

平成 27 年度林野庁委託事業
CLT 等新たな製品・技術の開発・普及事業

住宅等における新たな製品、技術の開発
ラミネートログ性能調査報告書

平成 28 年 3 月

一般社団法人日本ログハウス協会

はじめに

わが国ログハウスは、丸太組構法のオープン化以来 30 余年が経過し、多くの技術開発成果を得る中で、主とする別荘用途から都市部の住宅への進出や学校・図書館、病院、老人養護ホームなど多様な用途で活用されている。

これらログハウスは、フィンランド国原産が 8 割以上となっており、品質性能の安定したラミネートログ部材として、邸別プレカットなどにより安定供給されてきている。

一方、スギ、ヒノキ等国産材ログハウスは、ほとんど無垢材ログ部材が生産・加工され、ラミネートログ部材に関わる生産工場は未だなく、かつ JAS、AQ 等ラミネートログ部材品質性能の規格化はほとんど取り組まれてこなかった。

そこで当協会等は平成 25～26 年度林野庁補助事業、委託事業の中で、

- ・ フィンランド国のラミネートログ基準の明確化
- ・ スギ材によるラミネートログの試作、曲げ試験、せん断試験の実施、分析
- ・ 部材規格化や建築基準法 37 条材料認定取得のためラミナ継ぎ手等注視した条件整備 を図ってきた。

並びに、2020 年の省エネ義務化に向けたメニューの一つとして、ログ外壁の大径化(220mm)が見込まれ、5～6 層ラミネートログ材を必要とすることから、大径材断熱性能や吸湿等性能を調査・分析して、明らかにしてきた。

このような継続した調査研究の中で、平成 27 年度は曲げ強度試験データのバラツキに対応したヒノキ・スギハイブリットラミネートログ(3～4 層)の製作・曲げ試験及び生産仕組みの未整備な 6 層ラミネートログ材の製作・曲げ試験等を行うなど材料認定取得のための前進を図った。

さらに、省エネ関連の取り組みでは、基礎的なデータとしてログハウスマデル住宅の間取りを示し、その気密性測定・実態や室温シミュレーションを行い多くの地域に対処した成果を得た。

本調査研究を進めるに当たっては「ラミネートログ検討委員会(委員長：東京都市大学教授 大橋好光先生)」を開催し、委員の方々に指導助言をいただくとともに、林野庁はじめ、福島県林業研究センター、熊本県林業研究指導所、(株)綜建築研究所、(株)えびす建築研究所、(協)いわき材加工センター、(株)佐藤林業等には多大なご理解ご協力を賜ったことについて感謝申し上げるところである。

検討委員会委員名簿

委員長	大橋	好光	東京都市大学工学部教授
委員	小野	泰	ものづくり大学教授
委員	杉本	健一	国立研究開発法人森林総合研究所 チーム長
委員	中島	史郎	国立大学法人宇都宮大学教授
委員	西村	義一	藤寿産業株式会社専務取締役
委員	齋藤	宏昭	足利工業大学准教授
ワーキング委員	〃		
ワーキング委員	武政	孝治	LEAD Labo.主宰
ワーキング委員	佐伯	智寛	一般財団法人建材試験センター主幹
ワーキング委員	五十嵐	賢博	㈱綜建築研究所代表取締役
ワーキング委員	水藤	聡	㈱サードアイ代表取締役

目 次

はじめに

ラミネートログ検討委員会委員名簿

I 部 ラミネートログ強度性能試験の実施

I-1 ハイブリッドラミネートログの曲げ等実験計画立案について 1

I-2 ハイブリッドラミネートログの曲げ実験報告書 7

・実験結果一覧

・試験成績書 105×105 9

・試験成績書 120×120 20

・試験成績書 150×150 31

・試験成績書 180×180 3プライ 42

・試験成績書 180×180 4プライ 53

・試験成績書 180×180 64

付録 ハイブリッドラミネートログ部材情報

I-3 6プライラミネートログの曲げ実験報告書 86

・評価方法 87

・試験結果 88

・試験成績書 120×120 89

付録2 6プライラミネートログ部材情報

I-4 まとめ 103

II 部 ログハウス温熱環境調査の実施

II-1 調査・研究目的 104

II-2 日本ログハウス協会の標準戸建て住宅モデル作成のための
アンケート調査の結果について 104

II-3 アンケート調査集計モデルによるシミュレーション

1) モデルの仕様 113

2) 4地域(宇都宮)におけるシミュレーションによる1.5層モデル
の温熱性能 114

1 はじめに 114

2 シミュレーション 118

2・1 室温変動(室内発生なし) 120

2・2 自然室温変動(室内発生熱有り) 133

2・3 1月と8月の時刻別室温変動 145

2・4 年間暖冷房負荷 157

3・0 まとめ

添付資料・日本ログハウス協会 標準プランアンケート	162
添付資料・モデルの図面	166
添付資料・モデルの面積表	167
添付資料・モデルの仕上げ表図面	168
添付資料・宇都宮の気候図	170
添付資料・気密性能試験報告書	172
今後の調査研究（まとめに代えて）	224

I部 ラミネートログ強度性能試験の実施

-1 ハイブリットラミネートログの曲げ試験計画の立案について

1 はじめに

ログハウスでは木材がそのまま露出するため、木材の表面に欠点がないことが望ましいが、国産の製材から、欠点がなく、また、長尺の材を安定的に供給することは困難である。この問題を回避すべく、ヨーロッパでは、木材から芯を除いて接着されたラミネートログが広く流通している。そして、日本では、このラミネートログをヨーロッパから輸入して使用しているのが現状である。しかし、輸入材ということから、スケジュールや数量の調整の点で利便性に欠けるのが難点である。

そこで、国産材でなおかつ国内生産によるラミネートログを作成し、法37条材料認定の取得を目標とするに至り、2枚ラミナで継手がない場合の実験等の蓄積により、基礎的な知見を得ることができたので以下に示す。

- ラミネートログの加力実験より、ラミナを接着することにより、耐力及び破壊性状について、元一枚製材と同等以上の性能を発揮することが予想される。
- ラミネートログの破壊性状は、継手がない場合、死節の影響が看過できない。したがって、目視等級並みの管理が必要である。
- 芯の有無により構造性能が左右されるため、心去りは正確に行う必要がある。
- 2枚ラミナで継手ありの場合、破壊は継手で決まり脆性的である。また、継手間隔が300mmを下回ると耐力が著しく低下する。

既往の実験を受けて、新たに生じた問題点を示す。

芯を除くことにより材割れを避けることができるが、一方で歩留りが低くなってしまうこと、また、継手なしの材では供給できる部材断面に限界があること、2枚ラミナの継手ありでは、材の構造性能のうち継手の占める割合が大きいことが挙げられる。

したがって、平成26年度林野庁委託事業では、心持ち材の有効活用、継手の支配率を緩和すべく、3枚ラミナの継手ありのラミネートログの曲げ及びせん断実験を実施し、各種実験データを取得した。これにより、新たに得た知見を以下に示す。

- 3枚ラミナで継手なしの場合、破壊は死節等、材の品質によって決まる。したがって、ばらつきが大きい。
- 3枚ラミナで継手ありの場合、破壊は最外層ラミナの継手で決まる。したがって、ばらつきは継手なしより小さくなり、統計処理を行った基準耐力値は、継手ありなしでほとんど同じ値となる。
- ただし、中間層ラミナの継手の近傍の最外層ラミナに死節等欠点がある場合、破壊は中間層ラミナの継手で決まり、耐力も低下する。
- 継手間隔については、300mmと400mmでは大きな違いはない。

以上より、国産材ラミネートログの基礎的データを取得蓄積でき、実用化に向けて大きな成果を得たが、これらの実験では、樹種がすぎ限定であった。しかしながら、実物件でのすぎの使用から、材の赤身による室内が暗いという声が多数挙がっており、歴史的にパイン等白身の材を使ってきた業界では、大きな問題として取り上げられている。

そこで、本研究では、最外層にひのきを用い、これらのニーズに応える材、すなわちハイブリッドラミネートログの開発を目指す。

ハイブリッドラミネートログの特徴としては、前述した美観的要素に加えて、死節等欠点の多い材を中間層に使用し、最外層には柱材や間柱材として既に供給されている材を使用することで、木材の有効活用も想定されている。

本年度は、中間層にすぎ、最外層にひのきを用いた3プライ及び4プライのハイブリッドラミネートログの曲げ実験を実施し、曲げ性能及び破壊性状の基礎的データを取得し、実用化の可能性を検討することを目的とする。

表 1.1 : ハイブリッドラミネートログの試験体一覧

試験体			
製品名			
形状			
ラミナ枚数			4プライ
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
継手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30
材せい 105 [mm] 試験体長さ 2,300 [mm]			
材せい 120 [mm] 試験体長さ 2,600 [mm]			
材せい 150 [mm] 試験体長さ 3,200 [mm]			
材せい 180 [mm] 試験体長さ 4,000 [mm]			

※グレー部はすぎ、白部はひのき。

6種類×6体= 36

※接着剤は(株)オーシカの水性高分子イソシアネート系接着剤5340とする。

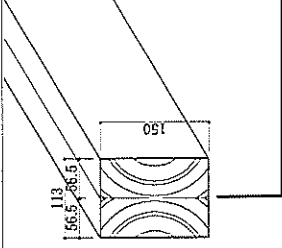
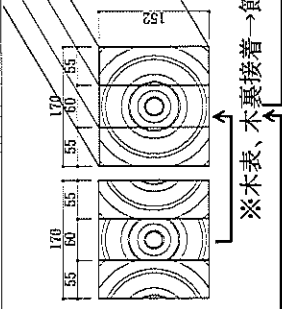
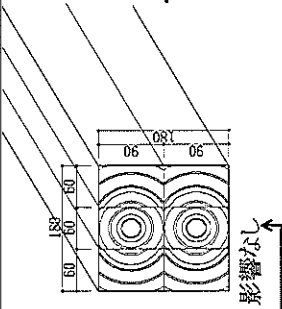
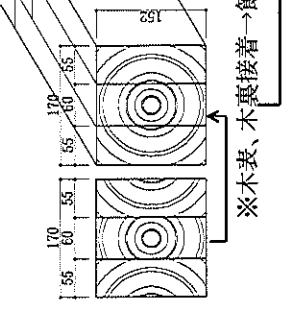
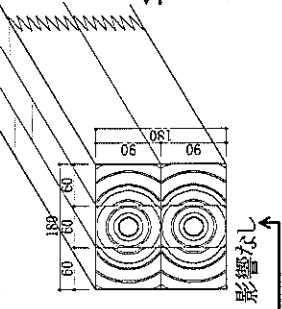
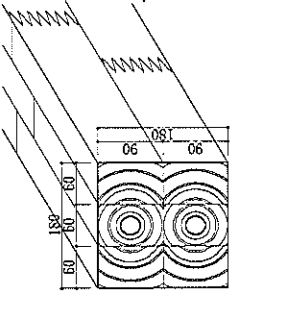
※木裏接着。最外層は芯取りをする。

表 1.2: 6プライラミネートログの試験体一覧

製品名		6プライ ラミネートログ	
形状		矩形	
接着剤		アイカ工業(株) 水性高分子イソシアネート系	
強度等級 上/下		E70-E70-E70限定 / E70-E70-E70限定	
継手間隔 [mm]		なし	300
継手上下関係		—	不連続
断面図	なし		
	連続		
継手配置図	なし		
	連続		
平行使い [体]	6	5	6
直交使い [体]	—	1	—

表 1.3 : ラミネートログのパラメータ

パラメータ

ラミナ枚数	2プライ	3プライ	6プライ
継手なし	 <p>※芯あり材の有無→耐力及び剛性低下はなし</p>	 <p>※木表、木裏接着→節を排除できず、影響なし</p>	 <p>※縦継ぎの位置↓試験体製作中。試験体製作中。縦継ぎの位置↓試験体製作中。</p>
継手あり 上下連続	—	 <p>※木表、木裏接着→節を排除できず、影響なし</p>	 <p>※縦継ぎの位置↓試験体製作中。試験体製作中。縦継ぎの位置↓試験体製作中。</p>
継手あり 上下不連続	—	—	 <p>※縦継ぎの位置↓試験体製作中。試験体製作中。縦継ぎの位置↓試験体製作中。</p>

2 曲げ強さおよび曲げヤング係数の評価実験

本試験では、ラミネートログ材の曲げ強さおよび曲げヤング係数を取得すること、破壊性状を確認することを目的とする。

2.1 試験体

試験体の一覧を表 1.1 及び表 1.2 に示す。また、ラミネートログのパラメータを表 ?? に示す。

告示の規定と本試験の対応を表 2.1 に示す。試験体の長さは、支持スパンを告示に規定の梁せい h の 17~21 倍を満たした 20 倍を基準として、試験体の張り出し部分 100~200mm とする。

試験体は、ひのきとすぎのハイブリッドラミネートログと、3 プライ 2 層の 6 プライラミネートログである。ハイブリッドラミネートログは、最外層のひのきを 30mm、中間層のすぎを 45~120mm、層構成を 3 プライ、4 プライとした合計 6 種類とする。6 プライラミネートログは、断面構成は 1 種類、継手の有無で 2 種類とする。形状は矩形の 1 種類とし、試験体数は、各 6 体とする。

2.2 載荷方法

載荷方法を図 2.1 に示す。試験体は単純支持とし、スパンを梁せい h の 20 倍とした 3 等分点 4 点荷重法とする。試験体の張り出し部分は 100mm とする。また、さね加工付きでは、局部に応力が集中するのを防ぐために、試験体上下に加力治具扱い部材を設置する。

表 2.1 : 告示対応

	告示	本実験
試験体数	梁せいごとに 10体以上	矩形断面 10体 さね加工付き 10体
支持スパン ℓ	$17h \leq \ell \leq 21h$ $2,550 \leq \ell \leq 3,150\text{mm}$ ($h=150\text{mm}$)	$\ell=20h$ $\ell=3,000\text{mm}$

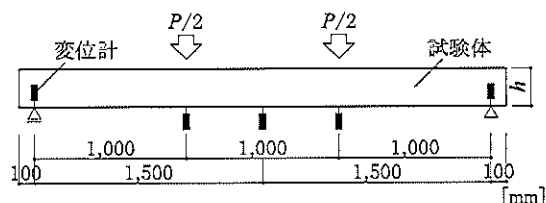


図 2.1 : 曲げ試験概要図

表 2.2 : 予想耐力

断面 $b * h$ [mm*mm]	断面係数 Z [mm ³]	基準材料強度*1 F_b [N/mm ²]	寸法調整係数 K_z	設計用材料強度 dF_b [N/mm ²]	予想耐力*2 P_{max} [kN]
170 * 150	637,500	22.5	0.95	21.3	27.1
170 * 150	637,500	30.0	0.95	28.5	36.3

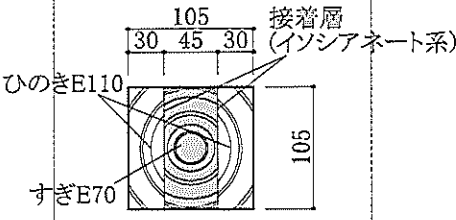
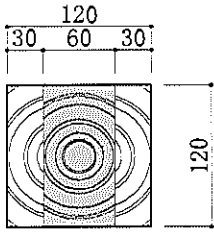
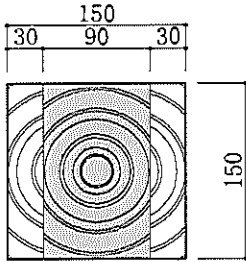
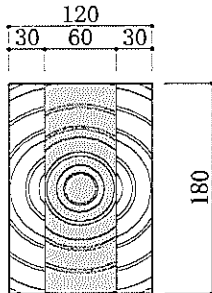
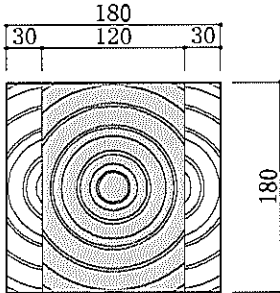
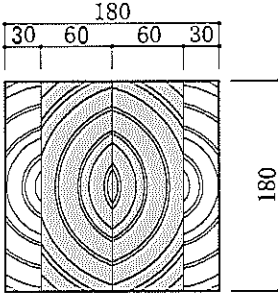
*1 JAS同一等級構成集成材 2枚ラミナ E65-F225, 平成13年国土交通省告示第1024号

*2 $P_{max} = \frac{6dF_bZ}{\ell}$ より算出

I - 2 ハイブリットラミネートログの曲げ実験報告書

※
※
※
※
※

試験体

製品名		ハイブリッド ラミネートログ		
形状		矩形		
ラミナ枚数		3プライ		4プライ
ラミナ構成強度等級		E110-E70-E110	E110-E70-E110	E110-E70-E70-E110
継手間隔		なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]		30	30	30
材せい	105 [mm]	 <p>ひのきE110 すぎE70 接着層 (イソシアネート系)</p>		
試験体長さ	2,300 [mm]	$F_{bave} = 49.32$ $F_b = 26.00$		
支持スパン	2,100 [mm]	$E_{ave} = 10.19$		
材せい	120 [mm]			
試験体長さ	2,600 [mm]	$F_{bave} = 55.08$ $F_b = 39.35$		
支持スパン	2,400 [mm]	$E_{ave} = 11.01$		
材せい	150 [mm]			
試験体長さ	3,200 [mm]	$F_{bave} = 47.40$ $F_b = 31.51$		
支持スパン	3,000 [mm]	$E_{ave} = 10.22$		
材せい	180 [mm]			
試験体長さ	4,000 [mm]	$F_{bave} = 44.39$ $F_b = 26.58$		
支持スパン	3,600 [mm]	$E_{ave} = 9.56$		
		$F_{bave} = 48.86$ $F_b = 33.54$		
		$E_{ave} = 9.20$		
		$F_{bave} = 46.42$ $F_b = 31.24$		
		$E_{ave} = 8.40$		

※グレー部はすぎ、白部はひのき。

※接着剤は(株)オーシカの水性高分子イソシアネート系接着剤5340とする。

※木裏接着。最外層は芯取りをする。

※単位 F_b : [N/mm²]、 E : [kN/mm²]

※参考値 JAS構造用製材 ひのきE90 : $F_b=30.6$ [N/mm²]、E110 : $F_b=38.4$ [N/mm²]

すぎE70 : $F_b=29.4$ [N/mm²]、E90 : $F_b=34.8$ [N/mm²]

6種類×6体= 36

試験成績書

林研指第 167-1 号
平成 28 年 2 月 2 日

依頼者住所 東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル
依頼者氏名 一般社団法人 日本ログハウス協会 様

熊本県林業研究指導所



【依頼年月日】 平成 27 年 12 月 3 日
【供試材名】 ハイブリッドラミネート試験体 105mm×105mm×2,300mm 6本
【試験項目】 製品性能試験 実大曲げ試験 6件

【試験方法】

依頼者が持ち込んだ曲げ試験体について、平成 12 年 5 月 31 日付け建設省告示第 1446 号に定める第 1 第 11 号「木質複合軸材料」の別表第二 (ろ) 2 に規定される曲げ強さ及び曲げ弾性係数、同表 (ろ) 4 に規定される最大曲げモーメント及び曲げ剛性を算出するため、2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針 (社団法人 日本ツーバイフォー建築協会) P197、P 208 を参考にして曲げ試験を行った。

表-1 に試験体の仕様と含水率を、図-1 に含水率測定位置を、図-2 及び図-3 に試験の概要を示す。

- ・ 支点間距離 2,100mm の 3 等分 4 点曲げ試験とする。スパンは依頼者指定により、せいひんの 20 倍とする。
- ・ 加力速度：10mm/分
- ・ 使用した試験機：島津製作所製 UH-200kNA

$$\text{曲げ強さ}(N/mm^2) : F_b = \frac{aP_{max}}{2Z} = \frac{P_{max}\ell}{bh^2}$$

$$\text{曲げヤング係数}(kN/mm^2) : E_b = \frac{23\Delta P\ell^3}{108bh^3\Delta y_a}$$

$$\text{最大曲げモーメント}(kN\cdot m) : M_{max} = \frac{P_{max}\ell}{6}$$

$$\text{曲げ剛性} : EI = \frac{\Delta P \ell^3}{\Delta y_b 432}$$

P_{max} : 最大荷重(kN)、 ℓ : スパン (mm)、 b : 幅(mm)、 h : 厚さ(mm)、 Z : 断面係数 (mm³)、
矩形断面では $bh^2/6$ 、 a : 支点から荷重点までの距離、今回は $a=\ell/3$ 、 I : 断面 2 次モーメント (mm⁴)、
矩形断面では $bh^3/12$ 、 ΔP : 荷重の増分(kN)、 Δy_a : 変位の増分(mm)、 Δy_b : 変位 (中央の変位から載荷点直下 2 点の平均変位を差し引いた値) の増分(mm)

※一部転載不可

表-1 試験体の仕様と含水率

No	L(m)	W(mm)	H(mm)	含水率(%)		
				A	B	C
1-1	2,300	104.74	105.10	22.5	17.5	20.5
1-2	2,300	104.63	105.15	27.5	29.0	26.0
1-3	2,300	104.71	105.42	22.5	24.5	24.0
1-4	2,300	105.06	105.26	19.5	17.5	23.0
1-5	2,300	104.75	105.35	21.5	17.0	20.5
1-6	2,300	104.91	105.09	21.0	18.5	22.0

含水率は高周波木材水分計(HM520 ケット社製)により、材中央付近にてヒキ、スキそれぞれ測定

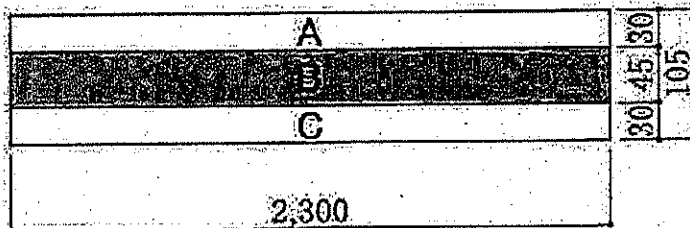


図-1 含水率測定位置 (平面図: 外層はヒキ、内層はスキ)

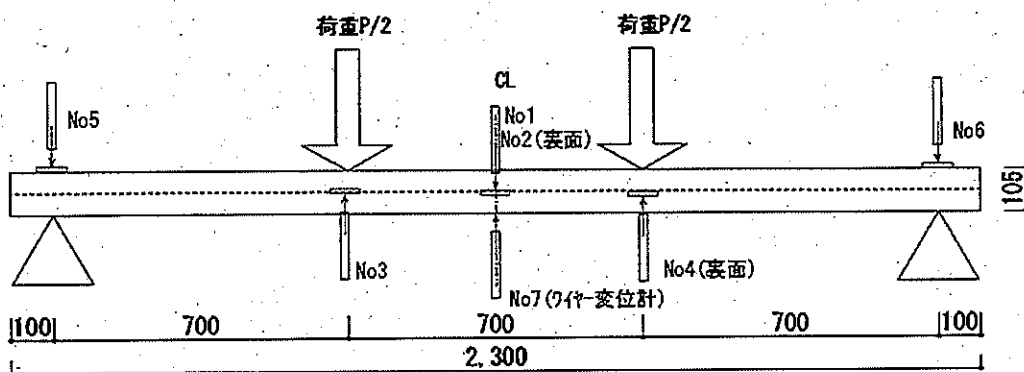


図-2 曲げ試験の概要

※一部転載不可

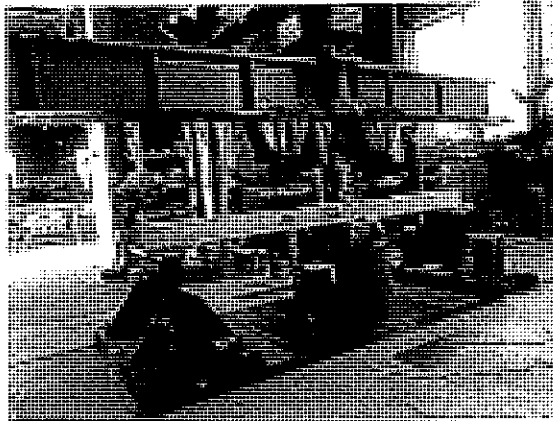


図-3 曲げ試験の概要

【試験結果】

荷重-変位曲線 (図-4)

試験の結果 (表-2)

試験終了時の状況写真

【その他】

添付図表等：試験体断面寸法表 (依頼者作成)

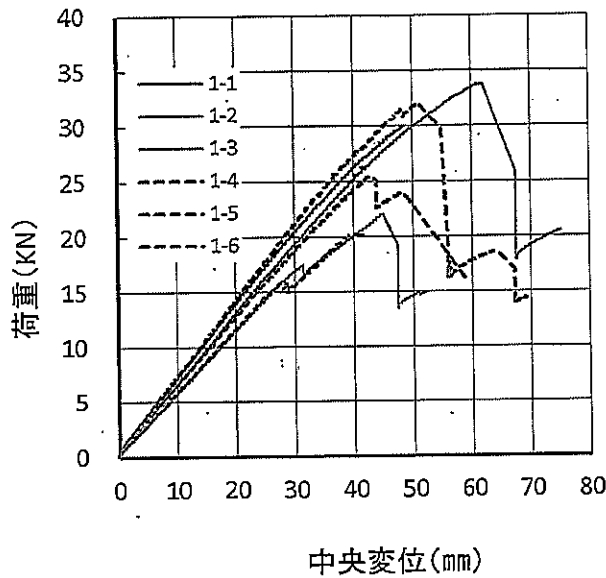


図-4 荷重 - 変位曲線

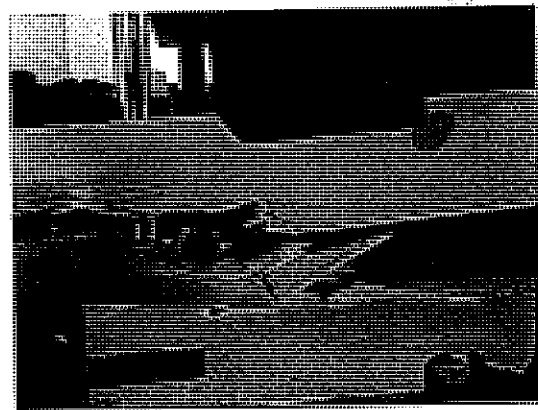
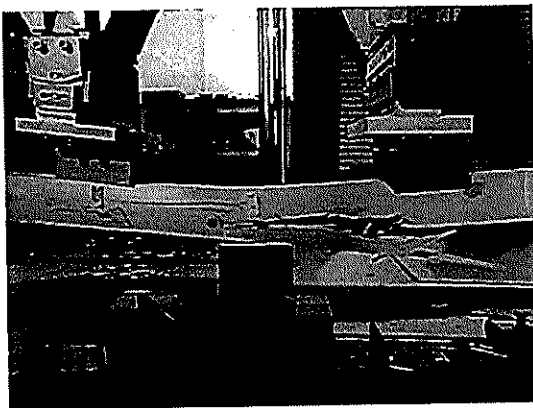
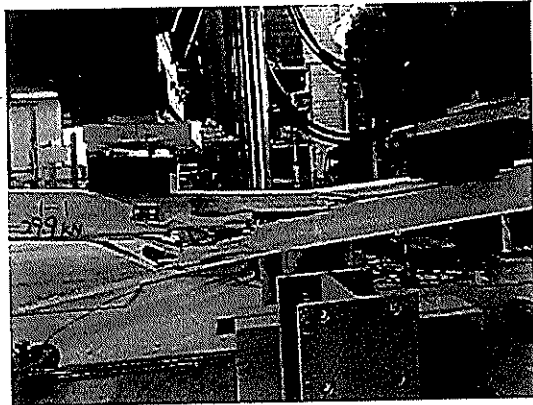
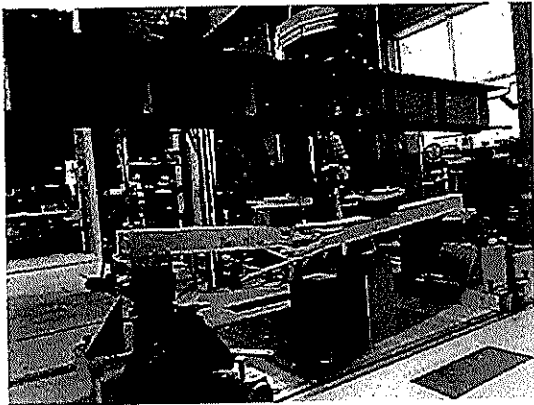
表-2 試験の結果

曲げ試験

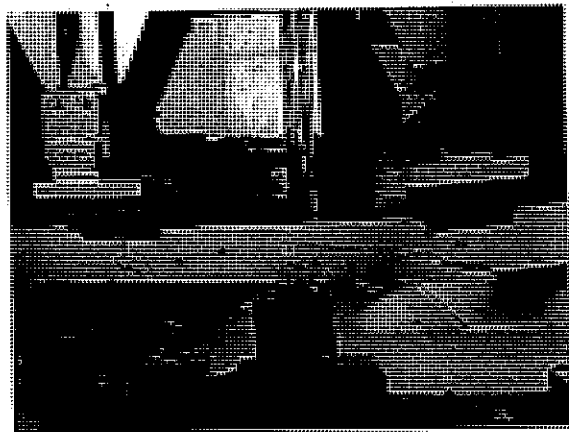
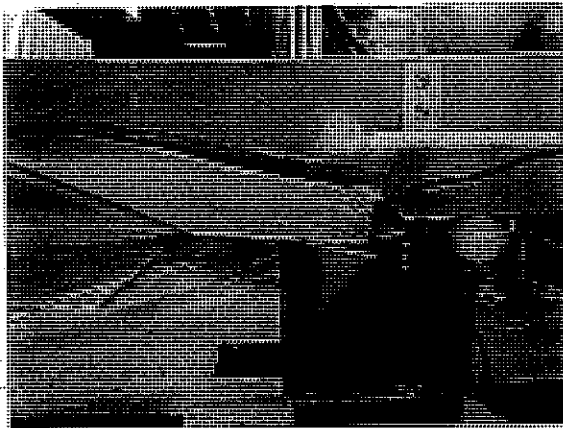
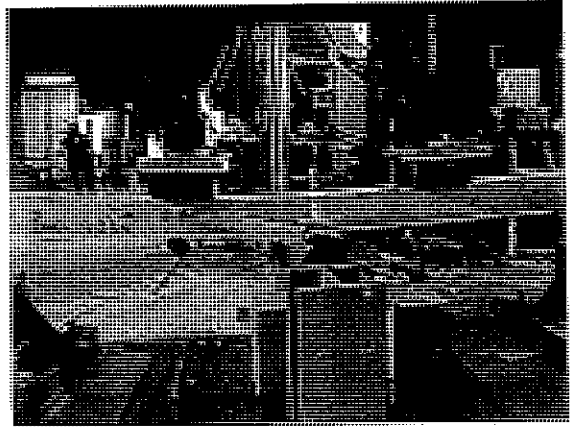
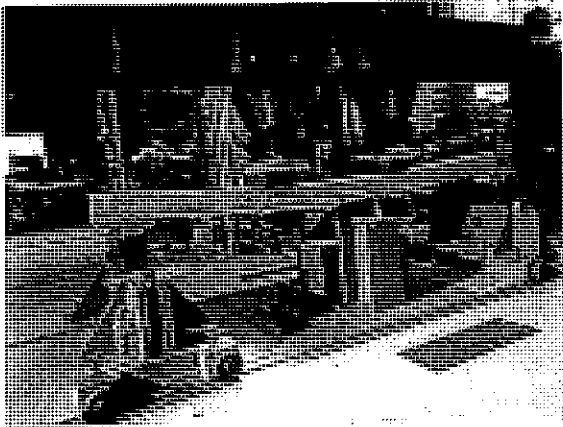
材種	製品寸法			スパン (mm)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	最大曲げモーメント (kN・m)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ剛性 (kN・m ²)	備考
	幅(mm)	厚さ(mm)	材長(mm)							
1-1	104.74	105.10	2,300	2100	29.90	54.27	10.47	10.96	125.03	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
1-2	104.63	105.15	2,300	2100	22.00	39.94	7.70	9.08	87.65	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
1-3	104.71	105.42	2,300	2100	33.80	61.00	11.83	10.33	108.63	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
1-4	105.06	105.26	2,300	2100	25.50	46.00	8.93	10.27	108.11	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
1-5	104.75	105.35	2,300	2100	32.15	58.07	11.25	11.33	109.63	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
1-6	104.91	105.09	2,300	2100	20.20	36.61	7.07	9.19	94.16	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
平均値					27.26	49.32	9.54	10.19	105.53	
標準偏差					5.55	9.98	1.94	0.91	13.13	
変動係数					0.20	0.20	0.20	0.09	0.12	
信頼水準75%の95%下側許容限界値 [※] k=2.336					14.28	26.00	5.00	8.06	74.86	

※信頼水準75%下側許容限界値は各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した。
ばらつき係数=1-CV・k
CV: 変動係数 k: 信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。試験体数6体のとき、k=2.336

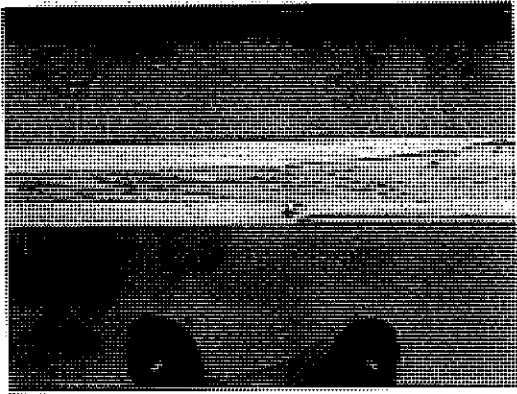
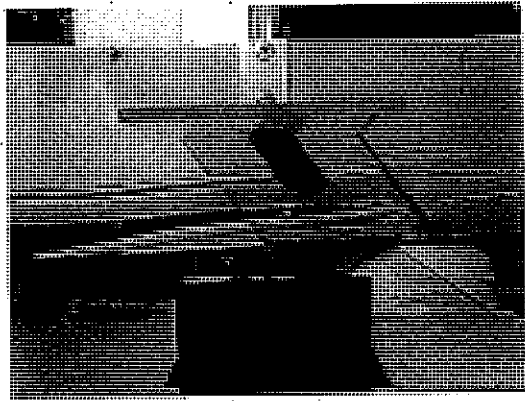
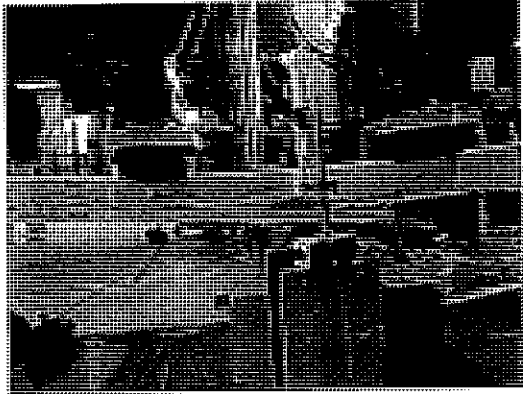
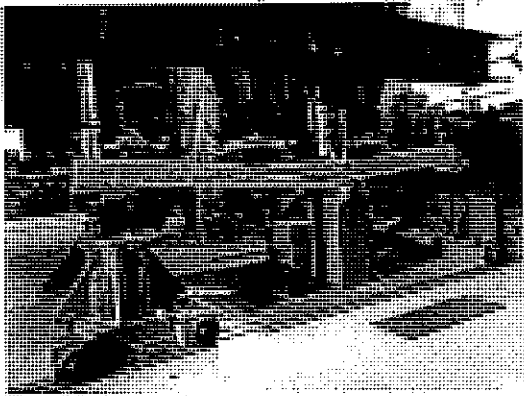
※一部転載不可



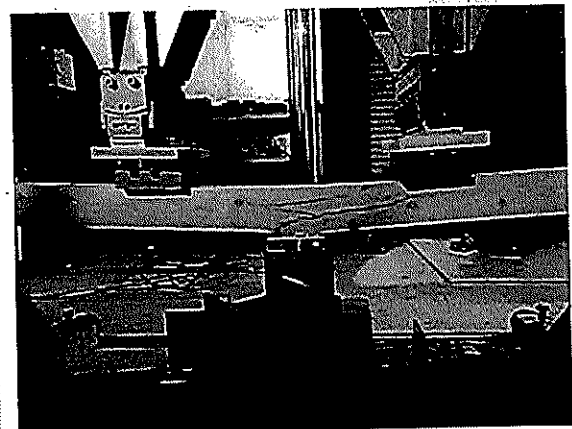
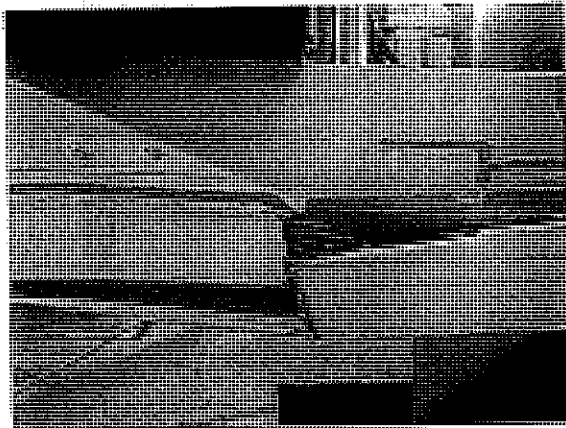
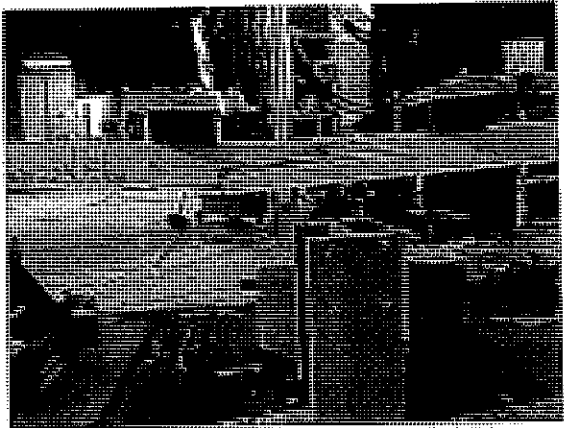
1-1 試験終了時の状況



1-2 試験終了時の状況

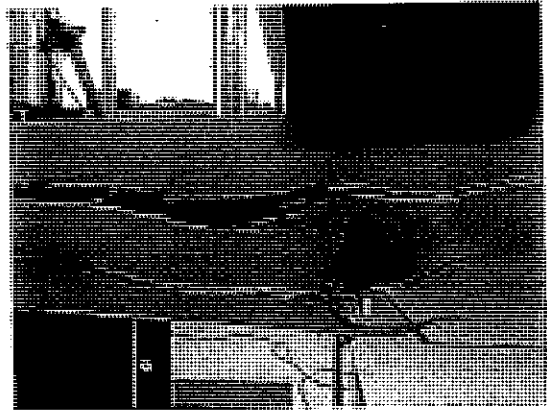
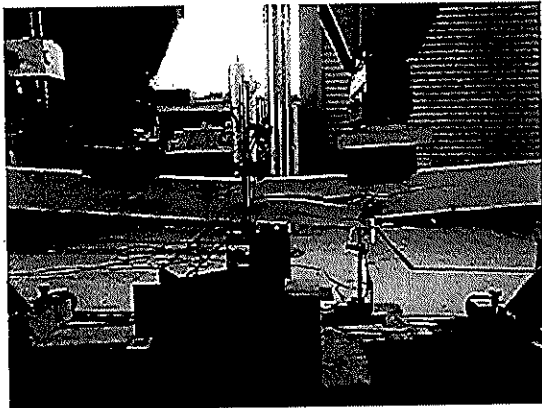
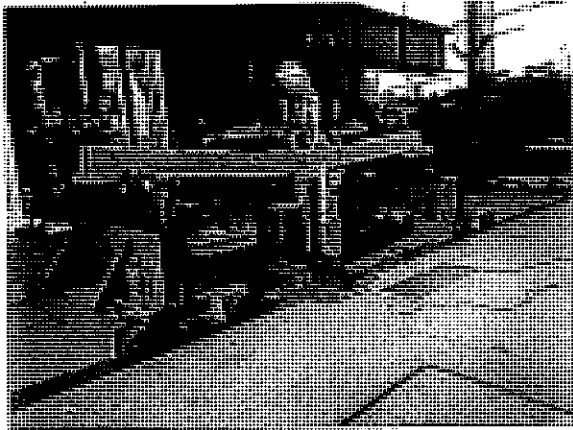


1-3 試験終了時の状況

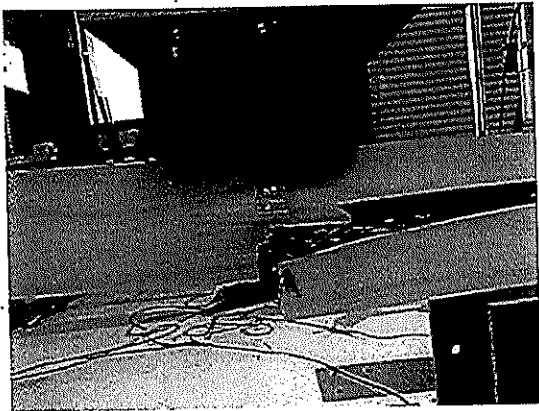
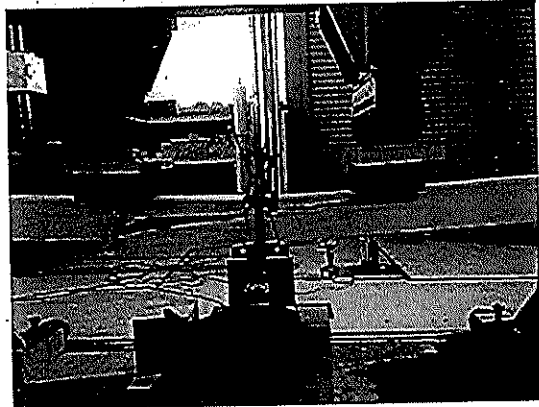
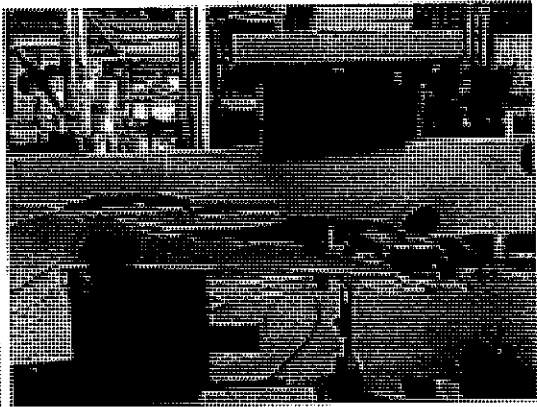
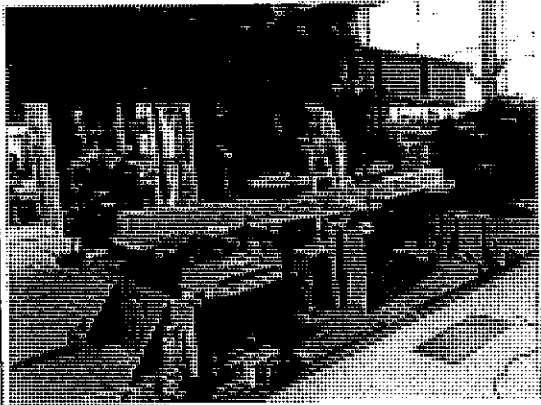


1-4 試験終了時の状況

※一部転載不可



1-5 試験終了時の状況



1-6 試験終了時の状況

試験体			
製品名			
形状			
ラミナ枚数			4プライ
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
継手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30
材せい 試験体長さ	105 [mm] 2,300 [mm]		本試験体の仕様
材せい 試験体長さ	120 [mm] 2,600 [mm]		
材せい 試験体長さ	150 [mm] 3,200 [mm]		
材せい 試験体長さ	180 [mm] 4,000 [mm]		
			6種類×6体= 36
<p>※ゲレー部はすき、白部はひのき。 ※接着剤はエポキシ系樹脂 ※木裏接着。最外層は芯取りをする。</p>			

添付資料

※一部転載不可

試験成績書

林研指第 167-2 号
平成 28 年 2 月 2 日

依頼者住所 東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル
依頼者氏名 一般社団法人 日本ログハウス協会 様

熊本県林業研究指導所



【依頼年月日】 平成 27 年 1 2 月 3 日
【供試材名】 ハイブリッドラミネート試験体 120mm×120mm×2,600mm 6 本
【試験項目】 製品性能試験 実大曲げ試験 6 件

【試験方法】

依頼者が持ち込んだ曲げ試験体について、平成 12 年 5 月 31 日付け建設省告示第 1446 号に定める第 1 第 11 号「木質複合軸材料」の別表第二 (ろ) 2 に規定される曲げ強さ及び曲げ弾性係数、同表 (ろ) 4 に規定される最大曲げモーメント及び曲げ剛性を算出するため、2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針 (社団法人 日本ツーバイフォー建築協会) P197、P 208 を参考にして曲げ試験を行った。

表-1 に試験体の仕様と含水率を、図-1 に含水率測定位置を、図-2 及び図-3 に試験の概要を示す。

- ・ 支点間距離 2,400mm の 3 等分 4 点曲げ試験とする。スパンは依頼者指定により、せい の 20 倍とする。
- ・ 加力速度：10mm/分
- ・ 使用した試験機：島津製作所製 UH-200kNA

$$\text{曲げ強さ}(N/mm^2) : F_b = \frac{aP_{max}}{2Z} = \frac{P_{max}\ell}{bh^2}$$

$$\text{曲げヤング係数}(kN/mm^2) : E_b = \frac{108\Delta P\ell^3}{23\Delta y_a bh^3}$$

$$\text{最大曲げモーメント}(kN\cdot m) : M_{max} = \frac{P_{max}\ell}{6}$$

$$\text{曲げ剛性} : EI = \frac{\Delta P \ell^3}{\Delta y_b 432}$$

P_{max} : 最大荷重(kN)、 ℓ : スパン (mm)、 b : 幅(mm)、 h : 厚さ(mm)、 Z : 断面係数 (mm^3)、
矩形断面では $bh^2/6$ 、 a : 支点から荷重点までの距離、今回は $a=\ell/3$ 、 I : 断面 2 次モーメント (mm^4)、
矩形断面では $bh^3/12$ 、 ΔP : 荷重の増分(kN)、 Δy_a : 変位の増分(mm)、 Δy_b : 変位 (中央の変位から
載荷点直下 2 点の平均変位を差し引いた値) の増分(mm)

※一部転載不可

表-1 試験体の仕様と含水率

No	L(m)	W(mm)	H(mm)	含水率(%)		
				A	B	C
2-1	2,600	119.71	119.96	26.0	29.0	33.0
2-2	2,600	119.64	120.05	31.0	22.0	27.5
2-3	2,600	119.62	120.33	28.5	36.5	29.0
2-4	2,600	119.75	120.07	25.5	56.0	33.0
2-5	2,600	119.33	120.40	34.5	32.5	24.0
2-6	2,600	119.78	120.07	24.0	30.0	23.5

含水率は高周波木材水分計(HM520 ケット社製)により、材中央付近にてヒキ、スギそれぞれ測定

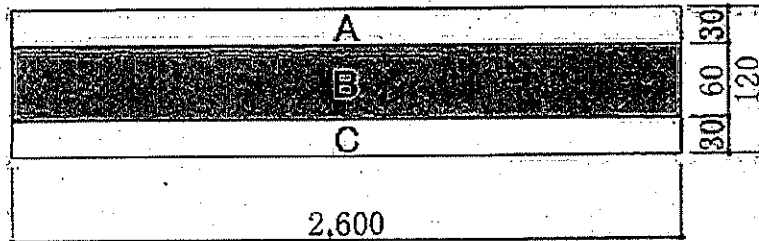


図-1 含水率測定位置 (平面図: 外層はヒキ、内層はスギ)

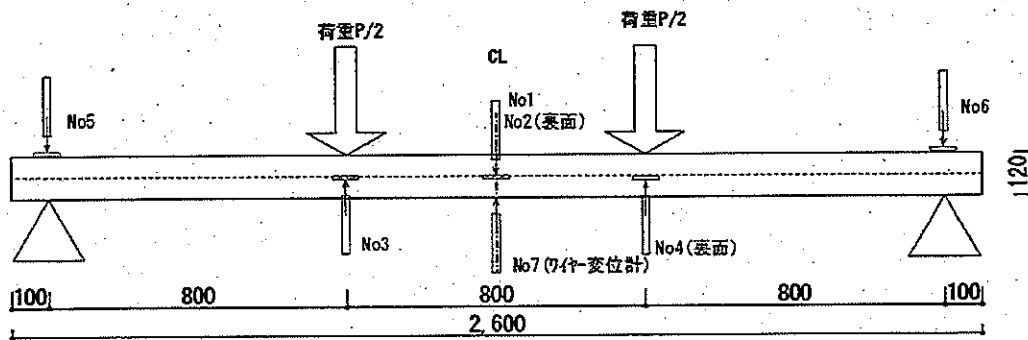


図-2 曲げ試験の概要

※一部転載不可

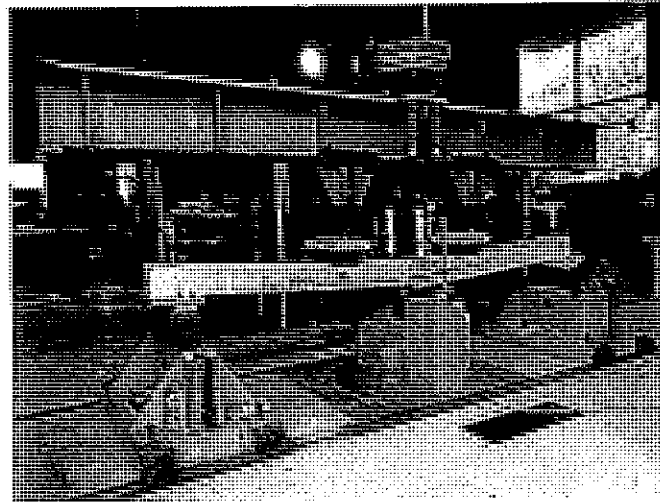


図-3 曲げ試験の概要

【試験結果】

荷重-変位曲線 (図-4)

試験の結果 (表-2)

試験終了時の状況写真

【その他】

添付図表等：試験体断面寸法表 (依頼者作成)

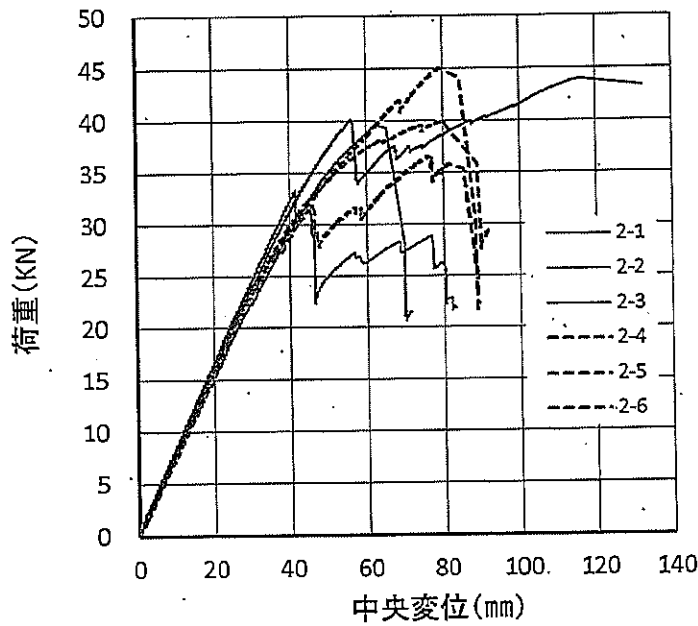


図-4 荷重 - 変位曲線

表-2 試験の結果

曲げ試験

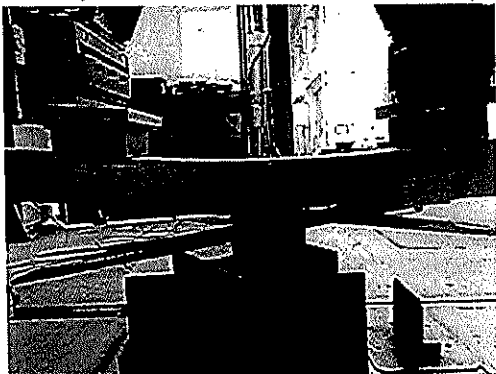
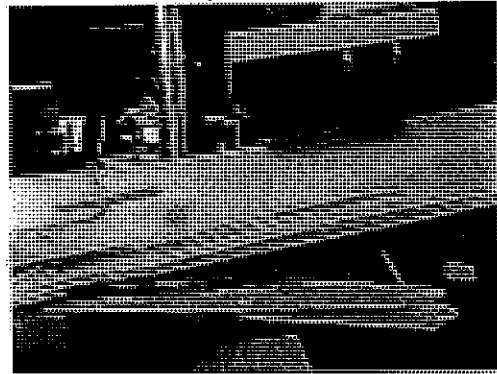
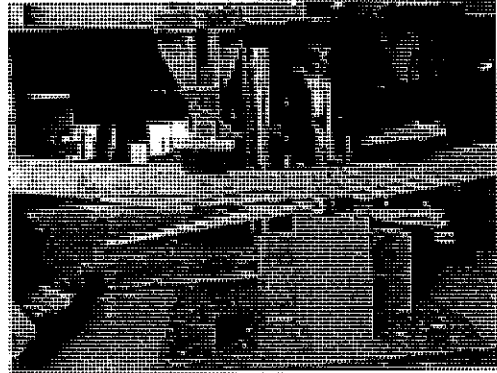
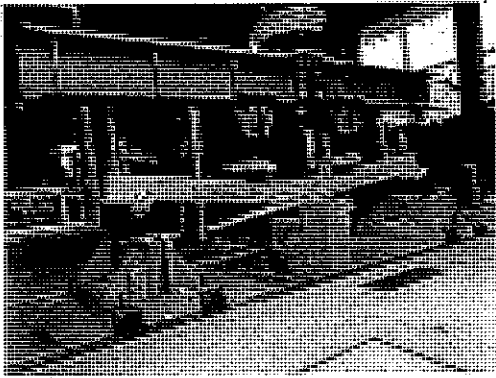
材種	製品寸法			スパン (mm)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	最大曲げモーメント (kN・m)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ剛性 (kN・m ³)	備考
	幅(mm)	厚さ(mm)	材長(mm)							
2-1	119.71	119.96	2,600	2400	44.15	61.51	17.66	11.39	207.51	側面(ヒ/キ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
2-2	119.64	120.05	2,600	2400	32.00	44.54	12.80	10.33	186.91	側面(ヒ/キ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
2-3	119.62	120.33	2,600	2400	39.70	55.01	15.88	11.34	202.47	側面(ヒ/キ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
2-4	119.75	120.07	2,600	2400	36.80	51.16	14.72	10.90	190.37	側面(ヒ/キ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
2-5	119.33	120.40	2,600	2400	40.00	55.50	16.00	10.85	190.83	側面(ヒ/キ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
2-6	119.78	120.07	2,600	2400	45.15	62.75	18.06	11.26	188.80	側面(ヒ/キ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
平均値					39.63	55.08	15.85	11.01	194.48	
標準偏差					4.84	6.73	1.94	0.41	8.41	
変動係数					0.12	0.12	0.12	0.04	0.04	
信頼水準75%の95%下側許容限界値 [※] k=2.336					28.32	39.35	11.33	10.07	174.84	

※信頼水準75%下側許容限界値は各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した。

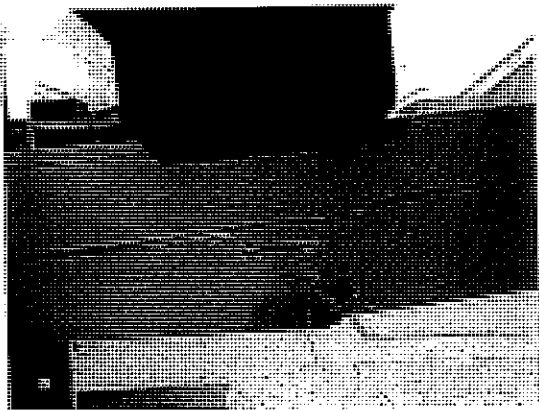
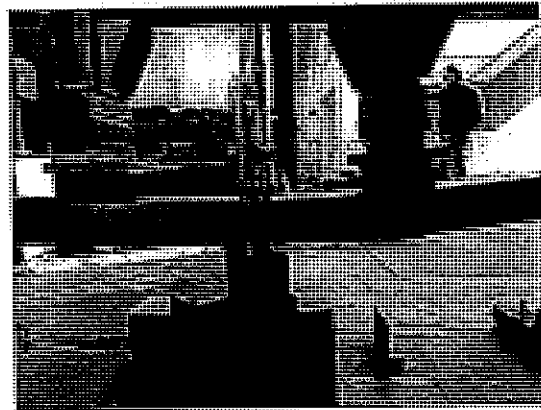
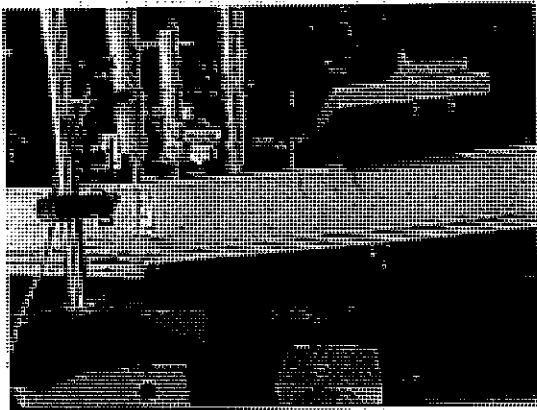
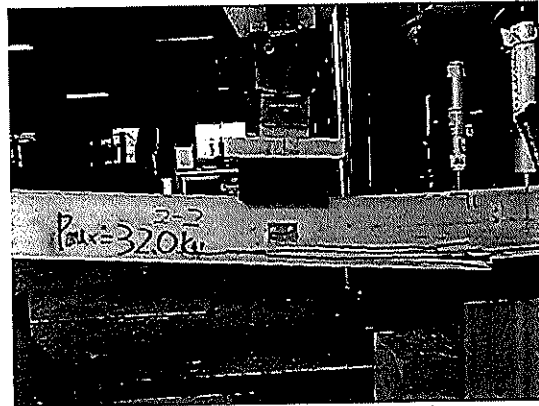
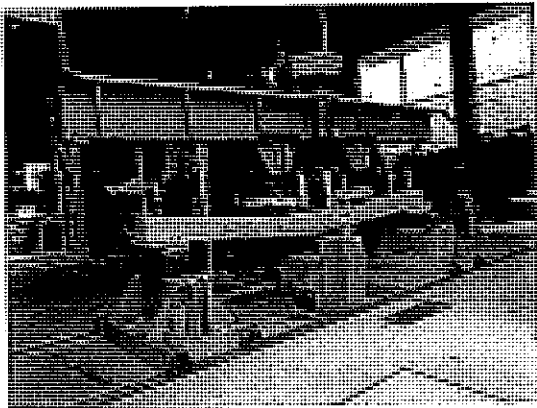
ばらつき係数=1-CV・k

CV: 変動係数 k: 信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。試験体数6体のとき、k=2.336

※一部転載不可

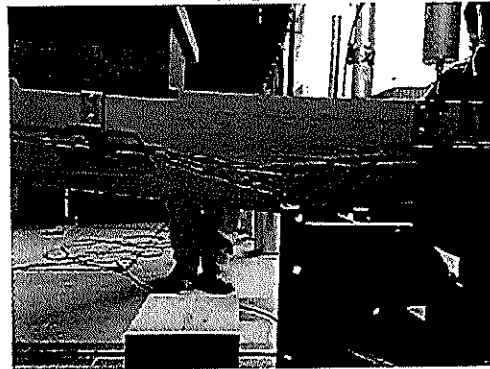
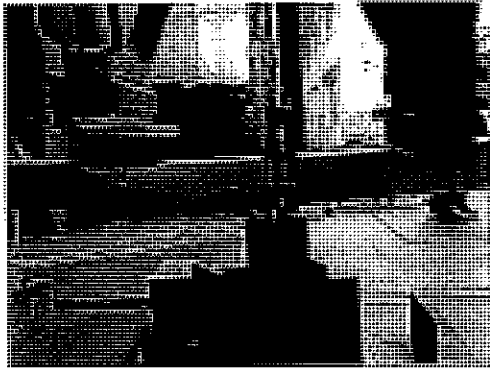
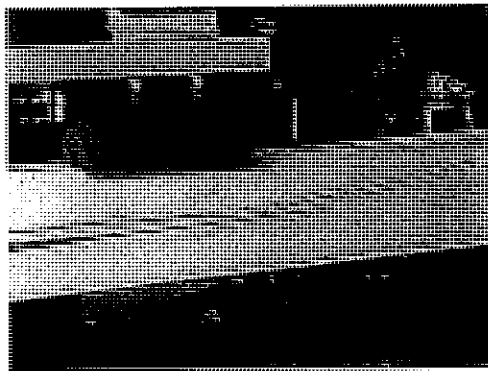
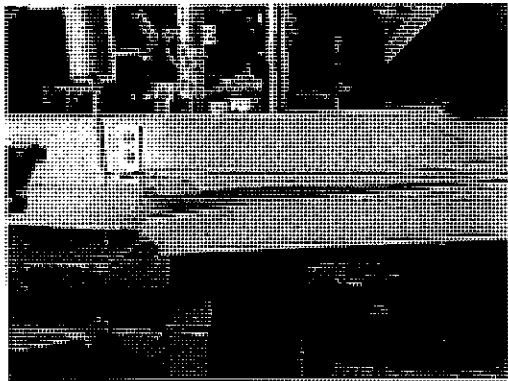
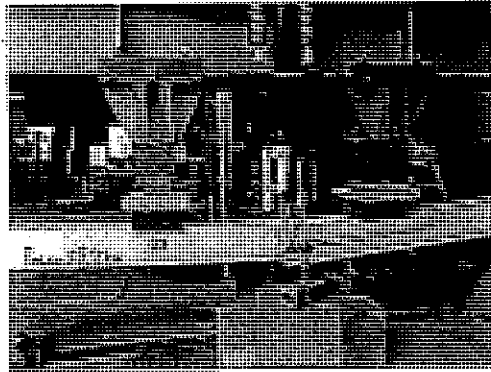


2-1 試験終了時の状況



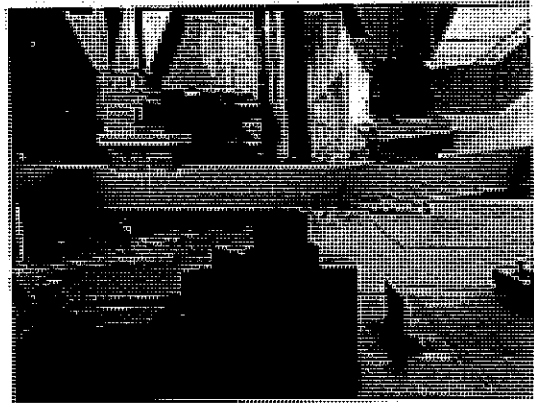
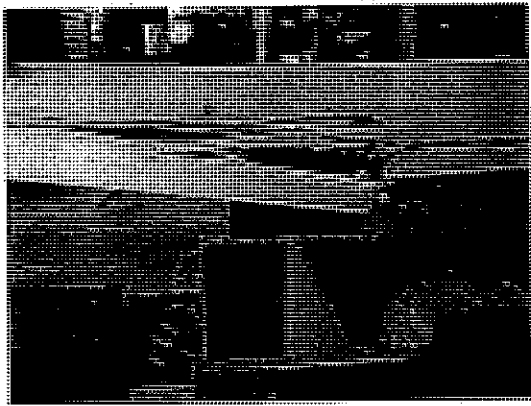
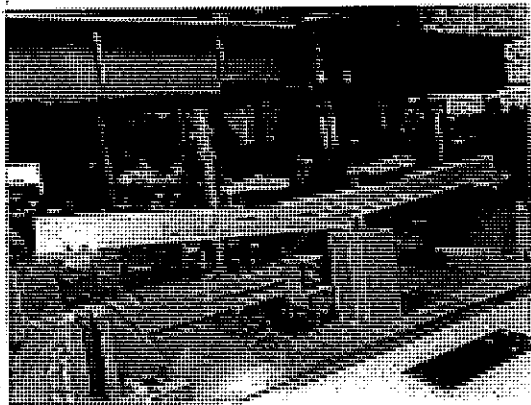
2-2 試験終了時の状況

※一部転載不可



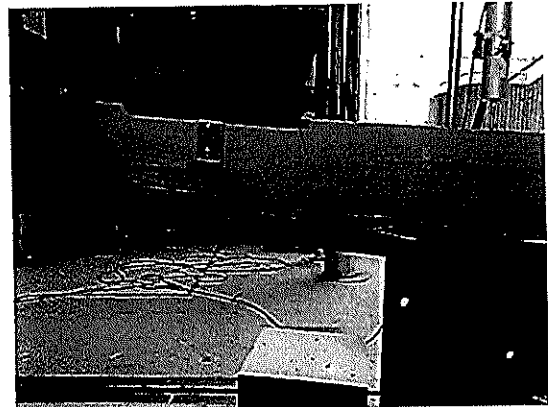
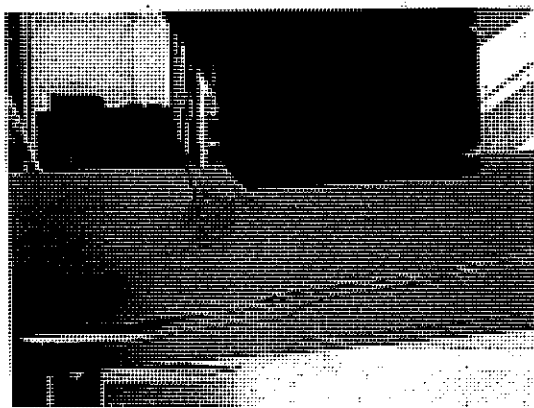
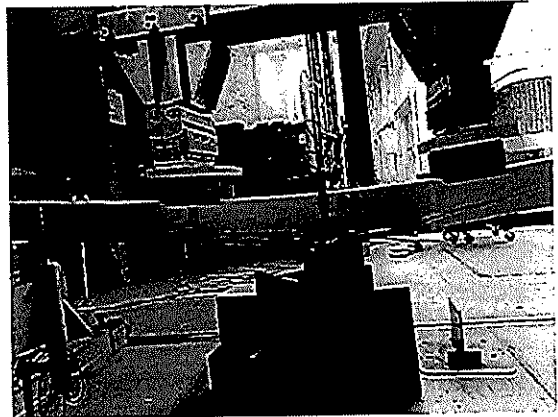
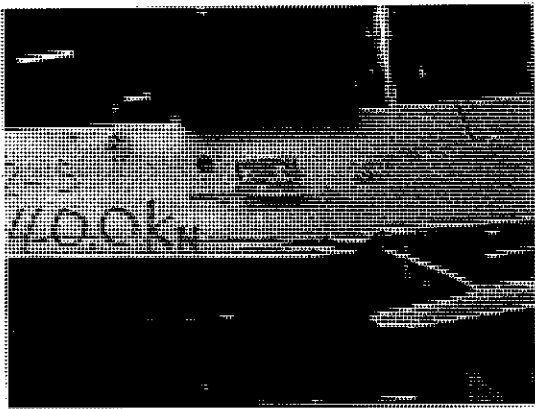
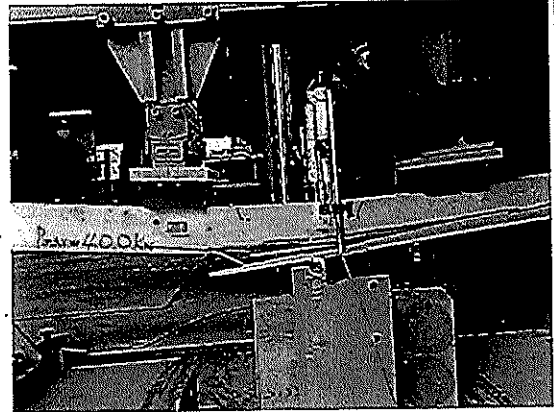
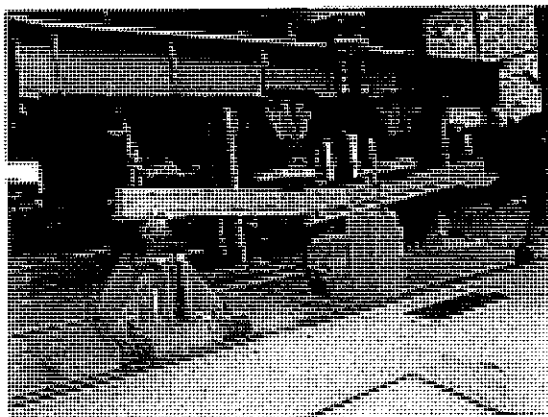
2-3 試験終了時の状況

※一部転載不可



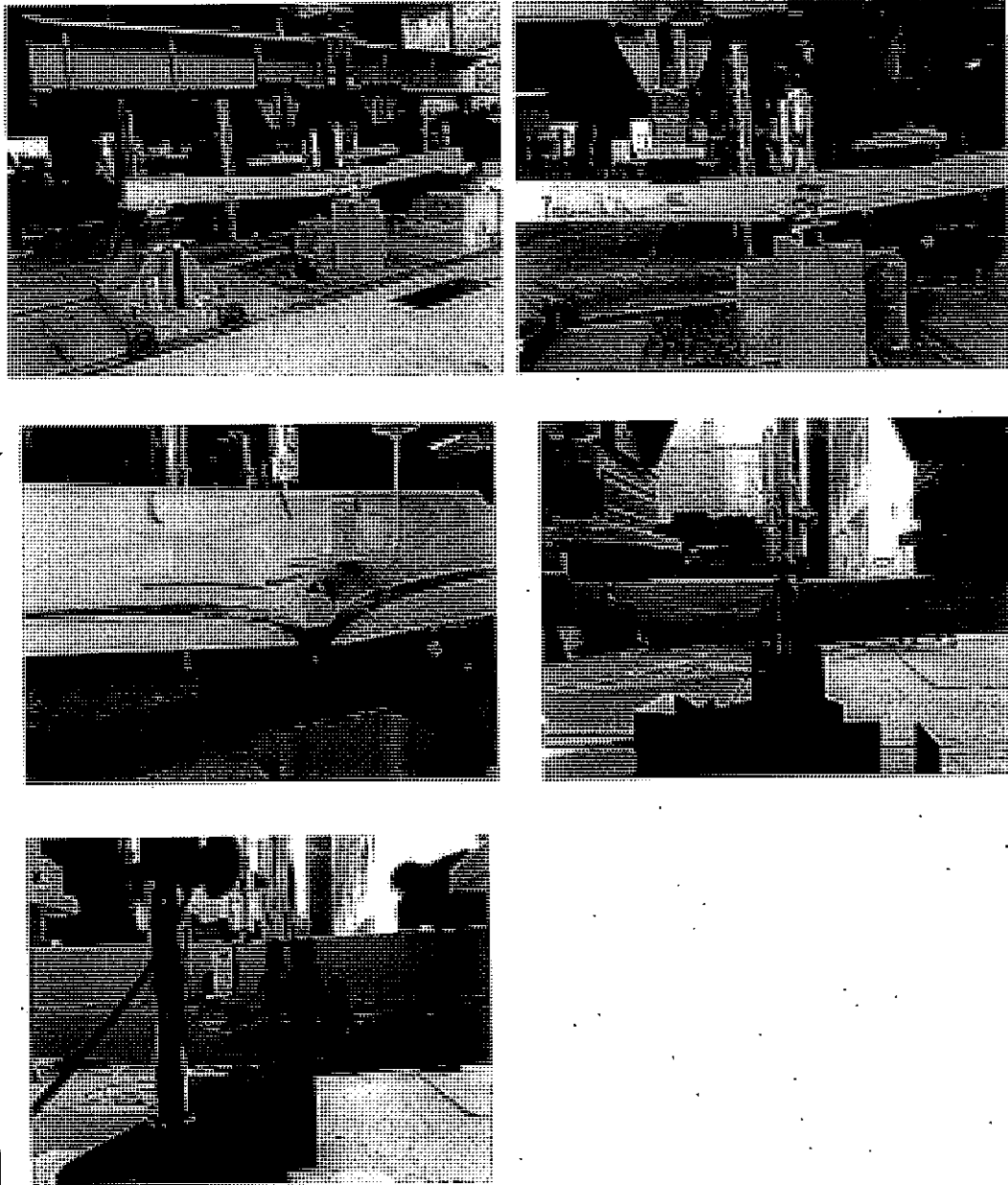
2-4 試験終了時の状況

※一部転載不可



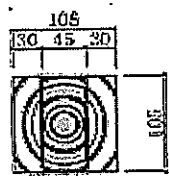
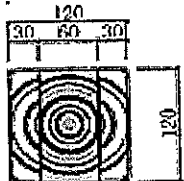
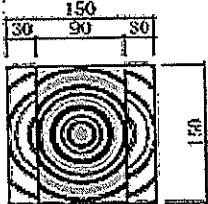
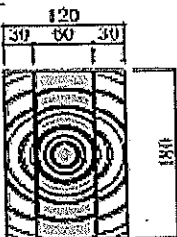
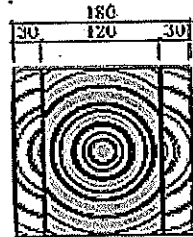
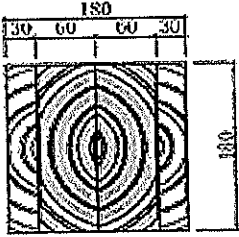
2-5 試験終了時の状況

※一部転載不可



2-6 試験終了時の状況

※一部転載不可

試験体			
製品名			
形状			
ラミナ枚数	4プライ		
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
総手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30
材せい 試験体長さ	105 [mm] 2,300 [mm]		
材せい 試験体長さ	120 [mm] 2,600 [mm]		本試験体の仕様
材せい 試験体長さ	150 [mm] 3,200 [mm]		
材せい 試験体長さ	180 [mm] 4,000 [mm]		 

※グレー部はすぎ、白部はひのき。
※接着剤はエポキシ系樹脂
※木を接着。最外層は芯取りをする。

6種類×6体= 36

添付資料

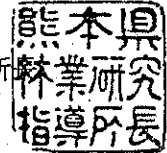
※一部転載不可

試験成績書

林研指第 167-3 号
平成 28 年 2 月 2 日

依頼者住所 東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル
依頼者氏名 一般社団法人 日本ログハウス協会 様

熊本県林業研究指導所



【依頼年月日】 平成 27 年 12 月 3 日
【供試材名】 ハイブリッドラミネート試験体 150mm×150mm×3,200mm 6本
【試験項目】 製品性能試験 実大曲げ試験 6件

【試験方法】

依頼者が持ち込んだ曲げ試験体について、平成 12 年 5 月 31 日付け建設省告示第 1446 号に定める第 1 第 11 号「木質複合軸材料」の別表第二 (ろ) 2 に規定される曲げ強さ及び曲げ弾性係数、同表 (ろ) 4 に規定される最大曲げモーメント及び曲げ剛性を算出するため、2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針 (社団法人 日本ツーバイフォー建築協会) P197、P 208 を参考にして曲げ試験を行った。

表-1 に試験体の仕様と含水率を、図-1 に含水率測定位置を、図-2 及び図-3 に試験の概要を示す。

- ・ 支点間距離 3,000mm の 3 等分 4 点曲げ試験とする。スパンは依頼者指定により、せいひの 20 倍とする。
- ・ 加力速度：10mm/分
- ・ 使用した試験機：島津製作所製 UH-200kNA

$$\text{曲げ強さ}(N/mm^2) : F_b = \frac{aP_{max}}{2Z} = \frac{P_{max}\ell}{bh^2}$$

$$\text{曲げヤング係数}(kN/mm^2) : E_b = \frac{23\Delta P\ell^3}{108bh^3\Delta y_a}$$

$$\text{最大曲げモーメント}(kN\cdot m) : M_{max} = \frac{P_{max}\ell}{6}$$

$$\text{曲げ剛性} : EI = \frac{\Delta P \ell^3}{\Delta y_b 432}$$

P_{max} : 最大荷重(kN)、 ℓ : スパン (mm)、 b : 幅(mm)、 h : 厚さ(mm)、 Z : 断面係数 (mm³)、矩形断面では $bh^2/6$ 、 a : 支点から荷重点までの距離、今回は $a=\ell/3$ 、 I : 断面 2 次モーメント (mm⁴)、矩形断面では $bh^3/12$ 、 ΔP : 荷重の増分(kN)、 Δy_a : 変位の増分(mm)、 Δy_b : 変位 (中央の変位から載荷点直下 2 点の平均変位を差し引いた値) の増分(mm)

※一部転載不可

表-1 試験体の仕様と含水率

No	L(m)	W(mm)	H(mm)	含水率(%)		
				A	B	C
3-1	3.200	149.57	150.54	23.5	22.5	25.0
3-2	3.200	149.54	149.88	27.0	24.0	21.0
3-3	3.200	149.60	151.52	32.0	28.5	25.5
3-4	3.200	149.76	149.91	24.0	13.5	31.5
3-5	3.200	149.59	150.26	22.5	33.0	26.5
3-6	3.200	149.76	150.12	28.5	29.0	23.5

含水率は高周波木材水分計(HM520 ケット社製)により、材中央付近にてヒキ、スギそれぞれ測定

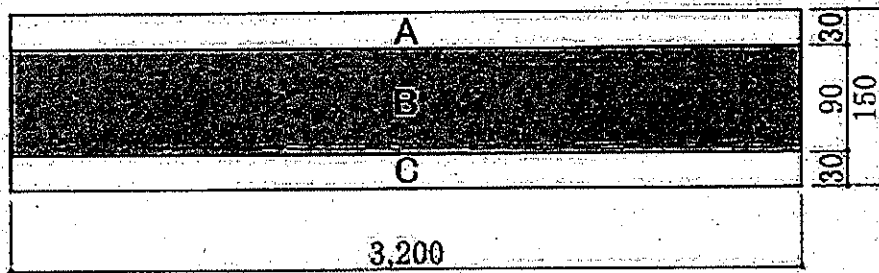


図-1 含水率測定位置 (平面図: 外層はヒキ、内層はスギ)

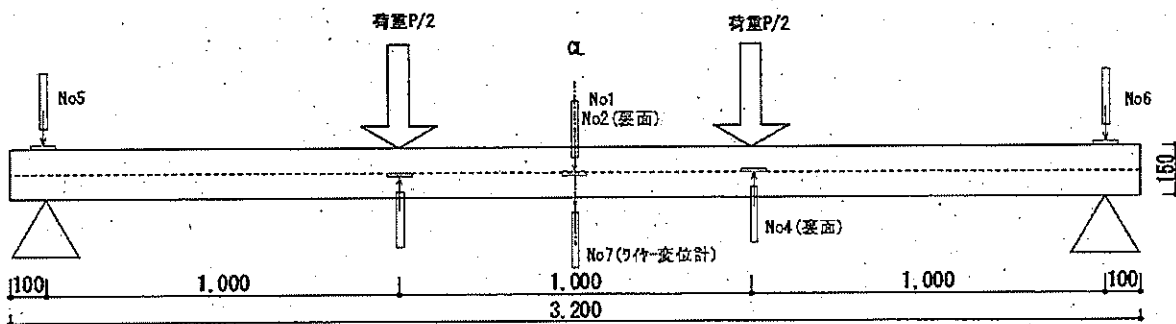


図-2 曲げ試験の概要

※一部転載不可

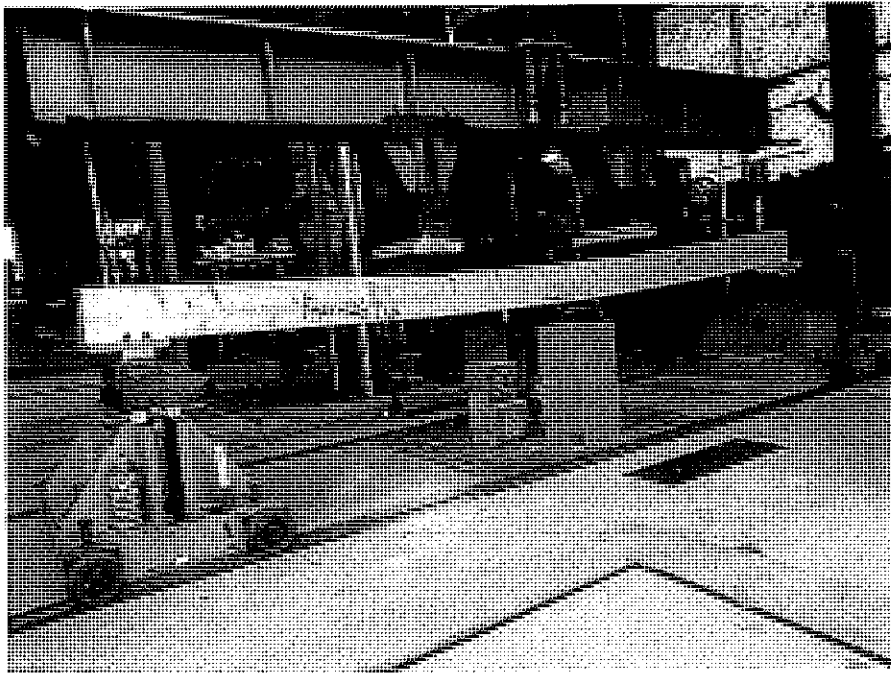


図-3 曲げ試験の概要

【試験結果】

荷重-変位曲線 (図-4)

試験の結果 (表-2)

試験終了時の状況写真

【その他】

添付図表等：試験体断面寸法表 (依頼者作成)

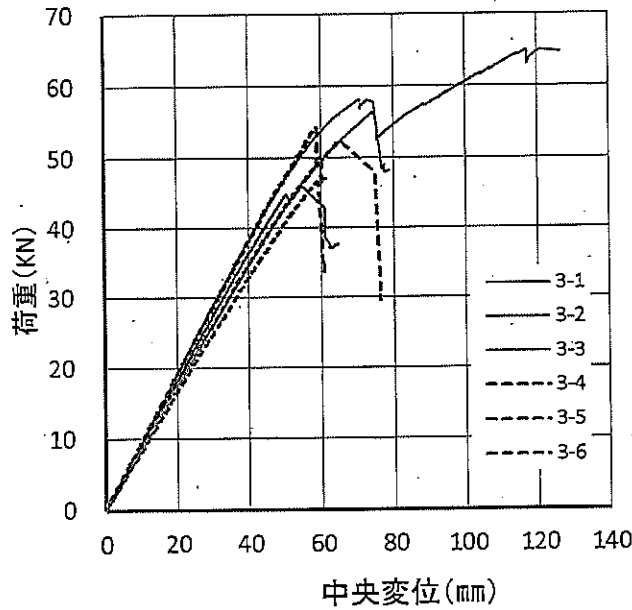


図-4 荷重 - 変位曲線

表-2 試験の結果

曲げ試験

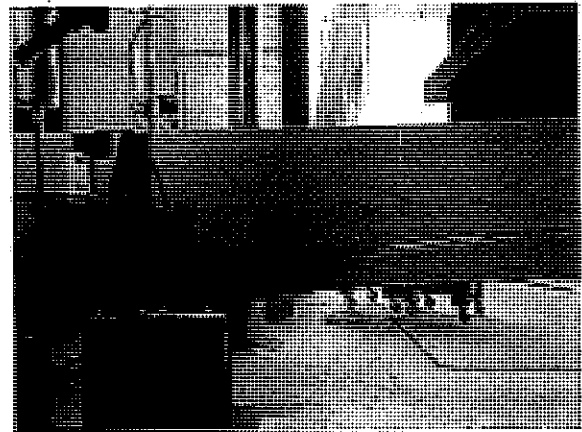
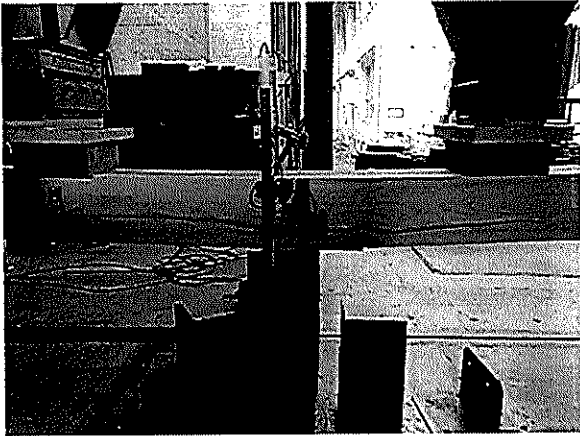
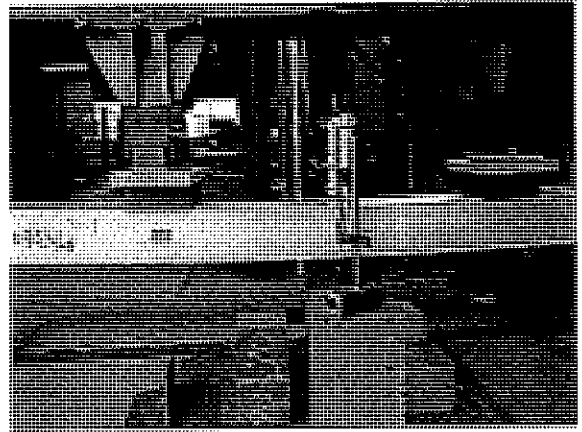
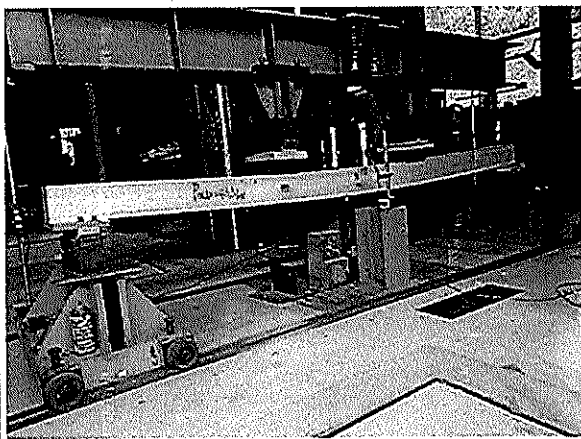
材種	製品寸法			スパン (mm)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	最大曲げモーメント (kN・m)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ剛性 (kN・m ²)	備考
	幅(mm)	厚さ(mm)	材長(mm)							
3-1	149.57	150.54	3,200	3000	43.50	38.50	21.75	10.43	436.80	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
3-2	149.54	149.88	3,200	3000	58.40	52.15	29.20	11.12	445.25	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
3-3	149.60	151.52	3,200	3000	65.30	57.04	32.65	9.65	406.86	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
3-4	149.76	149.91	3,200	3000	54.45	48.54	27.23	10.79	448.40	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
3-5	149.59	150.26	3,200	3000	52.50	46.63	26.25	9.96	396.80	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
3-6	149.76	150.12	3,200	3000	46.70	41.51	23.35	9.37	402.37	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
平均値					53.48	47.40	26.74	10.22	422.75	
標準偏差					7.89	6.80	3.95	0.68	23.25	
変動係数					0.15	0.14	0.15	0.07	0.05	
信頼水準75%の95%下側許容限界値 [※] k=2.336					35.04	31.51	17.52	8.63	368.43	

※信頼水準75%下側許容限界値は各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した。

ばらつき係数=1-CV・k

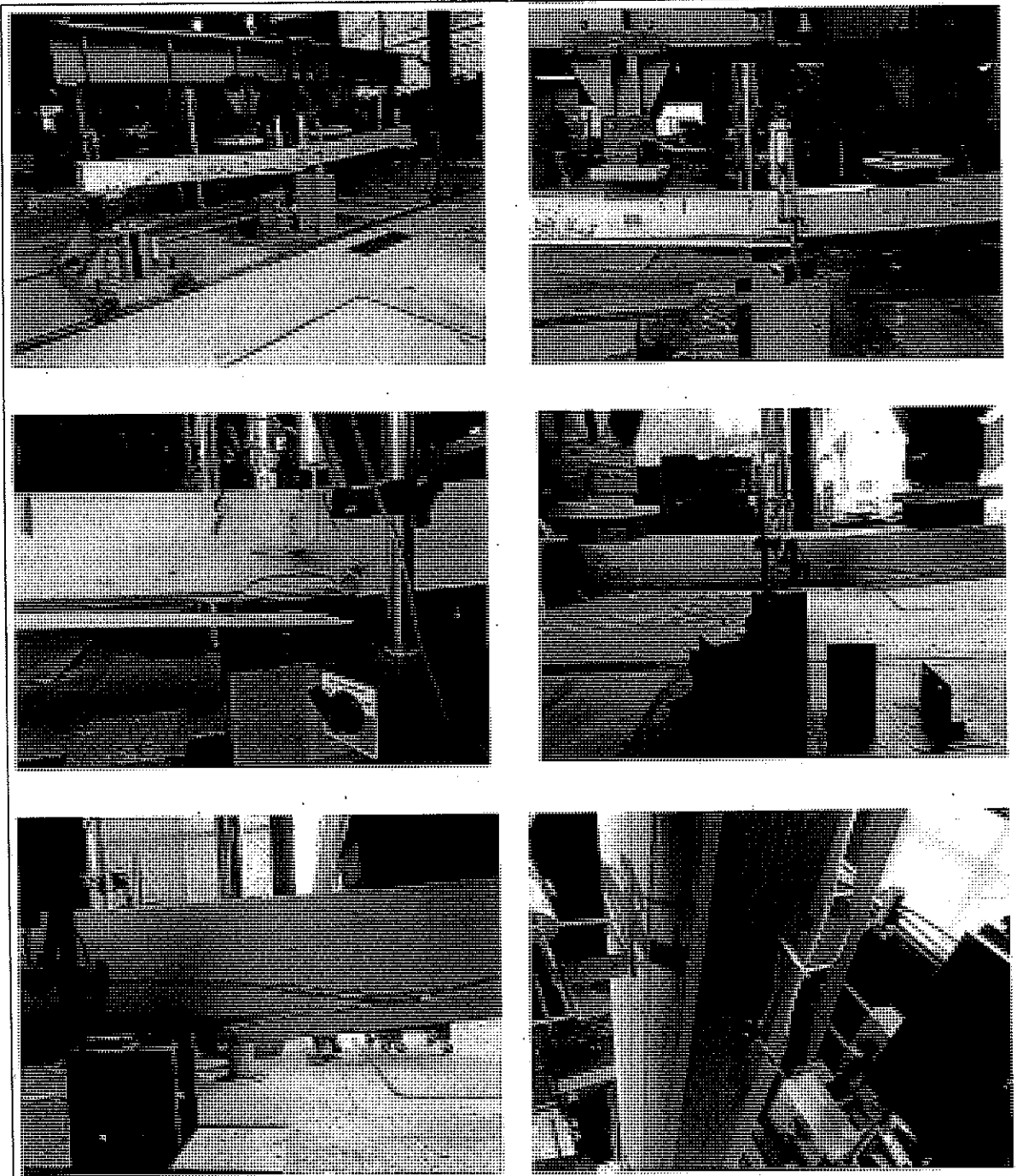
CV: 変動係数 k: 信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。試験体数6体のとき、k=2.336

※一部転載不可



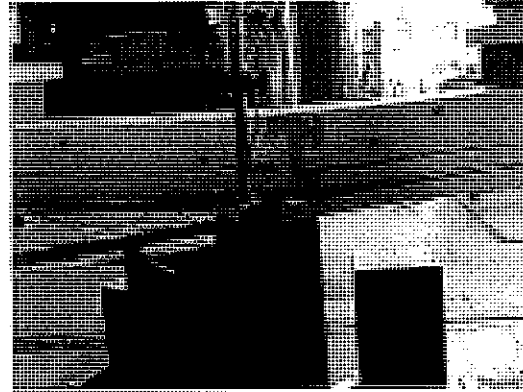
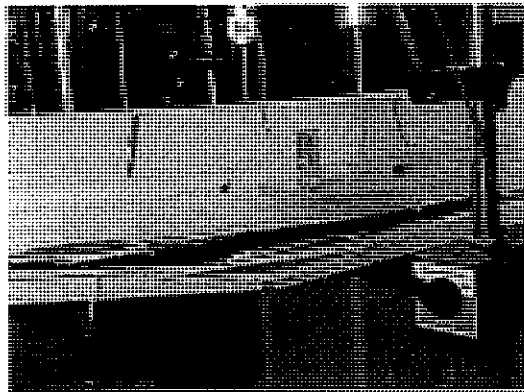
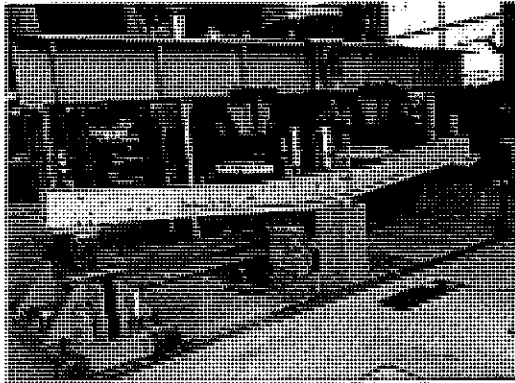
3-1 試験終了時の状況

※一部転載不可



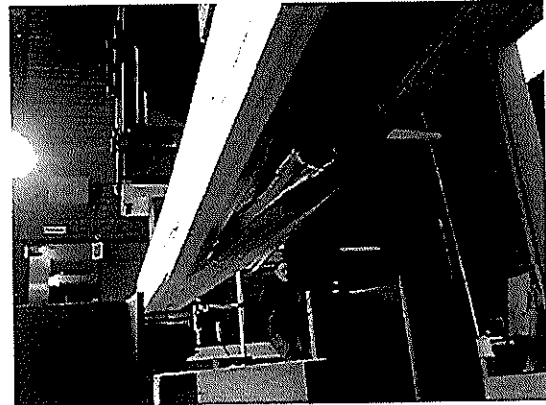
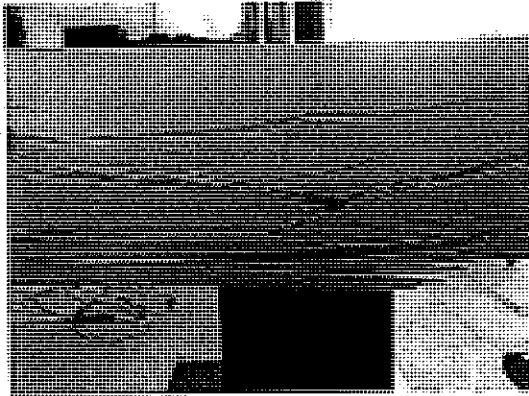
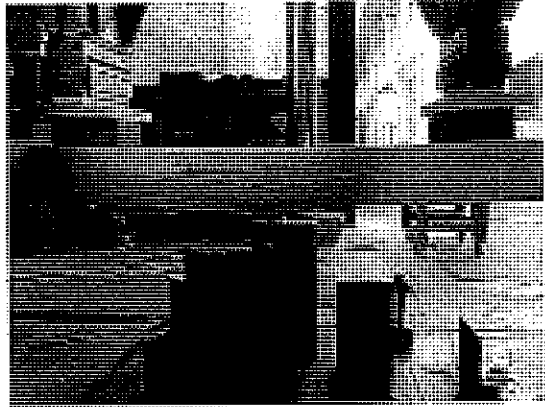
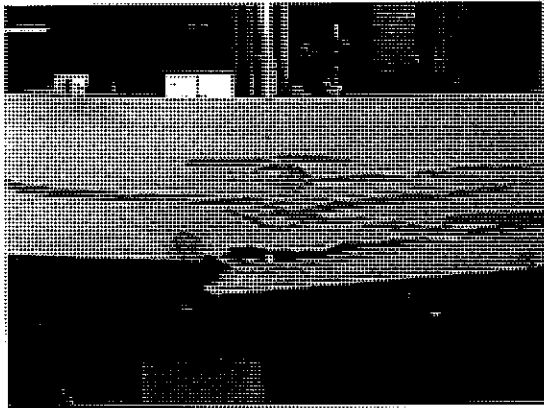
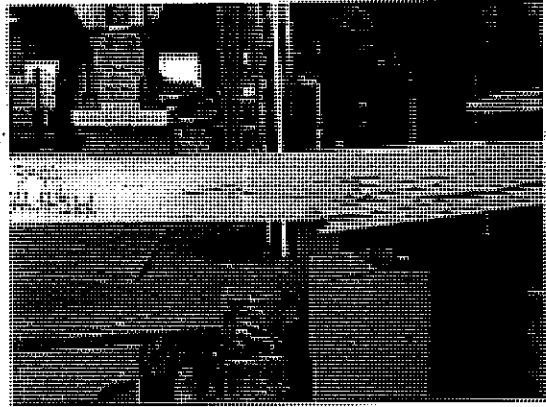
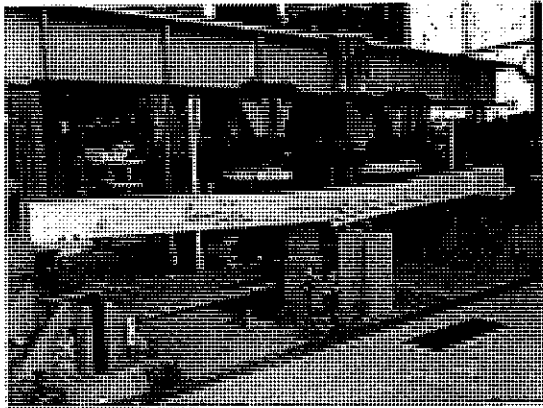
3-2 試験終了時の状況

※一部転載不可



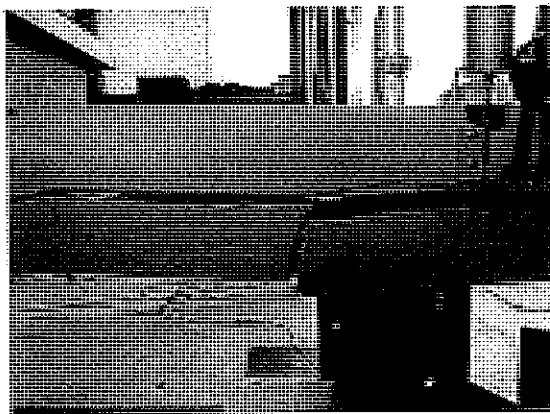
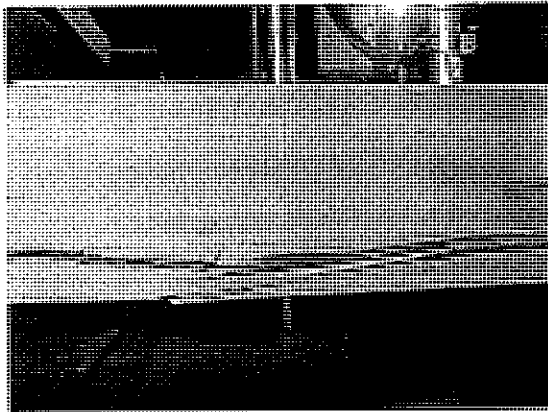
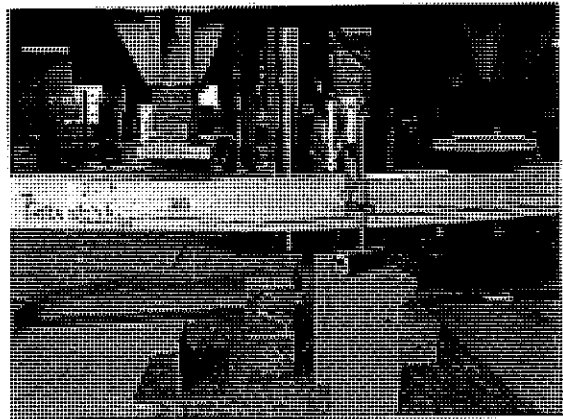
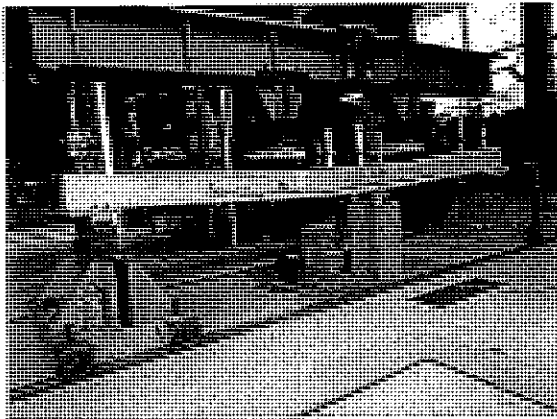
3-3 試験終了時の状況

※一部転載不可



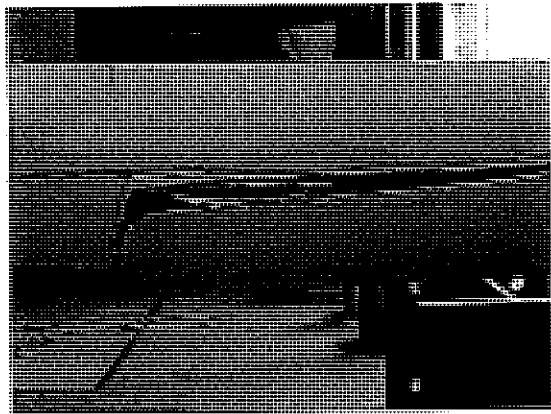
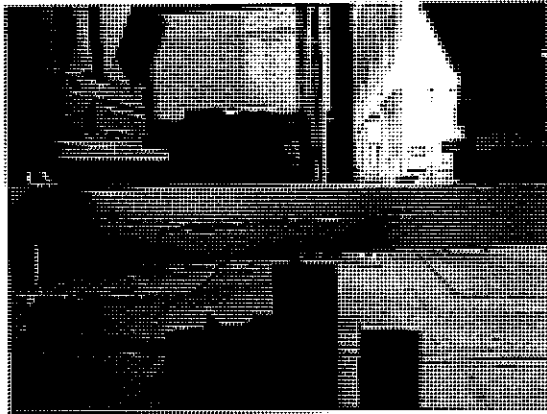
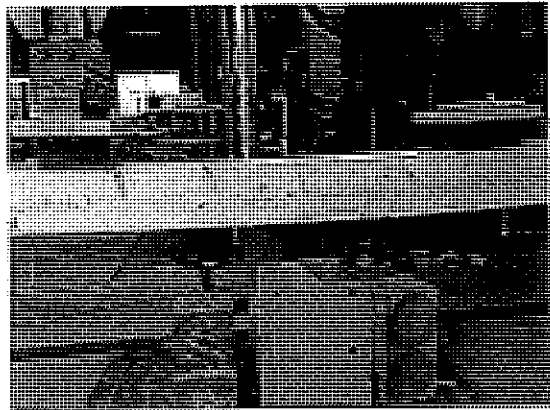
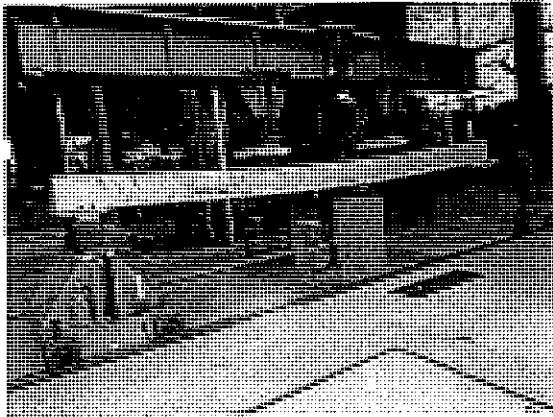
3-4 試験終了時の状況

※一部転載不可



3-5 試験終了時の状況

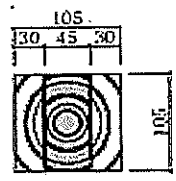
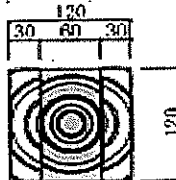
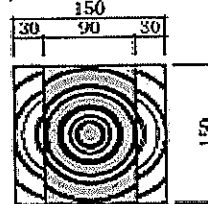
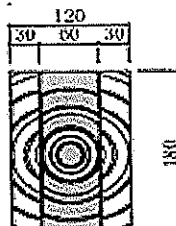
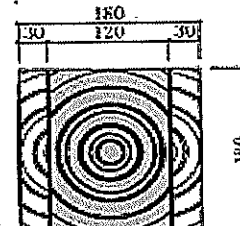
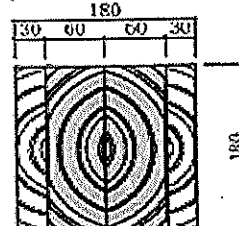
※一部転載不可



3-6 試験終了時の状況

※一部転載不可

試験体

製品名			
形状			
ラミナ枚数			4プライ
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
継手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30
材せい 105 [mm] 試験体長さ 2,300 [mm]			
材せい 120 [mm] 試験体長さ 2,600 [mm]			
材せい 150 [mm] 試験体長さ 3,200 [mm]			本試験体の仕様
材せい 180 [mm] 試験体長さ 4,000 [mm]			

6種類×6体= 36

※グレー部はすぎ、白部はひのき。
※接着剤はエポキシ系樹脂
※木表接着。最外層は芯取りをする。

添付資料

※一部転載不可

試験成績書

林研指第 167-4 号
平成 28 年 2 月 2 日

依頼者住所 東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル
依頼者氏名 一般社団法人 日本ログハウス協会 様

熊本県林業研究指導所



【依頼年月日】 平成 27 年 1 月 3 日
【供試材名】 ハイブリッドラミネート試験体 180mm×180mm×4,000mm 6 本
【試験項目】 製品性能試験 実大曲げ試験 6 件

【試験方法】

依頼者が持ち込んだ曲げ試験体について、平成 12 年 5 月 31 日付け建設省告示第 1446 号に定める第 1 第 11 号「木質複合軸材料」の別表第二(ろ)2 に規定される曲げ強さ及び曲げ弾性係数、同表(ろ)4 に規定される最大曲げモーメント及び曲げ剛性を算出するため、2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針(社団法人 日本ツーバイフォー建築協会) P197、P 208 を参考にして曲げ試験を行った。

表-1 に試験体の仕様と含水率を、図-1 に含水率測定位置を、図-2 及び図-3 に試験の概要を示す。

- ・ 支点間距離 3,600mm の 3 等分 4 点曲げ試験とする。スパンは依頼者指定により、せい
の 20 倍とする。
- ・ 加力速度：10mm/分
- ・ 使用した試験機：島津製作所製 UH-200kNA

$$\text{曲げ強さ}(N/mm^2) : F_b = \frac{aP_{max}}{2Z} = \frac{P_{max}\ell}{bh^2}$$

$$\text{曲げヤング係数}(kN/mm^2) : E_b = \frac{23\Delta P\ell^3}{108bh^3\Delta y_a}$$

$$\text{最大曲げモーメント}(kN\cdot m) : M_{max} = \frac{P_{max}\ell}{6}$$

$$\text{曲げ剛性} : EI = \frac{\Delta P \ell^3}{\Delta y_b 432}$$

P_{max} : 最大荷重(kN)、 ℓ : スパン(mm)、 b : 幅(mm)、 h : 厚さ(mm)、 Z : 断面係数 (mm^3)、
矩形断面では $bh^2/6$ 、 a : 支点から荷重点までの距離、今回は $a=\ell/3$ 、 I : 断面 2 次モーメント (mm^4)、
矩形断面では $bh^3/12$ 、 ΔP : 荷重の増分(kN)、 Δy_a : 変位の増分(mm)、 Δy_b : 変位(中央の変
位から載荷点直下 2 点の平均変位を差し引いた値)の増分(mm)

※一部転載不可

表-1 試験体の仕様と含水率

No	L(m)	W(mm)	H(mm)	含水率(%)		
				A	B	C
4-1	4,000	179.86	180.03	21.5	17.0	22.5
4-2	3,998	179.58	179.83	23.0	23.0	20.5
4-3	3,998	180.17	179.79	19.5	17.0	25.5
4-4	3,998	180.01	179.76	22.0	19.0	24.0
4-5	4,000	179.86	180.03	21.5	17.0	22.5
4-6	3,998	180.02	179.84	19.5	20.0	20.5

含水率は高周波木材水分計(HM520 ケット社製)により、材中央付近にてヒノキ、スギそれぞれ測定

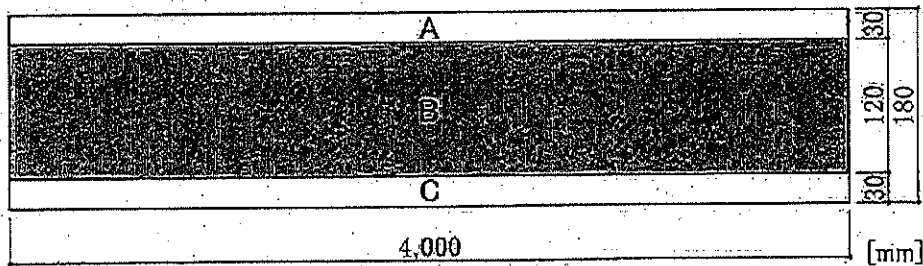


図-1 含水率測定位置 (平面図: 外層はヒノキ、内層はスギ)

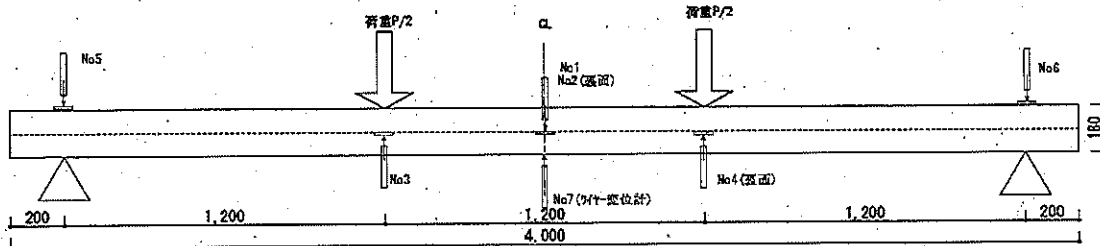


図-2 曲げ試験の概要

※一部転載不可

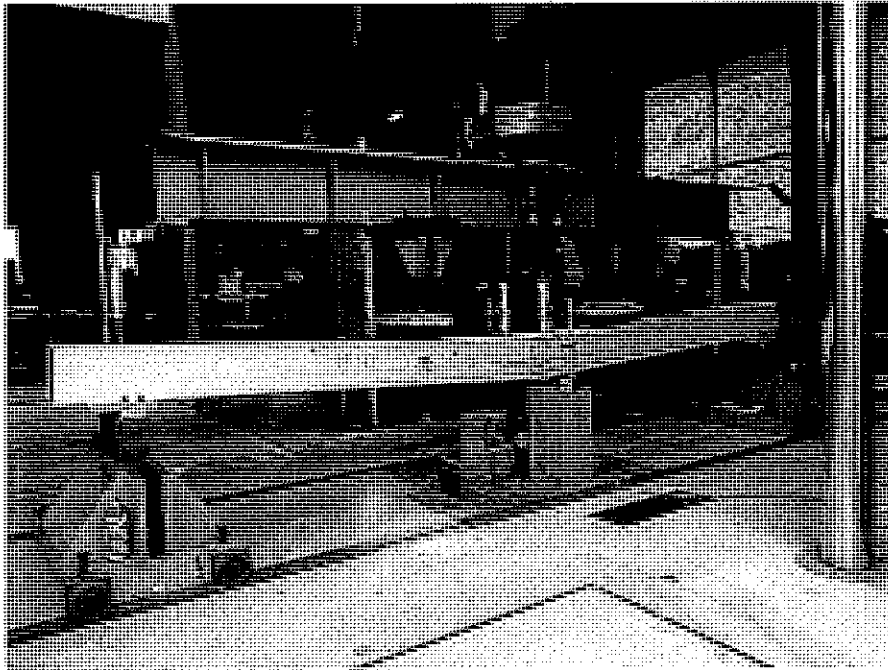


図-3 曲げ試験の概要

【試験結果】

荷重-変位曲線 (図-4)

試験の結果 (表-2)

試験終了時の状況写真

【その他】

添付図表等：試験体断面寸法表 (依頼者作成)

※一部転載不可

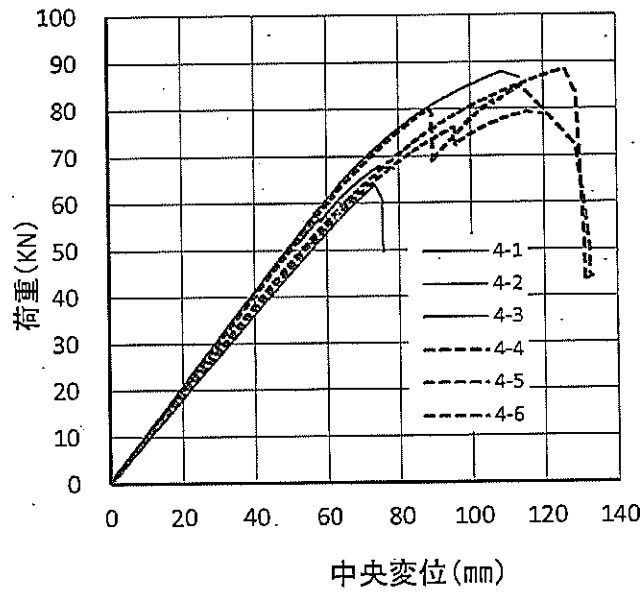


図-4 荷重 - 変位曲線

表-2 試験の結果

曲げ試験

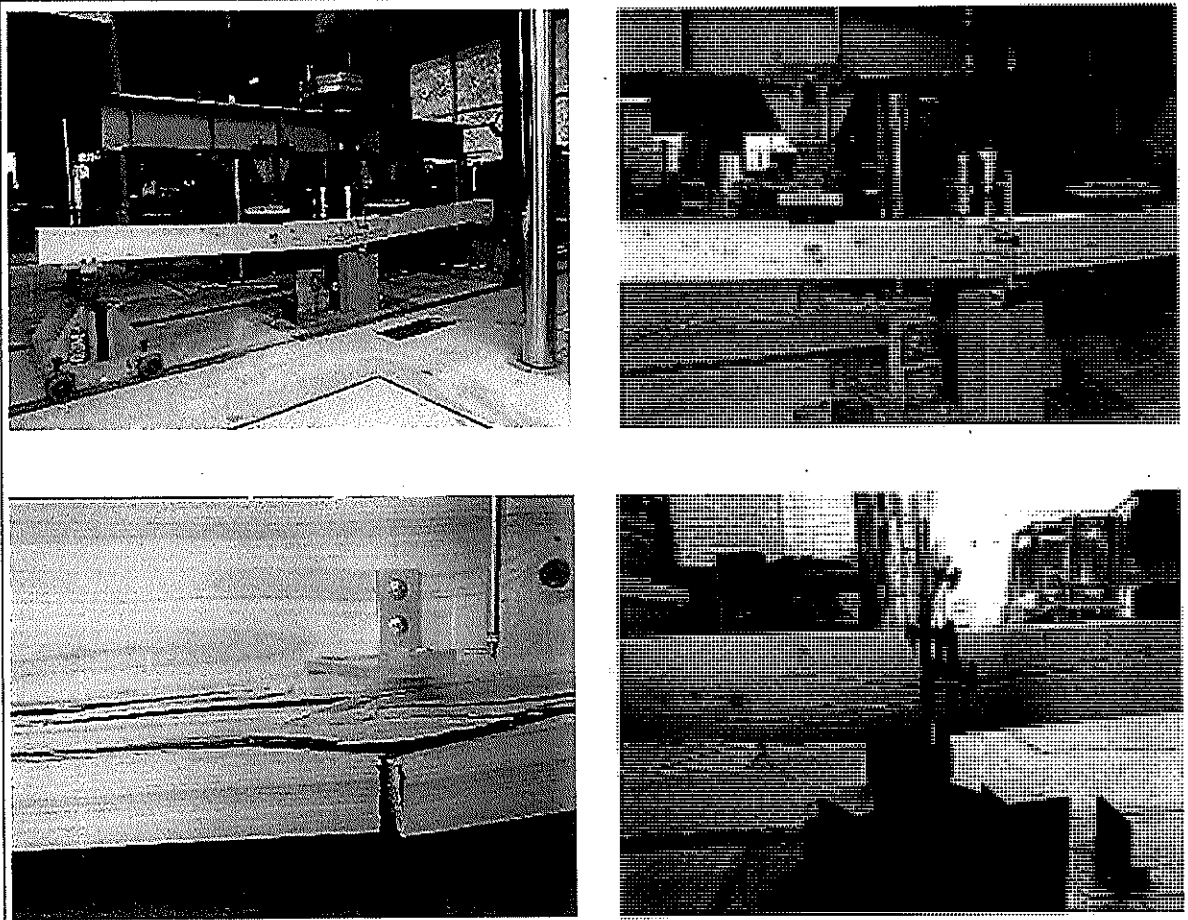
材種	製品寸法			スパン (mm)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	最大曲げモーメント (kN・m)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ剛性 (kN・m ²)	備考
	幅(mm)	厚さ(mm)	材長(mm)							
4-1	179.86	180.03	4,000	3600	68.10	42.06	40.86	9.72	897.49	側面(ヒ/キ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
4-2	179.58	179.83	3,998	3600	88.30	54.74	52.98	9.65	916.83	側面(ヒ/キ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
4-3	180.17	179.79	3,998	3600	64.15	39.65	38.49	8.53	779.70	側面(ヒ/キ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
4-4	180.01	179.76	3,998	3600	85.40	52.85	51.24	9.54	870.14	側面(ヒ/キ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
4-5	179.86	180.03	4,000	3600	88.50	54.65	53.10	8.94	823.41	側面(ヒ/キ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
4-6	180.02	179.84	3,998	3600	79.60	49.22	47.76	8.80	796.45	側面(ヒ/キ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
平均値					79.01	48.86	47.41	9.20	847.34	
標準偏差					10.56	6.56	6.34	0.50	55.86	
変動係数					0.13	0.13	0.13	0.05	0.07	
信頼水準75%の95%下側許容限界値 [※] k=2.336					54.34	33.54	32.61	8.02	716.85	

※信頼水準75%下側許容限界値は各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した。

ばらつき係数=1-CV・k

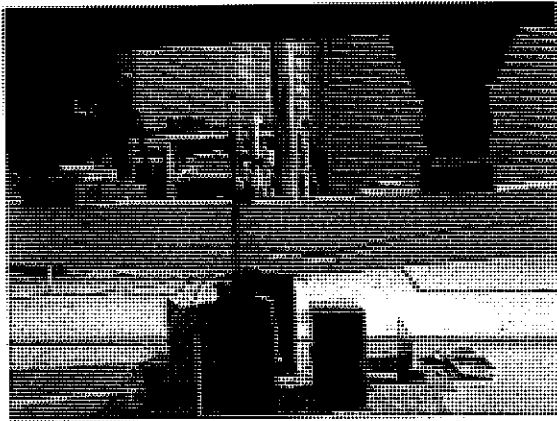
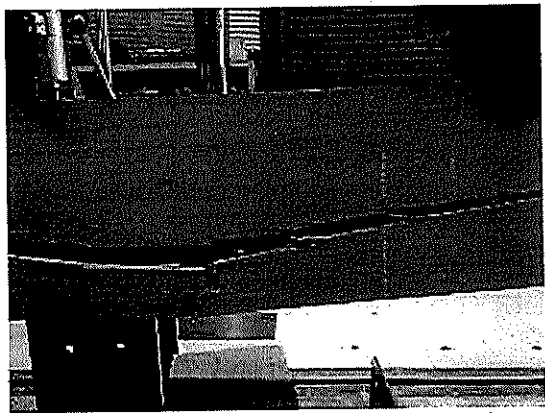
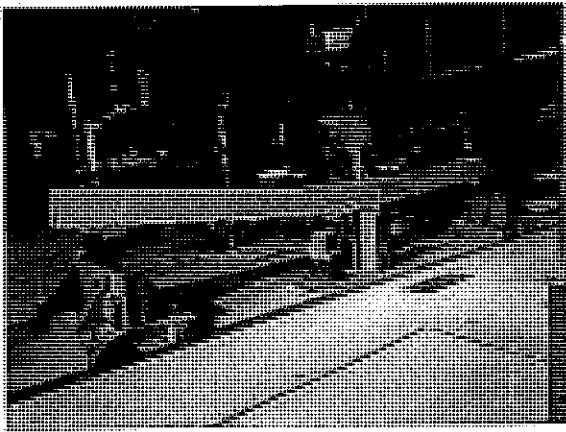
CV:変動係数 k:信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。試験体数6体のとき、k=2.336

※一部転載不可



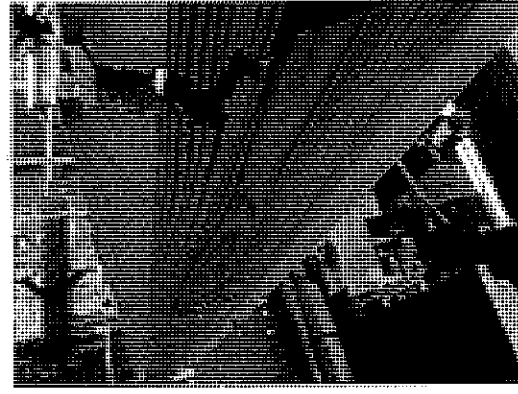
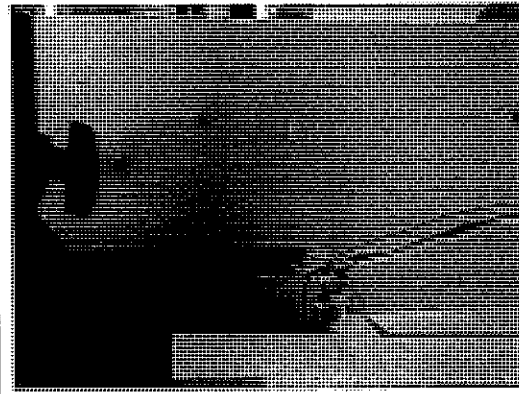
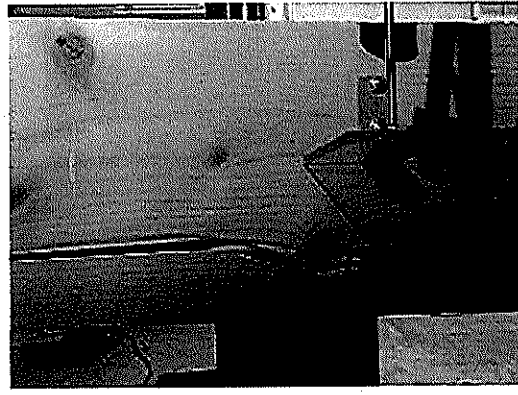
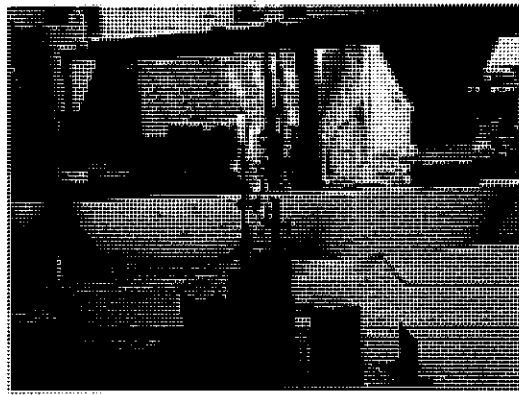
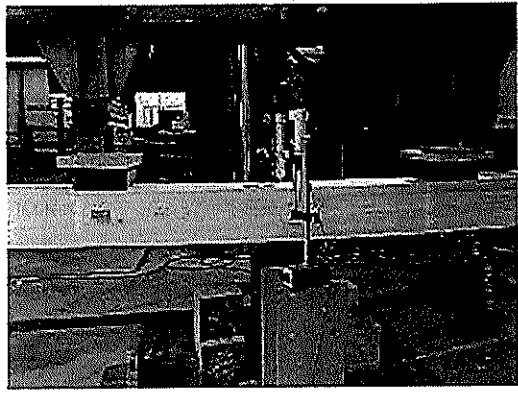
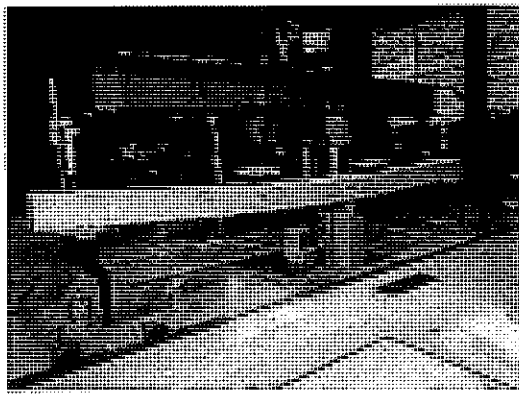
4-1 試験終了時の状況

※一部転載不可



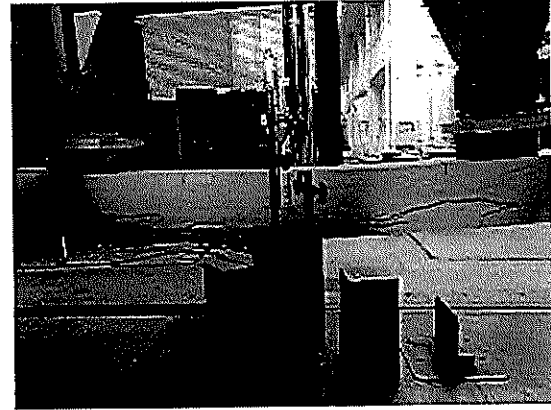
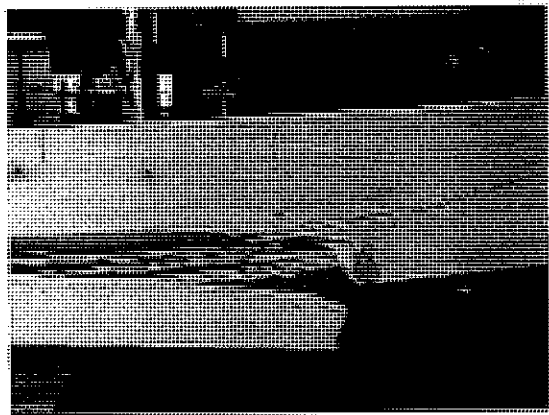
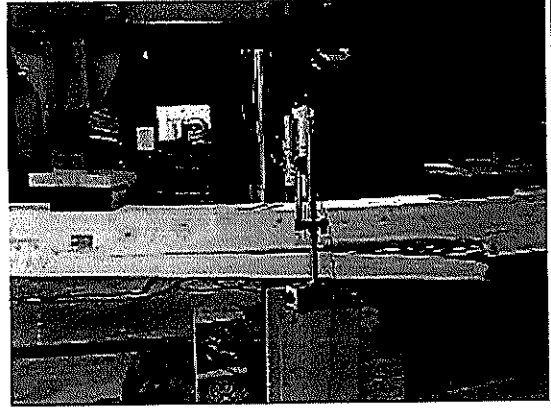
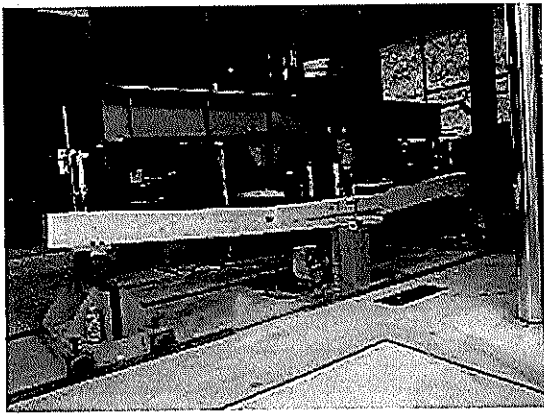
4-2 試験終了時の状況

※一部転載不可



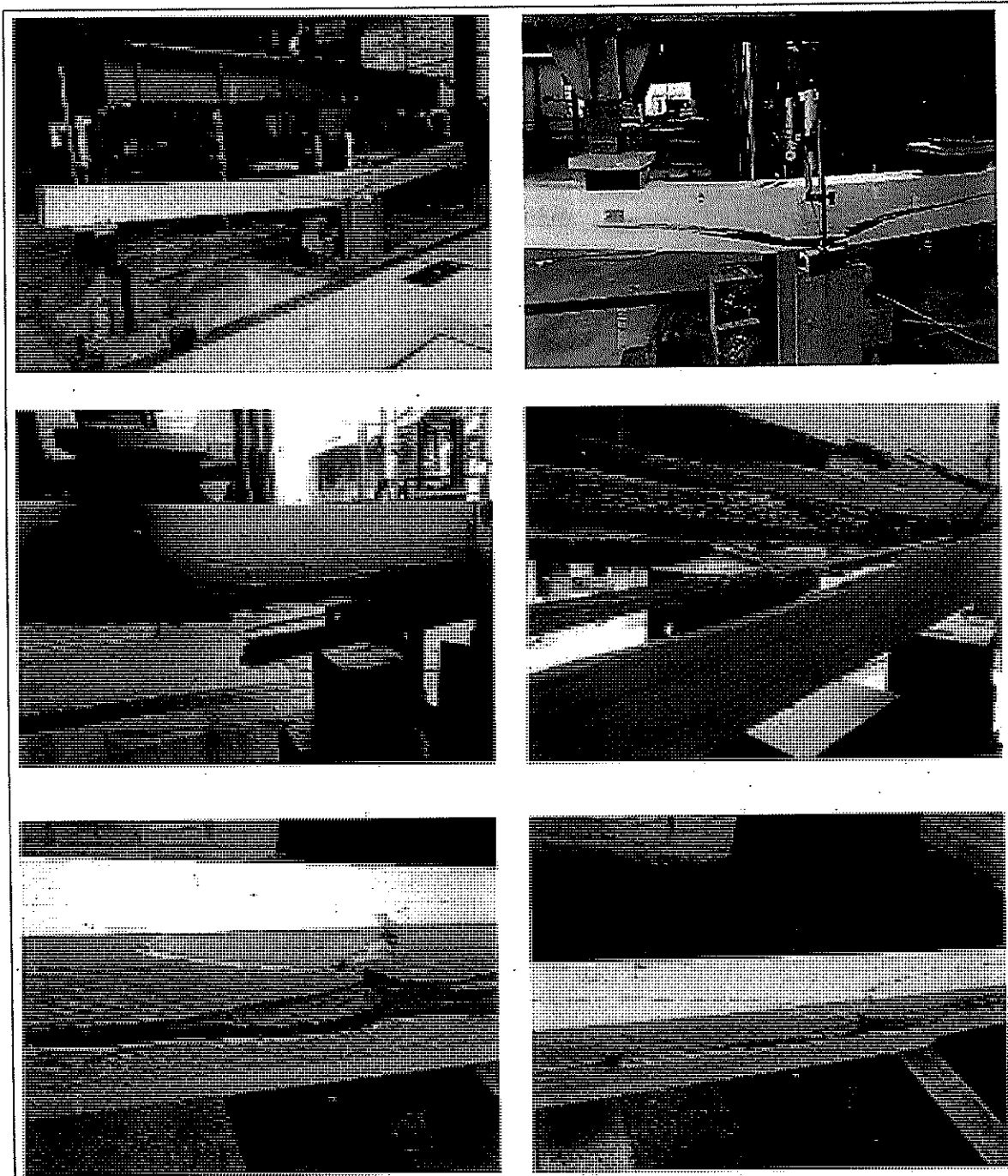
4-3 試験終了時の状況

※一部転載不可



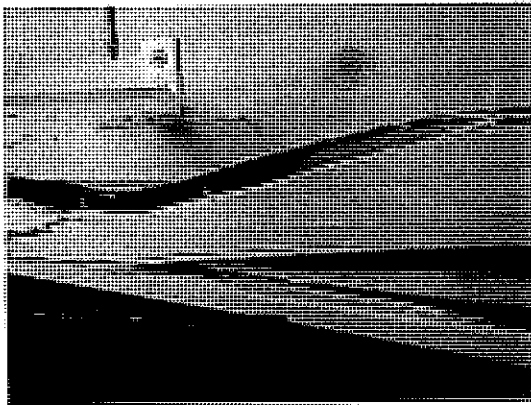
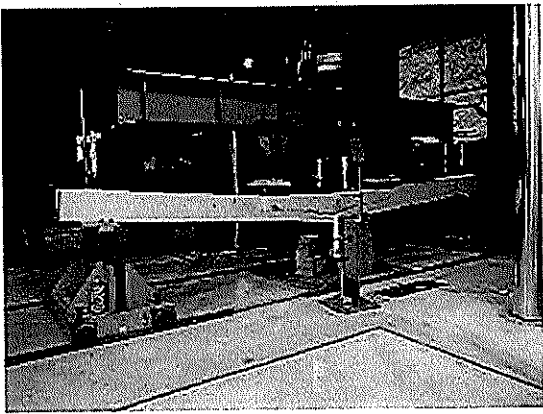
4-4 試験終了時の状況

※一部転載不可



4-5 試験終了時の状況

※一部転載不可

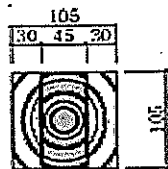


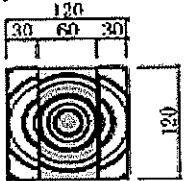
4-6 試験終了時の状況

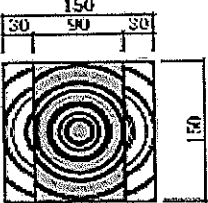
※一部転載不可

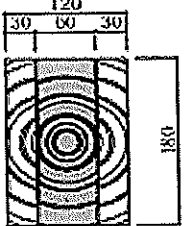
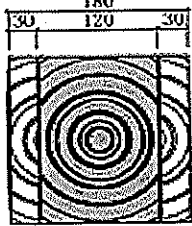
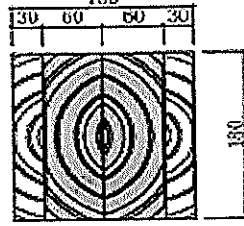
試験体

製品名			
形状			
ラミナ枚数			4プライ
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
継手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30

材せい 試験体長さ	105 [mm] 2,300 [mm]		
--------------	------------------------	--	--

材せい 試験体長さ	120 [mm] 2,600 [mm]		
--------------	------------------------	---	--

材せい 試験体長さ	150 [mm] 3,200 [mm]		
--------------	------------------------	--	--

材せい 試験体長さ	180 [mm] 4,000 [mm]			
--------------	------------------------	---	--	---

※グレー部はすぎ、白部はひのき。
※接着剤はエポキシ系樹脂
※本妻接着。最外層は芯取りをする。

本試験体の仕様

6種類×6体= 36

添付資料

※一部転載不可

試験成績書

林研指第 167-5 号
平成 28 年 2 月 2 日

依頼者住所 東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル
依頼者氏名 一般社団法人 日本ログハウス協会 様

熊本県林業研究指導所



【依頼年月日】 平成 27 年 1 月 3 日
【供試材名】 ハイブリッドラミネート試験体 180mm×180mm×4,000mm 6本
【試験項目】 製品性能試験 実大曲げ試験 6件

【試験方法】

依頼者が持ち込んだ曲げ試験体について、平成 12 年 5 月 31 日付け建設省告示第 1446 号に定める第 1 第 11 号「木質複合軸材料」の別表第二 (ろ) 2 に規定される曲げ強さ及び曲げ弾性係数、同表 (ろ) 4 に規定される最大曲げモーメント及び曲げ剛性を算出するため、2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針 (社団法人 日本ツーバイフォー建築協会) P197、P 208 を参考にして曲げ試験を行った。

表-1 に試験体の仕様と含水率を、図-1 に含水率測定位置を、図-2 及び図-3 に試験の概要を示す。

- ・ 支点間距離 3,600mm の 3 等分 4 点曲げ試験とする。スパンは依頼者指定により、せいひんの 20 倍とする。
- ・ 加力速度：10mm/分
- ・ 使用した試験機：島津製作所製 UH-200kNA

$$\text{曲げ強さ (N/mm}^2\text{)} : F_b = \frac{aP_{max}}{2Z} = \frac{P_{max}\ell}{bh^2}$$

$$\text{曲げヤング係数 (kN/mm}^2\text{)} : E_b = \frac{23\Delta P\ell^3}{108bh^3\Delta y_a}$$

$$\text{最大曲げモーメント (kN}\cdot\text{m)} : M_{max} = \frac{P_{max}\ell}{6}$$

$$\text{曲げ剛性} : EI = \frac{\Delta P \ell^3}{\Delta y_b 432}$$

P_{max} : 最大荷重(kN)、 ℓ : スパン (mm)、 b : 幅(mm)、 h : 厚さ(mm)、 Z : 断面係数 (mm³)、
矩形断面では $bh^2/6$ 、 a : 支点から荷重点までの距離、今回は $a=\ell/3$ 、 I : 断面 2 次モーメント (mm⁴)、
矩形断面では $bh^3/12$ 、 ΔP : 荷重の増分(kN)、 Δy_a : 変位の増分(mm)、 Δy_b : 変位 (中央の変位から載荷点直下 2 点の平均変位を差し引いた値) の増分(mm)

※一部転載不可

表-1. 試験体の仕様と含水率

No	L(m)	W(mm)	H(mm)	含水率(%)			
				A	B	C	D
5-1	3.998	179.76	179.88	19.5	11.0	10.0	20.0
5-2	3.998	179.80	179.87	19.5	11.0	10.0	16.0
5-3	3.998	179.67	179.85	22.0	12.0	10.5	19.5
5-4	3.998	179.70	179.90	22.5	11.0	11.5	22.0
5-5	3.998	179.72	179.84	19.5	13.0	11.0	20.0
5-6	3.998	179.63	180.02	21.0	11.5	11.5	26.5

含水率は高周波木材水分計(HM520 ケット社製)により、材中央付近にてヒキ、スキそれぞれ測定

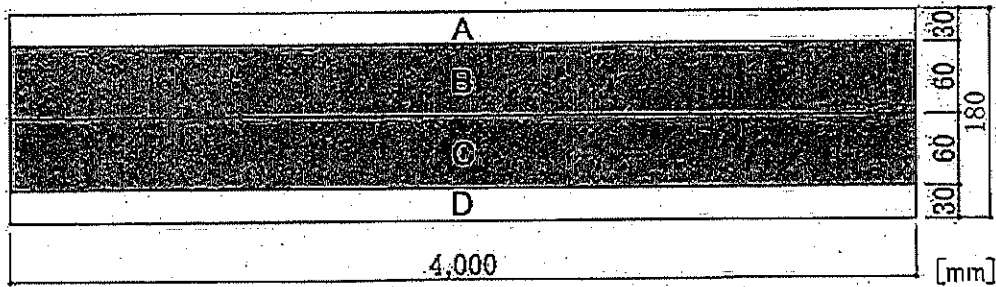


図-1 含水率測定位置。(平面図：外層はヒキ、内層はスキ)

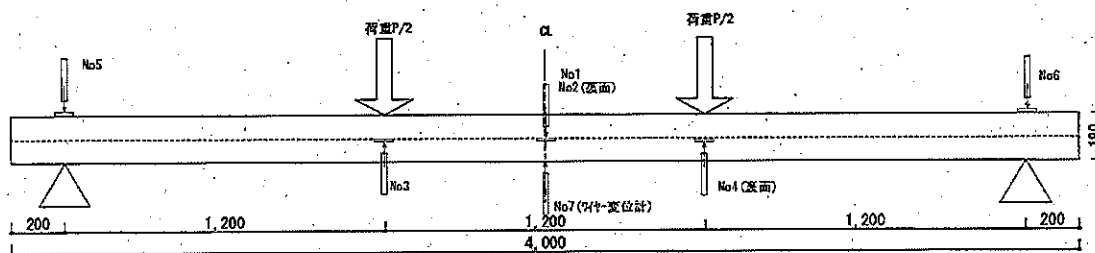


図-2 曲げ試験の概要

※一部転載不可

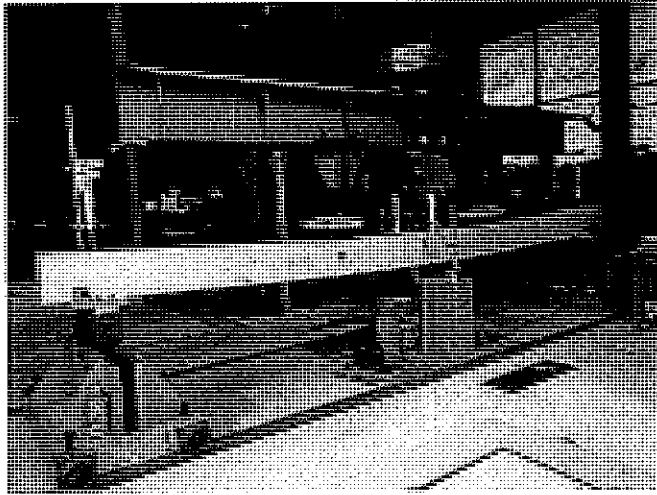


図-3 曲げ試験の概要

【試験結果】

荷重-変位曲線 (図-4)

試験の結果 (表-2)

試験終了時の状況写真

【その他】

添付図表等：試験体断面寸法表 (依頼者作成)

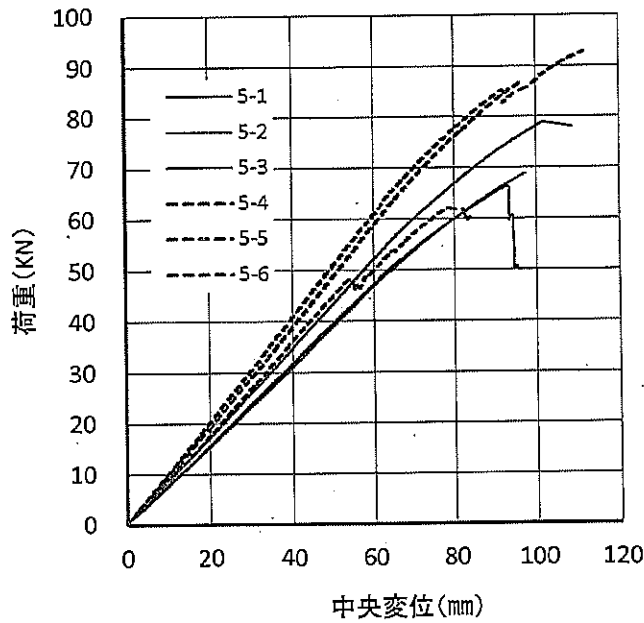


図-4 荷重 - 変位曲線

表-2 試験の結果

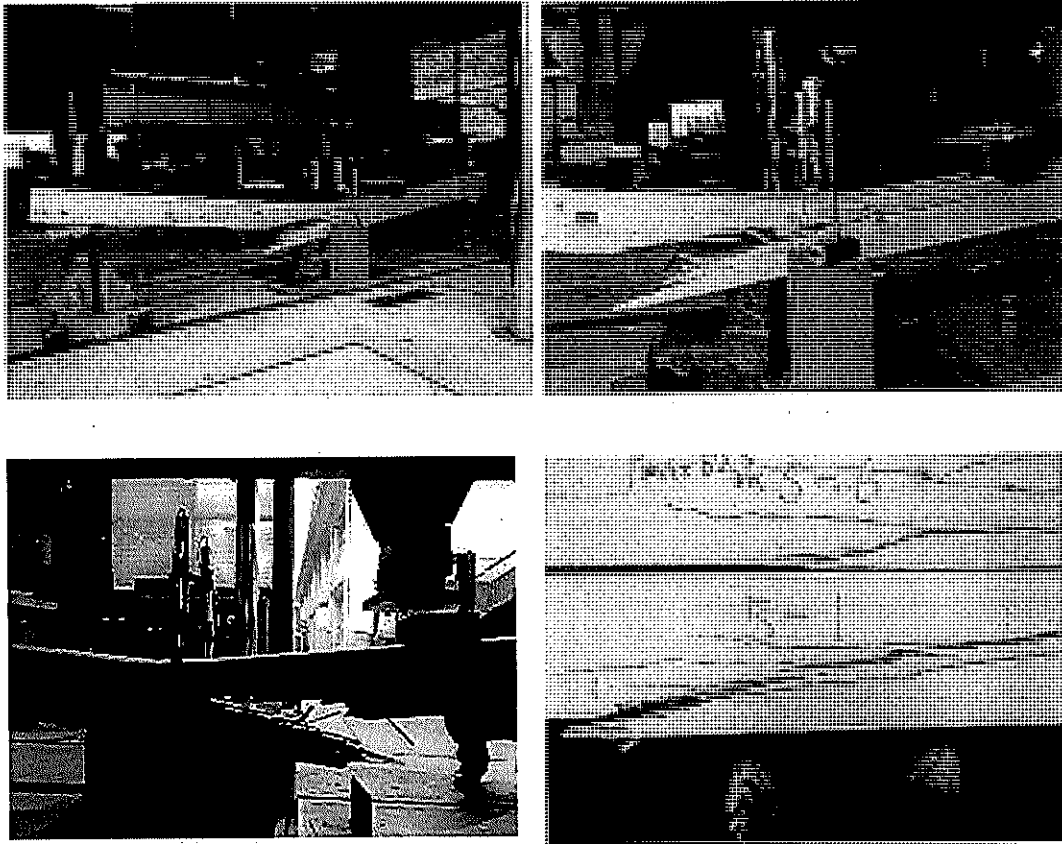
材種	製品寸法			スパン (mm)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	最大曲げモーメント (kN・m)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ剛性 (kN・m ²)	備考
	幅(mm)	厚さ(mm)	材長(mm)							
5-1	179.76	179.88	3,998	3600	79.20	49.02	47.52	8.27	767.14	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
5-2	179.80	179.87	3,998	3600	69.15	42.79	41.49	7.37	677.83	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
5-3	179.67	179.85	3,998	3600	66.70	41.32	40.02	7.43	663.49	荷重点間の側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
5-4	179.70	179.90	3,998	3600	87.20	53.98	52.32	9.23	844.80	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
5-5	179.72	179.84	3,998	3600	85.60	53.02	51.36	9.61	874.32	荷重点間の側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
5-6	179.63	180.02	3,998	3600	62.08	38.39	37.25	8.46	772.72	荷重点間の側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
平均値					74.99	46.42	44.99	8.40	766.72	
標準偏差					10.48	6.50	6.29	0.91	85.17	
変動係数					0.14	0.14	0.14	0.11	0.11	
信頼水準75%の95%下側許容限界値* k=2.336					50.51	31.24	30.31	6.26	567.77	

*信頼水準75%下側許容限界値は各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した。

ばらつき係数=1-CV・k

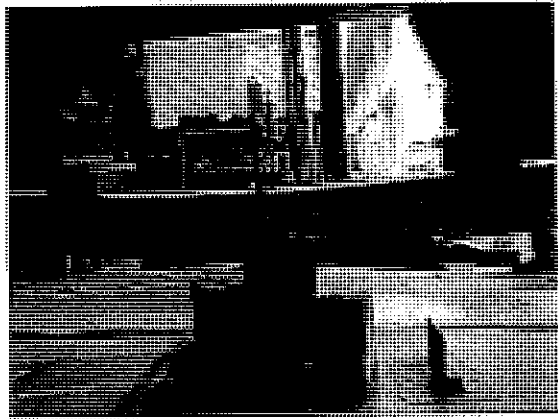
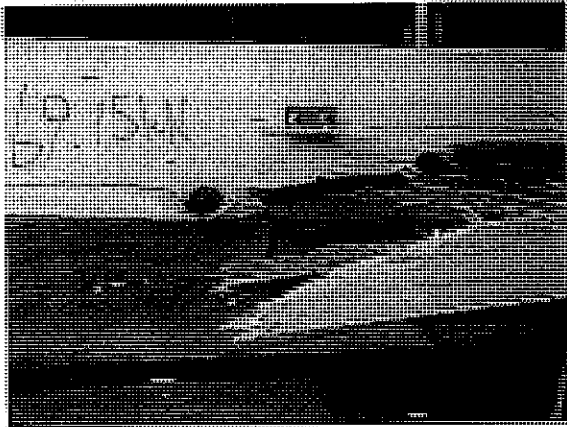
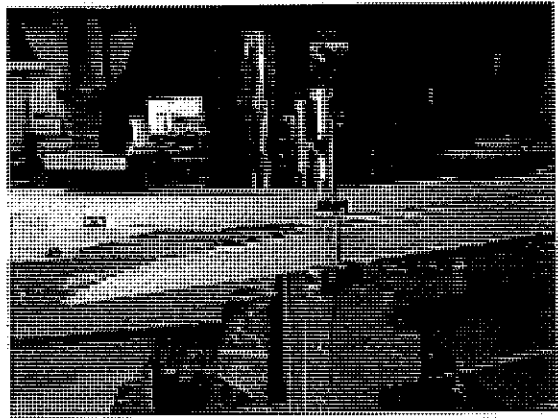
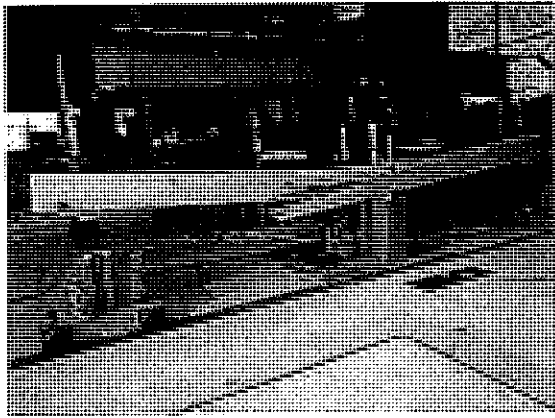
CV: 変動係数 k: 信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。試験体数6体のとき、k=2.336

※一部転載不可



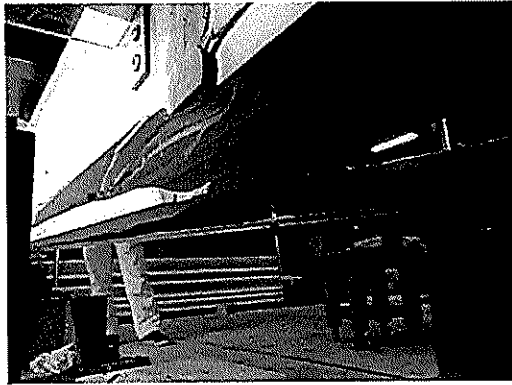
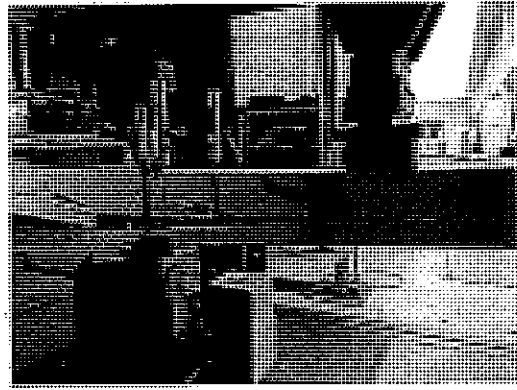
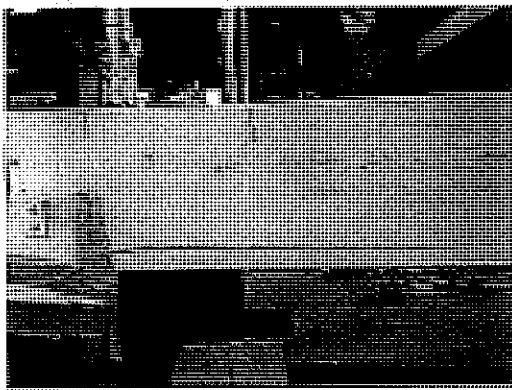
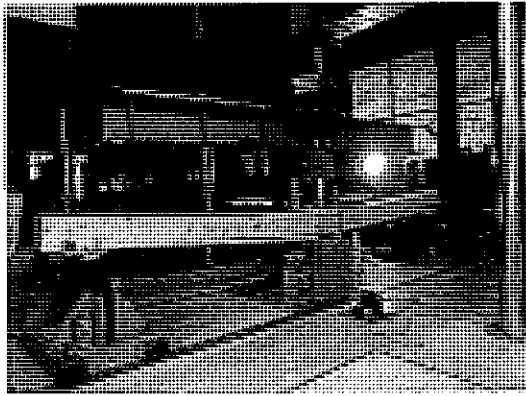
5-1 試験終了時の状況

※一部転載不可



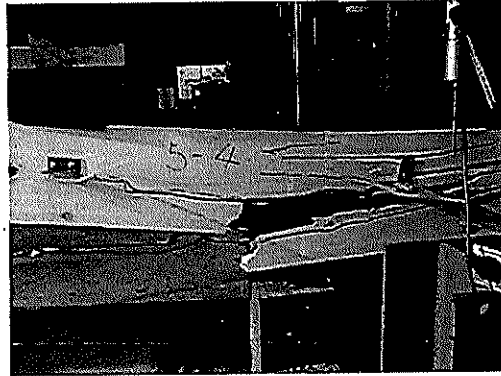
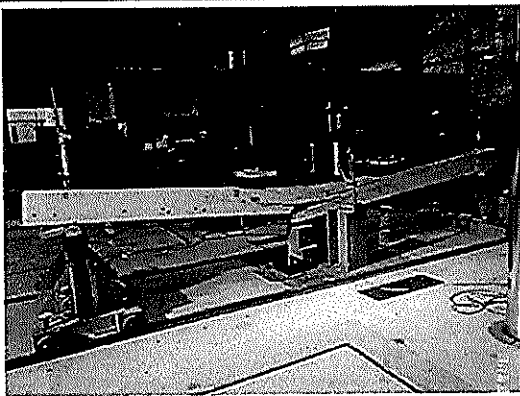
5-2 試験終了時の状況

※一部転載不可



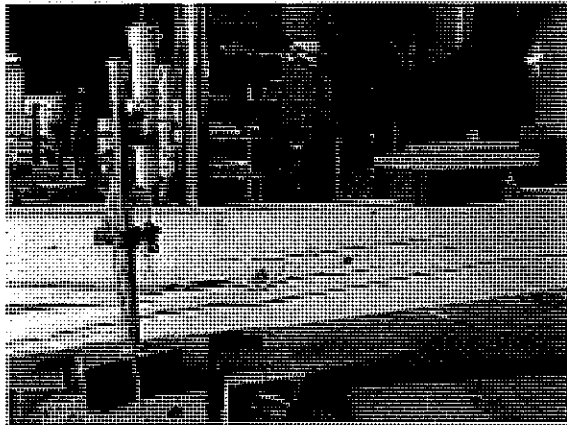
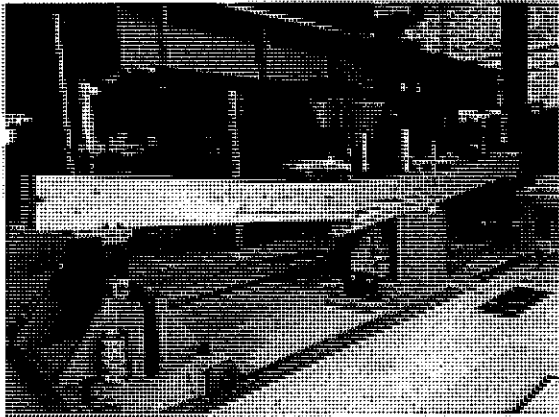
5-3 試験終了時の状況

※一部転載不可



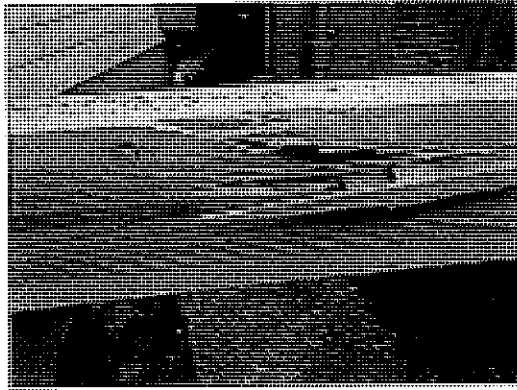
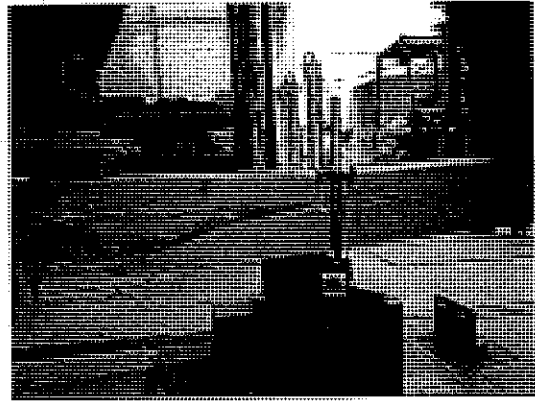
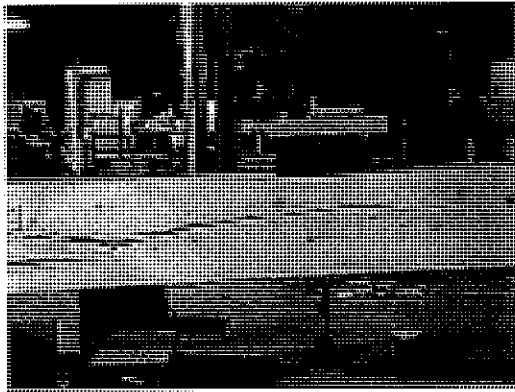
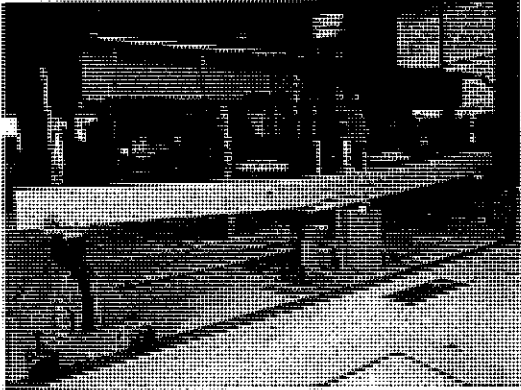
5-4 試験終了時の状況

※一部転載不可



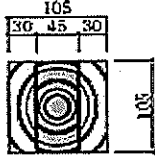
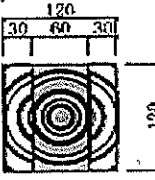
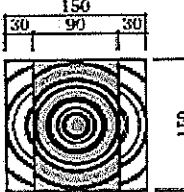
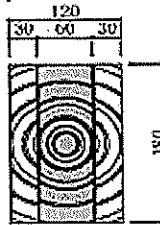
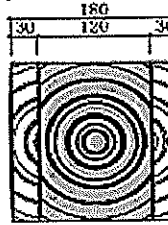
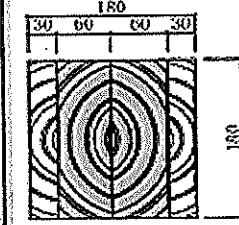
5-5 試験終了時の状況

※一部転載不可



5-6 試験終了時の状況

※一部転載不可

試験体			
製品名			
形状			
ラミナ枚数	4プライ		
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
継手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30
材せい 試験体長さ	105 [mm] 2,300 [mm]		
材せい 試験体長さ	120 [mm] 2,600 [mm]		
材せい 試験体長さ	150 [mm] 3,200 [mm]		
材せい 試験体長さ	180 [mm] 4,000 [mm]	  	
<p>※グレー部はすぎ、白部はひのき。 ※接着剤はエポキシ系樹脂 ※本表接着。最外層は芯取りをする。</p> <p style="text-align: right;">6種類×6体= 36</p>			

本試験体の仕様

添付資料

※一部転載不可

試験成績書

林研指第 167-6 号
平成 28 年 2 月 2 日

依頼者住所 東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル
依頼者氏名 一般社団法人 日本ログハウス協会 様

熊本県林業研究指導所



【依頼年月日】 平成 27 年 1 月 3 日
【供試材名】 ハイブリッドラミネート試験体 180mm×180mm×4,000mm 6本
【試験項目】 製品性能試験 実大曲げ試験 6件

【試験方法】

依頼者が持ち込んだ曲げ試験体について、平成 12 年 5 月 31 日付け建設省告示第 1446 号に定める第 1 第 11 号「木質複合軸材料」の別表第二 (ろ) 2 に規定される曲げ強さ及び曲げ弾性係数、同表 (ろ) 4 に規定される最大曲げモーメント及び曲げ剛性を算出するため、2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針 (社団法人 日本ツーバイフォー建築協会) P197、P 208 を参考にして曲げ試験を行った。

表-1 に試験体の仕様と含水率を、図-1 に含水率測定位置を、図-2 及び図-3 に試験の概要を示す。

- ・ 支点間距離 3,600mm の 3 等分 4 点曲げ試験とする。スパンは依頼者指定により、せい の 20 倍とする。
- ・ 加力速度：10mm/分
- ・ 使用した試験機：島津製作所製 UH-200kNA

$$\text{曲げ強さ}(N/mm^2) : F_b = \frac{aP_{max}}{2Z} = \frac{P_{max}\ell}{bh^2}$$

$$\text{曲げヤング係数}(kN/mm^2) : E_b = \frac{23\Delta P\ell^3}{108bh^3\Delta y_a}$$

$$\text{最大曲げモーメント}(kN\cdot m) : M_{max} = \frac{P_{max}\ell}{6}$$

$$\text{曲げ剛性} : EI = \frac{\Delta P \ell^3}{\Delta y_b 432}$$

P_{max} : 最大荷重(kN)、 ℓ : スパン (mm)、 b : 幅(mm)、 h : 厚さ(mm)、 Z : 断面係数 (mm³)、矩形断面では $bh^2/6$ 、 a : 支点から荷重点までの距離、今回は $a=\ell/3$ 、 I : 断面 2 次モーメント (mm⁴)、矩形断面では $bh^3/12$ 、 ΔP : 荷重の増分(kN)、 Δy_a : 変位の増分(mm)、 Δy_b : 変位 (中央の変位から載荷点直下 2 点の平均変位を差し引いた値) の増分(mm)

※一部転載不可

表-1 試験体の仕様と含水率

No	L(m)	W(mm)	H(mm)	含水率(%)		
				A	B	C
6-1	4.000	179.86	120.01	17.5	16.0	18.5
6-2	3.998	179.93	119.91	17.0	15.0	19.5
6-3	3.998	180.06	119.88	18.5	20.0	20.5
6-4	3.998	180.16	119.88	19.5	27.0	18.0
6-5	3.998	180.11	119.70	24.5	22.0	21.5
6-6	3.998	179.88	119.95	24.5	29.0	23.0

含水率は高周波木材水分計(HM520 ケット社製)により、材中央付近にてヒキ、スギそれぞれ測定

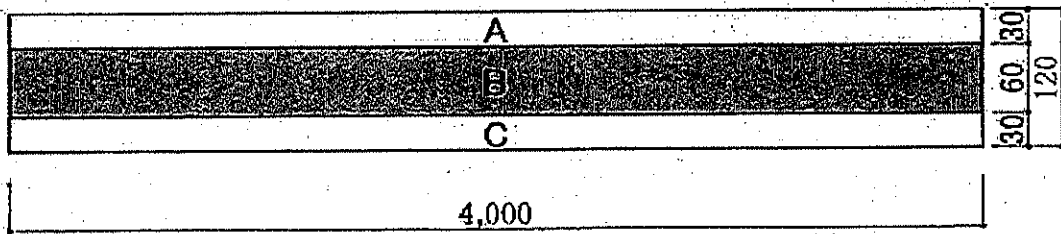


図-1 含水率測定位置 (平面図: 外層はヒキ、内層はスギ)

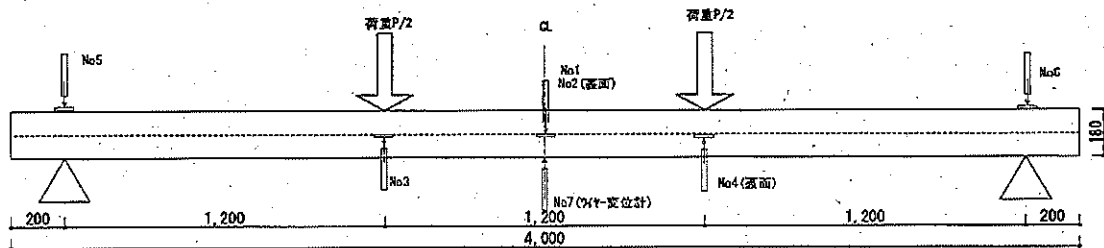


図-2 曲げ試験の概要

※一部転載不可

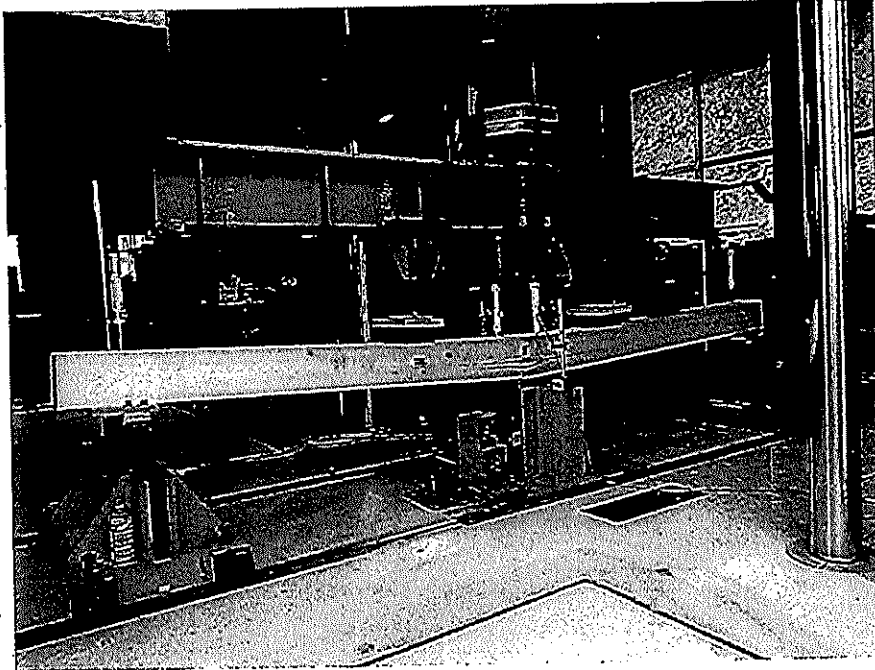


図-3 曲げ試験の概要

【試験結果】

荷重-変位曲線 (図-4)

試験の結果 (表-2)

試験終了時の状況写真

【その他】

添付図表等：試験体断面寸法表 (依頼者作成)

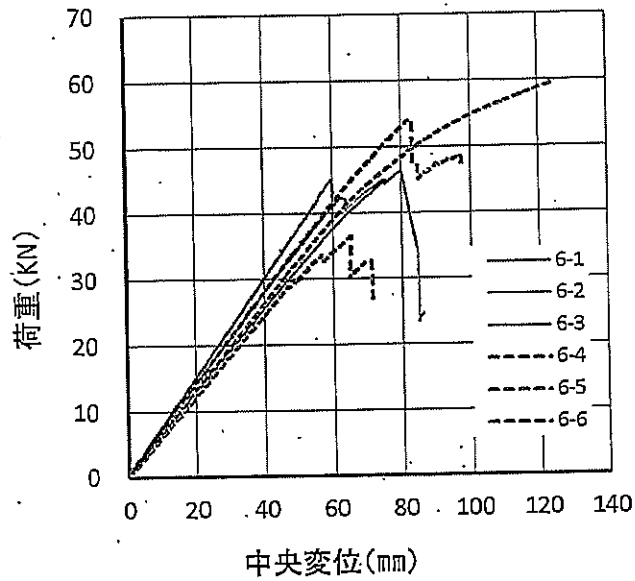


図-4 荷重 - 変位曲線

表-2 試験の結果

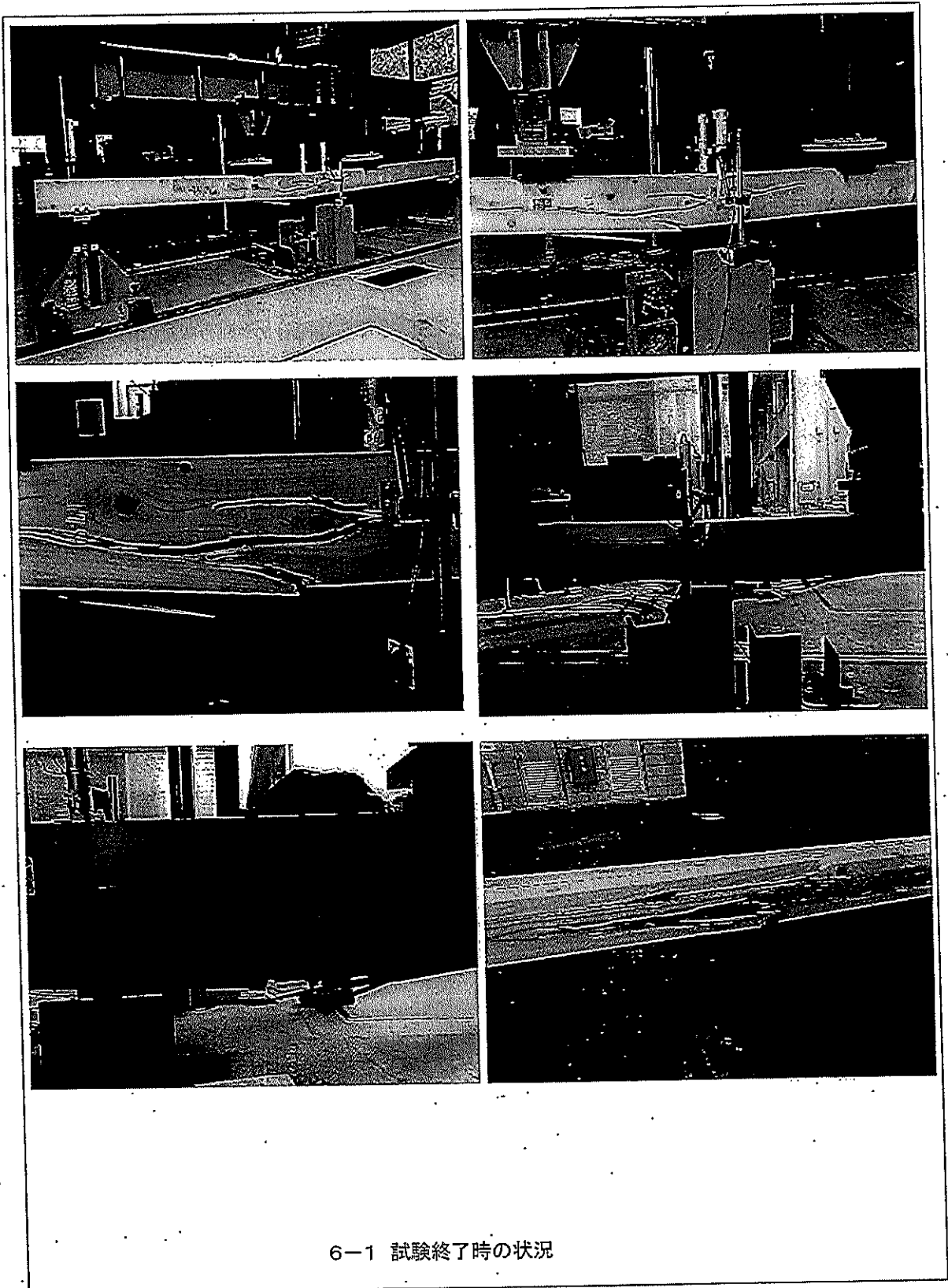
曲げ試験

材種	製品寸法			スパン (mm)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	最大曲げモーメント (kN・m)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ剛性 (kN・m ²)	備考
	幅(mm)	厚さ(mm)	材長(mm)							
6-1	120.01	179.86	4,000	3600	45.00	41.73	27.00	10.63	633.60	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
6-2	119.91	179.93	3,998	3600	46.40	43.03	27.84	9.88	589.85	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
6-3	119.88	180.06	3,998	3600	45.10	41.77	27.06	8.97	513.69	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
6-4	119.88	180.16	3,998	3600	36.50	33.77	21.90	8.68	553.09	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
6-5	119.70	180.11	3,998	3600	59.95	55.58	35.97	9.19	560.16	側面(ヒキ)及び内部(スキ)の曲げ破壊
6-6	119.95	179.88	3,998	3600	54.40	50.48	32.64	9.99	605.87	側面(ヒキ)の節からの破壊後、内部(スキ)の曲げ破壊
平均値					47.89	44.39	28.74	9.56	576.05	
標準偏差					8.20	7.62	4.92	0.73	42.57	
変動係数					0.17	0.17	0.17	0.08	0.07	
信頼水準75%の95%下側許容限界値 [※] k=2.336					28.74	26.58	17.25	7.84	476.61	

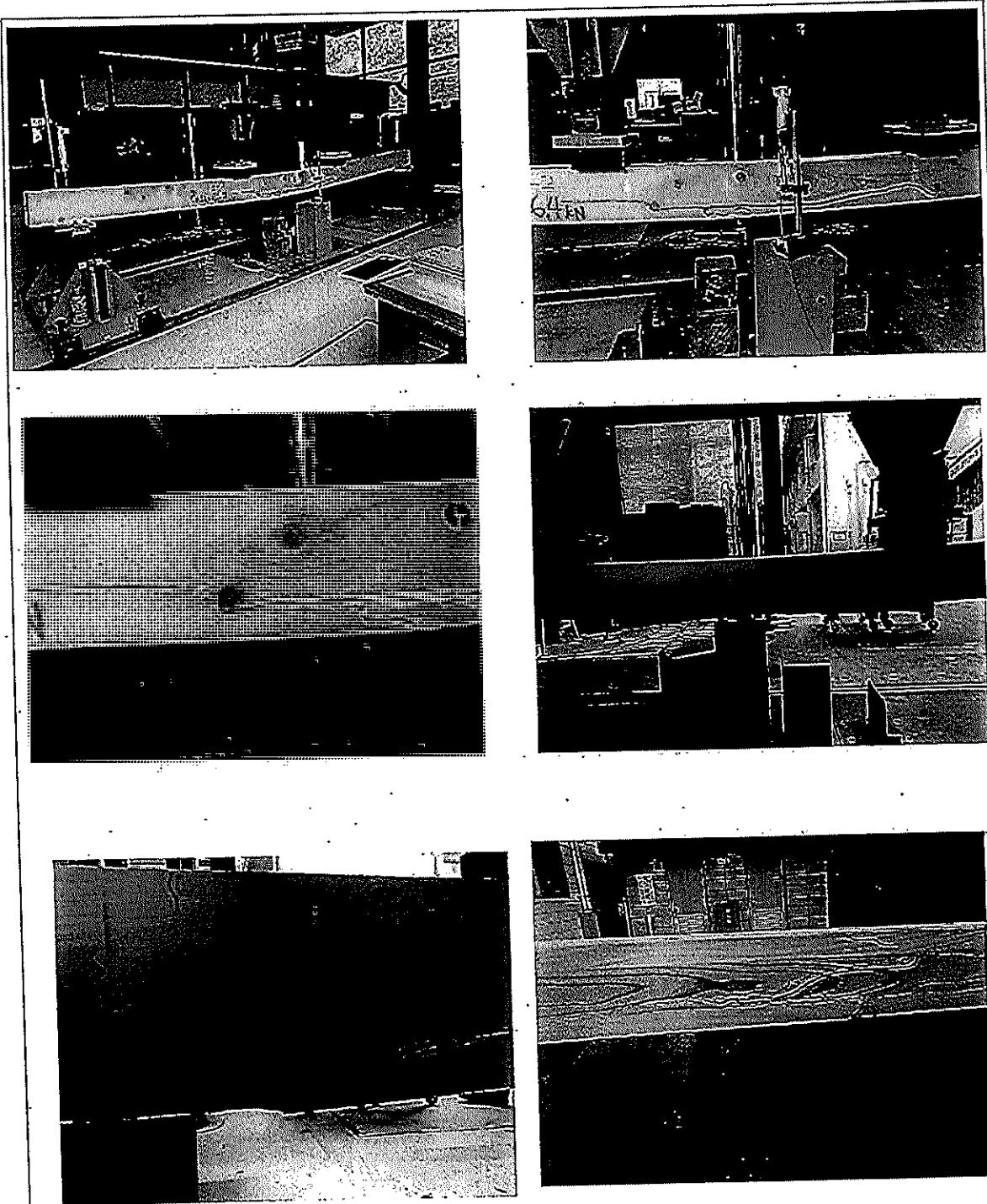
※信頼水準75%下側許容限界値は各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した。

ばらつき係数=1-CV・k

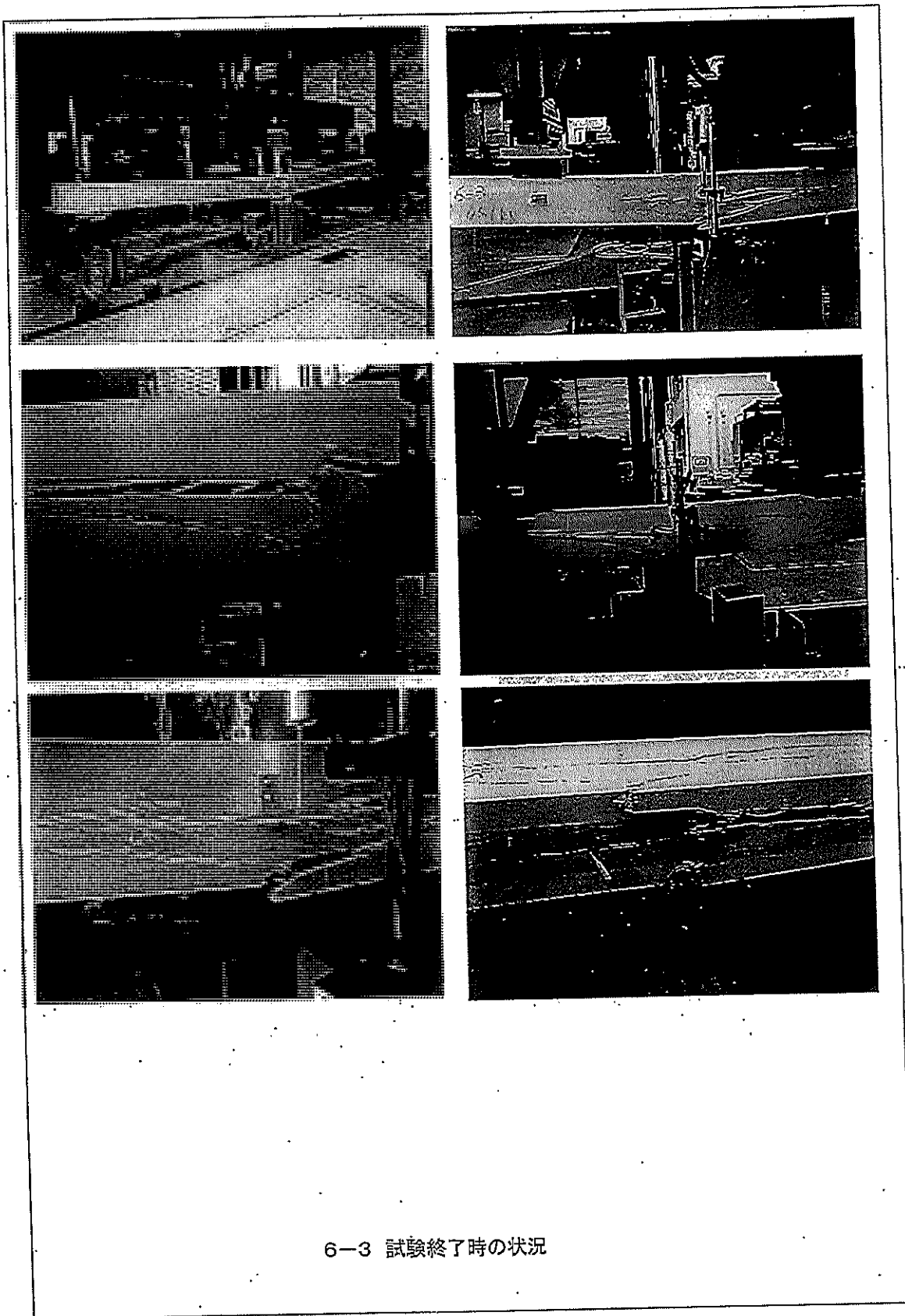
CV: 変動係数 k: 信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。試験体数6体のとき、k=2.336



※一部転載不可

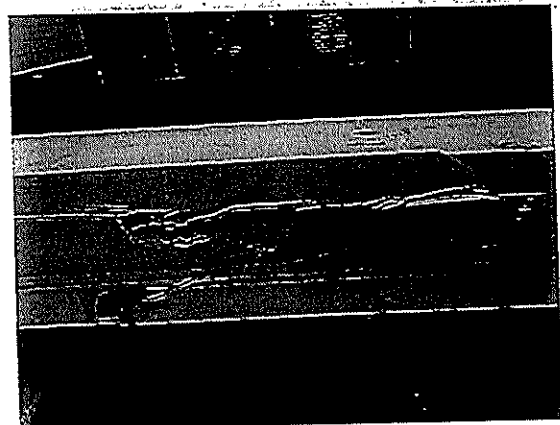
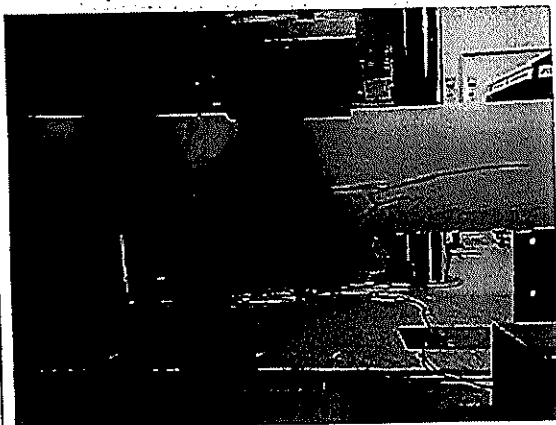
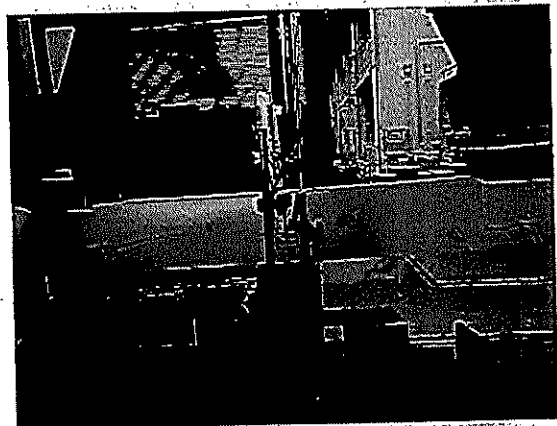
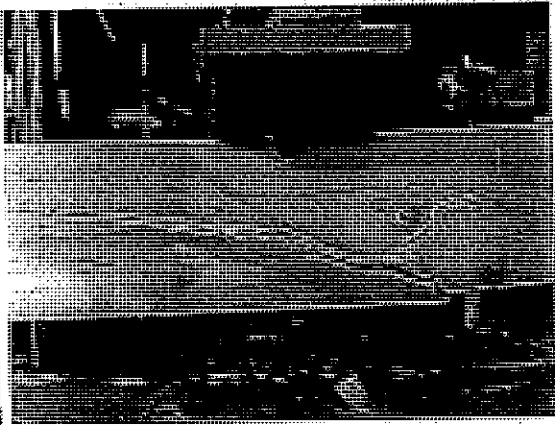
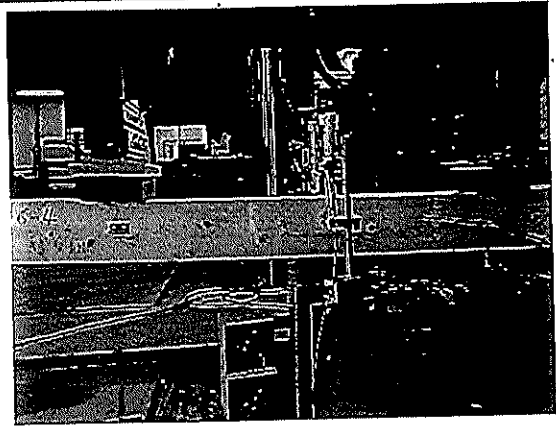
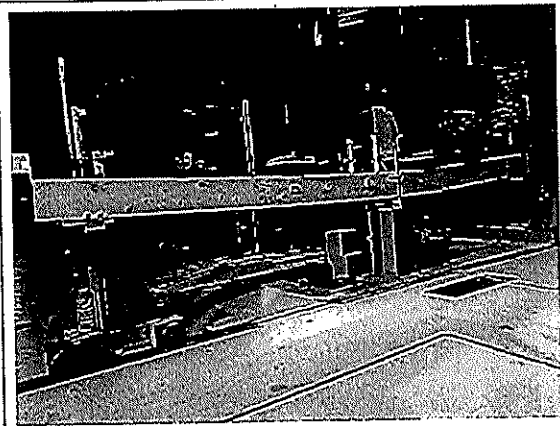


6-2 試験終了時の状況



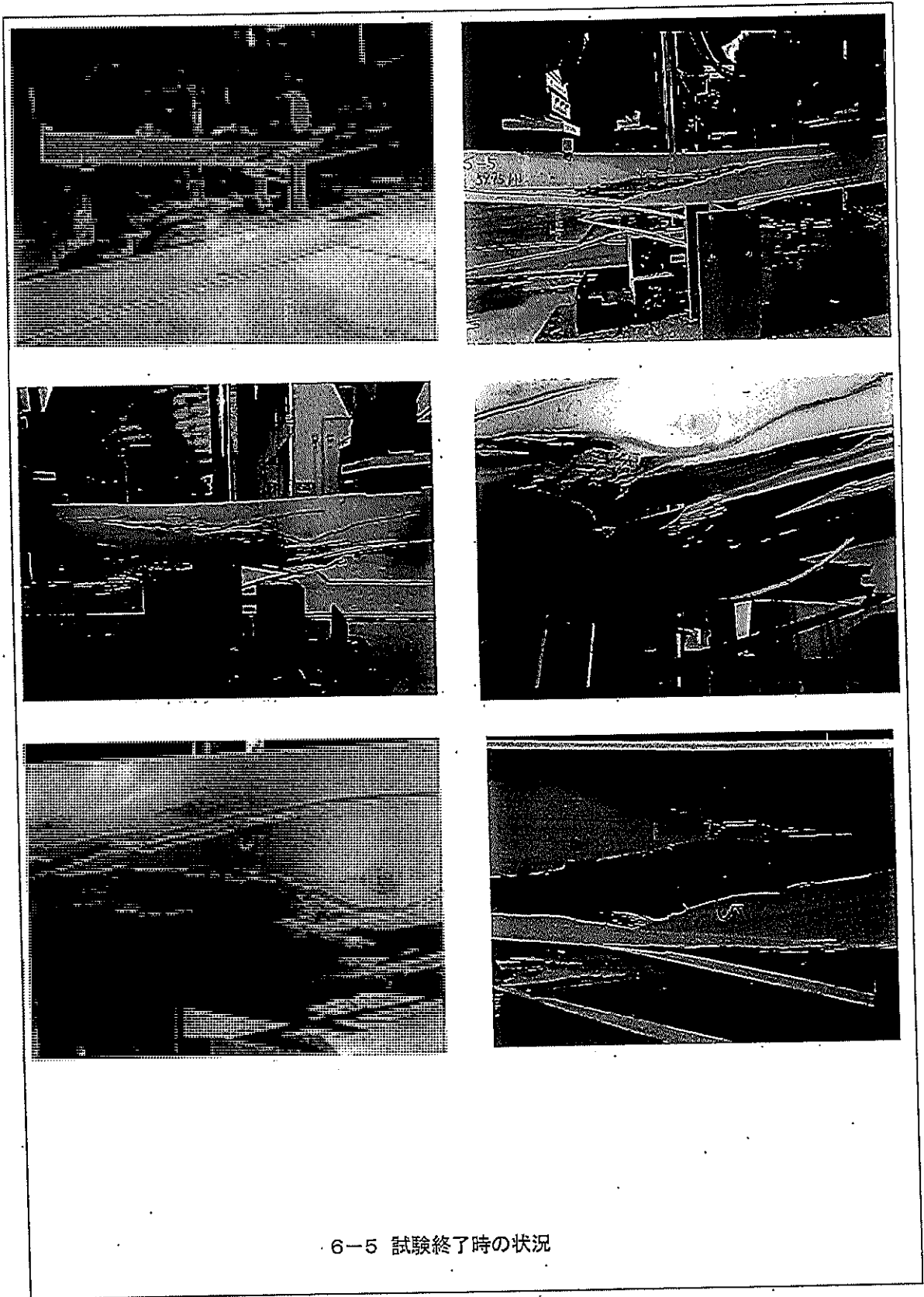
6-3 試験終了時の状況

※一部転載不可



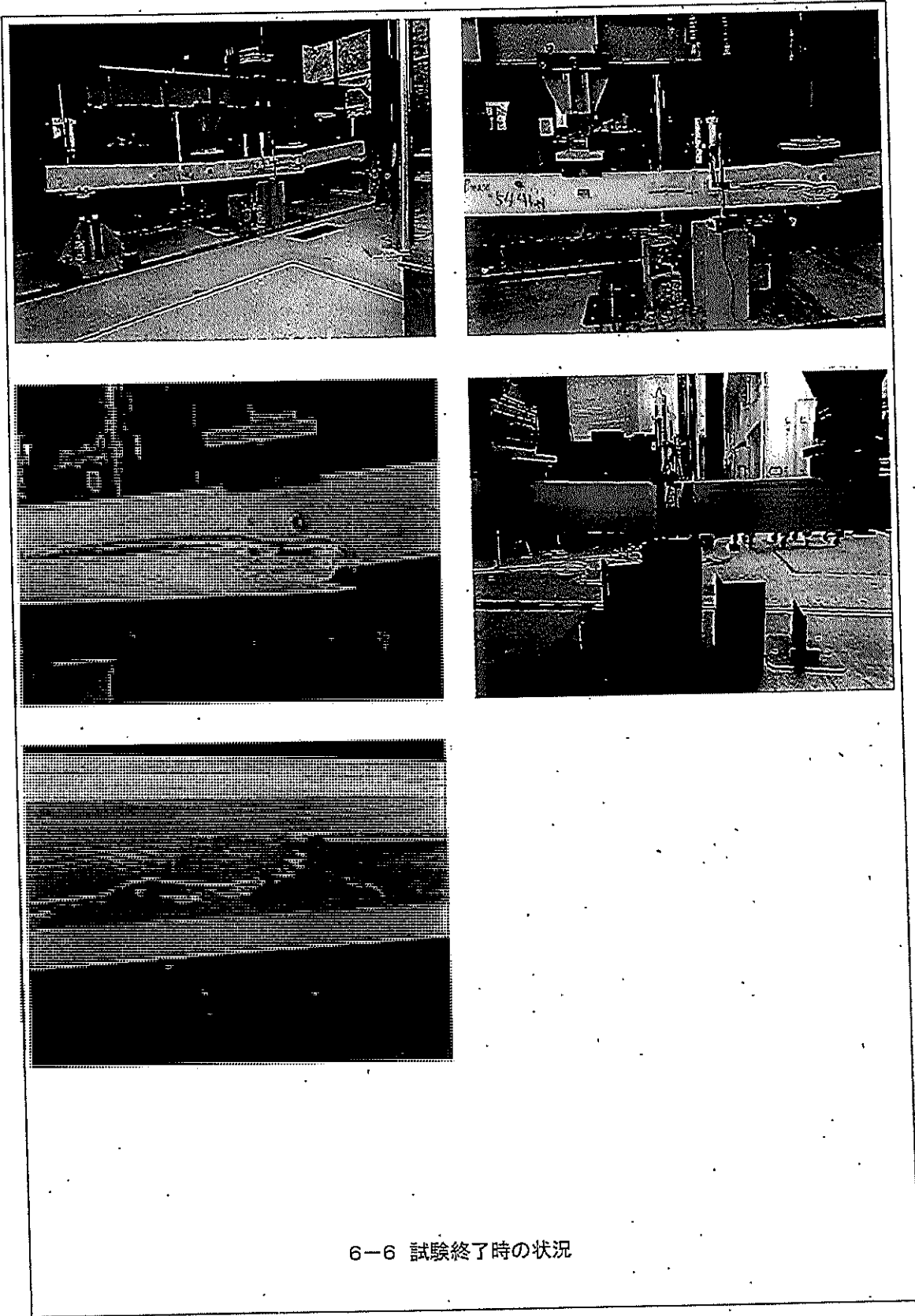
6-4 試験終了時の状況

※一部転載不可



6-5 試験終了時の状況

※一部転載不可



6-6 試験終了時の状況

※一部転載不可

試験体

製品名			
形状			
ラミナ枚数			4プライ
ラミナ構成強度等級	E90-E70-E90	E90-E70-E90	E90-E70-E70-E90
継手間隔	なし	なし	なし
最外層厚さ [mm]	30	30	30

材せい 105 [mm] 試験体長さ 2,300 [mm]			
----------------------------------	--	--	--

材せい 120 [mm] 試験体長さ 2,600 [mm]			
----------------------------------	--	--	--

材せい 150 [mm] 試験体長さ 3,200 [mm]			
----------------------------------	--	--	--

材せい 180 [mm] 試験体長さ 4,000 [mm]			
----------------------------------	--	--	--

※グレー部はすぎ、白部はひのき。 本試験体の仕様 6種目×6枚= 36
 ※接着剤はエポキシ系樹脂
 ※木差接着。最外層は芯取りとする。

添付資料

※一部転載不可

付録 1

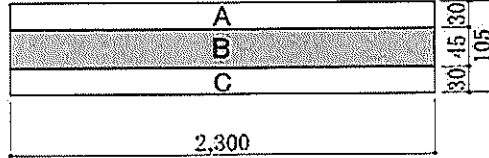
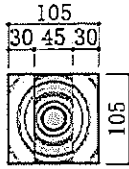
ハイブリッドラミネートログ 部材情報

杉 1 試験体No.	L (mm)	W (mm)	H (mm)	材積 (m3)	重量 (kg)	周波数 (Hz)	密度 (kg/m3)	縦振動ヤング係数		
								Ef (A) kN/mm ²	Ef tf/cm ²	E等級相当値
1-1-B	3,000	50	125	0.019	8.3	697.1	442.667	7.7	78.5	E 70
1-2-B	3,000	50	125	0.019	9.4	650.0	501.333	7.6	77.8	E 70
1-3-B	3,000	50	125	0.019	8.6	605.0	458.667	6.0	61.6	E 70
1-4-B	3,000	50	125	0.019	7.3	734.0	389.333	7.6	77.0	E 70
1-5-B	3,000	50	125	0.019	8.7	678.0	464.000	7.7	78.3	E 70
1-6-B	3,000	50	125	0.019	8.4	630.0	448.000	6.4	65.3	E 70
2-1-B	3,000	70	140	0.029	15.2	590.0	517.007	6.5	66.1	E 70
2-2-B	3,000	70	140	0.029	14.2	630.0	482.993	6.9	70.4	E 70
2-3-B	3,000	70	140	0.029	15.3	640.0	520.408	7.7	78.2	E 70
2-4-B	3,000	70	140	0.029	16.6	592.0	564.626	7.1	72.6	E 70
2-5-B	3,000	70	140	0.029	13.7	659.0	465.986	7.3	74.3	E 70
2-6-B	3,000	70	140	0.029	15.3	645.0	520.408	7.8	79.4	E 70
3-1-B	4,000	105	170	0.071	33.6	481.0	470.588	7.0	71.1	E 70
3-2-B	4,000	105	170	0.071	34.1	490.0	477.591	7.3	74.8	E 70
3-3-B	4,000	105	170	0.071	35.1	484.5	491.597	7.4	75.4	E 70
3-4-B	4,000	105	170	0.071	32.7	482.0	457.983	6.8	69.4	E 70
3-5-B	4,000	105	170	0.071	35.3	471.0	494.398	7.0	71.6	E 70
3-6-B	4,000	105	170	0.071	37.1	473.7	519.608	7.5	76.1	E 70
6-1-B	4,000	72	195	0.056	29.6	454.9	527.066	7.0	71.2	E 70
6-2-B	4,000	72	195	0.056	27.9	455.4	496.795	6.6	67.2	E 70
6-3-B	4,000	72	195	0.056	28.1	462.2	500.356	6.8	69.7	E 70
6-4-B	4,000	72	195	0.056	28.1	484.5	500.356	7.5	76.7	E 70
6-5-B	4,000	72	195	0.056	29.1	465.2	518.162	7.2	73.2	E 70
6-6-B	4,000	72	195	0.056	28.2	481.8	502.137	7.5	76.1	E 70
4-1-B	4,000	130	192	0.100	40.0	492.5	400.641	6.2	63.4	E 70
4-2-B	4,000	130	192	0.100	49.1	492.6	491.787	7.6	77.9	E 70
4-3-B	4,000	130	192	0.100	47.9	481.8	479.768	7.1	72.7	E 70
4-4-B	4,000	130	192	0.100	46.2	498.0	462.740	7.3	74.8	E 70
4-5-B	4,000	130	192	0.100	46.5	487.2	465.745	7.1	72.2	E 70
4-6-B	4,000	130	192	0.100	48.2	495.2	482.772	7.6	77.3	E 70
5-1-B	4,000	65	200	0.052	19.7	498.0	378.846	6.0	61.3	E 70
5-2-B	4,000	65	200	0.052	20.5	498.5	394.231	6.3	63.9	E 70
5-3-B	4,000	65	200	0.052	21.6	485.2	415.385	6.3	63.8	E 70
5-4-B	4,000	65	200	0.052	21.5	512.5	413.462	7.0	70.9	E 70
5-5-B	4,000	65	200	0.052	21.3	511.4	409.615	6.9	70.0	E 70
5-6-B	4,000	65	200	0.052	20.8	524.9	400.000	7.1	71.9	E 70
5-1-C	4,000	65	200	0.052	20.8	516.8	400.000	6.8	69.7	E 70
5-2-C	4,000	65	200	0.052	19.6	524.2	376.923	6.6	67.6	E 70
5-3-C	4,000	65	200	0.052	19.2	506.0	369.231	6.1	61.7	E 70
5-4-C	4,000	65	200	0.052	20.0	530.3	384.615	6.9	70.6	E 70
5-5-C	4,000	65	200	0.052	20.1	535.2	386.538	7.1	72.3	E 70
5-6-C	4,000	65	200	0.052	20.6	530.3	396.154	7.1	72.7	E 70

検 1

試験体No.	L (mm)	W (mm)	H (mm)	材積 (m ³)	重量 (kg)	周波数 (Hz)	密度 (kg/m ³)	縦振動ヤング係数		
								Ef (A) kN/mm ²	Ef tf/cm ²	E等級相当値
1-1-A	3,000	40	125	0.015	7.3	750.1	486.667	9.9	101.0	E 110
1-2-A	3,000	40	125	0.015	8.5	724.1	566.667	10.7	109.1	E 110
1-3-A	3,000	40	125	0.015	8.6	735.3	573.333	11.2	113.8	E 110
1-4-A	3,000	40	125	0.015	7.4	745.6	493.333	9.9	100.6	E 110
1-5-A	3,000	40	125	0.015	7.3	755.5	486.667	10.0	102.0	E 110
1-6-A	3,000	40	125	0.015	6.8	783.3	453.333	10.0	102.1	E 110
1-1-C	3,000	40	125	0.015	7.9	777.9	526.667	11.5	117.0	E 110
1-2-C	3,000	40	125	0.015	8.5	745.6	566.667	11.3	115.6	E 110
1-3-C	3,000	40	125	0.015	7.5	750.5	500.000	10.1	103.4	E 110
1-4-C	3,000	40	125	0.015	8.4	740.2	560.000	11.1	112.7	E 110
1-5-C	3,000	40	125	0.015	7.8	745.5	520.000	10.4	106.1	E 110
1-6-C	3,000	40	125	0.015	7.7	752.3	513.333	10.5	106.7	E 110
2-1-A	3,000	40	140	0.017	9.1	750.1	541.667	11.0	111.9	E 110
2-2-A	3,000	40	140	0.017	9.3	765.5	553.571	11.7	119.1	E 110
2-3-A	3,000	40	140	0.017	8.8	770.5	523.810	11.2	114.1	E 110
2-4-A	3,000	40	140	0.017	8.8	770.2	523.810	11.2	114.1	E 110
2-5-A	3,000	40	140	0.017	8.5	780.5	505.952	11.1	113.2	E 110
2-6-A	3,000	40	140	0.017	8.9	780.2	529.762	11.6	118.4	E 110
2-1-C	3,000	40	140	0.017	8.5	780.5	505.952	11.1	113.2	E 110
2-2-C	3,000	40	140	0.017	8.6	790.0	511.905	11.5	117.3	E 110
2-3-C	3,000	40	140	0.017	8.8	790.5	523.810	11.8	120.1	E 110
2-4-C	3,000	40	140	0.017	8.5	798.2	505.952	11.6	118.3	E 110
2-5-C	3,000	40	140	0.017	8.5	799.0	505.952	11.6	118.6	E 110
2-6-C	3,000	40	140	0.017	8.6	799.2	511.905	11.8	120.0	E 110
3-1-A	4,000	40	170	0.027	13.0	570.5	477.941	10.0	101.6	E 110
3-2-A	4,000	40	170	0.027	13.8	580.5	507.353	10.9	111.6	E 110
3-3-A	4,000	40	170	0.027	14.6	575.2	536.765	11.4	115.9	E 110
3-4-A	4,000	40	170	0.027	13.3	580.1	488.971	10.5	107.4	E 110
3-5-A	4,000	40	170	0.027	12.8	590.2	470.588	10.5	107.0	E 110
3-6-A	4,000	40	170	0.027	12.9	595.2	474.265	10.8	109.6	E 110
3-1-C	4,000	40	170	0.027	13.0	586.8	477.941	10.5	107.4	E 110
3-2-C	4,000	40	170	0.027	12.9	598.2	474.265	10.9	110.7	E 110
3-3-C	4,000	40	170	0.027	13.9	594.9	511.029	11.6	118.0	E 110
3-4-C	4,000	40	170	0.027	13.3	598.3	488.971	11.2	114.2	E 110
3-5-C	4,000	40	170	0.027	12.5	597.1	459.559	10.5	107.0	E 110
3-6-C	4,000	40	170	0.027	12.5	582.0	459.559	10.0	101.6	E 110
6-1-A	4,000	40	200	0.032	15.6	570.6	487.500	10.2	103.6	E 110
6-2-A	4,000	40	200	0.032	15.1	592.2	471.875	10.6	108.0	E 110
6-3-A	4,000	40	200	0.032	15.1	611.0	471.875	11.3	114.9	E 110
6-4-A	4,000	40	200	0.032	13.9	615.2	434.375	10.5	107.3	E 110
6-5-A	4,000	40	200	0.032	13.8	651.4	431.250	11.7	119.4	E 110
6-6-A	4,000	40	200	0.032	15.5	608.3	484.375	11.5	117.0	E 110
6-1-C	4,000	40	200	0.032	15.8	568.2	493.750	10.2	104.0	E 110
6-2-C	4,000	40	200	0.032	15.5	589.5	484.375	10.8	109.8	E 110
6-3-C	4,000	40	200	0.032	13.8	632.5	431.250	11.0	112.6	E 110
6-4-C	4,000	40	200	0.032	15.5	562.6	484.375	9.8	100.0	E 110
6-5-C	4,000	40	200	0.032	15.2	581.4	475.000	10.3	104.8	E 110
6-6-C	4,000	40	200	0.032	15.2	582.3	475.000	10.3	105.1	E 110

製品名	3プライハイブリッドラミネートログ	最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	2,300 (mm)	ヤング係数	E90-E70-E90
断面寸法	105 × 105 (mm)	含水率	15%以下	樹種	ひのき-すぎ-ひのき



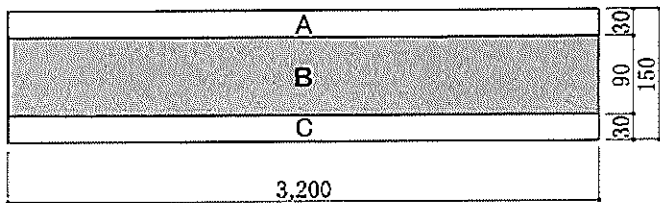
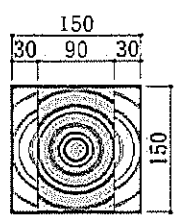
1	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$
	含水率[%]	10.5	11.5	11.0
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
2	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$
	含水率[%]	12.0	12.5	11.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
3	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$
	含水率[%]	10.5	13.0	11.0
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
4	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$
	含水率[%]	12.5	12.5	10.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
5	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$
	含水率[%]	13.0	12.5	12.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
6	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$
	含水率[%]	12.5	13.0	10.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			

※試験体に材名(例A)を記入。

図面番号 HSM-1

製品名	3プライハイブリッドラミネートログ		最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	2,600 (mm)	ヤング係数	E90-E70-E90	
断面寸法	120×120 (mm)	含水率	15%以下	樹種	ひのき-すぎ-ひのき	
[mm]						
1	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110		
	含水率[%]	11.0	13.0	12.5		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
2	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110		
	含水率[%]	13.0	14.0	14.0		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
3	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110		
	含水率[%]	12.5	12.0	13.0		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
4	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110		
	含水率[%]	14.5	12.5	13.0		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
5	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110		
	含水率[%]	12.5	13.5	11.0		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
6	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110		
	含水率[%]	13.0	14.0	12.5		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
※試験体に材名(例A)を記入。				図面番号	HSM-2	

製品名	3プライハイブリッドラミネートログ	最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	3,200 (mm)	ヤング係数	E90-E70-E90
断面寸法	150×150 (mm)	含水率	15%以下	樹種	ひのき-すぎ-ひのき

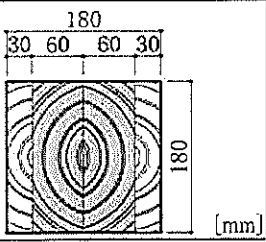
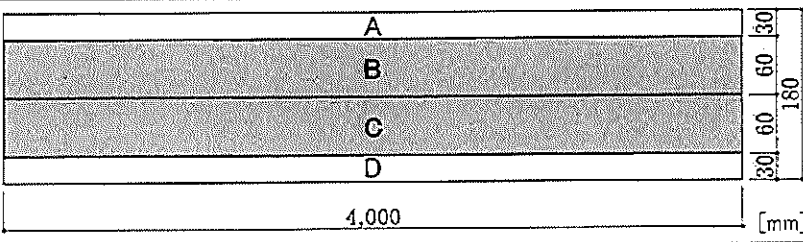


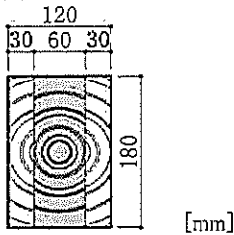
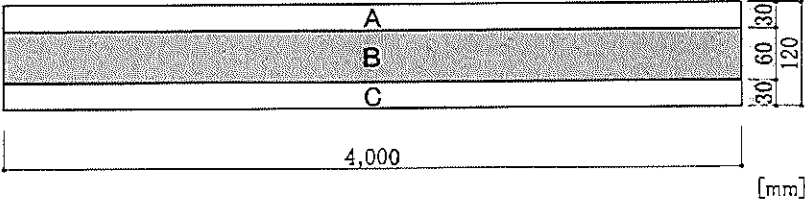
1	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110
	含水率[%]	12.0	14.5	12.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
2	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110
	含水率[%]	11.5	13.5	11.0
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
3	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110
	含水率[%]	10.5	14.5	12.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
4	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110
	含水率[%]	11.0	12.5	12.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
5	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110
	含水率[%]	12.0	12.0	11.5
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			
6	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	E = 110	E = 70	E = 110
	含水率[%]	13.0	14.0	11.0
試験時	含水率[%]			
	重量[kgf]			

※試験体に材名(例A)を記入。

図面番号 HSM-3

製品名	3プライハイブリッドラミネートログ		最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	4,000 (mm)	ヤング係数	E90-E70-E90	
断面寸法	180×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	ひのき-すぎ-ひのき	
1	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	13.0	14.5	12.5		
試験時	含水率[%]	.	.	.		
	重量[kgf]	.	.	.		
2	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	12.5	13.5	13.0		
試験時	含水率[%]	.	.	.		
	重量[kgf]	.	.	.		
3	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	14.0	14.0	13.5		
試験時	含水率[%]	.	.	.		
	重量[kgf]	.	.	.		
4	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	12.5	14.5	12.5		
試験時	含水率[%]	.	.	.		
	重量[kgf]	.	.	.		
5	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	13.0	13.5	12.5		
試験時	含水率[%]	.	.	.		
	重量[kgf]	.	.	.		
6	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	13.0	14.0	10.5		
試験時	含水率[%]	.	.	.		
	重量[kgf]	.	.	.		
※試験体に材名(例A)を記入。				図面番号	HSM-4	

製品名	4プライハイブリッドラミネートログ		最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	4,000 (mm)	ヤング係数	E90-E70-E70-E90	
断面寸法	180×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	ひのき-すぎ-すぎ-ひのき	
						
1	材名	A	B	C	D	
製作時	ヤング係数[GPa]	E=110	E=70	E=70	E=110	
	含水率[%]	10.5	14.5	12.5	11.5	
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
2	材名	A	B	C	D	
製作時	ヤング係数[GPa]	E=110	E=70	E=70	E=110	
	含水率[%]	11.5	14.0	13.0	13.0	
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
3	材名	A	B	C	D	
製作時	ヤング係数[GPa]	E=110	E=70	E=70	E=110	
	含水率[%]	12.5	13.5	12.5	13.0	
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
4	材名	A	B	C	D	
製作時	ヤング係数[GPa]	E=110	E=70	E=70	E=110	
	含水率[%]	11.5	14.0	13.5	13.0	
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
5	材名	A	B	C	D	
製作時	ヤング係数[GPa]	E=110	E=70	E=70	E=110	
	含水率[%]	12.5	11.5	12.5	11.0	
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
6	材名	A	B	C	D	
製作時	ヤング係数[GPa]	E=110	E=70	E=70	E=110	
	含水率[%]	10.5	12.5	13.5	12.5	
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
※試験体に材名(例A)を記入。				図面番号	HSM-5	

製品名	3プライハイブリッドラミネートログ		最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	4,000 (mm)	ヤング係数	E90-E70-E90	
断面寸法	120×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	ひのき-すぎ-ひのき	
						
1	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	13.0	14.0	12.5		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
2	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	13.5	13.5	12.0		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
3	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	11.0	14.0	12.0		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
4	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	12.5	12.5	13.5		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
5	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	10.5	14.0	12.5		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
6	材名	A	B	C		
製作時	ヤング係数[GPa]	$E = 110$	$E = 70$	$E = 110$		
	含水率[%]	11.5	13.5	12.5		
試験時	含水率[%]					
	重量[kgf]					
※試験体に材名(例A)を記入。				図面番号	HSM-6	

平成27年度林野庁委託事業
「住宅等における新たな製品・技術開発」において
実施するラミネートログ部材の
曲げ、せん断試験等について

6プライラミネートログの 曲げ実験報告書

平成28年3月11日

一般社団法人 日本ログハウス協会

1 評価方法

1.1 曲げ実験

1.1.1 最大曲げモーメントの算出

$$M_{max} = \frac{P_{max}L}{6}$$

ただし、

M_{max} : 最大曲げモーメント [N・mm]

P_{max} : 最大荷重 [N]

L : 支持スパン [mm]

1.1.2 最大曲げ強度の算出

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z}$$

ただし、

σ_{max} : 曲げ強度 [N/mm²]

Z : 断面係数 [mm³]

矩形断面 ; $\frac{bh^2}{6}$, b ; 幅 [mm], h ; 高さ [mm]

なお、最大曲げモーメントの基準値は、各試験体の最大曲げモーメントによる信頼水準75%の95%下側許容限界値とし、最大曲げ強度は、各試験体の最大曲げ強度による平均値に、最大曲げモーメントによるばらつき係数を乗じた値とした。

1.1.3 曲げ剛性及び曲げヤング係数の算出

$$\delta = \frac{PL^3}{16EI}$$

$$\Leftrightarrow EI = \frac{P_{0.4} - P_{0.1}}{\delta_{0.4} - \delta_{0.1}} \cdot \frac{L^3}{16}$$

$$\Leftrightarrow E = \frac{P_{0.4} - P_{0.1}}{\delta_{0.4} - \delta_{0.1}} \cdot \frac{L^3}{16I}$$

ただし、

δ : 曲げモーメント一定区間のたわみ $\left(ch1 - \frac{ch2 + ch3}{2} \right)$ [mm]

EI : 曲げ剛性 [N・mm²]

E : 曲げヤング係数 [N/mm²]

I : 断面2次モーメント [mm⁴]

矩形断面 ; $\frac{bh^3}{12}$

二枚ざね ; 7.366×10^7

$P_{0.1}, P_{0.4}$: $0.1P_{max}, 0.4P_{max}$ [N]

$\delta_{0.1}, \delta_{0.4}$: $0.1P_{max}, 0.4P_{max}$ 時のたわみ [mm]

L' : 支持点ー加力点間スパン $\left(\frac{L}{3} \right)$ [mm]

2 試験結果

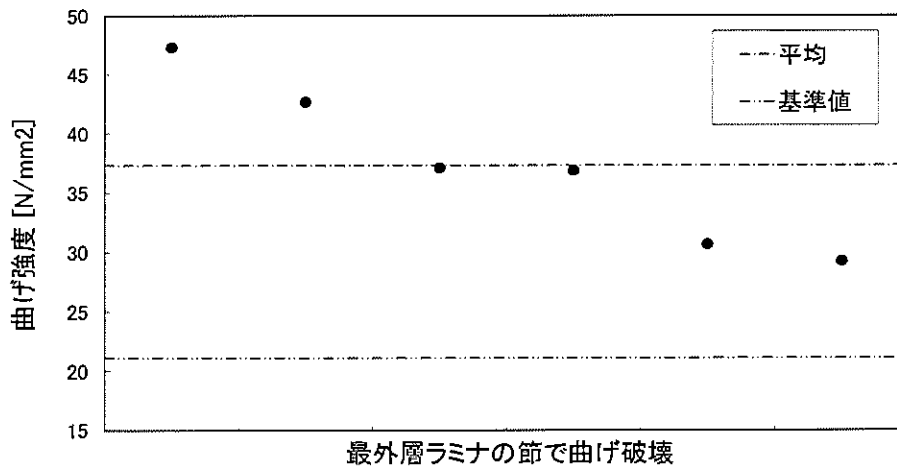
番号	試験体		評価項目	試験体番号						平均	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	基準値
				1	2	3	4	5	6					
1	製品名	6プライ ラミネートログ (木葉接着, 平行使い)	最大曲げモーメント M_{max}	[kN・m]	29.9	35.9	28.5	46.0	41.6	36.1	6.69	0.185	0.567	20.5
	継手	なし	曲げ強度 σ_{max}	[N/mm ²]	30.7	36.9	29.3	47.3	42.7	37.1	6.88	-	-	21.1
	断面形状 断面寸法	矩形 180mm×180mm	曲げ剛性 EI	[$\times 10^{11}$ N・mm ²]	7.19	6.79	7.42	8.26	7.67	7.17	-	-	-	-
	等級	E70-E70-E70以上	曲げヤング係数 E	[GPa]	8.22	7.76	8.48	9.44	8.77	8.20	-	-	-	-
2	製品名	6プライ ラミネートログ (木葉接着, 平行使い)	最大曲げモーメント M_{max}	[kN・m]	22.8	18.4	23.8	22.3	29.0	-	3.80	0.164	0.596	13.8
	継手	300 mm	曲げ強度 σ_{max}	[N/mm ²]	23.4	18.9	24.4	22.9	29.8	-	3.91	-	-	14.1
	断面形状 断面寸法	矩形 180mm×180mm	曲げ剛性 EI	[$\times 10^{11}$ N・mm ²]	7.04	6.38	8.01	6.82	6.79	-	-	-	-	-
	等級	E70-E70-E70以上	曲げヤング係数 E	[GPa]	8.05	7.29	9.16	7.80	7.76	-	-	-	-	-
3	製品名	6プライ ラミネートログ (木葉接着, 直交使い)	最大曲げモーメント M_{max}	[kN・m]	31.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	継手	300 mm	曲げ強度 σ_{max}	[N/mm ²]	32.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	断面形状 断面寸法	矩形 180mm×180mm	曲げ剛性 EI	[$\times 10^{11}$ N・mm ²]	8.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	等級	E70-E70-E70以上	曲げヤング係数 E	[GPa]	9.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.1 平行使い曲げ（6 プライ 木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手なし 矩形）

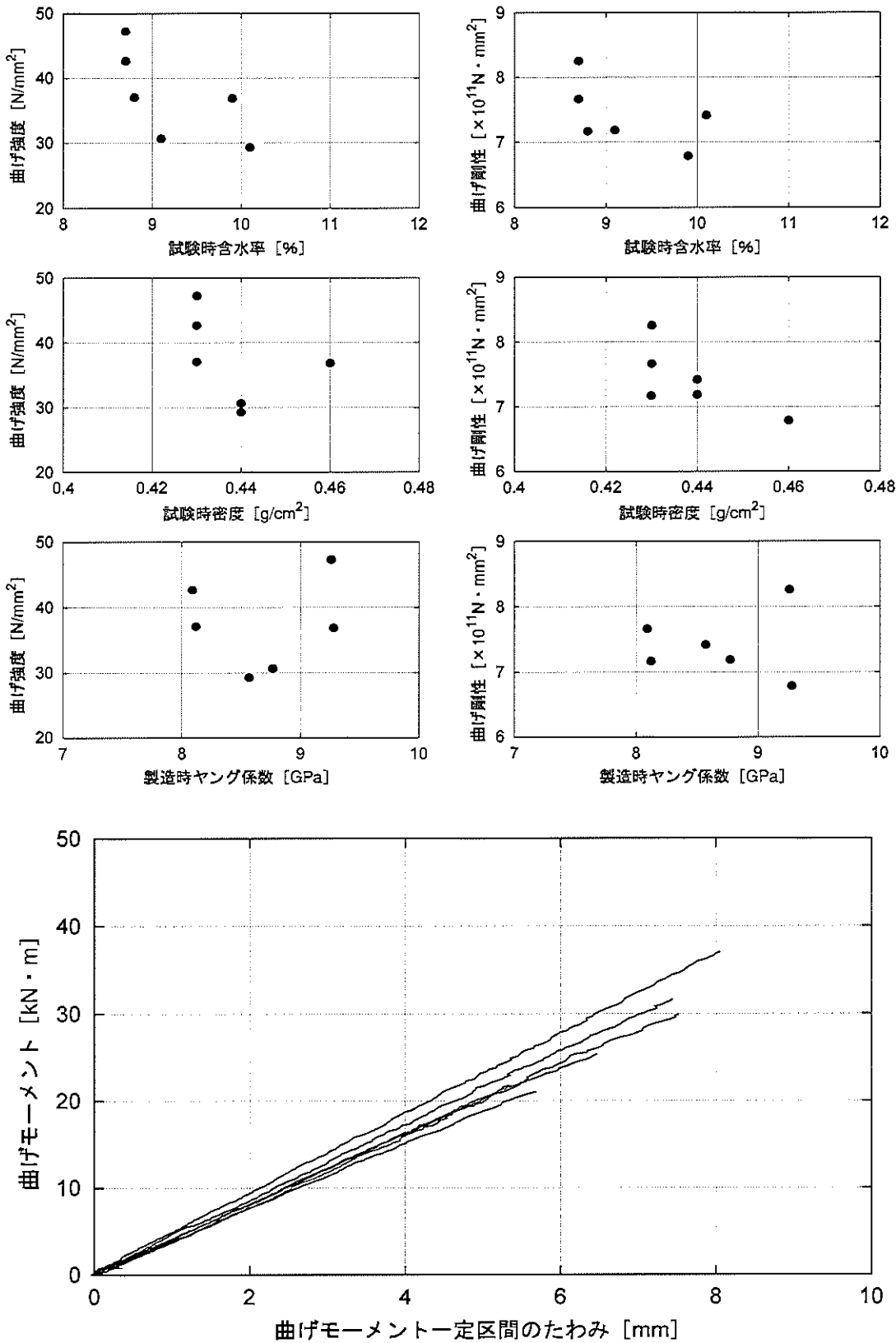
製品名	6プライ ラミネートログ(木裏接着, 平行使い)						
継手	なし						
形状	矩形 180mm×180mm						
番号	最大荷重時				曲げ剛性 EI [$\times 10^{11}$ N・mm ²]	曲げ ヤング係数 E [GPa]	破壊状況
	荷重 Pmax [kN]	たわみ δ max [mm]	曲げモーメント Mmax [kN・m]	曲げ強度 σ max [N/mm ²]			
1	49.9	-	29.9	30.7	7.19	8.22	①
2	60.0	-	35.9	36.9	6.79	7.76	①
3	47.6	-	28.5	29.3	7.42	8.48	①
4	76.7	-	46.0	47.3	8.26	9.44	①
5	69.4	-	41.6	42.7	7.67	8.77	①
6	60.3	-	36.1	37.1	7.17	8.20	①
平均	60.6	-	36.3	37.3	7.42	8.48	①: 最外層ラミナの節で 曲げ破壊
標準偏差			6.69	6.88			
変動係数	-	-	0.185	-	-	-	
ばらつき係数			0.567				
基準値			20.5	21.1			
基準材料強度 樹種: すぎ [N/mm ²]	JAS同一等級構成集成材 E65-F225			22.5			
	JAS製材 機械等級区分 E70			29.4	-		
	無等級材			22.2			

番号	試験時								製造時															
	密度 [g/cm ³]	含水率[%]							含水率[%]								ヤング係数[GPa]							
		1	2	3	4	5	6	平均	1	2	3	4	5	6	平均	1	2	3	4	5	6	平均		
1	0.44	7.3	7.7	8.2	9.2	9.3	12.7	9.1	7.4	7.6	7.5	9.0	8.9	12.9	8.9	8.35	9.61	7.86	11.30	8.42	7.07	8.77		
2	0.46	7.8	3.7	14.8	13.5	11.2	8.3	9.9	7.5	11.0	11.0	11.3	11.2	7.3	9.9	9.95	9.87	9.64	9.33	9.87	7.21	9.28		
3	0.44	7.7	8.8	7.8	10.5	12.7	13.3	10.1	7.5	9.1	7.8	10.8	11.1	15.8	10.3	8.62	6.08	7.82	9.19	8.63	11.06	8.57		
4	0.43	8.3	8.8	8.5	8.5	9.3	8.8	8.7	7.3	7.6	8.8	7.6	7.4	8.4	7.8	8.53	8.28	9.77	8.09	11.33	9.57	9.26		
5	0.43	8.7	8.8	8.5	8.0	9.5	8.7	8.7	7.5	7.5	8.2	7.4	8.6	8.6	8.0	9.31	6.68	9.08	8.58	8.49	6.39	8.09		
6	0.43	8.0	8.8	8.5	10.2	9.2	8.0	8.8	7.3	7.5	7.6	11.1	8.0	9.7	8.5	8.99	7.37	8.30	8.64	7.58	7.83	8.12		
平均	0.44							9.2							8.9							8.68		

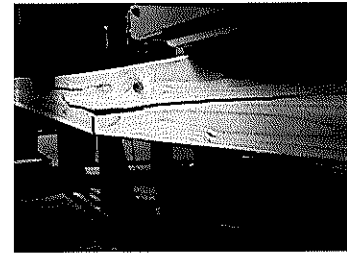
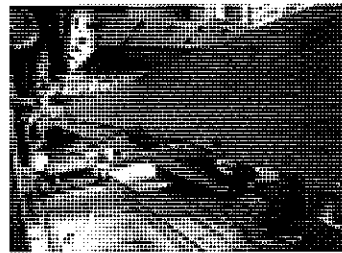
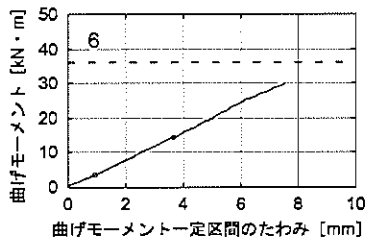
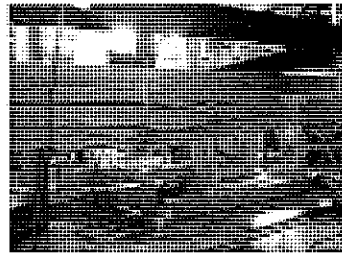
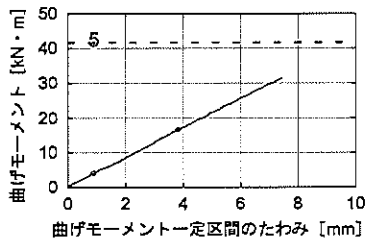
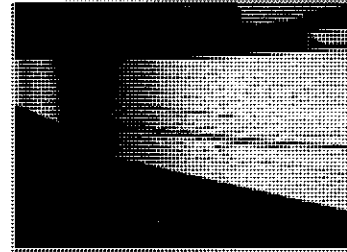
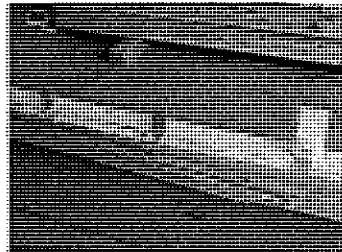
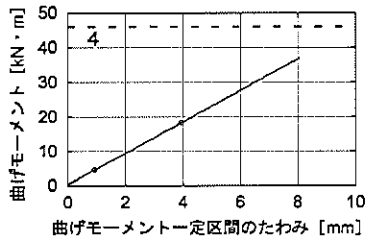
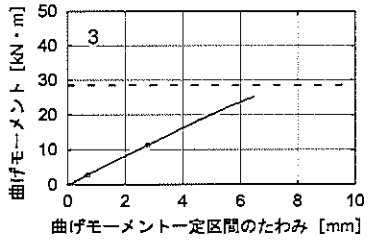
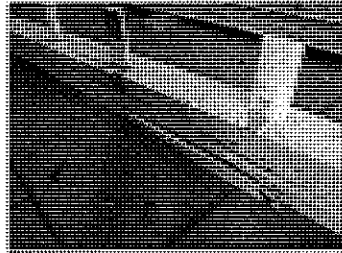
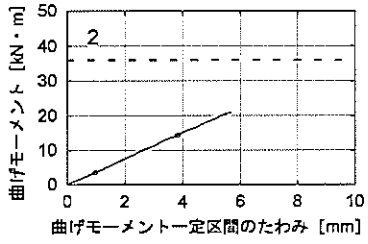
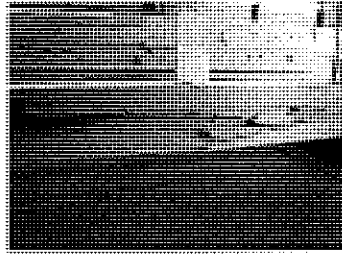
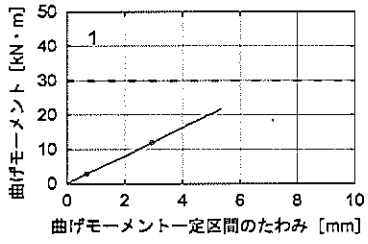
曲げ強度と破壊状況の関係



平行使い曲げ（6 プライ 木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手なし 矩形）



平行使い曲げ（6 プライ木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手なし 矩形）

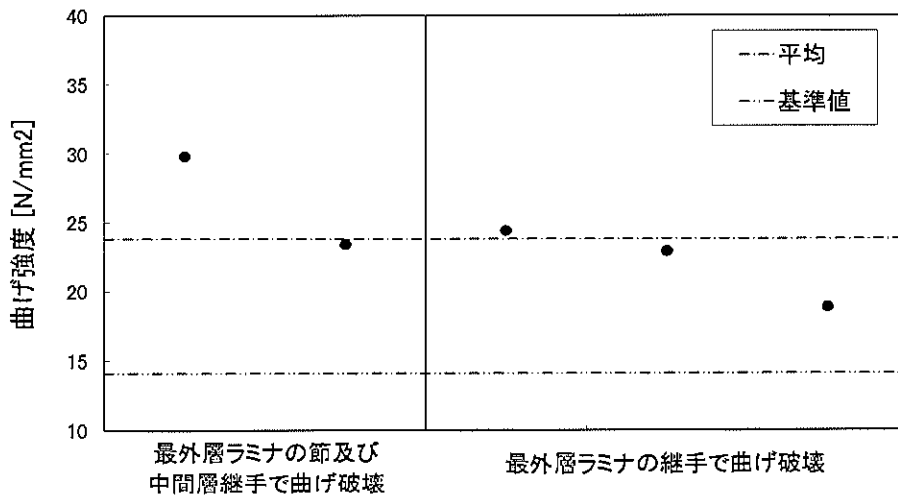


2.2 平行使い曲げ（6 プライ 木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手 300 矩形）

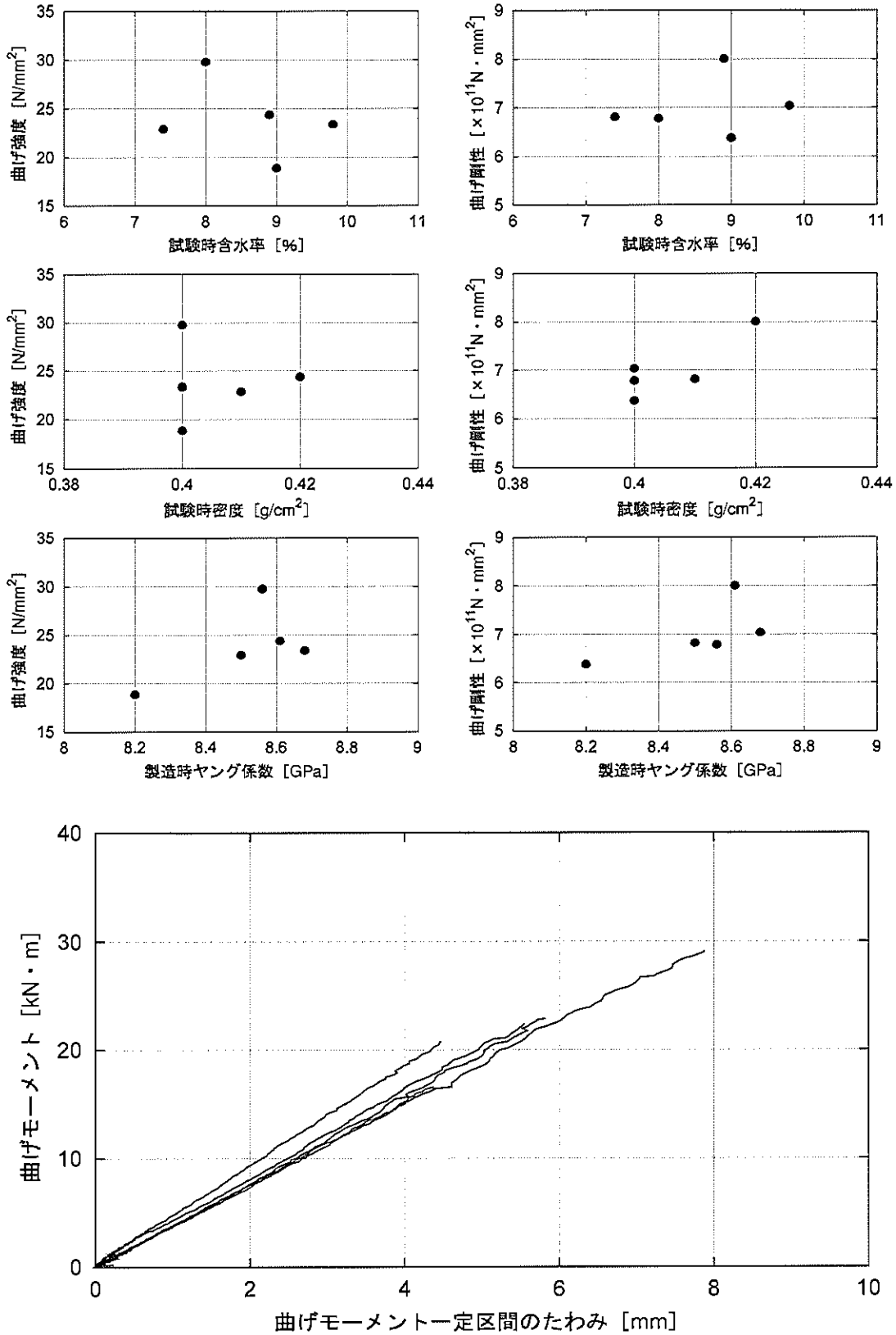
製品名	6プライ ラミネートログ(木裏接着, 平行使い)						
継手	300mm						
形状	矩形 180mm×180mm						
番号	最大荷重時				曲げ剛性 EI [$\times 10^{11}$ N・mm ²]	曲げ ヤング係数 E [GPa]	破壊状況
	荷重 Pmax [kN]	たわみ δ max [mm]	曲げモーメント Mmax [kN・m]	曲げ強度 σ max [N/mm ²]			
1	38.1	5.8	22.8	23.4	7.04	8.05	①, ③
2	30.7	-	18.4	18.9	6.38	7.29	②
3	39.7	-	23.8	24.4	8.01	9.16	②
4	37.3	5.5	22.3	22.9	6.82	7.80	②
5	48.5	7.9	29.0	29.8	6.79	7.76	①, ③
平均	38.8	6.4	23.2	23.8	7.01	8.01	①：最外層ラミナの節で 曲げ破壊 ②：最外層ラミナ継手で 曲げ破壊 ③：中間層ラミナ継手で 曲げ破壊
標準偏差			3.80	3.91			
変動係数			0.164	-			
ばらつき係数			0.596				
基準値			13.8	14.1			
基準材料強度 樹種:すぎ [N/mm ²]	JAS同一等級構成集成材 E65-F225			22.5			
	JAS製材 機械等級区分 E70			29.4		-	
	無等級材			22.2			

番号	試験時									製造時														
	密度 [g/cm ³]	含水率[%]								含水率[%]						ヤング係数[GPa]								
		1	2	3	4	5	6	平均	1	2	3	4	5	6	平均	1	2	3	4	5	6	平均		
1	0.40	8.5	9.2	11.4	9.0	9.8	10.8	9.8	7.5	7.4	9.3	7.5	9.6	8.4	8.3	7.88	6.82	10.38	9.99	6.88	10.11	8.68		
2	0.40	9.2	8.5	7.8	8.9	10.1	9.6	9.0	8.5	7.9	7.5	10.5	10.4	8.5	8.9	8.37	6.77	9.03	8.91	7.29	8.83	8.20		
3	0.42	7.0	11.9	8.5	8.0	12.1	6.0	8.9	9.4	9.5	7.5	7.4	10.6	7.4	8.6	10.67	7.80	9.49	7.40	7.27	9.01	8.61		
4	0.41	7.4	8.9	10.3	6.4	6.3	6.3	7.4	9.0	8.9	8.8	8.7	9.2	7.5	8.7	10.60	6.94	8.12	9.00	6.48	9.87	8.50		
5	0.40	6.8	6.0	6.6	8.5	11.3	8.9	8.0	7.7	7.5	8.6	8.3	10.0	8.6	8.5	9.74	6.21	8.28	8.35	9.34	9.42	8.56		
平均	0.41	-								8.6	-						8.6	-						8.51

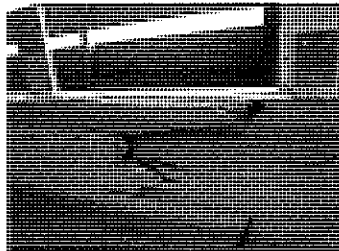
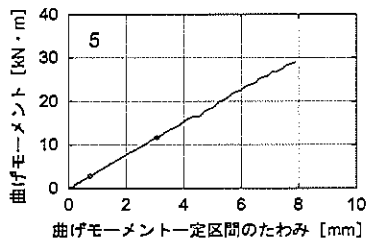
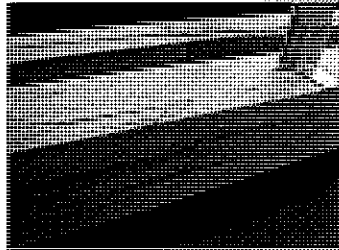
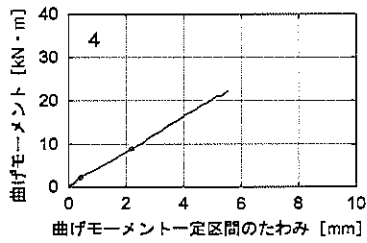
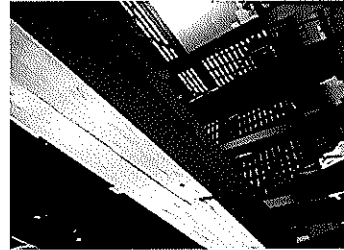
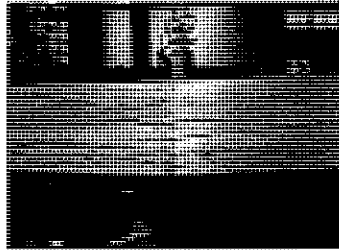
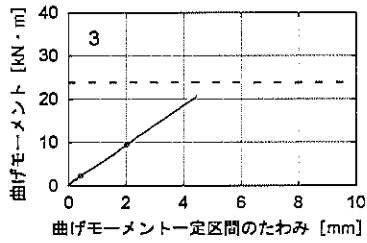
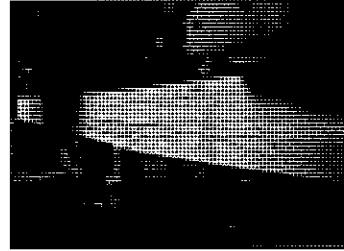
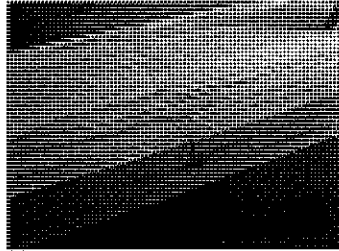
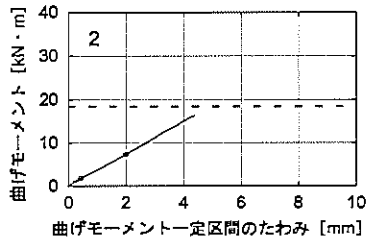
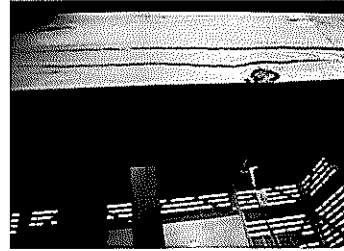
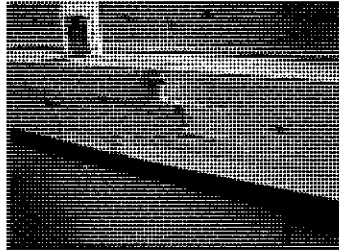
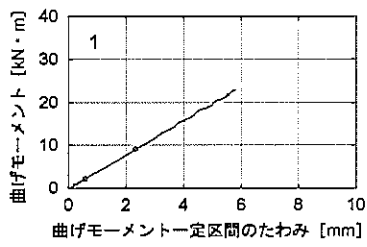
曲げ強度と破壊状況の関係



平行使い曲げ（6 プライ木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手 300 矩形）



平行使い曲げ（6 プライ木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手 300 矩形）

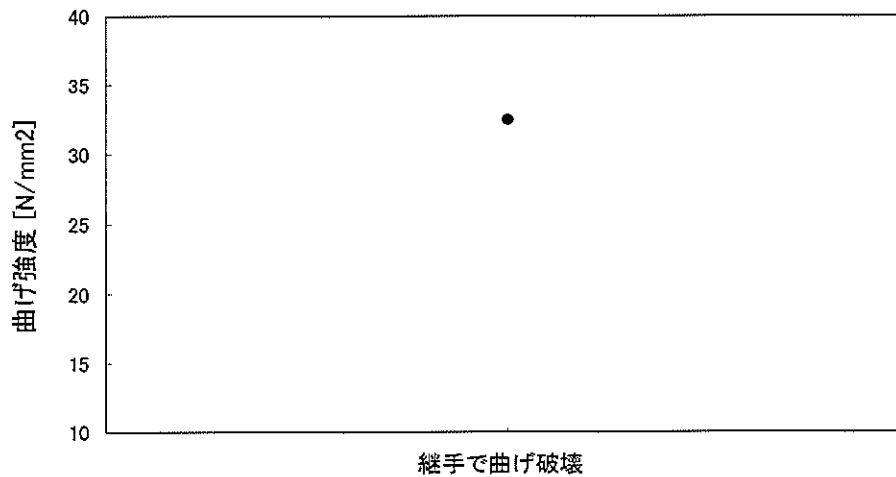


2.3 直交使い曲げ（6 プライ 木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手 300 矩形）

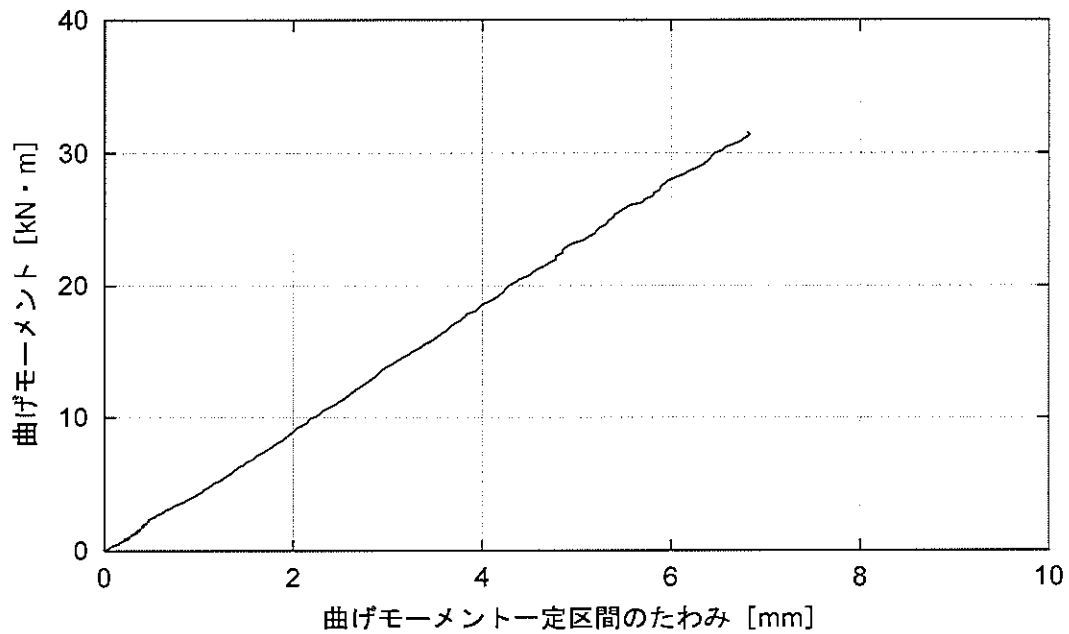
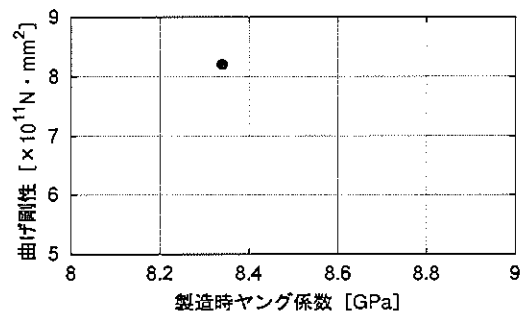
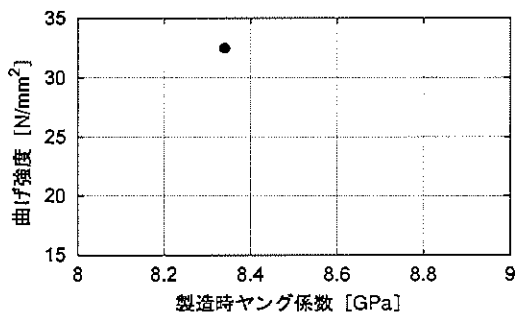
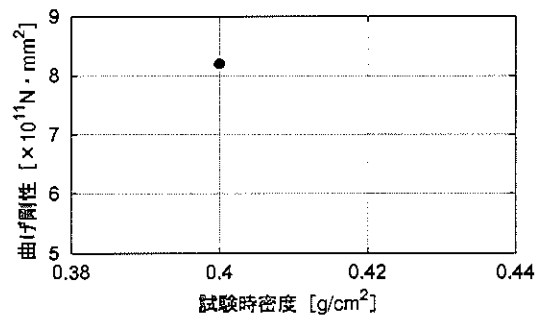
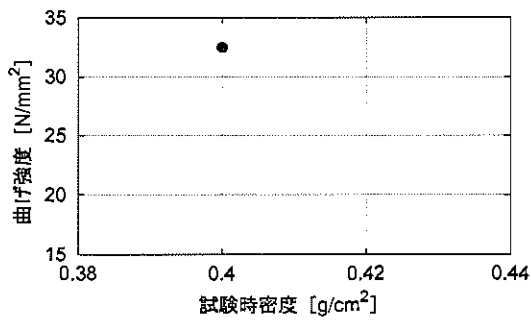
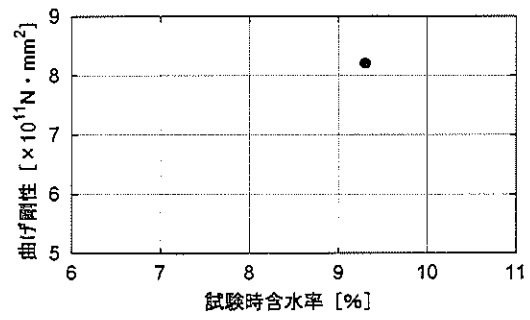
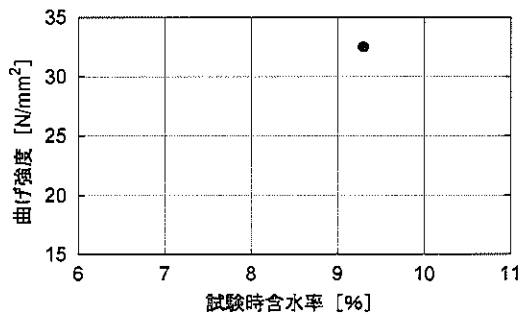
製品名	6プライ ラミネートログ(木裏接着, 直交使い)						
継手	300mm						
形状	矩形 180mm×180mm						
番号	最大荷重時				曲げ剛性 EI [$\times 10^{11}$ N・mm ²]	曲げ ヤング係数 E [GPa]	破壊状況
	荷重 Pmax [kN]	たわみ δ max [mm]	曲げモーメント Mmax [kN・m]	曲げ強度 σ max [N/mm ²]			
1	52.7	6.8	31.6	32.5	8.21	9.39	継手で曲げ破壊
基準材料強度 樹種:すぎ [N/mm ²]	JAS同一等級構成集成材 E65-F225			22.5	-		
	JAS製材 機械等級区分 E70			29.4			
	無等級材			22.2			

番号	試験時								製造時													
	密度 [g/cm ³]	含水率[%]						平均	含水率[%]						平均	ヤング係数[GPa]						
		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	平均
1	0.40	9.5	9.1	9.6	9.0	9.4	8.9	9.3	8.7	7.5	9.9	7.5	10.3	7.4	8.6	8.80	6.78	9.10	9.37	6.46	9.53	8.34

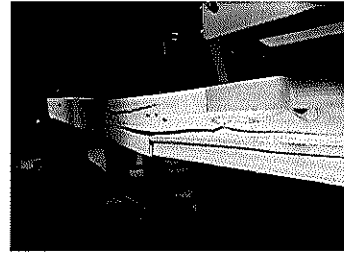
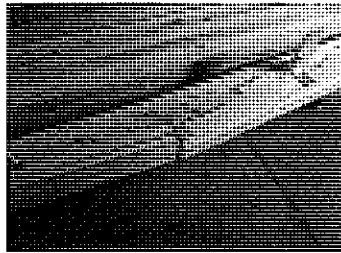
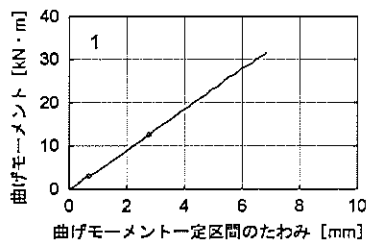
曲げ強度と破壊状況の関係



直交使い曲げ（6 プライ木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手 300 矩形）



直交使い曲げ（6 プライ 木裏接着 E70-E70-E70 以上 継手 300 矩形）



付録 2

6 プライミネートログ 部材情報

E50 2.9 ~ 5.9
E70 5.9 ~ 7.8

E90 7.8 ~ 9.8
E110 9.8 ~ 11.8
E130 11.8 ~ 13.7

E150 13.7 ~

製品名	6プライラミネートログ		最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	300 (mm)
断面形状	矩形	試験体長さ	4,000 (mm)	ヤング係数	E70-E70-E70	
断面寸法	180×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	すぎ-すぎ-すぎ	

1	材名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
製作時	ヤング係数[GPa]	8.19	9.40	6.05	7.50	9.30	8.89
	含水率[%]	9.8	7.6	7.4	7.5	11.5	8.3
試験時	含水率[%]	10.0, 10.0	9.5, 8.5	9.0, 9.5	9.0, 9.0	9.5, 10.0	9.5, 9.5
	材名	D1	D2	E1	E2	F1	F2
製作時	ヤング係数[GPa]	9.16	9.57	6.06	6.86	10.46	8.60
	含水率[%]	7.4	7.5	8.2	12.3	7.4	7.4
試験時	含水率[%]	9.5, 9.5	8.5, 8.5	8.0, 8.5	10.0, 11.0	9.5, 8.5	9.0, 8.5
	重量[kgf]	51.9					

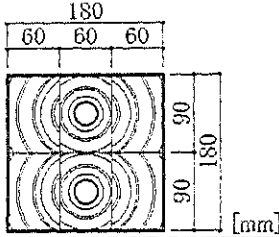
2	材名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
製作時	ヤング係数[GPa]	8.01	7.75	6.61	7.02	8.58	12.18
	含水率[%]	7.5	7.5	7.4	7.4	8.4	10.1
試験時	含水率[%]	8.5, 8.0	9.0, 8.5	9.5, 9.5	9.0, 9.0	10.0, 9.5	11.0, 15.0
	材名	D1	D2	E1	E2	F1	F2
製作時	ヤング係数[GPa]	10.58	9.40	6.99	6.77	10.18	10.03
	含水率[%]	7.4	7.5	8.5	10.6	9.1	7.7
試験時	含水率[%]	9.5, 9.5	8.5, 8.5	10.5, 9.5	9.5, 9.5	12.0, 10.5	10.0, 10.5
	重量[kgf]	52.15					

3	材名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
製作時	ヤング係数[GPa]	7.90	8.84	6.90	6.64	9.21	8.84
	含水率[%]	9.7	7.3	8.3	7.4	7.6	7.3
試験時	含水率[%]	10.7, 8.5	10.2, 9.0	7.5, 7.5	9.5, 9.5	11.5, 7.5	8.0, 8.0
	材名	D1	D2	E1	E2	F1	F2
製作時	ヤング係数[GPa]	9.94	7.87	6.81	7.76	9.94	7.71
	含水率[%]	9.5	11.5	10.2	10.5	9.5	7.4
試験時	含水率[%]	8.0, 8.5	7.0, 12.0	7.5, 8.0	11.0, 14.0	9.5, 10.0	7.0, 12.0
	重量[kgf]	51.3					

※試験体に材名(例A1)を記入。

図面番号 6SM-3

製品名	6プライラミネートログ	最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	300 (mm)
断面形状	矩形	試験体長さ	4.000 (mm)	ヤング係数	E70-E70-E70
断面寸法	180×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	すぎ-すぎ-すぎ



A1		A2		D1	D2	E1	E2	F1	F2
B1		B2							
C1		C2							
1.700		300 300		4.000		1.700			

接着層 [mm]

4	材名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
製作時	ヤング係数[GPa]	12.24	9.10	6.90	8.69	9.57	9.40
	含水率[%]	9.1	9.7	8.3	10.7	7.3	7.6
試験時	含水率[%]	9.5.7.0	6.5.5.0	9.5.10.0	12.0.4.0	11.5.9.0	6.5.7.0
材名		D1	D2	E1	E2	F1	F2
製作時	ヤング係数[GPa]	8.74	6.06	6.78	7.76	9.16	8.86
	含水率[%]	7.3	7.5	10.7	10.5	7.4	7.4
試験時	含水率[%]	8.0.10.5	6.5.7.0	13.0.4.0	9.5.12.0	5.5.5.5	5.0.9.0
	重量[kgf]	54.0					

5	材名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
製作時	ヤング係数[GPa]	9.01	12.18	6.61	7.27	7.32	8.91
	含水率[%]	7.9	10.1	7.4	10.4	7.6	10.0
試験時	含水率[%]	4.0.6.0	7.0.12.0	9.5.8.5	8.5.10.9	7.5.7.5	9.0.12.0
材名		D1	D2	E1	E2	F1	F2
製作時	ヤング係数[GPa]	10.18	7.81	6.19	6.77	12.55	7.18
	含水率[%]	9.1	8.2	7.8	10.6	7.6	7.3
試験時	含水率[%]	9.0.7.0	4.0.5.5	4.5.5.5	10.5.4.5	4.0.4.0	5.5.7.5
	重量[kgf]	52.8					

6	材名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
製作時	ヤング係数[GPa]	9.01	10.46	6.05	6.37	8.36	8.19
	含水率[%]	7.9	7.4	7.4	7.5	7.3	9.8
試験時	含水率[%]	9.0.8.0	5.5.4.5	6.0.6.5	5.0.6.5	5.5.4.5	7.5.9.0
材名		D1	D2	E1	E2	F1	F2
製作時	ヤング係数[GPa]	8.89	7.81	11.81	6.86	9.57	9.27
	含水率[%]	8.3	8.2	7.6	12.3	7.5	9.6
試験時	含水率[%]	6.0.9.0	12.0.7.9	13.0.10.5	11.9.10.5	7.0.7.5	12.0.9.0
	重量[kgf]	51.5					

※試験体に材名(例A1)を記入。

図面番号 6SM-4

製品名	6プライラミネートログ	最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	4,000 (mm)	ヤング係数	E70-E70-E70
断面寸法	180×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	すぎ-すぎ-すぎ

1	材名	A	B	C
	製作時 ヤング係数[GPa]	8.35	9.61	7.86
	製作時 含水率[%]	7.4	7.6	7.5
試験時 含水率[%]	7.5, 7.5, 7.0	8.0, 7.5, 7.5	8.0, 8.0, 8.5	
	材名	D	E	F
	製作時 ヤング係数[GPa]	11.30	8.42	7.07
	製作時 含水率[%]	9.0	8.9	12.9
試験時 含水率[%]	8.0, 11.5, 8.0	8.5, 11.5, 8.0	8.0, 19.5, 10.5	
試験時 重量[kgf]		57.15		

2	材名	A	B	C
	製作時 ヤング係数[GPa]	9.95	9.67	9.64
	製作時 含水率[%]	7.5	11.0	11.0
試験時 含水率[%]	8.0, 8.0, 7.5	4.0, 4.0, 3.2	10.0, 22.5, 12.0	
	材名	D	E	F
	製作時 ヤング係数[GPa]	9.33	9.87	7.21
	製作時 含水率[%]	11.3	11.2	7.3
試験時 含水率[%]	9.0, 22.0, 9.5	11.5, 12.0, 10.0	9.0, 7.5, 8.5	
試験時 重量[kgf]		59.8		

3	材名	A	B	C
	製作時 ヤング係数[GPa]	8.62	6.08	7.82
	製作時 含水率[%]	7.5	9.1	7.6
試験時 含水率[%]	7.5, 8.0, 7.5	8.0, 10.5, 8.0	7.5, 8.0, 8.0	
	材名	D	E	F
	製作時 ヤング係数[GPa]	9.19	8.63	11.05
	製作時 含水率[%]	10.8	11.1	15.8
試験時 含水率[%]	8.0, 14.0, 9.5	10.0, 17.0, 11.0	18.5, 11.0, 10.5	
試験時 重量[kgf]		56.6		

※試験体に材名(例A)を記入。 図面番号 6SM-1

製品名	6プライラミネートログ	最外層接着	木裏(芯去り材)	継手間隔	なし
断面形状	矩形	試験体長さ	4,000 (mm)	ヤング係数	E70-E70-E70
断面寸法	180×180 (mm)	含水率	15%以下	樹種	すぎ-すぎ-すぎ

4	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	8.53	8.26	9.77
	含水率[%]	7.3	7.6	8.6
試験時	含水率[%]	8.5, 8.5, 8.0	9.0, 9.0, 8.5	8.5, 9.0, 8.0
材名		D	E	F
製作時	ヤング係数[GPa]	8.09	11.33	9.57
	含水率[%]	7.6	7.4	8.4
試験時	含水率[%]	9.0, 8.0, 8.5	9.0, 10.0, 9.0	8.5, 9.5, 8.5
	重量[kgf]	56.3		

5	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	9.31	6.68	9.08
	含水率[%]	7.5	7.5	8.2
試験時	含水率[%]	8.5, 9.5, 8.0	9.0, 9.0, 8.5	8.5, 9.0, 8.0
材名		D	E	F
製作時	ヤング係数[GPa]	8.58	8.49	6.39
	含水率[%]	7.4	8.6	8.6
試験時	含水率[%]	8.5, 9.5, 8.0	9.0, 11.0, 8.5	8.5, 9.0, 8.5
	重量[kgf]	55.4		

6	材名	A	B	C
製作時	ヤング係数[GPa]	8.99	7.37	8.30
	含水率[%]	7.3	7.5	7.6
試験時	含水率[%]	8.0, 8.0, 8.0	8.5, 9.5, 8.5	8.0, 9.0, 8.5
材名		D	E	F
製作時	ヤング係数[GPa]	8.64	7.58	7.83
	含水率[%]	11.1	8.0	9.7
試験時	含水率[%]	9.5, 10.0, 11.0	8.5, 9.5, 9.5	8.0, 8.5, 7.5
	重量[kgf]	56.2		

※試験体に材名(例A)を記入。 図面番号 6SM-2

1 まとめ

ハイブリッドラミネートログ及び6プライラミネートログの曲げ試験を実施して、得た知見を列記する。

1.1 ハイブリッドラミネートログ

- 曲げヤング係数について、構成部材(すぎ: E70、ひのき: E90)の平均以上の値、8.40～11.01kN/mm²になった。
- 曲げ強度について、目標とする30N/mm²(JAS構造用製材すぎE70:29.4N/mm²、ひのきE90:30.6N/mm²)に対し、5%下限許容限界値で26.00～39.35N/mm²となった。
- 破壊性状は、最外層のひのきの節等の欠点で曲げ破壊するが、中には中間層のすぎでのび、最大荷重はすぎになるという場合も見られた。ただし、試験体の部材構成等による相関性は見られなかった。
- 外観はひのきの美しさが十分に際立ち、構造性能は、今後、品質管理の徹底や、試験体数を増やす等により向上する可能性が十分ある。したがって、商品化について、非常に可能性があると考えられる。

1.2 6プライラミネートログ

- 曲げヤング係数について、構成部材(E70～E110)と同等の8.01、8.48kN/mm²になった。
- 曲げ強度について、5%下限許容限界値で、継手なしでは21.1N/mm²、継手ありでは14.1N/mm²となった。
- 破壊性状について、継手ありは、全て最外層のラミナの継手で曲げ破壊となった。継手なしは、概ね最外層ラミナの節等の欠点で曲げ破壊したが、一部中間層ラミナの節で曲げ破壊した。
- 継手ありは、上下連続しているため、破壊が脆性的でかつ耐力も想定(曲げ強度30N/mm²)よりかなり下回った。

2 今後の課題

今後の課題を列記する。

- 最大耐力が、試験体の節等の欠点を起因とするため、品質管理も合わせて商品化していく必要がある。
- ハイブリッドラミネートログについて、接着剤の影響は、今回のような短期的な挙動には影響しないが、長期的にはすぎとひのきの材の収縮率の違いが影響する可能性がある。したがって、長期的な検証が必要と考えられる。