

平成11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

木質建材利用合理化事業報告書

(技術実用化事業)

平成12年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

まえがき

建築基準法の一部改正により性能規定化される中で、地域材需要の多くを占める木造軸組構法住宅の発展を図っていくためには、設計、施工の両面から新しい技術を導入することを通じて木質建材の利用の合理化を図っていくことが要求される。そのためには構造材として使用される部材の強度、構造体等の強度を正確に把握し、精度の高い設計法に適用することが必要であり、また、これらを有効に運用するための技術を整備することが必要である。

本事業は、以上のような観点から木質建材の合理化に資するため、接合部、耐力壁に関するデータを整備することを目的として数多くの強度実験を実施・検討し、そのデータ整備を行ってきた。特に最終年度である今年度は、過去の実験より明らかとなってきた特性の検証を中心に行い、そのデータ整備に努めた。

忙しい中、精力的に討議・執筆していただいた委員及び関係者の皆様のご尽力に対し厚くお礼申し上げます。

平成12年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター
理 事 長 岡 勝 男

木質建材利用合理化委員会 委員等名簿

(五十音順)

委員長	稲山 正弘	(株)稲山建築設計事務所 代表取締役
委員	井戸田秀樹	名古屋工業大学工学部社会開発工学科 助教授
〃	岩崎 敏之	湘北短期大学生活科学科 講師
〃	大橋 好光	東京大学大学院工学系研究科 助手
〃	鎌田 輝男	福山大学工学部建築学科 教授
〃	神谷 文夫	森林総合研究所木材利用部 構造利用科長
〃	後藤 正美	金沢工業大学環境・土木・建築系 講師
〃	小松 幸平	京都大学木質科学研究所 助教授
〃	徳田 迪夫	三重大学生物資源学部 教授
協力委員	田島 幹夫	近畿職業能力開発大学校 助教授
〃	秦 正徳	高岡短期大学 教授
〃	福田 幹夫	近畿大学理工学部 助手
〃	村上 雅英	近畿大学理工学部 助教授
〃	秋山 禎孝	全国LVL協会
〃	中川 展彰	日本集成材工業協同組合 専務理事
〃	新居 健二	(株)ポラス暮し科学研究所 所長
〃	日野 壽郎	住友林業(株) 次長
〃	堀川 重幸	中国木材(株) 常務取締役
事務局	牧 勉	
〃	西村 勝美	
〃	鴛海 四郎	
〃	江口 和也	
〃	佐藤 章	

事業主旨

地域材需要の多くを占める木造軸組構法住宅の発展を図っていくためには、設計、施工の両面から新しい技術を導入することを通じて木質建材利用の合理化を図っていくことが必要である。建築基準法が性能規定化されることで、より精度の高い設計法の適用が可能になるような仕組みづくりが望まれる。

本事業は、木造軸組構法住宅の接合部・構造体等の各種強度実験を行い、木質資材の利用合理化に資するため、精度の高い設計法の適用を可能にするデータの整備を図ることを目的とする。

事業計画

3ヵ年の事業として、接合部及び構造体の強度データの整備及びデータ整備を有効とするためのデータベースの検討を目的として事業計画を立案した。実験は主として柱頭・柱脚、梁端部などの接合部や壁、床、屋根等の構面実験などとし、設計法の適用を可能にするための要素実験とした。

【平成9年度】

壁、床、屋根、接合部等に関するデータ整備のため以下のような各種強度実験を行った。

- ① せん断要素の面内せん断実験
- ② 面材と接合具に関するせん断実験
- ③ せん断要素と軸材間のせん断実験
- ④ 軸材端部接合部の軸方向引張・圧縮実験
- ⑤ 軸材端部接合部のせん断実験
- ⑥ 軸材端部接合部のめり込み強度に関する実験
- ⑦ ラーメン接合部の曲げ実験
- ⑧ 各種加力履歴による耐力壁の面内せん断実験

【平成10年度】

前年度と同様、壁、床、屋根、接合部等に関するデータ整備のため以下のような各種強度実験を行った。また、設計法に適用する場合のデータベースについて検討を行った。

- ① 下屋-2階外壁接合部の水平加力実験
- ② 切妻屋根における屋根勾配の水平剛性への影響を調べる実験

- ③ 4P壁実験
- ④ 床構面の面外荷重載荷実験
- ⑤ 根太端部接合部のねじりせん断実験
- ⑥ 2層壁面の静的加力実験
- ⑦ 繰返しモーメントを受ける木製火打梁の変形挙動実験
- ⑧ 耐力壁の正負繰返しせん断実験

【平成11年度】

壁、床、屋根に関するデータ整備及び設計法検討のデータ整備のため以下のような各種強度実験を行った。また、設計法に適用する場合のデータベースについて検討を行った。

- ① 浮き上がりを考慮した有開口壁の静的加力実験
- ② 切妻屋根における屋根勾配の水平剛性への影響を調べる実験
- ③ 水平構面のせん断実験
- ④ 浮き上がりを生じない合板有開口壁の終局耐力実験
- ⑤ 面材と釘の実験

事業成果

木質建材利用合理化事業における事業成果は以下のとおり。

- ① 設計法に適用するための壁、床、屋根、接合部等に関する強度データを整備するための実験を行った。
 - 1. せん断要素に関するせん断実験
 - 2. 各種接合部の実験
 - 3. 耐力壁の加力実験
 - 4. 床、屋根の水平構面実験
- ② 設計法に適用するためのデータ整備として、各種実験から得られた強度データを検索するデータベースシステムを構築した。

本報告の要約

平成 11 年度事業として、実施した実験は下記のとおりで、過去の実験に基づき、設計法の適用に必要な強度実験を行い、強度データの検討を行った。

- ① 浮き上がりを考慮した有開口壁の静的加力実験
- ② 切妻屋根の静的水平加力実験
- ③ 水平構面のせん断実験
- ④ 浮き上がりを生じない合板有開口壁の静的加力実験
- ⑤ 面材と釘の実験

キーワード

木質構造、実大実験、荷重変形曲線、許容応力度、面材耐力壁、水平構面、鉛直構面、終局耐力、降伏、初期剛性、回転剛性、せん断変形角、せん断試験、引き抜き試験、完全弾塑性評価、有限要素解析、屋根、根太、構造用合板、火打ち梁、たれ壁、接合金物、釘、浮き上がり

執筆者

(敬称略)

- | | |
|--|-------|
| 1章 浮き上がりを考慮した有開口壁の静的加力実験 | 村上 雅英 |
| 2章 切り妻屋根における屋根勾配の水平剛性への
影響を調べるための実験 | 岩崎 敏之 |
| 3章 水平構面の面内せん断実験 | |
| 3.2 火打ち梁水平構面実験 | 田島 幹夫 |
| 3.3 面材張り水平構面実験 | 後藤 正美 |
| 3.4 火打ち・面材張り水平構面実験 | 福田 幹夫 |
| 4章 浮き上がりを生じない合板有開口壁の終局耐力実験 | 秦 正徳 |
| 5章 釘の直接せん断実験 | 村上 雅英 |

目 次

1章 浮き上がりを考慮した有開口壁の静的加力実験

1. はじめに	1
2. 建物全体の浮き上がり耐力の算定方法の流れ	2
3. 有開口壁のラーメン効果の影響検証実験	9
3. 1 実験概要	9
3. 2 実験計画	9
3. 3 バンセンを用いた接合部の引張試験	11
3. 4 めりこみ剛性	15
3. 5 釘のせん断耐力試験	16
3. 6 たれ壁のバネ置換	18
3. 7 有限要素法解析	19
3. 8 たれ壁の単位面材の水平加力実験	21
3. 9 有開口壁の水平加力実験	24
4. スリット状の2層壁体を用いた検証実験	33
4. 1 実験概要	33
4. 2 実験計画	33
4. 3 接合部（CPT 金物）の引張実験	34
4. 4 スリット状の壁体の加力実験	37
5. まとめ	58
6. 付録	59

2章 切妻屋根における屋根勾配の水平剛性への影響を調べるための実験

1. はじめに	67
2. 実験計画	67
2. 1 実験の概要	67
2. 2 試験体	67
2. 3 変位計取り付け位置	70
2. 4 治具	73
2. 5 加力方法ならびに反力の測定箇所	73
3. 実験結果	76
3. 1 実験結果グラフならびに写真のレイアウト	76
3. 2 和小屋：桁行方向加力・矩勾配	77
3. 3 和小屋：桁行方向加力・8寸勾配	84
3. 4 和小屋：桁行方向加力・6寸勾配	91

3. 5 和小屋：桁行方向加力・4寸勾配	98
3. 6 和小屋：梁間方向加力・矩勾配	105
3. 7 和小屋：梁間方向加力・8寸勾配	112
3. 8 和小屋：梁間方向加力・6寸勾配	119
3. 9 和小屋：梁間方向加力・4寸勾配	126
3. 10 登り梁：桁行方向加力・矩勾配	133
3. 11 登り梁：桁行方向加力・8寸勾配	140
3. 12 登り梁：桁行方向加力・6寸勾配	147
3. 13 登り梁：梁間方向加力・矩勾配	154
3. 14 登り梁：梁間方向加力・8寸勾配	161
3. 15 登り梁：梁間方向加力・6寸勾配	168
3. 16 変位計取り付け位置ごとの勾配による実験結果の比較	175
3. 17 試験体、変位計の設置状況ならびに変形、破壊状況	182
4. 結果の記述ならびに考察	186
5. 力学的モデルに対する仮説	187

3章 水平構面の面内せん断実験

3. 1 はじめに	188
3. 2 火打ち梁水平構面	189
1. はじめに	189
2. 検証実験	190
2. 1 試験装置概要	190
2. 2 試験体概要	192
2. 3 計測方法と加力方法	198
2. 4 実験結果	202
3. 火打ち単体の接合部試験	225
4. 火打ち梁水平構面の剛性と終局耐力の評価法	233
4. 1 略算法の誘導	233
4. 2 評価法の検証	237
5. まとめ	243
3. 3 面材張り水平構面	244
1. はじめに	244
2. 実験の概要	244
2. 1 試験体の設定	244
2. 2 実験の方法	244
3. 実験結果	246

3. 1 剛性及び最大荷重	246
3. 2 破壊モード	246
3. 3 変形成分の分解	246
3. 4 実験結果及び解析結果	247
4. おわりに	248
3. 4 火打ち・面材張り水平構面	280
1. はじめに	280
2. 実験概要	280
2. 1 試験体	280
2. 2 実験方法	283
3. 実験結果	287
3. 1 破壊性状および水平力－真の変形関係	287
3. 2 せん断変形角	289
3. 3 火打ち隅角部の変形	294
3. 4 根太の回転角	300
3. 5 面材のずれ	315
3. 6 下桁から根太および面材の抜け出し	317
4. 複合構面の弾塑性性状の検証	319
5. まとめ	320

4章 浮き上がりを生じない合板有開口壁の終局耐力実験

1. はじめに	327
2. 実験装置	327
3. 加力方法	329
4. 試験体	329
5. 変形の測定	332
6. 面材の回転角	336
7. 実験結果	337
7. 1 荷重－変位関係	337
7. 2 終局耐力	337
7. 3 主応力	338
7. 4 面材の回転角と耐力壁のせん断変形角	344
7. 5 面材の破壊形態	351
8. 考察	352
8. 1 終局耐力と面材面積	352
8. 2 各面材の主応力と抵抗モーメント	353

8. 3	せん断変形角と枠材面材間の回転	357
8. 4	水平荷重と各面材抵抗モーメントの総和	357
9.	まとめ	358
9. 1	終局耐力における加算則の成立	358
9. 2	終局耐力の簡易計算法	358
補遺		359

5章 釘の直接せん断実験

1.	はじめに	374
2.	片載荷試験	375
2. 1	実大平屋実験	376
2. 2	浮き上がりを考慮した2層及び1層鉛直構面実験	380
3.	繰り返し載荷試験	383
3. 1	水平構面実験	384
3. 2	まとめ	388
4.	載荷試験装置	389
4. 1	試験装置治具	389
4. 2	試験体作成方法及び試験機組立方法	405
5.	試験及び破壊性状写真	407

1章 浮き上がりを考慮した有開口壁の静的加力実験

1.はじめに

阪神・淡路大震災で被害の少なかった住宅では、ホールダウン金物のように耐力壁の引き抜き力に対して十分抵抗できる柱脚金物を使っていたものはほとんどなかった。しかしながらそのように金物が使われていなかった住宅でも、壁体自体の被害は比較的軽微なものが見られ、地震後に天井の回り縁が全周にわたり空いていたり、壁の下に本が詰まっていたり、地震時に掃き出し開口の引き違い戸全部が外れていたりしたものが多く見られた。これらの現象は、建物全体が浮き上がっていたことを明確に示すものである。

一方、現在の構造計算で柱脚金物を付けず柱の長期軸力のみをカウンターウェイトとして耐力壁の浮き上がり耐力を建物全体で試算してみると、十分な壁量を満足している住宅であっても極端に耐力が小さく算出される。したがって、1/10rad. 程度の変形では $P-\delta$ 効果で倒壊するという計算結果となり、被害の少なさを説明することは難しい。また、多度津A棟の実大振動実験のホールダウン金物を締めた実験では、ホールダウン金物にかど金物の引張耐力をはるかに上回る4tf 近い引張軸力が作用していた。しかし、ホールダウン金物を緩めてかど金物のみで引き抜きに抵抗した実験と比べた場合、前者との間には、明確な最大耐力の差が生じなかった。その原因として、直交壁の脚部では柱脚金物の取り付く土台がすべて割裂しており、直交壁が隅柱の浮き上がりに対して有効に働いたと考えられる。これらのことは、耐力壁の引き抜きに対して、現在の設計で想定している長期軸力よりもはるかに大きい柱に対する抑えこみ効果が働いていることを示唆している。そこで、本実験では浮き上がり耐力を考慮した有開口壁の終局耐力算定法を提供することを目的とする。

2. 建物全体の浮き上がり耐力の算定方法の流れ

1. 1 一般式の誘導

建物が浮き上がる時のメカニズムを図1に示す。

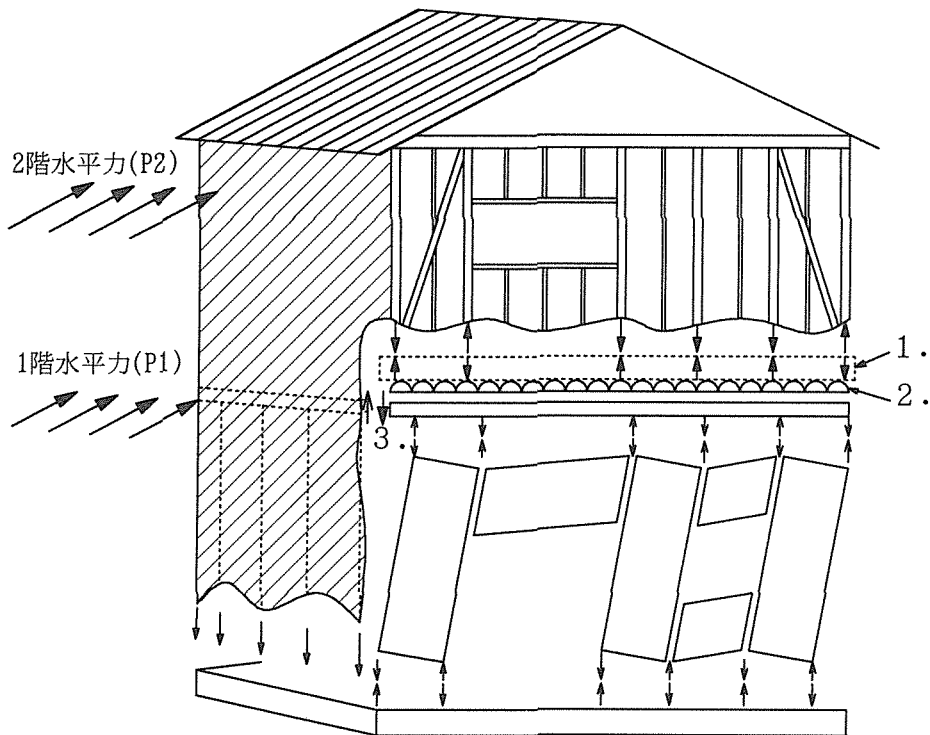


図-1 浮き上がりのメカニズム

加力方向の壁体の上に取り付く梁には、以下のような外力が主として作用する。

1. 上階の耐力壁等に水平力が生じることにより生じる柱の軸力
2. 壁体の回転により梁が持ち上がる際に、梁の支配面積に応じた建物重量による梁の押さえ込み力
3. 引張側の直交壁が持ち上がる場合、直交壁の柱脚に取り付く柱脚金物の抵抗による押さえ込み力

図2に、上記1～3の作用による梁に生じる押さえ込み力が確定した後の、壁体の力の釣り合い状態を示す。

梁に作用する外力は、一般的に分布荷重 w と集中荷重 N_i に区分できる。これらの外力をまとめて、梁中央に W の集中荷重とモーメント M が作用しているものとして書き換えることができる。また、無開口壁 i の側柱の柱頭では、梁の剛性と金物の剛性や強度に応じて、柱と梁の間で U_{iL} (圧縮) U_{iR} (引張) の力が作用する。

梁に作用する外力の釣り合いより、式1と2を得る。

$$\Sigma(-U_{iL} + U_{iR}) + W = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma(U_{iL} \cdot X_{iL}) + \Sigma(-U_{iR} \cdot X_{iR}) - W \cdot X_0 + M = 0 \quad (2)$$

一般に、柱が4本以上ある場合では、式1と2からは高次不静定となり U_{iL} と U_{iR} は直接求まらない。

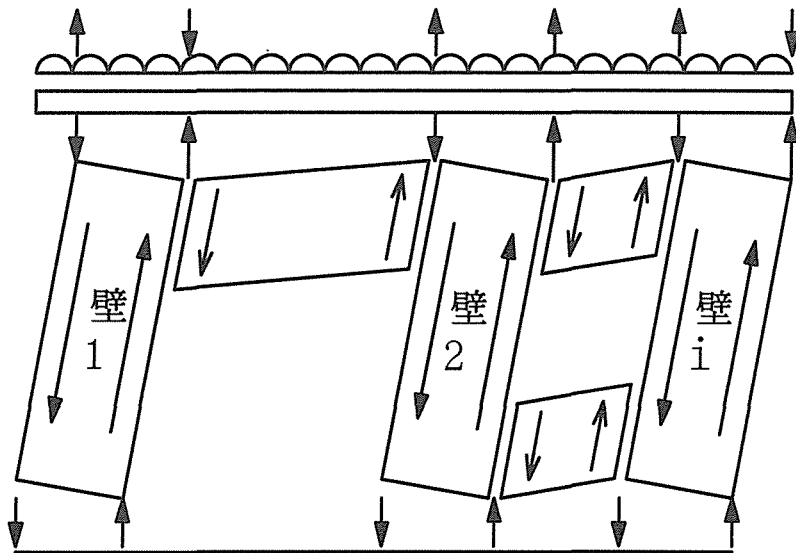


図-2 壁体の釣り合い

壁体内の矢印は、各壁体に生じる鉛直せん断力を示す

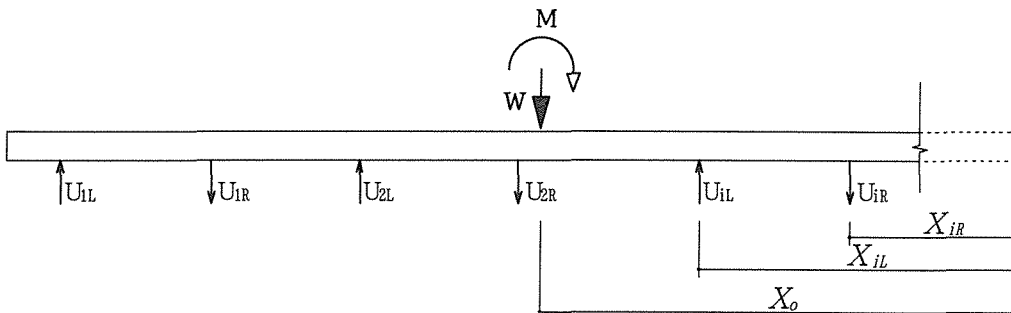


図-3 梁の釣り合い

図4に、壁体*i*の釣り合い状態を示す。

鉛直方向の力の釣り合い式が、式3の様に成立する。

$$Q_{ViL} = U_{iL} + Q_{i-1R} + D_{iL}$$

$$Q_{ViR} = U_{iR} + Q_{iL} + D_{iR}$$

$$Q_{ViL} + Q_{ViR} = 0 \quad \text{より}$$

$$U_{iL} + D_{iL} - U_{iR} - D_{iR} + Q_{i-1R} - Q_{iL} = 0 \quad (3)$$

ここで、 U_{iL} (圧縮) と U_{iR} (引張) は、柱頭から壁体*i*に作用する外力。

D_{iL} (引張) と D_{iR} (圧縮) は、柱脚から壁体*i*に作用する外力。

Q_{i-1R} と Q_{iL} は、壁体*i*の左右に取り付く雑壁 (腰壁やたれ壁) から作用する鉛直せん断力

Q_{ViL} と Q_{ViR} は、壁体*i*に生じる鉛直せん断力である。

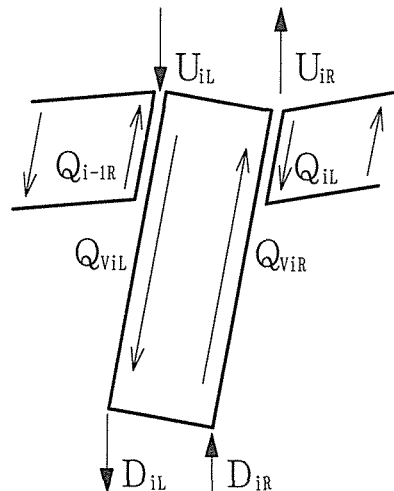


図-4 壁体*i*の釣り合い

図5に示すように、建物全体の浮き上がり耐力は、土台直上で仮想的に切断して外力と内力の釣り合いより、式4が得られる。

$$\Sigma(D_{iL} \cdot X_{iL} - D_{iR} \cdot X_{iR}) + W \cdot X_0 = P_1 \cdot H_1 + P_2(H_1 + H_2) \quad (4)$$

一般的には、方程式が不足するため、各未知数は簡単には求まらない。

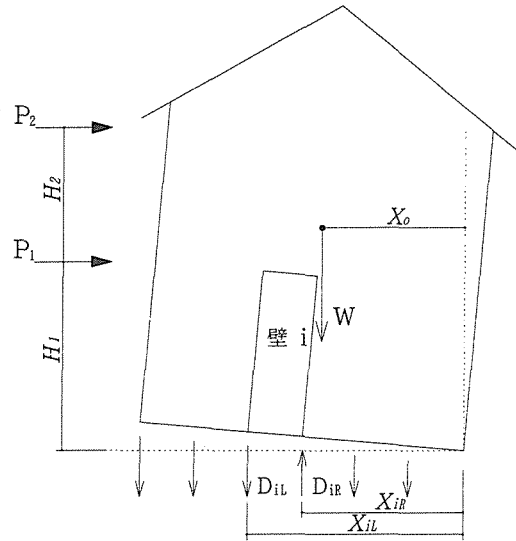


図-5 建物のモデル化

1. 2 一般式を解くためのモデル化と仮定

基本仮定：無開口壁では、壁体自体の破壊は生じないとする。

金物の引張力と抜け量の関係は図6に示すような完全弾塑性モデルと仮定する。

壁体と梁の間に取り付けられた柱頭接合部が降伏し、 $U_{iR} = V$ (V ；降伏耐力)と仮定すると U_{iL} (圧縮) が未知力となる。

そこで、 U_{iL} の作用点をピン支持として、押さえ込み力と壁体から作用する力に分けて表わすと、図7のようになる。

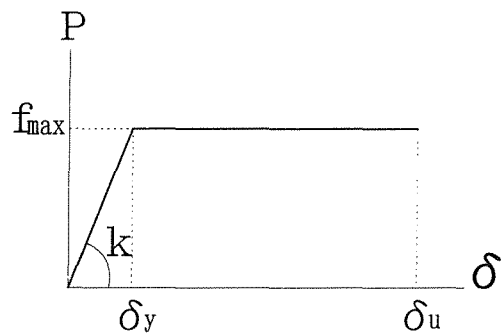


図-6 完全弾塑性モデル

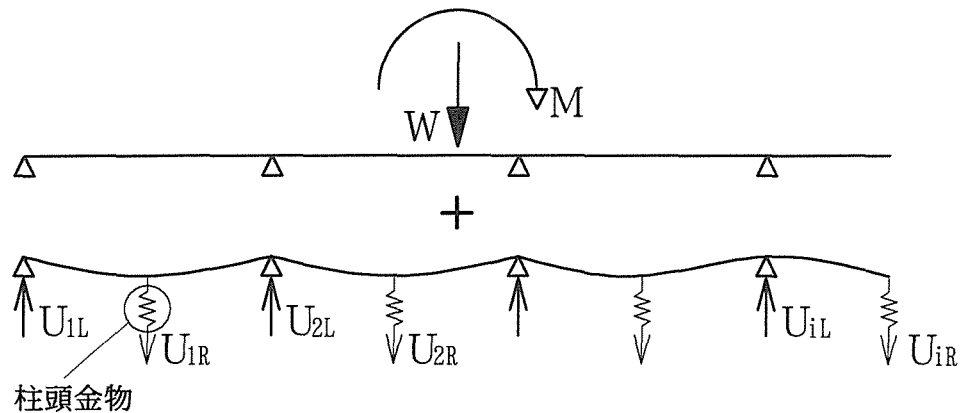


図-7 梁のモデル化

押さえ込み力により各ピン支点に生じる反力と、壁体から金物を介して作用する引張力Vにより各ピンに生じる反力は、梁の剛性に依存せず、支点と金物の位置が決まることにより求まる。

上述の方法で壁体上部に作用する圧縮力 U_{iL} が、確定できる。

図4において、雑壁部分から壁体iに作用する鉛直せん断力は、破壊モードにより以下のように与えられ、それらの最小値をとる。

雑壁の壁体自身が降伏する場合、たとえば、面材大壁では、面材が回転する破壊モードでは、面材壁の終局抵抗モーメントより鉛直せん断力を算出する。(図8)

まぐさや窓台と柱との接合部の引張破壊のモードでは、接合部の終局耐力より鉛直せん断力を算出する。(図9)

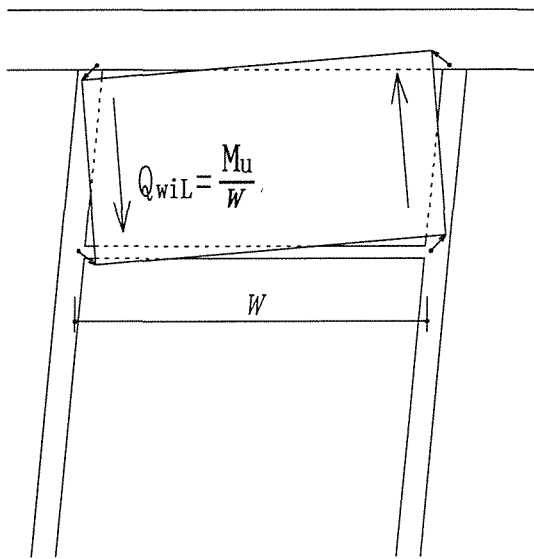


図-8 壁体破壊モード

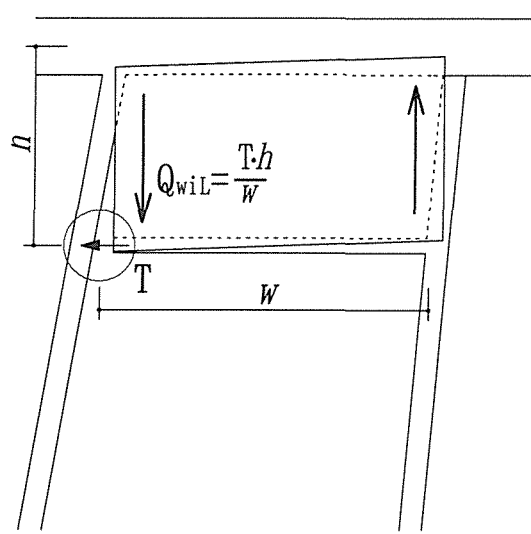


図-9 接合部破壊モード

壁体iの脚部の柱脚接合部も降伏強度に達していると仮定すると、 $D_{iL} = (U_{iR}) = V$ となり、壁体iに作用する外力の釣り合い式3より、脚部の圧縮力 D_{iR} が式5の様に求まる。

$$D_{iR} = U_{iL} + Q_{i-1R} - Q_{iL} \quad (5)$$

各壁体について同様の計算を行い、土台に作用する反力を全て確定でき、式1～5により建物全体の浮き上がり耐力が計算できる。

2 柱が4本の場合の壁体の浮き上がり耐力の算定式の誘導

上記計算法の検証を行うに当たり、柱頭と柱脚に同一の金物を用いた場合、式1と2を算術的に解くことが出来る条件は、無開口壁体が2枚の場合に限られる。そこで無開口壁体を2枚有する試験体を用いて、上記算定式の検証を行う。

図10に示す形状の壁体に関する算定式は、式1～4より必要な部分を取り出して、式6～10のようにかける。

$$-U_{1L} + U_{1R} - U_{2L} + U_{2R} + W = 0 \quad (6)$$

$$[U_{1L}(2 \cdot L_w + L_{hw})] - [U_{1R}(L_{hw} + L_w)] + U_{2L} \cdot L_w - W \cdot (L_w + 0.5 \cdot L_{hw}) + M = 0 \quad (7)$$

$$D_{1L} + U_{1L} - U_{1R} - D_{1R} - Q_w = 0 \quad (8)$$

$$D_{2L} + U_{2L} - U_{2R} - D_{2R} + Q_w = 0 \quad (9)$$

$$D_{1L}(2 \cdot L_w + L_{hw}) - D_{1R}(L_w + L_{hw}) + D_{2L} \cdot L_w - M + W(L_w + 0.5 \cdot L_{hw}) = M_{base} \quad (10)$$

接合部強度 ($U_{1R} = U_{2R} = D_{1L} = D_{2L}$) = V を代入し、未知数を順次消去すると、式11様に結論づけられる。

$$M_{base1} = W \cdot L_w + 4 \cdot V \cdot L_w + Q_w(L_w + L_{hw}) \quad (11)$$

無開口壁1の柱脚に作用する D_{1R} は、たれ壁がない場合は、式7より圧縮力となるが、たれ壁の強度が増すにつれて、引張力に転じる。

D_{1R} の上限は接合部の降伏耐力となり、式10に $D_{1R} = -V$ を代入することにより、式12が得られ、図11に示すような全体回転モードとなる。

$$M_{base2} = W(L_w + 0.5 \cdot L_{hw}) + V(4 \cdot L_w + 2 \cdot L_{hw}) - M \quad (12)$$

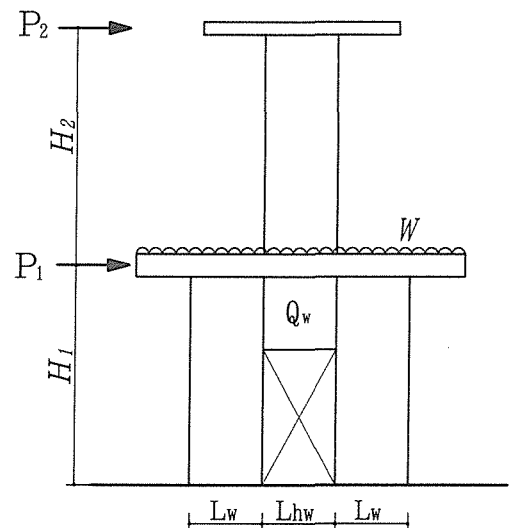


図-10 壁体のモデル化

$D_{1R} > -V$ の範囲では、壁体 i の力の釣り合いが保たれるため、 D_{1R} は一定値となり、金物の剛性に依存せず $\delta_{D_{1R}}$ も一定値となる。そのため、そのような状態でさらに加力すると、 $\delta_{U_{1R}}$ と $\delta_{D_{1L}}$ が増加することにより壁体が回転して、層間変形角が増加する。

層間変形角 R と梁の回転角、壁体上下の回転角の関係は、以下のような関係にある。 D_{1R} が圧縮の場合は、図12に示すように梁は回転せず、壁体上下で壁体と横架材間の回転角は層間変形角と等しくなる。

全体回転モードでは、図11のようになり、梁にも R の回転角が生じる。

$0 > D_{1R} > -V$ の範囲では、 $\delta_{D_{1R}}$ が生じるため、 U_{1L} の作用点が U_{2L} よりも高くなるため、梁も図13のように回転する。

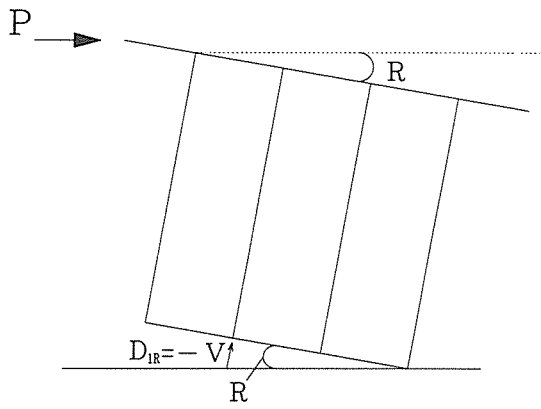


図-11 全体回転モード

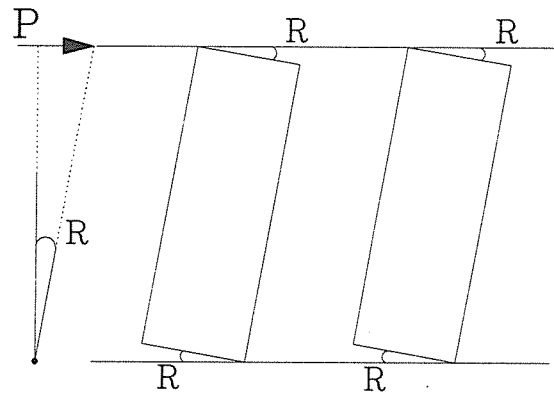


図-12 個別回転モード

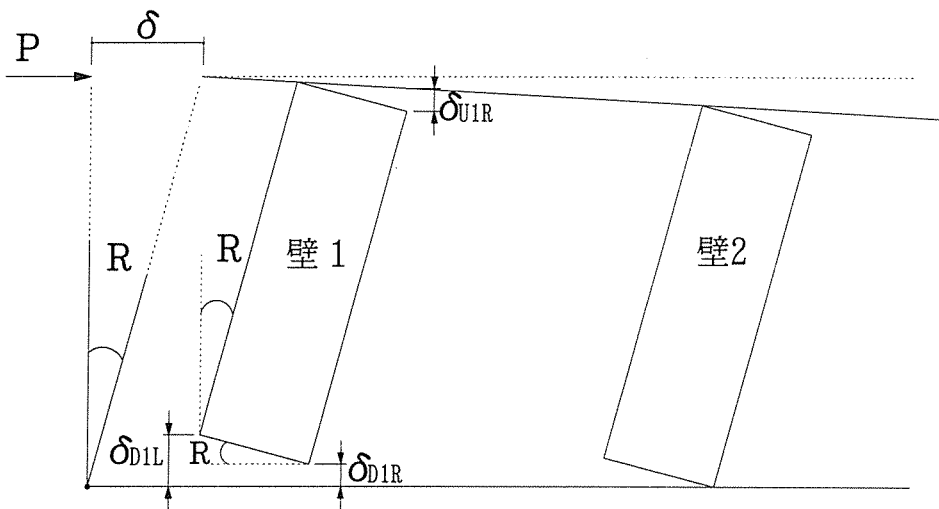


図-13 $0 > D_{iR} > -V$ の条件下での変形

一般的な壁配列への展開

式1~4において、各壁体上部に作用する圧縮力 U_{iL} が確定できれば、各壁体の力の釣り合いより、壁体下部の圧縮力 D_{iR} が求まる。

そこで、上式の物理的な意味を考慮し、無開口壁体が3枚以上ある場合の一般式を導く。今、無開口壁 i には図14に示すような外力が作用している。 U_{iL} は梁の釣り合いより求まり、梁の力の合力 $\Sigma V_u + W$ を按分したものである。したがって、

$$\Sigma U_{iL} = \Sigma \alpha_i (\Sigma V_u + W) \quad \text{となる。ここで } \alpha_i \text{ は按分比で } \Sigma \alpha_i = 1.0$$

壁体 i 1枚当たりの抵抗モーメント M_i は、

$$M_i = (U_{iL} + V_D) \cdot L_w \quad \text{ここで } L_w \text{ は単位モジュール}$$

よって、全ての無開口壁による抵抗モーメントの合計は

$$\begin{aligned} \Sigma M_i &= \Sigma (U_{iL} + V_D) \cdot L_w \\ &\approx (\Sigma V_u + W + \Sigma V_D) \cdot L_w \\ &= W \cdot L_w + \Sigma V \cdot L_w \end{aligned}$$

ここで、 ΣV は金物の引張耐力の合計（引張となる柱の本数分）

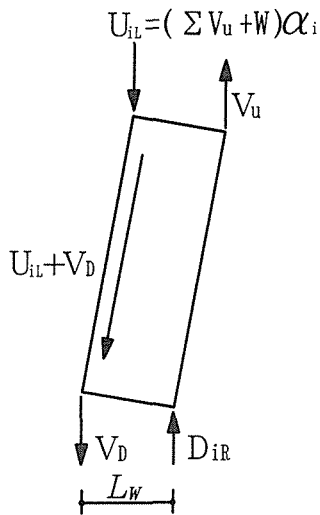


図-14 無開口壁体に作用する力

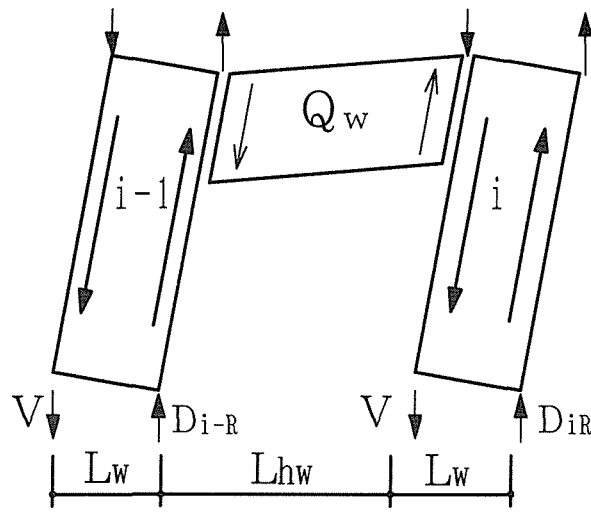


図-15 有開口壁に作用する力

図15に示すような、スパン L_{hw} のたれ壁がある場合には、たれ壁に作用する鉛直せん断力が壁体 $i-1$ と i に作用し、それぞれの壁体の力の釣り合いより壁体 $i-1$ と i の圧縮反力(D_{i-1R} と D_{iR})が変化する。したがって、スパン L_{hw} のたれ壁の増設により $L_w + L_{hw}$ 間をスパンとして $Q_w(L_w + L_{hw})$ のモーメントが増えることを意味する。

以上の考察より設計式を導くと次のようになる。

建物重量を W 、または梁の単位荷重(カウンターウエイト)を $W+M$ として

$$M_{base1} = (W + n \cdot V) \cdot L_{w\text{ave.}} + \sum Q_w(L_w + L_{hw}) \quad (13)$$

ここで、 $L_{w\text{ave.}}$: 全ての無開口壁の平均壁長

L_w : たれ壁の左右に取り付く無開口壁の平均壁長

L_{hw} : たれ壁の壁長(開口幅)

n : 無開口壁の側に取り付く柱の本数(引張となる金物の個数)

M_{base} : 土台周りの抵モーメント

(平屋では $P_1 \cdot H_1$ 、二階建てでは $P \cdot H_1 + P_2(H_1 + H_2)$)

また、図16に示すように脚部の柱脚接合部が全て降伏強度に達している場合、式1~4に $D_{iL} = V$ 、 $D_{iR} = -V$ を代入することにより式14が求まる。

$$M_{base2} = \sum V(X_{iL} + X_{iR}) + W \cdot X_0 - M \quad (14)$$

M_{base} は、式13、14の小さい方の値をとる。

$$M_{base} = \min(M_{base1}, M_{base2}) \quad (15)$$

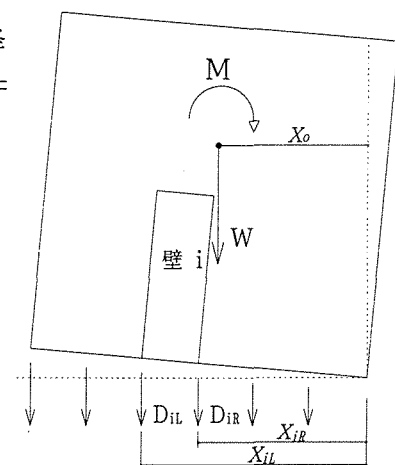


図-16 土台周りのMの釣り合い

3. 有開口壁のラーメン効果の影響検証実験

3.1 実験概要

3.1.1 実験目的

柱が4本の場合の浮き上がり耐力の算定式において、図2.1に示す供試体を用いて、たれ壁の強度によるラーメン効果の影響を検証目的とする。

3.2 実験計画

3.2.1 予備解析

有開口壁のラーメン効果実験では、たれ壁の耐力を実験変数として実験を計画する。そのためには、柱頭・柱脚の接合部耐力と、たれ壁の耐力の関係を明らかにしておく必要がある。そこで、試

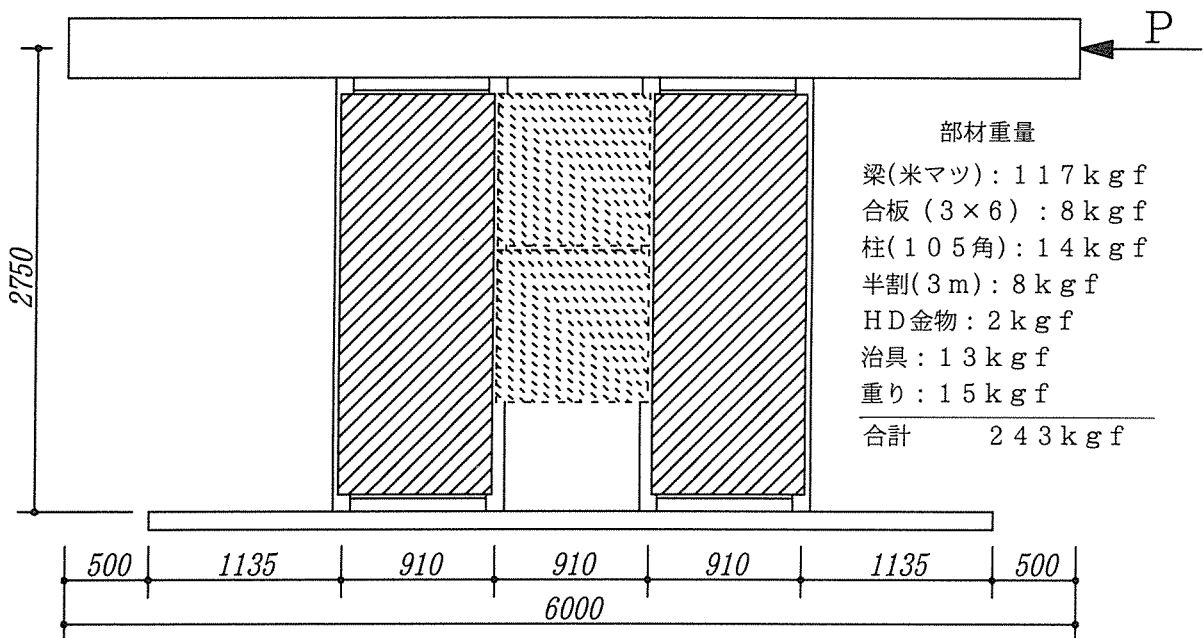
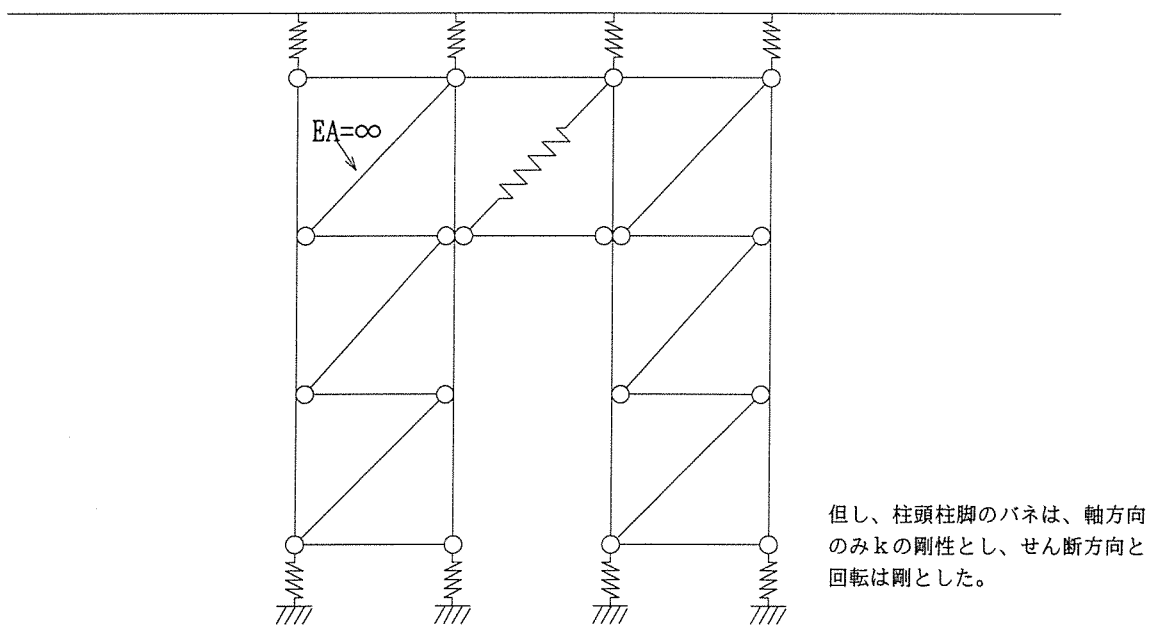


図2.1 供試体図



但し、柱頭柱脚のバネは、軸方向のみkの剛性とし、せん断方向と回転は剛とした。

図2.2 供試体のモデル化

験体で用いる接合部とファスナーを材料定数として、図 2. 2 に示すように面材を $1P \times 1P$ 単位として試験体をモデル化し、有限要素法による検討を行った。有限要素法によるモデル化の流れを図 2. 3 に示す。柱頭・柱脚の接合部の引張力は、接合部の引張試験により得えられた値によりバネに置換し、圧縮側の剛性は、稲山の弾性域におけるめりこみ基準式¹⁾を用いて評価する。たれ壁は、村上・稲山の任意の釘配列で打たれた面材壁の弾塑性挙動の予測式²⁾を用いて、斜材をバネに置換する。また、無開口壁は、剛 ($EA = \infty$) と仮定する。

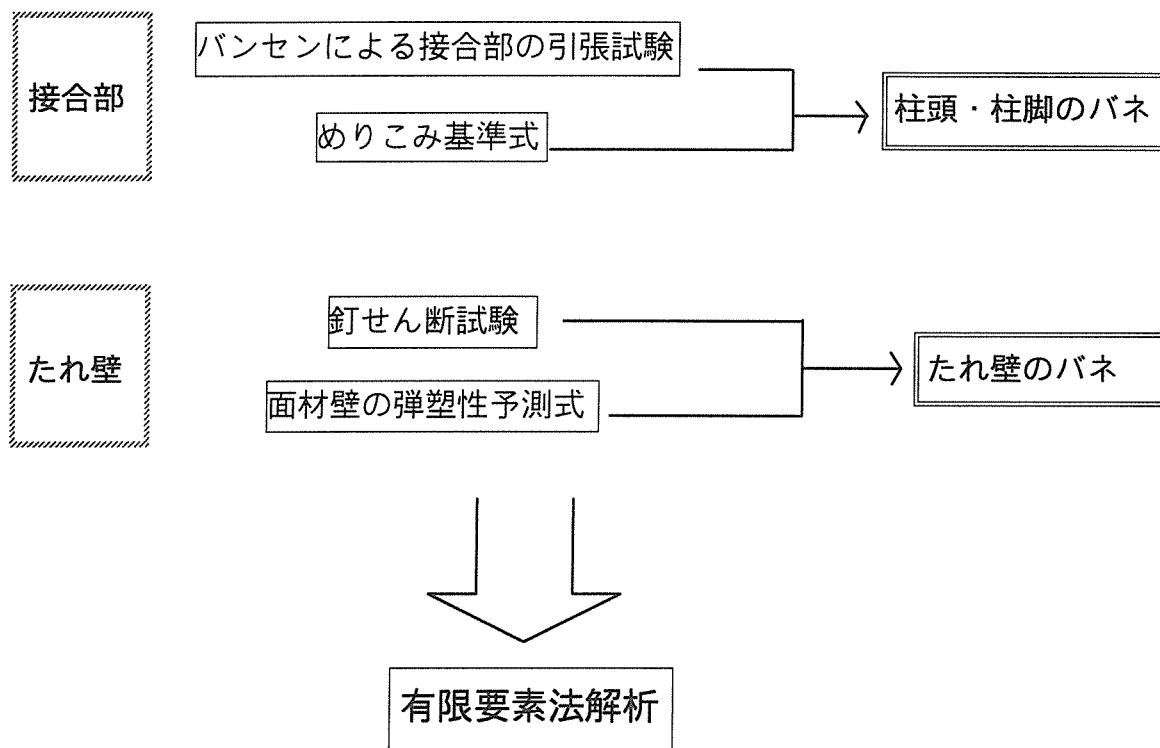


図 2. 3 モデル化の流れ

3.3 バンセンを用いた接合部の引張試験

3.3.1 試験目的

柱頭・柱脚の接合部をバネに置換するために、ひずみ-応力度関係を求める。また、有開口ラーメン効果の影響検証実験で、壁体が浮き上がる時の柱の軸力を正確に把握する必要がある。そこで、柱の柱頭・柱脚に引張力を計測する装置を用いて柱の軸力を計測した。引張力計測用として、3.1mmのバンセンを用いて、ロードセルとして用いる焼き入れしたM6ボルトにひずみゲージを貼り付けて柱の軸力を計測した。

3.3.2 試験方法

バンセンによる接合部耐力試験の供試体数は3体である。引張力計測用として図3.1に示すように、ひずみゲージを両面貼りしたM6(S45C)ボルトを柱に固定して、土台底部より固定した3.1mmのバンセンと緊結する。図3.2に示すように、M16の全ネジで土台を試験装置に固定し、柱とロードセルをPC鋼棒を用いて固定する。加力には油圧ジャッキを使用し、バンセンが切断するまで一方向加力を行った。使用計測器には、変位計cdp100を2個使用し、荷重はロードセルtclp-3bとひずみゲージを使用して測定した。

また、ひずみゲージを両面貼りしたM6(S45C)ボルトを荷重計として用いるために、M6ボルトの引張試験を10体行い、ひずみと荷重の関係により校正係数を決定した。

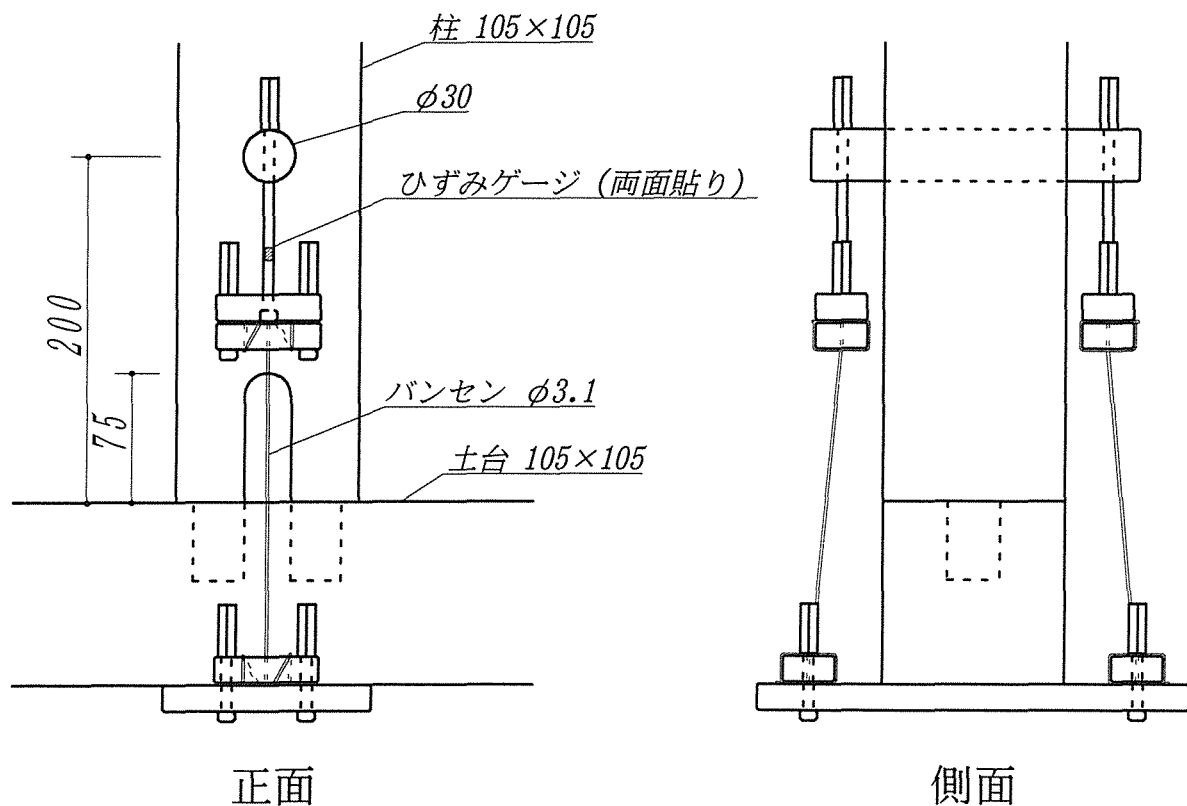


図3.1 引張力計測装置図

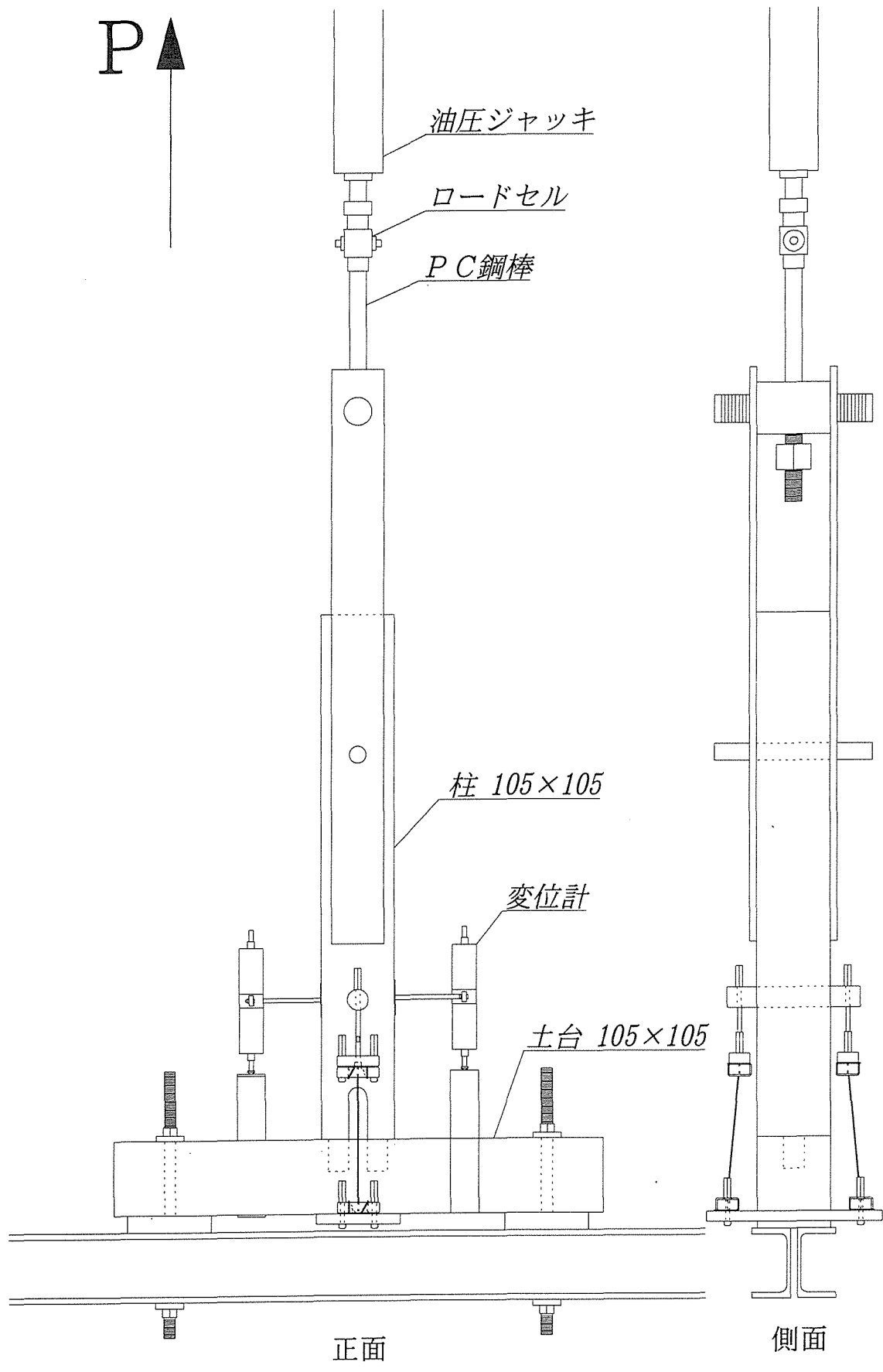


図 3. 2 実験概要組立図

3.3.3 試験結果

ロードセルの荷重と、バンセンに取り付くボルトのひずみゲージの値から推定される荷重の比較を図3.3に示す。図中のひずみゲージ1+2とは、柱の両側のバンセンに取り付くボルトに作用する引張力の和である。ロードセルによる荷重とひずみゲージにより推定された荷重は、ほぼ同一と見なすことが出来る。試験体Te-1, 2, 3の3体を用いて図3.4に荷重(ひずみゲージ)－変位曲線を示し、完全弾塑性評価した。

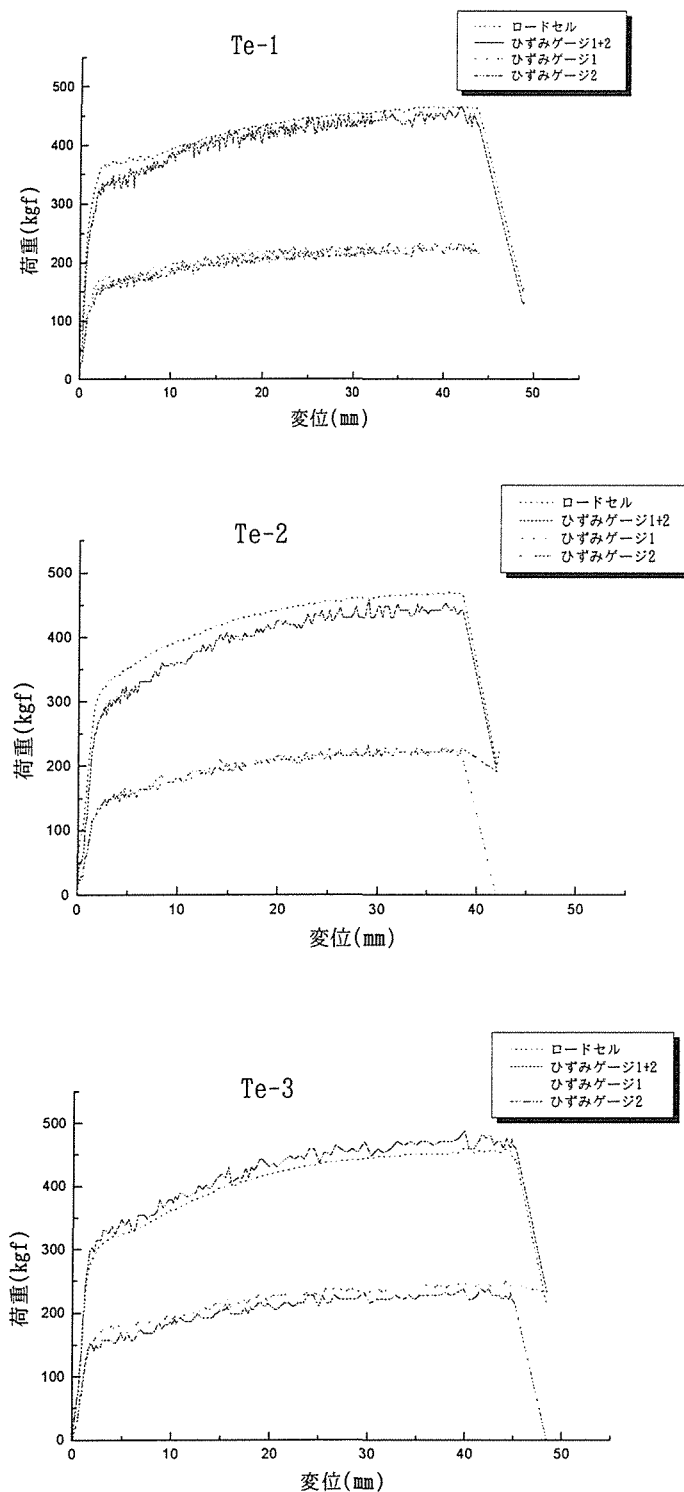


図3.3 荷重－変位曲線

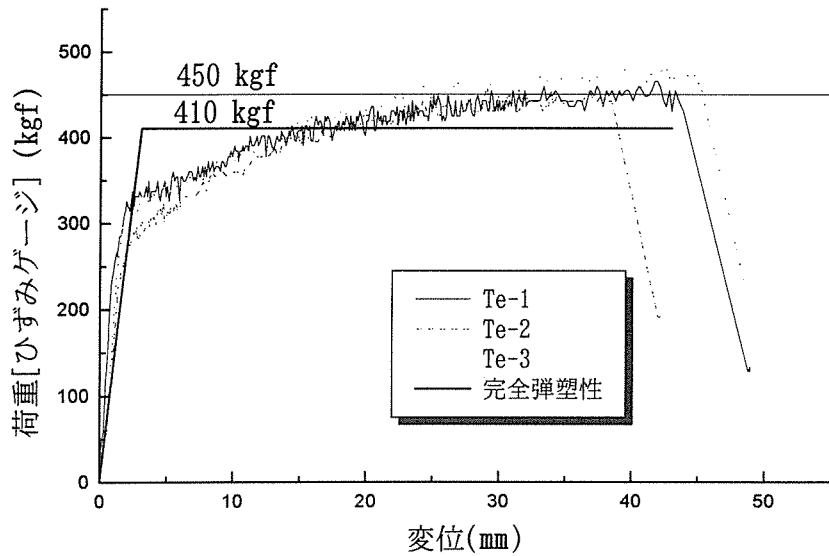


図 3. 4 完全弾塑性評価

◎ 完全弾塑性評価

- ・降伏点荷重 $P_U=410.0 \text{ kgf}$
- ・降伏点変位 $\delta_Y=3.1 \text{ mm}$
- ・終局変位 $\delta_U=43.0 \text{ mm}$
- ・初期剛性 $K=132.3 \text{ kgf/mm}$

耐力はバンセンが切断するまで上がり続け、バンセンの最大耐力は3体共に約450kgf付近であるが、予備解析で用いる接合部の耐力は完全弾塑性により得られた値である410kgfとする。

次に、M6ボルトの引張試験の結果を図3.5に示す。10体共に400kgf付近では同じ傾きであるので、その時の10体の勾配の平均値を校正係数0.821と決定し、有開口壁実験においてはM6ボルトに貼ったひずみゲージを荷重計として用いることとする。

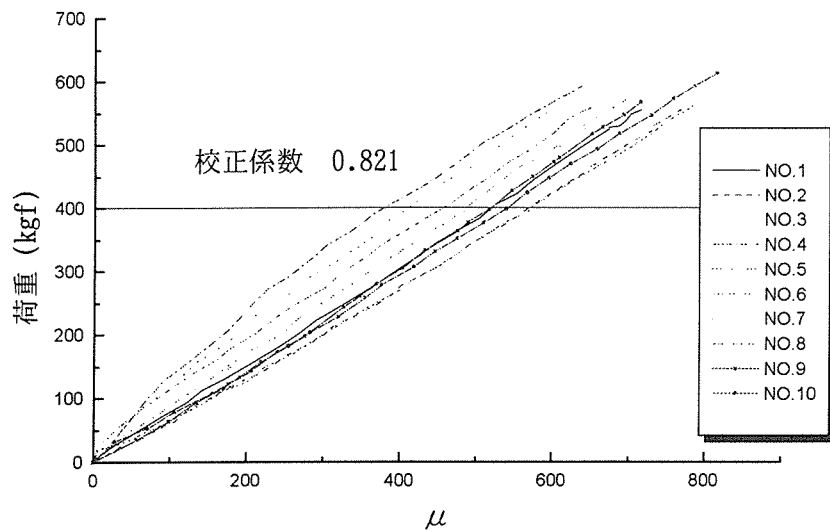


図 3. 5 M6ボルトの実験結果

3.4 めりこみ剛性

柱頭・柱脚接合部の圧縮力によるめりこみ剛性は、稲山の弾性域におけるめりこみの基準式¹⁾により、算出する。

・弾性域におけるめりこみ基準式

等変位めりこみ

$$P = \frac{X_p Y_p C_x C_y E_{\perp}}{Z_o} \delta \quad (4.1)$$

弾性限界変位

$$\delta_y = \frac{Z_o F_m}{E_{\perp} \sqrt{C_x C_y C_{xm} C_{ym}}} \quad (4.2)$$

ここで

$$\text{端距離効果係数 } C_{xm} = 1 + \frac{4 \cdot Z_o}{3 \cdot X_p}$$

$$C_{ym} : \text{端距離効果係数 } C_{ym} = 1 + \frac{4 \cdot Z_o}{3 \cdot n \cdot Y_p}$$

E_{\perp} : 全面横圧縮ヤング係数

繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数

{接合部の設計に使う樹種グループ(木質構造設計基準の表6.1)が、 J_1 のとき $n=7$ 、 J_2 のとき $n=6$ 、 J_3 のとき $n=5$ とする。}

F_m : めり込み降伏応力度 ($F_m \doteq 2.4 \times \text{長期許容めり込み応力度}$)

式4.1、4.2を用いて、弾性域におけるめり込み式を求める。

・スプルー材

$$E_{//} = 7.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_{\perp} = 1.4 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$n = 5$$

$$F_m \doteq 2.4 \times 20 = 48 \text{ kgf/cm}^2$$

図4.2より、鋼材の土台へのめり込み:

$$X_p = 10.5 \text{ cm}, Y_p = 3.75 \text{ cm}$$

$$Z_o = 10.5 \text{ cm}$$

$$X_1 = X_2 = \infty, Y_1 = Y_2 = 0$$

$$P' = 12250 \cdot \delta$$

$$\delta_y = 0.11674 \quad (4.3)$$

ここで、 $P = 2 \cdot P'$ より

式4.4を得る。

$$P = 24500 \cdot \delta \quad (4.4)$$

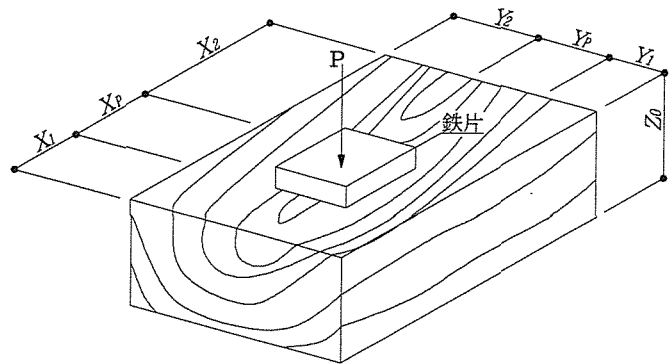


図4.1 等変位めり込み

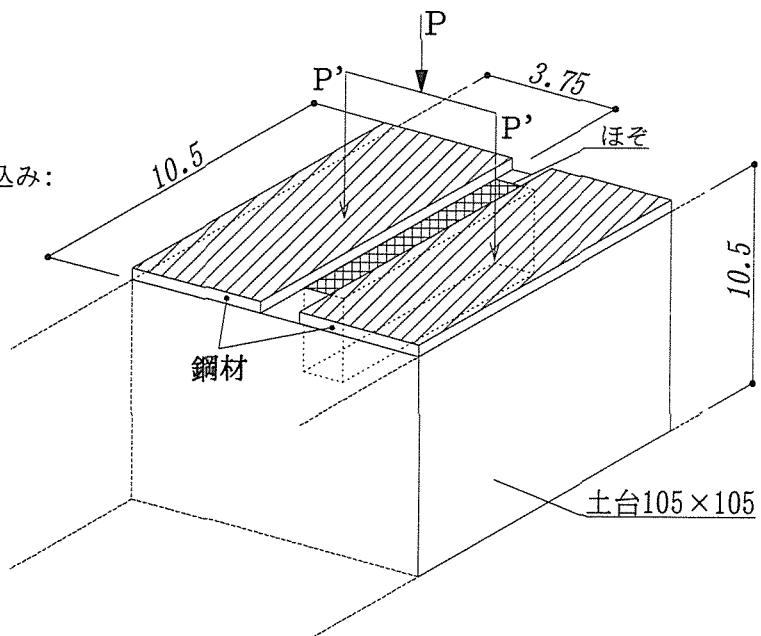


図4.2 鋼材の土台へのめり込み

3.5 釘のせん断耐力試験

供試体

- ・釘 : 二重頭釘 (D h 4 5) *長さは、下部頭から先端まで
- ・面材種別 : 構造用合板
板厚 : 9 mm
- ・軸材樹種 : スプルース (105×105)

釘接合のせん断加力実験の供試体数は5体であり、面材は構造用合板、軸材にはスプルース材を使用した。また、釘は図5.1に示す二重頭釘(D h 4 5)を用いた。軸材をM16の全ネジで図5.2に示す試験装置に固定し、軸材側面に一方を二重頭釘2本で、他方をN50の釘4本で面材を軸材に打ち付けた。(N50の釘4本は、軸材と面材の固定用である)加力には、油圧ジャッキを使用し一方向加力をおこなった。使用計測器には、変位計cdp100を2個使用し、荷重はロードセルtclp-3bを使用して測定した。供試体寸法を図5.3に示す。

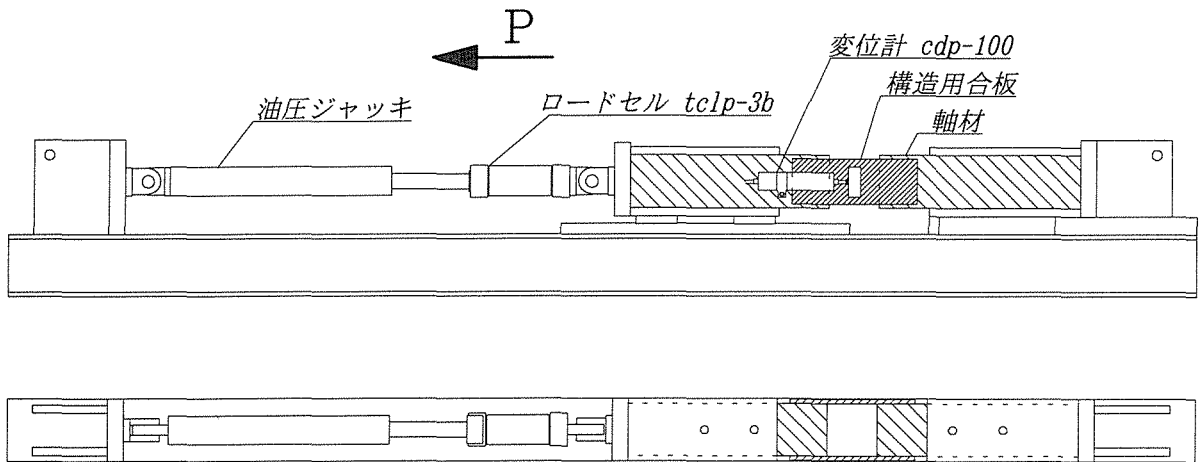


図5.2 実験概要組立図

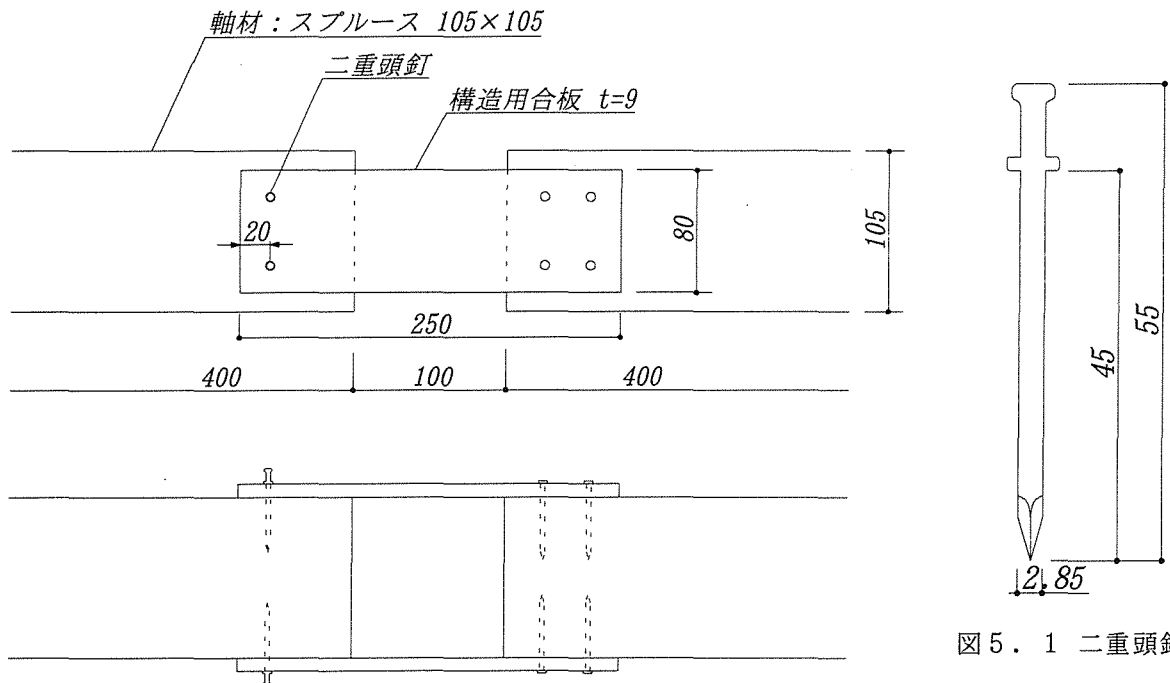


図5.3 供試体図

図5.1 二重頭釘

実験結果である荷重－変形曲線を図5.4～5.8に示す。実験結果は、釘1本当たりの耐力を示している。実験は5体行ったが、1体(Dh3)だけ顕著に異なった結果になった。これは軸材の強度のばらつきまたは、実験の不備であると思われる。そこで、Dh3以外の4体を用いて完全弾塑性評価を行いその結果を図5.9に示す。

◎完全弾塑性評価

- ・降伏点荷重 $P_u = 72.0\text{kgf}$
- ・降伏点変位 $\delta y = 1.1\text{mm}$
- ・終局変位 $\delta u = 16.3\text{mm}$
- ・初期剛性 $K = 65.5\text{kgf/mm}$

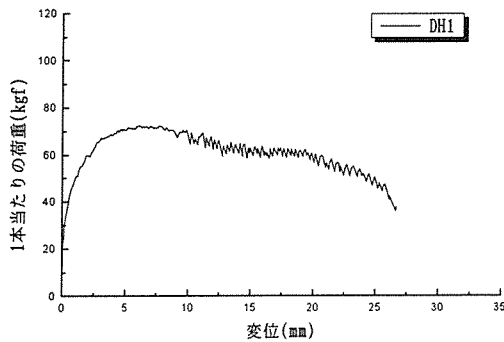


図5.4 Dh1 荷重－変位曲線

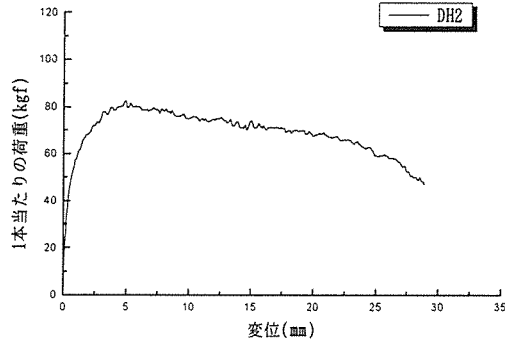


図5.5 Dh2 荷重－変位曲線

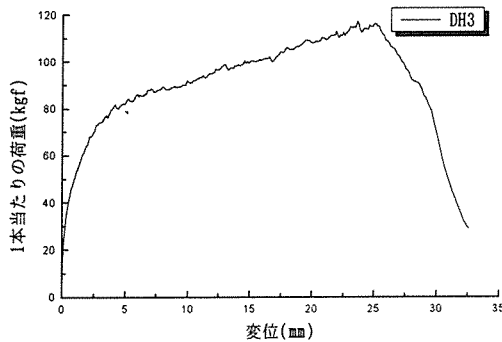


図5.6 Dh3 荷重－変位曲線

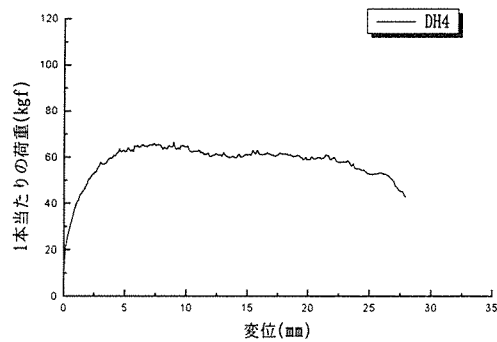


図5.7 Dh4 荷重－変位曲線

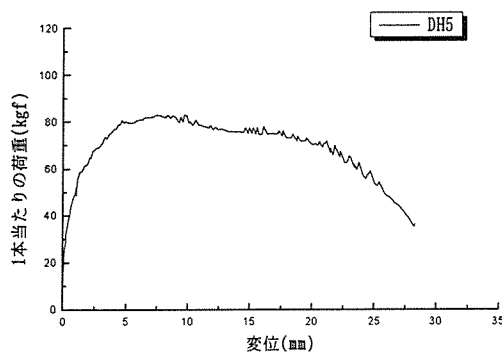


図5.8 Dh5 荷重－変位曲線

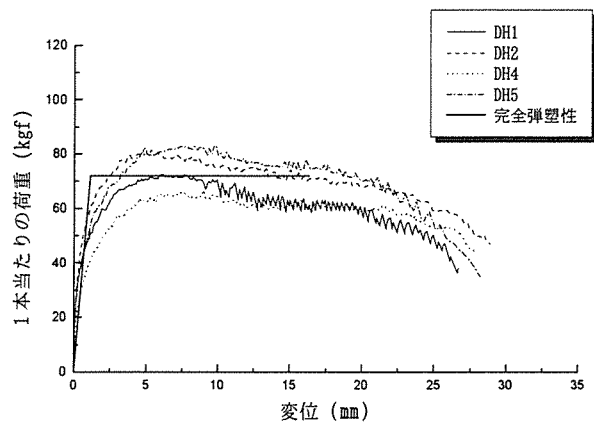


図5.9 完全弾塑性評価

3.6 たれ壁のバネ置換

たれ壁を図6.1に示す面材のモデル化により、斜材をバネ置換するために、ひずみ-応力度の関係を求める。

図6.1及び、荷重-変位、モーメント-回転角の関係より

$$P = K \cdot \delta \quad (6.1)$$

$$M = k_{\theta} \cdot R \quad (6.2)$$

式6.1, 6.2より、 $M = P \cdot h$ であるから

$$K = \frac{k_{\theta}}{h^2}$$

よって、

$$P = \frac{k_{\theta}}{h^2} \cdot \delta \quad (6.3)$$

図6.1及び、ひずみ-応力度の関係より

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{\sqrt{2} \cdot P}{A} \quad (6.4)$$

$$\sigma = \varepsilon \cdot E = \frac{\Delta l}{l} \cdot E = \frac{\Delta l}{\sqrt{2} \cdot l} \cdot E \quad (6.5)$$

式6.4, 6.5より

$$\frac{\sqrt{2} \cdot P}{A} = \frac{\Delta l}{\sqrt{2} \cdot l} \cdot E$$

$$\Delta l = \frac{2 \cdot P \cdot l}{A \cdot E} \quad (6.6)$$

また、

$$\delta = \sqrt{2} \cdot \Delta l$$

式6.6, 6.7より

$$\delta = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot P \cdot l}{A \cdot E} \quad (6.7)$$

$$P = \frac{A \cdot E}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot l} \cdot \delta \quad (6.8)$$

式6.3, 6.8及び、 $h = l$ より

$$E = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot k_{\theta}}{A \cdot h} \quad (6.9)$$

終局 M_p 時の斜材の軸力 N_p は、

$$M_p = Q_p \cdot h \quad (6.10)$$

$$N_p = \sqrt{2} \cdot Q_p \quad (6.11)$$

式6.10, 6.11より

$$N_p = \frac{\sqrt{2} \cdot M_p}{h} \quad (6.12)$$

また、ひずみ-応力度の関係より

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad (6.13)$$

式6.12, 6.13より

$$\sigma = \frac{\sqrt{2} \cdot M_p}{A \cdot h} \quad (6.14)$$

ここで、図6.2より $M_p \approx k_{\theta} \cdot R$ として

$\sigma = \varepsilon \cdot E$ に式6.9, 6.14を代入して

$$\varepsilon = \frac{M_p}{2 \cdot k_{\theta}} \quad (6.15)$$

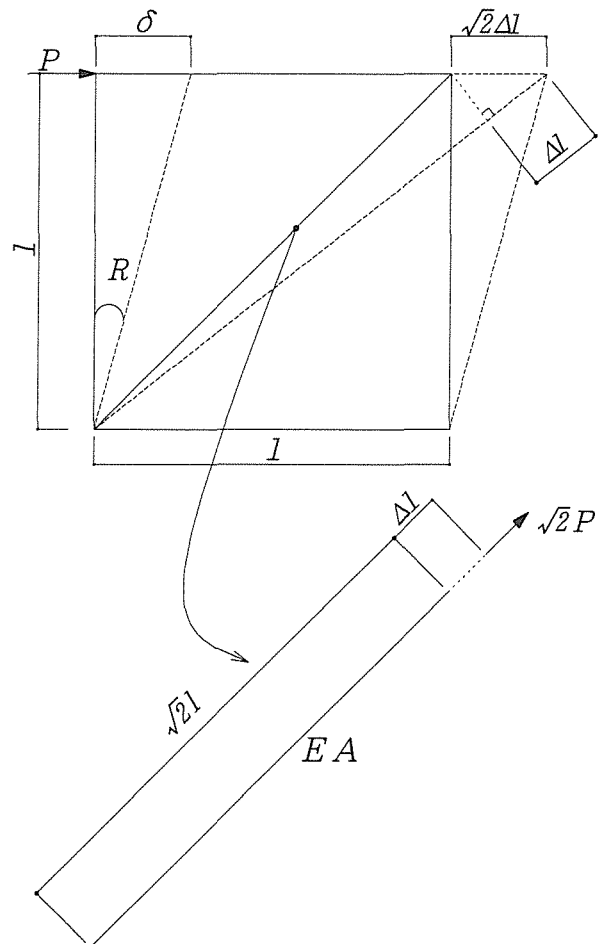


図6.1 面材のモデル化

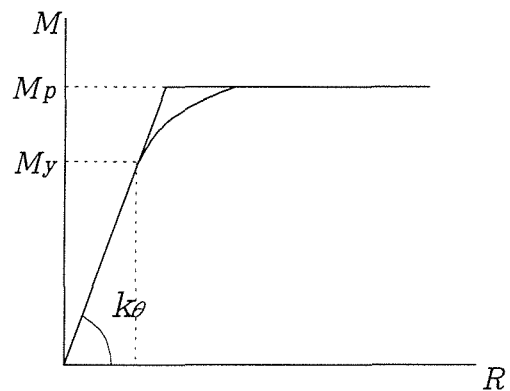


図6.2 モーメント-回転角関係

3.7 有限要素法解析

前述の、3節バンセンを用いた接合部の引張試験と、4節めりこみ剛性、6節たれ壁のバネ置換結果によりバネ定数を決定し、有限要素法による解析を行った。

柱頭・柱脚の接合部を図7.1に示すように、たれ壁の斜材を図7.2に示すように、ひずみ-応力度の関係により、バネに置換する。

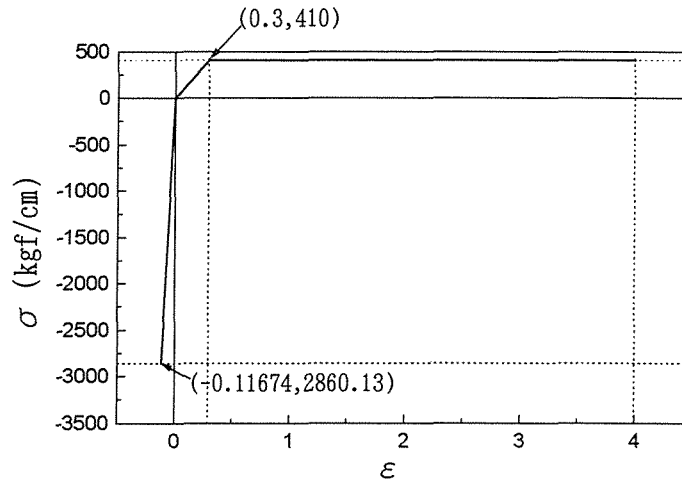


図7.1 柱頭・柱脚接合部のひずみ-応力度関係

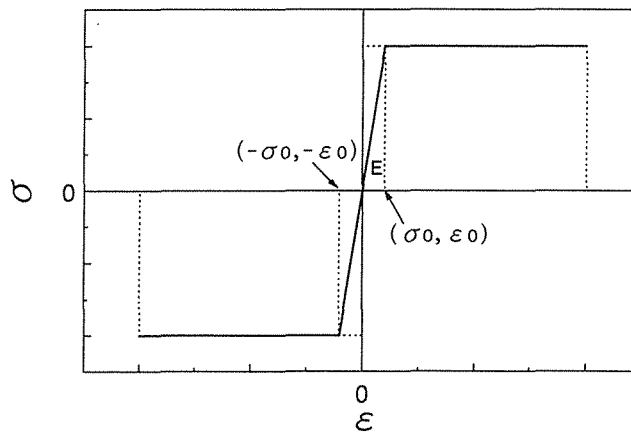


図7.2 たれ壁斜材のひずみ-応力度関係

次に、図7.1と図7.2により確定したバネ定数を用いて、有限要素法により解析する。無開口壁の面材は、柱頭・柱脚の接合部に410kgfの引張力が生じた時に、安全率約1.5倍で破壊しないような釘配列で釘打ちするように計画する。

即ち、 $M_U = (410 + 410) \times 90 = 73800 \text{ kgfcm}$ のモーメントが作用したときに、接合部が破壊して無開口壁体は弾性挙動するように設計する。(@ 100mmの全周打ち)

たれ壁の抵抗モーメントは、無開口壁が柱頭・柱脚の接合部で耐力が決まるときの M_U により無次元化することができる。そこで、たれ壁の抵抗モーメントを変数として解析を行った。有開口壁体のせん断耐力 P と、たれ壁の抵抗モーメント M_U の関係を図7.3に示す。なお、この計算においては各試験体の重量は考慮されている。また、加力点より2本目の柱の終局時の軸力 V_2 と、たれ壁の抵抗モーメント M_U の関係を図7.4に示す。図7.3より、たれ壁の抵抗モーメントの増加と共に、有開口壁体のせん断耐力は940kgfまで連続して増加し、940kgfで一定となる。

図7.4より、たれ壁の抵抗モーメント $M_U = 0$ 、即ちたれ壁なしでは柱の軸力は圧縮となるが、たれ壁の抵抗モーメントの増加と共に引張に転じ、軸力はバンセンによる接合部の終局強度である410kgfを上限に、たれ壁の抵抗モーメントと共に連続的に増加する。

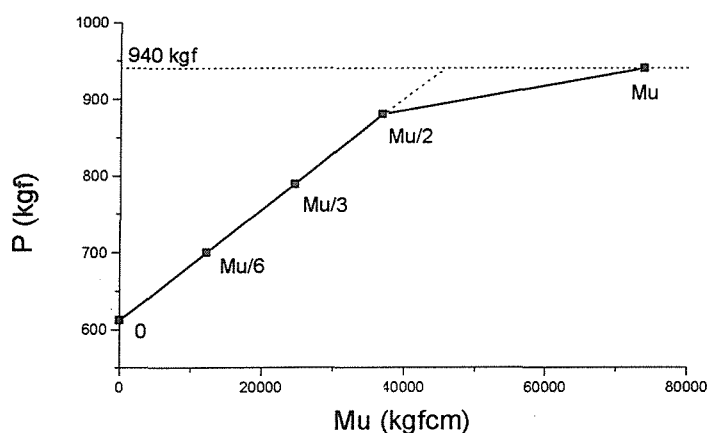


図7.3 $M_U - P$ 曲線

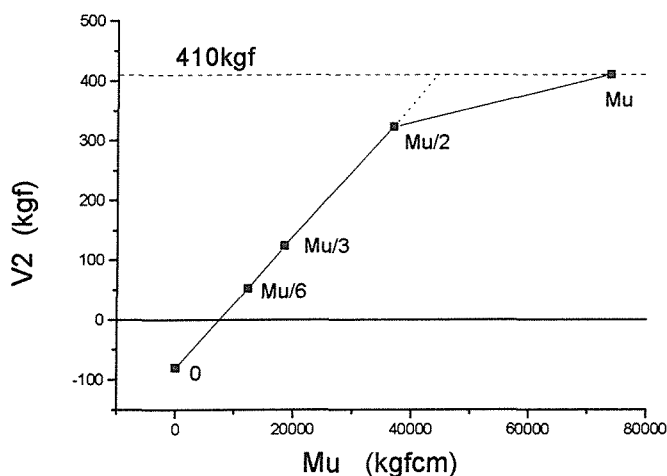


図7.4 $M_U - V_2$ 曲線

して固定した。実験前にM16の全ネジを締め付け、実験開始直前にいったん緩めてから手締めした。

試験手順

- ①図8.1に示す枠材のみ加力 (F1)
- ②枠材のみ加力 (F2)
- ③枠材に91×91cmの構造用合板を二重頭釘を使用して打ち付けて加力
- ④構造用合板を取り外し枠材のみ加力 (F3)

試験手順①、②、④で3度枠材のみを加力するのは図8.2に示す荷重-回転角曲線により、①では枠材の剛性が強く②、④での枠材のみの荷重-変位曲線はほぼ同一の曲線を描くために①を除いた②、④を枠材の強度として見なすためである。

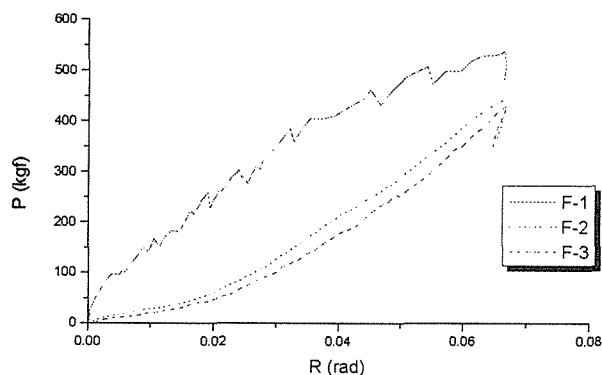


図8.2 枠のみの荷重-回転角

加力には油圧ジャッキを使用し、事前に計算値により求めた変位を目安に一方方向加力を行い、荷重、全体変形及び面材の枠材との回転角を計測した。変位計の設置方法を図8.3に示す。

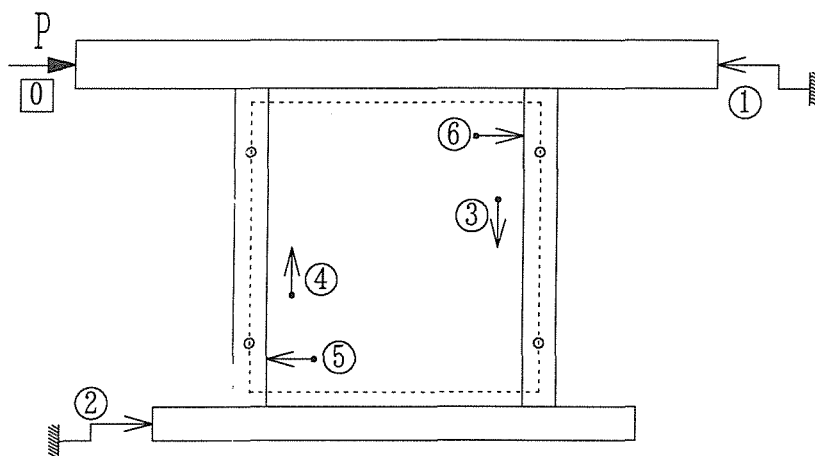


図8.3 変位計設置図

表8.1 計測チャンネル一覧

CH	ID	形式	計測目的
0	荷重計 (ロードセル)	tclp-3b	荷重
1	変位計1	dp-500cs	全体変位
2	変位計2	cdp-25	土台ずれ
3	変位計3	cdp-25	枠と面材のずれ
4	変位計4	cdp-25	枠と面材のずれ
5	変位計5	cdp-25	枠と面材のずれ
6	変位計6	cdp-25	枠と面材のずれ

3.8.4 実験結果

実験結果に用いるのは試験手順②～④であり、②～④により得られた荷重・回転角のデータから新たな回転角の時の荷重を求めて、同一回転角における③の面材貼りの荷重と、②・④の枠のみの平均値の荷重の差により得られた面材のみの荷重-回転角 (P-R) を図8.4～8.5に示し、完全弾塑性評価した。また、計算結果により得られた面材の荷重-回転角曲線を示す。釘本数の少ないものは、個々の釘強度のばらつきによる影響を受けて実験値と、釘のせん断耐力の平均値から計算されたP-R関係とは相違がみられた。しかし、釘の本数が増えるに従い個々の釘強度のばらつきが薄まるために、実験値と計算値がほぼ一致した。

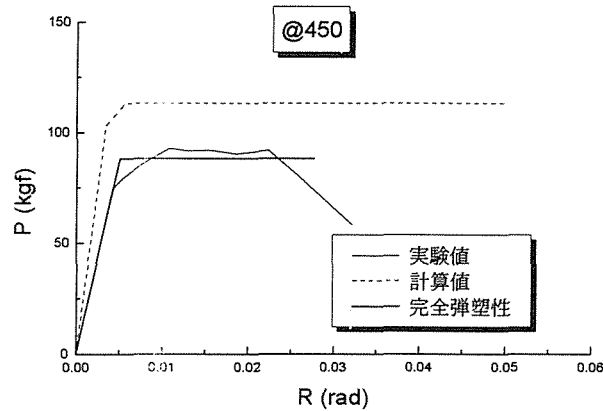


図8.4 @450 荷重-回転角曲線

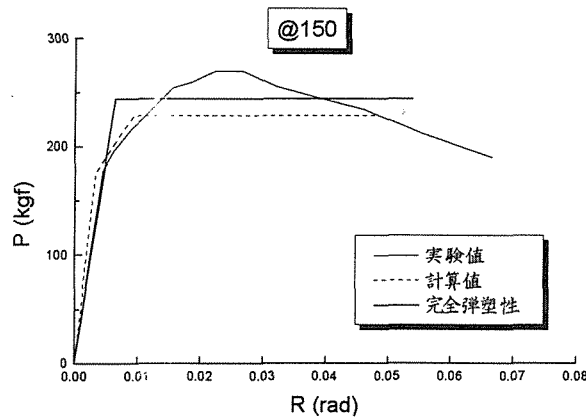


図8.5 @150 荷重-回転角曲線

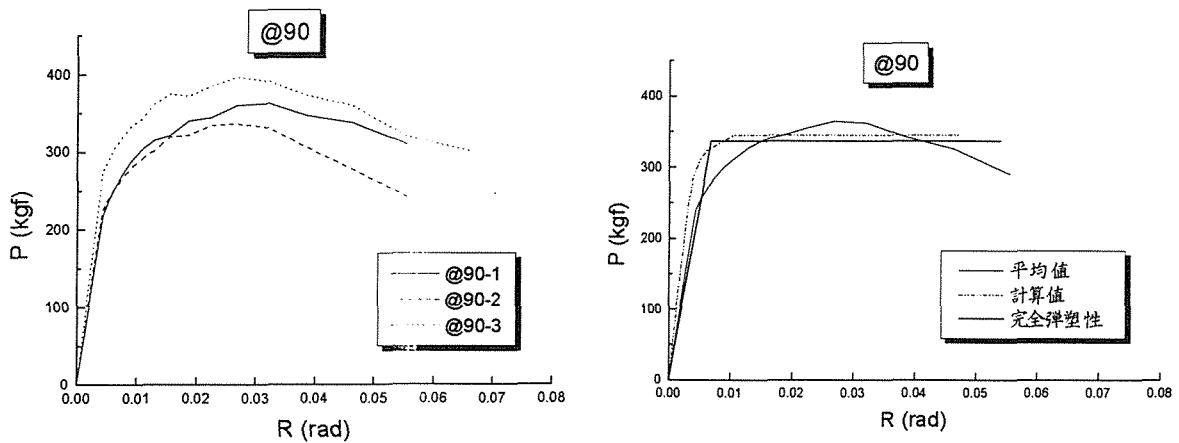


図8.6 @90 荷重-回転角曲線

3.9 有開口壁の水平加力実験

3.9.1 実験目的

たれ壁強度によるラーメン効果の影響を検証目的とする。

3.9.2 実験方法

柱と土台は 105×105 のスプルス材、梁は 360×105 の米マツ材を使用し、図9.1に軸組図を示す。柱頭と柱脚には、図3.1で示したバンセンを用いた接合部（接合金物）を用いた。面材には構造用合板（ $t = 9 \text{ mm}$ ）を使用して、無開口壁は $@ 100$ の全周釘配列とした。また、たれ壁は $91 \times 91 \text{ cm}$ の構造用合板を使用して、たれ壁なし（図9.2）、 $@ 450$ 、 $@ 150$ 、 $@ 90$ （図9.3）、 $@ 90$ の二枚貼り（図9.4）の縦列のみの釘配列とした。加力方法は、一方向加力でおこない、荷重、全体変位、土台のずれ、柱の浮き上がり量、たれ壁の枠材との回転角を計測した。変位計の設置方法を図9.5に示し、表9.1に計測チャンネル一覧を示す。

◎供試体

- ・釘：二重頭釘（DH-45）
- ・面材：構造用合板（ $t = 9$ ）
- ・軸材材種：柱、土台—スプルス（ 105×105 ）
梁—米マツ（ 360×105 ）
- ・接合部：バンセンによる接合金物

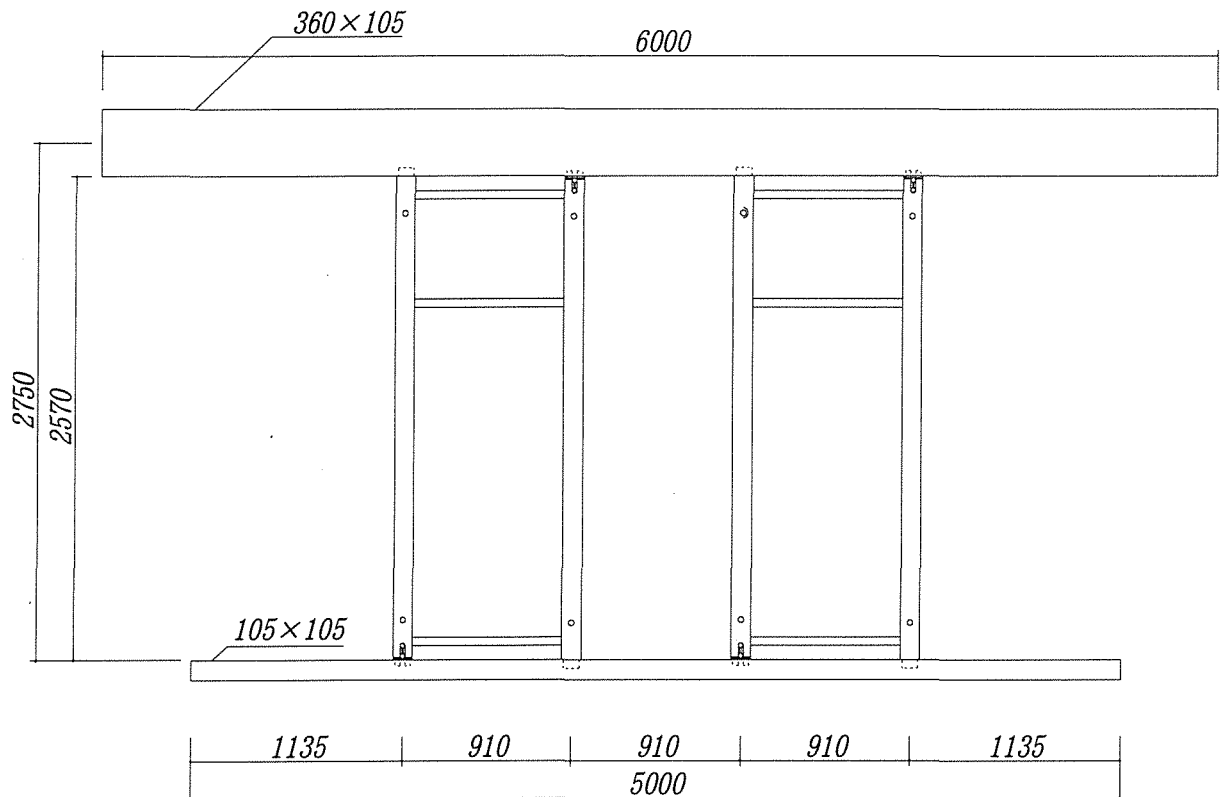


図9.1 供試体軸組図

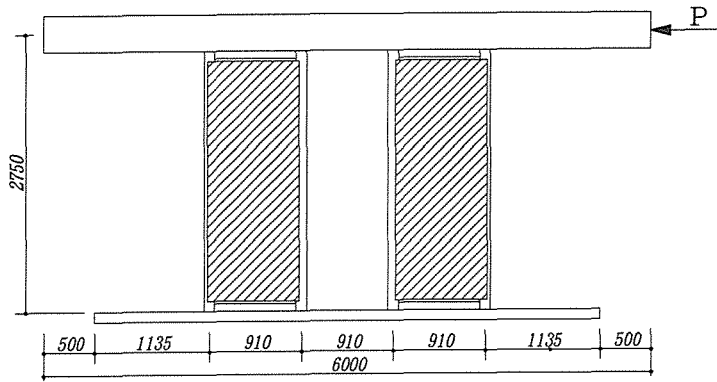


图 9.2 3P-0 供试体图

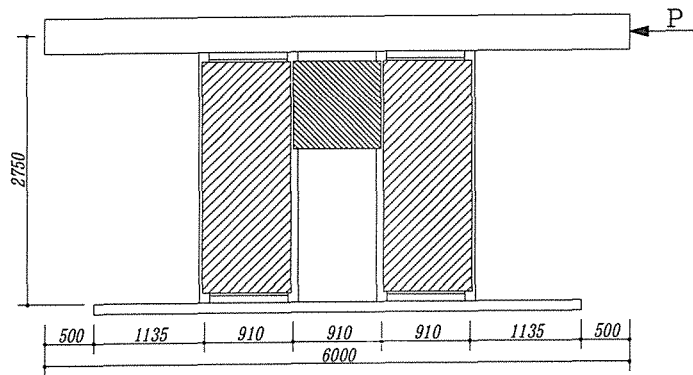


图 9.3 3P-6、3, 2 供试体图

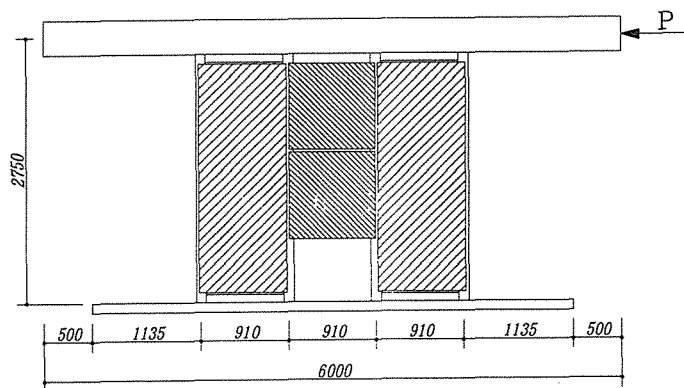


图 9.4 3P-1 供试体图

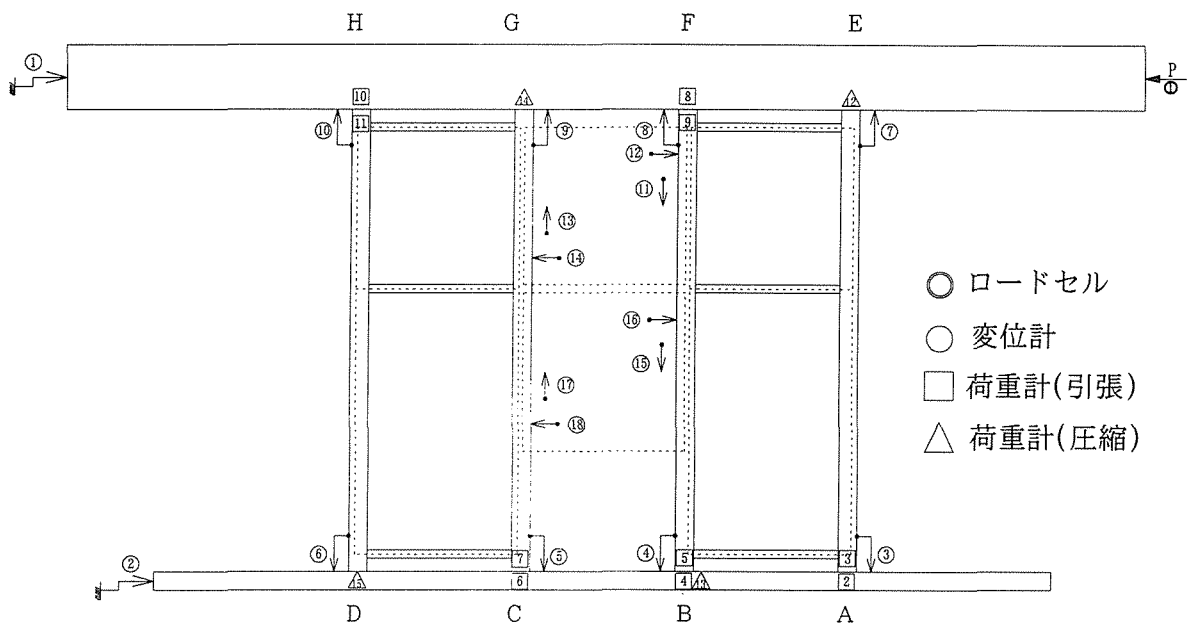


図9.5 荷重計、変位計設置図

表9.1 計測チャンネル一覧

ch.	ID	計測位置	ch.	ID	計測位置
0	荷重計 1	ロードセル	21	荷重計 1 2	柱頭 E
1	変位計 1	全体変位	22	荷重計 1 3	柱頭 B
2	変位計 2	土台ずれ	23	荷重計 1 4	柱頭 G
3	変位計 3	柱脚 A	24	荷重計 1 5	柱頭 D
4	変位計 4	柱脚 B	25	変位計 1 1	たれ壁の鉛直変位
5	変位計 5	柱脚 C	26	変位計 1 2	たれ壁の水平変位
6	変位計 6	柱脚 D	27	変位計 1 3	たれ壁の鉛直変位
7	変位計 7	柱頭 E	28	変位計 1 4	たれ壁の水平変位
8	変位計 8	柱頭 F	29	変位計 1 5	たれ壁の鉛直変位
9	変位計 9	柱頭 G	30	変位計 1 6	たれ壁の水平変位
10	変位計 1 0	柱頭 H	31	変位計 1 7	たれ壁の鉛直変位
11	荷重計 2	柱脚 A	32	変位計 1 8	たれ壁の水平変位
12	荷重計 3	柱脚 A			
13	荷重計 4	柱脚 B			
14	荷重計 5	柱脚 B			
15	荷重計 6	柱脚 C			
16	荷重計 7	柱脚 C			
17	荷重計 8	柱脚 F			
18	荷重計 9	柱脚 F			
19	荷重計 1 0	柱頭 H			
20	荷重計 1 1	柱頭 H			

3.9.3 実験結果

たれ壁の釘配列（縦のみ）を変数に、たれ壁なし、@450、@150、@90、@90×2（2枚貼り）の5体の試験体の実験結果をそれぞれ以下に示す。それぞれの試験体の最大荷重時の変位を図9.7-1～図9.11-1に示し、荷重-変位曲線を図9.7-2～図9.11-2に示す。また、計算値には2章で示した柱が4本の場合の壁体の浮き上がり耐力の算定式の誘導より得られた式9.1及び式9.2を用いて算出し、式9.1、式9.2の小さい方を計算値（式9.3）とした。ここで、加力点の高さHは2.75m、たれ壁の壁の左右に取り付く無開口壁の平均壁長 L_w と、たれ壁の壁長 L_{hw} は0.91mであり、接合部の降伏耐力Vは、実験により得られた柱の抜け量から判断して、バンセンが破断寸前に達していたので最大荷重付近の450kgfを用いた。壁体重量Wは、各部材の重量を計測した結果を表9.2と図9.6に示す。たれ壁の抵抗モーメントの評価方法は、たれ壁の水平加力実験値の最大値（ Q_{wa} ）、実験値を完全弾塑性評価（ Q_{wb} ）、面材壁の計算式（ Q_{wc} ）の3種類を用いる。

$$M_{base1} = P_1 \cdot H = (W + 4 \cdot V) \cdot L_w + Q_v(L_w + L_{hw}) \quad (9.1)$$

$$M_{base2} = P_2 \cdot H = W(L_w + 0.5 \cdot L_{hw}) + V(4 \cdot L_w + 2 \cdot L_{hw}) - M \quad (9.2)$$

$$M_{base} = P \cdot H = \min(M_{base1}, M_{base2}) \quad (9.3)$$

表9.2 部材重量一覧

部材名	重量 (kgf)	試験体名	壁体重量W(kgf)
梁 (米マツ)	117	3P-0	243
合板 t = 9mm (ε×6)	8	3P-6	247
柱 (スプルー)	14	3P-3	247
半割 (スプルー)	8	3P-2	247
HD金物 (1個)	2	3P-1	251
ジャッキ取り付け治具	13		

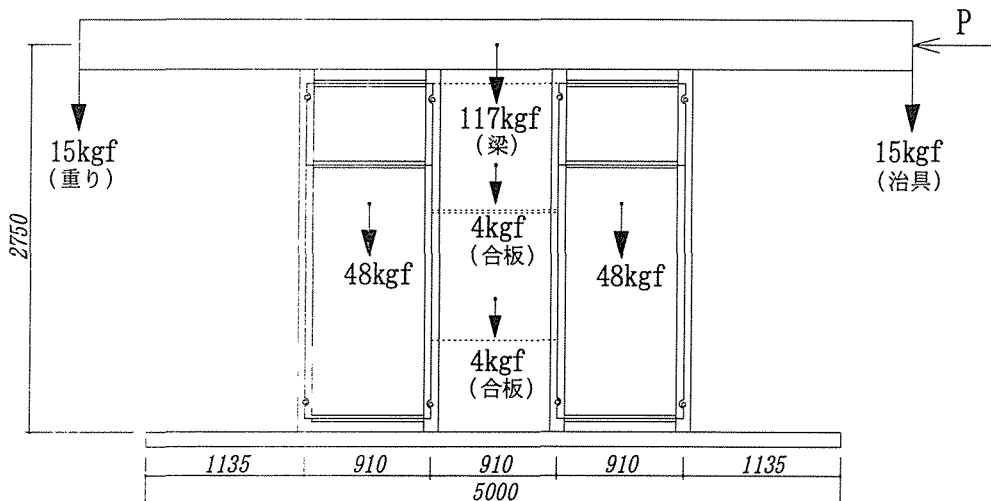


図9.6 試験体重量図

試験体名: 3P-0

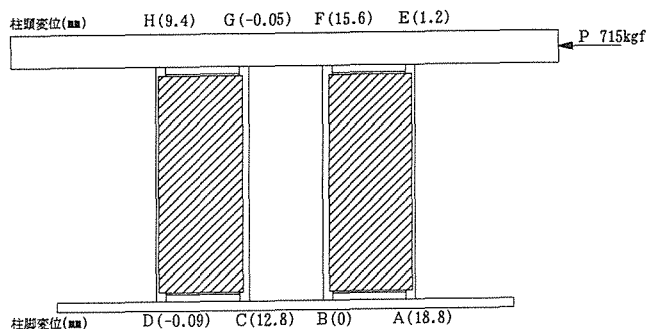


図 9. 7-1 最大荷重時の変位

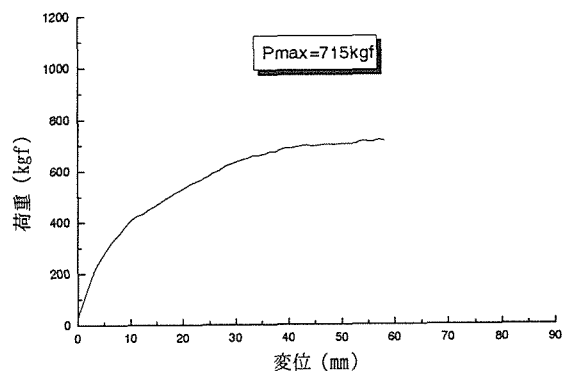


図 9. 7-2 荷重-変位曲線

$$W = 243\text{kgf}, L_{hW} = L_W = 0.91\text{m}, H = 2.75\text{m}, V = 450\text{kgf}, Q_W = 0$$

を式 (9. 1)、(9. 2) に代入して

$$P_1 = 676\text{kgf}, P_2 = 1014\text{kgf}$$

$$P = \min(P_1, P_2) \text{ より}$$

$$P = 676\text{kgf}$$

試験体名: 3P-6

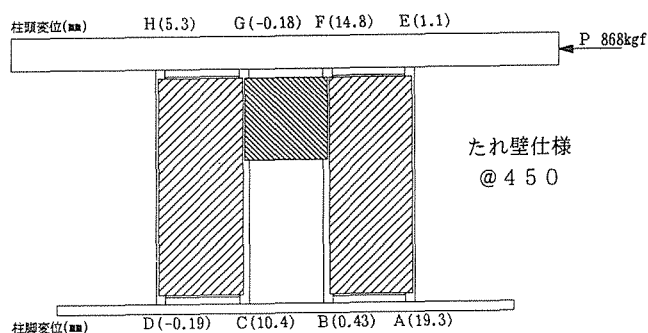


図 9. 8-1 最大荷重時の変位

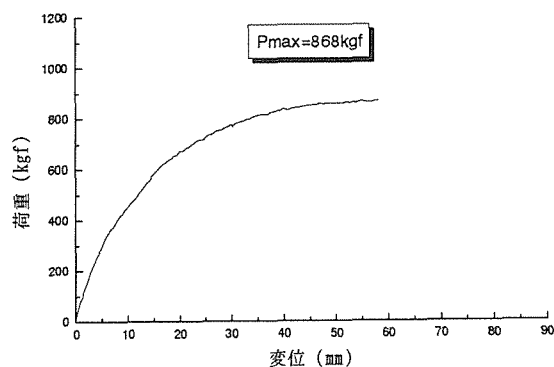


図 9. 8-2 荷重-変位曲線

$$W = 247\text{kgf}, L_{hW} = L_W = 0.91\text{m}, H = 2.75\text{m}, V = 450\text{kgf}, Q_{Wa} = 107\text{kgf}, Q_{Wb} = 101\text{kgf}, Q_{Wc} = 130\text{kgf}$$

を式 (9. 1)、(9. 2) に代入して

a. たれ壁の実験結果の最大値 (Q_{Wa})

$$P_1 = 748\text{kgf}, P_2 = 1016\text{kgf} \quad P = \min(P_1, P_2) \text{ より}$$

$$P_a = 748\text{kgf}$$

b. たれ壁の実験結果を完全弾塑性評価 (Q_{Wb})

$$P_1 = 745\text{kgf}, P_2 = 1016\text{kgf} \quad P = \min(P_1, P_2) \text{ より}$$

$$P_b = 745\text{kgf}$$

c. たれ壁の計算式 (Q_{Wc})

$$P_1 = 764\text{kgf}, P_2 = 1016\text{kgf} \quad P = \min(P_1, P_2) \text{ より}$$

$$P_c = 764\text{kgf}$$

試験体名：3P-3

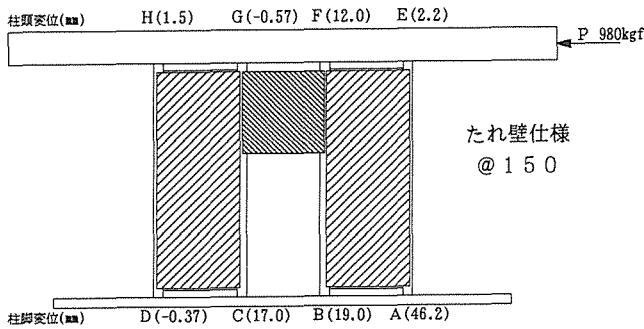


図9.9-1 最大荷重時の変位

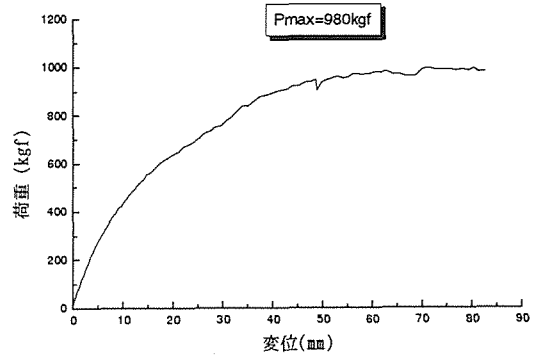


図9.9-2 荷重-変位曲線

$W = 247kgf, L_{hW} = L_W = 0.91m, H = 2.75m, V = 450kgf, Q_{Wa} = 311kgf, Q_{Wb} = 281kgf, Q_{Wc} = 263kgf$
 を式(9.1)、(9.2)に代入して

- a. たれ壁の実験結果の最大値 (Q_{Wa})
 $P_1 = 883kgf, P_2 = 1016kgf \quad P = \min(P_1, P_2)$ より
 $P_a = 883kgf$
- b. たれ壁の実験結果を完全弾塑性評価 (Q_{Wb})
 $P_1 = 864kgf, P_2 = 1016kgf \quad P = \min(P_1, P_2)$ より
 $P_b = 864kgf$
- c. たれ壁の計算式 (Q_{Wc})
 $P_1 = 852kgf, P_2 = 1016kgf \quad P = \min(P_1, P_2)$ より
 $P_c = 852kgf$

試験体名：3P-2

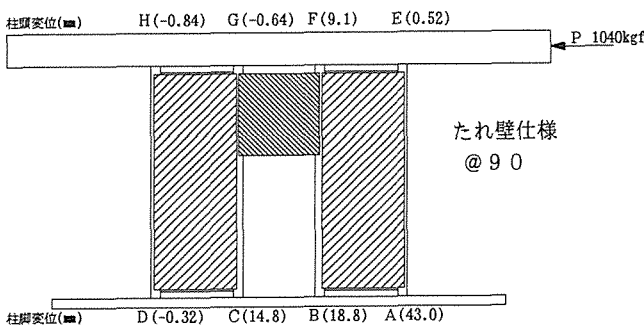


図9.10-1 最大荷重時の変位

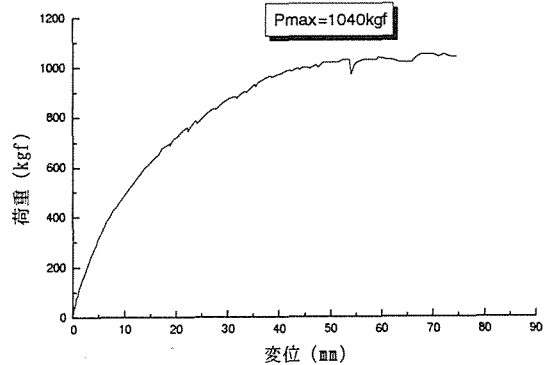


図9.10-2 荷重-変位曲線

$W = 247kgf, L_{hW} = L_W = 0.91m, H = 2.75m, V = 450kgf, Q_{Wa} = 421kgf, Q_{Wb} = 389kgf, Q_{Wc} = 397kgf$
 を式(9.1)、(9.2)に代入して

- a. たれ壁の実験結果の最大値 (Q_{Wa})
 $P_1 = 956kgf, P_2 = 1016kgf \quad P = \min(P_1, P_2)$ より
 $P_a = 956kgf$
- b. たれ壁の実験結果を完全弾塑性評価 (Q_{Wb})
 $P_1 = 935kgf, P_2 = 1016kgf \quad P = \min(P_1, P_2)$ より
 $P_b = 935kgf$
- c. たれ壁の計算式 (Q_{Wc})
 $P_1 = 940kgf, P_2 = 1016kgf \quad P = \min(P_1, P_2)$ より
 $P_c = 940kgf$

試験体名: 3P-1

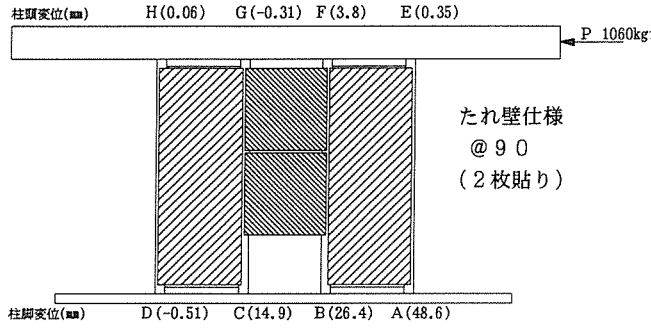


図9.11-1 最大荷重時の変位

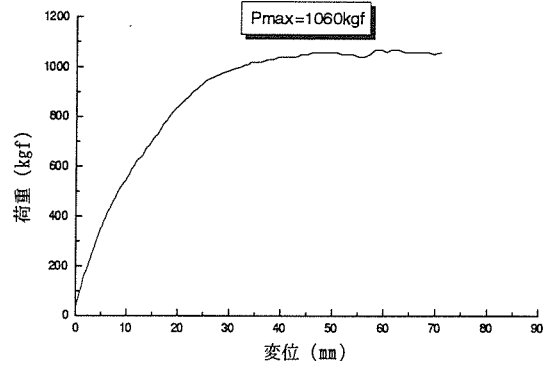


図9.11-2 荷重-変位曲線

$W = 251kgf$, $L_{hW} = L_W = 0.91m$, $H = 2.75m$, $V = 450kgf$, $Q_{wa} = 843kgf$, $Q_{wb} = 778kgf$, $Q_{wc} = 795kgf$
 を式(9.1)、(9.2)に代入して

a. たれ壁の実験結果の最大値 (Q_{wa})

$$P_1 = 1236kgf, P_2 = 1018kgf \quad P = \min(P_1, P_2) \text{より}$$

$$P_a = 1018kgf$$

b. たれ壁の実験結果を完全弾塑性評価 (Q_{wb})

$$P_1 = 1193kgf, P_2 = 1018kgf \quad P = \min(P_1, P_2) \text{より}$$

$$P_b = 1018kgf$$

c. たれ壁の計算式 (Q_{wc})

$$P_1 = 1205kgf, P_2 = 1018kgf \quad P = \min(P_1, P_2) \text{より}$$

$$P_c = 1018kgf$$

3.9.4 実験結果のまとめ

実験結果を表9.3～表9.5に示す。たれ壁の評価の方法として、たれ壁の水平加力実験値の最大値（表9.3）、実験値を完全弾塑性評価（表9.4）、面材壁の計算式（表9.5）の3種類を用いた。また、接合部の推定耐力は実験により得られた柱の抜け量から判断して、バンセンが破断寸前に達していたので最大荷重付近の450kgfを用いた。また、計算値は式9.1及び式9.2の小さい方を用いた。

$$M_{base1} = (W + 4 \cdot V) \cdot L_w + Q_w(L_w + L_{hw}) \quad (9.1)$$

$$M_{base2} = W(L_w + 0.5 \cdot L_{hw}) + V(4 \cdot L_w + 2 \cdot L_{hw}) - M \quad (9.2)$$

表 9.3 たれ壁の実験結果の最大値により評価

単位：kgf

試験体名	たれ壁仕様	たれ壁強度 Q_{wa}	実験値	計算値	実験値/計算値
3P-0	なし	0	715	676	1.1
3P-6	@450	107	816	748	1.1
3P-3	@150	311	980	883	1.1
3P-2	@90	421	1040	956	1.1
3P-1	@90×2	843	1060	1018	1.0

表 9.4 たれ壁の実験結果を完全弾塑性評価

試験体名	たれ壁仕様	たれ壁強度 Q_{wb}	実験値	計算値	実験値/計算値
3P-0	なし	0	715	676	1.1
3P-6	@450	101	816	745	1.1
3P-3	@150	281	980	864	1.2
3P-2	@90	389	1040	935	1.1
3P-1	@90×2	778	1060	1018	1.0

表 9.5 たれ壁の計算式による評価

試験体名	たれ壁仕様	たれ壁強度 Q_{wc}	実験値	計算値	実験値/計算値
3P-0	なし	0	715	676	1.1
3P-6	@450	130	816	764	1.1
3P-3	@150	263	980	852	1.1
3P-2	@90	397	1040	940	1.1
3P-1	@90×2	795	1060	1018	1.0

*たれ壁仕様の@90×2は2枚貼りを示す

3.9.5 まとめ

有開口壁のラーメン効果の影響検証実験では、たれ壁の抵抗モーメント（たれ壁なし、@450、@150、@90（2枚貼り））を変数として実験を行った。たれ壁の水平加力実験結果を完全弾塑性評価した値と、面材壁の計算式により求めた値は、@450のみ約30kgfの差が見られたが、@150、@90では、極めて近い値となった。また、接合部の評価法としては、実験により得られた柱の抜け量から判断して、バンセンが破断寸前に達していたので最大荷重付近の450kgfを用いたことにより、有開口壁実験での実験値と計算値の比較において、たれ壁の評価方法3種類とも計算値は実験値に極めて近い値となった。有開口壁実験により、柱が4本の場合の浮き上がり耐力の算定式が有効であることが確認された。

4. スリット状の2層壁体を用いた検証実験

4.1 実験概要

4.1.1 実験目的

柱が4本の場合の壁体の浮き上がり耐力の算定式において、外力条件と接合部金物の有無の影響を検証することを目的とする。

4.2 実験計画

スリット状の壁体（2層）を用いた検証実験では、加力位置、上載荷重、接合部金物の有無を実験変数として実験を行う。そのためには、接合部耐力であるCPT金物の引張耐力を把握する必要がある。そこで、接合部には、CPT金物をDH-45（二重頭釘）で釘打ちし、接合部の最大耐力が柱の釘のせん断で決まるように制御した。

4.3 接合部（CPT 金物）の引張実験

4.3.1 実験目的

CPT 金物の引張実験により、変位－荷重の関係を求めて完全弾塑性評価する。また、CPT 金物に貼ったひずみゲージから、ひずみ－荷重の関係により柱の軸力を推定する。

4.3.2 実験方法

CPT 金物による接合部引張試験の供試体数は3体であり、図3.1に示すようにDH-45（二重頭釘）で釘打ちし、接合部の最大耐力が柱の釘のせん断で決まるように制御した。また、CPT 金物にひずみゲージを貼り、ひずみを測定する。土台を試験装置にアンカーボルトで固定し、柱頭部を加速度5 mm/secで鉛直方向に単調加力を行った。使用計測器には、変位計cdp100を2個使用し、荷重はロードセルにより測定した。

◎供試体

- ・釘 : 二重頭釘（DH-45）
- ・軸材樹種 : スプルース（105×105）

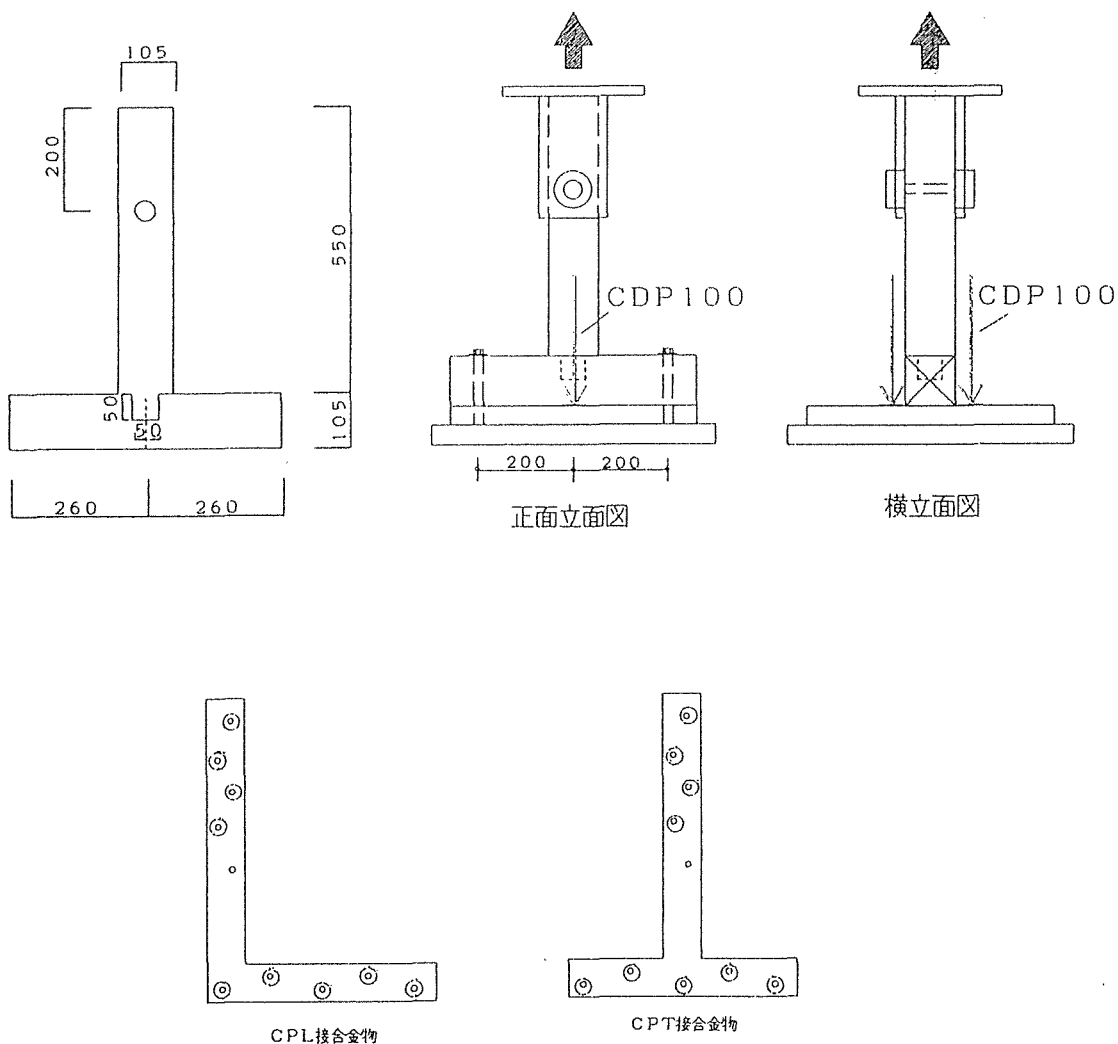


図3.1 試験体図

4.3.3 実験結果

実験結果である荷重－変位曲線を図3.2～3.4に示し、3体の試験体を完全弾塑性評価を行い結果を図3.5に示す。実験は3体行ったが図3.5に示すようにばらつきがみられた。また、CPT金物に貼り付けたゲージからの値のひずみ－荷重の関係を図3.6に示し、それぞれのひずみと荷重の関係により校正係数を1.27と決定した。

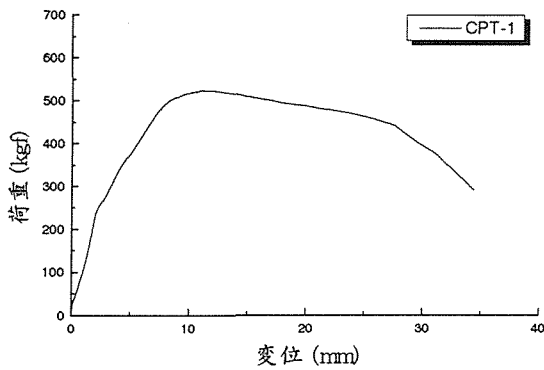


図3.2 荷重－変位曲線

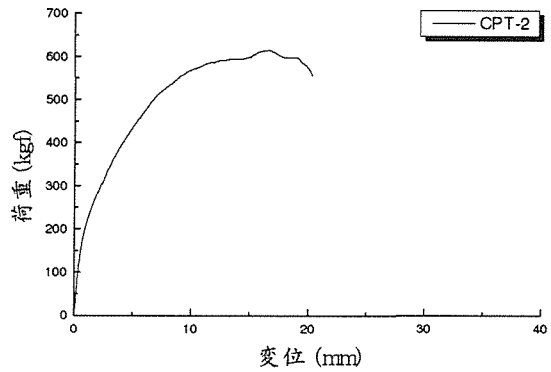


図3.3 荷重－変位曲線

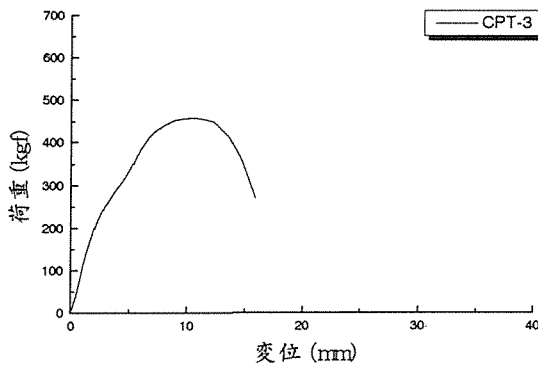


図3.4 荷重－変位曲線

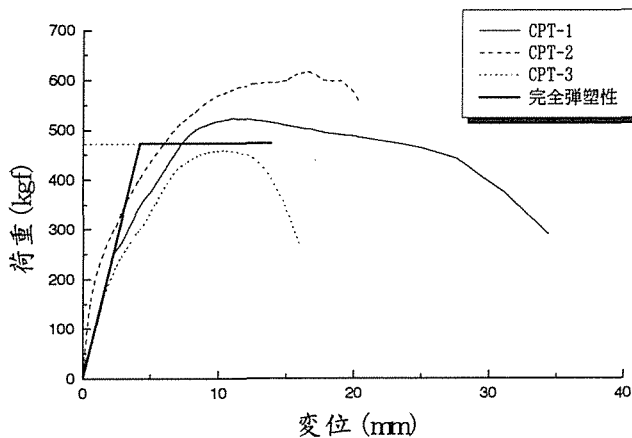


図3.5 完全弾塑性評価

◎完全弾塑性評価

- ・降伏点荷重 $P_U = 473.25 \text{ kgf}$
- ・降伏点変位 $\delta y = 4.2 \text{ mm}$
- ・終局変位 $\delta U = 13.9 \text{ mm}$
- ・初期剛性 $K = 111.9 \text{ kgf/mm}$

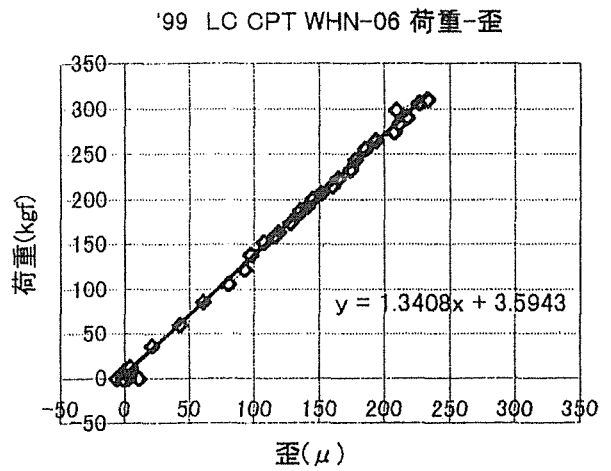
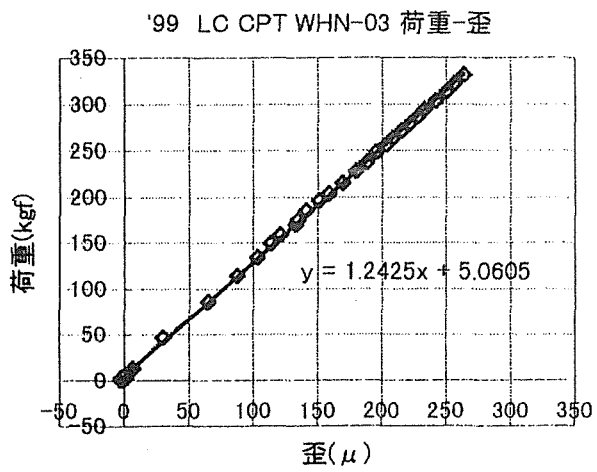
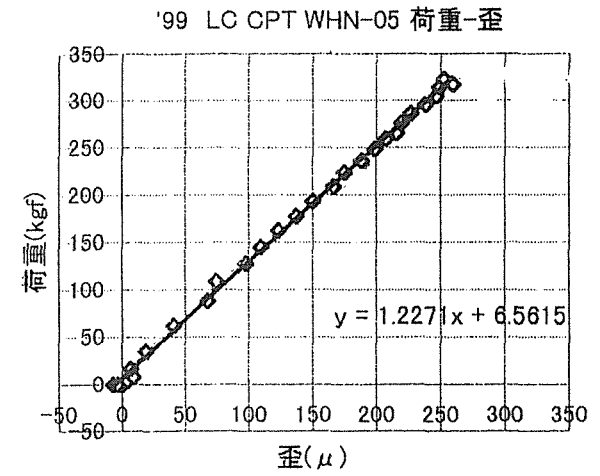
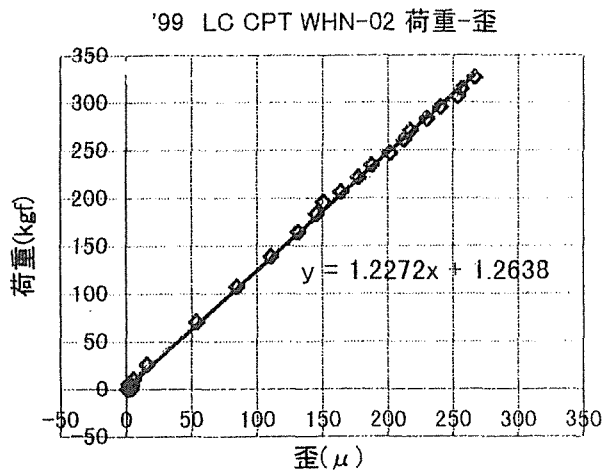
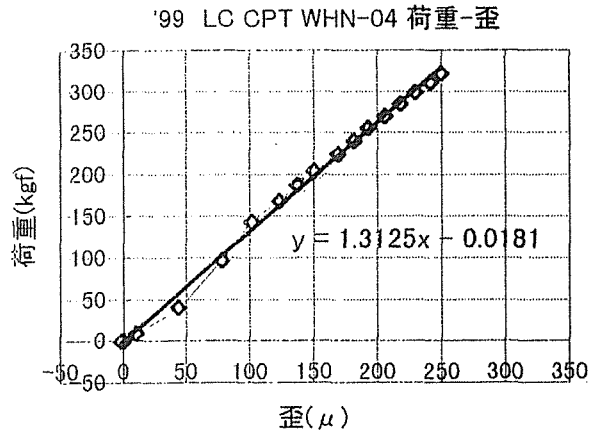
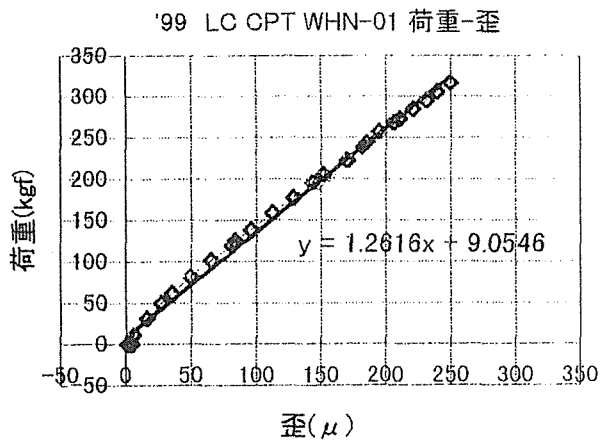


図 3. 6 荷重-ひずみ関係

4.4 スリット状の壁体の加力実験

4.4.1 実験目的

柱が4本の場合の壁体の浮き上がり耐力の算定式において、外力条件と接合部金物の有無の影響を検証することを目的とする。

4.4.2 実験方法

柱と土台は105×105、梁は240×105のスプルス材を使用して、図4.1に示すような2種類の形状を有する試験体を用いて、表4.1に示すように加力位置、上載荷重、接合部金物の有無を実験変数として、それぞれ1形状当たり8パターンの合計16体実験を行った。

接合部には、CPT金物をDH-45（二重頭釘）で釘打ちし、面材には構造用合板(t=9mm)を使用した。加力方法は、一方向加力で行い荷重、全体変位、土台のずれ、柱の浮き上がり量、軸力を計測した。変位計の設置方法を図4.2に示し、表4.2に計測チャンネル一覧を示す。

◎供試体

- ・釘： 二重頭釘（DH-45）
- ・面材： 構造用合板（t=9）
- ・軸材樹種： スプルス
- ・接合部： CPT金物（DH-45で釘打ち）

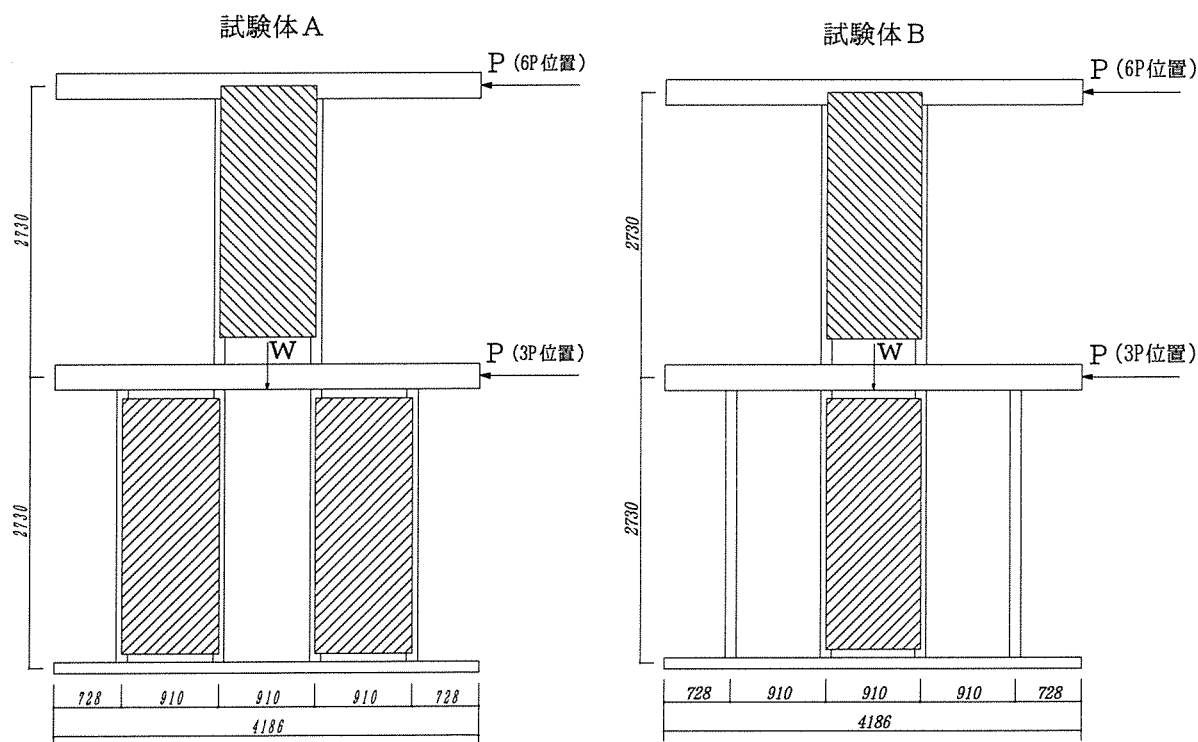


図4.1 供試体図

表 4. 1 試験体仕様一覧

試験体名	加力位置	鉛直荷重(kg)	金物CPT
A-1	6P	600	-
A-2	6P	600	柱頭・柱脚
A-3	3P	300	-
A-4	3P	300	柱頭・柱脚
A-5	3P	300	-
A-6	3P	300	柱頭
A-7	3P	300	柱脚
A-8	3P	300	柱頭・柱脚
B-1	6P	600	-
B-2	6P	600	柱頭・柱脚
B-3	3P	300	-
B-4	3P	300	柱頭・柱脚
B-5	3P	300	-
B-6	3P	300	柱頭
B-7	3P	300	柱脚
B-8	3P	300	柱頭・柱脚

表 4. 2 計測チャンネル一覧

ChNo.	計測箇所	試験体A計測装置	試験体B計測装置
0	STROK	ジャッキ2	ジャッキ2
1	LOAD	ジャッキ2	ジャッキ2
2	STROK	ジャッキ1	ジャッキ1
3	LOAD	ジャッキ1	ジャッキ1
4	梁水平変位	DP500	DP500
5	梁水平変位	DP500	DP500
6	柱-梁鉛直変位	CDP100	CDP100
7	柱-梁鉛直変	CDP100	CDP100
8	柱-梁鉛直変位	CDP100	CDP100
9	柱-梁鉛直変位	CDP100	CDP100
10	柱-土台鉛直変位	CDP100	CDP100
11	柱-土台鉛直変位	CDP100	CDP100
12	柱-土台鉛直変位	CDP100	CDP100
13	柱-土台鉛直変位	CDP100	CDP100
14	土台水平変位	CDP100	CDP100
15	柱軸力	ゲージ付きcpt	ゲージ付きcpt
16	柱軸力	ゲージ付きcpt	ゲージ付きcpt
17	柱軸力	ゲージ付きcpt	ゲージ付きcpt
18	柱軸力	ゲージ付きcpt	ゲージ付きcpt
19	柱軸力	-	ゲージ付きcpt
20	柱軸力	-	ゲージ付きcpt
21	柱軸力	軸力測定用ロードセル	軸力測定用ロードセル
22	柱軸力	軸力測定用ロードセル	軸力測定用ロードセル
23	柱軸力	軸力測定用ロードセル	軸力測定用ロードセル
24	柱軸力	軸力測定用ロードセル	軸力測定用ロードセル

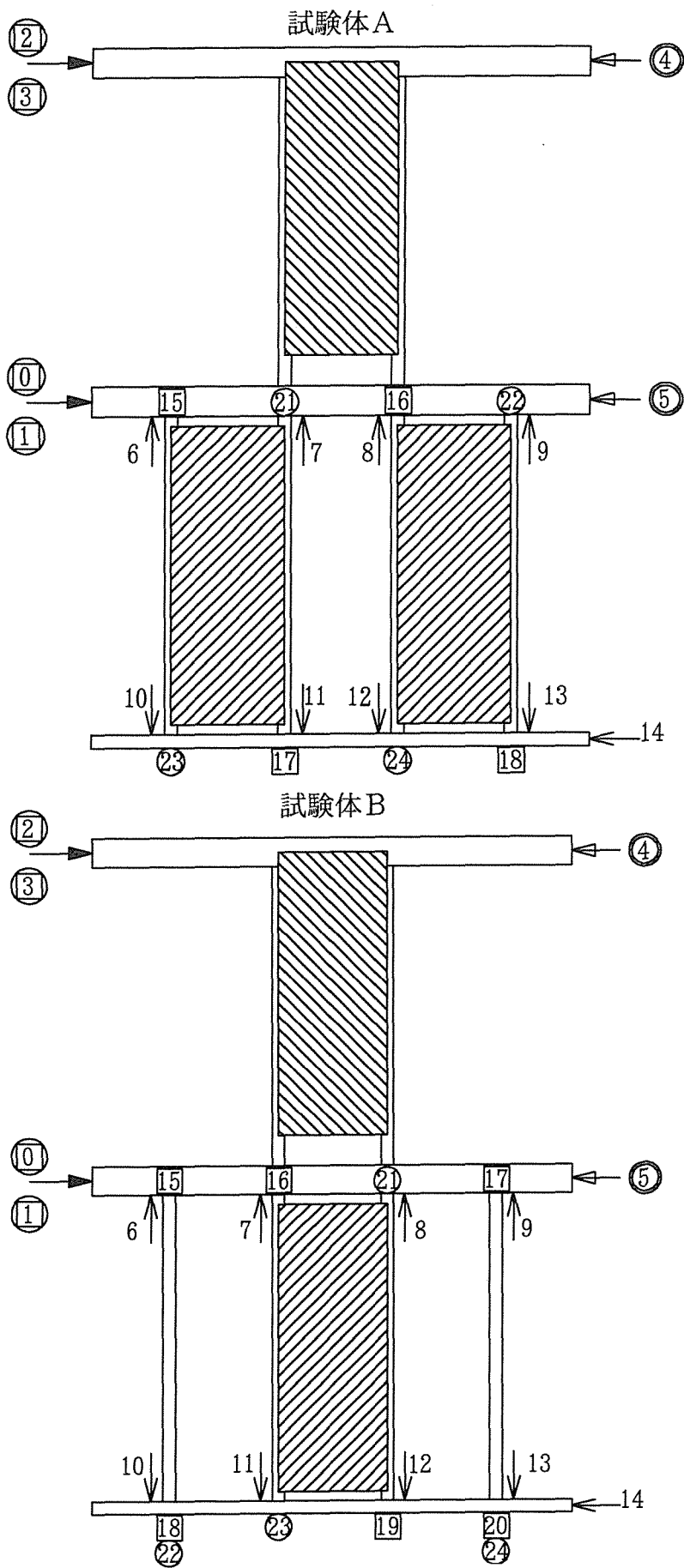


図4.2 計測装置設置図

4.4.3 実験結果

加力位置、上載荷重、接合部金物の有無を実験変数に、試験体A、試験体Bそれぞれ8体ずつ合計16体の試験体の実験結果を次に示す。それぞれの試験体の最大荷重時の変位を図4.3A1～4.3B8に示し、荷重-変位曲線を図4.4A1～4.4-B8に示す。また、各試験体のごとの金物のひずみゲージから推定した引張力を用いた場合と、接合部の実験値を完全弾塑性評価した場合との2種類の計算値を示す。ここで、2種類の計算法による違いを表すために図4.6A1～4.6B8に示す。

算出方法として原則的には、

①梁に引張力が働く箇所はCPT金物から推定された軸力または、接合部の引張実験より求めた完全弾塑性評価した値を用いる。

②梁の鉛直方向、モーメントの釣り合いより、圧縮となる値を確定する。即ち、試験体AではU1R、U2R試験体BではU1L、U2Lの未知数（圧縮力）を確定する。

③それぞれの試験体共に、無開口壁体及び、柱の釣り合いにより順次未知数を確定する。

④土台周りのモーメントの釣り合いにより、計算値を求める。

ここで、計算式には単位長さ910cmをLとして使い、加力点の高さは3P位置では3L（273cm）、6P位置では6L（546cm）である。接合部の完全弾塑性評価した値には、実験より得られた473.25kgfである。また、試験体A、試験体Bそれぞれ計算に使用する値を図4.7に示す。

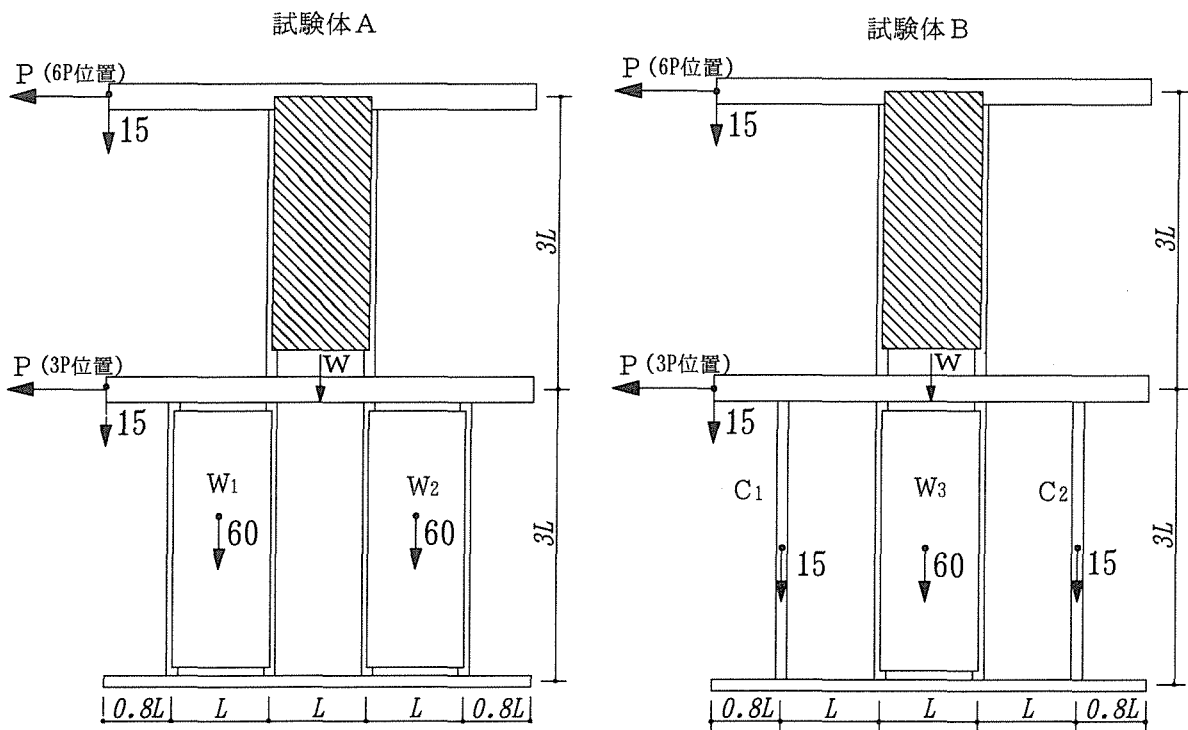


図4.5 試験体概略図

試験体名：A-1(金物なし)

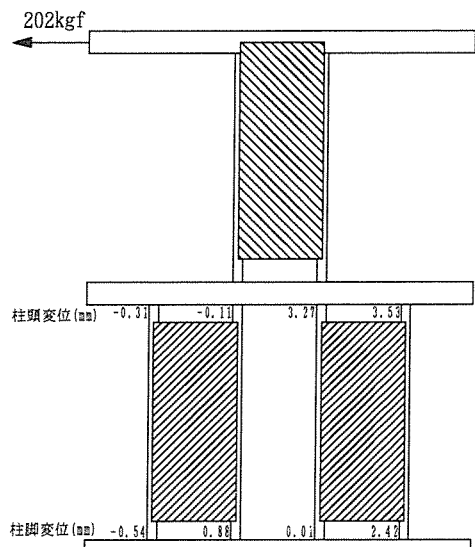


図4.3 A1最大荷重時の変位

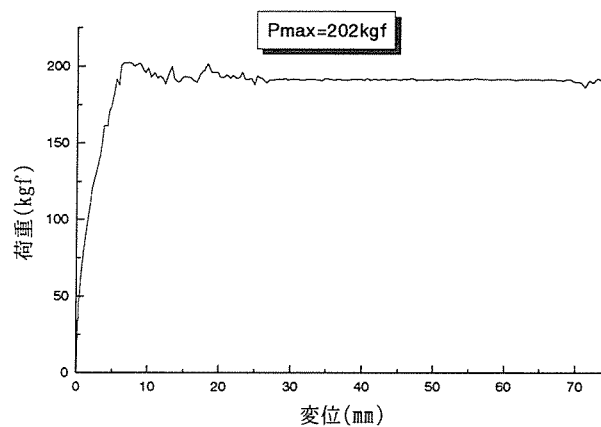


図4.4 A1荷重-変位曲線

実験中に壁体 W_2 のほそが完全にはずれ壁体が転倒したために、壁体 W_2 は抵抗モーメントに考慮しない。よって、壁体 W_2 を除いたその他の自重と上載荷重が、抵抗モーメントとして働く。

土台周りのモーメント釣り合いより(図4.6A1)

$$P \cdot 6 \cdot L = 775 \cdot 1.5 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L$$

$$P = 194.8 \text{kgf}$$

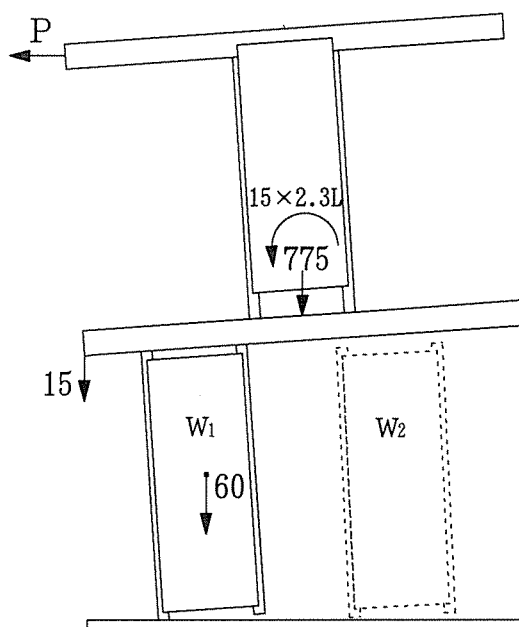


図4.6 A1壁体の釣り合い

試験体名：A-2 (金物柱頭、柱脚)

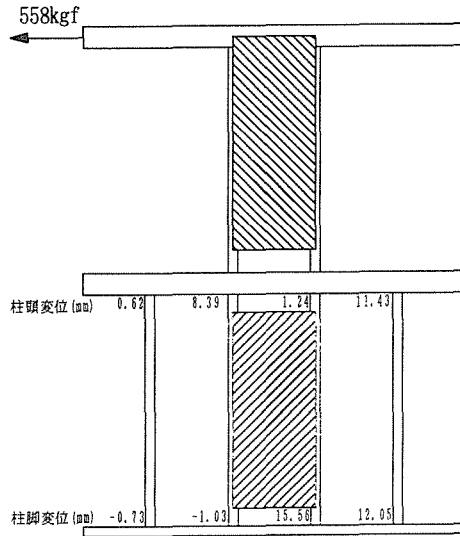


図4.3 A2 最大荷重時の変位

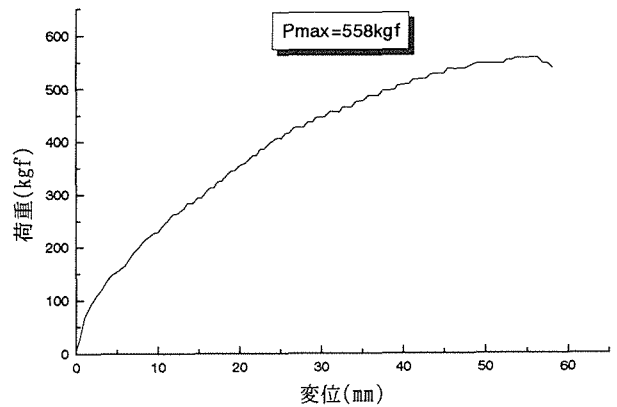


図4.4 A2 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 A2)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1L} = -97.68, U_{2L} = 322.22$$

$$Y: -97.68 + 322.22 + 775 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 322.22 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 641.59 \text{kgf}$$

$$U_{2R} = 372.95 \text{kgf}$$

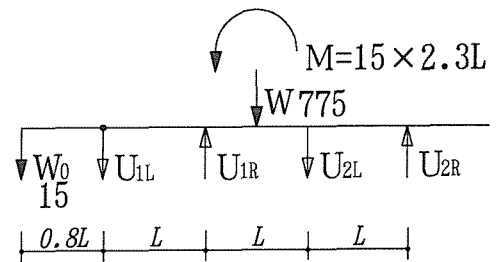


図4.5 A2 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1L} = 473.25, U_{2L} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 775 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 1573.5 \text{kgf}$$

$$U_{2R} = 163 \text{kgf}$$

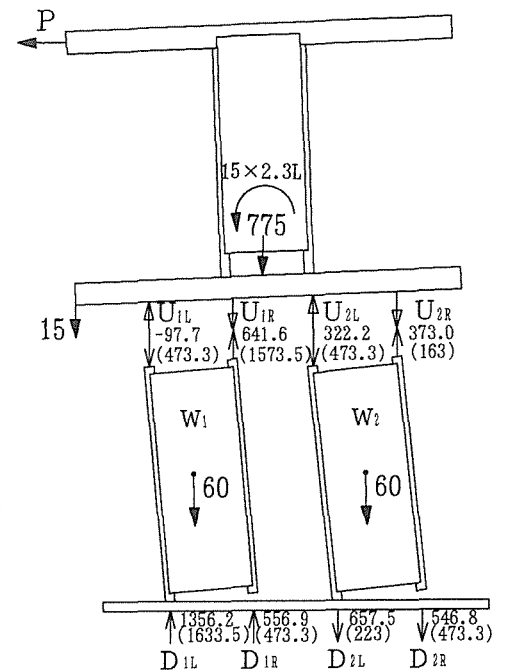


図4.6 A2 壁体の釣り合い

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

土台周りの釣り合いより (図4.6 A2)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 556.92, D_{2L} = 657.5, D_{2R} = 546.77$$

$$P \cdot 6L = 546.77 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 657.5 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 556.92 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 363.0 \text{kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 473.25, D_{2L} = 223, D_{2R} = 473.25$$

$$P \cdot 6L = 473.25 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 223 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 457.2 \text{kgf}$$

試験体名：A-3(金物なし)

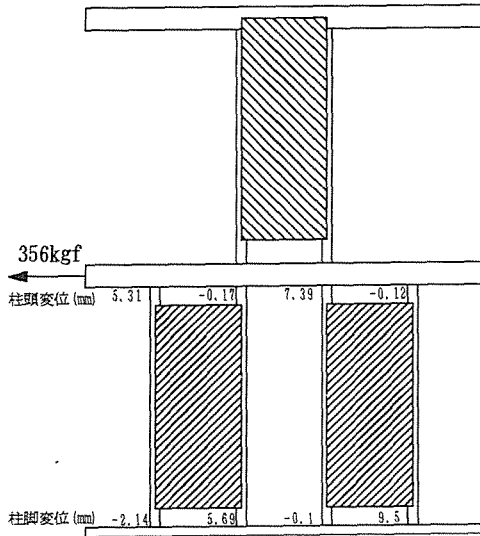


図4.3 A3 最大荷重時の変位

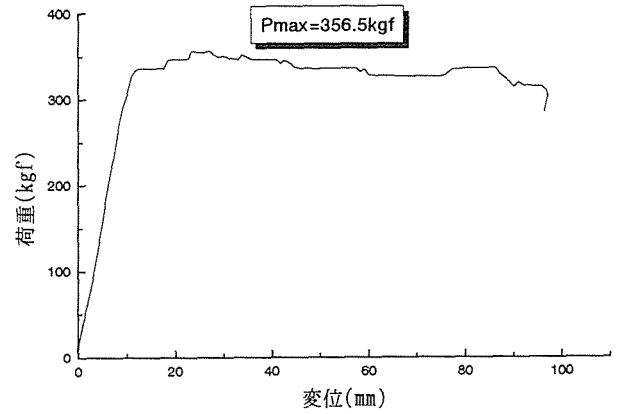


図4.4 A3 荷重-変位曲線

梁の力の釣り合い (図4.5 A3)

CPT金物なし $U_{1L} = 0, U_{2L} = 0$

$Y: 775 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$

$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$

$U_{1R} = 627kgf$

$U_{2R} = 163kgf$

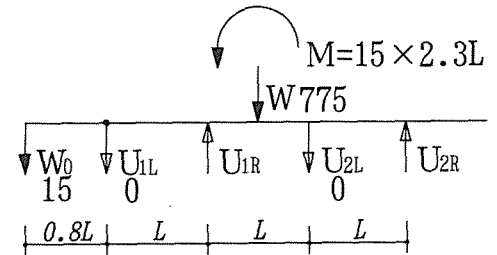


図4.5 A3 梁の釣り合い

土台周りのモーメント釣り合い (図4.6 A3)

$D_{1R} = 0, D_{2L} = 223, D_{2R} = 0$

$P \cdot 3L = 60 \cdot 2.5 \cdot L - 223 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$

$P = 283.3kgf$

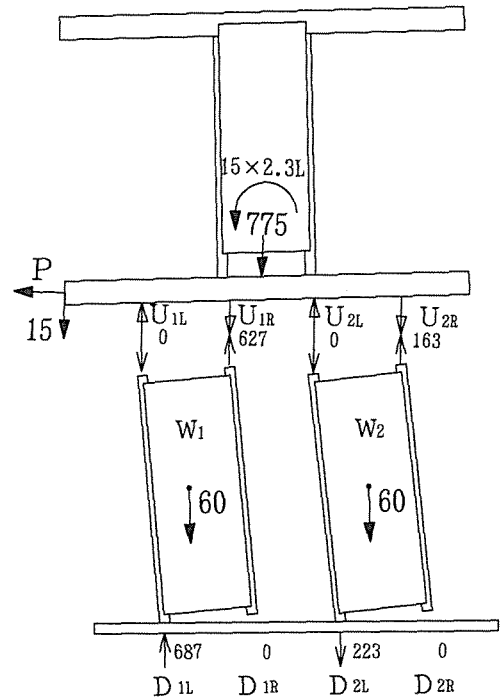


図4.6 A3 壁体の釣り合い

試験体名：A-4 (金物柱頭、柱脚)

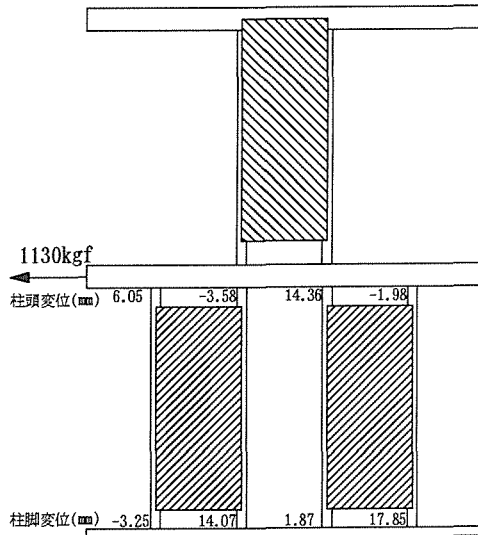


図4.3 A4 最大荷重時の変位

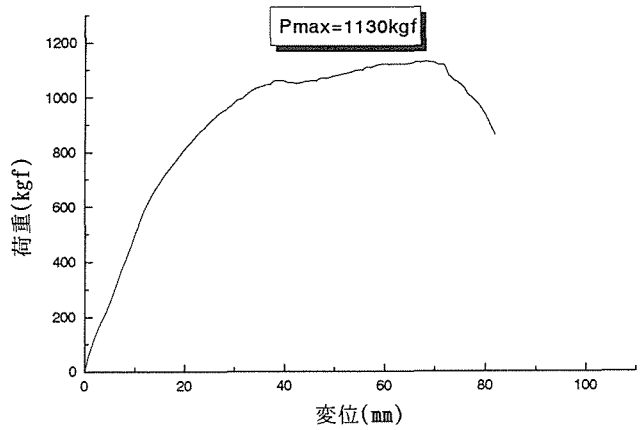


図4.4 A4 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 A4)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1L} = 0, U_{2L} = 0$$

$$Y: 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 402\text{kgf}$$

$$U_{2R} = 88\text{kgf}$$

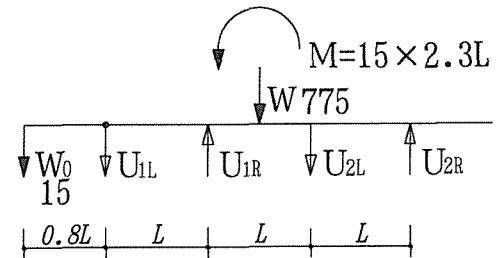


図4.5 A4 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1L} = 473.25, U_{2L} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 775 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 1573.5\text{kgf}$$

$$U_{2R} = 163\text{kgf}$$

土台周りの釣り合いより (図4.6 A4)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 605.12, D_{2L} = -57.36, D_{2R} = 361.55$$

$$P \cdot 6L = 361.55 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L + 57.36 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 605.12 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 1033.5\text{kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 473.25, D_{2L} = 223, D_{2R} = 473.25$$

$$P \cdot 3L = 473.25 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 223 \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 914.3\text{kgf}$$

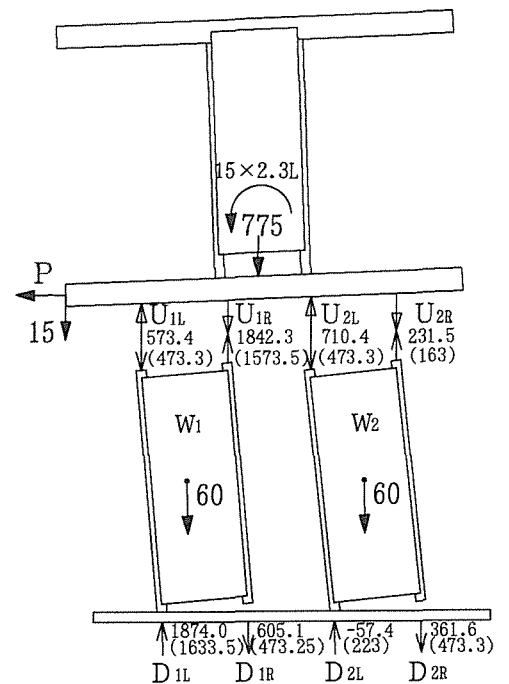


図4.6 A4 壁体の釣り合い

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：A-5 (金物なし)

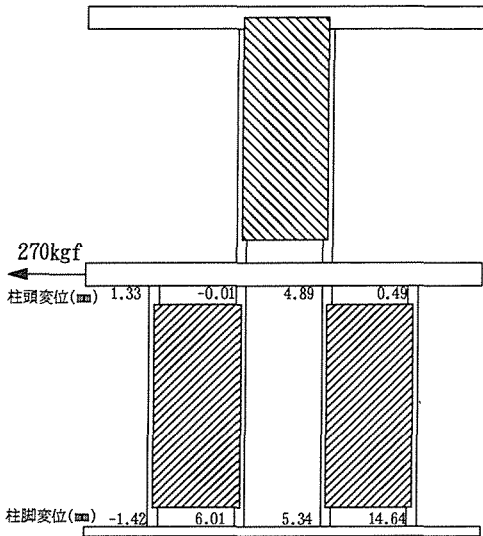


図4. 3 A 5 最大荷重時の変位

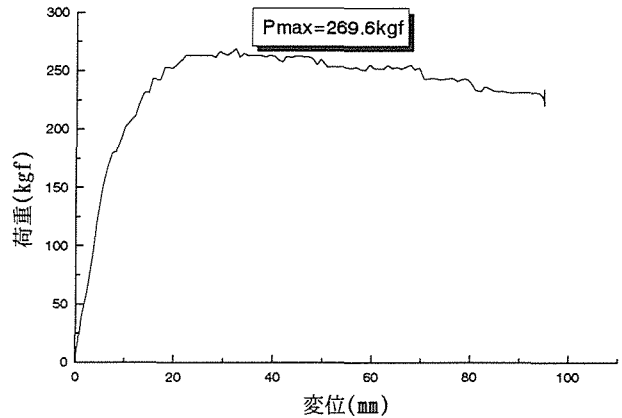


図4. 4 A 5 荷重-変位曲線

梁の力の釣り合い (図4. 5 A 5)

CPT金物なし $U_{1L} = 0, U_{2L} = 0$

$Y: 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$

$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$

$U_{1R} = 402kgf$

$U_{2R} = 88kgf$

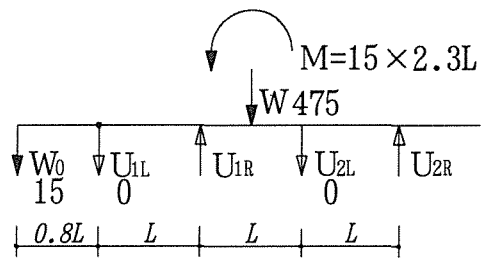


図4. 5 A 5 梁の釣り合い

土台周りのモーメント釣り合い (図4. 6 A 5)

$D_{1R} = 0, D_{2L} = 148, D_{2R} = 0$

$P \cdot 3L = 60 \cdot 2.5 \cdot L - 148 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$

$P = 183.3kgf$

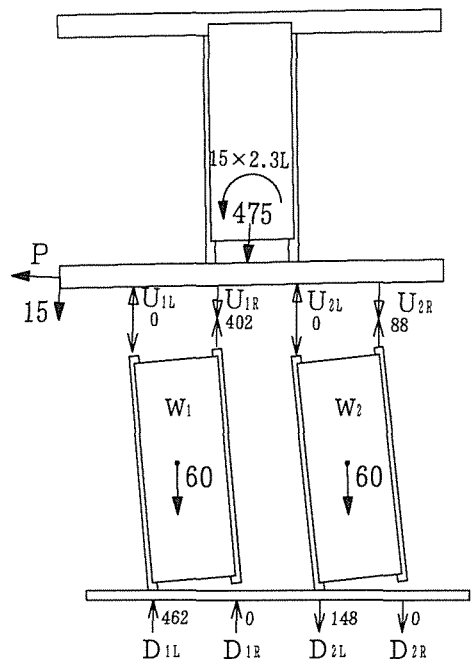


図4. 6 A 5 壁体の釣り合い

試験体名：A-6 (金物柱頭)

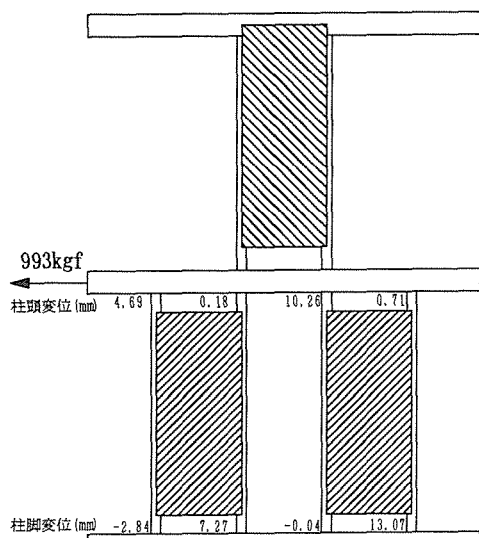


図4.3 A 6 最大荷重時の変位

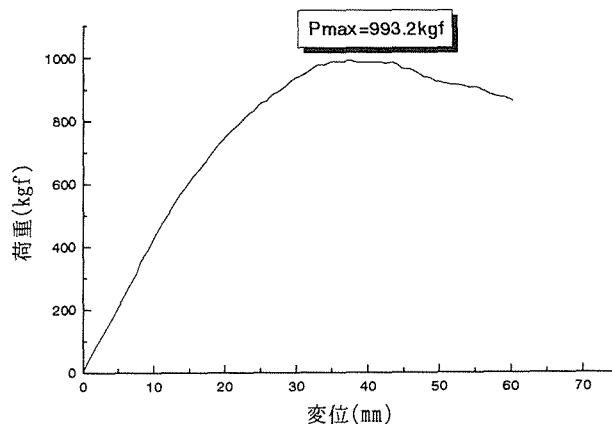


図4.4 A 6 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 A 6)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1L} = 63.43, U_{2L} = 407.22$$

$$Y: 63.43 + 407.22 + 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 407.22 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 700.76 \text{kgf}$$

$$U_{2R} = 259.90 \text{kgf}$$

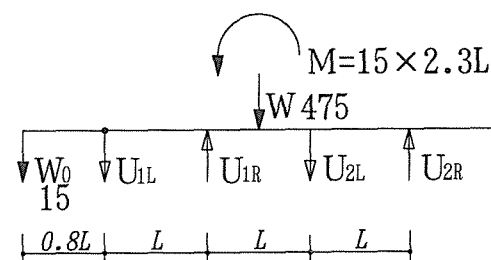


図4.5 A 6 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1L} = 473.25, U_{2L} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 1348.5 \text{kgf}$$

$$U_{2R} = 88 \text{kgf}$$

土台周りの釣り合いより (図4.6 A 6)

D_{1L} のみ圧縮力となり図4.6 A 6に示すように抵抗モーメントとして働くのは、自重と上乗荷重である。

$$P \cdot 3 \cdot L = 60 \cdot 2.5 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 282 \text{kgf}$$

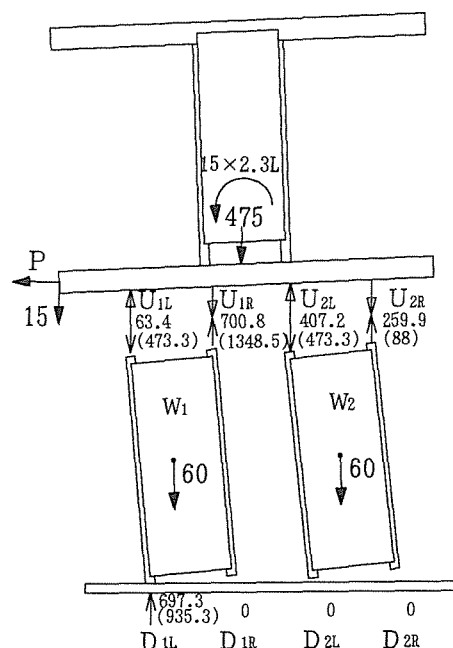


図4.6 A 6 壁体の釣り合い

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：A-7 (金物柱脚)

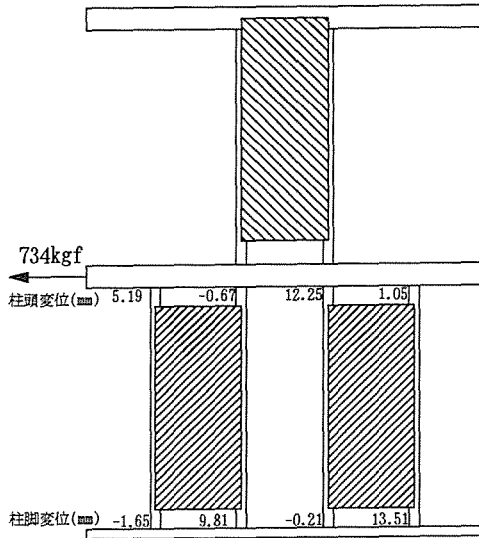


図4.3 A7最大荷重時の変位

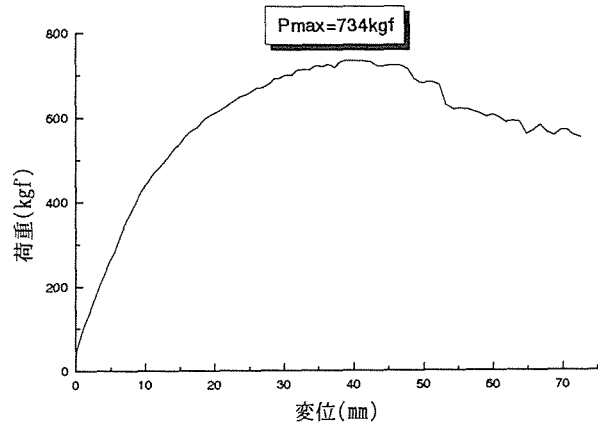


図4.4 A7荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 A7)

柱頭cpt金物なし

$$U_{1L} = 0, U_{2L} = 0$$

$$Y: 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 402\text{kgf}$$

$$U_{2R} = 88\text{kgf}$$

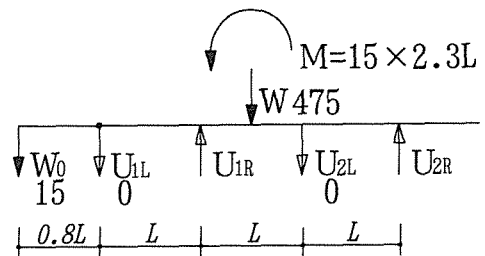


図4.5 A7梁の釣り合い

土台周りの釣り合いより (図4.6 A7)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1L} = 1083.61, D_{2L} = 679.54$$

$$P \cdot 3 \cdot L = 531.54 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 679.54 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 621.61 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 567.7\text{kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1L} = 935.25, D_{2L} = 621.25$$

$$P \cdot 3 \cdot L = 473.25 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 621.25 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 498.8\text{kgf}$$

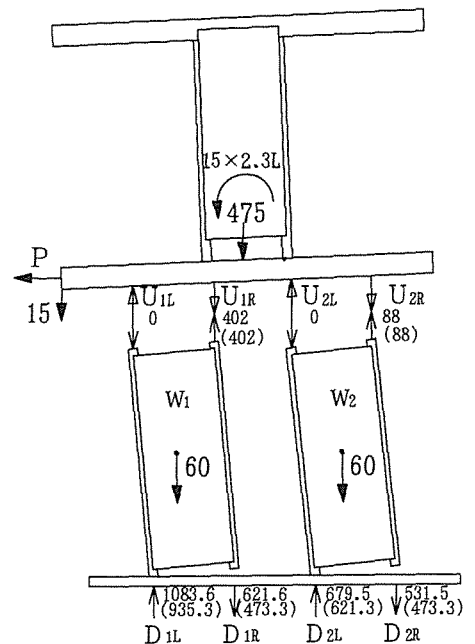


図4.6 A7全体の釣り合い

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：A-8 (金物柱頭、柱脚)

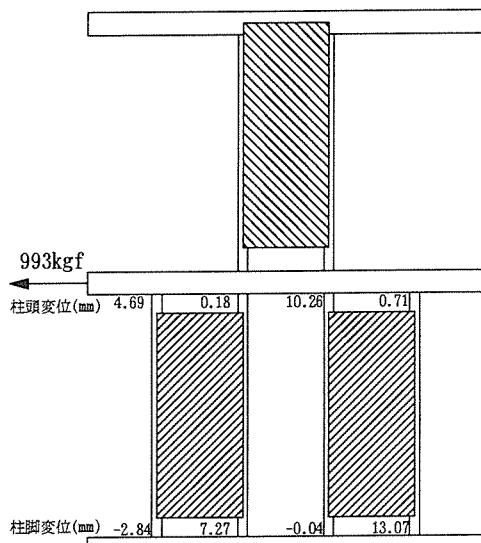


図4.3 A8 最大荷重時の変位

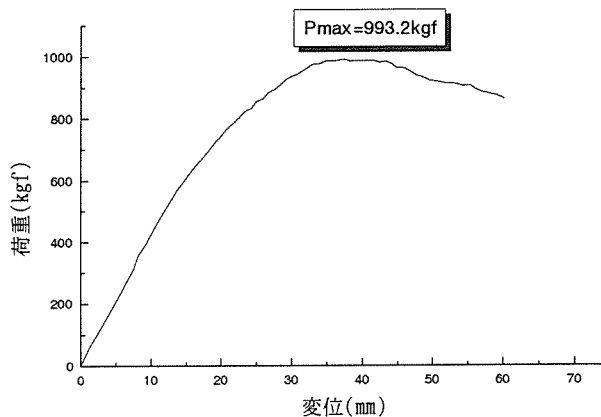


図4.4 A8 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 A8)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1L} = 402.15, U_{2L} = 509.98$$

$$Y: 402.15 + 509.98 + 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 509.98 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 1260.22 \text{kgf}$$

$$U_{2R} = 141.92 \text{kgf}$$

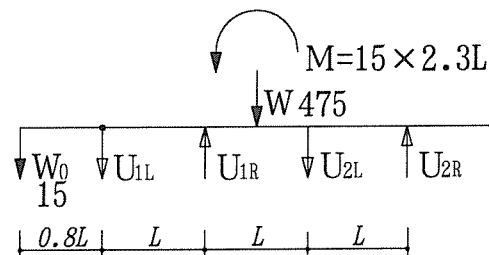


図4.5 A8 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1L} = 473.25, U_{2L} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 475 + 15 - U_{1R} - U_{2R} = 0$$

$$M: -U_{2R} \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - U_{1R} \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1R} = 1348.5 \text{kgf}$$

$$U_{2R} = 88 \text{kgf}$$

土台周りの釣り合いより (図4.6 A8)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 583.56, D_{2L} = 311.02, D_{2R} = 619.08$$

$$P \cdot 6L = 619.08 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 311.02 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - 583.56 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 888.3 \text{kgf}$$

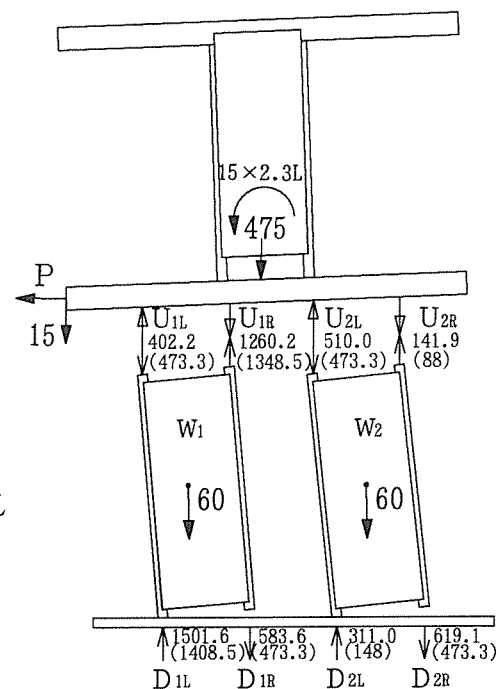


図4.6 A8 壁体の釣り合い

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 473.25, D_{2L} = 148, D_{2R} = 473.25$$

$$P \cdot 3L = 473.25 \cdot 3 \cdot L + 60 \cdot 2.5 \cdot L - 148 \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - 473.25 \cdot L + 60 \cdot 0.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 814.3 \text{kgf}$$

試験体名：B-1 (金物なし)

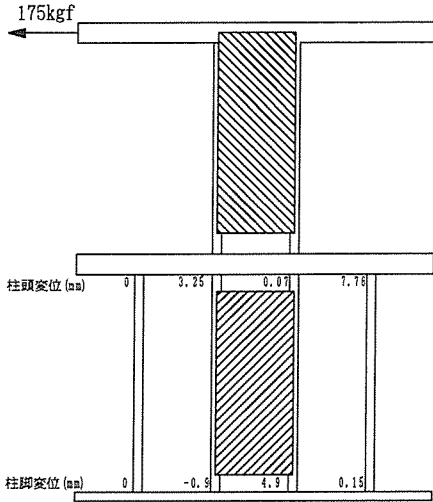


図4.3 B-1最大荷重時の変位

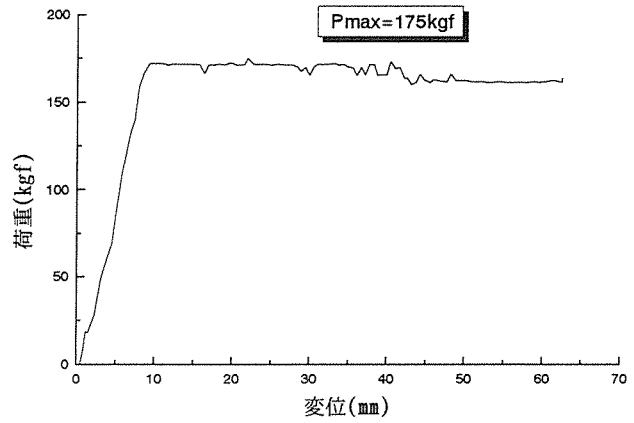


図4.4 B-1荷重-変位曲線

梁の力の釣り合い (図4.5 B-1)

CPT金物なし $U_{1R} = 0, U_{2R} = 0$

$$Y: 775 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: -U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 232 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 558 \text{kgf}$$

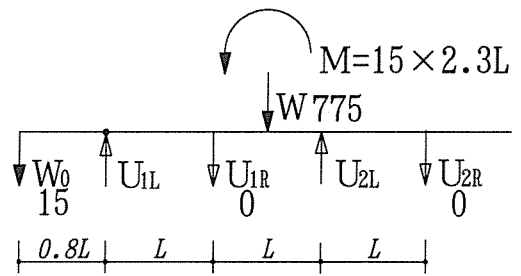


図4.5 B-1梁の釣り合い

土台周りのモーメント釣り合いより (図4.6 B-1)

$$D_{1L} = 247, D_{1R} = 618, D_{2L} = 0, D_{2R} = [15]$$

但し、柱C2のみ独立しているので抵抗モーメントとして扱わない。

$$P \cdot 6 \cdot L = (775 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 618 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 98 \text{kgf}$$

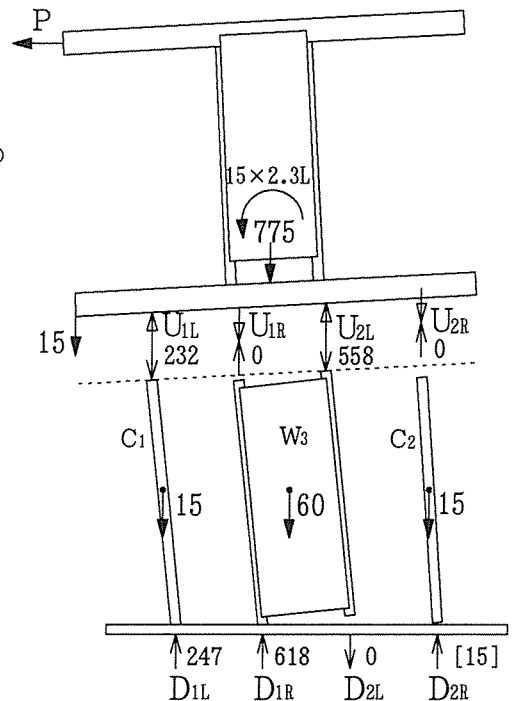


図4.6 B-1壁体の釣り合い

試験体名：B-2 (金物柱頭、柱脚)

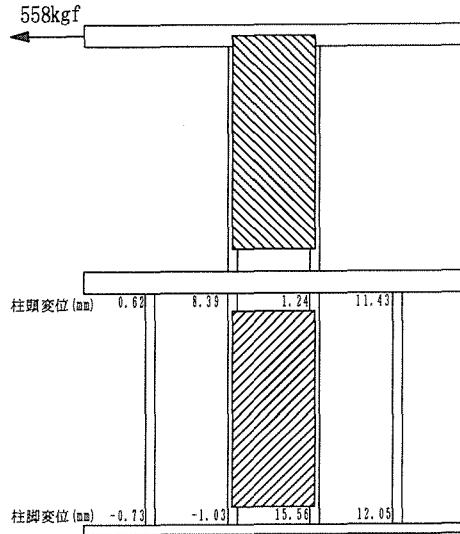


図4.3 B2 最大荷重時の変位

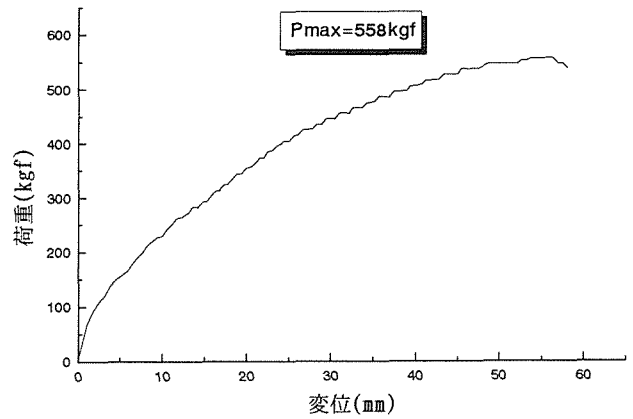


図4.4 B2 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 B2)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1R} = 715.49, U_{2R} = 617.81$$

$$Y: 715.49 + 617.81 + 775 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 617.81 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 715.49 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 280.84 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 1842.46 \text{kgf}$$

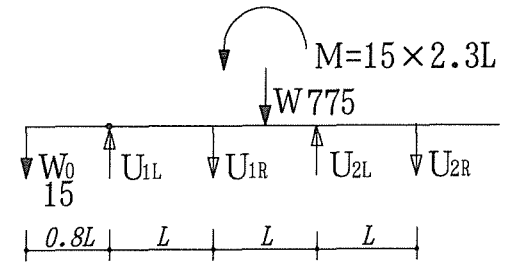


図4.5 B2 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1R} = 473.25, U_{2R} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 775 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 473.25 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 232 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 1504.5 \text{kgf}$$

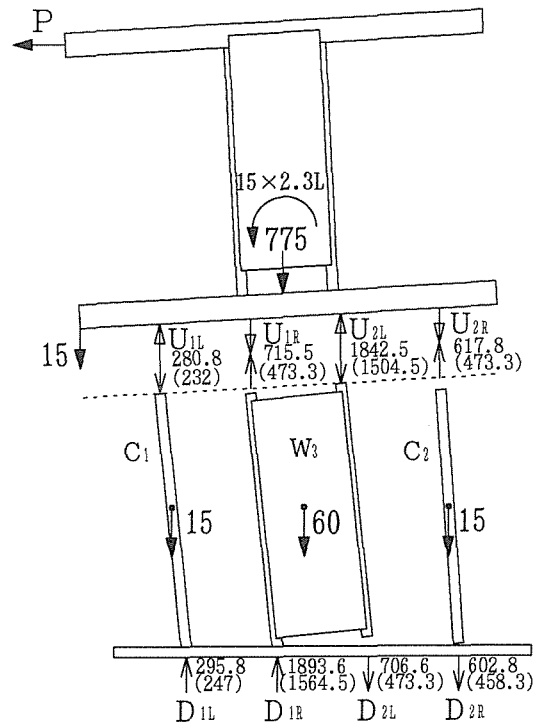


図4.6 B2 壁体の釣り合い

土台周りの釣り合いより (図4.6 B2)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 1893.58, D_{2L} = 706.61, D_{2R} = 602.81$$

$$P \cdot 6L = 602.81 \cdot 3 \cdot L + 706.61 \cdot 2 \cdot L + (775 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 1893.58 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 422.3 \text{kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 1546.5, D_{2L} = 473.25, D_{2R} = 458.25$$

$$P \cdot 6L = 458.25 \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + (775 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 1564.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 327.1 \text{kgf}$$

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：B-3 (金物なし)

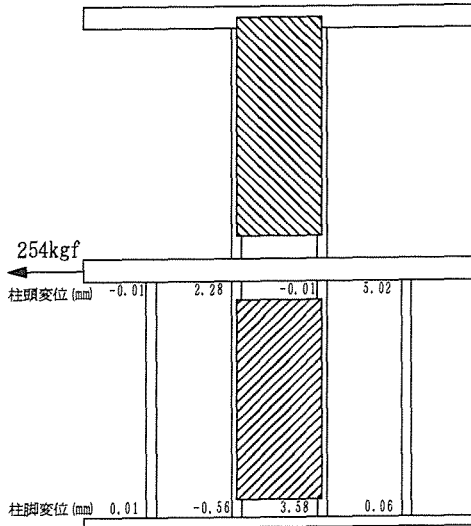


図4. 3 B 3 最大荷重時の変位

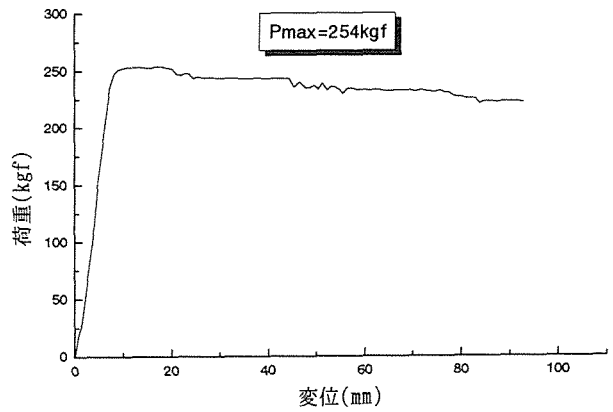


図4. 4 B 3 荷重-変位曲線

梁の力の釣り合い (図4. 5 B 3)

CPT金物なし $U_{1R} = 0, U_{2R} = 0$

$$Y: 775 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: -U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 232kgf$$

$$U_{2L} = 558kgf$$

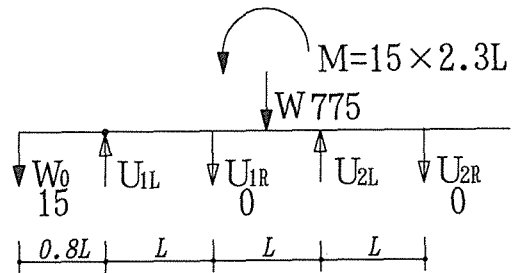


図4. 5 B 3 梁の釣り合い

土台周りのモーメント釣り合いより (図4. 6 B 3)

$$D_{1L} = 247, D_{1R} = 618, D_{2L} = 0, D_{2R} = [15]$$

但し、柱C2のみ独立しているので抵抗モーメントとして扱わない。

$$P \cdot 3 \cdot L = (775 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 618 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 196kgf$$

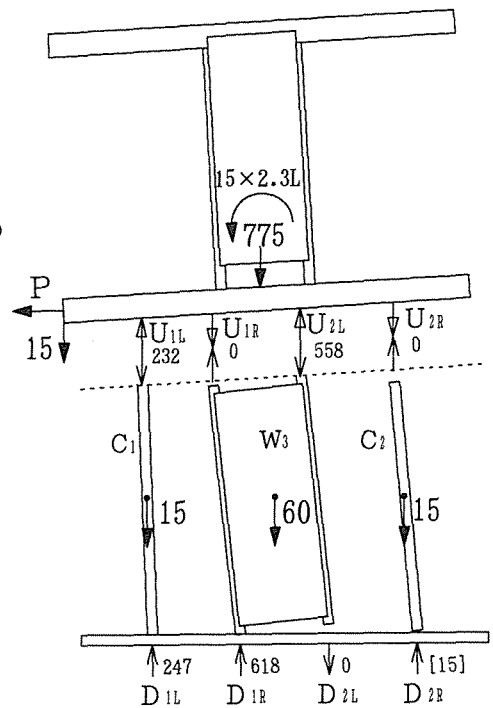


図4. 6 B 3 壁体の釣り合い

試験体名：B-4 (金物柱頭、柱脚)

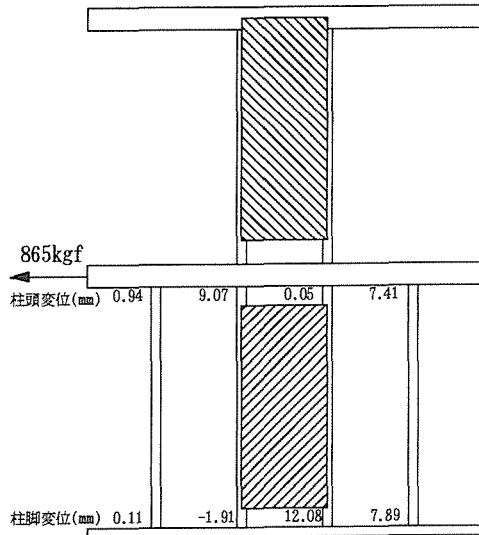


図4.3 B4 最大荷重時の変位

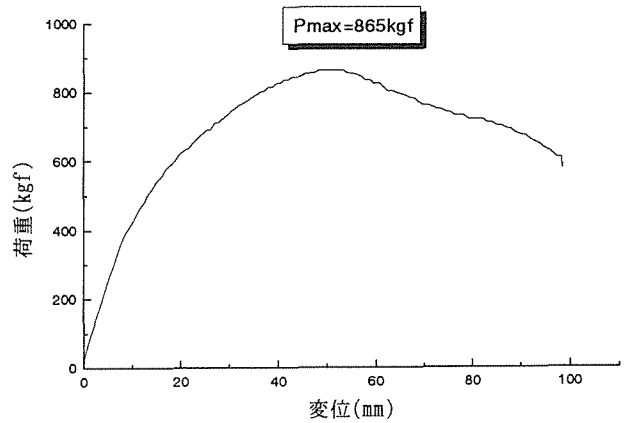


図4.4 B4 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 B4)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1R} = 517.59, U_{2R} = 527.74$$

$$Y: 517.59 + 527.74 + 775 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 527.74 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 517.59 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 226.93 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 1608.41 \text{kgf}$$

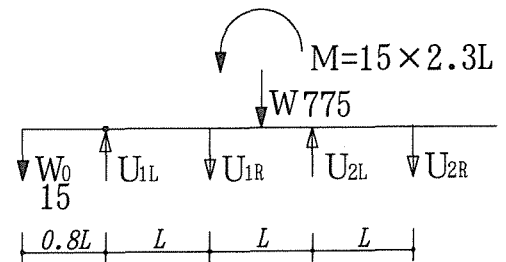


図4.5 B4 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1R} = 473.25, U_{2R} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 775 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 473.25 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 775 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 232 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 1504.5 \text{kgf}$$

土台周りの釣り合いより (図4.6 B4)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 1801.61, D_{2L} = 650.79, D_{2R} = 512.74$$

$$P \cdot 3L = 512.74 \cdot 3 \cdot L + 650.79 \cdot 2 \cdot L + (775 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 1801.61 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 748.1 \text{kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 1564.5, D_{2L} = 473.25, D_{2R} = 458.25$$

$$P \cdot 3L = 458.25 \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + (775 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 1564.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 654.25 \text{kgf}$$

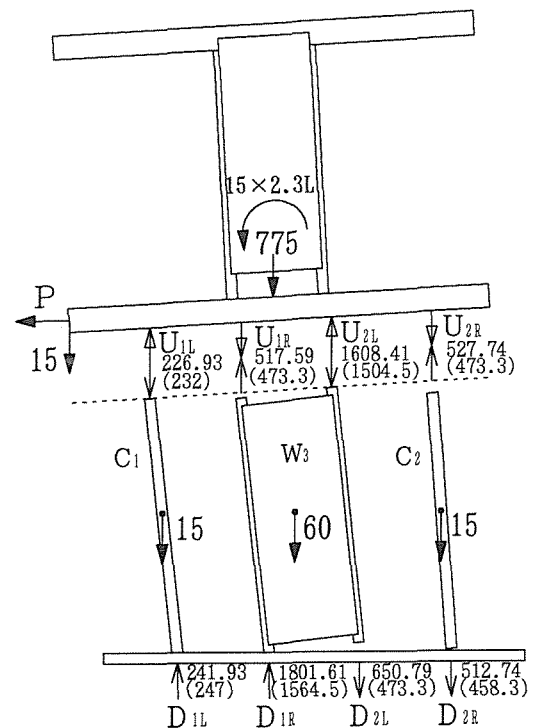


図4.6 B4 壁体の釣り合い

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：B-5 (金物なし)

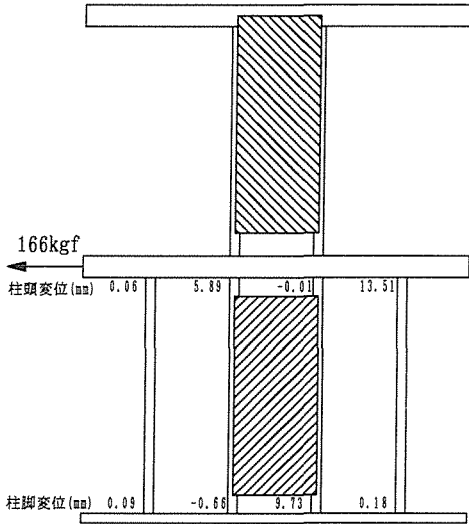


図4. 3 B 5 最大荷重時の変位

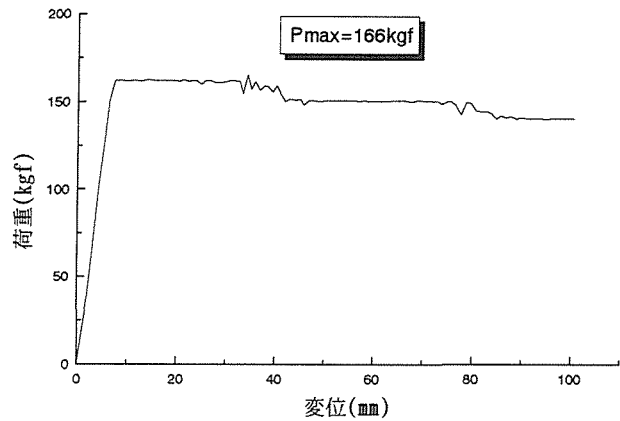


図4. 4 B 5 荷重-変位曲線

梁の力の釣り合い (図4. 5 B 5)

CPT金物なし $U_{1R} = 0, U_{2R} = 0$

$Y: 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$

$M: -U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$

$U_{1L} = 157kgf$

$U_{2L} = 333kgf$

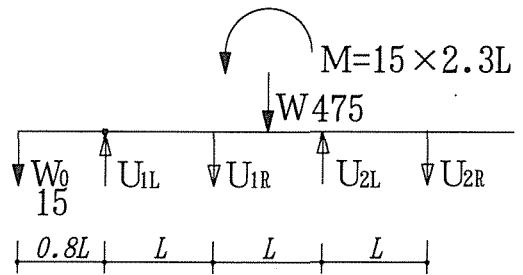


図4. 5 B 5 梁の釣り合い

土台周りのモーメント釣り合いより (図4. 6 B 5)

$D_{1L} = 172, D_{1R} = 393, D_{2L} = 0, D_{2R} = [15]$

但し、柱C2のみ独立しているので抵抗モーメントとして扱わない。

$P \cdot 3 \cdot L = (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 393 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$

$P = 121kgf$

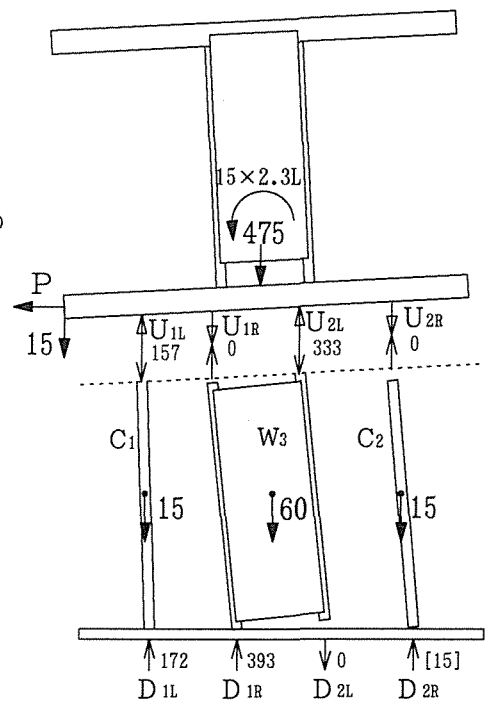


図4. 6 B 5 壁体の釣り合い

試験体名：B-6 (金物柱頭)

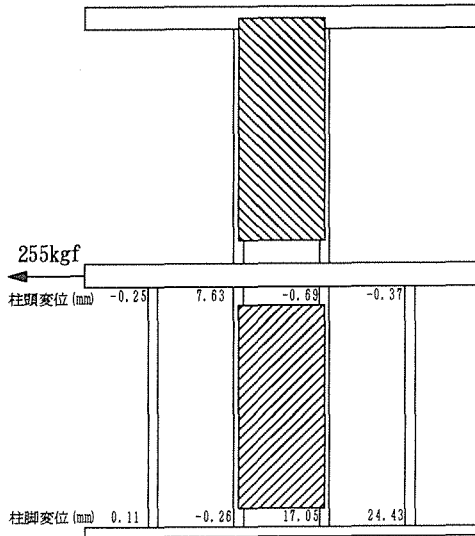


図4.3 B6 最大荷重時の変位

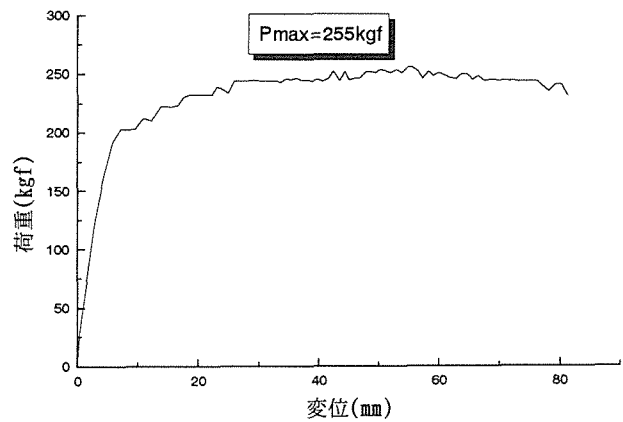


図4.4 B6 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 B6)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1R} = 494.75, U_{2R} = 527.74$$

$$Y: 494.75 + 15 + 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 15 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 494.75 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 396.88 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 602.88 \text{kgf}$$

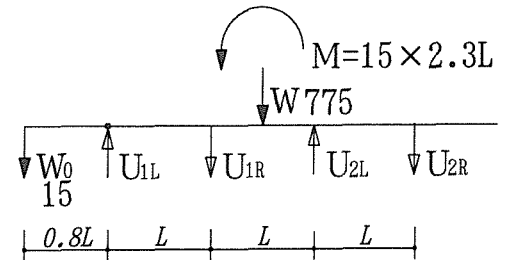


図4.5 B6 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1R} = 473.25, U_{2R} = 15$$

$$Y: 473.25 + 15 + 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 15 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 978.25 \text{kgf}$$

$$U_{2L} = 592.13 \text{kgf}$$

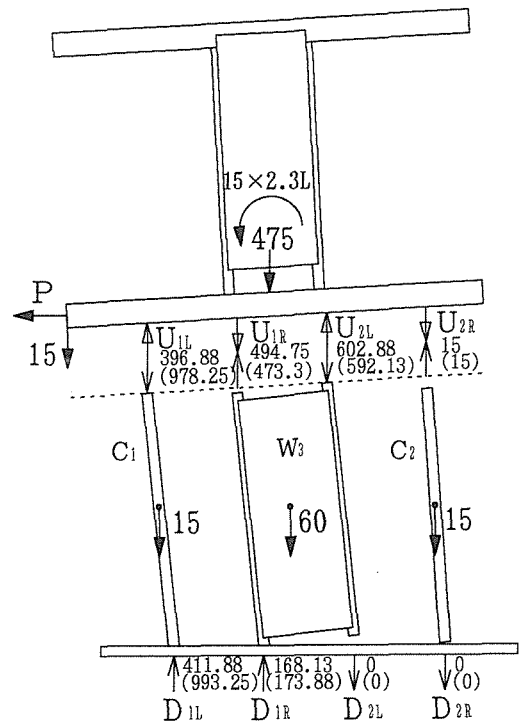


図4.6 B6 壁体の釣り合い

土台周りの釣り合いより (図4.6 B6)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 168.13, D_{2L} = 0, D_{2R} = 0$$

$$P \cdot 3L = 15 \cdot 3 \cdot L + (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 168.13 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 211.0 \text{kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 173.88, D_{2L} = 0, D_{2R} = 0$$

$$P \cdot 3L = 15 \cdot 3 \cdot L + (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 173.88 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 209.0 \text{kgf}$$

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：B-7 (金物柱脚)

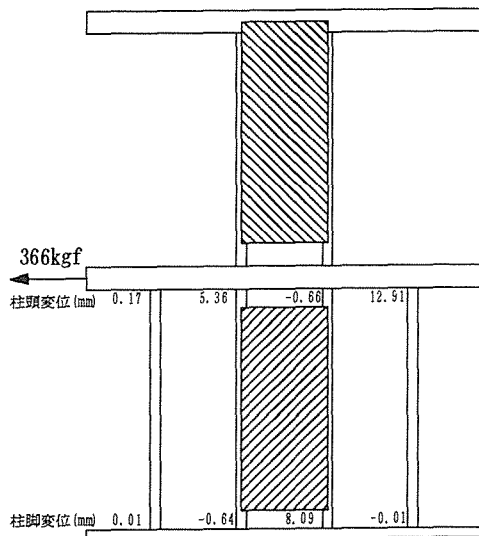


図4.3 B7最大荷重時の変位

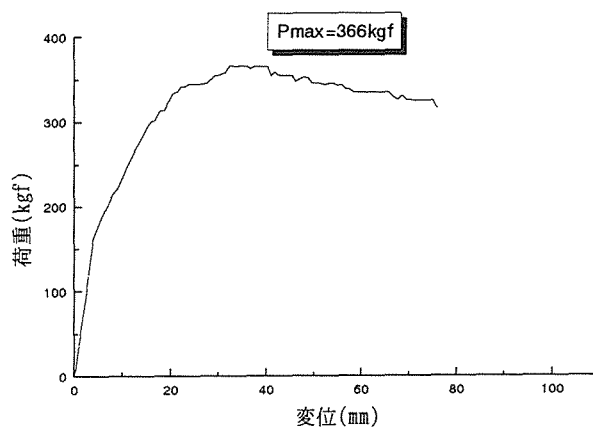


図4.4 B7荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 B7)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1R} = 0, U_{2R} = 0$$

$$Y: 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: -U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 157kgf$$

$$U_{2L} = 333kgf$$

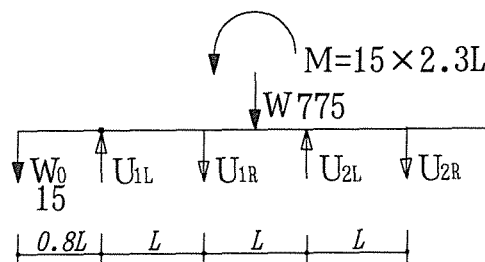


図4.5 B7梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1R} = 0, U_{2R} = 0$$

$$Y: 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: -U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 157kgf$$

$$U_{2L} = 333kgf$$

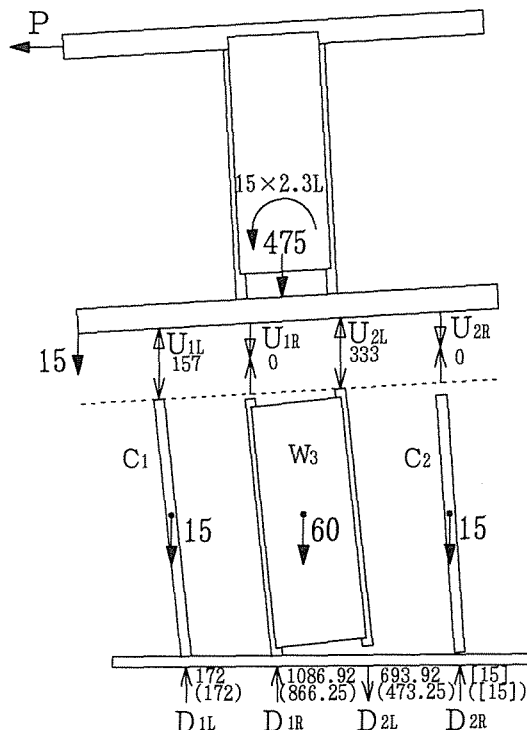


図4.6 B7壁体の釣り合い

土台周りの釣り合いより (図4.6 B7)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 1086.92, D_{2L} = 693.92, D_{2R} = [15]$$

$$P \cdot 3L = 693.92 \cdot 2 \cdot L + (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 1086.92 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 352.3kgf$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 866.25, D_{2L} = 473.25, D_{2R} = [15]$$

$$P \cdot 3L = 473.25 \cdot 2 \cdot L + (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L - 866.25 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 278.75kgf$$

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

試験体名：B-8 (金物柱頭、柱脚)

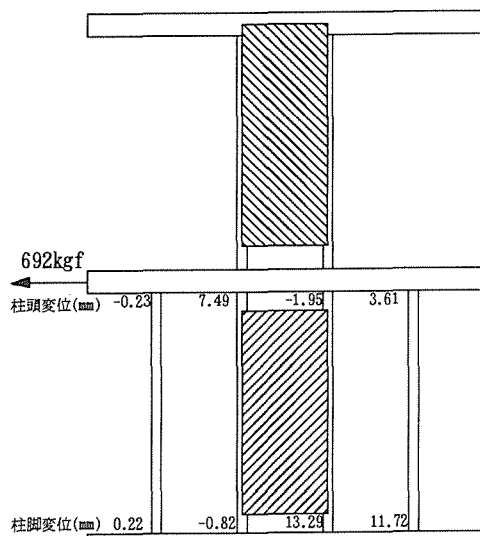


図4.3 B8 最大荷重時の変位

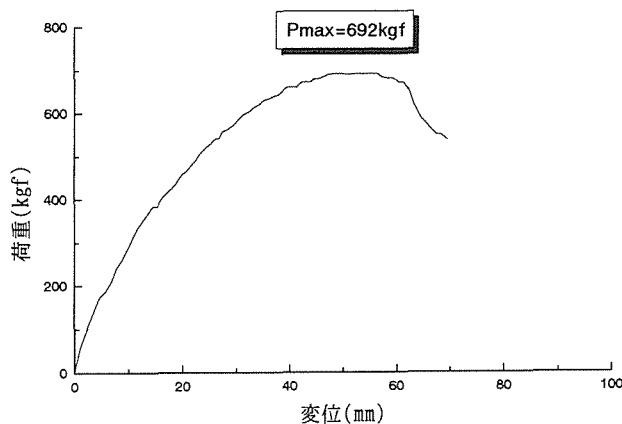


図4.4 B8 荷重-変位曲線

梁の釣り合い (図4.5 B8)

A: ひずみゲージより推定した値

$$U_{1R} = 663.48, U_{2R} = 559.45$$

$$Y: 663.48 + 559.45 + 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 559.45 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 663.48 \cdot L$$

$$-15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 209.0 \text{ kgf}$$

$$U_{2L} = 1503.9 \text{ kgf}$$

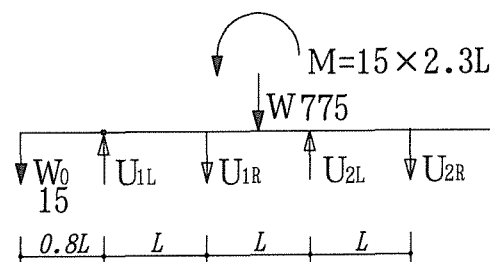


図4.5 B8 梁の釣り合い

B: 完全弾塑性評価

$$U_{1R} = 473.25, U_{2R} = 473.25$$

$$Y: 473.25 + 473.25 + 475 + 15 - U_{1L} - U_{2L} = 0$$

$$M: 473.25 \cdot 3 \cdot L - U_{2L} \cdot 2 \cdot L + 475 \cdot 1.5 \cdot L + 473.25 \cdot L$$

$$-15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L = 0$$

$$U_{1L} = 157 \text{ kgf}$$

$$U_{2L} = 1279.5 \text{ kgf}$$

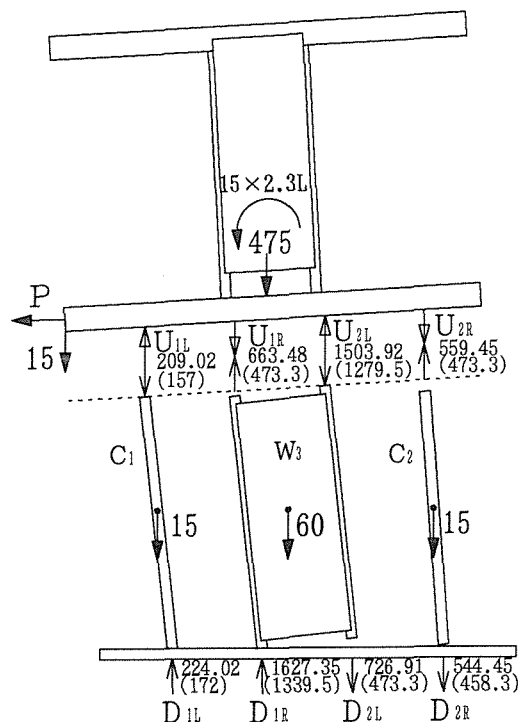


図4.6 B8 壁体の釣り合い

土台周りの釣り合いより (図4.6 B8)

A: ひずみゲージより推定した値

$$D_{1R} = 1627.34, D_{2L} = 726.91, D_{2R} = 544.45$$

$$P \cdot 3L = 544.45 \cdot 3 \cdot L + 726.91 \cdot 2 \cdot L + (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L$$

$$-1627.34 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 738.6 \text{ kgf}$$

B: 完全弾塑性評価

$$D_{1R} = 1339.5, D_{2L} = 473.25, D_{2R} = 458.25$$

$$P \cdot 3L = 458.25 \cdot 3 \cdot L + 473.25 \cdot 2 \cdot L + (475 + 60) \cdot 1.5 \cdot L$$

$$-1339.5 \cdot L - 15 \cdot 0.8 \cdot L - 15 \cdot 2.3 \cdot L$$

$$P = 579.25 \text{ kgf}$$

* ()内の値は、Bの完全弾塑性評価を用いて導かれた値である。

4.4.4 実験結果のまとめ

実験結果を表4.3に示す。計算値1では、金物のひずみゲージから推定した引張力を用い、また計算値2では、接合部の実験結果を完全弾塑性評価した値を用いた。スリット状の壁（2層）実験において、耐力の低い試験体ほど摩擦等の影響のために、実験値が計算値を大きく上回っていると考えられる。また、両者のずれは概ね2～3割程度であり、その主原因は、CPT金物の引張耐力のばらつきによるものと思われる。

表4.3 実験結果一覧

試験体名	加力位置	上載荷重 (kgf)	CPT金物	実験値 (kgf)	計算値 1 (kgf)	実験値/計算値	計算値 2 (kgf)	実験値/計算値
A-1	6P	600	—	202	197	1.0	—	—
A-2	6P	600	柱頭・柱脚	484	363	1.3	457	1.1
A-3	3P	300	—	356	283	1.3	—	—
A-4	3P	300	柱頭・柱脚	1,130	1033	1.1	914	1.2
A-5	3P	300	—	270	183	1.5	—	—
A-6	3P	300	柱頭	410	282	1.5	282	1.5
A-7	3P	300	柱脚	734	568	1.3	499	1.5
A-8	3P	300	柱頭・柱脚	993	888	1.1	814	1.5
B-1	6P	600	—	175	98	1.8	—	—
B-2	6P	600	柱頭・柱脚	558	422	1.3	327	1.7
B-3	3P	300	—	254	196	1.3	—	—
B-4	3P	300	柱頭・柱脚	865	748	1.2	654	1.3
B-5	3P	300	—	166	121	1.4	—	—
B-6	3P	300	柱頭	255	211	1.2	209	1.2
B-7	3P	300	柱脚	366	352	1.0	279	1.3
B-8	3P	300	柱頭・柱脚	692	739	0.9	579	1.2

計算値1は、金物のひずみゲージから推定した引張力を使用

計算値2は、接合部実験結果を完全弾塑性した値を使用

5. まとめ

建物全体の浮き上がり終局耐力の検証として、柱が4本場合の壁体で、有開口壁のラーメン効果の影響検証実験、スリット状の2層壁体を用いた検証実験の2種類の構面実験を行った。有開口壁のラーメン効果の影響検証実験では、たれ壁の釘配列（なし、@450、@150、@90、@90の2枚貼り）により、たれ壁の耐力を実験変数としてラーメン効果の影響を検証した。バンセンを用いた接合部の評価法としては、実験により得られた柱の抜け量から判断して、バンセンが破断寸前に達していたので最大荷重付近の450kgfを用いた、たれ壁の評価方法（実験値の最大値、実験結果を完全弾塑性評価、面材壁の計算式）3種類とも実験値と計算値は極めて近い値となった。スリット状の2層壁体を用いた検証実験では、上載荷重（600kgf、300kgf）と接合部金物（CPT金物）の有無の影響を検証した。接合部の評価方法としては、CPT金物に貼ったひずみゲージから推定した引張力を用いた場合と、接合部実験結果を完全弾塑性した値を用いた場合それぞれに対して、実験値と計算値の比較を行った。両者とも耐力の低い試験体ほど摩擦等の影響のために、実験値が計算値を大きく上回っていると考えられる。また、実験値と計算値のずれの主原因は、CPT金物の引張耐力のばらつきによるものと思われる。両検証実験より、柱が4本の場合の浮き上がり耐力の計算式が有効であることが確認された。

【参考文献】

- 1) 建築知識：地震に強い[木造住宅]の設計マニュアル、pp208～211
- 2) 村上、稲山：任意の釘配列で打たれた面材壁の弾塑性挙動の予測式、日本建築学会論文集第519号、pp87～93、1999年5月

6. 付録

6.1 完全弾塑性評価

変形性能評価のため、実験より求めた荷重—変形 ($P-\delta$) 曲線の包括線から完全弾塑性評価モデルに置換する。完全弾塑性モデルへの置換、評価は(財)日本住宅・木材技術センターの提案する方法により行った。置換方法は、図6.1に示す。

置換方法

完全弾塑性モデルへの置換は以下の手順で行う。

- ①包括線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ直線(第I直線)を引く。
- ②包括線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ直線(第II直線)を引く。
- ③包括線に接するまで第II線を平行移動し、これを第III直線とする。
- ④第I直線と第III直線との交点の荷重を P_y とし、この点からX軸に平行に直線(第IV直線)を引く。
- ⑤第IV直線と包括線との交点の変位を δ_y とする。
- ⑥原点と(δ_y , P_y)を結ぶ直線(第V直線)を完全弾塑性モデルにおける初期剛性 K と定める。
- ⑦包括線の最終点である $0.8P_{max}$ の点における変位を終局変位 δ_u と定める。
- ⑧包括線とX軸及び δ_u で囲まれる面積を S とする。
- ⑨第V直線と δ_u とX軸及びY軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるようにX軸平行線(第VI直線)を引く。
- ⑩第V直線と第VI直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの仮想降伏点荷重 P_u と定め、そのときの変位を仮想降伏点変位 δ_v とする。

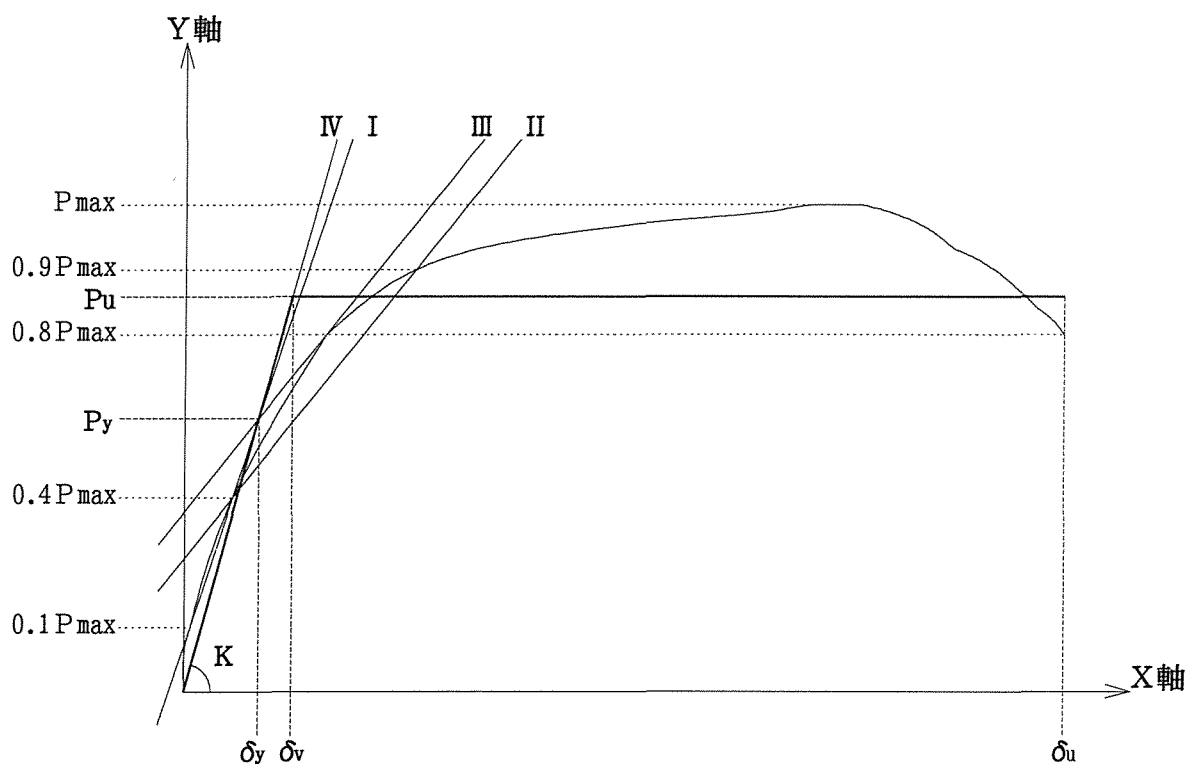


図6.1 完全弾塑性モデルへの置換方法

6.2 写真

1. 有開口壁のラーメン効果の影響検証実験

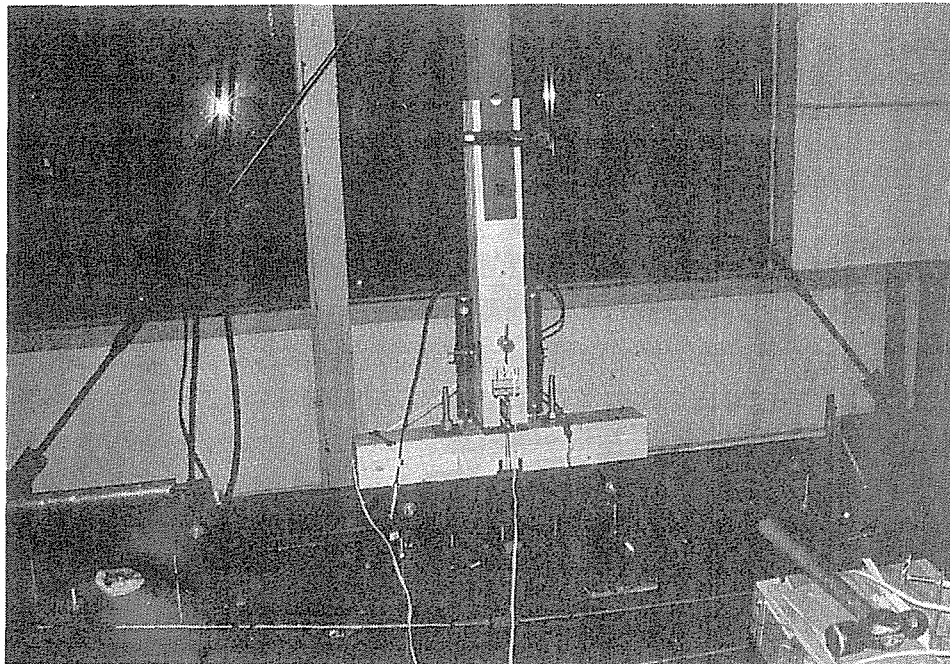


写真1.1 バンセンを用いた接合部試験の全景

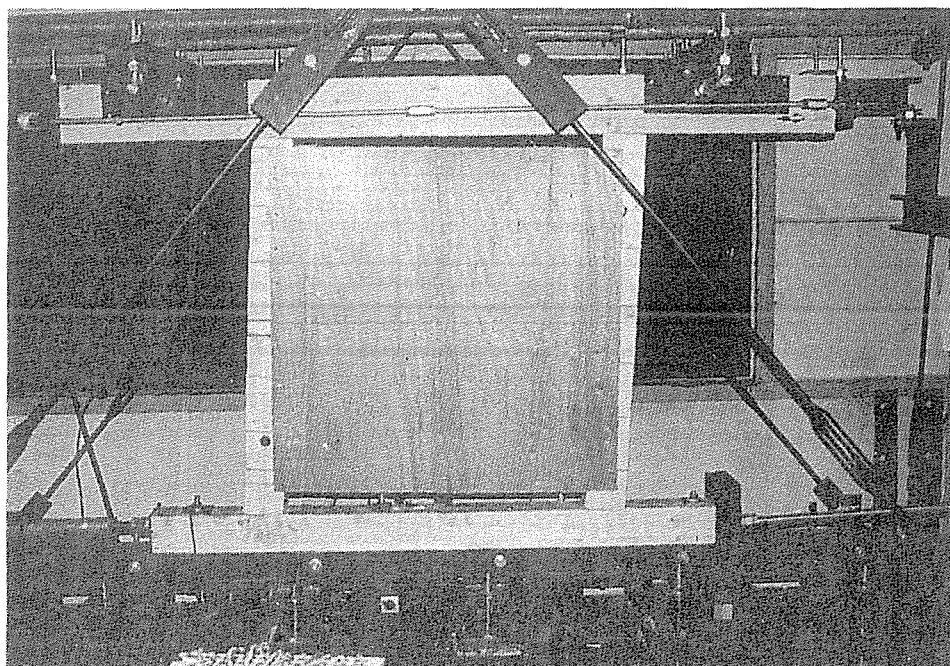


写真1.2 たれ壁の単位面材の水平加力実験の全景

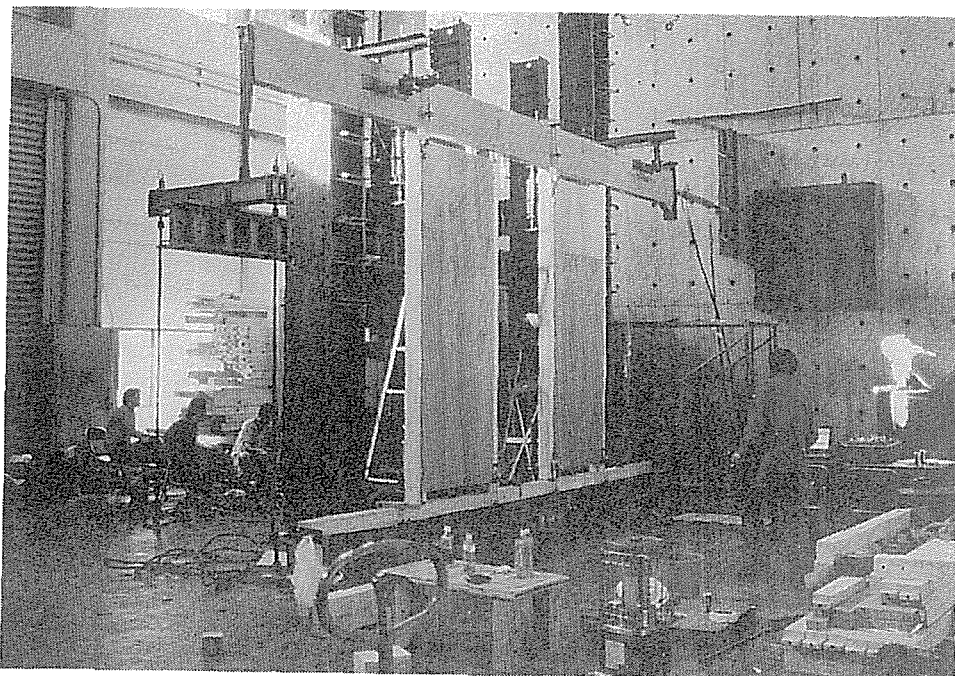


写真1.3 有開口壁の水平加力実験（3P-Q試験体）



写真1.4 有開口壁の水平加力実験（3P-2、3、6試験体）

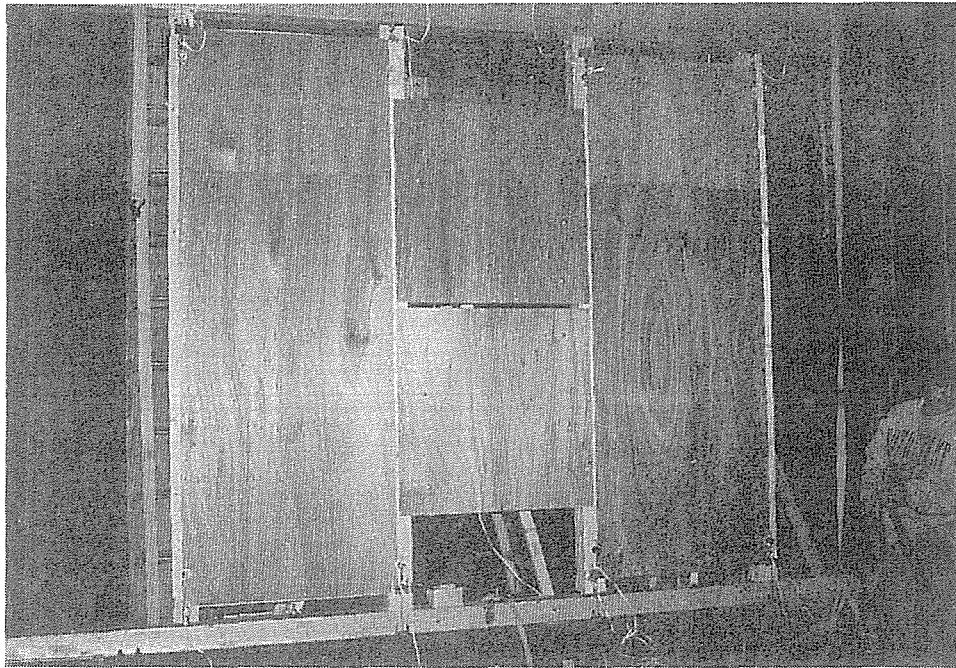
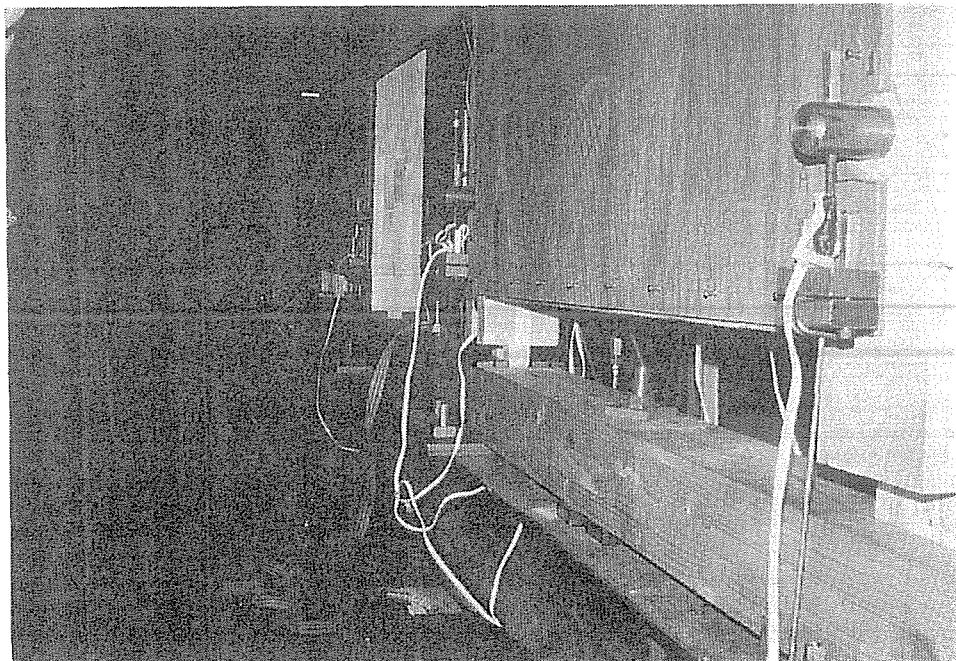


写真1.5 有開口壁の水平加力実験（3P-1試験体）



水平胴縁（半割）に合板を打ち付け、柱脚・柱頭の引き抜き力は、接合部金物のバンセンのみで抵抗する。

写真1.6 柱の引張力計測金物

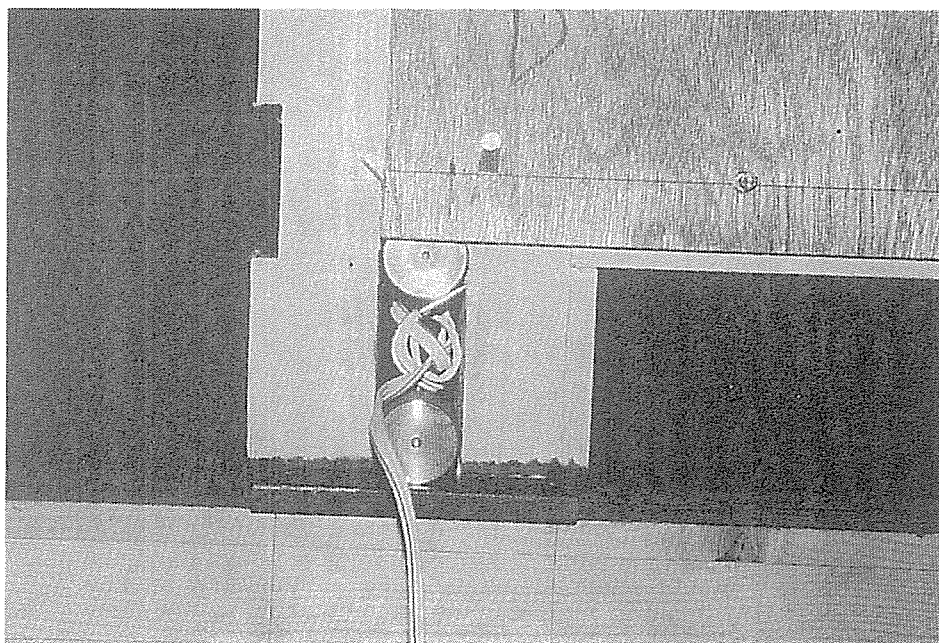


写真 1. 7 柱の圧縮軸力の計測装置

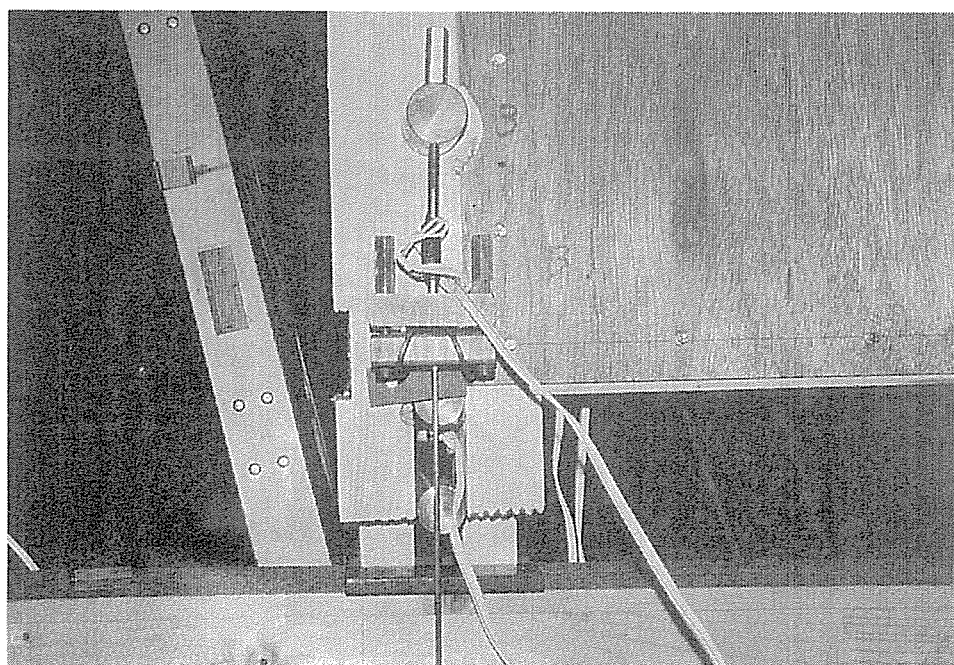


写真 1. 8 柱の引張軸力と圧縮軸力の計測装置の複合例

2. スリット状の2層壁体を用いた検証実験

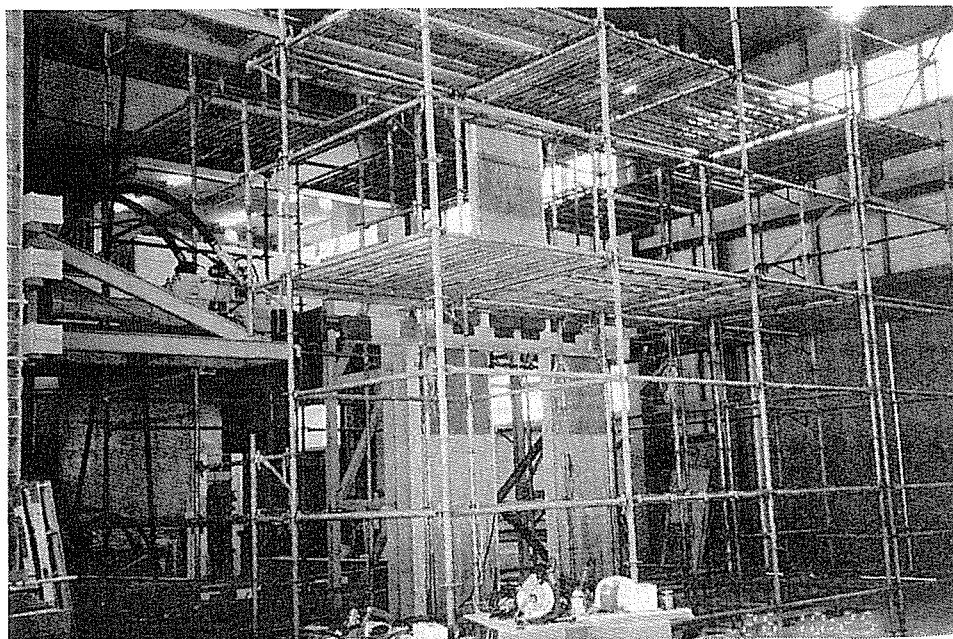


写真2.1 試験体Aの全景

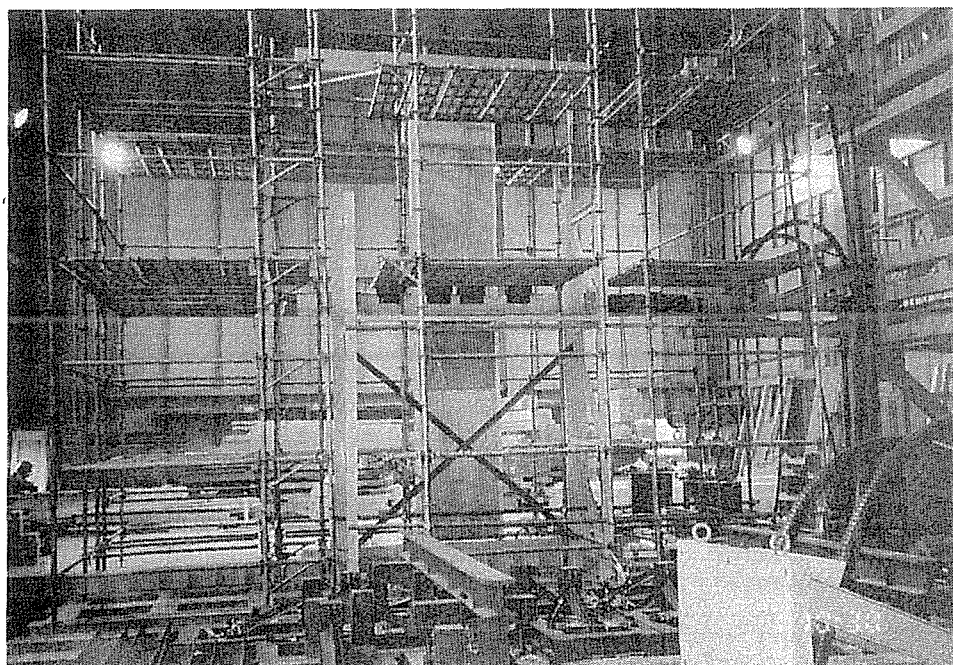


写真2.2 試験体Bの全景

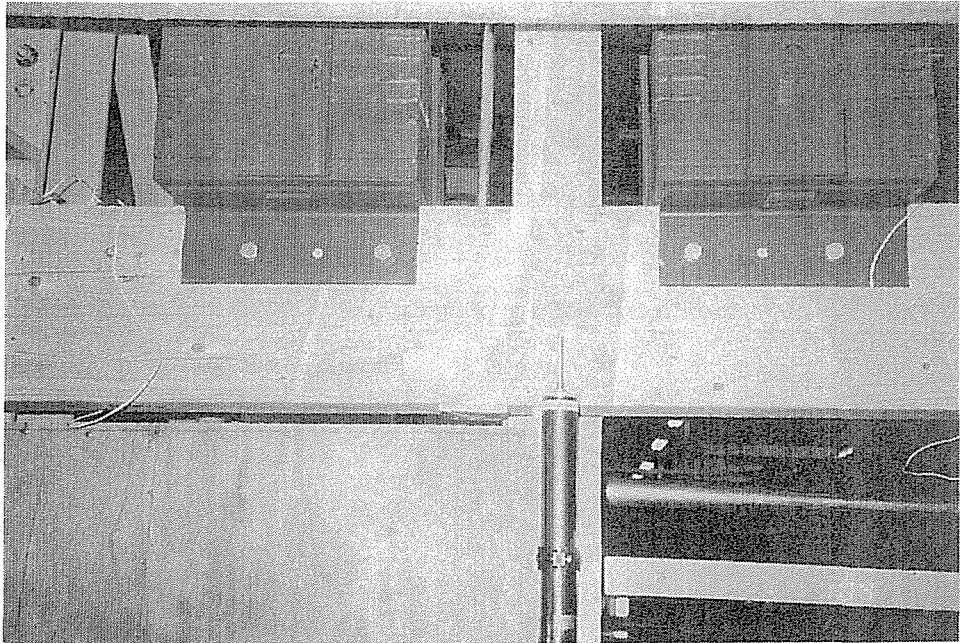
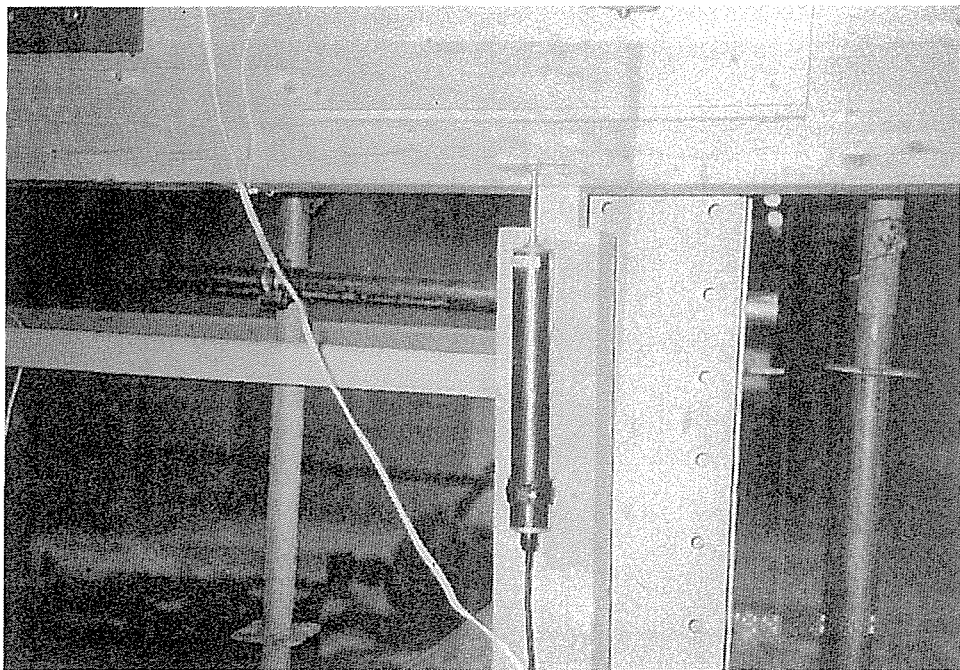
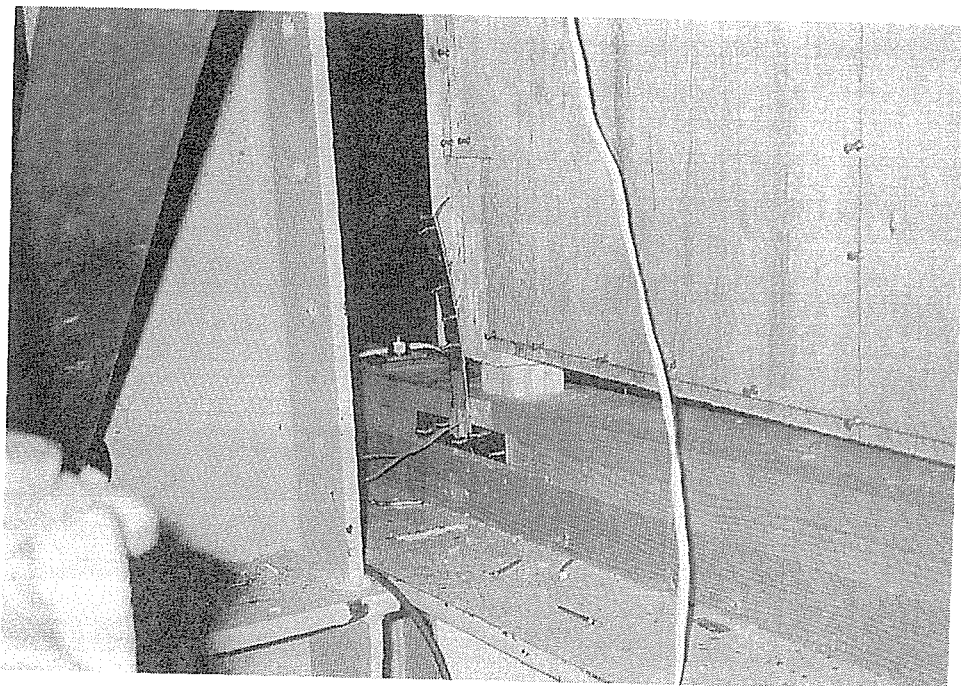


写真 2. 3 上載荷重用の重りの取り付け状況



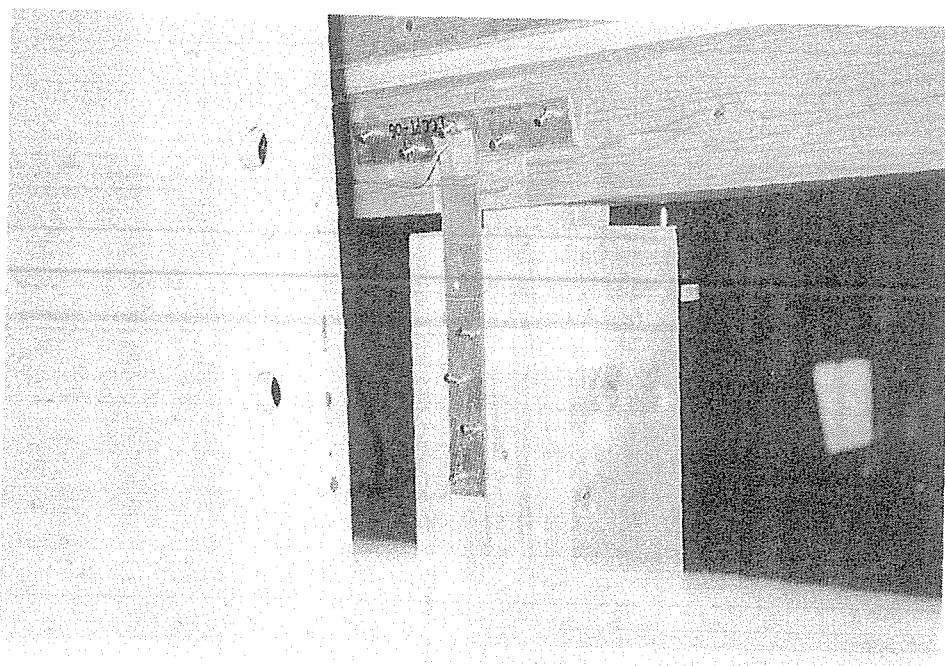
試験体 A, B 共に柱の変位を CDP 100 を使用して計測。

写真 2. 4 試験体 B の独立柱の浮き上がり状況



CPT金物の柱側の釘のせん断による抜け。CPT金物の両面にひずみゲージを貼り付けて、ひずみにより柱の軸力を計測。

写真2.5 CPT接合金物の破壊状況



CPT金物の梁（土台）側の釘のせん断による抜け。

写真2.6 CPT接合金物の破壊状況

第2章 切妻屋根における屋根勾配の水平剛性への影響を調べるための実験

1. はじめに

木造住宅の耐震性能を定量的に把握するためには、鉛直構面のみならず水平構面の剛性を把握することが必要となる。しかしながら、屋根面においては、勾配による影響を考慮しなければならないことが予想できる。ここでは、切妻屋根において、屋根勾配が水平剛性にどのように影響するのかを調べるための実験について報告する。

2. 実験計画

2.1 実験の概要

梁桁面が2.7m×2.7mの切妻屋根の試験体において、一方の桁または梁を固定し、他方の桁または梁に強制変位を繰り返し与える実験を行った。試験体は、在来工法を想定したもの（ここでは和小屋タイプとする）とせいの高い斜め材に垂木相当の寸法の母屋を乗せたもの（ここでは登り梁タイプとする）、2タイプを用意した。和小屋タイプにおいては、矩勾配、8、6、4寸勾配の4種類、登り梁タイプにおいては、矩勾配、8、6寸勾配の3種類の試験体を用意した。さらに、すべての試験体において2体ずつ用意し、加力方向を変えて、桁行き方向と梁間方向の2種類についての実験を行った。

屋根面、梁桁面のせん断変形、屋根面の回転および浮き上がり、棟木の浮き上がりについて変位を測定した。

2.2 試験体

試験体の一覧を表2-1に示す。表中に○印で示した和小屋タイプ8体、登り梁タイプ6体の計14体の実験を行った。

表2-1 試験体一覧（○印のものにつき各1体ずつ実験を行った）

		矩勾配	8寸勾配	6寸勾配	4寸勾配
和小屋タイプ	桁行方向加力	○	○	○	○
	梁間方向加力	○	○	○	○
登り梁タイプ	桁行方向加力	○	○	○	
	梁間方向加力	○	○	○	

和小屋タイプ、登り梁タイプそれぞれの試験体の立面図ならびに伏図を図2-1～図2-4に示す。ここには矩勾配の立面図を示すが、その他の勾配においても勾配のみ異なる他は、同仕様の試験体となる。

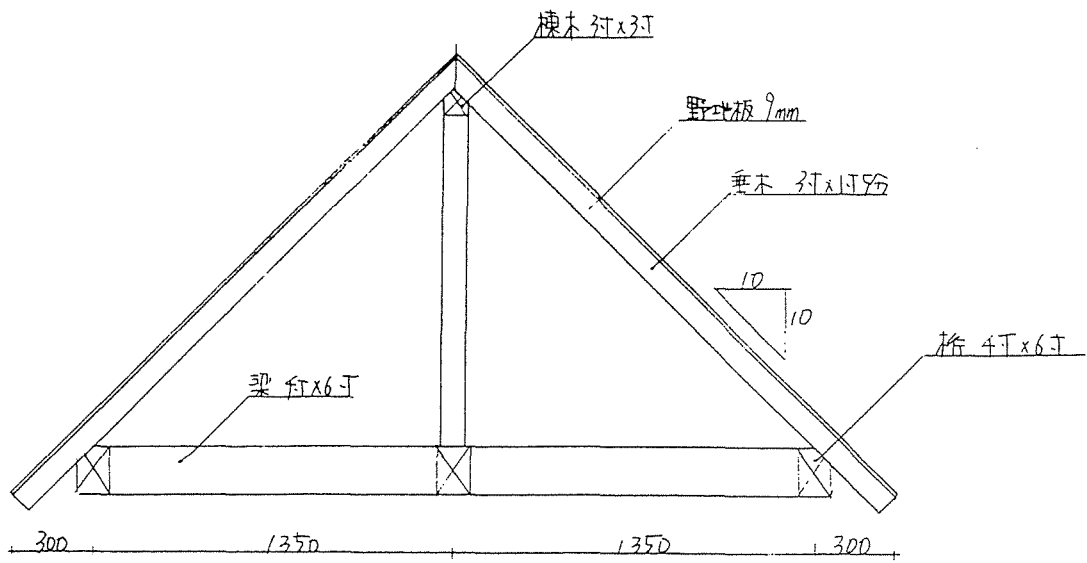


図 2-1 和小屋タイプの立面図 (矩勾配)

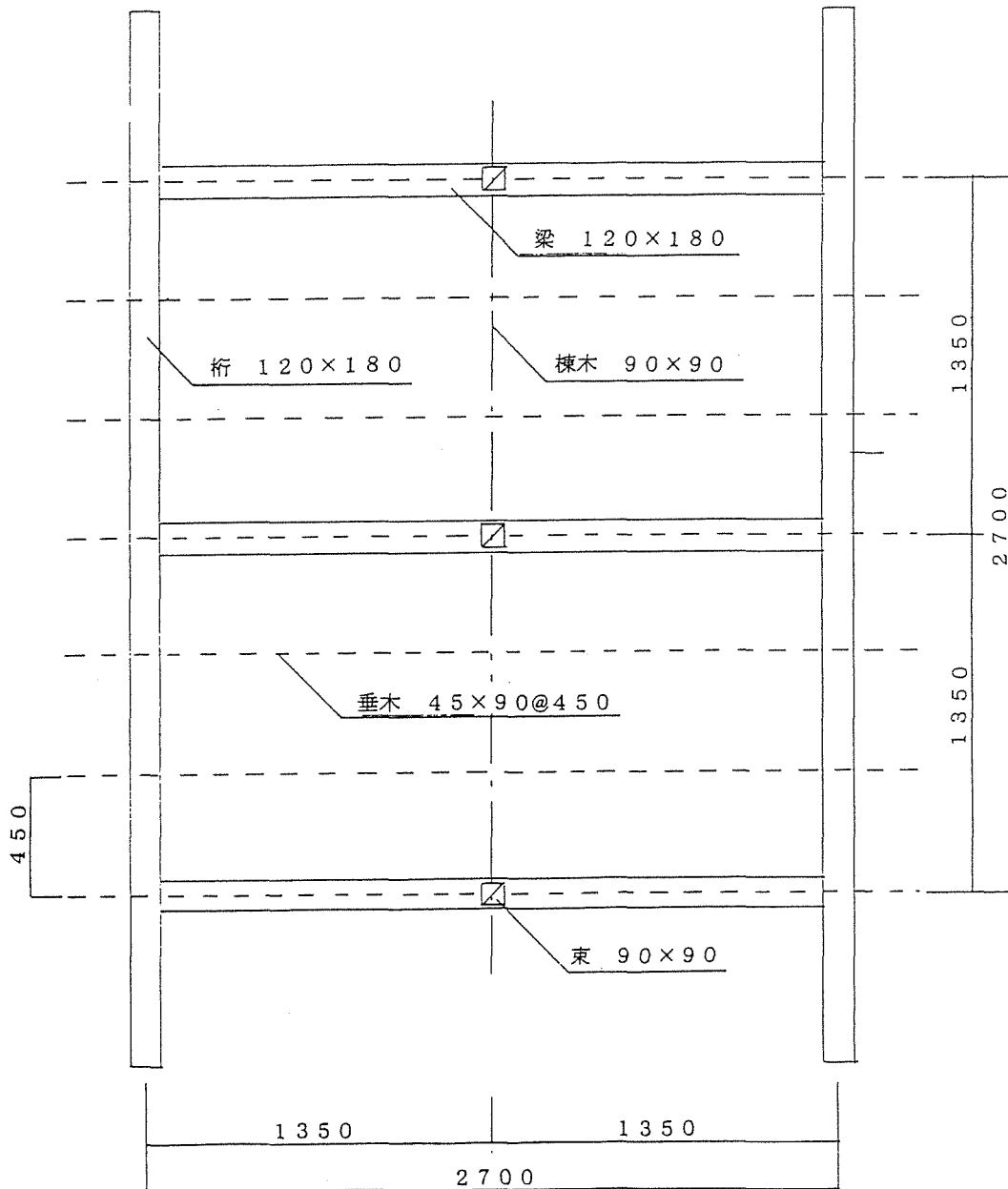


図 2-2 和小屋タイプの伏図 (桁行方向加力)

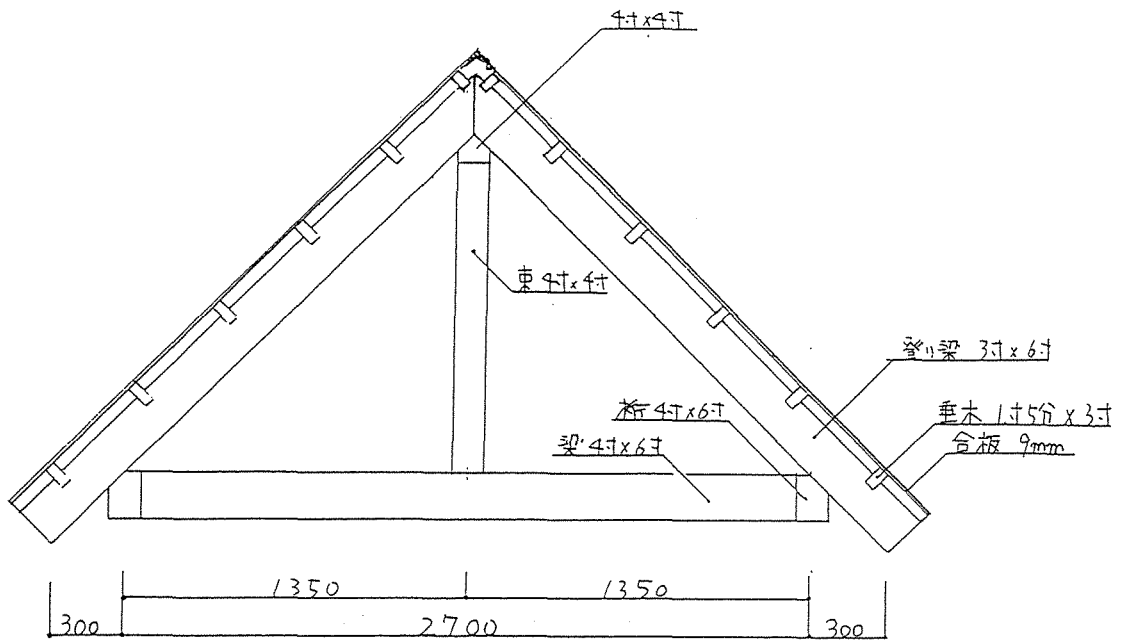


図 2-3 登り梁タイプの立面図 (矩勾配)

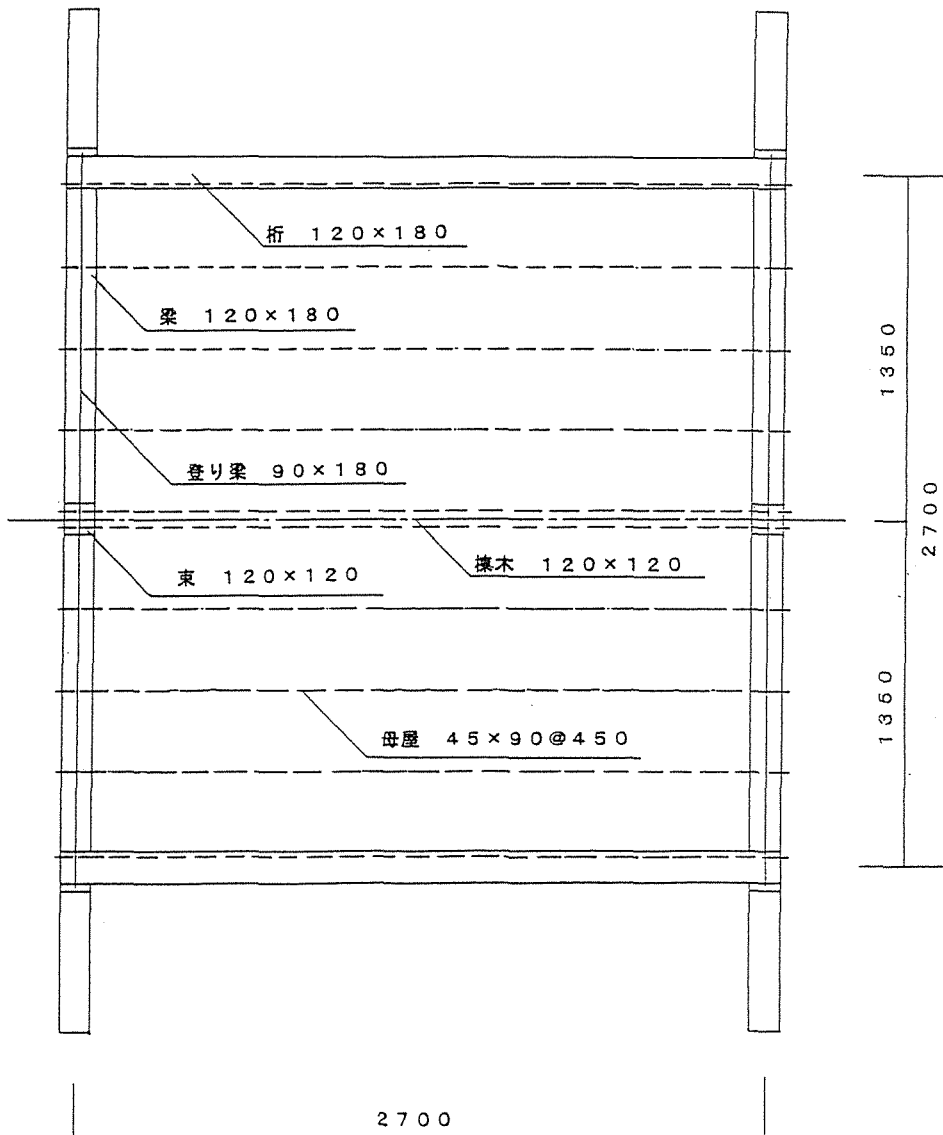


図 2-4 登り梁タイプの伏図 (桁行方向加力)

和小屋タイプにおいては、垂木と棟木はN75を2本、斜め釘打ちとし、垂木と桁についてはくら金物のみで留めた。また、登り梁タイプにおいては、母屋と登り梁はN75を2本、斜め釘打ちとした。登り梁と桁とは、M24で留めつけることとした。野地板は、両タイプともN38を150mmピッチで留めた。東の端部は長さ60mmの短ほぞ差しとし、両側をかすがいで留めつけた。部材寸法ならびに使用した金物を表2-2、表2-3に示す。

表2-2 使用部材一覧

部材名	断面寸法 (mm)	材種
桁	120×180	べいまつ
梁	120×180	
登り梁	90×180	
棟木	120×120	
束	120×120	
母屋	45×90 @450	
野地板	1800×900×9	構造用合板

表2-3 使用金物一覧

金物名称	記号	使用個所
かすがい	C-120	梁～束 束～棟木
くら金物	SS	垂木～桁
短冊金物	Z no.82-1	登り梁～登り梁

また、梁と桁の接合部については、すべてピン接合に近いものとなるように図2-5に示すような仕様とした。なお、梁桁面のみの剛性を確かめるための実験は行っていない。

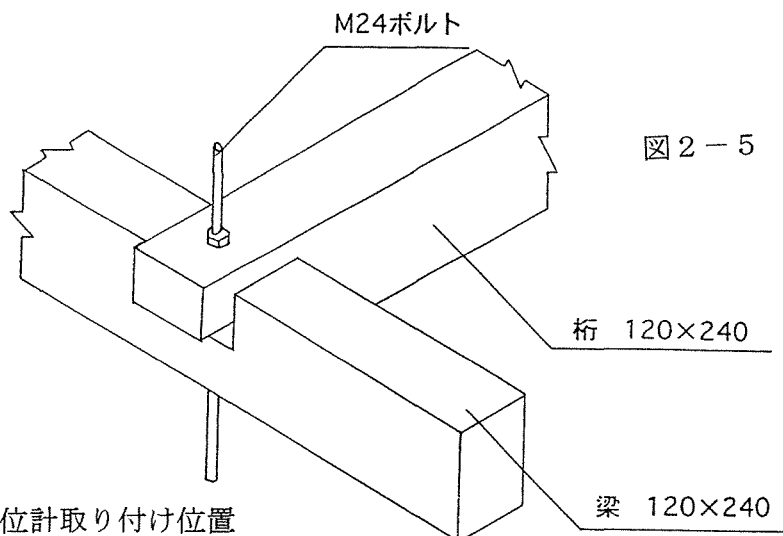


図2-5 梁と桁のピン接合部分

2.3 変位計取り付け位置

桁行き方向加力、梁間方向加力それぞれにおける変位計の取り付け位置を次の図2-6、図2-7に示す。

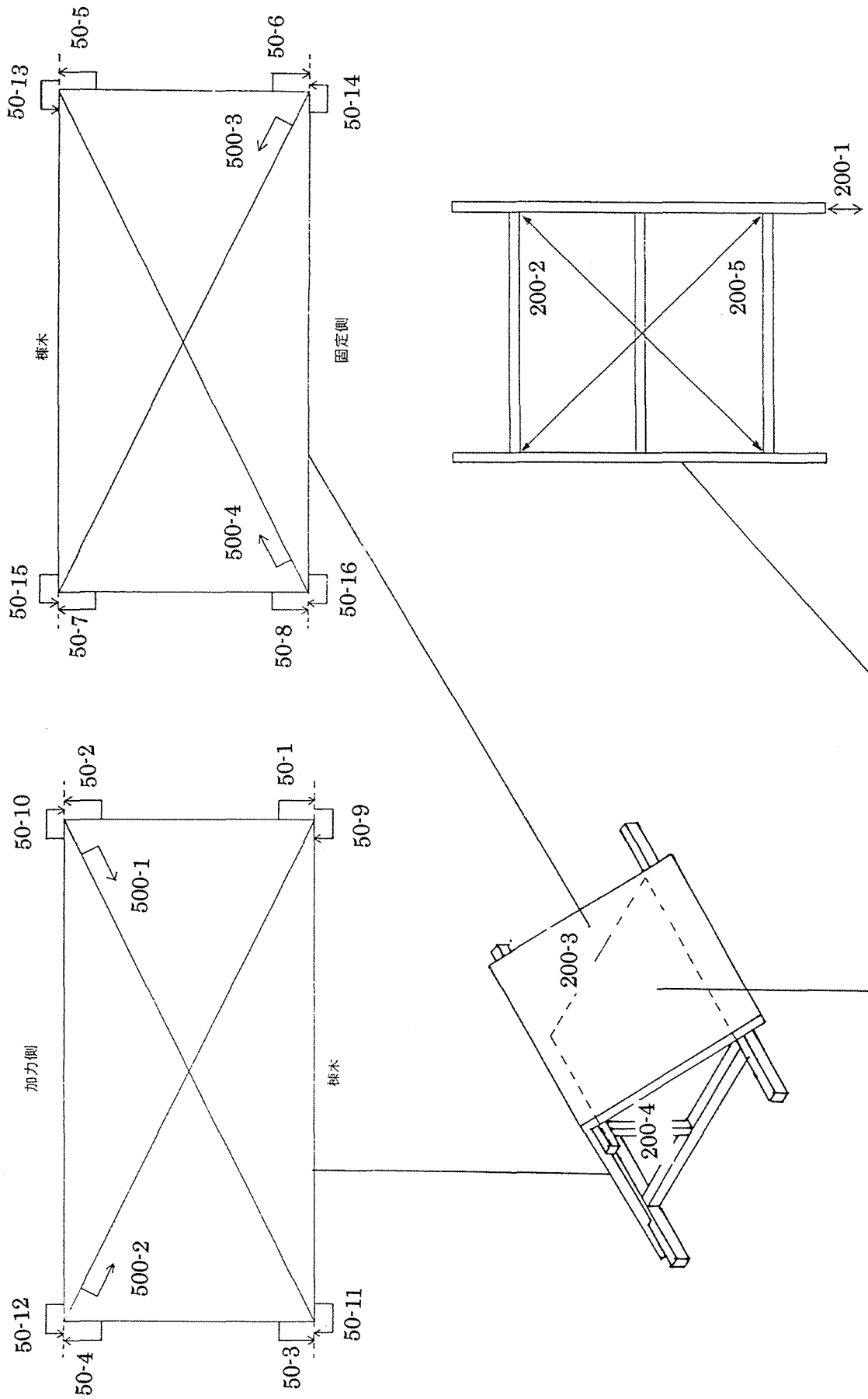


図 2 - 6 変位計取り付け位置 (桁行方向加力)

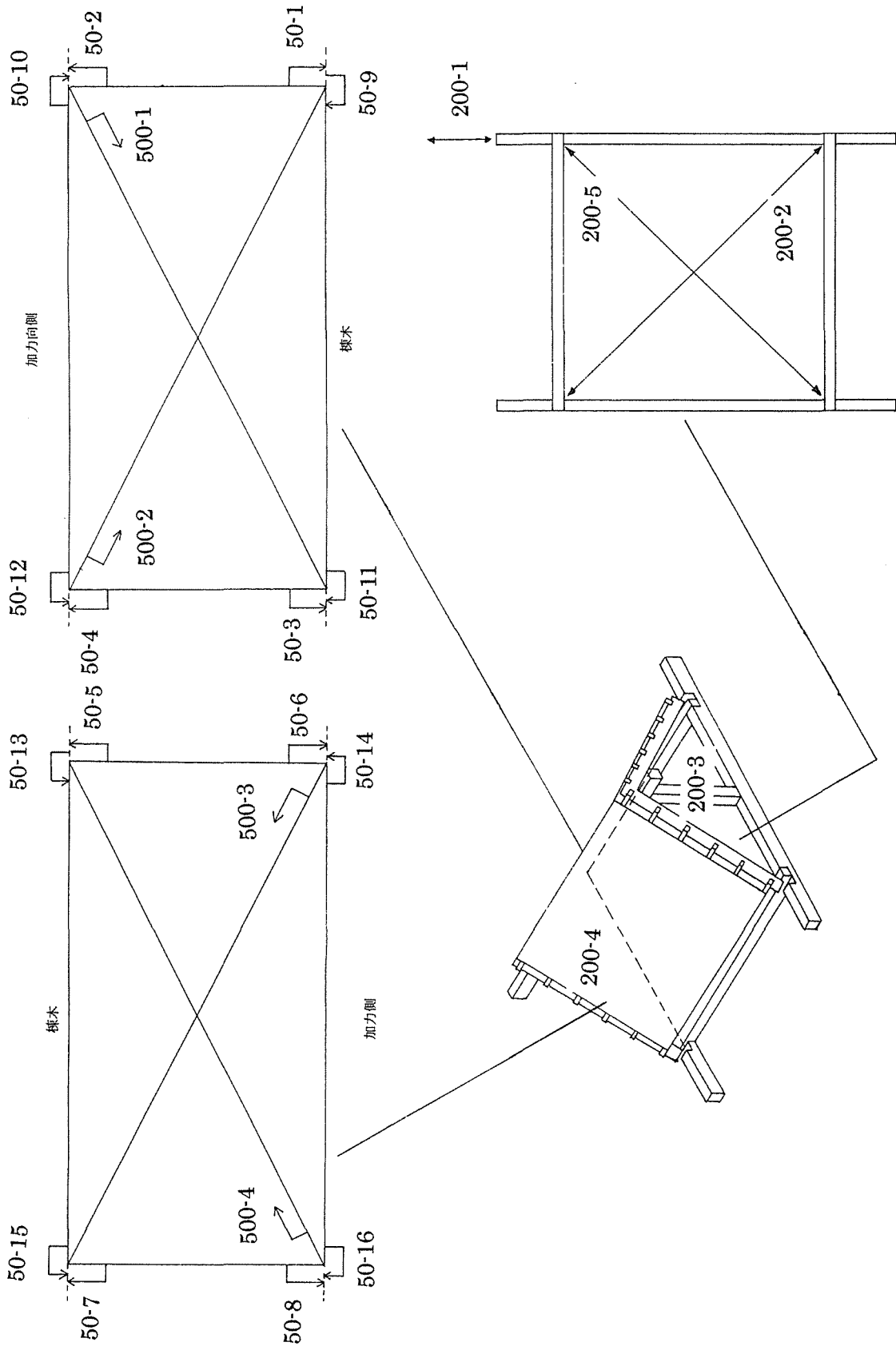


図 2 - 7 変位計取り付け位置 (梁間方向加力)

図2-6には桁行方向加力の場合、図2-7には梁間方向加力の場合を示す。なお、和小屋タイプと登り梁タイプにおいては、測定箇所はまったく同一である。加力方向の水平変位を測定するとともに、屋根面のせん断変形、回転、浮き上がりを測定した。測定目的と変位計番号の対照を表2-4に示す。変位計は東京測器のものを用いた。表中の変位計番号において、200はSDP200、500はDP500Cを、50はCDP50の変位計を使用したことを示す。

表2-4 変位計番号一覧

測定箇所	変位計番号
加力方向水平変位	200-1
梁桁面せん断変形（対角線の伸縮）	200-2 200-5
屋根面のせん断変形（対角線の伸縮）	500-1 500-2 500-3 500-4
屋根面の回転（棟木～垂木）	50-1 50-3 50-5 50-7
屋根面の回転（軒桁～垂木）	50-2 50-4 50-6 50-8
屋根面の浮き上がり（棟木付近野地板～垂木）	50-9 50-11 50-13 50-15
屋根面の浮き上がり（軒桁付近野地板～垂木）	50-10 50-12 50-14 50-16
棟木と梁との距離	200-3 200-4

2.4 治具

桁行き方向加力、梁間方向加力それぞれにおいて、試験体を治具に設置した状況を図2-8、図2-9に示す。図には、登り梁タイプを示したが、和小屋タイプにおいても設置状況は同じである。なお、1番初めに行った和小屋タイプ、桁方向加力、矩勾配以外の試験体においては、加力方向の直交方向に桁または梁をターンバックルつきの棒鋼でつなぎ、せん断変形のみ起こさせる形とした。

2.5 加力方法ならびに反力の測定箇所

加力は、直径24mmの長ネジのナットを移動させることにより強制変位を与えて行った。繰り返しの履歴は、図2-10に示すような梁桁面のせん断変形角 X/L が表2-5に従うものとした。なお、Lは2700mmとした。

表2-5 加力スケジュール

変形角	1/240		1/120 $\sqrt{2}$		1/120		1/60 $\sqrt{2}$		1/60		1/30 $\sqrt{2}$		1/30	
変位	11.26		15.29		22.52		31.85		45.04		63.7		90.1	
押(+)	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
引(-)														

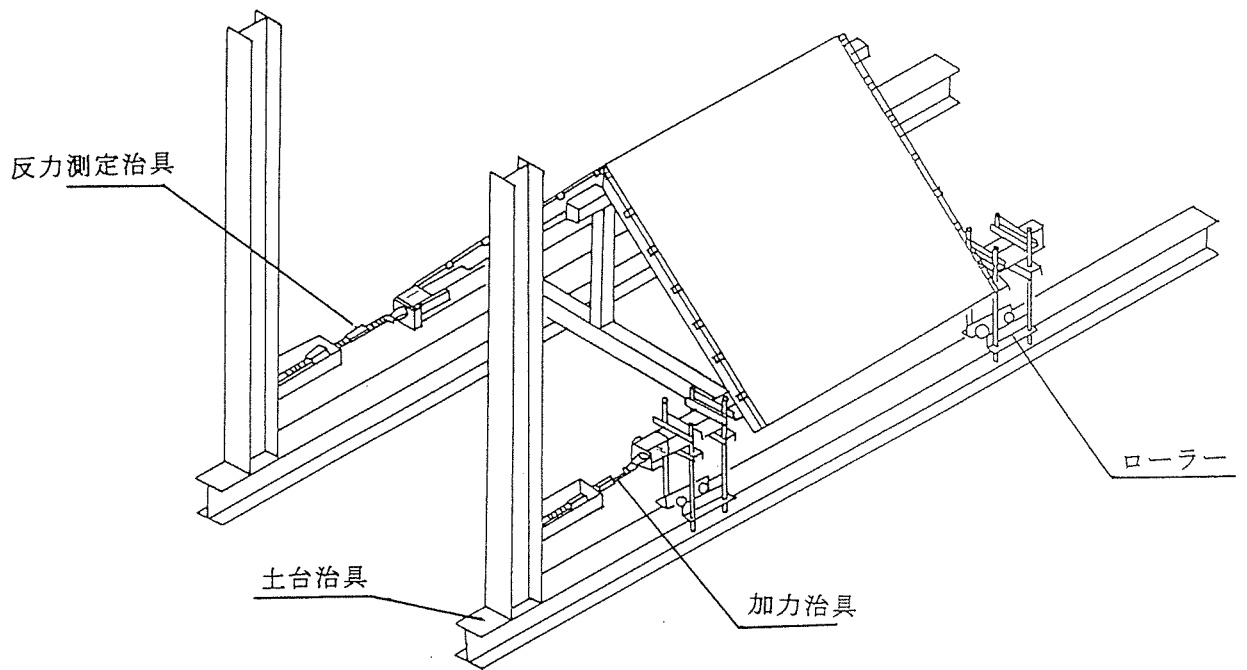


図 2 - 8 試験体設置状況 (桁行方向加力)

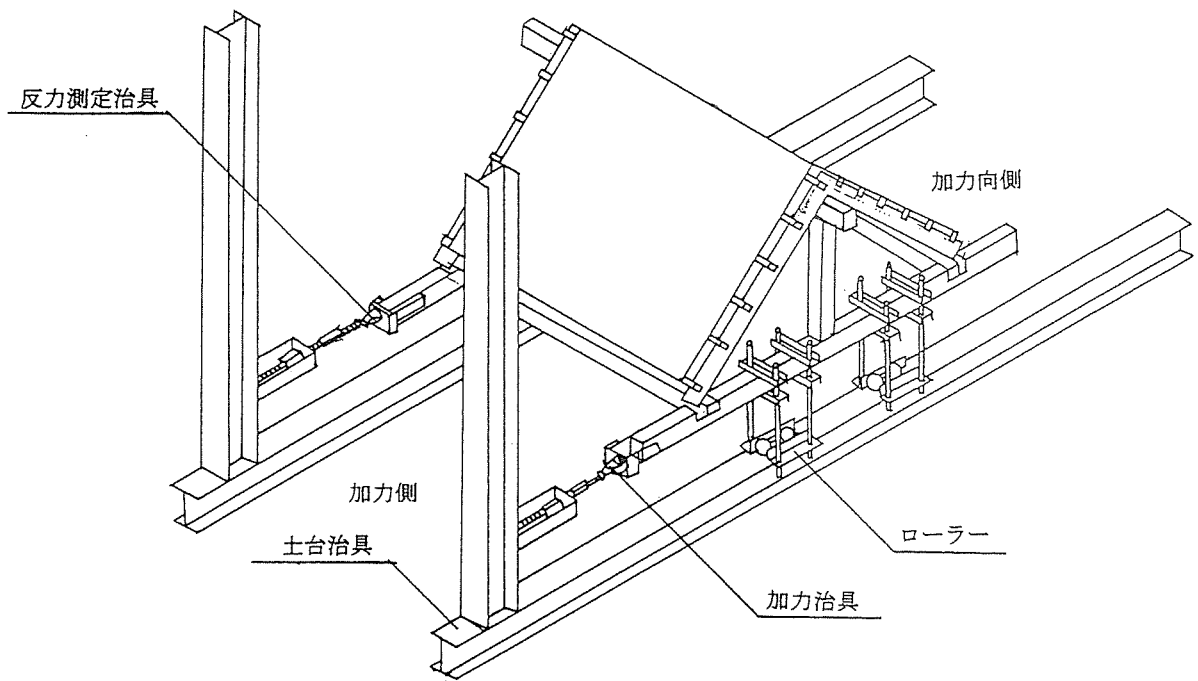


図 2 - 9 試験体設置状況 (梁間方向加力)

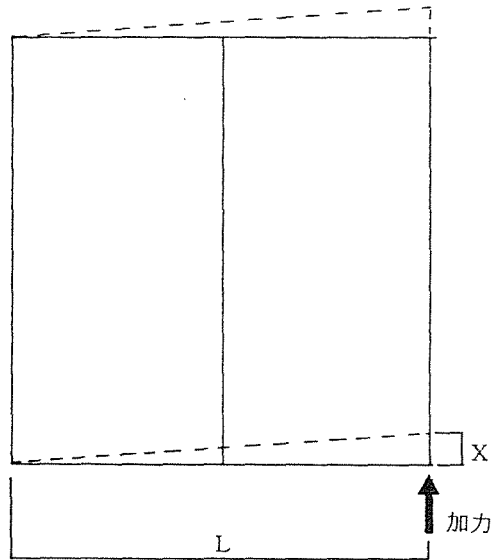
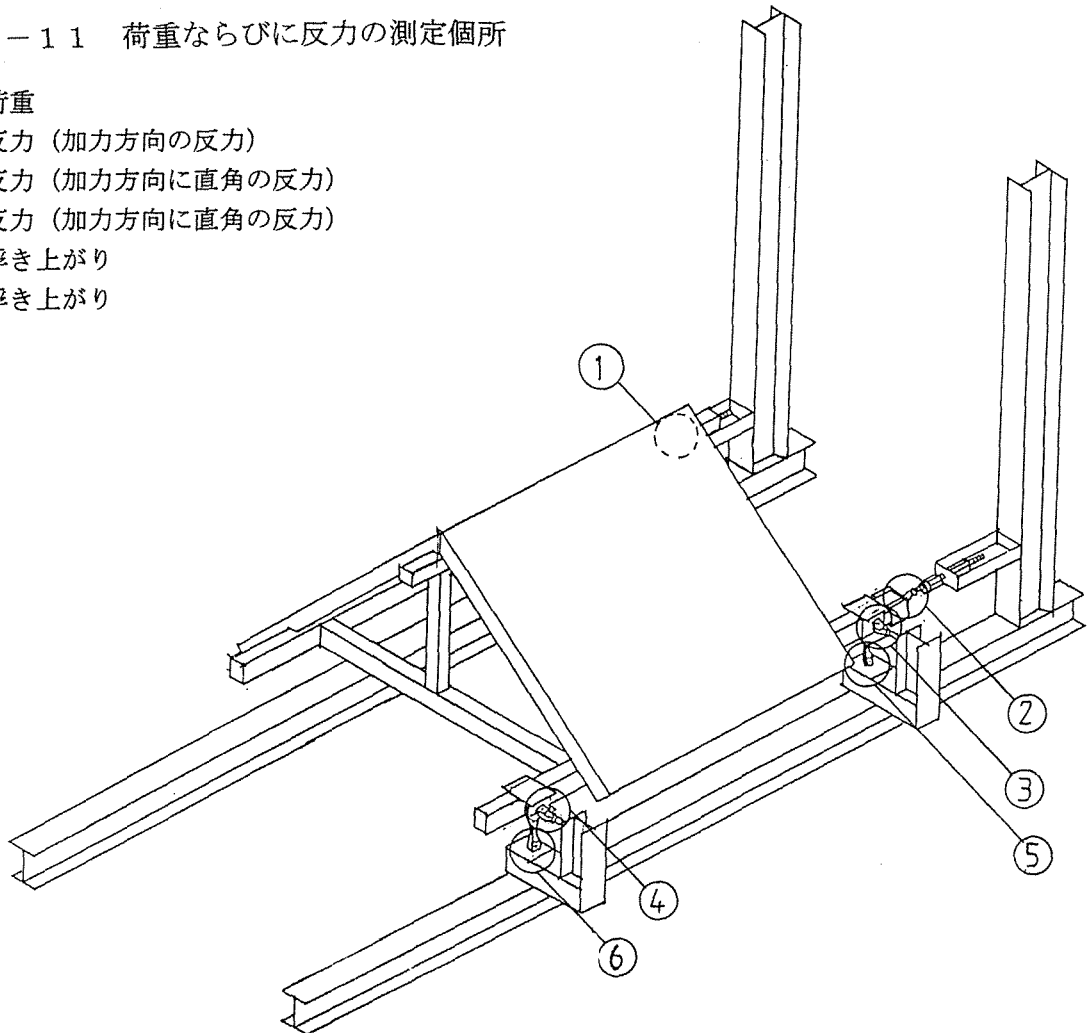


図 2 - 1 0 制御したせん断変形角

荷重ならびに反力測定個所を図 2 - 1 1 に示す。なお、それぞれの個所において、治具の両端をピン支持とし、軸方向力のみ測定する仕様とした。

図 2 - 1 1 荷重ならびに反力の測定個所

- 1 荷重
- 2 反力 (加力方向の反力)
- 3 反力 (加力方向に直角の反力)
- 4 反力 (加力方向に直角の反力)
- 5 浮き上がり
- 6 浮き上がり



3. 実験結果

3. 1 実験結果グラフならびに写真のレイアウト

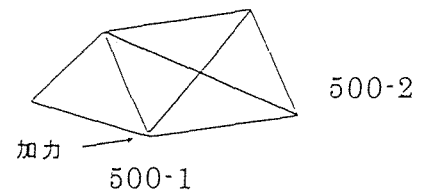
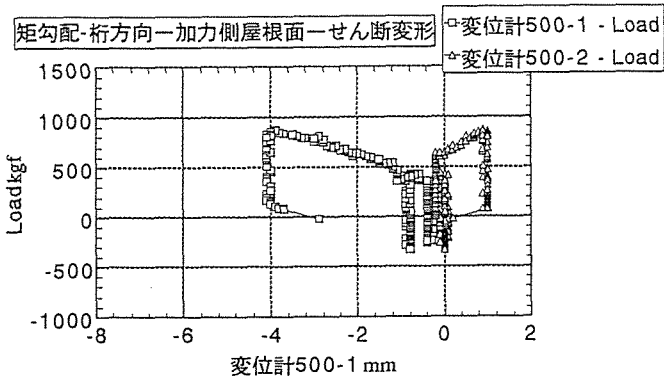
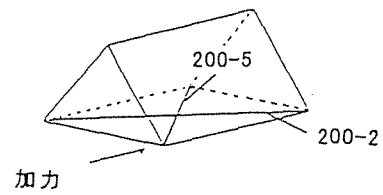
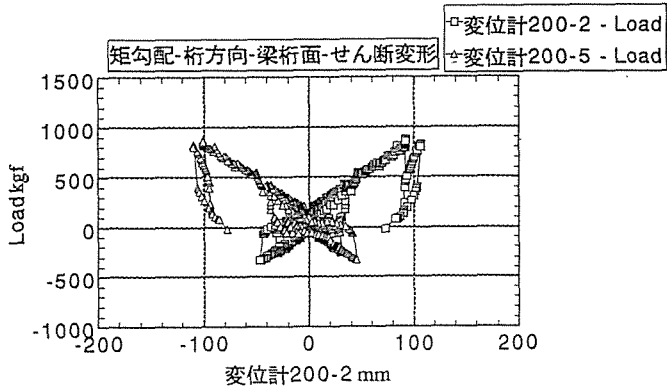
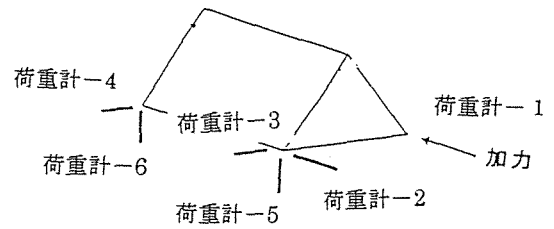
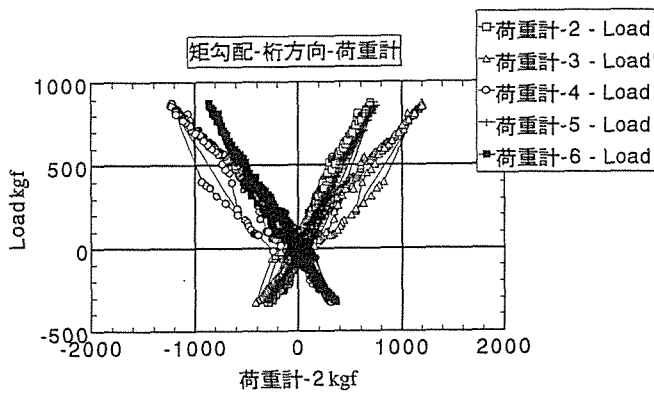
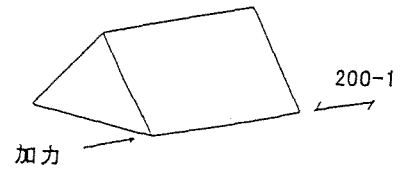
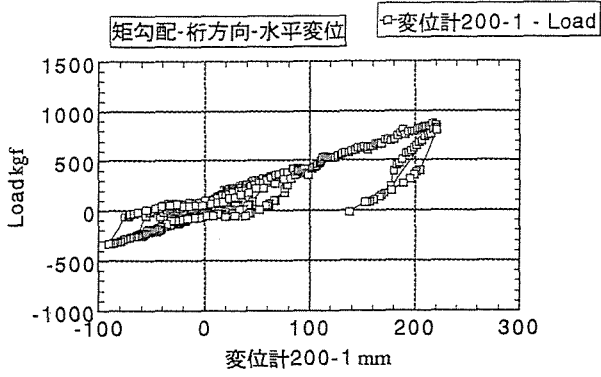
以下に実験結果のグラフを示す。

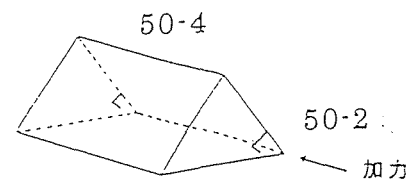
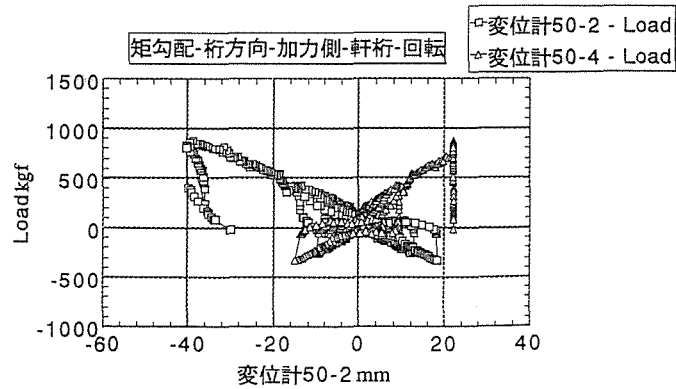
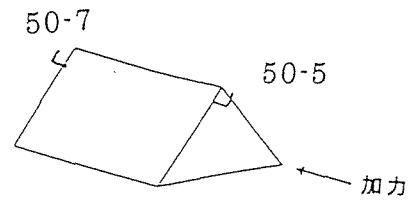
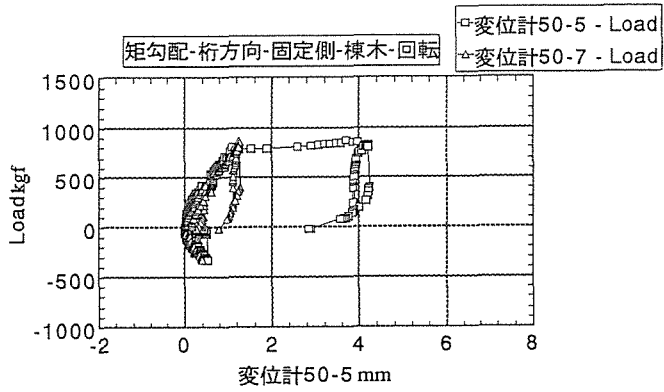
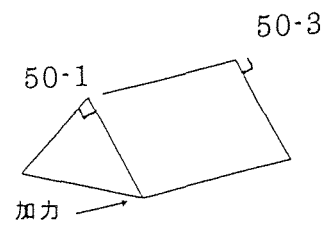
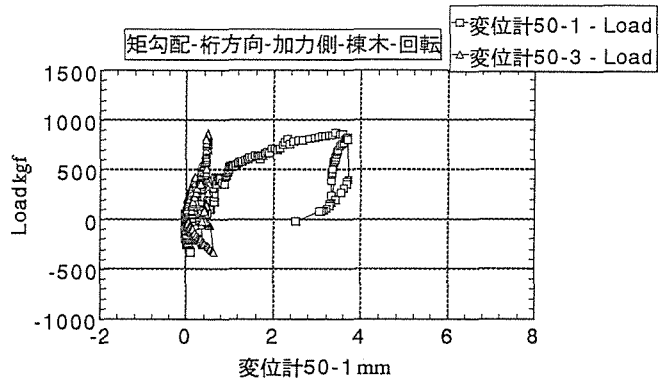
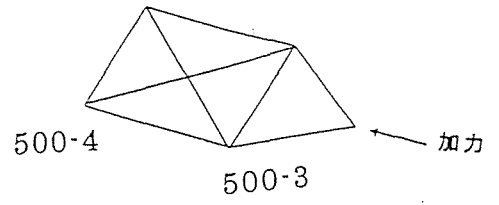
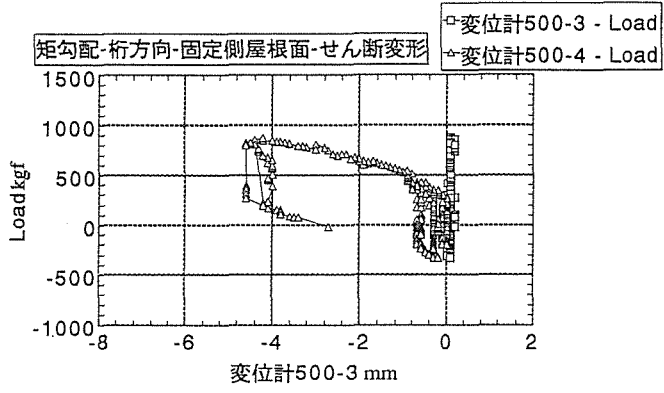
3. 2から3. 15において、試験体ごと結果をまとめて示した。1つの試験体につき、荷重を縦軸とし、測定目的ごとにまとめたグラフを14葉、さらに縦軸を加力方向の水平変位としたものを12葉、合計26葉を並べた。それぞれのグラフの右側には、グラフに関する変位計の取り付け位置、ならびに荷重、反力の測定位置を示す略図を添えた。

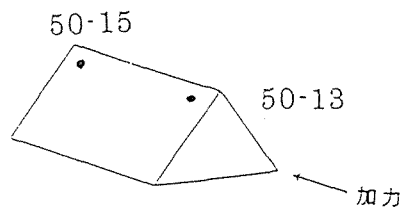
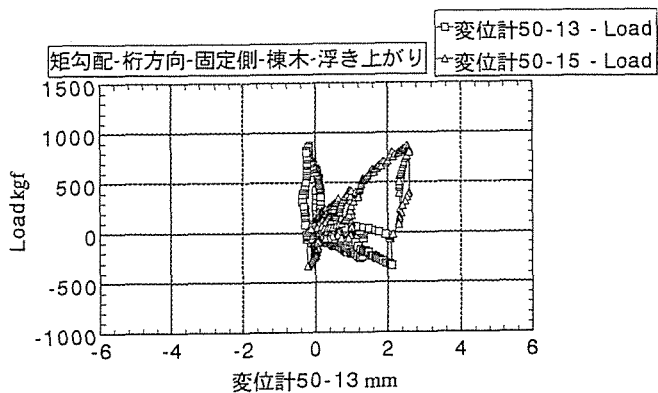
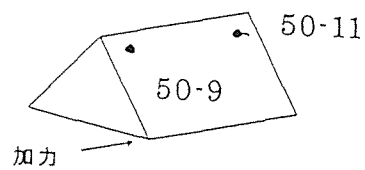
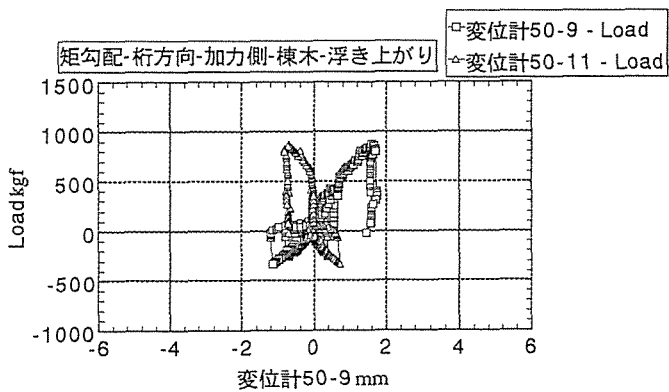
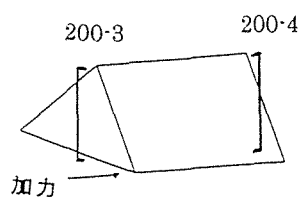
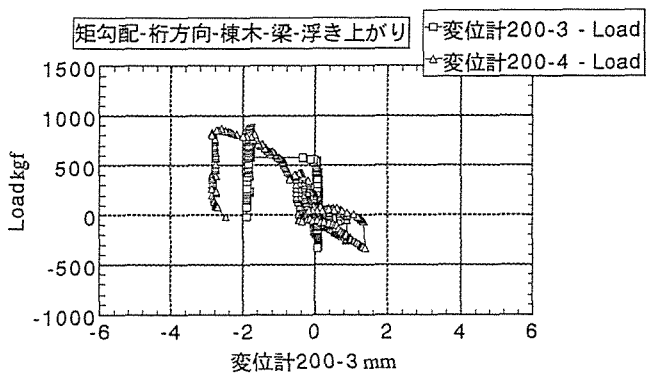
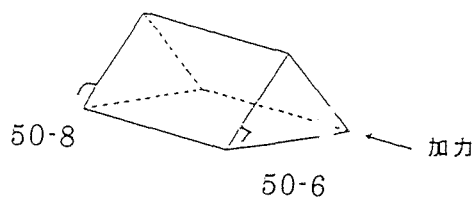
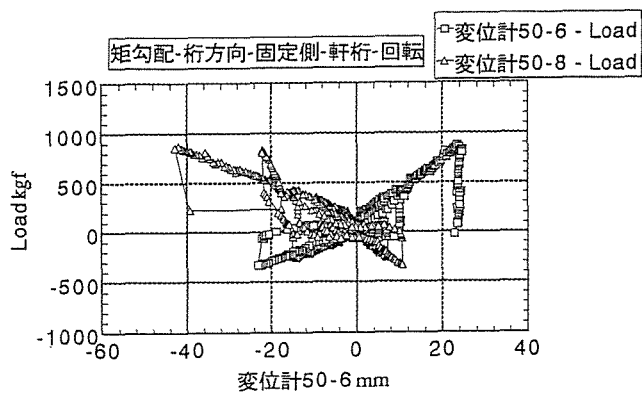
また、3. 16には、梁桁面のせん断変形角が $1/60$ 時と $-1/60$ 時の実験値を、荷重計ならびに変位計の取り付け位置ごとに、勾配により比較するグラフを示した。

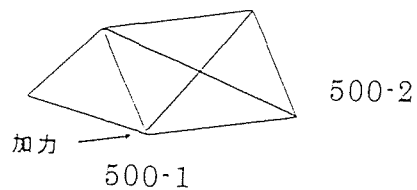
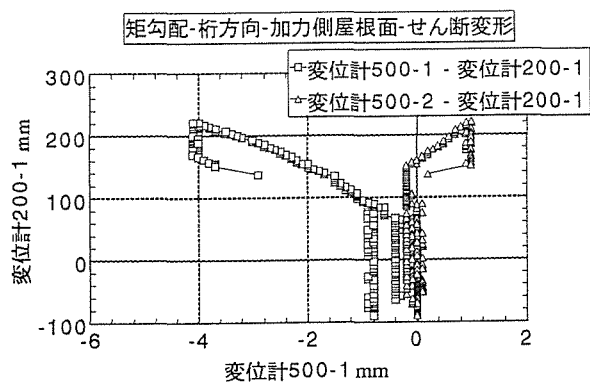
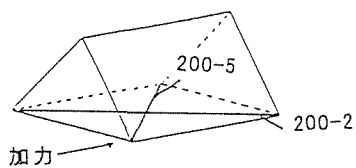
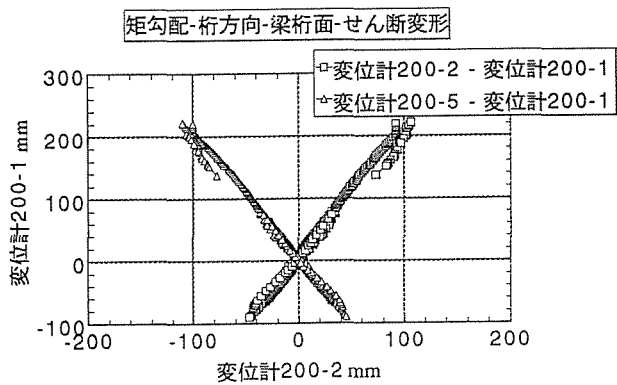
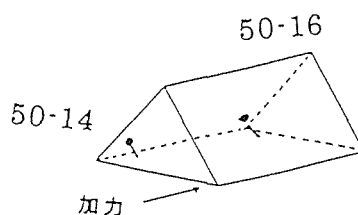
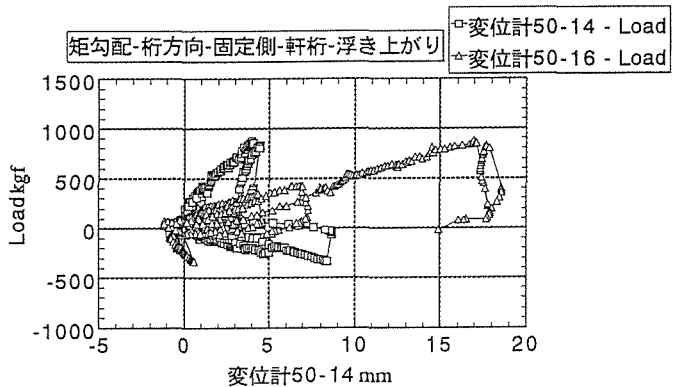
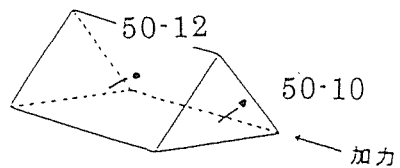
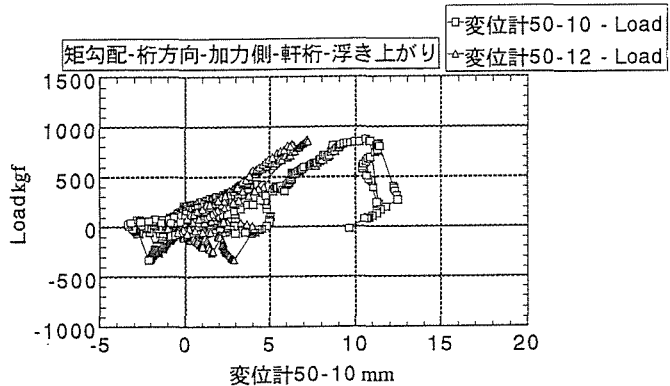
3. 17には、試験体や変位計の設置状況に加え、変形ならびに破壊状況を写真2-1から写真2-32に示す。

3. 2 和小屋・桁行方向加力・矩勾配

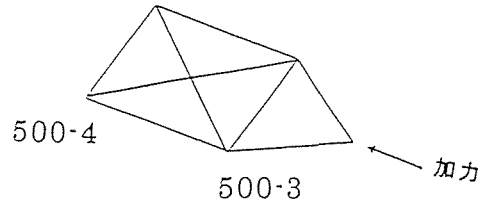
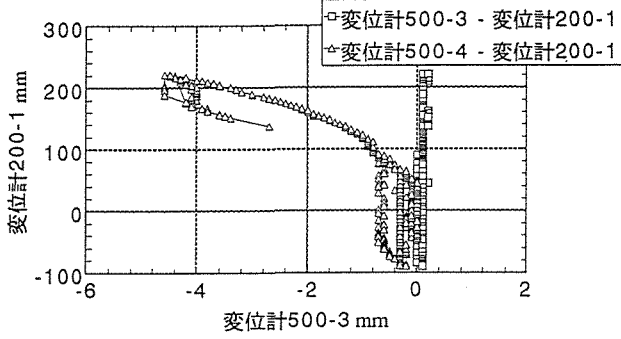




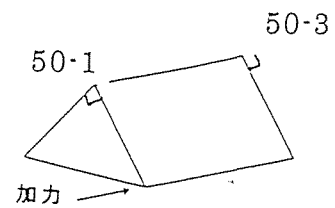
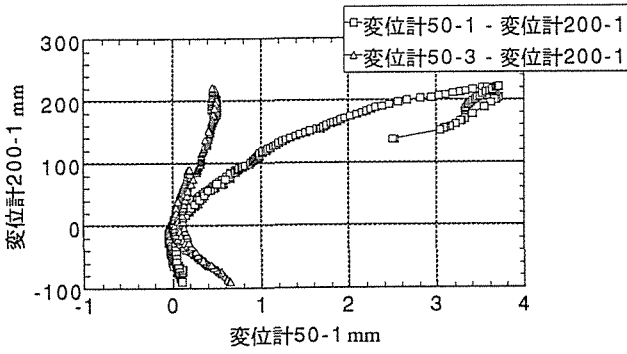




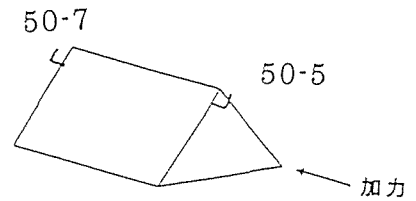
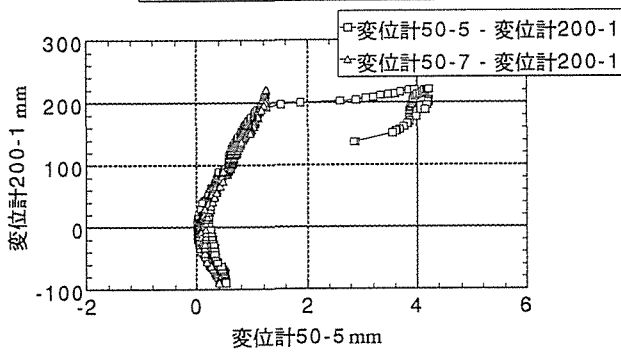
矩勾配-桁方向-固定側屋根面-せん断変形



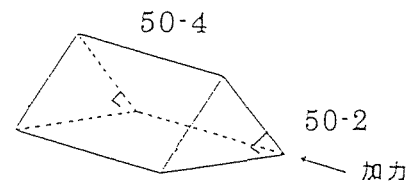
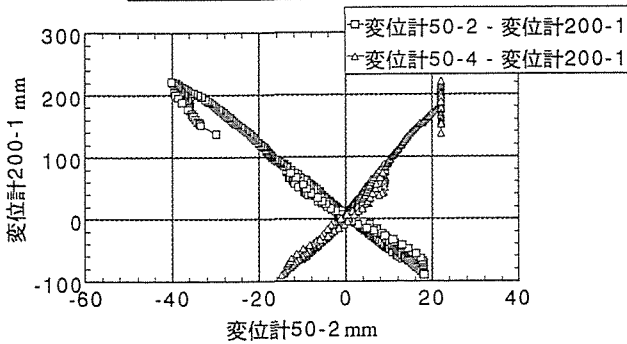
矩勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



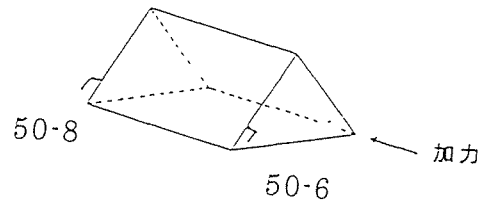
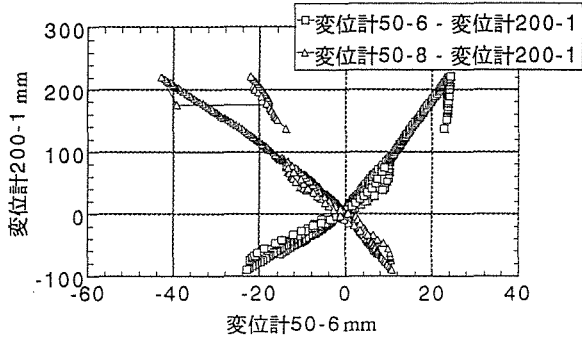
矩勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



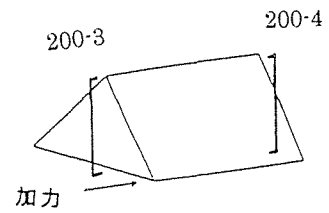
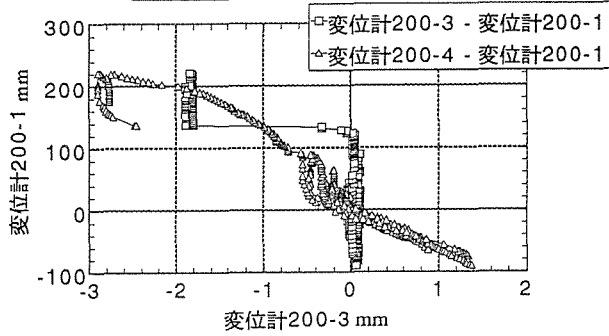
矩勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



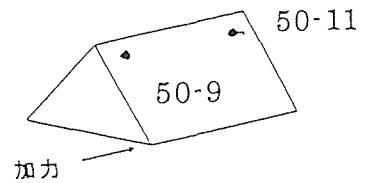
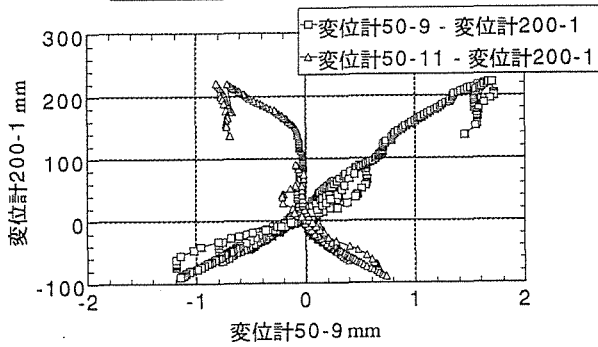
矩勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



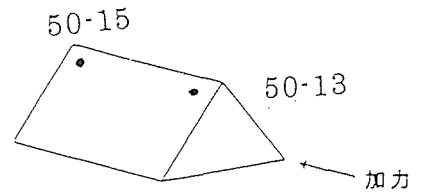
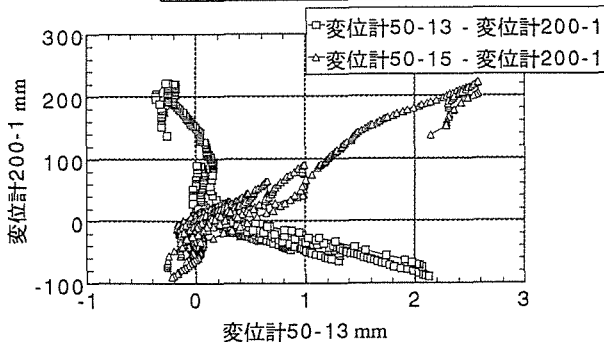
矩勾配-桁方向-棟木-梁-浮き上がり

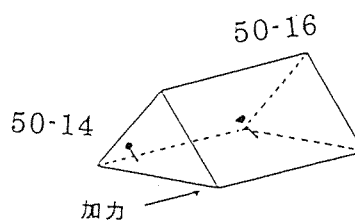
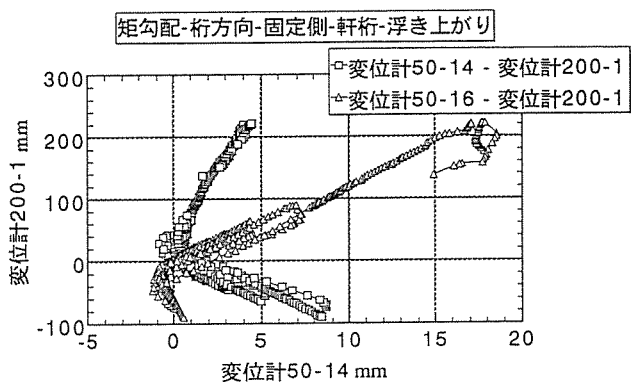
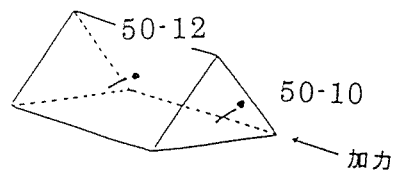
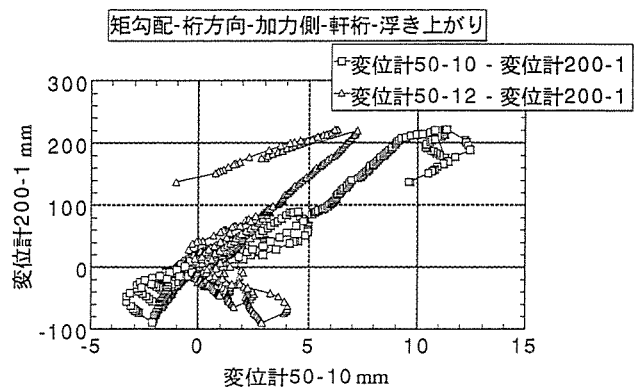


矩勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり

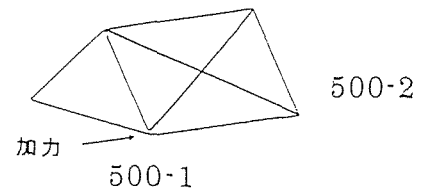
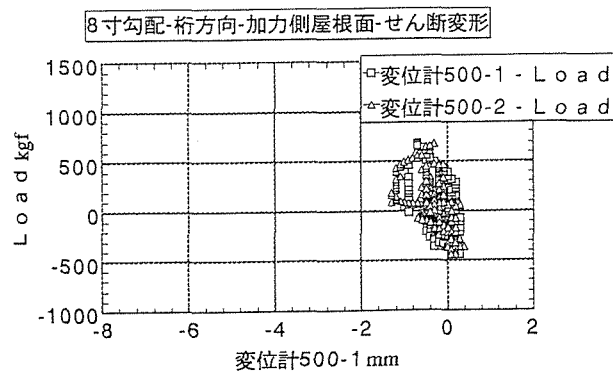
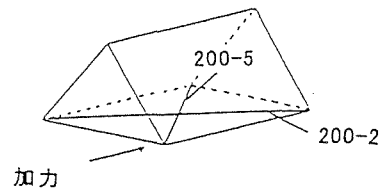
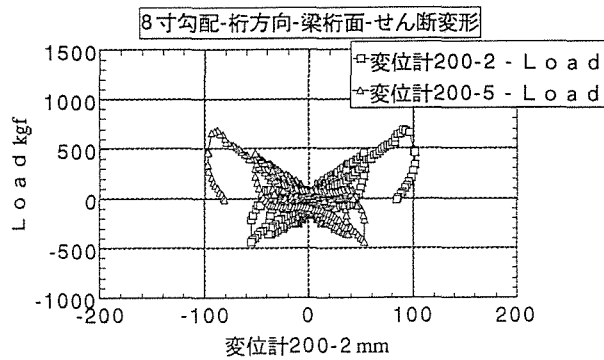
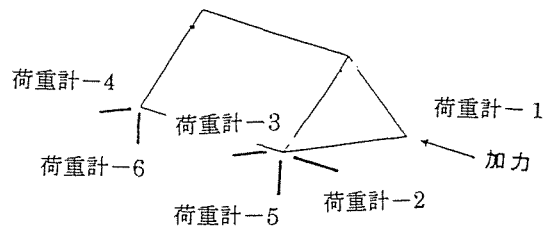
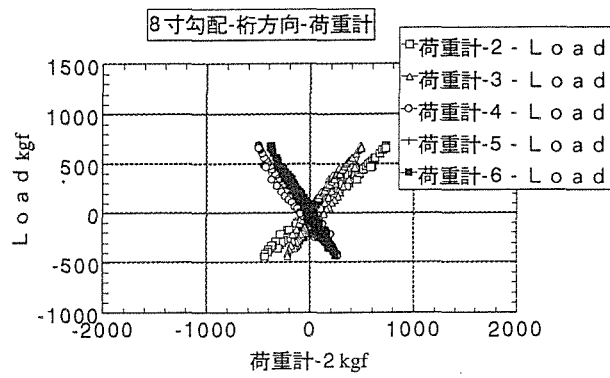
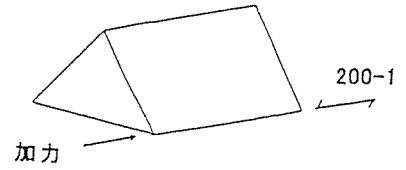
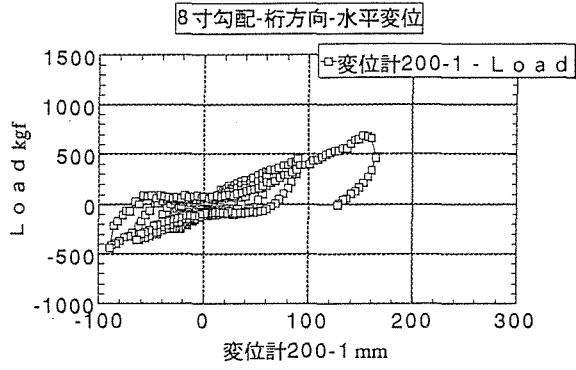


矩勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり

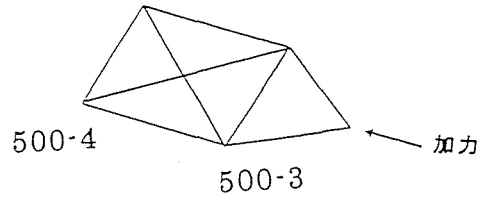
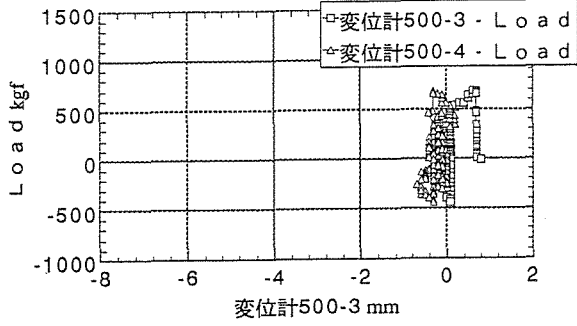




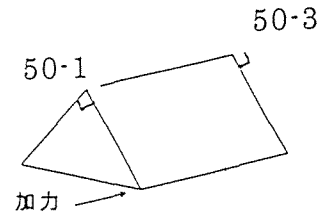
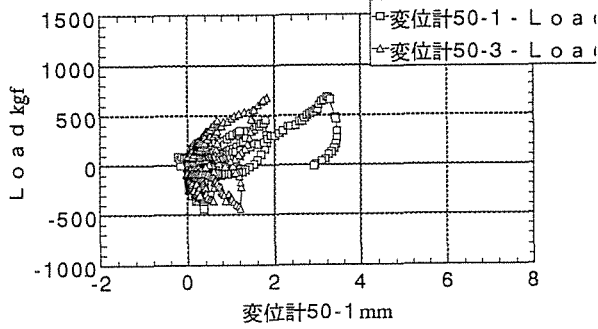
3. 3 和小屋・桁行方向加力・8寸勾配



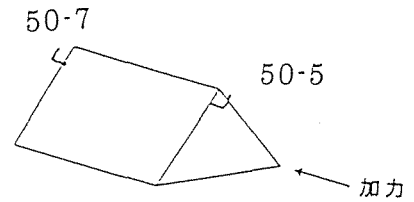
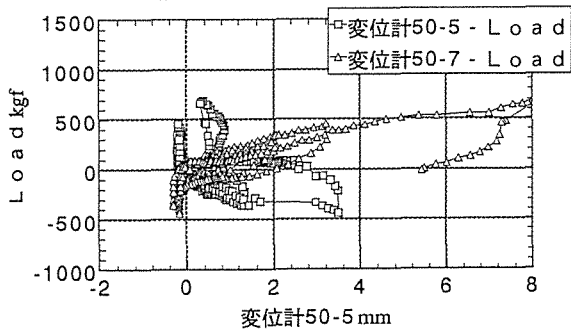
8寸勾配-桁方向-固定側屋根面-せん断変形



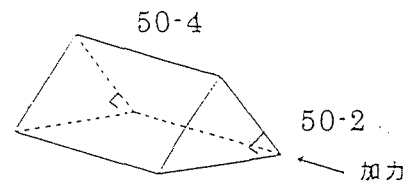
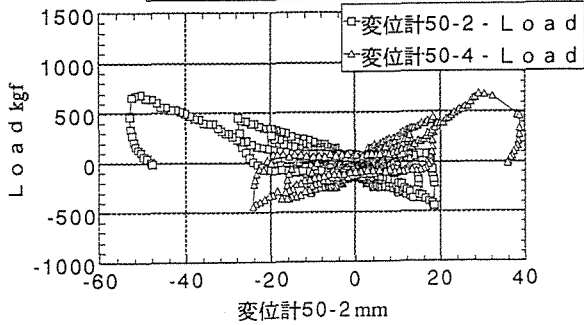
8寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



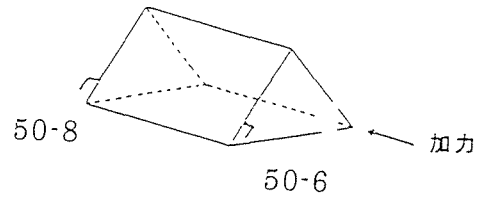
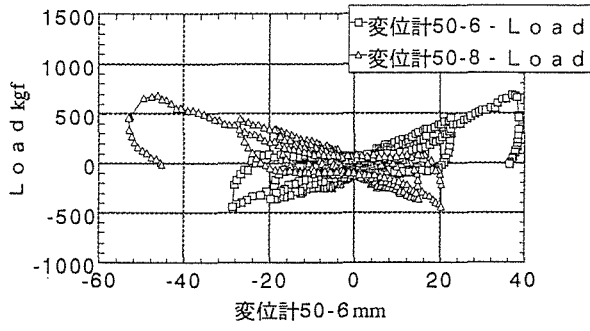
8寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



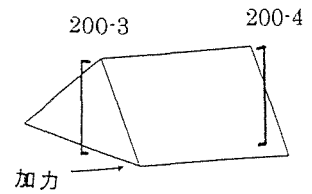
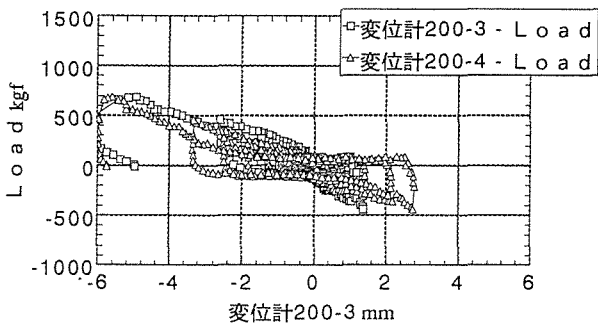
8寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



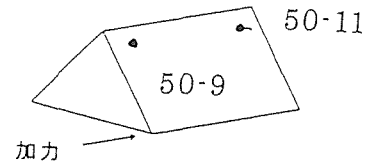
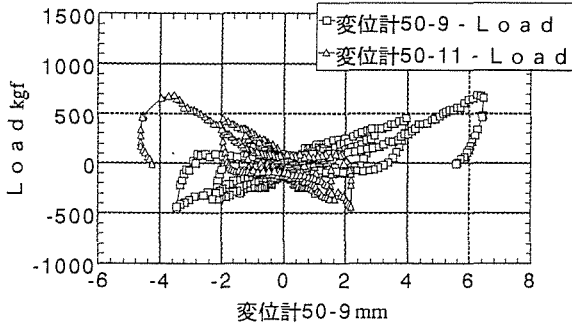
8寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



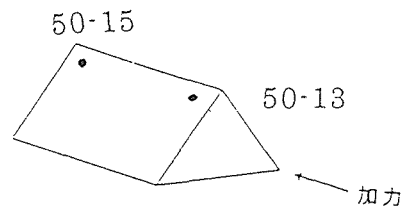
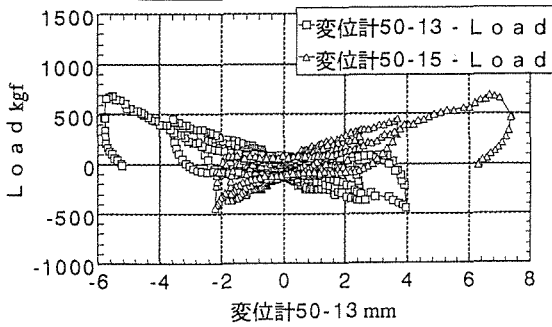
8寸勾配-桁方向-棟木-梁-浮き上がり

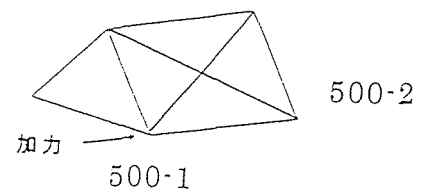
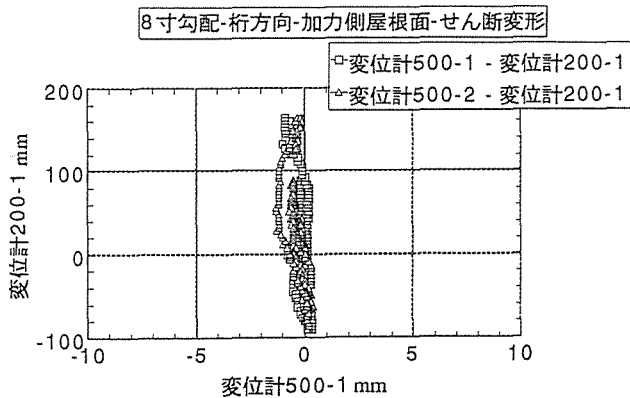
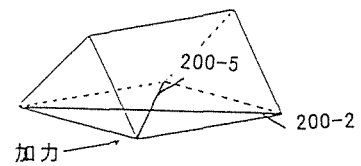
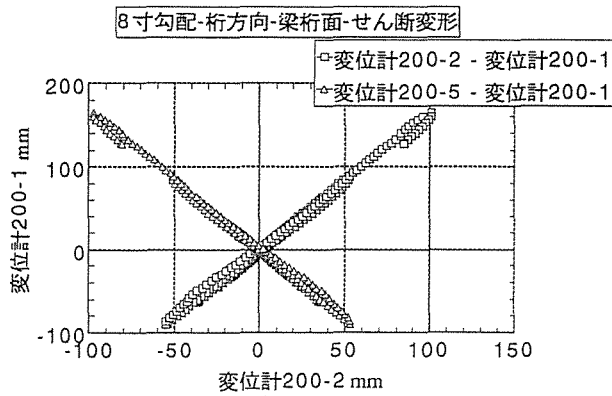
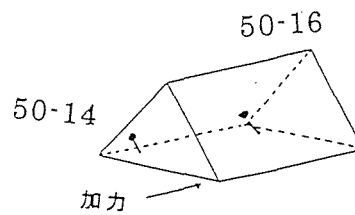
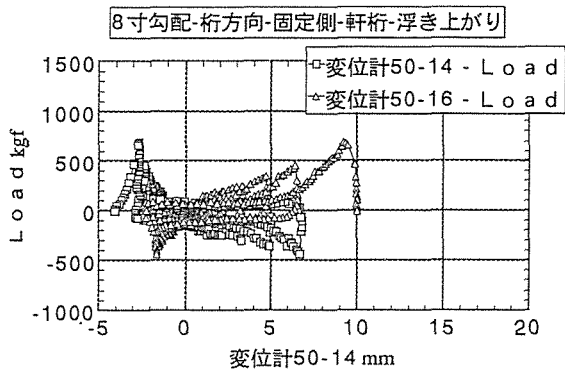
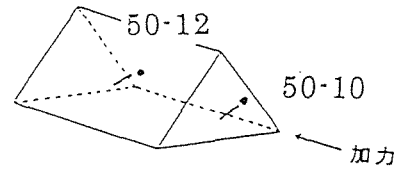
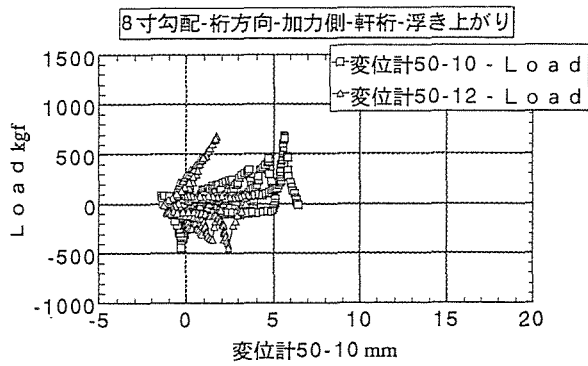


8寸勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり

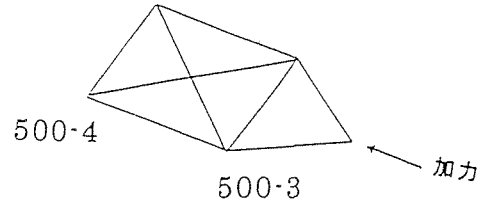
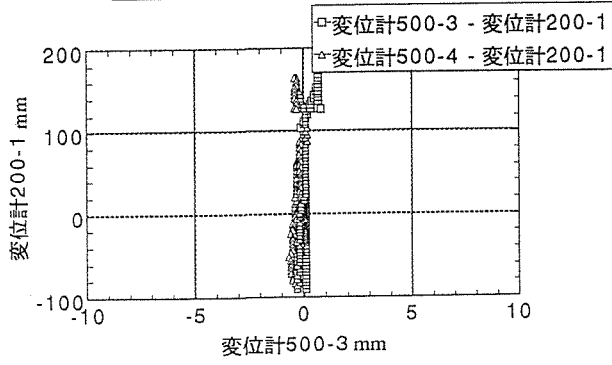


8寸勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり

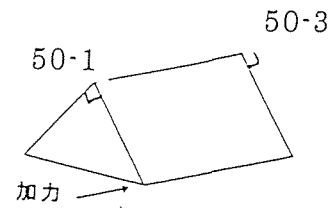
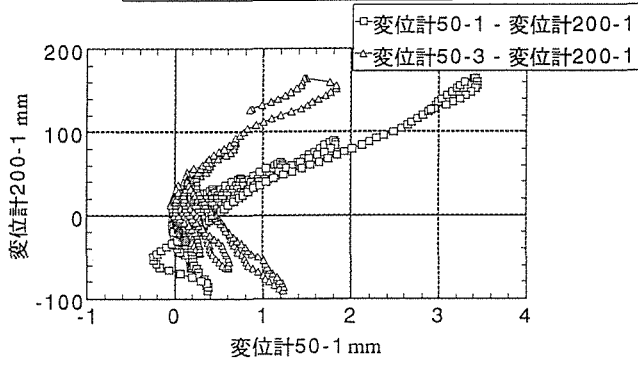




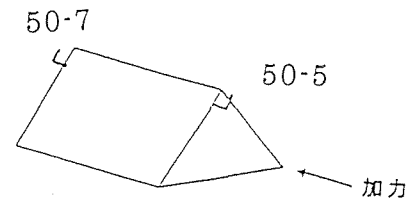
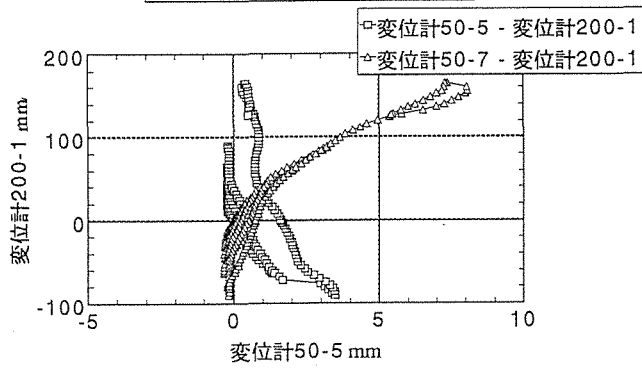
8寸勾配-桁方向-固定側-せん断変形



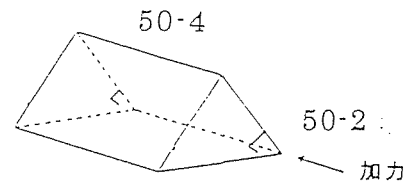
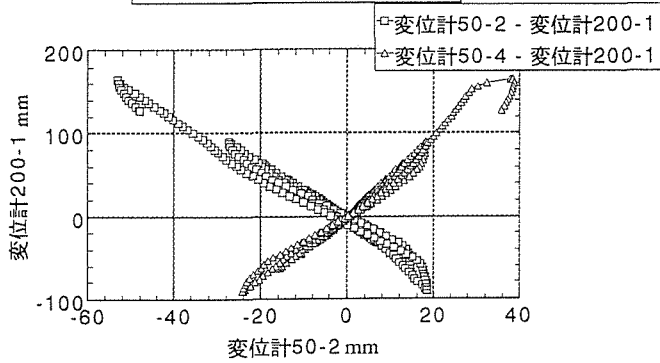
8寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



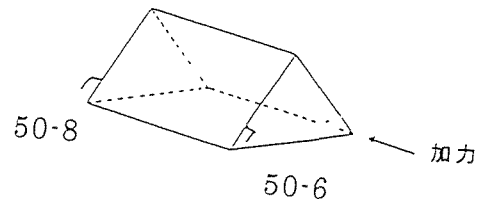
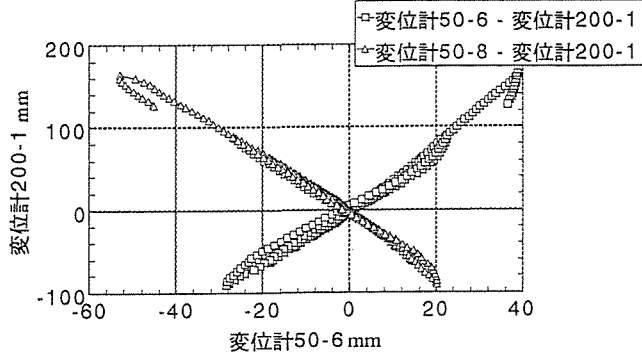
8寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



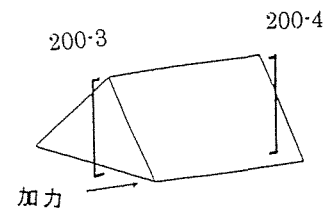
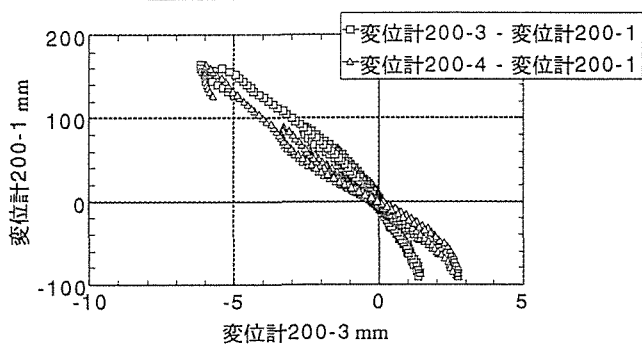
8寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



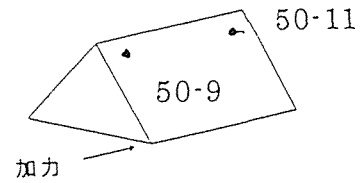
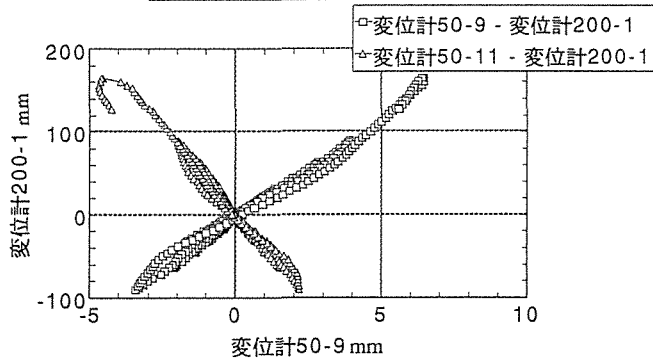
8寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



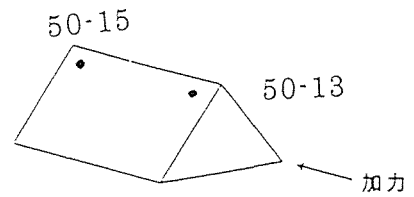
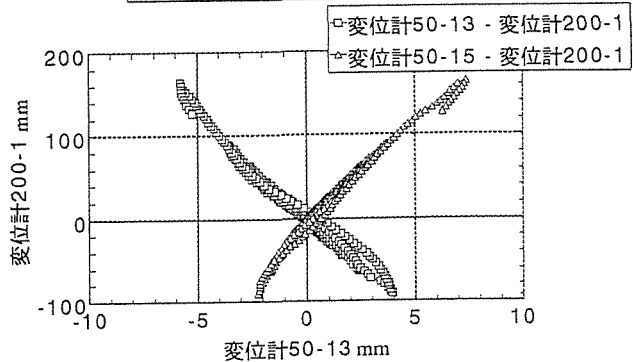
8寸勾配-桁方向-棟木-浮き上がり



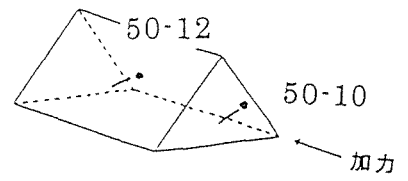
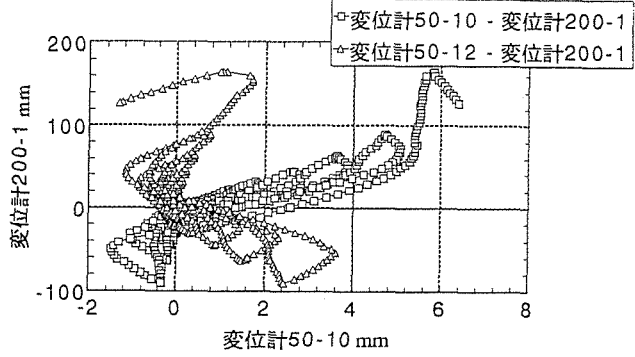
8寸勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり



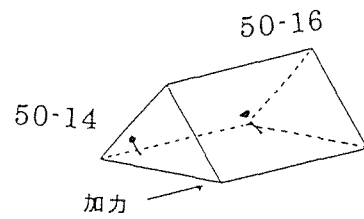
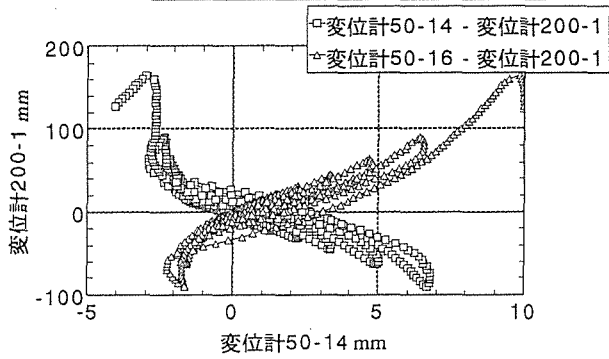
8寸勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり



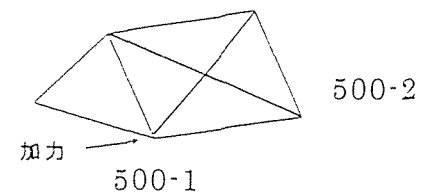
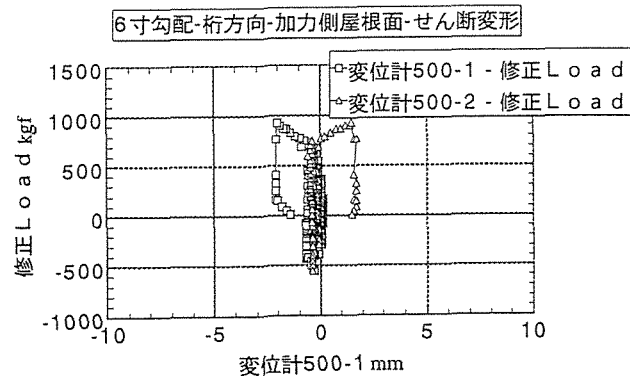
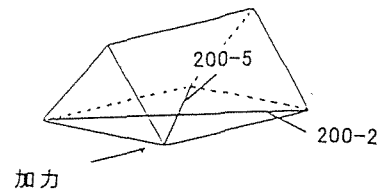
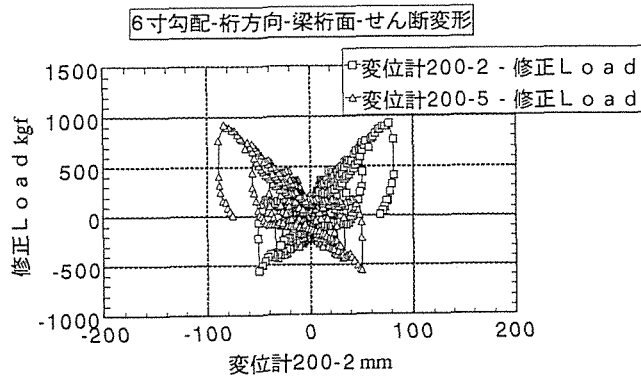
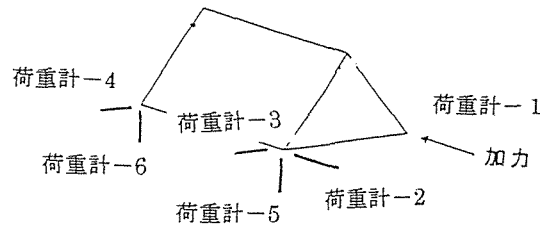
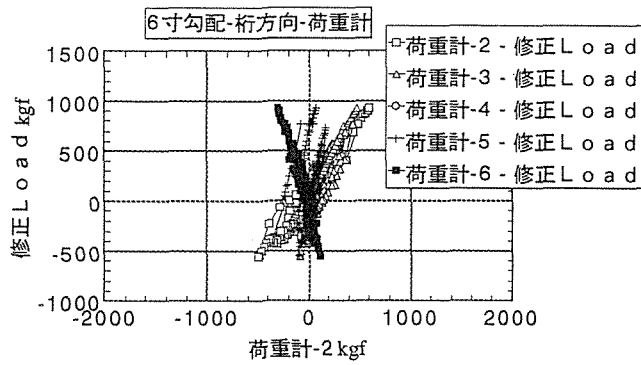
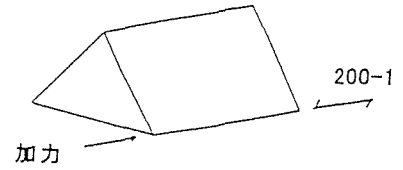
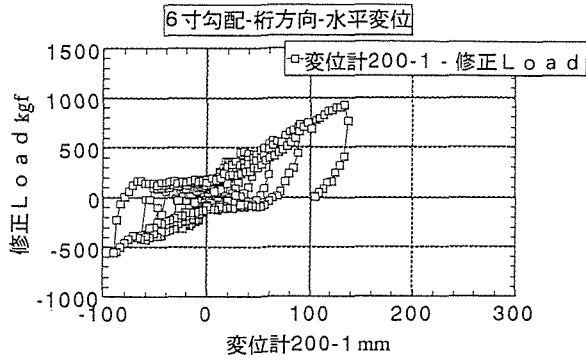
8寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



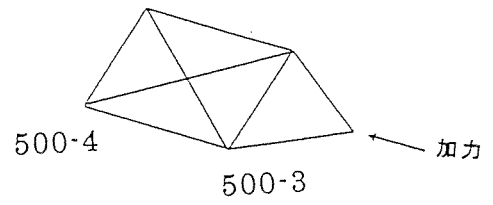
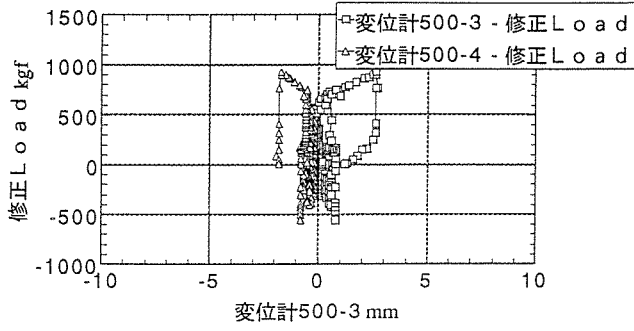
8寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり



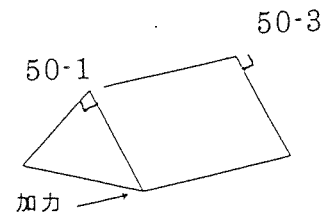
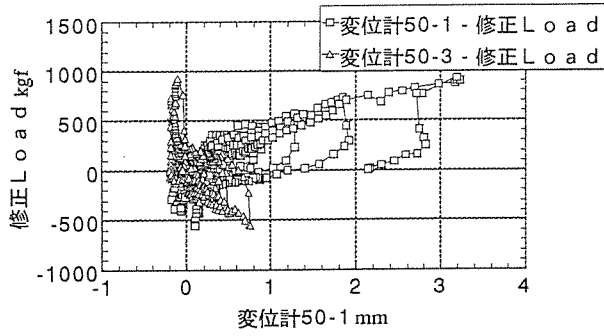
3. 4 和小屋・桁方向加力・6寸勾配



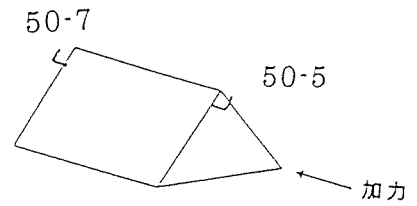
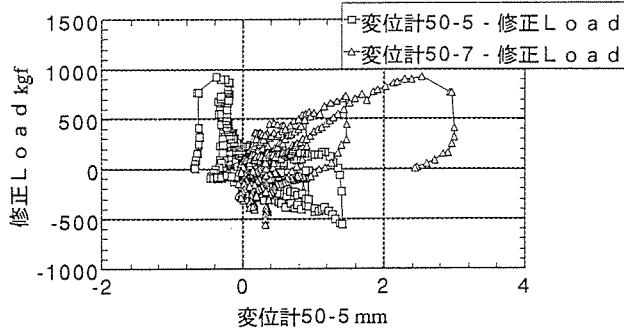
6寸勾配-桁方向-固定側屋根面-せん断変形



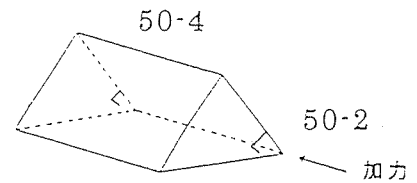
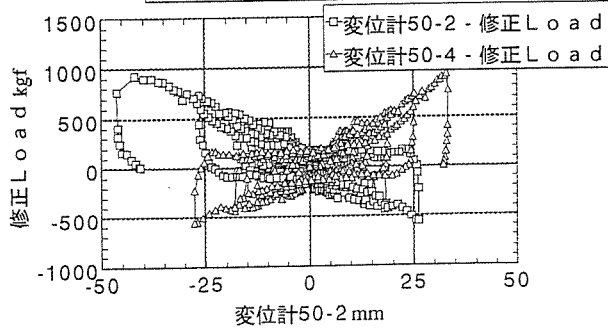
6寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



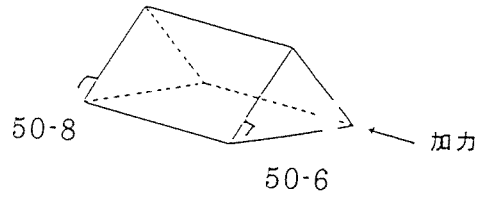
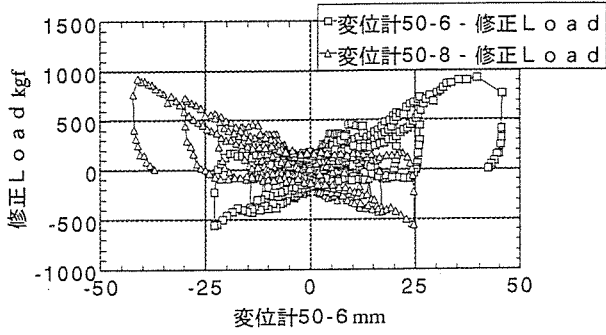
6寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



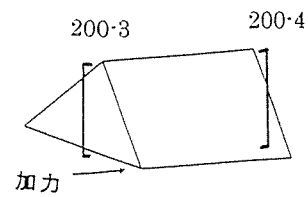
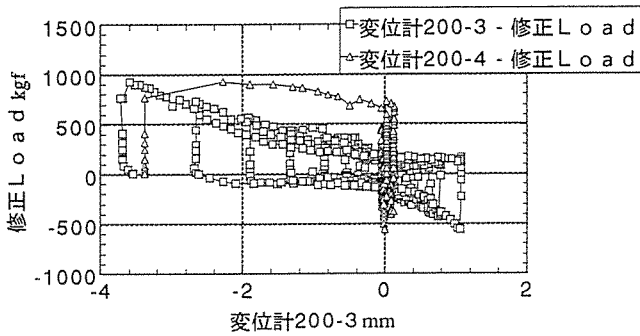
6寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



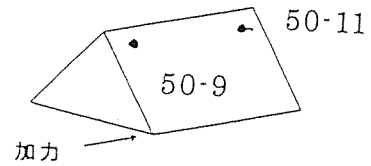
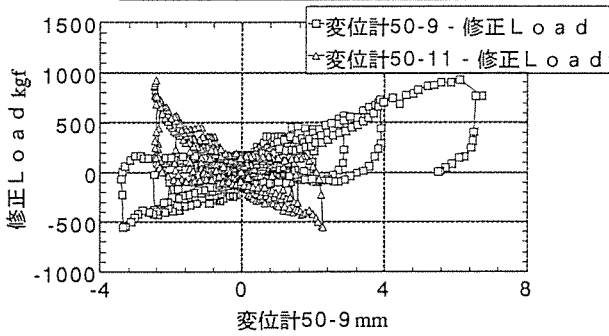
6寸勾配・桁方向-固定側-軒桁-回転



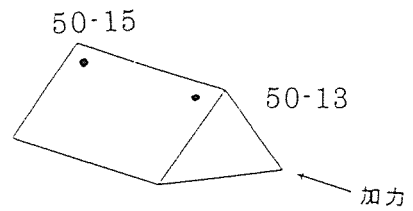
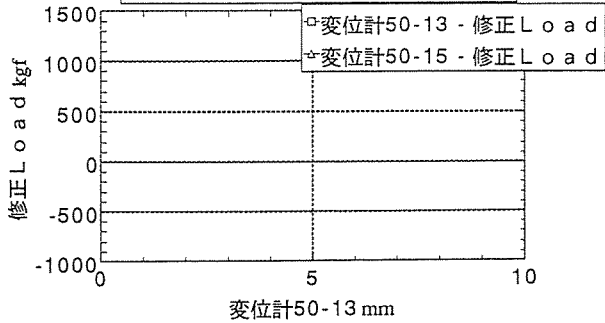
6寸勾配・桁方向-棟木-梁-浮き上がり

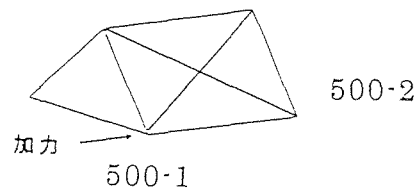
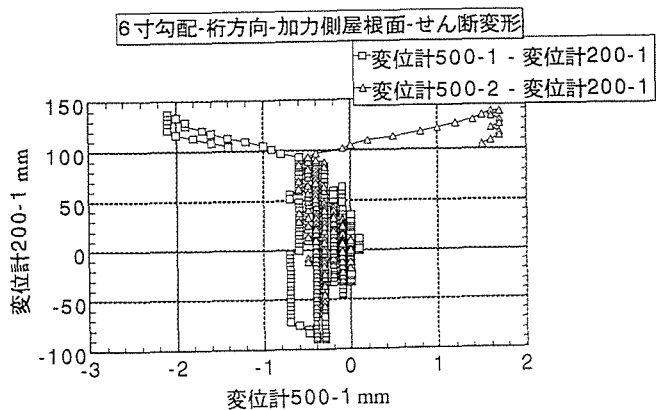
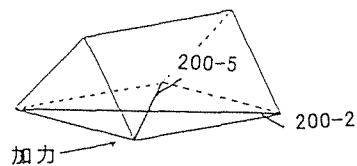
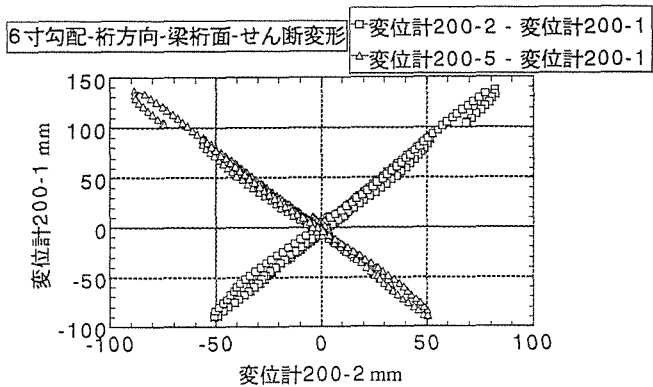
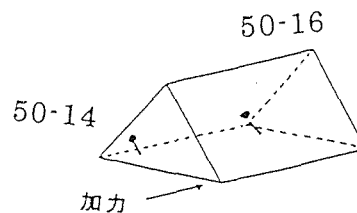
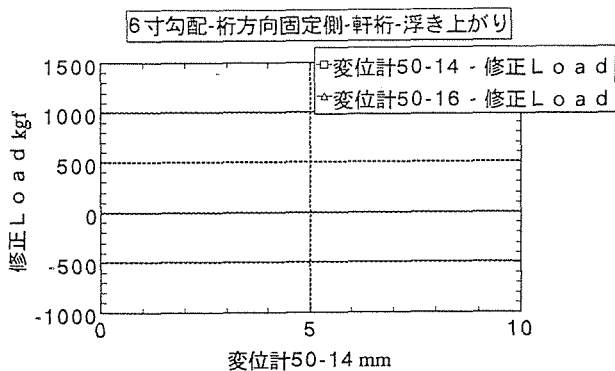
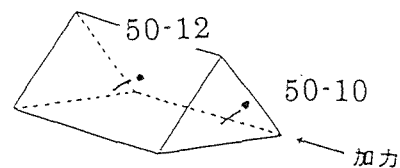
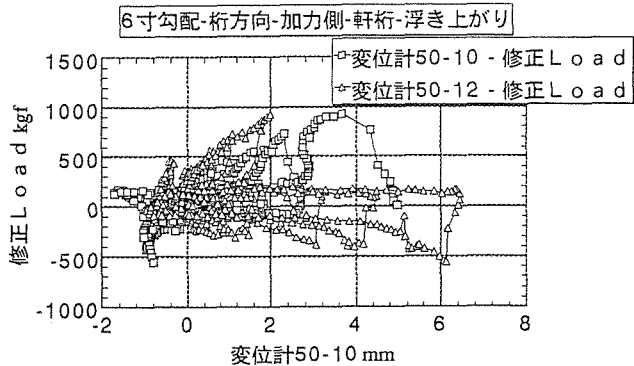


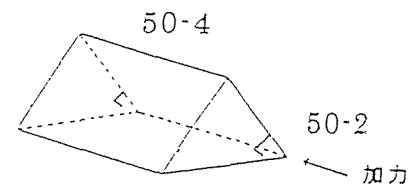
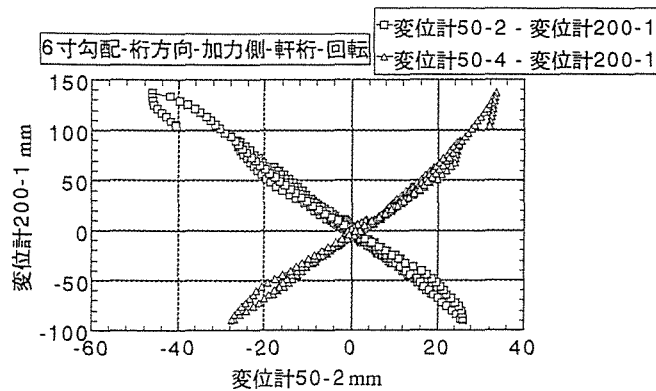
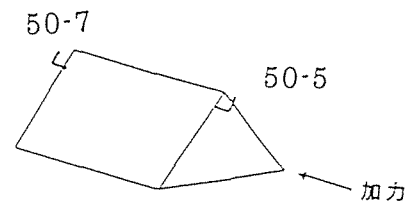
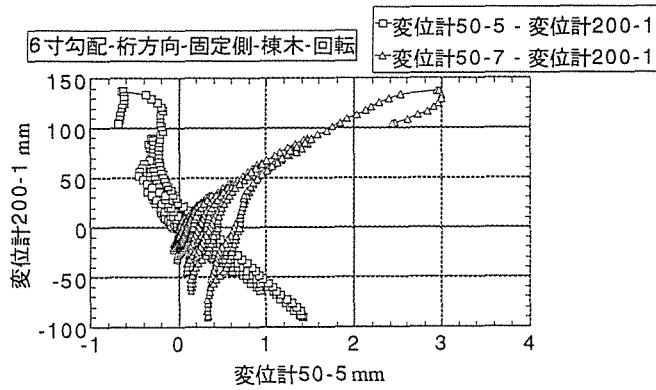
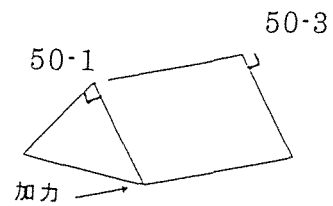
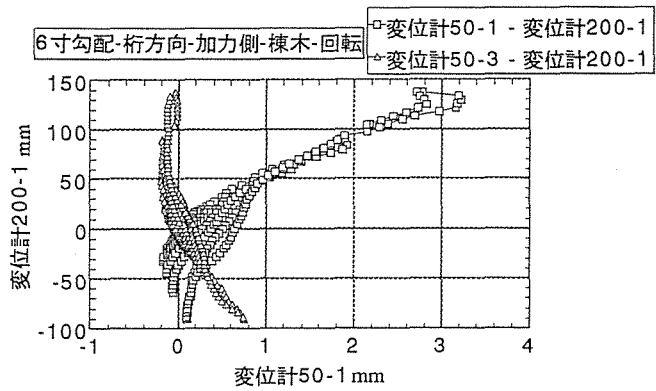
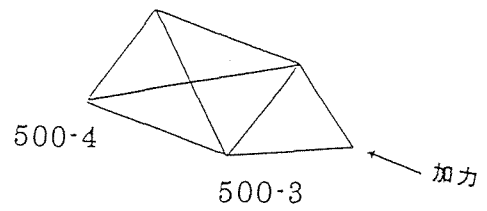
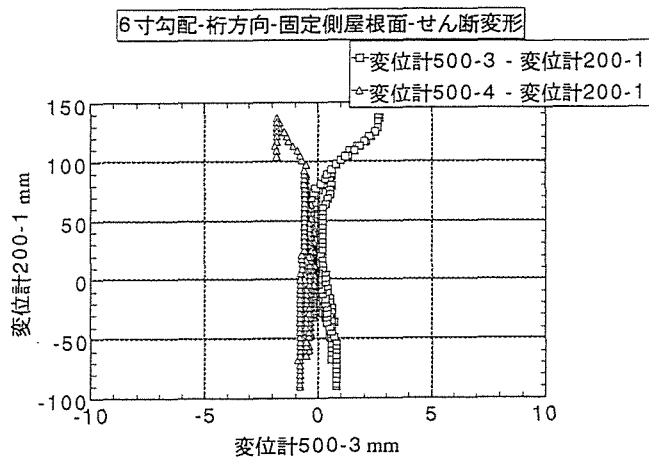
6寸勾配・桁方向-加力側-棟木-浮き上がり

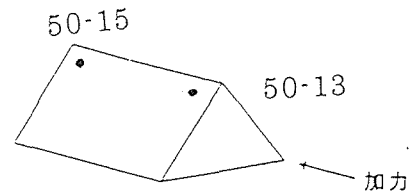
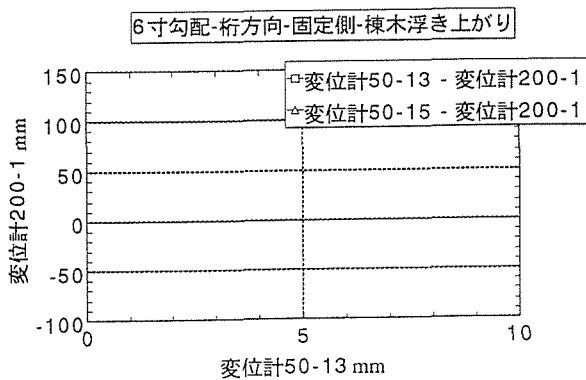
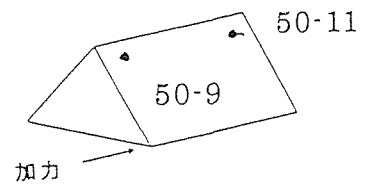
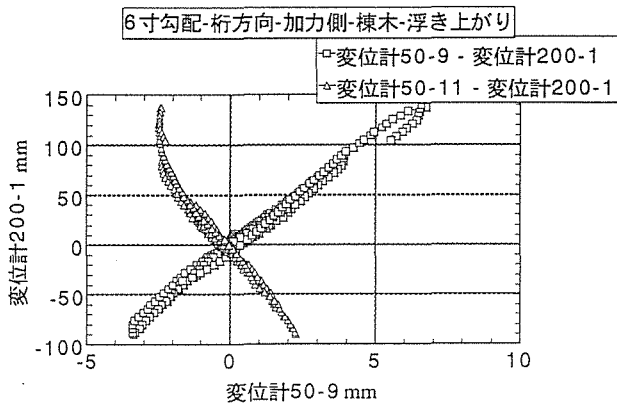
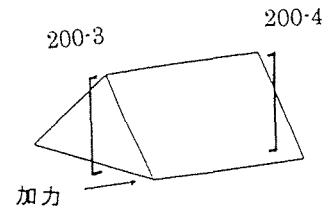
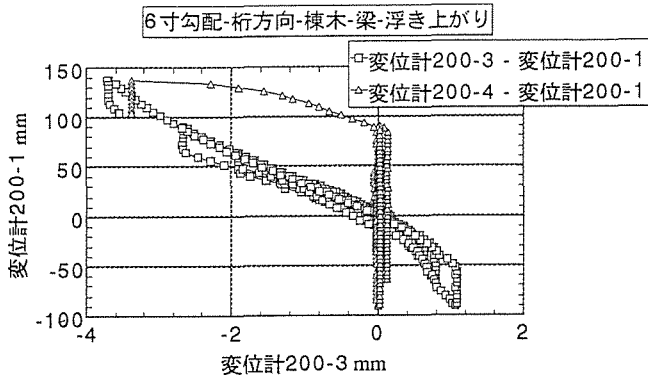
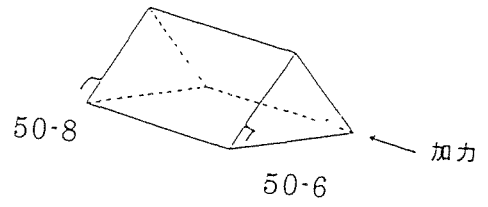
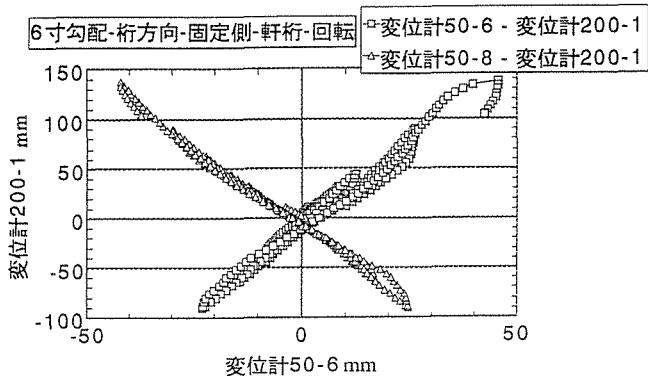


6寸勾配・桁方向-固定側-棟木-浮き上がり

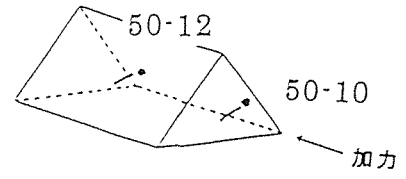
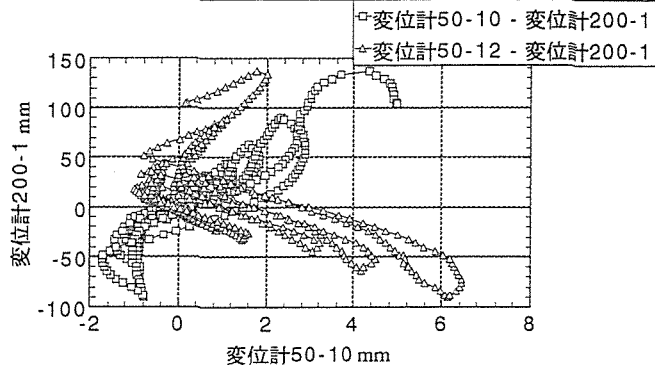




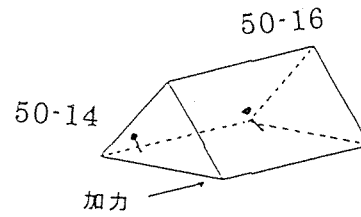
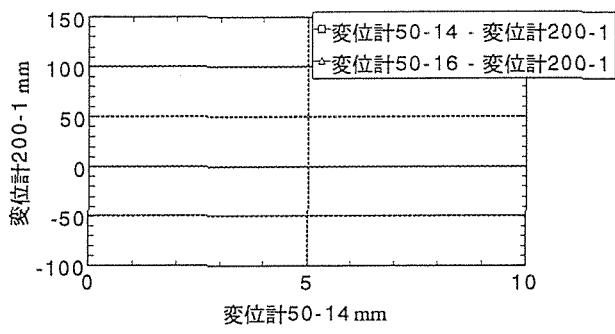




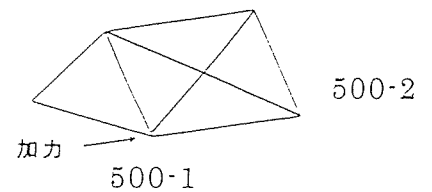
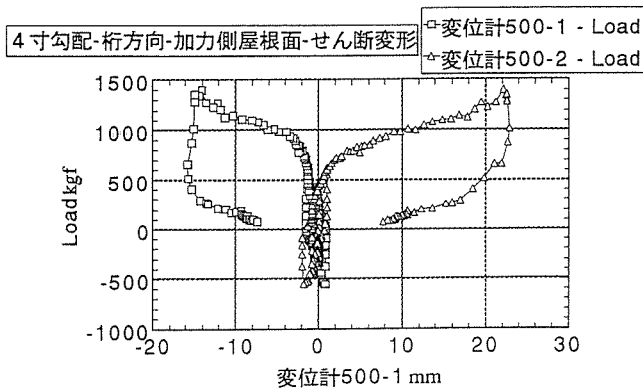
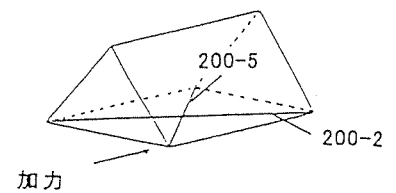
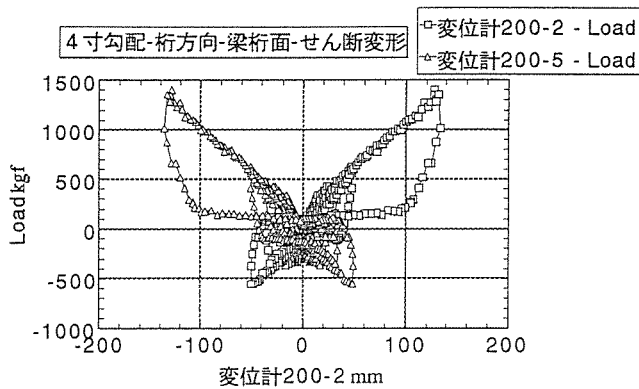
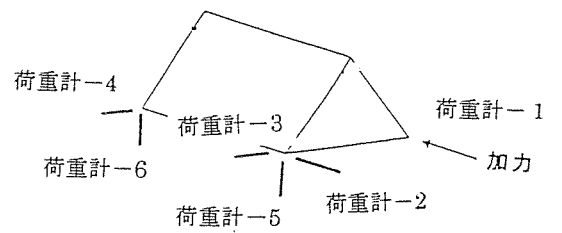
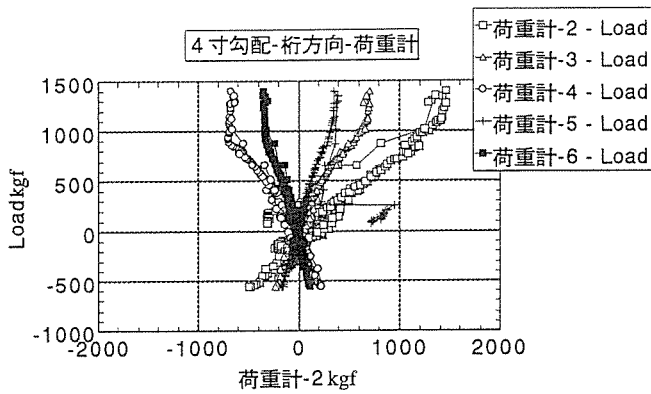
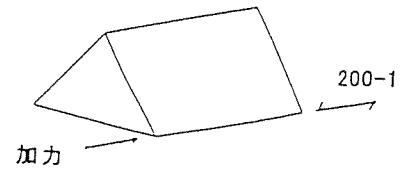
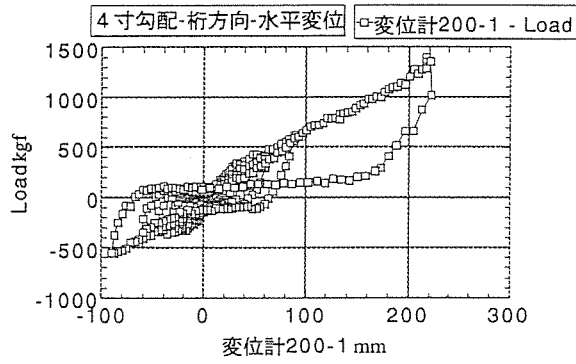
6寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



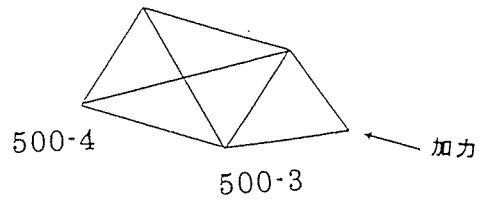
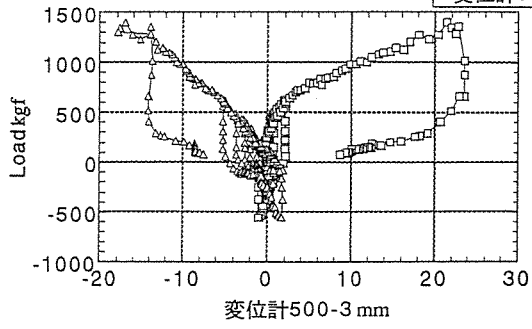
6寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり



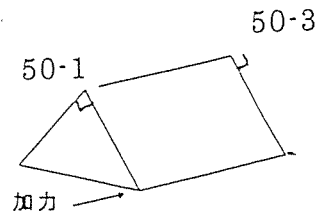
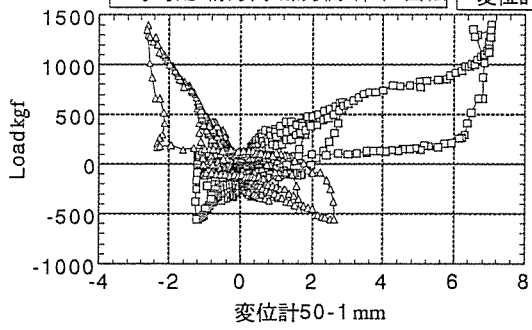
3. 5 和小屋・桁行方向加力・4寸勾配



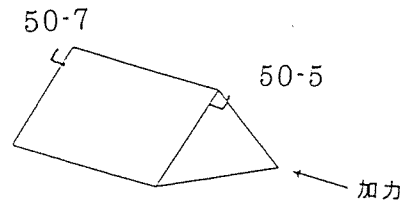
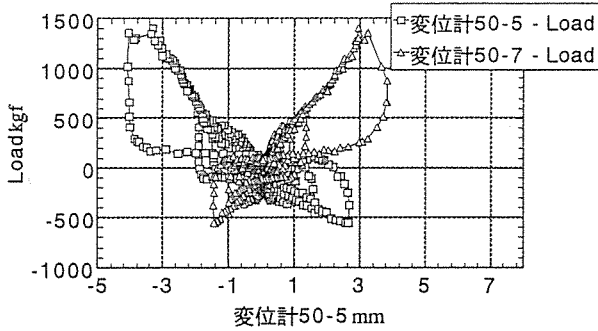
4寸勾配-桁方向-固定側屋根面-せん断変形 □変位計500-3 - Load
 △変位計500-4 - Load



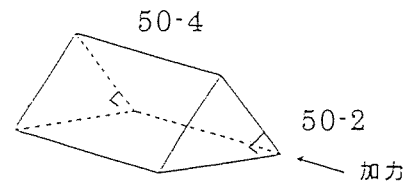
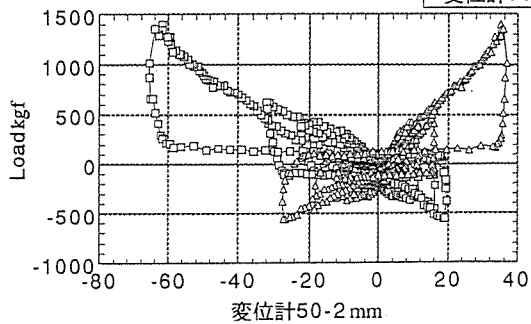
4寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転 □変位計50-1 - Load
 △変位計50-3 - Load

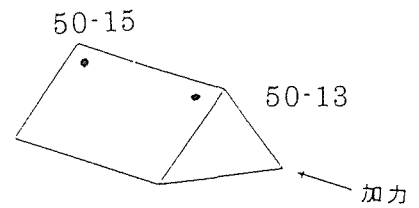
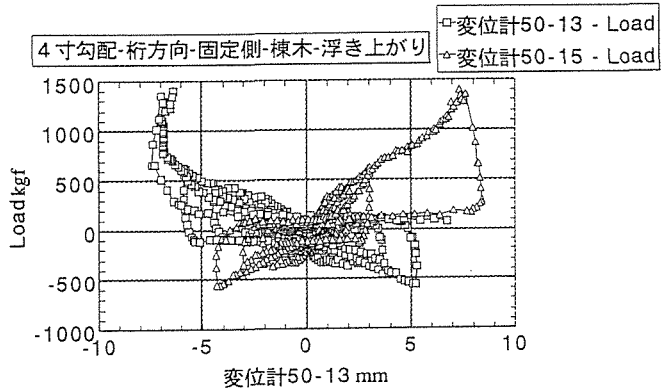
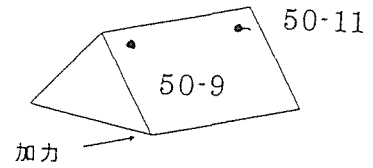
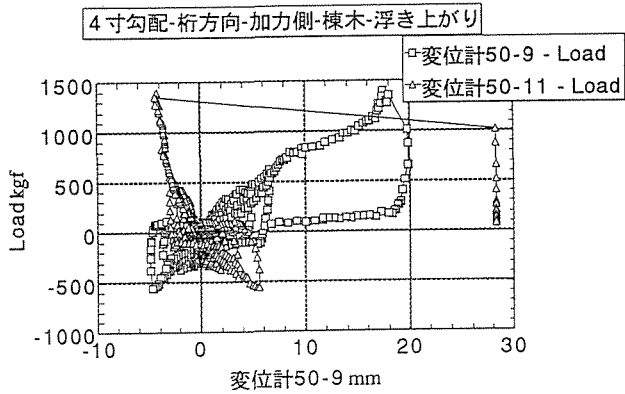
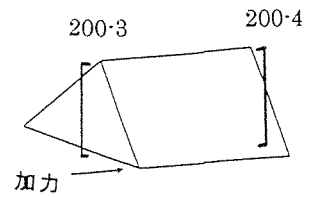
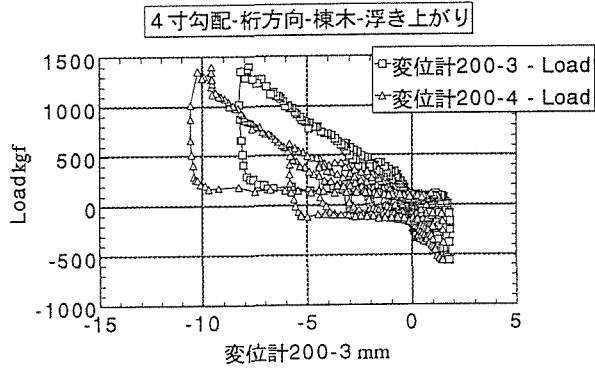
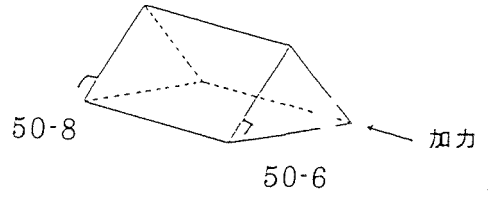
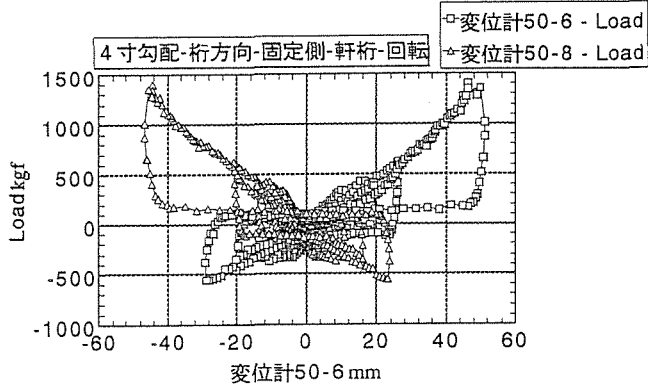


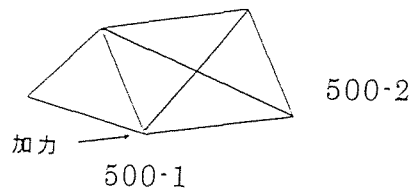
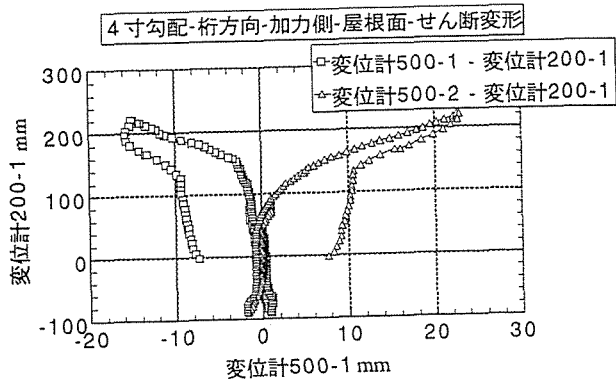
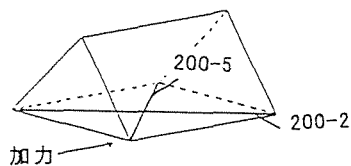
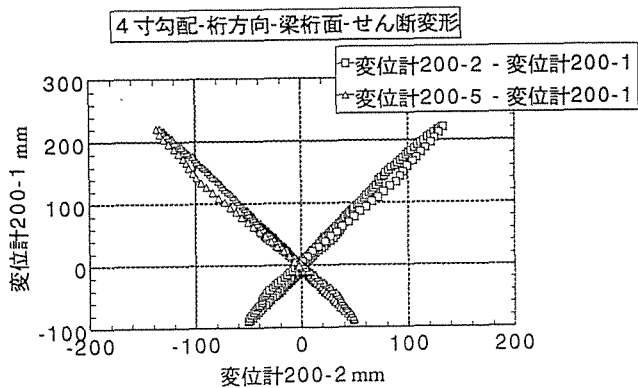
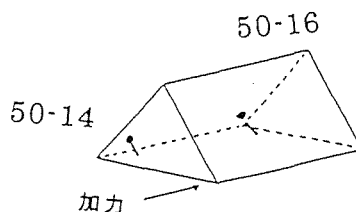
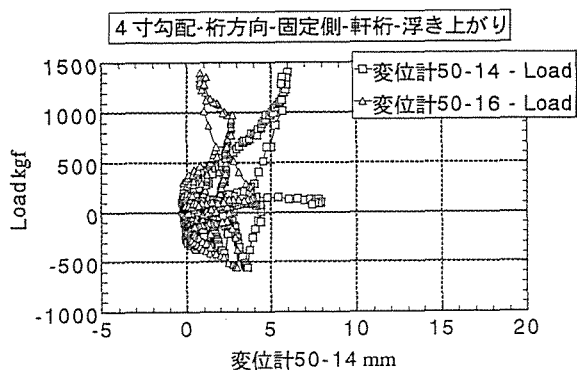
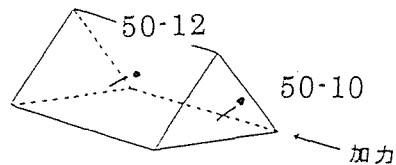
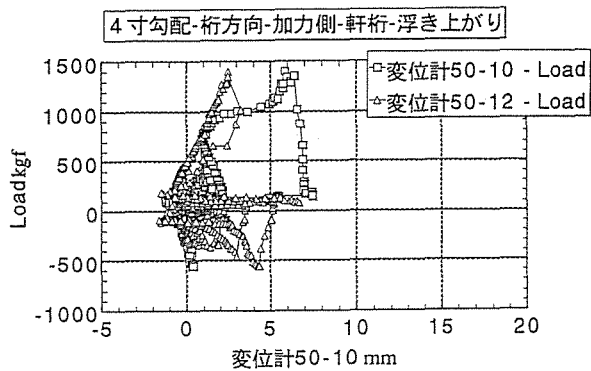
4寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



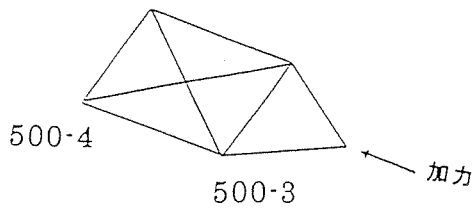
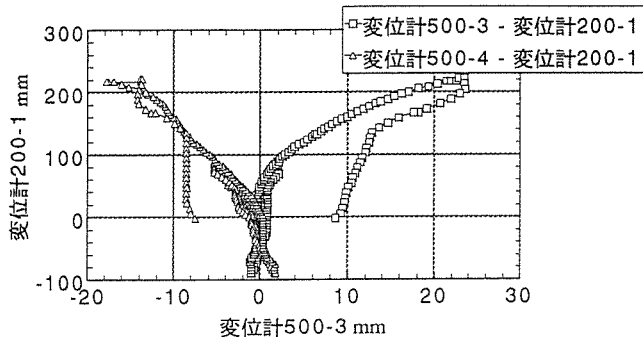
4寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転 □変位計50-2 - Load
 △変位計50-4 - Load



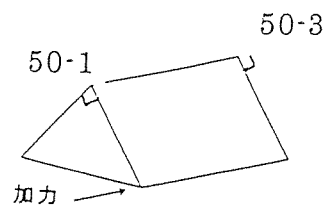
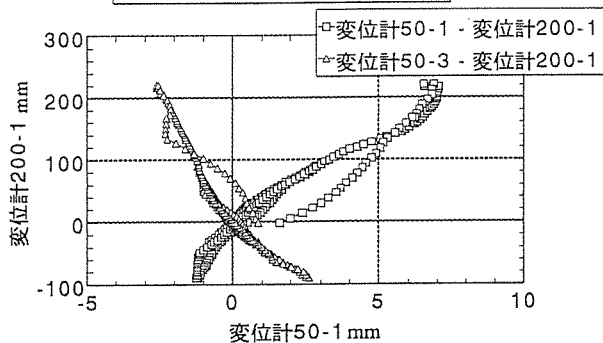




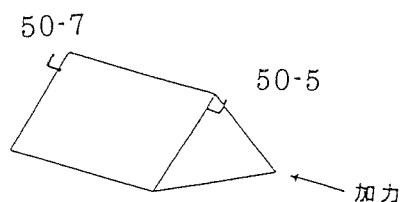
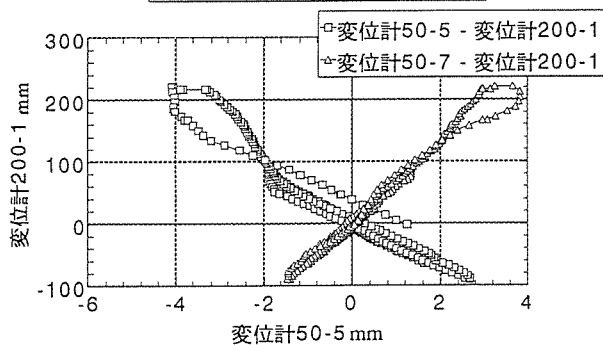
4寸勾配-桁方向-固定側屋根面-せん断変形



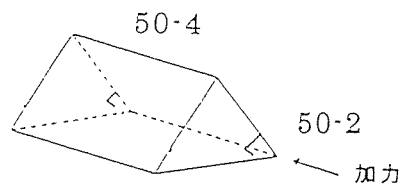
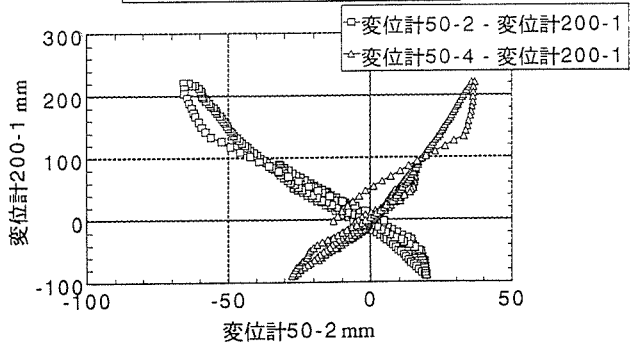
4寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



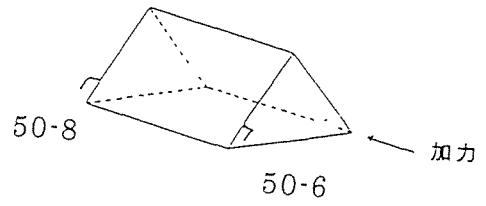
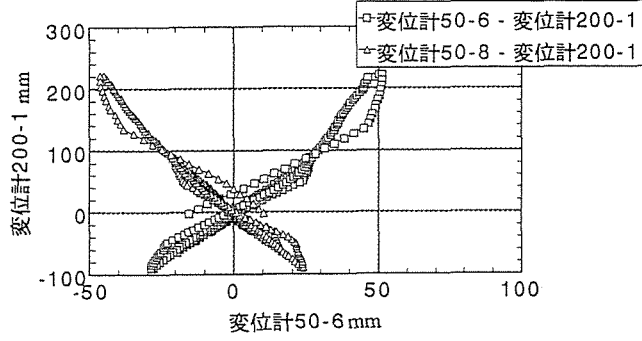
4寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



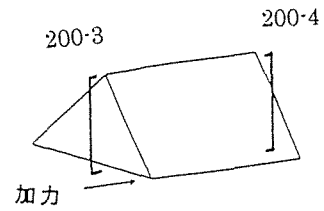
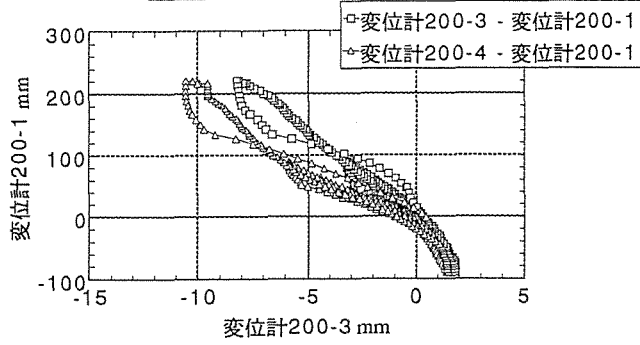
4寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



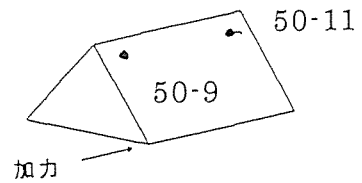
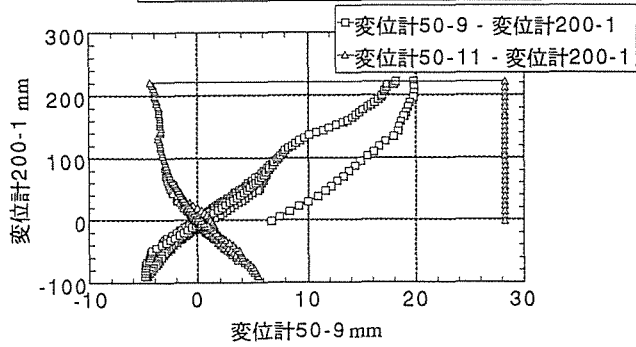
4寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



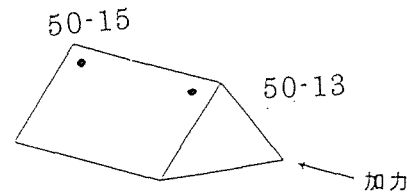
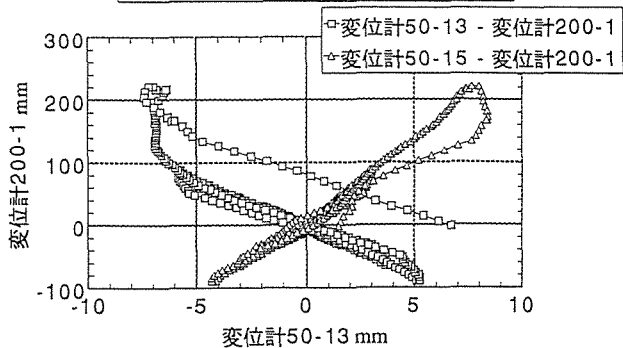
4寸勾配-桁方向-棟木-浮き上がり



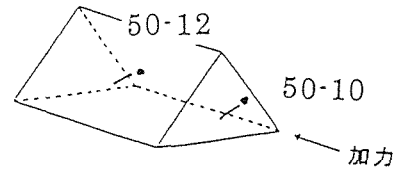
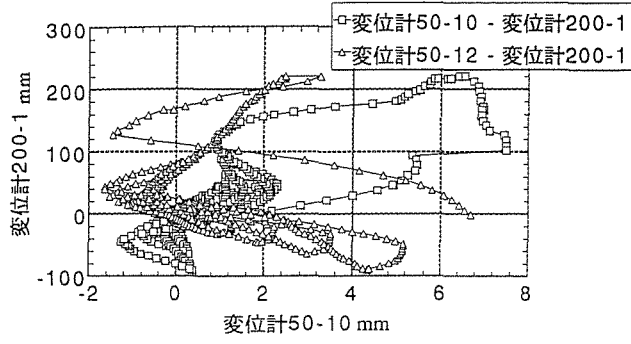
4寸勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり



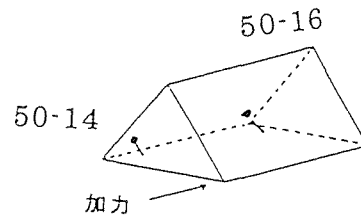
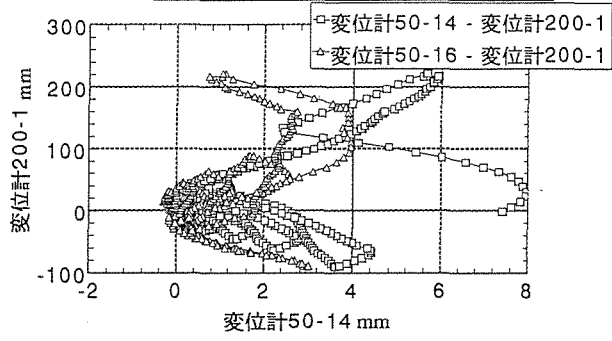
4寸勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり



4寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり

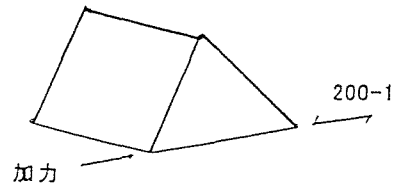
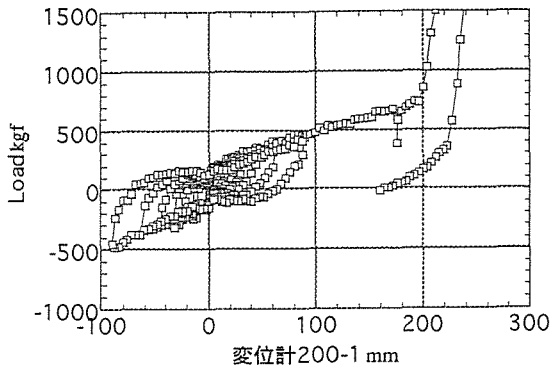


4寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり



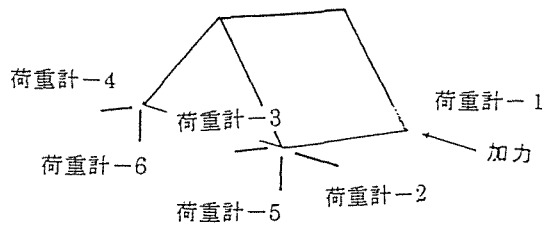
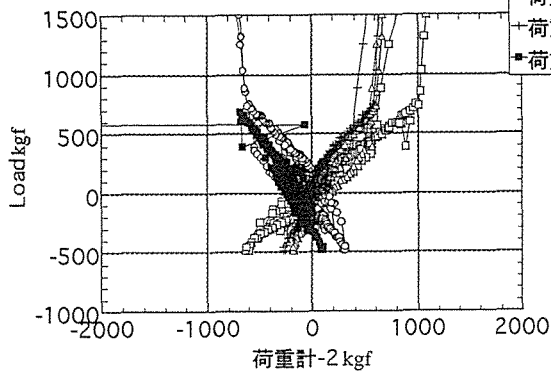
3. 6 和小屋・梁間方向加力・矩勾配

矩勾配一梁方向一水平変位 □変位計200-1 - Load

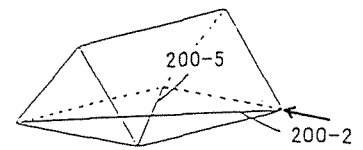
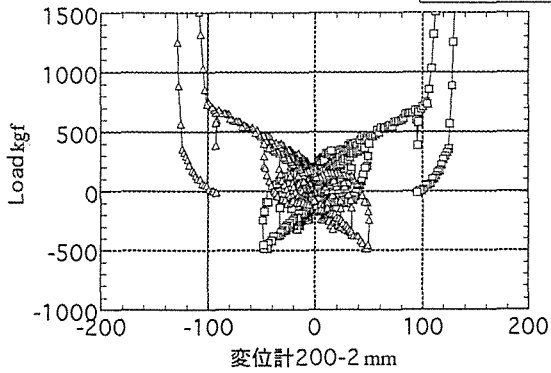


矩勾配一梁方向一荷重計

- 荷重計-2 - Load
- ◇荷重計-3 - Load
- 荷重計-4 - Load
- △荷重計-5 - Load
- 荷重計-6 - Load

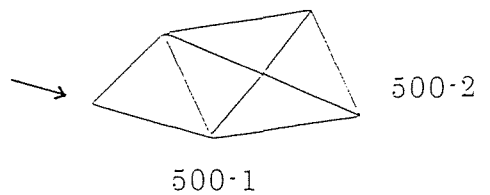
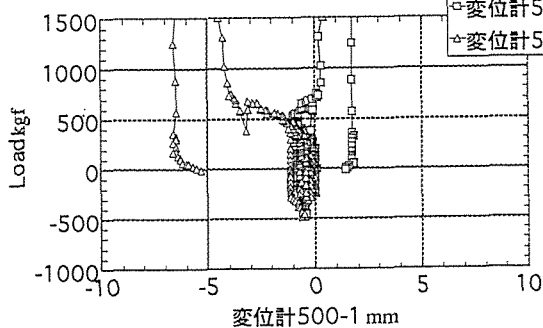


矩勾配一梁方向一梁桁面一せん断変形 □変位計200-2 - Load
△変位計200-5 - Load



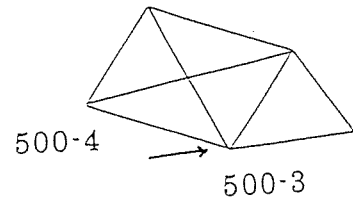
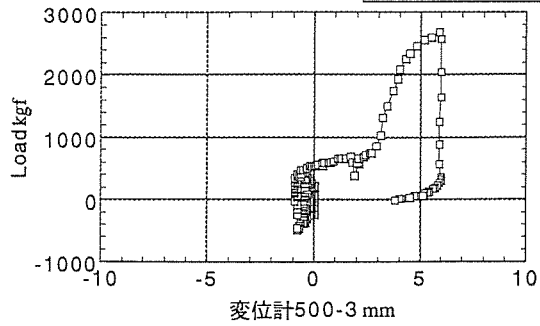
矩勾配一梁方向一加力向側屋根面一せん断変形

- 変位計500-1 - Load
- △変位計500-2 - Load



矩勾配・梁方向一加力手前側屋根面一せん断変形

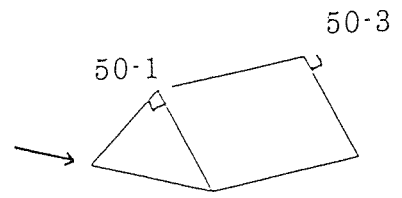
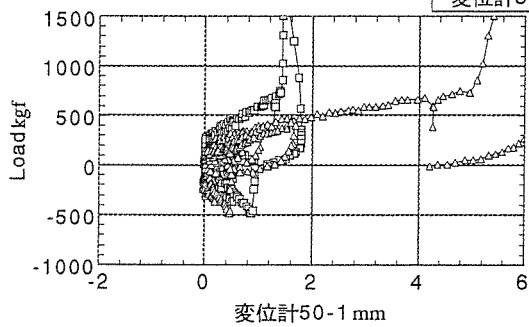
□変位計500-3 - Load



矩勾配・梁方向一加力向側一棟木一回転

□変位計50-1 - Load

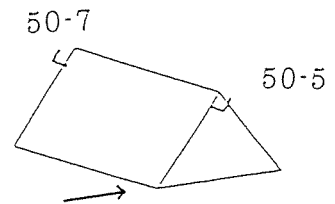
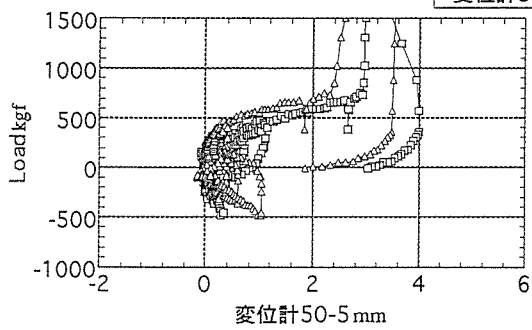
△変位計50-3 - Load



矩勾配・梁方向一加力手前側一棟木一回転

□変位計50-5 - Load

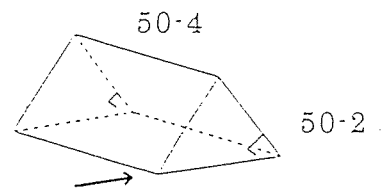
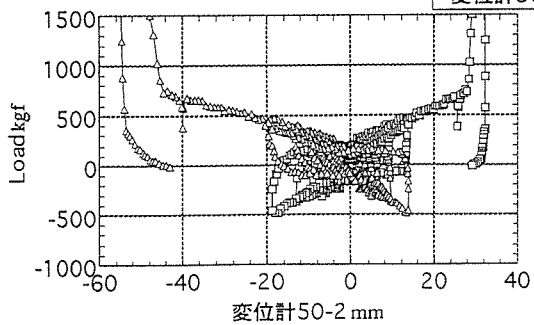
△変位計50-7 - Load

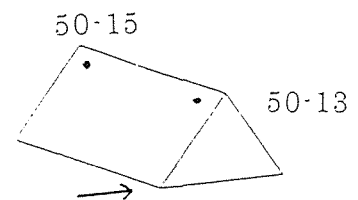
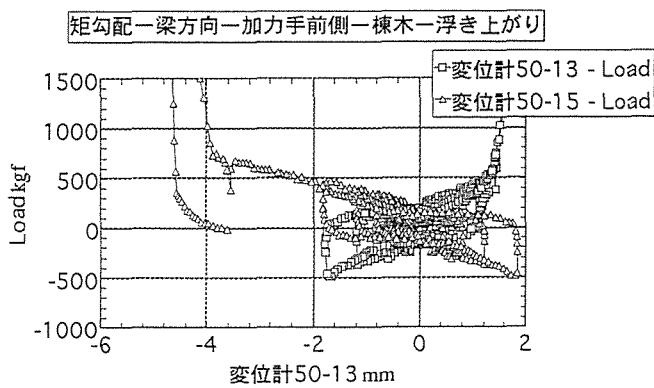
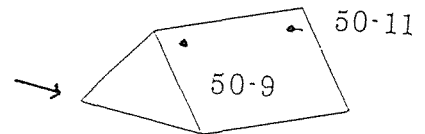
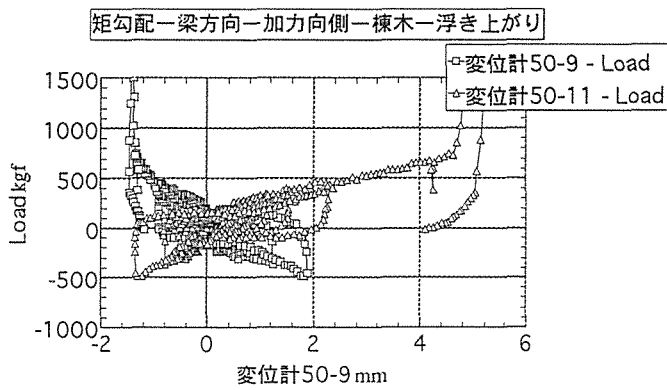
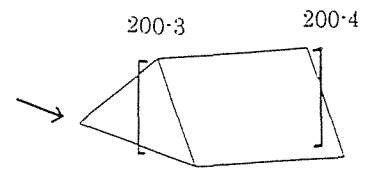
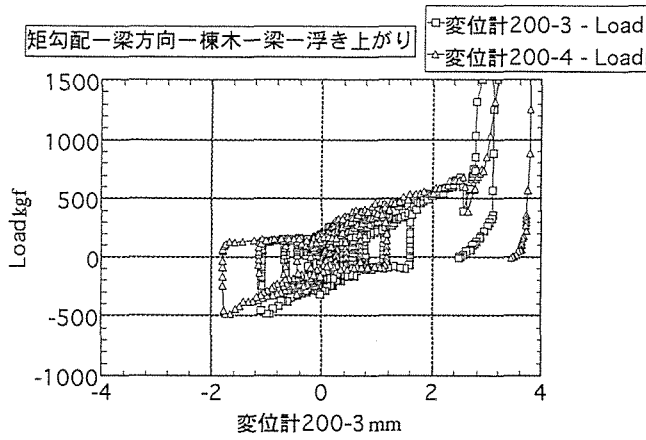
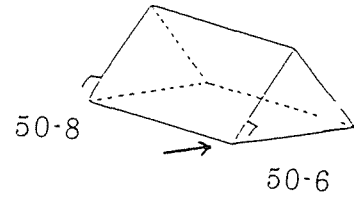
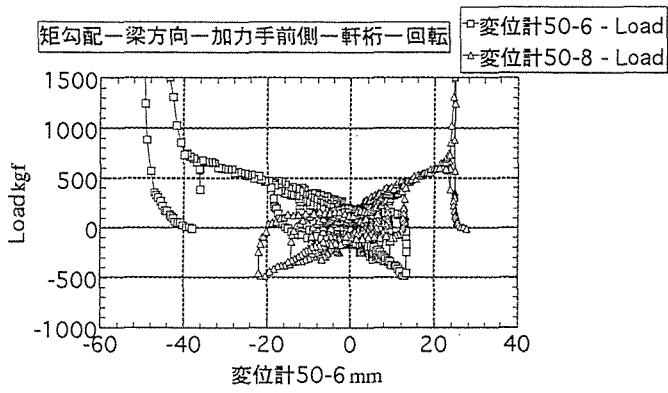


矩勾配・梁方向一加力向側一軒桁一回転

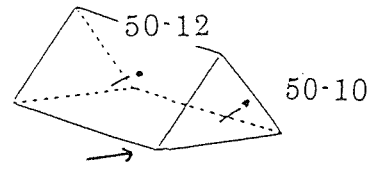
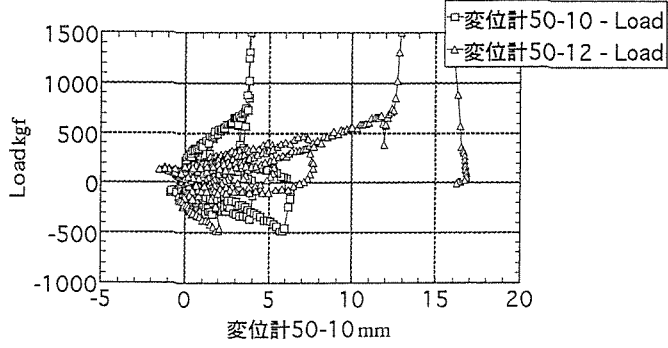
□変位計50-2 - Load

△変位計50-4 - Load

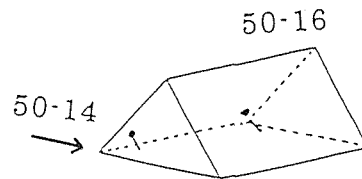
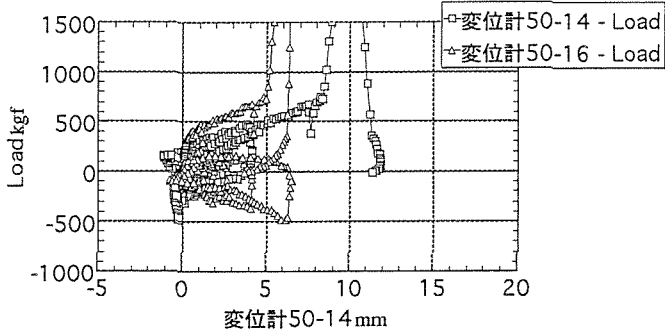




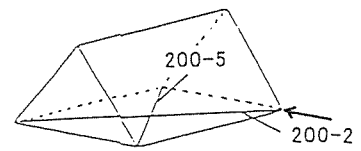
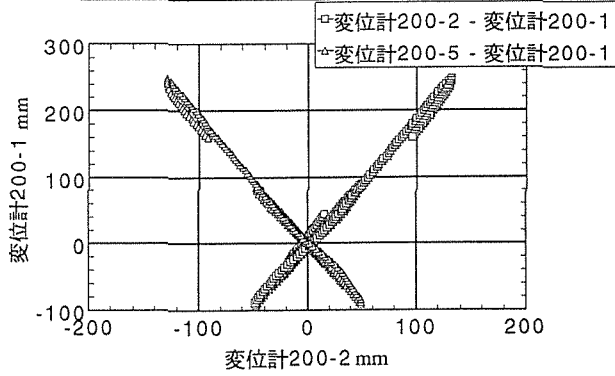
矩勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり



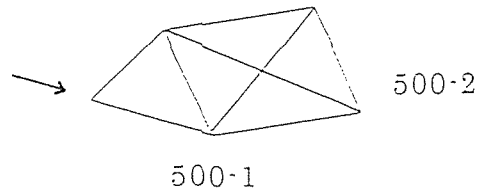
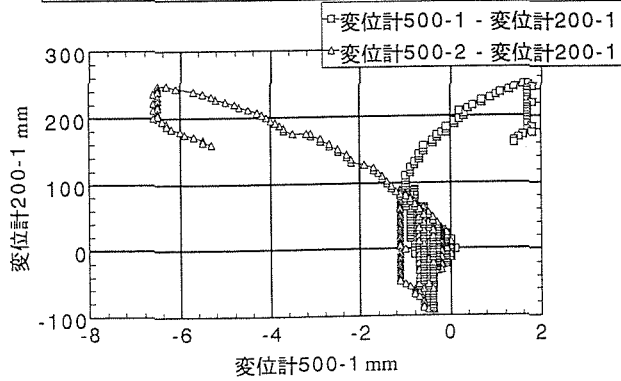
矩勾配-梁方向-加力手前側-軒桁-浮き上がり



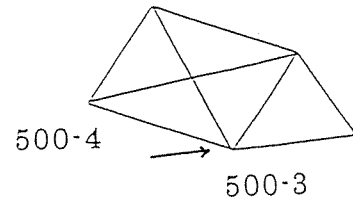
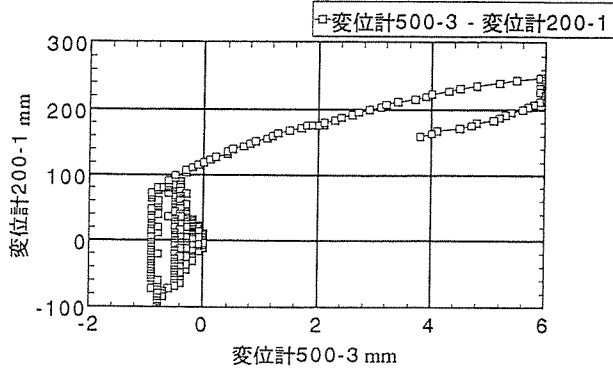
矩勾配-梁方向-梁桁面-せん断変形



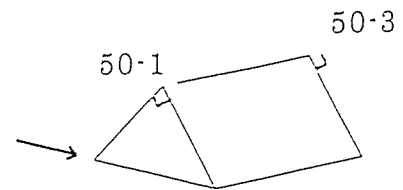
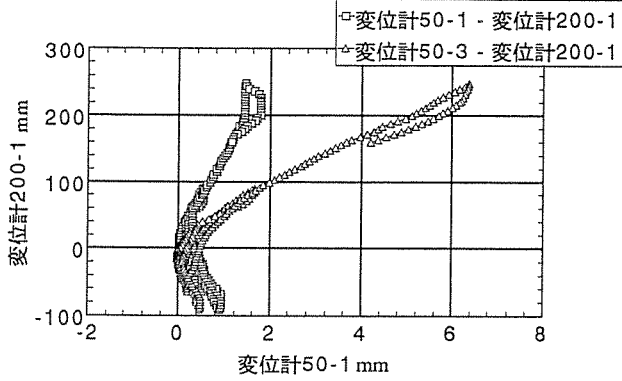
矩勾配-梁方向-加力向側屋根面-せん断変形



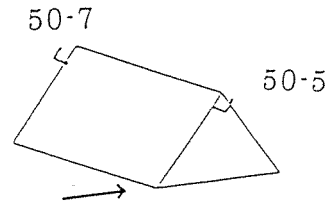
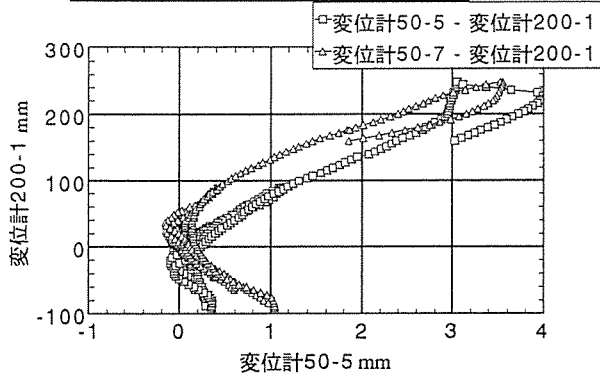
矩勾配・梁方向一加力手前側屋根一せん断変形



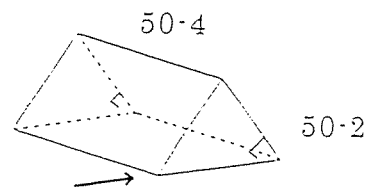
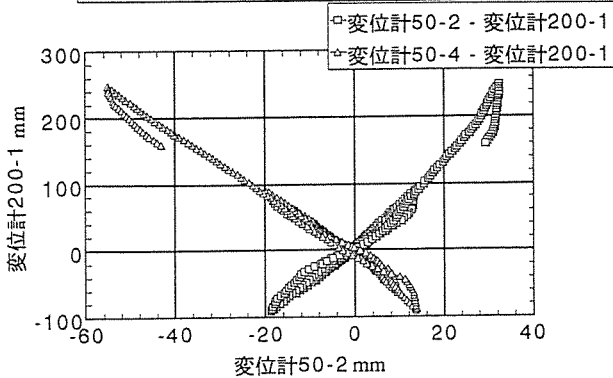
矩勾配・梁方向一加力向側一棟木一回転



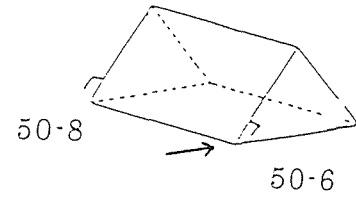
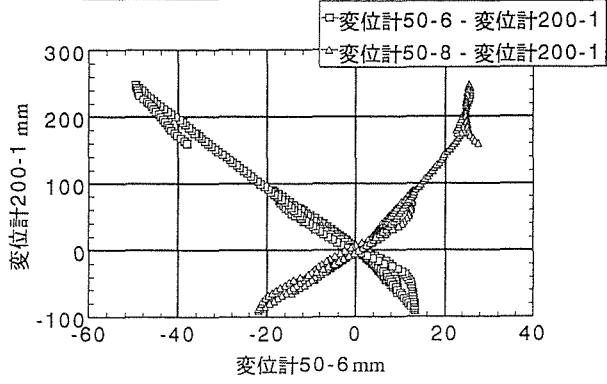
矩勾配・梁方向一加力手前側一棟木一回転



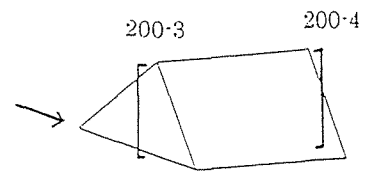
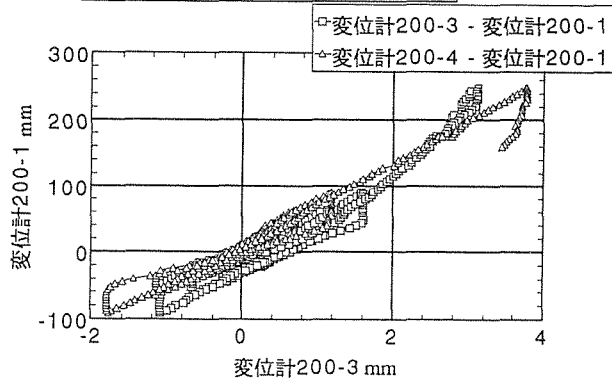
矩勾配・梁方向一加力向側一軒桁一回転



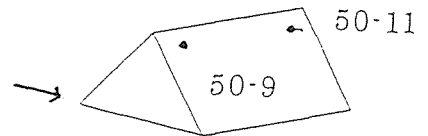
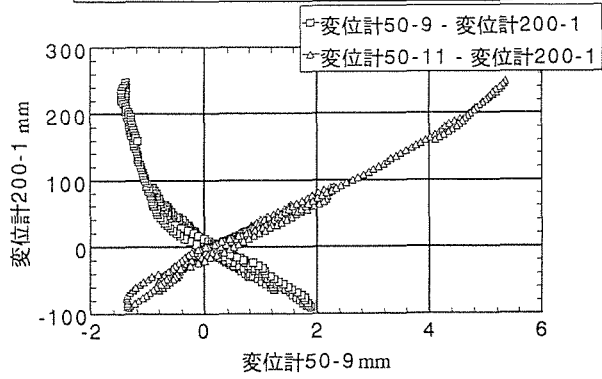
矩勾配-梁方向-加力手前側-軒桁一回転



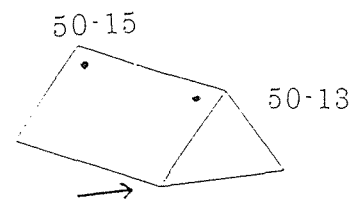
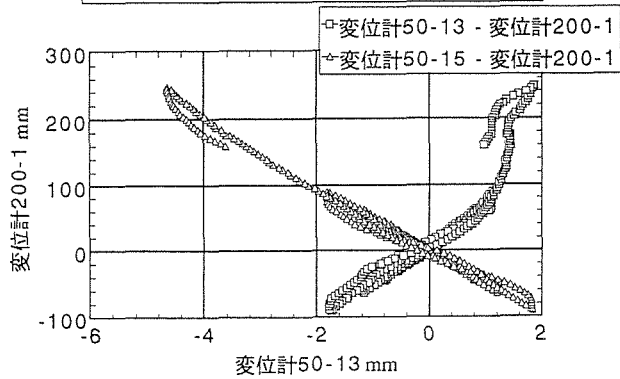
矩勾配-梁方向-棟木-梁-浮き上がり



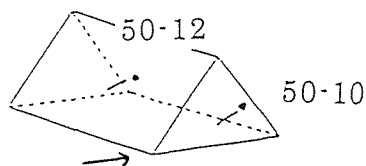
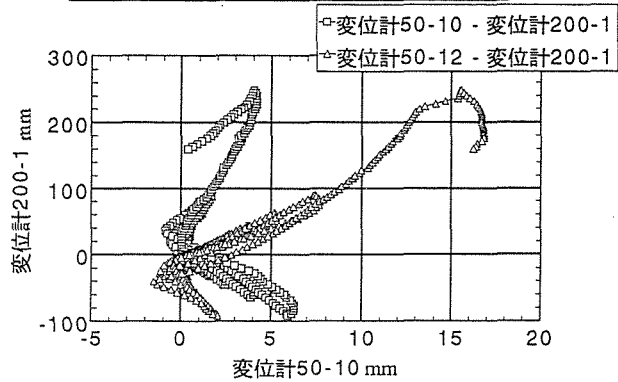
矩勾配-梁方向-加力向側-棟木-浮き上がり



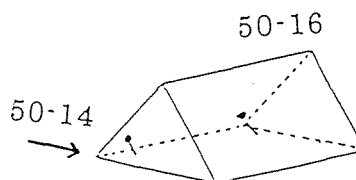
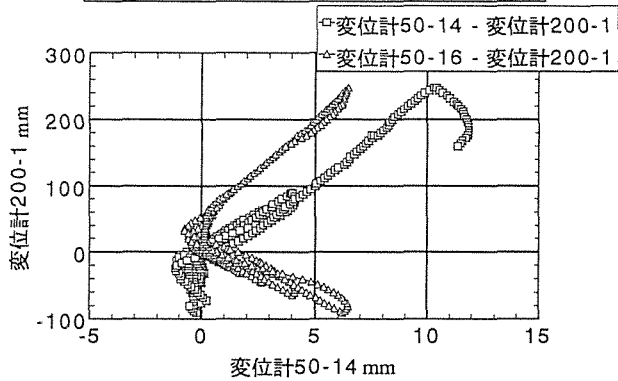
矩勾配-梁方向-加力手前側-棟木-浮き上がり



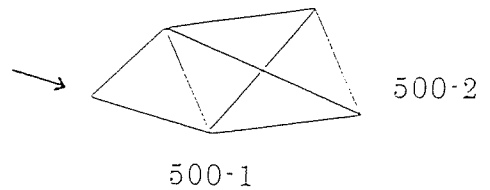
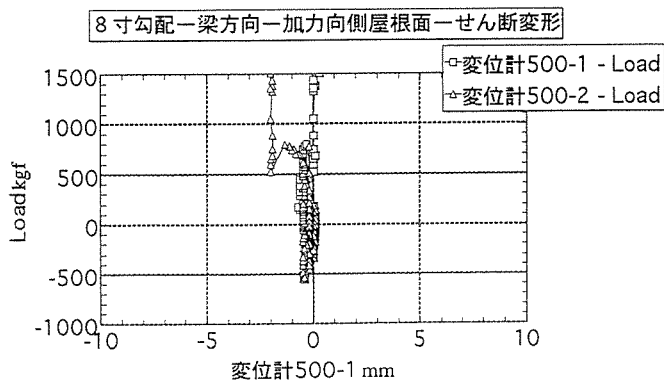
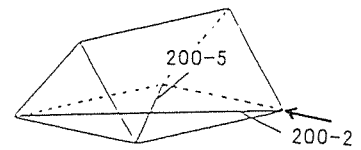
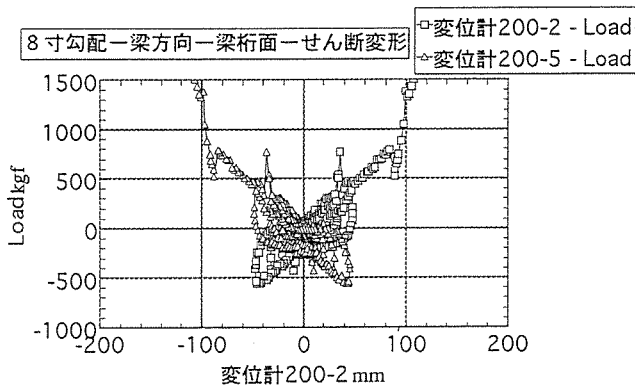
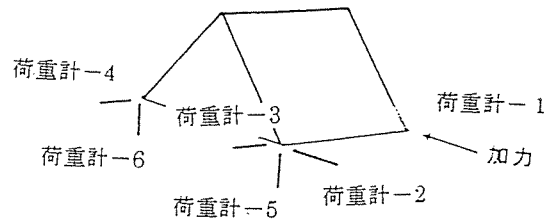
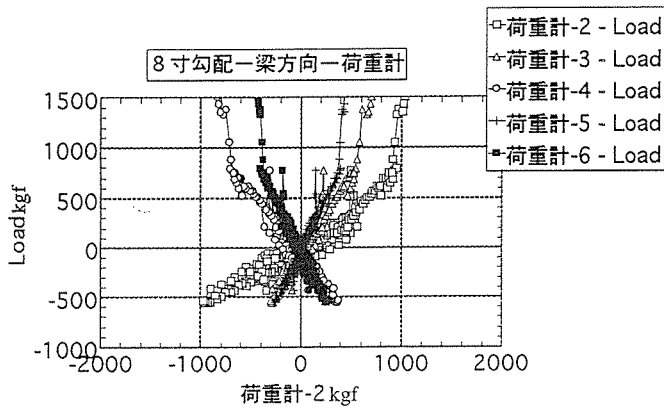
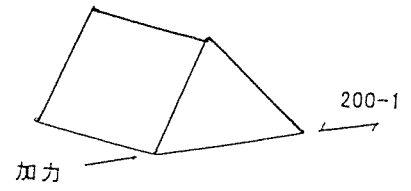
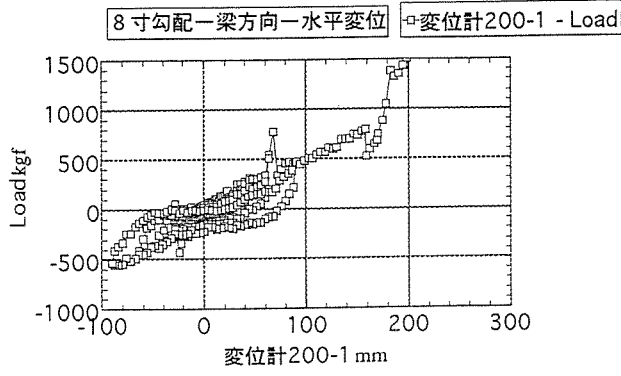
矩勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり



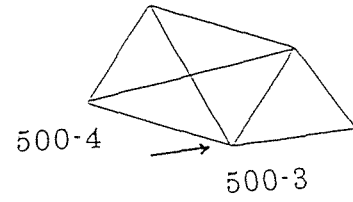
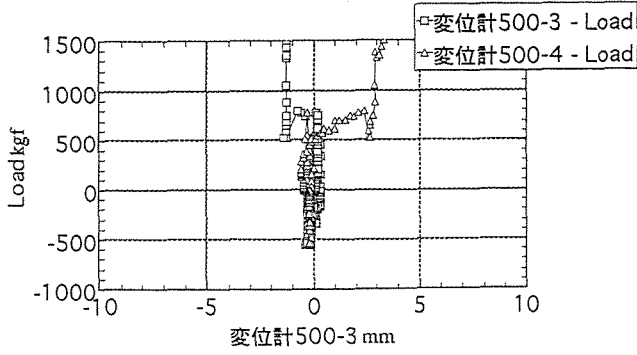
矩勾配-梁方向-加力手前側-軒桁-浮き上がり



3. 7 和小屋・梁間方向加力・8寸勾配

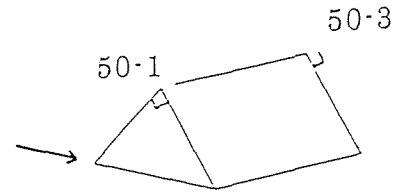
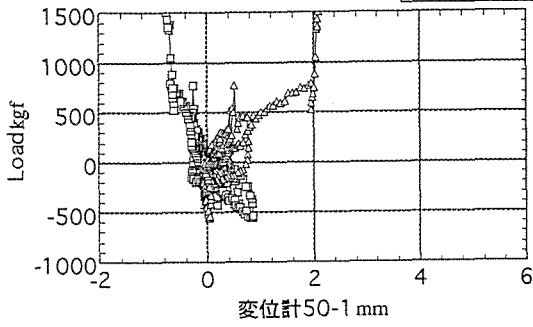


8寸勾配一梁方向一加力手前側屋根面一せん断変形



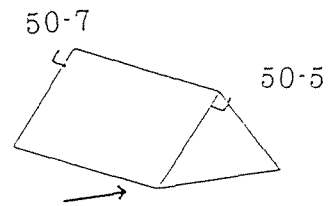
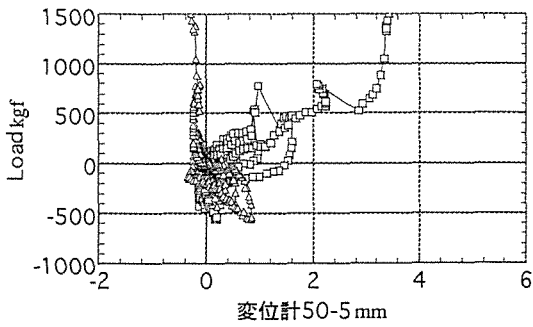
8寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一回転

変位計50-1 - Load
変位計50-3 - Load



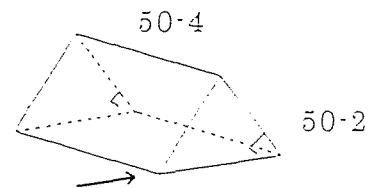
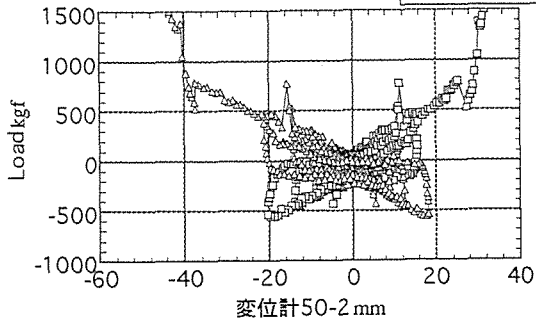
8寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一回転

変位計50-5 - Load
変位計50-7 - Load

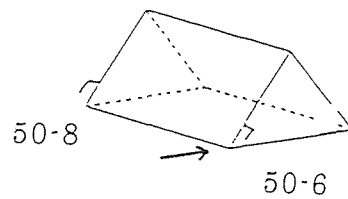
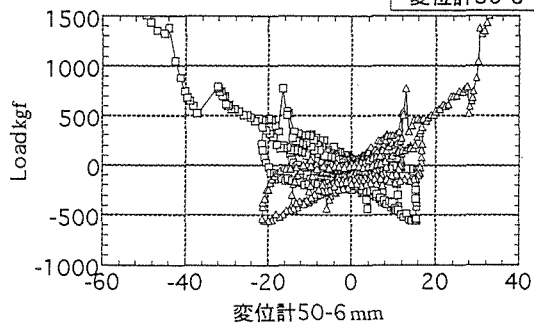


8寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一回転

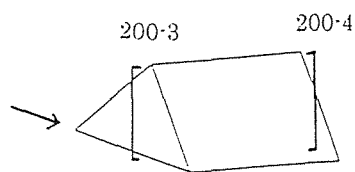
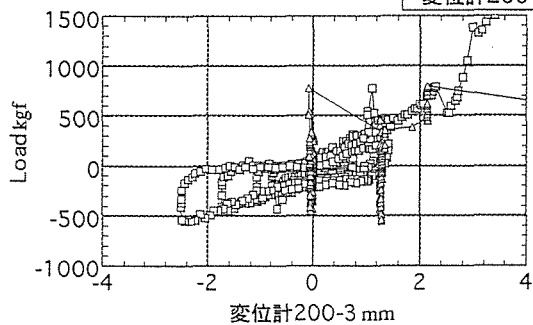
変位計50-2 - Load
変位計50-4 - Load



8寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一回転
 □変位計50-6 - Load
 △変位計50-8 - Load

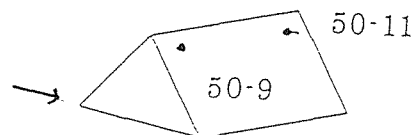
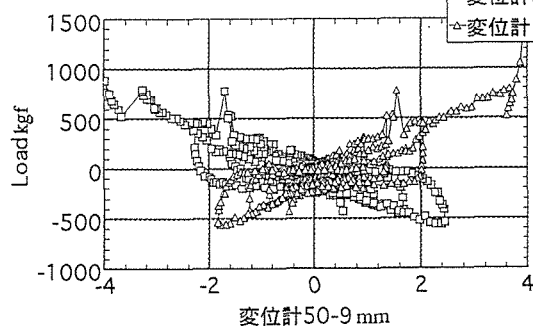


8寸勾配一梁方向一棟木一梁一浮き上がり
 □変位計200-3 - Load
 △変位計200-4 - Load



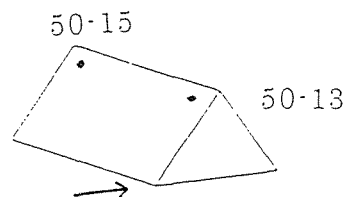
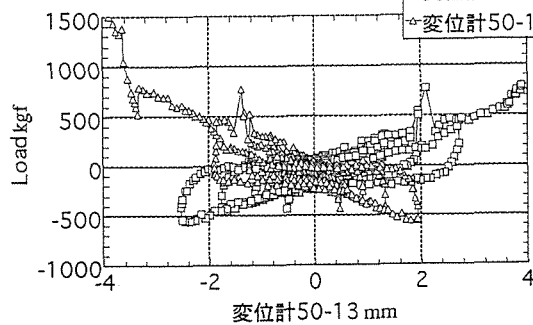
8寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり

□変位計50-9 - Load
 △変位計50-11 - Load

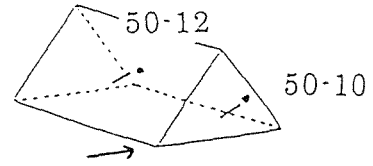
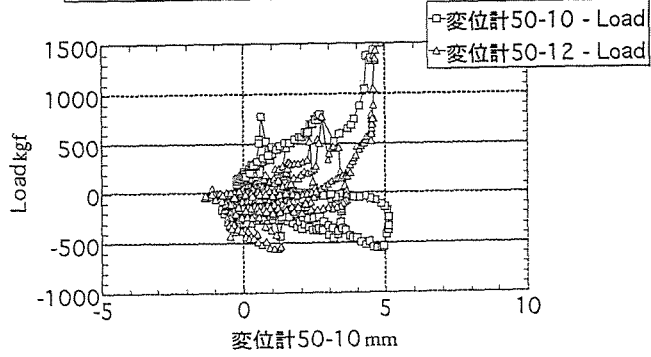


8寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一浮き上がり

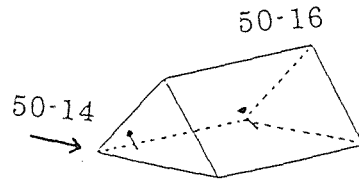
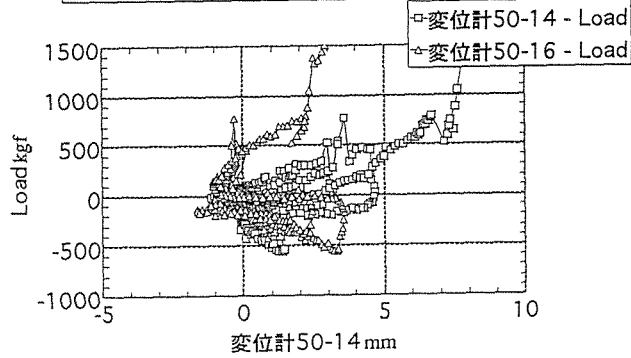
□変位計50-13 - Load
 △変位計50-15 - Load



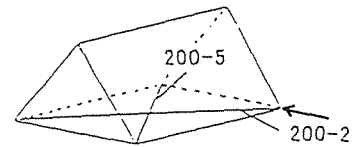
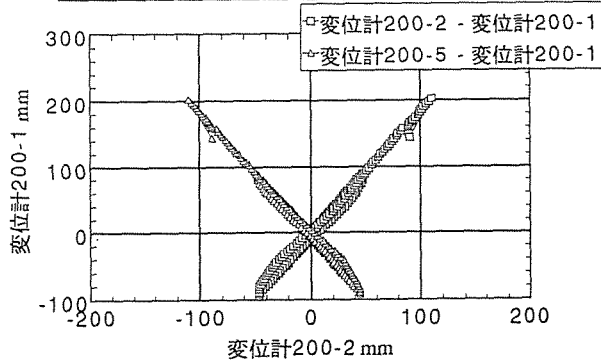
8寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一浮き上がり



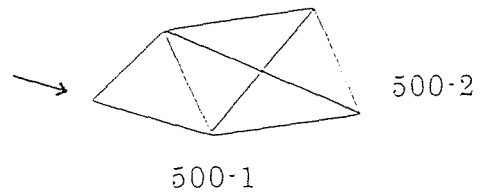
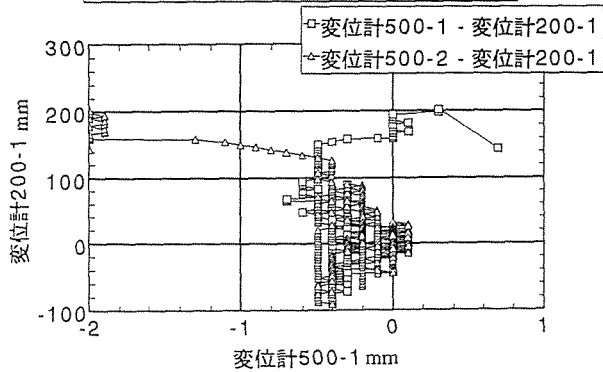
8寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一浮き上がり

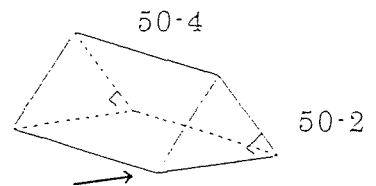
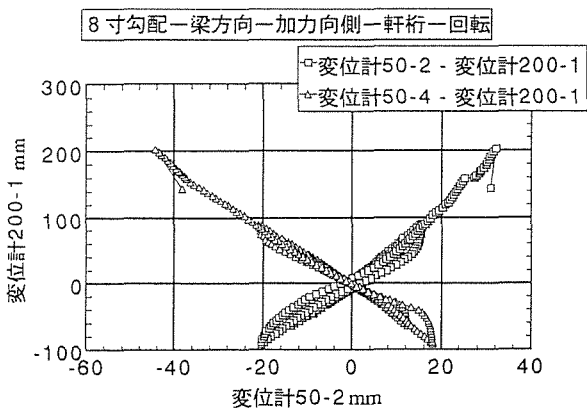
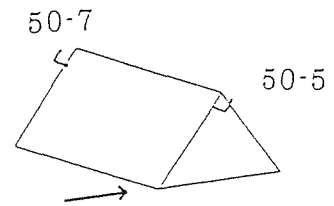
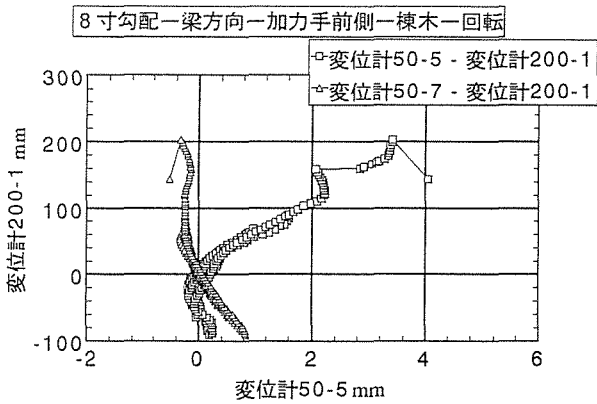
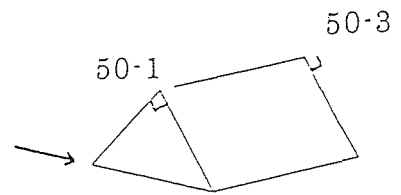
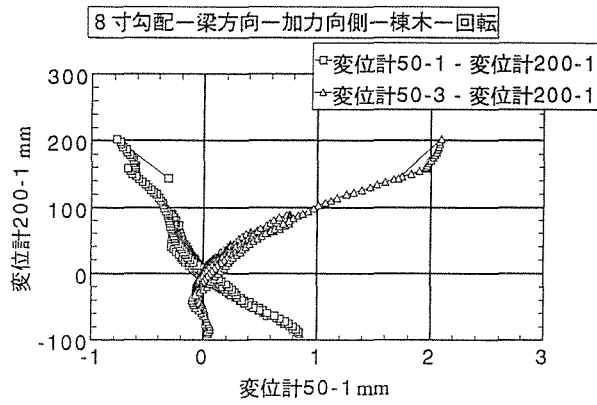
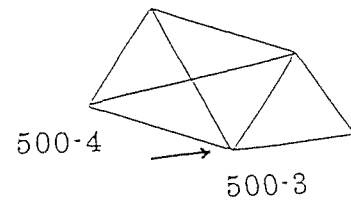
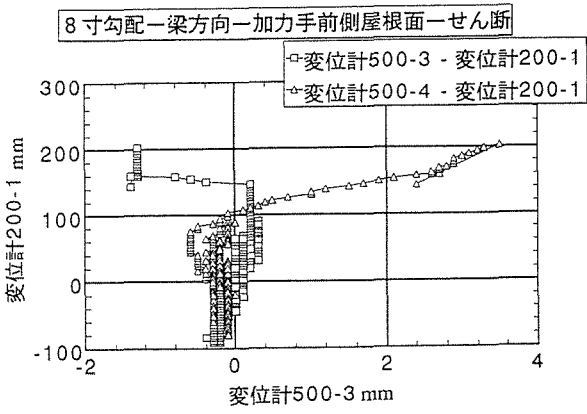


8寸勾配一梁方向一梁桁面一せん断変形

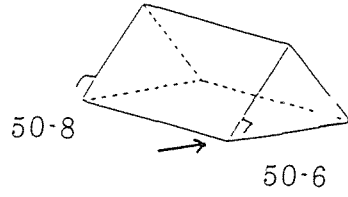
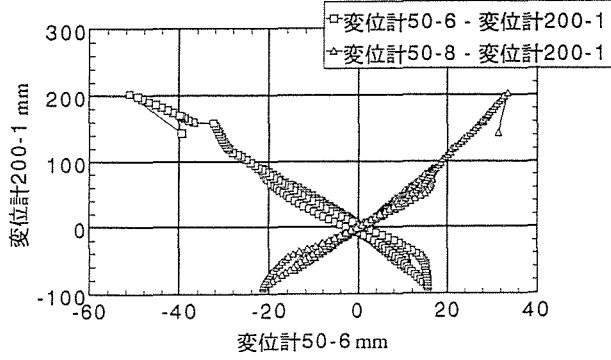


8寸勾配一梁方向一加力向側屋根面一せん断

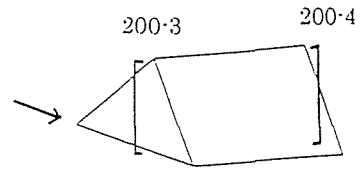
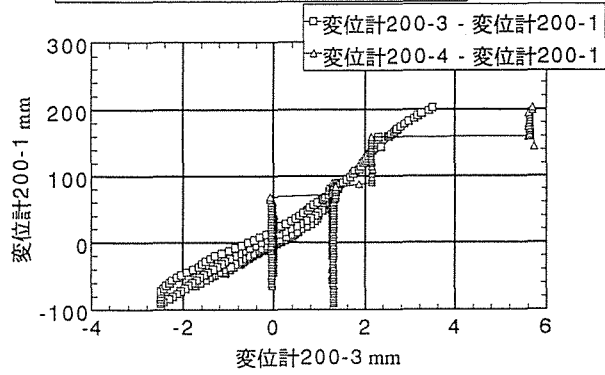




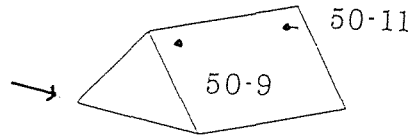
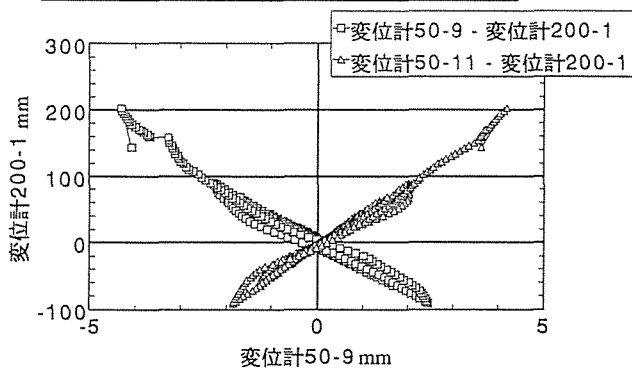
8寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一回転



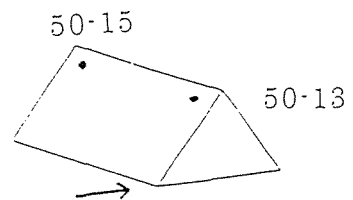
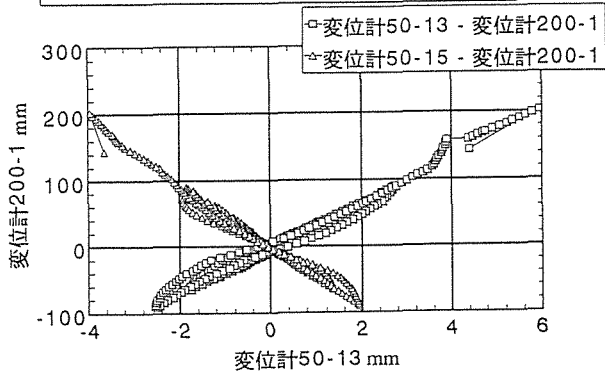
8寸勾配一梁方向一棟木一梁一浮き上がり



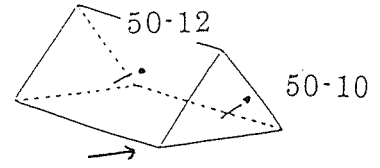
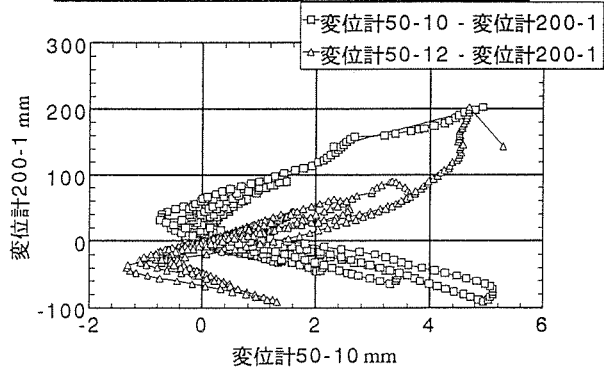
8寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり



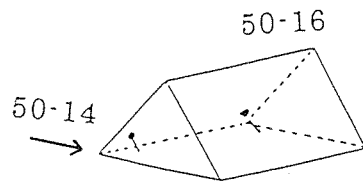
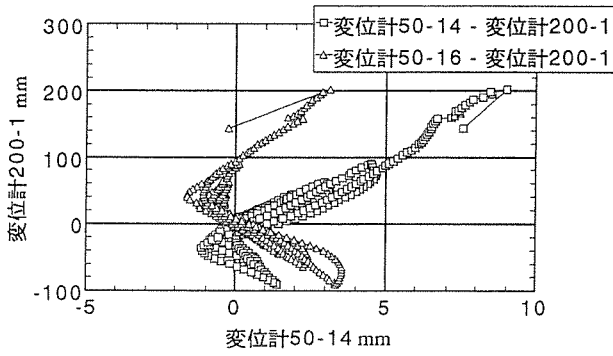
8寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり



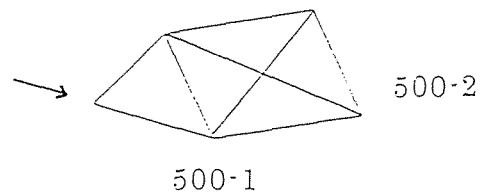
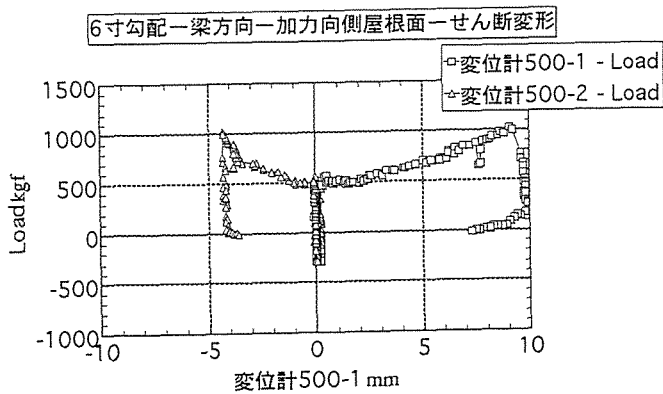
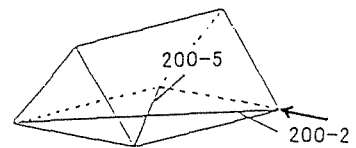
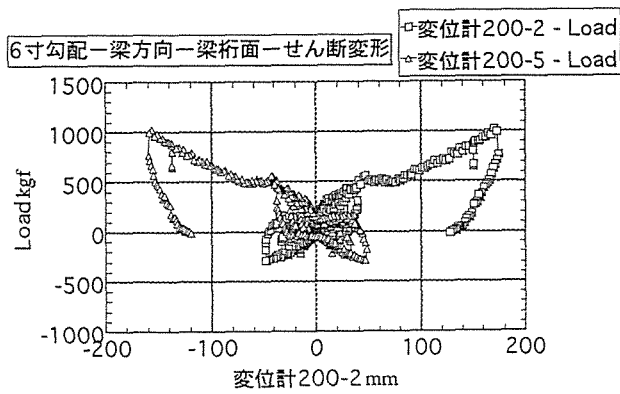
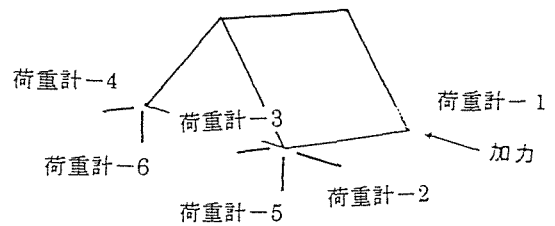
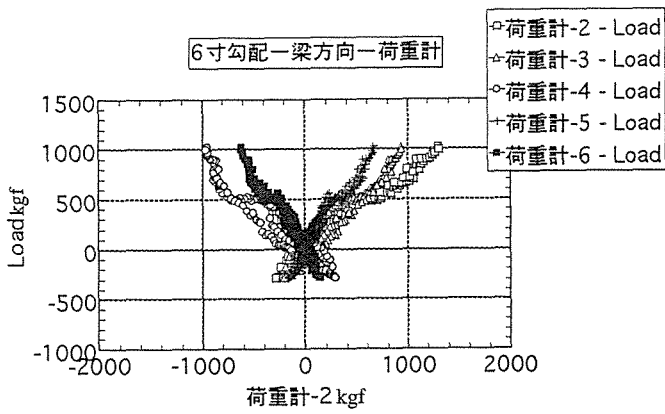
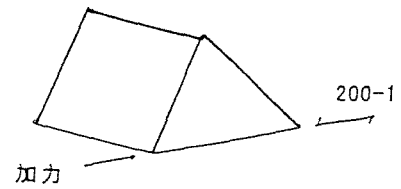
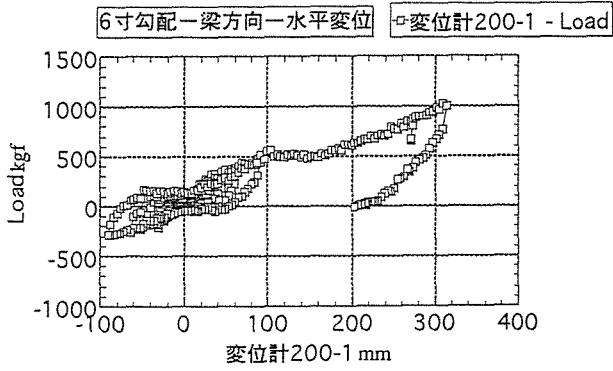
8寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一浮き上がり



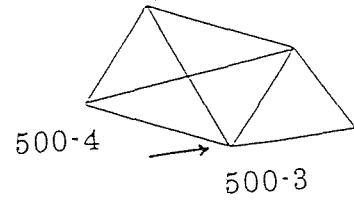
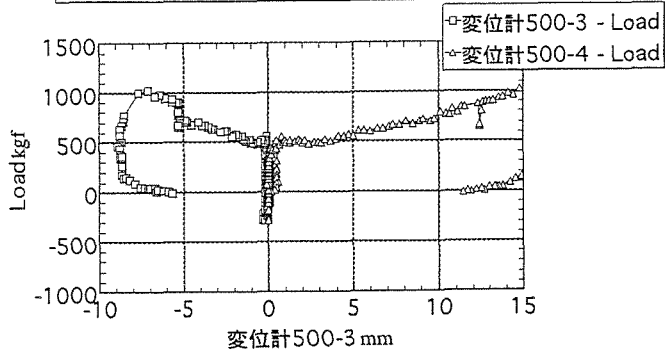
8寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一浮き上がり



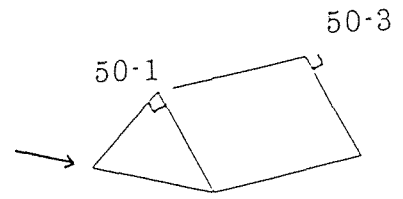
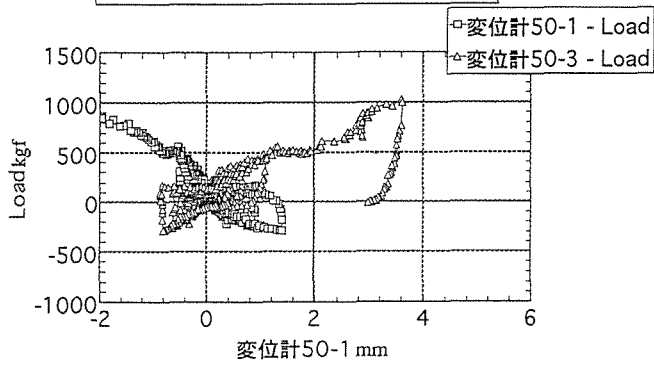
3. 8 和小屋・梁間方向加力・6寸勾配



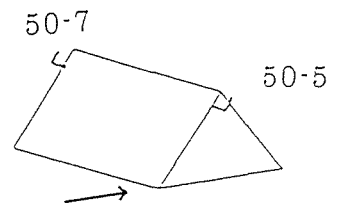
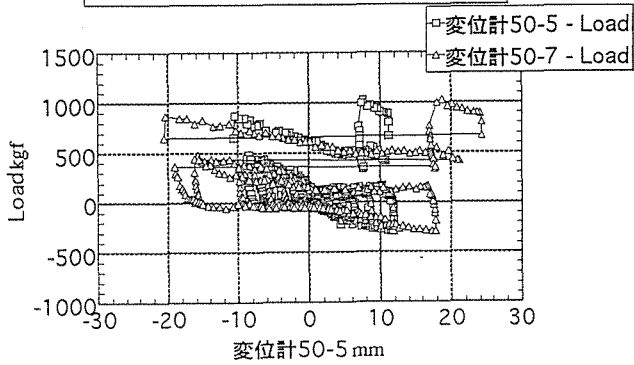
6寸勾配一梁方向一加力手前側屋根面一せん断変形



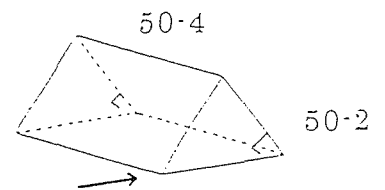
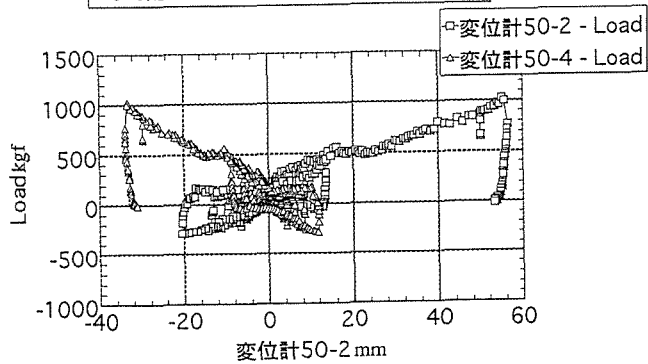
6寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一回転



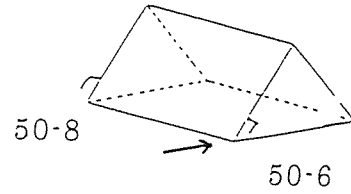
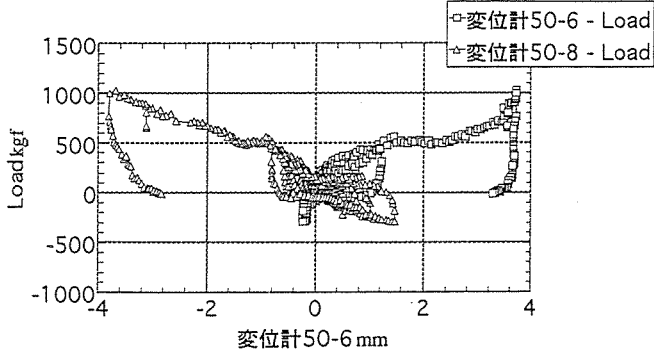
6寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一回転



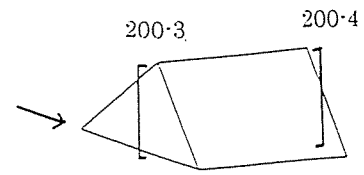
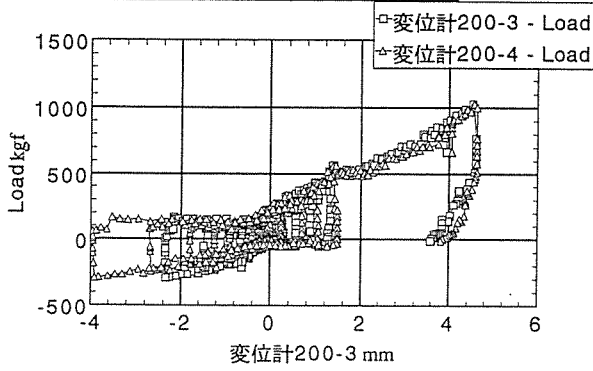
6寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一回転



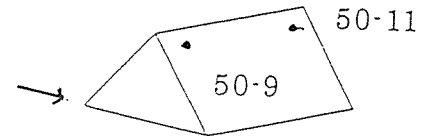
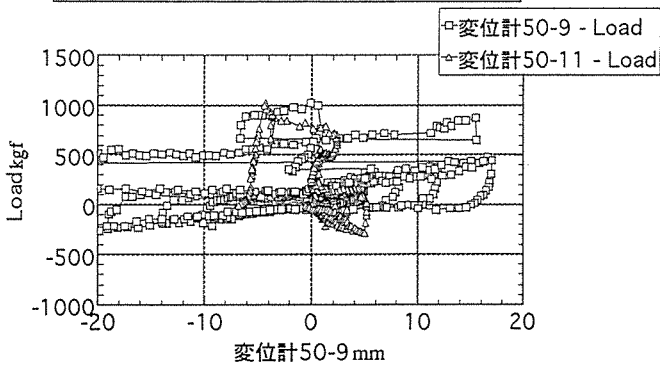
6寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一回転



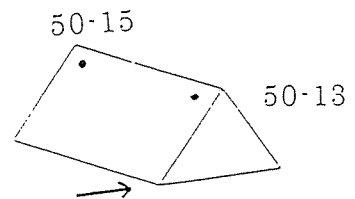
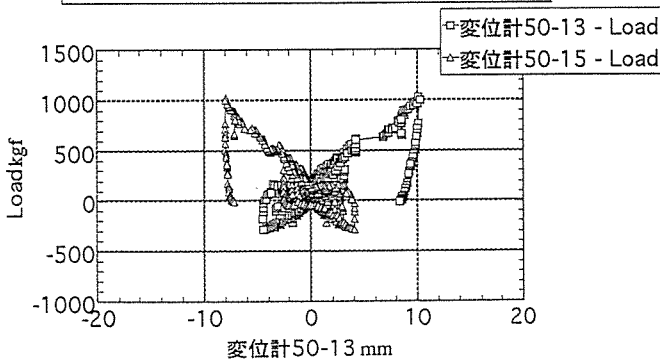
6寸勾配一梁方向一棟木一梁一浮き上がり



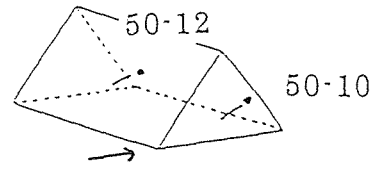
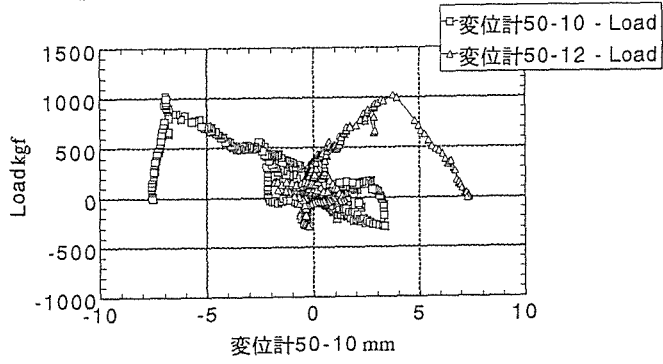
6寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり



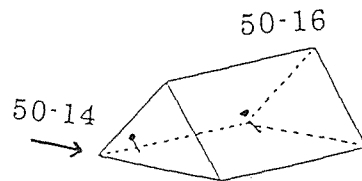
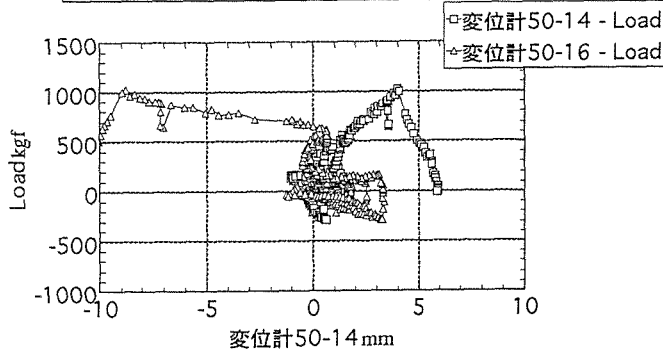
6寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一浮き上がり



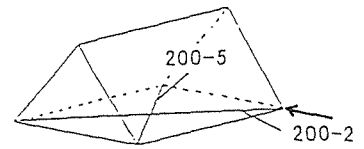
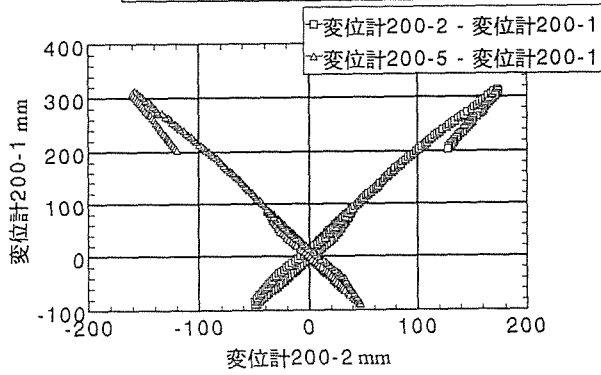
6寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一浮き上がり



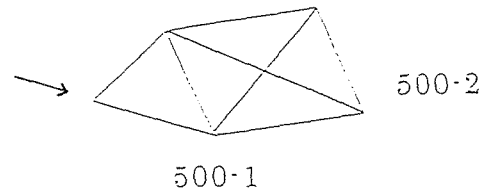
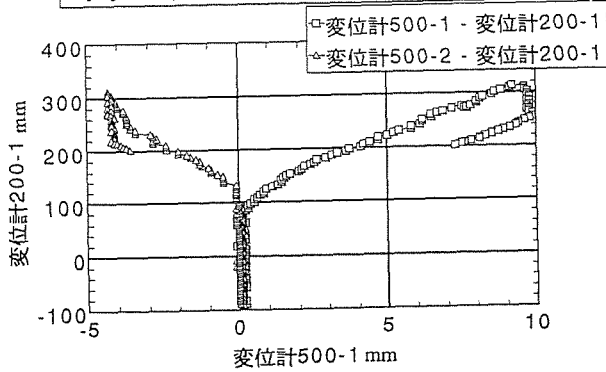
6寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一浮き上がり



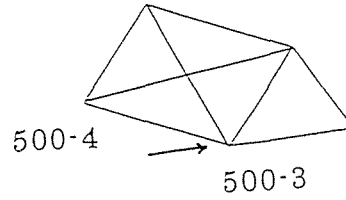
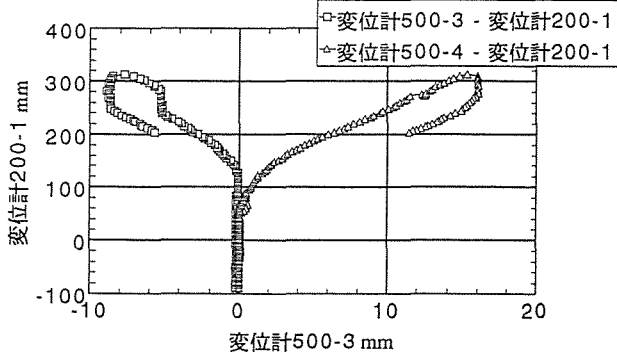
6寸勾配一梁方向一梁桁面一せん断変形



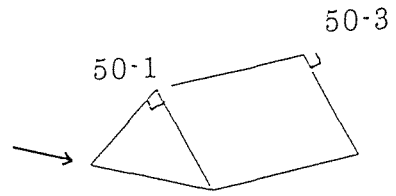
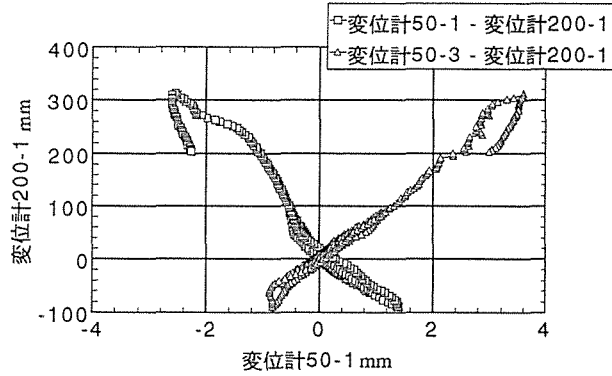
6寸勾配一梁方向一加力向側屋根面一せん断変形



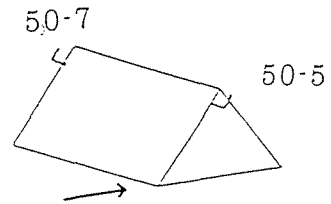
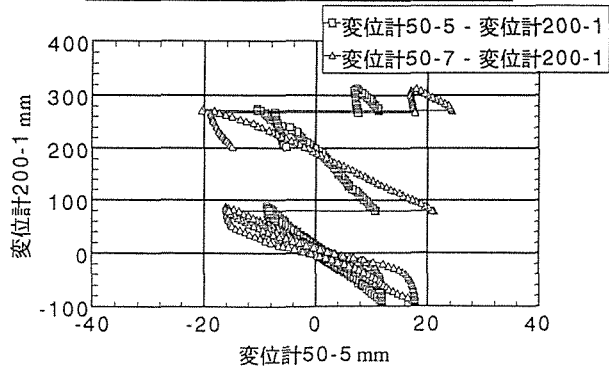
6寸勾配—梁方向—加力手前側屋根面—せん断変形



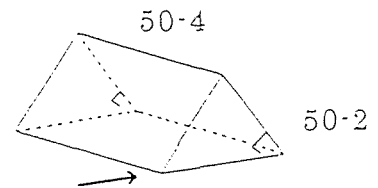
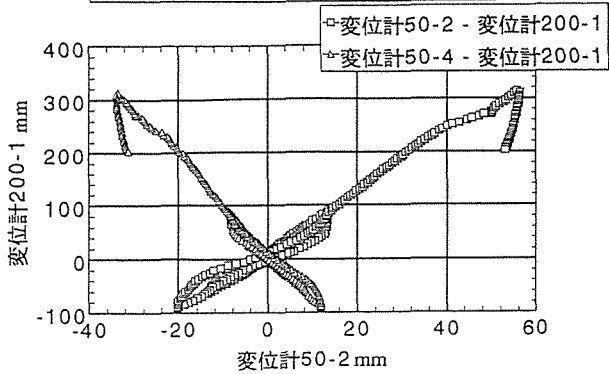
6寸勾配—梁方向—加力向側—棟木—回転



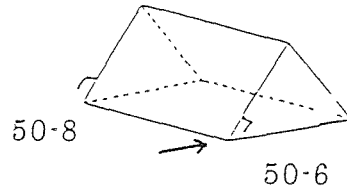
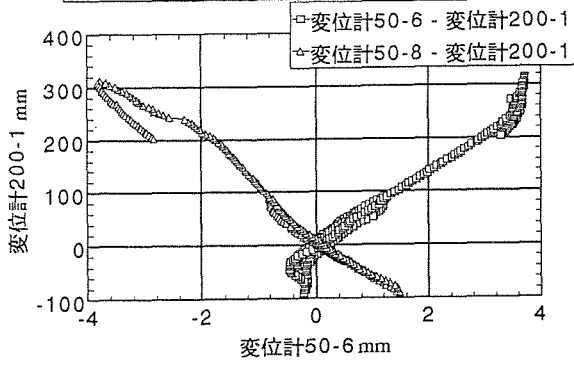
6寸勾配—梁方向—加力手前側—棟木—回転



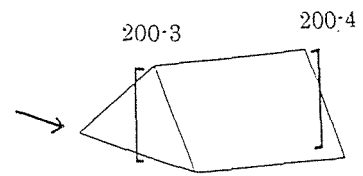
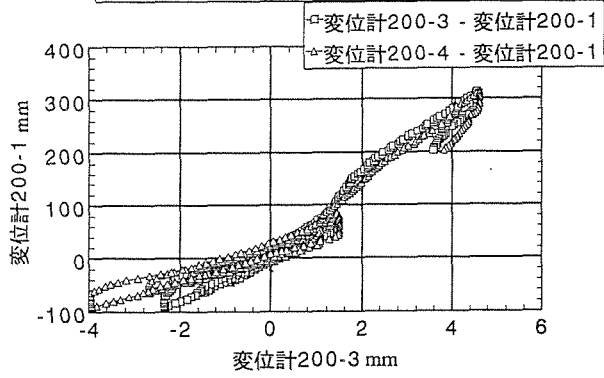
6寸勾配—梁方向—加力向側—軒桁—回転



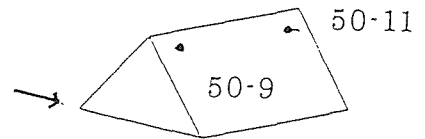
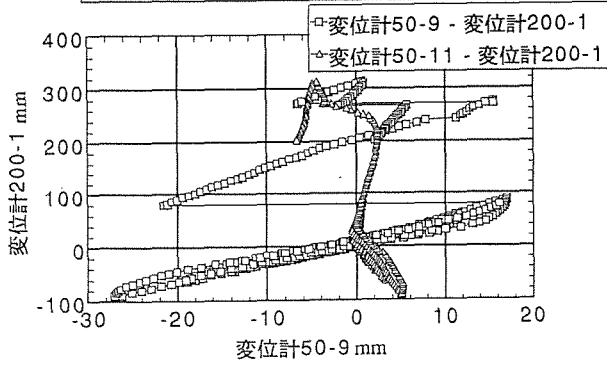
6寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁回転



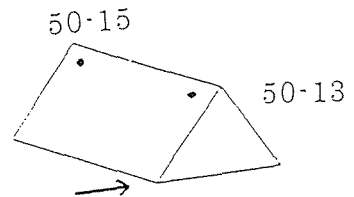
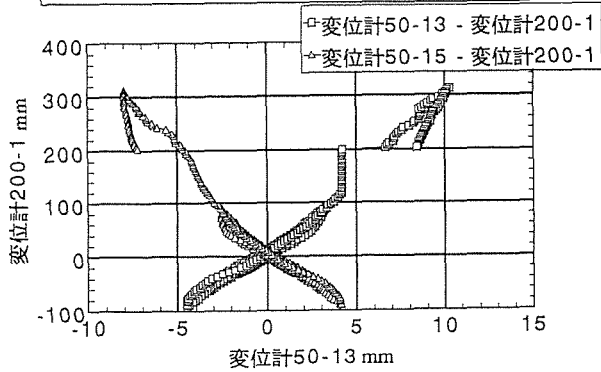
6寸勾配一梁方向一棟木一梁一浮き上がり



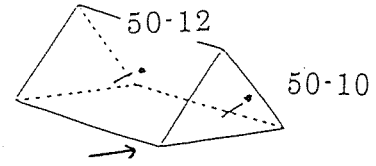
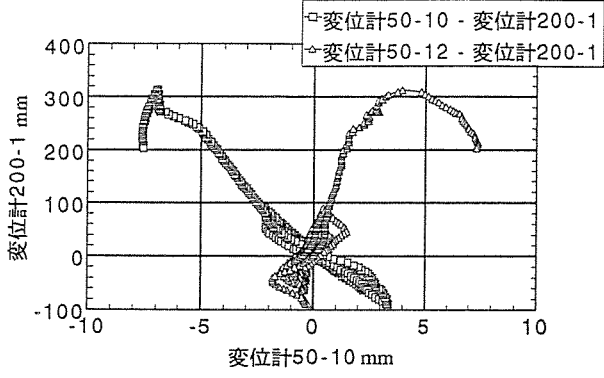
6寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり



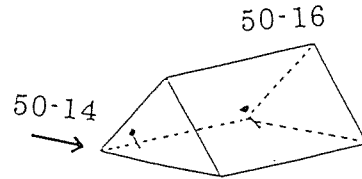
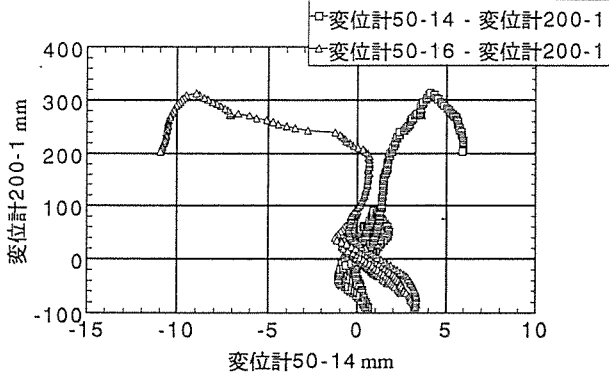
6寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一浮き上がり



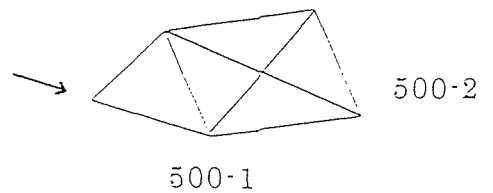
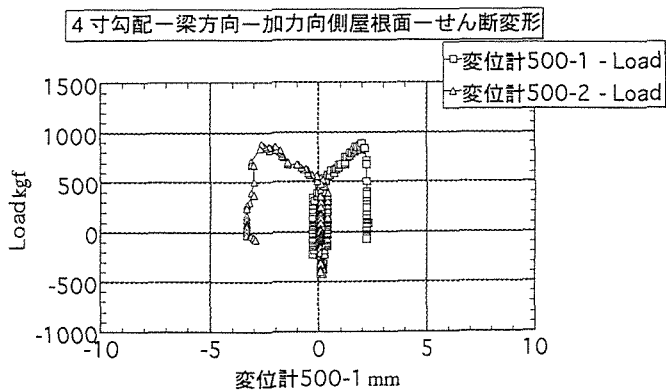
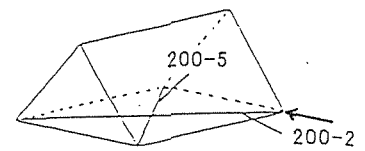
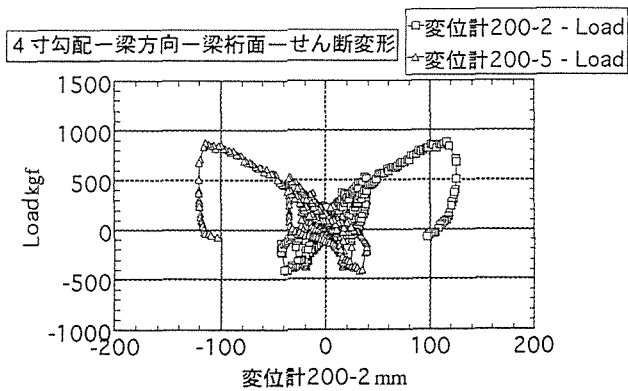
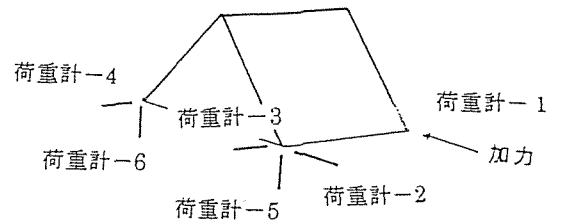
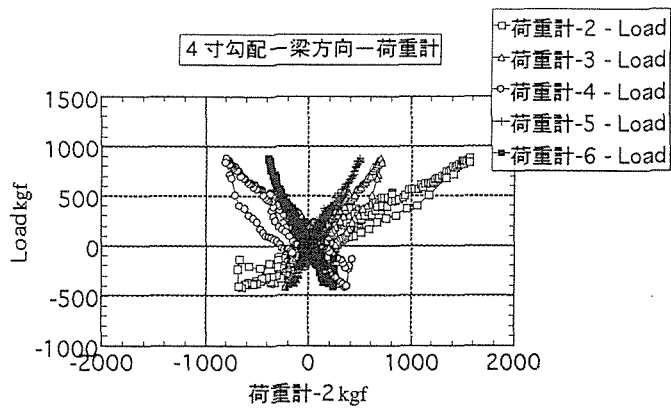
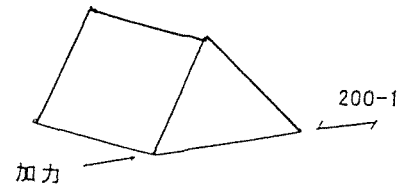
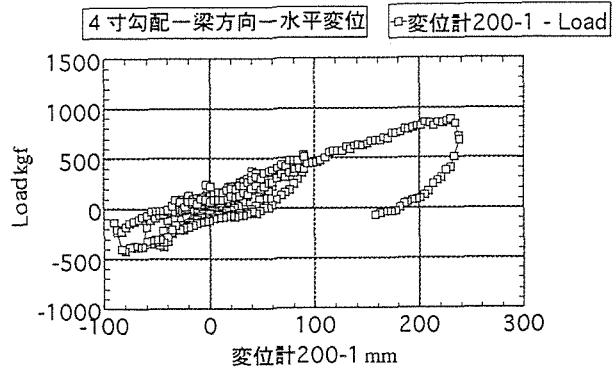
6寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一回転



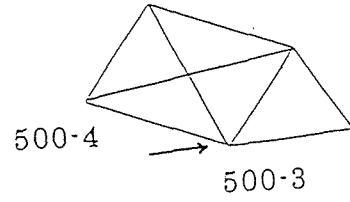
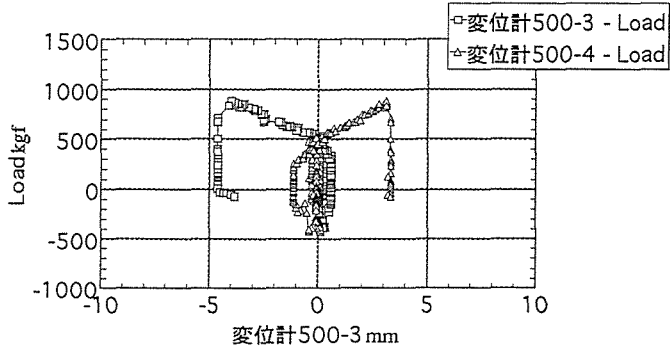
6寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一浮き上がり



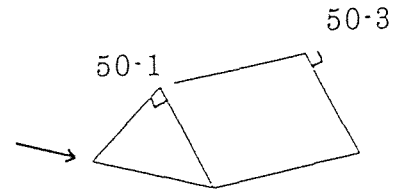
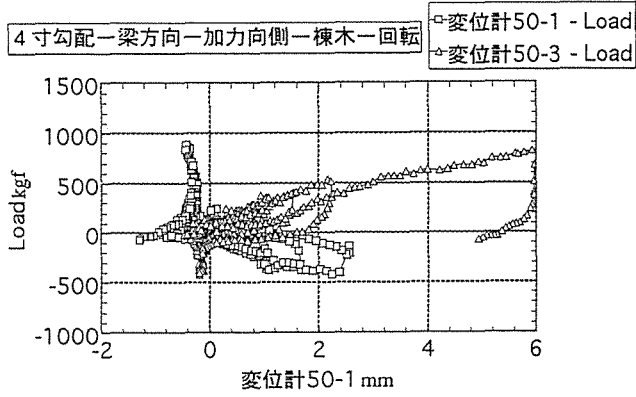
3. 9 和小屋・梁間方向加力・4寸勾配



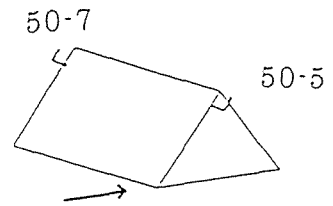
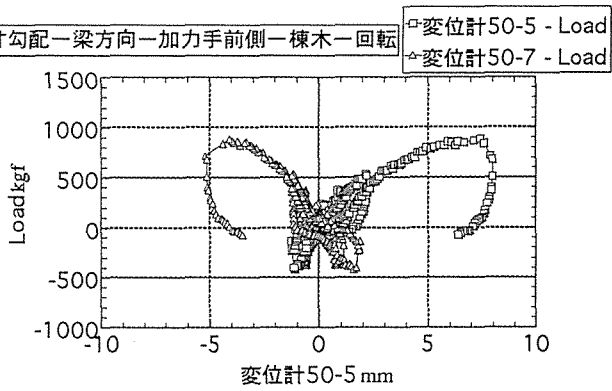
4寸勾配一梁方向一加力手前側屋根面一せん断変形



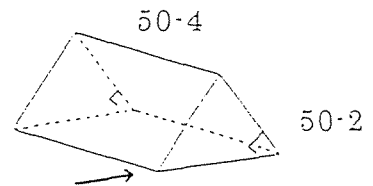
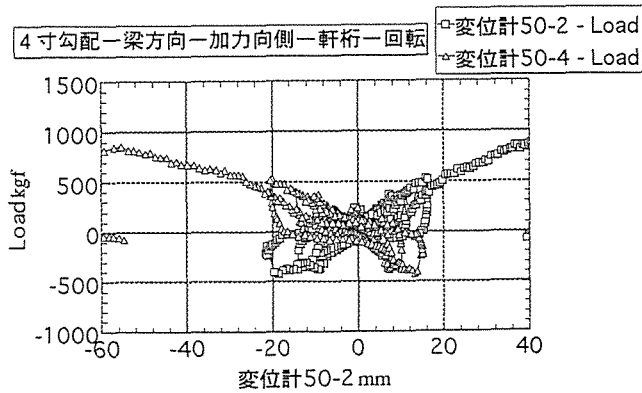
4寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一回転



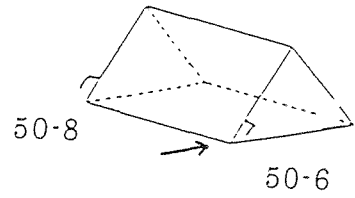
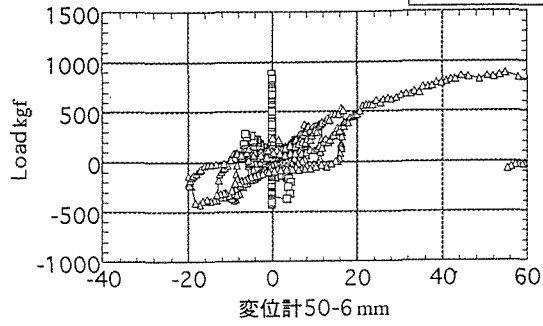
4寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一回転



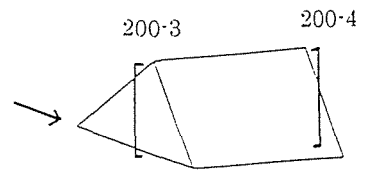
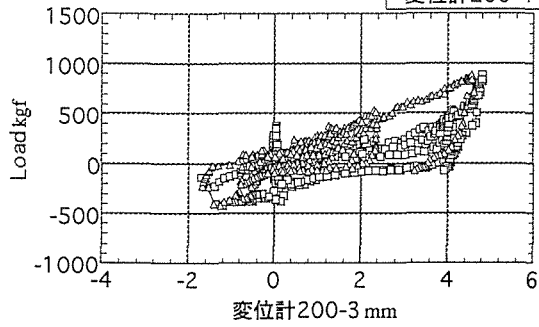
4寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一回転



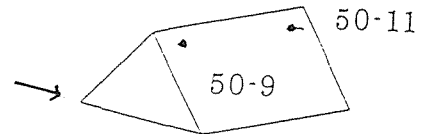
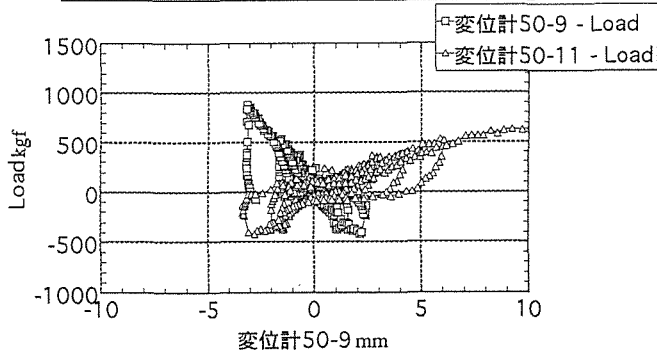
4寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一回転
 □変位計50-6 - Load
 △変位計50-8 - Load



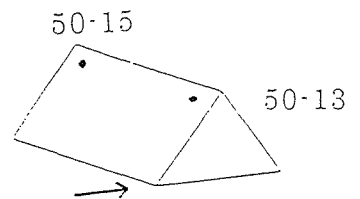
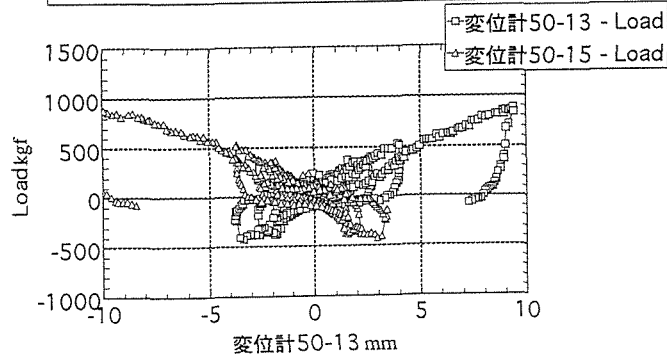
4寸勾配一梁方向一棟木一梁一浮き上がり
 □変位計200-3 - Load
 △変位計200-4 - Load



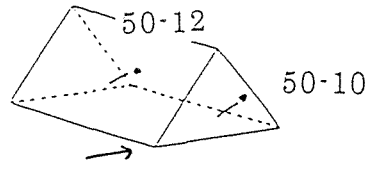
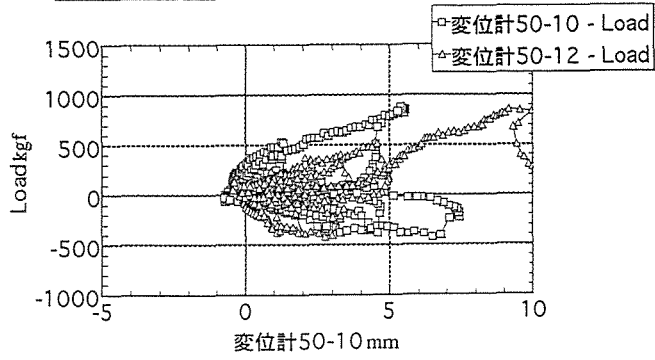
4寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり



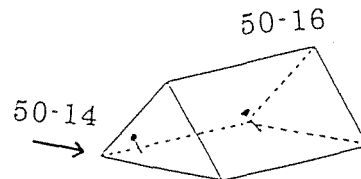
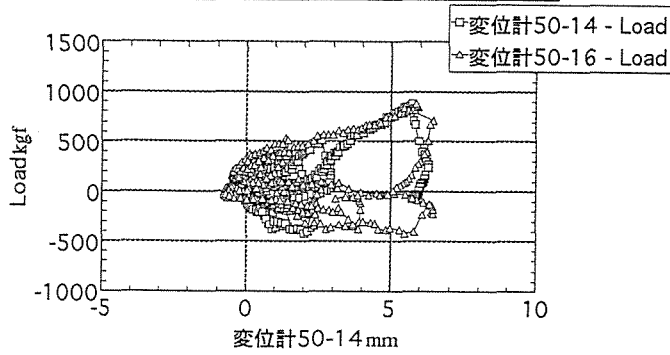
4寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一浮き上がり



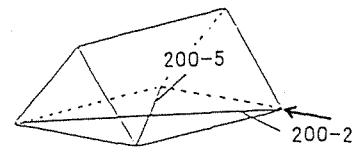
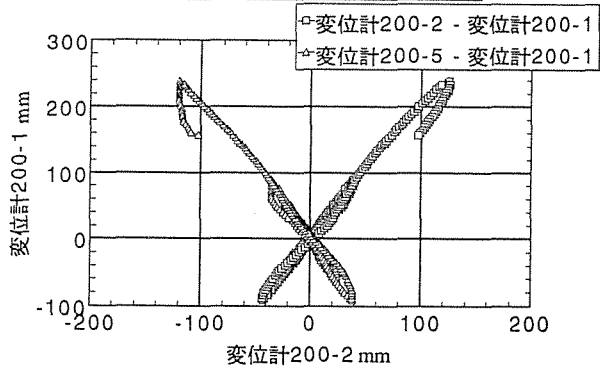
4寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一浮き上がり



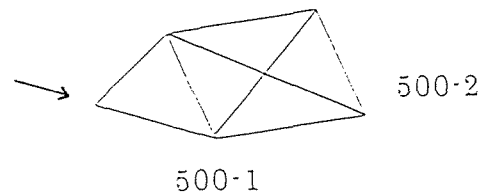
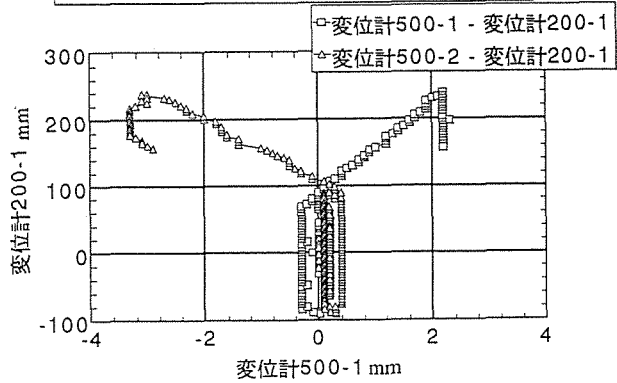
4寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一浮き上がり



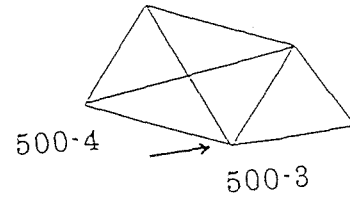
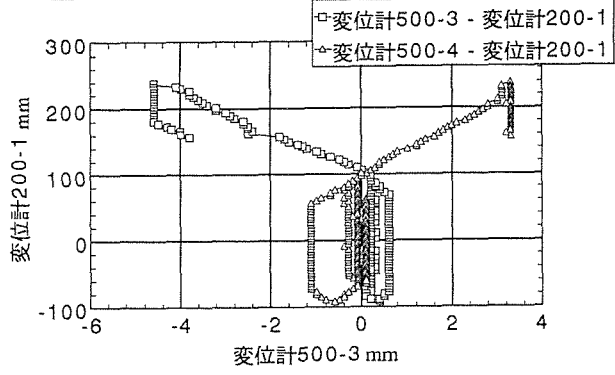
4寸勾配一梁方向一梁桁面一せん断変形



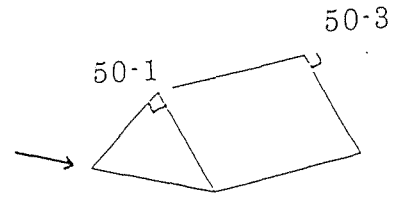
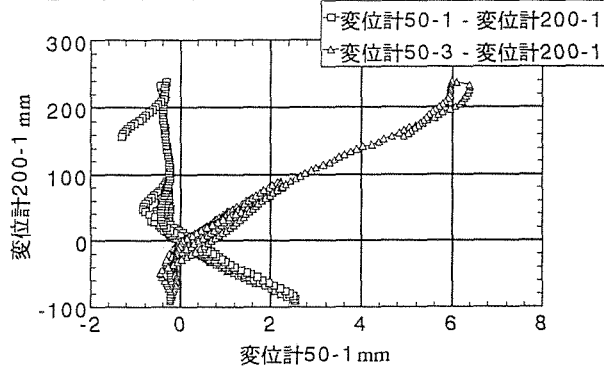
4寸勾配一梁方向一加力向側屋根面一せん断変形



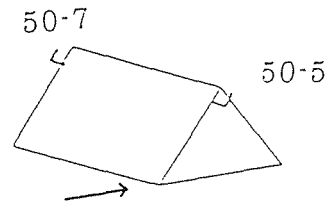
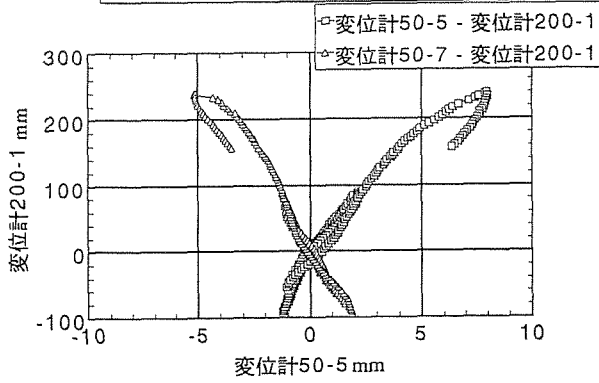
4寸勾配一梁方向一加力手前側屋根面一せん断変形



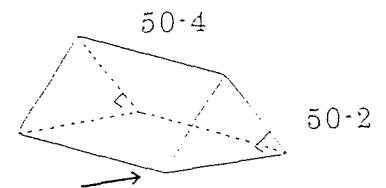
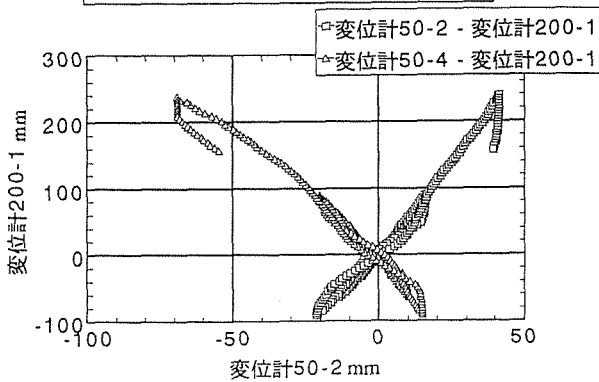
4寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一回転



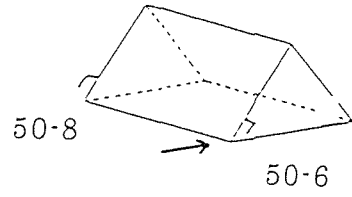
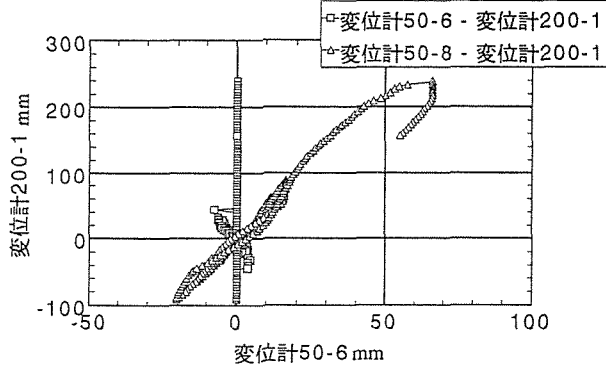
4寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一回転



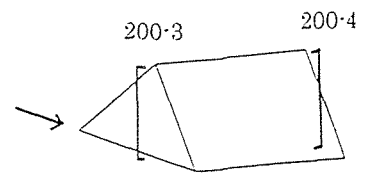
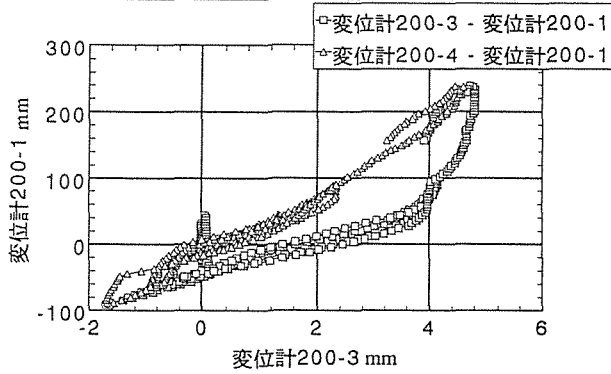
4寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一回転



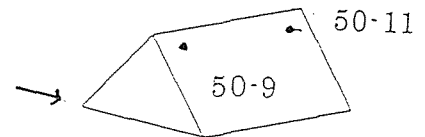
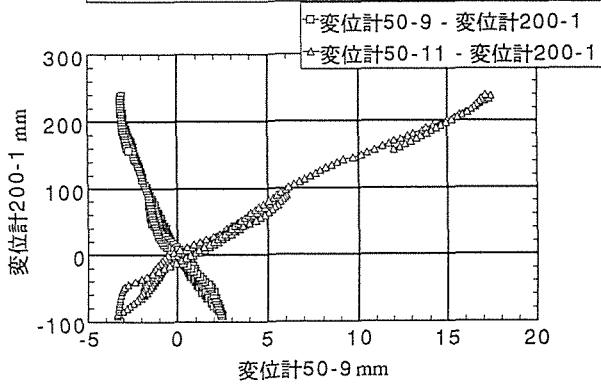
4寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一回転



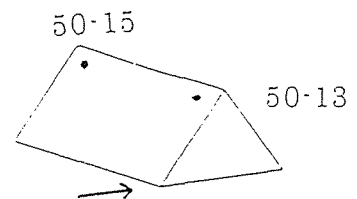
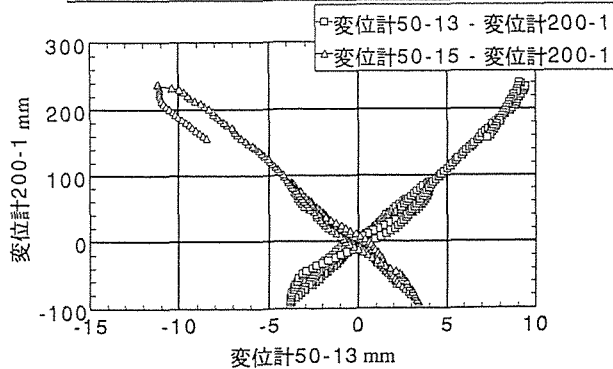
4寸勾配一梁方向一棟木一梁一浮き上がり



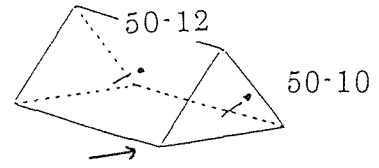
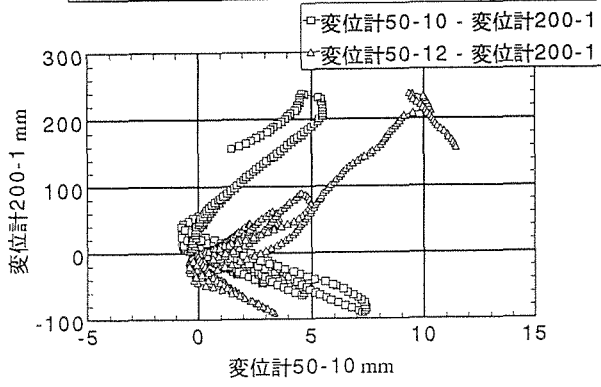
4寸勾配一梁方向一加力向側一棟木一浮き上がり



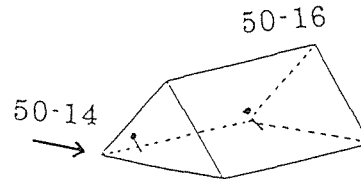
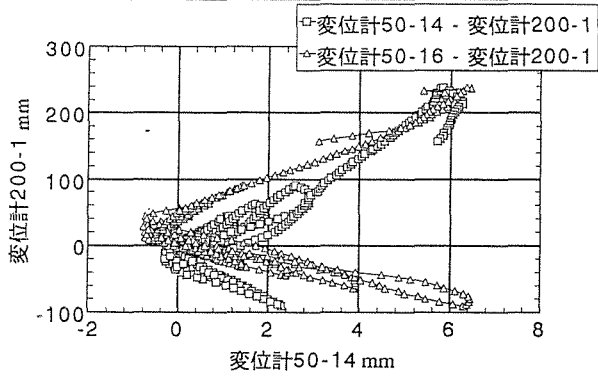
4寸勾配一梁方向一加力手前側一棟木一浮き上がり



4寸勾配一梁方向一加力向側一軒桁一浮き上がり

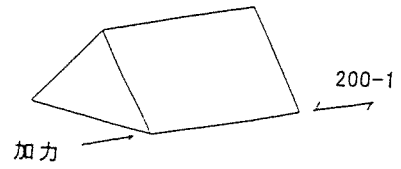
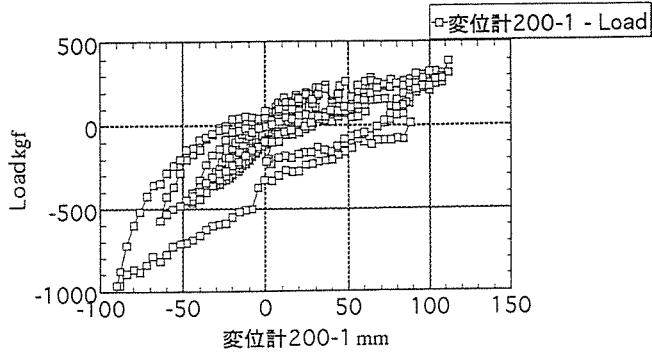


4寸勾配一梁方向一加力手前側一軒桁一浮き上がり

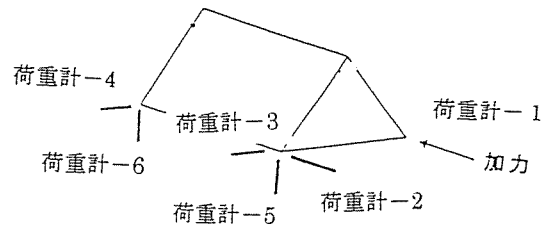
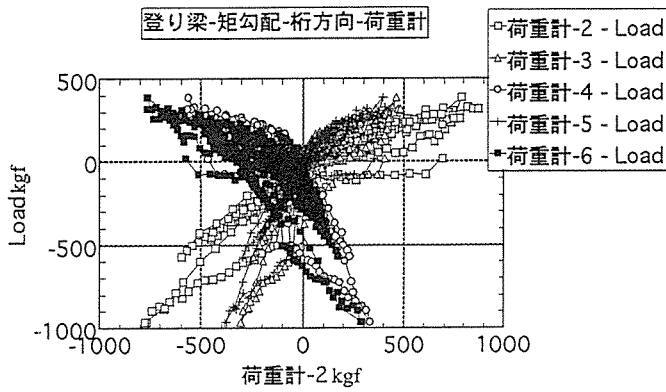


3. 10 登り梁・桁行方向加力・矩勾配

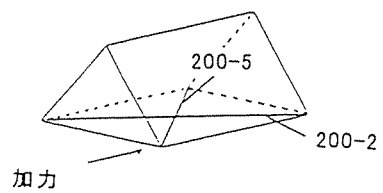
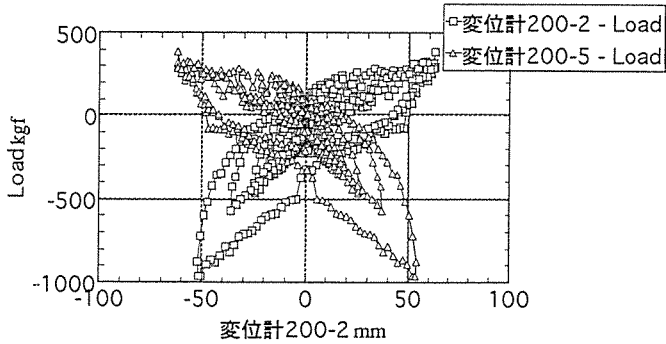
登り梁-矩勾配-桁方向-水平変位



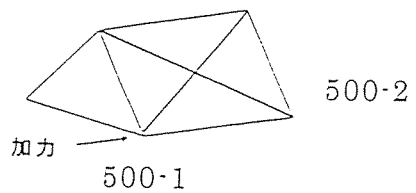
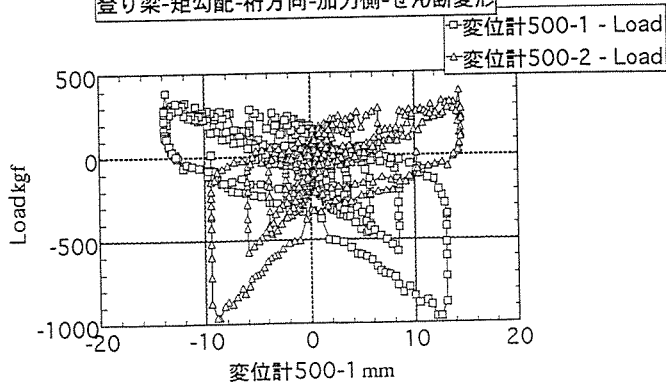
登り梁-矩勾配-桁方向-荷重計

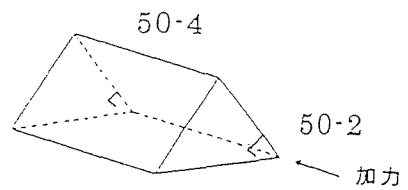
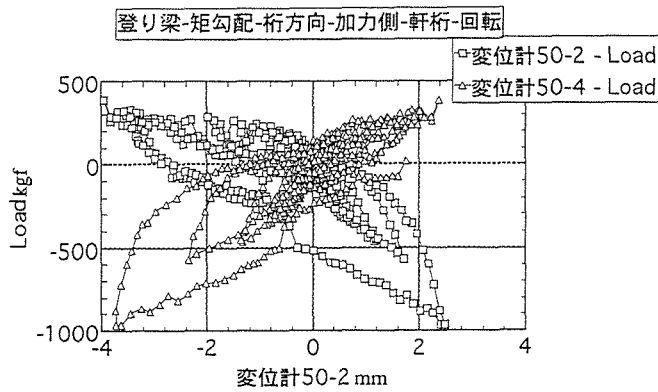
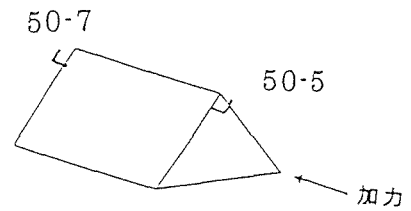
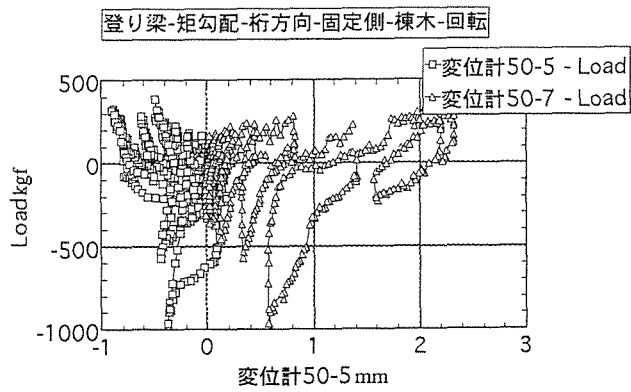
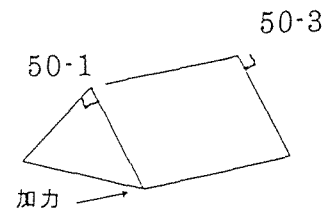
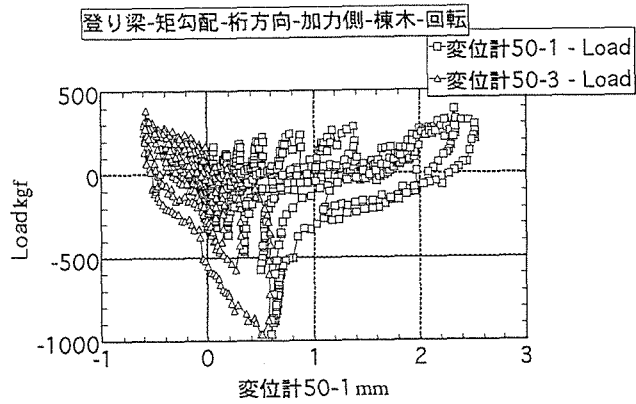
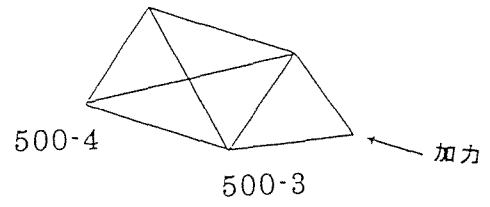
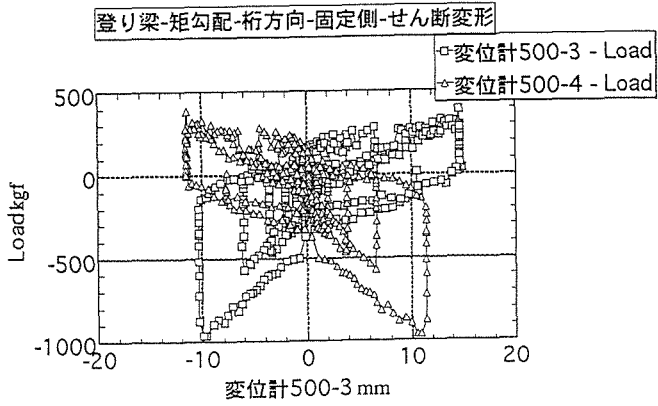


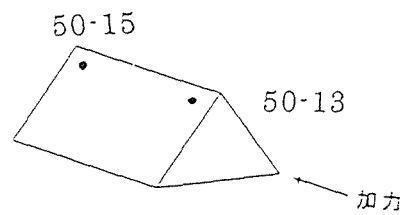
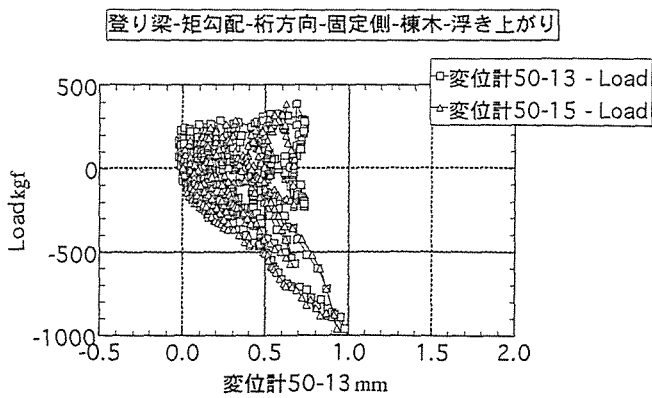
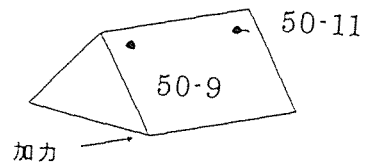
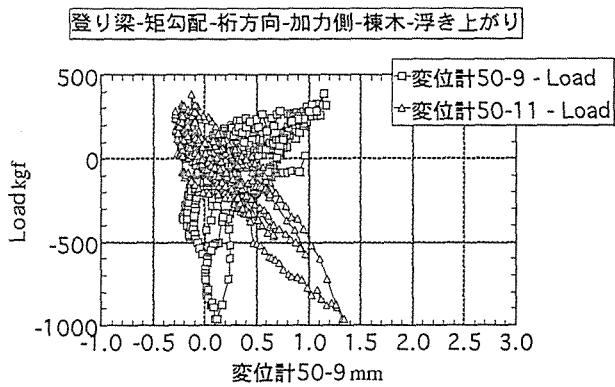
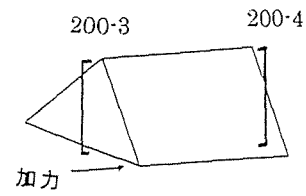
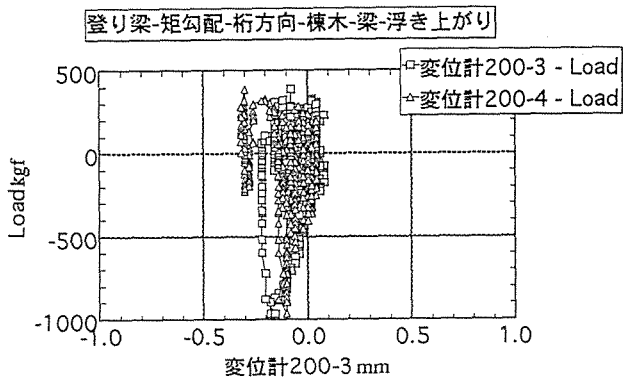
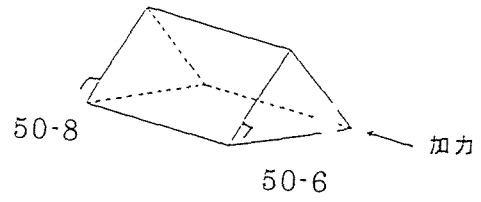
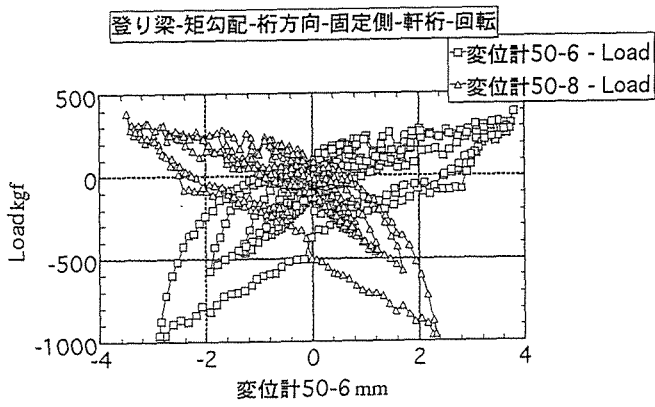
登り梁-矩勾配-桁方向-桁梁面-せん断変形



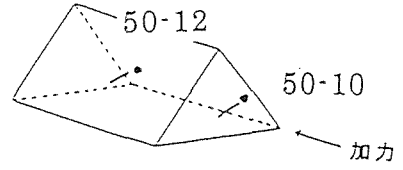
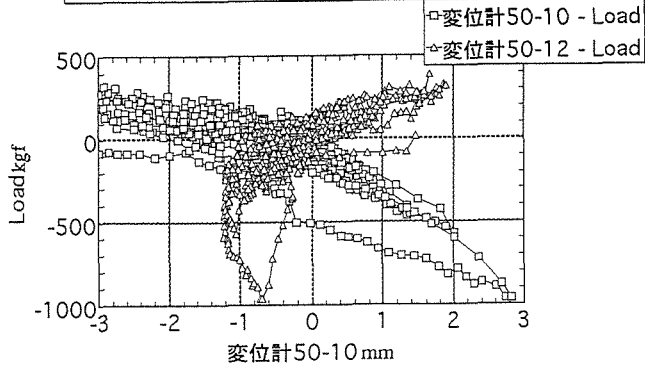
登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-せん断変形



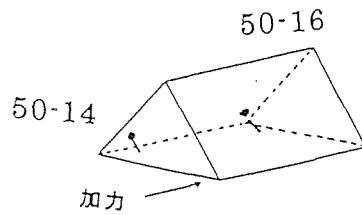
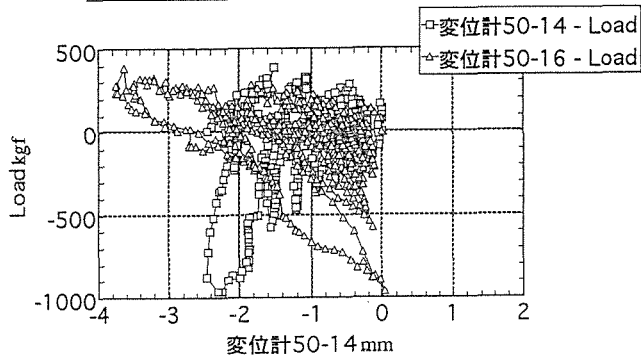




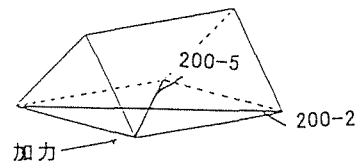
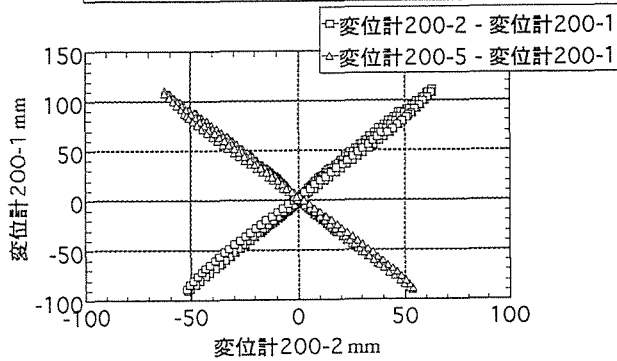
登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



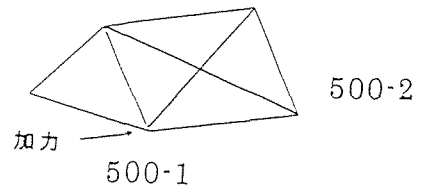
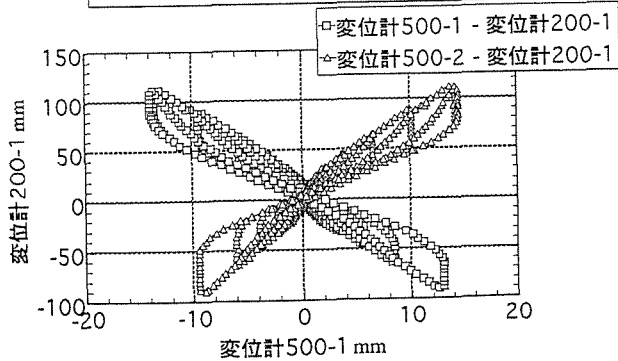
登り梁-矩勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり



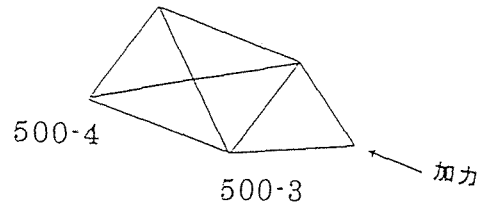
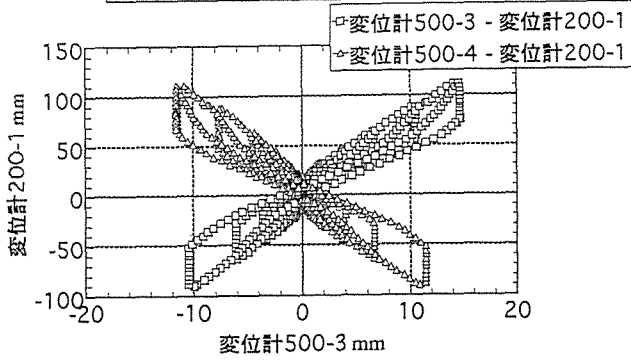
登り梁-矩勾配-桁方向-梁桁面-せん断変形



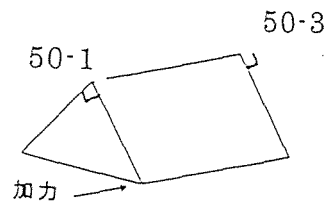
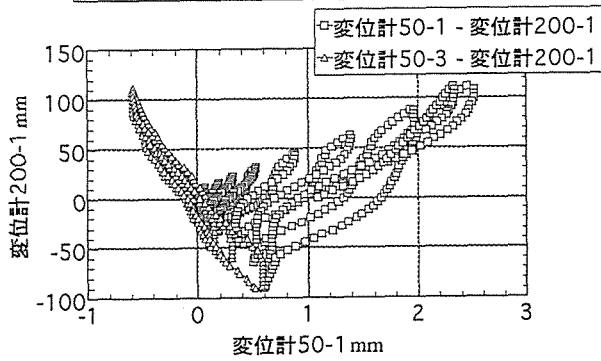
登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-せん断変形



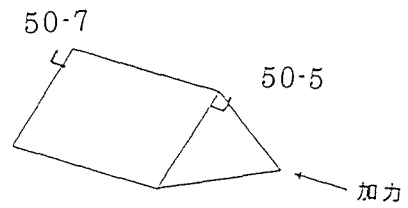
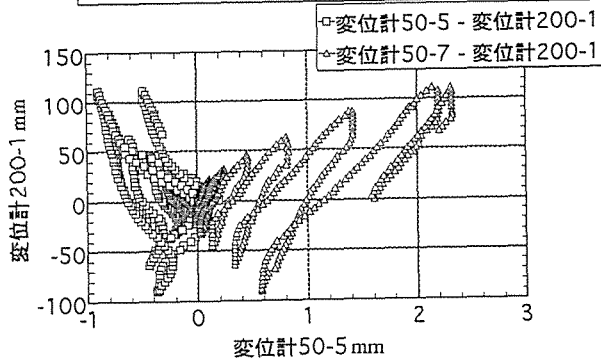
登り梁-矩勾配-桁方向-固定側-せん断変形



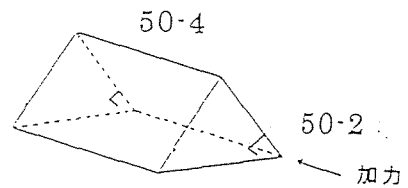
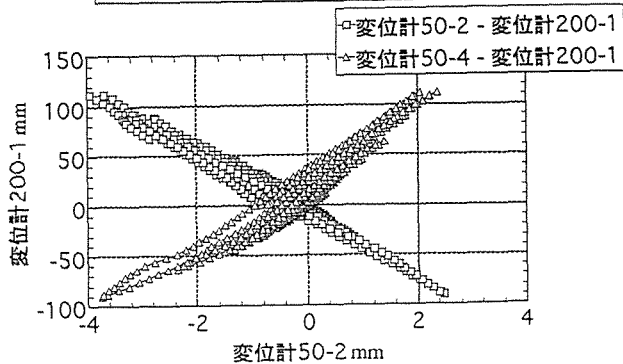
登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



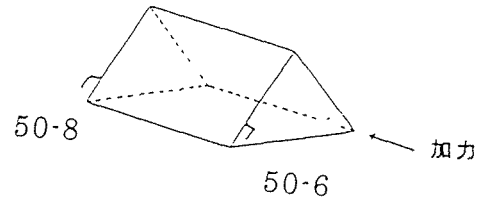
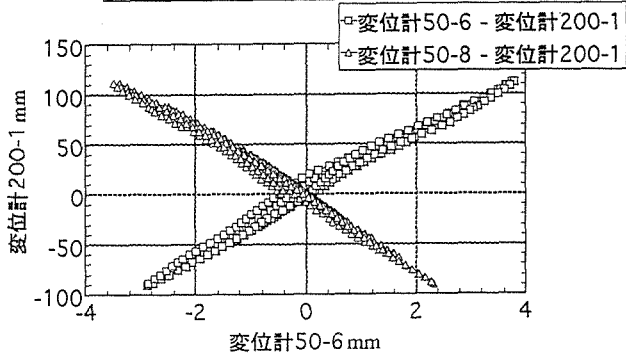
登り梁-矩勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



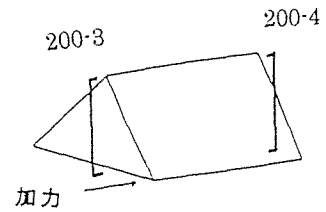
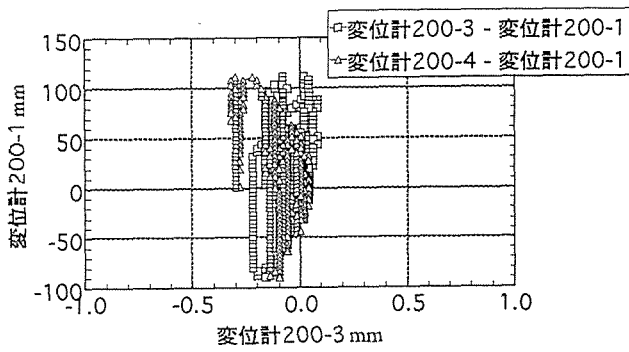
登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



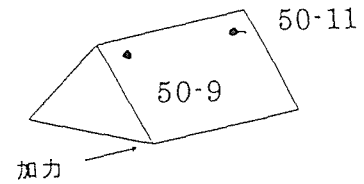
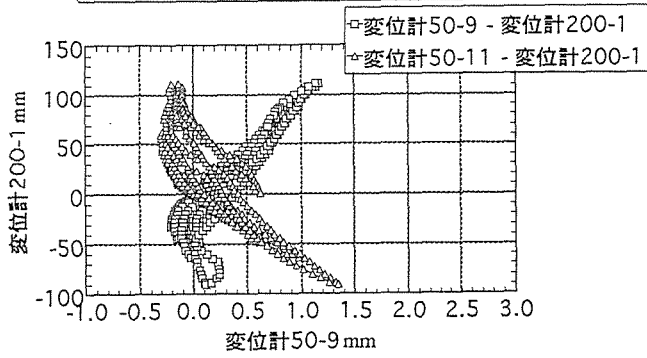
登り梁-矩勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



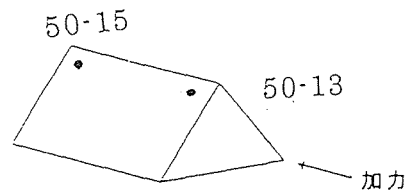
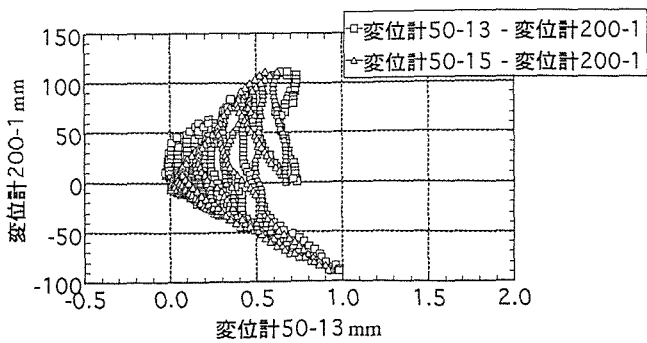
登り梁-矩勾配-桁方向-棟木-梁-浮き上がり



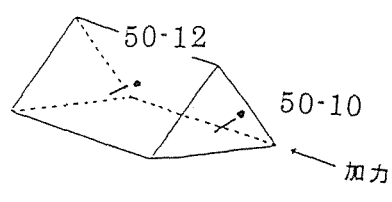
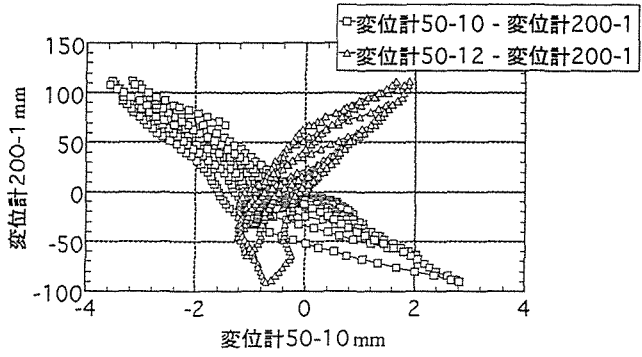
登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり



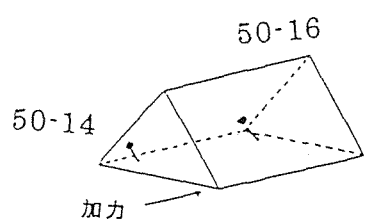
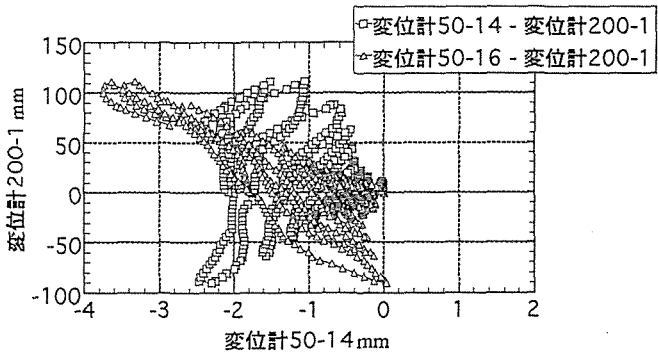
登り梁-矩勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり



登り梁-矩勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり

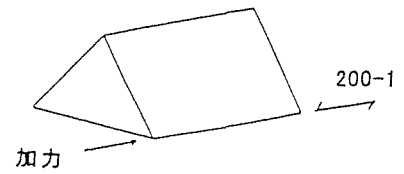
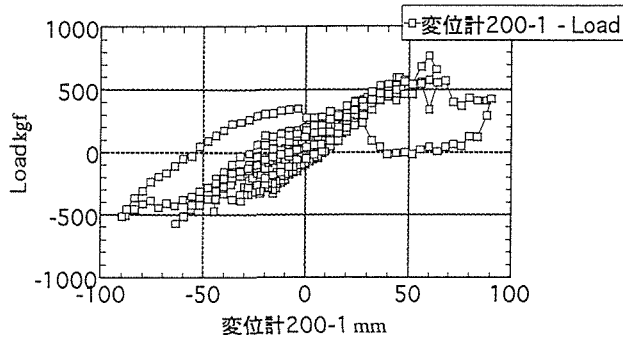


登り梁-矩勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり

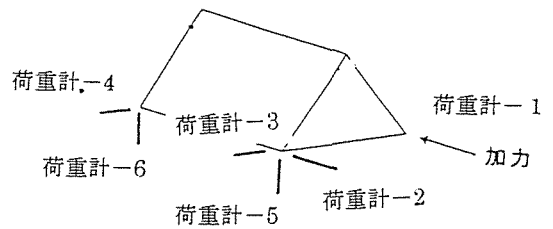
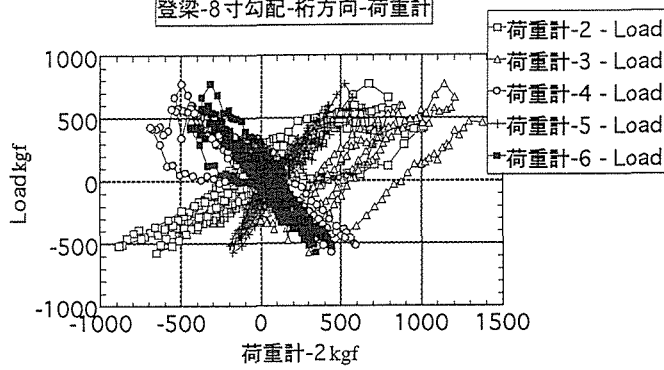


3. 1.1 登り梁・桁行方向加力・8寸勾配

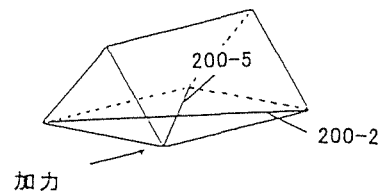
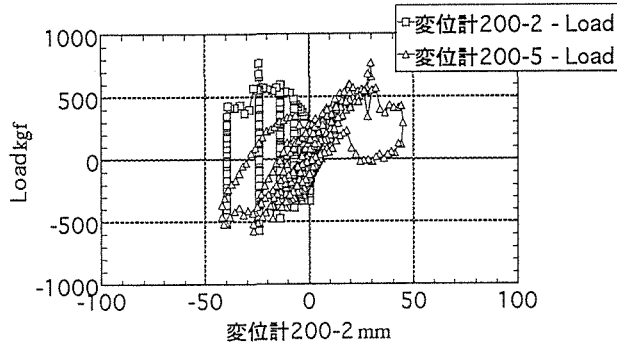
登梁-8寸勾配-桁方向-水平変位



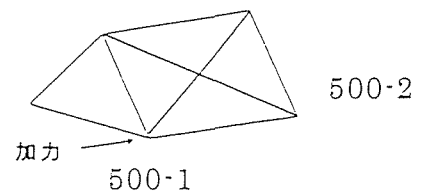
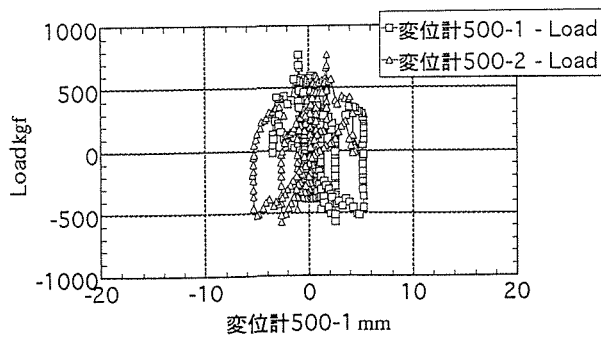
登梁-8寸勾配-桁方向-荷重計



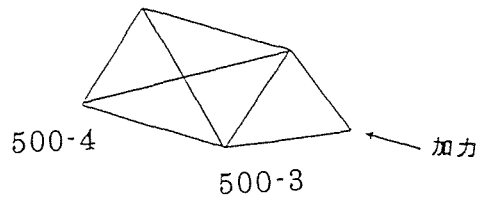
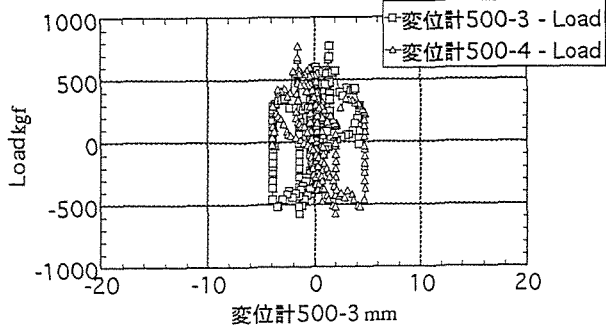
登梁-8寸勾配-桁方向-梁桁面-せん断変形



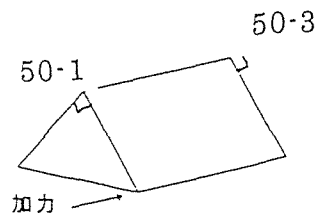
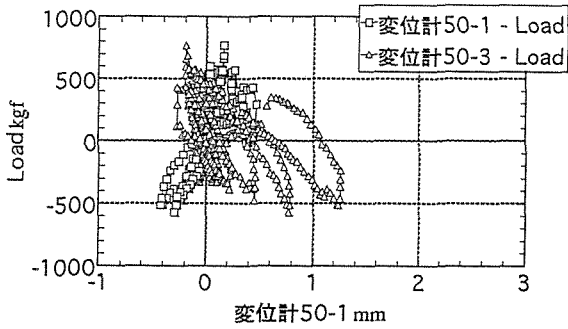
登梁-8寸勾配-桁方向-加力側-せん断変形



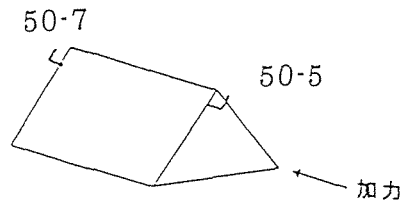
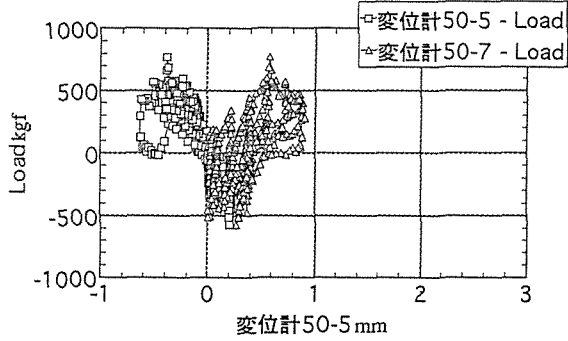
登梁-8寸勾配-桁方向-固定側-せん断変形



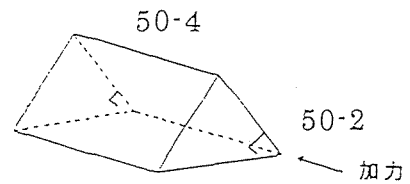
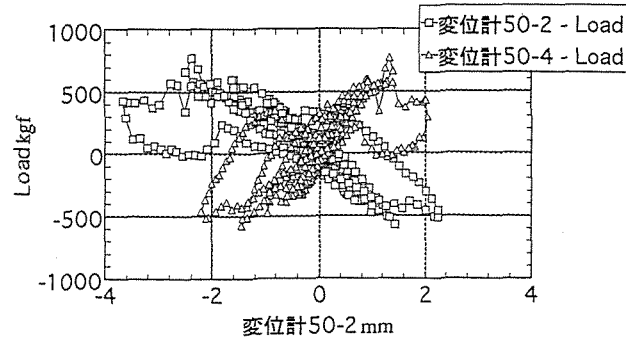
登梁-8寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転

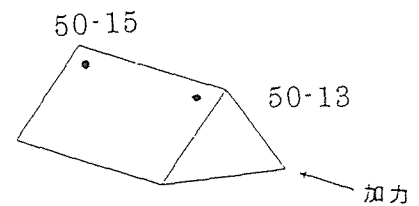
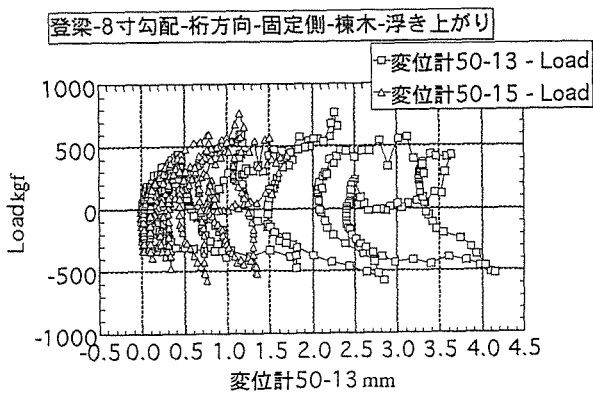
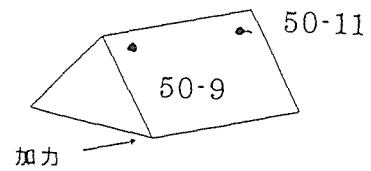
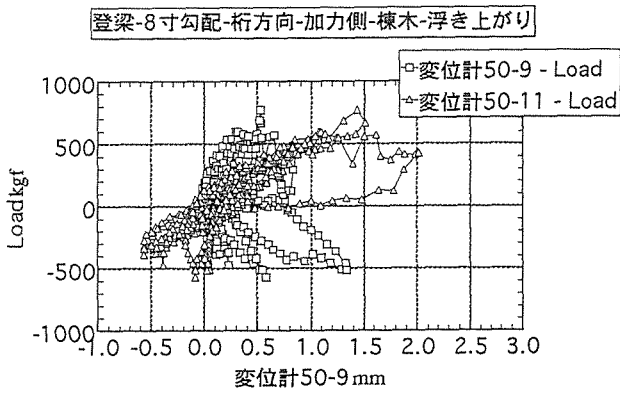
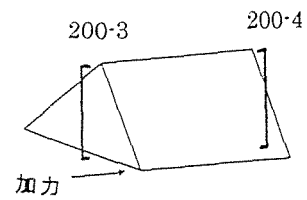
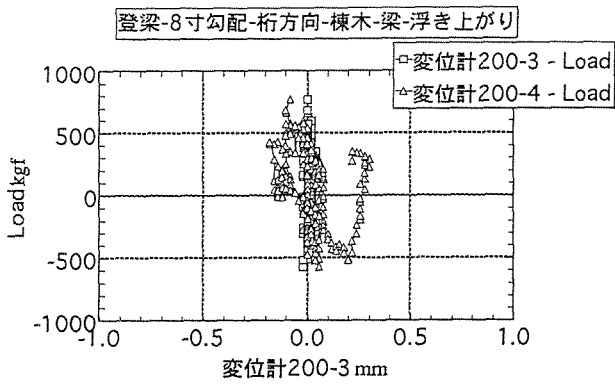
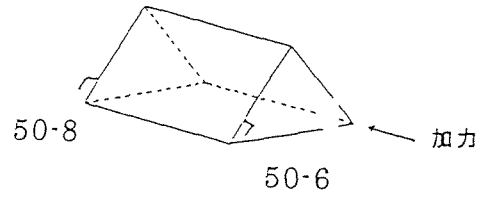
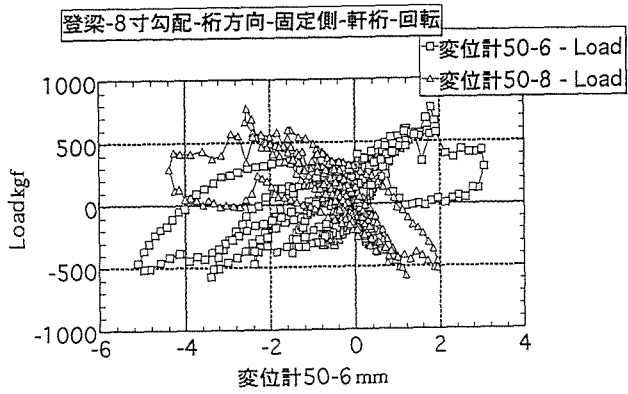


登梁-8寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転

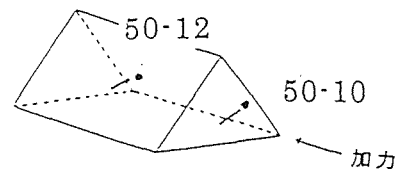
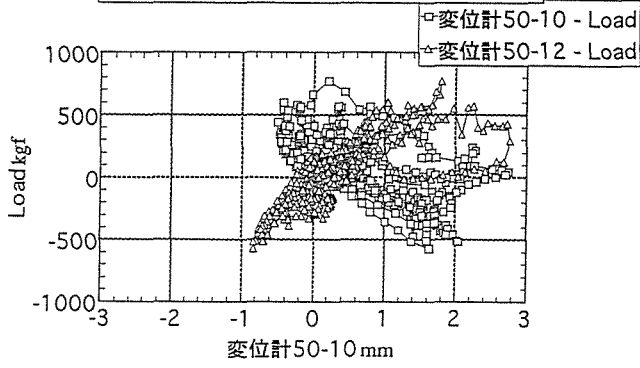


登梁-8寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転

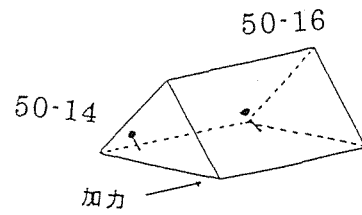
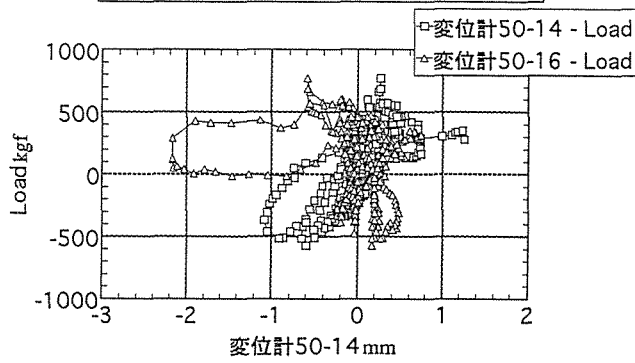




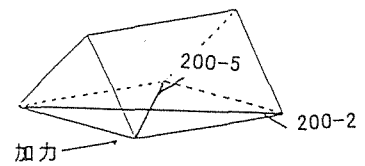
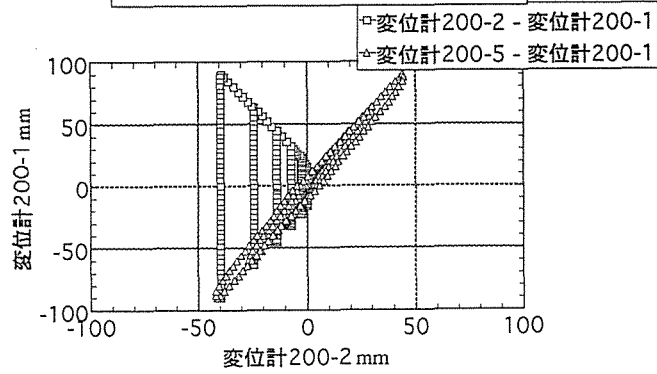
登梁-8寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



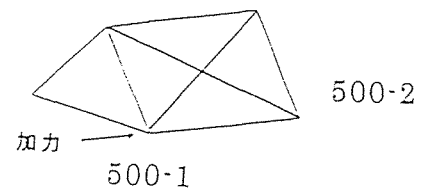
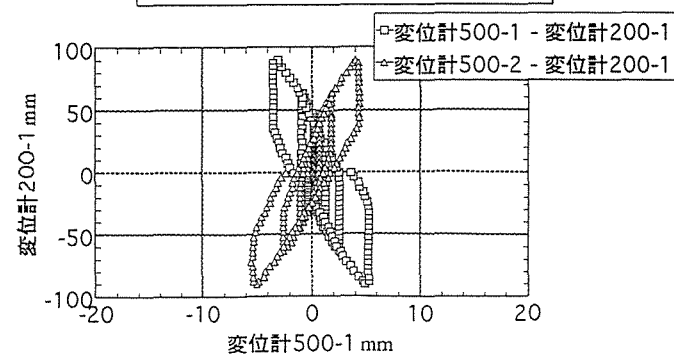
登梁-8寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり

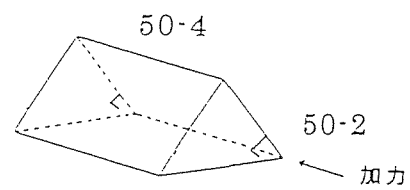
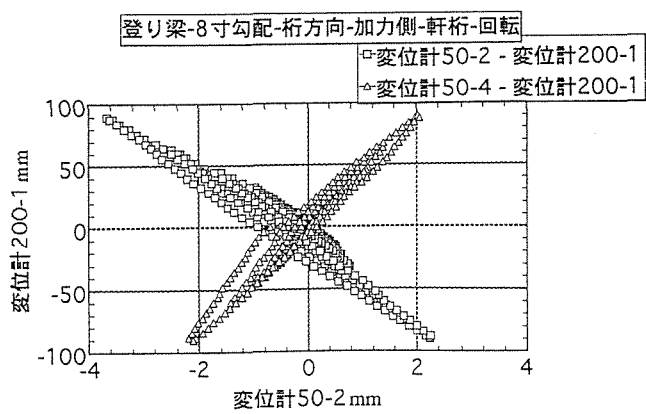
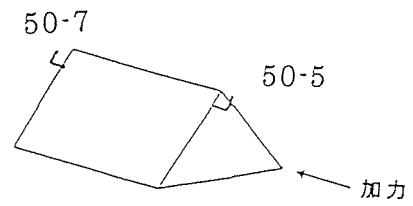
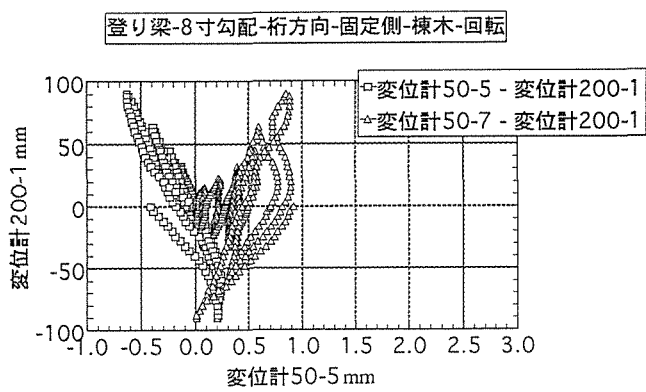
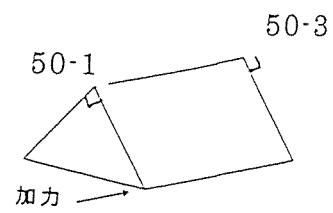
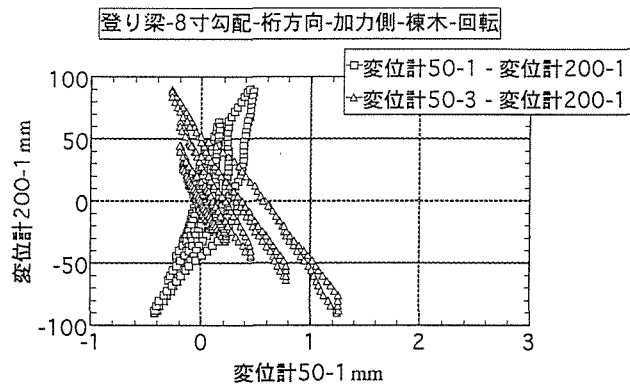
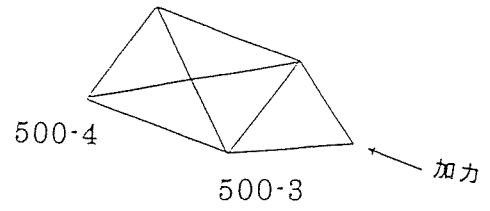
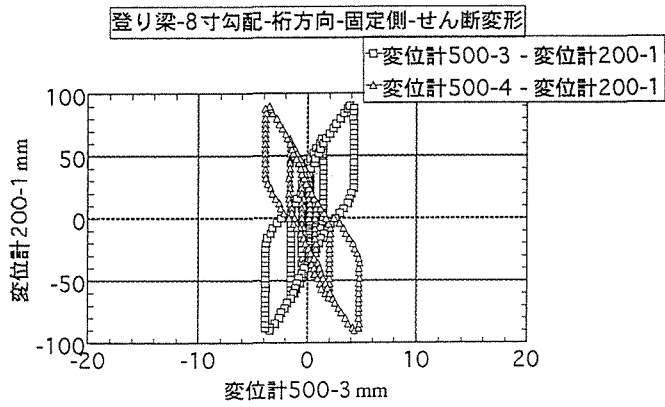


登り梁-8寸勾配-桁方向-梁桁面-せん断変形

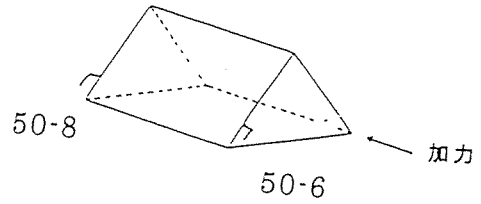
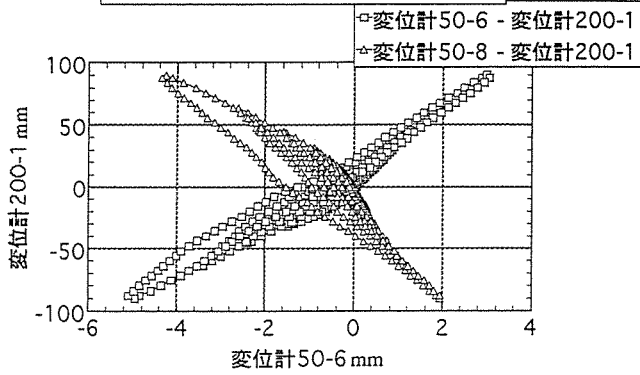


登り梁-8寸勾配-桁方向-加力側-せん断変形

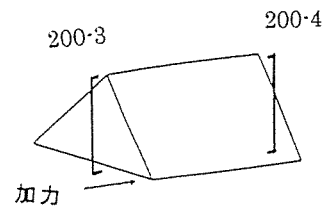
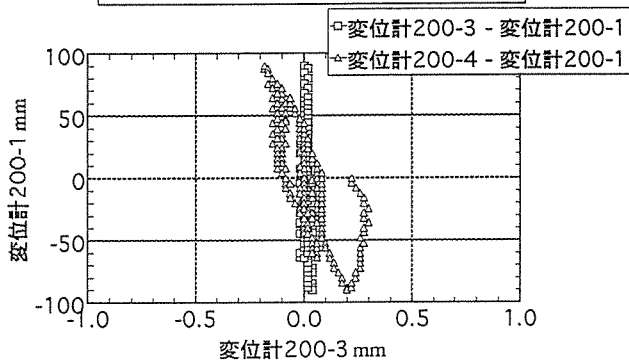




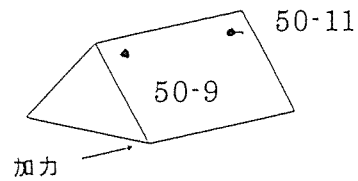
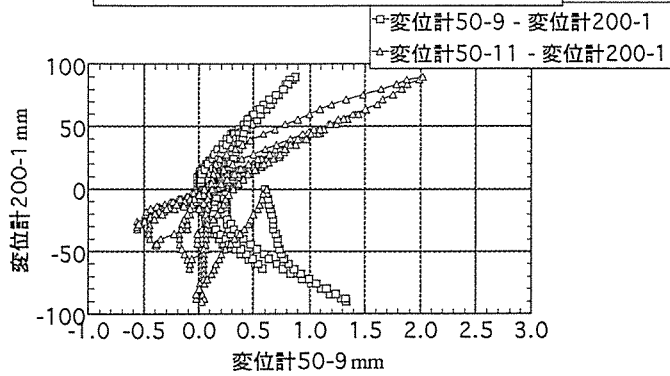
登り梁-8寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



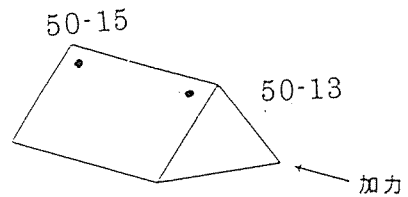
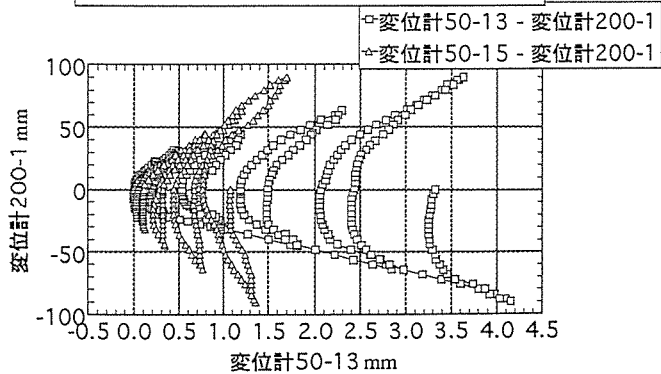
登り梁-8寸勾配-桁方向-棟木-梁-浮き上がり



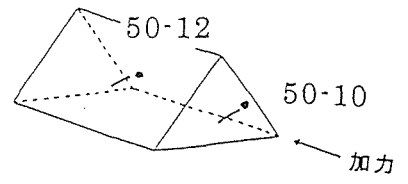
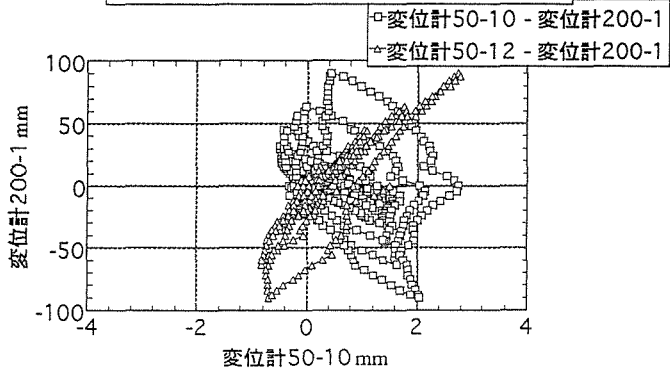
登り梁-8寸勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり



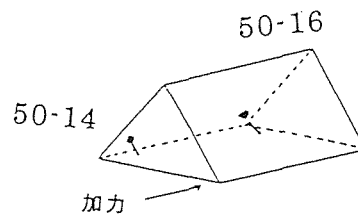
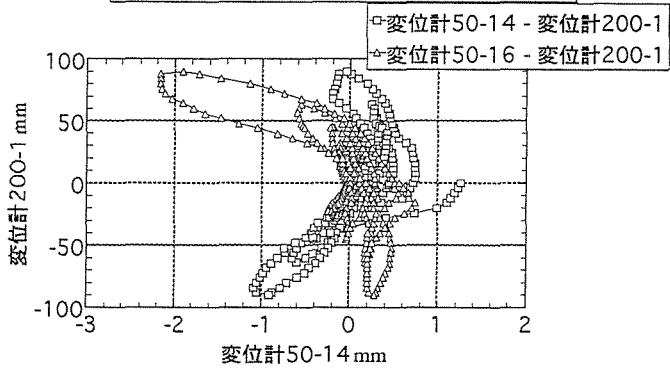
登り梁-8寸勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり



登り梁-8寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり

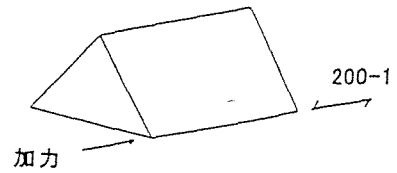
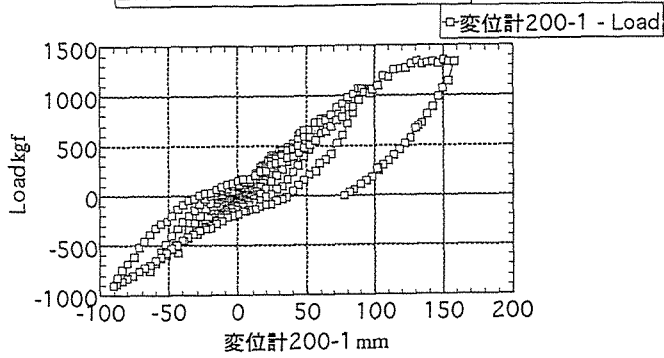


登り梁-8寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり

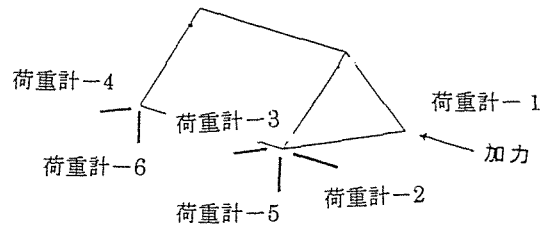
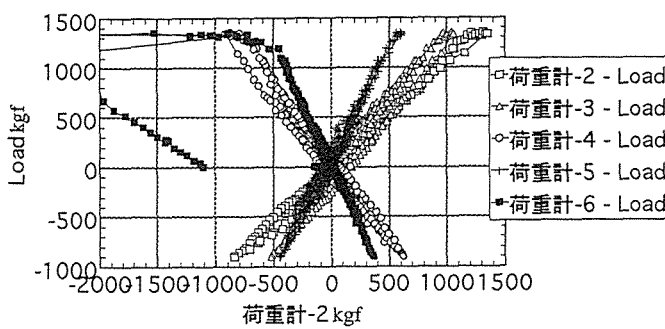


3. 1 2 登り梁・桁行方向加力・6寸勾配

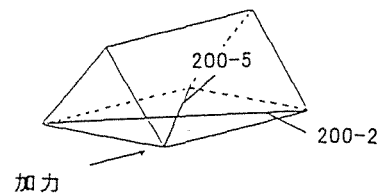
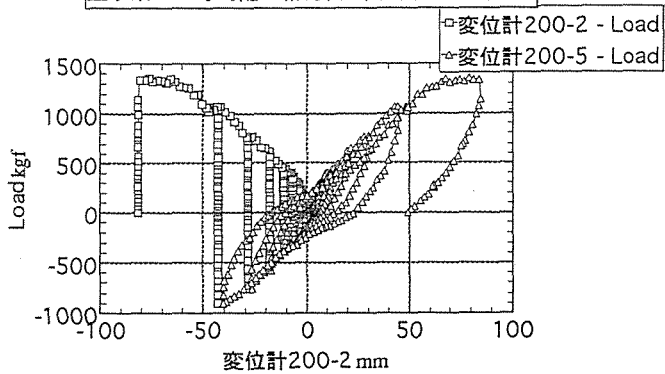
登り梁-6寸勾配-桁方向-水平変位



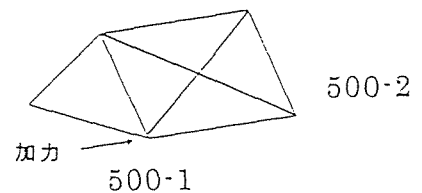
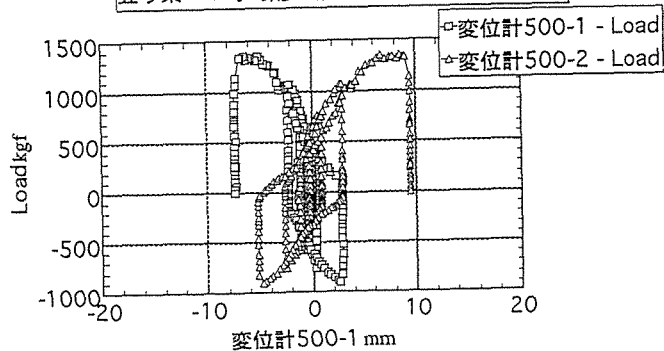
登り梁-6寸勾配-桁方向-荷重計



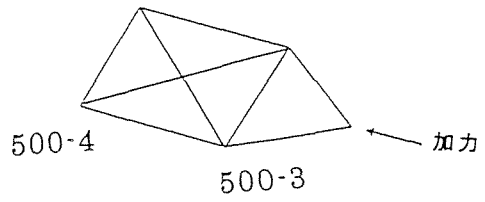
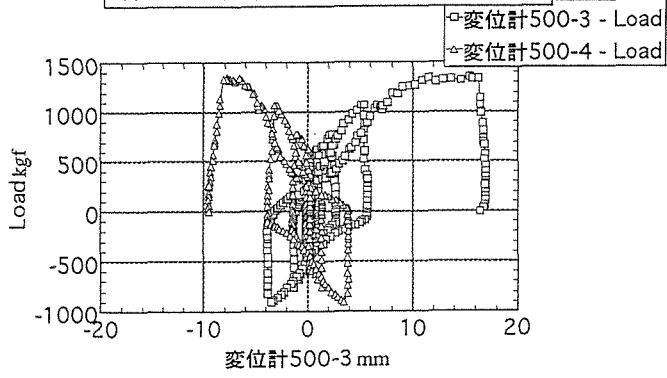
登り梁-6寸勾配-桁方向-梁桁面-せん断変形



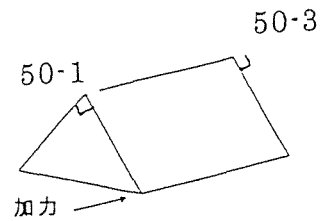
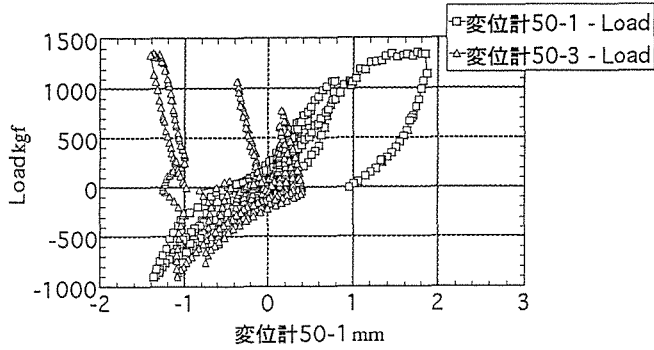
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-せん断変形



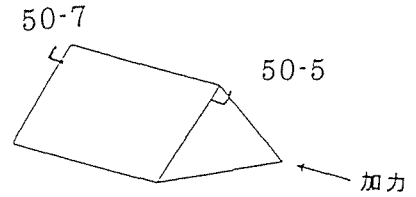
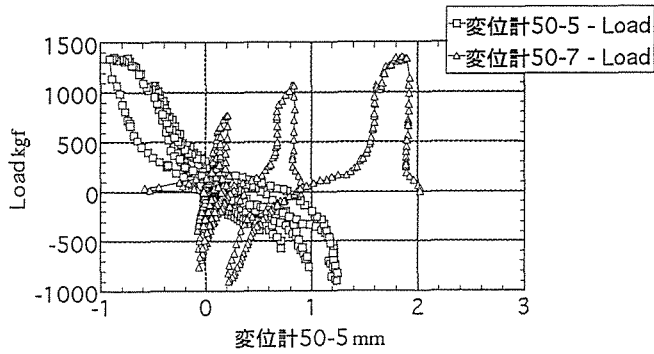
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-せん断変形



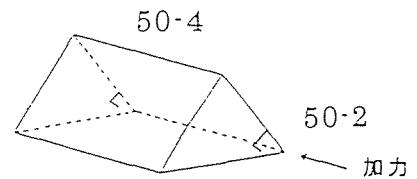
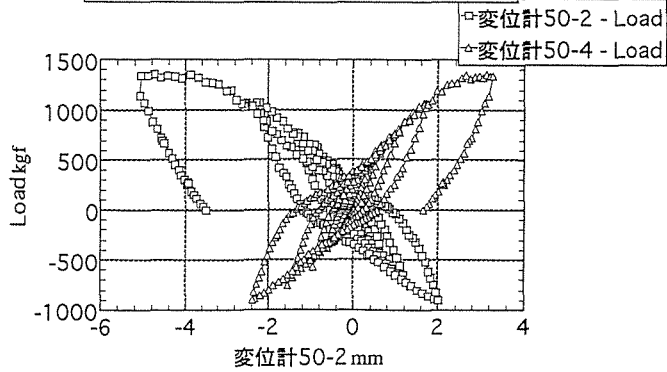
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-棟木-回転



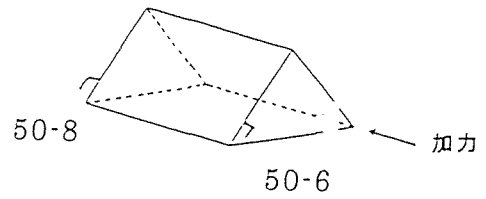
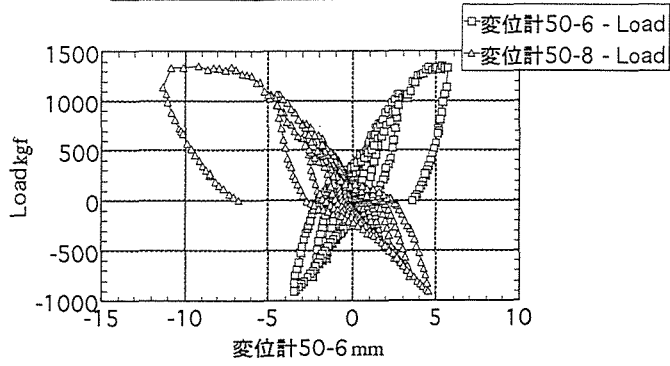
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-棟木-回転



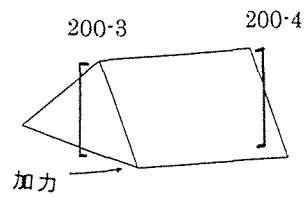
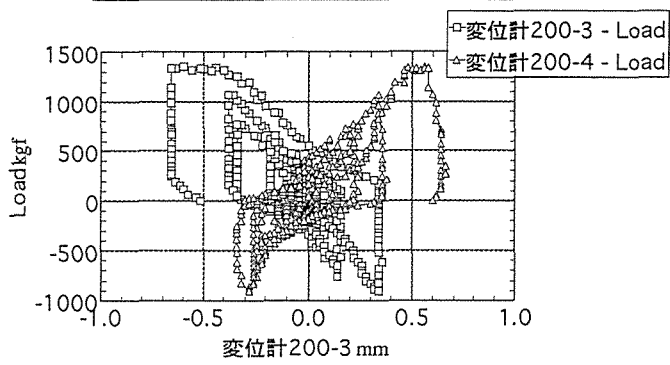
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-回転



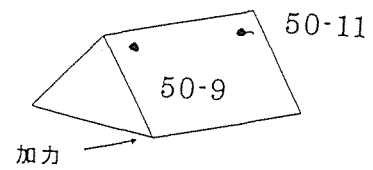
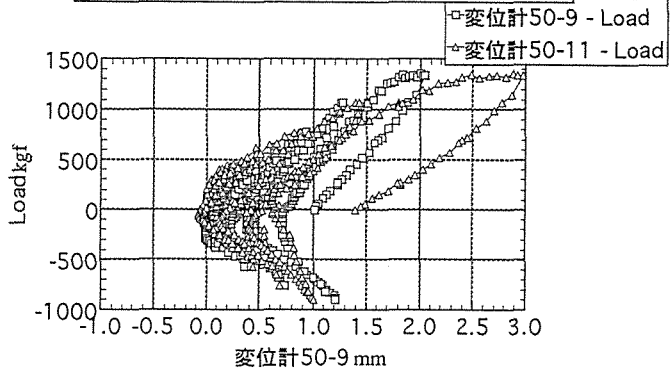
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



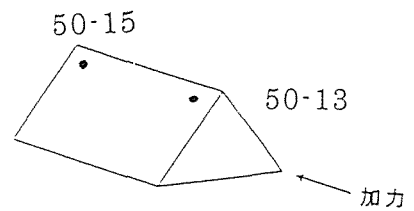
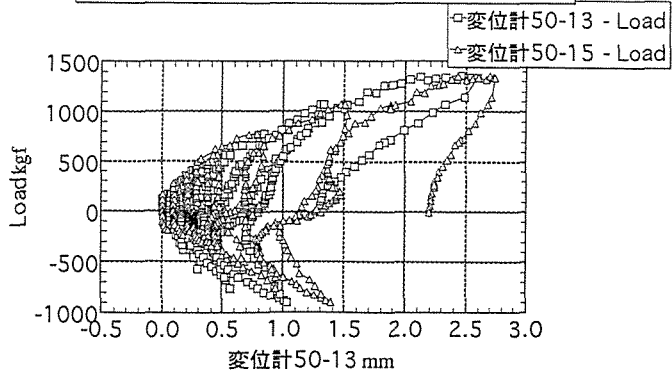
登り梁-6寸勾配-桁方向-棟木-梁-浮き上がり



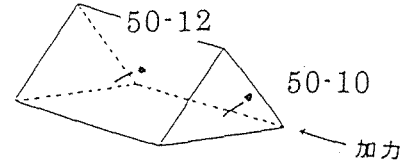
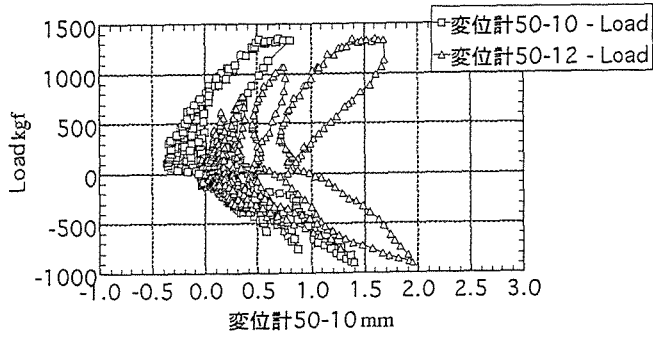
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり



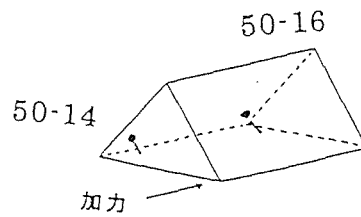
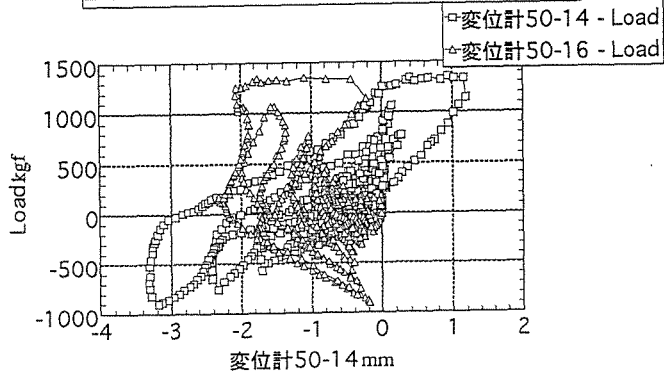
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり



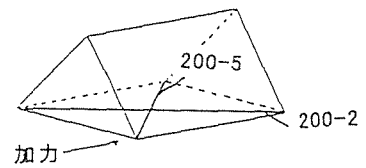
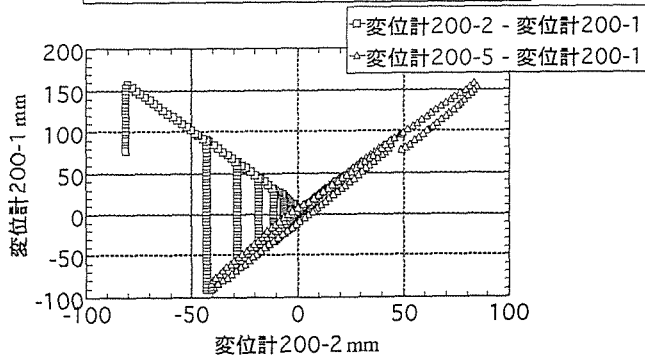
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



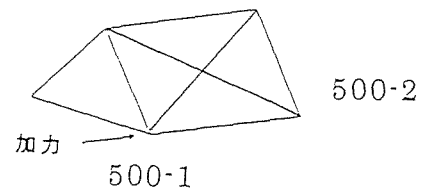
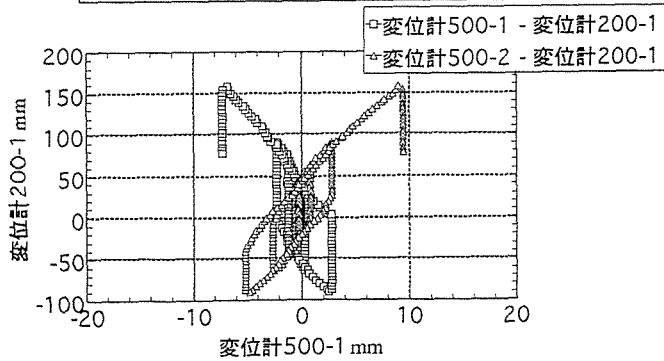
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-浮き上がり



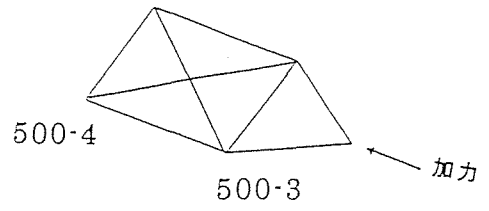
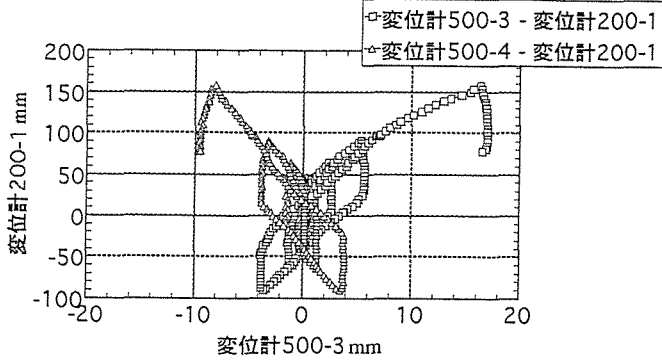
登り梁-6寸勾配-桁方向-梁桁面-せん断変形



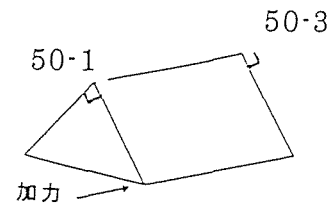
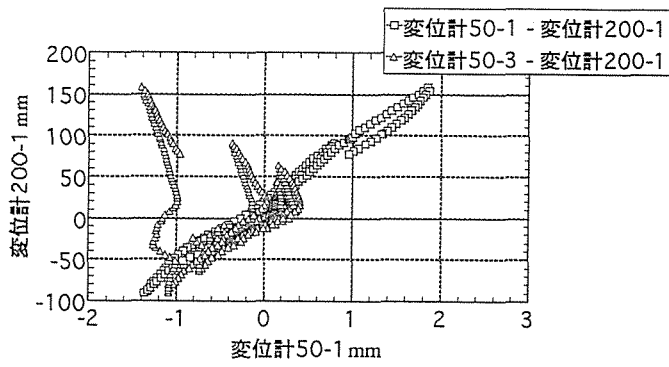
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-せん断変形



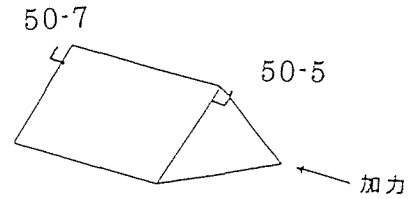
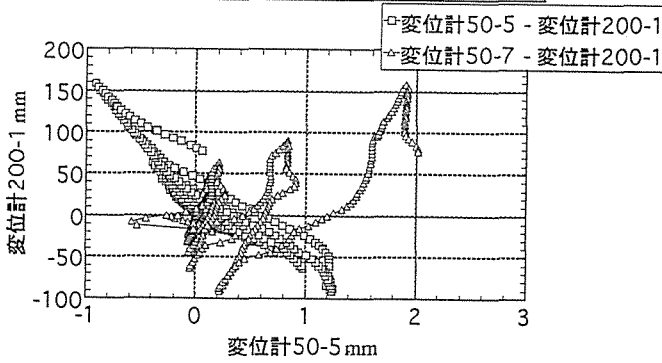
登り梁-6寸勾配一桁方向-固定側-せん断変形



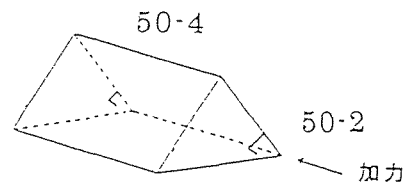
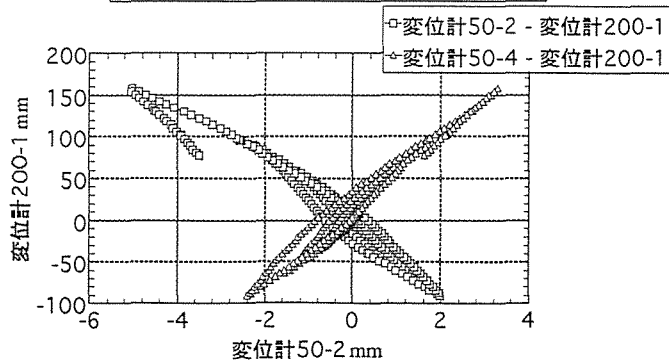
登り梁-6寸勾配一桁方向-加力側-棟木-回転



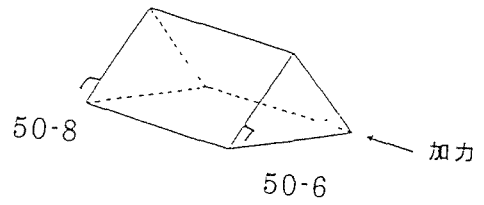
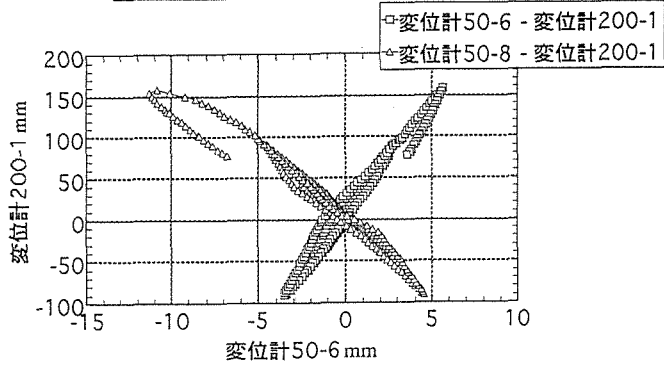
登り梁-6寸勾配一桁方向-固定側-棟木-回転



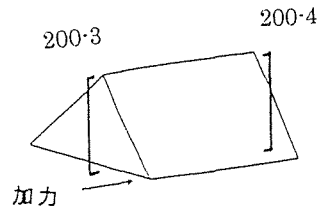
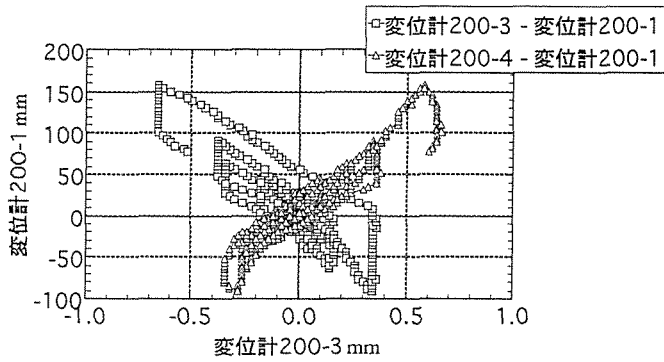
登り梁-6寸勾配一桁方向-加力側-軒桁-回転



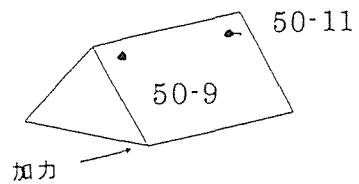
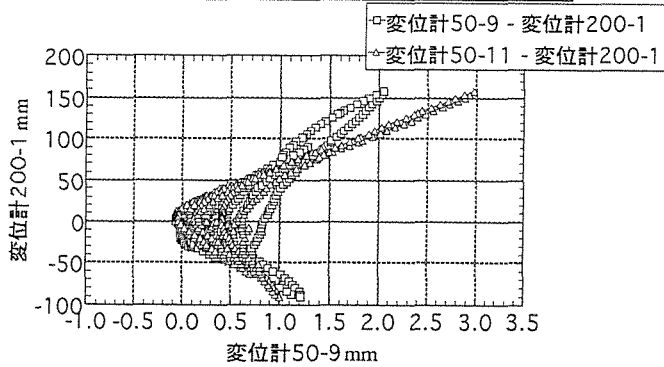
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-軒桁-回転



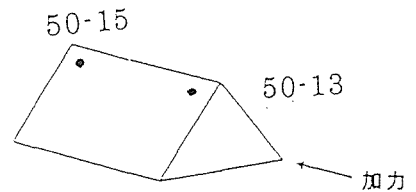
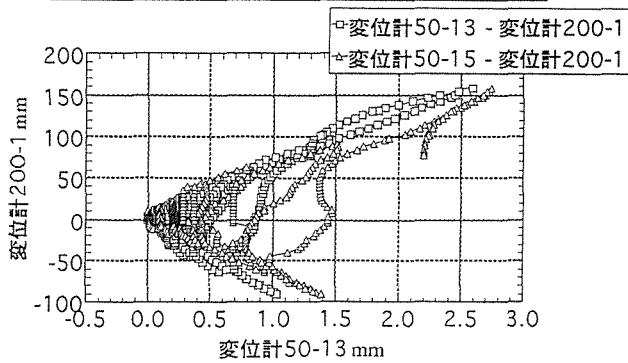
登り梁-6寸勾配-桁方向-棟木-梁-浮き上がり



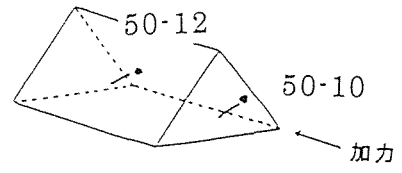
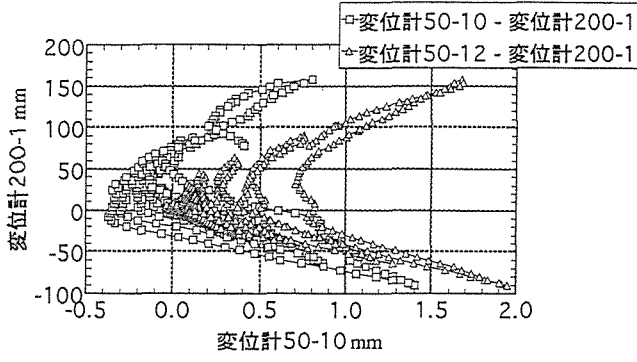
登り梁-6寸勾配-桁方向-加力側-棟木-浮き上がり



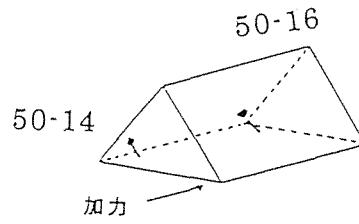
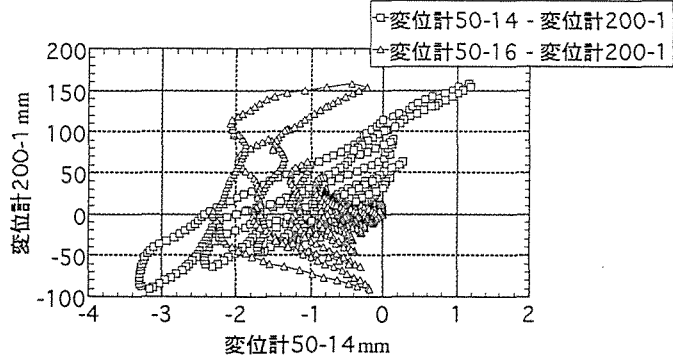
登り梁-6寸勾配-桁方向-固定側-棟木-浮き上がり



登り梁—6寸勾配—桁方向-加力側-軒桁浮き上がり

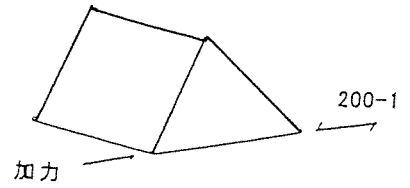
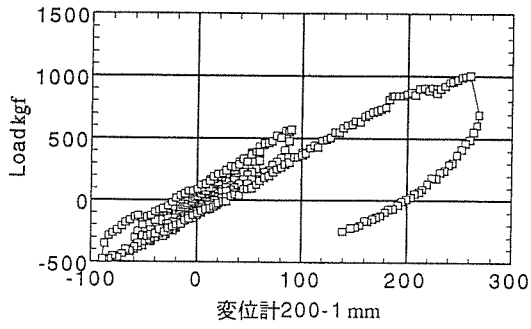


登り梁—6寸勾配—桁方向-固定側-軒桁浮き上がり

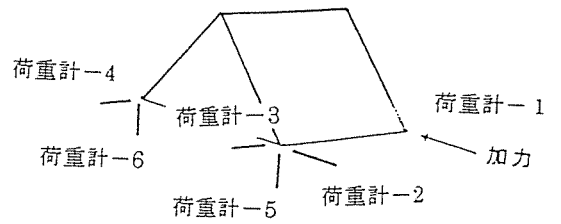
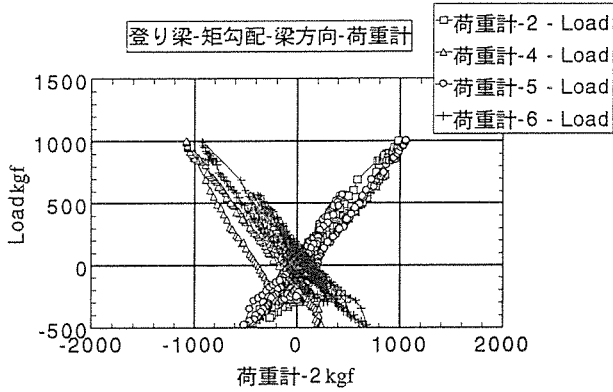


3. 1.3 登り梁・梁間方向加力・矩勾配

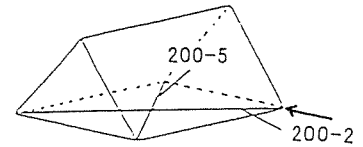
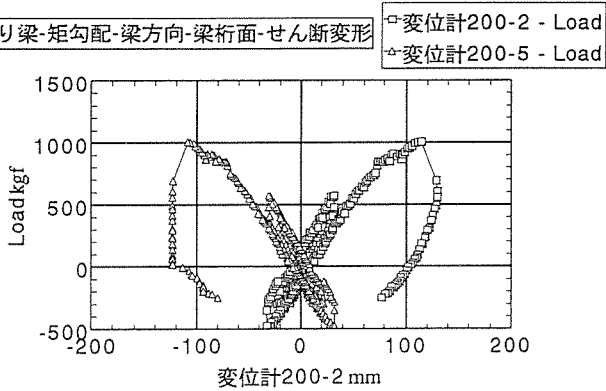
登り梁-矩勾配-梁方向-水平変位 □変位計200-1 - Load



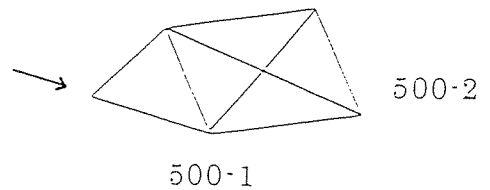
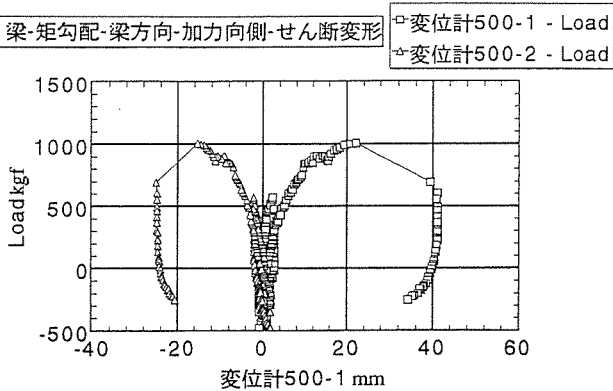
登り梁-矩勾配-梁方向-荷重計



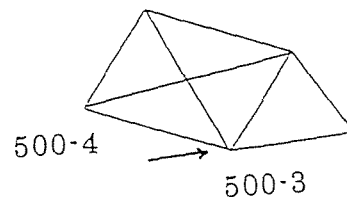
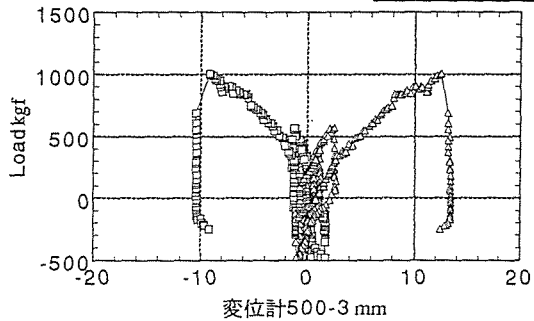
登り梁-矩勾配-梁方向-梁桁面-せん断変形



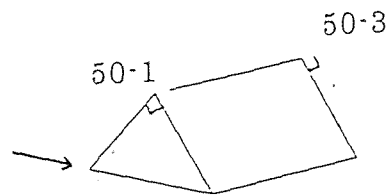
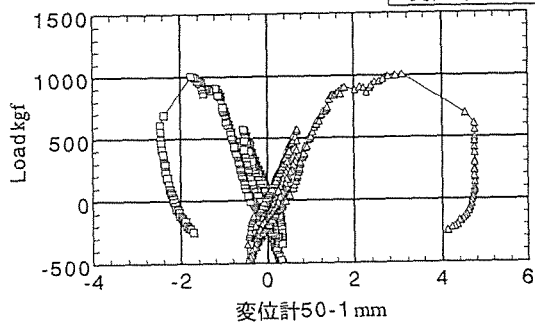
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-せん断変形



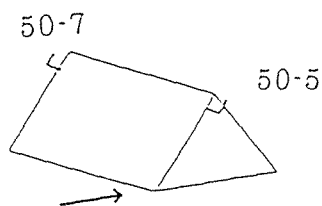
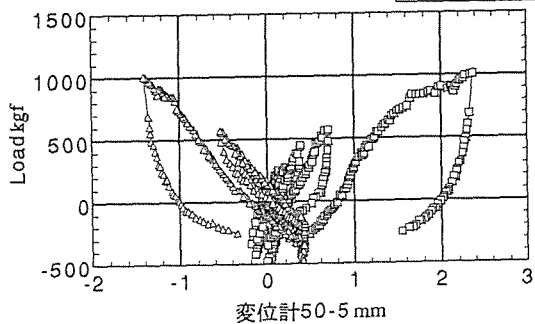
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-せん断変形 □変位計500-3 - Load
 △変位計500-4 - Load



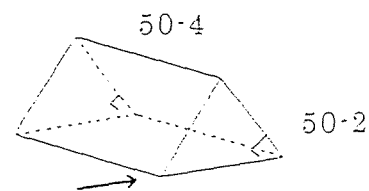
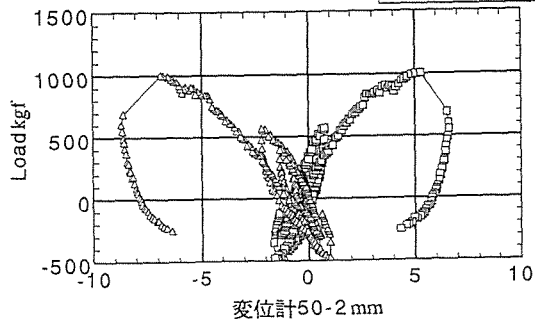
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-棟木-回転 □変位計50-1 - Load
 △変位計50-3 - Load

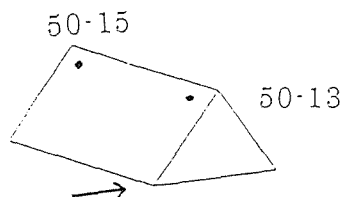
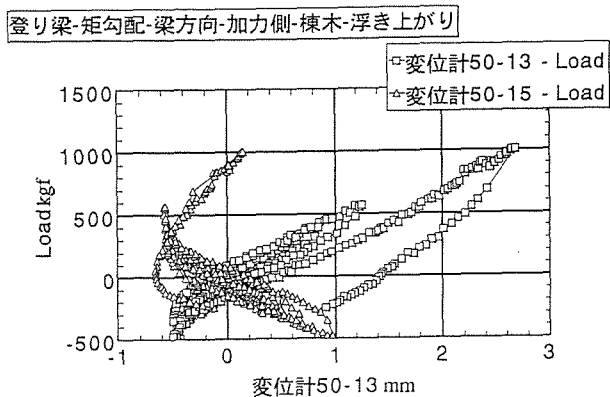
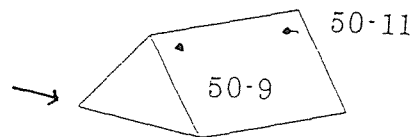
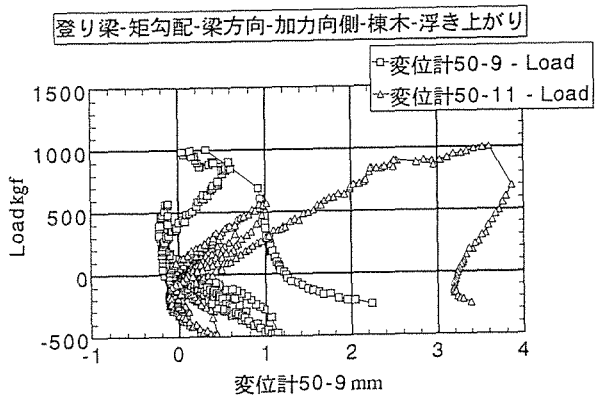
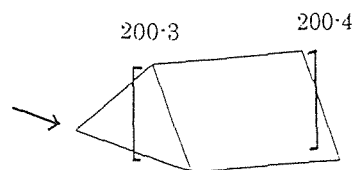
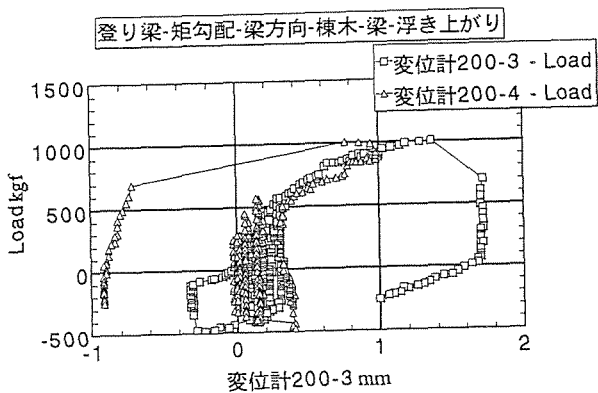
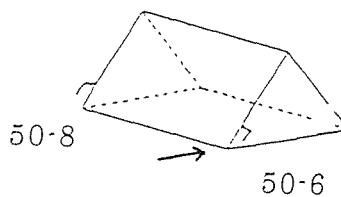
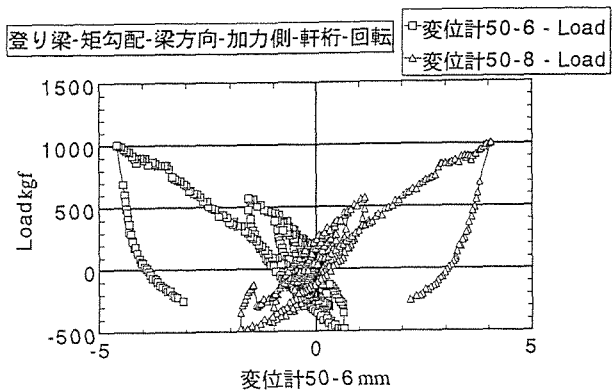


登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-棟木-回転 □変位計50-5 - Load
 △変位計50-7 - Load

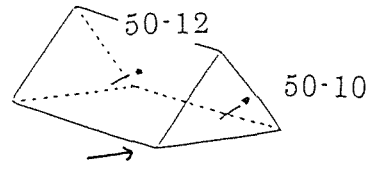
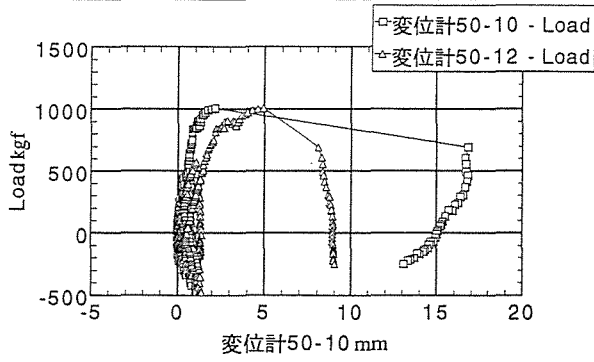


登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-軒桁-回転 □変位計50-2 - Load
 △変位計50-4 - Load

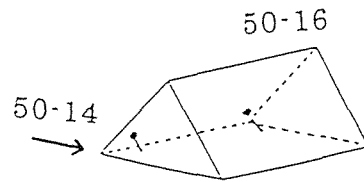
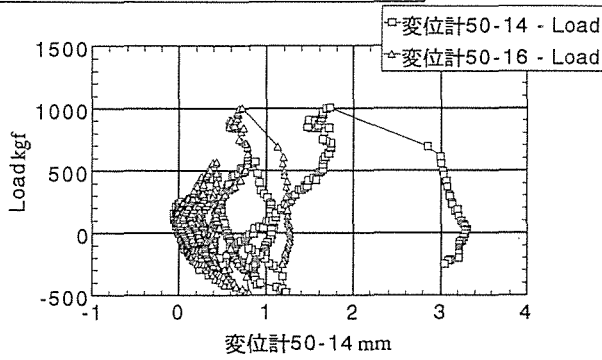




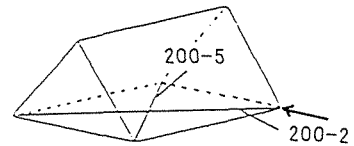
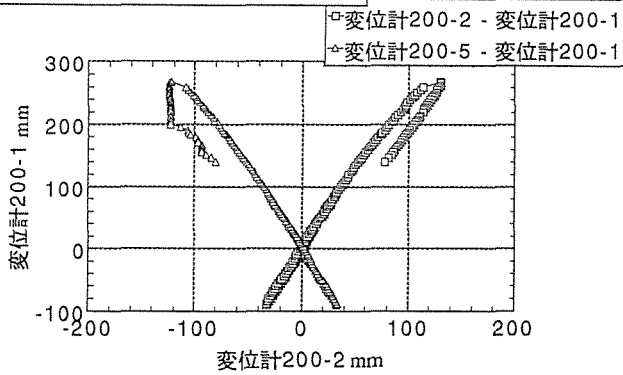
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり



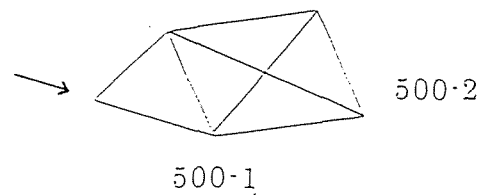
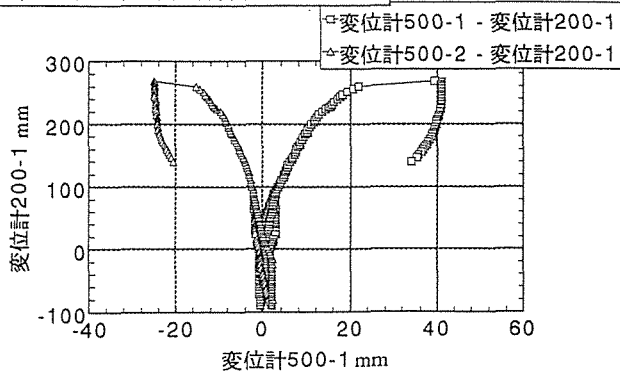
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



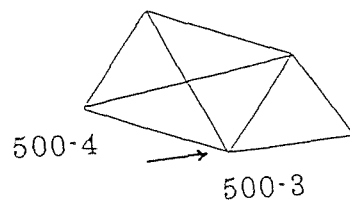
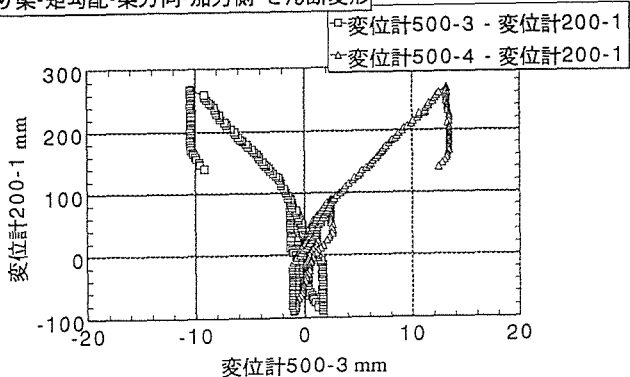
登り梁-矩勾配-梁方向-梁桁面-せん断変形



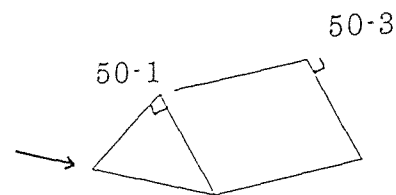
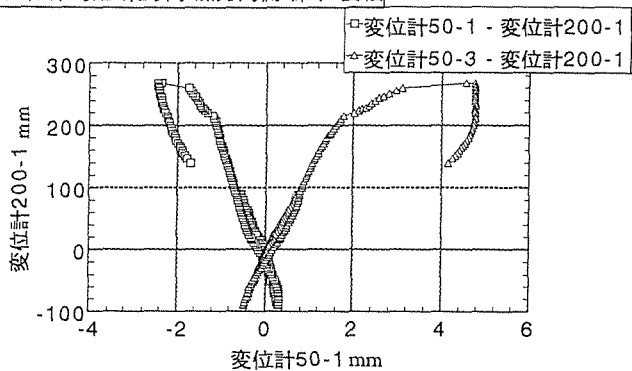
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-せん断変形



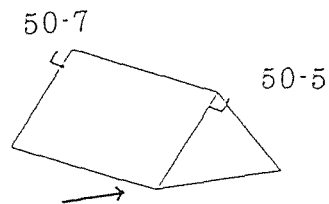
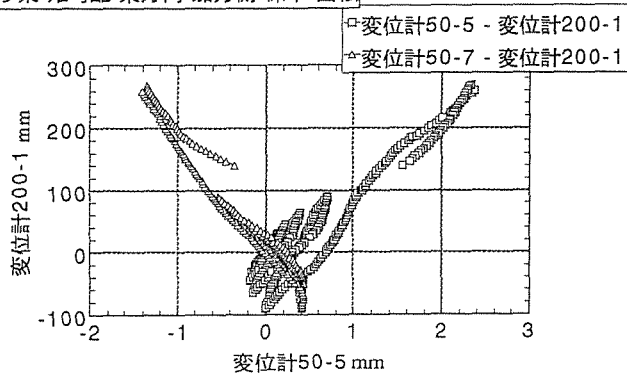
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-せん断変形



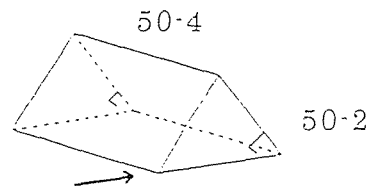
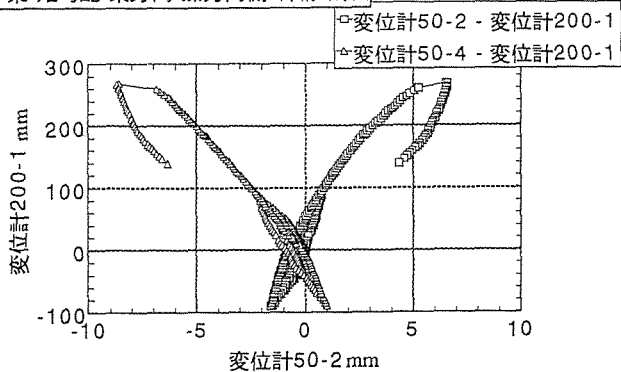
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-棟木-回転



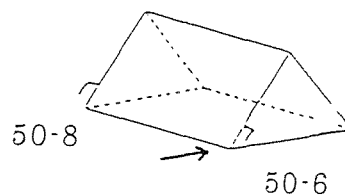
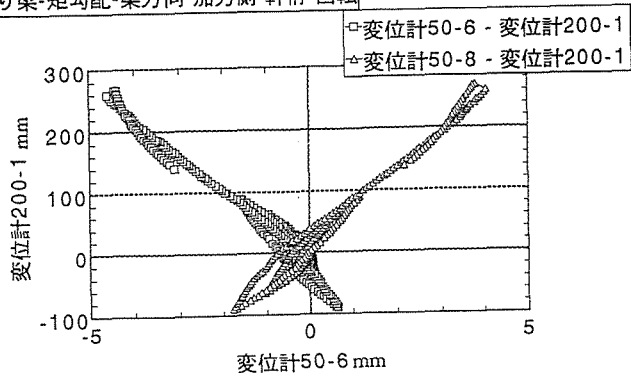
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-棟木-回転



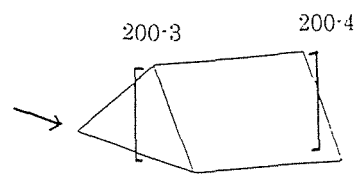
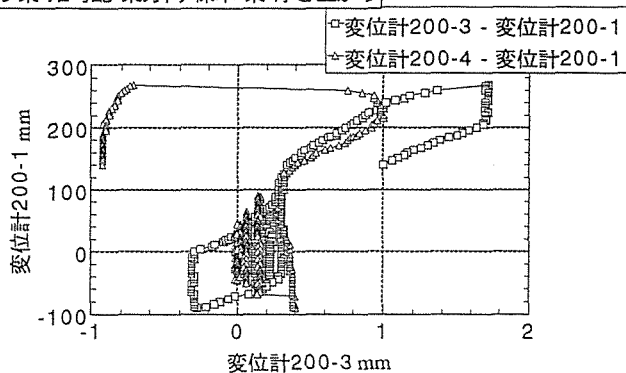
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-軒桁-回転



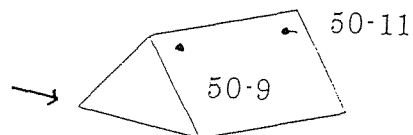
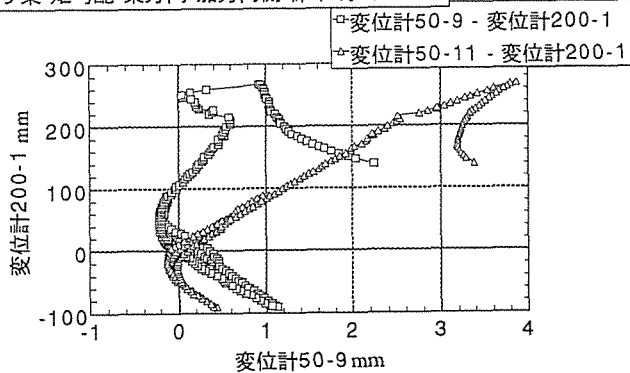
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-軒桁-回転



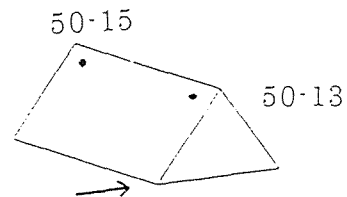
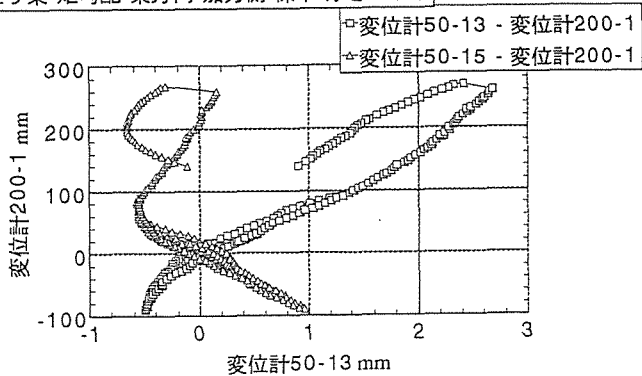
登り梁-矩勾配-梁方向-棟木-梁-浮き上がり



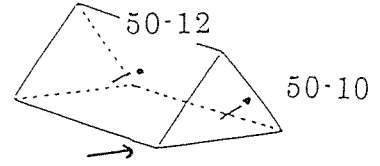
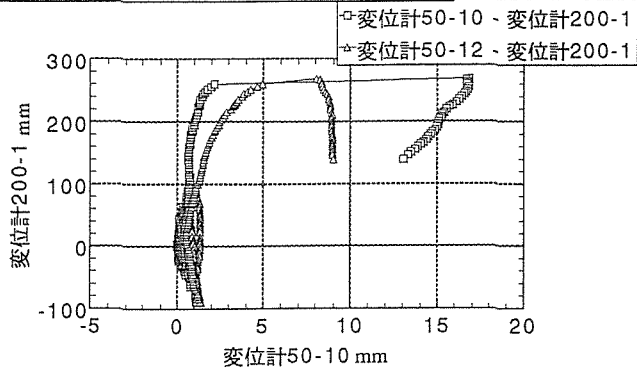
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-棟木-浮き上がり



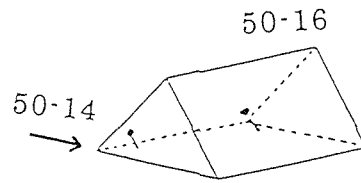
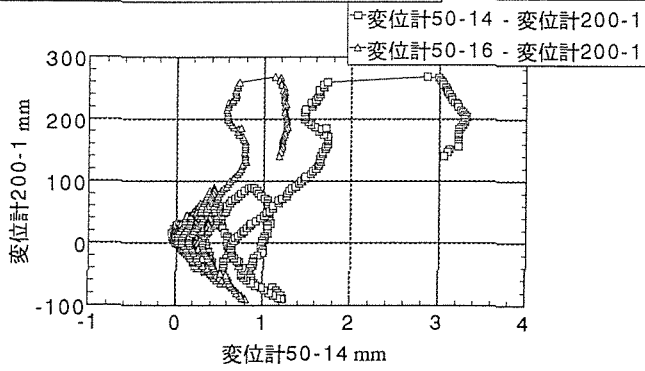
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-棟木-浮き上がり



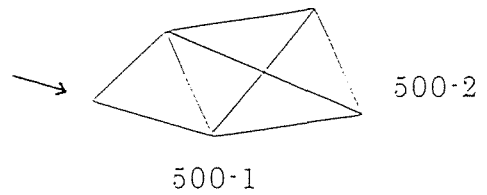
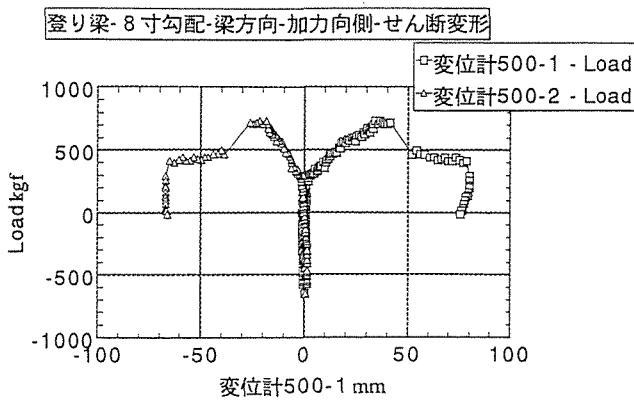
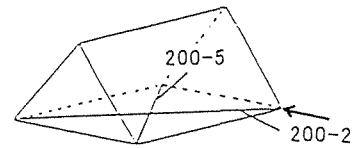
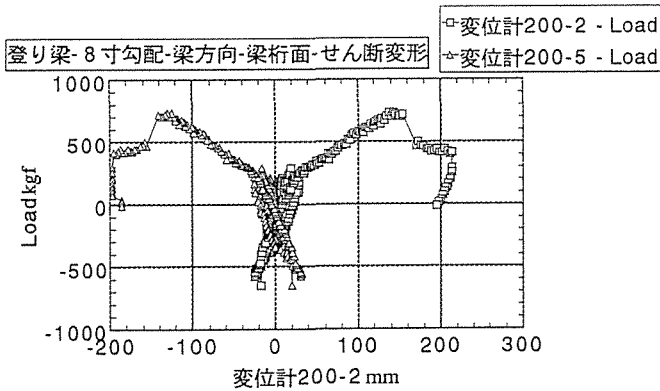
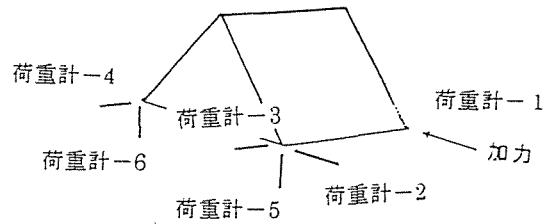
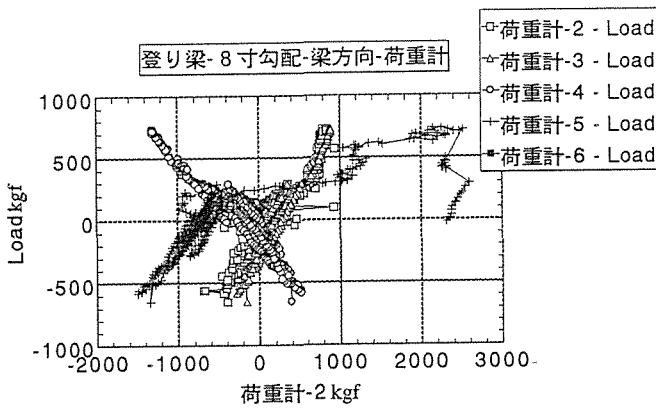
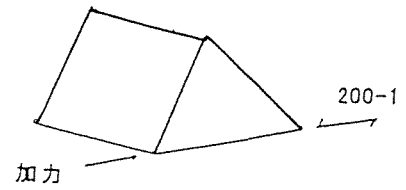
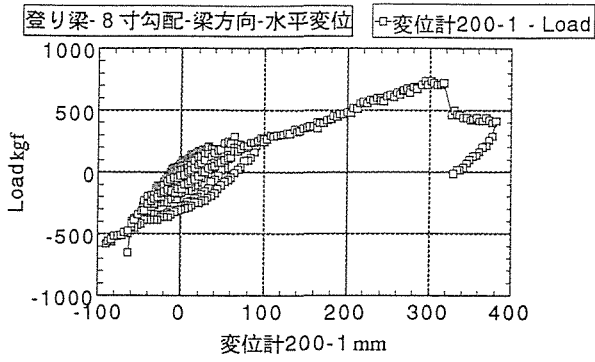
登り梁-矩勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり

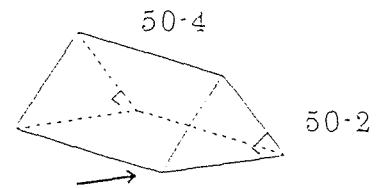
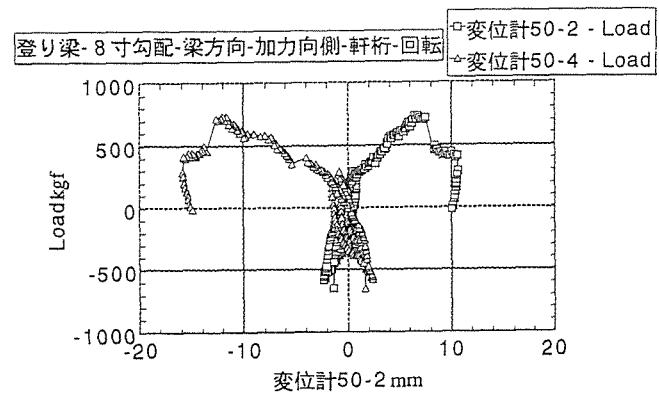
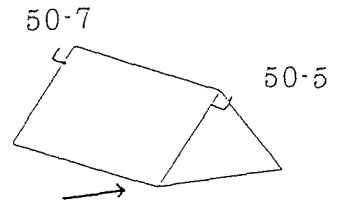
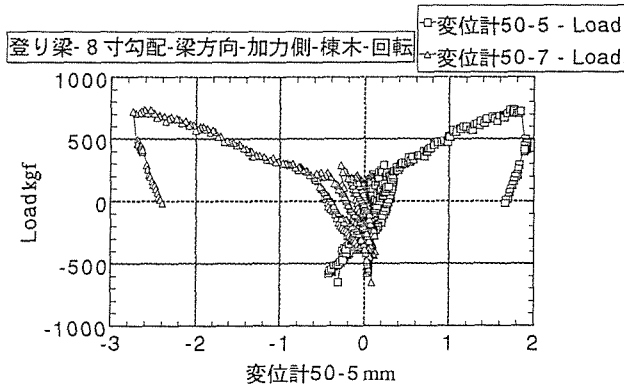
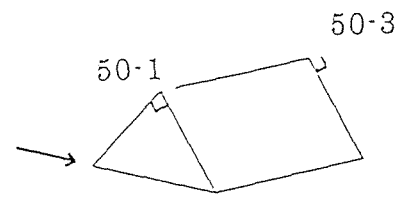
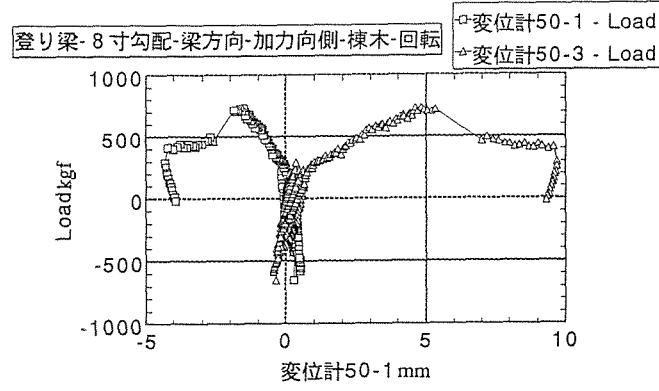
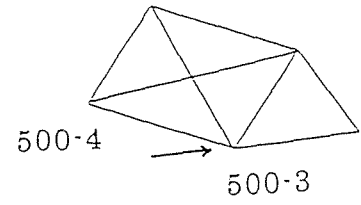
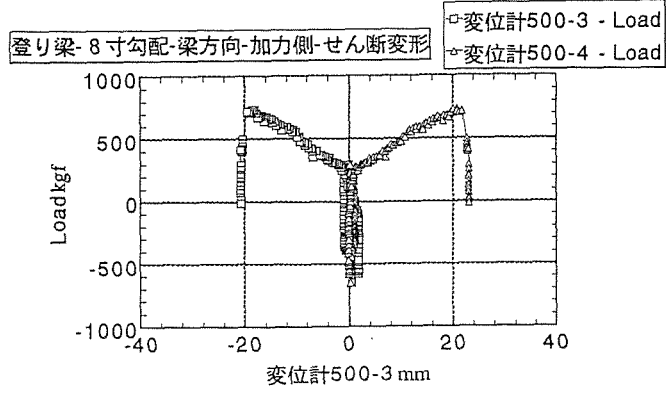


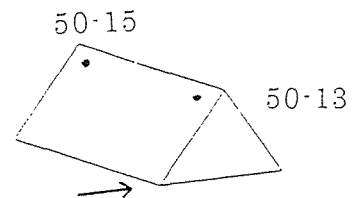
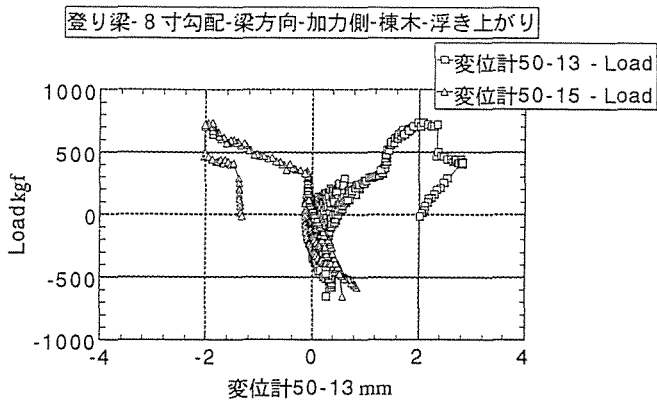
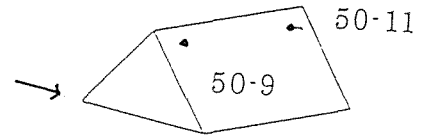
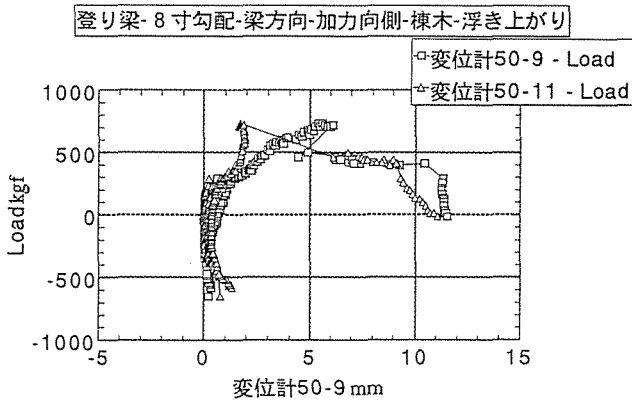
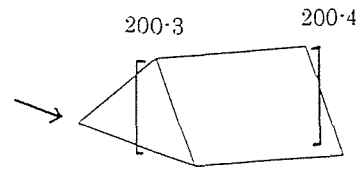
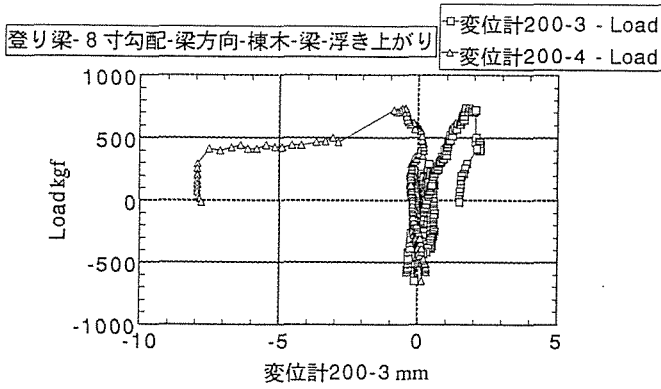
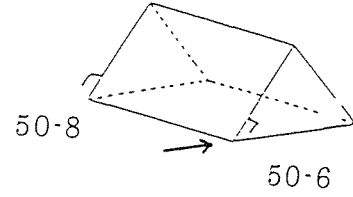
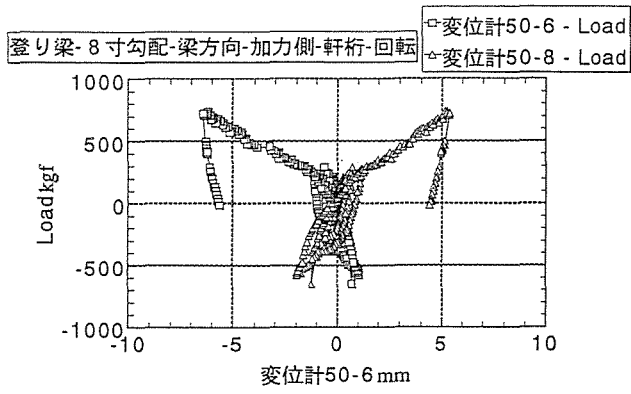
登り梁-矩勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



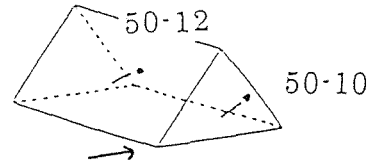
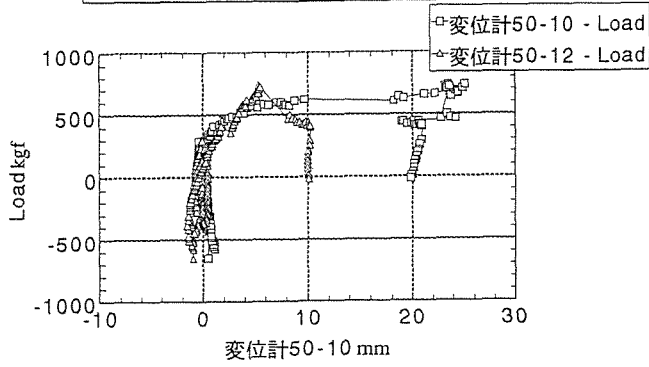
3. 1 4 登り梁・梁間方向加力・8寸勾配



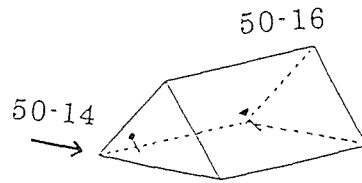
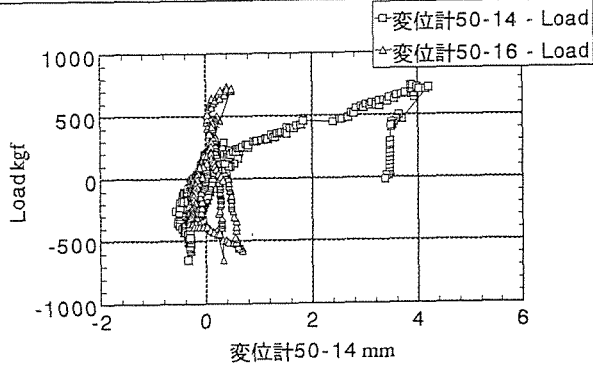




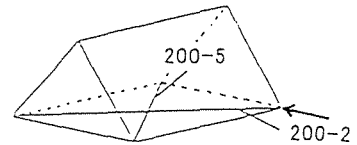
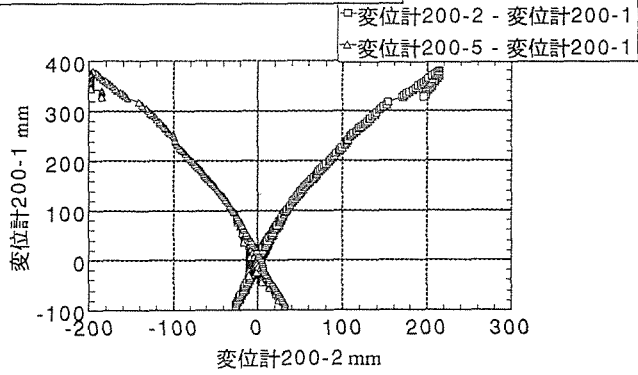
登り梁-8寸勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり



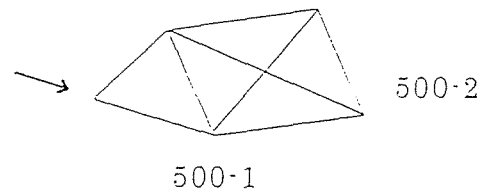
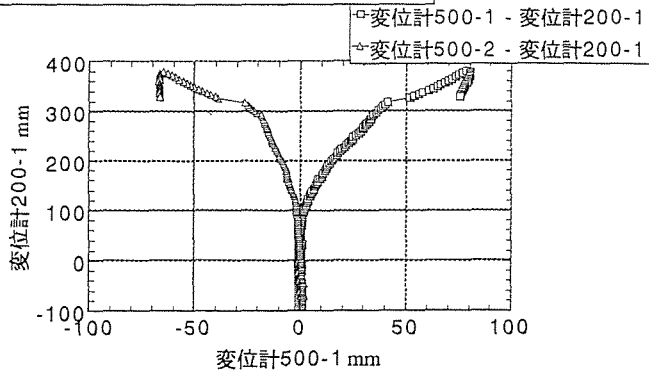
登り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



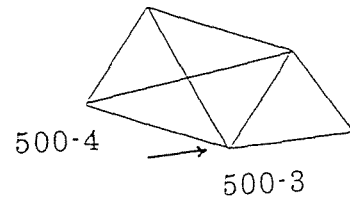
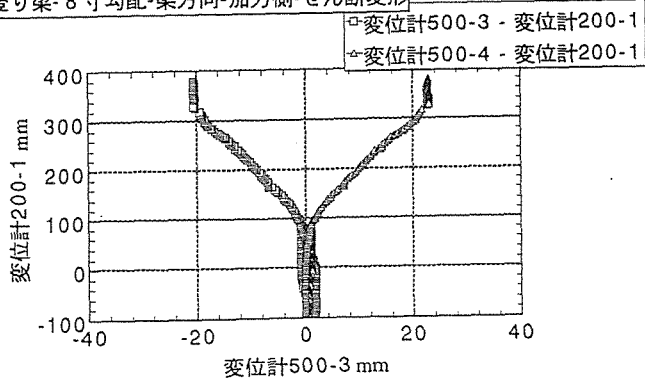
登り梁-8寸勾配-梁方向-梁桁面-せん断変形



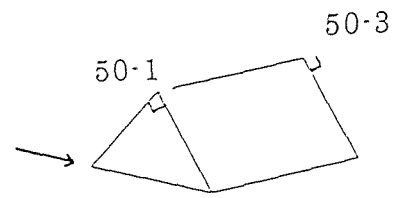
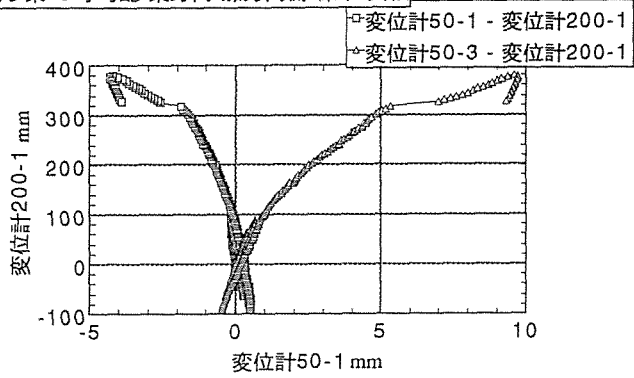
登り梁-8寸勾配-梁方向-加力向側-せん断変形



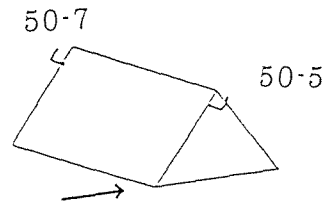
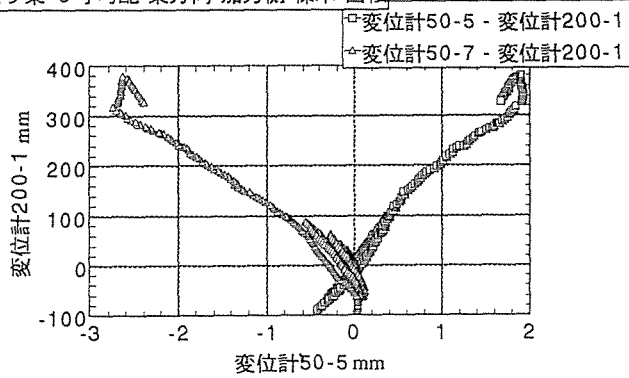
隣り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-せん断変形



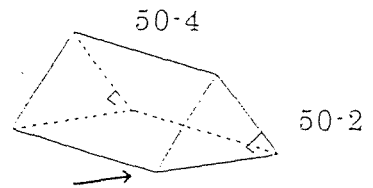
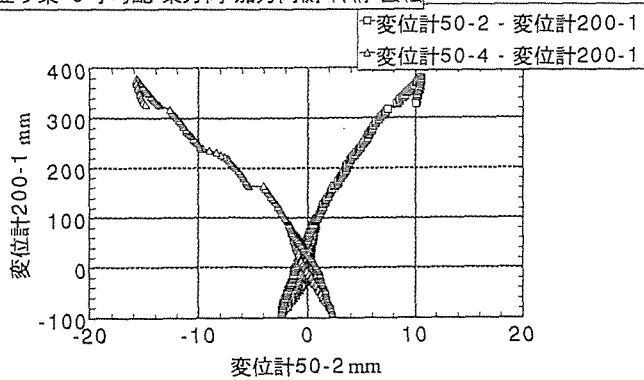
隣り梁-8寸勾配-梁方向-加力向側-棟木-回転



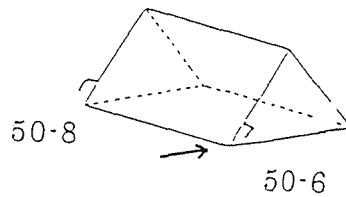
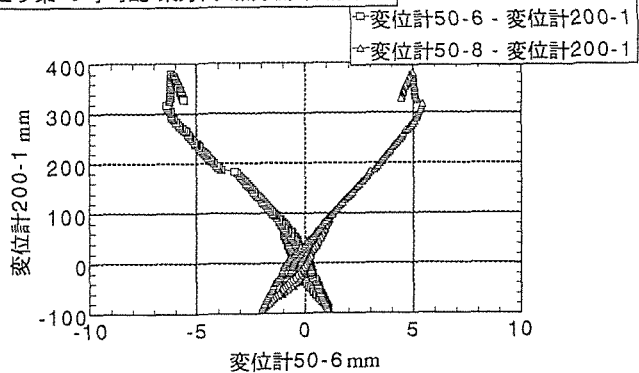
隣り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-棟木-回転



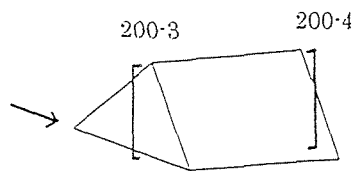
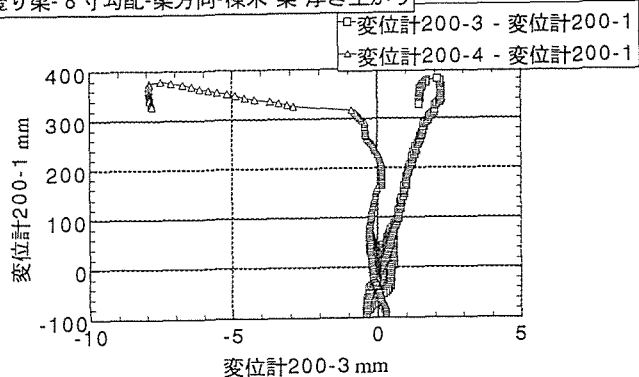
隣り梁-8寸勾配-梁方向-加力向側-軒桁-回転



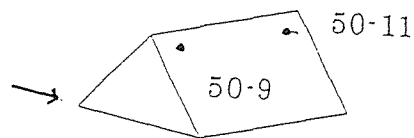
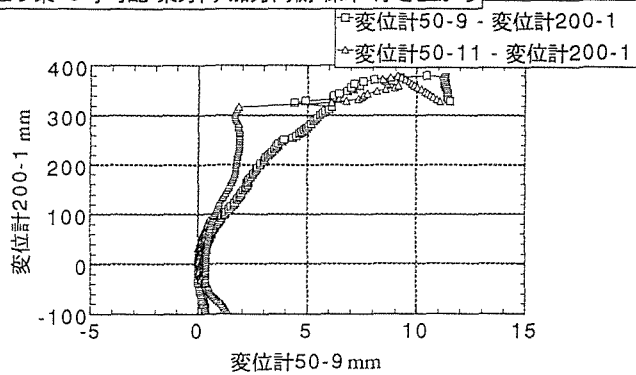
登り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-回転



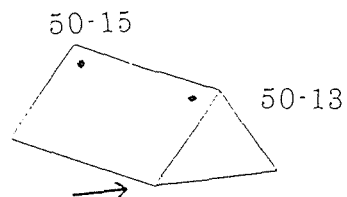
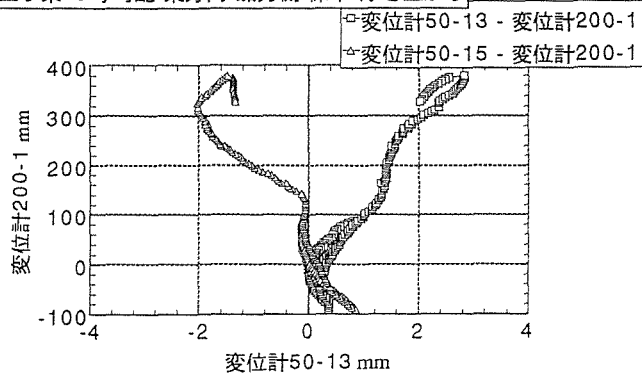
登り梁-8寸勾配-梁方向-棟木-梁-浮き上がり



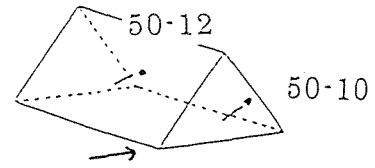
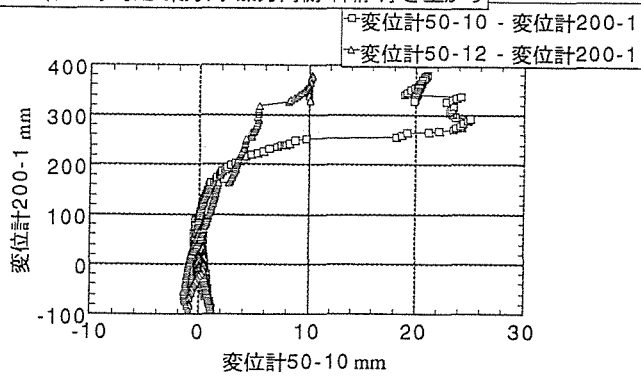
登り梁-8寸勾配-梁方向-加力向側-棟木-浮き上がり



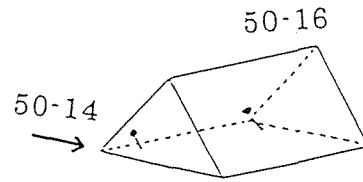
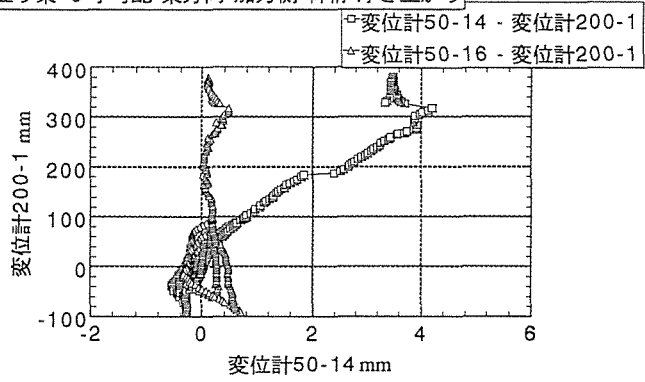
登り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-棟木-浮き上がり



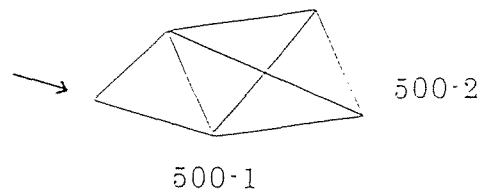
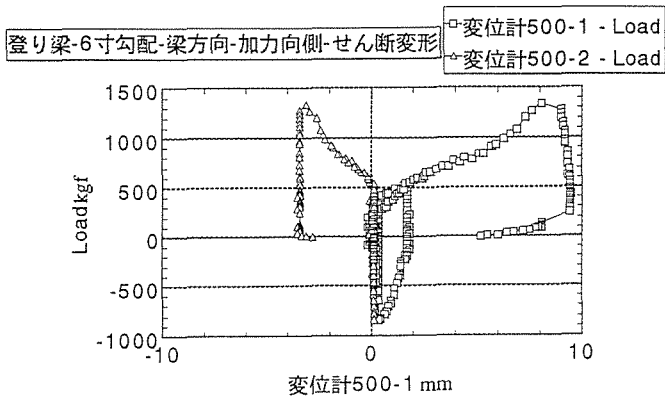
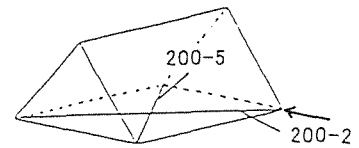
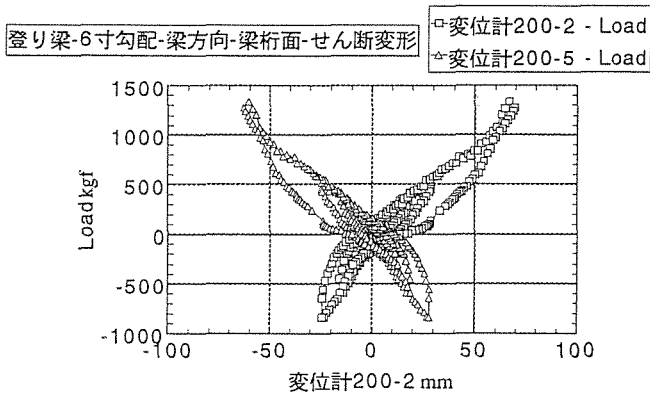
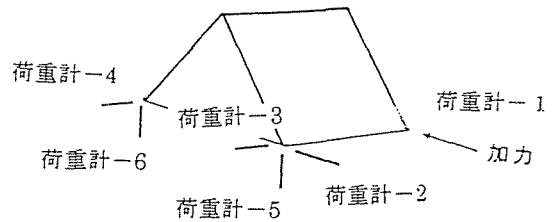
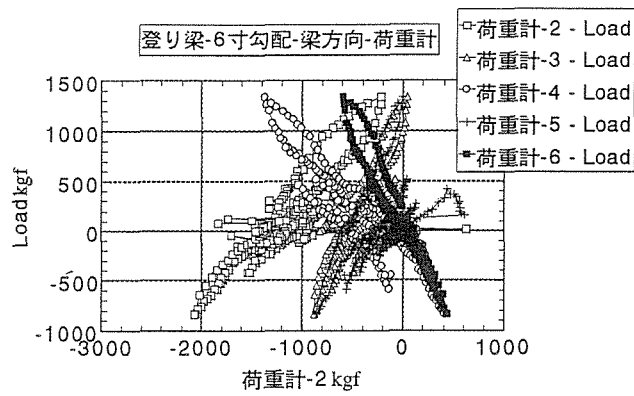
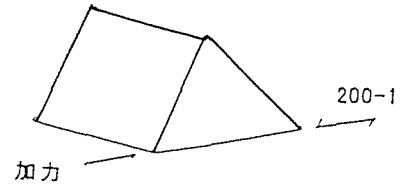
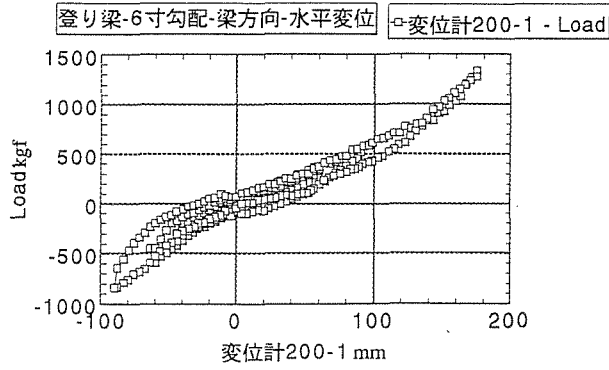
盛り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



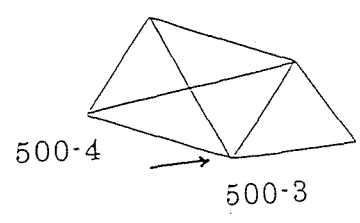
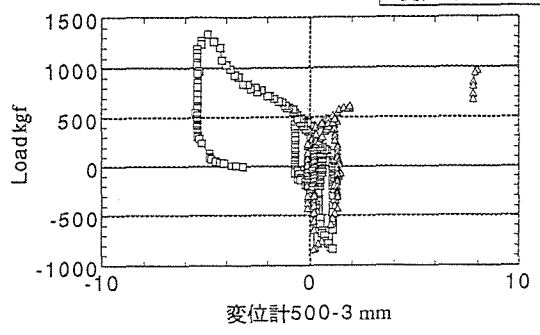
盛り梁-8寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



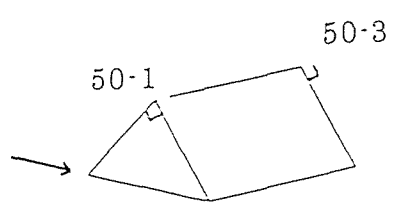
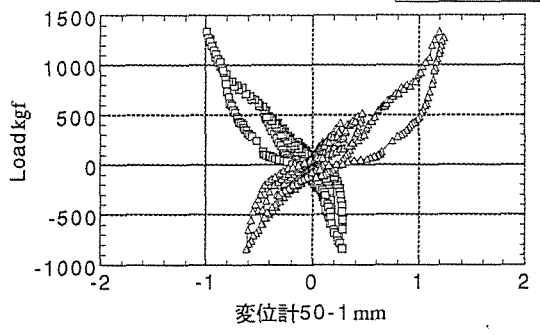
3. 1 5 登り梁・梁間方向加力・6寸勾配



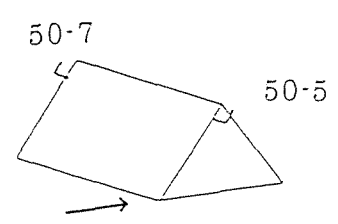
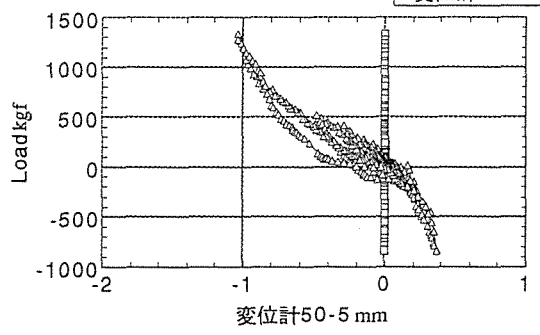
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-せん断変形 □変位計500-3 - Load
 △変位計500-4 - Load



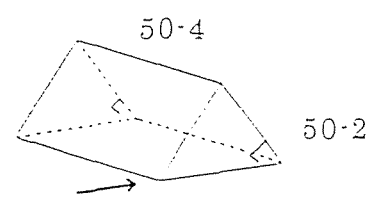
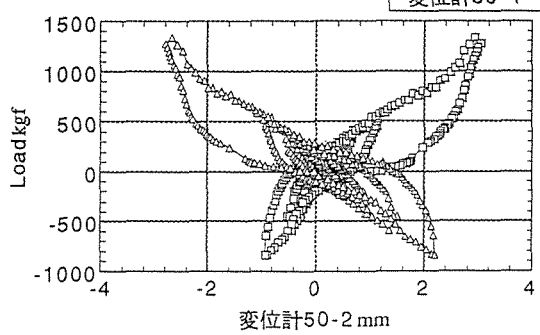
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-棟木-回転 □変位計50-1 - Load
 △変位計50-3 - Load

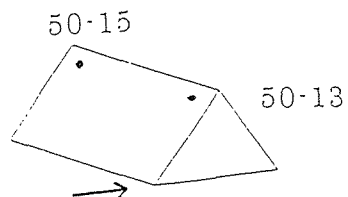
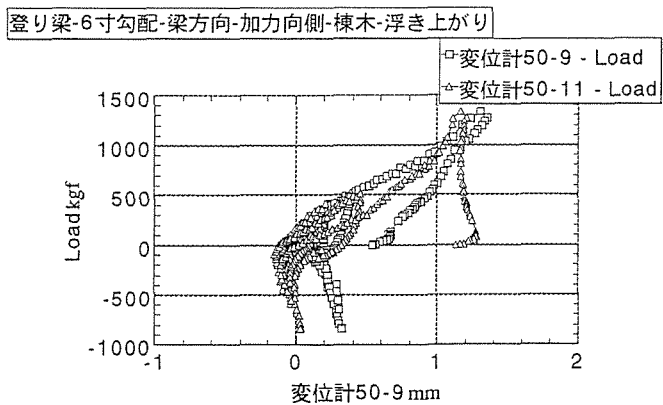
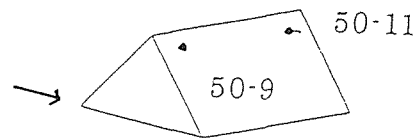
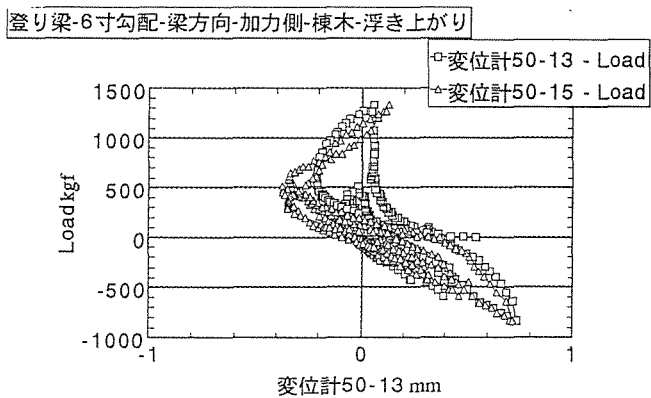
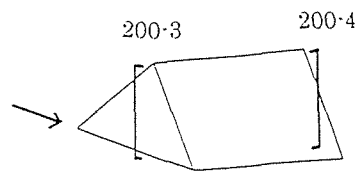
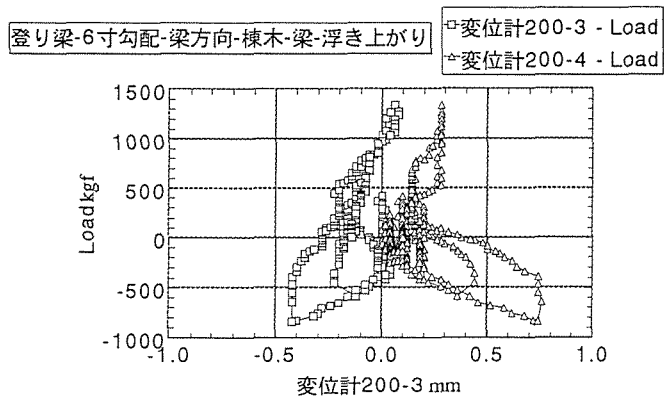
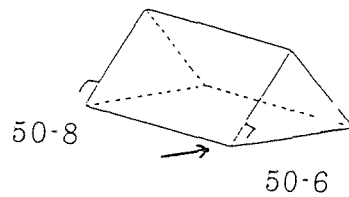
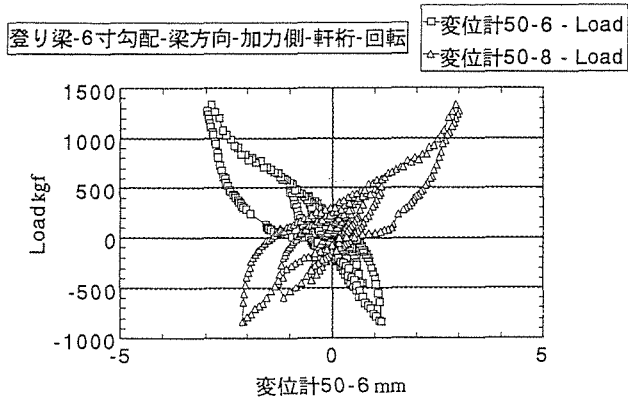


登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-棟木-回転 □変位計50-5 - Load
 △変位計50-7 - Load

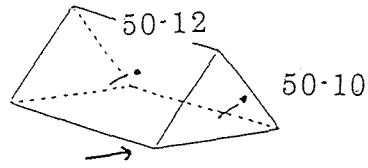
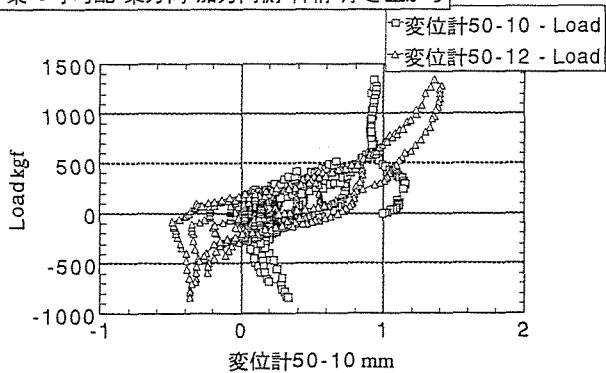


登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-軒桁-回転 □変位計50-2 - Load
 △変位計50-4 - Load

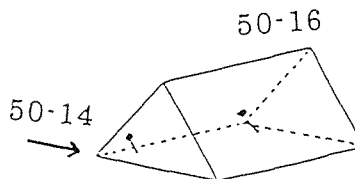
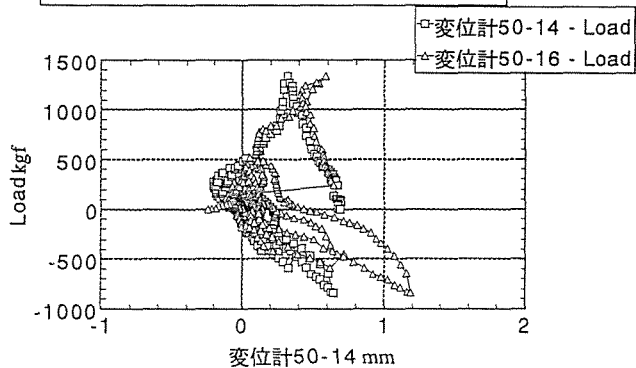




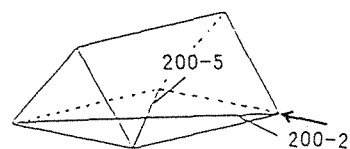
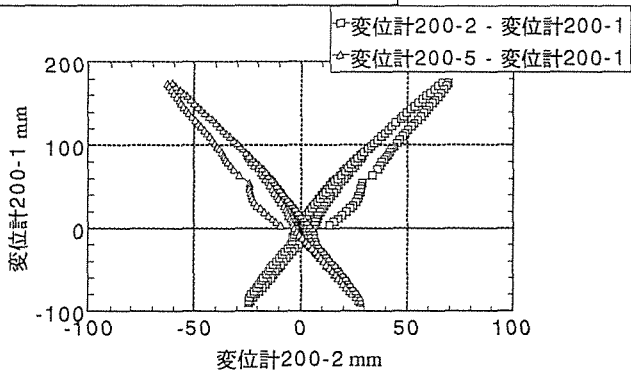
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり



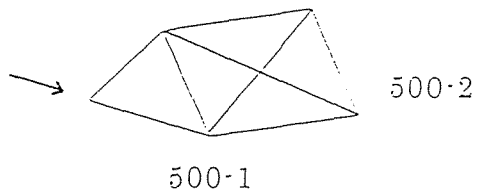
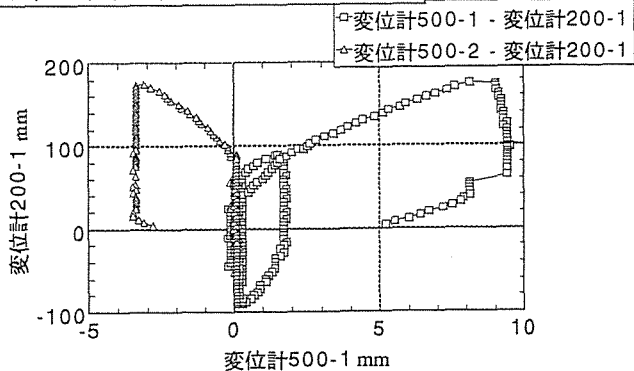
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり



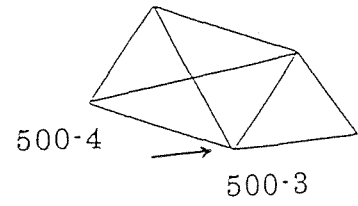
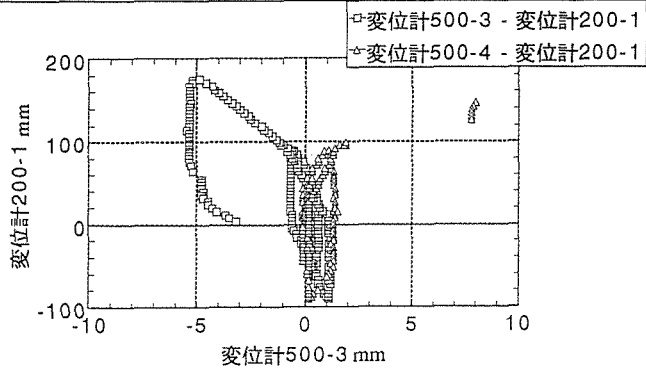
登り梁-6寸勾配-梁方向-梁桁面-せん断変形



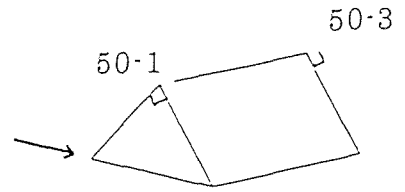
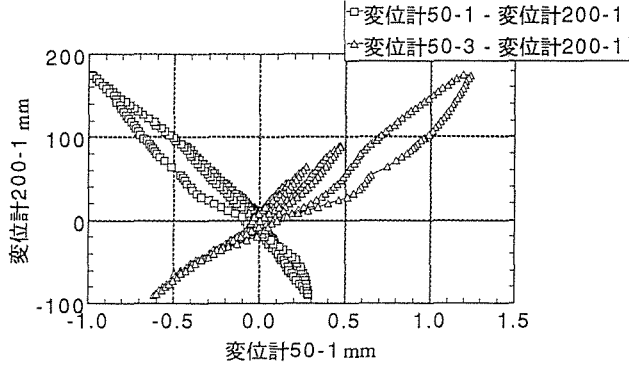
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-せん断変形



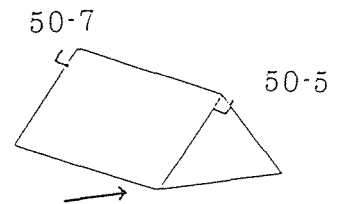
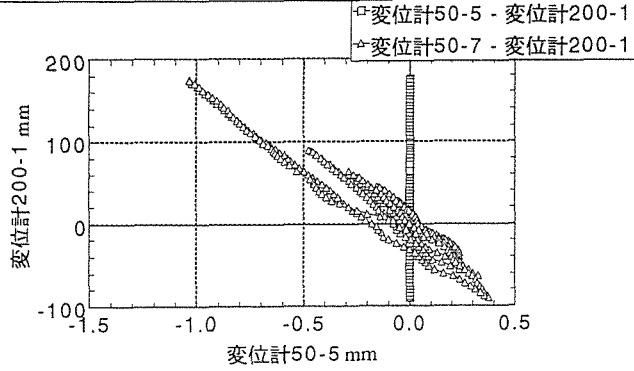
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-せん断変形



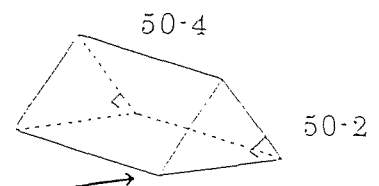
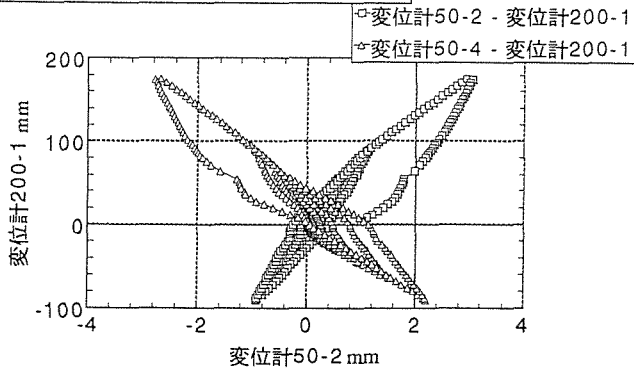
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-棟木-回転



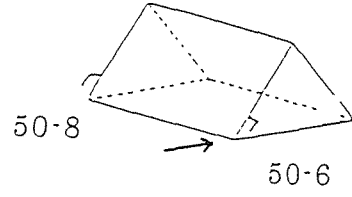
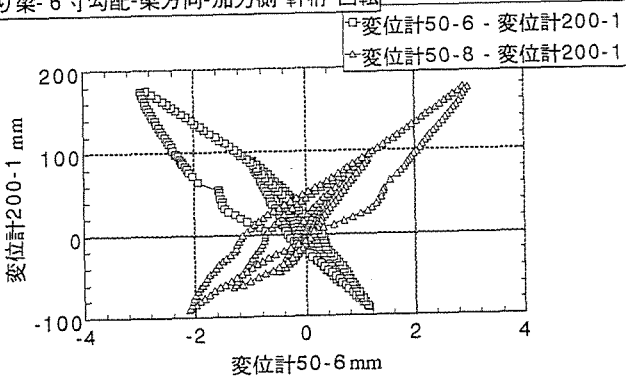
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-棟木-回転



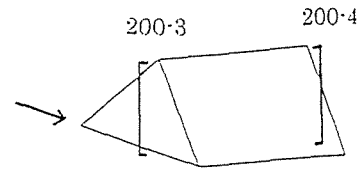
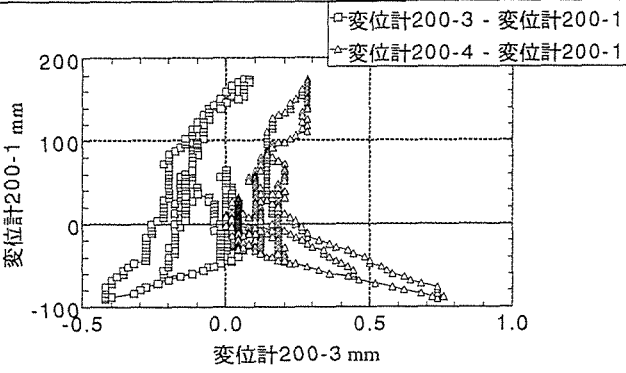
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-軒桁-回転



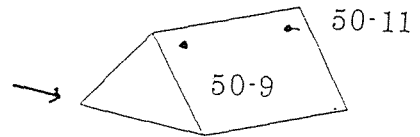
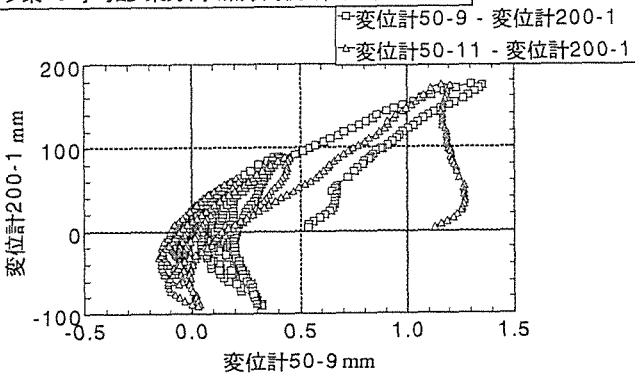
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-回転



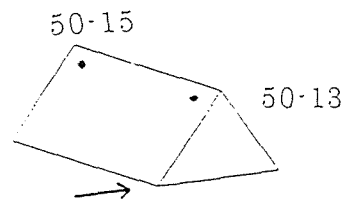
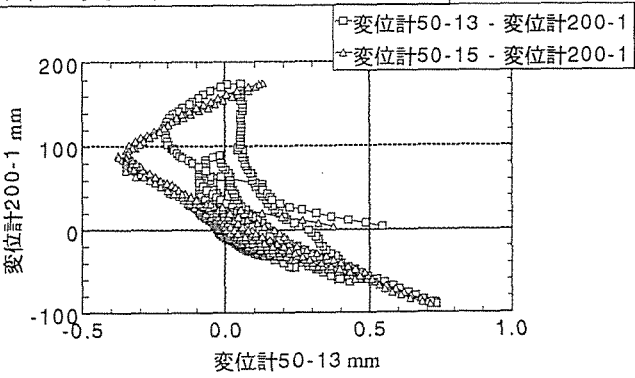
登り梁-6寸勾配-梁方向-棟木-梁-浮き上がり



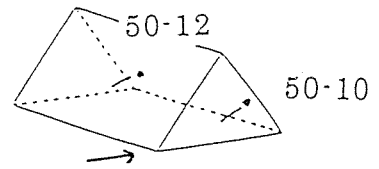
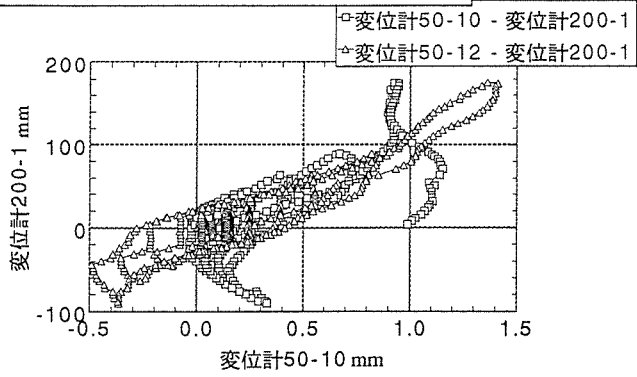
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-棟木-浮き上がり



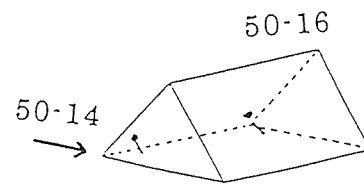
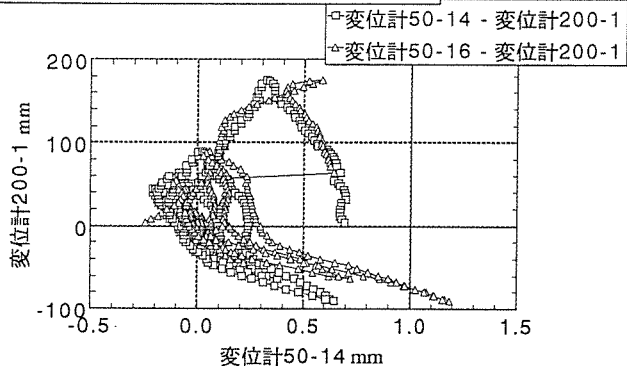
登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-棟木-浮き上がり



登り梁-6寸勾配-梁方向-加力向側-軒桁-浮き上がり

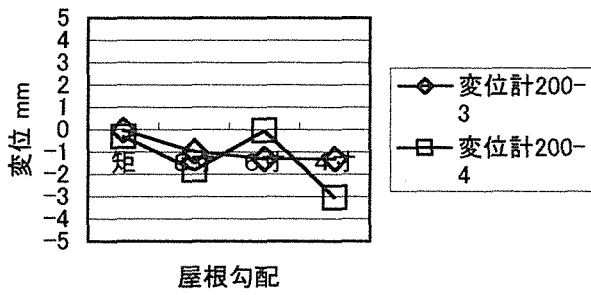


登り梁-6寸勾配-梁方向-加力側-軒桁-浮き上がり

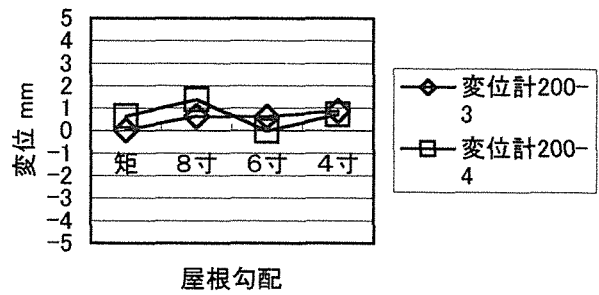


和小屋 桁行方向加力 3. 16 変位計取り付け位置ごとの勾配による実験結果の比較

1/60変形時の棟木の浮き上がり

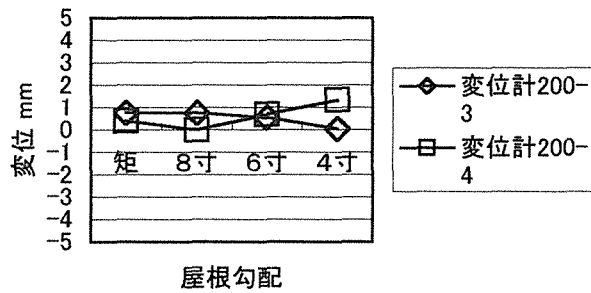


-1/60変形時の棟木の浮き上がり

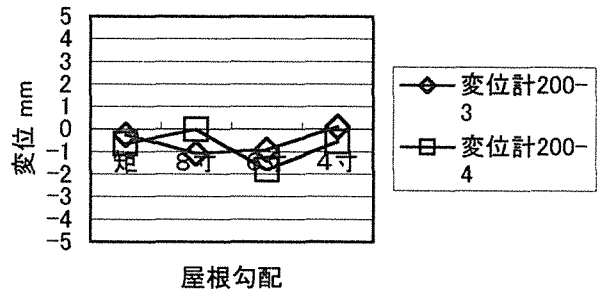


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の棟木の浮き上がり

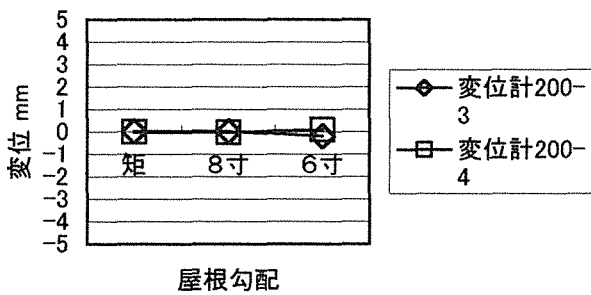


-1/60変形時の棟木の浮き上がり

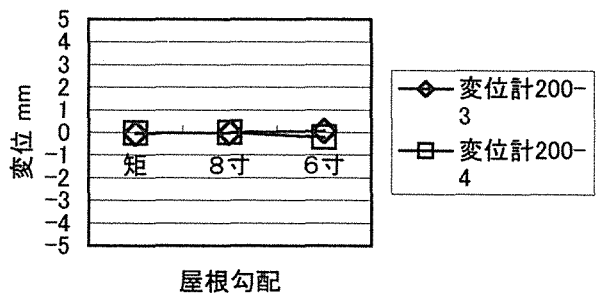


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の棟木の浮き上がり

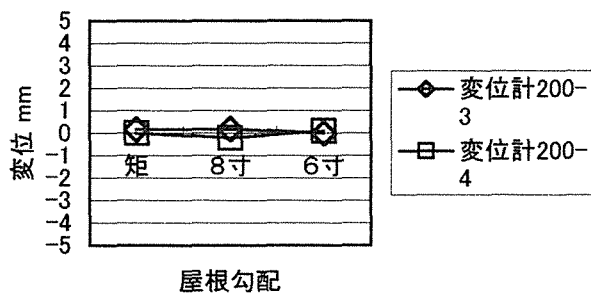


-1/60変形時の棟木の浮き上がり

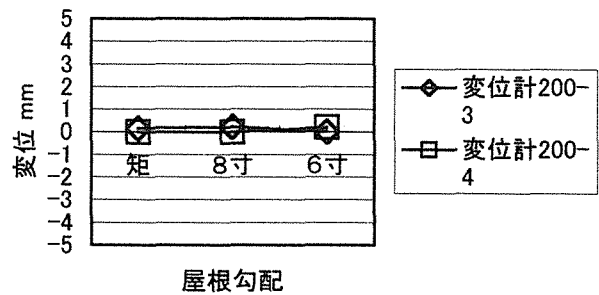


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の棟木の浮き上がり

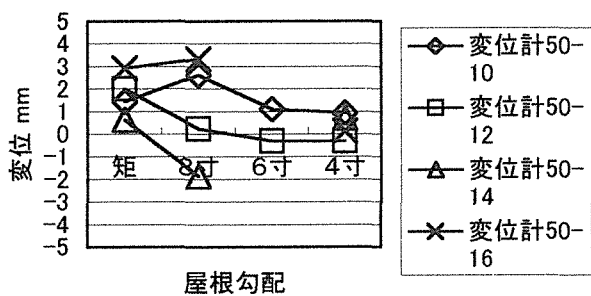


-1/60変形時の棟木の浮き上がり

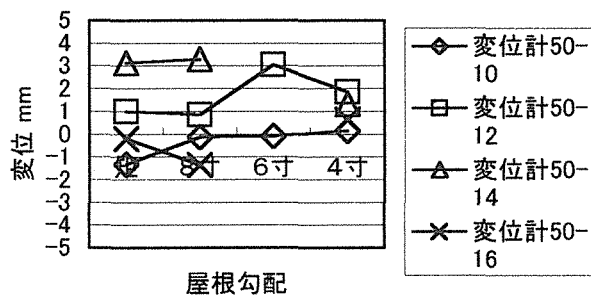


和小屋 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

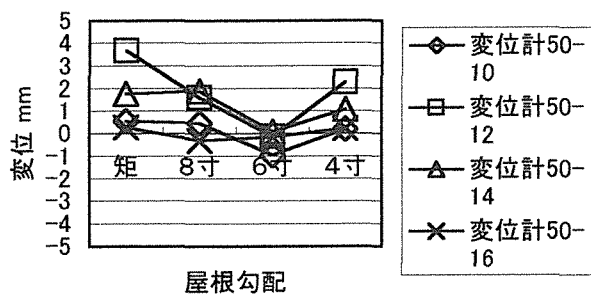


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

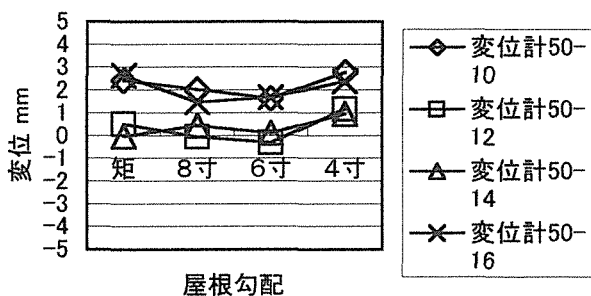


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

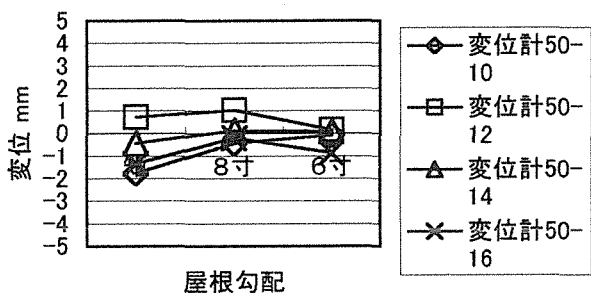


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

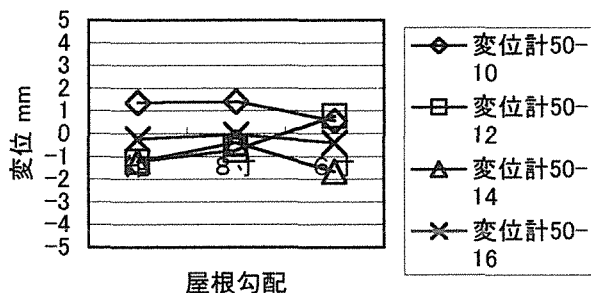


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

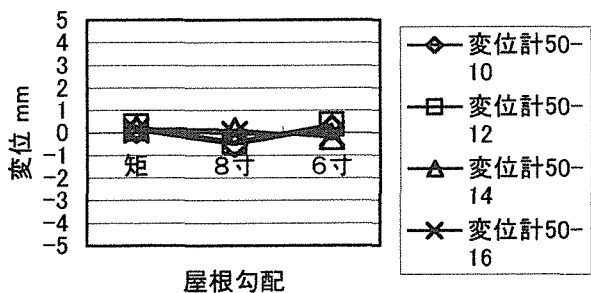


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

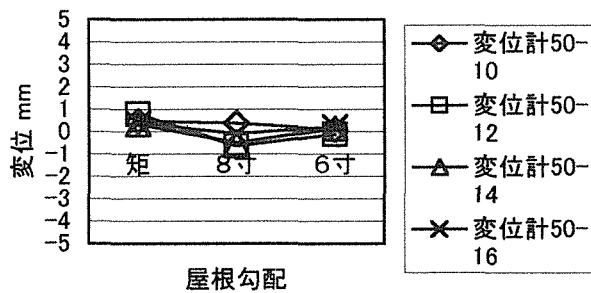


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

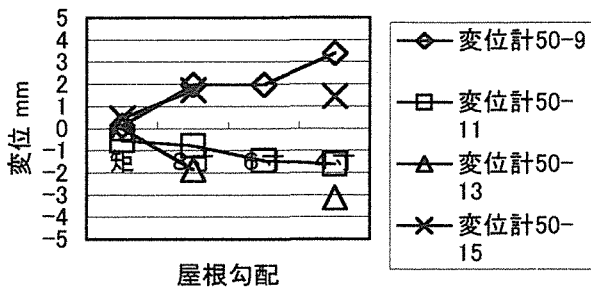


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(軒桁)

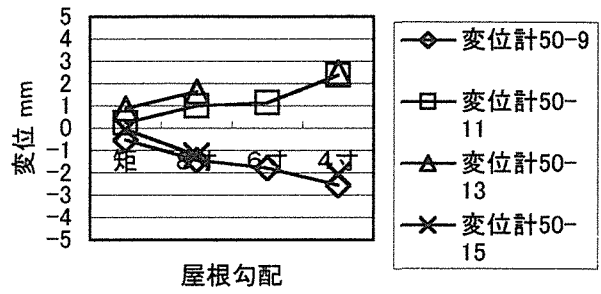


和小屋 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

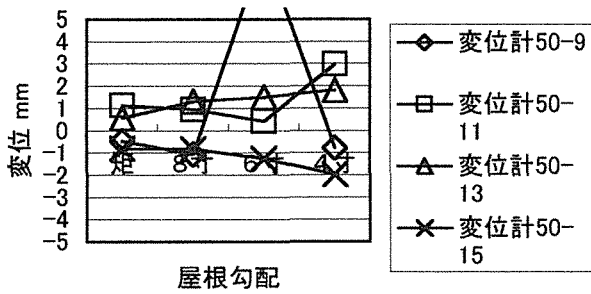


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

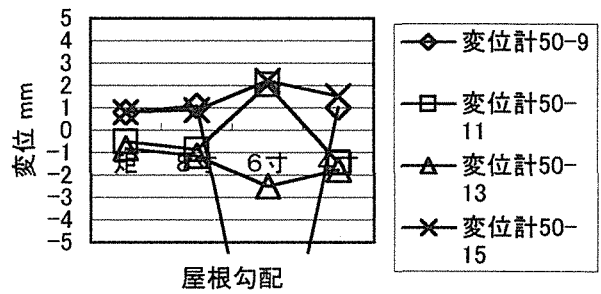


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

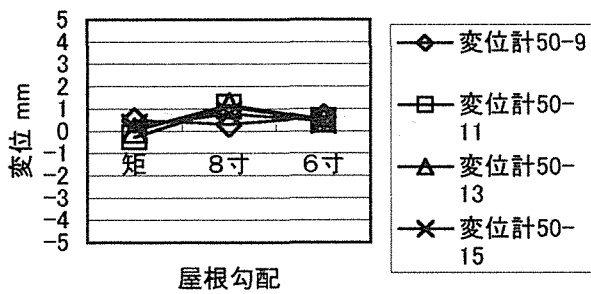


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

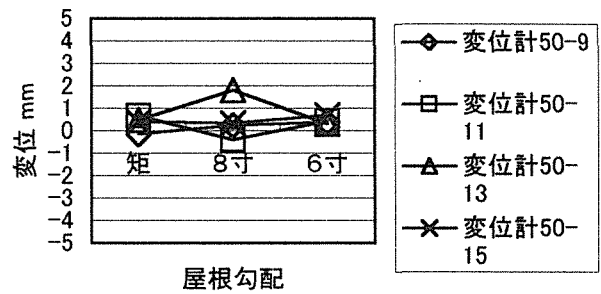


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

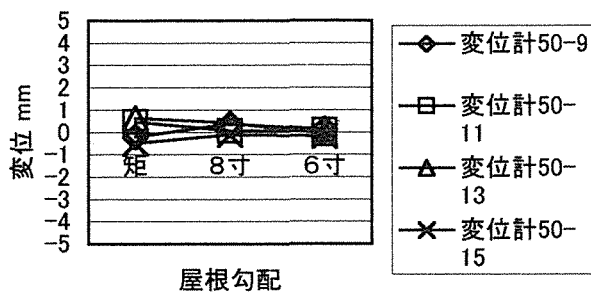


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

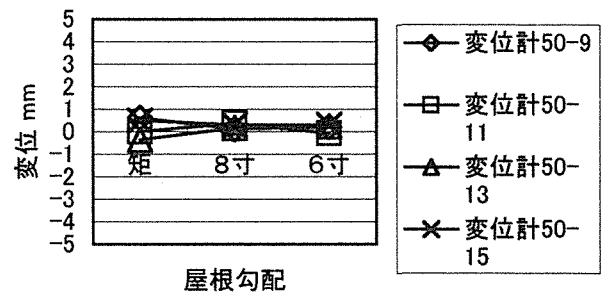


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

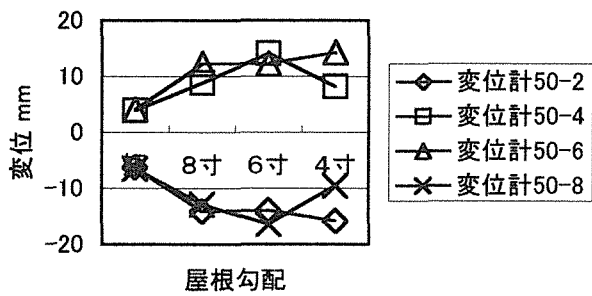


-1/60変形時の屋根面の浮き上がり(棟木)

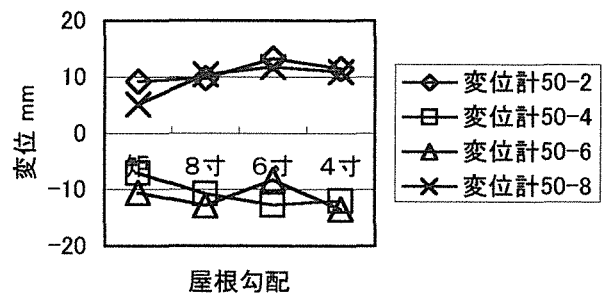


和小屋 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

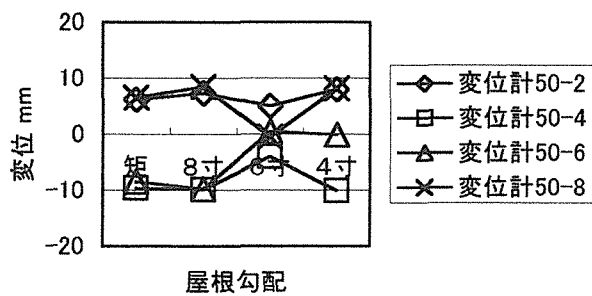


-1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

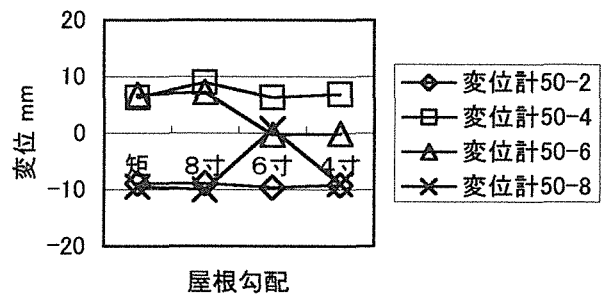


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

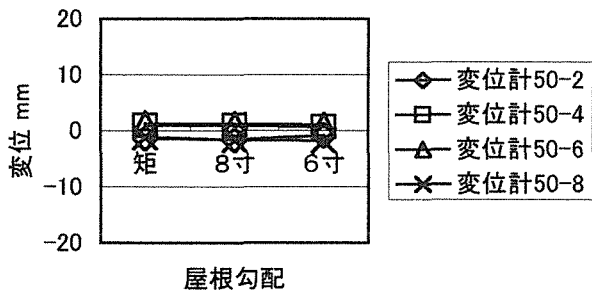


-1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

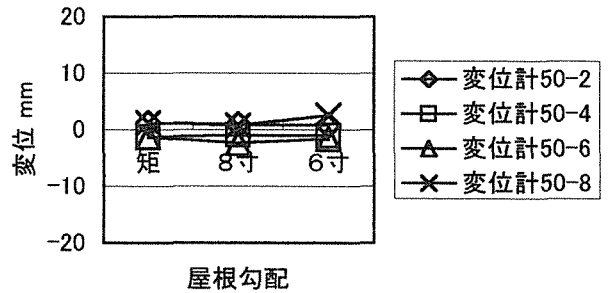


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

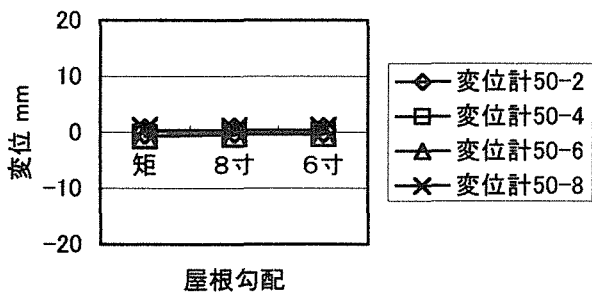


-1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

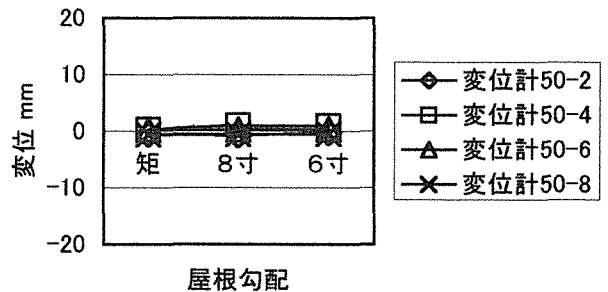


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

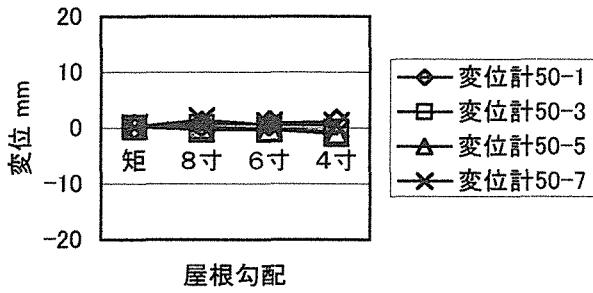


-1/60変形時の屋根面の回転(軒桁)

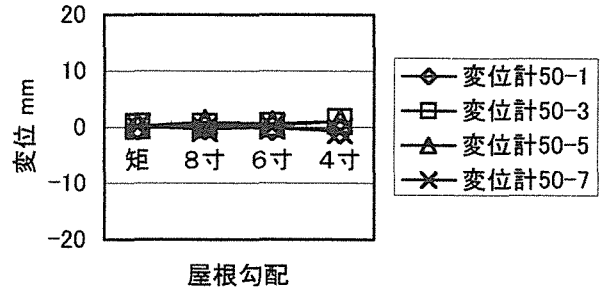


和小屋 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

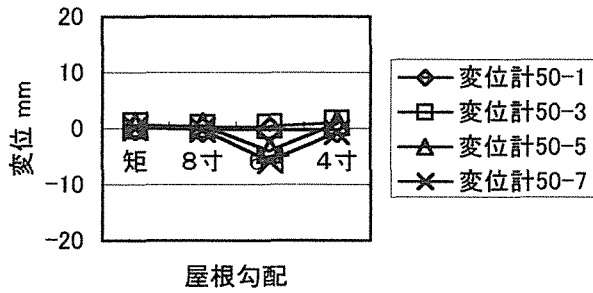


-1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

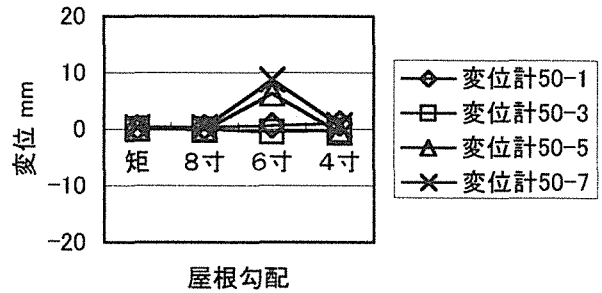


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

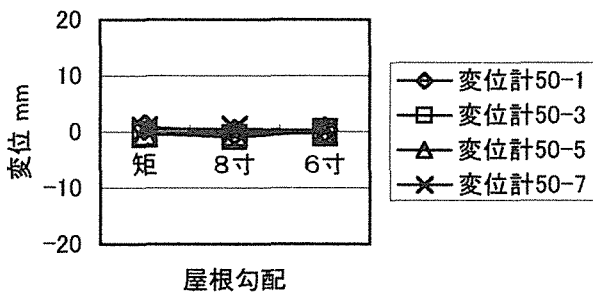


-1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

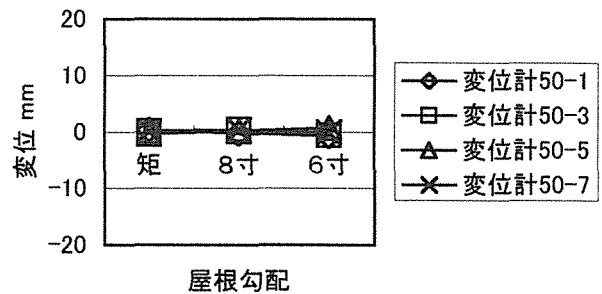


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

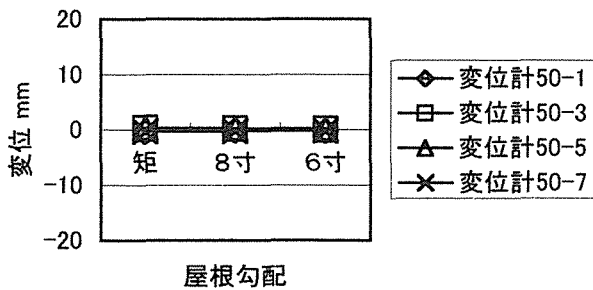


-1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

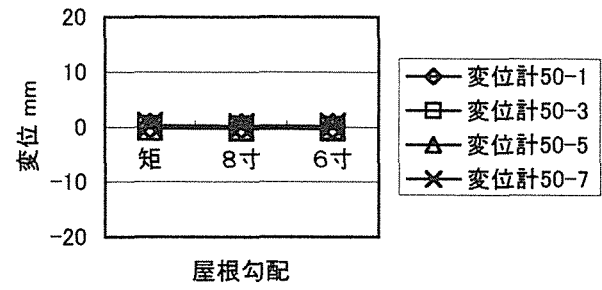


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

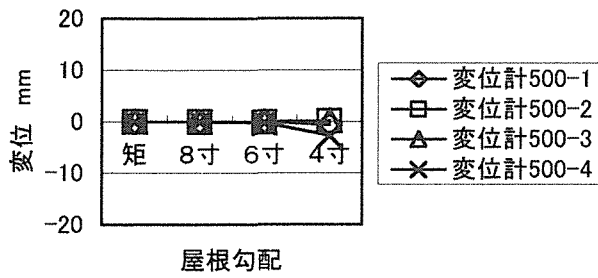


-1/60変形時の屋根面の回転(棟木)

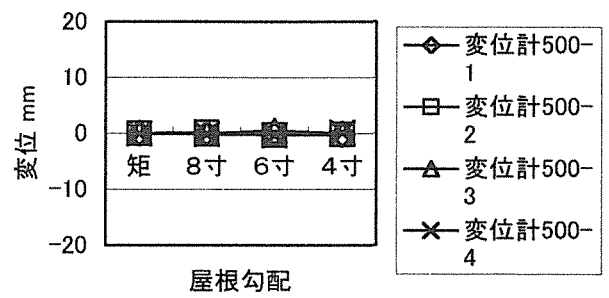


和小屋 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面のせん断変形

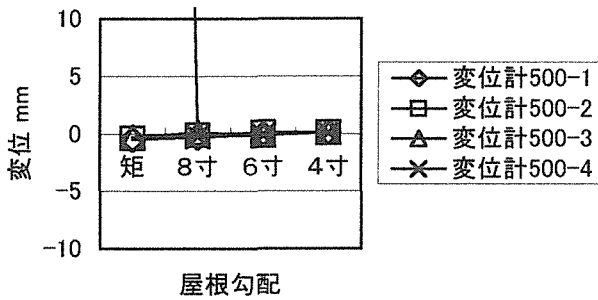


-1/60変形時の屋根面のせん断変形

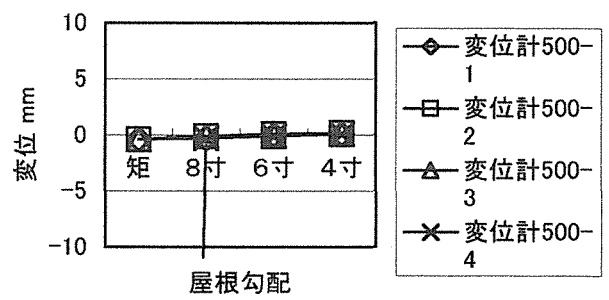


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面のせん断変形

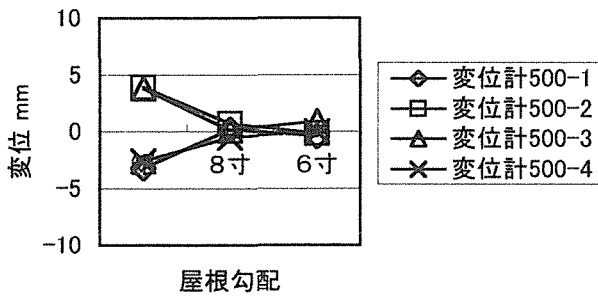


-1/60変形時の屋根面のせん断変形

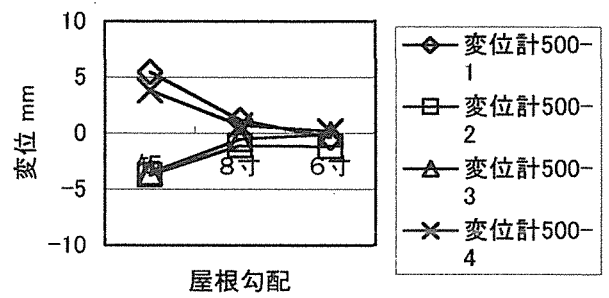


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の屋根面のせん断変形

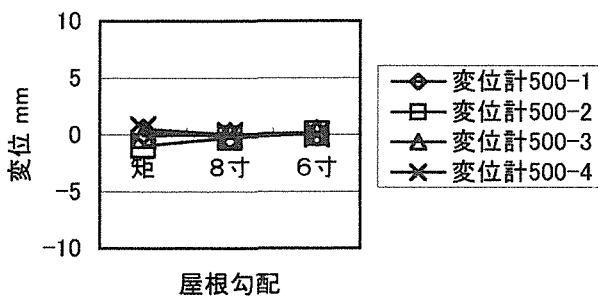


-1/60変形時の屋根面のせん断変形

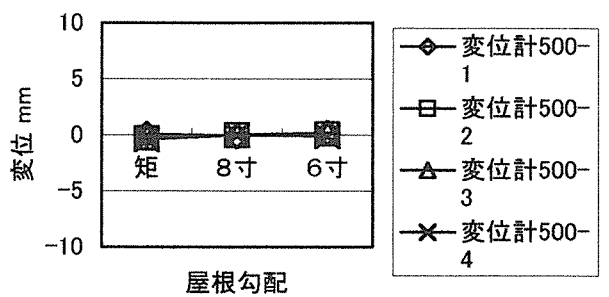


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の屋根面のせん断変形

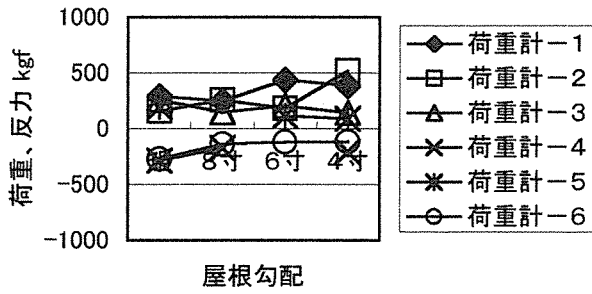


-1/60変形時の屋根面のせん断変形

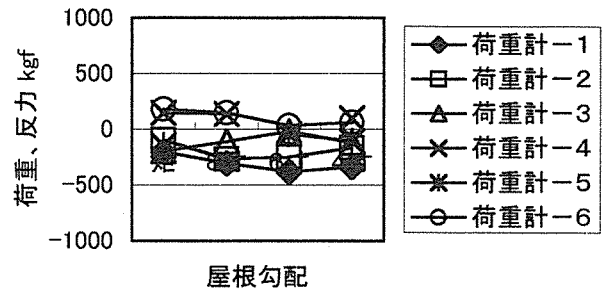


和小屋 桁行方向加力

1/60変形時の荷重ならびに反力の比較

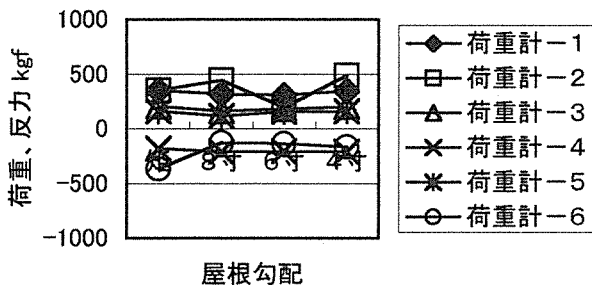


-1/60変形時の荷重ならびに反力の比較

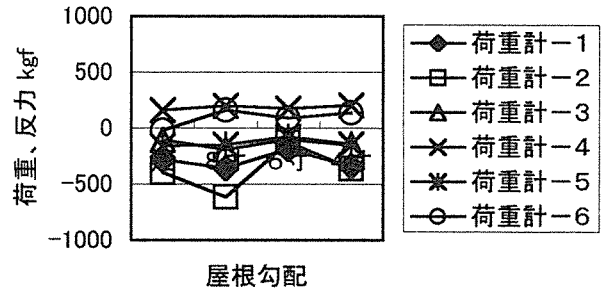


和小屋 梁間方向加力

1/60変形時の荷重ならびに反力の比較

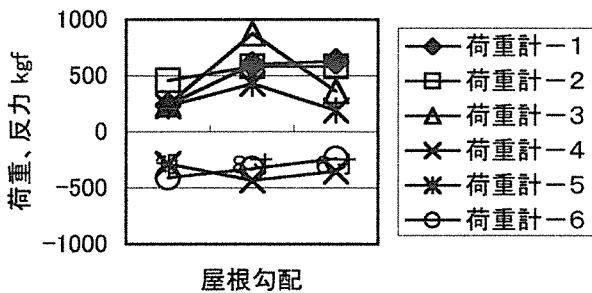


-1/60変形時の荷重ならびに反力の比較

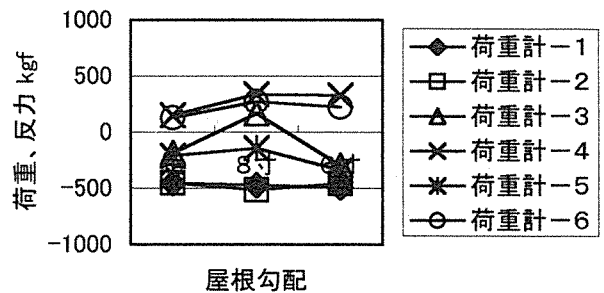


登り梁 桁行方向加力

1/60変形時の荷重ならびに反力の比較

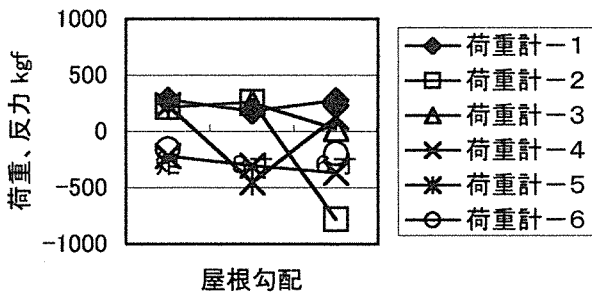


-1/60変形時の荷重ならびに反力の比較

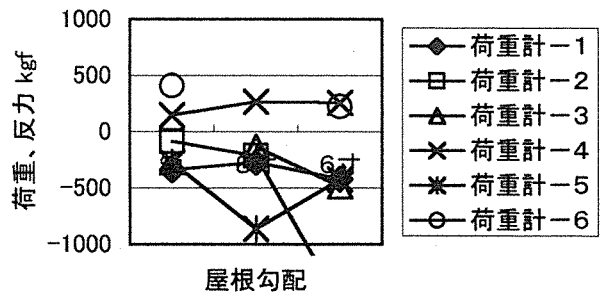


登り梁 梁間方向加力

1/60変形時の荷重ならびに反力の比較



-1/60変形時の荷重ならびに反力の比較



3. 1.7 試験体、変位計の設置状況ならびに変形、破壊状況

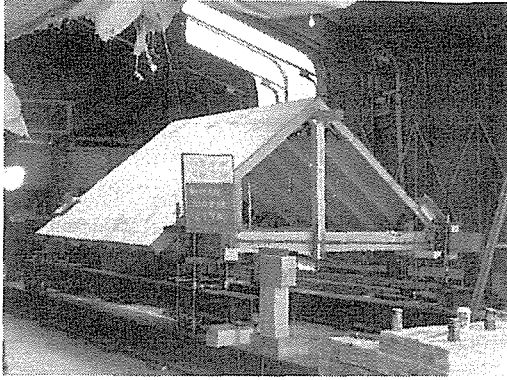


写真2-1 矩勾配 桁行方向加力試験体

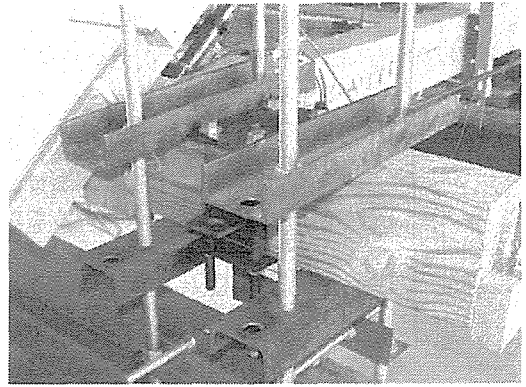


写真2-2 ローラー治具

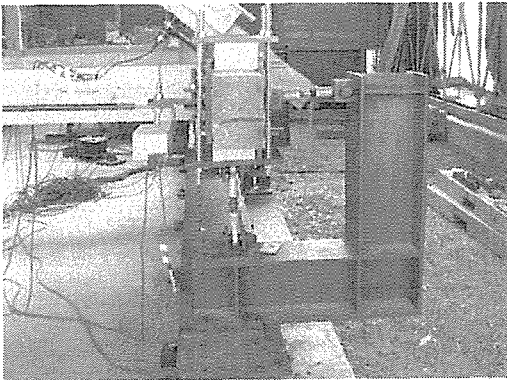


写真2-3 L型固定治具

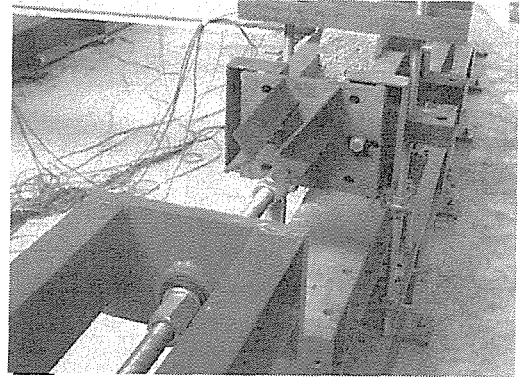


写真2-4 加力治具

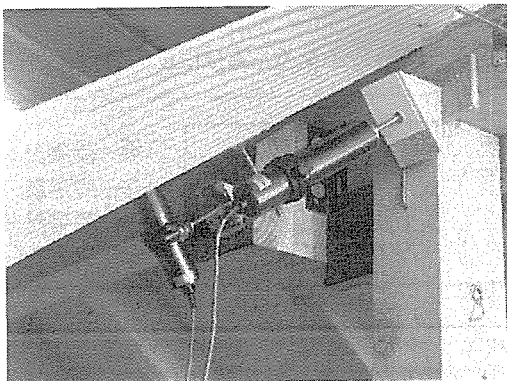


写真2-5 屋根面の回転・浮き上がりの測定
(棟木)

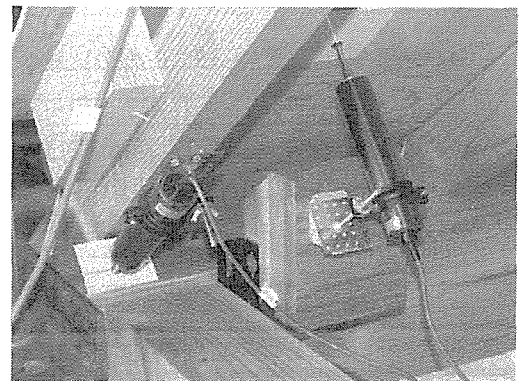


写真2-6 屋根面の回転・浮き上がりの測定
(軒桁)

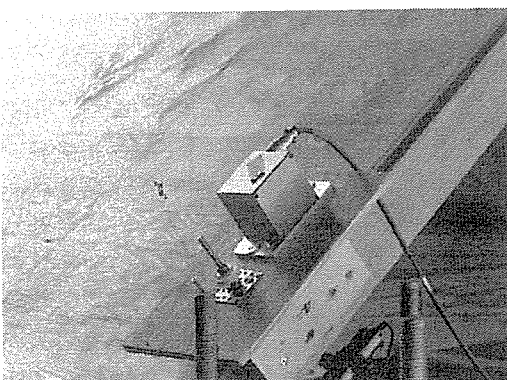


写真2-7 屋根面のせん断変形の測定

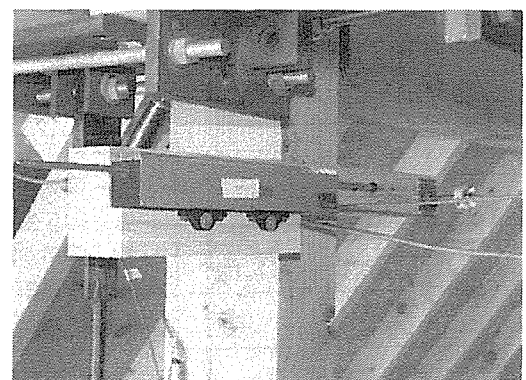


写真2-8 梁桁面のせん断変形の測定

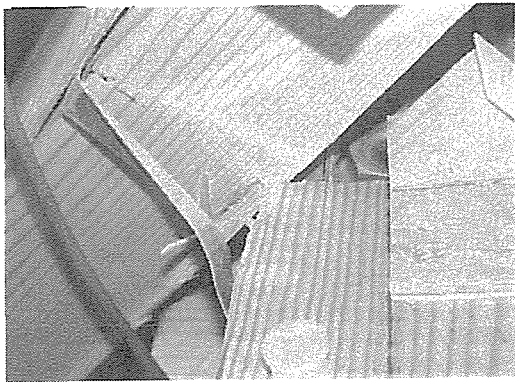


写真2-9 垂木の滑り出し
(8寸勾配 桁行方向加力)

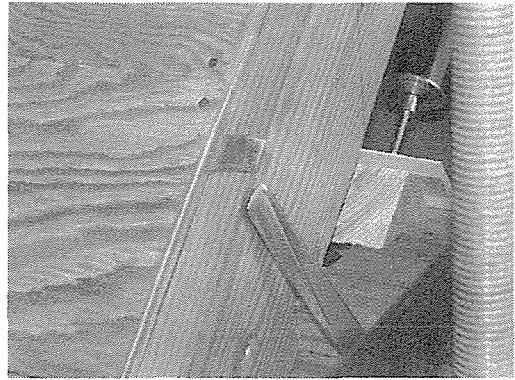


写真2-10 くら金物の断裂
(8寸勾配 桁行方向加力)

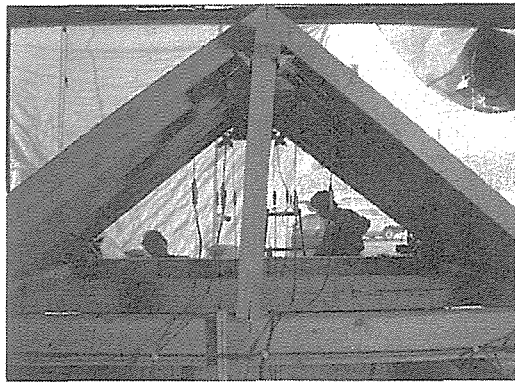


写真2-11 束の転び
(8寸勾配 桁行方向加力)

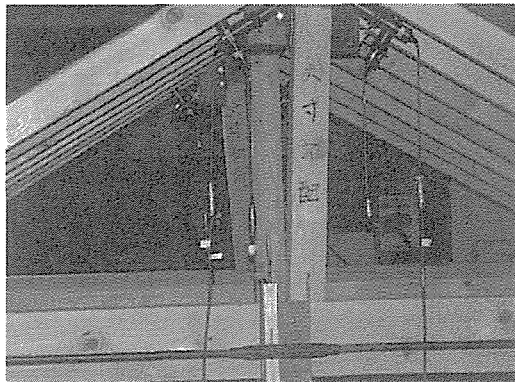


写真2-12 束の転びと鉛直構面のねじれ
(6寸勾配 桁行方向加力)

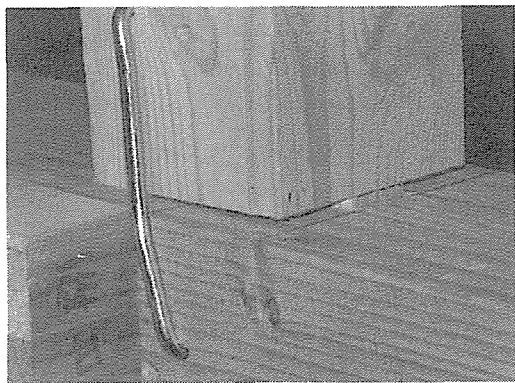


写真2-13 東端部の回転に伴う引き抜け
(6寸勾配 桁行方向加力)

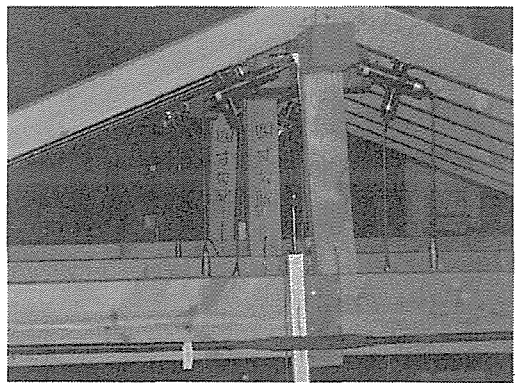


写真2-14 束の転びと鉛直構面のねじれ
(4寸勾配 桁行方向加力)

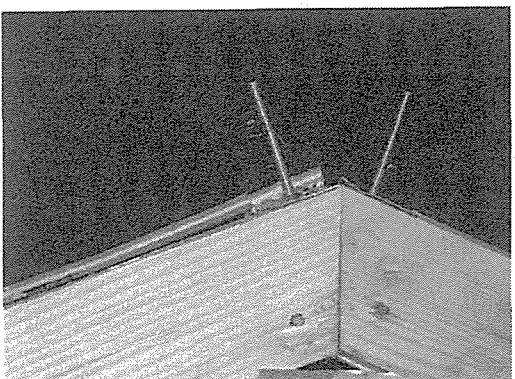


写真2-15 野地板のめくり上がり

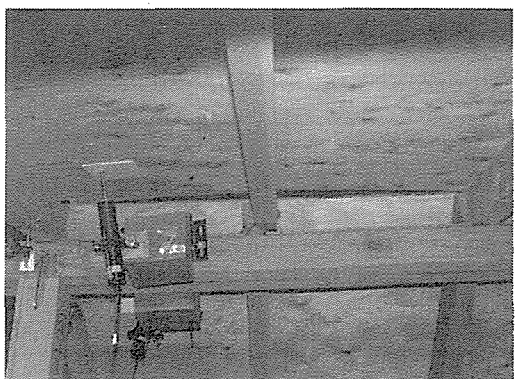


写真2-16 棟木上での野地板の開き

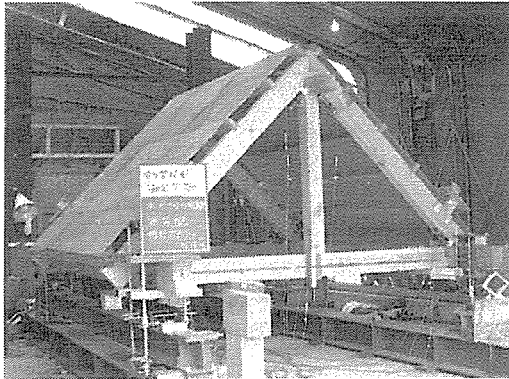


写真2-17 登り梁矩勾配 桁行方向加力試験

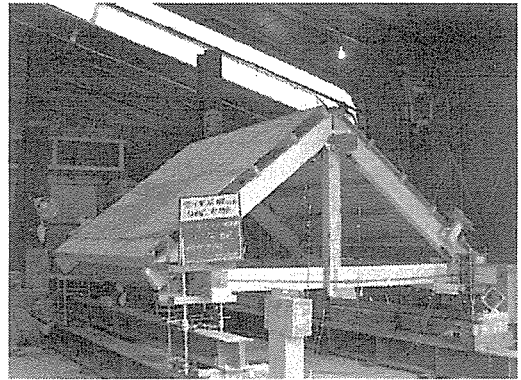


写真2-18 登り梁8寸勾配 桁行方向加力試験

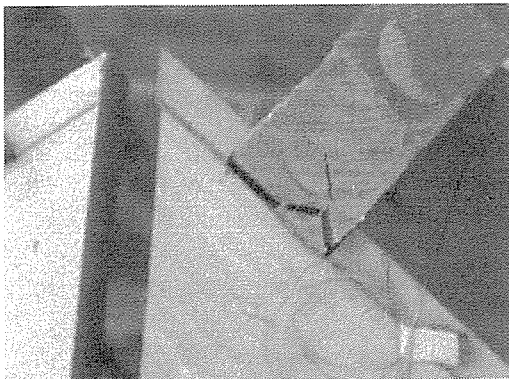


写真2-19 登り梁の開き
(登り梁8寸勾配 桁行方向加力)

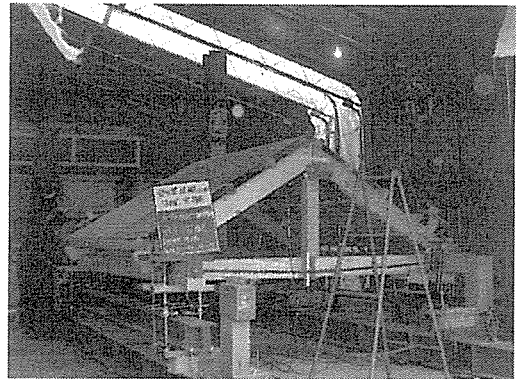


写真2-20 登り梁6寸勾配 桁行方向加力試験

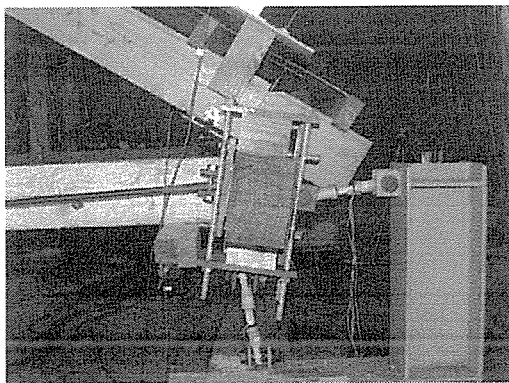


写真2-21 桁の回転
(登り梁6寸勾配 桁行方向加力)

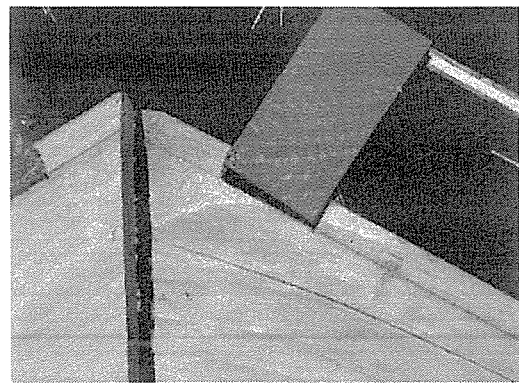


写真2-22 登り梁のずれと開き
(登り梁6寸勾配 桁行方向加力)



写真2-23 登り梁矩勾配 梁間方向加力試験

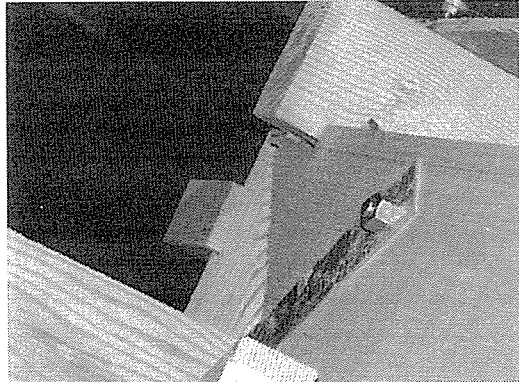


写真2-24 母屋のずれ

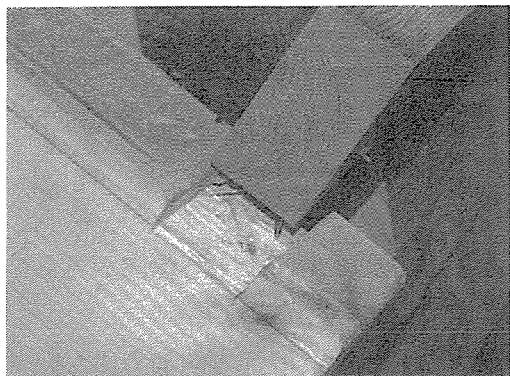


写真2-25 母屋のずれに伴う乖離
(登り梁矩勾配 梁間方向加力試験体)



写真2-26 母屋のずれと登り梁のずれ
(登り梁矩勾配 梁間方向加力試験体)

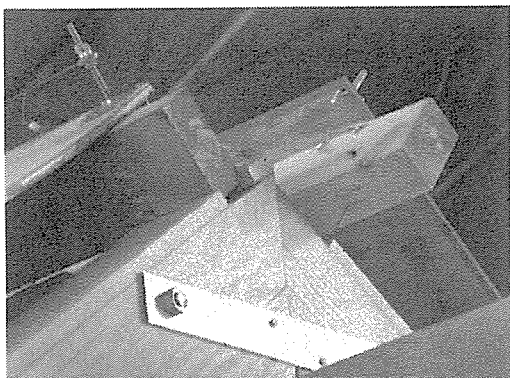


写真2-27 母屋のずれと登り梁のずれ
(登り梁矩勾配 梁間方向加力試験体)

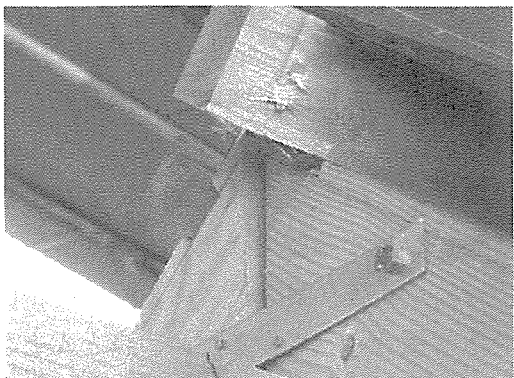


写真2-28 母屋のずれと登り梁のずれ

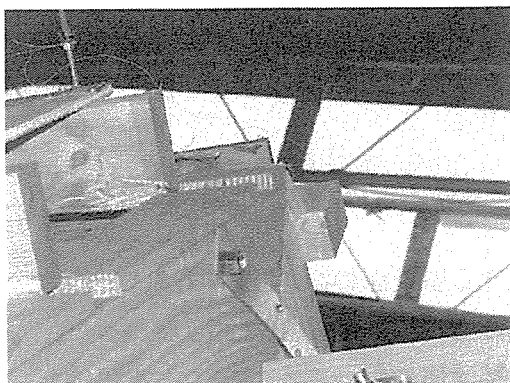


写真2-29 母屋のずれ



写真2-30 屋根面のせん断変形

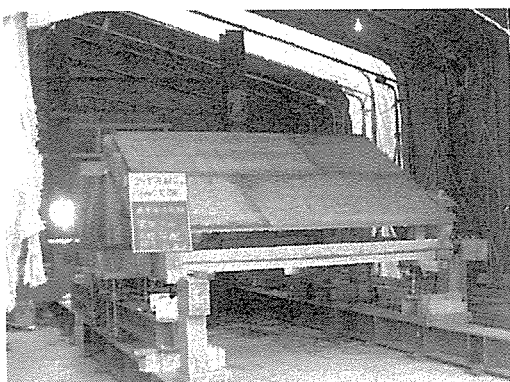


写真2-31 登り梁6寸勾配 梁間方向加力試験

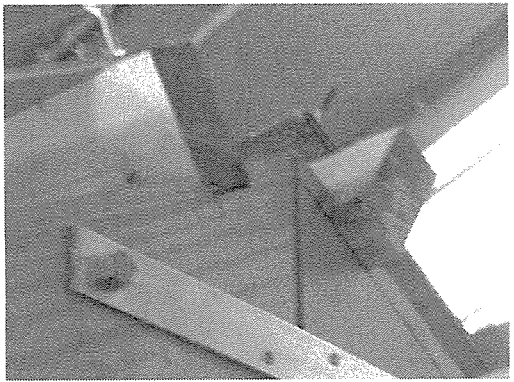


写真2-32 母屋のずれ

4. 結果の記述ならびに考察

1 / 60 変形時の実験結果を比較したグラフから読み取ることのできる事柄を以下に列挙する。

- 1) 桁行方向加力においては、勾配が小さくなるほど剛性が向上する傾向が見られたが、梁間方向加力においては、勾配の影響はあまり見受けられない。
- 2) 和小屋タイプにおける屋根面と軒桁の相対的な回転は、桁行方向加力においては、勾配が小さくなるほど大きくなる傾向が認められるが、梁間方向加力においては、勾配に関わりなくほぼ一定である。
- 3) 屋根面のせん断変形は、登り梁タイプの矩勾配を除いては、ほとんど生じていない。
- 4) 屋根面と棟木との相対的な回転は、どの試験体においてもほとんど生じていない。
- 5) 和小屋タイプにおいて、軒桁上における垂木の転びが特に桁行方向加力の場合に目視で確認できた。
- 6) 登り梁タイプにおける屋根面と軒桁の相対的な回転は、登り梁と軒桁がボルトで接合されているため、ほとんど生じなかった。
- 7) 登り梁タイプにおいては、梁の拌み部分でのずれが顕著であった。
- 8) 和小屋タイプにおいて、棟木付近における屋根面の浮き上がりは、両加力方向とも、勾配が小さくなるほど大きくなる傾向が見られた。
- 9) 登り梁タイプにおいて、棟木付近における屋根面の浮き上がりは、桁行方向加力の場合は、勾配の影響を受けていないが、梁間方向加力においては、若干、勾配が小さくなるほど小さくなる傾向が見受けられた。
- 10) 軒桁付近における屋根面の浮き上がりは、どのタイプの試験体においても勾配による明確な違いは認められなかった。
- 11) 登り梁タイプにおいては、軒桁付近における屋根面の浮き上がりは、桁行方向加力の場合に若干生じたものの、梁間方向加力の場合にはほとんど生じなかった。
- 12) 棟木の梁との相対距離は、どのタイプの試験体においても勾配による明確な違いは認められなかった。

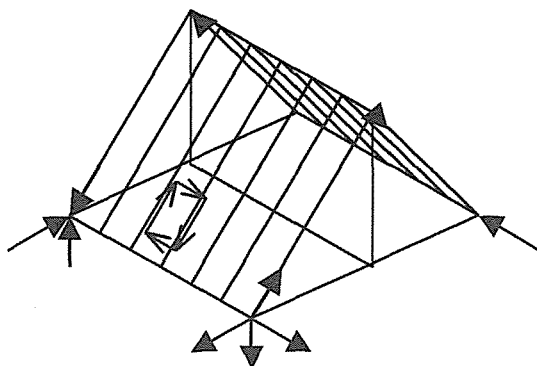
変形ならびに破壊性状について列挙する。

- 1) 和小屋タイプにおいては、くら金物のみで留められた軒桁上の垂木のずれが著しく認められた。
- 2) 垂木が引き上げられるに伴い、くら金物が引きちぎられた破壊が観察できた。
- 3) 梁桁面のせん断変形に伴い、束が傾斜する様子が観察できた。

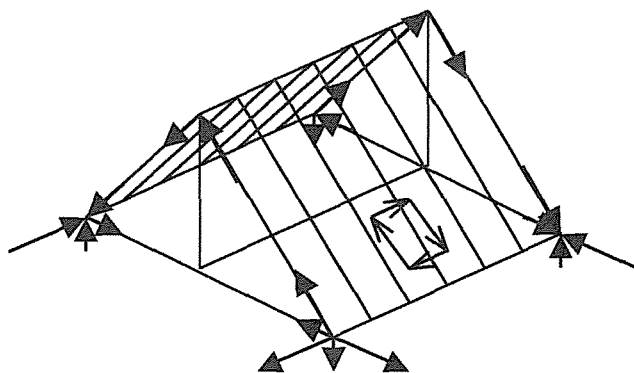
- 4) 登り梁タイプにおいて、登り梁の拌み部分で左右の登り梁のねじれに伴うずれが確認できた。
- 5) 登り梁タイプの桁行方向加力において、桁のねじれが認められた。特に6寸勾配において著しく回転した。

5. 力学的モデルに対する仮説

今回の実験では、加力の方向により、勾配違いによる影響に違いが見られた。これは、今回の実験においては、梁桁面の1辺のみが固定されているためであると考えられる。異なる加力方向の実験においては、下図のような応力状態の違いがあると考えられる。桁行方向加力の場合は軒桁と垂木の接合部からのみ屋根面にせん断力が伝わる。そのため加力される側から固定端に向けてせん断応力は徐々に大きくなる。それに対して梁間方向加力の場合は際の垂木から伝わり一定のせん断応力が分布する。



桁行方向加力における力の流れ



梁間方向加力における力の流れ

3章 水平構面の面内せん断実験

3.1 はじめに

木造軸組構法住宅の耐震性能評価を可能にするためには、鉛直構面による評価だけでなく水平構面の評価を考慮することが必要である。特に木造軸組住宅の床構面については構成部材や施工の多様性から様々な要素が絡み合っているため剛性及び降伏耐力の一律な評価が難しい。そこで、一般的な床構面のせん断剛性と降伏耐力の評価を行うため以下の3つにモデル化した実験を行い、略算法を検討した。

- ① 火打ち梁の水平構面
- ② 根太の転びを伴う面材張り床構面
- ③ それらが複合された床構面

実験は2 P (W) × 3 P (H)、あるいはその2区画分の4 P (W) × 3 P (H)の試験体を用いた静的加力とした。①においては横架材のせいと火打ちの個数を変数とした実験を行い、実験値と火打ちの接合部試験結果を用いた略算値との比較検討を行った。②においては根太と梁の接合方法（落とし込み、半欠き、転ばし）、床材（杉板、合板）及び根太間隔を変数として実験を行い、根太端部と梁の接合部単体試験結果と釘・面材・根太のせん断試験結果及び根太の捻れ剛性から組み立てた略算値との比較検討を行った。③においては床面と火打ち梁からなる複合床として、火打ちの個数と床仕様を変数とした実験を行い、両者の並列和として評価することの妥当性を検討した。いずれの場合においても実験値と略算値とはほぼ一致することが確認された。

以降に各実験の検討を詳細に記する。

3. 2 火打ち梁水平構面

1. はじめに

現在、在来木造住宅において、水平構面と火打ち梁の評価の方法が確立されていないのが現状である。本実験では、火打ち梁の個数や横架材せいを变化させたときの火打ち水平構面の荷重変形関係および破壊性状を実験により明らかにする。

また、それに伴い実際の在来木造住宅の建物において、設計段階では伏図の情報がまだ与えられていない場合が多いことから、水平構面の外形と火打ち数だけから水平構面の剛性・終局耐力の計算ができる略算式の必要性が高まる。

そこで、水平構面の外形と火打ち数だけから計算可能で、構造設計レベルに使える火打ち水平構面の剛性と終局耐力の簡易型評価式を提案し、実験結果との比較検証を行うことを目的とする。

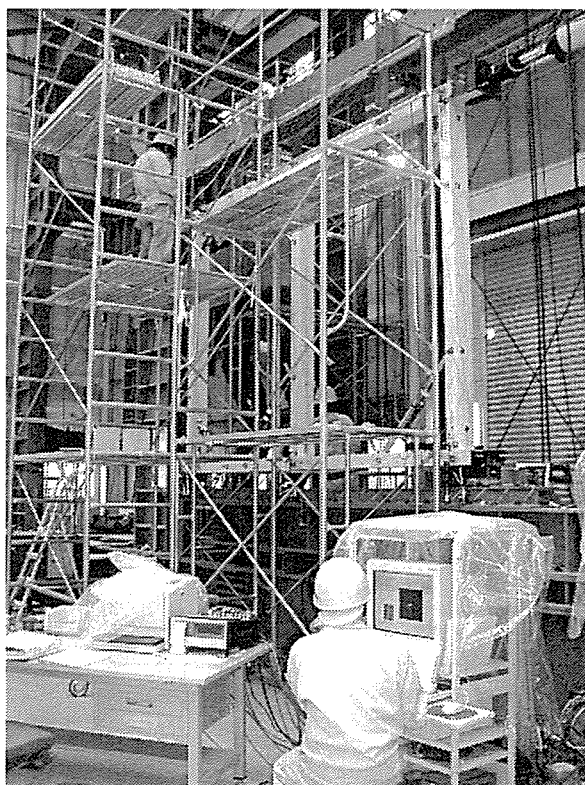


写真 1-1 実験風景 (180-2 の試験中)

2. 検証実験

2.1 試験装置概要

今回の実験では、鷲ノ宮製作所のサーボ弁方式水平加力装置システムを使用した。試験体としては、最大4P×4Pまでの実験が可能で、アクチュエーターの基本性能としては、以下に示すとおりである。

最大加力	±100KN (10ton)
最大ストローク	±200mm
最大速度	0.5カイン(cm/s)

アクチュエーターの動作の制御は、全体変位を計算で補正した変位 δ の値で行っている。

次に、簡単な、システム構成及びデータの流れを図2-1に、試験装置概要を図2-2に示す。

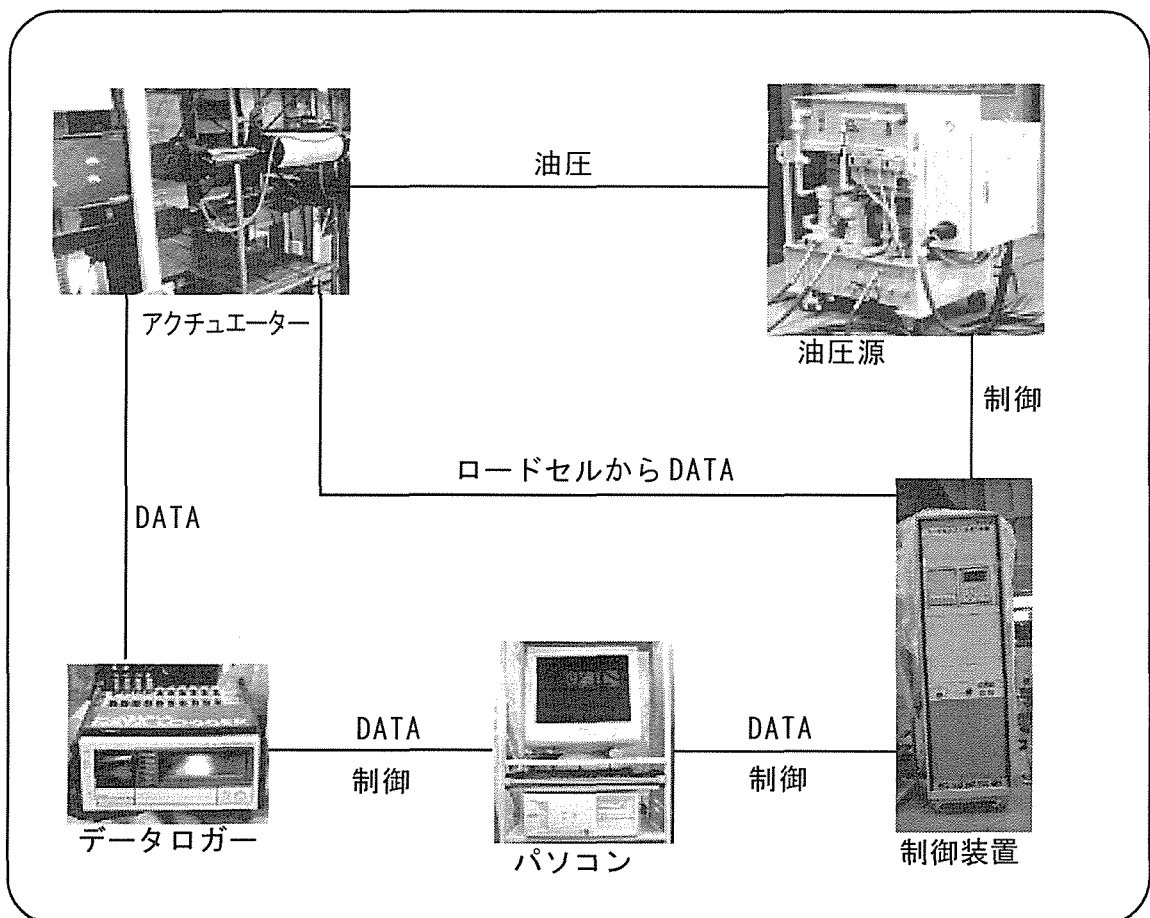


図2-1 水平加力装置システム構成

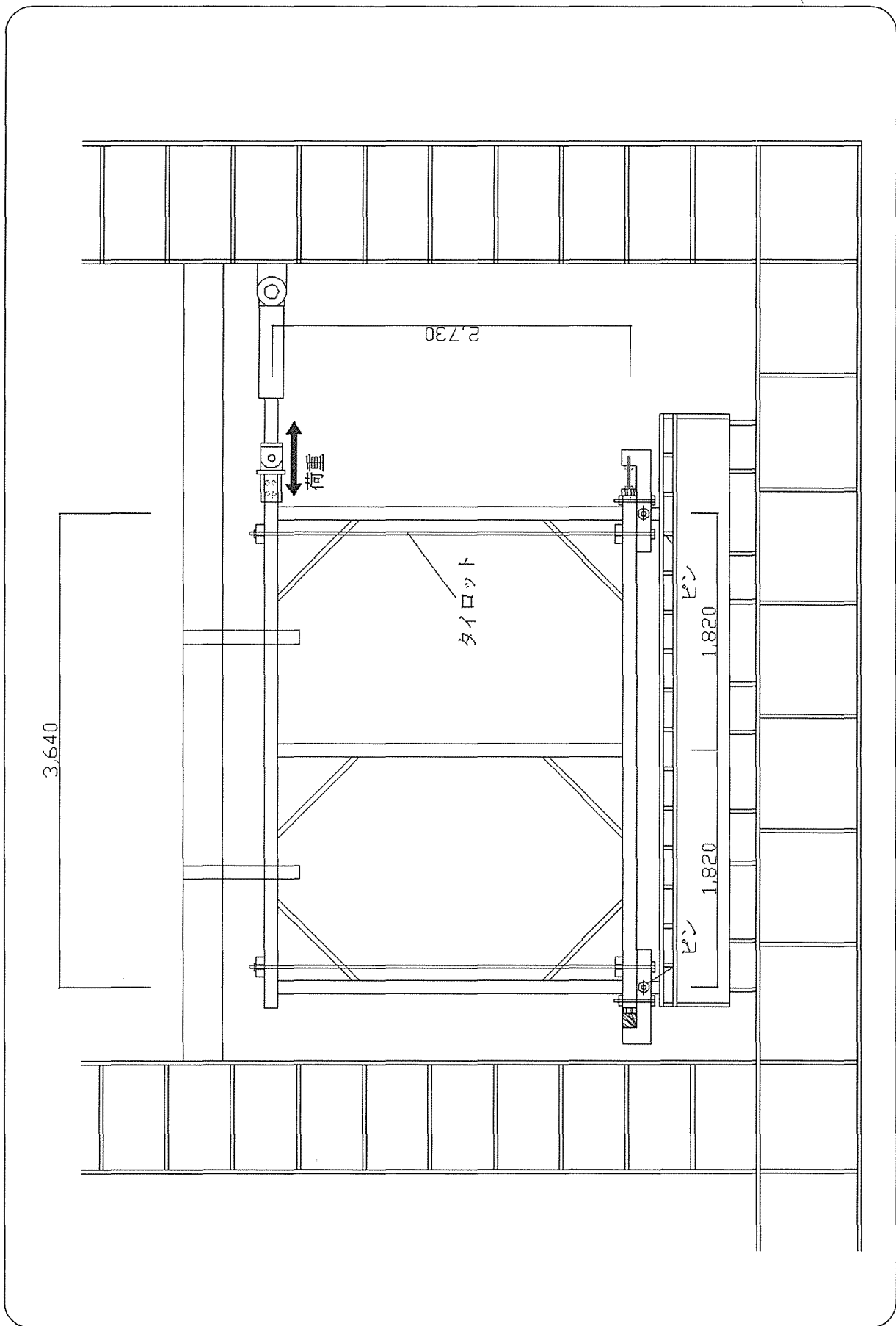


図 2-2 試験装置

2.2 試験体概要

試験体の大きさは図 2-3 に示すような 4 P × 3 P で、材料はスプルースの集成材（含水率約 15%）を用いた。

仕口については、写真 2-1, 2, 3 に示すような形状で、プレカットされたものを接合し、羽子板ボルト（Z 金物）で緊結した。

また、写真 2-4 で示すように横架材上面、下面のボルトの頭部には、座堀が施されている。

なおこの実験のボルト、ナットの締め付け方法は、一度締め付けた後、もう一度緩め、再び締め付ける方法をとった。なお二度目の締め付けトルクは、350kg・cm で統一して行った。

火打ちは、標準的な Z 金物（鋼製火打ち 素材：SS400）を使用した。

また、火打ちの個数、横架材断面により表 2-1 に示すような試験体名称を付け、以後本稿で使用することとする。

以上、10 体の試験を行った。各部材のヤング係数及び試験体形状は図 2-4, 5, 6 に示す。

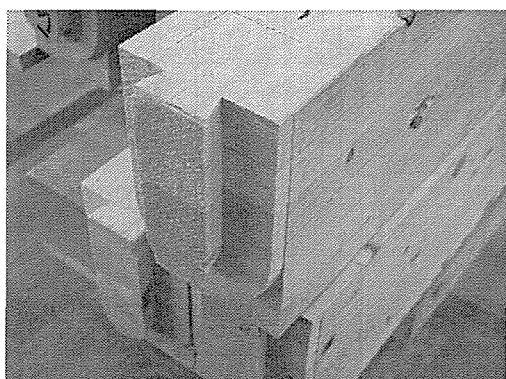


写真 2-1 試験体仕口（プレカット材男木）

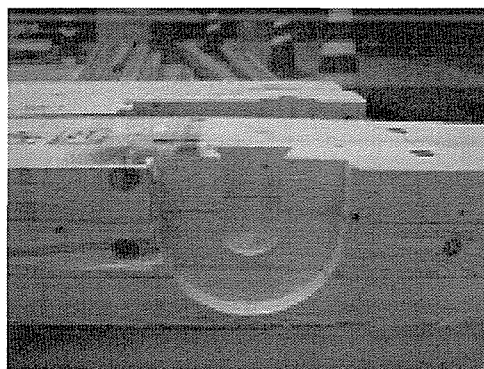


写真 2-2 試験体仕口（プレカット材女木）

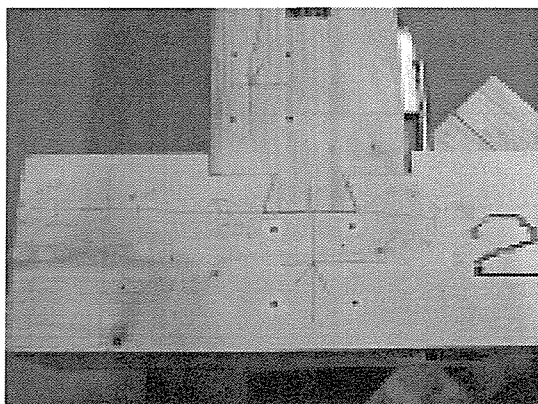


写真 2-3 試験体仕口
(羽子板ボルトで繋結)

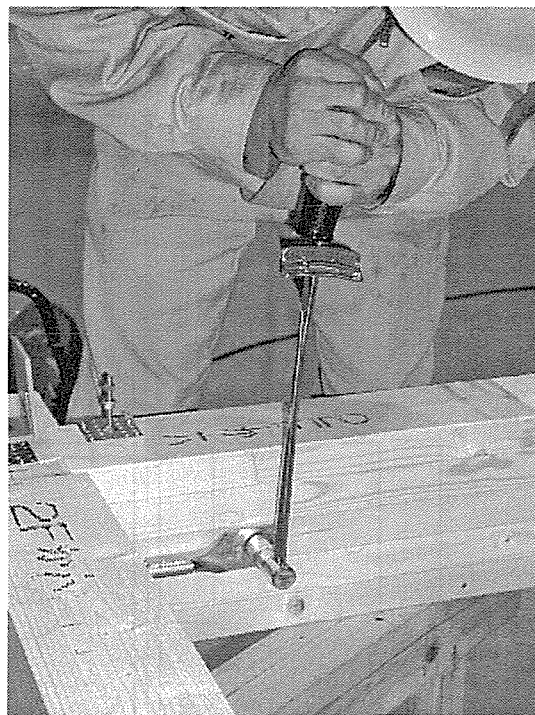


写真 2-5 ボルトの締め付け
(350kg・cm で統一)

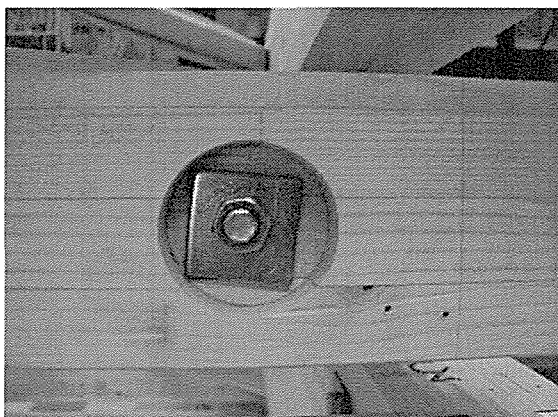
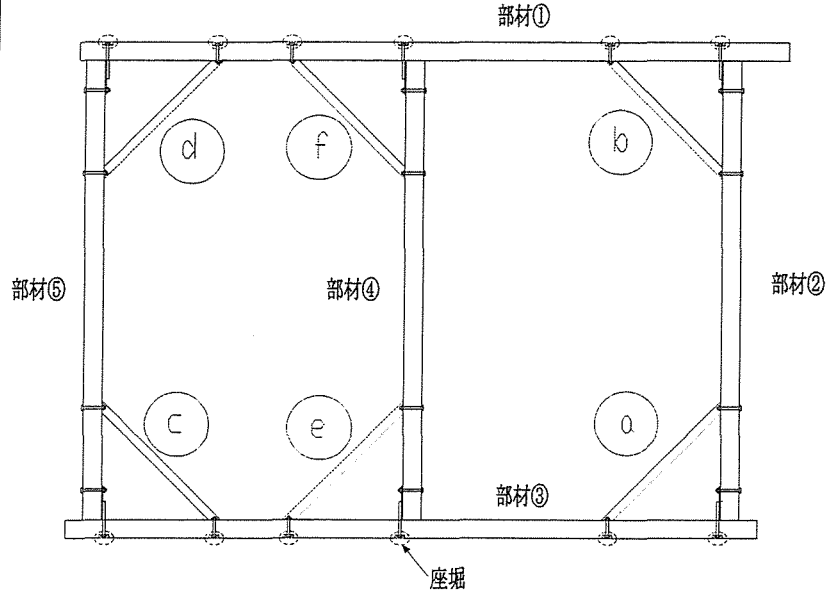


写真 2-4 座堀 (直径 60mm、深さ 25mm)

表 2- 1 試験体諸元

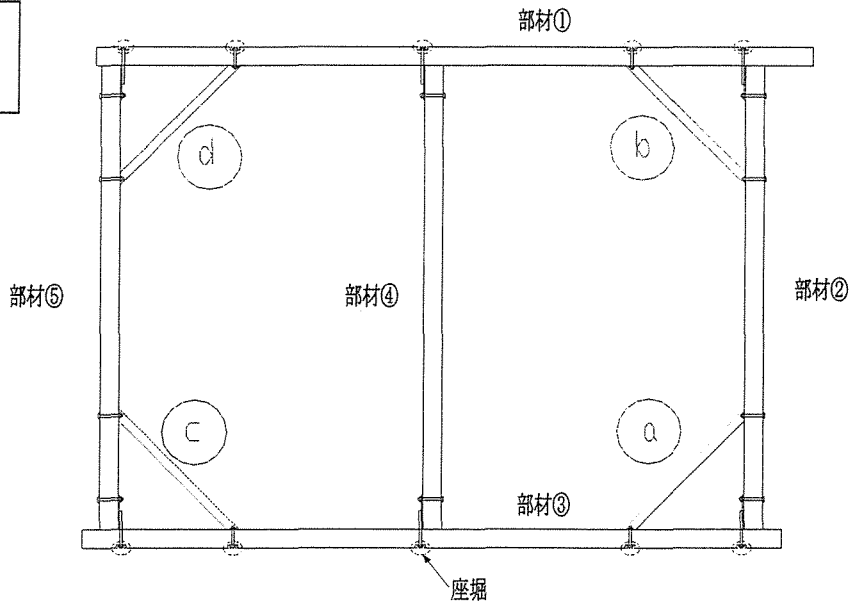
試験体名	横架材断面(mm)	火打ち数(個)	火打ちの位置
180-6	105×180	6	a,b,c,d,e,f
180-4	105×180	4	a,b,c,d
180-2	105×180	2	a,b
180-1	105×180	1	a
180-0	105×180	0	枠のみ
105-6	105×105	6	a,b,c,d,e,f
105-4	105×105	4	a,b,c,d
105-2	105×105	2	a,b
105-1	105×105	1	a
105-0	105×105	0	枠のみ

180-6
105-6



試験体 180-6		試験体 105-6	
部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)	部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)
部材①	127	部材①	130
部材②	121	部材②	127
部材③	121	部材③	114
部材④	130	部材④	126
部材⑤	139	部材⑤	/

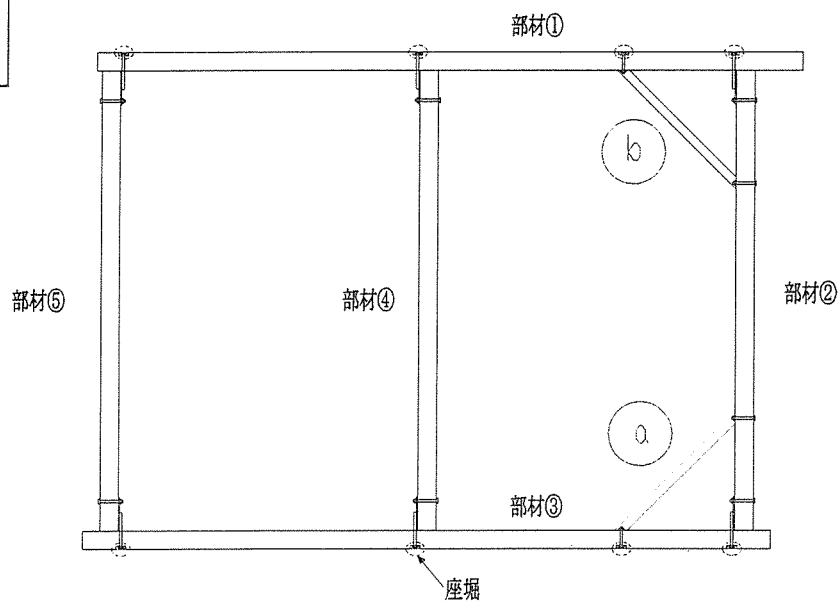
180-4
105-4



試験体 180-4		試験体 105-4	
部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)	部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)
部材①	137	部材①	122
部材②	125	部材②	119
部材③	110	部材③	/
部材④	136	部材④	140
部材⑤	118	部材⑤	116

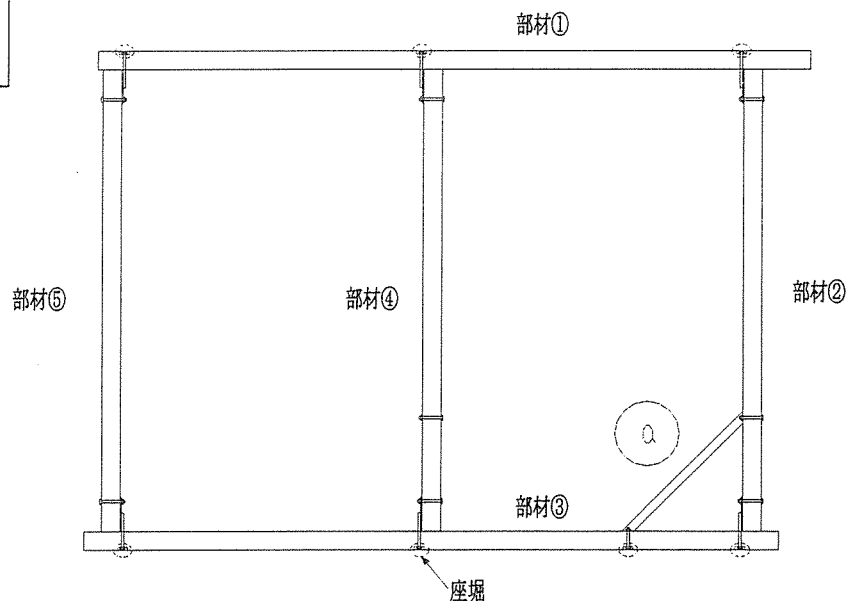
図2-4 試験体 (火打ち数6, 4)

180-2
105-2



試験体 180-2		試験体 105-2	
部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)	部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)
部材①	138	部材①	125
部材②	119	部材②	146
部材③	107	部材③	122
部材④	114	部材④	140
部材⑤	154	部材⑤	116

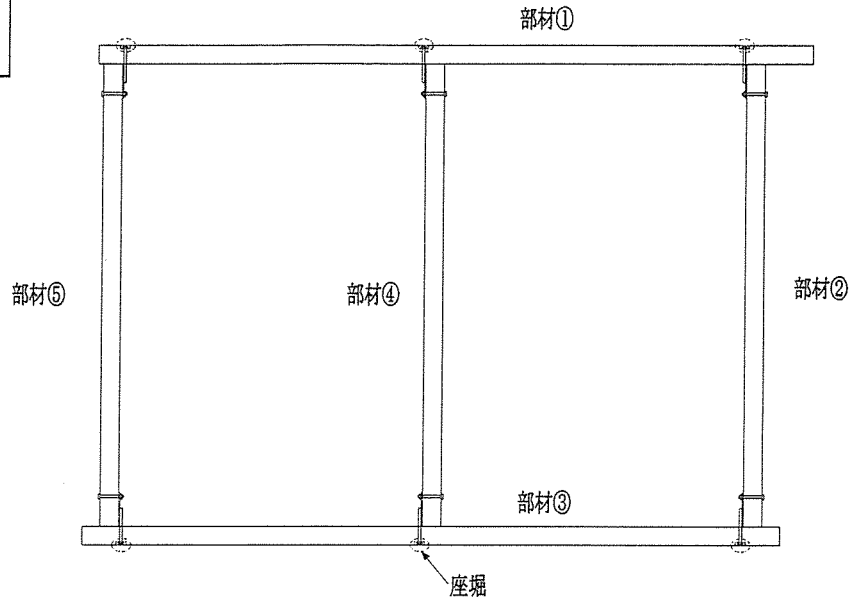
180-1
105-1



試験体 180-1		試験体 105-1	
部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)	部材	ヤング率 (10^3kgf/cm^2)
部材①	131	部材①	125
部材②	129	部材②	122
部材③	142	部材③	130
部材④	129	部材④	146
部材⑤	127	部材⑤	127

図 2-5 試験体 (火打ち数 2, 1)

180-0
105-0



試験体 180-0		試験体 105-0	
部材	ヤング率(10 ³ kgf/cm ²)	部材	ヤング率(10 ³ kgf/cm ²)
部材①	131	部材①	126
部材②	127	部材②	132
部材③	127	部材③	148
部材④	116	部材④	138
部材⑤	129	部材⑤	117

図 2-6 試験体 (火打ち数 0)

2.3 計測方法及加力方法

計測方法は、図2-9、10に示すような位置に変位計及び、ひずみゲージを用いて、各部の測定を行った。

測定に用いた変位計、ひずみゲージの種類及び測定の目的については、表2-3に示す。なお、写真2-10、11に示すように垂直方向の材料の引き抜き防止用にタイロッドを用いた。また、左上方角には、割裂防止用の冶具（写真2-7）を作成した。加力装置との接合箇所は写真2-8に示す。また、計測には、鷺ノ宮製作所製のソフトウェアを用いた。（図2-8 計測用ソフトウェア画面参照）

加力方法及び測定ピッチは下記、表2-2に示すような方法で、押し（-）からはじめ、押し引き交互に行った。（図2-7 载荷履歴参照）

表2-2 加力経過と測定ピッチ

		スタート									
		1/240rad	1/170rad	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/42rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	max
押し(-)	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
戻し		11.4mm	16.1mm	22.8mm	32.2mm	45.5mm	64.3mm	91.0mm	128.7mm	182.0mm	max
引き(+)	↓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
戻し		11.4mm	16.1mm	22.8mm	32.2mm	45.5mm	64.3mm	91.0mm	128.7mm	182.0mm	max
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	測定ピッチ	1mm	1.5mm	2mm	3mm	4.5mm	6.5mm	9mm	13mm	18mm	

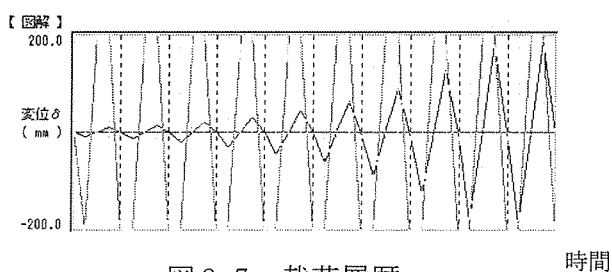


図2-7 载荷履歴

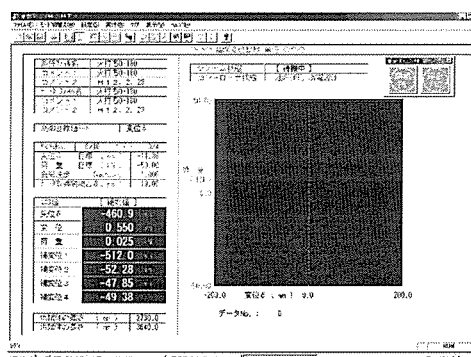


図2-8 計測ソフト画面
(鷺ノ宮製作所製)

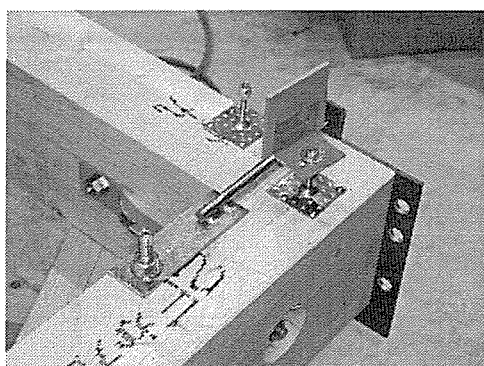


写真2-7
割裂防止用の冶具（左上角）



写真2-8
加力装置との接合箇所

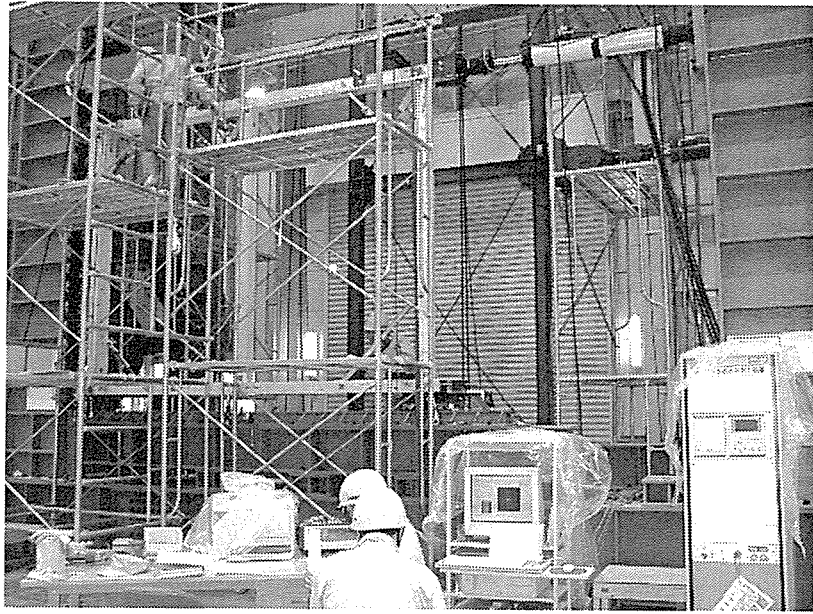


写真 2-9 実験計測風景
(パソコンによりアクチュエーターを制御)

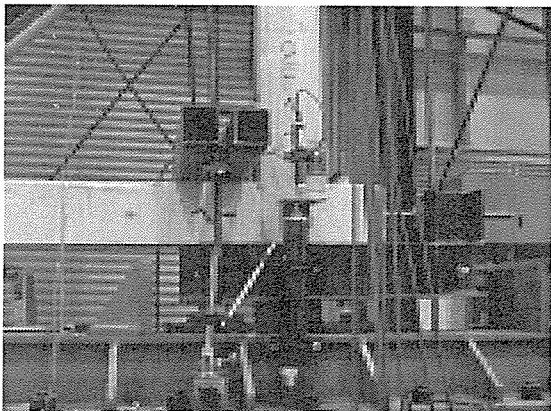


写真 2-10 タイロッドの取付状況

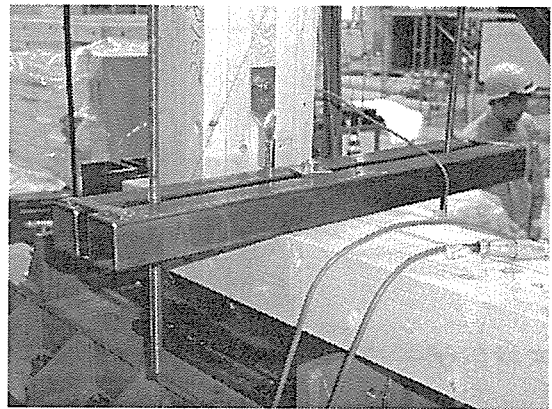


写真 2-11 タイロッドの取付状況
(斜上部)

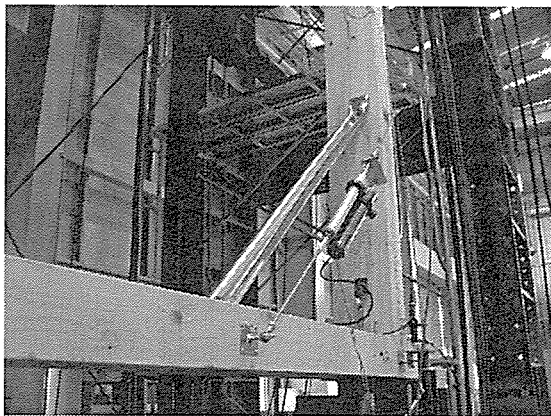


写真 2-12 隅角部回転の測定用変位計取付状況

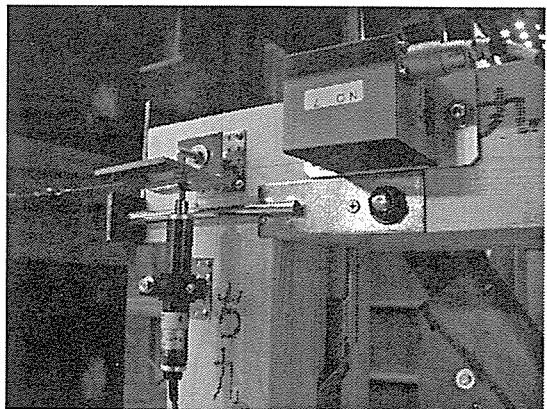


写真 2-13 全体変形量測定変位計取付状況

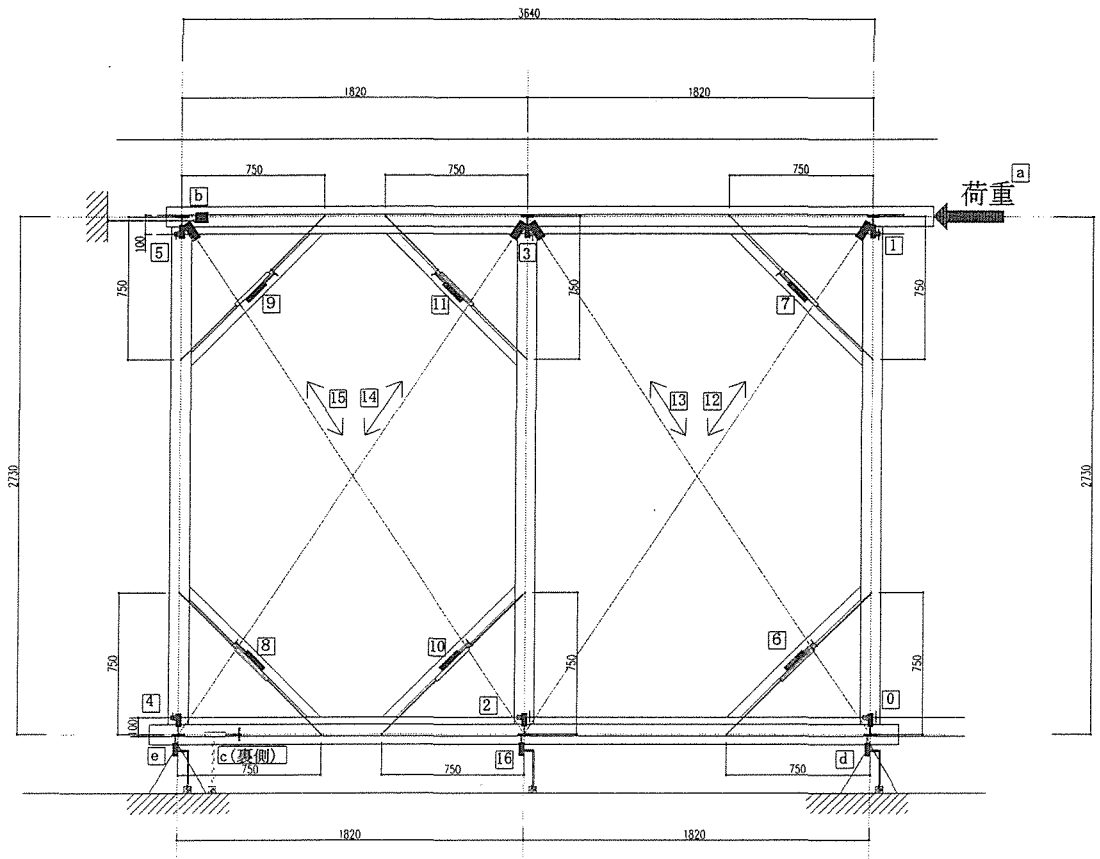


図 2-9 変位計の取付個所

木材用ゲージ

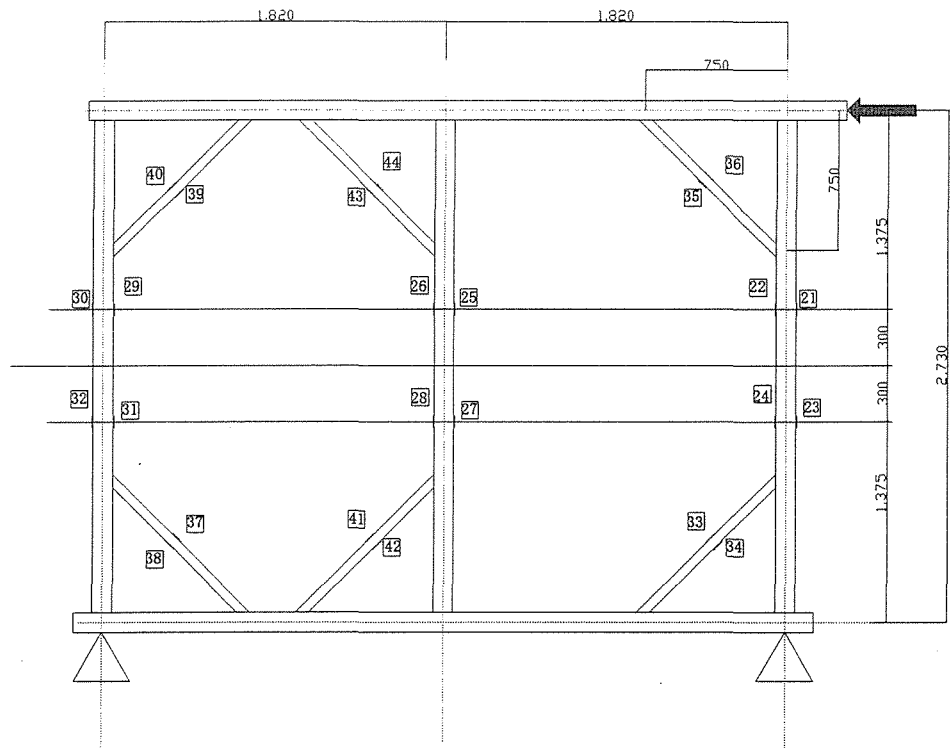
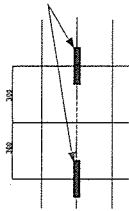


図 2-10 ひずみゲージの取付個所

表 2-3 変位計、ゲージの種類及び測定目的

CH.	計測目的	計測器仕様	CH.	計測目的	計測器仕様
a	荷重		21	右側垂直材右上のせん断力	木材用ひずみゲージ
b	全体変形量	sdp-500	22	右側垂直材左上のせん断力	木材用ひずみゲージ
c	試験全体のずれ	cdp-100	23	右側垂直材右下のせん断力	木材用ひずみゲージ
d	右側下部横架材の浮き上がり	cdp-100	24	右側垂直材左下のせん断力	木材用ひずみゲージ
e	左側下部横架材の浮き上がり	cdp-100	25	中央垂直材右上のせん断力	木材用ひずみゲージ
0	右側垂直材の抜け(下部)	cdp-50	26	中央垂直材左上のせん断力	木材用ひずみゲージ
1	右側垂直材の抜け(上部)	cdp-50	27	中央垂直材右下のせん断力	木材用ひずみゲージ
2	中央垂直材の抜け(下部)	cdp-50	28	中央垂直材左下のせん断力	木材用ひずみゲージ
3	中央垂直材の抜け(上部)	cdp-50	29	左側垂直材右上のせん断力	木材用ひずみゲージ
4	左側垂直材の抜け(下部)	cdp-50	30	左側垂直材左上のせん断力	木材用ひずみゲージ
5	左側垂直材の抜け(上部)	cdp-50	31	左側垂直材右下のせん断力	木材用ひずみゲージ
6	右下角の回転	cdp-100	32	左側垂直材左下のせん断力	木材用ひずみゲージ
7	左上角の回転	cdp-100	33	右下火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
8	左下角の回転	cdp-100	34	右下火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
9	左上角の回転	cdp-100	35	右上火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
10	中央左下角の回転	cdp-100	36	右上火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
11	中央左上角の回転	cdp-100	37	左下火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
12	全体の変形角(向かって右)	sdp-500	38	左下火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
13	全体の変形角(向かって右)	sdp-500	39	左上火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
14	全体の変形角(向かって左)	sdp-500	40	左上火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
15	全体の変形角(向かって左)	sdp-500	41	中央下火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
16	横架材中央の浮き上がり	cdp-100	42	中央下火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
			43	中央上火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ
			44	中央上火打が受ける軸力	金属用ひずみゲージ

・火打ちの数が少なくなった場合、35ch~44chをその数に合わせて減少させた。
 ・また、21ch~32chの計測は180×105mmの断面形状のみとした。

2.4 実験結果

2.4.1 破壊経過

全体的に破壊性状は、鋼製火打ちの座屈で最大耐力を記録した。ただし、105-1と105-2は、ストロークMAXでも火打ちは座屈をおこさず、最大荷重に達しなかった。写真2-14に180-6の火打ちが座屈した状況を示す。また、105-6のみ、火打ちの座屈の後、下部横架材が火打ち接合部および梁桁接合部付近から、曲げ破壊を起こした(写真2-19, 20, 21)。

各試験体における状況としては、図2-11, 12, 13, 14, 15で各部割裂の始まり状況と座屈の始まり状況を図表にまとめた。なお、割裂及び火打ちの座屈に関しては、目視できる状況で始まりと判断した。

特に、断面寸法180×105の試験体については、火打ちの数が増えるにつれて初割裂及び火打ちの座屈開始の時間が早まる傾向が確認できる。



写真2-14 180-6 火打ちの座屈状況 (押し1/15rad時)

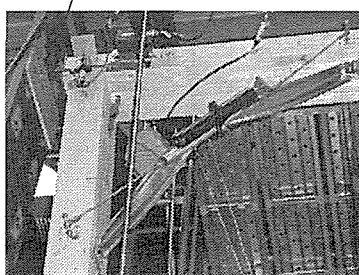


写真2-15 d 火打ち座屈状況

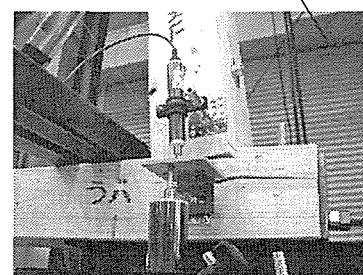
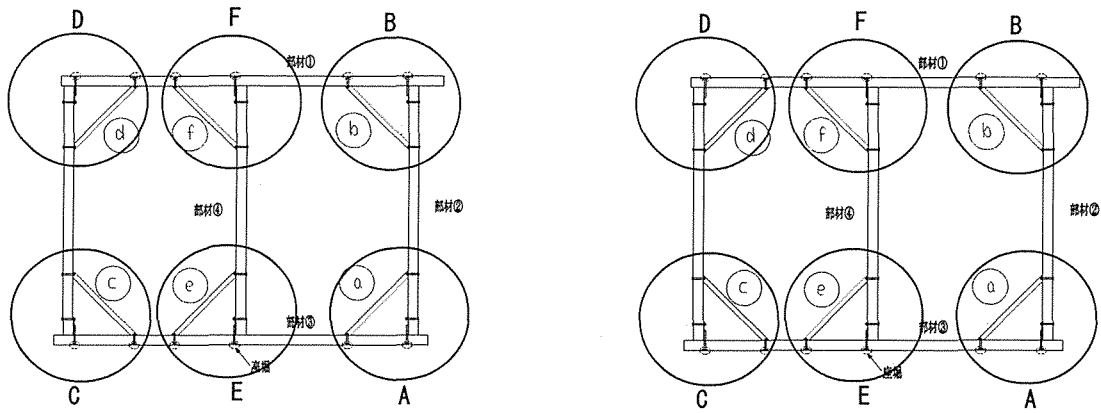


写真2-16 Aエリア割裂状況



試験体 180-6 の割裂・火打ち座屈状況

変位 I/A,火打	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A			○	☆				
B		○			☆			
C				○				
D				○		☆		
E			○					
F		○			☆			

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始
 ※1/15rad(押し)にて試験終了。(割裂、火打ち座屈による)

試験体 105-6 の割裂・火打ち座屈状況

変位 I/A,火打	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A				○	☆			
B				○				
C					○			
D					○			
E			○					
F			○					

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始
 ※1/20rad(引き)にて試験終了。(割裂、下部横架材折れて破壊)

図 2-11 180-6, 105-6 実験状況

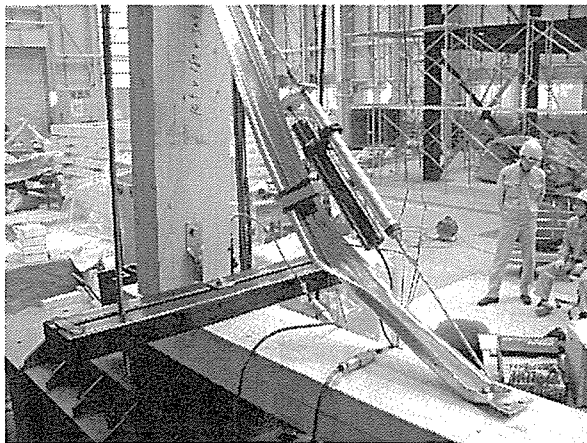


写真 2-17 180-6 I/A火打ち座屈
 (押し 1/15rad 時)

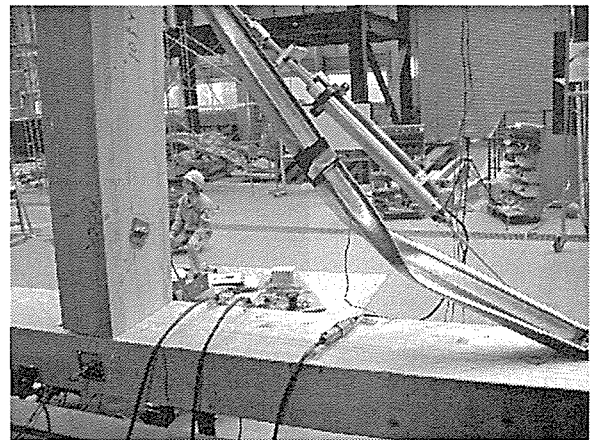


写真 2-18 180-6 I/E火打ち座屈
 (押し 1/15rad 時)

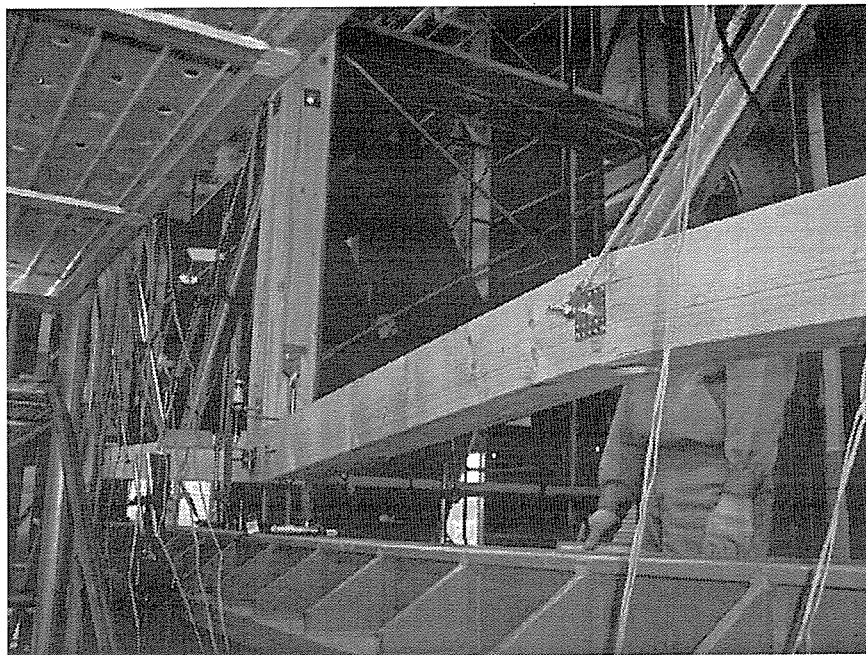


写真 2-19 105-6 曲げ破壊及び下部横架材変形状況 (引き 1/20rad 時)

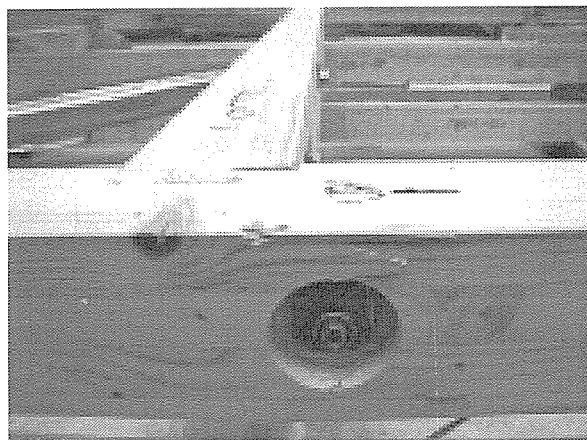


写真 2-20 105-6 曲げ破壊部 (Eエリア座堀部)

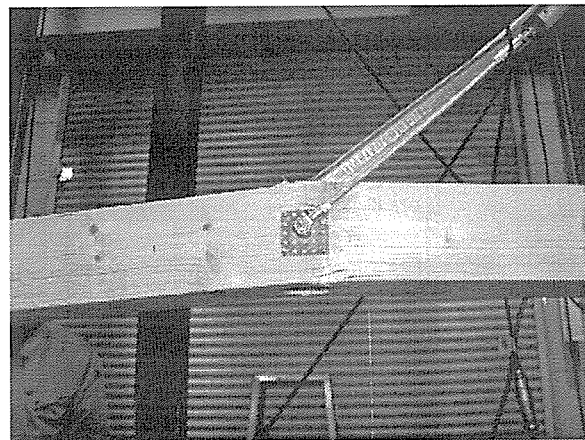


写真 2-21 105-6 曲げ破壊部 (a 火打ち接合部)

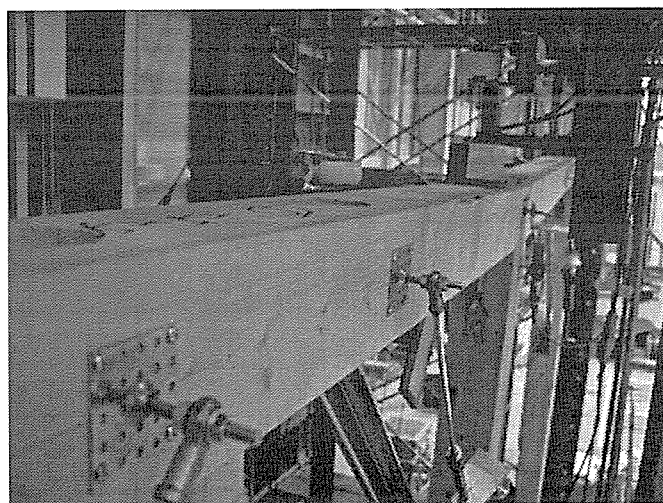
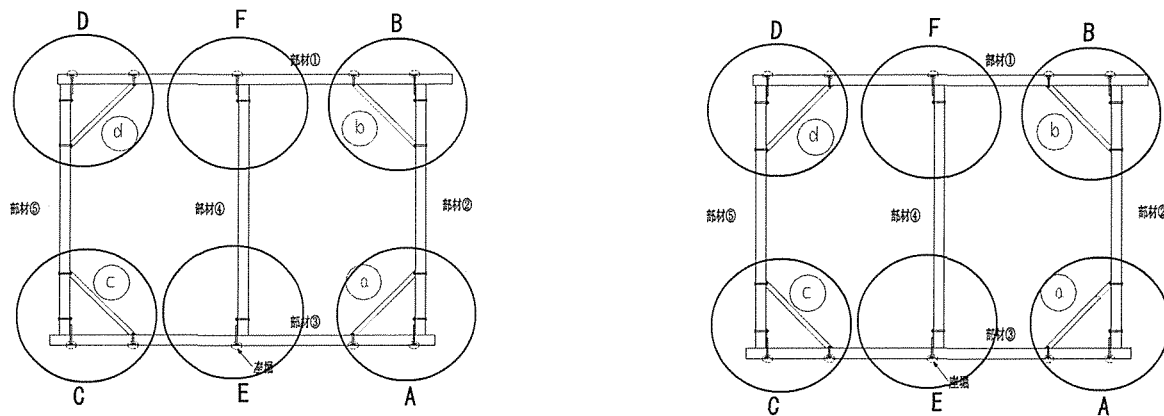


写真 2-22 105-6 曲げ破壊及び上部横架材変形状況 (引き 1/20rad 時)



試験体 180-4 の割裂・火打ち座屈状況

変位 エリア,火打	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A		○			☆			
B			○		☆			
C				○				
D		○			☆			
E					○			
F				○				

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始

※1/20rad(押し)にて試験終了。(割裂、火打ち座屈による)

試験体 105-4 の割裂・火打ち座屈状況

変位 エリア,火打	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A						☆		
B	○						☆	
C					○			
D				○		☆		
E				○				
F			○					

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始

※1/15rad(押し)にて試験終了。(割裂、火打ち座屈による)

※※1/30rad時にBエリアの座屈部分に割裂入る

図 2-12 180-4, 105-4 実験状況

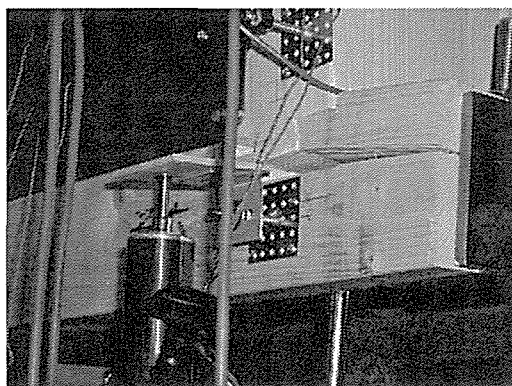


写真 2-23 180-4 Aエリア割裂
(押し 1/20rad)

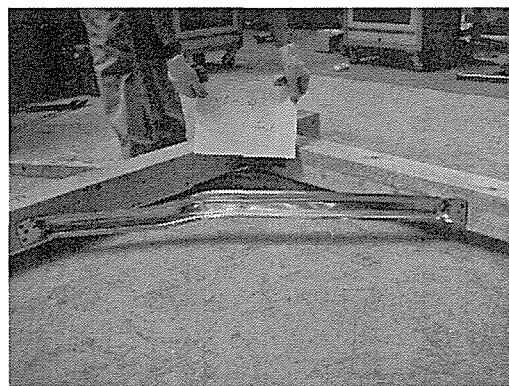
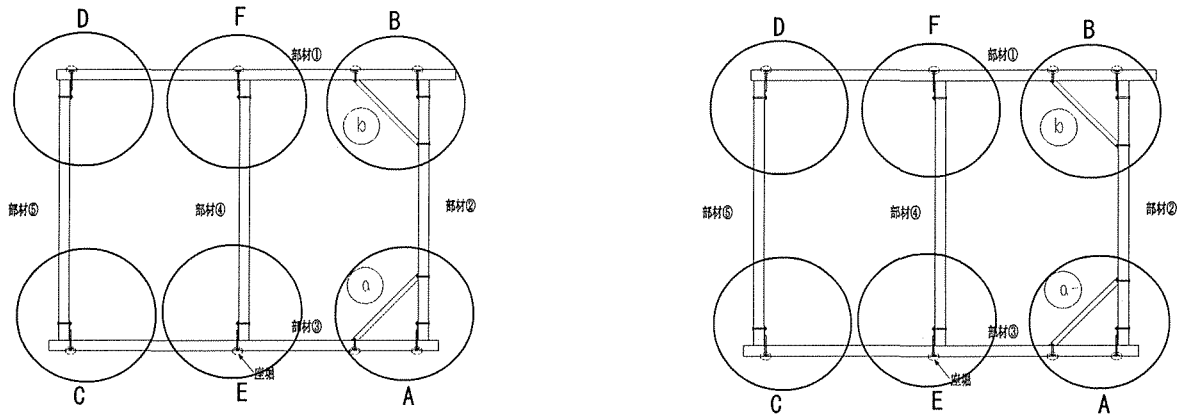


写真 2-24 105-4 の b火打ち座屈の
状況



試験体 180-2 の割裂・火打ち座屈状況

変位	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
エリア,火打	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A					○☆			
B					○☆			
C				○				
D				○				
E					○			
F					○			

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始

※1/15rad(押し)にて試験終了。(割裂、火打ち座屈による)

試験体 105-2 の割裂・火打ち座屈状況

変位	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
エリア,火打	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A						○		
B		○						
C				○				
D			○					
E				○				
F			○					

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始

※1/17rad(押し)にて試験終了。(割裂,上部横架材の変形大により振れ止めがはずれる)

図 2-13 180-2, 105-2 実験状況



写真 2-25 180-2 a 火打ち座屈状況(押し 1/15rad)

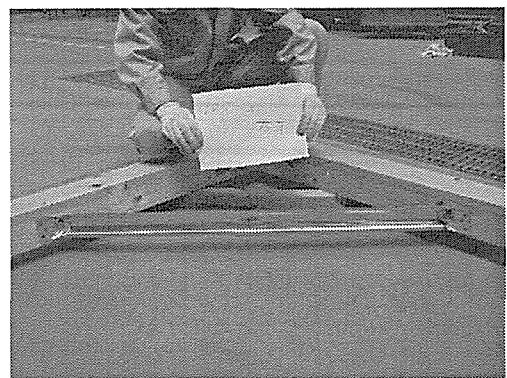
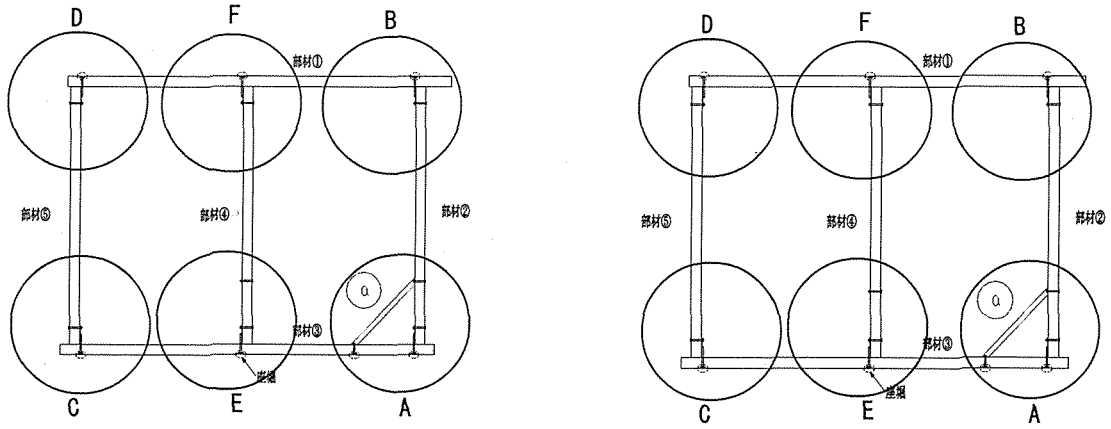


写真 2-26 105-2 a 火打ち変化なし



試験体 180-1 の割裂・火打ち座屈状況

変位	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
エリア,火打	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A					○	☆		
B								
C				○				
D					○			
E				○				
F				○				

○...割裂開始 ☆...座屈開始

※1/15rad(押し)にて試験終了。(割裂、火打ち座屈による)

試験体 105-1 の割裂・火打ち座屈状況

変位	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
エリア,火打	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A	○							
B				○				
C				○				
D			○					
E			○					
F					○			

○...割裂開始 ☆...座屈開始

※1/14rad(引き)にて試験終了。(スロークMAXによる)

図 2-14 180-1, 105-1 実験状況

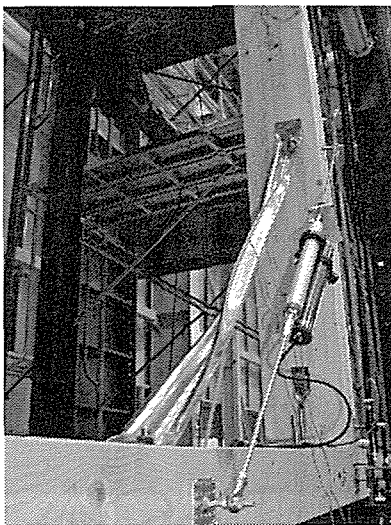


写真 2-27 180-1 a 火打ち座屈
(押し 1/15rad)

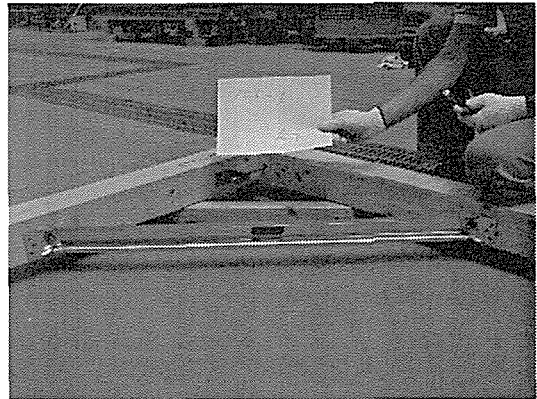
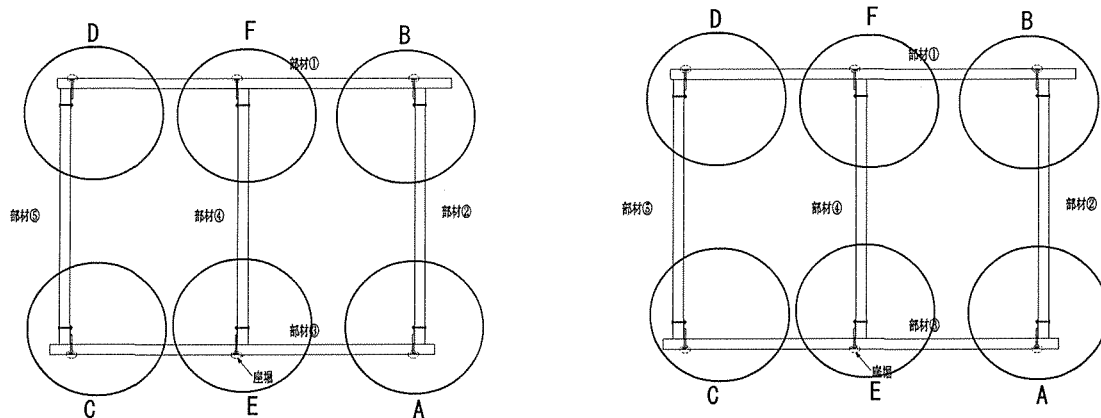


写真 2-28 105-1 a 火打ち変化なし



試験体 180-0 の割裂・火打ち座屈状況

変位	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
エリア,火打	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A			○					
B				○				
C				○				
D	○							
E				○				
F			○					

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始

※1/15rad(押し)にて試験終了。(割裂による)

試験体 105-0 の割裂・火打ち座屈状況

変位	22.75mm	32.17mm	45.5mm	64.35mm	91mm	128mm	182mm	MAX
エリア,火打	1/120rad	1/85rad	1/60rad	1/45rad	1/30rad	1/20rad	1/15rad	MAX
A				○				
B				○				
C				○				
D			○					
E				○				
F				○				

○・・・割裂開始 ☆・・・座屈開始

※1/14rad(押し)にて試験終了。(スロークMAXによる)

図 2-15 180-0, 105-0 実験状況

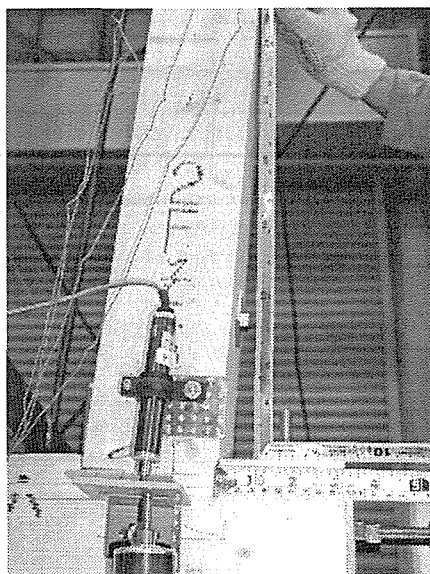


写真 2-29 180-0 Aエリア垂直材の傾き
(引き 1/15rad 時)

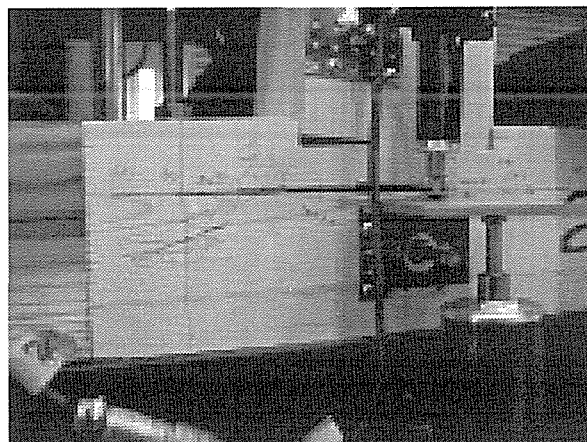


写真 2-30 105-0 Cエリアの割裂
(引き 1/15rad 時)

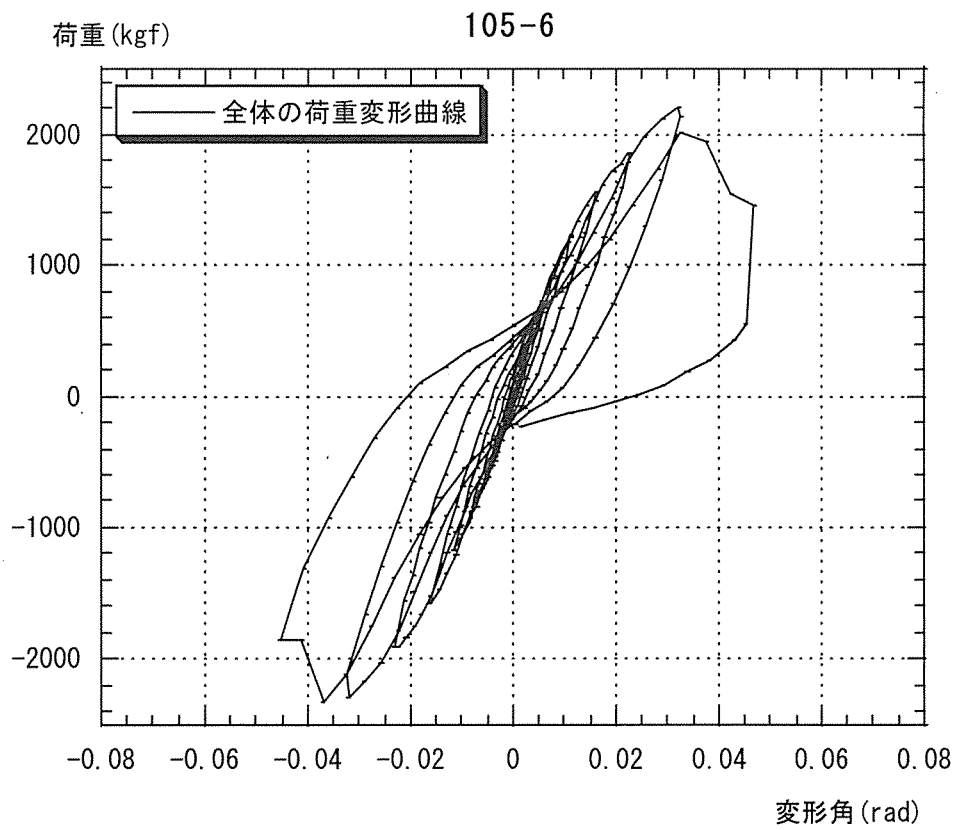
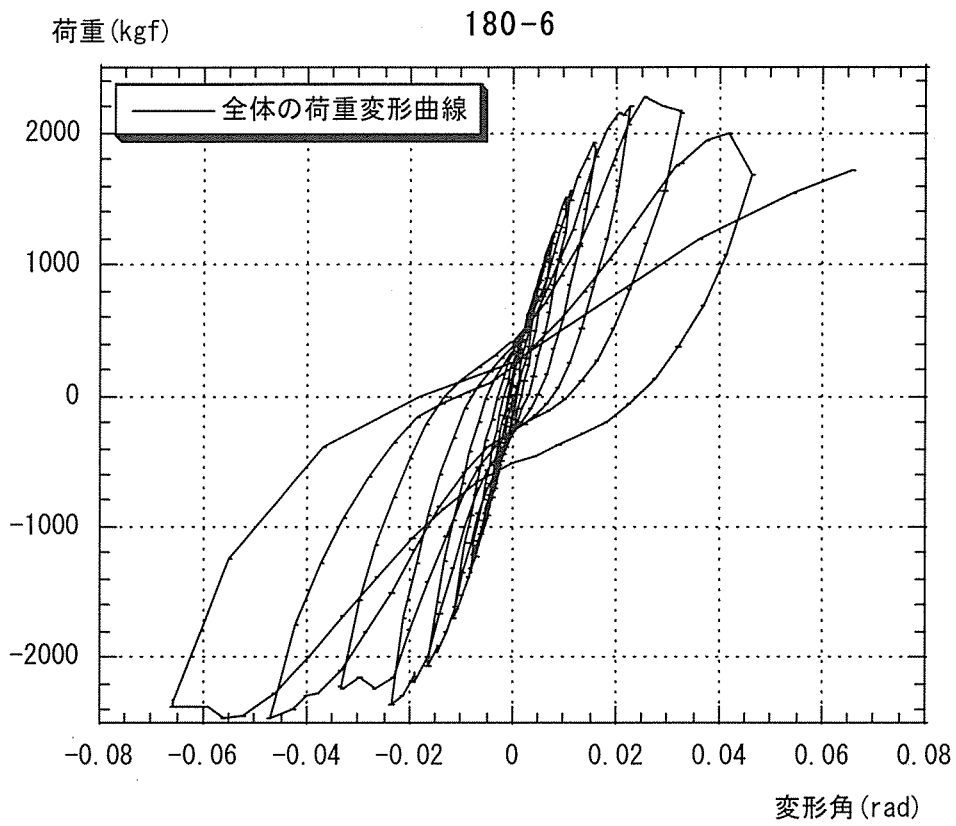


図 2-16 荷重変形曲線 (180-6, 105-6)

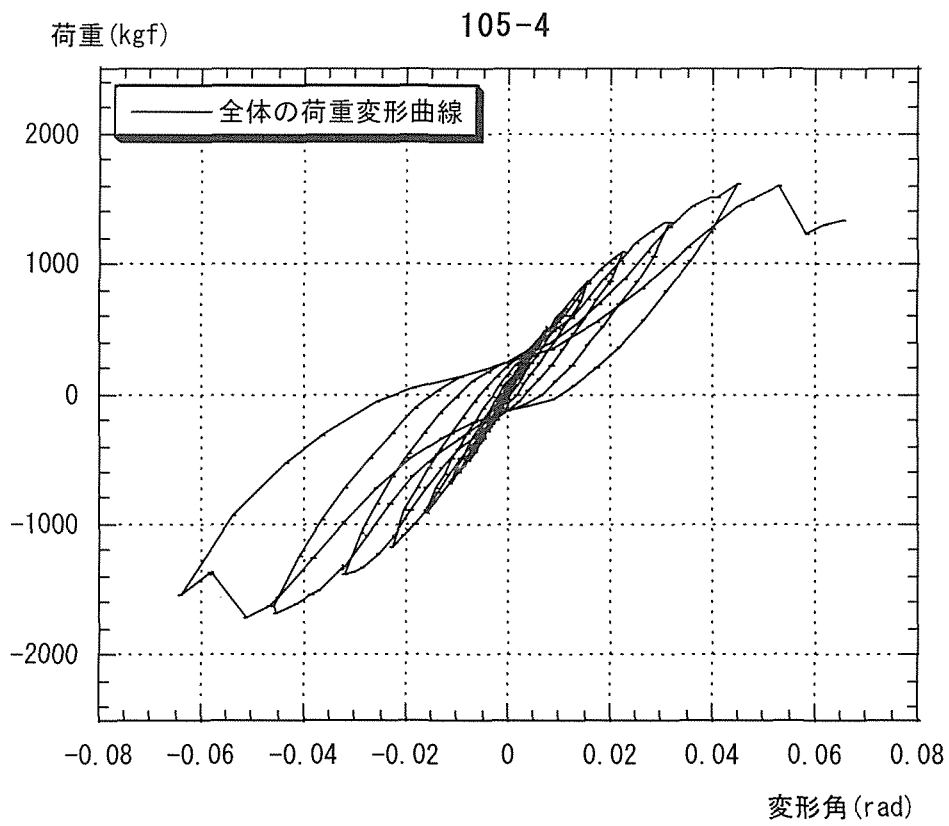
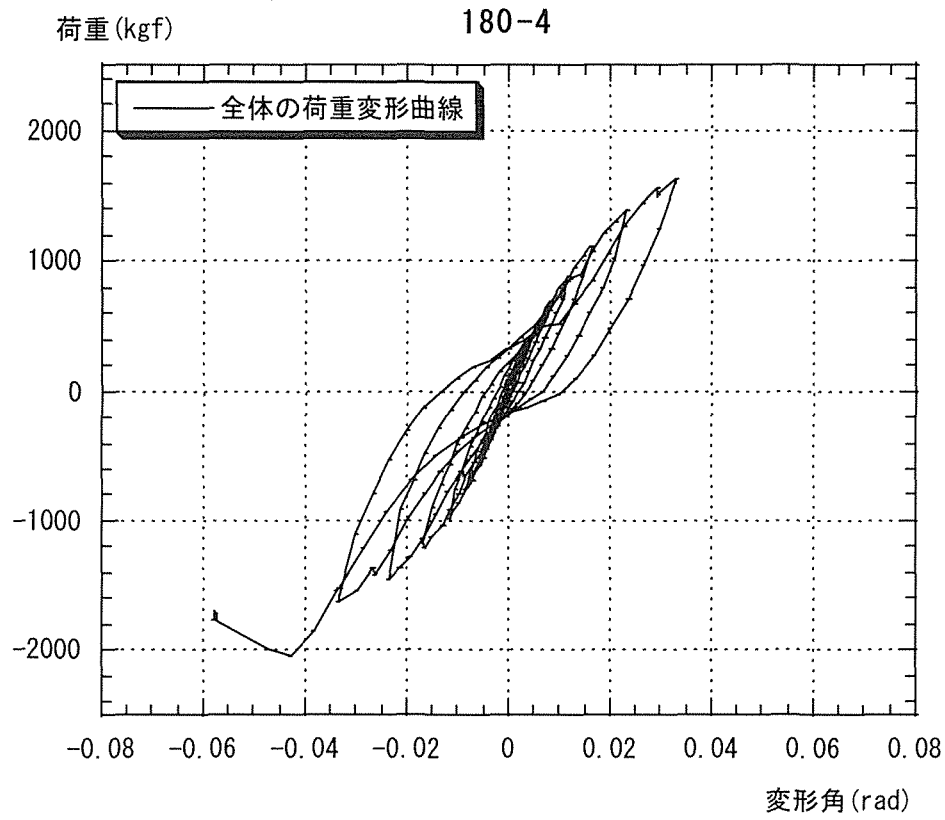


図2-17 荷重変形曲線 (180-4, 105-4)

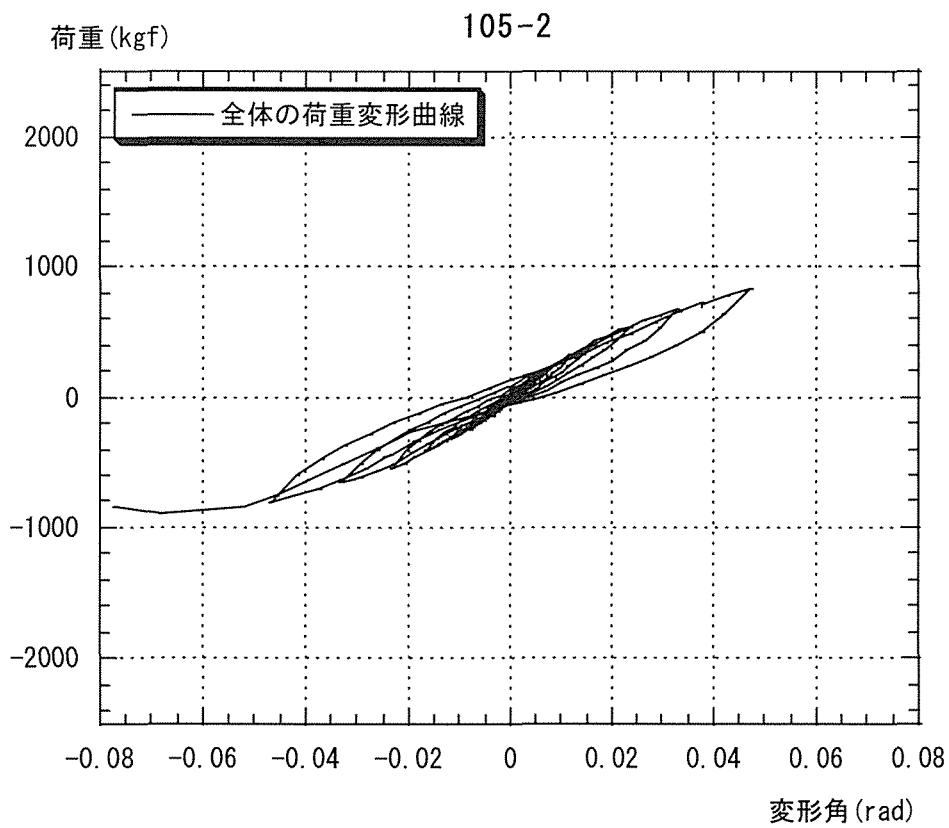
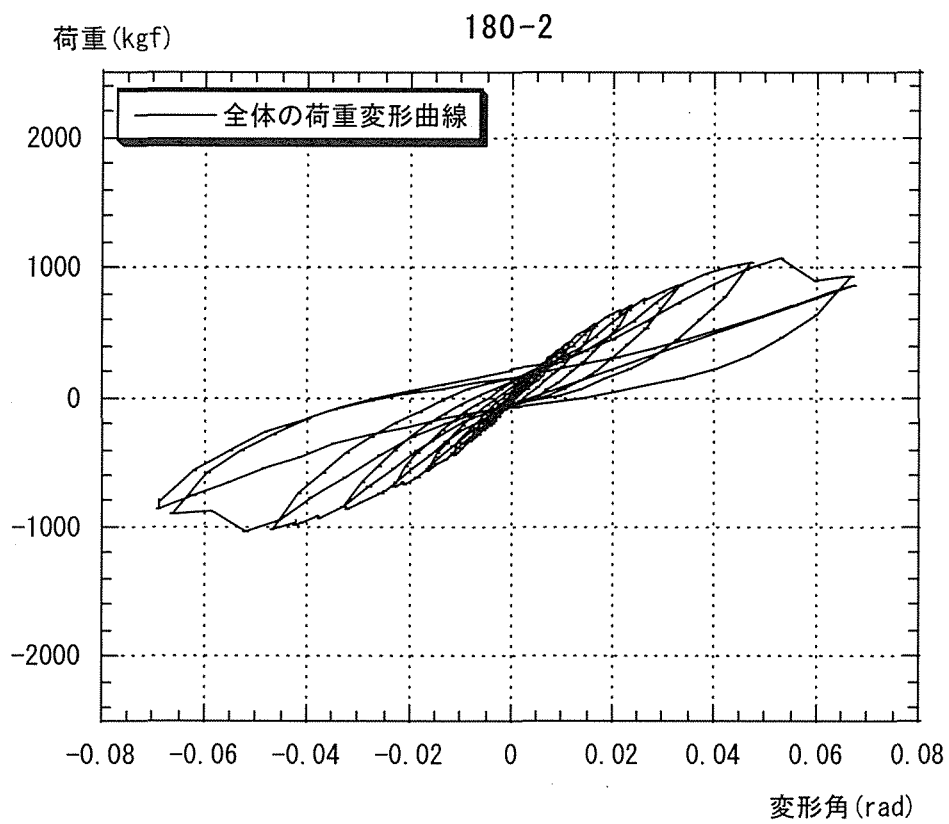
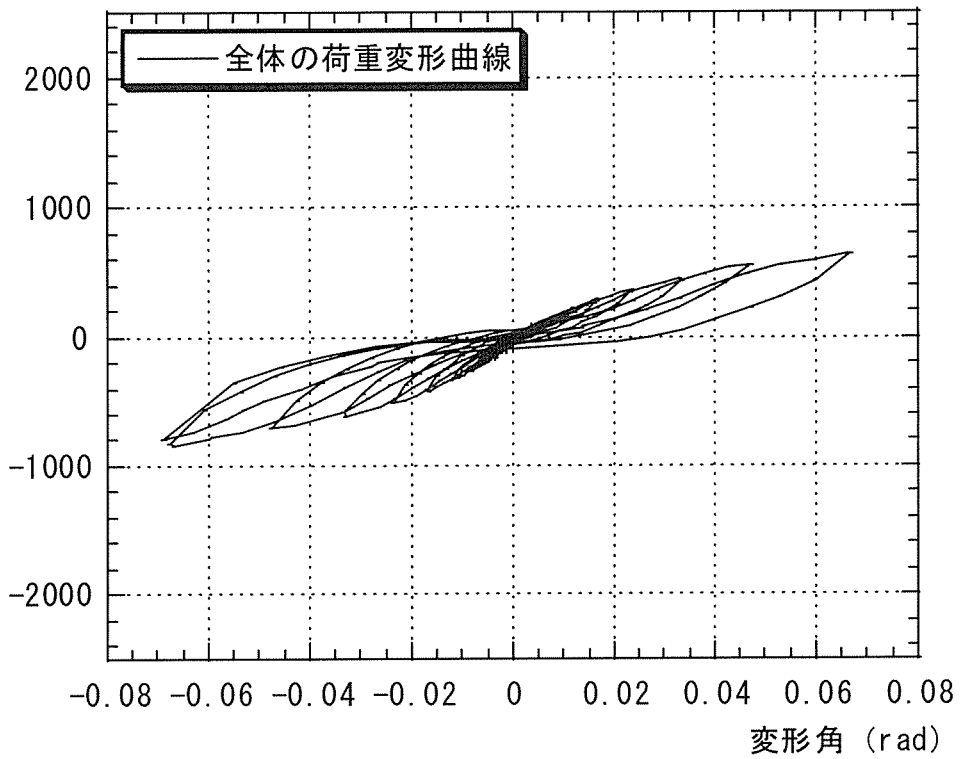


図2-18 荷重変形曲線 (180-2, 105-2)

荷重 (kgf)

180-1



荷重 (kgf)

105-1

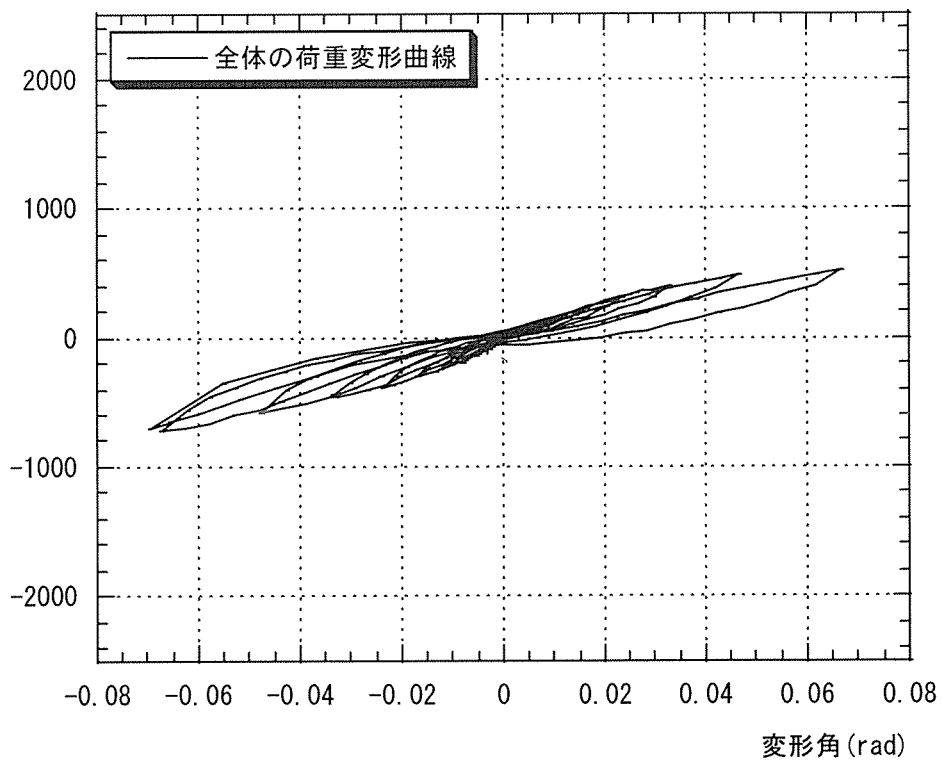


図 2-19 荷重変形曲線 (180-1, 105-1)

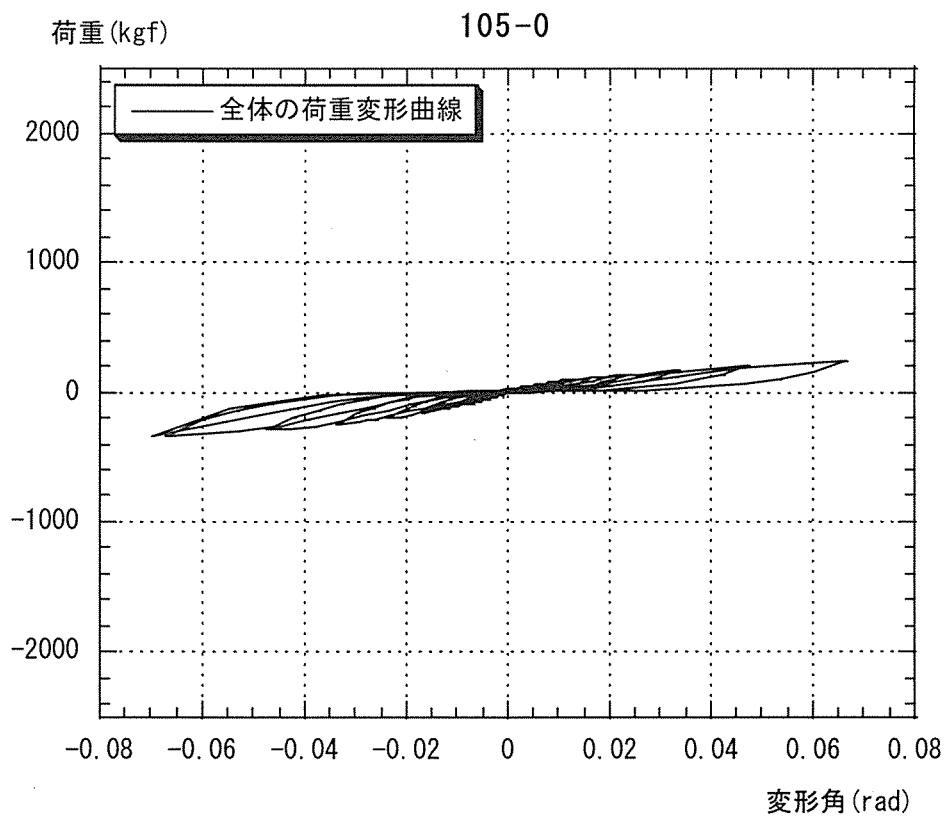
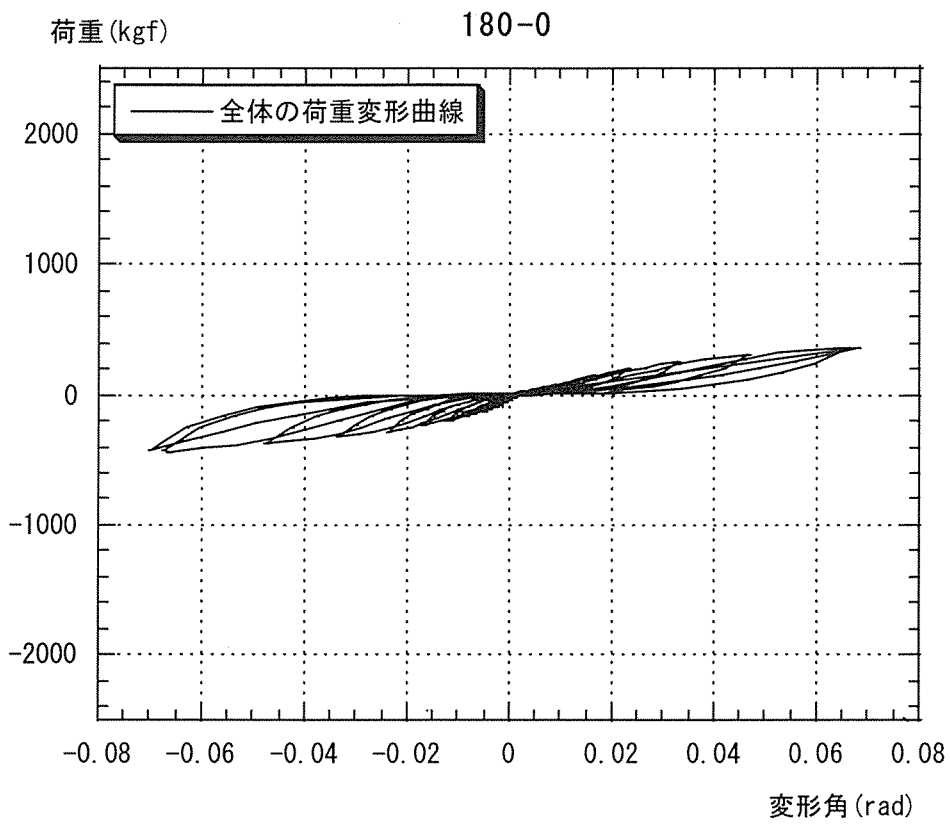


図 2-20 荷重変形曲線 (180-0, 105-0)

変形性能評価のため、実験より求めた荷重-変形曲線の包括線より完全弾塑性モデルに置換する。置換評価は、(財)日本住宅・木材技術センターの提案する方法によって行った。その結果を表2-4, 5, 6、図2-19に示す。

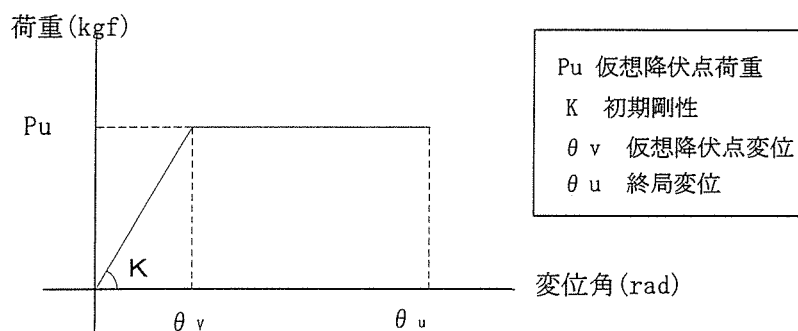


図2-21 完全弾塑性モデル

表2-4 完全弾塑性化(引き)

試験体名	第1象限(引き)			
	K(kg/rad)	$\delta v(\text{rad})$	$\delta u(\text{rad})$	Pu(kgf)
6-180	167700.0	0.012	0.058	2012.4
4-180	75463.2	0.019	0.033	1433.8
2-180	35040.7	0.027	0.067	946.1
1-180	16147.1	0.034	0.067	549.0
0-180	8244.7	0.038	0.068	313.3
6-105	112894.1	0.017	0.041	1919.2
4-105	55015.4	0.026	0.065	1430.4
2-105	24413.8	0.029	0.047	708.0
1-105	12737.8	0.037	0.067	471.3
0-105	6789.3	0.028	0.066	190.1

表2-5 完全弾塑性化(押し)

試験体名	第3象限(押し)			
	K(kg/rad)	$\delta v(\text{rad})$	$\delta u(\text{rad})$	Pu(kgf)
6-180	166028.6	-0.014	-0.066	-2324.4
4-180	79254.5	-0.022	-0.058	-1743.6
2-180	35700.0	-0.026	-0.069	-928.2
1-180	24236.7	-0.030	-0.069	-727.1
0-180	14492.3	-0.026	-0.070	-376.8
6-105	100271.4	-0.021	-0.045	-2105.7
4-105	55692.9	-0.028	-0.064	-1559.4
2-105	24566.7	-0.033	-0.077	-810.7
1-105	17561.8	-0.034	-0.069	-597.1
0-105	9157.6	-0.033	-0.069	-302.2

表2-6 完全弾塑性化(平均)

試験体名	第1象限+第3象限(平均)			
	K(kg/rad)	$\delta v(\text{rad})$	$\delta u(\text{rad})$	Pu(kgf)
6-180	166864.3	0.013	0.062	2168.4
4-180	77358.9	0.021	0.046	1588.7
2-180	35370.4	0.027	0.068	937.2
1-180	20191.9	0.032	0.068	638.1
0-180	11368.5	0.032	0.069	345.1
6-105	105918.4	0.019	0.043	2012.5
4-105	55366.7	0.027	0.065	1494.9
2-105	24495.2	0.031	0.062	759.4
1-105	15047.9	0.036	0.068	534.2
0-105	8070.5	0.031	0.068	246.2

2.4.3 荷重 - 火打ち隅角部変形の関係

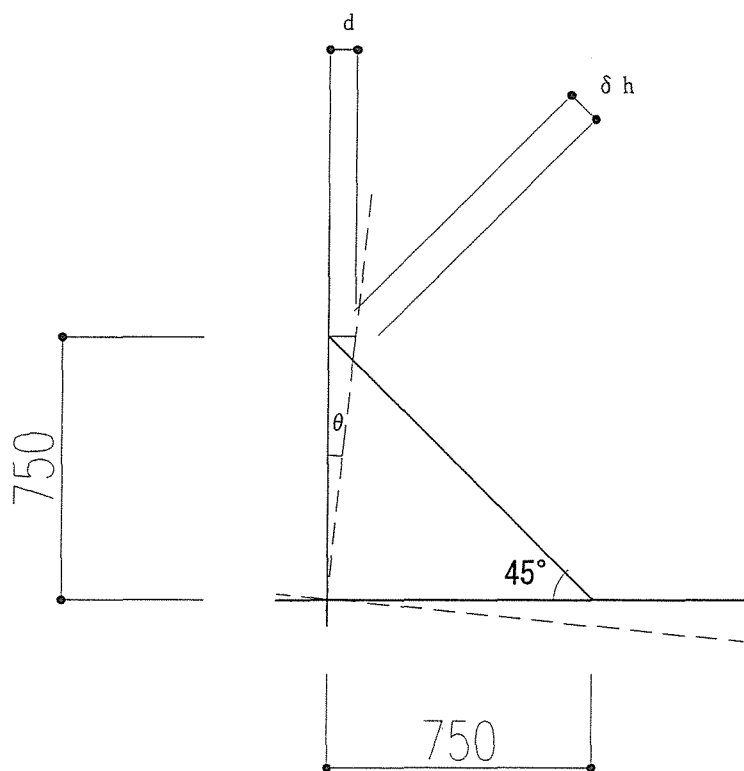


図 2-22 火打ち隅角部変形モデル

上図は、試験体全体より火打ちの一部を取り出し模式的に描いた図である。この図より火打ち隅角部の変形分 θ を求める。求め方は、下記の式とした。(ただし、変形分は微小のため d 、 δh で構成される三角形は、直角二等辺三角形とみなして計算する。)

$$\theta = (\delta h / \sqrt{2}) / 750 \cdots \text{式}(2-1)$$

式 2-1 で求めた火打ち隅角部の変形分 θ を各々火打ち数分抽出し、平均値を算出した後、火打ち隅角部の変形分 (スケルトンカーブ) をグラフ化し、荷重変形曲線と重ねあわせたものを図 2-23, 24, 25, 26 に示す。

これにより、フレーム変形部と火打ち隅角部の変形分の関係がわかる。

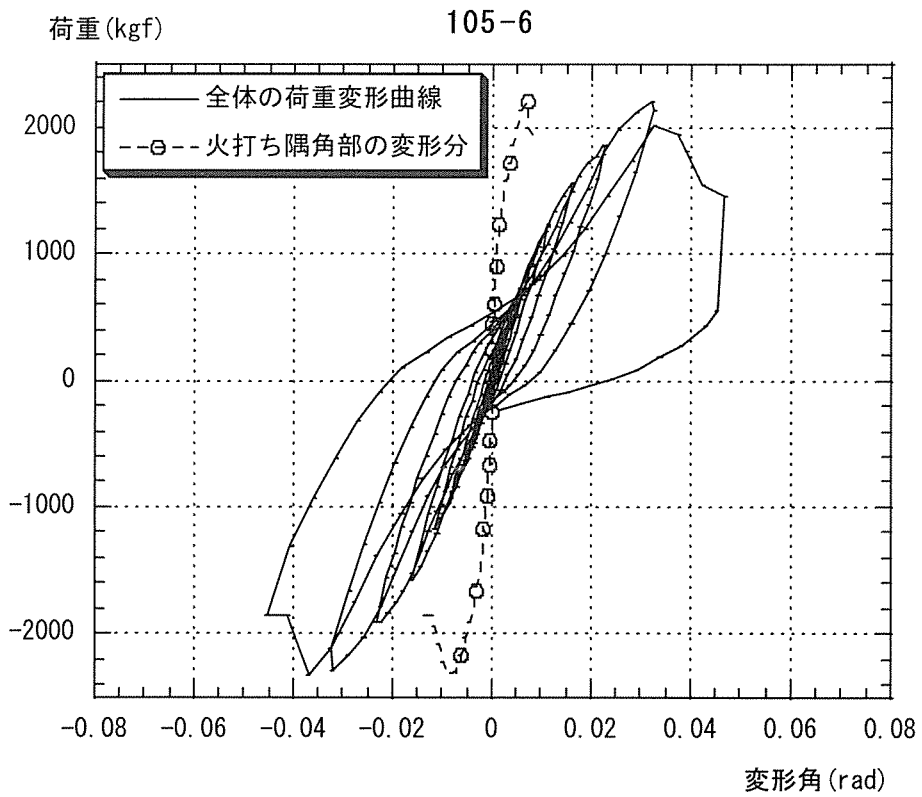
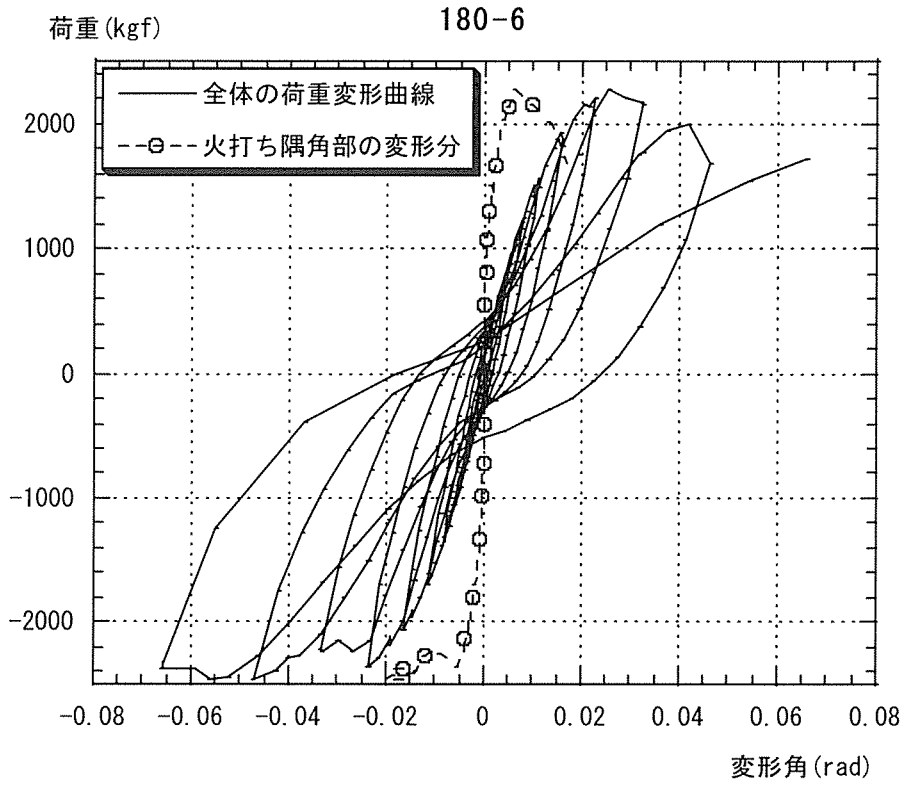


図 2-23 180-6, 105-6 火打ち隅角部変形分スケルトンカーブ

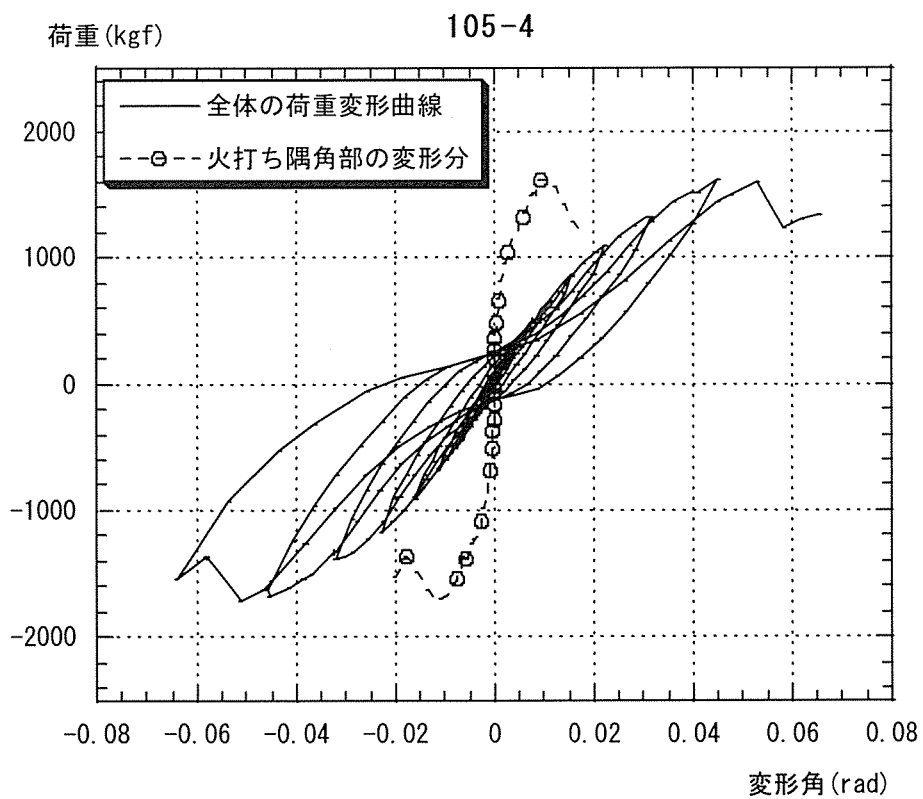
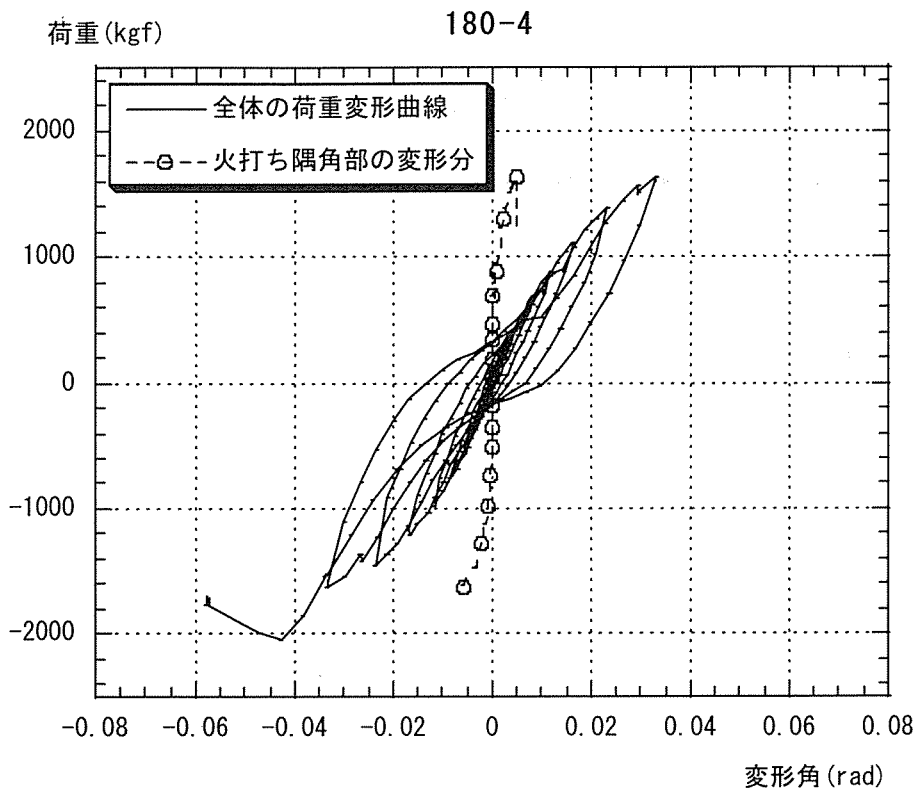


図 2-24 180-4, 105-4 火打ち隅角部変形分スケルトンカーブ

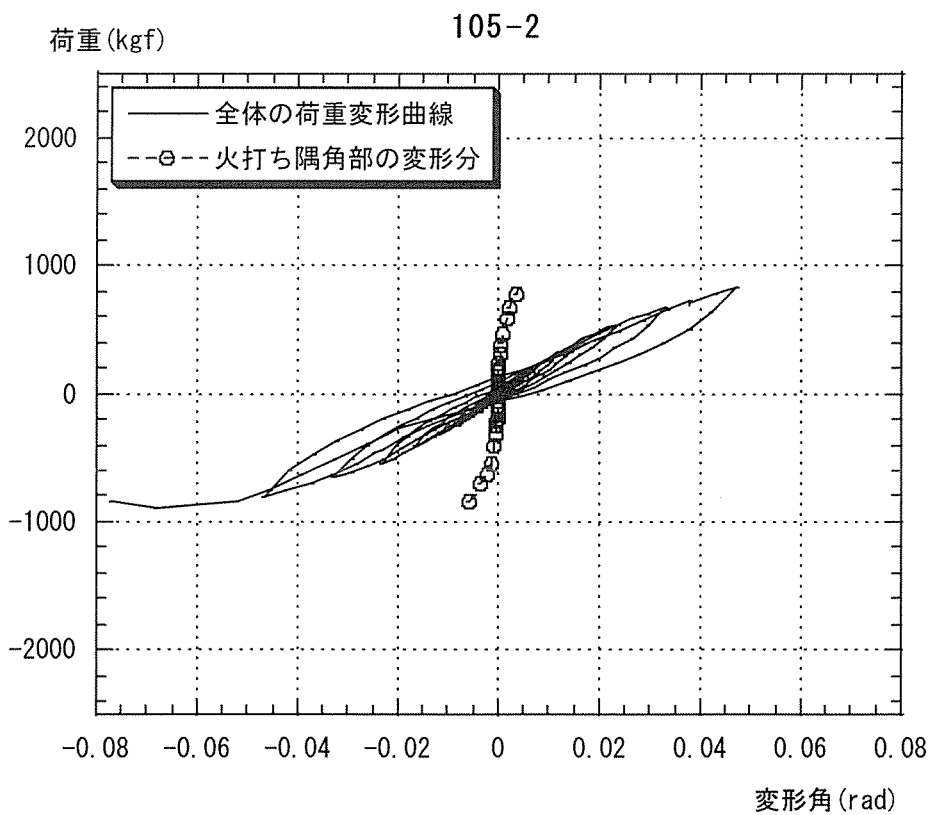
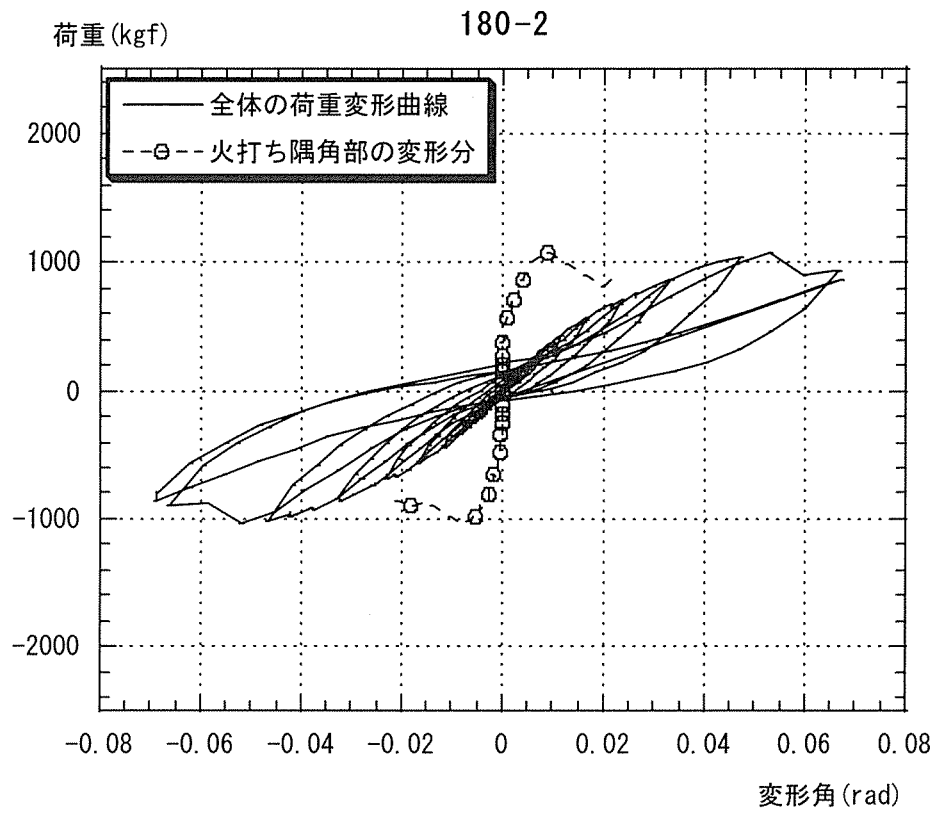


図 2-25 180-2, 105-2 火打ち隅角部変形分スケルトンカーブ

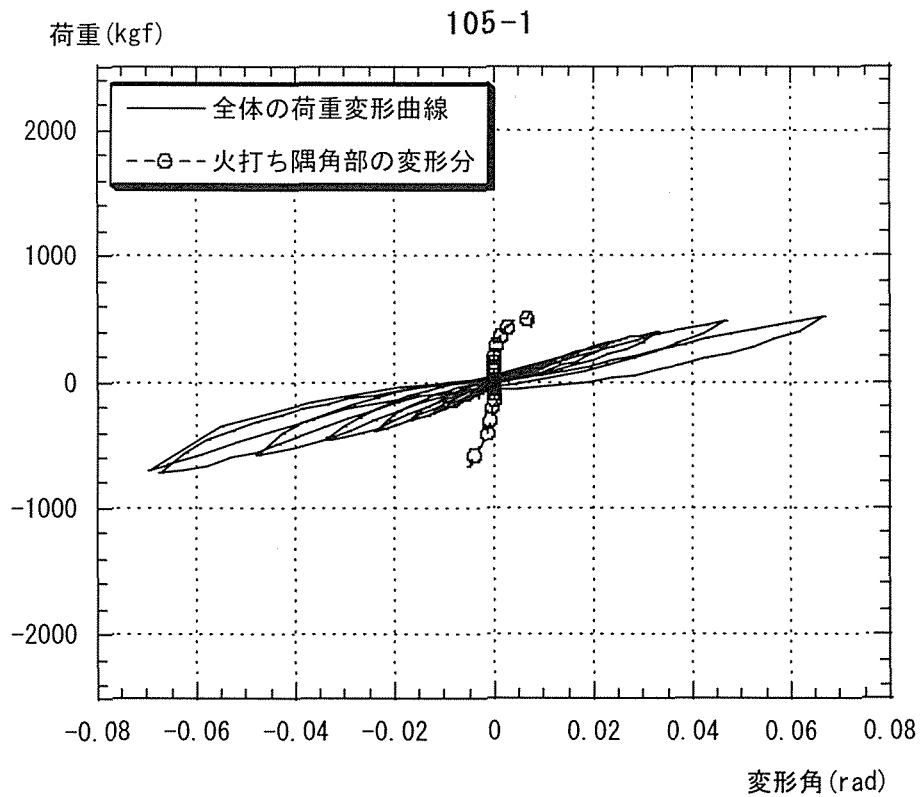
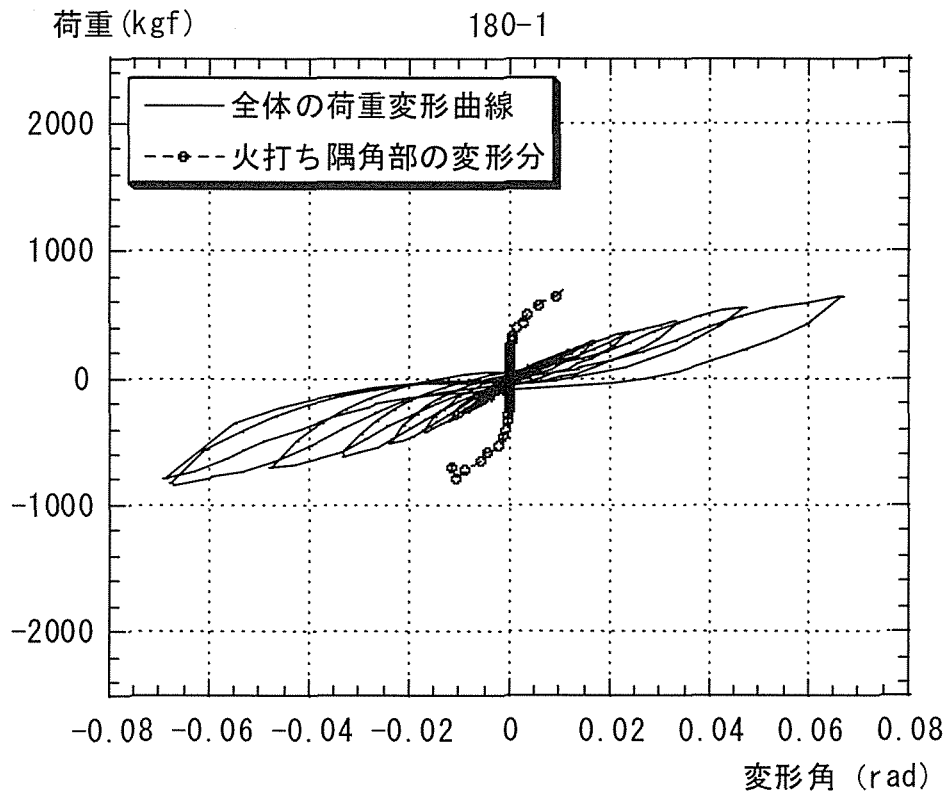


図 2-26 180-1, 105-1 火打ち隅角部変形分スケルトンカーブ

各試験体について、全体荷重-変形角グラフを図 2-23, 24, 25 の図中における丸点線は、火打ち隅角部の変形分（スケルトン）を表している。

また、全体変形が $1/120\text{rad}$ 時の荷重時における火打ち隅角部の変形分比率を表 2-7 に示す。

「全体変形=フレーム変形分+火打ち隅角部変形分」と考えれば、火打ち個数が増えるほど、火打ち隅角部変形分が大きくなる傾向が読みとれる。

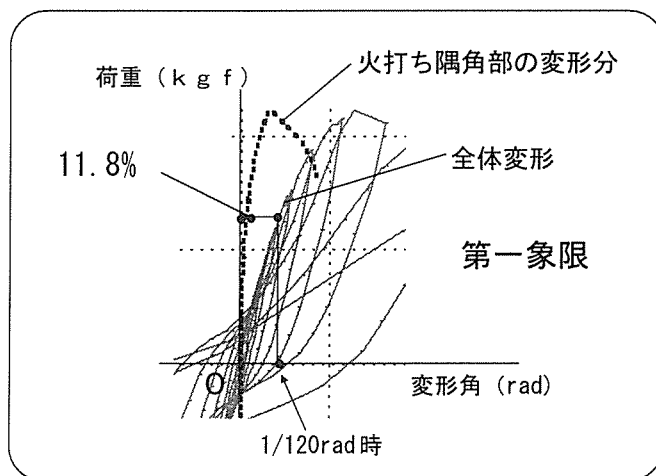


図 2-27 180-6 における $1/120$ 時の拡大図

表 2-7 全体変形が $1/120\text{rad}$ 時の荷重時における火打ち隅角部の変形分比率

試験体の種類	全体変形 $1/120\text{rad}$ 時の荷重 (kgf) 平均値	($1/120\text{rad}$ 時の火打部変形) / ($1/120\text{rad}$ 時の全体変形) (%) 平均値
180-6	1313.27	11.80%
180-4	721.94	3.87%
180-2	332.35	1.92%
180-1	213.06	0.28%
105-6	959.18	11.40%
105-4	522.35	6.84%
105-2	239.08	3.03%
105-1	155.61	1.53%

2.4.4 荷重—せん断力の関係

断面寸法 180 × 105 の試験体 5 体に対し木材用ひずみゲージを貼り、(図 2-10 参照) ひずみの関係よりモーメントを求め、そこからせん断力を求めていく。

これにより、垂直材にかかるせん断力と火打ちの数及び配置との関係を調べ、力がどのように流れるのかを調べ考察する。

図 2-29, 30, 31 は、X 軸に荷重 (P) Y 軸にせん断力 Q1, Q1+Q2, Q1+Q2+Q3 (Σ Q) をとり、それらの関係をスケルトンでグラフ化したものである。

また、各垂直材にかかるせん断力の比率 (Σ Q を 1 とした時の各垂直材の比率) の平均値を表 2-8 に示す。

この表より、火打ちの存在する場合としない場合の垂直材にかかる割合が大きく異なることがわかる。

$$M1 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{180} EI \quad \dots\dots\dots \text{式 (2-2)}$$

$$M2 = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_4}{180} EI \quad \dots\dots\dots \text{式 (2-3)}$$

$$Q = \frac{M1 + M2}{60} \quad \dots\dots\dots \text{式 (2-4)}$$

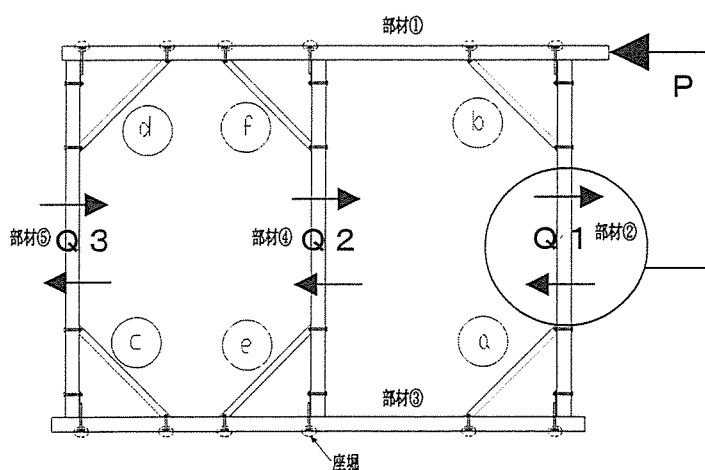
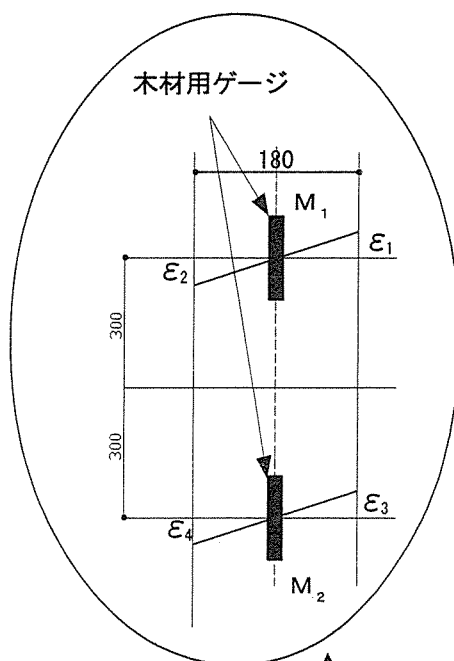


図 2-28 せん断力イメージ図

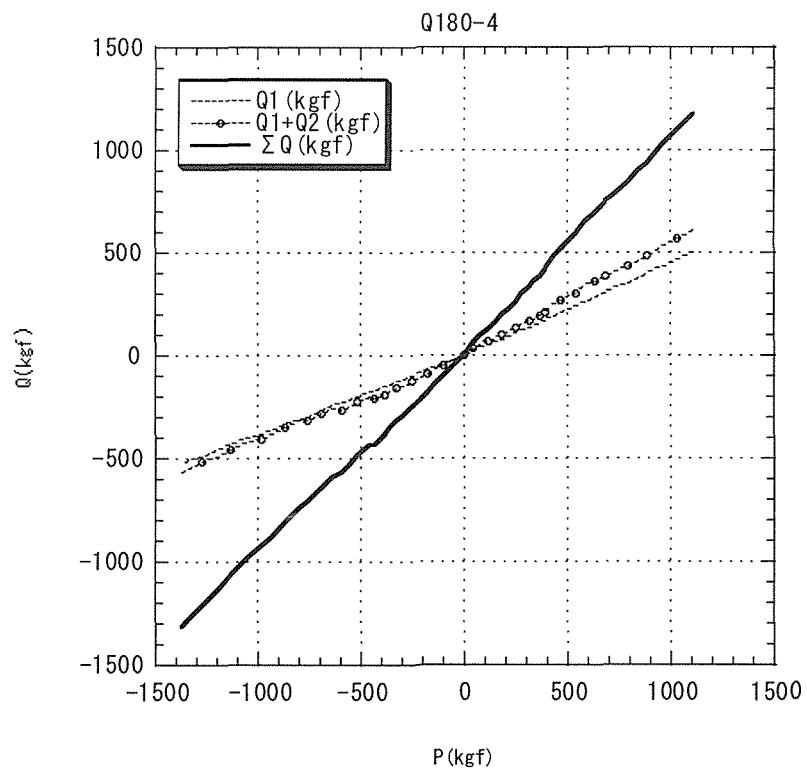
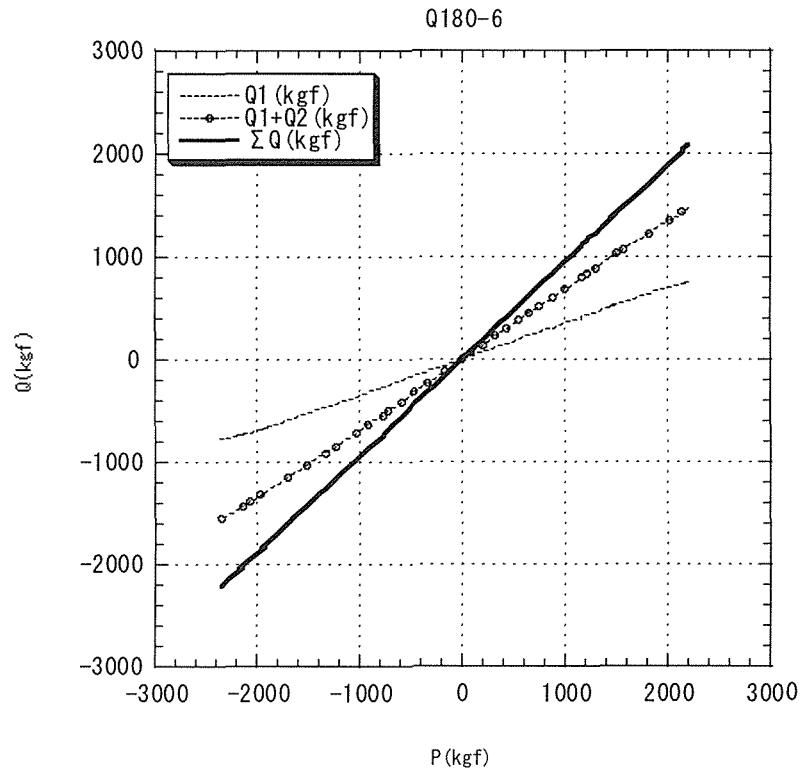


図 2-29 180-6, 180-4 荷重—せん断力 (スケルトン) の関係

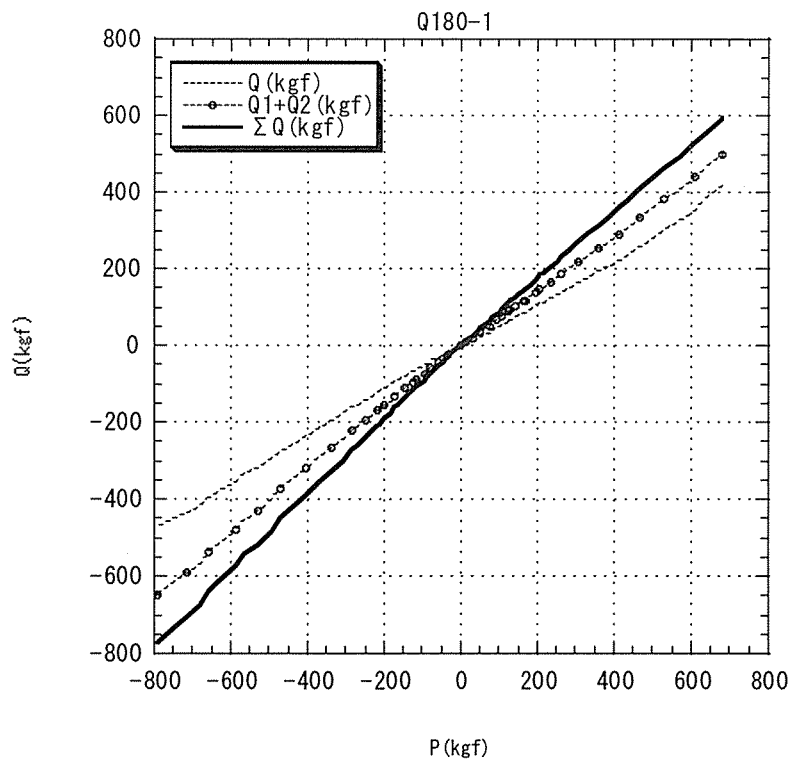
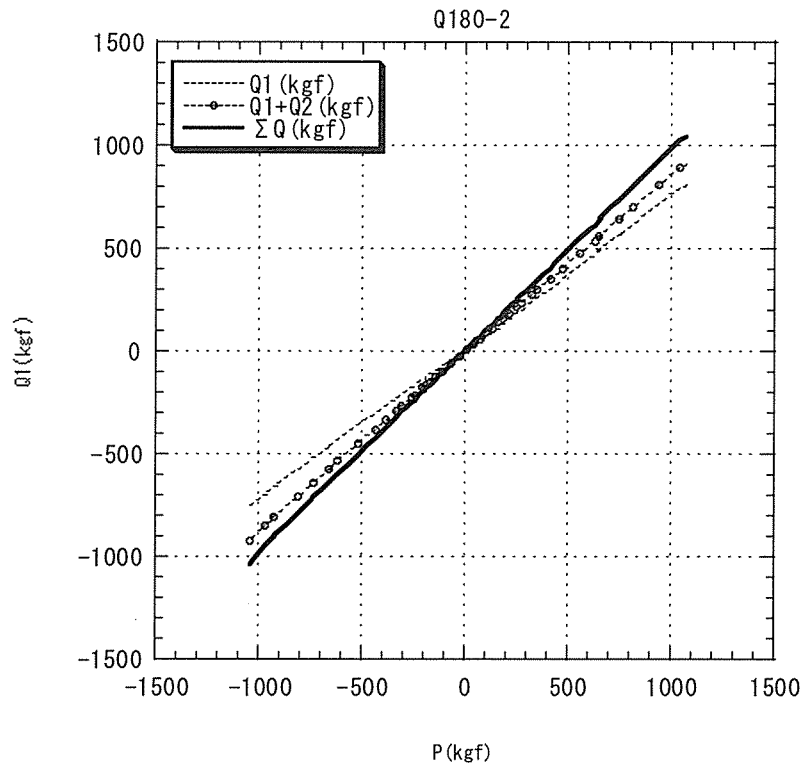


図 2-30 180-2, 180-1 荷重—せん断力 (スケルトン) の関係

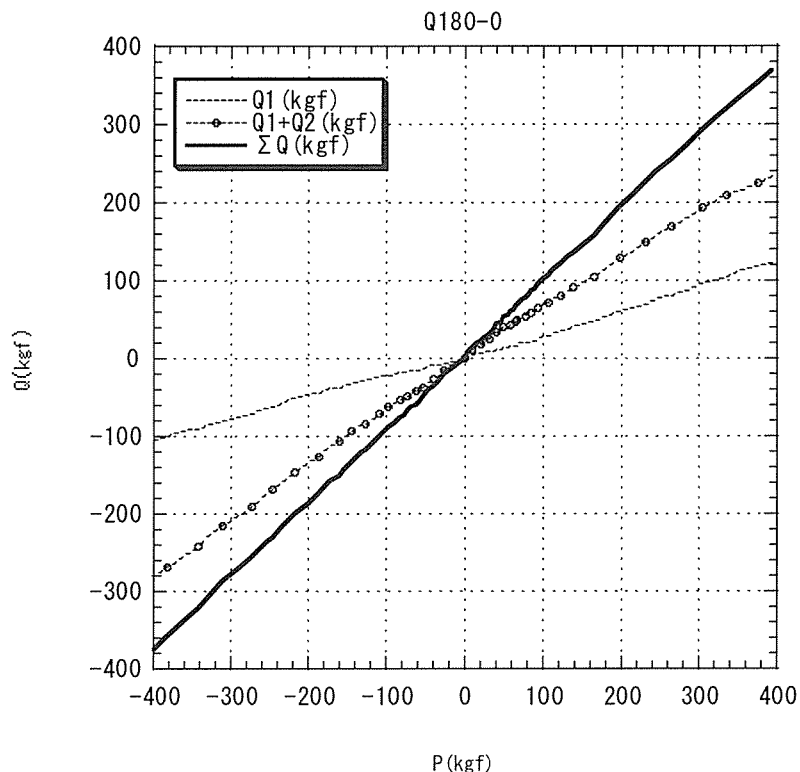


図 2-31 180-0 荷重—せん断力 (スケルトン) の関係

表 2-8 各垂直材にかかるせん断力比率

試験体名	Q3	Q2	Q1	ΣQ
180-6	0.263	0.367	0.370	1
180-4	0.504	0.091	0.406	1
180-2	0.114	0.172	0.714	1
180-1	0.211	0.171	0.618	1
180-0	0.283	0.440	0.276	1

各垂直材にかかるせん断力の比率は、火打ちの存在する箇所垂直材に大きな比重がかかることが確認できる。比率は、表 2-8 より 4 倍～7 倍となっている。

逆に、条件が均等であれば、せん断力比率はほぼ均等に分配されていることが確認できる。

今後、これらのせん断力と各火打ちにかかる軸力及び座屈との関連も解明していければ幸いである。

3. 火打ち単体の接合部試験

この実験の目的は、火打ち梁のある接合部をバネと仮定し、モーメントと回転角の関係を明らかにしバネ剛性を求め、それらを利用して略算式への展開をはかることを目的とする。

試験体の性状及び緒元は、図 3-1、表 3-1 に示す。断面寸法 180 × 105、及び 105 × 105 の試験体を各 3 体の合計 6 体の試験を近畿大にて行った。

試験方法は、油圧ジャッキを用い変位 ± 1.56, ± 2.21, ± 3.13, ± 4.42, ± 6.25, ± 8.84, ± 12.5, ± 17.68, ± 25.0, ± 35.36, ± 50.0, ± 70.71, ± 100.0, ± 141.4, ± 200.0mm の正負繰り返し加力を行った。なお、実験は押し(-)からはじめた。変形角との対応及び载荷履歴を表 3-2、図 3-2 に示す。

測定器、測定位置及び測定目的は、図 3-3、表 3-3 に示す。また、試験の荷重変形曲線を図 3-4, 5, 6 に示す。

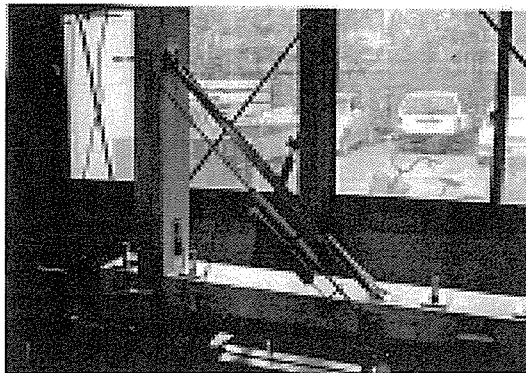


写真 3-1 火打ち単体接合部試験状況

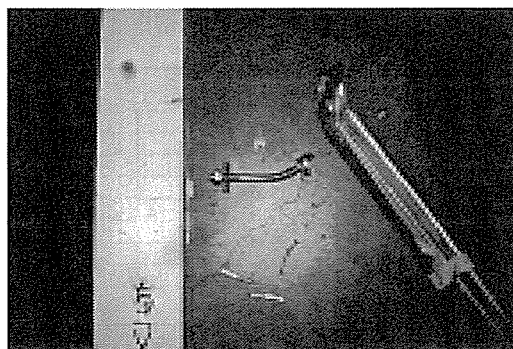


写真 3-2 破壊後の火打ちとボルトの状況

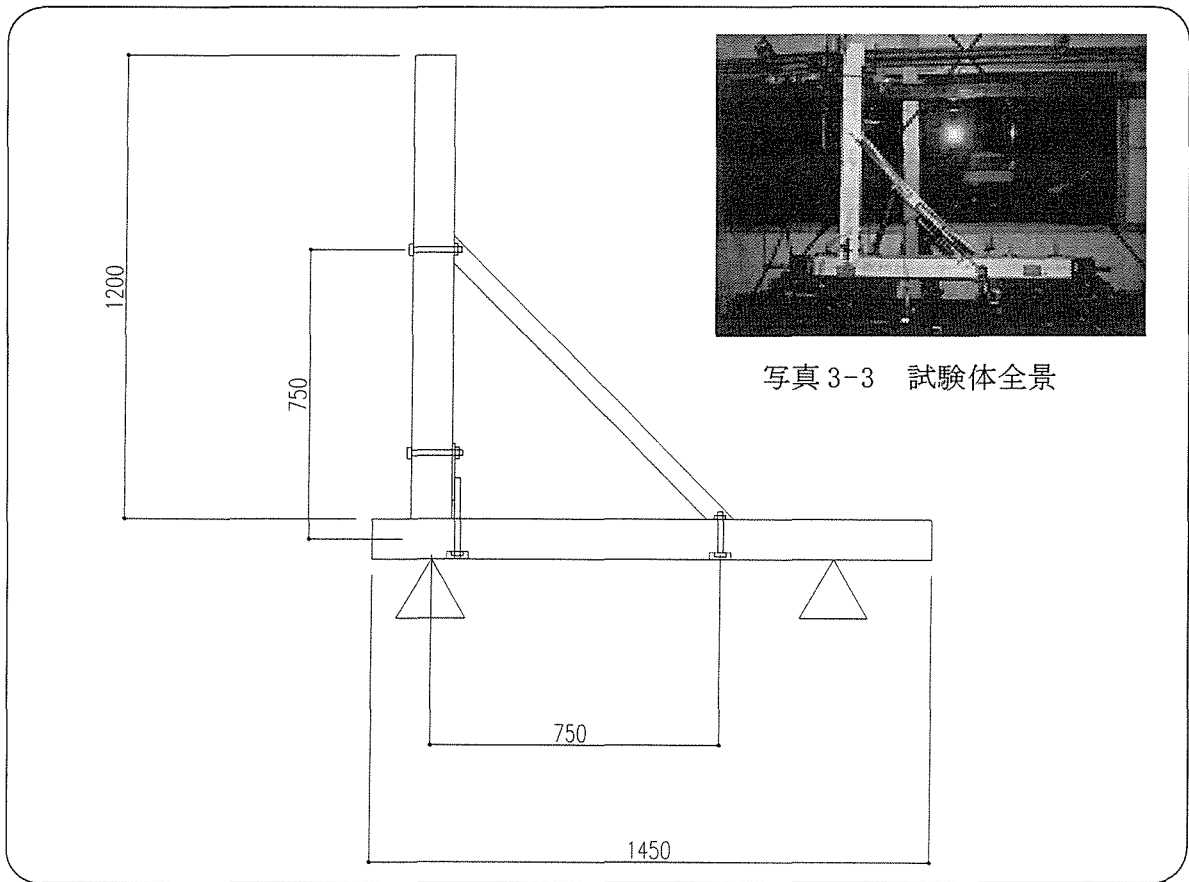


図 3-1 試験体性状

表 3-1 試験体緒元

試験体名	材料断面(mm)
180試験体A	105 × 180
180試験体B	105 × 180
180試験体C	105 × 180
105試験体A	105 × 105
105試験体B	105 × 105
105試験体C	105 × 105

材料及び金物は、4 P × 3 Pで行った実験と同じ性状のもので行っている。
(木材は、スプルースの集成材のプレカット、金物はZ金物である)

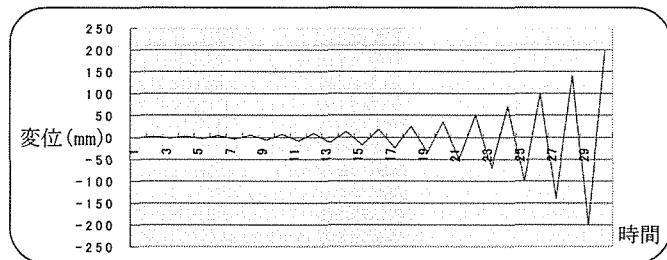


図 3-2 載加履歴

表 3-2 変位 - 変形角の関係

mm	1.56	2.21	3.13	4.42	6.25	8.84	12.5	17.68	25	35.36	50	70.71	100	141.4	200
rad	1/480	1/340	1/240	1/170	1/120	1/85	1/60	1/42	1/30	1/20	1/15	1/10	1/8	1/5	1/4
rad	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.012	0.017	0.024	0.033	0.047	0.067	0.094	0.133	0.189	0.267

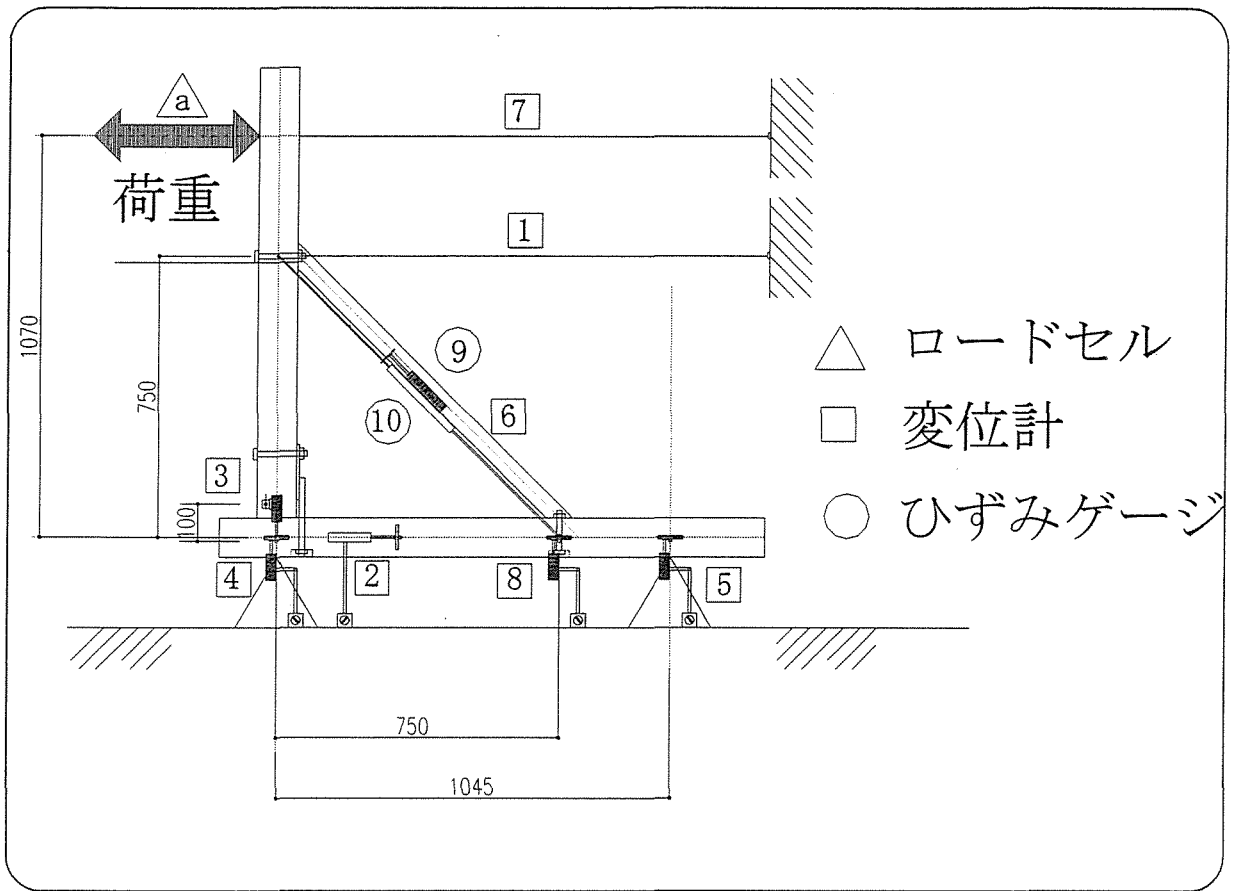


図 3-3 測定器の取付け状況

表 3-3 測定器の種類，計測器目的

CH.	計測目的	計測器
a	荷重(ロードセル)	Tclp-3b
1	全体変位(H=750)	dp-500cs
2	試験体(水平材)水平方向ずれ	cdp-25
3	試験体(垂直材)浮き上がり	cdp-25
4	試験体(水平材)の浮上り(ピン)	cdp-25
5	試験体(水平材)の浮上り(ピン)	cdp-25
6	火打ち	cdp-100
7	加力位置(H=1070)	dp-500cs
8	試験体(水平材)の浮上り(火打ち固定点)	cdp-25
9	火打ち	金属用ひずみゲージ
10	火打ち	金属用ひずみゲージ

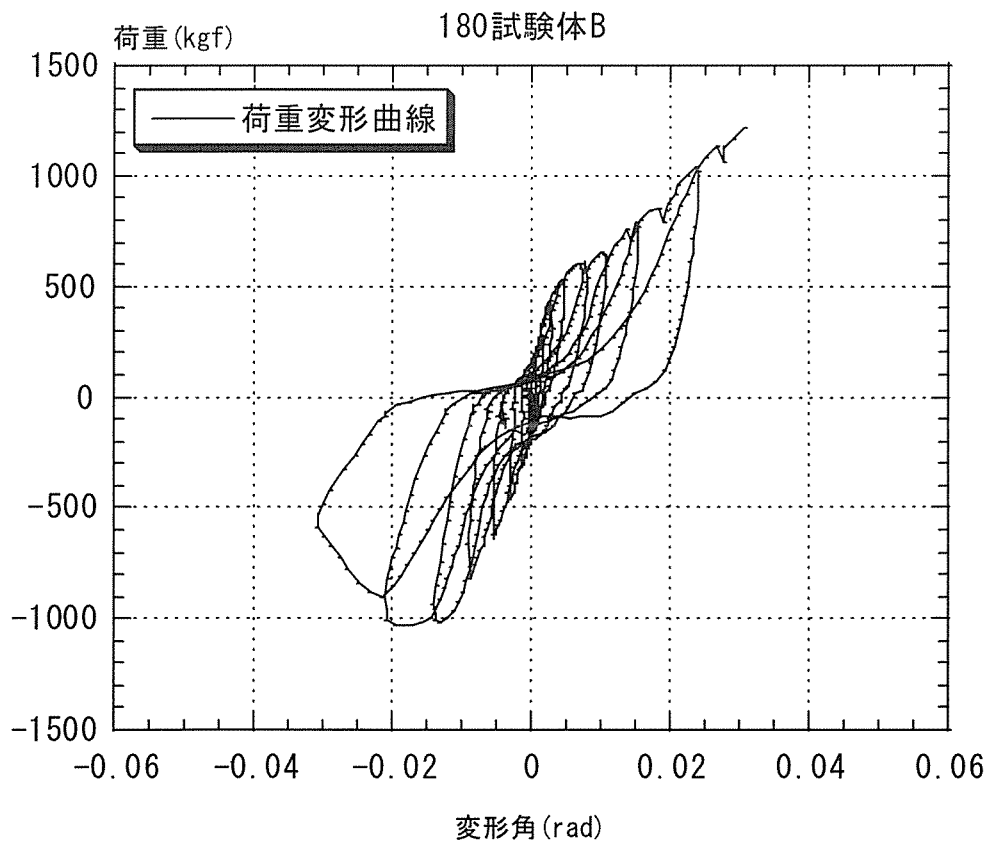
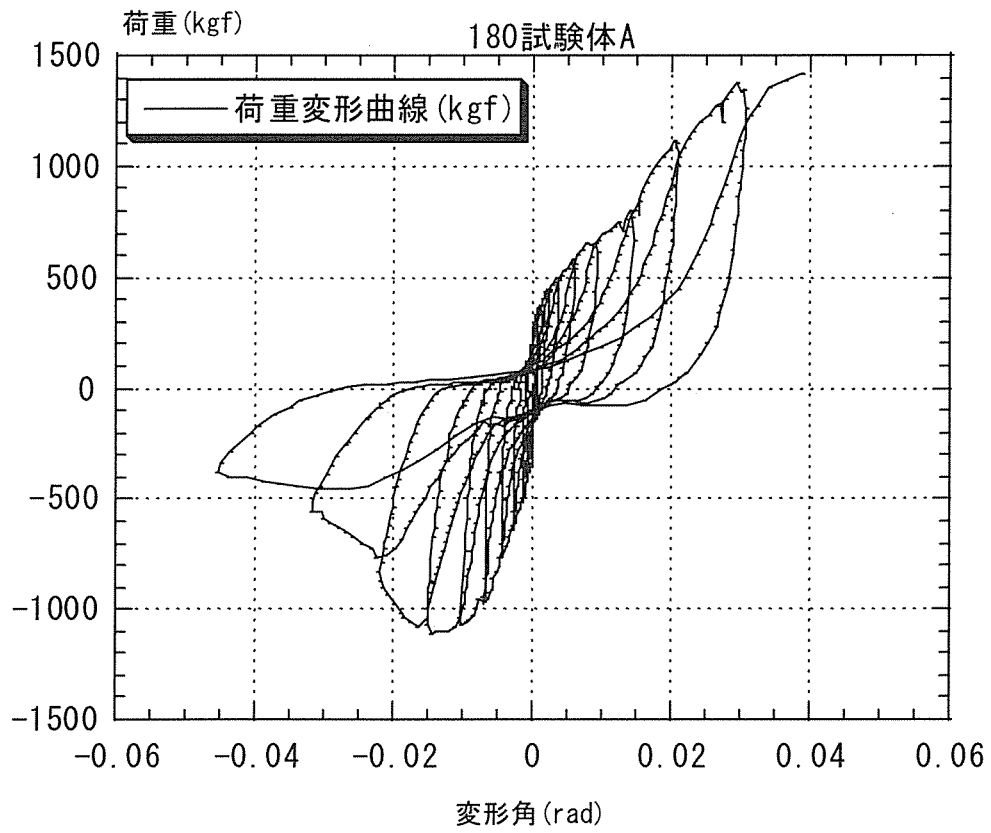


図3-4 荷重変形曲線(180試験体A,B)

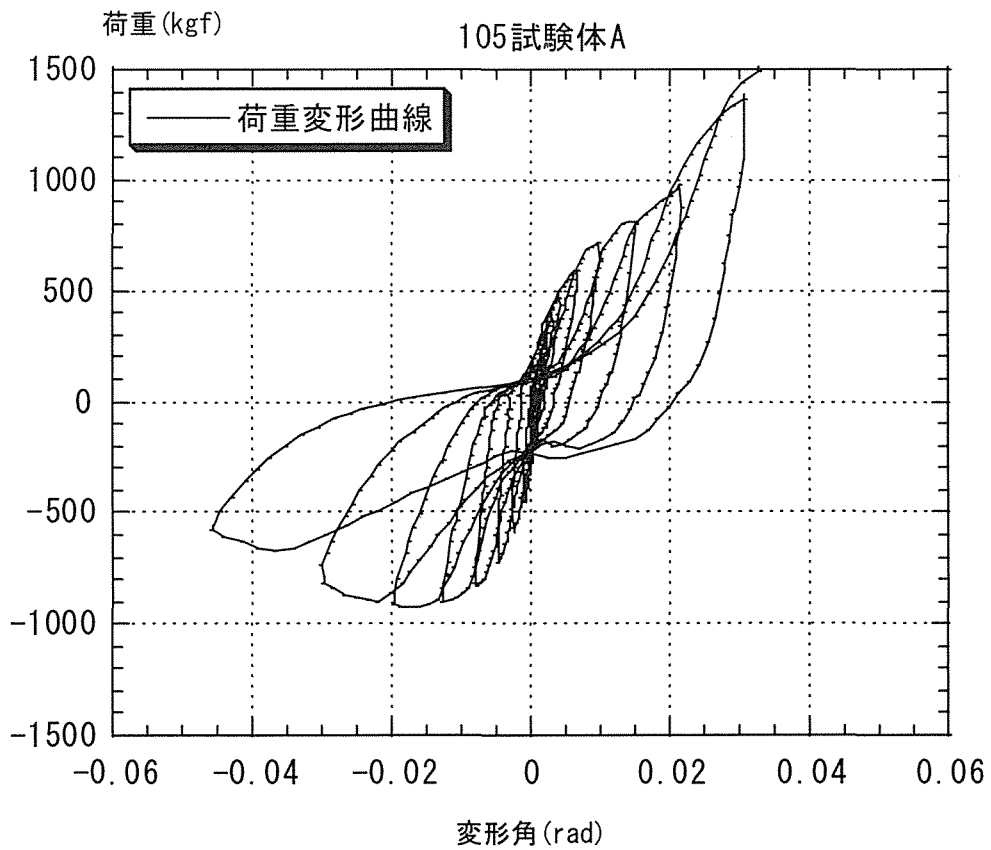
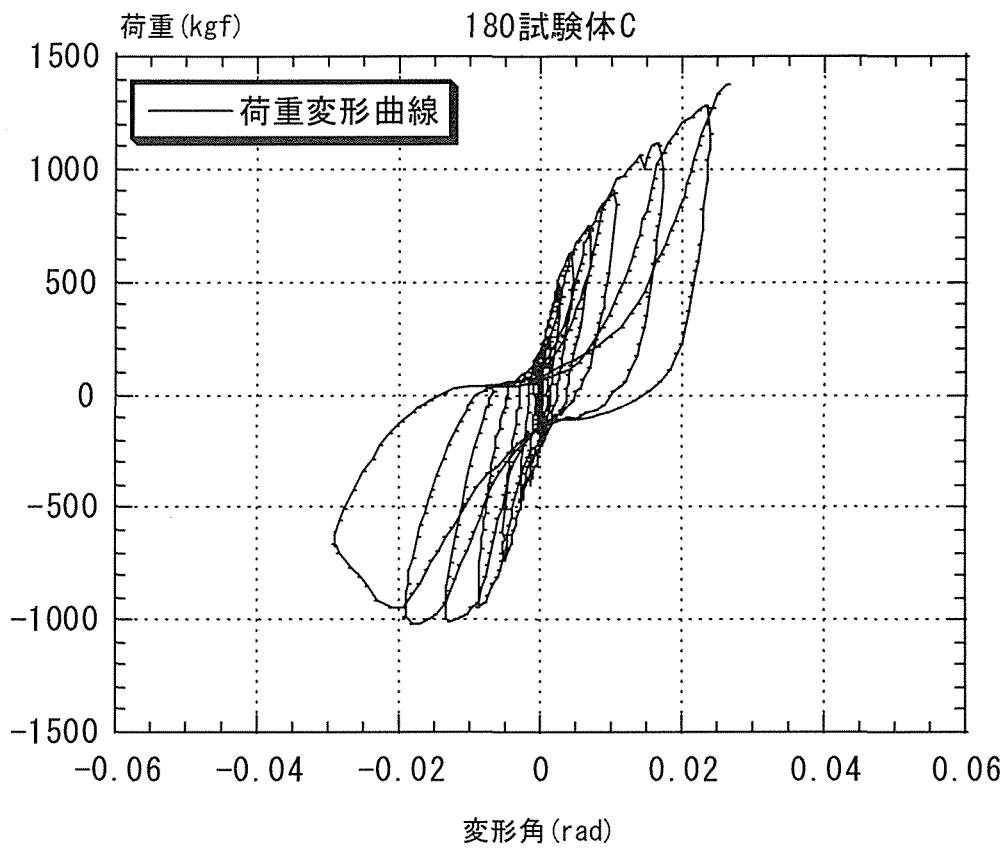


図 3-5 荷重変形曲線 (180, 105 試験体 C, A)

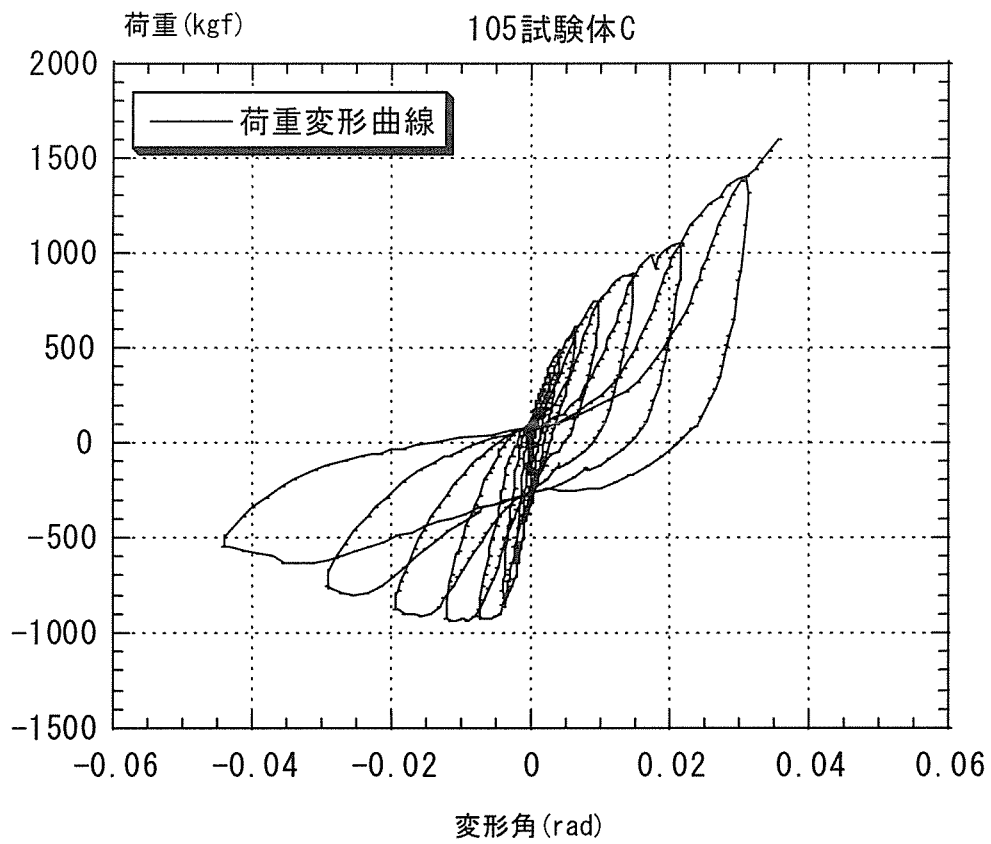
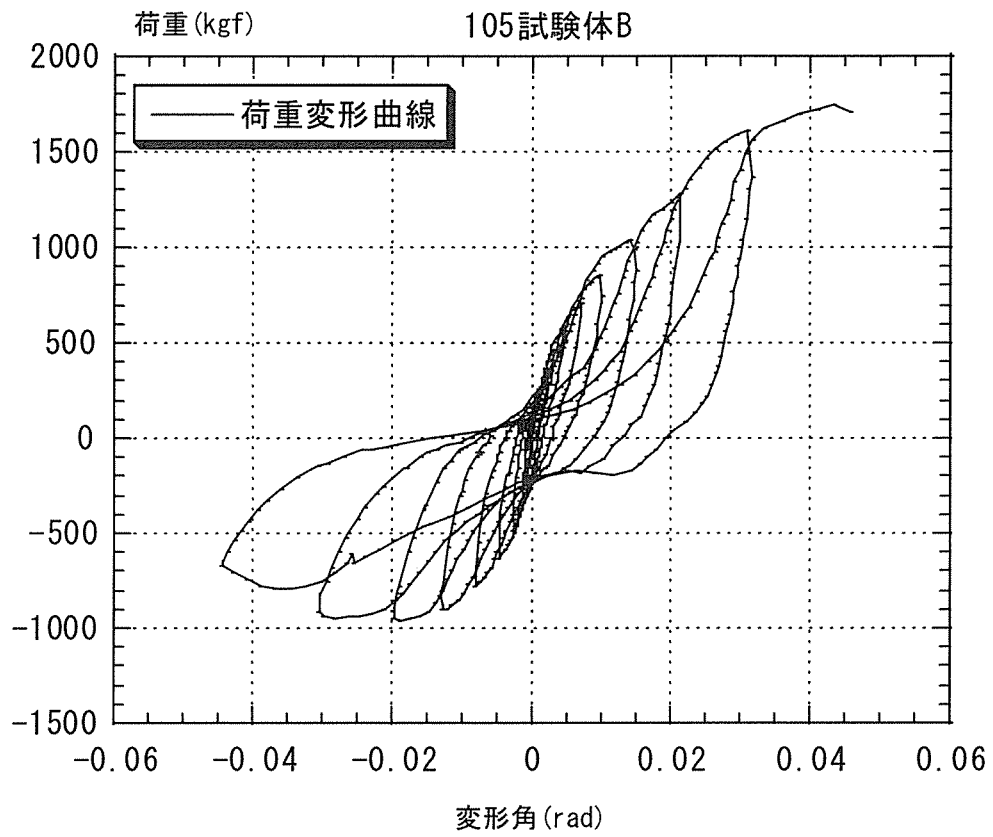


図 3-6 荷重変形曲線 (105 試験体 B, C)

変形性能評価のため、実験より求めた荷重-変形曲線の包括線より完全弾塑性モデルに置換する。置換評価は、(財)日本住宅・木材技術センターの提案する方法によって行った。各試験体(各3体)の押し、引きの平均値を出し、その結果を表3-4, 図3-7に示す。なお、押し(-)の表現は第一象限として表現した。

Muは、圧縮側で火打ちの座屈の影響のため小さくなっているが、逆に K_{θ} は大きくなっているのが確認できる。

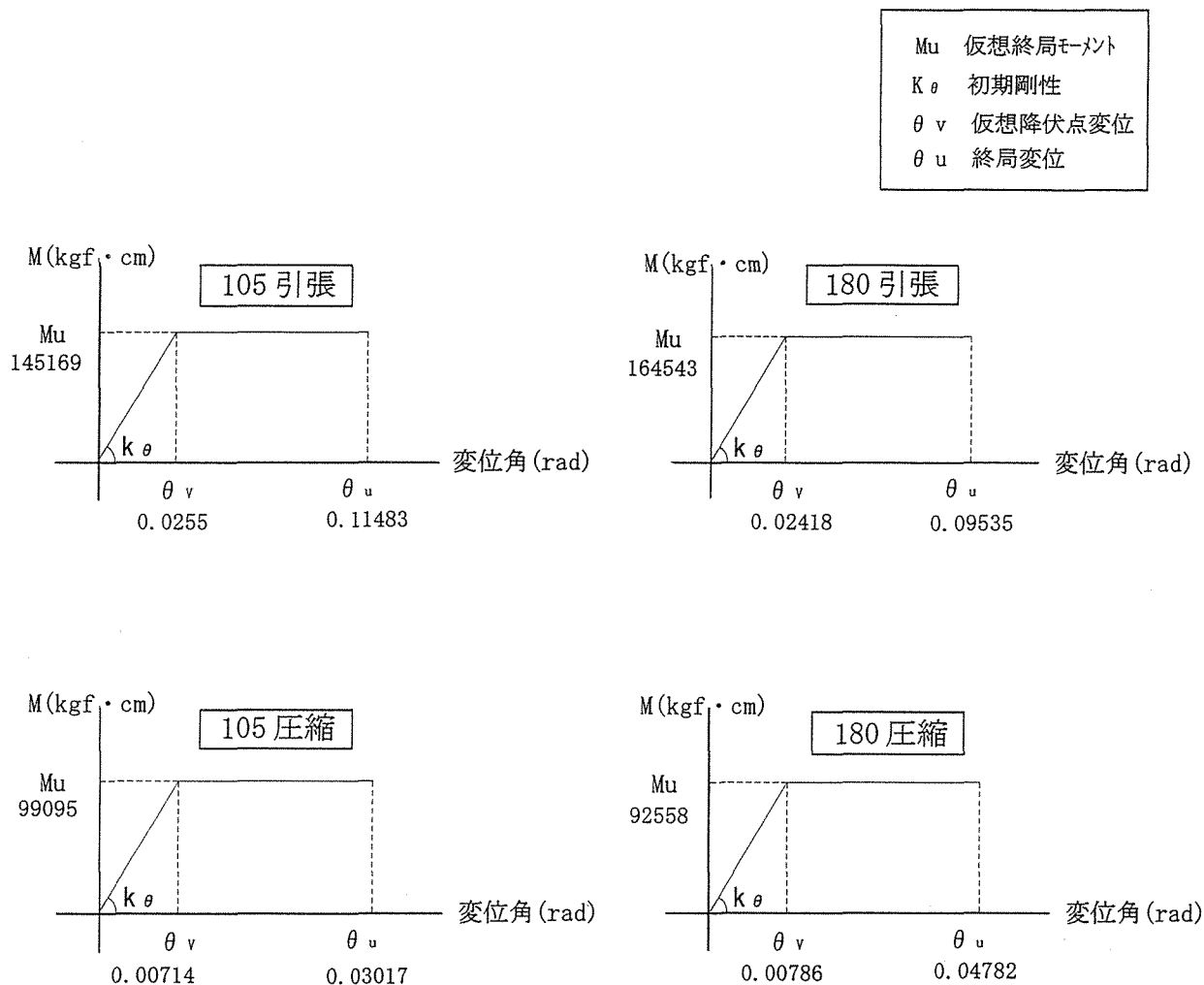


図3-7 各試験体(平均)完全弾塑性モデル

表3-4 各試験体(平均)完全弾塑性化値

試験体	k_{θ} (kgf·cm/rad)	θ_v (rad)	θ_u (rad)	Mu(kgf·cm)
105引き平均	5,693,487	0.02550	0.11483	145,169
180引き平均	6,805,811	0.02418	0.09535	164,543
105押し平均	13,885,165	0.00714	0.03017	99,095
180押し平均	11,781,693	0.00786	0.04782	92,558

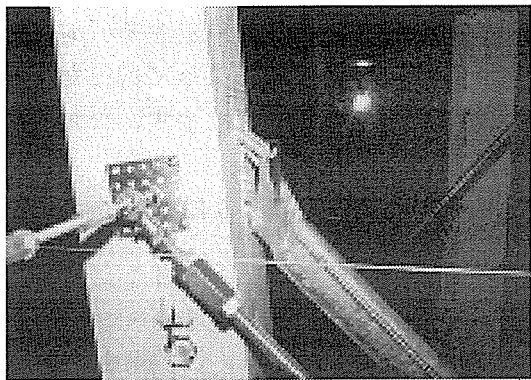


写真3-4 火打ちくぎの引抜状況

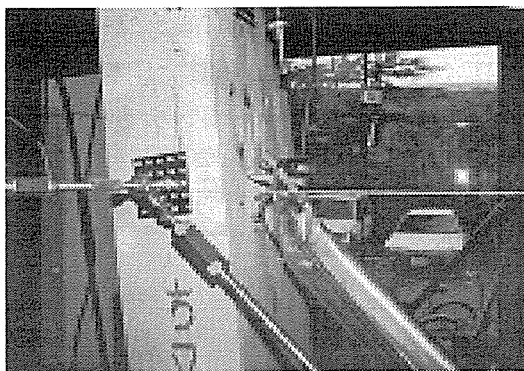


写真3-5 くぎが完全に引抜れる

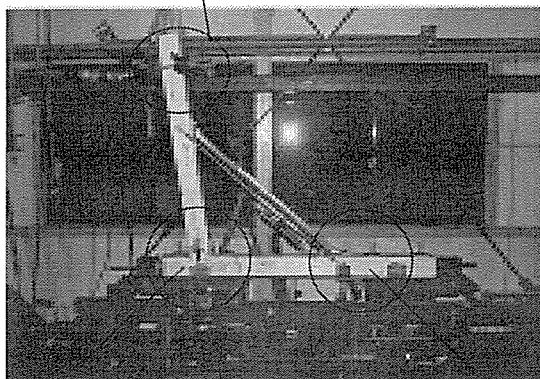


写真3-6 全体状況

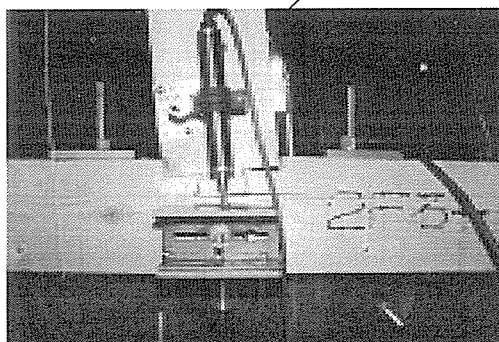


写真3-7 垂直材の浮上りと割裂

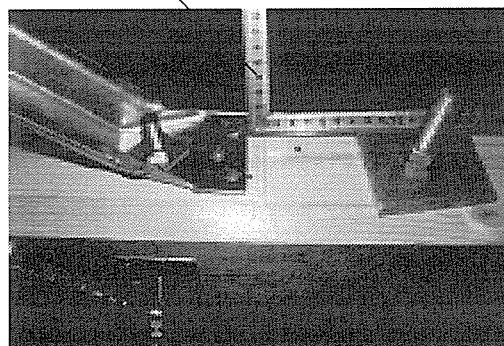


写真3-8 火打ちのずれ発生

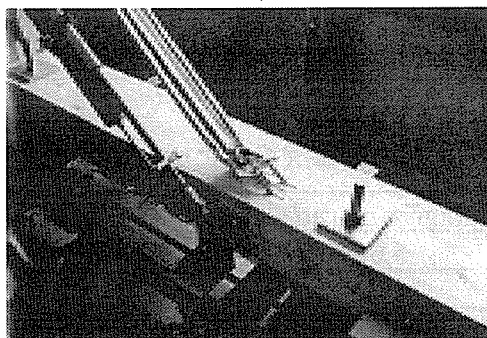


写真3-9 ずれ後のくぎ引抜き

4. 火打ち梁水平構面の剛性と終局耐力の評価法

4.1 略算式の誘導

この略算式は、稲山建築設計事務所、稲山氏の提案によるものである。

仮定条件

- ① 梁一桁の交点はピンとする。
- ② 火打ちの軸心と梁桁の軸心の交点を剛節としたモーメント分布とし、隣の火打ちとの2等分点を反曲点とする。
- ③ 火打ちを含んだ隅角部は、その部分を抜き出した構造実験を行い、梁一桁の交点部におけるモーメント-変形角関係を求め、完全弾塑性化されたM-θデータとして既知のものとする。

一例として図4-3のような耐力壁線間の水平構面にせん断力Pが作用したときを考える。せん断力のつりあいから、モーメント分布はおおむね図4-4のようになり、これは、L型フレームの和とみなすことができる。

反曲点までの梁一桁の長さがそれぞれ l_i 、 h_j の単位L型フレームの水平変位を δ_{ij} としたとき、図2の点線で囲まれたフレーム11の変位 δ_{11} は、

$$\delta_{11} = \frac{P}{3EI} \left\{ \frac{l_1^2 (h_1 - a)^2 h_1}{L^2} + \frac{h_1^2 (l_1 - a)^2 l_1}{L^2} \right\} + \frac{Pl_1^2 h_1^2}{K_\theta \cdot L^2} \dots \dots \dots \text{式 (4-1)}$$

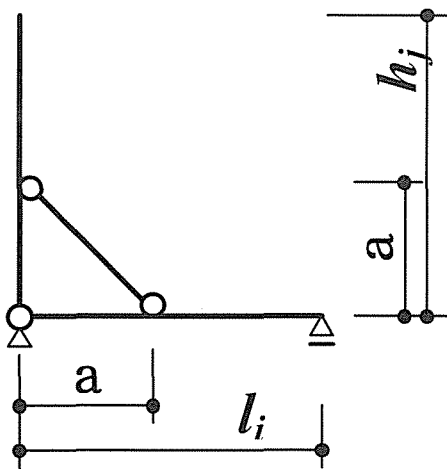


図4-1 単位L型フレーム

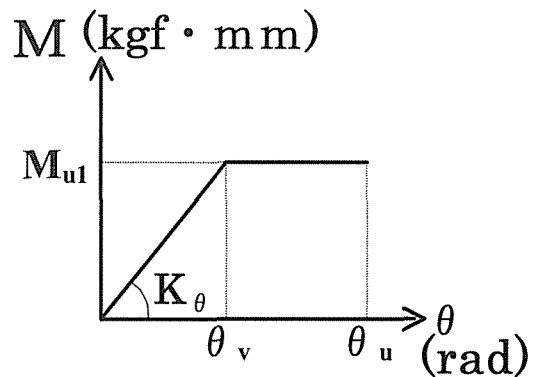


図4-2 火打ち半剛節の完全弾塑性化されたM-θ関係

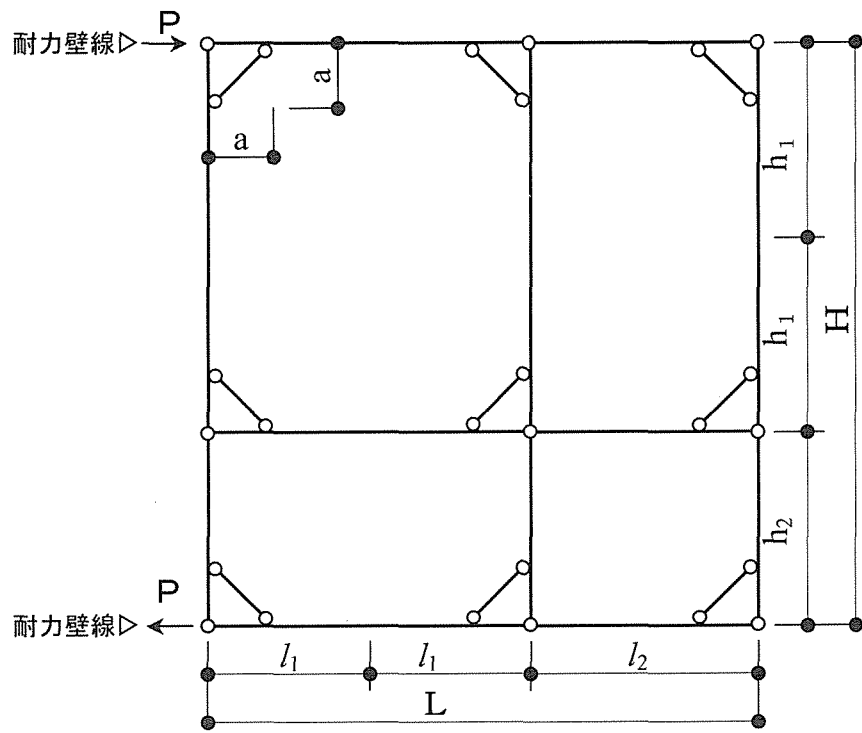


図 4-3 複数の火打ちを有する水平構面

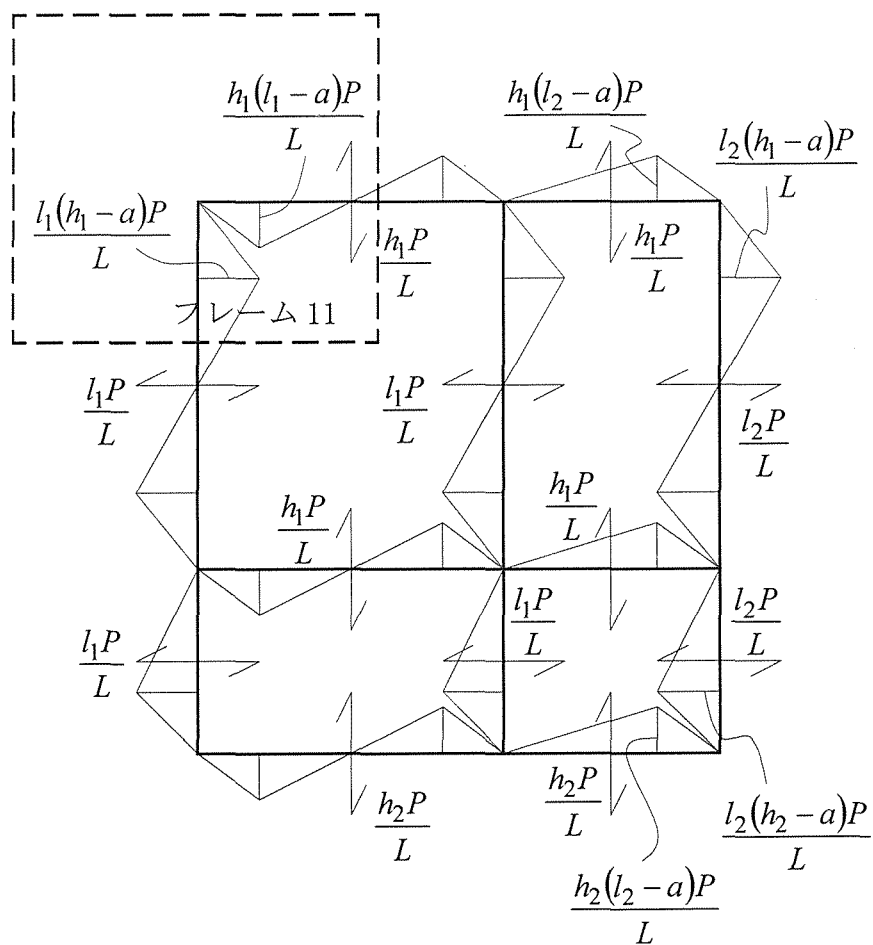


図 4-4 水平構面の応力図

図 4-4 の水平構面全体の水平変位 $\Sigma \delta$ は、

$$\Sigma \delta = \delta_{11} \times 4 + \delta_{12} \times 2 + \delta_{21} \times 2 + \delta_{22} \times 1 \quad \text{となる。}$$

これより、水平構面のせん断力-変形角関係の全体剛性は、 $\Sigma K_r = \frac{P \cdot H}{\Sigma \delta}$ で表されることから、一般式に直すと次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \Sigma K_r &= L \cdot H / \sum \frac{n_{ij}}{\Delta K_{ij}} \quad (\text{kgf/rad}) \\ \Delta K_{ij} &= 1 / \left\{ \frac{l_i^2 h_j (h_j - a)^2 + l_i h_j^2 (l_i - a)^2}{3EIL} + \frac{l_i^2 h_j^2}{K_\theta \cdot L} \right\} \quad (\text{kgf/mm}^2) \end{aligned} \right\} \dots \text{式 (4-2)}$$

実際の建物では、設計段階では伏図の情報がまだ与えられていない場合が多いことから、水平構面の外形と火打ち数だけから計算できる略算式が求められる。

水平構面 $L \times H$ 内に火打ちが n 個存在するとき、火打ち 1 個あたりの平均負担面積

ΔA は $\Delta A = (L \times H) / n$ より、 $l = h = \sqrt{\Delta A}$ の単位 L 型フレームが n 個あるのと同等と考えて、これを一般式に代入すると、次の略算式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \text{火打ち水平構面の剛性 } \Sigma K_r &= 1 / \left\{ \frac{2l(l-a)^2}{3EIL} + \frac{l^2}{K_\theta \cdot L} \right\} \quad (\text{kgf/rad}) \\ \left[l: \text{平均火打ち間隔 (mm)} \quad l &= \sqrt{(L \times H) / n} \right] \end{aligned} \right\} \dots \text{式 (4-3)}$$

火打ち水平構面の終局モーメントは、全ての火打ちに降伏ヒンジが形成されたラーメンの系全体モーメントとして算定される。したがって、略算式では、水平構面の外形 $L \times H$ と火打ち数 n 個だけが既知とした場合、次式で表される。

$$\Sigma M_u = n \times M_u \quad \dots \text{式 (4-4)}$$

$$\left[\begin{array}{l} \Sigma M_u : \text{構面全体での終局モーメント (kgf} \cdot \text{mm)} \\ M_u : l = \sqrt{(L \times H) / n} \text{ の単位 L 型フレームの} \\ \quad \text{終局モーメント (kgf} \cdot \text{mm)} \end{array} \right]$$

モーメントでなく、水平構面の終局せん断耐力 ΣQ_u として表すと、次式のようにになる。

$$\Sigma Q_u = \frac{\Sigma M_u}{H} = \frac{n \cdot M_u}{H} \quad (\text{kgf} \cdot \text{mm}) \quad \dots \dots \text{式 (4-5)}$$

単位L型フレームの終局モーメント M_u は、火打ち自体の降伏(座屈または接合部引張)で決まる終局モーメント M_{u1} と、火打ちが取付く梁桁の断面欠損部の曲げで決まる終局モーメント M_{u2} のうち小さい方となる。

$$M_u = \min \left(M_{u1}, M_{u2} \times \frac{l}{(l-a)} \right) \quad \dots \dots \text{式 (4-6)}$$

M_{u2} は火打ちを固定するボルト穴部分での梁桁の曲げ耐力と、木製火打ちのかたぎ大入れ部分の梁桁の曲げ耐力のうち小さい方となる(鋼製火打ちは前者のみ)。それぞれの断面欠損部を図5の形状としたとき、下式のようにになる。

$$\begin{aligned} M_{u2} &= \min (Z_A \cdot F_b, Z_B \cdot F_b) \\ Z_A &= \frac{b^2(d-\phi)}{6} \\ Z_B &= \frac{b^2(d-e)}{6} + \frac{(b-2c)^3 \cdot e}{6b} \end{aligned} \quad \dots \dots \text{式 (4-7)}$$

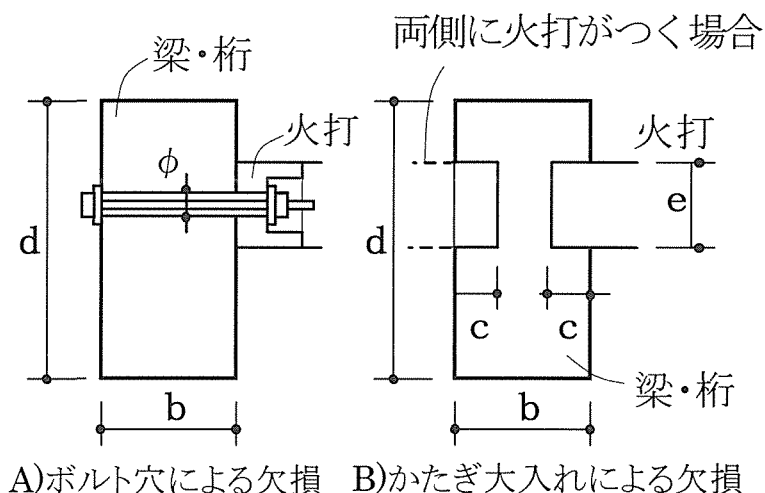


図 4-5 火打ち取付部の梁・桁の断面欠損部の寸法

4.2 評価法の検証

火打ち梁水平構面実験の荷重—変形角曲線に、略算式で求めた完全弾塑性グラフを重ね合わせたものを図4-6, 7, 8, 9に示す。

また、火打ちの個数を横軸にとり、終局耐力と1/120時の剛性の実験値（表2-5, 表4-1）と略算値(表4-2)の比較グラフを図4-10と図4-11に示す。

終局耐力の実験値は、ほとんどが最大耐力を記録した圧縮側で比較した。また、略算値にはフレームのみの剛性として、表4-1より1/120rad時における剛性の平均値より105-0で10,204kgf/rad(100kN/rad)、180-0で13,776kgf/rad(135kN/rad)を加算した。なお、2000年日本建築学会梗概集の在来軸組工法木造住宅の構造設計手法の開発
その36との加算値の相違は、さらに解析を進めていった結果によるものである。

また略算式の火打ち隅角部データは、その部分を抜き出した実験を行い、 K_{θ} は圧縮と引張の平均を、 M_u は火打ちの座屈で耐力が決まる圧縮側の値を用いた。（表4-3）

図4-6, 7, 8, 9を見れば、略算式は、横架材の断面や火打ち個数の変化に対応して、荷重変形関係をおおむね予測できているといえる。

火打ち梁水平構面の剛性と降伏耐力の略算式は、実験結果との比較により、剛性、耐力とも妥当性が検証されたといえる。

表4-1 1/120rad時の剛性（実験値）

	押しK(kgf/rad)	引きK(kgf/rad)	平均K(kgf/rad)
180-6	165,466	155,114	160,290
180-4	91,219	82,711	86,965
180-2	40,536	39,901	40,219
180-1	32,150	18,745	25,448
180-0	19,302	8,526	13,914
105-6	113,481	120,643	117,062
105-4	64,820	63,277	64,048
105-2	30,814	27,520	29,167
105-1	23,414	13,879	18,647
105-0	11,812	8,789	10,300

表4-2 終局耐力，剛性の略算値

	終局耐力 (kgf)	加算した剛性 (kgf/rad)
180-6	2,232	142,329
180-4	1,574	76,742
180-2	992	32,340
180-1	627	23,540
105-6	2,213	110,918
105-4	1,562	55,420
105-2	839	22,380
105-1	461	16,650

表4-3 火打ち隅各部データと k_{θ} , M_u

試験体	k_{θ} (kgf·cm/rad)	θ_v (rad)	θ_u (rad)	M_u (kgf·cm)
105引き平均	5,693,487	0.02550	0.11483	145,169
180引き平均	6,805,811	0.02418	0.09535	164,543
105押し平均	13,885,165	0.00714	0.03017	99,095
180押し平均	11,781,693	0.00786	0.04782	92,558

↓

k_{θ} (圧縮・引張平均) = 9,541,539

↓

M_u (圧縮側平均) = 95,826

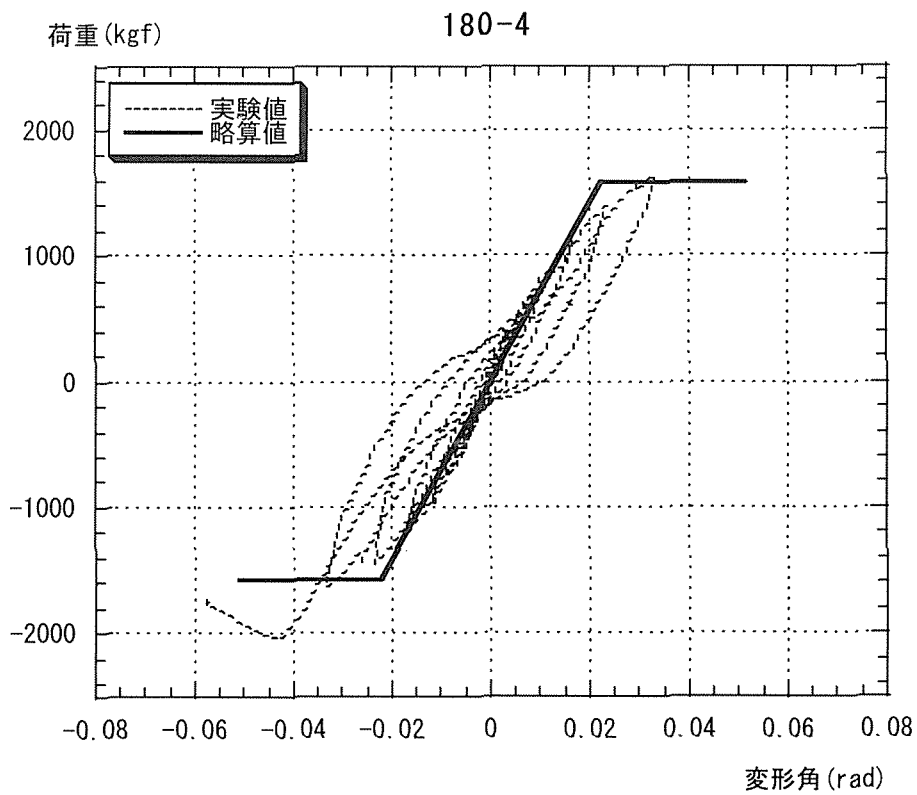
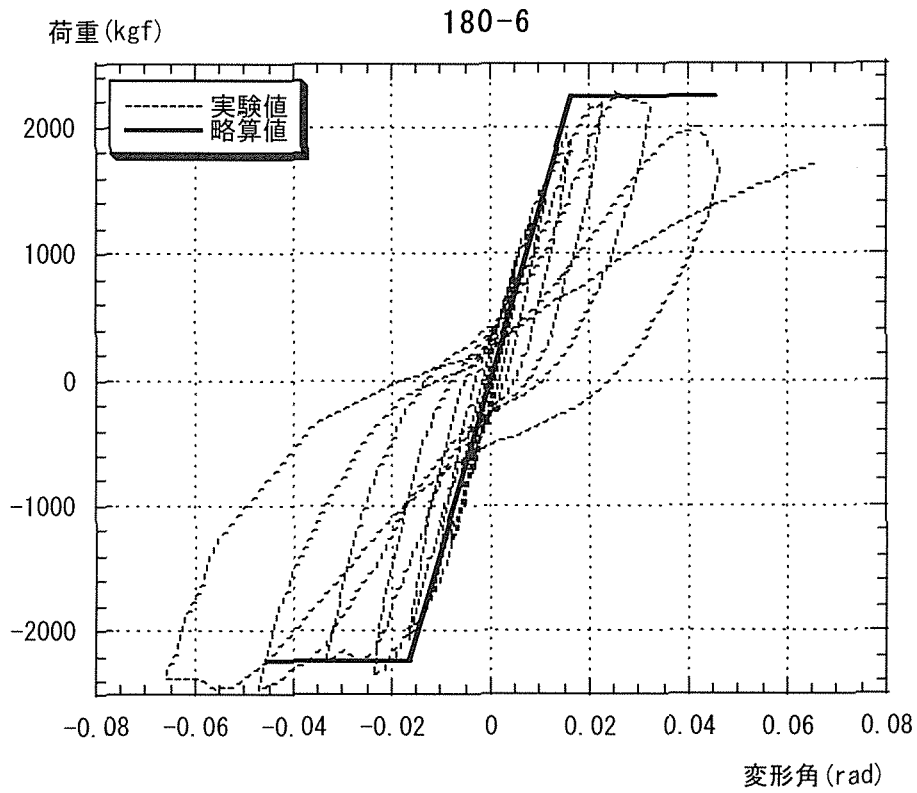


図 4-6 P- δ , 略算式での完全弾塑性
重ね合わせ (180-6, 180-4)

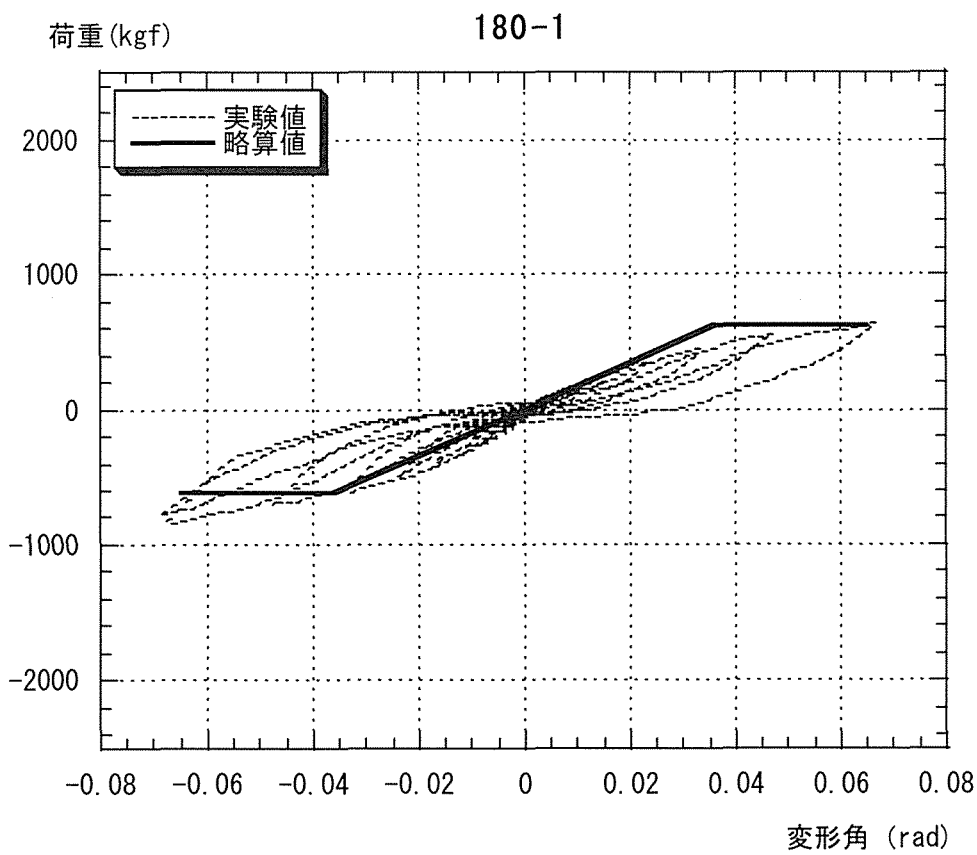
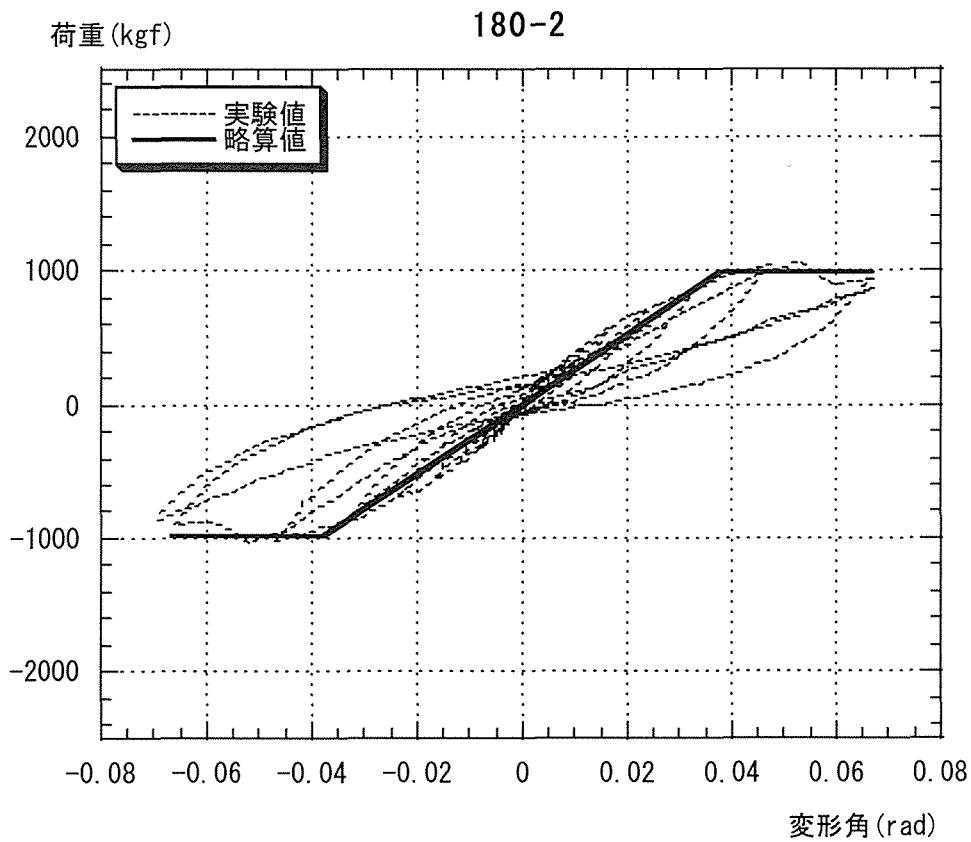
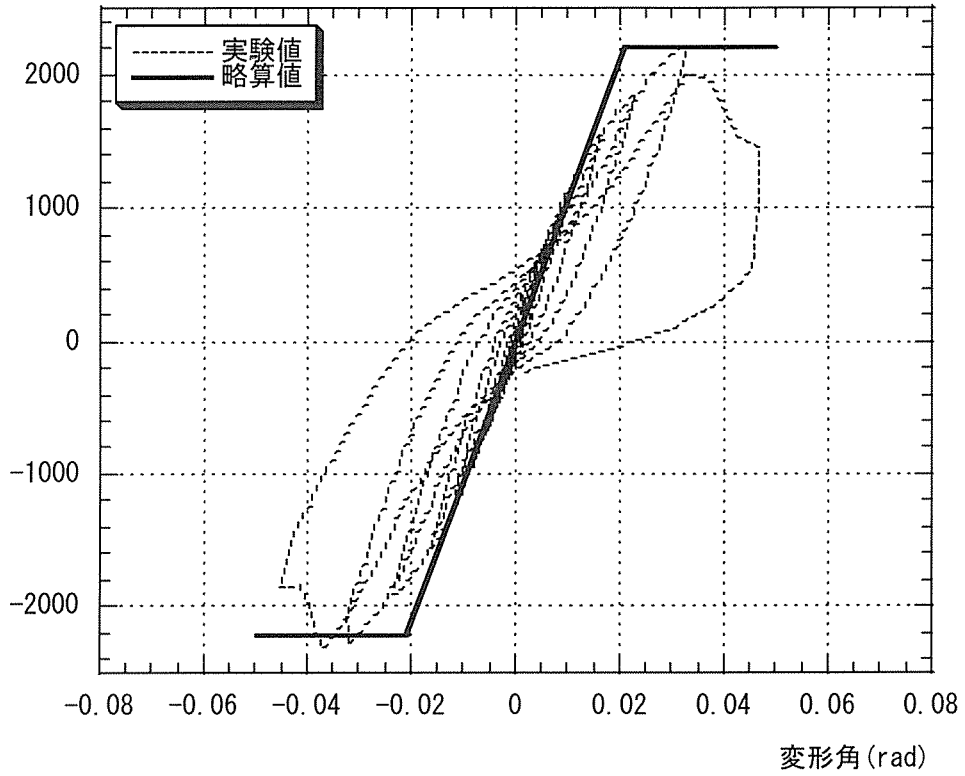


図 4-7 P- δ , 略算式での完全弾塑性
重ね合わせ (180-2, 180-1)

荷重 (kgf)

105-6



荷重 (kgf)

105-4

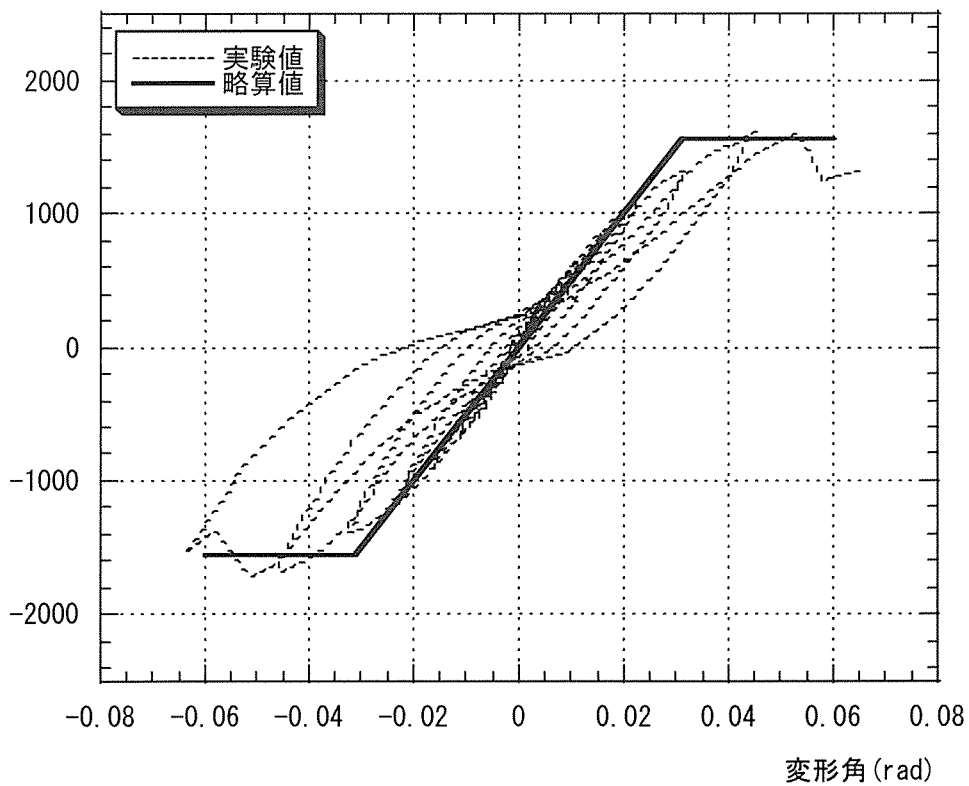


図 4-8 P- δ , 略算式での完全弾塑性
重ね合わせ (105-6, 105-4)

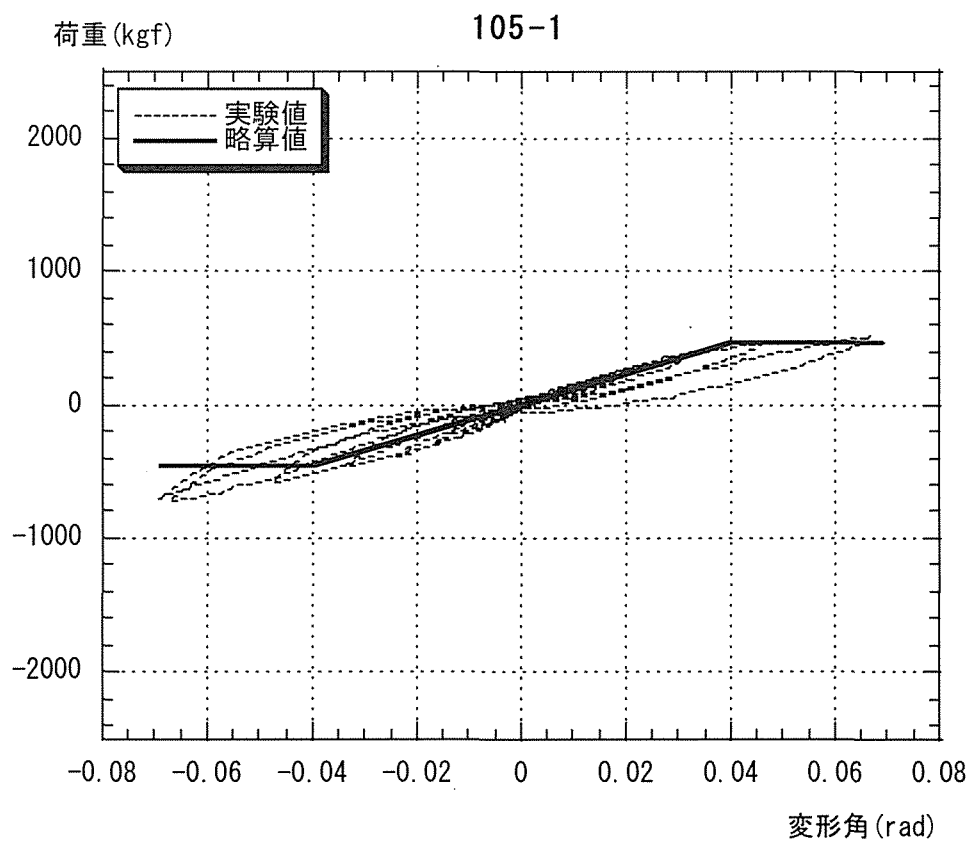
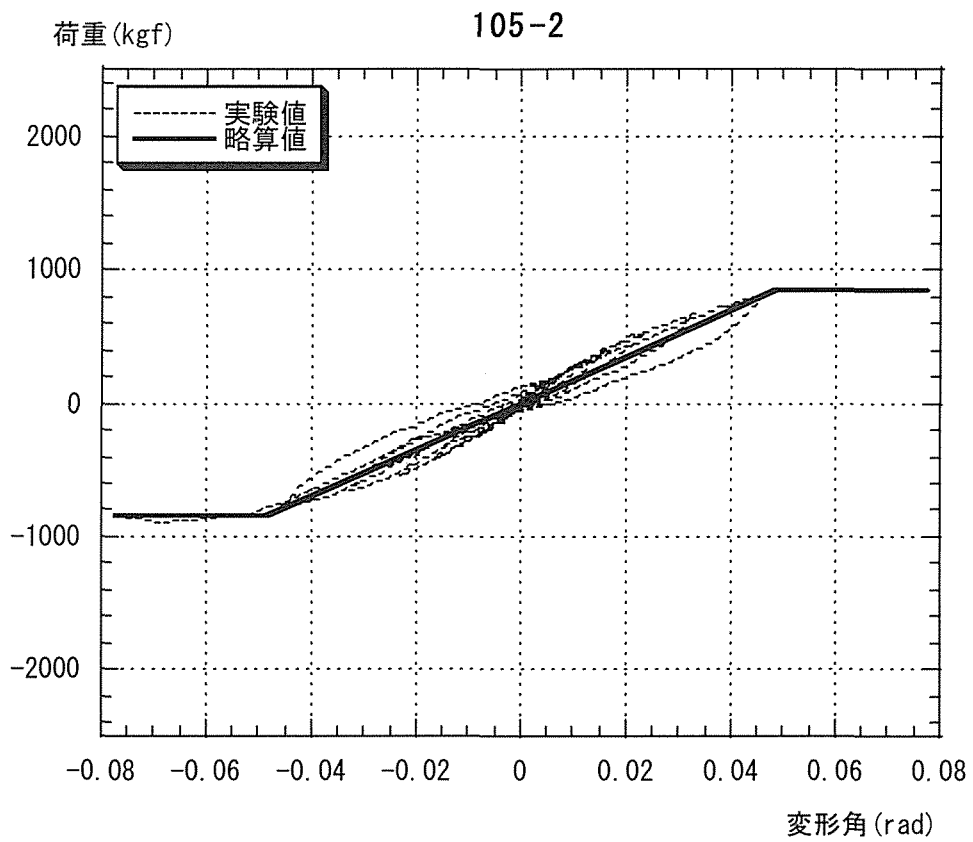


図 4-9 P- δ , 略算式での完全弾塑性
重ね合わせ (105-2, 105-1)

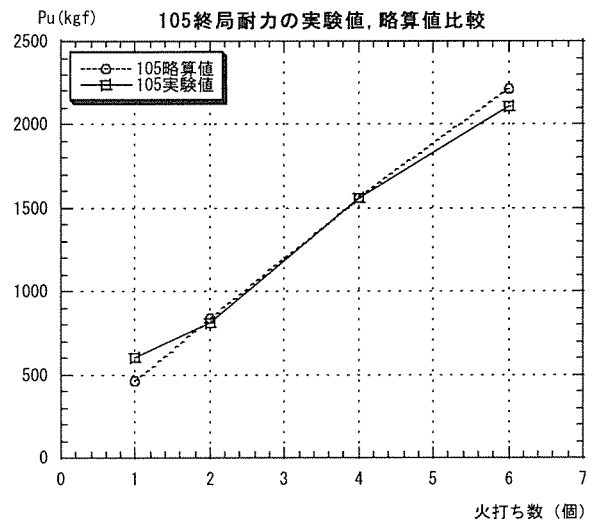
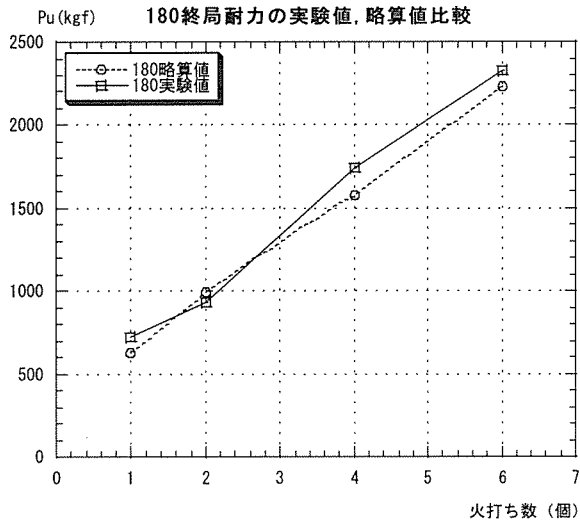


図 4-10 火打ち数を変化させたときの終局耐力の比較(実験値：圧縮側値)

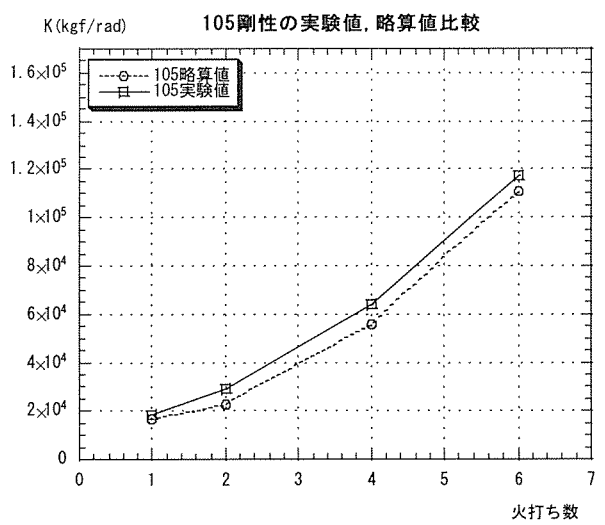
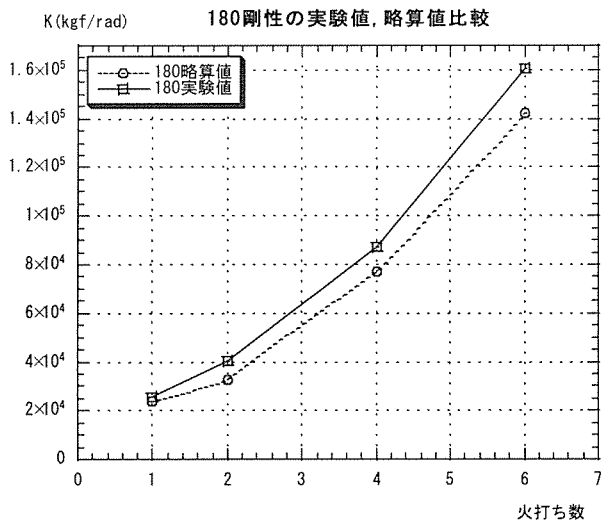


図 4-11 火打ち数を変化させたときの剛性(1/120rad)の比較(実験値：平均値)

5. まとめ

今回の報告は、水平構面の外形（断面形状含む）及び火打ちの個数のみから、水平構面の剛性、終局耐力が計算できる簡易型評価式を提案し、外形が4P×3Pかつ2種類の断面形状（180×105, 105×105）をもつ試験体で、火打ちの個数を変化させた実験を行い比較検証を行った。

検証実験では、105-1, 105-2以外、鋼製火打ちの座屈で最大耐力を記録し、105-6においては火打ちの座屈後、下部横架材の火打ち接合部及び梁桁接合部の座掘部分から曲げ破壊をおこした。

検証結果としては、図4-10, 11が示すように、おおむね剛性・終局耐力は簡易型評価式（式4-3, 4-4）による値と実験値とが妥当な範囲内でおさまっている。

従って、火打ち梁水平構面の剛性と終局耐力の簡易型評価式は、実験結果との比較により、剛性、耐力とも妥当性が検証されたといえる。

最後に、本報告にいたします過程におきまして惜しみないご協力をくださいました方々に心から感謝申し上げます。

3. 3 面材張り水平構面

1. はじめに

平成6年三陸はるか沖地震や1995年兵庫県南部地震などにおいて、多くの木造住宅が被害を受けた。中でも狭小間口あるいは店舗・車庫付き住宅のように壁の配置が偏っている建物では、甚大な被害を受けた。

現行の規定では、水平構面を剛床として設計しているが、色々な平面の住宅または各種の床構造が存在し、水平構面の大きさに対してどの程度のせん断剛性を有していれば剛床として評価できるのかなど曖昧な点も多い。

木造建物の耐震性能を評価するためには、水平抵抗要素の鉛直構面の評価とともに鉛直構面を有効にするための水平構面の力学特性をも考慮に入れる必要があると言えよう。木造住宅の耐震性能評価法の確立の過程において、床、屋根構面の剛性評価が不可欠である。

そこで、床構面の構法をパラメータに、水平構面のせん断剛性、降伏耐力などの評価法に対して、実験値と比較・検証を行う。具体的には、①幾つかの水平構面を対象に、繰り返し加力せん断実験を行い、各部の変位を測定し水平構面を構成する各要素のせん断変形成分を算出し、構面総体の変形と各要素の変形の間関係を明らかにする。②各要素をモデル化し、定式化あるいは要素実験を行い解析結果と実験結果との比較・検討を行う。

2. 実験の概要

2.1 試験体の設定

試験体の寸法は、芯々で1820×2730mmとし、構造は、実際の床構面として一般的に使われている転ばし根太、反欠き根太、落とし込み根太を対象にした。試験体の各部材に用いた木材種は全てスプロールの集成材であり、面材には12mm合板と杉板12mmを使用した。試験体の概寸及び変位計の取付箇所を図1に示す。面材の張り方を図2に示す。試験体一覧を表1に示す。主な部材接合部の仕口は蟻掛けとした。

落とし込み、半欠けの根太は、基本的に釘留めはしないが、半欠け根太の端部のみ釘1本斜め打ちで留めた。図3に根太端部の詳細を示した。転ばし根太を留める釘はN90を使用し斜め2本打ちとした。12mm合板を留める釘にはN50、ピッチは150mmとした。

2.2 実験の方法

試験体を反力フレームに設置し下部の2カ所をアンカーボルトで固定し、上下の桁の両端をタイバーで緊結し桁の浮き上がりを、また振れ留めにより面外方向をそれぞれ拘束している。

加力方法は、変位制御とし荷重反転点を見かけの専断変形角で $1/480\text{rad}$ からルート 2 倍し、 $1/42.4\text{rad}$ まで、1 回の繰り返し载荷を行った後、片载荷で $1/20\text{rad}$ まで変形させた。

変位の測定では、床構面の変形成分が 4 種類に分解できるものとして、それぞれの変平成分をまた、火打ち材が取付位置の接合部の回転角も測定できるように変位計を設置した。なお、変位計番号 18, 20, 21 の 3 つの変位計は、合板仕様と杉板仕様に対応して、図 1 に示すように付け替えて測定を行った。

3. 実験結果

3.1 剛性及び最大荷重

表2に実験から得られた1/120近傍の剛性と荷重、最大変形時の剛性と荷重を示すとともに、破壊モードを示した。表2から杉板張りの試験体は、根太仕様、ピッチによって、多少の影響は見られるものの1/120rad時で200kg前後、最大変形時で500kg前後の値をとっており、顕著な差はみられない。一方、合板張りでは、転ばしく半欠きく落とし込み、根太ピッチが小さい方が、剛性、荷重とも大きくなる傾向にある。しかし、半欠き根太仕様では、根太が面外へ抜け出し、必ずしも上記の傾向に沿わないものもあった。

3.2 破壊モード

今回の実験では、表2及び写真1(a)～(d)に示すような4タイプの破壊モードが確認された。

- (a) 転ばし根太仕様において、桁－根太接合部で、根太を留める斜め打ちされた釘部分から、根太に割裂が生じたものである。
- (b) 合板貼り仕様で、面－根太接合部で、面材を留める釘部分から根太に割裂が生じたものである。
- (c) 反欠き仕様で、根太の転びによって、桁に割裂が生じたものである。
- (d) 全ての杉板貼り仕様で、釘接合部分の杉板に割裂が生じたものである。根太の仕様に関わらず、釘部分からの割裂が優勢であった。

3.3 変形成分の分解

ここでは変位成分の分解方法に従って、変位成分を

γ_1 : 根太のねじれ変形、

γ_2 : 根太－桁接合部のせん断変形、

γ_3 : 合板と根太の水平方向のずれによるせん断変形

γ_4 : 合板と根太の上下方向のずれによるせん断変形

に分解する。

今回の実験では、根太を直接に桁に接合したので枠材と根太のせん断変形成分は無い。

実験による各変形成分の算出計算式を以下に示す。なお、解析の基礎式は、稲山正弘氏が作成したものを適用した。基礎式の概要を付録に添付する。

また、根太の断面2次極モーメント I_p については、 $(b \cdot d^3 + b^3 \cdot d) / 12$ の代わりに、工学的な判断で、 $b^3 d / 5$ を適用した。

下式の□数字は、図1中の変位計番号を、105は根太背を、120は桁背を、80は変位計11(14)と12(15)の設置距離を、92.5は変位計11(14)と桁の真までの距離

を、710 は変位計 24 (26) と 25 (27) の設置距離を表している。単位は全て mm である。

・合板仕様の場合の略算式

真のせん断変形角 R

$$(\boxed{1}-\boxed{2}) / 2730 + (\boxed{4}-\boxed{3}) / 1820$$

根太の転び γ_1

$$\{(\boxed{11}-\boxed{12}) / 80 \times \underline{105} - (\boxed{14}-\boxed{15}) / 80 \times \underline{105}\} / 1635$$

根太と桁のずれ γ_2

$$\begin{aligned} & (\boxed{11}-\boxed{11}-\boxed{12}) / 80 \times \underline{120} - (\boxed{13}-\boxed{11}) / 80 \times 92.5 \\ & - \boxed{14}-\boxed{14}-\boxed{15}) / 80 \times \underline{120} - (\boxed{16}-\boxed{14}) / 80 \times 92.5 \} / 1820 \end{aligned}$$

根太と面材の θ_x : γ_3

$$\begin{aligned} & \{(\boxed{21}-\boxed{20}) - (\boxed{23}-\boxed{22})\} / 1365 \quad (\text{根太ピッチ } 455 \text{ の時}) \\ & (\text{ただし、根太ピッチ } 303 \text{ の時は、分母は } 1517 \text{ となる}) \end{aligned}$$

根太と面材の θ_y : γ_4

$$\begin{aligned} & \{ \{(\boxed{25}-\boxed{24}) - \boxed{18} / 2\} + \{(\boxed{27}-\boxed{26}) - \boxed{18} / 2\} \} / 710 \\ & = (\boxed{25}-\boxed{24} + \boxed{27}-\boxed{26}) / 2 / 710 \end{aligned}$$

・杉板仕様の場合の略算式

杉板仕様の場合は、 γ_3 と γ_4 の計算式が異なるので、以下に記述する。910 は杉板の長さ、182 は杉板の幅である。

根太と面材の θ_x : γ_3

$$(\boxed{23}-\boxed{22}) / 910$$

根太と面材の θ_y : γ_4

$$(\boxed{20} / 2 + \boxed{18} / 2) / 182$$

3.4 実験結果及び解析結果

変形成分に分解した結果を表 3 に示す。表中には、各変形成分の比率も合わせて示してある。以下に若干の考察を行う。

・根太の構法による γ_1 の比較

図 4 に、実験値による、合板張りで根太ピッチが 455mm の時の、根太構法の違いによる γ_1 の比較を示した。図 4 をみると明らかなように落とし込みの時には、 γ_1 は微少である。半欠きの場合は、ある程度の変形までは落とし込みと同様の性状を示しているが、途中から急激に変形が進んでいる。これは、この段階から面外への抜け出しが見られるようになったことに起因している (写真 2 参照)。転ばしは、ほぼ一定して変形が進んでいる。

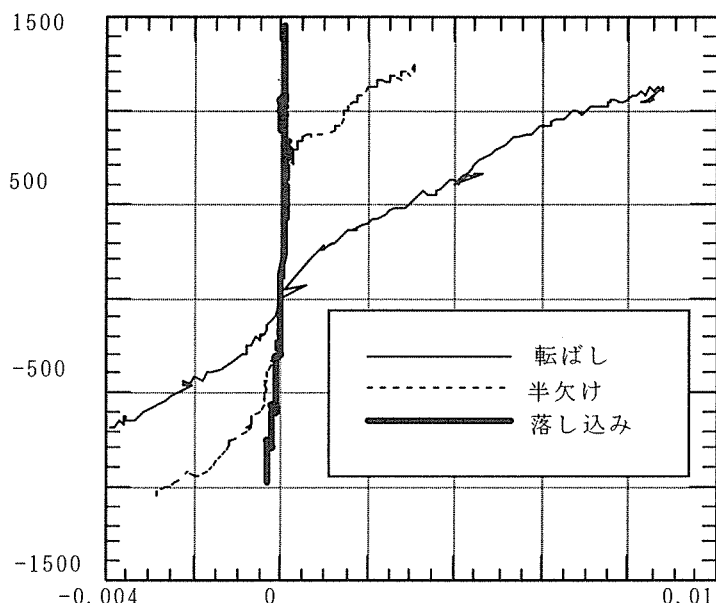


図4 根太の構法による γ_1 の比較（合板）

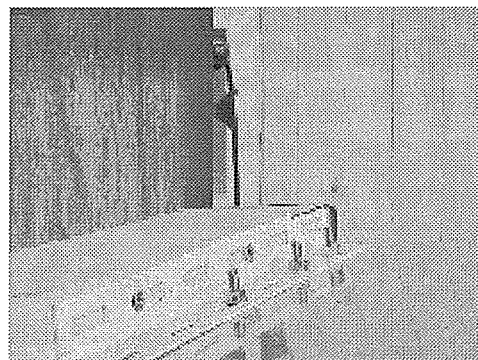


写真2 根太の抜け

・実験値と解析値との比較

ここでは、実験値と解析値との比較を行う。各変形成分の比較を図5～16に示す。転合455（転ばし、合板張り、根太ピッチ455mm）の試験体における各変形成分について、 γ_3 と γ_4 を見ると解析値と実験値は非常に良くあっている。このことは、合板と根太のずれを支配する釘のせん断剛性の評価が実験値と良くあっていることが伺える。

一方、 γ_1 を見ると実験値の剛性の方が、解析値の約3倍となっている。このことは、根太を拘束している釘が、根太の回転によって、引き抜かれる事に起因していると考えられる。

γ_2 については、実験値と解析値とで符号が異なっているが、変形量そのものが小さく、実験誤差の影響によるものと考えている。

4. おわりに

今回の結果から、床構面の変形は γ_3 と γ_4 が割合に支配的であったために、試験体全体の荷重-真のせん断変形角関係は、略算値と実験値は、ある程度合っていると見えるが、変形成分を分解して詳細に検討すると、転ばし根太仕様の場合には、 γ_1 の変形成分が卓越するために、略算値と実験値が大きく離れてしまう傾向が見られた。今後は、釘の引き抜きの効果も採り入れて、設計法を構築して行く必要があると言える。

参考文献

- 1) 稲山、村上他：在来軸組工法木造住宅の構造設計手法の開発（その3～6）、日本建築学会大会（九州）、1998年9月、pp.183-190.

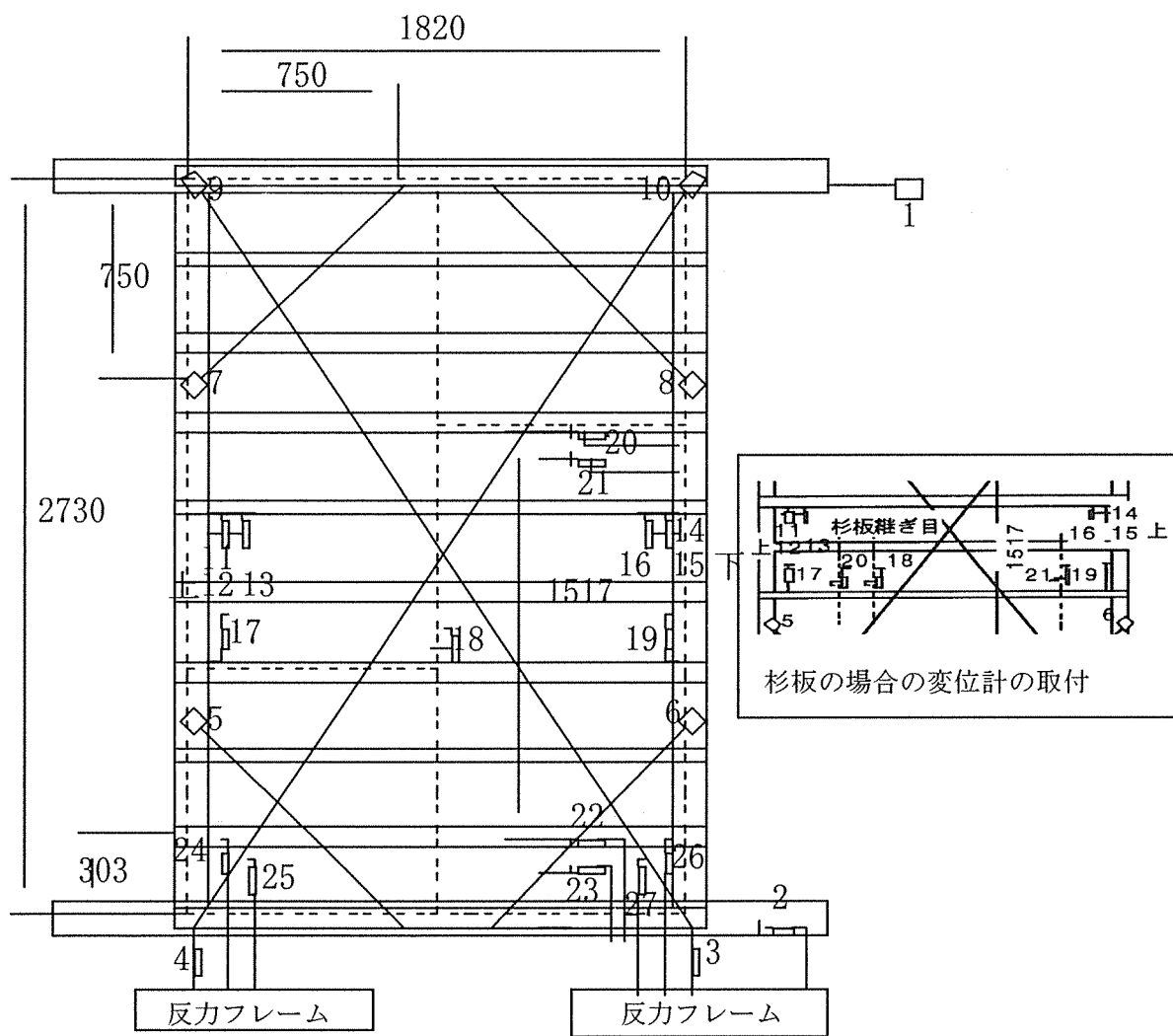


図1 試験体の概要

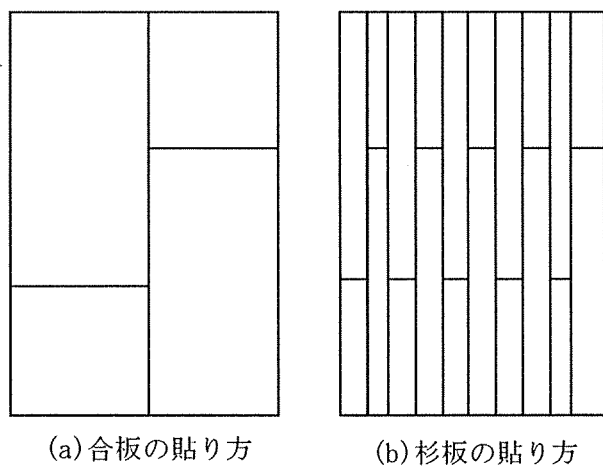


図2 面材の貼り方

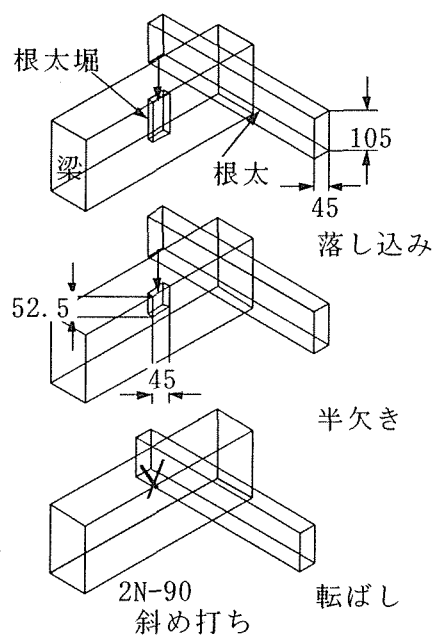
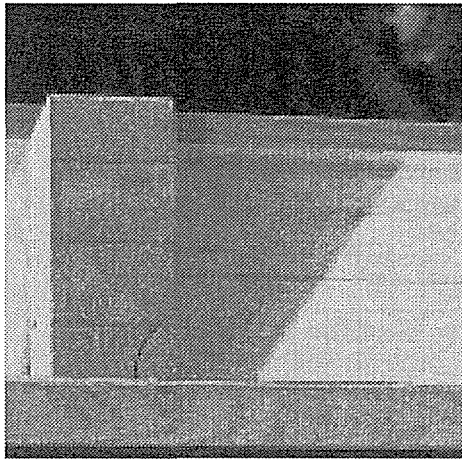


図3 根太端部の詳細

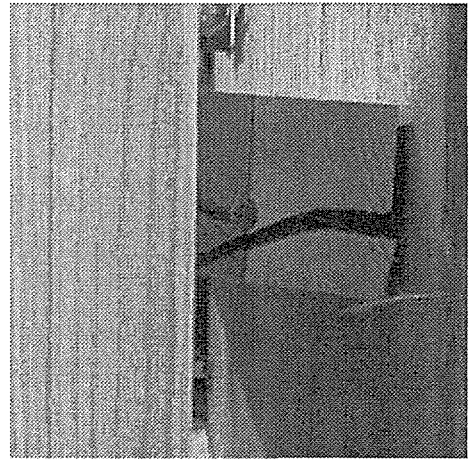
表1 試験体の一覧

試験体名称	面材種	根太ピッチ	根太仕様
転合 303	合板 12mm	303mm	転ばし
転合 455	合板 12mm	455mm	転ばし
転杉 303	杉板 12mm	303mm	転ばし
転杉 455	杉板 12mm	455mm	転ばし
半合 303	合板 12mm	303mm	半欠き
半合 455	合板 12mm	455mm	半欠き
半杉 303	杉板 12mm	303mm	半欠き
半杉 455	杉板 12mm	455mm	半欠き
落合 303	合板 12mm	303mm	落とし込み
落合 455	合板 12mm	455mm	落とし込み
落杉 303	杉板 12mm	303mm	落とし込み
落杉 455	杉板 12mm	455mm	落とし込み

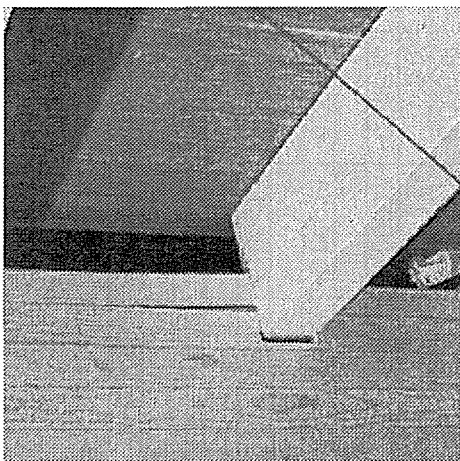
表2 1/120rad近傍と最大荷重時の諸量と破壊モード							
	真のせん断変形角が1/120rad近			最大荷重時			破壊モード
	K120 : 剛性 (kg/rad)	P120 : 荷重 (kg)	R120 : せん断変形角 (rad)	Kmax : 剛性 (kg/rad)	Pmax : 荷重 (kg)	Rmax : せん断変形角 (rad)	
半欠杉45°	10988	88	0.00805	8162	457	0.05602	4
転杉45°	22168	184	0.00832	8918	487	0.05463	4
転杉30°	22557	187	0.00829	10016	603	0.06021	4
落込杉45°	22875	190	0.00831	9448	470	0.04974	4
落込杉30°	28870	238	0.00824	10093	554	0.05493	4
半欠杉30°	31020	255	0.00823	10928	549	0.05028	4
転合45°	48102	409	0.00850	16825	1035	0.06154	1, 2
半欠合45°	61931	506	0.00817	26438	1241	0.04694	1, 2
転合30°	65452	541	0.00826	23947	1252	0.05229	1, 2
落込合45°	92332	765	0.00829	25977	1452	0.05588	1, 2
半欠合30°	104475	898	0.00860	35755	1933	0.05405	3
落込合30°	109844	915	0.00833	46107	2072	0.04494	1, 2



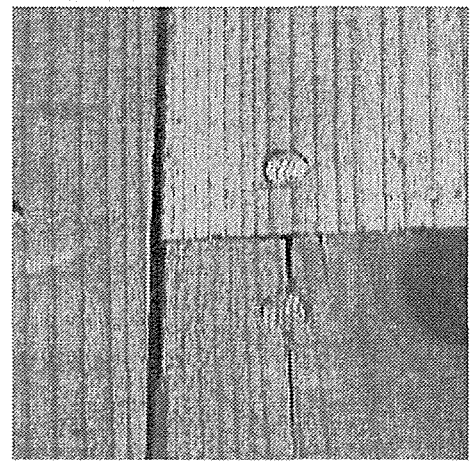
(a)桁-根太接合部の破壊



(b)面-根太接合部の破壊



(c)桁の割れ

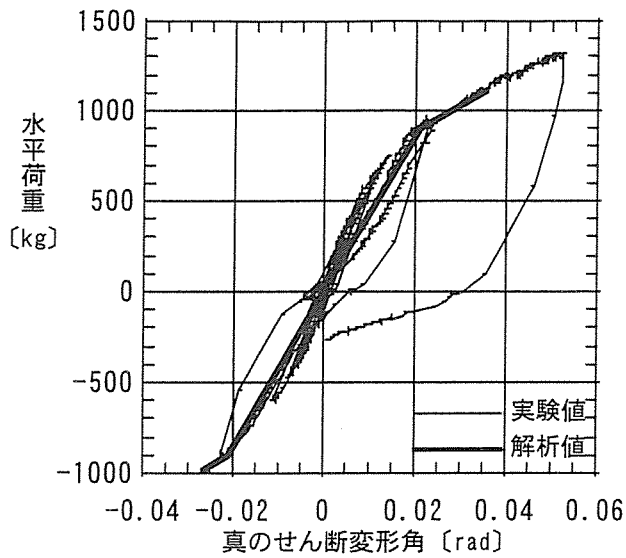


(d)杉板の割れ

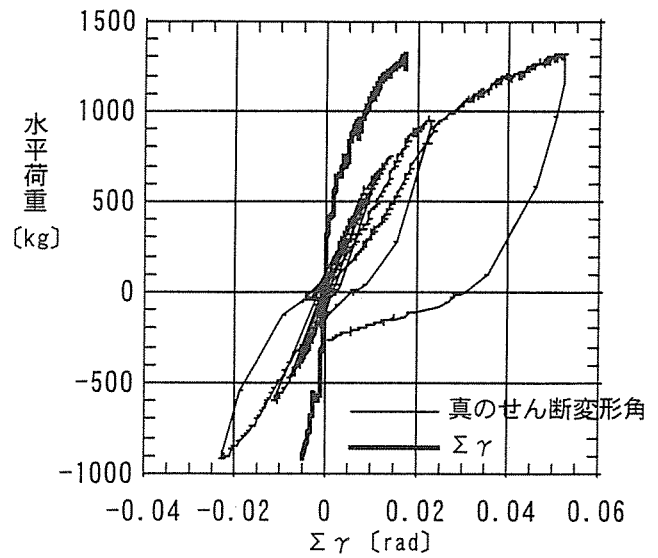
写真1 床構面の破壊パターン

表3 1/120rad近傍の各変形成分の実験値と解析値との比較

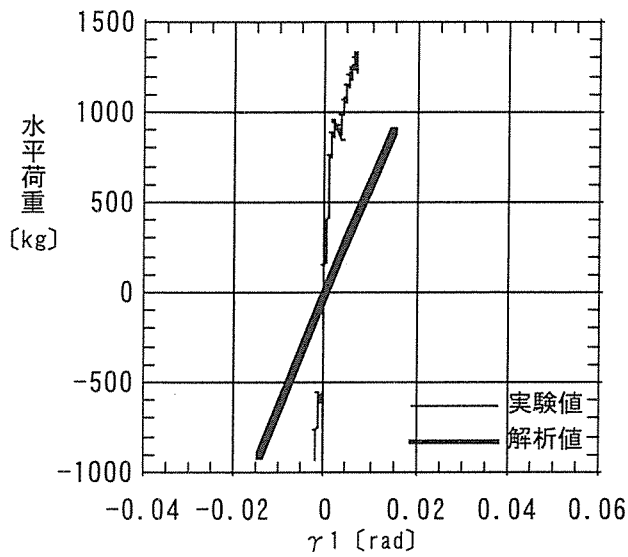
試験体	実験による値										解析による値											
	R	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	$\Sigma \gamma$	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	$\Sigma \gamma$	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	$\Sigma \gamma$	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	$\Sigma \gamma$	
軋合303	-0.00826	-0.00067	0.00006	-0.00048	-0.00085	-0.00194	0.00578	0.00030	0.00039	0.00159	0.00028	0.00578	0.00030	0.00039	0.00159	0.00028	0.00578	0.00030	0.00039	0.00159	0.00028	0.00578
割合		34.7%	-3.3%	24.8%	43.8%	100.0%	69.4%	3.6%	4.7%	19.0%	3.3%	69.4%	3.6%	4.7%	19.0%	3.3%	69.4%	3.6%	4.7%	19.0%	3.3%	69.4%
軋合455	-0.00850	-0.00214	0.00025	-0.00132	-0.00304	-0.00626	0.00597	0.00031	0.00033	0.00153	0.00019	0.00597	0.00031	0.00033	0.00153	0.00019	0.00597	0.00031	0.00033	0.00153	0.00019	0.00597
割合		34.3%	-3.9%	21.1%	48.6%	100.0%	71.7%	3.7%	4.0%	18.3%	2.3%	71.7%	3.7%	4.0%	18.3%	2.3%	71.7%	3.7%	4.0%	18.3%	2.3%	71.7%
軋合303	-0.00829	-0.00040	0.00003	-0.00151	-0.00533	-0.00720	0.00173	0.00009	0.00010	0.00633	0.00008	0.00173	0.00009	0.00010	0.00633	0.00008	0.00173	0.00009	0.00010	0.00633	0.00008	0.00173
割合		5.6%	-0.5%	20.9%	74.0%	100.0%	20.8%	1.1%	1.2%	76.0%	1.0%	20.8%	1.1%	1.2%	76.0%	1.0%	20.8%	1.1%	1.2%	76.0%	1.0%	20.8%
軋合455	-0.00832	-0.00055	-0.00027	-0.00133	-0.00527	-0.00742	0.00184	0.00010	0.00009	0.00626	0.00006	0.00184	0.00010	0.00009	0.00626	0.00006	0.00184	0.00010	0.00009	0.00626	0.00006	0.00184
割合		7.4%	3.7%	17.9%	71.1%	100.0%	22.0%	1.1%	1.0%	75.1%	0.7%	22.0%	1.1%	1.0%	75.1%	0.7%	22.0%	1.1%	1.0%	75.1%	0.7%	22.0%
半欠合303																						
半欠合455																						
半欠杉303																						
半欠杉455																						
落込合303																						
落込合455																						
落込杉303																						
落込杉455																						



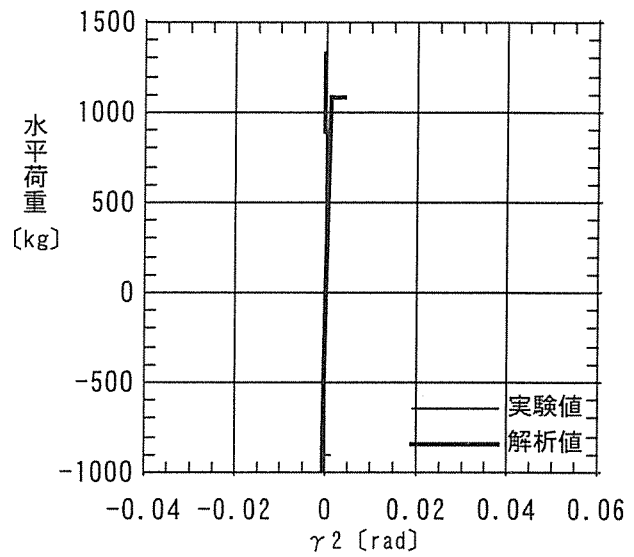
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



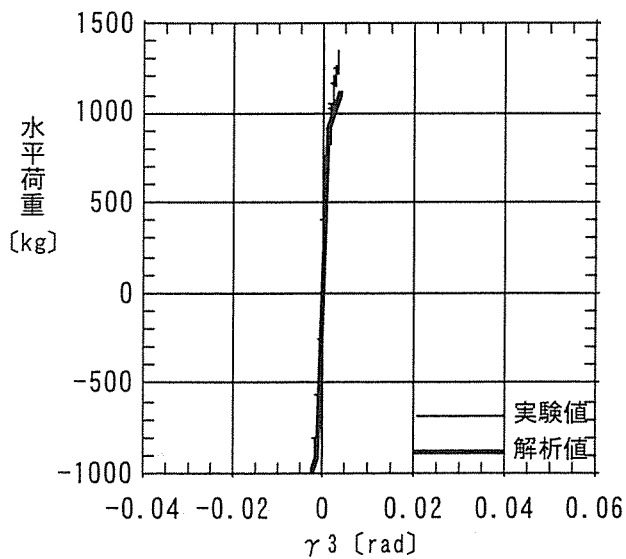
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



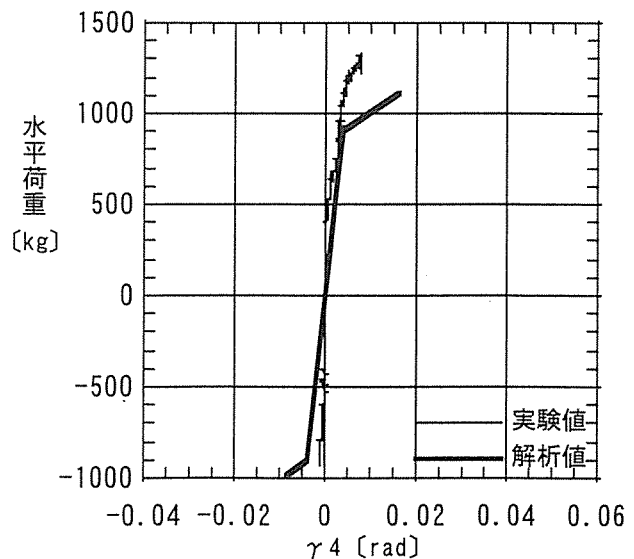
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較

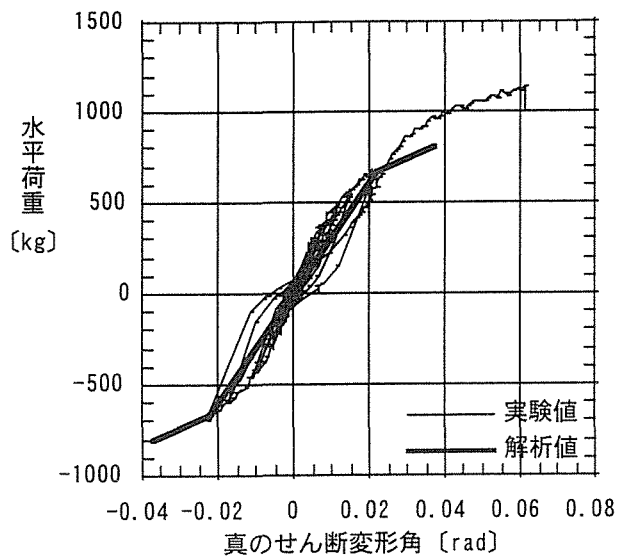


(e) γ_3 における実験値と解析値の比較

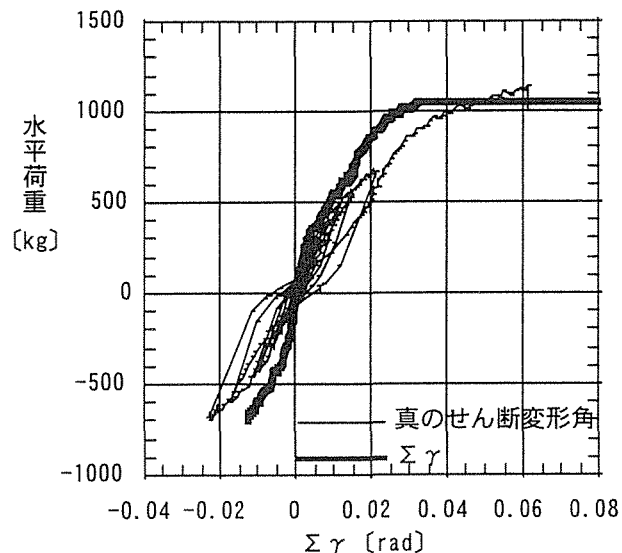


(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

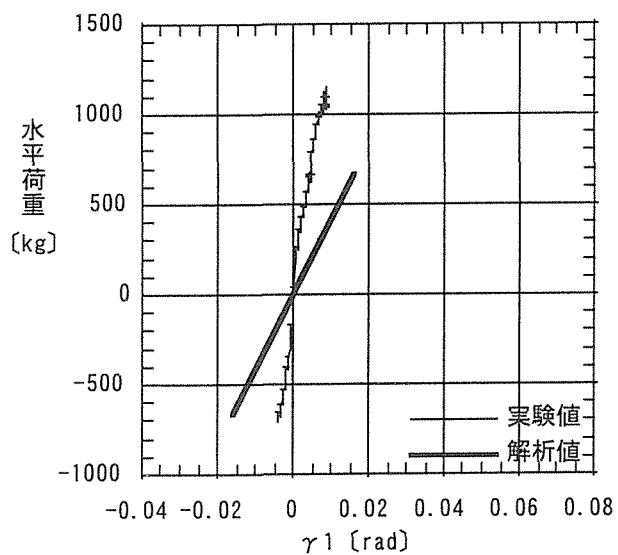
図5 各変位と荷重の関係 (転合303の場合)



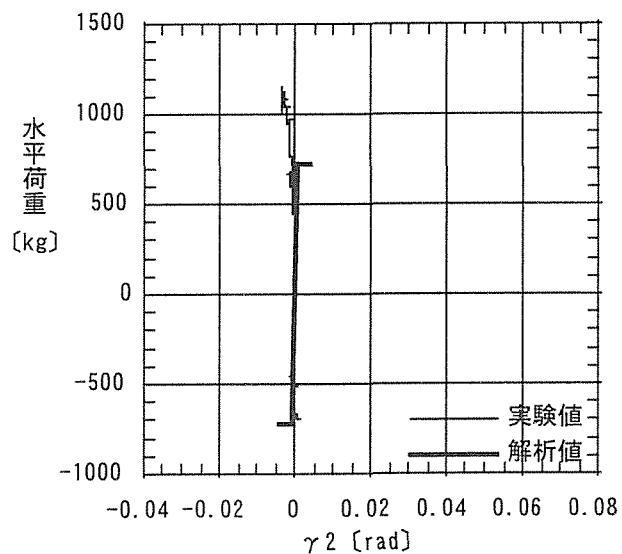
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



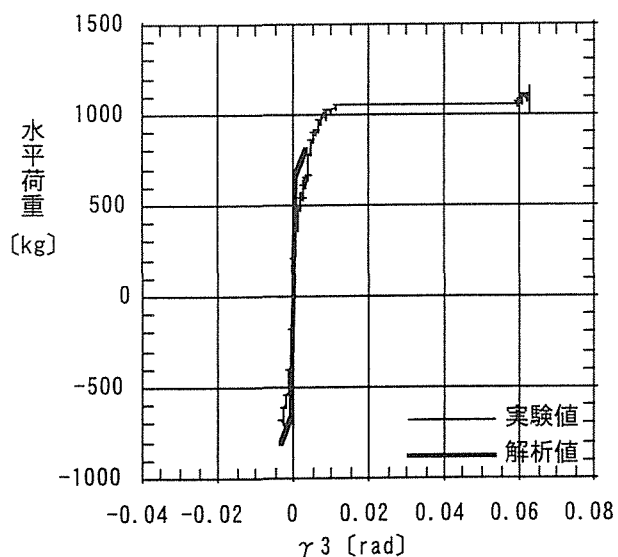
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



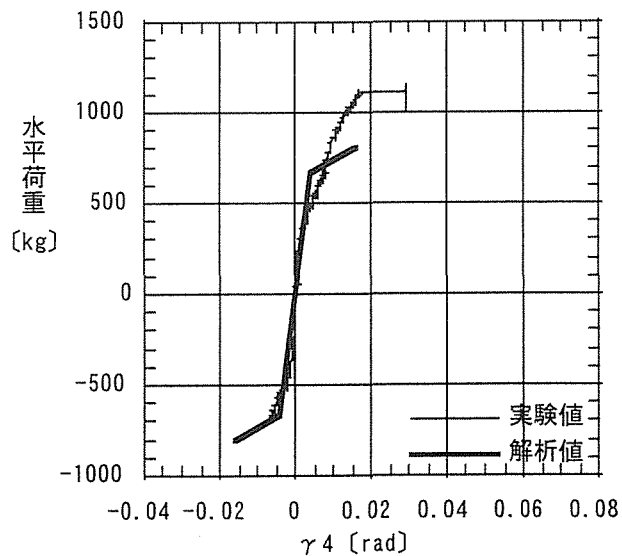
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較

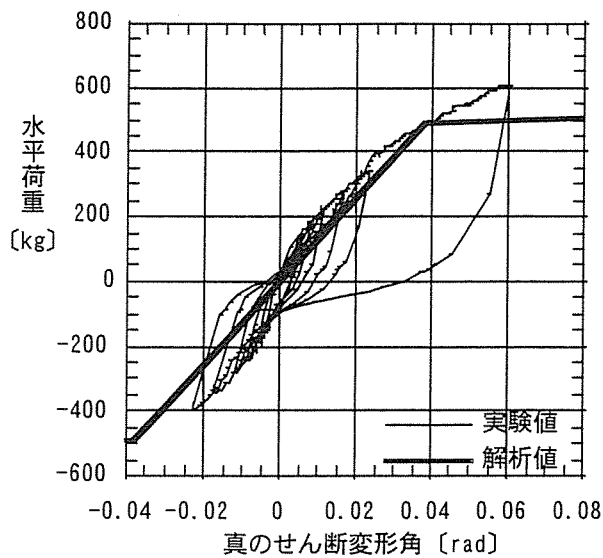


(e) γ_3 における実験値と解析値の比較

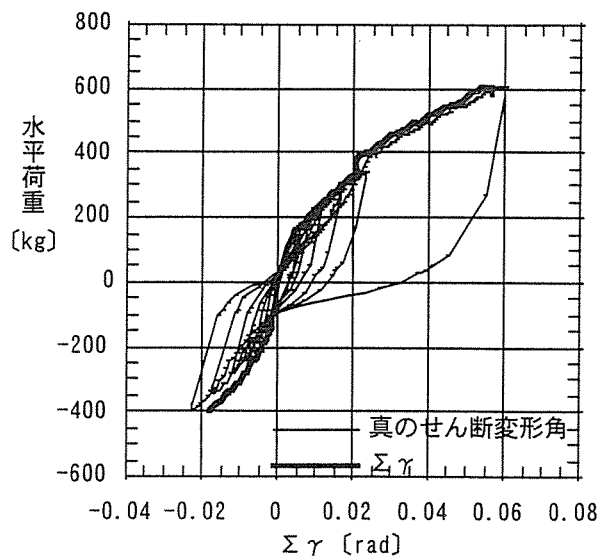


(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

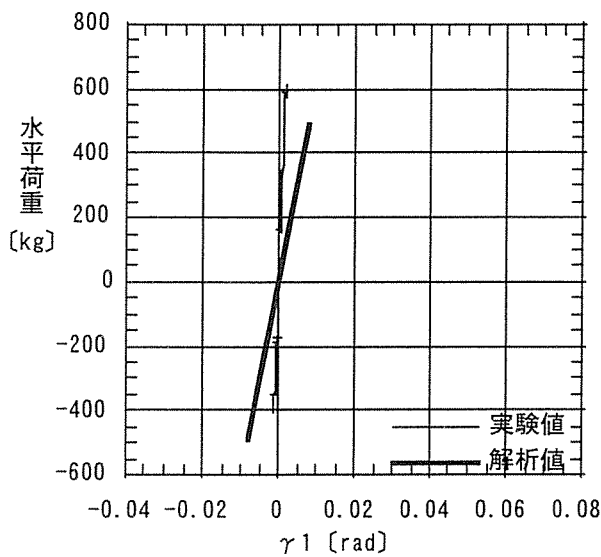
図6 各変位と荷重の関係 (転合455の場合)



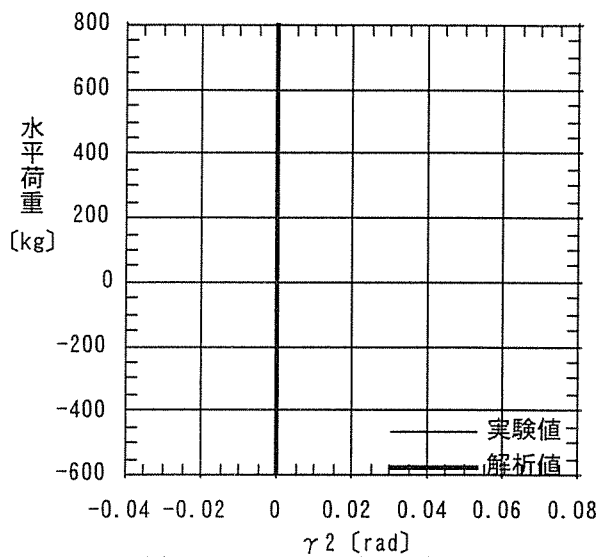
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



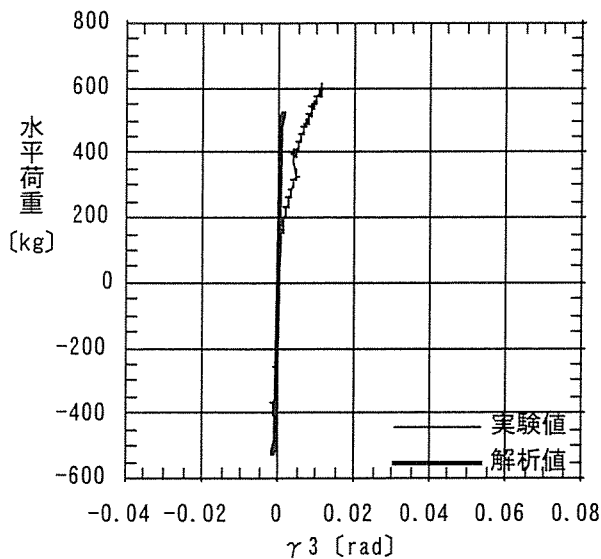
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



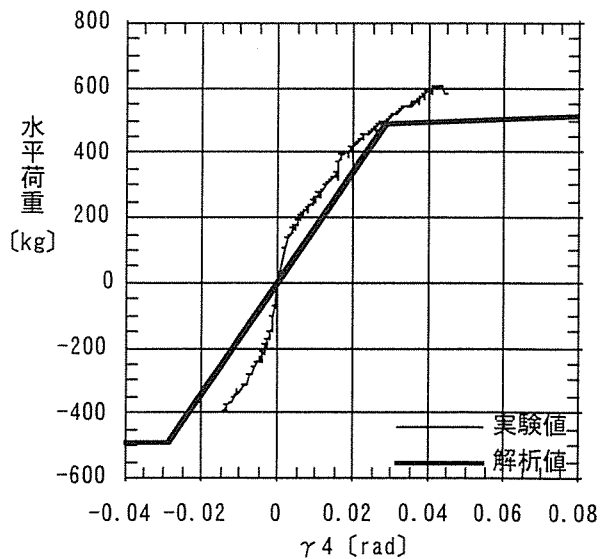
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較

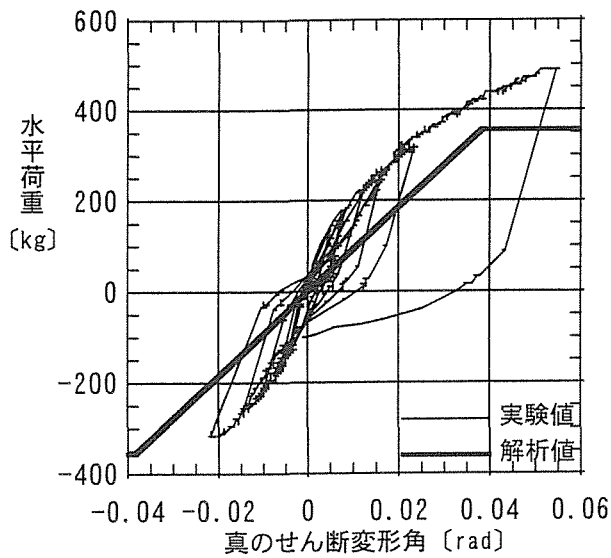


(e) γ_3 における実験値と解析値の比較

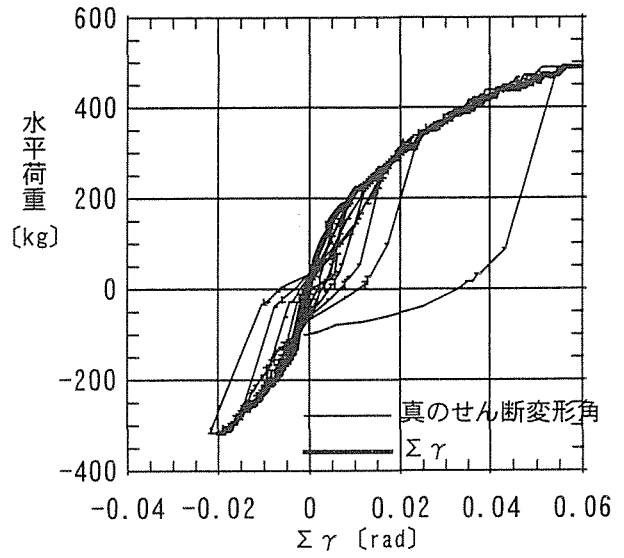


(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

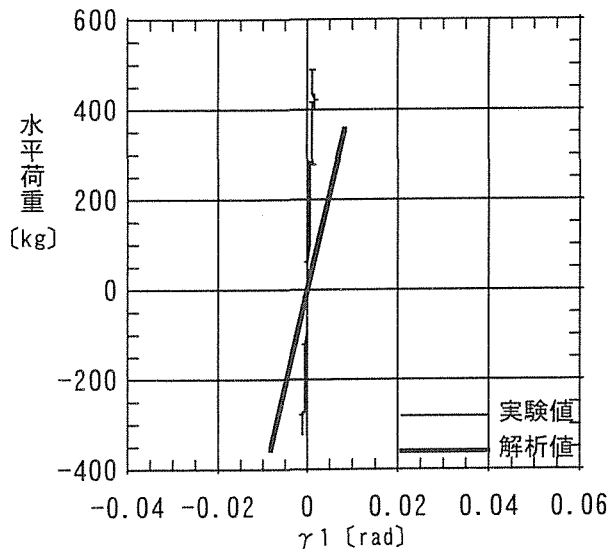
図7 各変位と荷重の関係 (転杉303の場合)



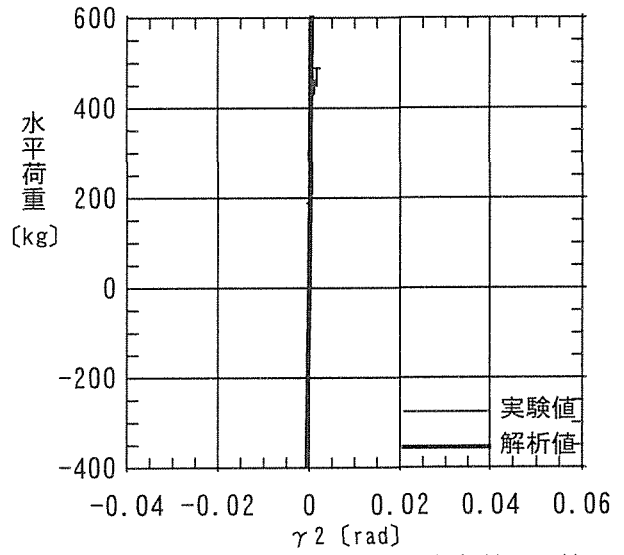
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



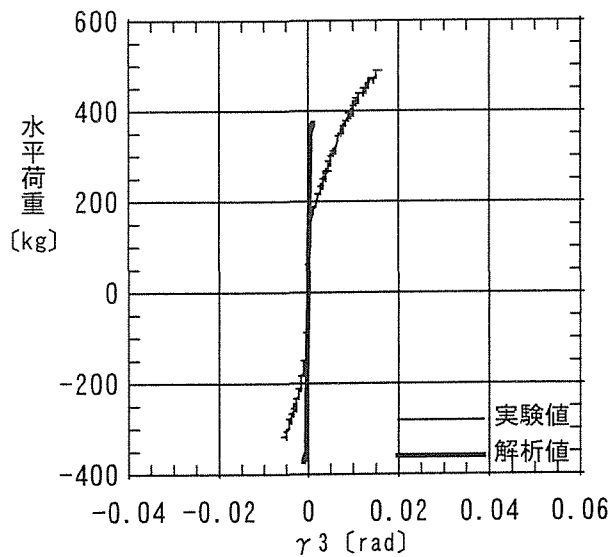
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



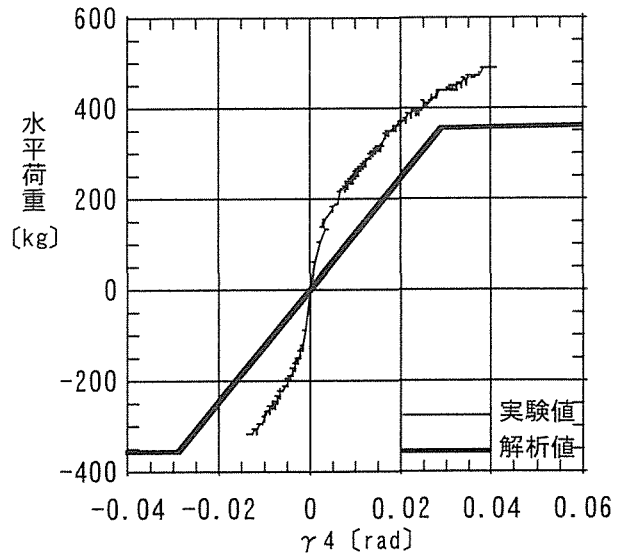
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較



(e) γ_3 における実験値と解析値の比較



(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

図8 各変位と荷重の関係 (転杉455の場合)

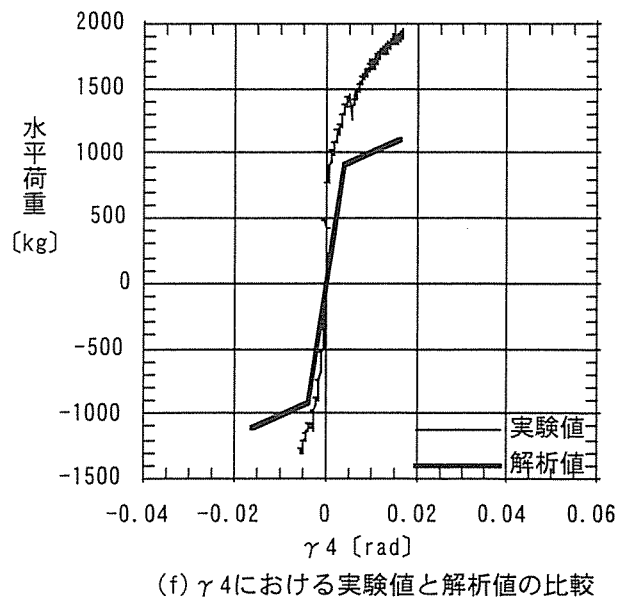
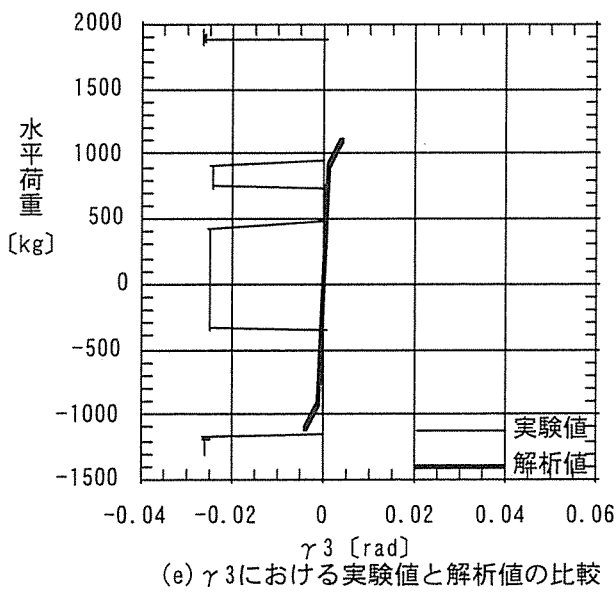
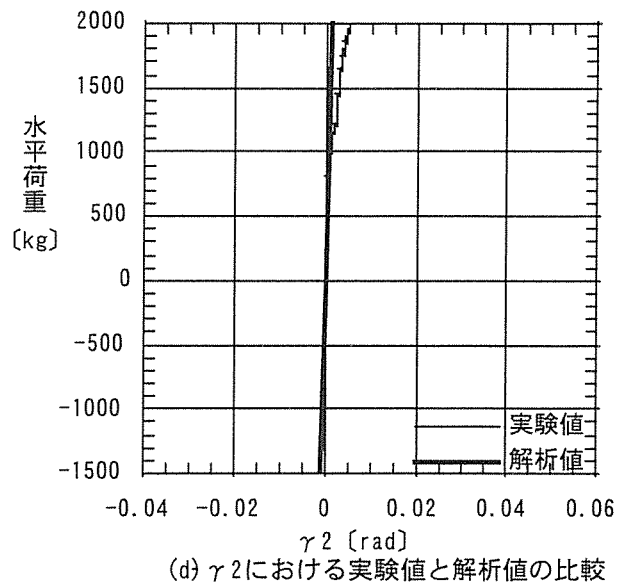
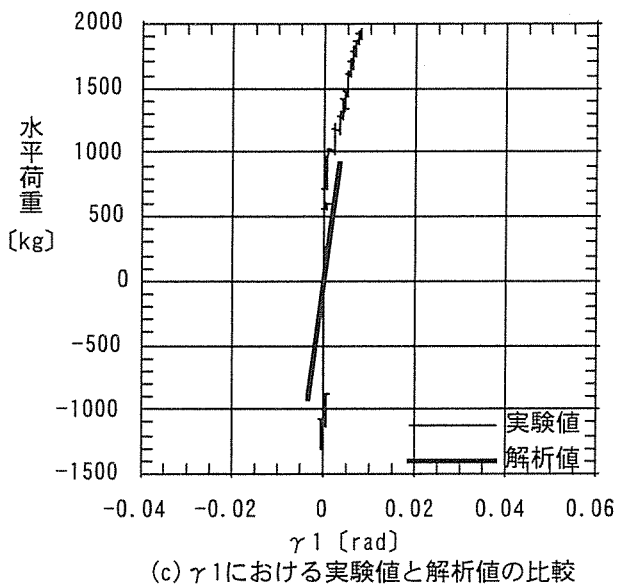
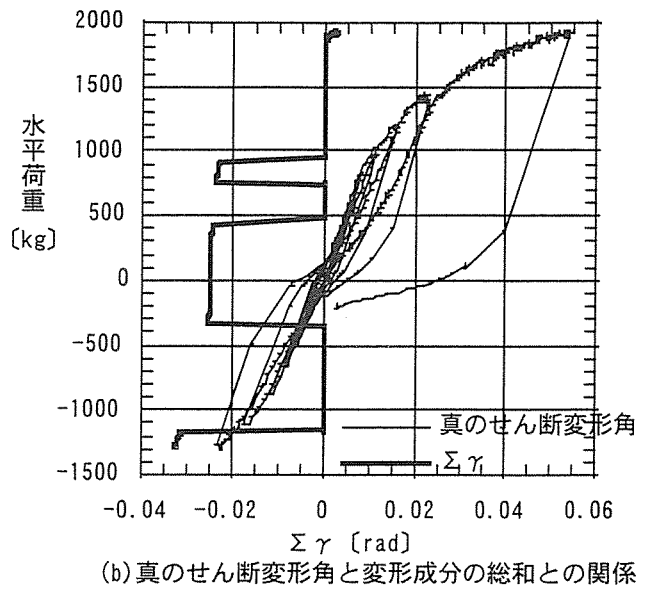
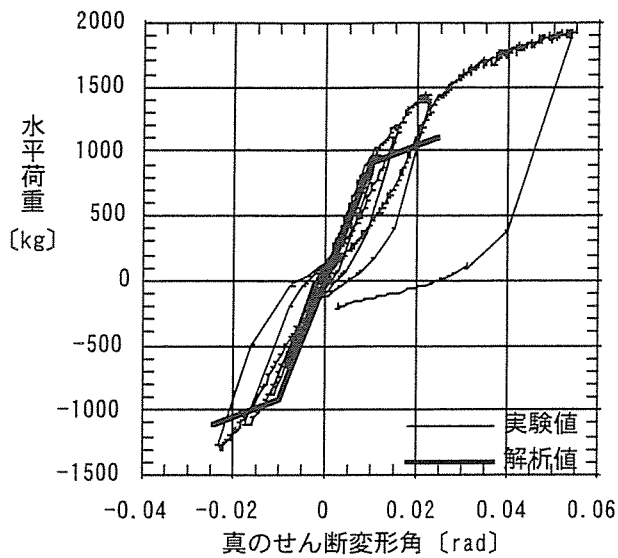


図9 各変位と荷重の関係 (半合303の場合)

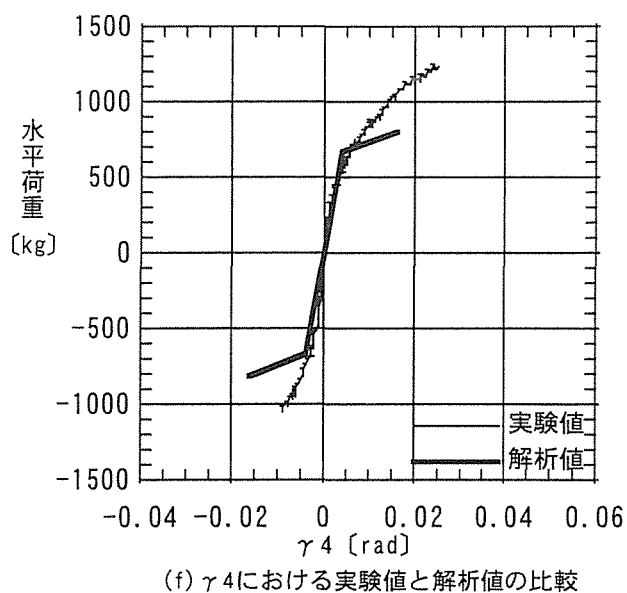
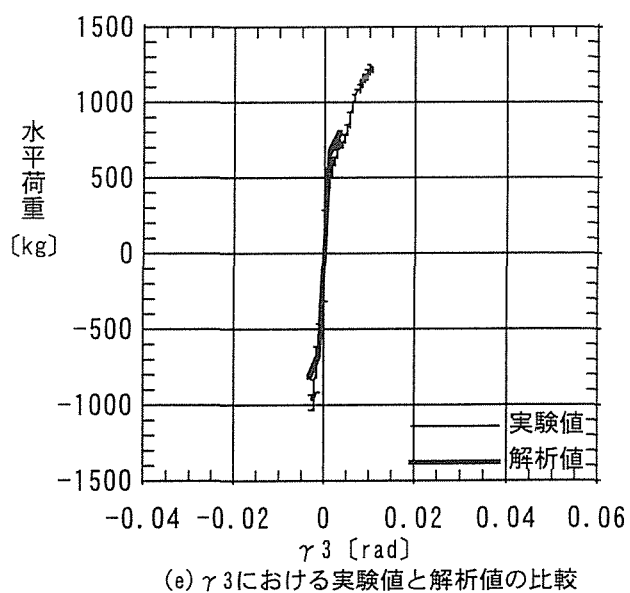
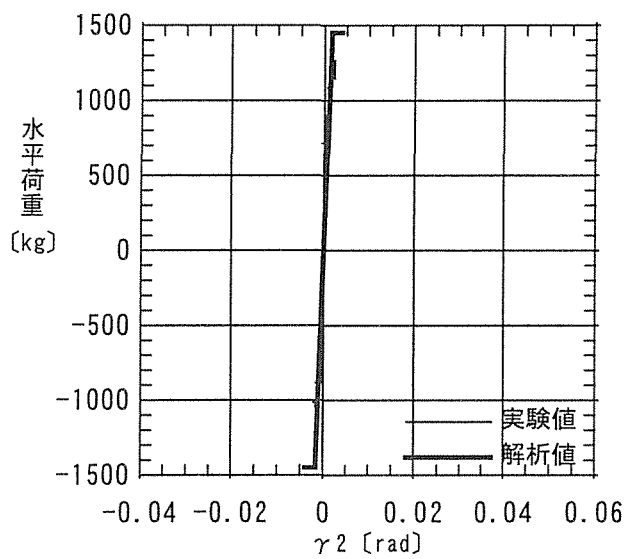
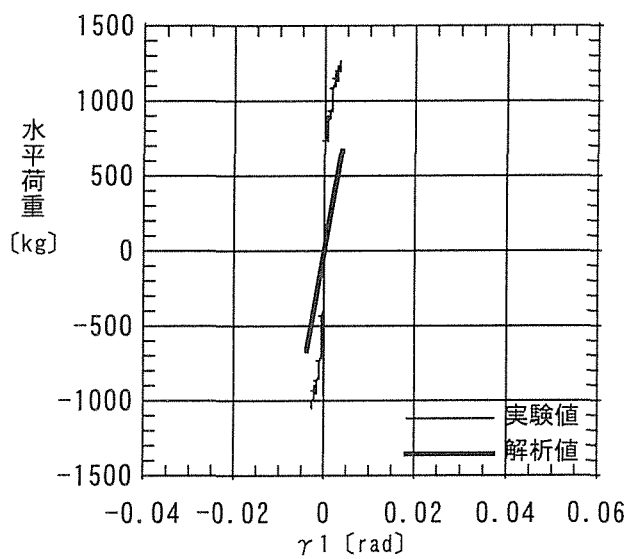
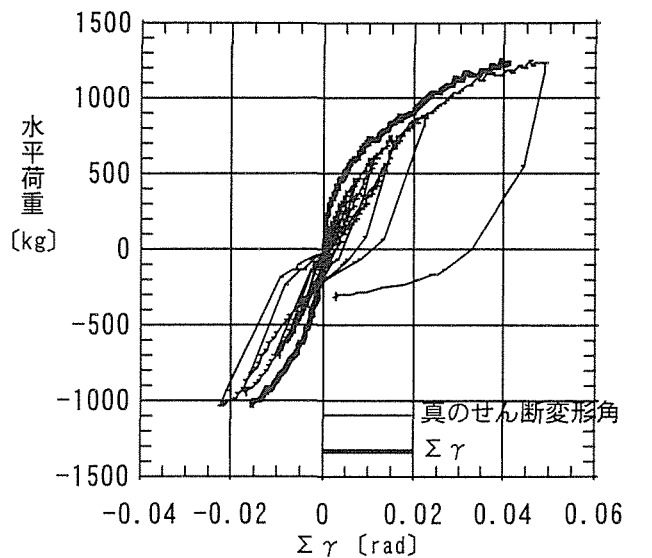
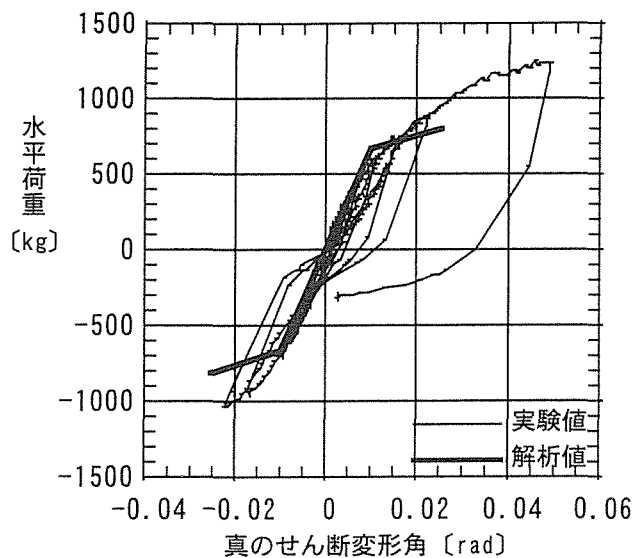


図10 各変位と荷重の関係 (半合455の場合)

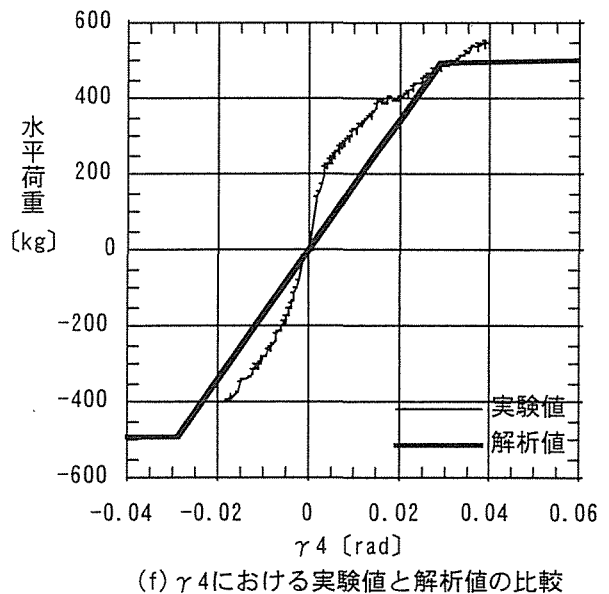
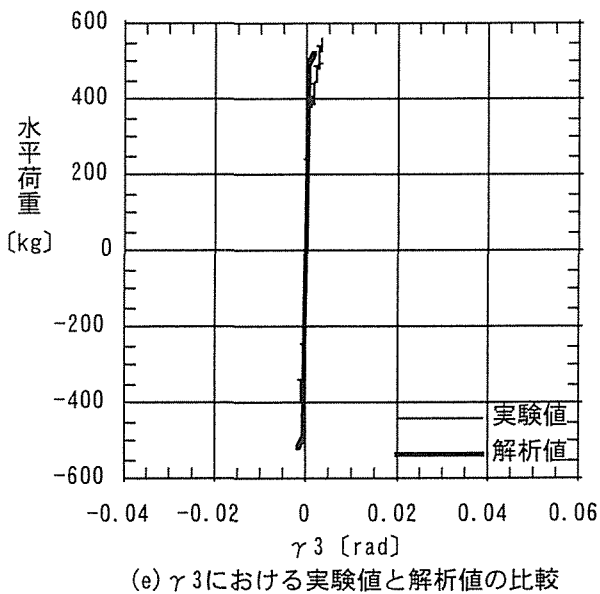
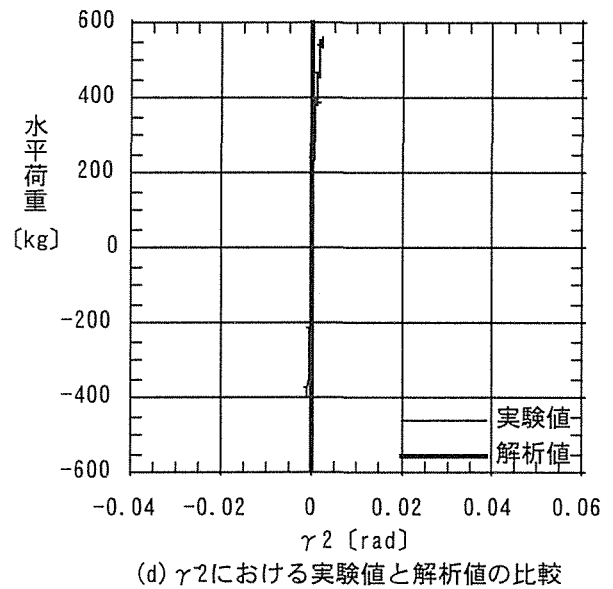
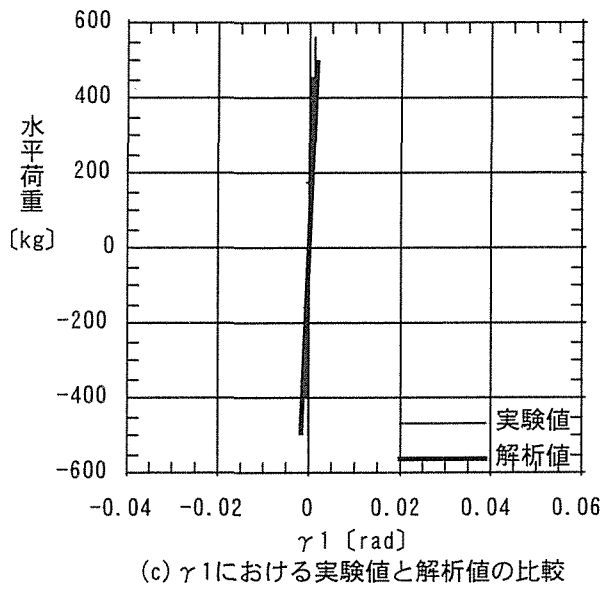
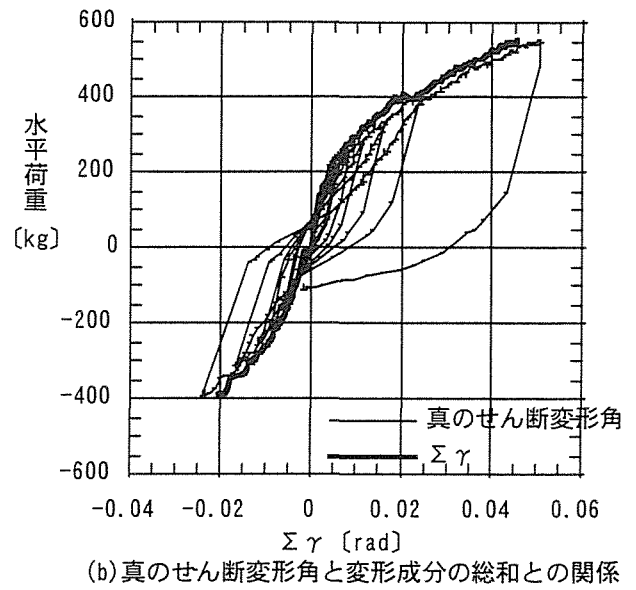
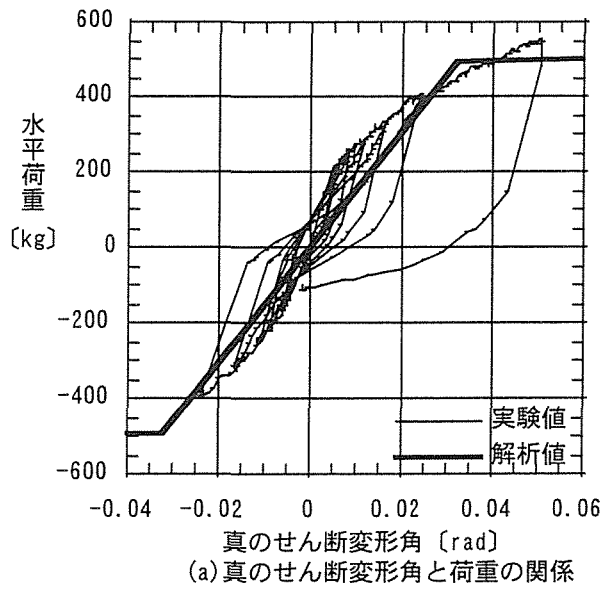
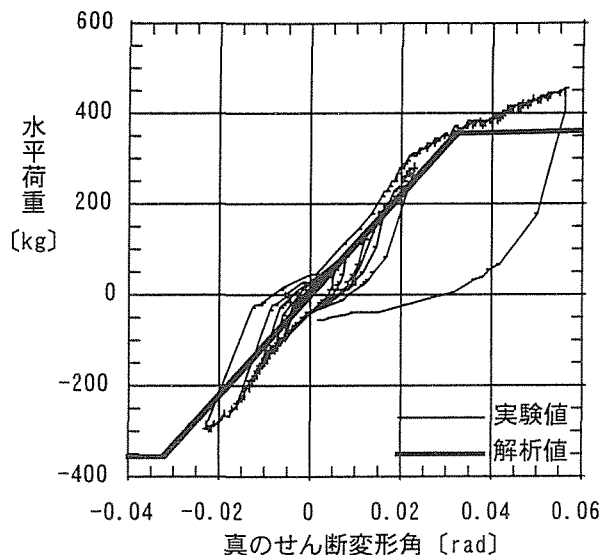
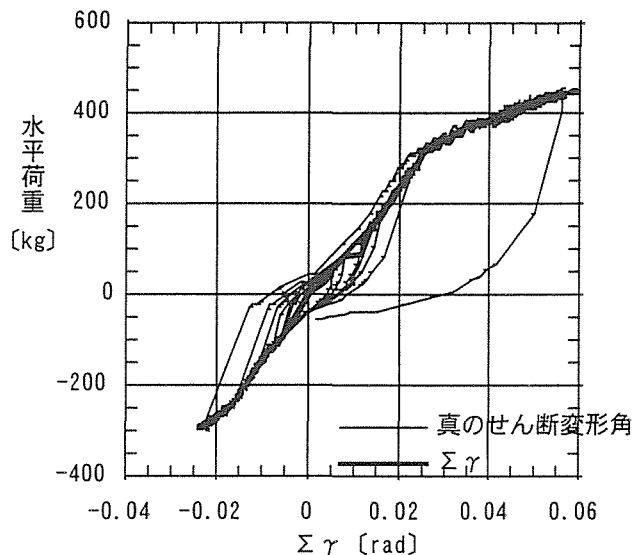


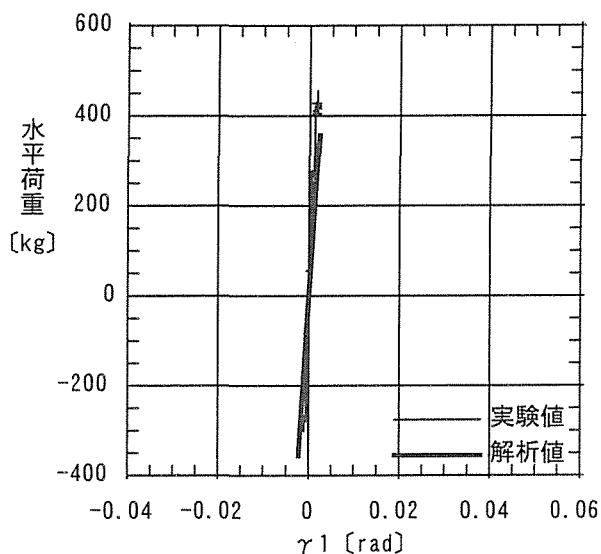
図11 各変位と荷重の関係 (半杉303の場合)



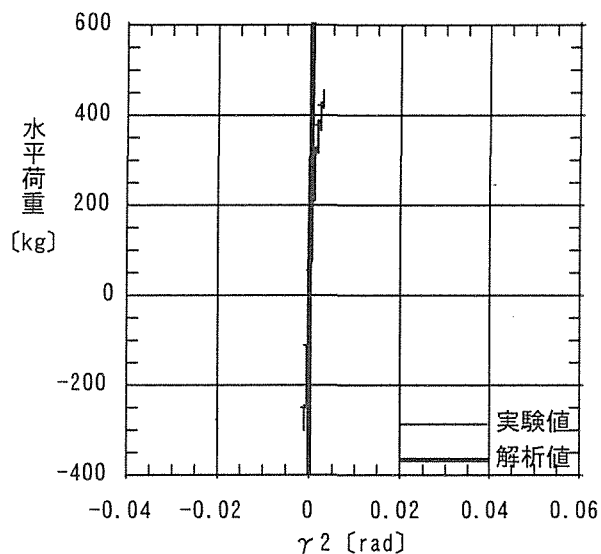
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



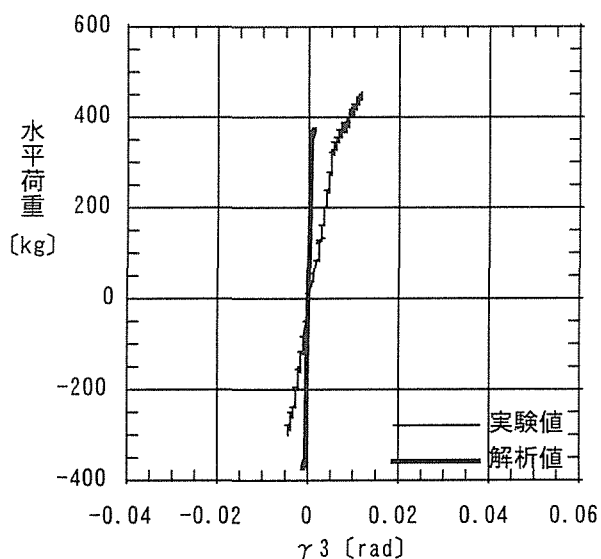
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



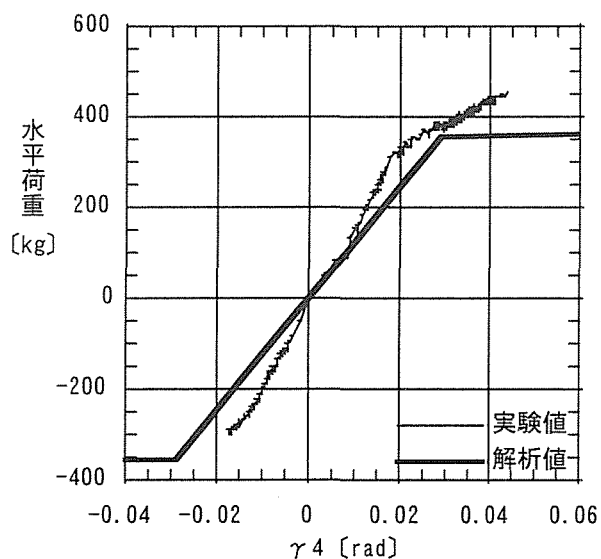
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較



(e) γ_3 における実験値と解析値の比較



(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

図12 各変位と荷重の関係 (半杉455の場合)

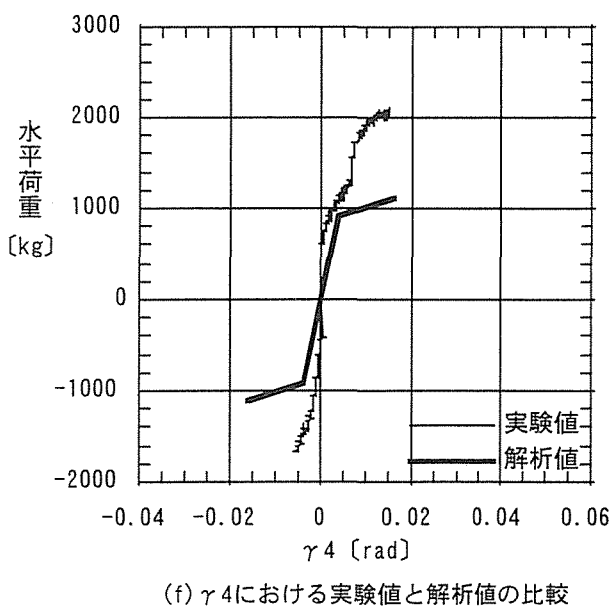
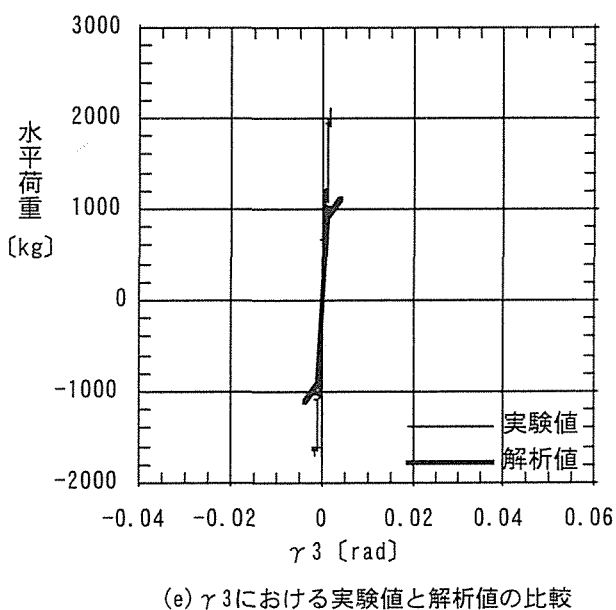
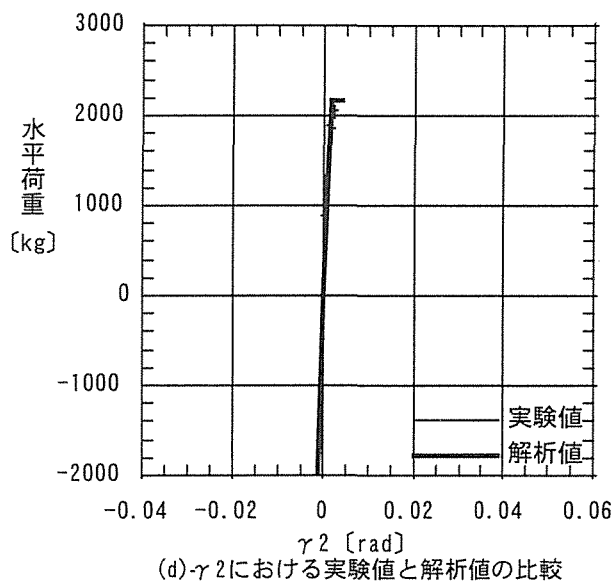
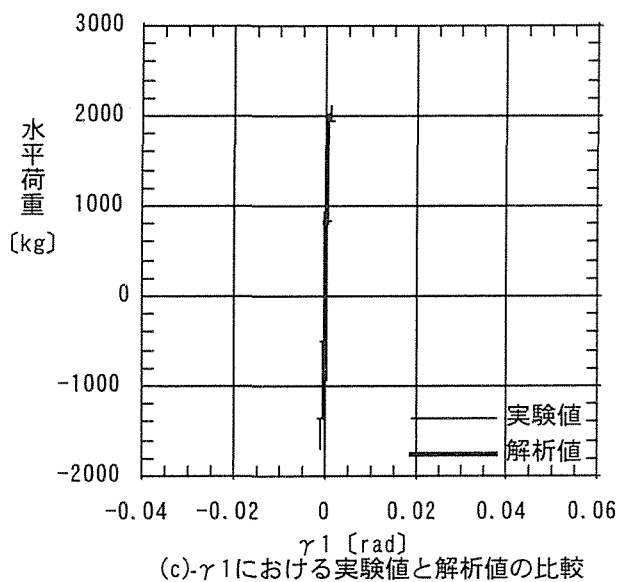
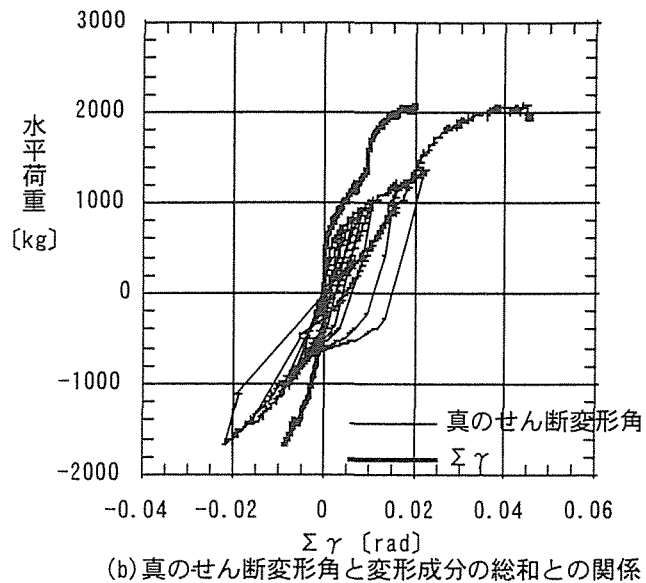
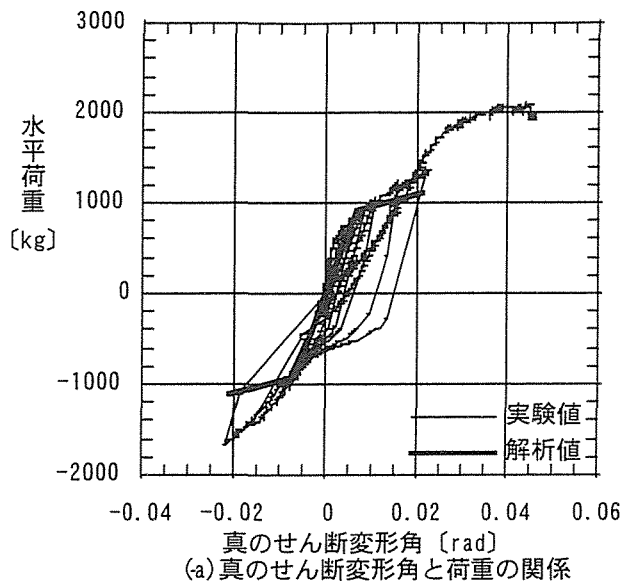
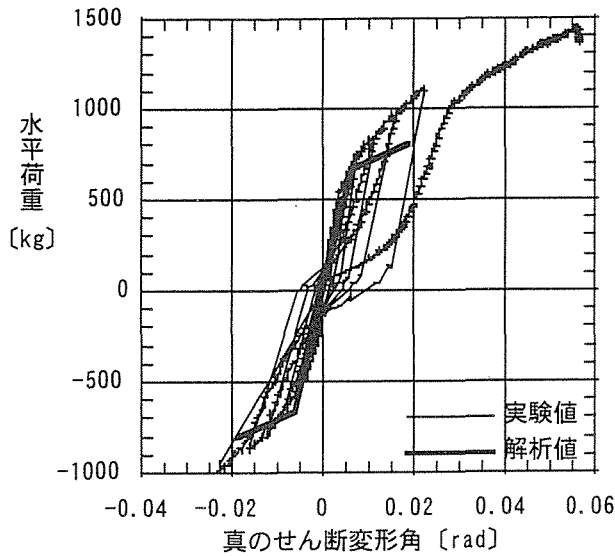
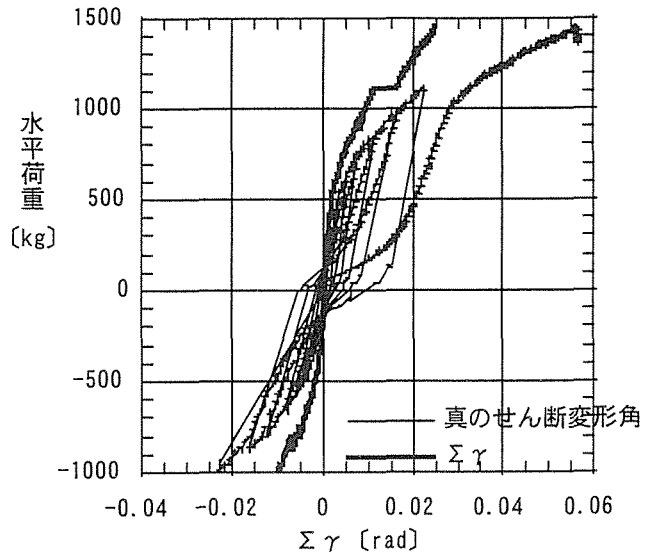


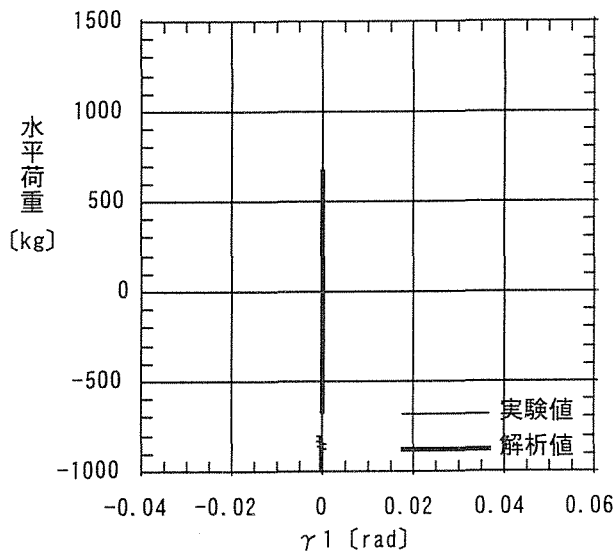
図13 各変位と荷重の関係 (落合303の場合)



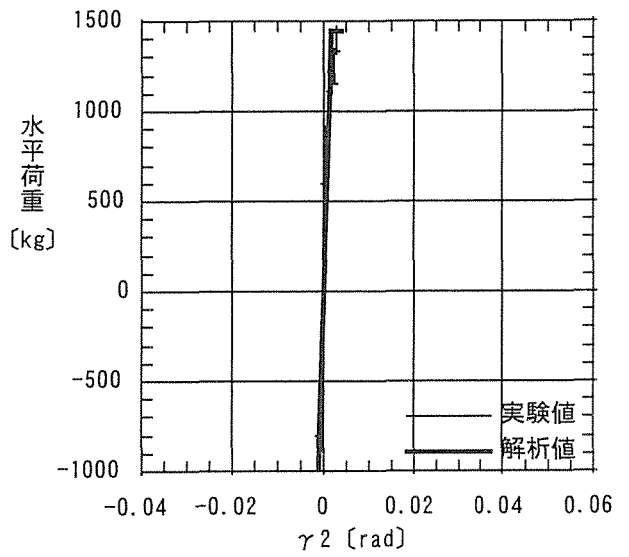
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



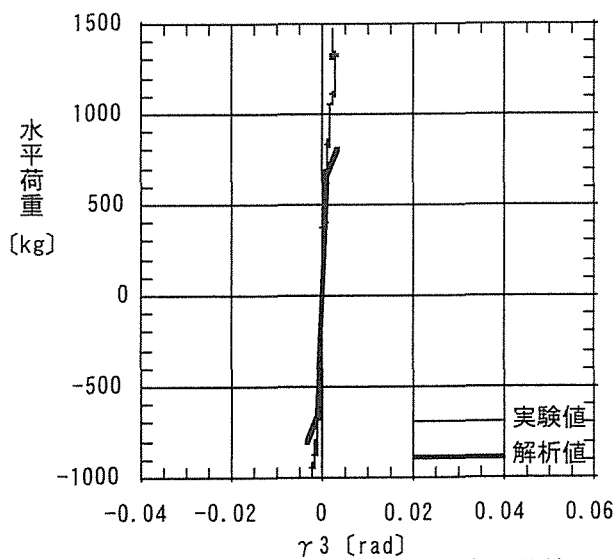
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



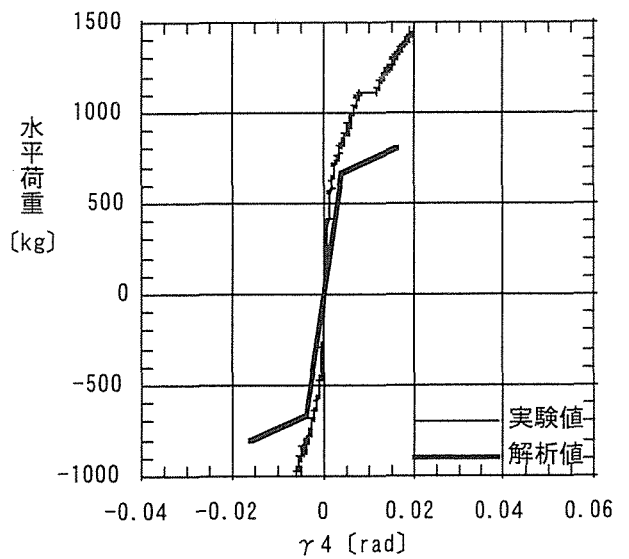
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較

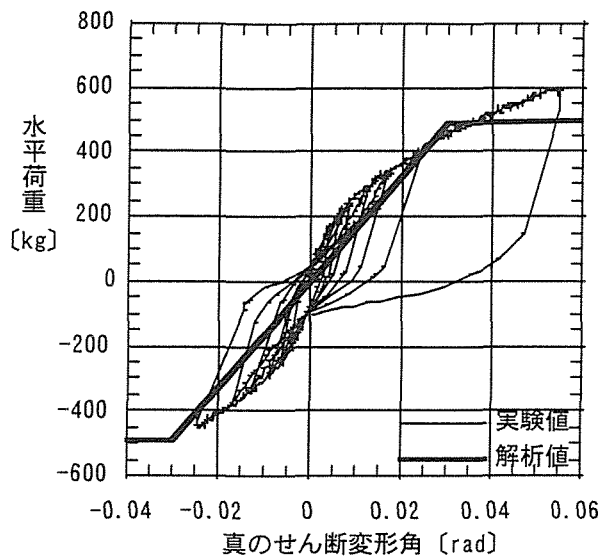


(e) γ_3 における実験値と解析値の比較

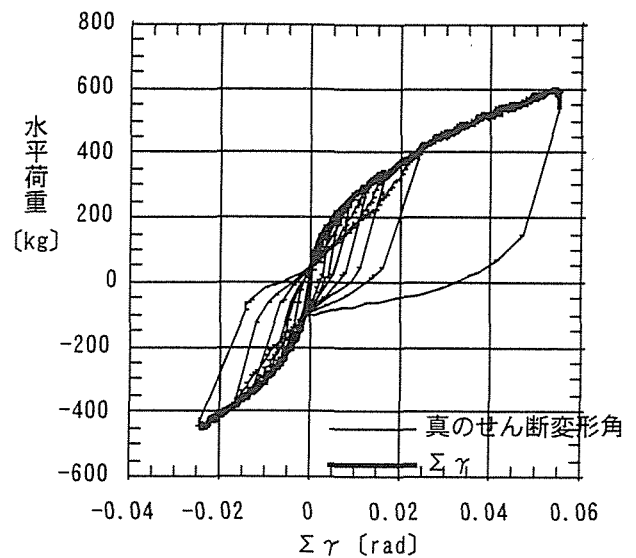


(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

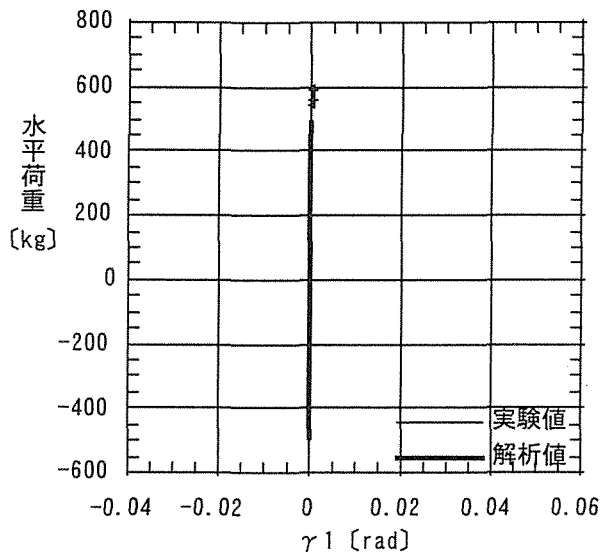
図14 各変位と荷重の関係 (落合455の場合)



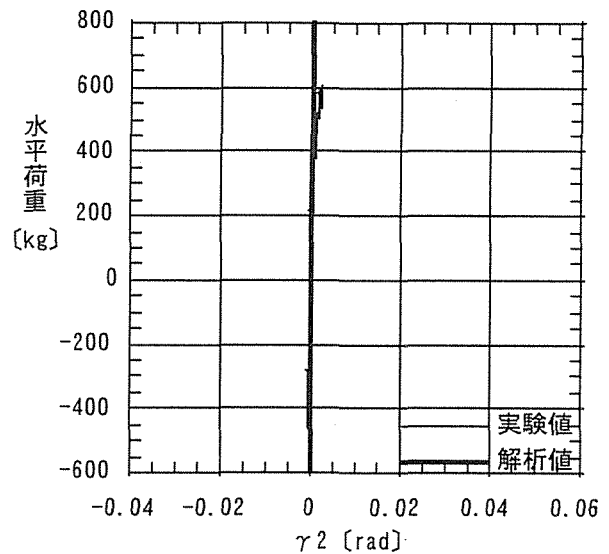
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



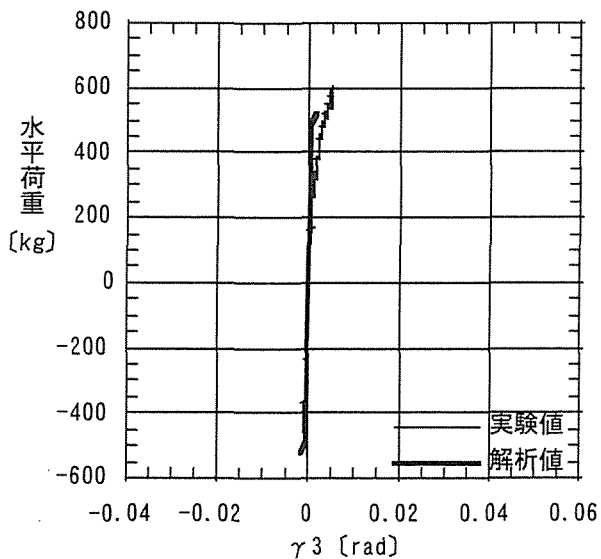
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



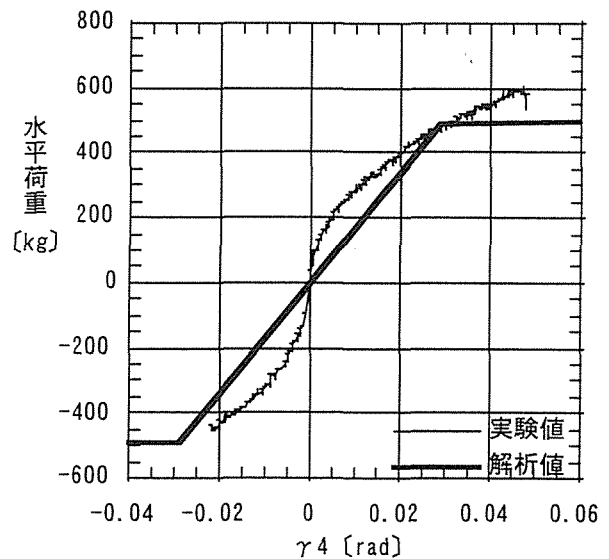
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較

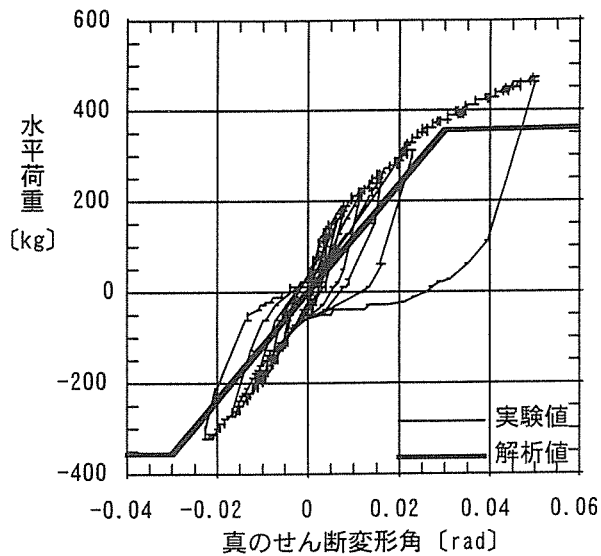


(e) γ_3 における実験値と解析値の比較

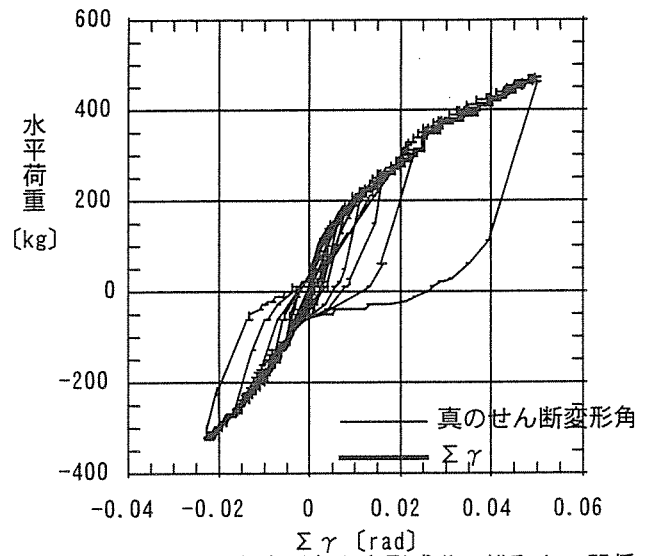


(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

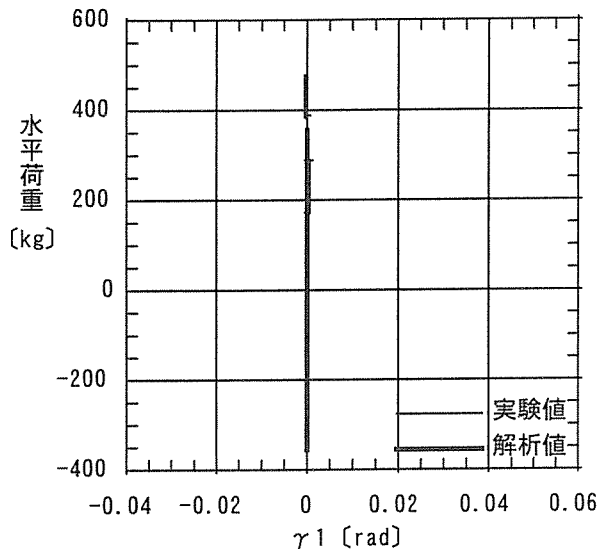
図15 各変位と荷重の関係 (落杉303の場合)



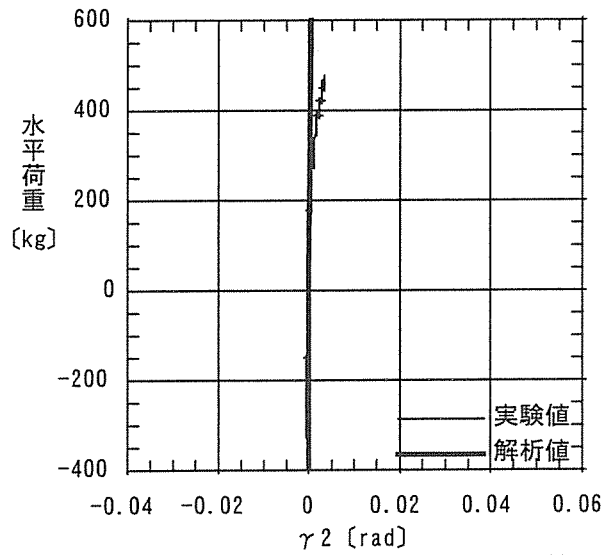
(a) 真のせん断変形角と荷重の関係



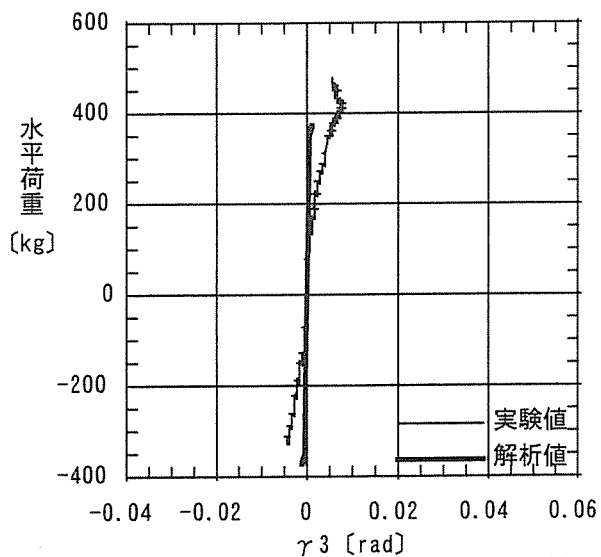
(b) 真のせん断変形角と変形成分の総和との関係



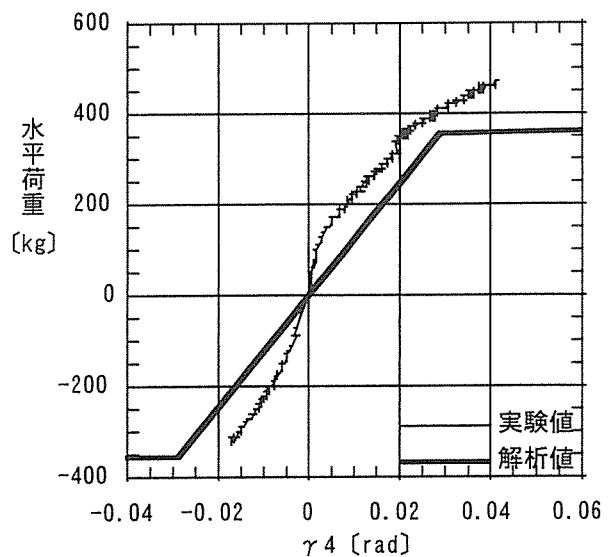
(c) γ_1 における実験値と解析値の比較



(d) γ_2 における実験値と解析値の比較



(e) γ_3 における実験値と解析値の比較



(f) γ_4 における実験値と解析値の比較

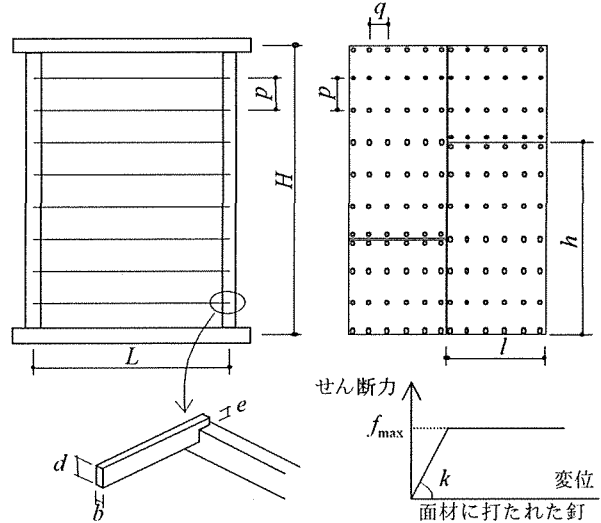
図16 各変位と荷重の関係(落杉455の場合)

付録 根太転びを伴う面材張り床面のせん断剛性と降伏耐力の略算法

対象とする水平構面の床面材の長辺を、下図のように根太と直交方向としたとき、水平構面の単位長さ(cm)あたりのせん断剛性 K_R ($N \cdot cm/cm$) と降伏耐力 P_y (N) は、次式で計算できる。

$$K_R = \frac{1}{\left(\frac{l \cdot h}{K_\theta} + \frac{p \cdot e^2}{G_w \cdot I_p} \right)} \quad (N \cdot cm/cm)$$

$$P_y = \min \left(\frac{P_v}{l \cdot h \sqrt{\frac{1}{Z_x^2} + \frac{1}{Z_y^2}}}, \frac{\Delta Q_j}{p} \right) \quad (N/cm)$$



l : 面材の短辺寸法 (cm)

q : 短辺方向の釘ピッチ (cm)

k : 面材釘のすべり剛性 (N/cm)

b : 根太 (垂木) の幅 (cm)

d : 根太 (垂木) のせい (cm)

G_B : 面材のせん断弾性係数 (N/cm^2)

$n_x = l \div q$: 面材短辺の釘本数 - 1

(\div 演算子は、除算の商を表す。)

h : 面材の長辺寸法 (cm)

p : 長辺方向の釘ピッチ = 根太ピッチ (cm)

P_v : 面材釘の仮想降伏点 (N)

ΔQ_j : 根太端部接合の降伏せん断耐力 (N)

e : ねじりモーメントを発生させるせい [転ばし寸法] (cm)

G_w : 根太 (垂木) のせん断弾性係数 (N/cm^2)

$n_y = h \div p$: 面材長辺の釘本数 - 1

$$I_x = \frac{1}{12} p^2 \cdot n_y (n_y + 2)(n_y + 1)(n_x + 1) : X \text{ 中立軸に対する面材の釘配列 2 次モーメント } (cm^2)$$

$$I_y = \frac{1}{12} q^2 \cdot n_x (n_x + 2)(n_x + 1)(n_y + 1) : Y \text{ 中立軸に対する面材の釘配列 2 次モーメント } (cm^2)$$

$$Z_x = \frac{2I_x}{p \cdot n_y} : X \text{ 中立軸に対する面材の釘配列係数 } (cm^2)$$

$$Z_y = \frac{2I_y}{q \cdot n_x} : Y \text{ 中立軸に対する面材の釘配列係数 } (cm^2)$$

$$\frac{1}{K_\theta} = \frac{I_x + I_y}{I_x \cdot I_y \cdot k} + \frac{1}{G_B \cdot l \cdot h \cdot t} \quad K_\theta : \text{面材 1 枚あたりの回転剛性 } (N \cdot cm^2)$$

$$I_p = \frac{b^3 \cdot d}{5} : \text{根太断面のサンブナンねじり定数 } (cm^4)$$

(1) 略算式の誘導

①面材部分の剛性と降伏モーメント

単位面材のモーメントと変形角の関係から、

$$\frac{1}{K_{\theta \text{面材}}} = \frac{I_x + I_y}{I_x \cdot I_y \cdot k} + \frac{1}{G_B \cdot l \cdot h \cdot t}$$
$$M_{y \text{面材}} = \frac{P_y}{\sqrt{\frac{1}{Z_x^2} + \frac{1}{Z_y^2}}}$$

前頁図の水平構面全体での $M-R$ 関係にするには、 $K_{\theta \text{面材}}$ 、 $M_{y \text{面材}}$ に $\frac{L \cdot H}{l \cdot h}$ を乗ずればよい。

②次に転ばし根太部分の剛性を考える。

前頁図の根太と直交方向にかかるせん断力を Q としたとき、根太 1 本あたりのせん断力は、

$$\Delta Q = \frac{Q \cdot p}{H}$$

ねじりモーメントを発生させるせい（梁上端から根太上端まで）を e とすると根太のトルクは

$$T_r = e \cdot \Delta Q = \frac{Q \cdot p \cdot e}{H}$$

このとき、根太の左端から右端までに生じるねじり角 ϕ は、根太の断面 2 次極モーメントを I_p 、根太のせん断弾性係数を G_w とすると、

$$\phi = \frac{T_r \cdot L}{G_w \cdot I_p} = \frac{Q \cdot L \cdot p \cdot e}{G_w \cdot I_p \cdot H}$$

これより、水平構面に生じる変形角 R_2 は、

$$R_2 = \frac{\phi \cdot e}{L} = \frac{Q \cdot p \cdot e^2}{G_w \cdot I_p \cdot H}$$

水平構面全体での $M-R$ 関係とするには、 $M=Q \cdot L$ より

$$\frac{1}{K_{\theta \text{根太}}} = \frac{R_2}{M} = \frac{R_2}{Q \cdot L} = \frac{p \cdot e^2}{G_w \cdot I_p \cdot L \cdot H}$$

③根太端部と梁の接合で決まる降伏モーメント

根太 1 本あたりの端部の接合部の降伏せん断耐力を ΔQ_j とすると、水平構面全体での降伏モーメント $M_{y \text{根太}}$ は次のようになる。

$$M_{y \text{根太}} = \frac{\Delta Q_j \cdot L \cdot H}{p}$$

④単位長さあたりのせん断剛性と降伏耐力

以上より、水平構面全体での $M-R$ 関係は、次のようになる。

$$\text{回転剛性} = \frac{1}{\left(\frac{l \cdot h}{L \cdot H \cdot K_{\theta \text{面材}}} + \frac{1}{K_{\theta \text{根太}}} \right)}$$

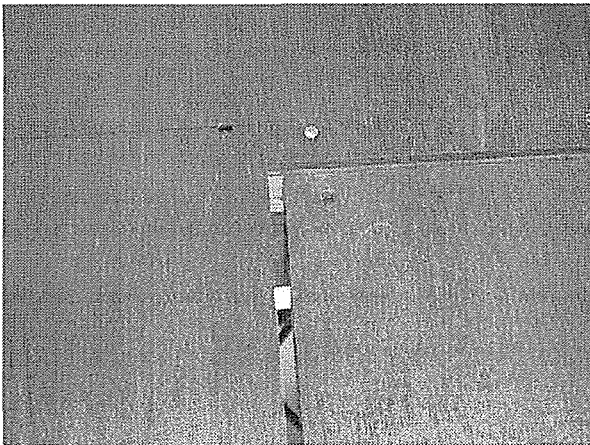
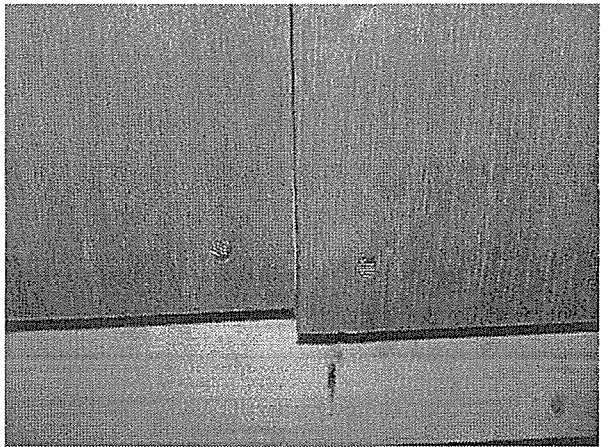
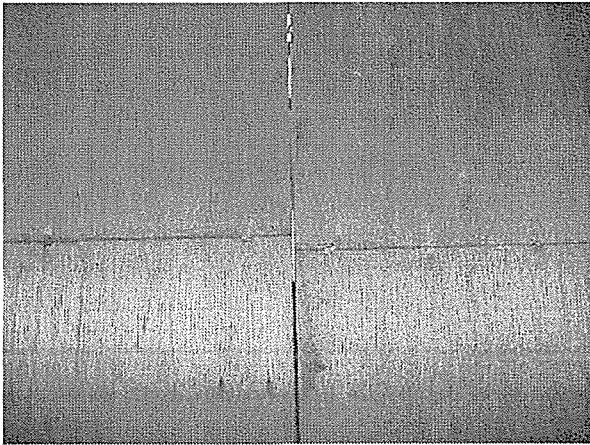
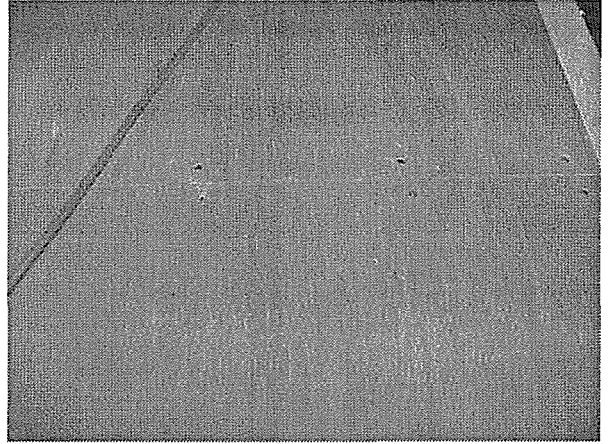
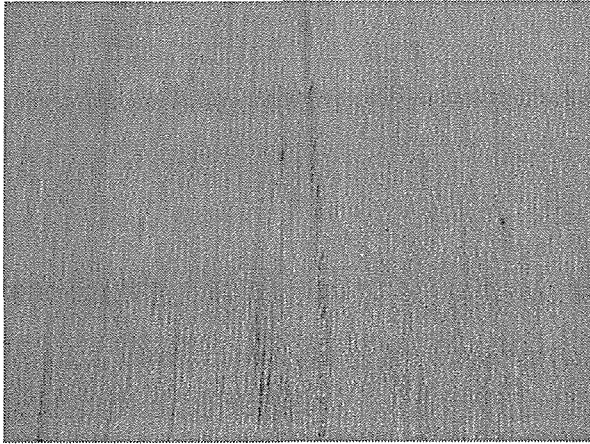
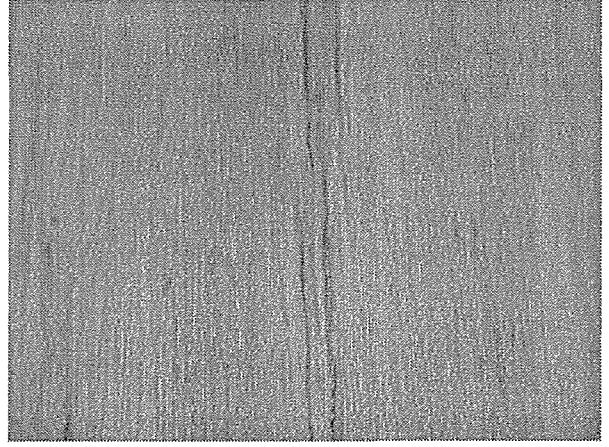
$$\text{降伏モーメント} = \min \left(\frac{L \cdot H}{l \cdot h} \cdot M_{y \text{面材}}, M_{y \text{根太}} \right)$$

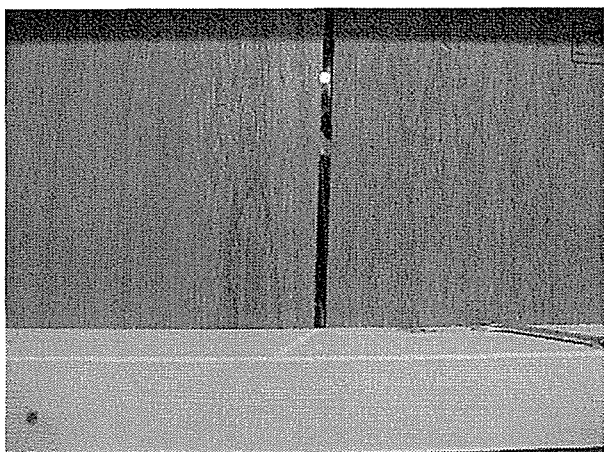
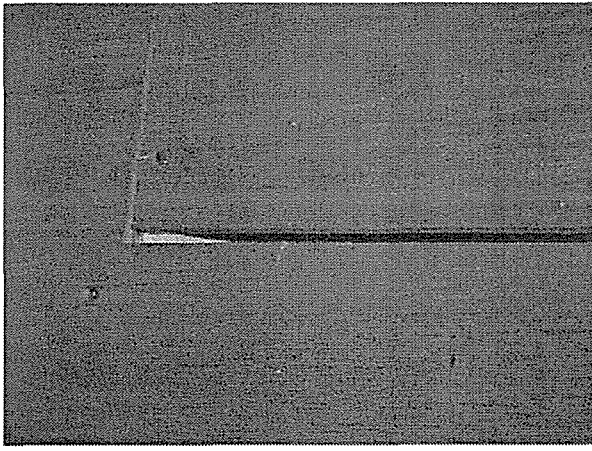
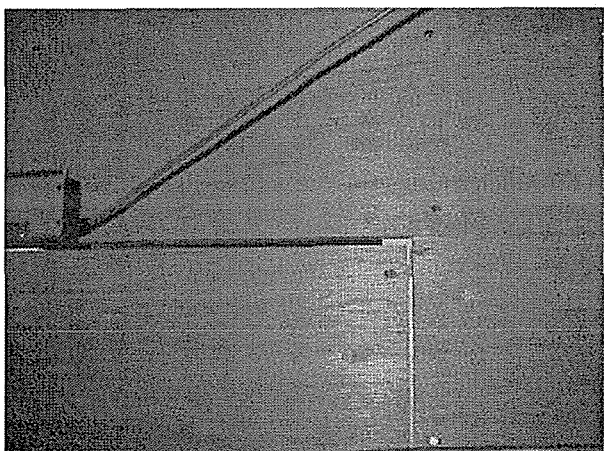
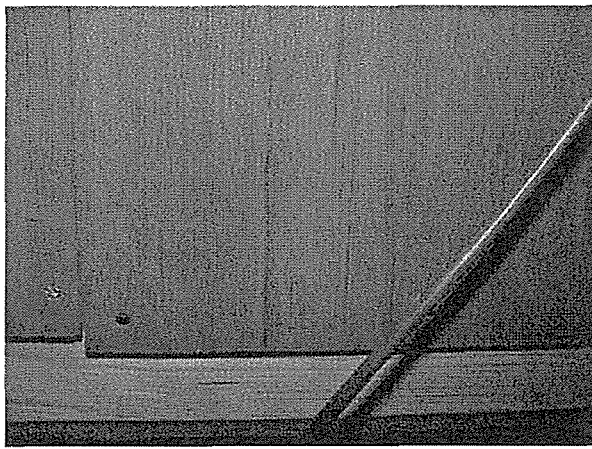
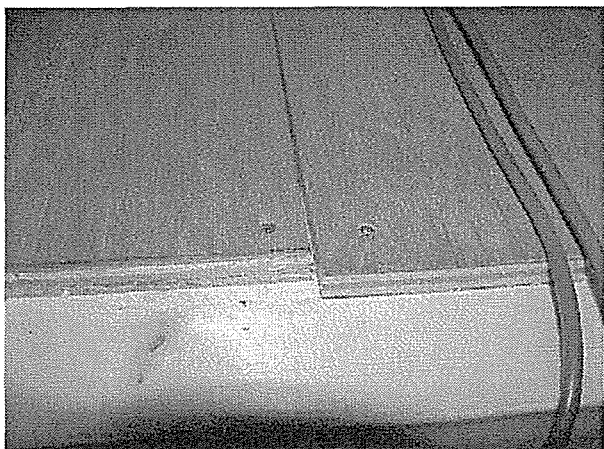
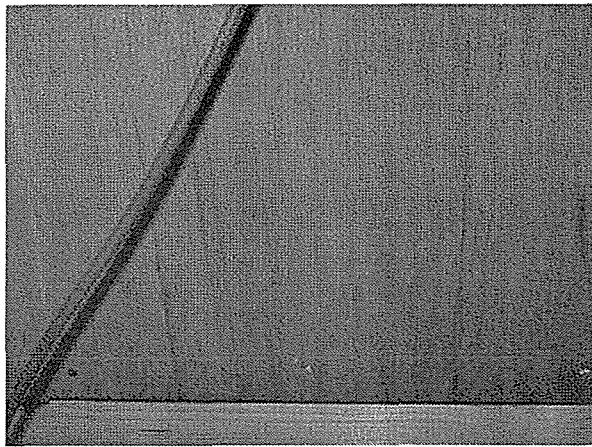
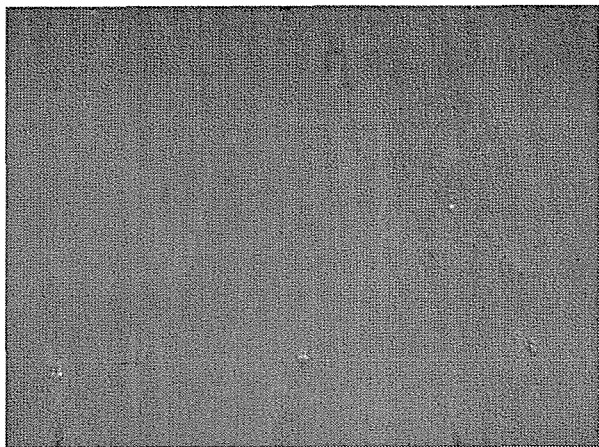
これを M ではなく、単位長さあたりのせん断力 P と R の関係にするには、 $P = \frac{M}{L \cdot H}$ より、

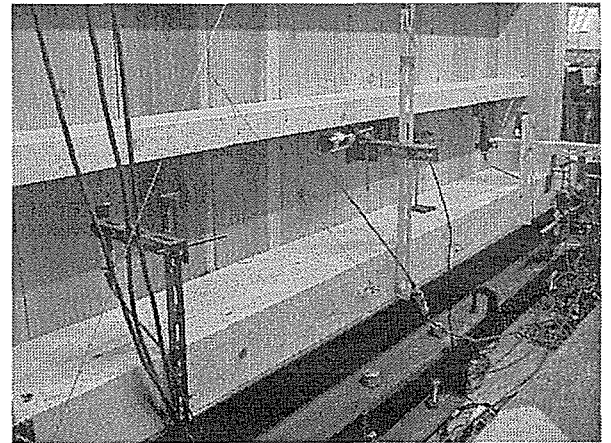
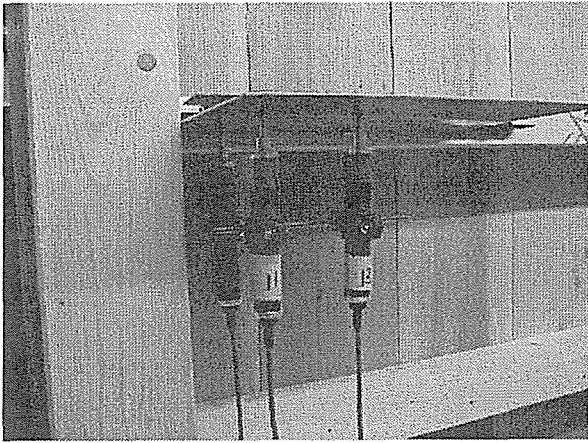
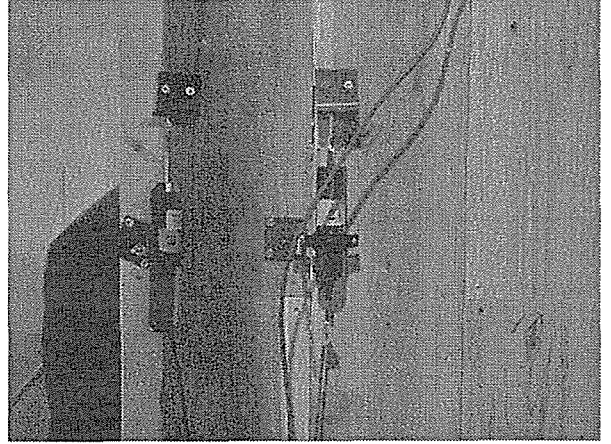
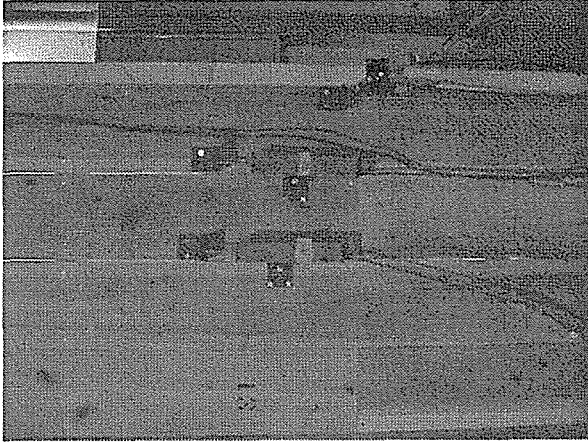
単位長さあたりのせん断剛性 K_R と降伏耐力 P_y は、

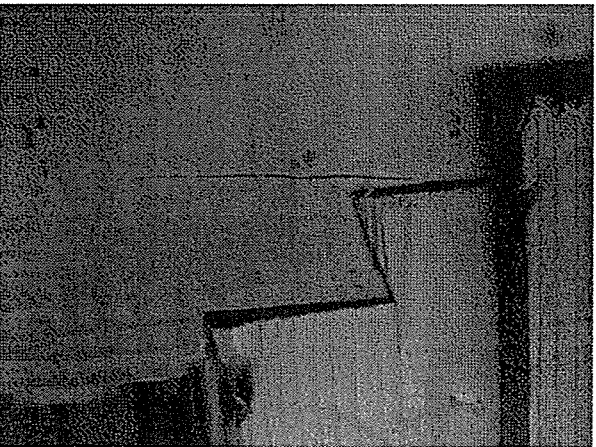
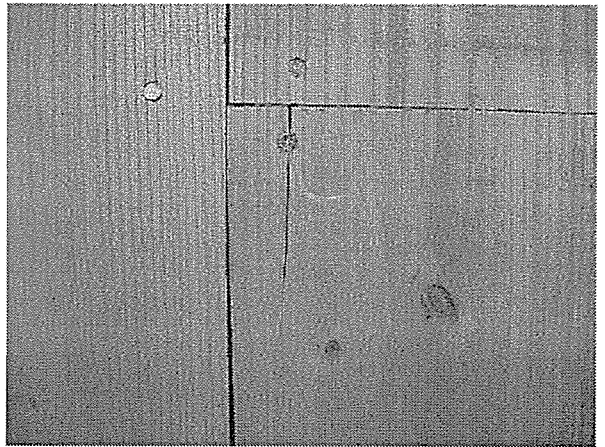
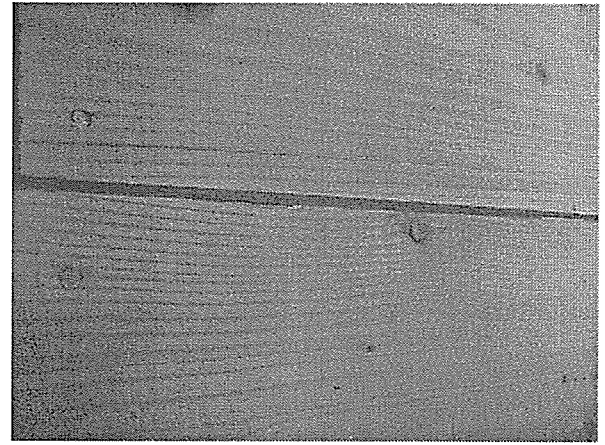
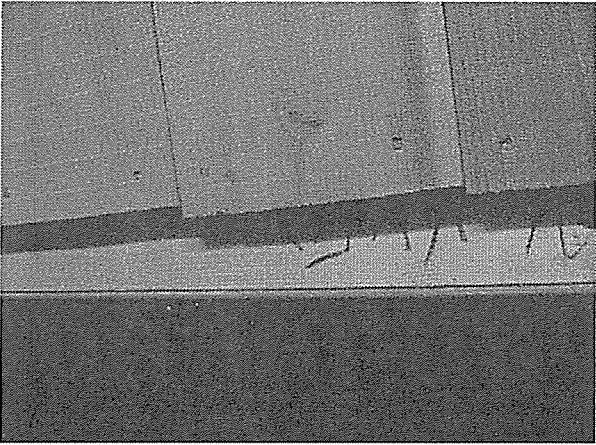
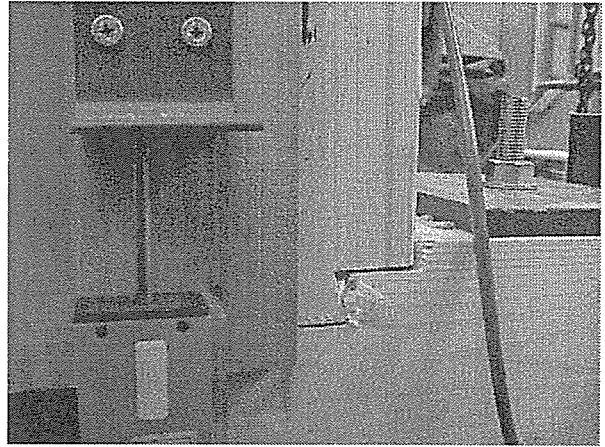
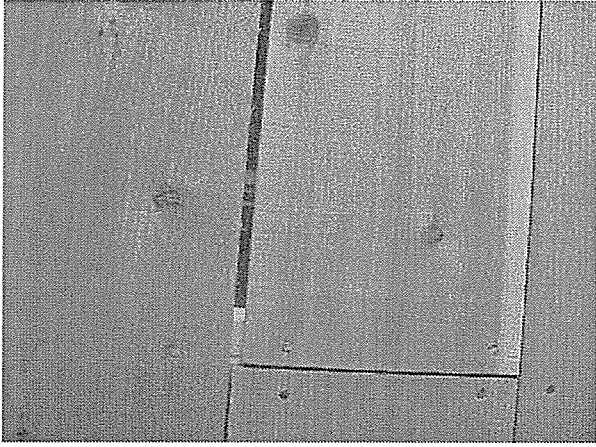
$$\therefore K_R = \frac{\text{回転剛性}}{L \cdot H} = \frac{1}{\left(\frac{l \cdot h}{K_{\theta}} + \frac{p \cdot e^2}{G_w \cdot I_p} \right)}$$

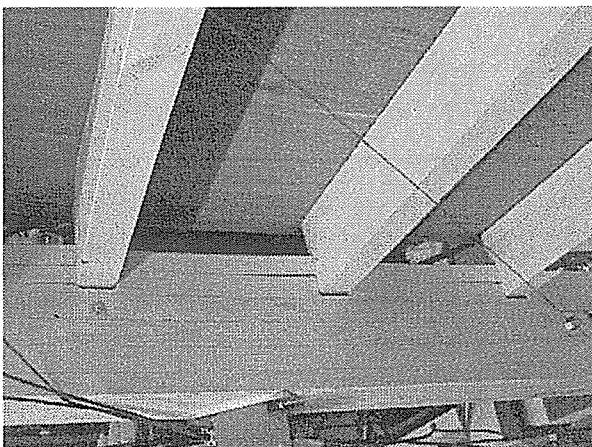
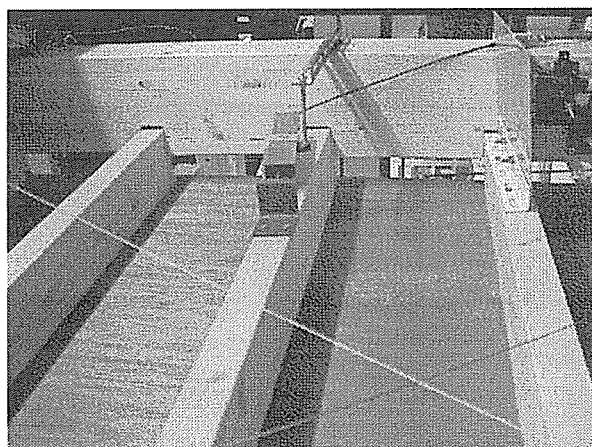
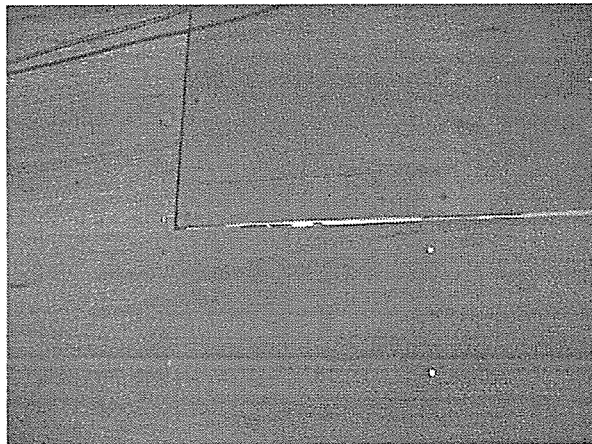
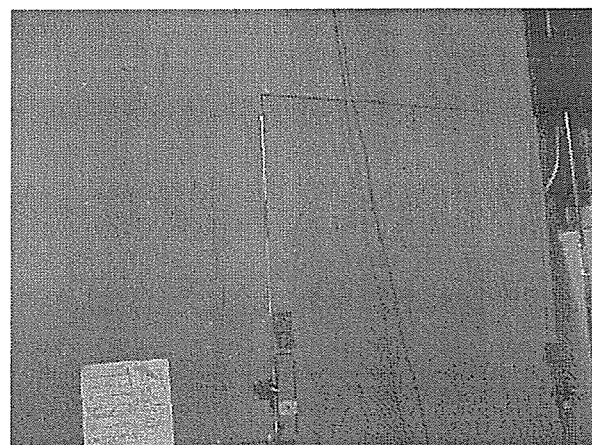
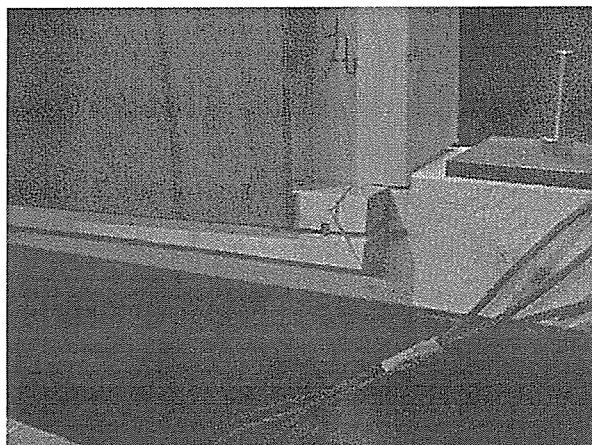
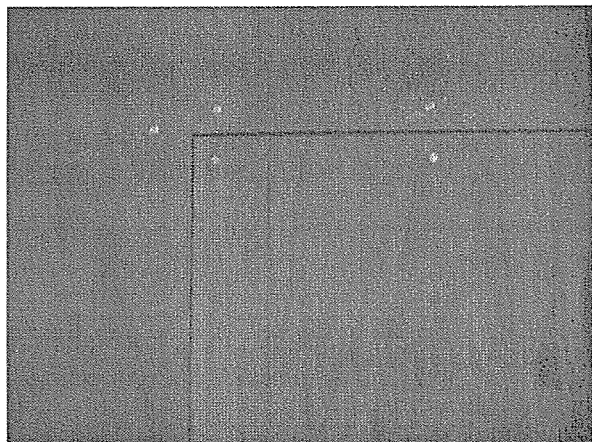
$$\therefore P_y = \frac{\text{降伏モーメント}}{L \cdot H} = \min \left(\frac{P_y}{l \cdot h \sqrt{\frac{1}{Z_x^2} + \frac{1}{Z_y^2}}}, \frac{\Delta Q_j}{p} \right)$$



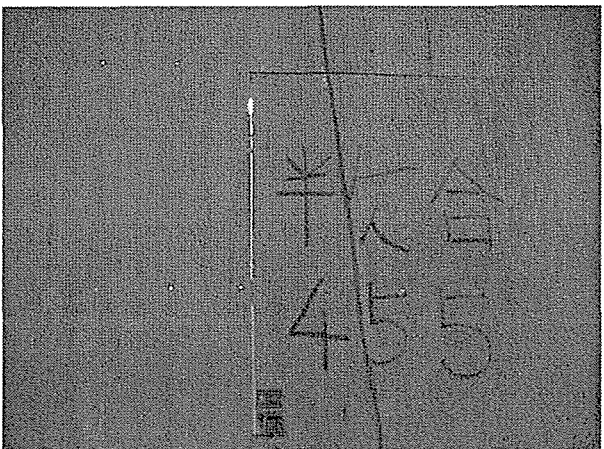
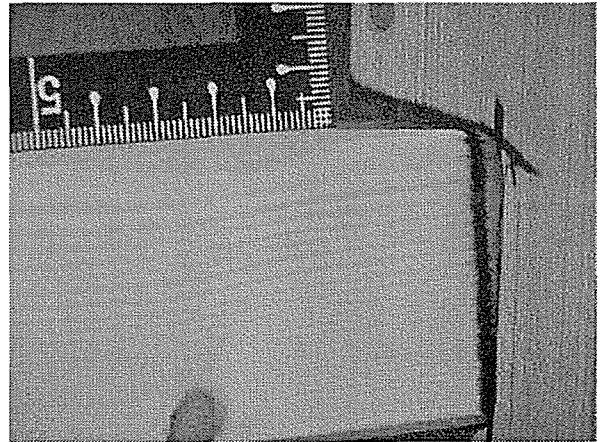
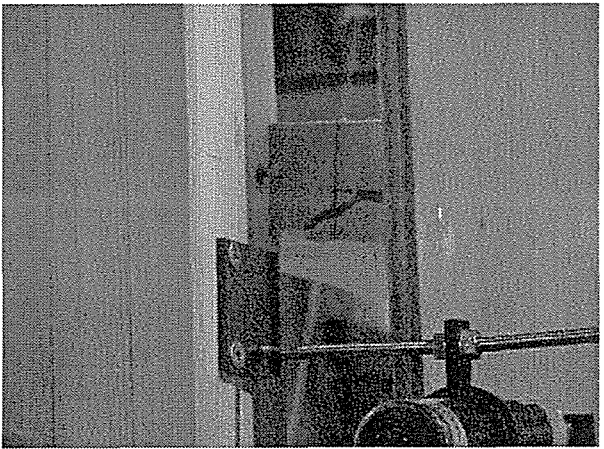
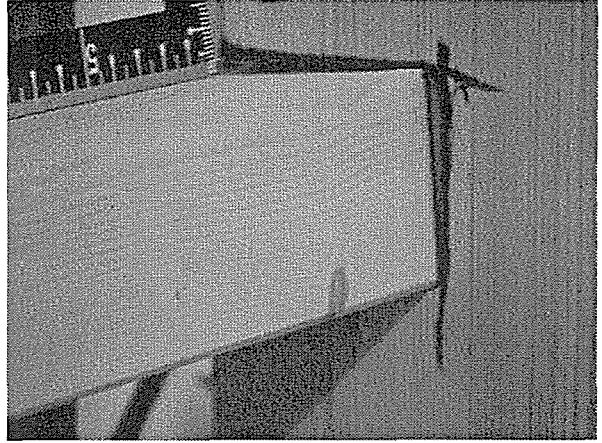
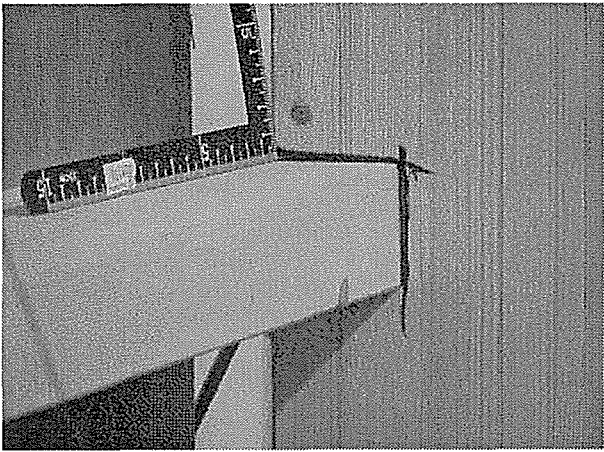
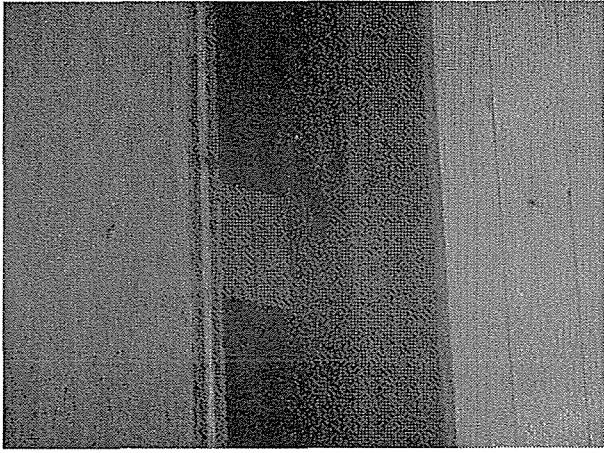


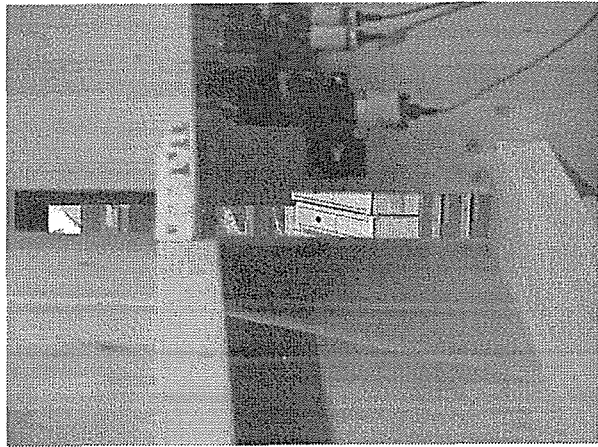
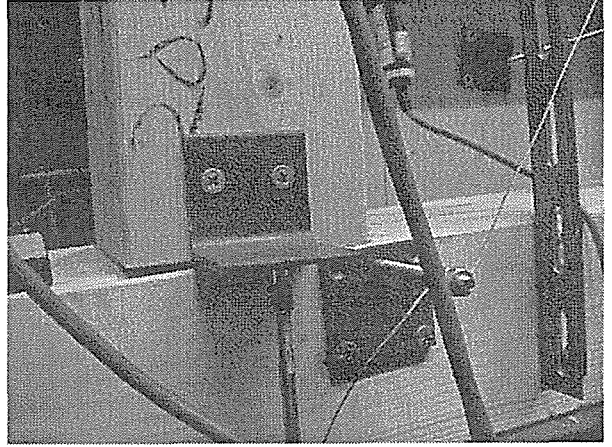
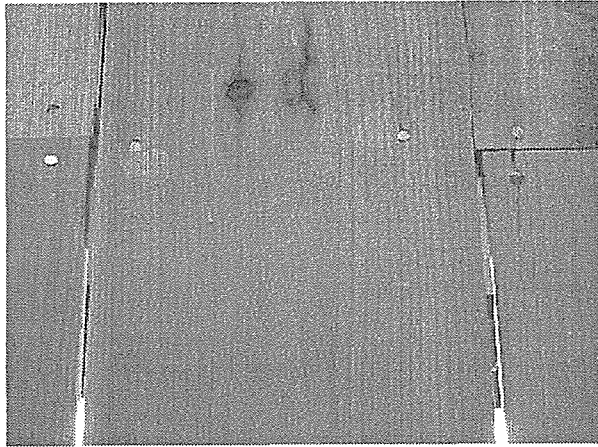
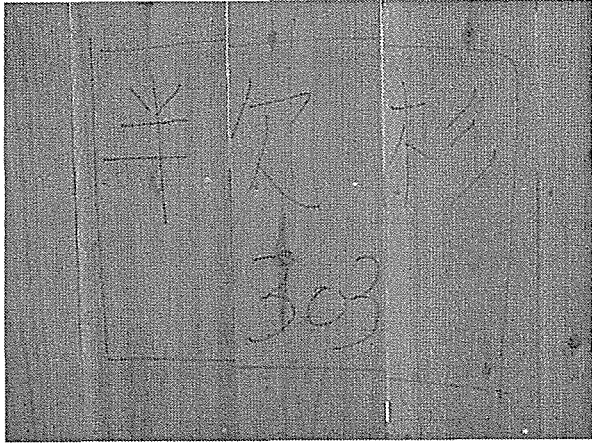


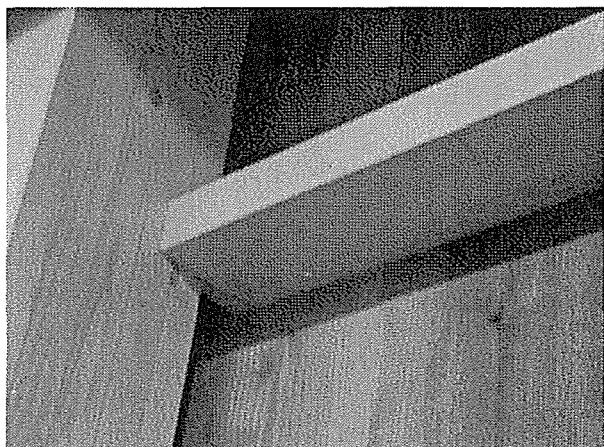
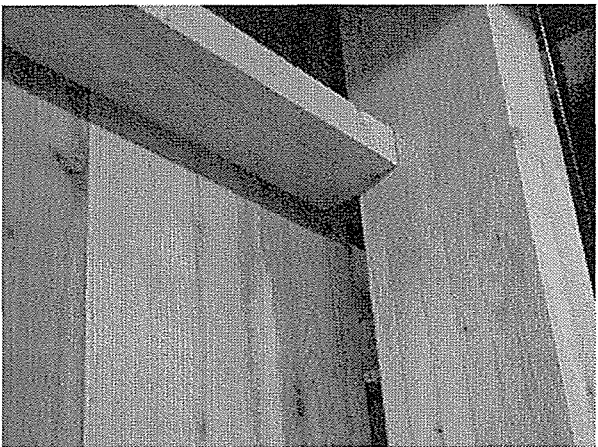
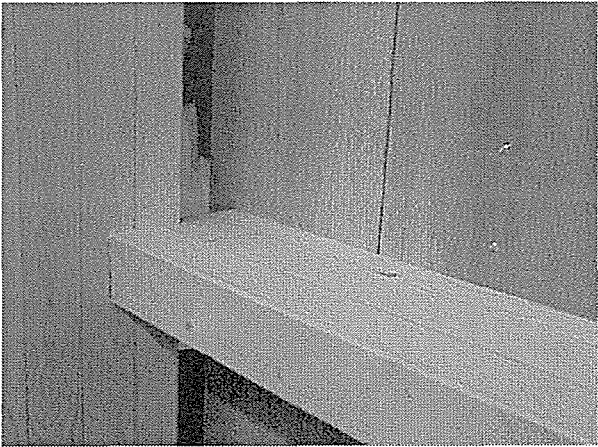
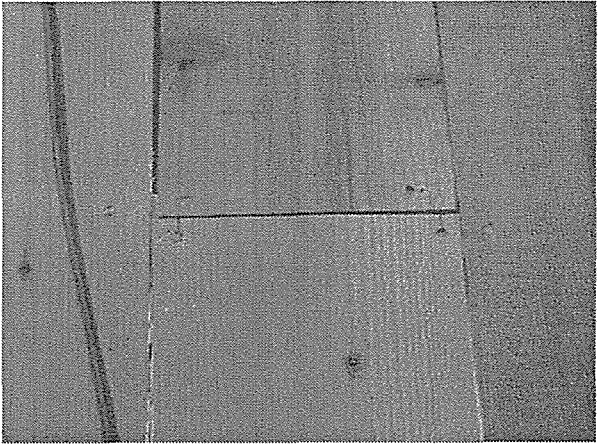
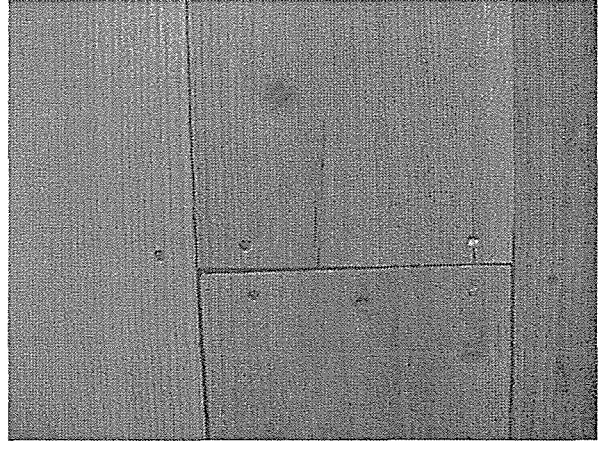
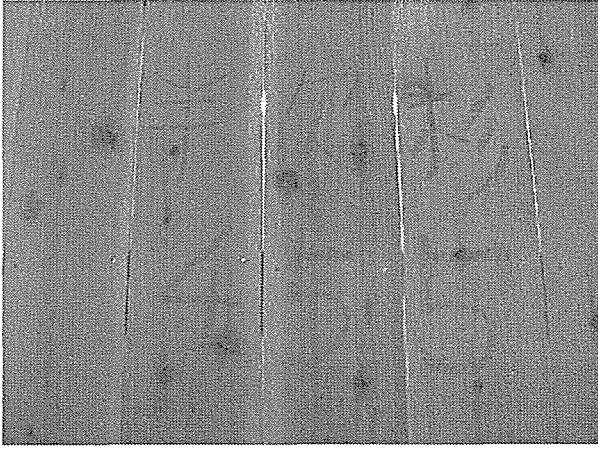


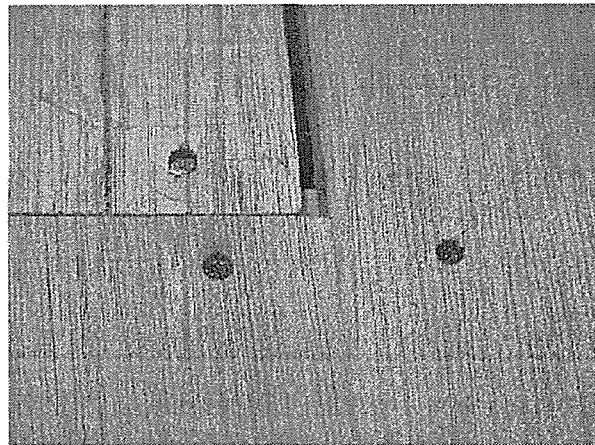
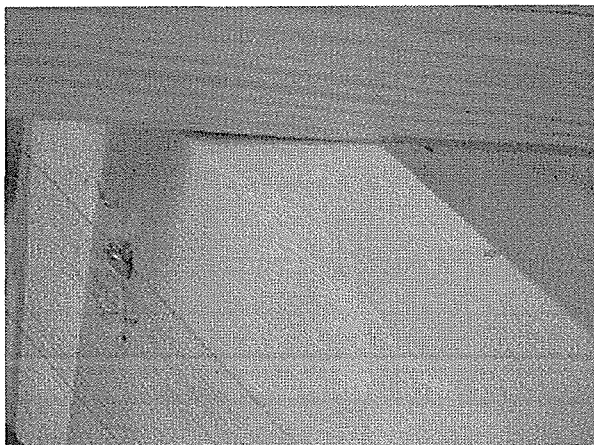
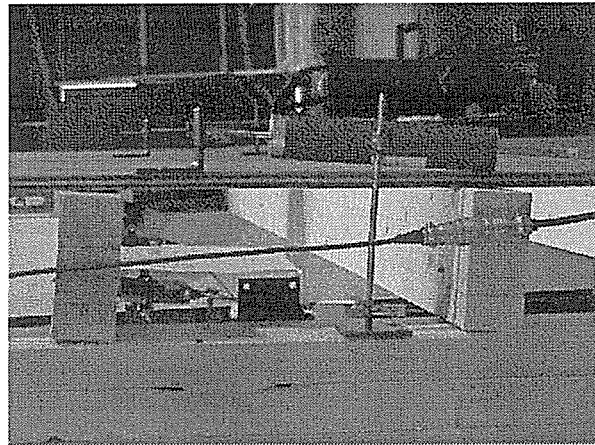
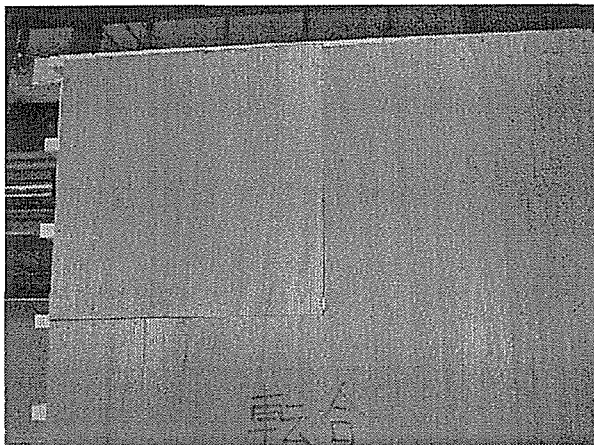
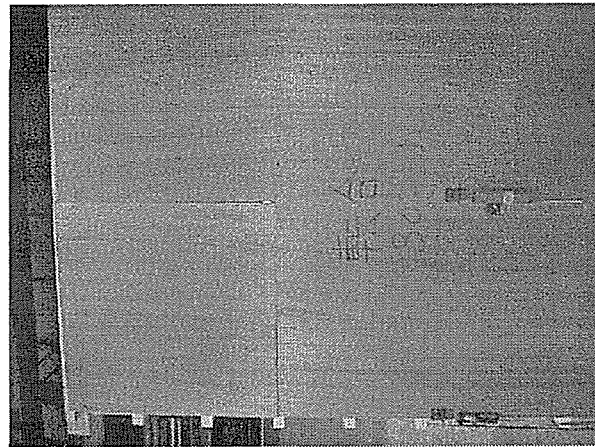
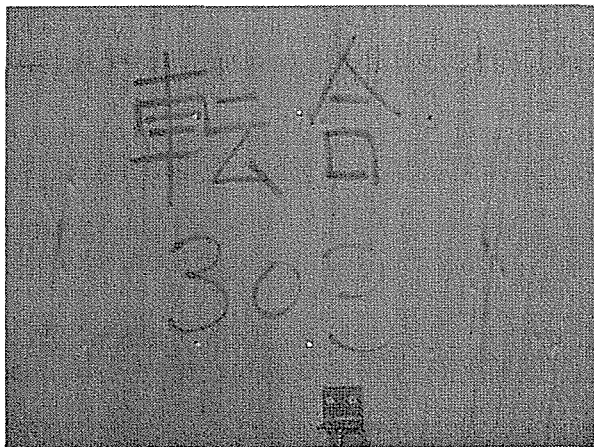


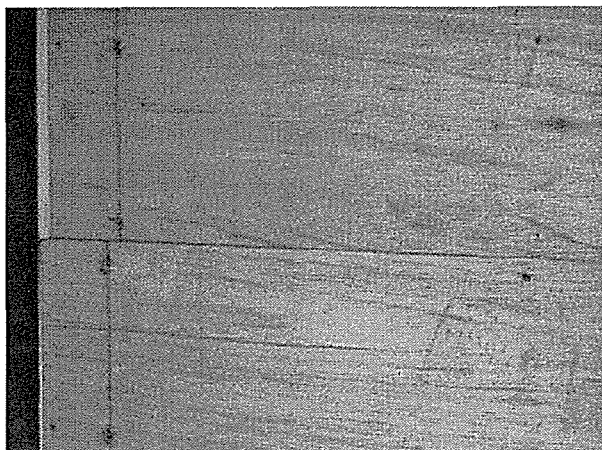
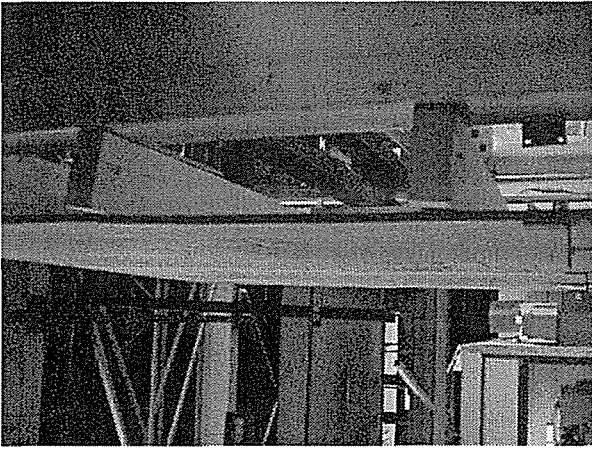
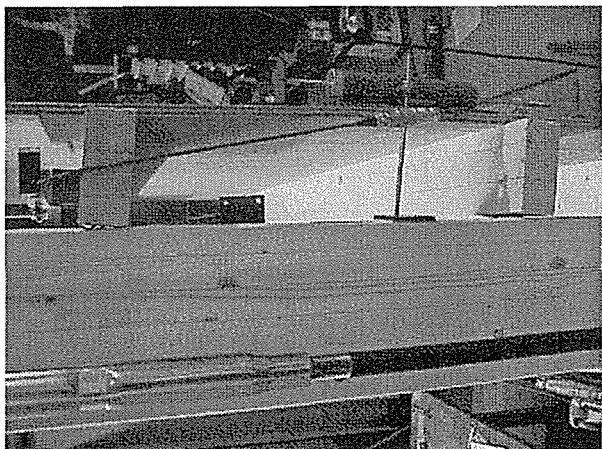
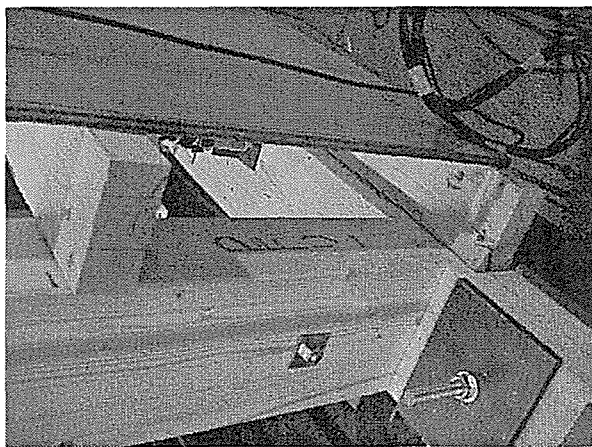
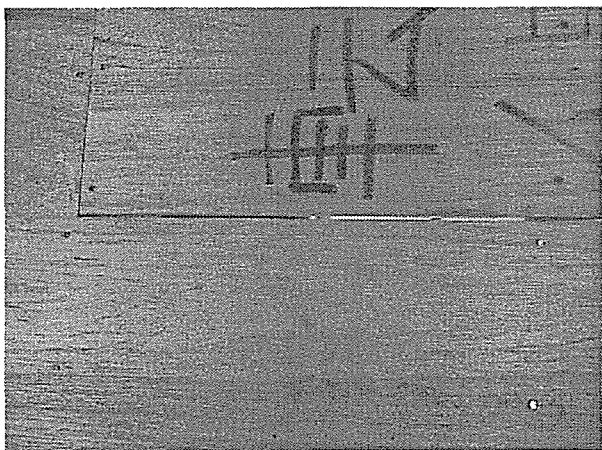
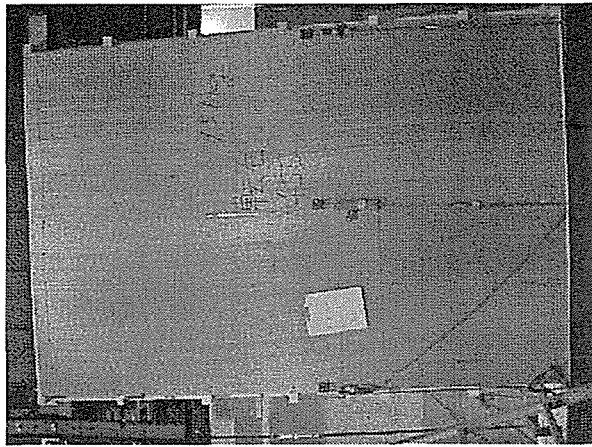
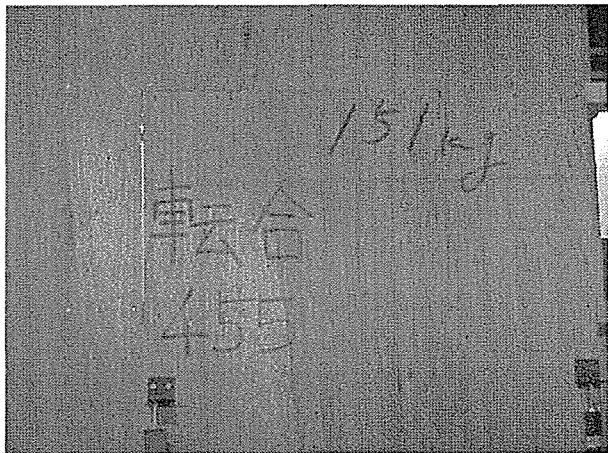
合板 455 半欠 (根太釘追加)

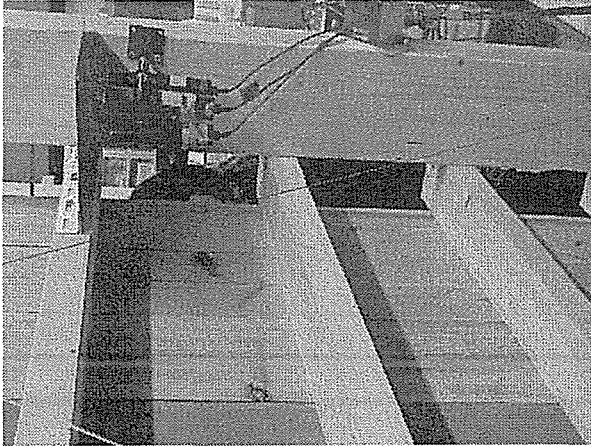
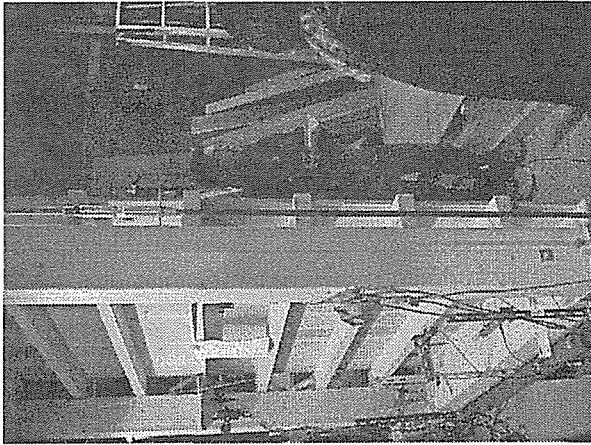
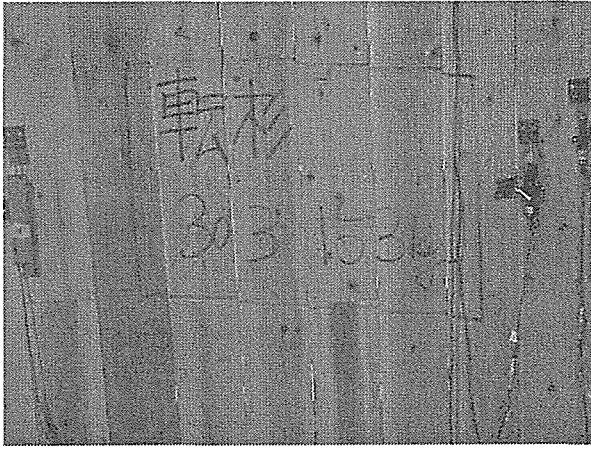


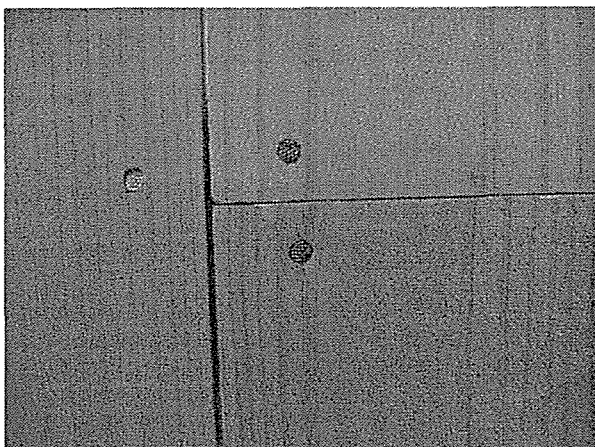
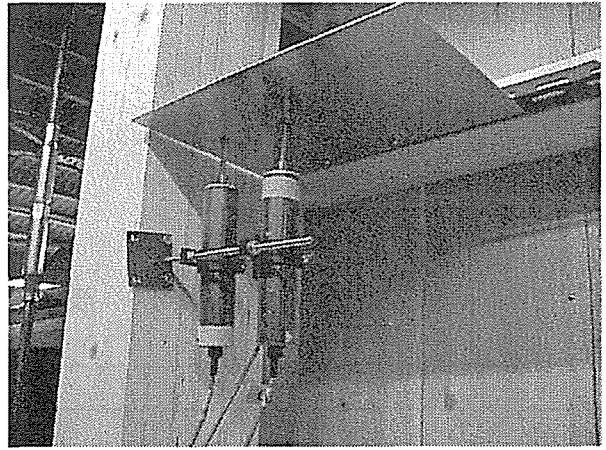
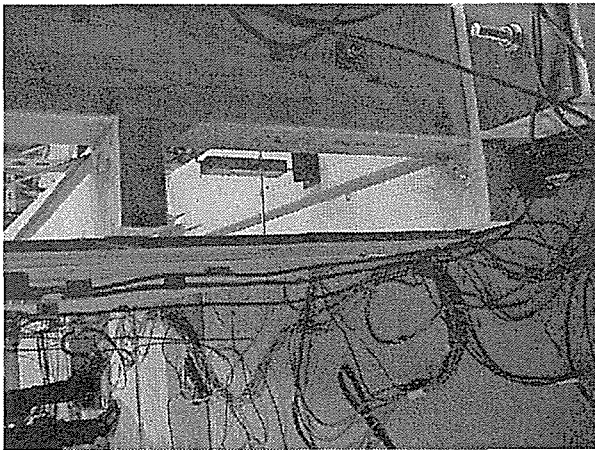
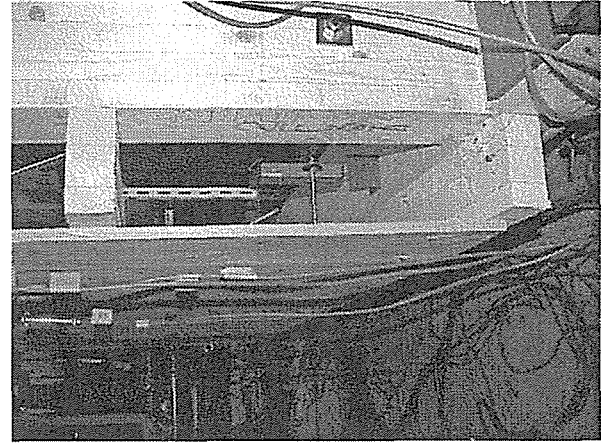
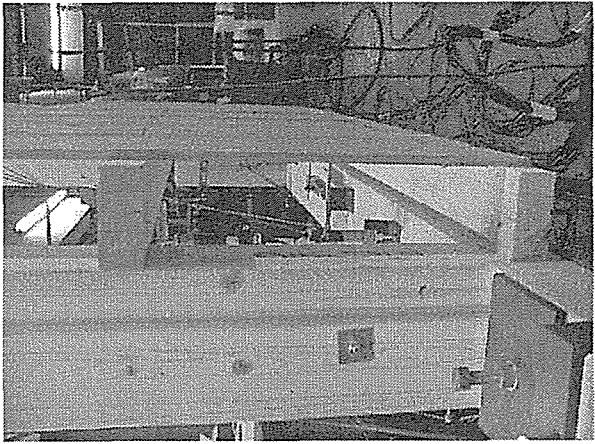












3. 4 火打ち・面材張り水平構面

1. はじめに

木造建物に地震力や風圧力等の水平力が作用した場合、せん断力は剛性の大きい床構面を媒体として柱や耐力壁等の鉛直部材に伝達されると考えられている。しかしながら、一般的には木造床構面の構造は横架材に杉板や合板（以下、面材）が根太を介して取り付けられ、床構面はそれら面材と横架材隅角部の火打ち材の有無等多様な組み合わせにより、構面の剛性評価は一様ではないと考えられる。

本報告では、面材と火打ち軸組から構成された複合水平構面の弾塑性性状を調べるために行った実験結果を報告し、更に、面材張りおよび火打ち軸組単体の水平構面実験結果より得られた弾塑性性状より複合水平構面の弾塑性性状の推定方法の妥当性を検討した結果について報告するものである。

2. 実験概要

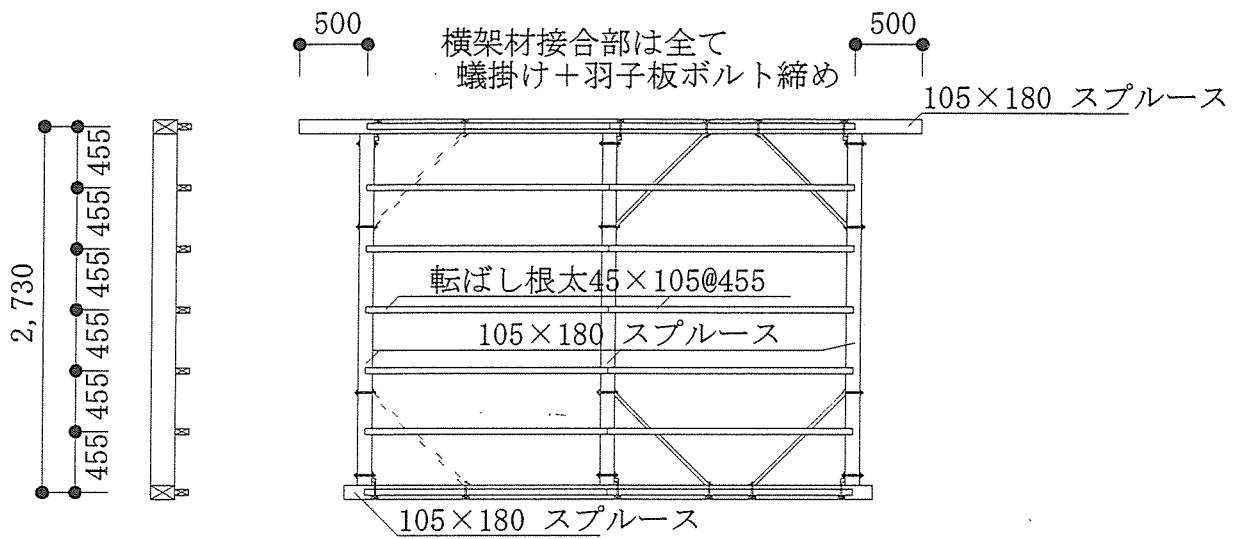
2.1 試験体

試験体は図1（a）、（b）に示したように、105×180mmの断面をもつ横架材（スプルー）で構成した2P×3Pの床を左右に配置した4P×3Pの複合水平構面試験体である。4P方向の梁は1本もので、横架材接合部は全て蟻掛け継手+羽子板ボルト締めとしたものである。根太は45×105mmの断面を持つ転ばし根太で、455mm間隔でN90の釘を斜め打ち付けとした。左右の床の面材は剛性を異ならすために厚さ12mmの杉板（以下、床R）と合板（以下、床L）で、それぞれN50の釘を根太長さ方向に150mm間隔で打ち付けた。

試験体数は、表1に示したように鋼製火打ちの本数を6本（以下、転杉6）、4本（以下、転杉4）、火打ちの無い試験体（以下、転杉0）としたものと片側の床を落とし込み根太合板張り付け（以下、転剛）各1体ずつの計4体である。

表1. 試験体緒元

試験体名	火打ち数	床L	床R
転杉6	6	転ばし根太+合板張	転ばし根太+杉板張
転杉4	4	転ばし根太+合板張	転ばし根太+杉板張
転杉0	0	転ばし根太+合板張	転ばし根太+杉板張
転剛	0	転ばし根太+合板張	落とし込み根太+合板張



床L 床R

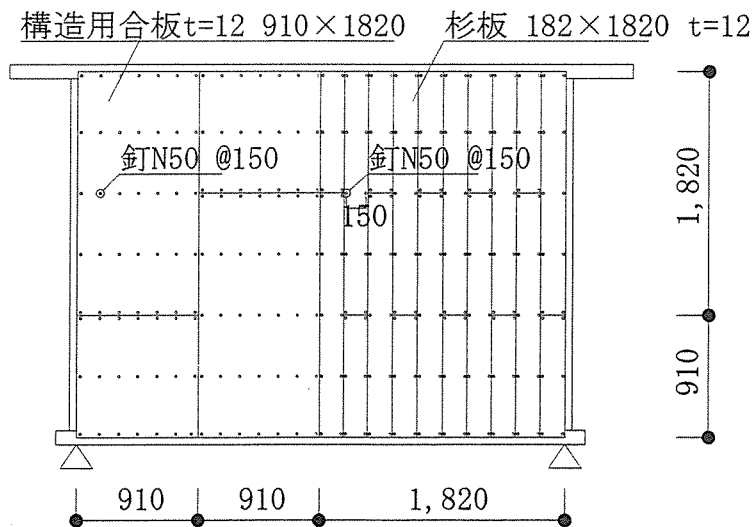
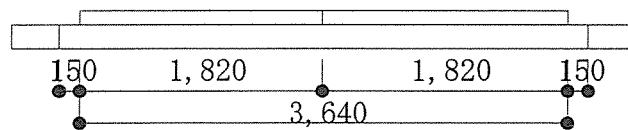


図1-a 転杉（転ばし根太+火打ち）試験体

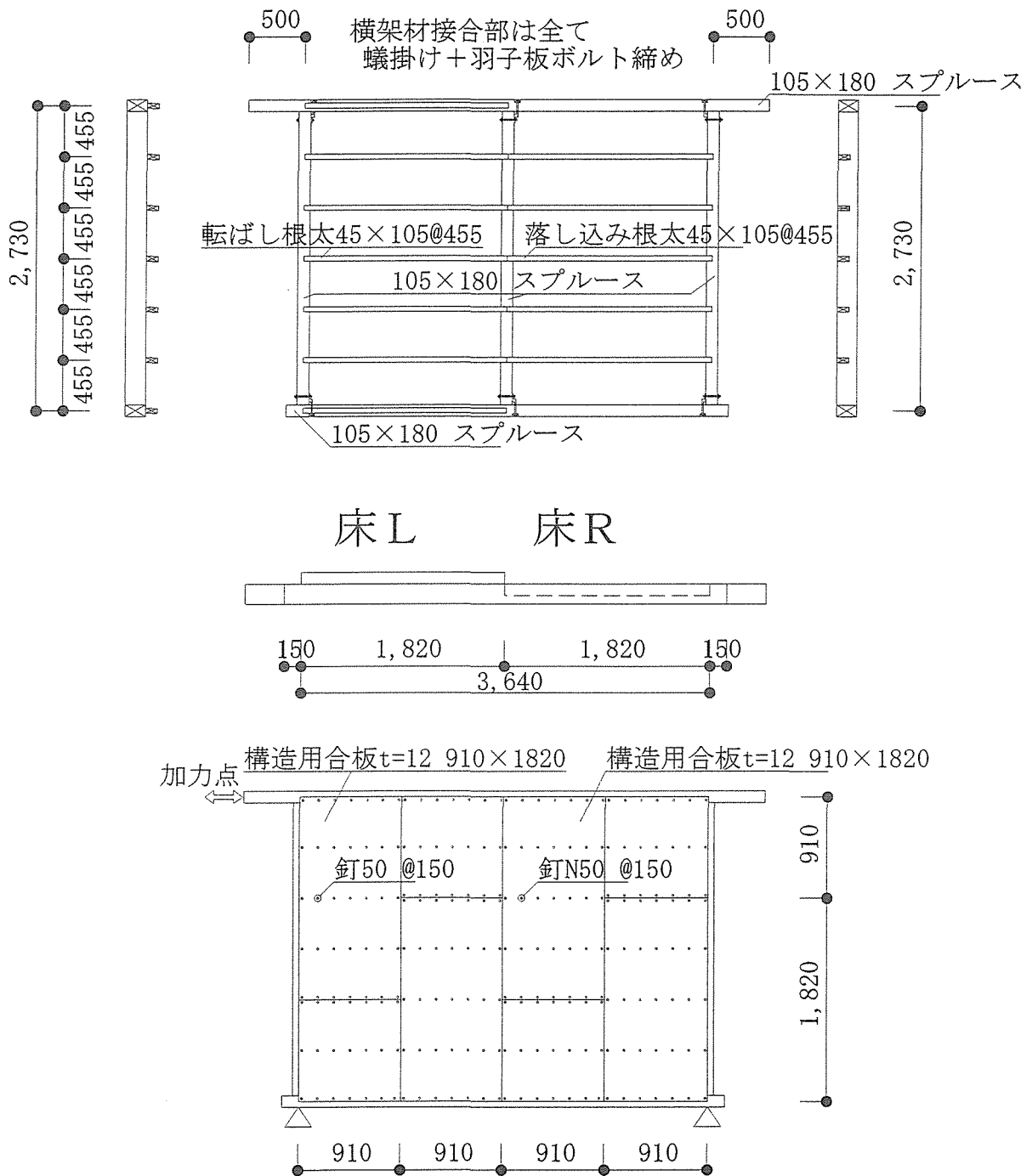


図1-b 転剛（落とし込み根太）試験体

2.2 実験方法

加力は、図2-1示したように、試験体頂部に設置したオイルジャッキで加力し、試験体頂部の水平変位で $R = \pm 1/240\text{rad}$ 、 $\pm 1/170\text{rad}$ 、 $\pm 1/120\text{rad}$ 、 $\pm 1/85\text{rad}$ 、 $\pm 1/60\text{rad}$ 、 $\pm 1/42\text{rad}$ の正負交番繰返し加力である。

計測はジャッキ先端のロードセルにて水平力を、試験体頂部の水平変位量、火打ちの座屈、根太の回転量および面材のずれ量を変位計にて測定した。計測器の番号を図2-2に、計測器の番号と計測目的を表2-1、表2-2に示す。

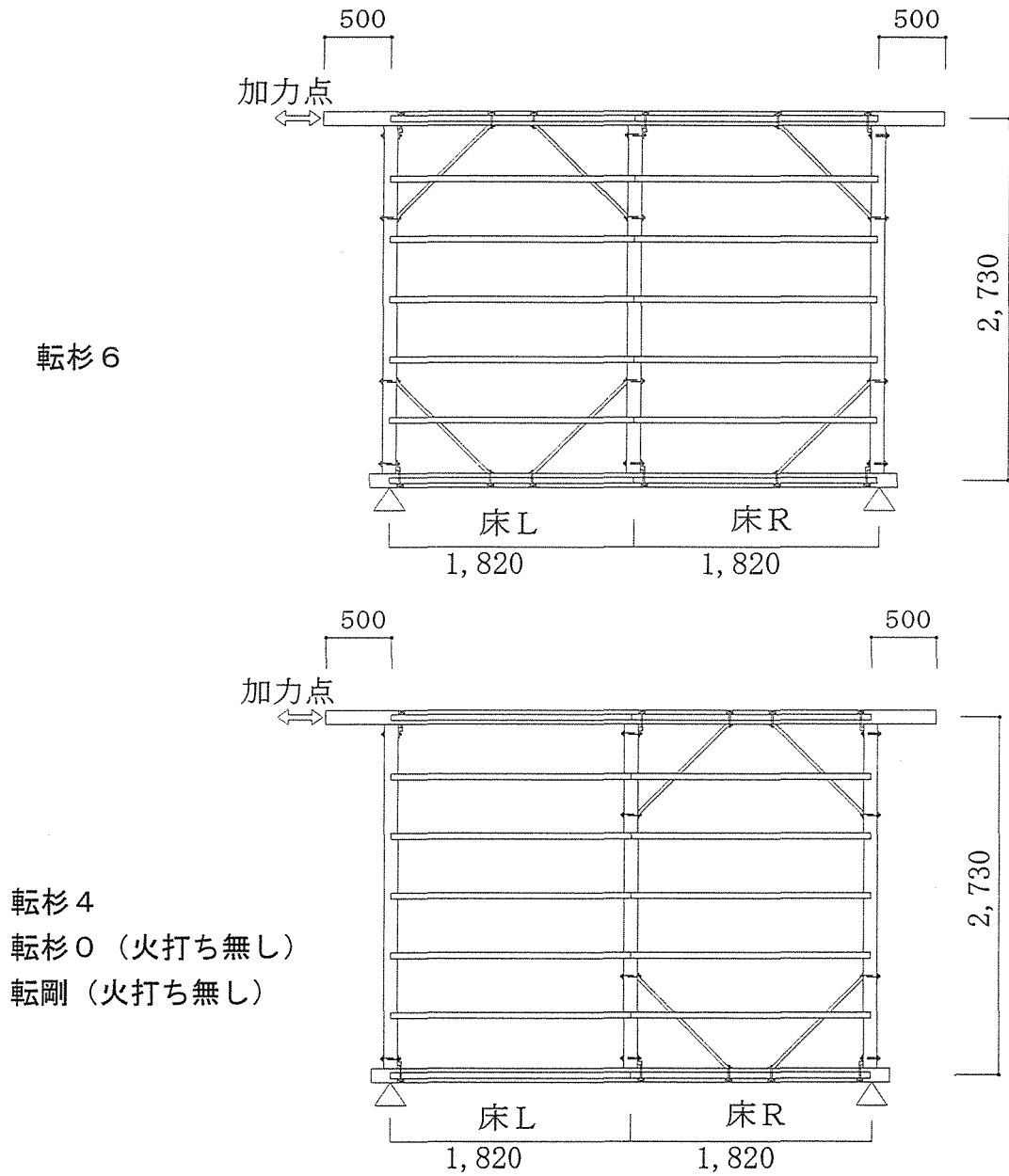


図2-1 加力略図

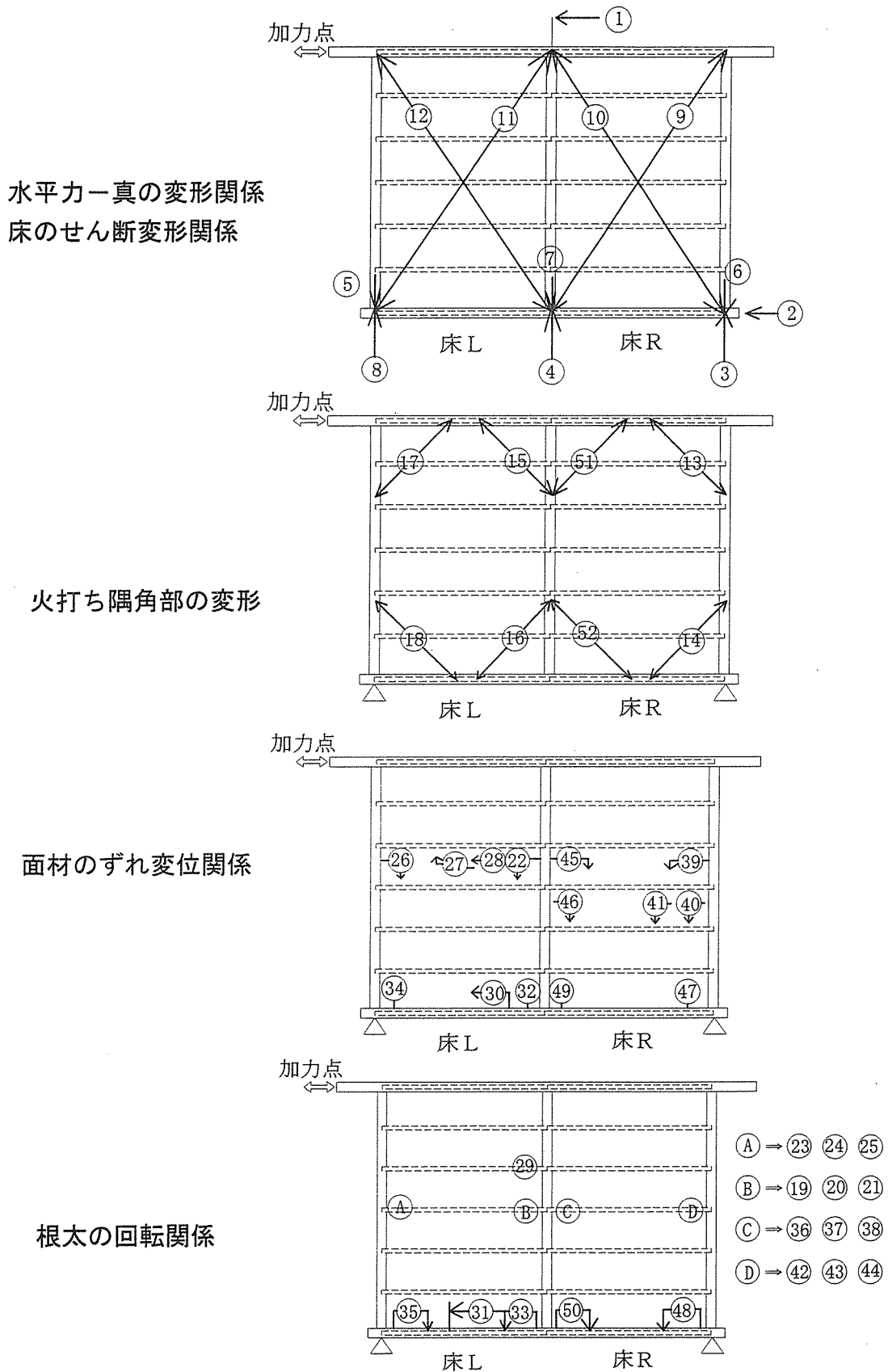


図 2 - 2 変位計測器測定位置略図

表 2-1 転杉 6、転杉 4、転杉 0 計測器番号

計測器番号	計測目的
0	荷重
1	全体変形
2	試験体全体の水平ずれ量
3	左側土台の浮き上がり量
4	中央部土台の浮き上がり量
5	右側土台の浮き上がり量
6	左側垂直材の抜け量
7	中央部垂直材の抜け量
8	右側垂直材の向け量
9	床R 構面せん断変形(左上-右下)
10	床R 構面せん断変形(右上-左下)
11	床L せん断変形(左上-右下)
12	床L せん断変形(右上-左下)
13	床R 構面左上回転角
14	床R 構面左下回転角
15	床L 左上回転角
16	床L 左下回転角
17	床L 右上回転角
18	床L 右下回転角
19	床L 根太左側の転び回転(手前)
20	床L 根太左側の転び回転(奥)
21	床L 根太左側の回転
22	床L 合板の回転(左) θ_x
23	床L 根太右側の転び回転(手前)
24	床L 根太右側の転び回転(奥)
25	床L 根太右側の回転
26	床L の回転(右) θ_x
27	床L のずれ(回転) θ_x
28	床L の θ_y (上)
29	床L 根太の θ_y (上)
30	床L 合板の θ_y
31	床L 根太の θ_y (下)
32	床L 左下面材の面外への抜け出し量
33	床L 左下根太の面外への抜け出し量
34	床L 右下面材の面外への抜け出し量
35	床L 右下根太の面外への抜け出し量
36	床R 根太左側の転び回転(手前)
37	床R 根太左側の転び回転(奥)
38	床R 根太左側の回転
39	床R の回転(左) θ_x
40	床R のずれ量(左)
41	床R のずれ量(左)
42	床R 根太右側の転び回転(手前)
43	床R 根太右側の転び回転(奥)
44	床R 根太右側の回転
45	床R θ_x (下)
46	床R のずれ量(右)
47	床R 構面左下面材の面外への抜け出し量
48	床R 構面左下根太の面外への抜け出し量
49	床R 構面右下面材の面外への抜け出し量
50	床R 構面右下根太の面外への抜け出し量

表 2 - 2 転剛 計測器番号

計測器番号	計測目的
0	荷重
1	全体変形
2	試験体全体の水平ずれ量
3	左側土台の浮き上がり量
4	中央部土台の浮き上がり量
5	右側土台の浮き上がり量
6	左側垂直材の抜け量
7	中央部垂直材の抜け量
8	右側垂直材の向け量
9	床R 構面せん断変形(左上-右下)
10	床R 構面せん断変形(右上-左下)
11	床L 構面せん断変形(左上-右下)
12	床L 構面せん断変形(右上-左下)
13	床R 構面左上回転角
14	床R 構面左下回転角
15	床L 左上回転角
16	床L 左下回転角
17	床L 右上回転角
18	床L 右下回転角
19	床L 左根太の転び回転(手前)
20	床L 左根太の転び回転(奥)
21	床L 左根太の回転
22	床L 合板の回転(左) θ_x
23	床L 右根太の転び回転(手前)
24	床L 右根太の転び回転(奥)
25	床L 右根太の回転
26	床L 合板の回転(右) θ_x
27	床L 面材(合板)ずれ量
28	床L 合板の θ_y (上)
29	床L 根太の θ_y (上)
30	床L 合板の θ_y
31	床L 根太の θ_y (下)
32	床L 左下面材の面外への抜け出し量
33	床L 左下根太の面外への抜け出し量
34	床L 右下面材の面外への抜け出し量
35	床L 右下根太の面外への抜け出し量
36	床R 構面左根太の転び回転(手前)
37	床R 構面左根太の転び回転(奥)
38	床R 構面左根太の回転
39	床R 回転(左) θ_x
40	
41	
42	床R 構面右 根太の転び回転(手前)
43	床R 構面右 根太の転び回転(奥)
44	床R 構面右 根太の回転
45	床R θ_x (下)
46	
47	床R 構面左下面材の面外への抜け出し量
48	
49	床R 構面右下根太の面外への抜け出し量
50	

3. 実験結果

3.1 破壊性状および水平力－真の変形関係

図3-1から図3-4に各試験体の水平力と真の変形曲線をした。各試験体の実験終了までのおおよその破壊経過については、左右の床の柔らかい方で、

- 1) 転ばし根太の回転およびねじれ
- 2) 合板、杉板のずれ
- 3) 火打ちの座屈

4) 合板張り付け側で横架材から根太がはずれるあるいは根太から合板がはずれるの順に諸現象が見られた。ただし、転杉6は床L側に火打ちを4本設けていたため下側の梁が折れ、実験を終了した。また、「転剛」試験体では床L側で1)から4)の現象が見られ、床R側では合板のずれが見られた。写真1から写真6にそれぞれの諸現象を示した。

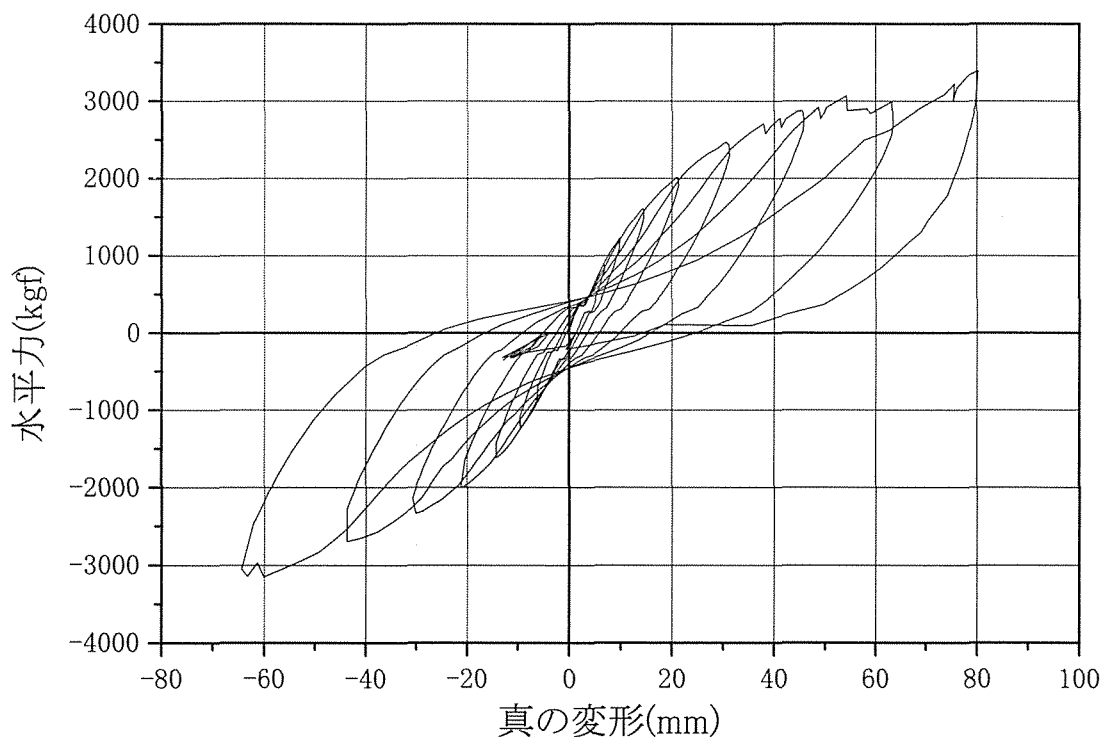


図3-1 転杉6 水平力－真の変形曲線

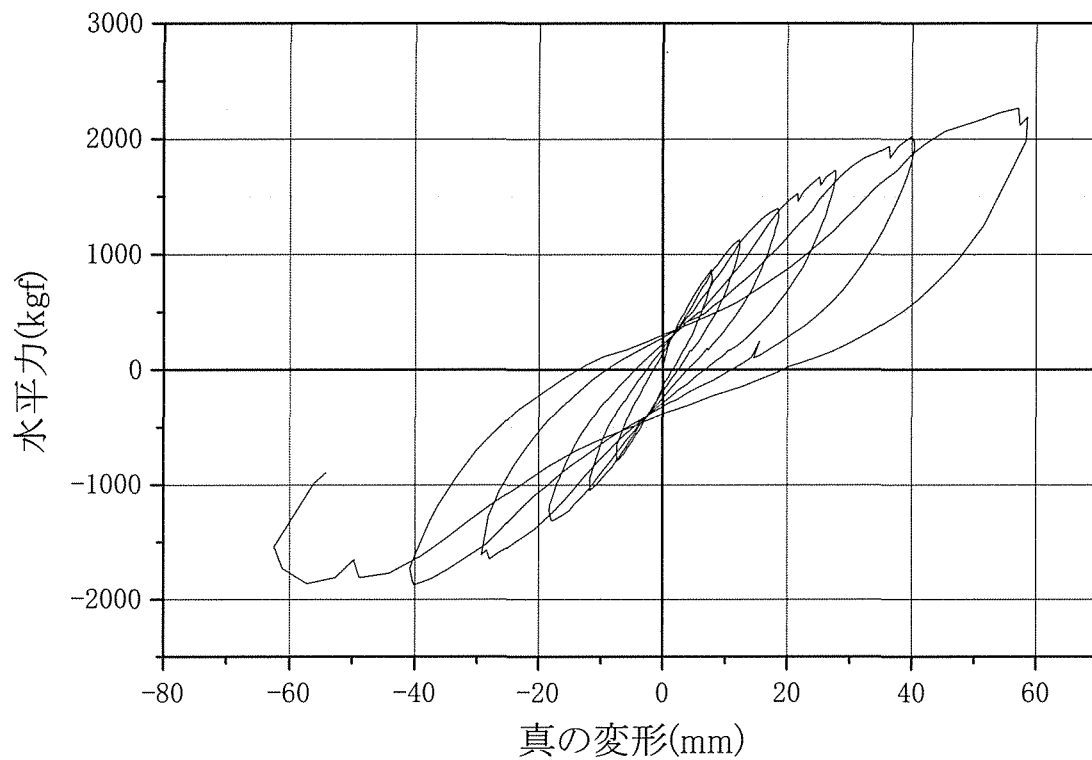


図 3 - 2 転杉 4 水平力-真の変形曲線

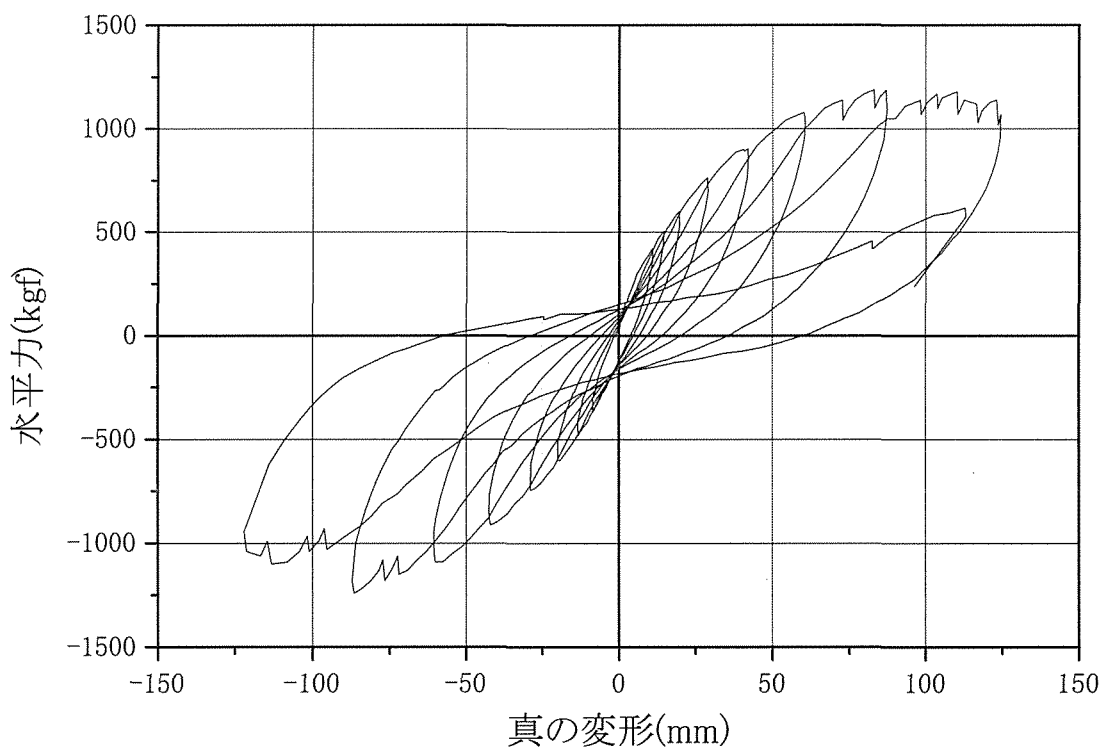


図 3 - 3 転杉 0 水平力-真の変形曲線

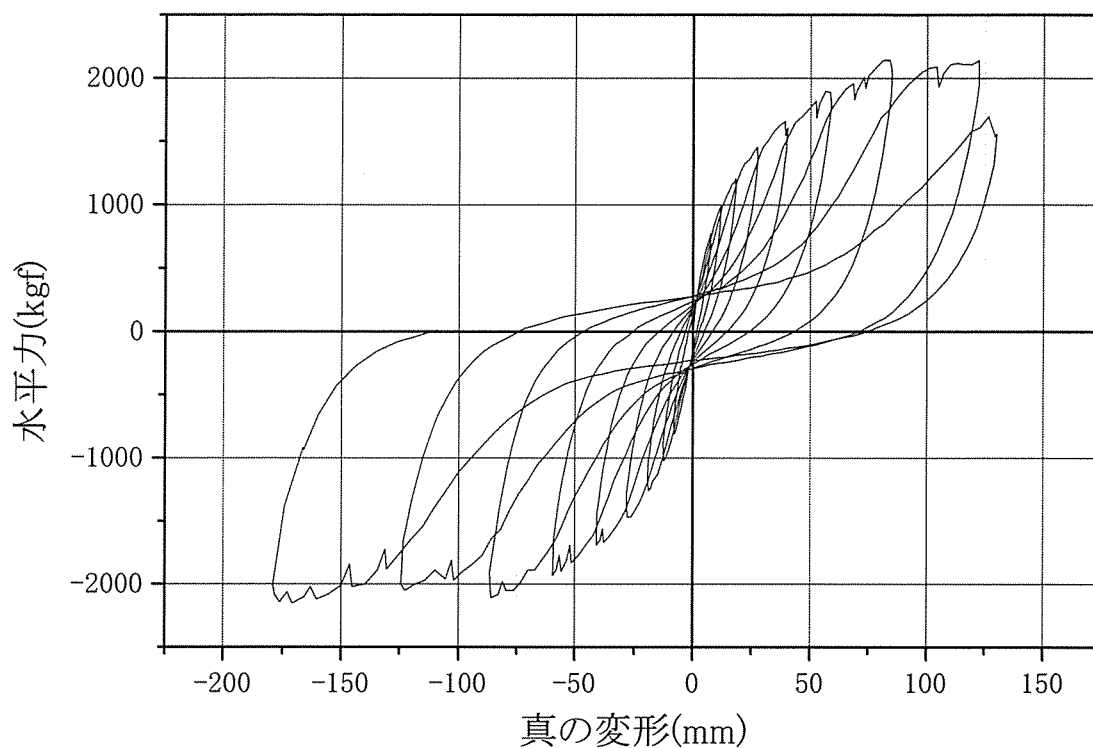


図 3 - 4 転剛 水平力-真の変形関係

3.2 せん断変形角

各構面の対角方向の変位よりせん断変形角 γ を求め、各試験体ごとの鉛直せん断力と γ の関係を図 4 - 1 から図 4 - 4 に、また、床 L と床 R について図 4 - 5 と図 4 - 6 に示す。

初期剛性は

床 L 転杉 6 > 転杉 4 ≒ 転剛 > 転杉 0

床 R 転杉 4 ≧ 転剛 > 転杉 6 > 転杉 0

となっていた。床 L と床 R の構面でそれぞれの試験体の初期剛性の大きさが異なるのは、図 2 に示したように、転杉 6 では床 L 側で火打ちが 4 本、床 R 側で 2 本取り付けているのに対し、転杉 4 では床 L 側で火打ちが無く、床 R 側で 4 本取り付けていたためによるそれぞれの構面の剛性の違いに起因するものと考えられる。

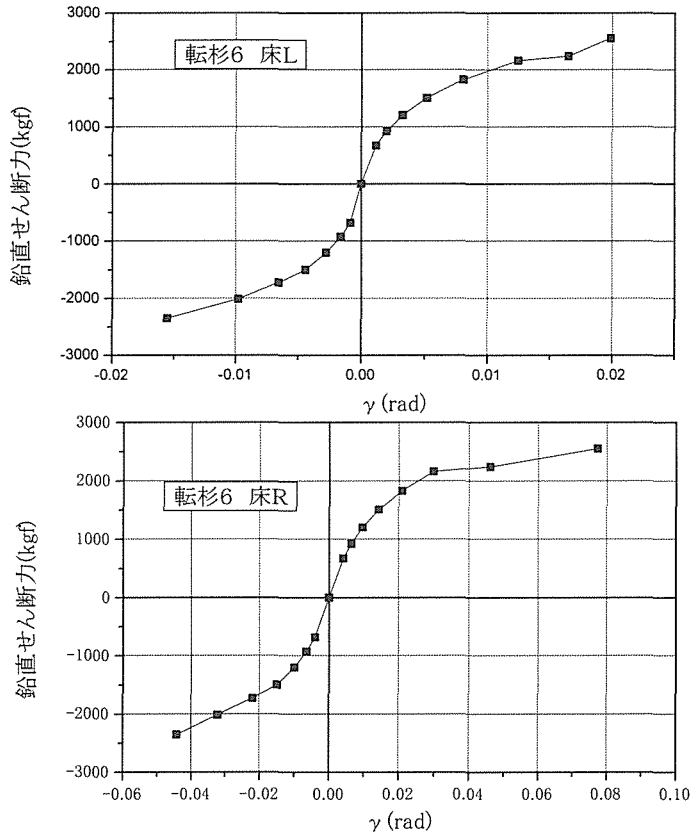


図 4 - 1 転杉 6 鉛直せん断力—せん断変形角包絡線

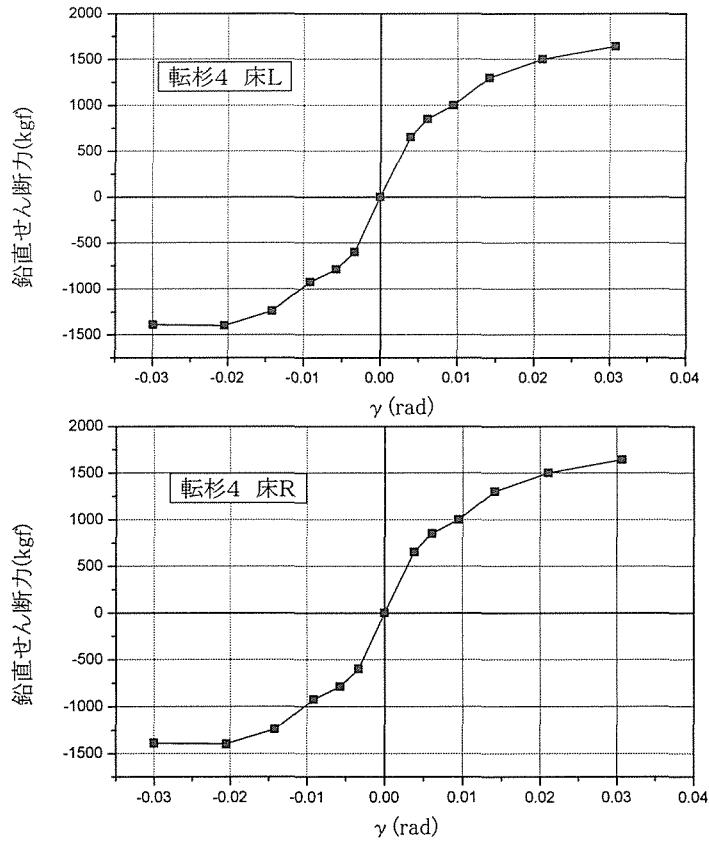


図 4 - 2 転杉 4 鉛直せん断力—せん断変形角包絡線

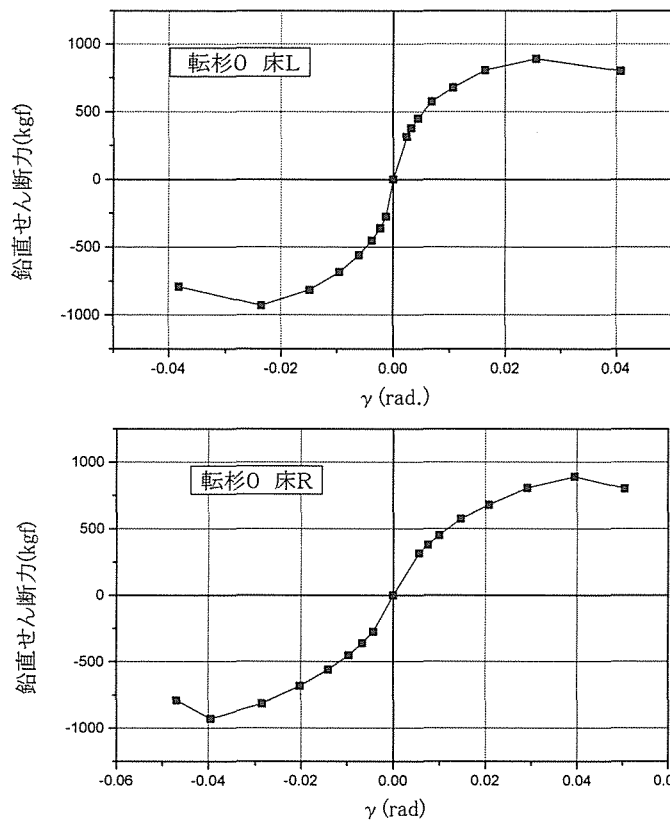


図 4 - 3 転杉0 鉛直せん断力-せん断変形角包絡線

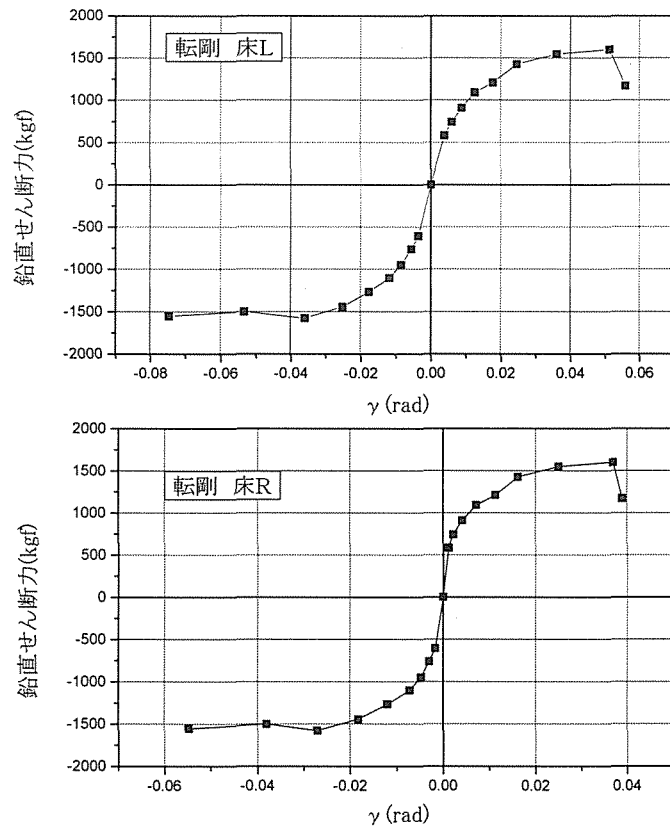


図 4 - 4 転剛 鉛直せん断力-せん断変形角包絡線

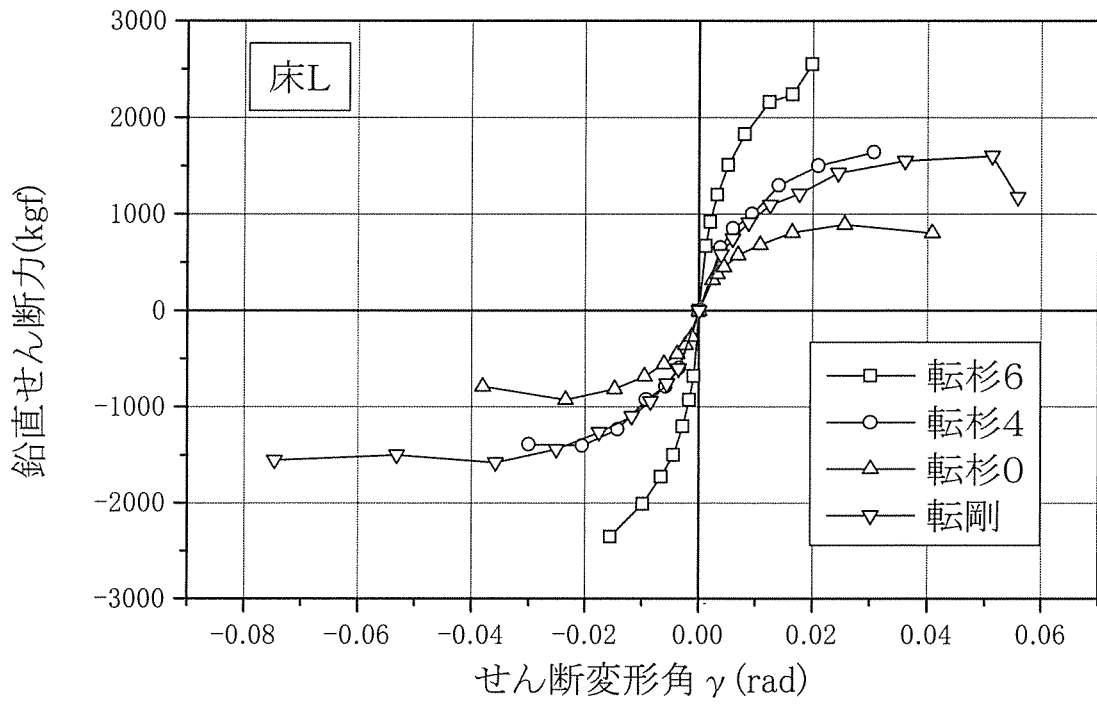


図 4 - 5 床L側 鉛直せん断力—せん断変形角包絡線

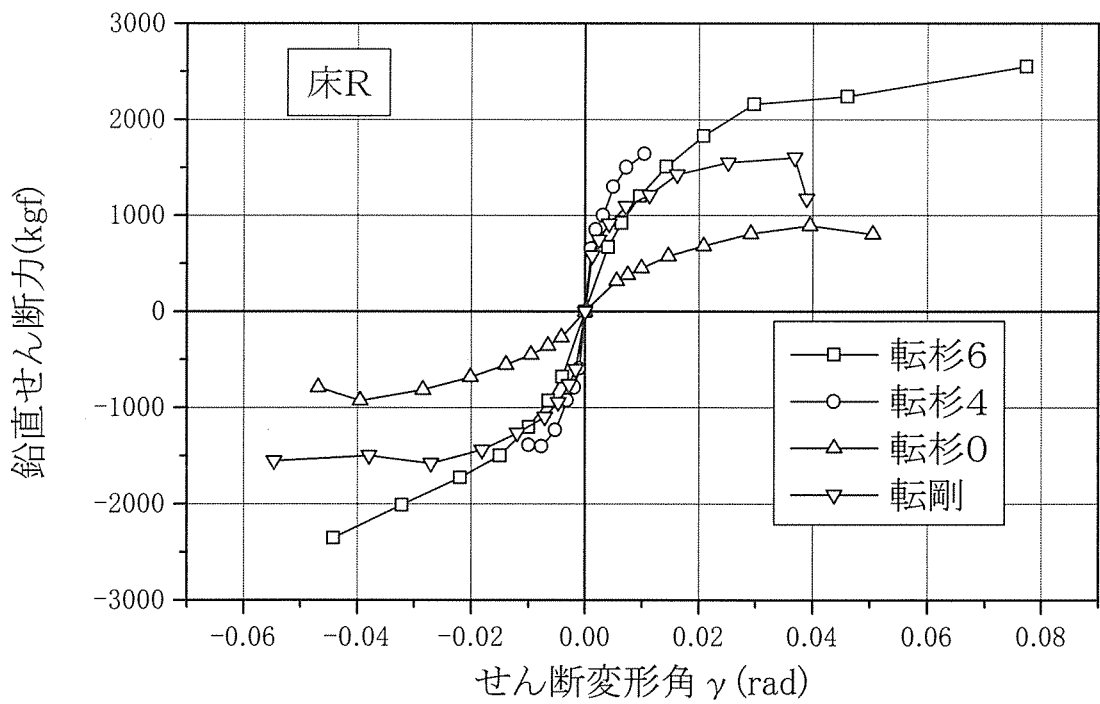


図 4 - 6 床R側 鉛直せん断力—せん断変形角包絡線

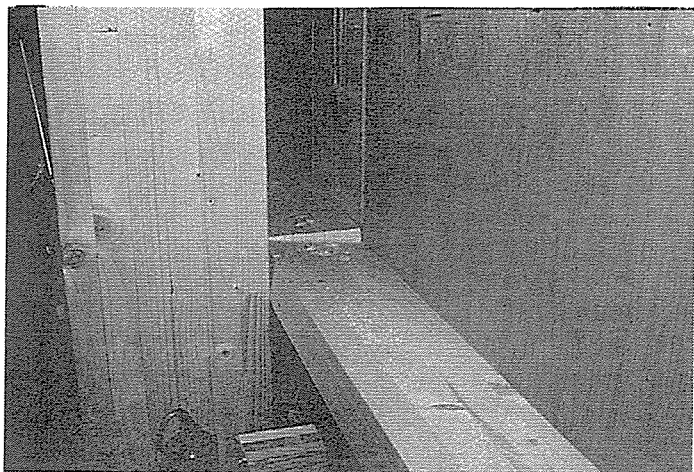


写真1 根太の回転・ねじれ (転杉4)
(手前：床L 奥：床R)

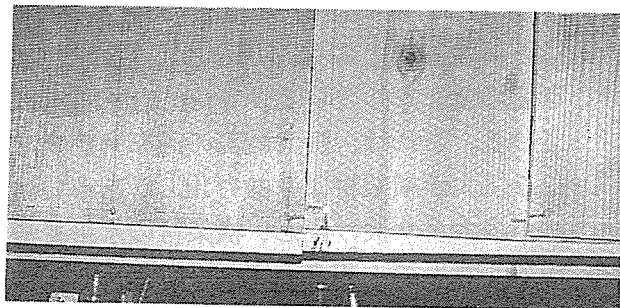


写真2 面材のずれ (転杉4 下桁)
(左側：床L 右側：床R)

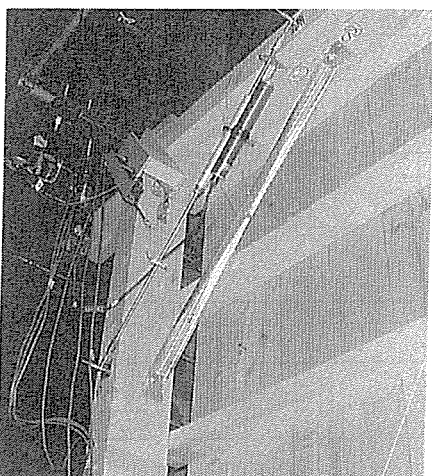


写真3 火打ちの座屈 (転杉6)

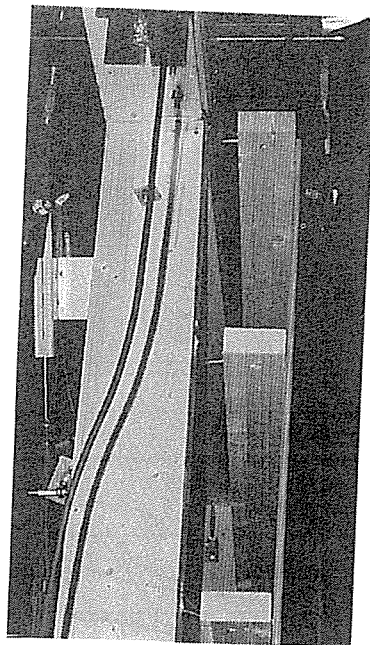


写真4 横架材から根太がはずれる (転杉4)

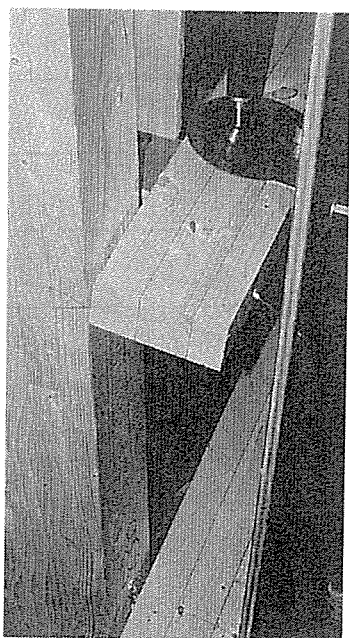


写真5 根太から面材がはずれる (転杉4)

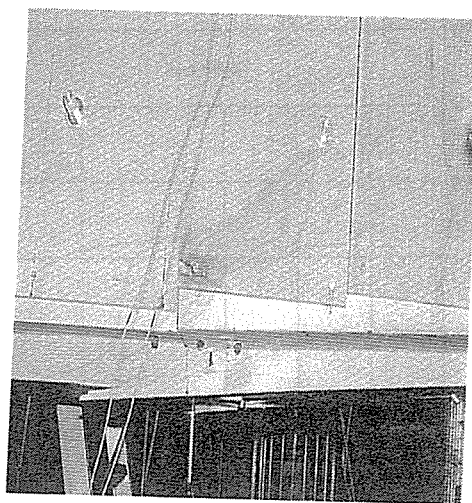


写真6 下桁が折れる (転杉6)

3.3 火打ち隅角部の変形

図5-1から図5-4には水平力と各構面隅角部の変形関係を、図5-5から図5-8には各試験体ごとの包絡線を示した。5mmまでの変位では、正側、負側ともにほぼ同様な変形量となっている。5mm以上の変位になるとそれまでの増加と比べ変位がおおきくなっている。これは、根太端部の回転角が大きくなり根太が横架材より抜け出し、あるいは面材が根太より抜け出し、横架材の水平変形が増加したものと思われる。

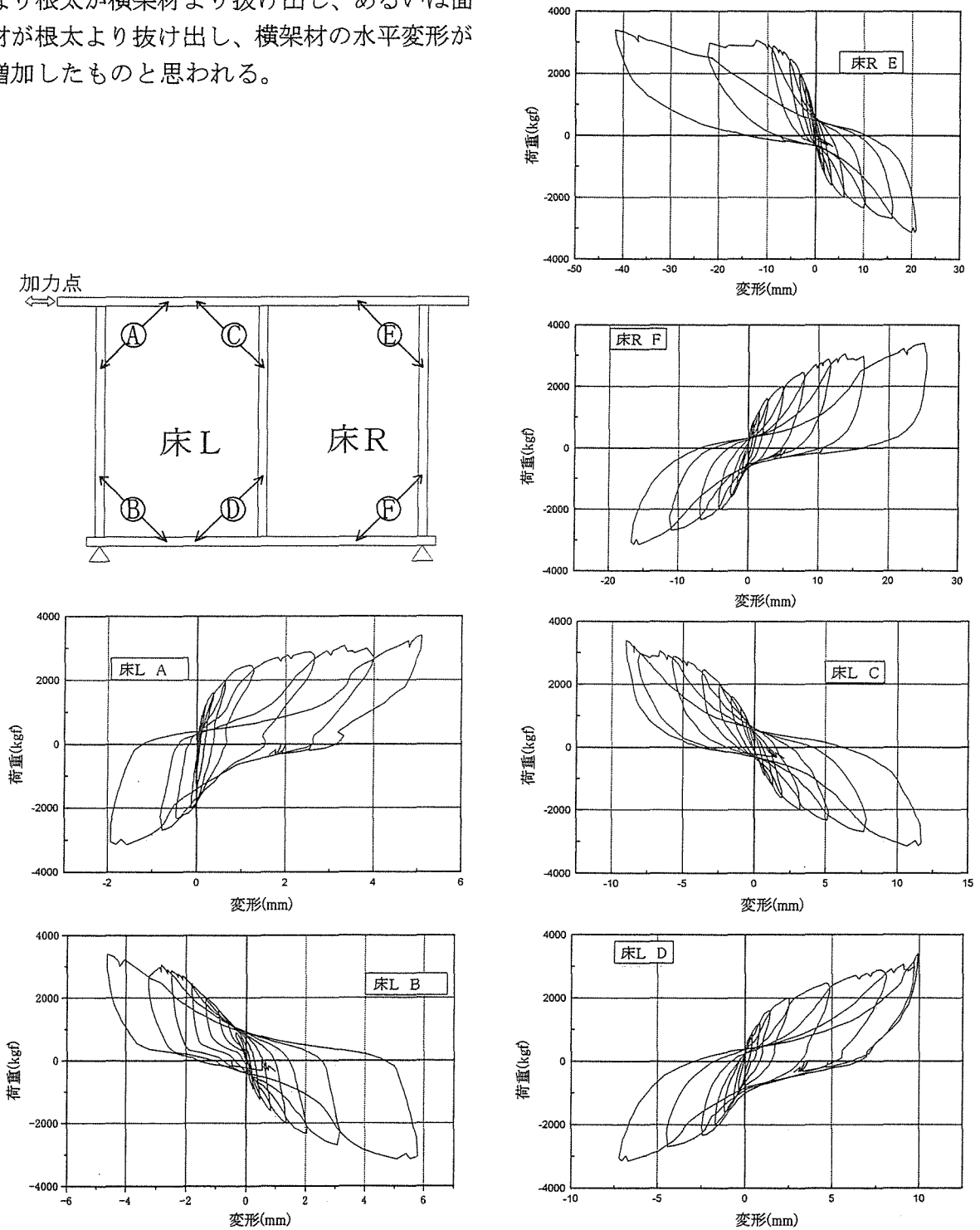


図5-1 転杉6 水平力-火打ちの変形

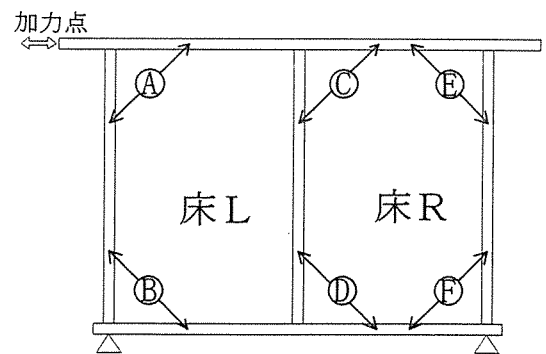
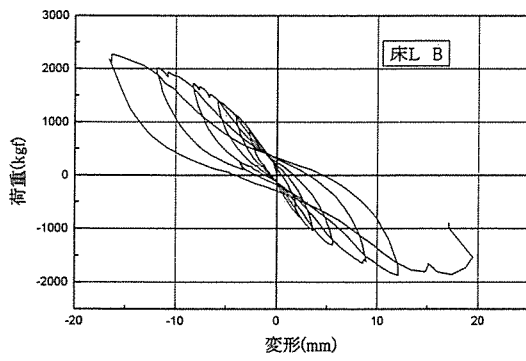
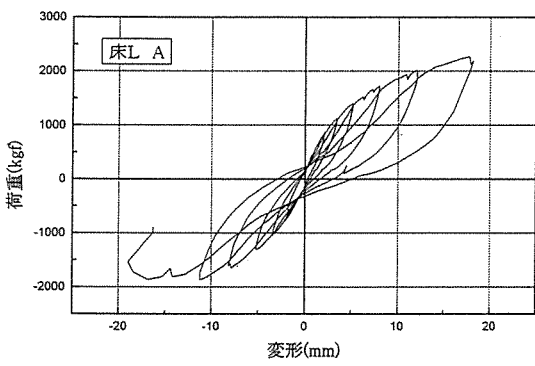
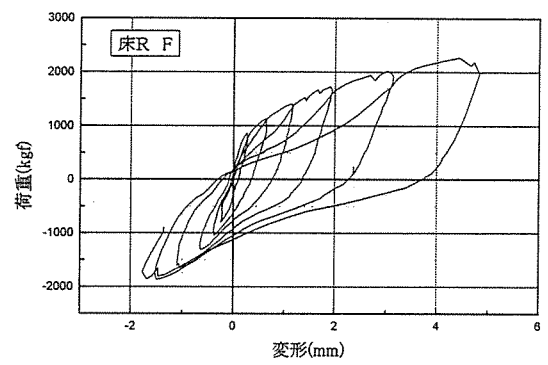
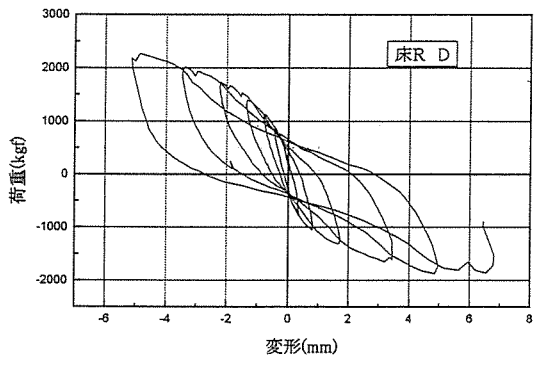
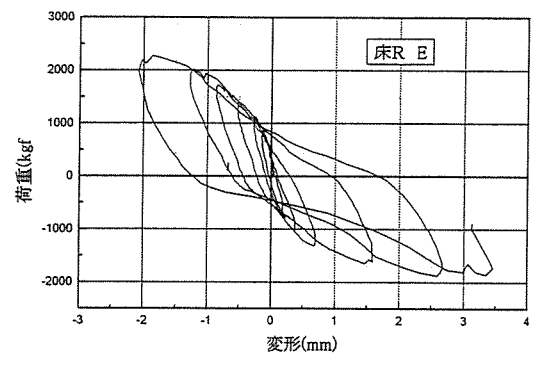
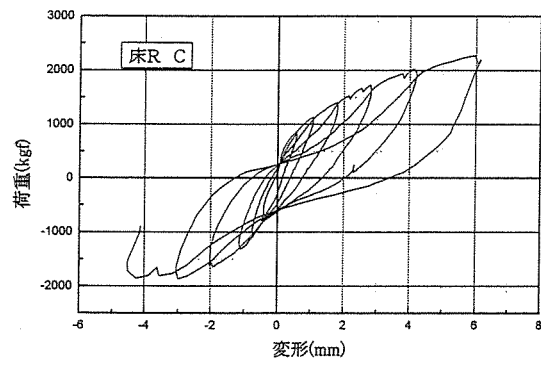


図 5 - 2 転杉 4 水平力-火打ちの変形

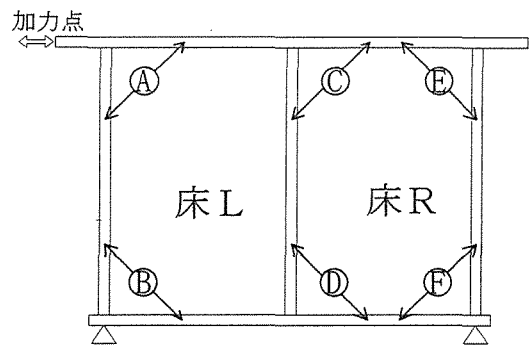
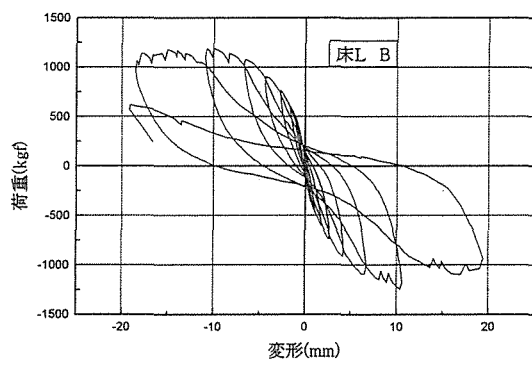
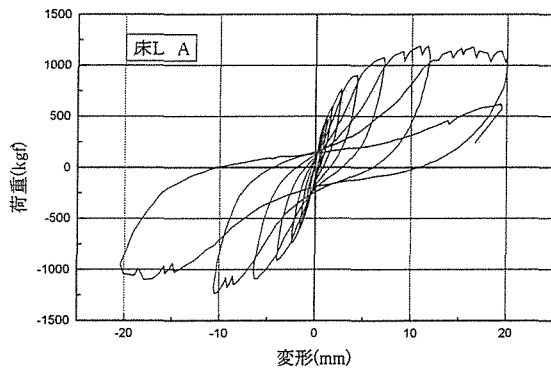
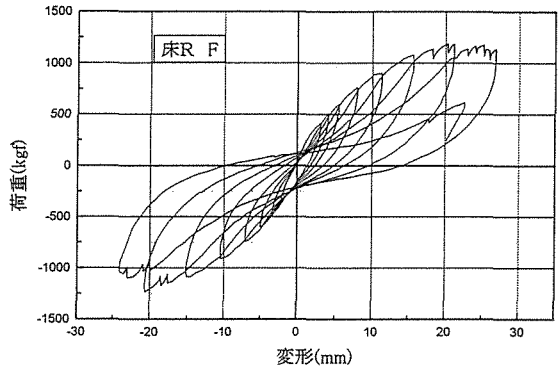
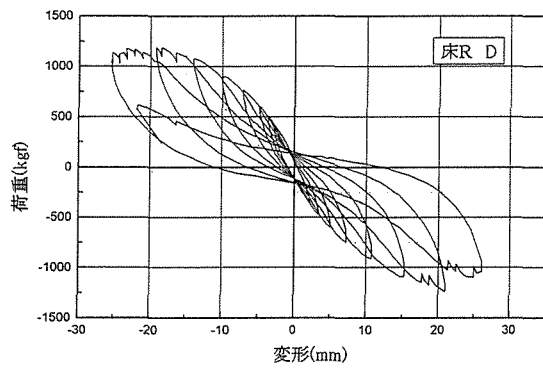
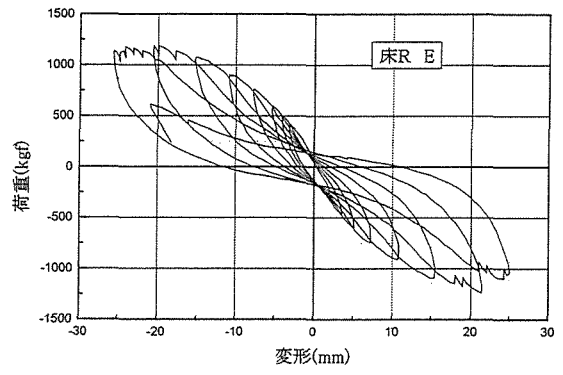
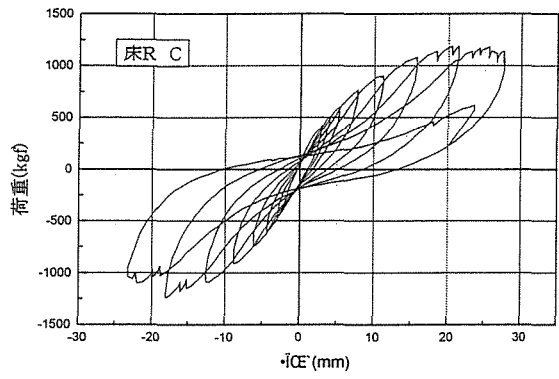


図 5 - 3 転杉 0 水平力一火打ちの変形

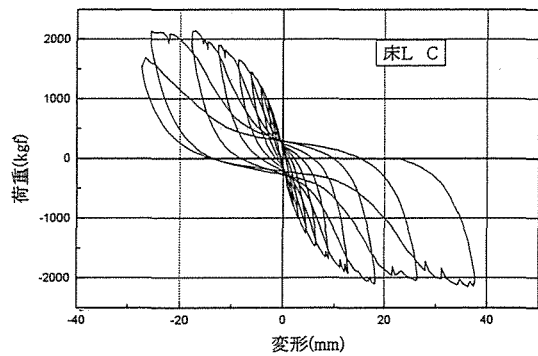
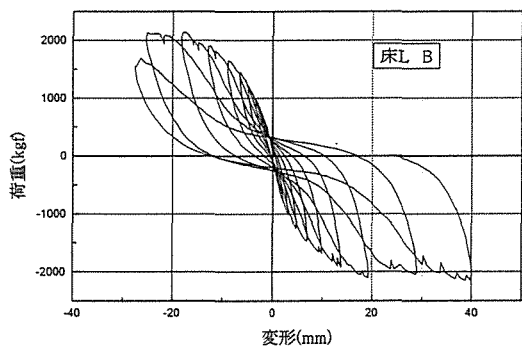
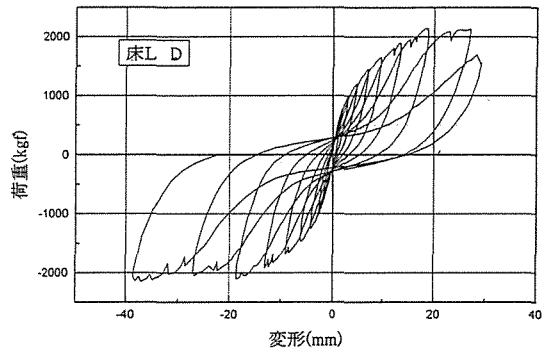
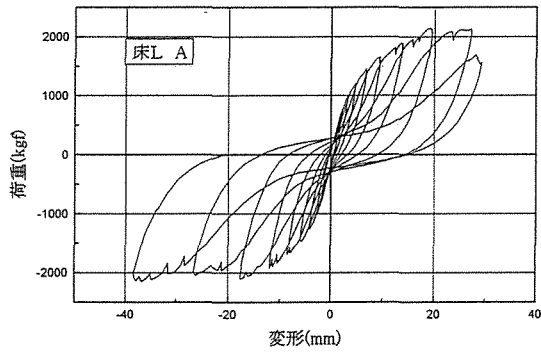
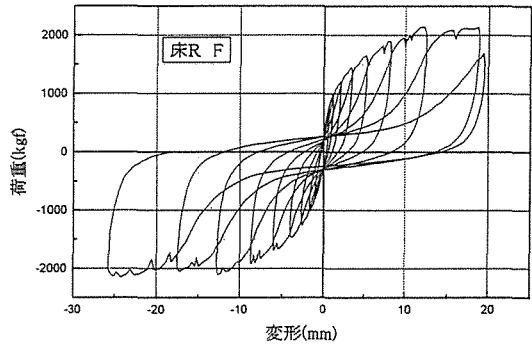
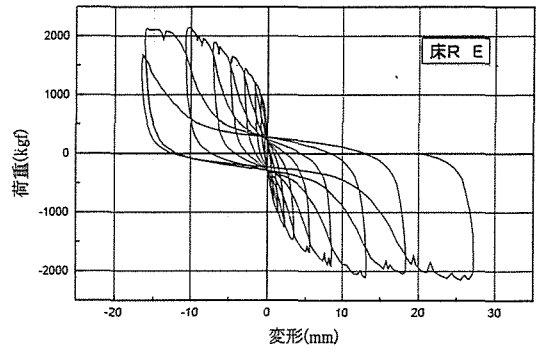
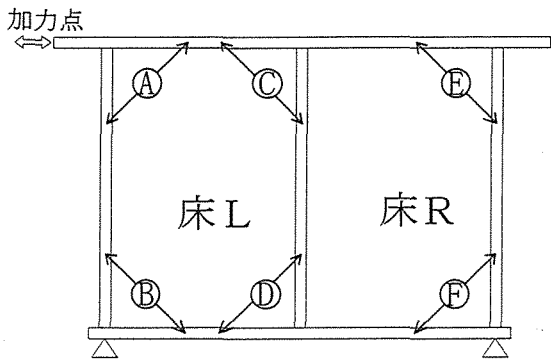


図5-4 転剛 水平力-火打ちの変形

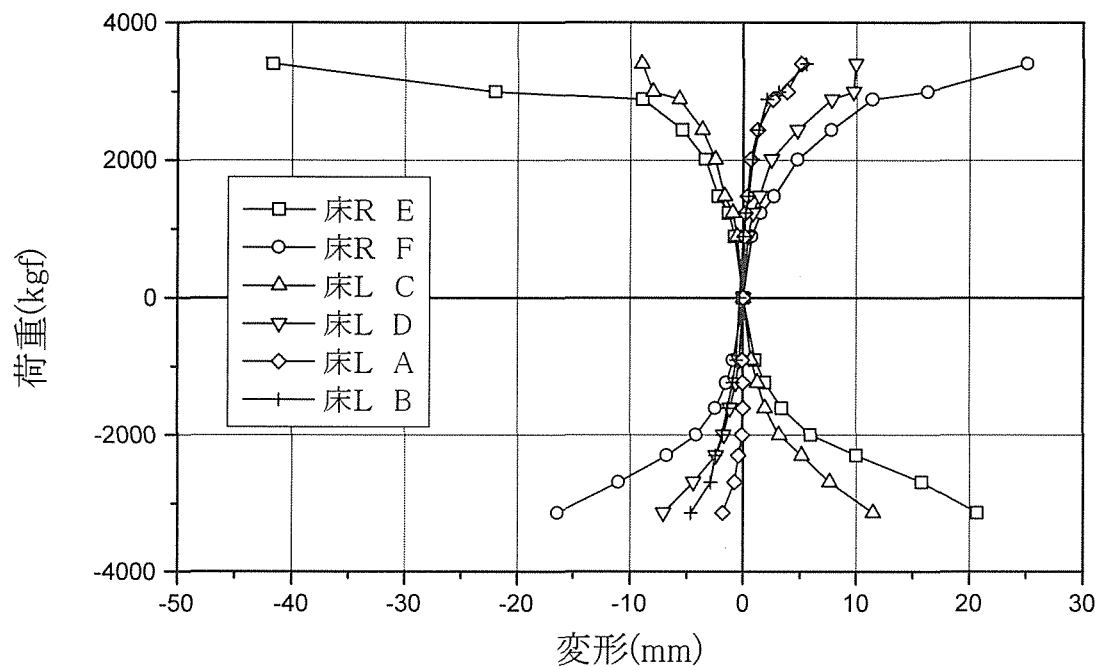


図 5 - 5 転杉 6 水平力-火打ちの変形包絡線

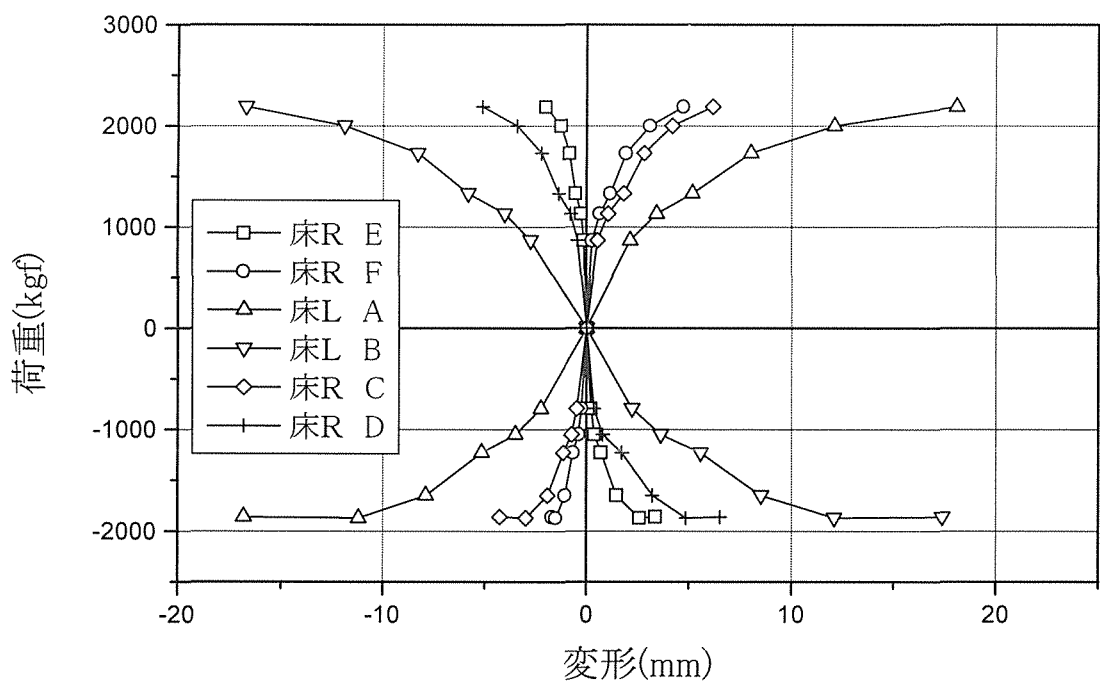


図 5 - 6 転杉 4 水平力-火打ちの変形包絡線

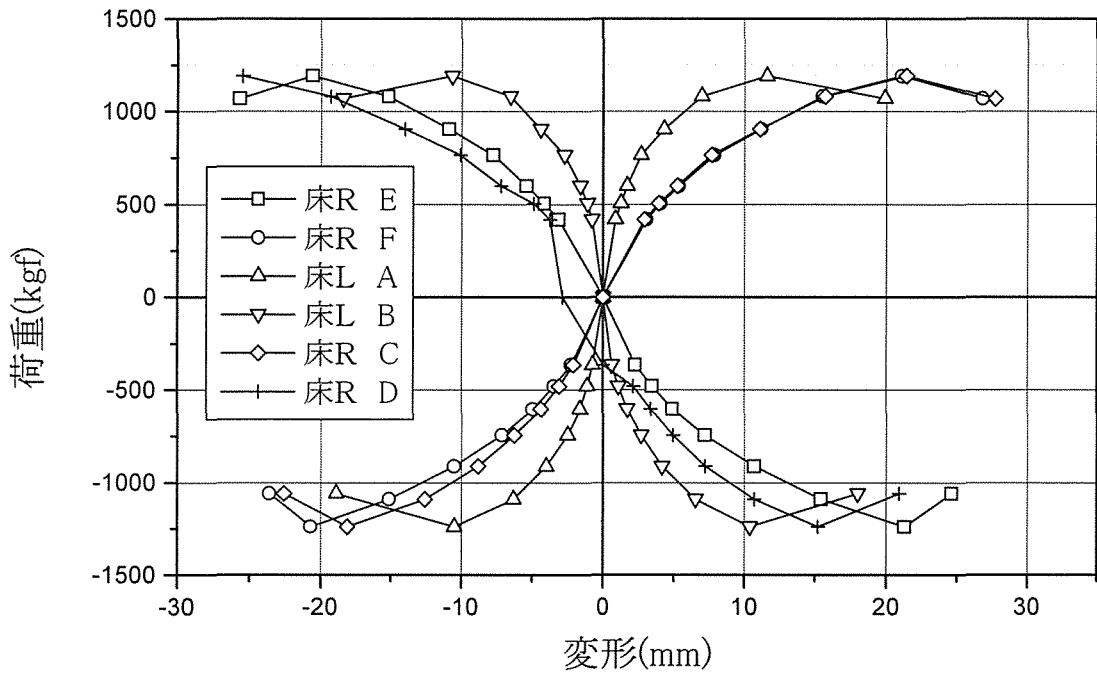


図 5 - 7 転杉 0 水平力一火打ちの変形包絡線

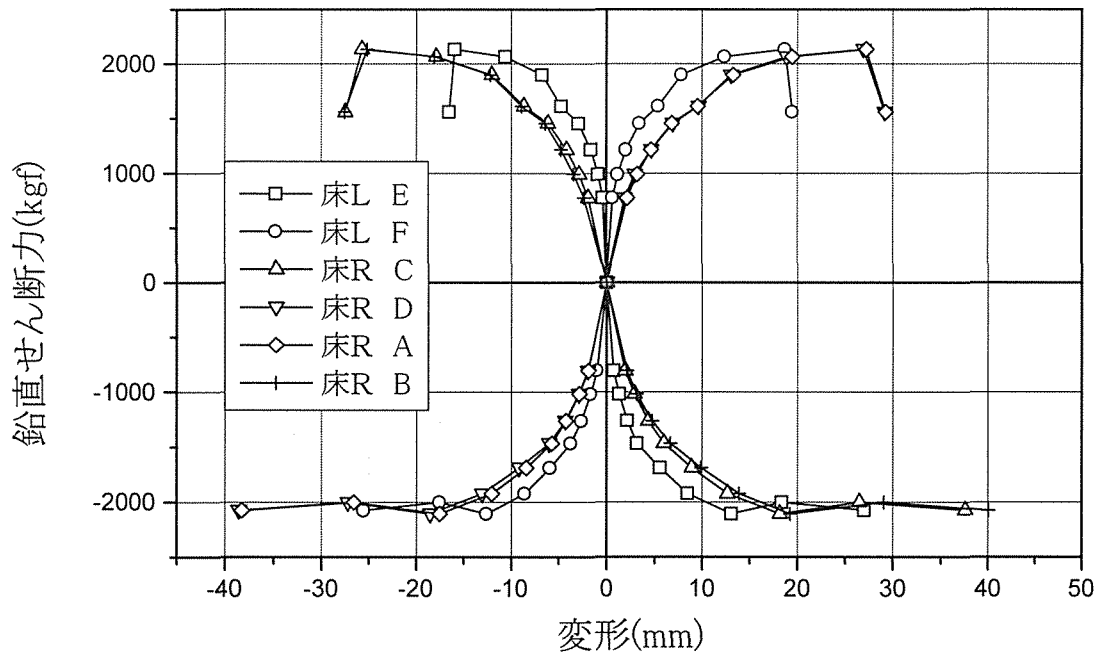


図 5 - 8 転剛 水平力一火打ちの変形包絡線

3.4 根太の回転角

鉛直せん断力と根太端部の回転角（図6-1のAからD位置での回転角）の関係を図7-1から図7-20に、また、鉛直せん断力と根太の回転角（図6-2の床L根太、床R根太）の関係を図8-1から図8-12にそれぞれ示す。ただし、両図とも回転角は時計回りを正の回転角とした。

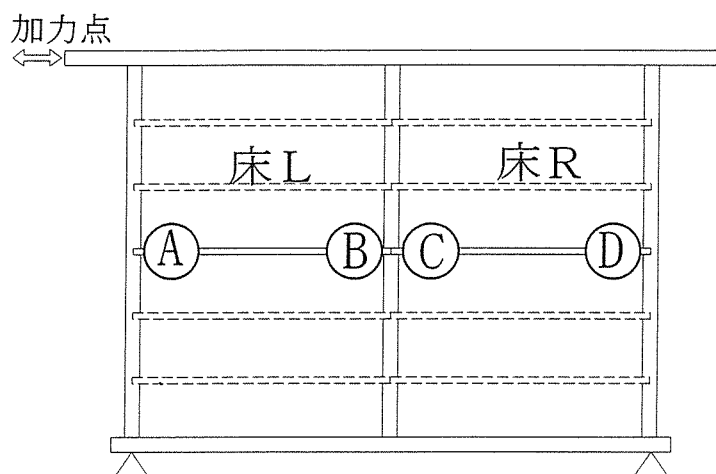


図6-1 根太端部回転角測定位置

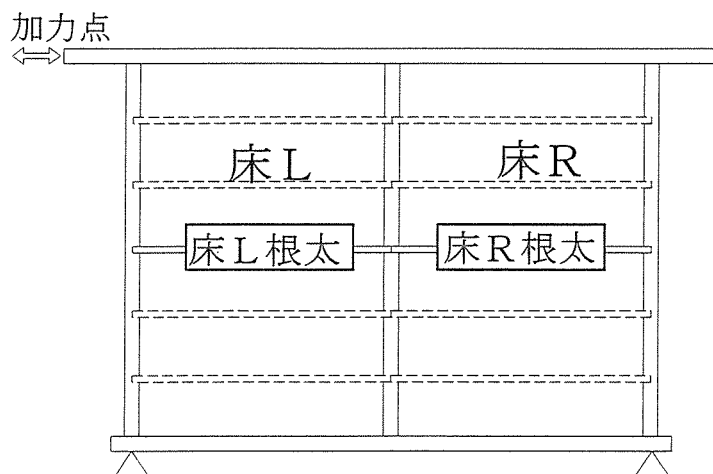


図6-2 根太回転角

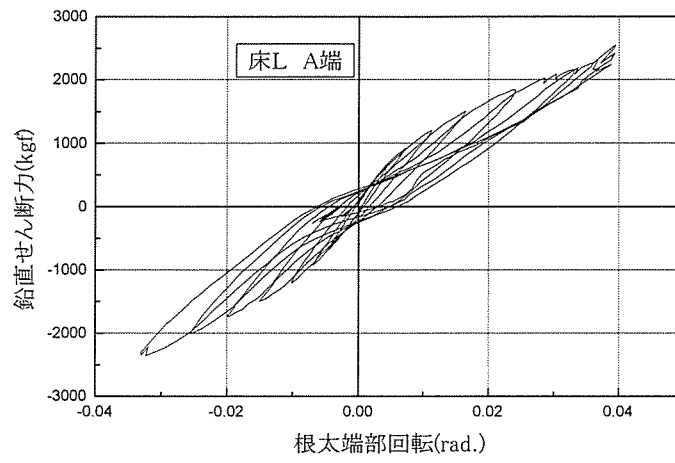


図 7 - 1 転杉 6 鉛直せん断力-床L根太A端回転角

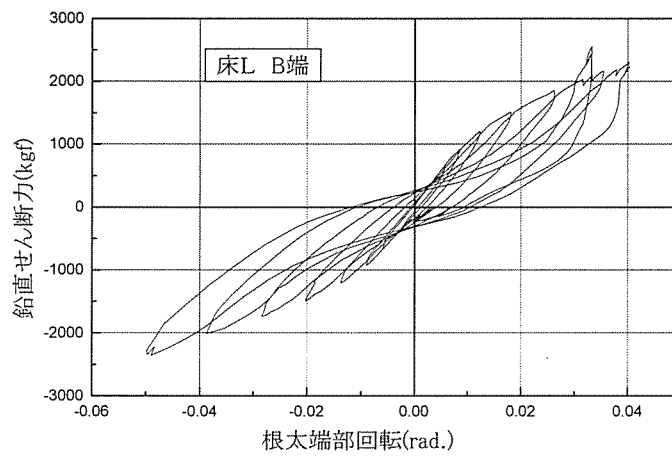


図 7 - 2 転杉 6 鉛直せん断力-床L根太B端回転角

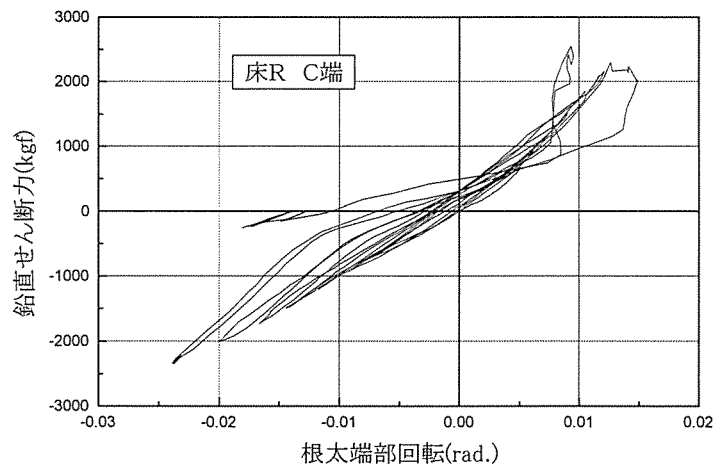


図 7 - 3 転杉 6 鉛直せん断力-床R根太C端回転角

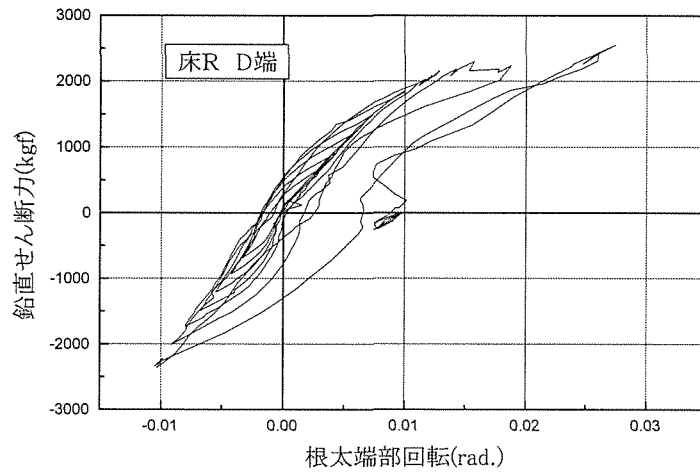


図 7 - 4 転杉 6 鉛直せん断力-床R根太D端回転角

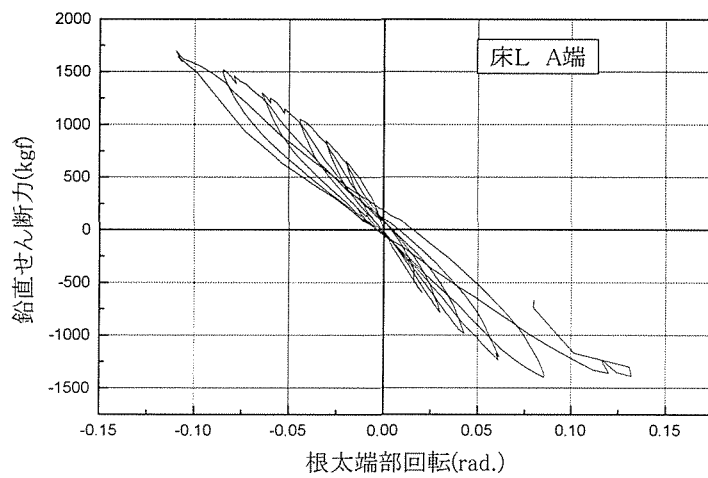


図 7 - 5 転杉 4 鉛直せん断力-床L根太A端回転角

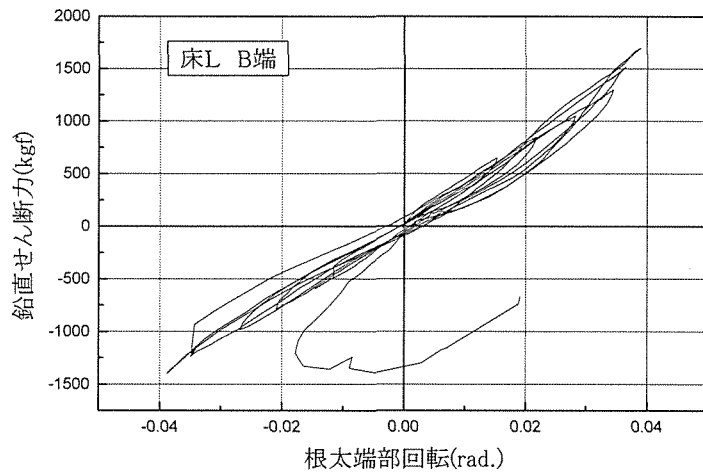


図 7 - 6 転杉 4 鉛直せん断力-床L根太B端回転角

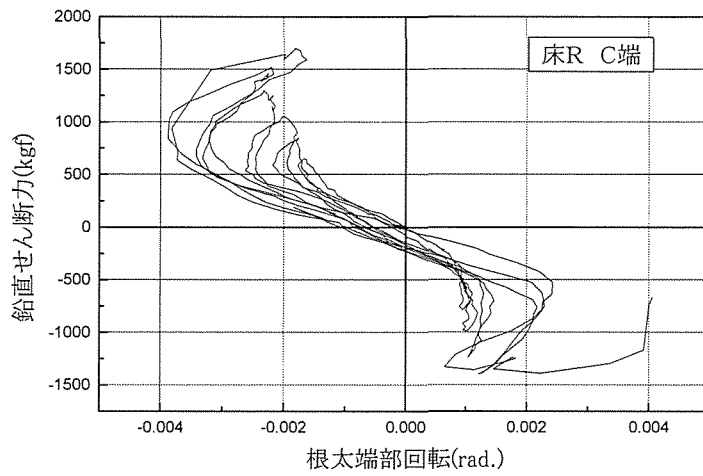


図 7 - 7 転杉 4 鉛直せん断力-床R根太C端回転角

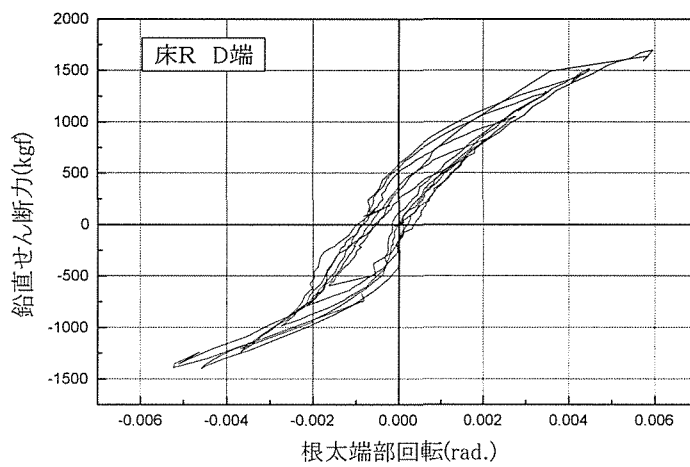


図 7 - 8 転杉 4 鉛直せん断力-床L根太D端回転角

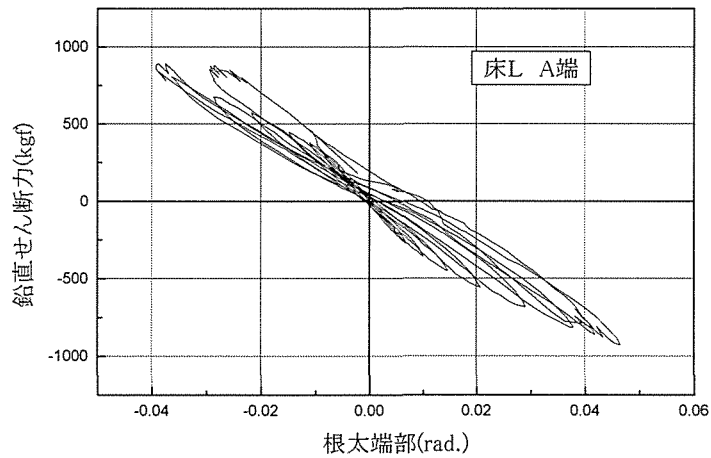


図 7 - 9 転杉 0 鉛直せん断力-床L根太A端回転角

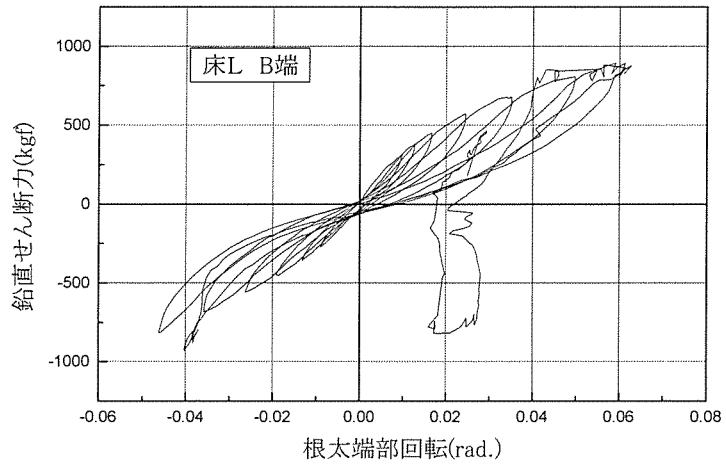


図 7 - 1 0 転杉 0 鉛直せん断力-床 L 根太 B 端回転角

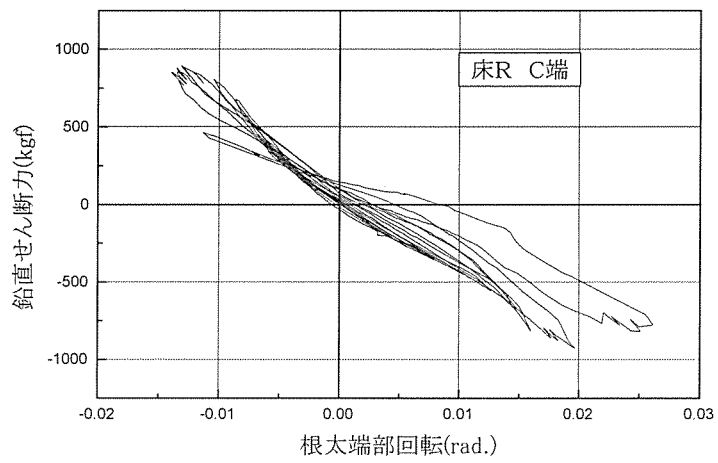


図 7 - 1 1 転杉 0 鉛直せん断力-床 R 根太 C 端回転角

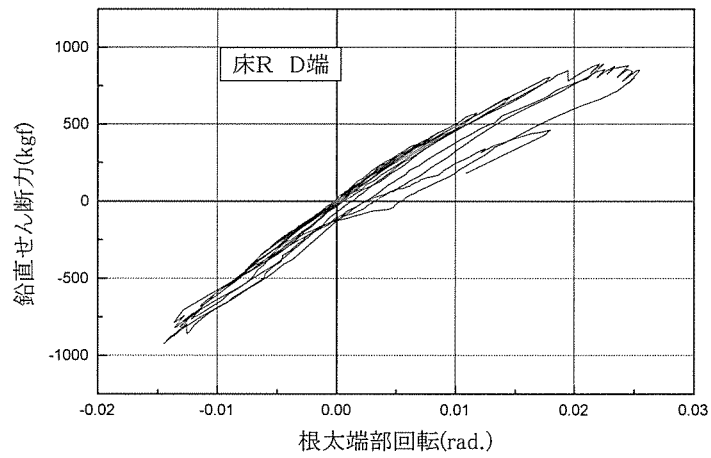


図 7 - 1 2 転杉 0 鉛直せん断力-床 R 根太 D 端回転角

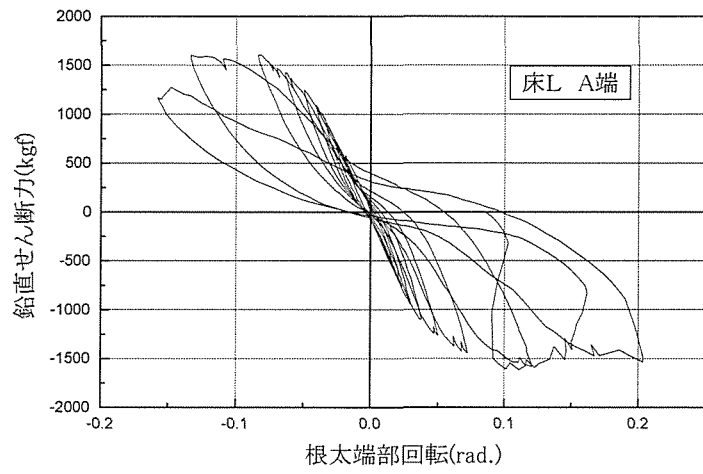


図 7 - 1 3 転剛 鉛直せん断力-床L根太A端回転角

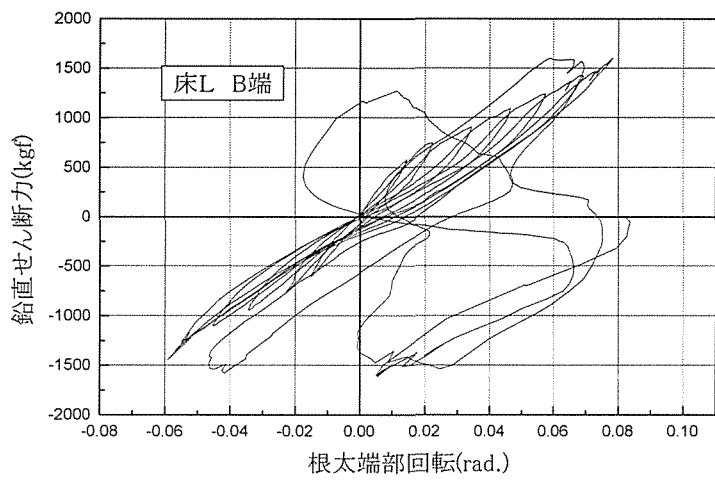


図 7 - 1 4 転剛 鉛直せん断力-床L根太B端回転角

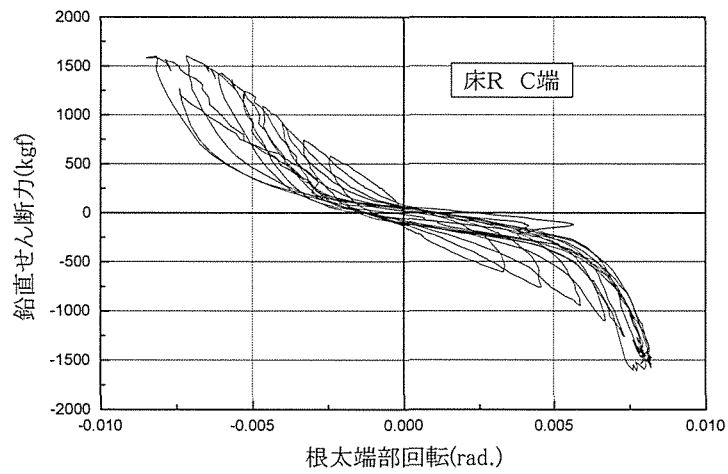


図 7 - 1 5 転剛 鉛直せん断力-床R根太C端回転角

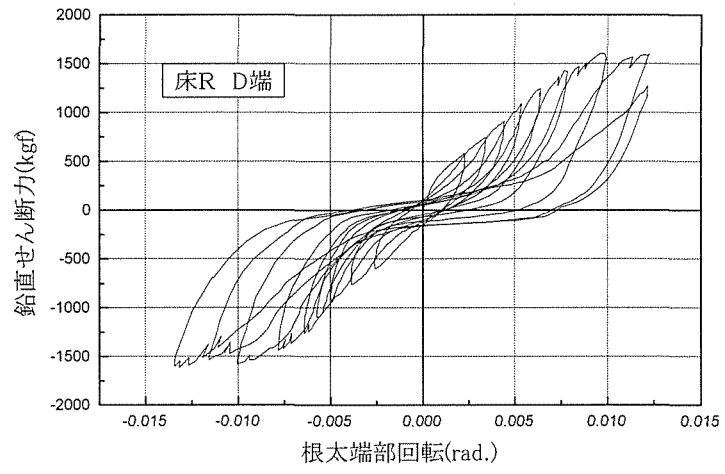


図 7 - 1 6 転剛 鉛直せん断力-床R根太D端回転角

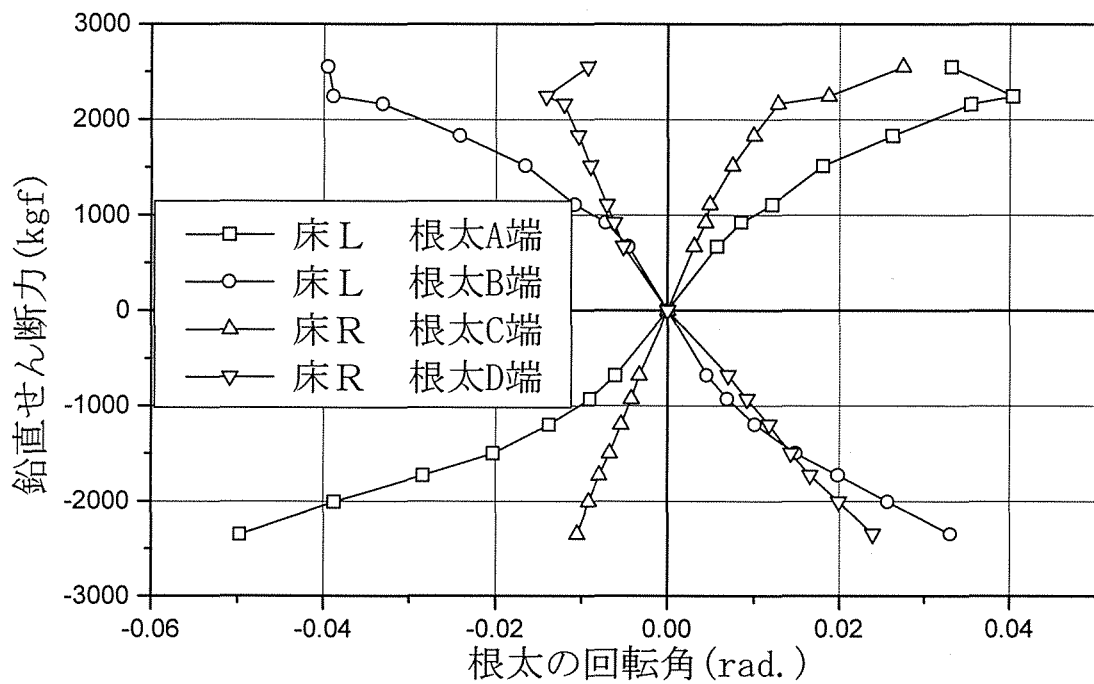


図 7 - 1 7 転杉 6 鉛直せん断力-床 R 根太端部回転角包絡線

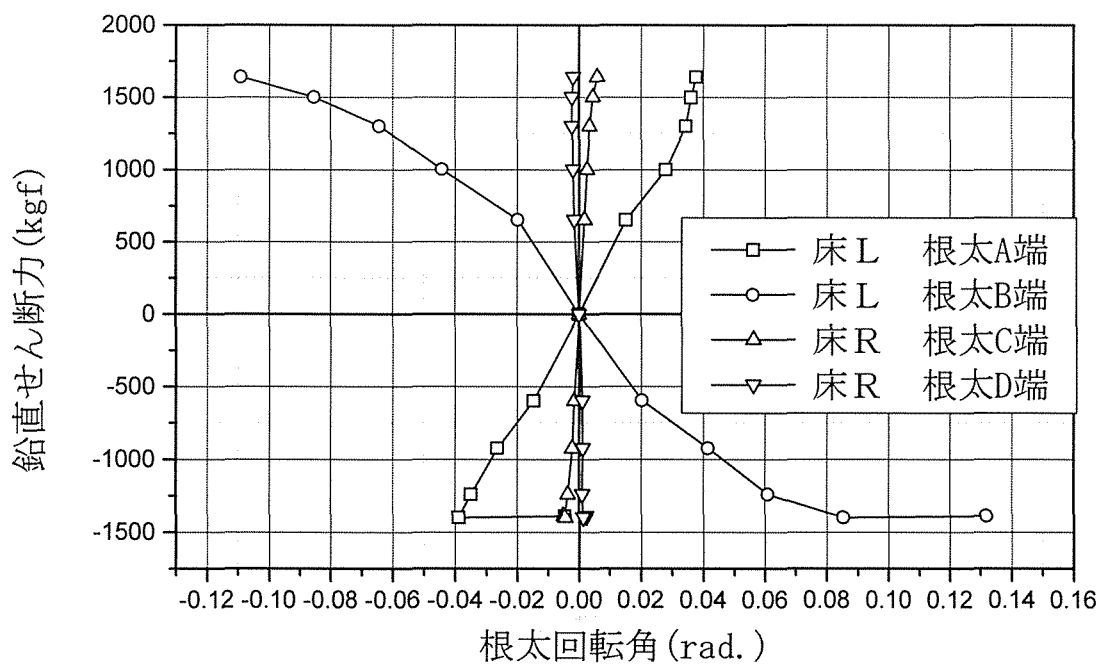


図 7 - 1 8 転杉 4 鉛直せん断力-床 R 根太端部回転角包絡線

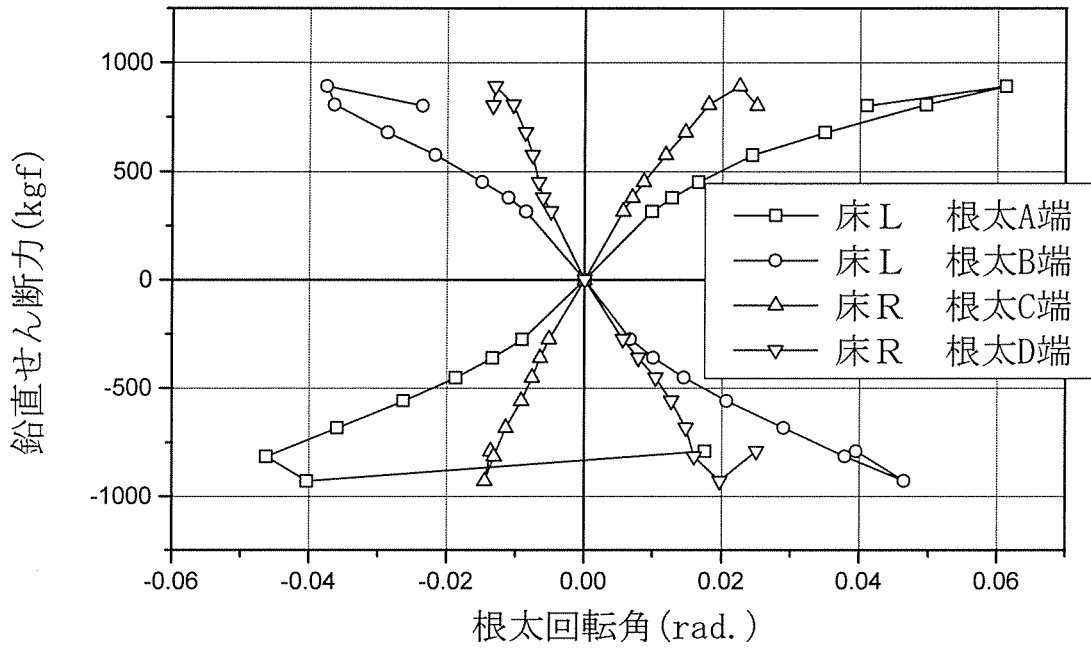


図7-19 転剛 鉛直せん断力-床R根太端部回転角包絡線

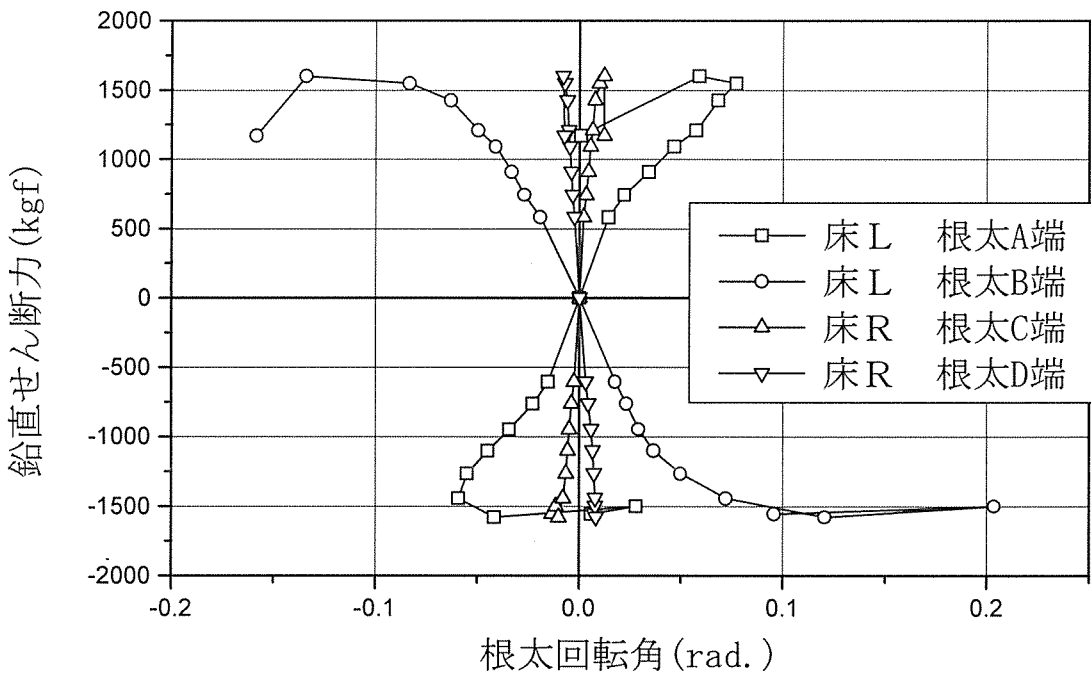


図7-20 転剛 鉛直せん断力-床R根太端部回転角包絡線

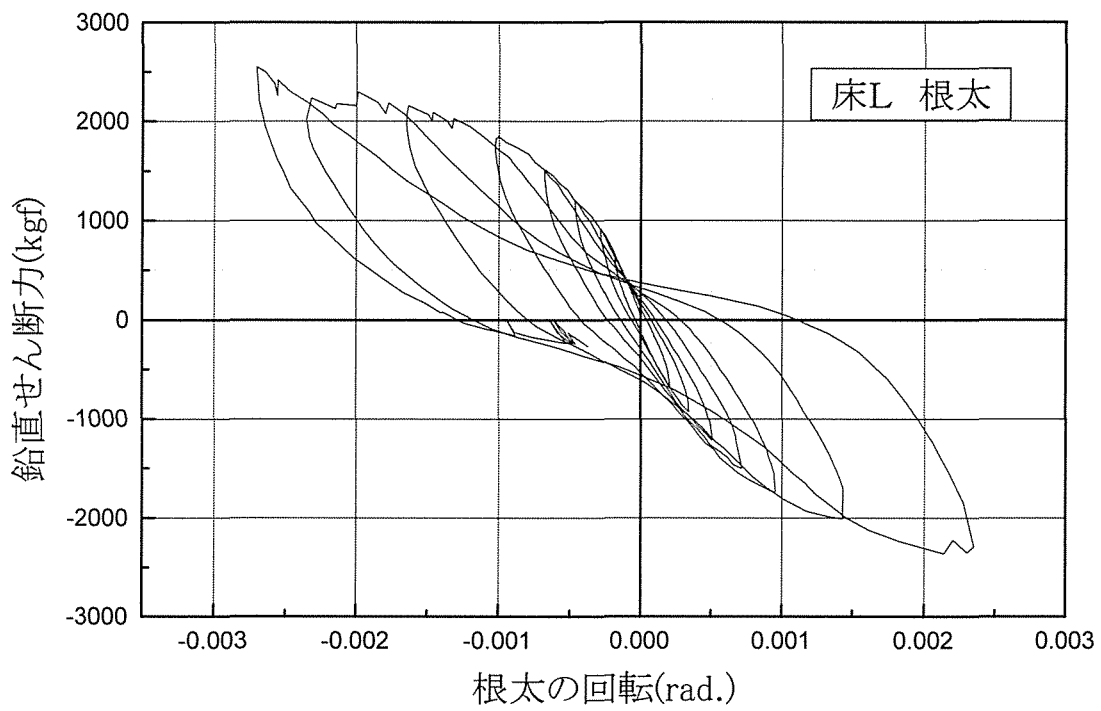


図 8 - 1 転杉 6 鉛直せん断力-床L側根太回転角

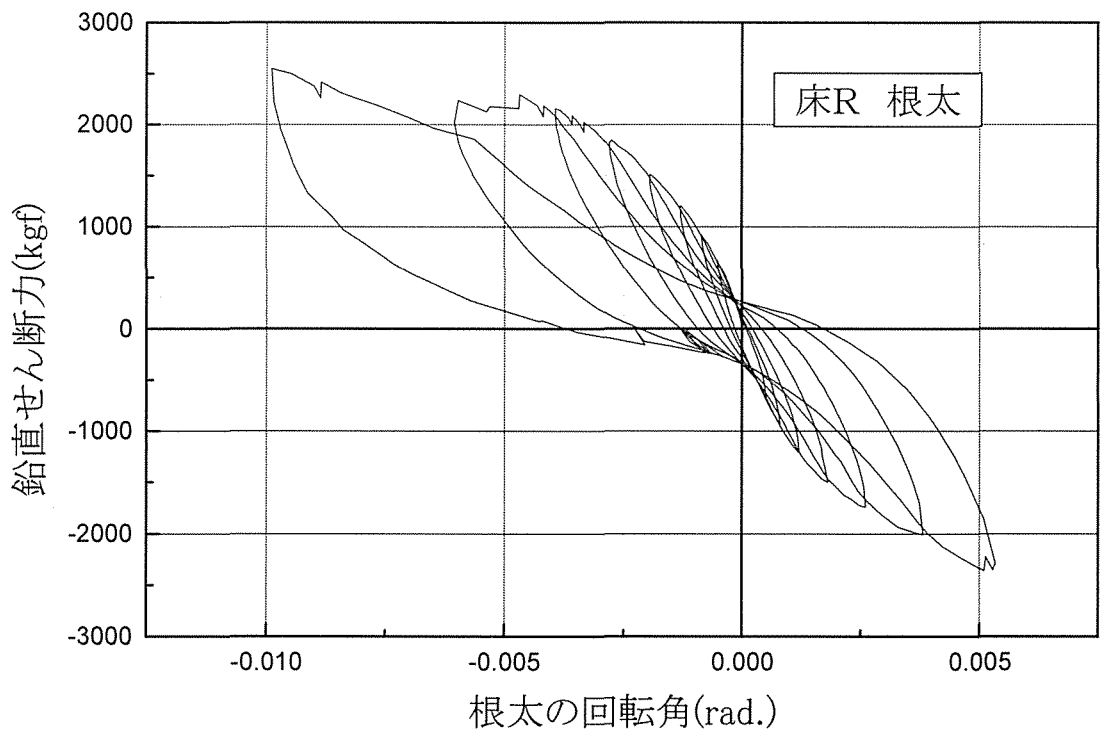


図 8 - 2 転杉 6 鉛直せん断力-床R側根太回転角

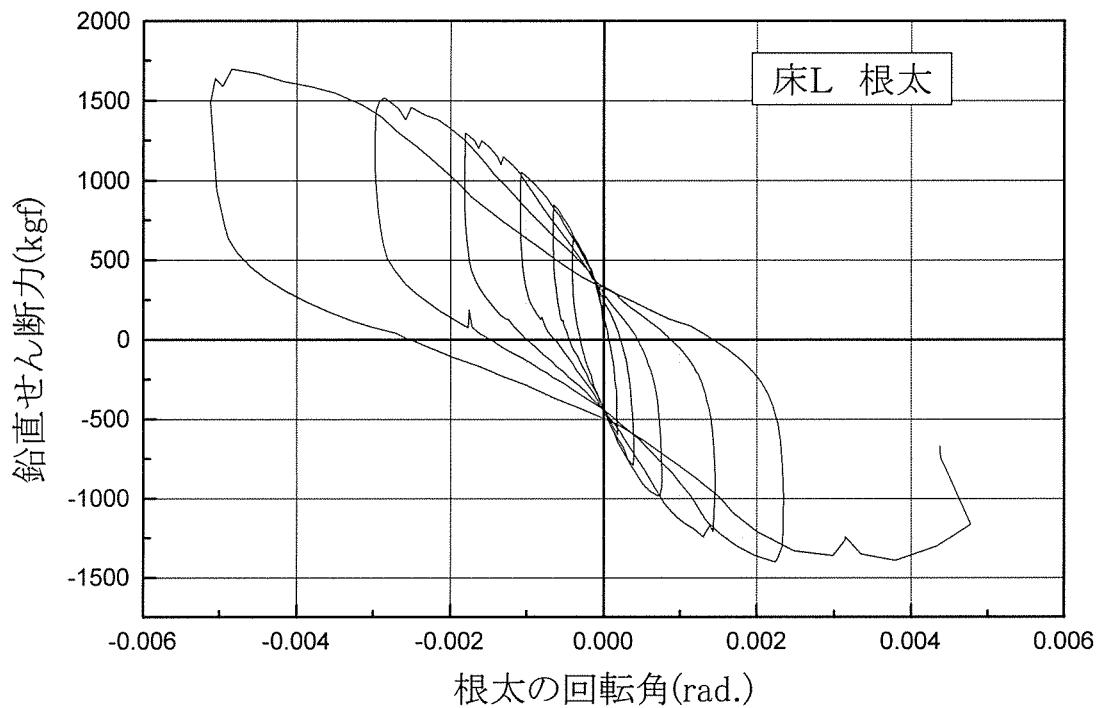


図 8 - 3 転杉 4 鉛直せん断力-床L側根太回転角

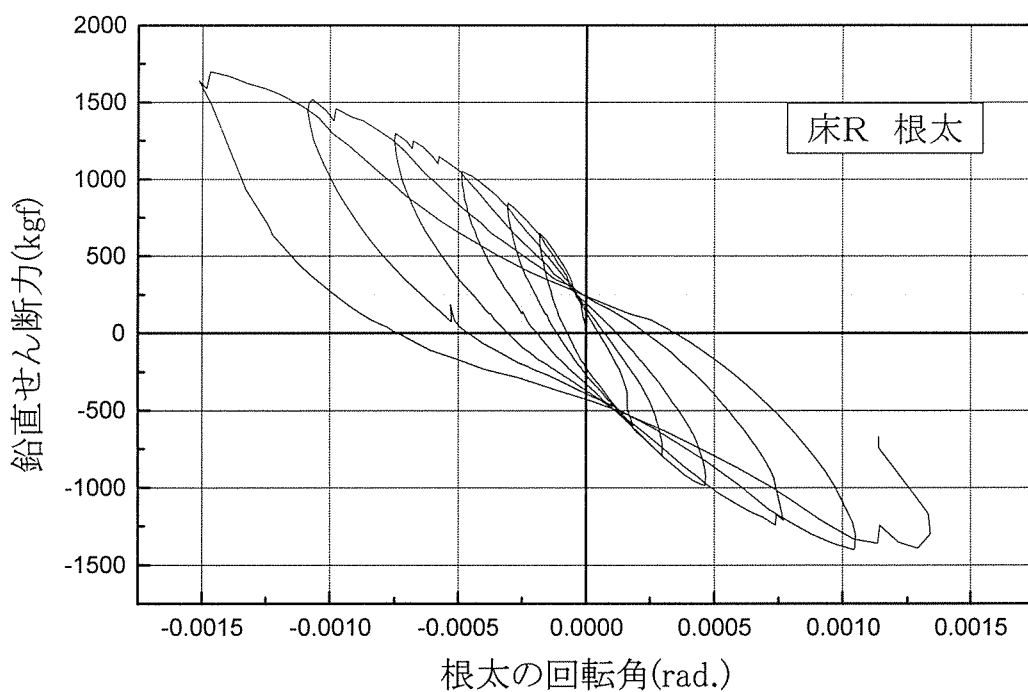


図 8 - 4 転杉 4 鉛直せん断力-床R側根太回転角

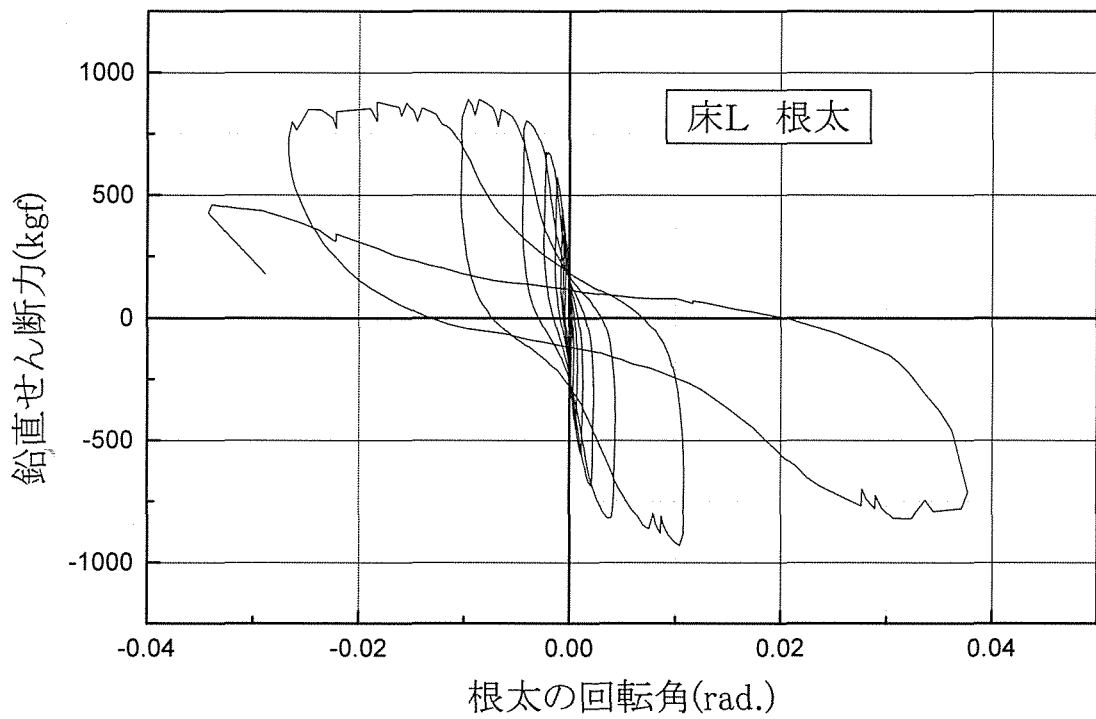


図 8 - 5 転杉 4 鉛直せん断力-床 L 側根太回転角

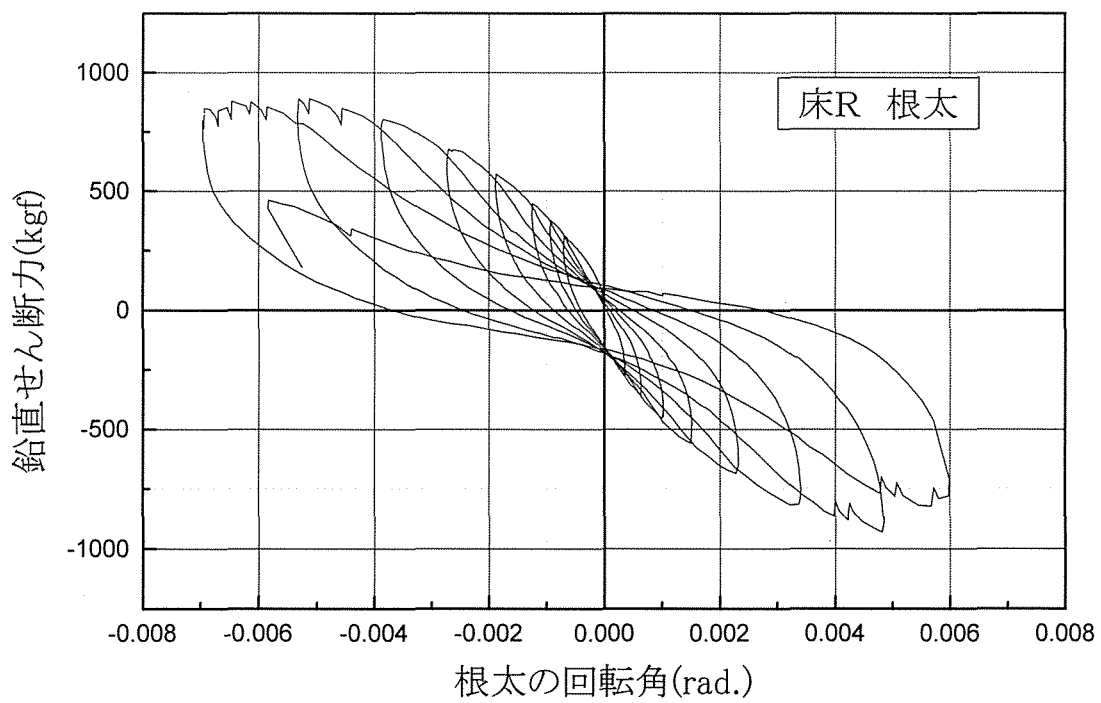


図 8 - 6 転杉 6 鉛直せん断力-床 R 側根太回転角

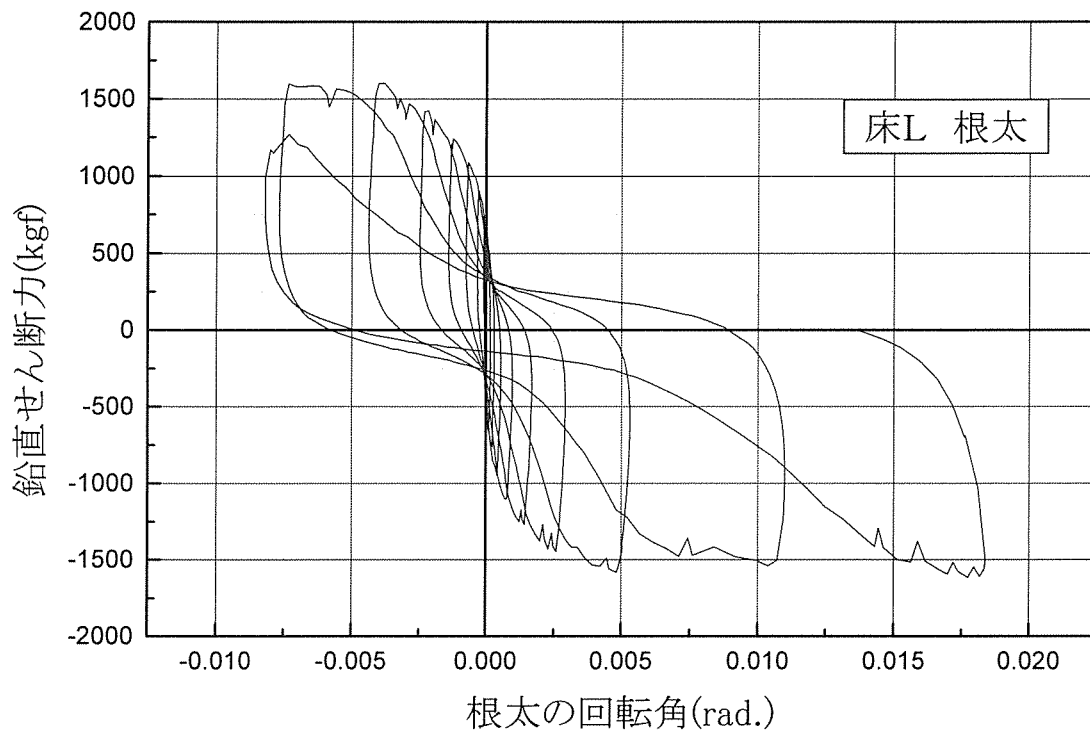


図 8 - 7 転剛 鉛直せん断力-床L側根太回転角

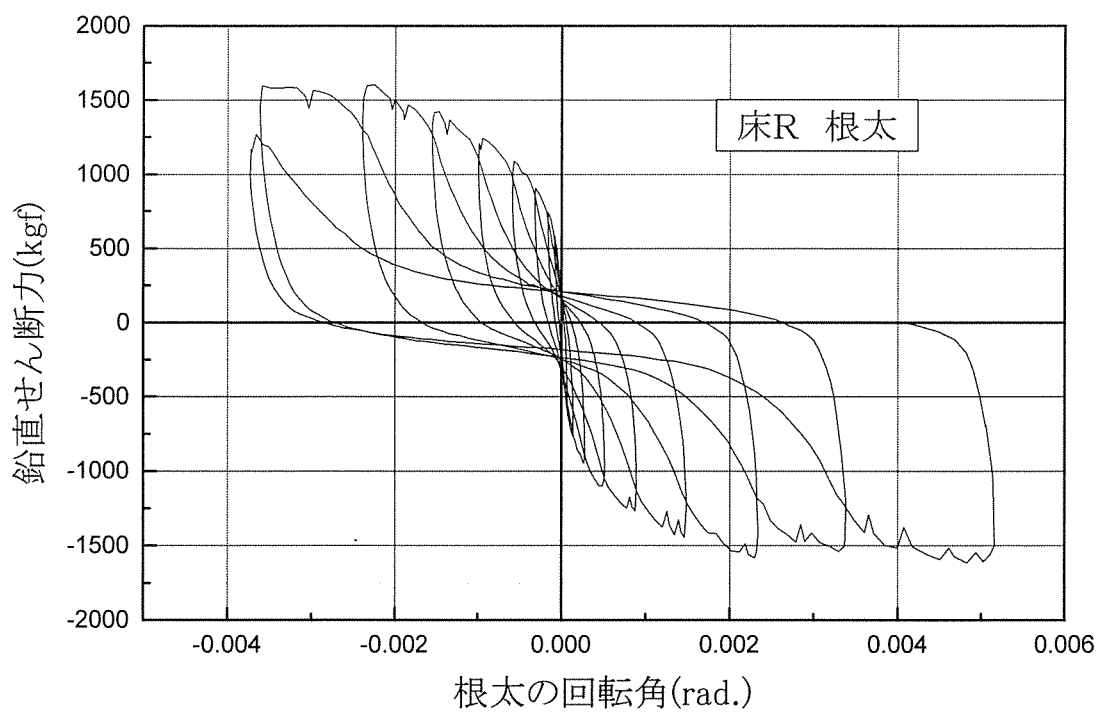


図 8 - 8 転剛 鉛直せん断力-床R側根太回転角

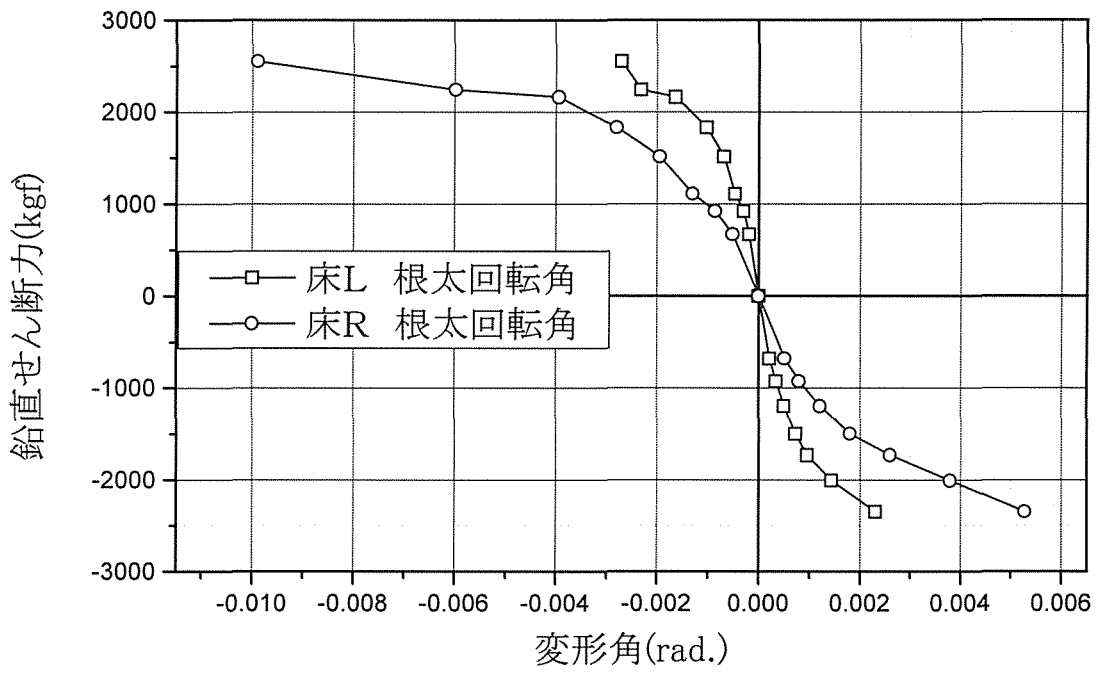


図 8 - 9 転杉 6 鉛直せん断力-根太回転角包絡線

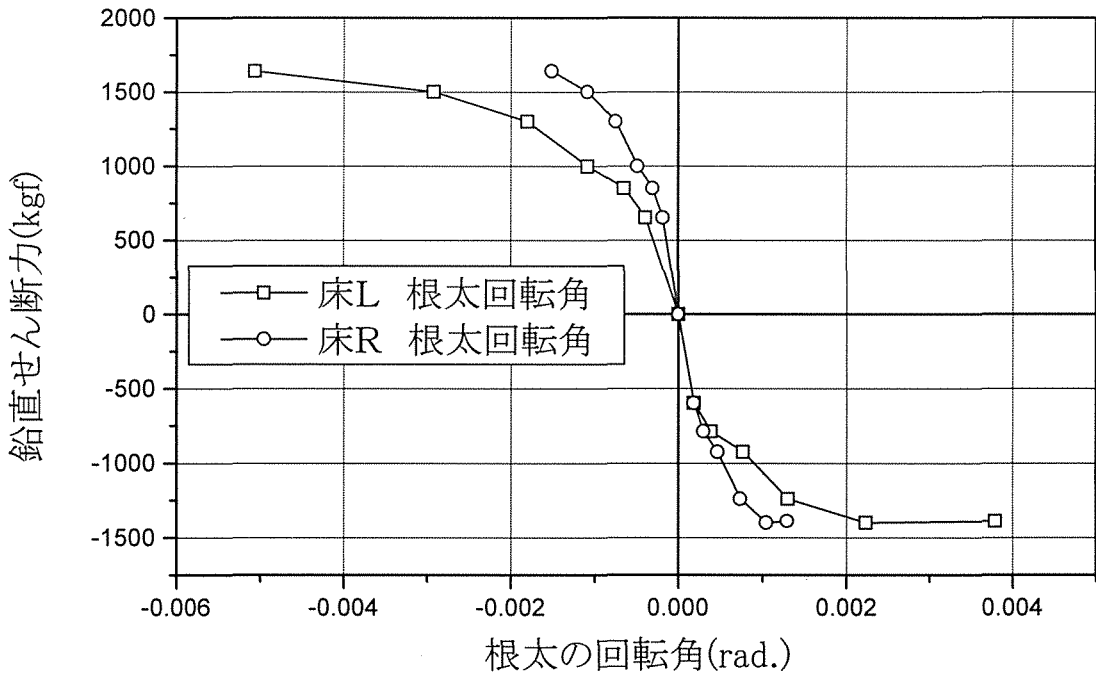


図 8 - 1 0 転杉 4 鉛直せん断力-根太回転角包絡線

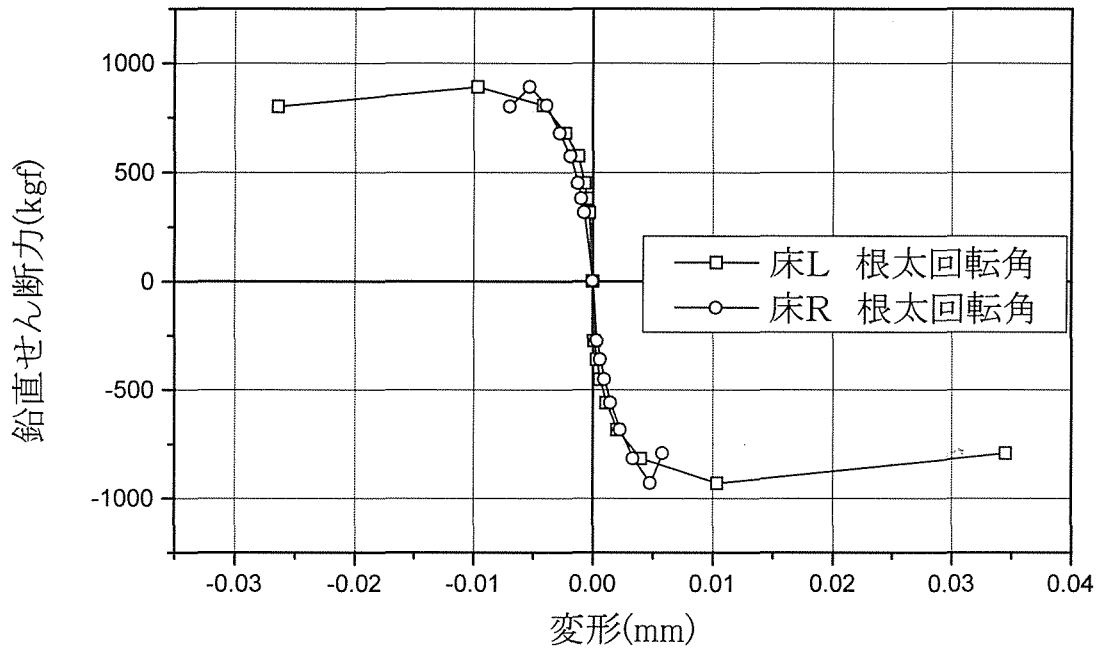


図 8 - 1 1 転杉 0 鉛直せん断力-根太回転角包絡線

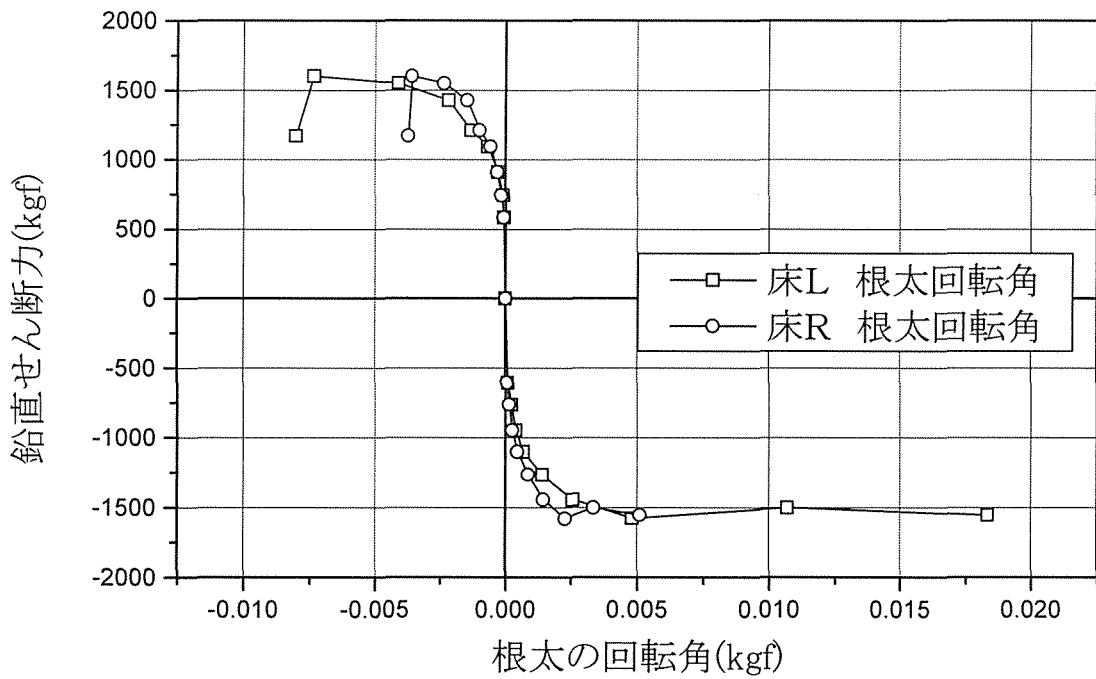


図 8 - 1 2 転剛 鉛直せん断力-根太回転角包絡線

3.5 面材のずれ

図9-1から図9-4には各試験体の面材のずれ量を示した。転杉6と転杉0の試験体では床Lの方が床Rよりもやや大きなずれ量であるが、転杉4では床Rの方が床Lよりもずれ量が大きくなっている。この原因は、転杉4では床R側に4本の火打ちがあり、床L側に比べて構面の剛性が大きいためだと思われる。

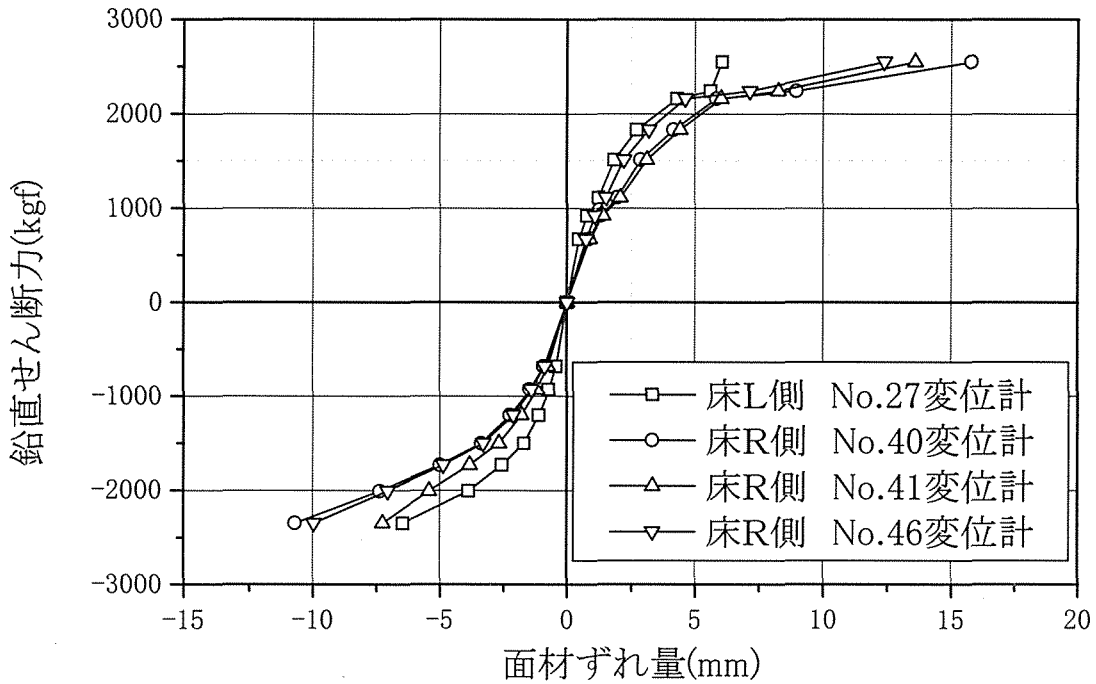


図9-1 転杉6 面材のずれ量

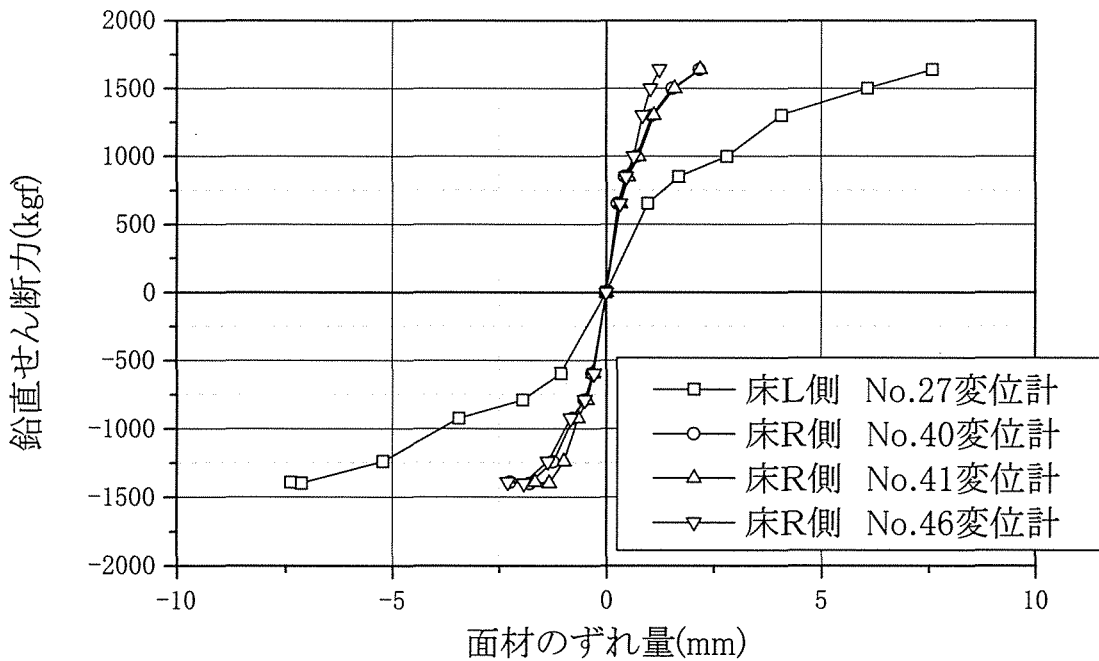


図9-2 転杉4 面材のずれ量

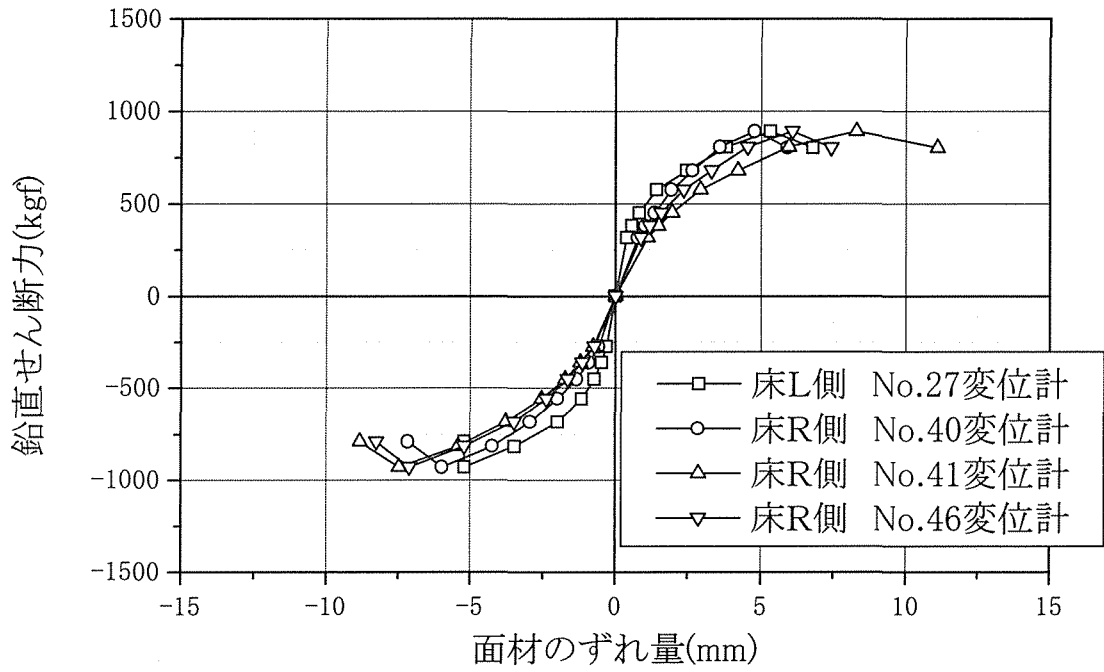


図9-3 転杉0 面材のずれ量

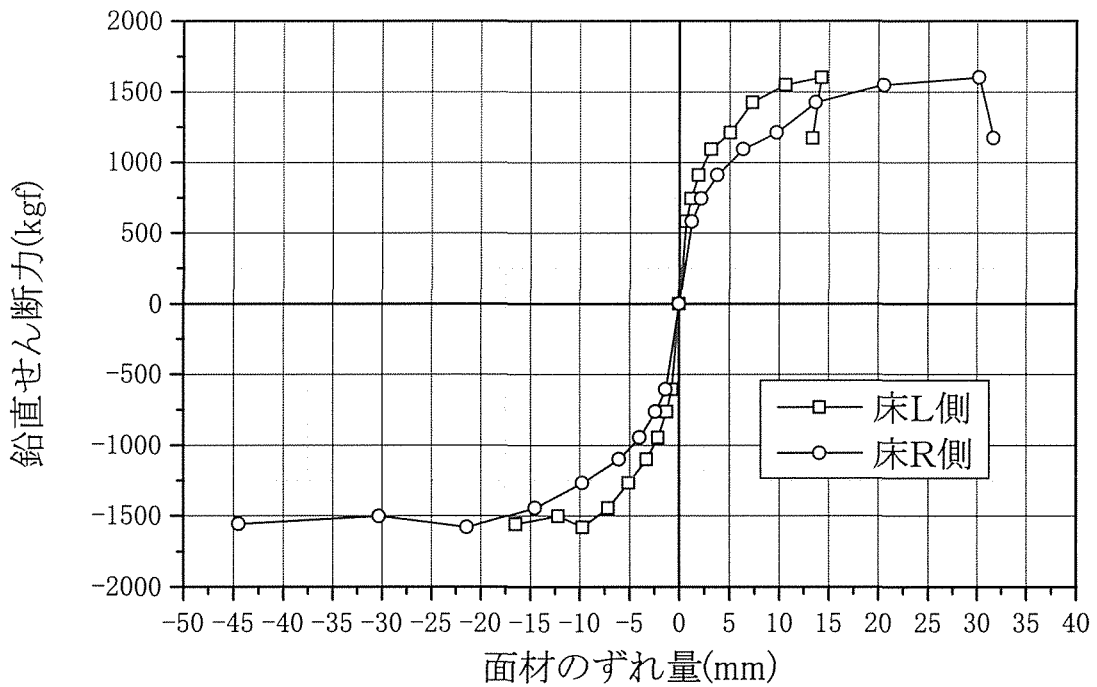


図9-4 転剛 面材のずれ量

3.6 下桁から根太および面材の 抜き出し

図10-1には鉛直せん断力と下桁から根太の抜き出し量を、図10-2には面材の抜き出し量の関係を示した。

図10-1では床L側でNo.35で抜き出し量が、また図10-2ではNo.34の計測値が他の計測値と反転している。これは、床L側でのせん断変形の結果下桁に打ち付けた根太のねじれ回転の影響だと思われる。

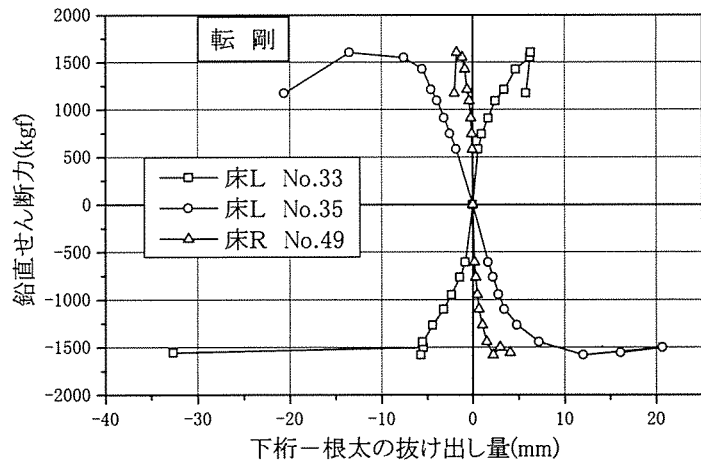
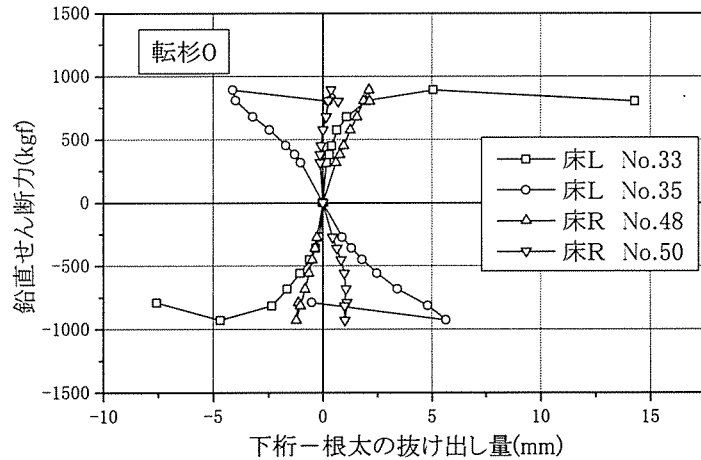
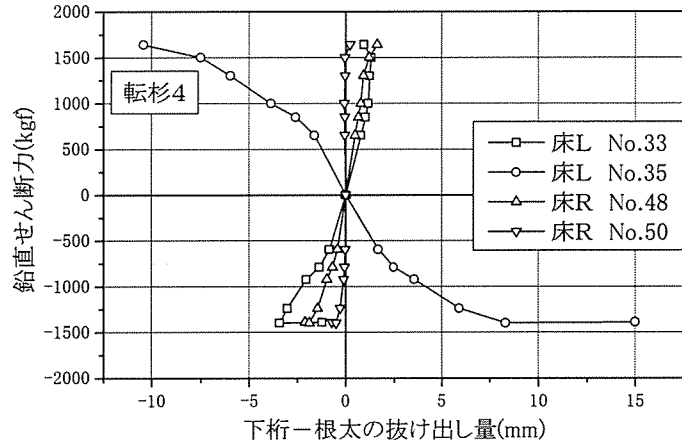
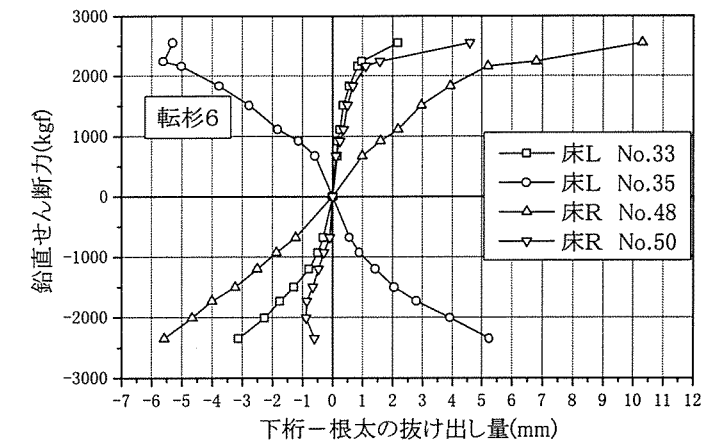


図10-1 下桁から
根太の抜き出し量

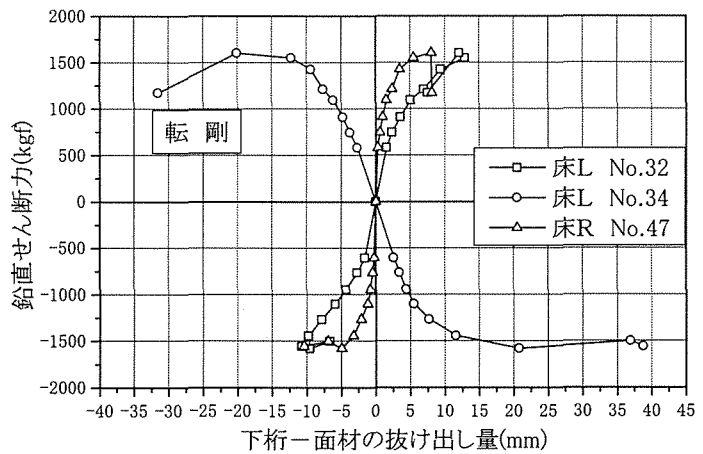
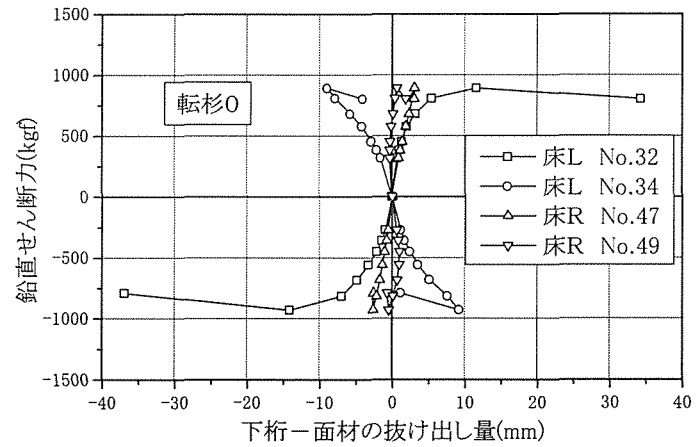
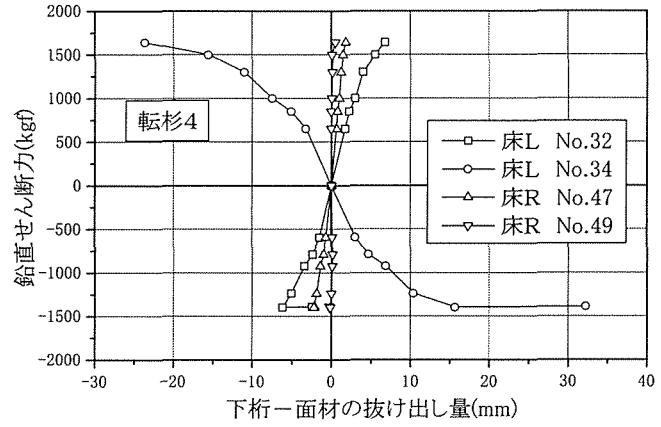
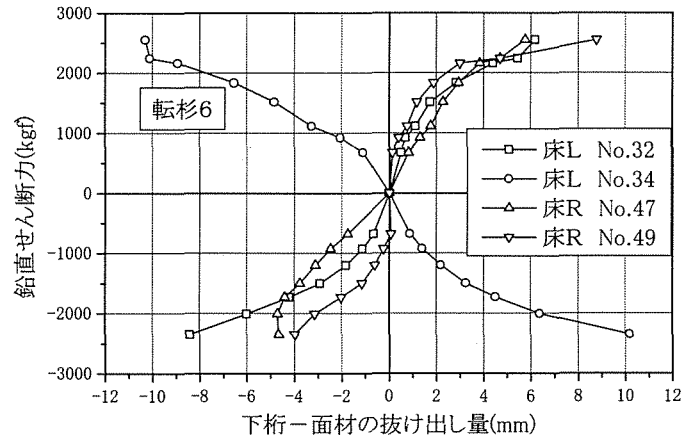


図10-1 下桁から
面材の抜け出し量

4. 複合床構面の弾塑性性状の検証

床要素である面材と火打ち軸組から構成される床の弾塑性性状と、2種類の異なった床で構成される複合床構面の弾塑性性状の計算法の検証を、以下のような方法で行った。

検証1

面材を張り付けた床の実験結果と火打ちからなる軸組の各要素実験結果から得られた鉛直せん断力 Q_v と加力点でのみかけのせん断変形角 γ 関係を用いて、それぞれを並列に配置されたバネとして取り扱い、面材+火打ち軸組で構成された床Lと床R（以下、複合床）の $Q_v - \gamma$ 関係を求めた。そして、複合床構面試験体の床Lと床Rでそれぞれ実測された $Q_v - \gamma$ 関係の実験値と計算値の比較を図1 1-1から図1 1-8にそれぞれ示した。ただし、面材の実験では横架材の剛性によるせん断力の負担があるために、軸のみの実験結果を用いて横架材の負担力を除去した。床Lと床R毎の比較では、合板側では $1/120$ radまでは各試験体の $Q_v - \gamma$ 関係はほぼ同じ傾向にあり、それ以降では計算値は実験値よりも低くなる評価となった。杉板と火打ちで構成した床の $Q_v - \gamma$ 関係については、計算値と実験値がほぼ一致したが、火打ちのない床では計算値が実験値よりも低く評価する結果となった。

検証2

床Lと床Rの $Q_v - \gamma$ 関係を以下のように直列に配置されたバネとして取り扱い、複合床構面体全体の $Q_v - \gamma$ 関係を求めた。図1 2に示したように、2種類の剛性の異なる床から構成された複合床構面では、加力点でのみかけのせん断変形角 γ と床Lと床Rのせん断変形角 γ_L と γ_R との間には

$$2 \cdot \gamma = \gamma_R + \gamma_L \quad \dots\dots (1)$$

の関係がある。一方、床に生じる鉛直せん断力 Q_v は床Lと床Rで等しい。また、床Lと床Rの面材の剛性をそれぞれ K_{SL} 、 K_{SR} 、および横架材の剛性を K_{FL} 、 K_{FR} とすると床Lと床Rの剛性 K_L 、 K_R はそれぞれ次式で求まる。

$$K_L = K_{FL} + K_{SL}$$

$$K_R = K_{FR} + K_{SR}$$

床Lと床Rの変位 δ_L と δ_R は

$$\delta_L = 2P \cdot \gamma_L$$

$$\delta_R = 2P \cdot \gamma_R \quad \dots\dots (2)$$

で求められる。また、鉛直せん断力 Q_v は

$$Q_v = K_L \cdot \gamma_L = K_R \cdot \gamma_R \quad \dots\dots (3)$$

で求められる。

一方、複合床構面全体のせん断変形角 γ は

$$\gamma = (\delta_L + \delta_R) / 4P = (\gamma_L + \gamma_R) / 2 \quad \dots\dots (4)$$

となり、(1)と同じ結果となる。また、鉛直せん断力 Q_v は(3)式を(4)式に代入して

$$Q_v = 2 \cdot \gamma / \{ (1/K_L + 1/K_R) \} = 2 \cdot \gamma / \{ 1/(K_{FL} + K_{FR}) + 1/(K_{SL} + K_{SR}) \} \quad \dots\dots (5)$$

で求められる。

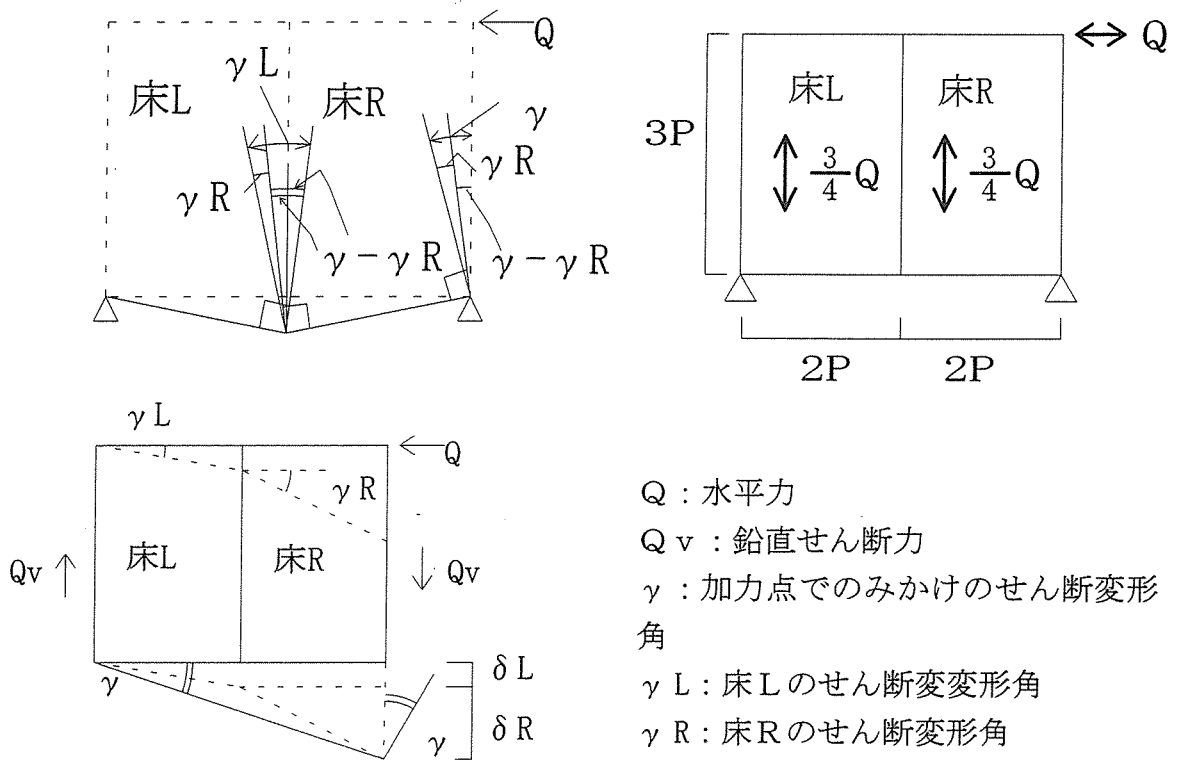


図 1 2 左右の剛性の異なる構面のせん断変形

このようにして求めた複合床構面試験体全体の $Q_v - \gamma$ 関係の計算値と実験値の比較を図 1 3 - 1 から図 1 3 - 4 に示した。計算値は実験値と比べ、やや低めの剛性評価となっている。その原因は、計算では 4 P 方向の梁の左右の床の接合点はモーメント伝達できないピン接合としているのに対し、実験では 4 P 方向の梁が 1 本ものであるためにモーメントの伝達が行われたため、軸組の剛性評価が計算値よりも実験値の方が大きくなったことに起因するものと考えられる。

5. まとめ

面材と火打ち軸組で構成された床の弾塑性性状は、各床要素を並列バネとして、また、2 種類の剛性の異なる床を組み合わせた複合床構面体の弾塑性性状は、各床を直列バネとして計算することにより、複合床構面体全体の弾塑性性状の推定が可能と考えられる。

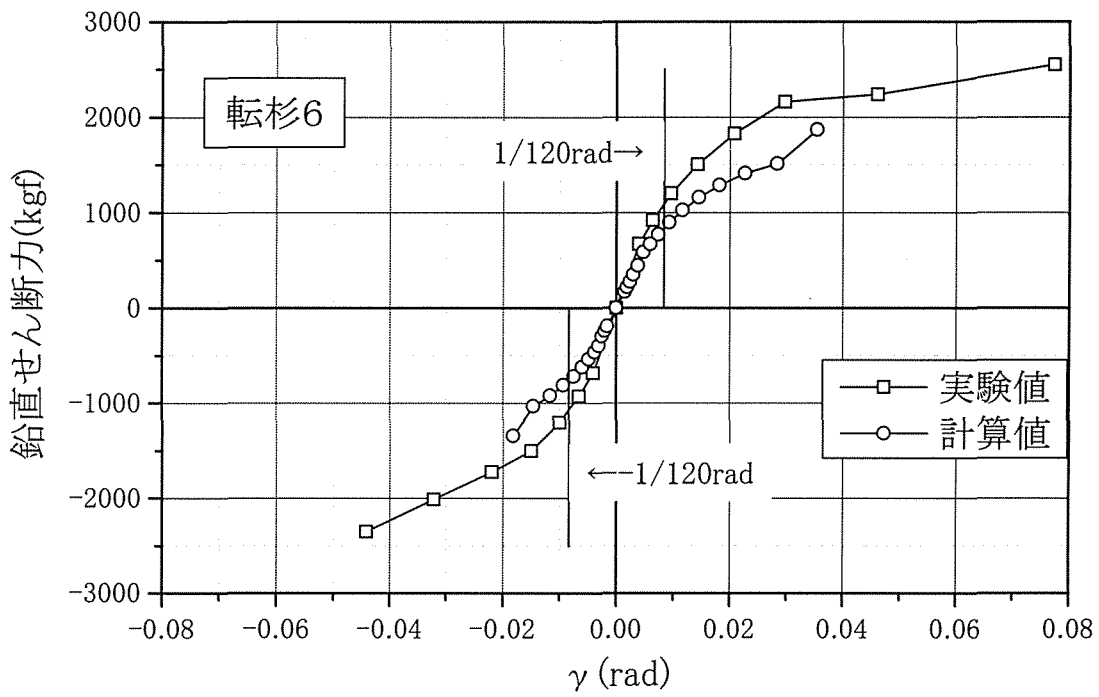


図 1 1 - 1 転杉 6 床 L 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

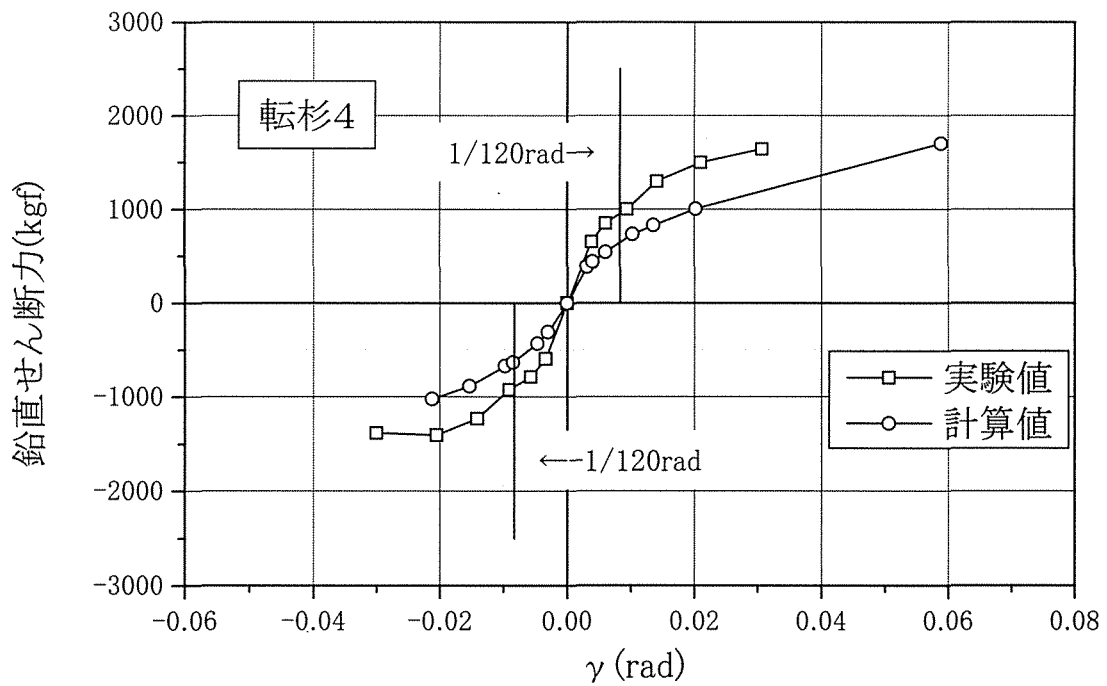


図 1 1 - 2 転杉 4 床 L 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

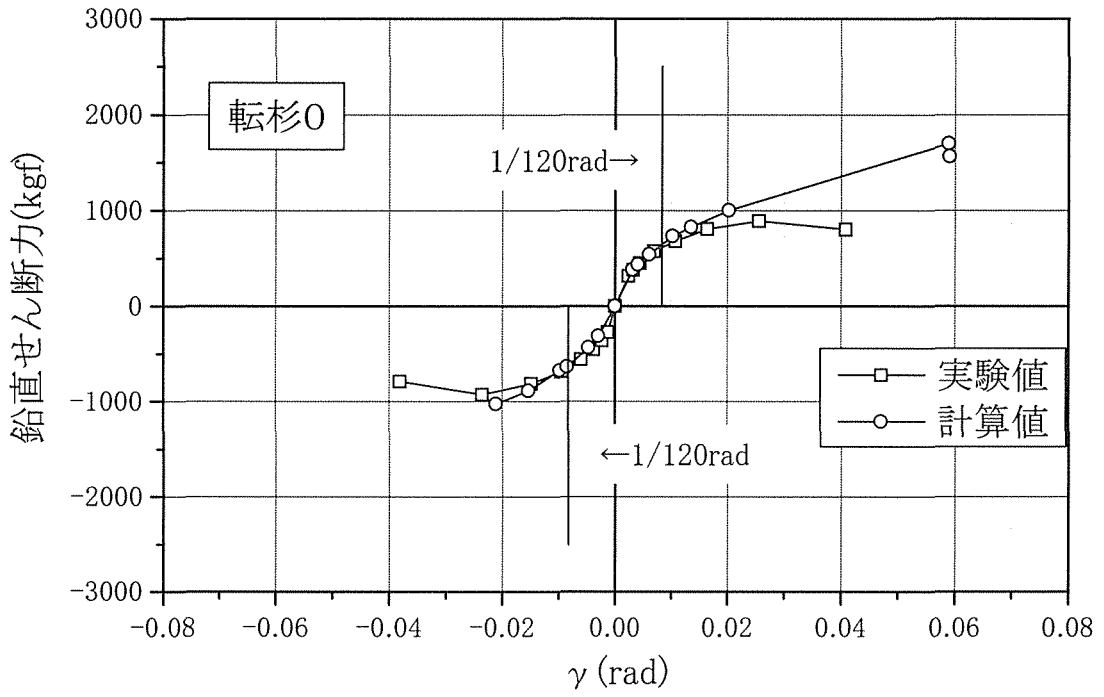


図 1 1 - 3 転杉 0 床 L 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

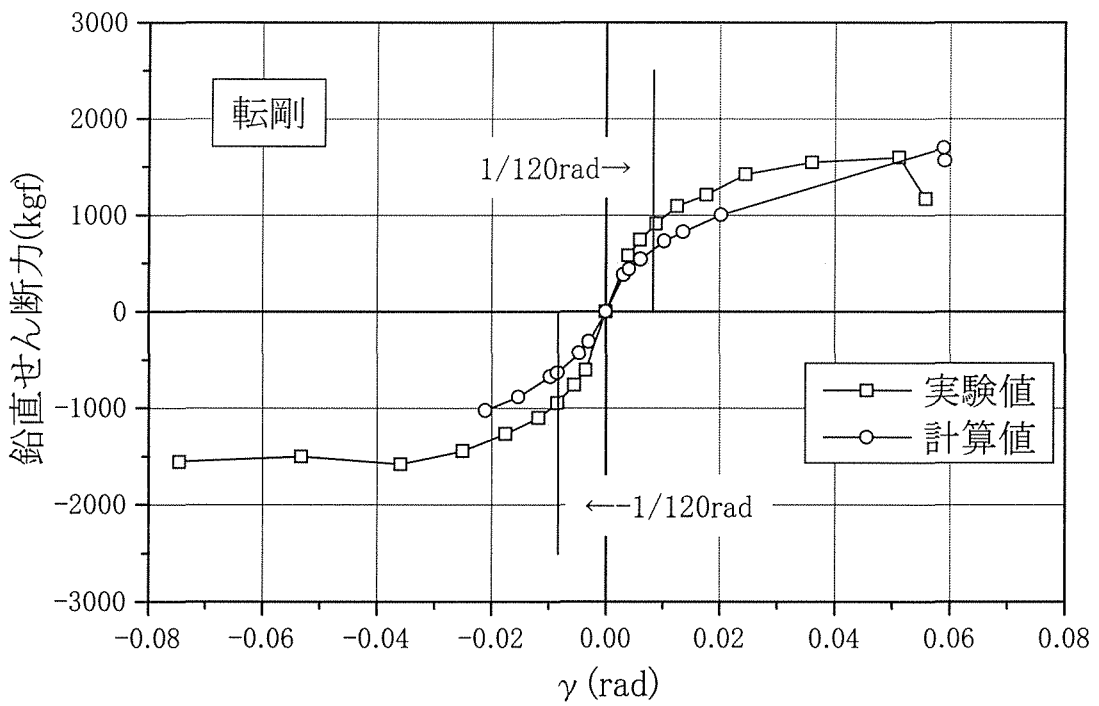


図 1 1 - 4 転剛床 L 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

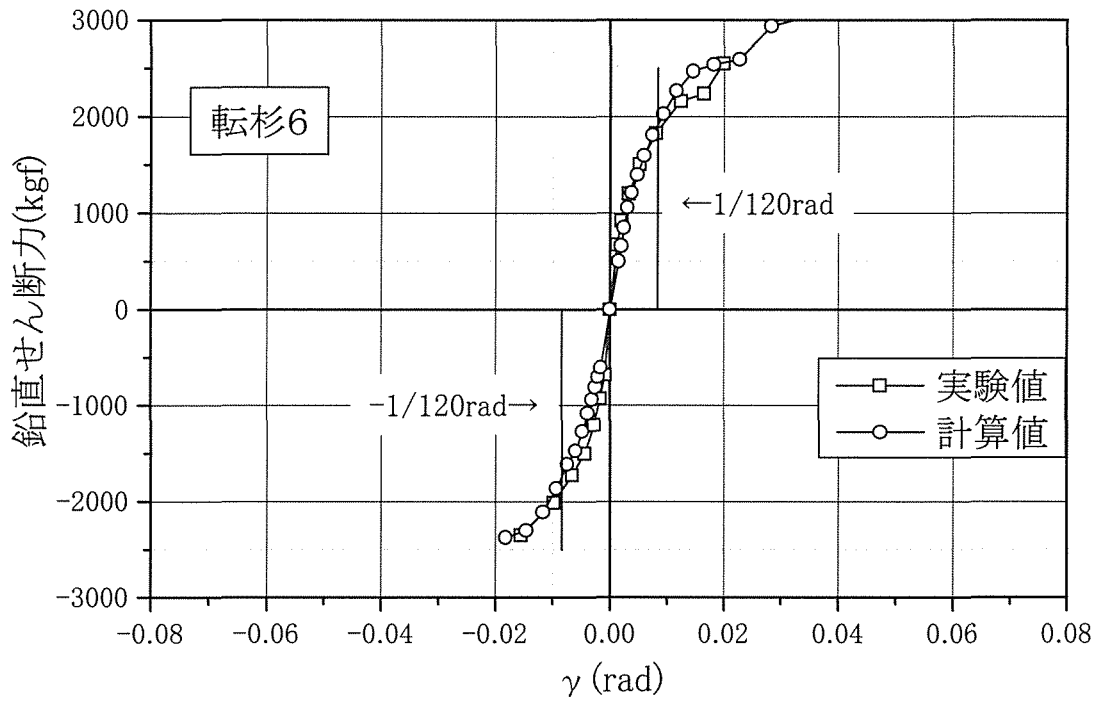


図 1 1 - 5 転杉 6 床 R 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

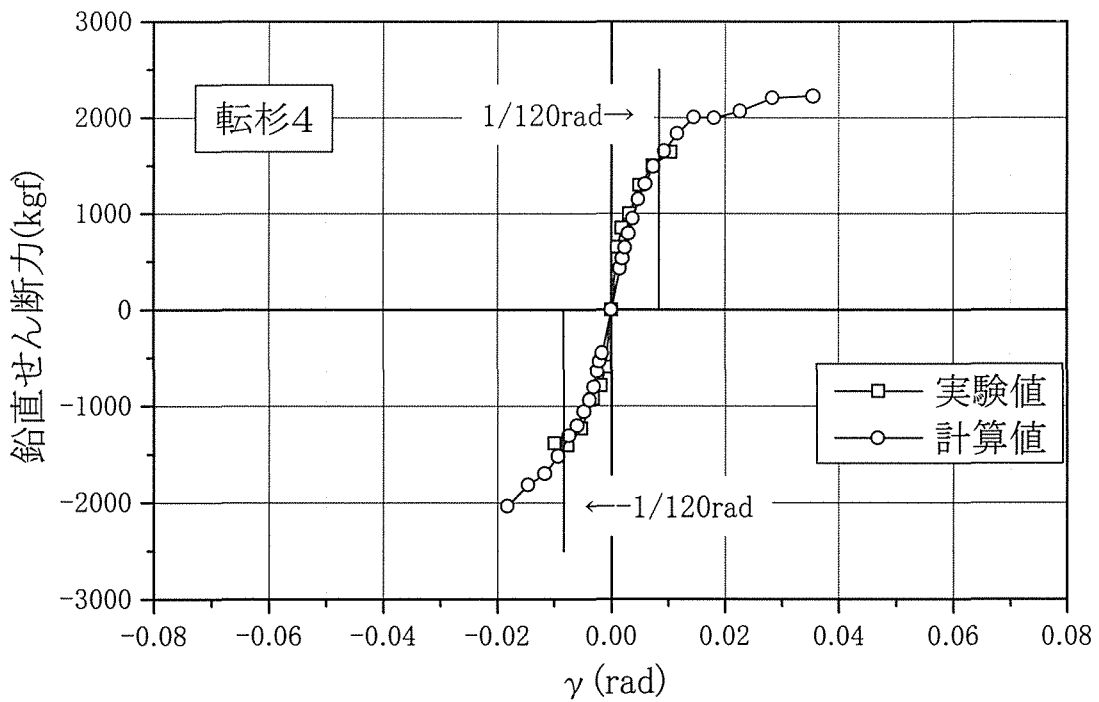


図 1 1 - 6 転杉 4 床 R 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

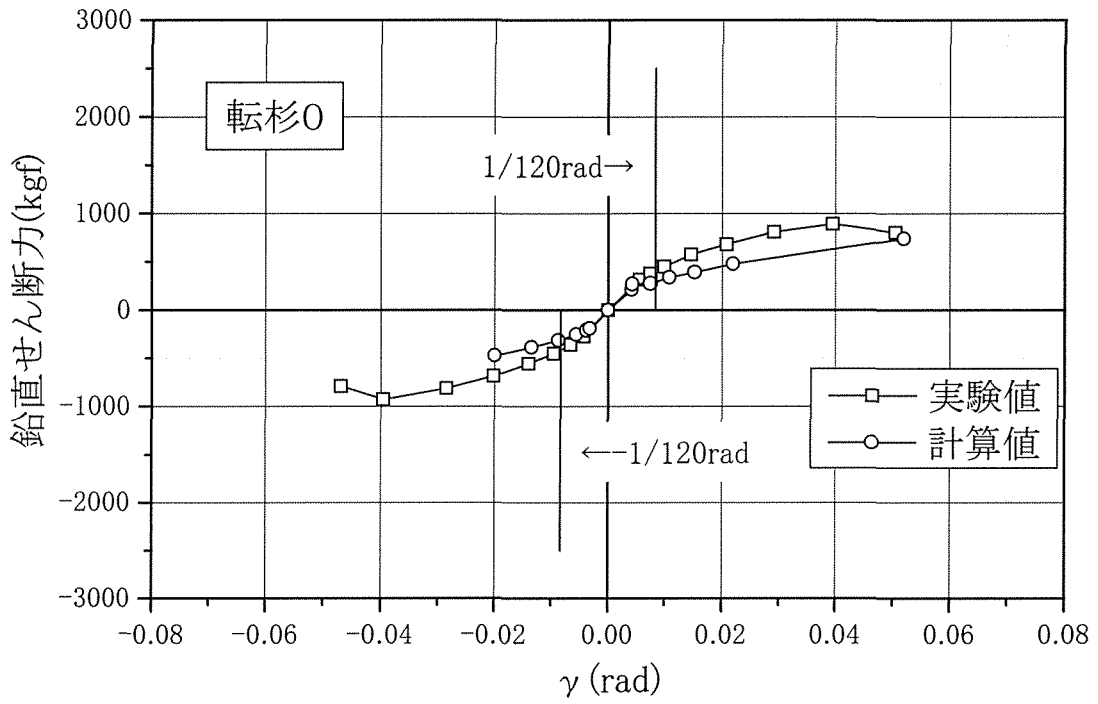


図 1 1 - 7 転杉 0 床 R 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

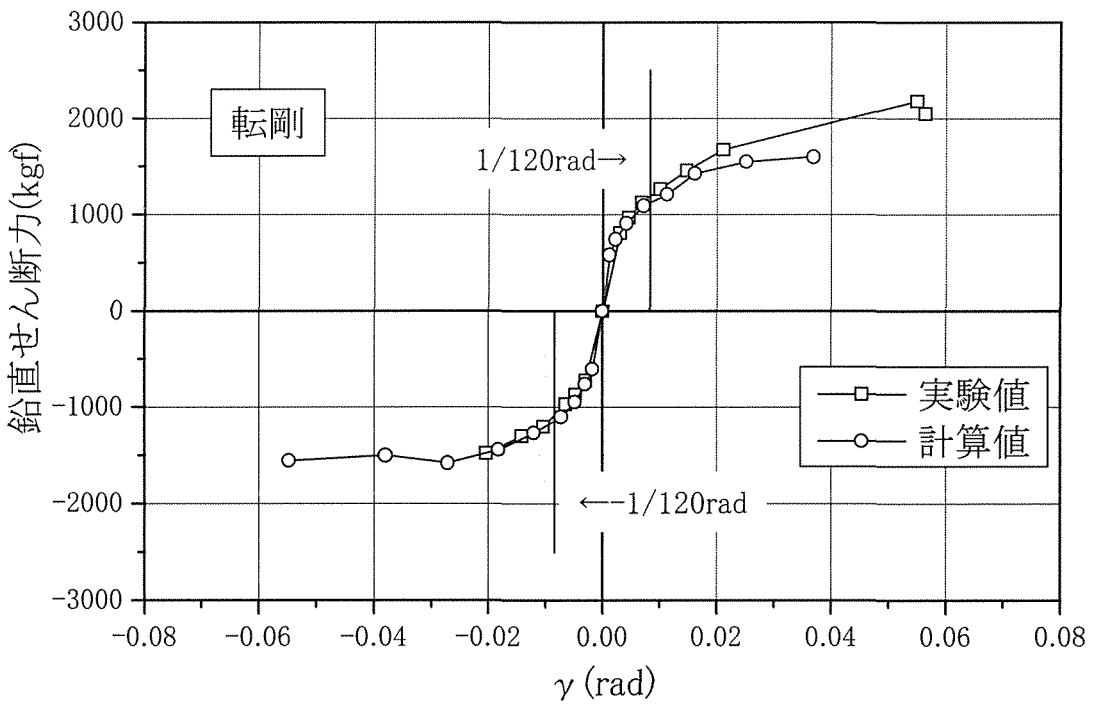


図 1 1 - 8 転剛床 R 構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

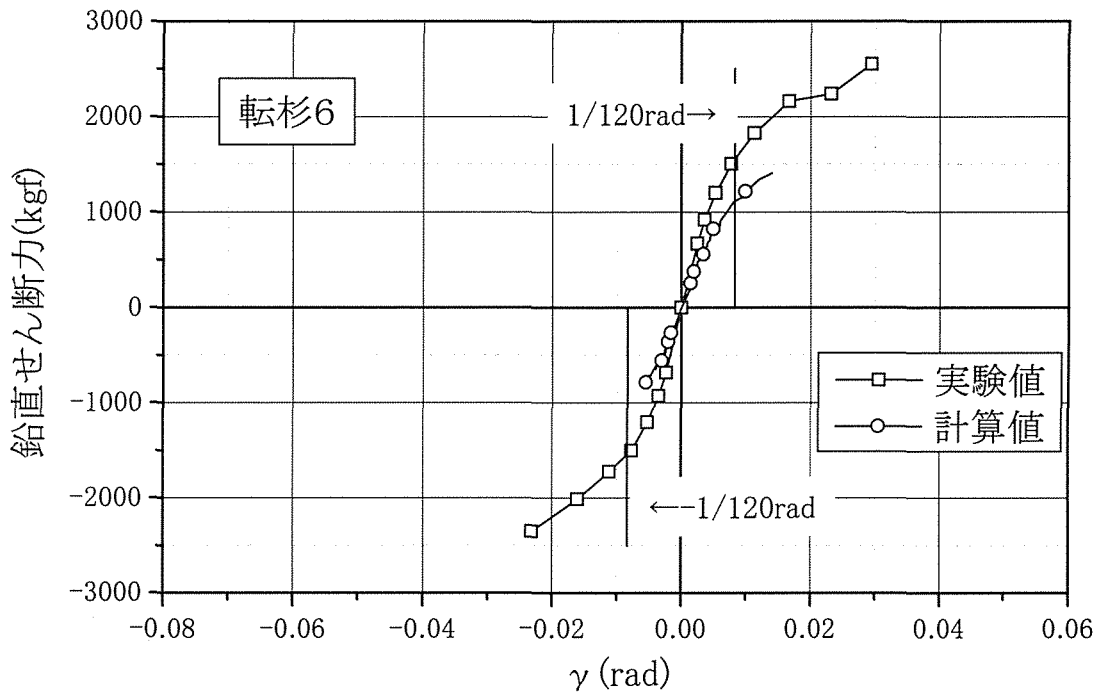


図 1 3 - 1 転杉 6 複合構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

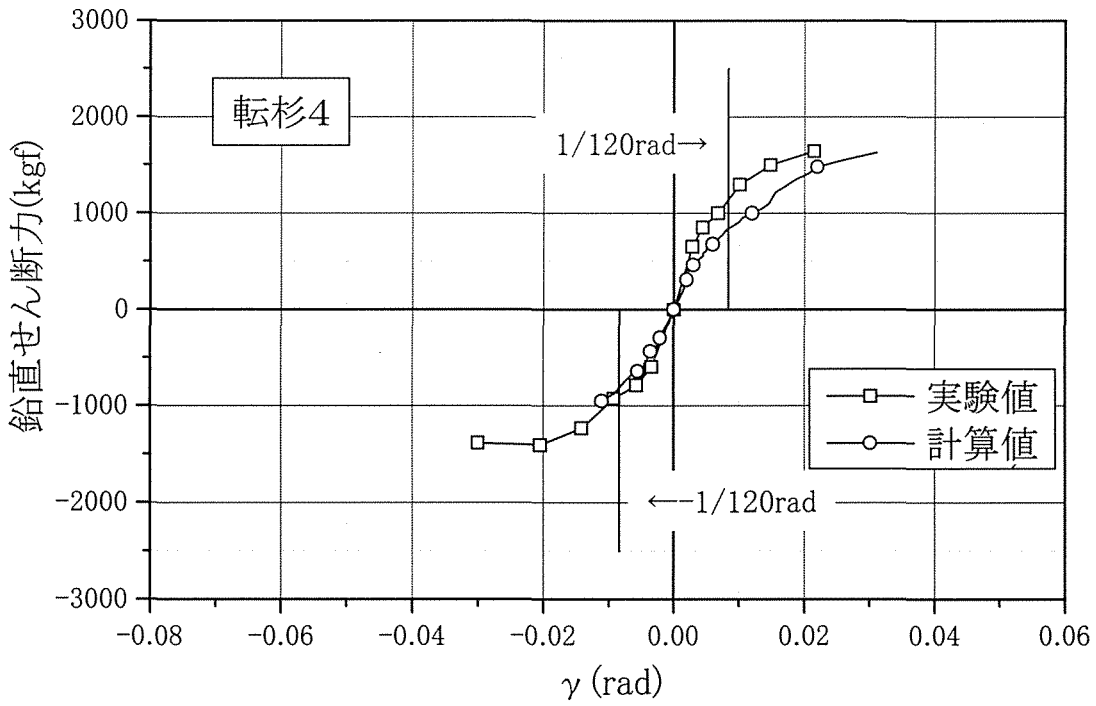


図 1 3 - 2 転杉 4 複合構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

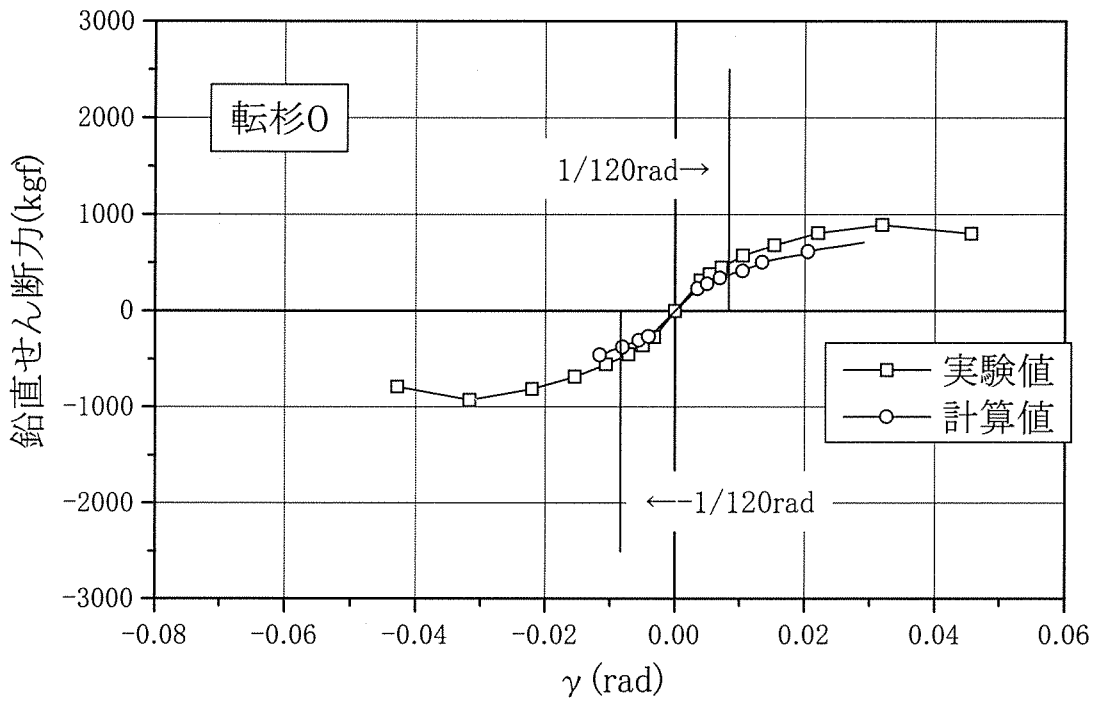


図 1 3 - 3 転杉 0 複合構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

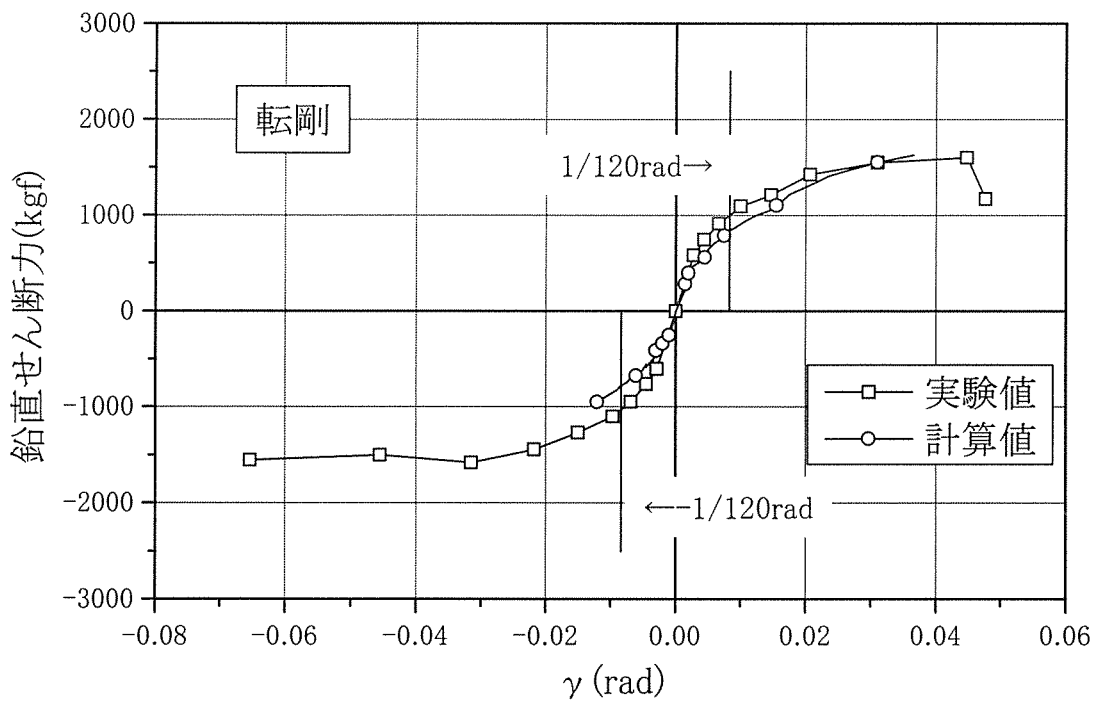


図 1 3 - 4 転剛 複合構面の弾塑性性状実験値と計算値の比較

4章 浮き上がりの生じない合板有開口壁の終局耐力実験

1. はじめに

合板を面材として木造軸組に釘打ちした耐力壁の終局耐力は、面材の面積に比例するという加算則を検証する。単純な加算則が成立するとき、耐力壁を構成している各面材の負担力がどの位置においても同一であるので、これを同時に検証する。

ここでいう面材の面積とは面材単体を軸組に釘打ちした単体の単位面積を指し、釘の配置、面材とした合板の種類によりその抵抗モーメント特性が異なる。すなわち、単体のモーメント抵抗性能を何らかの方法で把握しておけば、それにより構成された耐力壁の終局耐力が算出されることを目指している。

2. 実験装置

実験装置(図1、写真2)には壁せん断試験機を用いた。

概要は次の通りである。

型 式	サギノミヤ製作所
最大加力容量	100kg・N
最大振幅	+200mm
許容横荷重	4.5kg・N
総質量	約4800kg

測定した荷重、変位、歪みは多点歪み計(データロガーTDS302:東京測器研究所製 写真1)を介してパソコンにより記録した。

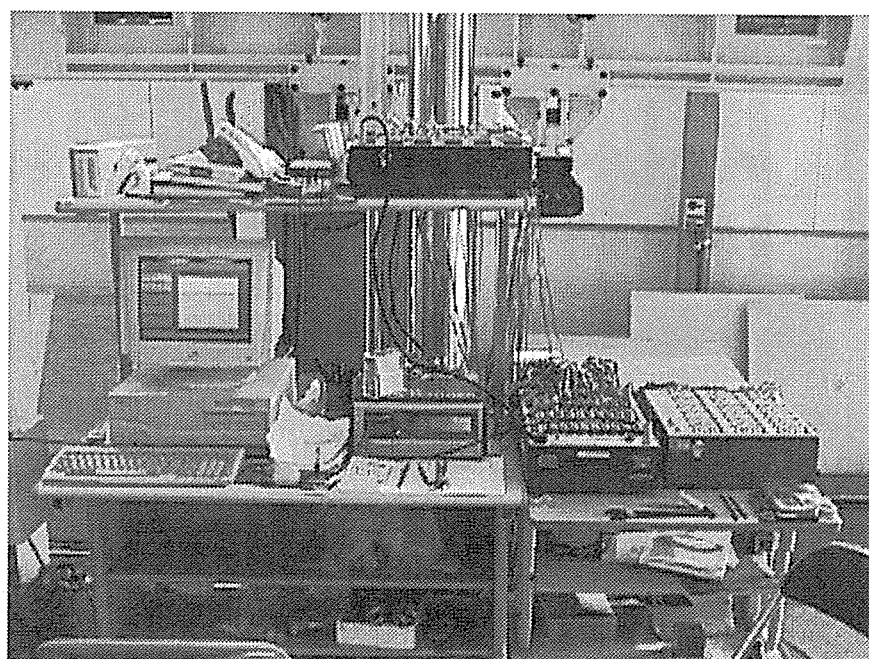


写真1 計測器

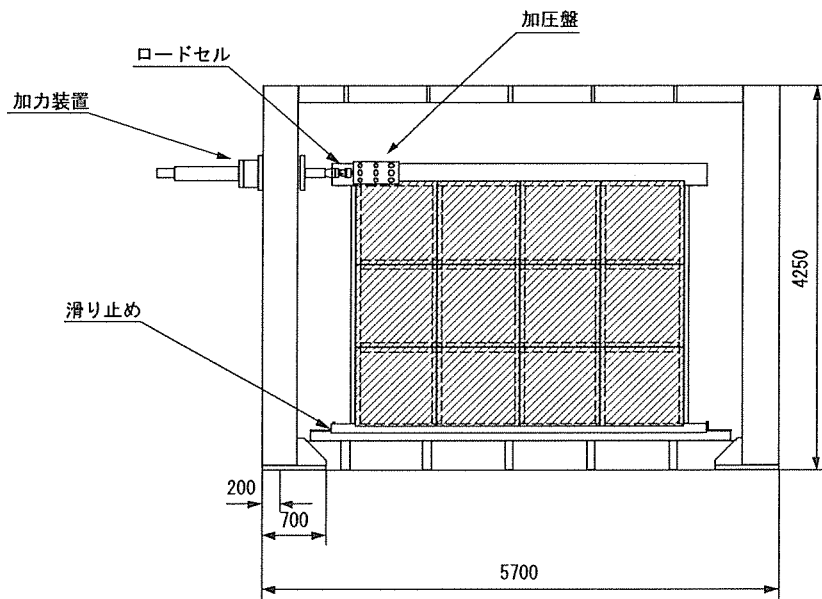


図1 実験装置

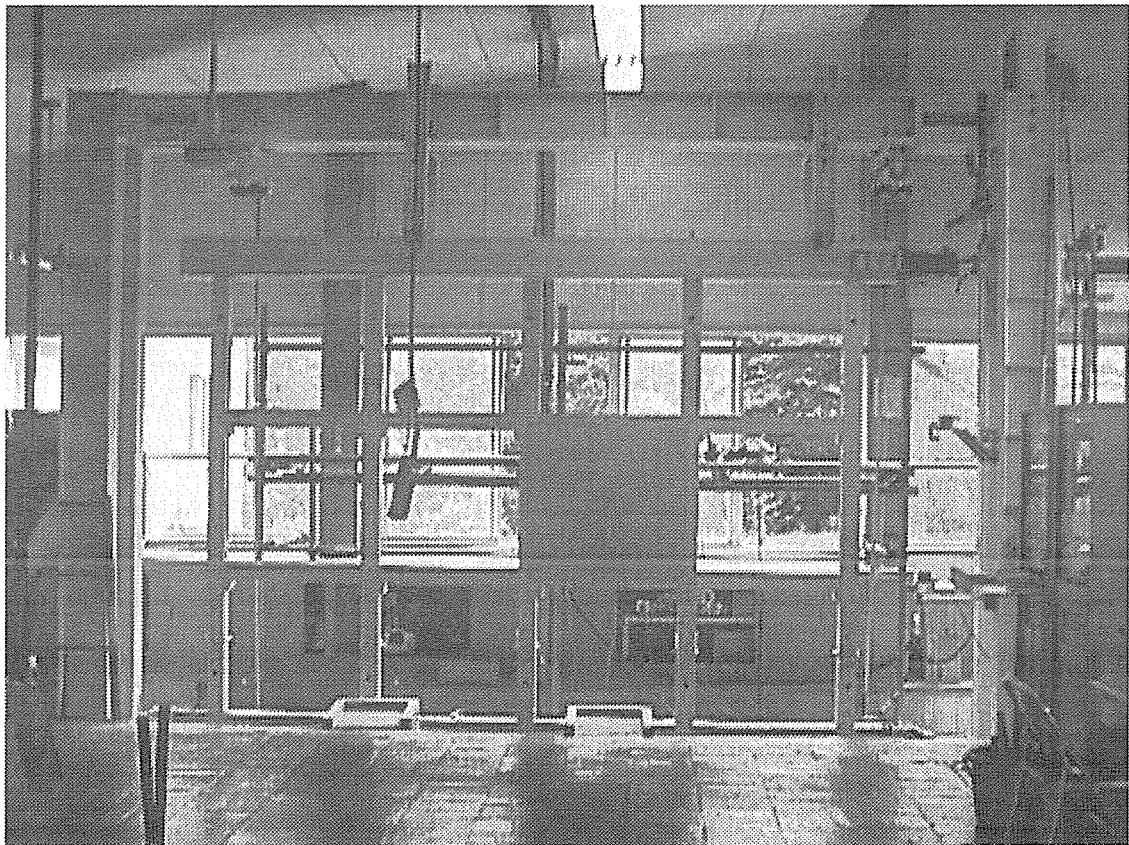


写真2 実験装置

3. 加力方法

それぞれの試験体の軸組頂部に油圧アクチュエーターを用いて一定の方向に一定変位速度で加えていく。基準とする変位は、 $1/300$ 、 $1/120$ 、 $1/60$ 、 $1/30$ 、 $1/20$ rad.とする。面材相互がぶつかり合いを生じるなど荷重が減少するまで加重し、このときの崩落線を求める。すなわち、軸組の桁の高さが2812mmであり、頂部水平変位を9.4、14.0、23.4、46.8、93.8、14.1mmとなるように圧縮側に力を加える。最終的には頂部水平変位が300mm程度まで荷重することになる。

荷重速度は初期の $1/60$ までを毎分3mm、その後250mm付近までを毎分6mm、終局にいたるまでは毎分10mmとする。

なお、面材だけの耐力を求めるために、面材を釘打ちする前に軸組のみの耐力を測定しておく。このときの荷重方法も上述した加力方法を採用する。

4. 試験体

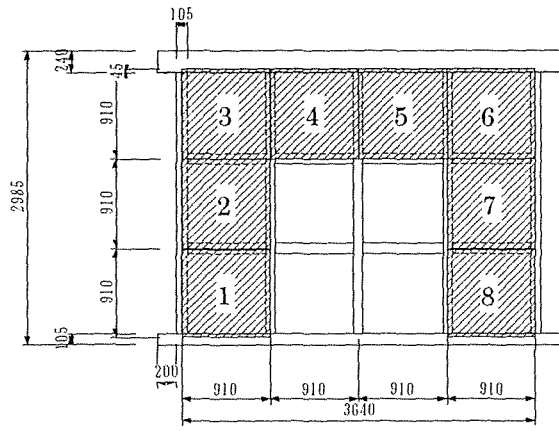
5通りの面材配置の試験体を用いた。構成は次の通りである。5通りを以下、Type1～Type5と定める。面材の番号は時計回りに面材1から面材12とする。

樹種 柱：スギ 桁：ベイマツ 土台：カラマツ 胴：スギ パネル：合板

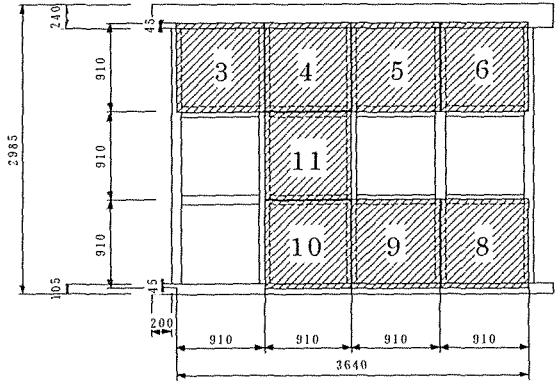
パネル		枠組み	
幅	900mm	幅	4145mm
高さ	900mm	高さ	2985mm
厚さ	10mm	厚さ	105mm

軸組は柱頭、柱脚部の接合に直径20mmのボルトを柱の中心軸に沿って埋め込みこれを桁、土台に通してボルト締めしている。このため柱の引き抜きが生じない。また、軸組は水平材も 105×105 mmとし、軸組の曲げ変形を少なくするようにした。これらのことは、面材の抵抗性能のみを観測しようとしたものである。

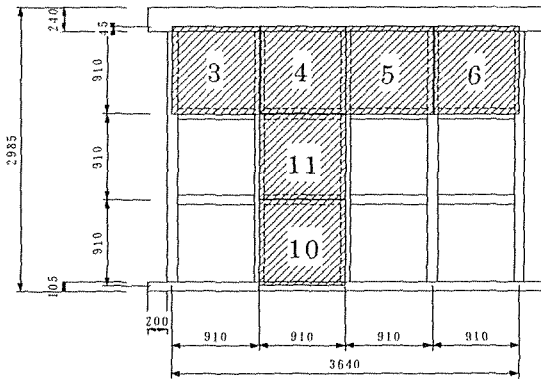
用いた釘はN90ダブルヘッド釘、合板は9mm厚さのシナ合板である。



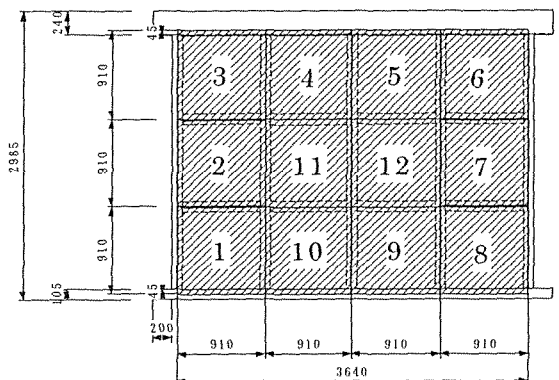
Type 1



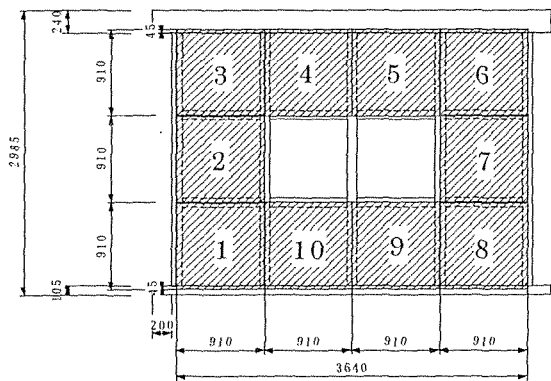
Type 4



Type 2



Type 5



Type 3

面材：90×90cmの合板を10mmの隙間を空けて釘打ち(釘：N-90を使用)

梁：105×240mm

土台：105×105mm

柱：105×105mm

横棧：105×105mm

Dボルトにより試験機に緊結

図2 試験体総図

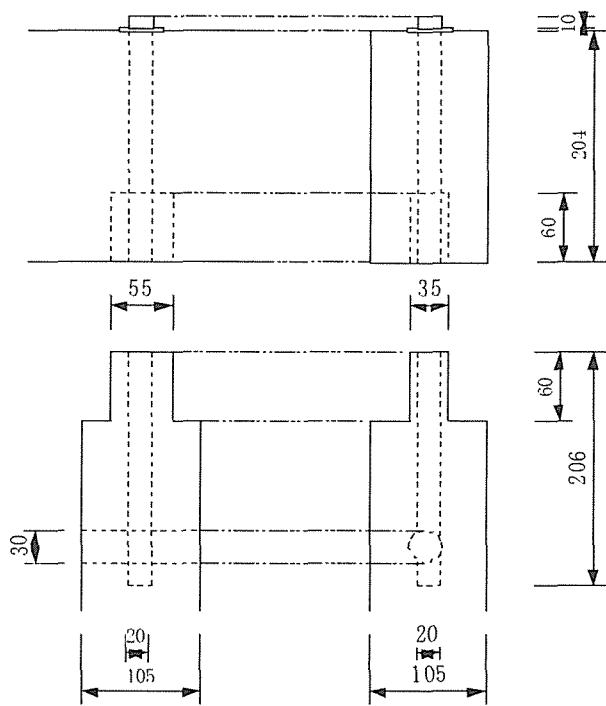


図3 柱頭部ほぞ

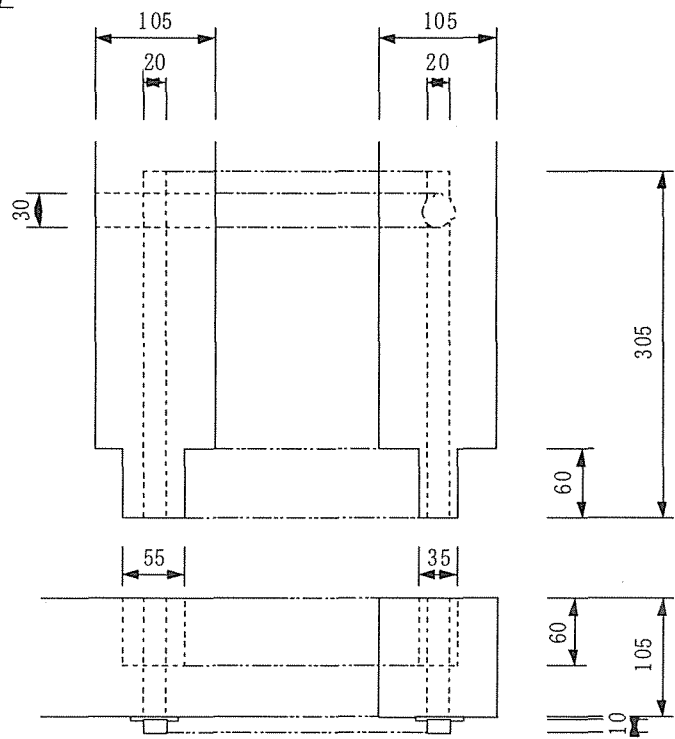


図4 土台ほぞ

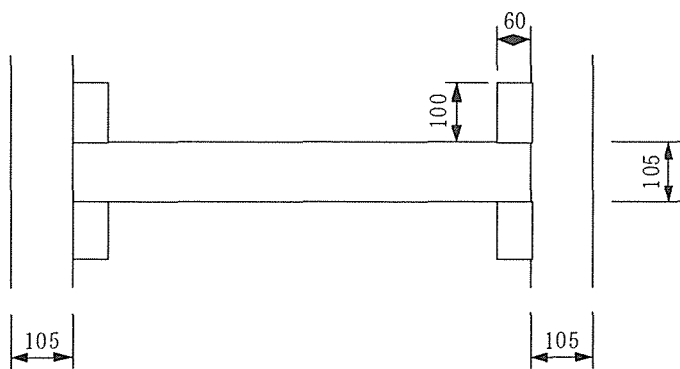


図5 水平材接合

5. 変形の測定

変形測定に使用する装置名

せん断変形の測定：ワイヤー型変位計(図6)

柱の軸力（軸歪み）の測定：ストレンゲージ(図7)

面材の回転角の測定：ダイヤルゲージ（高感度型変位計）(写真3)

面材の主歪みの測定：ロゼットゲージ(写真4、写真5)

変形の測定箇所

・試験体

柱にストレンゲージを接着し測定する。

高さ 515、1425、2335mm の柱の中心部に接着する。

接着させる部分に節が有る場合は、高さはそのまま横にずらして接着する。

・面材

面材の中央（対角線の交点）にロゼットゲージを接着し測定する。

[設置箇所の高さを測定し記述しておく]

・面材の回転角

面材の上下左右 4 箇所にダイヤルゲージを設置し測定する。

・柱の傾き

加力側に 4 箇所、傾くほうの最上部分に 1 箇所、枠組みの土台の部分に 4 箇所、それぞれにダイヤルゲージを設置する。

変位計の取り付け位置

横変位はせん断変形角がむらなくなされているかを知るため、縦変位はめり込みまたは引き抜きを計るために設置した。この位置に取り付けたのは枠組の耐力が 0 であることが理想であるが、完全に枠組の耐力を無視することは不可能なので、わずかに発生する枠組の耐力を測定するために取り付けた。

面材の釘打ちの位置

90×90cm の合板を 10mm の隙間を空けて釘打ちする。

(図8)

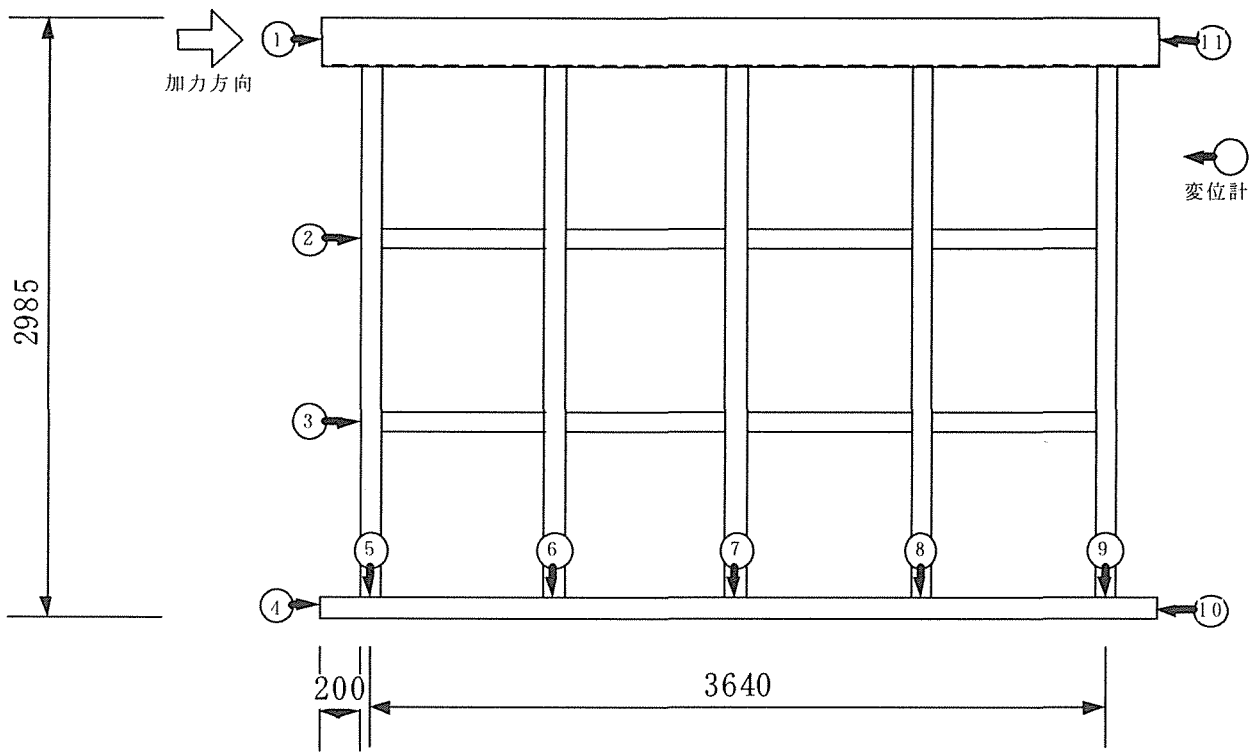


図6 パネルのせん断変形変位測定位置

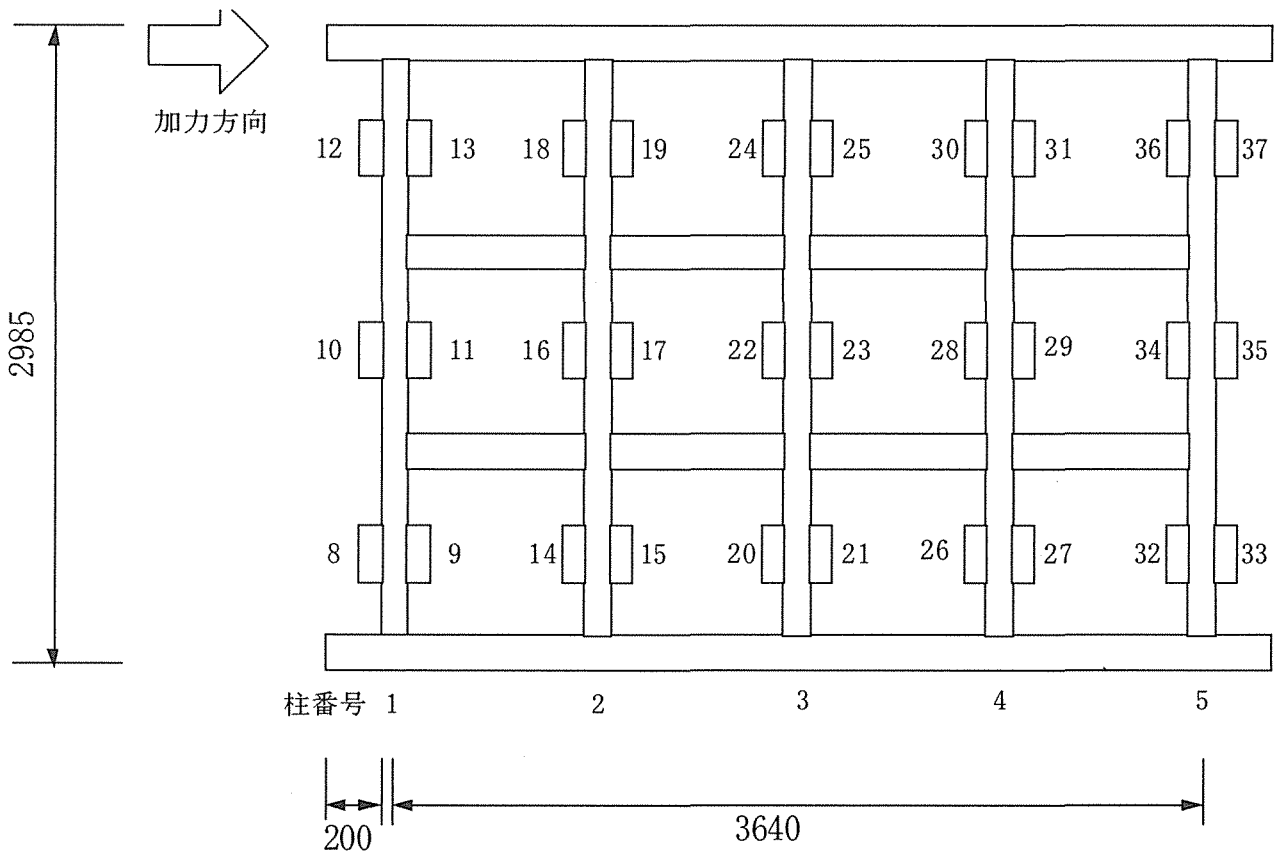


図7 歪みゲージの位置とゲージ番号



写真3 ダイヤルゲージ

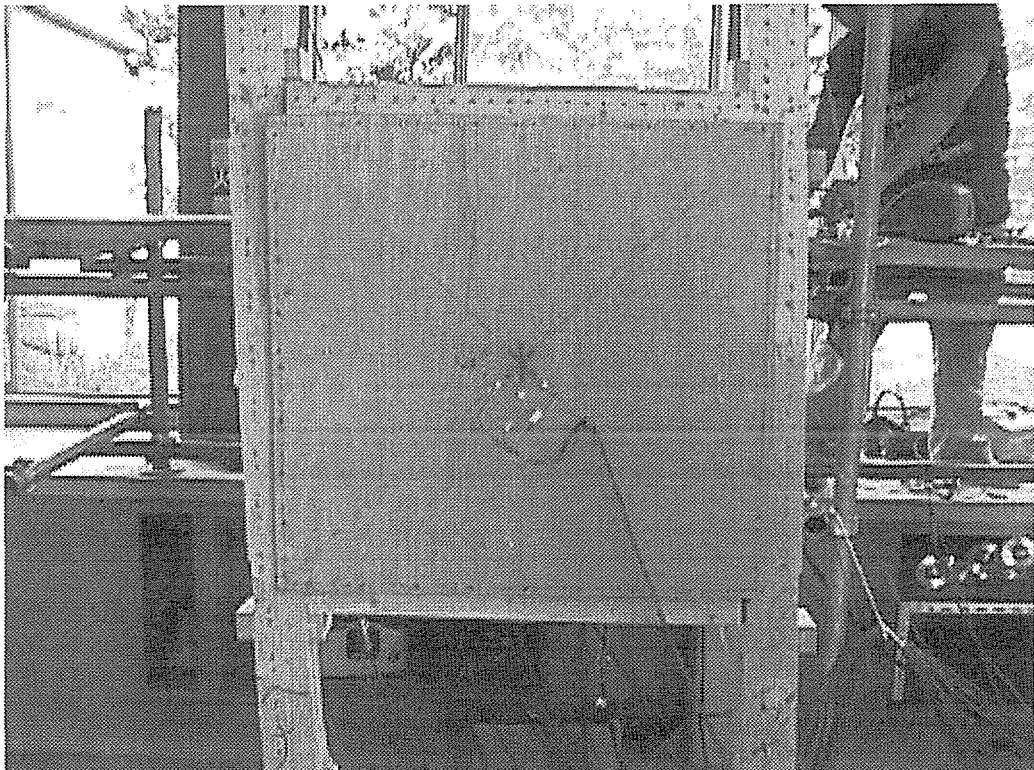


写真4 ロゼットゲージ

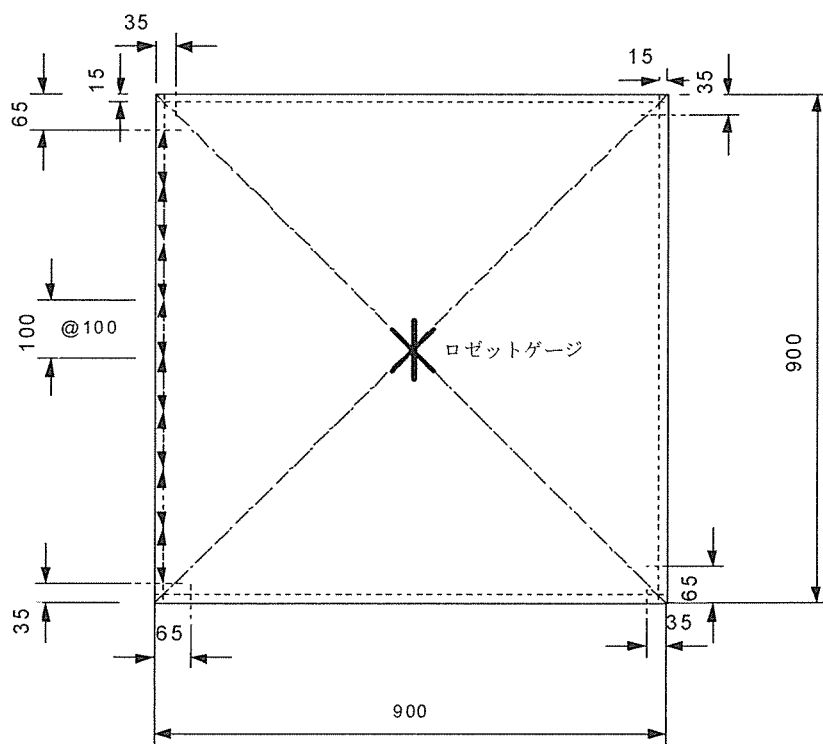


図8 釘の位置

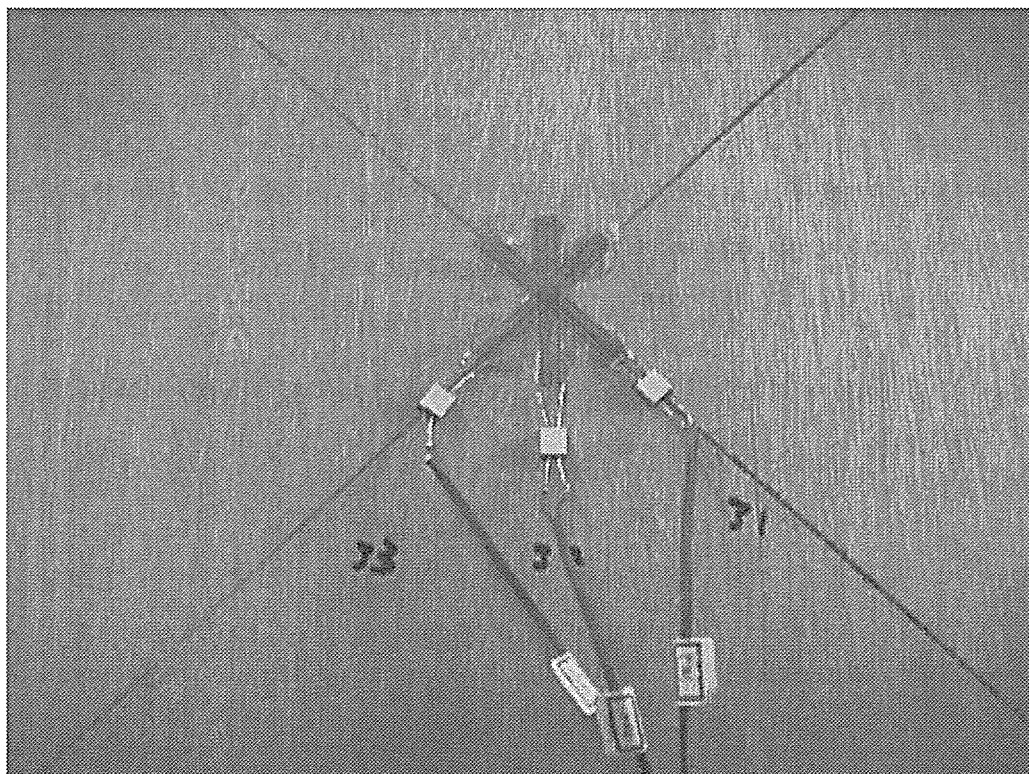


写真5 ダイヤルゲージの位置

6. 面材の回転角

枠材と面材の間に生じたずれ (X と Y) を図9に示すように x 方向と y 方向に分解して考える。

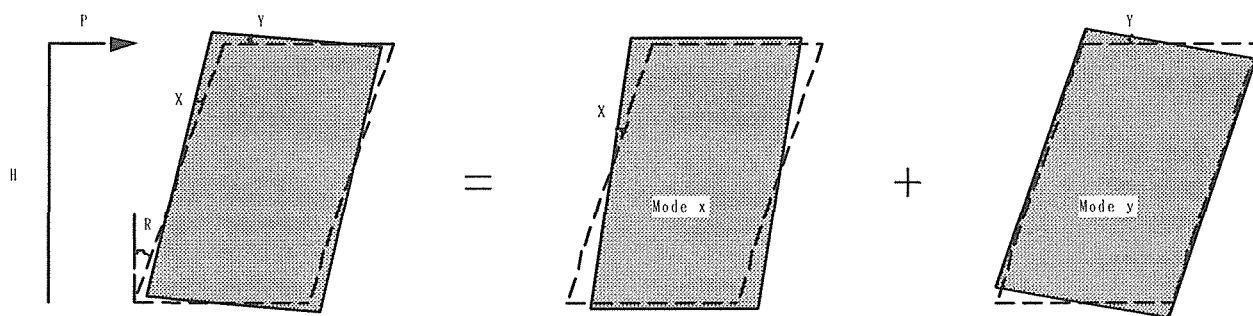


図9 仮定された変形モード

R : せん断変形角

X : 面材の回転角 (x 方向で面材に生じたずれ)

Y : 面材の回転角 (y 方向で面材に生じたずれ)

2 組の変位形を用いて枠材と面材の相対ずれを測定して下の式で求めた。

$$X = \frac{Xd_1 - Xd_2}{L}$$

L : 変位計の距離

Xd₁ : 相対ずれ

Xd₂ : 相対ずれ

d₁ : 面材と変位計の距離

d₂ : 面材と変位計の距離

図9 からせん断変形角 R と x 方向、y 方向それぞれの方向における面材の回転角 X と Y は以下の式の関係にある。

$$R = X + Y$$

7. 実験結果

7.1 荷重－変位関係

Type 別に見ると、面材の枚数によって、終局耐力が一目瞭然となっている。Type1～5では面材の枚数は8、6、10、8、12枚となっており、やはり面材の枚数の多いType5が最も荷重が大きい。Type1とType4を比較すると面材の枚数が同じなので終局耐力もほぼ同じとなっている。全体的に見ると、軸組のせん断変形角 $1/30$ (93.5mm) のときに、おおよそ終局になることがわかった。面材の枚数によって、荷重－変位の関係はほぼ比例している。

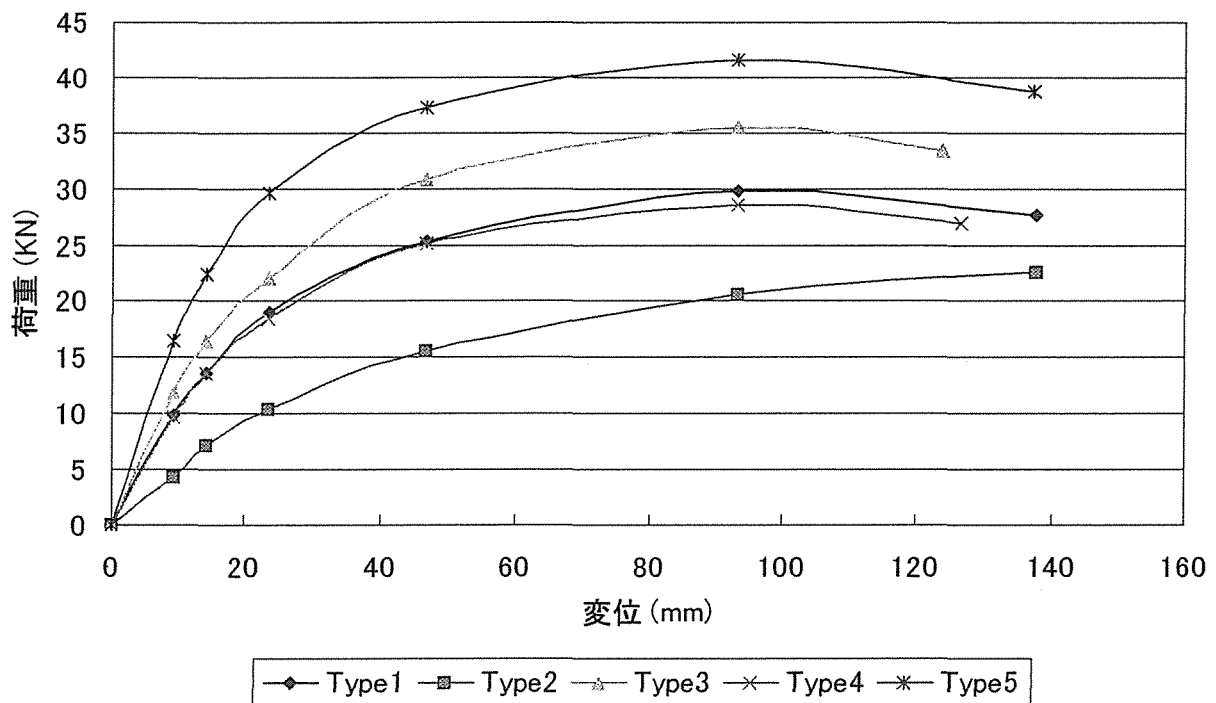


図 10 荷重－変位の関係

7.2 終局耐力

荷重－変位の関係から軸組のせん断変形角 $1/30$ の時が、最も荷重がかかっており、その後グラフが下がり始めている。グラフは、きれいな放物線が描かれている。したがって終局耐力はType1～Type5を以下の表で表す。

表 1 終局耐力

終局耐力	(KN)
Type1	29.77
Type2	22.55
Type3	35.44
Type4	28.42
Type5	41.6

7.3 主応力

Type1~Type5 は全体的にほぼ同じ形のグラフを表している。軸組のせん断変形角 $1/300$ の時から、比例直線的にのび、その後せん断変形角 $1/30$ に達すると、ほぼ水平になっている。Type 毎に見ると、Type1 は面材 P2、P3、P4、P5、P6 はほぼ同じ主応力をなし、P1、P7、P8 は主応力の値が小さくその他の面材と異なっている。変化が大きく異なる。これは水平荷重を一方から加えているので、その場所から遠ければ遠いほど、そこまでに伝わる力が均等に伝わっていないことがわかる。Type2 は P3、P4、P5、P6、P11 と主応力が同じであるが P10 は小さくなっている。Type3 は P2、P5、P10 が最も大きく、P1、P3、P4、P6、P7 が同じ力である。P8、P9 においても多少の誤差はあるものの、同じ範囲内である。Type4 は P5、P10 が最も大きな応力を持っている。P3、P4、P6、P8、P9、P10 は、ほぼ同じ応力をなしているが、P5、P10 の場所は少々誤差があるように見える。Type5 は全体に面材を貼っているので、同程度の応力をしている。このことから、面材それぞれの応力の反力のばらつきはあるが、全体として抵抗していることが得られた。

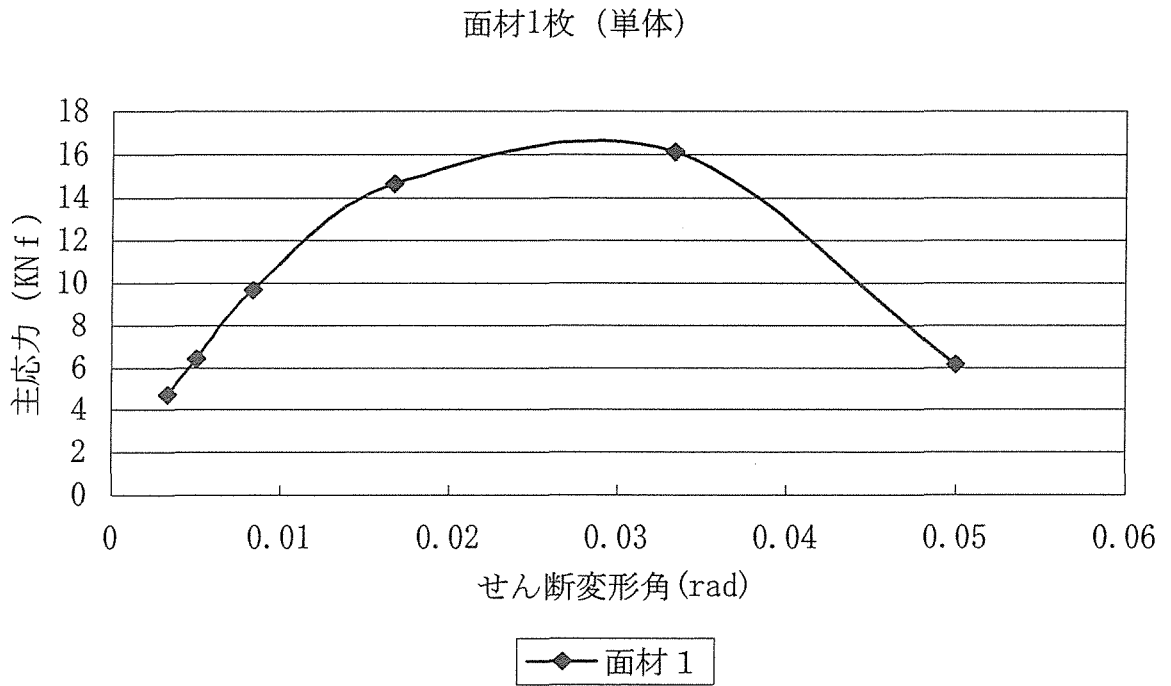


図 1 1 面材 1 枚の主応力 (単体)

Type1

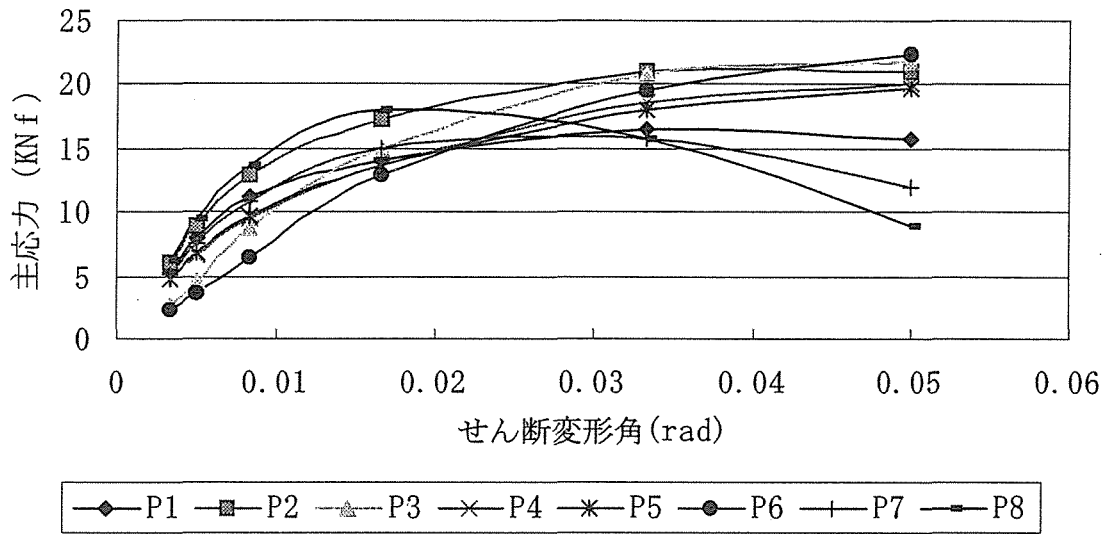


図 1 2 主応力

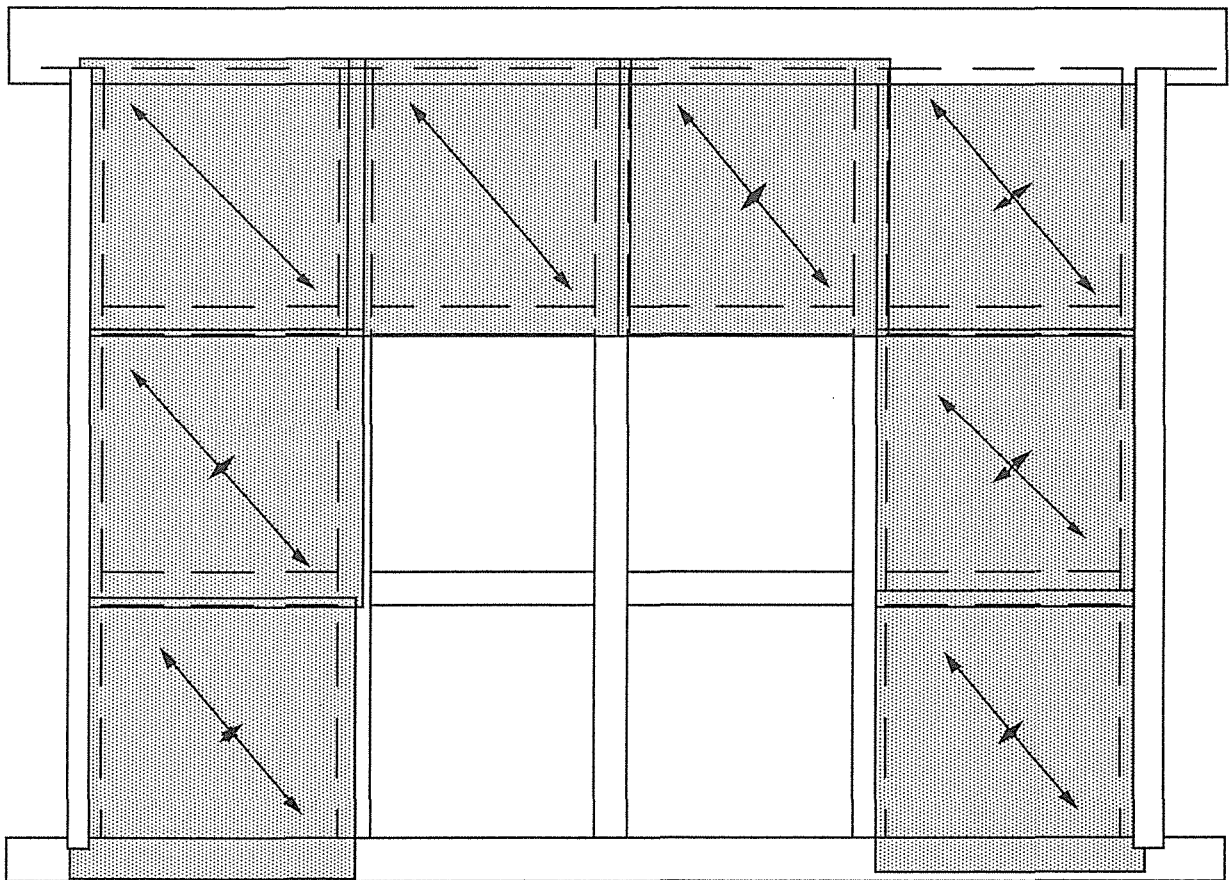


図 1 3 応力図

10KNf

Type2

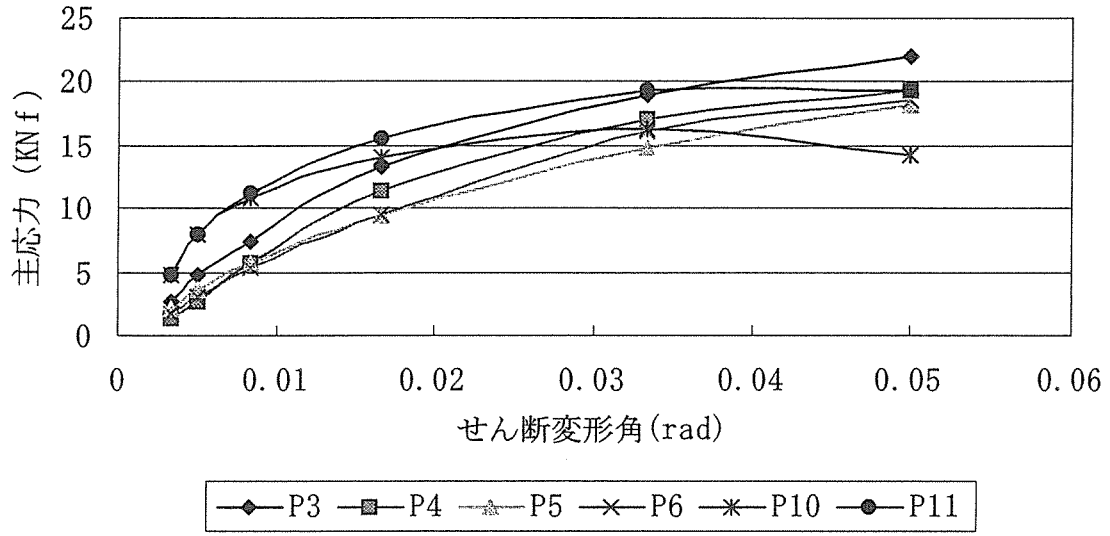


図14 主応力

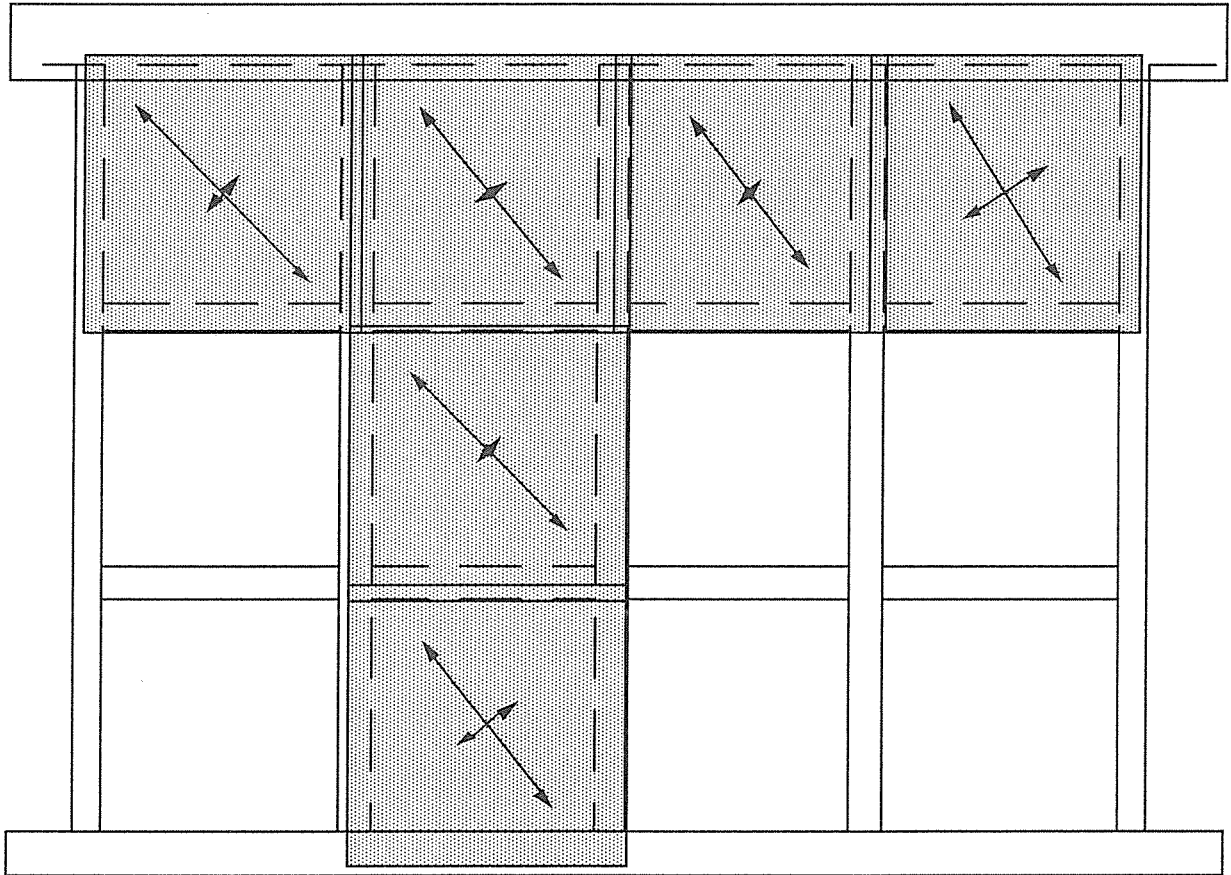


図15 応力図

↔
10KNf

Type3

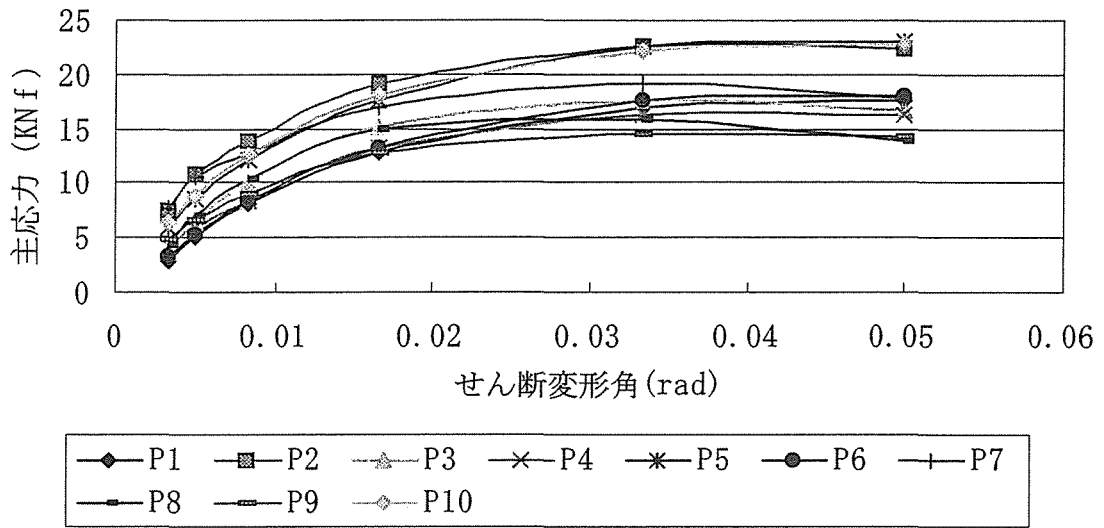


図16 主応力

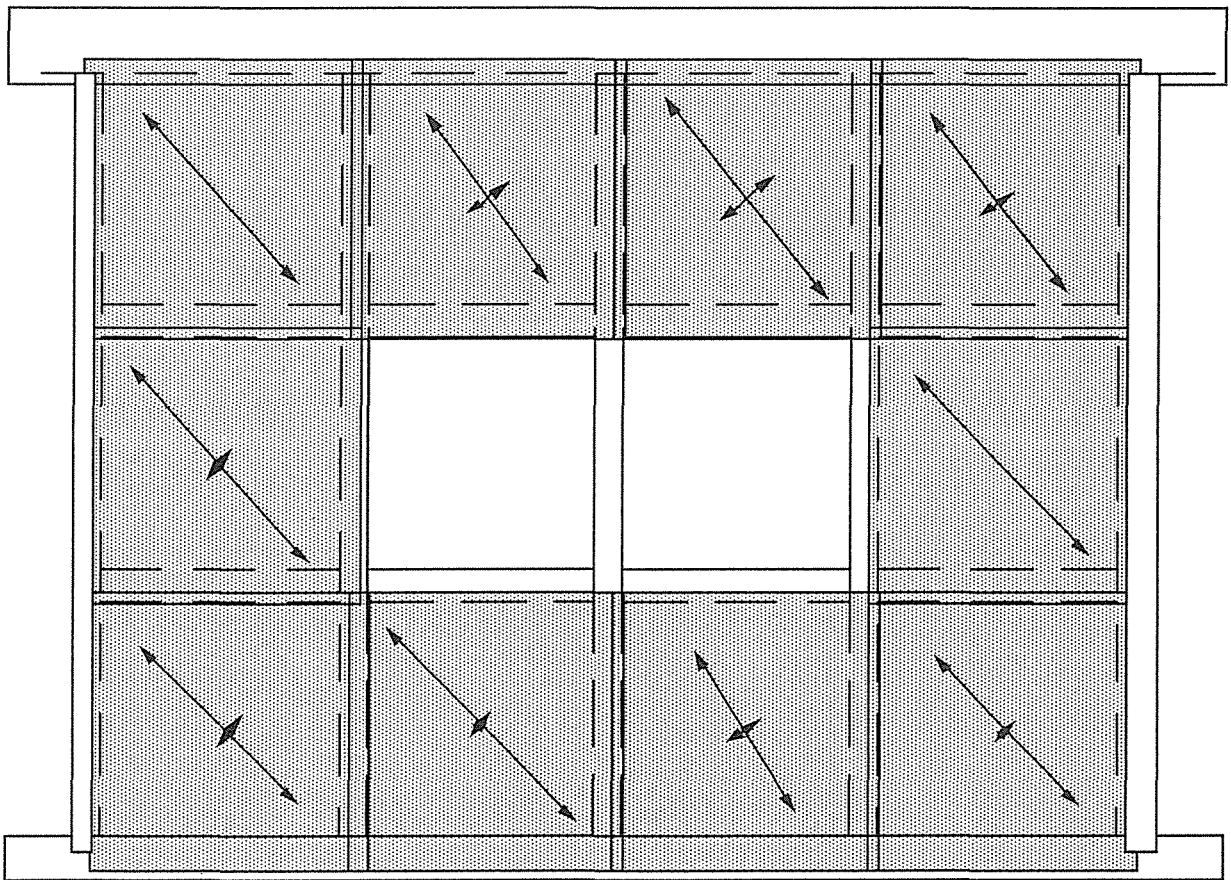


図17 応力図

10KNf

Type4

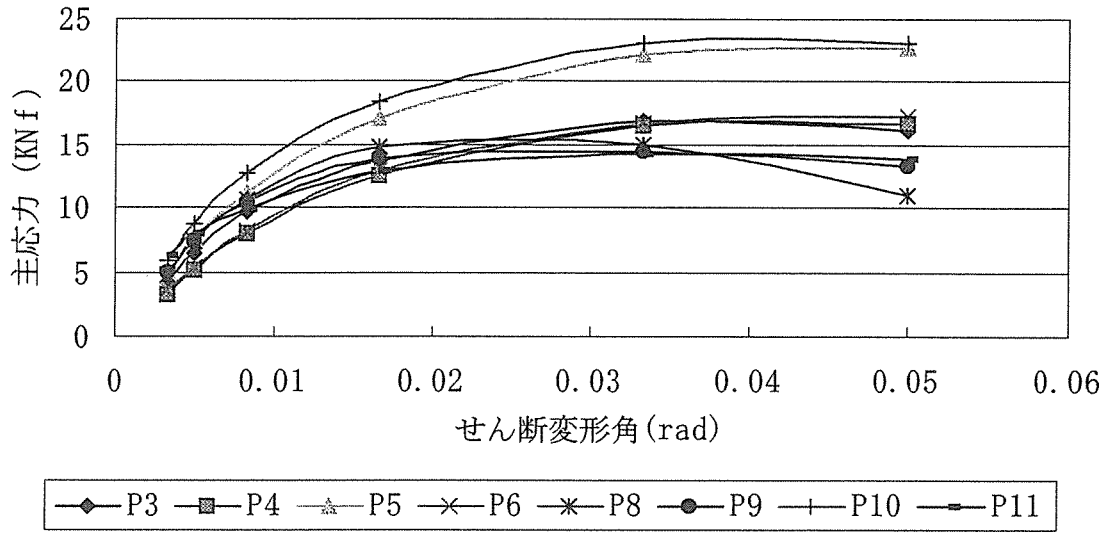


図18 主応力

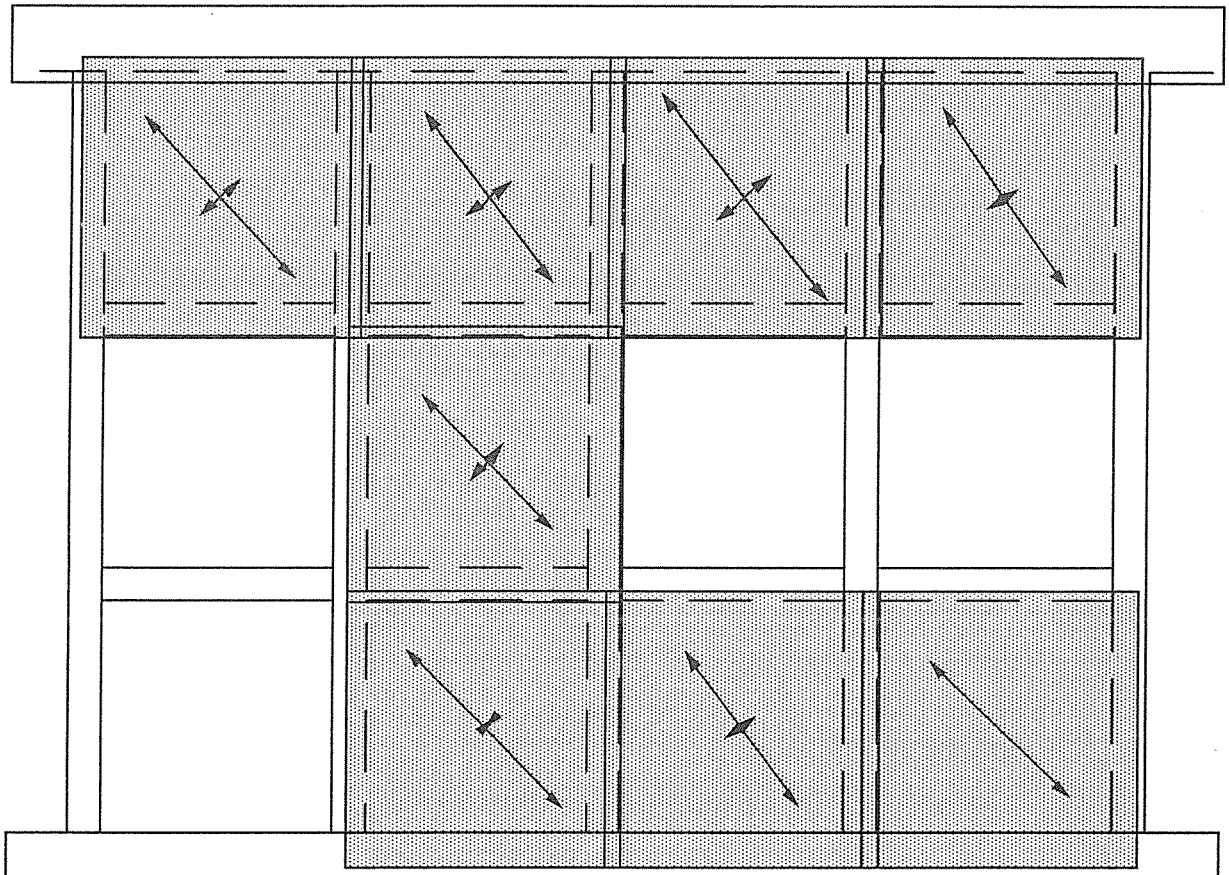


図19 応力図

10KNf

Type5

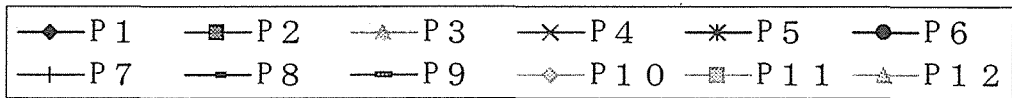
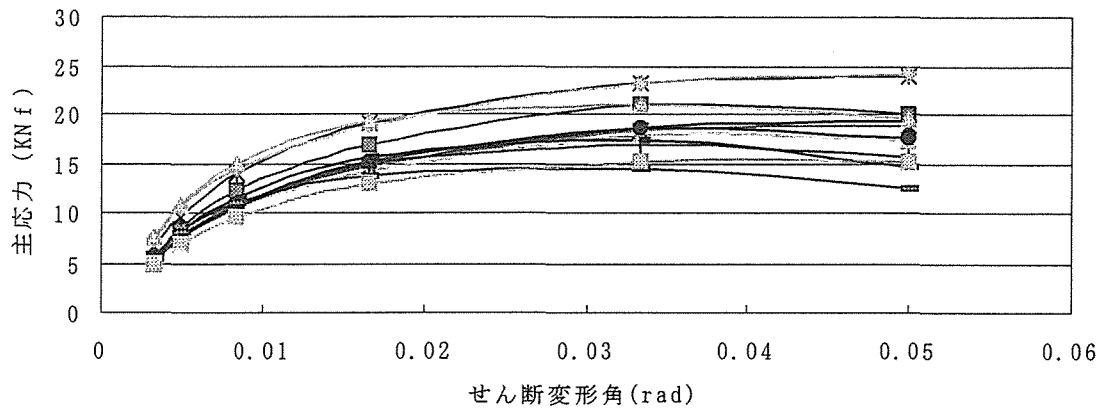


図 20 主応力

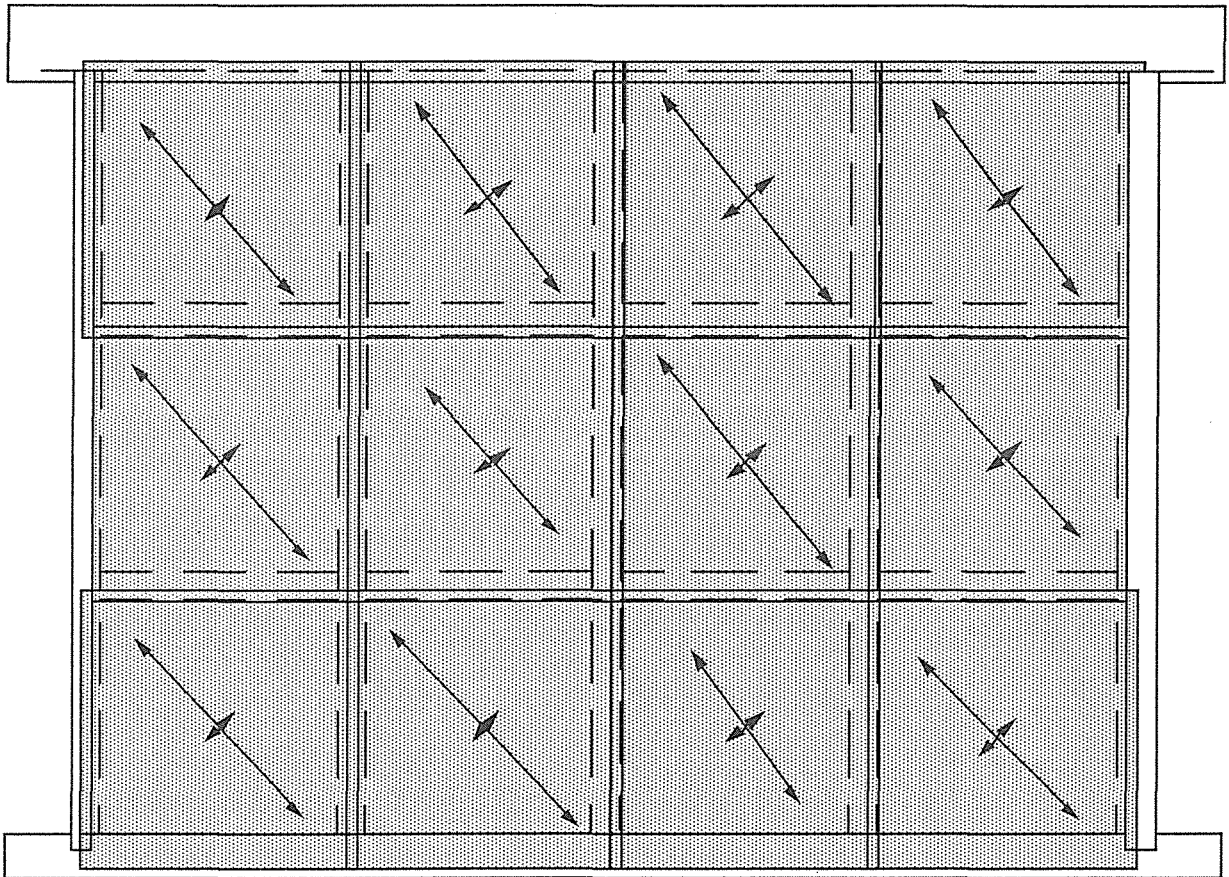


図 21 応力図

↔
10KNf

7.4 面材の回転角と耐力壁のせん断変形角

枠材面材間のずれを測定して面材の回転角を算出し、この値と耐力壁の頂部水平変位から算出した壁のせん断変形角の関係を検討する。これにより、角面材が外力に抵抗している分担を推し量ることができる。

Type1～Type5の耐力壁のせん断変形角と面材1枚1枚の回転角を表す図を、図2.2～図3.1に面材の配置図とともに示す。Type毎に見ると、Type1はType1～Type5の中で面材の回転角に最も大きなばらつきが見られた。Type2は面材3以外の面材の回転角はほぼ一致している。Type3は面材の回転角にほとんど差がない。Type4は面材5以外の面材の回転角はほとんど差がない。Type5以外の面材の回転角はほぼ一致している。全体的には面材1枚1枚の回転角に少々ばらつきは見られるが、図はきれいな直線を描いている。

これらのことにより、各面材は壁のせん断変形角に従って全く均等に抵抗しているとは言いがたい。しかしながら、図3.2は耐力壁のせん断変形角と面材の回転角の関係を示したものである。また、図中の直線は回帰直線を表している。図中の回帰直線はType1～Type5すべてにおいて傾き1に近い値を示している。

このことは、面材個々の抵抗発現は異なるが平均すると耐力壁のせん断変形角に近くなることを示している。言い換えると、1枚の面材の釘が滑って所定のせん断変形角になるときの面材のモーメント抵抗値を何らかの方法で求めて、この値に壁に釘打ちされた面材の枚数を乗じることによって耐力壁のモーメント抵抗値すなわち耐力を求めることができることを示している。

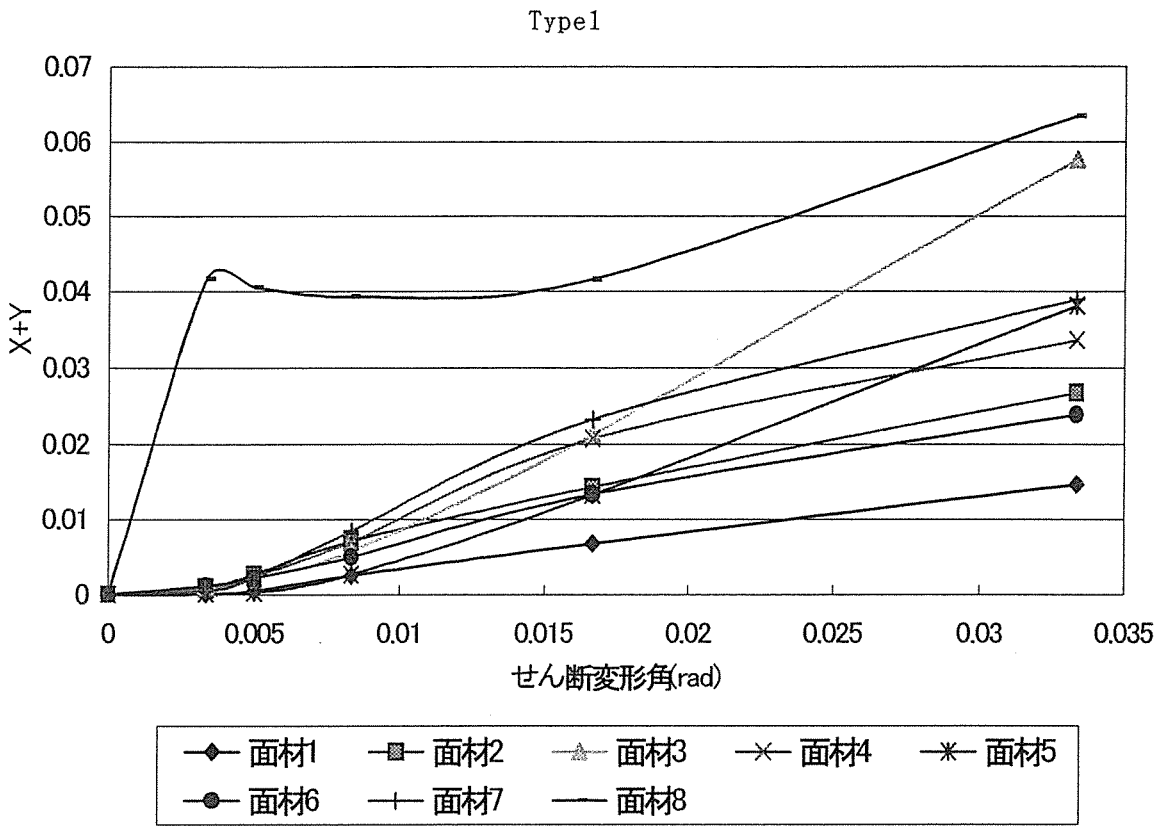


図 2.2 面材の回転角とせん断変形角

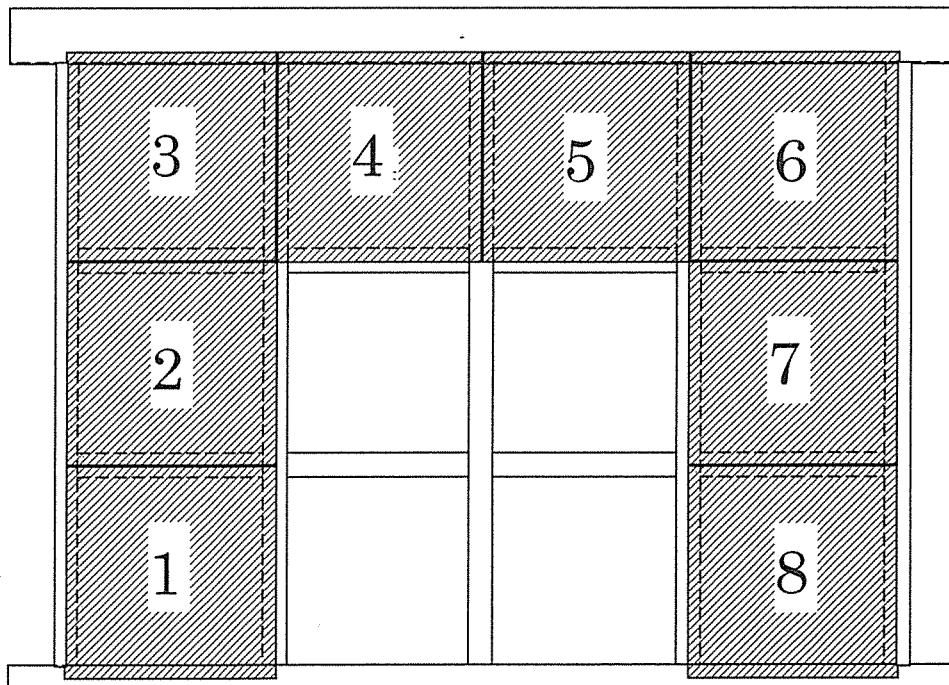


図 2.3 面材の配置図

Type2

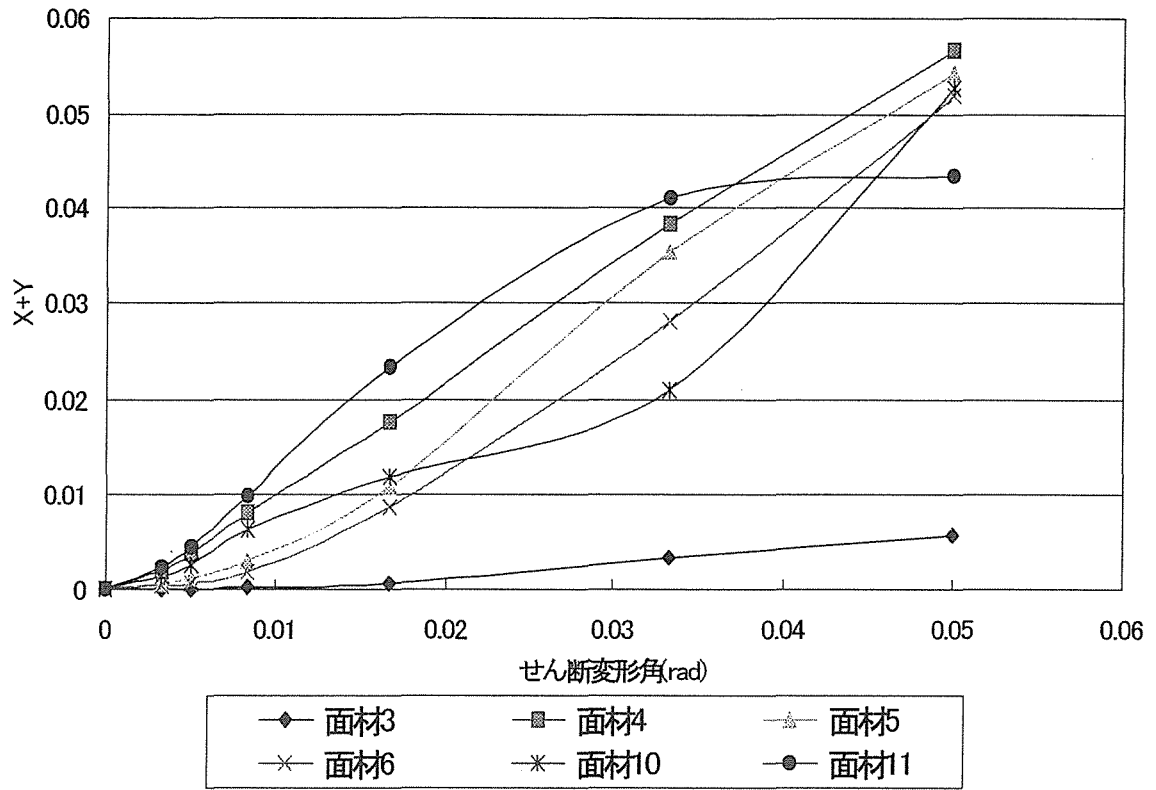


図 2.4 面材の回転角とせん断変形角

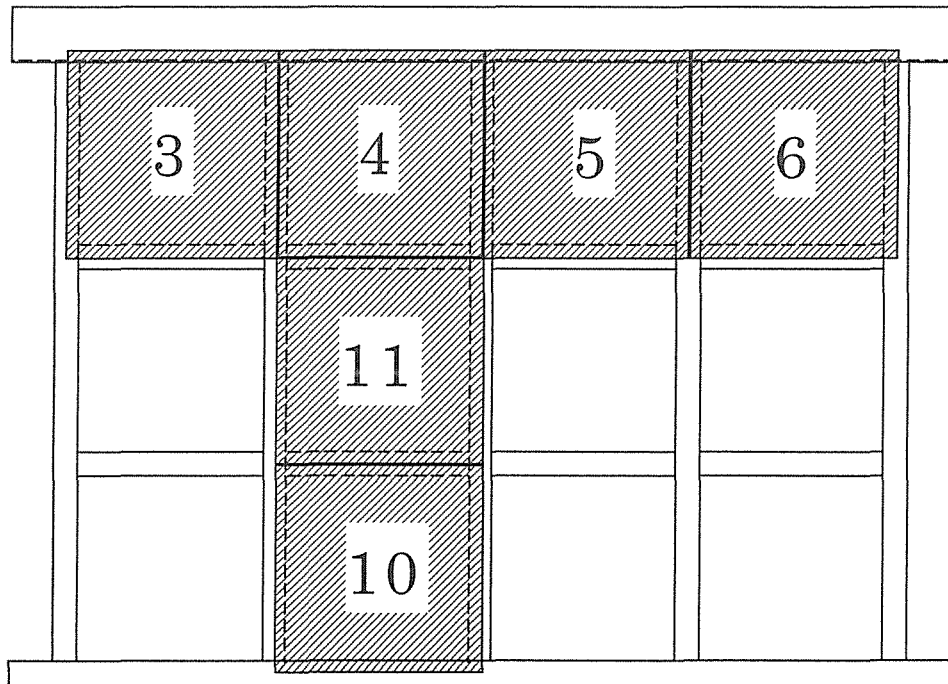


図 2.5 面材の配置図

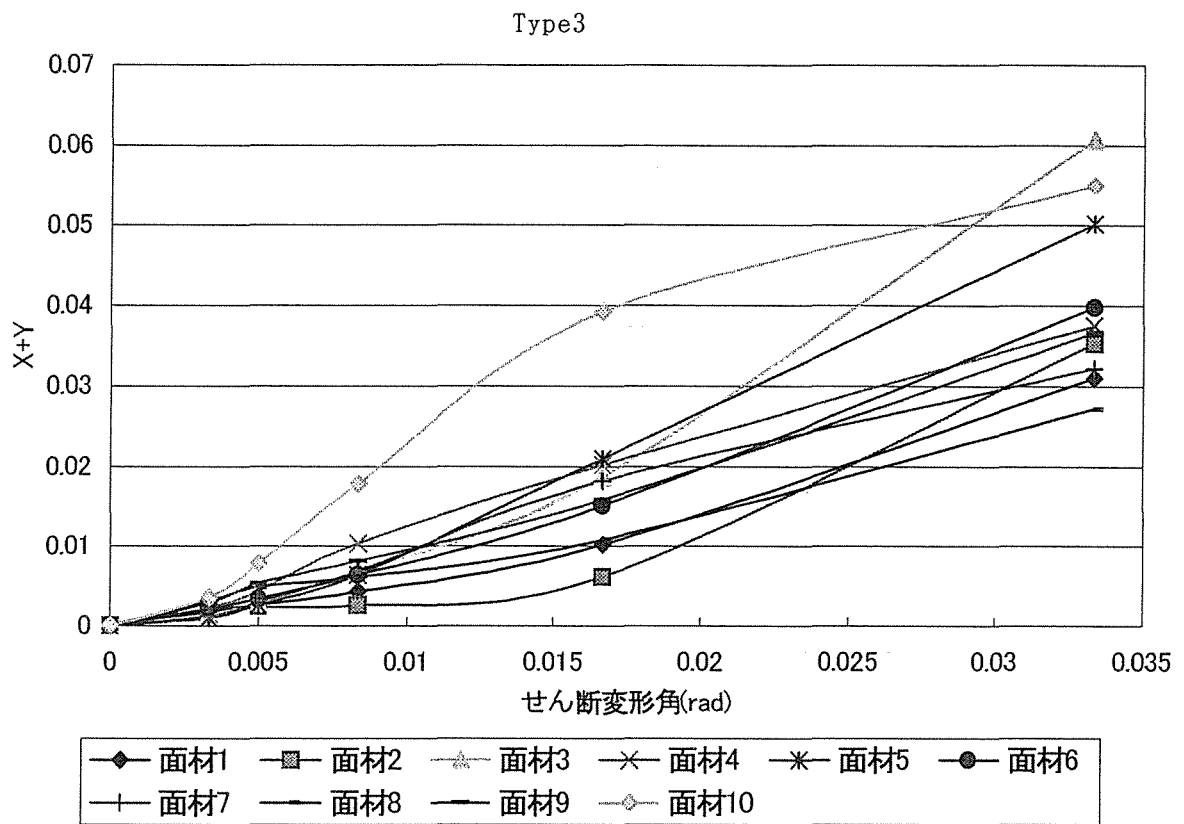


図 2 6 面材の回転角とせん断変形角

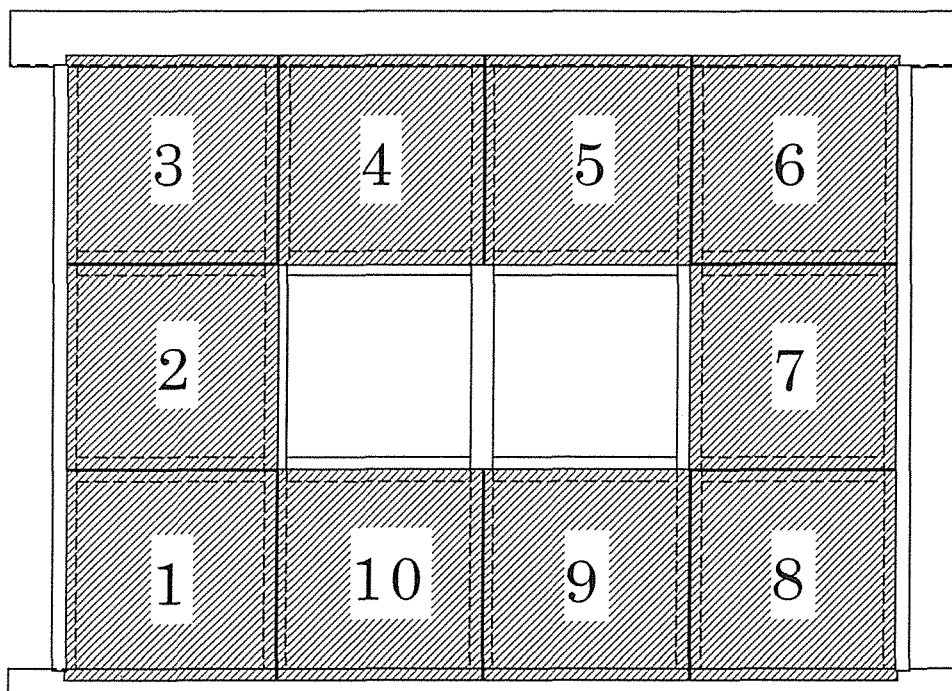


図 2 7 面材の配置図

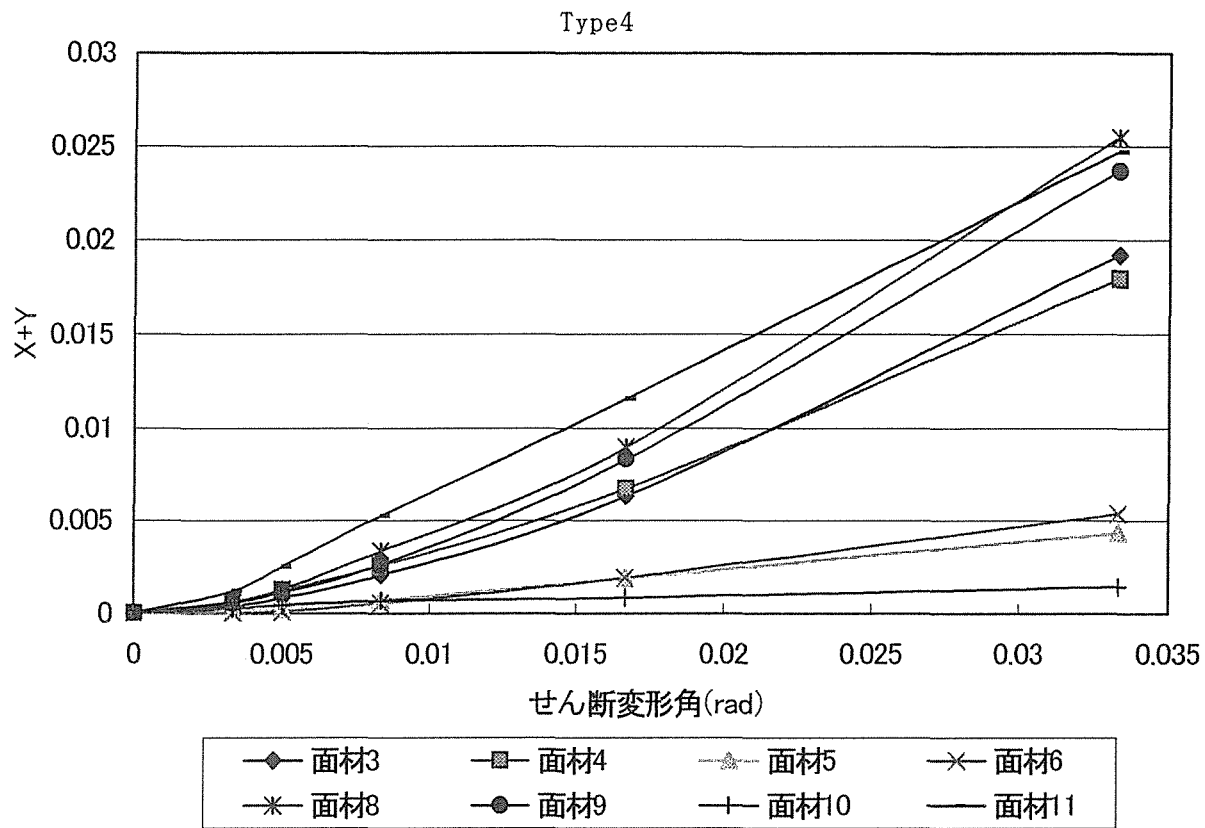


図 2 8 面材の回転角とせん断変形角

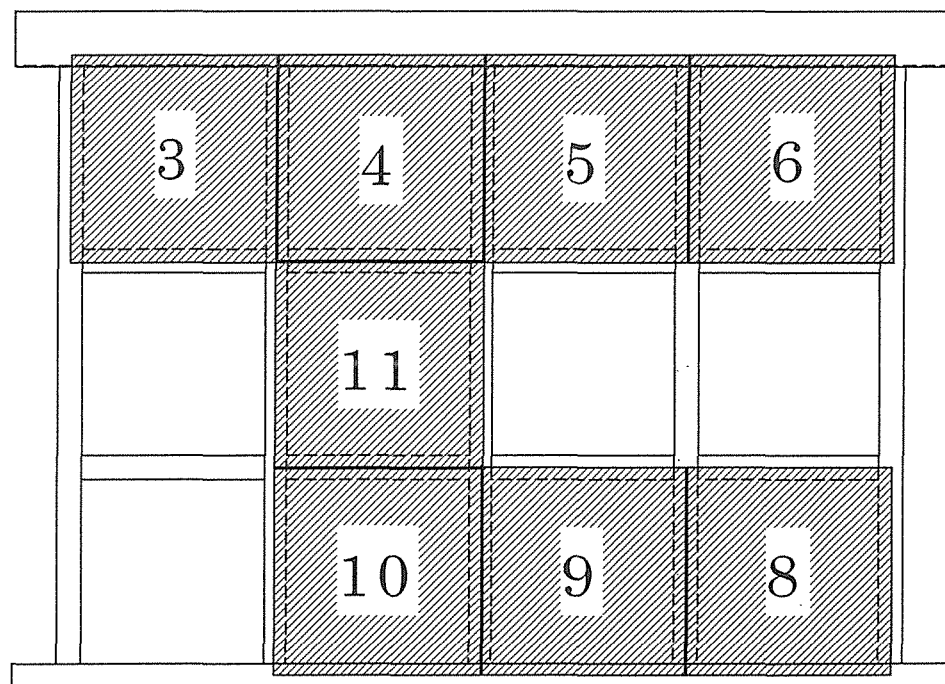


図 2 9 面材の配置図

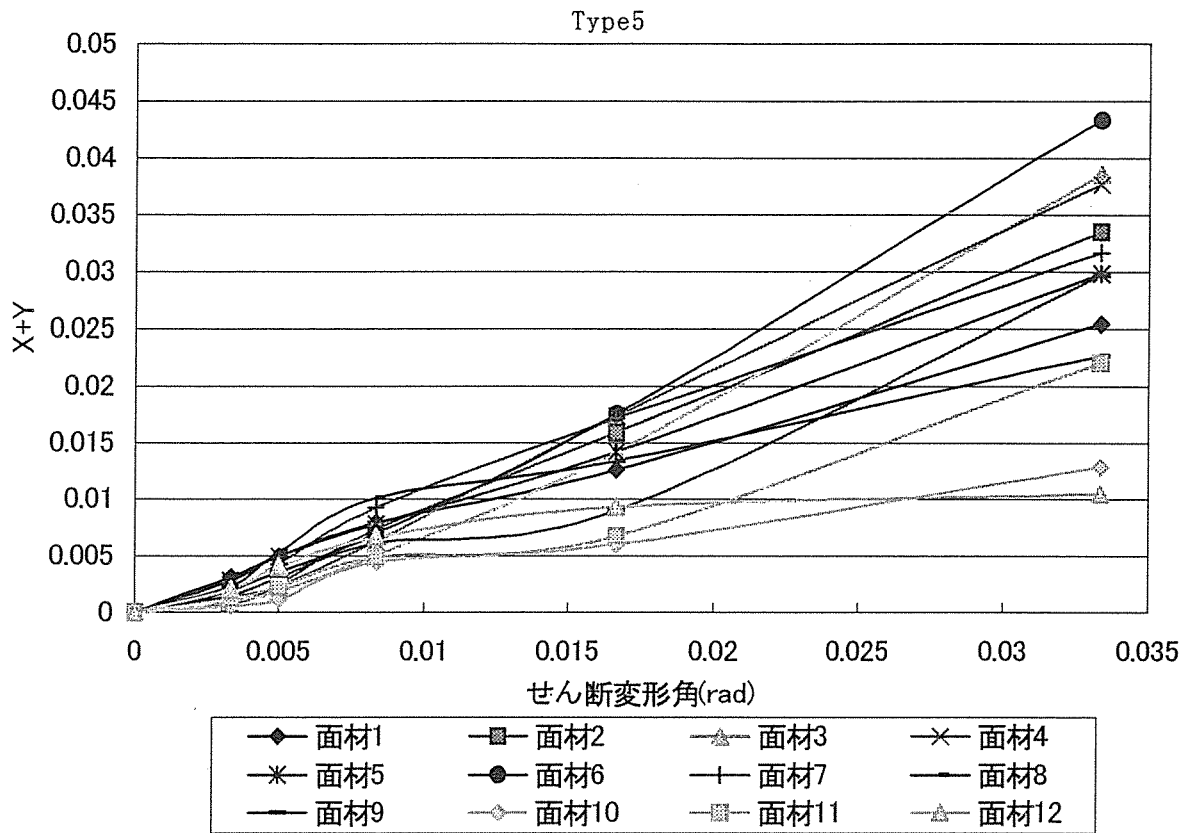


図 3 0 面材の回転角とせん断変形角

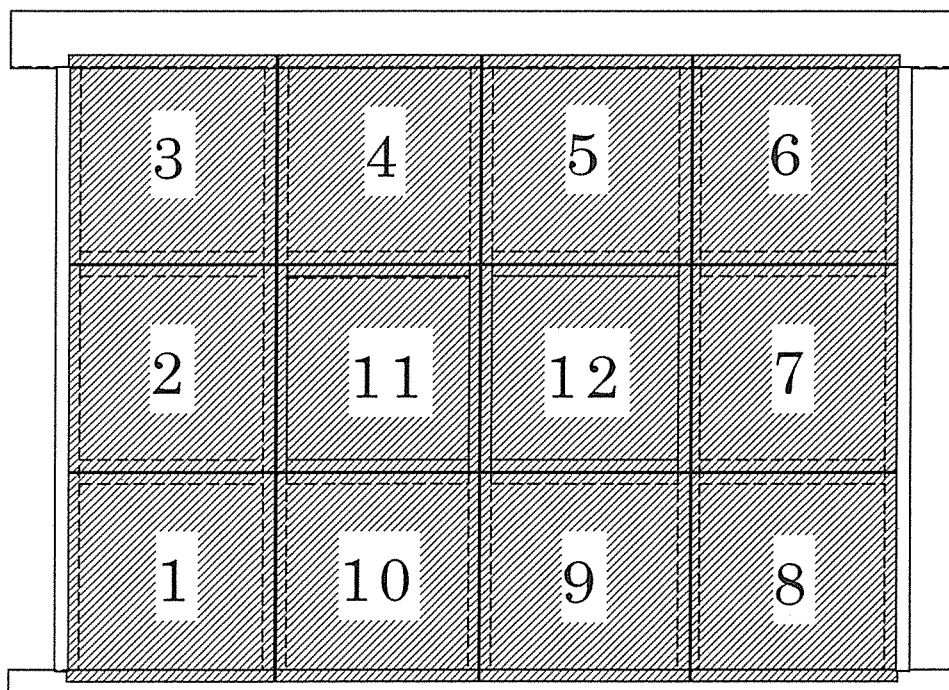
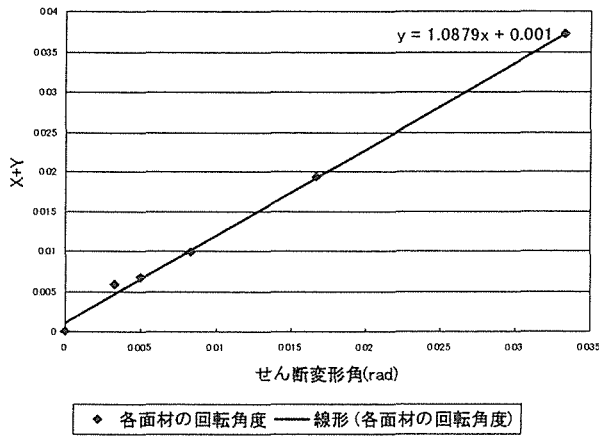
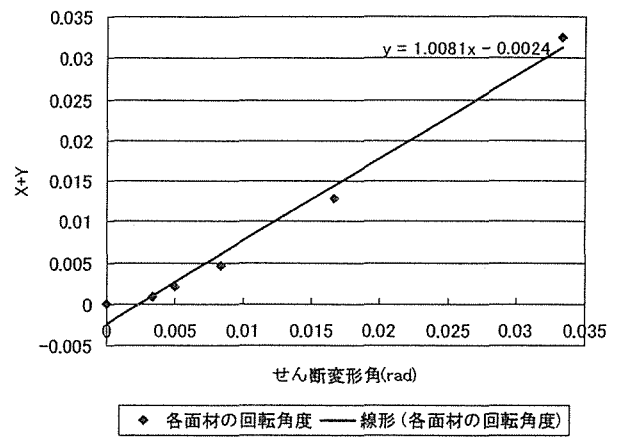


図 3 1 面材の配置図

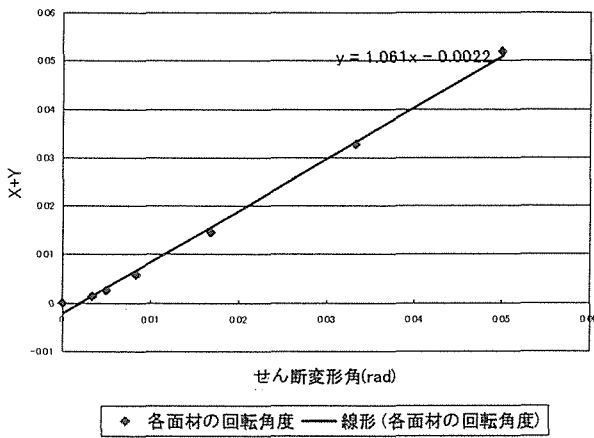
面材の回転角とせん断変形角の関係(Type1の回帰直線)



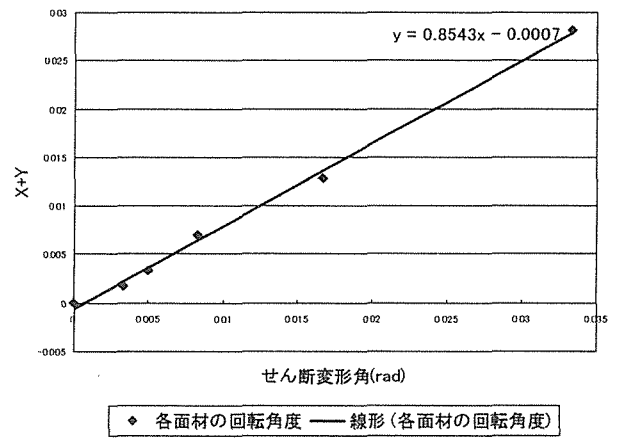
面材の回転角とせん断変形角の関係(Type4の回帰直線)



面材の回転角とせん断変形角の関係(Type2の回帰直線)



面材の回転角とせん断変形角の関係(Type5の回帰直線)



面材の回転角とせん断変形角の関係(Type3の回帰直線)

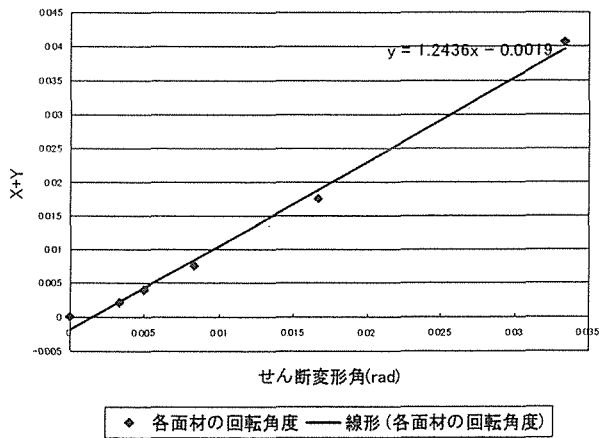


図 3 2 面材の回転角とせん断変形角の関係 (Type 別)

7.5 面材の破壊形態

試験後の面材の破壊状態は、Type に関係なく何枚かは面材の角の釘が抜けた。また、面材と面材の間隔がなくなり、面材同士が接触してしまうものもあった。



写真 6 Type1

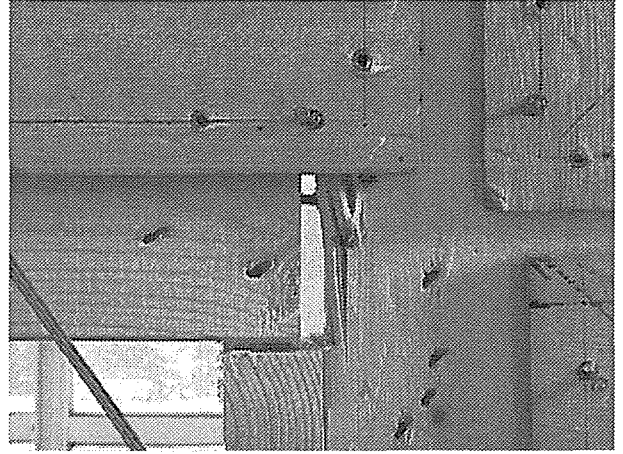


写真 7 Type1

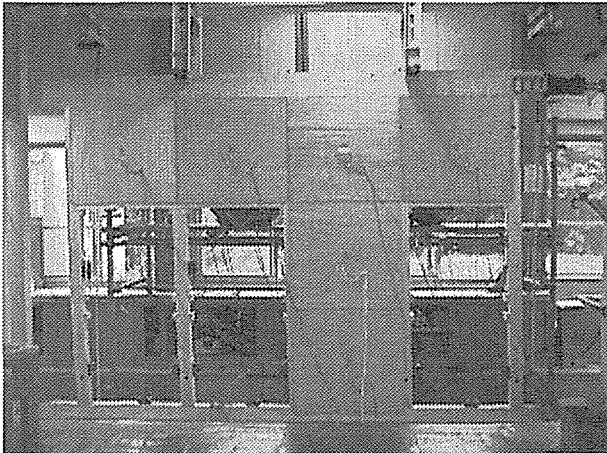


写真 8 Type2



写真 9 Type2

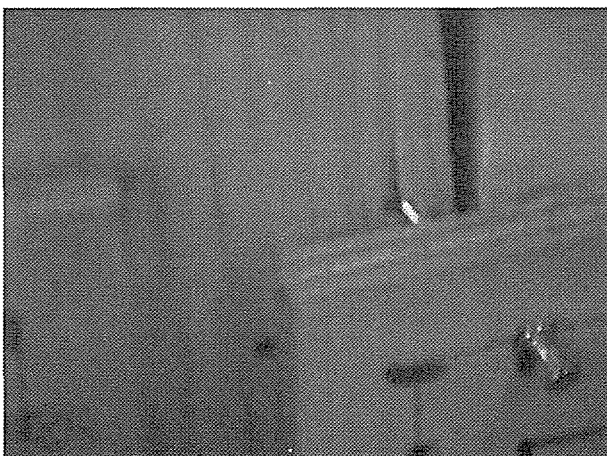


写真 10 Type3

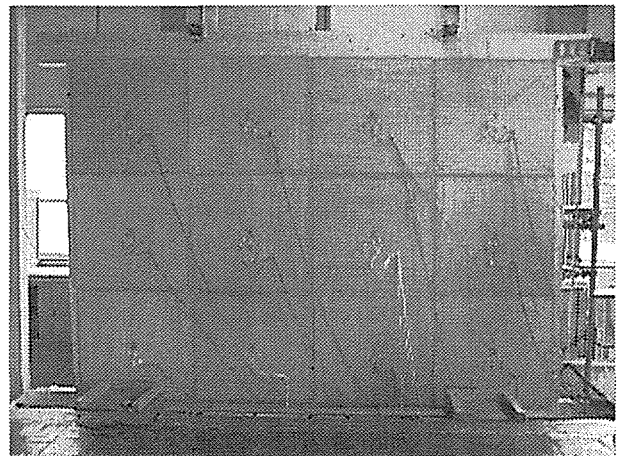


写真 11 Type5

8. 考察

8.1 終局耐力と面材面積

面材の面積と終局耐力とは比例していることが、図3.3に示されている。このことから、面材1枚当たりのせん断抵抗を定めておくと、開口部がある耐力壁の終局耐力が求められる。

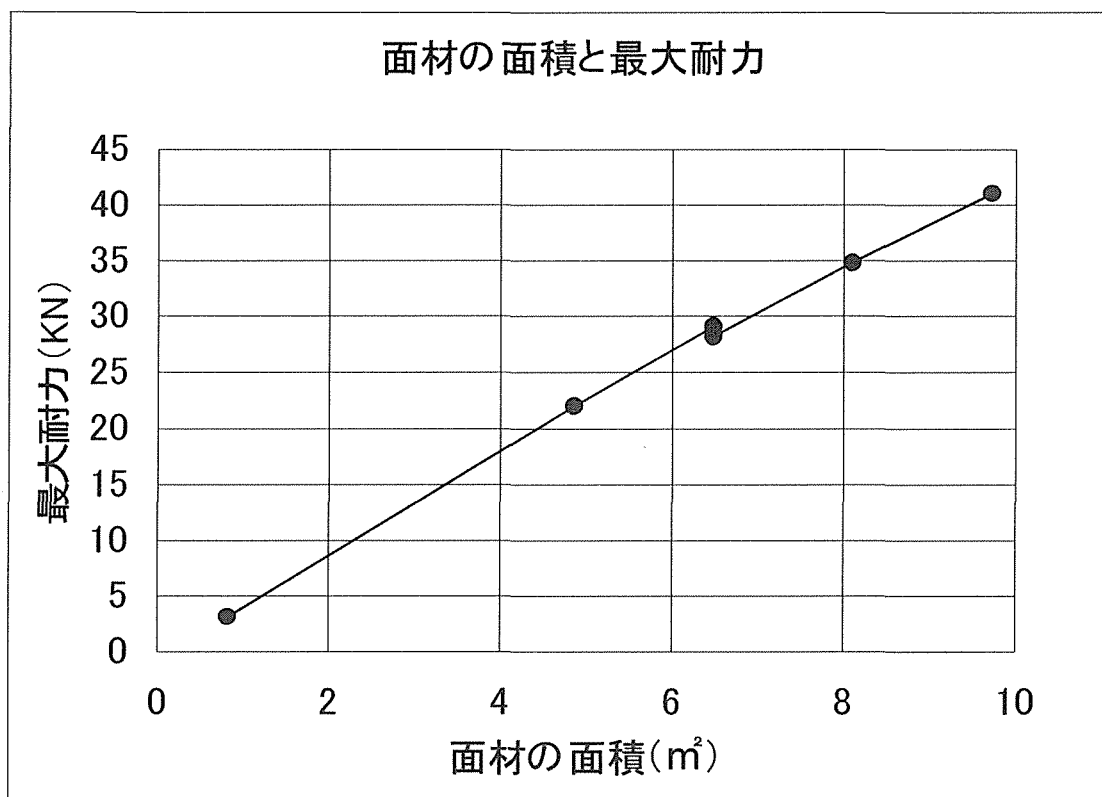


図3.3 終局耐力と面材面積

8.2 各面材の主応力と抵抗モーメント

面材 1 枚だけをみると、どれも比例関係が表れている。しかし、軸組のせん断変形角 1/30 後は応力の関係から、違う釣り合いになるが、これは無視できるであろう。従って、せん断変形角 1/30 付近が面材の抵抗が最も大きくなっていることがわかる。全体の Type 別に見ても、これと同じようなことがいえる。

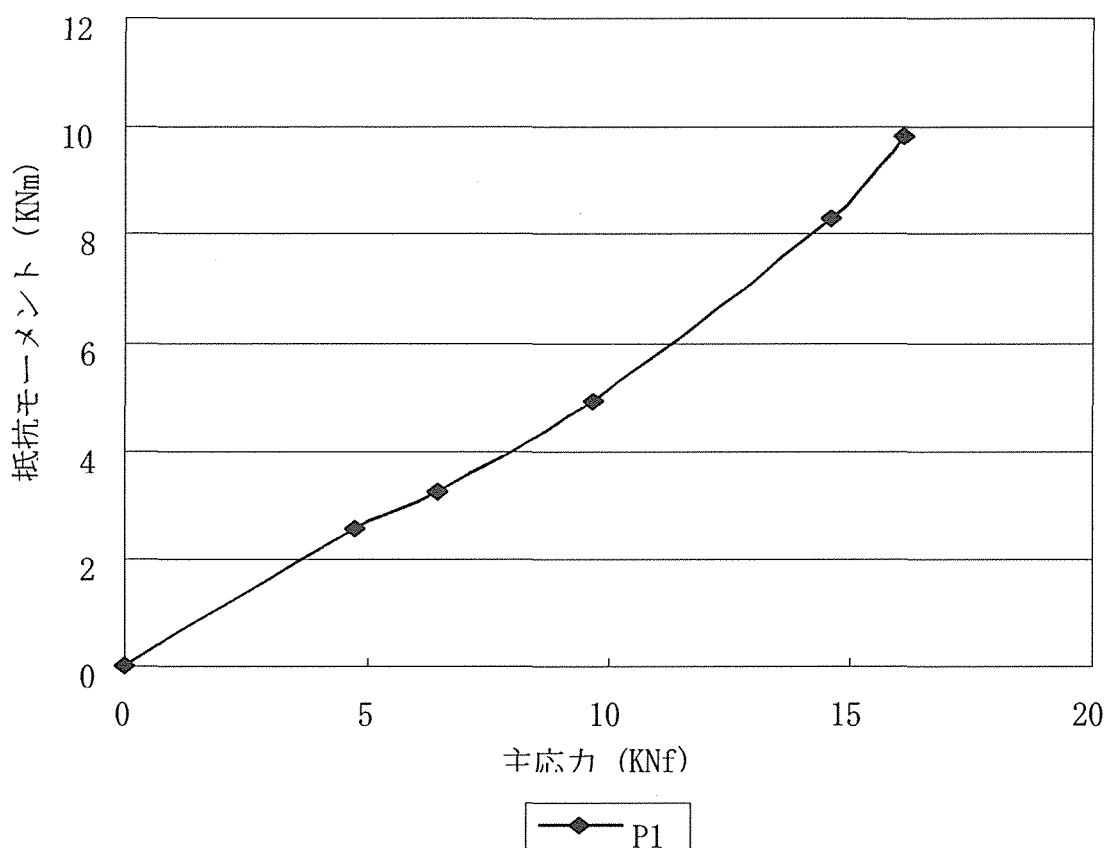


図 3 4 面材の単体抵抗モーメント

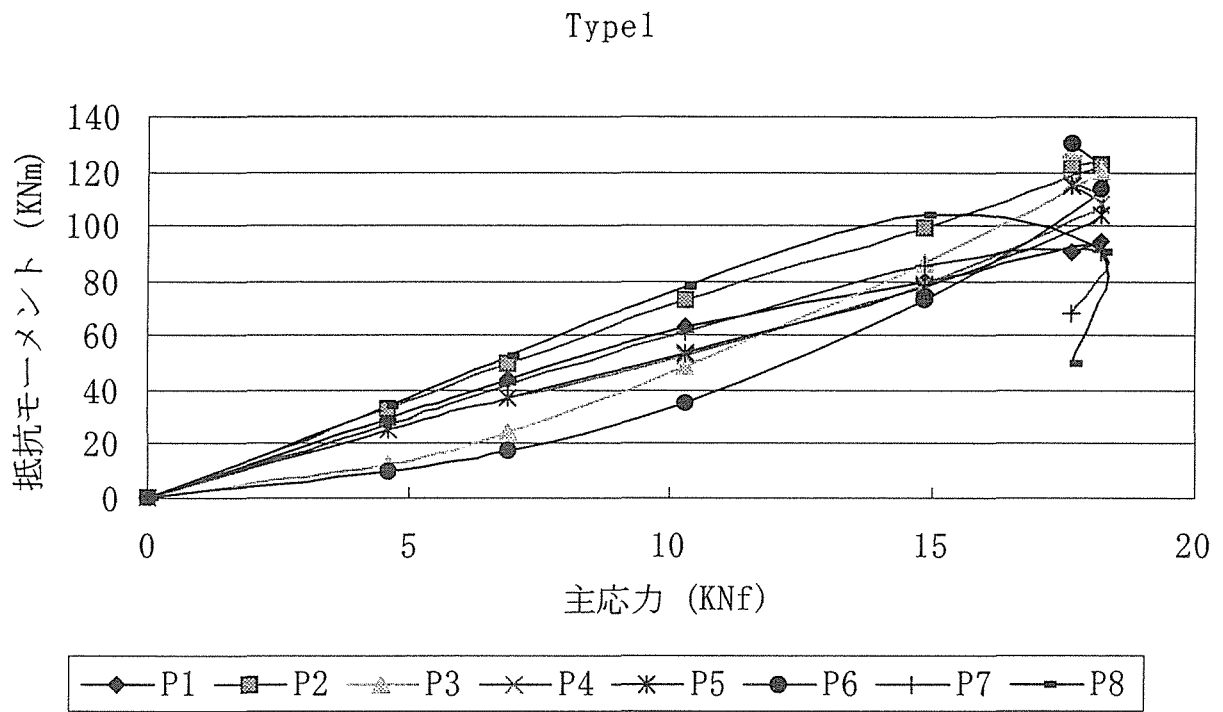


図 3 5 Type1 面材の抵抗モーメント

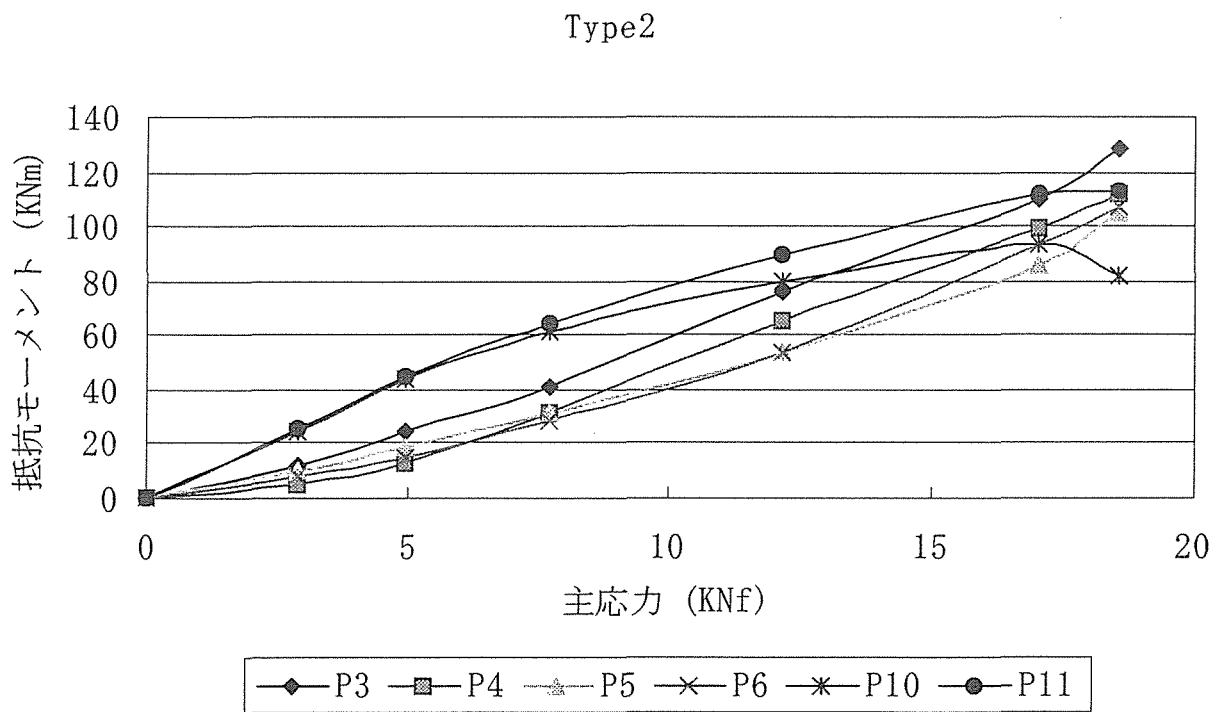


図 3 6 Type2 面材の抵抗モーメント

Type3

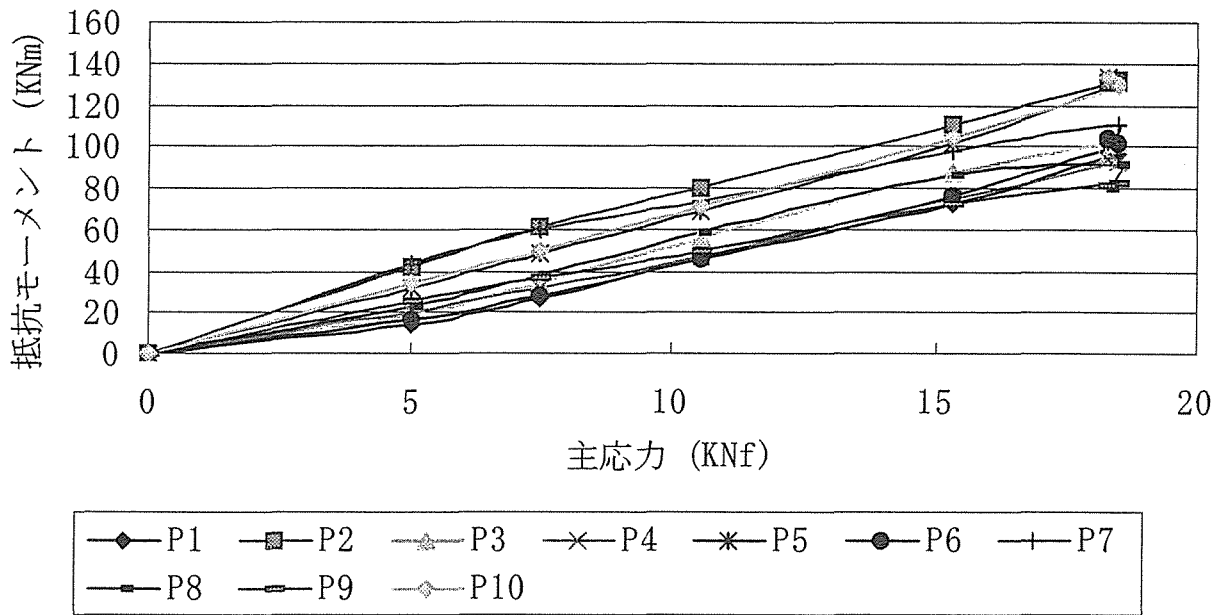


図 3 7 Type3 面材の抵抗モーメント

Type4

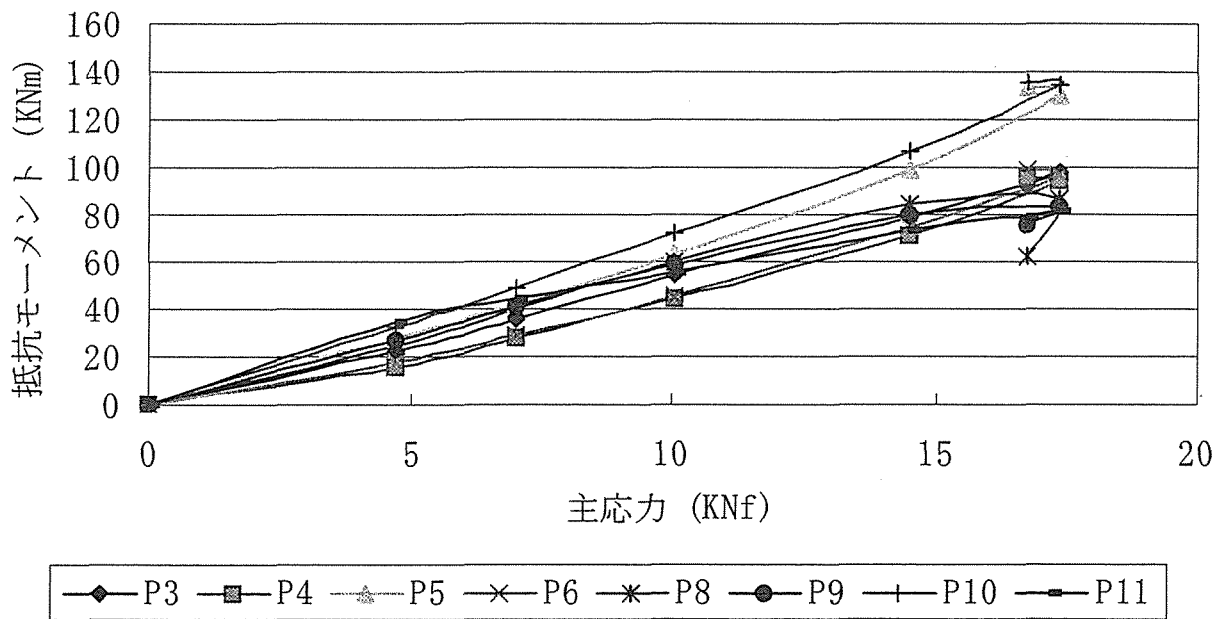


図 3 8 Type4 面材の抵抗モーメント

Type5

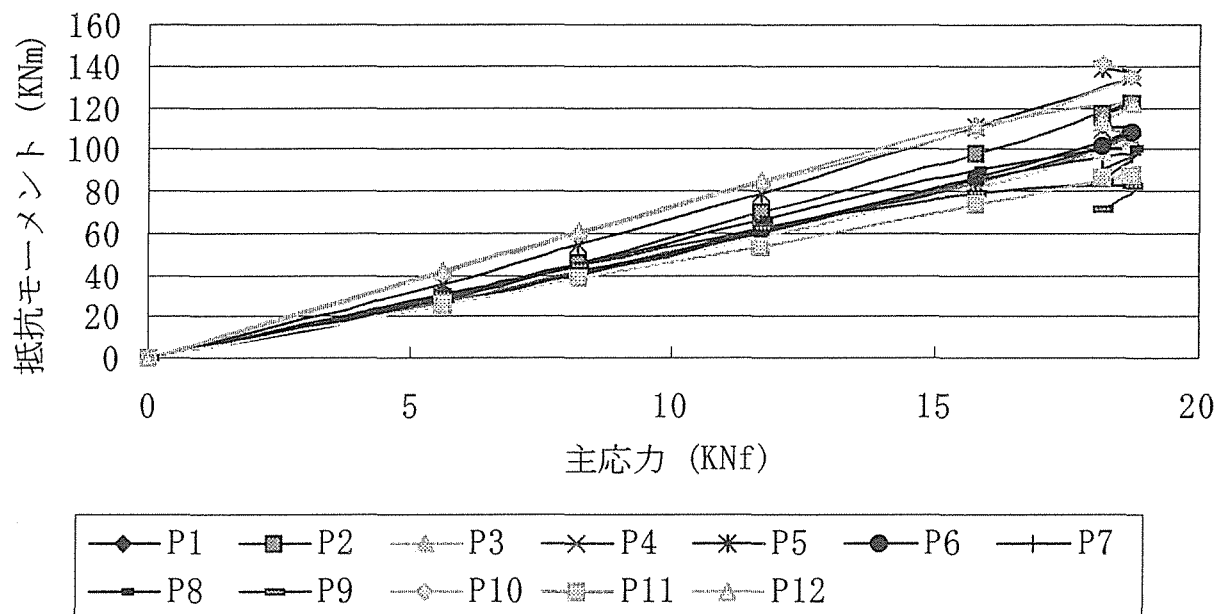


図3-9 Type5 面材の抵抗モーメント

8.3 せん断変形角と枠材面材間の回転

枠材のせん断変形角と面材 1 枚 1 枚の回転角を比較してみると、面材それぞれの回転角にばらつきは見られるが、面材の回転角と耐力壁のせん断変形角との回帰直線の傾きは 1 となっている(図 3 2 参照)。これは、面材の回転角の平均値と耐力壁のせん断変形角が等しいことを示している。したがって、耐力壁の耐力は面材の耐力を求めれば簡単なたし算で耐力壁の耐力を求めることができることを示している。すなわち、耐力壁の設計耐力が定まると面材の必要枚数を計算することができる。

8.4 水平荷重と各面材抵抗モーメントの総和

各 Type 毎の面材の抵抗モーメントの総和と、Type 毎にかかっている抵抗モーメントを比較した結果、ほぼ 1:1 になることがわかった。これは、面材だけに働いている抵抗モーメントと全体に働いている抵抗モーメントの値が、ほぼ同じ力で伝わっていることがわかる。このことから、面材 1 枚 1 枚の抵抗モーメントを足すことにより、耐力壁全体の耐力を求めることが可能であると考えられる。しかし、これらは実際、柱などの引きぬきや、めり込みの力がかかっており、その力を計算で引き、面材だけの値を考えたものである。

表 2 水平荷重と各面材抵抗モーメントの総和

Type	Ph (KNm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	総和SM (KNm)	Ph/SM
1	86.187	9	12	12	11	10	11	9	9	***	***	***	***	84.396	1.021
2	60.864	***	***	11	10	9	9	***	***	***	9.3	11	***	59.244	1.027
3	102.51	10	13	10	9	13	10	11	9	8	13	***	***	106.996	0.958
4	82.976	***	***	10	9	13	10	***	9	8	13	8.1	***	80.304	1.033
5	120.02	11	12	10	11	13	11	10	10	8	13	8.7	12	130.525	0.919

面材個々のモーメント抵抗を加算して求めた総和は開口壁に加えられた外力によるモーメントに等しい。これを加算則と呼ぶ。この加算則によって面材の耐力を単純に重ね合わせることが可能であることを示している。

加算則に加えて、個々の面材のモーメント抵抗発現の根拠となるせん断変形角は異なるが、平均すると開口壁のせん断変形角に等しい。これを平均則と呼ぶ。この平均則によって一枚の面材のモーメント抵抗を開口壁に想定されるせん断変形角を元に何らかの方法で求めておくところの値に面材の枚数を乗じて開口壁の耐力を算出することが可能となる。

加算則により個々の面材のモーメント抵抗を加算して開口壁の耐力を求めることが校であることを、平均則によりさらに一枚の面材のモーメント抵抗によって開口壁の耐力を求めることができるのである。この法則が成立するためには、軸組の剛性が十分で柱の引き抜けがないこと、面材の機械的性質が同一であるという条件の下である。すなわち、今回の実験では、軸組の胴縁にも柱と同様の部材を使用し、柱脚柱頭はボルトを用いて接合しピン接合に近い接合としている。

9. まとめ

9.1 終局耐力における加算則の成立

加算則の成立について以下の項目で考察を行った。

(1) 面材の抵抗モーメント

Type ごとの面材の抵抗モーメントの総和と Type 毎の耐力壁の抵抗モーメントを比較した結果、1:1 になることがわかる。これにより、面材 1 枚 1 枚の抵抗モーメントを足すことにより、壁全体の耐力を求めることが可能である。この実験ではこの面材個々のモーメント抵抗値の総和が壁の耐力になっていることを加算則と呼ぶ。この加算則では、面材個々が発現する抵抗モーメントの値は同じではない。すなわち、壁のせん断変形角を基にして求めた一枚の面材の抵抗モーメントに面材の枚数を乗じて壁の耐力を求められることは結論できない。

(2) 面材の回転角

面材 1 枚 1 枚の回転角と枠材のせん断変形角を比較すると、面材の回転角に少々ばらつきが見られるが、平均すると耐力壁のせん断変形角と等しくなる。すなわち、個々の面材のモーメント抵抗発現の根拠となる面材のせん断変形角は異なるが、平均すると開口壁のせん断変形角に等しい。このことを、本実験では平均則と呼ぶ。(1) に述べた加算則とこの平均則によって次の簡易計算法が得られる。

(3) 面材の面積

面材の面積は釘本数あるいは面材の枚数に直接的に関係している値である。この面材の面積と終局耐力は比例関係にあることから、面材 1 枚当たりのモーメント抵抗（せん断耐力）を何らかの方法で定めておくと、この値に面材の枚数を乗じて開口部がある耐力壁の耐力が求められると考えられる。

9.2 終局耐力の簡易計算法

面材 1 枚ごとの抵抗モーメントを、面材の主応力あるいは釘のすべり抵抗から定めて、この値を耐力壁の面材の配置パターンによらず、その枚数との積として耐力壁の終局耐力を求めることができる。

この簡易計算法が成立するためには、軸組の剛性が十分で柱の引き抜けがないこと、面材の機械的性質が同一であるという条件の下である。すなわち、今回の実験では、軸組の胴縁にも柱と同様の部材を使用し、柱脚柱頭はボルトを用いて接合しピン接合に近い接合としている。

補遺

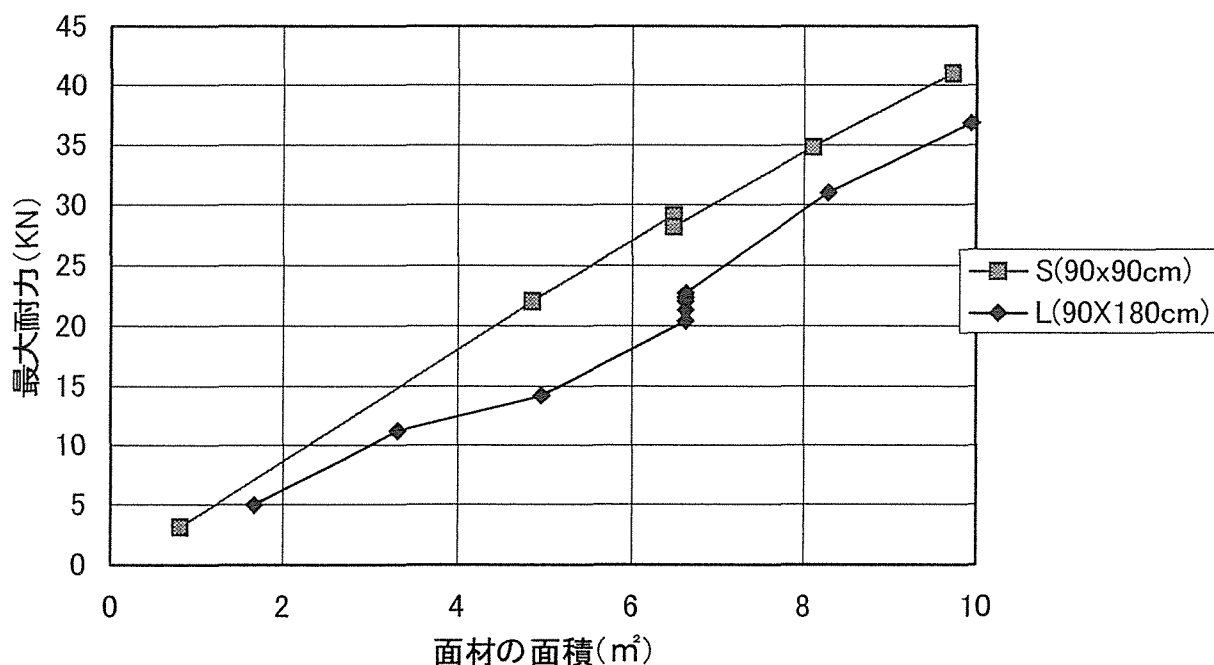
面材に一般的な寸法の合板を用いた開口壁の終局耐力

面材は長辺が短辺の2倍の長方形のことが一般的である。本章の実験では条件を単純化するために正方形の面材を用いている。ここでは、ごく一般的に使われている合板の場合も前述の加算則が成立するかを検証している。面材の形状が本章の正方形のものと異なるだけで、加重方法など実験条件は同様である。試験体においても、本章の図2に示した軸組に図A-2からA-13にあるように長方形の合板を面材としてダブルヘッドを用いて釘打ちしている。釘の間隔は正方形の面材と同じである。

結論から述べる。

1枚の面材の耐力に面材枚数を乗じて開口壁の耐力を求めることができる。

図A-1に挙げるように正方形の場合に比べてやや最大耐力は下回るが面材の面積(枚数、釘本数)に比例している。図A-1に示したSが正方形の実験結果、Lが長方形の実験結果である。長方形の面材においても、終局耐力は面材の面積に比例している。すなわち、正方形の面材の場合と同様に、一枚の抵抗モーメントを何らかの方法で求めてそれに枚数を乗じると開口壁の終局耐力を算定できる。この実験では、十分な剛性を持つ軸組で柱の浮き上がりを拘束し、面材の機械的特性は同一のものを使用している。



図A-1 終局耐力と面材面積

1. 試験結果の概要

通常寸法の面材を用いた開口部のある耐力壁の水平せん断試験の結果を表A-1にあげる。表中の面材構成図はつぎの2章に挙げた主応力図に対応している。これらの図により試験体の構成を示す。面材間の隙間は本文の正方形の試験体と同様に面材相互に1cmの間隔をあけて釘打ちした試験体について有と記入している。表に無と記入している試験体については隣接する面材の端面を突きつけて釘打ちしている。

表A-1 試験結果概要

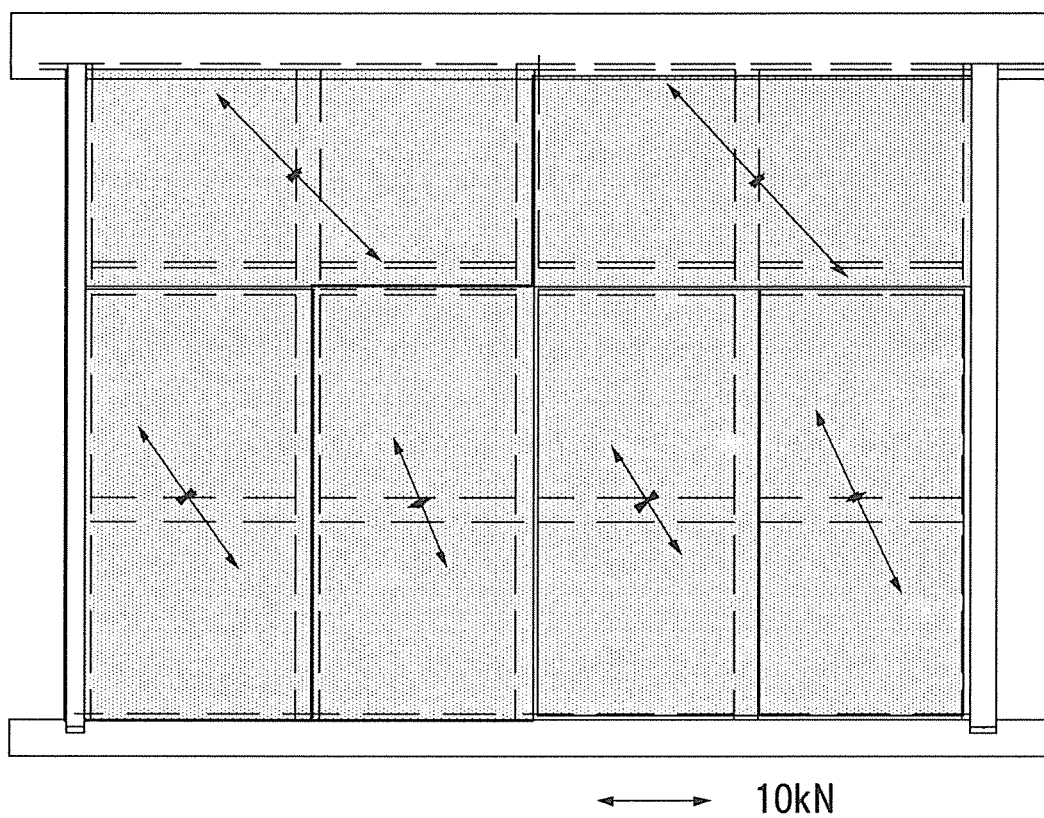
試験体の記号	面材構成図	面材間の隙間の有無	最大荷重 (kgf)	最大変位 (mm)	面材耐力 (KN)	合板面積 (m ²)
NO-1	A-2	有	4145	77.55	36.8	9.94
NO-2	A-3	無	4431	63.99	40.2	9.94
NO-3	A-4	有	1547	78.87	11.2	3.31
NO-4	A-5	有	929	88.71	5.0	1.66
O1-1	A-6	有	3547	79.44	31.0	8.28
O1-2	A-7	有	2535	64.95	22.7	6.62
O1-3	A-8	有	2276	74.22	20.4	6.62
O2-1	A-9	有	2514	80.52	21.3	6.62
O2-2	A-10	有	2600	82.2	22.0	6.62
O2-3	A-11	有	2535	85.35	22.3	6.62
O2-4	A-12	有	1707	83.58	14.2	4.97
O2-5	A-13	無	1507	47.91	13.0	4.97

本文で結果を述べたSタイプとLタイプとではLタイプの耐力が若干低い。これは横棧に打つ釘の本数によるものか、Lタイプの方が面外に逃げやすいのか、その他、今後の検討に期待するところがおおきい。

また、面材間の隙間の有無による耐力の差については、試験体のタイプにより異なる。すなわち、無開口では隙間があるのものが大きいですが、開口の多いものは逆に小さい。隙間の有無による差は明確でない。

以下に、本章の考察において論述した加算即と平均即の根拠となる最大耐力を示したときの各面材の主応力及び面材の回転角と壁体のせん断変形角の関係を挙げる。前者により各面材の主応力と試験体の面材の組み合わせを示し、後者によって平均則の成立を示す。

2. 試験体の面材ごとの主応力



図A-2 Type5 (面材間隙あり) の各面材主応力

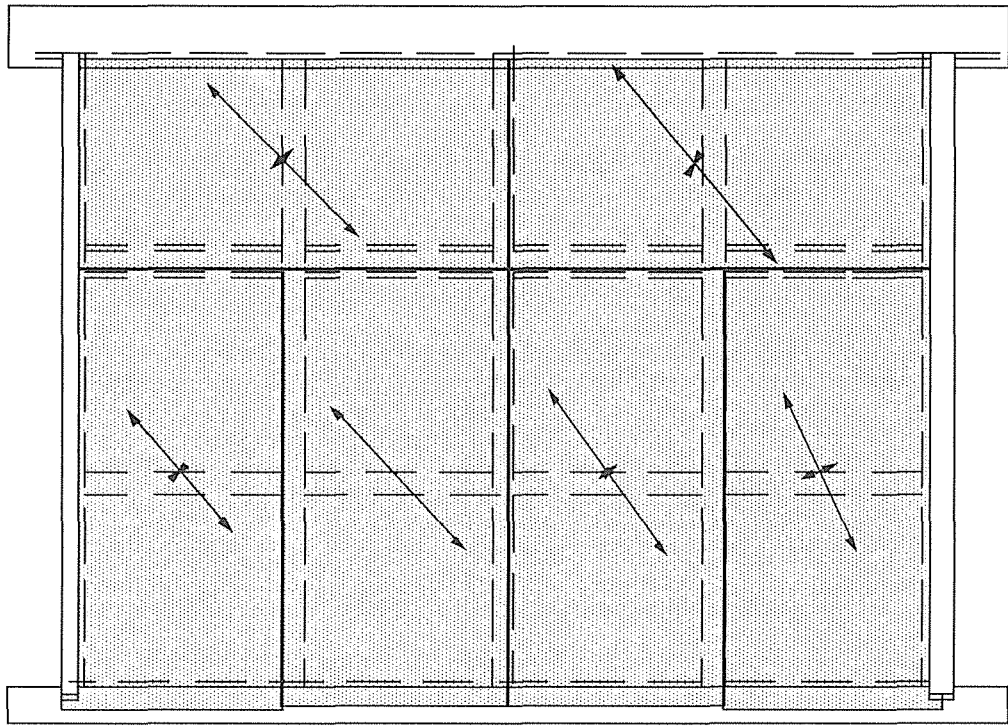


図 A - 3 Type5 (面材間隙無し) の各面材主応力

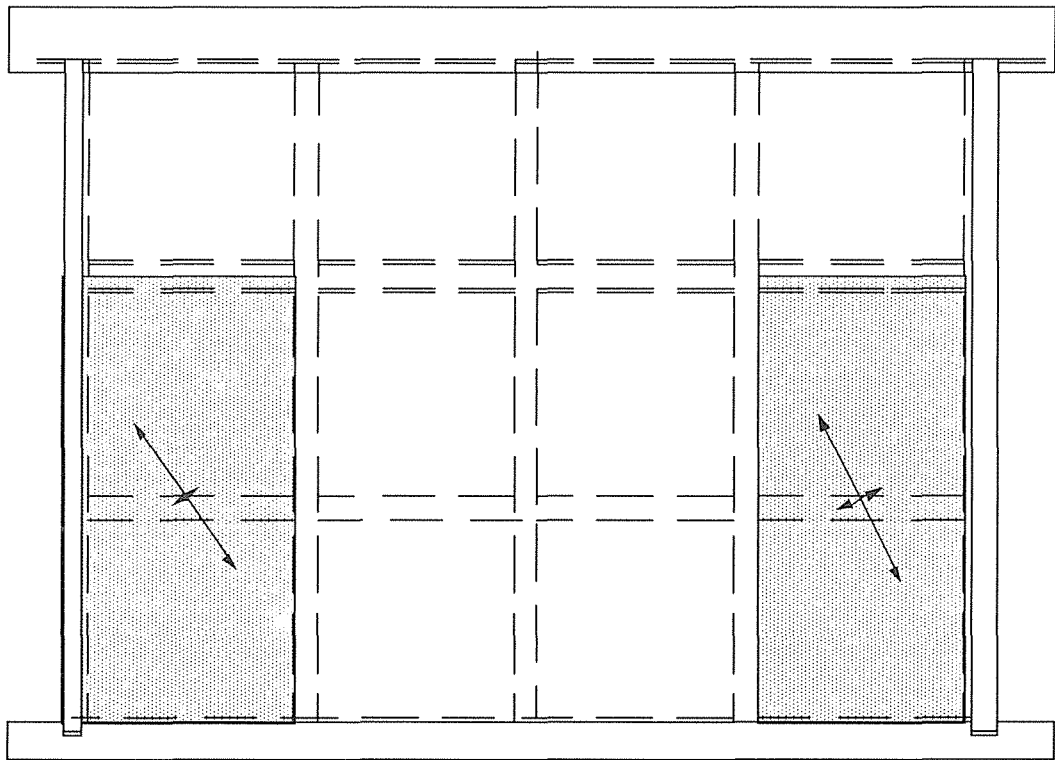
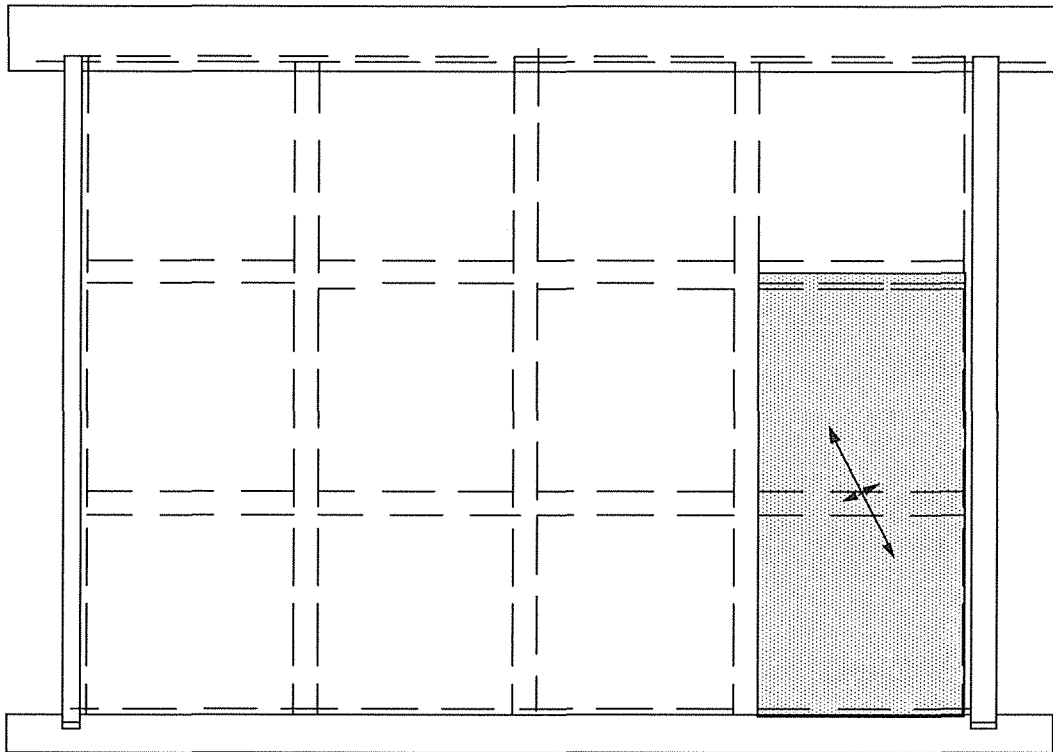
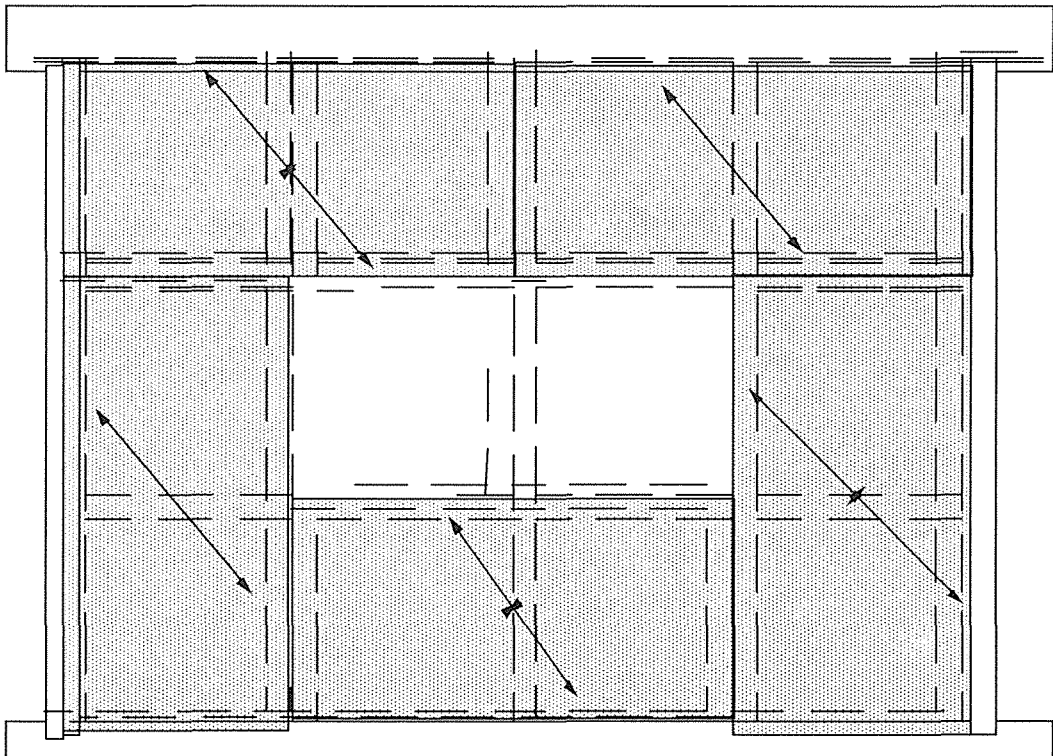


図 A - 4 軸組両側 2 枚張りの各面材主応力



図A-5 1枚張りの各面材主応力



図A-6 Type3 試験体の各面材主応力

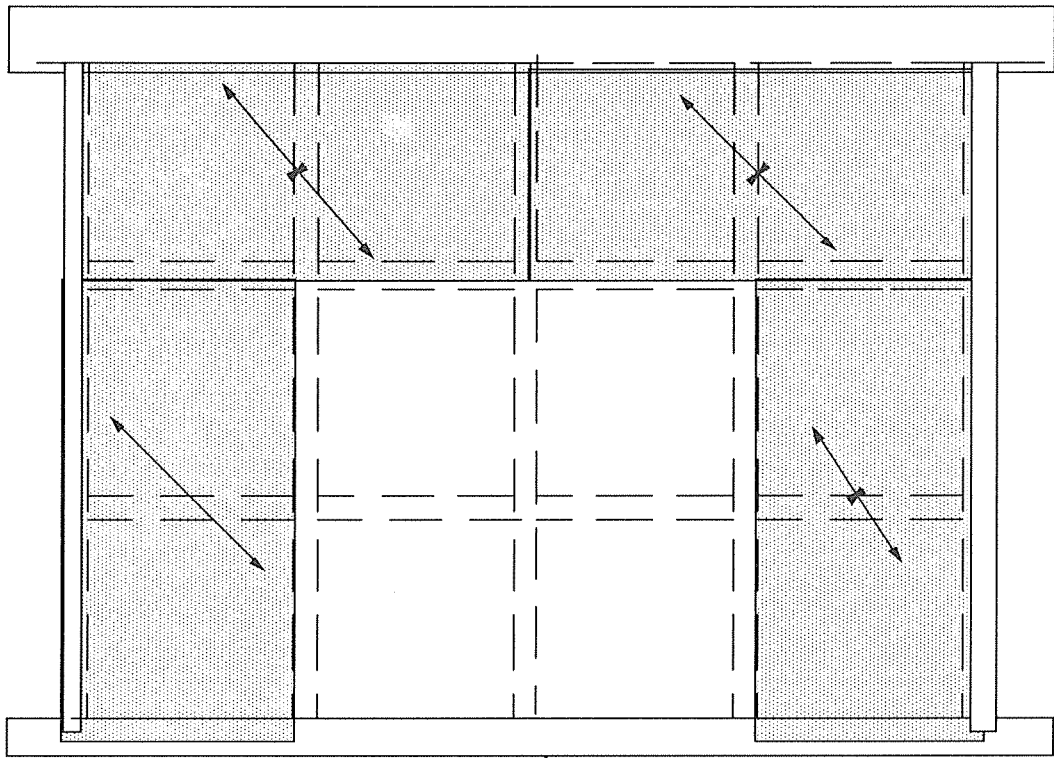


図 A-7 Type1 試験体の各面材主応力

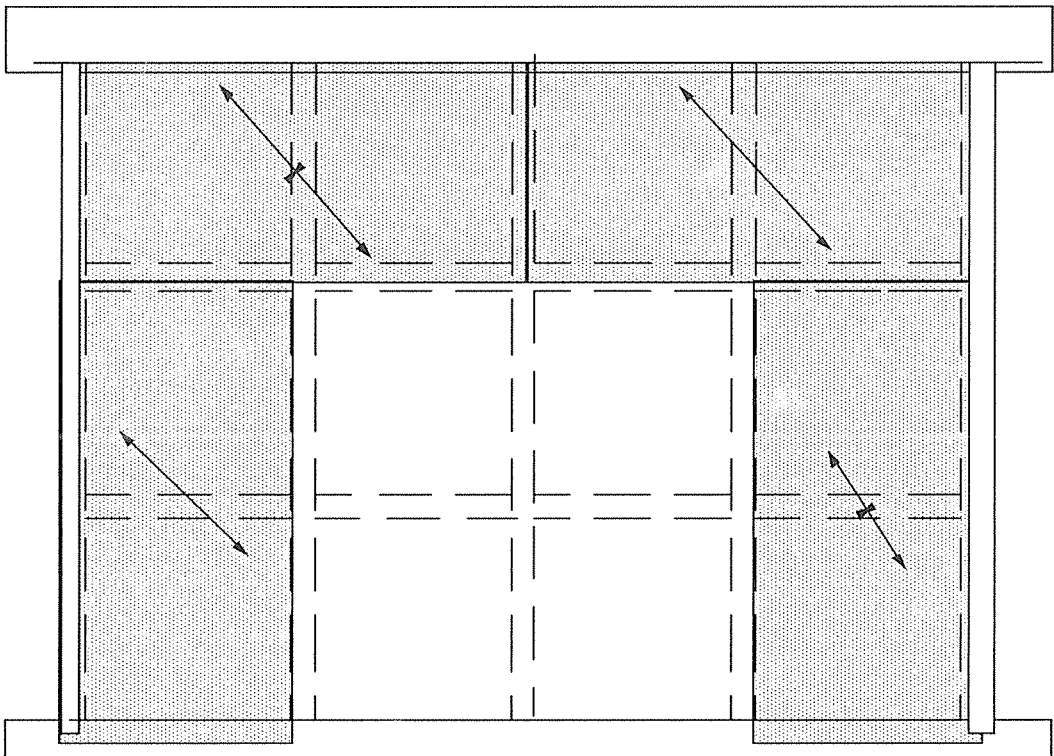
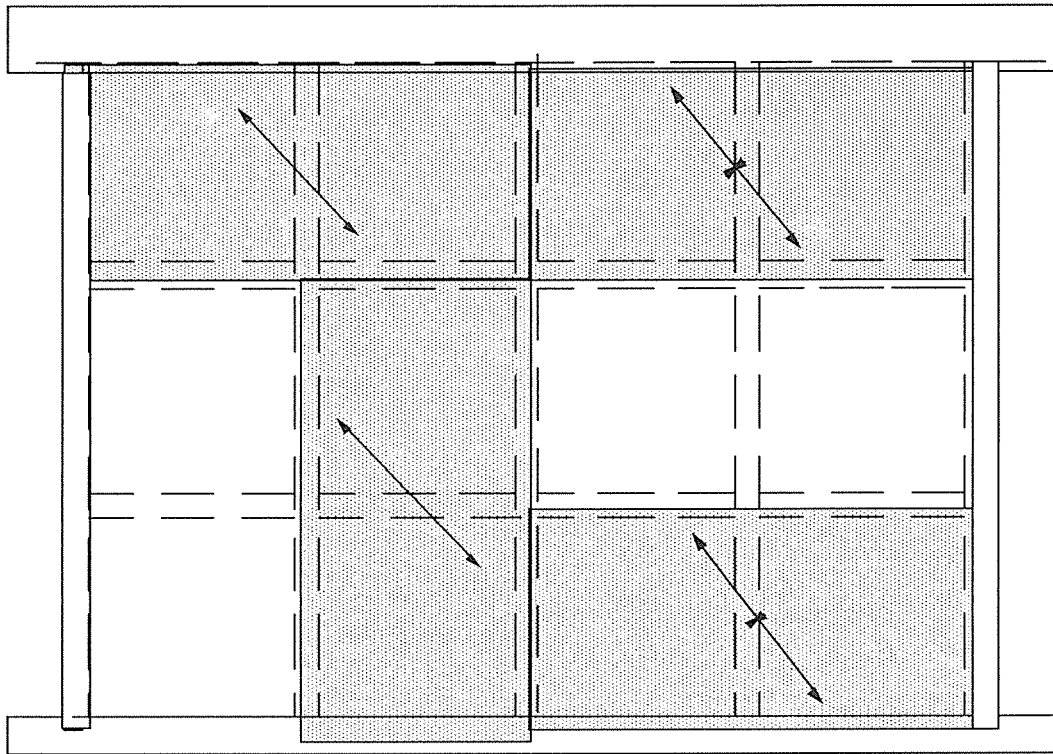
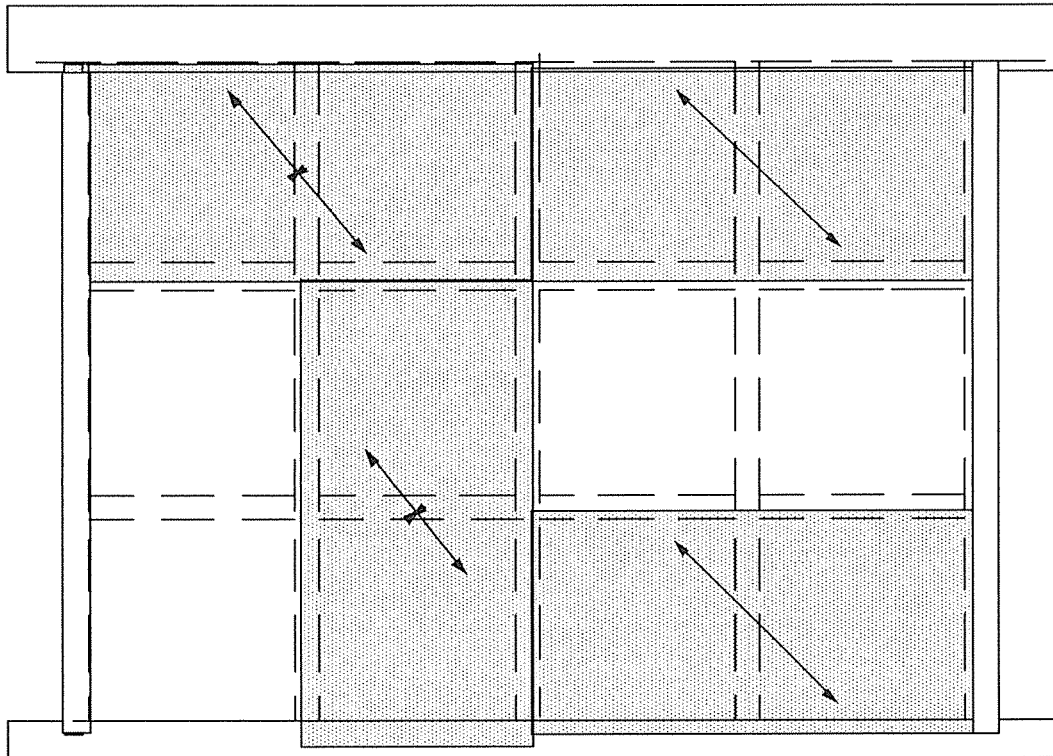


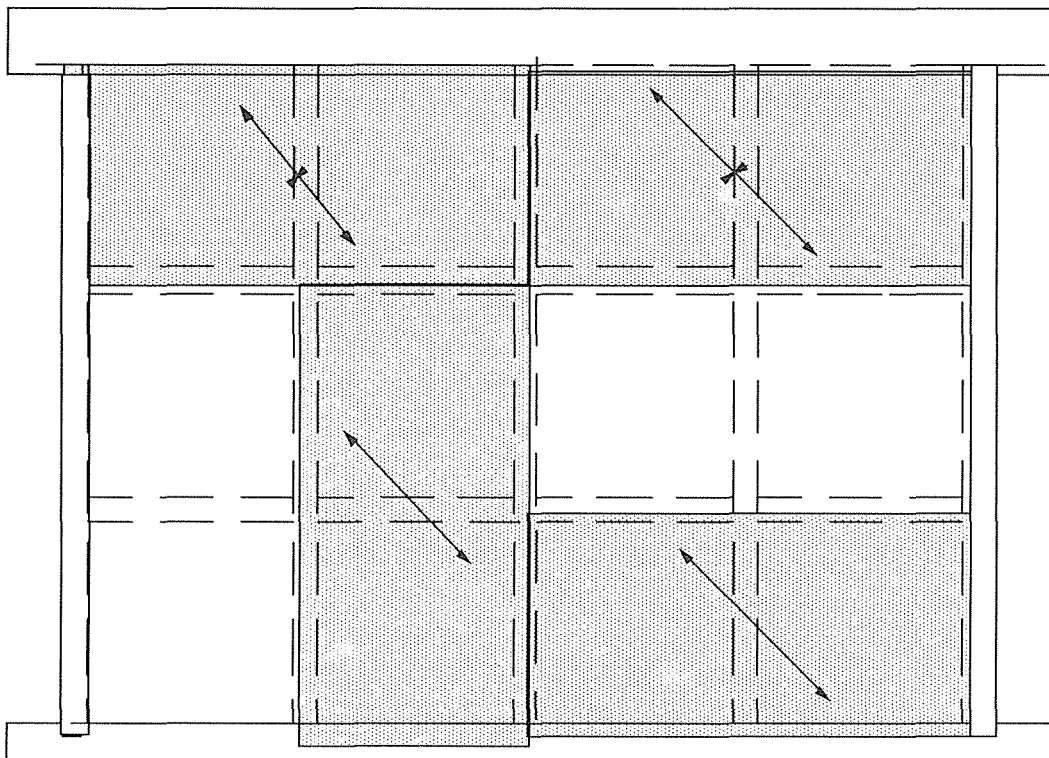
図 A-8 Type1 (柱脚部を CPT 金物で固定) の各面材の主応力



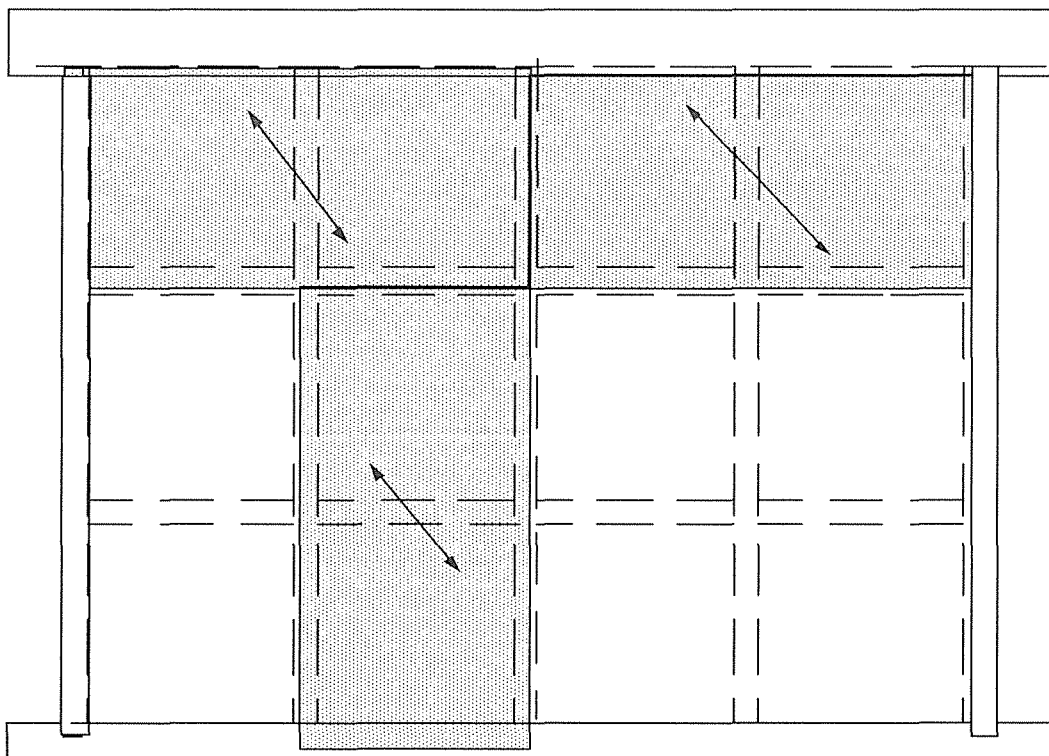
図A-9 Type4 試験体の各面材の主応力



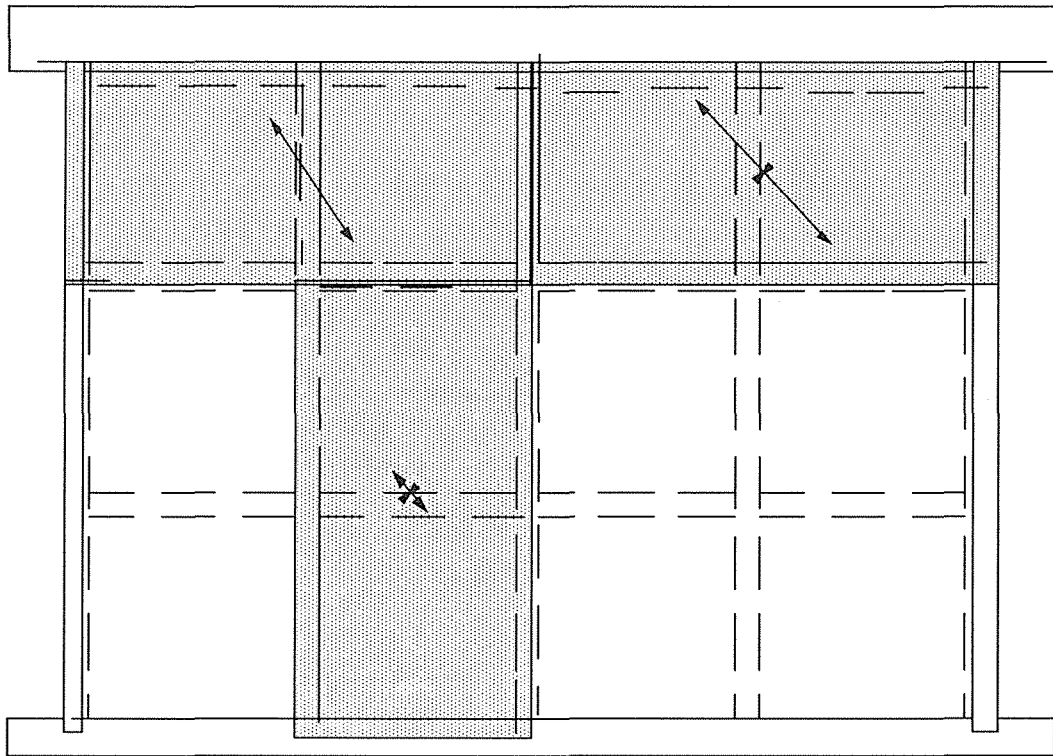
図A-10 Type4 試験体の各面材の主応力



図A-11 Type4 (柱脚部をCPT金物で固定) の各面材の主応力



図A-12 Type4 試験体の各面材の主応力



図A-13 Type4 試験体（面材間隙無し）の各面材主応力

3. 試験体ごとの各面材の回転角と耐力壁のせん断変形角

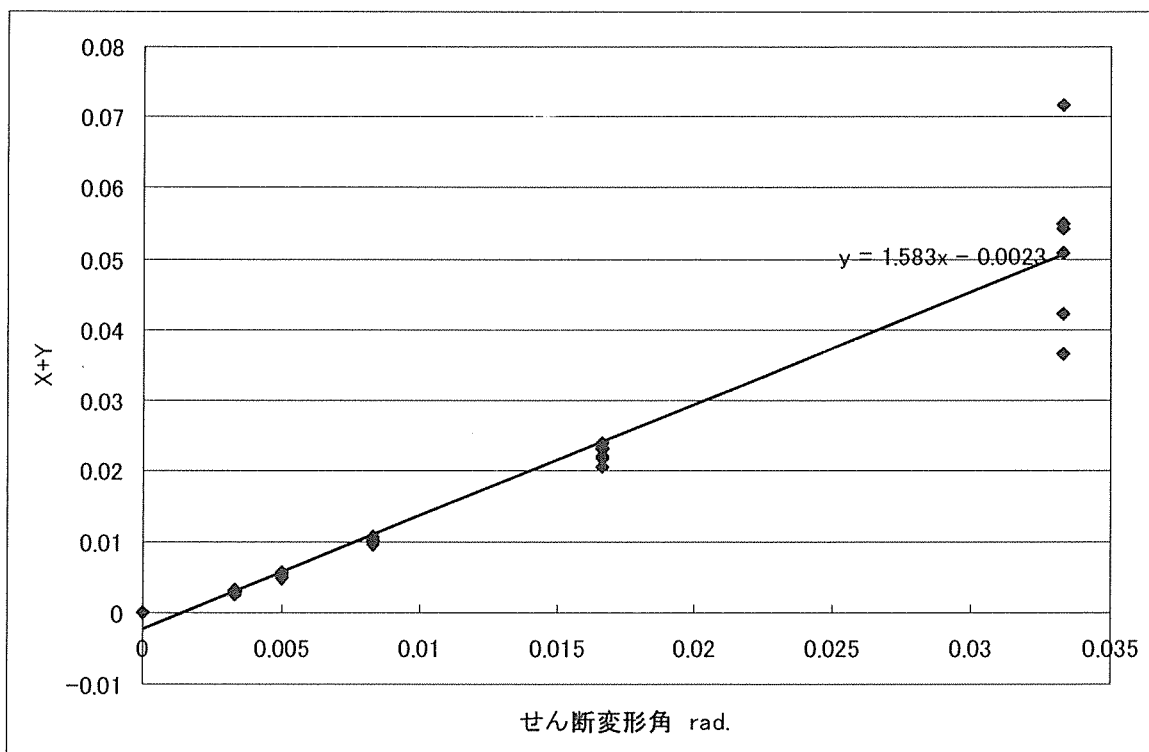


図 A - 1 4 NO-1 試験体

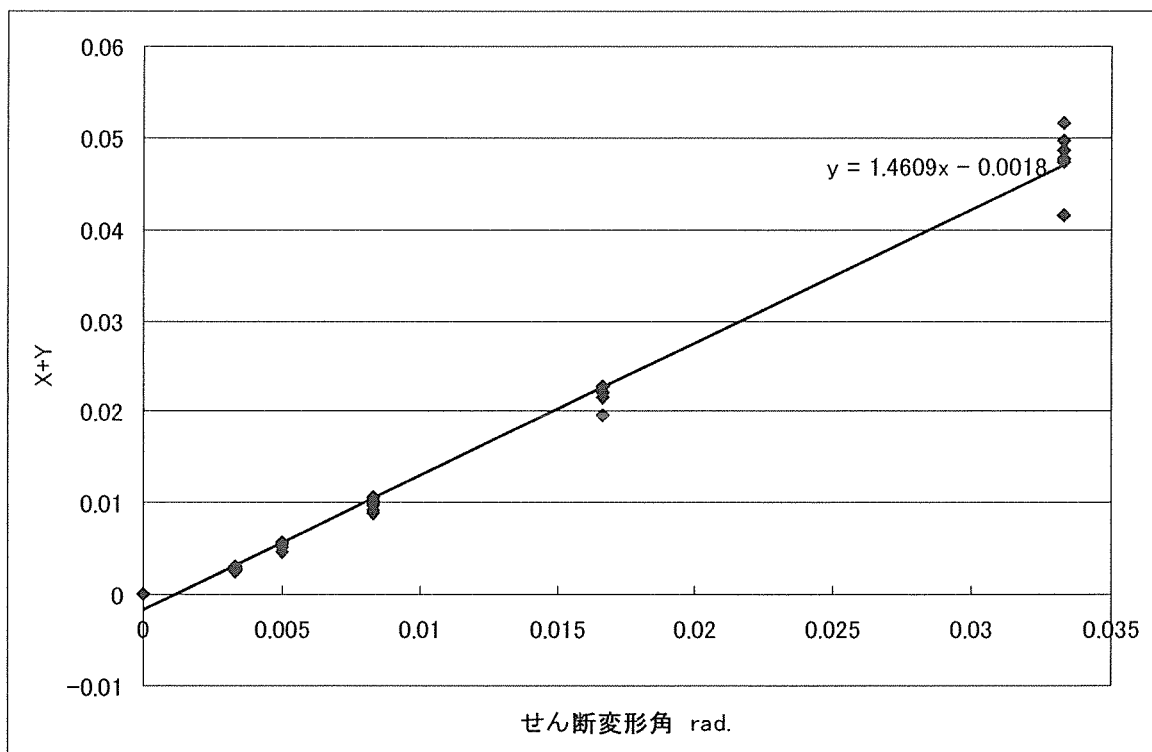


図 A - 1 5 NO-2 試験体

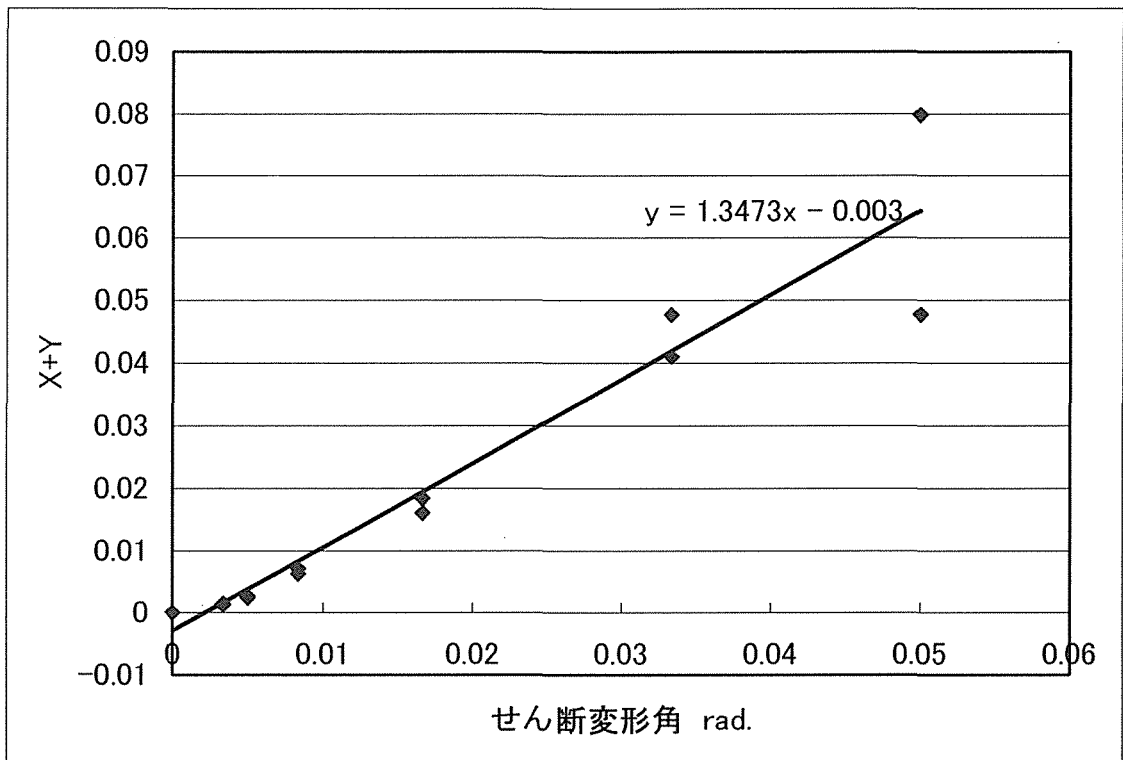


図 A - 1 6 N0-3 試験体

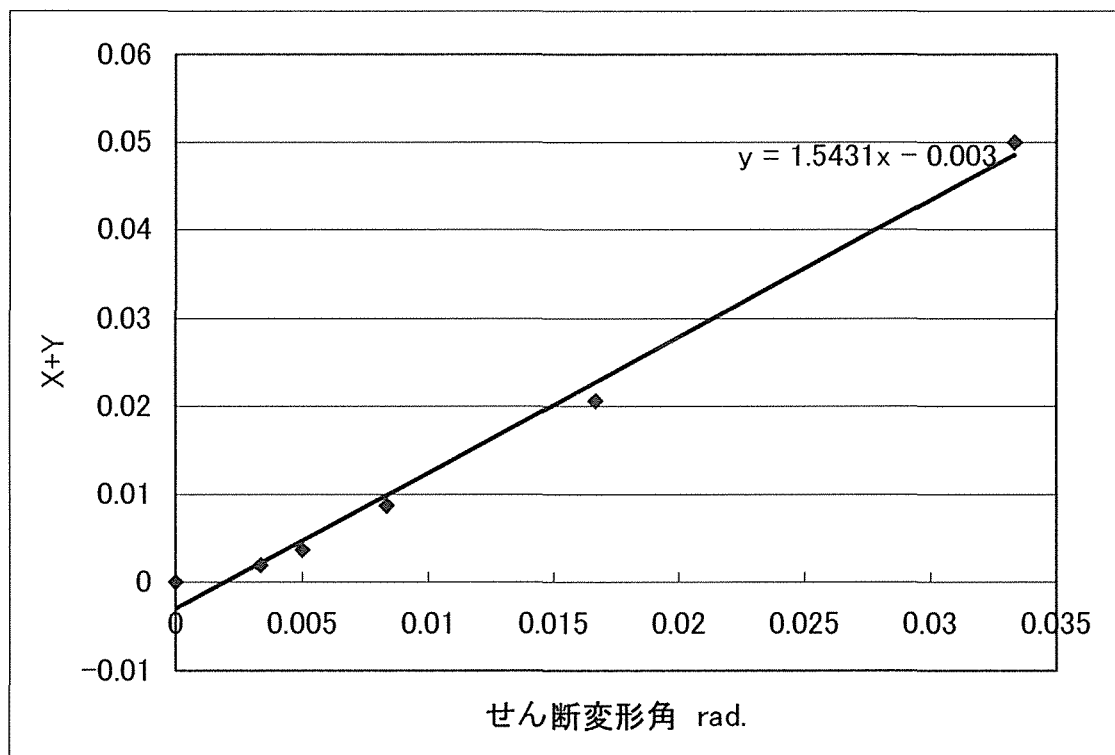


図 A - 1 7 N0-4 試験体

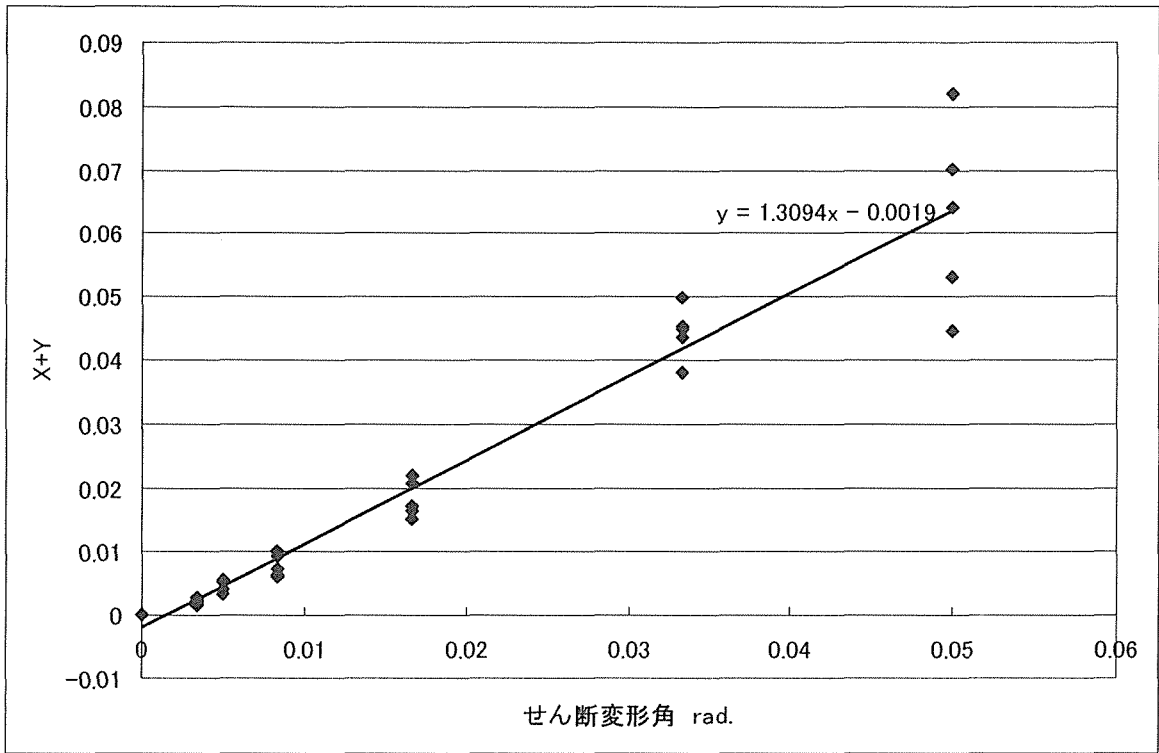


図 A - 1 8 01-1 試験体

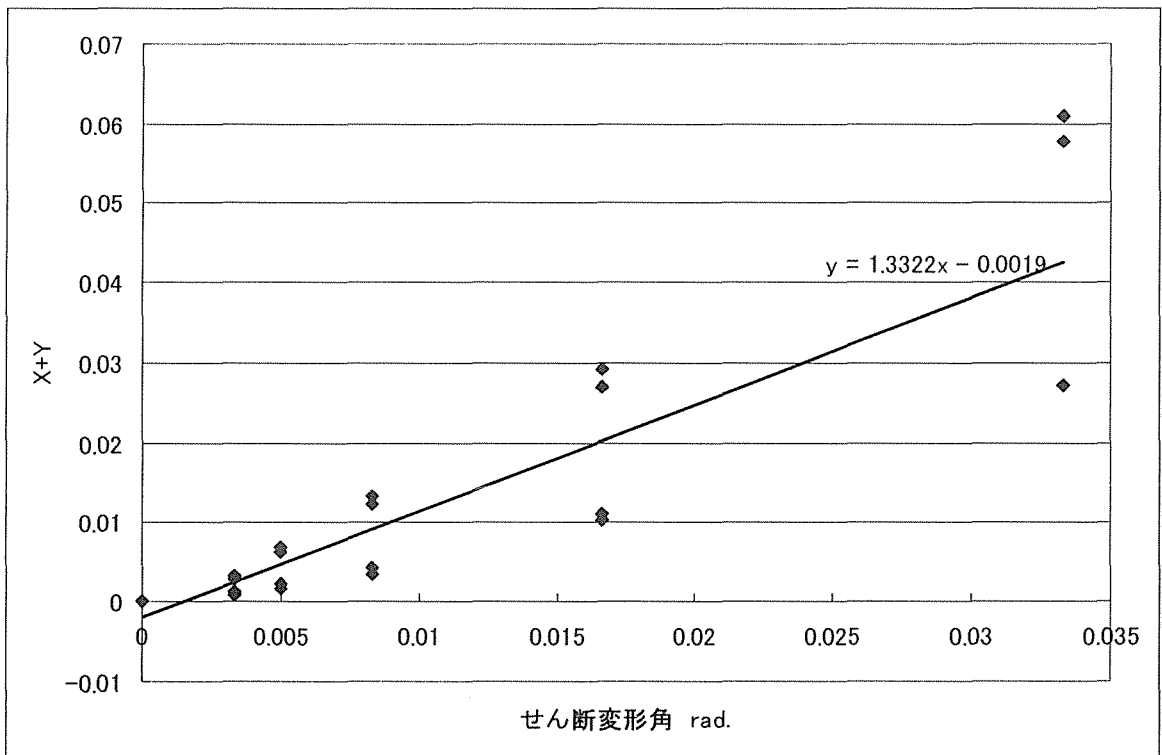


図 A - 1 9 01-2 試験体

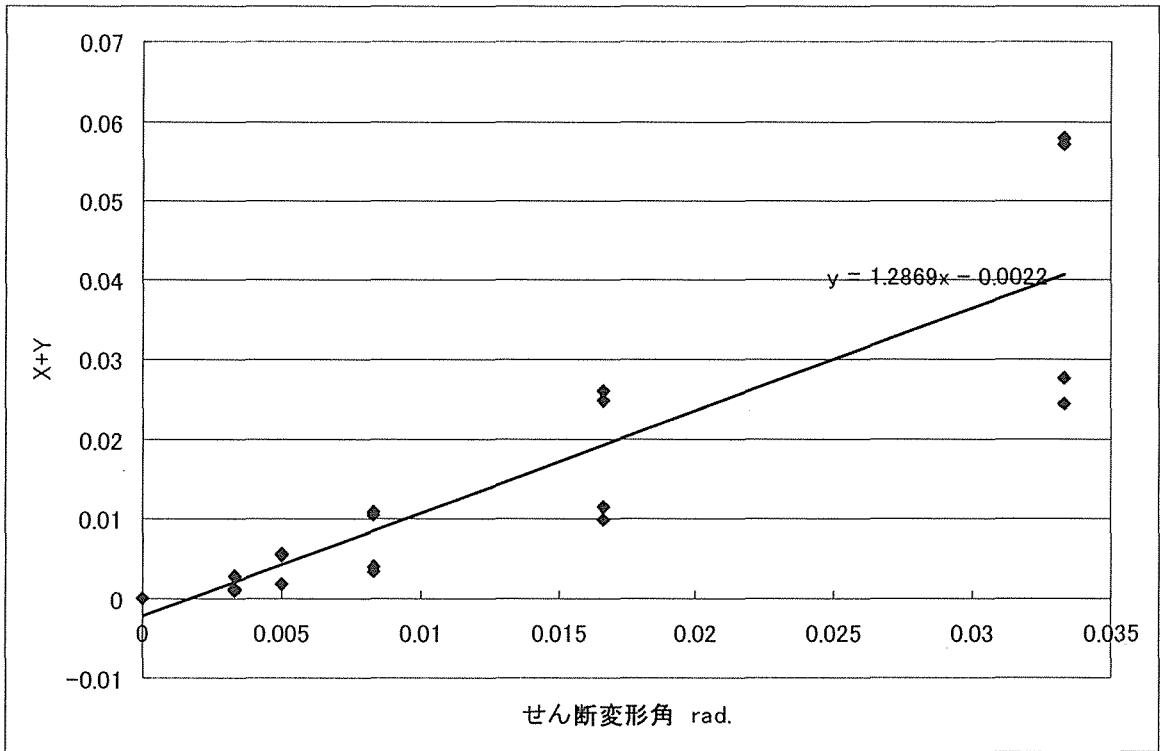


図 A - 2 0 01-3 試験体

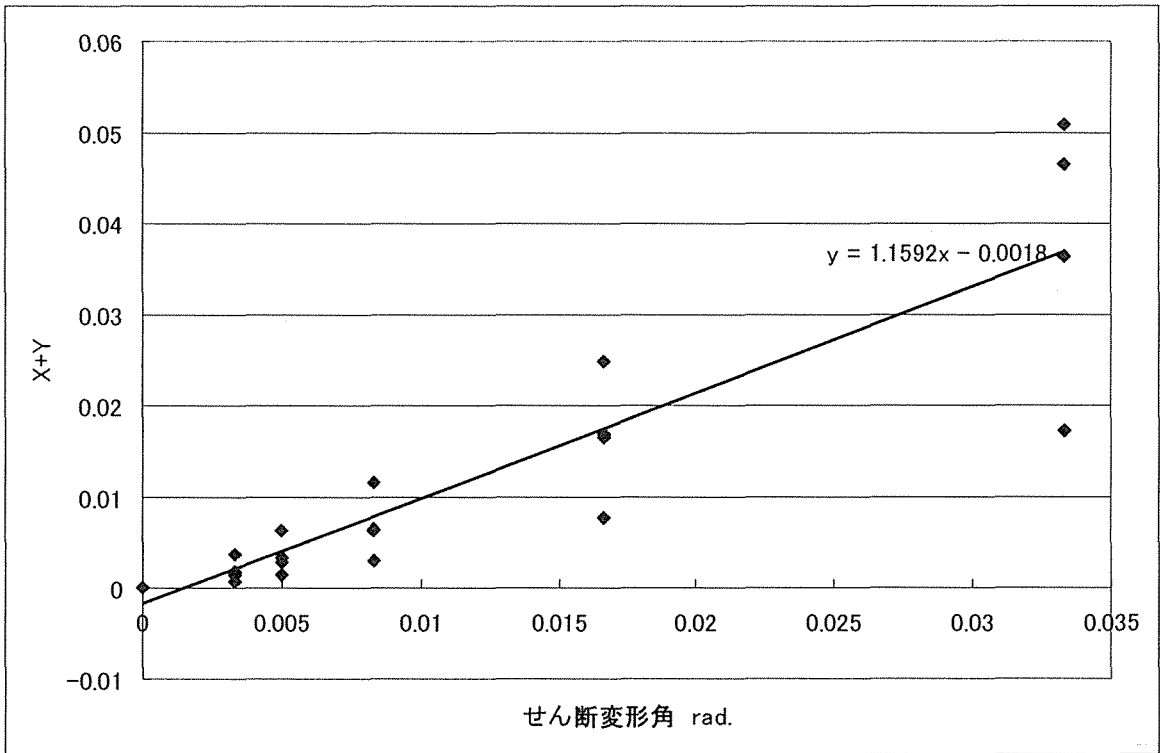


図 A - 2 1 02-1 試験体

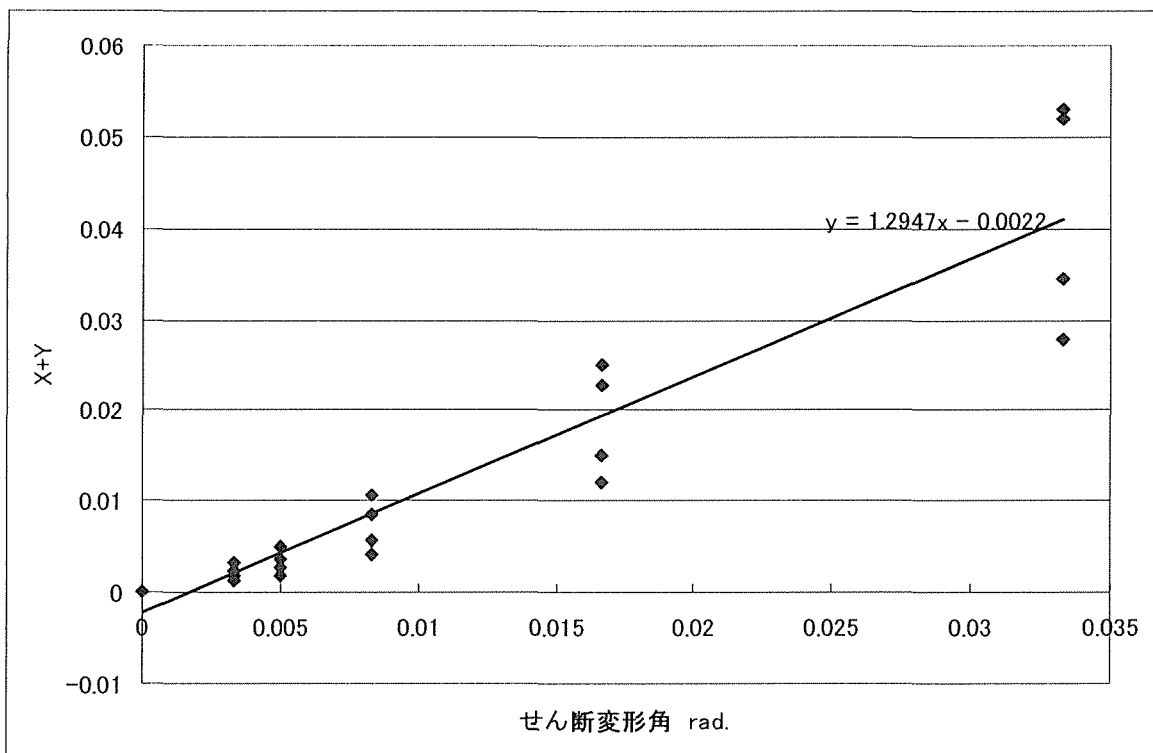


図 A - 2 2 02-3 試験体

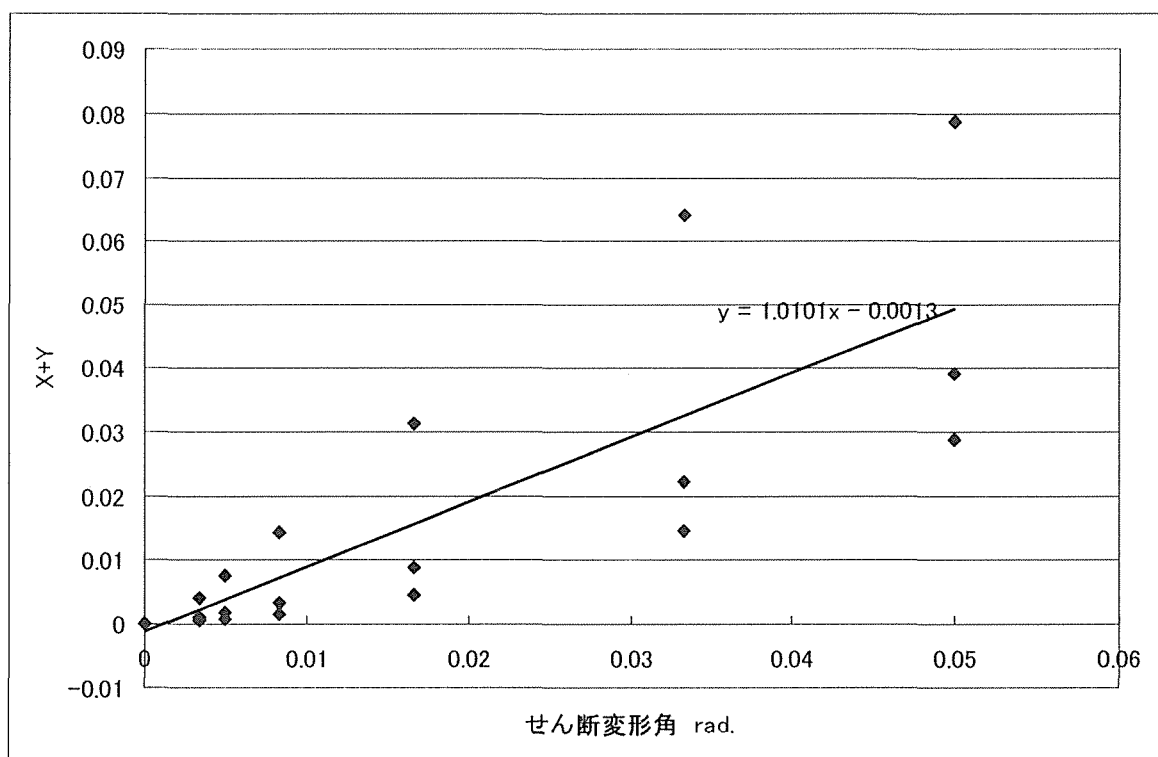
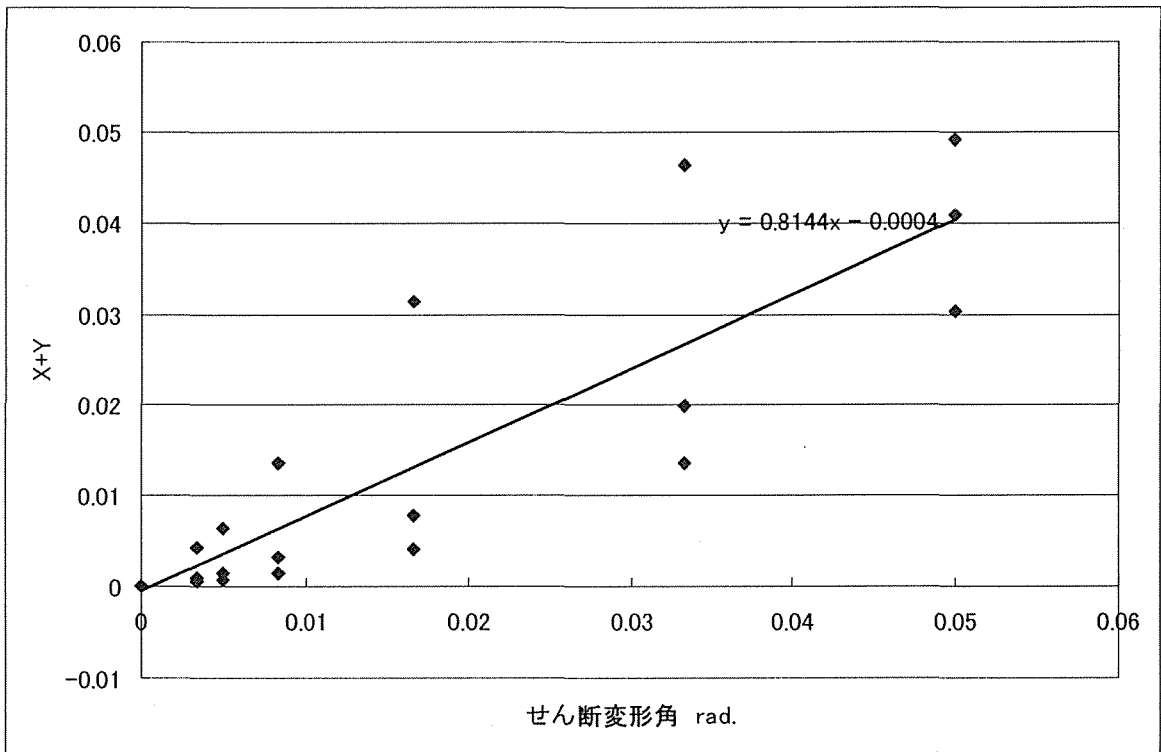


図 A - 2 3 02-4 試験体



図A-24 02-5 試験体

5章 釘の直接せん断実験

1. はじめに

在来軸組構法、枠組壁工法の違いによらず、木質構造において面材を使用する際には、面材は、釘、タッカー針、ビス等のファスナーにより枠材に打ち止められている。そのファスナーの本数、せん断強度等が耐力壁の耐震・耐風性能を支配しているといっても過言ではない。雑壁を定量的に評価する現在開発中の構造設計手法においても、建物の耐力は、ファスナーの耐力の総和ということが出来る。そのため、地震時のように繰り返し加力を受ける耐力壁に打たれたファスナーの挙動を再現して、ファスナー1本の強度と変形能力を正確に実験し、評価してデータベースを構築する事は、構造設計手法を確立する上で不可欠である。

現在の試験方法はアムスラー試験機等を使用している片載荷単調試験が主流であり、それらの結果は、必ずしも地震時の釘の挙動を再現しているとは言い難い。また、正負繰り返し漸増載荷を行っている場合でも加力治具を工夫しないと、圧縮加力時に試験体が座屈し、引張と圧縮とで同じような試験結果を得ることがきわめて難しい。正負繰り返し漸増載荷によるファスナーの直接せん断試験を行うための安価な標準試験装置を開発することは、耐震・耐風構造設計のためのより正確なデータベースを構築する上で必要である。

本報告は構造設計手法に活用するためのデータベース整備に向け、ファスナーの繰り返し載荷による直接せん断実験を行った結果と、その際に使用した試験装置を提案したものである。

2. 片載荷試験

ファスナーの直接せん断試験を繰り返し载荷によって行う前に片載荷による試験を実施した。実験に使用したファスナー、面材、軸材は、今年度実施の実験の中から、片載荷による静的実験である実大平屋実験、浮き上がりを考慮した2層及び1層有開口壁の静的加力実験で用いたものと同じとした。これらの実験は株式会社ポラス暮し科学研究所及び近畿大学にて実施したものである。また、本報告で提案する試験装置によって得られる実験データが繰り返し载荷だけでなく、片載荷試験にも有効であることを検証した。

実験で使用された軸材、面材、ファスナー等の詳細を以下に示す。

2.1 実大平屋実験

今年度実施の片載荷による静的実験として、株式会社ポラス暮らし科学研究所で行った実大平屋実験で使用した釘の直接せん断試験を実施した。実験で使用された面材、釘、材種を表 2-1-1 及び 2-1-2 に、釘の詳細を図 2-1-1、実験概要を図 2-1-2、試験体詳細を図 1-1-3 に示す。なお、計測には、東京測器製の計測器機の計測器(荷重計に tclp-3b、変位計に cdp-100、油圧ジャッキには理研機器株式会社製の D1-300)を使用した。

実大実験において、面材には、隅空き部分での面材のちぎれ破壊が発生した。よって本実験では、図 1-1-2 に示す矢印の方向に片載荷する事により実大実験と同様な破壊が面材に発生するよう考慮した。また、図 2-1-3 に示すように隅空き部分を実大実験と同じ距離とし、片側に釘を 8 本(片面 4 本)打つことにより、同図で左側の釘接合部で破壊が発生するよう考慮した。

表 2-1-1 実大平屋実験で使用された面材、釘の種類及び施工条件

使用箇所	面材	施工条件	釘
鉛直構面	合板 (t=9mm) 構造用 1 級	4 周釘打ち 受材に釘を打つ 縁空き距離 10mm 隣り合う面材間の隅空き距離 10mm	ダブルヘッド釘(WH) @150mm、@75mmの 2 種類
2F床	合板 (t=12mm) 構造用 1 級	4 周釘打ち 受材に釘を打つ 縁空き距離 10mm	ダブルヘッド釘 (WH)@150mm
	杉板 (t=12mm)	4 周釘打ち 受材に釘を打つ 縁空き距離 10mm	ダブルヘッド釘 (WH)@150mm

表 2-1-2 実大平屋実験で使用された軸組の材種及び寸法

部材	材種	サイズ
梁	集成材 (ホワイトウッド)同一等級 (L100) E=110kgf/cm ²	105×240
土台		105×105
管柱		27×105 45×105
間柱、半柱		45×105
根太		45×105

表 2-1-3 直接せん断試験に使用した計測器

chNo,	計測器種	計測器名	計測単位
1	荷重計	tclp-3b	kgf
2	変位計	cdp-100	mm
3	変位計	cdp-100	mm
4	変位計	cdp-100	mm
5	変位計	cdp-100	mm

東京測器製

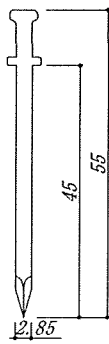


図 2-1-1 釘詳細図

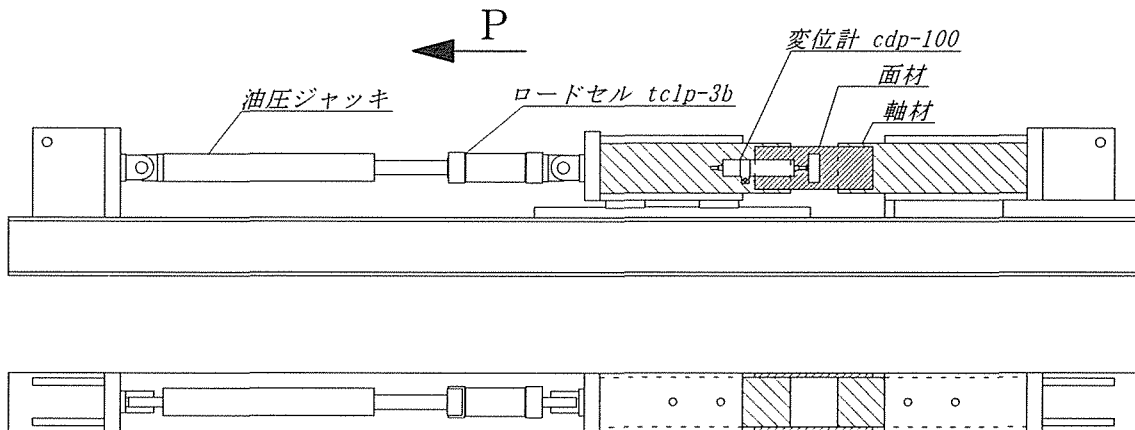


図 2-1-2 実験装置概要

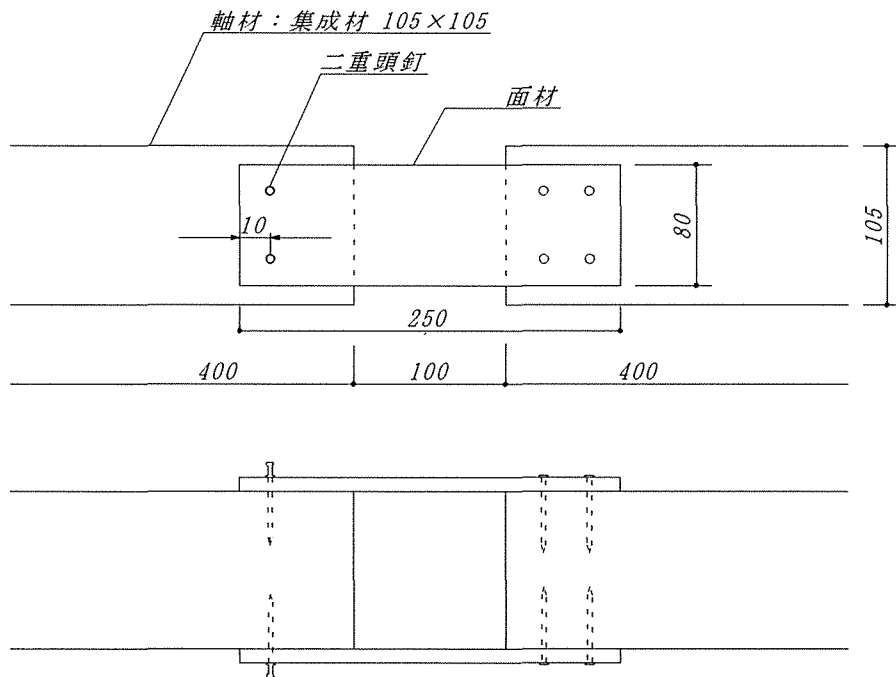
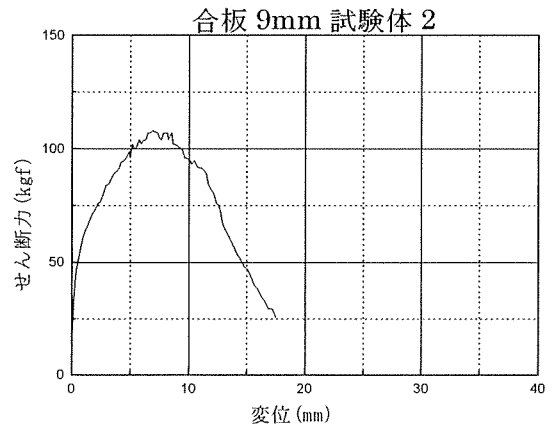
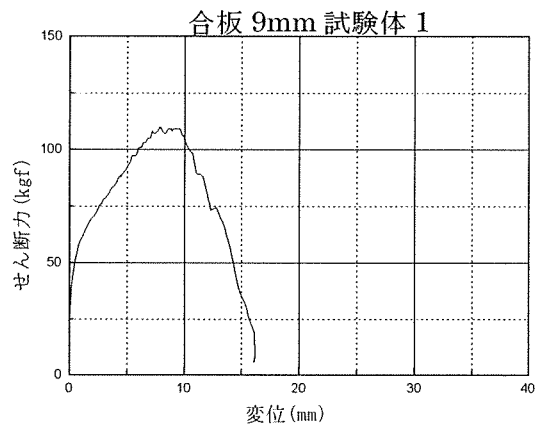
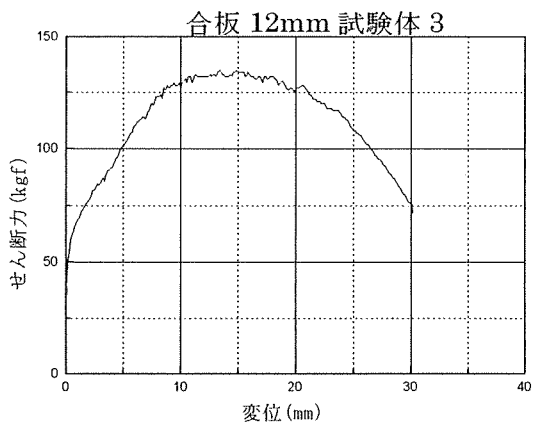
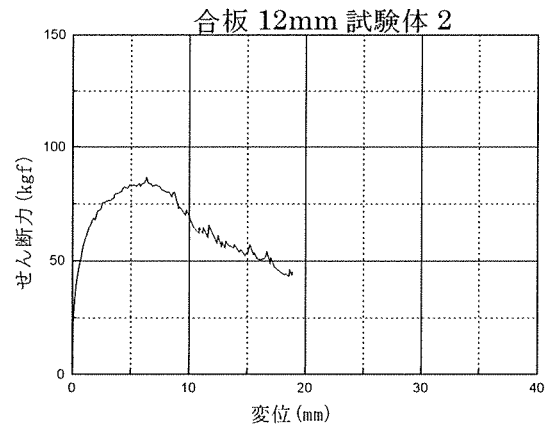
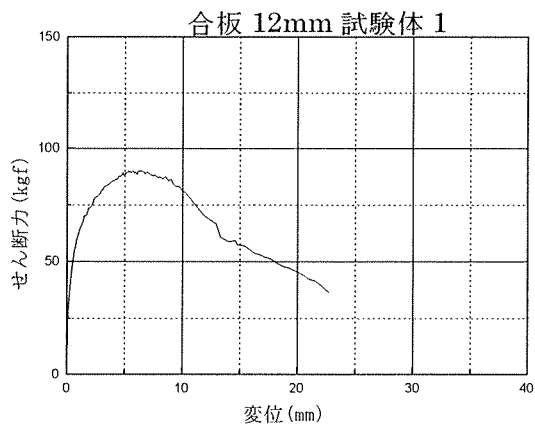


図 2-1-3 試験体詳細

9mm 合板+WH45

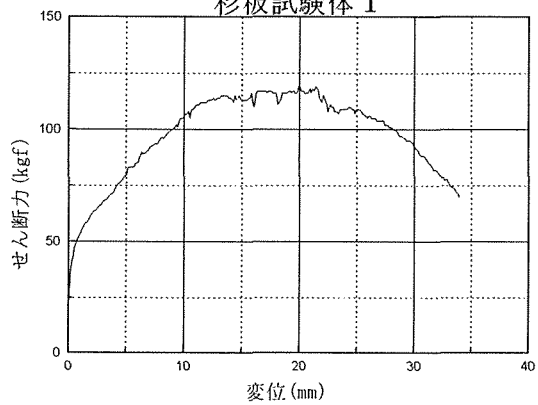


12mm 合板+WH45

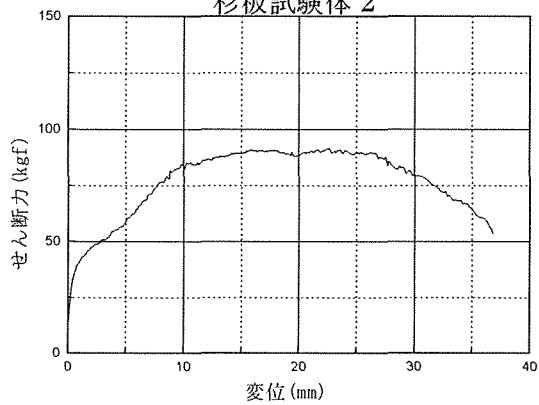


12mm 杉板+WH45

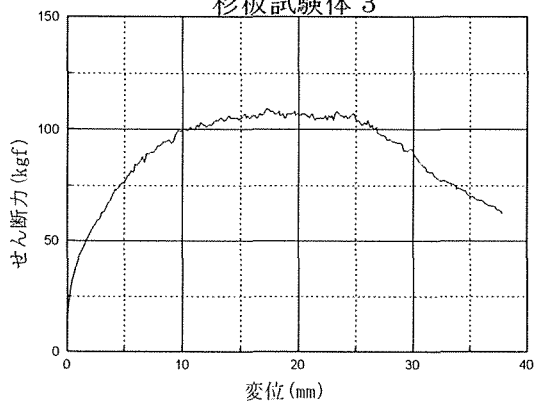
杉板試験体 1



杉板試験体 2



杉板試験体 3



2.2 浮き上がりを考慮した2層及び1層鉛直構面実験

今年度実施の片載荷による静的実験の2例目として、株式会社ポラス暮らし科学研究所にて実施した2層鉛直構面実験及び近畿大学で実施した1層鉛直構面実験における釘の直接せん断試験を本実験装置で実施した。実験の供試体数は5体であり、面材は9mm構造用合板、軸材にはスプルー材を使用した。また、釘は図 2-2-1 に示す二重頭釘（WH45）を用いた。軸材側面に一方を二重頭釘2本でまた、他方をN50の釘4本で面材を軸材に打ち付けた。（N50の釘4本は、軸材と面材を固定するためである。）加力には、油圧ジャッキを使用し片載荷加力をおこなった。使用計測器には、変位計 cdp-100 を2台使用し、荷重はロードセル tclp-3b を使用し測定した。供試体寸法を図 2-2-3 に示す。

供試体

- ・釘 : 二重頭釘（WH45） *長さは、下部頭から先端まで
- ・面材種別 : 構造用合板
- 板厚 : 9mm
- ・軸材樹種 : スプルー材（105×105）

表 2-2-1 直接せん断試験に使用した計測器

chNo,	計測器種	計測器名	計測単位
1	荷重計	tclp-3b	kgf
2	変位計	cdp-100	mm
3	変位計	cdp-100	mm

東京測器製

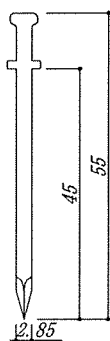


図 2-2-1 釘詳細図

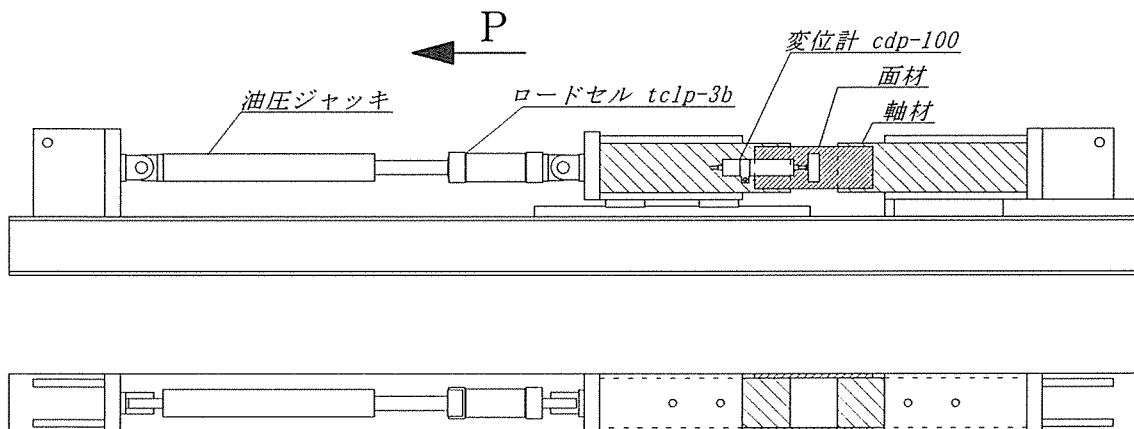


図 2-2-2 実験装置概要

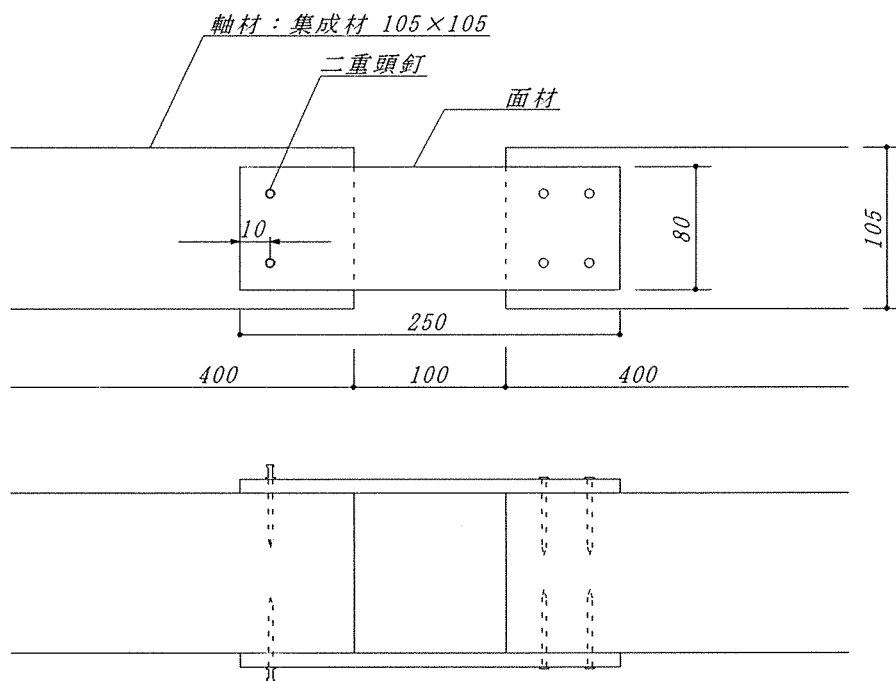
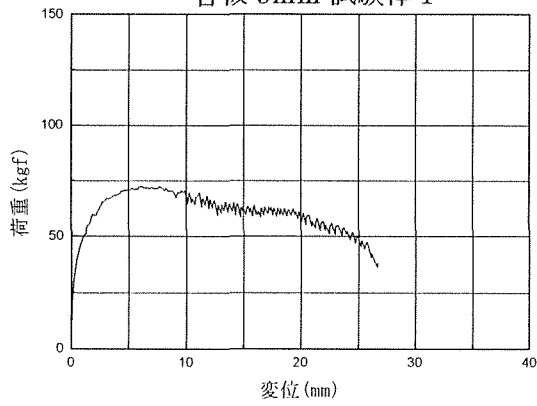


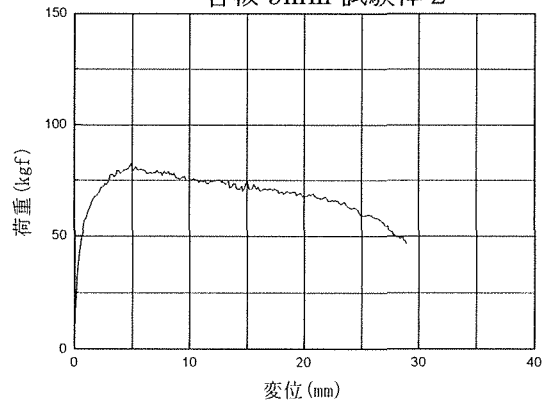
図 2-2-3 試験体詳細

9mm 杉板+WH45

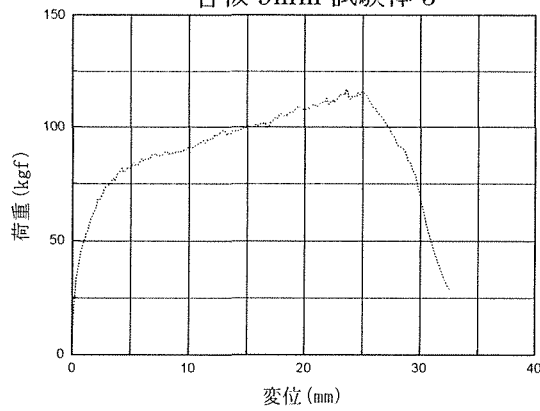
合板 9mm 試験体 1



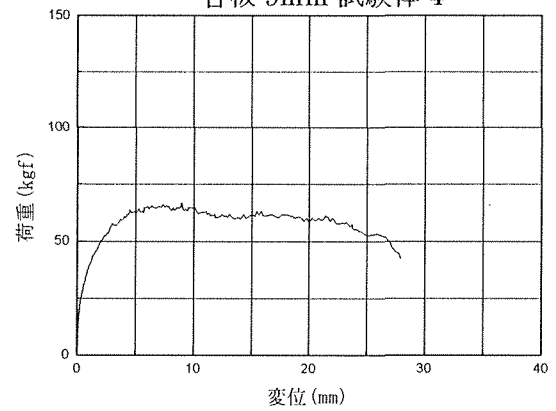
合板 9mm 試験体 2



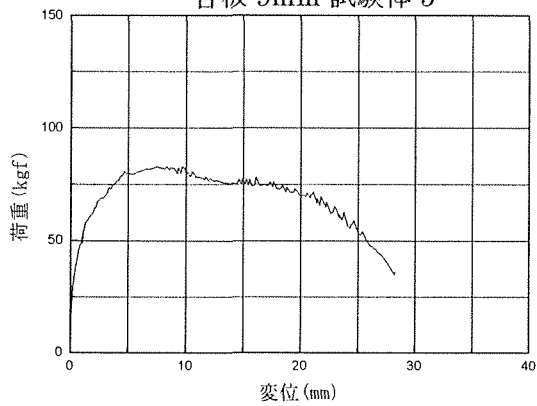
合板 9mm 試験体 3



合板 9mm 試験体 4



合板 9mm 試験体 5



3. 繰り返し載荷試験

繰り返し載荷による実験を実施した。実験に使用したファスナー、面材、軸材は、今年度実施の実験の中から、金沢工業大学、近畿職業能力開発大学校、近畿大学で行われた繰り返し載荷による水平構面の面内せん断実験で用いたものである。実験で使用された軸材、面材、ファスナー等の詳細以下に示す。

3.1 水平構面実験

繰り返し载荷による静的実験例として、金沢工業大学、近畿職業能力開発大学校、近畿大学で行われた実大床実験における釘の直接せん断試験を実施した。実験で使用された釘の詳細を図 3-1-1、実験概要を図 3-1-2、試験体詳細を図 3-1-3 に示す。なお、計測には東京測器製の計測器具の使用し、荷重計に tclp-3b、変位計に cdp-100、油圧ジャッキには理研機器株式会社製の D1-300 を使用した。

実大実験において面材は、面材の隅空き部分でのちぎれ破壊が発生した。よって本実験では、図 3-1-3 に示すように隅空き部分を実大実験と同じ距離とし、片側に釘を 8 本（片面 4 本）打つことにより、同図で左側の釘の接合部で破壊が発生するように考慮した。

表 3-1-1 直接せん断試験に使用した計測器

chNo,	計測器種	計測器名	計測単位
1	荷重計	tclp-3b	kgf
2	変位計	cdp-100	mm
3	変位計	cdp-100	mm
4	変位計	cdp-100	mm
5	変位計	cdp-100	mm

東京測器製

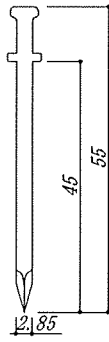


図 3-1-1 釘詳細図

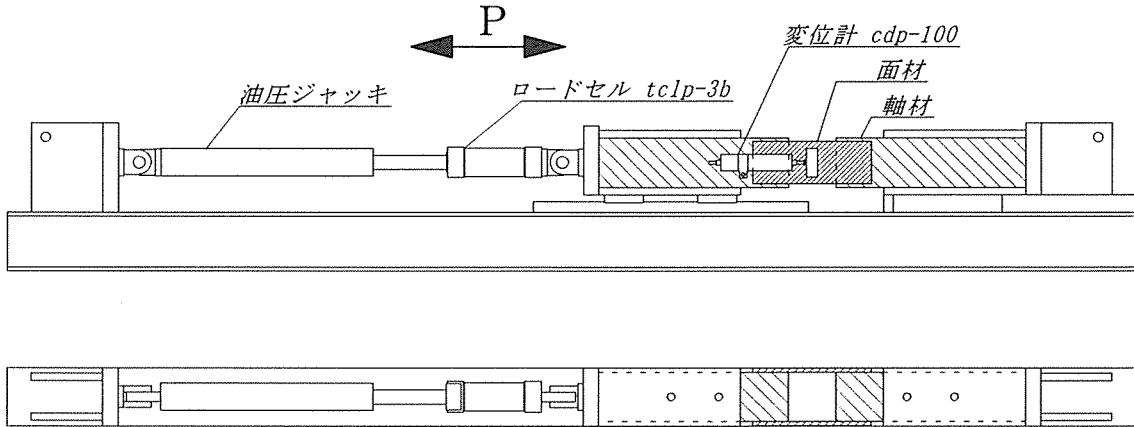


図 3-1-2 実験装置概要

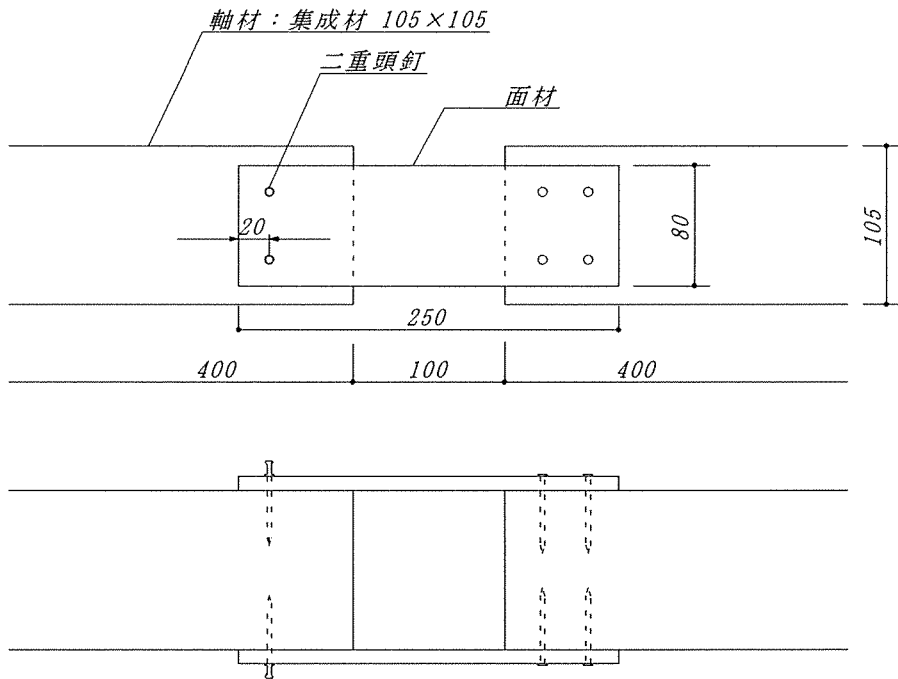
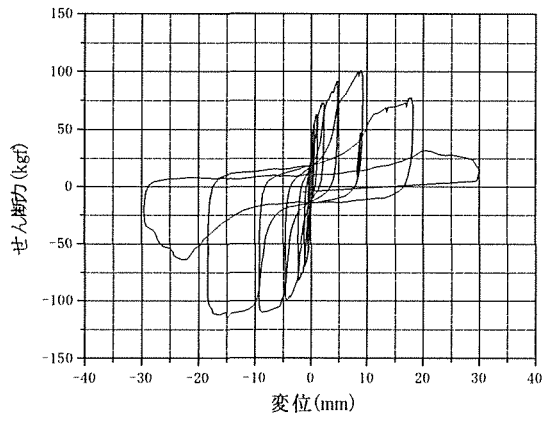


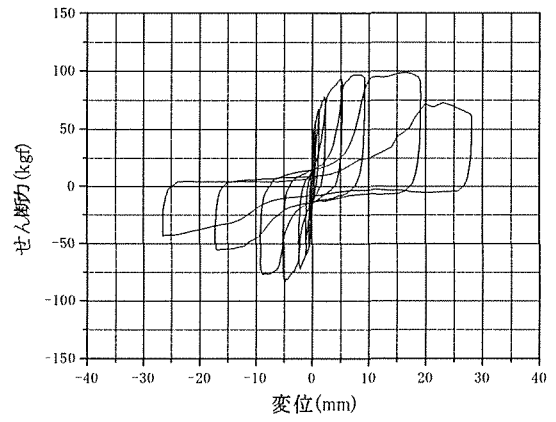
図 3-1-3 試験体詳細

12mm 合板+WH45

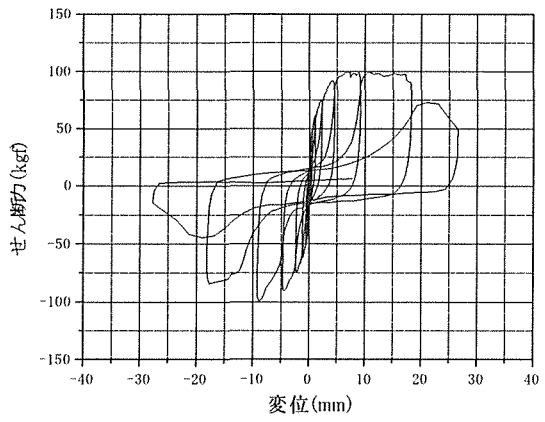
合板 12mm 試験体 1



合板 12mm 試験体 2

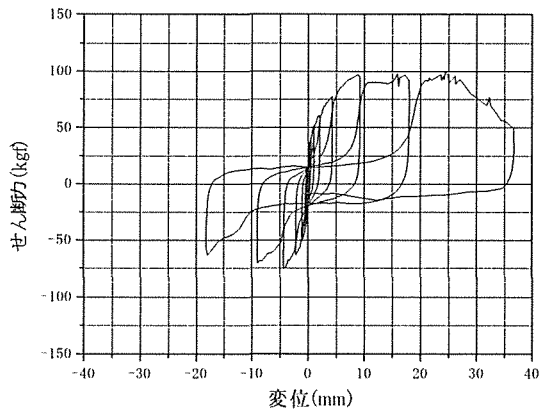


合板 12mm 試験体 3

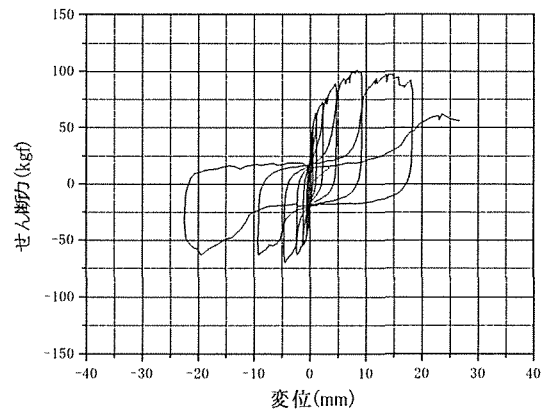


12mm 杉板+WH45

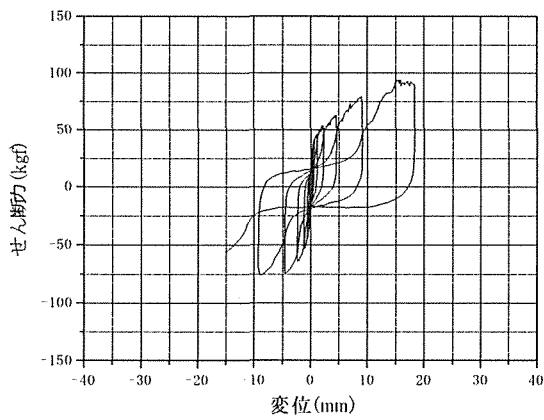
杉板 12mm 試験体 1



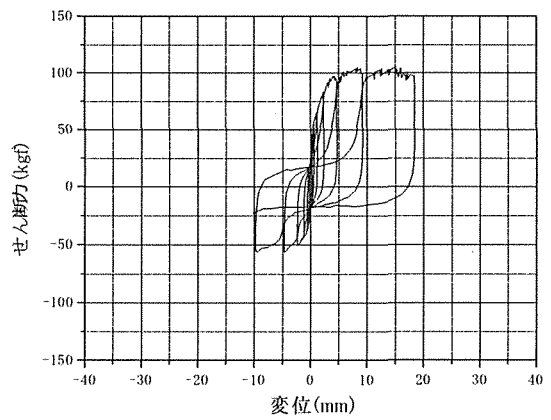
杉板 12mm 試験体 2



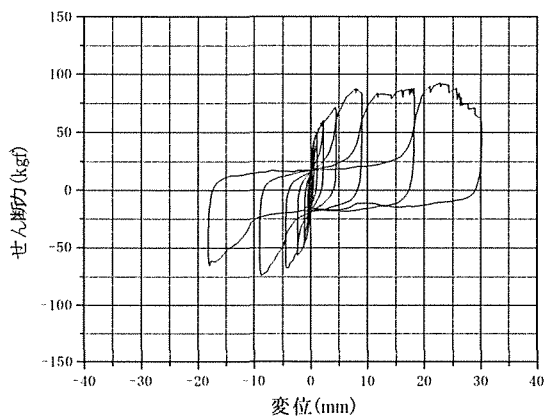
杉板 12mm 試験体 3



杉板 12mm 試験体 4



杉板 12mm 試験体 5



3.2 まとめ

今年度実施した実大平屋実験、浮き上がりを考慮した2層及び1層鉛直構面実験、及び水平構面実験に対するファスナーの直接せん断実験を実施し、最大耐力から終局状態までの荷重－変位関係を求めた。結果は釘が降伏した後に面材と軸材とが干渉しあって正しく耐力を評価できないという問題も発生せず、本試験で使用した試験装置が片載荷による場合、及び繰り返し載荷による場合のどちらでも適用できることが確認できた。

今まで評価することが困難であったファスナーの最大耐力から終局状態までの荷重－変位関係が比較的簡便に求めることが出来るようになったといえる。

4. 裁荷試験装置図面

4.1 試験装置治具

本実験で使用した試験装置を以下に示す。

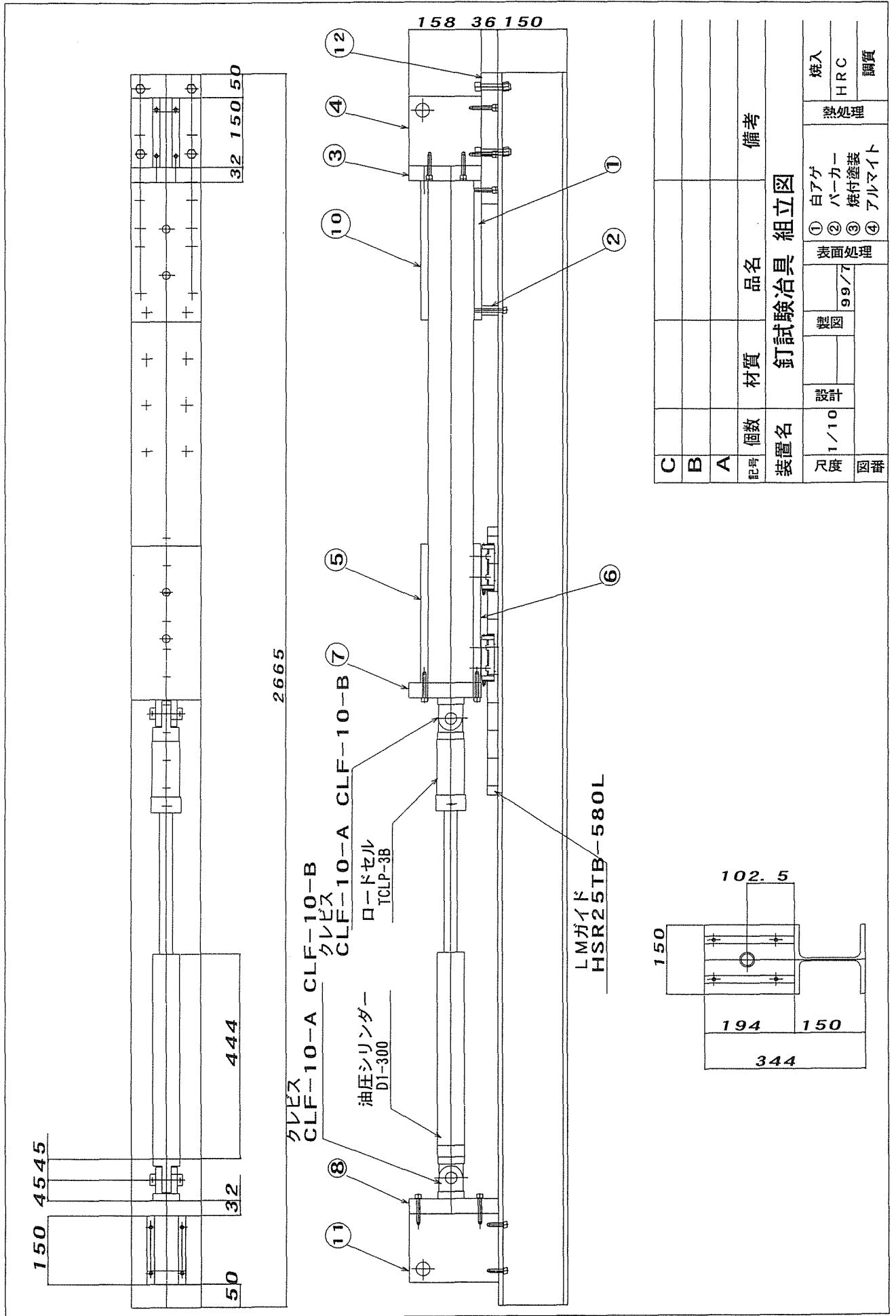
会社	名称	型番	個数
	Parts1		1
	Parts2		1
	Parts3		1
	Parts4		2
	Parts5		1
	Parts6		1
	Parts7		1
	Parts8		1
	Parts9		1
	Parts10		1
	Parts11		2
	Parts12		1
	Parts13		2
	Base		1
理研機器株式会社	クレビス	CLF-10-A	2
		CLF-10-B	2
	ピン	CLP-10	2
	ワッシャー	CLW-10	4
	割ピン	CLC-10	4
	油圧シリンダー	D1-300	1
THK株式会社	油圧ポンプ	P-4D	1
	LMガイド	HSR25B	2
株式会社東京測器研究所	LMレール	HSR25-580L	1
	ロードセル	TCLP-3B	1

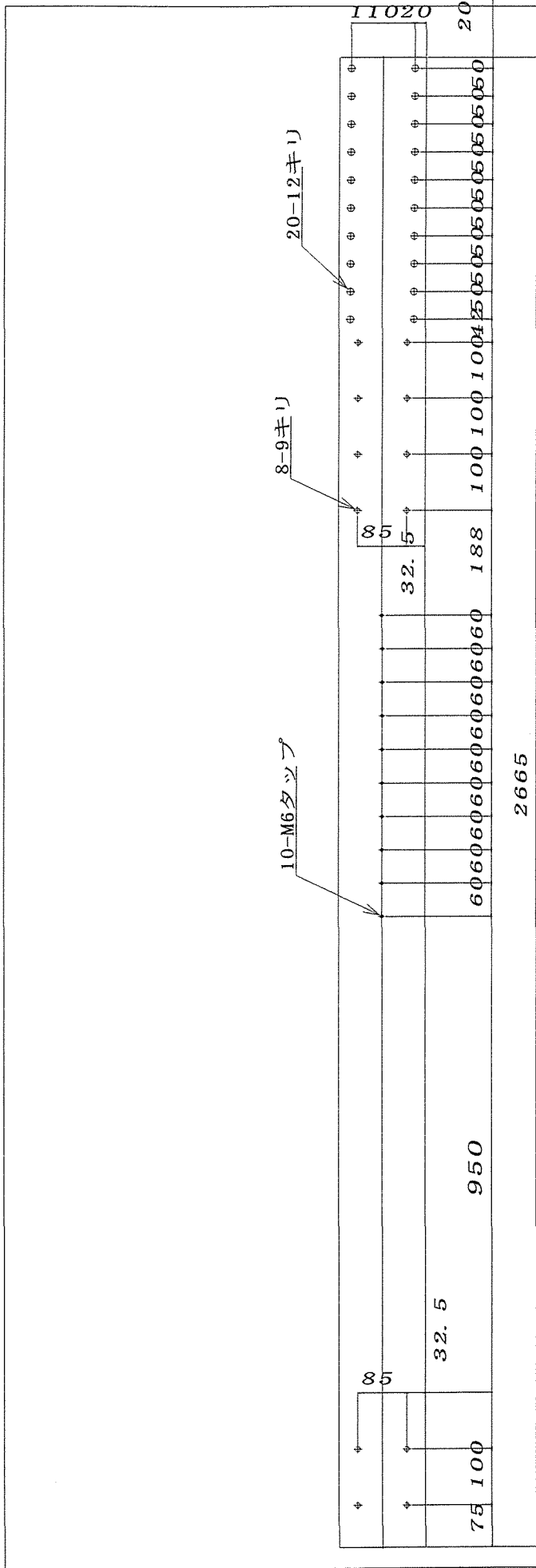
備考 全ネジ4本(1=200mm以上)も必要

名称	長さ(mm)	個数(本)	接合箇所
M6(6角穴付き)	20	18	BaseとLMレール(10本)及びParts6とLMガイド(8本)
	30	4	Parts3とParts4
M8(6角穴付き)	35	2	Parts1とParts12
	40	4	Parts4とParts12
M8	20	4	BaseとParts11
	45	8	Parts3とParts10及びParts5とParts7及びParts8とParts11
	60	2	BaseとParts1及びParts2
M12	65	4	BaseとParts12

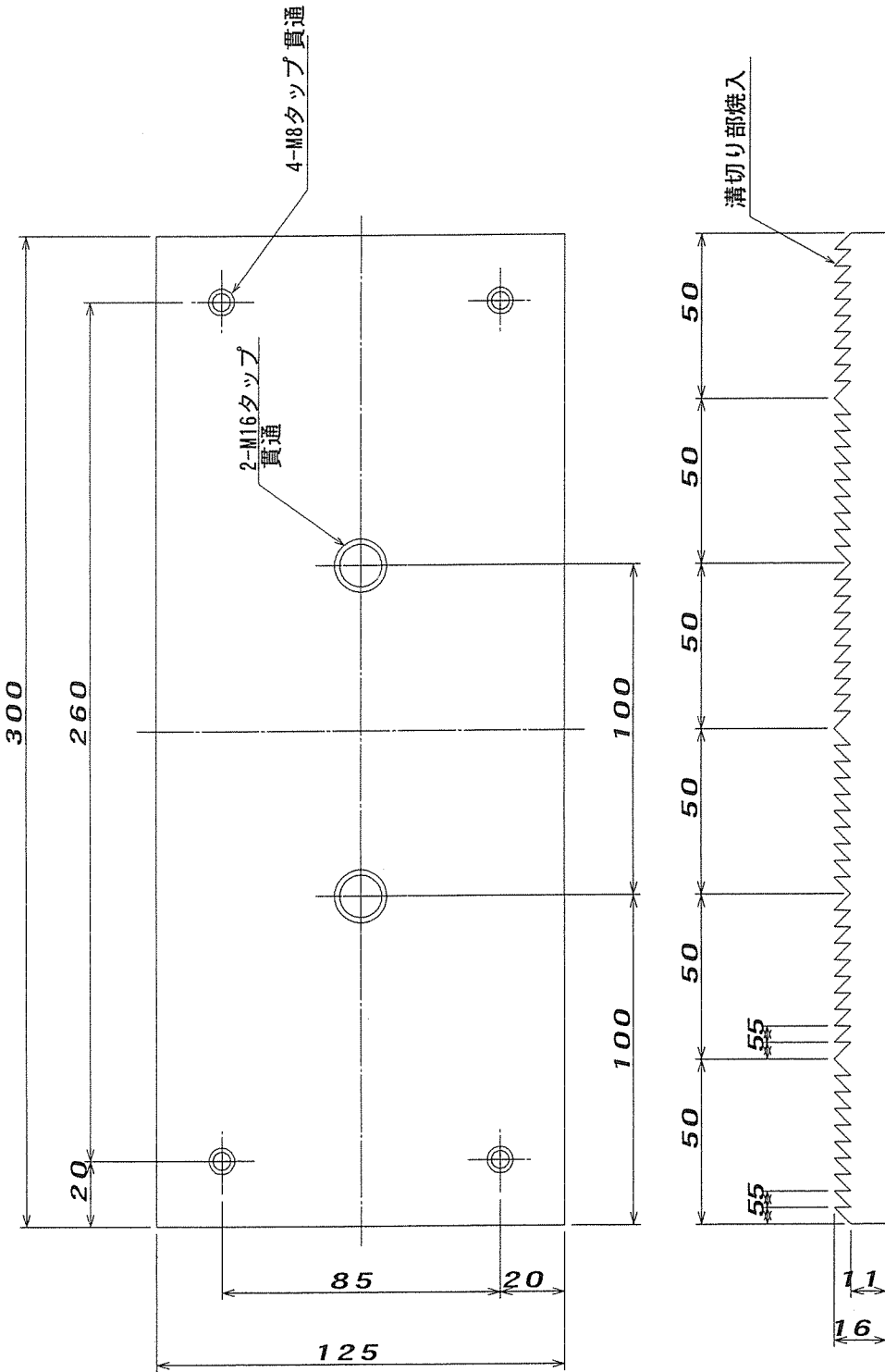
備考 ボルトは全て高力ボルトとし、M8用ワッシャー4本、M12用ワッシャー8本及びM16用ワッシャー、M16用ナットもすべて高力とする。

ワッシャーは Parts3 と Parts10 (M8用2本)、Parts5 Parts7 (M8用2本)、Base と Parts12 (M8用8本) 及び試験体と治具 (M16用4本) を接合する際に使用する



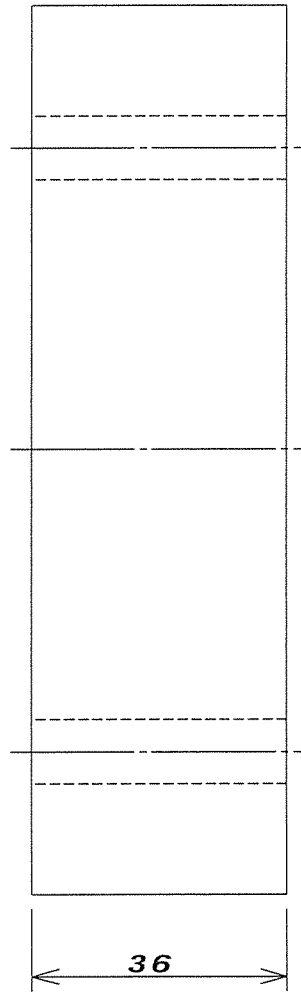
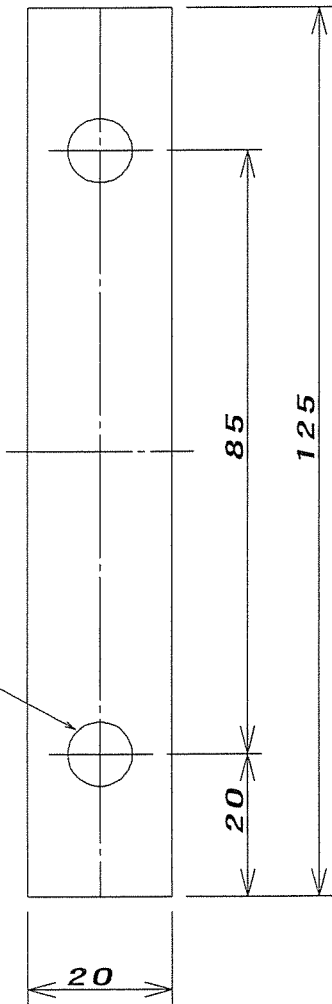


C						
B						
A	I	HI150*150	冶具土台詳細図			
記号	個数	材質	品名	備考		
装置名 針試験冶具						
尺径	1/10	図号	図番	焼入	焼入	焼入
				① 白アゲ	② パーカー	③ 焼付塗装
				④ アルマイト		HRC
						調質

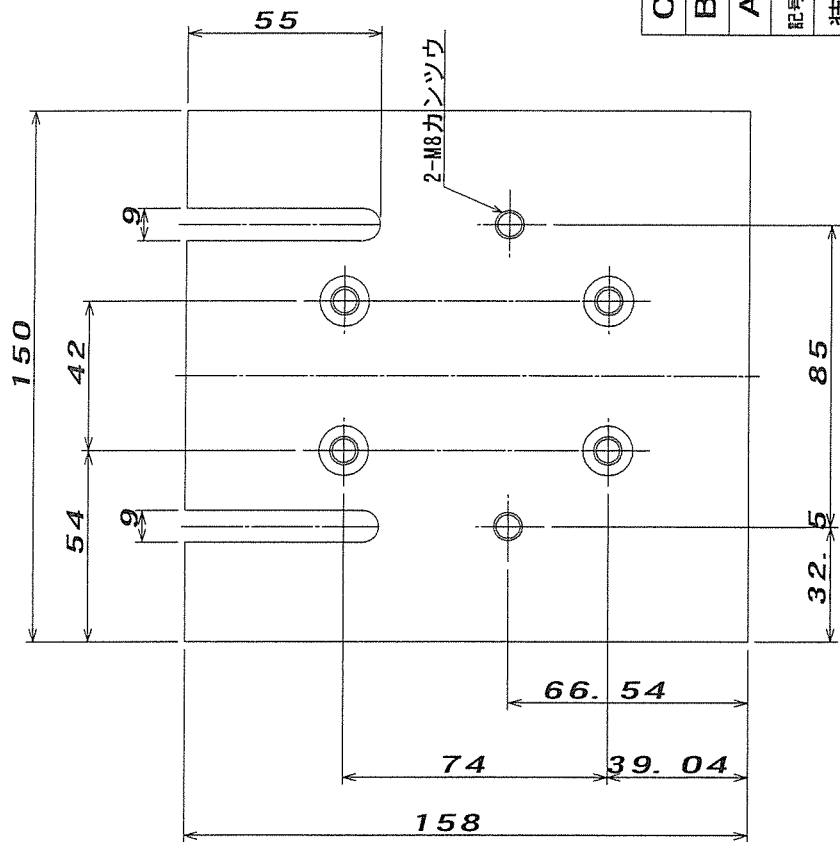
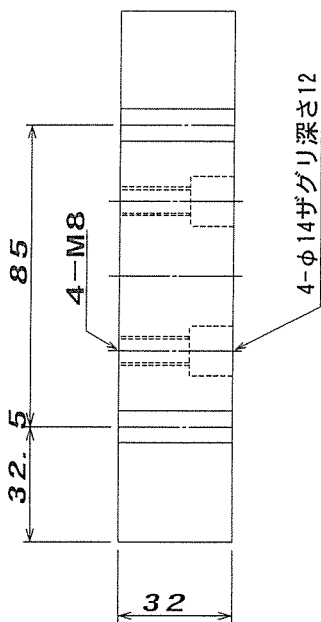


C						
B						
A	1	S50C			溝切り部焼入	
記号	個数	材質	品名	備考		
装置名 釘試験治具						
尺碼	1/2	図解	焼入	① 白アゲ	② パーカー	焼入
図解	parts. 1			③ 焼付塗装	④ アルマイト	HRC
				焼入		調質

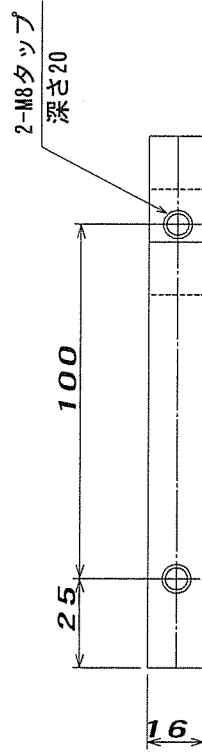
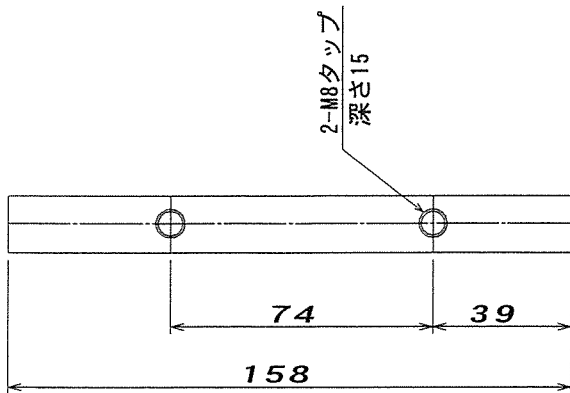
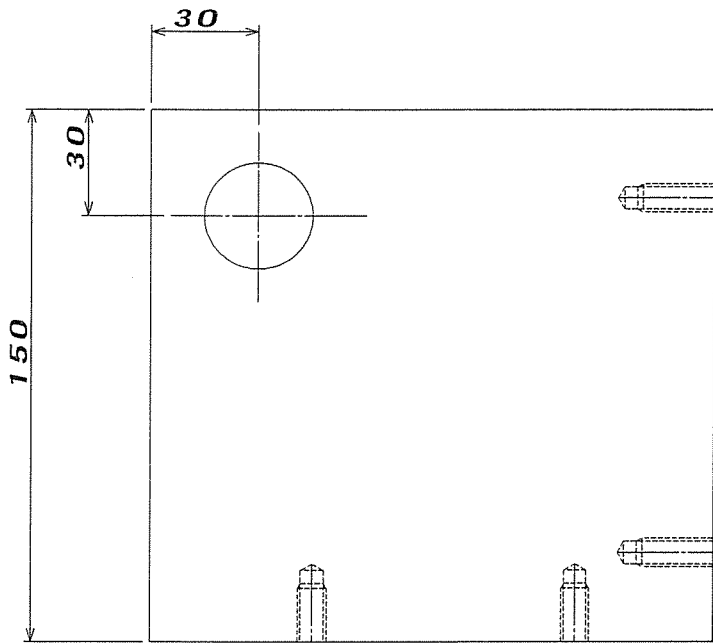
2-9キリ



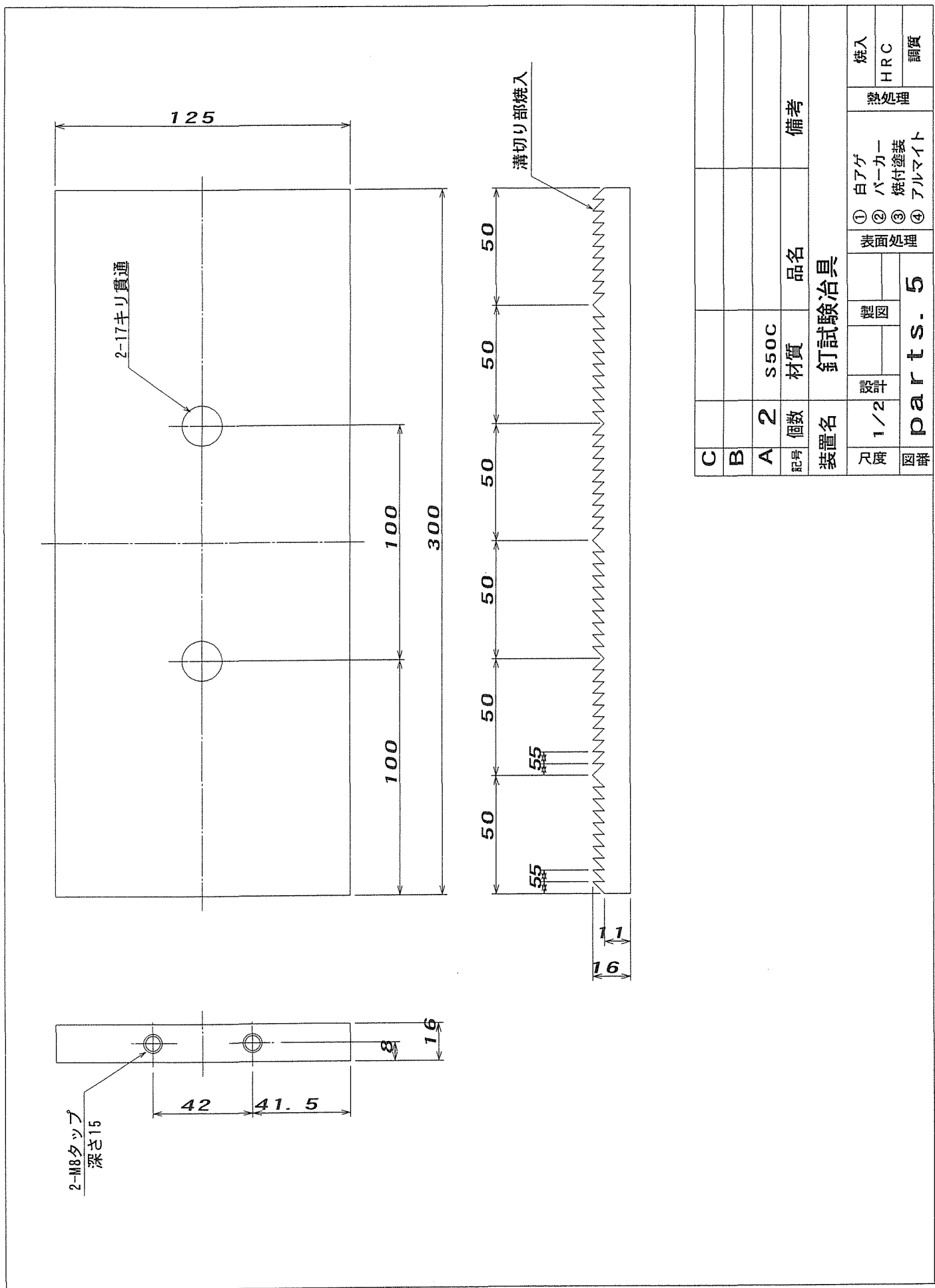
C																		
B																		
A	1	SS400																
記号	個数	材質	品名	備考		表面処理		① 白アゲ ② パーカー ③ 焼付塗装 ④ アルマイト		焼入								
装置名	釘試験治具																	
尺度	1/1	設計		製図														
図番	parts. 2																	



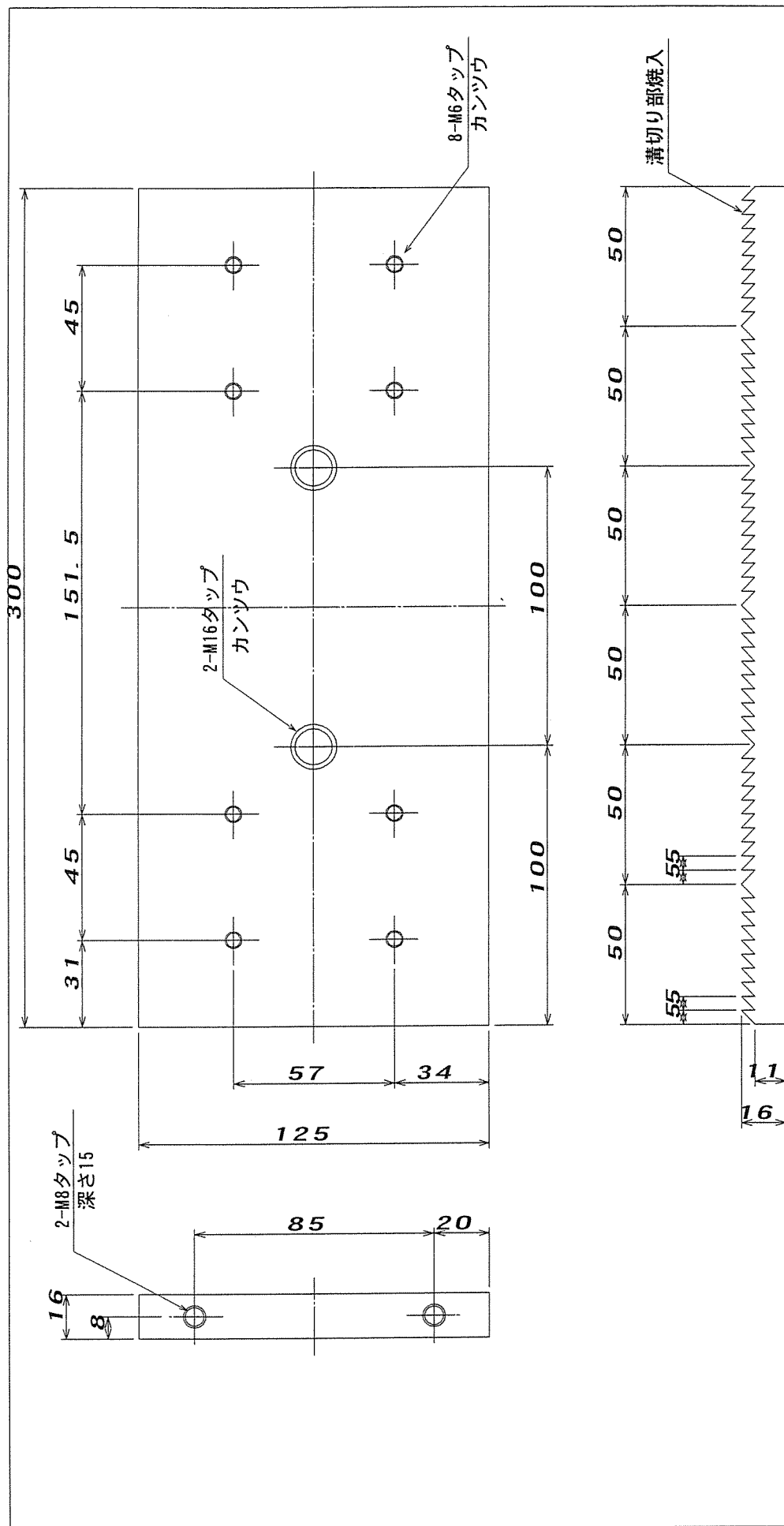
C						
B						
A	1	SS400	材質	品名	備考	
記号						
装置名	釘試験治具					
尺牌	1/2					
図番	parts. 3					
			表面処理	① 白アゲ ② パーカー ③ 焼付塗装 ④ アルマイト	熱処理	焼入 HRC 調質



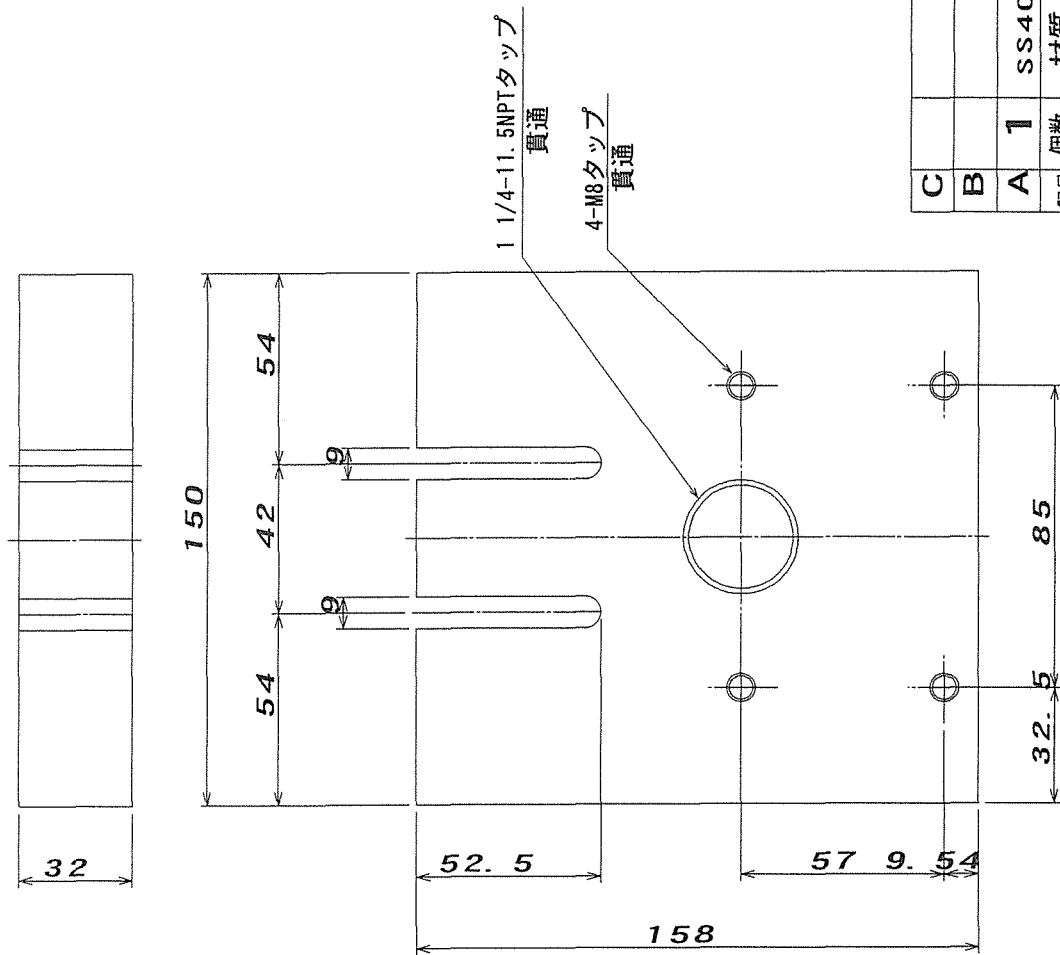
C																			
B																			
A	2	SS400	材質	品名	備考														
記号	個数	材質	品名	備考															
装置名					釘試験治具														
尺度	1/2	設計	製図	表面処理															
図番	parts. 4																		
					①	白アゲ													焼入
					②	パーカー													HRC
					③	焼付塗装													調質
					④	アルマイト													



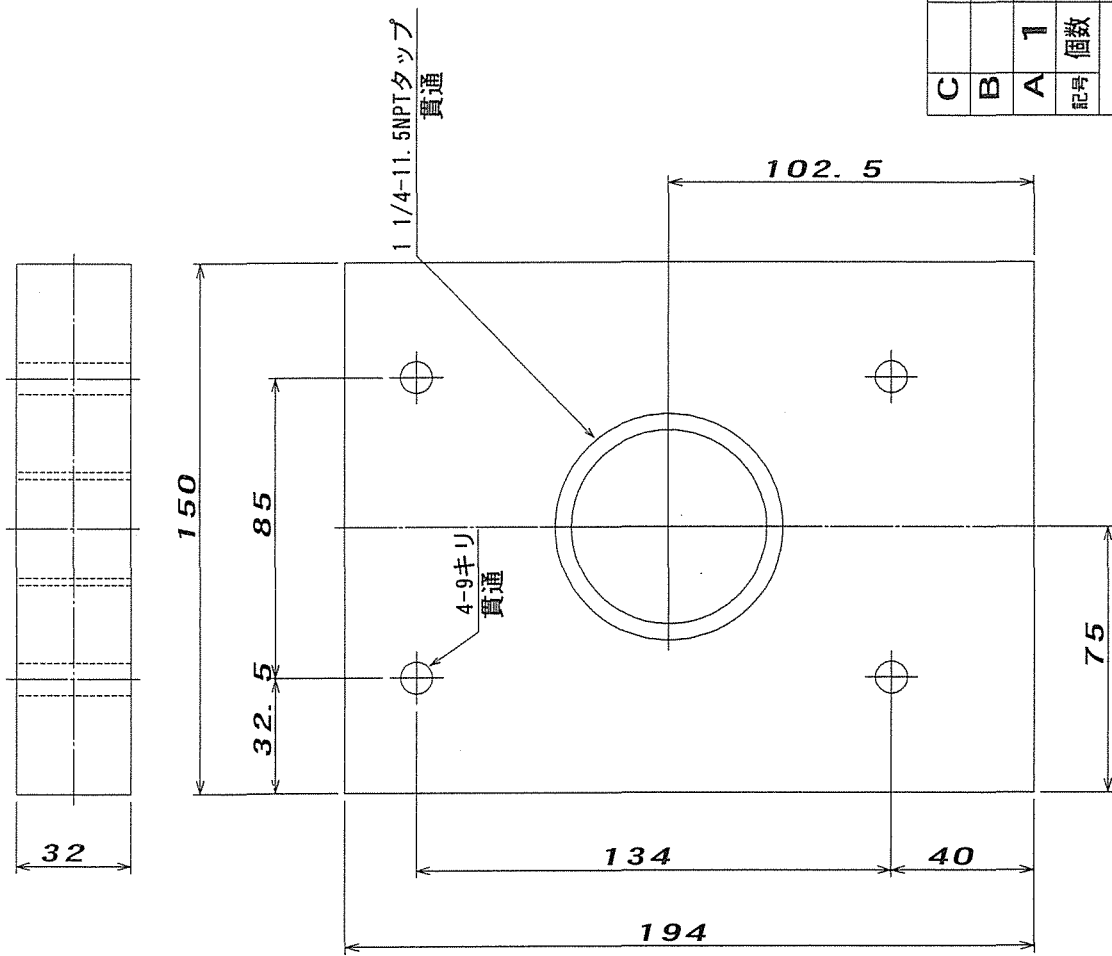
C																	
B																	
A	2	S50C															
記号	個数	材質															備考
装置名															釘試験治具		
尺度	1/2	設計															焼入
図番	parts. 5	製図															HRC
																	調質



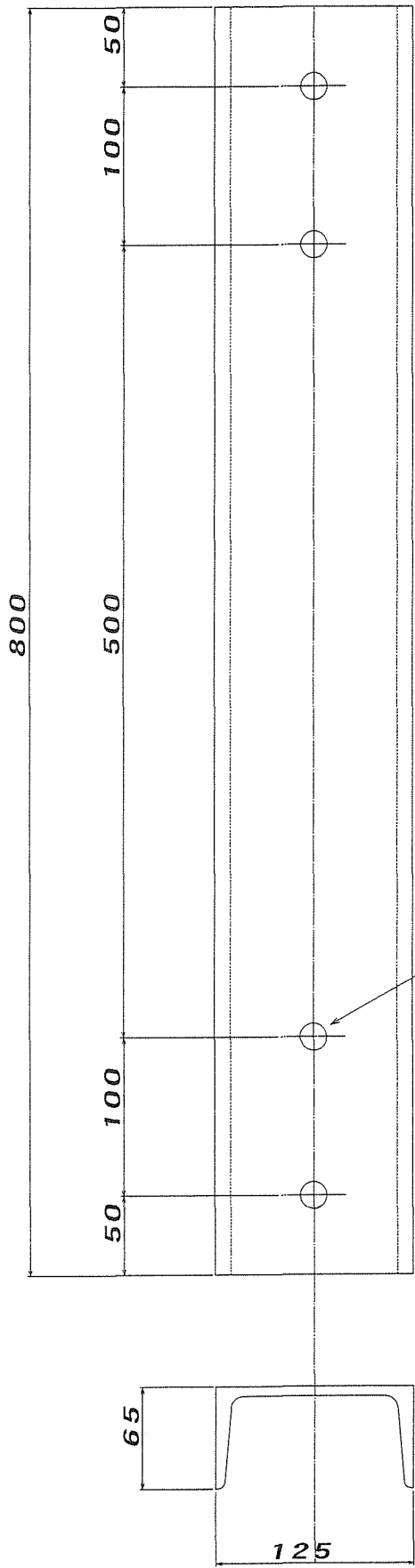
C											
B											
A	1	S50C									
記号	個数	材質	品名	備考							
装置名	釘試験治具										
尺碼	1/2	設計	精圖	表面処理							
図辭	parts. 6										
				焼入							
				HRC							
				調質							



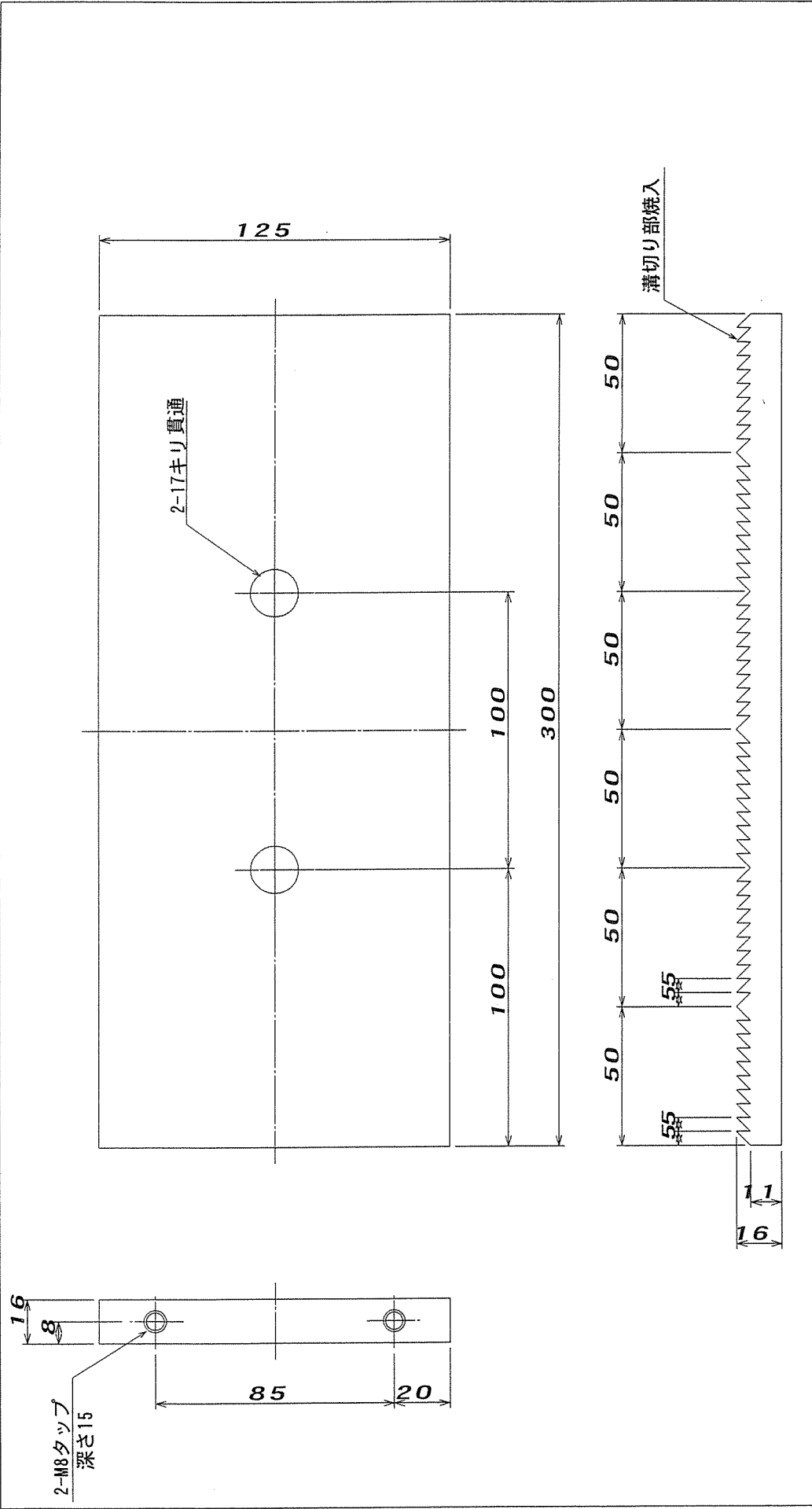
C					
B					
A	1	SS400	材質	品名	備考
記号	個数				
装置名 釘試験治具					
尺度	1/2	設計	製図	表面処理	熱処理
図番	parts. 7			① 白アゲ ② パーカー ③ 焼付塗表 ④ アルマイト	焼入 HRC 調質



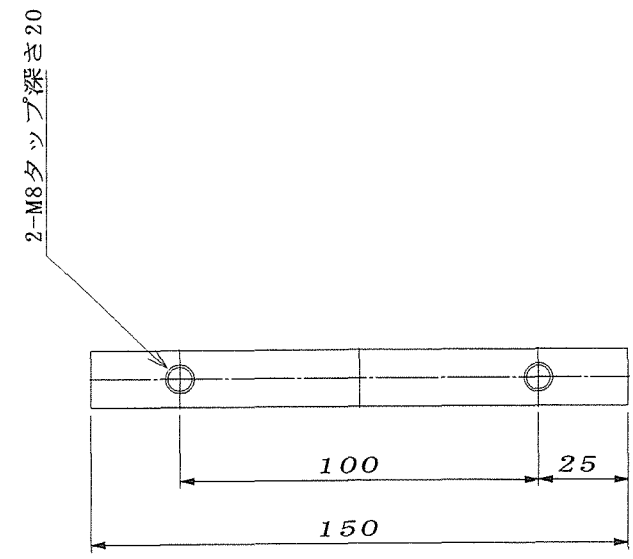
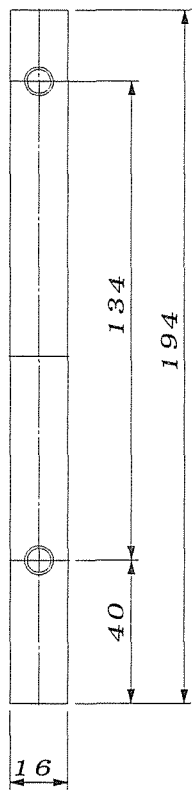
C						
B						
A	1	SS400				
記号	個数	材質	品名	備考		
装置名 釘試験治具						
刃径	1/2	刃径	刃径	表面処理		
図番	parts. 8			①	②	③
				白アゲ	バーカー	焼付塗装
				焼入	HRC	調質



C						
B						
A	1	みぞ形鋼				備考
記号	個数	材質	品名		備考	
装置名 釘試験治具						
尺度	1/4	設計	製図	表面処理		
図番	parts. 9		① 白アゲ ② パーカ ③ 焼付塗装 ④ アルマイト			
				熱処理		焼入
				HRC		調質

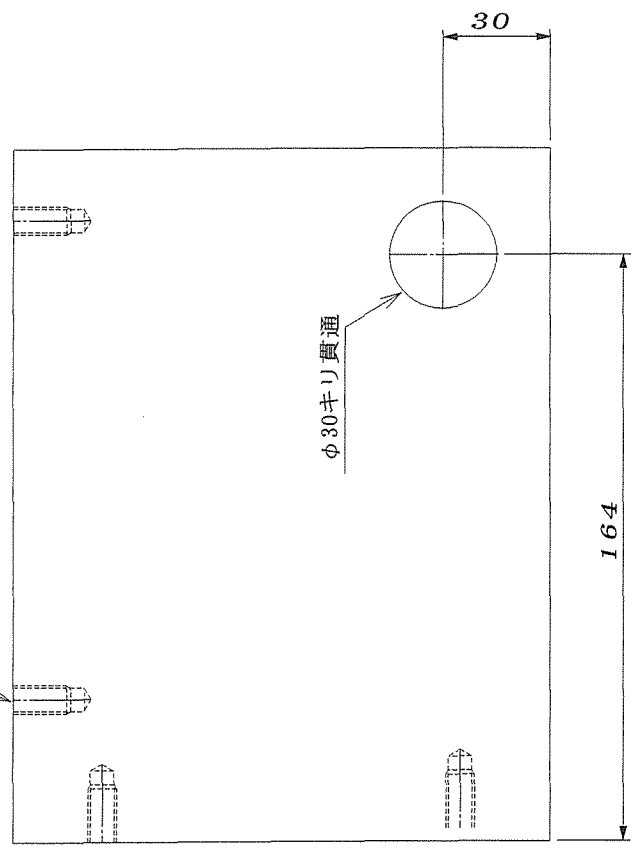


C								
B								
A	2	S50C			溝切り部焼入			
記号	個数	材質	品名	備考				
装置名				釘試験治具				
尺数	1/2	設計		焼	表面処理		①	焼入
図番	parts. 10		焼		②	白アゲ		HRC
				図	③	パーカー		調質
				詳	④	焼付塗装		
				注		アルマイト		



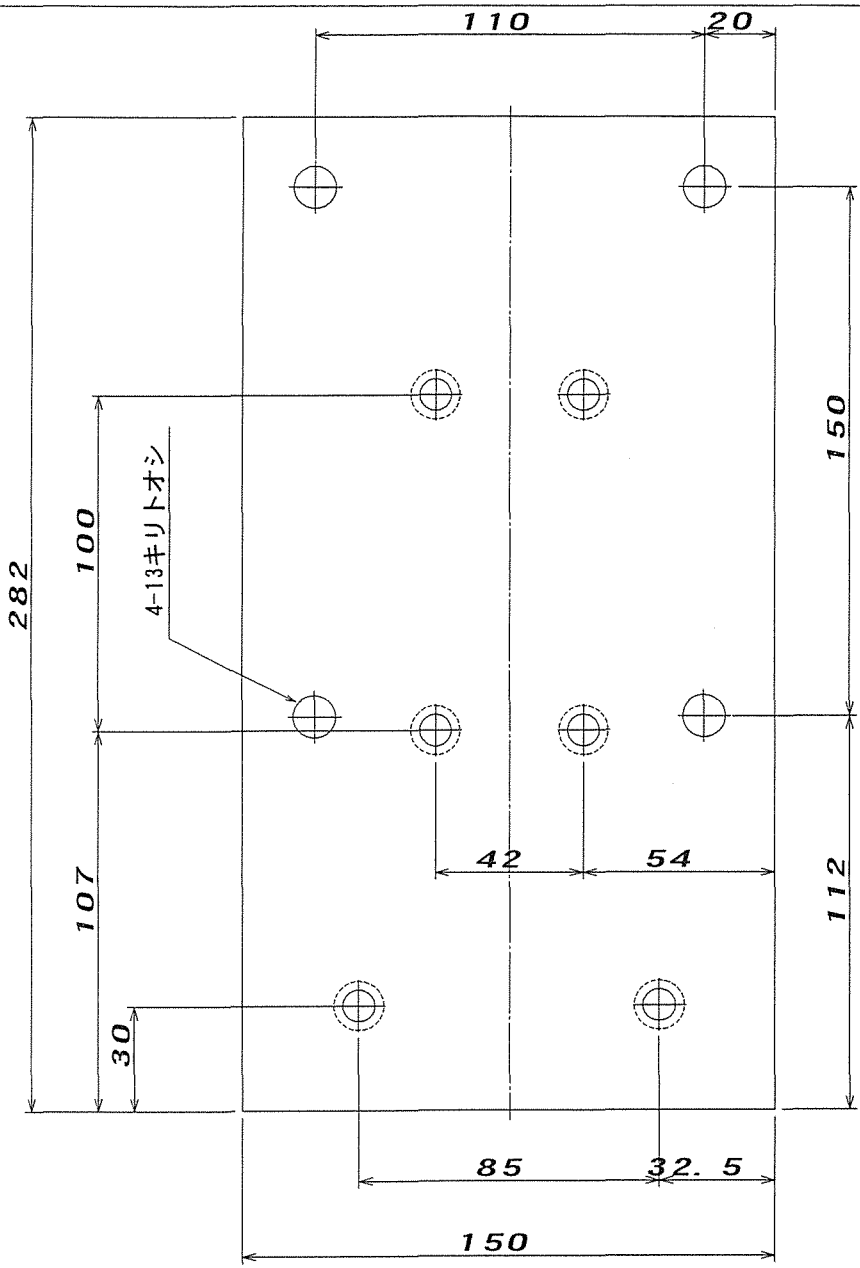
2-M8タツプ深さ15

2-M8タツプ深さ20

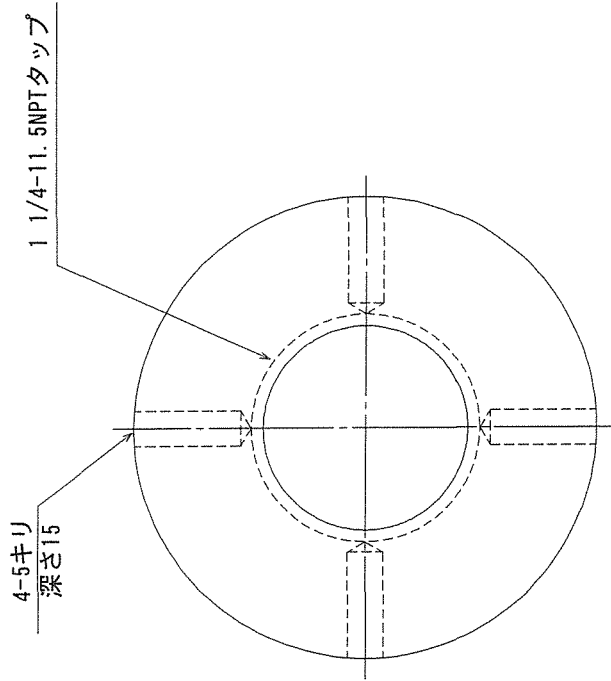
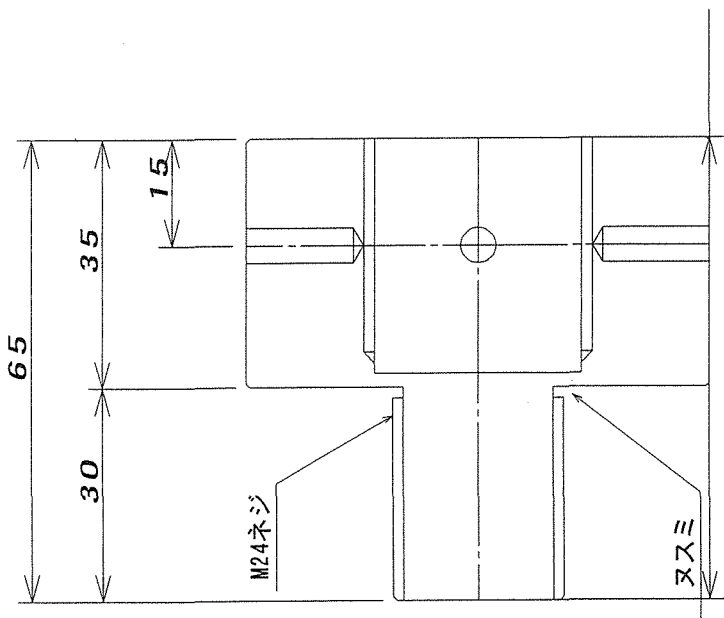


φ30キリ貫通

C									
B									
A	2	SS400						備考	
記号	個数	材質	品名			備考			
装置名 釘試験治具									
尺度	1/2	設計	燃図	大上	表面処理			焼入	
図番	Parts. 11				① 白アゲ	② パーカー	③ 焼付塗装	④ アルマイト	HRC
								調質	



C							
B							
A	1	SS400	材質	品名	備考		
記号	個数						
装置名 釘試験治具							
尺牌	1/2	型番		表面処理		焼入	
図番	parts. 12	焼入		① 白アゲ		焼入	
				② パーカ-		HRC	
				③ 焼付塗装		調質	
				④ アルマイト			



φ65

C																				
B																				
A	1	SS400	材質	品名	備考															
記号	個数	材質	品名	備考																
装置名	釘試験治具																			
尺碼	1/1	號	規	圖	① 白アゲ	② パーカー	③ 焼付塗装	④ アルマイト	表面処理	熱処理	焼入	HRC	調質							
図番	parts. 13																			

4.2 試験体作成方法及び試験機組立方法

試験体作成方法

1. 試験体に使用する軸材 2 本、面材 2 枚及びファスナー(材料試験を行うファスナーを 4 本以上及び、そのファスナーよりせん断耐力があると思われるファスナーを 4 本以上)を用意する
2. 「1」で用意した 2 本の軸材に、試験体の Parts5 及び Parts10 の寸法に合う垂直な M16 の全ネジが貫通する穴を 100mm 間隔で 2 カ所(計 4 カ所)あける
3. 「2」で加工を施した軸材を Parts9 の穴位置と重ね、M16 の全ネジを通して Parts9 と軸材 2 本を固定する。その際、軸材 2 本が平行になるように注意する
4. 「3」で Parts9 と固定された軸材に面材を当て、材料試験を行うファスナーよりせん断耐力があると思われるファスナーを片面 2 本以上、両面に打ち止める。
5. 続いて材料試験を行うファスナーを片面 2 本以上、両面に打ち止める。なお、裏面にファスナーを打ち込む場合は面材より厚みのある板等を軸材の下に引き、面材に力が掛からないように考慮する。

以上をもって試験体完成

試験機組立方法

1. 土台に LM ガイドを取り付ける
2. LM ガイドにレールタップを取り付ける
3. Parts11 を土台に取り付ける
4. Parts8 を土台及び Parts11 に取り付ける
5. Parts8 にクレビスを取り付ける
6. 油圧シリンダーにクレビスを取り付け「5」で取り付けしたクレビスとピンでとめる
7. ロードセルの両端に Parts13 を取り付け油圧シリンダーに取り付ける
8. 「7」で取り付けしたロードセルにクレビスを取り付ける
9. Parts6 に Parts7 を取り付ける
10. 「9」で取り付けした Parts をレールタップに取り付ける
11. Parts7 にクレビスを取り付ける
12. Parts12 に Parts4 を取り付ける
13. Parts12 に Parts3 を取り付ける
14. Parts12 に Parts1 を取り付ける
15. 試験体の長さを考慮して Parts12 を土台に取り付ける
16. Parts2 を土台と Parts1 に取り付ける
17. Parts1 に M16 の全ネジを各 2 本取り付ける
18. 試験体を力が掛からないように注意して Parts1 に試験体をセットする
19. Parts6 を LM ガイドでスライドさせて試験体の穴と Parts6 の穴を合わせ M16 の全ネジを各 2 本取り付ける
20. Parts5 及び Parts10 を試験体の上に載せる（全ネジはまだ締めない）
21. Parts5 と Parts7 及び Parts10Parts3 を取り付けその後 Parts5 と Parts10 の全ネジを締める
22. 油圧シリンダーを伸ばしてゆき、「8」と「11」のクレビスをピンでとめる
このとき油圧ジャッキの栓は解放して試験体に力が掛からないようにすること

以上で完了

5. 試験及び破壊性状写真

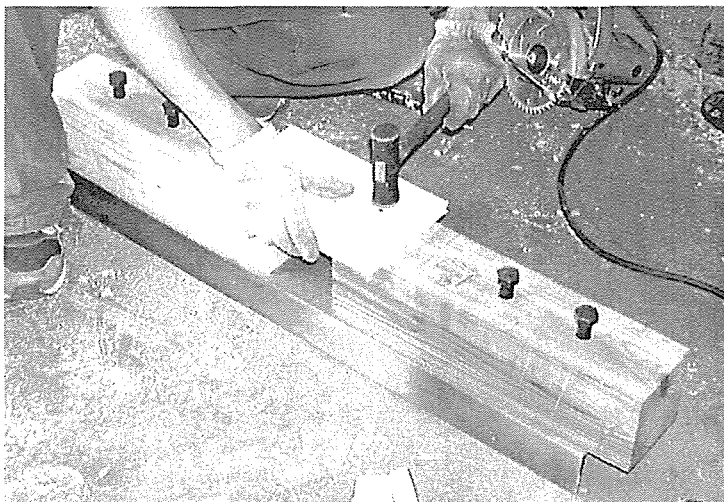


写真1 試験体作成風景

Parts9 を使用して軸材を固定し、面材を打ち止める。反対側では、軸材と Parts9 の間に面材より厚みのある下駄を入れることにより面材の打ち止めが可能となる。

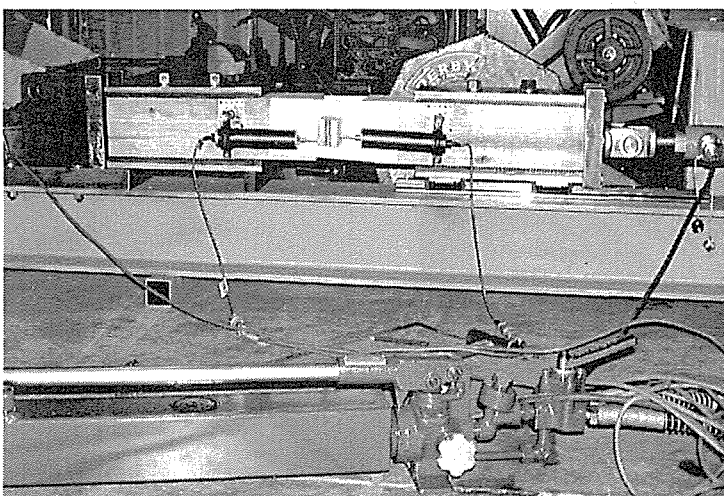


写真2 試験体取り付け風景

実験装置に試験体をセットした写真。右側に見える油圧ジャッキにより繰り返し、片載荷により実験を実施する。

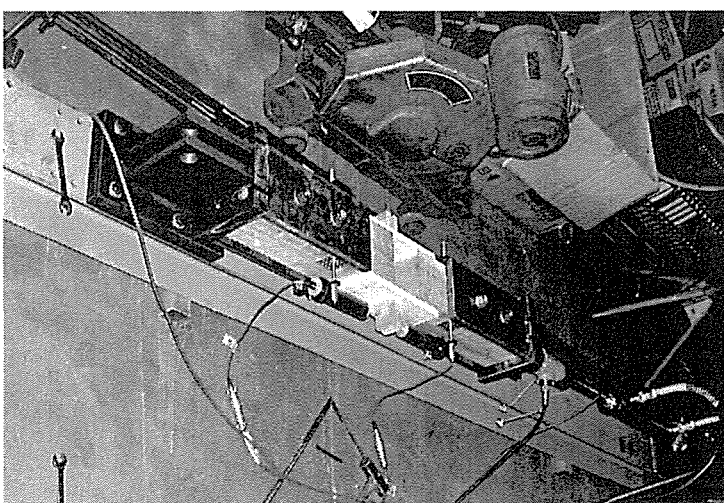


写真3 試験体全風景その1

実験装置に試験体をセットした全風景

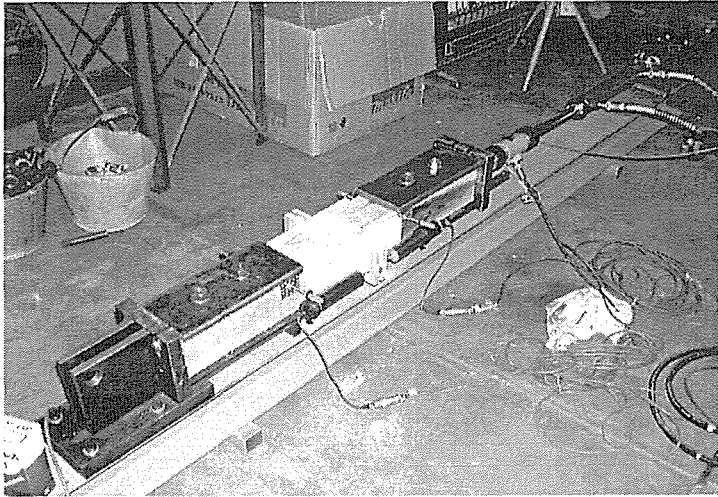


写真4 試験体全風景その2

実験装置に試験体をセットした全風景

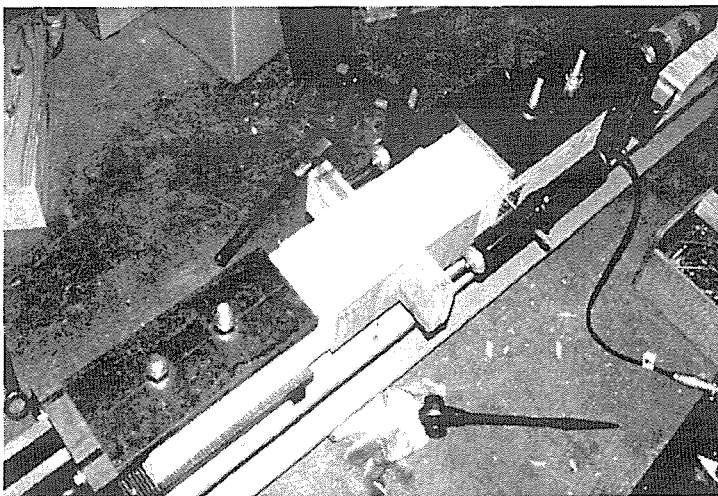


写真5 詳細取り付け風景

実験装置に試験体をセットした詳細写真

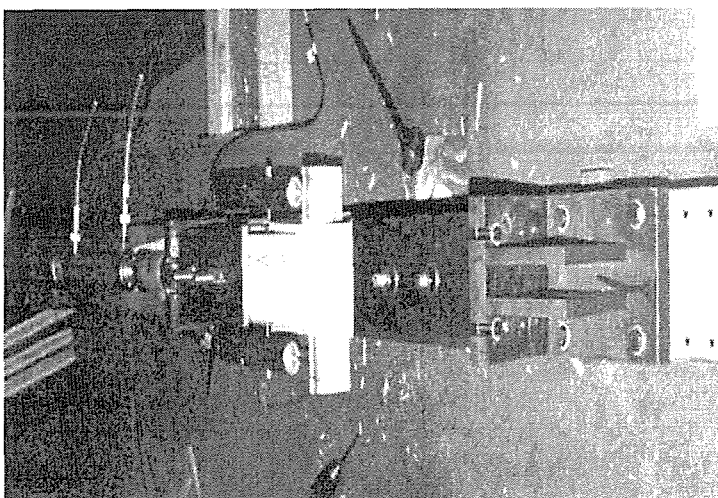


写真6 詳細取り付け風景

実験装置に試験体をセットした詳細写真

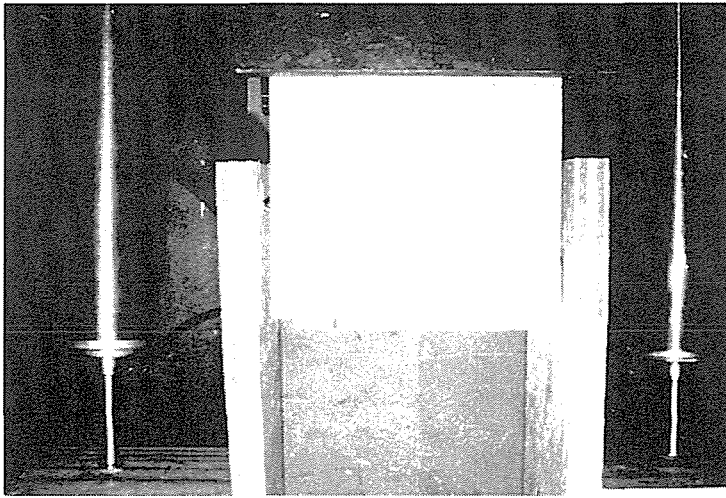


写真7 破壊性状その1

実験中に試験体を真上より撮影、左右の面材が均等に破壊を起こしている状態が顕著に現れている。

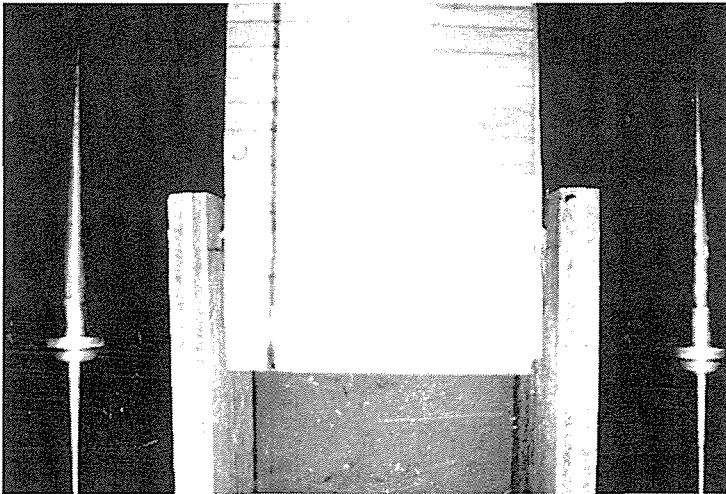


写真8 破壊性状その2

実験中に試験体を真上より撮影、左右の面材が均等に破壊を起こしている状態が顕著に現れている。

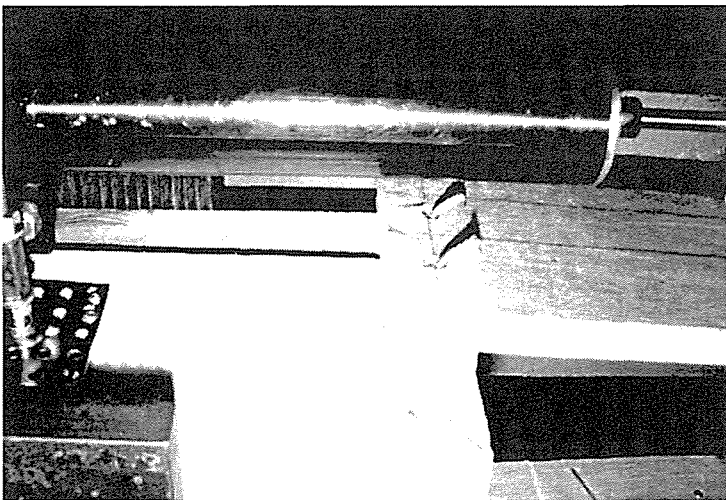


写真9 破壊性状その3

繰り返し载荷時の釘の抜けの様子。実際の面内せん断試験と同様な破壊性状を示した。

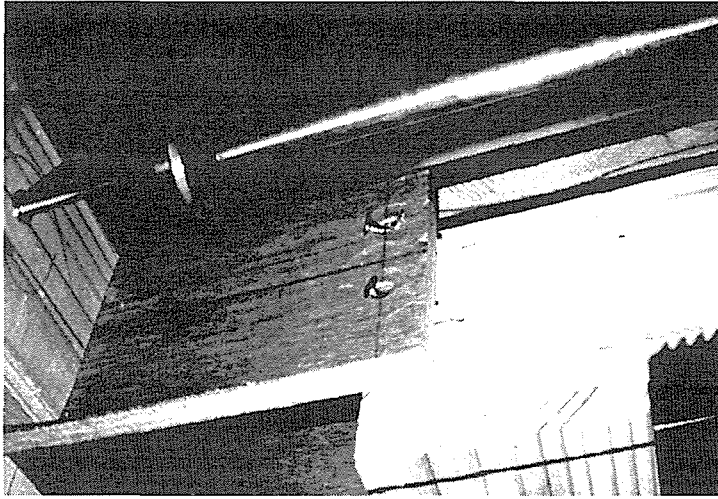


写真10 破壊性状その4

繰り返し載荷時の釘の抜きの様子。実際の面内せん断試験と同様な破壊性状を示した。

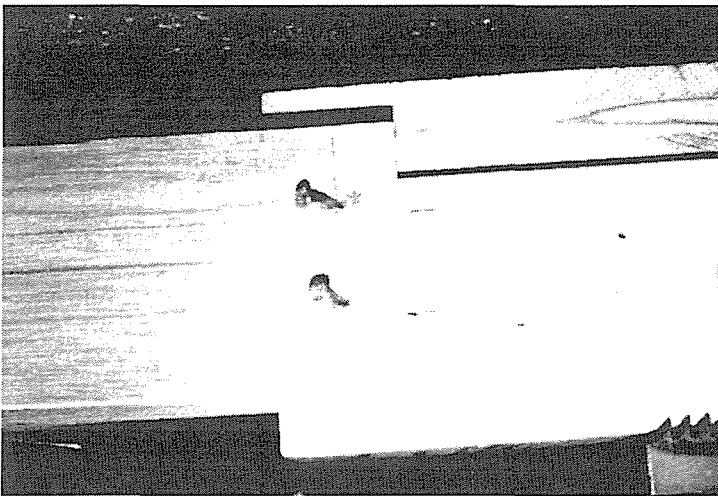


写真11 破壊性状その5

繰り返し載荷時の釘の抜きの様子。実際の面内せん断試験と同様な破壊性状を示した。

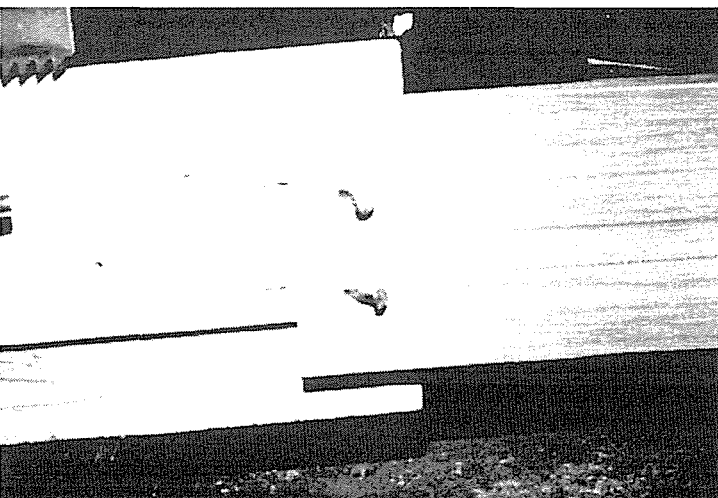


写真12 破壊性状その6

繰り返し載荷時の釘の抜きの様子。実際の面内せん断試験と同様な破壊性状を示した。

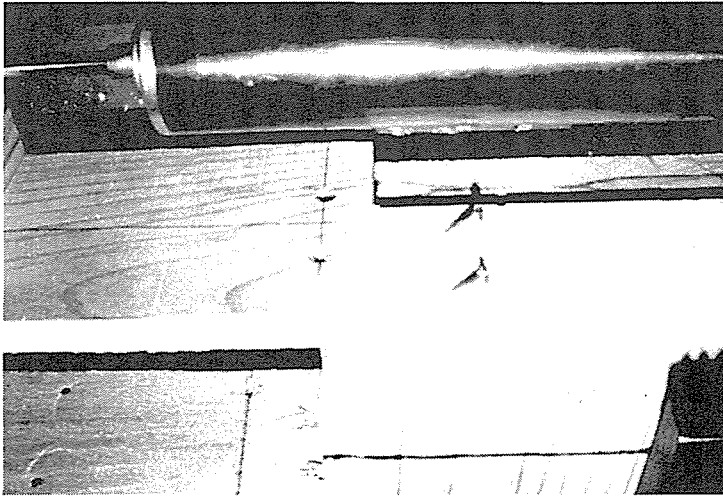


写真 13 破壊性状その 7

釘と面材が離れることにより、
実験が終了した状態

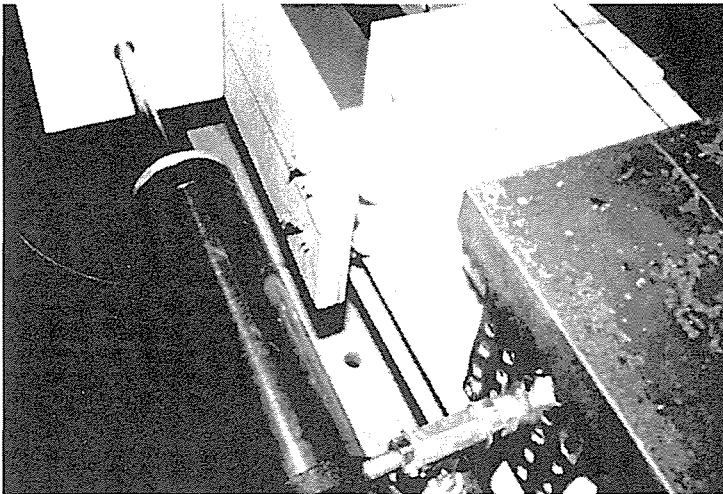


写真 14 破壊性状その 8

釘の抜けにより実験が終了す
る直前の状態

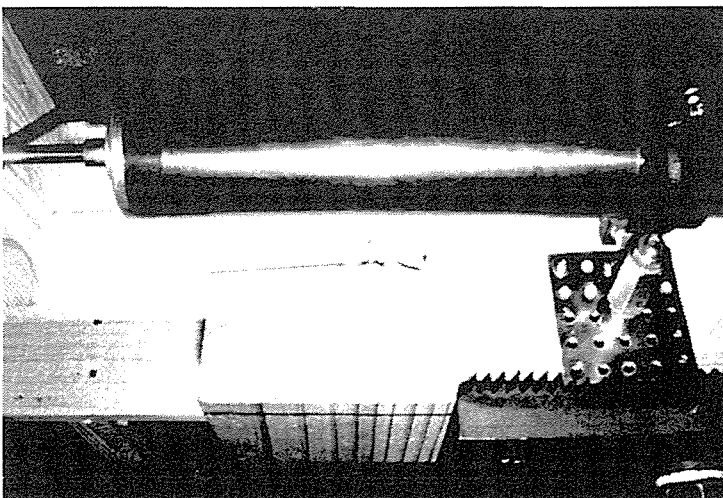


写真 15 破壊性状その 9

面材の割れにより実験が終了
した状態