

平成 15 年 6 月 20 日
営業開発部

荒壁パネル木造耐力壁の 耐震性能に関する技術資料

京都の街並みを支えつづける左官の老舗

株式会社 丸浩工業

Maruhiro Industrial Co., Ltd

〒612-0029 京都府京都市伏見区深草西浦町1-49

E-mail :maruhiro@maruhiro.jp URL :<http://maruhiro.jp>

Tel :075-641-4405 Fax :075-641-8810

目次

1. はじめに	3
2. 載荷式静的面内せん断実験	
2.1 試験体概要	3
2.2 実験方法	9
実験形式	
境界条件	
鉛直載荷重量	
水平載荷スケジュール	
2.3 実験結果 (荷重変形関係と破壊性状)	
試験体 No.1(105 角棧下地構法_下地:ペイマツ)	10
試験体 No.2(105 角貫構法)	12
試験体 No.3(120 角棧下地構法)	14
試験体 No.4(120 角貫構法)	16
試験体 No.5(105 角棧下地構法_下地:スギ)	18
3. 壁倍率の算定	20

謝辞

1.はじめに

本稿では、荒壁パネルの木造耐力壁(壁倍率)国土交通大臣認定申請に向けて京都大学防災研究所に行った当社予備実験について報告する。

2.載荷式 静的面内せん断試験

2.1 試験体の概要

表 1 に、本実験で用いた試験体の仕様を、写真 1、図 1 に本実験でのパネルの張り方を、図 2～図 6 に本実験で用いた各試験体の立面図を示す。本実験で用いた試験体は、当社推奨の施工要領に従い製作した。

表 1 試験体の仕様

試験体No	軸組の仕様			下地の仕様			木小舞の仕様
	柱(スギ)	桁 (ベイマツ)	土台(スギ)	貫	受け材	縦・横棧	
No.1	105角	240*105	105角		30*30(ベイマツ)	60*30(ベイマツ)	断面寸法 36*6 (スギ) 長手5本@120 (端あき60) 短手12本@150 (端あき75)
No.2	105角	240*105	105角	105*18 (スギ)	30*18(ベイマツ)		
No.3	120角	240*120	120角		30*30(ベイマツ)	60*30(ベイマツ)	
No.4	120角	240*120	120角	105*18 (スギ)	30*18(ベイマツ)		
No.5	105角	240*105	105角		30*30(スギ)	60*30(スギ)	

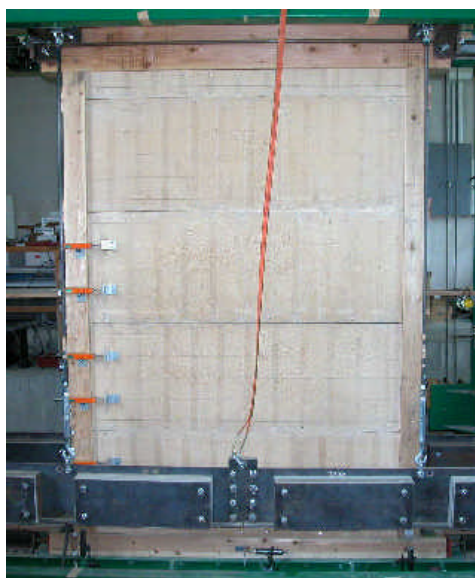


写真 1 パネルの張り方

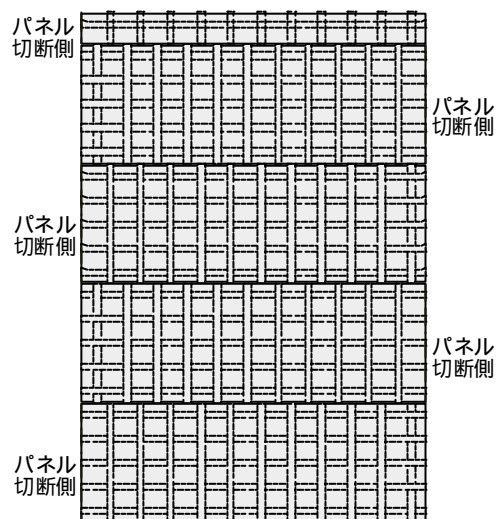


図 1 荒壁パネルの切断と張り方

本実験に使用したパネルには、施工精度向上のためあらかじめ小舞位置を示すグリッドを添付した。今後塗り下地となるパネルには、すべてこのグリッドが付けられる。パネルは全試験体片面張りとし、切断面が互い違いになるように積み上げ、縦の小舞と下地の水平部材、横の小舞と下地の鉛直部材をコースレッド45で留めつけた。

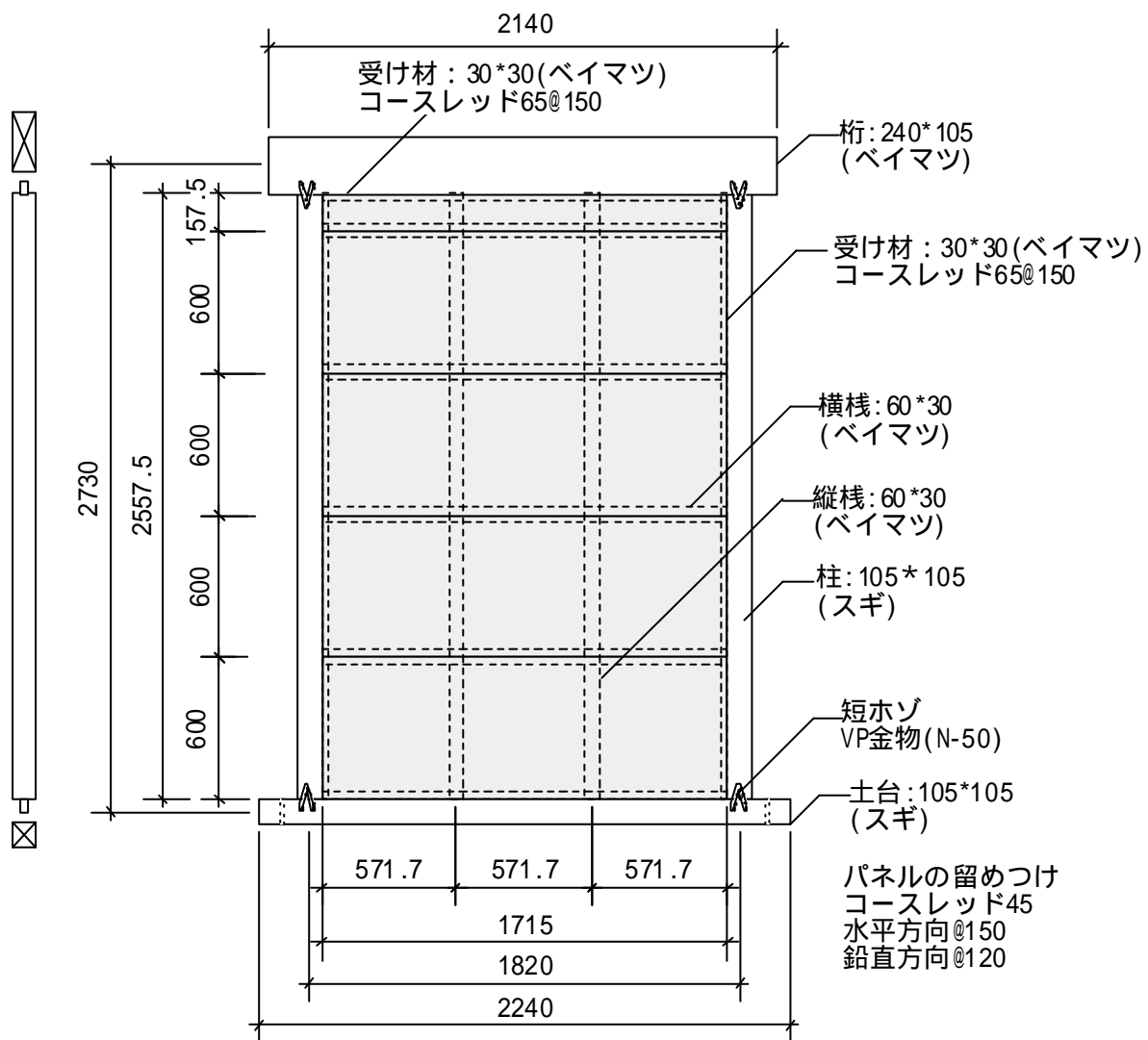


図2 試験体 No. 1 桟下地(ベイマツ)構法_105 角短ホゾ+ VP 金物

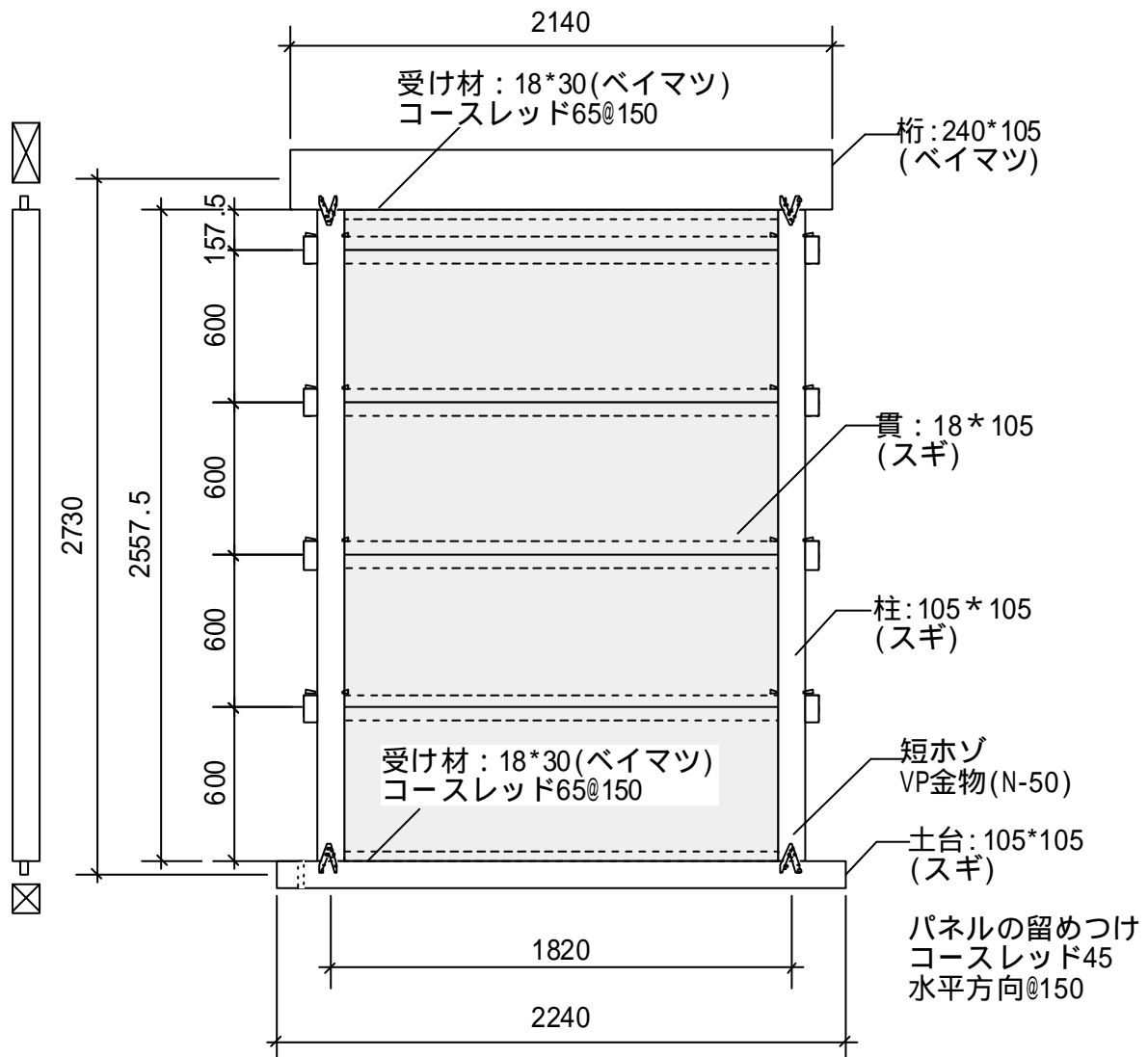


図3 試験体 No.2 貫構法_105 角短ボルト + VP 金物

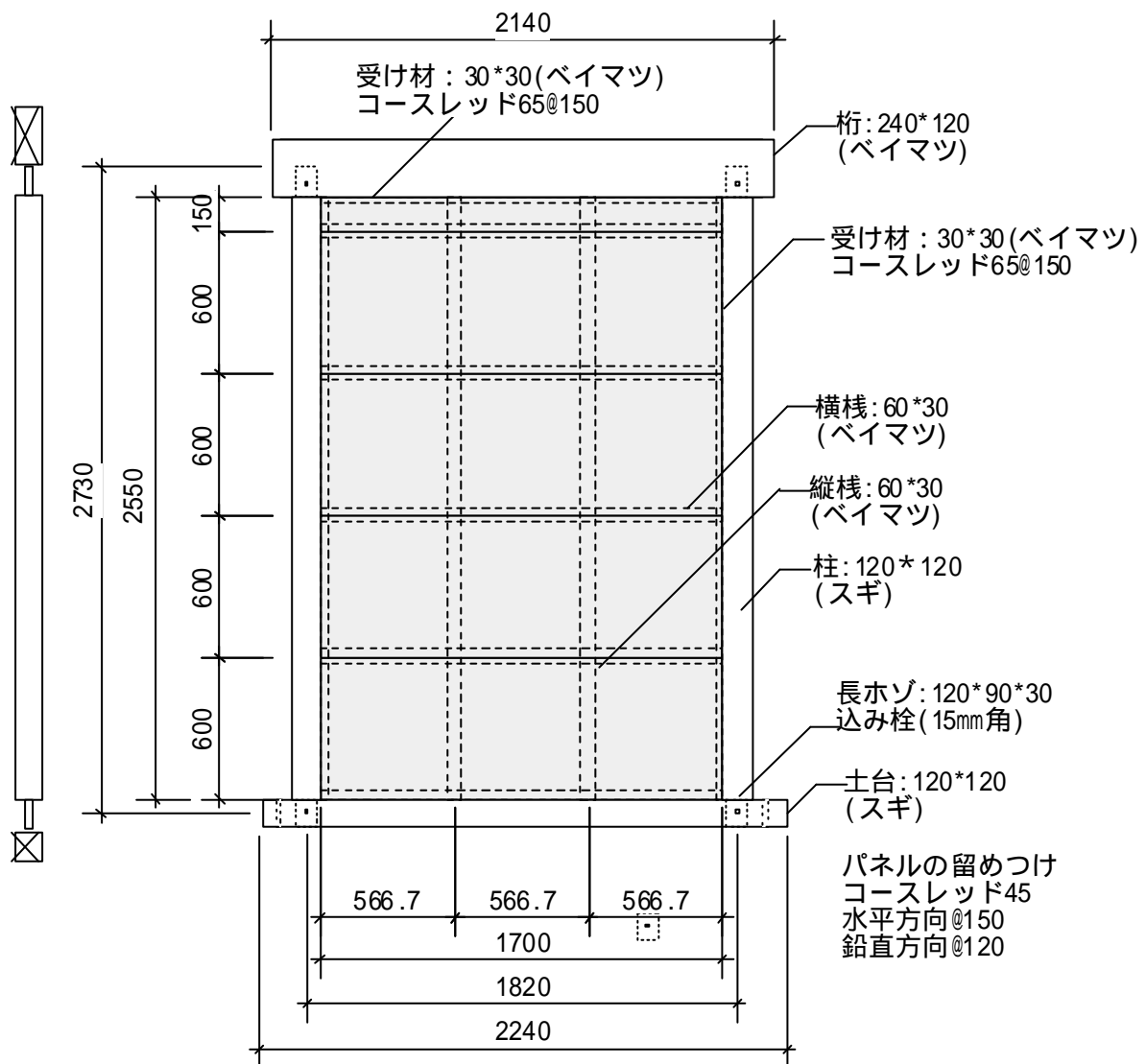


図4 試験体 No.3 桟下地構法_120 角長ホゾ+込み栓

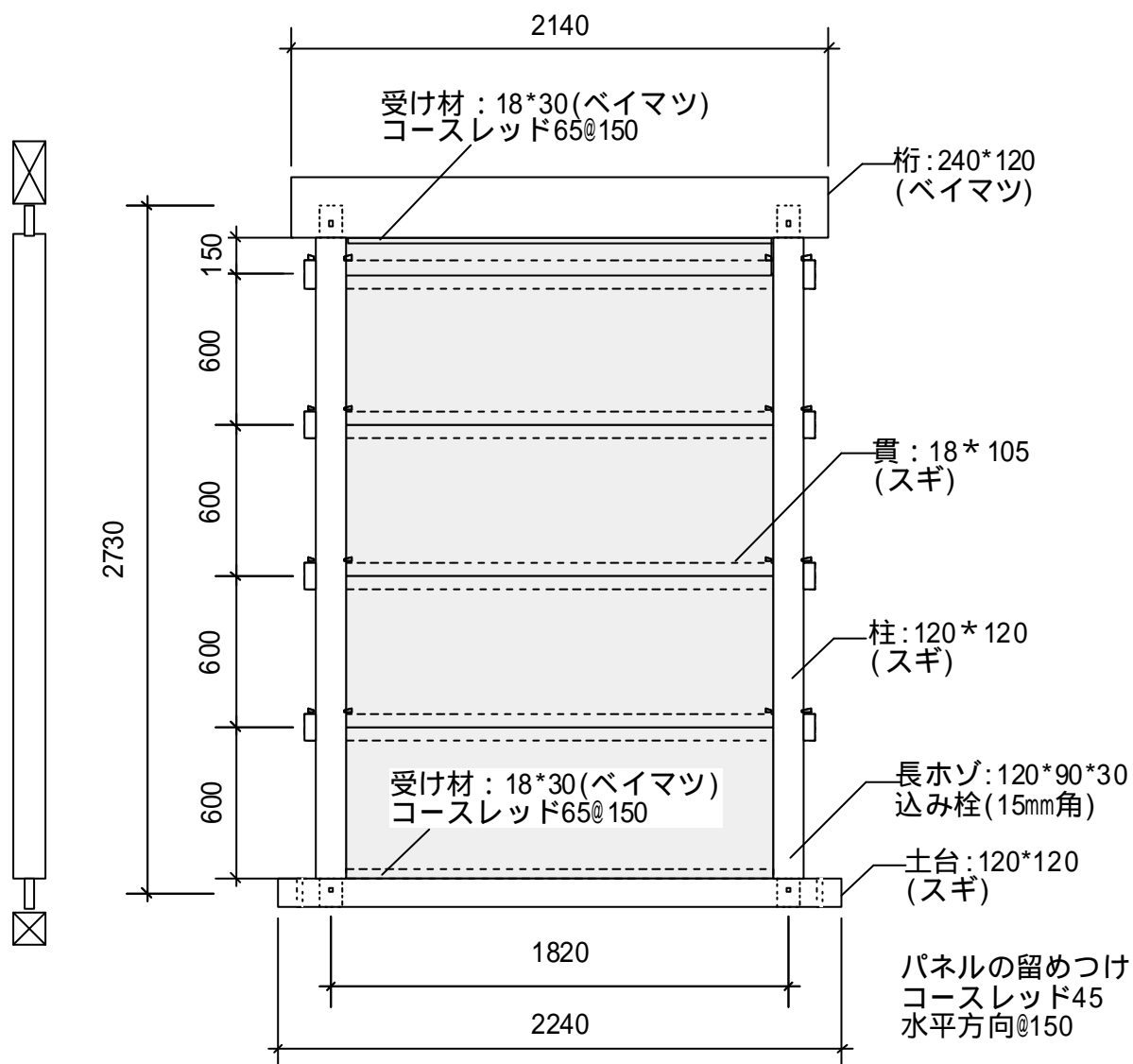


図5 試験体 No.4 貫構法_120 角長ホゾ+込み栓

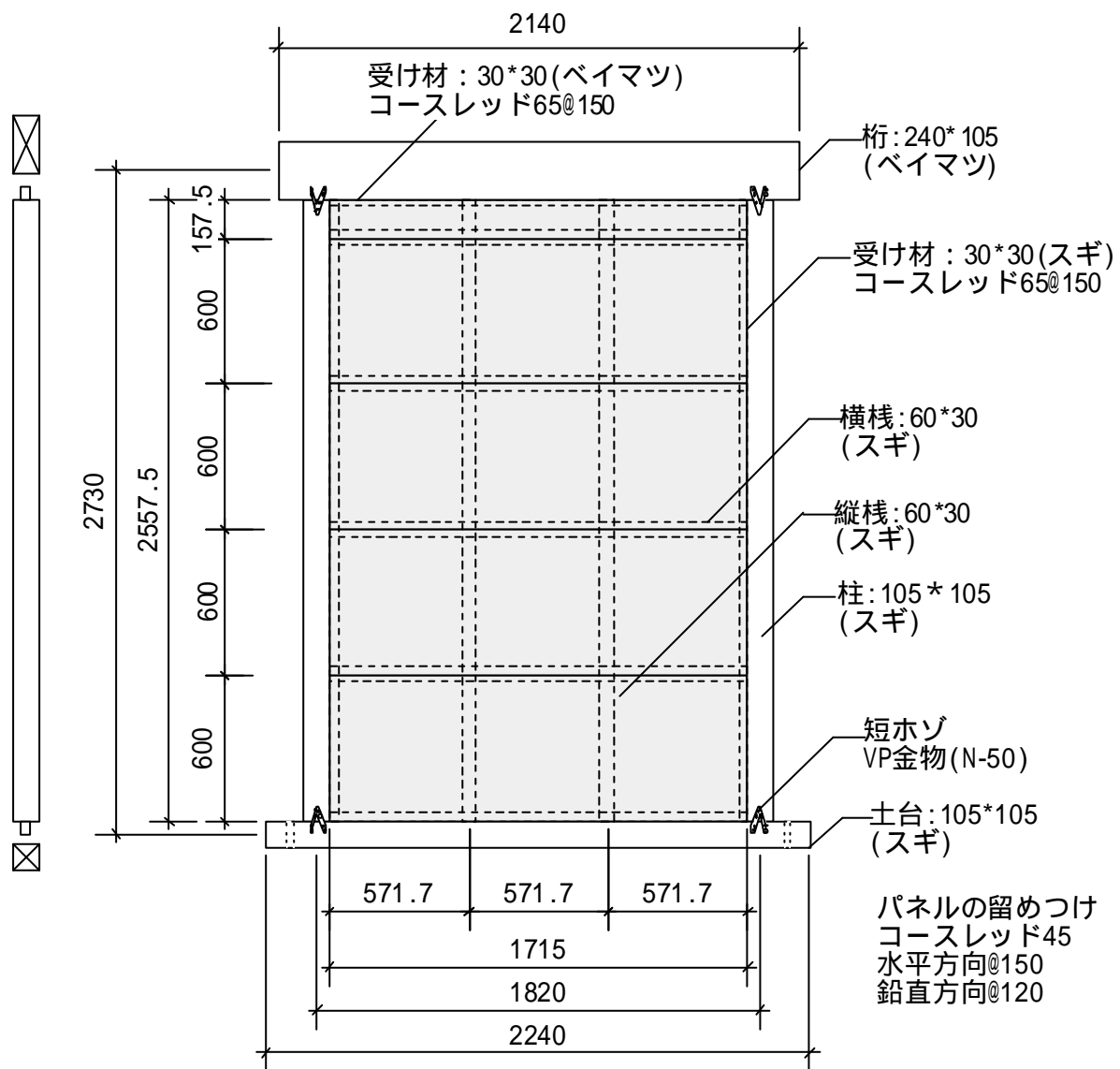


図6 試験体 No.5 棧下地(スギ)構法_短ボルト+ VP 金物

試験体 No.5 は、試験体 No.1 と寸法は同じとし、下地の材種を全て杉に代えたもの。

2.2 実験方法

以下に実験方法の概要を示す。

実験形式 : 載荷式(載荷冶具を柱直上の桁部分に取り付け、両端ピンとした吊棒で載荷)

境界条件 :

- ・土台は、アンカーボルトで反力フレームに緊結
- ・水平方向のすべりは、ストッパーで固定
- ・面外方向の変形は、振れ止めによって拘束

鉛直載荷重量 21kN

水平載荷スケジュール : $\pm 1/450$ 、 $\pm 1/300$ 、 $\pm 1/200$ 、 $\pm 1/150$ 、 $\pm 1/100$ 、 $\pm 1/75$ 、 $\pm 1/50$ 、 $\pm 1/30$ 、 $\pm 1/30$ 、 $\pm 1/20$ 、 $\pm 1/15$ 、 $\pm 1/10$ 、 $+1/7$ [単位 : rad]

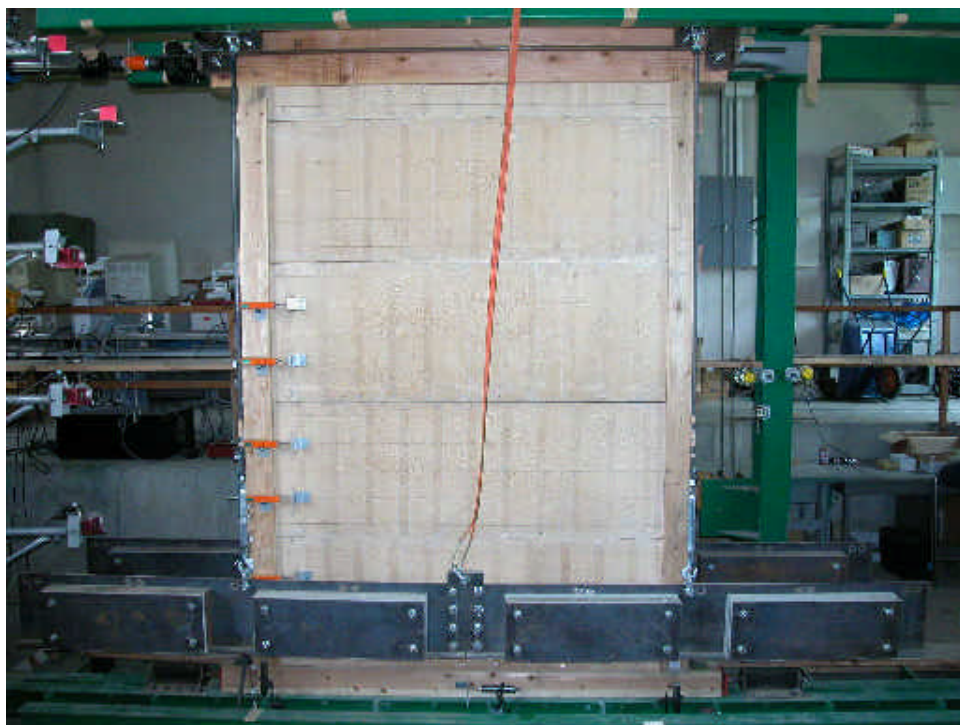


写真2 試験体の設置状況

2.3 実験結果

以下に各試験体の頂部水平荷重 - 真のせん断変形角関係及び損傷状況を示す。

試験体 No.1 [105 角栈下地構法]

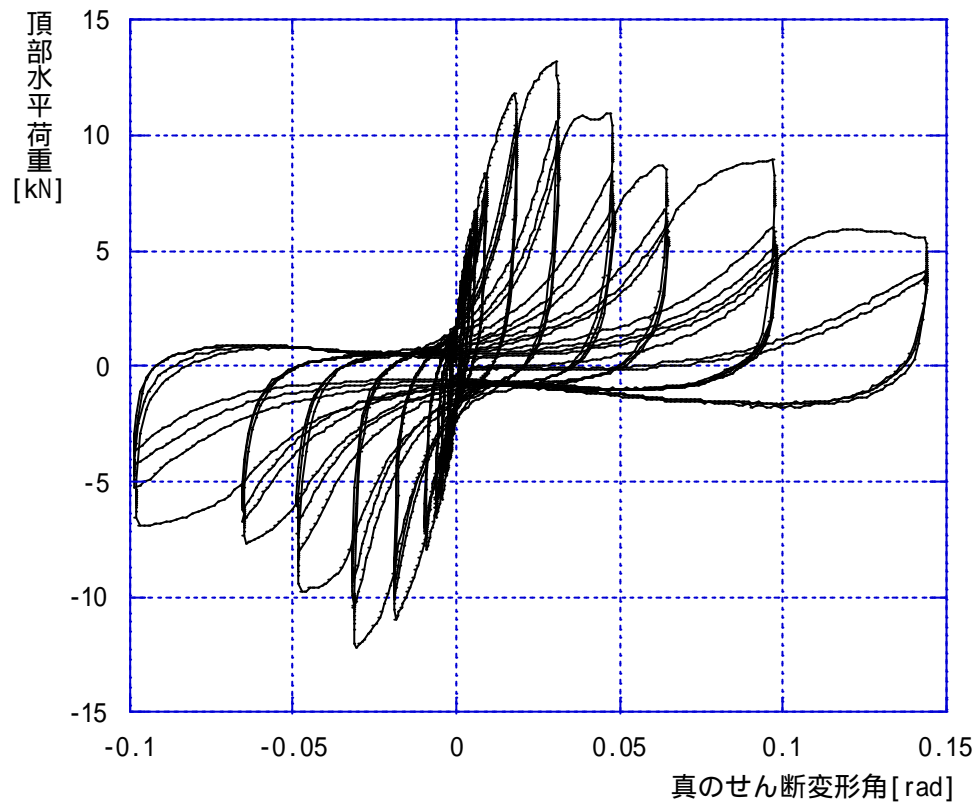


図 7 No.1 試験体 頂部水平荷重 - 真のせん断変形角関係

損傷状況

- | | |
|------------------|--|
| 1 / 200, 1 / 150 | : 壁体の変形に伴うパネルの水平方向のズレを目視で確認 |
| 1 / 100 | : パネル同士のズレが顕著に見られる |
| 1 / 50 | : パネル隅角部の割裂 |
| 1 / 30 | : パネルの同士のズレが大きくなりパネル縁端部では、下地(柱部分受け材)が見える程に変形。
パネル縁端のファスナー部分で割裂。小舞に沿ってパネルに亀裂が入る。 |
| 最大耐力発現変形角 | |
| 1 / 20 | : 前のサイクル迄の変形がより大きくなる。パネル - 横栈のファスナ部分でパネルの割裂や、ビスの破断が生じパネルが面外へ変形した。パネルと柱の接触部分では、パネルが、局部的に面外座掘を起こす。 |
| 1 / 15 | : 前のサイクル迄の変形がより大きくなる。柱部分の受け材とのファスナーは、抵抗していないように見える。 |
| 1 / 10 | : 各パネル上端、下端の縁端部いずれかが横栈と完全に離れ、パネルはせん断抵抗していないように見える。栈の交点でのめり込み抵抗が主。そのためか 1 / 15 より高い耐力を示している。 |
| 1 / 7 | : パネルは、抵抗していない軸組の抵抗のみ。 |

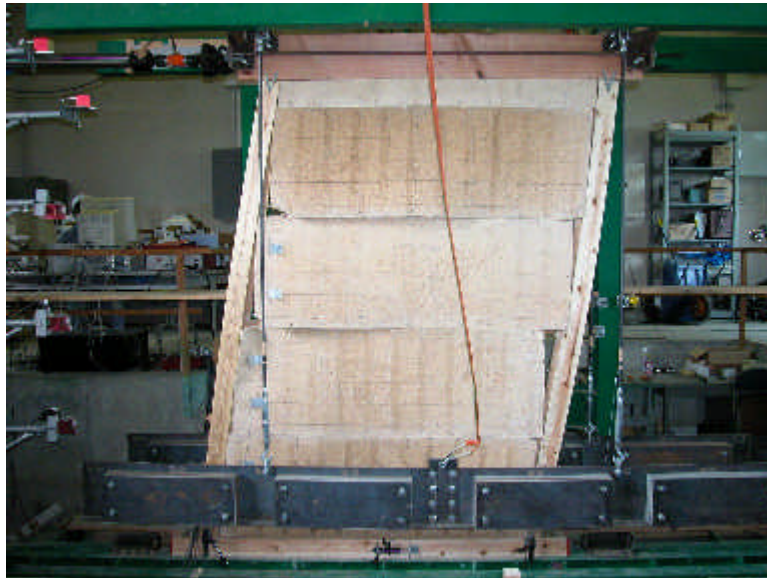


写真3 最終損傷状況(1 / 7rad)



写真4 パネル隅角部の割裂 (1 / 20rad)



写真5 パネル - 柱部分受け材ファスナー部分の損傷 (1 / 20rad)



写真6 横棧の抜け(1/15rad)

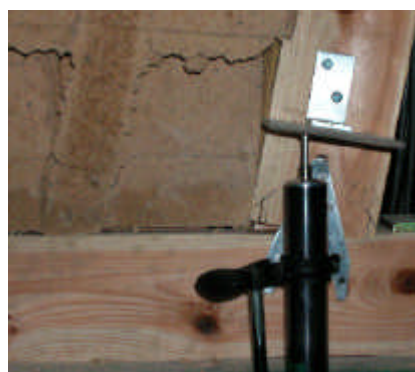


写真7 パネルの亀裂(1/7rad)



写真8 ピスの破断(解体後)

試験体 No.2 [105 角貫構法]

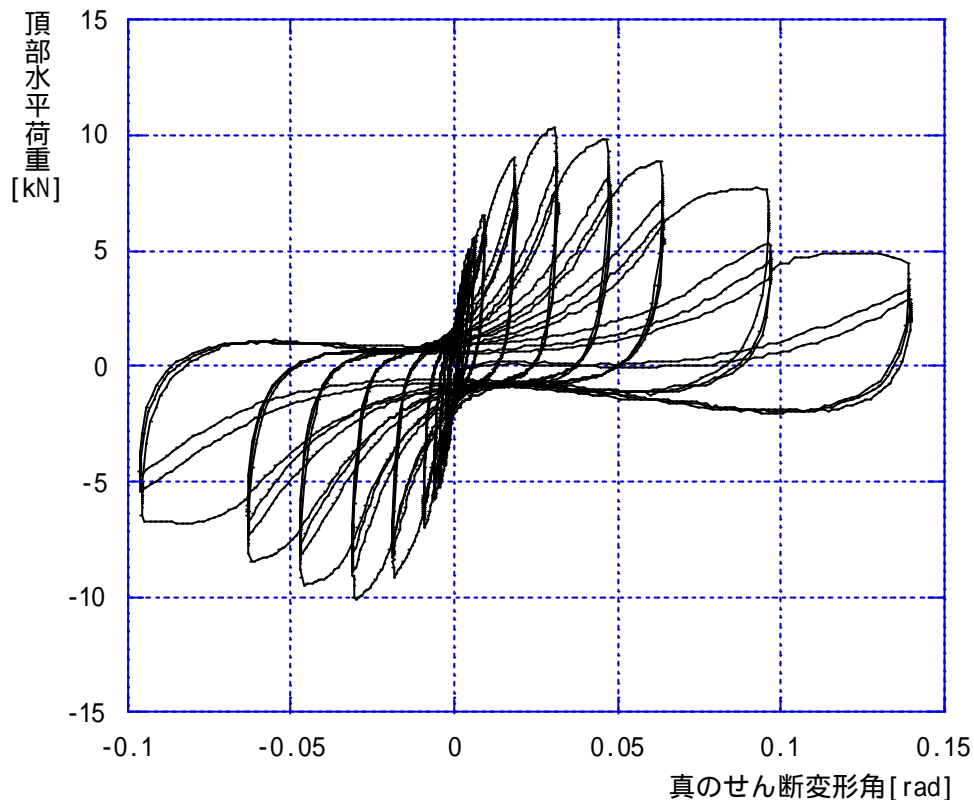


図 8 No.2 試験体 頂部水平荷重 - 真のせん断変形角関係

損傷状況

- 1 / 200, 1 / 150 : 壁体の変形に伴うパネルの鉛直、水平方向のズレを目視で確認
- 1 / 100 : パネル同士のズレが顕著に見られる
- 1 / 50 : 水平方向のパネル同士のズレが顕著に見られる。
- 1 / 30 : パネル隅角部の割裂。下層の 2 枚のパネルに小舞に沿って格子状の亀裂が入る。

最大耐力発現変形角

- 1 / 20 ~ 1 / 15 : 前のサイクル迄の変形がより大きくなる。パネル - 横棧のファスナ部分でパネルの割裂や、ビスの破断が生じパネルが面外へ変形しだす。パネルと柱の接触部分では、パネルが、局部的に面外座掘を起こす。上層のパネルにも小舞に沿った格子状の亀裂が入る。
- 1 / 10 : 部分的にファスナーが外れパネルは面外座掘、面内曲げ変形を起こす。
- 1 / 7 : パネルは、抵抗していない軸組の抵抗のみ。

備考：

No.2 の試験体は、パネルが全体的に湿っていたため、他の試験体と比較して小舞部分でのパネルの割裂が顕著だった。

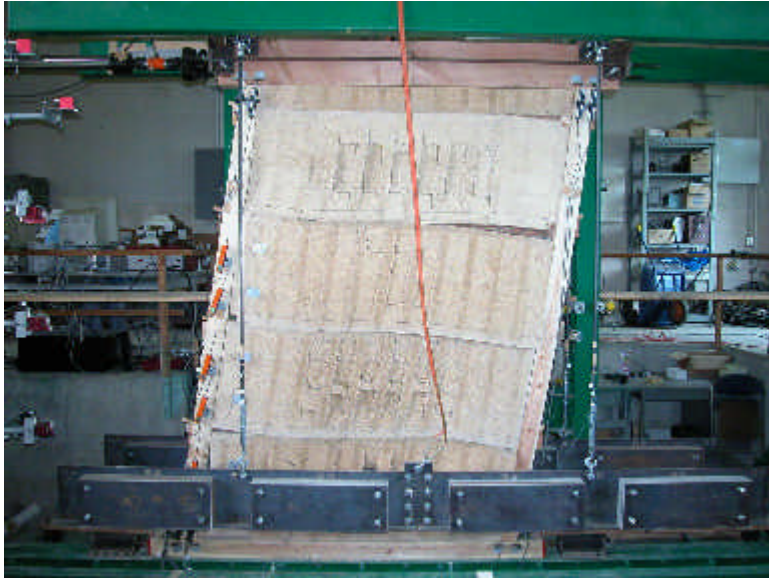


写真 9 最終損傷状況(1 / 7rad)



写真 10 パネルの亀裂(1 / 30rad)



写真 11 壁体の変形に伴うパネルのズレ
(1 / 20rad)

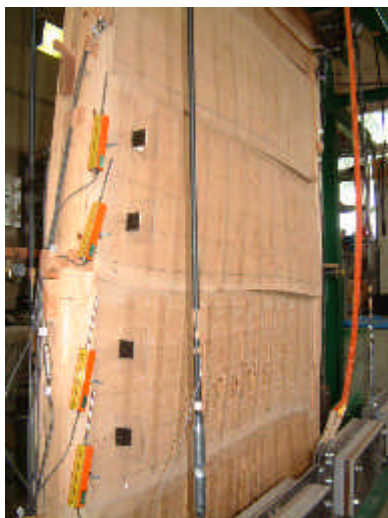


写真 12 パネルの亀裂・面外、面内変形



写真 13 試験体 No.1 に比べパネルの破壊が顕著であり破断しているビスは少ない(解体後)

試験体 No.3 [120 角枠下地構法]

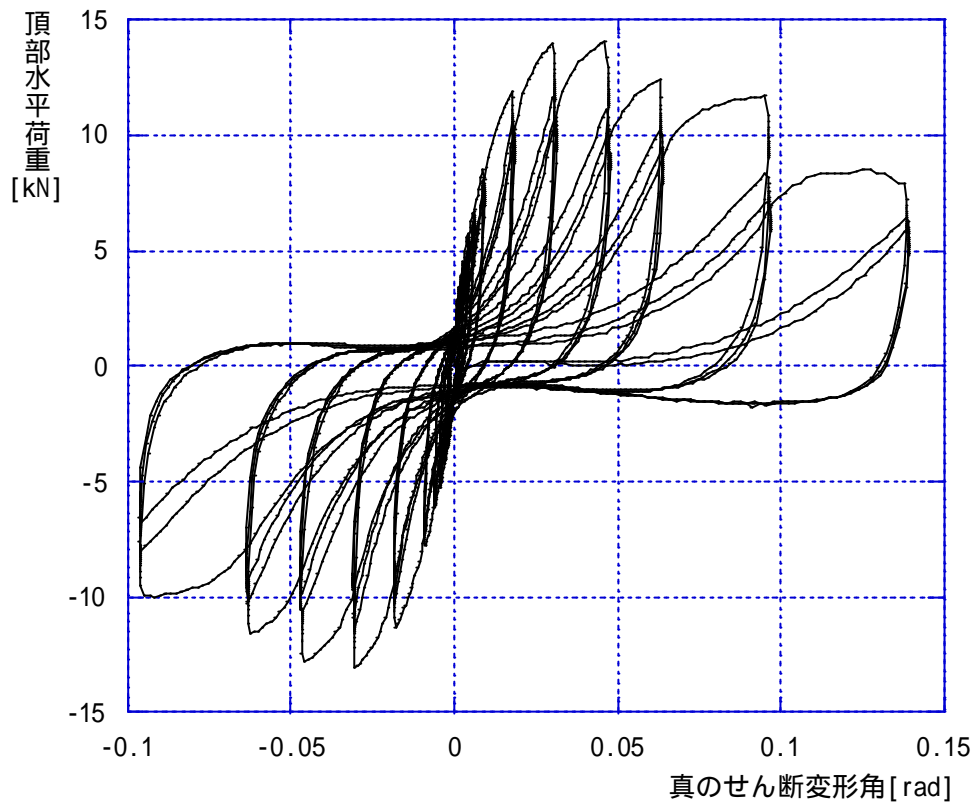


図 9 No.3 試験体 頂部水平荷重 - 真のせん断変形角関係

損傷状況

- 1 / 100 : 壁体の変形に伴うパネル同士のズレを目視で確認
- 1 / 50 : 水平鉛直方向ともパネル同士のズレが顕著に見られる。パネル隅角部の割裂。
- 1 / 30 : 中間部パネルで小舞部分に亀裂。込み栓部分でめり込み、摩擦音
最大耐力発現
- 1 / 20 ~ 1 / 15 : パネルの亀裂が進行。ほぼ全てのパネルに小舞部分の亀裂が生じる。パネルの面外変形。
1 / 30 ~ 1 / 20 大きな耐力低下は、見られない。
- 1 / 10 : 部分的にファスナーが外れパネルが面外変形を起こす。パネルの亀裂が進みパネル内部の小舞が露出する。
- 1 / 7 : パネルは、抵抗していない軸組の抵抗のみ。

備考：

解体後の観察から、No2 に比べてビスの折損は多かった。ビスが折損している部分は隅角部、縁端部、内部とまちまちであった。また、軸組の損傷としてホゾの込み栓部分で割裂がみられた。

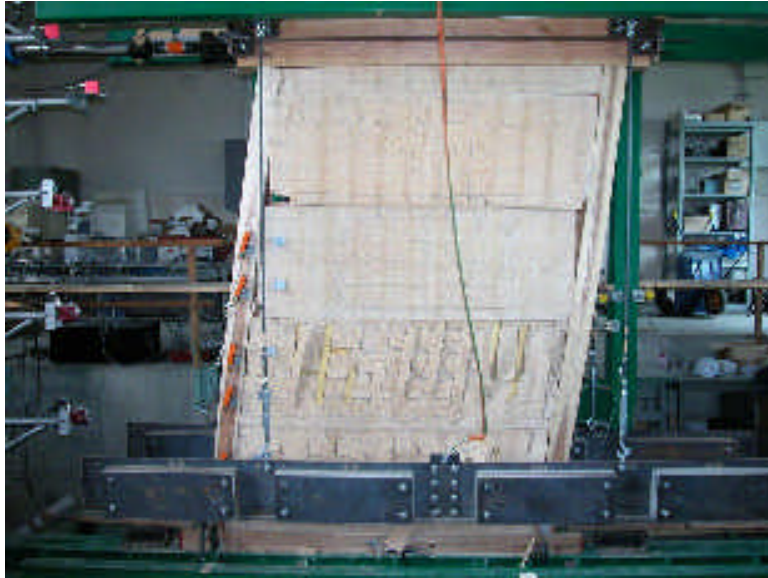


写真 14 最終損傷状況(1 / 7rad)



写真 15 パネル隅角部の割裂(1 / 30rad)



写真 16 横棧の抜けとパネルの面外変形(1 / 7 rad)



写真 17 パネルの面外変形 1 / 7rad)

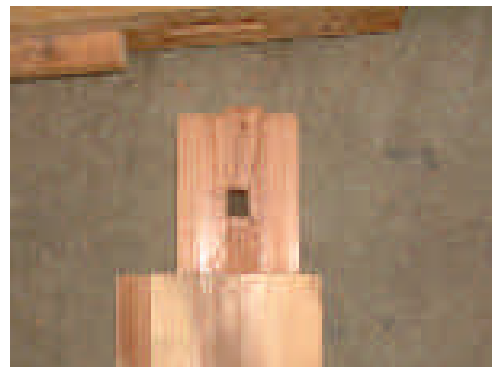


写真 18 込み栓部分の割裂

試験体 No.4 [120 角貫構法]

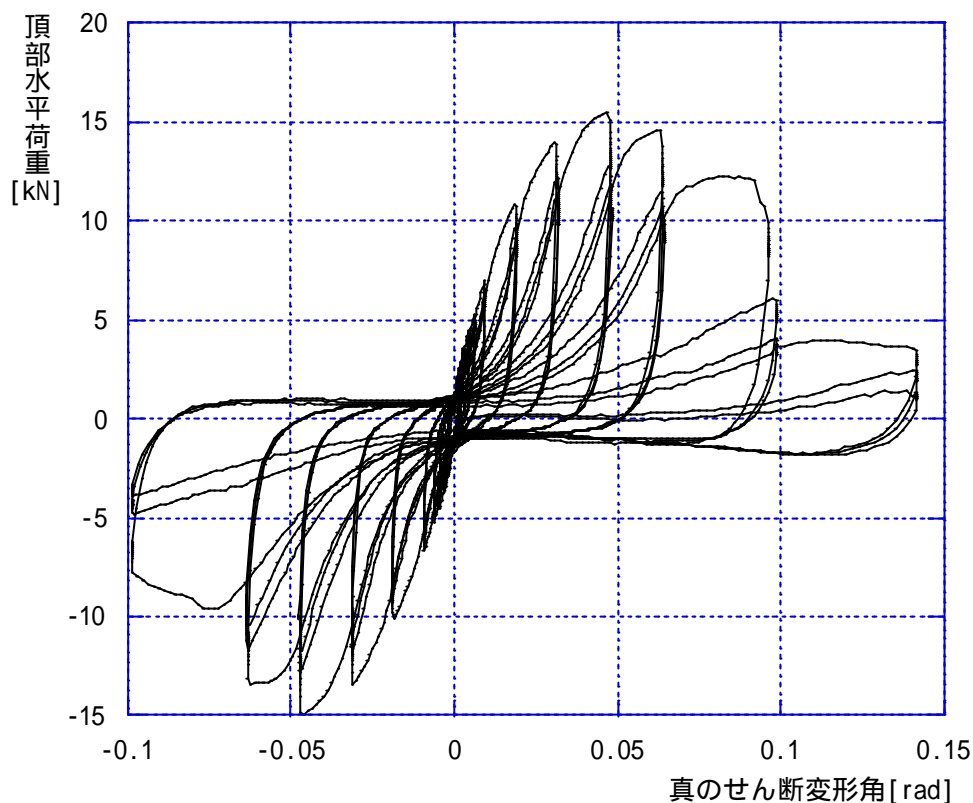


図 10 No.4 試験体 頂部水平荷重 - 真のせん断変形角関係

損傷状況

- 1 / 100 : 壁体の変形に伴うパネル同士のズレを目視で確認
- 1 / 50 : 水平鉛直方向ともパネル同士のズレが顕著に見られる。パネル隅角部の割裂。
- 1 / 30 ~ 1 / 20 : パネルの割裂が進行。 1 / 20rad で最大耐力発現
- 1 / 15 : 中間部パネルで小舞部分に亀裂。パネルの面外変形。
- 1 / 10 : 中間部のパネルでファスナー部分が全て損傷しパネルが脱落。他の部分では、パネル隅角部が柱との接触によって局部的に大きく変形を起こしている。マイナス側でホゾの折損が起こり大きく耐力低下。
- 1 / 7 : 全てのパネルで上端下端いずれかのファスナー部分が損傷しパネルはせん断抵抗に寄与していない。また 1 / 10 におけるホゾの折損により耐力は、急激に低下している。

備考：

No4 試験体は、土台部分でビスの破断が見られたものの全体的には、ビスが破断している部分が少なく、下地の貫が接合具の横滑りによりめり込み、ビスが破断せず引き抜けているようであった。上述の4 体を通して貫構法でビスの破断が少ないのは、下地材がスギであるためと思われる。しかしながら、パネルの乾燥具合、小舞のかぶり厚によってもファスナーで破断するか、パネルがせん断破壊するか変わるため一概には言えない。

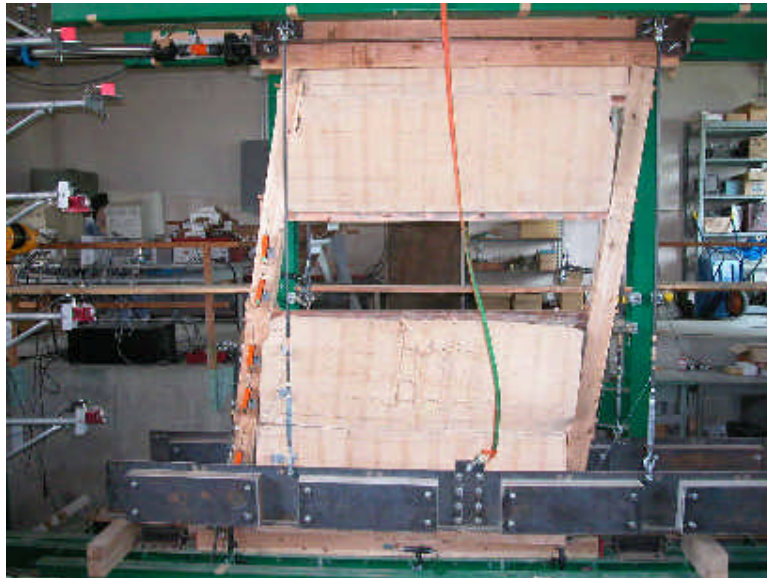


写真 19 最終損傷状況(1 / 7rad)



写真 20 パネルの面外変形(1 / 7rad)

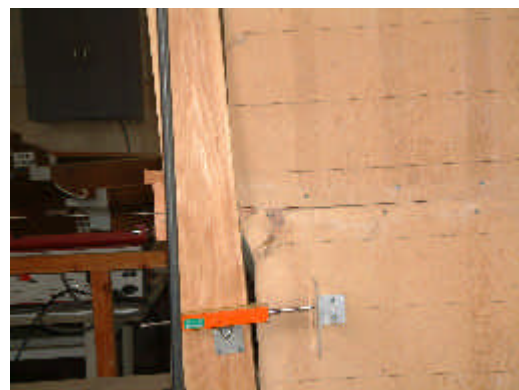


写真 21 パネルの割裂(1 / 15rad)



写真 22 破断したビスは少ない(解体後)



写真 23 ホゾの折損(解体後)

試験体 No.5(105 角栈下地構法 下地の材種 :スギ)

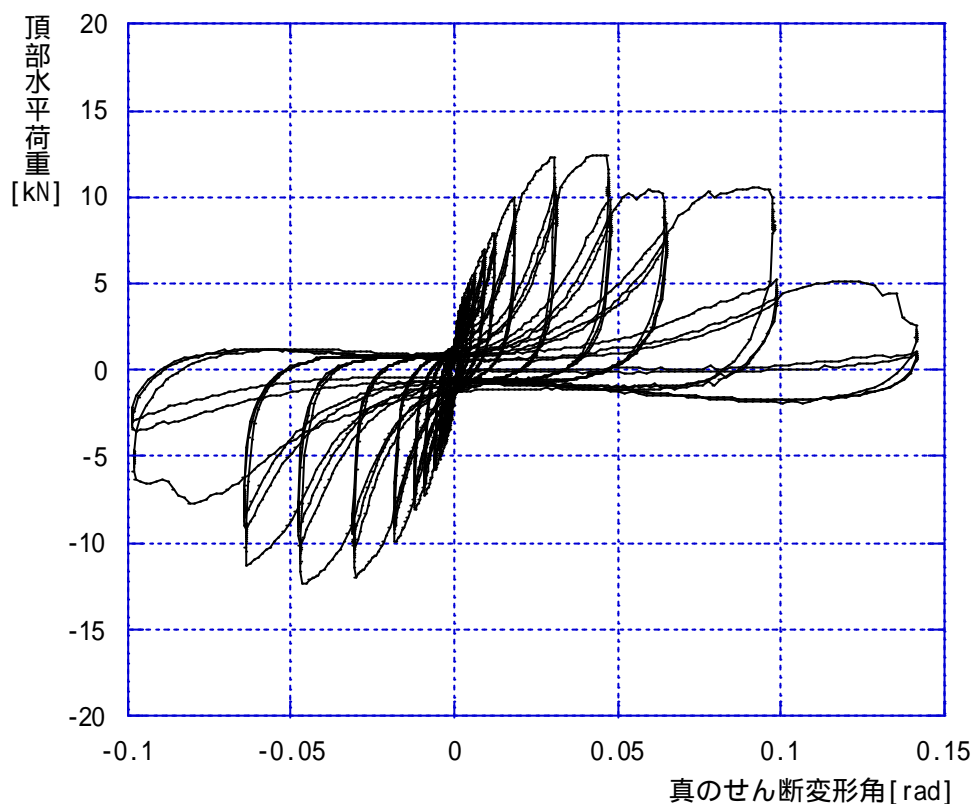


図 11 No.5 試験体 頂部水平荷重 - 真のせん断変形角関係

損傷状況

- 1 / 100 :壁体の変形に伴うパネル同士のズレを目視で確認
- 1 / 50 :水平鉛直方向ともパネル同士のズレが顕著に見られる。パネル隅角部の割裂。
- 1 / 30 ~ 1 / 20 :パネルと柱に取り付く受け材とのファスナー部分で損傷大パネルの割裂が進行。面外変形を起こし始めている。 1 / 20rad で最大耐力発現
- 1 / 15 :パネル隅角部が局部的に面外変形を起こしている。小舞部分の亀裂。
- 1 / 10 :部分的にパネルと下地のファスナー部分が破断し面外変形が大きくなる。また縦棧も面外座掘を起こしパネルが面外へはらみ出している。縦棧の座掘の影響で受け材から抜け出た横棧が原点付近でも元のホゾに収まらず柱に接触し、柱に局部的な曲げ変形が加わっている。
1 / 10rad で前のサイクルより耐力が上がっているのは、このためと思われる。
- 1 / 7 :面外にはらみ出した縦棧が折損。パネルもそれに伴い割れる。

備考:

解体後の観察で破断しているビスは、あまり見られなかった。前述のとおり下地がスギの場合は、下地のめり込み変形が増えるためビスへの被害が少ない。また、下地を全てスギにしたことによって縦棧の座屈などがあり、形状はまったく同じである試験体 No1 とは、異なる破壊性状となった。

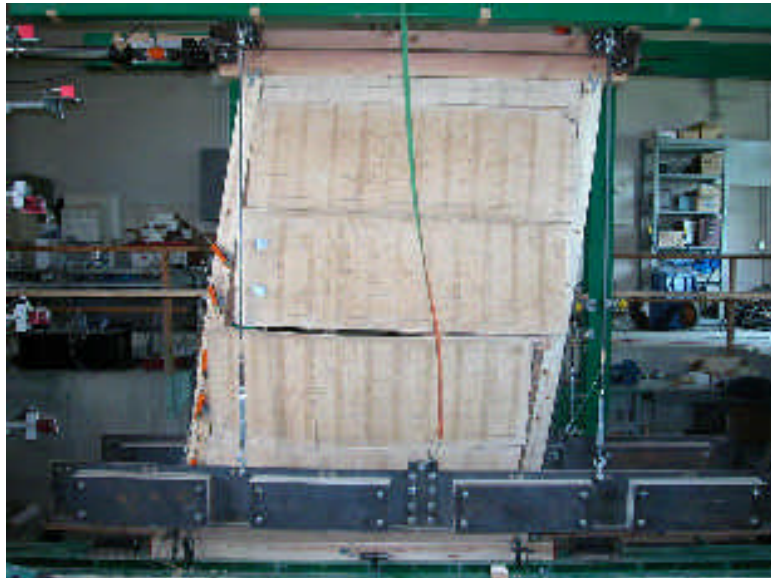


写真 24 最終損傷状況(1 / 7rad)

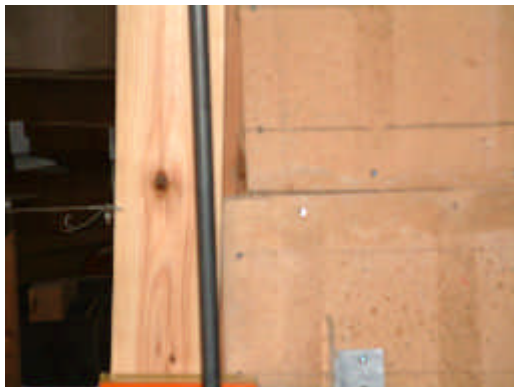


写真 25 パネル - 受け材ファスナー部分の損傷



写真 26 パネルと下地の面外変形

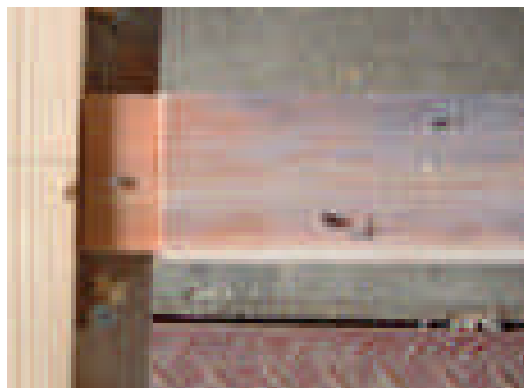


写真 27 ファスナー部分下地の損傷



写真 28 解体後ビスの状況

3. 壁倍率の算定

図 12 ~ 17 に各試験体の荷重変形関係の完全弾塑性モデルを、表 2 に壁倍率計算に用いる諸係数と算定結果を示す。

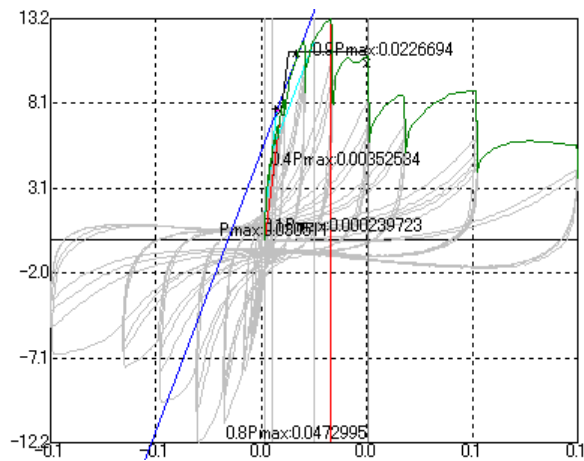


図 12 試験体 No1

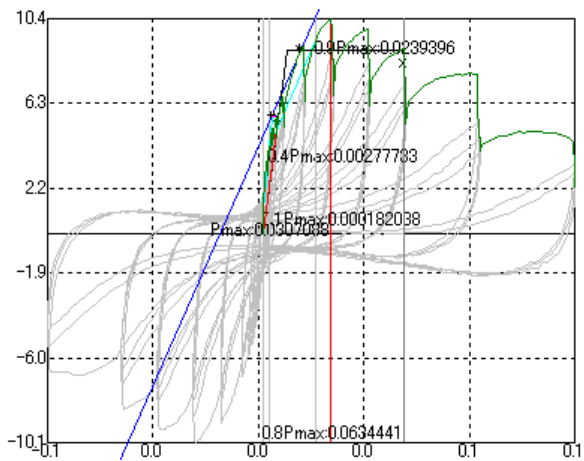


図 13 試験体 No2

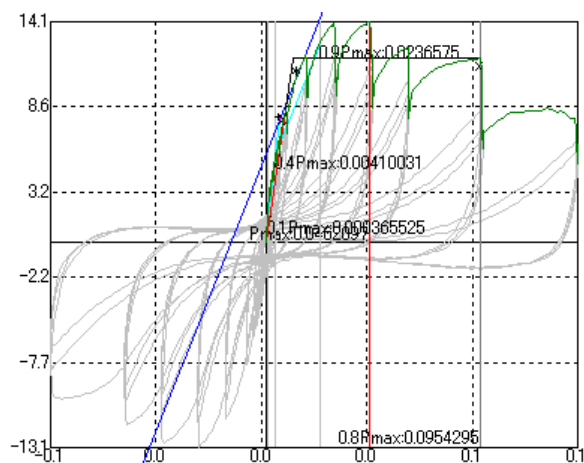


図 14 試験体 No3

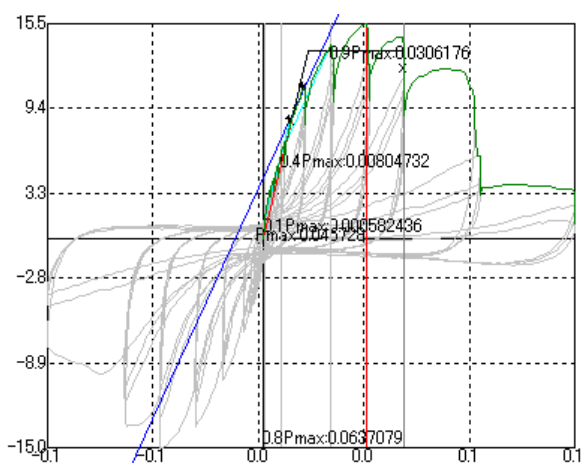


図 15 試験体 No4

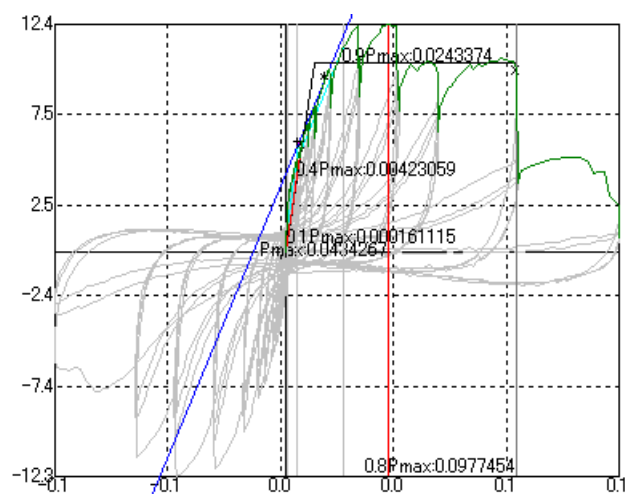


図 16 試験体 No5

表 2 荒壁パネル耐力壁の換算壁倍率

試験体名	Pmax [kN]	D-Pmax [rad]	D-0.1Pmax [rad]	D-0.4Pmax [rad]	D-0.9Pmax [rad]
No1.	13.23	0.0305	0.0002	0.0035	0.0227
No2.	10.36	0.0307	0.0002	0.0028	0.0239
No3.	14.06	0.0462	0.0004	0.0041	0.0237
No4.	15.51	0.0467	0.0006	0.0080	0.0306
No5.	12.45	0.0434	0.0002	0.0042	0.0243

試験体名	曲線に接する点P [kN]	曲線に接する点D [rad]	二直線の交点Py [kN]	二直線の交点D-Py [rad]	曲線上の点 v [rad]
No1.	10.98	0.0149	7.76	0.0056	0.0077
No2.	8.84	0.0171	5.65	0.0040	0.0071
No3.	10.76	0.0141	7.86	0.0061	0.0078
No4.	10.83	0.0183	8.63	0.0119	0.0130
No5.	9.48	0.0167	5.97	0.0053	0.0069

試験体名	D-0.8Pmax: u [rad]	Energy	初期剛性K	Pu [kN]	D-Pu: v [rad]
No1.	0.047	0.470	1004.7	11.28	0.0112
No2.	0.063	0.511	800.2	8.83	0.0110
No3.	0.095	1.052	1008.0	11.73	0.0116
No4.	0.064	0.727	662.6	13.59	0.0205
No5.	0.098	0.948	858.5	10.34	0.0120

試験体名	$\mu = u / v$	$Ds=1/\sqrt{2\mu-1}$
No1.	4.21	0.3670
No2.	5.75	0.3085
No3.	8.20	0.2549
No4.	3.11	0.4381
No5.	8.12	0.2562

試験体名	特定耐力 $P_{120-150}$ [kN]	2/3Pmax [kN]	0.2Pu/Ds [kN]	短期許容せん断力 [kN]	壁倍率
No1.	8.18	8.82	6.15	6.15	1.72
No2.	6.32	6.91	5.72	5.65	1.58
No3.	8.13	9.38	9.21	7.86	2.20
No4.	6.37	10.34	6.21	6.21	1.74
No5.	6.66	8.30	8.07	5.97	1.67

現在、進めている壁倍率の申請では、栈下地工法、貫工法の2仕様について、それぞれ下記の表の値で申請を進めている。上記の数値から勘案する 片面張りで 1.5 倍、両面張りで 3 倍程度が見込まれるが、本実験では、各仕様 1 体づつしか実験を行っておらず、ばらつき係数が考慮されていない。また、壁倍率の申請にあたっては、施工性や耐久性を勘案した低減係数が加わるので表 2 の値よりは 0.7 ~ 0.9 倍の低減が加わる。

	荒壁パネル 【片面張り】	荒壁パネル 【両面張り】
貫工法	1.2	2.4
栈下地工法	1.3	2.6

謝辞 共同研究者であります鈴木祥之教授(京都大学防災研究所 教授)、後藤正美助教授(金沢工業大学建築学科 助教授)には、荒壁パネルの開発において様々な御助言、御協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。