

平成 14 年度農林水産省補助事業
木材産業再生のための新事業・起業
創出緊急対策事業

杉パネルの有開口壁倍率の確立

(課題番号 : 1 4 1 5)

平成 1 5 年 1 0 月

財団法人 日本住宅・木材技術センター
株式会社青森ホームコンポーネント

課題番号： 1 4 1 5

杉パネルの有開口壁倍率の確立

株式会社青森ホームコンポーネント

要 旨

杉クロスパネルを用いた住宅の優れた性能を生かすため、三タイプの開口を設定した有開口壁パネルの面内せん断試験を実施し、これらの有開口壁パネルが十分せん断耐力を発揮することを確認するとともに、耐力設計の方針を取りまとめた。また、この実験結果に基づき、型式適合認定に有開口壁パネルの保有耐力を生かした設計法を確立し、安全で合理的な本構法の普及を図る。

今回の有開口壁パネルの保有耐力が実証されれば、杉クロスパネルによる建築物の設計の自由度が飛躍的に向上し、他商品との差別化に繋がるものと期待される。

キーワード

杉クロスパネル構法、有開口壁パネル、面内せん断試験、型式適合認定、設計方針

目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
3. 試験調査の内容	2
4. 試験調査の日程	2
5. 試験調査の結果	2
5.1 有開口杉クロスパネルの面内せん断試験	2
5.2 面内せん断試験の結果	3
5.3 開口壁パネルの短期基準せん断耐力の算定	5
5.4 開口壁パネルの壁倍率の算定	6
5.5 試験及び算定結果の考察	7
5.6 まとめ	10
6. 事業化の見通し	10
7. 今後の対応	11
8. 特筆すべき成果	11
9. 試験調査委員会委員	11
10. 技術者	11
11. 他からの指導又は協力事項	11
12. 参考文献	11
13. 参考資料	12

杉パネルの有開口壁倍率の確立

株式会社 青森ホームコンポーネント

1. はじめに

青森県は、津軽・下北・青森のヒバ、白神山地のブナ、南部の赤松などを有し、古くからわが国有数の木材産地として大きな位置を占めていた。

しかし、最近ヒバ、ブナなどの優良資源の供給が低下しつつあり、今後も減少の一途をたどるであろうとされている。

反面、戦後民有林を中心に植栽された青森県の杉人工林資源が、面積で全国第4位に達している。

これらの動向から、青森県の林業・木材産業の衰退傾向に歯止めをかけるには、県産杉材の有効活用が急務で不可欠というのがおおそ一致した見方となっており、そのための対策が迫られている現状にある。

この課題に取り組む過程で当社は、杉材の小片をクロスに張り合わせるため小径木の使用が可能で、使用木材量も多い杉クロスパネル構法に着目し、開発を進めてきたが、このほど、この杉クロスパネルが、指定建築材料として大臣認定を受けたところである。

有開口壁倍率の確立という本試験は、杉クロスパネルの特長でもある壁強度の高さが、有開口壁においてはどの程度の数値で表れるのかを検証するためのものである。

今後は、製造販売を通じて、杉の有効活用という所期の目的達成の足がかりを得、あわせて環境負荷の少ない住宅の供給に資したいと考えている。

2. 試験調査の目的

本、杉クロスパネルを用いた住宅としては、国内では建築基準法旧38条で建てた実績がある。その後の経過は、現在まで各種試験（せん断試験、曲げ試験、クリープ試験等）を日本住宅・木材技術センターで行い、国土交通省の建築基準法第37条第二号に基づく材料認定を取得している。その後、型式適合認定を受ける作業を実施中である。その際に壁倍率が設定されれば、有開口壁パネルの耐力を設計に積極的に利用できる。従って、建築設計の自由度が飛躍的に向上し、杉クロスパネルの製造、販売に対し他商品との差別化に繋がるものと期待している。

3. 試験調査の内容

3.1 杉パネルの有開口壁面内せん断試験

試験調査の内容の詳細については、「5. 試験調査の結果」において試験結果と併せて示すこととした。

4. 試験調査の日程

試験調査期間 平成 15 年 4 月から 10 月

試験実施日 平成 15 年 8 月 18 日から平成 15 年 8 月 19 日まで

試験実施場所 財団法人 日本住宅・木材技術センター

5. 試験調査の結果

5.1 有開口杉板材接着壁パネルの面内せん断試験

5.1.1 試験の概要

2 枚の杉クロスパネル（壁長：1.25m、壁高：2.625m、壁厚：90mm）に、A、B、C の 3 タイプの開口をあげ面内せん断試験を実施し、無開口の壁パネルのせん断耐力と比較する。

5.1.2 試験体

試験体の詳細は、参考資料. 表 2.1, 参考資料. 図 2.1～図 2.3 に示す。以下に、その概要を示す。

- ① サイズ；壁長：1.25m、壁高：2.625m、壁厚：90mm
- ② 2 枚の杉クロスパネル中央位置に開口をあげ、上下の横架材に釘接合
- ③ 開口部 以下の A, B, C の 3 タイプ。各タイプそれぞれ 3 体ずつ試験
 - A タイプ：560×1,090mm
 - B タイプ：784×1,090mm
 - C タイプ：784×1,270mm
- ④ 樹種；スギ
- ⑤ 接着剤；水性高分子イソシアネート系接着剤

5.1.3 試験方法

(1) タイロッドを用いた面内せん断試験

面内せん断試験は、JIS A 1414 に規定される「タイロッドを用いる面内せん断試験 A 法」に準じて行った。参考資料. 図 3.1

(2) 試験体の固定

下横架材をM16 ボルト及び角座金を用いて、試験装置に締め付け固定した。また、両端部にはすべり防止用の治具を固定した。

(3) タイロッド

パネル側面から内側 200mmの位置に設置し、締め付けは手締め程度とした。

(4) 荷重の加力

加力は上横架材の中心を加力点として、油圧式復動ジャッキ（容量 100kN）により行った。荷重の検力は、ロードセル（容量 100Kn、出力 4000 μ /FS）により行った。

(5) 変位の測定

変位の計測は、上下の横架材で水平方向変位(H1) (H2)を、パネルの側面から内側 100mmの位置で上下方向変位(V3) (V4)を測定した。計測は電気式変位計（抵抗式；容量 300mm、出力 33 μ /mm 及び抵抗式；容量 100mm、出力 3000 μ /FS）を用いた。

(6) 加力方法

加力は正負交番繰返し加力とし、繰返し履歴は真のせん断変形角制御で 1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30rad を標準とした。なお、同一変形角で、3回の繰返し加力を行った。

(7) データの集録

ロードセル及び電気式変位計を静デジタルひずみ測定器、コンピュータシステムに接続して行った。

5.2 面内せん断試験の結果

- (1) 見かけのせん断変形角 (γ)、脚部のせん断変形角 (θ) 及び真のせん断変形角 (γ_0) は、次式を用いて算出した。

$$\gamma = (H1 - H2) / H$$

$$\theta = (V3 - V4) / V$$

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

ここで、 γ ；見かけのせん断変形角 (rad)

$H1$ ；上横架材の水平変位 (mm)

$H2$ ；下横架材の水平変位 (mm)

H ； $H1$ と $H2$ の距離 (mm)

θ ；脚部のせん断変形角 (rad)

$V3$; 加力側脚部の上下方向変位 (mm)

$V4$; 反加力側脚部の上下方向変位 (mm)

V ; $V3$ と $V4$ の距離 (mm)

γ_0 ; 真のせん断変形角 (rad)

- (2) 試験結果は、参考資料. 表 5.1~表 5.3 に示す。
 (3) 荷重—せん断変形角曲線は、参考資料. 図 4.1~図 4.9 に示す。
 (4) 主な破壊状況は、参考資料. 写真 1~写真 33 に示す。

表 5-2-1 試験結果の概要

試験体記号	最大荷重時		破壊状況
	最大荷重 (kN/1.25m)	変形角 (rad)	
A-1	30.32	1/25	開口部下枠の曲げ破壊 くぎによる壁パネルの縦スギ板の割れ 破壊
A-2	30.05	1/24	
A-3	29.77	1/26	
B-1	21.86	1/30	壁パネルの縦スギ板の曲げ破壊
B-2	23.03	1/28	
B-3	23.05	1/25	
C-1	20.87	1/28	壁パネルの縦スギ板の曲げ破壊
C-2	21.67	1/27	
C-3	22.46	1/29	
AS-1	30.07	1/27	くぎによる横架材、パネル端部の 割れ破壊
AS-2	31.76	1/28	
AS-3	32.40	1/27	

備考) AS-1~AS-3 無開口壁面内せん断試験の結果で、2002 年 4 月 23 日実施
 参考文献 10) 参照

表 5-2-2 開口壁の最大耐力 (kN)

$$P_{\max} = \bar{x} - K \times s d \quad (K=0.471 \quad s d : \text{標準偏差})$$

	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ	無開口壁
平均値 \bar{x}	30.05	22.65	21.67	31.41
標準偏差 $s d$	0.275	0.681	0.795	1.20
信頼水準 75%における 50%下側許容 限界値 P_{\max}	29.92	22.33	21.30	30.84
無開口壁に対する比率	0.97	0.72	0.69	1.0

以下、無開口壁データは参考文献 10) 参照

(5) 結果の考察

A タイプの試験体は、壁パネルを取付ける上下枠と壁パネルとの接合部に於いて破壊し、無開口壁の試験結果と同様で、最大耐力も殆ど差がない。A タイプの大きさの開口部以下であれば、最大耐力は接合の釘のせん断耐力で決まり、パネル部のせん断耐力は余裕があることが判る。

一方、B, C タイプの試験体は、パネル部の曲げ破壊で最大耐力が決まっている。開口部の大きさで最大耐力の値も異なってくるが、無開口壁に対して、70%前後の値を有していて、十分耐力壁の性能を果たしている。

5.3 開口壁パネルの短期基準せん断耐力の算定

(1) 包絡線の作成

包絡線は終局加力側を行った側の荷重—真のせん断変形曲線より作成する。各試験体の包絡線と P_y, P_u 等を参考資料. 図 5.1～図 5.9 に示す。

(2) 短期基準せん断耐力の算定

包絡線より完全弾塑性モデルの方法により以下の数値を求める。

- ① 降伏耐力 P_y
- ② 終局耐力 $P_u \times (0.2/D_s)$
- ③ 最大荷重の $2/3$
- ④ 真のせん断変形角が $1/150\text{rad}$ 時の耐力

上記の①～④の各平均値にばらつき係数を乗じ、その中の最小値を短期基準せん断耐力 P_0 とする。ばらつき係数は次式による。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - cv \cdot k$$

ここで、 cv ; 変動係数(標準偏差/平均値)

k ; 信頼水準 75% の 50% 下側許容限界を求めるための定数
(試験体 3 体は $k=0.471$)

表 5-3 開口壁の基準せん断耐力

各項目の値は、それぞれ3体の試験体の結果の50%下側許容限界値

	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ	無開口壁
降伏耐力 P_y (kN/1.25m)	17.53 (0.95)	12.42 (0.67)	12.01 (0.65)	18.44 (1.0)
①終局耐力 P_u (kN/1.25m)	27.66 (0.96)	20.39 (0.71)	19.29 (0.67)	28.92 (1.0)
② $P_u \cdot 0.2 / D_s$ (kN/1.25m)	16.56 (1.03)	8.65 (0.54)	7.49 (0.46)	16.14 (1.0)
③ $2/3P_{max}$ (kN/1.25m)	19.95 (0.97)	14.89 (0.72)	14.19 (0.69)	20.56 (1.0)
④ P_{150} (kN/1.25m)	16.05 (0.82)	9.4 (0.48)	8.07 (0.41)	19.55 (1.0)
塑性率 μ	4.80 (1.1)	2.77 (0.64)	2.35 (0.54)	4.35 (1.0)
剛性 (MN/rad/1.25m)	2.23	1.21	1.06	3.04
基準せん断耐力 P_0 (kN/1.25m)	16.05 (0.99)	8.65 (0.54)	7.49 (0.46)	16.14 (1.0)
無開口壁に対する比率	0.99	0.54	0.46	1.0

注) 基準せん断耐力は①、②、③、④の最小値をとる。()内は無開口壁を基準とした比率を示す。

(3) 結果の考察

最大耐力の結果と同様、基準せん断耐力結果もAタイプとB、Cタイプでは性状が異なる。Aタイプの場合は、①から④の値いずれも無開口壁の値と殆ど変わらず、パネル部のせん断耐力の余裕度があるため、基準せん断耐力も無開口壁の値と殆ど変わらない値を示している。

一方、B、Cタイプの場合は、せん断耐力の低下のみならず、塑性率の大幅な低下により、②の項目(保有耐力)が大幅に低下し、基準せん断耐力はこの値で決まっているので、無開口壁の基準せん断耐力の50%前後になる。

5.4 開口壁パネルの壁倍率算定

表 5-4 壁倍率

$$\text{壁倍率} = P_0 \times (1/196) \times (1/L) \times \alpha \quad L: \text{壁長(m)} \quad \alpha: \text{低減係数}$$

	A	B	C	無開口壁
短期基準せん断耐力 (kN/1.25m)	16.05	8.65	7.49	16.14
壁倍率	6.5	3.5	3.0	6.5

(1) 結果の考察

壁倍率は、上式の通り基準せん断耐力で決定されるので、5.3の基準せん断耐力の結果と同様になる。Aタイプは、無開口壁の壁倍率と同様に6.5の高い値を示している。

一方、B、Cタイプの場合は、基準せん断耐力が無開口壁の50%前後であるので、壁倍率もそれぞれ3.5、3.0の値を示している。ただ、パネルのせん断耐力が相当大きいので、有開口壁の場合でも3.0以上の壁倍率を期待できる。

5.5 試験及び算定結果の考察

(1) 最終破壊性状

袖壁部分の大きいAタイプと、袖壁部分が小さいB、Cタイプは破壊モードが異なる。

開口なし、Aタイプ：釘せん断破壊

B、Cタイプ：釘せん断破壊からパネル部曲げ破壊

塑性率 μ 、 D_s 値

開口なし、Aタイプ： $\mu=4.4, 4.9$ $D_s=0.36, 0.32$

B、Cタイプ： $\mu=3.0, 2.4$ $D_s=0.44, 0.47$

Aタイプ $D_s=0.32$ は合板張り等の木質面材系で比較的粘り強い

B、Cタイプ $D_s=0.44, 0.47$ は筋かい系で粘り強さが無い。

(2) 有効せん断耐力

パネル-横架材の接合せん断耐力

上下板材をCN75で横架材に合計48本の釘で釘打ち

CN75 樹種J3 合板の厚さ20mm 一面せん断長期許容耐力333N

釘の合計せん断耐力(短期) = $333 \times 2 \times 48 = \underline{31,968N}$

壁のせん断耐力

壁のせん断断面積 $A_s = 27340 \text{ mm}^2$ (1枚のせん断断面積(mm^2))

杉材の基準せん断強度 $F_s = 1.8 \text{ N/mm}^2$ 短期許容応力度 1.2 N/mm^2

2枚パネルのせん断耐力 = $27340 \times 2 \times 1.2 = \underline{65,616 \text{ N}}$

$31968 (1.0) < 65616 (2.05)$

有開口壁の有効せん断断面積(mm^2)

Aタイプ = $105 \times 20 \times 4 + 75 \times 20 \times 4 + 50 \times 20 \times 4 + 261 \times 20 \times 2 = 28840$

B、Cタイプ = $105 \times 20 \times 4 + 66.5 \times 20 \times 4 + 149 \times 20 \times 2 = 19680$

有開口壁の有効せん断耐力

Aタイプ

せん断耐力 = $28840 \times 1.2 = \underline{34,608 \text{ N}}$

$31968 (1.0) < 34608 (1.08)$

B、Cタイプ

$$\begin{aligned} \text{せん断耐力} &= 19680 \times 1.2 = \underline{23,615 \text{ N}} \\ 31968 (1.0) &> 23615 (0.74) \end{aligned}$$

(3) 開口係数（シージング・エリア係数）（文献1）、2）

$$r = \frac{1}{1 + (\alpha/\beta)} = \frac{H \sum l_i}{H \sum l_i + A_0}$$

ここに、 α = 開口面積比 = $\frac{\text{開口面積の和}}{HL}$

$$\beta = \text{壁長比} = \frac{\sum l_i}{L}$$

A_0 = 開口面積の和、 H = 壁高、 L = 壁長

$\sum l_i$ = 壁部分の長さの和

無開口壁 壁サイズ：1250×2250

Aタイプ 開口部：560×1090

$$\alpha = \frac{1090 \times 560}{2250 \times 1250} = 0.217$$

$$\beta = \frac{690}{1250} = 0.552$$

$$r = \frac{1}{1 + 0.217/0.552} = 0.718$$

Bタイプ 開口部：784×1090

$$\alpha = \frac{1090 \times 784}{2250 \times 1250} = 0.304$$

$$\beta = \frac{466}{1250} = 0.373$$

$$r = \frac{1}{1 + 0.304/0.373} = 0.551$$

Cタイプ 開口部：784×1270

$$\alpha = \frac{1270 \times 784}{2250 \times 1250} = 0.354$$

$$\beta = \frac{466}{1250} = 0.373$$

$$r = \frac{1}{1 + 0.354/0.373} = 0.513$$

(4) 最大耐力・終局耐力と壁長比の関係

最大耐力、終局耐力は壁長比で決まっているが、壁のせん断耐力が上下枠接合の釘の合計せん断力の約2倍あるので、壁長比が0.5までは無開口壁に等しく、0.5以下の場合は壁長比×2の耐力がある。

Aタイプ : 壁長比 $\beta = 0.552 > 0.5$

$$P_{\max}, P_u \text{ の比率} = 0.97, 0.96$$

B, Cタイプ : 壁長比 $\beta \times 2 = 0.746$

$$\text{Bタイプ } P_{\max}, P_u \text{ の比率} = 0.72, 0.69$$

$$\text{Cタイプ } P_{\max}, P_u \text{ の比率} = 0.71, 0.67$$

(5) 基準せん断耐力と壁長比・開口係数との関係

基準せん断耐力は、塑性率又は D_s 値が影響するので開口係数に関連してくる。壁長比が 0.5 以上ある場合は、壁のせん断耐力が釘のせん断耐力を上回るので、開口係数に関係なく無開口壁の保有耐力に近い値となる。

壁長比が 0.5 以下の場合は、開口係数に比例してくる。開口係数 r の 90%の値に近い。

A タイプ：	開口係数に関係なし。	$P_u \cdot 0.2 / D_s$ の比率 = 1.03
B タイプ：	開口係数 $r = 0.551$	$P_u \cdot 0.2 / D_s$ の比率 = 0.54
C タイプ：	開口係数 $r = 0.513$	$P_u \cdot 0.2 / D_s$ の比率 = 0.46

(6) A タイプの基準せん断耐力

基準せん断耐力は、袖壁部分の壁のせん断耐力が下枠との接合釘のせん断耐力を上回っているため、無開口壁の 90%以上の耐力がある。

(7) B, C タイプの基準せん断耐力

左右の袖壁部分が 233mm 程度の B, C タイプの場合は、袖壁部分の壁のせん断耐力が、下枠との接合釘の合計せん断耐力を下回り、全体の壁のせん断耐力は、袖壁部分のせん断耐力で決まってくる。

また、開口面積の大きさにより塑性率が異なってくるので、基準せん断耐力に影響を及ぼし B, C それぞれの無開口壁に対する基準せん断耐力の比は、54%, 46%となる。

(8) 損傷限界値および安全限界値の考察

試験結果より各タイプの損傷限界値（降伏耐力、降伏変位）及び安全限界値（終局耐力、終局変位）を算出すると、次表のようになる。

表 5-5 開口壁パネルの損傷限界値及び安全限界値

	A タイプ	B タイプ	C タイプ	無開口壁
降伏耐力 (kN)	17.49	12.33	11.92	18.44
	14.0	9.86	9.54	14.80
降伏変位 (mm)	19.9	25.5	27.9	15.6
降伏剛性 (kN/mm)	0.88	0.484	0.427	1.18
	0.70	0.387	0.342	0.95
終局耐力 (kN)	27.74	20.30	19.56	28.92
	22.2	16.2	15.6	23.1
終局変位 (mm)	160.7	125.5	109.2	107.3
終局剛性 (kN/mm)	0.173	0.162	0.179	0.270
	0.138	0.129	0.143	0.215

注) 上段は、試験体壁巾 1.25m 当たりの値 (kN/1.25m)

下段は、壁巾 1.0m 当たりの値に換算した値 (kN/m)

5.6 まとめ

今回の試験結果に基づき、3タイプの有開口壁についての以下のような①～⑤の結論を得た。

① 前提条件

垂れ壁部分は上枠より 175mm 以上あること。

腰壁部分は下枠より 920mm 以上あること。

② 基準せん断耐力と壁長比・開口係数との関係

壁長比が 0.5 以上あり、袖壁部分が 345mm 以上ある場合は、無開口壁の基準せん断耐力の 90%をとってよい。(Aタイプ)

壁長比が 0.5 以下で 0.37 以上あり、袖壁部分が 233mm 以上ある場合は、基準せん断耐力は、無開口壁の基準せん断耐力に対して開口係数の 90%を乗じた値としてよい。

(B, Cタイプ)

③ Aタイプの場合

開口部分が 560×1090mm の Aタイプの耐力は、無開口壁耐力の 90%以上である。

左右の袖壁部分は、それぞれ 345mm 以上あること。

基準せん断耐力 $P_0 = 16.0\text{kN}/1.25\text{m} = 12.8\text{kN/m}$

壁倍率 = 6.5

④ Bタイプの場合

開口部分が 784×1090mm の Bタイプの耐力は、無開口壁耐力の 54%以上である。

左右の袖壁部分は、それぞれ 233mm 以上あること。

基準せん断耐力 $P_0 = 8.65\text{kN}/1.25\text{m} = 6.9\text{kN/m}$

壁倍率 = 3.5

⑤ Cタイプの場合

開口部分が 784×1270mm の Cタイプの耐力は、無開口壁耐力の 46%以上である。

左右の袖壁部分は、それぞれ 233mm 以上あること。

基準せん断耐力 $P_0 = 7.49\text{kN}/1.25\text{m} = 6.0\text{kN/m}$

壁倍率 = 3.0

6. 事業化の見通し

新構法による製品でもあり、市場への急速な浸透は難しい面もあるが、エコロジー一面でのニーズが高まりつつある昨今の住宅市場にあつて、杉パネル構法のメリットは、十分に受け入れられるものと期待している。そして、有開口壁倍率の利点も、他商品との差別化、すなわち優位性 PR の材料となりうる。

7. 今後の対応

以下の項目に取り組み、本製品の迅速な市場浸透を目指す。

- 1) 型式適合認定取得
- 2) 講演会、説明会および研修会の開催
- 3) パンフレットの作成およびホームページへの掲載
- 4) 設計マニュアルおよび施工マニュアルの作成

8. 特筆すべき成果

本試験調査により、有開口壁パネルの基準せん断耐力および壁倍率は、優れた耐力特性を示すことが明らかになった。これらの成果は型式認定に向けて有効な資料となる。

9. 試験調査委員会委員

委員長	渡辺正朋	八戸工業大学大学院建築工学専攻	教授
委員	田村良治	(株) 構創建築事務所	取締役
委員	浜名真一	(株) 青森ホームコンポーネント	工場長
委員	細川寿雄	(株) キャデック	部長
委員	西舘鴻一	青森木材高次加工協同組合	理事
委員	佐々木裕貢	八戸チップ工業 (株)	社長

10. 技術者

主任技術者	浜名真一	(株) 青森ホームコンポーネント	工場長
技術者	奈良英也	(株) 青森ホームコンポーネント	

11. 他からの指導又は協力事項

特になし。

12. 参考文献

- 1) 杉山 英男：木質開口壁のせん断耐力評価 ‘木材工業’ Vol. 36-7
- 2) 杉山 英男、井上尚子：水平荷重を繰返し受ける枠組壁工法開口壁の挙動の理論解析
‘日本建築学会大会学術講演梗概集’ 1996. 9
- 3) 村上 雅英：有開口壁のせん断耐力 ‘建築技術’ 2000 No. 608
- 4) 宮澤 健二：有開口壁構面の応力性状
‘木質構造の新しい耐震設計の考え方’ (2001) ‘日本建築学会’
- 5) 村上 雅英：任意の釘配列で打たれた面材壁の弾塑性挙動と計算モデル
‘木質構造の新しい耐震設計の考え方’ (2001) ‘日本建築学会’
- 6) ‘2002年 枠組壁工法建築物構造計算指針’：3.3.2 耐力壁の設計
‘社団法人 日本ツーバイフォー建築協会’

- 7) 河合 直人：壁量と壁倍率 ‘建築技術’ 2000 No. 608
- 8) 鷺海 四郎：軸組工法の各部要素の試験方法と評価方法 ‘建築技術’ 2000 No. 608
- 9) 平成 13 年国土交通省告示第 1539 号
- 10) 試験成績書「板材接着パネルの面内せん断試験および曲げ試験」
平成 14 年 6 月 13 日 ‘(財)日本住宅・木材技術センター’
- 11) 試験成績書「開口を有するスギ挽板接着壁パネルの面内せん断試験」
平成 15 年 9 月 22 日 ‘(財)日本住宅・木材技術センター’

13. 参考資料

試験成績書「開口を有するスギ挽板接着パネルの面内せん断試験」

平成 15 年 9 月 22 日 (財) 日本住宅・木材技術センター

- 1) 表 2.1：試験体の詳細
- 2) 図 2.1：試験体記号 A の詳細
図 2.2：試験体記号 B の詳細
図 2.3：試験体記号 C の詳細
- 3) 図 3.1：タイロッド式の面内せん断試験方法
- 4) 図 4.1～図 4.3：A-1～A-3 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重—真のせん断変形角曲線
- 5) 図 4.4～図 4.6：B-1～B-3 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重—真のせん断変形角曲線
- 6) 図 4.7～図 4.9：C-1～C-3 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重—真のせん断変形角曲線
- 7) 図 5.1～図 5.3：A-1～A-3 荷重—変形角包絡線
- 8) 図 5.4～図 5.6：B-1～B-3 荷重—変形角包絡線
- 9) 図 5.7～図 5.9：C-1～C-3 荷重—変形角包絡線
- 10) 表 5.1：A の算定した特性値
- 11) 表 5.2：B の算定した特性値
- 12) 表 5.3：C の算定した特性値
- 13) 写真番号 1～写真番号 4：A-1 試験体の破壊状況
- 14) 写真番号 5～写真番号 7：A-2 試験体の破壊状況
- 15) 写真番号 8～写真番号 12：A-3 試験体の破壊状況
- 16) 写真番号 13～写真番号 15：B-1 試験体の破壊状況
- 17) 写真番号 16～写真番号 18：B-2 試験体の破壊状況
- 18) 写真番号 19～写真番号 21：B-3 試験体の破壊状況
- 19) 写真番号 22～写真番号 25：C-1 試験体の破壊状況
- 20) 写真番号 26～写真番号 30：C-2 試験体の破壊状況
- 21) 写真番号 31～写真番号 33：C-3 試験体の破壊状況

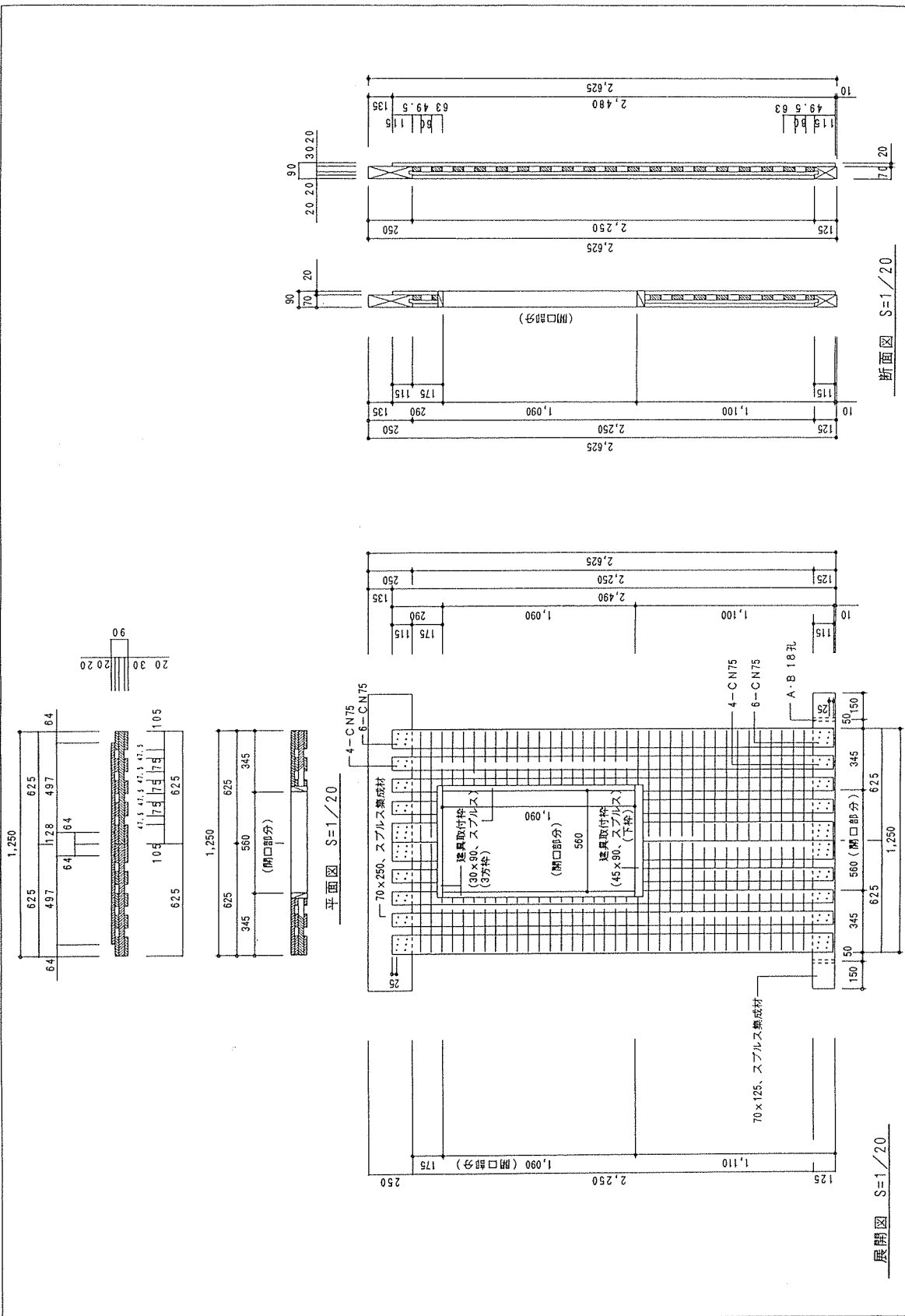
参考資料

試験体

- (1) 試験体の詳細は、表 2. 1 及び図 2. 1～図 2. 3 に示す。
 (2) 木材の含水率は電気抵抗式水分計により測定した結果を示す。

表 2. 1 : 試験体の詳細

項目		仕様詳細		
試験体の概要		壁パネルの上下に横架材を配置し、パネルの片面を CN75 でくぎ接合したもの。		
試験体寸法		幅 1250×高 2625mm (外々寸法)		
開口部寸法		幅 560×高 1090mm	幅 784×高 1090mm	幅 784×高 1270mm
試験体記号		A	B	C
試験体数		3 体	3 体	3 体
壁パネル	概要	幅 75×厚 20、幅 105×厚 20 及び幅 63×厚 30mm のスギ挽板を 4 枚構成とし、水性高分子イソシアネート系接着剤で交差接着したもの。		
	寸法	幅 625×高 2480×厚 90mm (外々寸法)		
	パネル同士の接合	並列した 2 枚の壁パネルはスギ板幅 128×厚 20mm を用いて CN75 @125mm でくぎ打ちする。		
	パネル-横架材の接合	壁パネル屋内側の上下の縦スギ板を CN75 で上下の横架材にくぎ打ちする。上下の横架材へのくぎ打ちは各 48 本。 また、くぎ打ちが片側のためバランスを確保するために、パネルの反対側に構造用合板 (幅 120×長 150×厚 12mm) を 5-ZN40 で各壁パネルと横架材にくぎ打ちする。		
接着剤		水性ビニルウレタン樹脂接着剤		
開口部枠材		幅 30、45×厚 90mm、スプルーす製材		
横架材	上	幅 70×高 250mm、スプルーす集成材		
	下	幅 70×高 125mm、スプルーす集成材		
装置への固定		下横架材をパネル側面より 50mm の位置でボルト M16 及び角座金 (幅 50×長 80×厚 9mm) により固定。		
含水率の程度	スギ挽板	11～16.5%	13～20%	12～16%
	上下横架材	13～15.5%	13～15%	13～14%
	開口部枠材	12.5～15%	12～14%	12～13%



製出業者 (W×H)	27アス	図面番号	品名	規格	縮尺
取り付け姿勢		品名	リフト/トレンド付クロスパネル 有開口梁鉄-Aタイプ	降	縮尺 1/20
		品名	品名		
		品名	品名		

図 2. 1 : 試験体記号 A の詳細 (mm)

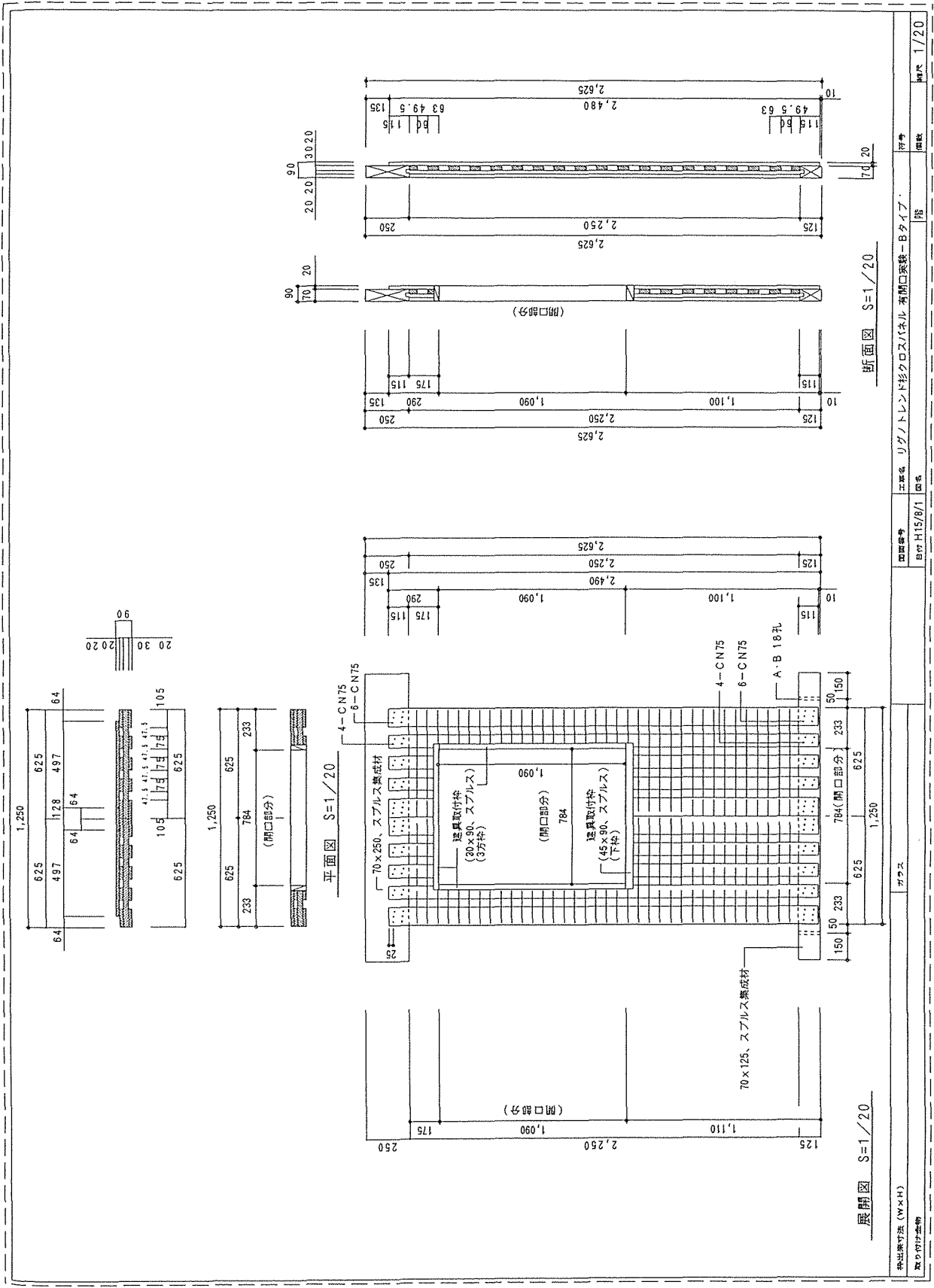


図2. 2: 試験体記号Bの詳細 (mm)

製法 取付け姿勢	材料 コンクリート	断面形状 矩形	寸法 縦横	1/20
製法 取付け姿勢	材料 コンクリート	断面形状 矩形	寸法 縦横	1/20
製法 取付け姿勢	材料 コンクリート	断面形状 矩形	寸法 縦横	1/20

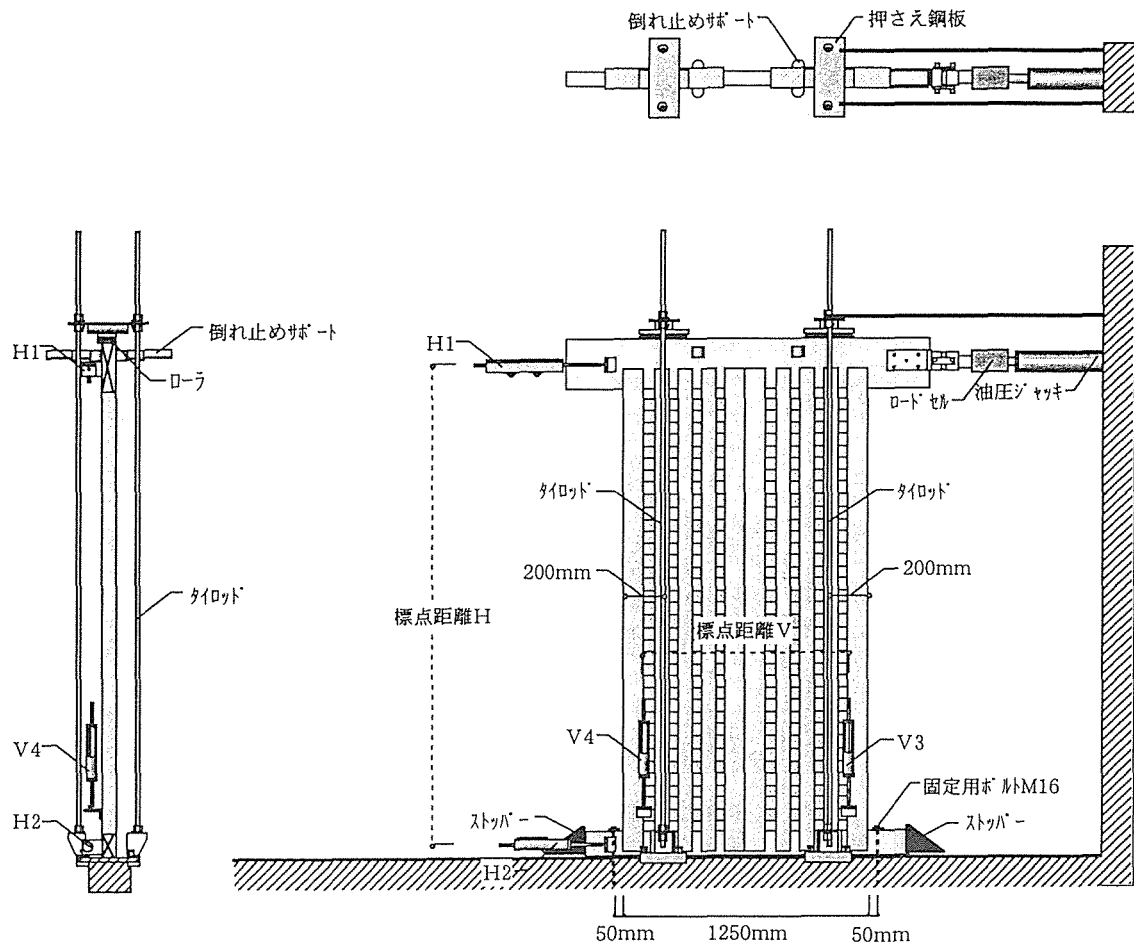


図3. 1 : タイロッド式の面内せん断試験方法

依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

表5. 1 : Aの算定した特性値

試験方法	タイロッド式、3回正負				
	A-1	A-2	A-3	平均値	標準偏差
最大耐力 P _{max} (kN/1.25m)	30.32	30.05	29.77	30.05	0.28
最大耐力時変形角 δ _{max} (10 ⁻³ rad)	39.69	42.53	37.77	40.00	2.39
降伏耐力 P _y (kN/1.25m)	18.76	18.87	16.70	18.11	1.22
降伏変形角 δ _y (10 ⁻³ rad)	8.60	8.20	7.28	8.03	0.68
終局耐力 P _u (kN/1.25m)	28.38	27.68	27.58	27.88	0.44
終局変形角 δ _u (10 ⁻³ rad)	58.55	61.39	66.58	62.17	4.07
降伏点変形角 δ _v (10 ⁻³ rad)	13.01	12.03	12.02	12.35	0.57
剛性 K (MN/rad)	2.18	2.30	2.29	2.26	0.07
塑性率 μ	4.50	5.10	5.54	5.05	0.52
構造特性係数 Ds	0.35	0.33	0.31	0.33	0.02
P _u ·(0.2/Ds) (kN/1.25m)	16.22	16.78	17.79	16.93	0.80
2/3 P _{max} (kN/1.25m)	20.21	20.03	19.85	20.03	0.18
一定変形時耐力(kN/1.25m)					
真 1/300rad	9.25	9.84	9.66	9.58	0.30
真 1/200rad	13.00	13.60	13.06	13.22	0.33
真 1/150rad	16.22	16.68	15.82	16.24	0.43

表5. 2 : Bの算定した特性値

試験方法	タイロッド式、3回正負				
	B-1	B-2	B-3	平均値	標準偏差
最大耐力 P_{max} (kN/1.25m)	21.86	23.03	23.05	22.65	0.68
最大耐力時変形角 δ_{max} (10^{-3} rad)	33.69	35.70	40.32	36.57	3.40
降伏耐力 P_y (kN/1.25m)	12.29	12.21	14.91	13.14	1.53
降伏変形角 δ_y (10^{-3} rad)	9.41	9.93	12.61	10.65	1.72
終局耐力 P_u (kN/1.25m)	19.79	21.18	21.45	20.81	0.89
終局変形角 δ_u (10^{-3} rad)	41.03	49.90	51.74	47.56	5.73
降伏点変形角 δ_v (10^{-3} rad)	15.14	17.23	18.15	16.84	1.54
剛性 K (MN/rad)	1.31	1.23	1.18	1.24	0.07
塑性率 μ	2.71	2.90	2.85	2.82	0.10
構造特性係数 Ds	0.48	0.46	0.46	0.47	0.01
$P_u \cdot (0.2/D_s)$ (kN/1.25m)	8.25	9.21	9.33	8.93	0.59
$2/3 P_{max}$ (kN/1.25m)	14.57	15.35	15.37	15.10	0.46
一定変形時耐力(kN/1.25m)					
真 1/300rad	5.33	5.35	5.43	5.37	0.05
真 1/200rad	7.50	7.47	7.57	7.51	0.05
真 1/150rad	9.47	9.35	9.57	9.46	0.11

表5. 3 : Cの算定した特性値

試験方法 試験体記号	タイロッド式、3回正負				
	C-1	C-2	C-3	平均値	標準偏差
最大耐力 P_{max} (kN/1.25m)	20.87	21.67	22.46	21.67	0.80
最大耐力時変形角 δ_{max} (10^{-3} rad)	35.50	37.60	33.98	35.69	1.82
降伏耐力 P_y (kN/1.25m)	11.52	12.91	12.69	12.37	0.75
降伏変形角 δ_y (10^{-3} rad)	9.98	12.61	11.70	11.43	1.34
終局耐力 P_u (kN/1.25m)	18.72	20.15	20.16	19.68	0.83
終局変形角 δ_u (10^{-3} rad)	42.08	59.25	38.90	46.74	10.95
降伏点変形角 δ_v (10^{-3} rad)	16.20	19.69	18.58	18.16	1.78
剛性 K (MN/rad)	1.16	1.02	1.09	1.09	0.07
塑性率 μ	2.60	3.01	2.09	2.57	0.46
構造特性係数 Ds	0.49	0.45	0.56	0.50	0.06
$P_u \cdot (0.2/D_s)$ (kN/1.25m)	7.64	8.96	7.20	7.93	0.92
$2/3 P_{max}$ (kN/1.25m)	13.91	14.45	14.97	14.44	0.53
一定変形時耐力(kN/1.25m)					
真 1/300rad	4.70	4.46	4.60	4.59	0.12
真 1/200rad	6.57	6.28	6.48	6.44	0.15
真 1/150rad	8.19	8.04	8.09	8.11	0.08

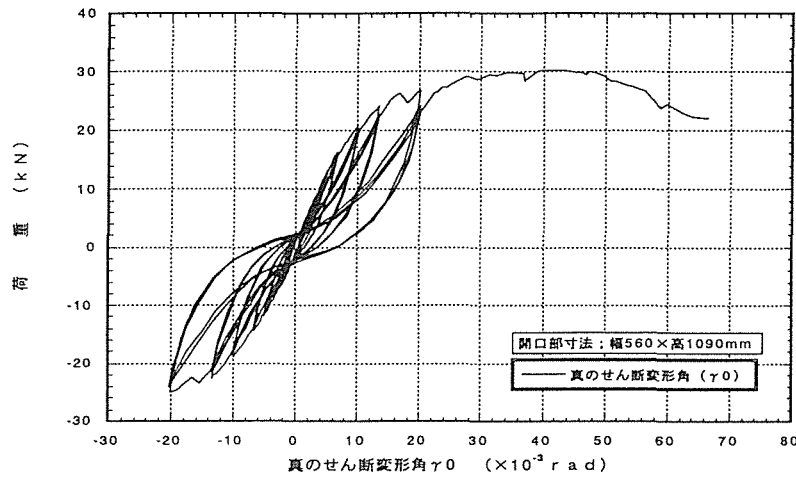


図4. 1 : A-1 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重-真のせん断変形角曲線

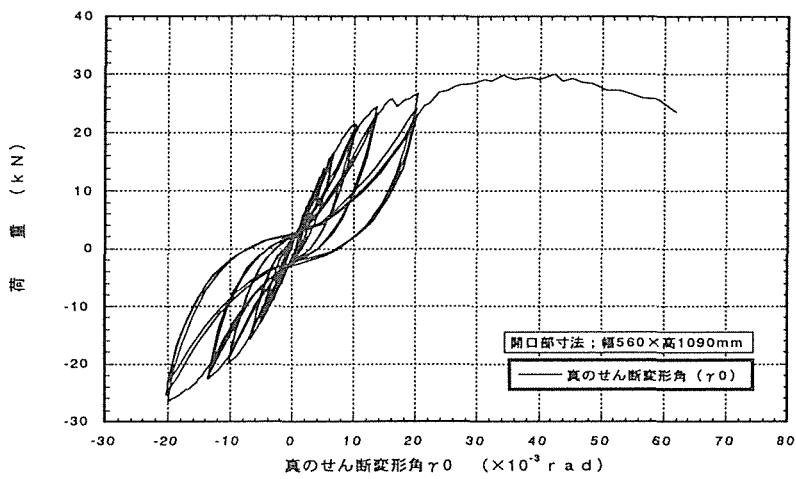


図4. 2 : A-2 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重-真のせん断変形角曲線

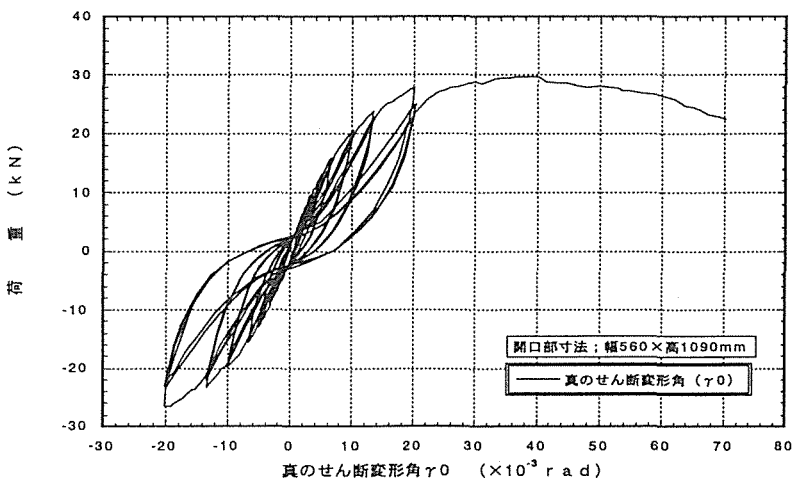


図4. 3 : A-3 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重-真のせん断変形角曲線

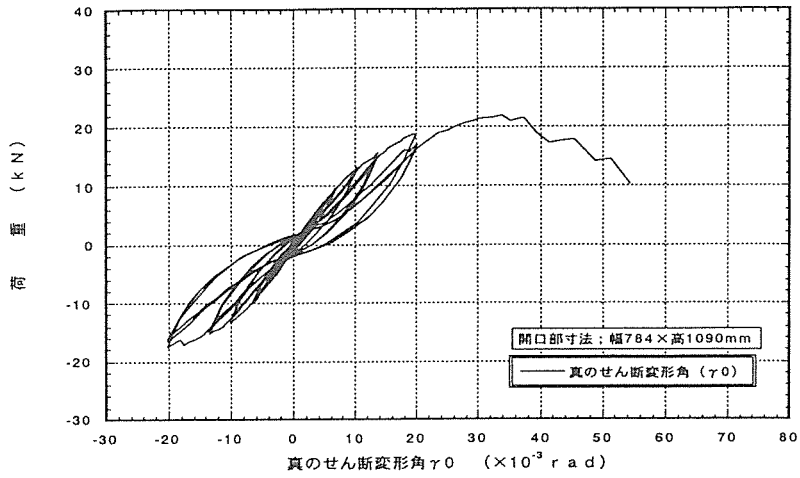


図4. 4 : B-1 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重-真のせん断変形角曲線

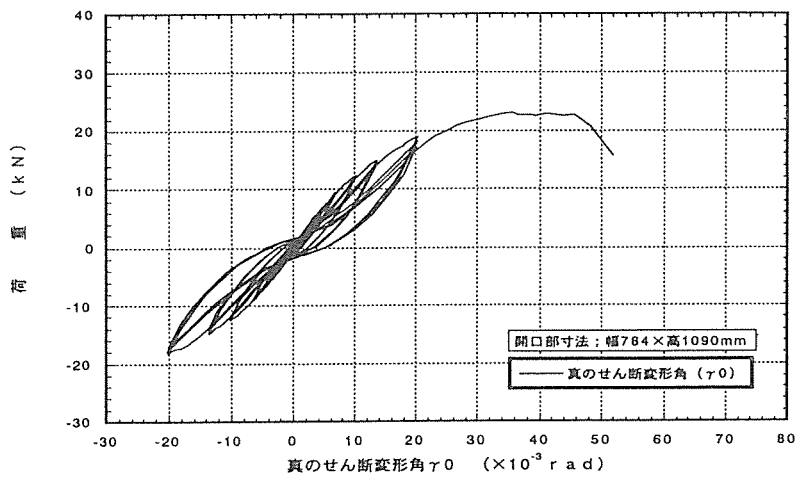


図4. 5 : B-2 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重-真のせん断変形角曲線

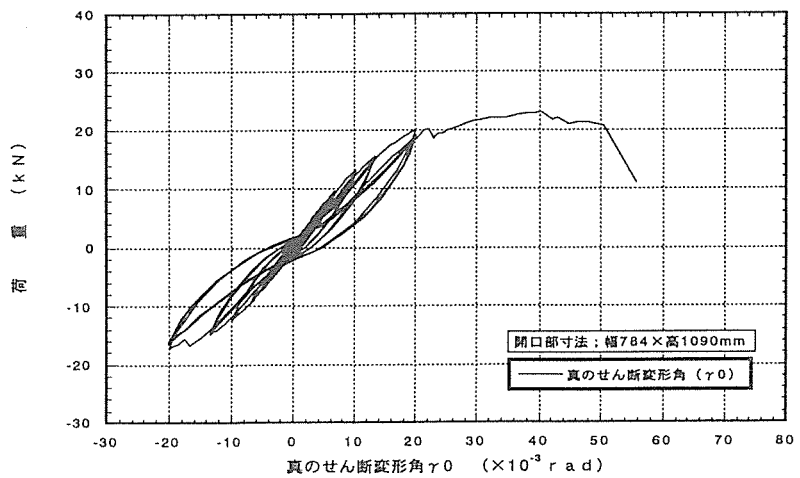


図4. 6 : B-3 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重-真のせん断変形角曲線

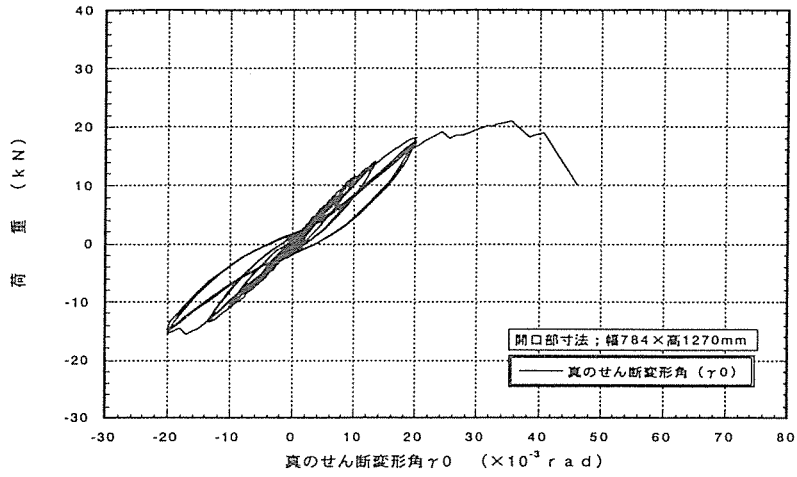


図 4. 7 : C-1 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重－真のせん断変形角曲線

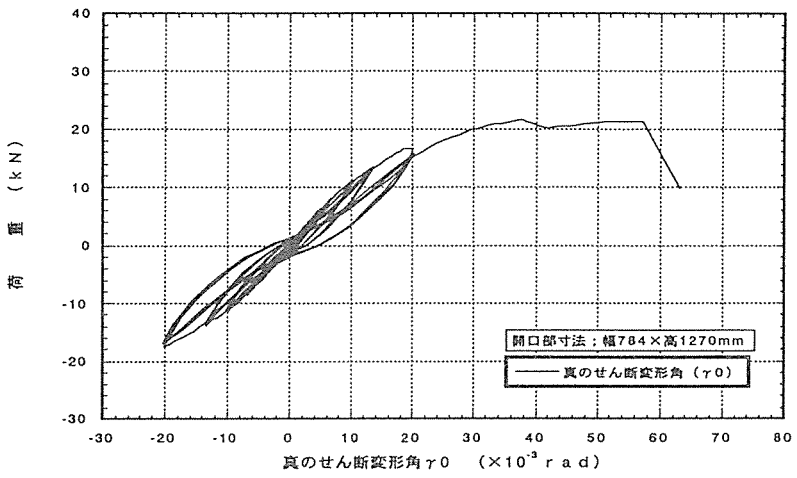


図 4. 8 : C-2 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重－真のせん断変形角曲線

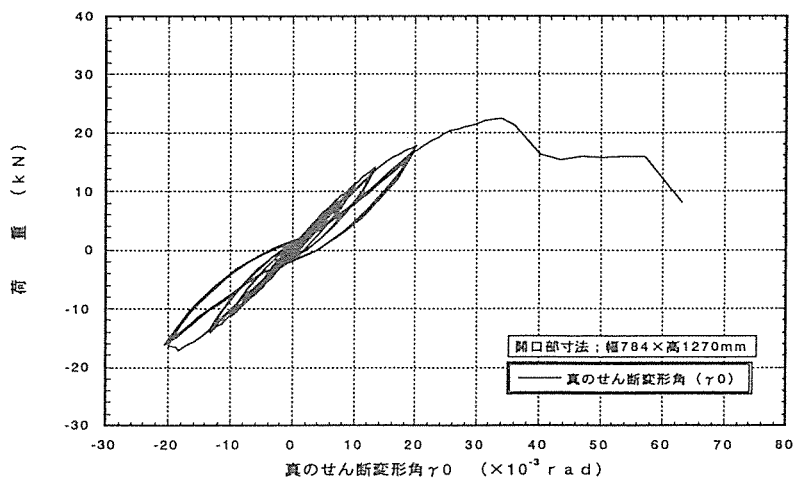
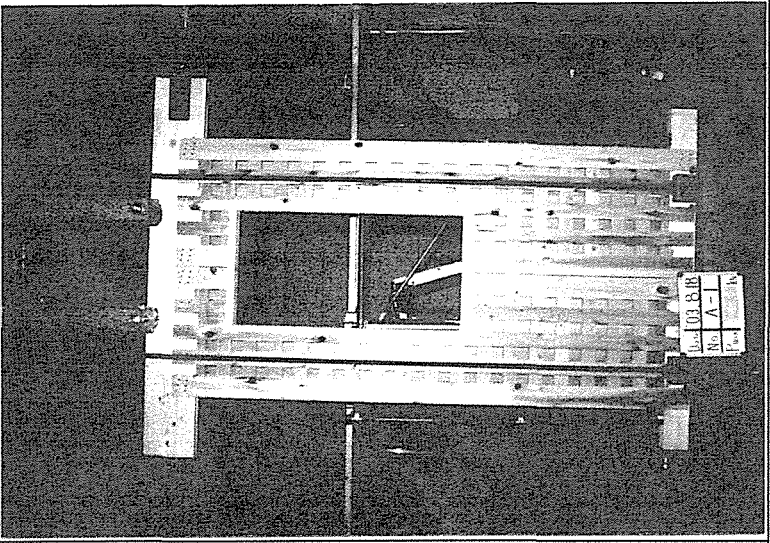
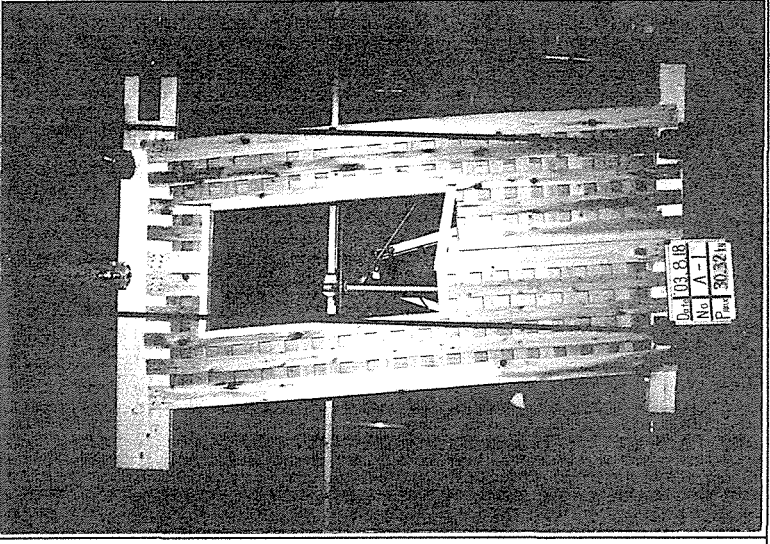
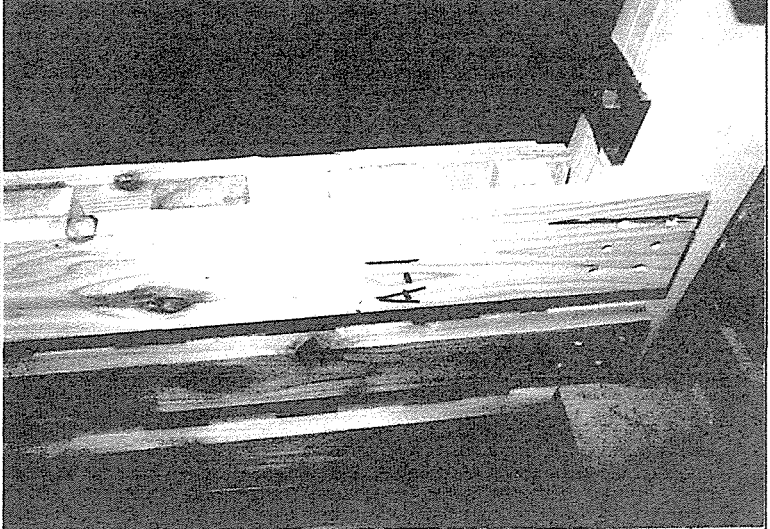

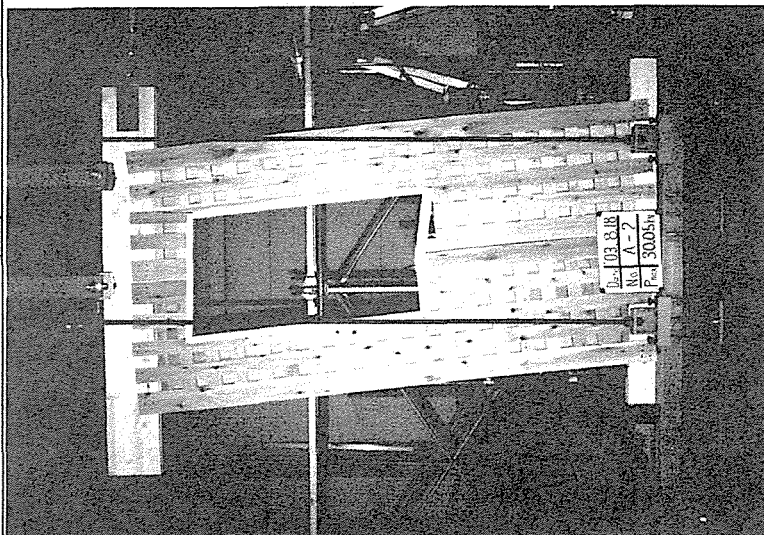
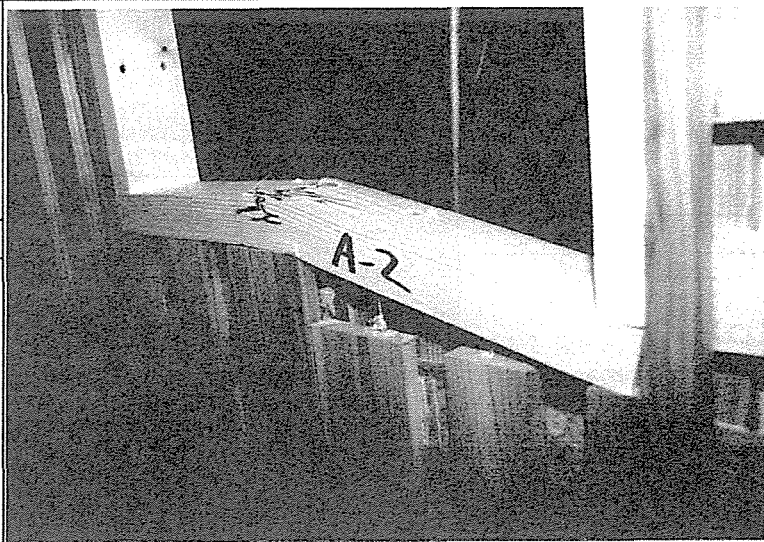


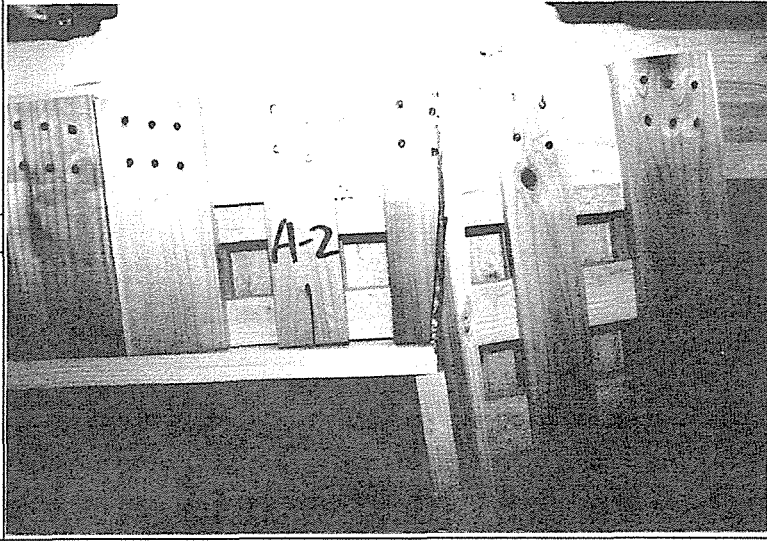
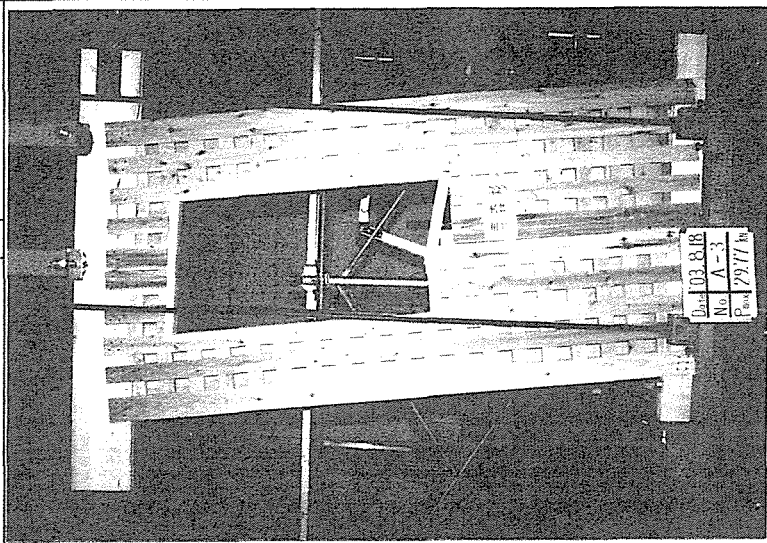
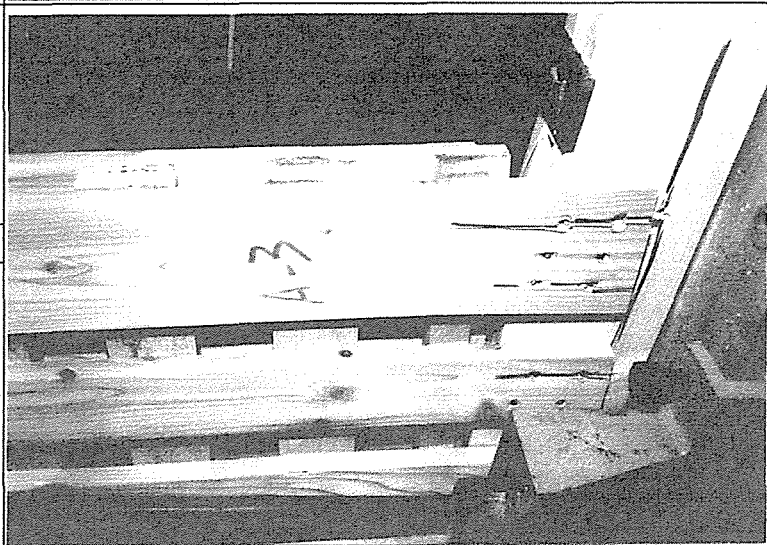
図 4. 9 : C-3 有開口スギ挽板接着壁パネルの荷重－真のせん断変形角曲線

<p>写真番号 1</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-1</p>	
<p>概要説明</p> <p>開口を有するスギ挽板接着パネル壁の面内せん断試験前の状況。 (開口部寸法; 幅 560×高 1090mm)</p>	
<p>写真番号 2</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-1</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験終了後。</p> <p>$P_{max}=30.32kN$</p>	
<p>写真番号 3</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-1</p>	
<p>概要説明</p> <p>加力側脚部の状況。</p> <p>くぎによるパネルの縦スギ板の割れ破壊。 パネルの浮き上がり。</p>	

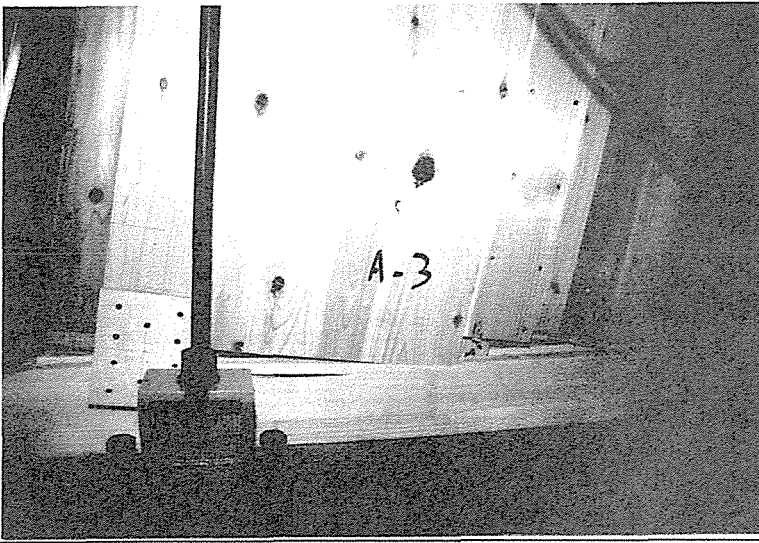

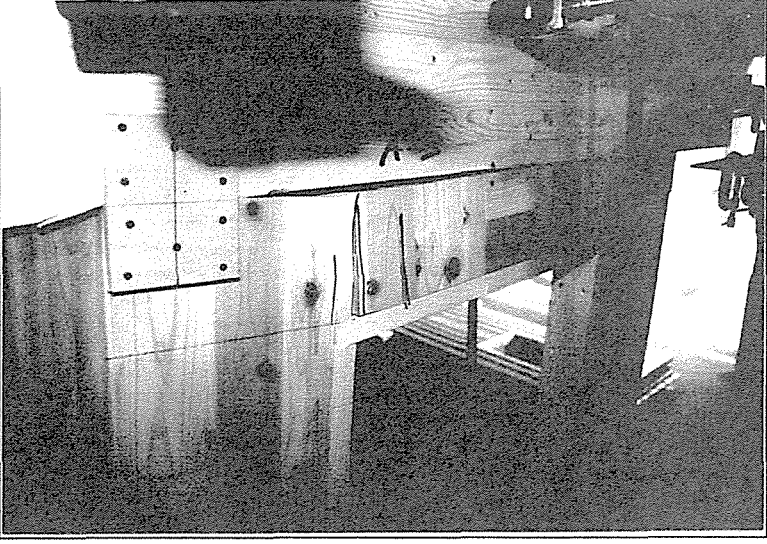
依15-151 (財) 日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 4</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-1</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>開口部下枠の曲げ破壊。</p>	
<p>写真番号 5</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-2</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>試験終了後。</p> <p>$P_{max}=30.05kN$</p>	
<p>写真番号 6</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-2</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>開口部下枠の曲げ破壊。</p>	

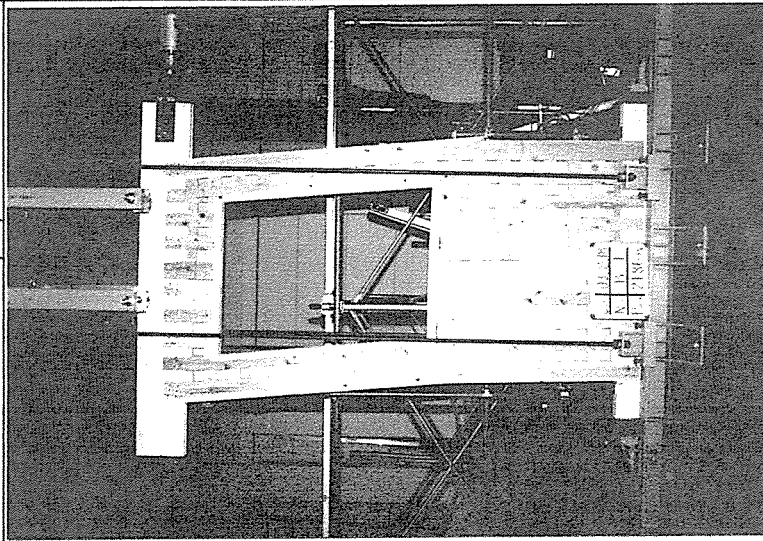
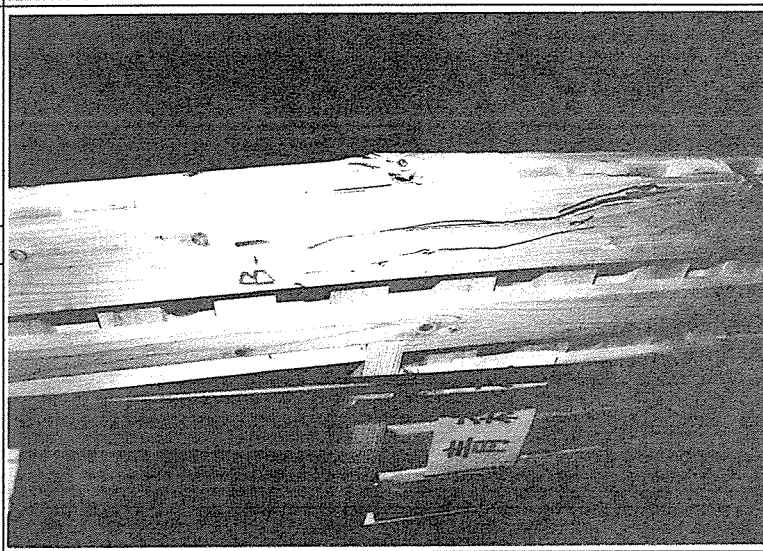
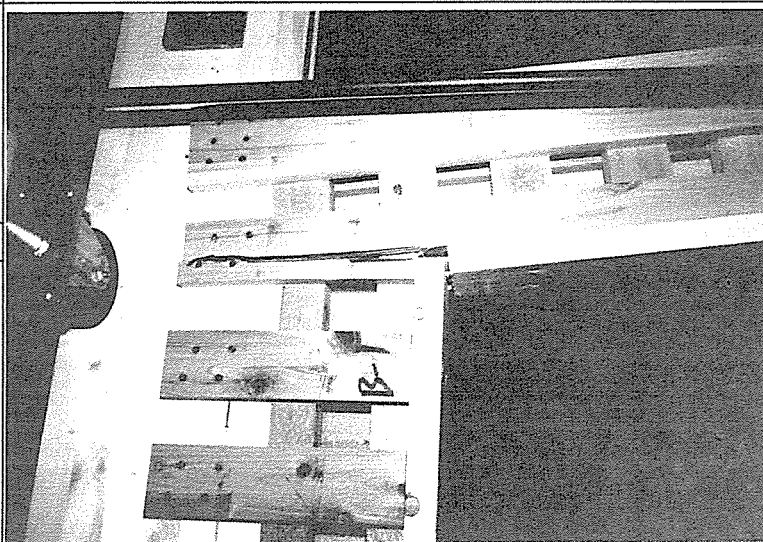
依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 7 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月18日 試験体記号 A-2</p>	
<p>概要説明 開口上部コーナーより割 裂破壊。</p>	
<p>写真番号 8 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月18日 試験体記号 A-3</p>	
<p>概要説明 試験終了後。 $P_{max}=29.77kN$</p>	
<p>写真番号 9 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月18日 試験体記号 A-3</p>	
<p>概要説明 加力側脚部の状況。 くぎによるパネルの縦ス ギ板及び下横架材の割れ 破壊。 パネルの浮き上がり。</p>	

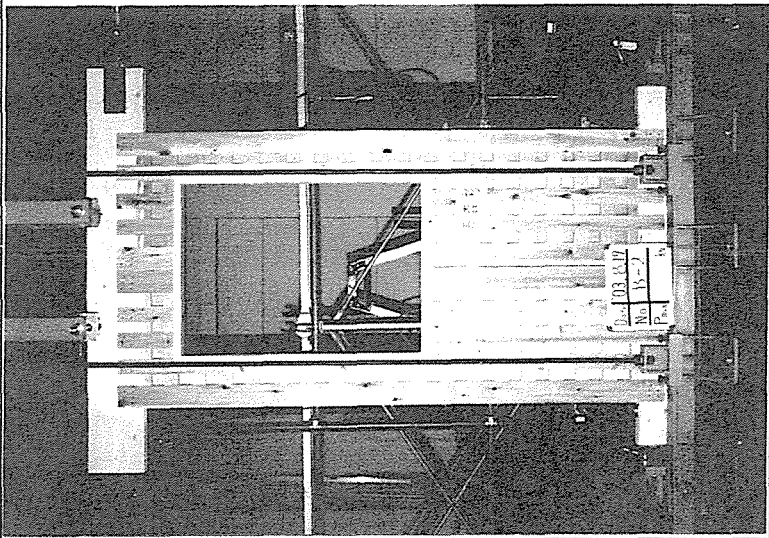
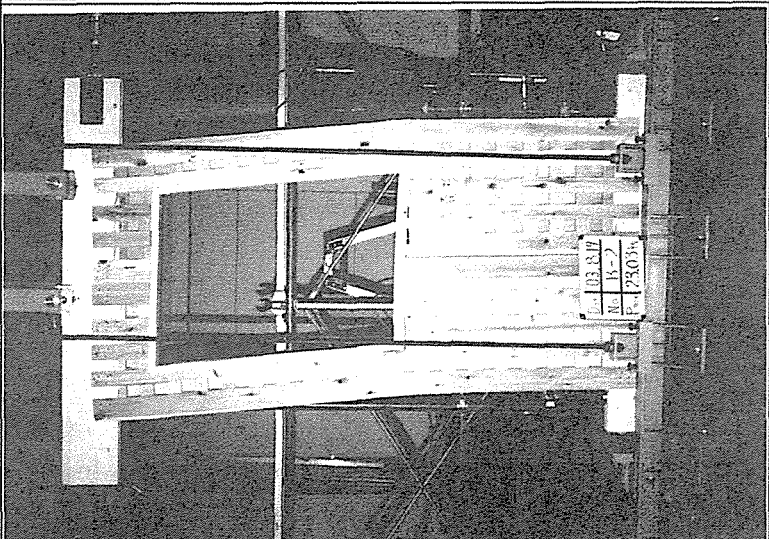
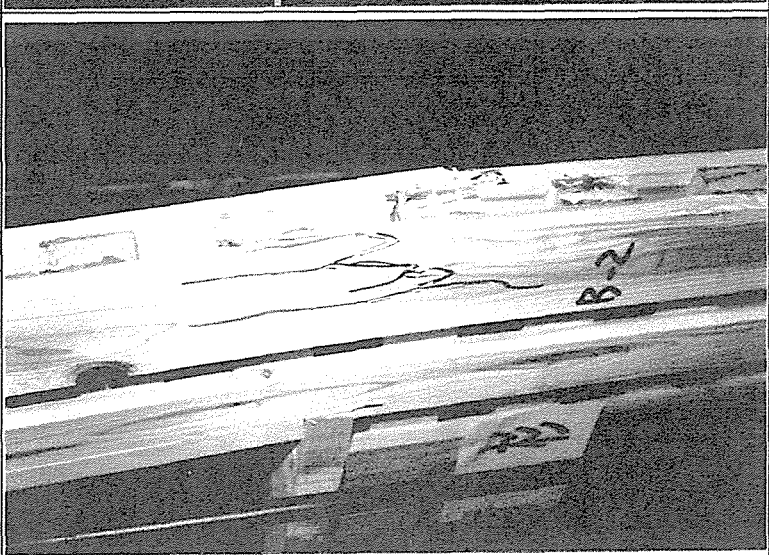
依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 10</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-3</p>	
<p>概要説明</p> <p>脚部裏側の状況。</p> <p>くぎによる割裂破壊。 パネルの浮き上がり、ズレ。</p>	
<p>写真番号 11</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-3</p>	
<p>概要説明</p> <p>開口部下枠の曲げ破壊。</p>	
<p>写真番号 12</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月18日</p> <p>試験体記号 A-3</p>	
<p>概要説明</p> <p>開口上部コーナーより割裂破壊。</p>	

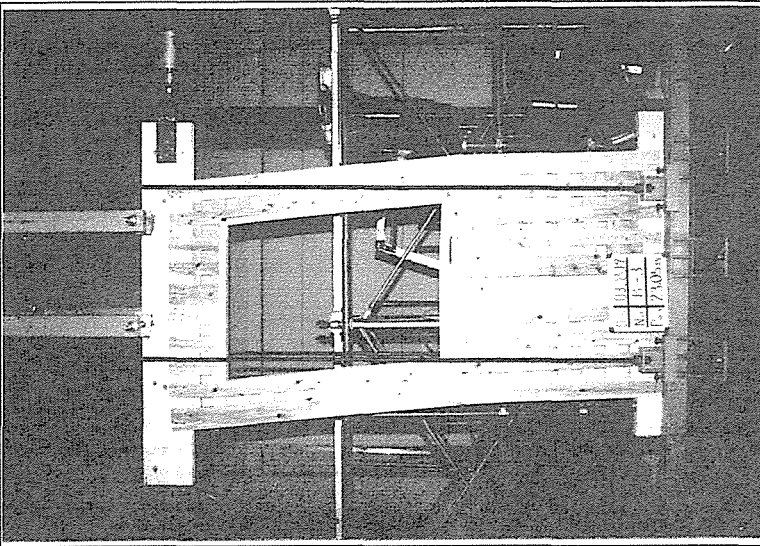
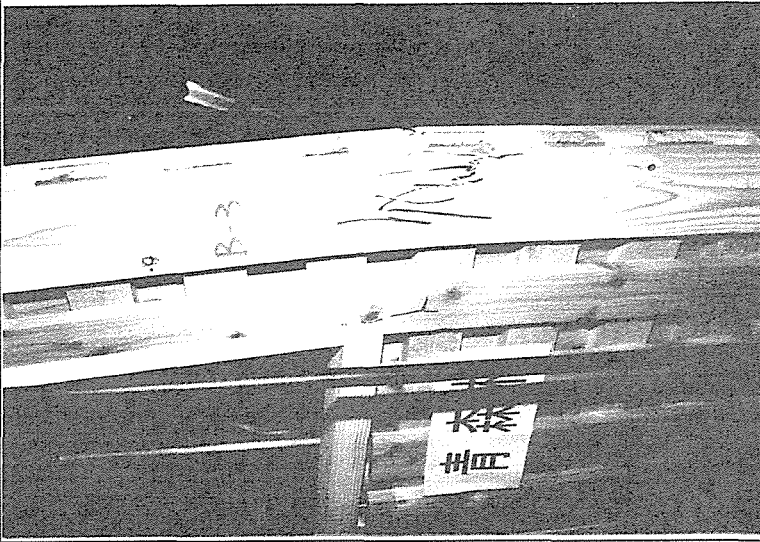
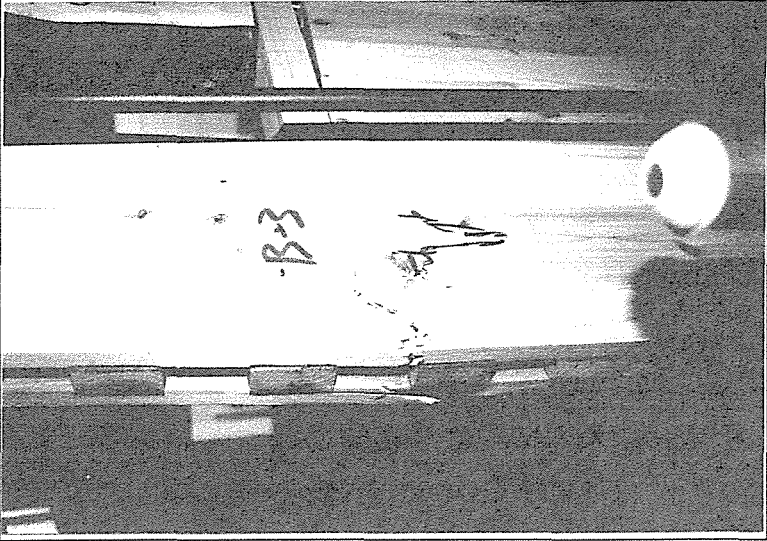
依15-151 (財) 日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 13 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月18日 試験体記号 B-1</p>	
<p>概要説明 開口を有するスギ挽板接着パネル壁の面内せん断試験。 (開口部寸法; 幅 784×高 1090mm) $P_{max}=21.86kN$</p>	
<p>写真番号 14 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月18日 試験体記号 B-1</p>	
<p>概要説明 加力側でパネルの縦スギ板の曲げ破壊。</p>	
<p>写真番号 15 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月18日 試験体記号 B-1</p>	
<p>概要説明 開口上部コーナーより割裂破壊。</p>	

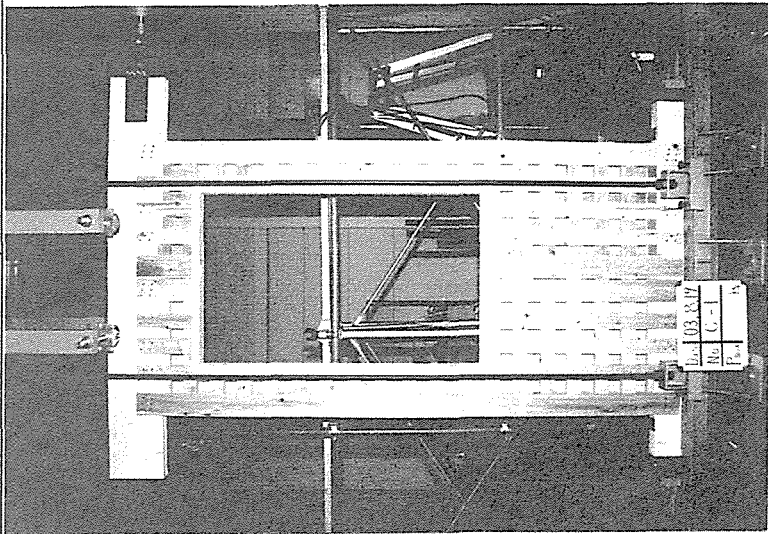
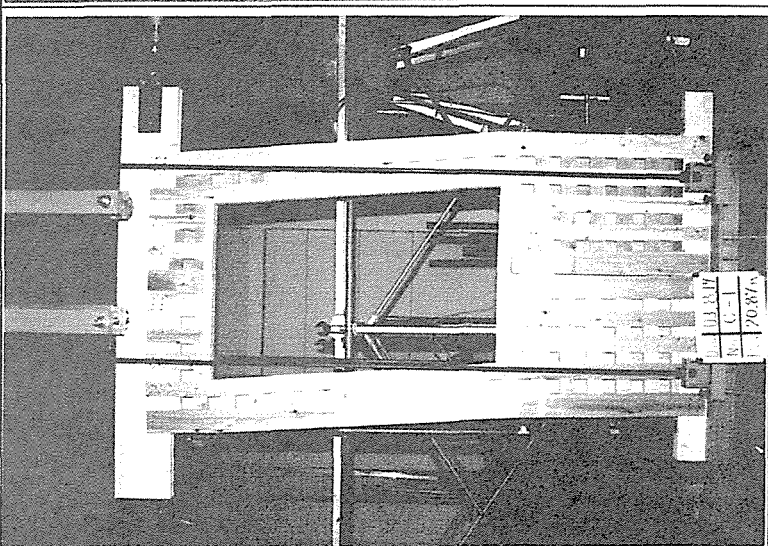

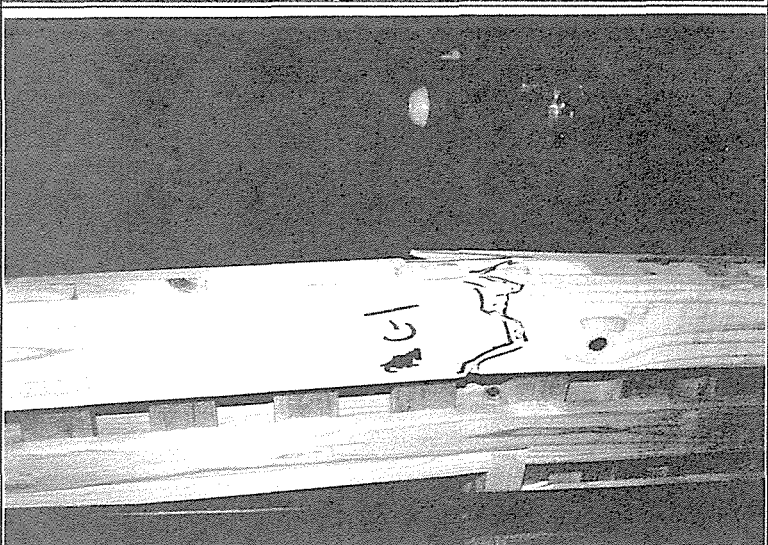
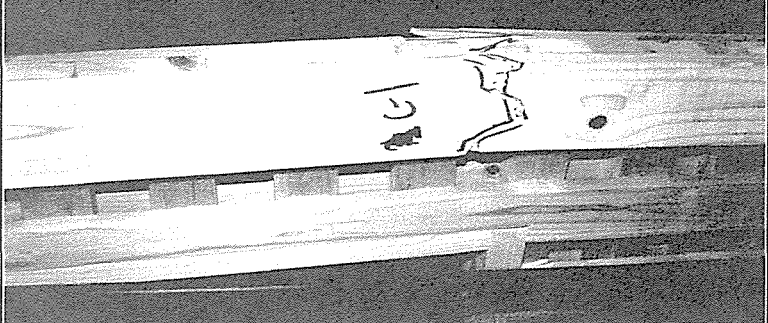
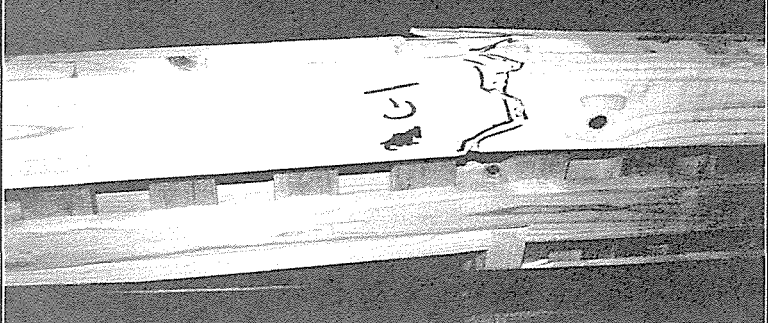
依15-151 (財) 日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 16</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 B-2</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験前の状況。 (開口部寸法；幅 784× 高 1090mm)</p>	
<p>写真番号 17</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 B-2</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験終了後</p> <p>$P_{max}=23.03kN$</p>	
<p>写真番号 18</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 B-2</p>	
<p>概要説明</p> <p>加力側でパネルの縦スギ 板の曲げ破壊。</p>	


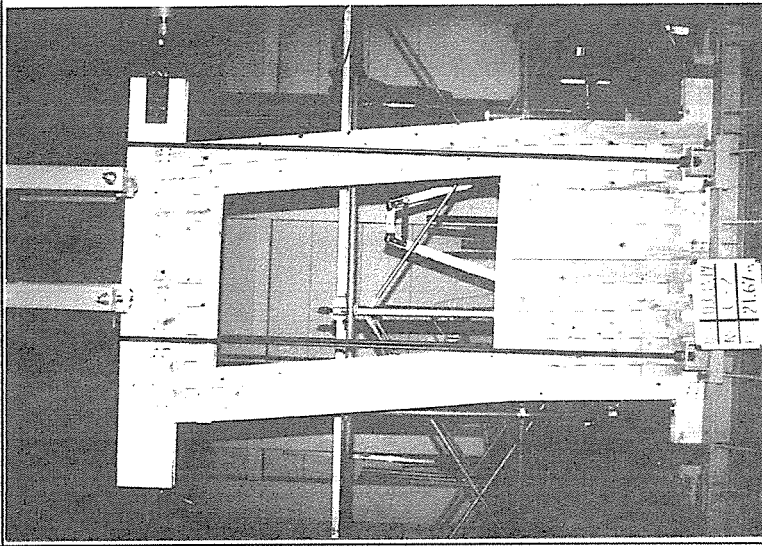
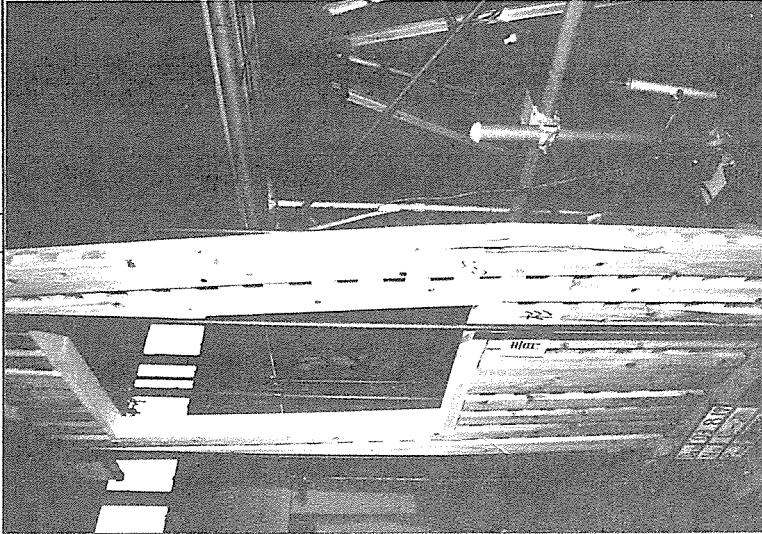
依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 19 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月19日 試験体記号 B-3</p>	
<p>概要説明 試験終了後 $P_{max}=23.05kN$</p>	
<p>写真番号 20 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月19日 試験体記号 B-3</p>	
<p>概要説明 加力側でパネルの縦スギ板の曲げ破壊。</p>	
<p>写真番号 21 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月19日 試験体記号 B-3</p>	
<p>概要説明 写真番号20の裏側の状況。</p>	

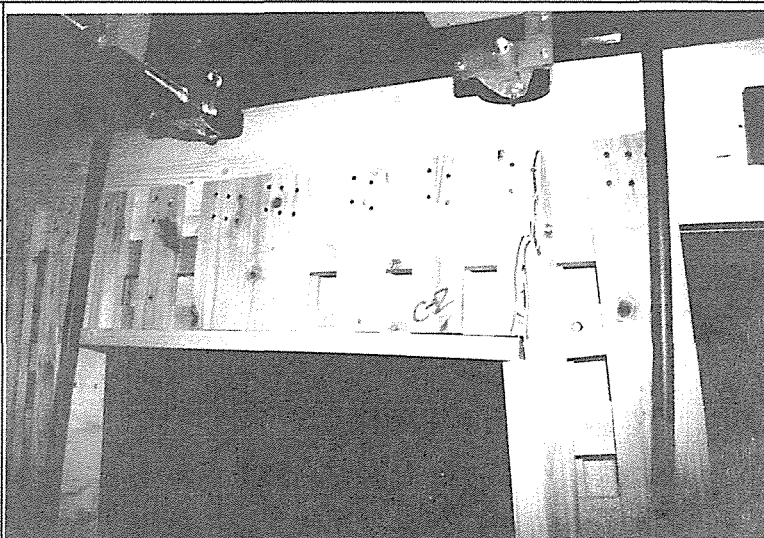
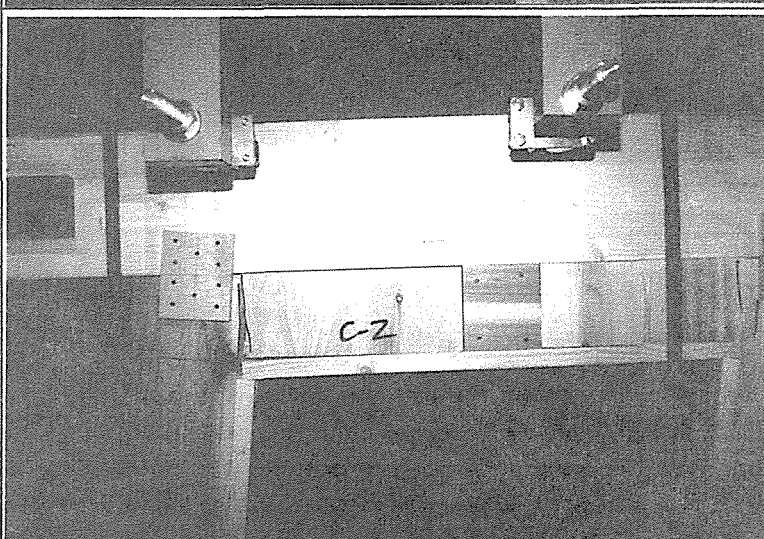
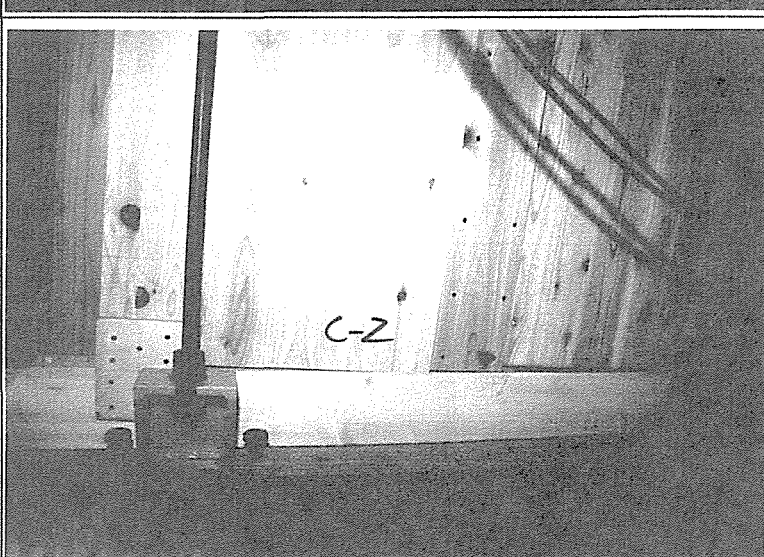
依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 22</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 C-1</p>	
<p>概要説明</p> <p>開口を有するスギ挽板接着パネル壁の面内せん断試験前の状況。 (開口部寸法；幅 784×高 1270mm)</p>	
<p>写真番号 23</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 C-1</p>	
<p>概要説明</p> <p>試験終了後。</p> <p>$P_{max}=20.87kN$</p>	
<p>写真番号 24</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 C-1</p>	
<p>概要説明</p> <p>加力側でパネルの縦スギ板の曲げ破壊。</p>	

依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 25 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月19日 試験体記号 C-1</p>	
<p>概要説明 パネル接合部のスギ板の割裂破壊。</p>	
<p>写真番号 26 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月19日 試験体記号 C-2</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>試験終了後。 $P_{max}=21.67kN$</p>	
<p>写真番号 27 依頼番号依15-151 実験日 平成15年8月19日 試験体記号 C-1</p>	
<p>概要説明 加力側でパネルの縦スギ板の曲げ破壊。</p>	

依15-151 (財) 日本住宅・木材技術センター

<p>写真番号 28</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 C-2</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>開口上部コーナーより割裂破壊。</p>	
<p>写真番号 29</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 C-2</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>写真番号28の裏側の状況。</p>	
<p>写真番号 30</p> <p>依頼番号依15-151</p> <p>実験日 平成15年8月19日</p> <p>試験体記号 C-2</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>脚部裏側の状況。</p> <p>パネルの浮き上がり、ズレ。</p>	

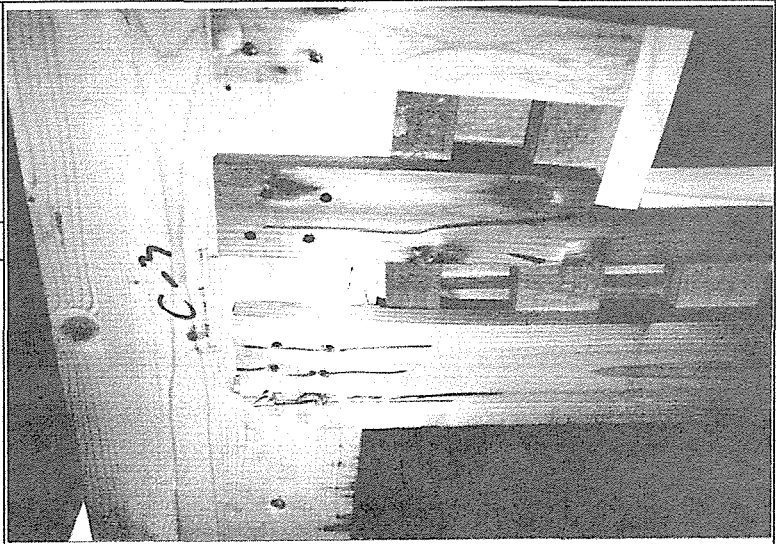
依15-151 (財) 日本住宅・木材技術センター

写真番号 31
依頼番号依15-151
実験日
平成15年8月19日
試験体記号
C-3

概要説明

試験終了後。

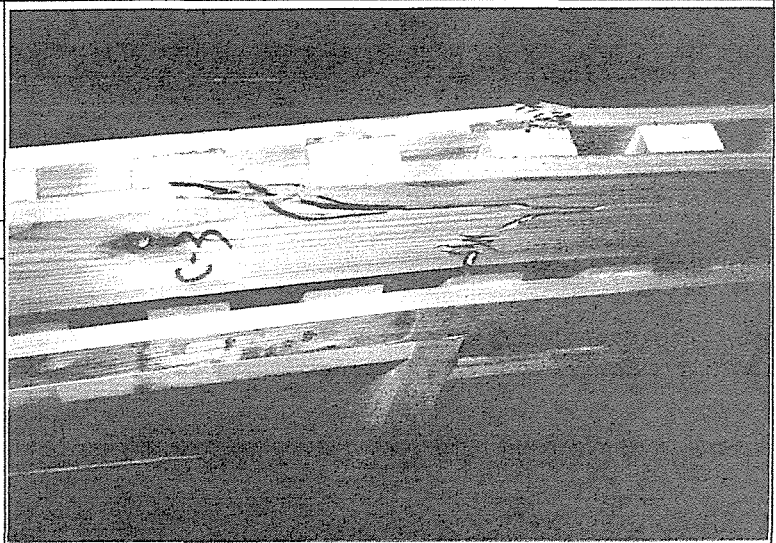
$P_{max}=22.46kN$



写真番号 32
依頼番号依15-151
実験日
平成15年8月19日
試験体記号
C-3

概要説明

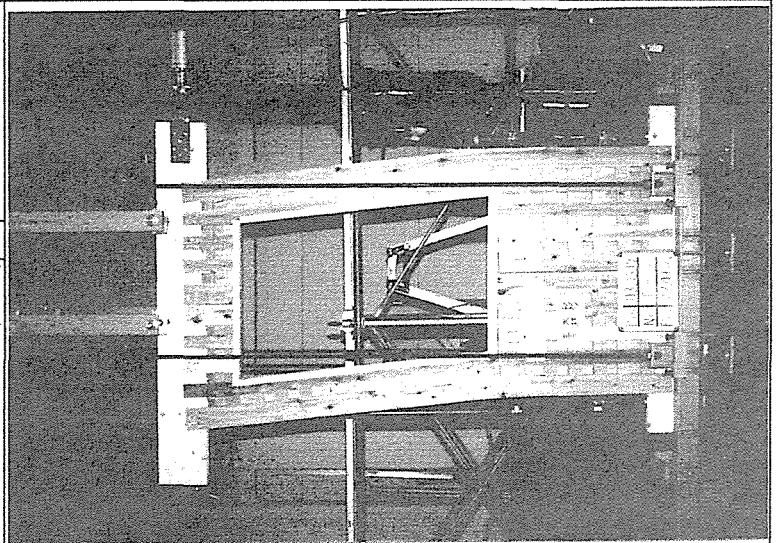
加力側でパネルの縦スギ板の曲げ破壊。



写真番号 33
依頼番号依15-151
実験日
平成15年8月19日
試験体記号
C-3

概要説明

反加力側上横架材でくぎによるパネルの縦スギ板の割裂破壊。



依15-151 (財)日本住宅・木材技術センター

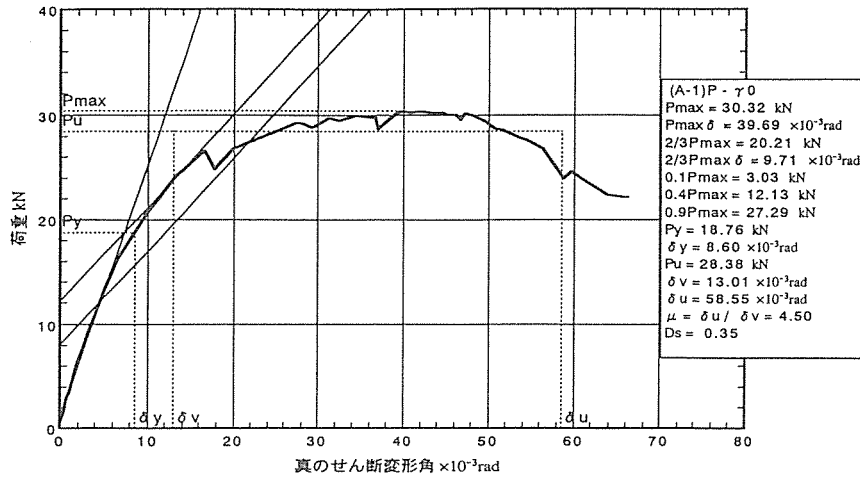


図 5. 1 : A-1 の荷重-変形角包絡線

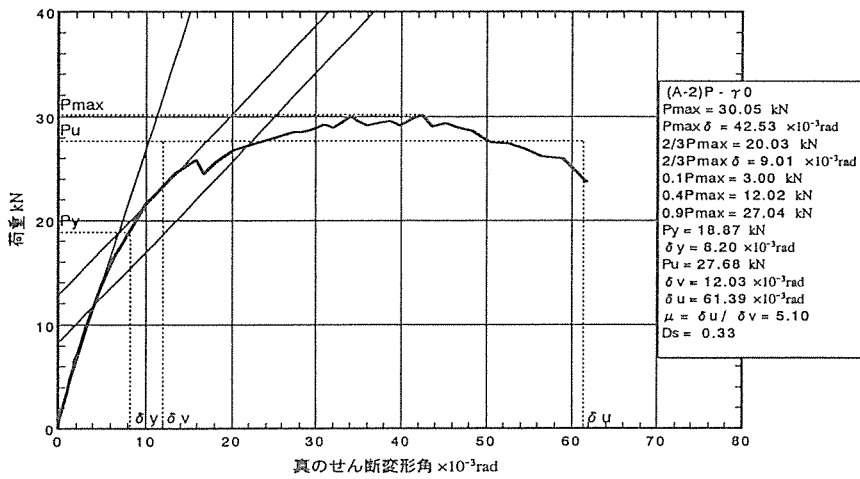


図 5. 2 : A-2 の荷重-変形角包絡線

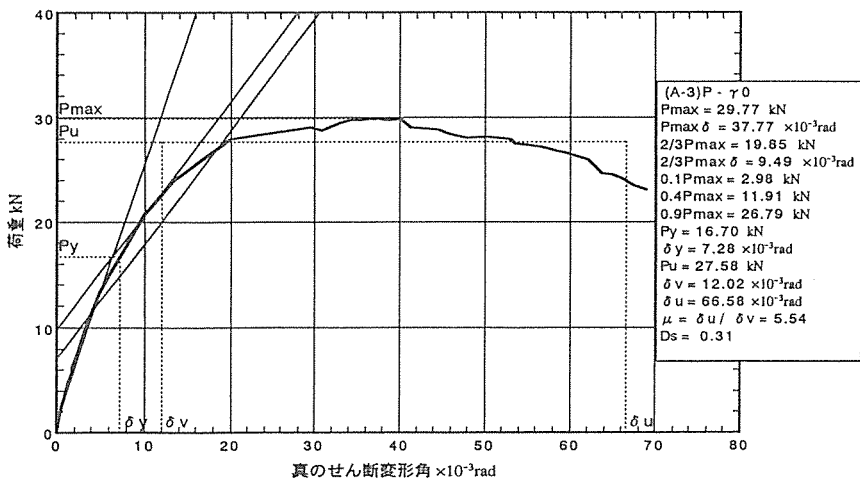


図 5. 3 : A-3 の荷重-変形角包絡線

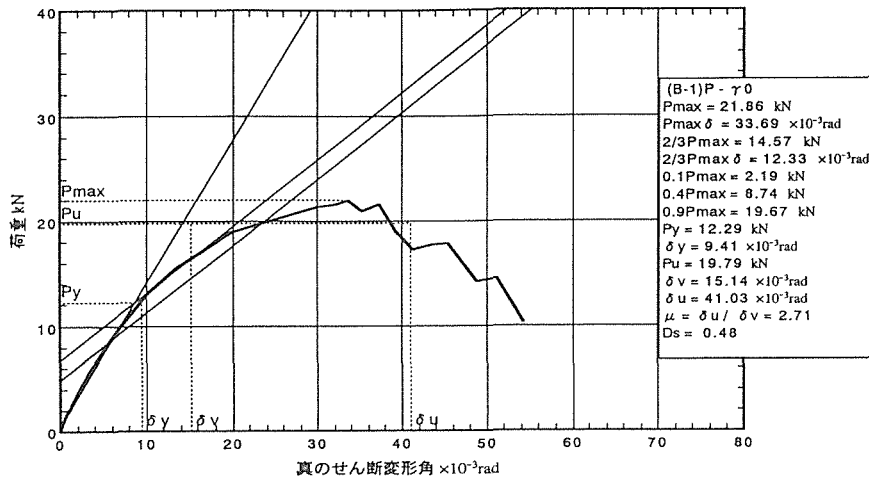


図 5. 4 : B-1 の荷重-変形角包絡線

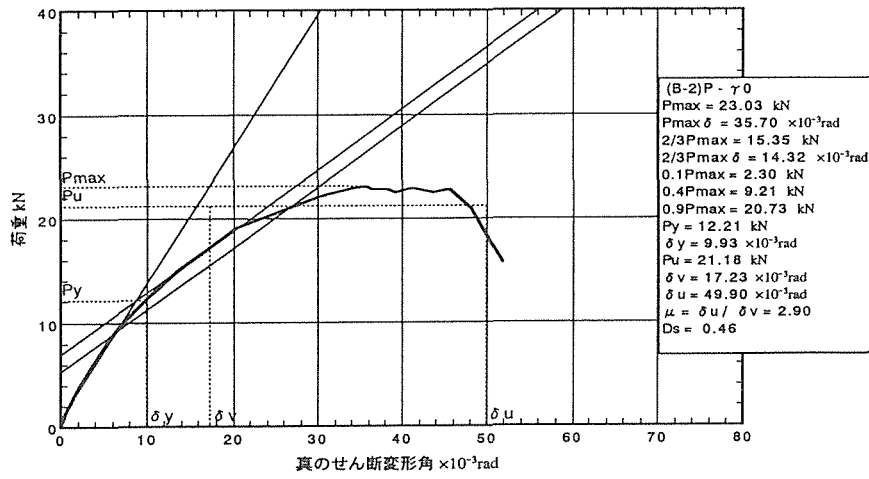


図 5. 5 : B-2 の荷重-変形角包絡線

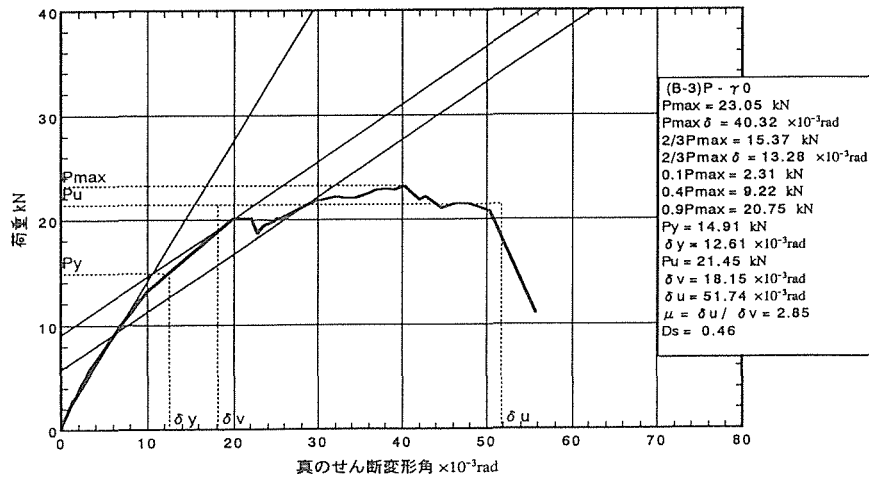


図 5. 6 : B-3 の荷重-変形角包絡線

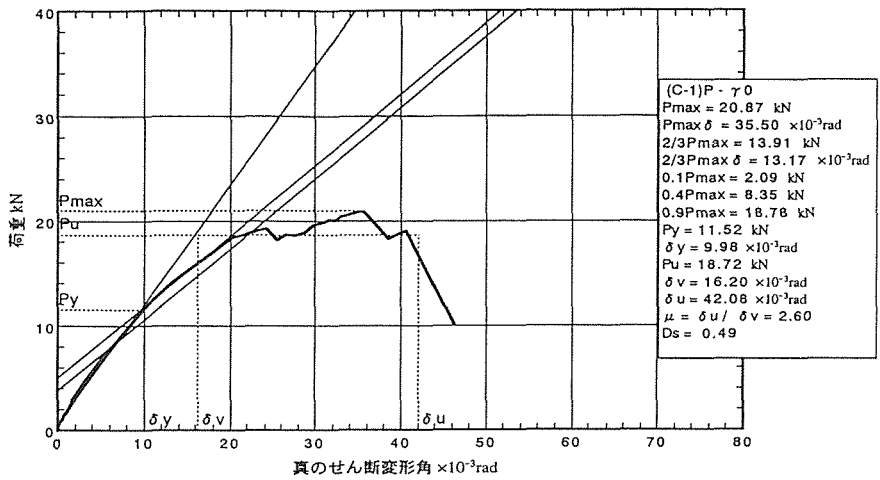


図 5. 7 : C-1 の荷重-変形角包絡線

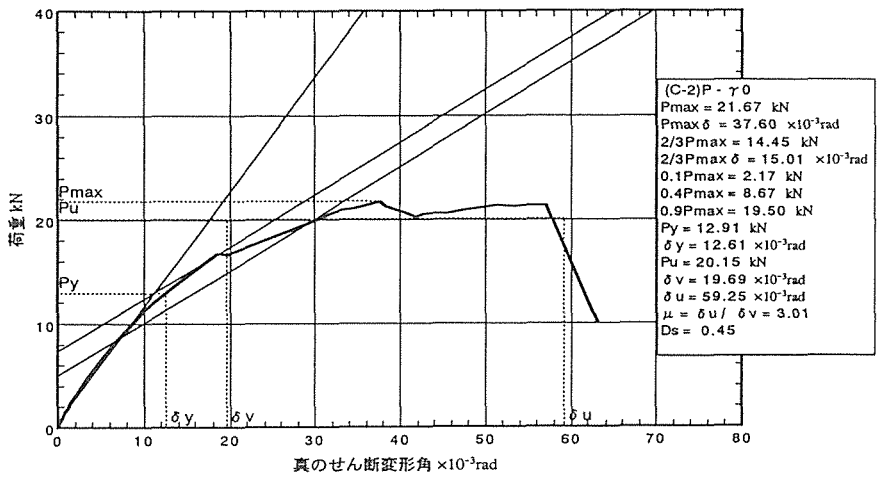


図 5. 8 : C-2 の荷重-変形角包絡線

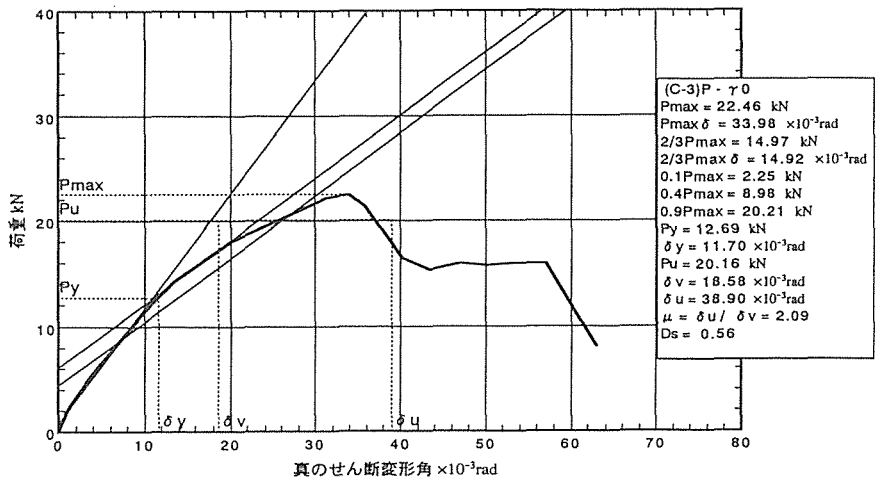


図 5. 9 : C-3 の荷重-変形角包絡線