

平成19年度農林水産省補助事業
住宅分野への地域材供給支援事業

平成19年度 住宅分野への地域材供給支援事業

下地材の開発・普及事業

報 告 書

平成20年3月

(財)日本住宅・木材技術センター

平成19年度住宅分野への地域材供給支援事業
「下地材の開発・普及事業」報告書

目 次

・はじめに	1
1. 実施目的	2
2. 実施概要	3
3. 実施内容	5
3. 1 第1課題： スギ中目丸太の端材を活用した格子（耐力壁）パネルの開発 （静岡県森林・林業研究センター）	5
1. はじめに	5
2. スギ端材を原料とした格子パネル仕様の検討	5
3. 格子部に充填するゴムの選定試験	10
4. 格子パネル真壁の静的面内せん断試験	12
5. 格子パネル真壁の動的繰り返し加力試験	15
6. 開発事業の成果と今後の課題	19
・格子状パネル施工手順指示書	20
3. 2 第2課題： 国産材針葉樹合板などによる難燃（準不燃）下地材の開発 （長野県林業総合センター）	44
1. はじめに	44
2. 本試験の目的	45
3. 試験材について	45
4. 注入試験	45
5. 燃焼試験（コーンカロリメータ試験）	49
6. 「白華現象」対策試験	53
7. まとめ	58
3. 3 第3課題： L20、L30の集成材ラミナによるスギパネルの開発 （宮崎県木材利用技術センター）	60
1. 背景	60
2. 研究の目的	61
3. 実施概要	62

4. 試験体と試験内容	62
5. 試験方法	66
6. 評価方法	66
7. 変位測定図	70
8. 考察	72
9. 技術開発の成果	72
3. 4 第4課題：	
単板縦継ぎ構造用合板の開発	73
((独)森林総合研究所)	
・はじめに	73
1. 実施目的	73
2. 実施概要	74
3. 実施内容	74
4. 試験結果	75
5. 結果のまとめ	78
6. 今後の課題	78
7. マニュアル等	78
3. 5 第5課題：	
スギ集成材による45分準耐火構造間仕切り壁の開発	87
((財)日本住宅・木材技術センター)	
1. 目的	87
2. 実施概要	87
3. 試験体	87
4. 試験方法	100
5. 試験結果とまとめ	103
・参考資料(試験体写真)	108

・はじめに

我が国の製材用材の需要量のうち8割が建築用、このうち7割が住宅（在来工法）に使用されており、地域材の利用を進める上で、住宅分野への利用の推進が極めて重要となっている。

しかしながら、住宅の構造部材では地域材の使用割合が低位である状況となっていることから、森林・林業基本計画における地域材の供給目標量を達成するためには、今後、このような住宅分野における地域材のシェア拡大が喫緊の課題となっている。

このような状況の下に、本事業では住宅用に多く使用される下地材分野における地域材の新たな製品開発を行うこととした。開発を実行するに当たり、森林総合研究所や各県の研究機関と連携を取りながら、各研究機関が民間とともに開発を検討していた課題を取り上げ、当センターと共同して開発を実施することとし、(独)森林総合研究所、長野県林業総合センター、静岡県森林・林業研究センター、宮崎県木材利用技術センター並びに(財)日本住宅・木材技術センターがそれぞれ製品開発課題を設定し、計5課題の製品開発を実施することとした。

本開発結果は、講習会などにおいて公表し、周知を図った。

本開発研究に当たり、ご協力いただいた各研究機関並びに材料提供や試験実施にご協力いただいた方々に深く感謝を申し上げます。

平成20年3月

(財)日本住宅・木材技術センター
理 事 長 岸 純 夫

1. 実施目的

地域材を用いて新たな下地材への利用を促進するための製品開発を実施した。森林総合研究所や各県の試験機関が民間からの要望などを基に開発課題としていた国産材の製品開発を本事業で取り上げ、当センターと共同して製品開発を行うこととした。地域材として主にスギを選定し、スギを用いた壁、床、屋根などの下地材開発を行うこととした。また、これらの成果を普及するためには、開発によって明らかとなった性能に基づく製造マニュアルや施工マニュアルが必要となり、これらの検討も含めて製品開発を実施することとした。

この製品開発を推進するために、(独)森林総合研究所、長野県林業総合センター、静岡県森林・林業研究センター、宮崎県木材利用技術センター並びに(財)日本住宅・木材技術センターで開発の具体的計画を設定し、その計画に基づいて事業を実施することとした。

本事業を推進するために、下記の委員会を設置し、開発内容、開発方法等の検討を行った。

平成19年度 住宅分野への地域材供給支援事業：下地材の開発・普及事業

委員会名簿（敬称略、順不同）

委員	神谷 文夫	(独)森林総合研究所木質資源担当	研究コーディネータ
委員	宮武 敦	(独)森林総合研究所複合材料研究領域	チーム長
委員	飯村 豊	宮崎県木材利用技術センター	構法開発部長
委員	池田 潔彦	静岡県森林・林業技術センター	主任研究員
委員	吉野 安里	長野県林業技術総合センター	主任研究員
事務局	小柳 好弘	(財)日本住宅・木材技術センター	常務兼研究開発部長
〃	山田 誠	(財)日本住宅・木材技術センター	研究開発部 副部長

2. 実施概要

下記の5課題を選定し、各研究機関において事業を実施した。

1) 課題1：スギ中目丸太の端材を活用した格子（耐力壁）パネルの開発

（静岡県森林・林業技術センター）

- ① スギ中目丸太等から平角や正角製材を採材した残部より採材される端材と制振ゴムを主原料とした格子形状の耐力壁パネルを開発し、さらに住宅等への普及を目的とした仕様書等の整理を行う。
- ② 格子状パネルを製作し、壁構造の中に組み込んだ試験体を計7体製作する。この内、耐震壁用として静的試験を3体実施し、制震性能を確認するために動的試験を4体実施する。
- ③ 格子パネルの格子点の耐久性能を確認するために、耐久性試験を行う。

2) 課題2：国産針葉樹合板などによる難燃（準不燃）下地材の開発

（長野県林業総合センター）

- ① 国産針葉樹（長野県産カラマツ）を主とする合板による難燃（準不燃）下地材を開発し、せっこうボードの代替材料とすることを目的とする。
- ② 予備的結果で処理条件により難燃材料及び準不燃材料に相当する性能が得られているので、含浸処理条件と品質のバラツキ、表面塗布による薬剤析出防止方法の検討、塗装後の防火性能の確認等を行う。

3) 課題3：L20、L30の集成材ラミナによるスギパネルの開発

（宮崎県木材利用技術センター）

- ① 宮崎県産のオビスギを対象に、強度等級の低い材の活用のために、集成材ラミナを壁や床、屋根などの下地材用途に活用するための開発を行う。
- ② 2Pパネル（1,950mm×2,850mm）のパネルを計10体製作する。スギ板斜張壁構造を4体、その上にスギラミナを張った壁構造1体、スギ板横張壁構造を4体、その上にスギラミナを張った壁構造1体を試験体として製作した。
- ③ 各壁構造の面内せん断試験を行い、壁倍率を求める。
- ④ スギラミナを上張りする試験体では、上貼りに接着剤を用い、施工性などについて検討する。

4) 課題4：スギ縦継ぎ単板による構造用合板の製造と性能評価

（(独)森林総合研究所）

- ① スギ単板の縦継ぎを行い、長尺の構造用合板の製造と長尺構造用合板のせん断性能などの性能を評価する。
- ② ロシア産カラマツでの試作が既に終了しているので、スギ単板を用いた場合の製造上の問題点の把握及び構造用合板としての性能評価を行う。

- ③ 合板の表面・裏板・そえ芯板それぞれの単板を縦継ぎし、縦継ぎ単板の積層数・位置を変化させた合板を試作し、製造上の適性を評価する。
- ④ 試作合板の曲げ試験、接着せん断試験等の物理的性質を測定し、性能を評価する。

5) 課題5：スギ集成材による45分準耐火構造間仕切り壁の開発

(独)森林総合研究所、(財)日本住宅・木材技術センター)

- ① 内装制限緩和措置が適用される建物を対象に、木材を張った準耐火構造の間仕切り壁の開発を行う。同時に準耐火構造に影響を及ぼす接着剤の耐火性能評価を行う。
- ② 接着剤の種類や配合構成と耐火性能との関係を明らかにするために、接着剤の種類や配合を変えて試験片を製作し、無載荷耐火加熱試験を行う。
- ③ 水性高分子ーイソシアネート樹脂接着剤を用いた集成材パネルを2種類製作し、実物大の壁構造(幅1,940mm×高さ3,000mm)に組み込んで、試験体を製作し、載荷加熱試験を実施して、45分準耐火構造の性能確認を行う。

キーワード

スギ中目丸太、耐力壁、格子パネル、制震性能、静的試験、動的試験、難燃性能、準不燃性能、カラマツ薬剤処理合板、薬剤析出防止、低強度スギ材、横張り工法、斜め張り工法、壁倍率、壁の面内せん断試験、スギ縦継ぎ単板、構造用合板、スギパネルの45分準耐火構造、間仕切り壁、接着剤、載荷加熱試験

3. 実施内容

課題1 スギ中目丸太の製材端材を活用した格子耐力壁パネルの開発

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 池田潔彦

1. はじめに

スギ等針葉樹材の需要拡大に向けた新たな製品開発や利用促進が急務になっている。特に、今後生産量が増えるスギ中目丸太（並材）を軸組部材や面材など住宅部材への有効活用と生産効率に優れた製造手法が必要になっている。一方、阪神大震災以降、建築基準法の改正、住宅性能表示制度等により木造住宅の構造（耐震）性能の向上が図られており、構造用合板等の面材を活用し建物の剛性を高める工法が普及している。また、仕口等に制振治具やダンパーを取り付け建物の制振性向上に向けた検討や普及も行われはじめている。このような背景から本研究開発事業では、スギ中目丸太等から平角製材を採材した背板材とゴムを主原料とし、それらが有する粘弾性材料の特徴（減衰力と復元力）を活かした、制振性を有する格子形状の耐力壁パネル（以下、格子パネル）を開発することを目的とする。また、それらの生産体制や施工方法を確立するとともに、住宅等への需要拡大を図るため、製品製造及び施工マニュアル等の作成を行う。

ここでは、格子パネルの各部材に要求される性能を検討し、試作した格子パネル耐力壁について性能評価を行った結果を報告する。なお、本開発事業は、静岡県農林技術研究所森林・林業研究センターと江間忠ウッドベース（株）との共同研究として実施した。また、格子パネルの動的せん断加力試験は静岡大学農学部（木材物理研究室：安村基教授）に委託して実施した。格子パネルの製造、施工マニュアル（手順指示書）の作成は江間忠ウッドベース（株）に委託した。

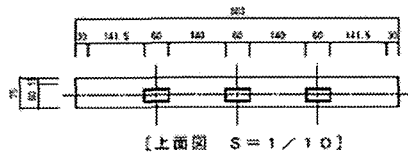
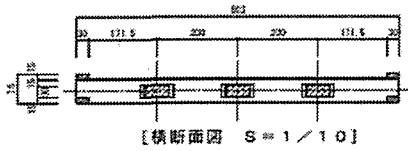
2. スギ端材を原料とした格子パネルの仕様の検討

格子パネルを構成する縦材、横材の断面寸法は、スギ中目丸太から正角や平角の製材を採材した後、背板等の残材部から歩留り良く採材できることを考慮した結果、いずれも30mm×60mmとした。

格子パネルは、縦材に横材が貫通する貫形状とし、真壁に適用できる幅803mm×高2,623mmを基本ユニット寸法とした。格子パネルの縦材、横材の間隔（本数）は、格子パネルが壁倍率2.5を想定した際の約6kNの荷重が縦横部材の格子接点に分散して作用することと、格子接点付近で縦横部材に大きな弾性変形が生じないことを前提条件として、横方向、縦方向の接点間隔が異なる図-1～図-3に示す3タイプのパネル案について検討した。

各図中に、部材のヤング率を6.4kN/mm²と仮定し、片持ち梁条件により格子1箇所当たりの接合部の変位計算を行い、各図中には1/1,000rad、1/500rad時の計算による変位と許容変位を示した。その結果、格子パネルの形状は、縦横ともに計算変位が許

容変位を下回る、格子間隔長がいずれも150mmとなる縦材5本、横材17本で構成される仕様とした。その際、1パネル当たりの縦横材の使用材積は 0.05m^3 となり、平角を採材した後の端材量として丸太約4本分に相当する。



縦横材間隔 300mm × 300mm
格子接点数 27

格子 1箇所当たりの
計算変位 許容変位 判

横方向接点間隔 (1/1000rad)
(1/500rad)

縦方向接点間隔 (1/1000rad)
(1/500rad)

	(mm)	(mm)	
	2.390	0.303	○
	0.597	0.606	○
	0.597	0.303	○
	2.390	0.606	○

使用部材材種 0.0283m³

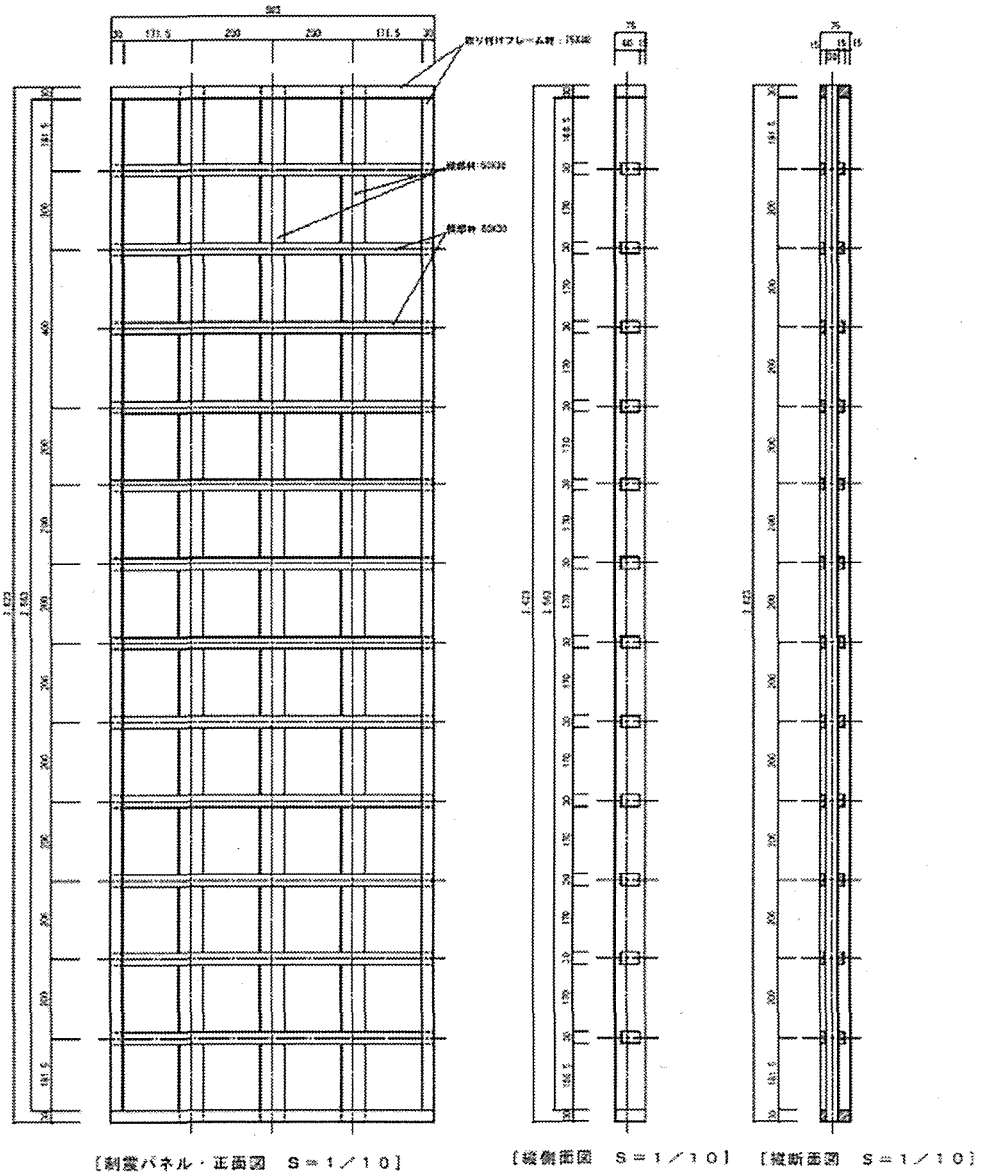
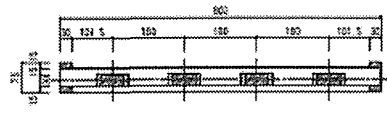
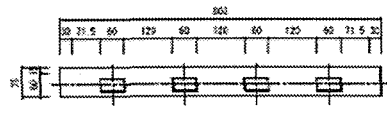


図 - 1 格子制振パネル 300 × 300mm フレーム



[横断面図 S = 1 / 10]



[上面図 S = 1 / 10]

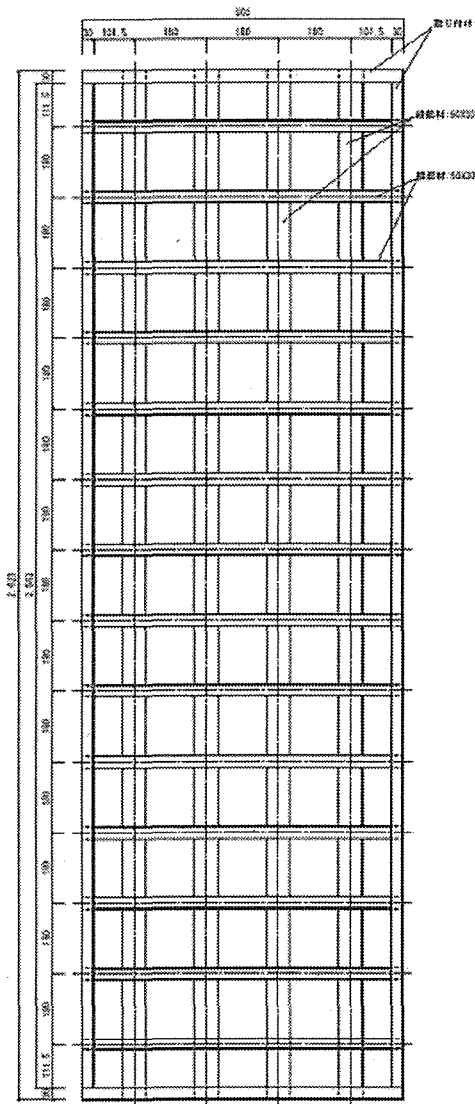
縦横材間隔 180mm × 180mm
格子接点数 56

横方向接点間隔 (1/1000rad)
(1/500rad)

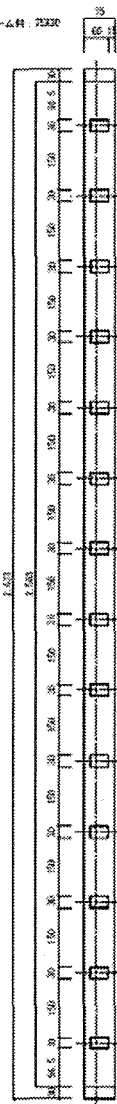
縦方向接点間隔 (1/1000rad)
(1/500rad)

使用部材材積 0.0416m³

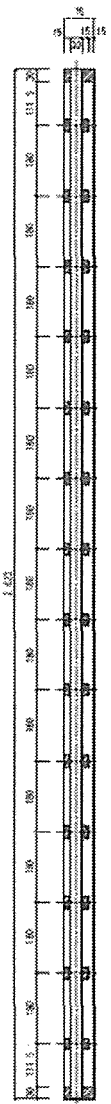
格子1箇所当たりの		判定
計算変位	許容変位	
(mm)	(mm)	
0.061	0.18	○
0.242	0.36	○
0.242	0.18	×
0.061	0.36	○



[制震パネル・正面図 S = 1 / 10]

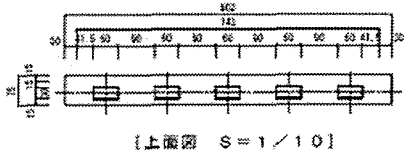
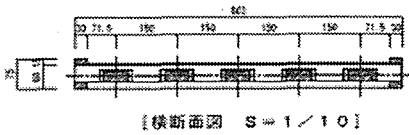


[縦側面図 S = 1 / 10]



[横断面図 S = 1 / 10]

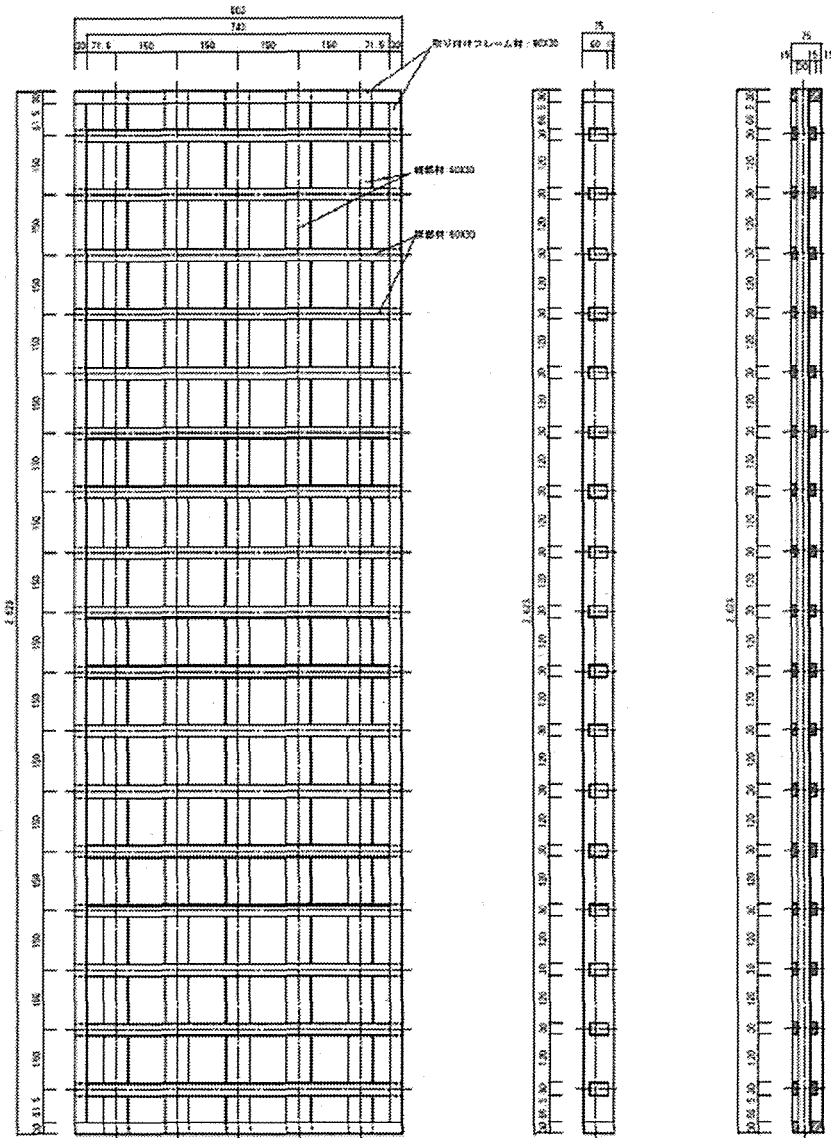
図-2 格子制振パネル 180×180mmフレーム



縦横材間隔 150mm×150mm
 格子接点数 85
 格子1箇所当たりの
 計算変位 許容変位 判

	(mm)	(mm)	
横方向接点間隔 (1/1000rad)	0.094	0.151	○
(1/500rad)	0.023	0.302	○
縦方向接点間隔 (1/1000rad)	0.023	0.151	○
(1/500rad)	0.094	0.302	○

使用部材材積 0.0512m³



【制震パネル・正面図 S=1/10】

【縦側断面図 S=1/10】

【縦断面図 S=1/10】

図-3 格子制振パネル 150×150mmフレーム

3. 格子部に充填するゴムの選定試験

3. 1 試験体と試験方法

縦横材の格子接点にゴムを充填した十型の試験体を作成した。ゴムは硬度の異なるクロロプレンゴム (CR40、CR60、CR80) と天然ゴム (対照) の計4種類を用いた。試験体数は各種類4体とした。材料試験機 (オートグラフ5000B: 島津製作所製) を用いて試験体の片側端部を加力し相対変形角が120rad時まで加力した荷重-変位 (ダイヤルゲージ) を計測した (図-4)。また、格子接合部の耐久劣化性能を評価するため、事故的な水掛かりに準じた促進処理 (20℃水中72時間浸漬後に乾燥) 後、乾湿繰り返し処理 (20℃水中4時間浸漬-60℃20時間乾燥を2回行った後、20℃水中4時間浸漬直後に試験) 後に同様の試験を行った。

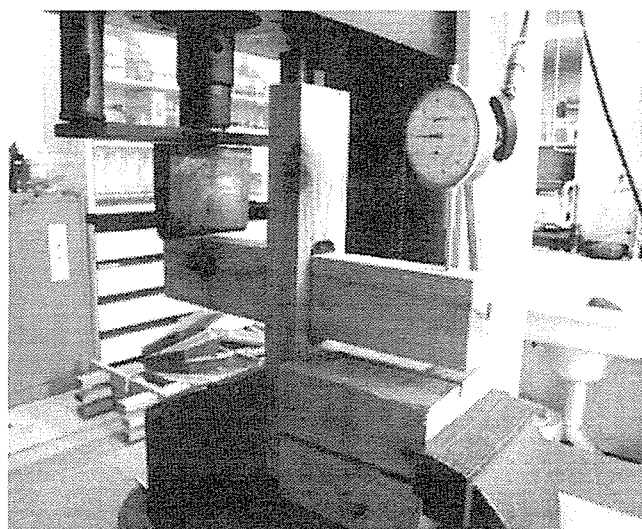
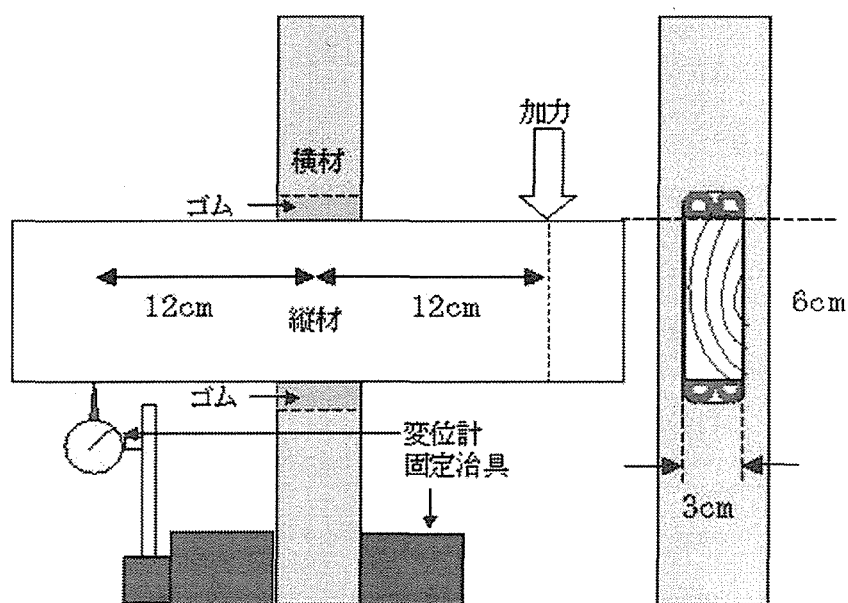


図-4 格子接合部に充填するゴム種類選定のための試験
常態時、劣化処理後 (水掛かり、乾湿繰り返し) に変形角1/120radまで加力

3. 2 試験結果

表-1に格子接合部の加力試験結果を、図-5、図-6に加力試験における荷重-変位曲線を示す。1/120rad変形角時の荷重は4体の平均値ではCR80>CR60>CR40となりゴムの硬度に比例する結果となった。また、CR80は他の種類と比べて弾塑性状が明確であり、粘弾性が必要な制振部材として適していると思われた。また、CR各タイプは常態時と水掛かり処理及び浸漬処理後の1/120rad変形角時荷重に有意差が認められなかった。このため、以下の試験に用いる格子パネルの制作にはCR80を用いた。

表-1 格子接合部の加力試験結果 (平均値)

	1/120変形角時の荷重(N)			
	CR40	CR60	CR80	対照
常態時	6.2	12.9	20.9	15.8
水掛かり処理後	9.4	12.6	18.4	16.6
浸漬処理後	8.6	15.1	18.8	11.5

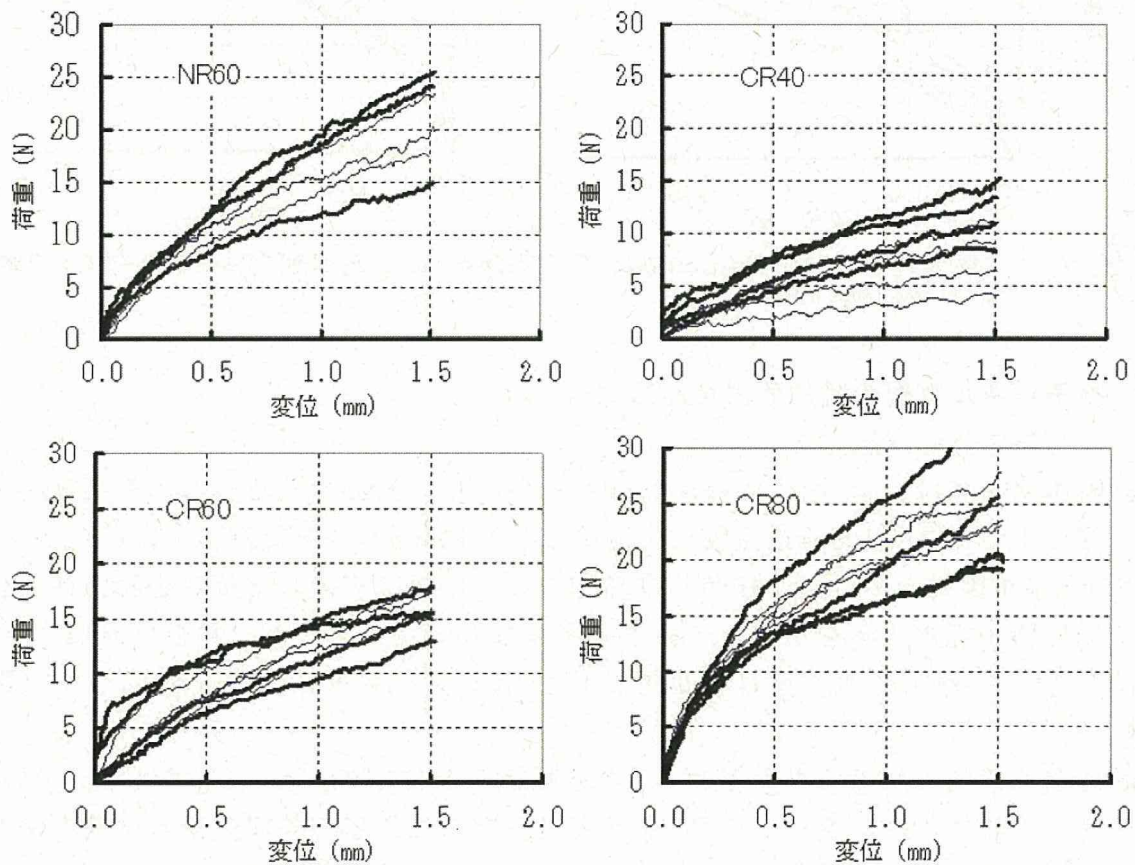


図-5 各種ゴムを用いた格子接合部の促進処理(事後的な水掛かり)前後の荷重-変位包絡線
太線:処理前、細線:処理後

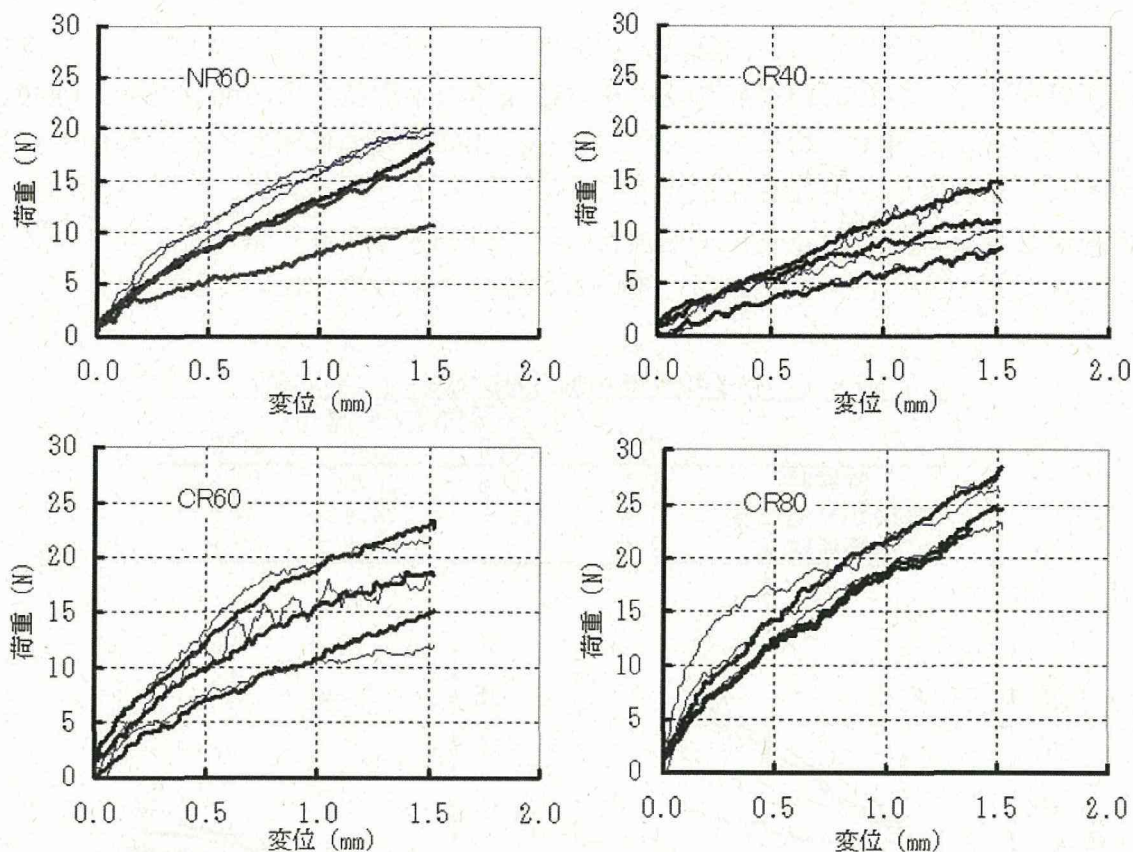


図-6 各種ゴムを用いた格子接合部の促進処理(乾湿繰返しによる耐水性)前後の荷重-変位包絡線
太線:処理前、細線:処理後

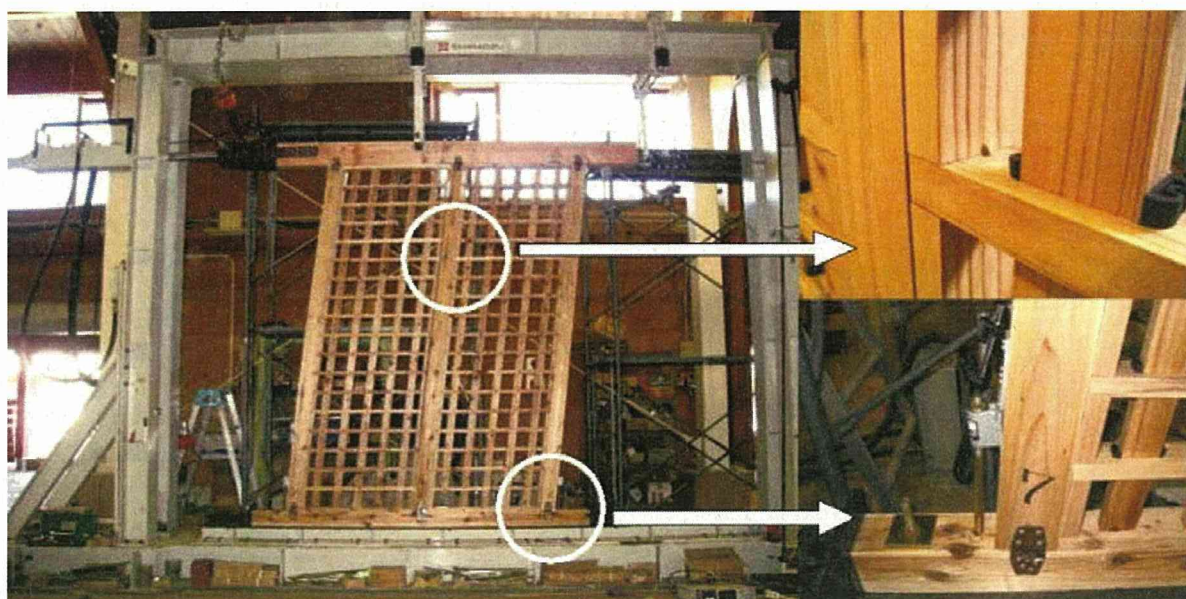
4. 格子パネル真壁の静的面内せん断試験

4. 1 試験体と試験方法

試験体サイズは、梁-土台間長が2750mm、柱間長1820mmである。壁の軸組部材として、柱と土台にスギ105mm正角製材、間柱に45×105mmのスギ製材、梁にベイマツ105×180mm平角製材を用いた。柱頭及び柱脚の仕口は短ほぞ差し+接合金物、柱と梁の仕口には羽子板ボルトを用いた。格子パネルは80mm長スクリー釘を150mmピッチで斜め打ちして軸組に取り付け、真壁仕様の耐力壁パネル試験体を作成した(図-7)。

耐力壁の静的面内せん断試験は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計:(財)日本住宅・木材技術センター」の第2章「木造軸組工法住宅の各部要素の試験方法と評価方法」に準じて行った。壁せん断試験は面内せん断試験機(容量10tonf, ストローク±400mm:島津製作所製)を用いて行い、加力はアクチュエータ制御で行った。

試験体数は5体である。加力方法は、正負交番3回繰返し交番加力とし、繰返しは見掛けのせん断変形角(rad)が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50の正負変形時に行った。最大荷重に達した後はその80%まで荷重が低下するか、見掛けのせん断変形角が1/15rad以上に達するまで加力した。ロードセルの荷重とひずみゲージ式変位変換器による変位をデータロガーで収録した。



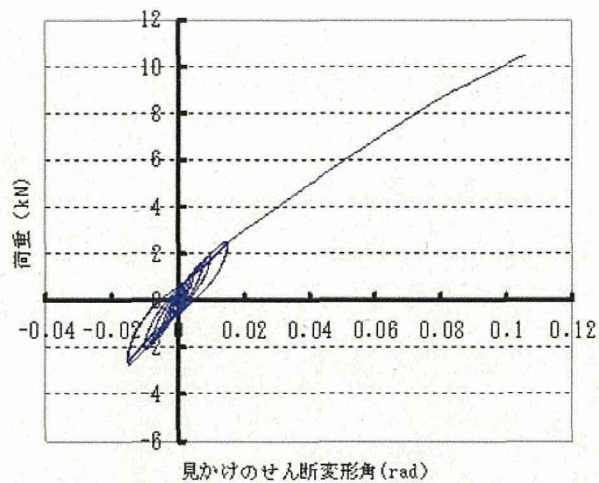
図－7 格子パネル真壁耐力壁パネルの面内せん断試験

4. 2 試験結果

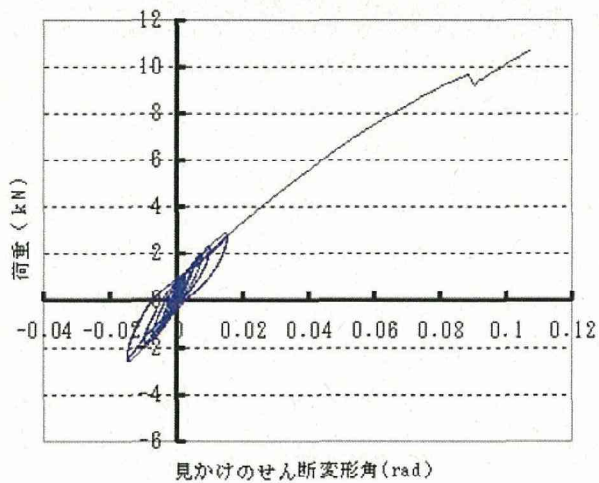
静的面内せん断試験の結果を表－2に、荷重－見掛けのせん断変形角の包落線を図－8と図－9に示す。各試験体ともに $2/3P_{max}$ 、降伏耐力(P_y)、終局耐力(P_u) $\times 0.2$ /構造特性係数(D_s)の各値と比べて見掛けのせん断変形角(以下、変形角) $1/120rad$ 変形角時の荷重が小さく短期基準せん断耐力の算定に用い、壁倍率に換算すると約0.5であった。なお、各試験体ともに、変形角 $1/10rad$ 時において各格子部等に破壊は見られなかった。前項の接合試験による $1/120rad$ 変形時の荷重値約15Nに格子部総数150を乗じた2.2kNと変形角 $1/120rad$ 時の荷重がほぼ同じあり、変形性状等からも各格子接点に荷重が分散して作用したことが、大変形時でも各格子部等に破壊が生じない要因と考えられた。ただし、耐力壁としての耐力性能は初期剛性が低いことで決定されるため、ゴムの仕様、接合部のクリアランス、格子パネルの軸組部材への取り付け方法等を再度検討して耐力性能の向上を図る必要があると思われた。

表－2 格子パネル真壁耐力壁の静的面内せん断試験結果

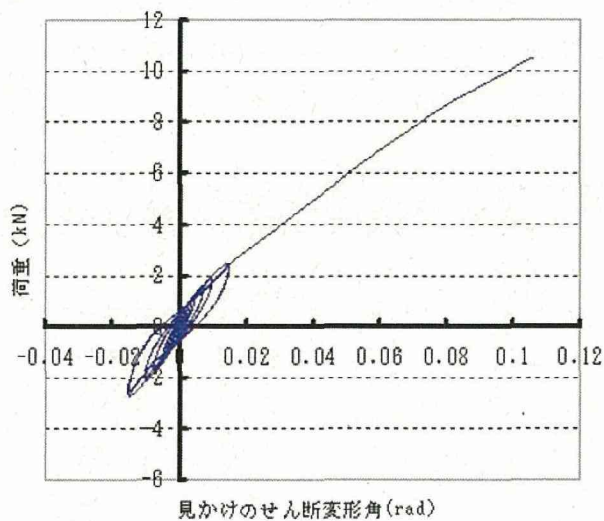
試験体 No	最大耐力 P_{max} (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$1/120rad$ 時の耐力 (kN)	降伏耐力 P_y (kN)	終局耐力 P_u (kN)	試験剛性 K (kN/cm)	構造特性 係数 D_s	$P_u \times$ ($0.2/D_s$) (kN)
1	11.32	7.55	2.07	5.84	9.99	0.54	0.677	2.95
2	10.66	7.11	2.12	5.60	9.61	0.50	0.689	2.79
3	10.51	7.01	1.90	5.42	9.78	0.44	0.778	2.51
4	9.83	6.50	2.10	4.38	7.98	0.63	0.605	2.64
5	9.10	6.07	2.41	4.01	7.56	0.56	0.639	2.37



試験体No		1	
		圧縮	引張り
1/600	kN	0.73	0.78
1/300	kN	1.15	1.18
1/200	kN	1.42	1.50
1/120	kN	2.04	2.10
1/60	kN	3.08	
2/3Pmax	kN	7.55	
Pmax	kN	11.32	
Dmax	mm	293.81	
Py	kN	5.84	
Dy	mm	108.25	
K	(kN/cm)	0.54	
Pu	kN	9.99	
Du	mm	294.9	
μ		1.59	
Ds		0.677	
Pu*(0.2/Ds)		2.95	
壁倍率		0.572	

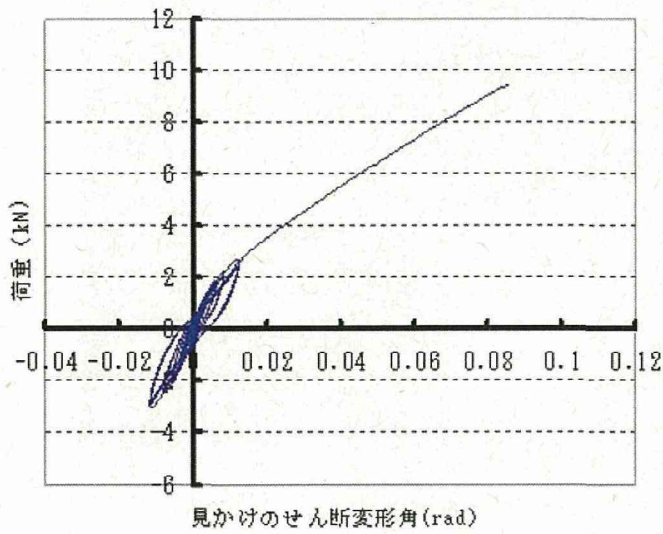


試験体No		2	
		圧縮	引張り
1/600	kN	0.68	0.61
1/300	kN	1.3	1.00
1/200	kN	1.47	1.29
1/120	kN	2.12	1.78
1/60	kN	2.94	
2/3Pmax	kN	7.11	
Pmax	kN	10.66	
Dmax	mm	295.52	
Py	kN	5.8	
Dy	mm	111.45	
K	(kN/cm)	0.5	
Pu	kN	9.61	
Du	mm	298.9	
μ		1.55	
Ds		0.689	
Pu*(0.2/Ds)		2.79	
壁倍率		0.594	

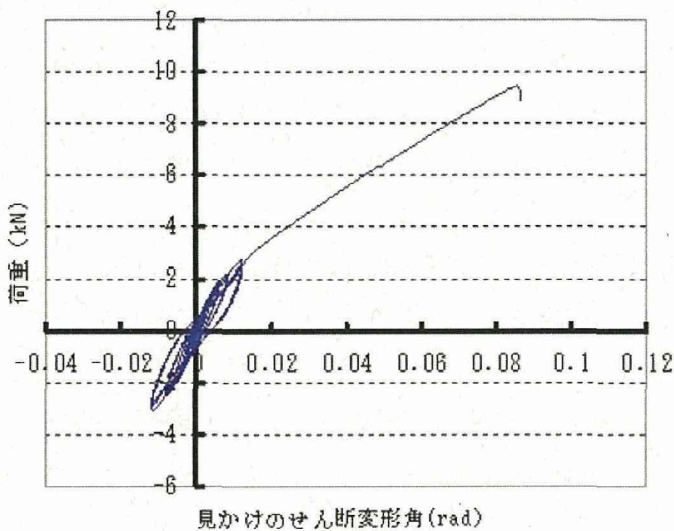


試験体No		3	
		圧縮	引張り
1/600	kN	0.86	0.86
1/300	kN	1.06	1.09
1/200	kN	1.3	1.35
1/120	kN	1.85	1.90
1/60	kN	2.86	
2/3Pmax	kN	7.01	
Pmax	kN	10.51	
Dmax	mm	291.84	
Py	kN	5.42	
Dy	mm	123.02	
K	(kN/cm)	0.44	
Pu	kN	9.78	
Du	mm	293.9	
μ		1.33	
Ds		0.778	
Pu*(0.2/Ds)		2.51	
壁倍率		0.519	

図-8 格子耐力壁パネルの面内せん断試験における荷重-見掛けのせん断変形角の包絡線



試験体No		4	
		圧縮	引張り
1/800	kN	0.73	0.68
1/300	kN	1.13	1.09
1/200	kN	1.53	1.44
1/120	kN	2.1	1.88
1/60	kN	3.33	
2/3Pmax	kN	6.55	
Pmax	kN	9.83	
Dmax	mm	235.95	
Py	kN	4.38	
Dy	mm	69.82	
K	(kN/cm)	0.63	
Pu	kN	7.98	
Du	mm	236.9	
μ		1.87	
Ds		0.605	
Pu*(0.2/Ds)		2.64	
壁倍率		0.589	



試験体No		5	
		圧縮	引張り
1/800	kN	0.88	0.81
1/300	kN	1.3	1.00
1/200	kN	1.47	1.29
1/120	kN	2.12	1.78
1/60	kN	2.94	
2/3Pmax	kN	7.11	
Pmax	kN	10.66	
Dmax	mm	295.52	
Py	kN	5.6	
Dy	mm	111.45	
K	(kN/cm)	0.5	
Pu	kN	9.61	
Du	mm	296.9	
μ		1.55	
Ds		0.689	
Pu*(0.2/Ds)		2.79	
壁倍率		0.594	

図-9 格子耐力壁パネルの面内せん断試験における荷重-見掛けのせん断変形角の包絡線

5. 格子パネル真壁の動的繰り返し加力試験

5. 1 試験体と試験方法

試験体は静的面内せん断試験と同様形状の3体を作成した。試験体毎に異なる荷重最大速度100mm/sec(10kine)、300mm/sec(30kine)、500mm/sec(50kine)で加力を行った。片振幅(目標変位)11.4mm(1/240rad)、22.8mm(1/120rad)、45.5mm(1/60rad)、137mm(1/30rad)に到達する正弦波5波による動的繰り返し加力を行った。また、歪みゲージを試験体数ヶ所に添付して加力時に発生する歪みを計測した(図-10)。



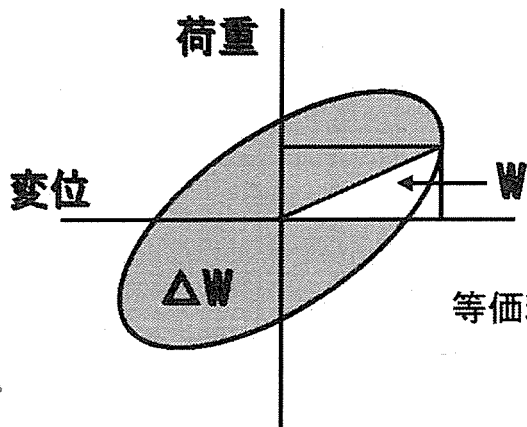
図-10 格子パネル真壁耐力壁の動的繰返し加力試験

5. 2 試験結果

格子パネル真壁耐力壁（以下、格子パネル）の動的繰返し加力試験結果を表-3に、荷重-変形の履歴ループを図-12に示す。表中の等価粘性減衰定数は、図-11に示すように荷重-変形の履歴ループ面積（エネルギー吸収量）を等価な粘性減衰に置き換えた指標値で、荷重または変形の最大点と原点とを結ぶ直線下の面積（弾性歪エネルギー）に対する履歴ループの面積比率であり、この値が大きいほど制振性能が高い評価となる。

表-3 動的繰返し加力試験における繰返しループの等価粘性減衰定数と最大荷重

片振幅 (mm)	等価粘性減衰定数			最大荷重 (kN)						
	試験体1 試験体2 試験体3			試験体1		試験体2		試験体3		
	最大速度(mm/sec)			最大速度(mm/sec)		最大速度(mm/sec)		最大速度(mm/sec)		
	100	300	500	100 圧縮	100 引張	300 圧縮	300 引張	500 圧縮	500 引張	
11.4 (1/240rad)	1	17.42	-	-	0.81	0.96	-	-	-	-
	2	17.35	-	-	0.83	0.88	-	-	-	-
	3	15.84	-	-	0.83	0.90	-	-	-	-
	4	16.91	-	-	0.81	0.88	-	-	-	-
	5	16.58	-	-	0.84	0.85	-	-	-	-
22.8 (1/120rad)	1	13.01	17.68	-	1.39	1.61	1.55	1.21	-	-
	2	13.89	21.50	-	1.41	1.55	1.40	1.19	-	-
	3	14.89	20.25	-	1.38	1.51	1.39	1.23	-	-
	4	14.46	21.39	-	1.37	1.51	1.40	1.15	-	-
	5	14.04	20.68	-	1.39	1.48	1.40	1.22	-	-
45.5 (1/60rad)	1	12.98	17.13	19.97	2.47	2.67	2.77	2.52	1.86	2.00
	2	12.22	15.54	19.52	2.39	2.54	2.64	2.41	1.71	1.84
	3	11.98	15.09	19.70	2.37	2.52	2.59	2.34	1.65	1.91
	4	11.70	15.05	17.51	2.37	2.51	2.51	2.34	1.69	1.77
	5	11.72	15.22	17.29	2.35	2.47	2.54	2.32	1.76	1.71
13.7 (1/30rad)	1	13.04	14.31	14.11	6.12	6.41	6.53	6.37	5.93	6.40
	2	8.77	10.31	9.73	5.65	5.97	5.97	5.90	5.39	5.91
	3	8.13	9.71	9.05	5.46	5.80	5.77	5.63	5.24	5.63
	4	7.90	9.39	8.82	5.38	5.69	5.64	5.60	5.12	5.59
	5	7.70	9.23	8.64	5.31	5.63	5.57	5.52	5.02	5.56



$$\text{等価粘性減衰定数} = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W}$$

図-11 等価粘性減衰定数の算出方法

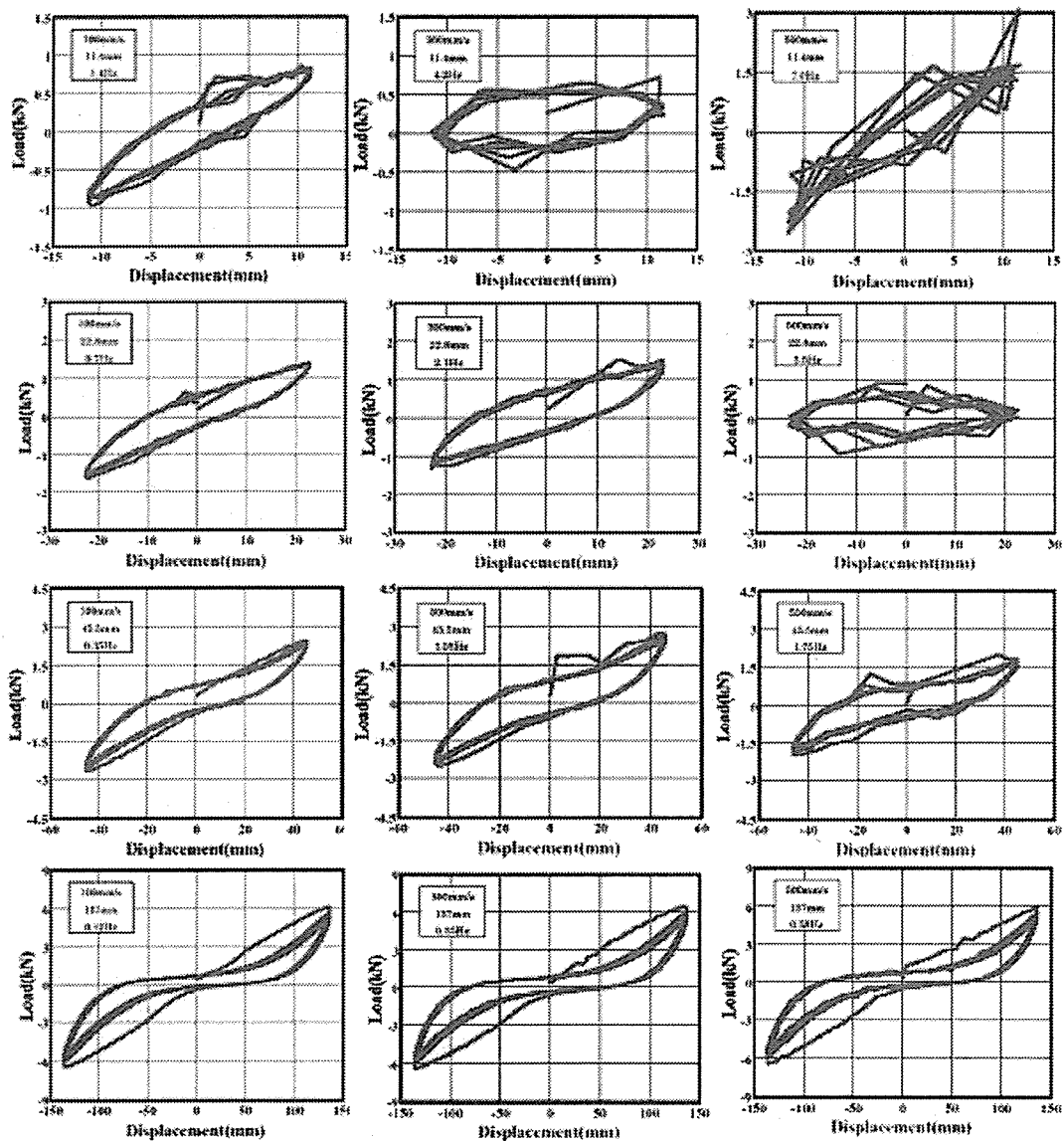
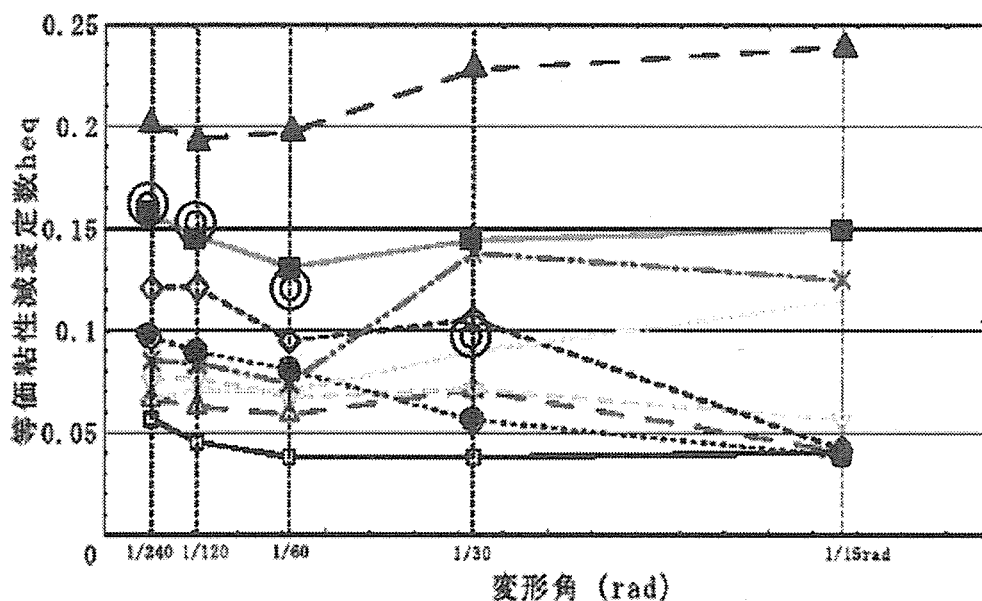


図-12 格子耐力壁パネルの各最大荷重における動的加力試験における荷重-変位ループ

格子パネルの等価粘性減衰定数は、10～25%となり、変形角1/60radまでは片振幅が大きくなるにつれて（振動数が高くなるに連れて）大きく、また、加力速度が速いほど大きくなっている。既往の報告¹⁾における筋かいや構造用合板による耐力壁の等価粘性減衰定数は、図-13に示すように、変形角によらず5～10%であり、柱頭等に取り付ける仕口ダンパーの耐力壁では15%前後、またオイルダンパーを取り付けた耐力壁では20%前後である。それらと比べて格子パネルは、変形角1/60radまでは仕口ダンパーやオイルダンパーを取り付けた耐力壁と同等の制振性能を有していた。また、最大荷重速度500mm/sec、変形角1/30rad時においても各部材に破壊が一切発生しておらず、その時の等価粘性減衰定数も10%前後であり、筋かいや構造用合板の耐力壁と比べて制振性能が優れている。一方、仕口ダンパーやオイルダンパーは等価粘性減衰定数が変形角1/240rad時から1/15rad時に至るまで一定性能を有するのに対し、格子パネルは図-13に示すように1/60rad時より大きな変形角になると粘性が失われ弾性傾向が大きくなり等価粘性減衰定数が低下した。これらの要因は、格子部材に歪みがほとんど発生していないため、格子部材よりもゴムの物性（速度応答性能）が大きく関与したと考えられた。このため、制振性能をより向上するためには、同じ性質（組成）のクロロプレンゴムでは硬度を変化させても大きな改善は期待できず、更に振動吸収性の高いゴムを用いる必要があると考えられた。



- ◎ : 格子パネル耐力壁
- : 軸組のみ、△ : 筋かい耐力壁1、▽ : 筋かい耐力壁2、○ : 構造用合板耐力壁
- : 仕口ダンパー+筋かい、▲ : オイルダンパー耐力壁、■ : 仕口ダンパー耐力壁
- ▼ : オイルダンパー+筋かい、◇ : 筋かい+構造用合板耐力壁

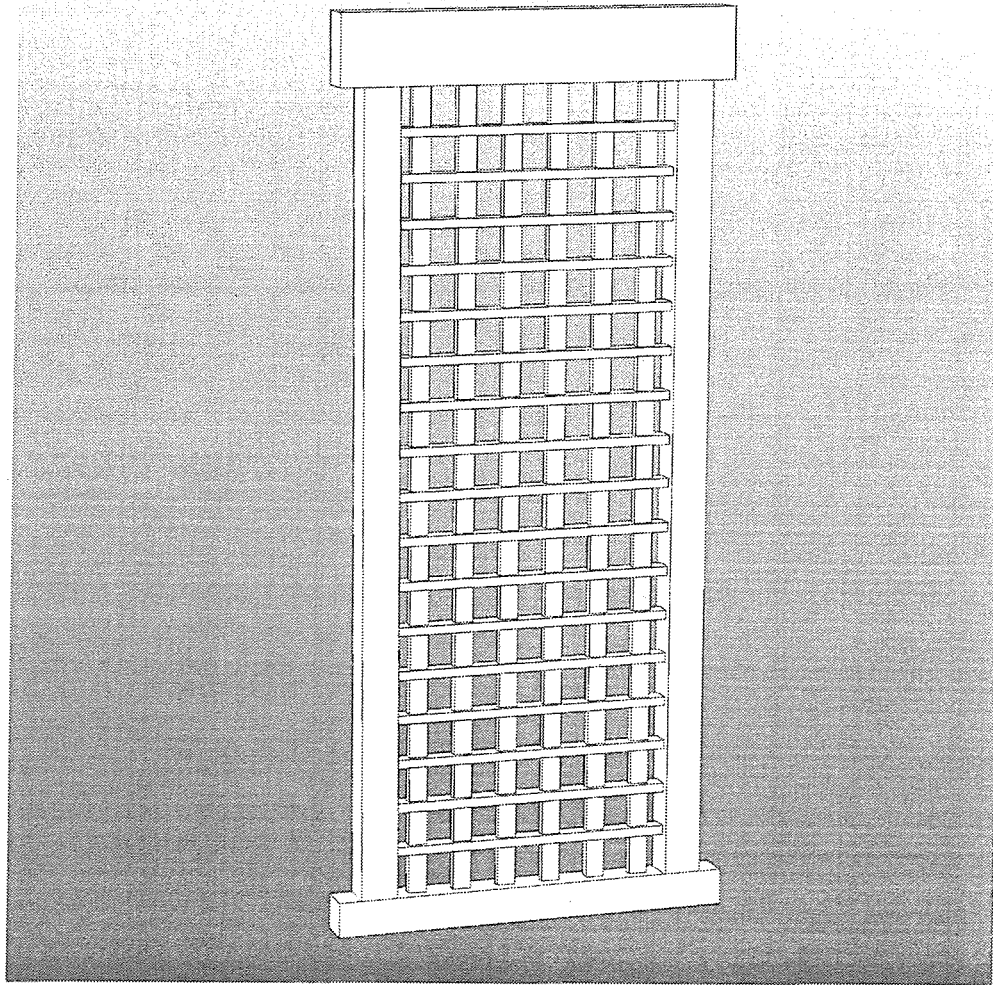
図-13 既往の筋かいや構造用合板による耐力壁の等価粘性減衰定数との比較
 (上山耕平他5名: 日本建築学会学術講演梗概集, 構造III, 近畿, 199-200(2004).)

6. 開発事業の成果と今後の課題

スギ中目丸太の背板等とクロロプレンゴムを原料とした、格子形状の制振性を有した耐力壁パネルの開発が行えた。今後の課題として、新たなゴム素材の活用により、大変形時（ $1/30\text{rad}$ 以上）における制振性能と耐力壁としての初期剛性（ $1/120\text{rad}$ 時）の性能向上を図るとともに、製造加工性についても検討する必要がある。

参考文献

- 上山耕平他5名：日本建築学会学術講演梗概集，構造Ⅲ，近畿、199-200(2004).
日本住宅木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計，413pp(2002)



格子状パネル施工手順指示書

江間忠ウッドベース（株）



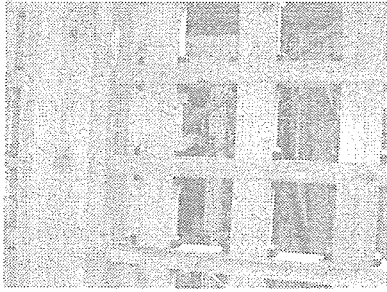
制震性能を有する格子状耐力壁パネルの施工方法

杉中目丸太の端材を利用した格子構造パネルを制作し、木造住宅の対震性能・制震性能を向上させる装置の提供します。

また、パネルを使用するに当たり、効果的な配置及び施工方法についての指針を示します。

目次

1・開発目的	2
2・格子状パネルの主な特徴	5
3・製造方法	8
4・実施方法	14
4-1・使用数	
4-2・配置方法	
4-3・施工方法	
5・添付資料	21



1・開発目的

・木造建築物と地震対策

木造建築物の耐震方法は、建物の剛性を高める方向で進められてきています。大きな災害後には建築基準法の改正が行われ、建物の剛性が高められます。しかし、建物の剛性を高めることが最も合理的な方法だとは言えません。

例えば関東大震災の折りに、「山の手では民家が残り、下町では土蔵が残った。」という史実があります。当時の民家には、筋違などは使用されていず、剛性の低い建物でした。土蔵造りは土壁、漆喰で塗り固められており、現代の建てものに通じる剛性の高い建物でした。一方、地盤は山の手側は堅い地盤であり下町は軟弱地盤でした。建物が建っている場所によって地震による建物の崩壊の事態が違うのは、建物を支えている地盤と建物の関係により、地震による破壊の結果が大きく異なっていることを示しています。つまり、建物を強くするだけでは地震に対して強い家だとは一元的に捉えることが出来なのです。当時の建物は「筋違」などを用いてない工法でした。現在の建物は筋違を用いることによって、水平方向からの外力に耐える構造とされています。でも、当時の建物は筋違なしに、地震に耐えたのですから、何らかの水平力に対抗できる応力発生機能が存在していると考えられますし、同時に地盤の違い建物の構造の違いによって地震による影響が異なっているのですから、筋違についての考え方も、見直す必要があります。

現在、地震に対する建物の構造は大きく分けて

- 1・耐震
- 2・免震
- 3・制震

の3つが存在しています。現在施工されている建築基準法及びその改定は建物を「耐震」構造にする方向のみに向かっていと言っても差し支えありません。耐震構造に建物を作ることは他の方法よりも安価に出来るというメリットがありますが、先に示したように地盤との問題もあり、完全な方法ではありません。

「免震」工法は建物と地盤とを切り離すという工法です。建物と地盤とが分離されているため、建物に注入される地震力は極端に少なくなります。地盤と切り離された構造を作るために、費用が高くなること、地盤が強固でなければならないという欠点があります。

そこで「制震」を採用することによって地震対策を改善することが、最近行われています。「制震」とは本来「制振」と書きますが、文字の示すとおり「振動を制御する」ことです。つまり、建物に入ってくる振動を制御し、建物に対する地震の影響を少なくする方法が制振ということになります。制震は、建物自体への地震力を制御するという方法ですので、地盤面との関わりは関係ないという特徴を持っています。従って、地盤の強弱に係わらず、効果を上げることの出来る方法なのです。

伝統工法による建物は筋違無しで地震に耐えていたのですから、その工法自体に「制震」的な部分が採用されていたと考えることが出来ます。今回、開発した格子状パネルは、伝統工法を思想を取り入れた形状になっています。

パネルは格子状になっていますが、それは伝統工法の「面格子」や「木舞」を連想させるものです。この「格子状パネル」は格子形状の持つ特質を利用し、現代の建物

に伝統工法の良い部分を付加するために開発されています。

・力学的な背景

格子状パネルには数多くの格子点があります。格子点ではその数だけ分散された外力に対しての応力を示すことになります。格子点の密度が高まれば、格子点をつなぐ部材の長さも短くなり、部材の変形による力の伝達ロスも少なくなります。伝達ロスは、加えられた力と部材の剛性とのバランスで決まり、剛性が足りないと部材の変形が発生し、そこから先へは変形力を差し引いた力だけしか伝達できなくなります。格子点距離は外力を如何に各格子点に分散するかということに大きく関わっています。

建物の壁倍率は、 $1.96 \text{ kN} : 1 / 120 \text{ rad}$ を1倍としますが、その変形角は、格子点近傍で考えると、格子点の中心から120mm離れた箇所で1mmの変形となるため、局所的にはごく微少の変形でもあります。格子点に均等に外力が配分されるとすると、格子点の数が多ければそれだけ、各格子点の負担分が少なくなります。しかし、現実的には、多くても100箇所程度の格子点となります。今回、製作した格子パネルでは、格子点が85箇所となっています。1.96kNを85で割ると、1つの格子点で必要な応力は約23.1Nとなります。これはそれほど大きな力ではなく、比較的容易に実現できる応力であることを示しています。大きな力を分散し、小さな構造で受けることが出来るのが格子構造の特徴です。



・地盤のN値と地震に強い地盤

現状に置いて、地盤のN値測定は行われていますが、N値は建物の重量を支えるだけの地盤耐力の判定に用いる数値であって、地震についての地盤特質を判断できるものではありません。地震の場合、地盤の性質として最も重要な判断要素は地盤の持つ卓越周期（地盤の場合、固有周期のことを特に卓越周期と呼ぶ）です。建物と地盤の周期が共振関係にあるとき、建物のは大きな地震力が注入されるという性質があります。地盤面の卓越周期を算定するのに、パラメーターとしてN値を用いますが、N値よりも地盤の組成、構成などの要素の方が大きく影響しています。従って、いくらN値が高いからといって地震に強い地盤であるとは限らないのです。

最も良い方法は超微振動探査を行い、地盤の卓越周期を測定することが望ましいのですが、簡便な方法として建築予定の地盤を消防署、市の防災課、国土地理院の地質図、古地図などを参考にし、地歴、地盤土質等を確認をしておいたものです。

ただ、現実的には安全な地盤に建物を建てることはほとんどの場合、無理と考えるのも良いでしょう。分譲地は、元來住宅向きでない土地である場合が多いためです。そうすると、構造で建物の安全性ををより高める方法が必要となってきます。

・資源的背景

スギなどの針葉樹の需要拡大が急務となっています。特に、今後生産量が高まるスギ中目丸太（並材）を軸組部材や面材など住宅部材への有効活用と生産効率に優れた製造手法が必要となります。スギ中目丸太の主な部分は、梁・桁などの平角として用いることが出来ますが、その周辺部分の有効利用は資源を活用して上に置いて、最も大きな課題の一つとなっています。この格子状パネルは、スギ中目丸太等から平角製材を採材した背板材を主材料としています。背板材をただの面材や下地材として使うのではなく、最新の研究成果による機能を持たせ、付加価値を高めています。この背板材より造られた部材と弾粘性材（ゴム）を主材料とし、製品の性能として粘弾性



の特徴（減衰力と復元力）を活かした、制振性を有する格子型状の耐力壁パネル（以下、格子状パネル）を開発しました。

格子構造は、耐震性能を持っています。接合部を密に制作すると、それぞれの接合点で木材のめり込みによって、変形力に対して応力を発揮します。格子構造の特徴として、格子を構成する部材の剛性は、格子点間の距離により決定されるため、部材自体の断面積を大きくする必要がありません。また、パネルに存在する格子点の数により、パネルの剛性が決定されるため、意図した強度を計画的に設計することが可能です。

これらの特徴をもつ格子構造パネルの製作にあたり、杉のもつ曲げ強さを最大限に生かせる構造であり、主要材木取り後の端材部分を用いて容易に製造できるという特徴を持っているため、資源の有効利用に有用なのです。

2・格子状パネルの主な特徴

木造建物の壁面内部に適所に配置することによって、建物全体の振動を低減し、建物を崩壊させない働きをする格子構造パネルです。

このパネルには、以下のような特徴があります。

【特徴・1】

木材を格子状に組んだパネルを作成し、縦と横の格子の接点部分は貫通する形状とし、その格子の接点部分の隙間に弾粘性物質を充填させ、縦と横の格子部材を接着接合します。この接合は、格子を構成する縦もしくは横部材のどちらかもしくは両者とも何らかの力で動けば、相互に弾粘性物質による接合部分を介して力が働きます。これを建物を構成する左右の柱および上下の梁もしくは土台に囲まれた単一構造区画内に設置します。物に外からの力が働き、建物が変形しようとするときこのパネルも変形しますが、格子の接点部分に充填された弾粘性物質が弾塑性変形を起こし、外部から建物に入ってきたエネルギーを効率的に吸収し、建物の他の部分への変形エネルギーを低減させる働きをして、建物を安全に保つ働きを持ちます。

【特徴・2】

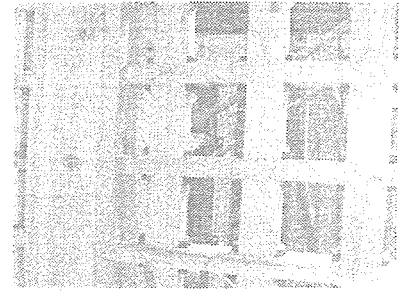
建物の主構造で囲まれた空間、梁・柱・土台もしくは梁によって囲まれた空間内に取り付けられるパネルです。パネルは、外壁もしくは内壁を形成する建築材料を取り付けるための補助となるような構造とすることもできます。また、建物の主構造材に囲まれた部分の内側に他の部分へ影響を及ぼすことなく設置することも可能です。建物の主構造材を維持するために取り付けられる金物等に接触しないような形状にすることもできます。建物の他の部分に対する影響は、性能を付加するだけであって、建物自体に何ら悪い働きをすることがありません。

【特徴・3】

このパネルを構成する部材は、スズ中目丸太の背板材を用いています。木製部材の大きさは構造材と比べると十分小さく、更に、長さも短い物を使用しています。このため昨今で問題になっている国産材の効率的な利用等に応用することが出来ます。

【特徴・4】

このパネルは、縦部材と横部材とが直行して成り立っています。直行している格子部分は、横部材を縦部材が貫通する形状となっていますが、この形状は、建物が揺れる際に起こるパネルへの変形力方向から決めています。梁と土台（もしくは梁）を結ぶ縦部材は、上部と下部が左右にずれる現象が生じます。横部材は柱と柱との間に取り付けられているため、変形力が加わった場合にも柱間の距離は変わりませんので、柱は平衡に移動することになります。ちょうど矩形から平行四辺形への変形と同じ状態となります。格子点は縦部材と横部材との接点部分であるため、どの部分でも均一に変形力が現れます。どの格子部分でも変形力が現れるため、格子部分の数が多くなれば変形力が現れる箇所が多くなります。箇所数が多くなれば、それぞれの格子点に振動を吸収する部材を配置したとしても、ここの格子点が発生する力は小さくても良いこととなります。総合的には全部の格子点の合算により、パネル全体が制振装置と





しての性能を実現します。

【特徴・5】

このパネルの格子部分の構造は、縦部材と横部材とが接触してなく、その間隙に弾粘性特性を持つ充填材が注入され、充填材の接着力で形状を保つ特徴を持っています。構成される格子を1つだけみても、充填材による変形応力は微々たるものですので少しの力で変形を許してしまいます。しかし、格子の数は多くそれぞれの微々たる力が集合すると、現実的な性能を発揮するのに十分な特質を持つものになります。

【特徴・6】

構成される格子点の数を増やすことによって、このパネルの性能は向上するのですが、構成する部材の点数も多くなり、パネル重量も増大してしまいます。そこで、現場の作業員が一人で効率的に施工できる範囲の重量とし、作業性の向上を図っています。制振性能とのバランスを考え、最終的な形状を決定した合理的なパネルとなっています。

【特徴・7】

パネル自体の形状は、現行のどの柱寸法の形状であっても、柱の内側に施工することが可能です。工事も簡単に実施することが出来ます。また、各種の工法にあわせて取り付け方法を柔軟に変更することが可能となっています。主構造材で囲まれる壁部分全てに充足したパネルが施工できない場合もありますが、パネルの基本性能は、パネル面積（この場合は、格子点数です）に比例します。

【特徴・8】

このパネルは外壁の下地や内壁の下地を兼ねることが出来ます。木造軸組在来工法では、柱と柱との中間部分には、間柱を設けます。パネルに間柱部材を添付することによって、間柱の役割をパネルに添付することが可能です。その場合の部材も規格化されており、合理的な施工が可能となります。

【特徴・9】

このパネルは、パネル工法の在来軸組にも使用できます。このパネルを柱外端部に施工する方法を採用することによって、外壁パネルの下地と同等位置に設置することも可能であり、逆に内壁の柱表面と同一の面に施工することも可能となっています。そのように施工した場合には十分に下地としての機能を果たします。

【特徴・10】

木造住宅のために開発されてきたパネルは全て耐震性能を増加させるために寄与するため開発されています。このパネルはこれまでの木造住宅用パネルの開発思想に「制振」機能を持たせるために開発されたものです。

【特徴・11】

パネルの構成を格子状にすることによってその格子点の個々が制振特性を示すように考えられています。パネルに入力される力の大きさ、および適応する建物の部分の

特徴などによって、パネルの構成要素、大きさなどの変更が可能で、広い範囲に適した応用が出来るものです。

以上のような特徴を持っているパネルです。





3・製造方法

格子状パネルを制作するにあたって、基本的な方法を図示します。

(木製部材)

格子を構成する基本部材の形状は、
30mm×60mm です。

横材は、孔をルーター加工で開けます。

(使用弾粘性部材)

使用するエネルギー吸収弾粘性材の材質は、CRです。

硬度は、70±5°を使用します。

規格として、以下のJISを適用します。

<基本規格>

JIS K 6386 防振ゴム

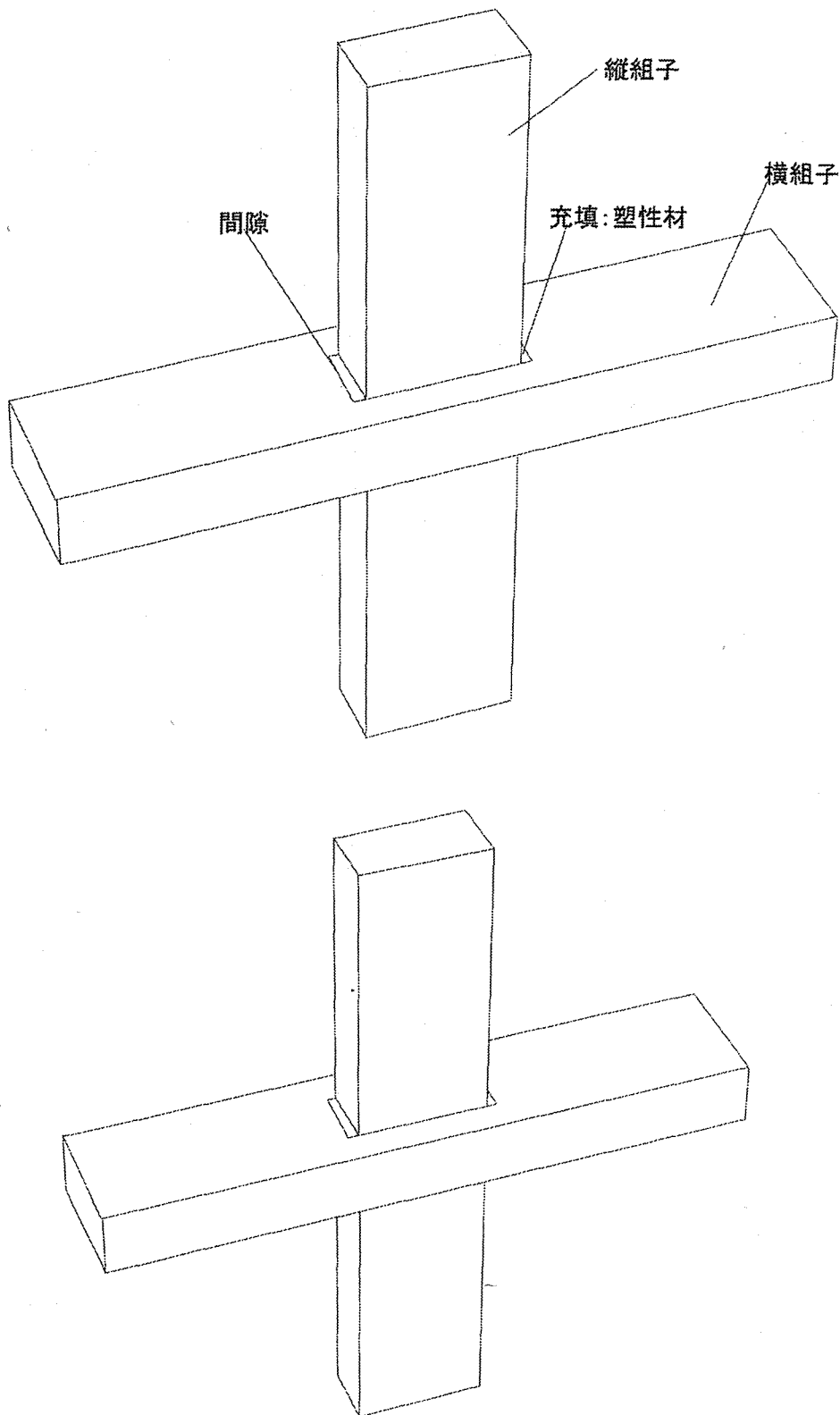
この規格に関する引用規格

- ・JIS K 6250 加硫ゴム及び熱過疎ゴムの物理試験方法通則
- ・JIS K 6251 加硫ゴム及び引張試験方法
- ・JIS K 6253 加硫ゴム及び熱過疎ゴムの硬さ試験方法
- ・JIS K 6254 加硫ゴムの低変形に於ける応力・歪み試験方法
- ・JIS K 6255 加硫ゴム及び熱過疎ゴムの反発弾性試験方法
- ・JIS K 6257 加硫ゴムの老化試験方法
- ・JIS K 6258 加硫ゴムの浸せき試験方法
- ・JIS K 6259 加硫ゴムのオゾン劣化試験方法
- ・JIS K 6262 加硫ゴム及び熱過疎ゴムの永久歪み試験方法
- ・JIS K 6385 防振ゴムの試験方法
- ・JIS K 6394 加硫ゴム及び熱過疎ゴムの動的性質試験方法

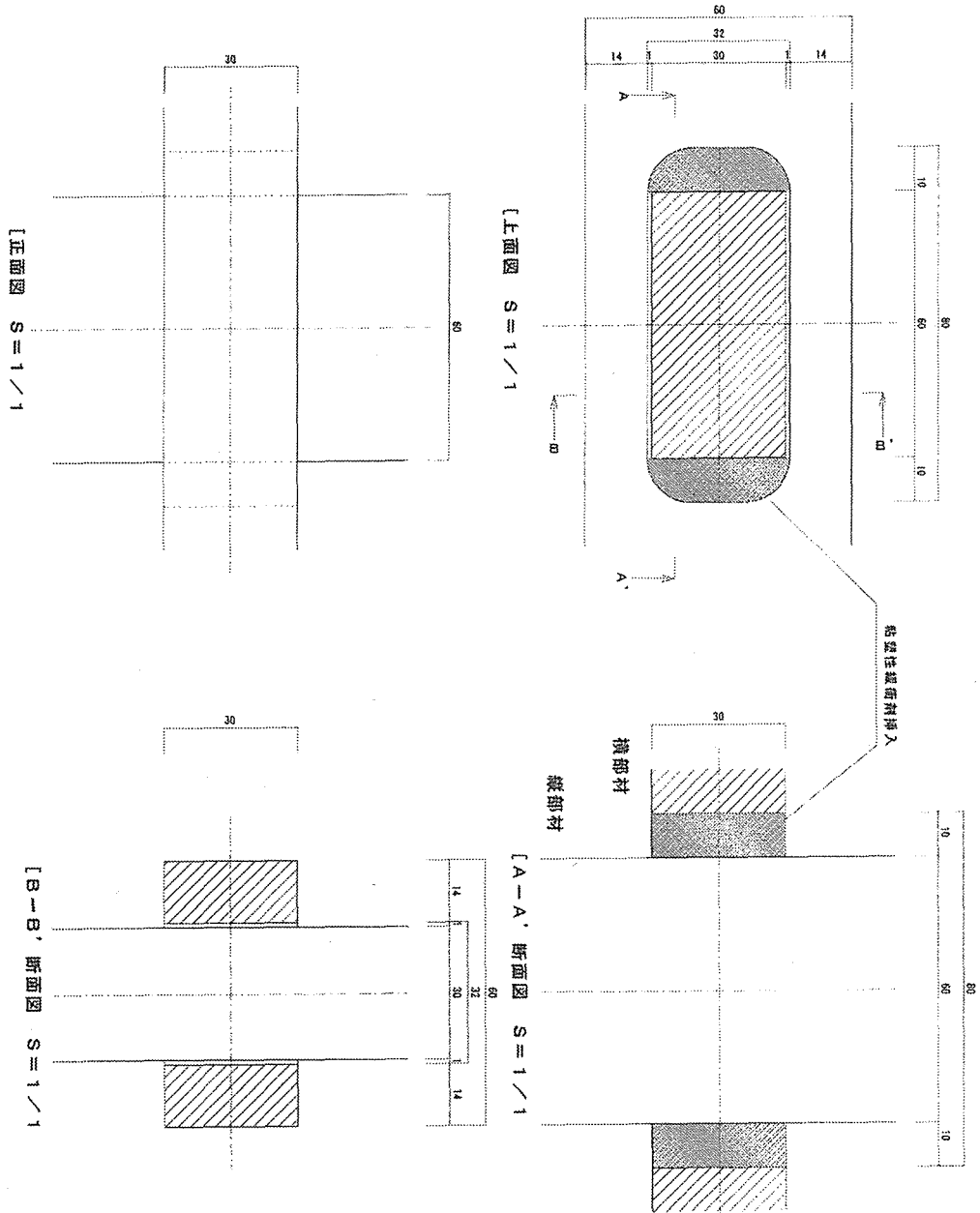
(取付枠材)

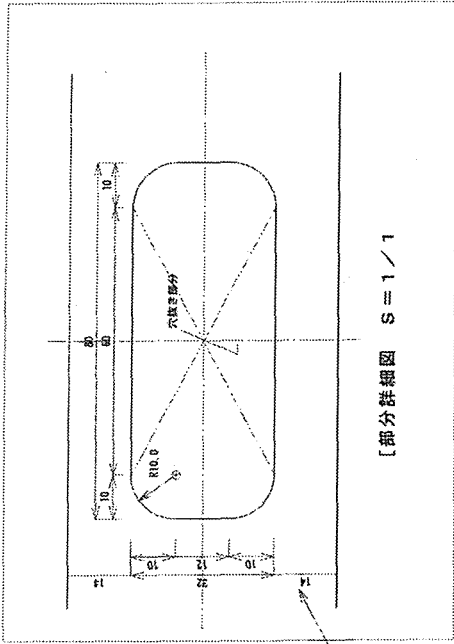
構造材に取り付ける枠材は、別図を参照して下さい。

組子一つの状態図

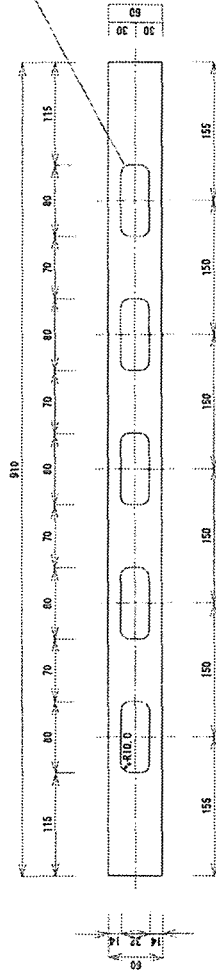


[制震パネル・格子点作成方法01]

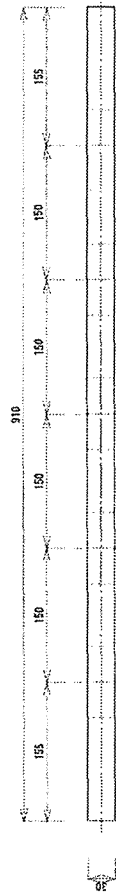




制作数 = 210本



[上面図 S=1/5]

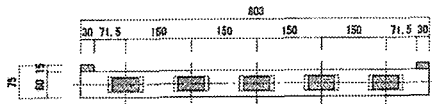


[正面図 S=1/5]

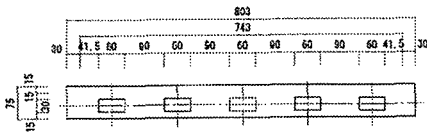


[側面図 S=1/5]

[制震パネル構成横材 = 1 / 1 ・ S = 1 / 5]



〔横断面図 S=1/10〕



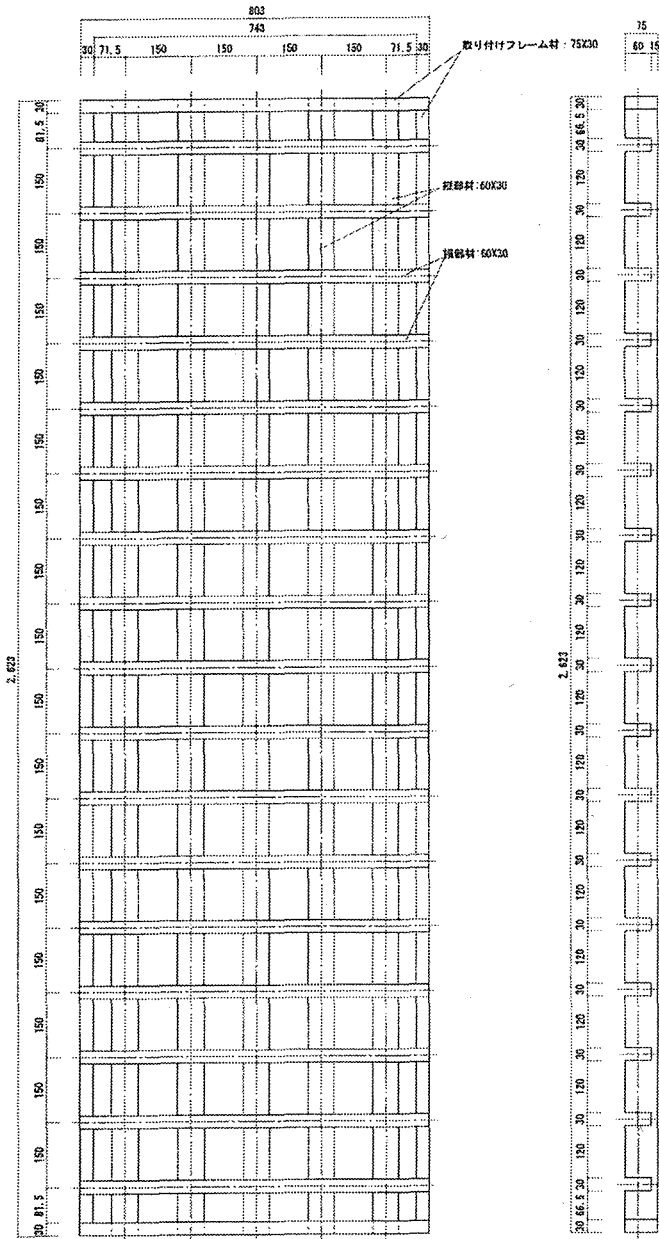
〔上面図 S=1/10〕

<使用部材>

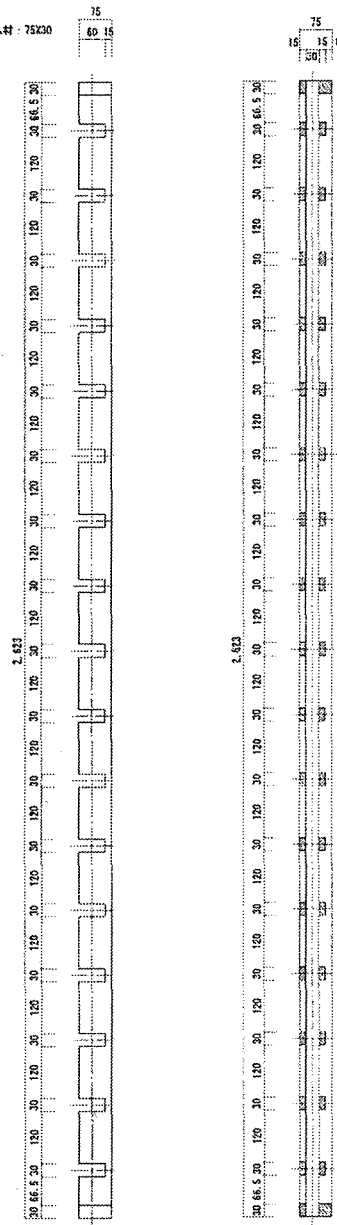
- 縦筋材: 60X30
- 横筋材: 60X30
- 取り付けフレーム材: 75X30 (縦・横)
- エネルギー吸収材: シリコンコーキング使用

〔制震パネル図・A01 S=1/10〕

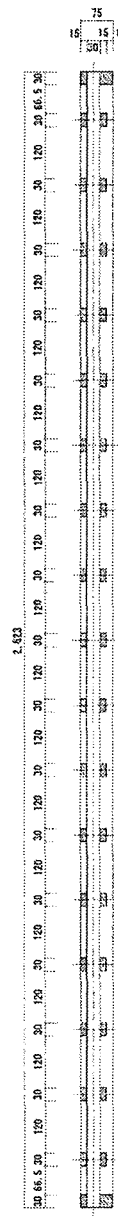
Type 01-01



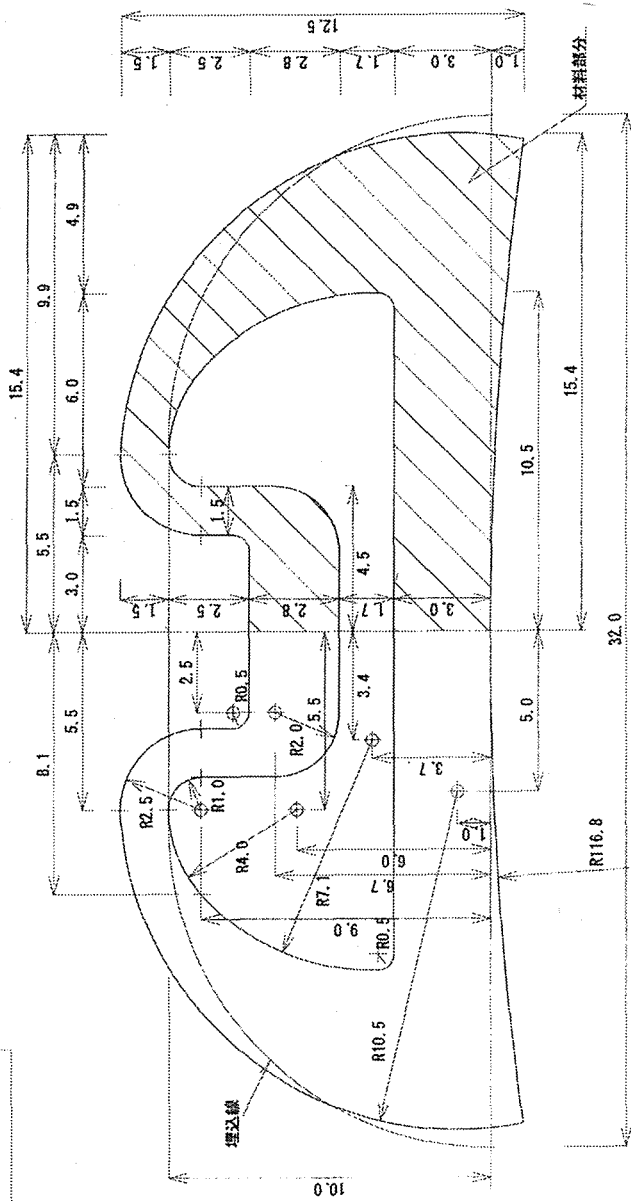
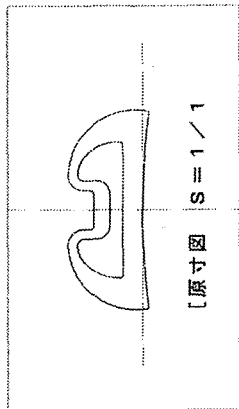
〔制震パネル・正面図 S=1/10〕



〔縦側面図 S=1/10〕



〔横断面図 S=1/10〕



精度 = ±0.1 ~ 0.5

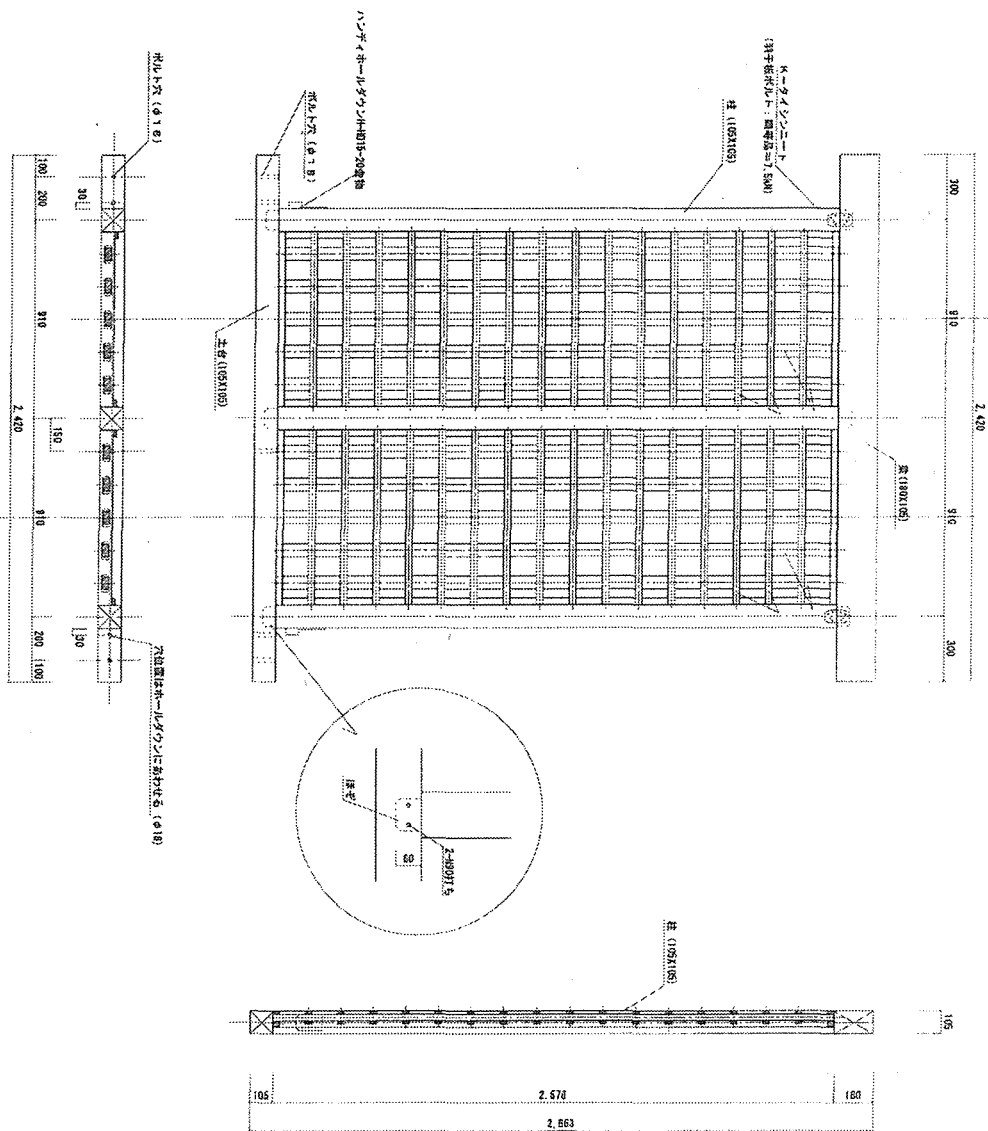
規格 : JIS K 6386 (相等)

材質 : CRゴム

ゴム硬度 : 60 ± 5°

[207/12/21: 改訂]

[制震パネル用・埋め込みゴム押出し成型形状図 02 S=5/1]



【制震パネル実大試験用フレーム・パネル組み込み図 S=1/20

※ (財) 日本住宅・木材技術センター社編

採用木材 組構：杉の製材（柱・土台・間柱・梁等）
 床下の製材品（梁等）
 品質：柱・土台は構造材用製材のJASの乙種構造材の3級程度
 梁は構造材用製材のJASの甲種構造材の3級程度
 断面寸法：10.5mmを標準（ただし梁せいはいは180mmを標準）
 仕口：ほぞとする
 仕口の構造方法：ほぞに2本のM10打ち

4・実施方法

効果的にパネルを使用するための指針を示します。

<基本的な考え方>

現行の木造住宅に適用されている建築基準法では、建物の注入される水平力に対抗するために、壁量が用いられています。従って基本的な建物の剛性は壁量により持たせることが必要となりますので、このパネルの施工を実施する、しないにかかわらず、壁量を充足しなければなりません。

壁量を充足するために使用される「筋違」、「耐力壁パネル」部分で剛性は高いのは言うまでもありません。しかし、建物全体を考えると、その他の部分は剛性が低いので、「強い所」と「弱い所」が発生していることになります。弱い所にこの格子状パネルを使用することによって、建物全体のバランスを平均化することができ、建物の安全性を高められます。

建物には、「重心」と「剛心」があります。

「重心」は建物の重さの中心です。「剛心」は建物の強さの中心です。建物に外部から力が働いたとき、剛心を中心に重心部分が回り込む、「ねじれ」が発生します。建物は、X軸とY軸に直行した部材によって構成されていますので、「ねじれ」に対してはあまり強い構造ではありません。重心と剛心の位置が同じならば、ねじれは生じず安全性の高い建物となりますが、実際にはそのような建物は意匠状の問題などがあり現実的にはあまり多くはありません。剛心位置を考慮して、格子状パネルを配置することによって、建物の安全性を高めることが出来ます。



4-1・使用枚数

適用する建物の床面積に比例させて枚数を多くしていきます。

X及びY軸方向の合計使用パネル枚数は、以下に示す式より算出します。

<各階の値>

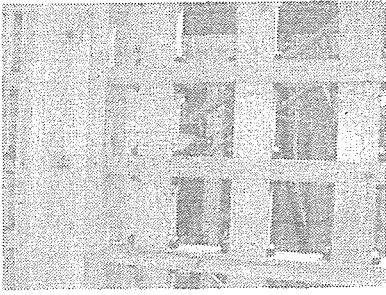
- 1階使用パネル数をN₁、(Nは整数)
- 2階使用パネル数をN₂、(Nは整数)
- 3階使用パネル数をN₃、(Nは整数)

1階床面積をA₁(m²)

2階床面積をA₂(m²)

3階床面積をA₃(m²)とすると、

※N₁≥2とし、数量は切り上げて整数として下さい。



■軽い屋根■

<平屋建>

$$N1 \geq (A1 \times 11) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

<2階建>

(2階建ての1階)

$$N1 \geq (A1 \times 29) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

(2階建ての2階)

$$N2 \geq (A2 \times 15) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

<3階建>

(3階建ての1階)

$$N1 \geq (A1 \times 46) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

(3階建ての2階)

$$N2 \geq (A2 \times 34) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

(3階建ての3階)

$$N3 \geq (A3 \times 18) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

■重い屋根■

<平屋建>

$$N \geq (A \times 15) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

<2階建>

(2階建ての1階)

$$N1 \geq (A1 \times 33) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

(2階建ての2階)

$$N2 \geq (A2 \times 21) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

<3階建>

(3階建ての1階)

$$N1 \geq (A1 \times 50) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

(3階建ての2階)

$$N2 \geq (A2 \times 39) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

(3階建ての3階)

$$N3 \geq (A3 \times 24) \times (1/3) \div 100 \times 2$$

4-2・配置方法

4-2-1・それぞれの構造軸への配分方法1

上記の式で算定したパネル枚数は、奇数の場合と偶数の場合が出てきます。それぞれの場合についての配置の仕方は、以下の原則に従って行います。

(パネルが偶数の場合)

X及びY軸に均等枚数配置します。

(パネルが奇数の場合)

以下の2つのステップでそれぞれの軸へ配置するパネル枚数を決めます。

ステップ1：X及びY軸の軸長により配置枚数を決めます。

$X > Y \rightarrow Y$ 方向を増やします。

$X < Y \rightarrow X$ 方向を増やします。

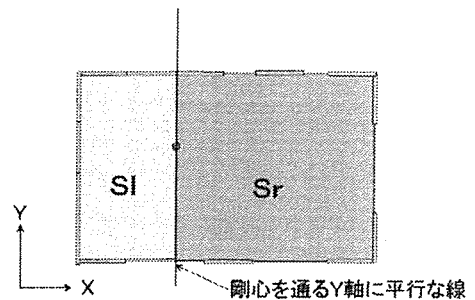
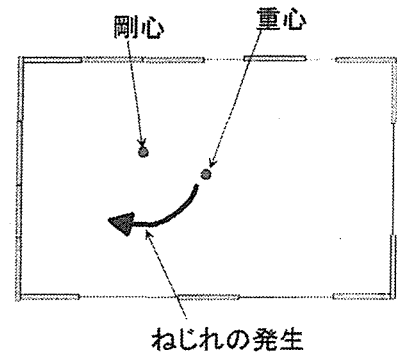
$X = Y \rightarrow$ ステップ2へ進みます。

ステップ2：X及びY軸の投影面積により配置枚数を決めます。

$X > Y \rightarrow Y$ 方向を増やします。

$X < Y \rightarrow X$ 方向を増やします。

$X = Y \rightarrow$ 開口面積の大きい軸へ配置します。



4-2-2・それぞれの構造軸への配分方法2

上記の式で算定したパネル枚数は、軸方向ごとに奇数の場合と偶数の場合が出てきます。それぞれの場合についての配置の仕方は、以下の原則に従って行います。

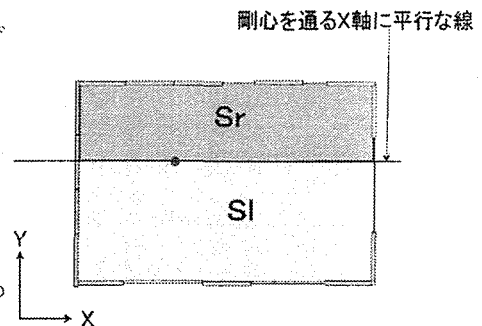
まず、剛心位置を算定し、剛心を通るX軸、Y軸に平行な直交線を図面上に記入します。それぞれの線で区切られた面積を比較し、その大きさによって配置を決めます。

(該当するパネルが偶数の場合)

剛心を通る線の両側に均等枚数配置します。

(奇数の場合)

それぞれの軸に平行な剛心を通る線で区切られた面積の大きさによって配置を決めます。



線の右側：S_r

線の左側：S_lとします。

それぞれの面積を比較し配置枚数を決めます。



$S_r > S_l \rightarrow S_r$ 側を増やします。
 $S_r < S_l \rightarrow S_l$ 側を増やします。
 $S_r = S_l \rightarrow$ 剛心を通る分割線に最も近い壁に1枚配置し、他は同数を配置します。

4-2-3・それぞれの構造軸への配置方法

配置は、以下の留意点を考慮して行って下さい。

○耐力壁と同じ場所（重複）に施工しないこと。

このパネルは、建物に剛性を付加すると言うよりも、「靱性」を付加する性質のもので、剛性を付加する耐力壁と同じ箇所に施工すると、性能を十分に発揮できません。

○梁の継ぎ手部分に配置してもよいこと。

梁の継ぎ手部分（軒桁などの継ぎ手部分）は、大きな変形力が発生するおそれがある部分です。そのような所に配置すると、効果的に建物の変形を防ぐことが出来ます。

○出来るだけ主構造軸上に配置すること。

主構造軸には多くの場合、耐力壁が配置されるため、軸上には強い部分と、弱い部分が混在しています。弱い部分にパネルを配置することによって構造の安定化を図ります。

また、パネルは大きな耐変形力を持つため、建物が変形しても、復元力が大きく、元に戻ろうとします。その場合、主構造軸への配置が最も効果的です。

○表し配置でもかまわないこと。

このパネルは壁体内に施工することを前提に開発されていますが、表し状態（壁の外にある状態）での施工でもかまいません。

○やも得ない場合は、壁内なら何処へ施工してもかまわないこと

上記の配置条件を満足できず、やも得ない場合には4-2-1及び4-2-2の条件を満足しているならば、副構造、間仕切り壁などの中に施工して下さい。数量が充足していなければ最低限の性能が発揮出来ないからです。但しなるべくこの様な状況は避けられるように、基本設計の変更、若しくは最初から考慮しながら設計して下さい。

以上の点を考慮して下さい。

4-3・施工方法

施工方法についての注意事項を示します。

以下に示す事柄は、実際の現場で行われる取付に関する事柄ですので、厳守して下さい。

○パネルはオーダーメイドですので、使用箇所が決まっています。

パネルは、個々の建物に合わせて制作されています。従って、大きさは使用する箇所の横架材間距離によって決まっていますので、必ず適合する箇所で使用して下さい。

○柱等への取付位置はどの部分でも良い。

柱横架材等への取付位置は、後の施工を考慮して、施工者が決めて下さい。横架材、柱によって囲まれた部分に施工さえ出来れば、性能は発揮できますので、仕上げの壁下地との共用、胴縁下地との共通化などを配慮して位置を決定して下さい。

○取付は、コースレットを使用して下さい。

取付にはコースレットを使用し

L = 65 mm

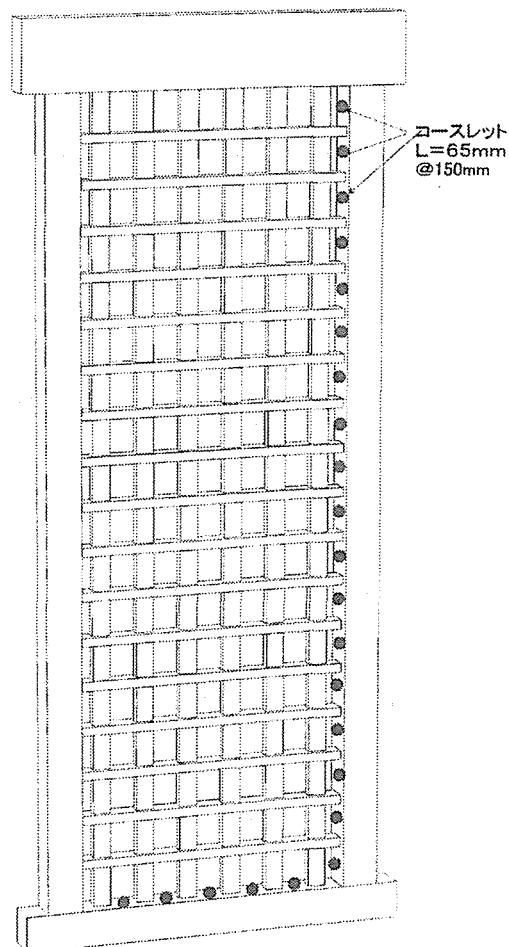
@ 150 mm

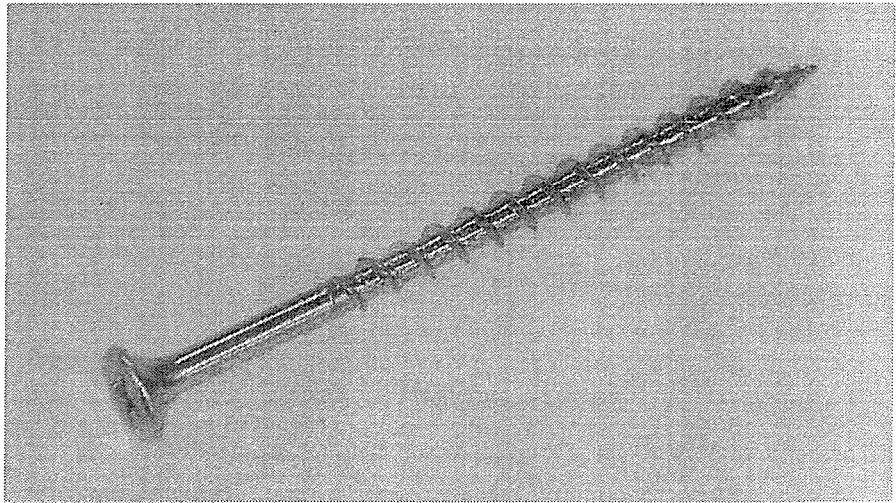
にて施工して下さい。@150mm は、格子の間隔部分には必ず、一本の取付ねじを使用するという事です。

横格子、建て格子とも同様です。

○接着剤との併用も出来ます。

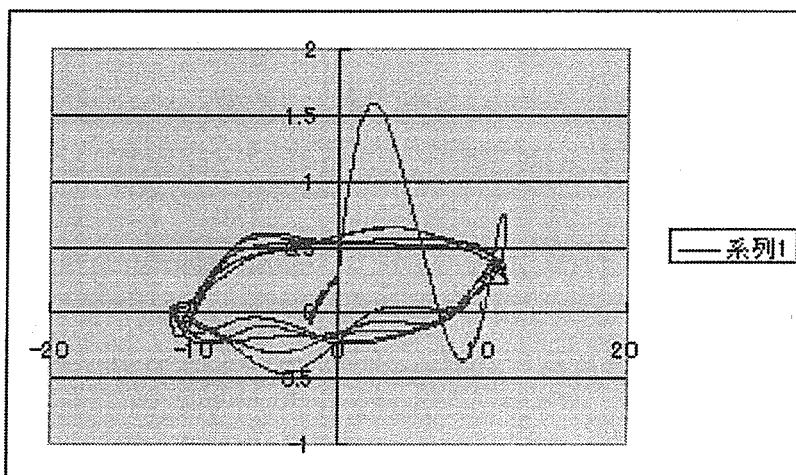
パネルの取付の際に、接着剤との併用も出来ませんが、後々のメンテナンスを考えると、用いない方が良いでしょう。性能は接着剤を用いなくても、十分発揮できるように設計されています。



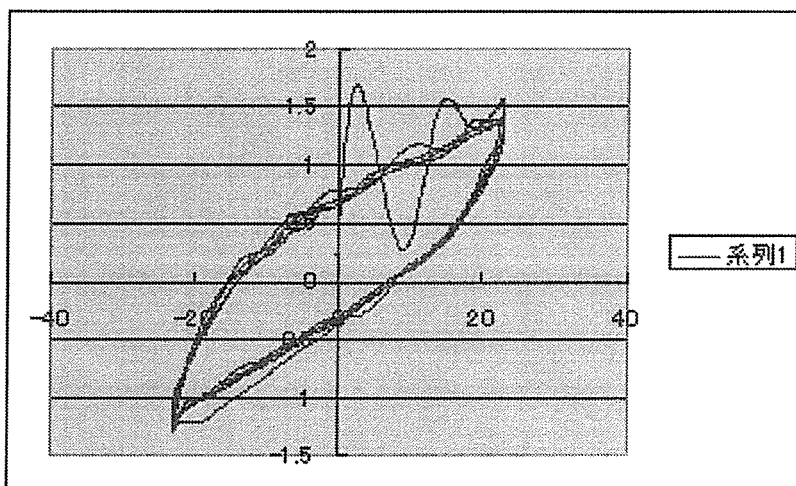


使用ビス：コースレット L=65mm

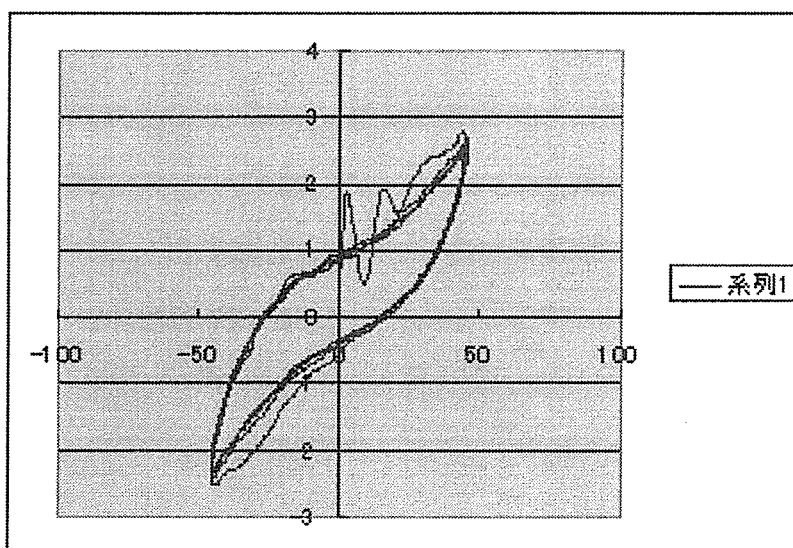
添付資料



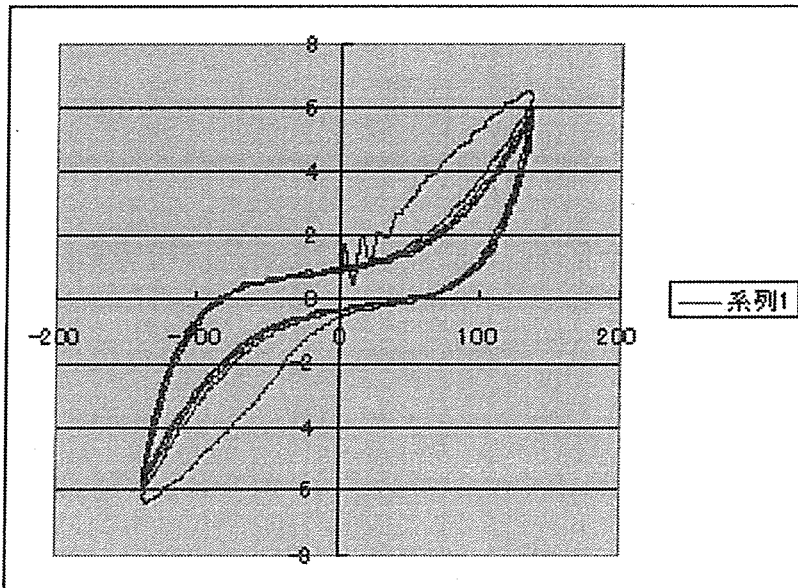
動負荷試験履歴図 100mm/sec st = ±11mm



動負荷試験履歴図 10mm/sec st = ±11mm



動負荷試験履歴図 100mm/sec st = ±48mm



動負荷試験履歴図 100mm/sec st=±116mm

表-3 動的繰り返し加力試験における繰返しループの等価粘性減衰定数と最大荷重

片振幅 (mm)	等価粘性減衰係数			最大荷重 (kN)						
	試験体1 最大速度(mm/sec)	試験体2 最大速度(mm/sec)	試験体3 最大速度(mm/sec)	試験体1		試験体2		試験体3		
				100	300	500	100	300	500	100
				圧縮	引張	圧縮	引張	圧縮	引張	
11.4 (1/240rad)	1	17.42	-	-	0.81	0.96	-	-	-	-
	2	17.35	-	-	0.83	0.88	-	-	-	-
	3	15.84	-	-	0.83	0.90	-	-	-	-
	4	16.91	-	-	0.81	0.88	-	-	-	-
	5	16.58	-	-	0.84	0.85	-	-	-	-
22.8 (1/120rad)	1	13.01	17.66	-	1.39	1.61	1.55	1.21	-	-
	2	13.89	21.50	-	1.41	1.55	1.40	1.19	-	-
	3	14.89	20.25	-	1.38	1.51	1.39	1.29	-	-
	4	14.46	21.39	-	1.37	1.51	1.40	1.15	-	-
	5	14.04	20.68	-	1.39	1.48	1.40	1.22	-	-
45.5 (1/60rad)	1	12.38	17.13	19.97	2.47	2.67	2.77	2.52	1.86	2.00
	2	12.22	15.54	19.52	2.39	2.54	2.64	2.41	1.71	1.84
	3	11.98	15.09	19.70	2.37	2.52	2.59	2.34	1.65	1.91
	4	11.70	15.05	17.51	2.37	2.51	2.51	2.34	1.69	1.77
	5	11.72	15.22	17.29	2.35	2.47	2.54	2.32	1.76	1.71
13.7 (1/30rad)	1	13.04	14.31	14.11	6.12	6.41	6.53	6.37	5.93	6.40
	2	8.77	10.31	9.79	5.65	5.97	5.97	5.90	5.39	5.91
	3	8.13	9.71	9.05	5.46	5.80	5.77	5.69	5.24	5.69
	4	7.90	9.39	8.82	5.38	5.69	5.64	5.60	5.12	5.59
	5	7.70	9.23	8.64	5.31	5.63	5.57	5.52	5.02	5.56

1 はじめに

国産材針葉樹合板は、利用拡大の機運が高まってきている。海外からの原木の量的、価格安定供給への懸念に併せて、小径木からも製造可能な技術開発によるところが大きい。各地では地場産木材「認証制度」の中にも合板が位置づけられている。これらの合板を難燃化した下地材は、以下の点で将来性があると考えられる。

環境面への貢献：現在、建築の下地にはせっこうボード等無機系建材が広く使われている。難燃下地材で逆代替できれば、温暖化防止効果等への貢献が期待できる。すなわち、間伐材利用率の向上による森林整備の推進と新たな炭素吸収源の育成、下地材そのものの炭素貯留効果、および製造時における炭酸ガス排出量の抑制等である。

幅広い用途：構造用合板であれば、防火性能を付与した耐力壁への応用が可能である。下地材をあらわしで（内装的に）使用する方法も可能であり、化粧的な考慮をすれば、内装材料へも展開が可能であるなど、幅広い用途が期待できる。

合板の難燃化には以下の2つの方法とそれぞれの特徴が考えられる。

・難燃薬剤を含浸させた単板で、合板を製造する：

- 1) 単板への含浸は容易である。簡単な減圧処理のみでも可能。
- 2) 既存の合板製造ラインに、単板への含浸工程を組み込む形になるため、相当の生産量見込みが必要である。また合板製造工場で薬液の管理が必要になる。小売への流通過程で在庫負担が増える。
- 3) 接着時に加熱することによって難燃薬剤への影響がある。

・完成された合板を難燃処理する：

- 1) 既存の合板を、必要な量のみ難燃処理すればよい。専門の難燃処理工場へ委託できる。小規模生産に適している。在庫負担を低減できる。
- 2) 合板の規格寸法(910×1820mm)で処理するには、大きなサイズの含浸設備が必要になる。ただし、内装材の用途であれば、規格寸法にこだわる必要はないと考えられる。
- 3) 一方、接着層の含浸への影響が考えられる。

既存事例では前者の報告がある。今回の試験は、中小規模の経営業態が多いことを踏まえて、後者の方法をとることとした。

なお、今回カラマツを対象樹種とした理由は、長野県内ではカラマツ合板が容易に入手できること、より含浸の容易なスギなどの国産他樹種についても応用が利くと考えられるためである。

カラマツは心材難注入材である。そのため、難燃処理や防腐処理などの薬剤含浸を必要とする加工には、不向きな樹種であると考えられている。しかしカラマツの合板については、単板のロータリーレース切削時に木材の組織構造も破壊を受けている可能性があり、注入性が大きく改善されていることを期待している。

2 本試験の目的

前述の「既存の合板を難燃処理する方法」を検討するために、以下の点を明らかにする必要がある。

- 1) 合板への難燃薬剤の含浸が可能であるかの検討。
- 2) 燃焼試験（コーンカロリメーター試験）によって、防火材料としての性能の確認。
- 3) 不具合事象である「白華現象」の塗装による抑制効果。

3 試験材について

長野県産カラマツ材から製造した合板を使用した。「合板の日本農林規格」（以下JASという）の構造用合板特類2級（厚さ12mm）である。接着剤はフェノール樹脂を使用している。板面品質は「おもて」はCを、「うら」はDを配したものである（写真-1、表-1）。単板はロータリーレースによる切削で、辺材部や枝の樹幹の「こぶ」に起因する辺材が偏在している。さらに合板のコア（心板）部分の単板では、抜け節や、単板の継ぎ目等が存在していると考えられる。



おもて（C相当）



うら（D担当）



JASおよび「信州の木認証合板」
の表示（該当部分を拡大）

写真-1 長野県産カラマツによる合板

4 注入試験

4.1 準実大試験体の注入試験

合板の規格寸法は1820×910mmである。この実大寸法になるべく近い大きさの試験体で注入特性を把握したい。そこで以下の方法により注入試験を行った（図-1）。

まず、実大寸法の合板を4分割して準実大試験体とした。試験体の隣接する2側面をシリコンシーラントにより封鎖（シール）した。すなわち、実大寸法の合板の隅と中心部分を想定している。

表 1 構造用合板の板面の品質の基準（抜粋）

	C	D
生き節、死に節、抜け節、穴、開口した割れ、欠け、はぎ目の透き、横割れ、線上の虫穴及び埋木の板幅方向の径、幅又は長さの合計	板幅の10分の1、針葉樹にあつては5分の1（表板及び裏板の厚さが別表1の数値以上であるときは、2分の1）以下であること。抜け落ちた部分又は穴の板幅方向の径が40mm以下であること。	板幅の7分の1、針葉樹にあつては5分の1（生き節、死に節、抜け節又は穴の板幅方向の径が65mm未満であつて、かつ、表板及び裏板の厚さが別表1の数値以上であるときは、2分の1）以下であること。なお1級にあつては、径、幅又は長さの合計に生き節の径、幅又は長さを含めないことができる。
生き節又は死に節	板幅方向の径が50mm以下であること。	板幅方向の径が75mm以下であること。
抜け節又は穴	抜け落ちた部分又は穴の板幅方向の径が40mm以下であること。	抜け落ちた部分又は穴の板幅方向の径が75mm以下であること。
埋め木	板幅方向の径が100mm以下であること。	
入り皮又はやにつぼ	長径が60mm以下であること。	
開口した割れ（欠け又ははぎ目の透きを含む。）	1 板面における長さの方向のりょう線から25mm以内の部分における幅が6mm以下であること。 2 上記1の部分以外にあつては (1) 板面における幅の方向のりょう線から200mm離れた箇所における幅が10mm以下で、かつ先端が狭くなっていること又は板面における幅の方向のりょう線から200mm離れた箇所における幅が15mm以下で、かつ長さが50%以下であること。 (2) 板面における幅の方向のりょう線から200mm以内の幅が50mm以下であること。	1 板面における長さの方向のりょう線から25mm以内の部分における幅が6mm以下であること。 2 上記1の部分以外にあつては (1) 板面における幅の方向のりょう線から200mm離れた箇所における幅が25mm以下で、かつ先端が狭くなっていること。 (2) 板面における幅の方向のりょう線から200mm以内の幅が75mm以下であること。

4. 1. 1 難燃薬液の調整

ポリリン酸カルバメート系難燃薬剤である丸菱油化工業製の「ノンネンW2-50」（原液の固形分濃度50wt%）を水道水で30wt%（重量パーセント）に希釈して使用した。

4. 1. 2 注入処理

難燃薬液と準実大試験体とを処理バットに入れ所定の条件で注入処理を行った。注入処理後にただちに試験体を8分割し、質量を測定して部位ごとの薬剤の注入量を算出した（写真-2）。

4. 1. 3 注入処理条件

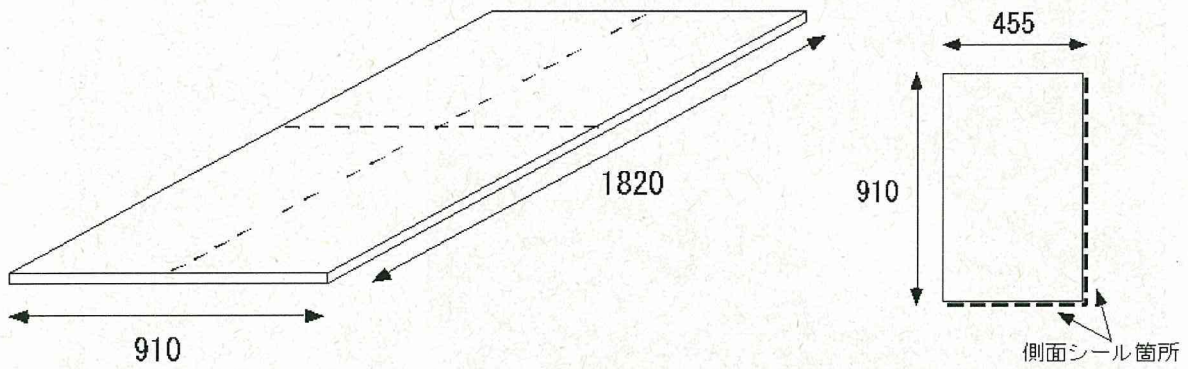
処理条件を表-2に示す。減圧はすべての条件で30分間実施した。水封ポンプの限界である0.09MPa程度（計器の読みで）まで減圧した。一枚の実大の合板から4枚の準実大試験片を採取し、各群内の各試験条件にひとつずつ振り分けた。すなわち各群内で試験材のマッチングをとった。

4. 2 注入処理の結果

加圧を行わない条件下であるA群では、常圧1時間後で、少ないものでは固形分注入量70kg/m³程度であり、多いものでは100kg/m³近くまで達するものもあった（図-2）。カラマツの心材の板の場合、12mm程度の厚さで、加圧なしにこの程度の注入量を得ることは困難であるので、合板は、比較的注入が容易であるといえる。なお1時間から5時間程度まで常圧（浸漬）時間を延長しても、注入量もばらつきも大差なかった。A群では比較的注入の容易な部位に浸透し始めた状態と考えられる。

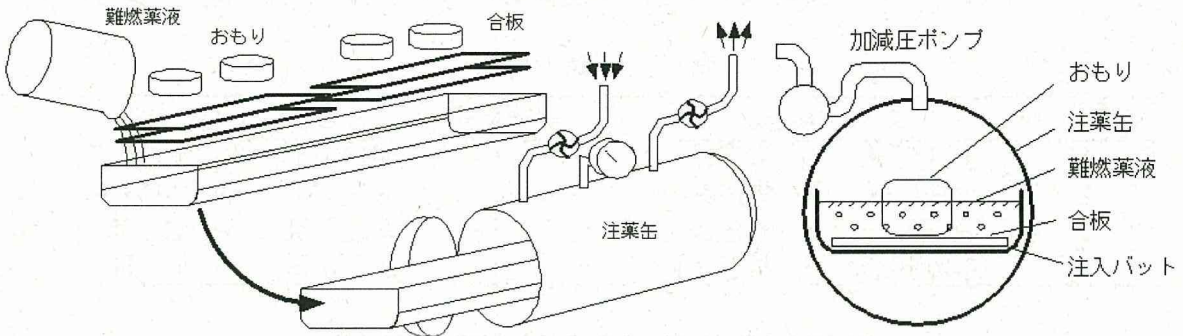
さらに、加圧0.5MPaを加えたB群の条件下で、難燃の目安である100 kg/m³を目指した。結果と

1



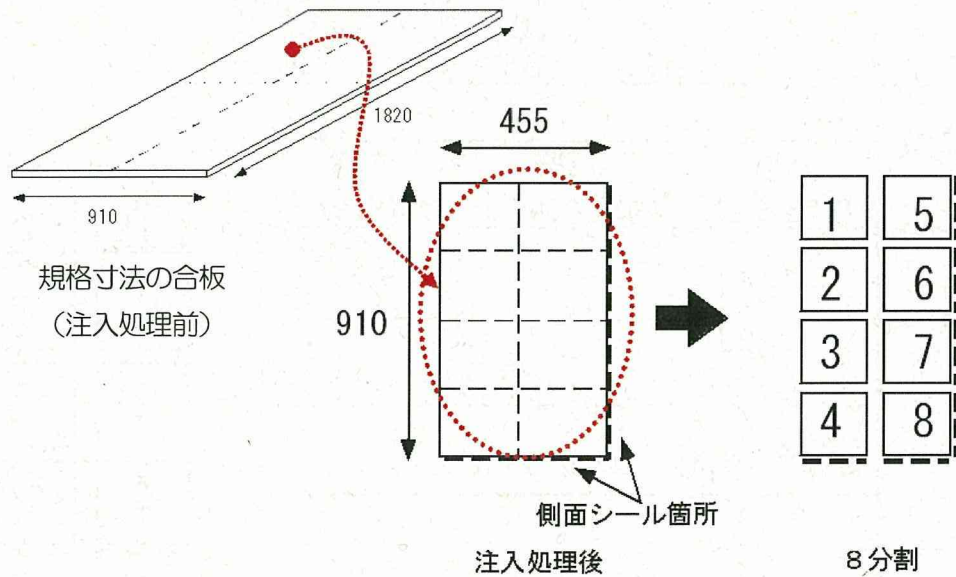
【準実大試験体の作製】 規格寸法の合板を4分割し、切断した2面をシールする。

2



【準実大試験体の注入処理】 バット内に薬液と試験体をいれ所定の条件で注入する。

3



【注入量の分布調査】 注入処理後に試験体を8分割し、各々の部位の注入量を計算する。

図-1 実験の手順

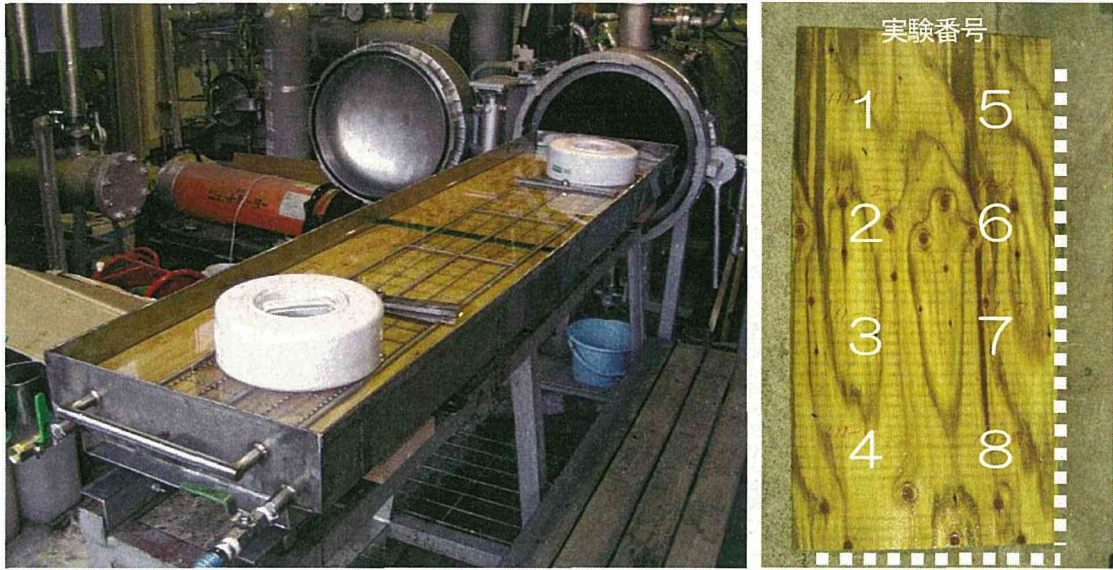


写真-2 注入処理直後の試験体（点線部分がシール箇所、数字は部位番号）

表-2 試験条件

実験番号	A群 (加圧なし)	実験番号	B群 (加圧0.5MPa)
1	減圧0.5h → 常圧1h	21	減圧0.5h → 加圧0.5h
2	減圧0.5h → 常圧3h	22	減圧0.5h → 加圧1h
3	減圧0.5h → 常圧5h	23	減圧0.5h → 加圧3h
4	[減圧0.5h → 常圧1h] × 2	24	減圧0.5h → 加圧5h

実験番号	C群 (加圧1MPa)
11	減圧0.5h → 加圧1h
12	減圧0.5h → 加圧3h
13	減圧0.5h → 加圧5h

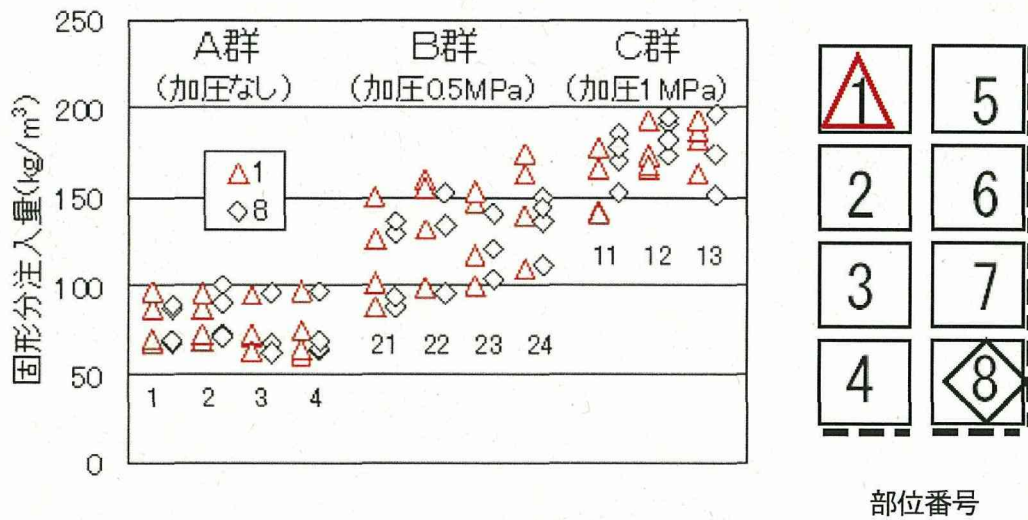


図-2 注入条件と固形分注入量

して、加圧時間を長くすると注入量も増大し、5時間程度で100 kg/m³を満たした。しかしB群はばらつきも大きく、150 kg/m³近いものもあった。B群では、試験体間（固体間）のばらつきが拡大し、また注入部位1（隅）が8（中心部）よりも注入量が多くなる傾向が顕著であった。加圧を1MPaにしたC群の条件下では、加圧1時間で、少ないものでも準不燃の目安である150 kg/m³の固形分注入量を得ることができたが、多いものは200 kg/m³にも達した。またB群に比較して採材部位による差が減少している結果となった。

以上のように、量的な注入条件の一応の検討を行ったが、注入量のばらつきが大きかった。合板の注入量は、注入が容易である辺材の量と、合板に存在する「空隙」が関係すると考えられる。前者については、コア（心材）を確認することができない。そこで、後者についてのみ、注入前の合板の密度と注入量を比較して考察した（図-3）。

合板質量と体積からの見かけの密度（以下、合板密度という）を求めた。今回の試験では、注入前の合板密度は0.55から0.62g/cm³程度まで広く分布していた。A群やB群の場合、同一条件内では軽い（密度が低い）合板の方が、注入量も多い傾向にある。A群よりもB群の方がこの傾向が強いのは、加圧により細部まで薬液が浸透されたためであると考えられる。しかしC群になると、薬液の浸透が「頭打ち」となり、B群ほどに密度の差が注入量に影響しなくなったと考えられる。

以上のことから、C群のように十分な加圧を確保した方が、ばらつき低減に有効であると考えられる。その上で必要な固形分量は、薬液濃度を加減する方法が有効であると考えられる。

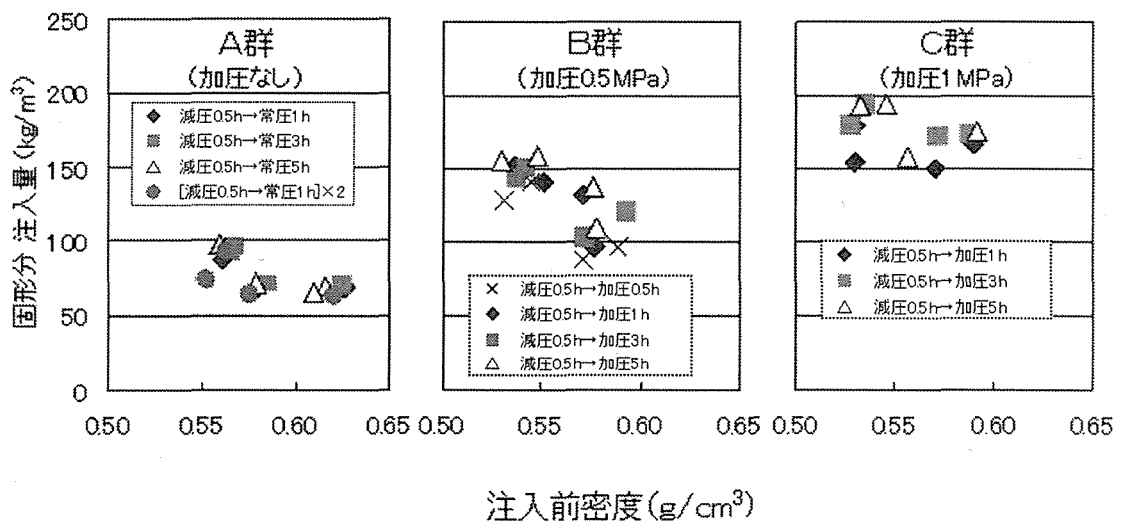


図-3 注入前密度と固形分注入量

5 燃焼試験（コーンカロリメータ試験）

注入量と燃焼特性を把握するために、以下の方法によった（図-4）。まず、試験片は所定量の薬剤を含有したものを6枚ずつ作製した。そのうちの3枚についてはウレタン塗装を行った。試験片は35℃中の乾燥機で10日以上乾燥した。燃焼試験（コーンカロリメータ試験）によって、防火材料としての性能を確認した（写真-5）。

5. 1 燃焼試験片の作製 (図-4)

燃焼試験片は99×99×12 (mm) である。正確な注入量の試験片を作製するために、この寸法のもを小さな容器に入れ、液面の高さを観察しながら注入操作を行った (写真-3)。薬液濃度は30wt%とした。

5. 2 塗装

塗装は刷毛を用いた。塗料は油性のウレタンを用いた。1回の塗布量は、湿重量でおおむね100 g/m²とした (写真-4)。

5. 3 燃焼試験の結果

燃焼試験の結果を表-3に示す。加熱開始後、難燃材では5分間、準不燃材では10分間で、それぞれ総発熱量8MJ/m²以下であること、発熱速度200kW/m²を10秒以上継続しないこと、有害な変形が生じないこと等がコーンカロリメータによる燃焼試験における合格基準である。有害な変形とは、試験片が収縮して保持具から脱離すること等が該当する。

難燃材のレベルを満たすには少なくとも100 kg/m³程度が、準不燃材では120 kg/m³程度は必要であるといえる (図-5)。90 kg/m³程度の低注入量域では塗装の影響を受けて、発熱量は2MJ/m²くらいの増加となった。加熱10分後では、150 kg/m³以上で「塗装なし」の方が「塗装あり」よりも発熱量が高いものがある。しかし、加熱5分後の段階で、塗膜はすでに燃え尽きているにもかかわらず発熱量には差がなかったことから、塗装の影響ではなく、試験片の注入量のばらつきであると判断した。

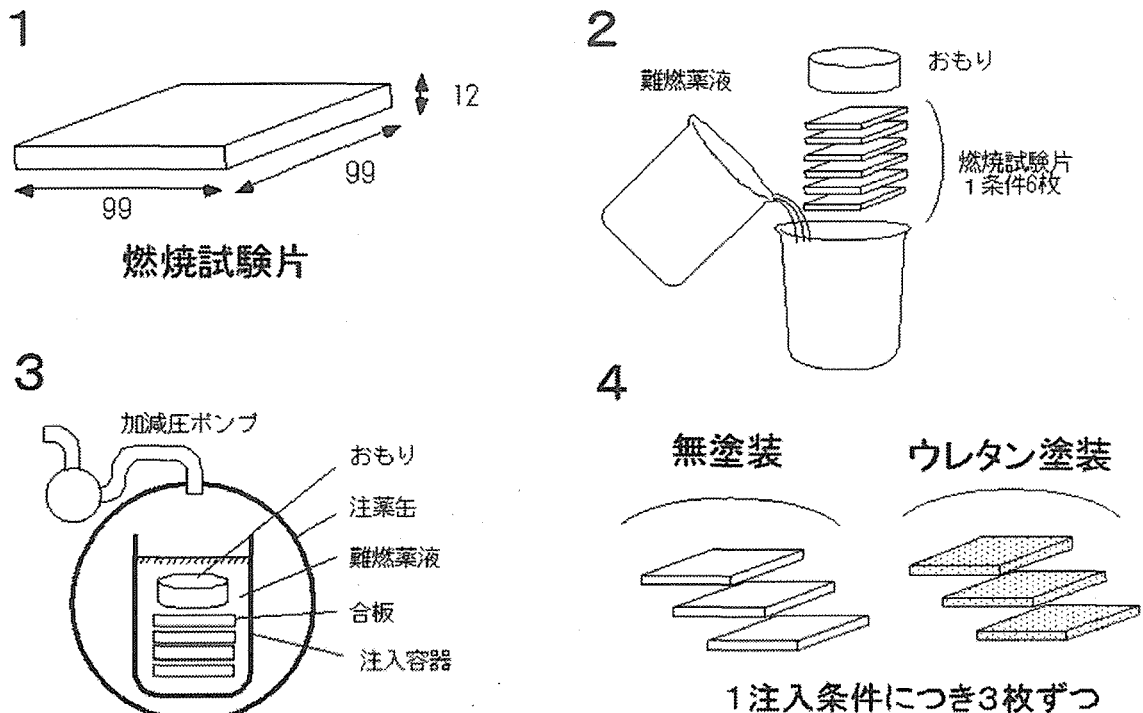


図4 試験片の作成手順

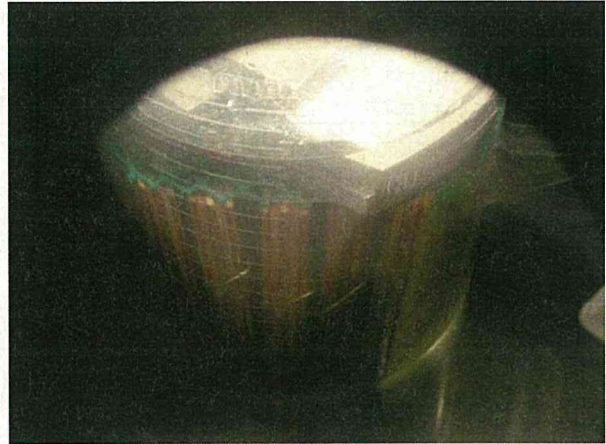


写真-3 注入風景 (左: 注入前・右: 注入時の液面)

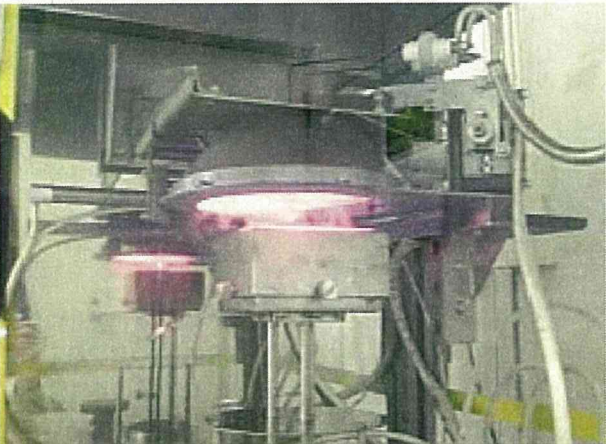


写真-4 塗装風景

写真-5 コーンカロリーメータ試験

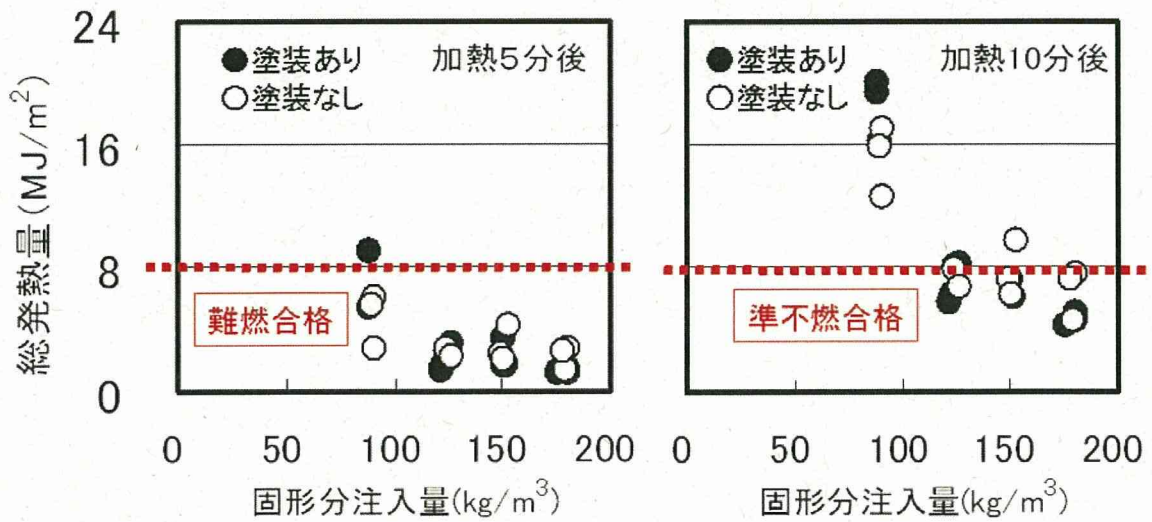


図-5 固形分注入量と発熱量

表-3 燃焼試験の結果

No.	固形分 (kg/m ³)	塗装	初期重量 (g)	厚み (mm)	総発熱量(MJ/m ²)			最大発熱速度(kW/m ²)		
					5分後	10分後	20分後	5分後	10分後	20分後
32	88.6	あり	75.40	12.3	5.33	19.28	34.83	72.14	72.66	72.66
34	88.9	あり	74.15	12.2	9.09	20.00	36.95	77.82	78.15	78.15
35	89.5	あり	71.95	12.1	5.63	16.07	29.12	84.05	84.05	84.05
111	123.4	あり	78.22	12.2	1.75	6.20	29.42	10.57	18.41	29.42
116	122.0	あり	80.52	12.2	1.40	5.66	20.94	9.10	44.27	45.63
114	126.4	あり	81.77	12.1	3.09	8.20	22.21	35.21	55.92	55.92
109	150.6	あり	82.39	12.2	1.76	6.23	17.39	11.39	17.09	21.30
119	151.3	あり	85.17	12.2	3.28	7.26	18.26	51.55	51.55	51.55
52	152.2	あり	81.11	12.2	1.67	6.01	17.29	11.48	17.48	21.24
89	180.5	あり	83.31	12.2	1.38	5.01	14.21	9.37	13.53	17.70
87	181.0	あり	85.90	12.2	1.10	4.52	14.32	8.68	12.87	19.21
126	175.5	あり	88.80	12.3	1.10	4.16	13.22	6.40	12.32	17.79
33	91.3	なし	70.93	12.1	6.12	16.98	30.87	82.58	82.80	82.80
39	91.6	なし	73.25	12.0	2.73	12.55	27.34	21.95	72.62	72.62
40	89.7	なし	70.31	12.1	5.47	15.76	29.40	73.00	73.00	73.00
78	124.4	なし	75.14	12.1	2.51	8.06	21.94	15.78	23.17	27.19
112	124.9	なし	79.17	12.0	2.72	7.96	20.08	16.73	18.91	22.22
134	127.3	なし	80.03	12.0	2.25	6.78	18.32	14.57	16.74	24.10
106	150.2	なし	80.19	12.1	2.39	7.25	19.27	14.21	18.45	24.05
108	150.8	なし	84.19	12.0	1.99	6.19	17.42	13.62	15.75	20.72
98	153.3	なし	82.68	12.0	4.17	9.66	21.61	54.18	54.18	54.18
94	180.2	なし	80.83	12.1	1.29	4.55	14.36	8.61	13.39	18.36
83	180.6	なし	83.50	12.2	2.63	7.52	19.66	13.81	17.58	23.46
88	178.2	なし	81.69	12.2	2.48	7.24	18.14	14.35	17.98	20.61

6 「白華現象」対策試験

難燃薬剤は水溶性でかつ潮解性に富む。そのため、高湿度環境に長時間さらされると、薬剤が析出する不具合事象が知られており「白華現象」と呼ばれる。「白華現象」対策として塗装を検討した。

6. 1 塗装

薬剤固形分注入量がおおむね150kg/m³の試験片に塗装した。塗料は、水性ウレタン、油性ウレタン、油性非造膜（浸透型）の3種類とした。塗装は刷毛を用い、1回の塗装はおおむね湿重量で100g/m²になるようにして、1回塗布と2回塗布の試験片を作製した。塗装後に、4側面をシリコンシーラントにより封鎖（シール）した。

6. 2 「白華現象」試験条件

高湿度下における塗膜の試験条件の一例として、塗膜の耐湿性JIS K 5600-7-2（連続結露法）が用いられることが多い。この試験は、50℃95%の雰囲気中に設置した水蒸気発生皿で水蒸気を発生させ、水蒸気中に試験片を暴露させるものである。観察項目として塗膜の外観変化、剥がれの有無とされている。

今回の試験では、JIS法に代えて恒温恒湿槽を使用した。50℃95%の条件では、試料表面は常に濡れた状態が継続された。したがって、薬剤の滲出の確認が困難であった。さらに50℃に長時間おくことは、薬剤の熱分解も懸念される。そこで温度は40℃とし関係湿度95%の「湿条件」と15%の「乾条件」をそれぞれ24時間とするサイクルにより、「白華現象」対策試験を実施した（図-6、写真-6）。

6. 3 結果

6サイクルまで継続し、各サイクル終了時には試験片を観察した。「白華現象」が材面のおおむね5%以上を占めるまでのサイクル数により評価した（表-4）。

水性の塗料は、一般に不適とされる。すなわち、難燃薬剤が水に溶解するためである。塗装の作業性は良好で、塗膜の形成の障害となることもなかったが、試験片が白っぽい色を呈した。難燃薬剤が塗膜面近傍に集積している可能性がある（写真-8）。

油性の塗料は効果が低く、2回塗り「おもて」面でのみ効果があった（写真-9）。塗料の表面張力が大きいためか、表面の細かな割れ（ヘアークラック）で塗料が弾かれたようになり、1回塗りでは十分な塗膜を形成することが難しかった。

さらに非造膜塗装では、白華現象を抑制できなかった。塗膜を作らないために、吸放湿を抑制する効果が低いためであったと考えられる（写真-10）。なお塗装の作業性は良好であった。

なお傾向として、試験片の「うら」と「おもて」とでは発現状況が異なり、材面の粗い「うら」よりも平滑な「おもて」面の方が薬剤の析出が少なく、3種類の塗料に共通した傾向であった。「うら」面は、荒れていて凹凸が大きく、塗膜に大きなピンホールを生じていると考えられる（写真-7）。

以上のことから、安定して塗膜が形成されれば「白華現象」の抑制効果があると思われる。ただし水性塗料については、メーカーでは推奨していない。また塗膜を形成しない「浸透型」は適

さない。塗膜を形成するタイプの油性塗料で、なるべく1回の塗装で木地を遮蔽できるような塗料であればよいと考えられる。また、合板の両面がともに「平滑面」となるような単板の構成とすれば、塗装性を向上させることができると考えられる。

表-4 「白華現象」対策試験の結果

	A:屋内用ウレタン (油性)		B:屋内用ウレタン (水性)		C:屋外用非造膜型 (油性)	
	うら	おもて	うら	おもて	うら	おもて
1回ぬり	1	1	4	5	1	1
2回ぬり	4	6以上	4	6以上	1	1

注1) 試験は6サイクル実施した。

注2) 数値は、白華現象が材面の5%以上に達したサイクル数である。

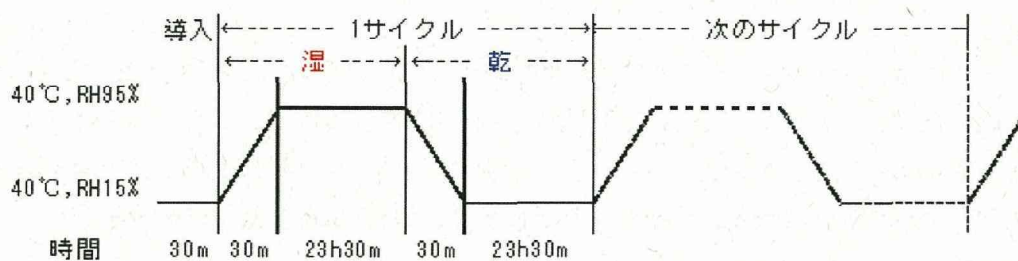


図-6 試験条件



写真-6 「白華現象」対策試験の風景



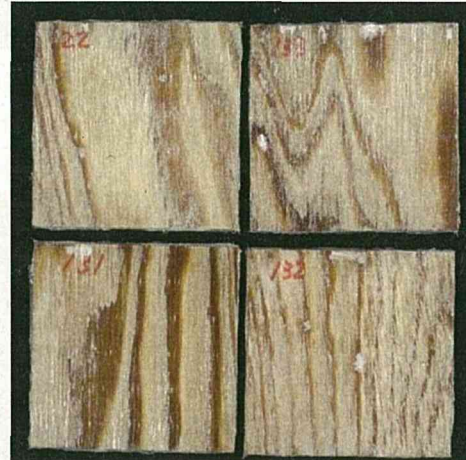
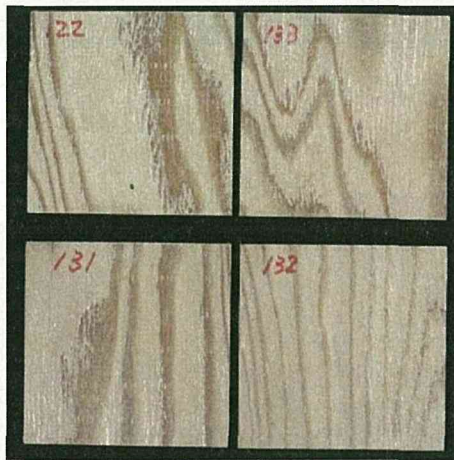
写真-7 表面の状況 (左:うら「粗い面」・右:おもて「平滑面」)

造膜型 (水性屋内用ウレタン) 塗装

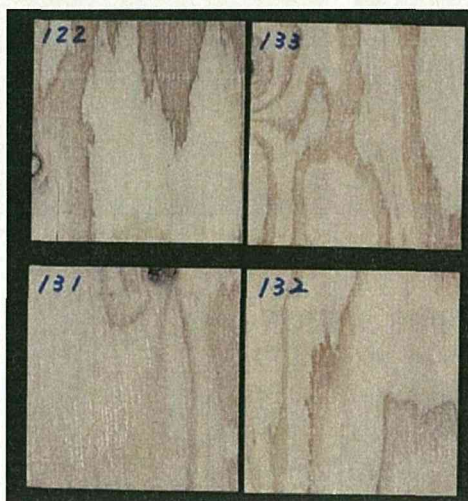
試験開始前

5サイクル後

うら
塗布1回



うら
塗布2回



おもて
塗布1回

おもて
塗布2回

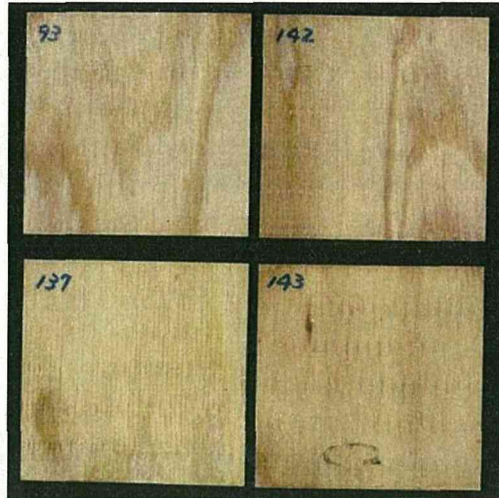
写真-8 「白華現象」対策試験 (1)

造膜型 (油性屋内用ウレタン) 塗装

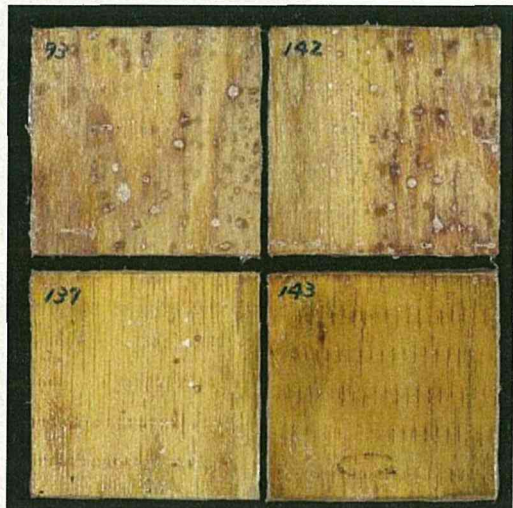
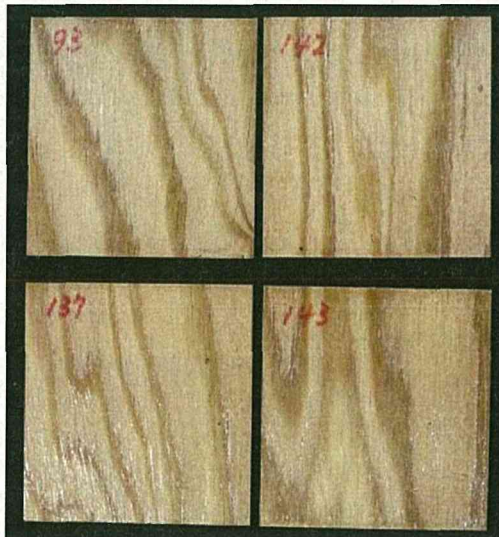
試験開始前

5サイクル後

うら
塗布1回



うら
塗布2回



おもて
塗布1回

おもて
塗布2回

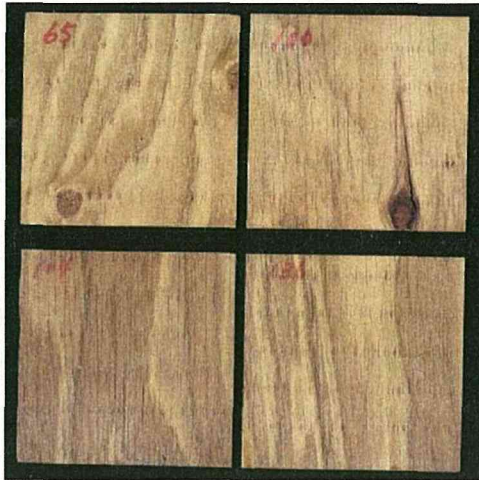
写真-9 「白華現象」対策試験(2)

非造膜型（油性屋外用浸透型）塗装

試験開始前

5サイクル後

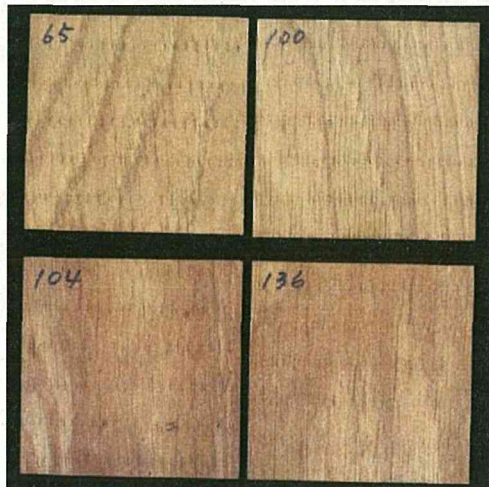
うら
塗布1回



うら
塗布2回



おもて
塗布1回



おもて
塗布2回



写真-10 「白華現象」対策試験（3）

7 まとめ

7.1 実験の結果からわかったこと

- ・心材難注入樹種であるカラマツであっても、合板では注入は容易であった。ただし、固体間の注入量のばらつきが大きかった。
- ・難燃材では100kg/m³、準不燃では120kg/m³程度以上の固形分注入量が必要であった。
- ・造膜型塗装の2回塗布で、おおむね「白華現象」を抑制することができた。

7.2 これからの課題

今後の課題として以下の点がある。最終的には後述するマニュアル化の上での裏づけとなるデータの収集が必要である。

1) 品質の安定化（注入むらの低減）

防火上の性能を担保するには、同一ロット内の注入量の低い合板が所定の注入量を満たす必要がある。注入のバラツキを低減するための「注入条件」と「合板の選別方法」を検討する必要がある。現状では、前者については、「しっかり注入する」という方針、後者については、ひとつの手がかりとして、合板比重（注入前の合板の重さ）による選別が考えられる。さらに、より簡便で、確実な「注入の難易度」選別の方法を検討したい。

2) 乾燥方法の検討

塗装のためには注入処理後に乾燥が必要である。難燃薬剤は高い温度をかけることができず、既往例では60℃以上で処理材は変色した。乾燥の程度として、注入前の合板の含水率である7～8%が目標となる。質量を計測すれば可能であるが、実用化のためには時間で管理したい。そのために乾燥条件と時間を明らかにする必要がある。

3) 注入処理後の構造合板としての品質の確認

注入処理は、JASに規定する「減圧加圧試験」「温冷水浸せき試験」におおむね相当すると考えられる。また、フェノール樹脂接着剤は硬化すれば化学的には安定であるので、難燃薬剤による接着性能の低下はないと考えられる。これらを確認する意味で、注入処理後のJAS試験を実施したい。

7.3 マニュアル化として記述すべき事項

マニュアル化を想定すると、基本的に記述する事項として以下の構成が考えられる。具体的な数値については、個々の設備条件や規模に応じて、実証により決定する必要がある。

- 1) 材料の選別……軽・重の2種類に選別する。○○kg未満を軽、以上を重とする。軽・重ごとに処理枚数○○枚につきテストピースを○○枚とし、注入前にテストピースを秤量する。
- 2) 処理薬液……薬液の比重から濃度を○○wt%を確認する（あるいは濃度を測定する）。
- 3) 注入……減圧0.09MPaで30分間以上、加圧を1MPaで○○分以上。ただし時間は所定の圧力に達してからの時間であること。
- 4) 注入量の確認……注入処理直後、ただちにテストピースを秤量し、薬液濃度と注入量から、固形分注入量○○kg/m³以上であることを確認する。

- 5) 養生・・・注入処理後〇〇時間以上。
- 6) 乾燥・・・乾球温度〇〇℃・乾球-湿球温度差〇〇℃を〇〇時間以上継続する。ただし、乾球温度は40℃を超えないこと。
- 7) 塗装・・・〇〇社製油性一液ウレタンを2回塗布する。
- 8) 養生・・・塗布後の養生を〇〇日以上とする。

謝辞

本事業の実施にあたり、燃焼試験については丸菱油化工業株式会社の多大なる御協力をいただきました。ここに厚く御礼申しあげます。

課題3 L20、L30の集成材ラミナによるスギパネルの開発

宮崎県木材利用技術センター 飯村 豊、北田孝二

1. 背景

宮崎県内で人工造林されているオビスギは、温暖な地であることから成長が早く、全国に先駆けて伐採期を迎えている。

しかし、年間平均成長量は282万 m^3 に達するが素材生産量は利用可能量の約1/2.5の127万2千 m^3 程度「平成19年度木材統計年報より」にとどまっている。伐採可能なオビスギを、今後大径化と併せて地域スギ資源の有効利用と需要拡大が急務となってきている。



写真1 宮崎県のスギ山林

2. 研究の目的

宮崎県産オビスギは、以前は舟材（造船材）として利用されてきたが、当センターでその材料特性など基礎的な研究を行ってきた結果、構造用集成材にも利用できることがわかり、その商品化が急速に進んでいる。しかし、オビスギを構造用集成材のラミナに用いる場合、生育の早いことから年輪幅が広く、ラミナ強度等級（5%下限値）の頻度分布では、L30以下nonJASの格外ラミナも多い（図1参照）。そのためここではそうしたL30以下の集成材用ラミナを壁や床、屋根の下地材の用途に活用できるための研究開発を行い、実用化を目指す。

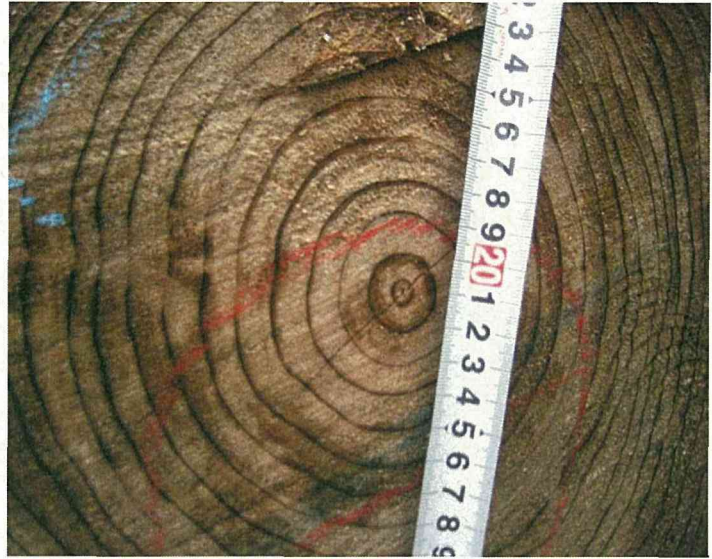


写真2 宮崎県産スギ 大径年輪

宮崎県南部地域産スギラミナの
ヤング係数分布

大熊幹章著：「地球環境保全と木材利用」
P.116(2003)

ウッドエナジー協同組合：日本木材学会
九州支部大会(2005.8)

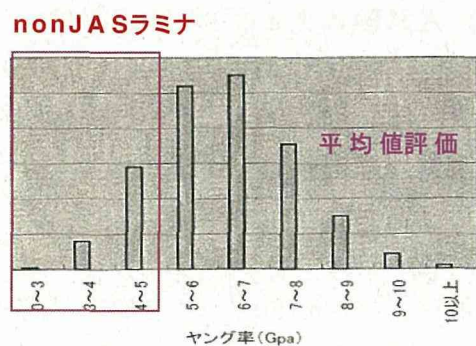
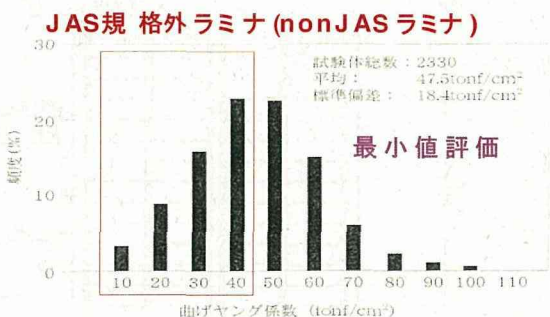


図17 宮崎県産スギ MSR ひき板の曲げヤング係数の分布
*ひき板寸法：幅200mm、厚さ33mm、長さ6000mm
*測定時期：1999年8月～2001年9月
*曲げヤング係数(連続送り式グレーディングマシンにより測定し、最小値を用いて区分した)
*ひき板の製造前に打撃試験を行い、3次周波数1000Hz(MOE:60ton/cm相当)を基準として、それ以下のものは除外するよう原木を選別している。

丸太末口径：18～30cm
ラミナ数：23万枚
測定時期：2004年6月～2005年6月
評価基準：長さ方向ヤング係数の平均値

図1 宮崎県南部地域産スギラミナのヤング率分布

3. 実施概要

厚さ30mmのグレーディングされた構造用集成材ラミナ（板材）を、スギ中小断面集成材や格付け製材による軸組材に、釘等を用いて留め付けて壁パネルとして製作し、さらにスギラミナを上張りして、防火性能を確保できる防火構造下地壁の構成法を検討する。品質の安定を確保するために、使用する木材全て等級付けされたスギ材とする。

釘等の接合部もJIS規格品の物を使用する。木材の加工は、木造軸組で採用されているCAD・CAMによる高性能プレカット技術を用いて加工する。

4. 試験体と試験内容

4. 1 試験体の概要

2Pパネル（1,950mm×2,850mm）のサイズによる2種類の耐力パネルをそれぞれ5体製作する。その内1体は上張りを行う。（図2）

1) A試験体タイプ1（横張り）

この試験体は、建築基準法施行令第46条、国土交通省告示1100号による一般的な落とし込み板壁の壁倍率0.5と施工性を比較検討するためのものである。

2) B試験体タイプ2（斜め張り）

この試験体は、1.5cm×9cmの引っ張り筋交い壁倍率1.0との比較検討するためのものである。

4. 2 試験体の製作

1) A試験体タイプ1の構成部材

- 桁：120×180 ほぞパイプ用穴あけ加工
- 柱：120×120 同上 板材取付溝加工
- 土台：120×120 同上 ホールドダウン金物取付加工
- 間柱：45×90 釘打ち
- 板材：30×150 本実加工 釘斜め打ち
- *間柱・板材以外は、スギ集成材E55-F200

2) B試験体タイプ2の構成部材

- 桁：120×180 ほぞパイプ用穴あけ加工
- 柱：120×120 同上 板材取付溝加工

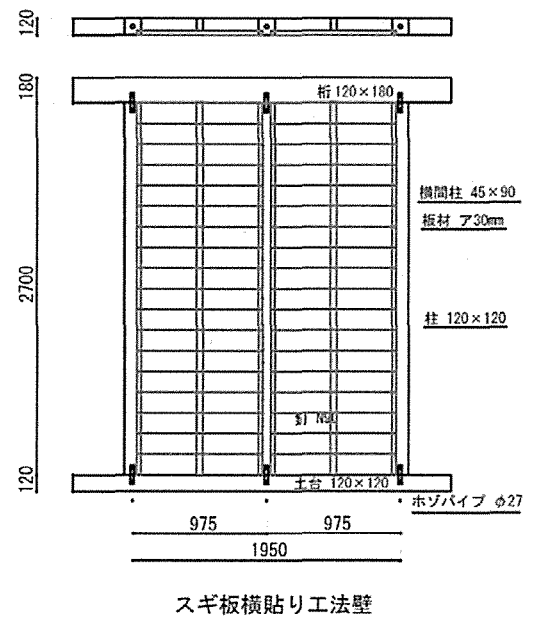


図2 横張り試験体図

土 台：120×120 同上 ホールダウン
 金物取付加工
 横間柱：45×120 釘打ち
 板 材：30×150 突付け加工 釘打ち
 ＊間柱・板材以外は、スギ集成材E55-F200

4. 3 パネルの施工試験

1) 「試験体タイプ1」

a. 施工順序

柱にほぞパイプを取付、桁及び土台と挿入して組み立て、ドリフトピンを打ち込み固定する。所定の寸法に加工された板材を、柱溝にセットし本実はめ込み柱にN90の鉄丸釘斜め打ちで留める。

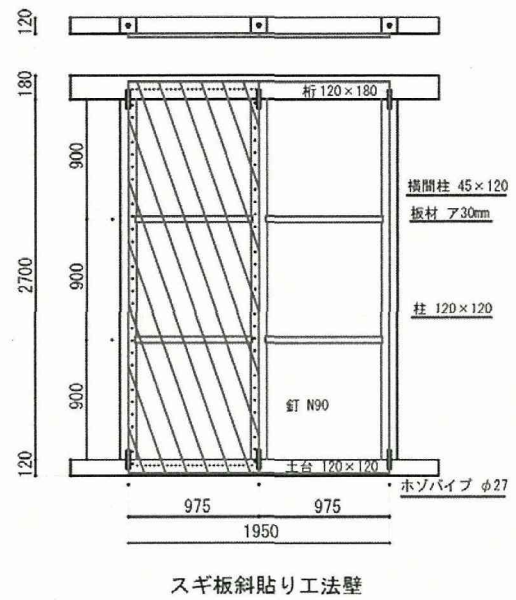


図3 斜張り試験体図

b. 施工精度

材料はプレカット工場による規定精度で、製作図面の寸法どおりであり、がたもなく良好である。

c. 施工性

落とし込み板壁の様に柱の上部からでなく、横から取付ていく作業なので施工も容易である。



写真3 横張り試験体施工状況

2) 「試験体タイプ2」

a. 施工順序

柱にほぞパイプを取付、桁及び土台と挿入して組み立て、ドリフトピンを打ち込み固定する。所定の寸法に加工された板材を斜め張り突付け、N90の鉄丸釘打ちで留める。

b. 施工精度

材料はプレカット工場による規定精度で、製作図面の寸法どおりであり、がたもなく良好である。

c. 施工性

直接柱・土台・桁・間柱に取り付けるため道具は金槌だけで施工も容易である。



写真4 斜め張り試験体施工状況

4. 4 パネルのせん断試験

施工試験を行った2種類の2Pパネルそれぞれ4体は、壁せん断試験機によるせん断試験を実施し、壁倍率を求める。

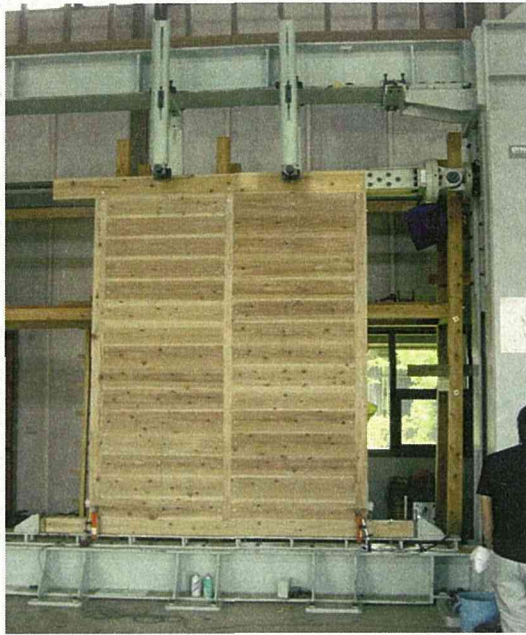


写真5 横張り試験体

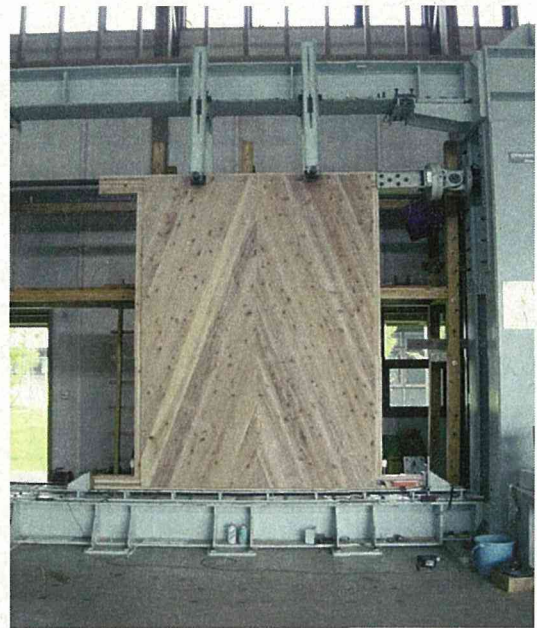
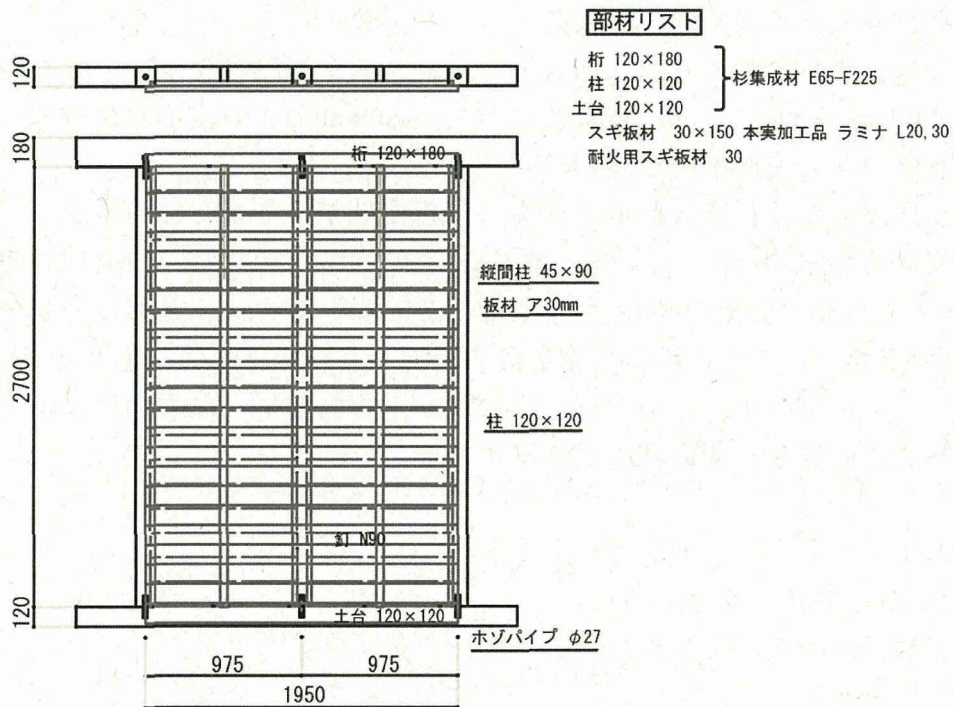


写真6 斜め張り試験体

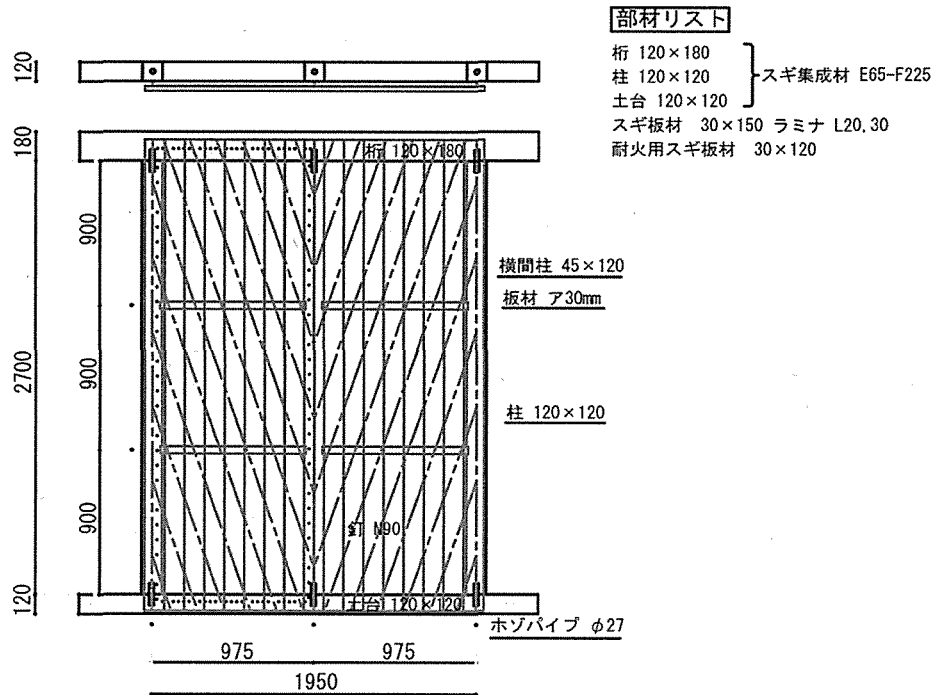
4.5 スギラミナの上張り試験

施工試験を行った2種類の2Pパネルそれぞれ1体について、スギラミナの上張り試験を実施し、施工性など検討する。(図4、図5に示す。)



スギ板横貼り工法壁 スギラミナ上張りタイプ

図4 スギ板横張り、ラミナ上張り試験体図



スギ板斜貼り工法壁 スギラミナ上張りタイプ

図5 スギ板斜張り、スギラミナ上張り試験体図

5. 試験方法

壁せん断試験機柱脚固定式（無載荷式により実験を行う。）

加力方法は、正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は見かけのせん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radの正負変形時に行う。繰り返し加力は、履歴の同一変形段階で3回の繰り返し加力を行う。

最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで加力するか、試験体の見かけの変形角が1/15rad以上に低下するまで加力する。なお、見かけの変形角が1/15radを超えても最大荷重の80%の荷重まで低下しない場合は、見かけの変形角1/15radを終局変形角とし、その時の荷重を最大荷重として扱って良いものとする。

変位測定は、桁材の水平方向変位、土台の水平方向変位、左右の柱脚部の鉛直方向変位を、各点に設置した変位計により測定する。

6. 評価方法

(1) せん断変形角の算定

せん断変形角は次式により計算する。

$$\gamma = \frac{(\delta 1 - \delta 2)}{H}$$

- 但し $\delta 1$: 桁材の水平方向変位 (mm)
 $\delta 2$: 土台の水平方向変位 (mm)
 H : 桁材の変位計と土台の変位計の間の距離 (mm)
 $\delta 3$: 柱脚部の鉛直方向変位 (mm)
 $\delta 4$: 柱脚部の鉛直方向変位 (mm)
 V : 柱脚部の変位計間の距離 (mm)

(2) 短期許容基準せん断耐力の算定

短期許容基準せん断耐力 P_0 は下記の(a)~(d)で求めた耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値の内最も小さい値とする。

- (a)降伏耐力 P_y
(b)終局耐力 $P_u \times (0.2 D_s)$
(c)最大荷重 P_{max} の $2/3$
(d)特定変形時の耐力 (柱脚固定式の場合見かけのせん断変形角 $1/120\text{rad}$)

(3) 短期許容せん断耐力の算定

$$P_a = P_o \times \alpha$$

ここで、 α : 耐力に及ぼす係数

(4) 壁倍率の算定

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

但し 1.96 : 壁倍率 = 1 を算定する値 (k N/m)

L : 壁の長さ

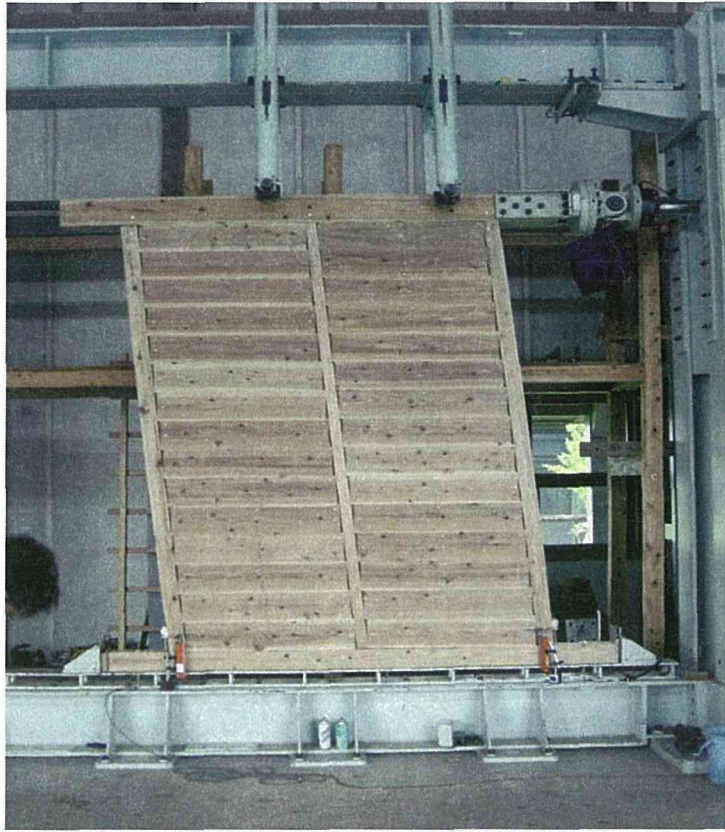


写真7 試験終了時の試験体

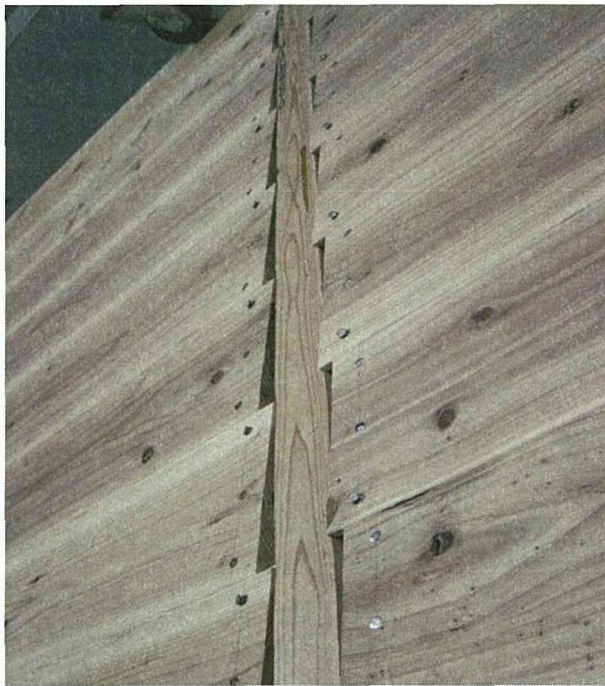


写真8 板材による階段状のずれ

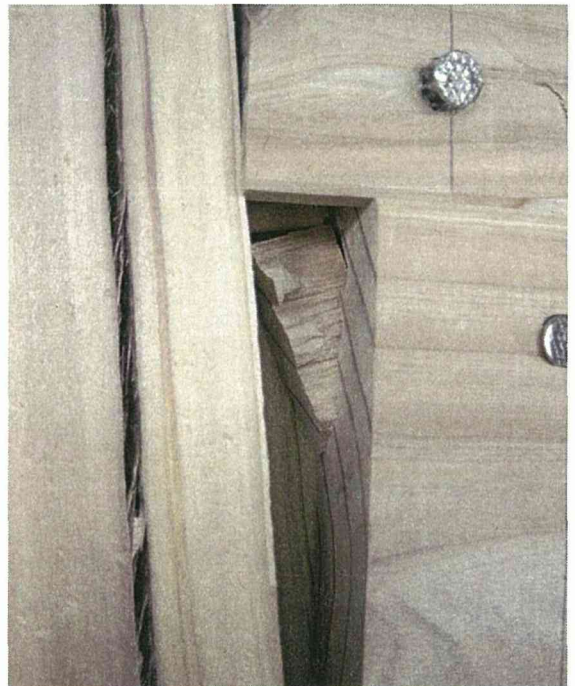


写真9 板しゃくりの破断

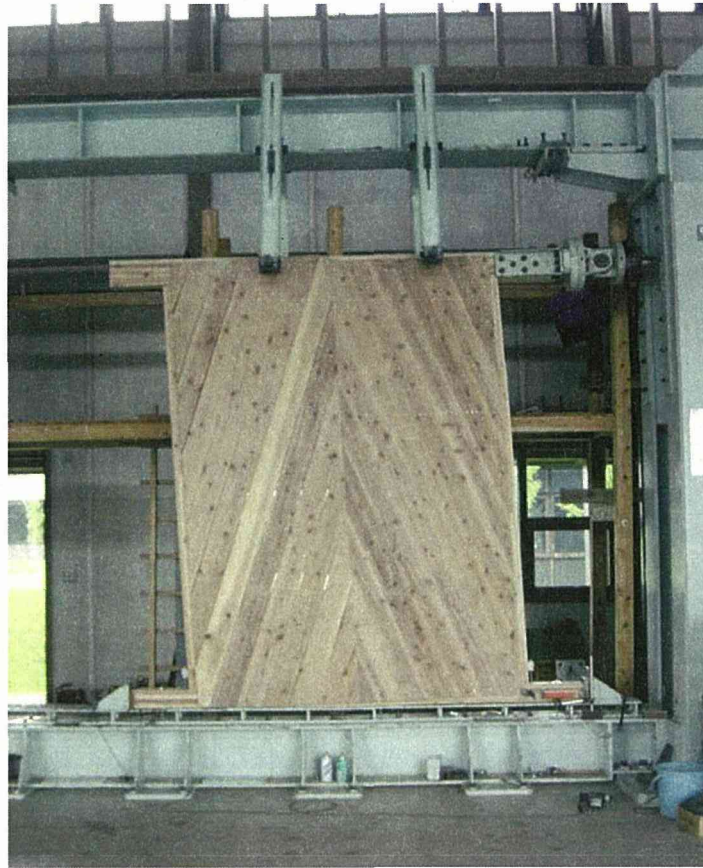


写真10 試験終了時の試験体

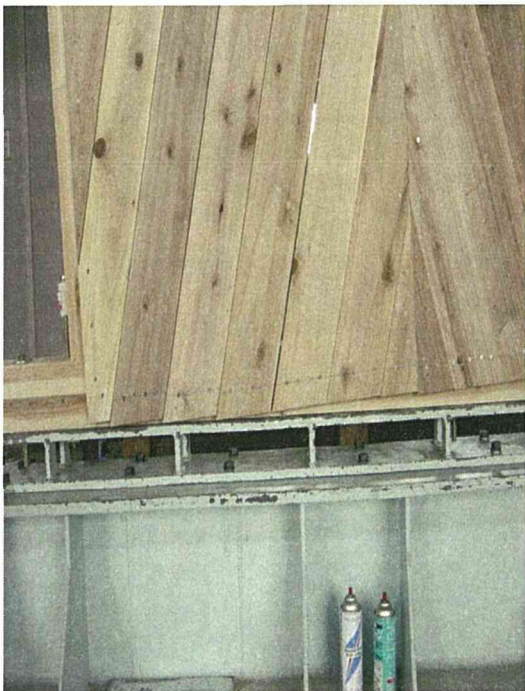


写真11 板材のずれ

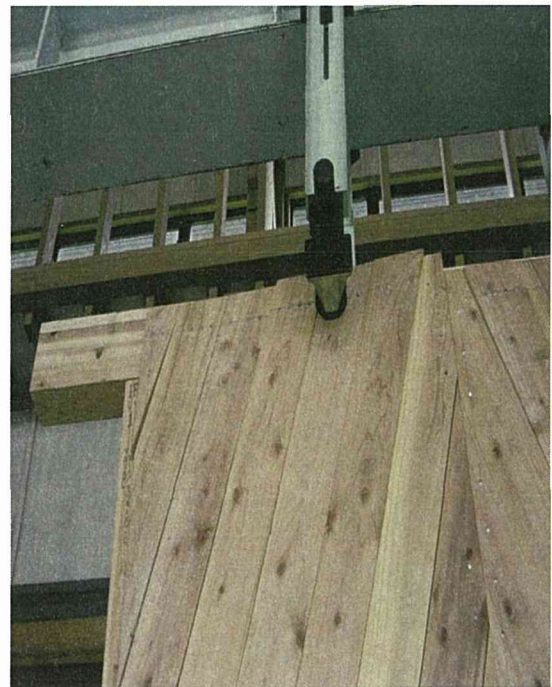


写真12 板材のせり上がり

7. 変位測定図

試験体変位測定結果を、図6～図9に示す。

横貼り試験体の荷重変形曲線

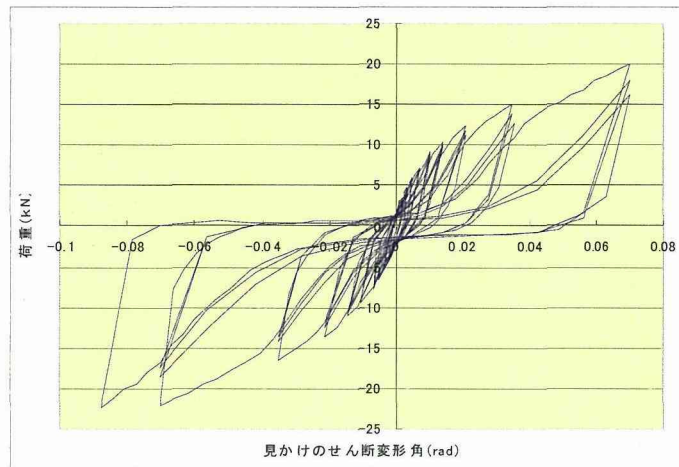


図6 横張り試験体、変位測定図

斜め貼り試験体の荷重変形曲線

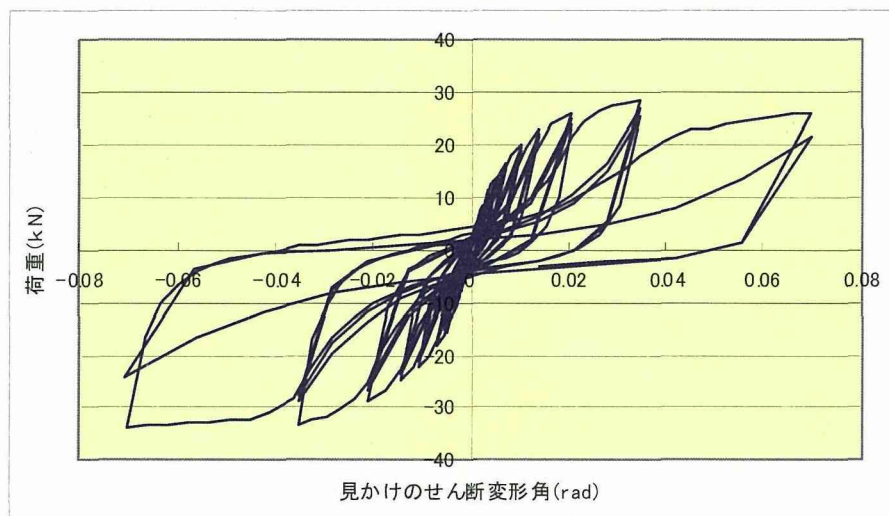


図7 斜め張り試験体、変位測定図

特徴点の抽出

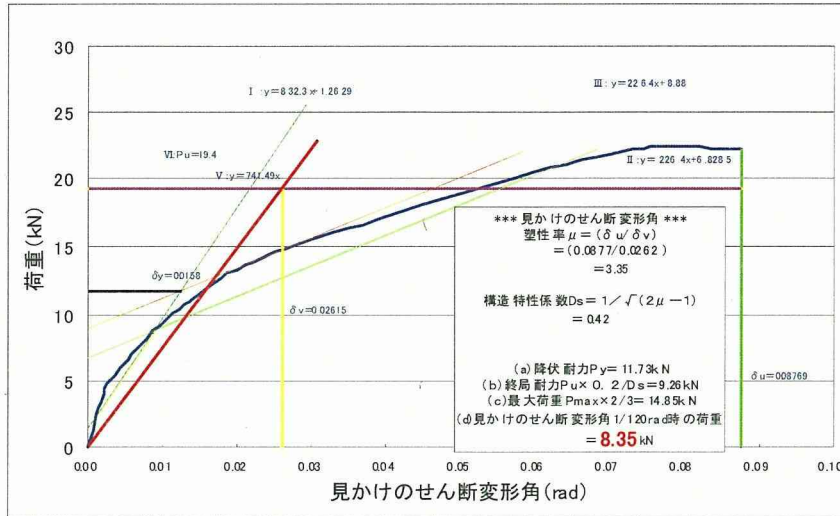


図 8 横張り試験体、特徴点の抽出

特徴点の抽出

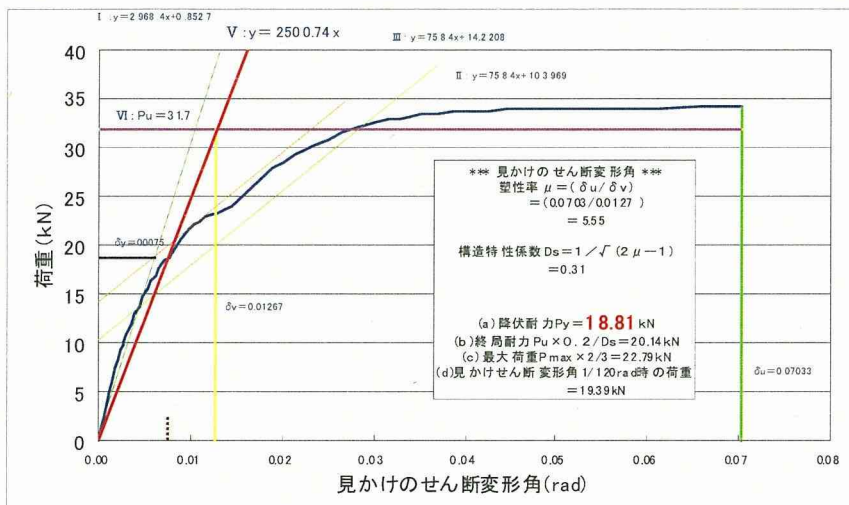


図 9 斜め張り試験体、特徴点の抽出

8. 考 察

- ・横張り試験体は見かけのせん断変形角 $1/120$ (rad) 時で決定
(参考倍率 $8.35 \text{ kN} / 1.96 \text{ kN} / 1.95 \text{ m} = 2.18$)
- ・斜張り試験体は降伏耐力で決定
(参考倍率 $18.8 \text{ kN} / 1.96 \text{ kN} / 1.95 \text{ m} = 4.92$)

告示一般	壁倍率
落とし込み板壁	0.5
タスキがけ筋交い	2.0

スギ板横張り工法	2.18 (落とし込み板壁の約4.4倍)
スギ板斜張り工法	4.92 (タスキがけ筋交いの約2.5倍)

9. 技術開発の成果

低ヤング率のラミナ板材でも、面材として利用することが可能であり、また品質の安定確保容易なため、新築やリフォームにおける床や壁等の耐震補強の下地材として有効活用が考えられる。

課題4 単板縦継ぎ構造用合板の開発

森林総合研究所 洪沢龍也

・はじめに

近年、厚さ24mm以上の合板(厚物合板)を床下地材として用い、直接床はりに接合することで床根太を省略する工法が急速に普及している。同工法は床の面内剛性を高め、鉛直荷重に対するたわみを減少させる効果があるため、住宅性能表示制度において、もっとも高い存在床倍率が与えられている。また、この工法では床根太を省略することなどから、施工の合理化と工期の短縮を図ることが可能である。図1に厚物合板生産量と国産材使用量の推移を示す。生産の開始された2001年には約9万 m^3 であった生産量が、2007年には約53万 m^3 と大きく増加している。とくに、スギ・アカマツ・カラマツ等の国産針葉樹材を用いた厚物合板は、2001年の約5%から2007年には63%と急増している。

合板の製造上の利点としては、原木長さが2mでよいこと、原木の反り・曲がりに対して製材に利用する場合より許容範囲が広いこと、乾燥を単板加工後に行うため初期含水率の影響を受けにくいことなどが挙げられる。また、合板の表層に用いる単板に対しては、節等の欠点の大きさ・量による品質の基準が適用されるが、厚物化することによって表層用の優良な単板の割合を下げるができるため、原料歩留まりを向上することができる。さらに、間伐材などの小径木や曲がり・細りのあるB級材を利用可能であることから、国産材需要の増加が期待されている。したがって、厚物合板に関する研究・開発は、国産材の有効利用促進の観点から重要な技術的課題である。

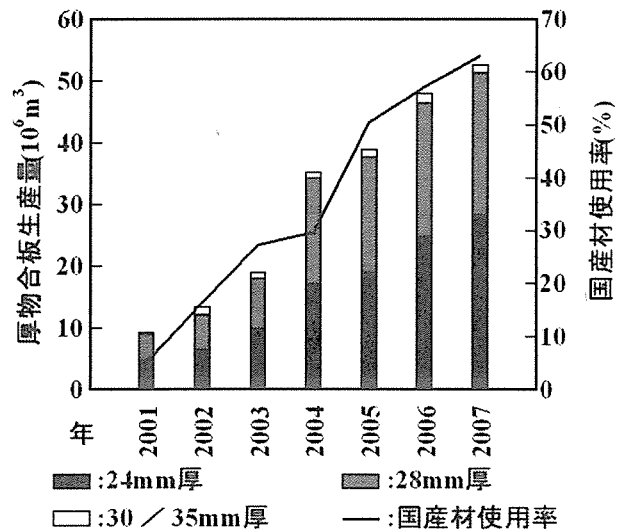


図1 厚物合板生産量と国産材使用量

1. 実施目的

従来の合板は繊維方向に連続した単板から製造されるため、0°方向単板は長さ2mの原木から調製する必要がある。しかし、製材として価値の高い大径・通直材の歩留まりを向上させるためには、さらに短い原木を使用することが望ましい。一方、近年の木造住宅は、居住性確保のため階高を拡大した設計が多く、長尺合板の利用が増加していることから、従来の製造技術ではより長尺の原木が必要となる。原木の長さに左右されず、任意の製品寸法の合板製造が可能となれば、短尺原木の有効利用と木造住宅の性能向上に寄与できる。本課題では、短尺国産材から木造住宅の構造部材と

して使用可能な合板を現状の設備で製造する技術として、単板の木口切断面を斜めにカットして接着により接合する手法(スカーフ縦継ぎ)を取り上げ、縦継ぎ単板を用いた構造用合板の製造技術の検討と性能評価を行う。

2. 実施概要

スカーフ接合により縦継ぎした単板を用いて、縦継ぎ単板の積層数・位置を変化させた合板を試作し、合板の初期性能として単板間の接合と曲げ性能を取り上げ、単板の縦継ぎがこれらの性能に与える影響について実験的に把握した。

3. 実施内容

1) 試験体

スギを用いた等厚9プライ24mm厚合板(幅900×長さ1700mm)を試作した。縦継ぎの対象とする単板は0°方向単板であり、縦継ぎ位置は合板長手方向中央部とした。縦継ぎを施した単板の配置は以下の通りである(図2)。

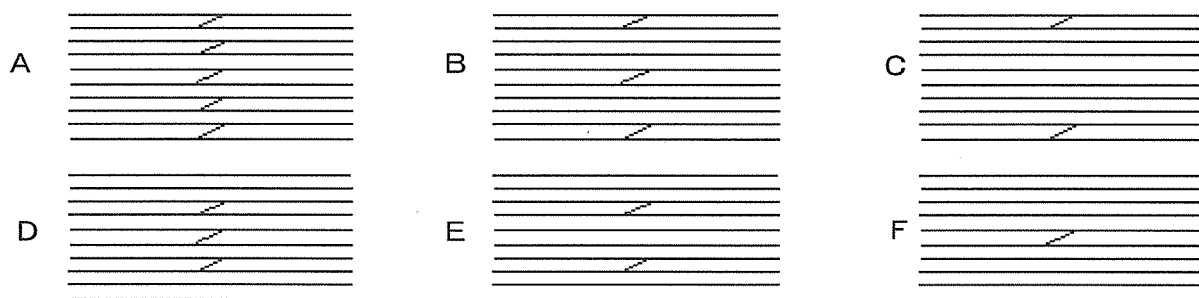


図2 単板の縦継ぎ仕様

縦継ぎ仕様A: 1, 3, 5, 7, 9層(全層)

縦継ぎ仕様B: 1, 5, 9層(表層を含む1層おき)

縦継ぎ仕様C: 1, 9層(表層のみ)

縦継ぎ仕様D: 3, 5, 7層(表層を除く全内層)

縦継ぎ仕様E: 3, 7層(表層を除く内層1層おき)

縦継ぎ仕様F: 5層(中心層のみ)

縦継ぎのスカーフ長さは単板厚さの4倍とし、接合にはホットメルト接着剤を使用した。

単板の積層にはフェノール樹脂接着剤を使用した(合板のJAS規格特類相当)。供試した試料合板は各縦継ぎ仕様10枚であり、同一の試料合板の隣接する部位から縦継ぎを含まない試験体、縦継ぎが1/2せん断範囲の中央部に位置する試験体、縦継ぎが加力スパン中央部に位置する試験体を採取した。

2) 試験方法

2007年枠組壁工法建築物構造計算指針に定められる試験方法に準じ、3等分点4点曲げ試験を行った(図3)。試験体寸法は幅50×長さ $24t+50$ mm(t : 公称厚さ=24mm)とし、曲げスパンは $24t$ 、加力速度は14.7MPa/minとした。各試料合板の隣接する部位より採取・供試した曲げ試験体の縦継ぎの位置と呼称は以下の通りである。

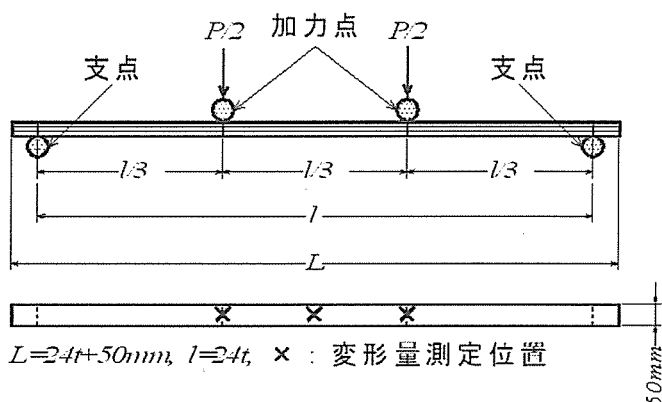


図3 曲げ試験方法

試験体1: 縦継ぎのない試験体(=対照試験体)

試験体2: 縦継ぎが1/2せん断範囲の中央部に位置する試験体

試験体3: 縦継ぎが加力スパンの中央部に位置する試験体

試験体の縦継ぎ位置を上記のように設定することで、同一の試験方法により、異なる性質に縦継ぎが与える影響について検討することができる。すなわち、試験体1(縦継ぎのない試験体)と試験体2(縦継ぎが1/2せん断範囲の中央部に位置する試験体)を比較することで、層内せん断性能(=単板間の接合の程度)に対する縦継ぎの影響、試験体1と試験体3(縦継ぎが加力スパンの中央部に位置する試験体)を比較することで、曲げ性能に対する縦継ぎの影響について検討することができる。

4. 試験結果

試験結果の一覧を表1に示す。なお、真のMOE(曲げヤング係数)とは、加力スパン中央部の変形量から加力点直下の変形量の平均値を差し引いた数値(=真の変形量)から算出し、見かけのMOEとは、加力スパン中央部の変形量から算出したものである。

全試験体の密度(ρ)はおよそ $0.42\text{g}/\text{cm}^3$ 程度と試験体間の差異は極めて小さく、縦継ぎによる有意な影響はみられなかった(危険率5%、以下同じ)。したがって、密度に関する補正を行わずに強度性能の比較ができるものと考えられる。

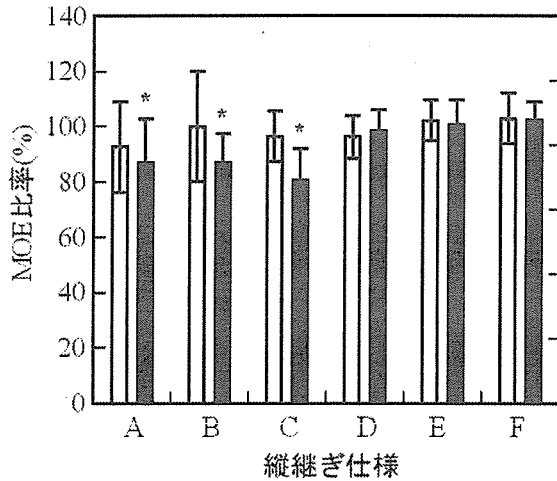
図4に試験体1に対する試験体2、3のMOEの比率を示す。試験体1と2を比較すると、縦継ぎ仕様A、Bでは、試験体2の平均値は試験体1のそれらより若干低く算出されたが、全縦継ぎ仕様で有意な差はみられなかった。試験体1と3を比較すると、縦継ぎ仕様A、B、Cでは、試験体3は有意な低下を示し、試験体1に対する比率はおよそ80~90%となった。合板のJAS規格構造用2級のMOE基準値(厚さ24mm以上: 3.5GPa)と比較すると(図5)、縦継ぎ仕様A、B、Cでは各1体ではあるが、規格基準値を満たさないものが見られた。縦継

ぎ仕様D、E、Fでは全ての試験体が規格基準値を満たしていた。

表1 試験結果概要一覧

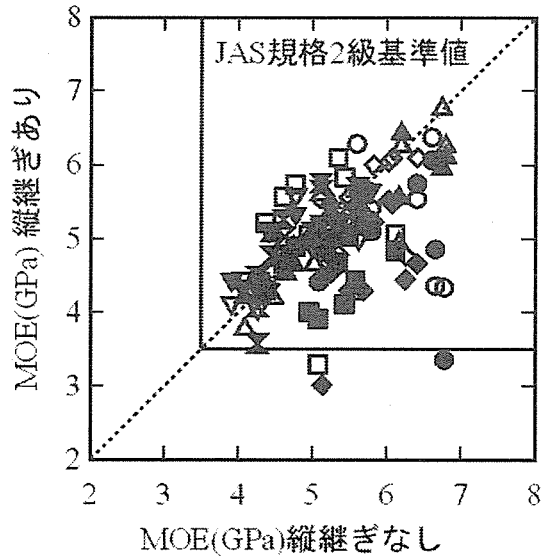
縦継ぎ仕様	縦継ぎ位置	ρ (g/cm ³)	MOR(MPa)	真のMOE(GPa)	見かけのMOE(GPa)
A	継ぎなし	0.43 (0.014)	27.8 (6.41)	5.56 (1.09)	5.74 (0.852)
	せん断部	0.43 (0.015)	20.4 (4.56)	5.17 (0.819)	5.22 (0.747)
	中央部	0.43 (0.0096)	9.8 (3.10)	4.13 (0.843)	4.92 (0.762)
B	継ぎなし	0.42 (0.011)	24.5 (5.49)	4.83 (0.655)	5.18 (0.520)
	せん断部	0.43 (0.011)	20.6 (4.89)	5.31 (1.30)	5.13 (0.822)
	中央部	0.42 (0.012)	12.4 (3.30)	3.74 (0.674)	4.47 (0.394)
C	継ぎなし	0.42 (0.012)	26.6 (3.65)	5.67 (0.594)	5.73 (0.456)
	せん断部	0.42 (0.011)	25.6 (4.86)	5.74 (0.717)	5.52 (0.578)
	中央部	0.42 (0.012)	13.5 (3.14)	3.54 (1.12)	4.63 (0.730)
D	継ぎなし	0.43 (0.017)	25.6 (5.38)	5.41 (1.12)	5.41 (0.981)
	せん断部	0.44 (0.019)	25.4 (6.24)	5.09 (0.987)	5.19 (0.968)
	中央部	0.43 (0.014)	23.9 (5.45)	5.29 (0.684)	5.28 (0.731)
E	継ぎなし	0.42 (0.015)	26.0 (3.79)	4.96 (0.599)	5.00 (0.561)
	せん断部	0.42 (0.010)	26.2 (5.51)	5.03 (0.481)	5.09 (0.521)
	中央部	0.42 (0.011)	20.6 (5.54)	4.79 (0.716)	5.04 (0.674)
F	継ぎなし	0.41 (0.019)	22.9 (4.64)	4.64 (0.640)	4.84 (0.663)
	せん断部	0.42 (0.015)	24.4 (5.46)	4.87 (0.652)	4.95 (0.578)
	中央部	0.41 (0.013)	22.5 (4.21)	5.01 (0.392)	4.94 (0.540)

() 内の数値は、標準偏差を表す。



□:せん断部 ■:中央部
* :危険率5%で有意

図4 MOEの比率
(試験体2, 3 / 試験体1)



縦継ぎ仕様 せん断部 中央部
A ○ ●
B □ ■
C ◇ ◆
D △ ▲
E × ×
F ▼ ▼

図5 MOEの比較

図6に試験体1に対する試験体2、3のMORの比率を示す。試験体1と2を比較すると、縦継ぎ仕様Aでは、試験体2の平均値は試験体1のそれより20%程度低く算出されたが、全縦継ぎ仕様で有意な差はみられなかった。試験体1と3を比較すると、縦継ぎ仕様A、B、Cでは、試験体3は有意な低下を示し、試験体1に対する比率はおおよそ40~50%と低い値となった。合板のJAS規格構造用1級のMOR基準値(E50-F160: 16.0MPa)と比較すると(図7)、縦継ぎ仕様A、B、Cでは規格基準値を満たさないものが散見された。縦継ぎ仕様D、E、Fでは全ての試験体が規格基準値を満たしており、構造用1級に格付可能な高い性能が得られた。

試験体2においては、全ての縦継ぎ仕様でMOE、MORともに有意な低下を示さなかったことから、単板の縦継ぎは層内せん断性能に大きな影響を与えないといえる。層内せん断性能は単板間の接着力に依存すると考えられること

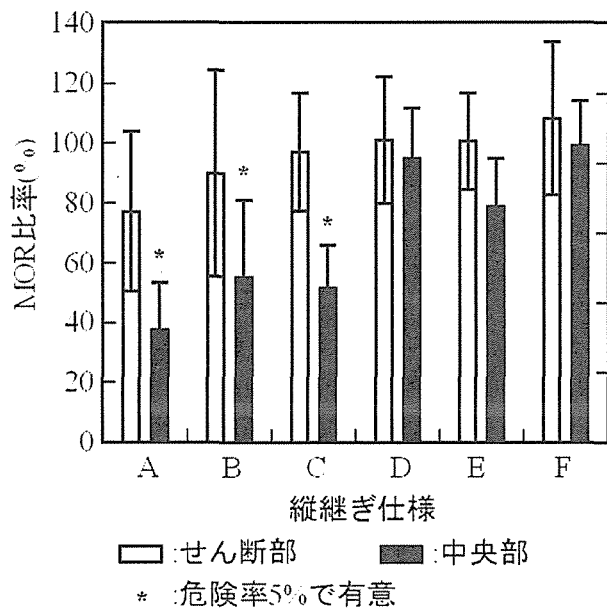


図6 MORの比率 (試験体2, 3 / 試験体1)

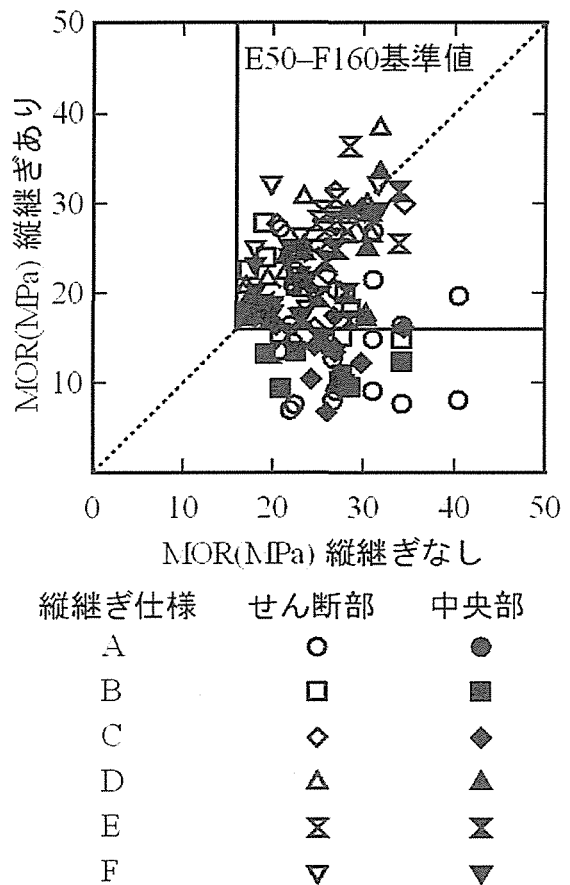


図7 MORの比較

から、単板の縦継ぎは単板間の接着力には影響しないといえよう。

試験体3においては、縦継ぎ仕様A、B、CではMOEは大きな低下ではなかったものの、MOE、MORともに有意な低下を示したことから、単板の縦継ぎは曲げ性能に大きな影響を与えるといえる。縦継ぎ仕様A、B、Cは、表層単板に縦継ぎが含まれることが特徴であるため、曲げ性能は表層単板に依存するものと考えられる。したがって、本課題で供試した試料合板の場合、表層単板に縦継ぎを含まない仕様D、E、Fが適しているといえる。

5. 結果のまとめ

本課題で供試した試料合板の場合、表層単板に縦継ぎを含まない仕様D、E、Fにおいては、層内せん断性能・曲げ性能ともに有意な影響はみられず、JAS規格に合致する性能が得られた。

6. 今後の課題

表層単板に縦継ぎのある仕様A、B、Cの場合、単板構成を変化させることで性能低減を補うことが可能であるか検討する必要がある。また、本課題では縦継ぎ合板の試作にあたり、現状の工場設備によって生産可能な仕様としたため、単板の縦継ぎにはホットメルト接着剤を使用しているが、合板のJAS規格においては、ホットメルト接着剤の耐久性は規定されていないため、接着の程度に関する検討が必要である。

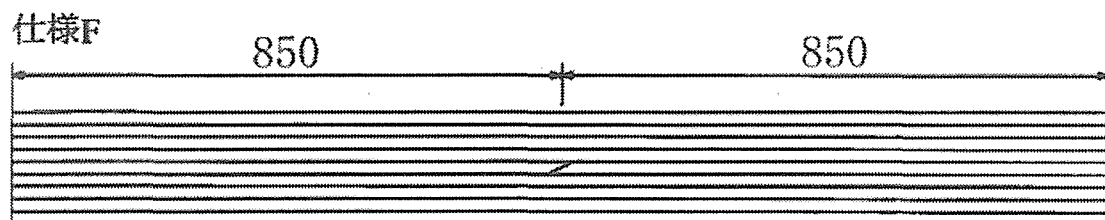
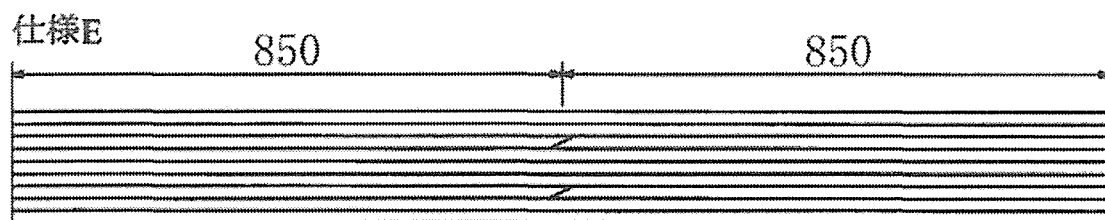
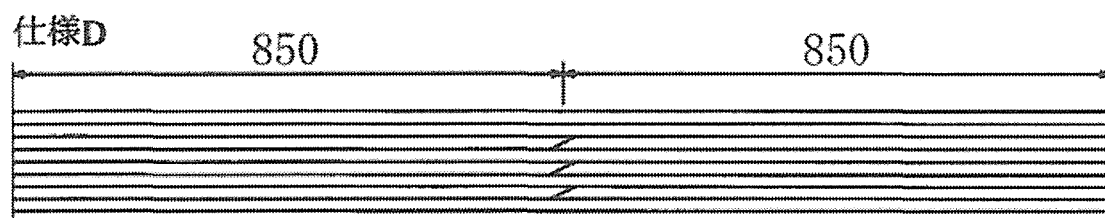
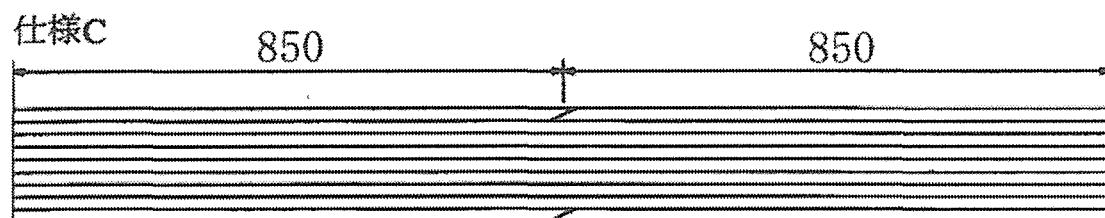
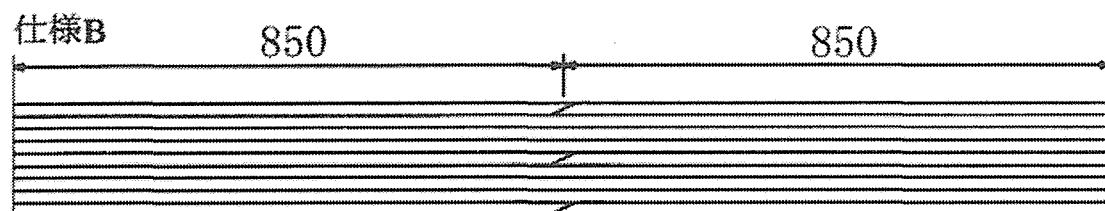
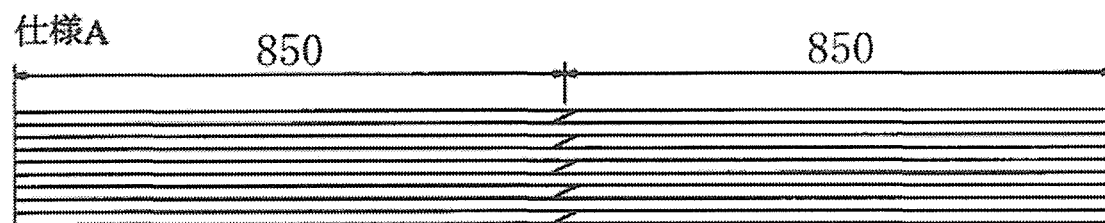
7. マニュアル等

厚物合板の急速な普及の背景には、技術的資料が充実していることが挙げられる。当初は同工法を採用した建築物の確認申請時に同資料が不可欠であったが、現在では、施工実績の増加に伴い、住宅金融公庫の工事仕様書に火打ち梁を省略する場合の施工方法として採用されるに到っている。さらに、厚物合板を使用した床構面では、45分準耐火構造仕様の認定、耐力壁では壁倍率 5.0 を取得しており、性能に関する優位性を証明している。したがって、本課題で検討した縦継ぎ単板を用いた構造用合板の実用化を図るためには、実際の製品性能を数値によって保証し、使用可能部位や施工方法を明示するとともに、規格・基準において適切な位置づけを行うことが必要である。

文献等

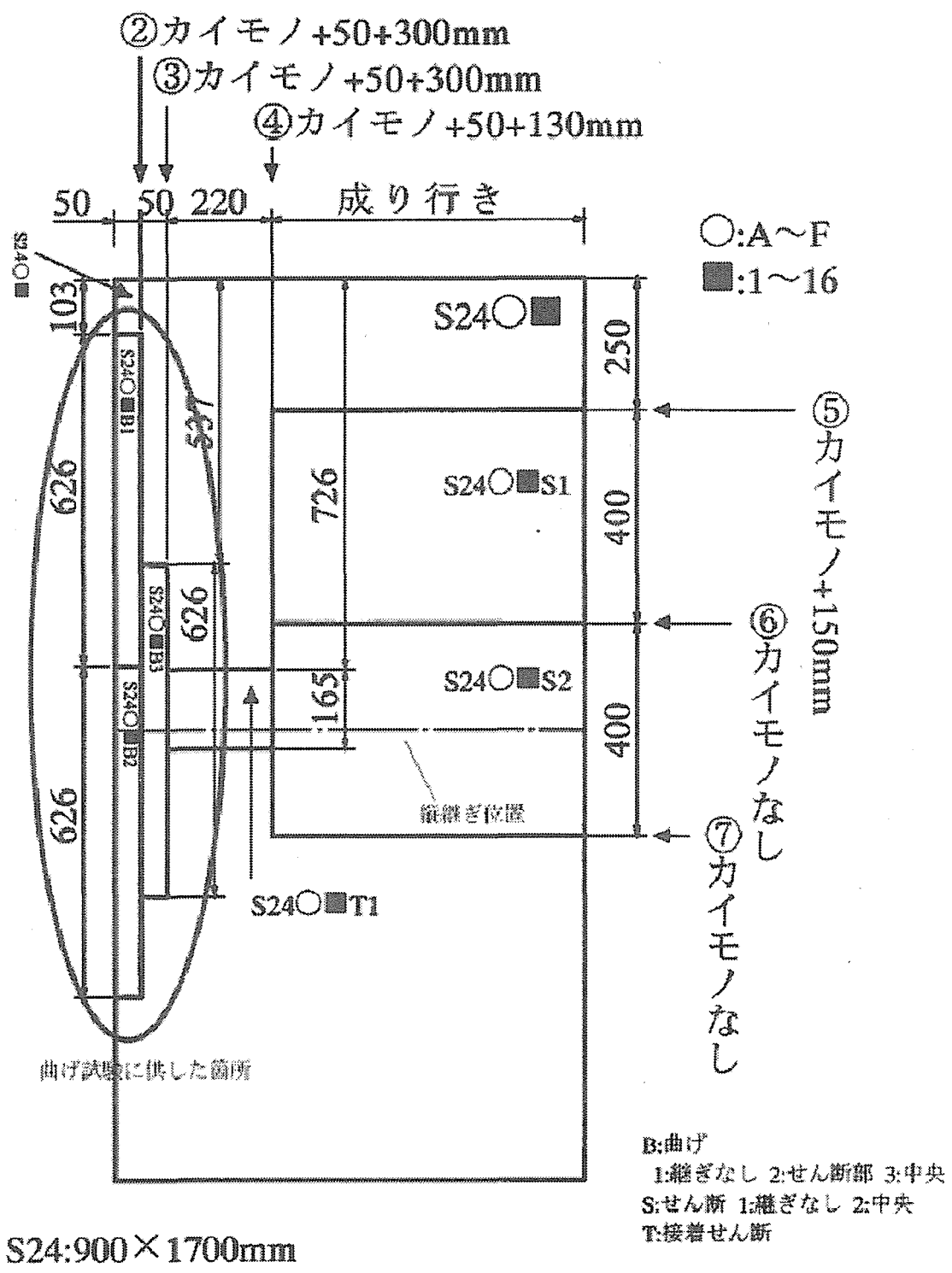
- 1) 評価方法基準，平成12年7月19日建設省告示第1654号(2000)
- 2) ネダノン生産量推移，東京・東北合板工業組合(2008)
- 3) 2007年枠組壁工法建築物構造計算指針，枠組壁工法建築物設計の手引・構造計算指針編集委員会編，(社)日本ツーバイフォー建築協会(2002)
- 4) 合板の日本農林規格，平成15年2月27日農林水産省告示第233号，農林水産省(2003)
- 5) ネダノンマニュアルVer. 5，ネダノンマニュアル編集委員会編，東京・東北合板工業組合(2008)
- 6) 平成15年改訂木造住宅工事共通仕様書全国版，(財)住宅金融普及協会，73(2003)

参考資料



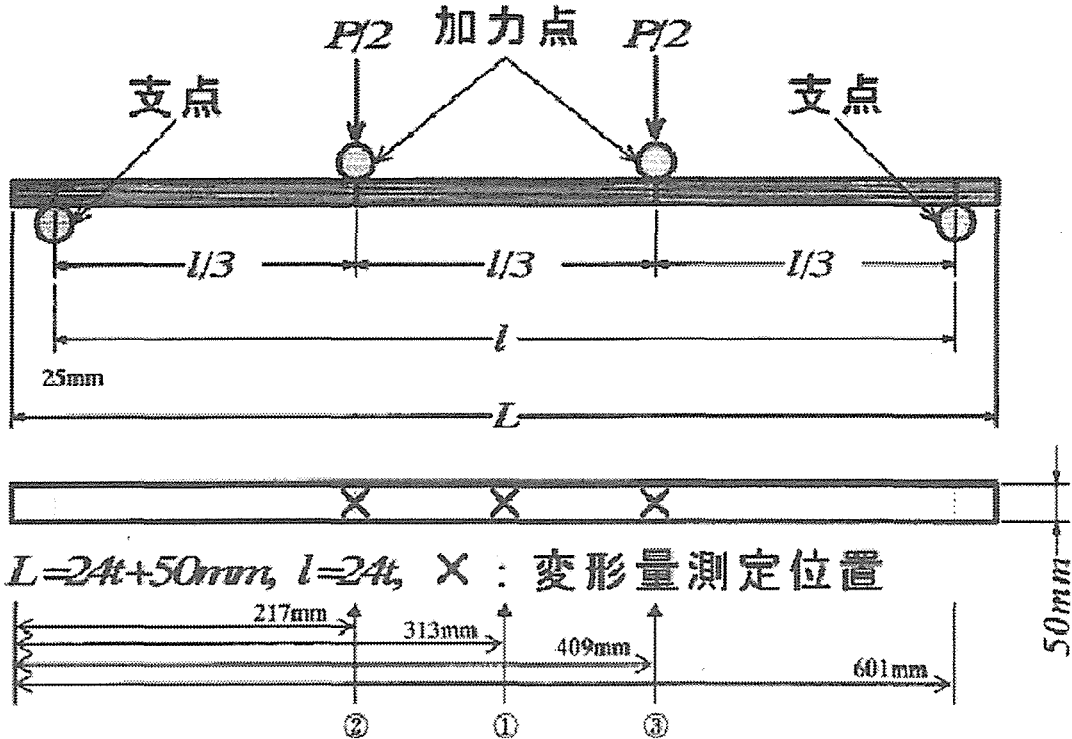
仕様G: 縦継ぎなし

別図1 面材継ぎ位置



別図2 面材木取り位置

厚物合板小試験体曲げ試験方法($l=24t$, $t=24\text{mm}$, $b=50\text{mm}$)



試験体支点位置は側面、変位測定位置は下面にマーキング

加力速度: $14.7\text{MPa}/\text{min} \rightarrow P = \sigma \times (br^2/l) = \sigma \times (br^2/24t) = \sigma \times (br/24) = 14.7 \times (50 \times 24/24) = 735\text{N}/\text{min}$

U-CAM チャンネルの割り振り

CH0: 荷重(インストロン) $P_{\text{max}}=5\text{kN}$ -10V、モード:V、係数:-5.0E+2、小数:1、単位:N

CH1: クロスヘッド移動量(インストロン) $\delta_{\text{max}}=100\text{mm}$ -10V、モード:V、係数:-1.0E+1、小数:2、単位:mm

CH2: 加力スパン中央変位①(変位計 CDP-50) $\delta_{\text{max}}=50\text{mm}$ 、モード:4G、係数:-5.0E-3、小数:2、単位:mm

CH3: 加力点直下変位②(変位計 CDP-50:奥) $\delta_{\text{max}}=50\text{mm}$ 、モード:4G、係数:-5.0E-3、小数:2、単位:mm

CH4: 加力点直下変位③(変位計 CDP-50:手前) $\delta_{\text{max}}=50\text{mm}$ 、モード:4G、係数:-5.0E-3、小数:2、単位:mm

別図3 試験方法

別表 1 B 1 試験結果

B1(継ぎなし)	ρ (g/cm ³)	MOR(MPa)	真の MOE(GPa)	見かけ MOE(GPa)
S24A01B1	0.4492	40.5024	7.0097	6.7839
S24A02B1	0.4415	26.9656	5.6026	5.7915
S24A03B1	0.4479	21.9872	4.4268	5.0925
S24A04B1	0.4377	22.5181	5.5362	5.5992
S24A05B1	0.4220	31.1490	6.4965	6.6091
S24A06B1	0.4301	31.1256	6.0446	6.4100
S24A07B1	0.4216	34.3367	7.0344	6.6639
S24A08B1	0.4125	22.2812	4.5527	4.9933
S24A09B1	0.4082	20.7794	3.9152	4.3232
S24A10B1	0.4265	26.6764	4.9781	5.1286
S24B01B1	0.4281	22.6162	5.0256	5.4925
S24B02B1	0.4093	19.0028	4.2124	4.3749
S24B03B1	0.4094	17.2532	4.9786	5.5776
S24B04B1	0.4196	28.0398	4.5456	4.9564
S24B05B1	0.4351	28.7014	6.4660	6.1195
S24B06B1	0.4198	27.4728	5.0247	5.4333
S24B07B1	0.4078	27.6825	4.9085	5.3517
S24B08B1	0.4384	34.3257	4.5587	5.0788
S24B09B1	0.4212	20.9125	4.3093	4.6087
S24B10B1	0.4256	19.3475	4.3066	4.7738
S24C01B1	0.4326	26.8340	5.2183	5.4850
S24C02B1	0.4344	20.4119	5.6833	6.2484
S24C03B1	0.4144	26.8729	5.1156	5.2442
S24C04B1	0.4215	25.9763	5.5387	5.2057
S24C05B1	0.4034	24.7478	4.7377	5.1309
S24C06B1	0.4088	26.0271	5.6270	5.6848
S24C07B1	0.4246	29.7630	6.1595	6.0185
S24C08B1	0.4017	24.3426	5.6499	5.8181
S24C09B1	0.4122	26.8709	6.7807	6.4097
S24C10B1	0.4082	34.4833	6.2211	6.0743
S24D01B1	0.4519	30.3650	6.9625	6.7380
S24D02B1	0.4451	28.1663	6.7380	6.7920
S24D03B1	0.4302	16.9935	4.2725	4.6409
S24D04B1	0.4450	31.8275	6.2406	6.1869
S24D05B1	0.4199	23.3785	5.5346	5.2383
S24D06B1	0.4452	30.3383	6.1204	6.1563
S24D07B1	0.4087	30.8462	5.0793	4.7395
S24D08B1	0.4474	19.3749	3.7539	4.0920
S24D09B1	0.4289	21.4439	5.3215	5.0161
S24D10B1	0.4026	22.9489	4.0658	4.4826
S24E01B1	0.4246	25.5289	4.4041	4.4398
S24E02B1	0.4536	28.2393	5.3275	5.6030
S24E03B1	0.4213	25.0960	5.2240	5.1205
S24E04B1	0.4050	26.9579	5.8738	5.6518
S24E05B1	0.4243	23.4095	5.4256	5.3383
S24E06B1	0.4232	25.7339	5.1508	5.1139
S24E07B1	0.4315	28.5061	5.3568	5.5954
S24E08B1	0.4093	33.9305	4.3853	4.6113
S24E09B1	0.4085	19.7521	4.2089	4.2583
S24E10B1	0.4033	23.2620	4.2020	4.2714
S24F01B1	0.4261	30.0546	5.1641	5.3471
S24F02B1	0.4399	31.5570	5.6832	5.7663
S24F03B1	0.4278	18.0304	4.8003	4.7739
S24F04B1	0.4129	19.8053	3.8284	4.0566
S24F05B1	0.3993	22.9510	4.7259	4.4054
S24F06B1	0.3955	22.9463	5.2015	5.6233
S24F07B1	0.3842	19.9977	3.5715	3.9122
S24F08B1	0.4179	21.7951	4.5455	5.2803
S24F09B1	0.4282	23.8450	4.6545	5.0014
S24F10B1	0.3900	18.0016	4.2265	4.2621

別表 2 B 2 試験結果

B2(せん断部)	ρ (g/cm ³)	MOR(MPa)	真の MOE(GPa)	見かけ MOE(GPa)
S24A01B2	0.4344	19.6024	4.4990	4.3274
S24A02B2	0.4395	20.2866	5.2364	5.3975
S24A03B2	0.4383	16.3160	4.6607	5.0205
S24A04B2	0.4262	22.4241	6.0418	6.2843
S24A05B2	0.4447	21.3591	6.5742	6.3748
S24A06B2	0.4510	26.7831	5.2370	5.5337
S24A07B2	0.4161	16.2959	4.2188	4.3508
S24A08B2	0.4454	20.8418	5.0274	4.9917
S24A09B2	0.4158	27.1251	4.1806	4.3989
S24A10B2	0.4083	12.5553	5.9942	5.5411
S24B01B2	0.4448	20.6964	5.2927	5.1670
S24B02B2	0.4214	27.6554	5.1040	5.2020
S24B03B2	0.4320	22.5089	4.0749	4.2889
S24B04B2	0.4147	20.0330	5.6368	5.0448
S24B05B2	0.4322	18.1937	4.5696	5.0590
S24B06B2	0.4085	28.0110	7.4297	5.8215
S24B07B2	0.4273	15.1119	6.8463	6.0929
S24B08B2	0.4237	14.8231	2.8708	3.2861
S24B09B2	0.4137	15.4206	5.7388	5.5635
S24B10B2	0.4335	23.8572	5.5107	5.7345
S24C01B2	0.4394	31.3764	6.2265	5.5630
S24C02B2	0.4373	27.7207	4.5327	4.7687
S24C03B2	0.4257	27.5375	4.8631	4.7800
S24C04B2	0.4148	22.0213	4.9950	4.6663
S24C05B2	0.4254	16.1653	6.0193	5.6250
S24C06B2	0.4152	24.4678	5.5013	5.5721
S24C07B2	0.4301	29.4837	6.0595	6.0411
S24C08B2	0.4067	20.1017	6.3645	5.9956
S24C09B2	0.4236	27.6460	6.5781	6.0963
S24C10B2	0.4141	29.8618	6.2671	6.0877
S24D01B2	0.4646	29.7708	6.8083	6.7552
S24D02B2	0.4402	26.2752	6.1187	6.2450
S24D03B2	0.4322	20.6104	4.6096	4.7743
S24D04B2	0.4592	38.2790	6.0236	6.2493
S24D05B2	0.4271	30.6295	5.1264	5.4905
S24D06B2	0.4416	17.5330	4.6408	4.9336
S24D07B2	0.4243	26.4430	4.9357	4.8792
S24D08B2	0.4133	21.4545	3.5431	3.7710
S24D09B2	0.4430	22.1987	5.0493	4.6532
S24D10B2	0.4057	20.3804	4.0722	4.1763
S24E01B2	0.4092	29.1074	4.9079	5.0909
S24E02B2	0.4237	26.7717	5.0528	5.2783
S24E03B2	0.4163	28.0358	5.4789	5.1332
S24E04B2	0.4179	30.5075	5.4556	5.6214
S24E05B2	0.4176	21.0192	4.7002	4.9056
S24E06B2	0.4435	26.7645	4.9946	5.6458
S24E07B2	0.4361	36.3016	5.8809	5.6877
S24E08B2	0.4268	25.5269	4.9230	5.0153
S24E09B2	0.4213	17.1628	4.7143	4.0667
S24E10B2	0.4253	20.6092	4.1705	4.4796
S24F01B2	0.4235	27.6213	5.5518	5.4106
S24F02B2	0.4204	32.2370	5.2432	5.6581
S24F03B2	0.4221	25.1013	5.6569	5.5858
S24F04B2	0.4465	32.1568	4.2586	4.4606
S24F05B2	0.4152	26.5145	4.7636	5.1141
S24F06B2	0.4056	22.0942	4.9728	4.9987
S24F07B2	0.3970	17.8907	3.9134	4.1170
S24F08B2	0.4034	24.1920	5.7019	5.2596
S24F09B2	0.4289	18.3768	4.4517	4.8946
S24F10B2	0.4011	17.5242	4.2201	4.0413

別表3 B3試験結果

B3(中央部)	ρ (g/cm ³)	MOR(MPa)	真の MOE(GPa)	見かけ MOE(GPa)
S24A01B3	0.4328	7.9864	2.2089	3.3495
S24A02B3	0.4322	8.9531	4.3993	5.0853
S24A03B3	0.4265	6.8527	3.8074	4.4114
S24A04B3	0.4276	7.4871	4.4486	5.4280
S24A05B3	0.4354	8.9667	5.1243	6.0599
S24A06B3	0.4349	14.7604	5.1509	5.7429
S24A07B3	0.4209	7.5519	4.2995	4.8486
S24A08B3	0.4343	14.3877	4.4033	4.9792
S24A09B3	0.4110	13.4539	3.7175	4.4444
S24A10B3	0.4098	7.9065	3.7859	4.8697
S24B01B3	0.4421	13.4067	4.0007	5.0190
S24B02B3	0.4223	18.6691	3.3001	4.2853
S24B03B3	0.4089	17.3121	3.0134	4.4181
S24B04B3	0.4078	9.8107	4.0238	3.9881
S24B05B3	0.4226	9.4438	4.7412	4.8169
S24B06B3	0.4128	10.1053	2.5374	4.1002
S24B07B3	0.4206	10.9221	3.8984	4.6701
S24B08B3	0.4298	12.2430	3.5488	3.8969
S24B09B3	0.4007	9.2773	4.5834	4.6528
S24B10B3	0.4230	13.2105	3.7324	4.8755
S24C01B3	0.4288	17.4318	2.3147	4.2952
S24C02B3	0.4366	16.3715	3.1696	4.4538
S24C03B3	0.4159	14.0323	3.5505	4.5309
S24C04B3	0.4022	13.9219	3.7485	4.7835
S24C05B3	0.4151	14.0893	1.4913	3.0068
S24C06B3	0.4041	6.7153	3.5875	4.2940
S24C07B3	0.4242	12.1907	4.6412	5.5340
S24C08B3	0.4023	10.4242	4.9431	5.2251
S24C09B3	0.4101	13.4179	3.0128	4.6619
S24C10B3	0.4126	16.1085	4.9341	5.4675
S24D01B3	0.4447	24.8503	5.6731	5.9531
S24D02B3	0.4278	29.0202	6.0146	6.1135
S24D03B3	0.4279	18.6933	4.2167	4.5150
S24D04B3	0.4525	33.3915	6.3302	6.4160
S24D05B3	0.4186	25.2190	5.3189	5.3536
S24D06B3	0.4399	17.0110	5.4760	5.5498
S24D07B3	0.4108	28.7442	5.0568	4.6454
S24D08B3	0.4264	17.1869	4.2247	4.2009
S24D09B3	0.4339	23.8613	5.0954	4.9736
S24D10B3	0.4120	21.5204	5.4808	5.0788
S24E01B3	0.4124	14.6332	4.7878	4.7555
S24E02B3	0.4318	19.9382	5.0010	5.1892
S24E03B3	0.4189	19.4903	4.5930	5.1805
S24E04B3	0.4062	24.8556	5.2735	5.4893
S24E05B3	0.4295	24.8373	4.8971	5.1922
S24E06B3	0.4427	23.4877	5.3865	5.7513
S24E07B3	0.4283	16.8571	5.5564	5.7028
S24E08B3	0.4229	31.3154	5.2140	5.2570
S24E09B3	0.4157	13.1914	3.2221	3.5813
S24E10B3	0.4222	17.2959	3.9491	4.2512
S24F01B3	0.4110	29.0830	5.2813	5.2144
S24F02B3	0.4186	29.3214	5.4037	5.6379
S24F03B3	0.4092	23.2015	5.5738	5.3377
S24F04B3	0.4297	18.4086	4.5187	4.3515
S24F05B3	0.3992	17.5611	4.4073	4.3039
S24F06B3	0.4047	21.1819	5.1706	5.6188
S24F07B3	0.3990	18.9225	4.6127	4.4397
S24F08B3	0.3902	25.1786	5.1823	5.0392
S24F09B3	0.4145	21.7115	5.0544	5.1367
S24F10B3	0.3847	20.1632	4.8710	4.3149

別表4 試験結果のまとめ

縦継ぎ 仕様	縦継ぎ 位置	ρ (g/cm ³)		MOR(MPa)		真の MOE(GPa)		見かけの MOE(GPa)	
A	継ぎなし	0.43	(0.014)	27.8	(6.41)	5.56	(1.09)	5.74	(0.852)
	せん断部	0.43	(0.015)	20.4	(4.56)	5.17	(0.819)	5.22	(0.747)
	中央部	0.43	(0.0096)	9.8	(3.10)	4.13	(0.843)	4.92	(0.762)
B	継ぎなし	0.42	(0.011)	24.5	(5.49)	4.83	(0.655)	5.18	(0.520)
	せん断部	0.43	(0.011)	20.6	(4.89)	5.31	(1.30)	5.13	(0.822)
	中央部	0.42	(0.012)	12.4	(3.30)	3.74	(0.674)	4.47	(0.394)
C	継ぎなし	0.42	(0.012)	26.6	(3.65)	5.67	(0.594)	5.73	(0.456)
	せん断部	0.42	(0.011)	25.6	(4.86)	5.74	(0.717)	5.52	(0.578)
	中央部	0.42	(0.012)	13.5	(3.14)	3.54	(1.12)	4.63	(0.730)
D	継ぎなし	0.43	(0.017)	25.6	(5.38)	5.41	(1.12)	5.41	(0.981)
	せん断部	0.44	(0.019)	25.4	(6.24)	5.09	(0.987)	5.19	(0.968)
	中央部	0.43	(0.014)	23.9	(5.45)	5.29	(0.684)	5.28	(0.731)
E	継ぎなし	0.42	(0.015)	26.0	(3.79)	4.96	(0.599)	5.00	(0.561)
	せん断部	0.42	(0.010)	26.2	(5.51)	5.03	(0.481)	5.09	(0.521)
	中央部	0.42	(0.011)	20.6	(5.54)	4.79	(0.716)	5.04	(0.674)
F	継ぎなし	0.41	(0.019)	22.9	(4.64)	4.64	(0.640)	4.84	(0.663)
	せん断部	0.42	(0.015)	24.4	(5.46)	4.87	(0.652)	4.95	(0.578)
	中央部	0.41	(0.013)	22.5	(4.21)	5.01	(0.392)	4.94	(0.540)

別表5 検定まとめ

有意差(危険率5%)

	MOR		真のMOE		見かけのMOE	
	B1vsB2	B1vsB3	B1vsB2	B1vsB3	B1vsB2	B1vsB3
A	なし	B1>B3	なし	B1>B3	なし	B1>B3
B	なし	B1>B3	なし	B1>B3	なし	B1>B3
C	なし	B1>B3	なし	B1>B3	なし	B1>B3
D	なし	なし	なし	なし	なし	なし
E	なし	なし	なし	なし	なし	なし
F	なし	なし	なし	なし	なし	なし

別表6 比率

	MOR		真のMOE		見かけのMOE	
	B2/B1	B3/B1	B2/B1	B3/B1	B2/B1	B3/B1
A	73.14900	35.32119	92.93739	74.36722	90.98425	85.75451
B	84.08701	50.70240	109.80324	77.33280	99.02064	86.39262
C	96.26489	50.57769	101.19045	62.38702	96.29496	80.69290
D	99.17538	93.66986	94.15500	97.77782	96.01594	97.62824
E	100.53385	79.06651	101.45231	96.61290	101.84108	100.69304
F	106.43050	98.14372	105.02707	107.91923	102.29617	101.99510



写真1 加力前の状況

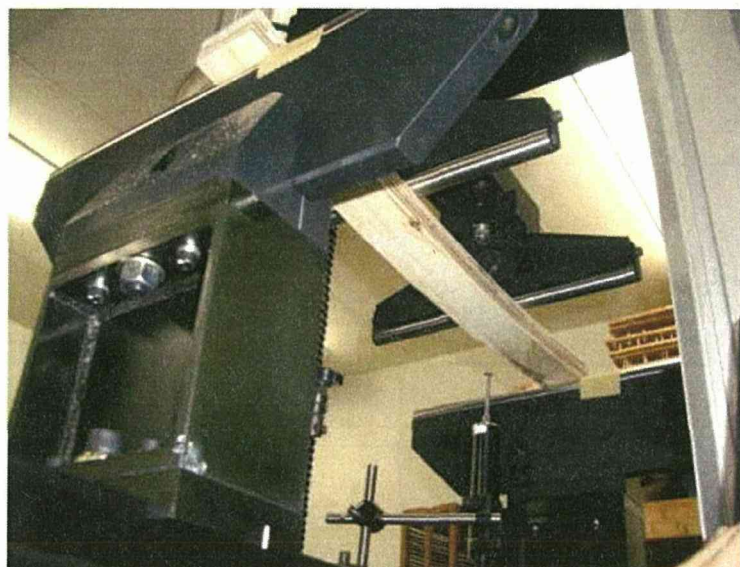


写真2 加力中の状況

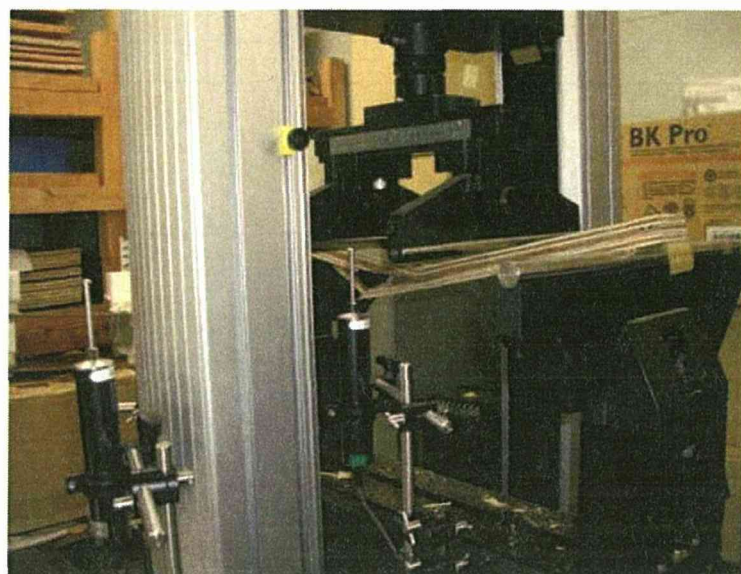


写真3 破壊の状況

課題5：スギ集成材による45分準耐火構造間仕切り壁の開発

(財)日本住宅・木材技術センター 山田 誠

1. 目的

幼稚園、保育園、老人ホームなどを木造準耐火建築物で建築する場合、木造の表面にせっこうボードや窯業系建材等を張ることが主流である。柱やはりは燃えしろ設計を行うことで露出して使用可能であるが、一定規模を超えると内装制限の対象となり難燃材料を用いることなどが必要となる。しかし、2階建て以下の建築物では天井に準不燃材料を用いれば内装制限の緩和措置により、壁に木材などを用いることが可能となるため、木材を張った準耐火構造の間仕切り壁が開発できれば木材の用途が広がる。そこで、本開発では、スギ集成材パネルを製作し、45分準耐火構造の性能を満足できる間仕切り壁構造の開発を行う。

2. 実施概要

既往の実験では、スギ板25mmを両面に張り、内部に断熱材を充填したパネルでは、約45分程度の性能が、スギ板30mmを両面に張り、内部に断熱材を充填したパネルでは、約1時間の耐火性能が見込める。しかし、建物内装に用いるためには、接着層が着色して見えるレゾルシノール系接着剤よりもメラミン系接着剤や水性高分子-イソシアネート系接着剤を用いると共に、ホルムアルデヒドの規制に合わせてF☆☆☆☆やホルムアルデヒドの放散のない接着剤を使用する必要がある。メラミン系接着剤は、メラミン樹脂とユリヤ樹脂を混合して使用され、また、APIは水性高分子とイソシアネートを重合したものであり、水性高分子の成分と配合によりその種類は多いが、接着剤の配合割合が耐火性能にどのような影響を与えるかは現時点では明らかでない。そこで、小試験体によって接着剤の種類と配合割合によって耐火性能に影響がないかの確認を行った。次いで、APIを用いた集成材パネルを製作し、実大規模の真壁造の中にパネルを組み立てて試験体を製作する。パネルを組み込んだ試験体は載荷加熱試験を行って準耐火性能を確認した。

3. 試験体

3.1 小試験体

- 1) 集成材断面寸法：100mm×100mm×950mm
- 2) ラミナ積層数：4層
- 3) 厚さ27mmのラミナを4層に接着し、プレーナー掛けで外層ラミナ厚を約23mmとする。
- 4) 集成材試験片を7体、1,200mm×1,200mmパネルに組み込む。
- 5) 加熱面：2種類
 - ①ラミナ面 (No.1型試験体)
 - ②接着層面 (No.2型試験体)

試験片の断面を図1及び図2に示す。

6) 接着剤の種類：計14種類

- ①レゾルシノール樹脂接着剤（以下「RF」という）：1種類
- ②メラミン樹脂（以下「MU」という）接着剤：3種類
（メラミンとユリヤの配合率を替える）
- ③水性高分子-イソシアネート系接着剤（以下「API」という）：9種類
- ④酢酸ビニル樹脂接着剤（以下「VA」という）：1種類

接着剤の種類と試験体の記号を表1に、接着剤の構成を表2に示す。

表1(1) 小型試験体仕様一覧表(その1)、ラミナ面加熱試験体

No.1型試験体				No.2型試験体			
表1-1 小型試験体No.1-1、接着剤組合せ				表1-2 小型試験体No.1-2、接着剤組合せ			
試験片 記号	接着剤の種類・配合等			試験片 記号	接着剤の種類・配合等		
	接着剤の種類	配合比	備考		接着剤の種類	配合比	備考
RF11-C	C社(レゾルシノール・フェノール)		スギ	RF12-C	C社(レゾルシノール・フェノール)		スギ
AP11-A1	A社-1(API)		スギ	AP12-A1	A社-1(API)		スギ
AP11-B1	B社-1(API)		スギ	AP12-B1	B社-1(API)		スギ
AP11-C1	C社-1(API)		スギ	AP12-C1	C社-1(API)		スギ
AP11-A2	A社-2(API)		スギ	AP12-A2	A社-2(API)		スギ
AP11-B2	B社-2(API)		スギ	AP12-B2	B社-2(API)		スギ
MU11-A1	A社-1(メラミン)	100	スギ	MU12-A1	A社-1(メラミン)	100	スギ
表1-3 小型試験体No.1-3、接着剤組合せ				表1-4 小型試験体No.1-4、接着剤組合せ			
試験片 記号	接着剤の種類・配合等			試験片 記号	接着剤の種類・配合等		
	接着剤の種類	配合比	備考		接着剤の種類	配合比	備考
MU13-A2	A社-2(メラミン・ユリヤ)	80:20	スギ	MU14-A2	A社-2(メラミン・ユリヤ)	80:20	スギ
AP13-C2	C社-2(API)		スギ	AP14-C2	C社-2(API)		スギ
AP13-A3	A社-3(API)		スギ	AP14-A3	A社-3(API)		スギ
AP13-B3	B社-3(API)		スギ	AP14-B3	B社-3(API)		スギ
AP13-C3	C社-3(API)		スギ	AP14-C3	C社-3(API)		スギ
VA13-B	B社(酢ビ樹脂)		スギ	VA14-B	B社(酢ビ樹脂)		スギ
MU13-A3	A社-3(メラミン・ユリヤ)	60:40	スギ	MU14-A3	A社-3(メラミン・ユリヤ)	60:40	スギ

表1(2) 小型試験体仕様一覧表(その2)、接着層面加熱試験体

表1-5 小型試験体No.2-1、接着剤組合せ				表1-6 小型試験体No.2-2、接着剤組合せ			
試験片 記号	接着剤の種類・配合等			試験片 記号	接着剤の種類・配合等		
	接着剤の種類	配合比	備考		接着剤の種類	配合比	備考
RF21-C	C社(レゾルシノール・フェノール)			RF22-C	C社(レゾルシノール・フェノール)		スギ
AP21-A1	A社-1(API)		スギ	AP22-A1	A社-1(API)		スギ
AP21-B1	B社-1(API)		スギ	AP22-B1	B社-1(API)		スギ
AP21-C1	C社-1(API)		スギ	AP22-C1	C社-1(API)		スギ
AP21-A2	A社-2(API)		スギ	AP22-A2	A社-2(API)		スギ
AP21-B2	B社-2(API)		スギ	AP22-B2	B社-2(API)		スギ
MU21-A1	A社-1(メラミン)	100	スギ	MU22-A1	A社-1(メラミン)	100	スギ
表1-7 小型試験体No.2-3、接着剤組合せ				表1-8 小型試験体No.2-4、接着剤組合せ			
試験片 記号	接着剤の種類・配合等			試験片 記号	接着剤の種類・配合等		
	接着剤の種類	配合比	備考		接着剤の種類	配合比	備考
MU23-A2	A社-2(メラミン・ユリヤ)	80:20	スギ	MU24-A2	A社-2(メラミン・ユリヤ)	80:20	スギ
AP23-C2	C社-2(API)		スギ	AP24-C2	C社-2(API)		スギ
AP23-A3	A社-3(API)		スギ	AP24-A3	A社-3(API)		スギ
AP23-B3	B社-3(API)		スギ	AP24-B3	B社-3(API)		スギ
AP23-C3	C社-3(API)		スギ	AP24-C3	C社-3(API)		スギ
VA23-B	B社(酢ビ樹脂)		スギ	VA24-B	B社(酢ビ樹脂)		スギ
MU23-A3	A社-3(メラミン・ユリヤ)	60:40	スギ	MU24-A3	A社-3(メラミン・ユリヤ)	60:40	スギ

表 2 (1) 小型加熱試験、接着剤構成表 (その 1) A P I

接着剤		組成	構成比率	備考
AP-A1	主剤	ポリビニルアルコール	2 ~ 8 %	糊液配合： 主剤／架橋剤 = 100 / 15 高性能品 H16載荷加熱試験 実施済み
		エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂	10 ~ 30 %	
		アクリル系共重合体	5 ~ 15 %	
		炭酸カルシウム	25 ~ 35 %	
	水	35 ~ 45 %		
架橋剤		NCO 含有量 30 % 以上の MDI 化合物		
AP-A2	主剤	ポリビニルアルコール	2 ~ 8 %	糊液配合： 主剤／架橋剤 = 100 / 15 AP-1の汎用品 H16耐熱試験実施済み
		エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂	10 ~ 30 %	
		アクリル系共重合体	5 ~ 15 %	
		炭酸カルシウム	25 ~ 35 %	
	水	35 ~ 45 %		
架橋剤		NCO 含有量 30 % 以上の MDI 化合物		
AP-A3	主剤	ポリビニルアルコール	2 ~ 8 %	糊液配合： 主剤／架橋剤 = 100 / 15 汎用品
		エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂	10 ~ 30 %	
		スチレン・ブタジエン共重合体	5 ~ 15 %	
		炭酸カルシウム	25 ~ 35 %	
	水	35 ~ 45 %		
架橋剤		NCO 含有量 30 % 以上の MDI 化合物		
AP-B1	主剤	エチレン・酢酸ビニル共重合体	30~50%	H16耐熱試験済み 汎用品
		スチレン・ブタジエン共重合体	5~15%	
		ポリビニルアルコール	2~10%	
		炭酸カルシウム	20~40%	
	水	15~40%		
架橋剤		NCO		
AP-B2	主剤	エチレン・酢酸ビニル共重合体	30~50%	AP-B1の夏型 H16耐熱試験済み 汎用品
		スチレン・ブタジエン共重合体	5~15%	
		ポリビニルアルコール	2~10%	
		炭酸カルシウム	20~40%	
	水	30~60%		
架橋剤		NCO		
AP-B3	主剤	エチレン・酢酸ビニル共重合体	10~30%	汎用品
		アクリル・スチレン共重合体	5~15%	
		ポリビニルアルコール	2~10%	
		炭酸カルシウム	20~40%	
	水	35~45%		
架橋剤		NCO		
AP-C1	主剤	エチレン・酢酸ビニル共重合体	30%	H16耐熱試験済み 汎用品
		スチレン・ブタジエン共重合体		
		充填剤		
	水	40%		
架橋剤		NCO		
AP-C2	主剤	エチレン・酢酸ビニル共重合体	30%	H16耐熱試験済み 汎用品
		アクリル系化合物		
		充填剤		
	水	40%		
架橋剤		NCO		
AP-C3	主剤	エチレン・酢酸ビニル共重合体	27%	汎用品
		アクリル系化合物		
		充填剤		
	水	38%		
架橋剤		NCO		

表 2 (2) 小型加熱試験、接着剤構成表 (その 2) MU、RF、VA

MU-A1	主剤	メラミン-ホルムアルデヒド樹脂	100 %	糊液配合： 主剤/充填剤/硬化剤 = 100/10/30
	充填剤	有機粉末		
	硬化剤	有機酸		
MU-2	主剤	メラミン-ホルムアルデヒド樹脂	80 %	糊液配合： 主剤/充填剤/硬化剤 = 100/10/30
		ユリア-ホルムアルデヒド樹脂	20 %	
	充填剤	有機粉末		
MU-3	主剤	メラミン-ホルムアルデヒド樹脂	60 %	糊液配合： 主剤/充填剤/硬化剤 = 100/10/30
		ユリア-ホルムアルデヒド樹脂	40 %	
	充填剤	有機粉末		
RF-C	主剤	レゾルシノール樹脂	55%	構造用
		水、メタノール等	45%	
VA-B	主剤	酢酸ビニル樹脂	30~60%	一般木工用
		水	40~70%	

7) 試験体の作成

厚さ27mm長さ3,000mmのラミナ4枚を、各接着剤で貼り合わせ、図3に示す試験片を各2体製作した。図3に示す試験片から、両端から長さ950mmの試験片を切り落とし、中央部は物理試験に供した。加熱面は図1及び図2に示すようにラミナ面及び接着層面となるように図4及び図5に示す試験体パネルに組み込んだ。試験体パネルは試験体取付枠にそれぞれ組み込んだ。取付枠の上部に組み込んだパネルは、図6に示すように1体目に上部に組み込んだパネルは、2体目では下部に組み込んだ。これは、取付枠の上下で加熱強度が異なるかを確認することと繰り返し回数2回を行ったものである。加熱試験体の姿図を図7及び図8に示す。、また、試験体パネル取付状況を図9に、試験体取付枠を図10に示す。

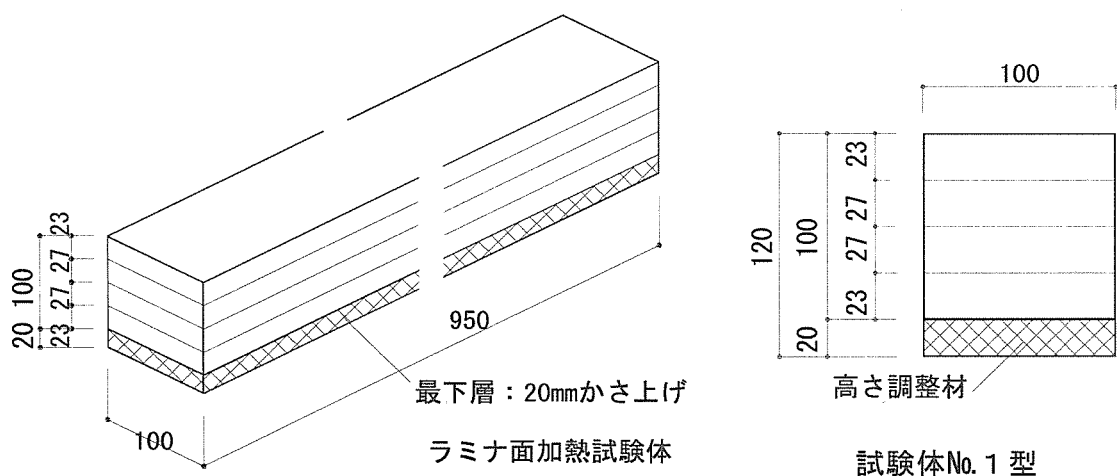


図 1 試験片断面形状 (ラミナ面加熱試験片: No. 1 型)

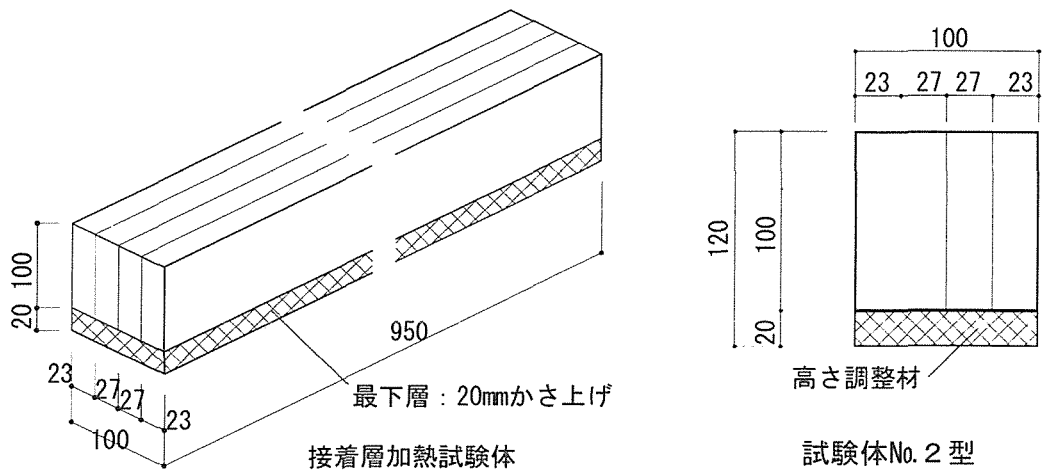


図2 試験片断面形状（接着層面加熱試験片：No. 2型）

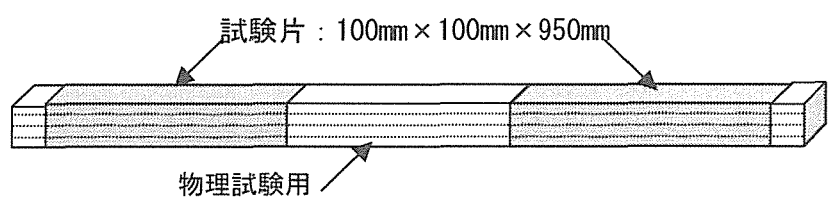


図3 試験片の作成方法

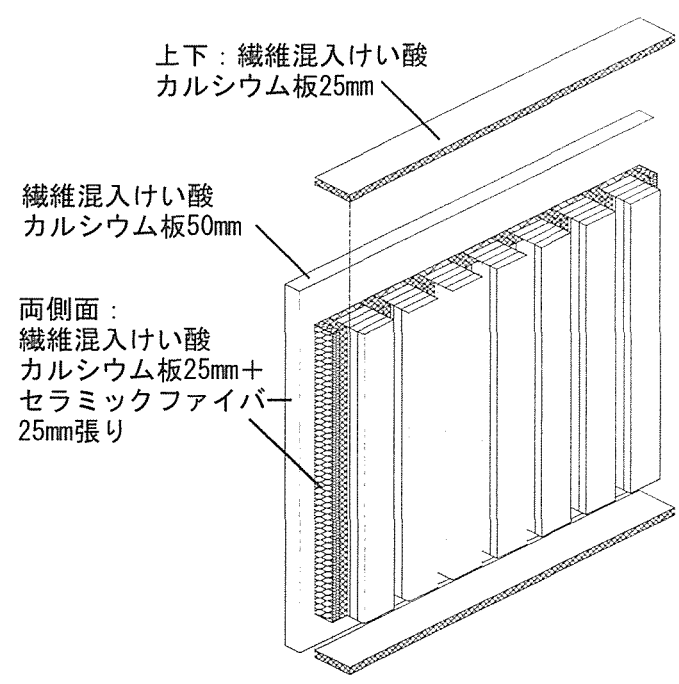


図4 試験体組立図（試験体No. 1型）

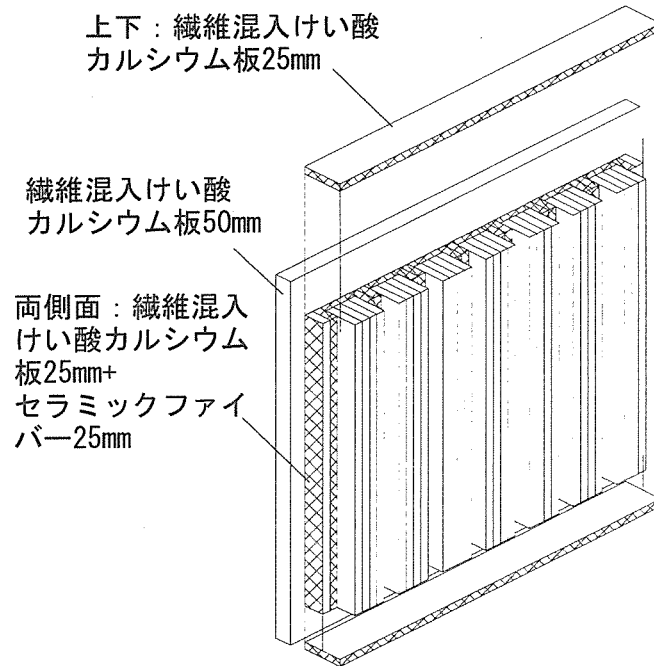
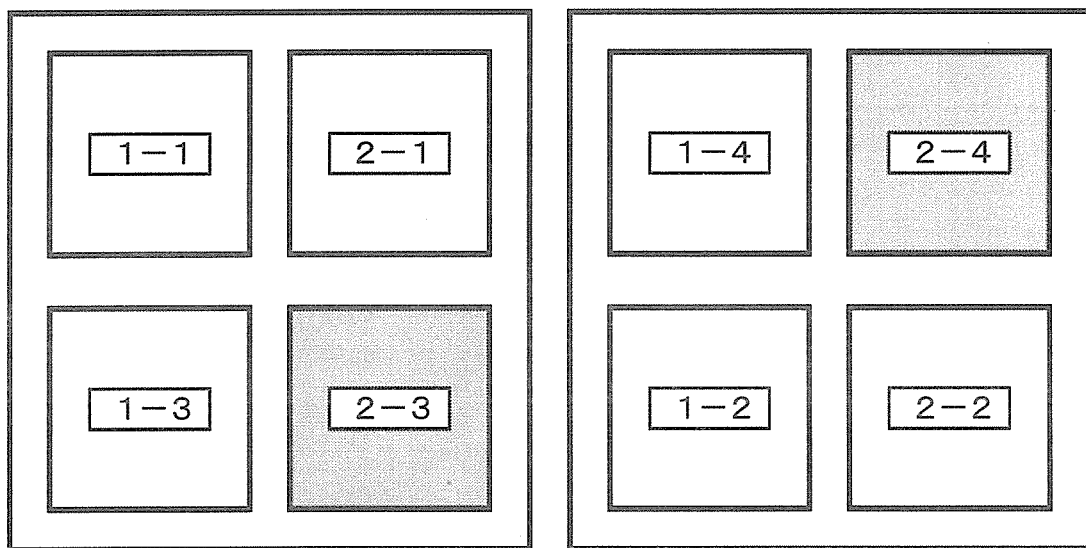


図5 試験体組立図（試験体No. 2型）



a) 加熱試験体No. 1

b) 加熱試験体No. 2

図6 試験体パネル組込図

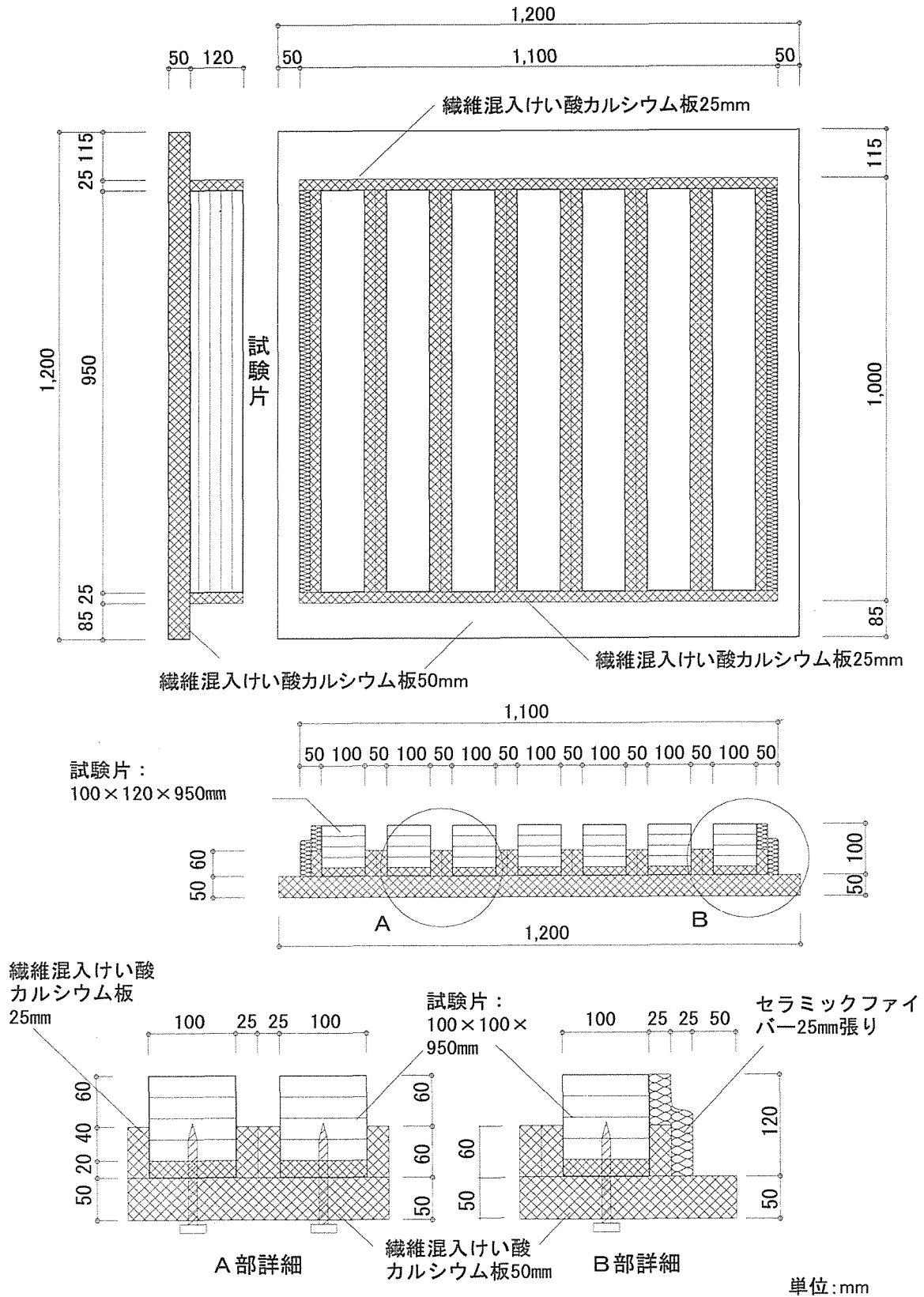


図7 試験体No. 1型（ラミナ面加熱）試験体姿図

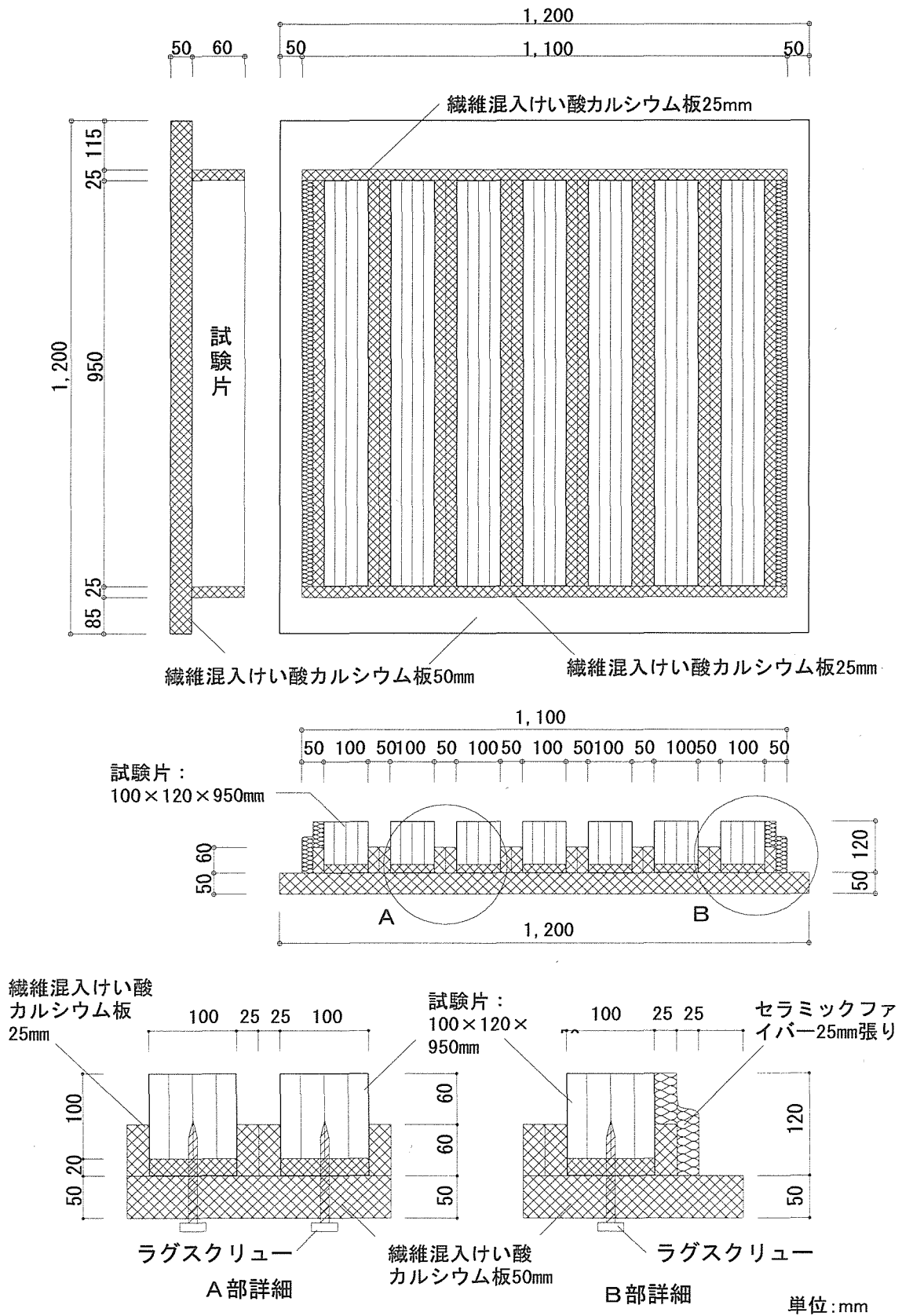


図8 試験体No.2型（接着層面加熱）試験体姿図

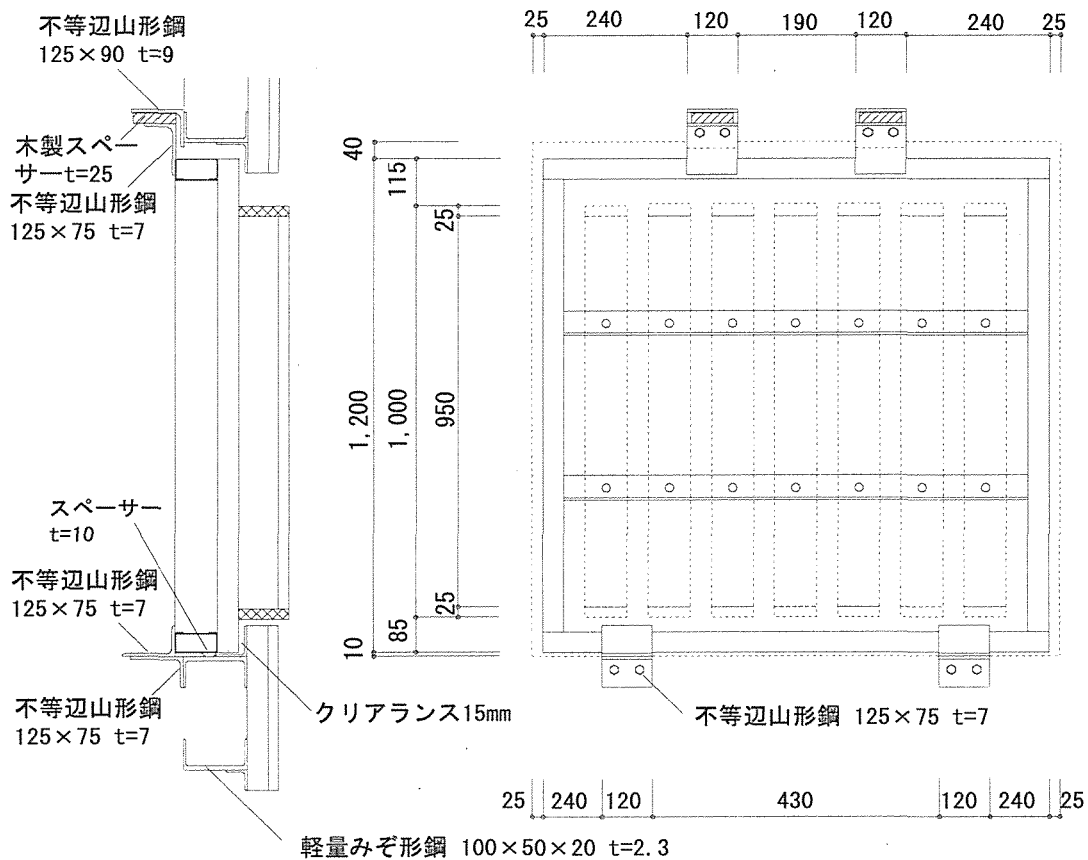
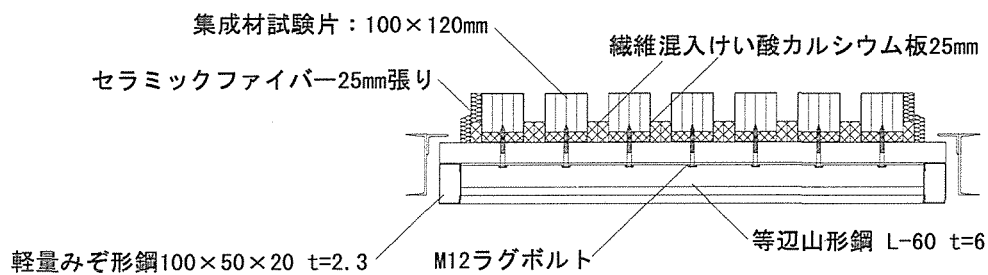


図9 試験体パネル取付図

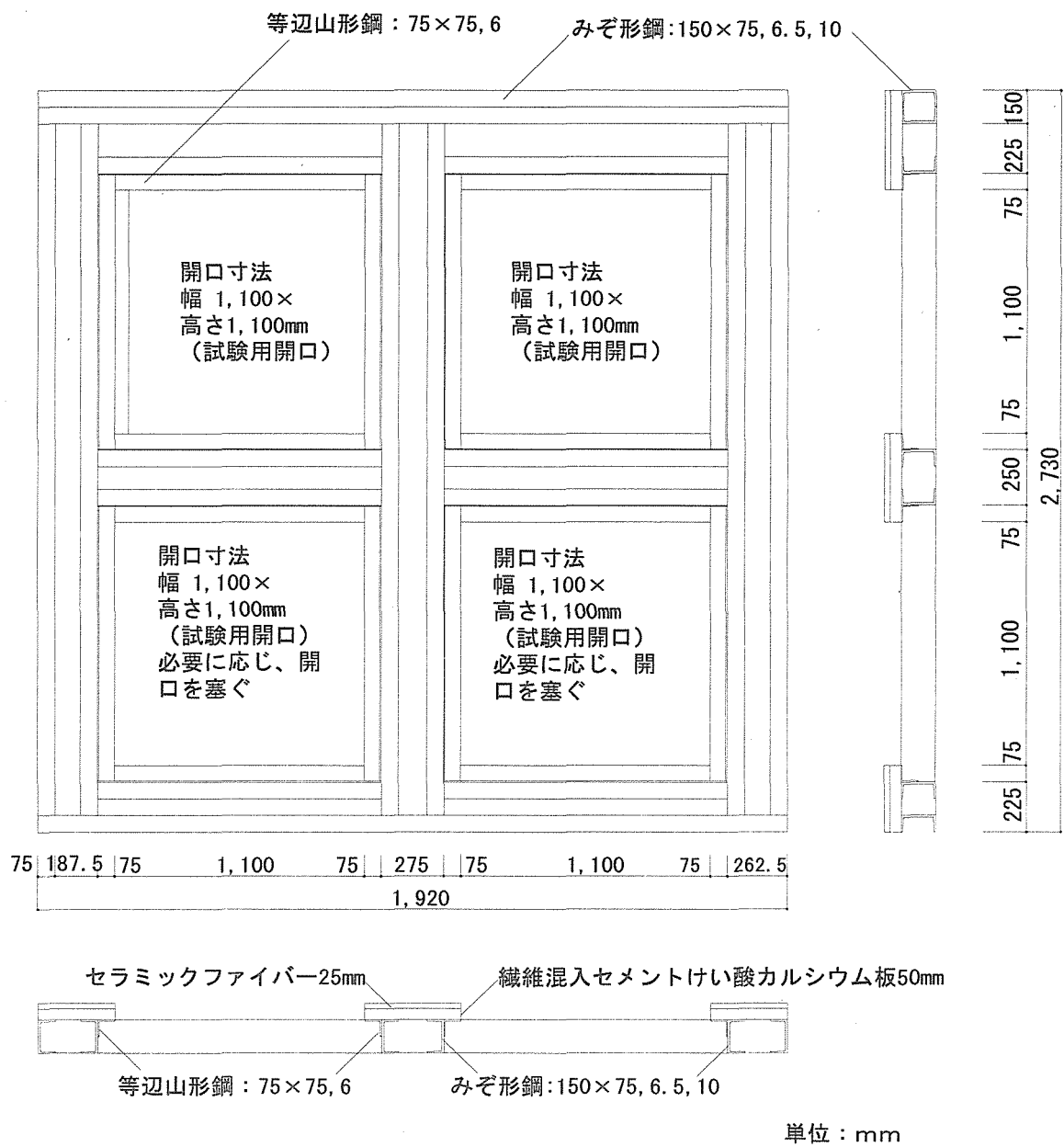
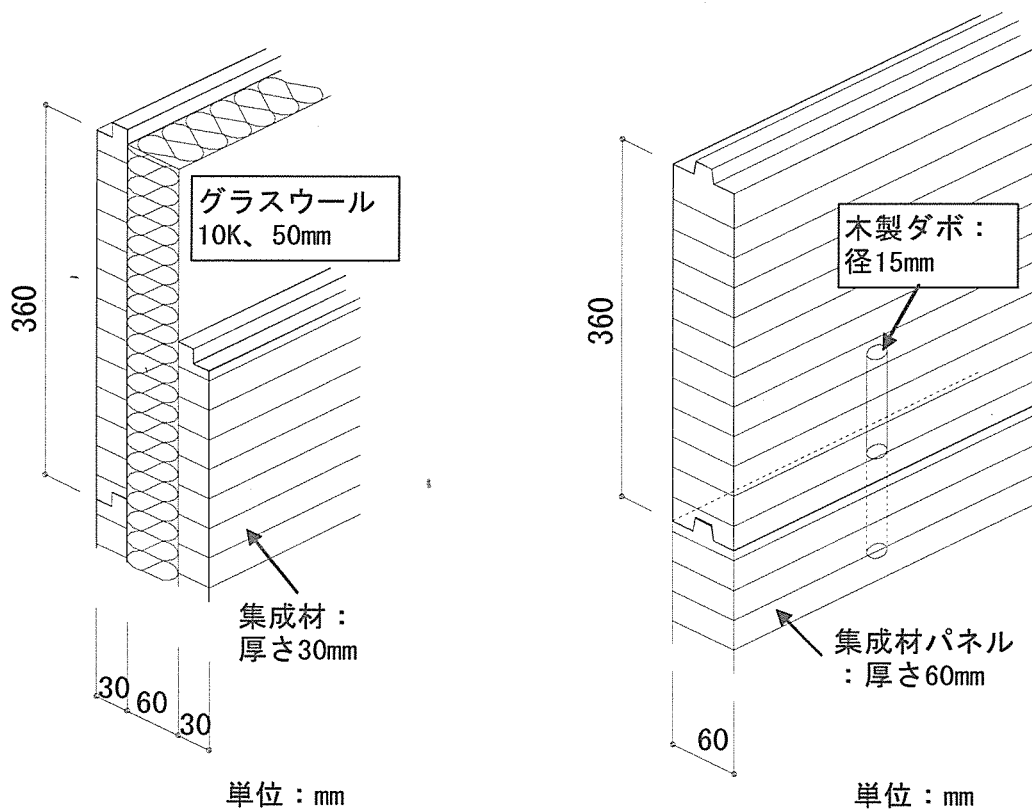


図10 試験体取付枠

3. 2 実大試験体

- 1) 柱：集成材 120×120mm
 - 2) 試験体外寸：1,940×2,980mm
 - 3) 集成材パネル：2種類
 - ① 集成材パネル（パネル厚さ30mm×幅370mm(合いじゃくり目地:15mm)）+グラスウール断熱材50mm+（パネル厚さ30mm×幅370mm(合いじゃくり目地:15mm)）、厚さ60mm
 - ② ログタイプ集成材：厚さ60mm×幅360mm、通しボルト径13mm、木製ダボ径13mm
 - 4) 接着剤：API接着剤（小型試験体AP-A1と同一の接着剤）
- 試験体の断面を図11に、姿図を図12及び図13に示す。



試験体No. 1

試験体No. 2

図11 試験体集成材パネル断面図

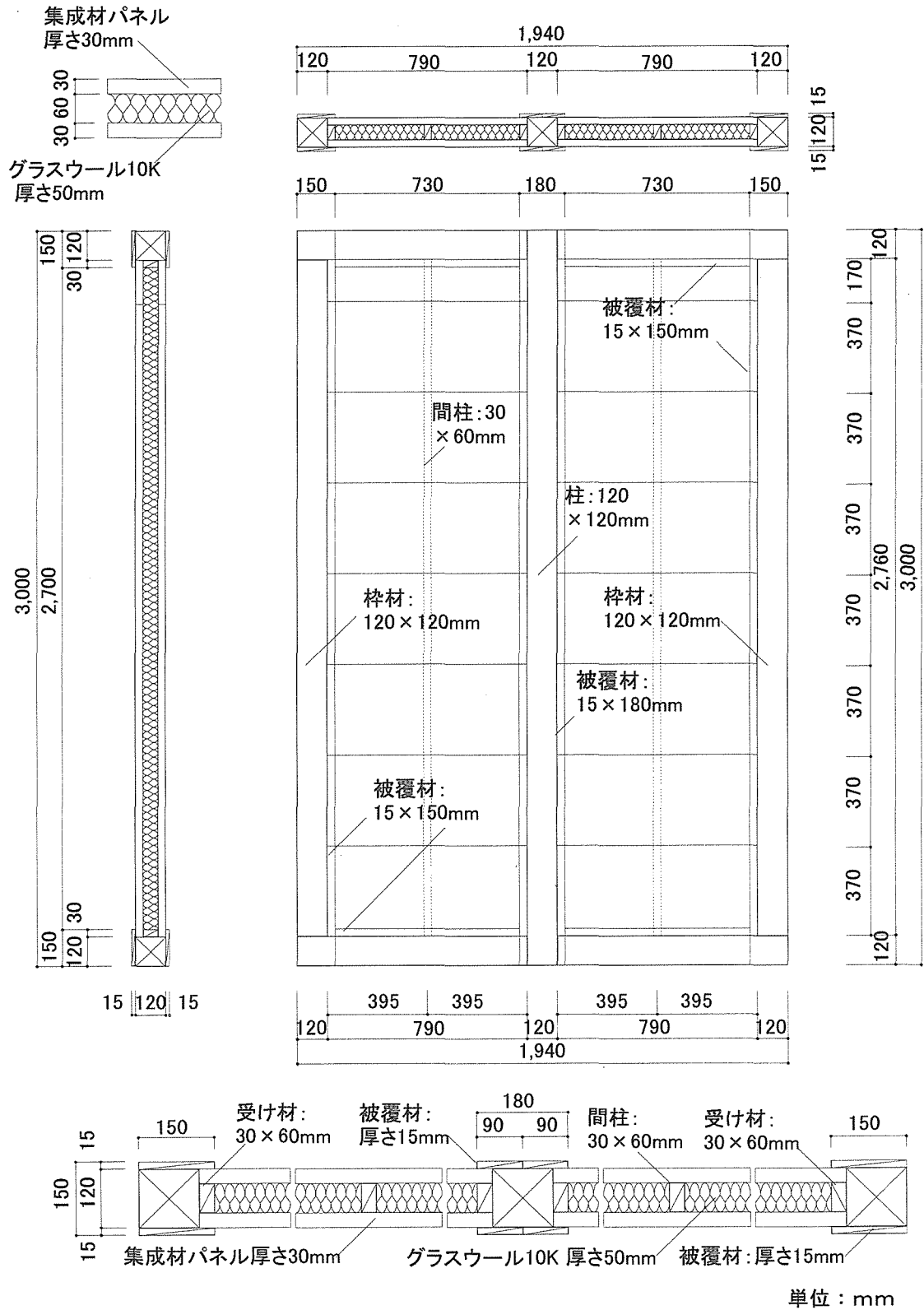


図12 試験体No. 1 姿図

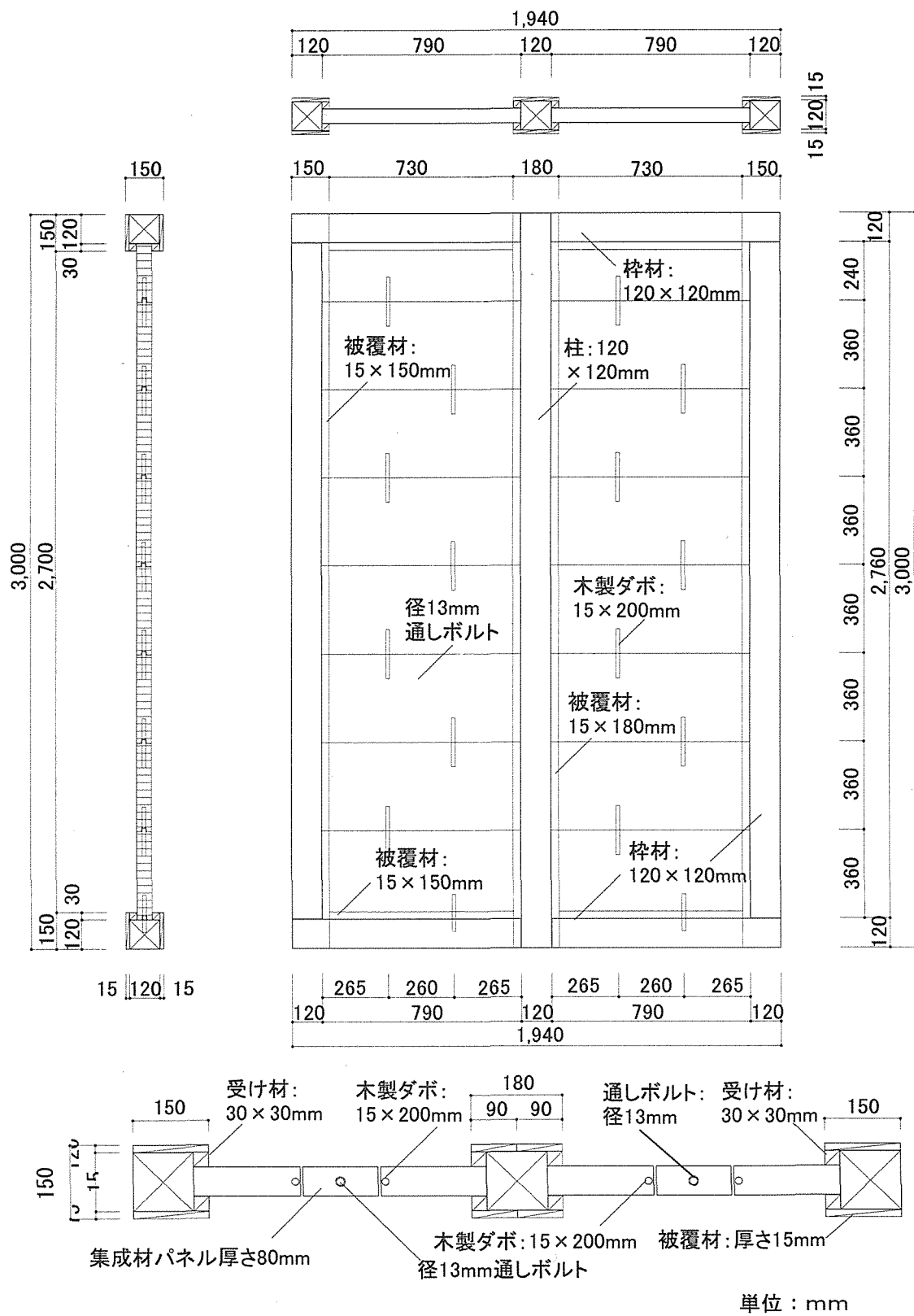


図13 試験体No. 2 姿図

4. 試験方法

4.1 小試験体

- ① 試験体パネル数：8体
 - ② 1体の取付枠に集成材試験体パネル4体を組み込み、計2体を準備した。(表1及び図6参照)
 - ③ 加熱パネルNo.1型はラミナ面からの加熱、加熱パネルNo.2型はラミナ側面の加熱となるように取付枠に組み込んだ。
 - ⑤ 同一仕様のパネルは取付枠の上部と下部に組み込み、加熱炉上下による加熱強度に差が生じるかの確認も行った。(図6参照)
 - ⑥ ISO/834に基づく耐火加熱曲線による無載荷加熱試験を行う。
 - ⑦ 加熱時間：30分
 - ⑧ 加熱終了後に各試験片の3等分点を切断し、断面の炭化深さを測定する。
(ラミナの方向及び枠の上下によって炭化深さに差が生じるかを測定する。)
- これらの加熱試験により、接着剤の種類による炭化深さの差を確認することとした。

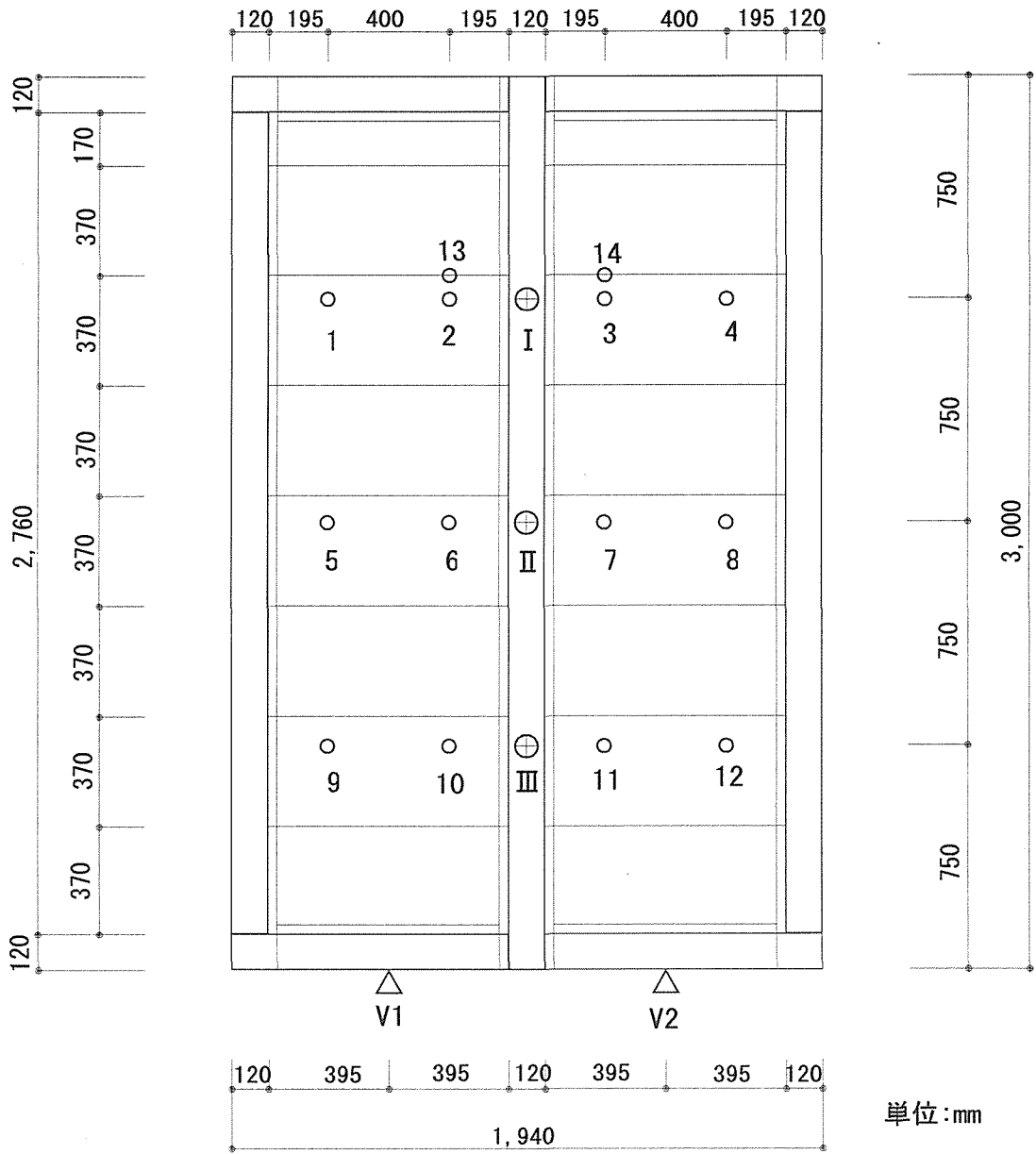
4.2 実大試験体：2体 (API)

- ① 加熱方法：ISO/834の耐火加熱曲線による載荷加熱試験を行う。
- ② 中央柱部分に47.5kN(構造用集成材の長期圧縮応力度に相当する応力度が生じる荷重)を載荷した。表3に計算結果を示す。
- ③ 加熱時間：45分又は裏面側に燃え抜けるまで若しくは座屈するまで。
- ④ 加熱中の試験体裏面温度(0.65mm、断熱パッド付きK(CA)ディスク熱電対)、軸方向変位、面外方向変位(巻き込み式変位計DP-500E)の測定を行う。(図14、図15)
- ⑤ 加熱中の試験体の変化を目視により観察する。

表3 載荷荷重計算結果

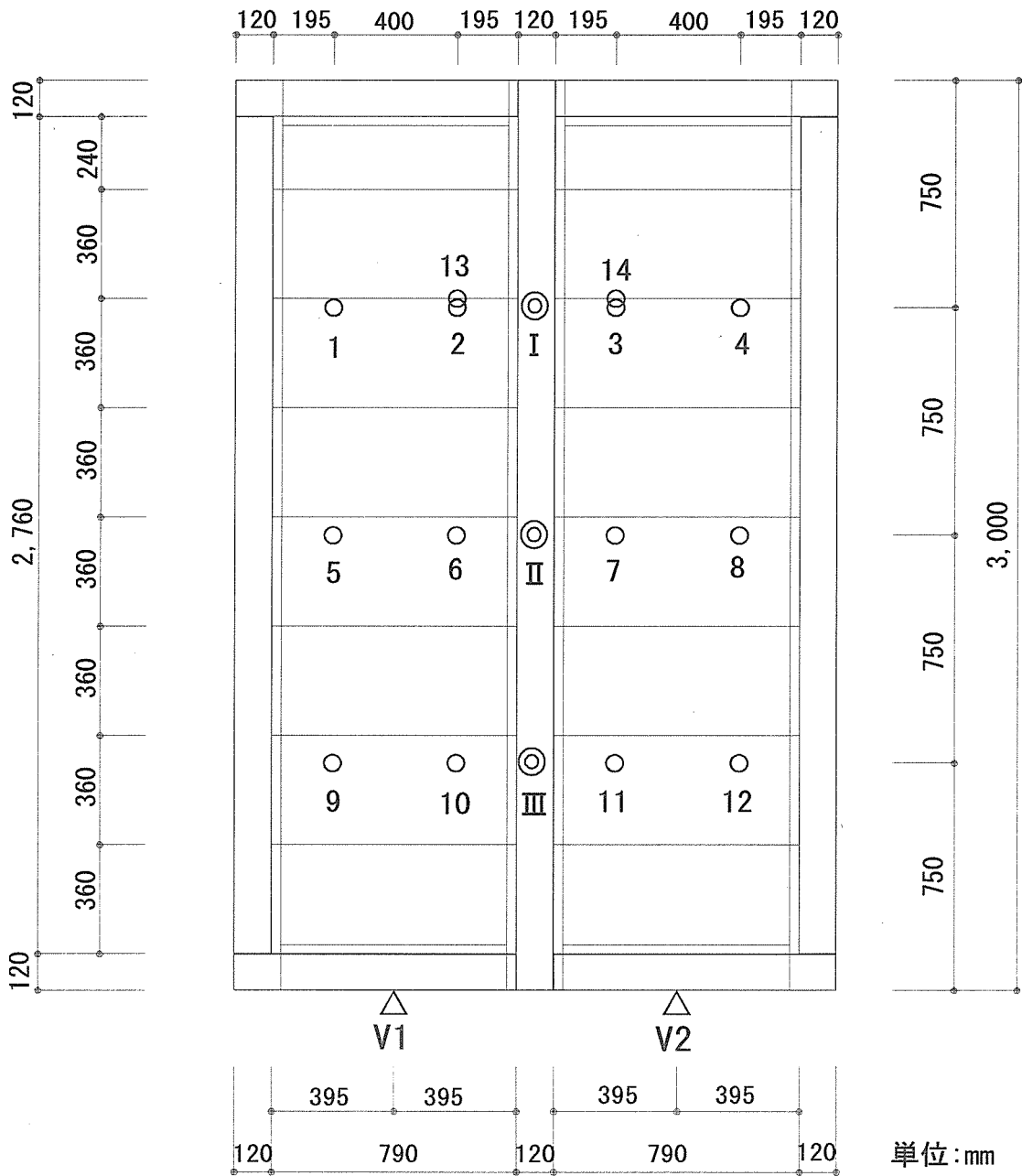
項 目	数値・計算値	備 考
l_x (cm)	12.0	座屈方向のせい(材厚)
L_b (cm)	12.0	材幅
A (cm ²)	144.00	断面積
$i=l_x/3.46$ (cm)	3.468	断面二次半径(3.46=長方形断面)
l_k (cm)	298.0	座屈長さ(材長)
$\lambda=l_k/i$	85.9	細長比
η	0.441	座屈低減係数
F_c (N/mm ²)	20.4	材料強度(すぎ集成材、E65-F255)
${}_L f_c$ (N/mm ²)	7.48	長期許容圧縮応力度
(kgf/cm ²)	76.27	
${}_L f_k (= \eta \times {}_L f_c)$ (N/mm ²)	3.297	長期許容座屈応力度
(kgf/cm ²)	33.62	
$N (= {}_L f_k \times A)$ (kN)	47.48	柱1本当たりの圧縮力
(kgf)	4841	
M (本)	1	載荷される軸組の本数
$P (= N \times M)$ (kN)	47.48	載荷荷重量
(kgf)	4841	

注) 材料強度は、平成13年国土交通省告示第1024号(木材のめりこみ及び圧縮材の座屈の許容応力度等)に基づく。



1~12 : 裏面温度 13~14 : 裏面目地温度
 I ~ III : 面外方向変位 V1・V2 : 軸方向変位

図14 試験体No. 1、裏面側温度等測定位置図



1 ~ 12 : 裏面温度 13 ~ 14 : 裏面目地温度
 I ~ III : 面外方向変位 V1・V2 : 軸方向変位

単位: mm

図15 試験体No. 2 裏面側温度等測定位置図

5. 試験結果とまとめ

5. 1 小試験体

30分の加熱終了後、試験体パネルを枠より速やかに取り出し、注水消火した。長さ95cmの試験片の3等分点を切断し、残存部分の寸法測定から炭化部分を計算した。試験片の加熱面で最も小さい炭化寸法及び側面では試験片断面底辺から40mm上の部分の炭化寸法を加熱時間の30分で割り、加熱面と側面の炭化速度 (mm/分) を計算した。

計9種類のAPIの結果を表4に、API、RF、MU及びVAの平均炭化速度の結果を表5に示す。また、計4体のパネルを組み込んだ試験体2体の加熱温度を図16及び図17に示す。

これらの結果をまとめると、

- 1) API 3社、3種類、計9種類の炭化速度は 試験片加熱面で0.73~0.92mm/分であった。このうち、C社の番号 2及び3の炭化速度が 多少大きくなったが、ほぼ0.8mm/分程度であった。(表4、表5)
- 2) 加熱炉内では、加熱温度は同じであるが、炉内圧力は上部ほど高くなるためにその影響を確認したが、取付枠上下による炭化速度の差は特に認められなかった。
- 3) 各接着剤の平均炭化速度は、APIが0.82mm/分、MUが0.81mm/分、RFが0.79mm/分、VAが0.99mm/分となり、RF、MU、API、VAの順に大きくなった。また、加熱面がラミナ面と接着層面との比較では接着層面を加熱した方が炭化速度は大きくなった。RF、MU、APIはほぼ同程度であったが、VAはこれらに比べ炭化速度はかなり大きくなり、接着剤の種類による炎を有する加熱に対しての性能が明らかとなった。

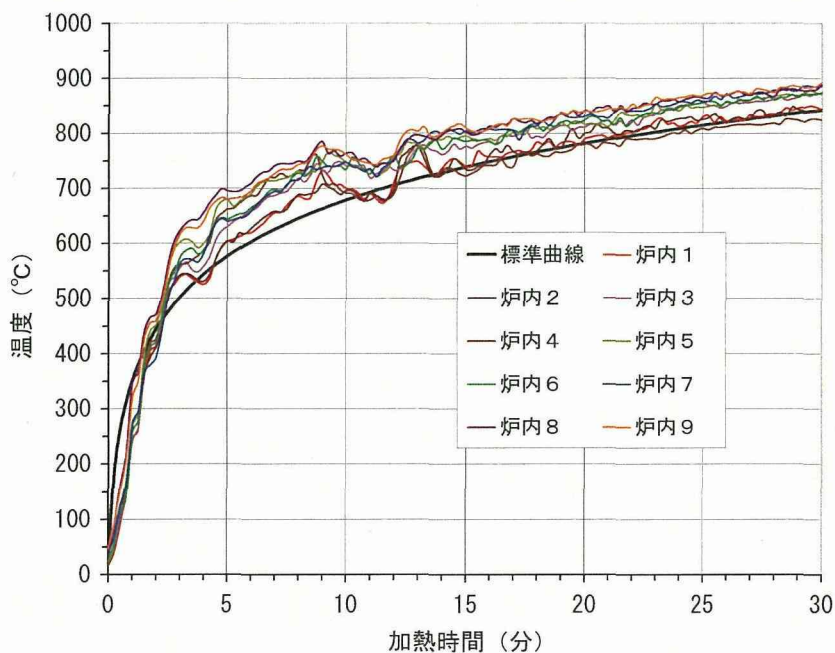


図16 取付枠No. 1 加熱温度

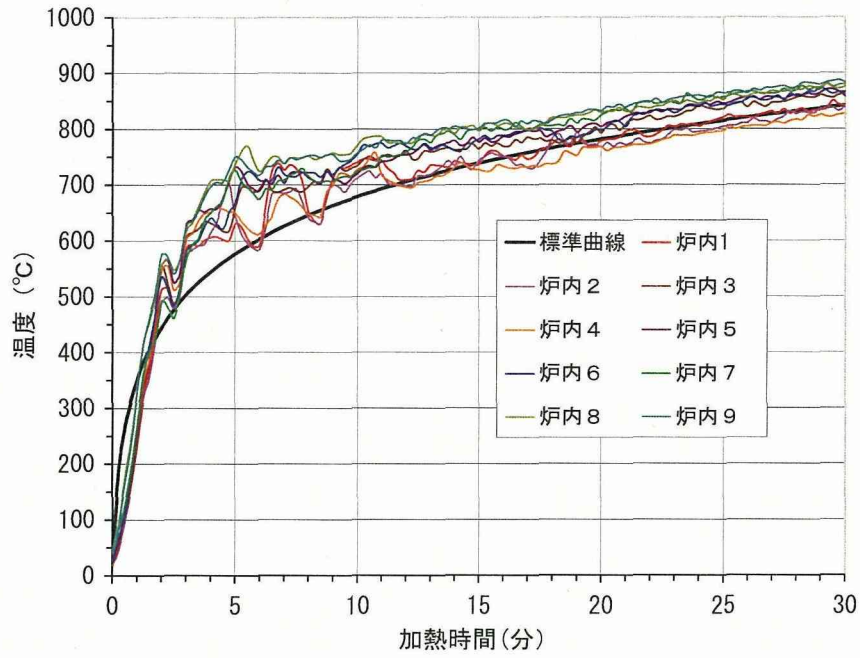


図17 取付枠No. 2 加熱温度

表4 API 接着剤の炭化深さと炭化速度

接着剤の種類	番号	位置	炭化深さ		炭化速度		加熱面	炭化深さ		炭化速度	
			上部	側面	上部	側面		上部	側面	上部	側面
API A社	1	上	26.3	20.5	0.88	0.68	ラミナ面	24.8	20.4	0.83	0.68
		下	25.3	20.8	0.84	0.69	接着層面	26.8	20.9	0.89	0.70
	2	上	23.8	20.5	0.79	0.68	ラミナ面	23.5	20.8	0.78	0.69
		下	25.3	20.8	0.84	0.69	接着層面	24.8	21.5	0.83	0.72
	3	上	23.3	20.1	0.78	0.67	ラミナ面	23.5	21.5	0.78	0.72
		下	22.5	21.6	0.75	0.72	接着層面	23.5	20.3	0.78	0.68
API B社	1	上	23.3	20.8	0.78	0.69	ラミナ面	21.8	22.0	0.73	0.73
		下	21.8	20.8	0.73	0.69	接着層面	23.8	19.5	0.79	0.65
	2	上	24.3	18.8	0.81	0.63	ラミナ面	25.3	20.1	0.84	0.67
		下	24.3	20.9	0.81	0.70	接着層面	23.3	19.5	0.78	0.65
	3	上	25.0	20.3	0.83	0.68	ラミナ面	22.5	23.1	0.75	0.77
		下	24.8	23.4	0.83	0.78	接着層面	27.3	20.5	0.91	0.68
API C社	1	上	25.5	20.1	0.85	0.67	ラミナ面	23.3	21.9	0.78	0.73
		下	23.5	21.4	0.78	0.71	接着層面	25.8	19.6	0.86	0.65
	2	上	25.3	20.9	0.84	0.70	ラミナ面	26.0	20.0	0.87	0.67
		下	27.5	20.5	0.92	0.68	接着層面	26.8	20.6	0.89	0.69
	3	上	27.0	20.1	0.90	0.67	ラミナ面	19.1	19.1	0.64	0.64
		下	25.3	20.5	0.84	0.68	接着層面	26.5	20.8	0.88	0.69

炭化深さ : mm

炭化速度 : mm/分

表5 各種接着剤の炭化深さと炭化速度

接着剤の種類	位置	加熱面	側面	加熱面	加熱面	側面
水性高分子 -イソシアネート系樹脂	上	0.83	0.67	ラミナ面	0.78	0.70
	下	0.81	0.71	接着層面	0.85	0.68
メラミン樹脂	上	0.79	0.64	ラミナ面	0.76	0.67
	下	0.83	0.69	接着層面	0.84	0.65
レゾルシノール樹脂	上	0.81	0.58	ラミナ面	0.78	0.61
	下	0.77	0.60	接着層面	0.80	0.58
酢酸ビニル樹脂	上	0.99	0.69	ラミナ面	0.96	0.76
	下	0.98	0.76	接着層面	1.01	0.69

5. 2 実大試験体

載荷加熱試験体の軸方向変位と面外方向変位を図18及び図19に示し、試験結果概要を表6に示す。

- 1) 試験体No.1は、面外方向変位が20分頃から増え始め、41分30秒に73mmとなって、壁構造の座屈が生じたと判断して加熱を終了した。軸方向変位は37分頃から増え始めたが、加熱停止時点では6.9mmであった。
- 2) 試験体No.2は、面外方向が20分過ぎから増え始め、43分30秒に69mmとなって、壁構造の座屈が生じたと判断して加熱を終了した。軸方向変位は38分頃から増え始めたが、加熱停止時点では6.3mmであった。
- 3) いずれの試験体とも、最大軸方向収缩量及び最大軸方向収縮速度並びに裏面側の温度は評価基準以下であり、また、裏面側への炎の貫通も生じなかったが、面外方向の変位が急激に上昇して加熱を継続することが危険と判断して終了することとした。従って、当初目標としていた45分準耐火性能には到達しなかった。
- 4) 今回実施した壁構造は、真壁造の実験を行ったものであるが、真壁造では柱の炭化が早く進むために30分の耐火性能までは可能であるが、45分準耐火構造の性能は困難である事がこれまでの実験で認められていた。そこで、柱の表面に厚さ15mmのスギ板を被覆材として用いた。集成材パネル部分はいずれも燃え抜けていなかったため、被覆材の厚さを18mmとすれば45分準耐火構造の性能は確保できるものと思われる。

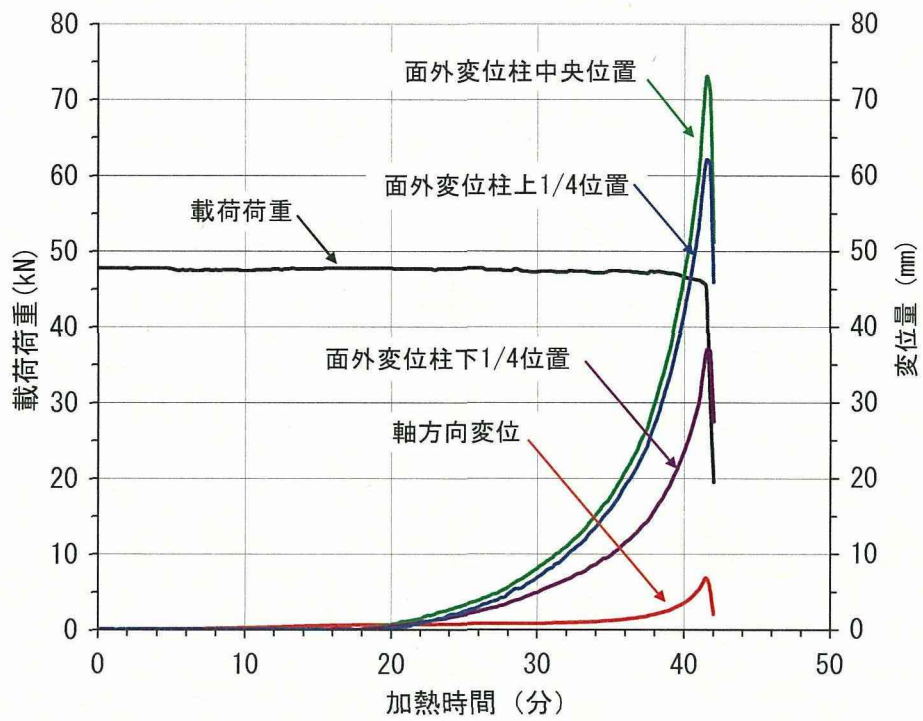


図18 試験体No. 1 変位推移

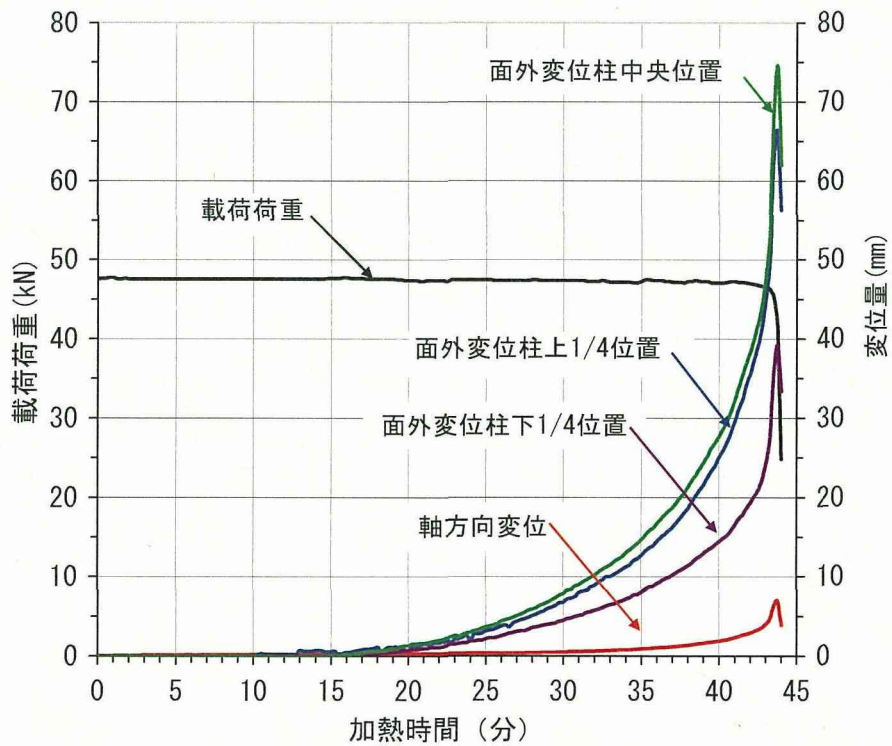


図19 試験体No. 2 変位推移

表 6 集成材パネル載荷加熱試験結果概要

試験体 番号	壁材・仕様	柱部材 寸法等	載荷荷重 (kN)	終了時間	軸方向 最大変位量	軸方向最大 収縮速度	面外方向 最大変位量	終了 理由
				(分・秒)				
No. 1	集成材パネル 30mm グラスウール50mm 集成材パネル 30mm	120×120mm 柱被覆： 杉板15mm	47.5	41' 30"	6.86mm (41' 30")	3.22 mm/分	73.1mm (41' 30")	変位 急上昇
No. 2	集成材パネル 厚さ60mm	120×120mm 柱被覆： 杉板15mm	47.5	43' 30"	6.31mm (43' 30")	4.54 mm/分	68.5mm (41' 31")	変位 急上昇

評価基準

最大軸方向収縮量： $h/100\text{mm}$ $2,980/100=29.8\text{mm}$ (h=試験体の高さ：2,980mm)

最大軸方向収縮速度： $3h/1,000\text{mm/分}$ $3 \times 2,980/1,000=8.9\text{mm/分}$ (h=試験体の高さ：2,980mm)

参考資料（試験写真）

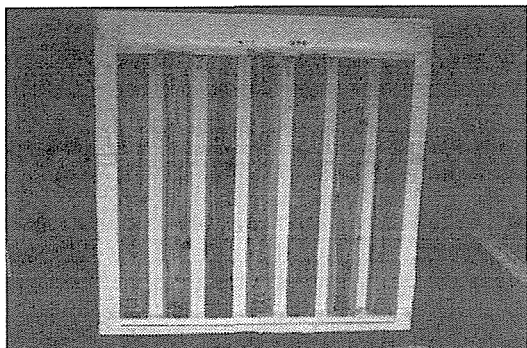


写真 1 小試験体No.1-1

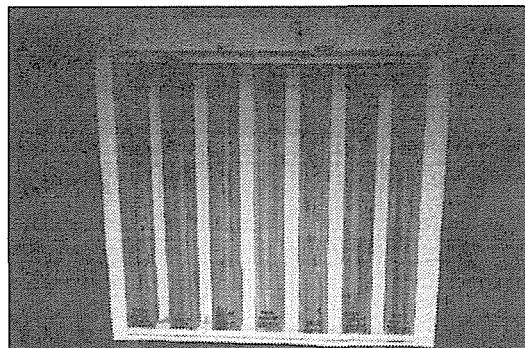


写真 2 小試験体No.2-1

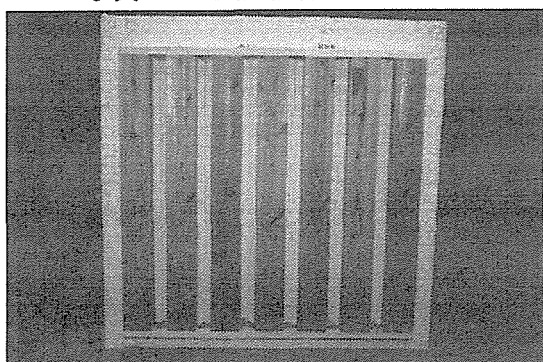


写真 3 小試験体No.1-3

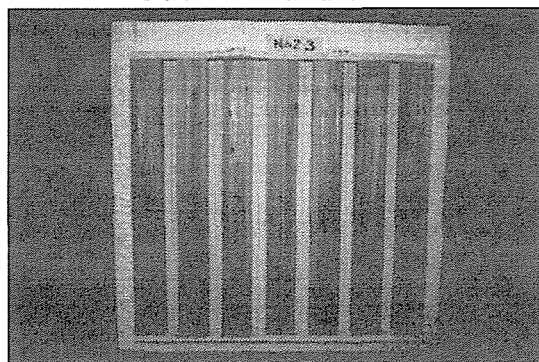


写真 4 小試験体No.2-3

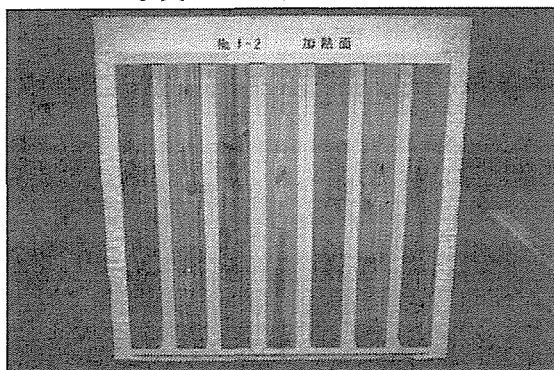


写真 5 小試験体No.1-2

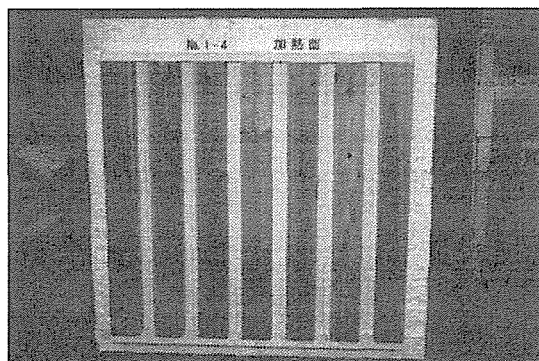


写真 6 小試験体No.2-4

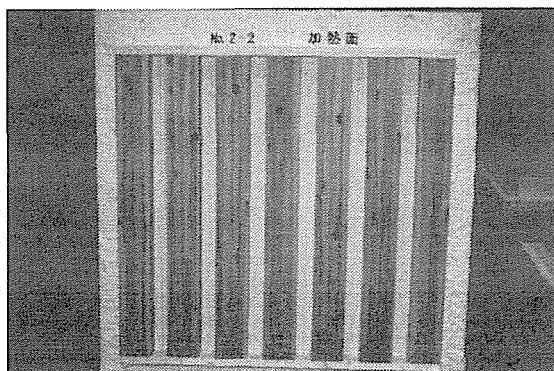


写真 7 小試験体No.2-2

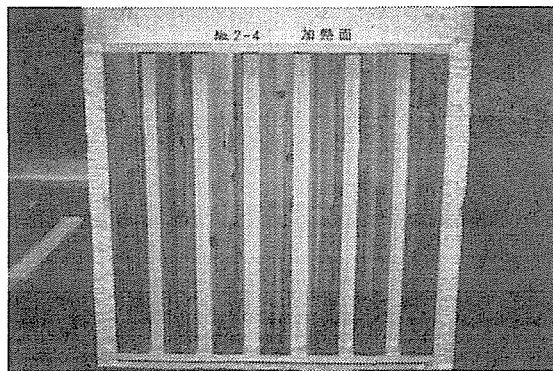


写真 8 小試験体No.2-4

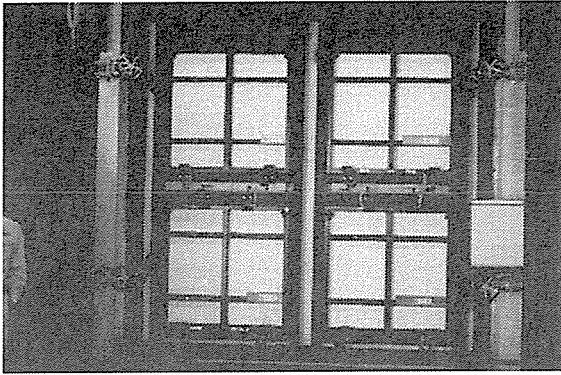


写真9 試験体パネルNo. 1

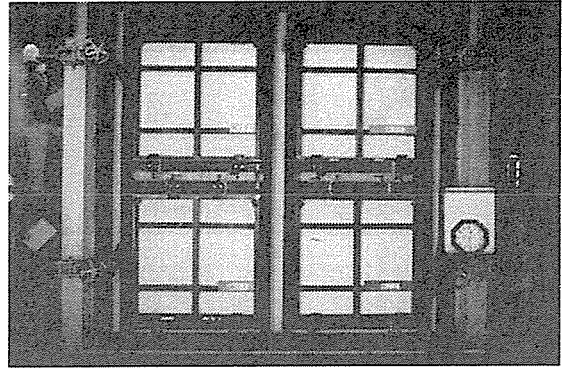


写真10 試験体パネルNo. 2

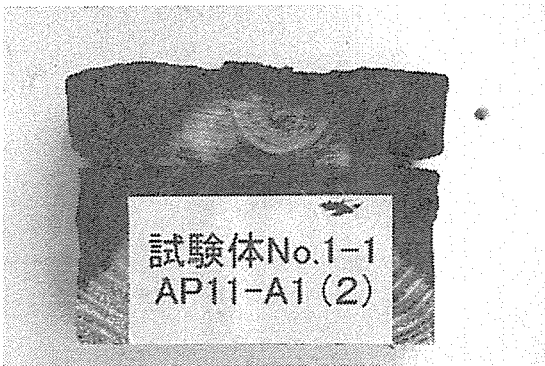


写真11 AP11-A1 (2) 炭化状況



写真12 AP11-B1 (1) 炭化状況

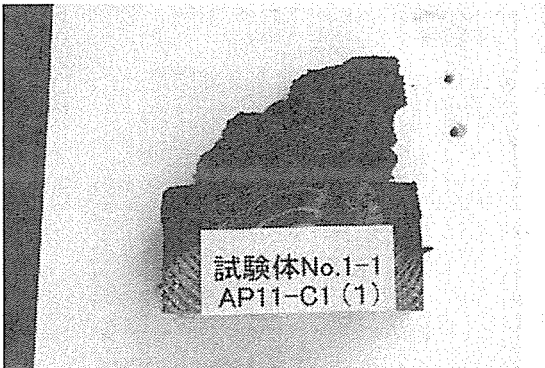


写真13 AP11-C1 (1) 炭化状況

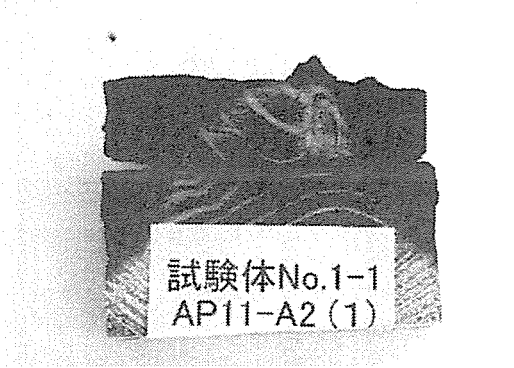


写真14 AP11-A2 (1) 炭化状況



写真15 AP11-B2 (2) 炭化状況



写真16 MU11-A1 (1) 炭化状況

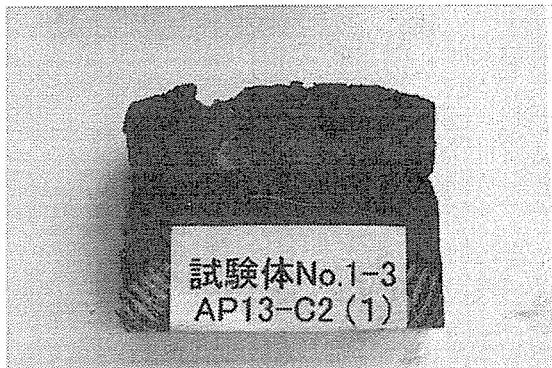


写真17 AP13-C2 (1) 炭化状況

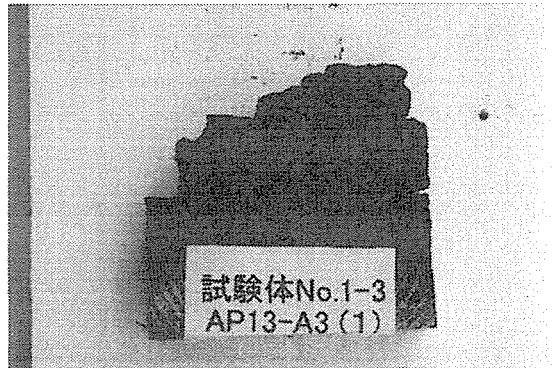


写真18 AP13-A3 (1) 炭化状況

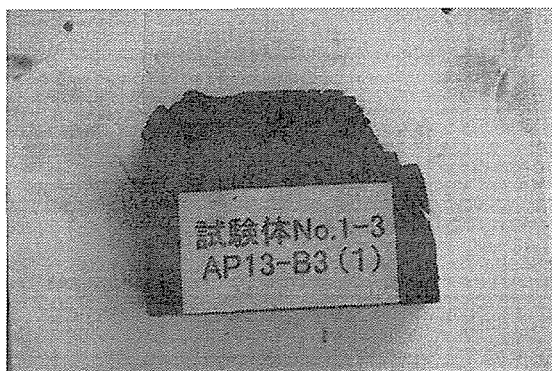


写真19 AP13-B3 (1) 炭化状況



写真20 AP13-C3 (1) 炭化状況



写真21 MU13-A2 (2) 炭化状況



写真22 MU13-A3 (1) 炭化状況



写真23 VA13-B (1) 炭化状況



写真24 RF21-C (1) 炭化状況



写真25 AP21-A1 (2) 炭化状況

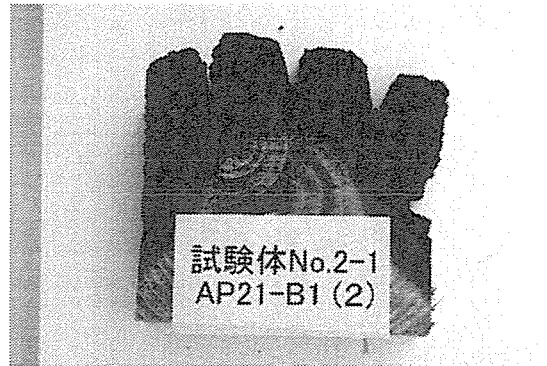


写真26 AP21-B1 (2) 炭化状況



写真27 AP21-C1 (2) 炭化状況



写真28 AP21-A2 (2) 炭化状況



写真29 AP21-B2 (1) 炭化状況



写真30 MU21-A1 (2) 炭化状況



写真31 AP23-C2 (1) 炭化状況



写真32 AP23-A3 (1) 炭化状況



写真33 AP23-B3 (2) 炭化状況

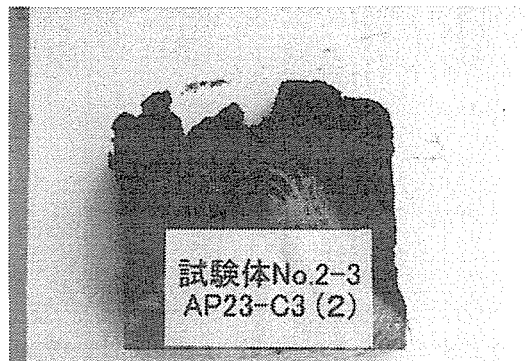


写真34 AP23-C3 (2) 炭化状況



写真35 MU23-A2 (2) 炭化状況



写真36 MU23-A3 (2) 炭化状況

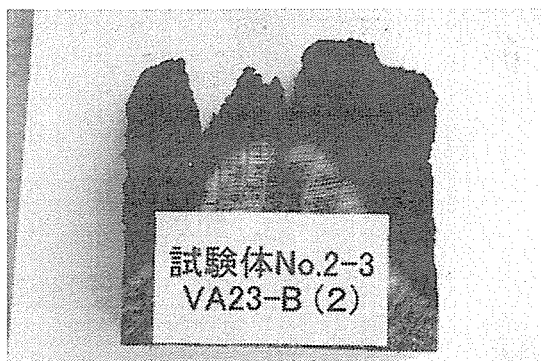


写真37 VA23-B (2) 炭化状況



写真38 RF12-C(1) 炭化状況



写真39 AP12-A1(2) 炭化状況



写真40 AP12-B1(1) 炭化状況



写真41 AP12-C1(2) 炭化状況

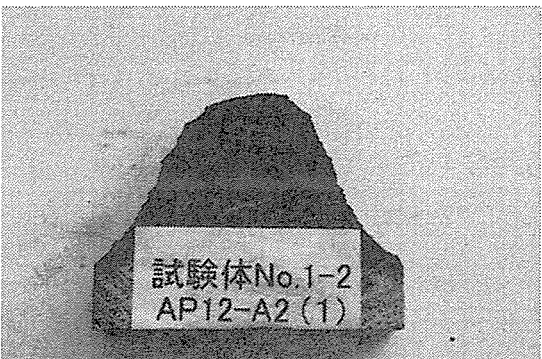


写真42 AP12-A2(1) 炭化状況



写真43 AP12-B2(2) 炭化状況



写真44 MU12-A1(1) 炭化状況



写真45 AP14-C2(1) 炭化状況

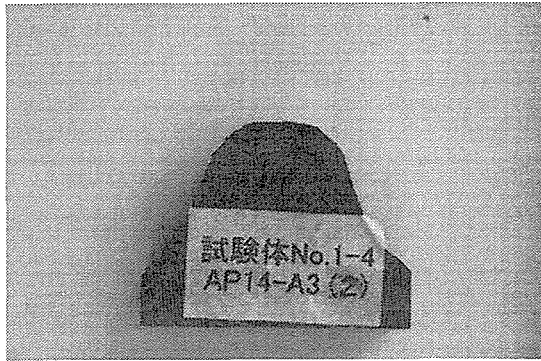


写真46 AP14-A3(2) 炭化状況



写真47 AP14-B3(1) 炭化状況



写真48 AP14-C3(1) 炭化状況



写真49 MU14-A2(1) 炭化状況

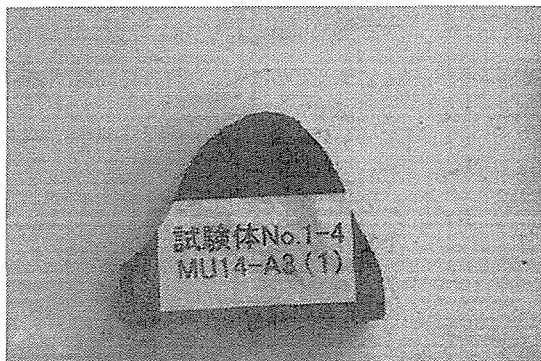


写真50 MU14-A3(1) 炭化状況



写真51 VA14-B(2) 炭化状況



写真52 RF22-C(1) 炭化状況

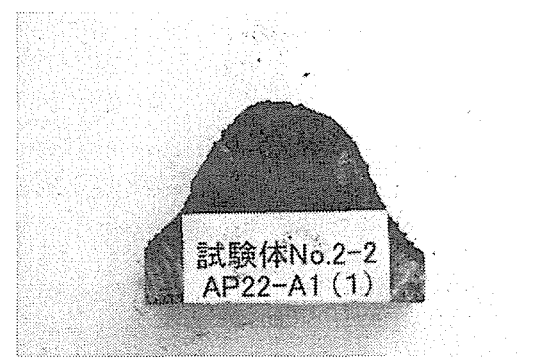


写真53 AP22-A1(1) 炭化状況

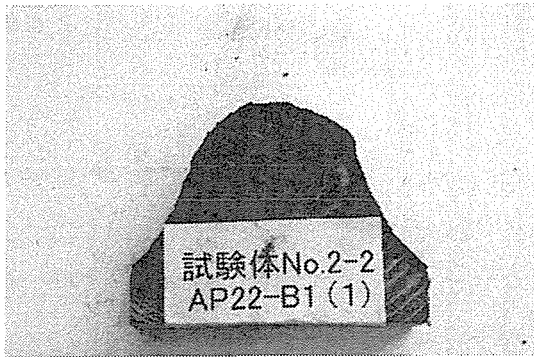


写真54 AP22-B1(1) 炭化状況



写真55 AP22-C1(1) 炭化状況

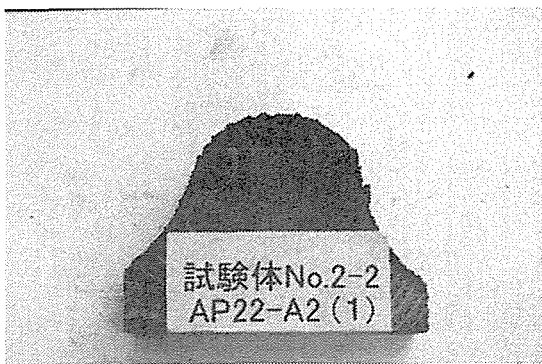


写真56 AP22-A2(1) 炭化状況



写真57 AP22-B2(2) 炭化状況



写真58 MU22-A1(2) 炭化状況



写真59 AP24-C2(1) 炭化状況



写真60 AP24-A3(2) 炭化状況

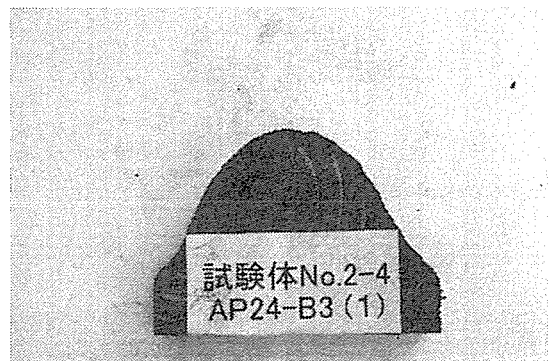


写真61 AP24-B3(1) 炭化状況



写真62 AP24-C3 (2) 炭化状況



写真63 MU24-A2 (1) 炭化状況

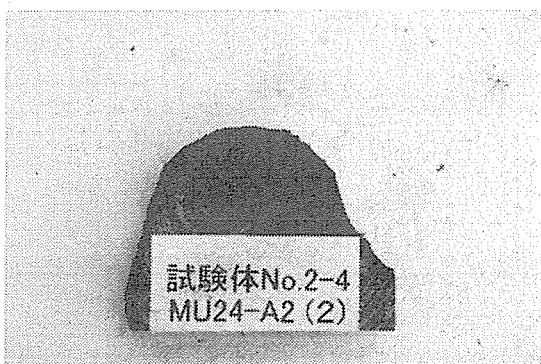


写真64 MU24-A3 (2) 炭化状況



写真65 VA24-B (2) 炭化状況

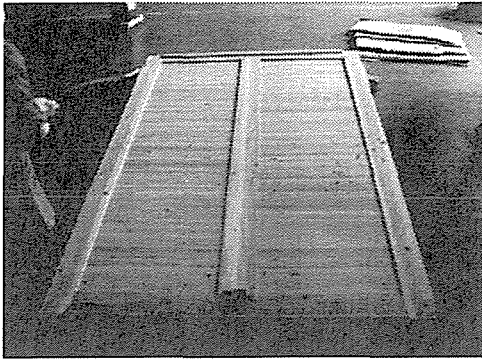


写真66 実大試験体

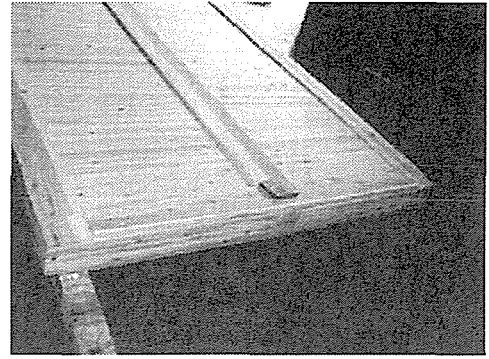


写真67 実大試験体、下端部

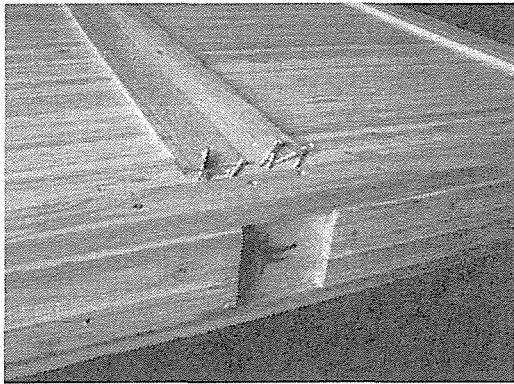


写真68 実大試験体、上端部

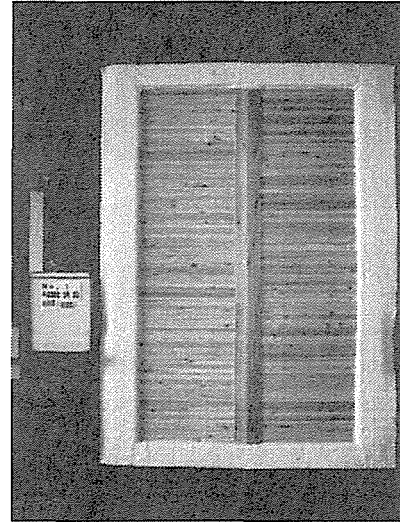


写真69 No. 1 試験体加熱面

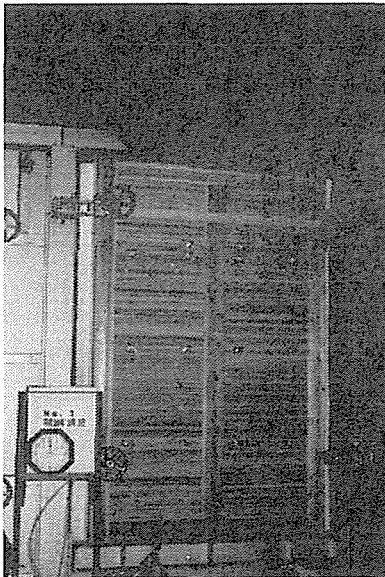


写真70 No. 1 裏面0分時

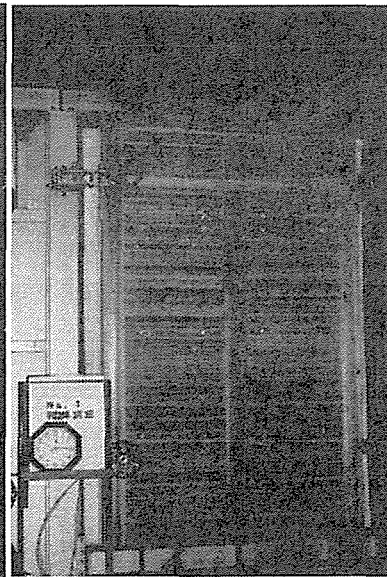


写真71 No. 1 裏面15分時

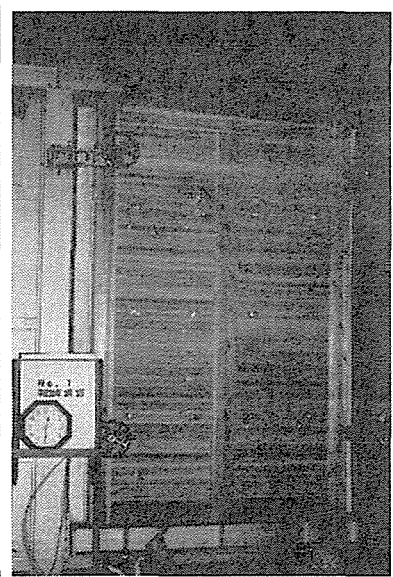


写真72 No. 1 裏面30分時

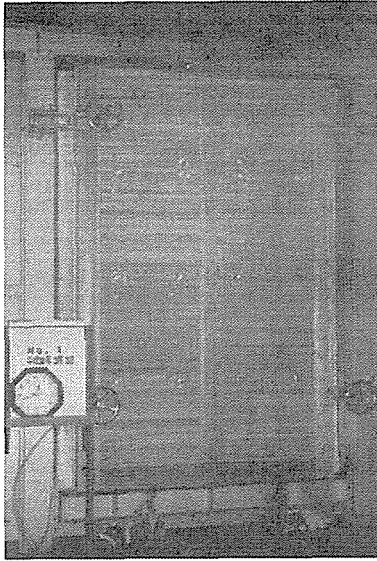


写真73 No. 1 加熱42.5分終了

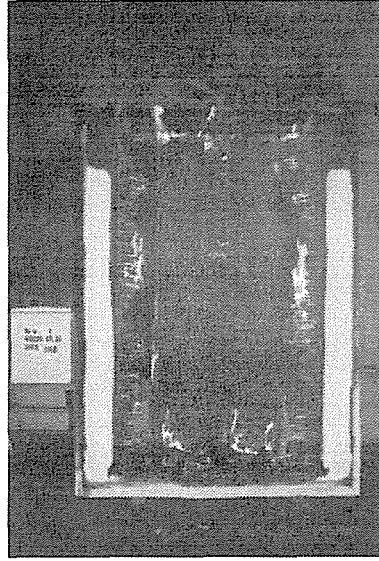
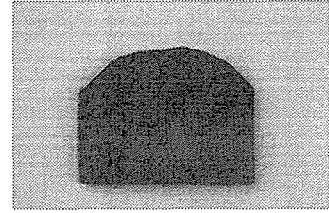
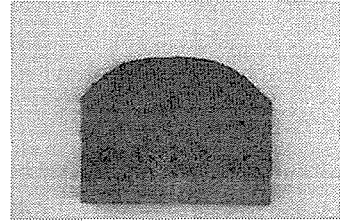


写真74 No. 1 火炎面状況



a) 柱上部炭化断面



b) 柱中央部炭化断面

写真75 No. 1 柱炭化状況

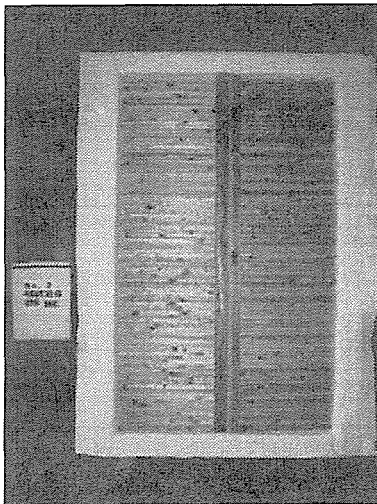


写真76 試験体No. 2 熱面



写真77 No. 2 裏面 30分時

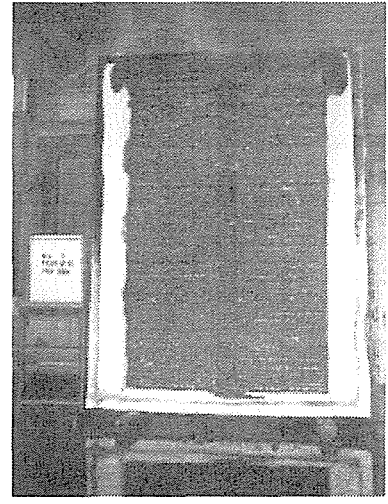
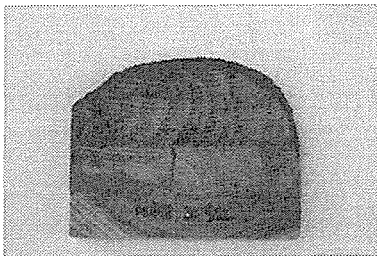
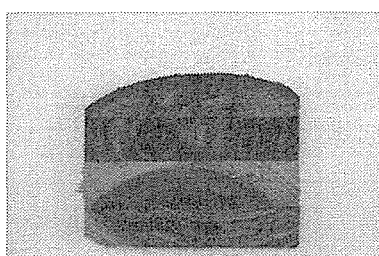


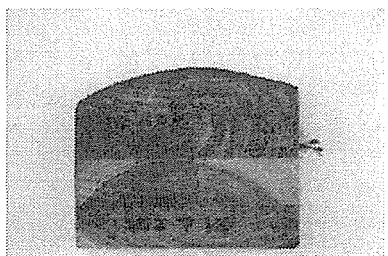
写真78 No. 2 終了後加熱面



a) 上部炭化断面



b) 中央部炭化断面



c) 下部炭化断面

写真79 試験体No. 2 柱部分の炭化状況