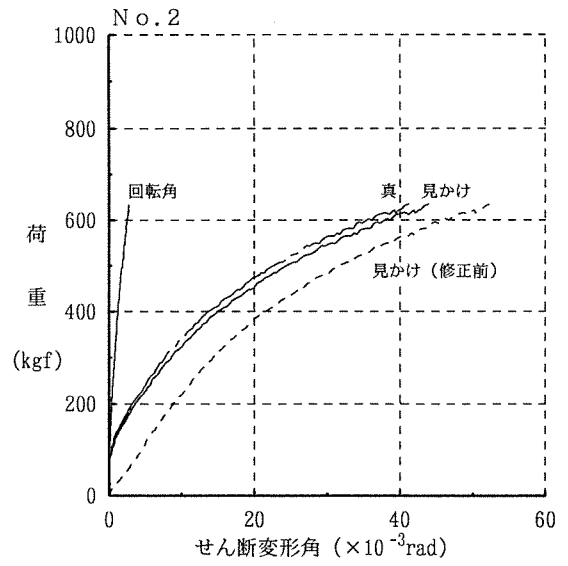
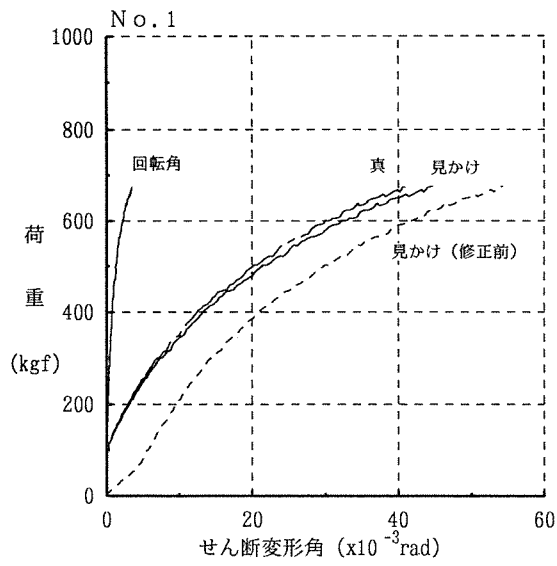


図 4-9. せん断試験における荷重-変形曲線  
(スギ、1P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.1-5)



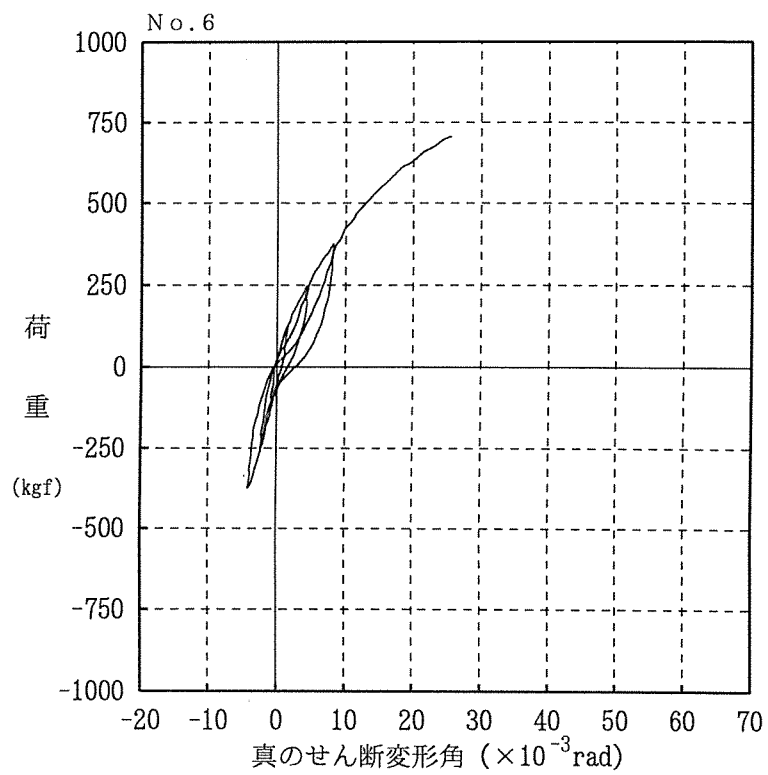
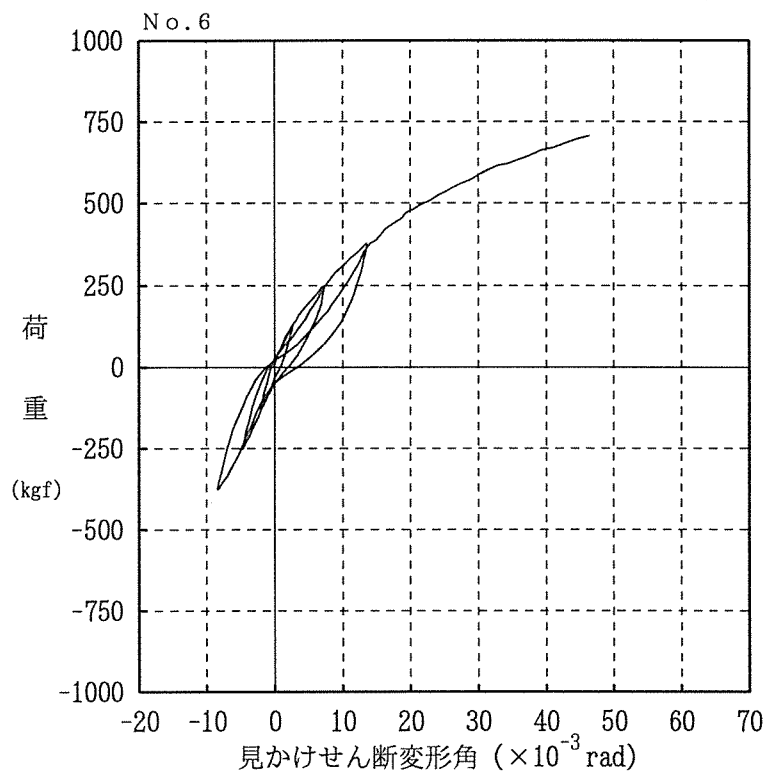


図 4-10. せん断試験における荷重-変形曲線  
 (スギ、1P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.6)

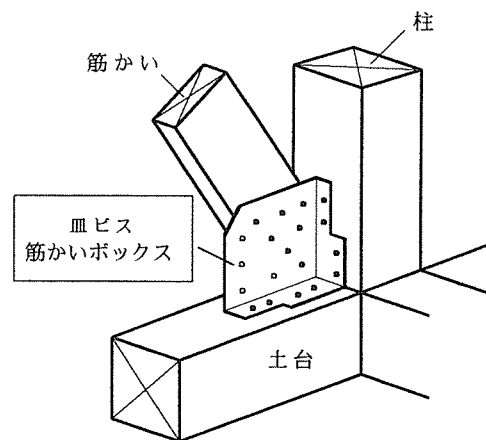
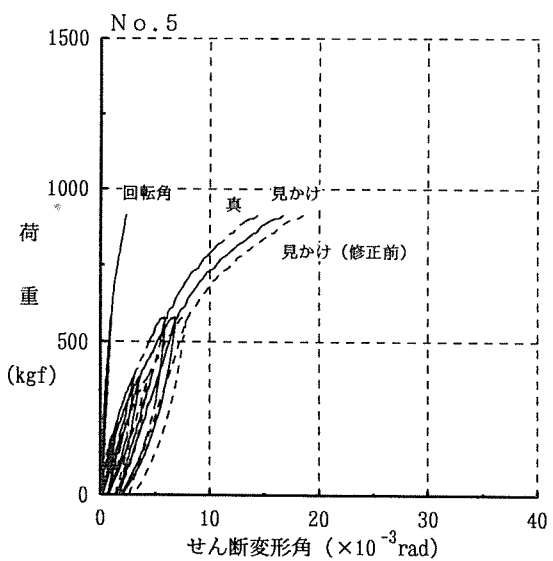
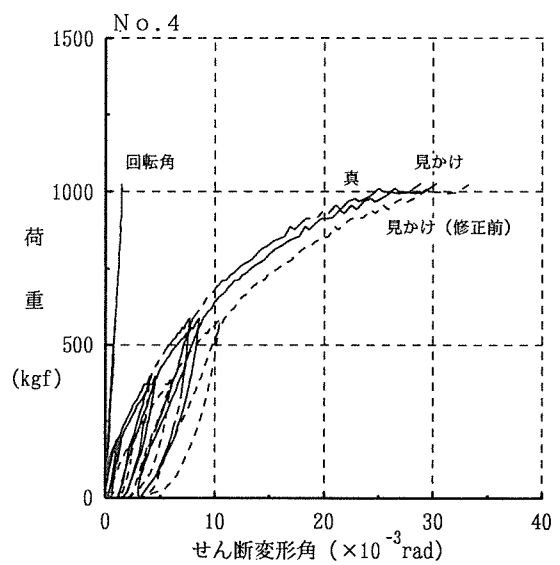
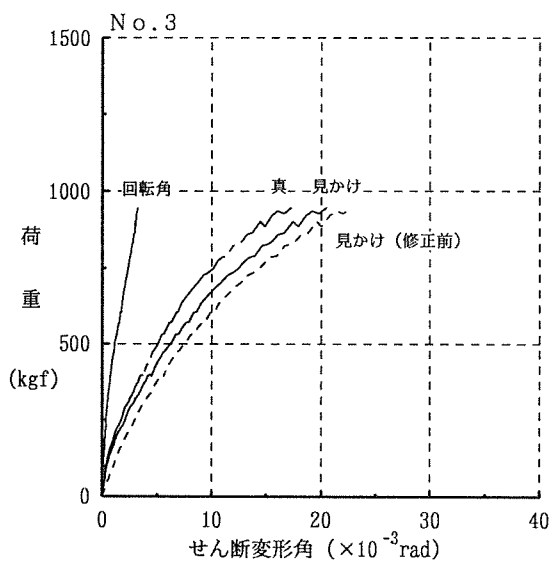
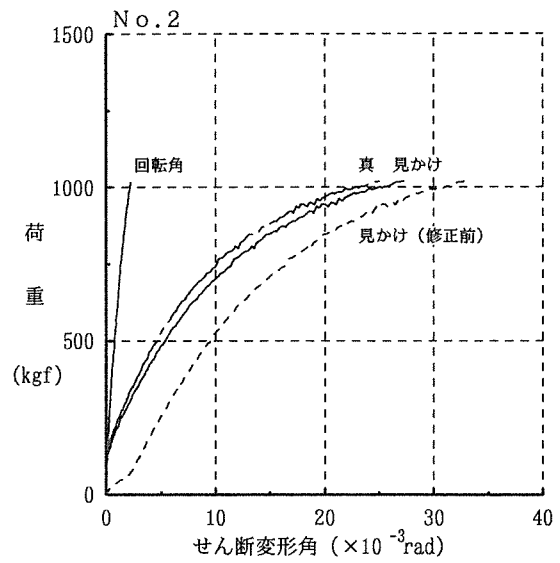
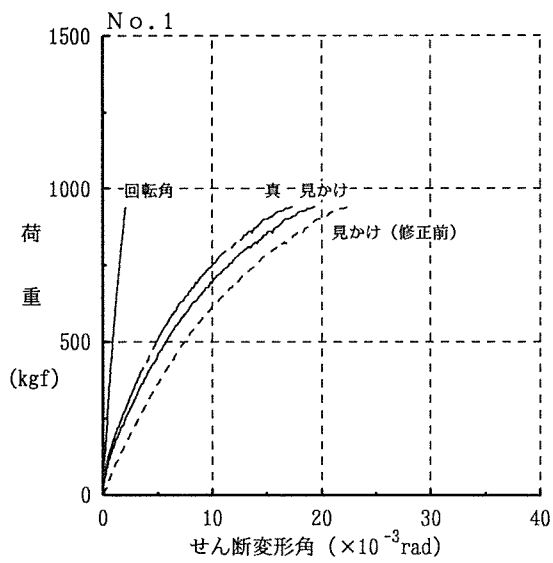


図 4-11. せん断試験における荷重-変形曲線  
(スギ、2P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.1-5)

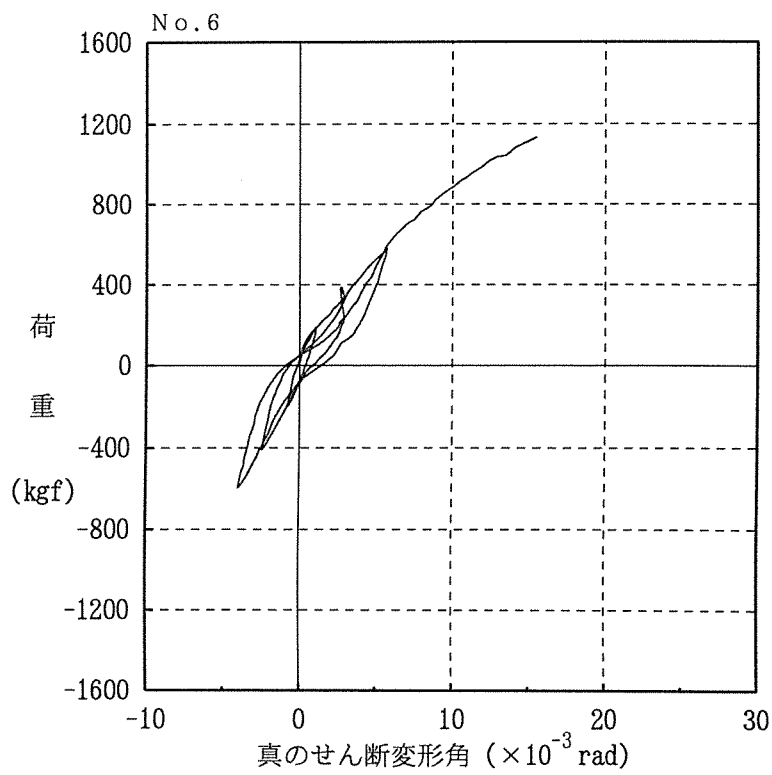
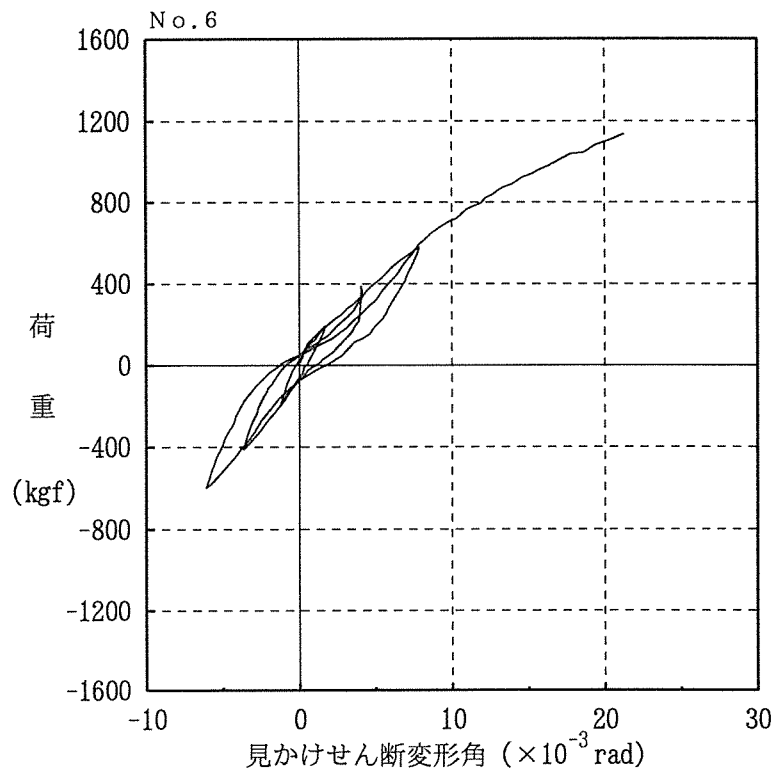


図 4-12. せん断試験における荷重-変形曲線  
 (スギ、2P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.6)

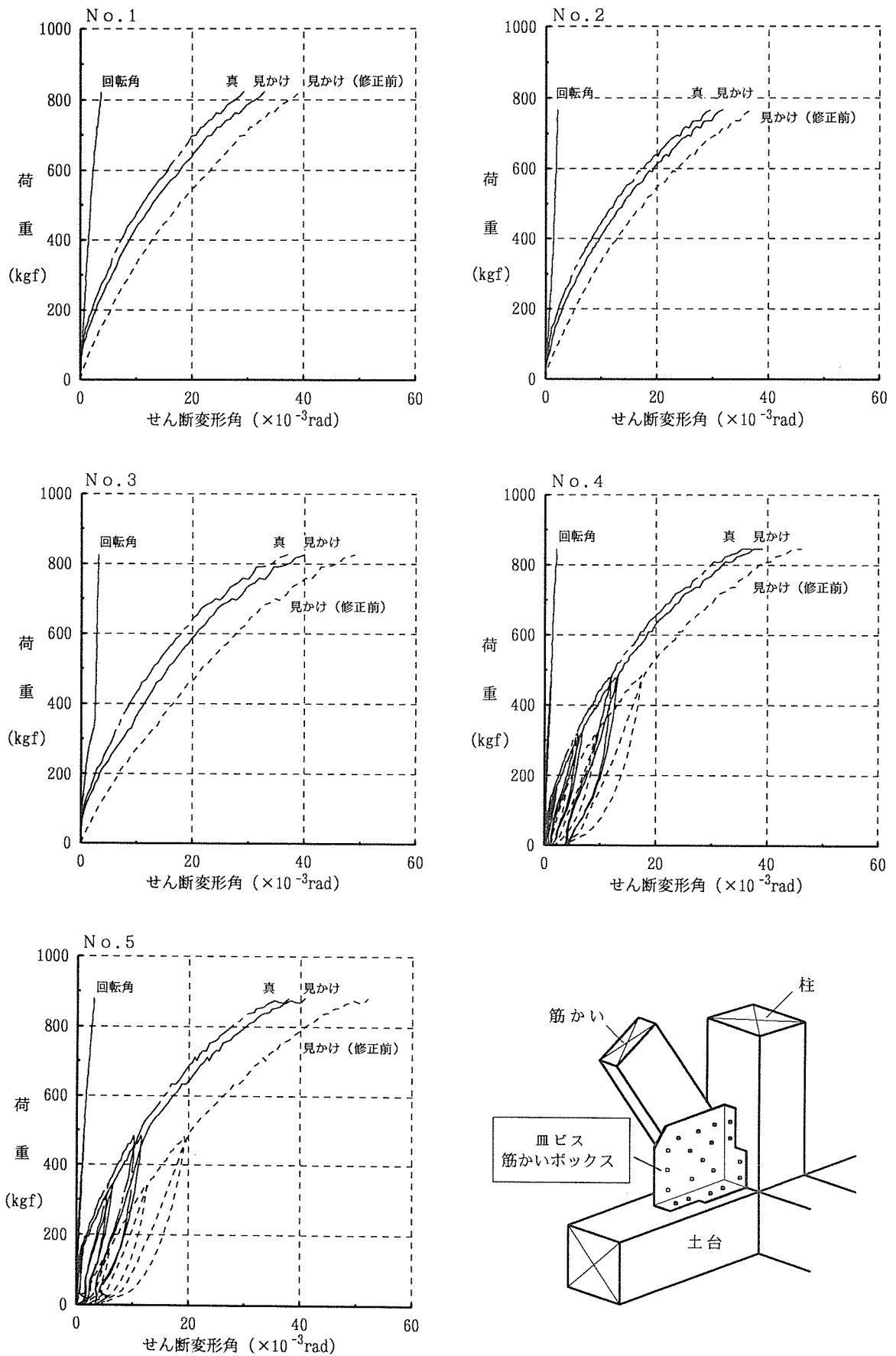


図 4-13. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、1P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.1-5)

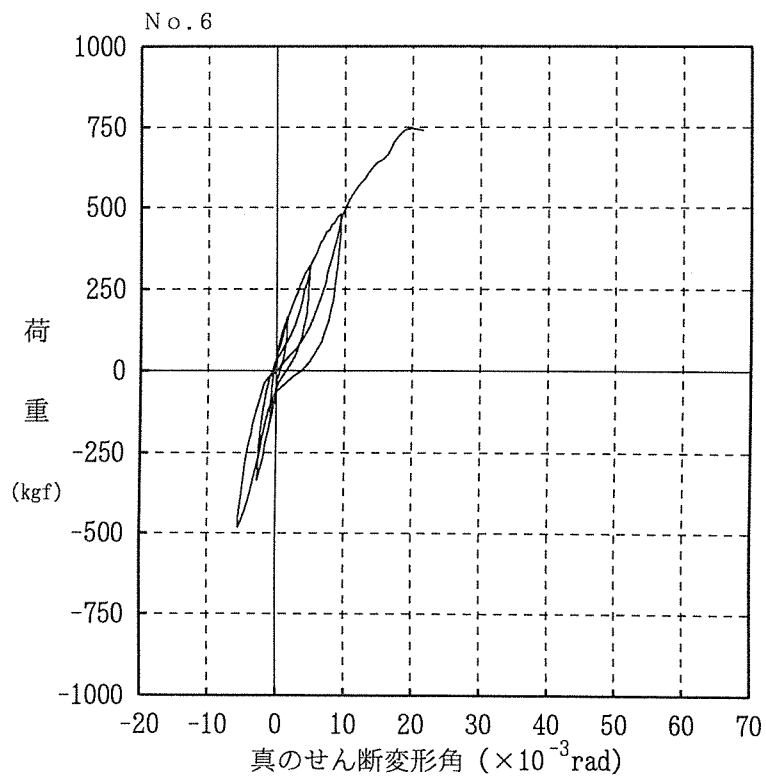
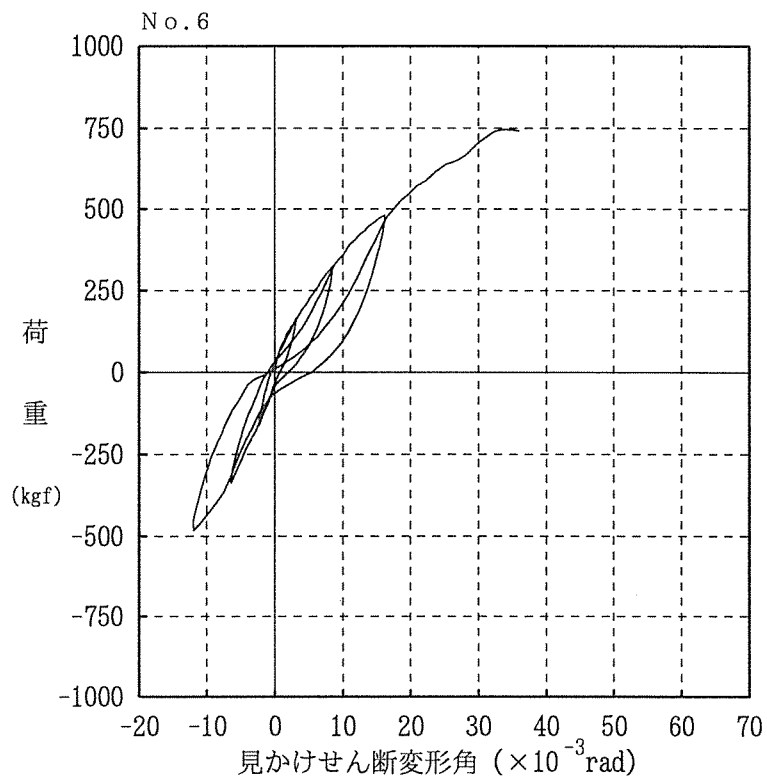


図 4-14. せん断試験における荷重-変形曲線  
(バイマツ、1P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.6)

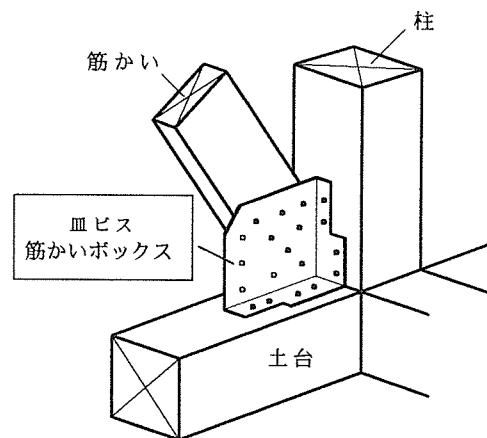
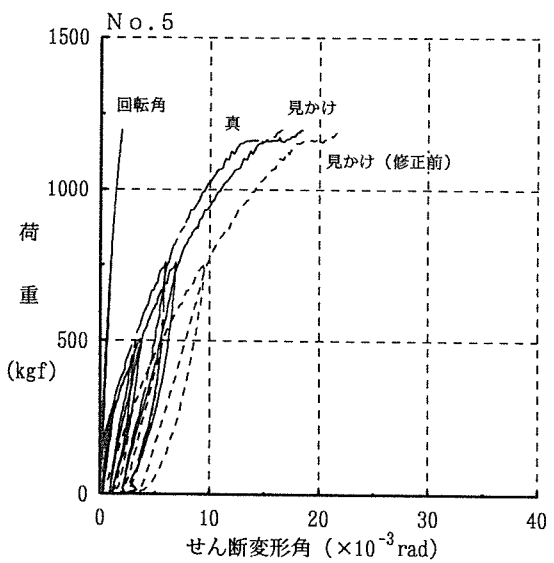
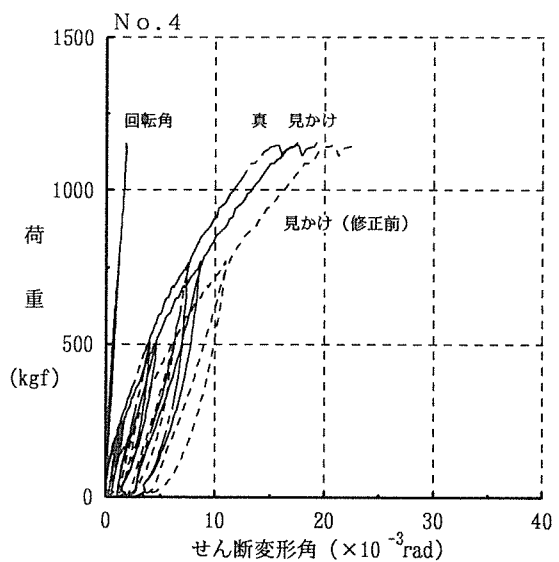
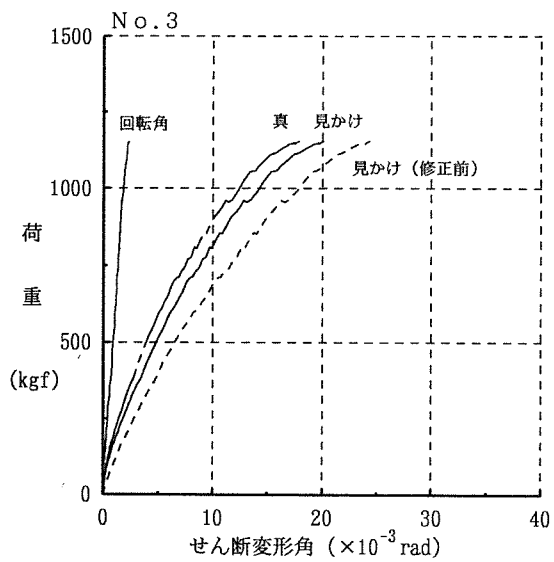
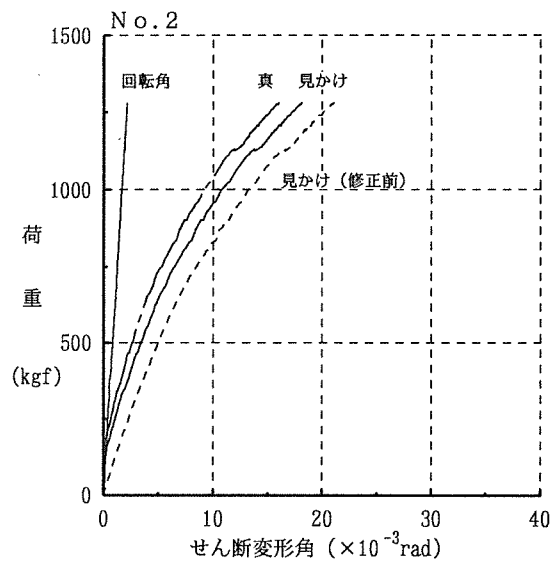
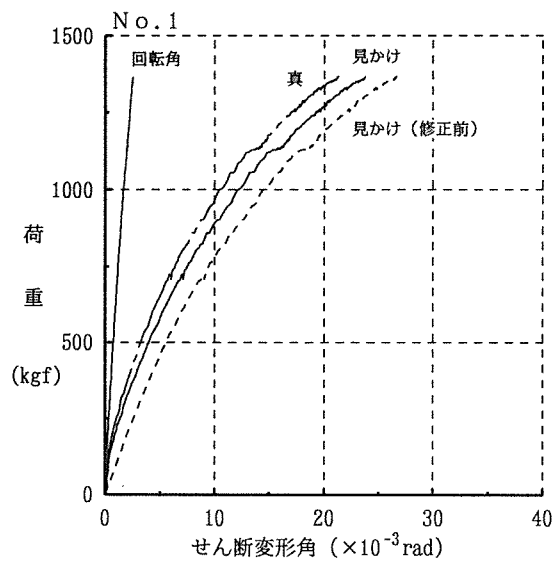


図 4-15. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、2P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.1-5)

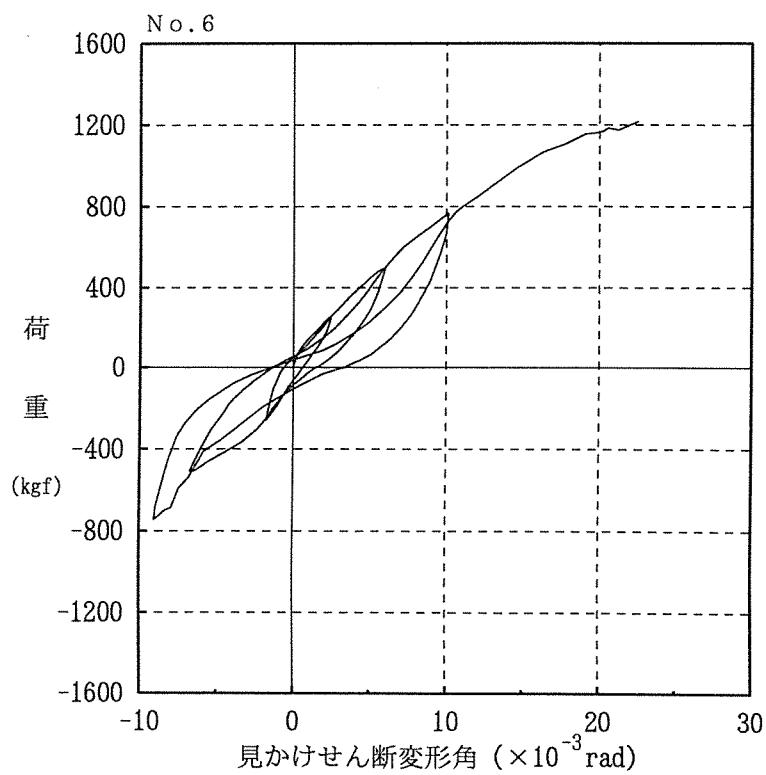
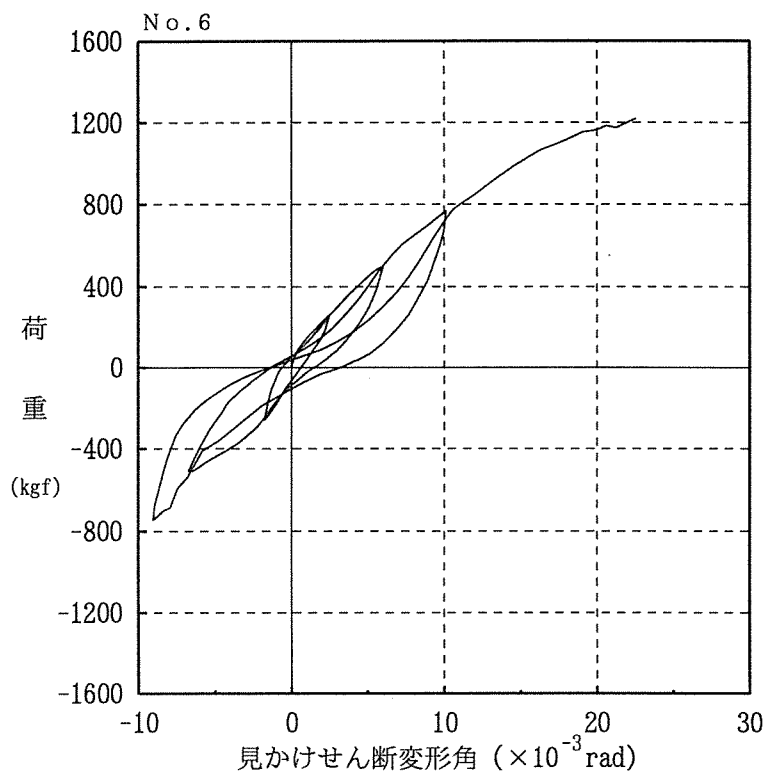


図 4-16. せん断試験における荷重-変形曲線  
(ベイマツ、2P、皿ビス筋かいボックス、試験体 No.6)

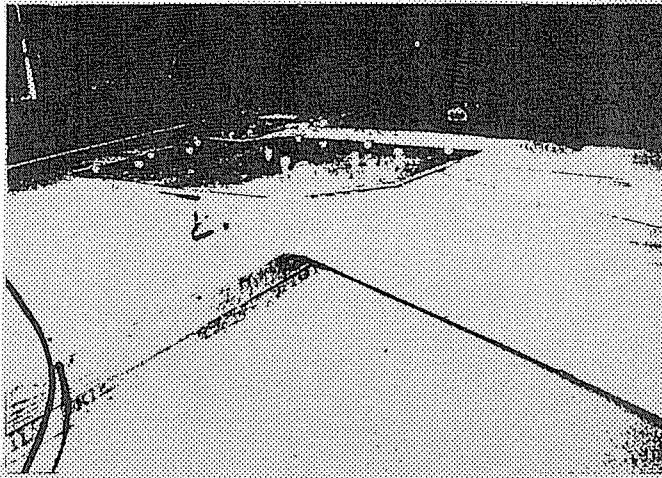


写真1. 筋かいプレート  
釘の引抜けと曲げ降伏

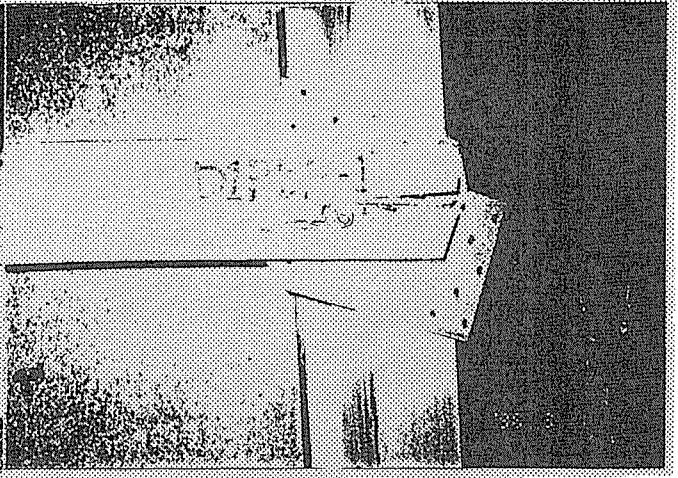


写真2. 筋かいプレート  
角根ボルトの所から発生した亀裂

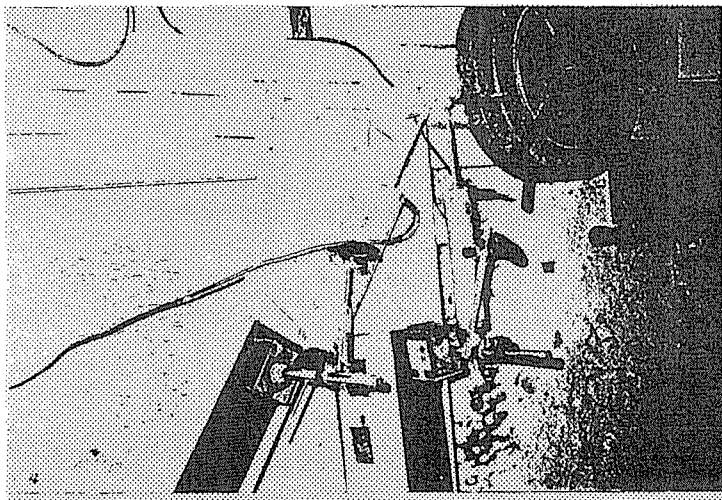


写真3. 筋かいプレート  
桁の釘打ち部分での割裂

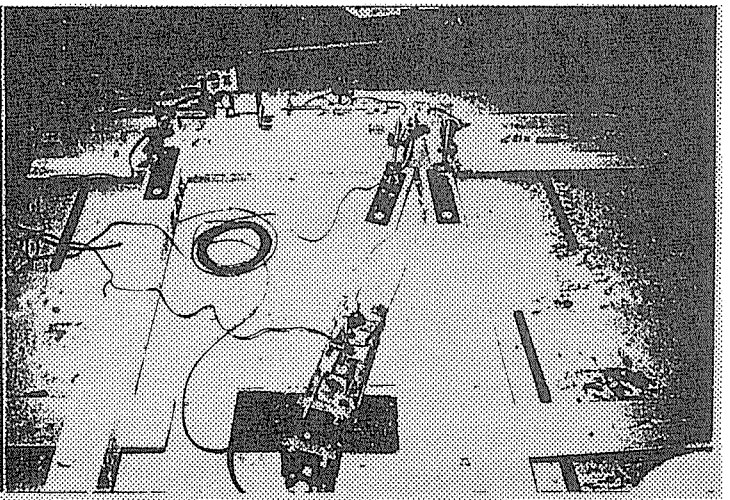


写真4. 筋かいプレート  
目切れのため筋かきが破断

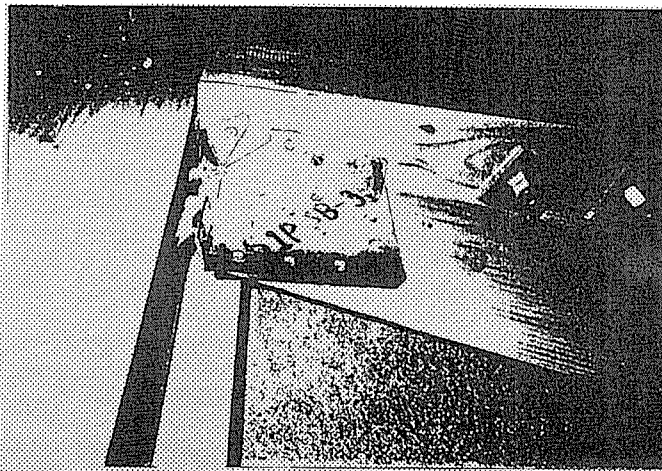


写真5. 皿ビス筋かいボックス  
金物の変形と柱と桁に打ち  
付けたネジの引き抜け

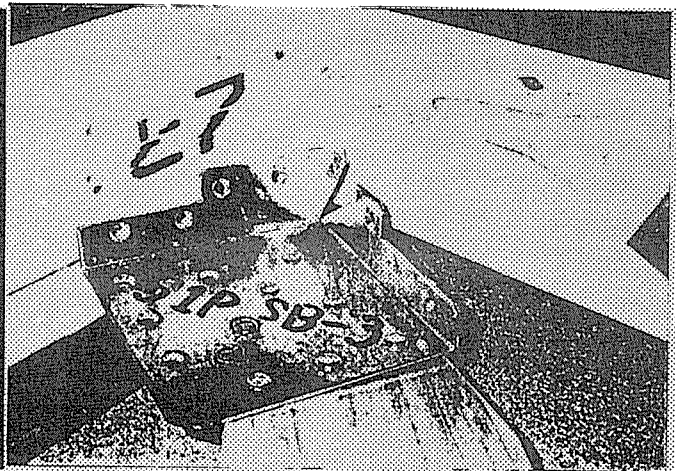
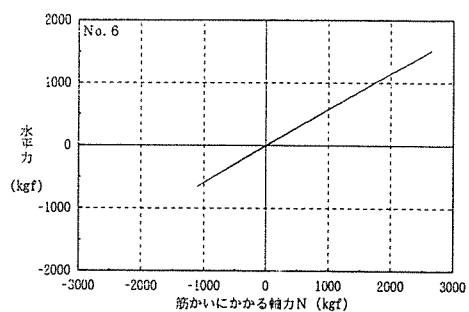
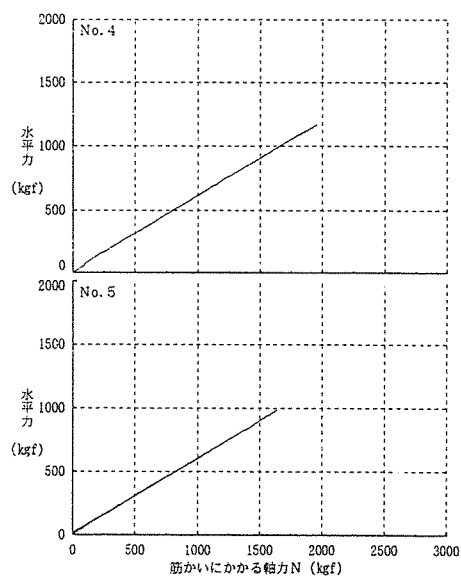
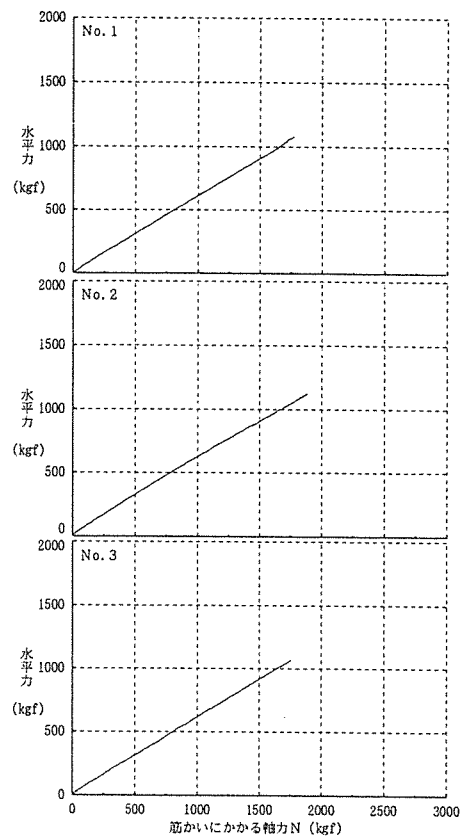
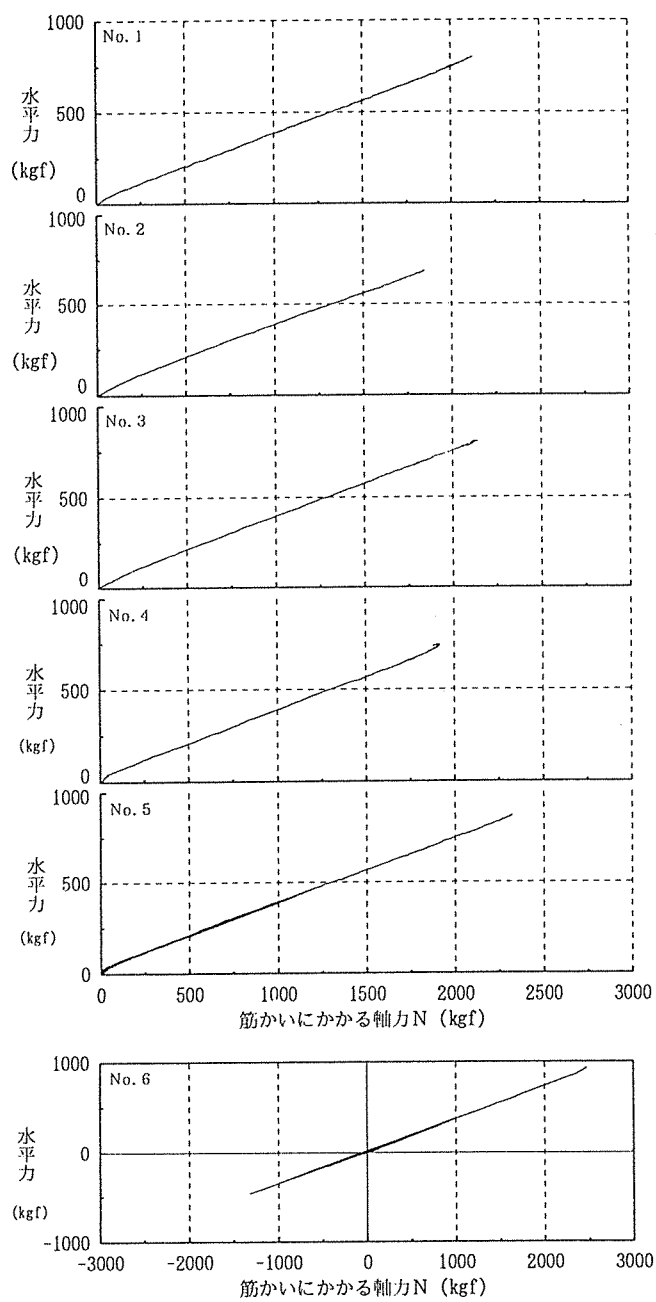


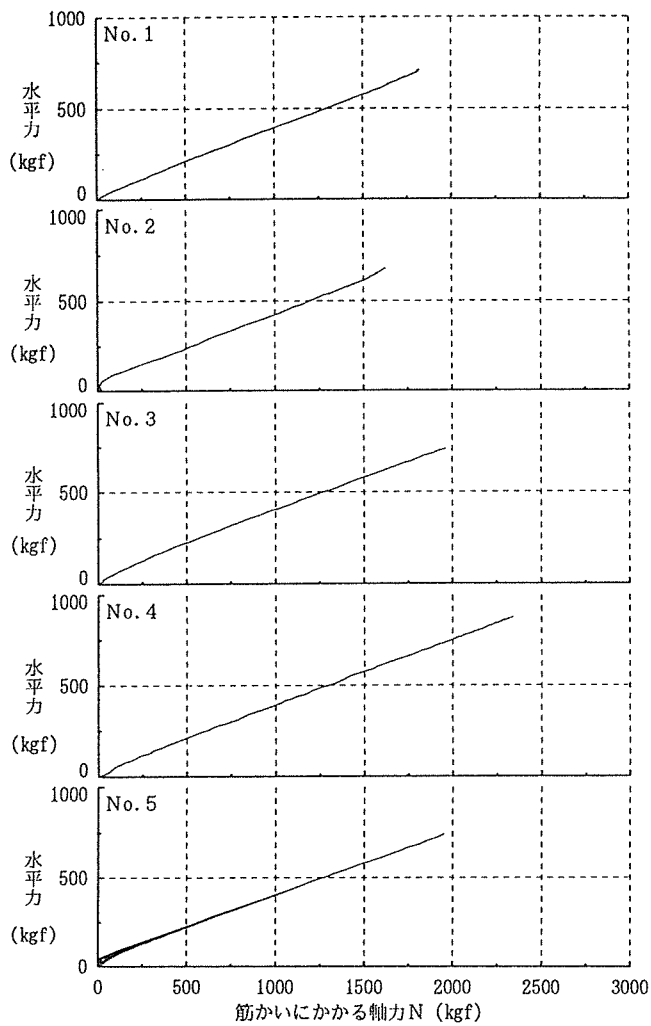
写真6. 皿ビス筋かいボックス  
ネジ頭の飛散



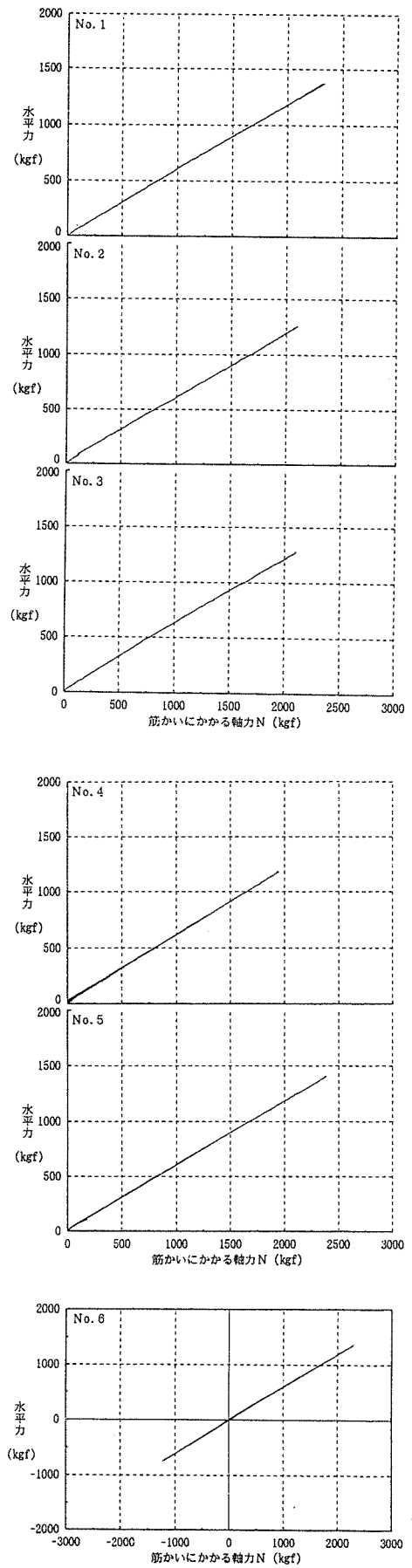


筋かいプレートBP-2、スギ、2P

図 5-1. 水平力と筋かいに加わる軸力の関係

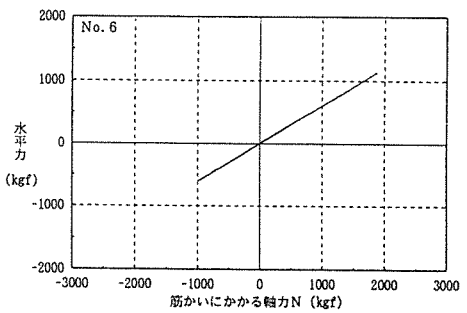
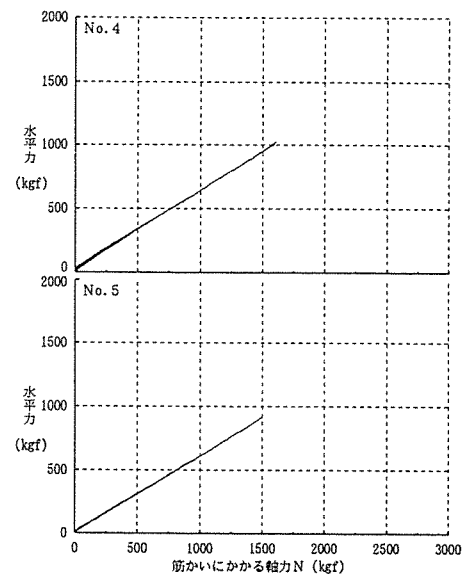
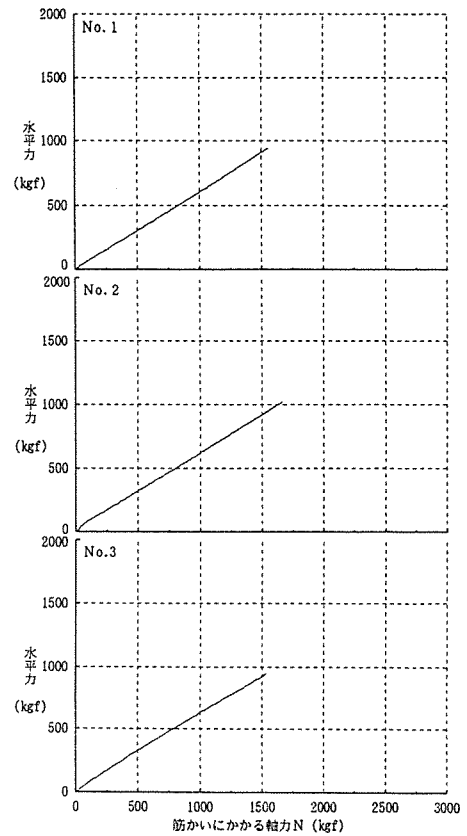
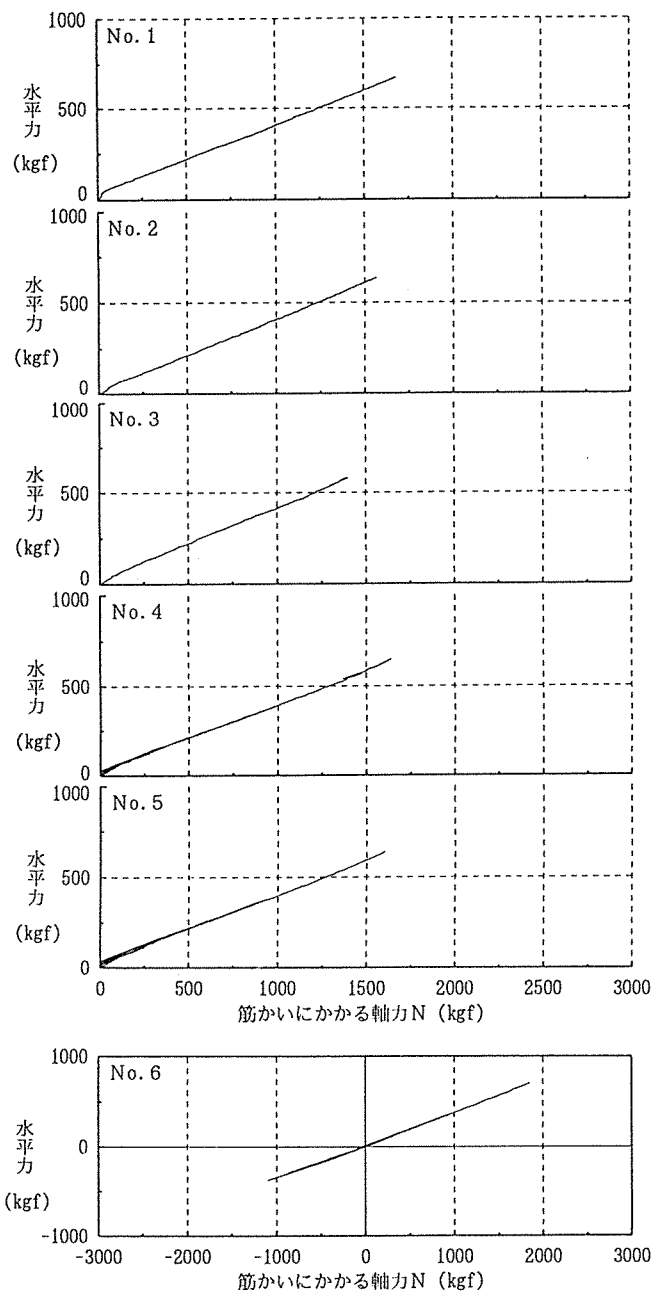


筋かいプレートBP-2、ベイマツ、1P



筋かいプレートBP-2、ベイマツ、2P

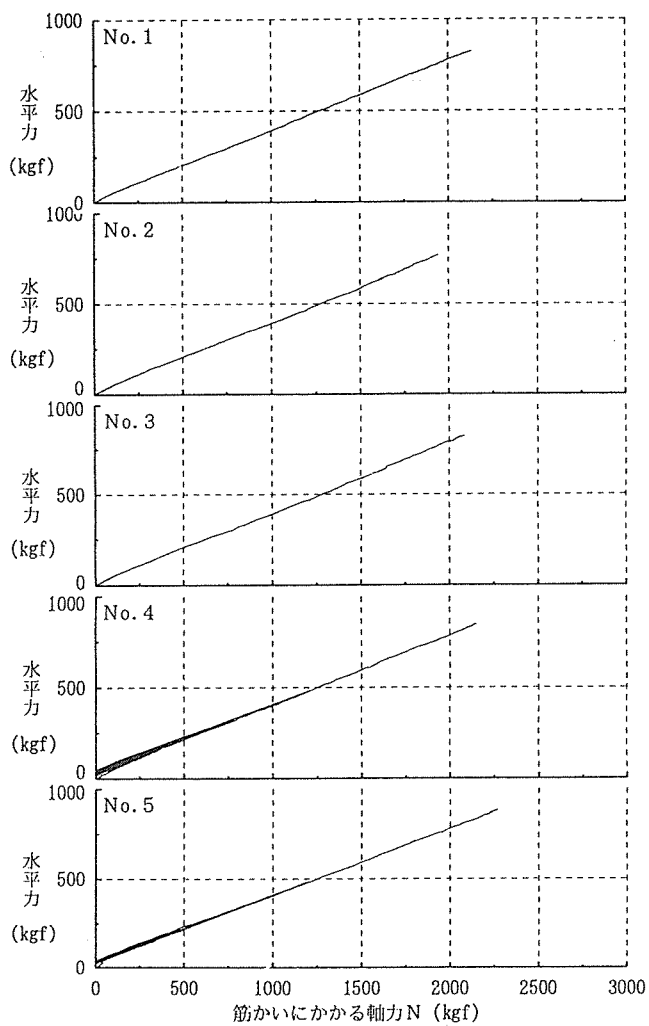
図 5-2. 水平力と筋かいに加わる軸力の関係



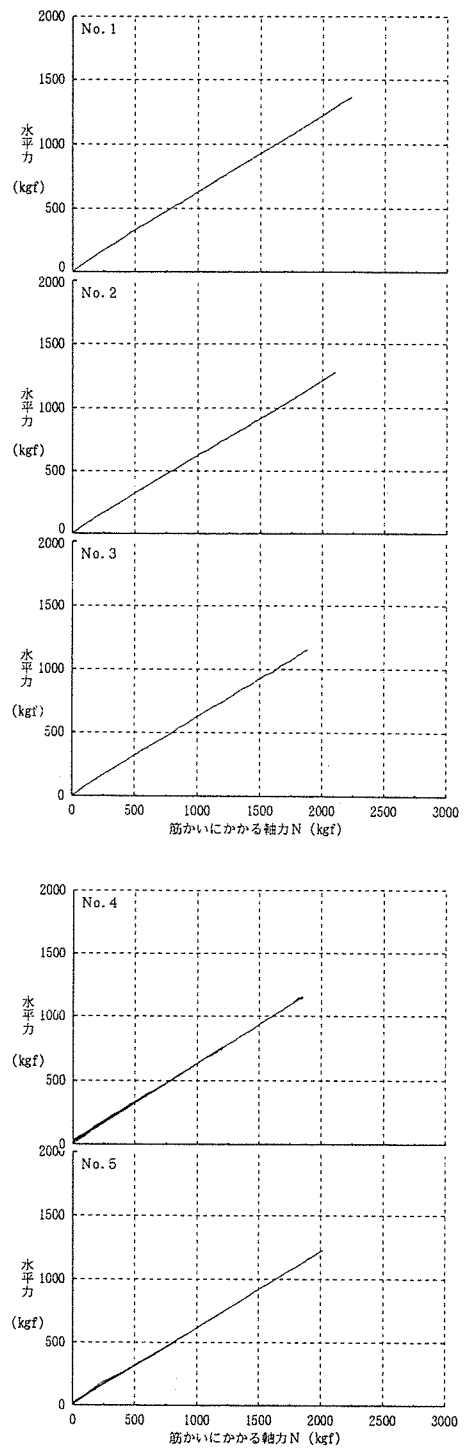
皿ビス筋かいボックス、スギ、1P

皿ビス筋かいボックス、スギ、2P

図 5-3. 水平力と筋かいに加わる軸力の関係

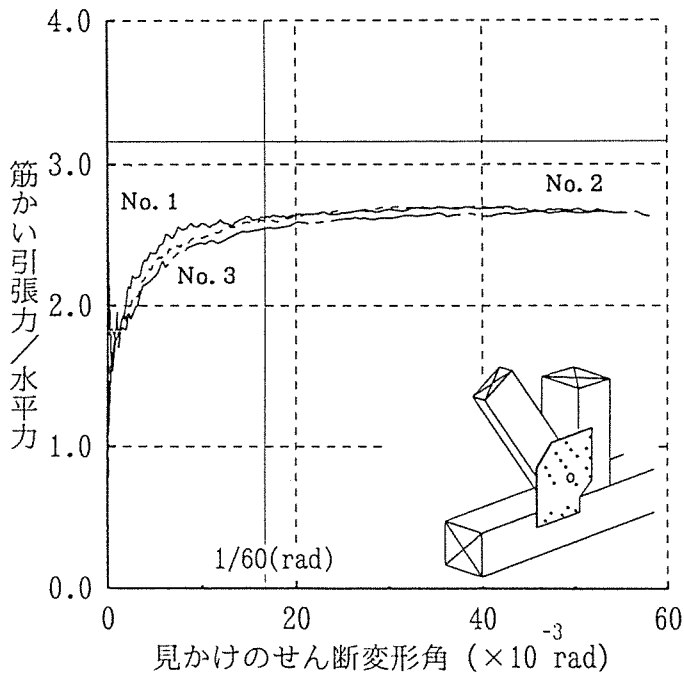


皿ビス筋かいボックス、ベイマツ、1P

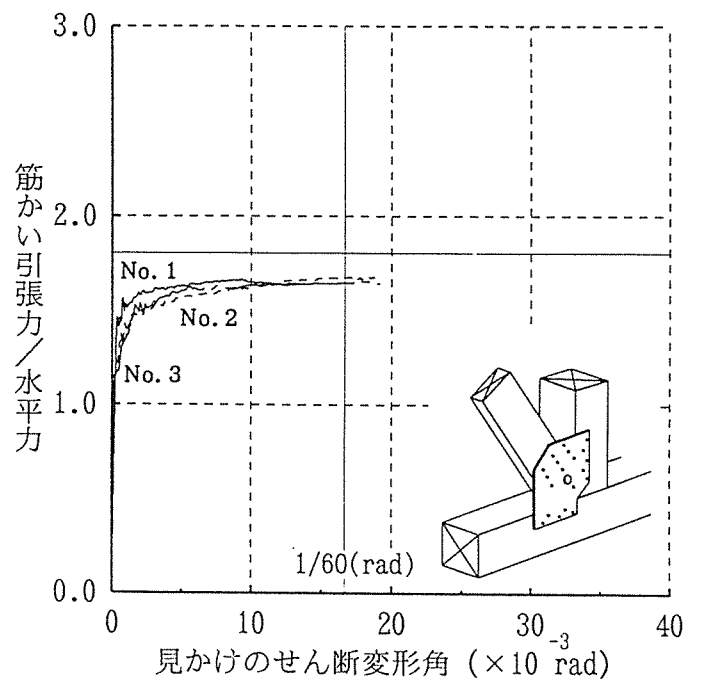


皿ビス筋かいボックス、ベイマツ、2P

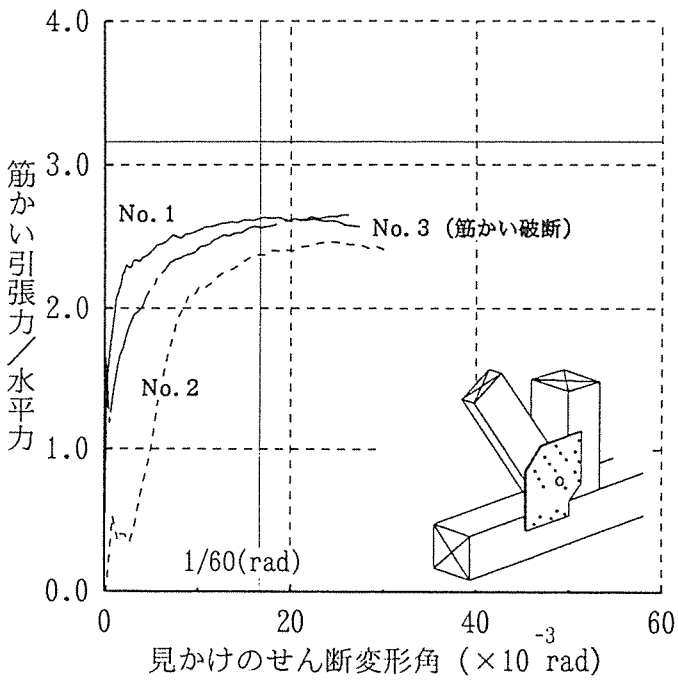
図 5-4 水平力と筋かいに加わる軸力の関係



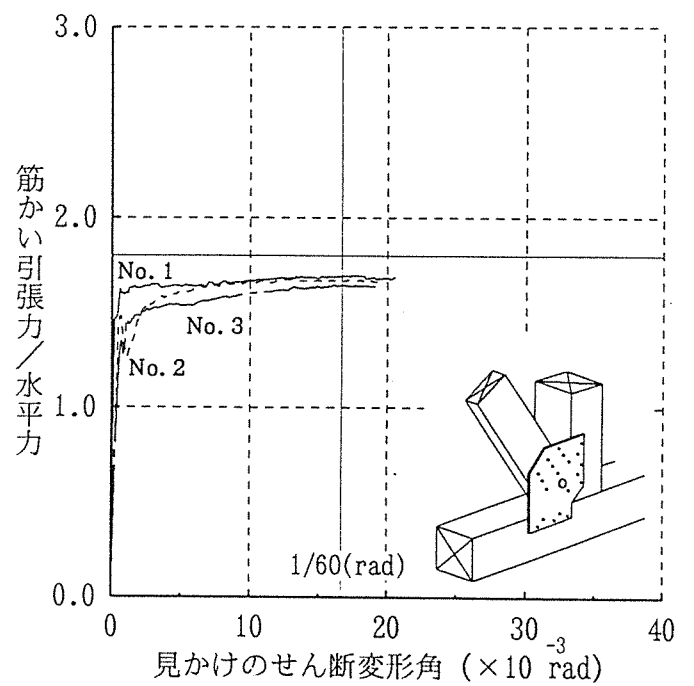
筋かいプレート スギ、1P



筋かいプレート スギ、2P

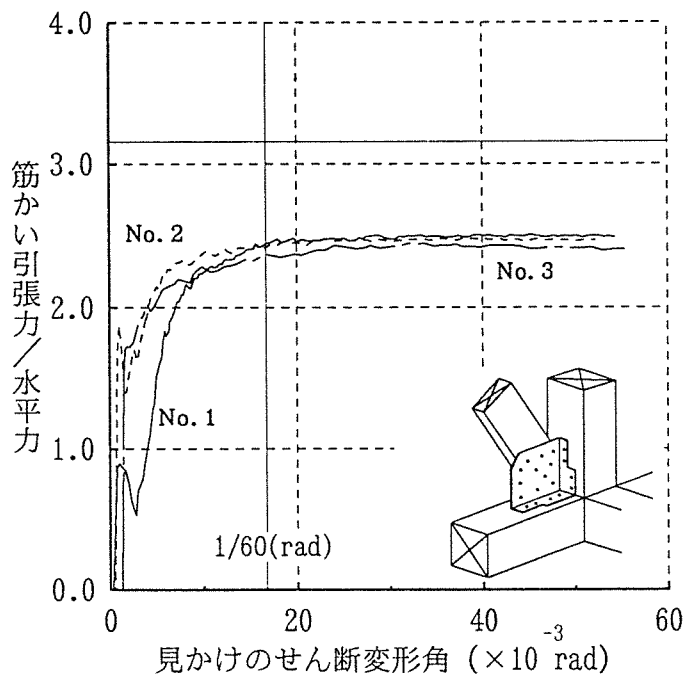


筋かいプレート ベイマツ、1P

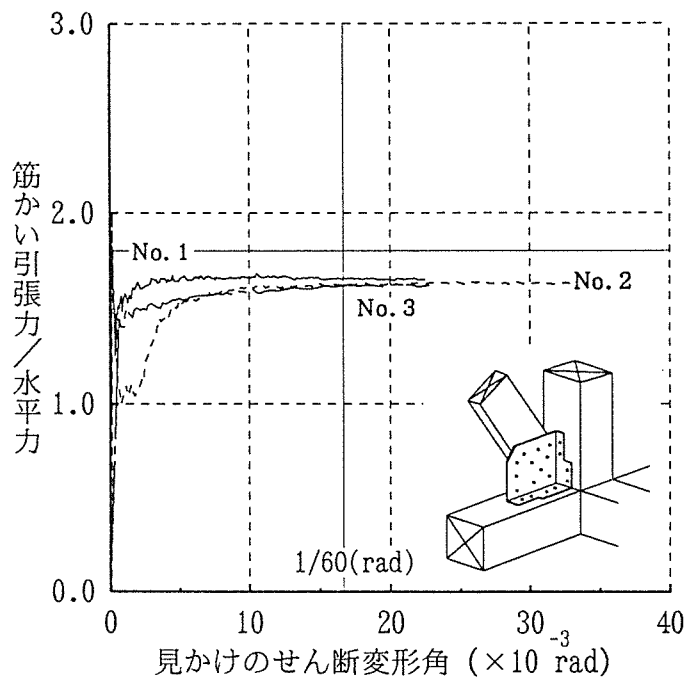


筋かいプレート ベイマツ、2P

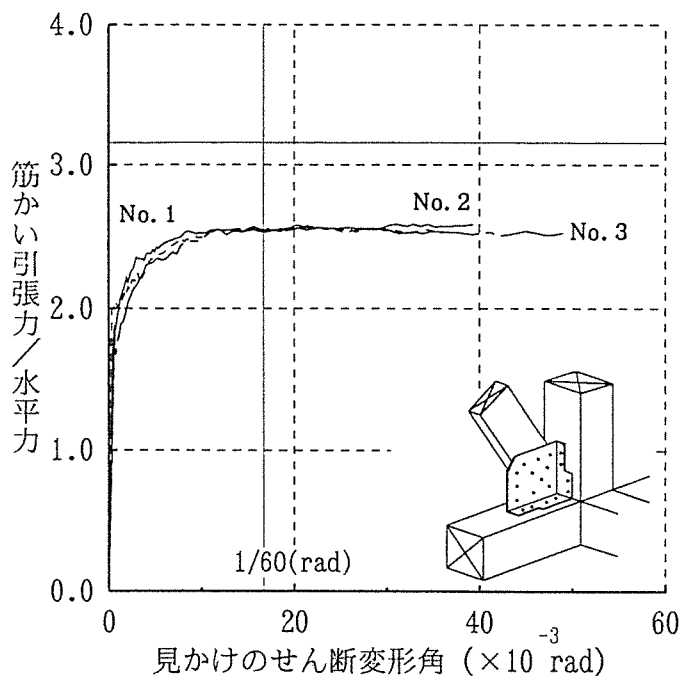
図 6-1. 筋かいに加わる引張力と水平力の比  
筋かいプレート



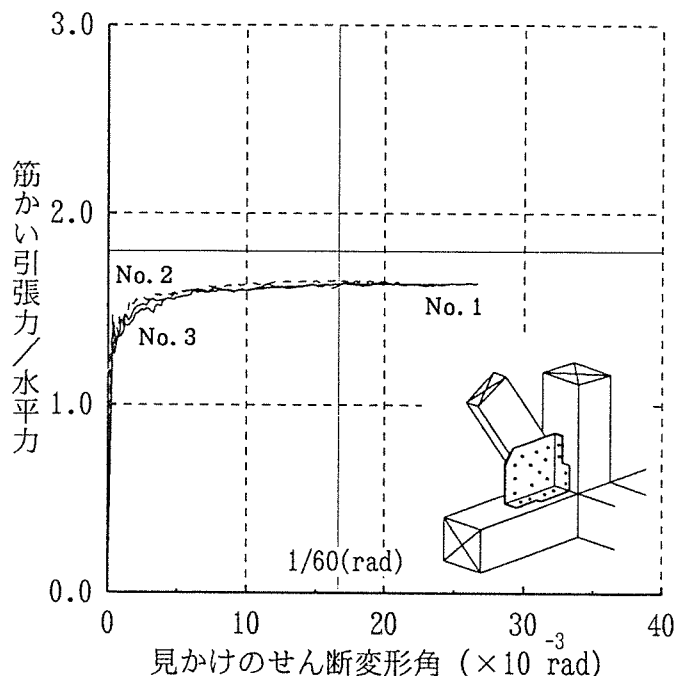
皿ビス筋かいボックス スギ、1P



皿ビス筋かいボックス、スギ、2P



皿ビス筋かいボックス ベイマツ、1P



皿ビス筋かいボックス ベイマツ、2P

図 6-2. 筋かいに加わる引張力と水平力の比  
皿ビス筋かいボックス

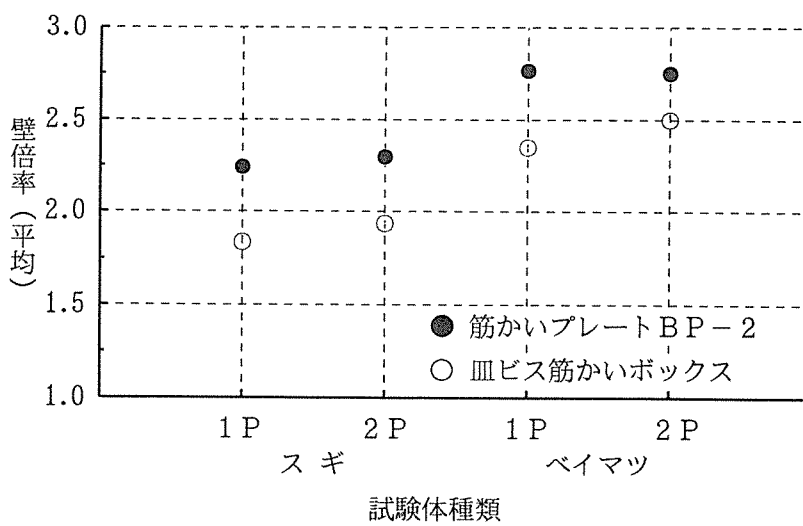
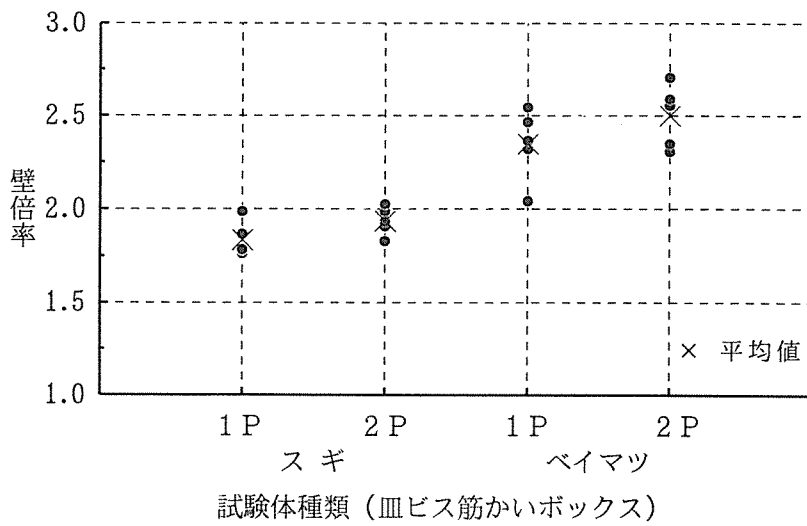
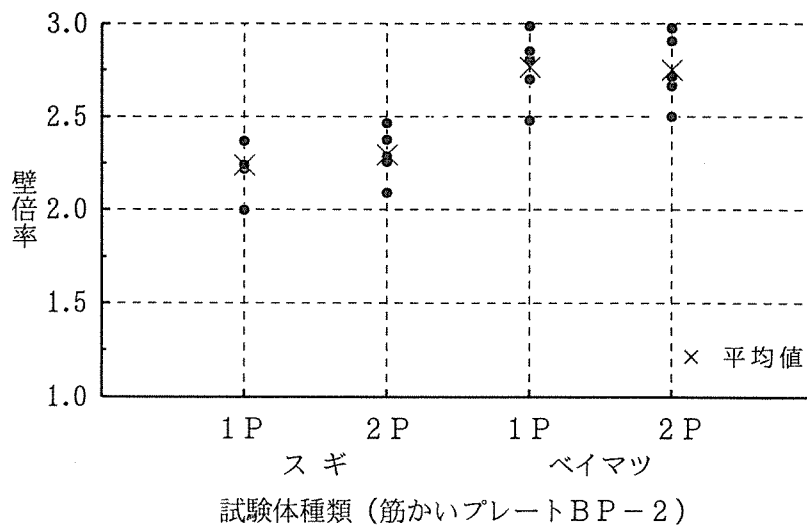


図7. 各試験体の壁倍率のプロット





### 第3章 筋かい壁強度性能評価実験—かたぎ大入れびんた延ばし釘止め、 ブレースボックス、ヘキサプレート、筋かいボックスによる接合

#### 1. 実験概要

圧縮筋かい付耐力壁はその筋かいの施工された方向により圧縮力が筋かいに作用する場合有効に水平力に抵抗する。地震力を想定した場合の水平力は交番荷重になり耐力壁もこれに応じていずれの方向にも抵抗できるよう、向きの異なった筋かいを持ったものを1対として設けることが耐力壁の設け方の基本である。

近年の住宅では敷地をはじめとする設計条件の制約により十分な構造計画的な検討を加えた上の耐力壁の配置が行われず施工される例も少なからずある。

従来圧縮力に抵抗する断面4.5×10.5cmの筋かいの耐力壁について引張力が生じるように水平力を加え、筋かい端部の接合法(4種)、材種(2種)さらに耐力壁の中(1820mm, 910mm)、単調増加と暫増繰り返しの加力方法を変えて、その変形状や耐力について比較し、さらにJISA1414に従い壁倍率を求め引張筋交いの定量化について検討することを目的とした。

#### 2 試験体及び実験方法

##### 2. 1 試験体形状寸法及び試験体数

試験体寸法は、実寸法1820×2730mmと実寸法910×2730mmの2タイプとし、柱、桁と土台は105×105mm、筋かいには45×105mmを用いた。使用材種はスギ(C)、米マツ(D)の2種類を用いた。接合金物は図2.4に示すように、かたぎ大入れびんた延ばし釘(N75)止め(Nタイプ)、ブレースボックス(Bタイプ)、2倍筋かい金具(Pタイプ)、ヘキサプレート(Hタイプ)の4種類である。柱と桁、土台の接合は柱による短ほぞさし(90×30×80mm)とし、HD-N15タイプのホールダウン金物を柱外側に釘打ちし、桁及び土台に緊結した。アンカーボルトは柱芯より200mm外側位置に16φボルトにより反力フレームに緊結した。試験体数は各接合法を3体を基本として、各材種、各載荷方法、各試験体寸法により合計96体実験を行った。

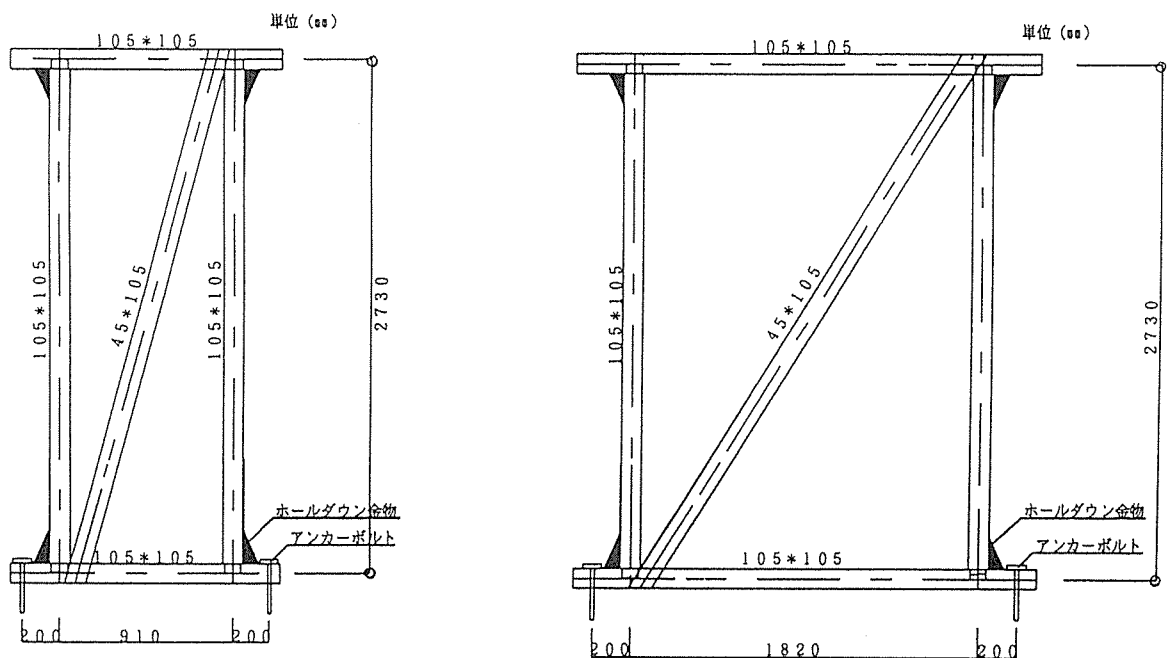


図2. 1 : 試験体形状寸法

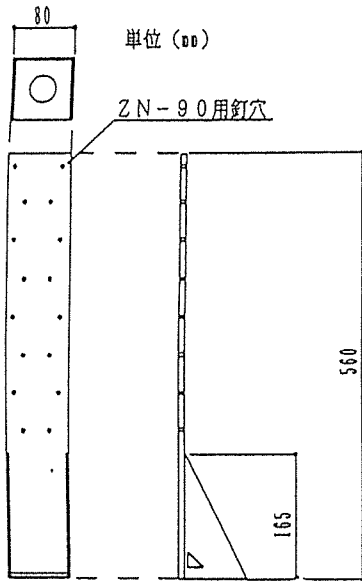


図 2. 2 : ホールドダウン金物詳細

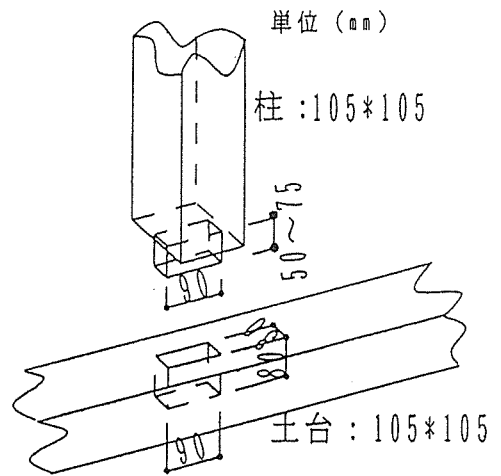
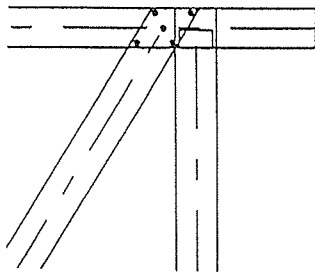
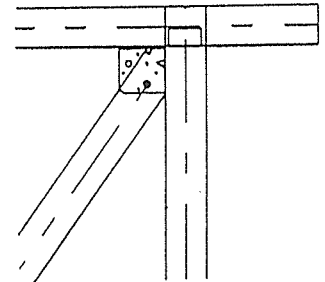


図 2. 3 : 柱の短ほぞ詳細



接合部 (N) かたぎ大入れびんた延ばし

釘 N-75 5本

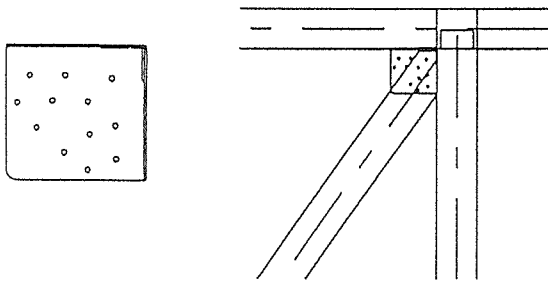


接合部 (B) : ブレースボックス

ボルト 座付平頭ボルト 1本

釘 スクリュー釘 BN-60 10本 \*柱・梁 接合部

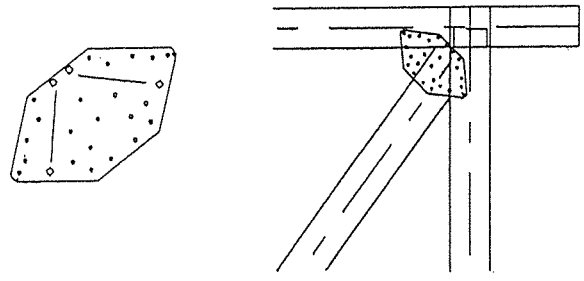
スクリュー釘 ZN-40 3本 \*筋かい 接合部



接合部 (P) : 2倍筋かい金具 (HW 93-12-1)

釘 スクリュー釘 ZS-50 8本 \*梁・柱接合部

スクリュー釘 TS-45 7本 \*筋かい 接合部



接合部 (H) : ヘキサプレート

釘 スクリュー釘 TS-45 17本

図 2. 4 : 筋かい接合部詳細

## 2. 2 実験方法

### 2. 2. 1 実験方法概要

試験体を反力フレーム内に設置し、試験体の土台にはアンカーボルトを柱芯から200mmの場所に先もみしたボルト穴に取り付け、筋かいにはロードセル（図2. 7）を取り付けた。水平加力用油圧ジャッキ検力用（ロードセル付き）を用い梁端部の軸芯を加力した。変位及び接合部スリップの計測は図2. 5に示す11点と、筋かいのロードセルにより、筋かいの軸力を測定した。加力方法は単調载荷（T），漸増繰返し载荷（C）とし、漸増繰返し载荷は、概ね最大耐力の1/5, 2/5, 3/5を目安に繰返し加力を行うことにした。結果の表示は図2. 6に示めす。

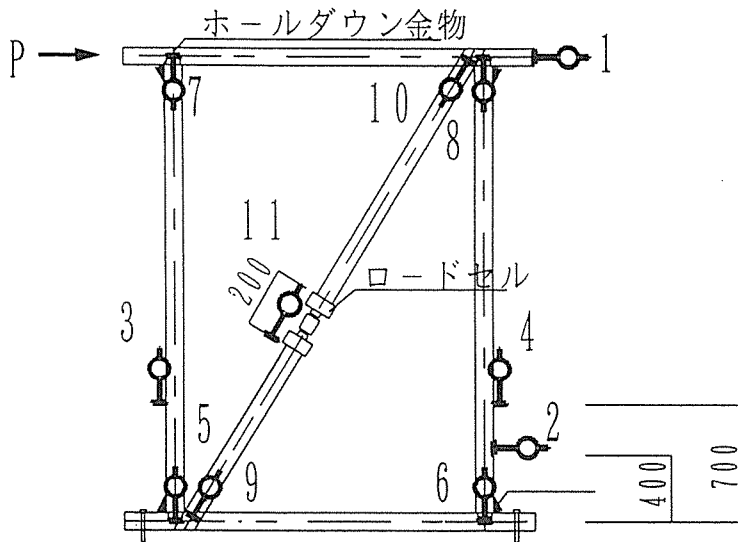


図2. 5 : 実験方法概要

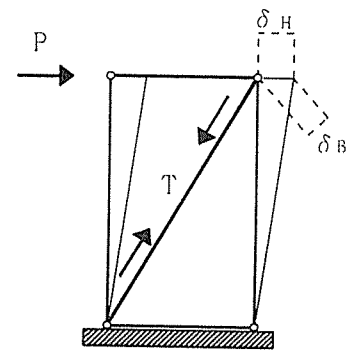


図2. 6 : 結果表示

### 試験体名称の意味

例

T	C	D	N
1	2	3	4

- 1 载荷方式 ( T : 単調载荷, C : 漸増繰返し载荷 )
- 2 材種 ( C : スギ, D : 米マツ )
- 3 試験形状 ( D = 1 8 2 0 × 2 7 3 0 mm, S = 9 1 0 × 2 7 3 0 mm )
- 4 筋かい接合方法 ( ※図 2. 4 参照 )

## 2. 2. 2 ロードセルつかみ治具取り付け手順

まず筋かい中間部の軸力検力用のロードセルの取り付けは図2. 7のつかみ治具を用い以下の手順で行った。筋かいの材軸のずれとロードセル取り付け部のあそびを極力なくすことに注意した。まず反力フレーム内に設置する。次に試験体の筋かい中央部を切断する。なお切断時に中心軸がずれないように前もってガイドを付けた。ロードセルの取り付けを行い遊びが生じないようにつかみ治具を締め付けロードセル部のボルトにより微調整をし、筋かいを固定していた。

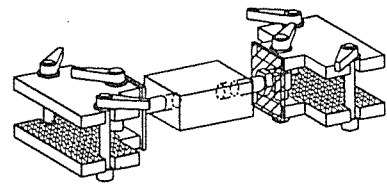


図2. 7：ロードセルつかみ治具詳細

## 3 材料実験

実験に用いた試験体から取り出した試験片（平均4.5×5.0×10.0cm）の圧縮試験は万能試験機（50t容量）により加力した。また、実験結果の平均を表3. 1（フレームについては20体を任意に抽出したものである。）に示した。筋かいに用いられた材料についての圧縮強度と含水率についての分布状況を図3. 1に示す。

表3. 1 試験体の圧縮強度と含水率の関係

	すぎ	米マツ
	含水率(%)	14
圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )	292.6	418.3
	すじかい	
含水率(%)	11	12
圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )	292.4	470.7
比重	0.36	0.54

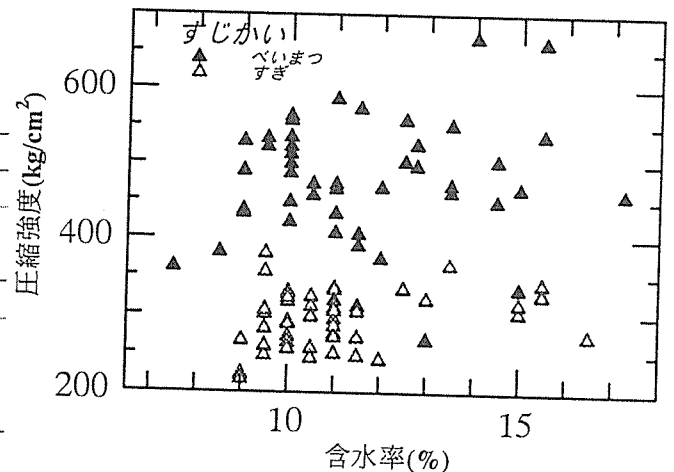


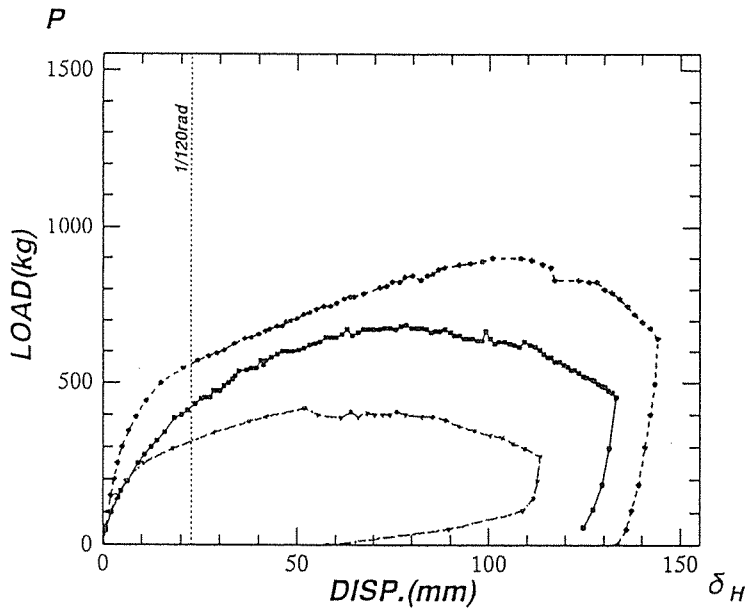
図3. 1 分布状況

## 4 実験結果

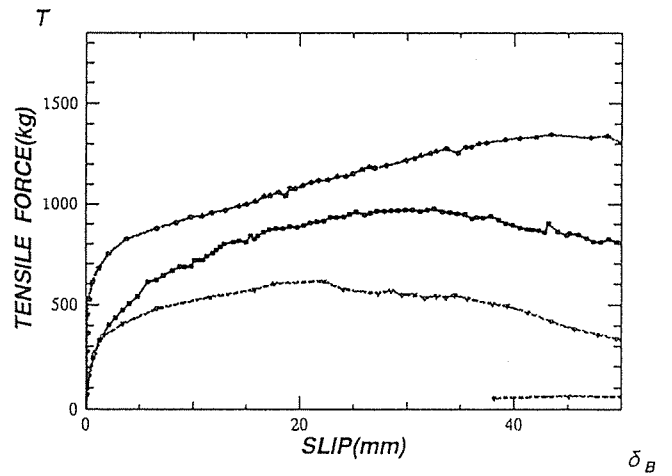
### 4. 1 タイプ別結果

以下に材種別、形状寸法別、使用金物別の水平荷重における水平変位の関係、筋かいに生じる軸力と両端部のスリップの関係のグラフを載荷方法ごとに3体にまとめて示し、破壊の概要と代表的なその状況を図示した。

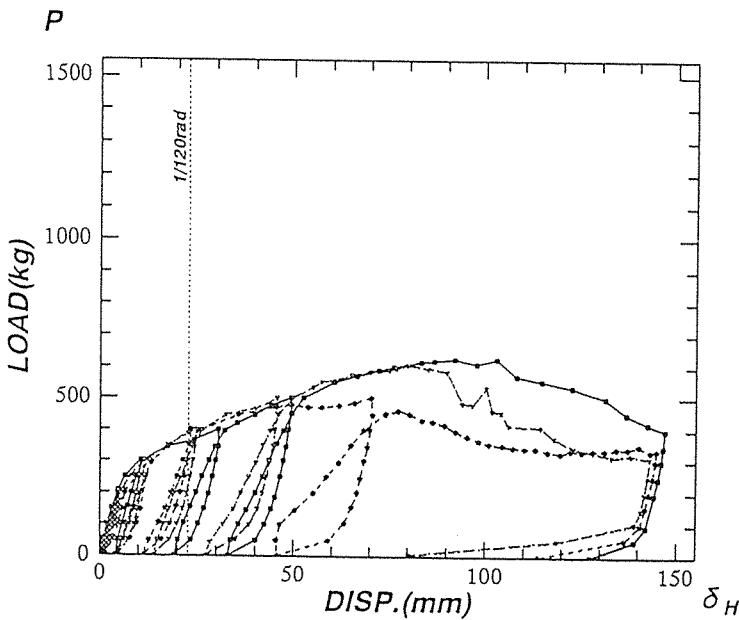
すき・1820mm巾（金具：大入れピンタ 釘止め） TCDN CCDN試験体  
 単調載荷（図4.1及び図4.2） 漸増載荷（図4.3及び図4.4）



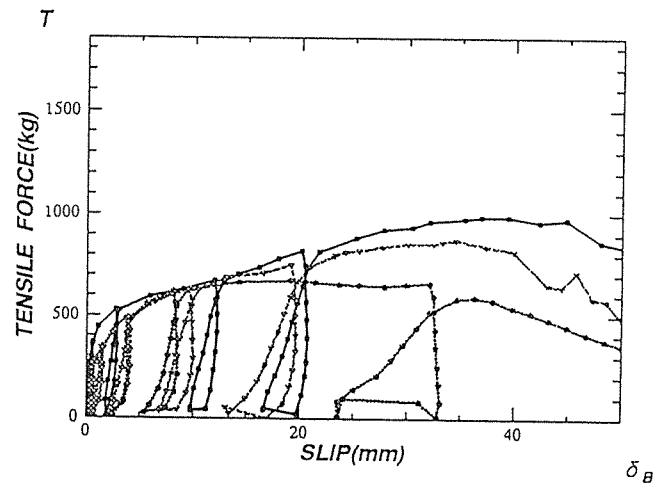
図：4.1 水平荷重Pと  
 水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.2 筋かいの軸力Tと  
 両端部のスリップ



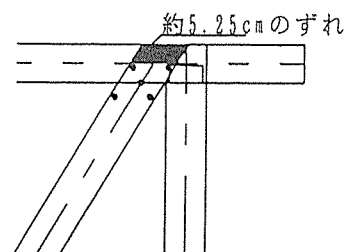
図：4.3 水平荷重Pと  
 水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.4 筋かいの軸力Tと  
 両端部のスリップ

破壊状況

- ・切り欠き部からの筋かい部のずれ  
 （上端部4体 下端部1体 両端部1体）



単調載荷(図4.5及び図4.6) 漸増載荷(図4.7及び図4.8)

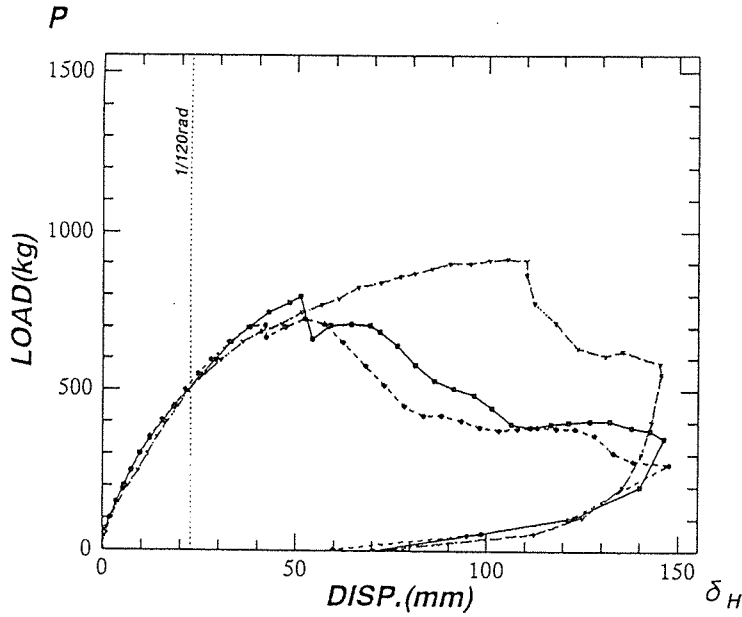


図: 4.5 水平荷重Pと  
水平変位 $\delta_H$ の関係

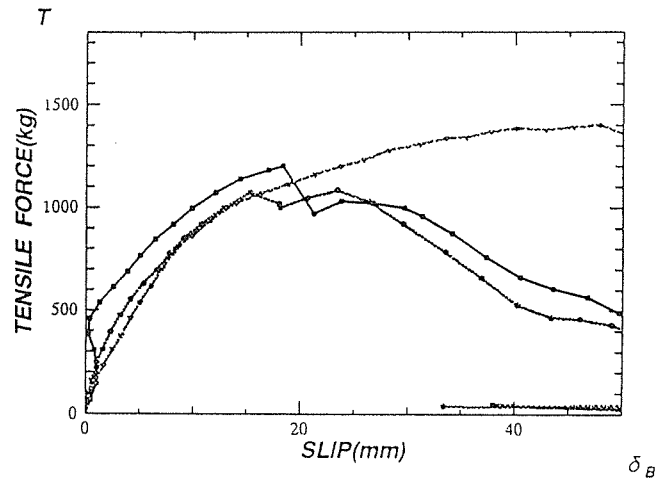


図: 4.6 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

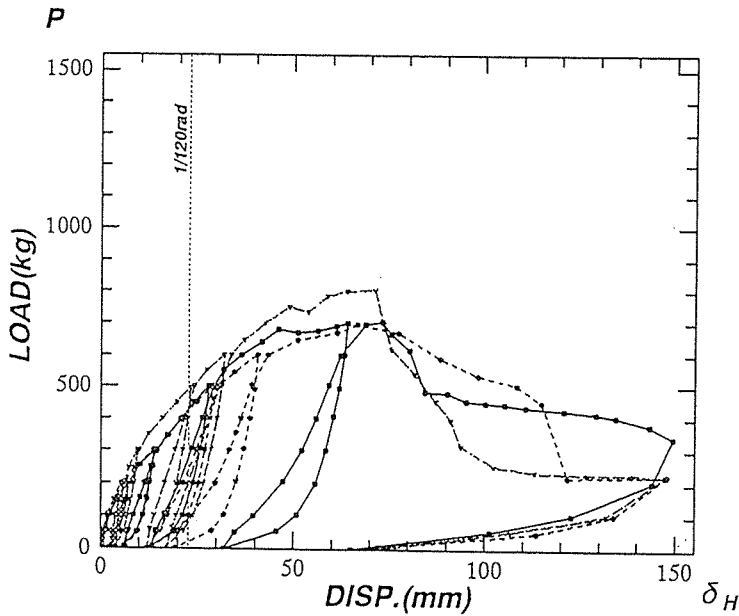


図: 4.7 水平荷重Pと  
水平変位 $\delta_H$ の関係

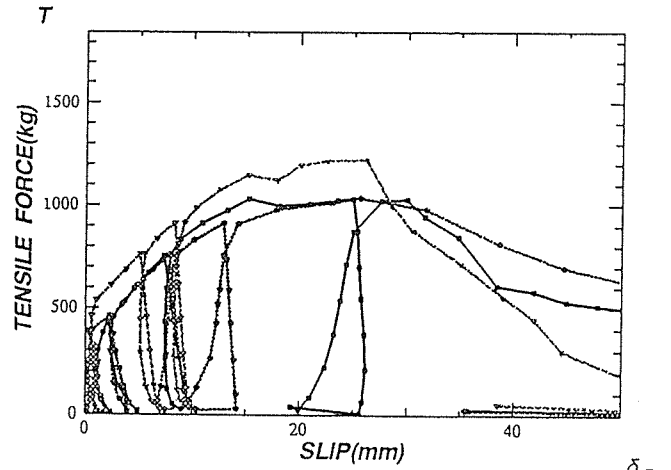
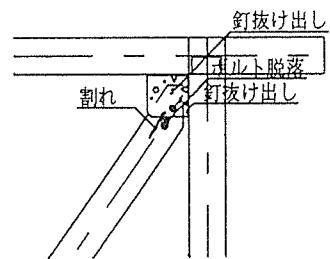


図: 4.8 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

- ・柱、梁からの金具のずれなし
- ・金具からの筋かいのずれ(上端部5体 下端部1体)



単調載荷(図4.9及び図4.10) 漸増載荷(図4.11及び図4.12)

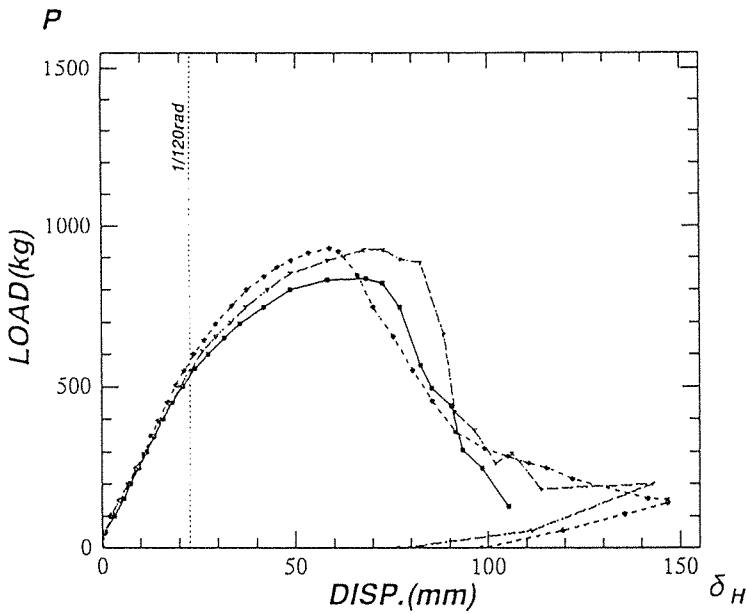


図: 4.9 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係

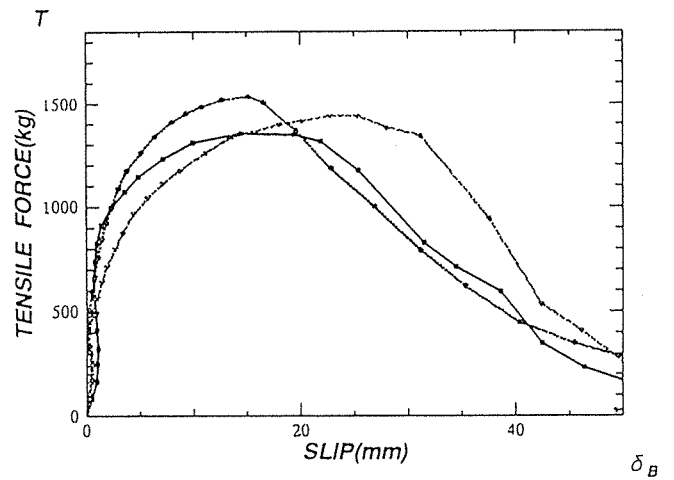


図: 4.10 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ°

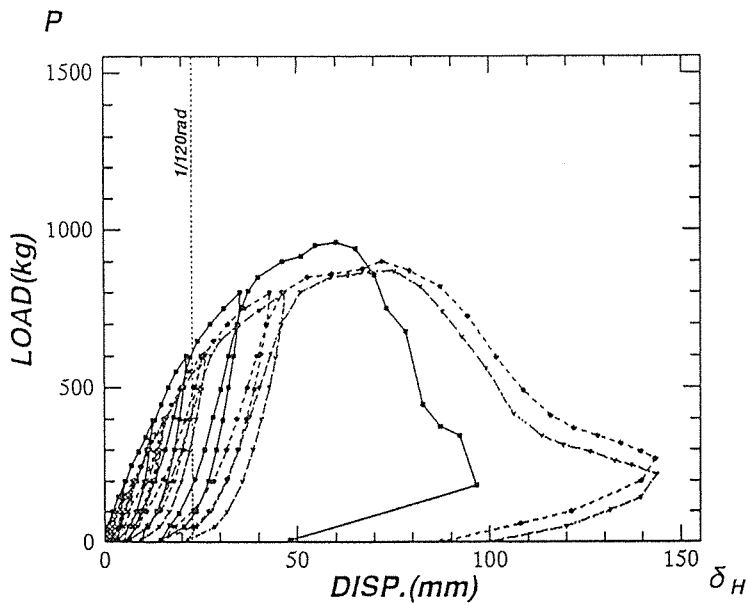


図: 4.11 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係

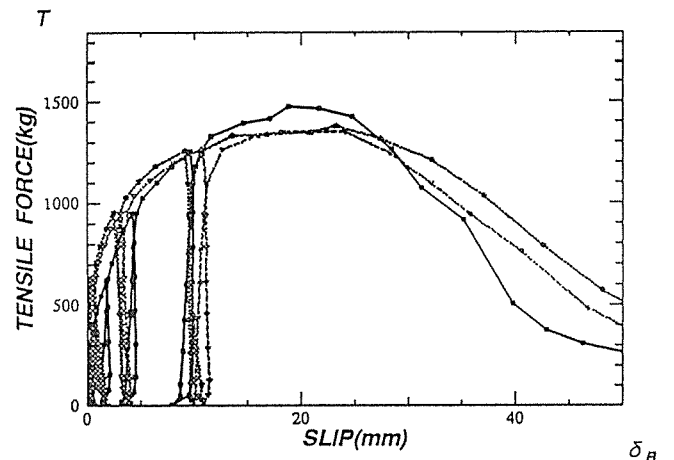
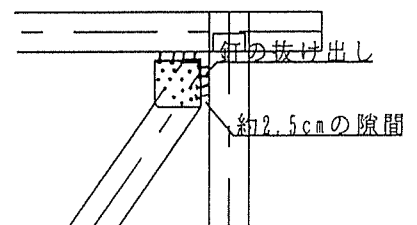


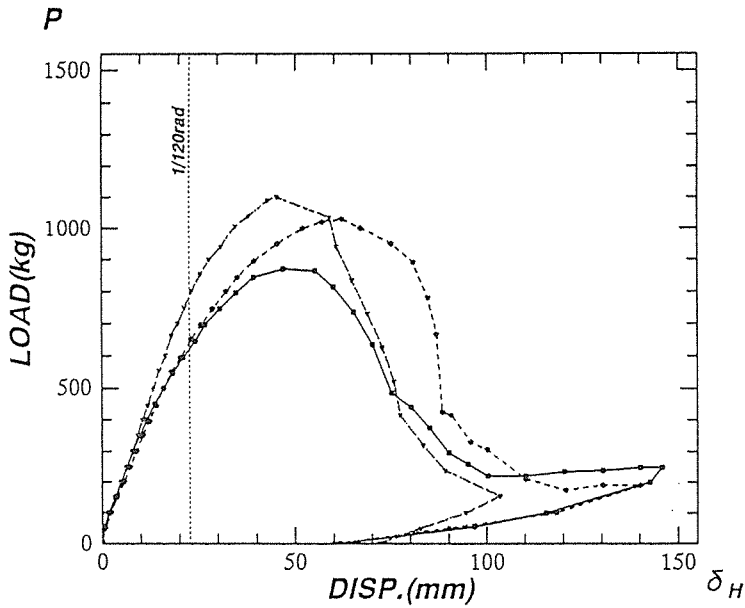
図: 4.12 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ°

破壊状況

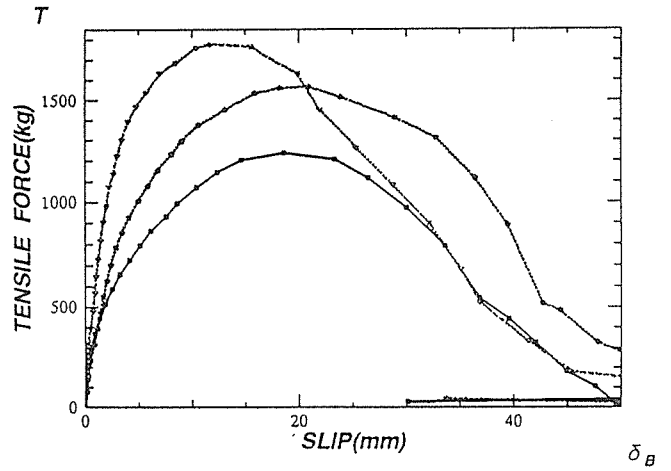
- ・柱、梁からの金具のずれ(上端部3体 下端部0体)
- ・金具からの筋かいのずれ(上端部1体 下端部2体)



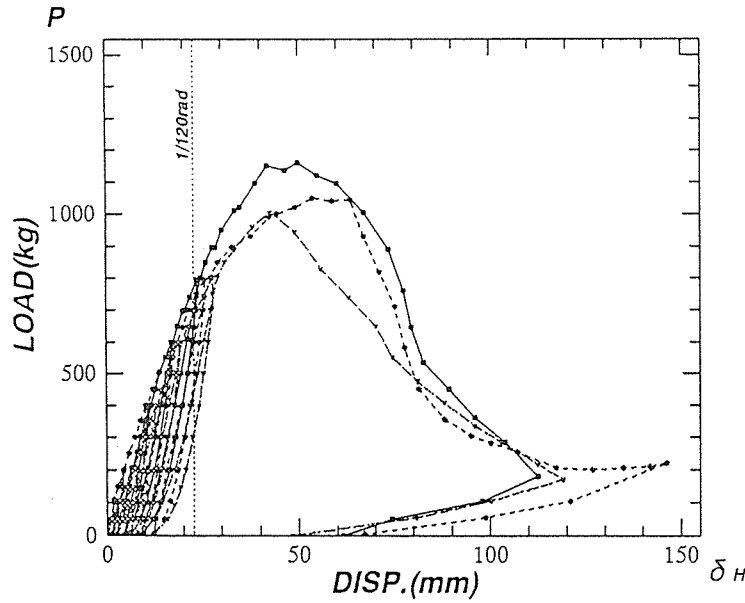
単調載荷（図4.13及び図4.14） 漸増載荷（図4.15及び図4.16）



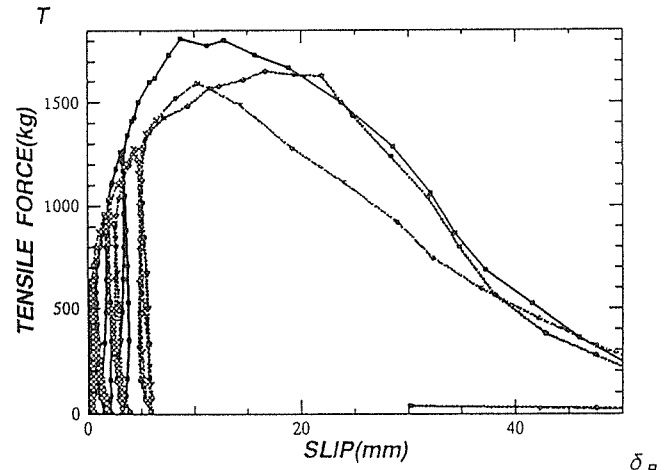
図：4.13 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.14 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ



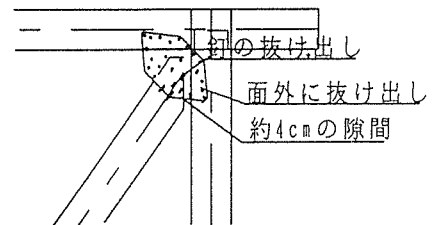
図：4.15 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.16 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

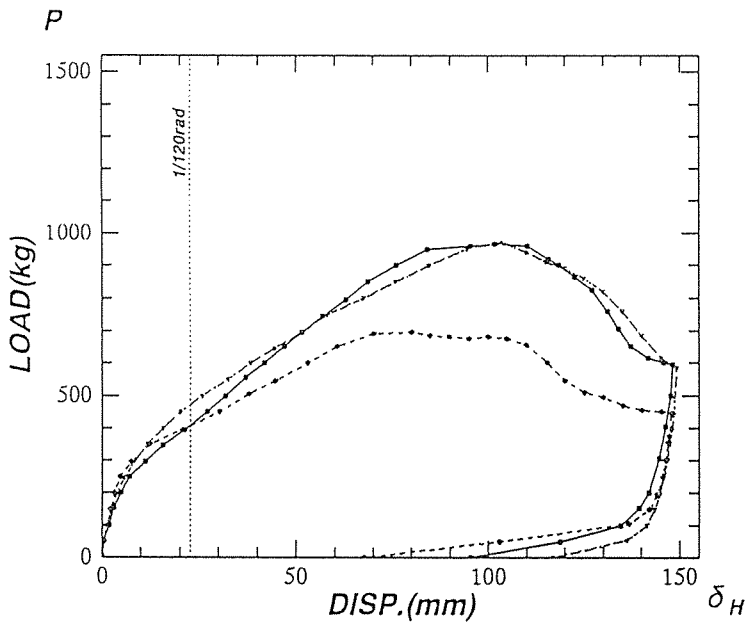
破壊状況

- ・ 柱、梁からの金具のずれなし
- ・ 金具からの筋かいのずれ（上端部4体 下端部2体）
- ・ 接合金物付近のひび割れ

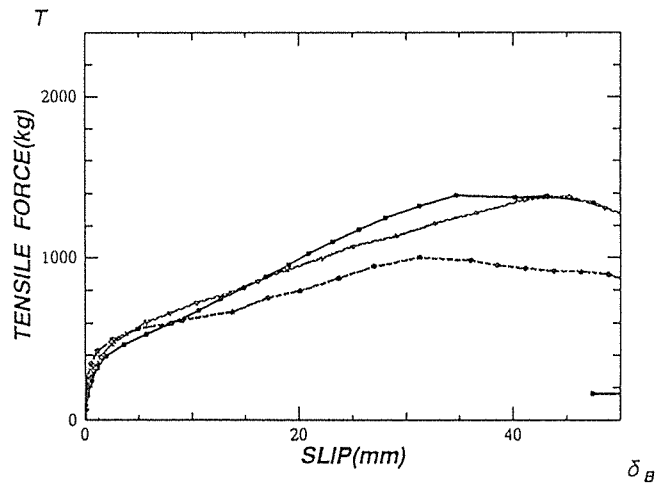




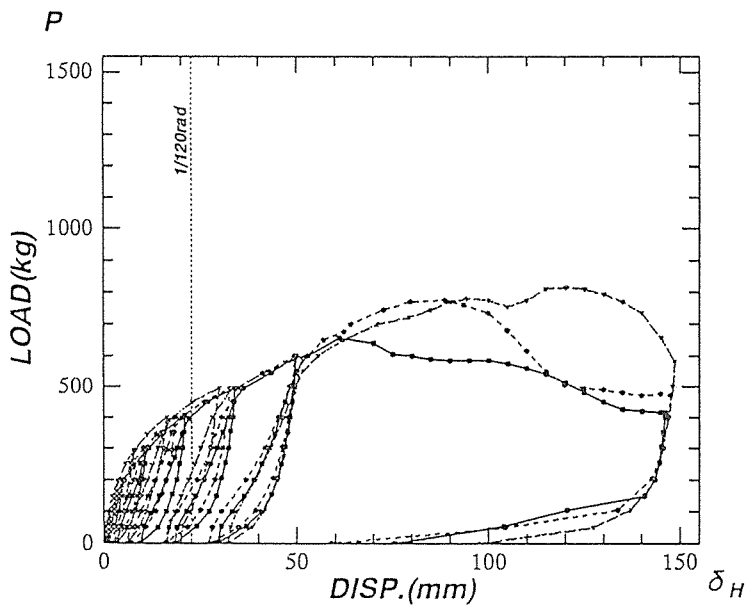
単調載荷（図4.17及び図4.18） 漸増載荷（図4.19及び図4.20）



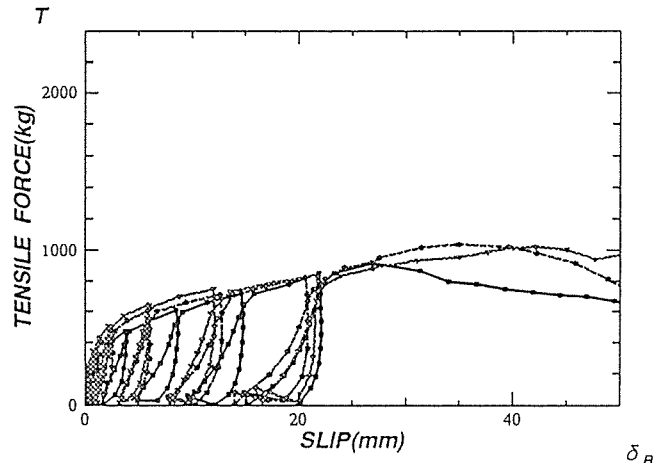
図：4.17 水平荷重Pと水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.18 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ



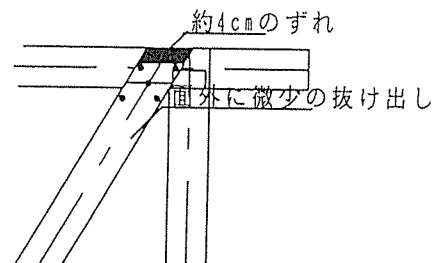
図：4.19 水平荷重Pと水平変位  $\delta_H$  の関係



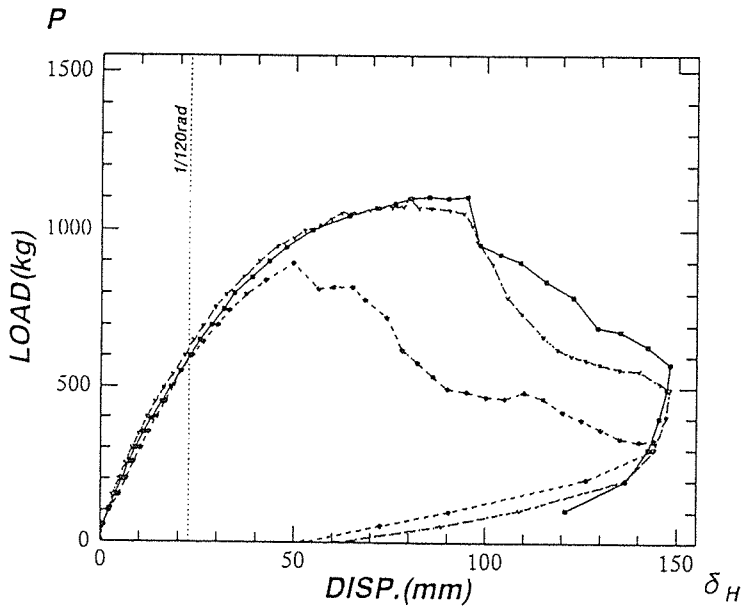
図：4.20 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ

破壊状況

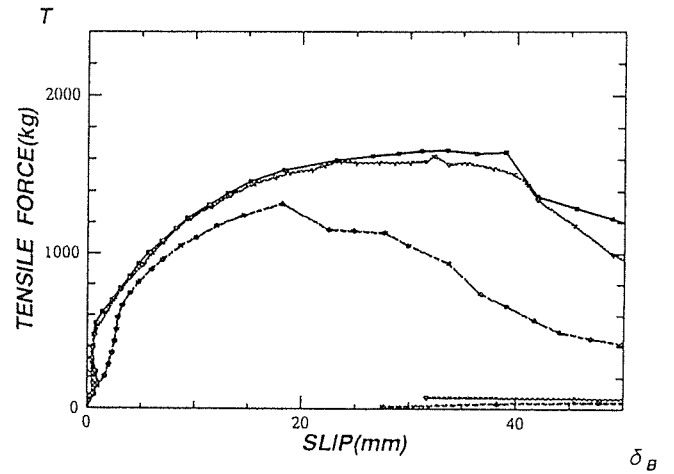
- ・切り欠き部からの筋かいのずれ  
（両端部6体）



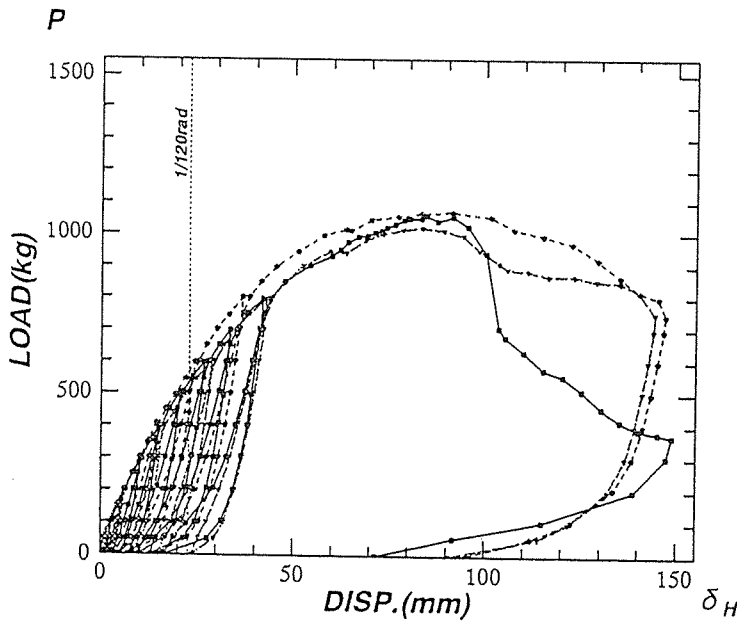
単調荷重（図4.21及び図4.22） 漸増荷重（図4.23及び図4.24）



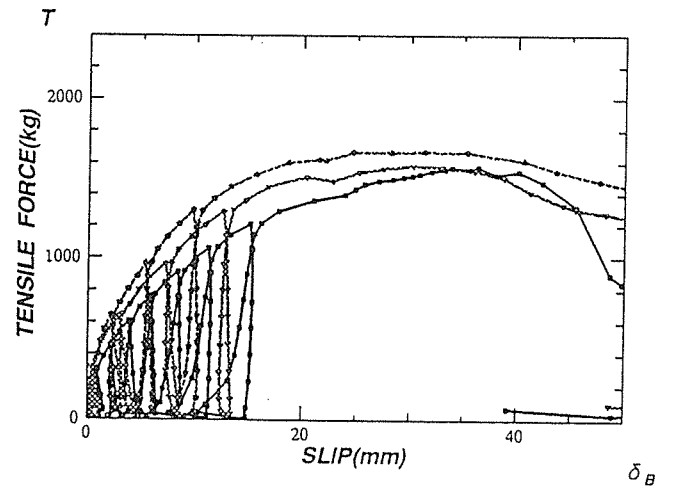
図：4.21 水平荷重Pと水平変位 $\delta_H$ の関係



図：4.22 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ



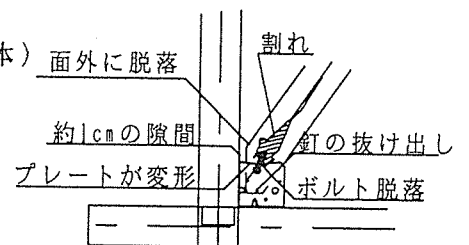
図：4.23 水平荷重Pと水平変位 $\delta_H$ の関係



図：4.24 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ

破壊状況

- ・柱、梁からの金具のずれ（上端部1体 下端部1体）
- ・金具からの筋かいのずれ（上端部2体 下端部1体 両端部1体）
- そのうちボルト部分からひび割れ（上端部2体 下端部1体）



単調載荷(図4.25及び図4.26) 漸増載荷(図4.27及び図4.28)

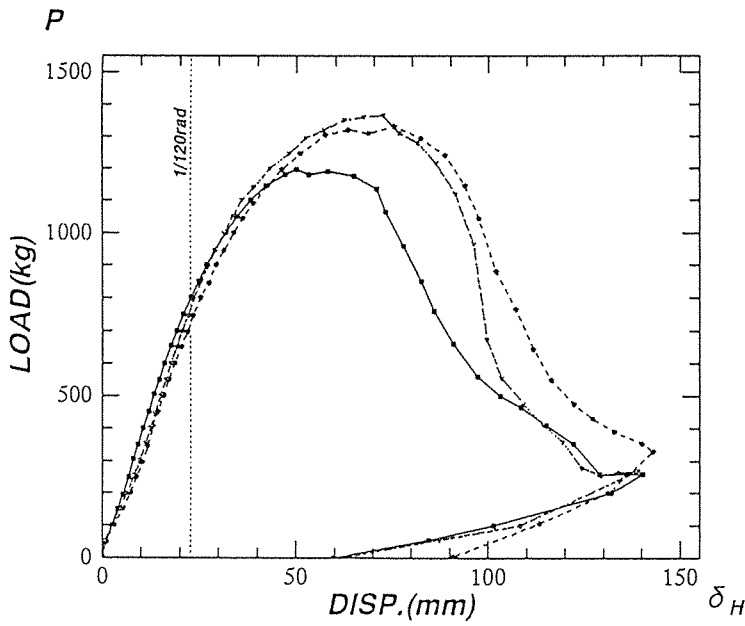


図: 4.25 水平荷重Pと水平変位 $\delta_H$ の関係

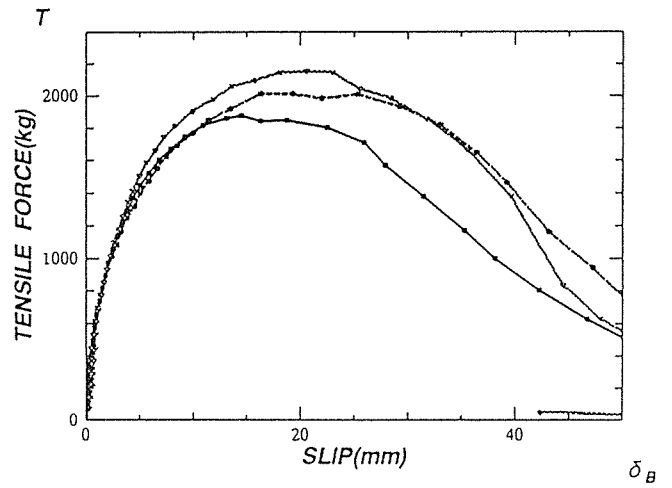


図: 4.26 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ

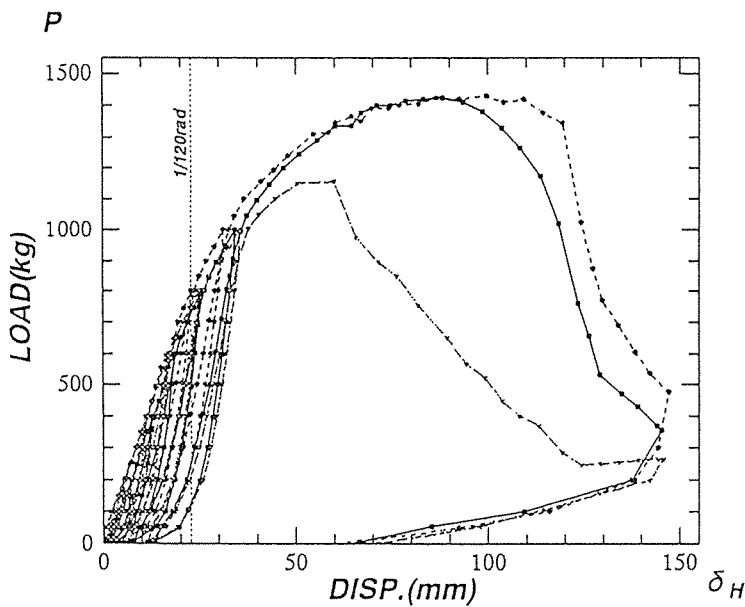


図: 4.27 水平荷重Pと水平変位 $\delta_H$ の関係

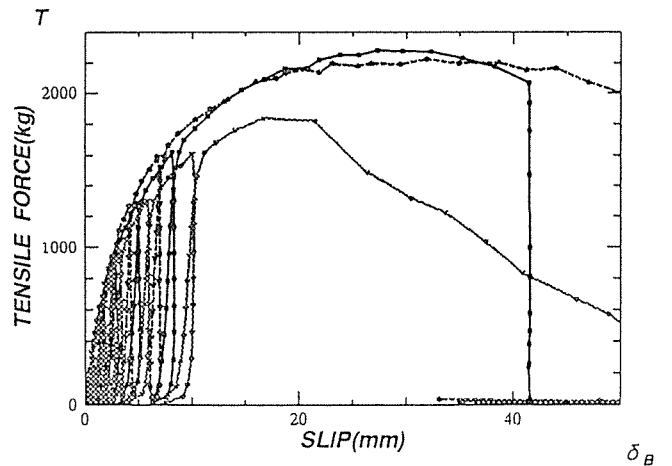
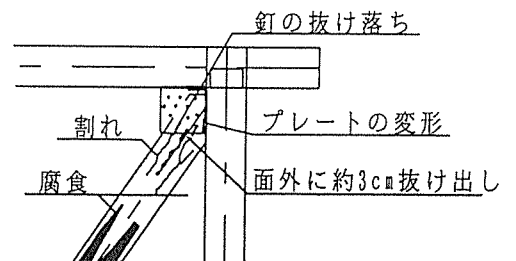


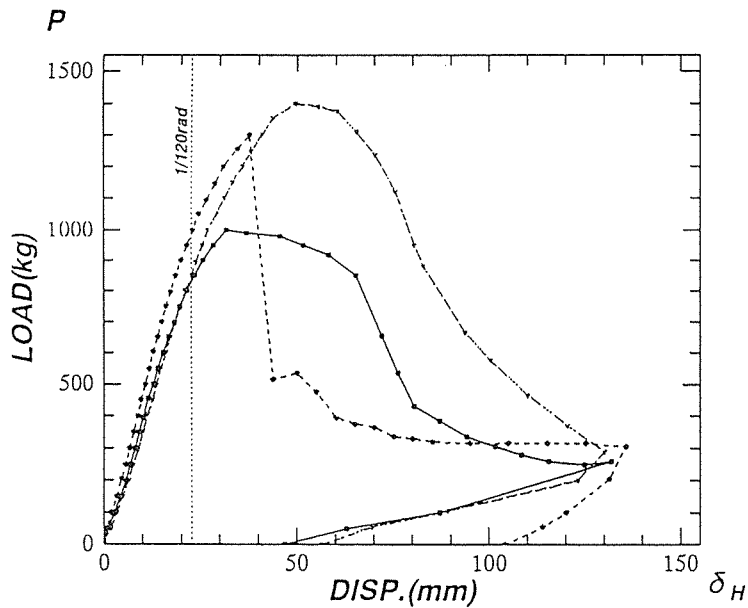
図: 4.28 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ

破壊状況

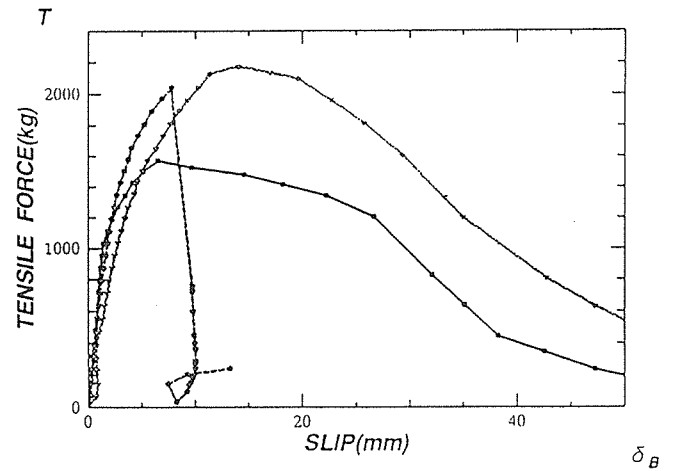
- ・柱、梁からの金具のずれ(上端部3体 下端部1体)
- ・金具からの筋かいのずれ(上端部1体 下端部1体)



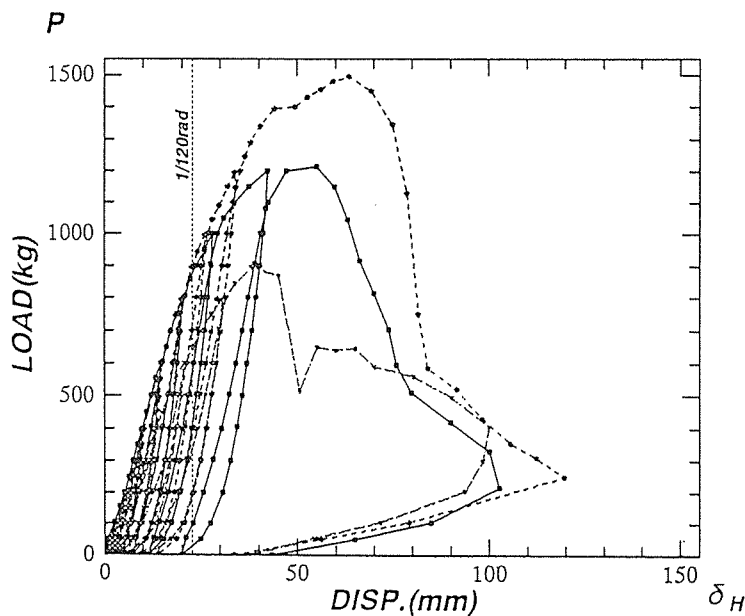
単調載荷（図4.29及び図4.30） 漸増載荷（図4.31及び図4.32）



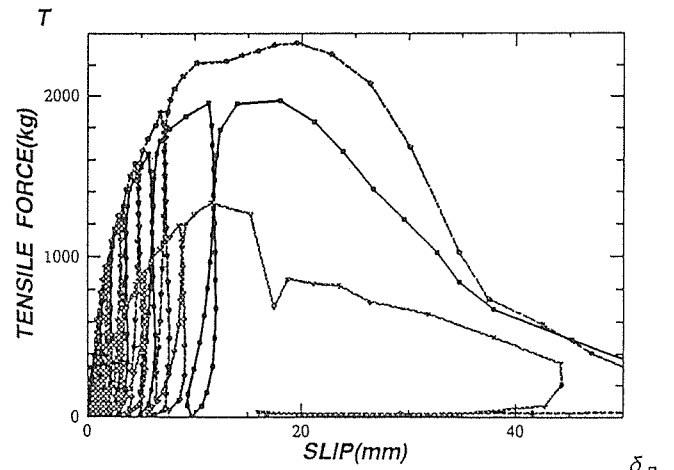
図：4.29 水平荷重Pと水平変位 $\delta_H$ の関係



図：4.30 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ



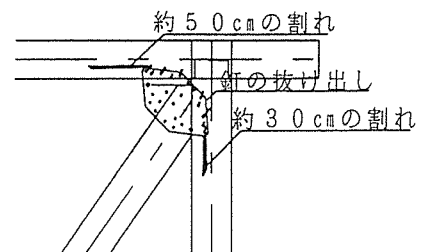
図：4.31 水平荷重Pと水平変位 $\delta_H$ の関係



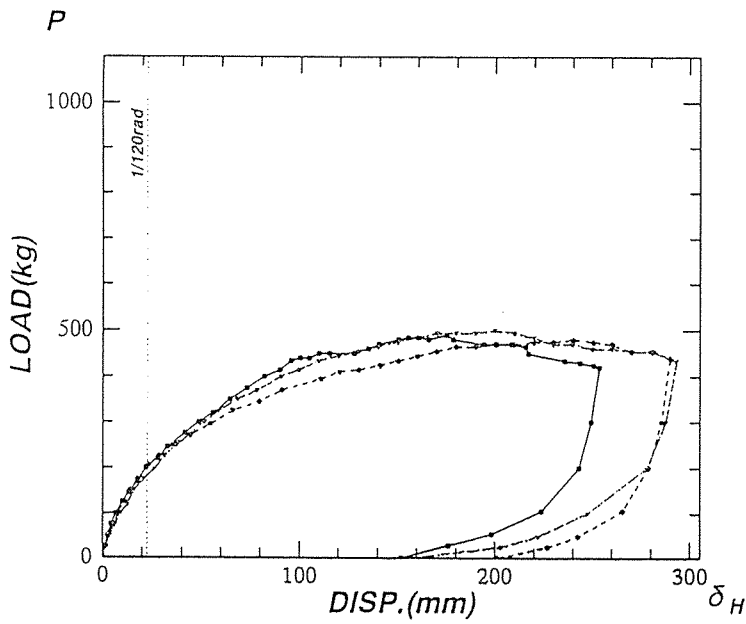
4.32 筋かいの軸力Tと両端部のスリップ

破壊状況

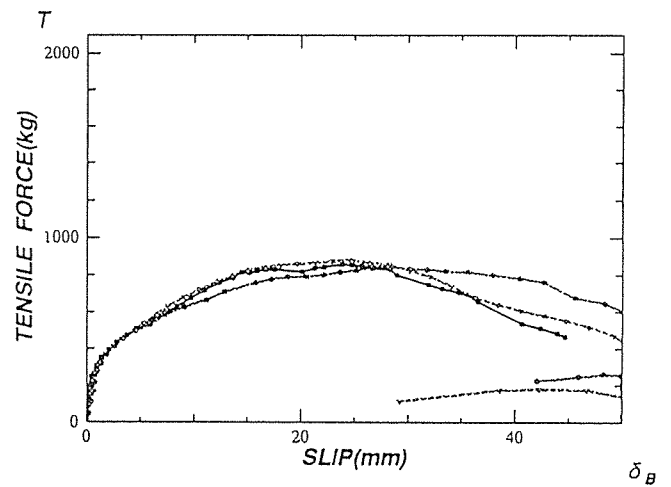
- ・柱、梁からの金具のずれ（上端部1体 下端部3体）
- ・筋かい端部のひび割れ



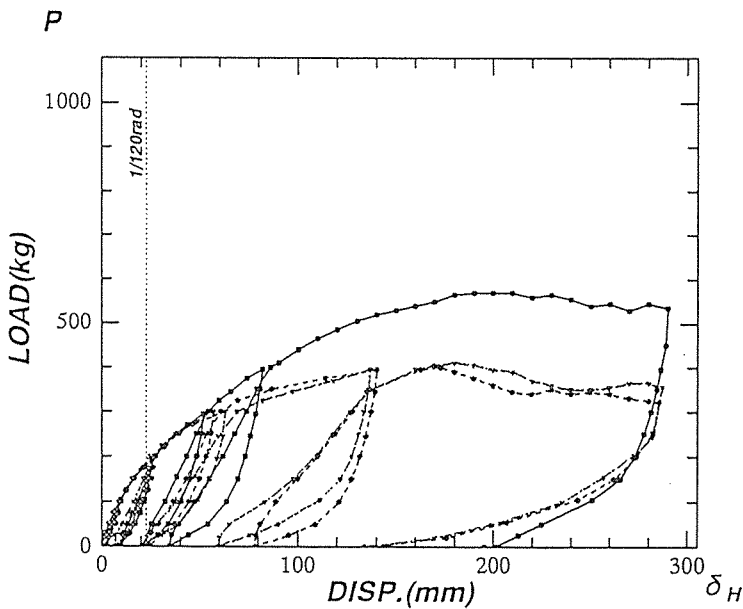
すぎ・910mm巾（金具：大入れピンタ 釘止め） TCSN CCSN試験体  
 単調載荷（図4.33及び図4.34） 漸増載荷（図4.35及び図4.36）



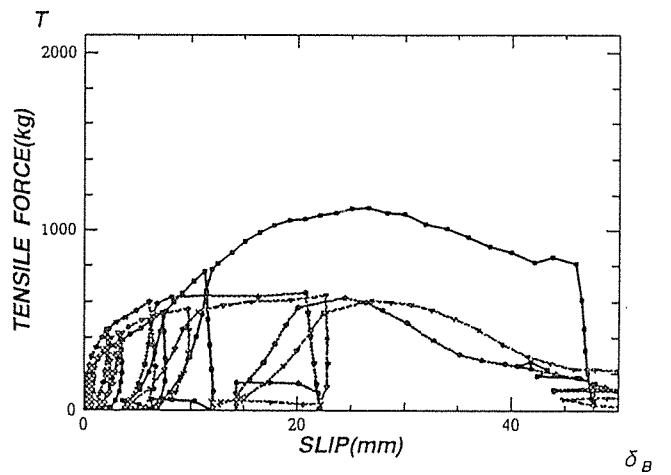
図：4.33 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.34 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ



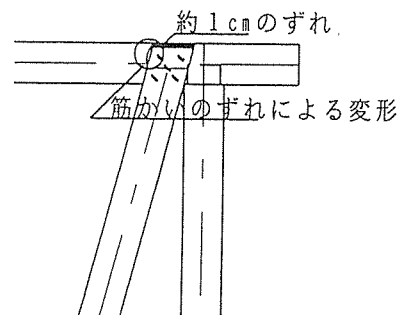
図：4.35 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.36 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

- 切り欠き部からの筋かい部のずれ  
 （上端部1体 下端部1体 両端部4体）



単調載荷 (図4.37及び図4.38) 漸増載荷 (図4.39及び図4.40)

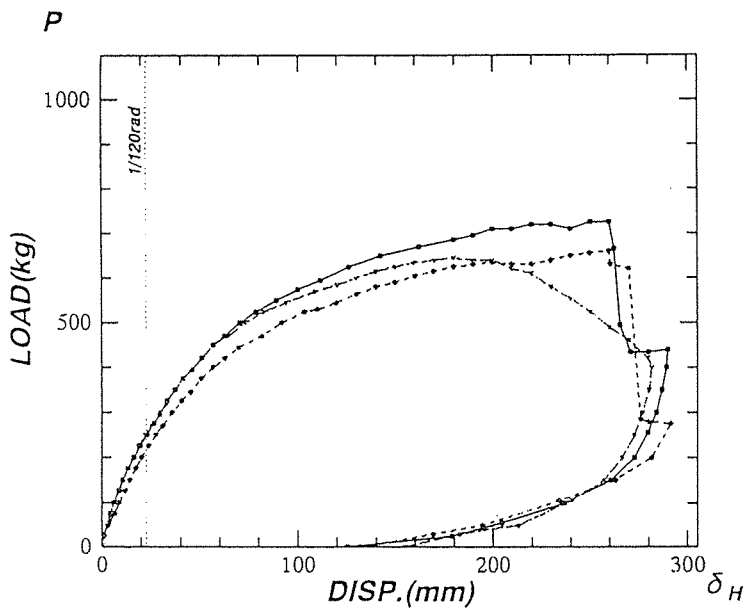


図: 4.37 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係

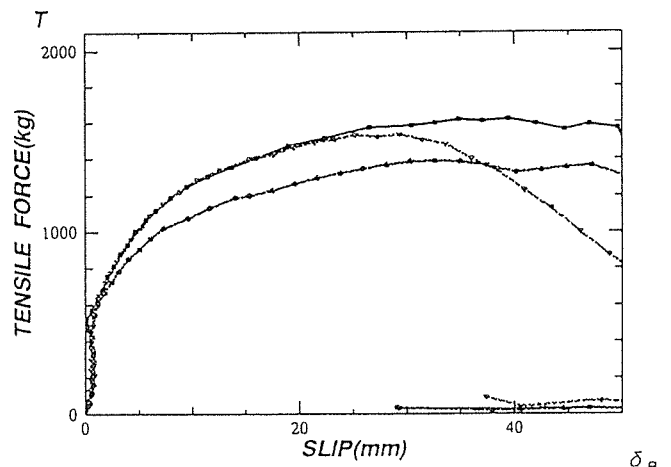


図: 4.38 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

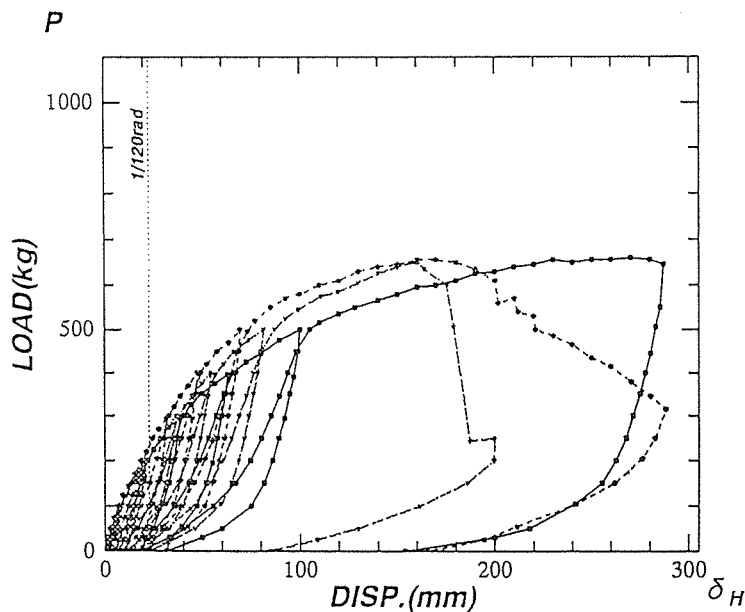


図: 4.39 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係

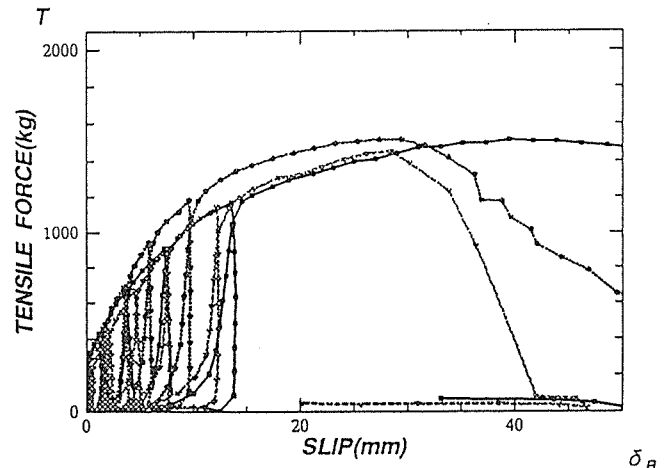
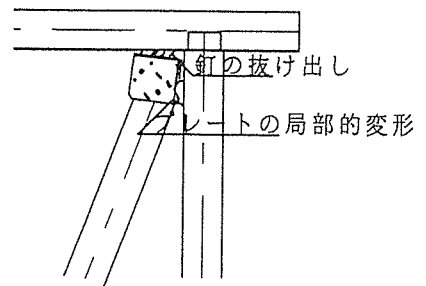


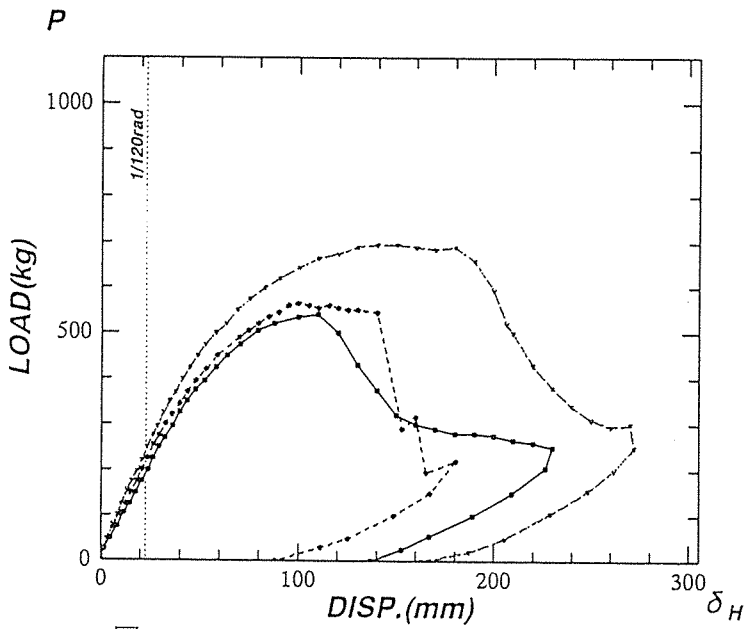
図: 4.40 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

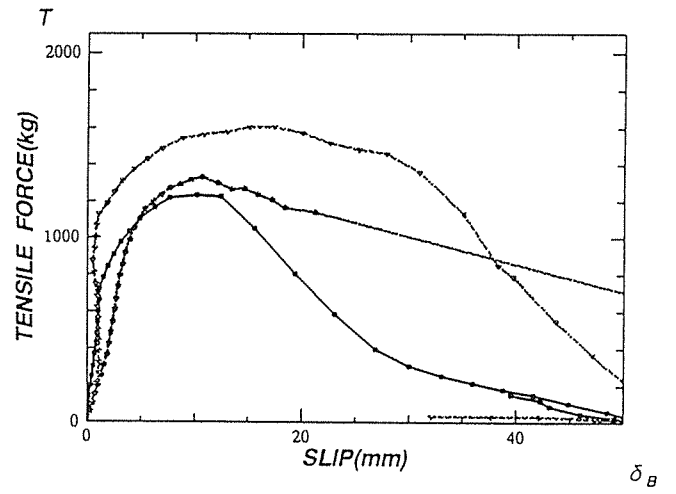
- ・ 柱、梁からの金具のずれ (上端部2体 下端部0体)
- ・ 金具からの筋かいのずれ (上端部3体 下端部1体)
- そのうちボルト部分からひび割れ (上端部1体 下端部1体)



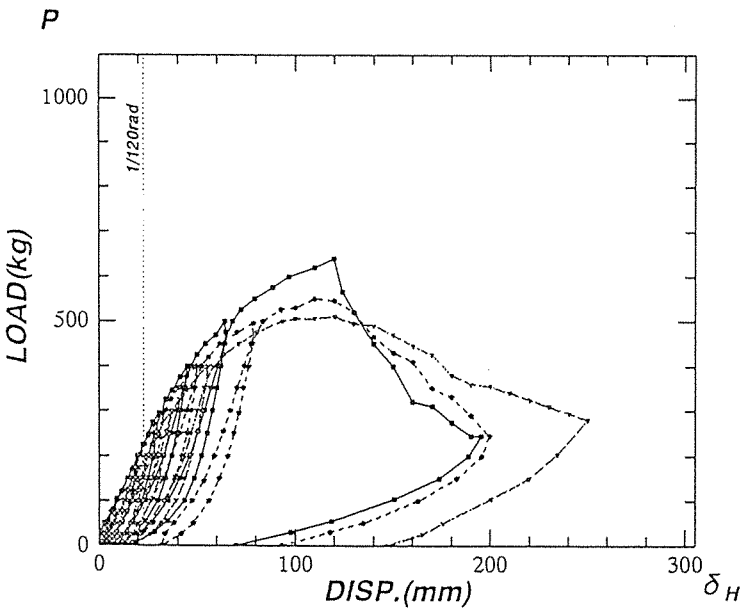
単調載荷（図4.41及び図4.42） 漸増載荷（図4.43及び図4.44）



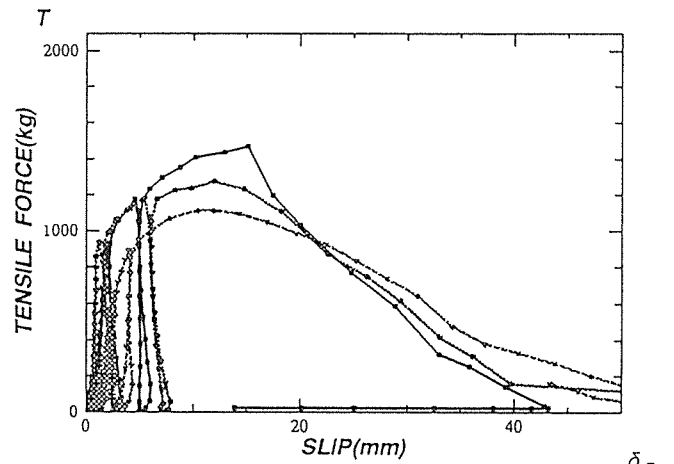
図： 4.41 水平荷重Pと  
水平変位 $\delta_H$ の関係



図： 4.42 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ $\delta_B$



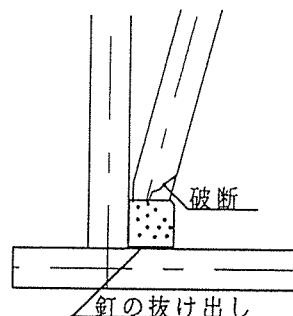
図： 4.43 水平荷重Pと  
水平変位 $\delta_H$ の関係



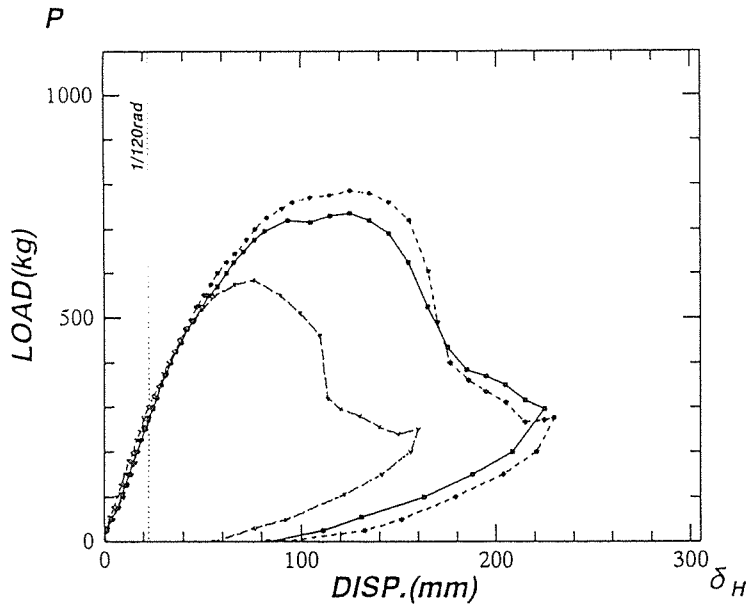
図： 4.44 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ $\delta_B$

破壊状況

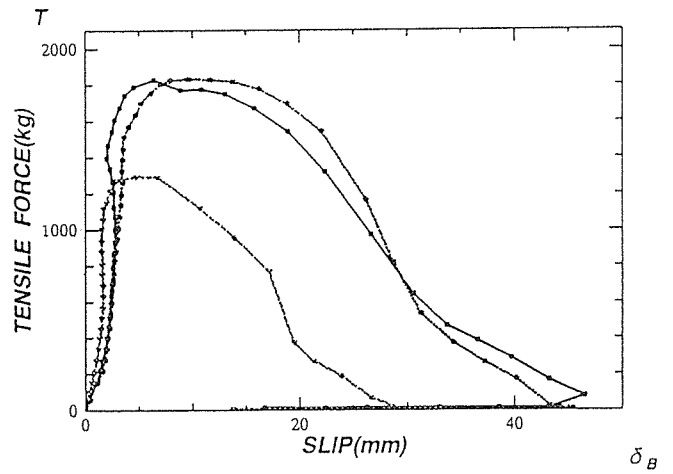
- ・ 柱、梁からの金具のずれ（上端部2体 下端部1体）
- ・ 金具からの筋かいのずれ（上端部1体 下端部2体）



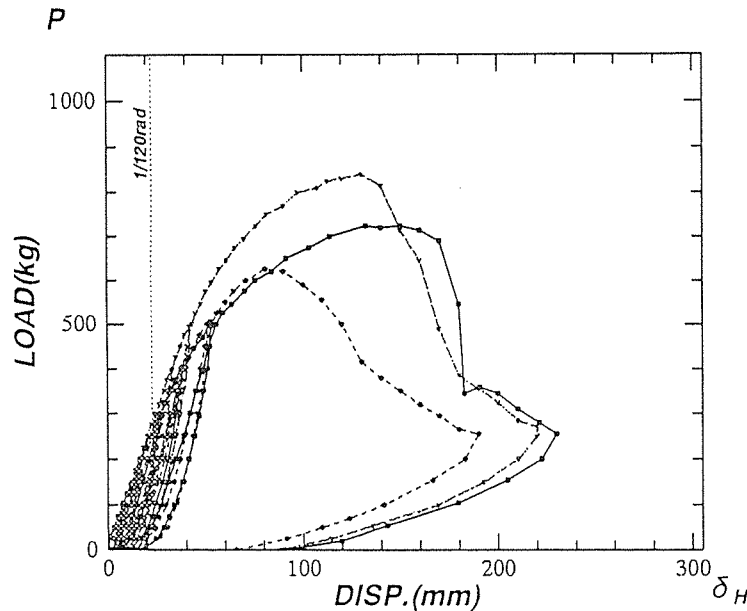
単調載荷（図4.45及び図4.46） 漸増載荷（図4.47及び図4.48）



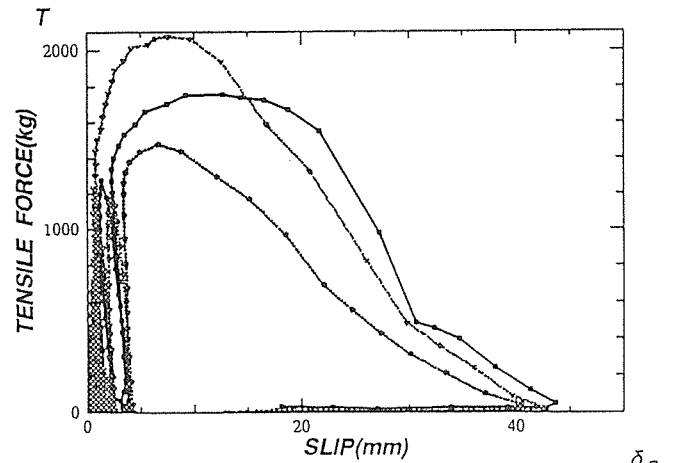
図：4.45 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.46 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ



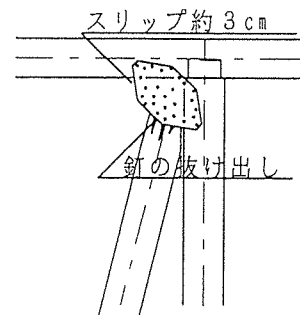
図：4.47 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.48 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

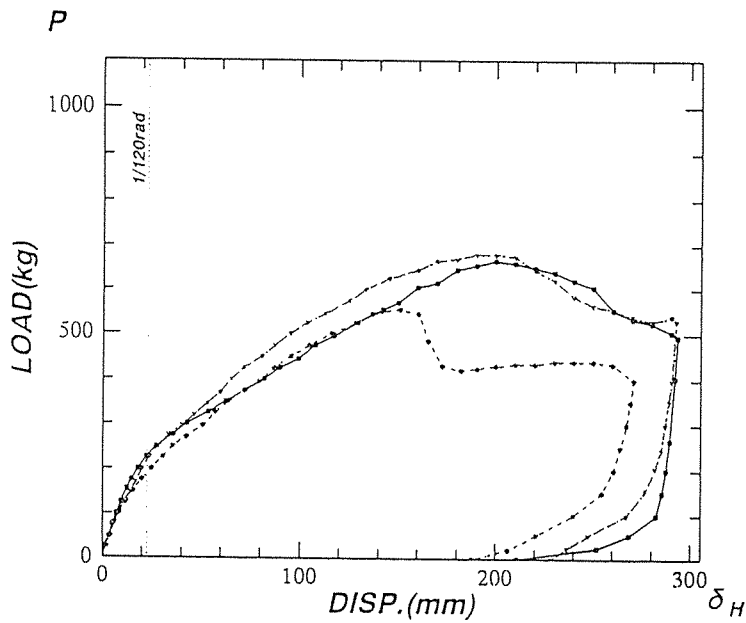
- ・柱、梁からの金具のずれなし
- ・金具からの筋かいのずれ（上端部3体 下端部3体）



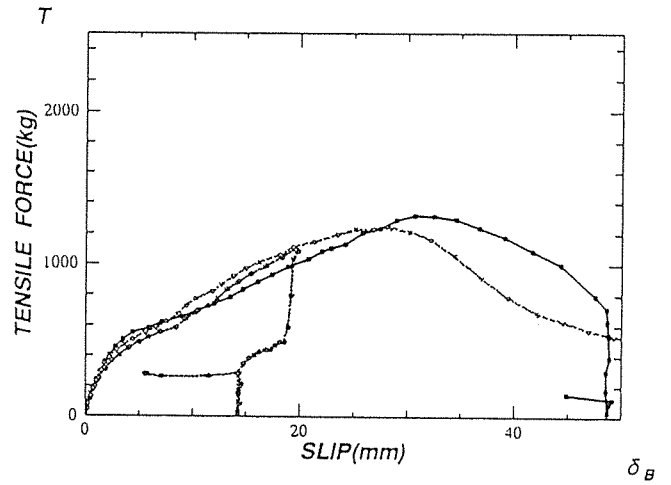


米マツ・910mm巾（金具：大入れピンタ 釘止め） T D S N C D S N試験体

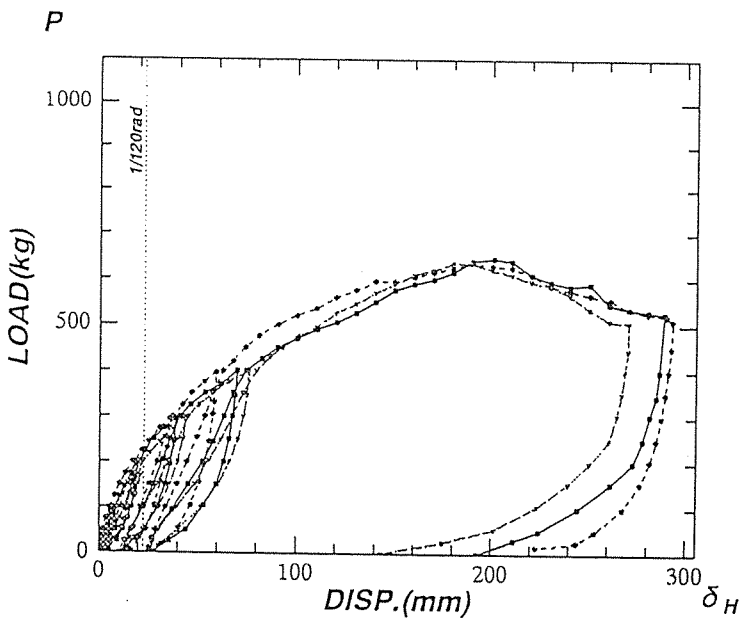
単調載荷（図4.49及び図4.50） 漸増載荷（図4.51及び図4.52）



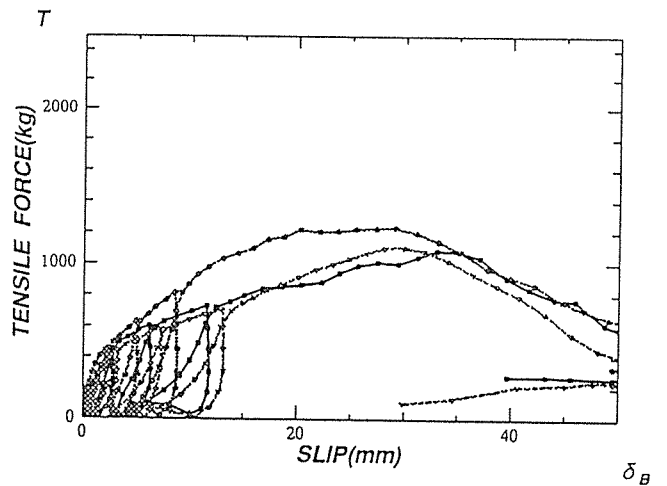
図：4.49 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.50 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ



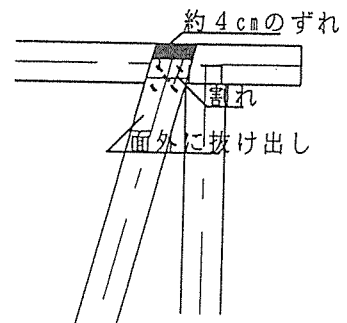
図：4.51 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



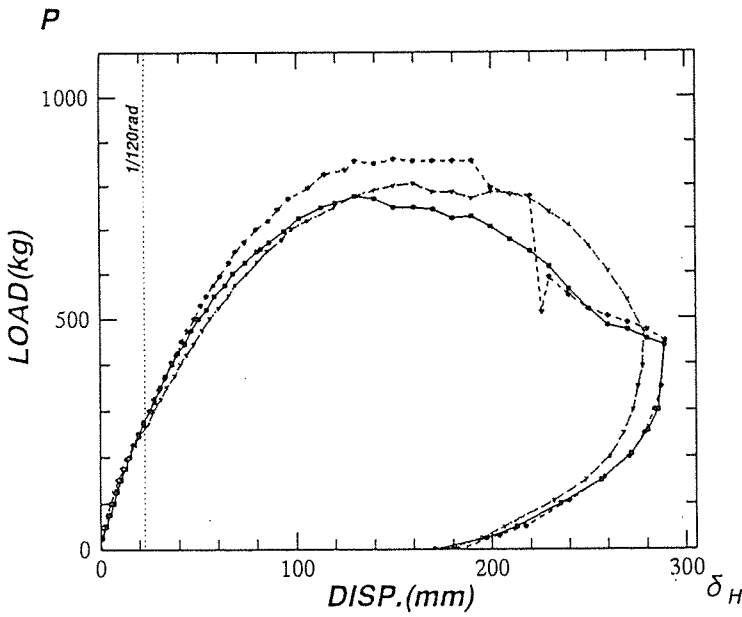
図：4.52 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

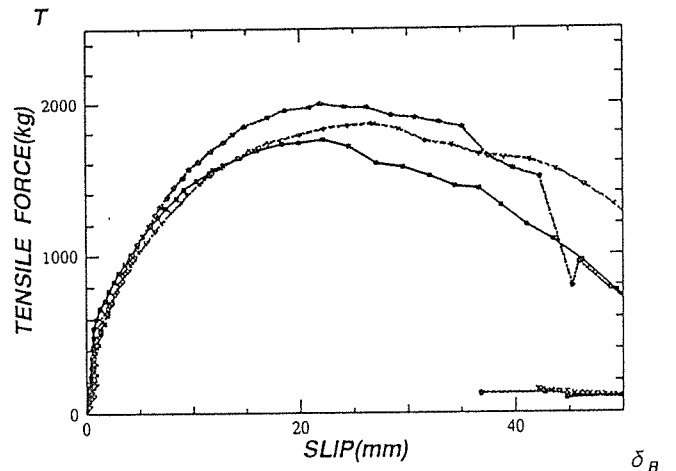
- ・切り欠き部からの筋かい部のずれ  
（上端部1体 下端部1体 両端部3体）



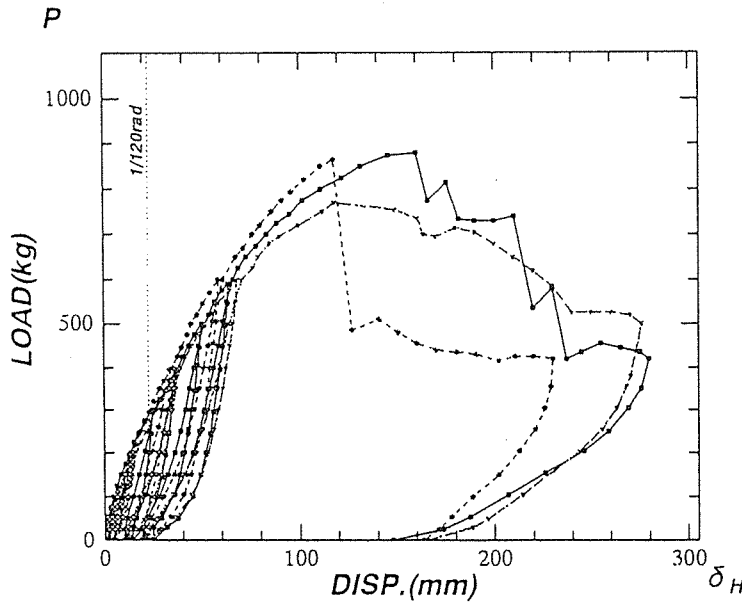
単調載荷（図4.53及び図4.54） 漸増載荷（図4.55及び図4.56）



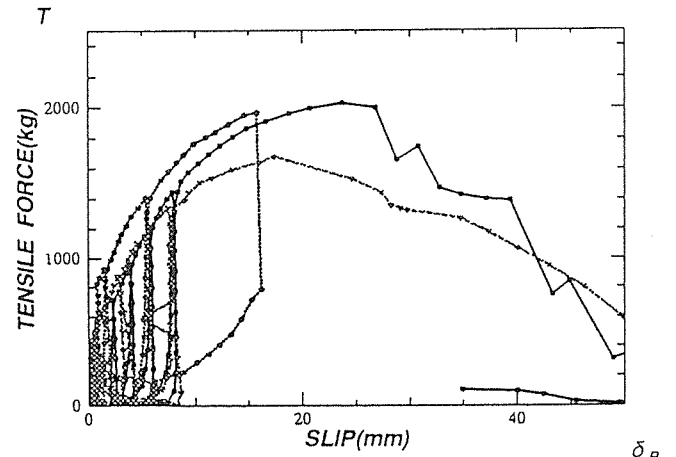
図：4.53 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.54 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ



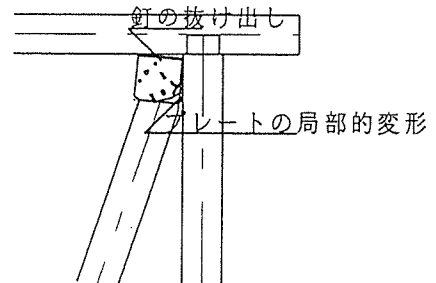
図：4.55 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：5.56 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

- ・柱、梁からの金具のずれ（上端部4体 下端部1体）
- ・金具からの筋かいのずれなし



単調載荷(図4.57及び図4.58) 漸増載荷(図4.59及び図4.60)

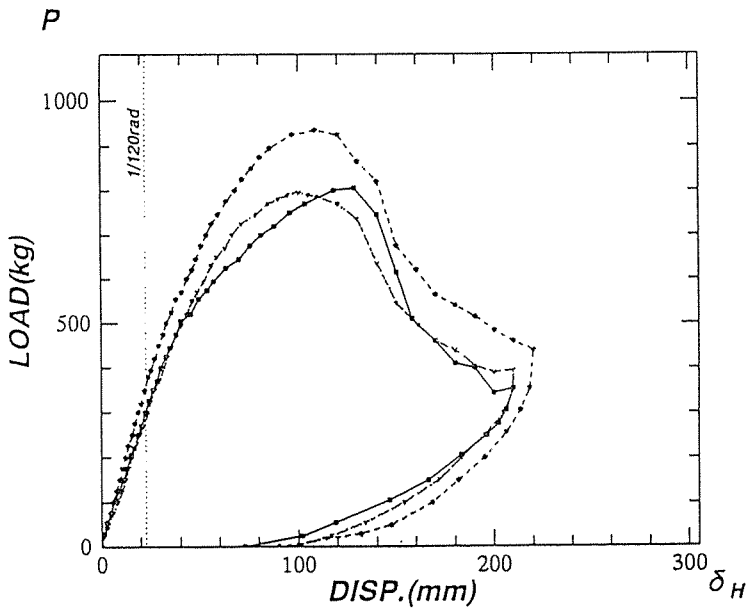


図: 4.57 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係

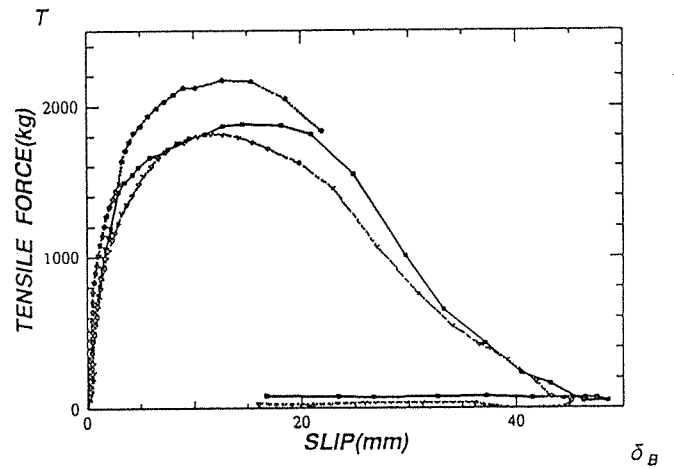


図: 4.58 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

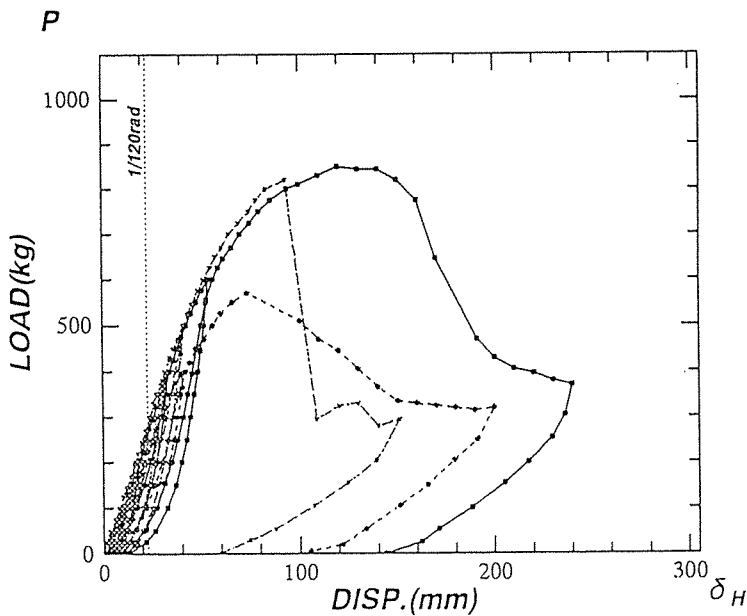


図: 4.59 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係

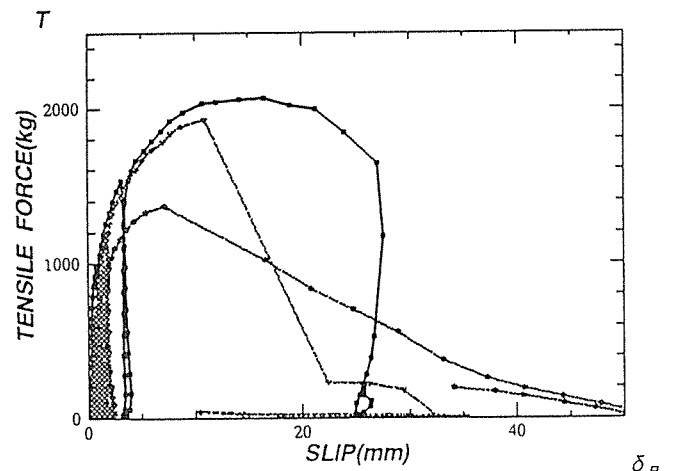
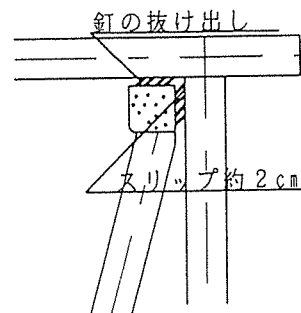


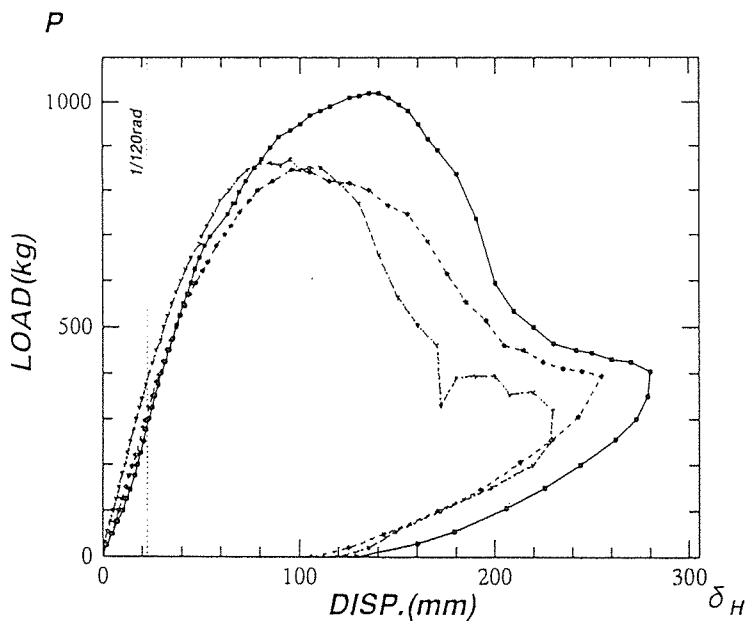
図: 4.60 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

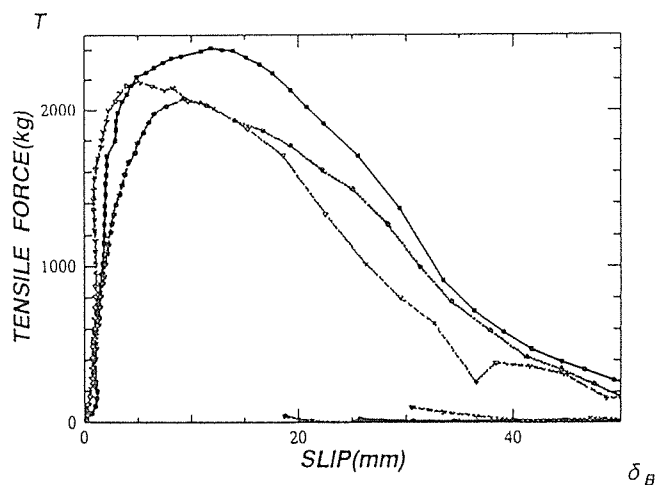
- ・柱、梁からの金具のずれ(上端部2体 下端部0体)
- ・金具からの筋かいのずれ(上端部4体 下端部0体)



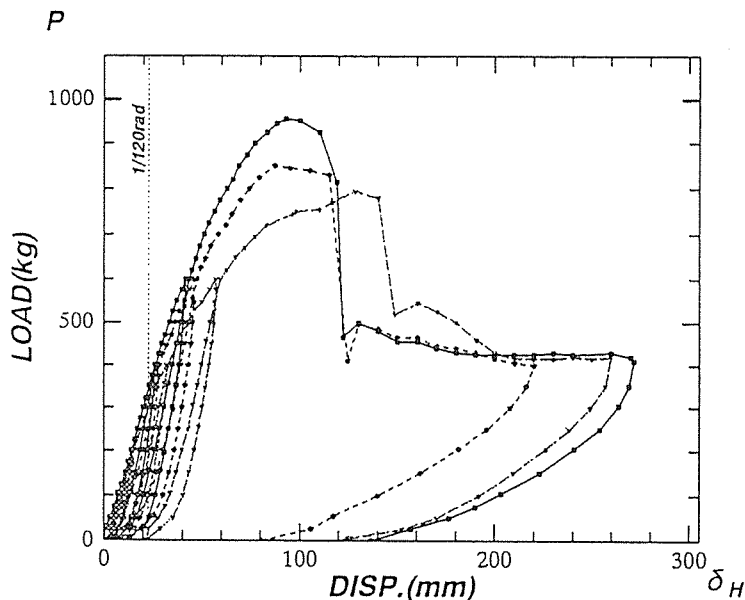
単調載荷（図4.61及び図4.62） 漸増載荷（図4.63及び図4.64）



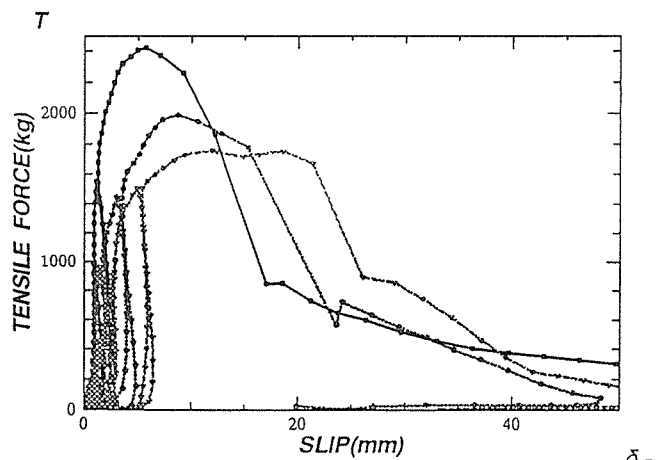
図：4.61 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.62 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ



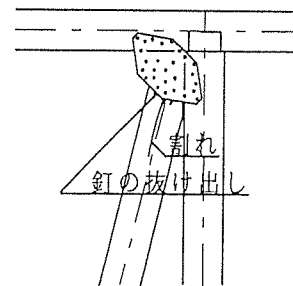
図：4.63 水平荷重Pと  
水平変位  $\delta_H$  の関係



図：4.64 筋かいの軸力Tと  
両端部のスリップ

破壊状況

- ・ 柱、梁からの金具のずれ（上端部1体 下端部0体）
- ・ 金具からの筋かいのずれ（上端部2体 下端部2体 両端部1体）



## 4. 2 グラフの特徴及び破壊状況

### 4. 2. 1 グラフの特徴

#### (1) 初期剛性について

・材種及び載荷方法による初期剛性の差はない。

#### (2) 最大耐力とその時の変計量について

・材種ごとに最大耐力を比較すると米マツがすぎよりもやや高い。

・接合方法による違いは2倍筋かい金具（Pタイプ）、ヘキサプレート（Hタイプ）の2つが同程度で最も高く、以下ブレースボックス（Bタイプ）、大入れビント延ばし（Nタイプ）であった。と続く。また最大耐力の変位量では、大入れビント延ばし（Nタイプ）が最も大きく以下、ブレースボックス（Bタイプ）、2倍筋かい金具（Pタイプ）、ヘキサプレート（Hタイプ）の順となった。

#### (3) 残留変形について

・材種ごとに比較するとすぎの方が残留変形が大きい。

#### (4) グラフの傾向について

・単調載荷・すぎ・1820mm中大入りびんた釘止め（TCDN）は、特にばらつきが目立った。また初期剛性でもすぎ材を用いたものは変動が大きい。

### 4. 2. 2 破壊状況

#### (1) 大入れびんた延ばし（Nタイプ）

・筋かいを止める釘のせん断力による変形と土台、桁側からの抜け出しにより全試験体が破壊に至った。

#### (2) ブレースボックス（Bタイプ）

・柱、桁にプレートを止める釘の抜け出しが生じた。同時にプレートの局部的変形が見られた。  
・プレートと筋かいを止めたせん断ボルト部より筋かい材の繊維に沿って割れが生じた。  
・910mm中に比べ1820mm中のタイプは、割れや釘の抜け出しが顕著であった。

#### (3) 2倍筋かい金具（Pタイプ）

・桁、柱にプレートを止める釘の抜け出しが生じた。  
・プレートと筋かいを止めた釘にせん断力による変形が生じた。

#### (4) ヘキサプレート（Hタイプ）

・プレートと筋かいを止めた釘にせん断力による変形が生じた。  
・プレートと筋かいを止めたせん断釘部より筋かい材の繊維に沿って割れが生じた。また一部には、柱、桁部に打ち付けた釘が桁、柱の樹肉部をはぎ取り破壊に至った。

表4. 1は、壁倍率を算出するために、特定の荷重及び変形をそれぞれ1/120radでの荷重、最大荷重の2/3での荷重と最大荷重時の変位量の1/2の時での荷重を求め、結果一覧として示した。それらの値の最も小さな数値を検索した。全タイプの約97.5%は1/120rad時の荷重で決定された。最大荷重の2/3の荷重で評価されたものが32タイプ中3タイプ（約9.4%）であり、最大荷重時変位量の1/2の時での荷重で評価されたものが1タイプ（約3.1%）であった。1/120radによって決定されたタイプ以外の値によって判定されたタイプはいずれも1820mm巾を持つヘキサプレート金物を用いた試験体であった。

表4. 1 実験結果における特定の数値

	P(1/120RAD) (kg)	$\delta$ (2/3Pmax) (mm)	$\delta$ (2/3Pmax) (rad)	2/3Pmax (kg)	P[1/2 $\gamma$ (Pmax)] (kg)	$\delta$ (Pmax) (mm)	$\delta$ (Pmax) (rad)	Pmax (kg)
TCDN	425	24.19	0.0089	446	536	79.60	0.0292	668
CCDN	377	25.94	0.0095	384	465	80.58	0.0295	577
TDDN	421	41.29	0.0151	584	634	95.30	0.0349	877
CDDN	421	34.93	0.0128	499	558	89.99	0.0330	748
TCDB	498	25.76	0.0094	541	622	69.73	0.0255	812
CCDB	445	26.13	0.0096	490	585	70.41	0.0258	735
Tddb	599	27.68	0.0101	689	798	71.48	0.0262	1033
Cddb	530	33.46	0.0123	700	810	86.38	0.0316	1050
TCDP	553	25.06	0.0092	598	647	65.00	0.0238	897
CCDP	562	25.56	0.0094	607	736	69.16	0.0253	910
TDDP	746	26.55	0.0097	864	983	65.84	0.0241	1297
CDDP	748	27.73	0.0102	891	1106	82.55	0.0302	1337
TCDH	683	22.17	0.0081	667	733	51.64	0.0189	1000
CCDH	728	22.51	0.0082	714	753	48.92	0.0179	1072
TDDH	887	20.53	0.0075	822	791	39.62	0.0145	1233
CDDH	806	22.67	0.0083	801	901	52.24	0.0191	1202
TCSN	194	61.53	0.0225	327	412	205.03	0.0751	490
CCSN	184	54.99	0.0201	307	370	181.03	0.0663	460
TDSN	210	83.49	0.0306	422	444	180.37	0.0661	633
CDSN	217	78.93	0.0289	426	474	190.30	0.0697	638
TCSB	240	62.88	0.0230	451	578	233.37	0.0855	677
CCSB	212	65.62	0.0240	437	528	196.70	0.0721	655
TDSB	271	58.04	0.0213	542	628	146.67	0.0537	813
CDSB	283	57.08	0.0209	559	602	131.83	0.0483	838
TCSP	218	47.07	0.0172	400	456	116.77	0.0428	600
CCSP	205	45.51	0.0167	378	433	116.73	0.0428	567
TDSP	307	46.13	0.0169	563	637	112.57	0.0412	845
CDSP	250	44.43	0.0163	498	521	95.77	0.0351	747
TCSH	283	41.03	0.0150	468	557	108.93	0.0399	702
CCSH	263	46.59	0.0171	487	551	114.43	0.0419	730
TDSH	321	44.87	0.0164	608	689	110.40	0.0404	912
CDSH	325	45.04	0.0165	578	615	102.70	0.0376	867

表4. 2は、せん断変形角が1/120rad時の荷重、最大荷重の2/3の荷重、また最大荷重時の変位量の1/2時の荷重のうち最小のもの（P<sub>o</sub>）の3/4の値を耐力壁の短期許容せん断耐力（P<sub>a</sub>）とし、それをもとに壁倍率を求めた。尚、壁倍率1当たりの許容水平耐力は130kg/mとした。

表 4. 2 みかげ変形角における壁倍率

	P o		P a		壁倍率 130kg/m		P o		P a		壁倍率 130kg/m
	(kg)	( kg)	(kg/m)	(kg/m)			(kg)	( kg)	(kg/m)	(kg/m)	
TCDN	425	319	175	1.35	TCSN	194	146	160	1.23		
CCDN	377	283	155	1.19	CCSN	184	138	151	1.16		
TDDN	421	316	173	1.33	TDSN	210	158	173	1.33		
CDDN	421	316	174	1.34	CDSN	217	163	179	1.37		
TCDB	498	374	205	1.58	TCSB	240	180	198	1.52		
CCDB	445	334	183	1.41	CCSB	212	159	174	1.34		
Tddb	599	449	247	1.90	TDSB	271	203	223	1.72		
Cddb	530	397	218	1.68	CDSB	283	212	233	1.79		
TCDP	553	415	228	1.75	TCSP	218	163	179	1.38		
CCDP	562	422	232	1.78	CCSP	205	154	169	1.30		
TDDP	746	559	307	2.36	TDSP	307	230	253	1.94		
CDDP	748	561	308	2.37	CDSP	250	188	206	1.58		
TCDH	667	500	275	2.11	TCSH	283	212	233	1.79		
CCDH	714	536	294	2.26	CCSH	263	197	217	1.67		
TDDH	791	593	326	2.51	TDSH	321	241	265	2.04		
CDDH	801	601	330	2.54	CDSH	325	244	268	2.06		

表 4. 3 は、表 4. 2 で示した見かけの変形角による壁倍率を、柱脚の浮き上がり、浮き沈みによる水平変位への影響を補正したものを示す。

表 4. 3 にて、最も高い壁倍率となったものは二材種とも試験体巾に関係なくヘキサプレートを用いたタイプであった。1820mm, 910mm巾のそれぞれが約2.8, 2.2の壁倍率となった。続いて高い倍率であったのは、米マツ材では両試験体巾とも2倍筋かい金具を用いたものであった。すぎ材では試験体巾により異なり、910mm巾のものではブレースボックスを用いたものであり、1820mm巾の試験体では前述の米マツ材同様2倍筋かい金物を用いたものであった。大入れビンタによる試験体は壁倍率がいずれも最も低く、1.2~1.4程度の値であり、これらの最高値のものである米マツ材910mmタイプ（壁倍率1.4）でもほかのタイプと比べるとすぎ材を用いたブレースボックスと同程度であった。全試験体を材種によって比べると、壁倍率は米マツ材を使用したタイプがすぎ材に対してそれぞれ20~30%程度高い値を示す傾向にあるが大入れビンタについては材種による違いは顕著ではない結果となった。

表 4. 3 真の変形角における壁倍率

	P o		P a		壁倍率 130kg/m		P o		P a		壁倍率 130kg/m
	(kg)	( kg)	(kg/m)	(kg/m)			(kg)	( kg)	(kg/m)	(kg/m)	
TCDN	450	338	186	1.43	TCSN	208	156	171	1.32		
CCDN	389	292	160	1.23	CCSN	192	144	158	1.22		
TDDN	424	318	175	1.35	TDSN	220	165	181	1.39		
CDDN	425	318	175	1.35	CDSN	225	169	186	1.43		
TCDB	507	380	209	1.61	TCSB	254	191	210	1.61		
CCDB	454	340	187	1.44	CCSB	217	163	179	1.38		
Tddb	612	459	252	1.94	TDSB	288	216	238	1.83		
Cddb	546	410	225	1.73	CDSB	300	225	247	1.90		
TCDP	597	448	246	1.89	TCSP	230	172	189	1.46		
CCDP	585	438	241	1.85	CCSP	214	161	176	1.36		
TDDP	781	585	322	2.47	TDSP	326	244	268	2.06		
CDDP	784	588	323	2.49	CDSP	265	198	218	1.68		
TCDH	731	548	301	2.32	TCSH	308	231	253	1.95		
CCDH	791	594	326	2.51	CCSH	297	223	245	1.88		
TDDH	941	706	388	2.98	TDSH	363	273	300	2.30		
CDDH	861	646	355	2.73	CDSH	352	264	290	2.23		

5 まとめ

5. 1 水平力と筋かいに働く軸力の関係

図5. 1は、骨組みの接点を全てピン支持にした場合における計算上の骨組み水平荷重Pとその時筋かいに働く軸力Tの関係を示したものである。1820mm巾では $T_1=1.80 P_{H1}$ 、910mm巾では $T_2=3.16 P_{H2}$ の割合で水平力PHに対し筋かいの軸力Tが生じることになる。また、表5. 1は1/120rad付近の実験値から水平荷重Pとその時の軸力Tの測定値から割合を算出したものである。1820mm巾の場合は計算値の筋かい軸力の83%から91%、910mm巾の場合は同様に66%から75%の値が実際に筋かいに働く結果となった。ホールダウンによって柱脚、柱頭が土台及び柱に緊結されたことにより、架構に水平剛性が存在し一部を負担した結果、測定による筋かいの軸力が低い値となったと考えられる。また、図5. 2、図5. 3は水平荷重Pと軸力Tのグラフの一例であり概ねいずれも比例関係にあり直線的な傾向がみられた。大入れびんた延ばし釘止め(Nタイプ)においては荷重中期に直線性が弱く緩やかな曲線を示す傾向がみられた。

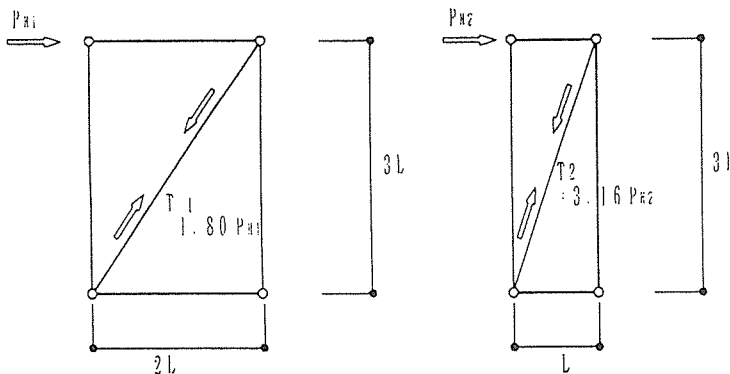


図5. 1 水平荷重Pと軸力Tの関係図

表5. 1 水平荷重Pと軸力Tの割合

	P(kg)	T(kg)	T/P		P(kg)	T(kg)	T/P
TCDN	413	663	1.60	TCSN	200	418	2.09
CCDN	363	593	1.63	CCSN	198	417	2.10
TDDN	430	646	1.50	TDSN	217	459	2.12
CDDN	435	652	1.50	CDSN	217	477	2.20
TCDB	498	772	1.55	TCSB	242	550	2.28
CCDB	465	707	1.52	CCSB	217	482	2.23
Tddb	617	942	1.53	TDSB	272	645	2.37
Cddb	547	870	1.59	CDSB	290	668	2.30
TCDP	568	931	1.64	TCSP	225	491	2.18
CCDP	567	901	1.59	CCSP	208	446	2.14
TDDP	747	1184	1.59	TDSP	307	703	2.29
CDDP	748	1203	1.61	CDSP	250	587	2.35
TCDH	665	1031	1.55	TCSH	282	662	2.35
CCDH	715	1138	1.59	CCSH	267	629	2.36
TDDH	800	1267	1.58	TDSH	325	778	2.39
CDDH	767	1209	1.58	CDSH	325	713	2.19

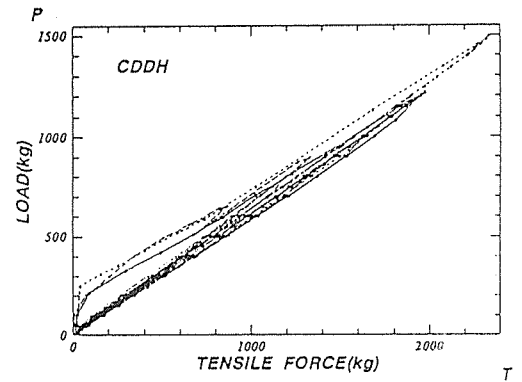


図5. 2 水平荷重Pと軸力Tのグラフ

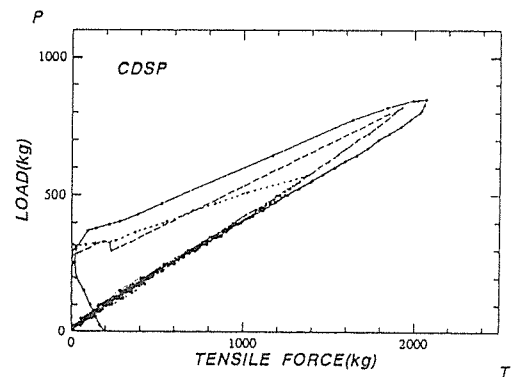


図5. 3 水平荷重Pと軸力Tのグラフ



5. 2 特定の数値における荷重・変位の関係

図5. 4から図5. 7はTCDN（単調載荷・すぎ・1820mm巾・大入れびんた）の単位長さ当たりの水平荷重の最大値とその時の耐力壁頂部の水平変位量を基準として、各試験体の許容耐力を決定する特定の荷重・変位（ $P(1/120rad) \cdot 2/3P_{max} \cdot P[1/2\delta(P_{max})] \cdot P_{max}$ ）の各点の平均値を用いて比率で表示し、試験体ごとに直線で結びグラフ化した。図5. 5のTDDH・CDDHについては各試験体の変形性状の差異が大きく、補正を加えたものをTDDH'・CDDH'として図中に加えた。全体的に載荷方法による差異は顕著ではなく近似した傾向を示した。910mm巾の試験体は1820mm巾の試験体に比べて単位長さ当たりの荷重値は高い傾向を示し、靱性も高い値を示した。

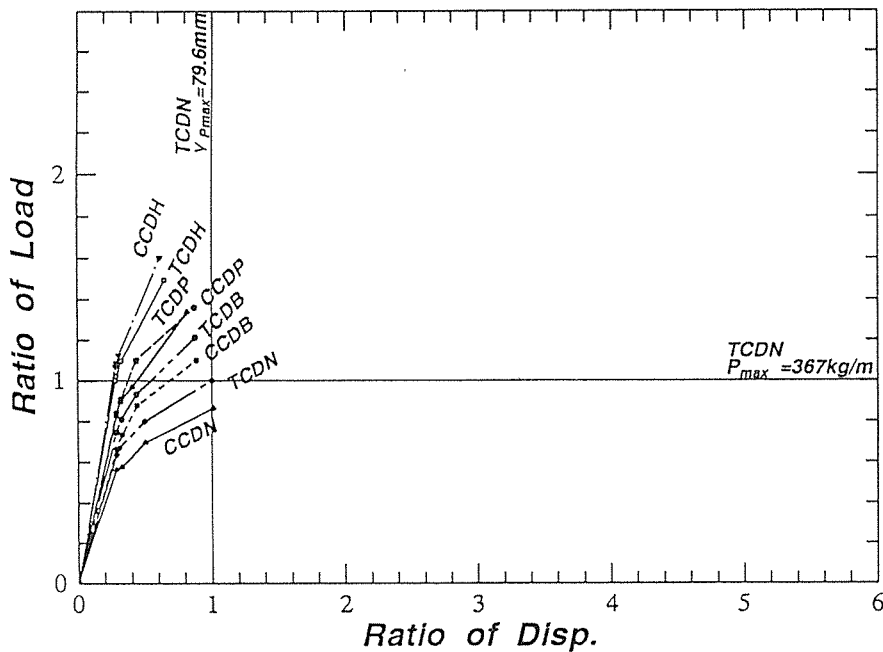


図5. 4 すぎ・1820mm巾試験体

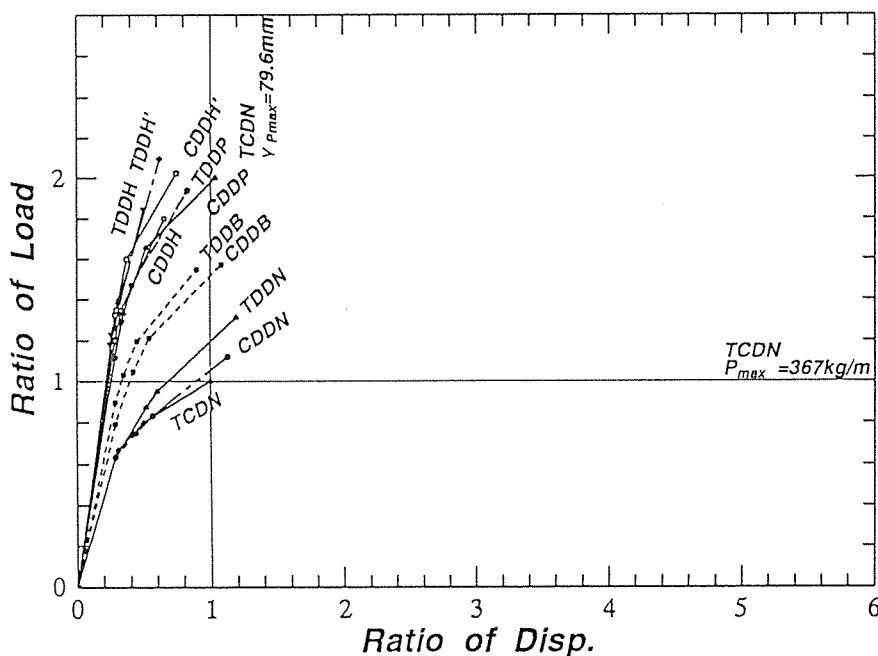


図5. 5 米マツ・1820mm巾試験体

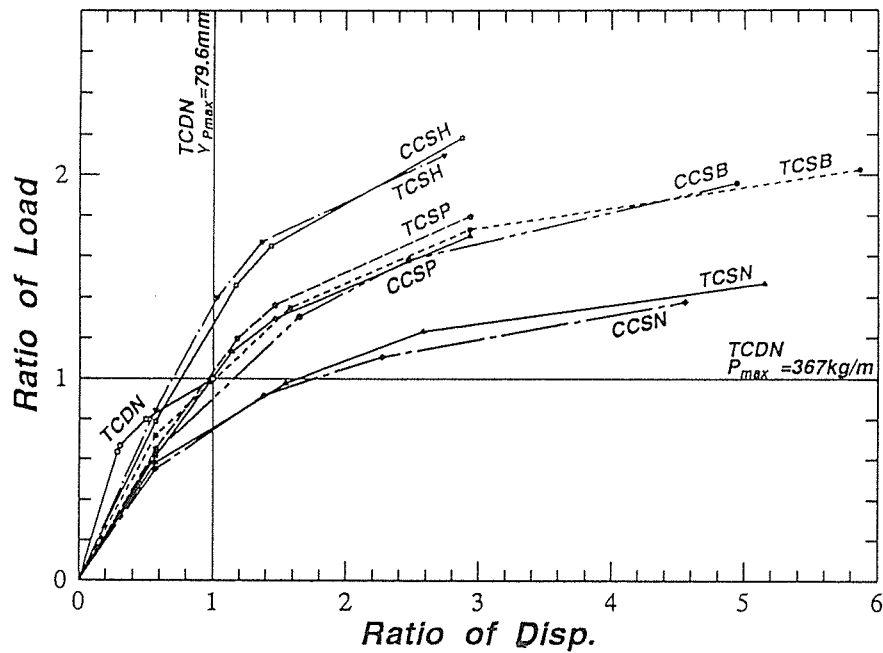


図 5. 6 すぎ・910mm巾試験体

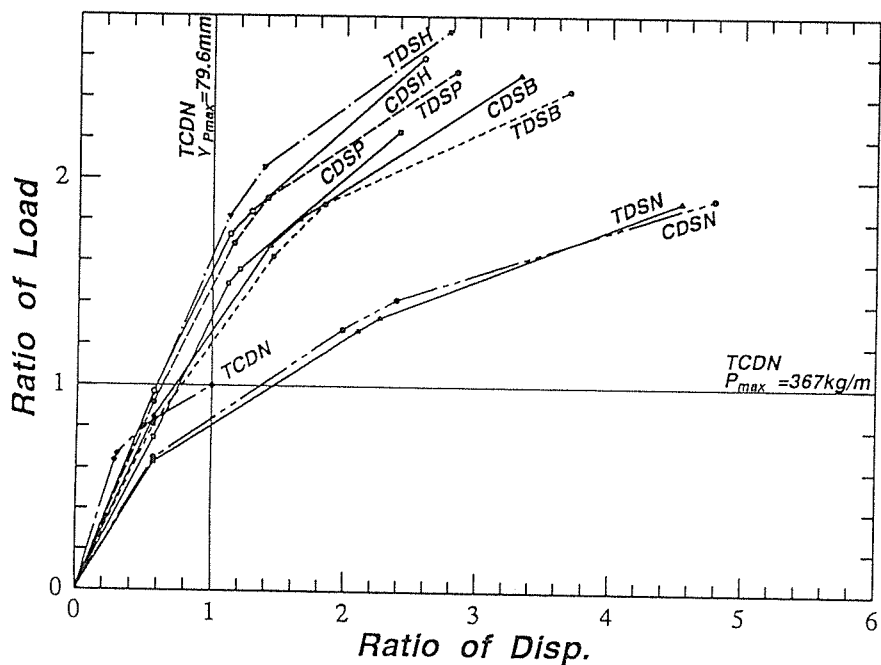


図 5. 7 米マツ・910mm巾試験体

### 5. 3 まとめ

#### 5. 3. 1 試験体の変形性状、耐力について

筋かいに引張力が作用した場合の、耐力壁の変形性状、耐力は、筋かい端部の接合法の違いにより異なる傾向を示した。大入れビンの試験体では、特定の變形角 ( $1/120\text{rad}$ ) における時点で、既に比例限界を超えるか、あるいはその近傍に達する。その後変形は増加の傾向となる。最大荷重時以降の耐力低下は緩やかであり、靱性は高い傾向にあることが分かった。これに対して、ヘキサプレートや2倍筋かい金具では、荷重の初期より最大荷重に至る直前まで、

ほぼ比例関係を保ち直線的な関係で変位が進む。最大荷重以降の耐力低下は急激であり、接合部が釘によるせん断接合であることから、筋かい両端のスリップに関しては靱性が低く、耐力低下は急なものとなると考えられる。ブレースボックスは桁、柱の釘の接合部が引き抜きにより変形が進行することからこれら2者の中間的な傾向を持っているが、ボルトの筋かいせん断接合部の割れが生じることにより急激な耐力低下を起こすことがある。

### 5. 3. 2 水平力と筋かいの軸力について

5. 1 で示したように計算上生じる筋かいの軸力の15% (1820mm巾) 程度、及び30% (910mm) 程度は外周部分の骨組みが、水平力に抵抗する結果となった。仕口部に取り付けられた1.5tonタイプのホールダウン金物により、曲げに抵抗する半剛節の性状となり、幅の狭い耐力壁では有効な抵抗要素となっていることが考えられ、引き抜き力以外に定量的な水平抵抗力の評価が必要ではないかと考える。

### 5. 3. 3 評価された壁倍率について

実験結果より得られた引張筋かいの壁倍率は筋かい端部の接合法により大きく異なった結果となった。このうち圧縮筋かいの2.0の倍率と同等かそれ以上と評価されたものは、ヘキサプレートによる接合法と2倍筋かい金具の1部 (倍率2.3から2.9) のみであり、ブレースボックスではやや下回った。大入れビントの接合法は倍率1.2から1.4程度であり、圧縮筋かいとしての倍率に比し、許容耐力は60~70%となり、評価は低い値であった。

線材による接合部では、接合部分の採りうる面積が限られており、筋かい材や桁柱材のいずれかの強度的に低い材料によって接合部の耐力が支配される傾向にあり、各部材が安定した均一な材料強度を持つことが重要であるといえる。

また接合部接合法は高い剛性の確保の観点からは、せん断接合が望ましく、引っ張り力の生じる釘接合は剛性評価では不利であり、許容値が低くせざるを得ない結果となる。

筋かい端部の接合部の耐力低下により各耐力壁の評価が支配されており、母材には十分な余力がある。このことは接合部の剛性耐力を高めるような接合法の検討、周辺骨組みとの協働効果で水平力に抵抗する力学的なメカニズムの方法などを探ることで、筋かい耐力壁の許容耐力を高めることができると考える。

(文責：尾内俊夫)

## 第4章 筋かい壁強度性能評価実験－筋かいプレート接合による3つ割筋かい壁

### 1. 目的

在来軸組み工法における筋かい端部の接合方法、及び補強金物の違いと水平せん断耐力との関係を検討することを目的として、以下のような試験を行った。

### 2. 試験

#### 2.1 試験材料

試験に供した柱、土台、筋かい、及び桁等の材料は、スギ、及びベイマツを用いた。試験終了後含水率と比重を測定したところ、スギは平均24%（最小14%－最大51%）、ベイマツは平均16%（最小13%－最大20%）であった。また、気乾比重は、スギは平均0.42（最小0.35－最大0.47）、ベイマツは平均0.50（最小0.46－最大0.55）であった。試験片を採取したサンプリング箇所は、それぞれの部材の中央部とし、全試験体中から無作為に抽出して、測定した。

#### 2.2 筋かい金物

今回、試験に使用した接合金物は、Zマーク表示金物のうち筋かいプレートBPで、以下の図にその形状等を示す。

使用接合具	：角根平頭ボルト	M12（1本）
	六角ナット	M12（1個）
	小型角座金	W2.3*30（1枚）
	太めくぎ	ZN65（10本）

なお、施工状況を写真で示す。

#### 2.3 試験体及び試験方法

試験体は、3つ割(30\*90)の筋かいを筋かいプレートBPで接合して、柱と横架材(103角)を単ほぞ差しのホールダウン(HD-15)固定とした。試験体寸法のうち、壁長は91(1P)と182cm(2P)の2種類、階高は2730一定とした。試験体数は、1条件あたり6体として、今回は1Pと2P、スギとベイマツ、BP使用から、合計24体であった(ただし、2Pについてはスギ、ベイマツそれぞれに1体追加して試験を行った)。加力方法は、5体を同一方向の単調増加方式、残りの1体をPmaxに対して1/5、2/5、3/5、Pmaxまでを各1回繰り返して負荷する方式の試験を、JIS A 1414「建築用構成材(パネル)およびその構造部分の性能試験方法」に規定されている「面内せん断試験(B)」に準じて、行った。筋かいに作用する引張り力を測定するために、筋かいを中央部で切断して、図に示すようなロードセル(ミネベア製10トン)を設置した。また、各部の変位量を測定するために、水平変位と、柱の浮き上がりを測定する変位計を含

めて、試験体の各コーナーに全11個取り付けて挙動を調べた。

なお、引き寄せ金物に使用した接合具を以下に示す。

接合具 : 太めくぎ ZN90 (6~26本)  
六角ボルト M16 (1本)  
六角ナット M16 (1個)  
角座金 W6.0\*54 (1~2枚)

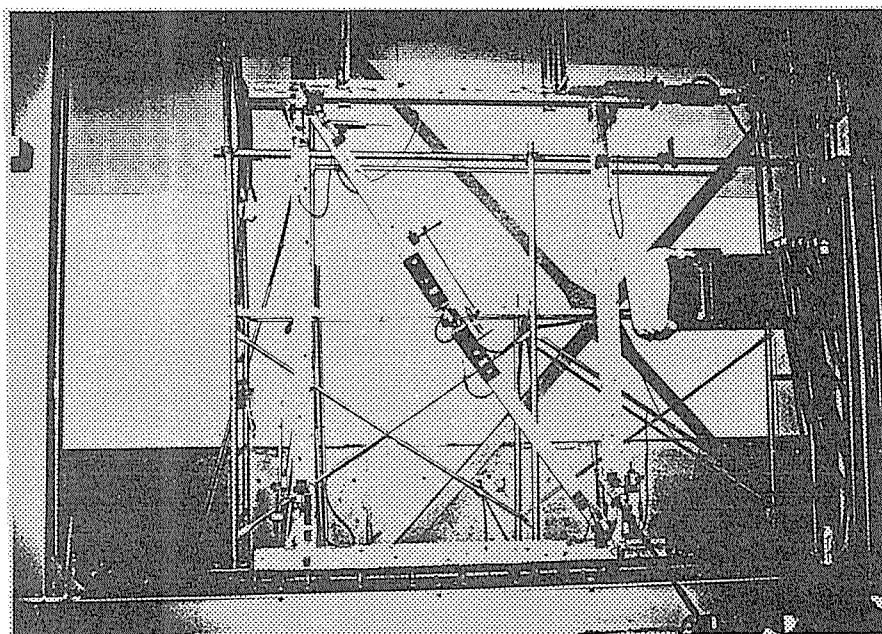
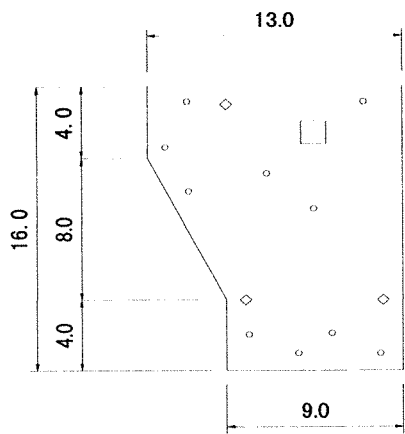
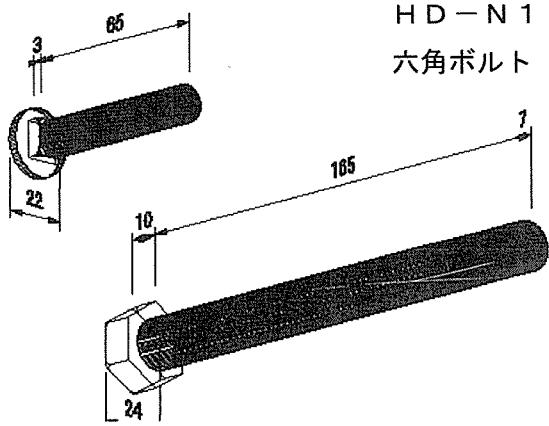


写真 2Pスギのセッティング及び接続風景

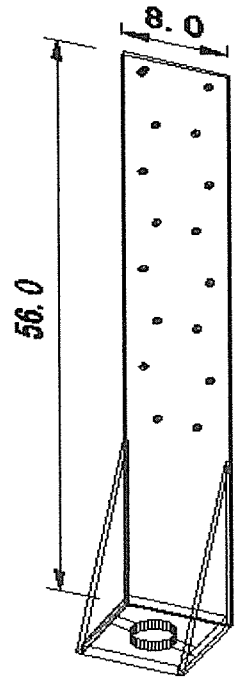


H筋かいプレート  
BP

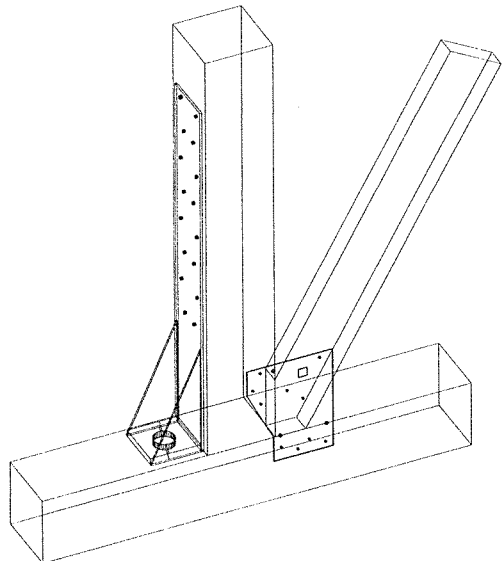
筋かい金物BP用  
角根平頭ボルト



HD-N15用  
六角ボルト



引き寄せ金物  
HD-N15



金物接合状況

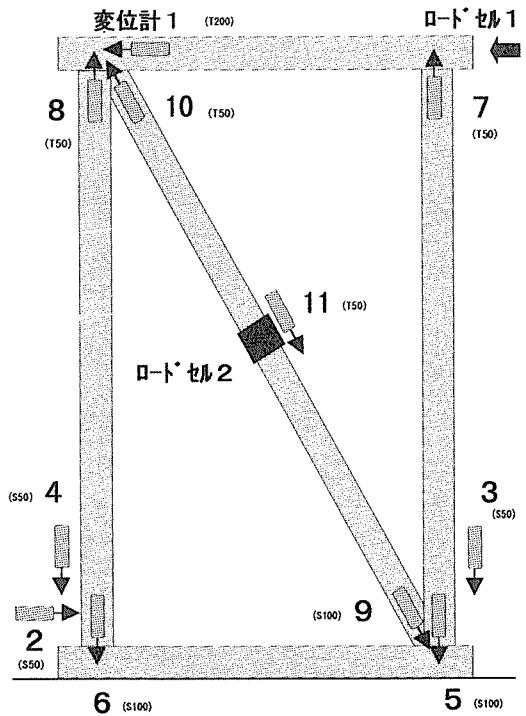


図1 試験体と変位計のセッティング風景

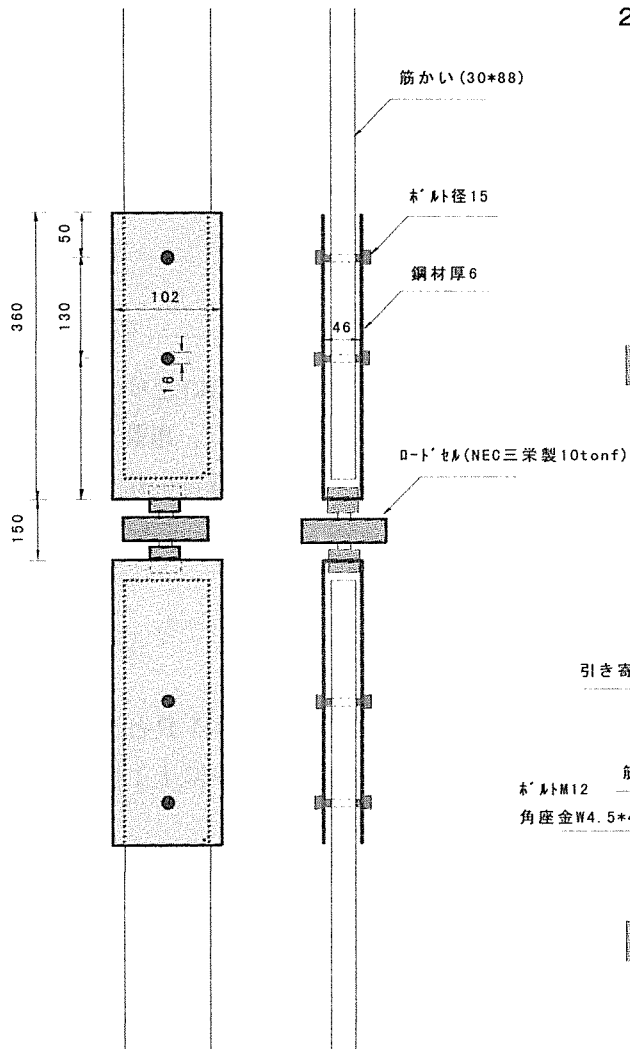


図2 筋かい引張り力測定用治具の概要

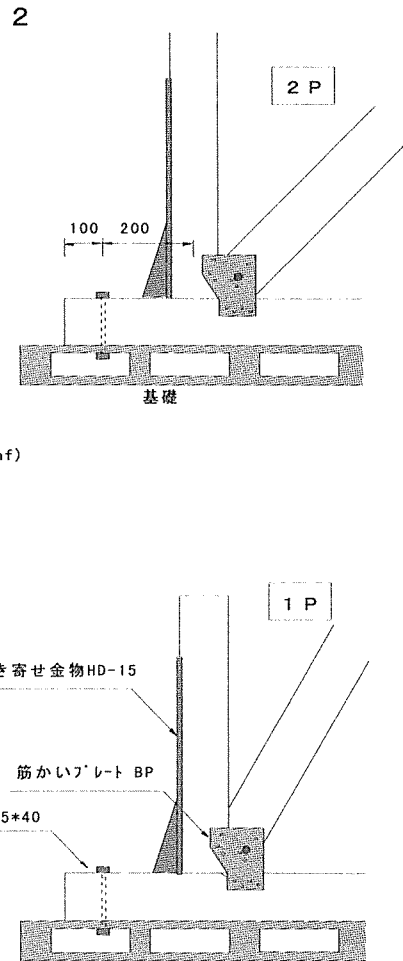


図3 筋かい及び柱の接合状況 (1P、2P)

### 3. 結果と考察

試験結果を図、表、及び写真に示す。

#### 3. 1 せん断変形角補正

筋かいを切断したことによるたるみと、筋かいに設置した治具のすべりの影響を補正するために、徳田が提案する手法を用いた。

補正式は、

$$\delta_c = \delta_o - (\delta_{11}) \cos \theta$$

$\delta_c$  : 補正後の水平変位

$\delta_o$  : 補正前の水平変位

$\delta_{11}$  : 筋かいに設置された変位計値

#### 3. 2 試験体の破壊形態

試験体の破壊形態を写真に示す。

破壊形態としては、筋かい端部の上下とちらかから亀裂が材長方向い走り、破壊する。全般的には、プレート用ボルト、またはくぎにより引き裂かれる形で、亀裂がはしり、破壊していった。この要因としては材質的な問題、ボルトやくぎと材端部の端距離が少ないことが要因の1つではないかと考える。この他にみられた破壊形態は、筋かい端部近くに節が有り、その箇所から破壊していったケースも2、3見られた。

#### 3. 3 耐力壁の壁倍率

表に示すように、倍率1.5をクリアしなかったのは、ベイマツは1Pと2Pをあわても全13体中1体であった。しかし、スギについては逆に全13体中に11体も基準倍に達しておらず、材質的な問題が影響しているものと考えられる。

また、表に示す各試験体の倍率を算定する上で、基準となる値と1/120、P 1/2、及び2/3 P max 時の値を比較検討すると、2PについてはP 1/2 か2/3 P max から出現する傾向にある。1Pについては、1/120 かP 1/2 から算定される。

(文責：西内 豊)



表1 一定変形角時の荷重(kgf)と壁倍率

	一定変形角時の荷重			P1/2	2/3Pmax	Pmax	壁倍率
	1/200	1/120	1/60				
<b>2PA°イマツ</b>							
1	582	710	583	540	<u>481</u>	722	1.5
2	533	755	538	<u>482</u>	519	778	1.5
3	562	693	328	482	<u>472</u>	708	1.5
4	607	807	430	630	<u>607</u>	910	1.9
5	603	780		553	<u>535</u>	803	1.7
6	458	675	923	765	<u>648</u>	972	2.1
7	460	673	910	688	<u>612</u>	918	1.9
AVE	544	728	619	591	553	830	1.7
MAX	607	807	923	765	648	972	2.1
MIN	458	673	328	482	472	708	1.5
SD	63	53	247	107	69	104	0.2
<b>2Pスキ°</b>							
1	291	428	610	420	<u>412</u>	618	1.3
2	347	300	220	<u>270</u>	278	417	0.9
3	340	330		280	<u>270</u>	405	0.9
4	370	507		<u>330</u>	345	518	1.0
5	327	346	333	<u>240</u>	262	393	0.8
6	240	365	228	<u>285</u>	307	461	0.9
7	370	<u>213</u>		292	279	418	0.7
AVE	326	356	348	302	308	461	0.9
MAX	370	507	610	420	412	618	1.3
MIN	240	213	220	240	262	393	0.7
SD	47	93	182	58	54	81	0.2
<b>1PA°イマツ</b>							
1	152	<u>240</u>	465	434	429	644	1.5
2	144	<u>222</u>	409	515	480	720	1.4
3	155	<u>255</u>	460	497	465	698	1.6
4	150	<u>240</u>	431	480	452	678	1.5
5	190	<u>294</u>	450	310	313	469	1.9
6	165	<u>282</u>	485	412	409	613	1.8
AVE	159	256	450	441	425	637	1.6
MAX	190	294	485	515	480	720	1.9
MIN	144	222	409	310	313	469	1.4
SD	17	28	27	75	60	91	0.2
<b>1Pスキ°</b>							
1	168	<u>259</u>	397	396	349	524	1.6
2	161	237	103	<u>194</u>	225	337	1.2
3	133	<u>196</u>	350	305	315	472	1.2
4	120	<u>196</u>	343	245	263	395	1.2
5	123	182	320	<u>158</u>	213	319	1.0
6	165	<u>250</u>	399	377	333	500	1.6
AVE	145	220	319	279	283	425	1.3
MAX	168	259	399	396	349	524	1.6
MIN	120	182	103	158	213	319	1.0
SD	22	33	110	97	58	87	0.2

注：太字、下線付きデータは壁倍率算定に採用した値

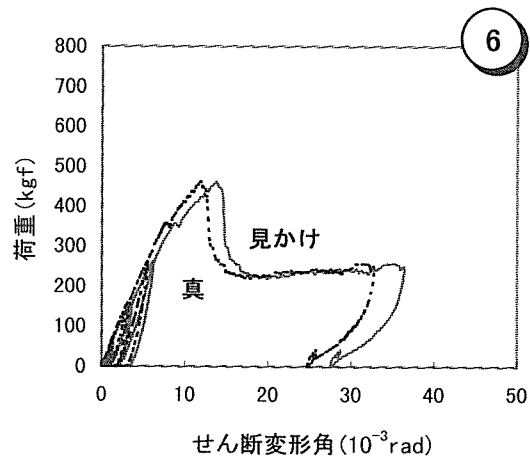
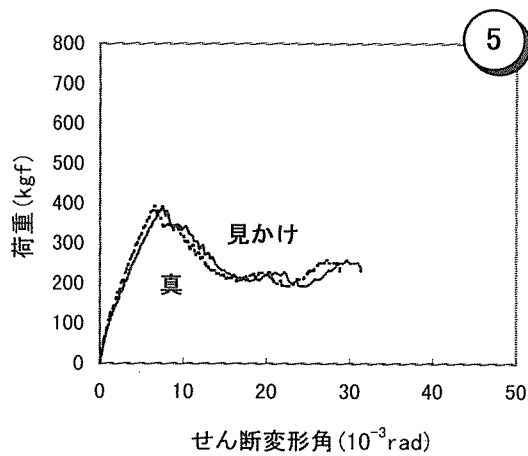
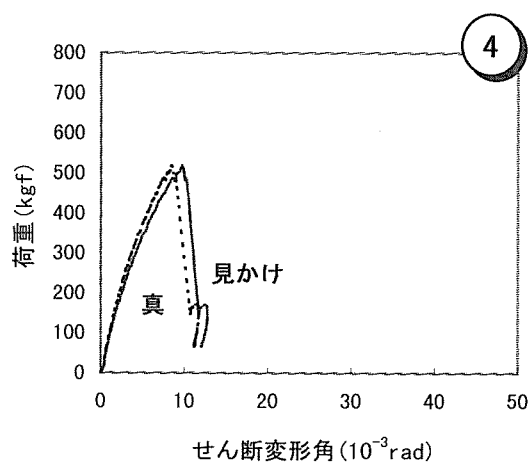
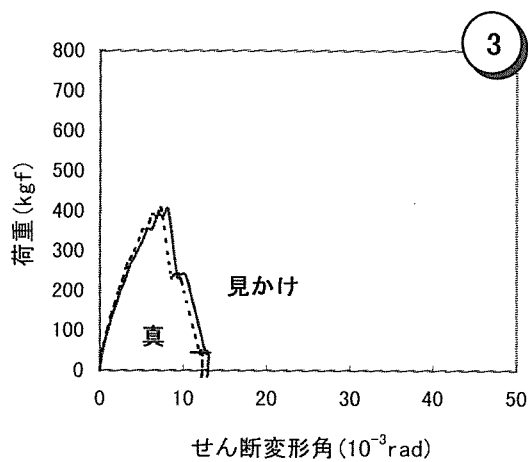
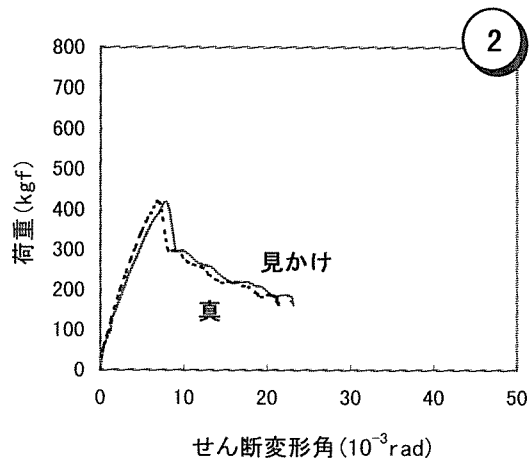
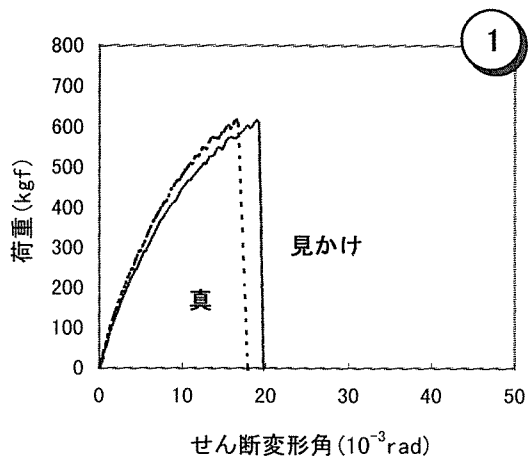
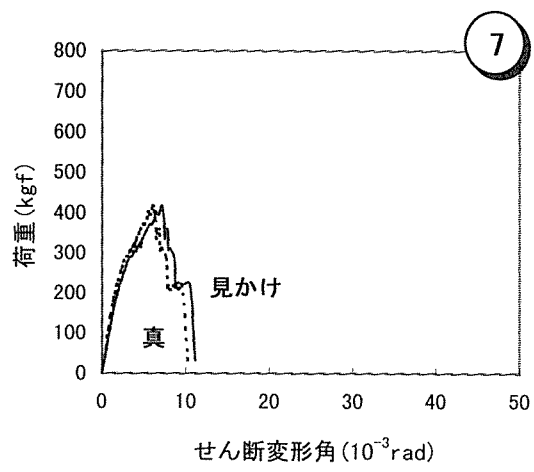


図5 荷重—変形曲線 (2P<sub>2</sub>\*)



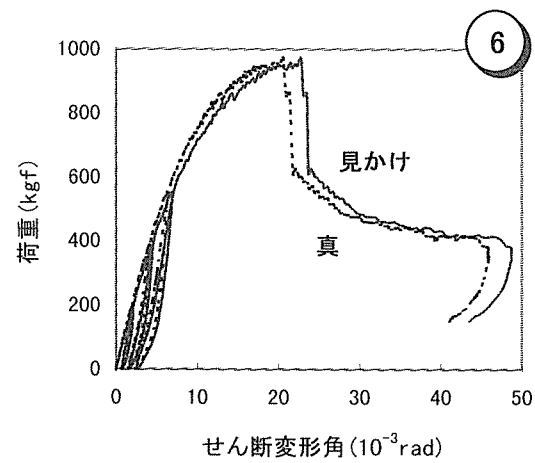
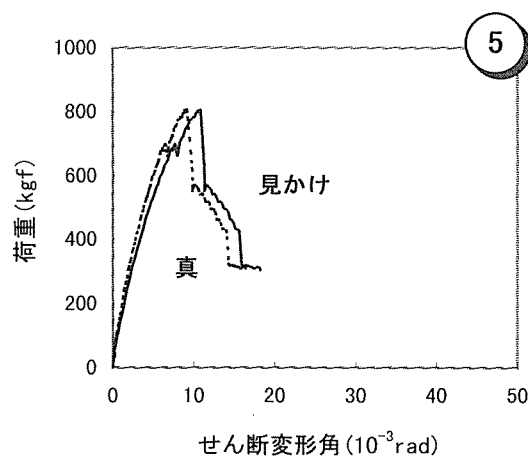
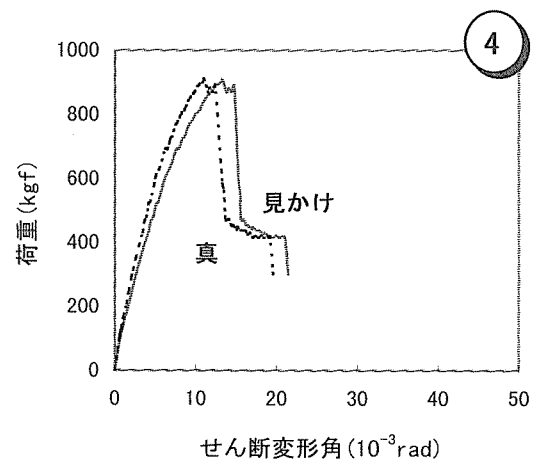
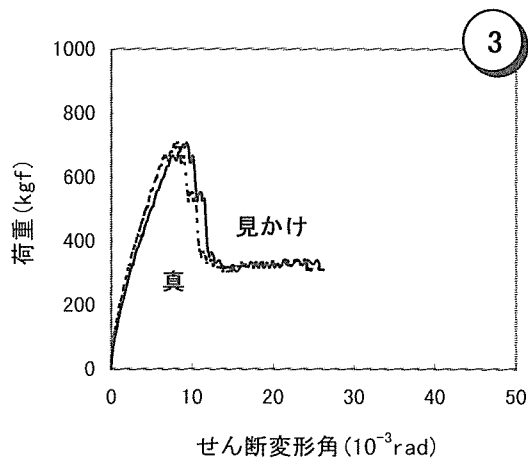
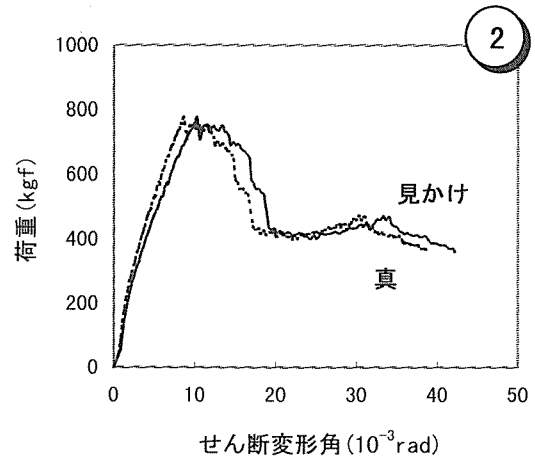
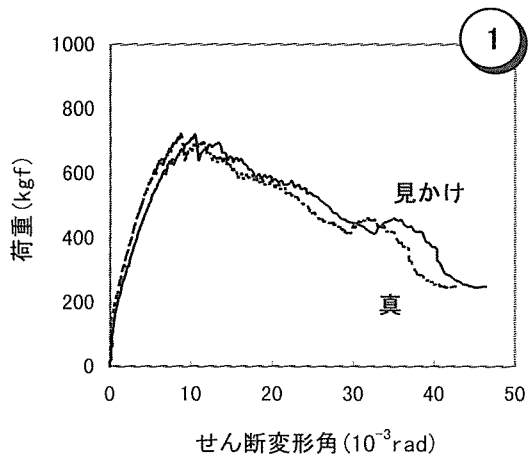
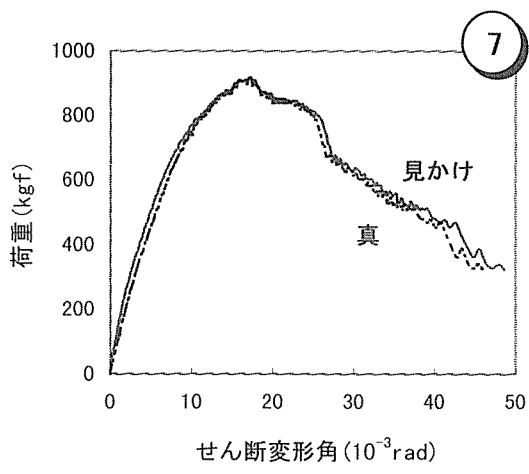


図4 荷重—変形曲線 (2P<sup>h</sup>イマツ)



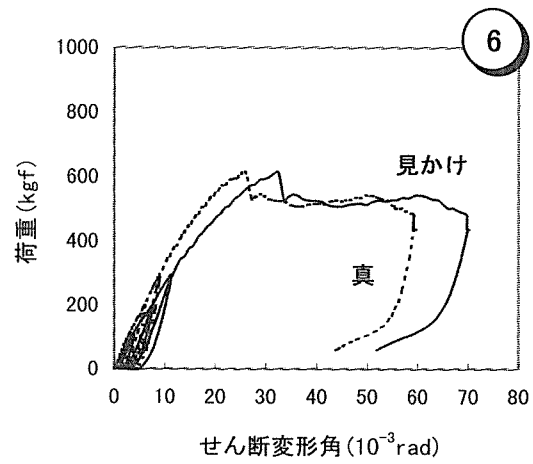
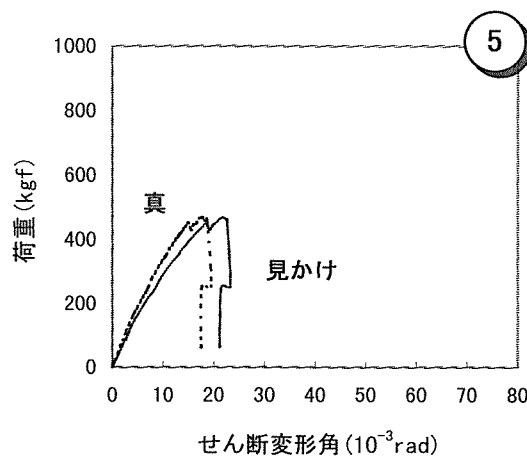
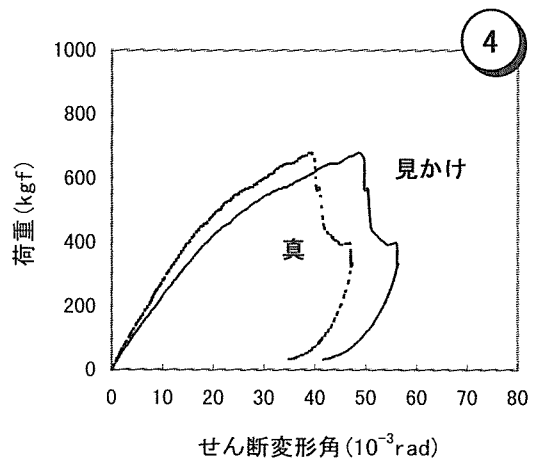
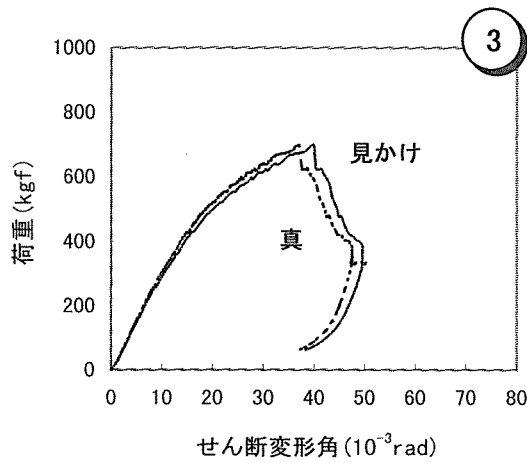
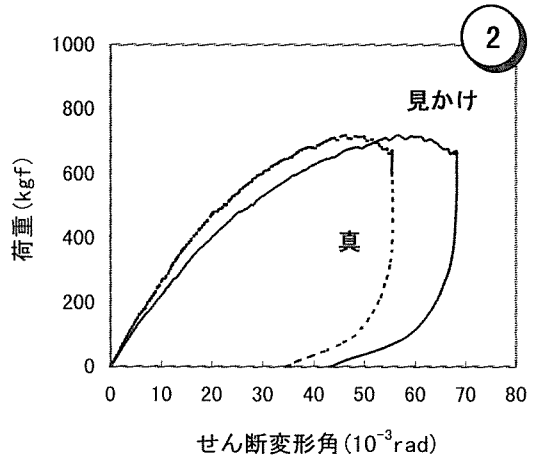
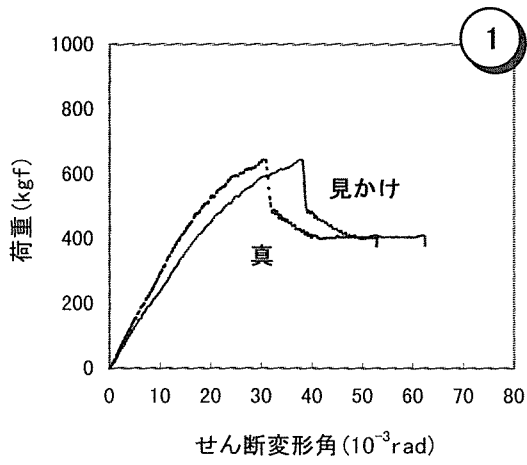


図6 荷重—変形曲線 (1P8<sup>1</sup>—イマツ)

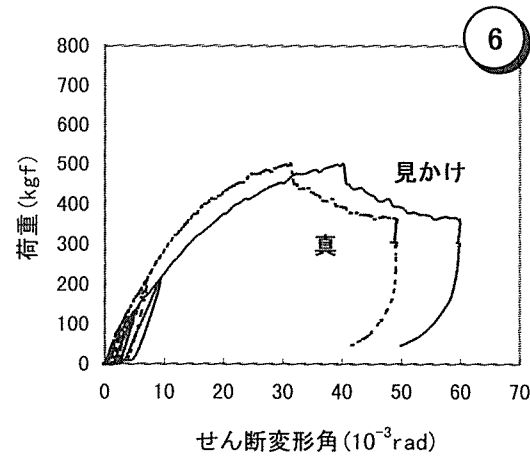
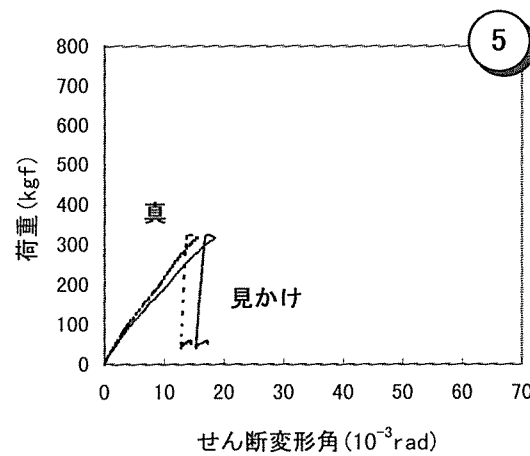
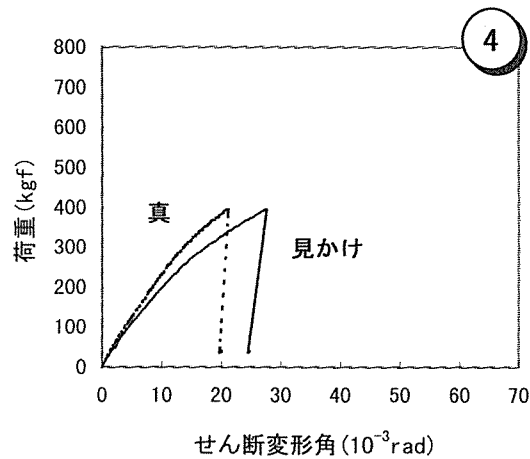
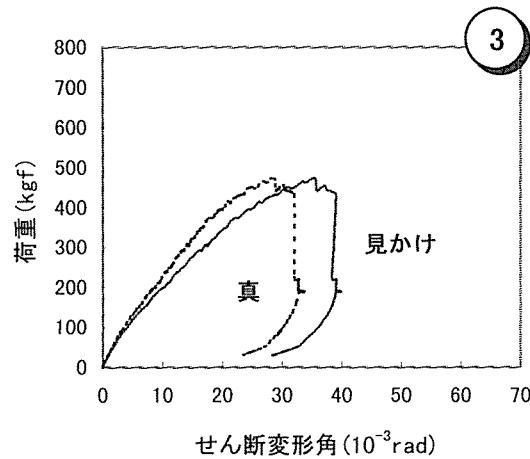
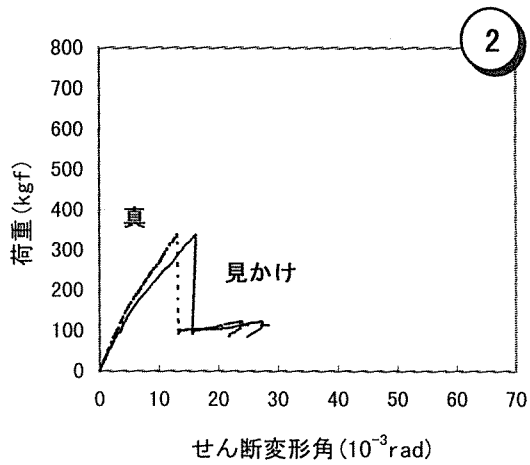
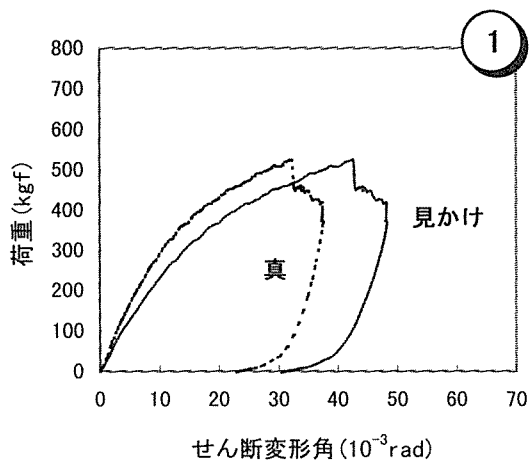


図7 荷重—変形曲線 (1P2k)

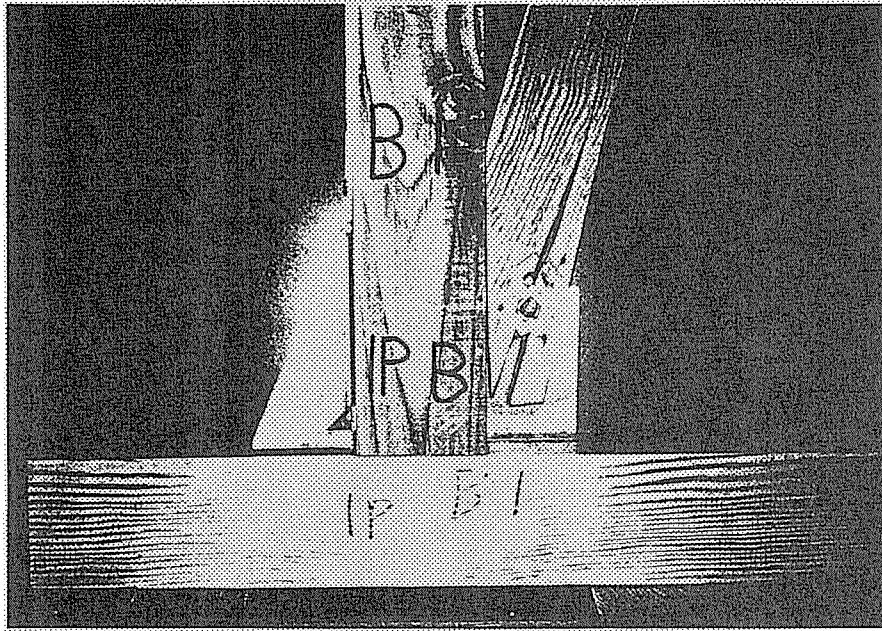


写真 破壊形態 1

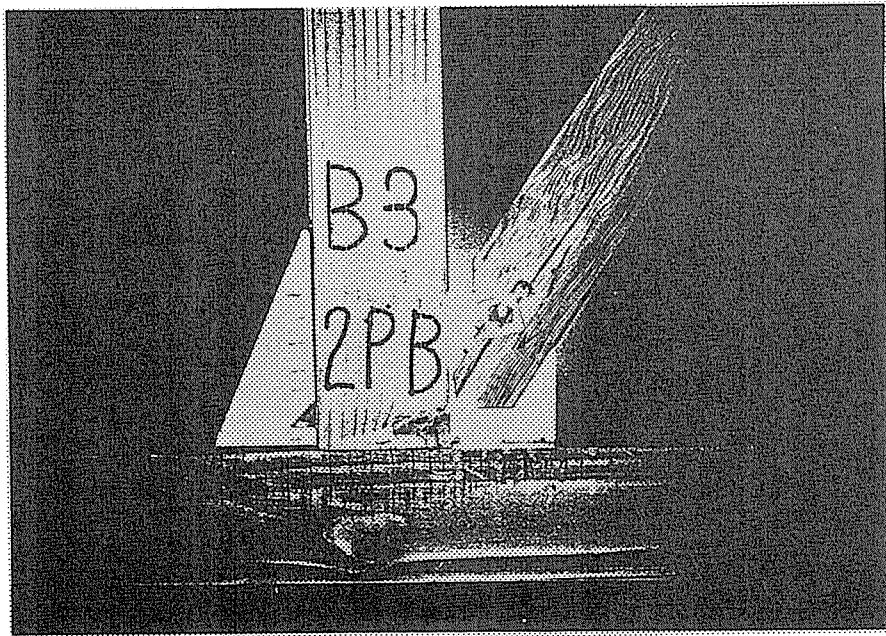


写真 破壊形態 2



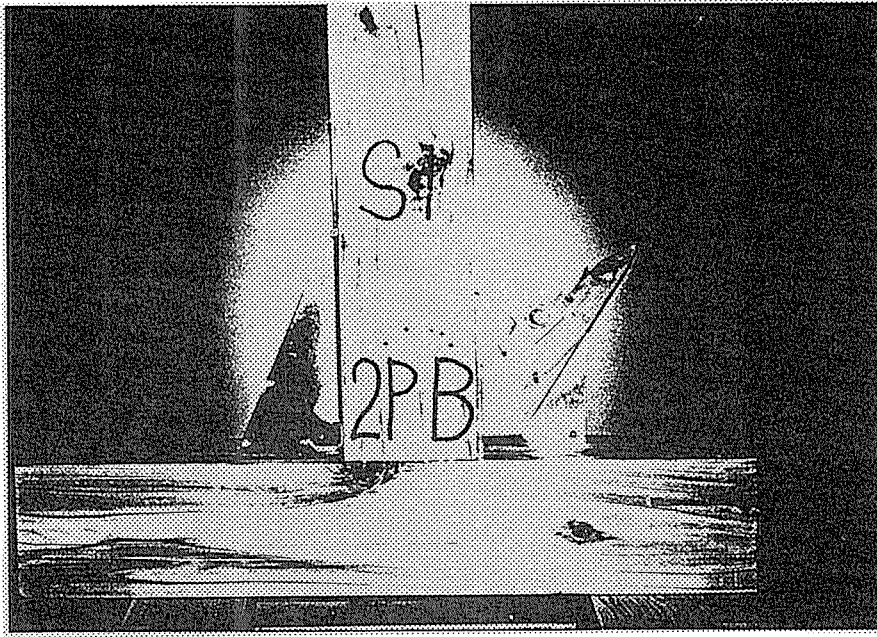


写真 破壊形態 3

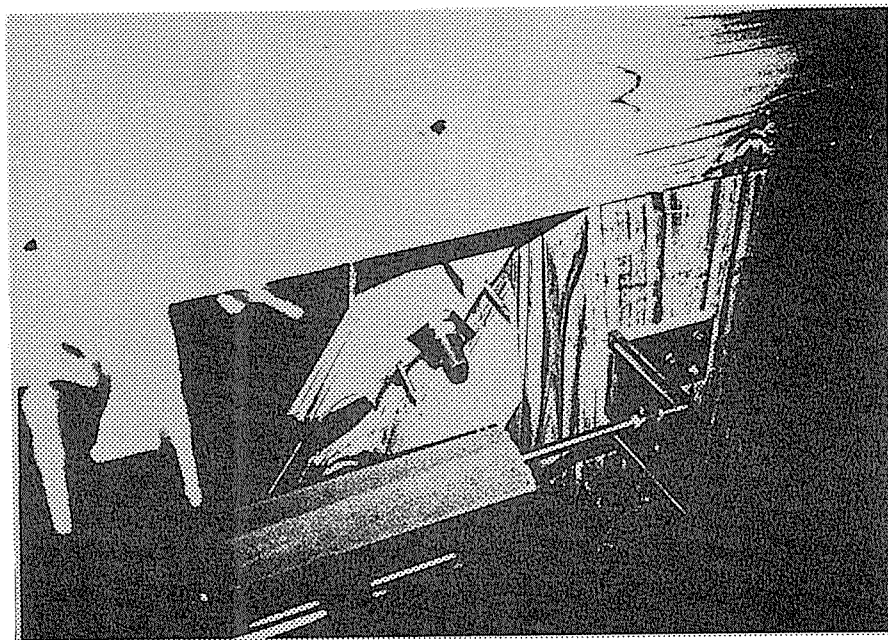


写真 破壊形態 4

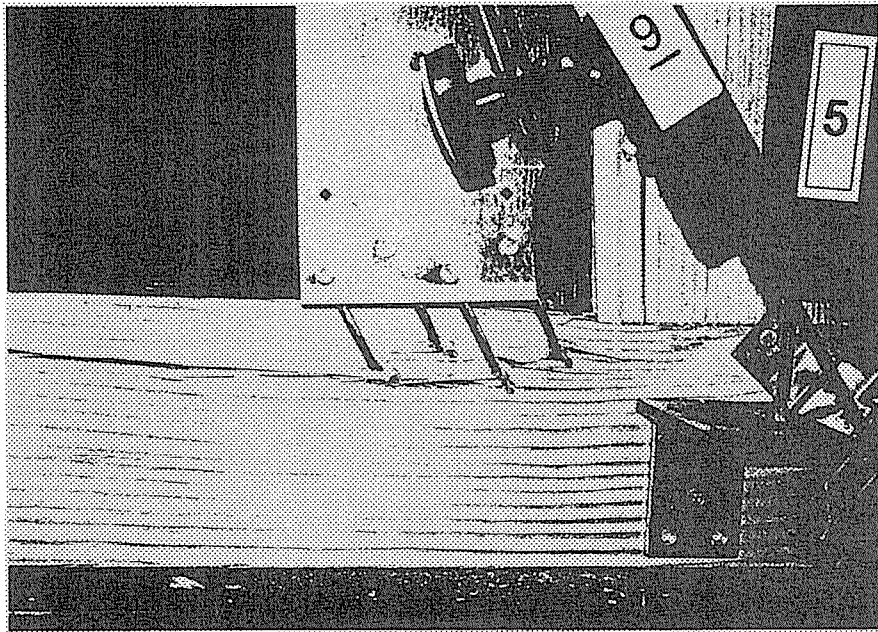


写真 破壊形態5

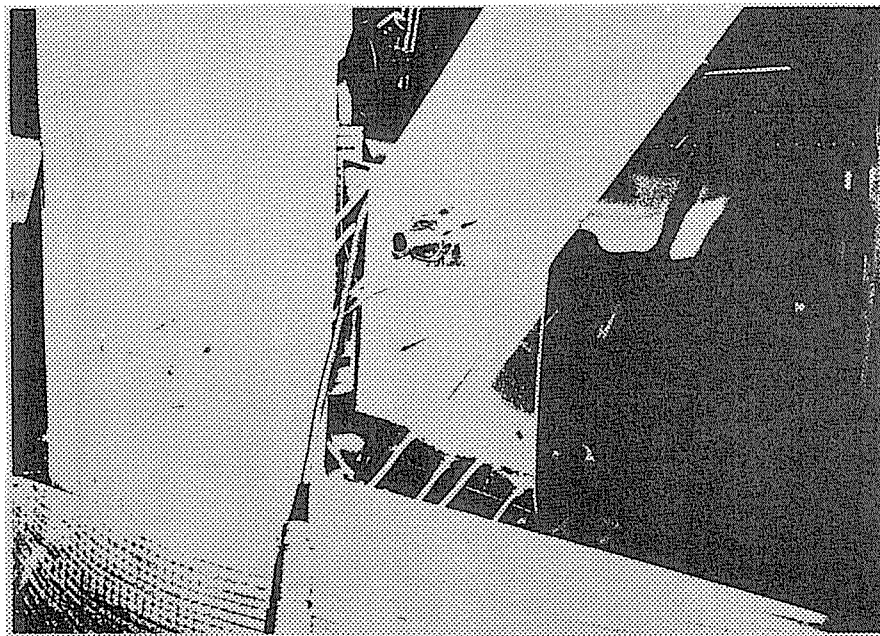


写真 破壊形態6

## 第5章 筋かい壁強度性能評価実験－フリーガゼット接合による3つ割筋かい壁

### 1 試験条件

#### 1-1 試験体

試験体の形状は図1の通りである。樹種はスギとバイマツの2種類、スパンは910mm(1P)と1820mm(2P)の2種類、筋かい接合金物はA(2倍用フリーガゼットFG-B)、B(未定)の2種類である。試験体数は、樹種、スパン、筋かい接合金物の組を1つの条件として、各条件6体ずつの計48体である。載荷方法を、単調載荷、1方向繰返し載荷、正負繰返し載荷の3通りとし、それぞれの載荷方法で2体ずつ試験を行った。

試験体名称は以下のように定めた。

例 AS1M1 金物A、スギ、1P、単調載荷、1体目

ここに、

A	: 金物種類	A, B
S	: 樹種	スギ、バイマツ
1	: 壁幅	910mm、1820mm
M	: 載荷方法	単調載荷(M) 1方向繰返し(C) 正負繰返し(R)
1	: 試験体	1、2

である。

柱・桁・土台には公称105mm角の、筋かいには三つ割(105×30)の材をそれぞれ使用した。試験を行う前に図2のように測定した各部材の断面寸法を表1に示す。これを樹種毎に平均したものが表2である。いずれも公称寸法をほぼ満足している。

#### 1-2 載荷方法

JIS A1414-1973に従い、タイロッドなし無載荷の面内せん断試験を行った。載荷方法は以下の通りである。載荷にはスクリュージャッキ(日本ギヤ工業(株)、容量2.5tonf、ストローク600mm)を用いた。また、電動モータを使って、ストローク速度が一定になるように載荷した。試験体並びに試験装置を水平に置いて載荷を行った。装置は鉄骨でフレームを組み、木造筋かい付フレームをφ12mmのアンカーボルト2本でそれに固定した(写真1、図3)。また、載荷による試験体の構面外変形を防止するため、桁部分をニードルベアリングを介して鉄板で挟み付けた(写真2)。

各条件6体ずつの試験体を3つに分け、単調載荷、1方向繰返し載荷、正負繰返し載荷をそれぞれ2体ずつ行った。繰返し載荷は、1Pの試験体では載荷点の荷重が100kg、200kg、300kgを目安に、2Pの試験体では200kg、400kg、600kgを目安に荷重階を定めて行った。正負繰返し載荷の場合、それぞれの荷重階を2度経験させるように繰返しを行った。ただし、負の載荷で筋かい材の面外座屈で破壊することがないようにしたため、負の荷重はあまり大きくしなかった。また、単調載荷であっても一旦除荷したあと再び載荷した場合もある。

スクリージャッキのストロークにより、載荷点での水平変位が±30cm になるまで変形させることができるので、最大荷重に達して筋かいが破断した後も、見かけの変形角がおおよそ 1/10rad 程度になるまで変形させた。

### 1-3 計測方法

載荷点の荷重は、容量 2tonf(定格出力  $2000 \times 10^4$ )の荷重計を用いて、また、筋かいに生じる引張力は容量 5tonf(定格出力  $2000 \times 10^4$ )の荷重計を用いてそれぞれ計測した。変形は変位計を 13 点設置して計測した(図 3)。

## 2 試験結果

載荷荷重と見かけの変形角の関係を図 3 に示す。見かけの変形角は変位計及び目盛から求めた。最大荷重は試験体によりばらつきが大きい、平均を取ると、AS1 のシリーズは 532.2kg、AS2 では 892.6kg、AM1 では 563.5kg、AM2 では 1037.5kg であった。破壊は AS1M1 を除いて、すべて筋かいと筋かい金物の接合部で、釘やボルトによって引き裂かれる形で起こっている。AS1M1 のみは筋かい中央部の荷重計取り付け部で破壊した。

見かけの変形角が 1/200rad、1/120rad、1/60rad 時の荷重、最大荷重、その時の見かけの変形角、最大変形角、そして筋かいの破断した位置を表 3 に示す。この試験結果から現在わかっていることは、以下のようである。

1. 破壊は筋かいの接合部で起こっている。
2. 最大耐力付近でまず筋かい接合部に割れが生じ、筋かいの軸力が徐々に減ると同時に載荷点の荷重も減少するが、筋かいの軸力がなくなっても、変形の増大と共に載荷荷重のわずかな上昇が見られる。
3. 単調載荷の場合で比較すると、ベイマツの最大耐力はスギの最大耐力より、おおよそ 100kgf 大きい。スパンにより最大耐力を比較すると、スギの場合で 2P が 1P より 300~400kgf 大きい。また最大荷重時の変形角は、スギの 1 方向繰返し載荷で大きくなっている他は、スパンにより同程度であり、樹種による違いは明確でない。
4. スギに限られるが、1 方向繰返しの場合最大耐力が 100kgf 程度上昇した。特にスギの 1P では最大荷重時の変形角も大きくなっている。正負繰返しの場合には単調載荷と比べて最大荷重やその時の変形角が大きくなることはなく寧ろ最大荷重は少し低くなっている。

以下に壁幅による挙動の違いを述べる。ただし繰返し載荷についてはスギの挙動である。

### 2-1 壁幅が 1P の場合

単調載荷の場合、最大荷重に達すると同時に表 3 で示す破断位置で筋かいが割れ、200~300kg 程度の耐力の減少を示す。その後筋かいが完全に外れてしまうまで耐力はほぼ一定であるが、筋かいが外れて柱・梁のみの構造になると再び耐力の向上が見られた。1 方向繰返し載荷の場合、最大荷重を経過後、一旦耐力が減少してから筋かい接合部での破壊が生じる。また、最大荷重は単調載荷の時よりも大きくなっている。正負繰返し載荷の場合、スリップ現象が明確に見られた。また、負の載荷(筋かいに圧縮力がかかる)では、載荷荷重が 200kg を超えると筋かいが座屈して孕みだしてくる。そのため荷重が上がらなくなり、変形だけが進行するようになる。何度か正負の繰返しを行った後

は、1方向繰返し載荷のときと同様、最大荷重から少し下がった荷重のときに筋かい接合部で破壊が生じる。変形を進めた後再度繰返し荷重を作用させると、低い剛性で荷重と変形が進行する。

## 2-2 壁幅が 2P の場合

単調載荷では最大荷重に達するのとほぼ同じに筋かいが割れて、耐力が減少する。その後は荷重と変形角の関係が双曲線状になり、筋かいが外れると再び荷重が上昇してくる。1方向繰返しの場合、幅 1P のものと同様最大荷重から少し荷重が下がったときに筋かいが接合部で割れ、以後は単調載荷と同様の挙動を示す。正負繰返しの場合、負の載荷に対しては筋かいの座屈により変形だけが進むようになる。筋かい接合部での破壊の後、再び繰返し荷重を作用させると、低い剛性で荷重が上昇して、変形が大きくなると 1方向繰返し載荷における筋かい破壊以後の荷重・変形角関係と同様の挙動を示す。

(文責：鈴木祥之)

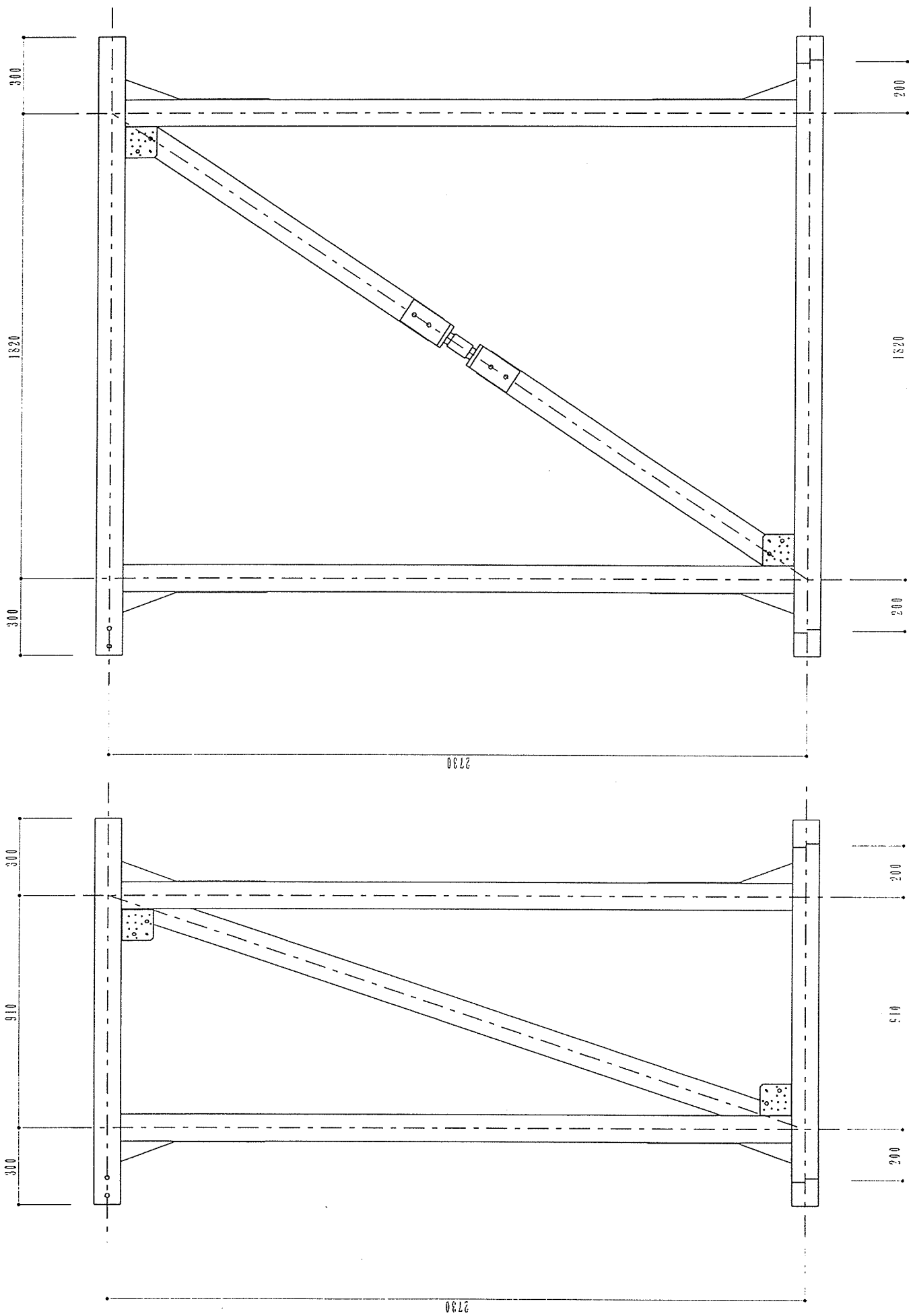


图 1：试验体形状

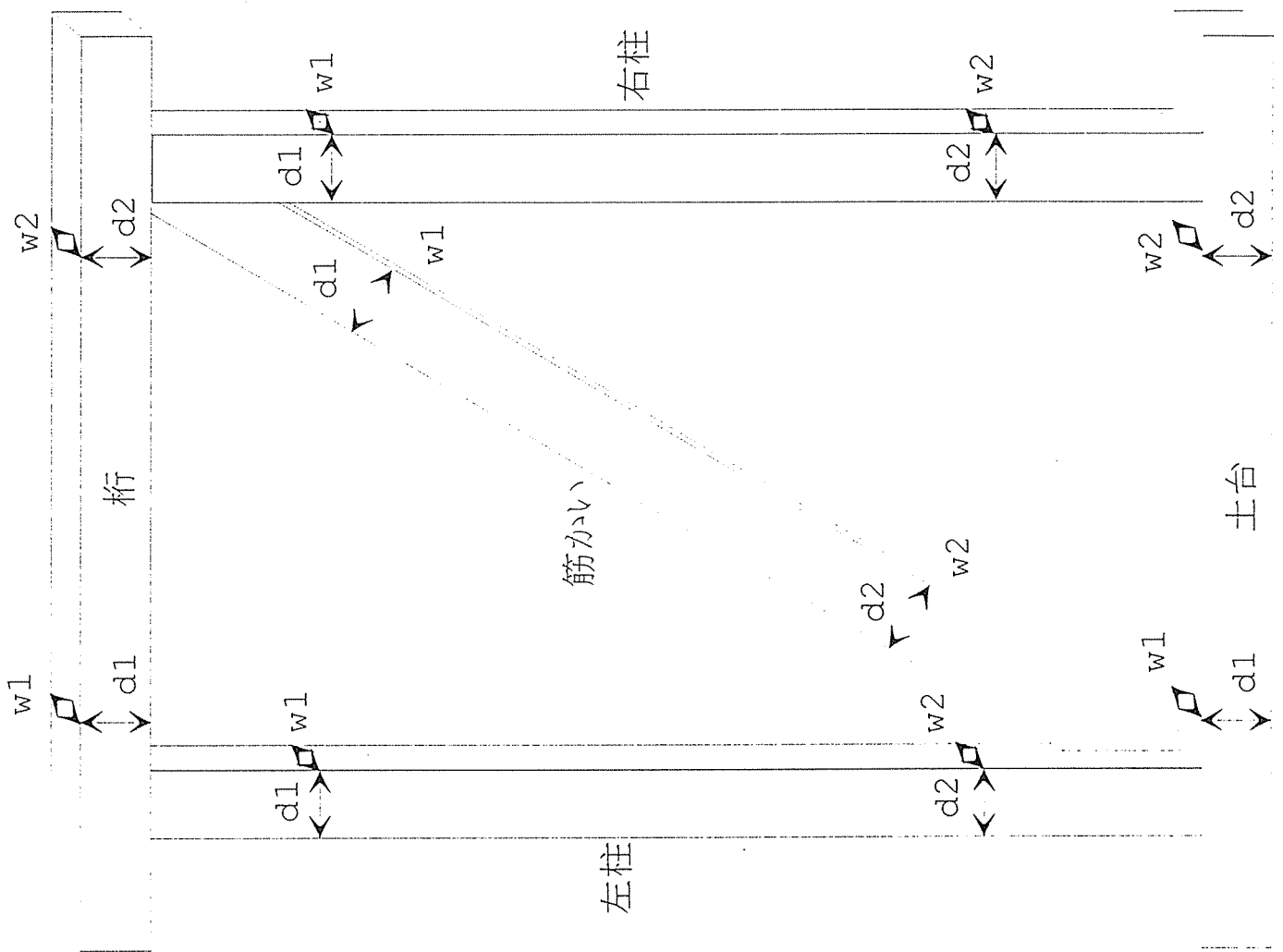


図2：部材の寸法

図に示すようにに各部材の幅(d)と奥行き(w)を部材毎に2ヶ所ずつ計測した。

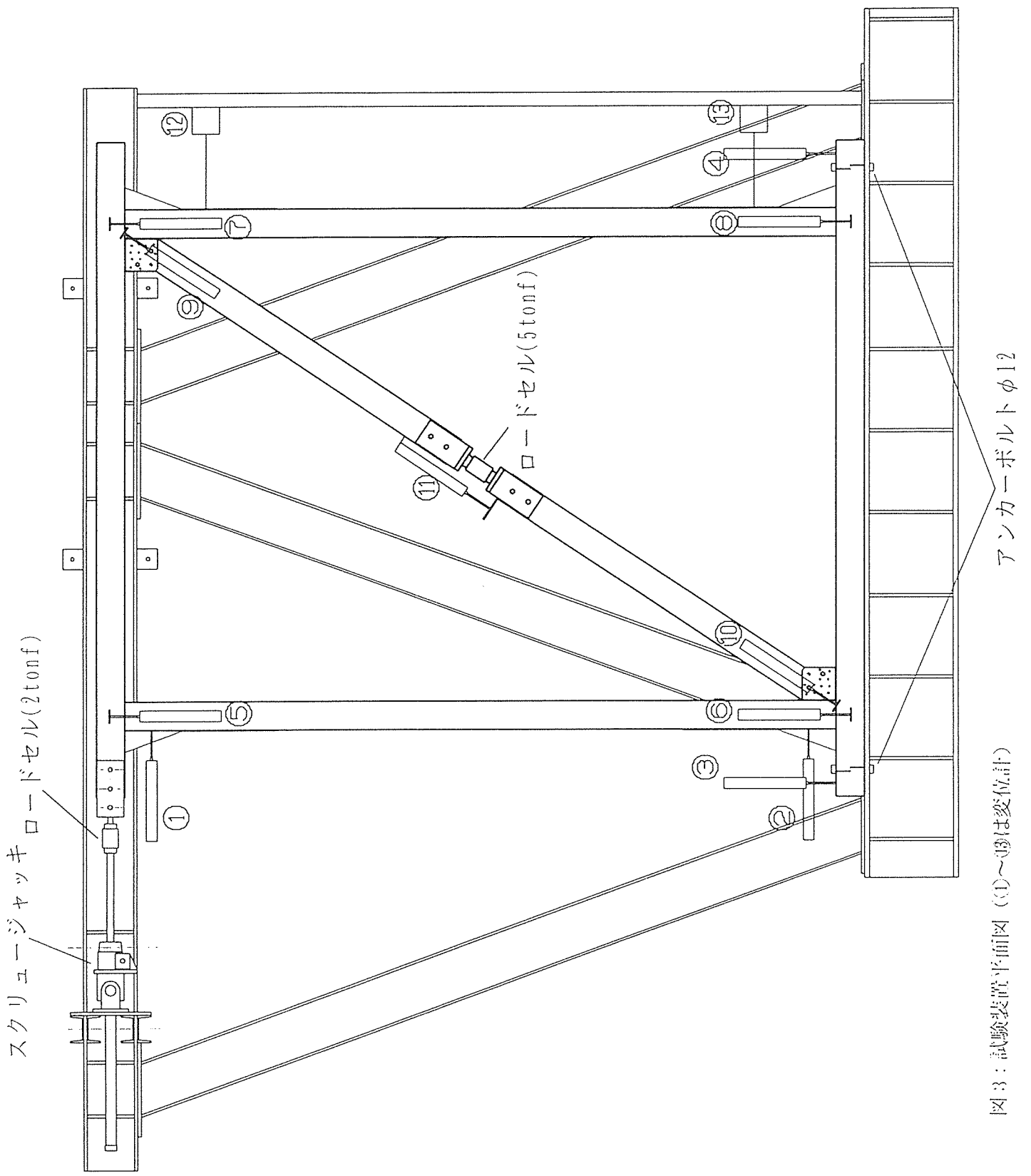
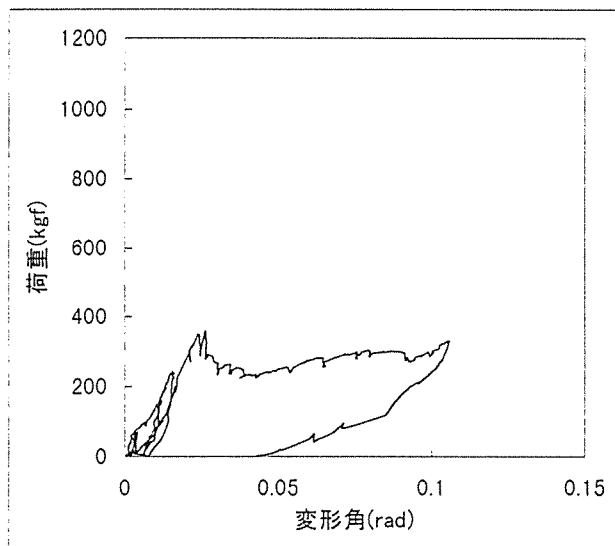
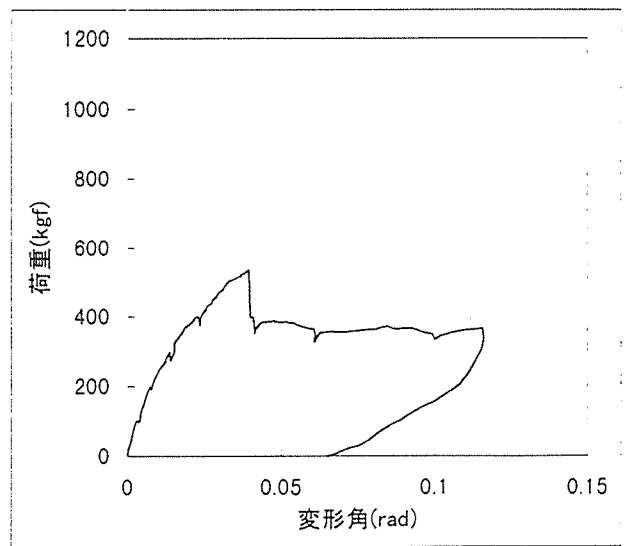


図3：試験装置平面図（①～⑬は変位計）

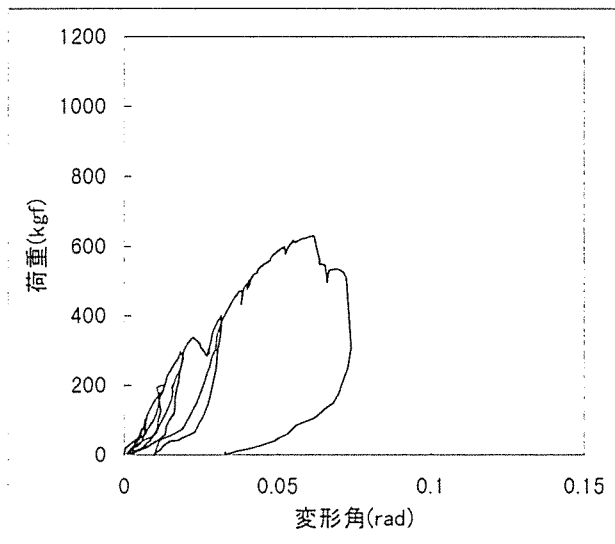




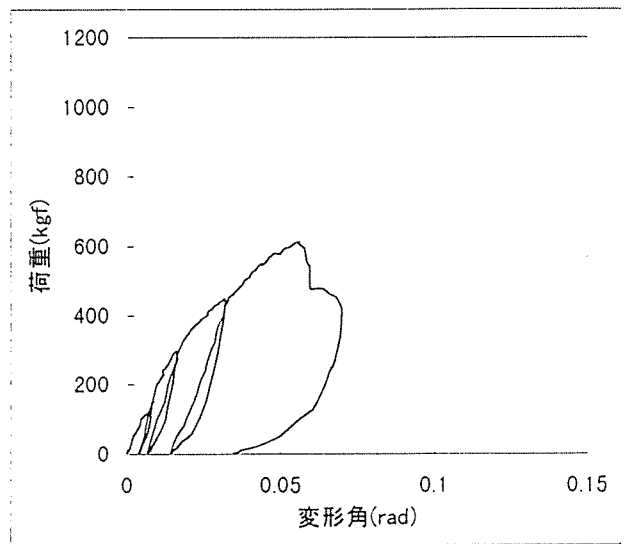
AS1M1



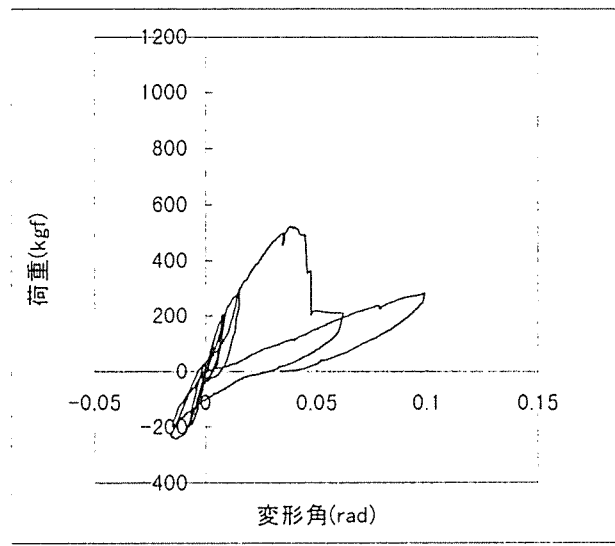
AS1M2



AS1C1



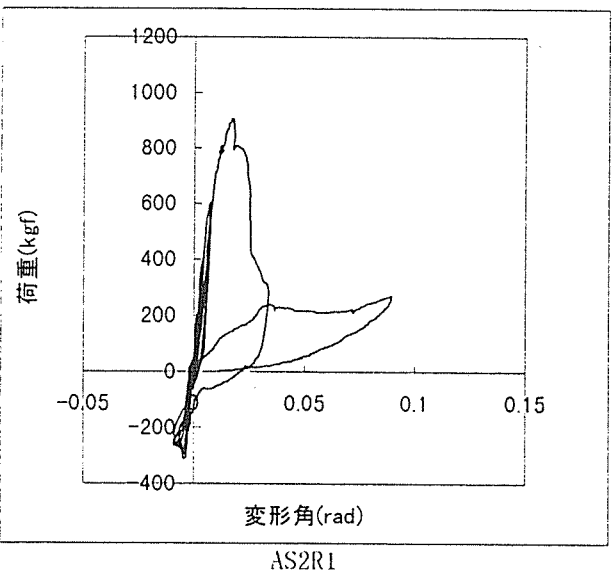
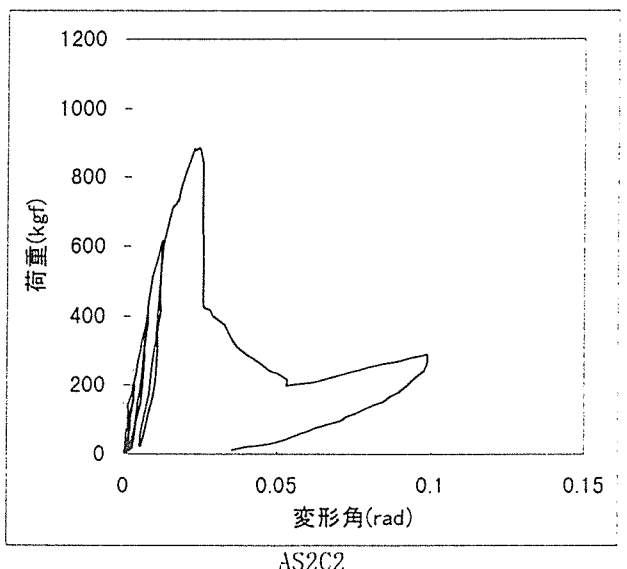
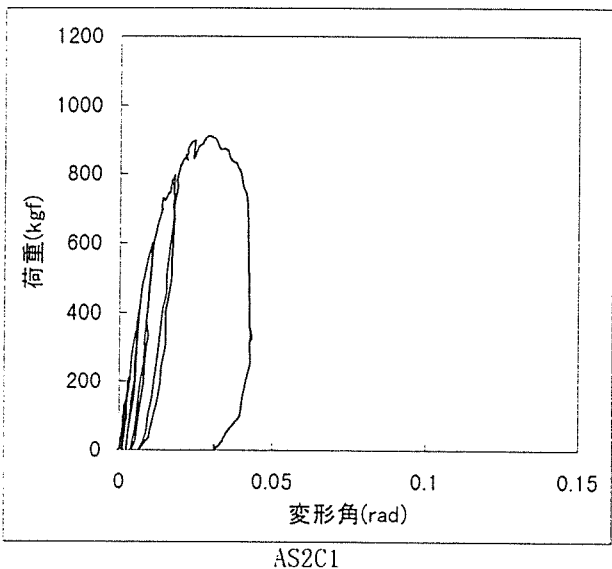
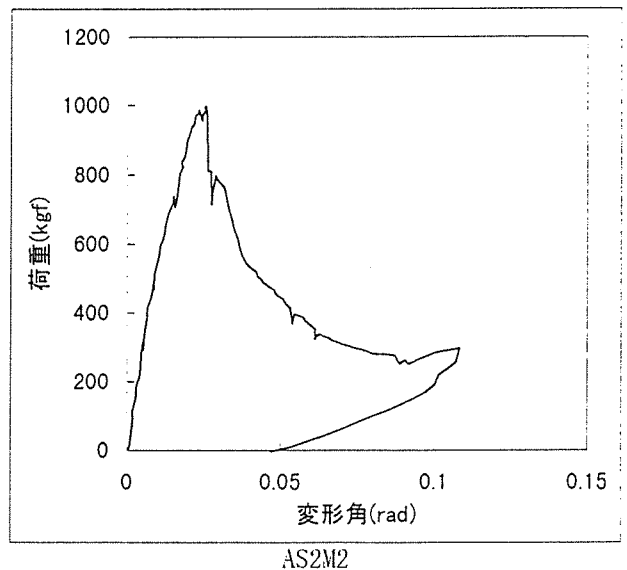
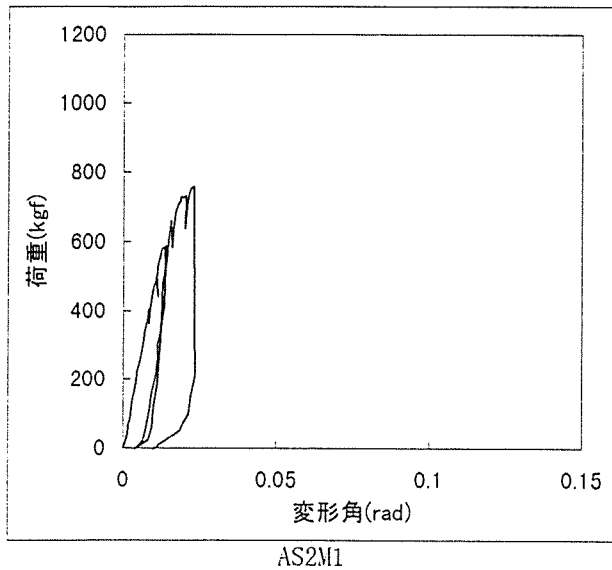
AS1C2



AS1R1

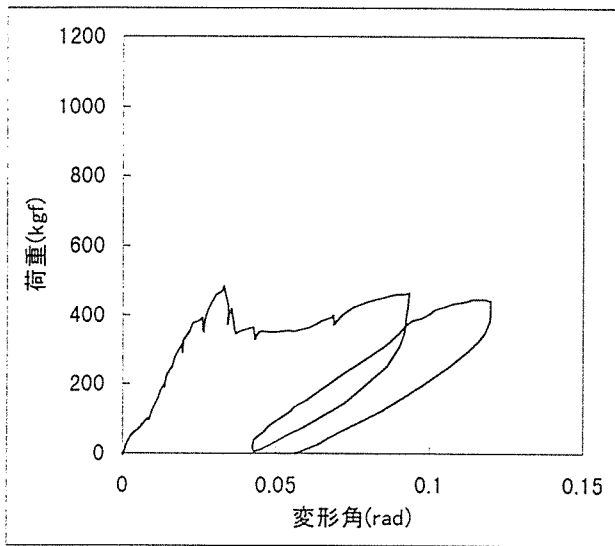
AS1R2

(a) 金物A、スギ、IP  
 図4：荷重と変形角の関係

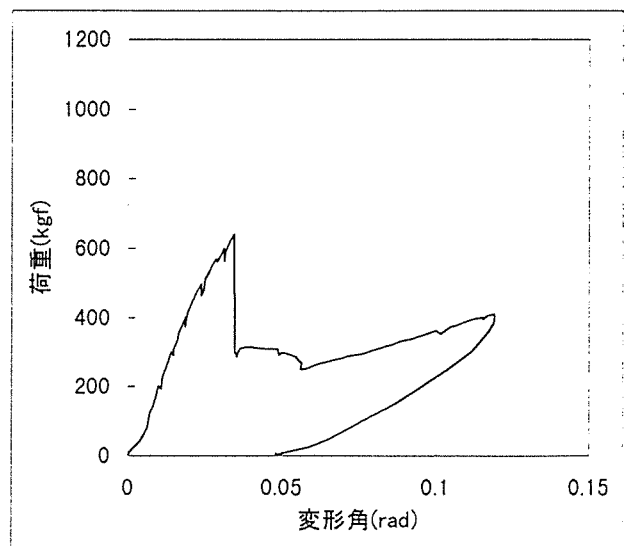


AS2R2

(b) 金物A、スギ、2P  
 図4：荷重と変形角の関係



AM1M1



AM1M2

AM1C1

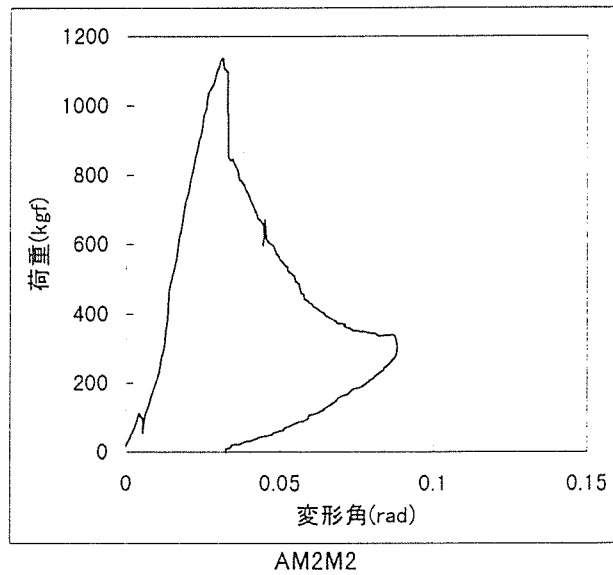
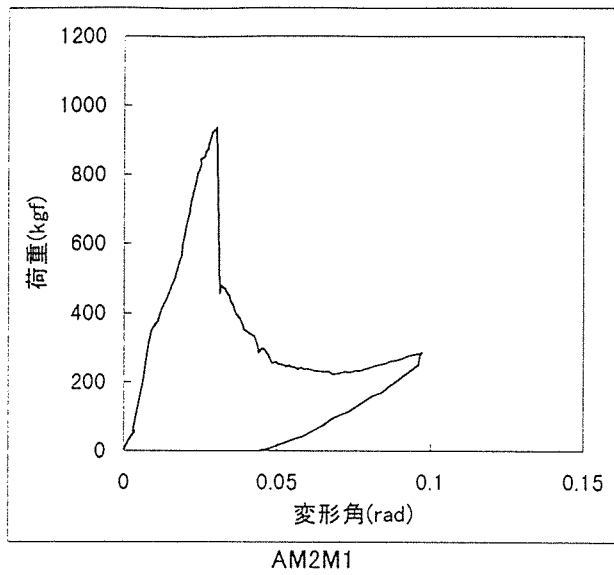
AM1C2

AM1R1

AM1R2

(c) 金物A、ベイマツ、1P

図4：荷重と変形角の関係



AM2C1

AM2C2

AM2R1

AM2R2

(d) 金物A、ベイマツ、2P  
 図4：荷重と変形角の関係

表 1 : 各部材の断面寸法(図2参照)

AS1M1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.83	104.78	105.1	105.22	104.8	105.2
土台	105.1	105.63	104.51	104.76	105.4	104.6
柱左	105.05	104.84	104.5	104.51	104.9	104.5
柱右	105.15	105.2	104.9	104.76	105.2	104.8
筋かい	106.47	107.09	30.31	31.12	106.8	30.7

AS1M2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.48	103.51	104.45	105.04	104.0	104.7
土台	104	105.21	104.91	104.76	104.6	104.8
柱左	104.69	104.94	104.32	104.69	104.8	104.5
柱右	104.68	104.49	104.85	105.09	104.6	105.0
筋かい	107.16	105.97	34.92	30.25	106.6	32.6

AS1C1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.78	104.89	105.01	105.98	104.8	105.5
土台	103.86	104.04	104.68	105.06	104.0	104.9
柱左	104.31	104.48	104.41	104.12	104.4	104.3
柱右	104.63	104.62	105.39	104.74	104.6	105.1
筋かい	106.74	106.56	28.84	30.91	106.7	29.9

AS1C2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.87	104.91	104.36	104.06	104.9	104.2
土台	103.6	103.8	104.83	104.87	103.7	104.9
柱左	104.46	104.71	105.07	104.76	104.6	104.9
柱右	104.65	104.65	104.62	105.07	104.7	104.8
筋かい	107.34	107.54	30.79	29.38	107.4	30.1

AS1R1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.61	104.18	104.26	104.43	104.4	104.3
土台	104.54	104.6	105.25	104.89	104.6	105.1
柱左	104.04	103.92	103.87	103.83	104.0	103.9
柱右	104.62	104.94	104.88	104.86	104.8	104.9
筋かい	107.24	107.79	29.47	29.68	107.5	29.6

AS1R2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AS2M1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.78	104.53	104.93	104.39	104.7	104.7
土台	102.84	102.34	103.92	104.15	102.6	104.0
柱左	104.13	103.97	104.24	104.23	104.1	104.2
柱右	104.5	104.25	104.34	104.61	104.4	104.5
筋かい	106.26	106.52	25.31	29.68	106.4	27.5

AS2M2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.17	104.23	104.43	103.78	104.2	104.1
土台	104.39	104.25	104.26	103.94	104.3	104.1
柱左	104.49	104.3	104.42	104.28	104.4	104.4
柱右	104.09	103.88	104.22	104.05	104.0	104.1
筋かい	105.52	107.91	28.8	28.97	106.7	28.9

AS2C1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.09	103.88	104.69	104.49	104.0	104.6
土台	104.95	104.94	104.61	104.59	104.9	104.6
柱左	103.84	103.88	104.52	104.5	103.9	104.5
柱右	104.03	104.33	104.48	104.21	104.2	104.3
筋かい	106.89	106.33	26.56	30.07	106.6	28.3

AS2C2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.4	104.39	104.85	104.69	104.4	104.8
土台	104.25	103.43	104.66	105.36	103.8	105.0
柱左	104.89	104.55	105.78	104.95	104.7	105.4
柱右	104.65	104.4	105.12	105.12	104.5	105.1
筋かい	106.67	106.29	27.76	25.99	106.5	26.9

AS2R1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.55	104.69	104.12	104.46	104.6	104.3
土台	103.78	103.54	103.91	104.03	103.7	104.0
柱左	103.95	103.82	104.29	104	103.9	104.1
柱右	105.38	104.46	105.99	105.07	104.9	105.5
筋かい	105.48	105.14	29.88	30.47	105.3	30.2

AS2R2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

表 1 : 各部材の断面寸法(つづき)

AM1M1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.7	103.26	103.89	104.52	104.0	104.2
土台	106.33	106.65	103.96	102.54	106.5	103.3
柱左	102.82	102.97	104.79	104.63	102.9	104.7
柱右	104.23	104.34	103.83	103.45	104.3	103.6
筋かい	102.91	103.62	30	30.01	103.3	30.0

AM1M2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.56	104.26	102.38	103.15	104.4	102.8
土台	103.3	102.81	104.55	104.06	103.1	104.3
柱左	104.92	104.86	103.46	103.03	104.9	103.2
柱右	102.51	103.19	103.14	103.17	102.9	103.2
筋かい	103.76	103.24	30.46	29.66	103.5	30.1

AM1C1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM1C2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM1R1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM1R2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM2M1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	102.48	104.36	106.68	106.13	103.4	106.4
土台	103.61	103.85	106.31	106.06	103.7	106.2
柱左	105.19	104.5	103.66	104.5	104.8	104.1
柱右	104.33	104.28	106.21	104.66	104.3	105.4
筋かい	104.05	103.55	29.67	29.79	103.8	29.7

AM2M2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	106.11	104.04	104.03	103.82	105.1	103.9
土台	102.75	103.07	102.69	103.68	102.9	103.2
柱左	105.07	105.23	104.81	104.37	105.2	104.6
柱右	104.4	104.42	103.28	103.78	104.4	103.5
筋かい	103.25	103.21	29.97	29.9	103.2	29.9

AM2C1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM2C2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM2R1	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

AM2R2	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁						
土台						
柱左						
柱右						
筋かい						

表 2 : 実験を行った全試験体寸法の平均値

スギ	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	104.56	104.40	104.62	104.65	104.5	104.6
土台	104.13	104.18	104.55	104.64	104.2	104.6
柱左	104.39	104.34	104.54	104.39	104.4	104.5
柱右	104.64	104.52	104.88	104.76	104.6	104.8
筋かい	106.58	106.71	29.26	29.65	106.6	29.5

ベイマツ	d 1	d 2	w 1	w 2	d	w
桁	105.37	103.90	103.58	103.83	104.6	103.7
土台	103.78	103.90	103.47	103.49	103.8	103.5
柱左	104.47	104.57	104.47	104.10	104.5	104.3
柱右	103.89	104.09	103.38	103.55	104.0	103.5
筋かい	103.29	103.32	30.10	29.87	103.3	30.0

表 3 : 主要変形角時の荷重

試験体	P(1/200)	P(1/120)	P(1/60)	Pmax	$\gamma$ (Pmax)	$\gamma_{max}$	破断位置
AS1M1	84.44	113.42	186.00	360.00	0.026173	0.105679	中央
AS1M2	140.63	207.50	339.36	537.00	0.039506	0.115802	下
AS1C1	64.06	128.25	267.86	629.00	0.060741	0.073827	下
AS1C2	104.50	146.29	292.00	613.00	0.056049	0.069877	下
AS1R1	147.50	202.00	315.50	522.00	0.038025	0.098765	上
AS1R2							
AS2M1	238.81	372.75	658.00	760.00	0.022963	0.023457	上
AS2M2	319.17	468.75	770.17	998.00	0.025432	0.108148	上
AS2C1	335.92	516.60	768.00	911.00	0.028642	0.04321	上
AS2C2	274.50	446.33	720.30	886.00	0.024444	0.098765	下
AS2R1	474.00	621.25	894.00	908.00	0.016543	0.089383	上
AS2R2							
AM1M1	71.27	105.00	267.25	487.00	0.03284	0.119753	下
AM1M2	58.58	145.80	357.75	640.00	0.034568	0.119012	下
AM1C1							
AM1C2							
AM1R1							
AM1R2							
AM2M1	151.19	324.75	500.44	938.00	0.030123	0.097037	下
AM2M2	93.56	169.08	582.00	1137.00	0.030864	0.088148	下
AM2C1							
AM2C2							
AM2R1							
AM2R2							

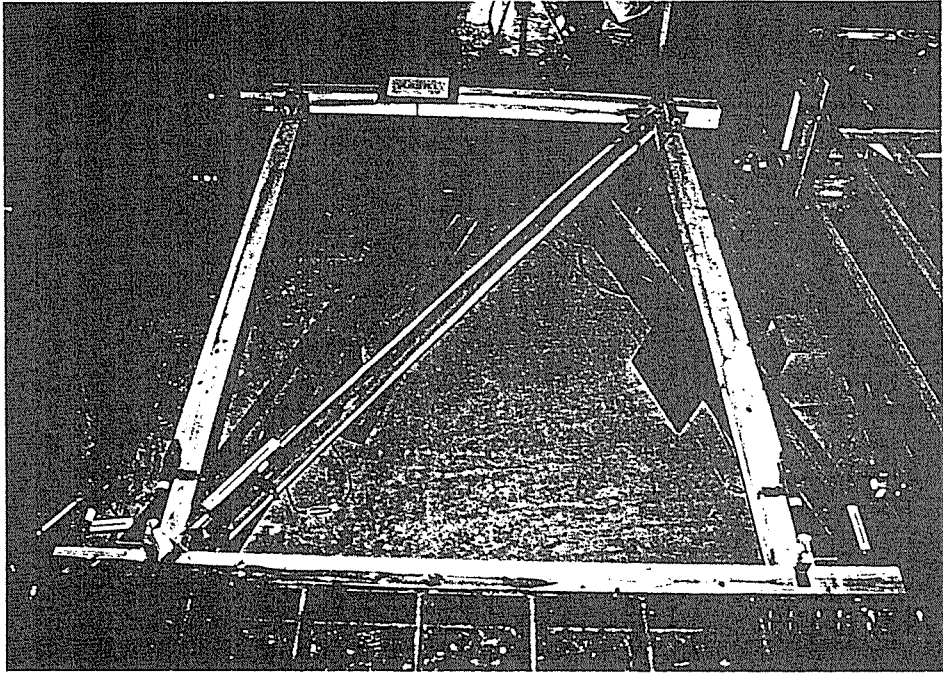


写真 1 : 試験装置全景

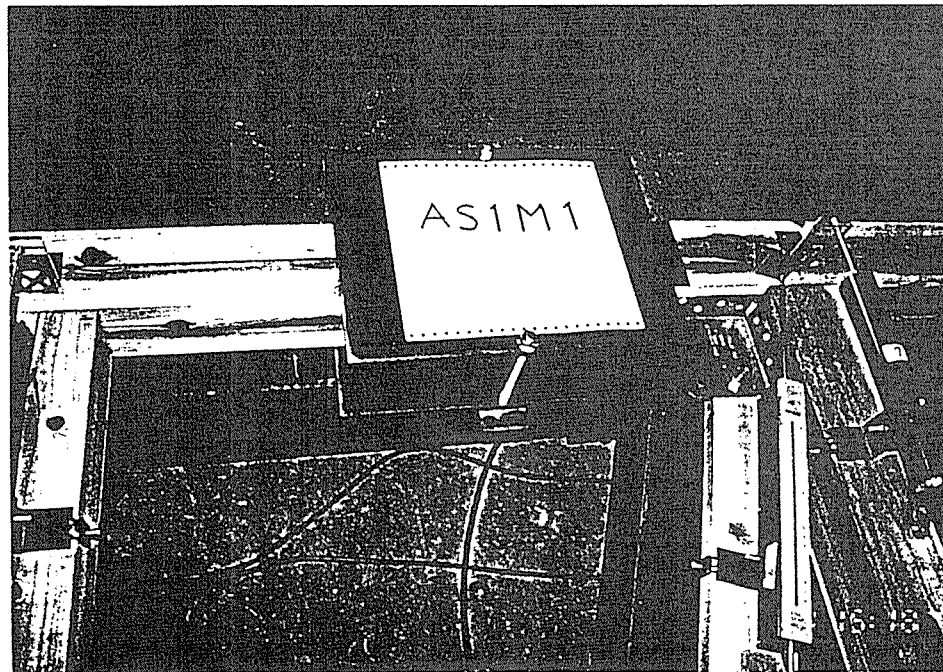


写真 2 : 桁部分を鉄板で挟み付けて試験体の構面外変形を防止



## 第6章 柱脚金物強度性能評価実験－プレート釘止め式かど金物による接合

### 1. はじめに

在来軸組構法による木造住宅の構造設計を進める上では、耐力壁回りの柱と土台及び横架材との接合部の剛性、許容耐力のデータが必要となる。現在、柱脚部についても各種接合金物が開発されており、強度性能に関する体系的なデータ収集及び評価方法の確立が求められている。

本報告書では、釘止めによるプレート式の柱脚金物を用いた柱－土台接合部の引張せん断試験を行い、剛性、耐力ならびに粘りについての評価を行った。また、土台の支持間距離の破壊形態及び変形性能に及ぼす影響について検討した。

### 2. 試験方法

#### 2-1 供試金物

供試金物としてはプレート式で、表面から釘止めし、接合するタイプの柱脚金物を3種類用いた。

これらの金物は、柱と横架材との接合面に位置決め線を合わせプレートの端のツメで仮止めを行い、釘打ちを行えるので施工しやすいというメリットがある。

強度性能の面では、釘を数本用いるため、初期剛性が良好であり、安定した耐力が期待される。しかし、横架材に打たれた釘は、材を引き裂く方向に力が働くので、割裂による脆性破壊についての検討が必要である。

各金物の名称及び仕様について表1に示す。一面せん断耐力は木質構造設計基準による計算値である。釘は、各金物ごとに指定された種類の釘を用いた。

また、金物の形状寸法及び取付方法を図1に示す。今回の実験では、引張せん断試験を行う場合の偏心を避けるために、部材の両側から2枚のプレートを打ち付けて試験体を作製した。

表1 供試接合金物の仕様

金物名称	クギ				金物1個当り クギ本数	メーカー
	種類・記号	径 (mm)	一面せん断耐力 (短期, kgf/本)			
			スギ	ベイマツ		
エースプレート	リングネイル FRN75	4.4	91.3	116.4	6 (柱3, 土台3)	カネシン
トライプレート	スクリークギ SN75	3.8	70.1	89.4	6 (柱3, 土台3)	カナイ
Yプレート	太めくぎ ZN90	4.0	76.9	98.0	9 (柱4, 土台5)	タナカスチール

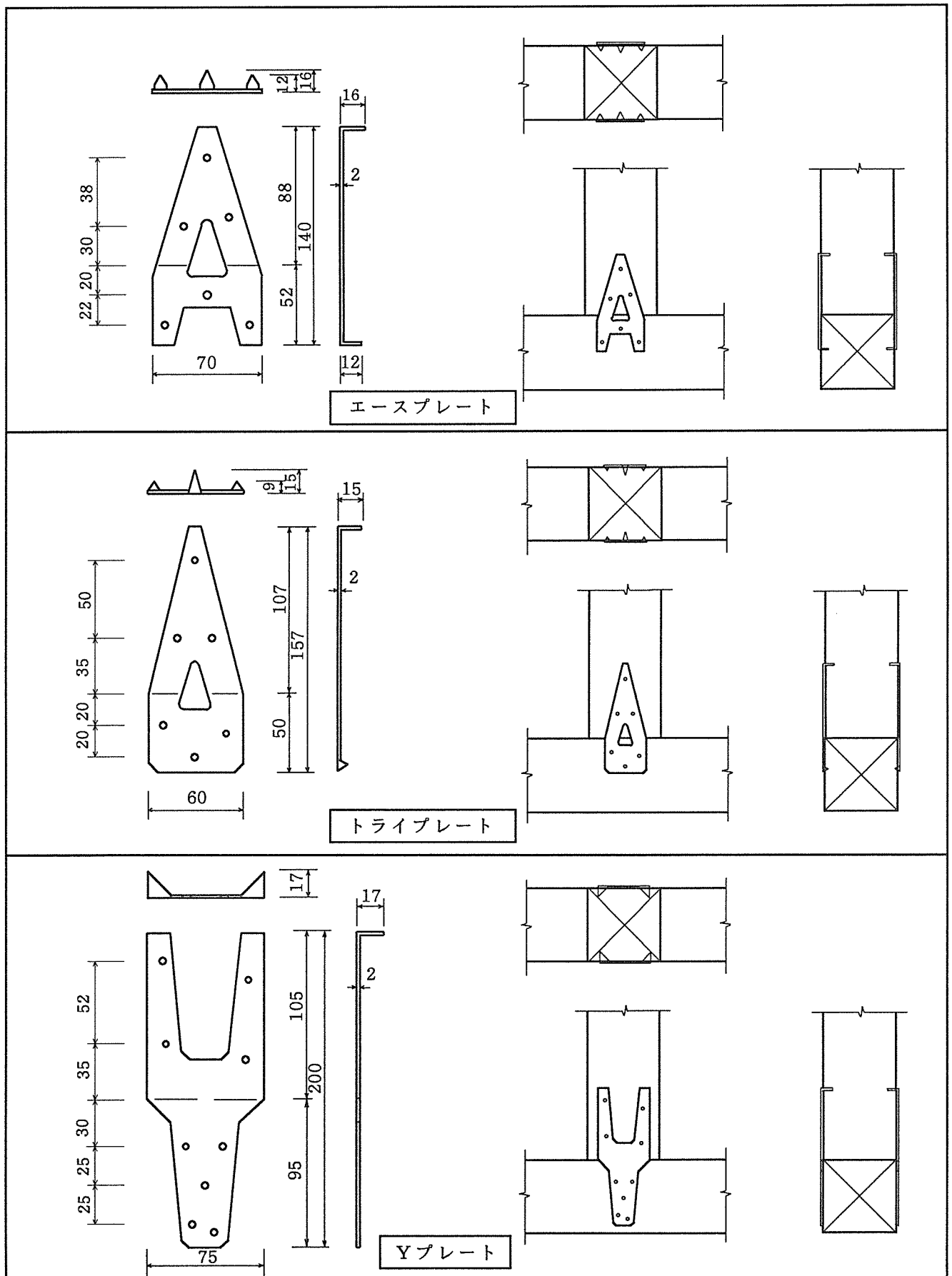


図1 供試金物及び取り付け方法 (mm)

## 2-2 供試材料

柱及び土台の材料として、スギ及びベイマツの105mm正角材を用いた。スギは芯持ち材を用い、ベイマツは芯持ち、板目、柾目、追い柾の各木取りの材を各条件ごと均等に用いた。

含水率25%程度の部材で試験体を作成し、約1カ月間、室内に放置した後、試験を行った。

表2に供試材の含水率及び比重を示す。含水率及び比重は、試験終了後、試験体の接合部近傍から切断し測定した。

表2 供試材の含水率及び比重（平均値）

① 支持間距離  $L_1 = 400\text{mm}$

金物種類	スギ				ベイマツ			
	含水率(%)		比重		含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台	柱	土台	柱	土台
エースプレート	17.8	14.8	0.37	0.36	14.3	14.7	0.45	0.49
トライプレート	17.1	14.9	0.36	0.36	14.5	14.7	0.44	0.48
Y7プレート	16.5	14.4	0.36	0.36	14.2	14.5	0.43	0.47

② 支持間距離  $L_1 = 800\text{mm}$

金物種類	スギ				ベイマツ			
	含水率(%)		比重		含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台	柱	土台	柱	土台
エースプレート	15.5	15.8	0.38	0.37	13.6	14.1	0.45	0.47
トライプレート	15.7	16.4	0.38	0.37	14.0	14.6	0.45	0.47
Y7プレート	15.6	17.5	0.36	0.39	13.6	14.3	0.43	0.49

## 2-3 引張せん断試験方法

柱脚金物接合部の引張せん断試験方法の概要を表3に示す。

試験体の形状寸法を図2に示す。土台支持間距離の影響を検討するために、土台長さを600mm、800mmで支持間距離を400mm、800mmの2条件とし、各条件ごとに6体の合計72体の試験体を用いた。接合部は短ほぞ（30mm×50mm、深さ50mm）の仕口加工を行った。

試験方法について図1及び写真1に示す。土台を支持用の治具で固定し、柱を引張用治具で上向きの鉛直荷重を加えた。変位は柱と土台との相対変位について、柱の両側面に取り付けた変位計を用いて測定した。

表3 引張せん断試験方法の概要

試験機	実大強度試験機(島津製作所UH-25A) 容量 200KN, フルスケール 50KN	油圧式圧縮引張両用型 引張試験用治具使用
加力方法	荷重速度1.5mm/min	5体; 単調増加方式, 1体; 1方向繰返し加力
荷重測定	油圧シリンダー圧力センサー	試験機アンプアナログ出力をAD変換器によりパソコンで記録
変位測定	ひずみゲージ式変位変換器 測定範囲 50mm, 出力 100 $\mu$ /mm	変位計を動ひずみ測定器に接続し, アナログ出力をAD変換器によりパソコンで記録

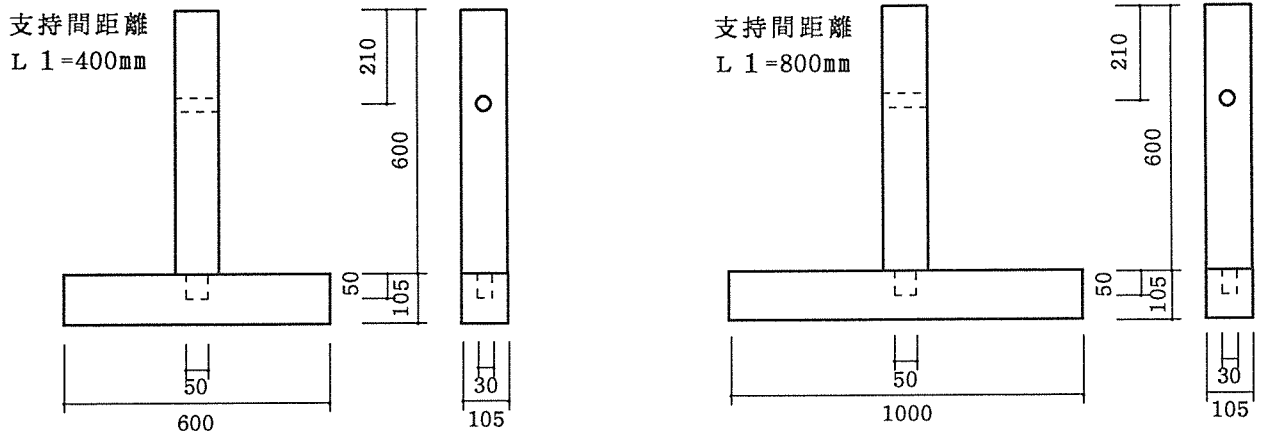


図2 引張せん断試験体 (mm)

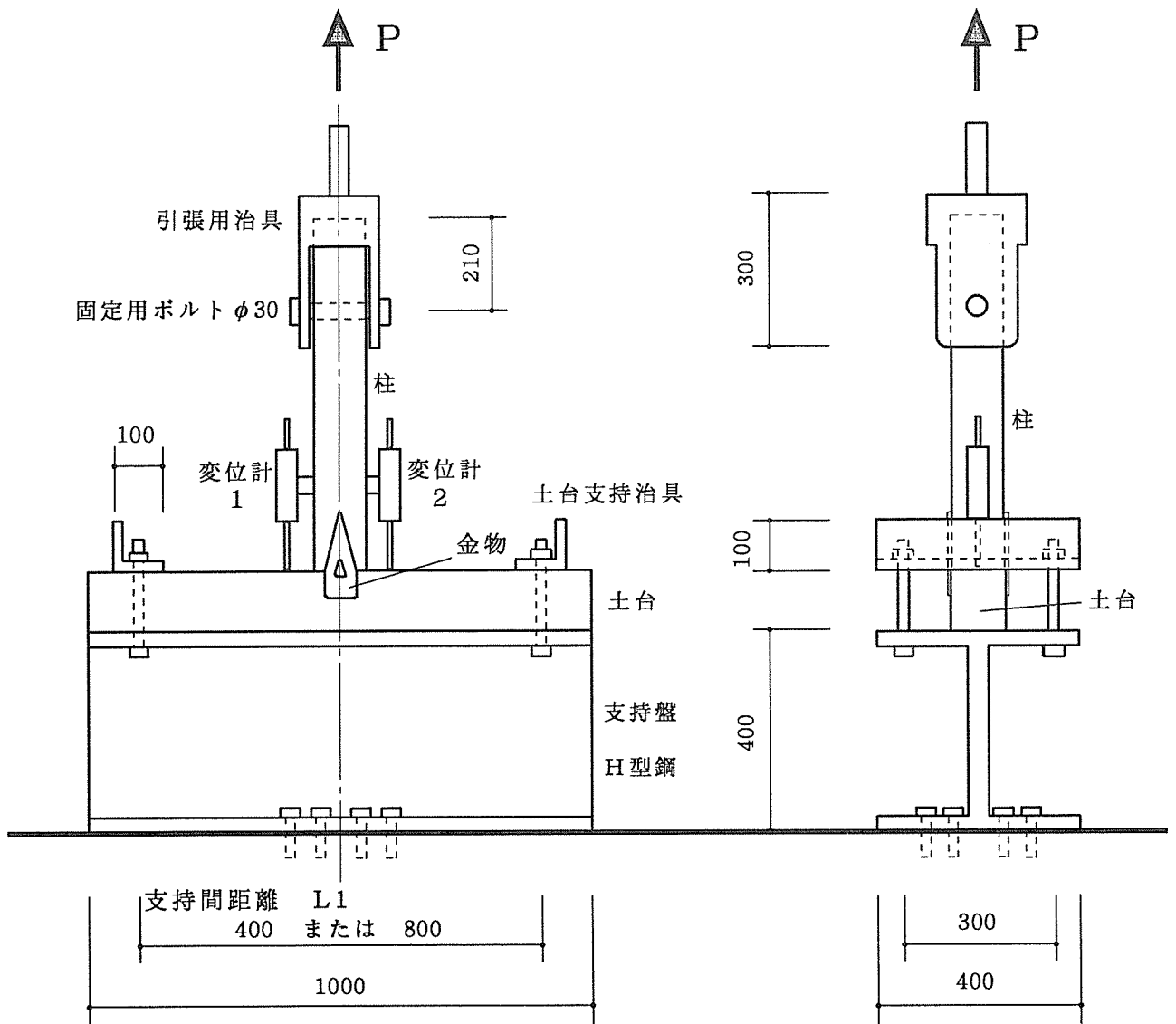
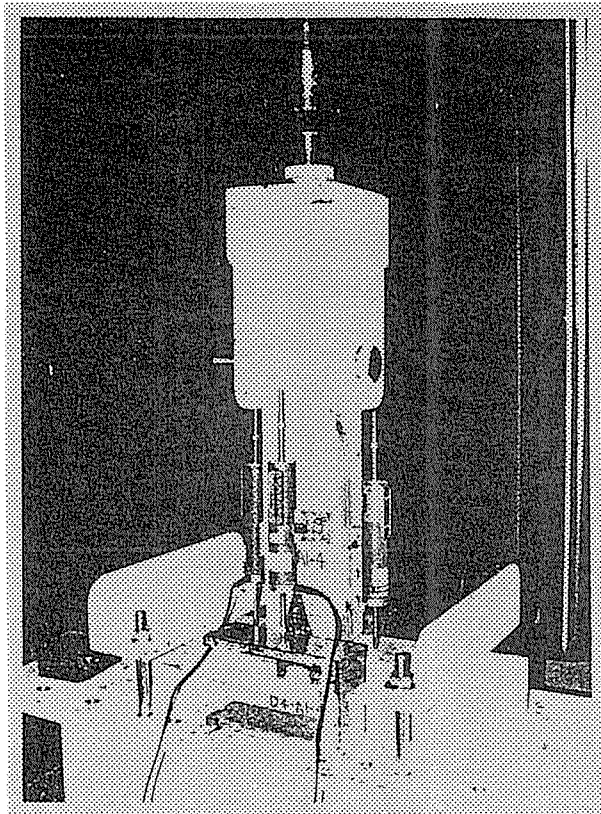
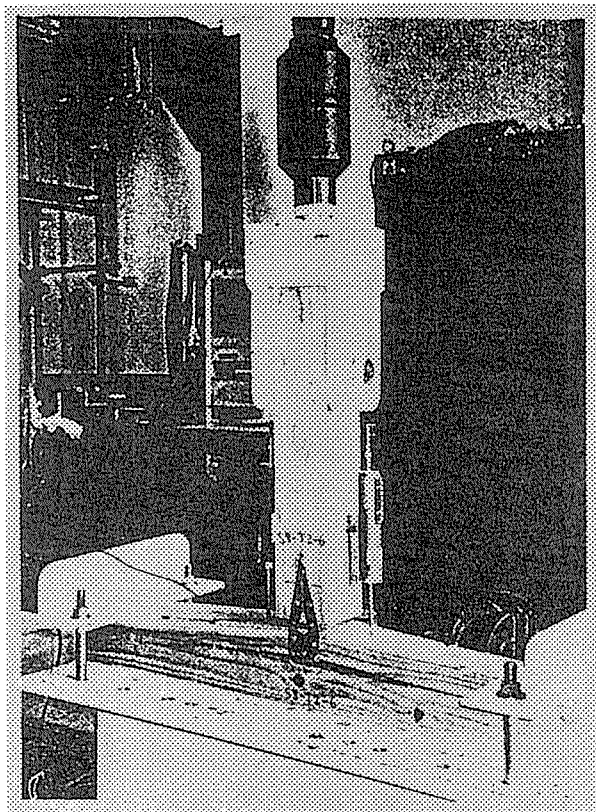


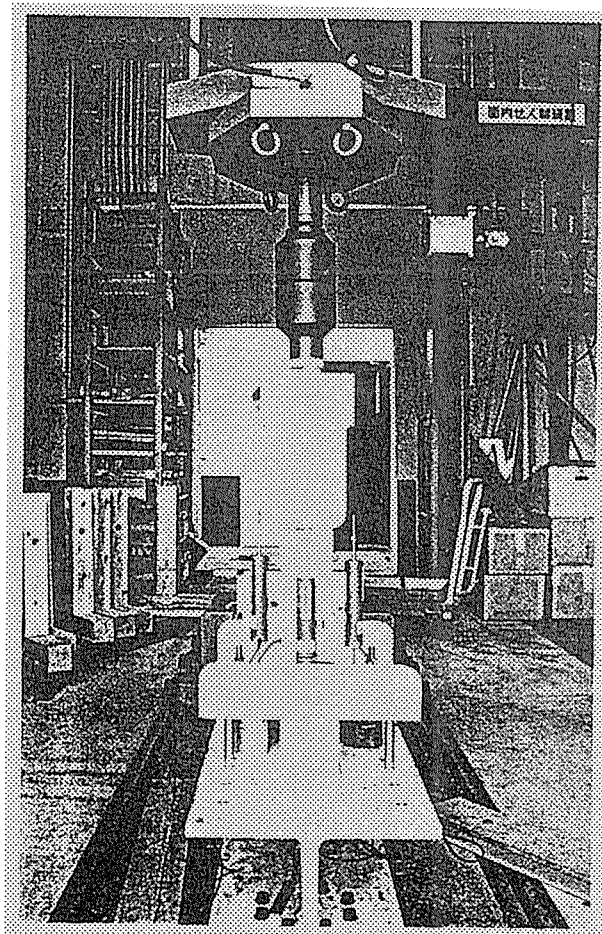
図3 柱脚金物の引張せん断試験方法 (mm)



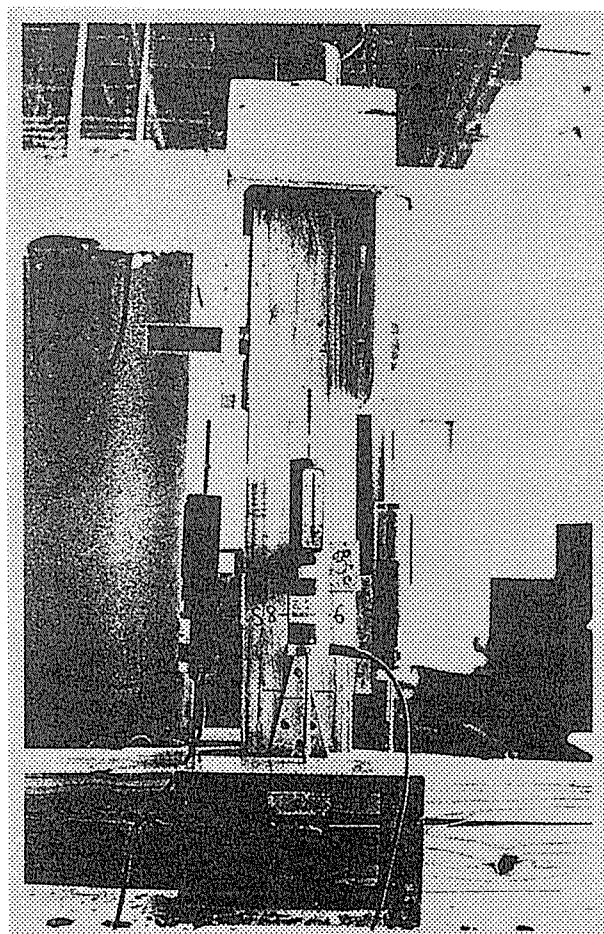
①支持間距離  $L_1=400\text{mm}$



②支持間距離  $L_1=800\text{mm}$



③引張用治具取り付け方法



④変位計取り付け方法

写真1 引張せん断試験方法

### 3. 試験結果

#### 3-1 荷重及び変位

相対変位一定時における各荷重測定値，最大荷重ならびに最大荷重時の変位を表4に示す。ここで，変位は柱と土台の相対変位の平均値である。

最大荷重は，Yプレートが高い値を示しているが，これはプレート一個当たり釘数（エースプレート及びトライプレート6本，Yプレート9本）の影響が考えられる。トライプレートは相対変位2mmまでの初期においてはエースプレートと差が認められないが，最大荷重では低い値を示している。この原因は，トライプレートに用いる釘径が3.8mmであることが考えられる（エースプレート4.4mm）。土台支持間距離については耐力の絶対値では差が認められなかった。

最大荷重 $P_{max}$ の1/2及び2/3の荷重 $P_{1/2}$ ， $P_{2/3}$ における相対変位 $S_{1/2}$ ， $S_{2/3}$ 及び剛性 $K_{1/2}$ ， $K_{2/3}$ を表5に示す。また，引張せん断試験で最大荷重を過ぎて，荷重が低下していく段階において，荷重が最大荷重 $P_{max}$ の4/5に低下したときの荷重 $P_{4/5}$ ，変位 $S_{P4/5}$ を表5に示す。接合部の粘りについての評価を行うために，この $S_{P4/5}$ と $S_{1/2}$ 及び $S_{2/3}$ とで変形の比を算出し，表5に示す。

荷重 $P_{1/2}$ における剛性 $K_{1/2}$ は，エースプレートがやや低い値である。また，荷重 $P_{4/5}$ 低下時の変位 $S_{P4/5}$ 及び変形比もエースプレートがやや小さい。これは，爪が大きく，2個とも釘と接近しているため，割裂が早い時期に生じやすくなるなどの原因が考えられる。

荷重 $P_{4/5}$ 時の変位 $S_{P4/5}$ は，支持間距離が400mmから800mmになると低下する傾向が見られた。

荷重－相対変位関係を図4及び図5に示す。また，一方向繰り返し加力で行った試験体について，図6及び図7に示す。

表4及び表5の値は，各条件における6体の平均値である。（個別データ及び変動係数については付表参照）

表4 相対変位一定時荷重及び最大荷重（金物1個当たり，平均値）

①支持間距離  $L_1 = 400\text{mm}$

金物種類	スギ					ベイマツ				
	変位一定時荷重(kgf)			最大荷重		変位一定時荷重(kgf)			最大荷重	
	1mm	2mm	4mm	荷重(kgf)	変位(mm)	1mm	2mm	4mm	荷重(kgf)	変位(mm)
エースプレート	362	561	810	1056	10.74	380	661	971	1263	11.89
トライプレート	428	588	730	873	10.09	409	588	785	1023	10.46
Yプレート	539	737	985	1187	8.62	506	729	1014	1452	12.45

②支持間距離  $L_1 = 800\text{mm}$

金物種類	スギ					ベイマツ				
	変位一定時荷重(kgf)			最大荷重		変位一定時荷重(kgf)			最大荷重	
	1mm	2mm	4mm	荷重(kgf)	変位(mm)	1mm	2mm	4mm	荷重(kgf)	変位(mm)
エースプレート	370	578	832	1071	8.70	391	646	942	1235	8.16
トライプレート	395	549	694	916	10.73	431	623	843	1117	9.89
Yプレート	494	706	960	1237	11.77	548	783	1098	1485	12.06

表5 剛性及び変形比（金物1個当たり，平均値）

①-1 支持間距離  $L_1 = 400\text{mm}$  スギ

金物種類	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性(kgf/mm)		変形比	
	荷重 $P_{1/2}$ (kgf)	変位① $S_{1/2}$ (mm)	荷重 $P_{2/3}$ (kgf)	変位② $S_{2/3}$ (mm)	荷重 $P_{4/5}$ (kgf)	変位③ $S_{4/5}$ (mm)	1/2Pm /① $K_{1/2}$	2/3Pm /② $K_{2/3}$	③/①	③/②
エースプレート	528	1.81	704	2.95	845	16.87	292	241	9.2	5.7
トライプレート	436	1.04	582	1.95	698	14.58	430	309	14.6	7.9
Y7プレート	594	1.24	791	2.33	950	18.15	487	346	14.5	7.8

①-2 支持間距離  $L_1 = 400\text{mm}$  バイマツ

金物種類	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性(kgf/mm)		変形比	
	荷重 $P_{1/2}$ (kgf)	変位① $S_{1/2}$ (mm)	荷重 $P_{2/3}$ (kgf)	変位② $S_{2/3}$ (mm)	荷重 $P_{4/5}$ (kgf)	変位③ $S_{4/5}$ (mm)	1/2Pm /① $K_{1/2}$	2/3Pm /② $K_{2/3}$	③/①	③/②
エースプレート	631	1.88	842	3.01	1010	19.45	343	286	10.4	6.5
トライプレート	511	1.39	682	2.74	818	23.55	343	253	11.9	6.6
Y7プレート	726	2.01	968	3.70	1162	23.55	371	271	11.8	6.5

②-1 支持間距離  $L_1 = 800\text{mm}$  スギ

金物種類	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性(kgf/mm)		変形比	
	荷重 $P_{1/2}$ (kgf)	変位① $S_{1/2}$ (mm)	荷重 $P_{2/3}$ (kgf)	変位② $S_{2/3}$ (mm)	荷重 $P_{4/5}$ (kgf)	変位③ $S_{4/5}$ (mm)	1/2Pm /① $K_{1/2}$	2/3Pm /② $K_{2/3}$	③/①	③/②
エースプレート	536	1.77	714	2.81	857	11.17	306	256	6.3	4.0
トライプレート	458	1.35	611	2.76	733	15.39	356	242	11.4	5.6
Y7プレート	619	1.51	825	2.78	990	19.96	413	300	13.2	7.2

②-2 支持間距離  $L_1 = 800\text{mm}$  バイマツ

金物種類	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性(kgf/mm)		変形比	
	荷重 $P_{1/2}$ (kgf)	変位① $S_{1/2}$ (mm)	荷重 $P_{2/3}$ (kgf)	変位② $S_{2/3}$ (mm)	荷重 $P_{4/5}$ (kgf)	変位③ $S_{4/5}$ (mm)	1/2Pm /① $K_{1/2}$	2/3Pm /② $K_{2/3}$	③/①	③/②
エースプレート	617	1.92	823	3.02	988	9.89	337	285	5.3	3.3
トライプレート	558	1.64	744	2.84	893	13.37	352	269	8.6	4.9
Y7プレート	743	1.79	990	3.17	1188	19.24	420	315	11.0	6.2

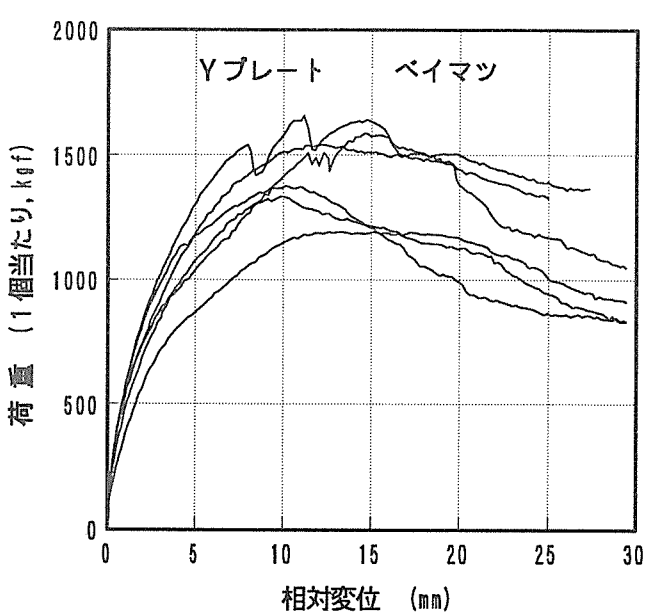
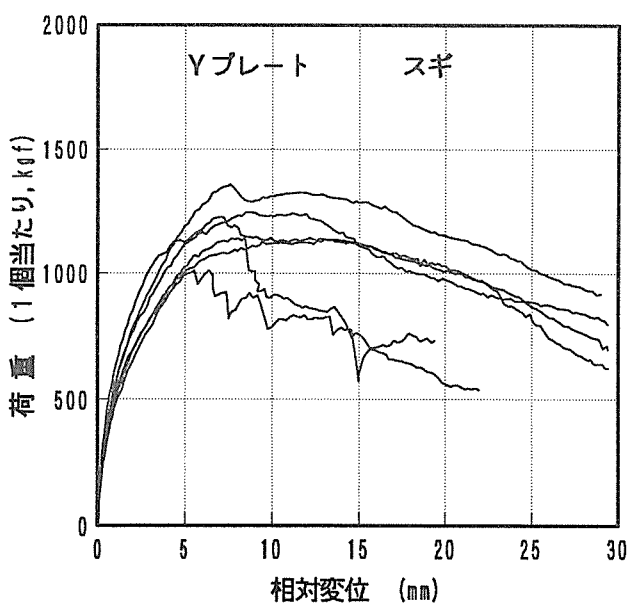
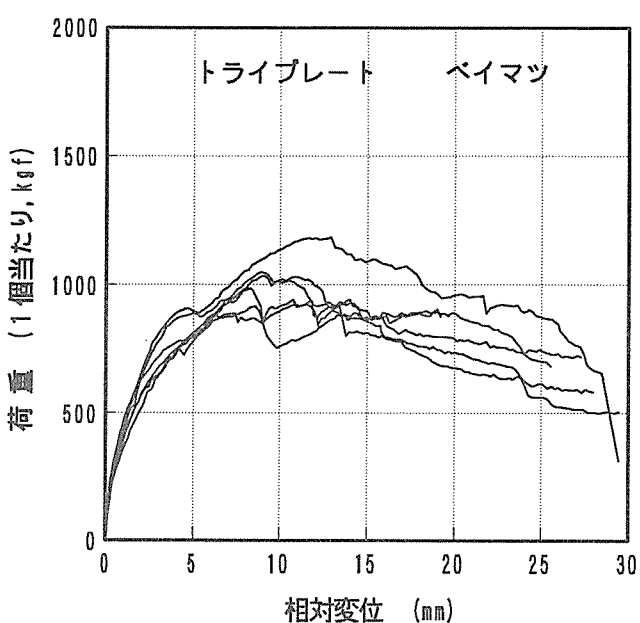
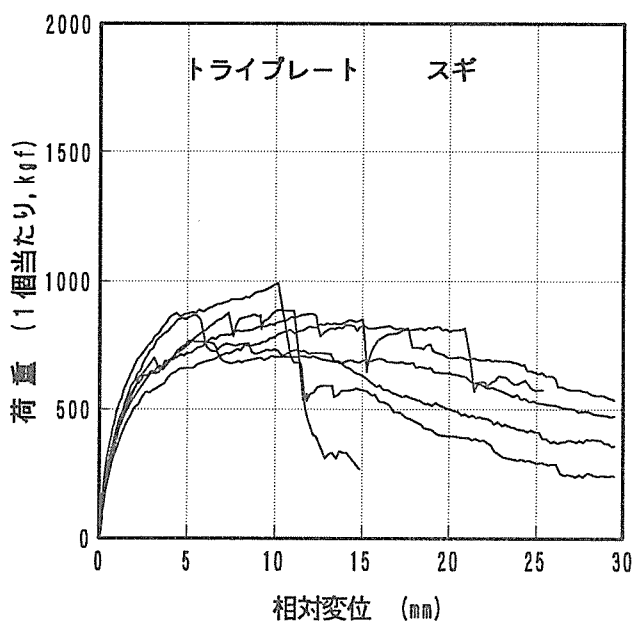
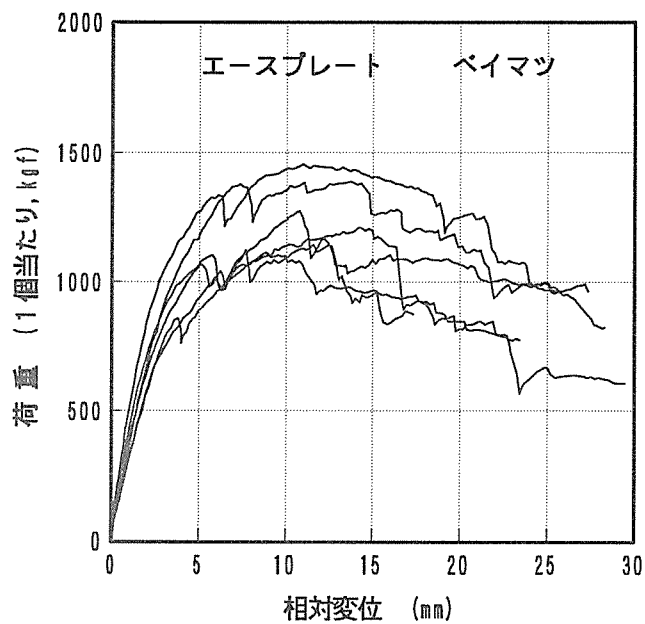
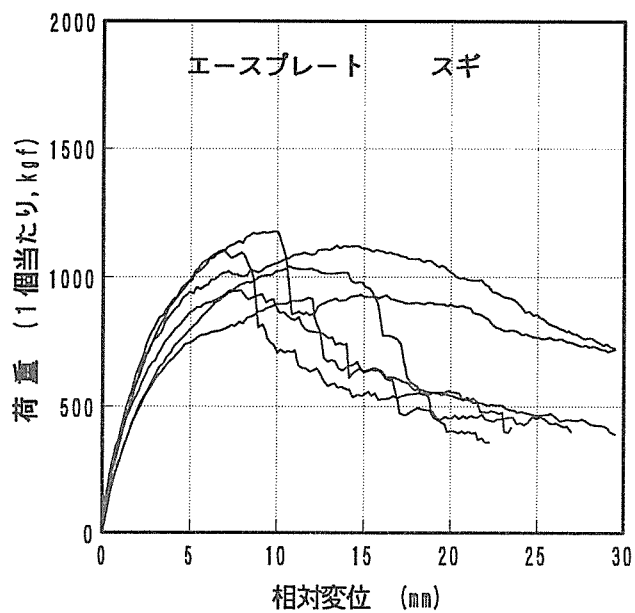


図4 荷重-相対変位 (支持間距離  $L_1 = 400\text{mm}$ )



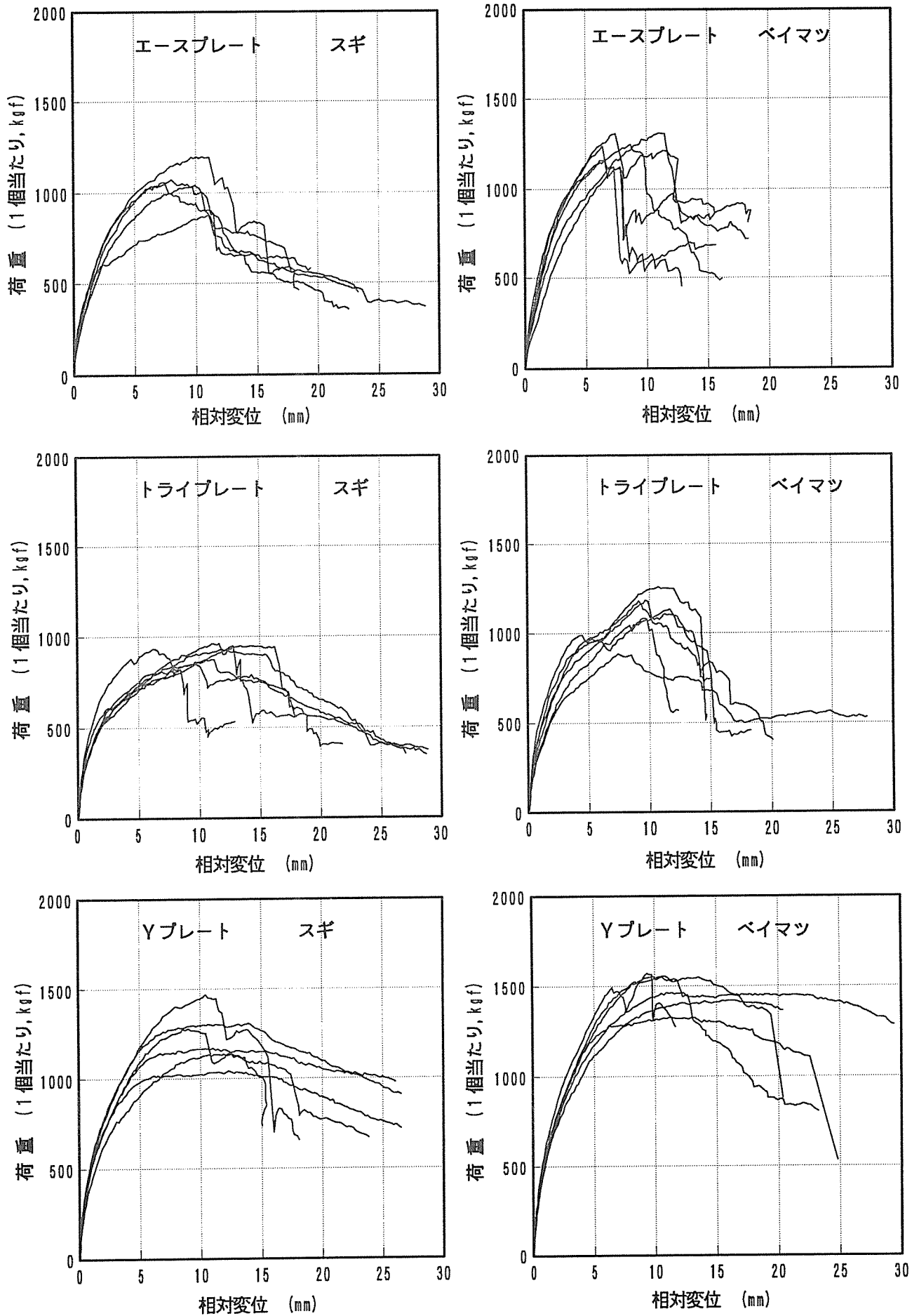


図5 荷重-相対変位 (支持間距離  $L_1 = 800\text{mm}$ )

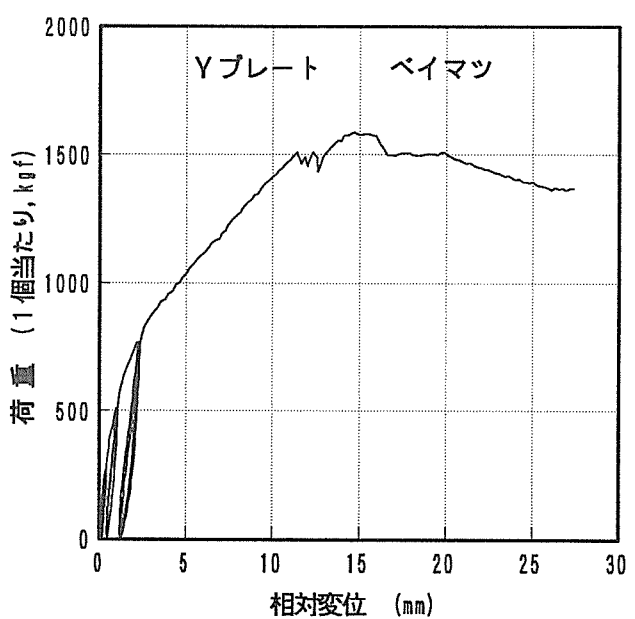
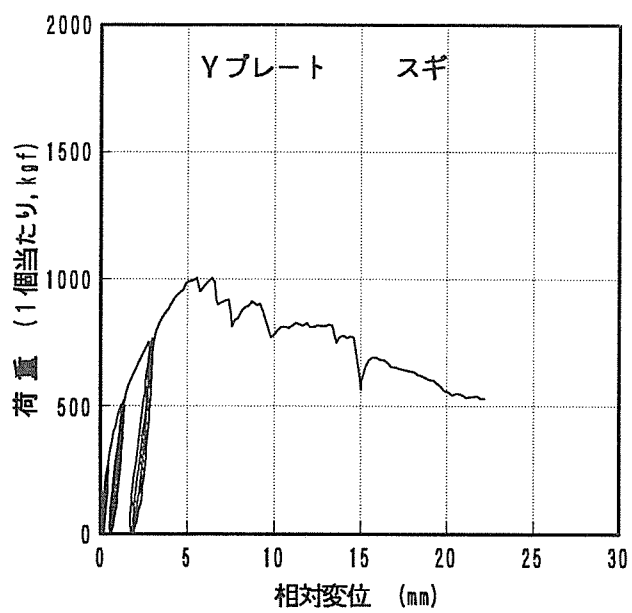
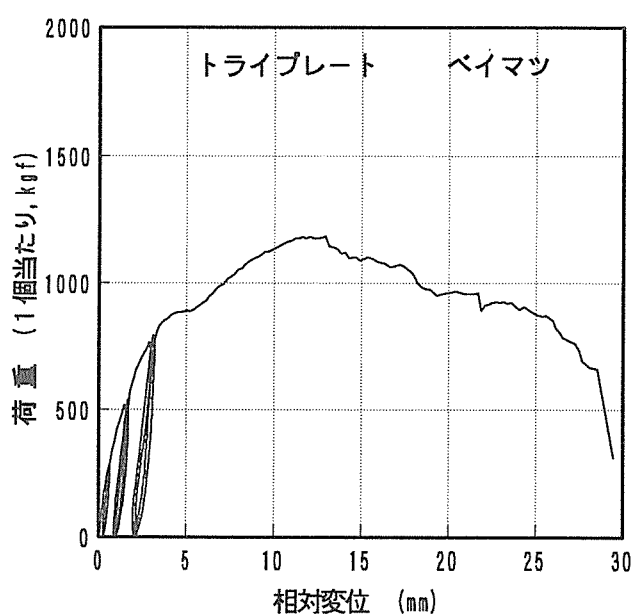
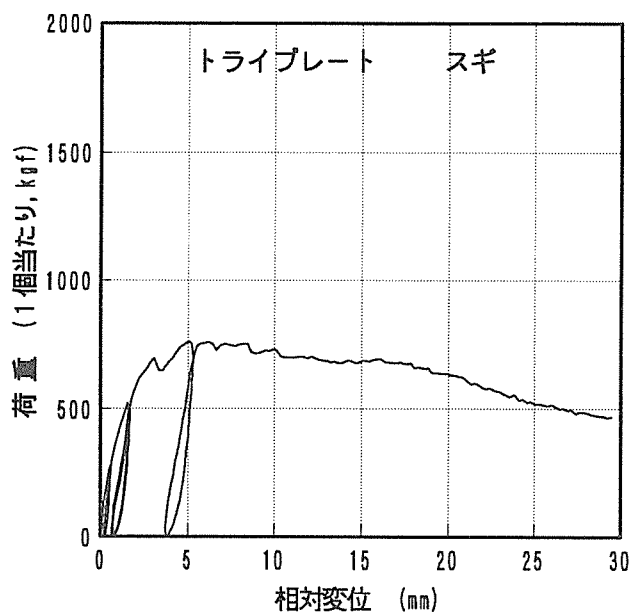
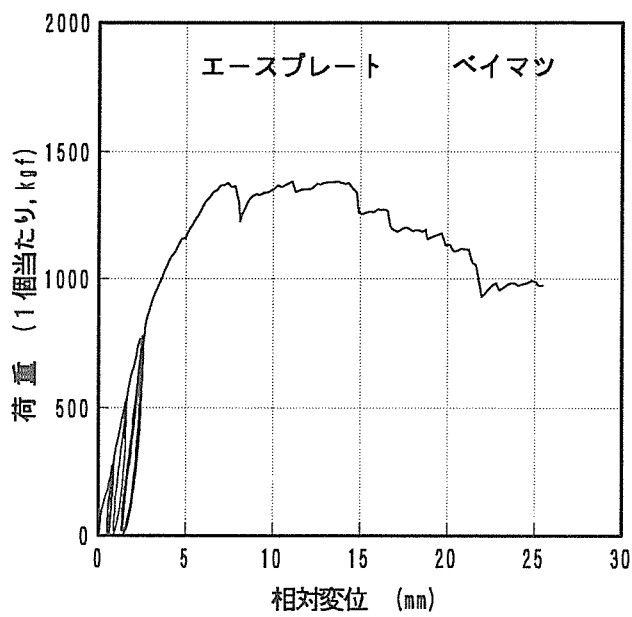
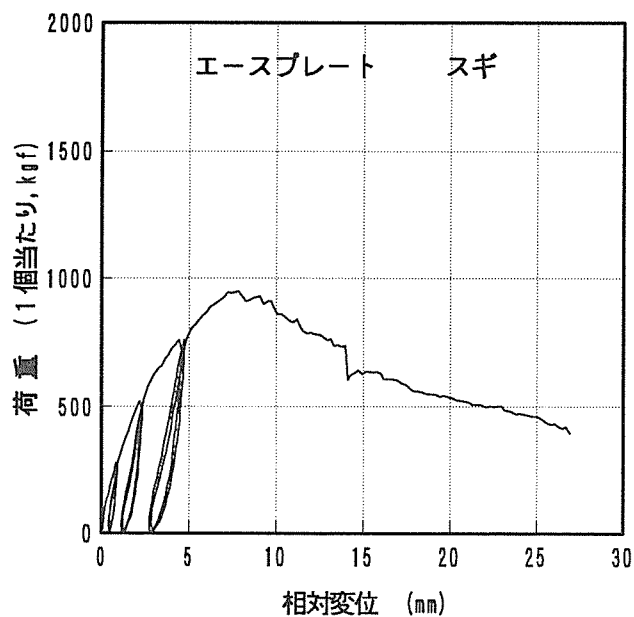


図6 荷重-相対変位 (支持間距離  $L_1 = 400\text{mm}$ , 繰り返し加力)

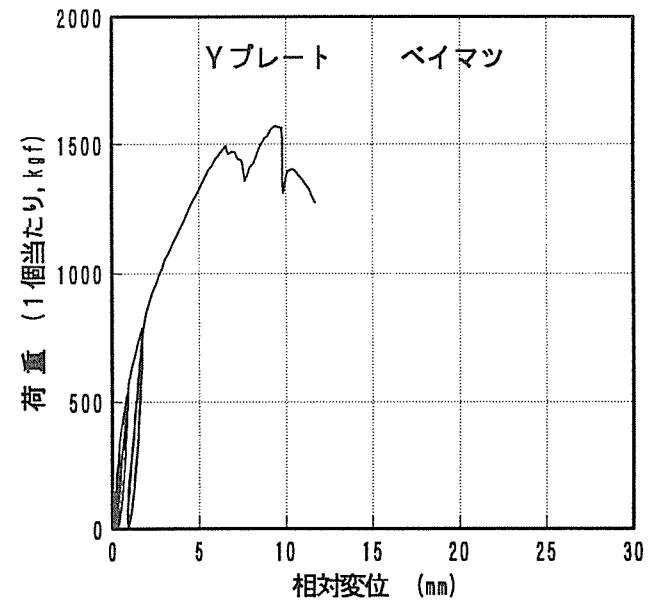
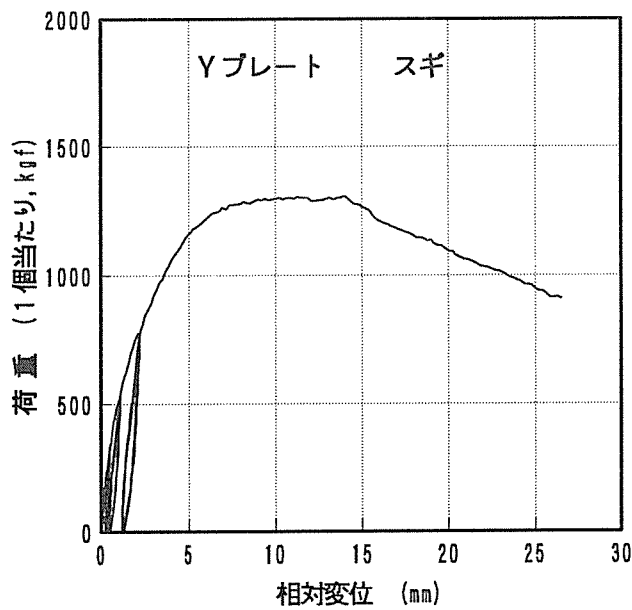
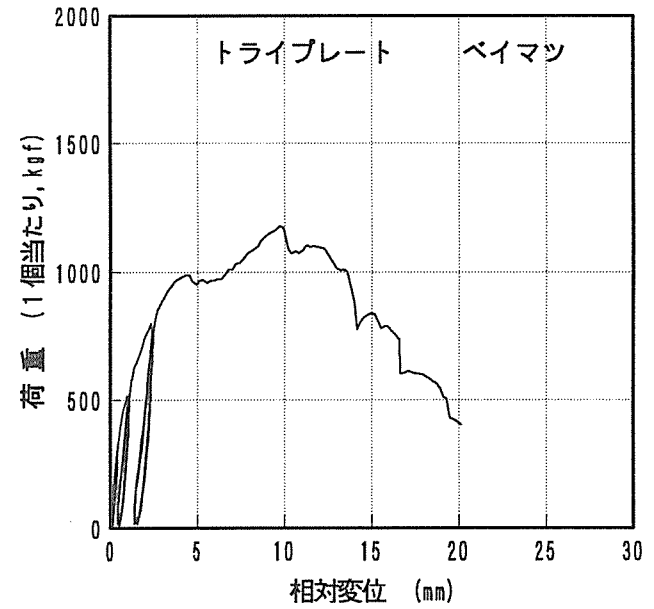
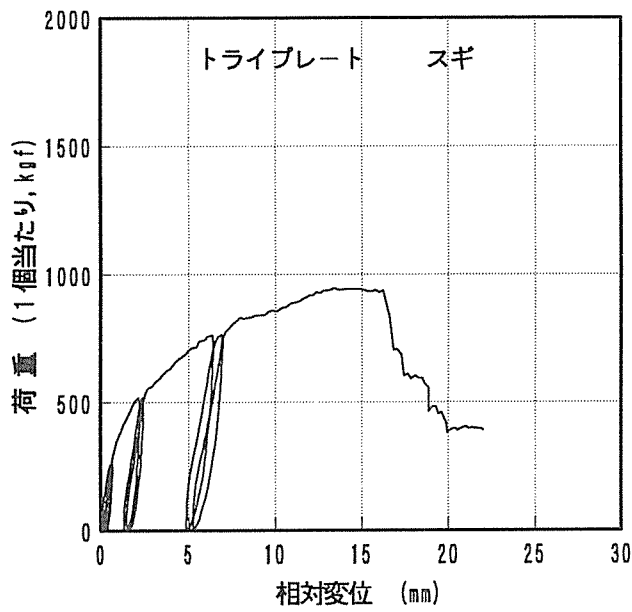
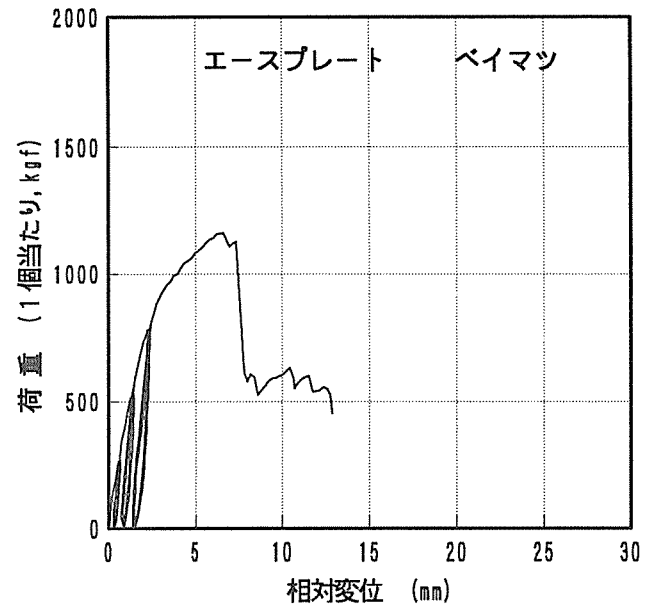
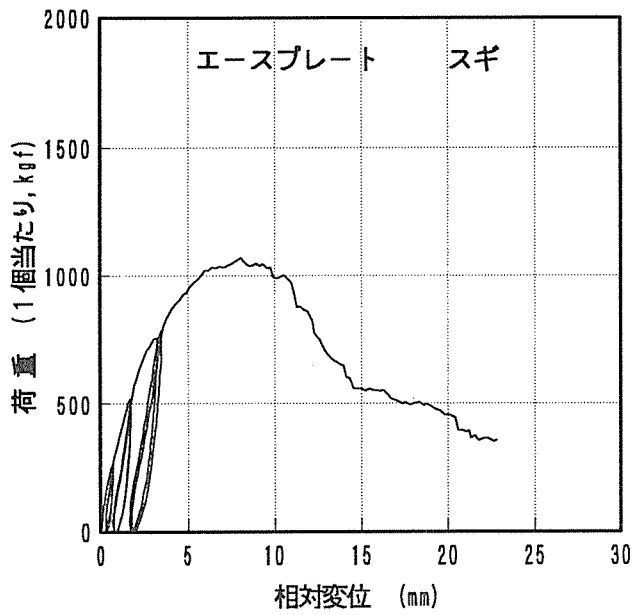


図7 荷重－相対変位（支持間距離  $L_1 = 800\text{mm}$ ，繰り返し加力）

### 3-2 部材比重と引張耐力との関係

柱及び土台の比重と最大荷重との関係を図7に示す。

エースプレート及びトライプレートにおいては、土台比重との相関係数が高く、Yプレートでは、柱比重との相関係数がやや高い。これは、エースプレート及びトライプレートは柱と土台に用いる釘本数が3本で同数のため、繊維直交方向に加力される土台で破壊するケースが多いためと考えられる。また、Yプレートは、土台の釘本数5本で土台より1本多く、土台の釘配置が縁距離及び釘間隔が大きいため、柱で降伏するケースが多いと思われる。

### 3-3 破壊形態

柱脚金物の引張せん断試験における破壊形態及び降伏形態のタイプを表6に示す。

また、代表的な破壊状態を、エースプレートは写真2、トライプレートは写真3、Yプレートは写真4、プレートの変形は写真5にそれぞれ示す。

エースプレートは下側の釘及びプレート爪から土台の割裂、トライプレートは上側の釘から土台の割裂、Yプレートは柱の接合部でのせん断変形によりプレートの曲がり、それぞれ多く見られた。これは、3-2と同様でエースプレート及びトライプレートは柱と土台に用いる釘本数が3本で同数のため、繊維直交方向に加力される土台で破壊するケースが多いためと考えられる。また、Yプレートは、土台の釘本数5本で土台より1本多く、土台の釘配置が縁距離及び釘間隔が大きいため、柱で降伏するケースが多いと思われる。

(文責：福留重人)

表6 破壊形態

材 料	使用部材	破壊状態・降伏状態
木 材	柱	割裂（釘せん断破壊）
	土 台	割裂（繊維直交方向への引き裂き） ・上側釘，中央釘，下側釘 ・プレート爪
プレート	柱，土台	曲がり（端部の浮き上がり）
釘	柱，土台	抜け，曲がり

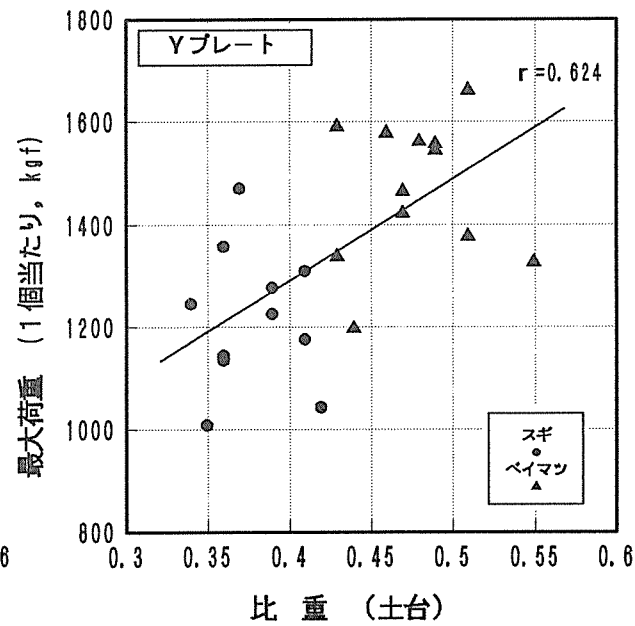
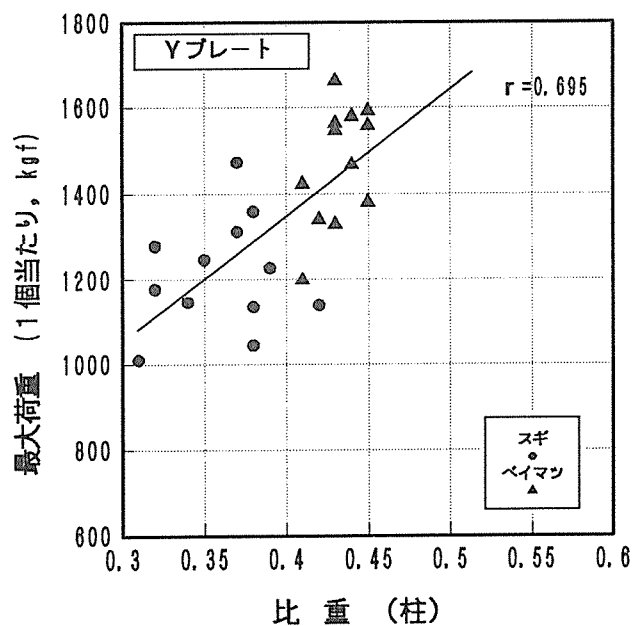
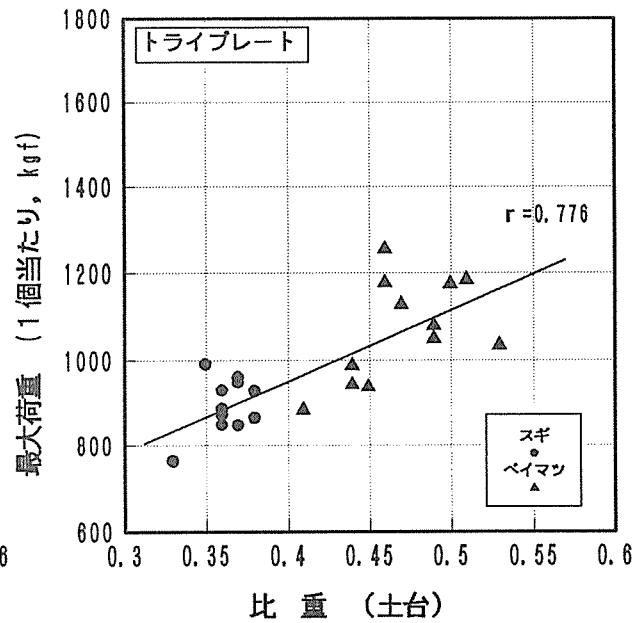
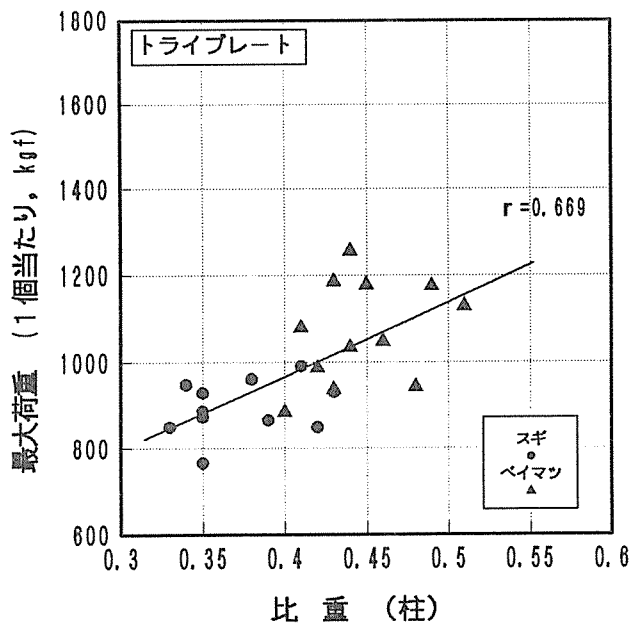
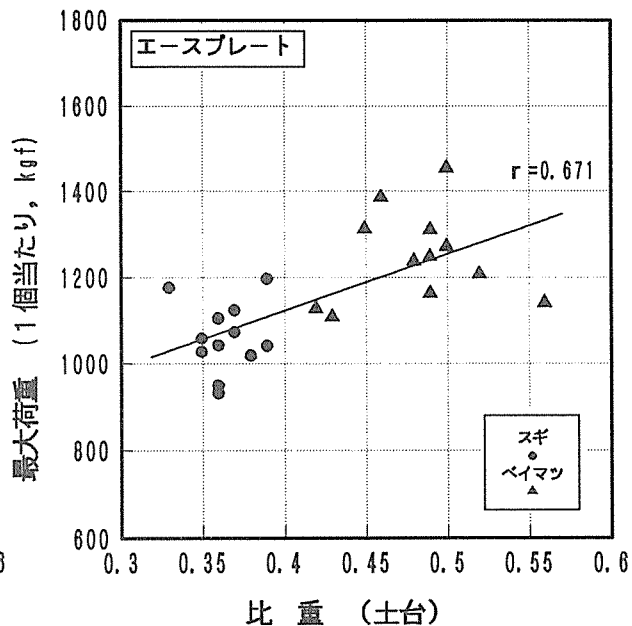
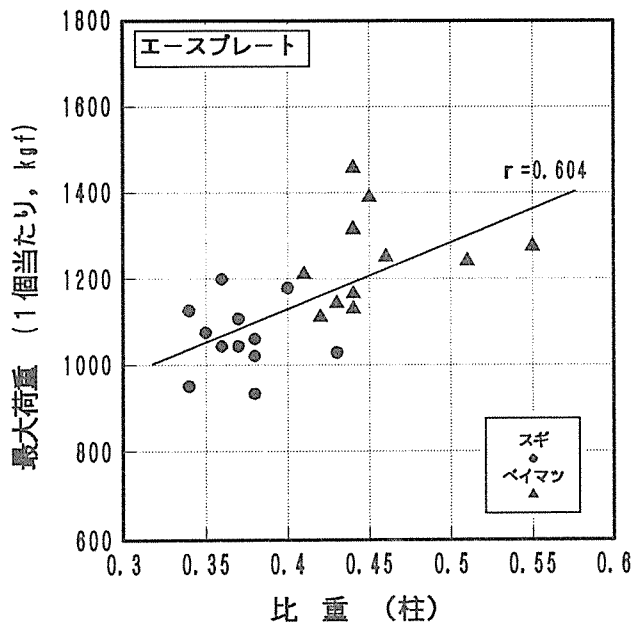
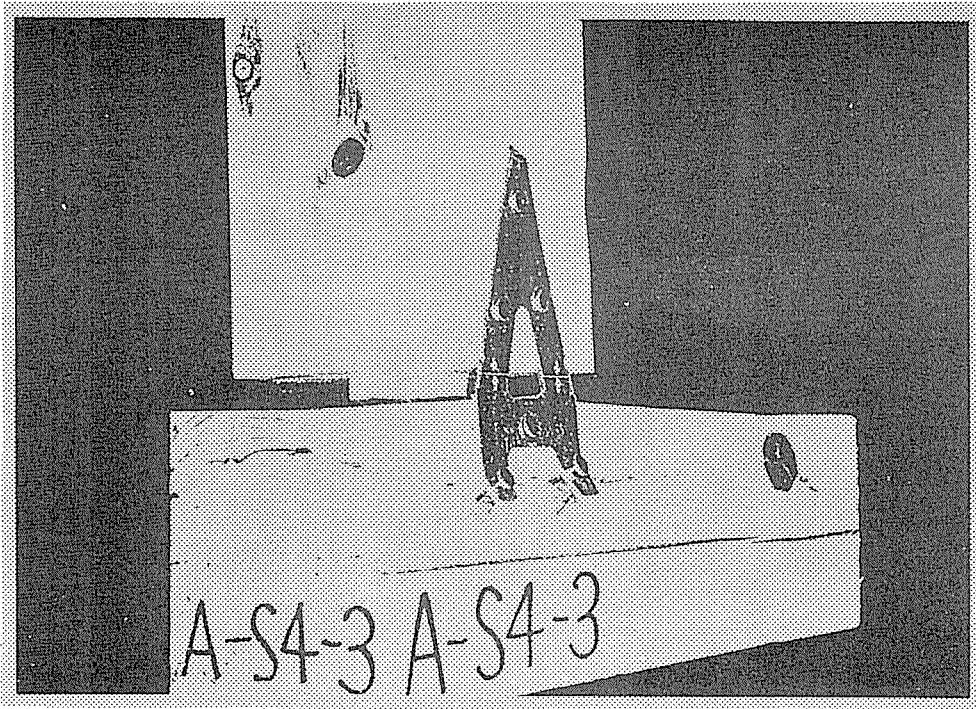
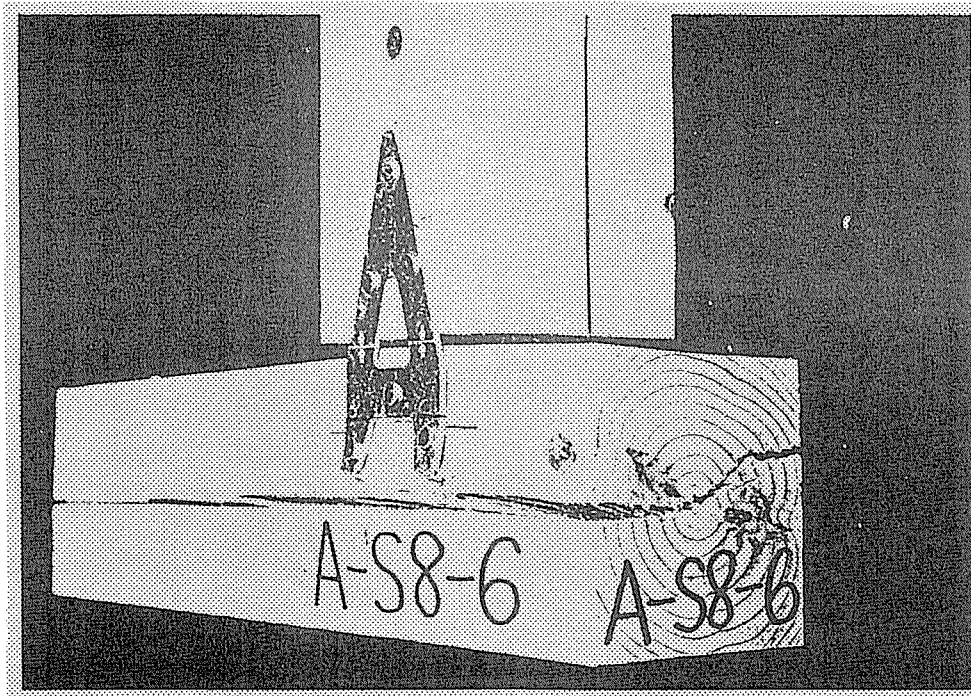


図7 比重と最大荷重との関係

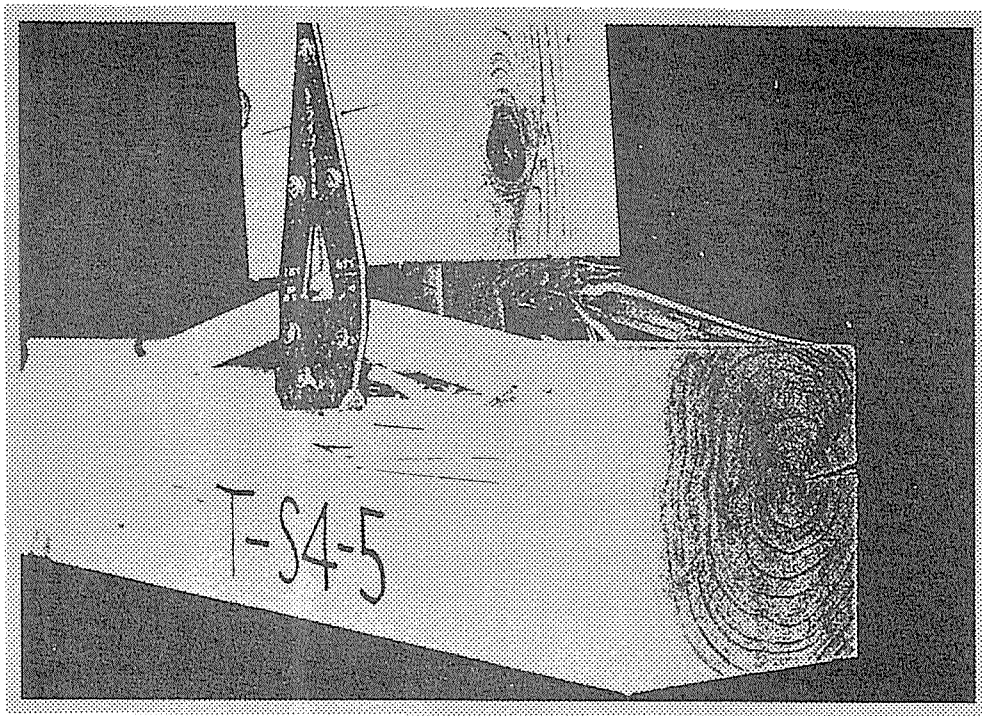


① 土台割裂（下側釘より割れ発生）  
 エースプレート，L1=400mm，スギ，No. 3

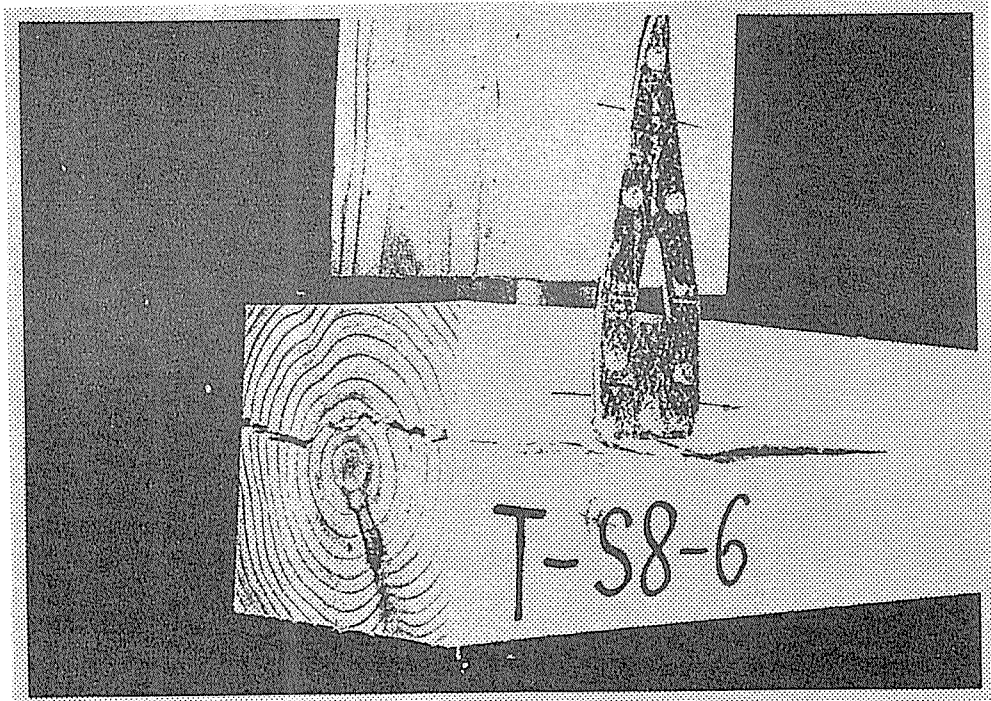


② 土台割裂（プレート爪から割れ発生）  
 エースプレート，L1=800mm，スギ，No. 6

写真2 破壊形態（エースプレート）



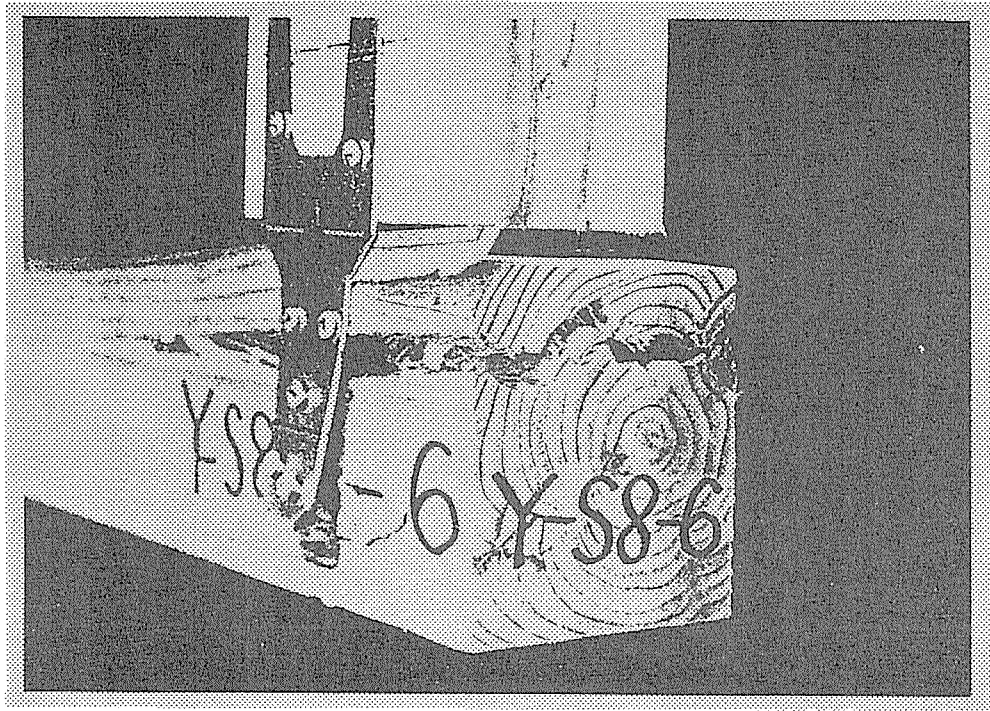
① 土台割裂（上側釘より割れ発生）  
トライプレート，L1=400mm，スギ，No. 5



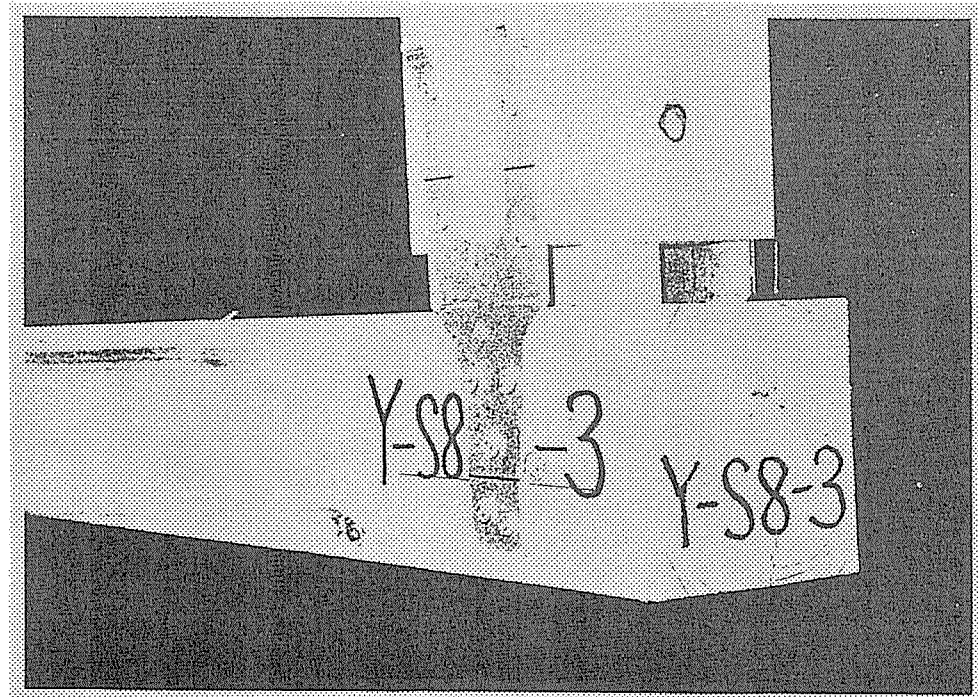
② 土台割裂（プレート爪から割れ発生）  
トライプレート，L1=800mm，スギ，No. 6

写真3 破壊形態（トライプレート）





① 土台割裂（上側釘より割れ発生）  
Yプレート，L1=800mm，スギ，No. 6



② プレート曲がり（爪の浮き上がり）  
Yプレート，L1=800mm，スギ，No. 3

写真4 破壊形態（Yプレート）



付表1 相対変位一定時荷重及び最大荷重（支持間距離 L1 = 400mm）

エースプレート スギ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	405	640	910	1178
2	405	600	895	1107
3	380	555	785	1043
4	300	490	720	949
5	305	480	685	932
6	375	600	865	1126
平均	362	561	810	1056
CV(%)	12.0	10.5	10.6	8.6

エースプレート バイマツ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	390	640	950	1142
2	310	560	820	1110
3	305	566	835	1274
4	415	705	993	1209
5	355	660	1065	1387
6	505	835	1160	1455
平均	380	661	971	1263
CV(%)	18.0	14.1	12.4	9.9

トライプレート スギ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	430	615	815	867
2	510	680	860	991
3	365	505	630	851
4	410	585	690	766
5	405	550	695	888
6	445	590	690	874
平均	428	588	730	873
CV(%)	10.4	9.2	11.0	7.6

トライプレート バイマツ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	400	560	720	938
2	445	645	885	988
3	350	510	730	944
4	385	565	745	1035
5	415	625	860	1185
6	460	625	770	1049
平均	409	588	785	1023
CV(%)	9.0	8.0	8.2	8.2

Yプレート スギ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	495	690	925	1146
2	565	765	1015	1227
3	550	780	1060	1359
4	475	645	895	1010
5	515	695	925	1136
6	635	845	1090	1247
平均	539	737	985	1187
CV(%)	9.8	9.1	7.5	9.1

Yプレート バイマツ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	560	815	1115	1379
2	565	825	1170	1661
3	525	740	1065	1546
4	375	565	805	1198
5	535	740	955	1591
6	475	690	975	1340
平均	506	729	1014	1452
CV(%)	12.9	11.9	11.8	11.0

付表2 相対変位一定時荷重及び最大荷重（支持間距離 L1 = 800mm）

エースプレート スギ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	405	635	885	1060
2	415	630	890	1199
3	390	580	790	1029
4	310	510	790	1021
5	350	585	855	1075
6	351	530	780	1044
平均	370	578	832	1071
CV(%)	9.9	8.0	5.6	5.6

エースプレート ベイマツ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	260	485	780	1129
2	430	668	968	1250
3	349	580	865	1314
4	380	665	1020	1312
5	430	730	1005	1164
6	495	745	1015	1240
平均	391	646	942	1235
CV(%)	19.0	13.9	9.5	5.6

トライプレート スギ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	375	530	690	849
2	360	505	670	930
3	420	565	655	874
4	475	670	850	932
5	370	510	635	949
6	370	515	665	962
平均	395	549	694	916
CV(%)	10.3	10.5	10.3	4.4

トライプレート ベイマツ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	350	520	693	885
2	410	620	840	1175
3	465	685	890	1129
4	465	635	900	1255
5	530	735	970	1178
6	365	540	765	1080
平均	431	623	843	1117
CV(%)	14.5	12.1	10.9	10.4

Yプレート スギ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	500	704	973	1279
2	428	624	825	1140
3	505	700	975	1177
4	455	685	895	1045
5	525	760	1055	1312
6	550	765	1040	1472
平均	494	706	960	1237
CV(%)	8.3	6.8	8.3	11.1

Yプレート ベイマツ

番号	P1mm (kgf)	P2mm (kgf)	P4mm (kgf)	Pmax (kgf)
1	540	730	995	1423
2	540	770	1130	1557
3	530	775	1110	1562
4	520	760	1065	1466
5	600	860	1180	1578
6	555	800	1105	1328
平均	548	783	1098	1485
CV(%)	4.7	5.2	5.2	6.1

付表 3 柱脚金物接合部の剛性及び変形比 (スギ, L=400mm)

スギ エースプレート L=400mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	589	1.72	785	2.74	942	10.87	342	287	6.3	4.0
2	554	1.76	738	2.81	886	8.89	314	263	5.1	3.2
3	521	1.75	695	3.11	834	16.18	297	223	9.2	5.2
4	475	1.87	633	3.07	760	13.43	253	206	7.2	4.4
5	466	1.86	621	3.15	745	27.56	250	197	14.8	8.8
6	563	1.91	751	2.81	901	24.27	295	268	12.7	8.7
平均	528	1.81	704	2.95	845	16.87	292	241	9.2	5.7
C. V.	8.6	3.9	8.6	5.6	8.6	40.6	11.1	13.9	38.0	39.0

スギ トライプレート L=400mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	434	1.00	578	1.62	694	7.00	434	358	7.0	4.3
2	496	0.92	661	1.88	793	10.82	541	351	11.8	5.7
3	425	1.37	567	2.63	680	15.45	311	216	11.3	5.9
4	383	0.87	511	1.41	613	21.49	438	363	24.6	15.3
5	444	1.12	592	2.31	710	11.50	398	256	10.3	5.0
6	437	0.95	583	1.87	699	21.21	461	312	22.4	11.4
平均	436	1.04	582	1.95	698	14.58	430	309	14.6	7.9
C. V.	7.6	16.0	7.6	21.0	7.6	36.9	16.0	17.9	44.8	50.5

スギ Yプレート L=400mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	573	1.36	764	2.55	917	23.56	422	300	17.3	9.2
2	613	1.15	818	2.32	981	9.21	535	352	8.0	4.0
3	679	1.49	906	2.77	1087	23.24	454	327	15.5	8.4
4	505	1.16	673	2.10	808	9.83	437	320	8.5	4.7
5	568	1.37	757	2.40	908	24.45	415	316	17.9	10.2
6	623	0.95	831	1.81	997	18.60	658	458	19.6	10.3
平均	594	1.24	791	2.33	950	18.15	487	346	14.5	7.8
C. V.	9.1	14.6	9.1	13.2	9.1	35.2	17.7	15.3	31.5	32.6

付表 4 柱脚金物接合部の剛性及び変形比 (ベイマツ, L1=400mm)

ベイマツ エースプレート L=400mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	571	1.70	761	3.01	913	15.65	337	253	9.2	5.2
2	555	1.96	740	2.80	888	18.95	284	264	9.7	6.8
3	637	2.30	849	4.05	1019	21.40	277	210	9.3	5.3
4	604	1.58	806	2.49	967	16.92	382	324	10.7	6.8
5	693	2.09	924	3.09	1109	21.62	331	300	10.3	7.0
6	728	1.63	970	2.63	1164	22.13	447	369	13.6	8.4
平均	631	1.88	842	3.01	1010	19.45	343	286	10.4	6.5
C. V.	9.9	14.0	9.9	16.9	9.9	12.7	17.0	18.0	14.2	16.7

ベイマツ トライプレート L=400mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	469	1.33	625	2.58	750	23.55	353	243	17.6	9.1
2	494	1.25	659	2.07	790	9.53	394	318	7.6	4.6
3	472	1.79	629	2.86	755	24.31	264	220	13.6	8.5
4	517	1.69	690	3.16	828	16.11	306	219	9.5	5.1
5	593	1.85	790	2.98	948	22.13	320	265	12.0	7.4
6	525	1.24	699	2.76	839	13.92	421	253	11.2	5.0
平均	511	1.39	682	2.74	818	23.55	343	253	11.9	6.6
C. V.	8.2	16.8	8.2	12.6	8.2	29.9	15.5	13.2	26.6	27.1

ベイマツ Yプレート L=400mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	690	1.39	919	2.58	1103	17.38	497	356	12.5	6.7
2	831	2.00	1107	3.61	1329	25.44	415	306	12.7	7.0
3	773	2.17	1030	3.76	1236	22.59	357	274	10.4	6.0
4	599	2.16	799	3.82	958	27.33	277	209	12.7	7.2
5	796	2.42	1061	5.20	1273	25.88	329	204	10.7	5.0
6	670	1.90	893	3.25	1072	22.67	352	275	11.9	7.0
平均	726	2.01	968	3.70	1162	23.55	371	271	11.8	6.5
C. V.	11.0	16.0	11.0	21.3	11.0	13.8	18.7	19.6	7.9	11.9

付表5 柱脚金物接合部の剛性及び変形比（スギ，L1=800mm）

スギ エースプレート L=800mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	530	1.49	707	2.36	848	11.45	356	299	7.7	4.8
2	600	1.86	799	3.06	959	13.22	322	261	7.1	4.3
3	514	1.57	686	2.64	823	9.90	327	260	6.3	3.7
4	510	2.00	680	3.04	816	8.61	255	224	4.3	2.8
5	537	1.77	716	2.75	860	12.06	304	261	6.8	4.4
6	522	1.92	696	3.00	835	11.77	272	232	6.1	3.9
平均	536	1.77	714	2.81	857	11.17	306	256	6.3	4.0
C.V.	5.6	10.4	5.6	9.0	5.6	13.5	11.1	9.5	16.7	15.8

スギ トライプレート L=800mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	425	1.23	566	2.20	680	17.23	346	258	14.0	7.8
2	465	1.64	620	3.29	744	18.17	284	189	11.1	5.5
3	437	1.04	583	2.13	699	17.44	421	274	16.8	8.2
4	466	0.94	621	1.64	745	8.84	497	380	9.4	5.4
5	475	1.71	633	3.86	760	17.06	277	164	9.9	4.4
6	481	1.55	641	3.44	769	13.64	311	187	8.8	4.0
平均	458	1.35	611	2.76	733	15.39	356	242	11.4	5.6
C.V.	4.4	22.2	4.4	29.4	4.4	21.2	22.3	30.3	24.2	27.2

スギ Yプレート L=800mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	639	1.55	852	3.05	1023	14.95	412	280	9.6	4.9
2	570	1.67	760	3.01	912	18.14	342	252	10.9	6.0
3	589	1.35	785	2.52	942	25.44	437	311	18.9	10.1
4	523	1.22	697	2.01	836	23.80	428	347	19.5	11.8
5	656	1.48	874	2.70	1049	22.02	442	323	14.8	8.1
6	736	1.77	981	3.39	1178	15.38	417	289	8.7	4.5
平均	619	1.51	825	2.78	990	19.96	413	300	13.2	7.2
C.V.	11.1	12.2	11.1	15.8	11.1	20.3	8.1	10.2	31.3	35.5

付表6 柱脚金物接合部の剛性及び変形比 (ベイマツ, L1=800mm)

ベイマツ エースプレート L=800mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	564	2.53	752	3.65	903	8.24	223	206	3.3	2.3
2	625	1.70	833	2.83	1000	10.19	367	294	6.0	3.6
3	657	2.39	876	4.06	1051	12.47	275	216	5.2	3.1
4	656	1.94	875	2.98	1050	12.63	338	294	6.5	4.2
5	582	1.51	776	2.15	931	7.65	385	360	5.1	3.6
6	620	1.42	827	2.44	992	8.13	436	339	5.7	3.3
平均	617	1.92	823	3.02	988	9.89	337	285	5.3	3.3
C. V.	5.6	21.9	5.6	21.9	5.6	20.7	20.9	20.2	19.4	18.0

ベイマツ トライプレート L=800mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	443	1.48	590	2.32	708	14.55	299	254	9.8	6.3
2	588	1.86	783	3.17	940	12.37	315	247	6.6	3.9
3	564	1.36	752	2.50	903	14.82	414	301	10.9	5.9
4	628	1.95	837	3.41	1004	13.42	322	245	6.9	3.9
5	589	1.23	785	2.22	942	14.06	479	354	11.5	6.3
6	540	1.93	720	3.42	864	11.03	280	210	5.7	3.2
平均	558	1.64	744	2.84	893	13.37	352	269	8.6	4.9
C. V.	10.4	17.7	10.4	17.8	10.4	9.9	20.3	17.3	26.0	25.8

ベイマツ Yプレート L=800mm

No	1/2・Pmax		2/3・Pmax		4/5・Pmax		剛性		変形比	
	荷重 (kgf)	変位① (mm)	荷重 (kgf)	変位② (mm)	荷重 (kgf)	変位③ (mm)	1/2・Pm kgf/mm	2/3・Pm kgf/mm	③ / ①	③ / ②
1	711	1.84	948	3.50	1138	17.29	386	271	9.4	4.9
2	778	2.01	1038	3.32	1245	14.38	388	313	7.2	4.3
3	781	2.04	1041	3.51	1249	19.99	383	296	9.8	5.7
4	733	1.83	977	3.23	1173	29.98	401	303	16.4	9.3
5	789	1.69	1052	3.03	1262	11.75	466	347	6.9	3.9
6	664	1.34	885	2.44	1062	22.04	494	363	16.4	9.0
平均	743	1.79	990	3.17	1188	19.24	420	315	11.0	6.2
C. V.	6.1	12.9	6.1	11.5	6.1	30.6	10.5	9.8	35.9	35.1

付表7 供試材の含水率及び比重（支持間距離 L1 = 400mm）

エースプレート スギ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	16.2	14.5	0.40	0.33
2	16.7	14.5	0.37	0.36
3	24.9	16.2	0.36	0.39
4	17.1	14.1	0.34	0.36
5	17.0	14.4	0.38	0.36
6	14.5	15.0	0.34	0.37
平均	17.8	14.8	0.37	0.36
CV(%)	18.7	4.7	5.5	5.1

エースプレート バイマツ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	14.8	15.5	0.43	0.56
2	14.4	15.0	0.42	0.43
3	14.8	15.1	0.55	0.50
4	13.5	14.6	0.41	0.52
5	14.2	13.5	0.45	0.46
6	13.8	14.4	0.44	0.50
平均	14.3	14.7	0.45	0.49
CV(%)	3.5	4.3	10.5	8.5

トライプレート スギ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	17.1	16.4	0.39	0.38
2	23.9	14.7	0.41	0.35
3	15.2	15.9	0.33	0.36
4	15.3	15.3	0.35	0.33
5	15.8	14.6	0.35	0.36
6	15.2	12.5	0.35	0.36
平均	17.1	14.9	0.36	0.36
CV(%)	18.2	8.2	7.7	4.2

トライプレート バイマツ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	15.1	15.5	0.43	0.45
2	14.7	14.7	0.42	0.44
3	15.4	15.0	0.48	0.44
4	14.5	14.5	0.44	0.53
5	13.4	14.4	0.43	0.51
6	14.2	14.4	0.46	0.49
平均	14.5	14.7	0.44	0.48
CV(%)	4.5	2.7	4.6	7.2

Yプレート スギ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	15.5	14.5	0.34	0.36
2	16.6	15.2	0.39	0.39
3	14.9	14.1	0.38	0.36
4	14.6	13.7	0.31	0.35
5	15.9	15.5	0.38	0.36
6	21.6	13.4	0.35	0.34
平均	16.5	14.4	0.36	0.36
CV(%)	14.4	5.2	7.7	4.4

Yプレート バイマツ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	14.9	15.5	0.45	0.51
2	14.6	15.2	0.43	0.51
3	14.8	15.0	0.43	0.49
4	13.7	14.0	0.41	0.44
5	14.0	13.5	0.45	0.43
6	13.2	13.6	0.42	0.43
平均	14.2	14.5	0.43	0.47
CV(%)	4.4	5.5	3.8	7.8

付表 8 供試材の含水率及び比重（支持間距離 L 1 = 800mm）

## エースプレート スギ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	16.7	17.0	0.38	0.35
2	15.9	15.7	0.36	0.39
3	16.2	15.3	0.43	0.35
4	14.2	16.3	0.38	0.38
5	15.9	15.2	0.35	0.37
6	13.9	15.1	0.37	0.36
平均	15.5	15.8	0.38	0.37
CV(%)	6.7	4.3	6.3	4.3

## エースプレート バイマツ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	13.4	14.2	0.44	0.42
2	11.0	12.3	0.46	0.49
3	14.6	15.1	0.44	0.45
4	13.8	14.6	0.44	0.49
5	14.3	14.4	0.44	0.49
6	14.4	14.1	0.51	0.48
平均	13.6	14.1	0.45	0.47
CV(%)	9.0	6.2	5.7	5.9

## トライプレート スギ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	17.0	18.8	0.42	0.37
2	15.1	16.6	0.35	0.38
3	14.4	15.4	0.35	0.36
4	16.7	15.7	0.43	0.36
5	15.4	15.4	0.34	0.37
6	15.6	16.3	0.38	0.37
平均	15.7	16.4	0.38	0.37
CV(%)	5.7	7.2	9.4	2.0

## トライプレート バイマツ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	13.7	14.0	0.40	0.41
2	14.4	15.9	0.49	0.50
3	14.3	15.2	0.51	0.47
4	14.0	14.5	0.44	0.46
5	14.0	14.4	0.45	0.46
6	13.4	13.7	0.41	0.49
平均	14.0	14.6	0.45	0.47
CV(%)	2.4	5.0	8.8	5.5

## Yプレート スギ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	13.3	19.1	0.32	0.39
2	15.1	16.7	0.42	0.36
3	14.9	18.5	0.32	0.41
4	15.4	15.9	0.38	0.42
5	16.7	16.7	0.37	0.41
6	18.5	18.2	0.37	0.37
平均	15.6	17.5	0.36	0.39
CV(%)	10.3	6.5	9.9	5.0

## Yプレート バイマツ

番号	含水率(%)		比重	
	柱	土台	柱	土台
1	13.6	14.6	0.41	0.47
2	11.3	11.7	0.45	0.49
3	13.9	15.1	0.43	0.48
4	14.3	15.0	0.44	0.47
5	14.7	14.8	0.44	0.46
6	13.8	14.9	0.43	0.55
平均	13.6	14.3	0.43	0.49
CV(%)	8.0	8.2	2.6	6.1



## 第7章 柱脚金物強度性能評価実験—引寄せ金物、かど金物、込み栓による接合

1 はじめに 木造住宅などの構造設計では、壁量規定により耐震性能の確保が図られている。3階建ての構造計算においても、厳密な意味での応力解析は行われていない。稲山は、木造住宅を例に各接合部の剛性を考慮した応力解析手法を提案している。しかしながら、在来工法の各接合部の強度や剛性の評価資料が乏しく、木造住宅を中心とした木造建築物の構造設計手法の確立のためにも評価資料の蓄積は急務である。

阪神淡路大震災においても、柱の引き抜きによる倒壊被害が多く見られ、引き寄せ金物の重要性が指摘されている。また、被災地における復興住宅の施行状況調査では、金物は多用されているが、金物の使用方法に対する認識不足より、指定釘以外の物を用いている物が非常に多く、それらの耐震性に対しては問題がある。そこで、引き寄せ金物を中心とした柱と土台の接合金物の引き抜き試験を行い、耐力及び剛性の評価を行い、木質構造の設計法確立のための資料の蓄積に寄与することを目的とする。

2 試験体概要 試験体一覧を表-1に、又、各試験体図を図-1～6に示す。

試験体は、柱と土台の接合方法により、以下のグループよりなる。

グループⅠ 引き寄せ金物（土台無し試験体、NO. 1～NO. 9）

引き寄せ金物HDB-10、HDB-20、HDN-10、HDN-20及びSHD-10、SHD-20を以下の方法で柱と接合し、基礎（加力フレーム）に直接アンカーされた場合を想定した試験体群である。試験体図及び加力・計測方法を図-1に示す。HDB-10とHDB-20については、ボルト（M12）或いはラグスクリュー（LS12）により柱と接合した。SHD-10とSHD-20については、ボルト（M12）により柱と接合した。HDN-10とHDN-20は、ZN90により柱に接合した。加力装置の関係上、引き寄せ金物は柱の相対する面に2個取り付けて、柱に対して偏心モーメントが生じないように加力した。柱の樹種は杉と米松であり、柱断面は10.5cm角である。2tonf用の引き寄せ金物を用いた物では、アンカーボルトの破壊で最大耐力に達する場合も考えられるが、本実験では、アンカーボルトの耐力は、別途アンカーボルトの引っ張り試験により評価し、ここでは、アンカーボルトに高力ボルトを用いることにより、アンカーボルト以外の部分の性能を評価することを目的とした。加力は全6体中の5体は単調引っ張り加力とし、1体は1方向の引っ張り、除荷の繰り返し加力を行った。変位の計測のついては柱と基礎（加力フレーム）の相対引き抜け量と柱と引き寄せ金物のずれを表裏2カ所で計測した。

グループⅡ 引き寄せ金物（土台有り試験体、NO. 10～NO. 13）

引き寄せ金物HDB-20を柱にボルト（M12）で接合し、土台と引き寄せ金物を座金付きボルト（M16）を用いて緊結した試験体群である。柱と引き寄せ金物がボルト締めの場合では、電動工具により締め付けトルクを10Kgf-cmとした。

試験体図及び加力、計測方法を図-2に示す。土台と基礎（加力フレーム）は高力ボルトにより結合した。

加力装置の関係上、引き寄せ金物は柱の相対する面に2個取り付けて、柱に対して偏心モーメントが生じないように加力した。柱の樹種は杉と米松であり、柱断面は12cm角である。土台は米ひばで12cm角のものと12×13.5cm角のものを製作した。土台が12cm角の場合の柱の樹種は杉と米松であり、土台が12×13.5cm角の場合の柱の樹種は杉のみである。

試験体は各シリーズで6体ずつ製作し、基礎と土台のアンカーボルトの心心間距離が40cmと80cmの場合についてそれぞれ3体ずつ試験した。各3体中の2体は単調引っ張り加力とし、1体は1方向の引っ張り、除荷の繰り返し加力を行った。変位の計測については柱と基礎（加力フレーム）の相対引き抜け量と柱と引き寄せ金物のずれ、及び土台裏面と基礎（加力フレーム）の移動量を表裏2カ所で計測した。

#### グループⅢ かど金物（NO. 14～NO. 22）

CP-L、CP-T、VPによって柱と土台を接合した試験体である。試験体図及び加力方法を図-3に示す。加力装置の関係上、かど金物は柱の相対する面に2個取り付けて、柱に対して偏心モーメントが生じないように加力した。柱の樹種は杉であり、柱断面は10.5cm角である。土台は米ひばで10.5cm角である。試験体は各シリーズで6体ずつ製作し、基礎と土台のアンカーボルトの心心間距離は80cmである。各6体中の5体は単調引っ張り加力とし、1体は1方向の引っ張り、除荷の繰り返し加力を行った。阪神大震災の被災地神戸市東灘区の復興住宅の施行実態調査では、かど金物は多用されているが、その大部分で指定釘が使用されていない。そこで、施行実態調査結果を踏まえて、実際に施工現場で用いられている釘と同種の物を用いてかど金物を土台と柱に接合してそれらの耐力を確認することを目的とする。変位の計測については柱と土台裏面の相対引き抜け量を表裏2カ所で計測した。

#### グループⅣ 込み栓（NO. 23～NO. 25）

15mm角（檜）、24mm角（米松）、19mm丸（檜）の込み栓により柱と土台を接合した試験体である。試験体図及び加力、計測方法を図-3に示す。柱の樹種は杉であり、柱断面は12cm角である。土台は米ひばで12×13.5cm角である。試験体は各シリーズで6体ずつ製作し、基礎と土台のアンカーボルトの心心間距離は80cmである。各6体中の5体は単調引っ張り加力とし、1体は1

方向の引っ張り、除荷の繰り返し加力を行った。変位の計測については柱と土台裏面の相対引き抜け量を表裏2カ所で計測した。

### 3 使用材料の含水率と比重の関係

柱の樹種は杉と米松であり、土台の樹種は、米ひばであり図-4 (a) (b) (c) に使用した材料の含水率と比重の関係を示す。

### 4 アンカーボルト (M16) の引っ張り試験

アンカーボルトについては、図-5 (a) に示すようにナットで反力が取れるように引張試験を行なった。同 (b) にその結果を示す。ボルトのネジ部が降伏し細くなり、ナットが滑り抜けることによって、最大耐力が決定した。最大耐力の平均値は61.5kNであり、土台無し試験体の最大耐力が61.5×2=123.1kN以上の場合は実際にはアンカーボルトの破壊で最大耐力が決まったことになる。アンカーボルトの試験結果と、栓長29cm間のそれらの荷重-伸び曲線を2本の直線近似したときの第1、第2勾配及び各点の荷重と伸びの値の平均値を表-2に示す。

### 5 実験結果

各試験体の実験結果の一覧を表-3に示す。又典型的な実験終了後等の写真を写真1~21に示す。なお、以下に示す耐力は全て金物2組分の合計耐力であり、表中の最大耐力時の変位に関しては、剛性評価の際に述べる方法により初期なじみを除去した値である。また、図-6に各試験体の荷重-抜け出し曲線を示す。図-6における(初期なじみを含む)各変位時の荷重の一覧を表-4に示す。また、写真-1~21に各試験体の試験後の破壊状況を示す。

#### グループⅠ、Ⅱ (引き寄せ金物、NO. 1~NO. 13)

最大耐力は2tonf用の引き寄せ金物を用いた土台無しの試験体では、引き寄せ金物で最大耐力が決まる場合が多かったため、耐力のばらつきは少なかった。各シリーズで多く見られた破壊モードは、2tonf用の引き寄せ金物のボルト締めの場合では、引き寄せ金物のアンカーボルト取り付け部のブラケットで破断であり、ラグスクリュー締めでは、柱の割裂であった。1tonf用の引き寄せ金物では、ボルトやラグスクリューのせん断に伴い、柱の割裂が生じた。釘打ちの場合は釘のせん断であった。(2tonf用では、その後全体が破壊したものもある。)

#### グループⅢ かど金物

ZN65或いはN65を用いた場合の最終破壊形式は、CP-Lでは金物の隅角部の破断であり、CP-Tでは、土台に割裂が発生した後に土台部分の釘のせん断で

あった。N38を用いた場合では、CP-Lでは土台部分の釘のせん断で、CP-Tでは柱部分の釘のせん断で破壊した。

ZN90或いはN65を用いた場合のVPでは、土台の割裂で、N38を用いた場合では柱部分の釘のせん断で最終破壊した。指定釘を用いた場合に対する最大強度比（指定釘の場合の平均強度：N65の場合の平均強度：N38の場合の平均強度）は、CP-Lで1：0.89：0.55、CP-Tで1：0.93：0.57、VPで1：0.79：0.32であった。

#### グループIV 込み栓

込み栓試験体では、込み栓が曲げ破壊した後、土台にめり込みながらほぞが抜け出した。

14mm角の榫込み栓の方が19mm丸の榫込み栓場合よりも最大耐力が高かった。

6 剛性の評価 1方向加力を行った試験体では、最大耐力までの荷重と柱と基礎の変形曲線より、以下の手順により剛性評価を行った。初期勾配の最も急な点よりその接線を延長してゼロ荷重点を求め、原点を移動して初期のなじみの影響を除去した。そして、最大耐力点までを2本の直線で最小2乗法によって近似した表-3中に折れ曲がり点の荷重（2組の金物の耐力の合計）とその時の変位を示す。図-7に各試験体の最大荷重点までの荷重変位関係とその近似直線を示す。表-3中に折れ曲がり点の無次元化座標（縦横軸とも最大値を1.0とした座標）を示す。また、図-8に各シリーズの折れ曲がり点の無次元化座標の分布を示す。金物を用いた試験体では、金物で最大耐力が決まった場合が多かったため、折れ曲がり点の位置のばらつきが少なかった。

#### 7 まとめ

引き寄せ金物、かど金物、込み栓により柱と土台を接合した試験体の合計165体の引き抜き試験を行った。そして、最大荷重までを2本の直線より近似し剛性を評価した。

謝辞 本実験は平成7年度日本住宅木材技術センターの委託によって行われたものである。又、木構造住宅研究所メンバーに多大な協力を頂いたことに深く感謝いたします。

#### 参考文献

稲山正弘：木造新耐震構造設計法、建築知識スーパムック阪神・淡路大震災後の設計手法を考える 地震に強い[木造住宅]の設計マニュアル P19～P43

（文責：村上雅英）

表-1 柱-土台接合部性能評価試験体の一覧

NO.	金物の種類	アンカー ポルト	樹種		備考	試験体名	
			杉	米松		杉	米松
1	HDB-10 (M12)	心距離	6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HB1HS1~6 HB1HM1~6
2	HDB-20 (M12)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HB2HS1~6 HB2HM1~6
4	HDN-10 (ZN90)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HN1HS1~6 HN1HM1~6
5	HDN-20 (ZN90)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HN2HS1~6 HN2HM1~6
6	S-HD10 (M12)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HS1HS1~6 HS1HM1~6
7	S-HD20 (M12)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HS2HS1~6 HS2HM1~6
8	HDB-10 (LS15)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HL1HS1~6 HL1HM1~6
9	HDB-20 (LS12)		6体	6体	105角 L=1, 500	土台無し	HL2HS1~6 HL2HM1~6
10	座金式HDB-20 (M12)	400	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×120	土台有り	HB212S41~3 HB212M41~3
11	座金式HDB-20 (M12)	400	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×135	土台有り	HB213S41~3
12	座金式HDB-20 (M12)	800	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×120	土台有り	HB212S81~3
13	座金式HDB-20 (M12)	800	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×135	土台有り	HB213S81~3
14	CP-L (ZN65)	"	6体	6体	105角 L=800 土台105角	土台有り	CPLZN1~6
15	CP-T (ZN65)	"	6体	6体	105角 L=800 土台105角	土台有り	CPTZN1~6
16	CP-L (N65使用)	"	6体	6体	105角 L=800 土台105角	土台有り	VPZN1~6
17	VP (ZN90)	"	6体	6体	105角 L=800 土台105角	土台有り	CPLN1~6
18	CP-T (N65使用)	"	6体	6体	105角 L=800 土台105角	土台有り	CPTN1~6
19	VP (N65使用)	"	3体	3体	105角 L=800 土台105角	土台有り	VPN1~3
20	CP-L (N38使用)	"	3体	3体	105角 L=800 土台105角	土台有り	CPLN381~3
21	CP-T (N38使用)	"	3体	3体	105角 L=800 土台105角	土台有り	CPTN381~3
22	VP (N38使用)	"	3体	3体	105角 L=800 土台105角	土台有り	VP381~3
23	長ぼぞ込み栓締め (15角)	"	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×135	土台有り	NK15-1~3
24	長ぼぞ込み栓締め (24角)	"	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×135	土台有り	NK24-1~3
25	長ぼぞ込み栓締め (19Φ)	800	3体	3体	柱120角 L=1, 500 土台ヒバ 120×135	土台有り	KMK-1~3

合計165体 原則として、単調加力5体+繰り返し加力1体とする。  
 (単位は全てmm) 土台長さは全て、L=1,000mmとする。  
 加工仕様は、別図とする。

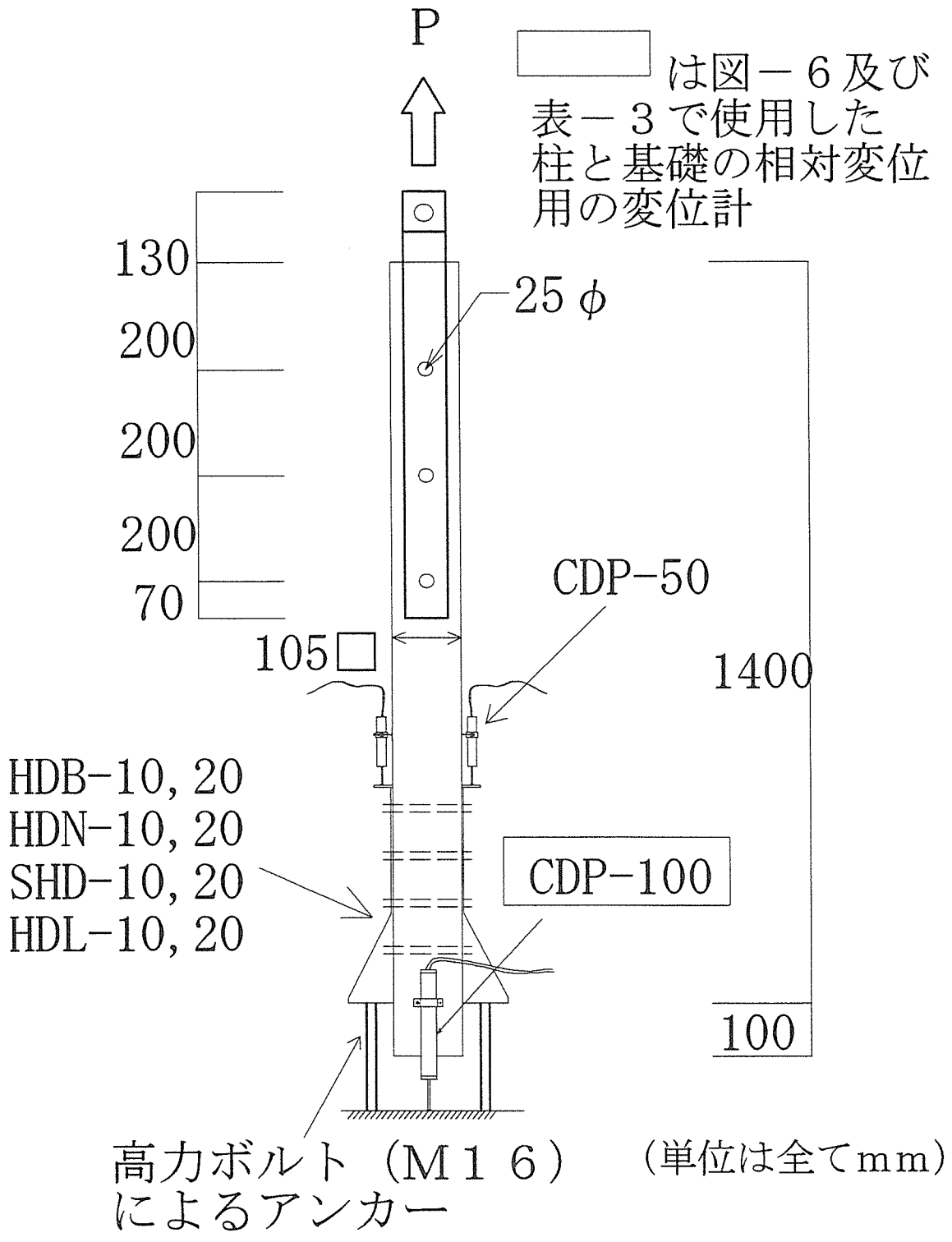


図-1 引き寄せ金物土台有り  
試験体 (NO. 10~13)

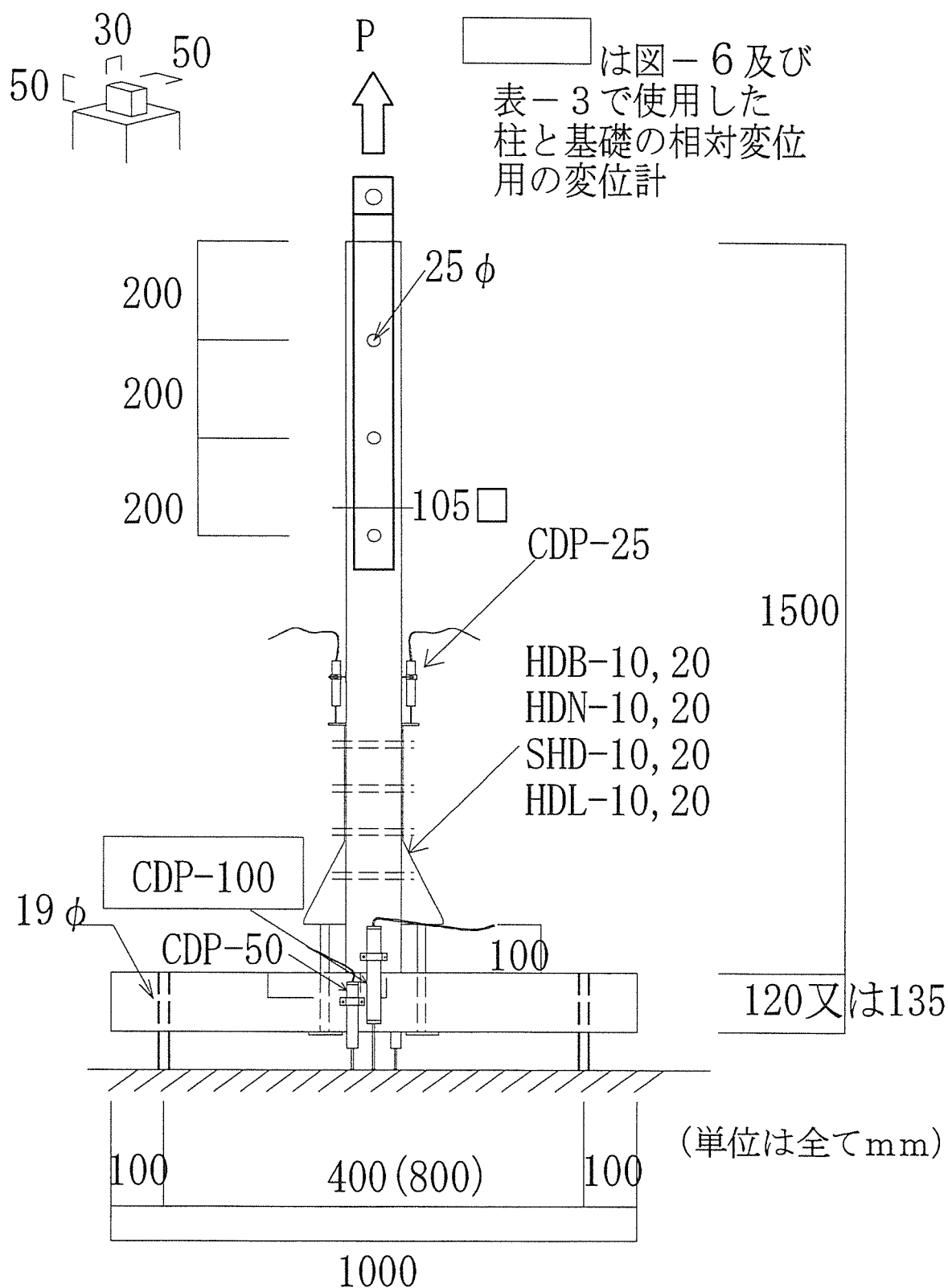


図-2 引き寄せ金物土台有り  
 試験体 (NO. 10~13)

込み栓の場合  
のほぞの仕様

かど金物の場合  
のほぞの仕様

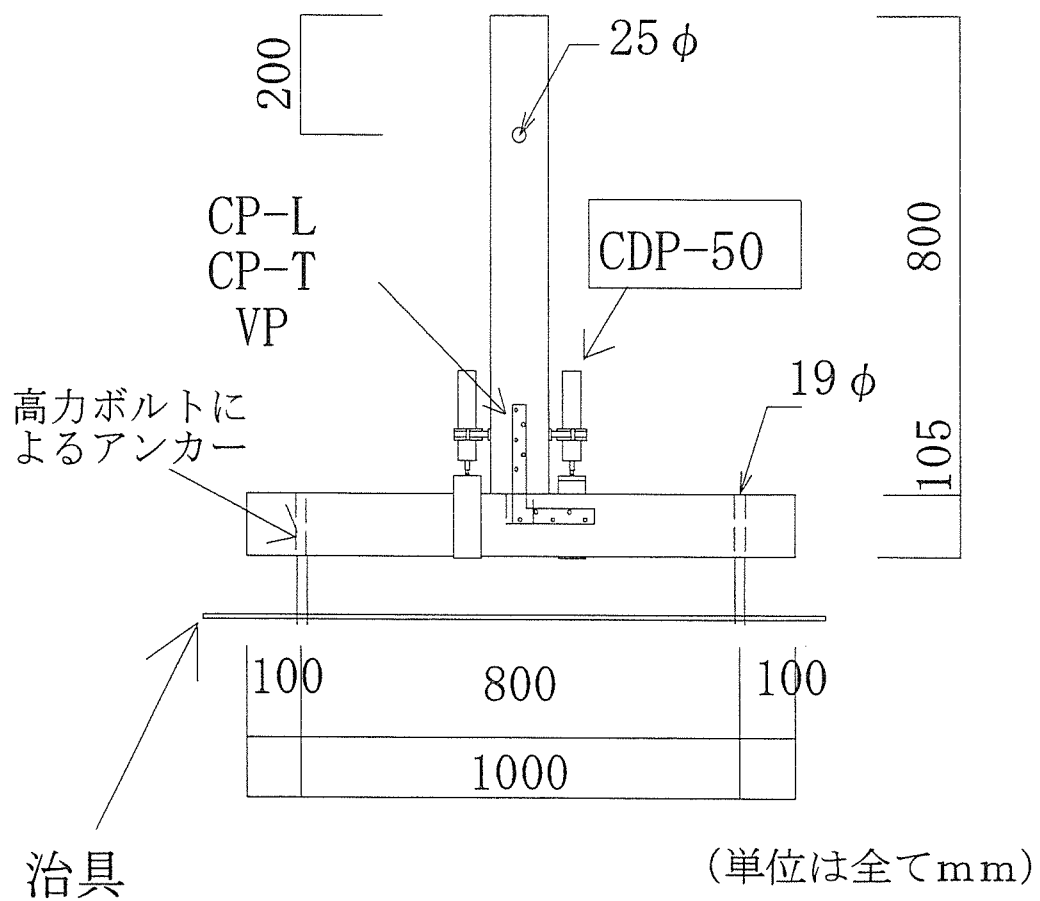
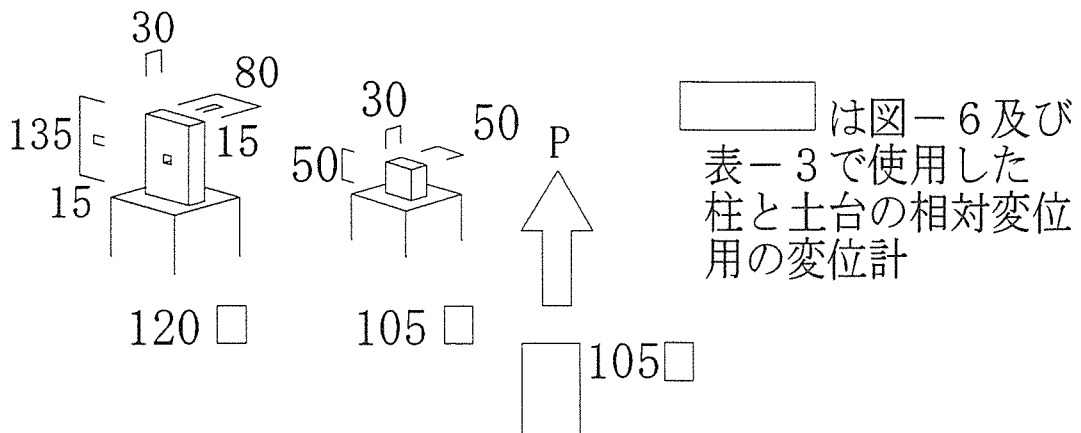
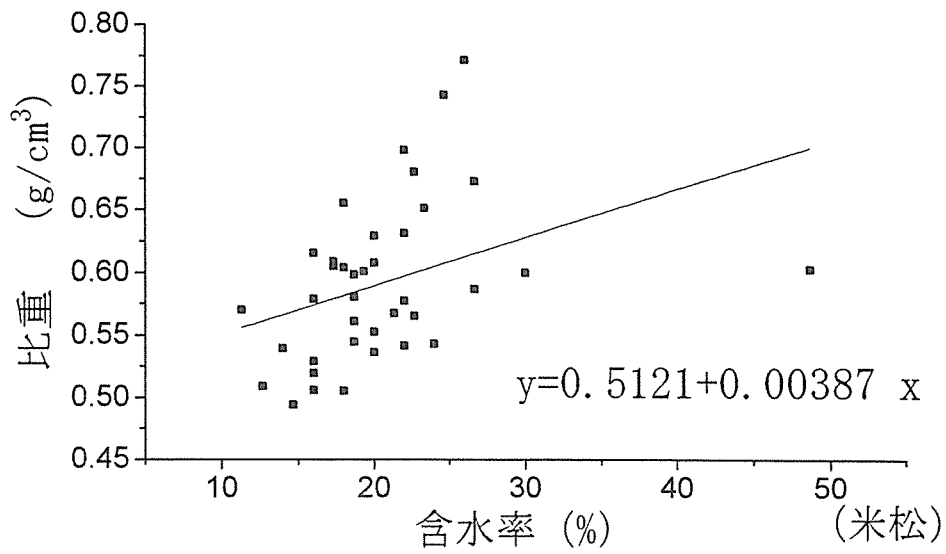
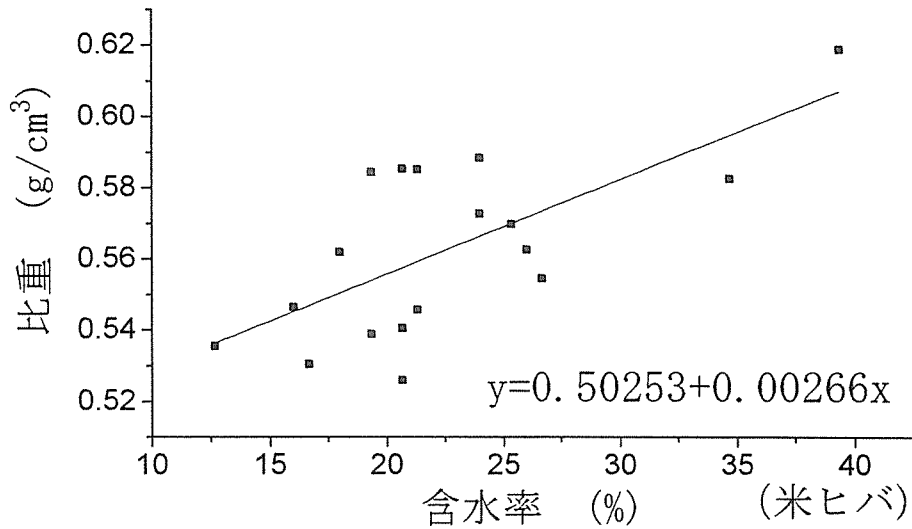


図-3 かど金物、込み栓  
試験体 (NO. 14~25)  
(図は CP-Lの場合)

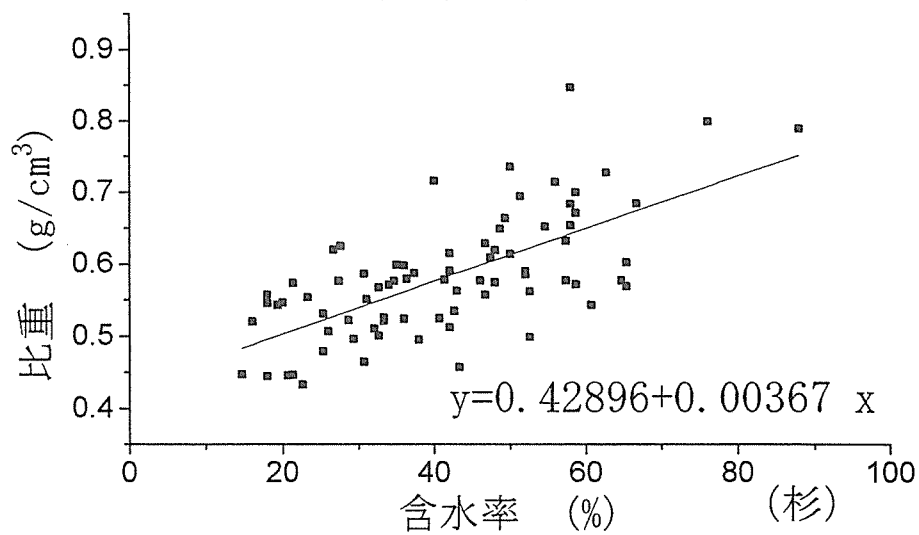




(a) 杉



(b) 米松



(c) 米ひば

図一 4 各材料の含水率と比重の関係

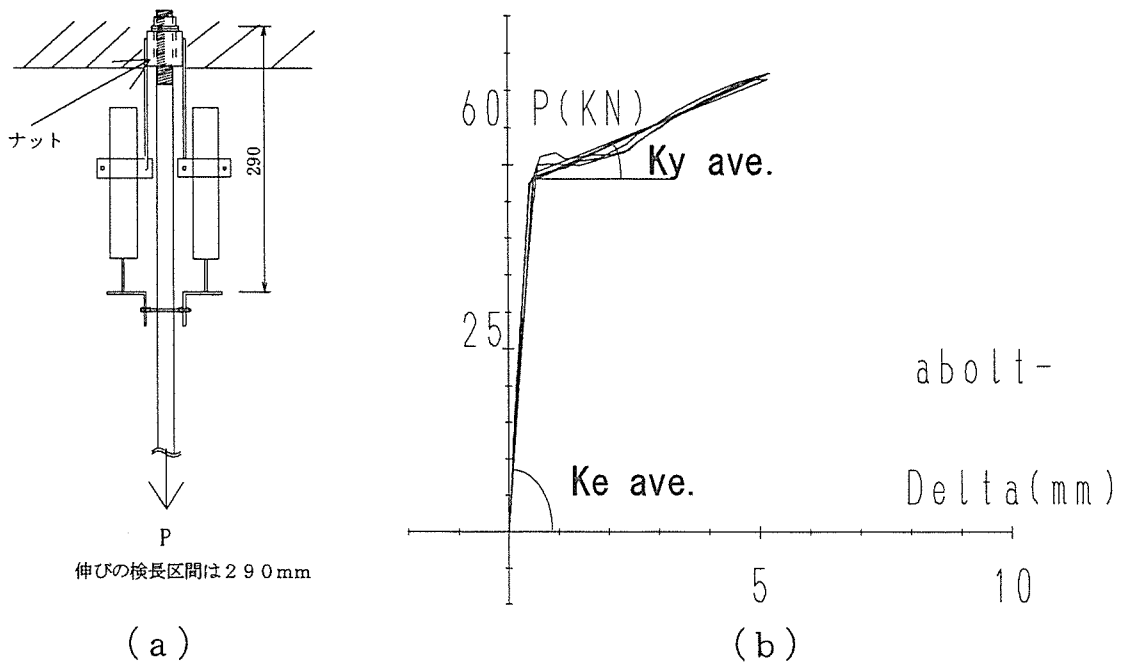
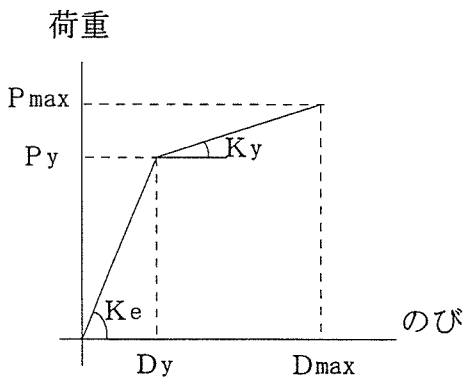


図-5 アンカーボルトの引張試験結果

表-2 アンカーボルトの試験結果一覧と剛性評価

試験体名	$P_y$	$D_y$	$P_{max}$	$D_{max}$	$K_e$	$K_y$	$P_y$	$D_y$	$P_{max}$	$D_{max}$	$K_e$	$K_y$
	(KN)	(mm)	(KN)	(mm)	$P_y/D_y$	$P_{max}/D_{max}$	ave.	ave.	ave.	ave.	ave.	ave.
NO.1	48.0	0.49	60.6	4.64	98.0	13.1						
NO.2	47.5	0.41	62.4	5.23	115.9	11.9	48.1	0.47	61.5	5.0	102.6	12.3
NO.3	48.8	0.52	61.5	5.18	93.8	11.9						



表－3  
各試験体の実験結果一覧  
及び  
剛性評価結果

(荷重及び剛性は試験体に  
載荷された合計荷重を示している。)

試験 姓名	Pmax (kN)	dmax (mm)	Py (kN)	dy (mm)	Pv		ke (pv/dv)	柱含水率 (%)	破壊 モード
					Pmax	dy			
HB1HM1	118.0	29.89	70.99	6.78	0.60	0.23	10.47	18.8	1
HB1HM2	102.0	25.77	62.26	5.69	0.61	0.22	10.94	17.2	1,3
HB1HM3	112.0	35.5	83.2	11.94	0.74	0.34	6.97	20.4	1
HB1HM4	116.0	7.49	76.27	0.24	0.66	0.03	317.79	17	1,3
HB1HM5	98.7	19.43	70.42	6.96	0.71	0.36	10.12	20.4	1,3
HB1HS1	88.0	22.24	58.26	6.63	0.66	0.30	8.79	28	1,3
HB1HS2	78.6	20.24	57.07	6.73	0.73	0.33	8.48	48.8	1,3
HB1HS3	83.9	15.72	61.6	5.72	0.73	0.36	10.77	21.4	1,3
HB1HS4	96.3	30.22	57.81	6.98	0.60	0.23	8.28	23.6	1,3
HB1HS5	79.4	22.78	46.53	6.06	0.59	0.27	7.68	24.6	1
HB2HM1	130.0	25.33	87.02	7.12	0.67	0.28	12.22	12.6	1,2
HB2HM2	152.0	35.26	84.45	5.05	0.56	0.14	16.72	14.6	1,2
HB2HM3	112.0	17.28	69.69	4.7	0.62	0.27	14.83	16	1,3
HB2HM4	93.7	11.32	75.53	7.44	0.81	0.66	10.15	20	2
HB2HM5	129.0	26.48	81	9.05	0.63	0.34	8.95	17	2
HB2HS1	146.0	36.85	89.44	8.31	0.61	0.23	10.76	31.2	1,3
HB2HS2	115.0	24.94	78.27	7.1	0.68	0.28	11.02	33.6	1,3,4
HB2HS3	122.0	26.82	84.71	7.57	0.69	0.28	11.19	53	1,2,3
HB2HS4	117.0	22.78	81.49	8.13	0.70	0.36	10.02	27.6	2
HB2HS5	106.0	18.24	72.33	5.49	0.68	0.30	13.17	31	2
HL1HM1	93.1	19.33	75.76	6.54	0.81	0.34	11.58	23	1,3
HL1HM2	50.6	8.23	38.03	4.88	0.75	0.59	7.79	22.2	3
HL1HM3	64.6	11.38	56.41	6.11	0.87	0.54	9.23	17.8	1,3
HL1HM4	81.1	14.03	61.33	5.83	0.76	0.42	10.52	11.2	3
HL1HM5	71.4	11.36	52.45	2.67	0.73	0.24	19.64	16.6	1
HL1HS1	74.0	10.47	66.79	6.71	0.90	0.64	9.95	21.8	3
HL1HS2	38.0	-2.12	17.66	-2.12	0.46	1.00	-8.33	27.6	1,4
HL1HS3	73.6	12.97	59.86	5.44	0.81	0.42	11.00	40.2	4
HL1HS4	51.8	14.62	47.51	5.37	0.92	0.37	8.85	22.4	1
HL1HS5	69.1	9.86	57.44	4.39	0.83	0.45	13.08	37	1,3
HL2LM1	119.0	21.11	87.42	6.15	0.73	0.29	14.21	16.4	1,3
HL2HM2	116.0	16.91	84.87	5.62	0.73	0.33	15.10	18.8	1,3
HL2HM3	120.0	18.97	80.19	5.03	0.67	0.27	15.94	23.4	1,3,4
HL2HM4	109.0	16.02	77.9	6.19	0.71	0.39	12.58	14.2	3
HL2HM5	116.0	16.22	78.5	4.61	0.68	0.28	17.03	21.2	2

Pmax ave	dmax ave	Py ave	dy ave	Py/Pmax ave	dy/dmax ave	ke ave
109.34	23.62	72.63	6.32	0.67	0.23	71.26
85.24	22.24	56.25	6.42	0.66	0.30	8.80
123.34	23.13	79.54	6.67	0.66	0.34	12.57
121.2	25.93	81.25	7.32	0.67	0.29	11.24
72.16	12.87	56.80	5.21	0.79	0.42	11.75
67.13	11.98	57.90	5.48	0.87	0.47	10.72
116.0	17.85	81.78	5.52	0.71	0.31	14.97

試験 体名	Pmax (kN)	dmax (mm)	Py (kN)	dy (mm)	Py		ke (py/dv)	柱含水率 (%)	破壊 モード
					Pmax	Py			
HL2HS1	108.0	10.87	84.08	3.24	0.78	0.30	25.95	46.8	1, 2, 3
HL2HS2	96.1	9.81	65.15	3.09	0.68	0.31	21.08	50.4	3
HL2HS3	97.5	11.19	73.18	3.46	0.75	0.31	21.15	25.4	3
HL2HS4	84.1	12.17	64.17	4.74	0.76	0.39	13.54	50.4	3
HL2HS5	102.0	11.49	77.87	4.8	0.76	0.42	16.22	52.6	1, 3
HN1HM1	68.2	20.57	59.54	5.16	0.87	0.25	11.54	19	1
HN1HM2	91.1	15.11	72.99	5.43	0.80	0.36	13.44	25.8	1
HN1HM3	96.5	33.43	80.06	6.17	0.83	0.18	12.98	22.8	1, 4
HN1HM4	95.6	22.13	78.15	5.8	0.82	0.26	13.47	18.6	1
HN1HM5	111.0	25.7	80.32	6.31	0.72	0.25	12.73	20.8	1
HN1HS1	69.7	24.6	62.05	5.08	0.89	0.21	12.21	32.8	1, 4
HN1HS2	76.8	29.12	68.32	5.28	0.89	0.18	12.94	53.6	1
HN1HS3	70.5	23.49	59.97	5.93	0.85	0.25	10.11	31	1
HN1HS4	95.8	25.11	83.91	5.82	0.88	0.23	14.42	29.8	1
HN1HS5	61.2	25.42	54.18	4.06	0.89	0.16	13.34	31.2	1
HN2HM1	144.06	26.05	95.1	5.22	0.66	0.20	18.22	13.2	2
HN2HM2	114.66	12.6	71.01	0.71	0.62	0.06	100.01	25.8	4
HN2HM3	132.3	17.56	87.37	4.23	0.66	0.24	20.65	15.4	4
HN2HM4	113.0	12.32	76.83	4.01	0.68	0.33	19.16	19.6	1, 3
HN2HM5	132.0	17.92	87.67	5.14	0.66	0.29	17.06	13	1, 4
HN2HS1	112.0	16.85	75.79	4.07	0.68	0.24	18.62	44.8	1, 2
HN2HS2	106.0	13.9	79.12	4.29	0.75	0.31	18.44	45.2	4
HN2HS3	121.0	20.18	89.14	5.25	0.74	0.26	16.98	26.2	1, 2
HN2HS4	97.4	17.33	75.22	4.77	0.77	0.28	15.77	39.2	1, 4
HN2HS5	116.0	17.78	74.09	4.36	0.64	0.25	16.99	26.8	1
HS1HM1	88.8	21.48	60.27	10.72	0.68	0.50	5.62	29.2	2
HS1HM2	112.0	39.3	73.3	14.74	0.65	0.38	4.97	29	3
HS1HM3	130.0	9.88	87.21	5.88	0.67	0.60	14.83	25.4	3
HS1HM4	109.0	8.28	74.73	3.9	0.69	0.47	19.16	21.2	3
HS1HM5	79.4	49	55.3	5.56	0.70	0.11	9.95	16	2
HS1HS1	84.6	15.26	77.94	7.21	0.92	0.47	10.81	38	1, 3
HS1HS2	81.5	21.36	78.89	18.46	0.97	0.86	4.27	40	3
HS1HS3	91.1	14.9	87.59	11.81	0.96	0.79	7.42	25	3
HS1HS4	80.2	20.49	50.98	7.42	0.64	0.36	6.87	27.8	3
HS1HS5	74.9	19.54	55.68	5.22	0.74	0.27	10.67	48.8	2, 3

Pmax ave	dmax ave	Py ave	dy ave	Py/Pmax ave	dy/dmax ave	ke ave
97.54	11.11	72.89	3.87	0.75	0.35	19.59
92.48	23.39	74.21	5.77	0.81	0.26	12.83
74.8	25.55	65.69	5.23	0.88	0.21	12.61
130.34	18.46	86.74	4.65	0.66	0.26	18.77
110.48	17.21	78.67	4.55	0.71	0.27	17.36
103.84	25.59	70.16	8.16	0.68	0.41	10.91
82.46	18.31	70.22	10.02	0.85	0.55	8.01

試験 体名	Pmax (kN)	dmax (mm)	Py (kN)	dy (mm)	Py		ke (py/dy)	柱含水率 (%)	破壊 モード
					Pmax	Py			
HS2HM1	104.0	9.55	72.15	2.31	0.69	0.24	31.23	13.6	2
HS2HM2	123.0	13	83.44	2.31	0.68	0.18	36.12	16	2
HS2HM3	101.0	6.52	73.55	1.95	0.73	0.30	37.72	14.6	2
HS2HM4	128.0	11.82	89	2.24	0.70	0.19	39.73	14.6	2
HS2HM5	132.0	13.9	94.17	2.46	0.71	0.18	38.28	14	2
HS2HS1	138.0	30.57	110.55	15.28	0.80	0.50	7.23	45.8	2
HS2HS2	103.0	13.46	30.87	2	0.30	0.15	15.44	45.2	2
HS2HS3	119.0	21.25	99.76	2.12	0.84	0.10	47.06	37.6	2
HS2HS4	114.0	17.12	74.86	11.27	0.66	0.66	6.64	34.2	2
HS2HS5	121.0	17.11	97.2	8.4	0.80	0.49	11.57	37	2
HB21S41	79.3	43.94	58.3	15.25	0.74	0.35	2.12	25.0,16.2	5
HB21S42	74.5	35.43	56.5	17.68	0.76	0.50	1.52	23.8,17.0	5
HB21S43								8.8,12.6	5
HB21S81	62.0	30	48	15.1	0.77	0.50	1.54	32.6,14.0	5
HB21S82	58.7	19.1	19.1	4.6	0.33	0.24	1.35	17.2,11.2	5
HB21S83								26.0,11.4	5
HB21S41	65.5	17.47	38.43	6.56	0.59	0.38	1.56	15.6,19.2	5
HB21S42	68.3	14.45	38.73	4.59	0.57	0.32	1.79	15.2,12.0	5
HB21S43								58.4,8.6	5
HB21S81	68.1	31.42	26.17	15.1	0.38	0.48	0.80	18.0,15.2	5
HB21S82	53.6	24.47	39.01	4.6	0.73	0.19	3.87	23.0,17.6	5
HB21S83								26.0,11.4	5
HB21M41	76.8	24.8	30.57	2.73	0.40	0.11	3.62	15.4,9.8	5
HB21M42	83.6	30.4	44.35	3.36	0.53	0.11	4.80	11.8,13.4	5
HB21M43								11.0,12.4	5
HB21M81	64.0	24.8	30.57	2.73	0.48	0.11	4.34	13.6,11.8	5
HB21M82	78.4	30.4	44.35	3.36	0.57	0.11	5.12	20.2,11.6	5
HB21M83								15.6,11.4	5

Pmax ave	dmax ave	Py ave	dy ave	Py/Pmax ave	dy/dmax ave	ke ave
117.6	10.96	82.46	2.25	0.70	0.22	36.62
119.0	19.90	82.65	7.81	0.68	0.38	17.59
76.90	39.69	57.40	16.47	0.75	0.42	1.82
60.35	24.55	33.55	9.85	0.55	0.37	1.44
66.90	15.96	38.58	5.58	0.58	0.35	1.67
60.85	27.95	32.59	9.85	0.56	0.33	2.34
80.20	27.60	37.46	3.05	0.46	0.11	4.21
71.20	27.60	37.46	3.05	0.52	0.11	4.73

Pmax ave	dmax ave	Py ave	dy ave	Py/Pmax ave	dy/dmax ave	ke ave
15.08	10.20	12.33	4.25	0.82	0.46	3.10
13.42	13.19	11.23	6.43	0.84	0.48	1.82
19.80	8.69	15.50	2.93	0.78	0.34	5.56
18.42	10.39	12.92	3.02	0.68	0.29	4.41
8.32	14.40	6.91	6.50	0.83	0.45	1.06
11.28	11.51	7.53	7.61	0.70	0.73	0.99
22.28	2.35	19.14	1.19	0.86	0.52	16.36
7.19	10.79	5.02	3.75	0.70	0.33	1.59
17.15	10.46	12.10	2.55	0.70	0.25	4.77

試験 体名	Pmax (kN)	dmax (mm)	Py (kN)	dy (mm)	Py Pmax	dy dmax	ke (py/dy)	柱含水率 (%)	土台 含水率 (%)	破壊 モード
CPLZN1	15.3	4.4	13.65	3.07	0.89	0.70	4.45	11.4	28.6	2
CPLZN2	14.9	11.67	11.67	3.37	0.78	0.29	3.46	22.4	38.8	2
CPLZN3	15.3	15.09	12.78	5.48	0.84	0.36	2.33	11.6	17.2	2
CPLZN4	14.7	9.38	11.1	3.63	0.76	0.39	3.06	17.2	21.6	2
CPLZN5	15.2	10.45	12.43	5.71	0.82	0.55	2.18	21	26.4	2
CPLN1	14.1	11.8	11.21	5.13	0.80	0.43	2.19	33	35.2	2
CPLN2	13.6	12.98	11.44	5.7	0.84	0.44	2.01	24	24.6	2
CPLN3	12.7	13.2	11.08	5.33	0.87	0.40	2.08	26.8	20.4	2
CPLN4	12.3	13.12	10.54	7.74	0.86	0.59	1.36	26.4	21.6	2
CPLN5	14.4	14.86	11.9	8.24	0.83	0.55	1.44	26	20	2
CPTZN1	17	7.51	13.39	3.08	0.79	0.41	4.35	23	33.2	2,5,6
CPTZN2	19.5	10.72	16.28	3.65	0.83	0.34	4.46	9	22.4	2,6
CPTZN3	22.2	7.14	16.13	3.19	0.73	0.45	5.06	5.2	11.2	5
CPTZN4	19.91	7.16	14.45	1.79	0.73	0.25	8.07	4.6	13.4	5
CPTZN5	20.38	10.91	17.24	2.93	0.85	0.27	5.88	11.8	26.2	2,5,6
CPTN1	16.8	8.8	12.18	3.49	0.73	0.40	3.49	39.4	25.6	2,5,6
CPTN2	20.8	12.69	16.21	3.29	0.78	0.26	4.93	28.2	16.8	2,5,6
CPTN3	20.9	13.01	16.54	3.93	0.79	0.30	4.21	27	16.4	5
CPTN4	18.9	12.33	14.48	3.36	0.77	0.27	4.31	34.2	30.4	5
CPTN5	14.7	5.11	5.21	1.02	0.35	0.20	5.11	25.6	28.4	2,5
CPL381	8.08	14.77	6.98	6.78	0.86	0.46	1.03	28.4	18.6	2
CPL382	8.55	14.03	6.84	6.22	0.80	0.44	1.10	32.2	18.4	2
CPT381	13.7	7.59	7.38	7.12	0.54	0.94	1.04	22.4	27.6	6
CPT382	8.86	15.42	7.68	8.09	0.87	0.52	0.95	25.6	22.4	6
VPZN1	21.51	2.18	19.6	1.13	0.91	0.52	17.35	16.8	26.4	5
VPZN2	20.76	1.71	17.74	0.9	0.85	0.53	19.71	7.2	24.6	5
VPZN3	23.29	2.61	17.84	1.13	0.77	0.43	15.79	7.4	21.2	5
VPZN4	21.7	2.08	20.31	1.46	0.94	0.70	13.91	12	21.4	5
VPZN5	24.14	3.18	20.19	1.34	0.84	0.42	15.07	11.4	22	5
VP381	7.42	13.2	4.89	5.2	0.66	0.39	0.94	40.2	16	6
VP382	6.95	8.38	5.14	2.3	0.74	0.27	2.23	26.8	22	6
VPN1	14.75	6.96	9.36	1.93	0.63	0.28	4.85	48.4	21.4	5
VPN2	19.54	13.96	14.83	3.16	0.76	0.23	4.69	37.2	20.8	6

試験 体名	Pmax (kN)	dmax (mm)	Py (kN)	dy (mm)	Py		ke (py/dy)	柱含水率 (%)	土台 含水率 (%)	破壊 モード
					Pmax	dy				
NK15-1	15.78	4.33	11.09	1.04	0.70	0.24	10.66	33.6	23.4	5,6
NK15-2	13.9	39.79	10.7	2.05	0.77	0.05	5.22	37.2	22.8	5,6
NK15-3	14	22.24	8.97	3.19	0.64	0.14	2.81	21.2	18.8	5,6
NK15-4	13.06	24.21	11.13	5.29	0.85	0.22	2.10	19.6	22.2	5,6
NK15-5	14.37	14.97	11.51	2.48	0.80	0.17	4.64	24.4	15.8	5,6
NK24-1	15.9	28.12	10.25	3.51	0.64	0.12	2.92	22.6	21.2	5,6
NK24-2	12.59	2.1	11.47	1.62	0.91	0.77	7.08	28.6	17.8	6
NK24-3	14.94	20.8	9.66	1.39	0.65	0.07	6.95	22.8	18.4	5,6
NK24-4	14.56	17.73	10.77	3.74	0.74	0.21	2.88	21	18.4	5,6
NK24-5	17.94	9.17	12.59	1.36	0.70	0.15	9.26	22.6	20	5,6
KMK-1	13.9	12.44	11.2	1.37	0.81	0.11	8.18	18.2	7.4	5,6
KMK-2	15.2	12.60	11.5	1.84	0.76	0.15	6.25	18.6	10.6	5,6

Pmax ave	dmax ave	Py ave	dy ave	Py/Pmax ave	dy/dmax ave	ke ave
14.22	21.11	10.68	2.81	0.75	0.16	5.09
15.19	15.58	10.95	2.32	0.73	0.26	5.82
14.55	12.52	11.35	1.61	0.78	0.13	7.21



試験 体名	Pmax (kN)	dmax (mm)	Py (kN)	dy (mm)	Py		ke (py/dy)	柱含水率 (%)	土台 含水率 (%)	破壊 モード
					Pmax	dy				
cn38-1	4.18	12.13	3.11	0.46	0.74	0.04	6.76			
cn38-2	3.59	8.72	2.76	1.03	0.77	0.12	2.68			
cn50-1	4.59	11.78	3.26	1.5	0.71	0.13	2.17			
cn50-2	5.74	15.15	2.85	0.52	0.50	0.03	5.48			
cn50-3	5.68	14.24	3.01	0.58	0.53	0.04	5.19			
cn50g-1	4.71	13.43	2.76	1.34	0.59	0.10	2.06			
cn50g-2	5.12	13.22	3.11	1.29	0.61	0.10	2.41			
cn50g-3	4.15	13.01	2.66	1.1	0.64	0.08	2.42			
sn38-1	4.21	14.57	2.78	1.51	0.66	0.10	1.84			
sn38-2	3.5	13.29	2.61	2	0.75	0.15	1.31			
sn38-3	3.4	6.46	2.09	0.66	0.61	0.10	3.17			
sn38-4	3.31	12.5	2.19	3.28	0.66	0.26	0.67			
sn38-5	3.84	11.95	2.69	2.49	0.70	0.21	1.08			
sn50-1	5.74	0.9	5.45	0.35	0.95	0.39	15.57			
sn50-2	5.87	20.76	4.34	3.55	0.74	0.17	1.22			
sn50-3	3.78	11.06	2.79	3.92	0.74	0.35	0.71			
sn50-4	3.59	14.64	1.63	1.22	0.45	0.08	1.34			
sn50-5	3.96	4.41	3.36	0.96	0.85	0.22	3.50			
sn38g-1	2.06	6.15	1.18	1.7	0.57	0.28	0.69			
sn38g-2	2.72	8.92	2.04	1.89	0.75	0.21	1.08			
sn38g-3	2.56	4.61	1.96	1.03	0.77	0.22	1.90			
sn50g-1	5.02	1.48	4.51	0.36	0.90	0.24	12.53			
sn50g-2	5.49	10.65	4.08	1.26	0.74	0.12	3.24			
sn50g-3	3.99	3.28	3.74	0.24	0.94	0.07	15.58			
sn45-1	5.99	13.61	2.92	0.61	0.49	0.04	4.79			
sn45-2	3.68	9.39	2.64	3.27	0.72	0.35	0.81			
sn45g-1	1.99	1.85	1.64	0.99	0.82	0.54	1.66			
sn45g-2	3.37	5.21	2.57	0.52	0.76	0.10	4.94			
sn45g-3	3.56	5.12	2.04	0.72	0.57	0.14	2.83			

Pmax ave	dmax ave	Py ave	dy ave	Py/Pmax ave	dy/dmax ave	ke ave
3.89	10.43	2.94	0.75	0.76	0.08	4.72
5.34	13.72	3.04	0.87	0.58	0.07	4.28
4.66	13.22	2.84	1.24	0.61	0.09	2.30
3.65	11.75	2.47	1.99	0.68	0.17	1.61
4.59	10.35	3.51	2.00	0.75	0.24	4.47
2.45	6.56	1.73	1.54	0.70	0.24	1.23
4.83	5.14	4.11	0.62	0.86	0.14	10.45
4.84	11.50	2.78	1.94	0.60	0.20	2.80
2.97	4.06	2.08	0.74	0.72	0.26	3.14

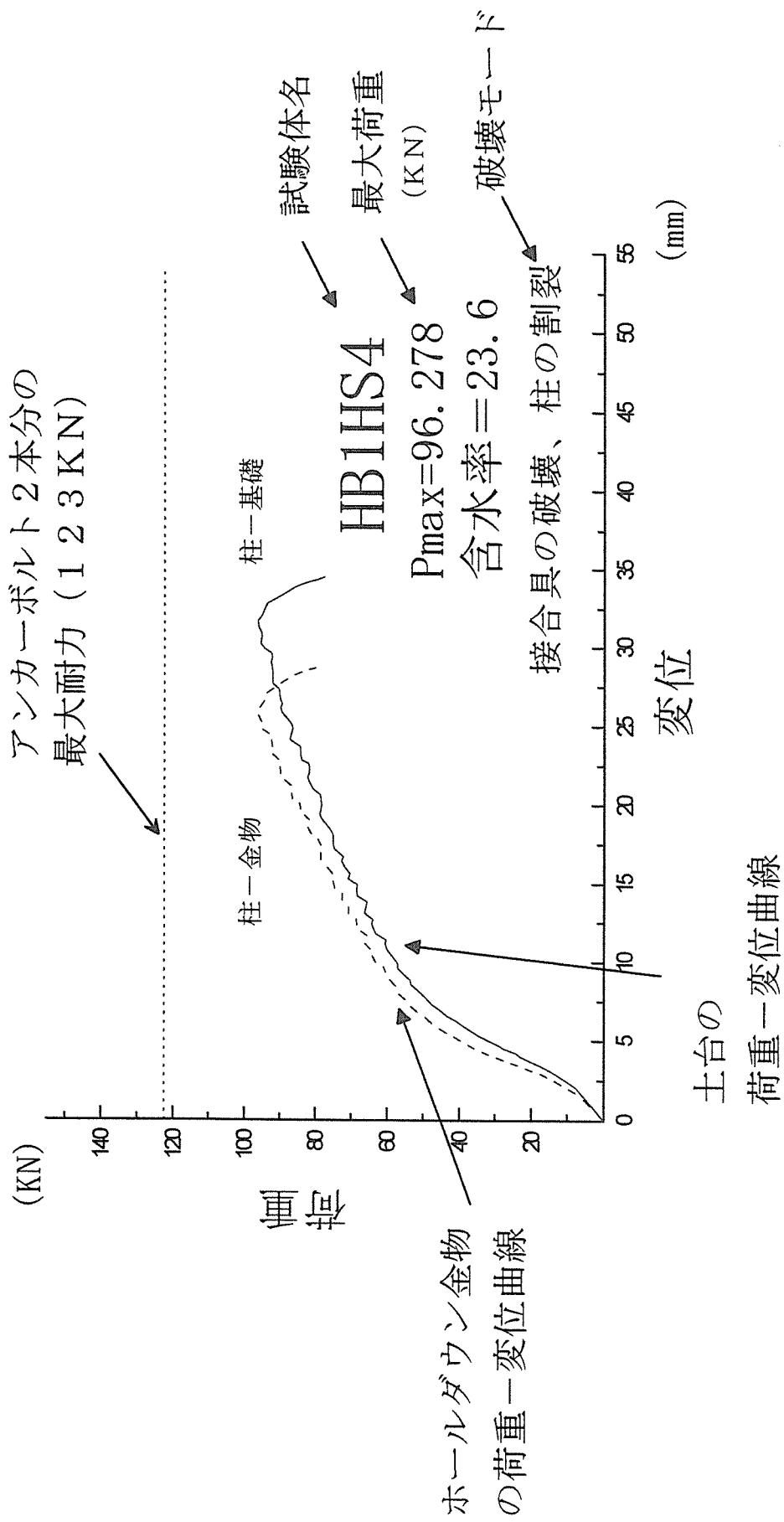


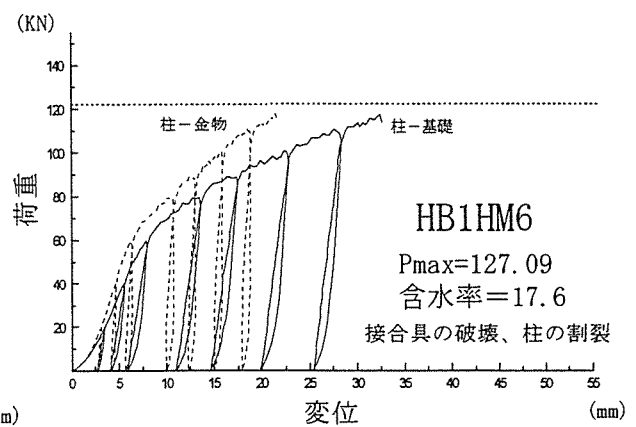
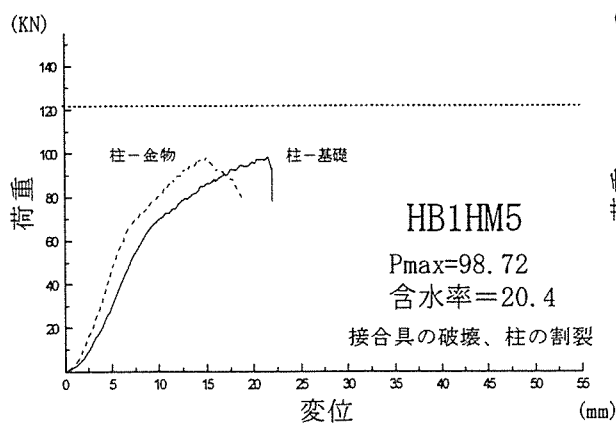
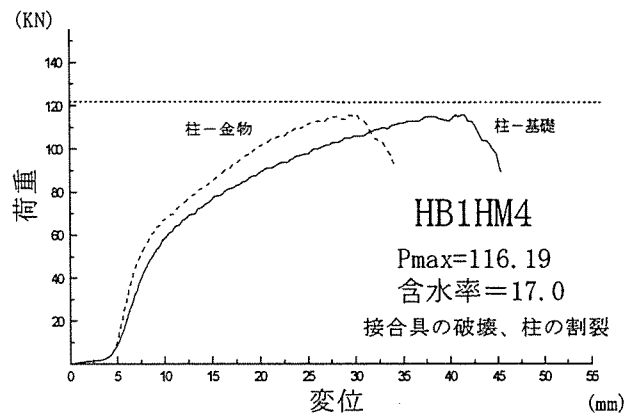
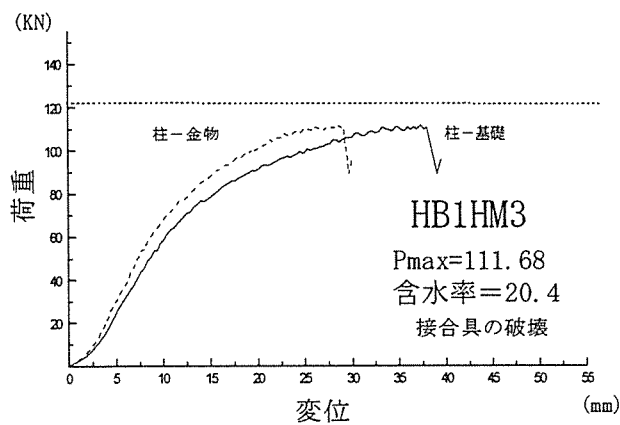
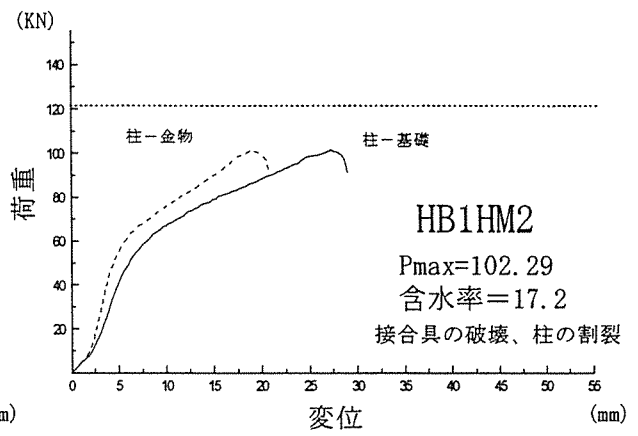
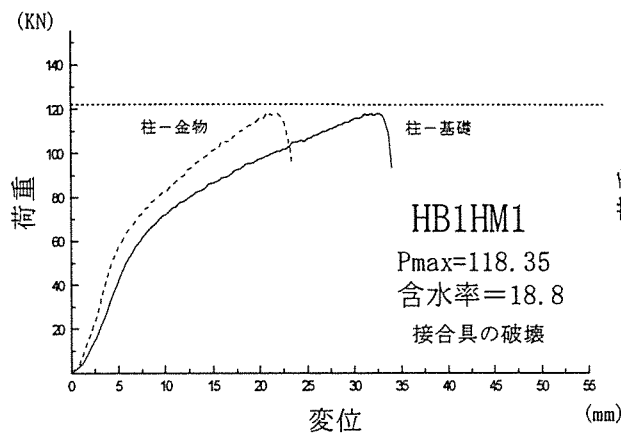
## 図－6

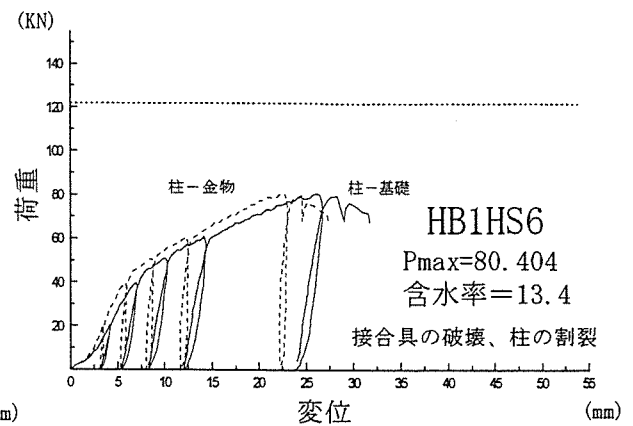
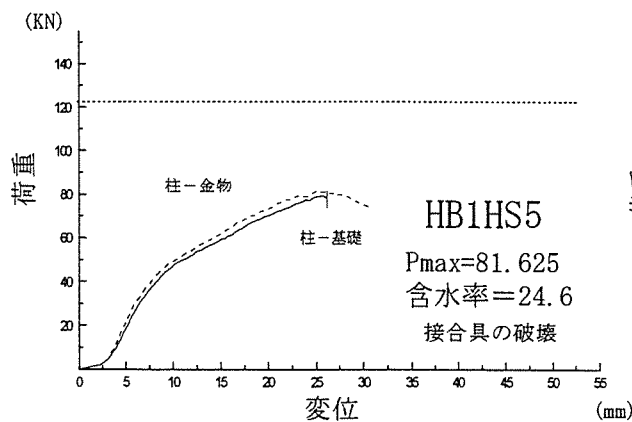
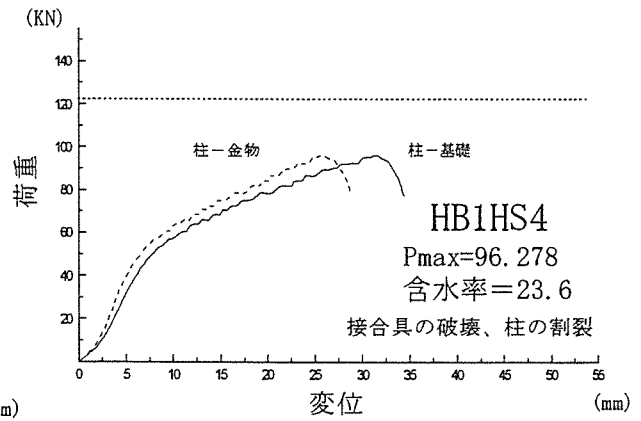
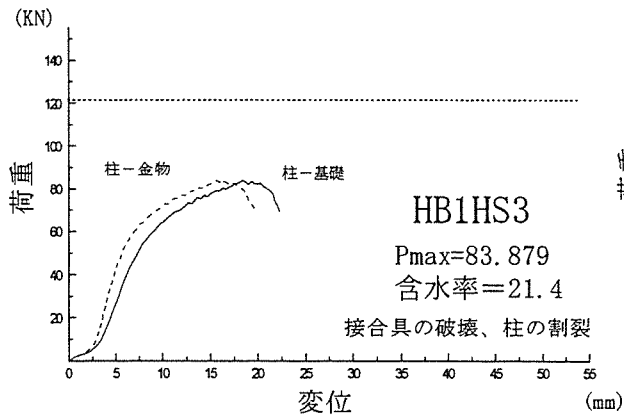
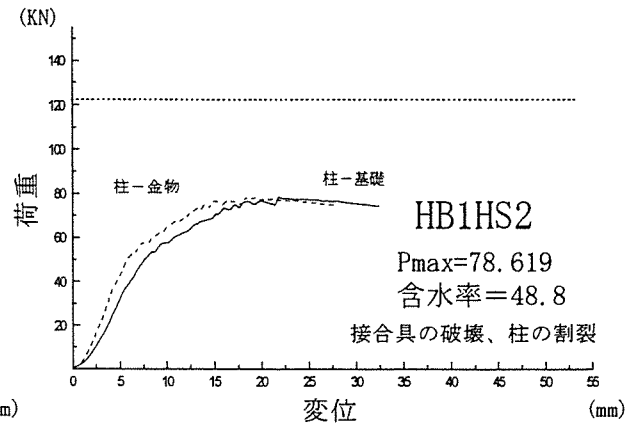
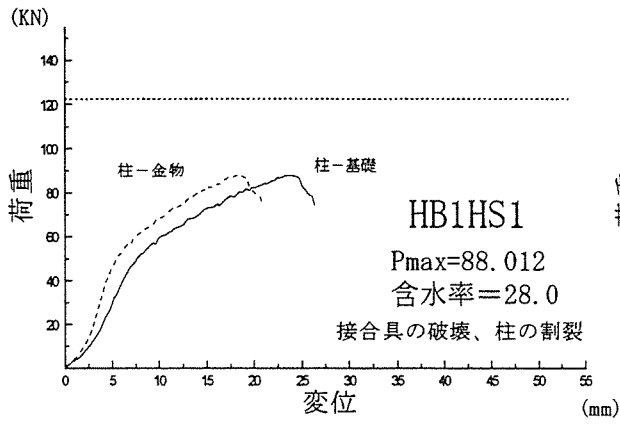
# 各試験体の荷重－変形関係

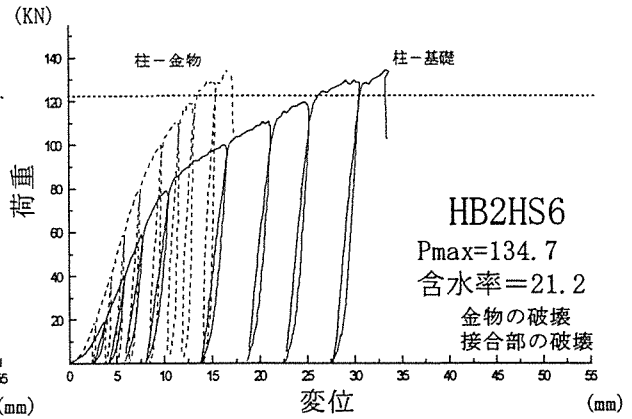
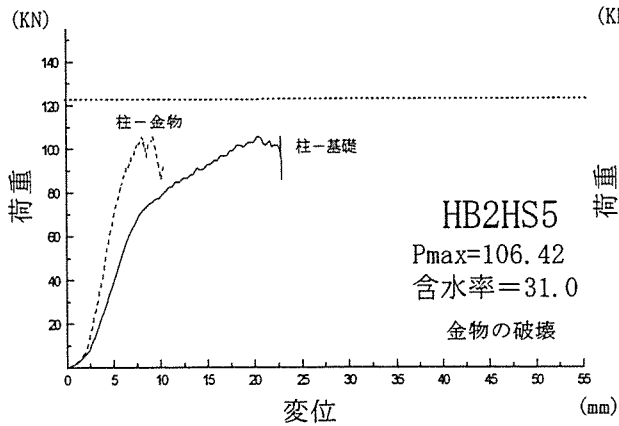
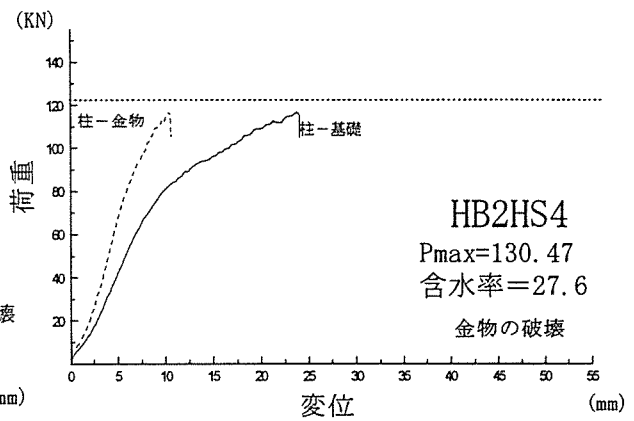
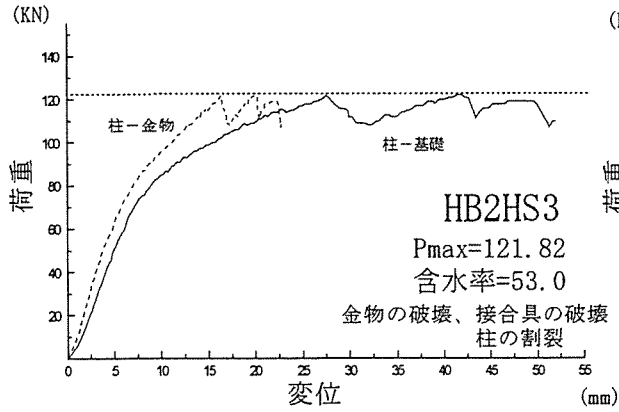
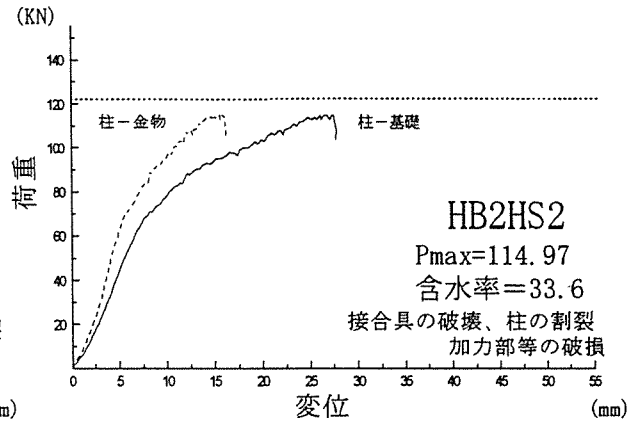
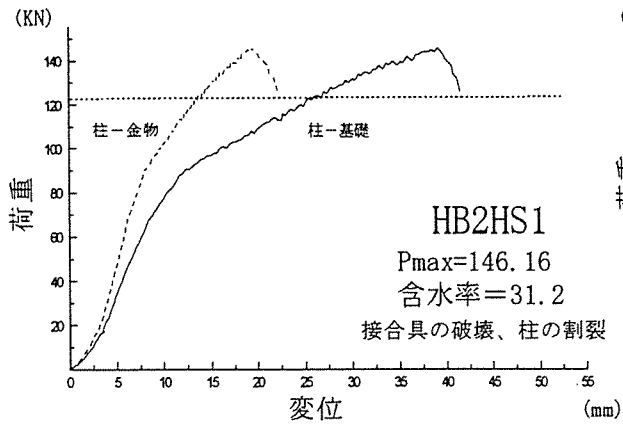
(荷重は、試験体に載荷された合計荷重であり、変形は、図－1～3で□で囲まれた変位計（2台）の平均値を実線で示してあり、初期なじみを含む。なお、一部の試験体においては、最大荷重以前に、変位計の損傷防止のために□の変位計を取り外したものもある。)

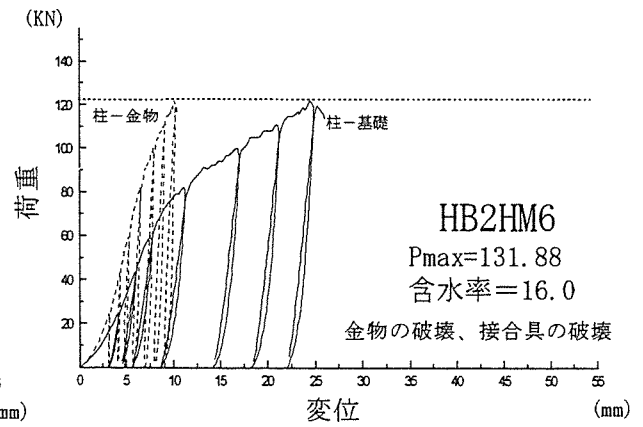
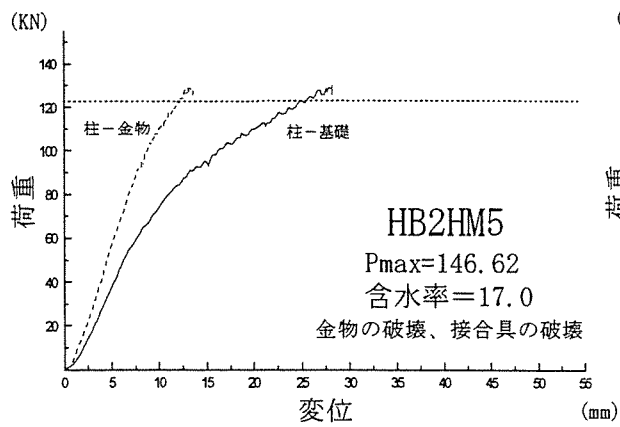
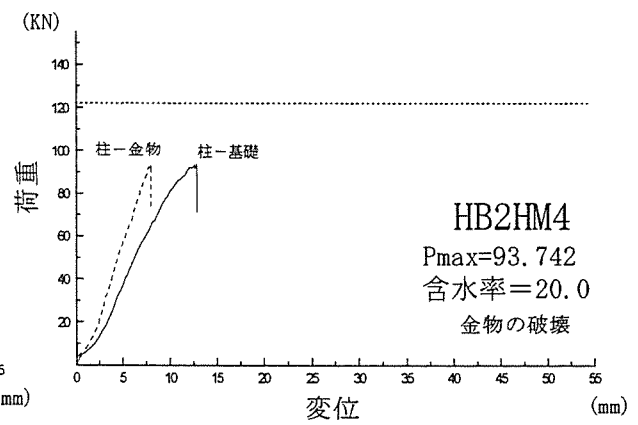
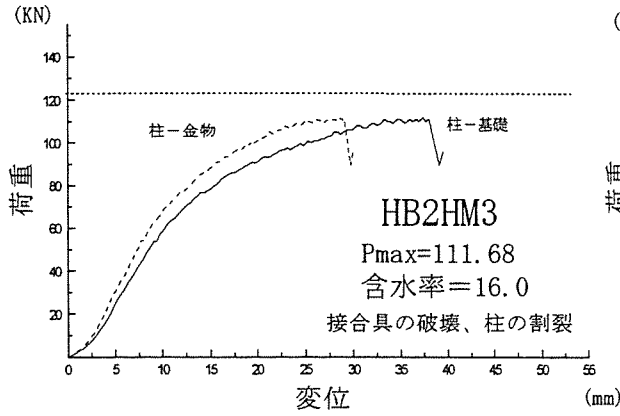
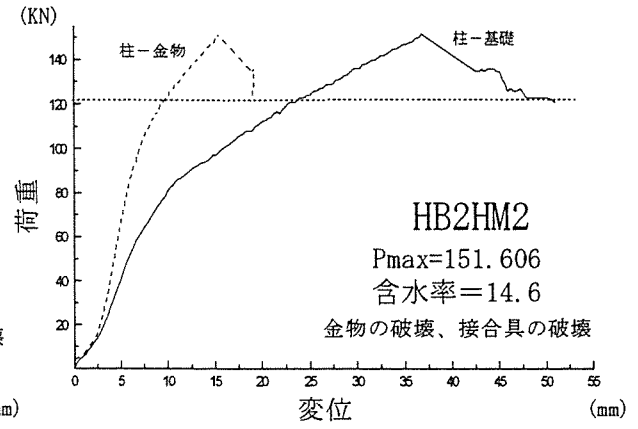
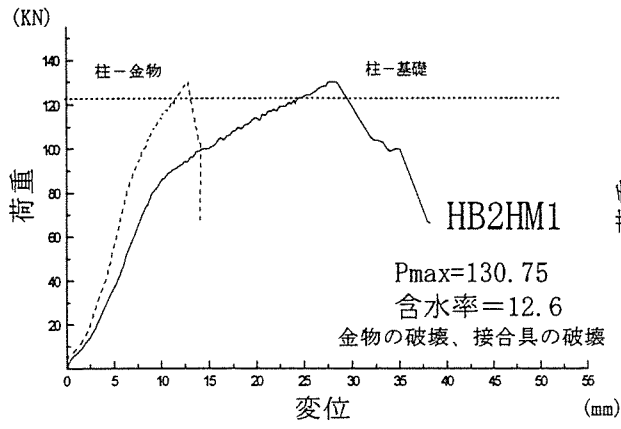
# 図説明



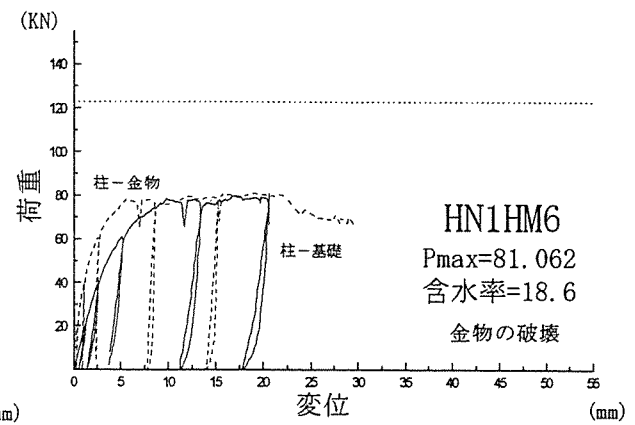
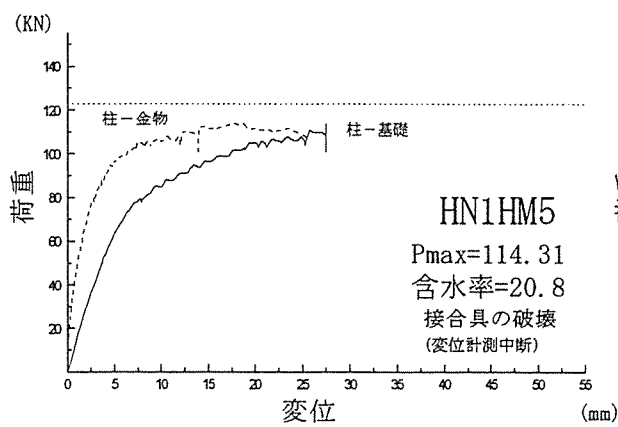
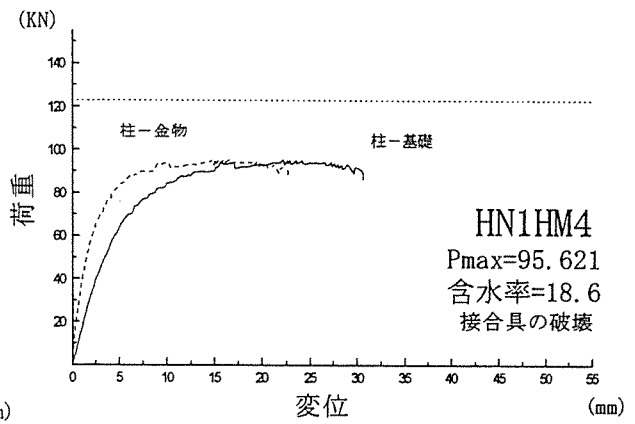
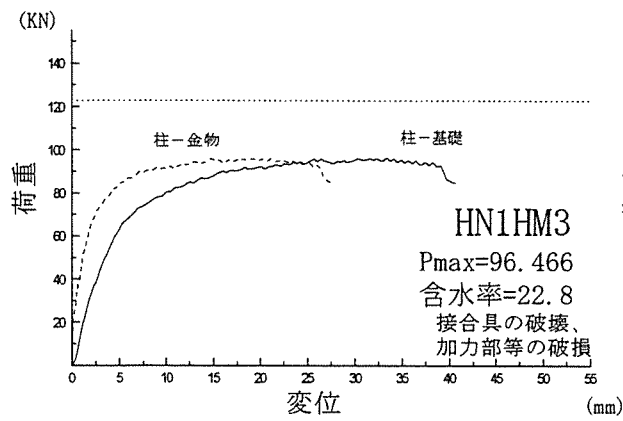
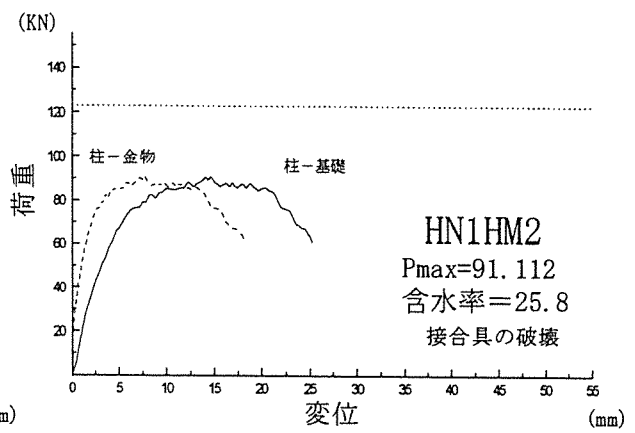
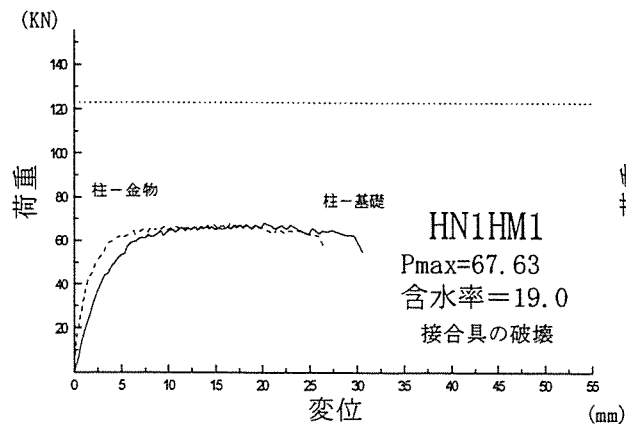


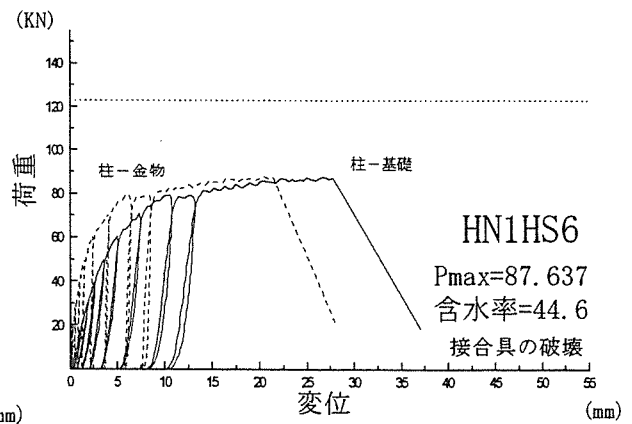
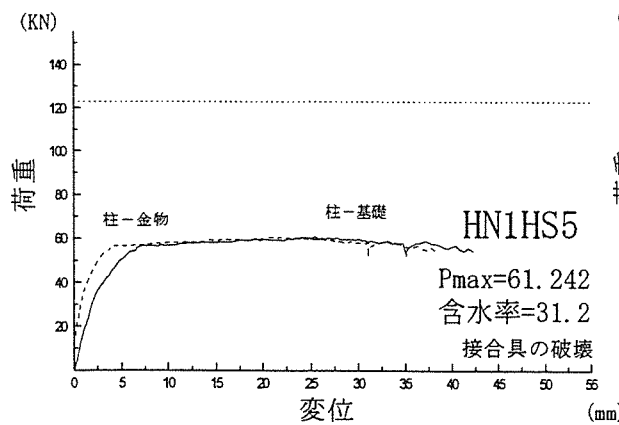
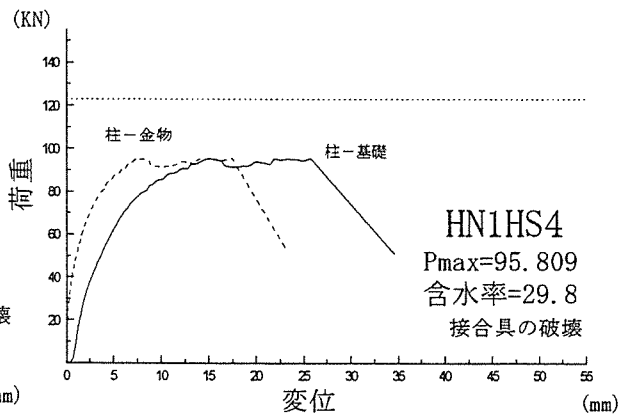
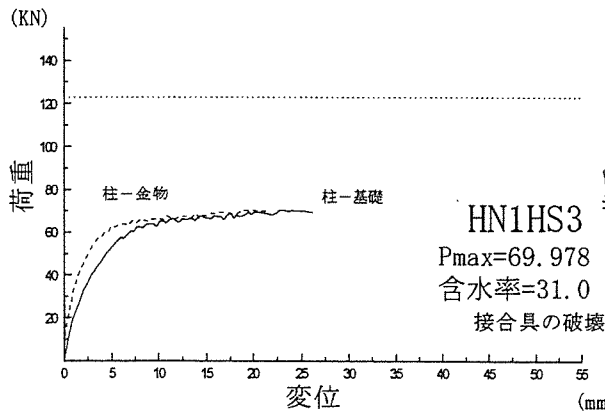
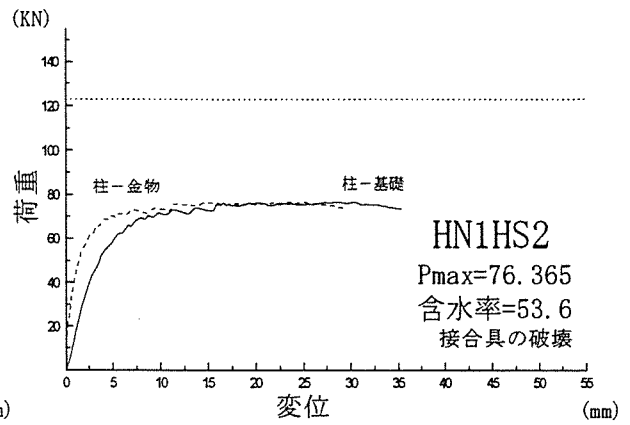
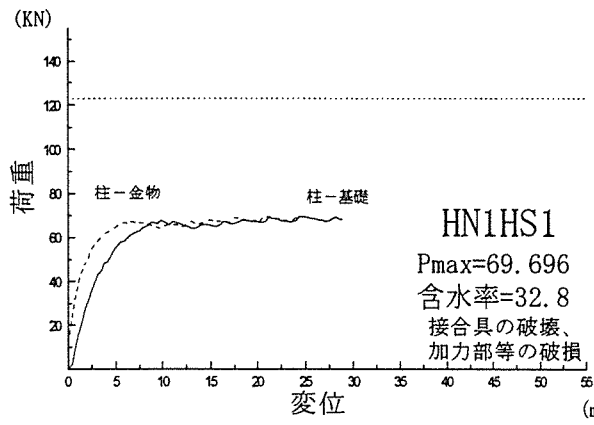


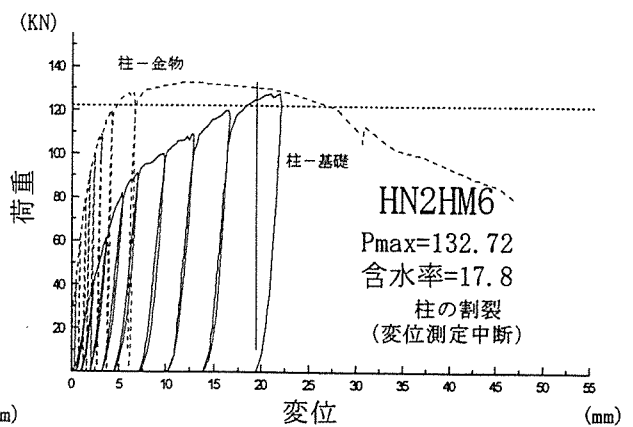
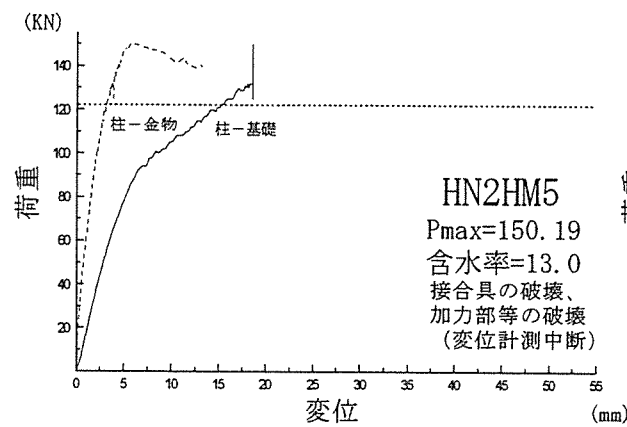
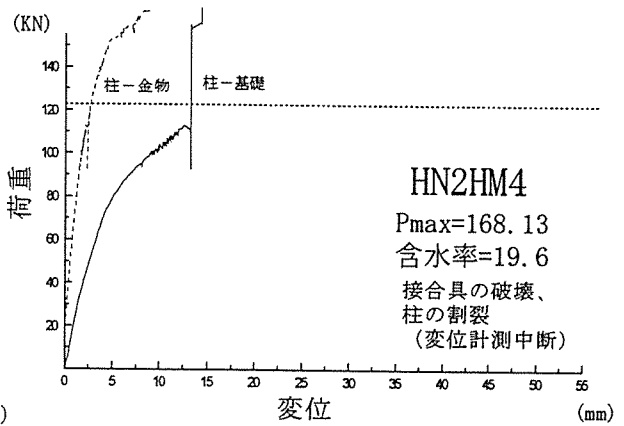
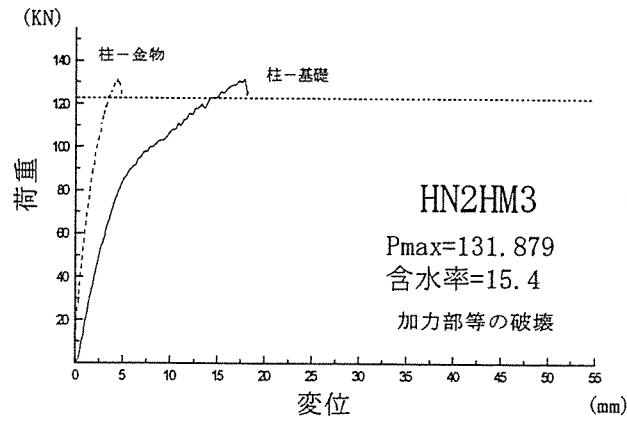
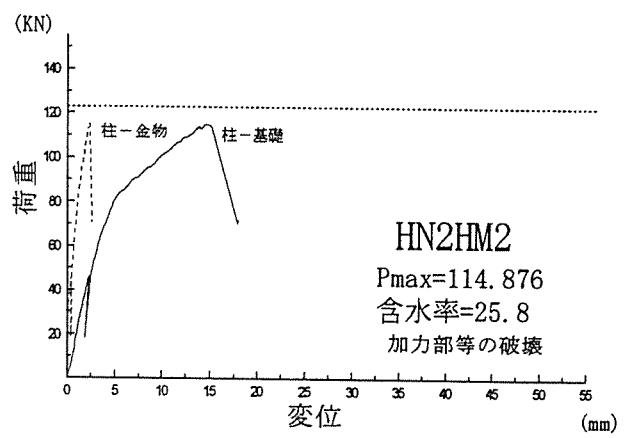
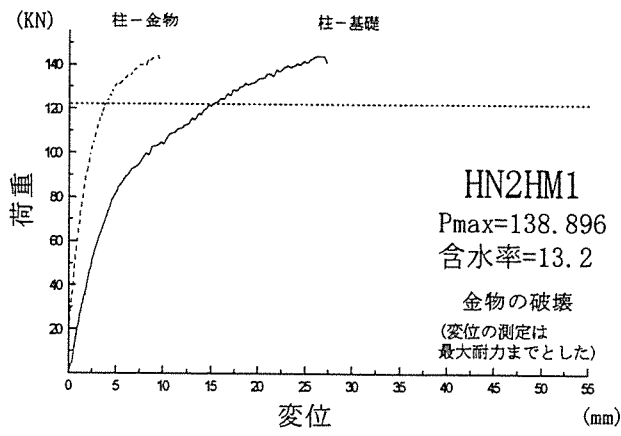


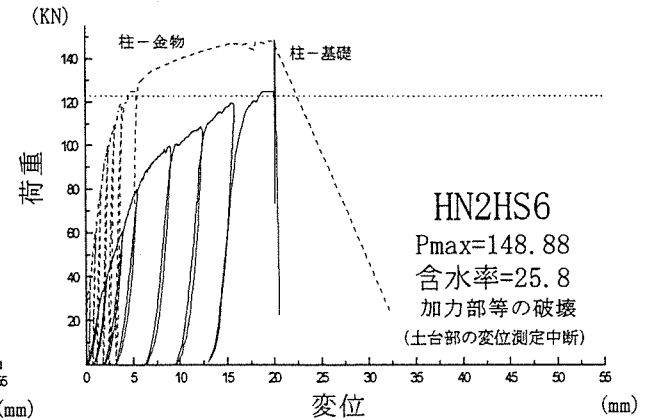
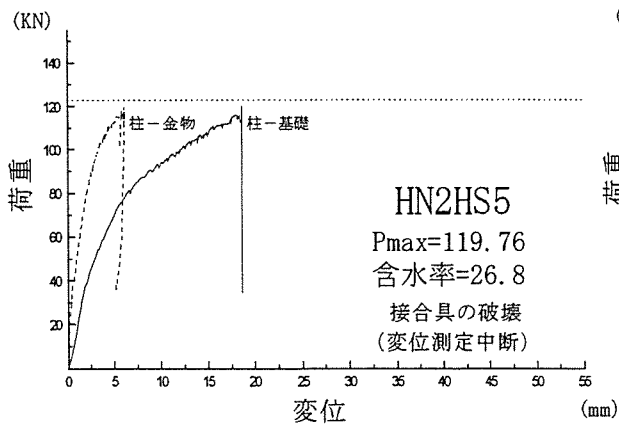
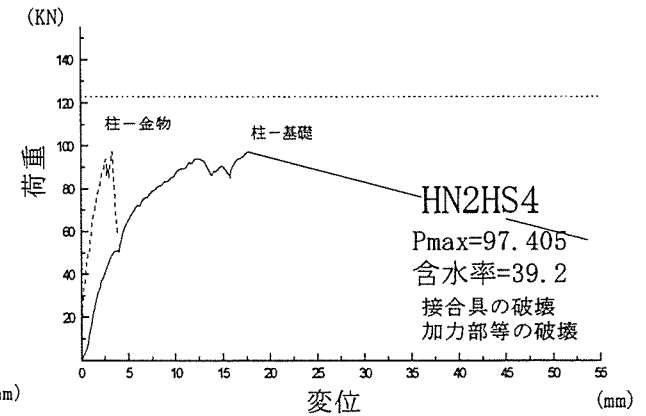
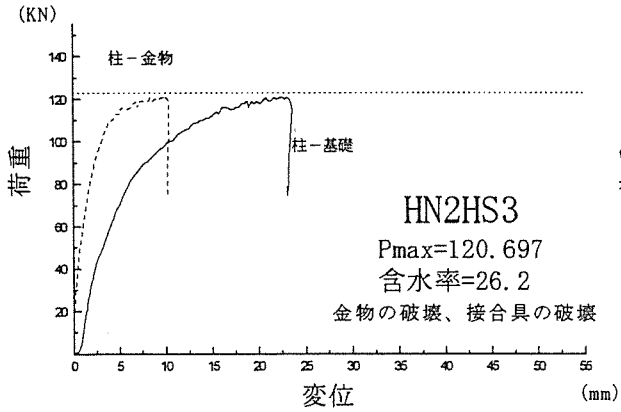
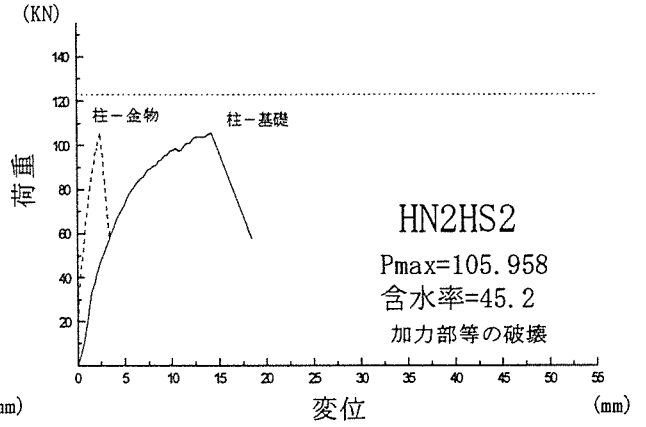
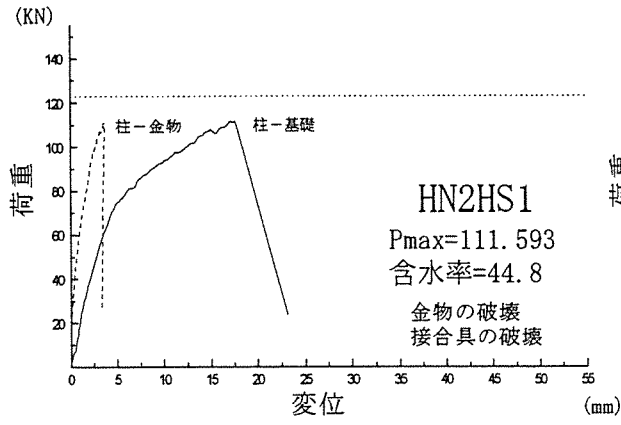


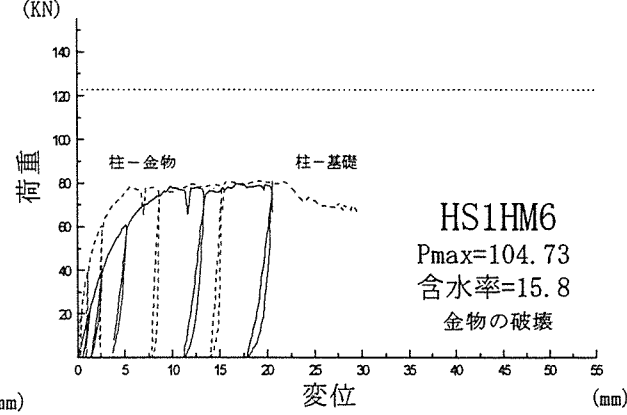
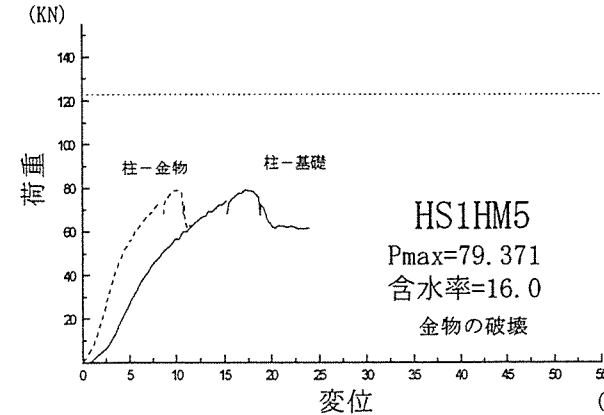
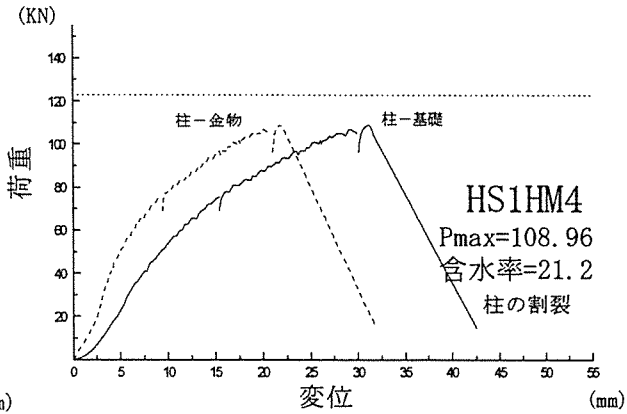
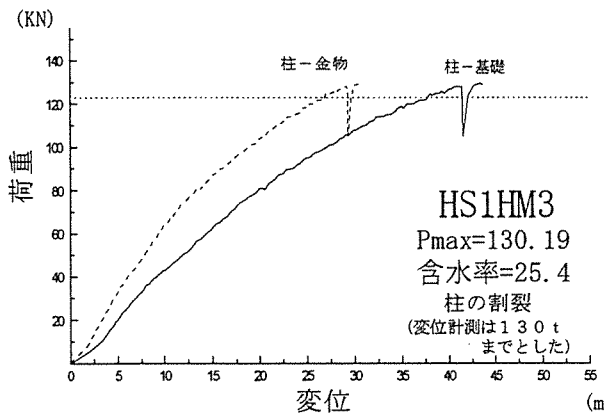
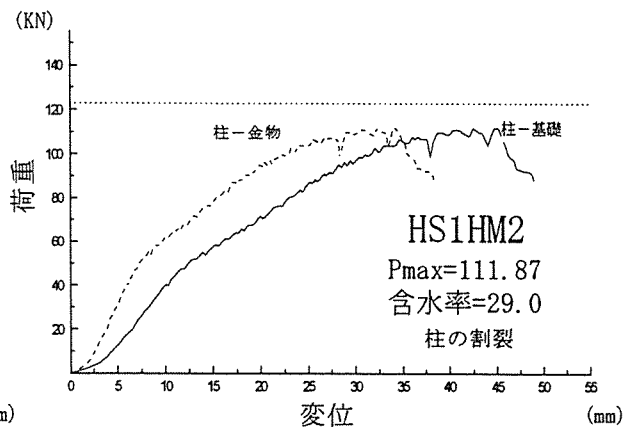
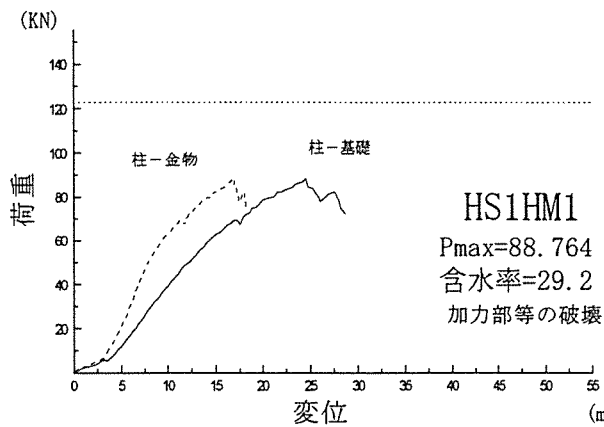


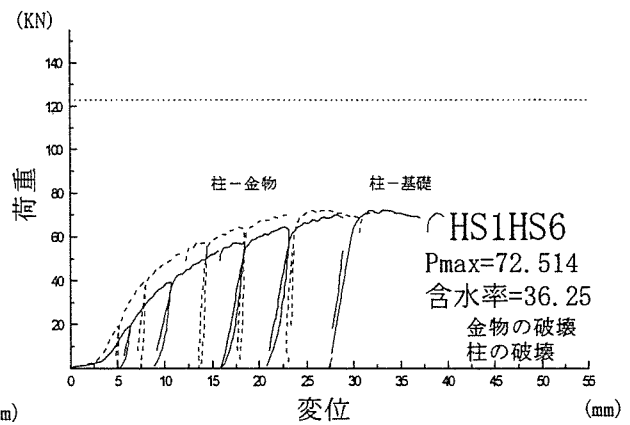
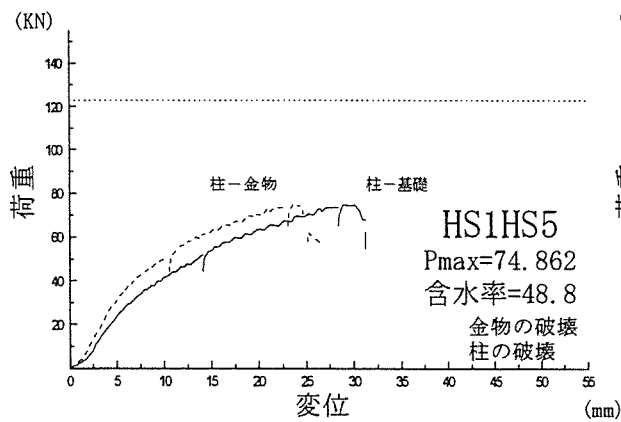
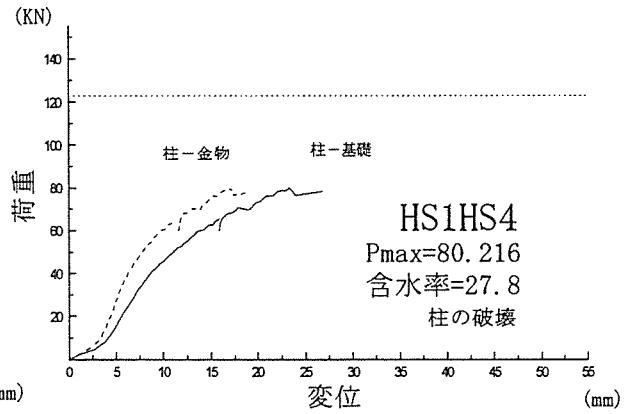
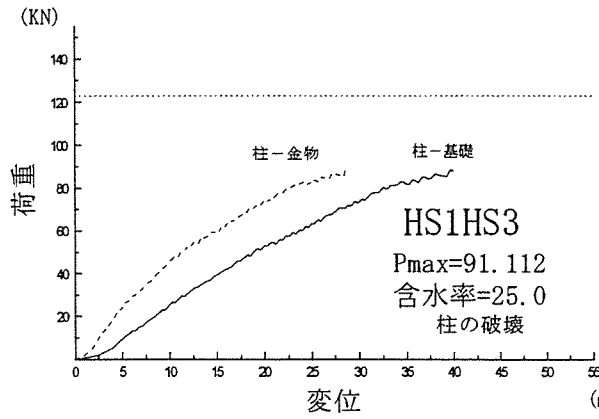
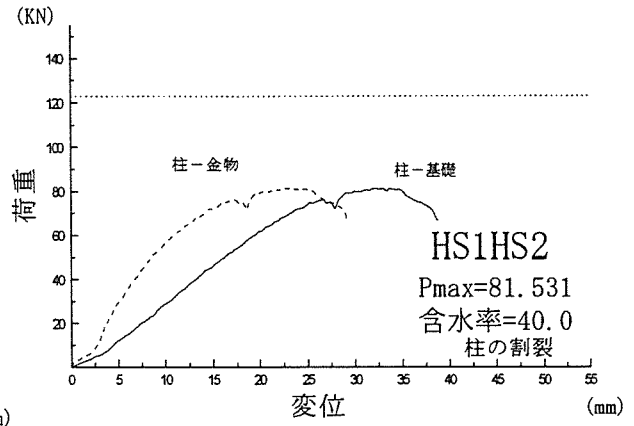
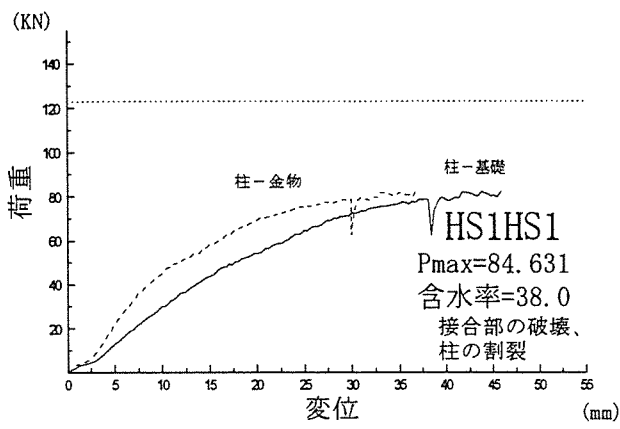


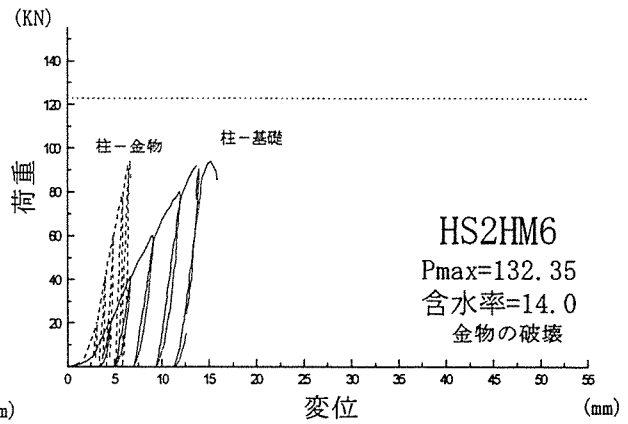
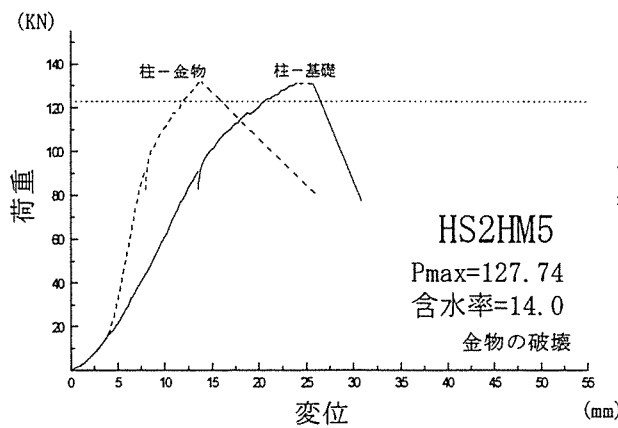
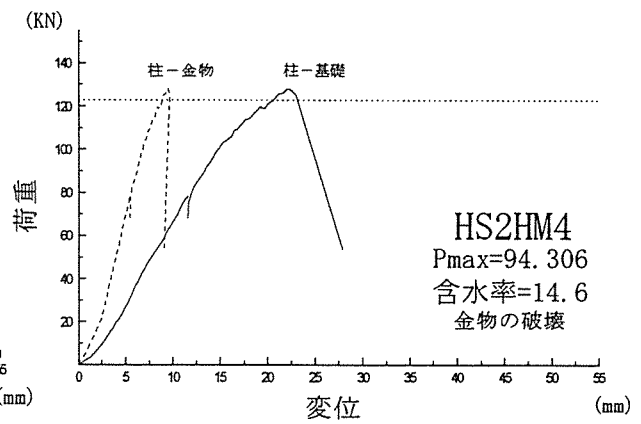
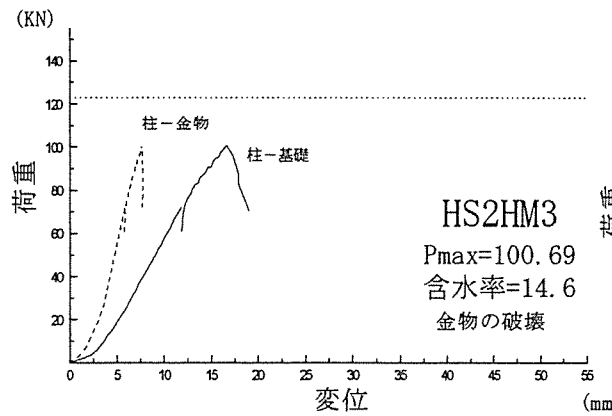
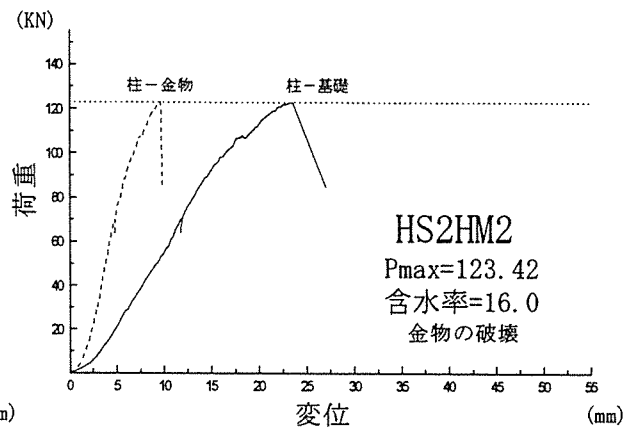
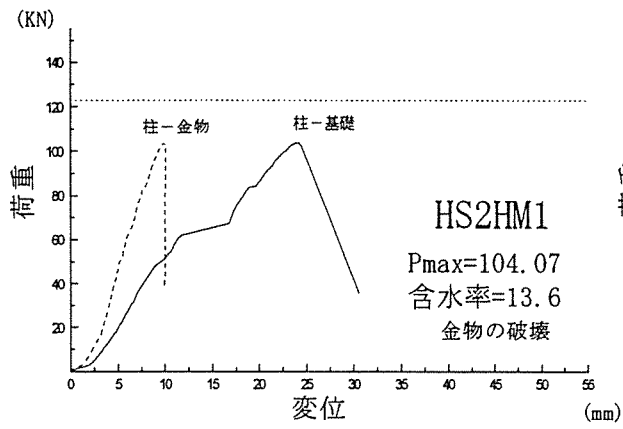


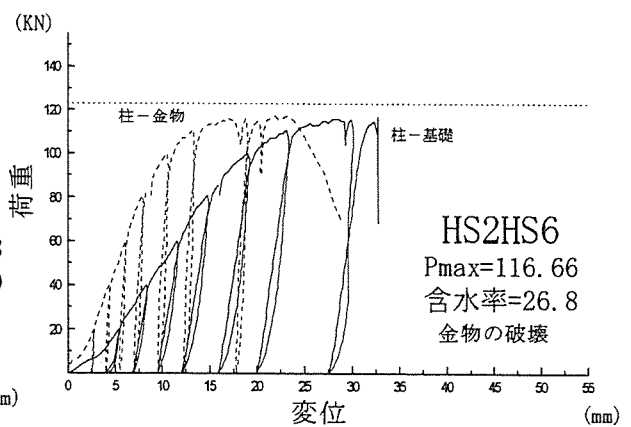
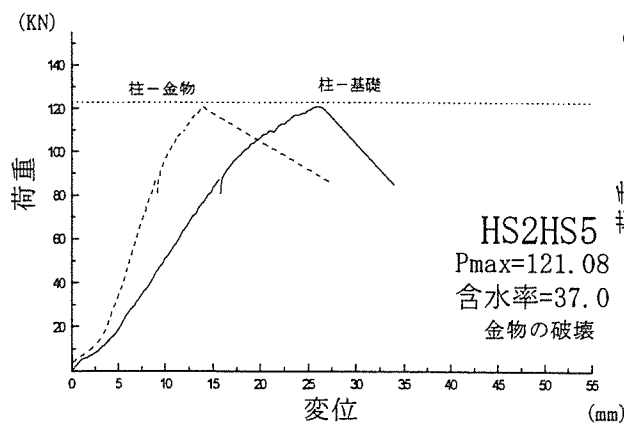
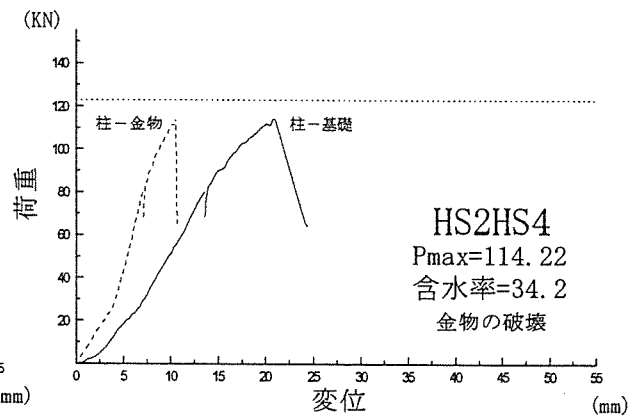
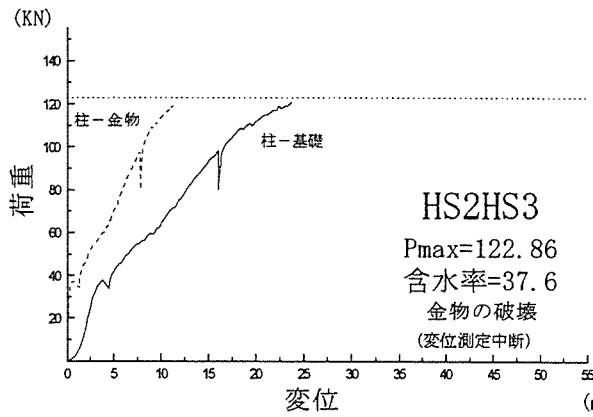
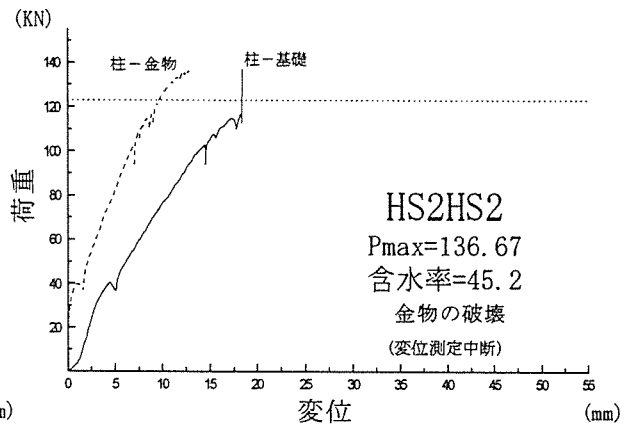
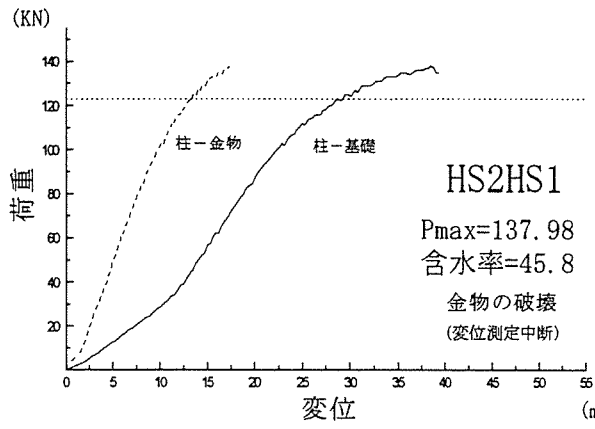




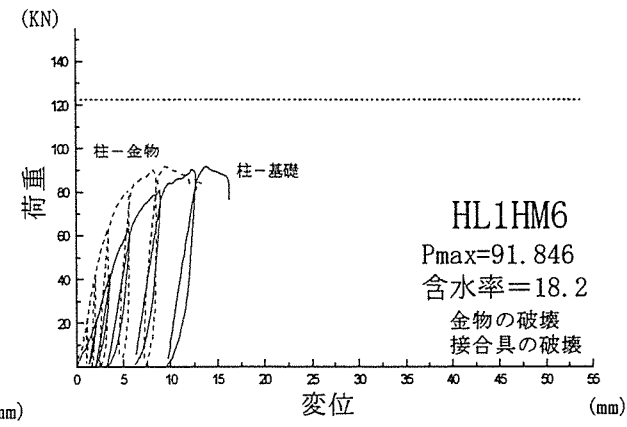
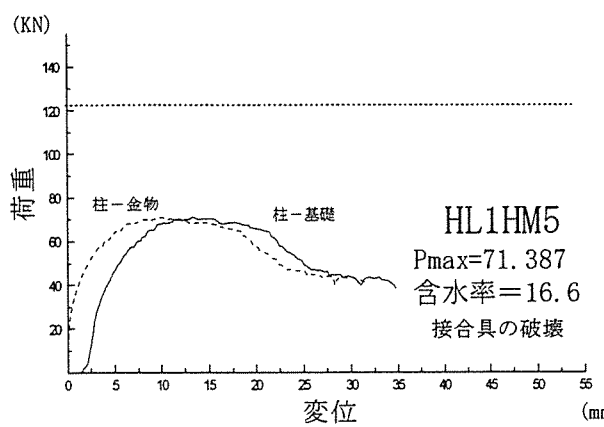
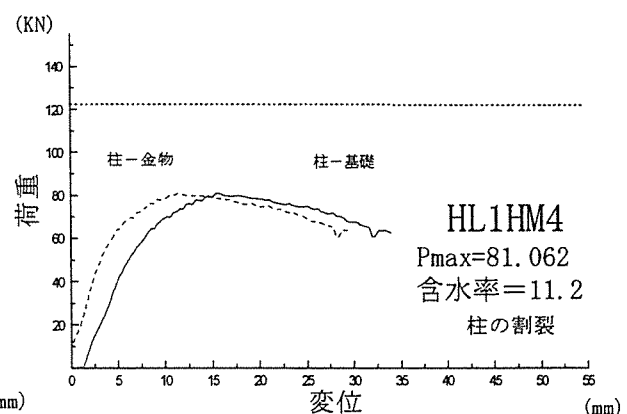
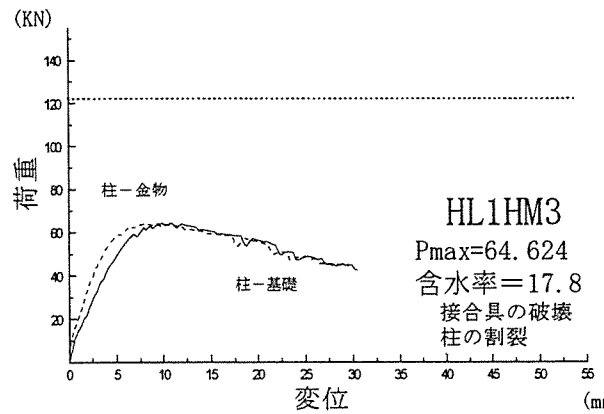
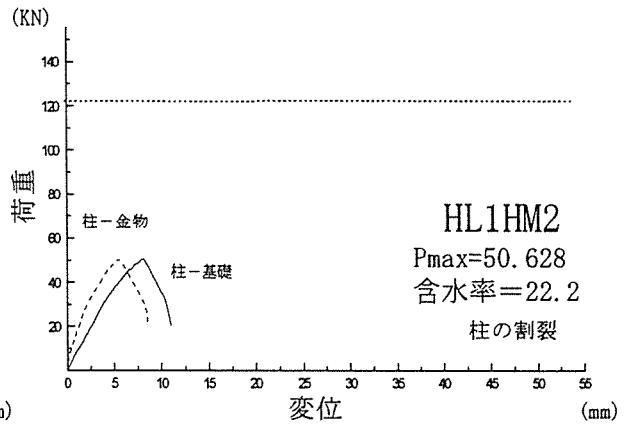
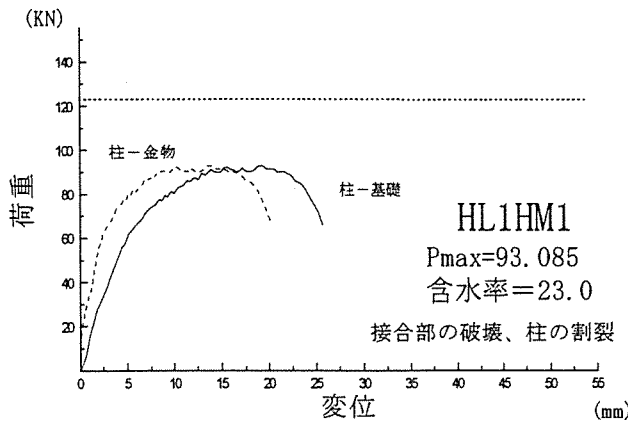


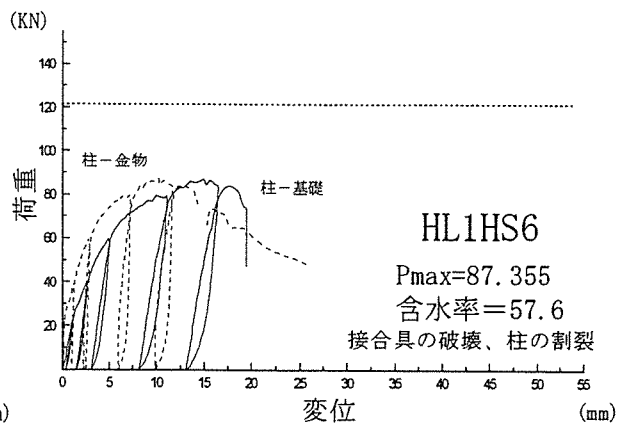
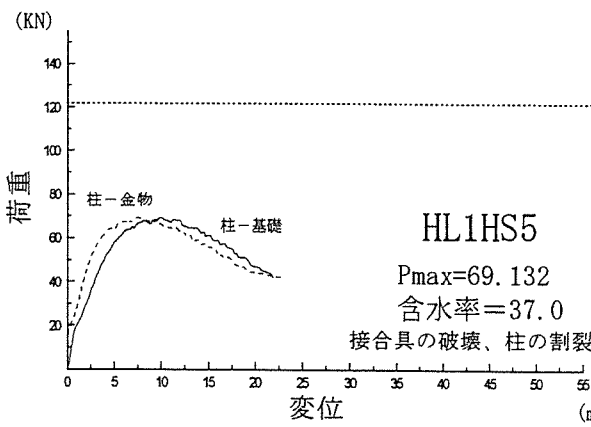
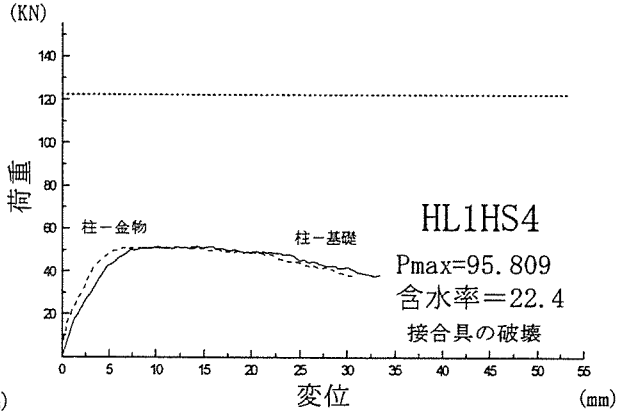
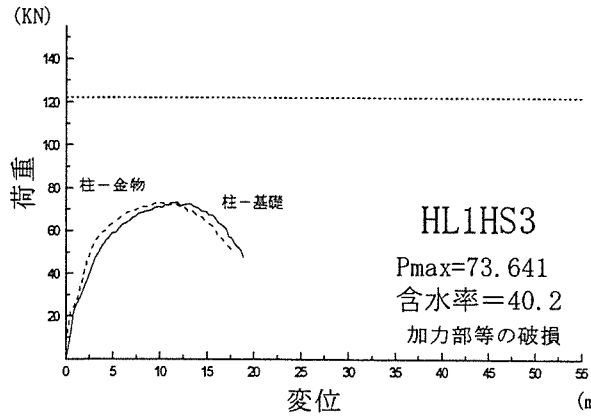
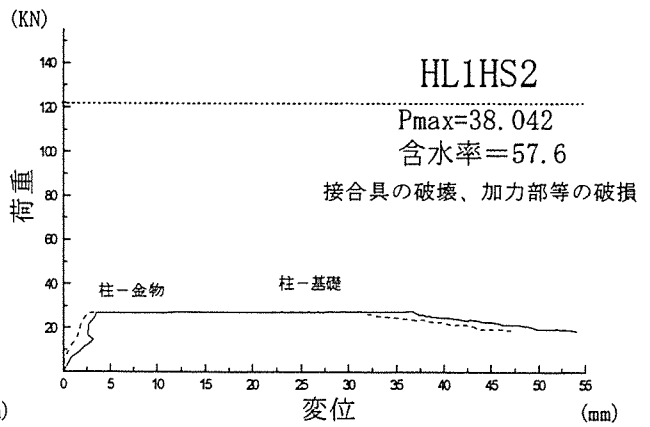
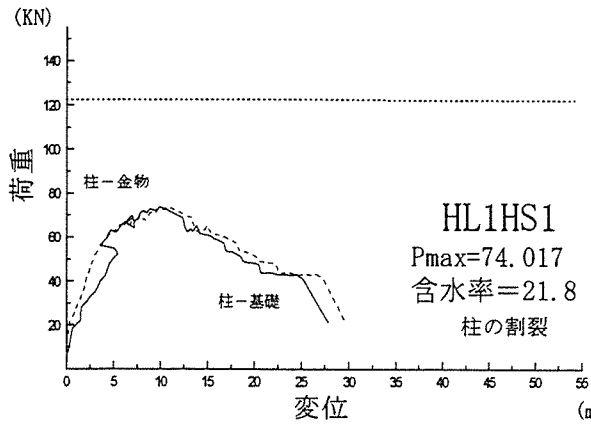




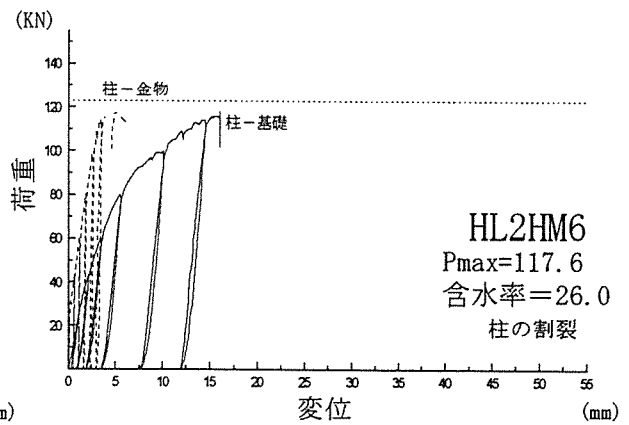
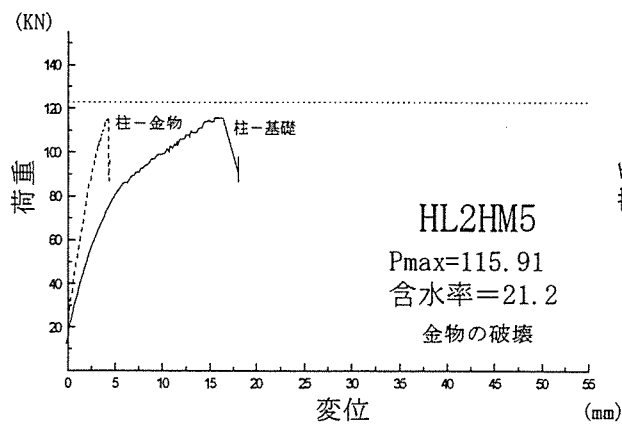
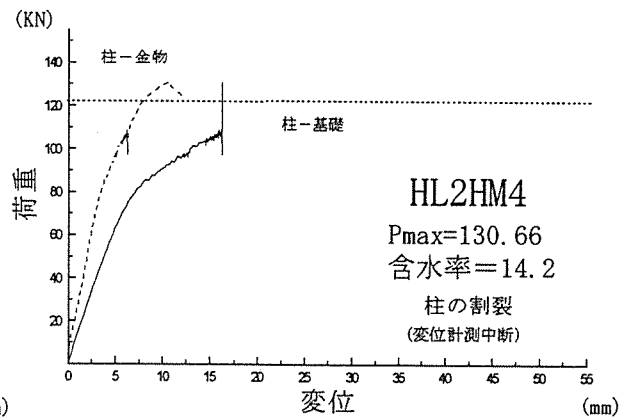
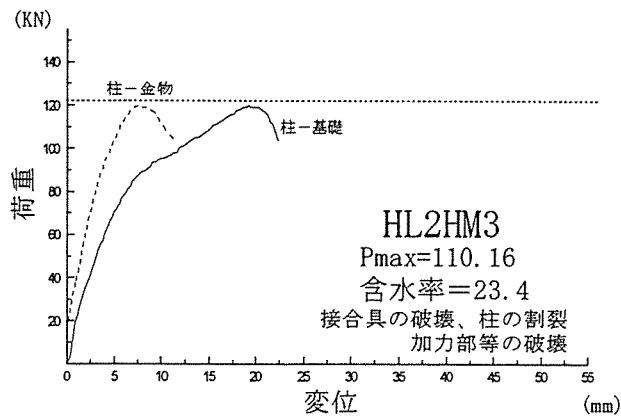
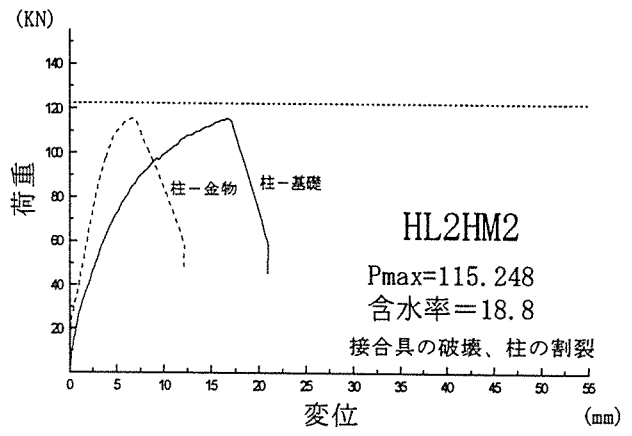
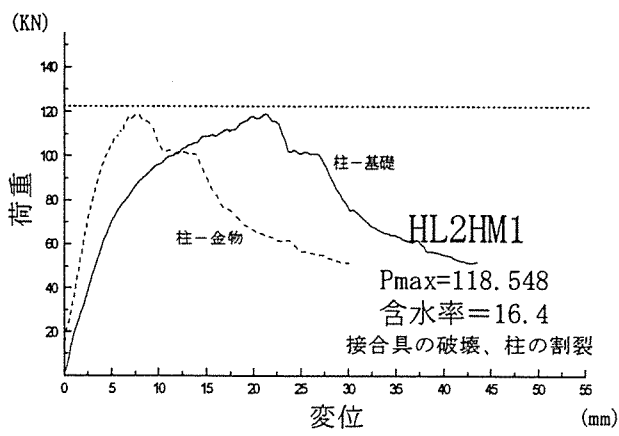




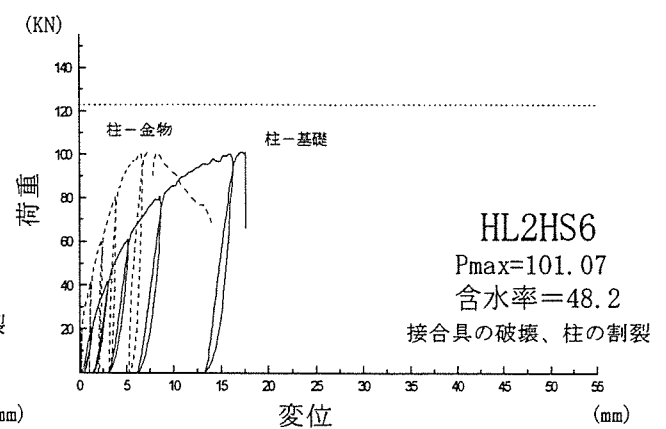
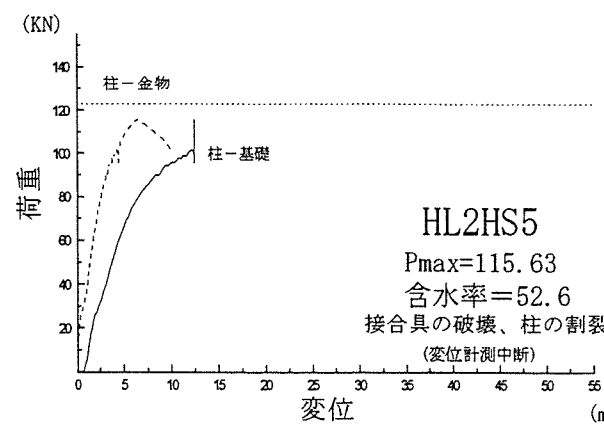
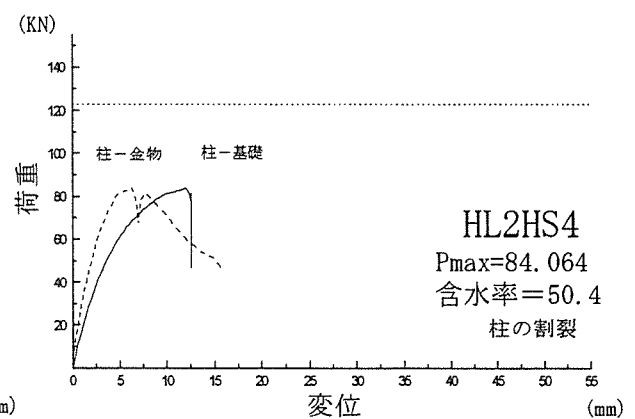
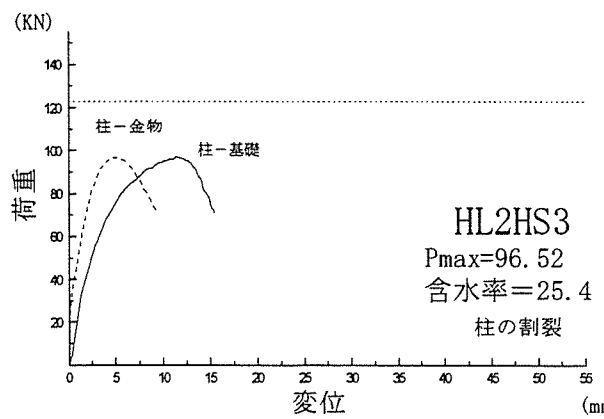
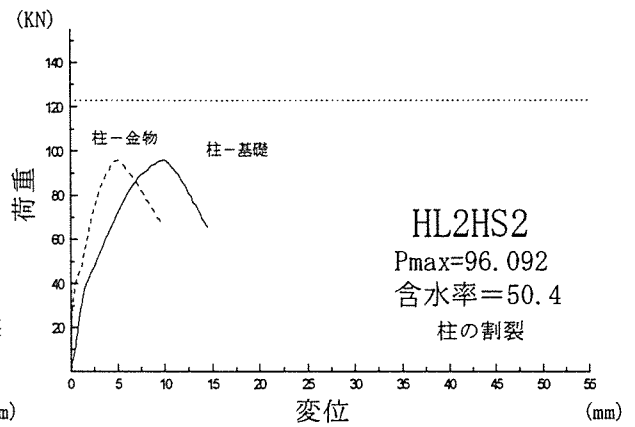
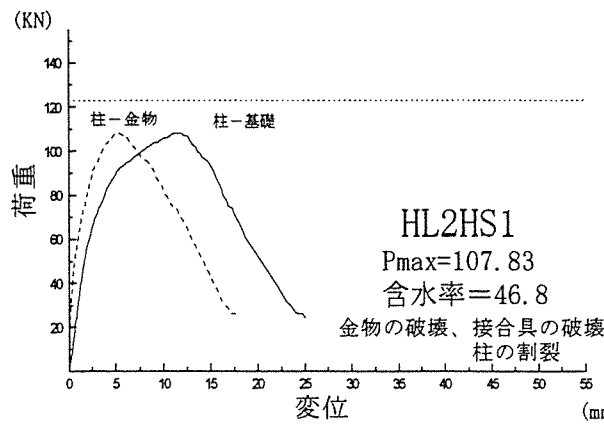




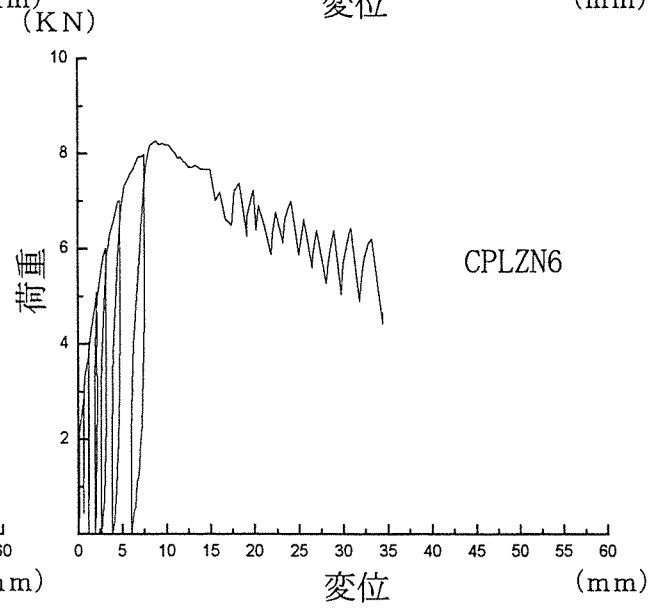
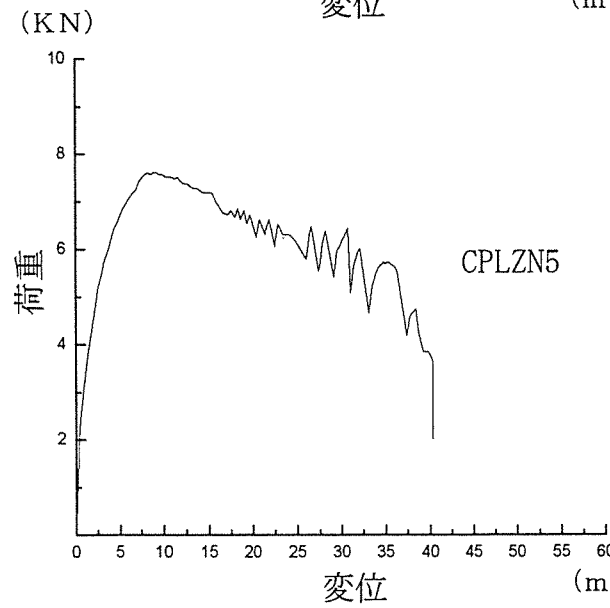
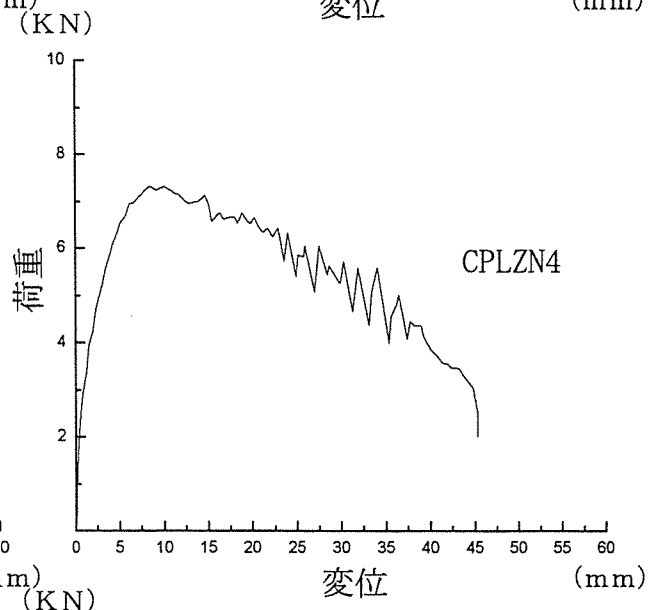
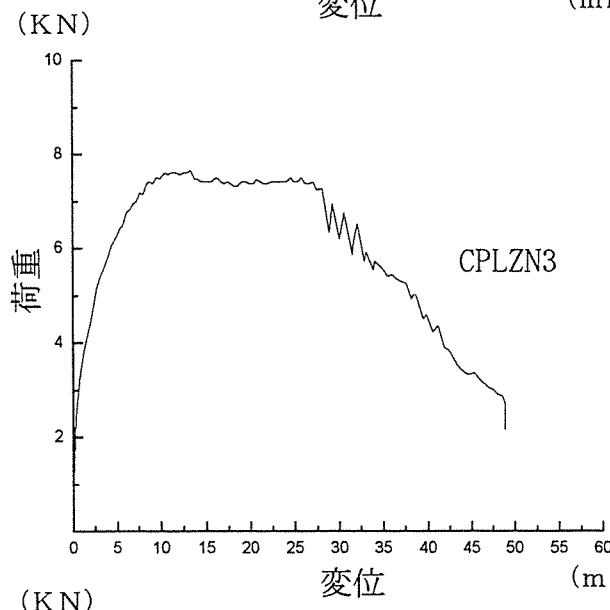
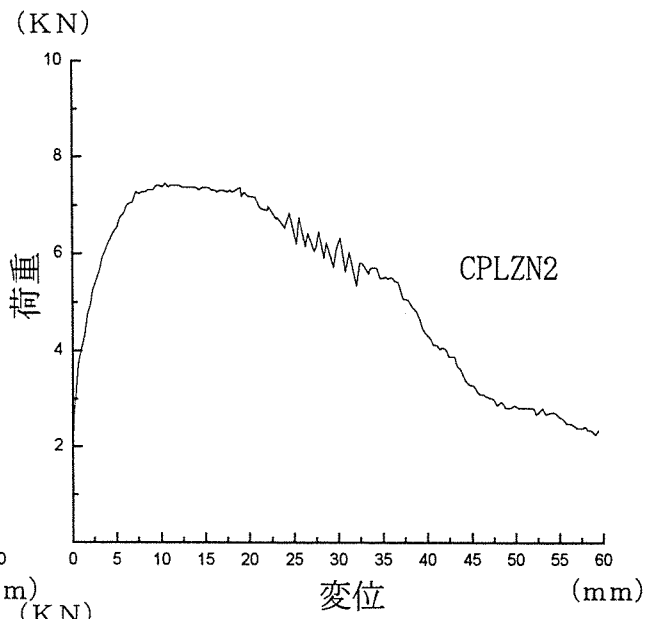
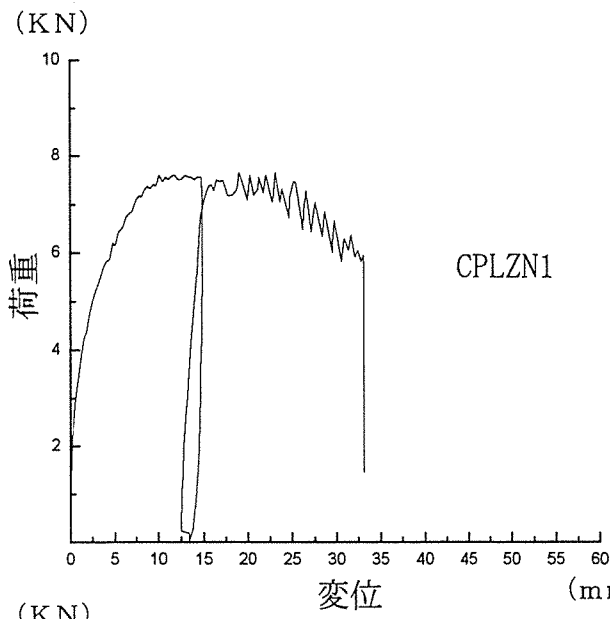
(図 6-15)

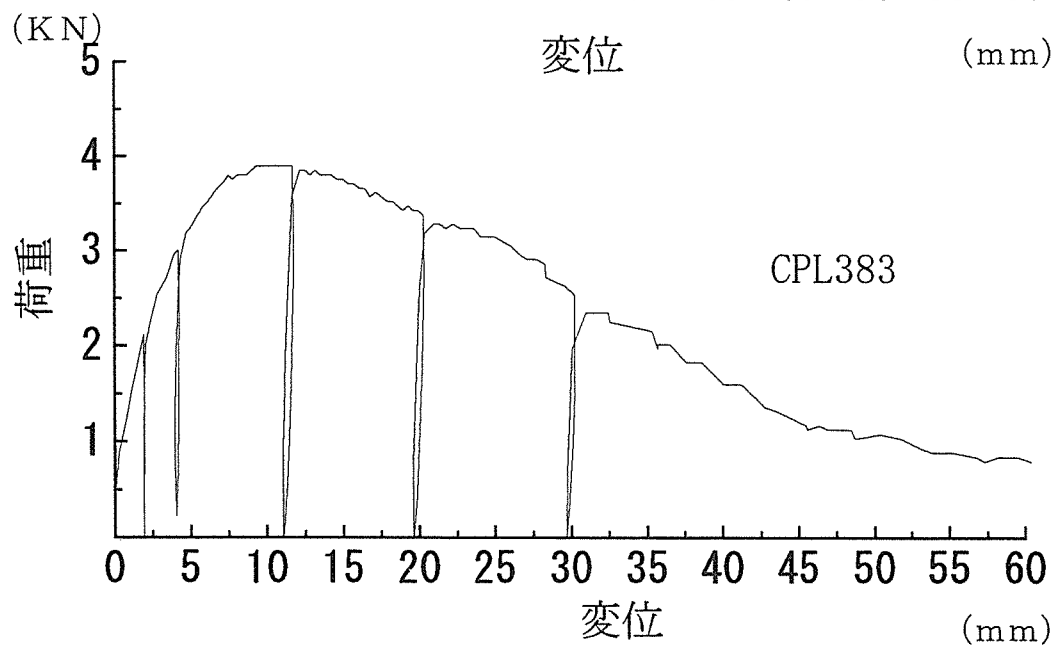
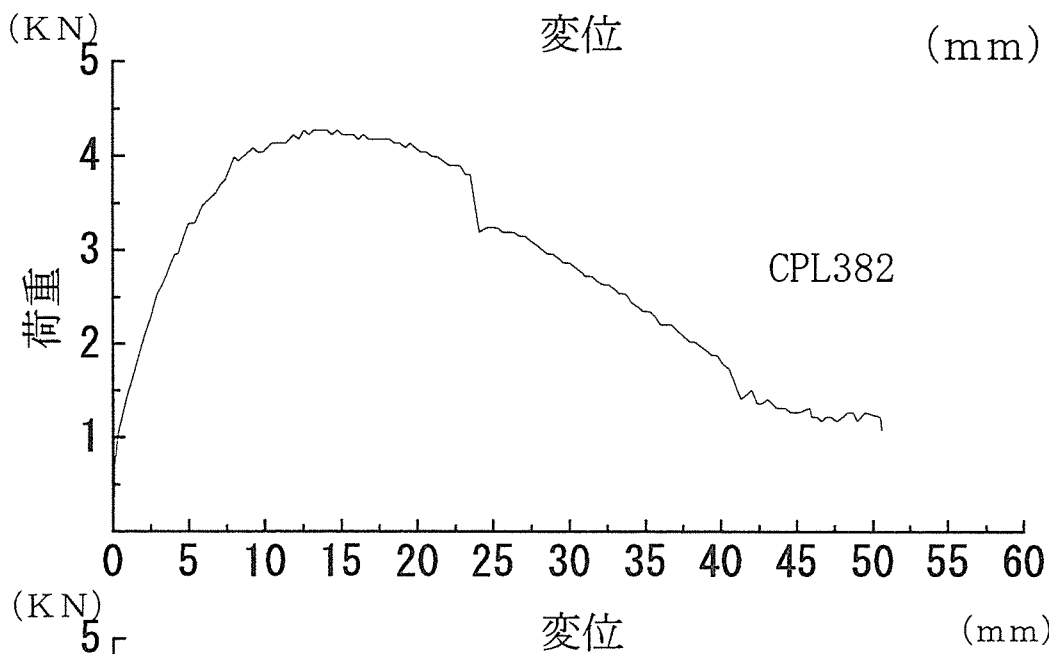
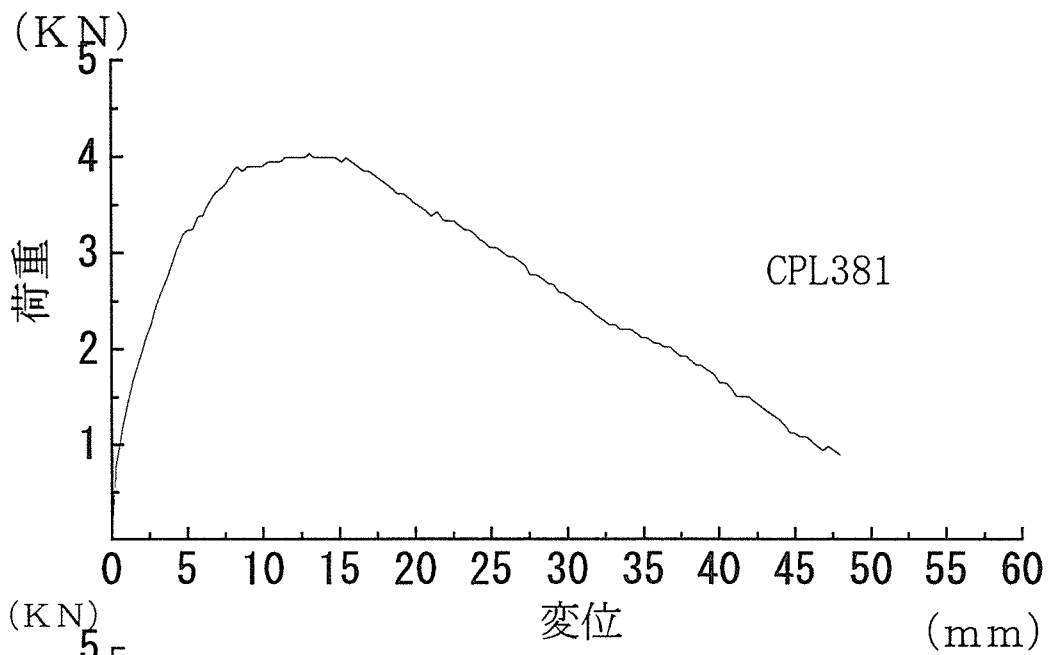


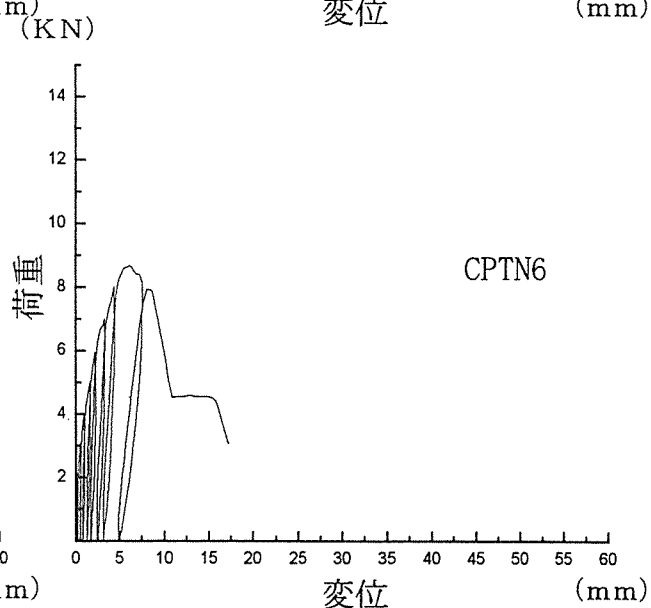
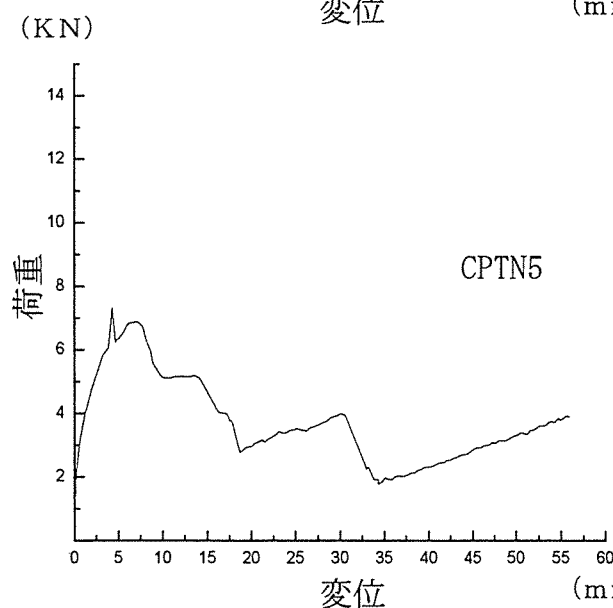
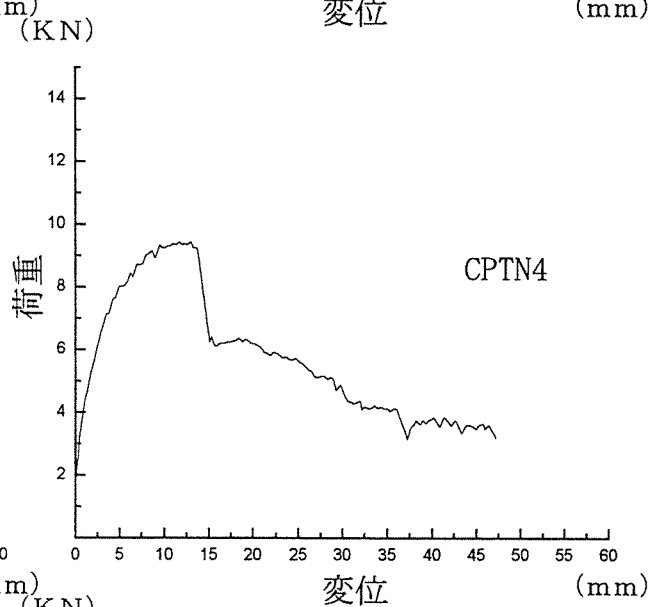
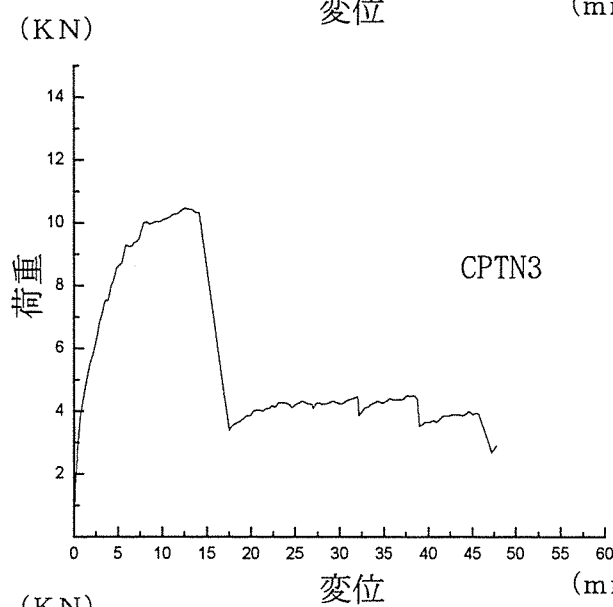
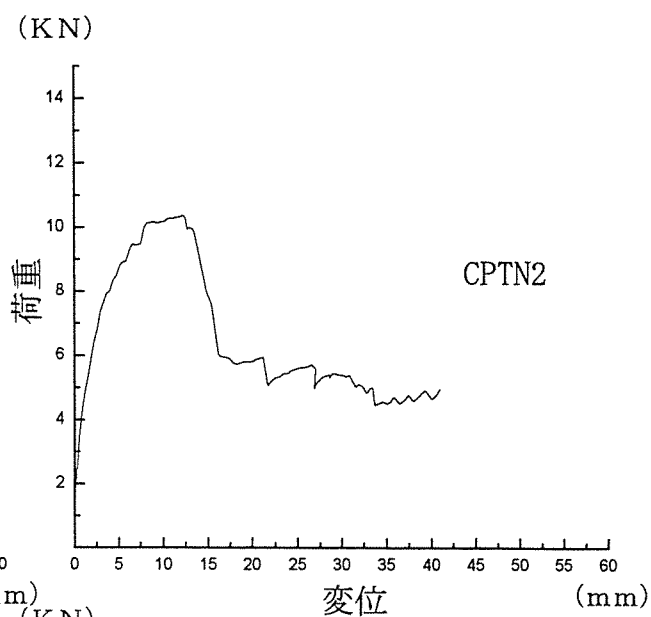
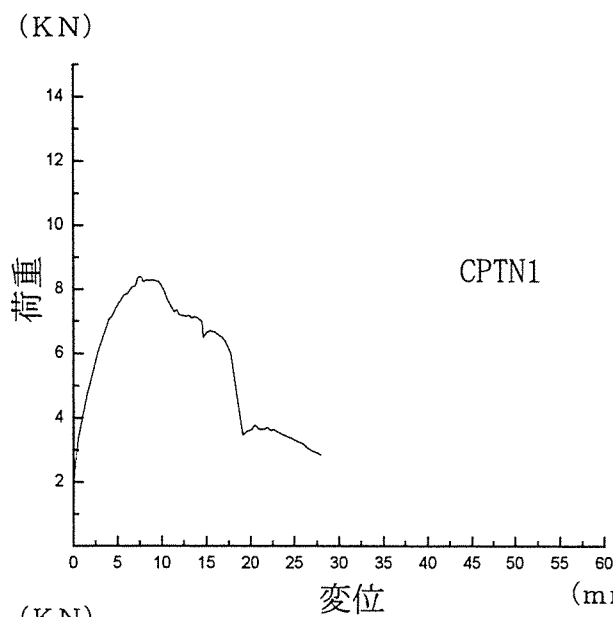
(図 6-16)

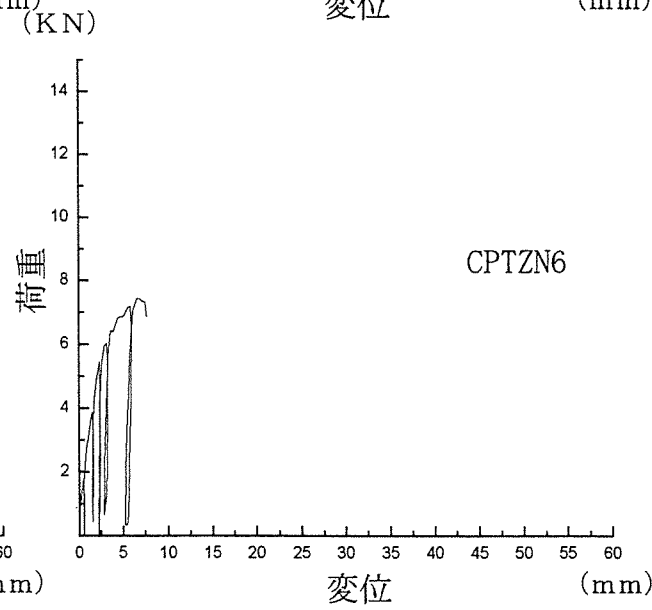
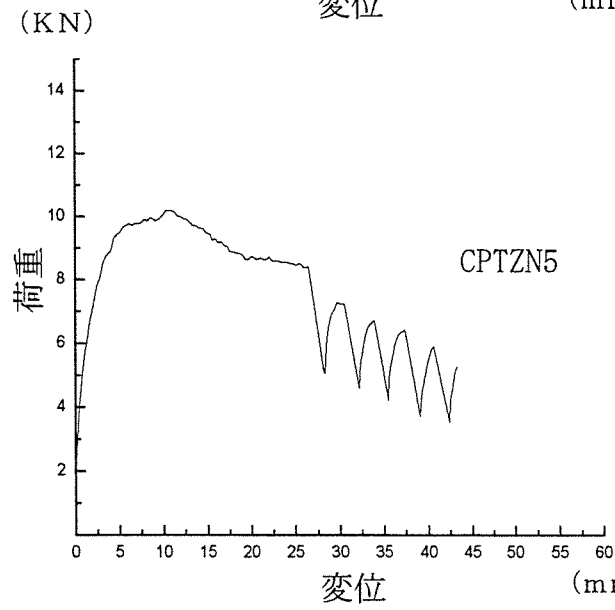
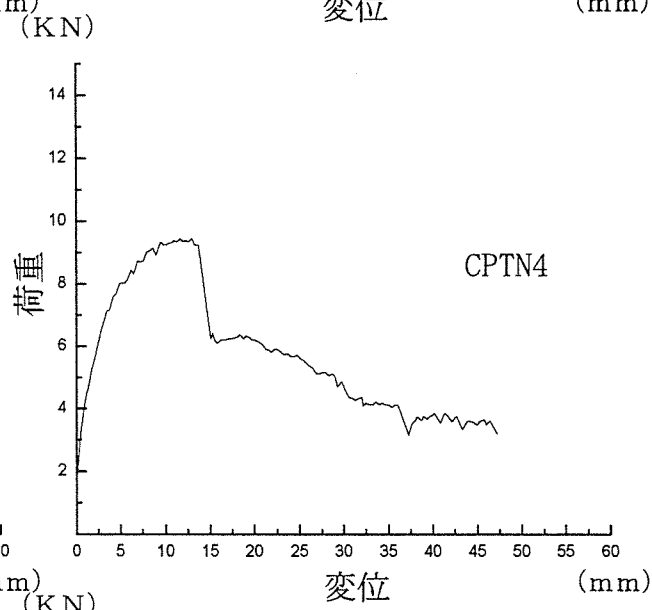
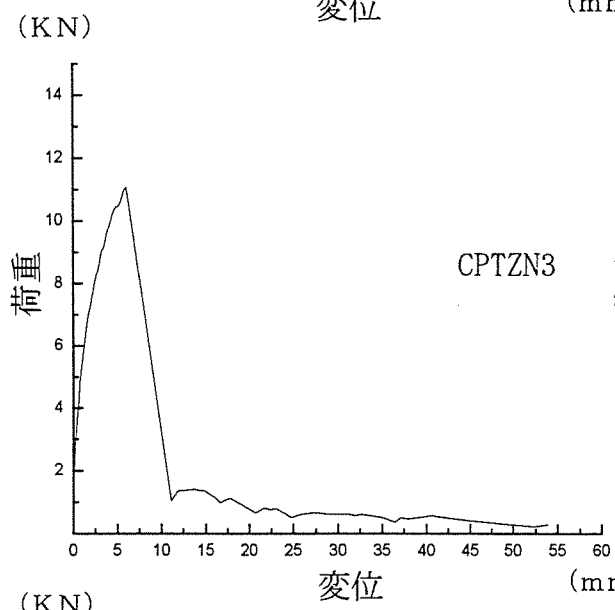
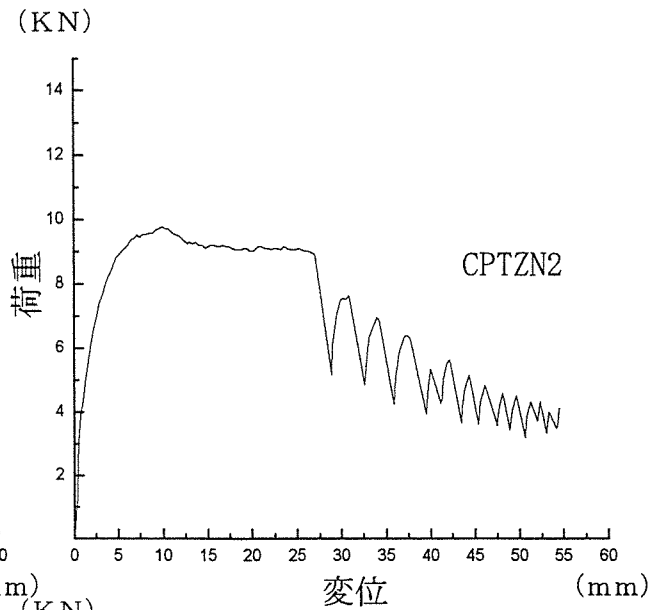
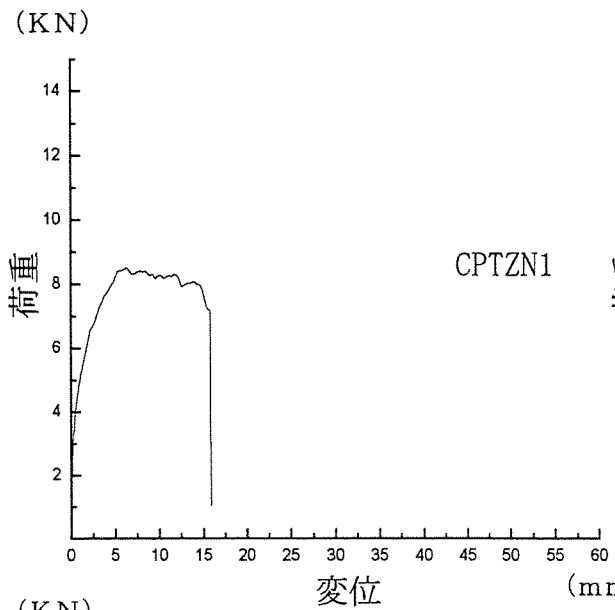


(図 6-17)

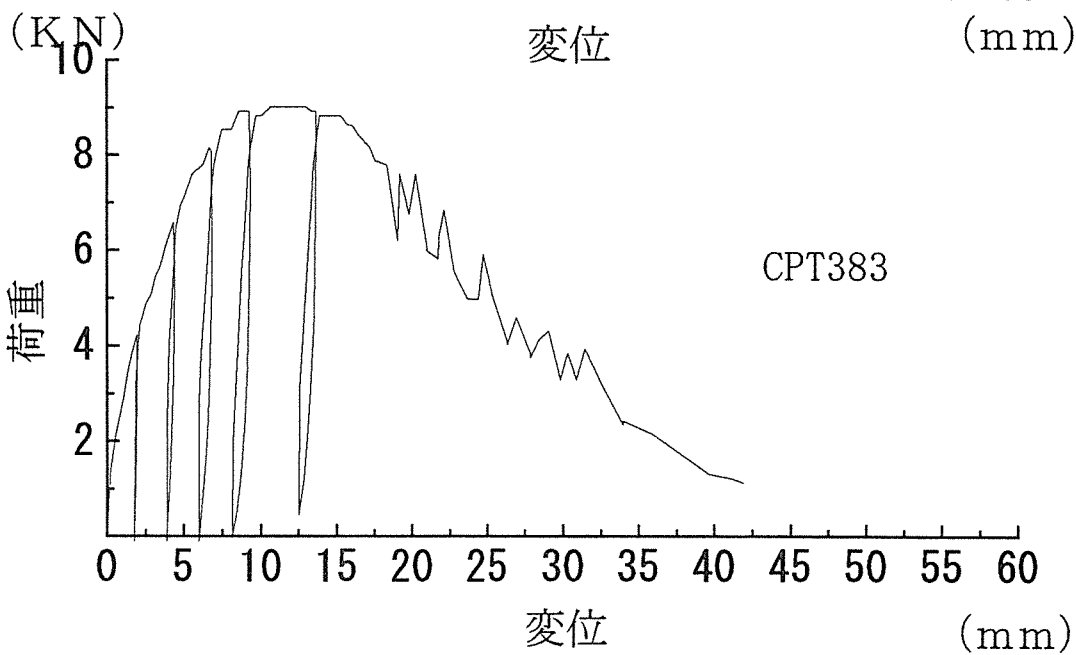
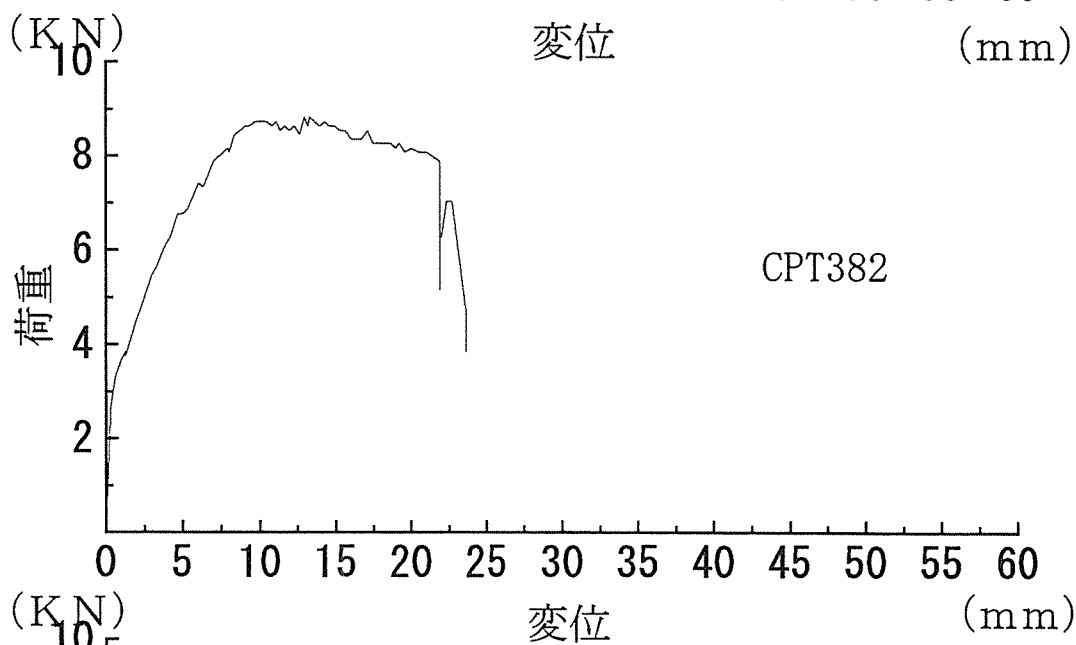
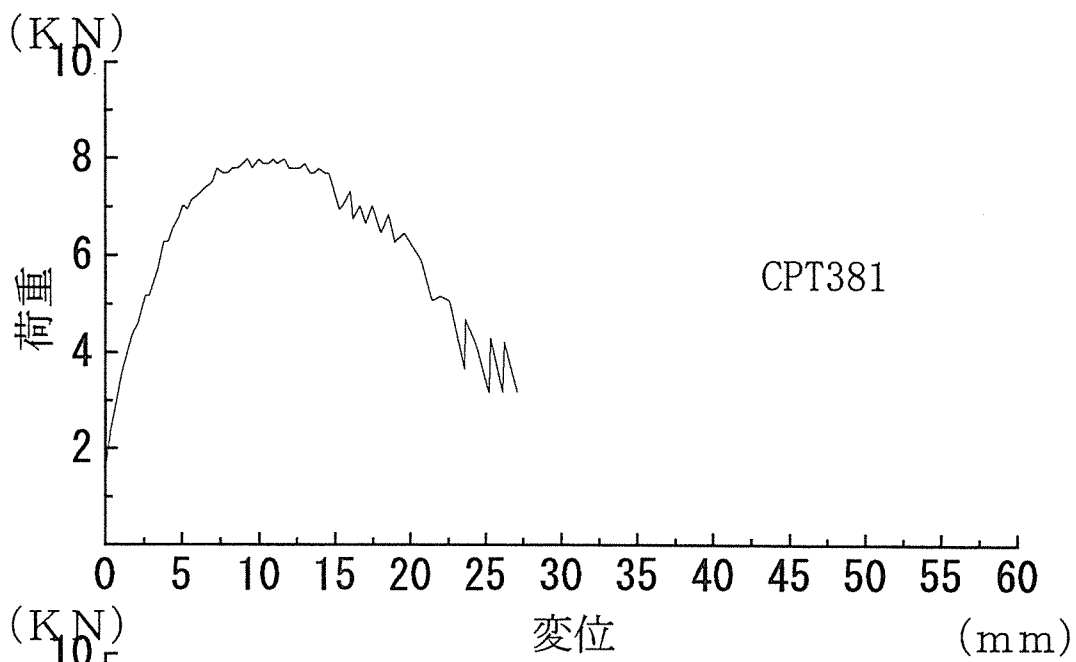


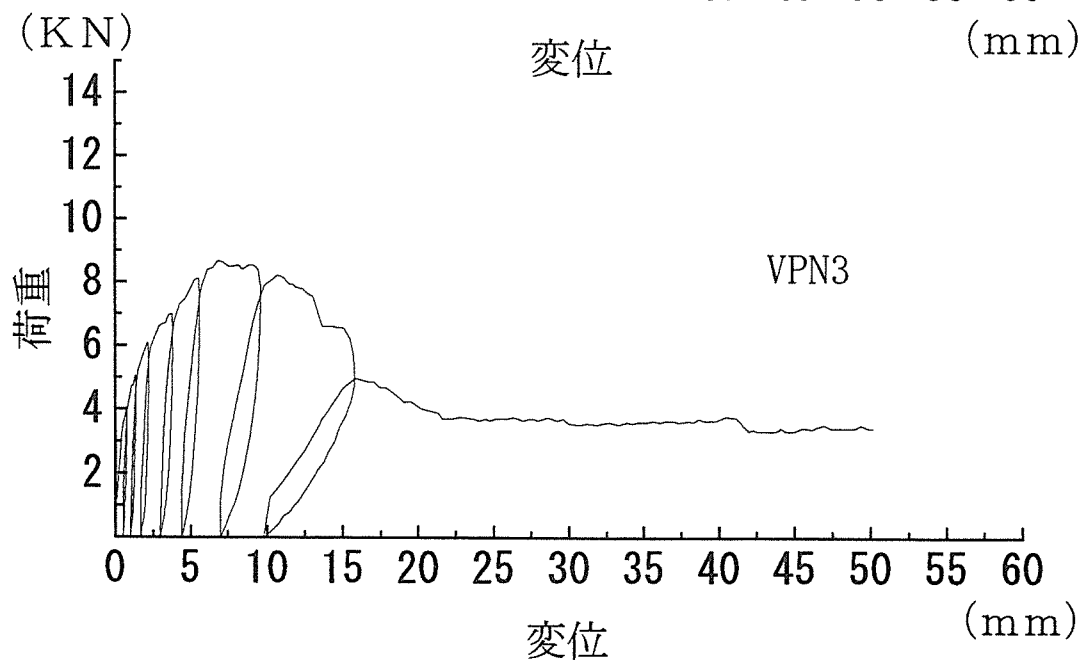
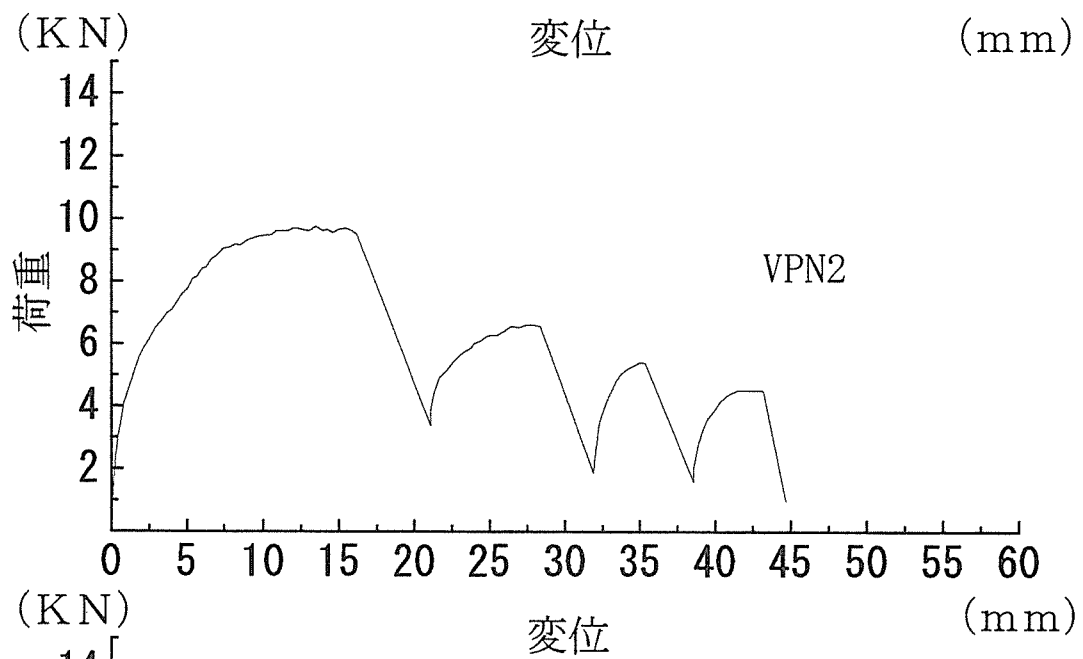
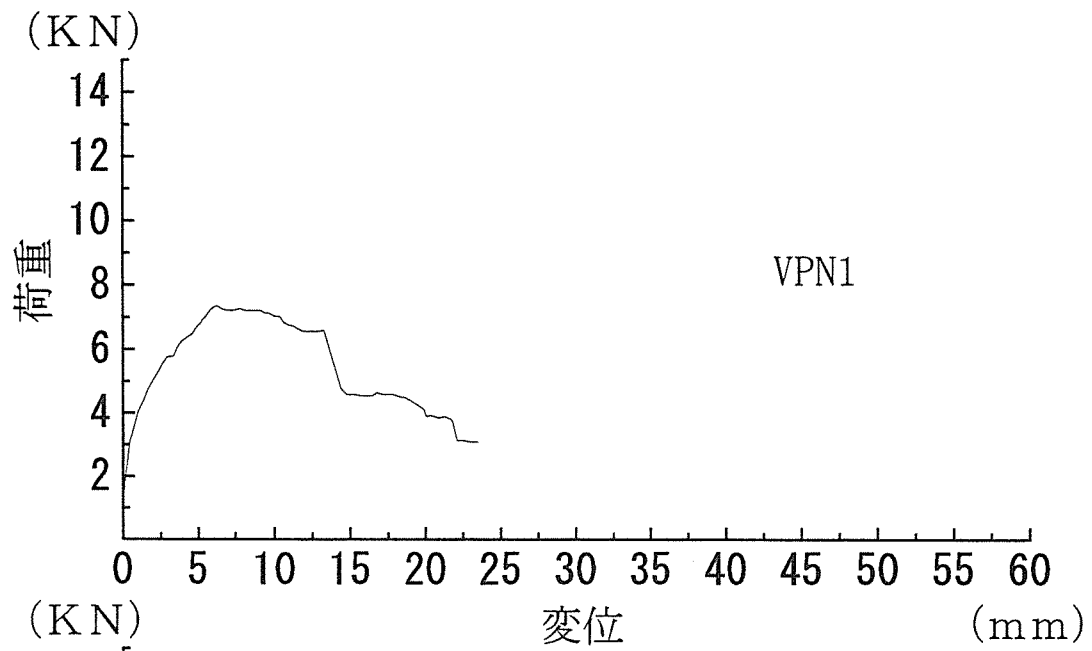


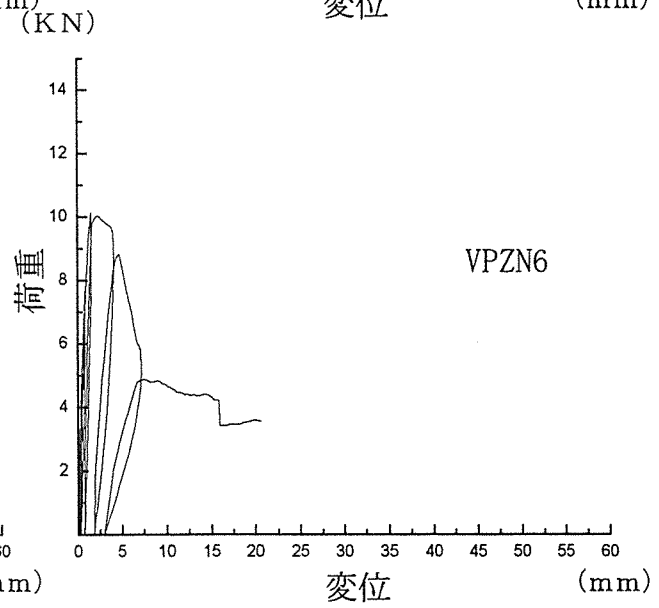
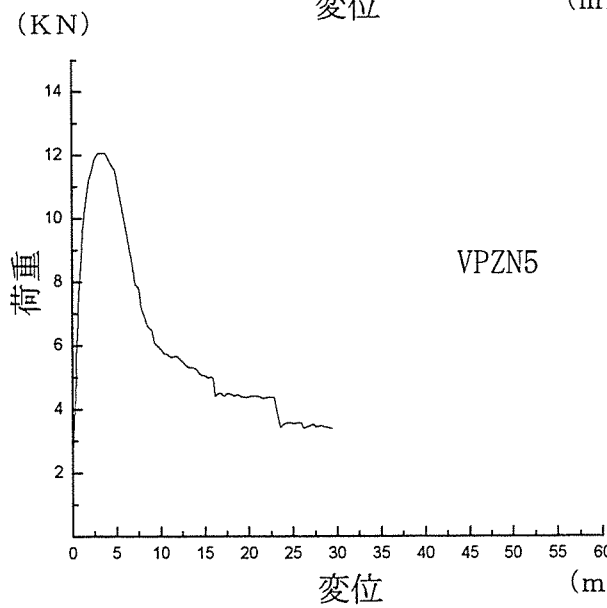
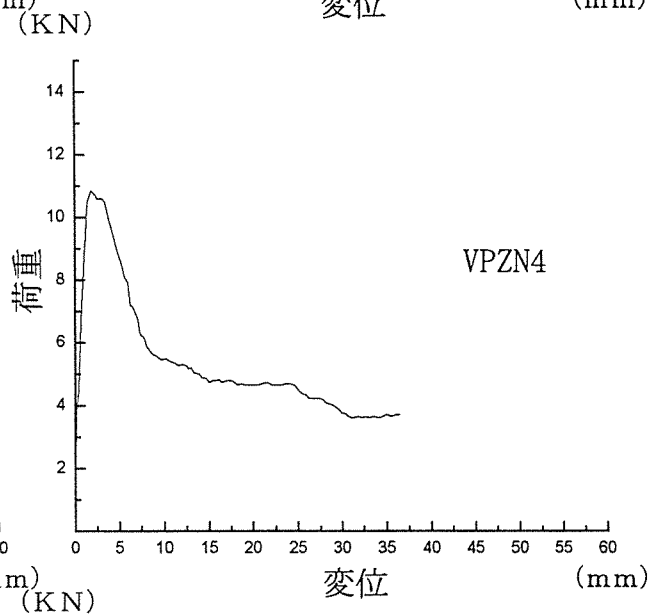
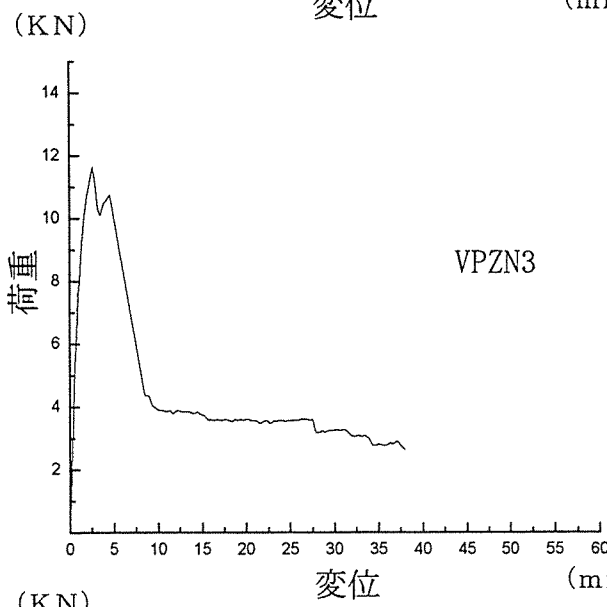
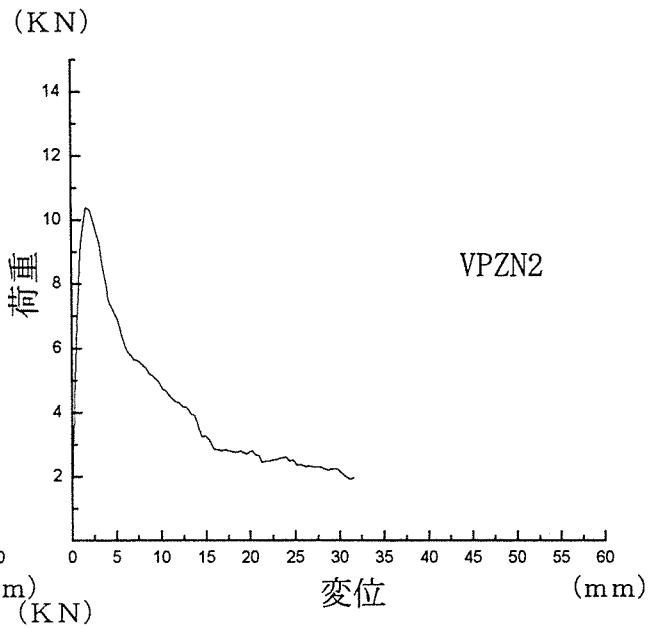
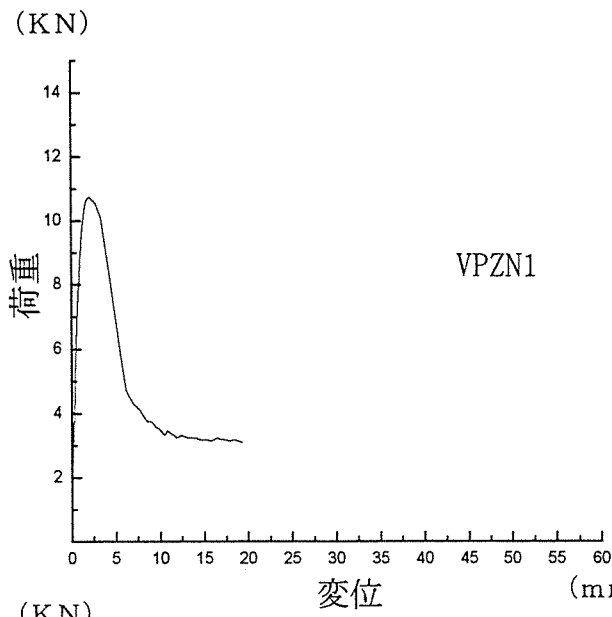


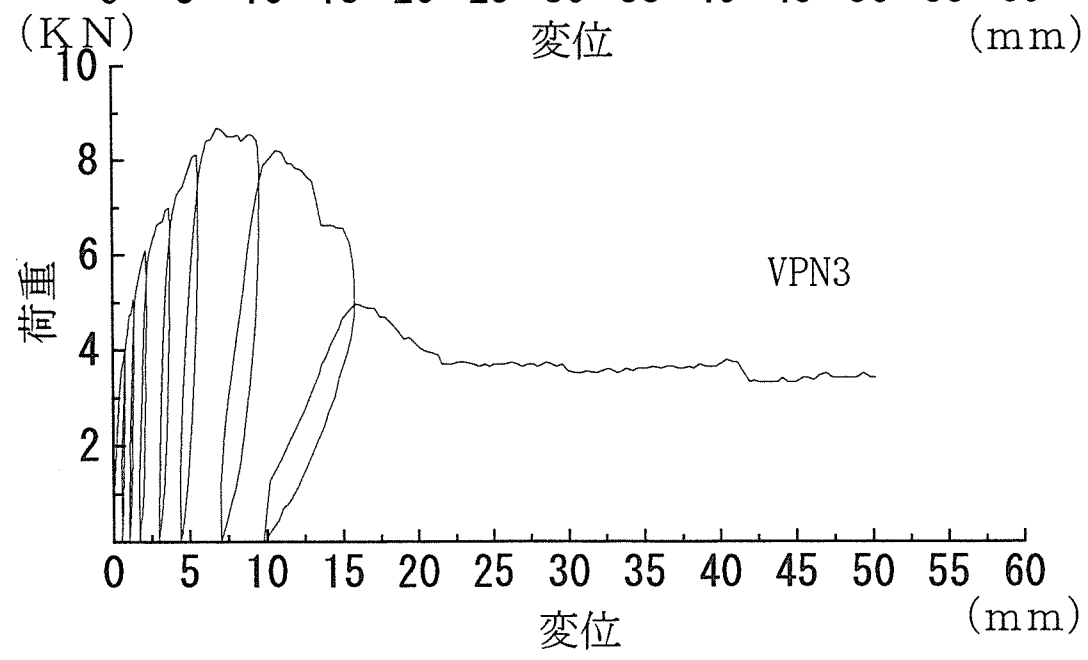
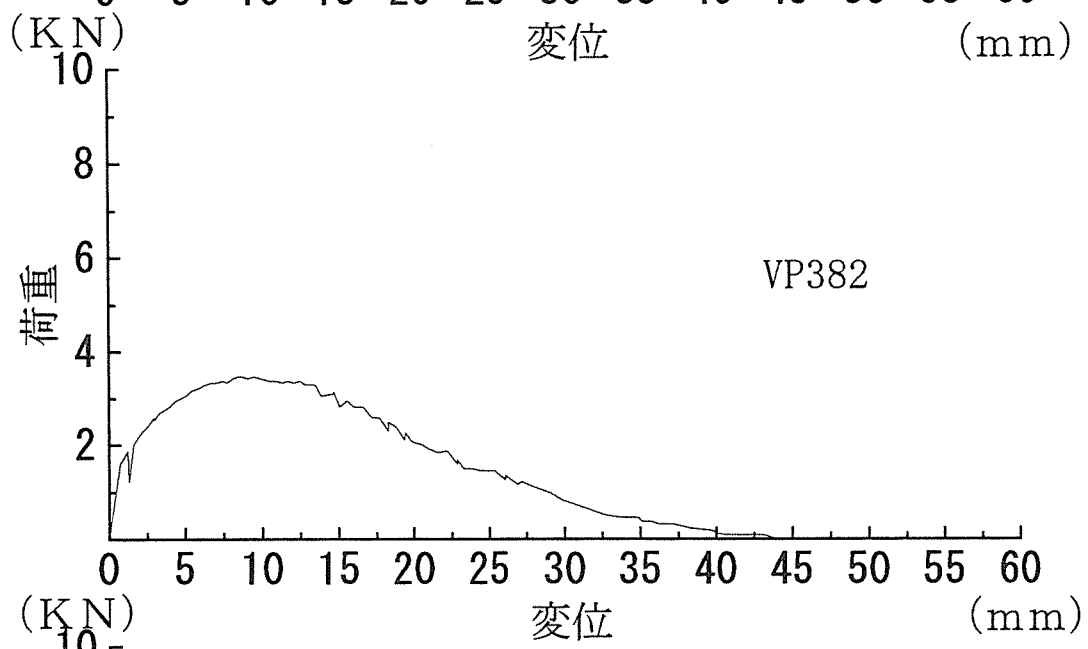
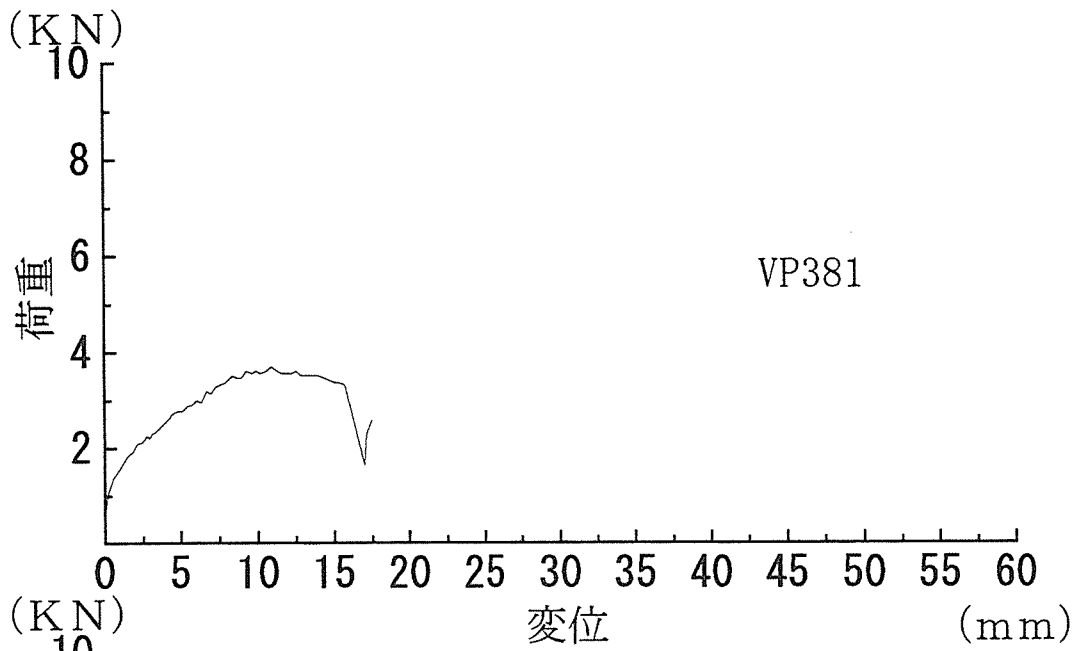


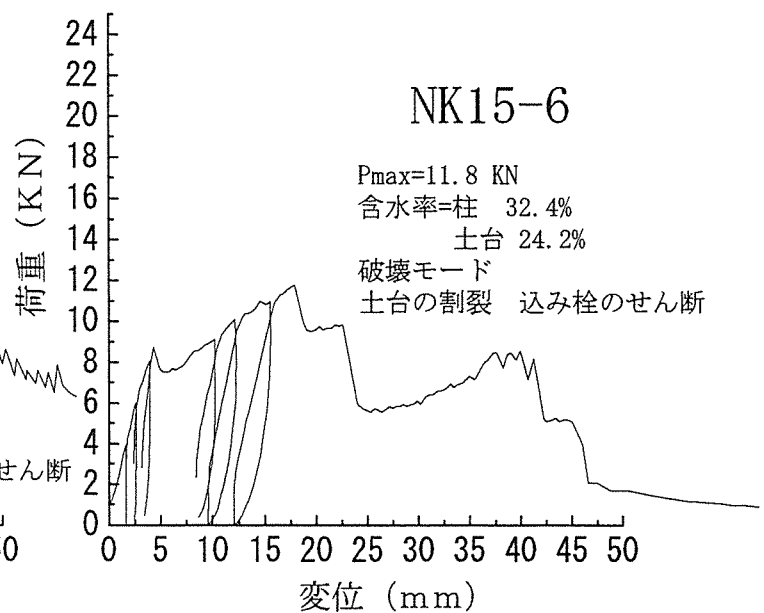
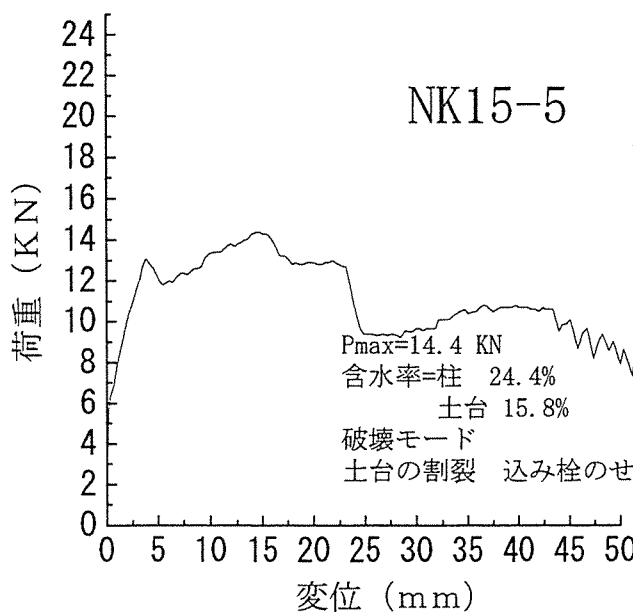
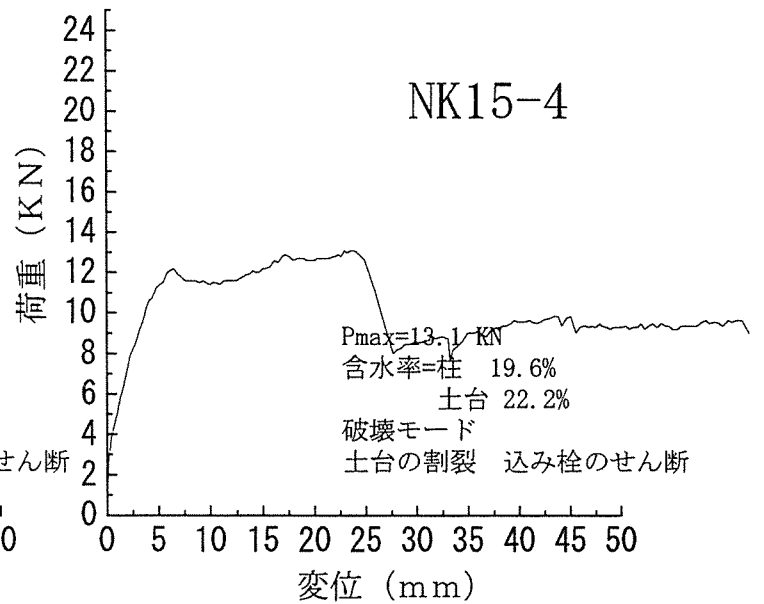
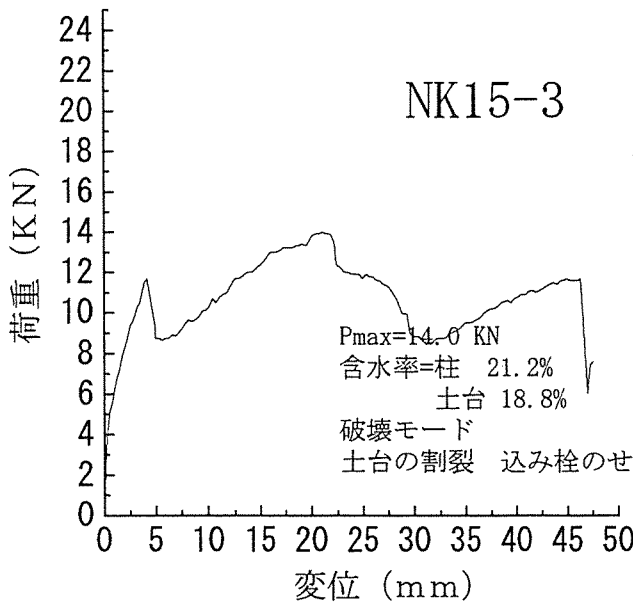
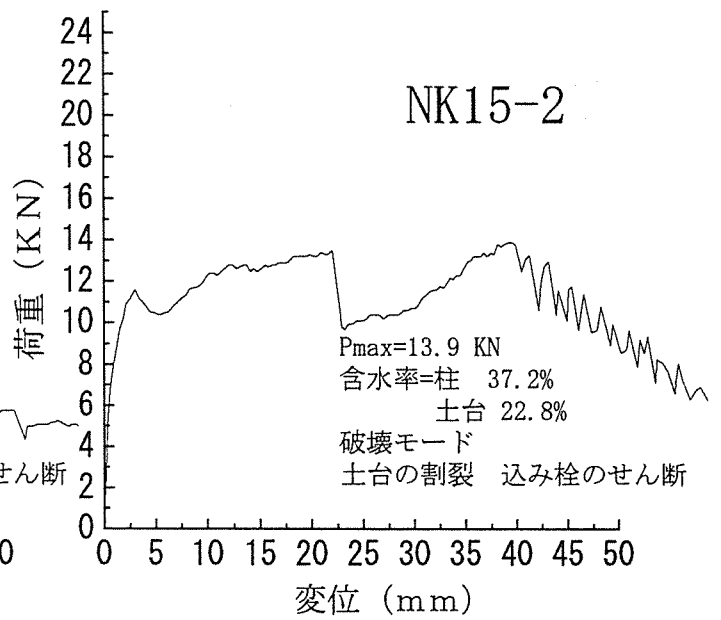
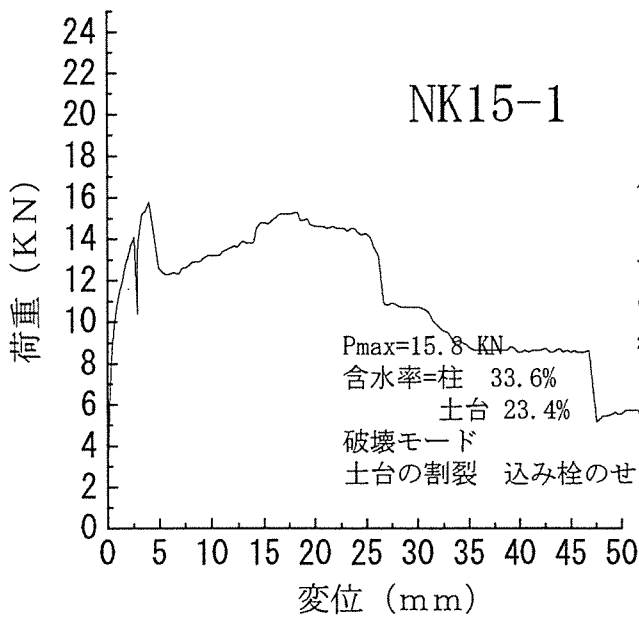




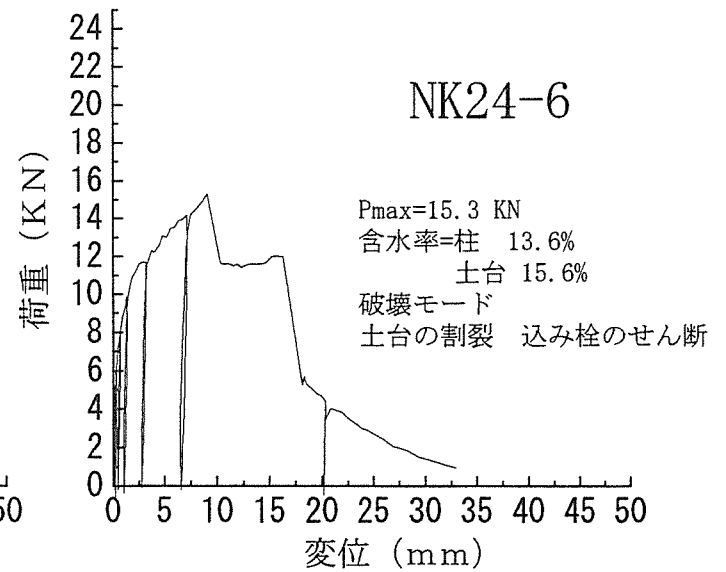
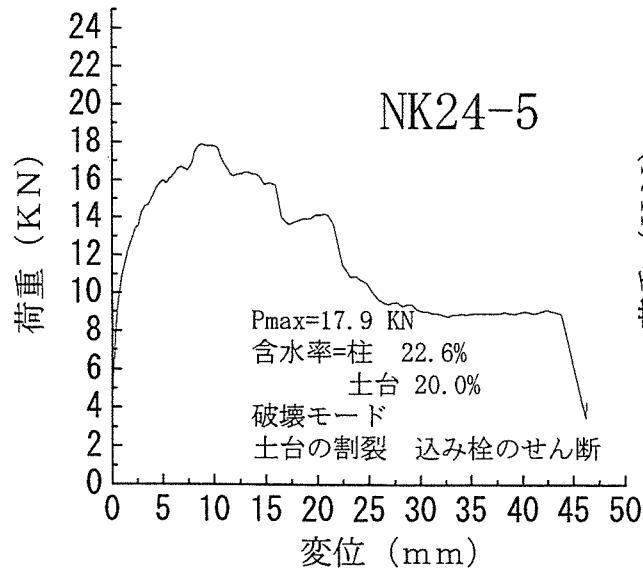
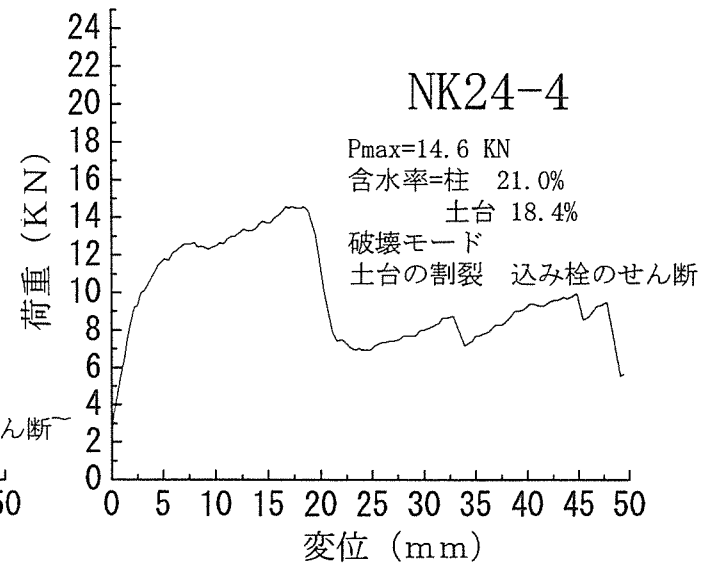
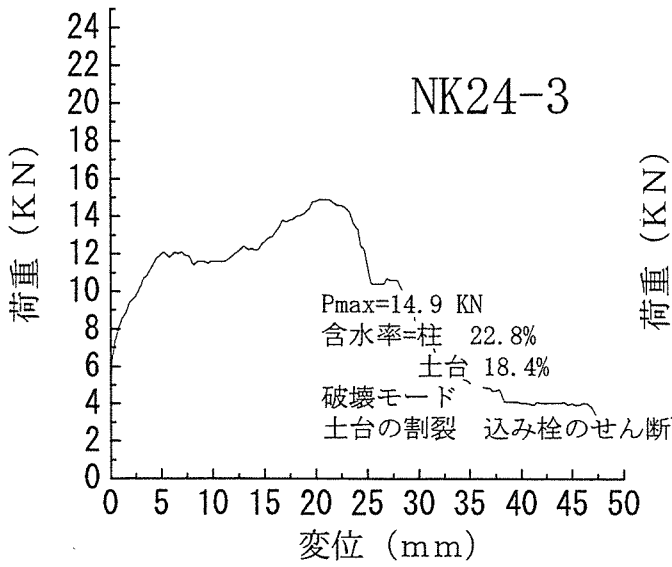
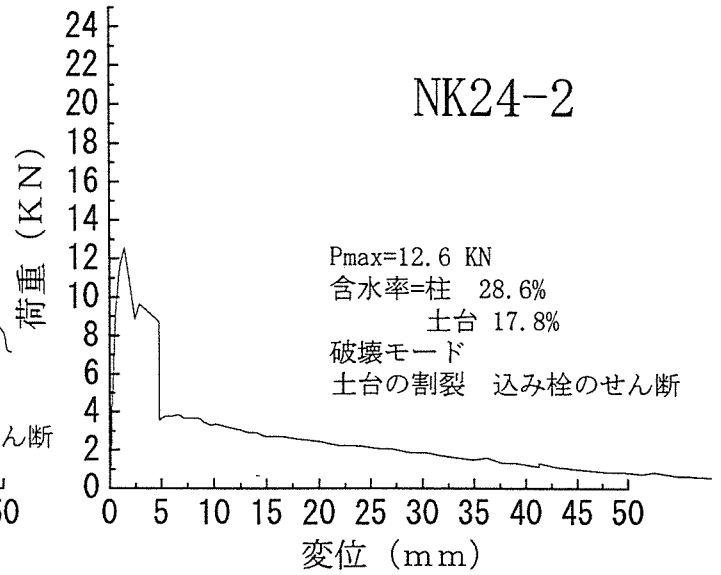
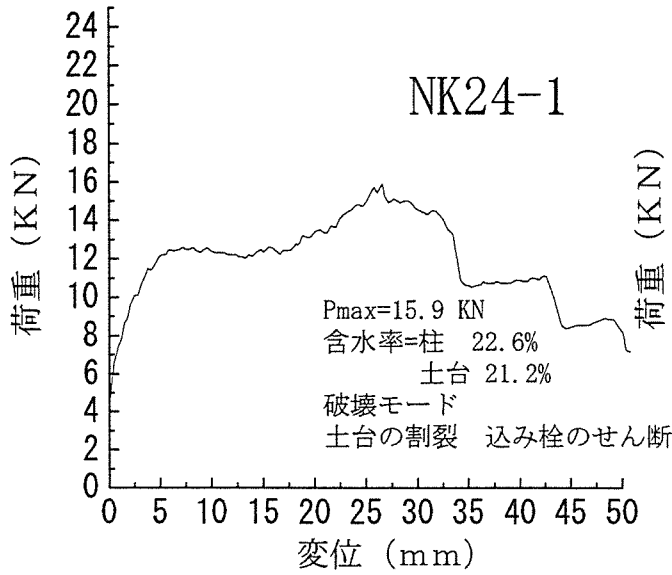


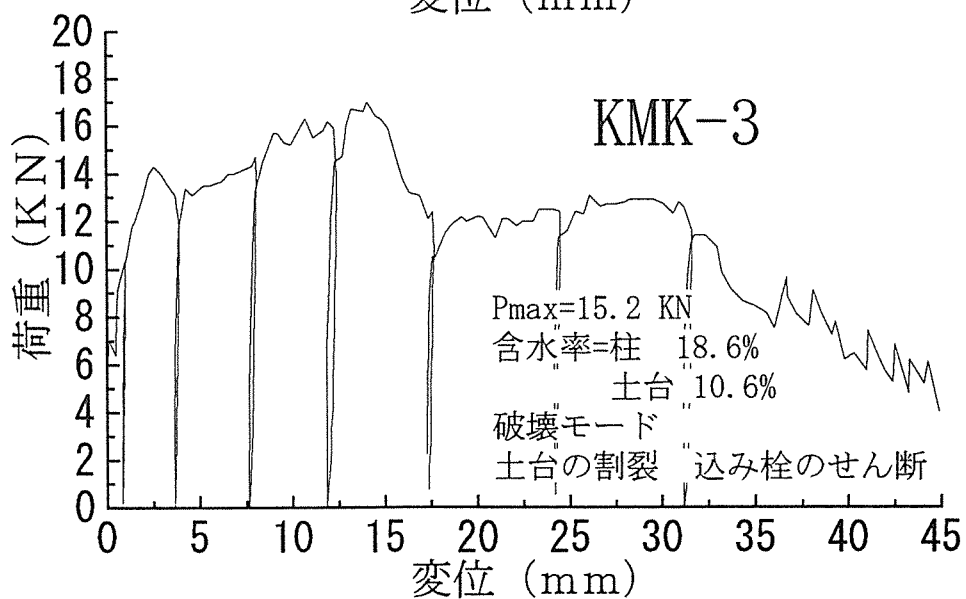
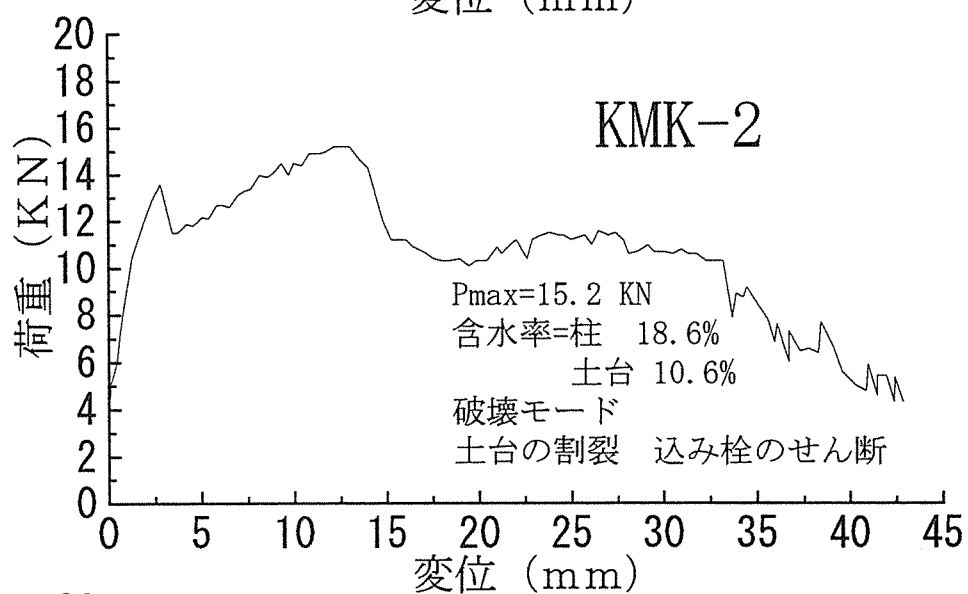
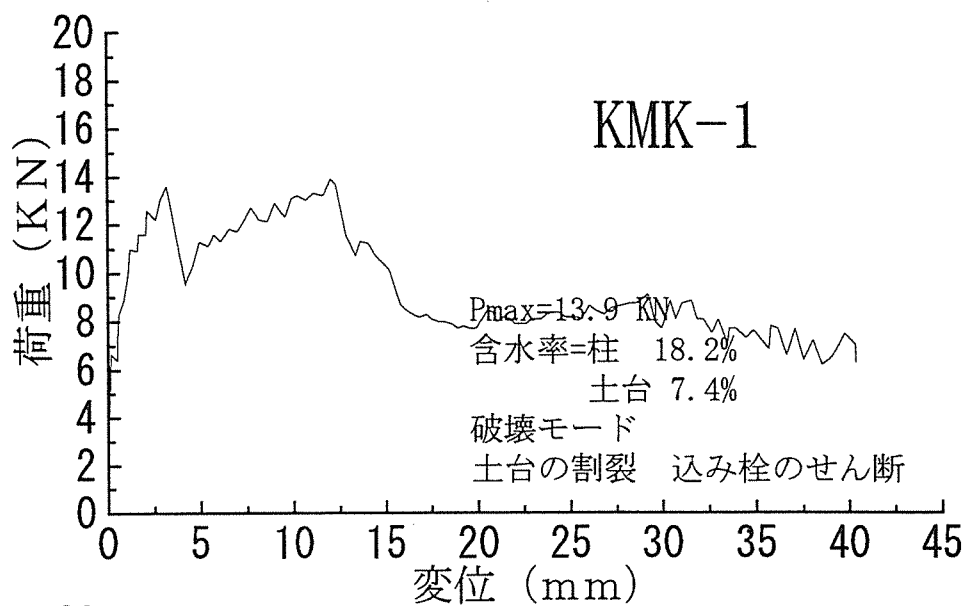






(図 6-26)









# 表－４

## 各変位における 荷重一覧表

(荷重は合計荷重を示す。

図－６において

1、2、3、4、5、7、10、15 mm  
に最も近い計測ステップの、  
荷重値を表に示したものである。)

試験体名	約1mm		約2mm		約3mm		約4mm		約5mm		約7mm		約10mm		約15mm		Pmax	
	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重
HB1HM1			2.4	13.5	3.1	20.4	4.1	32.1	5.1	42.9	7.2	59.8	10.1	72.1	15.3	87.1	31.2	118
HB1HM2			2.3	11.1	3.1	17.9	4.2	31.3	5.3	43.7	7.1	56.2	10.3	68.2	15.2	79.2	27.3	102
HB1HM3			2.7	8.8	3.1	11.1	4	17	5.2	26.7	7.3	41.3	10.1	59.1	15.1	78.5	37.4	112
HB1HM4			2.4	8.4	3	13.2	4.3	3.9	5	8.5	7.1	34.1	10.2	59.2	15.4	78.1	41.3	116
HB1HM5	1.2	2.6	2.3	10	3.1	16.7	4.3	22.8	5.1	30.6	7	50.7	10.1	70.5	15.1	86.5	21.7	98.7
HB1HM6	1.3	4.5	2.3	10	3.1	16.7	4.3	26.6	5.1	35.5	7.3	56.5	10.2	70	15.1	86	16.6	89.4
HB1HS1			2	7.3	3.1	13.1	4	20.7	5.2	31.9	7.1	46.8	10	59.3	15.2	73.3	24.1	88
HB1HS2			2.6	11.2	3	14.4	4.2	24.3	5.3	34.8	7.2	47.2	10	57.7	15.2	71.1	21.8	78.6
HB1HS3			2.8	6.6	3.1	8.2	4.1	15.8	5.1	27.9	7.2	47.9	10.1	64.3	15.1	77.7	18.4	83.9
HB1HS4			2.4	10	2.8	12.2	4	23.1	5	31.8	7.3	47.5	10.3	58.3	15.3	71	31.7	96.3
HB1HS5			2.9	3.9	3.1	4.8	4.3	12.2	5.1	19	7	33.1	10.4	48.3	15.2	59.6	25.6	79.4
HB1HS6	1.8	4.5	2	5.4	3.1	11.8	4.2	20.3	5.3	29.2	7	39.8	10.1	51.2	15.2	60.9	26.2	80.4
HB2HS1	1.5	5.5	2.1	8.8	3	14.9	4.1	24	5.1	35	7.1	55.8	10.2	78.9	15.1	97	39.2	146
HB2HS2	1.2	7.1	2.2	15.3	3.1	23	4.1	33.1	5.1	45.3	7.1	64.1	10.3	79.7	15.1	94	26.3	115
HB2HS3	1.5	10.3	2.1	16.2	3.1	28.1	4.1	40.5	5	50.9	7.3	70.9	10.2	85.4	15.1	99	27.7	122
HB2HS4	1	8	2.1	13.9	3.3	24.5	4.2	33.1	5	42	7.2	62.9	10.1	81.7	15.1	96.1	23.9	117
HB2HS5			2.8	11.5	3.1	14.9	4.2	28.1	5.1	39.3	7.1	63.8	10.3	79.7	15.1	92.9	20.4	106
HB2HS6			2.6	10.3	3.2	14.8	4.2	23.5	5.2	33.7	5.8	40.4						
HB2HM1	1.3	7.8	2.2	12.6	3.1	18.7	4.1	28.7	5.2	38.7	7.2	60.5	10.1	86.3	15.3	101	27.7	130
HB2HM2	1	5.7	2.2	12.2	3.2	19.9	4.1	30.2	5.1	42	7	60.6	10.3	82.5	15.2	97.2	36.8	152
HB2HM3	1.5	0.2	2.1	0.2	3.2	0.1	4.2	0.1	5.4	0.1	7.2	0.2	10.5	0.2	16.4	0.2	34.1	112
HB2HM4	1.4	7.4	2.1	10.8	3.1	18	4	26.7	5.1	37.1	7	56.7	10.1	81.7	12.9	93.7		
HB2HM5			2.3	12.9	3.2	20.7	4.2	29.7	5.2	39.3	7.1	56.5	10	73.7	15.1	94.8	27.6	129
HB2HM6			2.2	9.5	3.2	16.6	4.1	23.8	5.1	32.6	7.1	56.2	10.3	79.3	11.2	82.3		

注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

試験体名	約1mm 変位 荷重	約2mm 変位 荷重	約3mm 変位 荷重	約4mm 変位 荷重	約5mm 変位 荷重	約7mm 変位 荷重	約10mm 変位 荷重	約15mm 変位 荷重	Pmax 変位 荷重
HL1HM1	1.2 17.9	2.2 31.0	3.3 42.6	4.1 51.0	5.2 62.4	7.3 73.4	10.3 82.4	15.3 92.1	19.2 93.1
HL1HM2	1.6 12.9	2.3 18.5	3.3 26.1	4.3 33.3	5.1 37.7	7.3 48.4	8.2 50.6		
HL1HM3	1.6 20.1	2.3 26.4	3.4 37.2	4.1 43.2	5.1 49.8	7.2 58.0	10.2 63.1	10.9 64.6	
HL1HM4		2.4 14.4	3.2 20.6	4.1 30.9	5.2 42.6	7.1 56.5	10.0 69.3	15.5 81.1	
HL1HM5		2.5 12.4	3.0 25.4	4.1 39.2	5.0 46.8	7.0 57.2	10.3 68.5	13.5 71.4	
HL1HM6	1.5 14.2	2.2 22.9	3.1 35.0	4.1 48.1	5.3 60.2	7.4 74.8	10.2 84.1	14.0 91.9	
HL1HS1	1.5 22.6	2.2 30.8	3.1 35.9	4.2 42.8	5.5 52.7	7.3 64.2	9.9 74.0		
HL1HS2		2.7 12.8	3.2 14.8		計測失敗				
HL1HS3	1.2 25.8	2.1 35.7	3.2 47.4	4.3 55.3	5.0 59.2	7.1 66.2	10.2 71.0	12.0 73.6	
HL1HS4	1.1 14.6	2.3 24.8	3.3 31.8	4.2 38.5	5.2 43.4	7.1 49.2	10.1 51.0	14.4 51.8	
HL1HS5	1.2 21.9	2.0 29.8	3.0 41.5	4.3 52.8	5.1 58.6	7.1 64.2	9.8 69.1		
HL1HS6	1.1 22.2	2.2 35.4	3.2 46.2	4.2 55.0	5.0 57.8	7.1 71.2	10.3 79.1	15.0 87.4	
HL2HM1	1.0 18.9	2.1 33.0	3.1 47.5	4.1 60.0	5.1 70.9	7.2 84.3	10.2 96.4	15.1 109.0	21.3 119.0
HL2HM2	1.1 27.6	2.2 41.8	3.0 52.4	4.0 63.7	5.2 73.4	7.0 86.8	10.2 100.0	15.2 113.0	16.8 116.0
HL2HM3	1.0 21.2	2.1 37.1	3.1 49.2	4.1 61.8	5.0 70.7	7.3 86.4	10.0 95.5	15.1 109.0	19.2 120.0
HL2HM4	1.1 15.1	2.1 28.2	3.1 41.2	4.1 52.9	5.0 63.5	7.0 79.7	10.2 91.4	15.1 106.0	16.0 109.0
HL2HM5	1.0 35.3	2.1 51.1	3.1 64.2	4.1 74.1	5.0 81.2	7.1 89.3	10.2 99.6	15.4 114.0	15.5 116.0
HL2HM6	1.1 23.0	2.2 43.7	3.1 55.0	4.3 68.4	5.3 78.8	7.1 90.5	10.1 100.0	14.3 114.0	
HL2HS1	1.1 33.4	2.0 57.2	3.2 73.8	4.1 82.4	5.2 90.9	7.2 98.0	10.1 106.0	11.0 108.0	
HL2HS2	1.1 28.4	2.1 44.4	3.2 54.3	4.2 64.3	5.1 72.5	7.0 86.7	10.0 96.1		
HL2HS3	1.0 26.1	2.1 44.1	3.1 57.6	4.3 69.7	5.0 75.8	7.0 86.0	10.1 95.2	11.4 97.5	
HL2HS4	1.0 18.3	2.1 34.0	3.1 45.7	4.2 54.7	5.2 62.6	7.2 71.9	10.2 81.6	12.1 84.1	
HL2HS5	1.2 9.0	2.1 27.3	3.1 39.7	4.1 55.5	5.1 66.2	7.3 84.4	10.2 96.3	12.3 102.0	
HL2HS6	1.0 15.9	2.2 33.1	3.0 41.9	4.2 53.9	5.2 61.1	7.0 72.6	8.6 80.7		

注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

試験体名	約1mm 変位 荷重	約2mm 変位 荷重	約3mm 変位 荷重	約4mm 変位 荷重	約5mm 変位 荷重	約7mm 変位 荷重	約10mm 変位 荷重	約15mm 変位 荷重	Pmax 変位 荷重
HN1HM1	1.5 23.5	2.2 33.0	3.3 44.1	4.1 49.0	5.0 53.4	7.2 61.4	10.1 64.8	15.4 66.3	20.2 68.2
HN1HM2	1.5 27.7	2.2 37.6	3.2 50.8	4.3 60.8	5.1 67.8	7.2 76.7	10.3 85.1	14.7 91.1	
HN1HM3	1.2 19.8	2.3 36.4	3.4 48.7	4.1 55.8	5.4 65.8	7.1 73.2	10.2 80.7	15.1 87.8	33.4 96.5
HN1HM4	1.1 17.9	2.1 33.6	3.2 46.6	4.0 55.3	5.2 65.4	7.4 76.9	10.3 84.6	15.2 92.0	22.2 95.6
HN1HM5	1.1 16.2	2.3 32.9	3.1 42.7	4.1 54.2	5.1 64.2	7.0 77.4	10.1 85.0	15.2 96.6	25.8 111.0
HN1HM6	1.2 19.8	2.1 33.7	3.2 46.4	4.2 55.3	5.2 61.3	7.1 70.3	10.1 77.8	15.5 78.0	16.8 79.8
HN1HS1	1.4 20.9	2.1 31.2	3.2 43.4	4.1 48.8	5.2 56.3	7.2 62.6	10.1 67.3	15.1 65.7	24.5 69.7
HN1HS2	1.4 23.1	2.1 33.9	3.1 45.6	4.2 54.7	5.2 60.1	7.4 67.9	10.1 71.4	15.3 72.7	29.0 76.8
HN1HS3	1.3 23.9	2.1 33.3	3.2 41.8	4.2 48.3	5.3 54.3	7.1 60.9	10.1 65.0	15.2 66.7	22.7 70.5
HN1HS4	1.0 9.5	2.1 31.8	3.1 44.6	4.2 55.6	5.1 62.4	7.1 75.3	10.1 85.7	15.2 95.2	25.8 95.8
HN1HS5	1.1 18.9	2.1 31.6	3.1 39.9	4.0 45.6	5.2 51.2	7.0 56.5	10.3 57.1	15.1 58.3	25.6 61.2
HN1HS6	1.1 17.1	2.0 31.7	3.2 45.5	3.7 50.0					
HN2HM1	1.0 22.3	2.0 42.1	3.1 60.0	4.2 73.6	5.1 83.0	7.2 94.3	10.2 103.9	15.1 120.5	26.3 144.1
HN2HM2	1.0 20.2	2.0 40.3	3.1 57.7	4.0 69.8	5.2 82.0	7.2 90.6	10.1 100.9	14.5 114.7	
HN2HM3	1.0 18.3	2.0 40.7	3.1 58.7	4.2 75.1	5.2 85.5	7.3 97.9	10.2 107.8	15.1 124.5	17.9 132.3
HN2HM4	1.1 22.4	2.1 41.9	3.1 57.9	4.1 70.4	5.2 81.0	7.3 92.3	10.0 104.0	12.5 113.0	
HN2HM5	1.1 17.8	2.1 36.8	3.1 53.5	4.1 66.7	5.1 79.0	7.1 94.3	10.2 105.0	15.1 121.0	18.1 132.0
HN2HM6	1.0 13.9	2.1 36.0	3.1 53.5	4.1 67.8	5.0 78.6	7.1 88.9	10.2 101.0	12.7 109.0	
HN2HS1	1.0 21.4	2.1 39.5	3.0 53.7	4.1 66.1	5.2 75.1	7.1 82.6	10.1 94.2	15.4 107.0	17.1 112.0
HN2HS2	1.0 18.8	2.2 42.8	3.2 55.0	4.1 64.6	5.0 73.0	7.1 86.1	10.2 98.0	14.3 106.0	
HN2HS3	1.0 9.4	2.1 35.5	3.2 49.5	4.0 60.0	5.0 70.0	7.1 86.7	10.1 99.0	15.2 113.0	20.9 121.0
HN2HS4	1.0 15.7	2.2 36.8	3.2 48.2	4.0 51.2	5.0 65.6	7.1 76.1	10.2 88.4	15.1 90.6	17.7 97.4
HN2HS5	1.1 21.7	2.1 39.9	3.2 53.6	4.0 60.7	5.3 72.4	7.3 84.1	10.1 94.4	15.2 109.0	18.0 116.0
HN2HS6	1.1 18.4	1.2 19.8							

注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

試験体名	約1mm		約2mm		約3mm		約4mm		約5mm		約7mm		約10mm		約15mm		Pmax	
	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重
HS1HM1		2.2	3.7	6	4.2	7.9	5.2	13	7.3	24.3	10.4	41.6	15.1	63.1	24.7	88.8		
HS1HM2		2.1	2.9	5	4.1	8.6	5.2	13.7	7.1	23.9	10.1	40.4	15.4	58.9	42.5	112		
HS1HM3		2.8	8.2	3.1	9.3	4.2	15.7	5.1	20.9	7.4	32.5	10.1	43.1	15.2	63.7	43.5	130	
HS1HM4	1.7	3.6	2	4.7	4.1	16.8	5	23.1	7.2	38.7	10.2	55.1	15.2	75.1	31	109		
HS1HM5		2.7	7.2	2.9	8.6	4.2	19.9	5.2	28.7	7	41.8	10.3	56.4	15.3	74.3	17.5	79.4	
HS1HM6	1.6	4.9	2.2	7.9	3.1	13.7	4.1	19.2	5.2	25.9	7.4	37.7	10.2	46.9	61			
HS1HS1				3.4	6.7	4.1	9.1	5.1	13.2	7.4	21.4	10	30.1	15.1	43.8	47.5	84.6	
HS1HS2				3.1	5.6	4.1	8.7	5.1	12.4	7.4	20.3	10.2	29.7	15.2	47.2	32	81.5	
HS1HS3						3.9	4.9	5	9.1	7.1	15.4	10.2	26.7	15.1	39.5	44.7	91.1	
HS1HS4						4	9.2	4.9	14.6	7.1	30.7	10	45.4	15.2	62.6	23.4	80.2	
HS1HS5	1.3	3	2.2	6.4	3.2	13	4.1	18.3	5.2	25	7.3	33.6	10	41.5	15.1	53.8	29.2	74.9
HS1HS6				3	2.9	4.3	4.1	6.7	13.2	7.2	24.6	10.1	38.6	15.3	52.1	33.2	72.5	
HS2HM1		2.4	4.8	3.1	8.9	4.3	15	5.1	21.1	7.3	37.6	10.1	51.8	15.1	25.9	24	104	
HS2HM2				3	8.3	4.3	15.6	5.2	22.4	7.3	36.7	10.2	57	15.2	93.6	23.3	123	
HS2HM3		2.3	3.9	3.3	8.2	4.1	13.2	5	19	7.1	34.2	10.3	59.6	15.2	93.4	16.6	101	
HS2HM4	1.8	5.7	2.1	7.7	3.1	13.2	4.1	20	5.1	27.9	7.1	45.2	10.2	68.1	101	22	128	
HS2HM5	1.9	5.3	2.2	6.6	3.2	11.1	4.2	17.2	22.8	5.2	22.8	10.2	62.7	15.1	101	24.3	132	
HS2HM6	1.7	1.9	2	2.5	3.1	7.7	4.1	16.5	5.3	26.6	7.1	44.1	10	66.8	15.2	94.3		
HS2HS1				3.4	7.8	4.2	10.4	5.2	13	7.4	20.2	10.2	29.2	15.2	56.9	38.6	138	
HS2HS2	1.3	5.6	2.2	18.5	3.2	32.2	4.3	39.7	5.1	36.9	7	55.6	10.1	75.9	14.5	103		
HS2HS3	1.3	5.2	2.1	18.3	3	32.1	4.5	33.8	5.2	43.3	7.1	53.5	10.1	64.9	15.1	93.9	22.5	119
HS2HS4	1.4	2.4	2	3.6	3.3	8.5	4	13	5	18.3	7.1	29.1	10.1	51.7	15.1	90.3	20.9	114
HS2HS5			2	7.4	3.1	10.4	4.3	15	5.2	19.9	7	31.6	10.1	51.2	15.1	83.7	25.7	121
HS2HS6			2.3	6	3.2	7.9	4.2	12.5	5.2	19	7.2	31.7	10	49.3	11.7	60.1		

注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

試験体名	約1mm		約2mm		約3mm		約4mm		約5mm		約7mm		約10mm		約15mm		Pmax	
	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重
HB212M41			2.1	4.9	3.2	9.8	4.3	15.6	5.3	21	7	27.9	10.4	38.8	15.2	50.2	37.7	76.8
HB212M42			3.5	8	3.2	7	4	10.1	5.2	15.3	7.1	24	10.3	36.7	15.1	51.4	38.3	83.6
HB212M43			2.3	7.3	3.1	11.2	4.4	16.4	5	18.9	7.1	26.5	10.3	38.5	15	53.3	52.4	96.2
HB212M81	1.5	3	2.2	4.9	3.1	7.4	4.4	11.3	5	13.3	7	18.9	10.2	27.7	15.2	40.5	31.1	64
HB212M82					2.9	5.8	4.4	10.7	5.4	15	7.2	21.5	10.1	30	15.1	41.3	42	78.4
HB212M83	1.8	2.7	2.1	3.5	3.1	6.5	4	9.6	5.4	14.4	7.3	20.7	10.2	28.8	15.1	42.4	26.7	60.5
HB212S41			2	4.4	3.3	8.3	4	10.7	5.2	14.2	7.2	20.3	10.2	31.2	15.3	45.8	47.6	79.3
HB212S42			1.9	2	3.1	4.5	4.1	7.4	5.1	10.6	7.3	18.7	10.1	27.1	15.1	40.5	37.7	74.5
HB212S43			2	3.6	3.1	6.9	4.3	11.8	5.1	15	7	24.4	10.1	35.7	15.1	49.1	41.2	85.9
HB212S81			2.9	7	3.3	8.2	4.4	11.3	5	12.8	7.2	18.1	10	26.4	15.1	39.2	33.2	62
HB212S82			2.7	4.4	3	5.3	4.2	9.6	5.4	13.8	7.2	18.9	10.2	28	15.1	40.7	39.8	72.6
HB212S83	1.7	4.7	2.3	6.1	3	8.1	4.1	11.1	5.1	14.2	7	20.2	10.3	28.2	15.2	39.8	38	69.6
HB213S41	1.6	7.8	2.1	9.8	3.1	14	4.2	19.6	5.2	25.1	7.1	32.3	10.3	44.7	15.1	56.5	51.4	100
HB213S42	1	7	2.2	18.1	3.1	23.8	4.1	30.2	5.1	37	7	44.3	10.1	54.4	15.1	66.6	51.5	113
HB213S43	1.8	3.3	2.1	7.5	3.1	14.5	4.2	15.9	5.2	18.4	7.1	26.4	10.1	44.9	15.2	66.2	30.4	84.5
HB213S81	1.6	5.9	2.2	9	3.2	13.9	4.4	19	5.1	20.7	7.3	24.2	10.5	31.1	15.1	40.8	31.9	68.1
HB213S82	1.1	4.6	2.2	7.7	3.2	11.1	4.1	14.1	5.2	18.1	7.3	24.3	10.2	31.7	15.3	42.6	24.8	53.6
HB213S83	1.1	6	2.1	10.9	3.2	14.8	4.3	19	5.2	22.1	7.1	29.1	10.4	40.4	15.3	52.5	25.9	69.2
CPL381	1.5	3.4	2.3	4.2	3.3	5.2	4.3	6	5.1	6.5	7.3	7.3	10.4	7.9	13.2	8.1		
CPL382	1.7	3.7	2.2	4.2	3.3	5.3	4.1	5.9	5.4	6.6	7.2	7.4	10.3	8.2	12.6	8.6		
CPL383	1.1	3.1	2.1	4	3.2	5.3	4.2	6	5.4	6.7	7.1	7.4	9.4	7.8				

注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

試験体名	約1mm		約2mm		約3mm		約4mm		約5mm		約7mm		約10mm		約15mm		Pmax	
	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重
CPLN1	1.3	6.4	2.3	8.4	3.2	9.7	4.3	10.9	5.4	12.2	7.2	13.2	10.4	14.1	11.8	13.6		
CPLN2	1.2	5.6	2.1	7.4	3.2	8.8	4.2	9.9	5.3	11	7.1	12.7	10.4	13.5	11.7	12.7		
CPLN3	1.1	5.8	2.2	8.1	3.2	9.6	4.3	10.7	5.3	11.5	7	12.2	10.3	12.6	10.7	12.3		
CPLN4	1.7	5.8	2.1	6.2	3.1	7.7	4.1	8.8	5.2	10	7.1	11.3	10.1	12.1	10.7	12.3		
CPLN5	1.7	7.7	2.4	8.6	3	9.4	4	10.7	5	11.6	7	13	10.1	14	11.5	14.4		
CPLN6	1	5.8	2.2	8	3.2	9.2	4.3	10.5	5.2	11.7	7	12.8	10	13.4	11	13.6		
CPLZN1	1.2	7.8	2.1	9.4	3.1	10.6	4.1	11.6	5.1	12.3	7.1	13.7	10.3	15.2	15.3	14.3	19.1	15.3
CPLZN2	1	8.1	2	9.9	3.1	11.4	4.2	12.5	5.1	13.2	7.3	14.6	10.2	14.7	10.5	14.9		
CPLZN3	1.2	7.6	2.4	9.7	3.2	10.8	4.3	12.1	5.4	12.9	7.2	14	10.5	15.2	13.4	15.3		
CPLZN4	1.2	6.8	2.4	9.4	3	10.4	4.4	12.3	5.1	13.1	7.2	14.2	8.5	14.7				
CPLZN5	1.4	7.6	2.2	9.5	3.2	11.5	4.3	12.9	5.4	13.7	7.3	14.8	8.3	15.2				
CPLZN6	1.1	7.4	2.1	10.1	3.2	12	4	13.1	5.3	14.7	7.2	15.9	8.9	16.5				
CPT381	1.4	4	2.1	4.6	3.1	5.5	4.1	6.3	5.1	7	7.3	7.8	10.3	7.9	15.3	7	23.6	13.7
CPT382	1.3	3.9	2.3	4.8	3.3	5.6	4.2	6.3	5	6.8	7	7.9	10.2	8.7	15.3	8.6	23.6	20
CPT383	1.3	3.5	2.1	4.4	3.2	5.5	4.4	6.6	5.1	7.1	7.5	8.6	10.1	8.8	10.7	9		
CPTN1	1.2	8.6	2.1	10.7	3.1	12.7	4.1	14.2	5.1	15.1	7.3	16.7	7.6	16.8				
CPTN2	1.2	10	2.1	12.7	3.3	15.3	4.4	16.8	5.1	17.6	7.2	18.9	10.3	20.4	12.2	20.8		
CPTN3	1.1	8.9	2.1	11.6	3.1	14.1	4.2	16.1	5.2	17.3	7.1	18.8	10.1	20.2	12.4	20.9		
CPTN4	1.1	8.9	2	11.2	3.1	13.4	4.2	15.2	5.2	16.1	7.3	17.4	10.2	18.5	11.7	18.9		
CPTN5	1.2	8	2.2	10	3.3	11.7	4.3	14.7										
CPTN6	1.1	8.5	2.2	11.9	3.1	13.6	4	15.1	5.2	16.8	6.2	17.4						
CPTZN1	1.2	10.5	2.1	13.2	3.2	14.6	4.1	15.5	5.3	16.8	6.3	17						
CPTZN2	1	8.7	2.2	13.2	3.2	15.3	4.2	16.7	5.2	17.8	7.2	19.1	9.9	19.5				
CPTZN3	1.2	12	2.3	15.6	3.2	18	4.1	19.7	5.1	20.9	6.1	22.2						
CPTZN4	1.2	11.8	2.2	14.6	3.2	16.5	4.1	17.9	5.4	19.2	6.8	19.9						
CPTZN5	1.1	11.5	2.2	14.9	3.1	17	4.1	17.9	5.1	19	7.1	19.5	10.3	20.4				
CPTZN6	1.1	6.4	2.3	10.9	3.2	12	4.4	13.6	5.1	13.7	6.6	14.8						

注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

試験体名	約 1 mm		約 2 mm		約 3 mm		約 4 mm		約 5 mm		約 7 mm		約 10 mm		約 15 mm		P m a x	
	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重	変位	荷重
VPN1	1.1	8.2	2.4	10.6	3.3	11.6	4.3	12.8	5.2	13.6	6.3	14.8	10.2	19	13.5	19.5		
VPN2	1.2	9.1	2.2	11.7	3.3	13.4	4.3	14.7	5.1	15.6	7.1	17.7	10.2	19	13.5	19.5		
VPN3	1.1	9.5	2.2	12.2	3.1	13.3	4.3	14.6	5.3	16.2	6.9	17.4	10.2	19	13.5	19.5		
VP381	1.1	3.3	2.1	4.2	3	4.4	4.2	5.2	5.1	5.5	7.3	6.6	10.2	7.1	10.9	7.4		
VP382	1.6	4	2.2	4.6	3.3	5.4	4.5	5.9	5	6.1	7	6.7	8.4	7	15	5.4	15.9	7.8
VP383	1.3	3.4	2.2	4.2	3.2	4.8	4	5.3	5.4	5.9	7.4	6.5	10.2	6.6	15	5.4	15.9	7.8
VPZN1	1.1	18.5	2.1	21.5														
VPZN2	1.1	18.5	1.6	20.8														
VPZN3	1.1	16	2.2	22.3	2.6	23.3												
VPZN4	1.2	18.8	1.8	21.7														
VPZN5	1.1	18	2.3	23	3	24.1												
VPZN6	1.1	17.2	1.5	20.3														

注) 最大荷重時の変位が 15 mm 以下の試験体については最後の値が P m a x である



試験体名	約1mm 荷重 変位	約2mm 荷重 変位	約3mm 荷重 変位	約4mm 荷重 変位	約5mm 荷重 変位	約7mm 荷重 変位	約10mm 荷重 変位	約15mm 荷重 変位	Pmax 荷重 変位
NK15-1	1.15 11.37	2.29 13.81	3.31 15.22	4.01 15.78	5.22 10.4	7.19 11	10.26 12.4	15.15 12.6	39.25 13.9
NK15-2	1.1 8.55	2.14 10.9	3.37 11.2	4.16 10.7	5.31 8.74	7.25 9.02	10.09 10.33	15.08 12.4	21.08 14
NK15-3	1.09 6.58	2.17 8.64	3.17 10.33	4.13 11.74	5.12 11.37	7.22 11.84	10.29 11.46	15.38 12.21	22.91 13.06
NK15-4	1.26 5.73	2.23 7.89	3.13 9.11	4.07 10.61	5.14 12.02	7.23 12.4	10.32 13.43	14.39 14.37	
NK15-5	1.03 7.89	2.14 10.43	3.22 12.12	4.57 12.59	5.17 7.51	7.04 7.8	10.19 9.11	15.2 10.8	17.89 11.84
NK15-6	1.33 3.38	2.05 4.79	3.26 7.04	4.32 8.74	5.18 12.2	7.22 12.6	10.29 12.3	15.1 12.3	26.6 15.9
NK24-1	1.16 7.8	2.13 9.67	3.15 10.7	4.13 11.4	5.2 12.12	7.3 11.93	10.14 11.65	15.16 12.68	20.28 14.94
NK24-2	1.01 11.65	1.42 12.59	3.25 10.71	4.24 11.46	5.19 11.84	7.31 12.59	10.04 12.49	15.32 13.71	16.73 14.56
NK24-3	1.14 8.55	2.17 9.58	3.16 10.14	4.19 11.08	5.01 15.97	7.11 16.63	8.82 17.94		
NK24-4	1.22 6.58	2.17 9.21	3.23 14.56	4.32 15.5	5.17 12.96	7.08 14.18	9.07 15.31		
NK24-5	1.23 11.46	2.29 13.43	3.14 11.74	4.01 12.21	5.45 11.08	7 11.74	10.23 13.15	12.05 13.9	
NK24-6	1.17 9.39	2.08 11.08	3.21 13.62	4.21 9.49	5.11 12.21	7.31 13.34	10.42 14.37	12.17 15.22	
KMK-1	1.11 9.96	2.1 11.65	3.44 11.46	4.21 11.93	5.23 13.53	7.21 14.09	10.47 15.97	14.09 17	
KMK-2	1.3 10.52	2.37 12.87	3.33 13.53	4.26 13.43					
KMK-3	1.01 10.43	2.3 14							

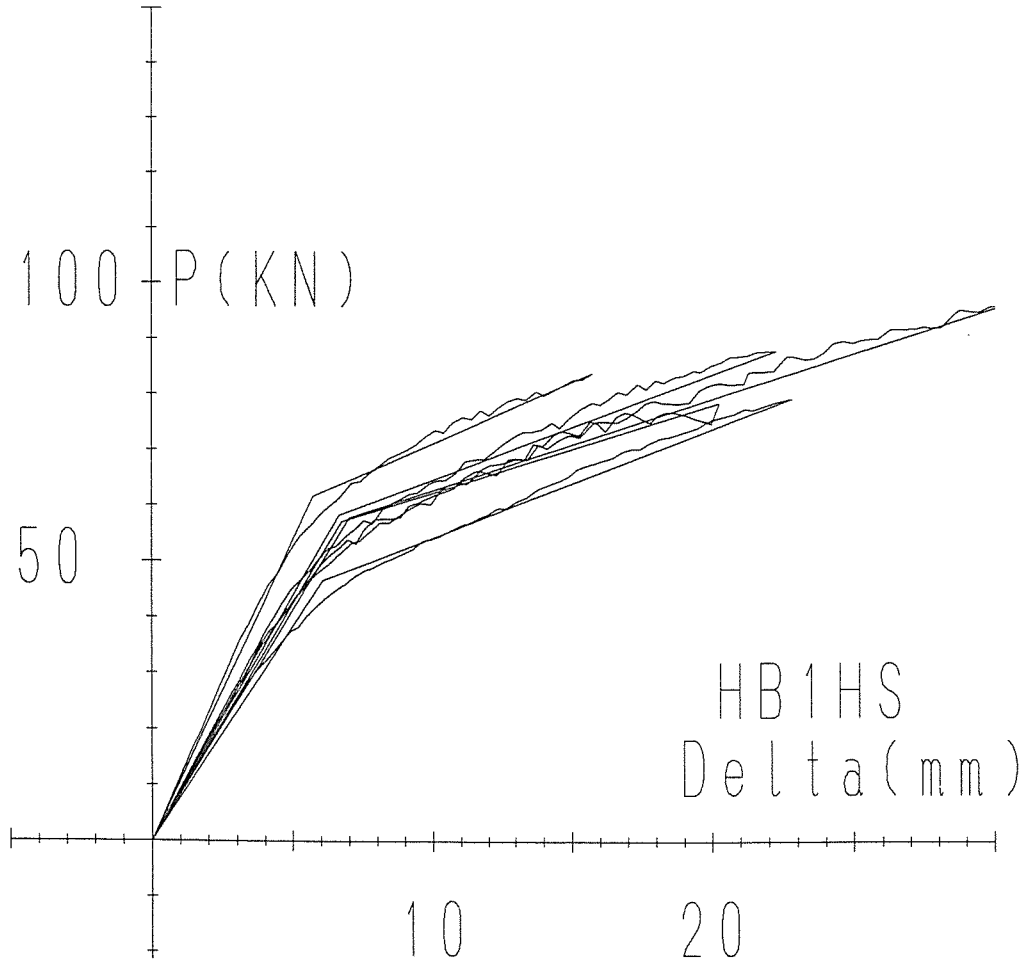
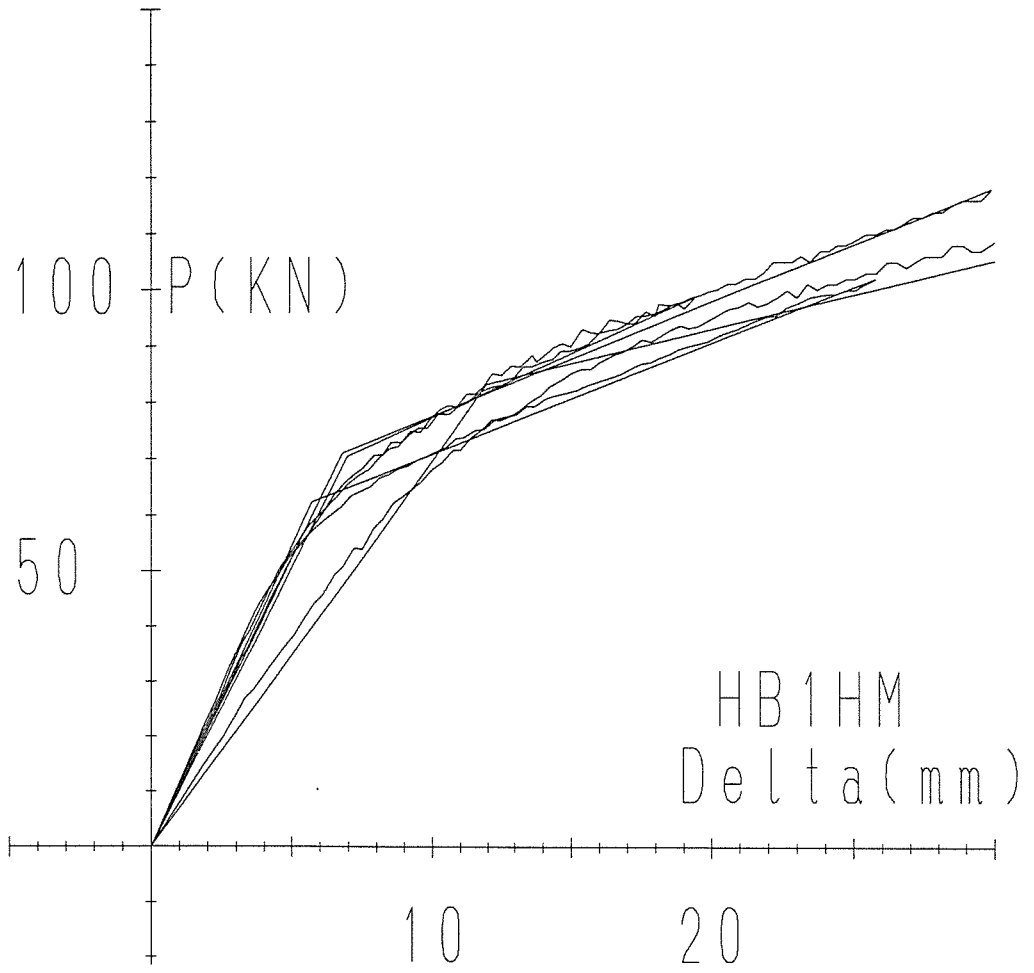
注) 最大荷重時の変位が15mm以下の試験体については最後の値がPmaxである

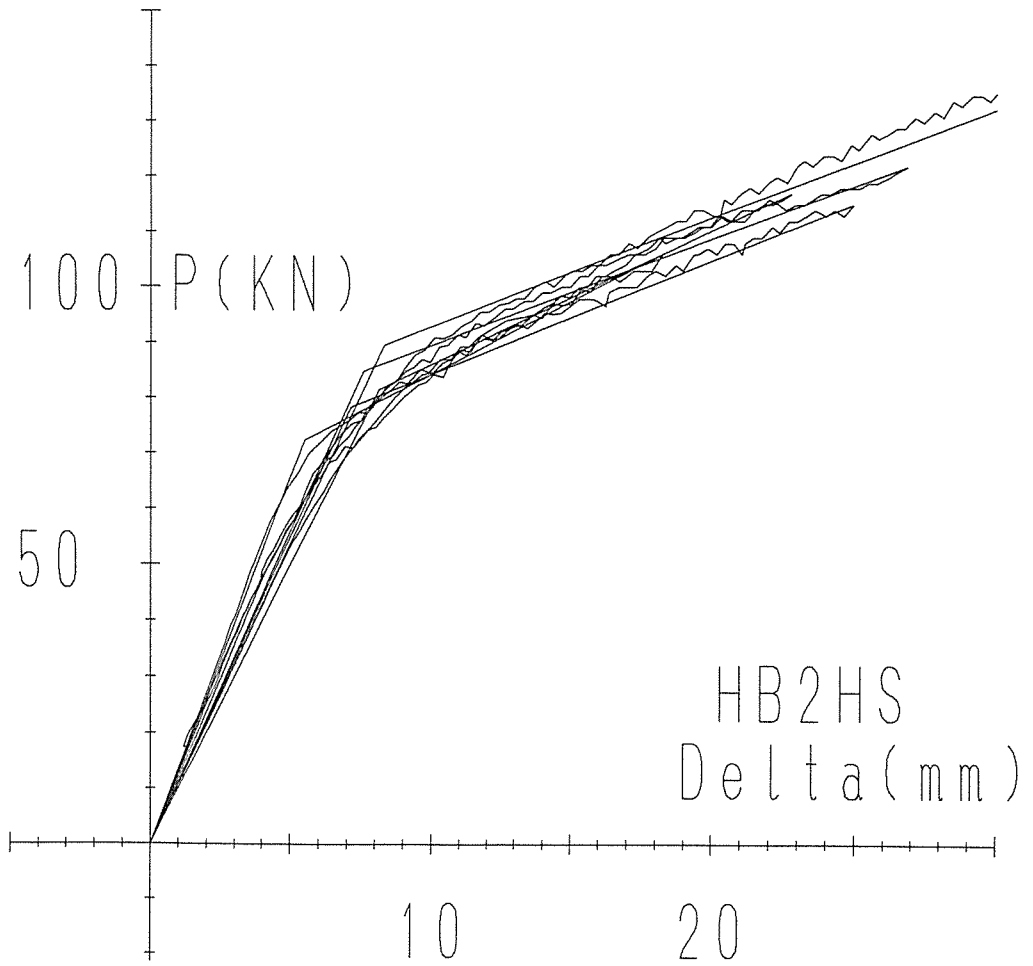
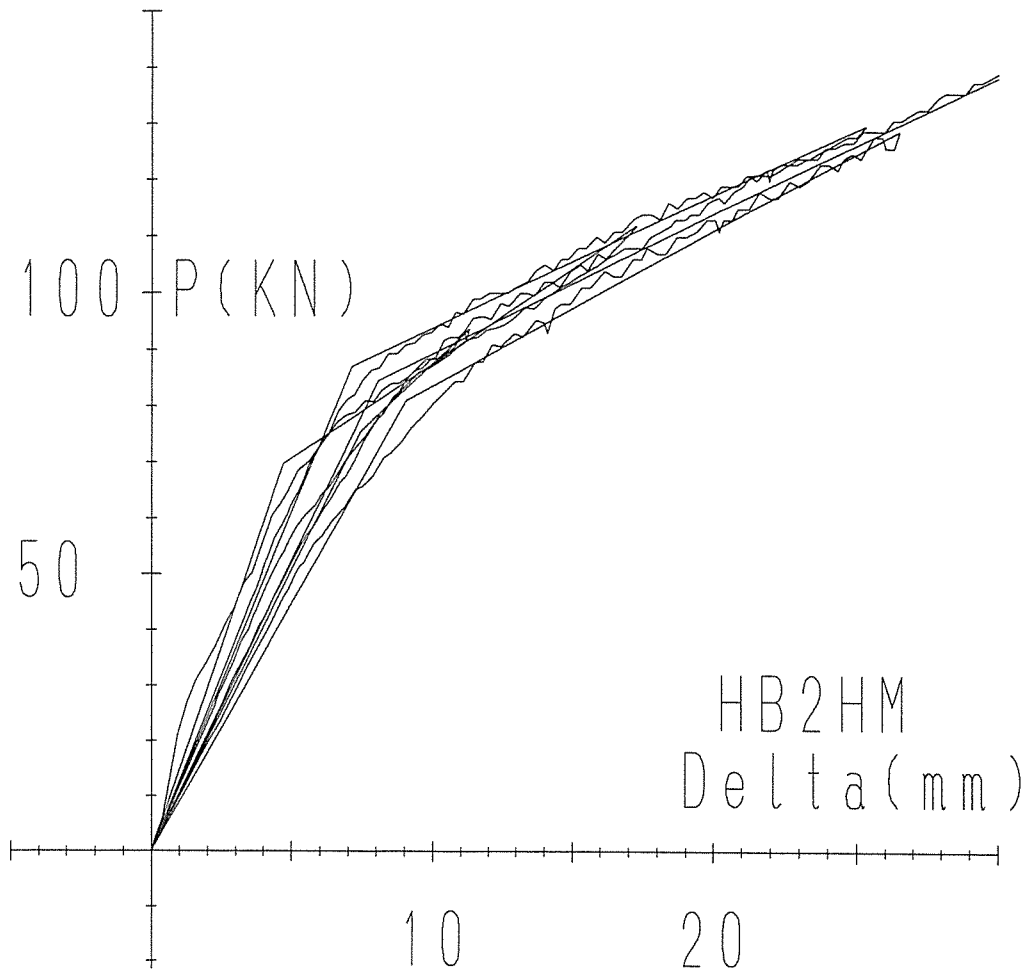


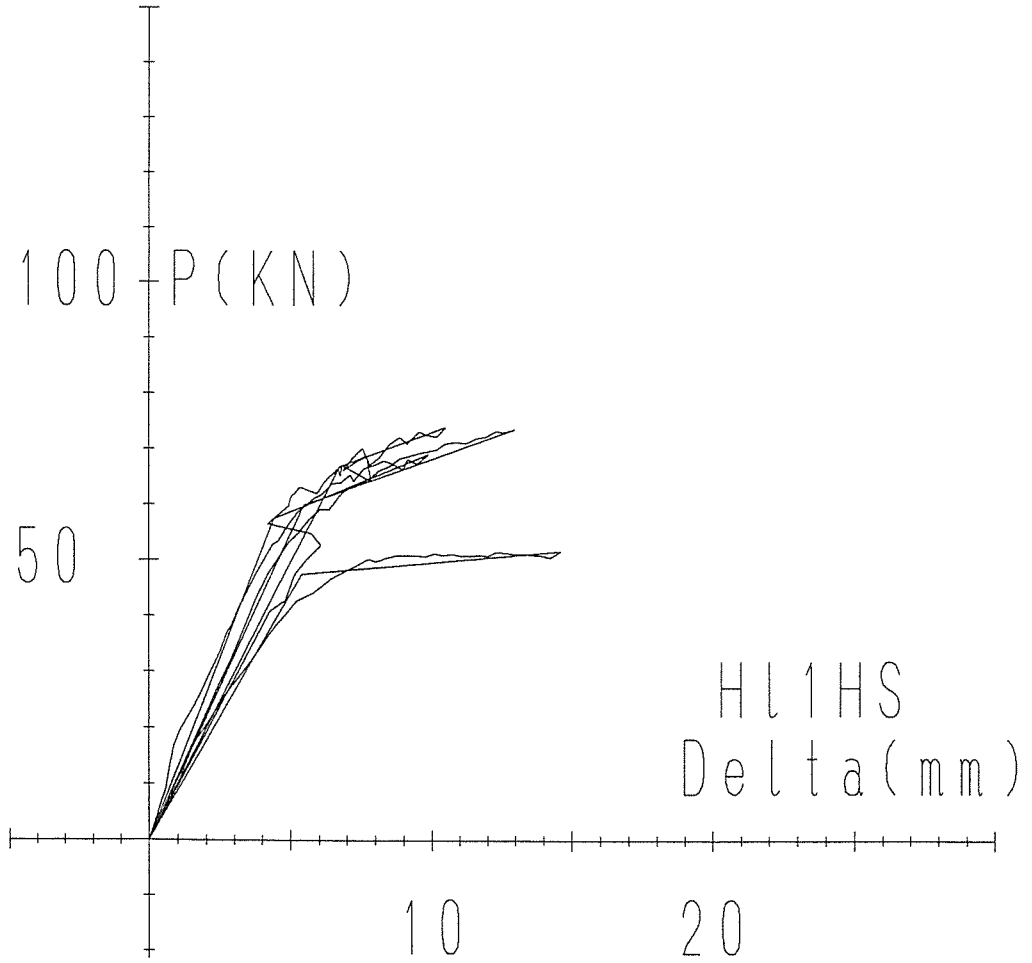
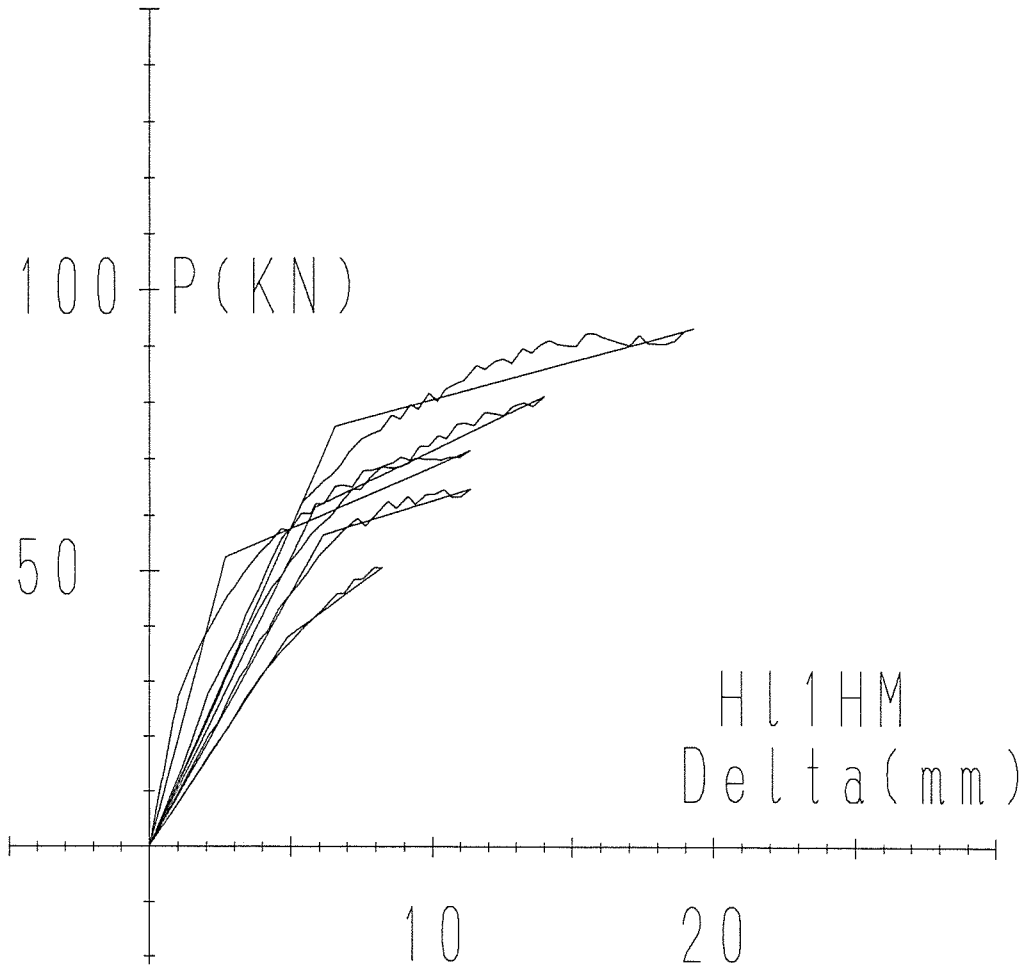
## 図－ 7

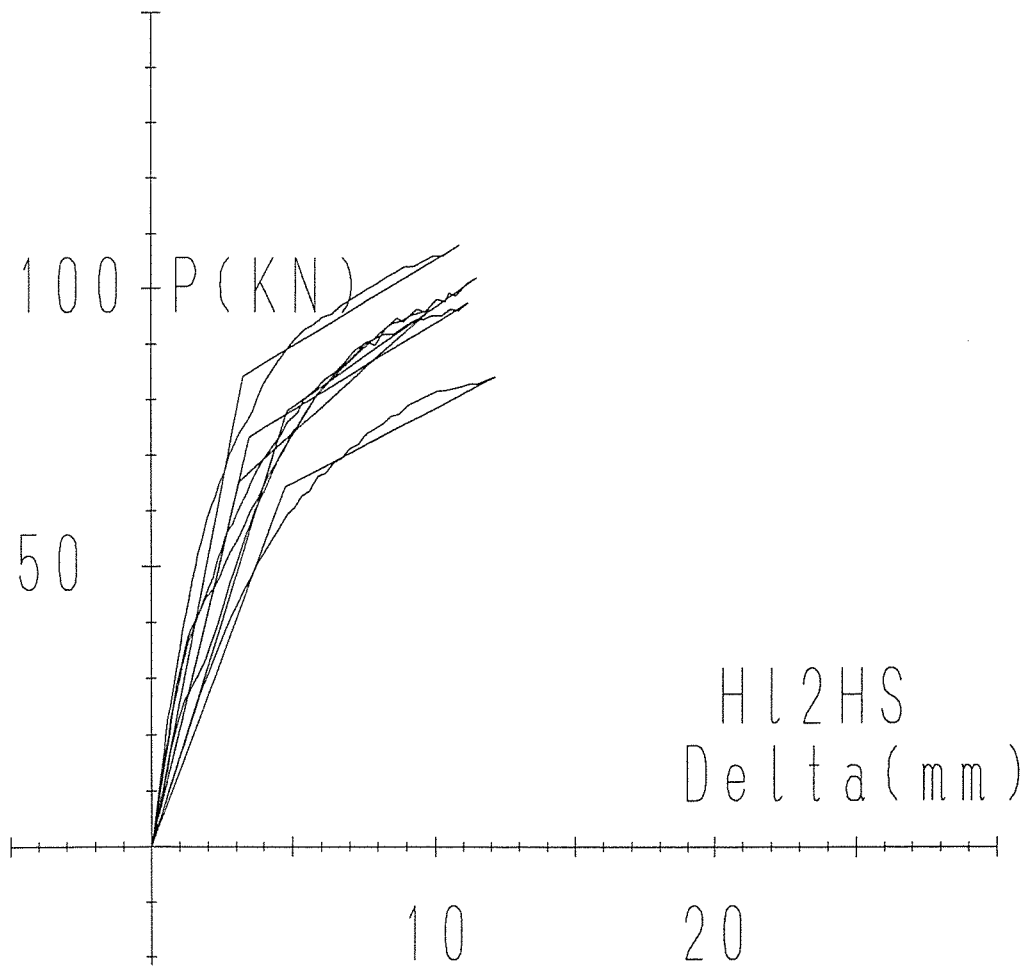
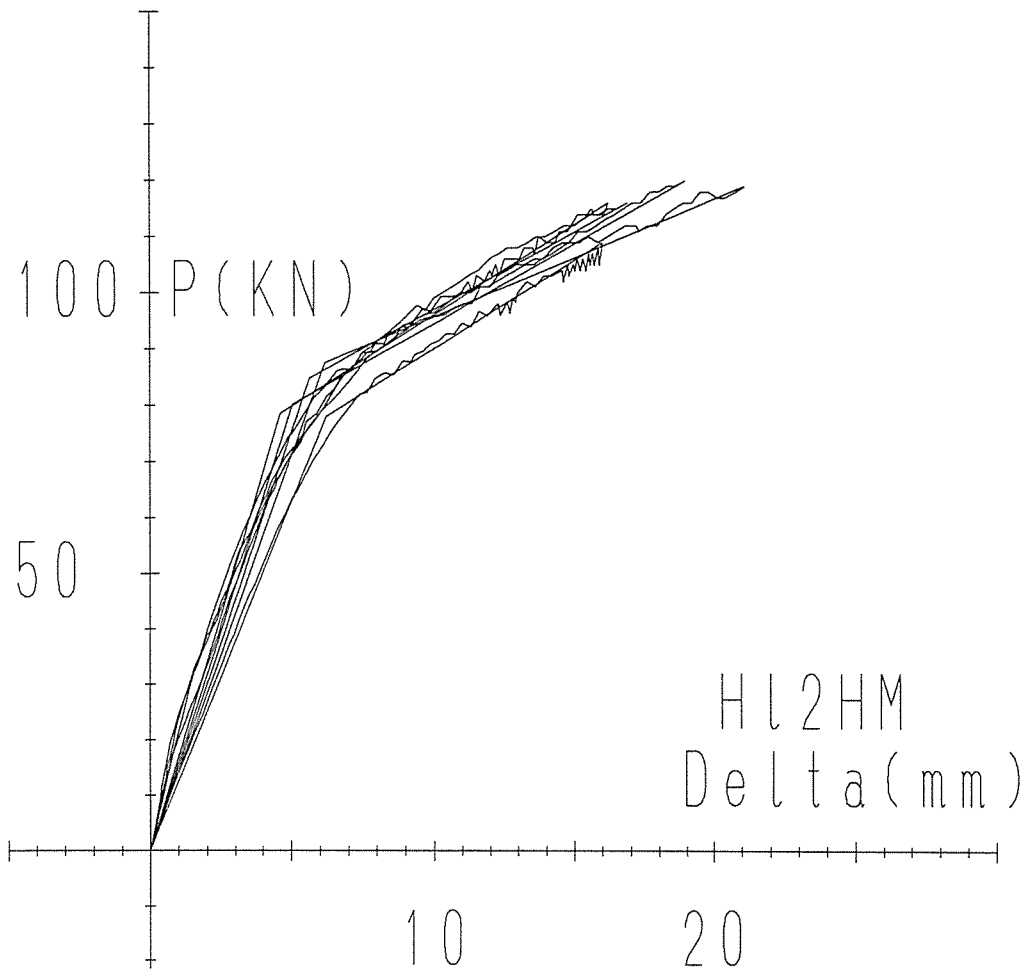
# 各シリーズの剛性評価結果

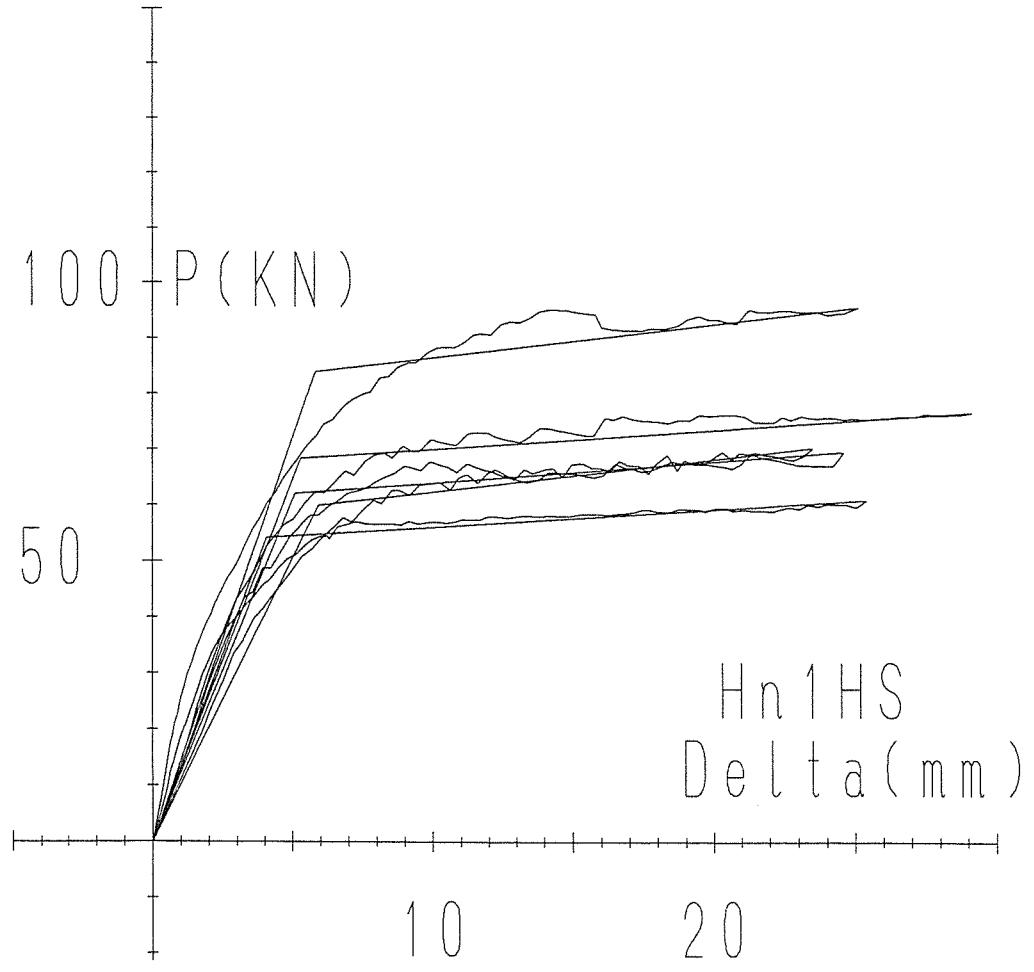
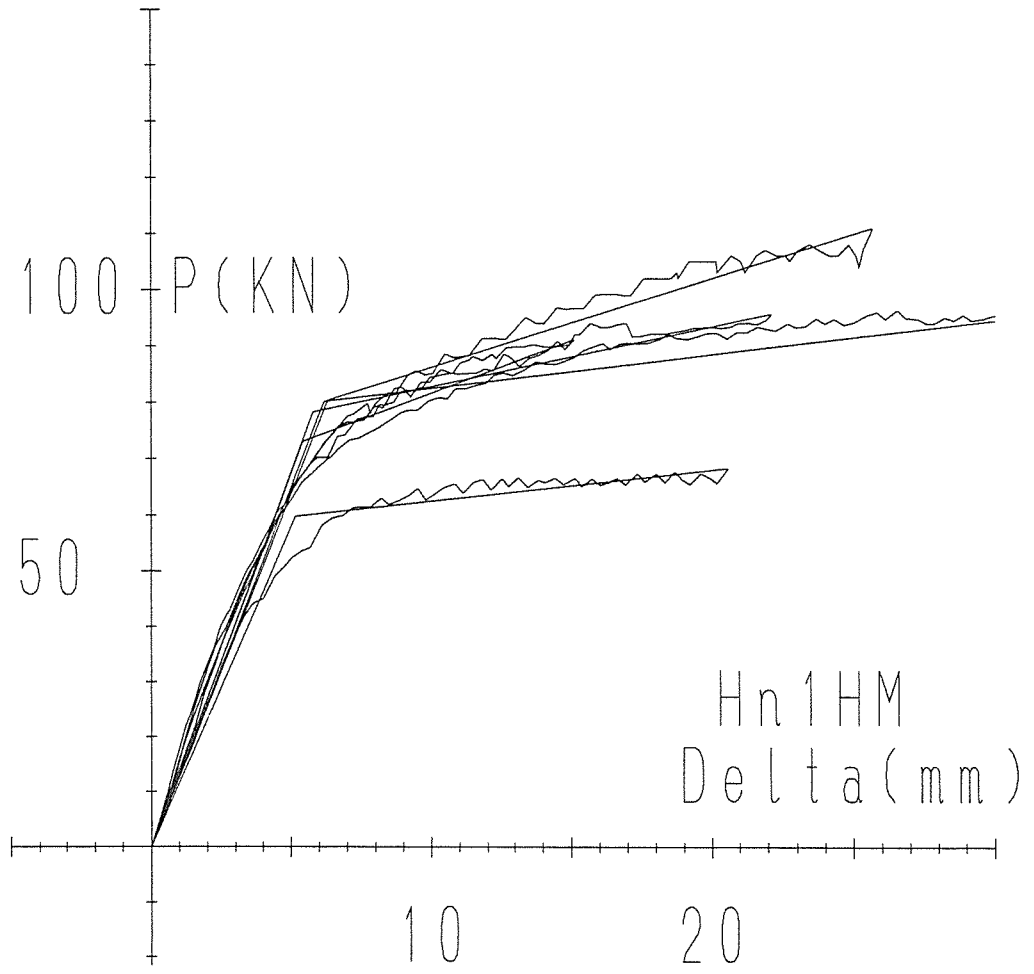
(図－ 6 より、初期なじみを除去し、  
最大荷重を 2 本の直線で近似した結果である。)



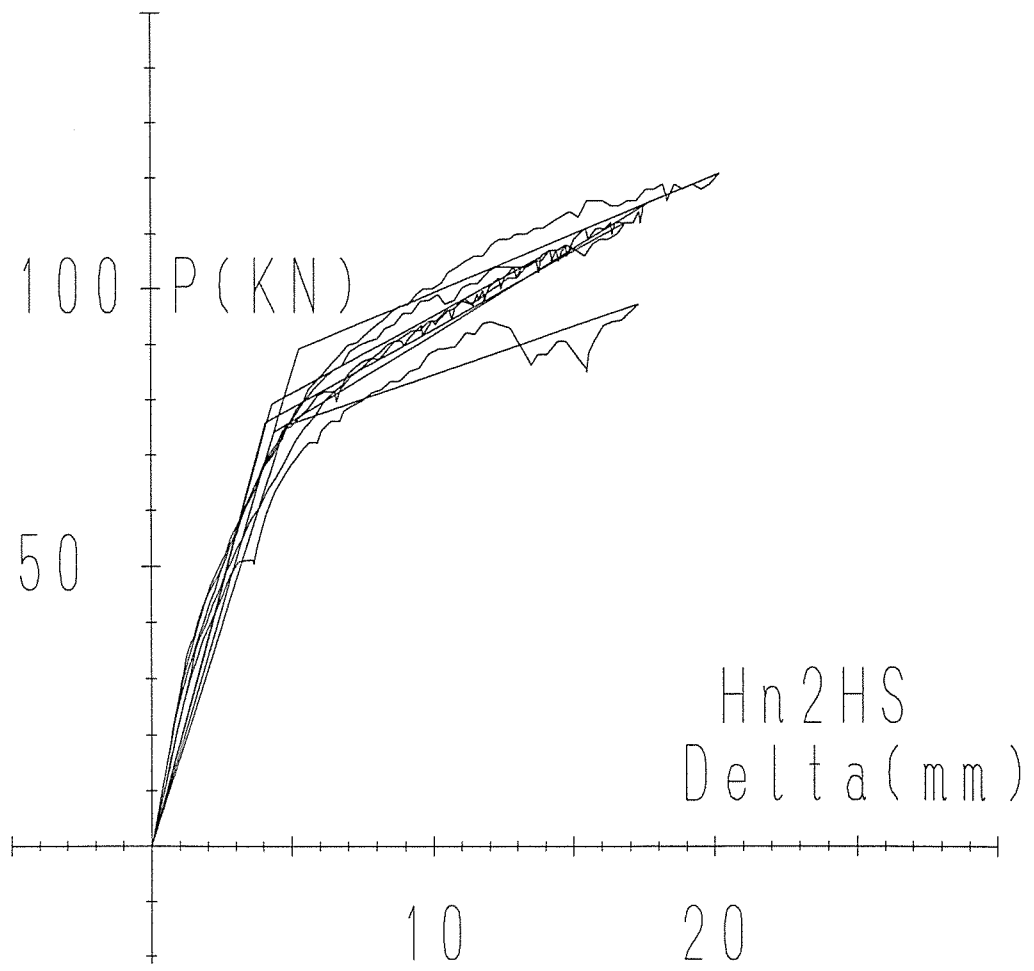
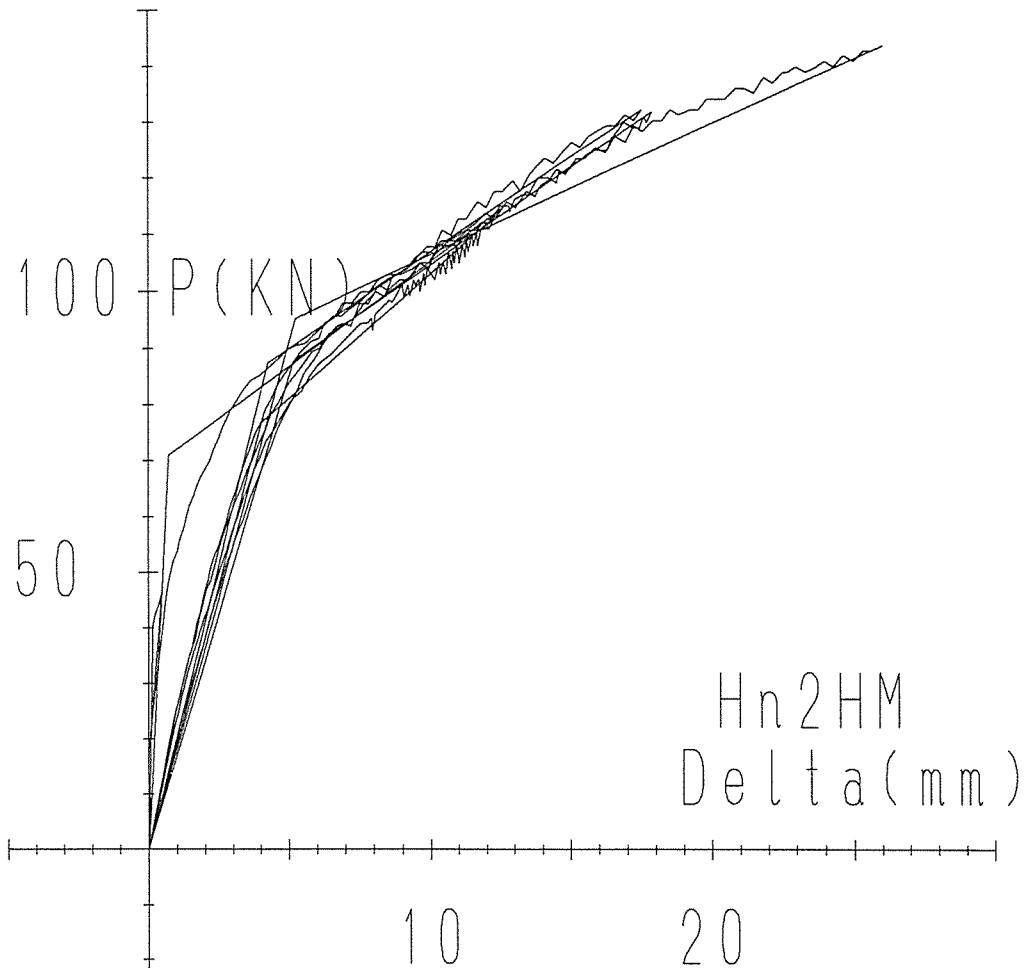


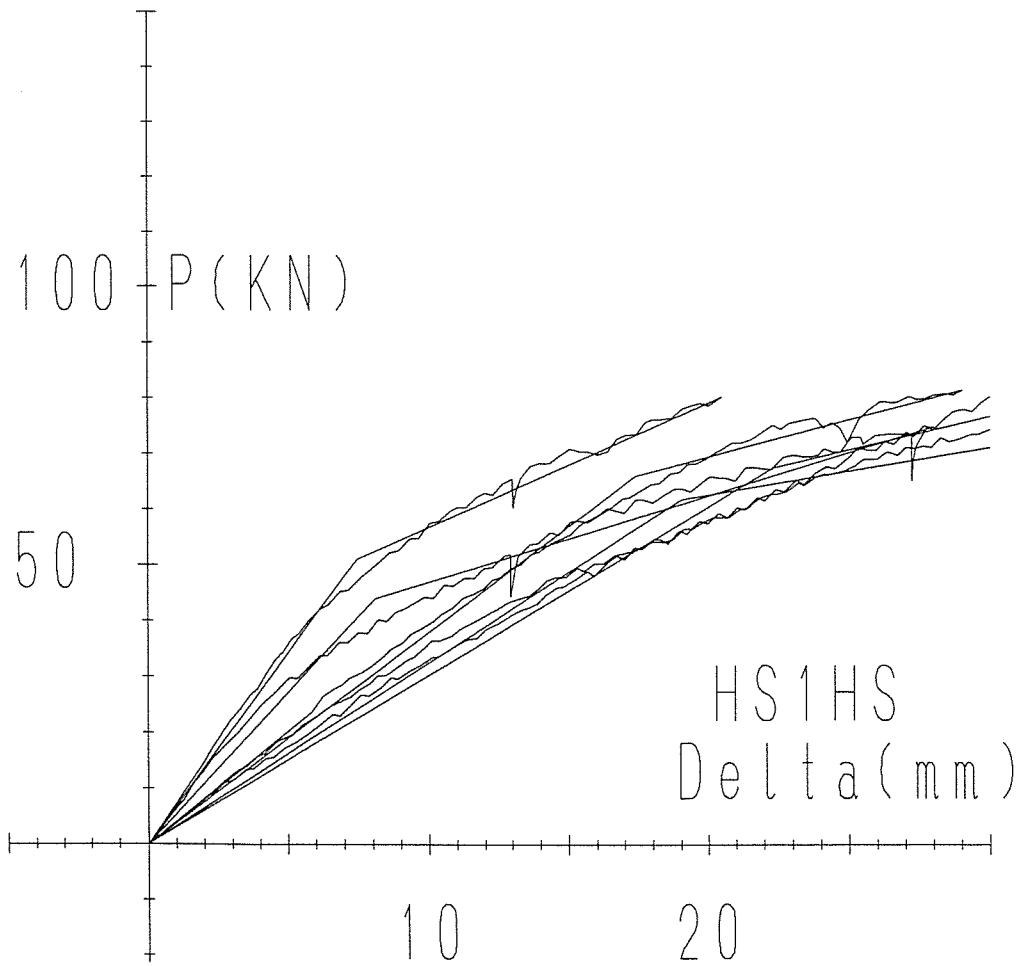
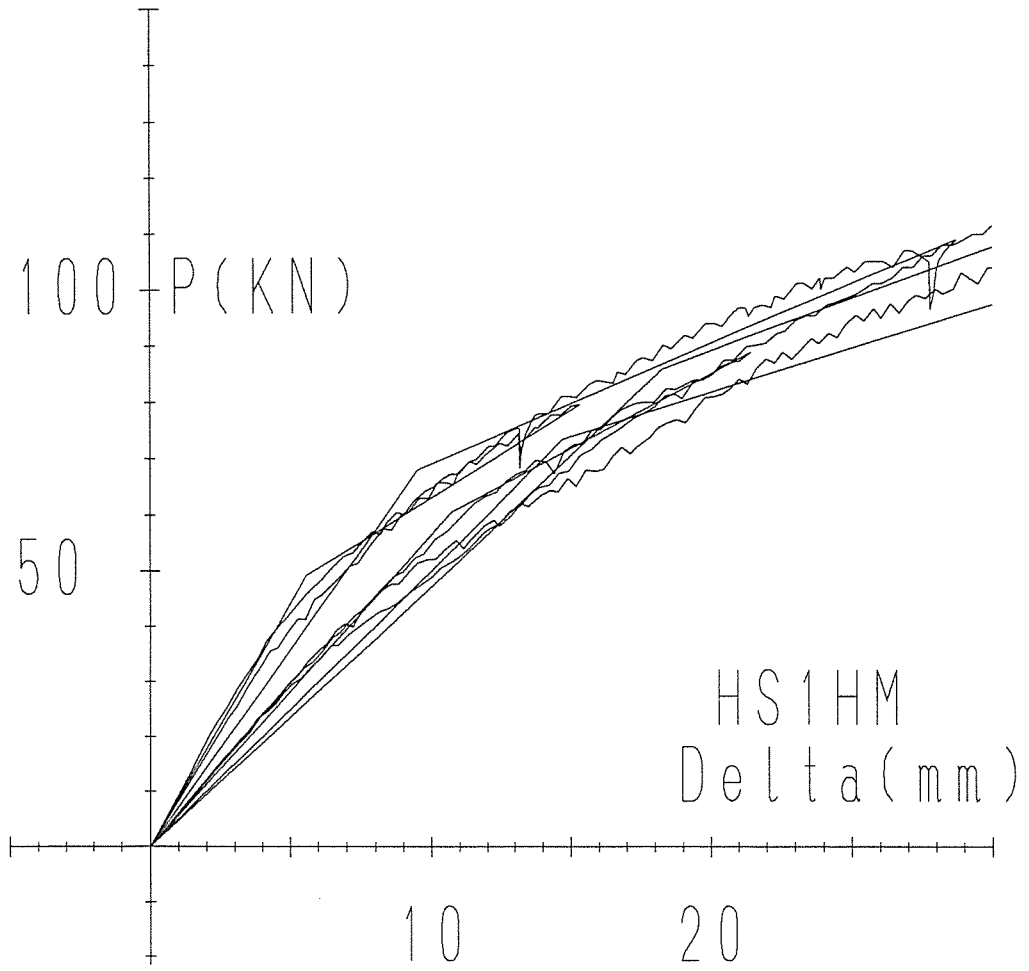


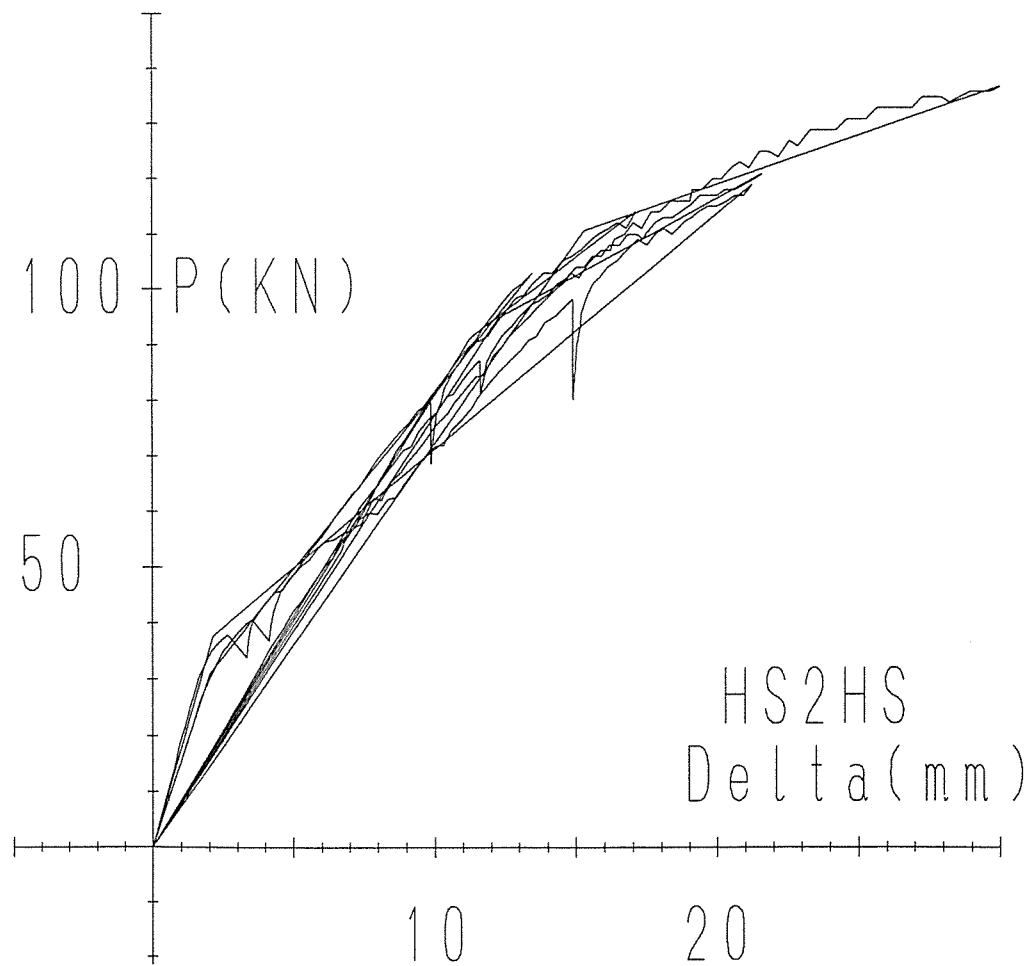
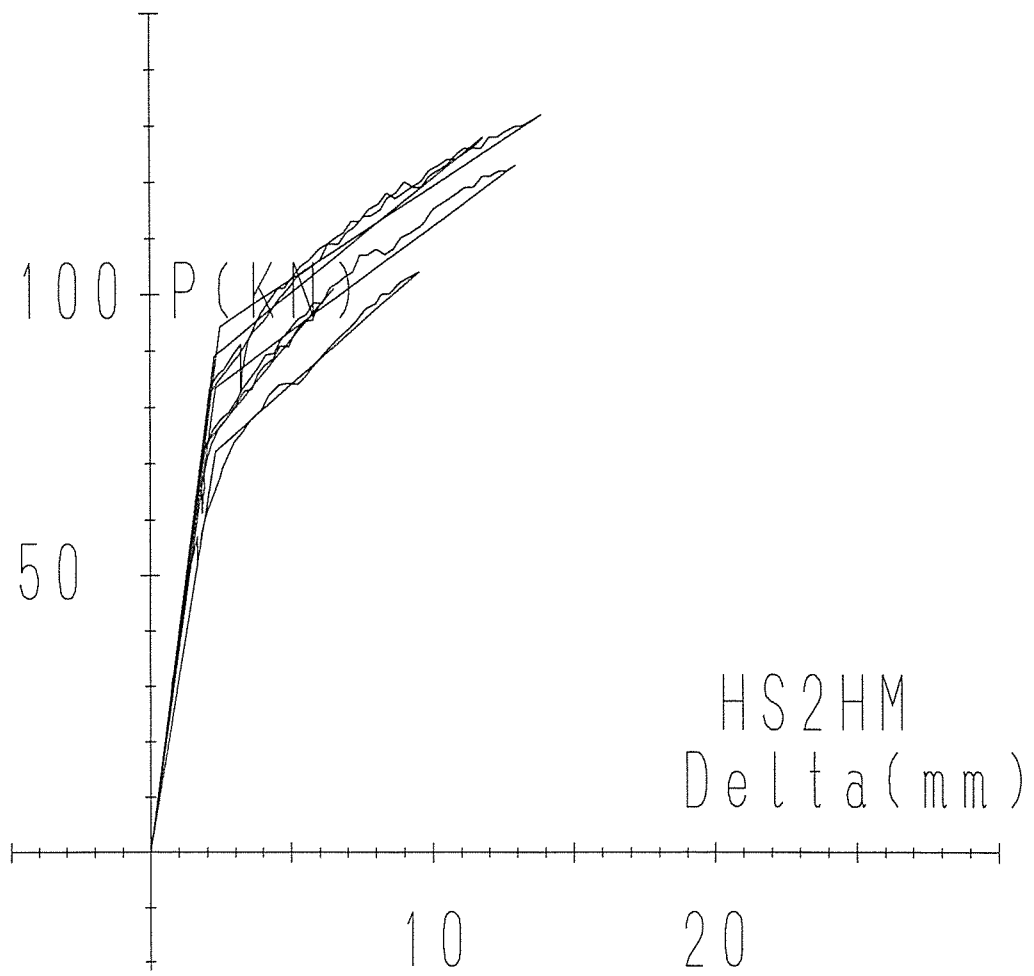


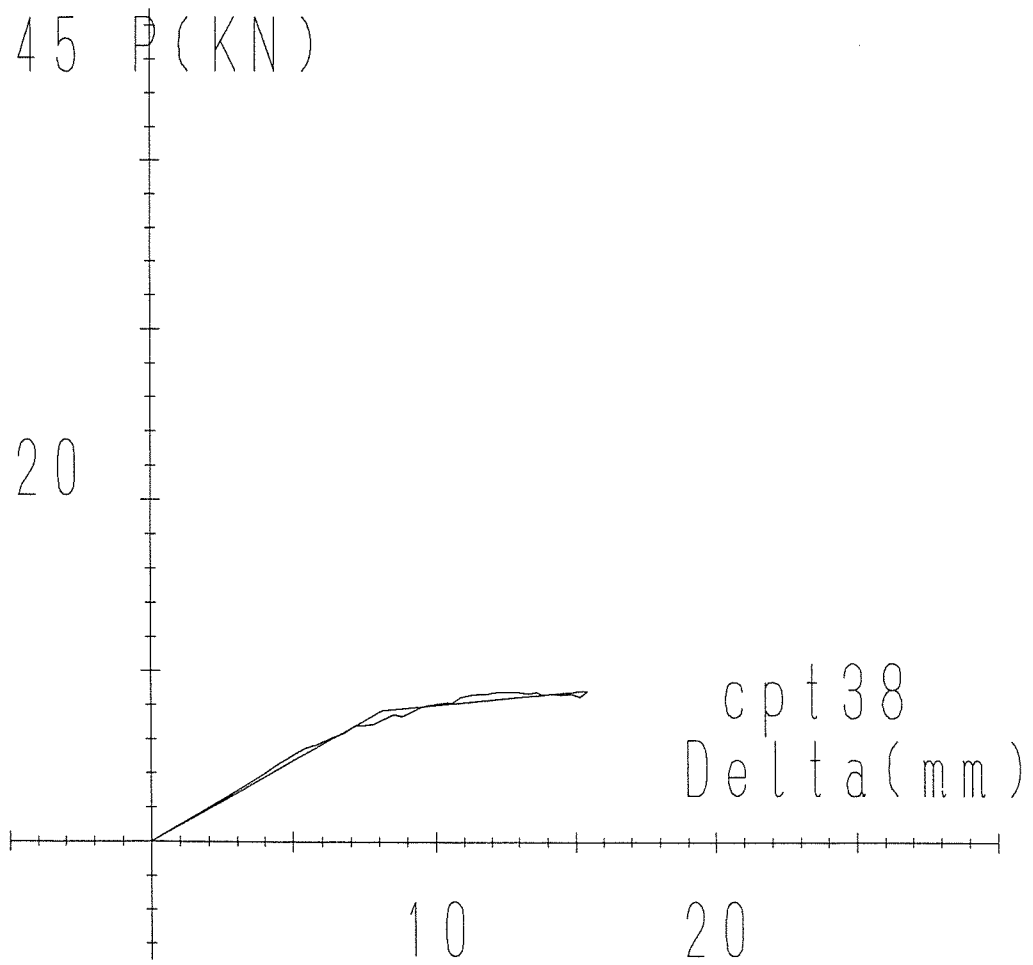
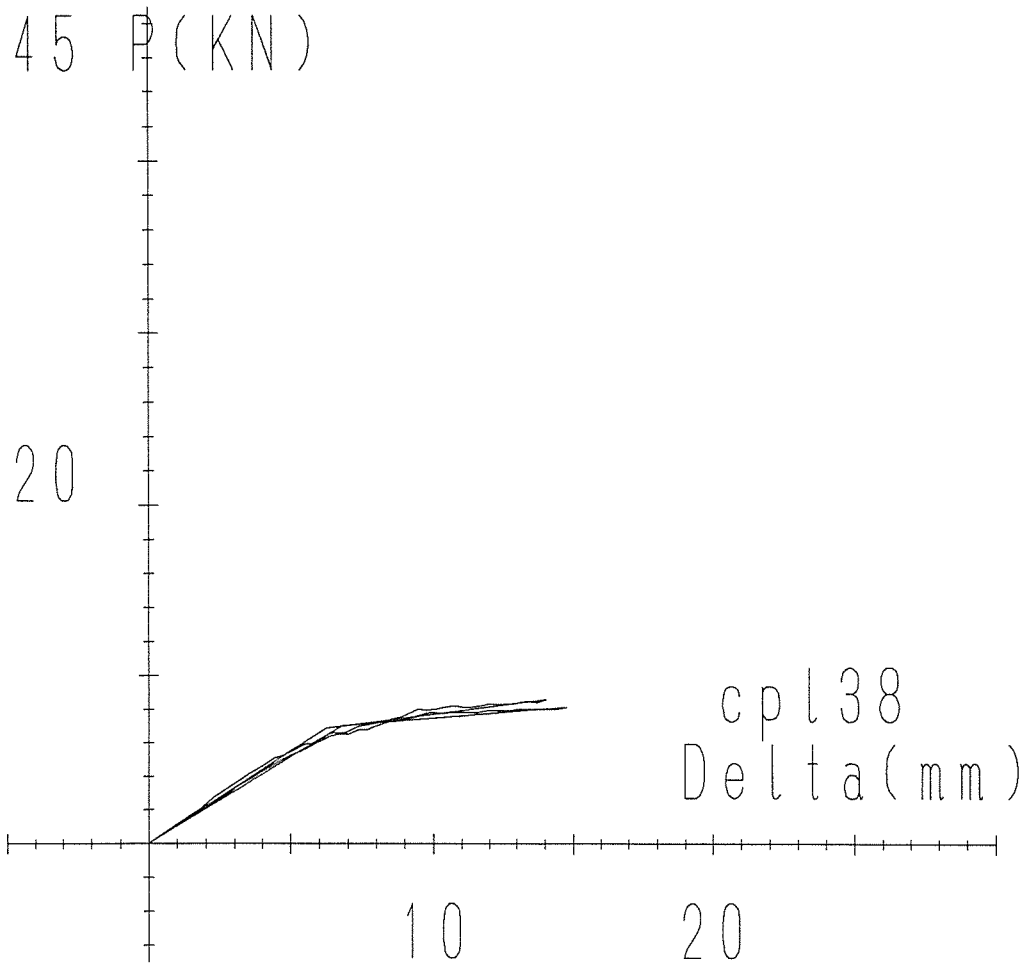


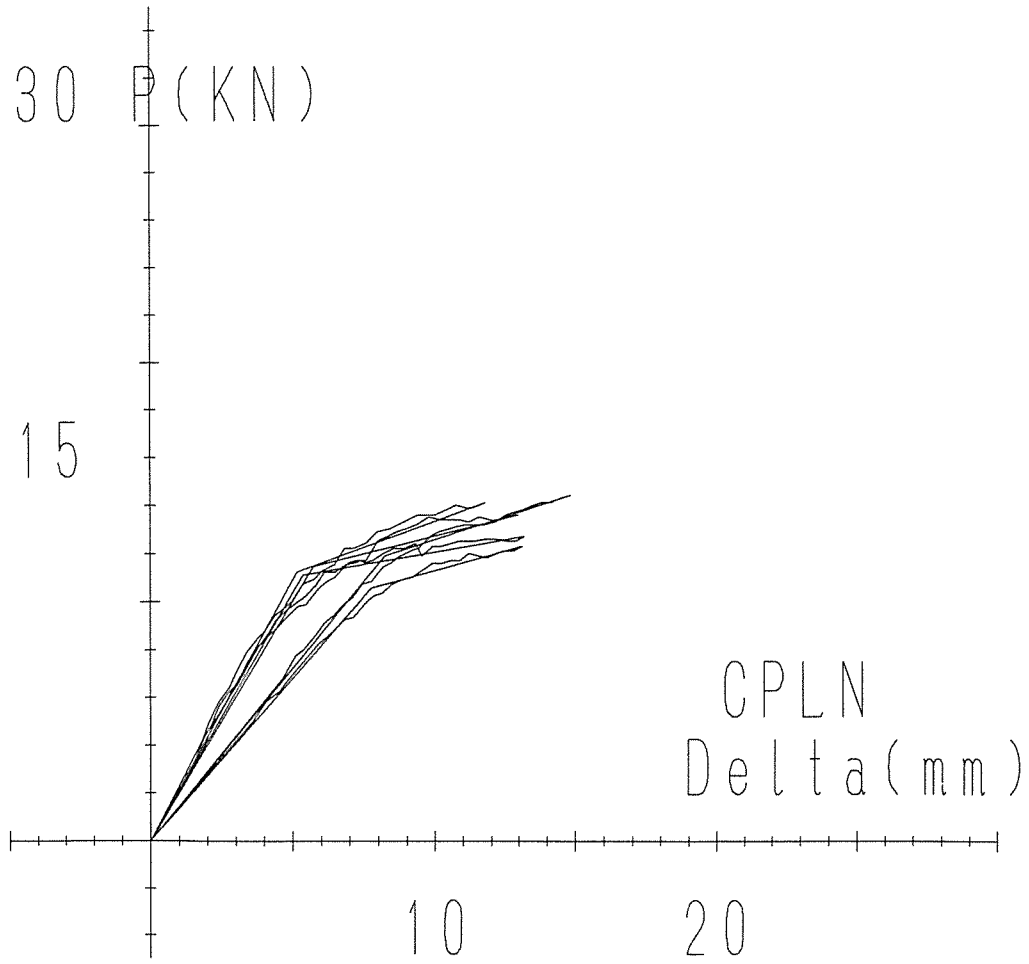
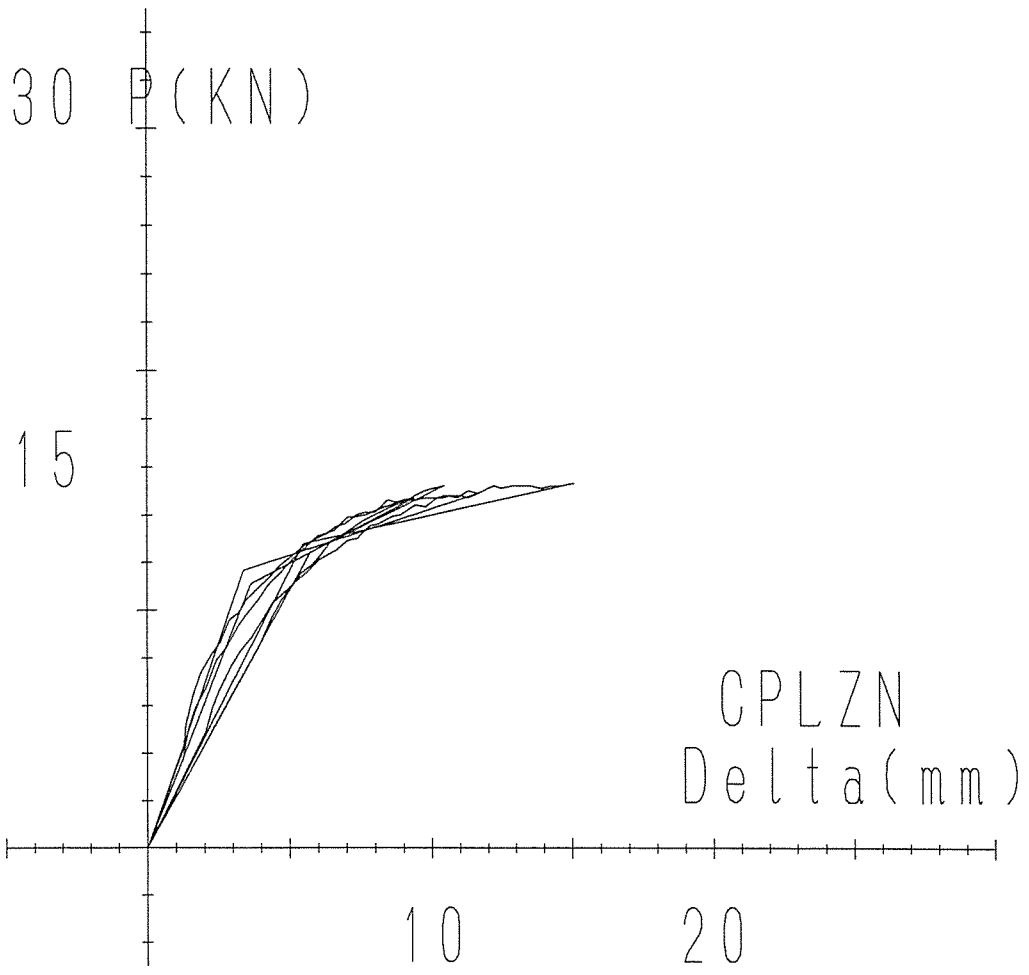


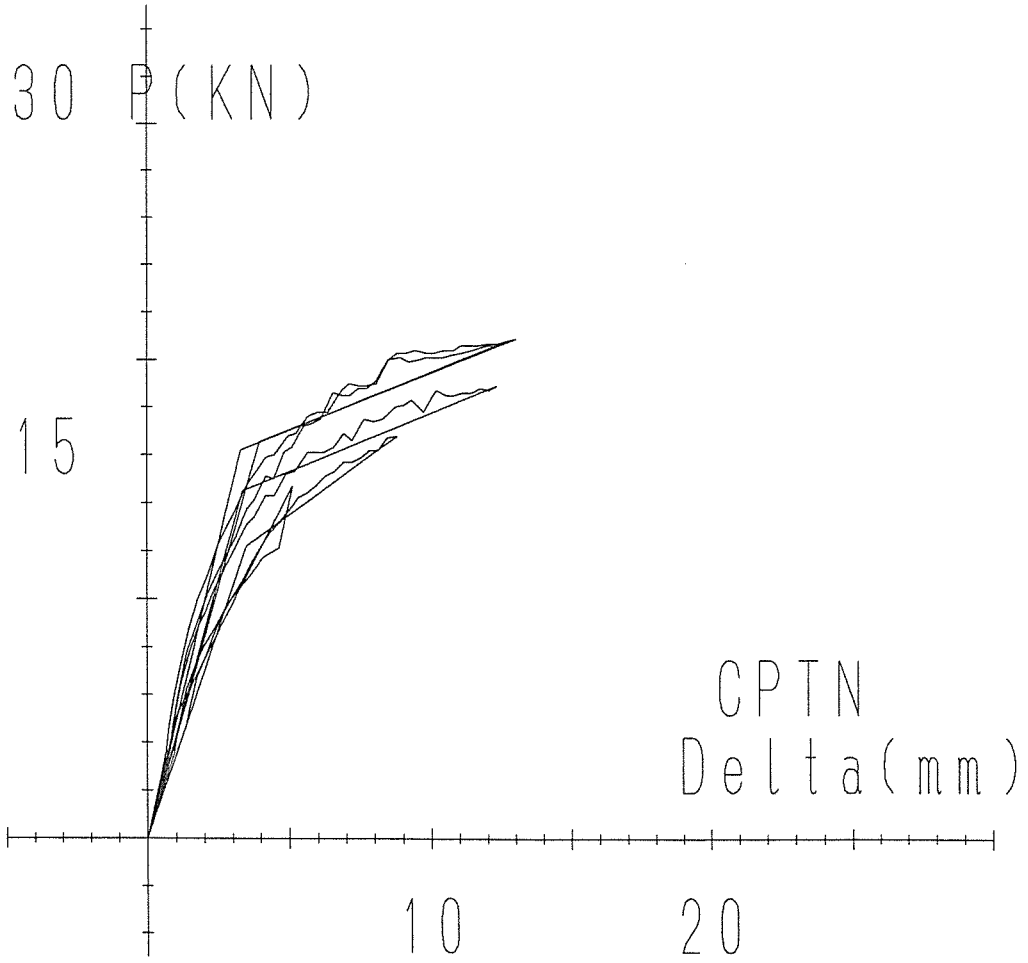
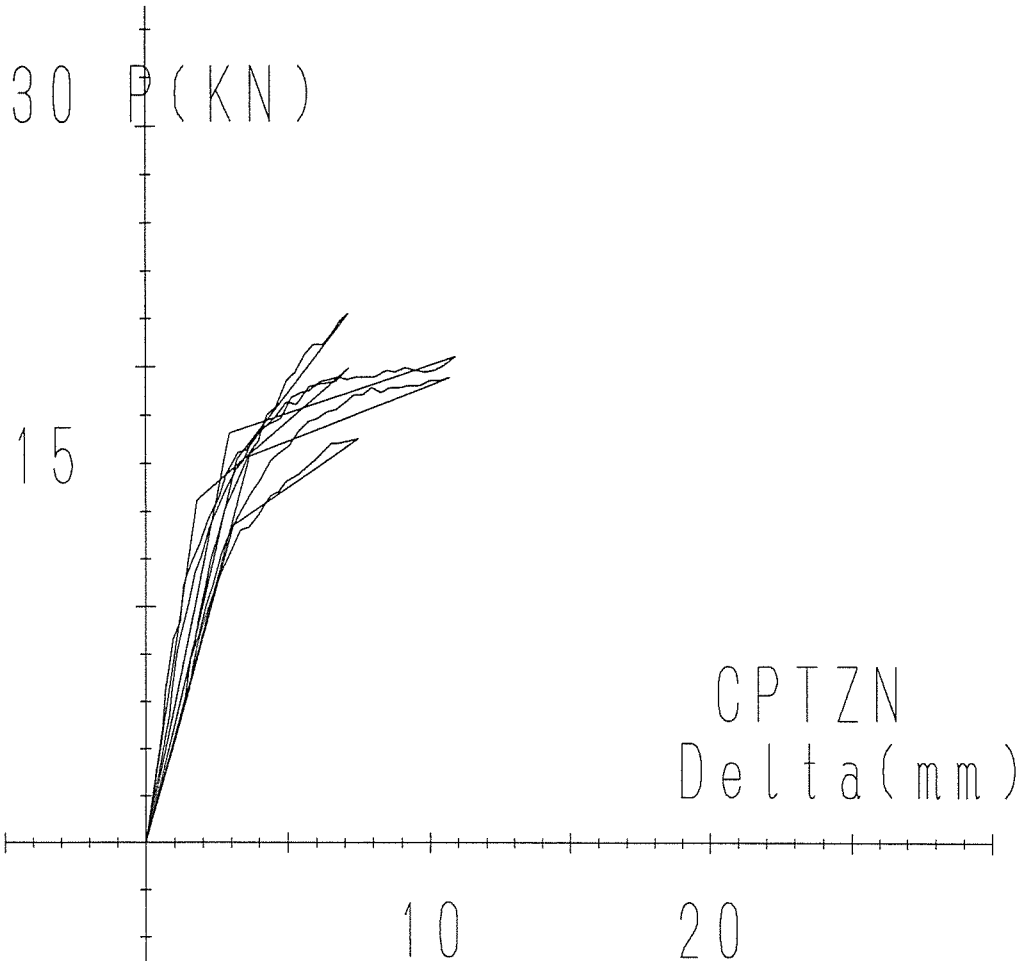


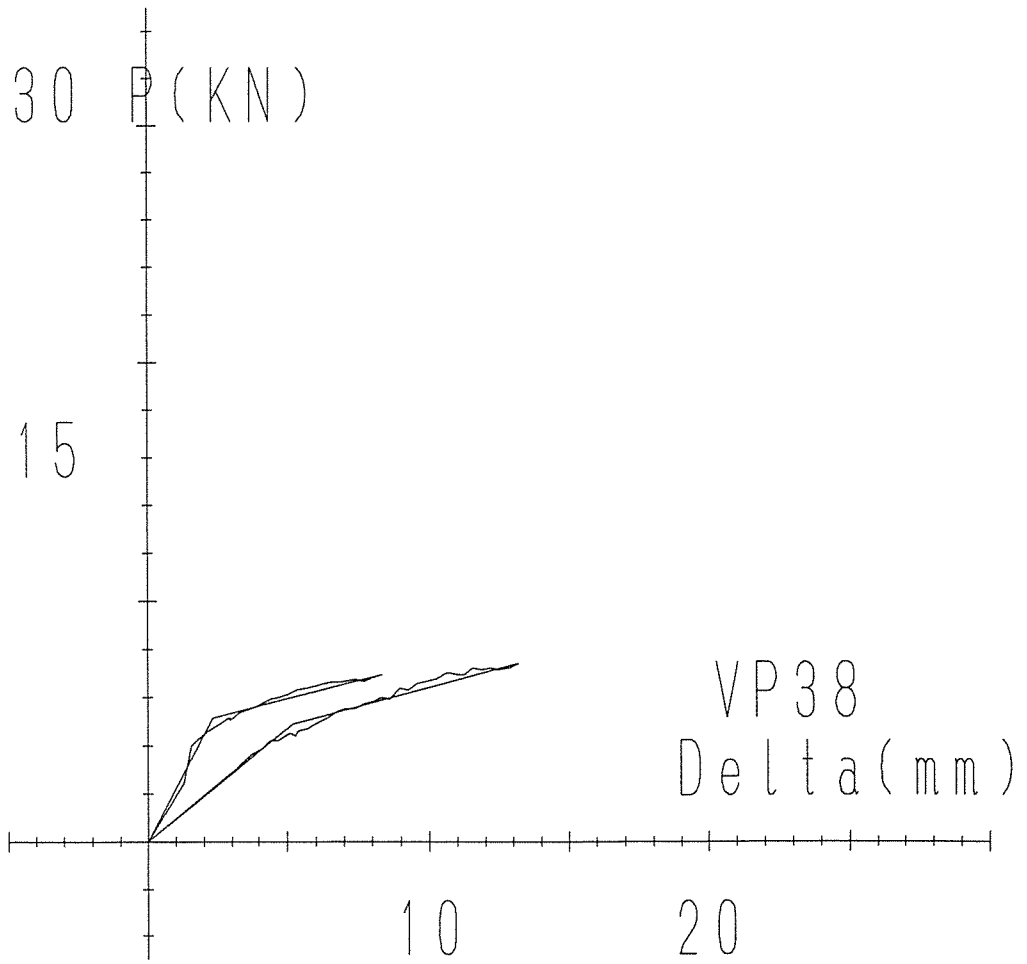


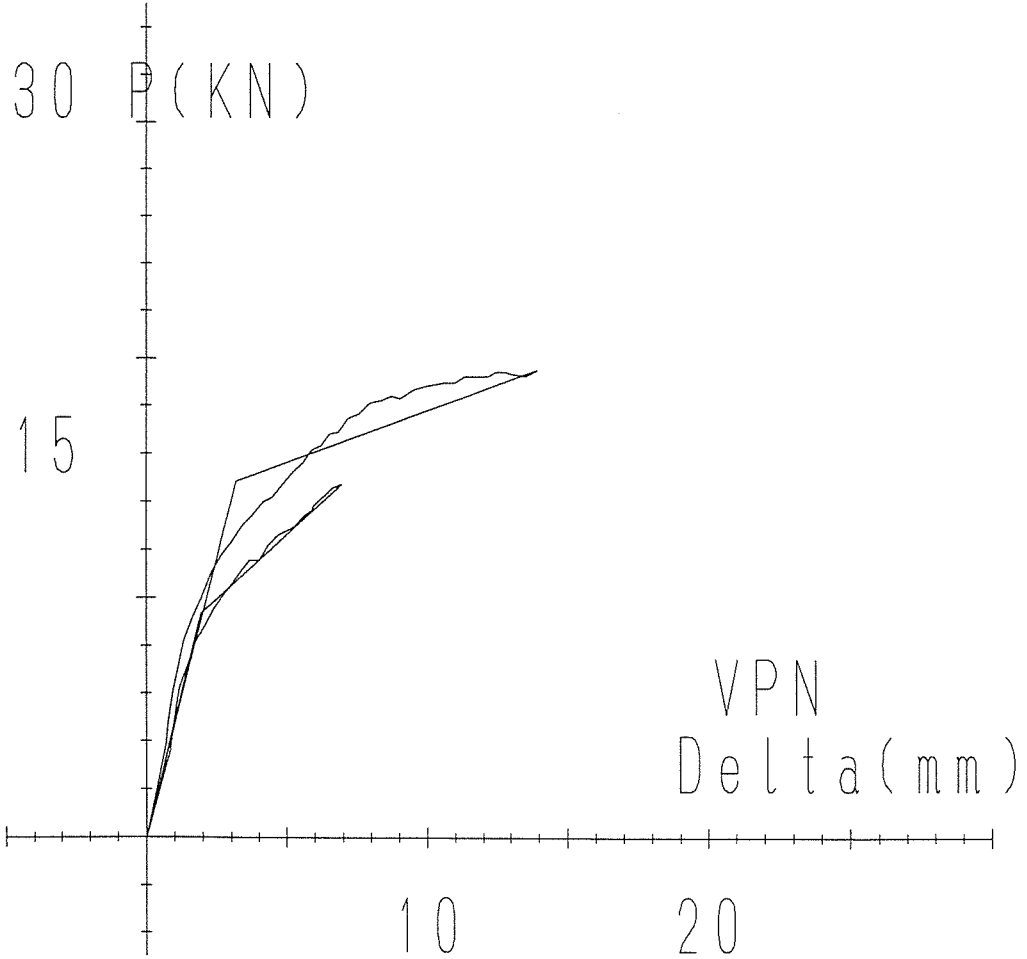
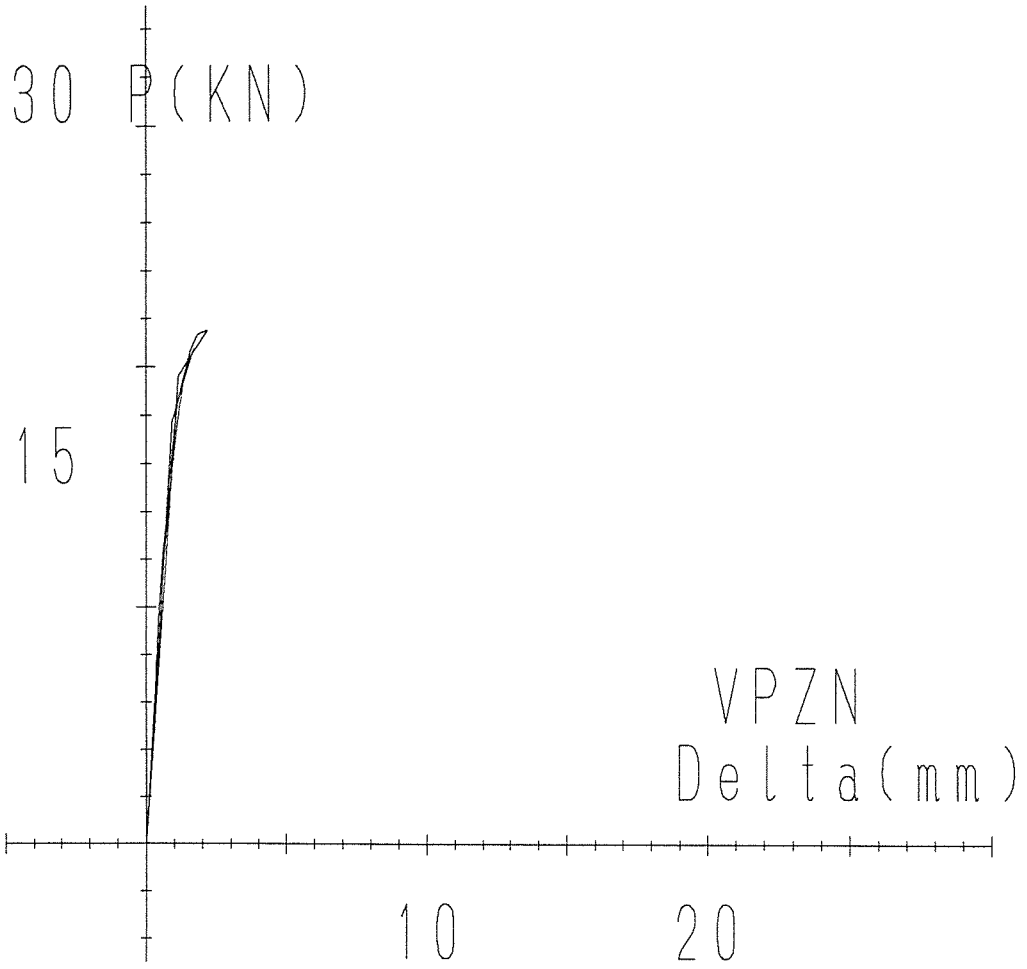




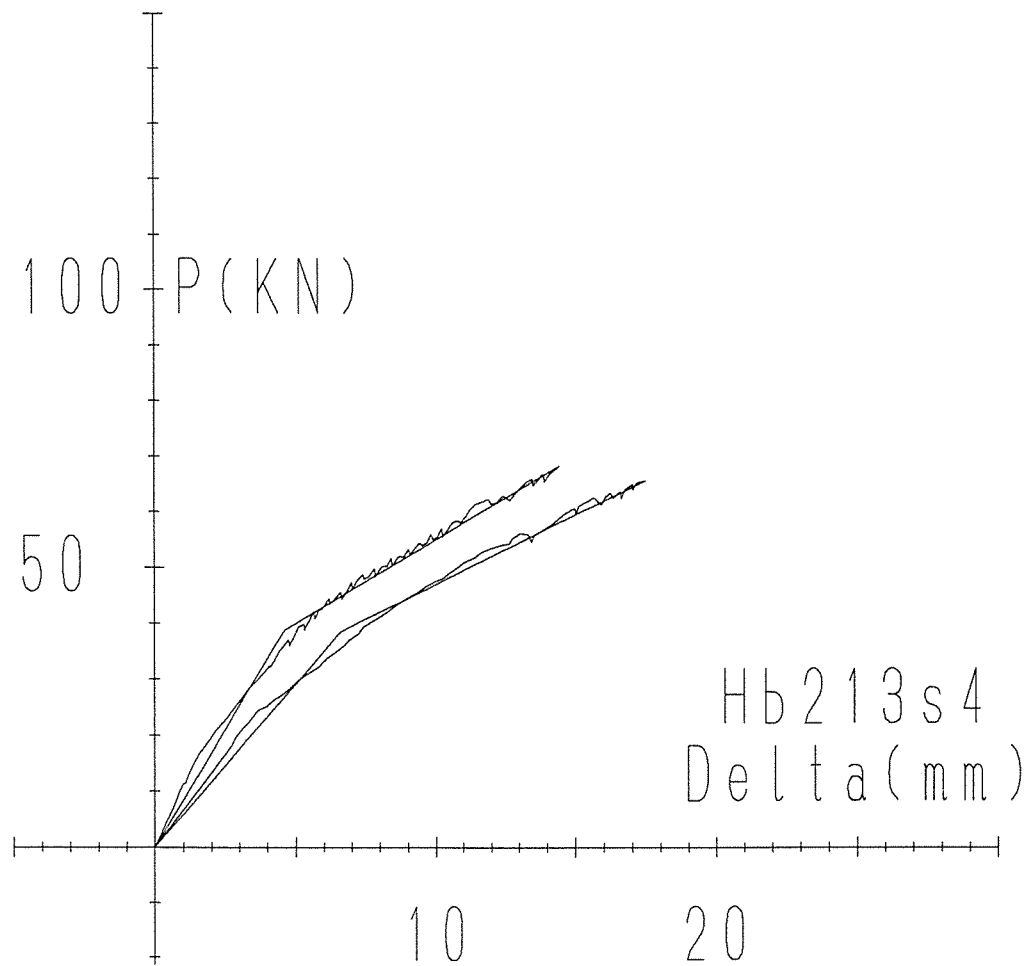
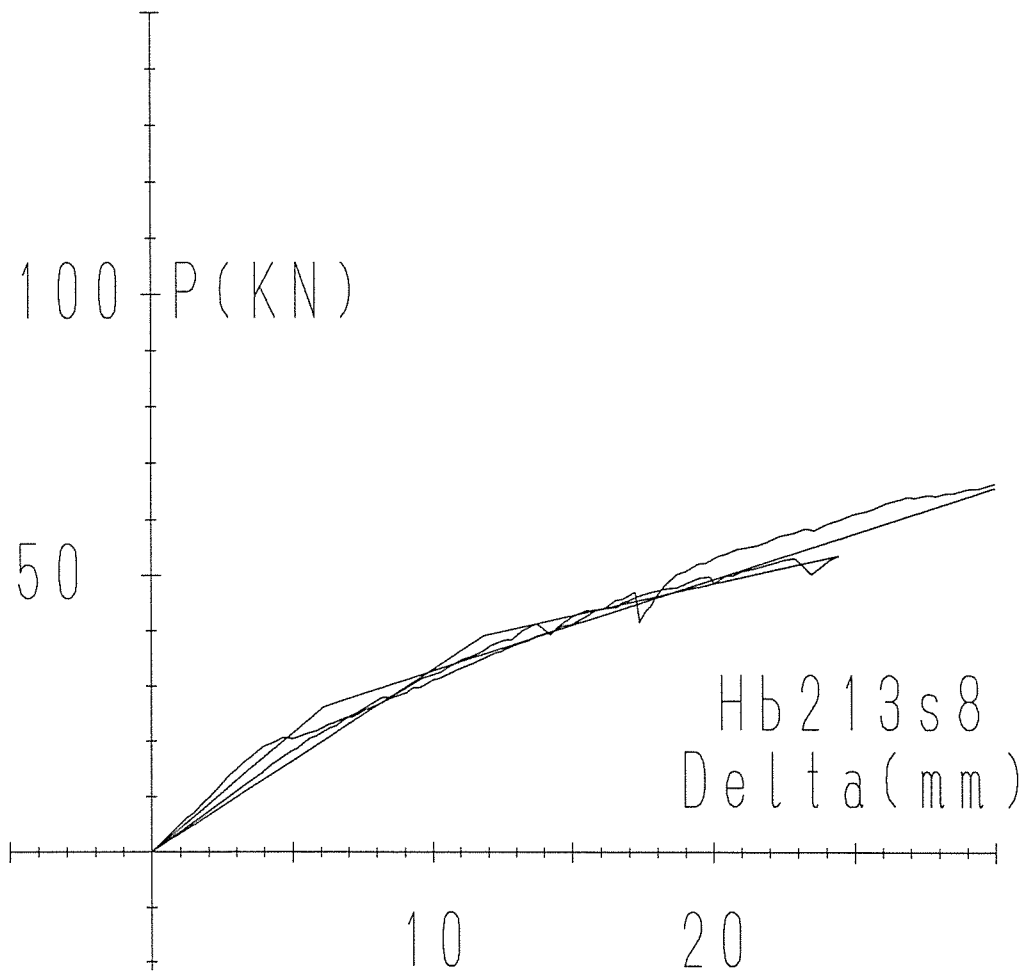


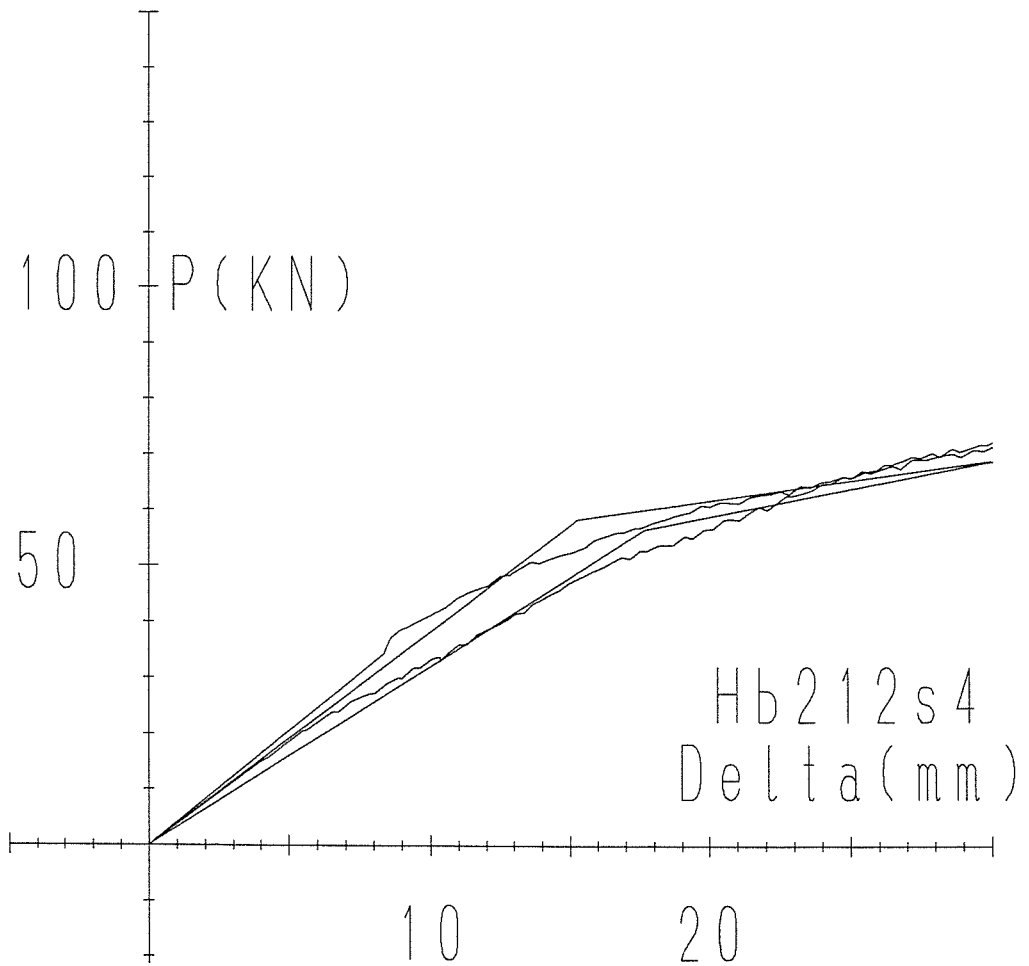
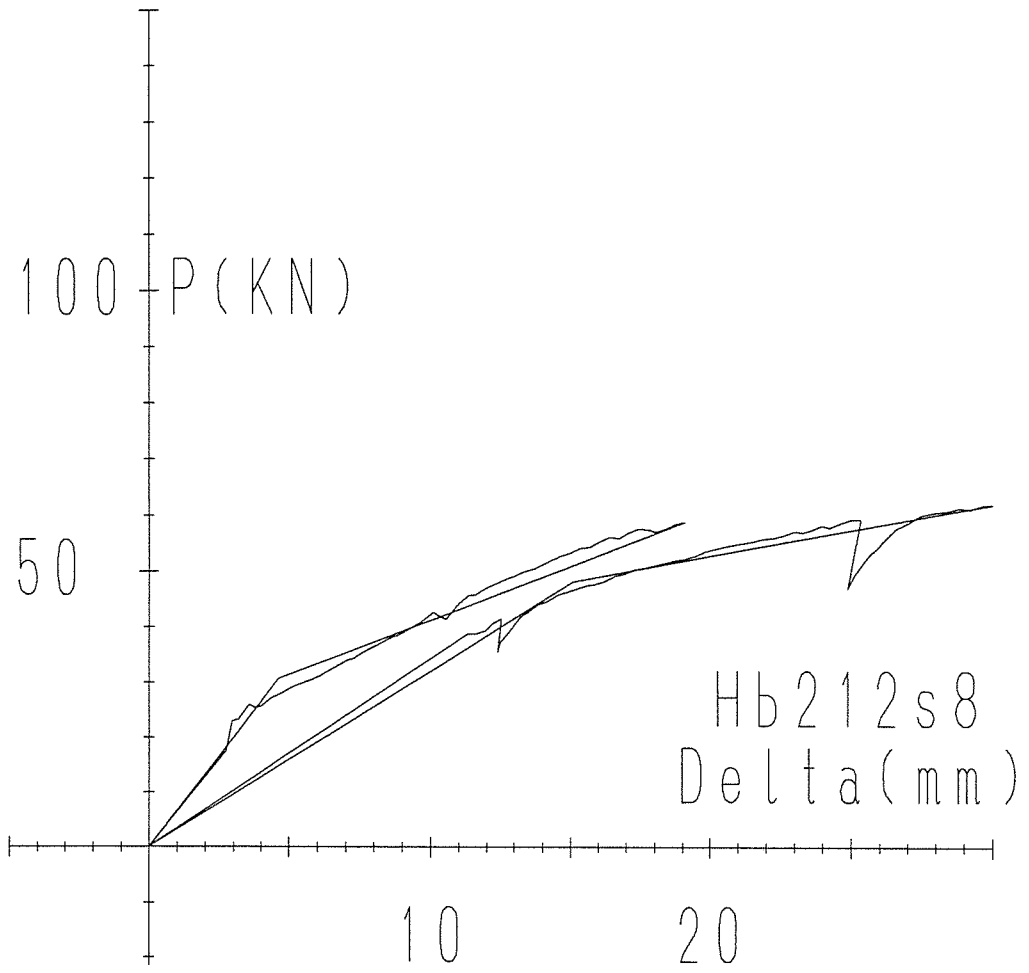


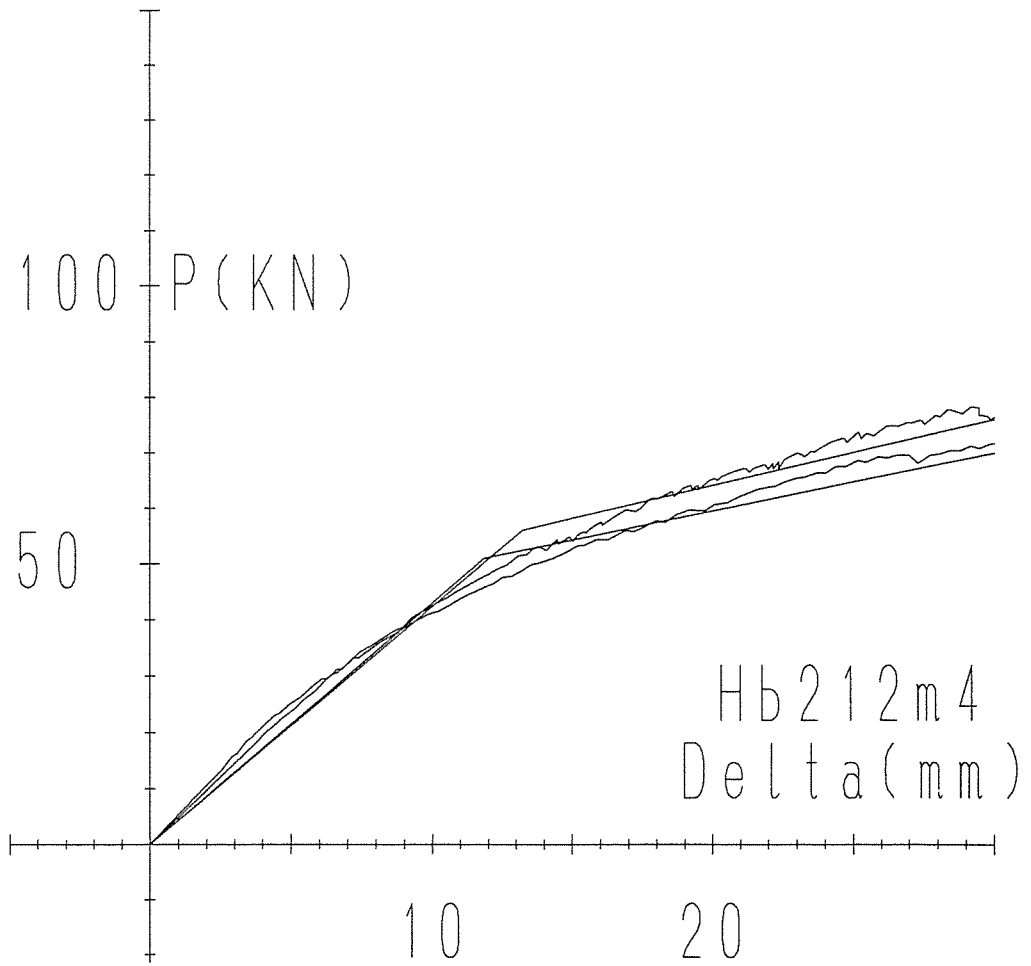
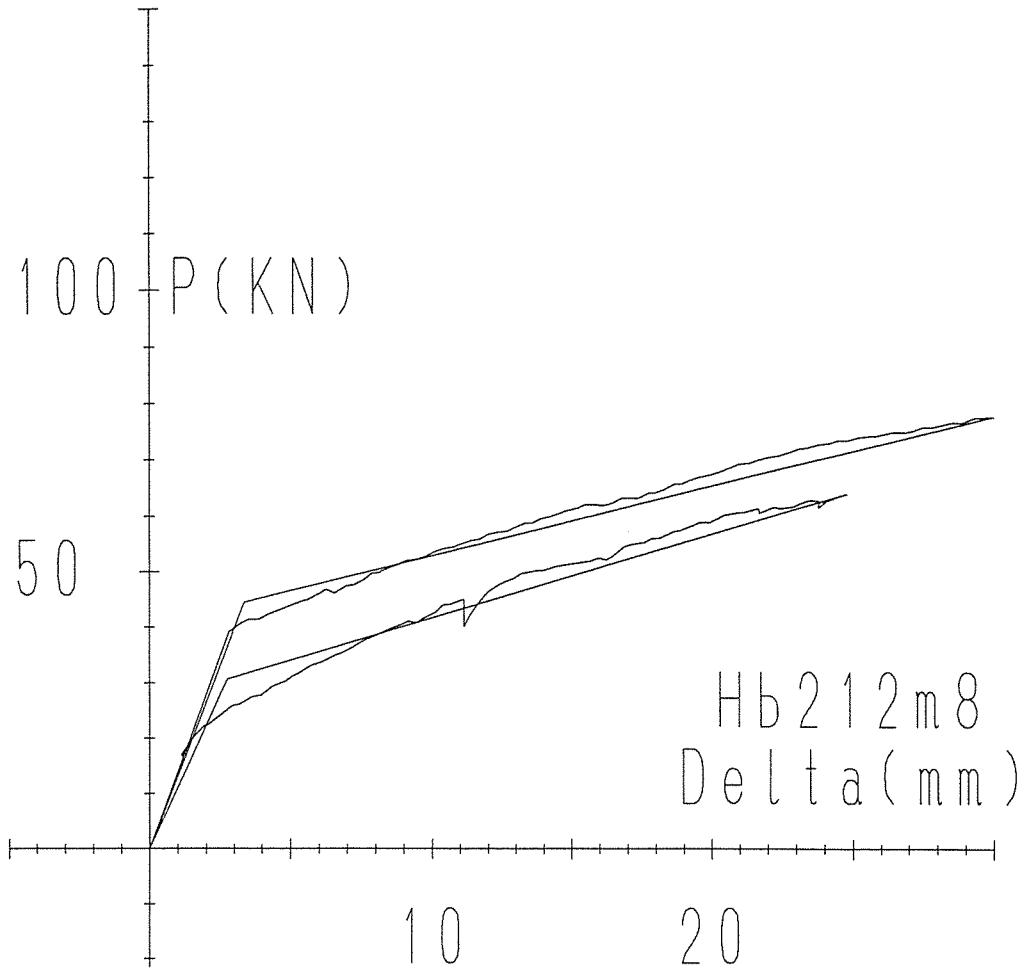


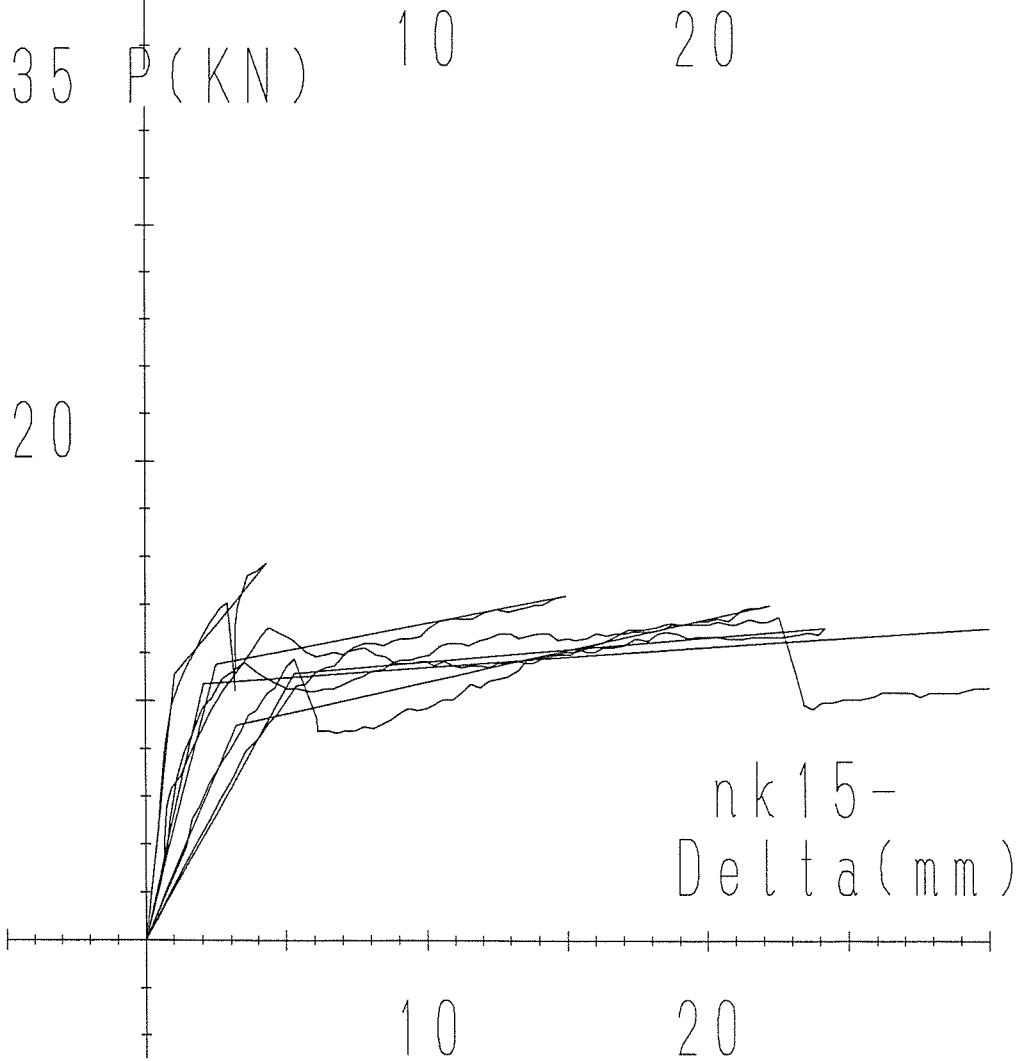
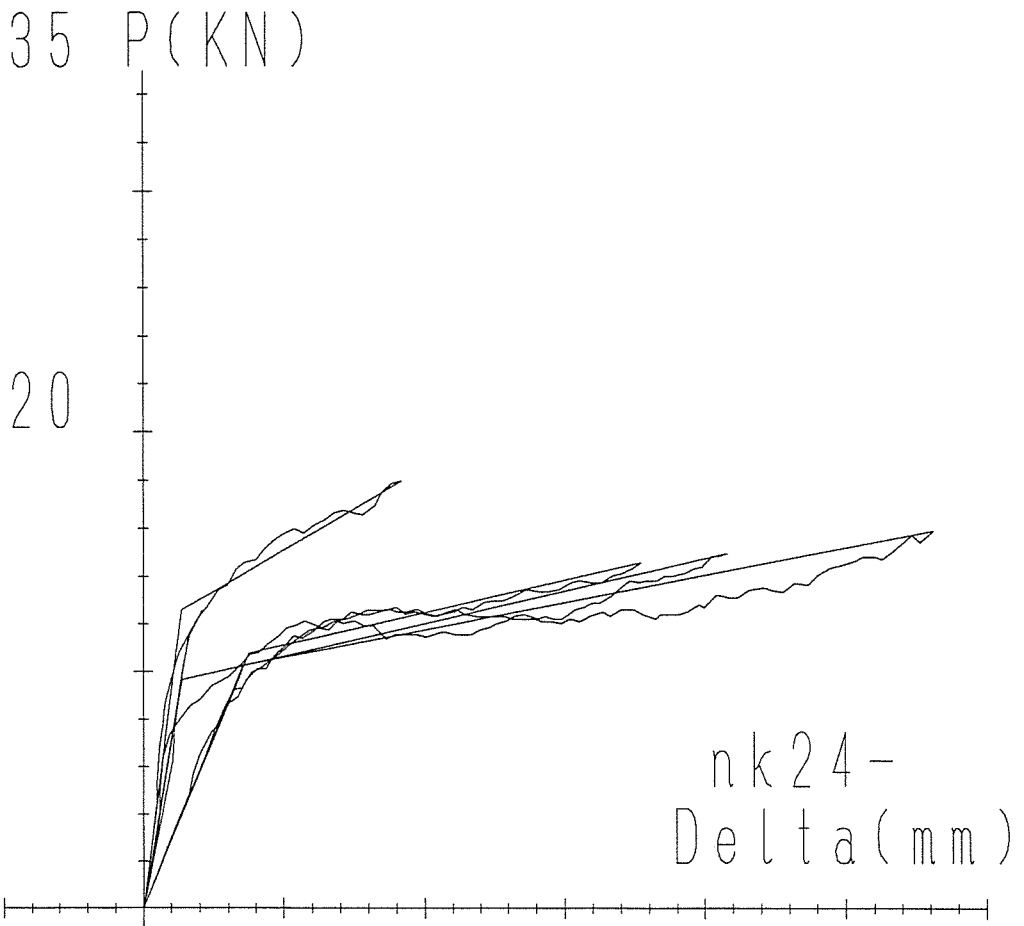








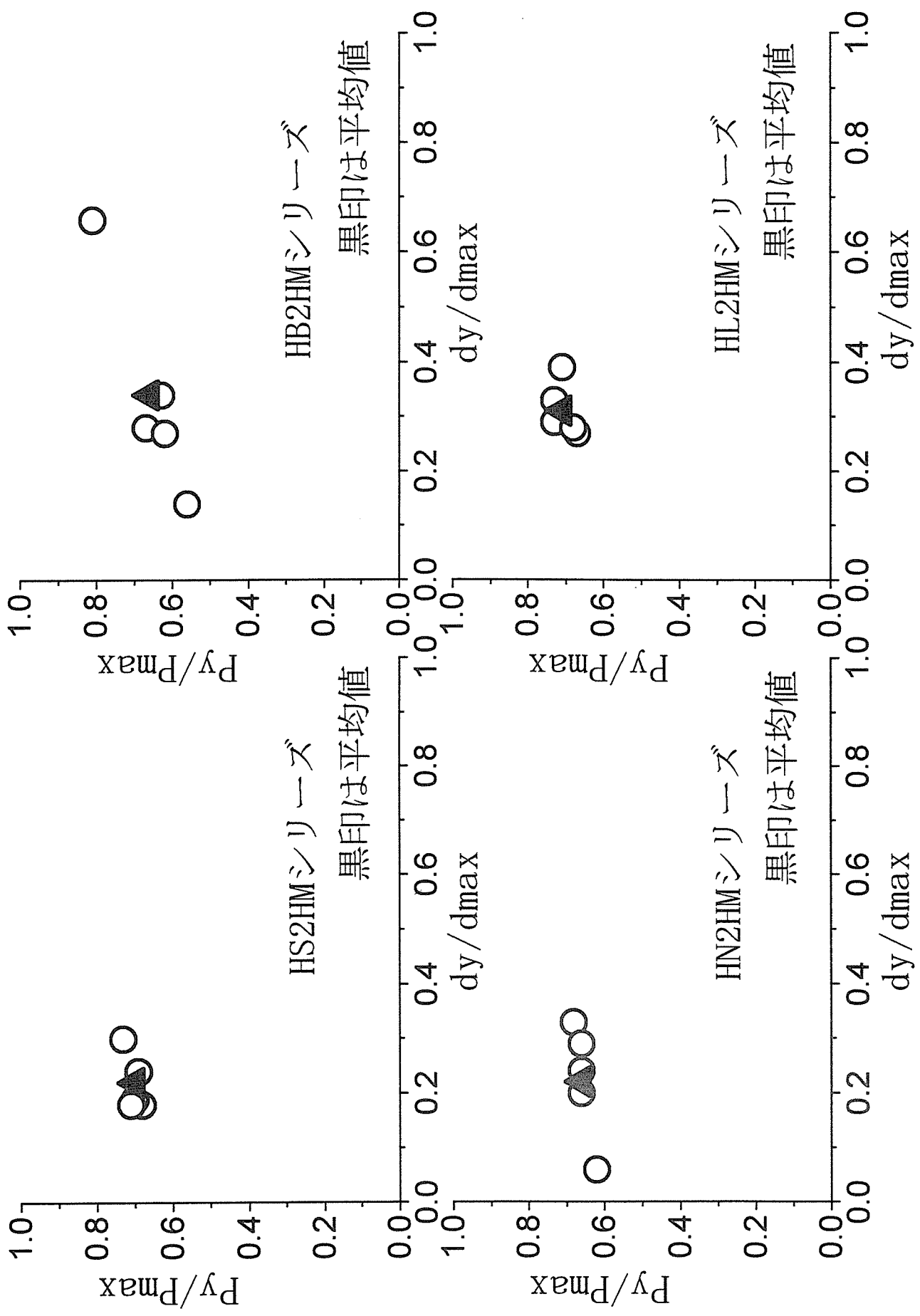




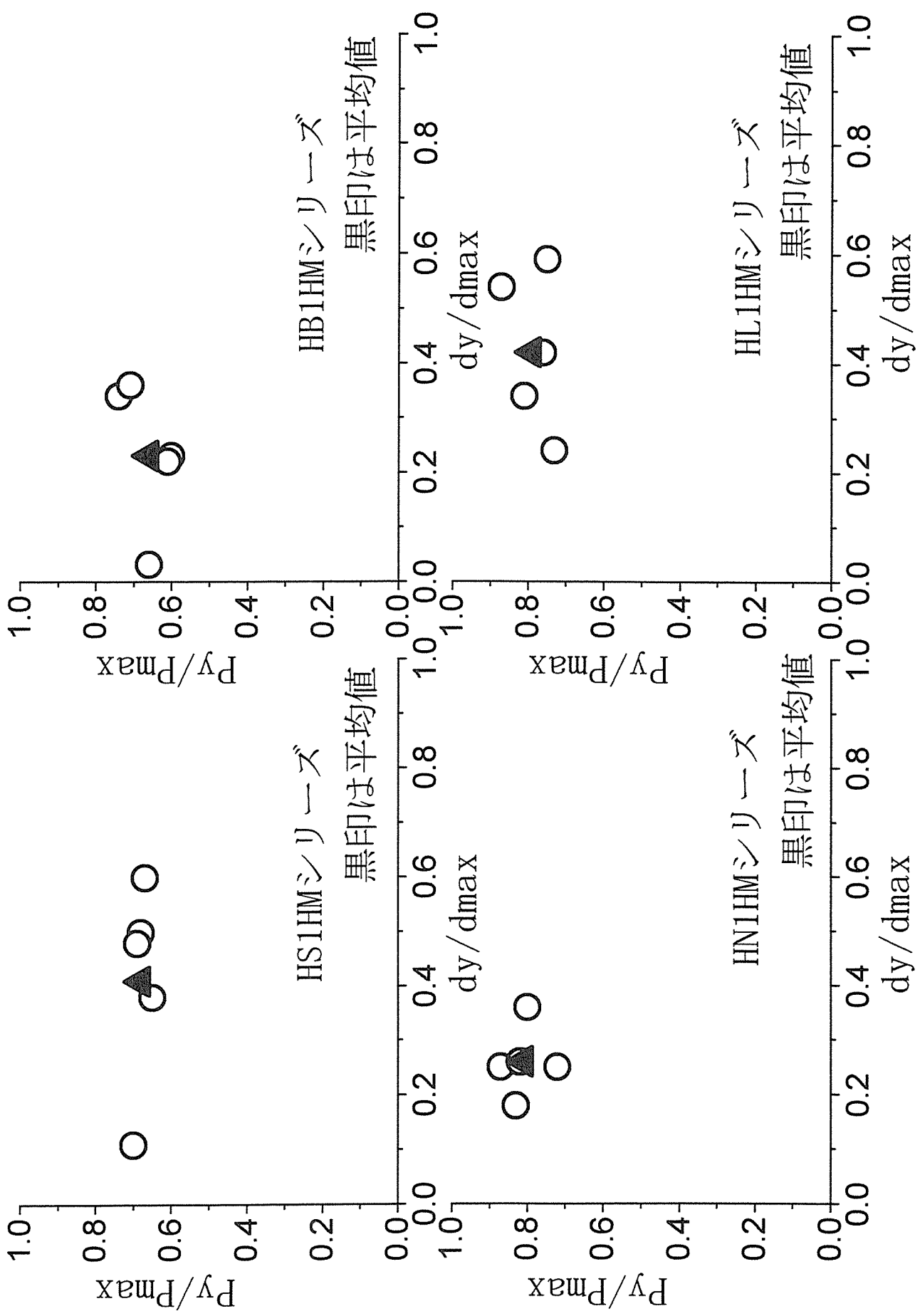


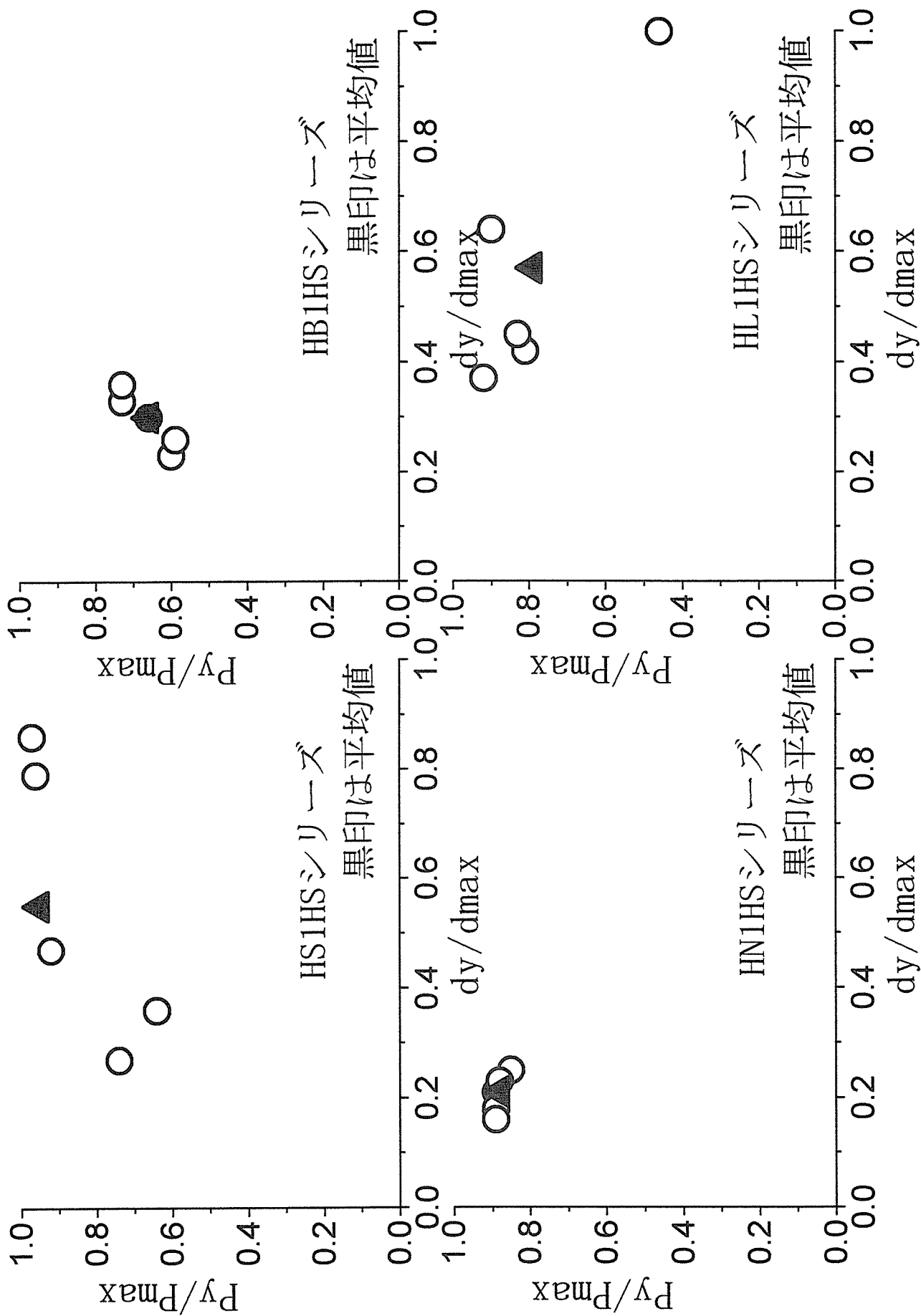


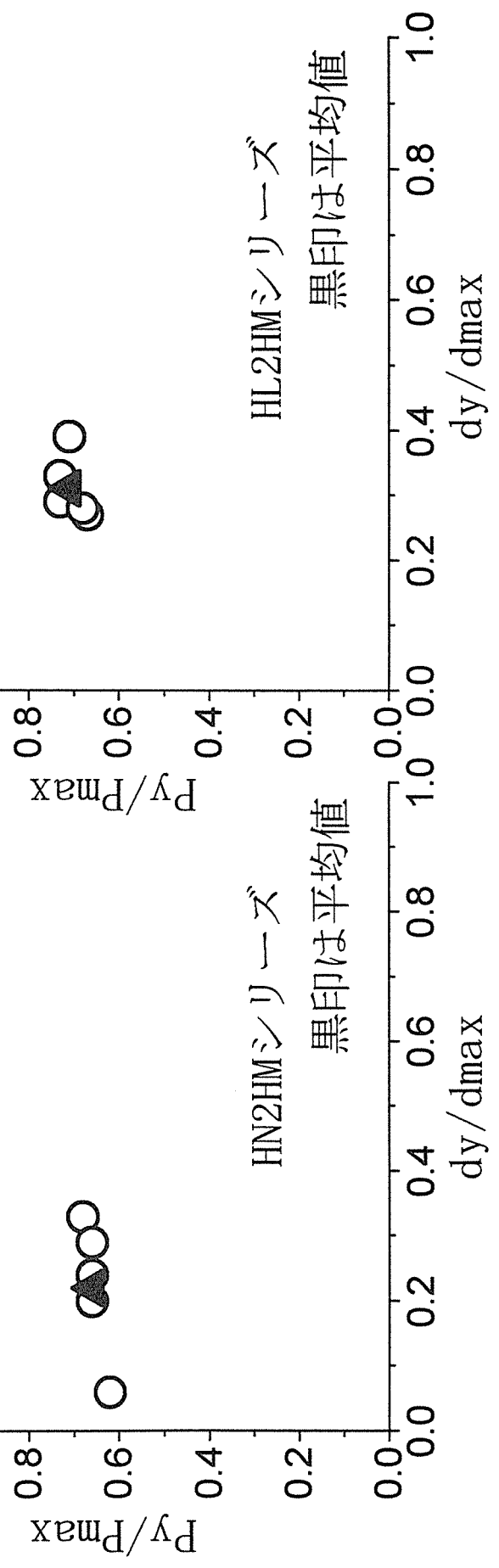
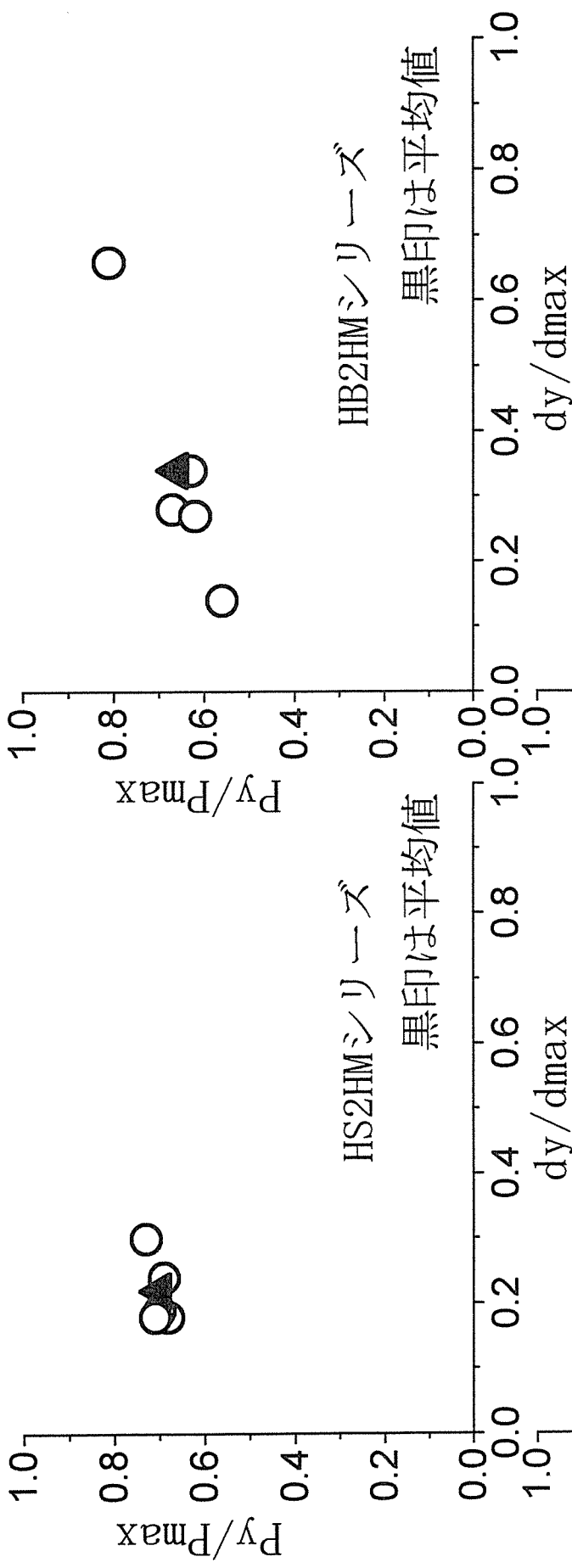
図－ 8  
折れ曲がり点の  
無次元化座標の分布

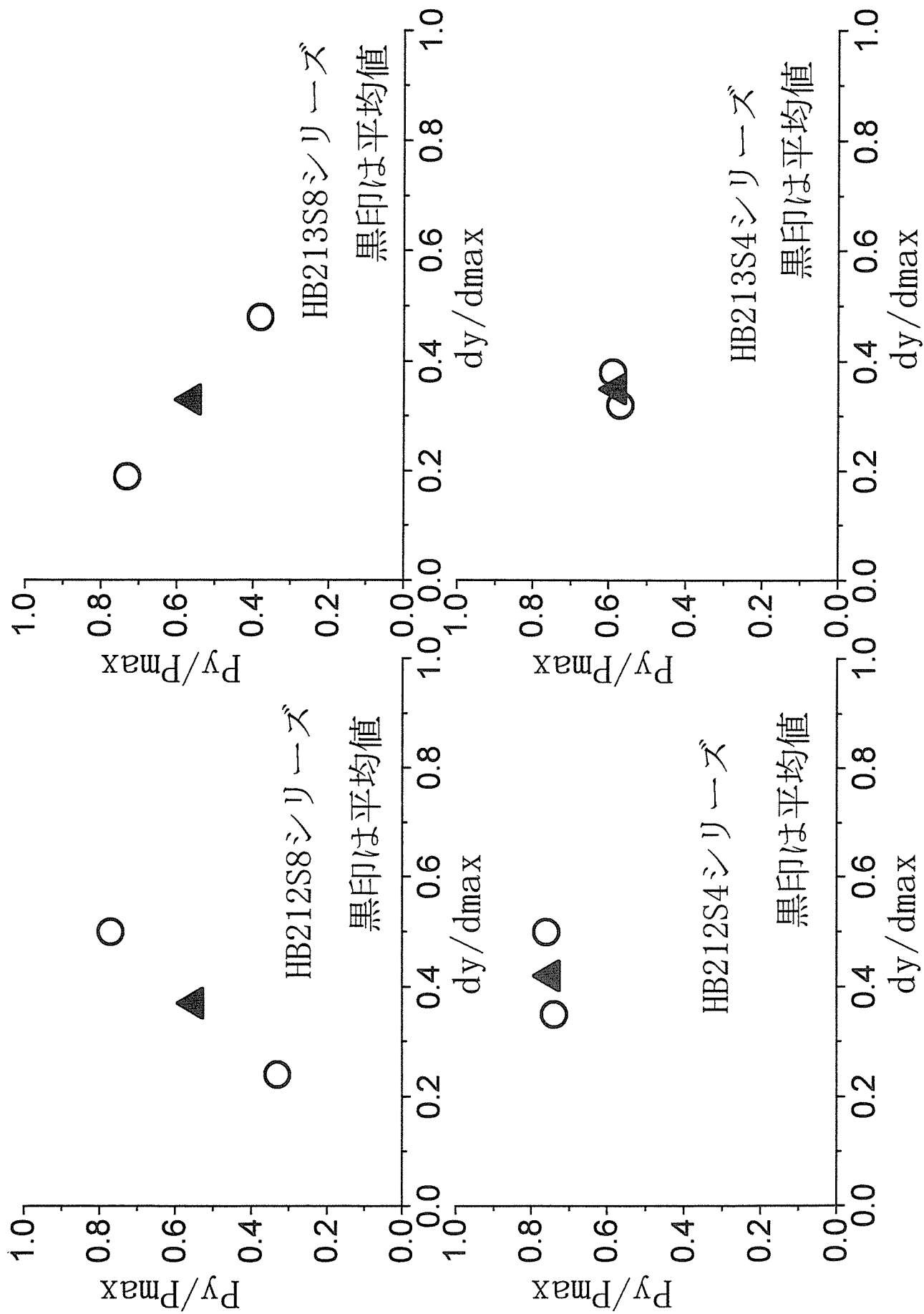


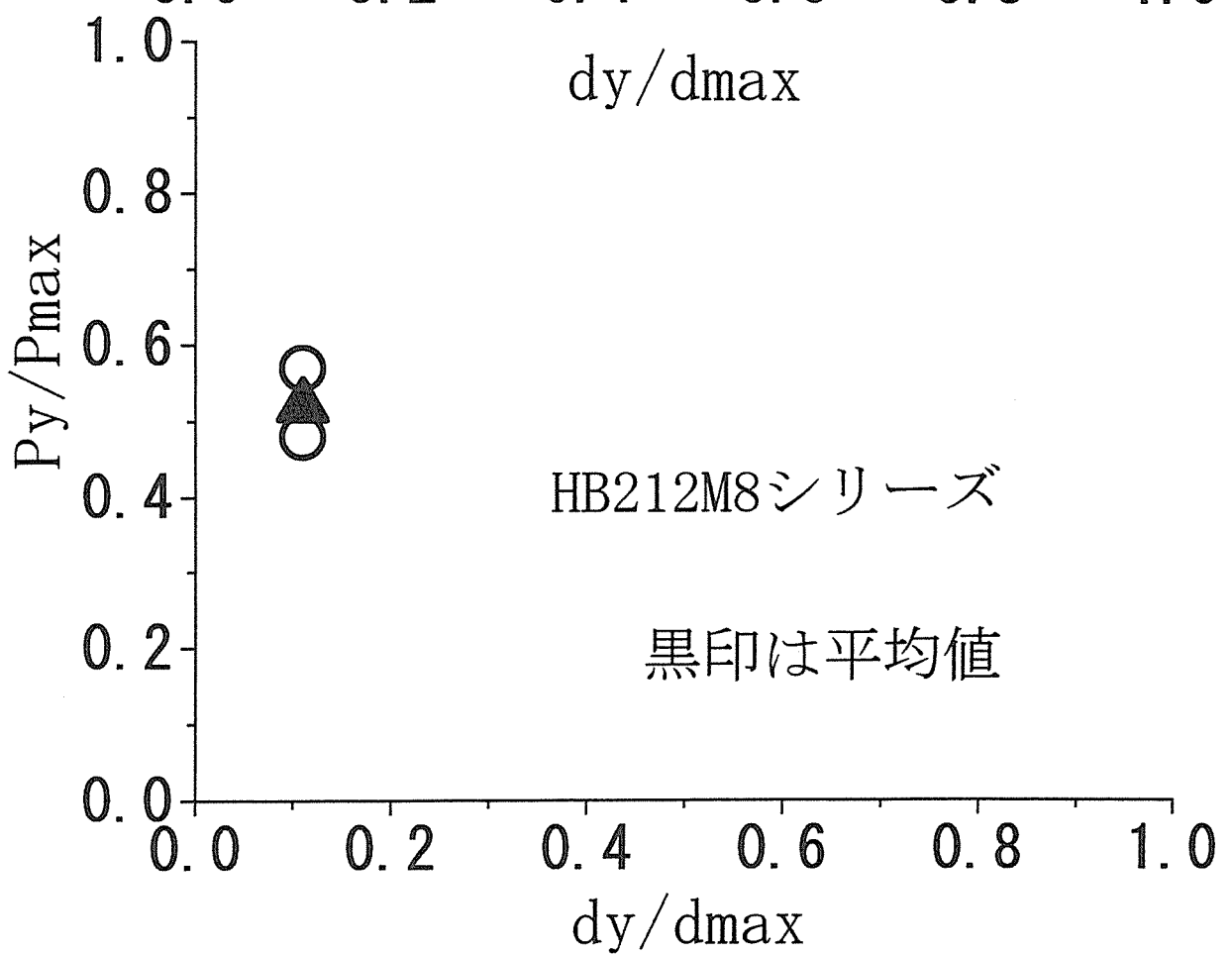
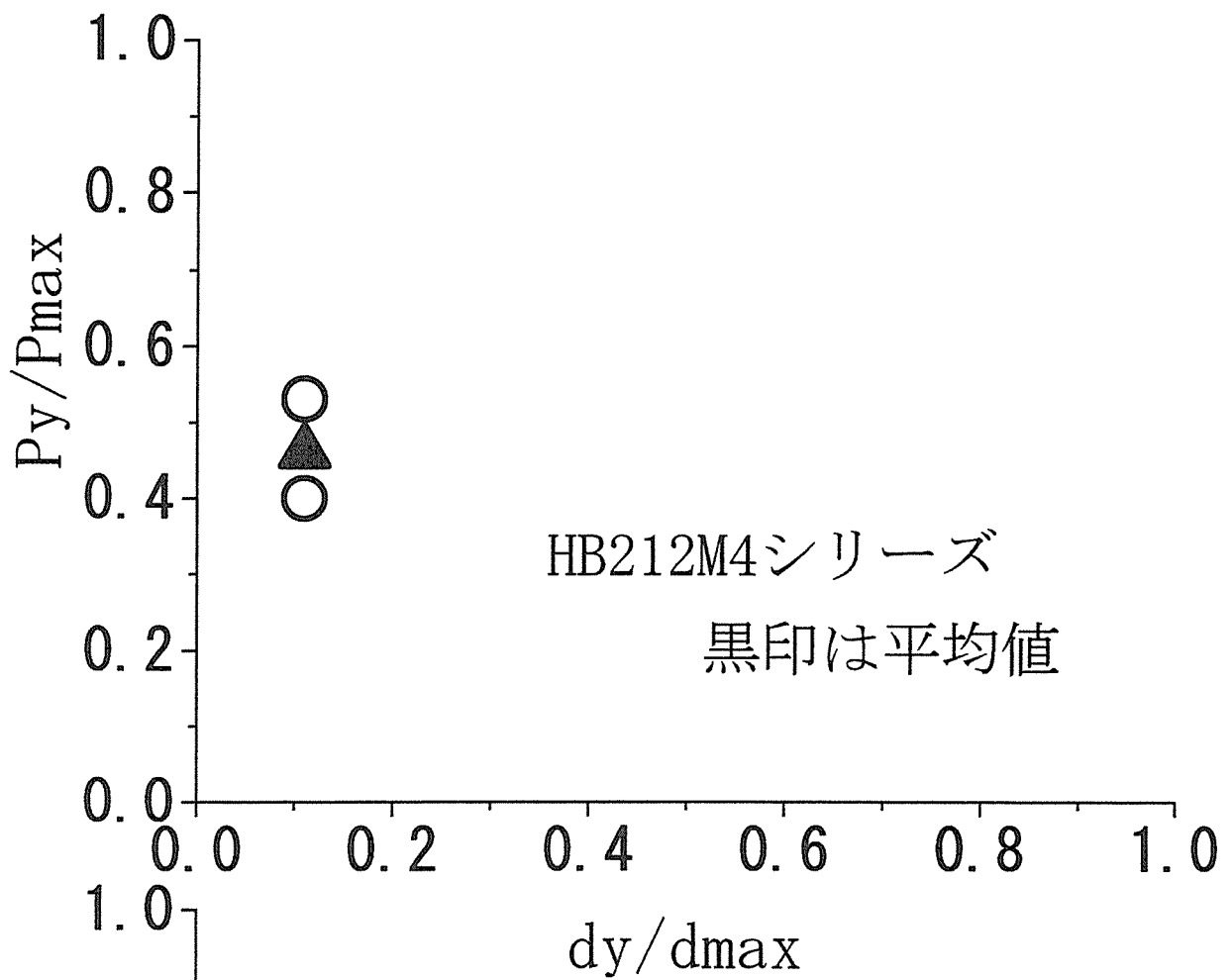


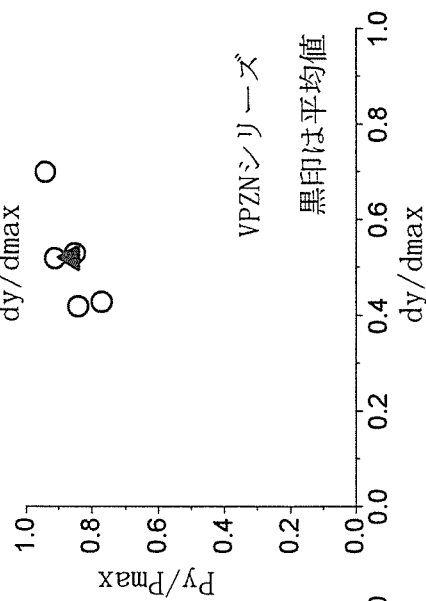
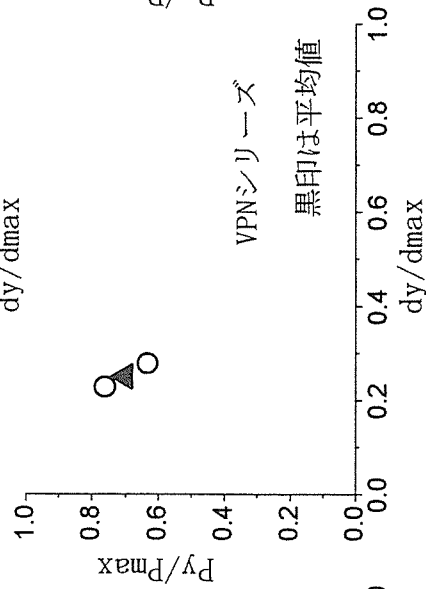
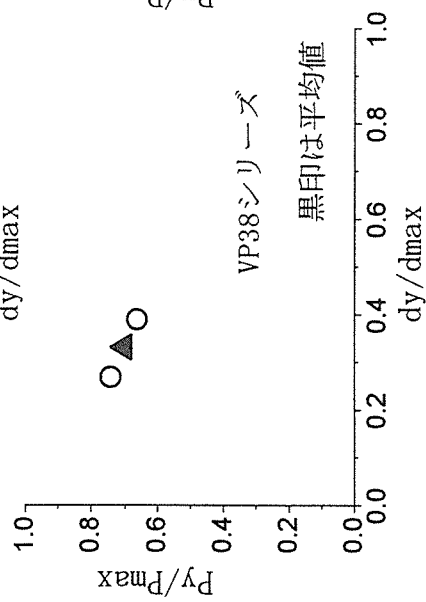
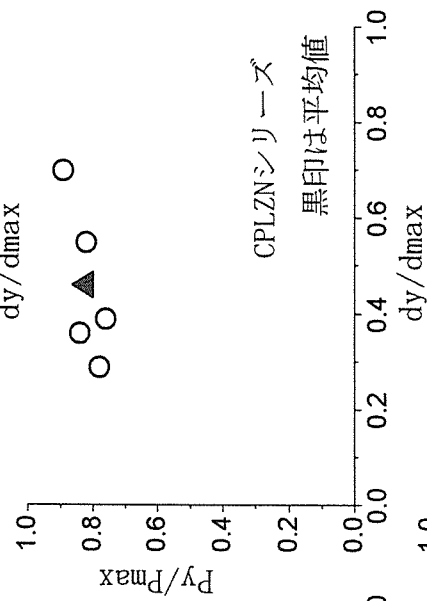
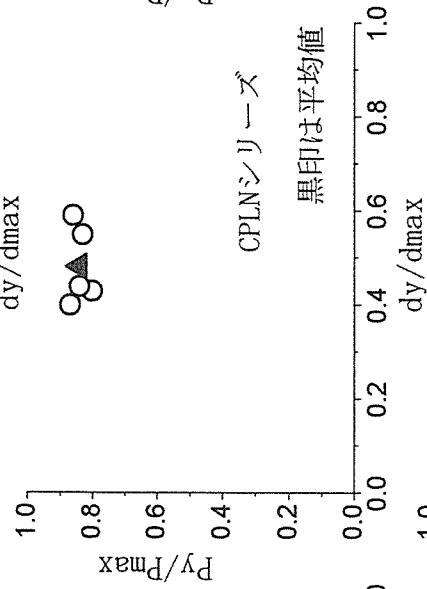
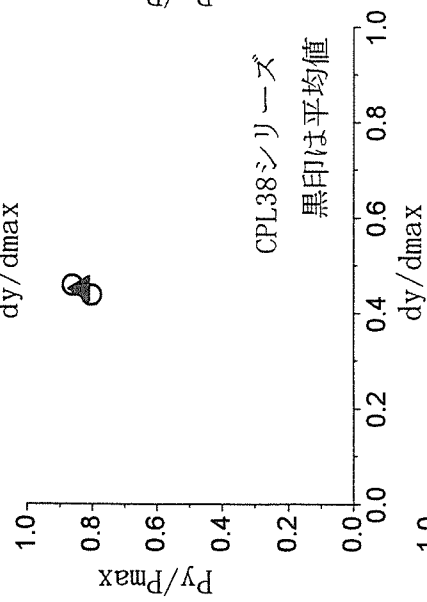
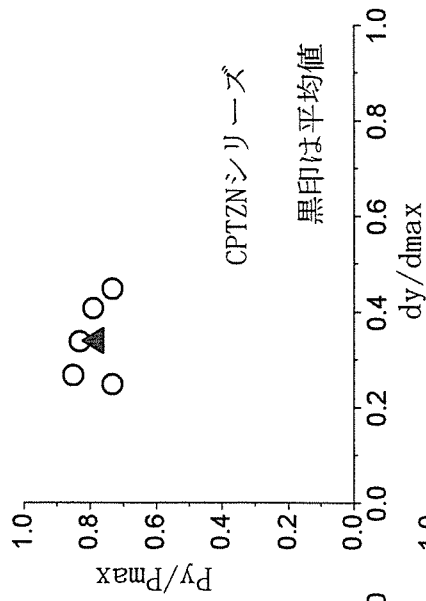
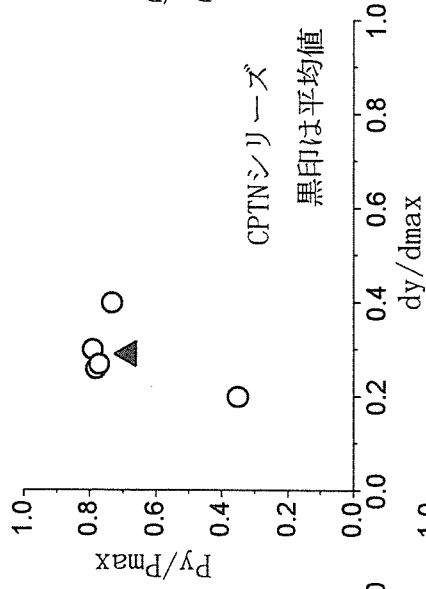
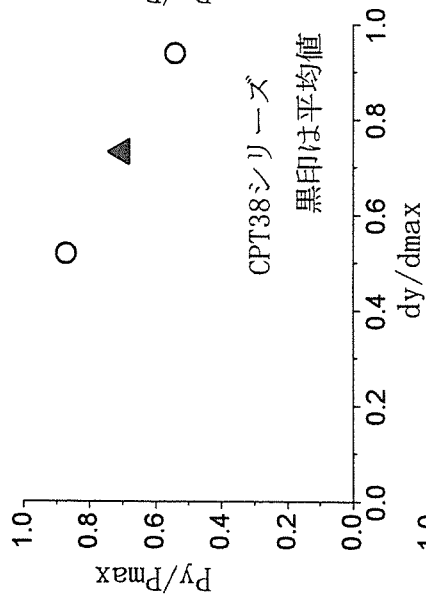












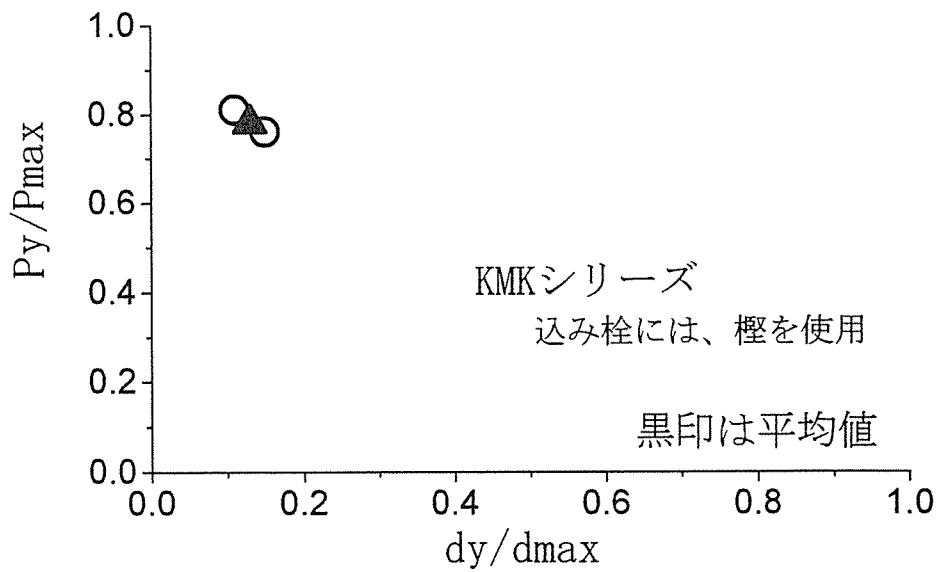
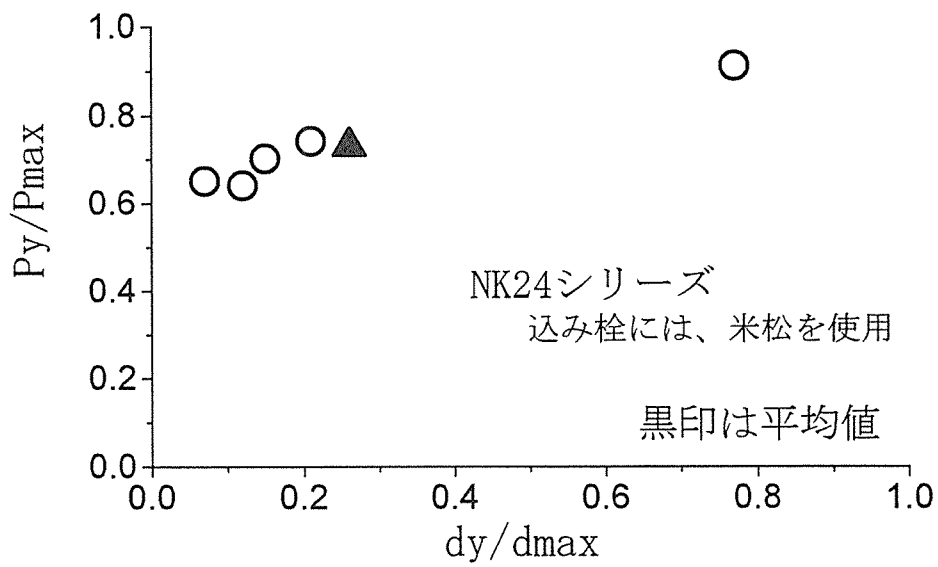
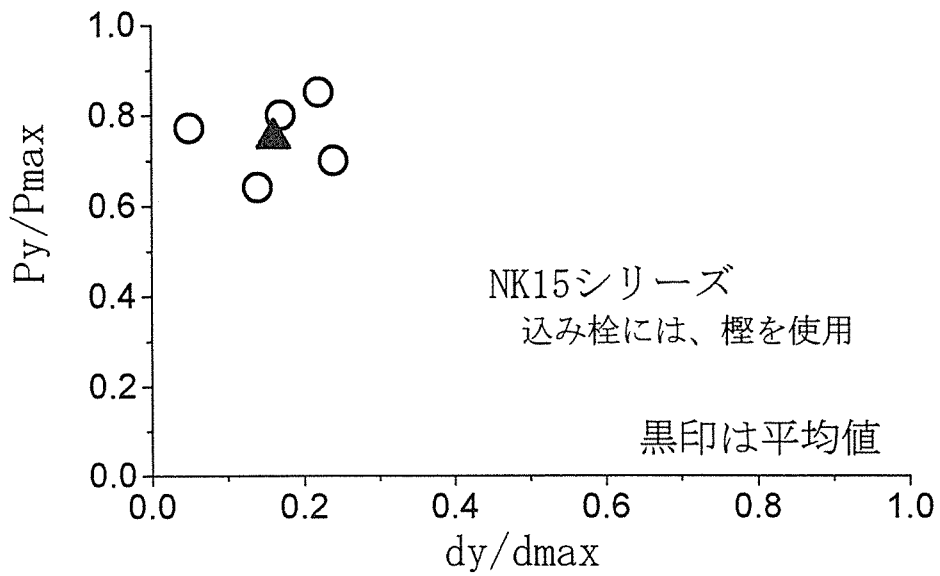






写真- 1 ~ 2 1

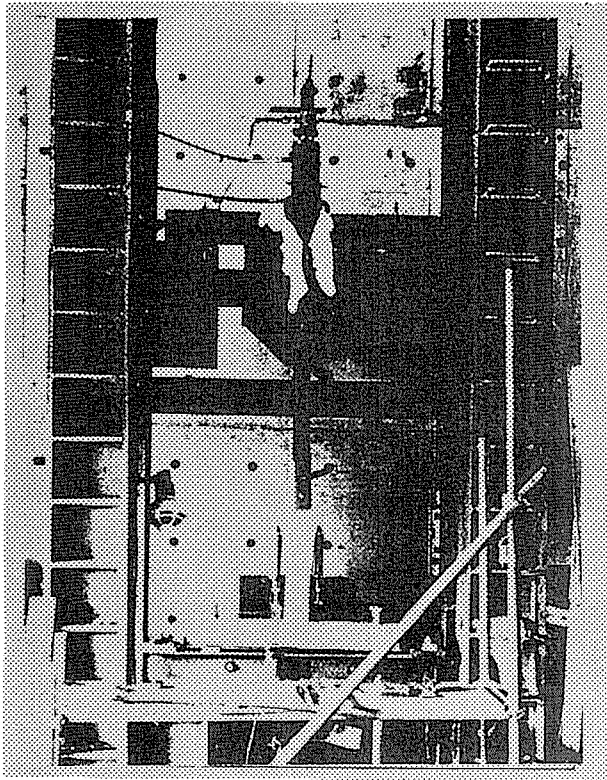


写真-1  
土台付き試験体の実験風景

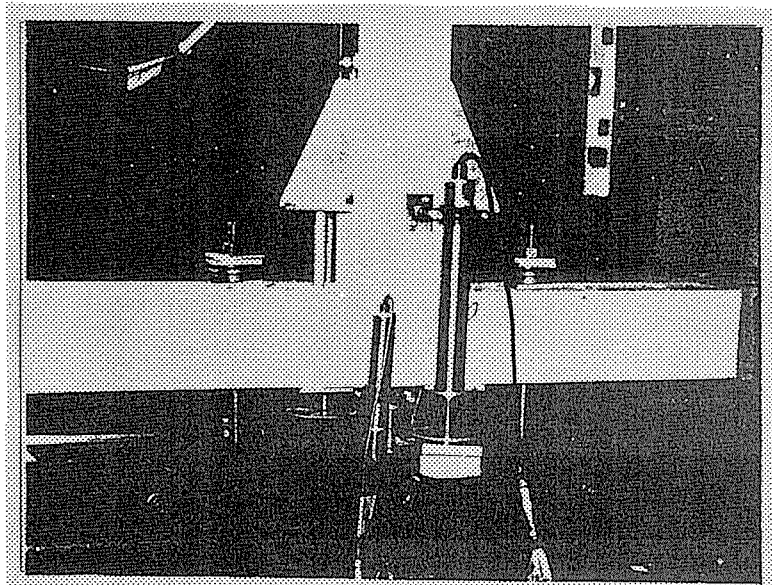


写真-2  
土台付き引き寄せ金物試験体の計測風景

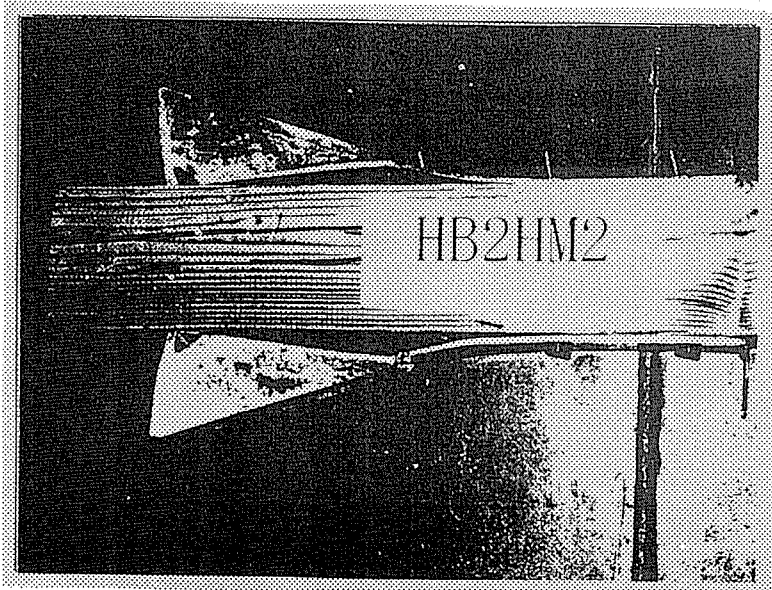


写真-3  
ボルト接合による引き寄せ金物の破壊例  
(ボルトのせん断)

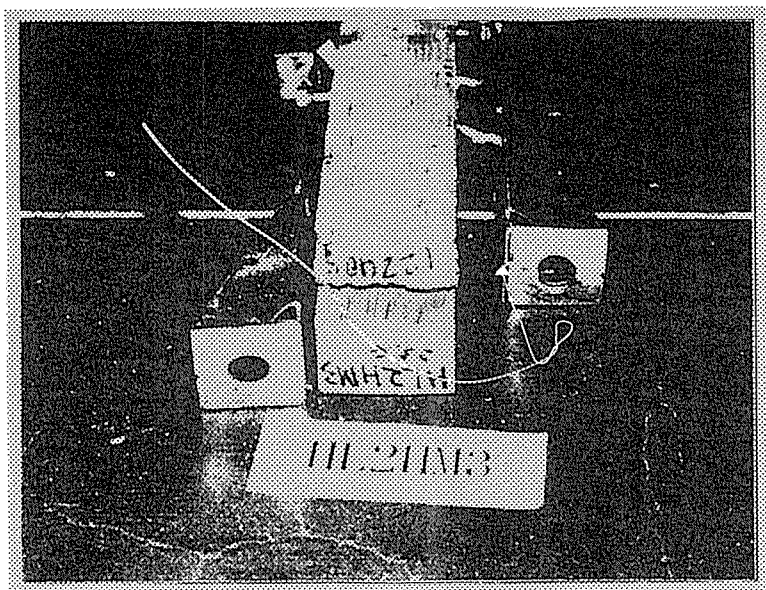


写真-4  
ラグスクリュー接合による引き  
寄せ金物の破壊例  
(ラグスクリューのせん断)

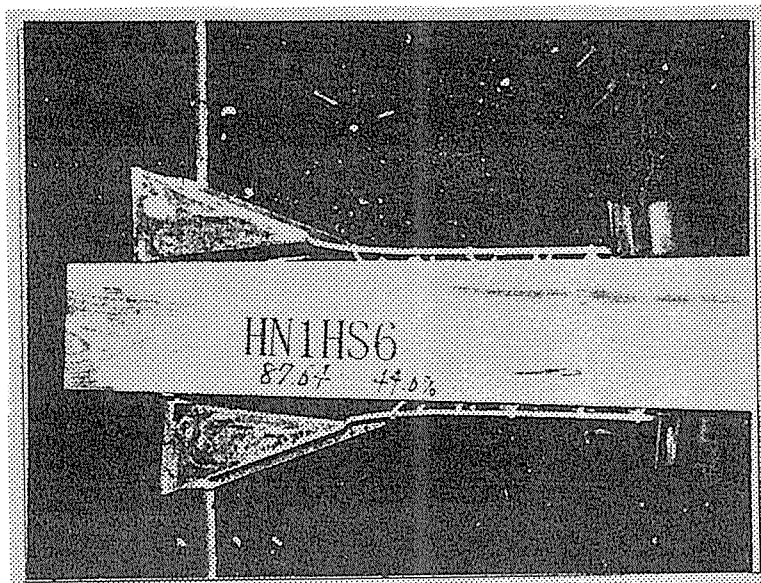


写真-5  
釘接合によるき寄せ金物の破  
壊例  
(釘のせん断)

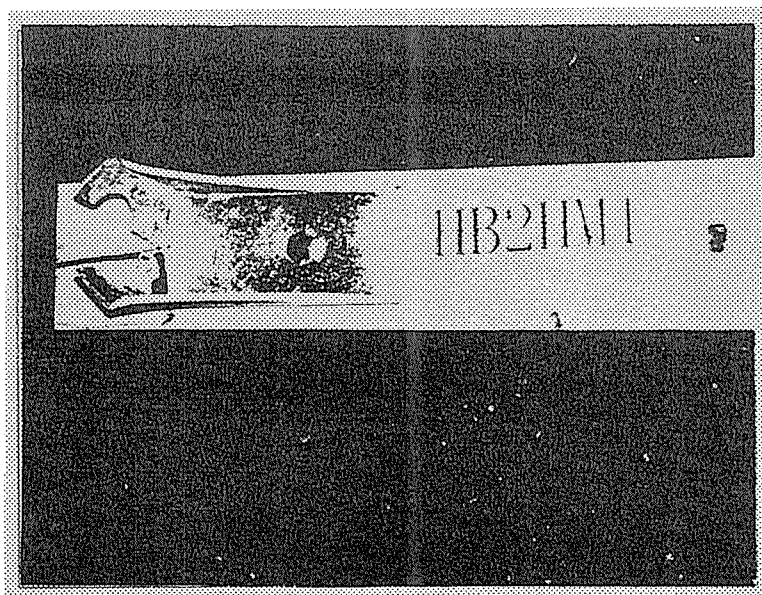


写真-6  
引き寄せ金物の破壊例

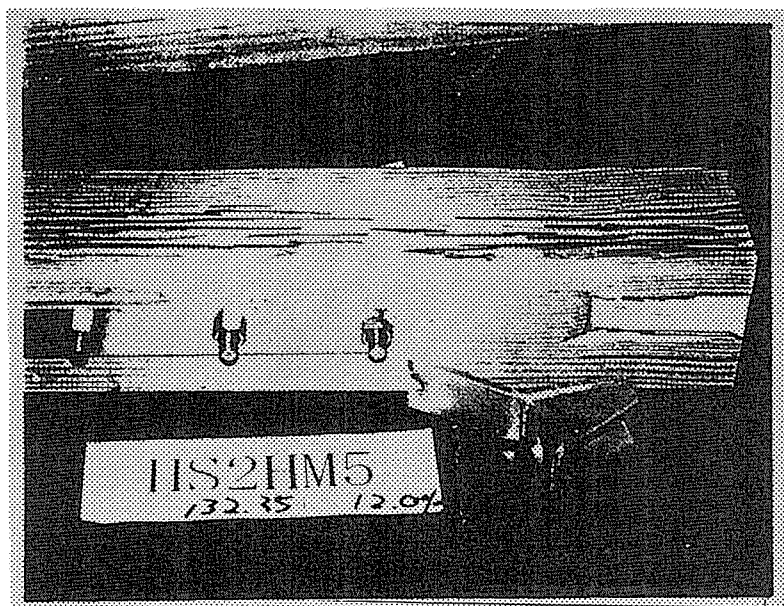


写真-7  
引き寄せ金物の破断例

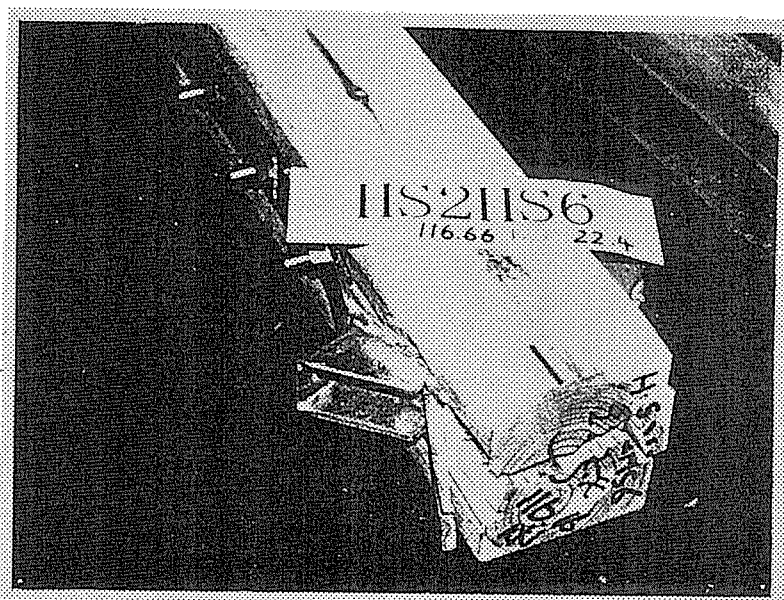


写真-8  
引き寄せ金物試験体の柱の割裂破壊例

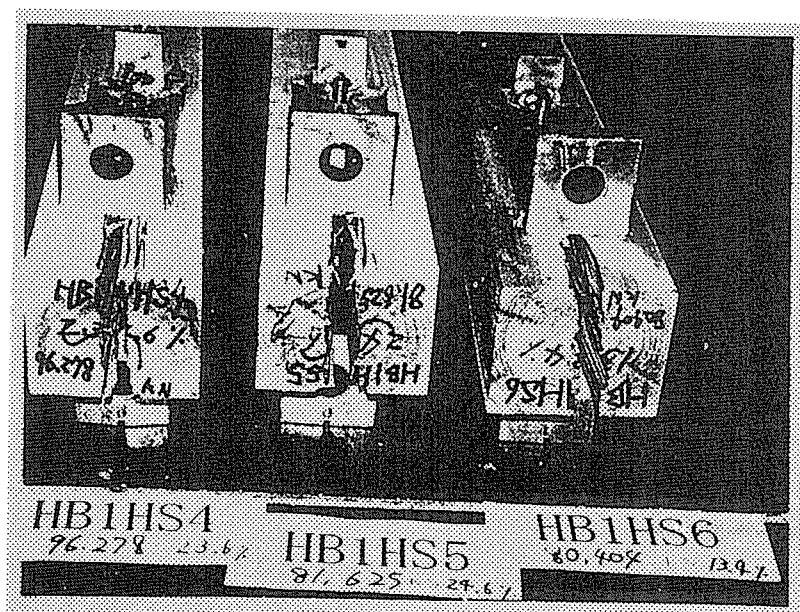


写真-9  
引き寄せ金物試験体の柱の割裂破壊例



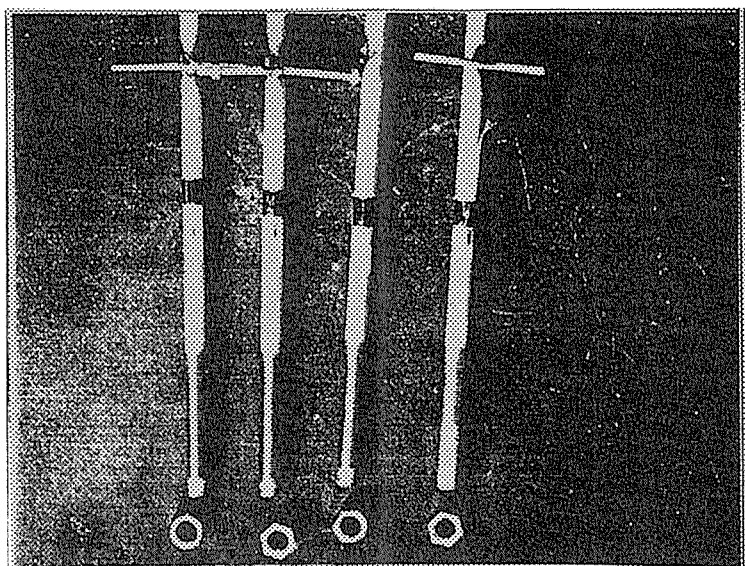


写真-10  
アンカーボルトの試験結果  
ネジ部のナットの抜けで耐力  
が決まる。

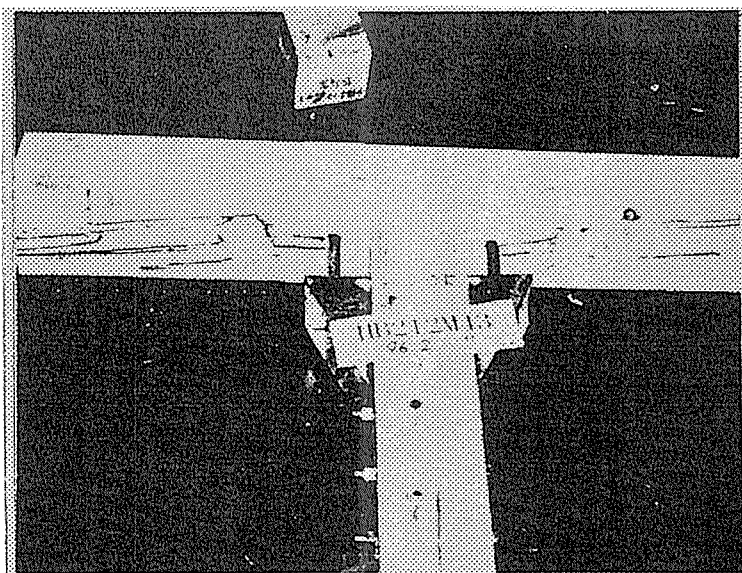


写真-11  
土台付き試験体の破壊例  
(アンカーボルト間隔  
40cm)

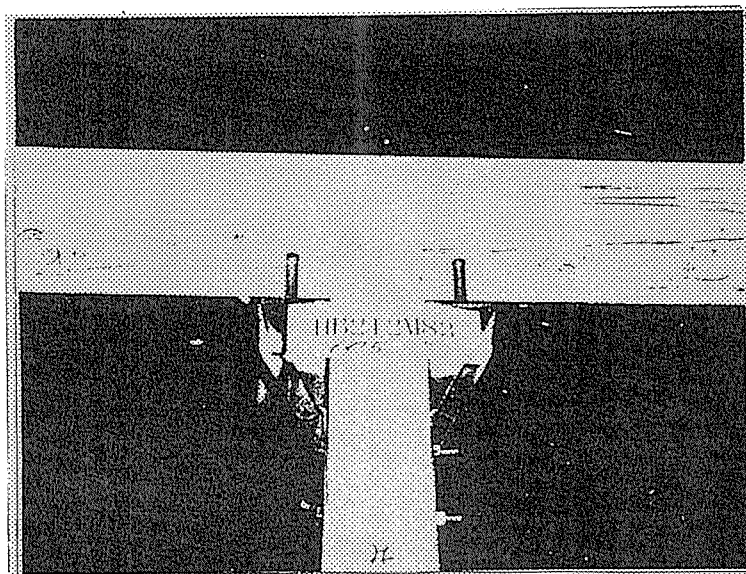


写真-12  
土台付き試験体の破壊例  
(アンカーボルト間隔  
80cm)

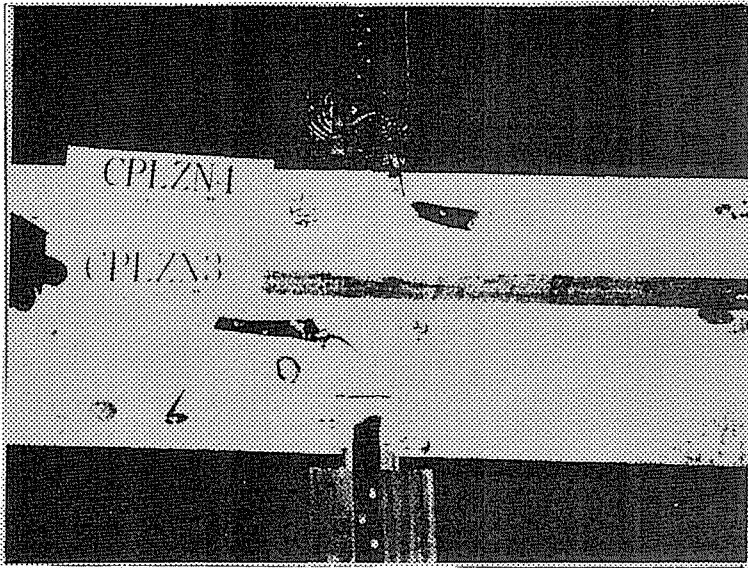


写真-13  
かど金物（CP-L：指定釘  
使用）の破壊例  
（釘のせん断→金物の破断）

（N65の場合も同様な破壊  
を示した。）

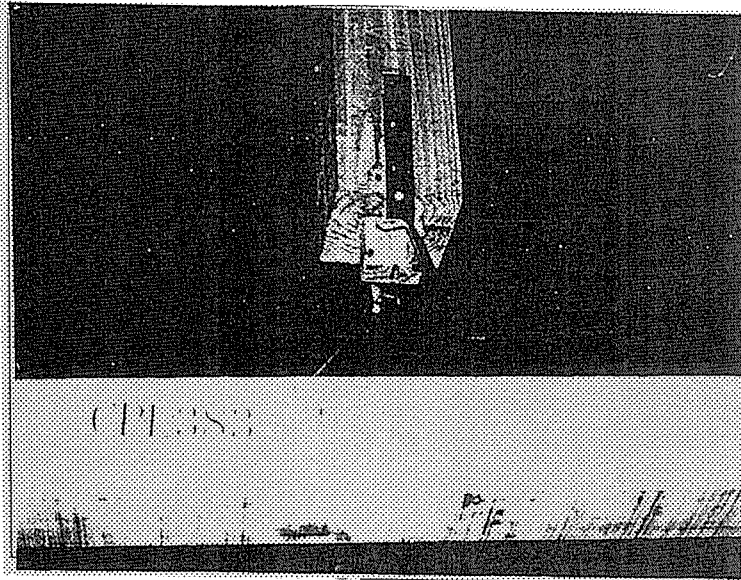


写真-14  
かど金物（CP-L：N38使  
用）の破壊例  
（釘のせん断）

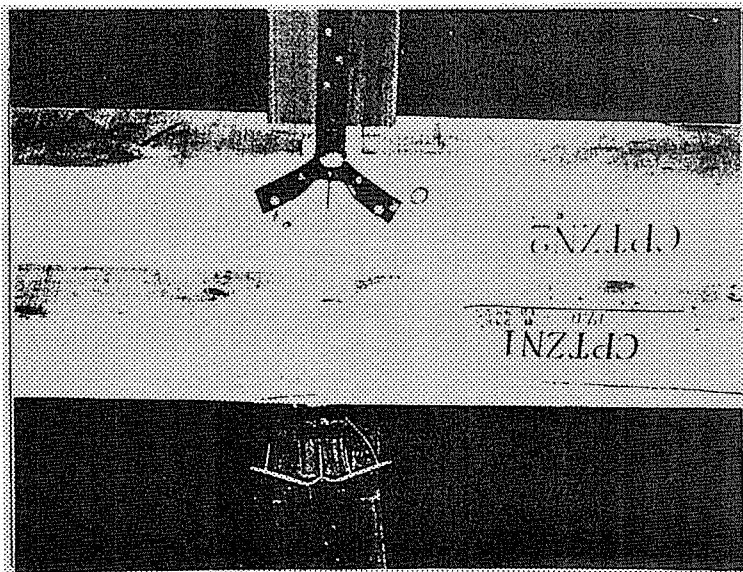


写真-15  
かど金物（CP-T：指定釘使  
用）の破壊例  
（土台の割裂の後の釘のせん断）

（N65の場合も同様な破壊を示  
した。）

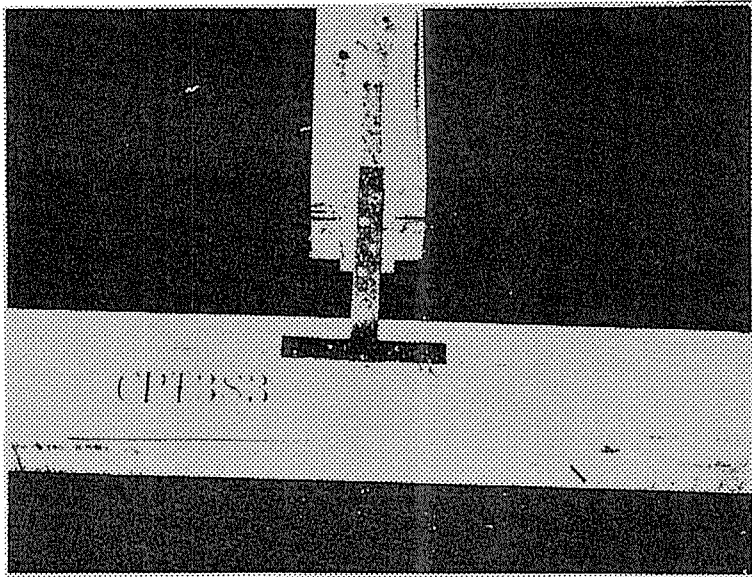


写真-16  
かど金物（CP-T：N38  
使用）の破壊例  
（釘のせん断）

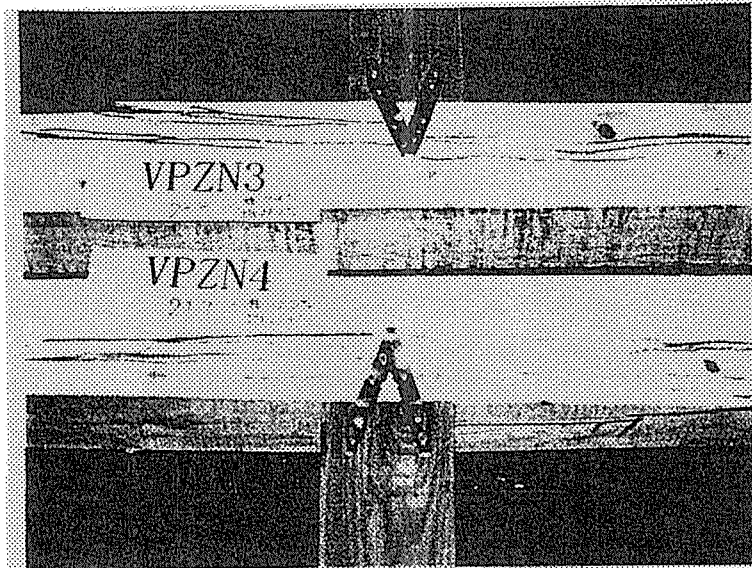


写真-17  
山型金物（指定釘使用）の破壊例  
（土台の割裂）

（N65の場合も同様な破壊を示した。）

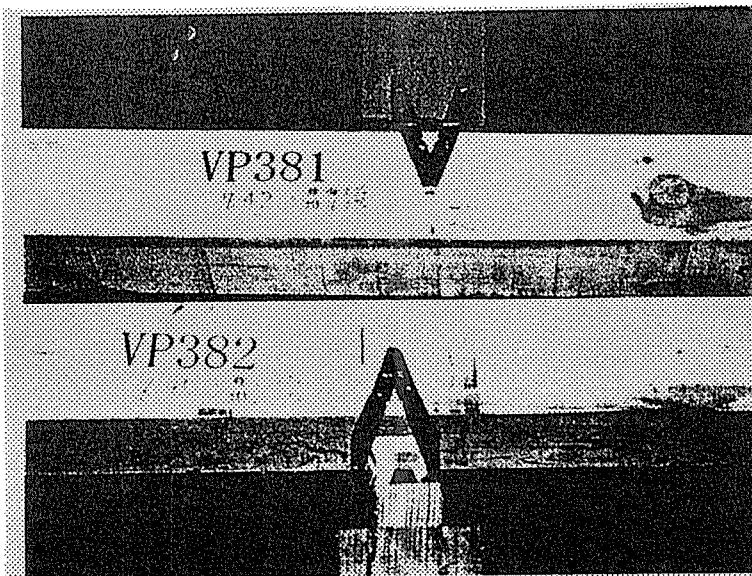


写真-18  
山型金物（N38使用）の破壊例  
（釘のせん断）

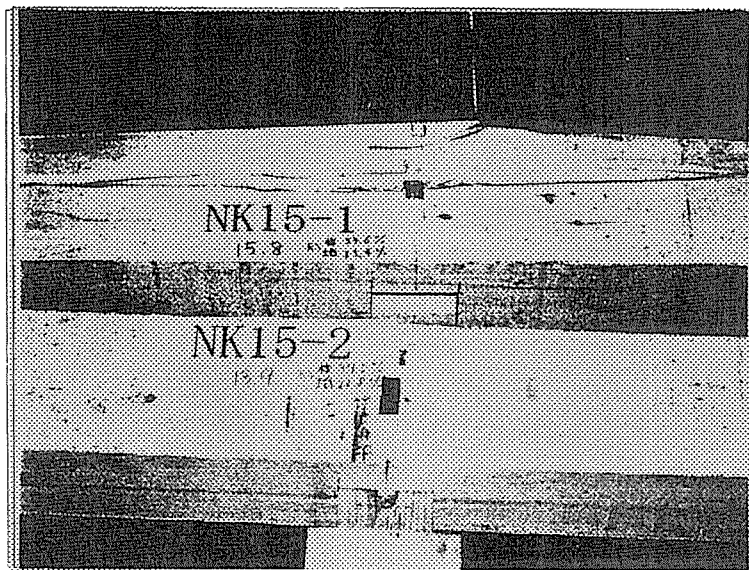


写真-19

15mm角樫込み栓の破壊例

込み栓の曲げ破壊



土台の割裂

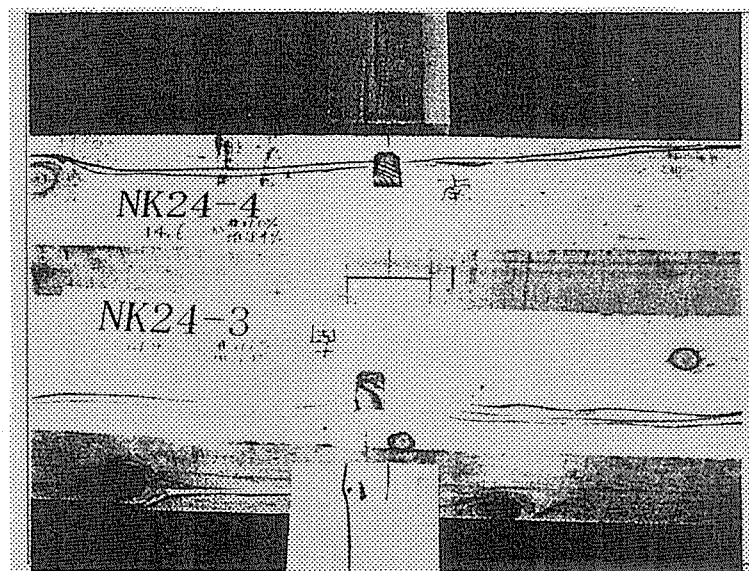


写真-20

24mm角米松込み栓の破壊例

込み栓の曲げ破壊



土台の割裂

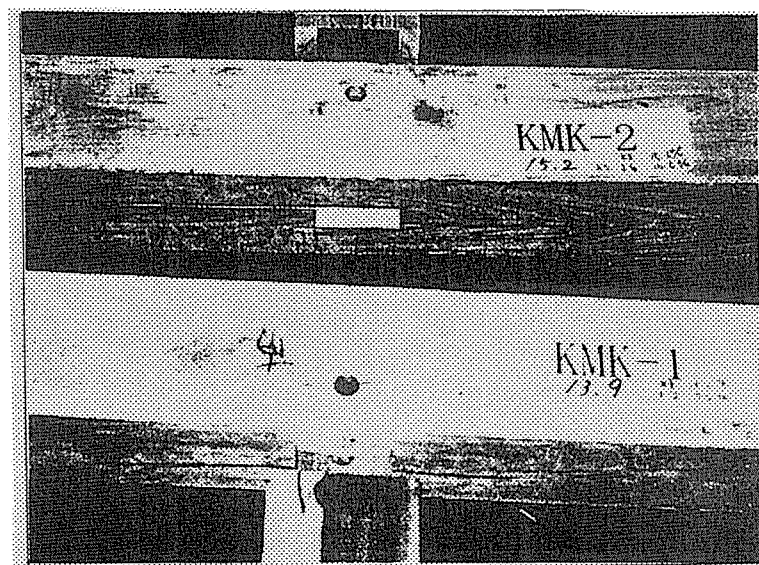


写真-21

19mm丸樫込み栓の破壊例

込み栓の曲げ破壊



土台の割裂



## 第8章 梁受金物強度性能実験

### 一外付け、センターウェーブタイプ金物による接合

#### 1、目的

低コストな木造住宅を建築するためには、木工事関連事業の効率化や工期短縮等を図る必要がある。このため、本実験では外付けタイプ金物とセンターウェーブタイプ金物の2種類の木造住宅用構造接合金物を使用して、梁受けの試験体を作製した。そして、これら試験体の接合部の強度や破壊状況などを把握することを目的として実験を行なった。

#### 2、試験体

##### 2.1 試験体の一覧

表1に試験体の一覧を示す。なお、試験体は工務店に一括依頼して作製した。

表1 試験体の一覧

金物の種類	試験体の区分	樹種	試験方法	試験体数	試験体名
外付けタイプ	梁-梁接合	スギ	圧縮順せん断	6	A
			圧縮逆せん断	6	B
			引張り	6	C
		ベイマツ	圧縮順せん断	6	D
			圧縮逆せん断	6	E
			引張り	6	F
センターウェーブタイプ	梁-梁接合	スギ	圧縮順せん断	6	G
			圧縮逆せん断	6	H
			引張り	5	I
		ベイマツ	圧縮順せん断	6	J
			圧縮逆せん断	6	K
			引張り	6	L
	柱-梁接合	スギ	圧縮順せん断	6	M
			圧縮逆せん断	6	N
	ベイマツ	圧縮順せん断	6	O	
		圧縮逆せん断	6	P	

##### 2.2 樹種と部材の断面寸法

- (1) 樹種 : スギ、ベイマツ
- (2) 梁断面 : 105×240mm
- (3) 柱断面 : 105×105mm

##### 2.3 部材の比重と含水率の測定

各試験体の図1に示す部分から厚さ約2cmの試片を採取した。そして、比重は気乾状態に調整して測定した。また、含水率は全乾法にて測定した。

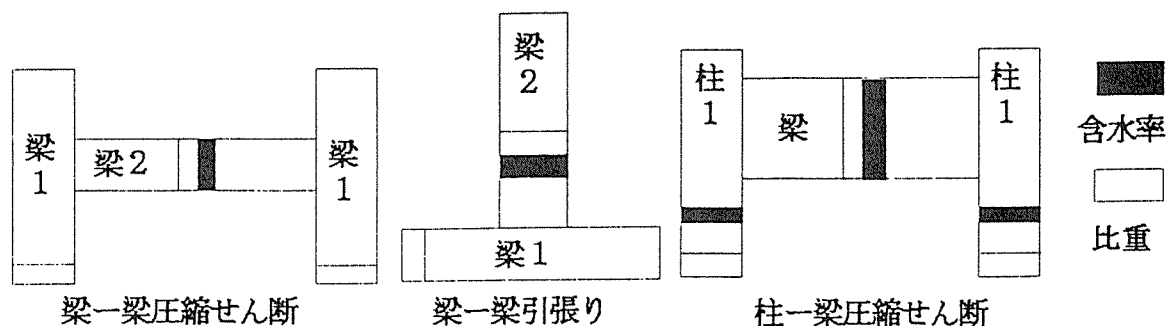


図1 比重と含水率試片の採取位置

## 2、4 試験体に用いた接合金物と接合具

本試験に用いた接合金物の詳細を図3と図4に示す。また、試験体の詳細について図5～図9に、写真1には梁、柱への金物の取り付けの概観を示す。そして、各々の金物に使用した接合具について次に示す。

### 2、4、1 外付け金物

#### 1) ラグスクリュー

- ・寸法 : 12φ×75mm
- ・使用本数 : 2本
- ・取り付け方法 : 先穴9mm、インパクトレンチ締め

#### 2) ケギ

- ・タイプ : ZS50
- ・使用本数 : 18本

### 2、4、2 センターウェブ金物

#### 1) ラグスクリュー

- ・寸法 : 6φ×49mm
- ・使用本数 : 8本
- ・取り付け方法 : 先穴なし、インパクトレンチ締め

#### 2) ボルト

- ・寸法 : M12×130mm
- ・使用本数 : 2本
- ・木材ドリル穴 : 13mm

#### 3) 座金

- ・寸法 : 2×35×35mm

#### 4) ドリフトピン

- ・寸法 : φ12×105mm
- ・使用本数 : 2本
- ・木材ドリル穴 : 13mm

(mm)

タイプ	d	H	B	L	S
外付け	11.5	8.0	18.8	75	46
センターウェブ	7.6	5.2	13.9	49	33

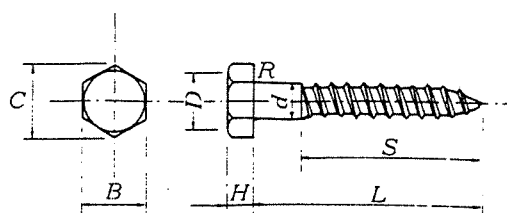


図2 ラグスクリューの詳細

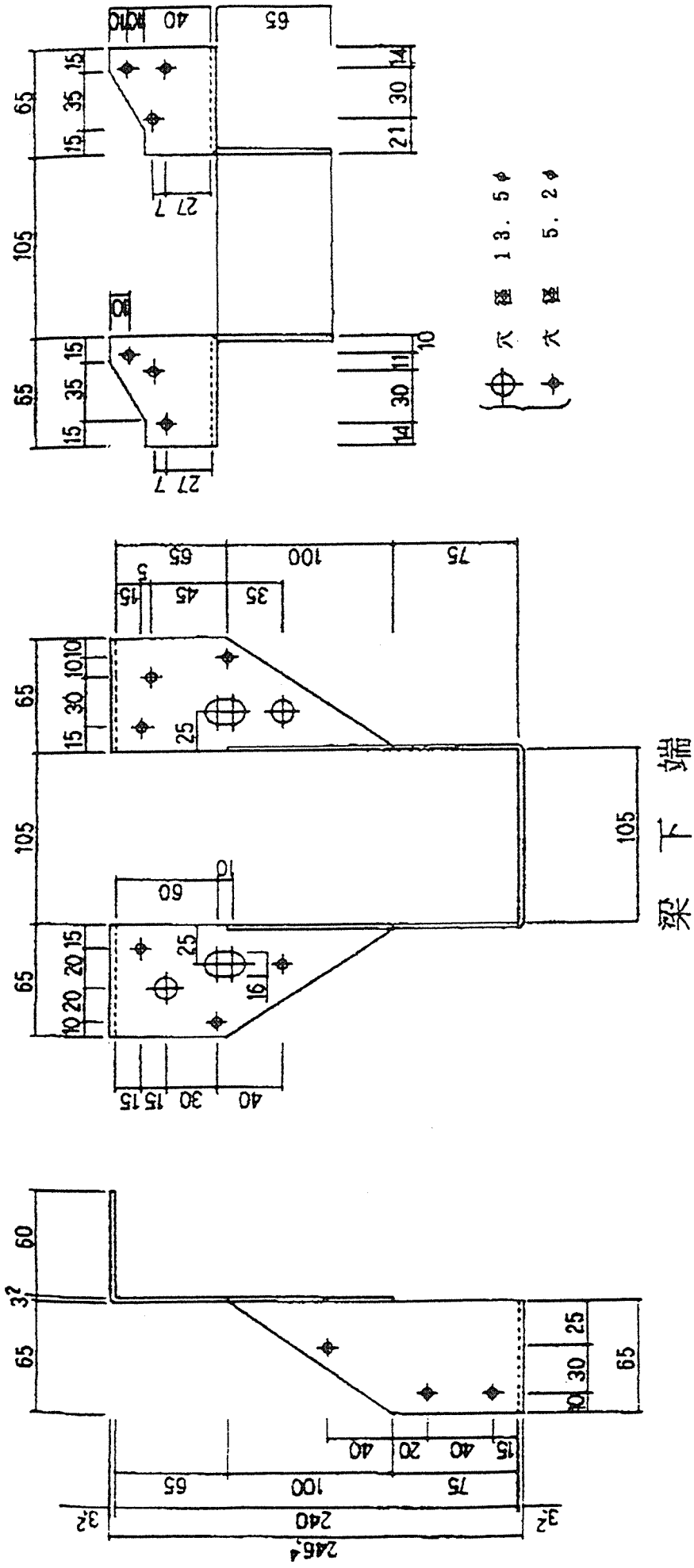


図 3 外付け金物の詳細図

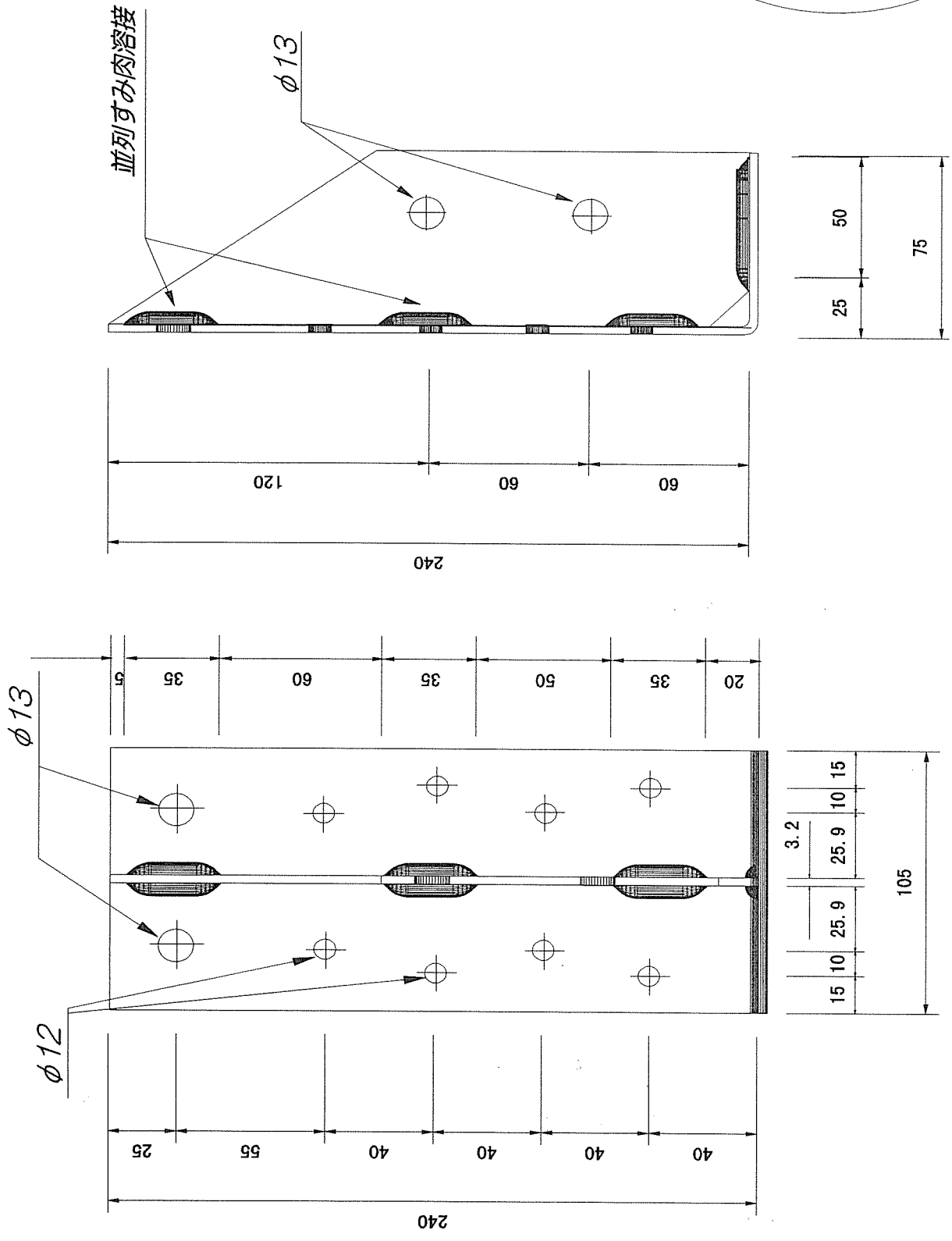


図4 センターウェーブ金物の詳細図

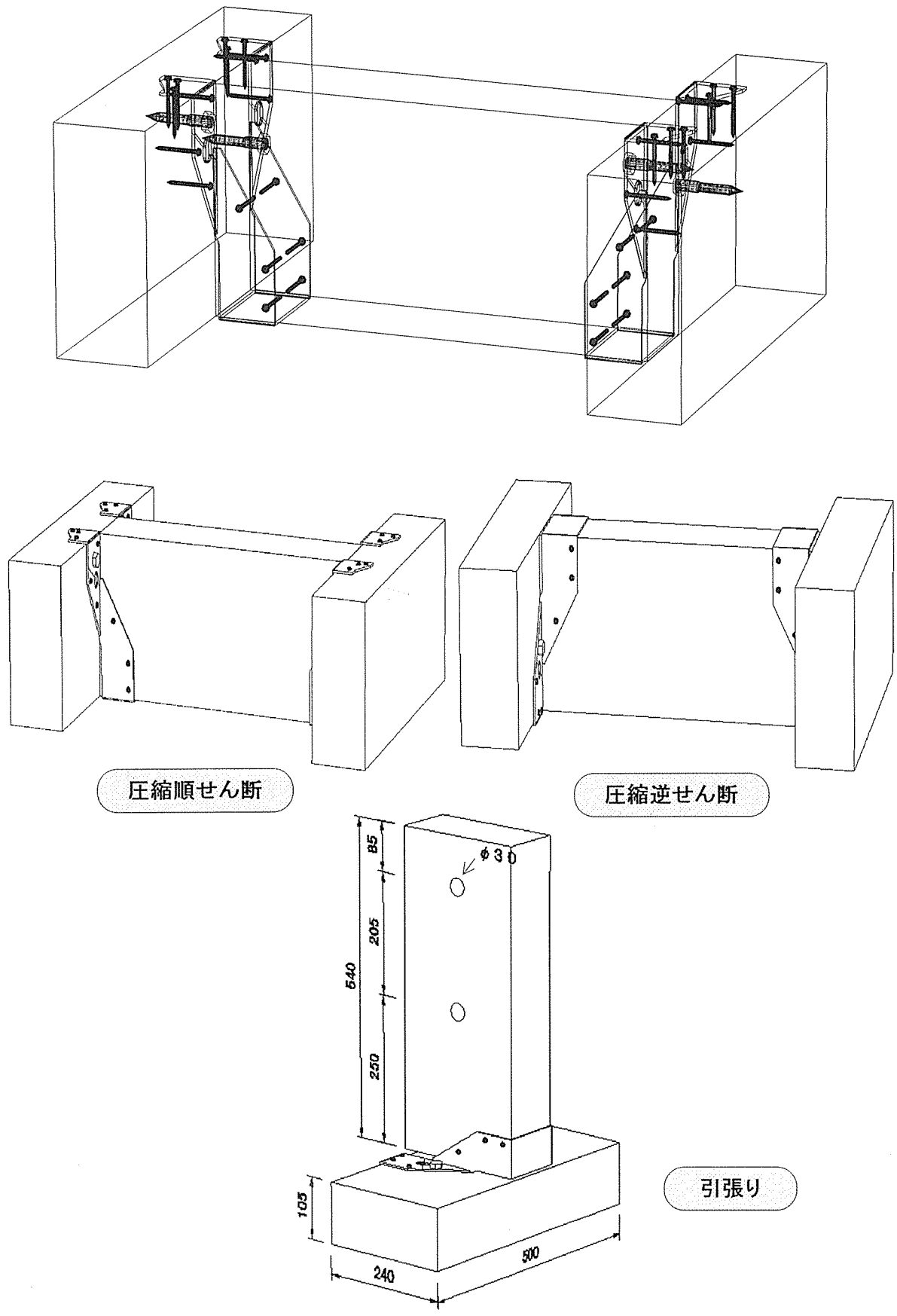
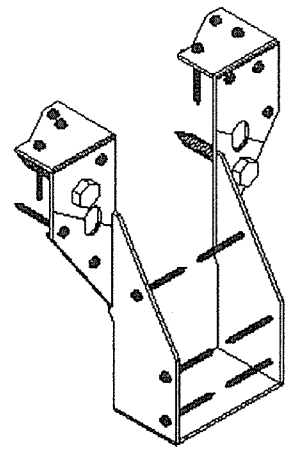
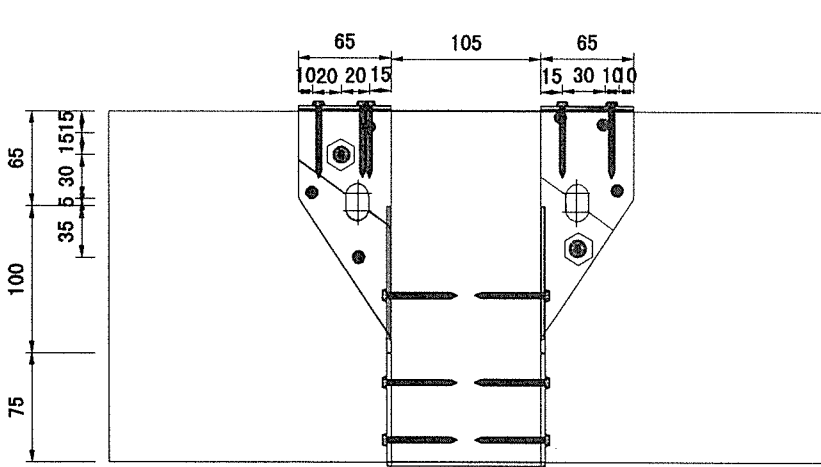
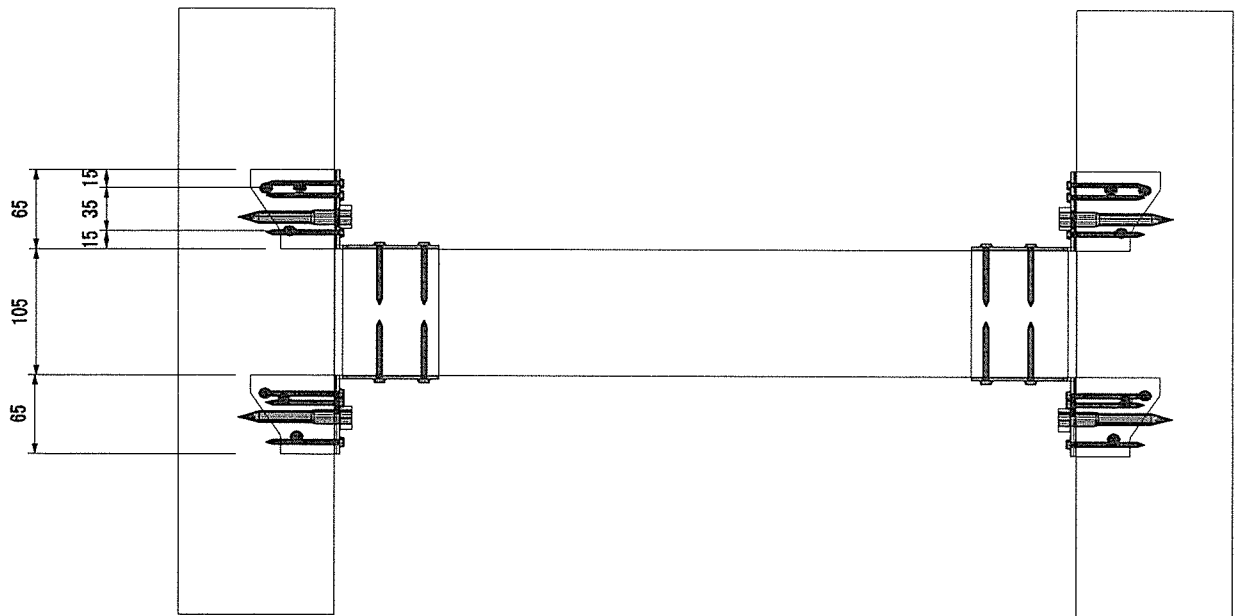
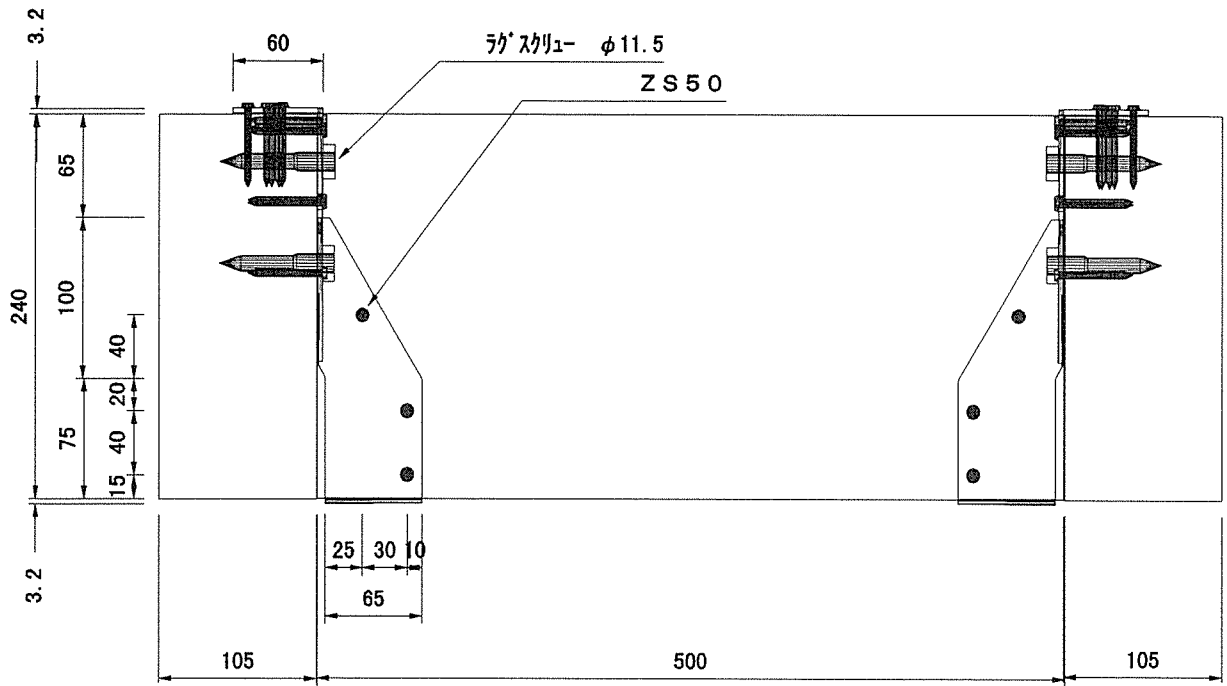


図5 外付け金物試験体詳細図



外付け金物

図6 外付け金物の梁-梁圧縮せん断試験体詳細図

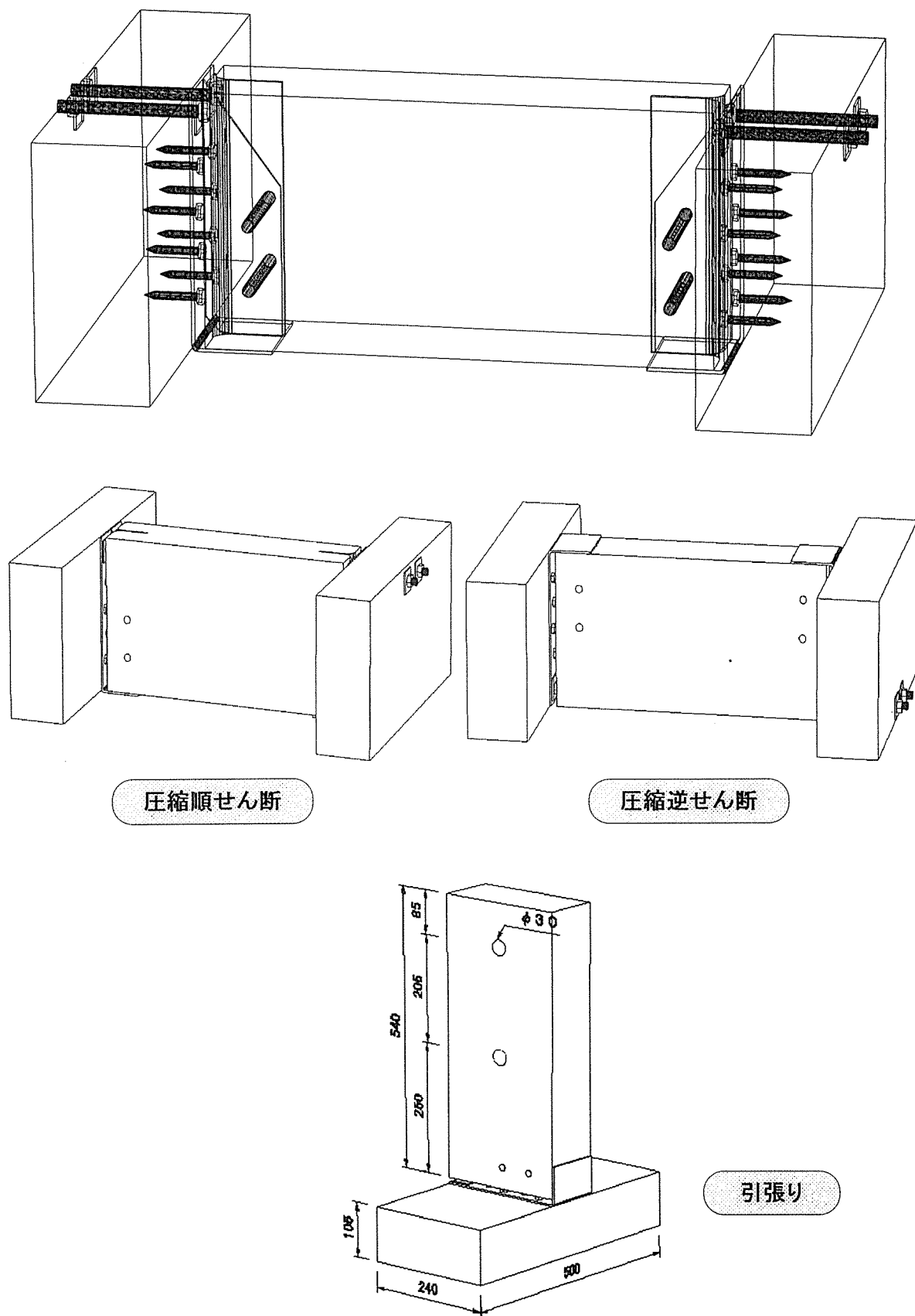


図7 センターウェブ金物試験体詳細図

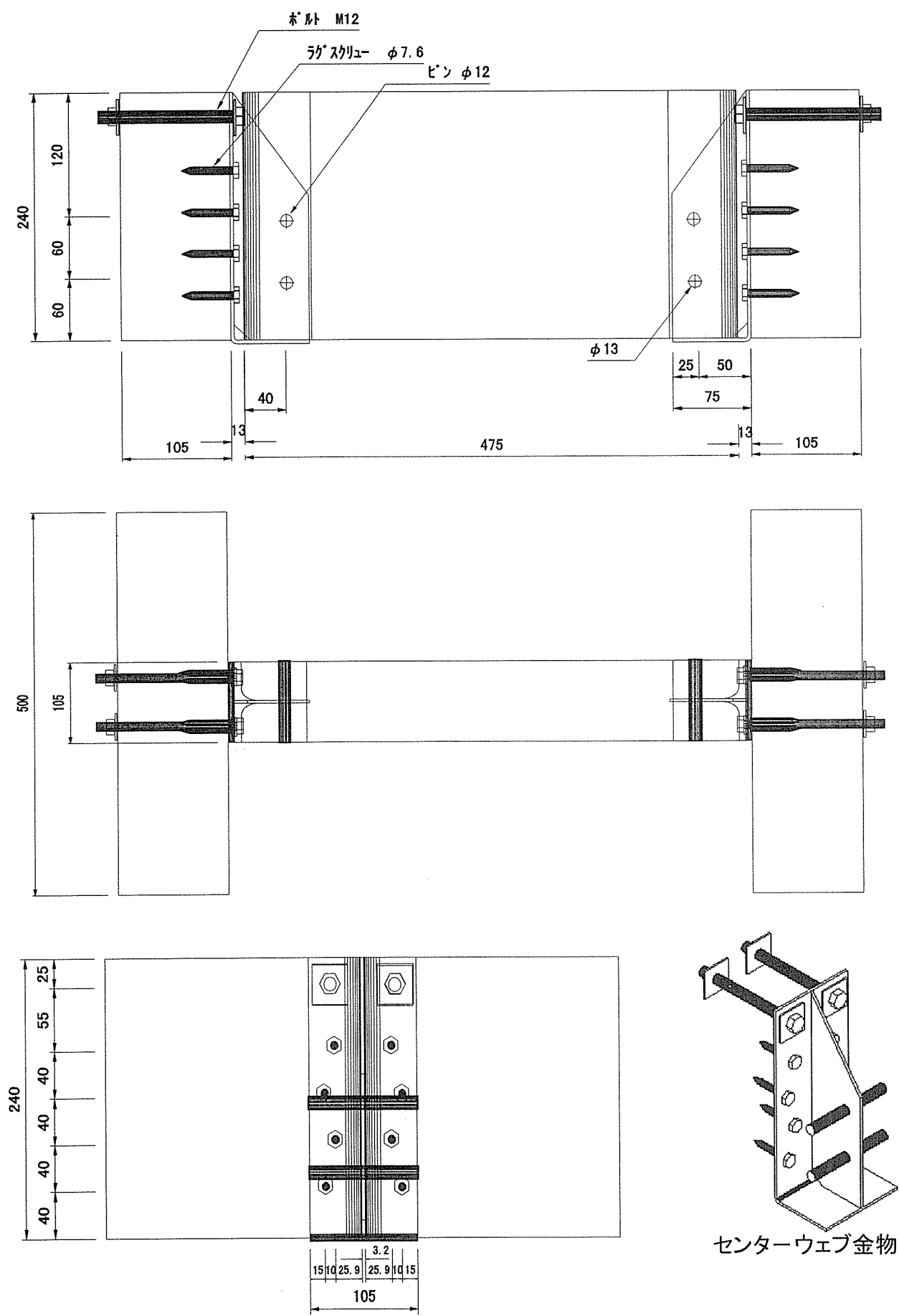
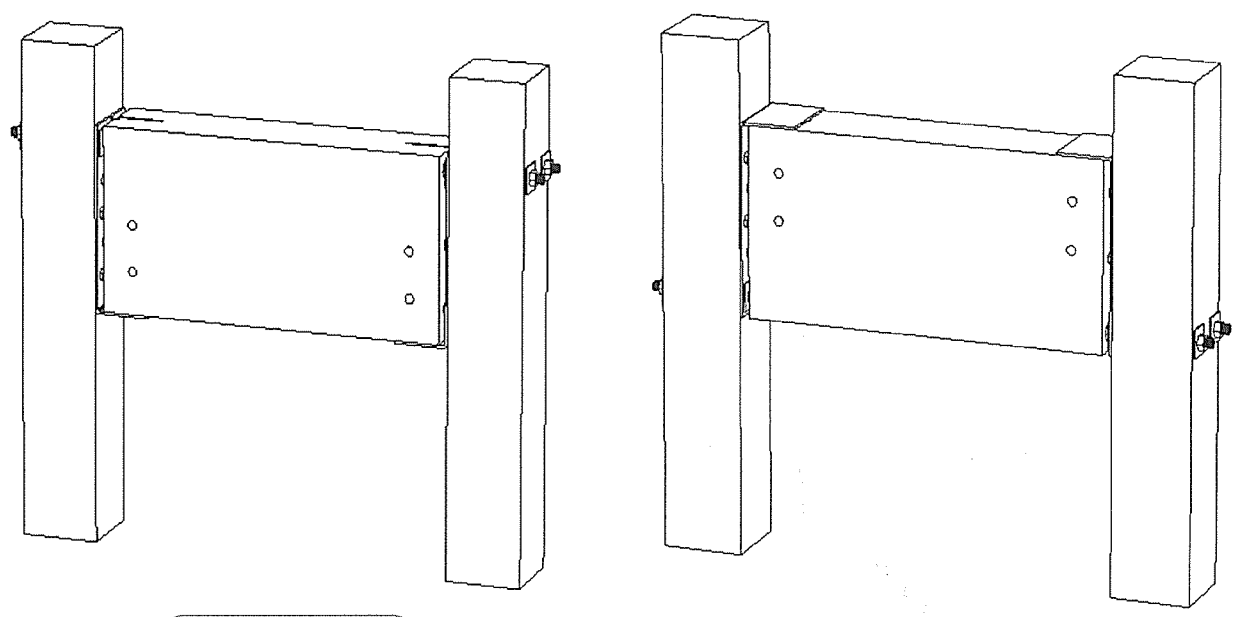
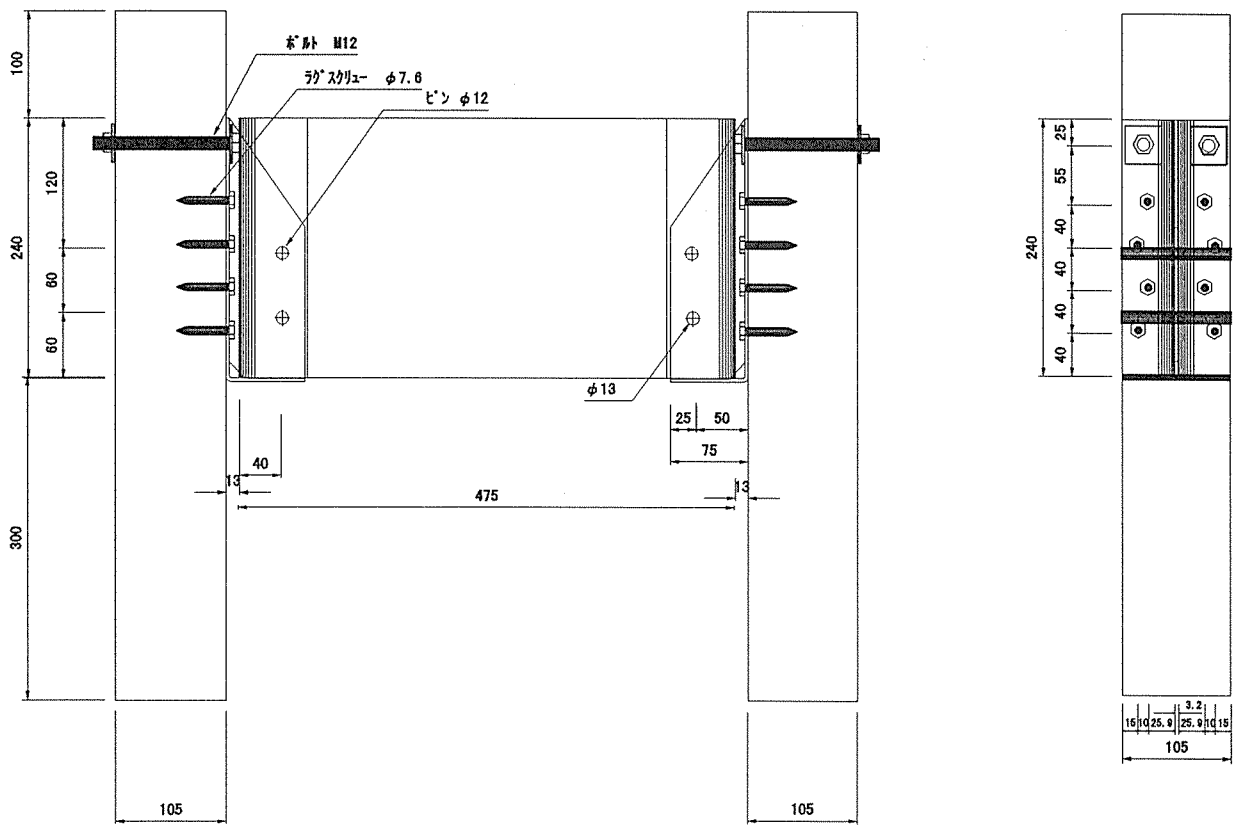


図8 センターウェブ金物の梁-梁圧縮せん断試験体詳細図

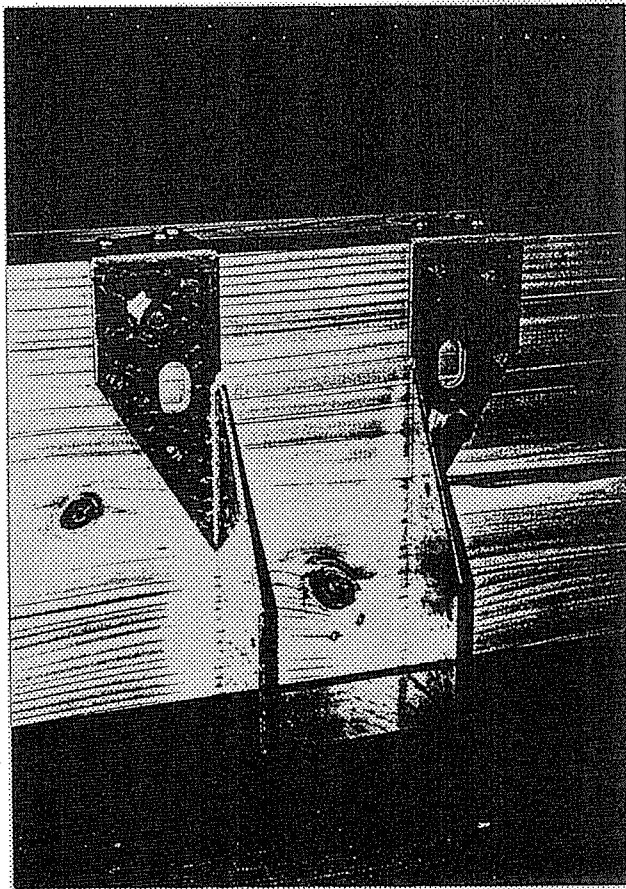
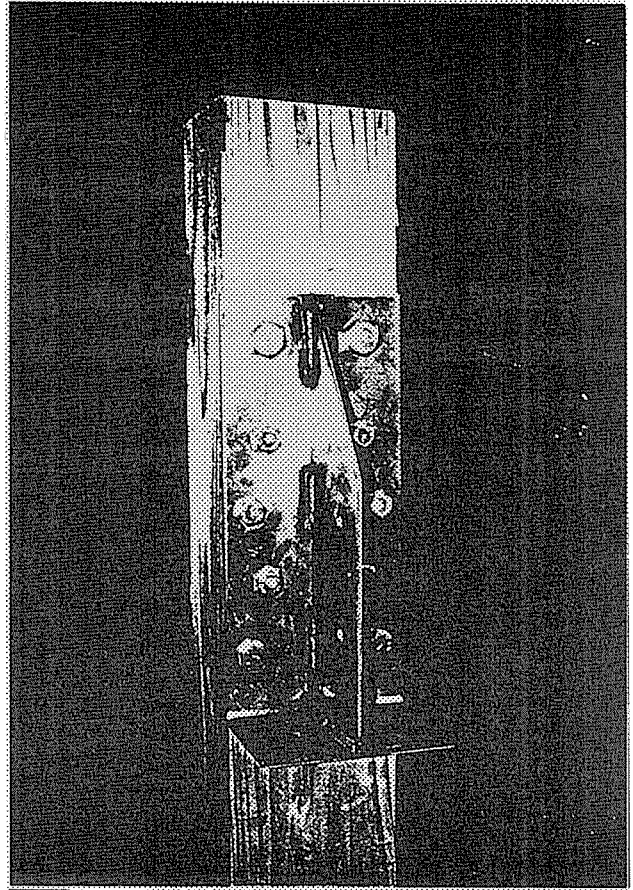
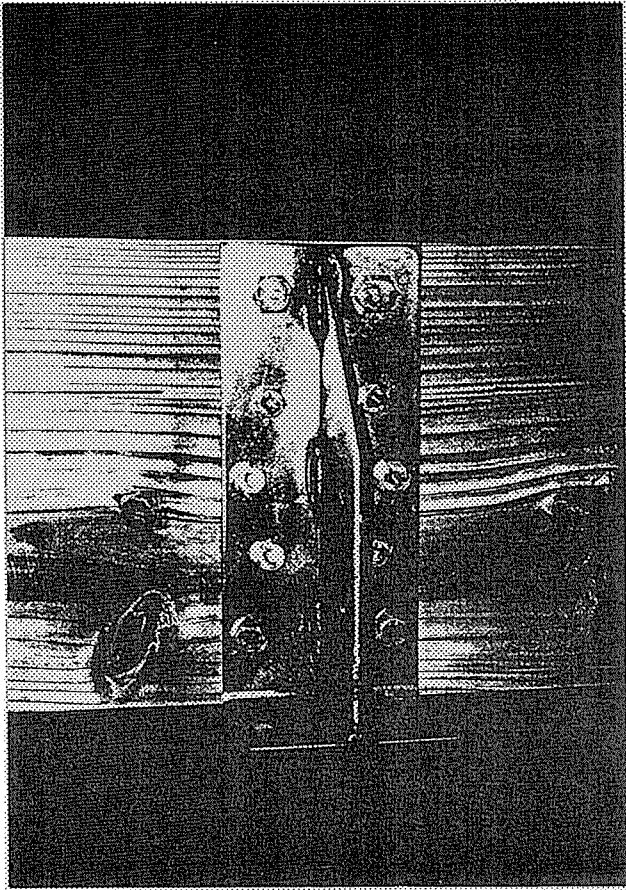




圧縮順せん断

圧縮逆せん断

図9 センターウェブ金物の柱-梁圧縮せん断試験体詳細図



左上：センターウェブ金物（梁）  
右上：センターウェブ金物（柱）  
左：外付け金物（梁）

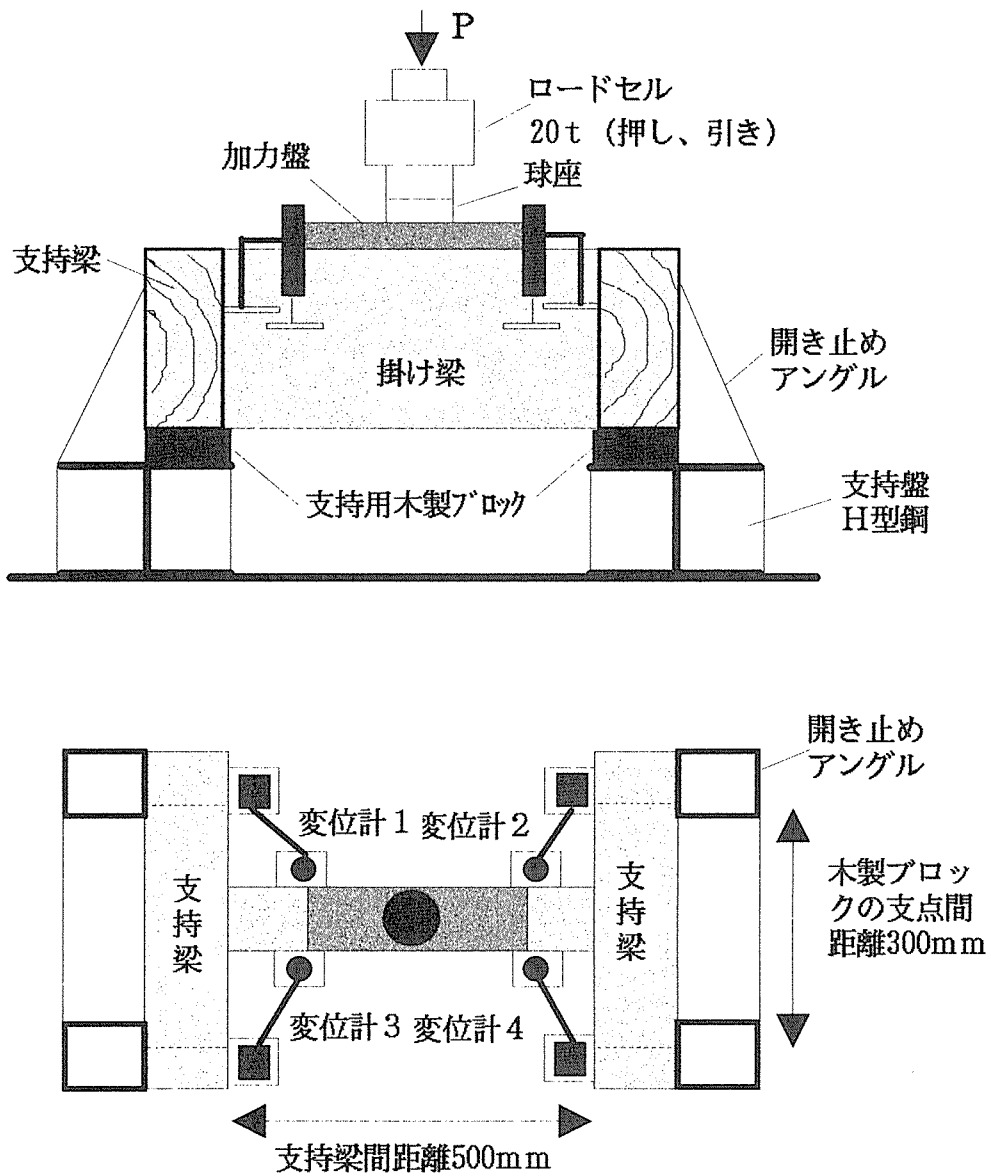
写真1 金物の梁と柱への取り付けの概観

### 3、試験方法

#### 3、1 加力方法

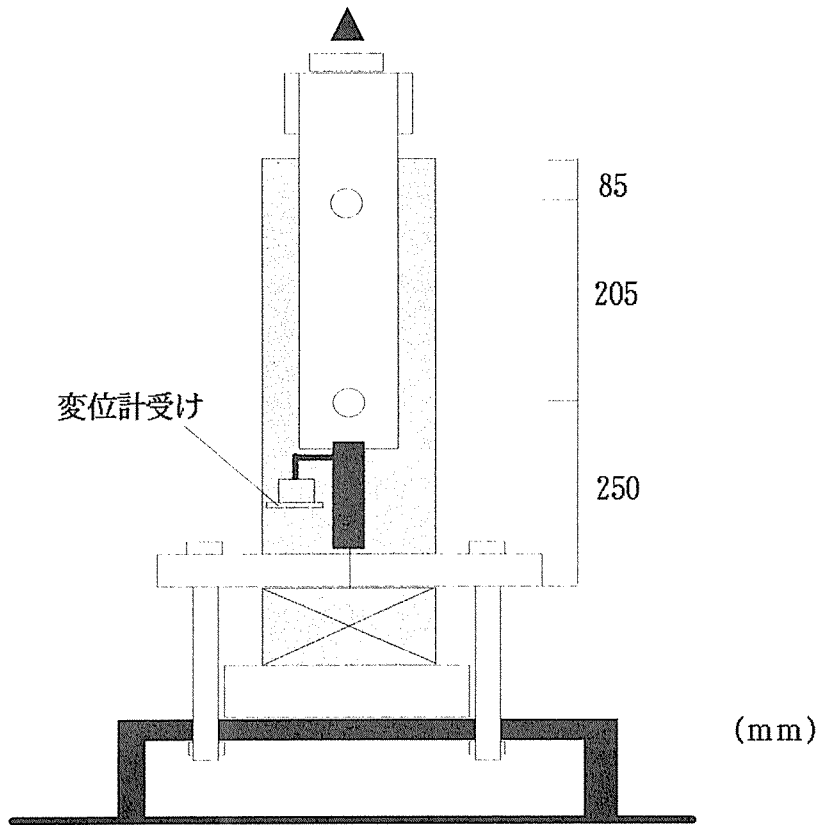
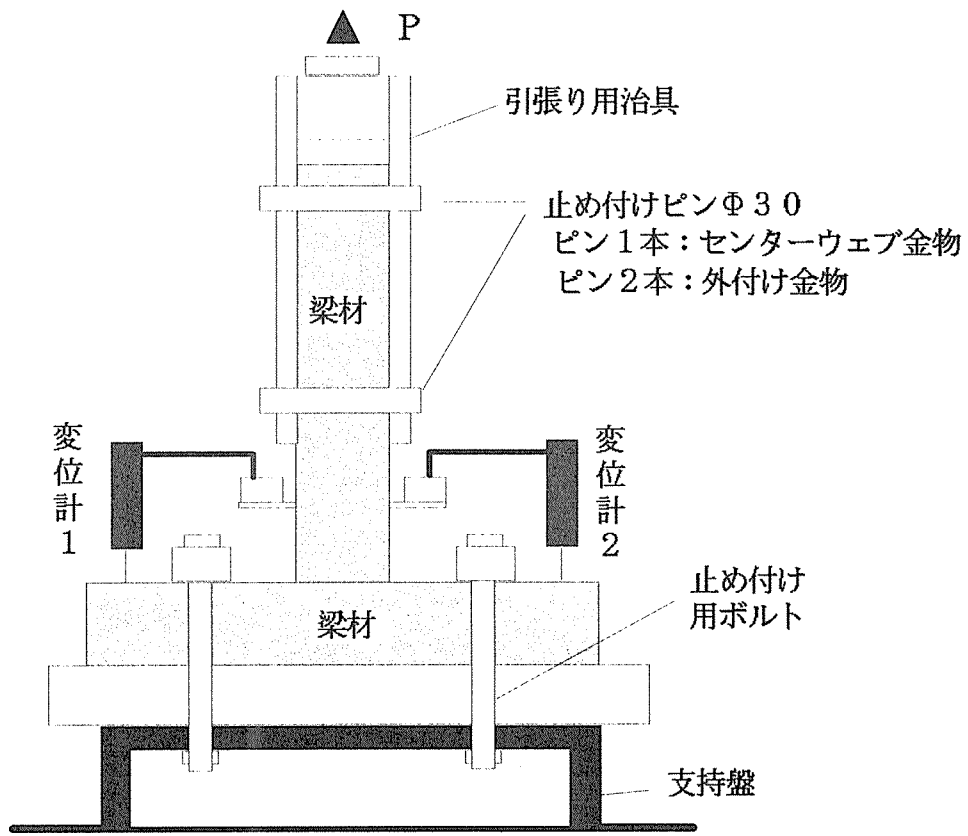
加力方法は5体は単調増加方式とし、1体は1方向繰り返し加力方式とした。なお、繰り返し加力では、5体の最大荷重平均値の1/5、2/5、3/5荷重時において繰り返しを行なった。

梁-梁接合部圧縮せん断、梁-梁接合部の引張り及び柱-梁の圧縮せん断試験方法を図10～図12に示す。なお、梁-梁圧縮せん断試験では支持梁と掛け梁の競り合いを防止するために、支持梁と開き止めアングルをGクランプで固定して一部の試験体は実験を行なった(写真3)。また、測定装置の概容と加力状況を写真2～写真5に示す。



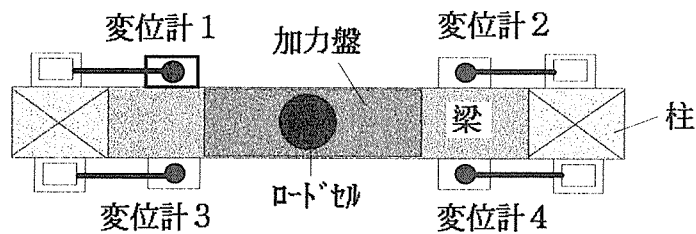
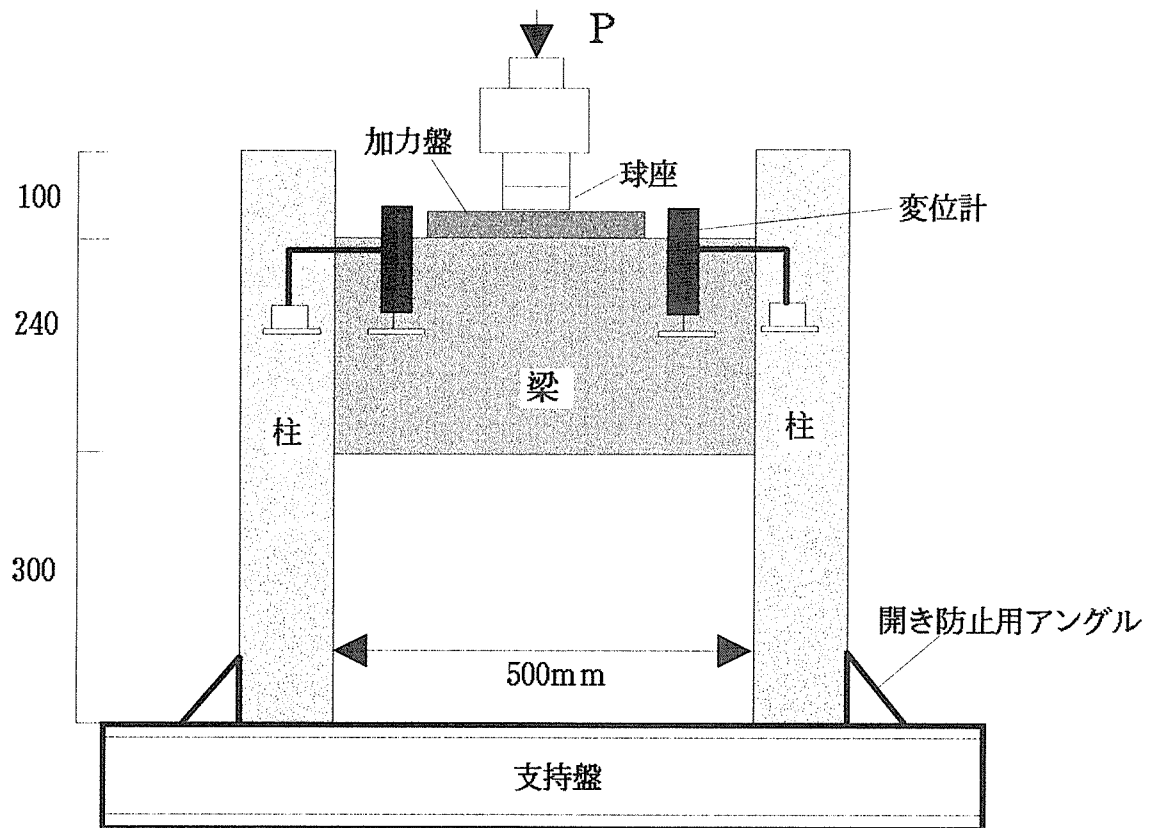
- 1、変位の計測
  - ・変位計1、2、3、4において支持梁と掛け梁の相対変位測定
- 2、支持梁の支点間距離
  - ・300cm
- 3、加力点
  - ・厚さ60mm、幅105mm、長さ300mmの硬木を当て板にして加力

図10 梁-梁接合部の圧縮せん断試験方法



- 1、変位の計測：変位計 1、2 において梁-梁間の相対変位測定
- 2、支持間距離（止め付けボルト間距離）：300 mm

図 1 1 梁-梁接合部の引張り試験方法



1、変位の計測

- ・変位計 1、2、3、4 において柱と梁の相対変位測定

図 1 2 柱—梁接合部の圧縮せん断試験方法

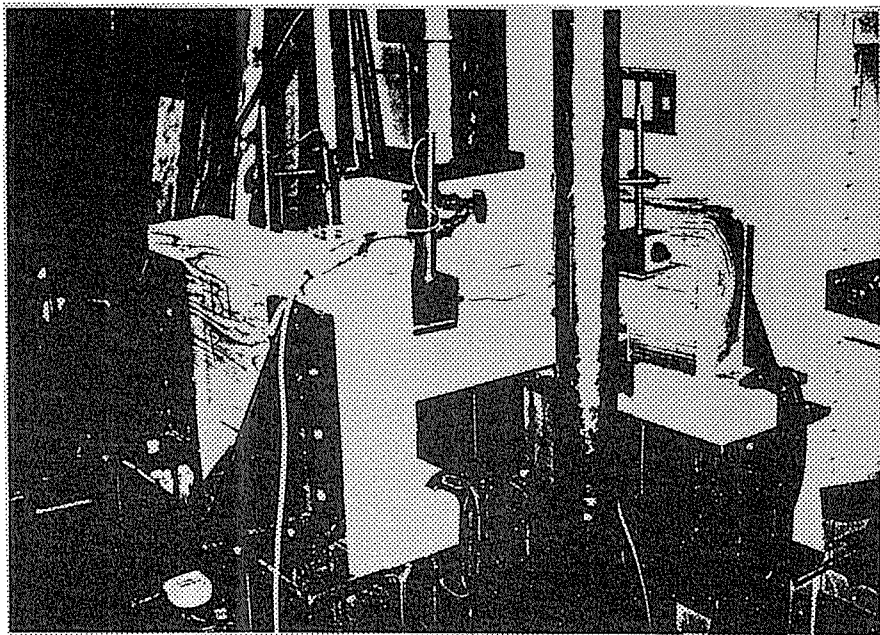


写真2 梁-梁圧縮せん断試験

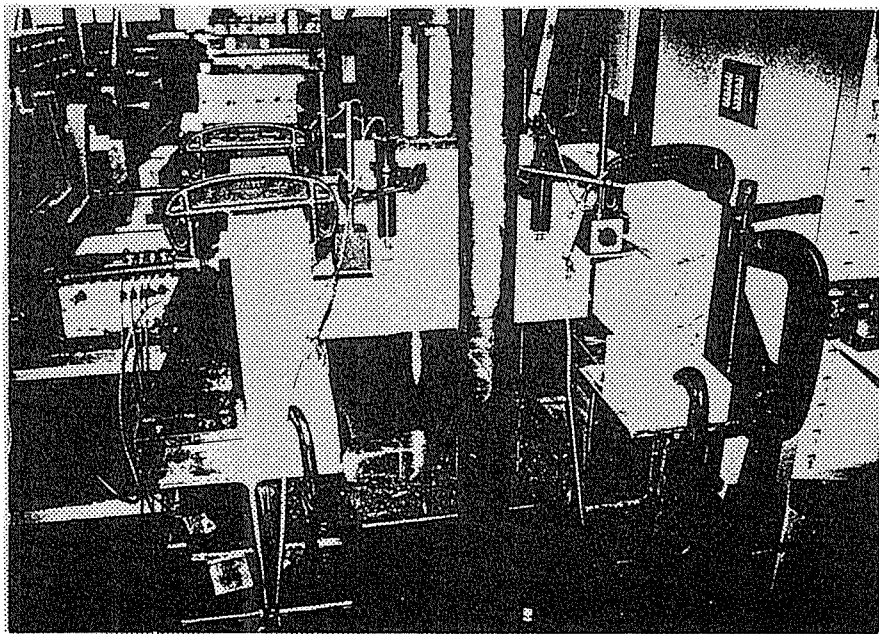


写真3 梁-梁圧縮せん断試験 (クランプ)

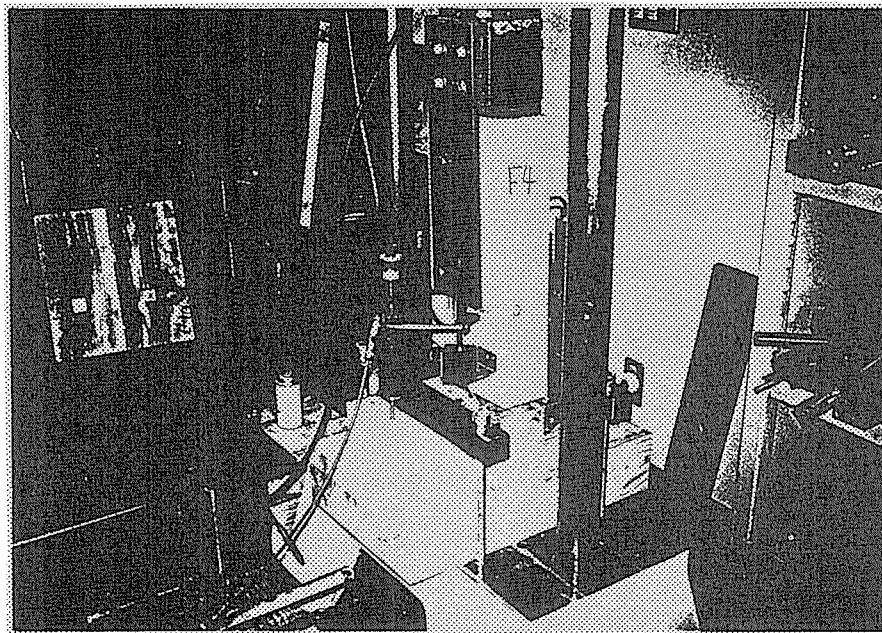


写真4 梁-梁引張り試験

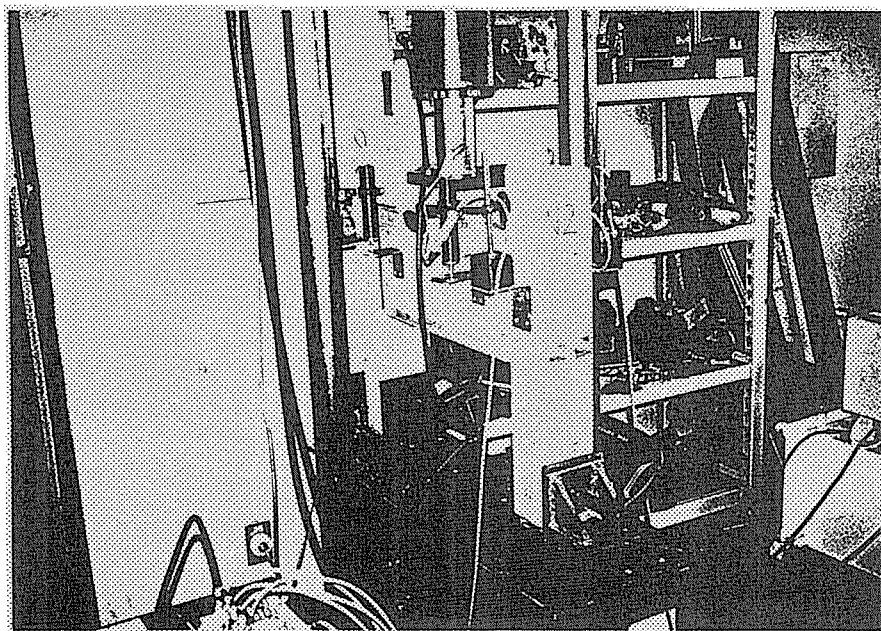


写真5 柱-梁圧縮せん断試験



## 4、 試験結果

### 4、 1 材料の比重と含水率

#### 4、 1、 1 比重

各々の試験体における比重を次に示す。

##### (1) 梁-梁接合部圧縮せん断試験体

・スギ : 0.33~0.38~0.49

・ベイマツ : 0.42~0.50~0.64

##### (2) 梁-梁接合部引張り試験体

・スギ : 0.33~0.37~0.44

・ベイマツ : 0.41~0.48~0.58

##### (3) 柱-梁接合部圧縮せん断試験体

#### 1) 柱

・スギ : 0.33~0.40~0.52

・ベイマツ : 0.40~0.52~0.63

#### 2) 梁

・スギ : 0.31~0.36~0.42

・ベイマツ : 0.43~0.50~0.57

#### 4、 1、 2 含水率

各々の試験体における含水率を次に示す。

##### (1) 梁-梁接合部圧縮せん断試験体

・スギ : 41~54~90%

・ベイマツ : 24~26~31%

##### (2) 梁-梁接合部引張り試験体

・スギ : 40~59~85%

・ベイマツ : 24~26~32%

##### (3) 柱-梁接合部圧縮せん断試験体

#### 1) 柱

・スギ : 36~38~43%

・ベイマツ : 24~26~37%

#### 2) 梁

・スギ : 49~75~124%

・ベイマツ : 26~27~28%

## 4、2 荷重と変位の関係

### 4、2、1 梁-梁圧縮せん断試験

各々の試験体における荷重と相対変位曲線を図13～図20に示す。なお、変位は4個の変位計の平均値を示す。また、主要変位時の荷重を表2～表9に示す。

### 4、2、2 梁-梁引張り試験

各々の試験体における荷重と相対変位曲線を図21～図24に示す。なお、変位は2個の変位計の平均値を示す。また、主要変位時の荷重を表10～表13に示す。

### 4、2、3 柱-梁圧縮せん断試験

各々の試験体における荷重と相対変位曲線を図25～図28に示す。なお、変位は4個の変位計の平均値を示す。また、主要変位時の荷重を表14～表17に示す。

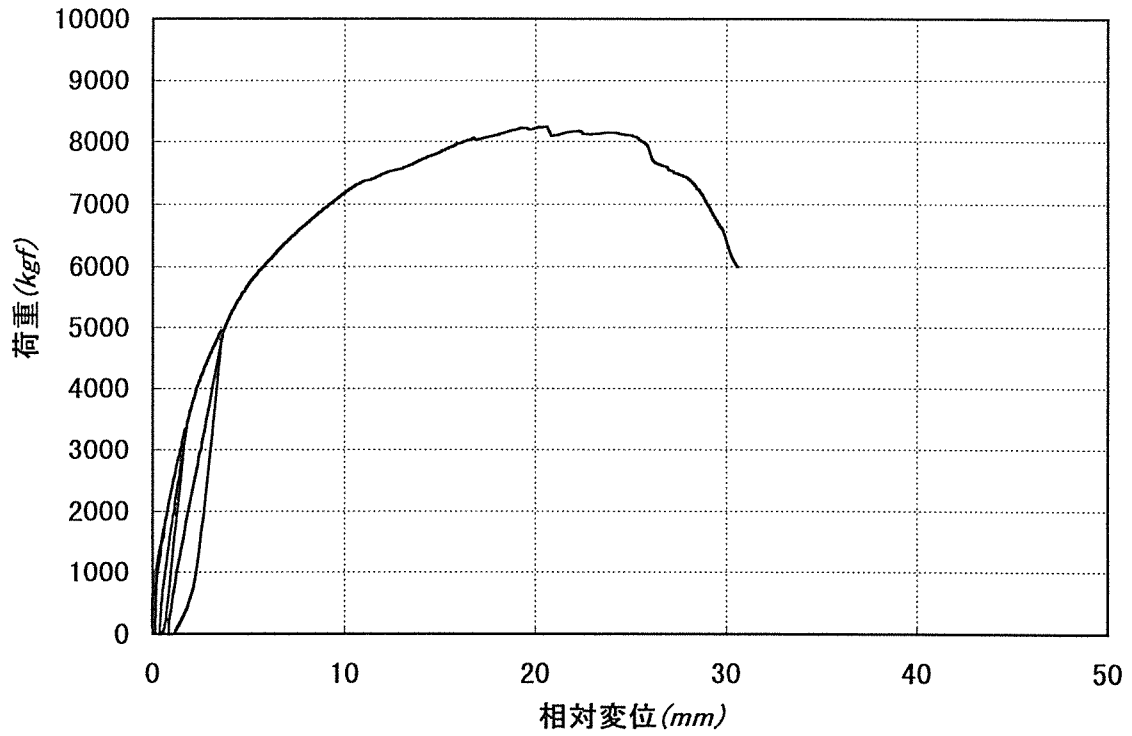
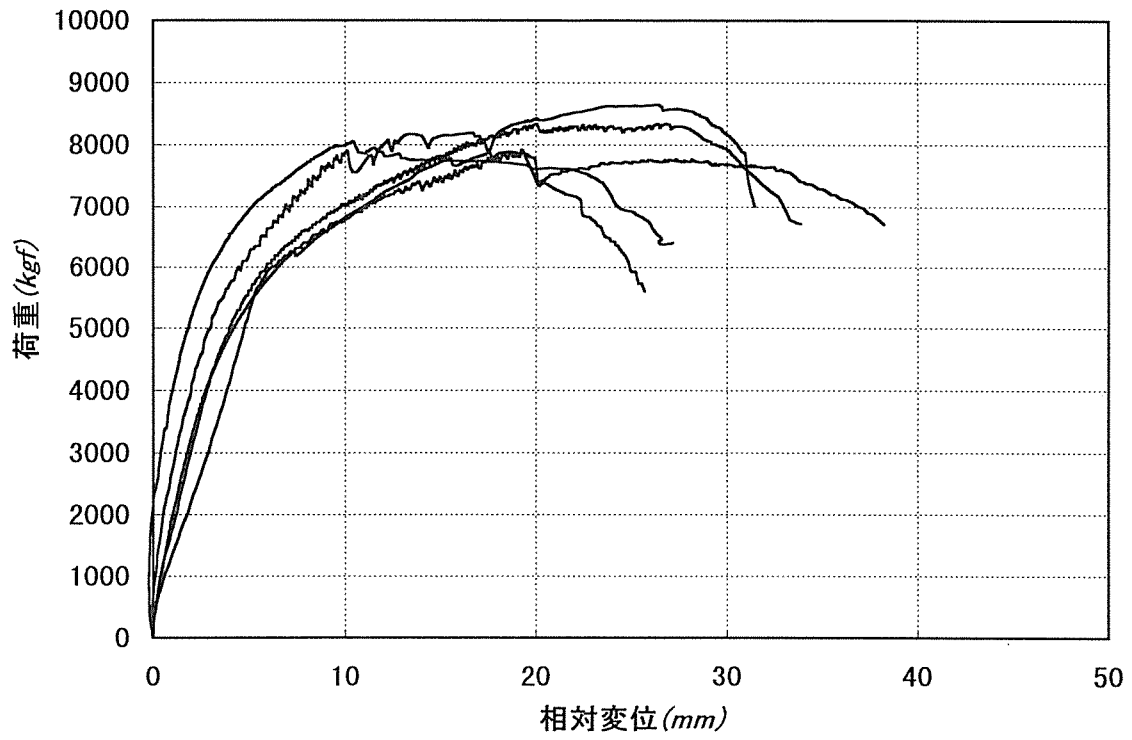


図13 梁-梁圧縮順せん断加力における荷重-変位曲線  
(スギ、外付け金物)A

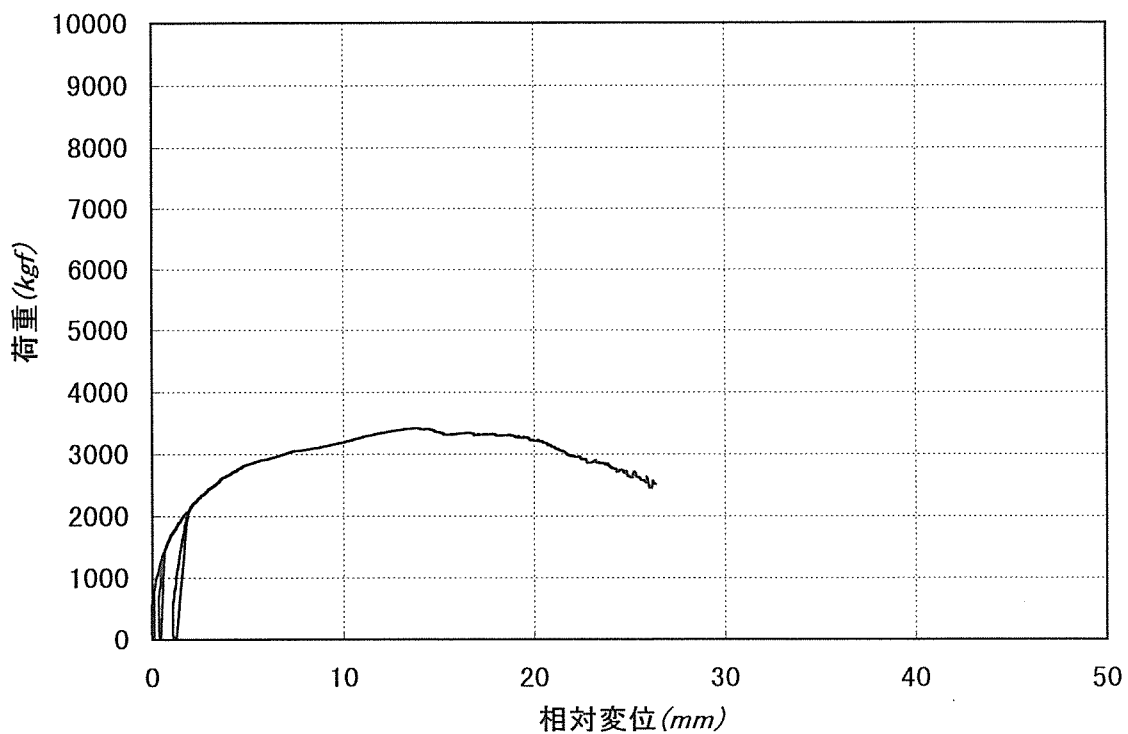
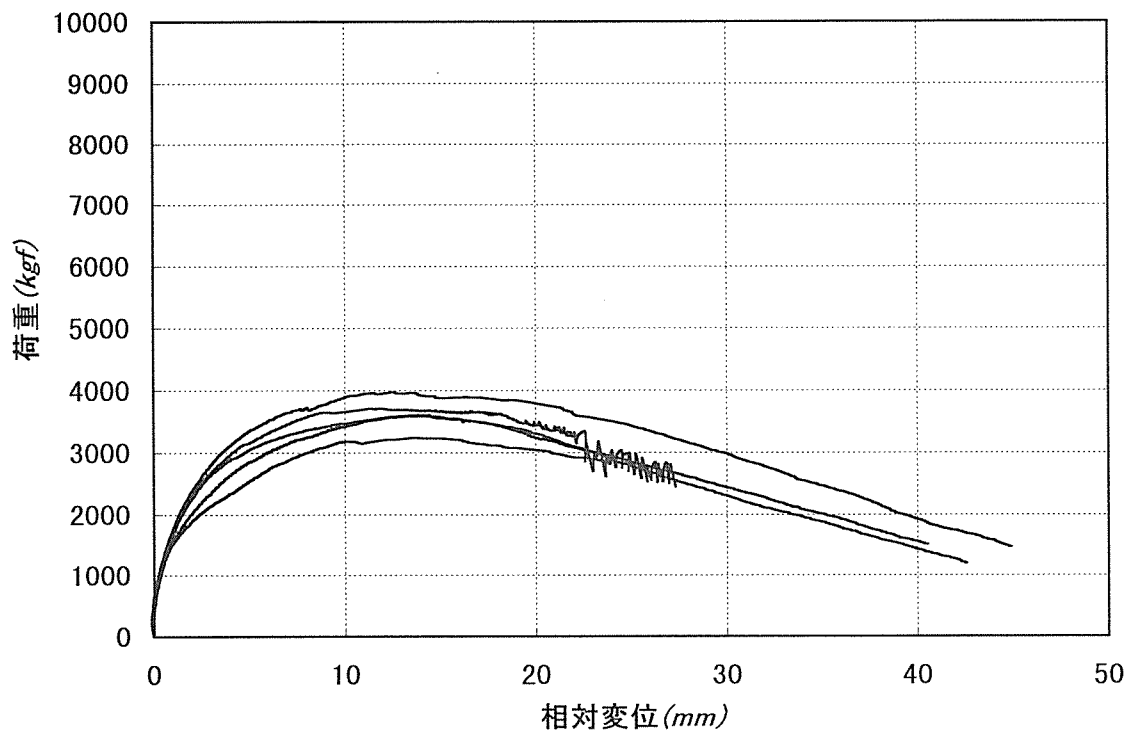


図14 梁-梁圧縮逆せん断加力における荷重-変位曲線  
(スギ、外付け金物)B

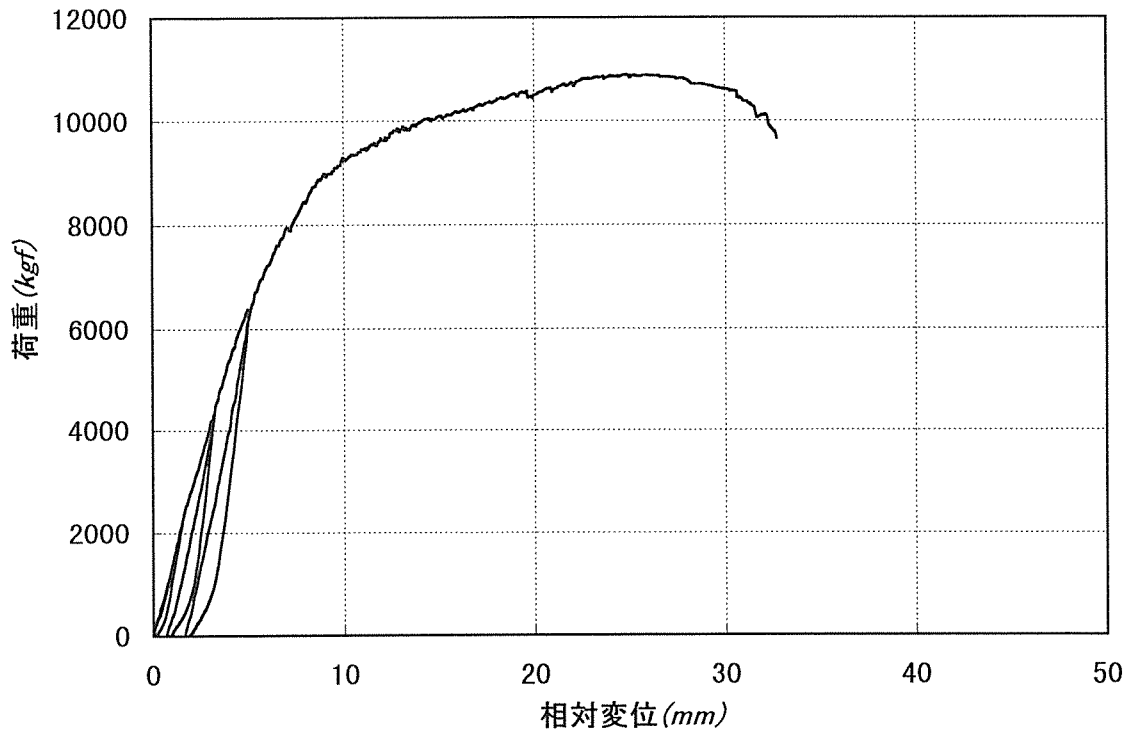
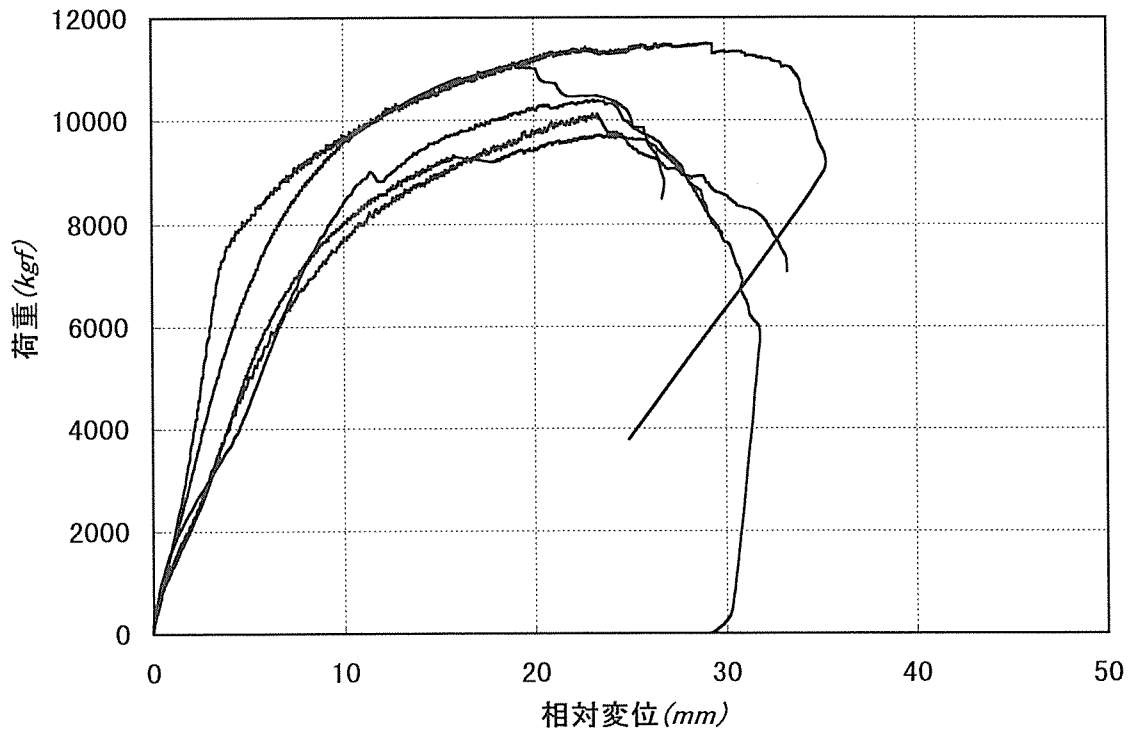


図15 梁-梁圧縮順せん断加力における荷重-変位曲線  
(ペイマツ、外付け金物)D

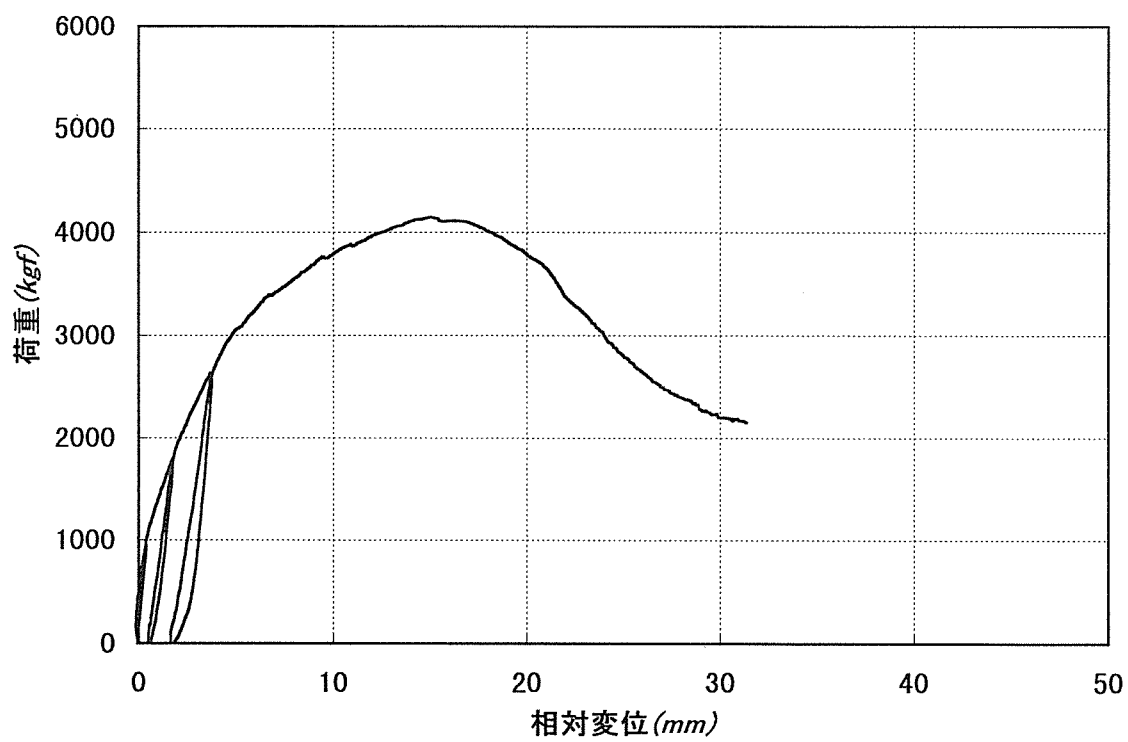
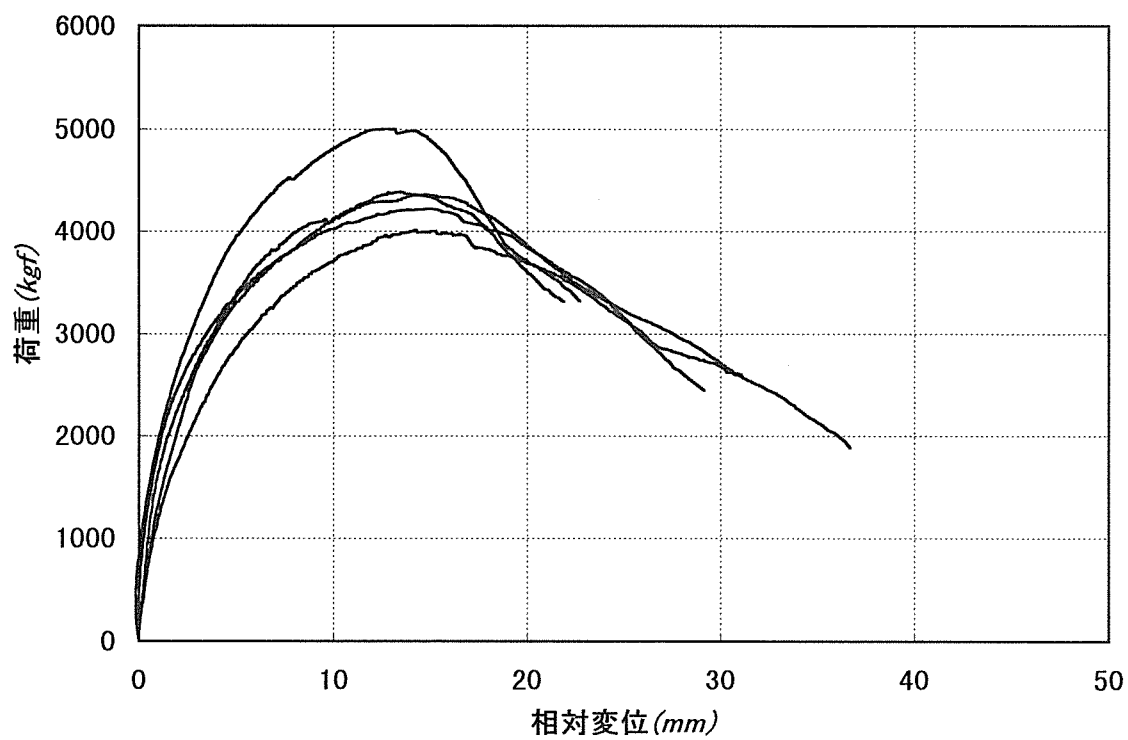


図16 梁-梁圧縮逆せん断加力における荷重-変位曲線  
(ペイマツ、外付け金物)E

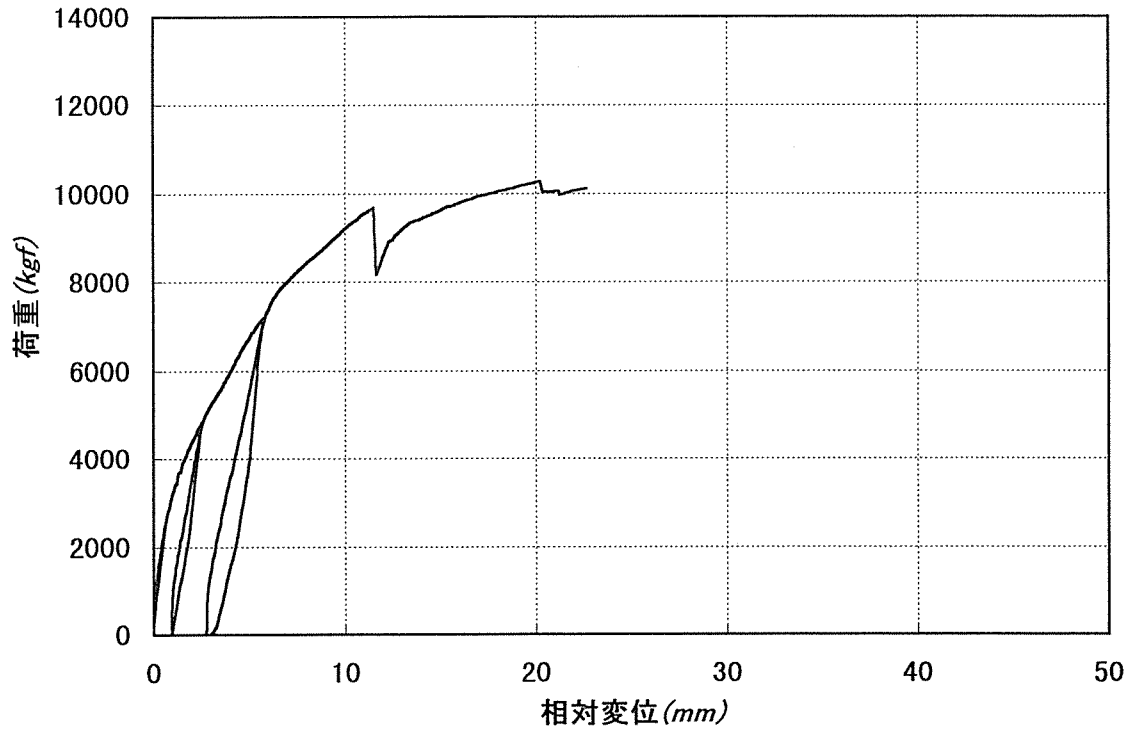
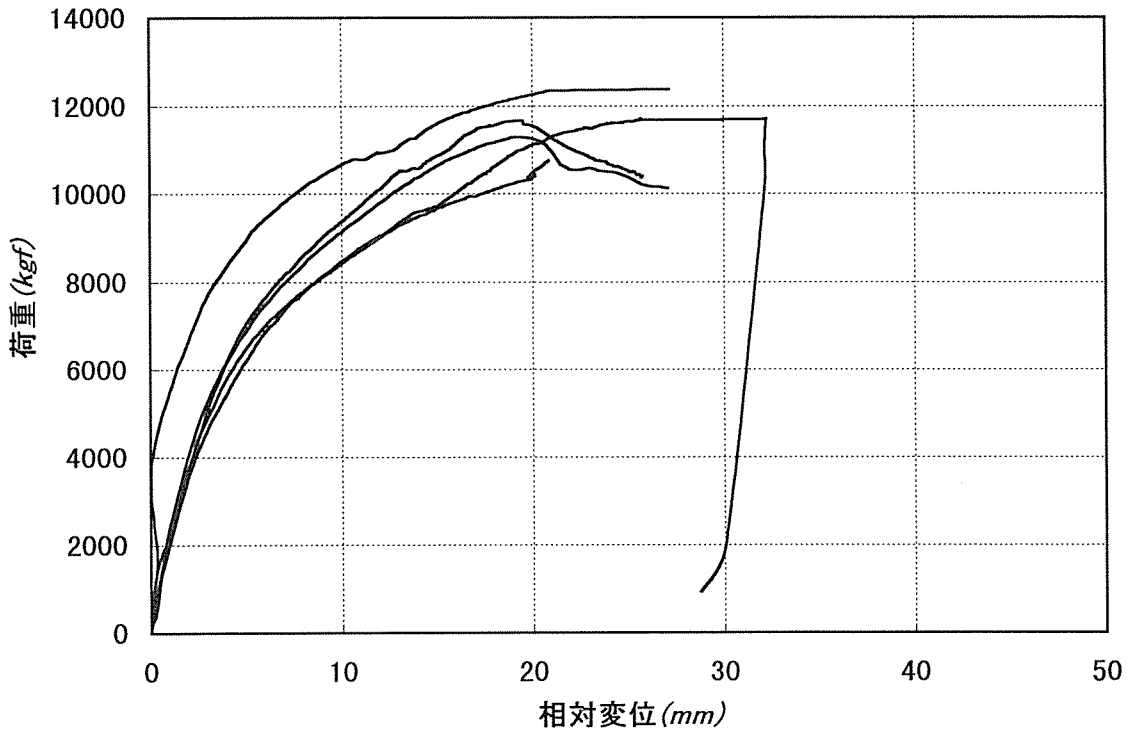


図17 梁-梁圧縮順せん断加力における荷重-変位曲線  
(スギ、センターウェブ金物)G

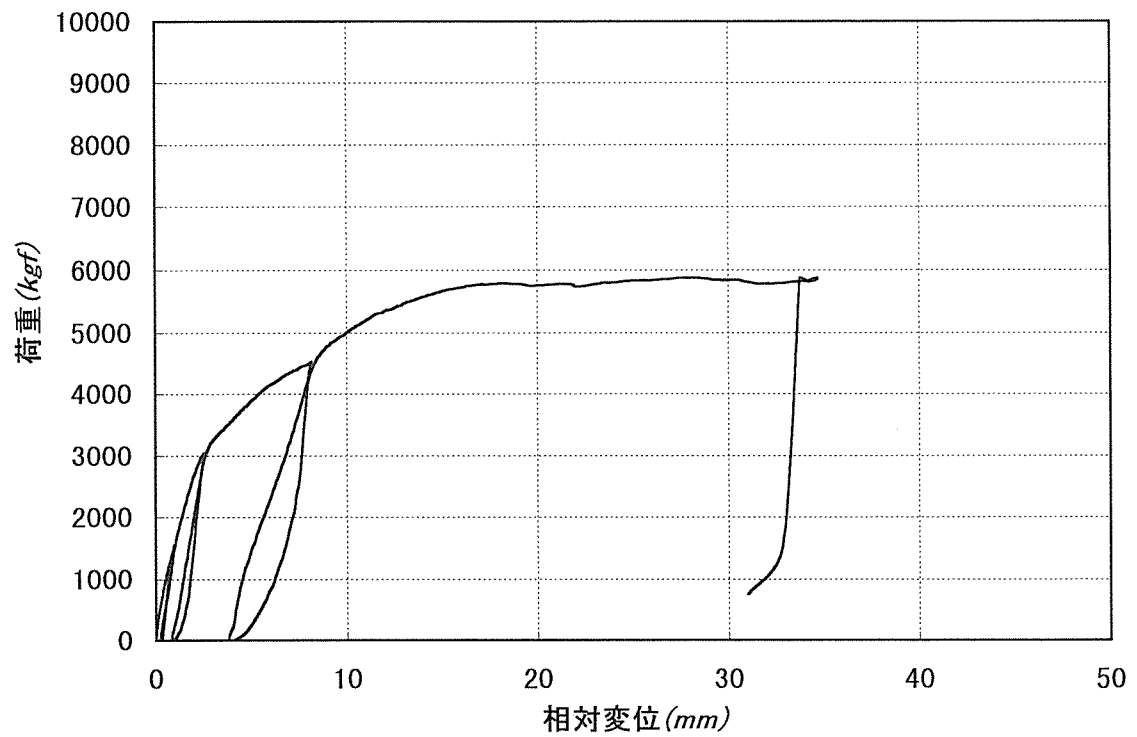
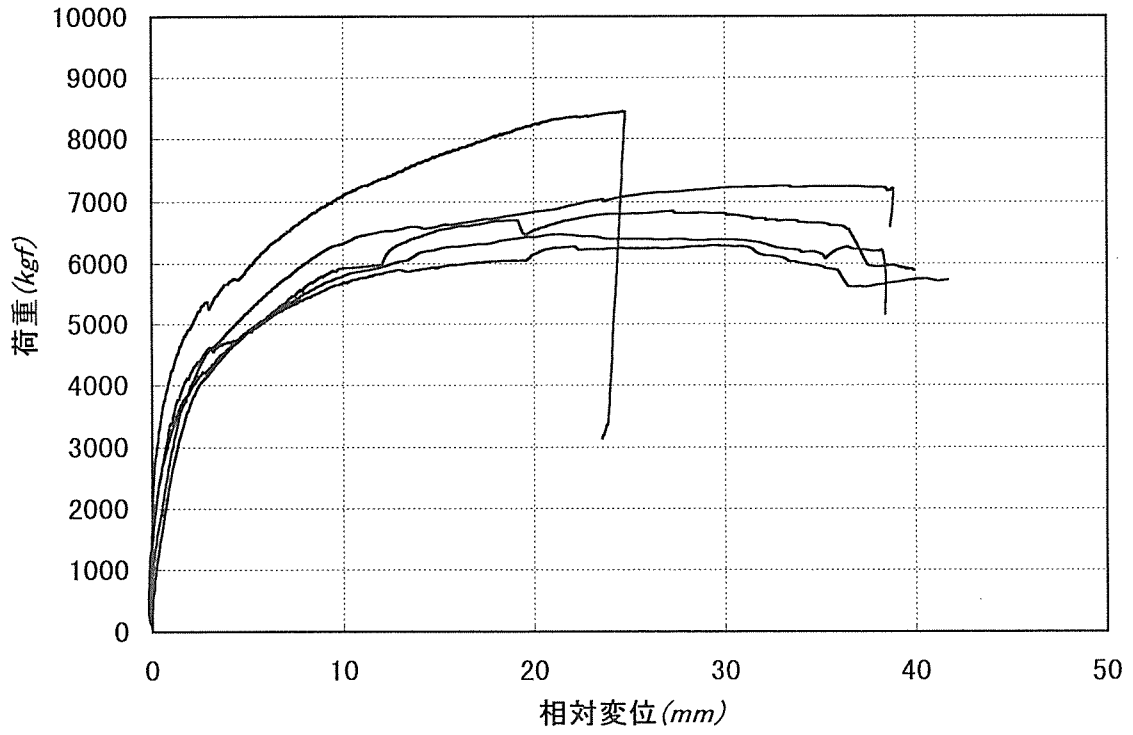


図18 梁-梁圧縮逆せん断加力における荷重-変位曲線  
(スギ、センターウェブ金物)H



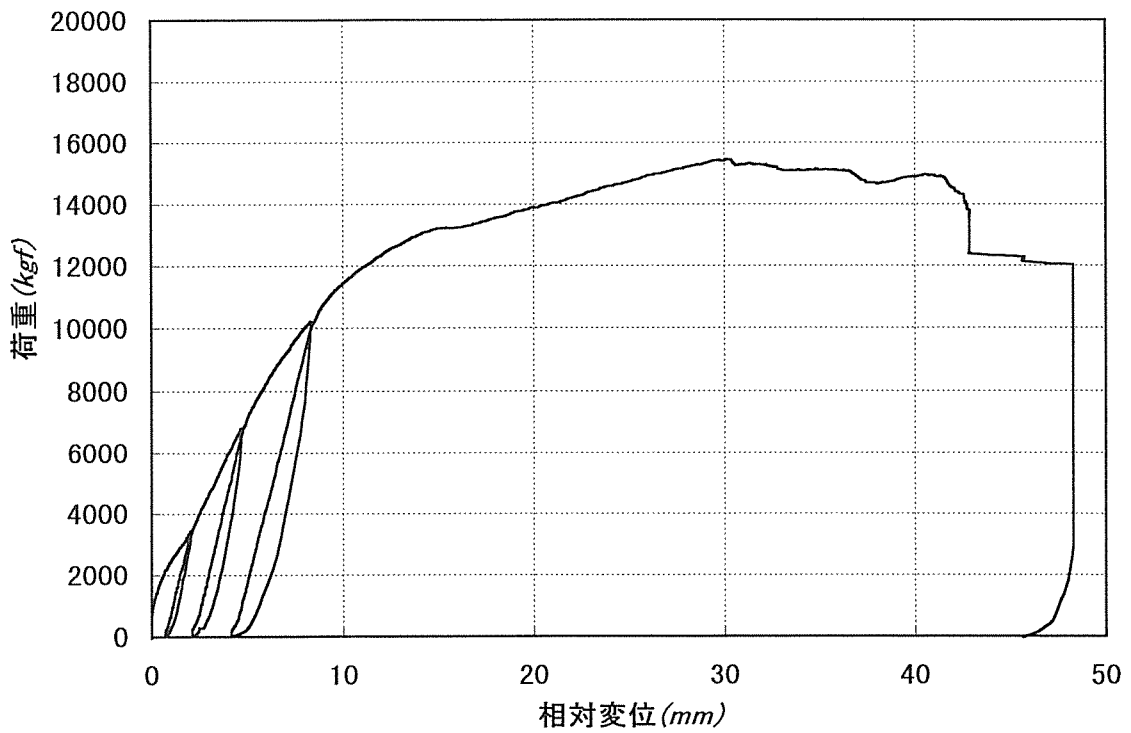
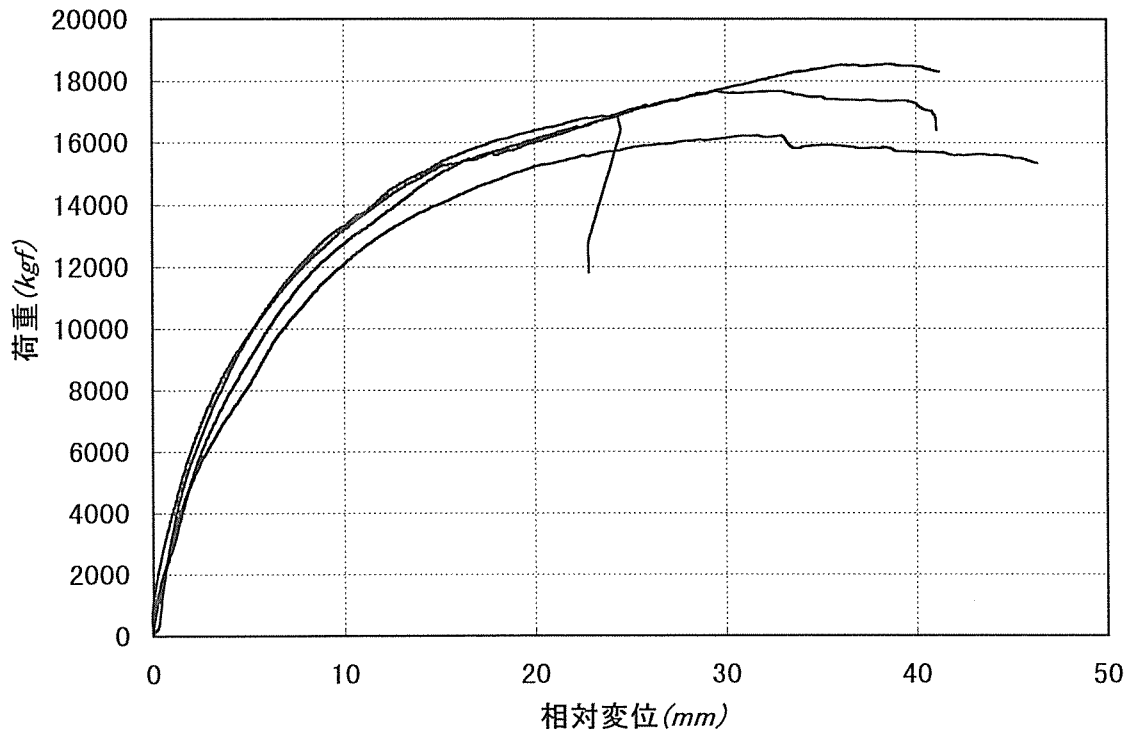


図19 梁-梁圧縮順せん断加力における荷重-変位曲線  
(ペイマツ、センターウェブ金物)J

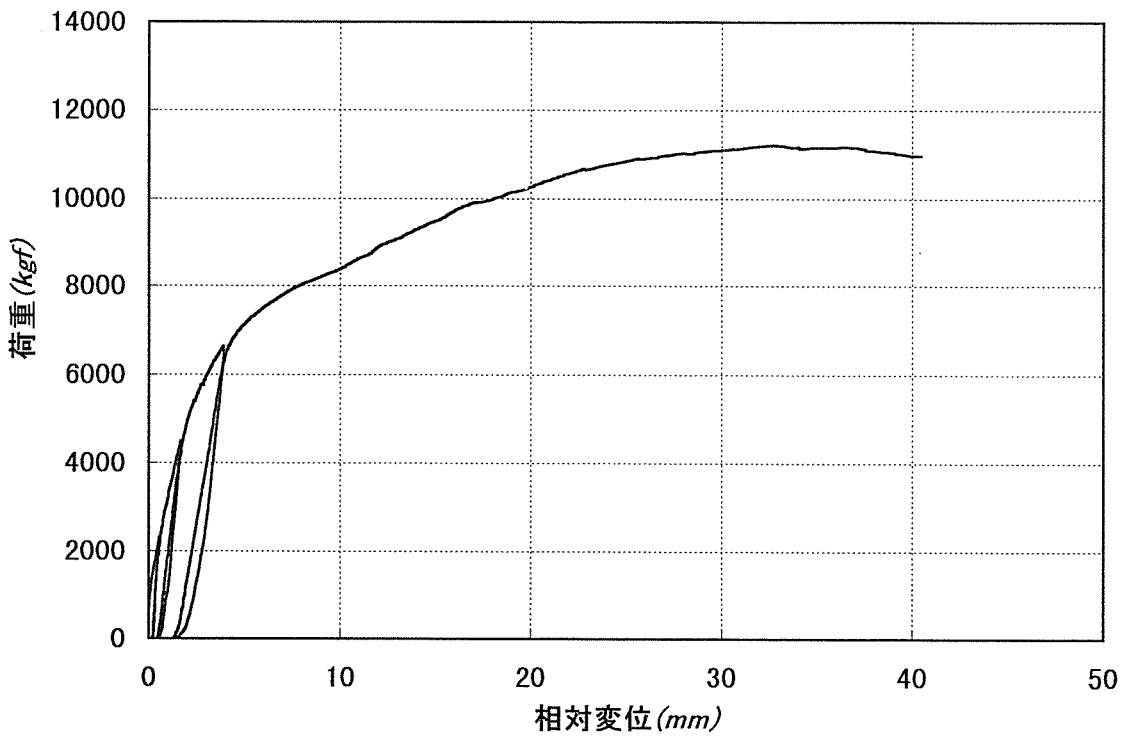
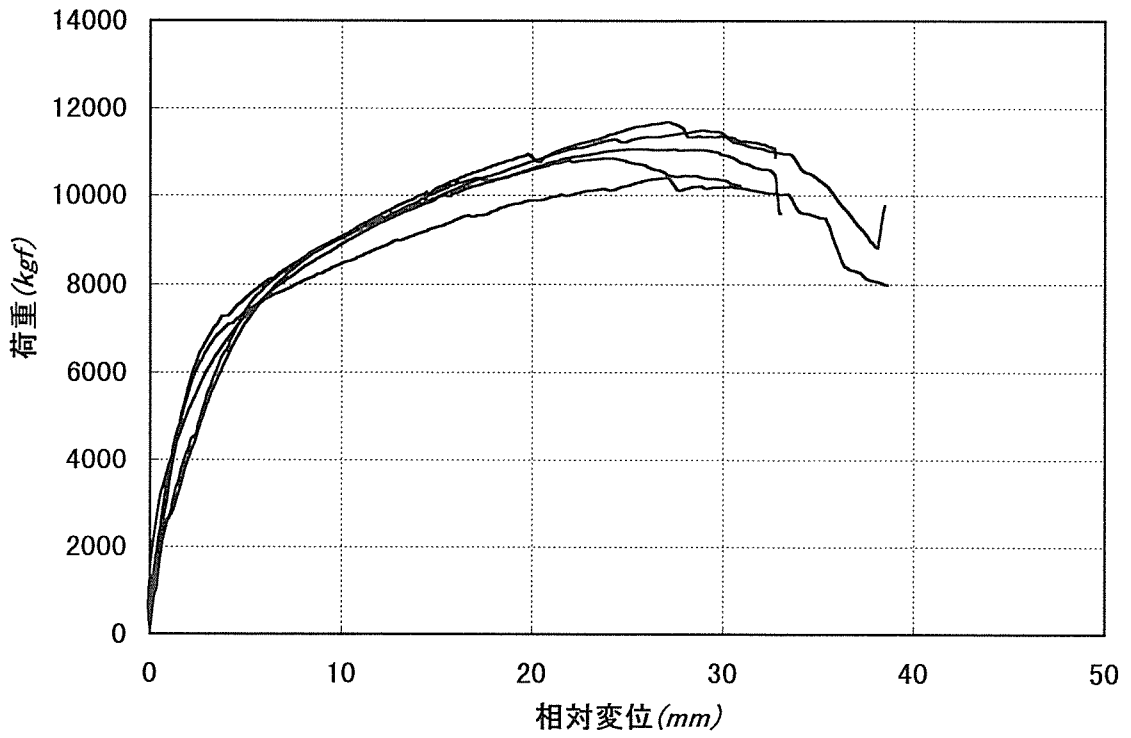


図20 梁-梁圧縮逆せん断加力における荷重-変位曲線  
(ベイマツ、センターウェブ金物)K

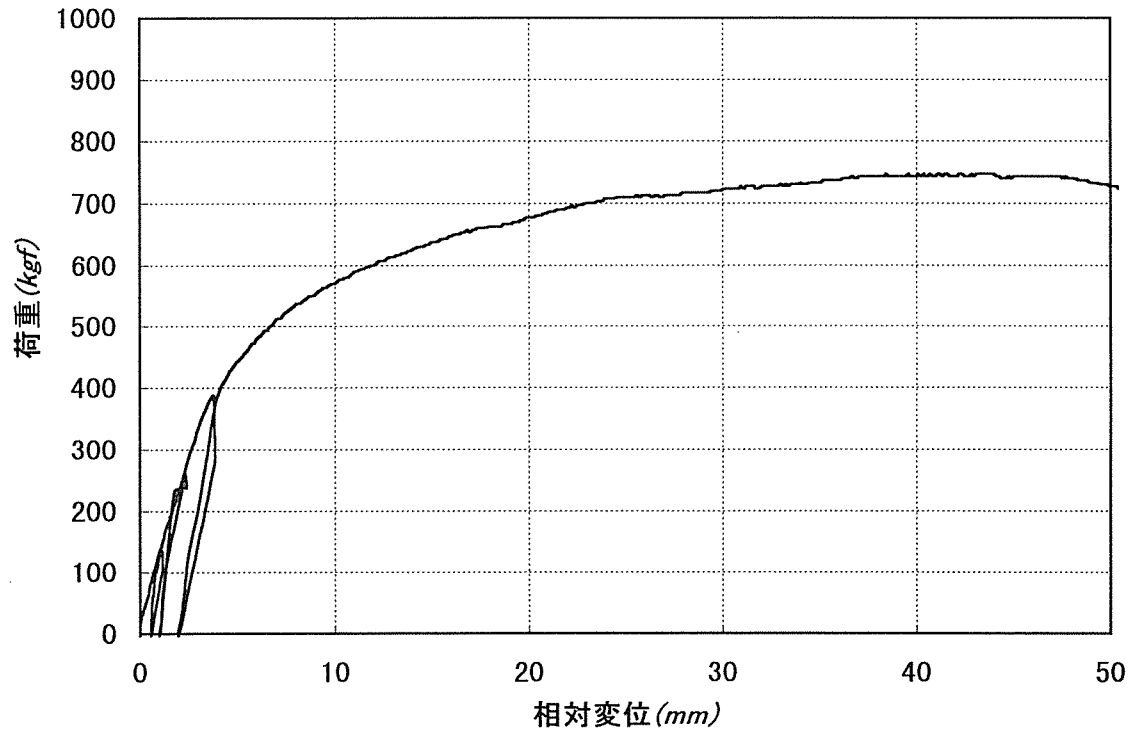
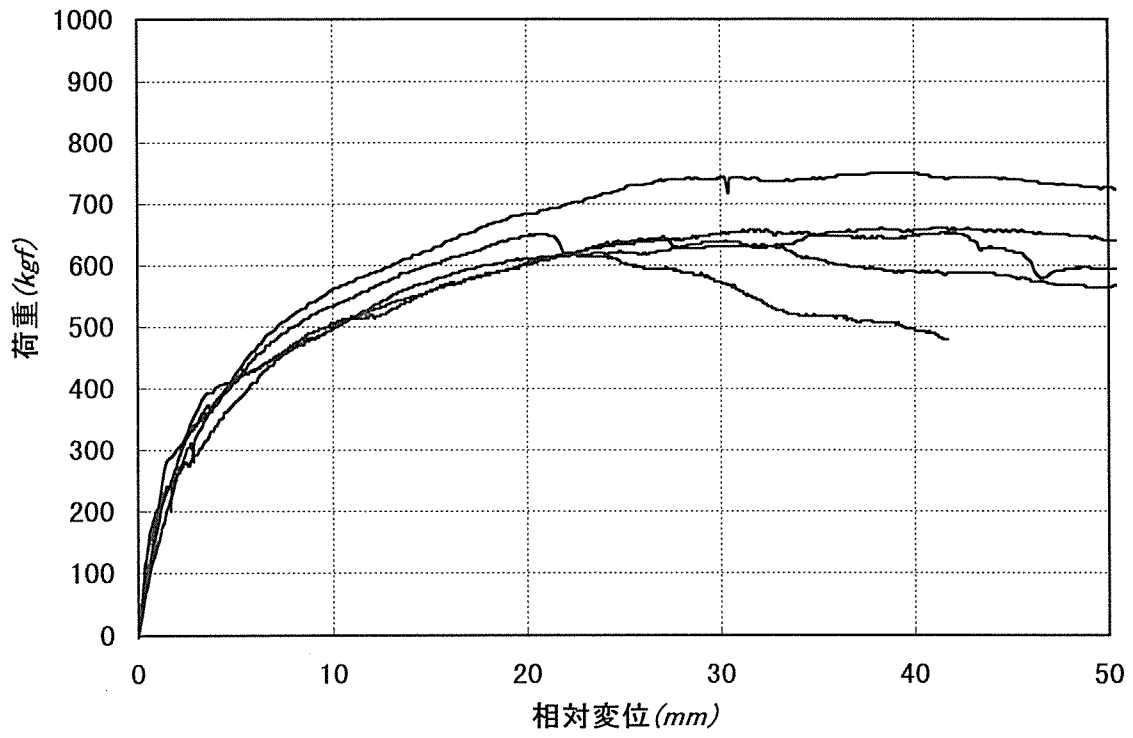


図21 梁—梁引張り加力における荷重—変位曲線  
(スギ、外付け金物)C

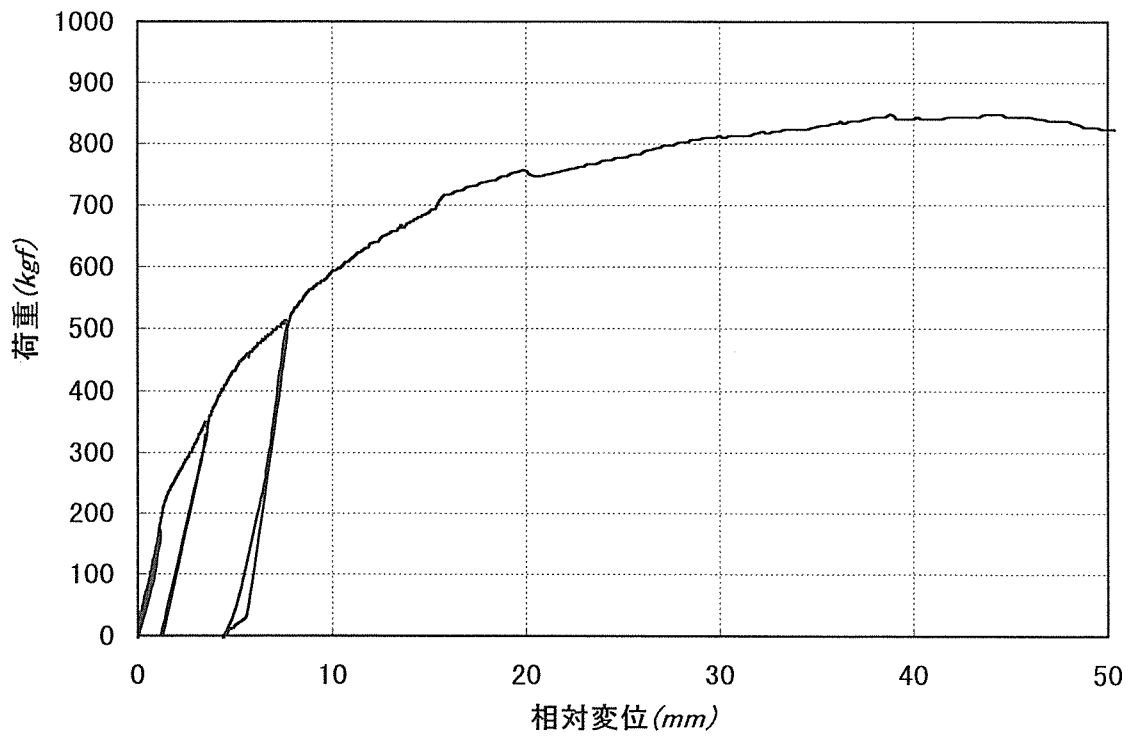
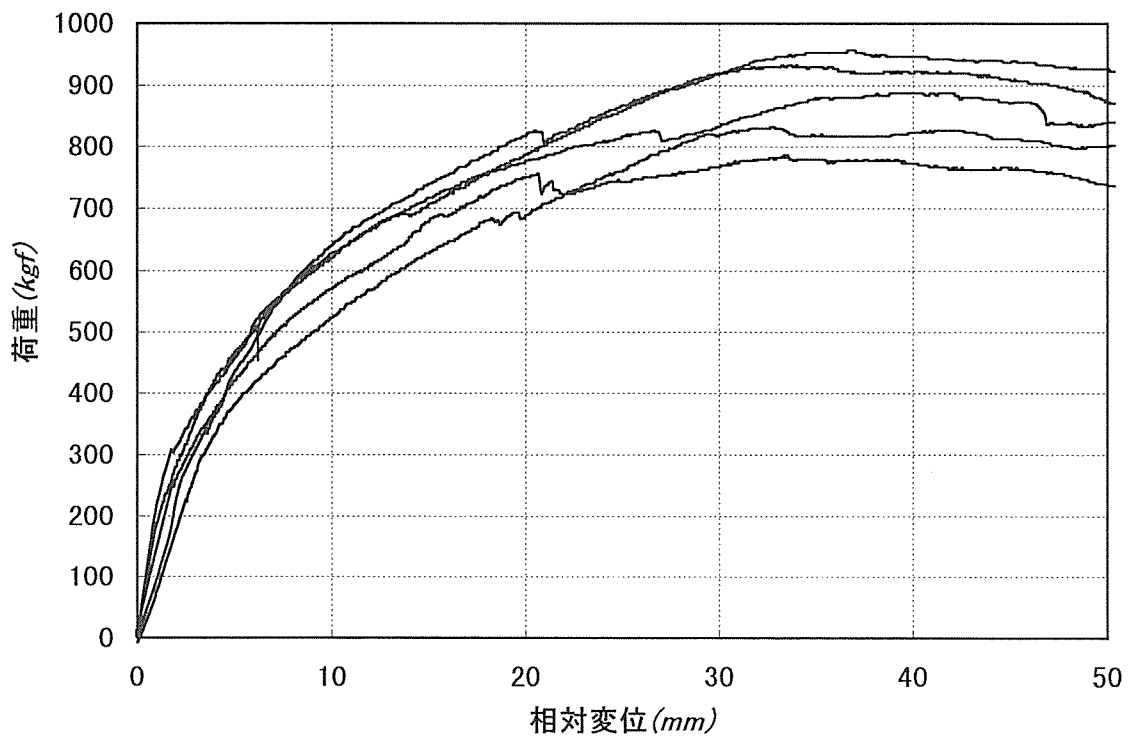


図22 梁-梁引張り加力における荷重-変位曲線  
(ペイマツ、外付け金物)F

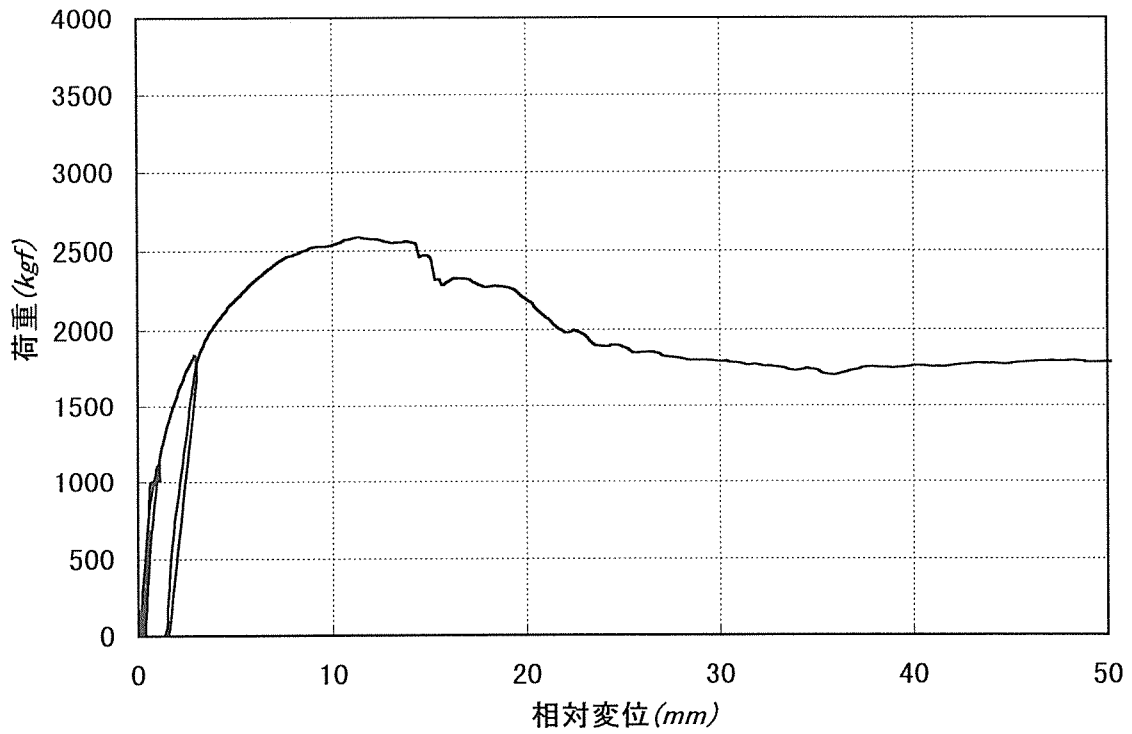
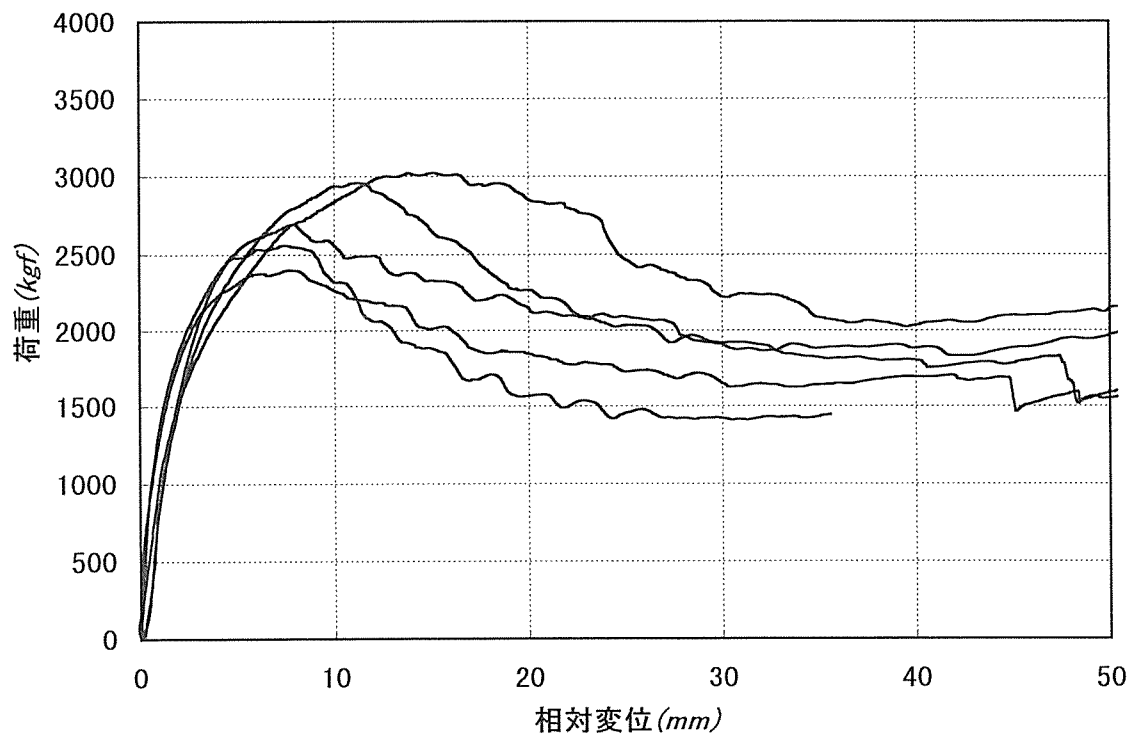


図23 梁-梁引張り加力における荷重-変位曲線  
(スギ、センターウェブ金物)I

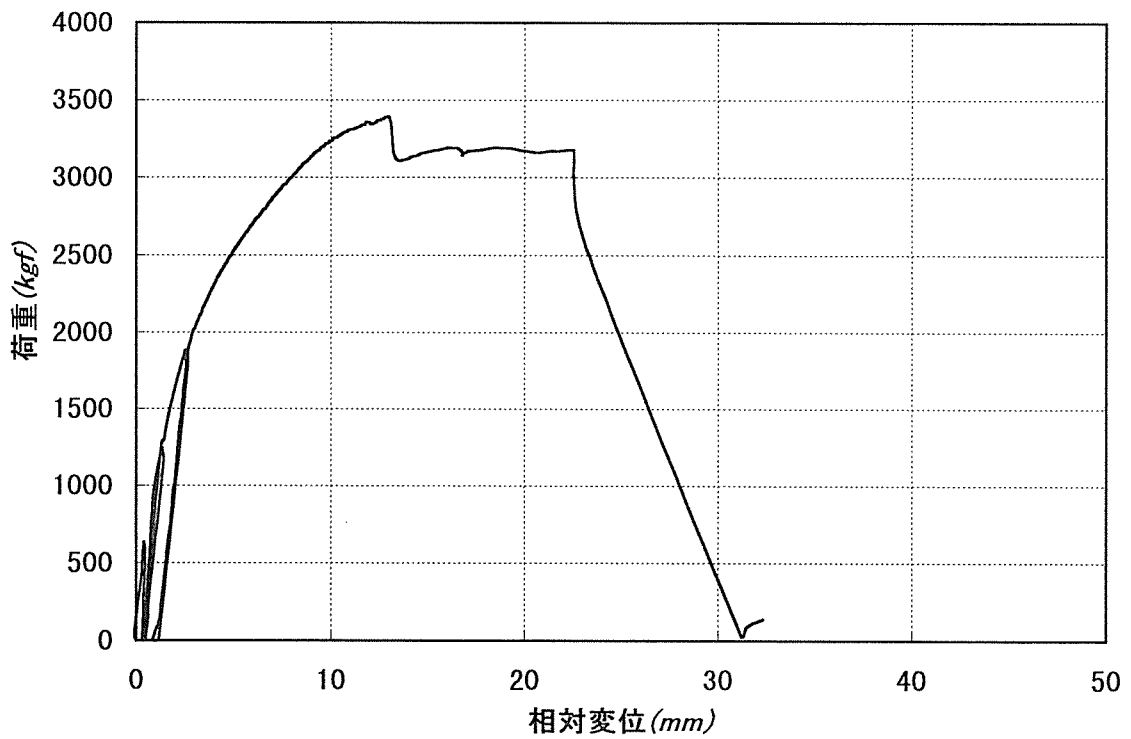
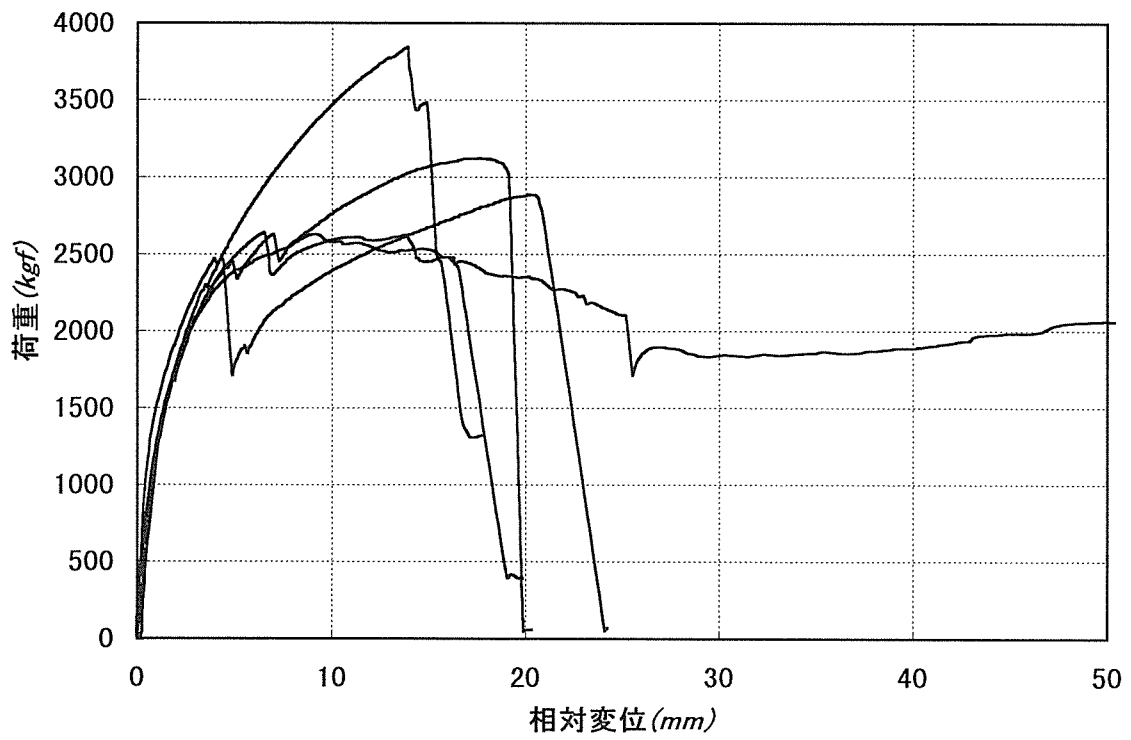


図24 梁-梁引張り加力における荷重-変位曲線  
(ペイマツ、センターウェブ金物)L

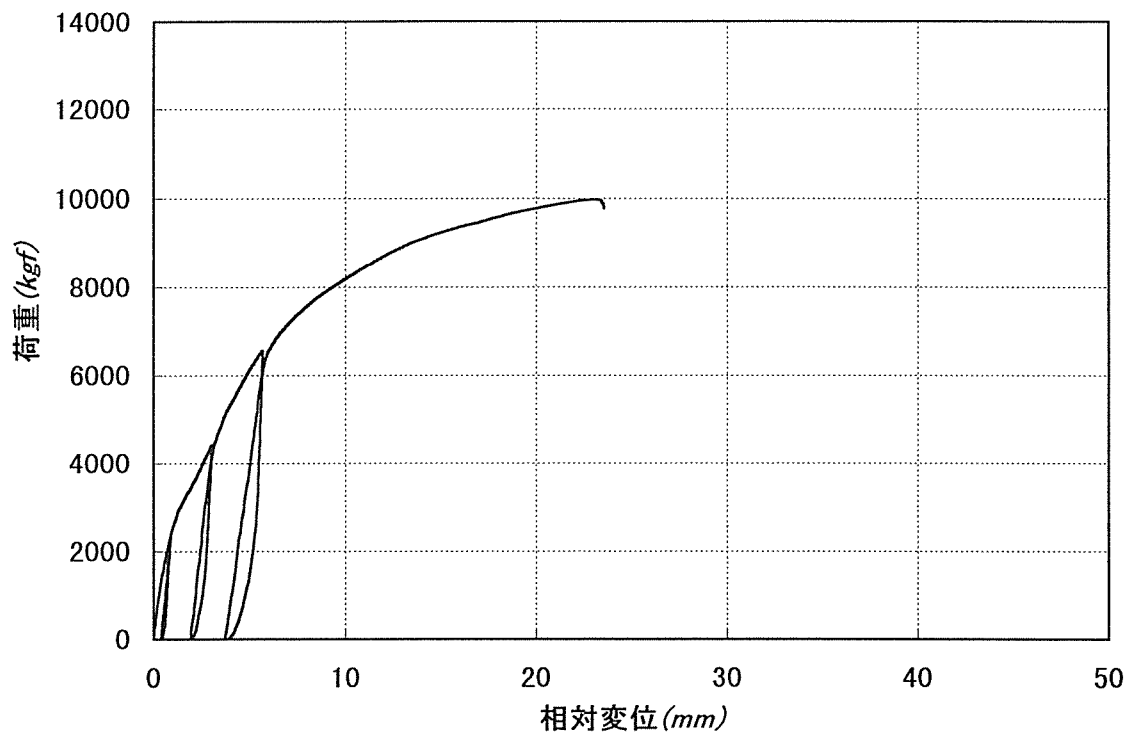
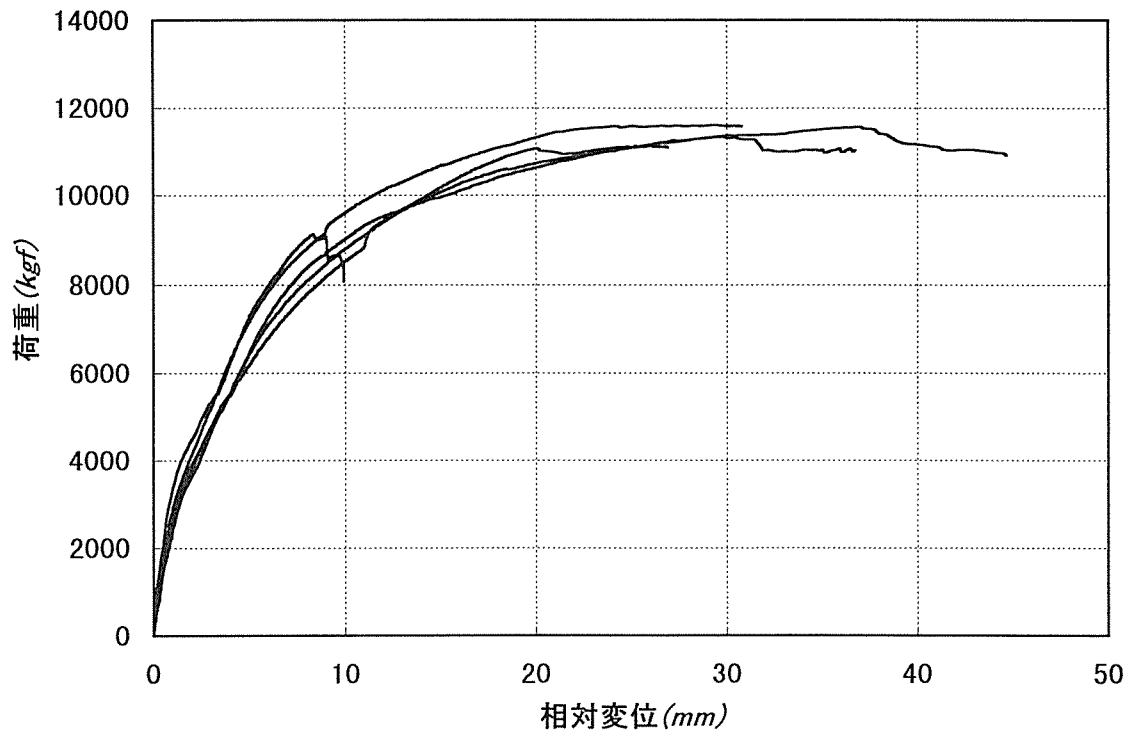


図25 柱-梁圧縮順せん断加力における荷重-変位曲線  
(スギ、センターウェブ金物)M

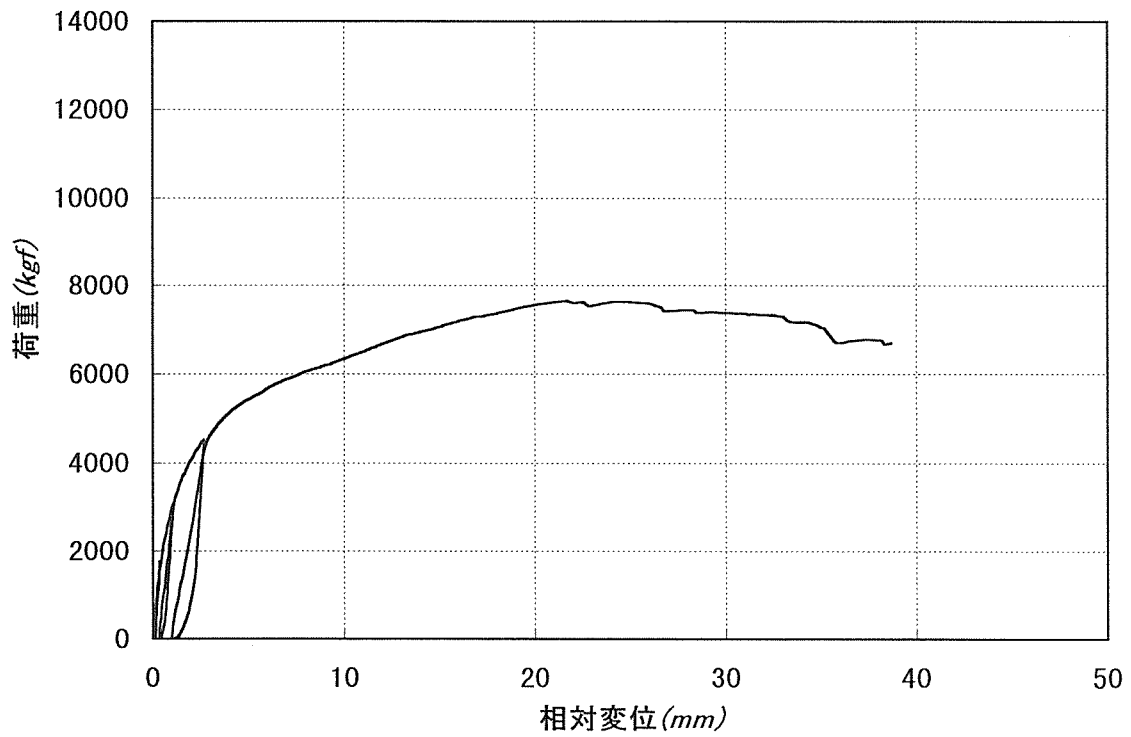
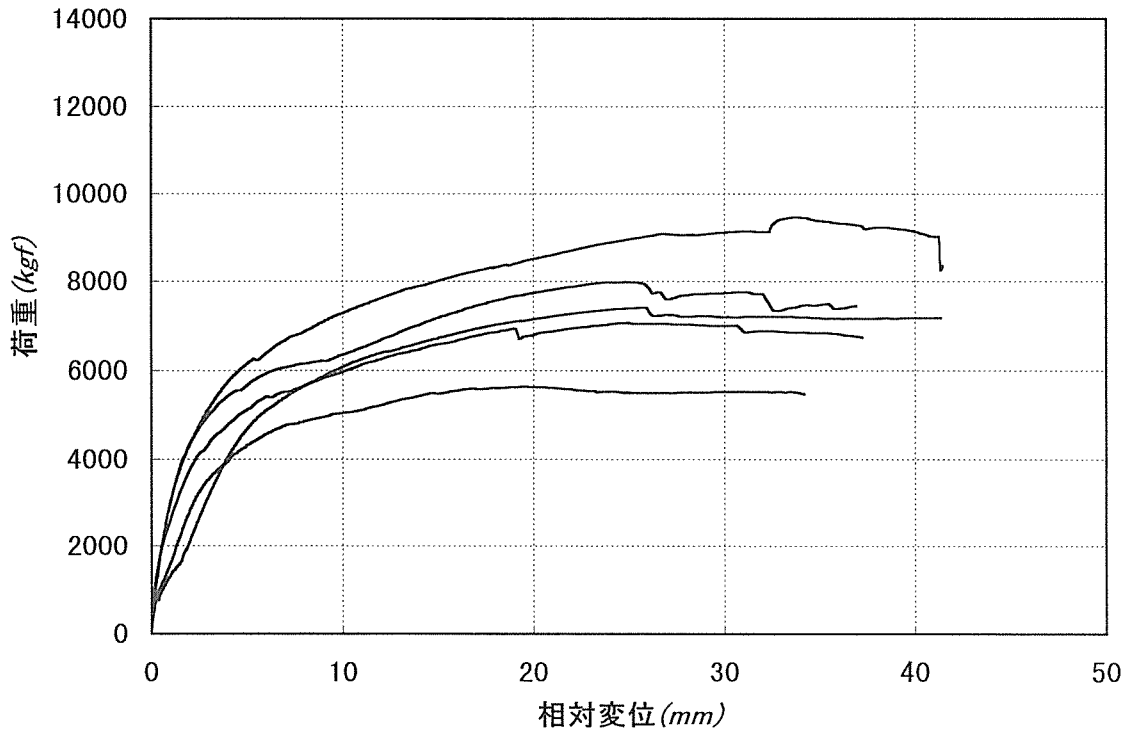


図26 柱-梁圧縮逆せん断加力における荷重-変位曲線  
(スギ、センターウェブ金物)N



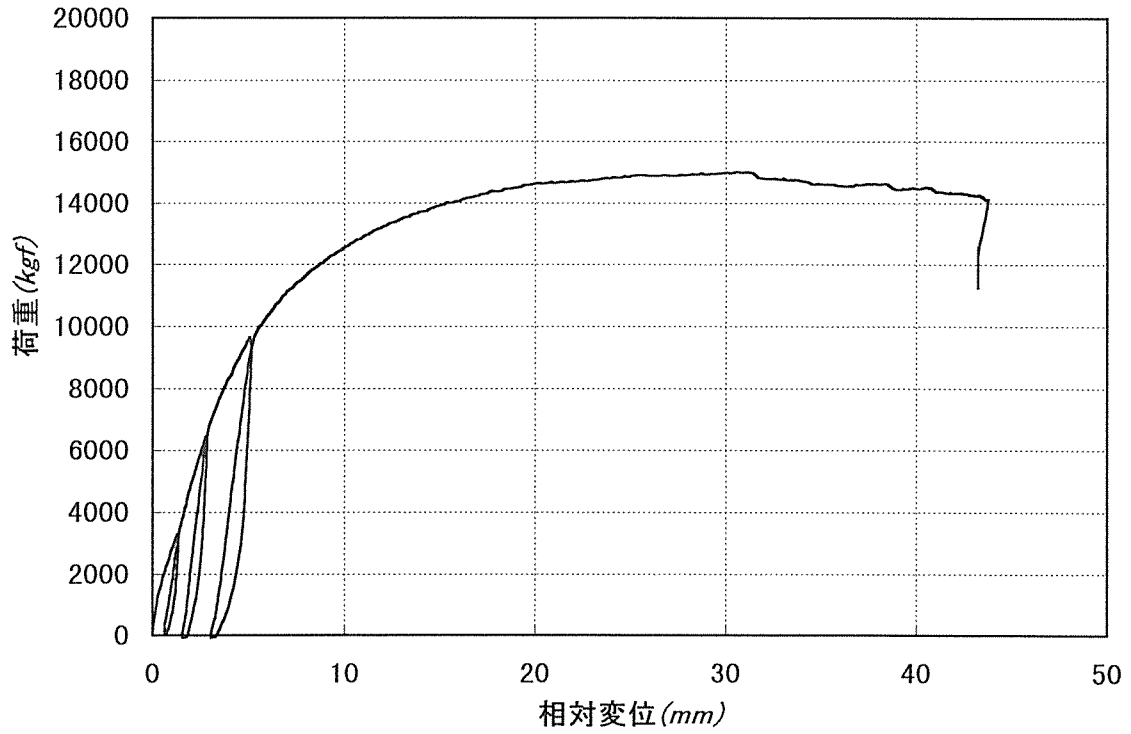
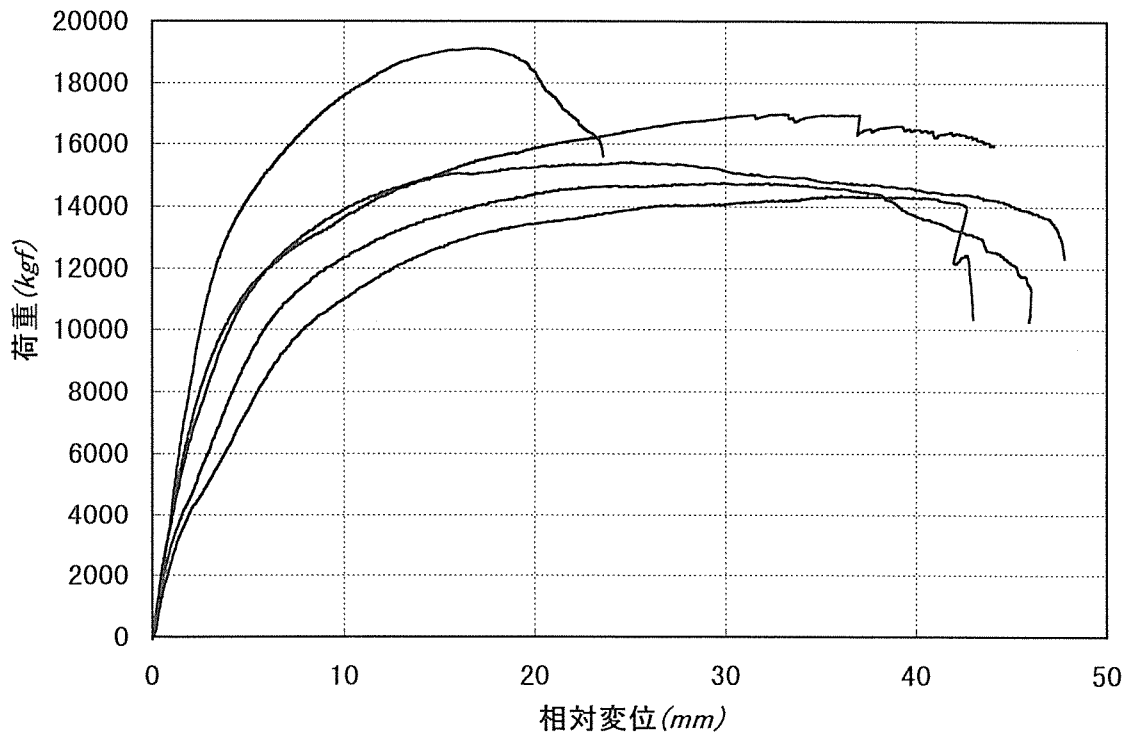


図27 柱—梁圧縮順せん断加力における荷重—変位曲線  
(ペイマツ、センターウェブ金物)○

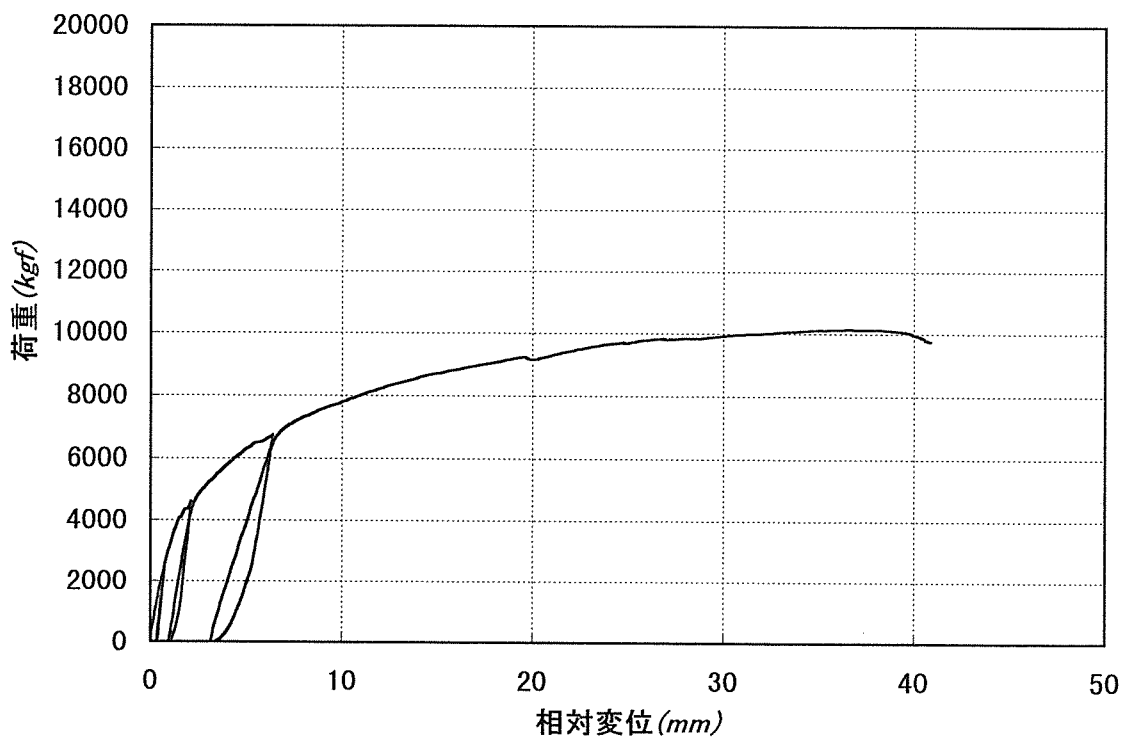
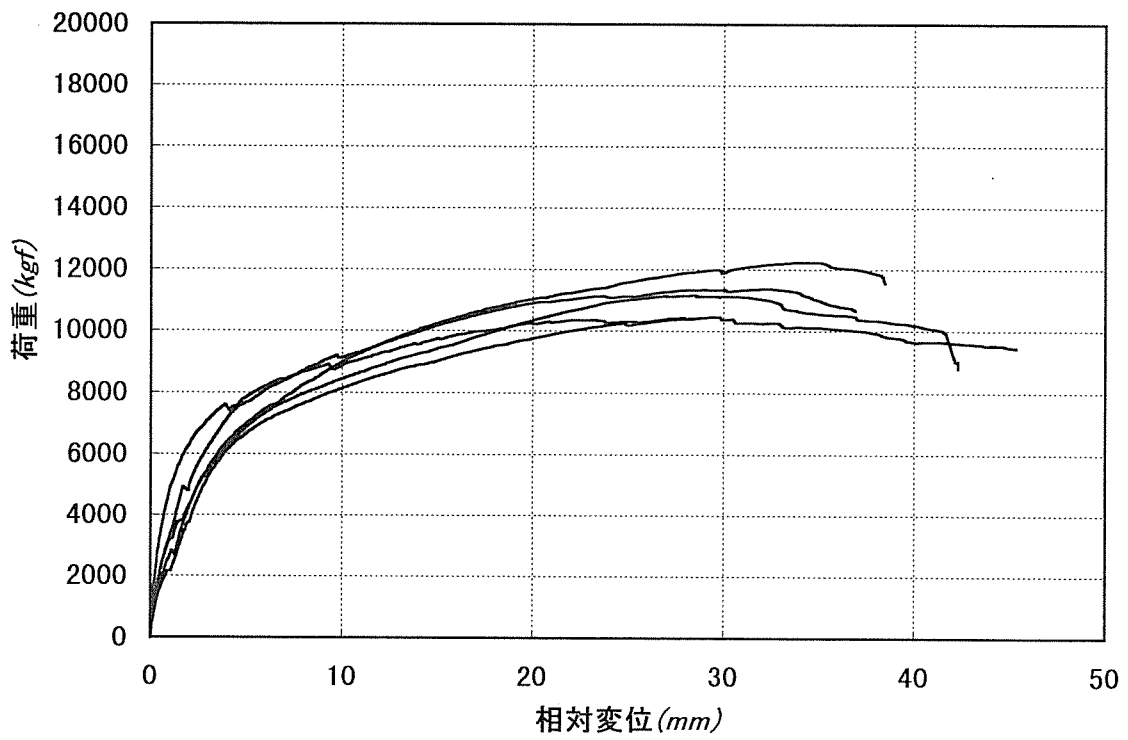


図28 柱-梁圧縮逆せん断加力における荷重-変位曲線  
(ペイマツ、センターウェブ金物)P

表2 梁—梁圧縮順せん断加力における主要変位時の荷重  
(スギ、外付けタイプ金物) A

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1983	3287	4220	4890	5403	4320	3.12	8640	26.38
2	1310	2073	3020	4050	5153	3959	3.75	7917	19.28
3	2627	3940	5030	5720	6187	4095	1.93	8190	16.54
4	3980	5147	5960	6530	6930	4029	0.98	8057	10.44
5	1657	2950	4220	5023	5607	4169	2.92	8337	20.04
6	2403	3677	4587	5190	5703	4119	2.42	8237	20.57
Ave	2311	3479	4490	5243	5856	4114	2.54	8228	18.54
SD	859	942	891	762	584	113	0.89	227	4.78

表3 梁—梁圧縮逆せん断加力における主要変位時の荷重  
(スギ、外付けタイプ金物) B

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1543	2017	2320	2633	2847	1804	1.47	3607	14.08
2	1530	1877	2143	2333	2540	1620	1.16	3240	13.67
3	1753	2360	2800	3123	3353	1985	1.27	3970	12.52
4	1660	2250	2633	2883	3037	1795	1.12	3590	14.12
5	1727	2267	2673	2960	3153	1855	1.13	3710	11.23
6	1663	2117	2430	2657	2830	1709	1.03	3417	13.67
Ave	1643	2154	2514	2786	2986	1812	1.23	3623	13.12
SD	84	164	224	257	259	114	0.14	228	1.03

表4 梁—梁圧縮順せん断加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、外付けタイプ金物) D

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1213	2070	2967	4097	5110	4854	4.68	9707	23.37
2	1667	2987	4523	5700	6733	5537	3.80	11073	19.03
3	1360	2120	3103	3987	4920	5054	5.19	10107	23.08
4	1660	3617	5987	7587	8100	5750	2.85	11500	29.04
5	1623	2290	2957	3507	4383	5189	5.74	10377	23.12
6	1437	2820	4140	5413	6253	5449	4.04	10897	24.83
Ave	1505	2617	3907	4976	5849	5276	4.45	10553	23.53
SD	170	551	1094	1379	1261	304	0.95	607	2.96

表5 梁—梁圧縮逆せん断加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、外付けタイプ金物) E

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1330	2027	2640	3000	3283	2195	2.16	4390	13.46
2	1193	1730	2197	2553	2853	2005	2.51	4010	14.29
3	1857	2470	2857	3133	3353	2109	1.27	4217	14.81
4	1643	2253	2710	3067	3377	2182	1.80	4363	14.81
5	1967	2650	3153	3603	3937	2499	1.71	4997	12.47
6	1410	1950	2373	2727	3053	2074	2.29	4147	15.00
Ave	1598	2226	2711	3071	3361	2198	1.89	4395	13.97
SD	280	313	311	331	335	157	0.41	315	0.90

表6 梁—梁圧縮順せん断加力における主要変位時の荷重  
(スギ、センターウェブタイプ金物) G

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	2370	3620	4707	5800	6480	5855	3.99	11710	32.26
2	2053	3593	5037	6047	7000	5830	3.64	11660	19.27
3	1987	4077	5080	6117	6897	5642	3.35	11283	19.32
4	5333	6573	7597	8307	8910	6190	1.52	12380	27.16
5	1937	3450	4360	5457	6113	5409	3.67	10817	14.84
6	3173	4387	5217	5973	6737	5135	2.87	10270	20.22
Ave	2736	4263	5356	6346	7080	5785	3.23	11570	22.57
SD	1204	1073	1051	930	893	338	0.82	676	5.78

表7 梁—梁圧縮逆せん断加力における主要変位時の荷重  
(スギ、センターウェブタイプ金物) H

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	2417	3617	4130	4553	4823	3235	1.49	6470	21.17
2	2823	3937	4570	4883	5197	3625	1.56	7250	33.21
3	3187	3913	4283	4603	4873	3145	0.92	6290	29.67
4	4173	4920	5243	5683	5893	4220	1.01	8440	24.69
5	3363	4153	4617	4697	4867	3425	1.02	6850	27.31
6	1550	2677	3260	3573	3893	2937	2.35	5873	27.67
Ave	3193	4108	4569	4884	5131	3530	1.20	7060	27.21
SD	814	668	600	618	591	413	0.49	827	3.77

表8 梁—梁圧縮順せん断加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、センターウェブタイプ金物) J

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	3971	6045	7608	8825	9788	8442	3.62	16884	24.17
2	3029	4962	6147	7172	8137	8121	4.91	16241	31.75
3	2807	5052	6653	7869	8925	8844	4.87	17688	29.60
4	3308	5585	7199	8532	9704	9268	4.45	18536	38.47
5	2449	3398	4630	5926	7079	7727	5.53	15454	30.11
Ave	3113	5008	6447	7665	8727	8480	4.68	16961	30.82
SD	574	1001	1156	1163	1138	602	0.70	1205	5.14

表9 梁—梁圧縮逆せん断加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、センターウェブタイプ金物) K

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	3657	5110	5890	6760	7217	5744	2.38	11487	29.08
2	2623	4133	5510	6443	7410	5424	2.88	10847	24.22
3	3560	5440	6513	7033	7383	5199	1.68	10397	27.18
4	2603	3953	5153	6203	7047	5835	3.37	11670	27.08
5	3473	5510	6750	7283	7643	5525	1.90	11050	25.11
6	3200	4953	5933	6443	7143	5607	2.58	11213	32.74
Ave	3183	4829	5963	6744	7340	5545	2.44	11090	26.53
SD	428	603	546	373	197	209	0.57	418	2.79

表10 梁—梁引張り加力における主要変位時の荷重  
(スギ、外付けタイプ金物) C

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	203	277	340	380	413	310	2.37	620	22.40
2	197	253	290	337	377	329	3.64	657	31.19
3	143	253	320	370	410	330	3.06	660	38.33
4	273	297	340	373	420	375	3.90	750	37.76
5	170	273	363	400	417	317	2.31	633	31.79
6	137	233	337	390	443	374	3.53	747	38.47
Ave	197	271	331	372	407	332	3.06	664	32.29
SD	46	21	22	20	19	26	0.61	52	5.74

表11 梁—梁引張り加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、外付けタイプ金物) F

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	57	227	267	330	380	417	5.93	833	32.71
2	7	260	323	373	430	479	5.88	957	36.66
3	160	280	357	420	463	447	4.59	893	59.49
4	190	253	343	363	420	394	4.45	787	33.34
5	198	313	370	413	453	467	5.17	933	33.26
6	150	260	317	377	430	424	4.95	847	38.72
Ave	122	267	332	380	429	440	5.20	881	39.09
SD	71	26	33	30	27	29	0.58	59	9.40

表12 梁－梁引張り加力における主要変位時の荷重  
(スギ、センターウェブタイプ金物) I

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1297	1770	2083	2223	2303	1200	0.86	2400	7.68
2	1353	1837	2147	2360	2513	1345	0.92	2690	7.86
3	1020	1510	1820	2060	2260	1510	1.96	3020	13.81
4	807	1553	2020	2337	2473	1280	1.51	2560	7.43
5	860	1483	1920	2190	2393	1480	1.87	2960	11.08
6	1100	1577	1797	2043	2183	1292	1.38	2583	11.22
Ave	1067	1631	1998	2234	2388	1363	1.42	2726	9.57
SD	203	133	130	122	117	111	0.42	221	2.37

表13 梁－梁引張り加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、センターウェブタイプ金物) L

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1433	1780	2147	2397	2633	1920	2.32	3840	13.94
2	1177	1713	2077	2313	2450	1562	1.52	3123	17.60
3	1257	1760	2073	2327	2480	1320	1.09	2640	6.47
4	1273	1763	2070	2260	2390	1315	0.96	2630	9.16
5	1520	1913	2237	2470	1753	1444	0.85	2887	20.17
6	1037	1643	2017	2297	2527	1697	2.08	3393	12.95
Ave	1332	1786	2121	2353	2341	1512	1.35	3024	13.47
SD	159	81	71	70	287	215	0.56	430	4.65



表14 柱—梁圧縮順せん断加力における主要変位時の荷重  
(スギ、センターウェブタイプ金物) M

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	2857	4117	5190	6273	7190	5802	3.50	11603	29.48
2	2407	3750	4710	5503	6190	5664	4.19	11327	29.77
3	2503	3840	4663	5407	6410	5775	4.23	11550	36.74
4	3213	4340	5280	6170	7280	4565	2.02	9130	8.37
5	2503	3587	4530	5487	6443	5560	3.95	11120	26.13
6	2550	3470	4430	5350	6127	4985	3.58	9970	23.07
Ave	2697	3927	4875	5768	6703	5473	3.58	10946	26.10
SD	280	299	321	375	459	459	0.75	919	8.76

表15 柱—梁圧縮逆せん断加力における主要変位時の荷重  
(スギ、センターウェブタイプ金物) N

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	1573	2810	3547	3930	4297	2814	2.00	5627	19.32
2	1333	2087	3150	4040	4670	3704	3.58	7407	25.78
3	3020	4287	5140	5740	6150	4730	2.45	9460	33.63
4	2443	3707	4277	4760	5070	3530	1.66	7060	24.99
5	3020	4223	4930	5353	5607	3992	1.55	7983	24.88
6	2990	4077	4627	5143	5427	3822	2.44	7643	21.74
Ave	2278	3423	4209	4765	5159	3754	2.25	7507	25.72
SD	700	815	718	663	610	570	0.68	1140	4.43

表16 柱—梁圧縮順せん断加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、センターウェブタイプ金物) O

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	4069	8272	11253	13140	14237	9561	2.34	19122	17.06
2	3965	6909	8955	10325	11281	8493	2.70	16986	33.11
3	2475	4133	5089	6244	7423	7174	4.72	14348	36.10
4	2950	4558	6108	7702	9010	7378	3.73	14755	32.29
5	3743	6466	8306	9910	11081	7708	2.60	15415	25.08
6	2843	4911	6845	8319	9529	7503	3.36	15006	30.64
Ave	3440	6068	7942	9464	10606	8063	3.22	16125	28.73
SD	610	1464	2026	2199	2141	824	0.81	1649	6.31

表17 柱—梁圧縮逆せん断加力における主要変位時の荷重  
(ベイマツ、センターウェブタイプ金物) P

NO	変位1mm時 荷重(kg)	変位2mm時 荷重(kg)	変位3mm時 荷重(kg)	変位4mm時 荷重(kg)	変位5mm時 荷重(kg)	1/2Pmax (kg)	1/2Pmax 変位(mm)	最大荷重 (kg)	最大荷重時 変位(mm)
1	3147	4190	5490	6347	6980	6117	3.50	12233	34.36
2	2150	3717	5170	6117	6653	5249	2.94	10497	30.91
3	3260	4787	6170	7107	7670	5684	2.47	11367	32.47
4	4757	6297	7057	7613	7847	5225	1.21	10450	29.55
5	2640	4263	5437	6237	6847	5577	3.08	11153	28.43
6	3127	4483	5153	5810	6307	5075	2.84	10150	36.50
Ave	3191	4651	5865	6684	7199	5570	2.64	11140	31.14
SD	801	815	676	621	544	351	0.72	702	2.77

#### 4、3 破壊の状況

各々の試験条件における破壊状況を、表18～表21に示す。また、破壊の状況について写真6～写真12に示す。

##### 4、3、1 梁－梁圧縮せん断試験

外付け金物の最終破壊形態は、順せん断では支持梁の破壊が、また、逆せん断では掛け梁のクギから梁上端部へのせん断破壊が見られた。センターウェブ金物では、順・逆せん断ともにドリフトピンから材端への割裂破壊が生じた。

- 1) 外付け金物、順せん断 (写真6)
- 2) 外付け金物、逆せん断 (写真7)
- 3) センターウェブ金物、順せん断 (写真8)
- 4) センターウェブ金物、逆せん断 (写真9)

##### 4、3、2 梁－梁引張り試験

外付け金物の最終破壊形態は、スギ・ベイマツともにラグスクリューとクギの引き抜けであった。また、センターウェブ金物はドリフトピンから材端への割裂とラグスクリューの引き抜けによるものであった。

- 1) 外付け金物とセンターウェブ金物 (写真10)

##### 4、3、3 柱－梁圧縮せん断試験

順せん断加力では柱のボルト穴から柱頂部への割裂が、また、逆せん断ではドリフトピンから材端への割裂破壊が生じた。

- 1) センターウェブ金物、順せん断 (写真11)
- 2) センターウェブ金物、逆せん断 (写真12)

(文責：西内 豊)

表 1 8 梁—梁圧縮せん断 (外付け金物)

方向	樹種	NO	最終的な破壊形態	支持梁	掛け梁	金物	接合具	備考
順	スギ	A	・支持梁の破壊 (6) ・ワスクリューとクギの抜け	◎	△ (めり込み)	△	クギ △ ワ ヲ △	盛り止めなし
	ベイツ	D	・支持梁の破壊 (6) ・金物底部への掛け梁のめり込み	◎	○ (めり込み)	△	クギ △ ワ ヲ △	盛り止めなし
逆	スギ	B	・掛け梁のクギからのせん断破壊 (6) ・クギの抜け	—	◎	—	クギ △ ワ ヲ △	盛り止めなし
	ベイツ	E	”	—	◎	—	クギ △ ワ ヲ △	盛り止めなし

表 1 9 梁—梁圧縮せん断 (センターウェブ金物)

方向	樹種	NO	最終的な破壊形態	ピンからの 譲の有無	支持梁	掛け梁	金物	接合具	備考
順	スギ	G	・ドリフトピンから材端への割裂 (4) ・掛け梁の圧壊 (2) ・ワスクリューから支持梁のせん断破壊 (6)	有	◎ (1) △ (5)	◎ (めり込み 圧壊)	◎ (L型底部の折れ曲がり)	ピン ◎ ボルト — ワ ヲ △	(クランプによる支持梁の盛り止め)
	ベイツ	J	・ワスクリューの抜け	無	◎	○ (めり込み)	◎ (L型底部の折れ曲がり)	ピン ◎ ボルト ○ ワ ヲ ◎	”
逆	スギ	H	・ドリフトピンから材端への割裂 (6)	有	◎ (譲)	△	△	ピン ◎ ボルト — ワ ヲ △	”
	ベイツ	K	・ドリフトピンから材端への割裂 (6) ・支持梁の破壊 (5)	有	◎ (譲)	△	△	ピン ◎ ボルト — ワ ヲ △	”

表 2 0 梁—梁引張り (外付け、センターウェブ金物)

方向	樹種	NO	最終的な破壊形態	ピンからの 譲の有無	梁 1	梁 2	金物	接合具	備考
外付	スギ	C	・ワスクリューとクギの引き抜け	/	—	—	○	クギ △ ワ ヲ —	引張り器具の止め付けピン2本
	ベイツ	F	”	/	—	—	○	クギ △ ワ ヲ —	引張り器具の止め付けピン2本
センターウェブ	スギ	I	・ドリフトピンから材端への割裂 (6) ・ワスクリューの引き抜け (6)	有	—	◎ (割裂)	○	ピン ◎ ボルト — ワ ヲ △	引張り器具の止め付けピン1本
	ベイツ	L	・ドリフトピンから材端への割裂 (6) ・ワスクリューの引き抜け (1)	有	—	◎ (割裂)	○	ピン ◎ ボルト — ワ ヲ △	引張り器具の止め付けピン1本

表 2 1 柱—梁圧縮せん断 (センターウェブ金物)

方向	樹種	NO	最終的な破壊形態	ピンからの 譲の有無	柱	梁	金物	接合具	備考
順	スギ	M	・柱のボルト穴からの割裂 (5) ・座金のめり込み ・梁の座屈、圧壊 (2)	無	○	◎ (2) ○ (4) (めり込み)	◎ (L型底部の折れ曲がり)	ピン ◎ ボルト ◎ ワ ヲ △	
	ベイツ	O	・柱のボルト穴からの割裂 (6) ・座金のめり込み	無	◎	○	◎ (L型底部の折れ曲がり)	ピン ◎ ボルト ◎ ワ ヲ △	
逆	スギ	N	・ドリフトピンから材端への割裂 (6)	有	△	◎ (割裂)	△	ピン ◎ ボルト △ ワ ヲ △	
	ベイツ	P	・ドリフトピンから材端への割裂 (6)	有	△	◎ (割裂)	△	ピン ◎ ボルト △ ワ ヲ △	

◎ : 大きな破壊・変形    ○ : やや大きな破壊・変形    △ : 小さな破壊・変形    — : 変化なし

( ) は試験体数

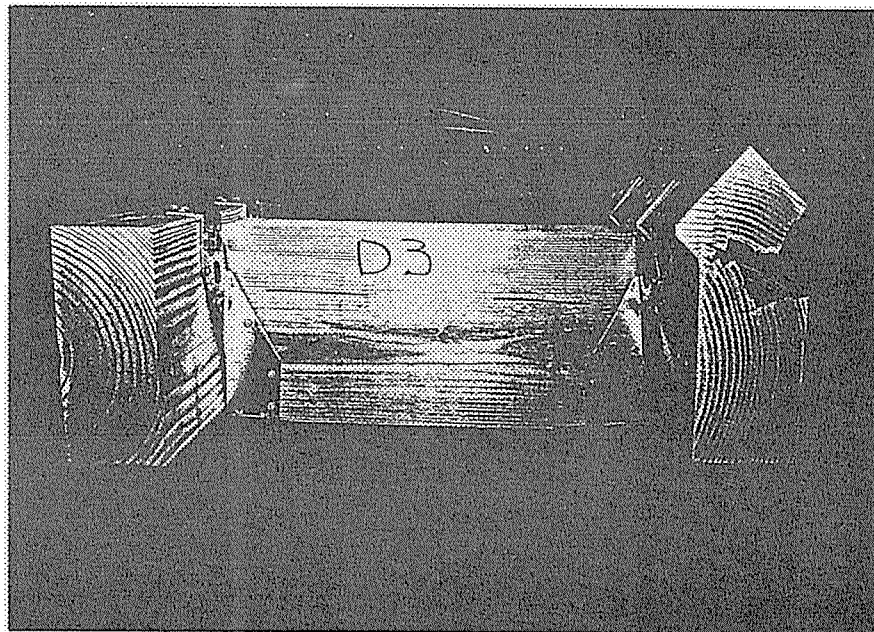
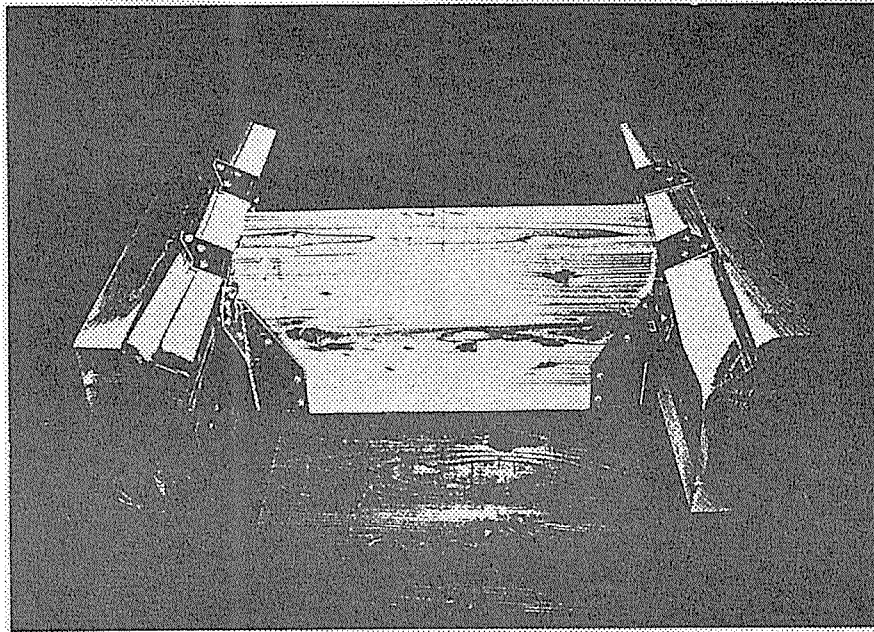


写真6 外付け金物の破壊形態  
(梁-梁圧縮順せん断)

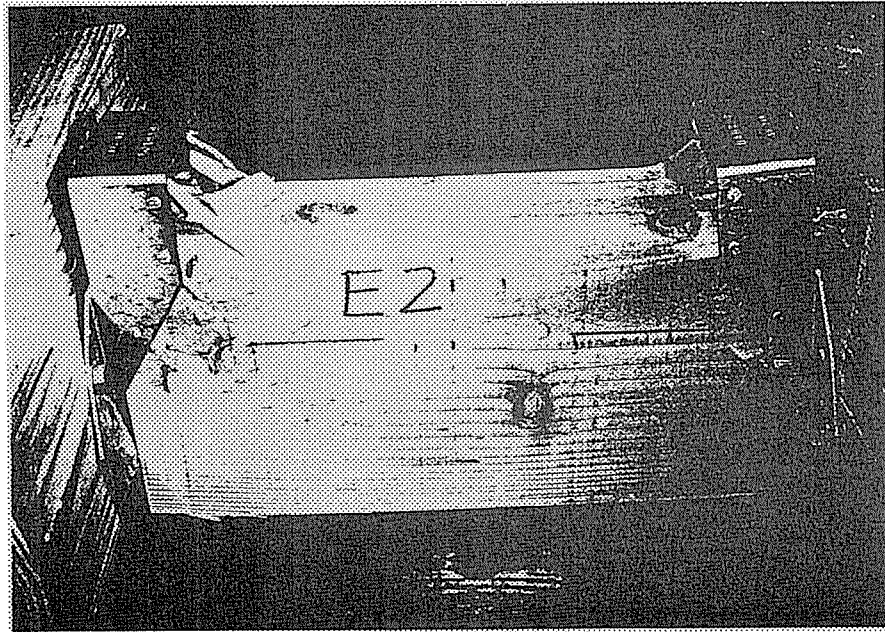
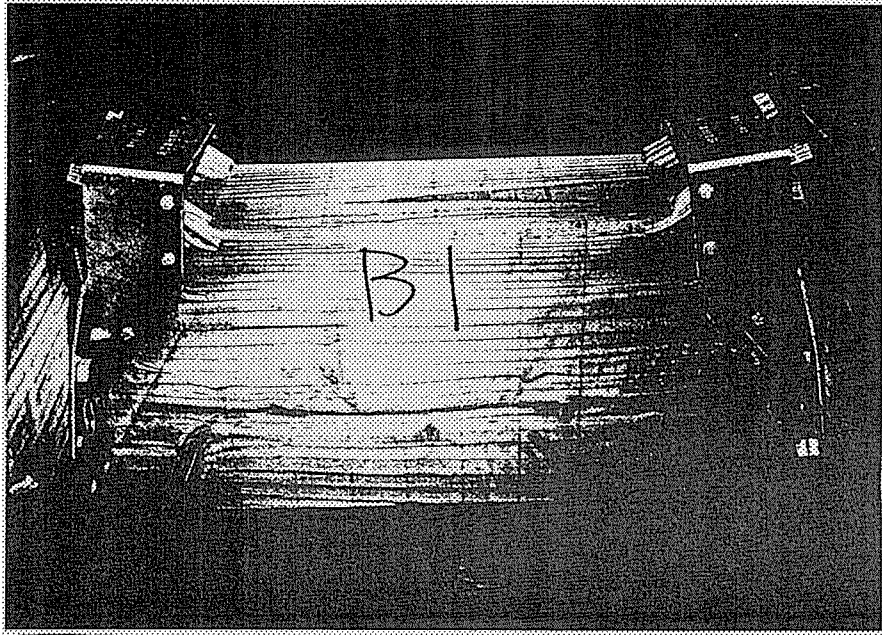


写真7 外付け金物の破壊形態  
(梁-梁圧縮逆せん断)

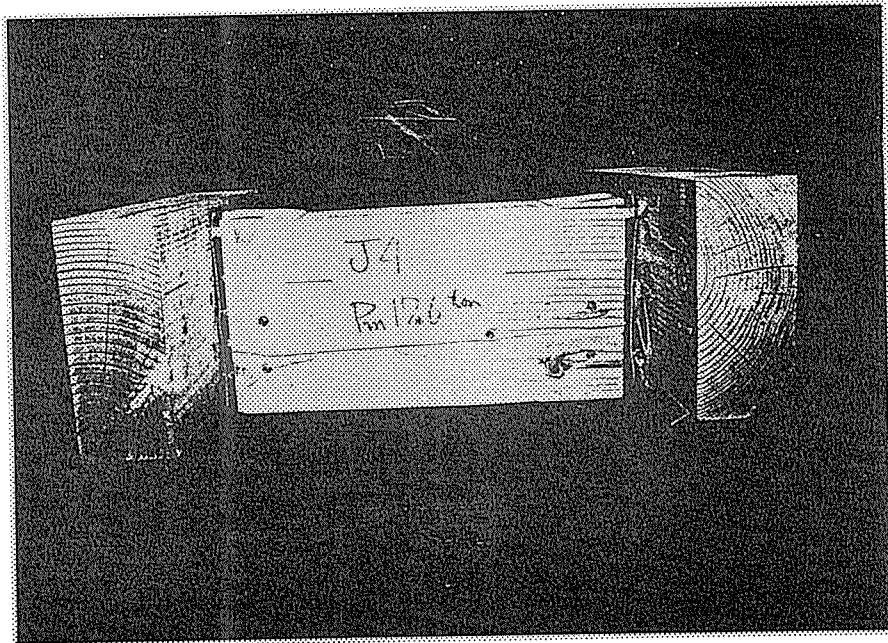
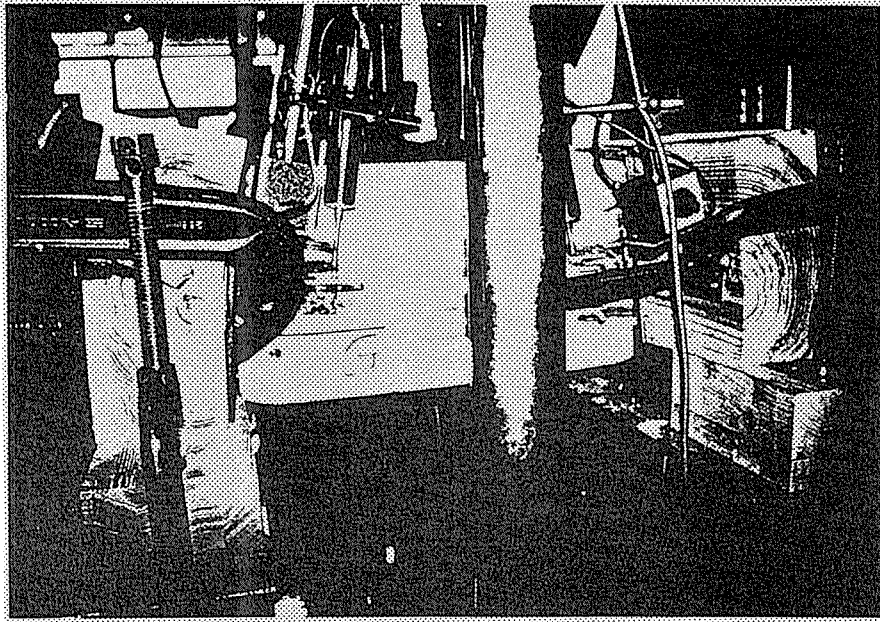


写真8 センターウェブ金物の破壊形態  
(梁-梁圧縮順せん断)



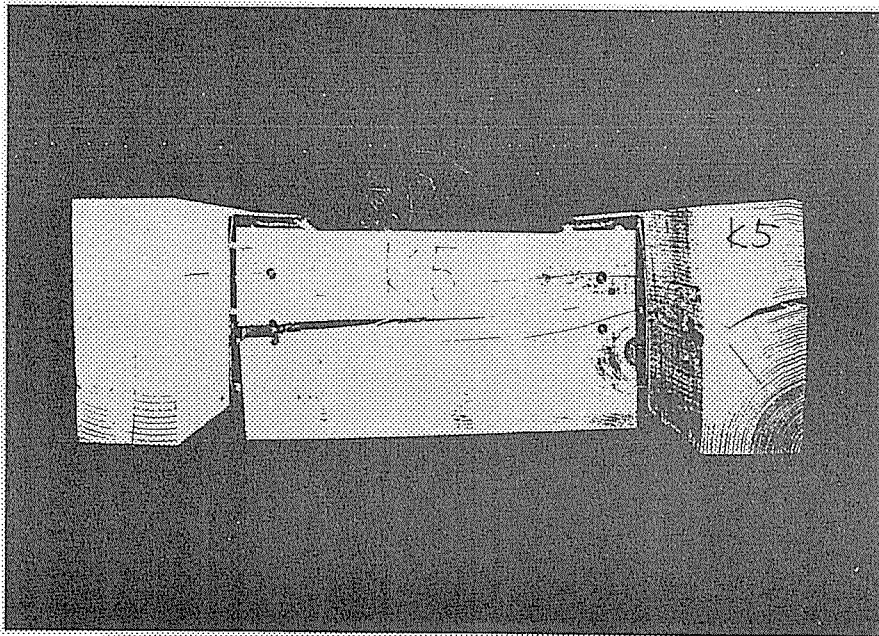
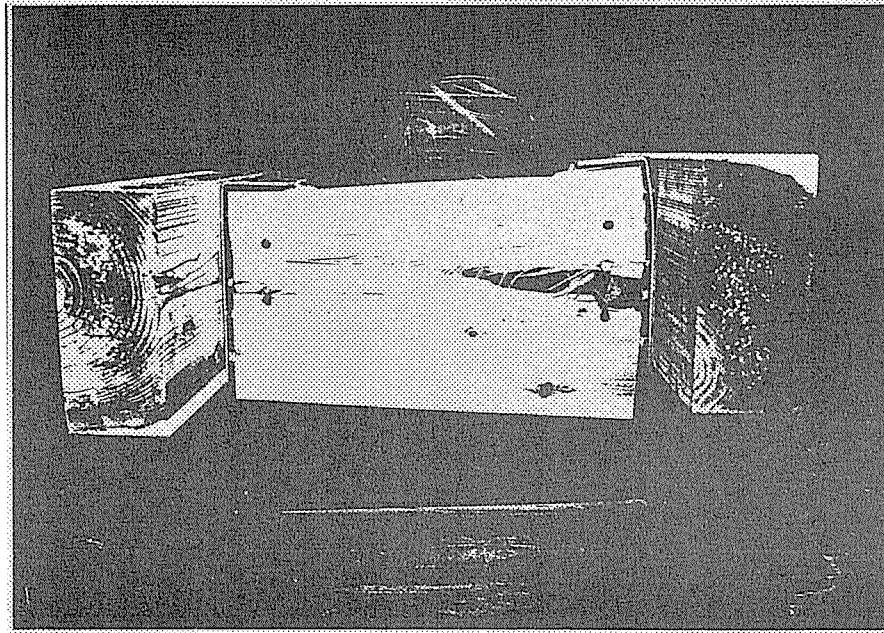


写真9 センターウェブ金物の破壊形態  
(梁-梁圧縮逆せん断)



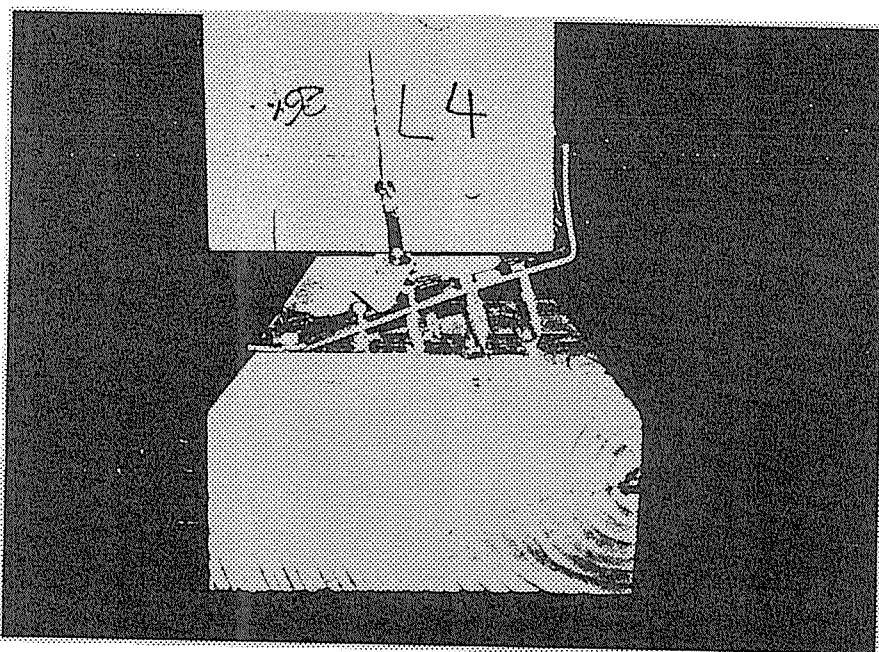
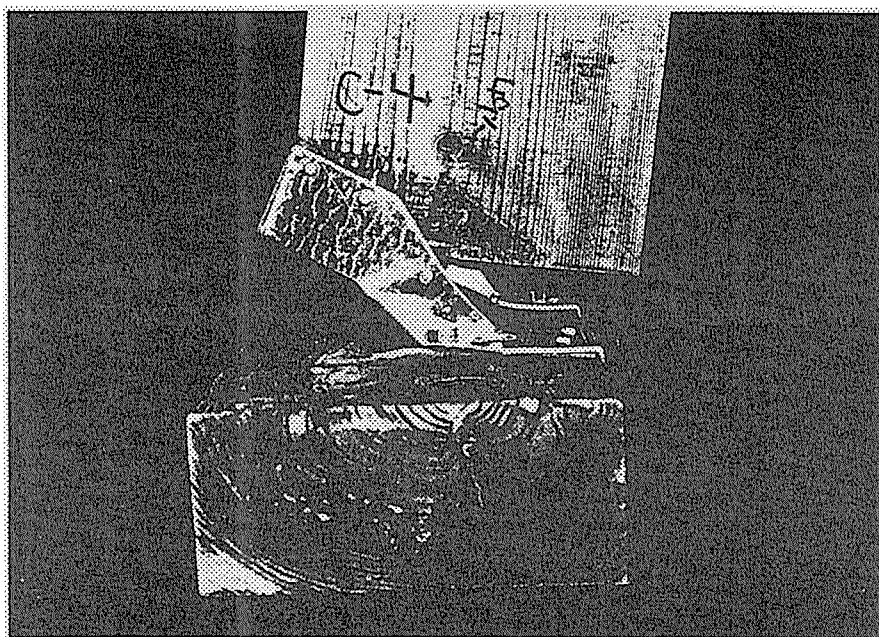


写真10 引張り試験の破壊形態  
(上：外付け 下：センターウェブ)

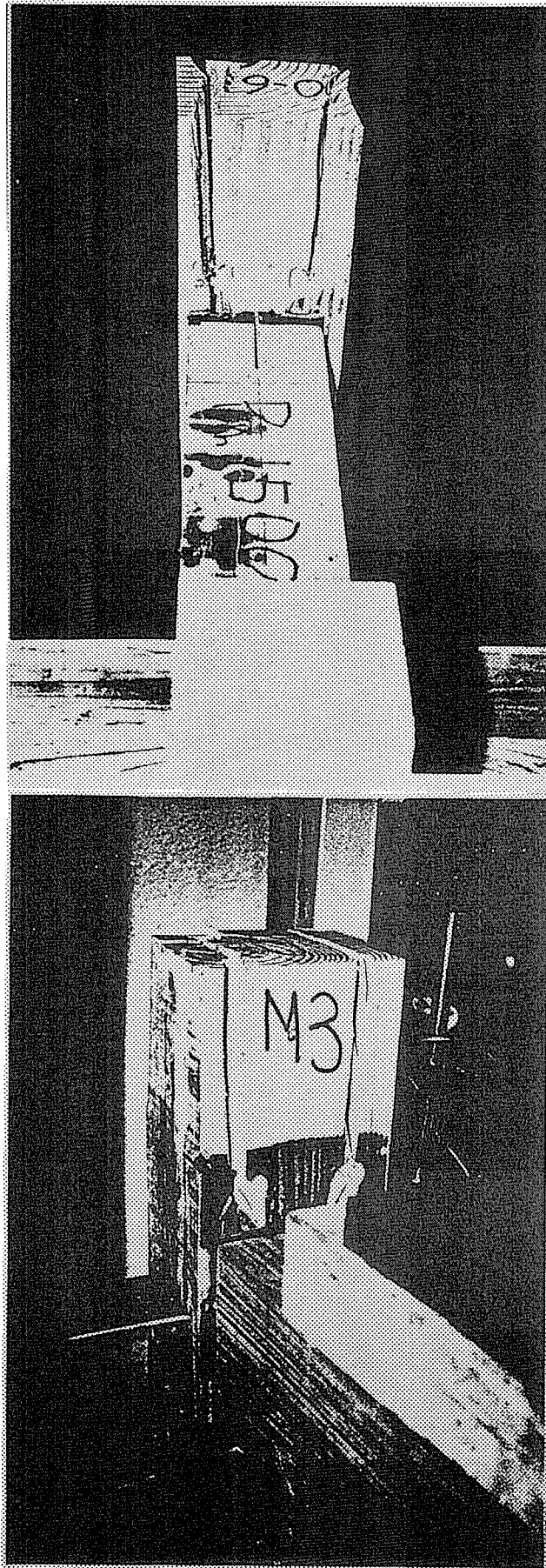


写真 1 1 柱—梁圧縮順せゝ断破壊形態

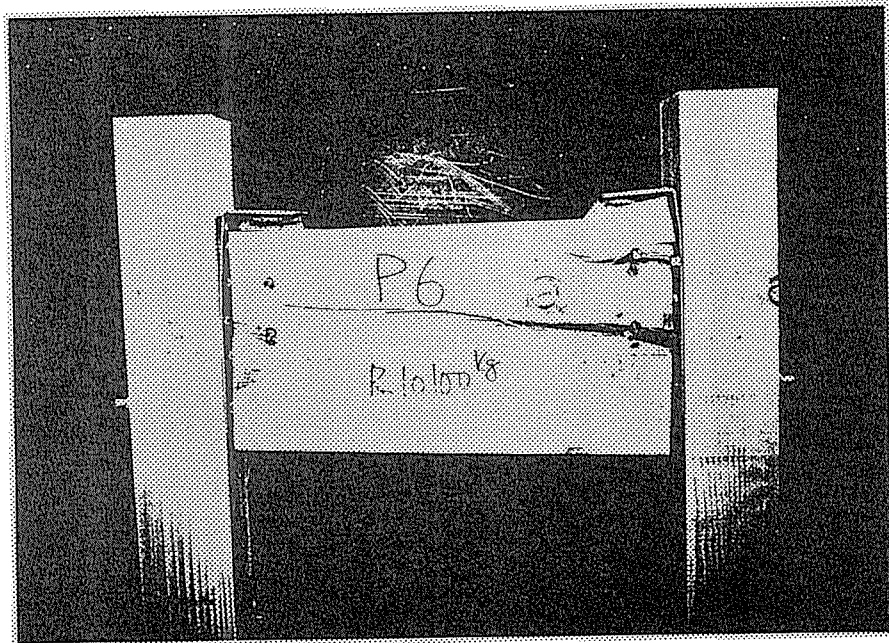
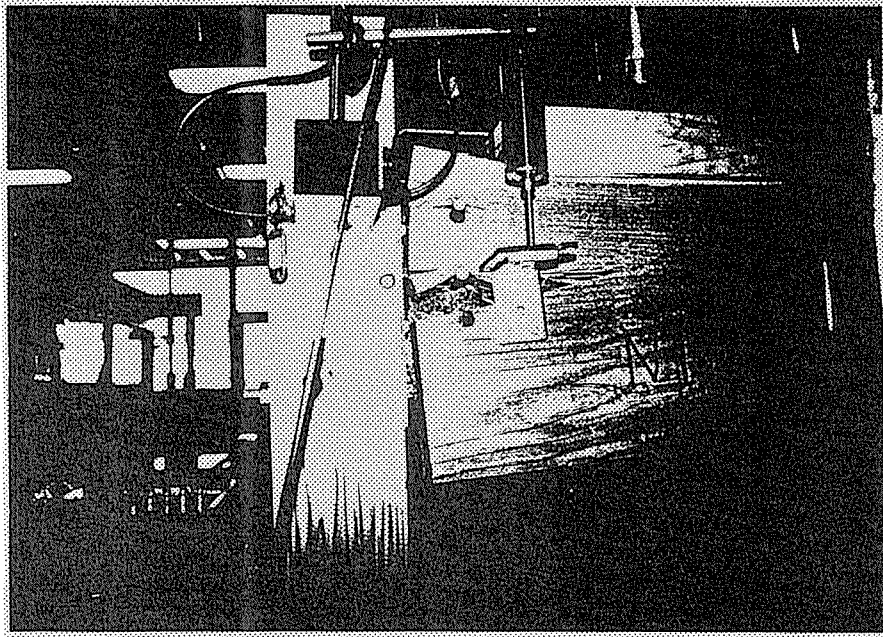


写真 1 2 柱—梁圧縮逆せん断破壊形態

## 第9章 木質ラーメン強度性能評価実験—1階ラーメン構造

(鋼板挿入ドリフピン接合)、2・3階在来軸組構造木造住宅

### 1. 想定住宅の概要

構造としては、図1に示すように1階が張り間方向ラーメン構造、2、3階が在来軸組構造の建物を想定する。1階の桁行き方向は在来型の筋違入り耐力壁構造を想定する。

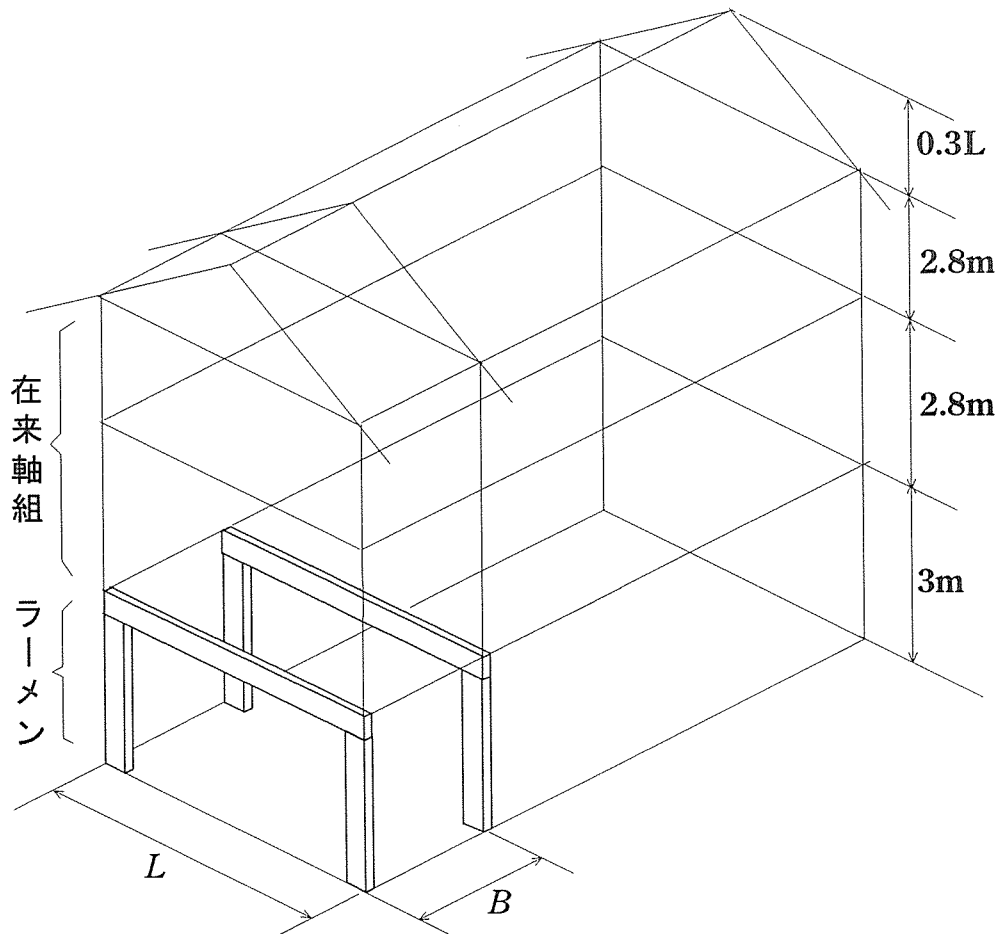


図1 想定した構造

### 2. 仮定荷重

第1回接合部設計委員会において、稲山委員提出の資料 No.1-5に示された仮定荷重をここでも採用する。

- ・屋根荷重 (瓦葺きの比較的重い屋根) :  $150\text{kg/m}^2$
- ・外壁荷重 (モルタル等の比較的重い壁) :  $100\text{kg/m}^2$  (床面積当たり)
- ・床荷重 (固定+積載) :  $130\text{kg/m}^2$  (地震算定用)
- ・大梁計算用床荷重 :  $200\text{kg/m}^2$

### 3. 地震力の算定

表1に地震力の算定根拠を示す。表1において、 $L$ はラーメン架構のスパン、 $B$ は単位骨組みの荷重負担幅である。

表1 地震力の算定

階		荷重	$W_i$	$\Sigma W_i$	$\alpha_i$	$A_i$	$C_i$	$Q_i$
3	屋根	150LB						
	外壁	50LB	200LB	200LB	0.303	1.450	0.290	58LB
2	床	130LB						
	外壁	100LB	230LB	430LB	0.652	1.180	0.236	101LB
1	床	130LB						
	外壁	100LB	230LB	660LB	1.000	1.000	0.200	132LB

ただし、

$$A_i = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \times \left( \frac{2T}{1 + 3T} \right)$$

$$T = 0.03H = 0.03 \times 9 = 0.27 \text{ sec}$$

$$C_i = Z \cdot R \cdot A_i \cdot C_o = 1 \times 1 \times A_i \times 0.2 = 0.2A_i$$

以上より、1階門型ラーメンに作用する地震層せん断力は  $Q_1 = 132LB$  として設計する。

### 4. 梁に加わる鉛直荷重の算定

1階木質系ラーメン構造、2、3階が在来軸組構造の場合、1階ラーメン架構の梁には、上階からの荷重が鉛直荷重として作用する。実際には、外側の柱を通じてかなりの部分が外壁に直接流れるが、一部の荷重は直交壁や、床梁を通じてラーメンの梁に作用する。

設計上はこれを単位長さ辺りの分布荷重  $w$  と考えて計算する。仮定荷重、並びに、表1より、上階からの荷重は

$$3 \text{ 階} : 150LB \text{ (屋根)} + 50LB \text{ (外壁)}$$

$$2 \text{ 階} : 200LB \text{ (大梁算定用)} + 100LB \text{ (外壁)}$$

---


$$\text{合計 } 350LB$$

上記のうち、外壁荷重は直接柱に流れると仮定し、350LBの鉛直荷重がラーメンの梁に作用するものとする。ラーメン架構の荷重負担幅を  $B=1.82m$  とすれば、梁に作用する鉛直分布荷重は、

$$w = 350 \times 1.82 = 637 \text{ kgf/m} \doteq 6.40 \text{ kgf/cm}$$

### 5. 門型ラーメンの設計

#### 5.1 仮定する部材断面寸法等

荷重負担幅  $B=182cm$  と固定し、以下の3スパンについて、ラーメン架構を設計する。

- ・スパン :  $L=4.095m$  (4.5P)、 $L=5.005m$  (5.5P)、 $L=5.915m$  (6.5P)
- ・設計用水平力 :  $Q=132LB=132 \times 1.82 \times L=240.24L \text{ kgf}$

・設計用鉛直荷重： $w=6.40 \text{ kgf/cm}$

図2に設計対象とする門型ラーメンと作用する外力を示す。

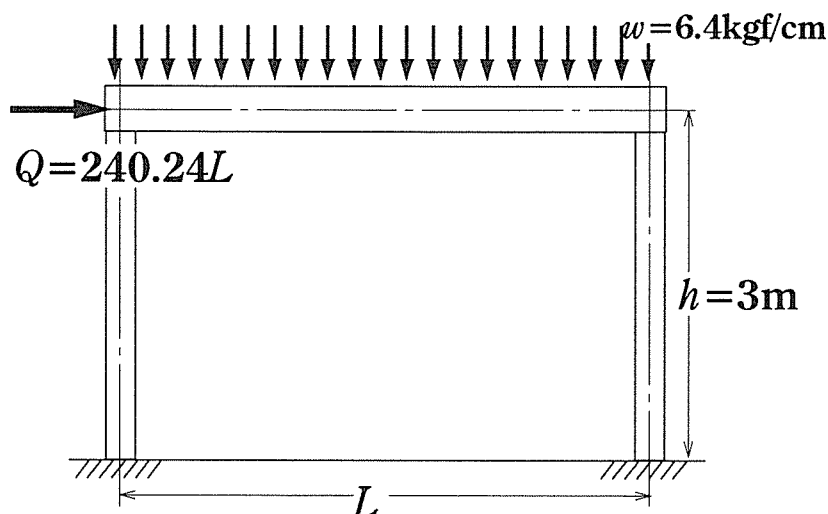


図2 一層門型ラーメンに作用する外力

### 5. 2 仮定断面

一層門型ラーメンの梁材の仮断面は、大梁に作用する鉛直荷重によるたわみ制限から予備的に決定する。

単純梁の場合、梁せい  $h$  の計算式は；

$$\delta = \frac{L}{360} = \frac{5wL^4}{384EI} \rightarrow h_1 = L \cdot \left( \frac{56.25 \cdot w}{Eb} \right)^{1/3}$$

両端固定梁のスパン中央たわみは単純梁の 1/5 となつて、

$$\delta = \frac{L}{360} = \frac{wL^4}{384EI} \rightarrow h_2 = L \cdot \left( \frac{11.25 \cdot w}{Eb} \right)^{1/3}$$

両極端の場合、およびその平均値として算定される梁せいを表2に示す。なお、算定にあたっては、長期荷重によるクリープ変形を考慮して、ヤング係数を北米規格に習って短期の 2/3、すなわち  $E_{\text{long}} = 73 \text{ tf/cm}^2$  ( $E_{\text{short}} = 110 \text{ tf/cm}^2$ ：ベイマツ相当集成材、LVLを仮定) 程度に低減したヤング係数を用いた。

表2 両極端の場合から算定される梁せい

スパン $L$ (cm)	単純梁 $h_1$ (cm)	固定梁 $h_2$ (cm)	仮梁せい $(h_1+h_2)/2$ (cm)
409.5	34.23	20.02	27
500.5	41.84	24.47	33
591.5	49.45	28.92	39

### 5.3 完全剛節ラーメンとしての応力計算

#### 5.3.1 柱せいの仮定

既往の2 x 4住宅用ラーメン架構の研究<sup>1)</sup>では、一層門型ラーメンの柱せい $h_c$ と梁せい $h_b$ の比 $k=h_c/h_b$ はおよそ0.9程度であった。本研究でも、この比を0.9と仮定して柱の仮断面を表3のように決定した。なお、梁せいに関しては、水平荷重によるたわみも加算されることを考慮して、安全側を見て決定した。

表3 最終的に決定された3種類のラーメン架構の部材断面寸法

梁スパン $L_b$ (cm)	柱長さ $L_c$ (cm)	梁せい $h_b$ (cm)	柱せい $h_c$ (cm)	比 $k=h_c/h_b$
409.5	300	28	26	0.9
500.5	300	36	32	0.9
591.5	300	41	37	0.9

材幅一定： $b=15\text{cm}$

#### 5.3.2 CASE 1 : $L=409.5\text{cm}$ , $B=182\text{cm}$ の場合

##### 1) FEMモデルと入力データ

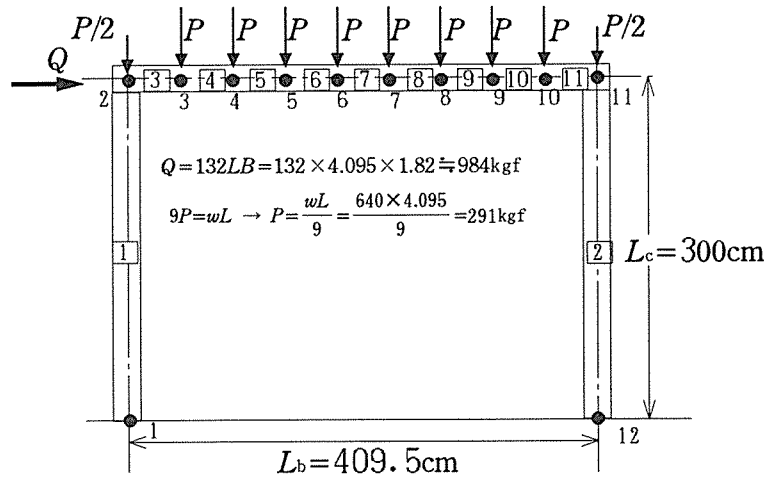


図3 スパン $L_b = 409.5\text{cm}$  の場合の要素分割と外力

##### 2) FEM 計算結果

###### a) 部材

梁：150mm x 280mm、 柱：150mm x 260mm  
 集成材：ベイマツ（AIJ 2級： $E = 110\text{tf/cm}^2$ ）

###### b) 計算結果

Node	U(cm)	V(cm)	Sita(rad.)
1	0.000	0.000	0.0000
2	0.675	-0.007	-0.0033
3	0.674	-0.153	-0.0029
4	0.673	-0.271	-0.0021
5	0.672	-0.346	-0.0010
6	0.672	-0.367	0.0001
7	0.671	-0.336	0.0012
8	0.670	-0.262	0.0019
9	0.669	-0.163	0.0022
10	0.668	-0.067	0.0018
11	0.668	-0.011	0.0004
12	0.000	0.000	0.0000

最大鉛直たわみ:  $\delta_{max} = 0.367\text{cm} < L/360 = 1.1375\text{cm}$  o. k.  
 層間変形角 :  $\gamma = 0.675/300 \doteq 1/444\text{rad.} < 1/200$  o. k.

c) 接合部設計用応力

Elem. No.	N(i) (Kg)	Q(i) (Kg)	M(i) (Kgcm)	N(j) (Kg)	Q(j) (Kg)	M(j) (Kgcm)	Length (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	(cm)
1	1005	191	55333	-1005	-191	1973	300.0	390.0	16'
2	1614	793	122743	-1614	-793	115152	300.0	390.0	16'
3	793	859	-1973	-793	-859	41078	45.5	420.0	19'
4	793	568	-41078	-793	-568	66942	45.5	420.0	19'
5	793	277	-66942	-793	-277	79566	45.5	420.0	19'
6	793	-14	-79566	-793	14	78949	45.5	420.0	19'
7	793	-305	-78949	-793	305	65091	45.5	420.0	19'
8	793	-596	-65091	-793	596	37994	45.5	420.0	19'
9	793	-887	-37994	-793	887	-2345	45.5	420.0	19'
10	793	-1178	2345	-793	1178	-55923	45.5	420.0	19'
11	793	-1469	55923	-793	1469	-122743	45.5	420.0	19'

・ 柱脚部分における最大モーメント

$M=115152\text{kgfcm}$ 、 $Q=793\text{kgf}$ 、 $N=1614\text{kgf}$

・ 梁端接合部における最大モーメント

$M=122743\text{kgfcm}$ 、 $Q=1469\text{kgf}$ 、 $N=793\text{kgf}$

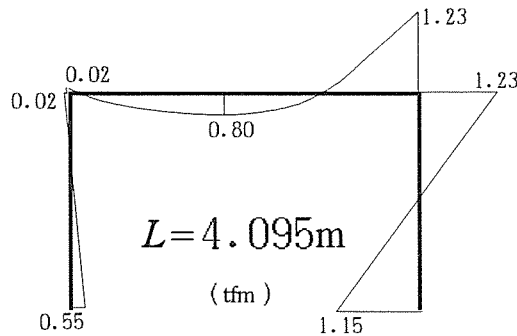


図4 モーメント図 ( $L=4.095\text{m}$  の場合)

5. 3. 3 CASE 2 :  $L=500.5\text{cm}$ 、 $B=182\text{cm}$  の場合

1) FEM モデルと入力データ

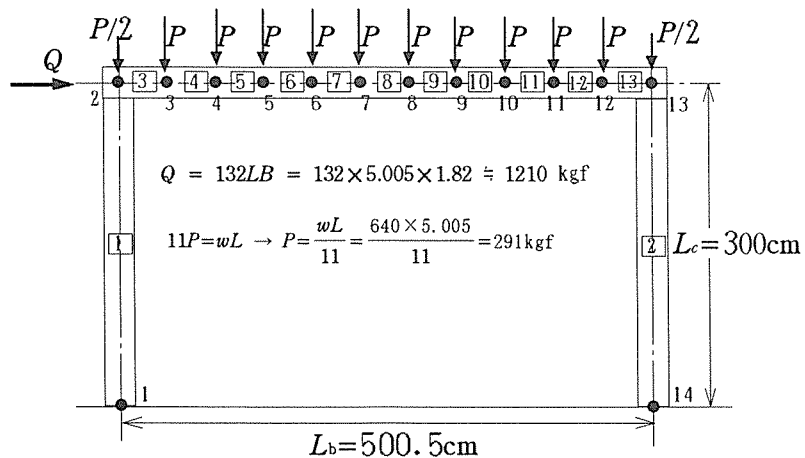


図4 スパン  $L=500.5\text{cm}$  の場合の要素分割と外力



2) FEM 計算結果

a) 部材

梁：150mm × 360mm、 柱：150mm × 320mm

集成材：ベイマツ (AIJ 2 級： $E = 110 \text{tf/cm}^2$ )

b) 計算結果

Node	U (cm)	V (cm)	Sita (rad)
1	0.000	0.000	0.0000
2	0.456	-0.007	-0.0025
3	0.455	-0.123	-0.0024
4	0.454	-0.229	-0.0020
5	0.453	-0.310	-0.0014
6	0.452	-0.360	-0.0007
7	0.451	-0.374	0.0001
8	0.451	-0.352	0.0008
9	0.450	-0.299	0.0014
10	0.449	-0.223	0.0018
11	0.448	-0.137	0.0018
12	0.447	-0.059	0.0014
13	0.447	-0.011	0.0005
14	0.000	0.000	0.0000

・最大鉛直たわみ

$$\delta_{\max} = 0.374 \text{cm} < L/360$$

$$= 1.390 \text{cm} \quad \text{o. k.}$$

・層間変形角

$$\gamma = 0.456/300 \doteq 1/658 \text{rad.} < 1/120 \quad \text{o. k.}$$

c) 接合部設計用応力

Elem. No.	N(i) (Kg)	Q(i) (Kg)	M(i) (Kgcm)	N(j) (Kg)	Q(j) (Kg)	M(j) (Kgcm)	Length (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	(cm)
1	1297	145	60137	-1297	-145	-16564	300.0	480.0	25
2	1904	1065	168237	-1904	-1065	151190	300.0	480.0	25
3	1065	1152	16564	-1065	-1152	35850	45.5	540.0	32
4	1065	861	-35850	-1065	-861	75024	45.5	540.0	32
5	1065	570	-75024	-1065	-570	100957	45.5	540.0	32
6	1065	279	-100957	-1065	-279	113649	45.5	540.0	32
7	1065	-12	-113649	-1065	12	113101	45.5	540.0	32
8	1065	-303	-113101	-1065	303	99313	45.5	540.0	32
9	1065	-594	-99313	-1065	594	72284	45.5	540.0	32
10	1065	-885	-72284	-1065	885	32014	45.5	540.0	32
11	1065	-1176	-32014	-1065	1176	-21496	45.5	540.0	32
12	1065	-1467	21496	-1065	1467	-88246	45.5	540.0	32
13	1065	-1758	88246	-1065	1758	-168237	45.5	540.0	32

・柱脚部分における最大モーメント

$$M = 151190 \text{kgfcm}, \quad Q = 1065 \text{kgf}, \quad N = 1904 \text{kgf} \quad (\text{柱脚部分})$$

・梁端接合部における最大モーメント

$$M = 168237 \text{kgfcm}, \quad Q = 1078 \text{kgf}, \quad N = 1065 \text{kgf} \quad (\text{柱-梁接合部})$$

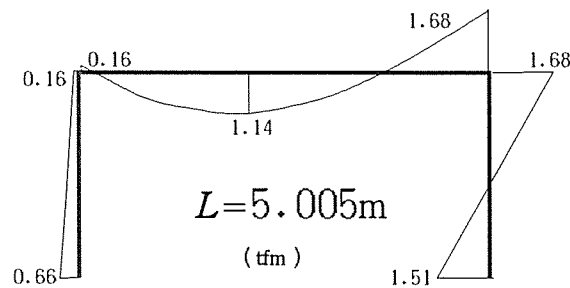


図5 モーメント図 ( $L=5.005\text{m}$  の場合)

### 5. 3. 4 CASE 3 : $L=591.5\text{cm}$ , $B=182\text{cm}$ の場合

#### 1) FEMモデルと入力データ

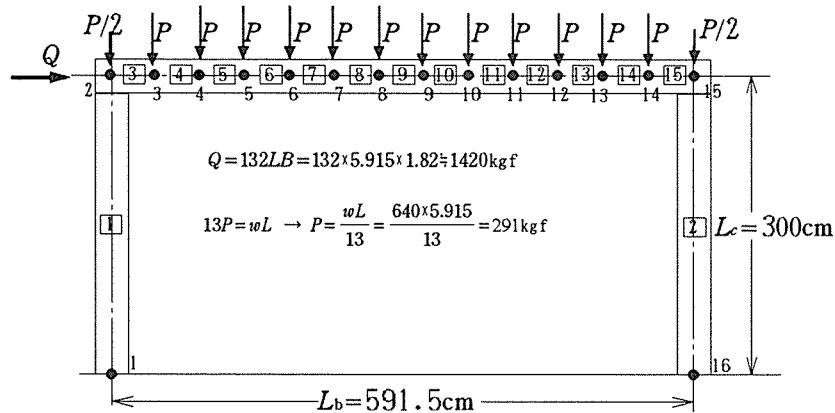


図6 スパン  $L=591.5\text{cm}$  の場合の要素分割と外力

#### 2) FEM 計算結果

##### a) 部材

梁 :  $150\text{mm} \times 410\text{mm}$ 、 柱 :  $150\text{mm} \times 370\text{mm}$

集成材 : ベイマツ (AIJ 2級 :  $E = 110\text{tf/cm}^2$ )

##### b) 計算結果

Node	U(cm)	V(cm)	Sita(rad.)
1	0.000	0.000	0.0000
2	0.370	-0.008	-0.0024
3	0.369	-0.120	-0.0024
4	0.368	-0.230	-0.0022
5	0.367	-0.326	-0.0018
6	0.366	-0.398	-0.0012
7	0.365	-0.442	-0.0006
8	0.364	-0.453	0.0000
9	0.363	-0.433	0.0007
10	0.362	-0.385	0.0013
11	0.361	-0.313	0.0017
12	0.361	-0.226	0.0019
13	0.360	-0.137	0.0018
14	0.359	-0.059	0.0014
15	0.358	-0.011	0.0006
16	0.000	0.000	0.0000

・ 最大鉛直たわみ

$$\delta_{\max} = 0.453\text{cm} < L/360 = 1.643\text{cm} \quad \text{o. k.}$$

・ 層間変形角

$$\gamma = 0.370/300 \div 1/811\text{rad.} \quad \text{o. k.}$$

##### c) 接合部設計用応力

Elem. No.	N(i) (Kg)	Q(i) (Kg)	M(i) (Kgcm)	N(j) (Kg)	Q(j) (Kg)	M(j) (Kgcm)	Length (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )
1	1602	29	60174	-1602	-29	-51397	300.0	555.0
2	2181	1391	222783	-2181	-1391	194441	300.0	555.0
3	1391	1456	51397	-1391	-1456	14862	45.5	615.0
4	1391	1165	-14862	-1391	-1165	67881	45.5	615.0
5	1391	874	-67881	-1391	-874	107660	45.5	615.0
6	1391	583	-107660	-1391	-583	134198	45.5	615.0
7	1391	292	-134198	-1391	-292	147495	45.5	615.0
8	1391	1	-147495	-1391	-1	147552	45.5	615.0
9	1391	-290	-147552	-1391	290	134369	45.5	615.0
10	1391	-581	-134369	-1391	581	107945	45.5	615.0
11	1391	-872	-107945	-1391	872	68280	45.5	615.0
12	1391	-1163	-68280	-1391	1163	15375	45.5	615.0
13	1391	-1454	-15375	-1391	1454	-50770	45.5	615.0
14	1391	-1745	50770	-1391	1745	-130156	45.5	615.0
15	1391	-2036	130156	-1391	2036	-222783	45.5	615.0

- ・ 柱脚部分における最大モーメント  
 $M=194441\text{kgfcm}$ 、 $Q=1391\text{kgf}$ 、 $N=2181\text{kgf}$  (柱脚部分)
- ・ 梁端接合部における最大モーメント  
 $M=222783\text{kgfcm}$ 、 $Q=2036\text{kgf}$ 、 $N=1391\text{kgf}$  (柱-梁接合部)

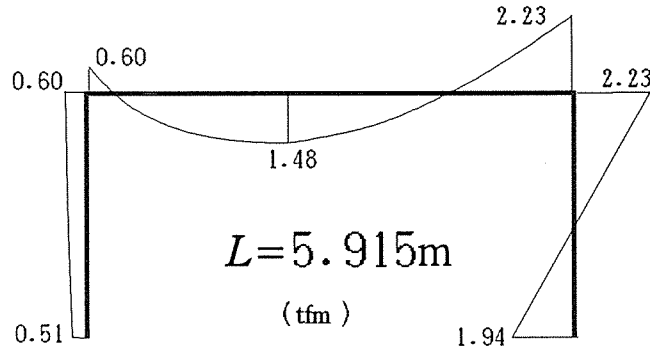


図7 モーメント図 ( $L=5.915\text{m}$  の場合)

## 6. 接合部の設計

### 6. 1 設計法の基本方針

基本的な計算方法は、AIJ木質構造設計ノートの「モーメント抵抗接合部の設計法」に記載された方法を用いる。ただし、ドリフトピンの短期許容耐力については、EYT式で算定される降伏耐力 $P_v$ そのものを採用する。その理由は、ドリフトピンの配置（端距離 $e_e$ 、縁距離 $e_h$ 、相互間隔等 $p$ ）と径長比 $l/d$ に十分な余裕を見込んだ場合は、1本のピンが降伏しても、その時の荷重を維持したまま変形だけが進行するという「弾塑性的挙動」が期待でき、接合部全体としては、十分な靱性を持ち、耐震性能はむしろ増強されるからである。設計法の詳細については、木質架構委員会平成6年度報告集「1-2. 鋼板添板/挿入型接合」による。

### 6. 2 CASE-1 : スパン 4.095m の場合

#### a) 柱脚接合部

- ・ 柱脚接合部設計用外力  
 $M=115152\text{kgfcm}$ 、 $Q=793\text{kgf}$ 、 $N=1614\text{kgf}$

#### ・ 部材材料常数

$$E=110\text{tf/cm}^2, \quad TD=500\text{kg/m}^3 \quad (\text{ベイマツ集成材想定})$$

#### ・ 接合部の仕様

ドリフトピン直径： $d=9\text{mm}$

ガセット板寸法： $260\text{mm} \times 300\text{mm}$

端距離 $e_e=7d$ 、縁距離 $e_h=3.94d < 4d$  (例外的)、接合具間隔 $p=7d$ 、材幅 $b=150\text{mm}$

径長比 $l/d=141/9=15.7 > 10$  o.k.

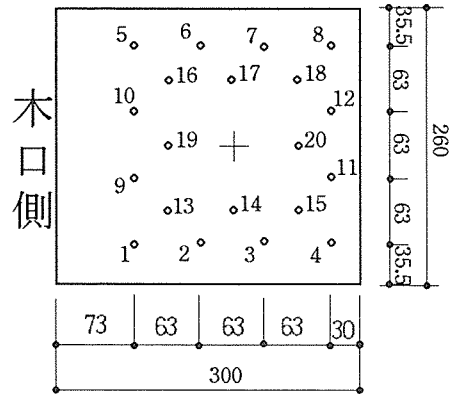


図8 スパン4.095m (CASE-1) 柱脚接合部のドリフトピン配列

各ドリフトピンの耐力照査結果を表4に示す。

表4 スパン4.095m (CASE-1) 柱脚接合部のドリフトピン耐力照査表

No.	x(cm)	y(cm)	r(cm)	$\phi$ (rad.)	$K_\phi$ (kgf/cm)	$P_s$ (kgf)	$P_Q$ (kgf)	$P_N$ (kgf)	$F_x$ (kgf)	$F_y$ (kgf)	$\omega$ (rad.)	$F_{res}$ (kgf)	$P_\omega$ (kgf)	$F_{res}/P_\omega$
1	-9.5	-9.5	13.4	0.7854	7043	359	20	40	-214	274	-0.9082	347	369	0.9421
2	-3.2	-9.5	10.0	0.3218	10988	418	20	40	-356	152	-0.4034	387	541	0.7151
3	3.2	-9.5	10.0	2.8198	10988	418	20	40	-356	-112	0.3055	373	578	0.6458
4	9.5	-9.5	13.4	2.3562	7043	359	20	40	-214	-234	0.8312	317	389	0.8154
5	-9.5	9.5	13.4	2.3562	7043	359	20	40	294	274	0.7493	402	413	0.9733
6	-3.2	9.5	10.0	2.8198	10988	418	20	40	437	152	0.3348	462	567	0.8149
7	3.2	9.5	10.0	0.3218	10988	418	20	40	437	-112	-0.2517	451	596	0.7563
8	9.5	9.5	13.4	0.7854	7043	359	20	40	294	-234	-0.6720	376	439	0.8575
9	-9.5	-3.2	10.0	1.2491	5182	197	20	40	-22	207	-1.4650	208	295	0.7051
10	-9.5	3.2	10.0	1.8926	5182	197	20	40	103	207	1.1099	231	328	0.7032
11	9.5	-3.2	10.0	1.8926	5182	197	20	40	-22	-167	1.4402	169	296	0.5698
12	9.5	3.2	10.0	1.2491	5182	197	20	40	103	-167	-1.0199	196	344	0.5698
13	-6.3	-6.3	8.9	0.7854	7043	239	20	40	-129	189	-0.9723	229	354	0.6469
14	0.0	-6.3	6.3	0	12777	307	20	40	-267	20	-0.0742	268	636	0.4209
15	6.3	-6.3	8.9	2.3562	7043	239	20	40	-129	-150	0.8590	197	381	0.5180
16	-6.3	6.3	8.9	2.3562	7043	239	20	40	210	189	0.7340	282	418	0.6757
17	0.0	6.3	6.3	0	12777	307	20	40	348	20	0.0570	348	637	0.5462
18	6.3	6.3	8.9	0.7854	7043	239	20	40	210	-150	-0.6194	258	457	0.5630
19	-6.3	0.0	6.3	1.5708	4861	117	20	40	40	137	1.2838	143	306	0.4653
20	6.3	0.0	6.3	1.5708	4861	117	20	40	40	-97	-1.1768	105	318	0.3300

ピン本数	回転剛性 $R_J$ (kgfcm/rad.)	せん断剛性 $S_J$ (kgf/cm)	軸力剛性 $D_J$ (kgf/cm)
20	30172600	194455	511092

b) 梁端接合部

- ・ 梁端接合部設計用外力

$$M=122743\text{kgfcm}, \quad Q=1469\text{kgf}, \quad N=793\text{kgf}$$

- ・ 部材材料常数

$$E=110\text{tf/cm}^2, \quad TD=500\text{kg/m}^3 \quad (\text{ベイマツ集成材想定})$$

・接合部の仕様

ドリフトピン直径： $d=9\text{mm}$

ガセット板寸法：280mm × 320mm

端距離  $e_e = 7d$ 、縁距離  $e_h = 5d$ 、接合具間隔  $p = 7d$ 、材幅  $b = 150\text{mm}$

径長比  $l/d = 141/9 = 15.7 > 10$  o.k.

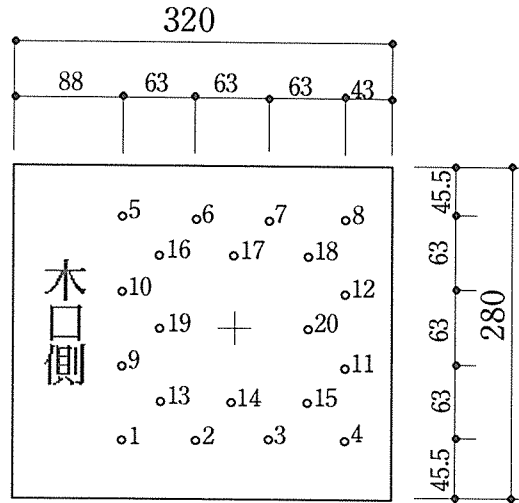


図9 スパン4.095m (CASE-1) 梁端接合部のドリフトピン配列

表5 スパン4.095m (CASE-1) 梁端部接合部のドリフトピン耐力照査表

No.	x(cm)	y(cm)	r(cm)	$\phi$ (rad.)	$K_\phi$ (kgf/cm)	$P_s$ (kgf)	$P_Q$ (kgf)	$P_N$ (kgf)	$F_x$ (kgf)	$F_y$ (kgf)	$\omega$ (rad.)	$F_{res}$ (kgf)	$P_\omega$ (kgf)	$F_{res}/P_\omega$
1	-9.45	-9.45	13.36	0.785	7734	383	37	20	-251	307	-0.886	397	401	0.9904
2	-3.15	-9.45	9.96	0.322	12068	445	37	20	-403	178	-0.415	440	555	0.7927
3	3.15	-9.45	9.96	2.82	12068	445	37	20	-403	-104	0.253	416	609	0.6831
4	9.45	-9.45	13.36	2.356	7734	383	37	20	-251	-234	0.751	343	438	0.7827
5	-9.45	9.45	13.36	2.356	7734	383	37	20	291	307	0.814	423	420	1.0074
6	-3.15	9.45	9.96	2.82	12068	445	37	20	442	178	0.382	477	567	0.8404
7	3.15	9.45	9.96	0.322	12068	445	37	20	442	-104	-0.231	454	615	0.7390
8	9.45	9.45	13.36	0.785	7734	383	37	20	291	-234	-0.678	373	461	0.8086
9	-9.45	-3.15	9.96	1.249	5690	210	37	20	-47	236	-1.376	240	326	0.7383
10	-9.45	3.15	9.96	1.893	5690	210	37	20	86	236	1.220	251	340	0.7392
11	9.45	-3.15	9.96	1.893	5690	210	37	20	-47	-162	1.292	169	332	0.5086
12	9.45	3.15	9.96	1.249	5690	210	37	20	86	-162	-1.083	184	360	0.5116
13	-6.30	-6.30	8.91	0.785	7734	255	37	20	-161	217	-0.934	270	389	0.6940
14	0.00	-6.30	6.30	0	14034	328	37	20	-308	37	-0.119	310	639	0.4851
15	6.30	-6.30	8.91	2.356	7734	255	37	20	-161	-144	0.730	216	445	0.4848
16	-6.30	6.30	8.91	2.356	7734	255	37	20	200	217	0.826	295	417	0.7093
17	0.00	6.30	6.30	0	14034	328	37	20	347	37	0.105	349	641	0.5451
18	6.30	6.30	8.91	0.785	7734	255	37	20	200	-144	-0.623	247	480	0.5135
19	-6.30	0.00	6.30	1.571	5338	125	37	20	20	161	1.449	163	322	0.5048
20	6.30	0.00	6.30	1.571	5338	125	37	20	20	-88	-1.349	90	328	0.2749

ピン本数	回転剛性 $R_J$ (kgfcm/rad.)	せん断剛性 $S_J$ (kgf/cm)	軸力剛性 $D_J$ (kgf/cm)
20	33133400	213509	561344

### 6. 3 CASE-2 : スパン 5.005m の場合

#### a) 柱脚接合部

- ・ 柱脚接合部設計用外力

$$M=151190\text{kgfcm}$$

$$Q=1065\text{kgf}$$

$$N=1904\text{kgf}$$

- ・ 部材材料常数

$$E=110\text{tf/cm}^2$$

$$TD=500\text{kg/m}^3$$

(ベイマツ集成材想定)

- ・ 接合部の仕様

ドリフトピン直径 :  $d=9\text{mm}$

ガセット板寸法 :  $320\text{mm} \times 360\text{mm}$

端距離  $e_e = 7d$ 、縁距離  $e_h = 7.2d$  (例外的)

接合具間隔  $p=7d$ 、材幅  $b=150\text{mm}$

径長比  $l/d=141/9=15.7 > 10$  o. k.

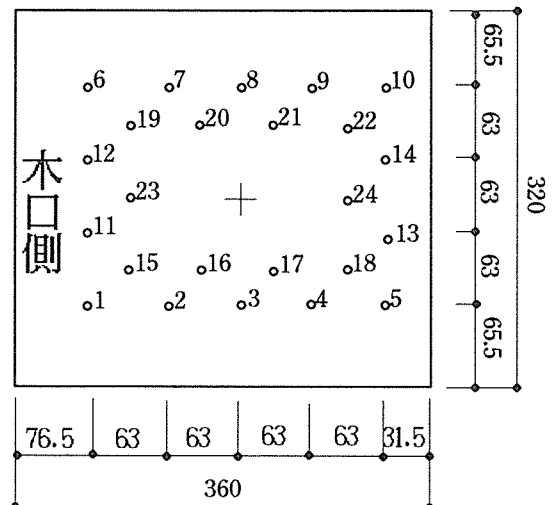


図 10 スパン5.005m (CASE-2)  
柱脚接合部のドリフトピン配列

各ドリフトピンの耐力照査結果を表 6 に示す。

表 6 スパン5.005m (CASE-2) 柱脚接合部のドリフトピン耐力照査表

No.	x(cm)	y(cm)	r(cm)	$\phi$ (rad.)	$K_\phi$ (kgf/cm)	$P_s$ (kgf)	$P_Q$ (kgf)	$P_N$ (kgf)	$F_x$ (kgf)	$F_y$ (kgf)	$\omega$ (rad.)	$F_{res}$ (kgf)	$P_\omega$ (kgf)	$F_{res}/P_\omega$
1	-12.60	-9.45	15.75	0.9273	6257	336	22	40	-162	291	-1.0630	333	336	0.9909
2	-6.30	-9.45	11.36	0.5880	8512	330	22	40	-235	205	-0.7182	312	423	0.7366
3	0.00	-9.45	9.45	0.0000	12777	412	22	40	-372	22	-0.0596	373	637	0.5850
4	6.30	-9.45	11.36	2.5536	8512	330	22	40	-235	-161	0.6005	284	464	0.6124
5	12.60	-9.45	15.75	2.2143	6257	336	22	40	-162	-247	0.9898	295	350	0.8425
6	-12.60	9.45	15.75	2.2143	6257	336	22	40	241	291	0.8786	378	376	1.0052
7	-6.30	9.45	11.36	2.5536	8512	330	22	40	314	205	0.5786	375	473	0.7935
8	0.00	9.45	9.45	0.0000	12777	412	22	40	451	22	0.0491	452	638	0.7084
9	6.30	9.45	11.36	0.5880	8512	330	22	40	314	-161	-0.4730	353	514	0.6867
10	12.60	9.45	15.75	0.9273	6257	336	22	40	241	-247	-0.7964	345	399	0.8654
11	-12.60	-3.15	12.99	1.3258	5045	223	22	40	-15	239	-1.5101	239	294	0.8154
12	-12.60	3.15	12.99	1.8158	5045	223	22	40	94	239	1.1965	257	316	0.8127
13	12.60	-3.15	12.99	1.8158	5045	223	22	40	-15	-195	1.4963	195	294	0.6639
14	12.60	3.15	12.99	1.3258	5045	223	22	40	94	-195	-1.1214	216	326	0.6618
15	-9.45	-6.30	11.36	0.9828	6006	233	22	40	-89	216	-1.1781	234	318	0.7336
16	-3.15	-6.30	7.04	0.4636	9638	232	22	40	-167	126	-0.6441	209	448	0.4668
17	3.15	-6.30	7.04	2.6780	9638	232	22	40	-167	-81	0.4523	186	522	0.3567
18	9.45	-6.30	11.36	2.1588	6006	233	22	40	-89	-171	1.0901	193	331	0.5831
19	-9.45	6.30	11.36	2.1588	6006	233	22	40	169	216	0.9072	274	369	0.7424
20	-3.15	6.30	7.04	2.6780	9638	232	22	40	247	126	0.4713	277	514	0.5384
21	3.15	6.30	7.04	0.4636	9638	232	22	40	247	-81	-0.3185	260	573	0.4532
22	9.45	6.30	11.36	0.9828	6006	233	22	40	169	-171	-0.7932	240	400	0.6017
23	-9.45	0.00	9.45	1.5708	4861	157	22	40	40	179	1.3526	183	301	0.6093
24	9.45	0.00	9.45	1.5708	4861	157	22	40	40	-134	-1.2840	140	306	0.4577

ピン本数	回転剛性 $R_J$ (kgfcm/rad.)	せん断剛性 $S_J$ (kgf/cm)	軸力剛性 $D_J$ (kgf/cm)
24	44333700	233346	613310

b) 梁端接合部

・ 梁端接合部設計用外力

$$M=168237\text{kgfcm}$$

$$Q=1078\text{kgf}$$

$$N=1065\text{kgf}$$

・ 部材材料常数

$$E=110\text{tf/cm}^2$$

$$TD=500\text{kg/m}^3$$

(ベイマツ集成材想定)

・ 接合部の仕様

ドリフトピン直径： $d=9\text{mm}$

ガセット板寸法：360mm×420mm

端距離 $e_o=7d$ 、縁距離 $e_h=6d$  (例外的)

接合具間隔 $p=7d$ 、材幅 $b=150\text{mm}$

径長比 $l/d=141/9=15.7 > 10$  o.k.

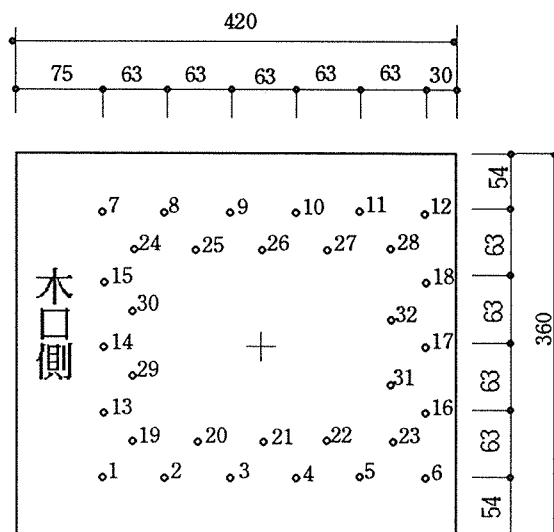


図 1 1 スパン5.005m (CASE-2)  
梁端接合部のドリフトピン配列

各ドリフトピンの耐力照査結果を表 7 に示す。

表 7 スパン5.005m (CASE-2) 梁端接合部のドリフトピン耐力照査表

No.	x(cm)	y(cm)	r(cm)	$\phi$ (rad.)	$K_\phi$ (kgf/cm)	$P_s$ (kgf)	$P_Q$ (kgf)	$P_N$ (kgf)	$F_x$ (kgf)	$F_y$ (kgf)	$\omega$ (rad.)	$F_{ros}$ (kgf)	$P_\omega$ (kgf)	$F_{ros}/P_\omega$
1	-15.75	-12.60	20.17	0.8961	6411	213	17	17	-116	183	-1.0047	217	347	0.6247
2	-9.45	-12.60	15.75	0.6435	8055	209	17	17	-150	142	-0.7571	207	411	0.5039
3	-3.15	-12.60	12.99	0.2450	11660	249	17	17	-225	77	-0.3307	238	569	0.4185
4	3.15	-12.60	12.99	2.8966	11660	249	17	17	-225	-44	0.1913	229	614	0.3738
5	9.45	-12.60	15.75	2.4981	8055	209	17	17	-150	-108	0.6247	185	455	0.4071
6	15.75	-12.60	20.17	2.2455	6411	213	17	17	-116	-149	0.9091	189	368	0.5138
7	-15.75	12.60	20.17	2.2455	6411	213	17	17	150	183	0.8856	236	374	0.6316
8	-9.45	12.60	15.75	2.4981	8055	209	17	17	184	142	0.6585	232	443	0.5238
9	-3.15	12.60	12.99	2.8966	11660	249	17	17	258	77	0.2906	270	583	0.4626
10	3.15	12.60	12.99	0.2450	11660	249	17	17	258	-44	-0.1672	262	620	0.4230
11	9.45	12.60	15.75	0.6435	8055	209	17	17	184	-108	-0.5333	213	490	0.4353
12	15.75	12.60	20.17	0.8961	6411	213	17	17	150	-149	-0.7846	211	402	0.5255
13	-15.75	-6.30	16.96	1.1903	5316	148	17	17	-38	155	-1.3269	159	303	0.5266
14	-15.75	0.00	15.75	1.5708	4861	126	17	17	17	143	1.4548	144	295	0.4872
15	-15.75	6.30	16.96	1.9513	5316	148	17	17	72	155	1.1363	170	324	0.5258
16	15.75	-6.30	16.96	1.9513	5316	148	17	17	-38	-121	1.2628	127	308	0.4115
17	15.75	0.00	15.75	1.5708	4861	126	17	17	17	-109	-1.4195	110	297	0.3722
18	15.75	6.30	16.96	1.1903	5316	148	17	17	72	-121	-1.0353	141	341	0.4122
19	-12.60	-9.45	15.75	0.9273	6257	162	17	17	-81	147	-1.0677	167	335	0.4990
20	-6.30	-9.45	11.36	0.5880	8512	159	17	17	-116	105	-0.7372	156	417	0.3750
21	0.00	-9.45	9.45	0.0000	12777	199	17	17	-182	17	-0.0922	183	633	0.2887
22	6.30	-9.45	11.36	2.5536	8512	159	17	17	-116	-71	0.5528	136	482	0.2819
23	12.60	-9.45	15.75	2.2143	6257	162	17	17	-81	-113	0.9504	139	359	0.3868
24	-12.60	9.45	15.75	2.2143	6257	162	17	17	114	147	0.9100	186	368	0.5042
25	-6.30	9.45	11.36	2.5536	8512	159	17	17	149	105	0.6142	182	459	0.3971
26	0.00	9.45	9.45	0.0000	12777	199	17	17	215	17	0.0781	216	635	0.3400
27	6.30	9.45	11.36	0.5880	8512	159	17	17	149	-71	-0.4469	165	524	0.3154
28	12.60	9.45	15.75	0.9273	6257	162	17	17	114	-113	-0.7808	160	403	0.3977
29	-12.60	-3.15	12.99	1.3258	5045	108	17	17	-10	121	-1.4926	122	294	0.4144
30	-12.60	3.15	12.99	1.8158	5045	108	17	17	43	121	1.2321	129	312	0.4132
31	12.60	-3.15	12.99	1.8158	5045	108	17	17	-10	-88	1.4628	88	295	0.2994
32	12.60	3.15	12.99	1.3258	5045	108	17	17	43	-88	-1.1172	98	327	0.2986

ピン本数	回転剛性 $R_J$ (kgfcm/rad.)	せん断剛性 $S_J$ (kgf/cm)	軸力剛性 $D_J$ (kgf/cm)
32	102222000	311128	817747

6. 4. CASE-3 : スパン 5.915m の場合

a) 柱脚接合部

・ 柱脚接合部設計用外力

$$M=194441\text{kgfcm}$$

$$Q=1391\text{kgf}$$

$$N=2181\text{kgf}$$

・ 部材材料常数

$$E=110\text{tf/cm}^2$$

$$TD=500\text{kg/m}^3$$

(ベイマツ集成材想定)

・ 接合部の仕様

ドリフトピン直径 :  $d=9\text{mm}$

ガセット板寸法 :  $370\text{mm} \times 450\text{mm}$

端距離  $e_e = 7d$ 、縁距離  $e_h = 6.5d$  (例外的)

接合具間隔  $p=7d$ 、材幅  $b=150\text{mm}$

径長比  $l/d=141/9=15.7 > 10$  o.k. 各ドリフトピンの耐力照査結果を表 8 に示す。

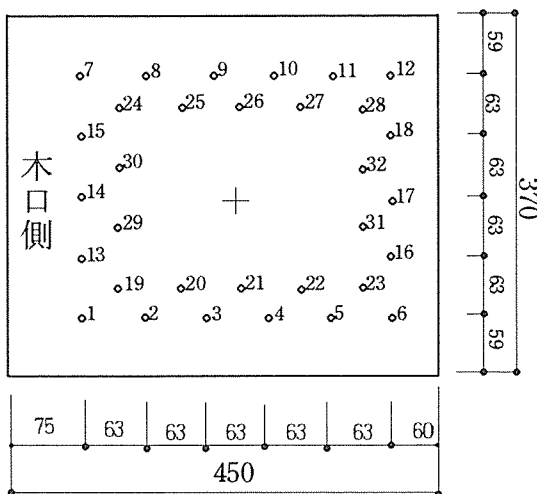


図 1 2 スパン 5.915m (CASE-3)

柱脚接合部のドリフトピン配列

表 8 スパン 5.915m (CASE-3) 柱脚接合部のドリフトピン耐力照査表

No.	x(cm)	y(cm)	r(cm)	$\phi$ (rad.)	$K_\phi$ (kgf/cm)	$P_s$ (kgf)	$P_Q$ (kgf)	$P_N$ (kgf)	$F_x$ (kgf)	$F_y$ (kgf)	$\omega$ (rad.)	$F_{res}$ (kgf)	$P_\omega$ (kgf)	$F_{res}/P_\omega$
1	-15.75	-12.60	20.17	0.8961	6411	246	22	34	-120	214	-1.0608	245	337	0.7280
2	-9.45	-12.60	15.75	0.6435	8055	241	22	34	-159	167	-0.8086	230	395	0.5826
3	-3.15	-12.60	12.99	0.2450	11660	288	22	34	-245	92	-0.3573	262	559	0.4686
4	3.15	-12.60	12.99	2.8966	11660	288	22	34	-245	-48	0.1937	250	613	0.4080
5	9.45	-12.60	15.75	2.4981	8055	241	22	34	-159	-123	0.6587	201	443	0.4535
6	15.75	-12.60	20.17	2.2455	6411	246	22	34	-120	-170	0.9587	208	357	0.5831
7	-15.75	12.60	20.17	2.2455	6411	246	22	34	188	214	0.8502	285	384	0.7419
8	-9.45	12.60	15.75	2.4981	8055	241	22	34	227	167	0.6326	282	453	0.6223
9	-3.15	12.60	12.99	2.8966	11660	288	22	34	314	92	0.2842	327	585	0.5580
10	3.15	12.60	12.99	0.2450	11660	288	22	34	314	-48	-0.1523	317	623	0.5093
11	9.45	12.60	15.75	0.6435	8055	241	22	34	227	-123	-0.4965	258	504	0.5122
12	15.75	12.60	20.17	0.8961	6411	246	22	34	188	-170	-0.7369	254	417	0.6079
13	-15.75	-6.30	16.96	1.1903	5316	172	22	34	-30	181	-1.4086	183	297	0.6170
14	-15.75	0.00	15.75	1.5708	4861	146	22	34	34	167	1.3699	171	300	0.5703
15	-15.75	6.30	16.96	1.9513	5316	172	22	34	98	181	1.0755	206	334	0.6160
16	15.75	-6.30	16.96	1.9513	5316	172	22	34	-30	-138	1.3586	141	300	0.4685
17	15.75	0.00	15.75	1.5708	4861	146	22	34	34	-124	-1.3024	129	305	0.4218
18	15.75	6.30	16.96	1.1903	5316	172	22	34	98	-138	-0.9527	169	358	0.4710
19	-12.60	-9.45	15.75	0.9273	6257	187	22	34	-78	172	-1.1425	189	323	0.5838
20	-6.30	-9.45	11.36	0.5880	8512	184	22	34	-119	124	-0.8052	172	396	0.4332
21	0.00	-9.45	9.45	0.0000	12777	230	22	34	-196	22	-0.1107	197	631	0.3120
22	6.30	-9.45	11.36	2.5536	8512	184	22	34	-119	-80	0.5937	143	467	0.3073
23	12.60	-9.45	15.75	2.2143	6257	187	22	34	-78	-128	1.0221	150	344	0.4372
24	-12.60	9.45	15.75	2.2143	6257	187	22	34	147	172	0.8643	226	380	0.5943
25	-6.30	9.45	11.36	2.5536	8512	184	22	34	187	124	0.5844	224	470	0.4768
26	0.00	9.45	9.45	0.0000	12777	230	22	34	264	22	0.0822	265	635	0.4169
27	6.30	9.45	11.36	0.5880	8512	184	22	34	187	-80	-0.4053	204	540	0.3767
28	12.60	9.45	15.75	0.9273	6257	187	22	34	147	-128	-0.7188	195	423	0.4605
29	-12.60	-3.15	12.99	1.3258	5045	125	22	34	4	143	1.5438	143	293	0.4868
30	-12.60	3.15	12.99	1.8158	5045	125	22	34	64	143	1.1473	156	323	0.4851
31	12.60	-3.15	12.99	1.8158	5045	125	22	34	4	-99	-1.5320	99	293	0.3384
32	12.60	3.15	12.99	1.3258	5045	125	22	34	64	-99	-0.9956	118	349	0.3387

ピン本数	回転剛性 $R_J$ (kgfcm/rad.)	せん断剛性 $S_J$ (kgf/cm)	軸力剛性 $D_J$ (kgf/cm)
32	102222000	311128	817747



b) 梁端接合部

- ・ 梁端接合部設計用外力

$$M=222783\text{kgfcm}$$

$$Q=2036\text{kgf}$$

$$N=1391\text{kgf}$$

- ・ 部材材料常数

$$E=110\text{tf/cm}^2$$

$$TD=500\text{kg/m}^3$$

(ベイマツ集成材想定)

- ・ 接合部の仕様

ドリフトピン直径： $d=9\text{mm}$

ガセット板寸法：410mm×500mm

端距離  $e_e = 7d$ 、縁距離  $e_h = 5.2d$

接合具間隔  $p=7d$ 、材幅  $b=150\text{mm}$

径長比  $l/d=141/9=15.7 > 10$  o.k.

各ドリフトピンの耐力照査結果を表9に示す。

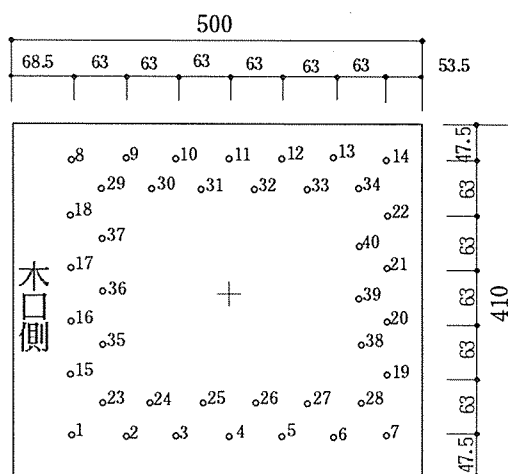


図13 スパン5.915m (CASE-3) 梁端接合部のドリフトピン配列

表9 スパン5.915m (CASE-3) 梁端接合部のドリフトピン耐力照査表

No.	x(cm)	y(cm)	r(cm)	$\phi$ (rad.)	$K_\phi$ (kgf/cm)	$P_a$ (kgf)	$P_o$ (kgf)	$P_N$ (kgf)	$F_x$ (kgf)	$F_y$ (kgf)	$\omega$ (rad.)	$F_{res}$ (kgf)	$P_\omega$ (kgf)	$F_{res}/P_\omega$
1	-18.90	-15.75	24.60	0.8761	6516	181	25	17	-98	164	-1.0316	191	342	0.5598
2	-12.60	-15.75	20.17	0.6747	7813	178	25	17	-121	136	-0.8439	183	385	0.4738
3	-6.30	-15.75	16.96	0.3805	10434	199	25	17	-168	100	-0.5353	195	489	0.3989
4	0.00	-15.75	15.75	0.0000	12777	227	25	17	-209	25	-0.1209	211	629	0.3354
5	6.30	-15.75	16.96	2.7611	10434	199	25	17	-168	-49	0.2821	175	586	0.2981
6	12.60	-15.75	20.17	2.4669	7813	178	25	17	-121	-85	0.6140	148	459	0.3230
7	18.90	-15.75	24.60	2.2655	6516	181	25	17	-98	-113	0.8565	150	382	0.3928
8	-18.90	15.75	24.60	2.2655	6516	181	25	17	133	164	0.8899	211	373	0.5664
9	-12.60	15.75	20.17	2.4669	7813	178	25	17	156	136	0.7182	207	423	0.4900
10	-6.30	15.75	16.96	2.7611	10434	199	25	17	203	100	0.4567	226	520	0.4340
11	0.00	15.75	15.75	3.1416	12777	227	25	17	244	25	0.1038	246	632	0.3886
12	6.30	15.75	16.96	0.3805	10434	199	25	17	203	-49	-0.2356	208	601	0.3466
13	12.60	15.75	20.17	0.6747	7813	178	25	17	156	-85	-0.5012	178	503	0.3541
14	18.90	15.75	24.60	0.8761	6516	181	25	17	133	-113	-0.7056	175	427	0.4091
15	-18.90	-9.45	21.13	1.1072	5549	132	25	17	-42	144	-1.2882	150	306	0.4889
16	-18.90	-3.15	19.16	1.4057	4944	107	25	17	0	131	-1.5695	131	293	0.4462
17	-18.90	3.15	19.16	1.7360	4944	107	25	17	35	131	1.3097	135	304	0.4452
18	-18.90	9.45	21.13	2.0344	5549	132	25	17	76	144	1.0815	163	333	0.4889
19	18.90	-9.45	21.13	2.0344	5549	132	25	17	-42	-93	1.1482	102	322	0.3154
20	18.90	-3.15	19.16	1.7359	4944	107	25	17	0	-80	1.5687	80	293	0.2725
21	18.90	3.15	19.16	1.4057	4944	107	25	17	35	-80	-1.1584	87	321	0.2716
22	18.90	9.45	21.13	1.1072	5549	132	25	17	76	-93	-0.8812	120	375	0.3202
23	-15.75	-12.60	20.17	0.8961	6411	146	25	17	-74	139	-1.0843	158	332	0.4739
24	-9.45	-12.60	15.75	0.6435	8055	143	25	17	-97	111	-0.8537	148	383	0.3858
25	-3.15	-12.60	12.99	0.2450	11660	171	25	17	-148	67	-0.4237	163	533	0.3049
26	3.15	-12.60	12.99	2.8966	11660	171	25	17	-148	-16	0.1072	149	631	0.2361
27	9.45	-12.60	15.75	2.4981	8055	143	25	17	-97	-60	0.5565	114	481	0.2375
28	15.75	-12.60	20.17	2.2455	6411	146	25	17	-74	-88	0.8759	115	377	0.3053
29	-15.75	12.60	20.17	2.2455	6411	146	25	17	108	139	0.9092	177	368	0.4791
30	-9.45	12.60	15.75	2.4981	8055	143	25	17	132	111	0.7011	172	429	0.4022
31	-3.15	12.60	12.99	2.8966	11660	171	25	17	183	67	0.3503	195	562	0.3469
32	3.15	12.60	12.99	0.2450	11660	171	25	17	183	-16	-0.0869	184	634	0.2896
33	9.45	12.60	15.75	0.6435	8055	143	25	17	132	-60	-0.4294	145	531	0.2730
34	15.75	12.60	20.17	0.8961	6411	146	25	17	108	-88	-0.6837	140	435	0.3219
35	-15.75	-6.30	16.96	1.1903	5316	102	25	17	-20	120	-1.4025	122	298	0.4084
36	-15.75	0.00	15.75	1.5708	4861	86	25	17	17	112	1.4164	113	297	0.3810
37	-15.75	6.30	16.96	1.9513	5316	102	25	17	55	120	1.1395	132	324	0.4074
38	15.75	-6.30	16.96	1.9513	5316	102	25	17	-20	-69	1.2836	72	306	0.2345
39	15.75	0.00	15.75	1.5708	4861	86	25	17	17	-61	-1.2925	63	306	0.2071
40	15.75	6.30	16.96	1.1903	5316	102	25	17	55	-69	-0.8960	88	372	0.2374

ピン本数	回転剛性 $R_J$ (kgfcm/rad.)	せん断剛性 $S_J$ (kgf/cm)	軸力剛性 $D_J$ (kgf/cm)
40	197666000	388910	1022180

## 7. 実大実験

### 7. 1 試験体

表10に示すベイマツGLT 3体、ベイマツLVL 3体の計6体の実大門型ラーメン試験体を供試した。

なお、設計条件では、柱長さ $L_c$ は全て300cmとして計算したが、実大実験では、反力床のジャッキ固定点と柱脚基礎梁の固定位置との関係から、柱長を320cmとして実験した。

表10 供試ラーメン試験体一覧

呼称	部材種類	梁スパン	柱長さ	梁せい	柱せい	材幅
		$L_b$ (cm)	$L_c$ (cm)	$h_b$ (cm)	$h_c$ (cm)	$b$ (cm)
GLT1	ベイマツ集成材	409.5	320	28	26	15
GLT2	ベイマツ集成材	500.5	320	36	32	15
GLT3	ベイマツ集成材	591.5	320	41	37	15
LVL1	ベイマツLVL	409.5	320	28	26	15
LVL2	ベイマツLVL	500.5	320	36	32	15
LVL3	ベイマツLVL	591.5	320	41	37	15

図14～図16に最終的に決定された各試験体の詳細を示す。

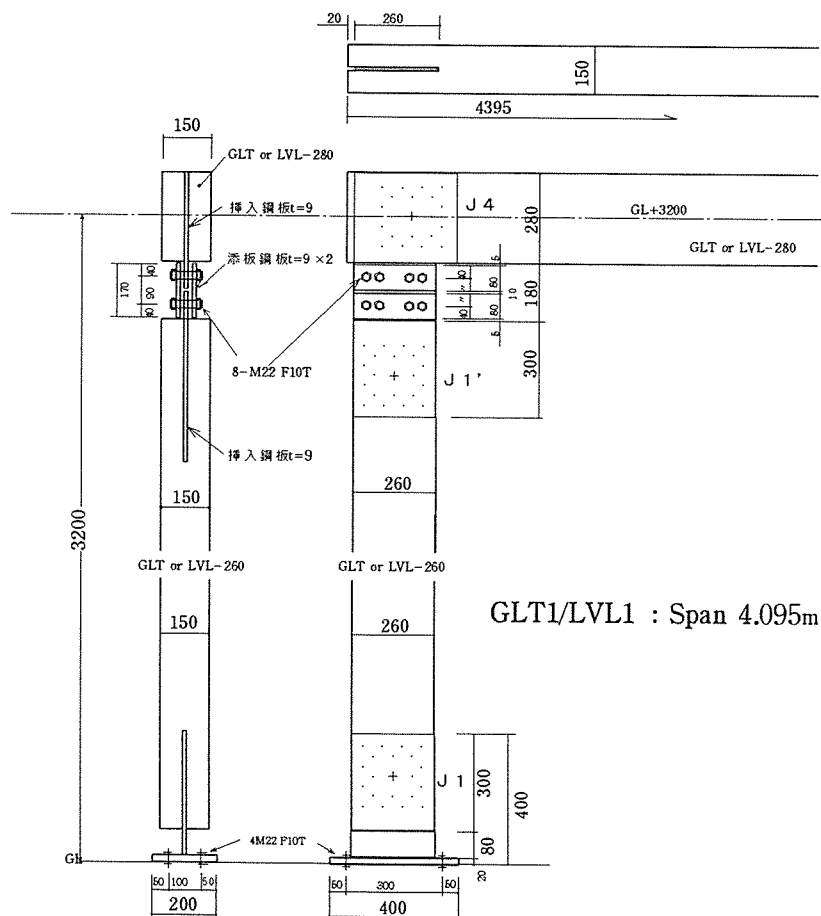


図14 GLT1およびLVL1試験体詳細

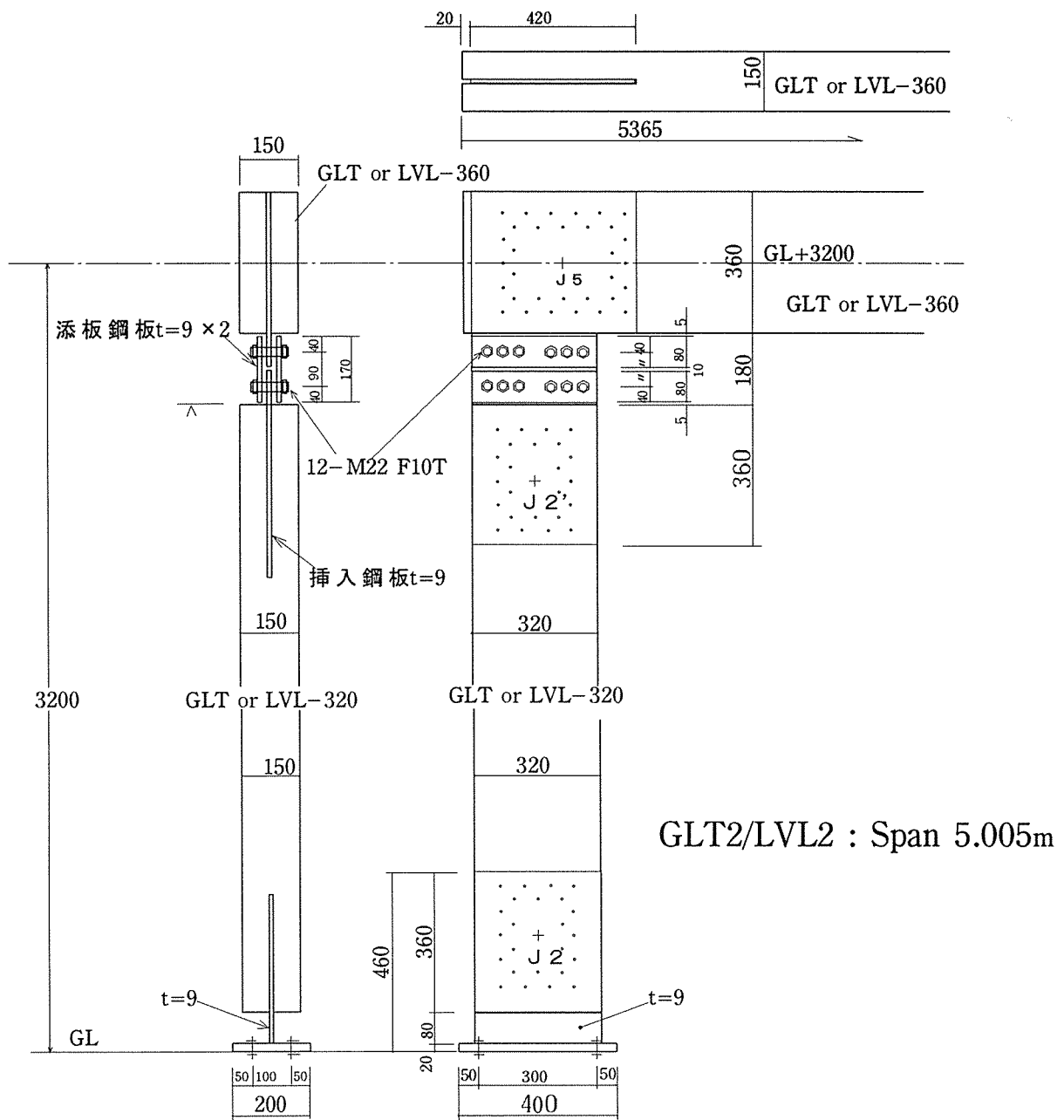


図 1 5 GLT2 および LVL2 試験体詳細

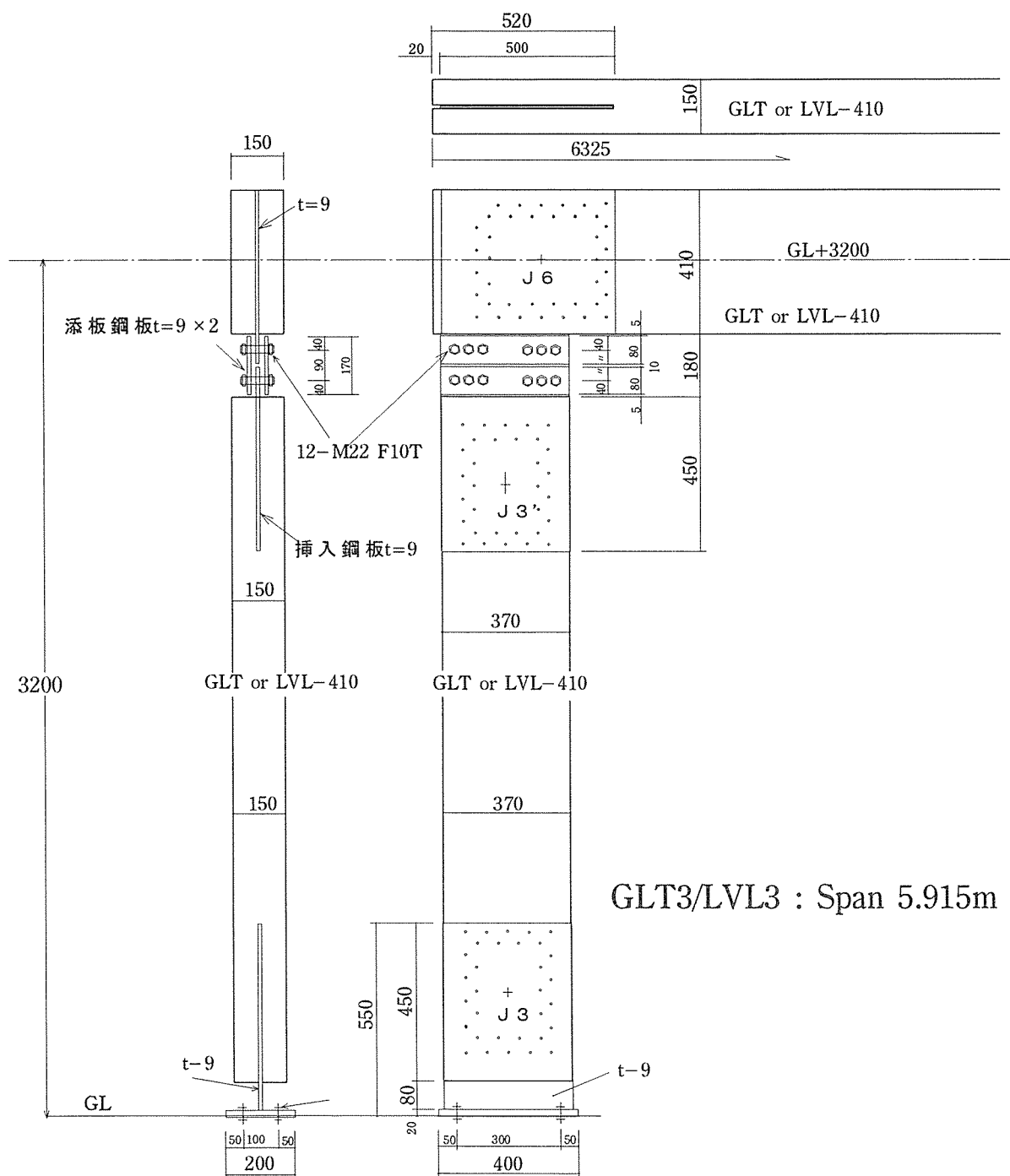


図16 GLT3およびLVL3試験体詳細

## 7.2 加力

### 7.2.1 加力システム

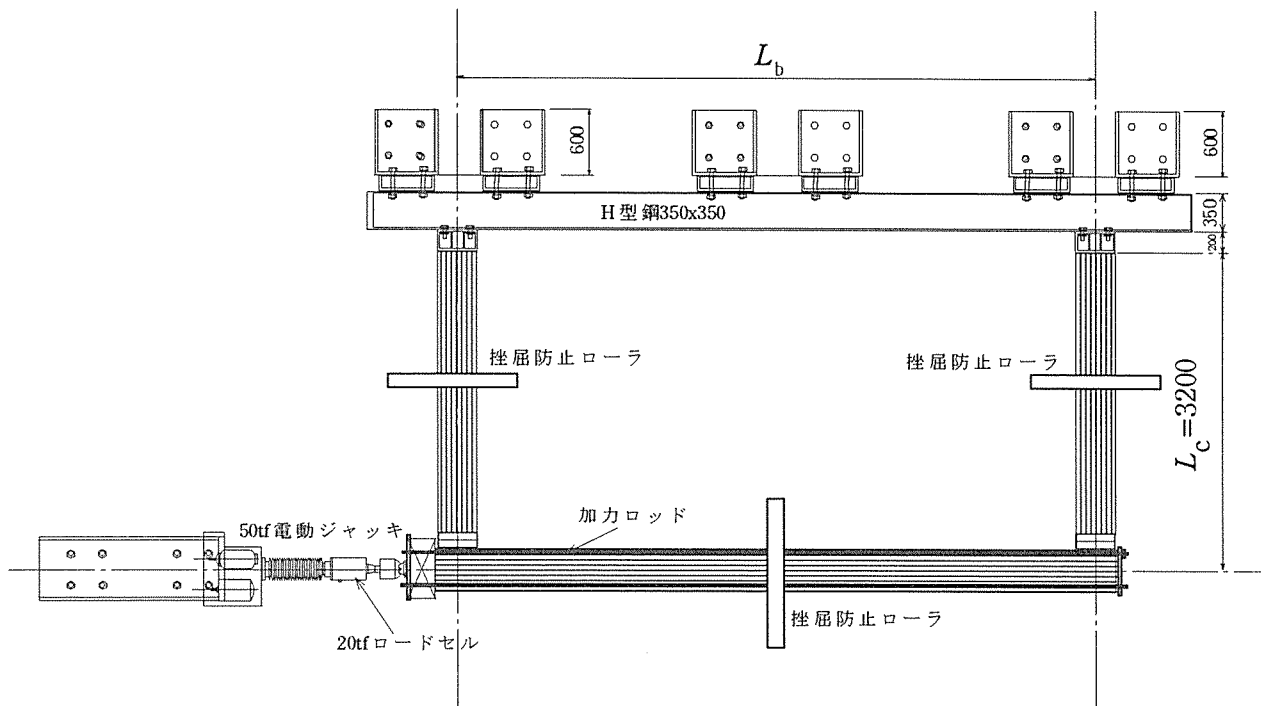


図 17 加力システム

反力床上にフラットワイズに設置された試験体と加力装置の関係を図 17 に示す。全ての試験体は柱脚固定用 H 型鋼 350x350 に M22HTB で固定された。また、H 型鋼は剛体回転をしないように、2 m おきに 6 カ所で反力床に固定した。水平荷重は最大容量 ± 50tf の電動ジャッキにより与えた。また、試験体の局部挫屈を防止するために、柱および梁をローラーで拘束した。

### 7.2.2 加力スケジュール

加力は表 1 1 に示すスケジュールに従って変位制御で行った。

表 1 1 電動ジャッキの加力スケジュール

チェックポイント	変位制御値 (mm)	備り
CHN%(001) の値		
0,	+10.00	: REM (1/30)
1,	-10.00	: REM (1/30)
2,	+15.00	: REM (1/20)
3,	-15.00	: REM (1/20)
4,	+20.00	: REM (1/15)
5,	-20.00	: REM (1/15)
6,	+30.00	: REM (1/10)
7,	-30.00	: REM (1/10)
8,	+50.00	: REM (1/60)
9,	-50.00	: REM (1/60)
10,	+100.00	: REM (1/30)
11,	-100.00	: REM (1/30)
12,	+200.00	: REM (1/15)
13,	-200.00	: REM (1/15)
14,	+Max	: REM (MAX)

### 7.2.3 測定機器類のセッティング

図18～19に各試験体における測定機器類のセッティングを示す。

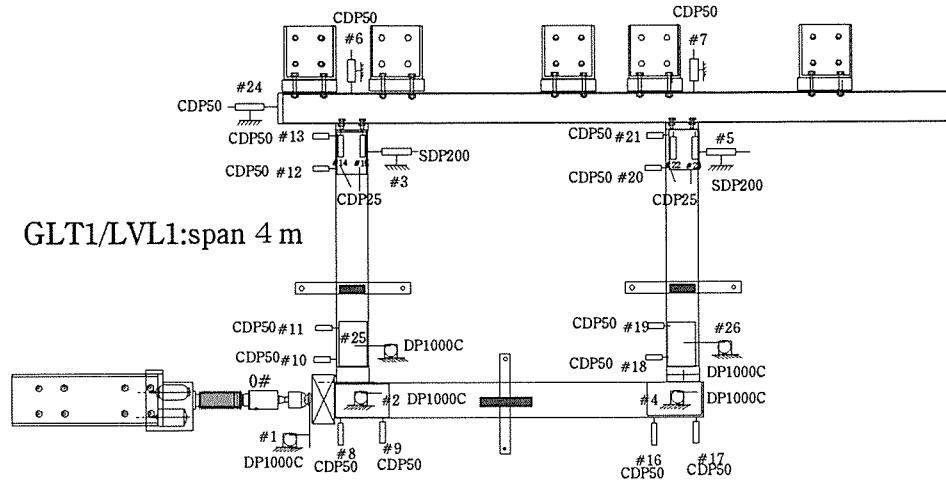


図18 GLT1/LVL1における測定機器類のセッティング

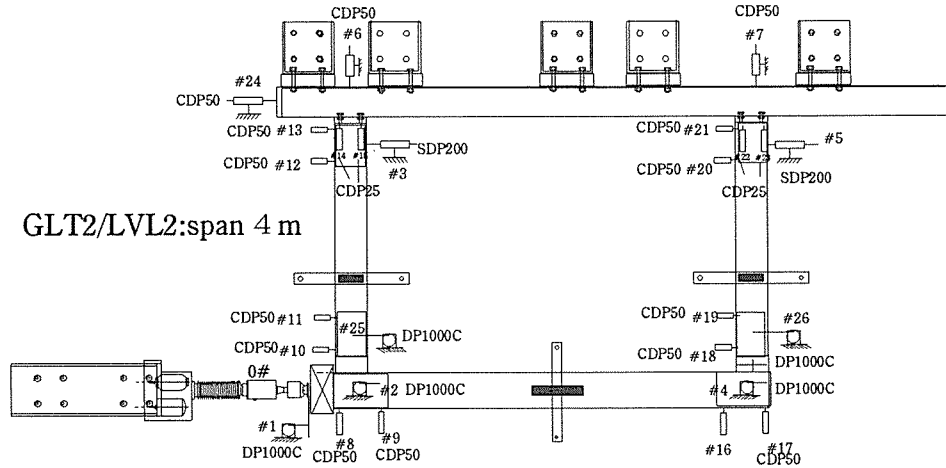


図19 GLT2/LVL2における測定機器類のセッティング

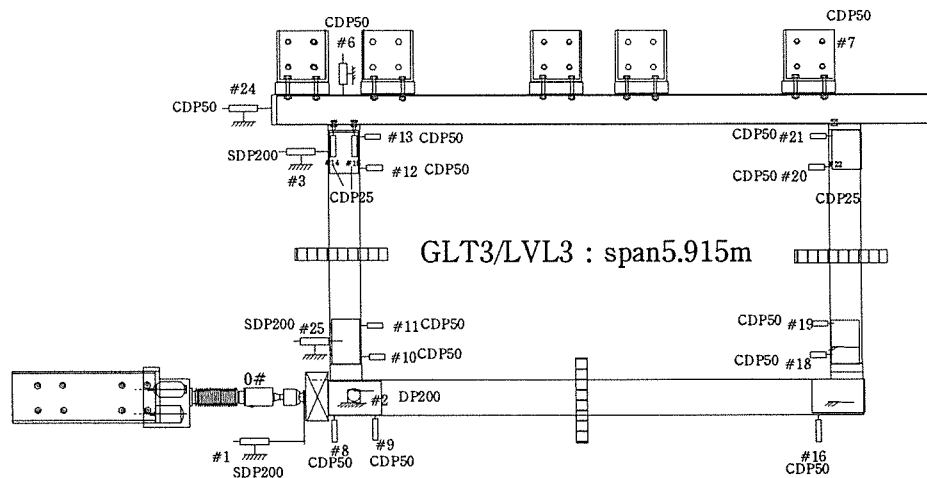


図20 GLT3/LVL3における測定機器類のセッティング

### 7.3 等価設計荷重 $P_{EQ}$

設計条件と実験条件では、想定した柱長さ  $L_c$  が異なる上に、荷重条件が異なる（設計条件：水平荷重+鉛直荷重、実験条件：水平荷重のみ）ことに起因して、接合部の応力状態が異なるため、図21の説明図に示す「等価設計荷重  $P_{EQ}$ 」を定義する。

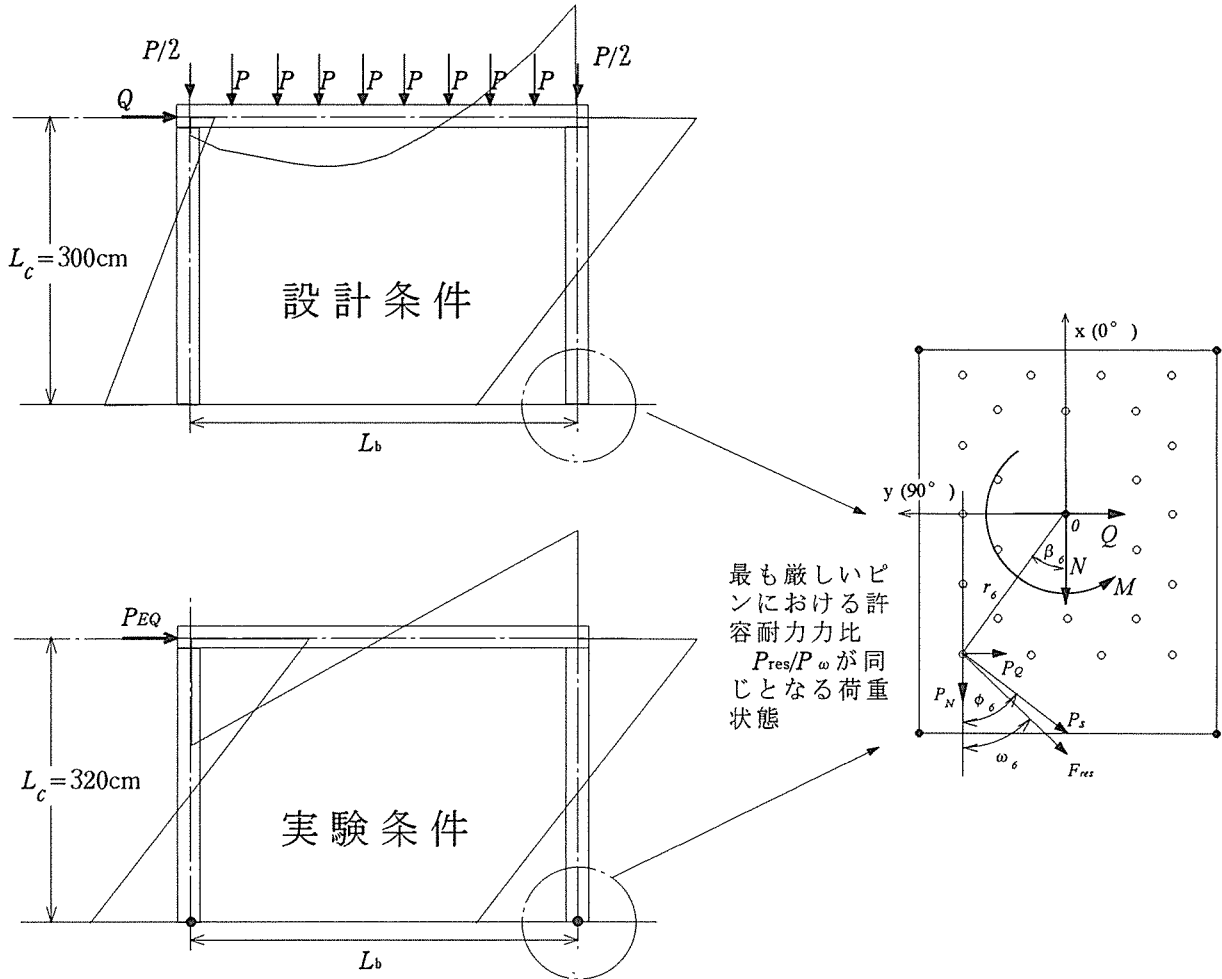


図21 等価設計荷重  $P_{EQ}$  の定義

表11に設計荷重条件と実験荷重条件において最も厳しいピンに作用する荷重状態がほぼ同じとなる実験時の等価設計荷重  $P_{EQ}$  を示す。

表11 等価設計荷重  $P_{EQ}$

呼称	部材種類	梁スパン	等価設計荷重
		$L_b$ (cm)	$P_{EQ}$ (Kgf)
GLT1	ベイマツ集成材	409.5	1294
GLT2	ベイマツ集成材	500.5	1670
GLT3	ベイマツ集成材	591.5	2114
LVL1	ベイマツLVL	409.5	1294
LVL2	ベイマツLVL	500.5	1670
LVL3	ベイマツLVL	591.5	2114

## 7.4 実験結果

### 7.4.1 スパン 4.095m 試験体の荷重 $P$ - 変形関係 $\delta$

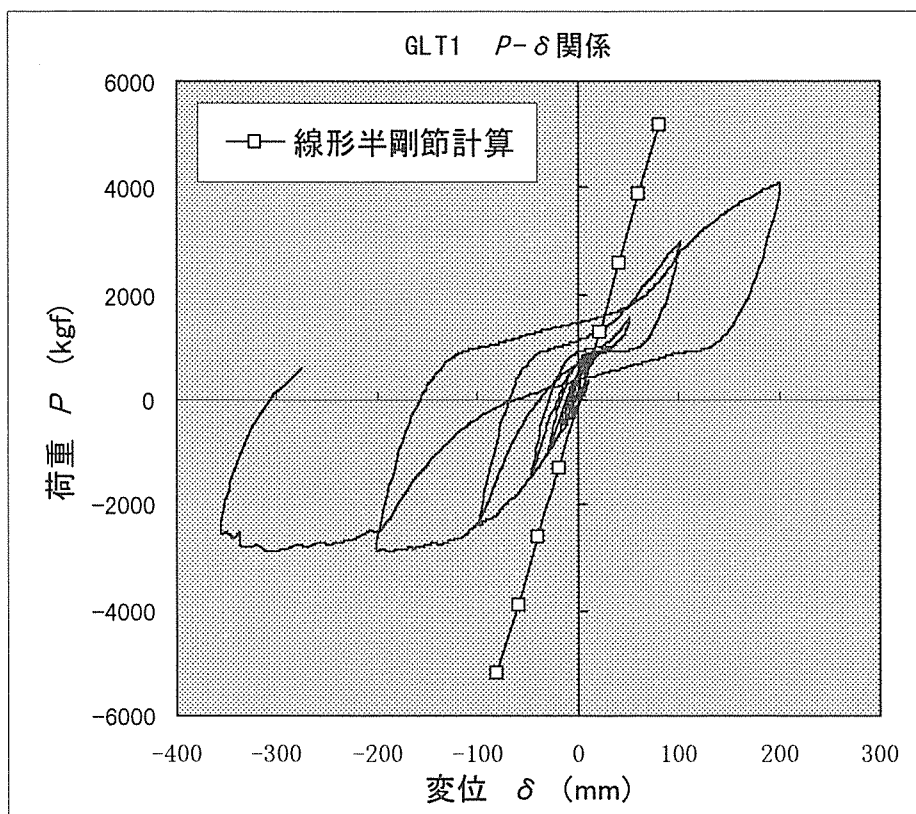


図 2 2 GLT1 の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

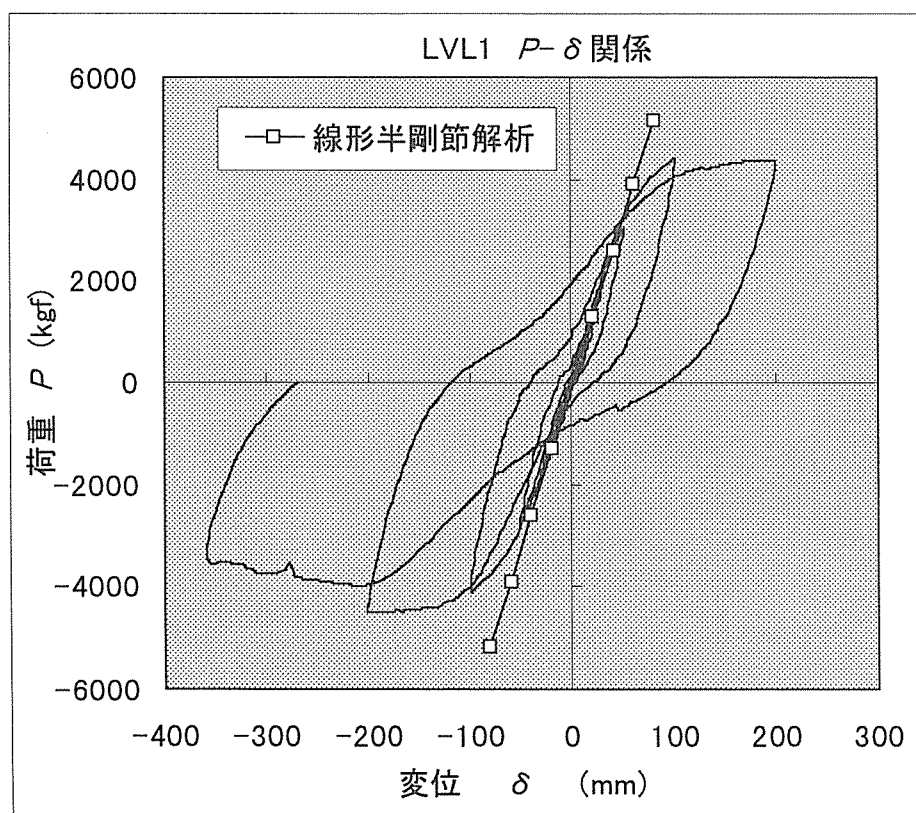


図 2 3 LVL1 の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$



7.4.2 スパン 5.005m 試験体の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

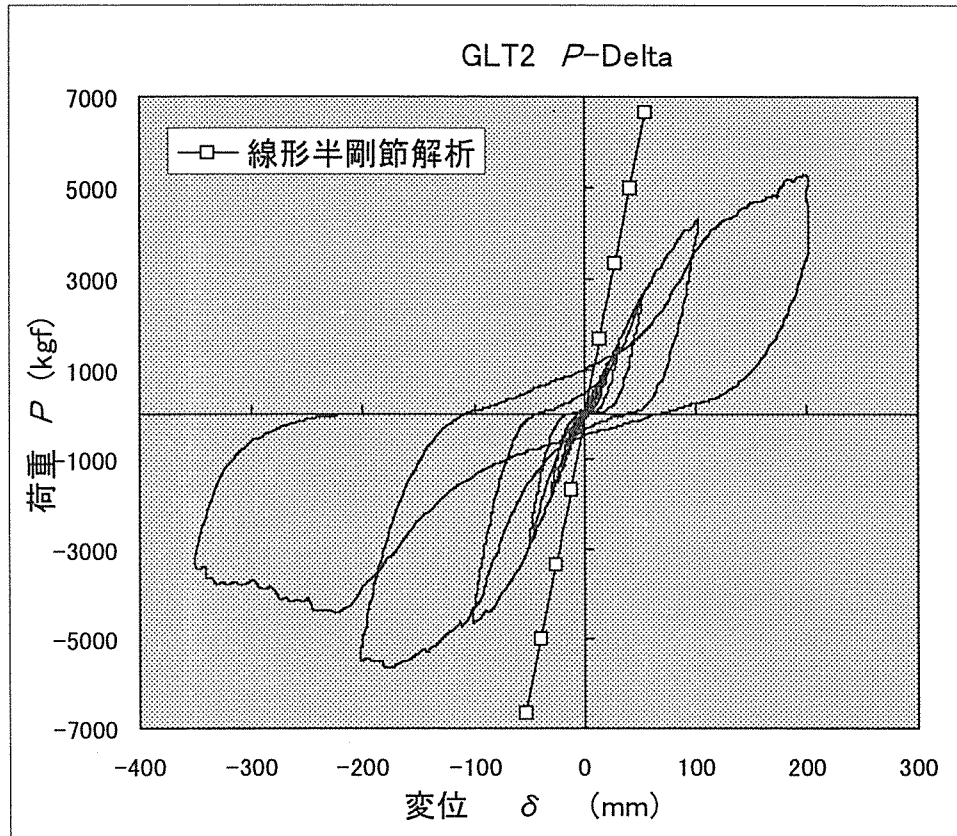


図 2.4 GLT2 の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

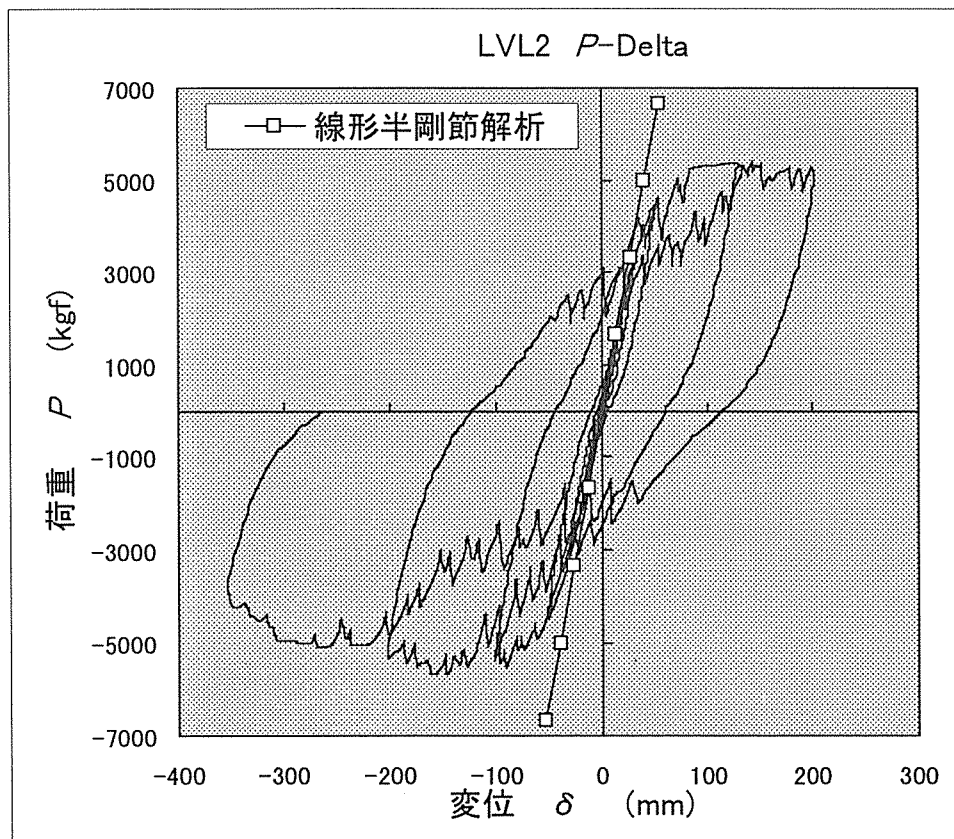


図 2.5 LVL2 の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

7.4.3 スパン 5.915m 試験体の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

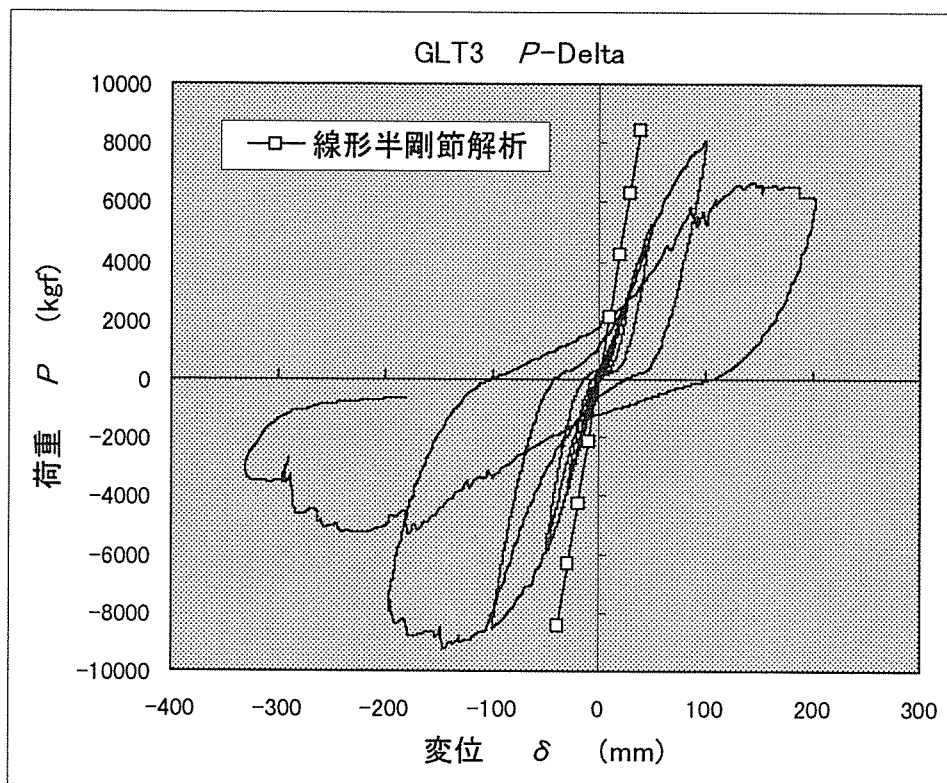


図 2.6 GLT3 の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

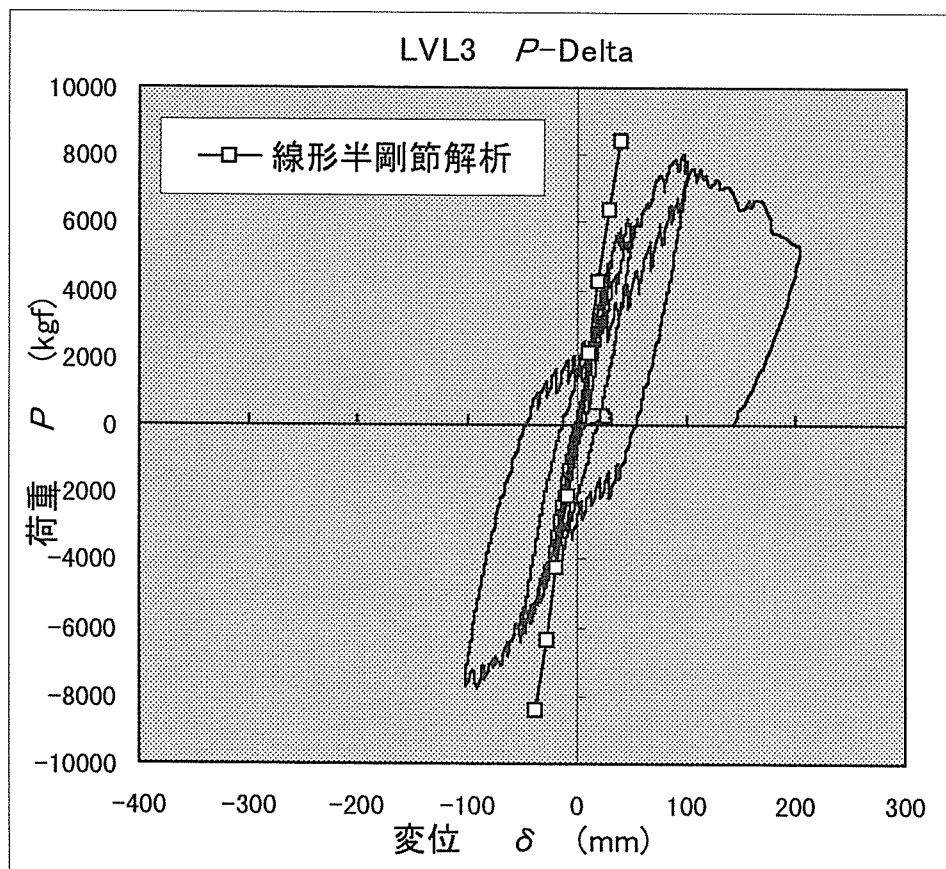


図 2.7 LVL3 の荷重  $P$  - 変形関係  $\delta$

#### 7.4.4 線形半剛節解析

図 2 2～2 7 において、実験結果との対比の意味で線形半剛節解析の結果（—□—プロット）を示した。この際用いた線形半剛節解析では、次式に示す {節点荷重} - {節点変位} 関係式を有する「接合部質点バネ要素」を接合部に連結する部材要素と部材要素の間に挿入して FEM 計算を行った。

$$\begin{Bmatrix} M \\ Q \\ N \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} R_J & & \\ & S_J & \\ & & D_J \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta \\ v \\ u \end{Bmatrix}$$

図 2 8 に FEM モデルの一例を示す。

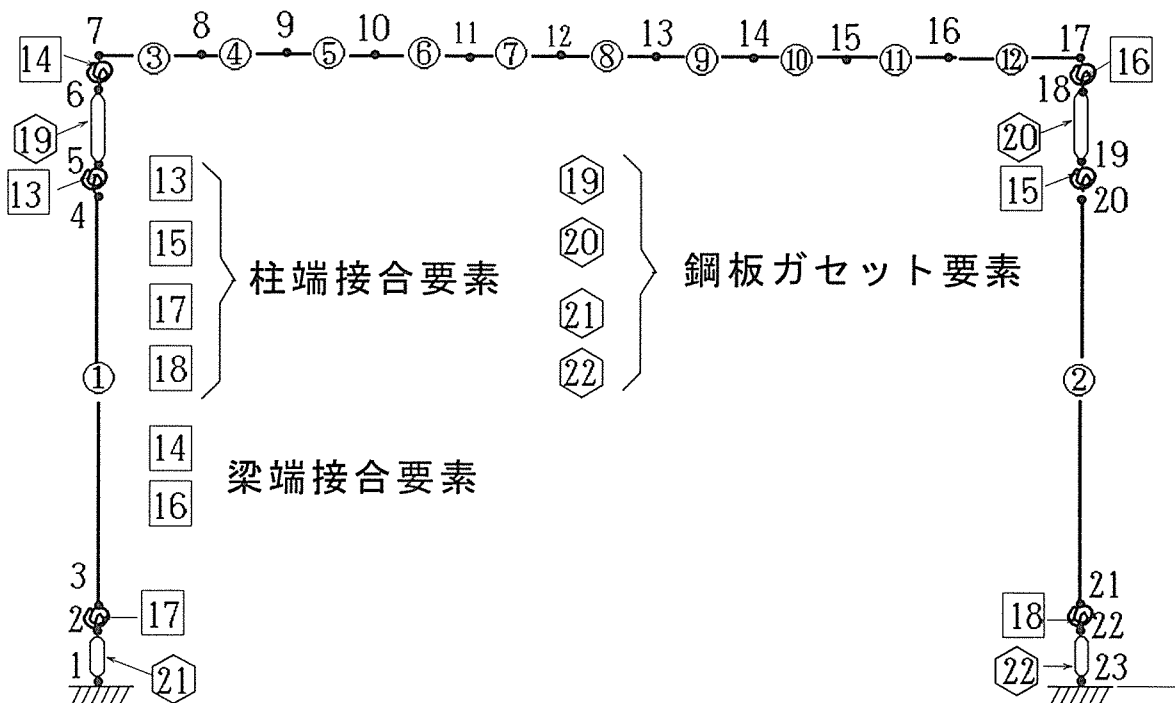


図 2 8 線形半剛節解析用 FEM モデルの例

接合要素のバネ常数である、回転剛性  $R_J$ 、せん断剛性  $S_J$ 、軸力剛性  $D_J$  については、CASE-1～CASE-3 のドリフトピン耐力照査表の表 4～表 9 の下部に添付したデータを用いた。

図 2 2～図 2 7 に示した実測  $P-\delta$  関係と線形半剛節解析結果（—□—プロット）とを比較すると、集成材を用いた GLT1～GLT3 においては、実測値の方が計算値よりかなり大きな変形量を示していることが分かる。

一方、GLT より比重の高い LVL の場合は、計算値と実測値はほぼ一致している。

接合要素の計算において想定した GLT のヤング係数は  $E=110\text{tf/cm}^2$ 、密度は  $TD=500\text{kg/m}^3$  で、実測値とほぼ同一のレベルであった。他方、LVL の実測ヤング係数や密度は付録に示すように、設計計算で想定した材料常数值（GLT と同じと想定）の約 1.2 倍程度であった。これらの状況から判断すると、本研究で採用した接合要素の剛性計算法は実際よりやや高めの剛性を与える傾向にあるのかもしれない。

## 7.5 安全率および塑性率等

表 1 2 に今回実験した 6 体の実大ラーメン試験体で得られた安全率並びに塑性率等を示す。

表 1 2 ラーメン試験体の安全率、塑性率等

		GLT1	LVL1	GLT2	LVL2	GLT3	LVL3
(1)	$+P_{crit}$ (kgf)	3015	3840	3840	4495	6200	5830
	$+\delta_{Pcrit}$ (mm)	112	70	81	51	63	44
	$-P_{crit}$ (kgf)	-2300	-3950	-3695	-4465	-5840	-6200
	$-\delta_{Pcrit}$ (mm)	-91	-100	-65	-49	-49	-54
(2)	$+P_{EQ}$ (kgf)	1294	1294	1670	1670	2114	2114
	$+\delta_{PEQ}$ (mm)	40	18	30	13	20	11
	$-P_{EQ}$ (kgf)	-1294	-1294	-1670	-1670	-2114	-2114
	$-\delta_{PEQ}$ (mm)	-40	-18	-28	-14	-17	-11
(3)	$+P_{max}$ (kgf)	4100	4425	5305	5465	8110	8040
	$+\delta_{Pmax}$ (mm)	200	102	199	141	99	98
	$-P_{max}$ (kgf)	-2885	-4500	-5650	-5700	-9185	-7885
	$-\delta_{Pmax}$ (mm)	-328	-194	-175	-145	-146	-91
(4)	$+\delta_{\mu}$ (mm)	200	200	214	200	135	146
	決定要因	$\delta_{max}$	$\delta_{max}$	$\delta_{max}$	$\delta_{max}$	$0.8P_{max}^*$	$0.8P_{max}^*$
	$-\delta_{\mu}$ (mm)	-328	-320	-197	-323	-199	-102
	決定要因	$\delta_{Pmax}$	$0.8P_{max}^*$	$0.8P_{max}^*$	$0.8P_{max}^*$	$0.8P_{max}^*$	$-\delta_{max}$
(5)	$+\delta_{max}$	200	200	214	200	200	203
	$-\delta_{max}$	-356	-359	-348	-351	-331	-102
(6)	$+\mu = +(\delta_{\mu} / \delta_{PEQ})$	200/40 =5.00	200/18 =11.11	214/30 =7.13	200/13 =15.38	135/20 =6.75	146/11 =13.27
	$-\mu = -(\delta_{\mu} / \delta_{PEQ})$	328/40 =8.20	320/18 =17.78	197/28 =7.04	323/13 =24.85	199/17 =11.71	102/11 =9.27
	$+\alpha = +(P_{max} / P_{EQ})$	4100/1294 =3.17	4425/1294 =3.42	5305/1670 =3.18	5465/1670 =3.27	8110/2114 =3.84	8040/2114 =3.80
	$-\alpha = -(P_{max} / P_{EQ})$	2885/1294 =2.23	4500/1294 =3.48	5650/1670 =3.38	5700/1670 =3.41	9185/2114 =4.34	7885/2114 =3.73

(1) : 接合部のドリフトピン近傍から最初にクラックが発生した荷重

(2) : 等価設計荷重時

(3) : 最大荷重時

(4) : 塑性率決定用変位の定義

(5) : 最大変形時

(6) : 塑性率

(7) : 安全率

\*: 設計法委員会WGの村上先生の提案による

## 7.6 終局状態

以下に各試験体の終局状態の写真を示す。

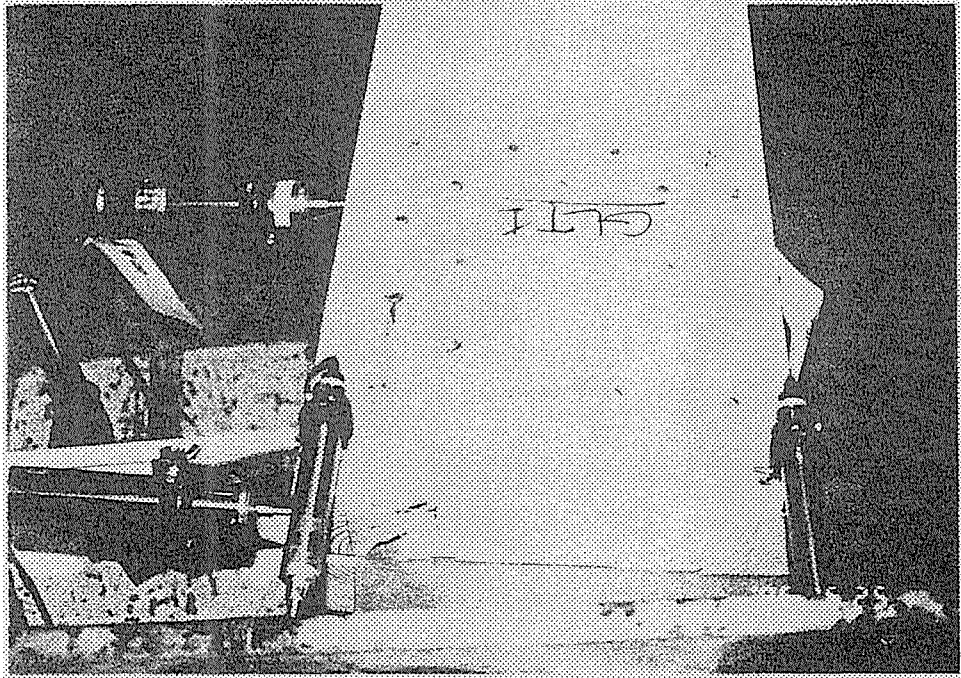


写真1 GLT1 柱脚接合部

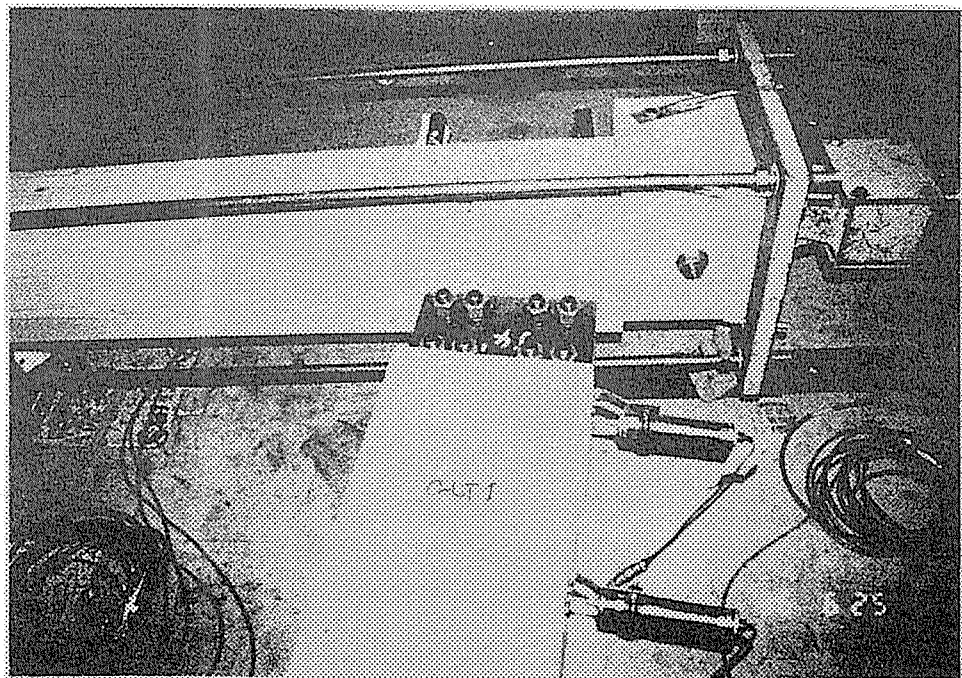


写真2 GLT1 梁端接合部



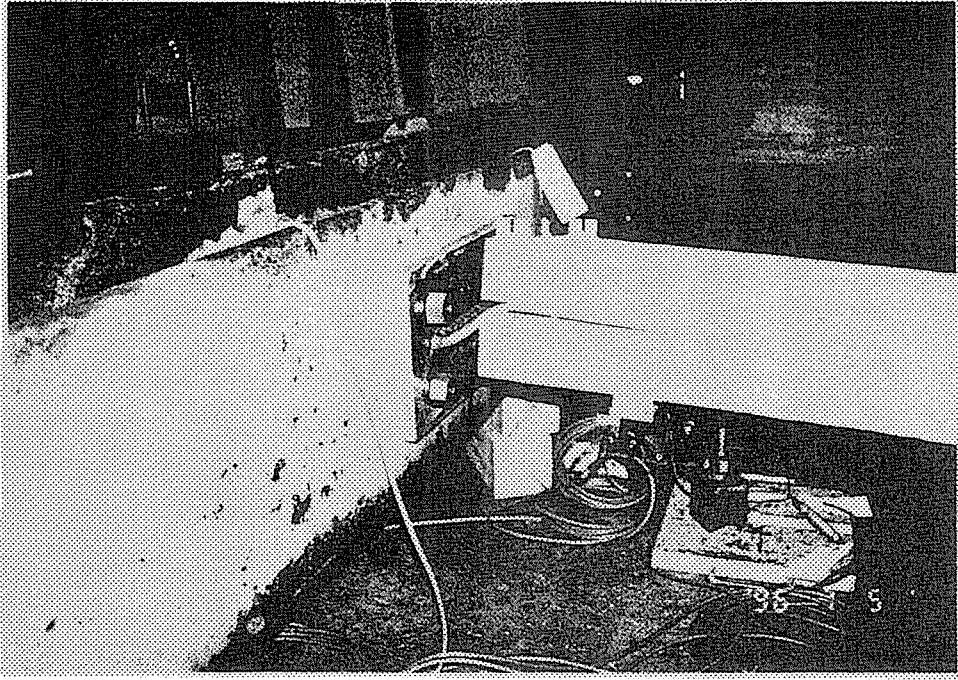


写真3 LVL1 柱脚接合部

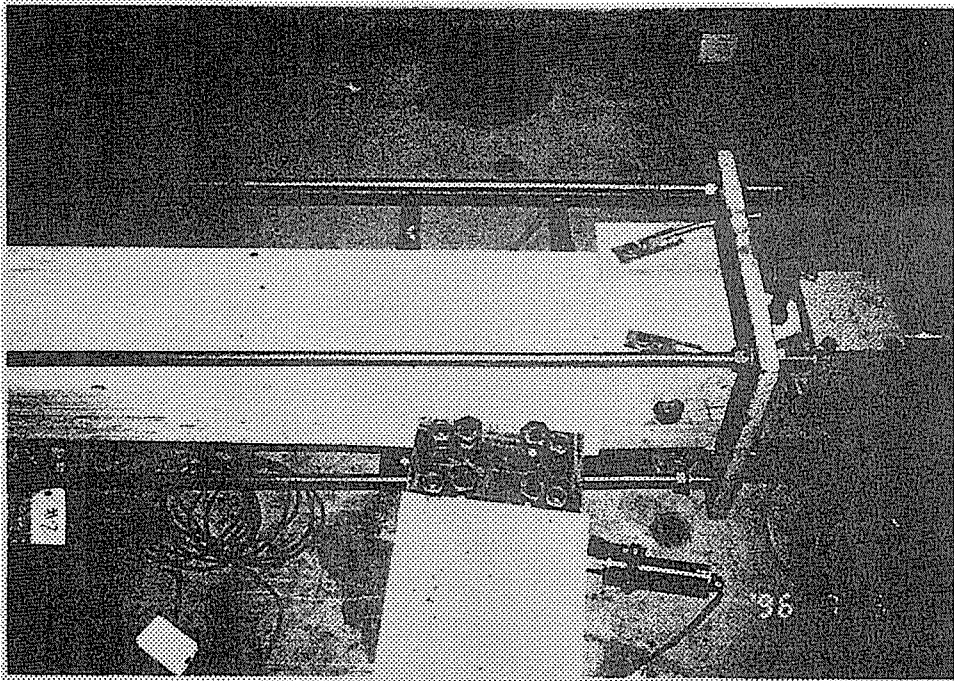


写真4 LVL1 梁端接合部

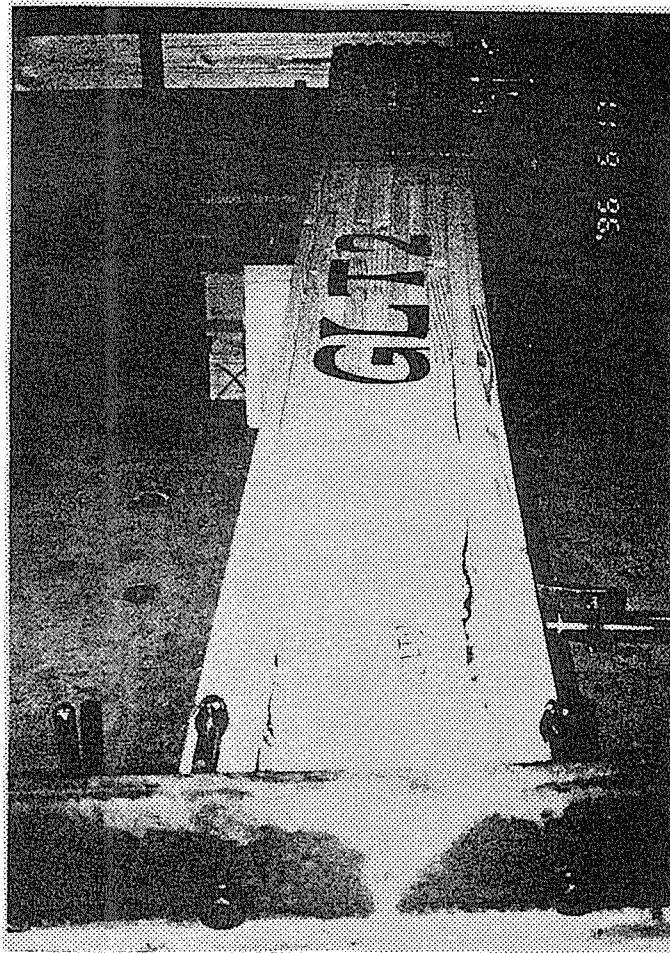


写真5 GLT2 柱脚接合部

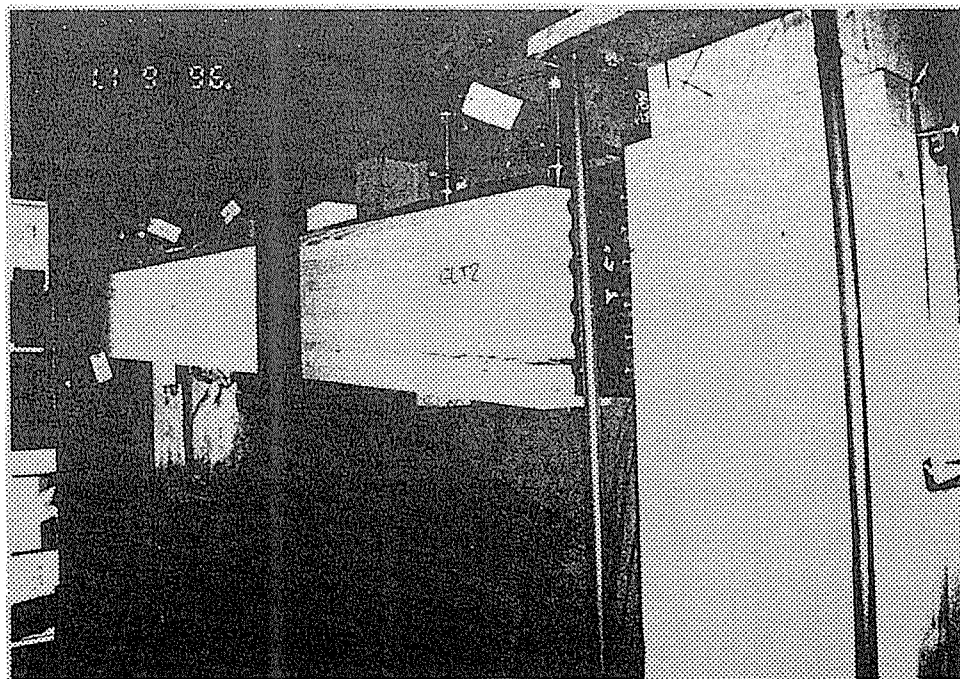


写真6 GLT2 梁端接合部

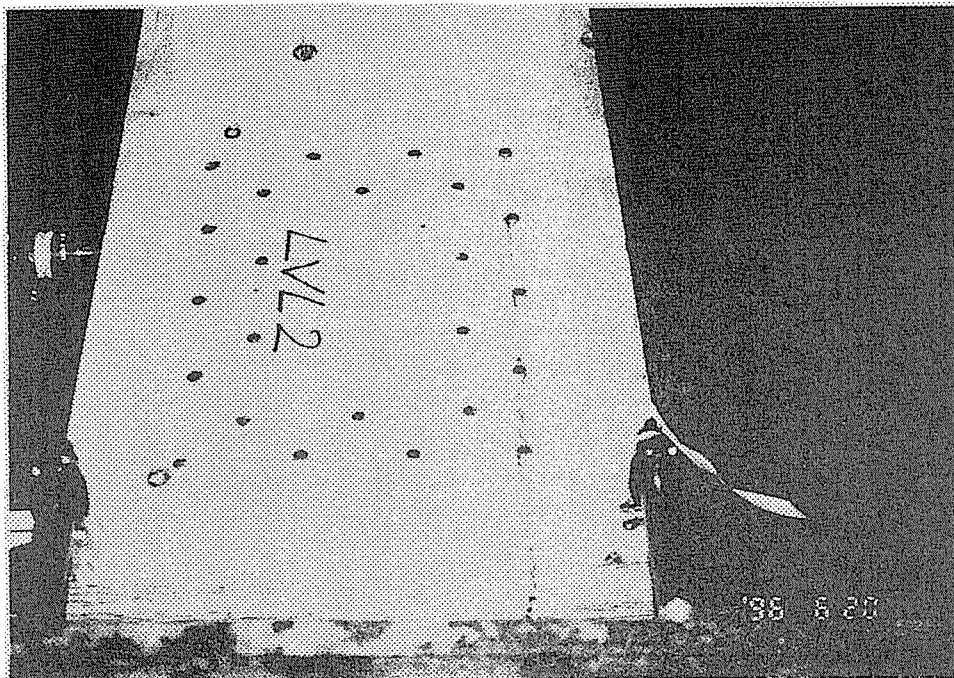


写真7 LVL2 柱脚接合部

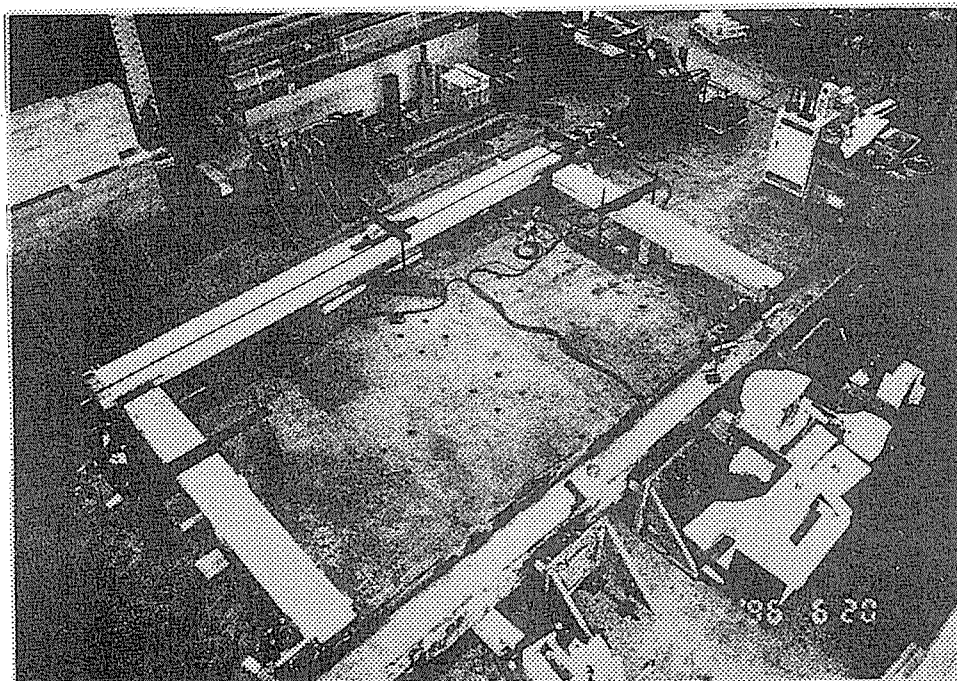


写真8 LVL2 梁端接合部



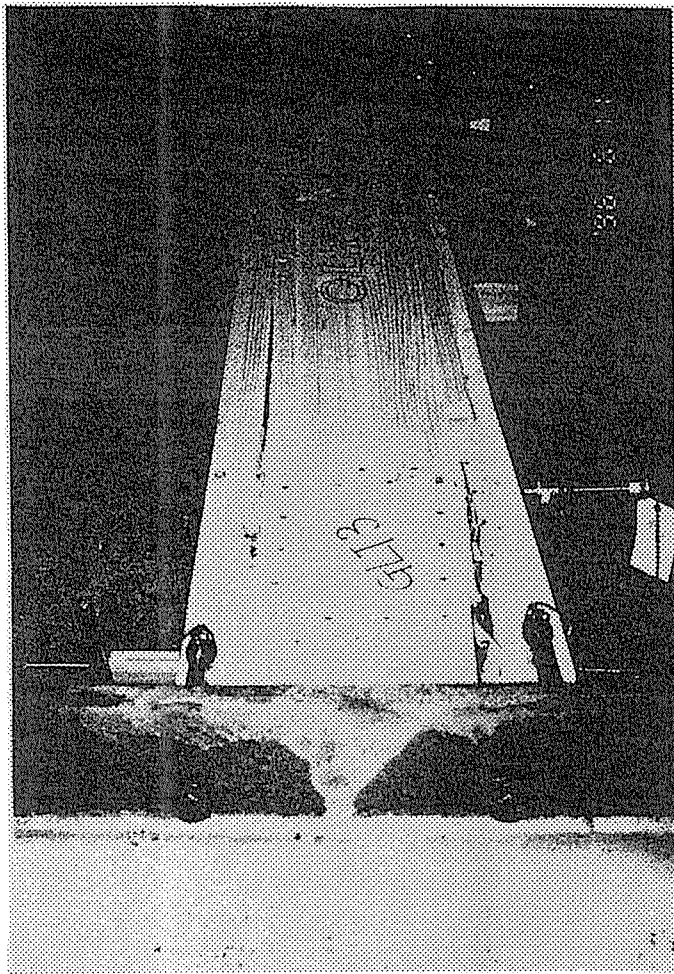


写真9 GLT3 柱脚接合部

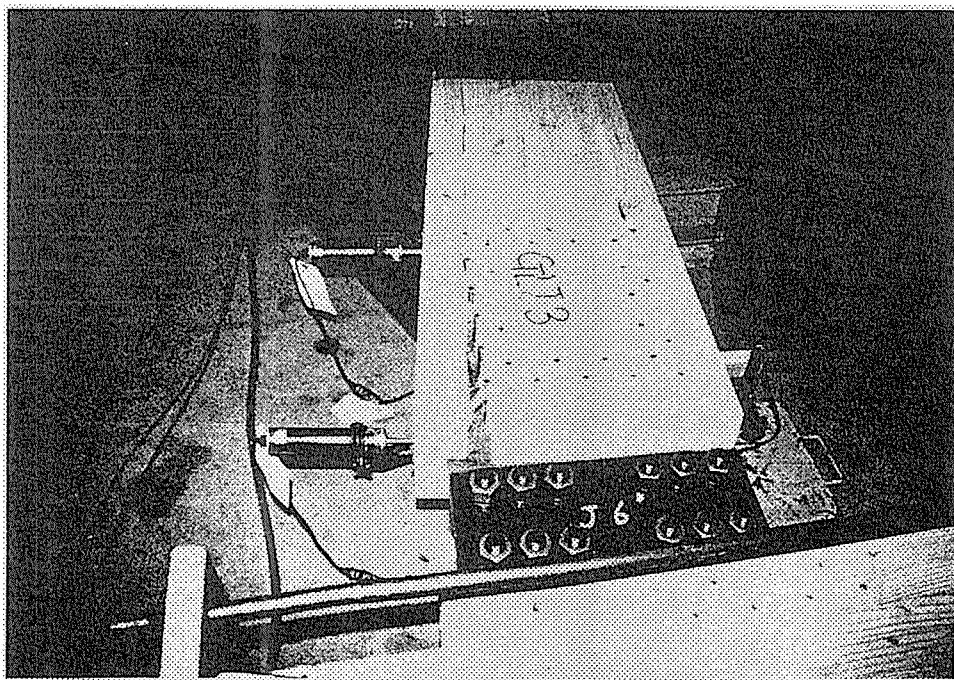


写真10 GLT3 梁端接合部

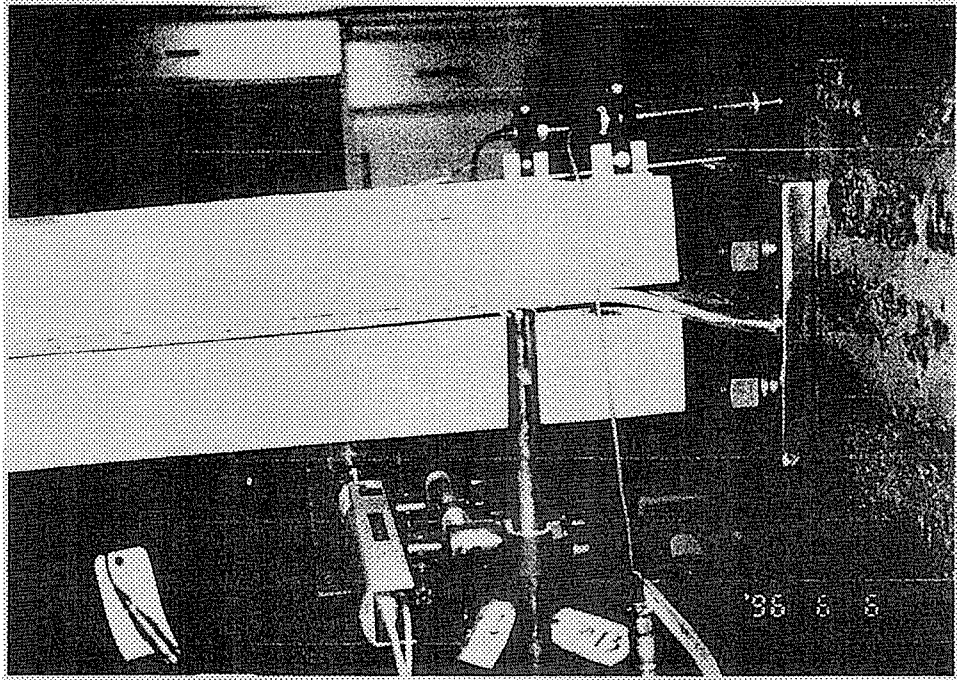


写真1 1 LVL3 柱脚接合部

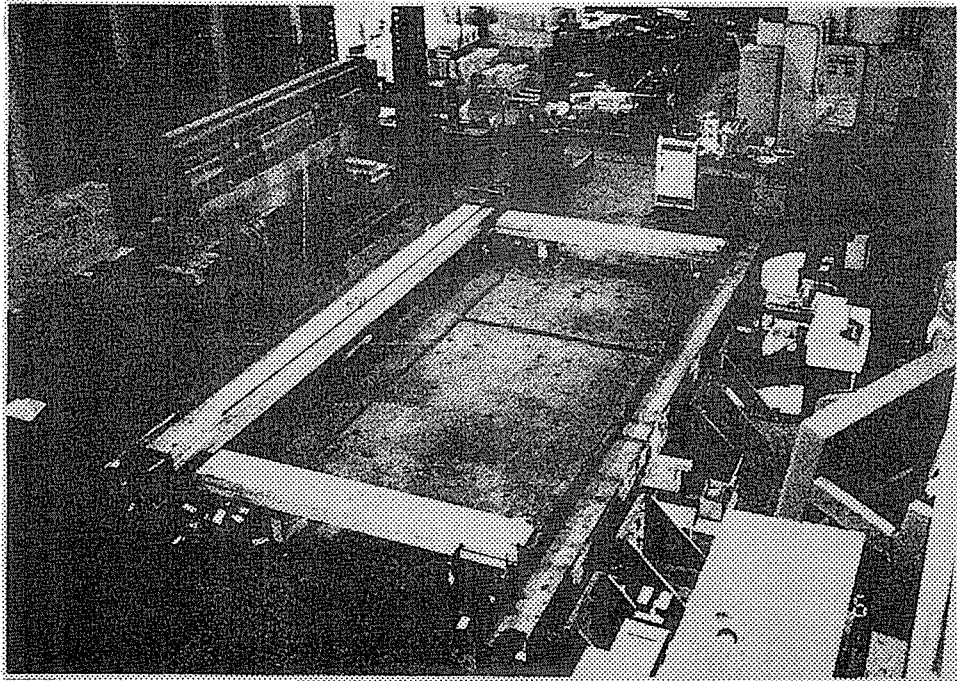


写真1 2 LVL3 梁端接合部

## 8. まとめ

木造軸組構法住宅は、軸組で構成される耐力壁の平面的、立体的な配置の量とバランスで耐震性能が決定される。そのため、1階の道路に面した壁を全面開口としがちな店舗付き住宅では、大きな地震の度に甚大な被害が発生してきた。

本研究の目的は、このような店舗付き軸組木造住宅（3階建て）を大地震に対しても十分な安全率と塑性率をもって設計できるように、1階部分を1方向ラーメン架構、2階、3階部分を従来からの軸組構法住宅とするような住宅を想定して、ラーメン架構の構造計算法について検討を加えた。

得られた結果は以下のように要約できる。

1. 荷重負担幅  $B=182\text{cm}$ 、階高さ  $300\text{cm}$ 、スパン  $L_b=409.5\text{cm}$ 、 $500.5\text{cm}$ 、 $591.5\text{cm}$  の3条件について、地震を想定した構造計算（1次設計）を行い、1層門型ラーメンの部材断面、柱脚接合部、梁端部接合部等を許容耐力設計した。
2. 部材として、ヤング係数  $E=110\text{tf/cm}^2$  のベイマツ集成材およびベイマツ LVL を想定し、全ての設計を行った。
3. 梁の断面は2階、3階の固定荷重によるたわみ制限で決定された。
4. 柱の断面は梁断面の0.9倍程度として決定した。
5. 接合部には鋼板挿入ドリフトピン接合法を採用し、ドリフトピンの短期許容耐力として、EYT式で求められる降伏耐力を充当した。これは、十分な靱性を確保することが狙いである。
6. 階高さを  $320\text{cm}$  とした実大1層門型ラーメン試験体を、想定した3スパン条件について、ベイマツ集成材（GLT）、およびベイマツ LVL（LVL）で各1体ずつ制作した。
7. 静的正負繰り返し加力実験を行った。実験条件において最も厳しい力が作用するドリフトピンの許容耐力比  $F_{res}/P_0$  と、設計条件におけるその比が同じとなるような水平荷重を「等価設計荷重  $P_{EQ}$ 」と定義し、安全率  $\alpha$ 、塑性率  $\mu$  等はこの荷重を基に評価した。
8. 実験結果と線形半剛節解析の結果を対比した結果、接合部の剛性値は実際よりやや高めに算定されていたように思えた。
9. 実大門型ラーメン試験体の安全率（最大荷重／短期等価設計荷重）は  $3.17 \sim 4.34$  程度で、ほぼ妥当な水準であった。
10. 実大門型ラーメン試験体の塑性率（塑性変位／短期等価設計荷重時変位）は  $5.00 \sim 24.85$  程度で、非常に大きな値であった。しかし、塑性の定義自体が曖昧であるため、今後の更なる検討が必要である。
11. 等価設計荷重時の層間変形角の制限値を越えた試験体が1体存在した（GLT1）。しかし、この試験体に関する荷重－変形データは異常な形態をしており、実験に際し、何らかの不具合があったものと考えられる。
12. 以上を総括すると、今回設計・供試した門型ラーメン試験体は剛性、強度、靱性のいずれにおいても、一定以上の性能が発揮されたと判断できる。

（文責：小松幸平、軽部正彦）

付録

A.1 供試材料の曲げ強度性能

殆ど破損しなかった各試験体の梁部材について、図 A 1 に示す 4 点曲げ試験を行い、曲げヤング係数  $E$  と曲げ破壊係数  $MoR$  を測定した。

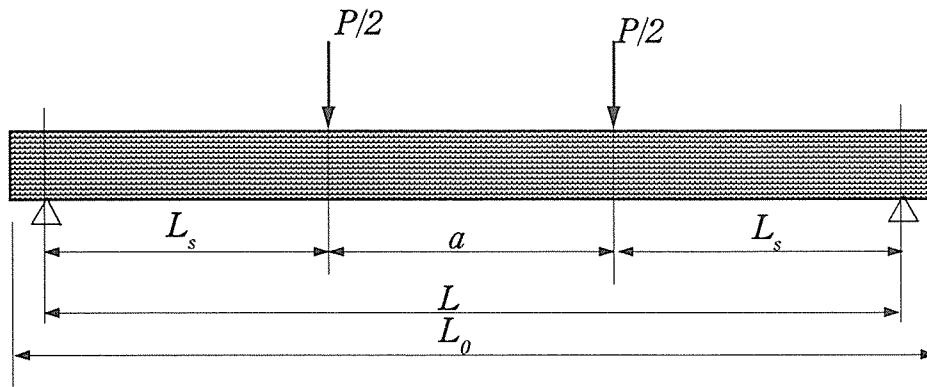


図 A 1 曲げ試験の方法と寸法の定義

表 A1 に結果の一覧を示す。

表 A1 曲げ試験結果一覧

試験体	$L_0$ (cm)	$L$ (cm)	$h$ (cm)	$L_s$ (cm)	$a$ (cm)	$L_s/h$	$a/h$	$L/h$	$L_s/a$
GLT1	439.5	392	28	138	116	4.93	4.14	14.00	1.19
LVL1	439.5	392	28	138	116	4.93	4.14	14.00	1.19
GLT2	536.5	494	36	180	134	5.00	3.72	13.72	1.34
LVL2	536.5	494	36	180	134	5.00	3.72	13.72	1.34
GLT3	632.5	590	41	205	180	5.00	4.39	14.39	1.14
LVL3	632.5	590	41	205	180	5.00	4.39	14.39	1.14

試験体	$TD$ ( $kg/m^3$ )	$E$ ( $kgf/cm^2$ )	$MoR$ ( $kgf/cm^2$ )
GLT1	540	97	412
LVL1	638	97	487
GLT2	522	138	312
LVL2	613	138	490
GLT3	513	140	339
LVL3	604	140	463