平成28年度林野庁委託事業
（補正予算）
CLT建築物等普及促進委託事業

新たな木質部材の標準化に係る技術的検討等

調査報告書（Ⅱ）

平成29年10月

一般社団法人日本ログハウス協会

はじめに

本報告書は、ラミネートログ JAS 関連事業として、条文の規格化、強度性能データの分析などを行うとともに、スギ高温乾燥・中温乾燥試験体の試験体製作、曲げ試験を取りまとめたものである。

曲げ試験等実施に当たっては、極めて限られた期間（8～10 月）の中での実行を必要としたが、大橋好光先生はじめ委員の方々、林野庁並びに北海道林産試験場、秋田県木材加工推進機構、ものつくり大学　及び㈱えびす建築研究所等には多大なるご理解・ご協力を賜わり深く感謝申し上げるところである。

目次

1. 実験計画書 …… 1

2. 接着合せ材と挽板の曲げ実験　北海道林産試験場 …… 13

3. 挽板の曲げ実験　秋田県木材加工推進機構 …… 34

4. 挽板の曲げ実験　埼玉県ものつくり大学 …… 46

5. グレーディング法の検証 …… 73

平成28年度林野庁補助事業
「新たな木質部材の標準化に係る技術的検討等」

①乾燥方法による影響を考慮したすぎ接着合せ材の曲げ実験
②グレーディング法の検証

目次

1　現状分析　1

2　目的　2

3　曲げ強さおよび曲げヤング係数の評価実験　2
3.1　試験体 2
3.2　載荷方法 4
3.3　スケジュール 5

付録A　試験体数と基準値の関係　6

付録B　既往実験における同じ原木から採取した挽板の曲げ強さと接着合せ材の曲げ強さ関係　7

付録C　既往実験の試験体と曲げ強さ一覧表　8

1　現状分析

ラミネートログ(以下、接着合せ材と呼ぶ)は、これまで第37条大臣認定の取得を目的とし、様々な実験及び検証を積重ねてきた。そして、平成28年7月に大臣認定取得に至った。

既往実験の蓄積により、得られた知見を以下に示す。

(1) 接着合せ材が、構成する挽板の等級相当の曲げ耐力が出ない原因

接着合せ材と構成する挽板の比較により、構成する挽板の耐力が低いことによる。理由として、破壊性状が節等の欠点に起因するため、ばらつきが大きいこと、また、試験体数が少ないことが考えられる。ただし、耐力が低い挽板と高い挽板を組合せた接着合せ材は、耐力が著しく落ちることはなかった。

(2) 芯取りの影響

挽板の芯取りが不充分だと、耐力が低下する。したがって、品質管理で芯取りを正確に行うよう徹底する必要がある。

(3) 実の影響

実の有無の比較により、実があることにより耐力が低下する影響はない。

(4) 仕組の影響

木裏接着と木表接着の比較により、耐力に大きな差は見られない。理由として、耐力決定の節等の欠点が、木裏接着でも充分に除去できないためと考えられる。したがって、合わせて基準値を評価した。

(5) 継手の影響

継手の有無の比較により、基準耐力値に大きな差は見られない。理由として、継手がない場合、平均値は高いが、破壊性状は節等の欠点に起因するため、ばらつきが大きくなり基準耐力値は低下する。一方、継手がある場合、継手で破壊するため、平均値は低いが、ばらつきが小さくなるため、基準耐力値はほとんど低下しない。る。

(6) 重ね接着の影響

縦3プライを上下に重ねた6プライの試験により、重ね接着では耐力が低下した。

(7) 異樹種組合せの影響

すぎとひのきの異樹種組合せの試験体より、ほとんどの試験体で、構成する挽板のすぎ以上の耐力は上回ったが、構成割合ほどの効果はなかった。

(8) 比重について

すぎの場合、北関東産は0.34～0.41に、九州産は0.37～0.57に分布した。ひのきの場合、九州産は0.39～0.57に分布した。

以上(1)～(6)より、実用的に希望する仕様についての検討はなされてきている。しかし、(1)について、H28年度の補助事業で実施したひのきの実験においても、接着合せ材が、構成する挽板の等級相当の曲げ耐力が出ないという同様の結果となり、その傾向は挽板の状態から確認され、課題として残った。理由として、破壊性状が節等の欠点に起因するため、ばらつきが大きいこと、また、試験体数が少ない、内部の欠陥の影響が考えられるが、データ不足のため結論には至っていないのが現状である。

また、ひき板のグレーディングについて、ラミネートログのひき板のように、集成材より厚い場合、打撃法と加力法の相関関係の定量的な評価は充分になされていないため、実用化にはデータ取得が必要である。

2 目的

樹種をすぎ、産地は大臣認定取得の製品と同様、福島県近辺の製材より構成される接着合せ材について、乾燥方法を①蒸気式(高温セット＋高温乾燥)及び②蒸気式(中温乾燥)の2種類とした試験体について、曲げ実験を実施し、曲げ強度、曲げ剛性、破壊性状（接着性能）を確認し、作成しているJASの強度データの精度の向上を図ることを目的とする。また、試験体製作時に、グレーディングで打撃法と加力法双方を行い、相関関係を検証する。

3 曲げ強さおよび曲げヤング係数の評価実験

本試験では、すぎの接着合せ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。

3.1 試験体

試験体の断面図を図3.1に、仕様を表3.1に、木取りを図3.2に、パラメータと試験体数を表3.2に示す。

挽き板のグレーディングでは、打撃法と加力法双方を行い、野帳に記録する。含水率については、試験体製作時と試験時に計測して、野帳に記録する。

表3.1：試験体仕様

項目	仕様
① 樹種	すぎ
② 産地	既往の試験体と同様、福島県近隣の産地より選出
③ 乾燥方法	蒸気式(高温セット＋高温乾燥) 蒸気式(中温乾燥)の2種類
④ 等級	採取された挽板について、加力法にてグレーディングし、 片割れの高い方から順に組み合わせる。 ※接着合せ材として等級E70が10体必要であるが、採取した挽板全てが必要な等級とは限らないため、約3倍ほどの挽板を準備する。等級E70を外れる挽板は破棄することになるため、同様に実験し、データを取得する。
⑤ ラミナ	芯去り材
⑥ 含水率	6～15%
⑦ 接着剤	レゾルシノール樹脂
⑧ 仕組	木裏接着
⑨ 製作会社	原木採集、モルダー加工：協同組合いわき材加工センター 乾燥：高温乾燥_吾妻林業、中温乾燥_春野木材 仕組、接着加工：藤寿産業株式会社

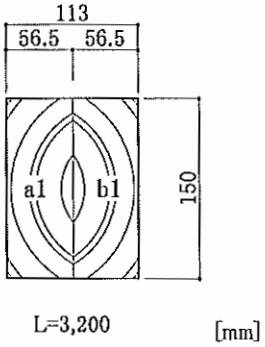


図3.1：試験体断面図

材料認定に関する告示の規定と本試験の対応を表3.3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を100mmとする。

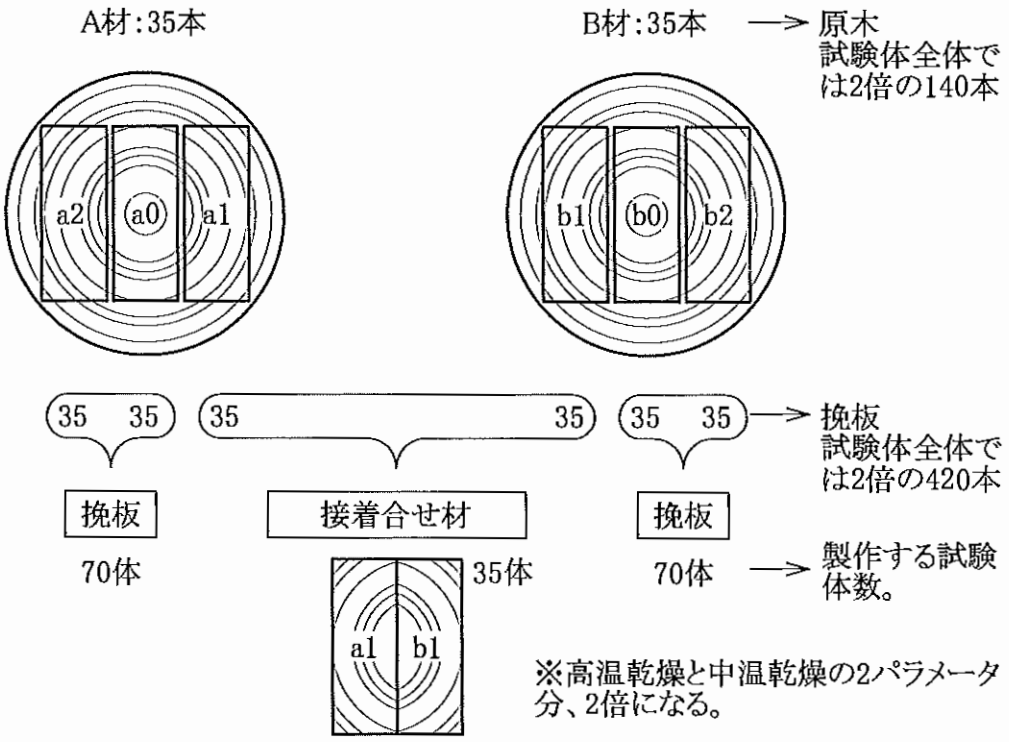


図 3.2：木取り

表 3.2：パラメータと試験体数

項目		蒸気式(高温セット＋高温乾燥)				蒸気式(中温乾燥)			
乾燥会社		吾妻林業株式会社				春野木材加工協業組合			
乾燥機	メーカー名	ヒグマ乾燥機株式会社				ヒルデブランド株式会社			
	型式	木材乾燥装置 HIGUMA 65-2				高速木材乾燥機 HD78			
乾燥スケジュール	ステップ	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)	時間(h)	備考	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)	時間(h)	実施日(月/日)
	(1)	95	蒸射	20	蒸煮	60	60	24	7/31
	(2)	120	90	36	高温セット	60	58	24	8/1
	(3)	90	60	72	乾燥	60	58	24	8/2
	(4)	75	50	30	–	62	57	24	8/3
	(5)	—	70	5	乾燥*	62	55	24	8/4
	(6)	70	68	8	表面含水率10%以下(重量法で15%以下)まで下がらなかったため、以下の中温乾燥を追加。	62	54	24	8/5
	(7)	70	65	12		62	53	24	8/6
	(8)	70	60	12		62	52	24	8/7
	(9)	70	55	18		62	50	24	8/8
	(10)	70	50	18		62	50	24	8/9
	(11)	70	63	4		—			
	合計	—		235	—	—		240	—
試験体数	接着合せ材	35				35			
	挽板	140				140			

*表示の乾燥時間は参考とし、含水率が重量法で15%以下(表面で10%以下)になるまで乾燥すること。

3.2 載荷方法

載荷方法を図3.3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。加力の方向は、3.1のグレーディングの加力法時と同じとする。加力速度は0.1～10mm/sを目安とし、急激な荷重上昇がないように、荷重点の移動速度がほぼ一定になるように加え、荷重の最大値に達するまで5分±2本程度となるようにする。

実施試験場と試験体の内訳を表3.5に示す。試験場は、スケジュールの都合から3箇所に分け、北海道、秋田、埼玉で実施する。

表3.3：告示対応

	告示	本実験
試験体数	梁せいごと、等級ごとに10体以上	35体 ただし、等級が混在する。
支持スパンℓ	$17h \leqq \ell \leqq 21h$ $2{,}550 \leqq \ell \leqq 3{,}150$mm ($h$=150mm)	$\ell=20h$ $\ell=3{,}000$mm

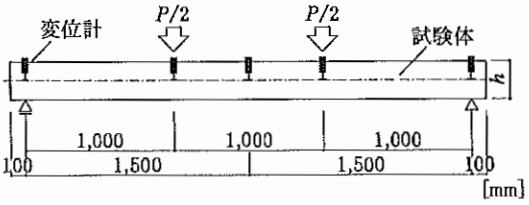


図3.3：曲げ試験概要図

表3.4：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]	予想ばらつき係数	予想平均材料強度 F [N/mm^2]	予想耐力*2 P_{max} [kN]
113 * 150	423,750	29.4	0.6	49.0	41.5
113 * 150	423,750	30.6	0.6	51.0	43.2

*1 JAS製材　すぎE70:29.4[N/mm2]、ひのきE90:30.6[N/mm2]、平成12年建設省告示第1452号

*2 $P_{max}\frac{6_d F_b Z}{\ell}$　より算出

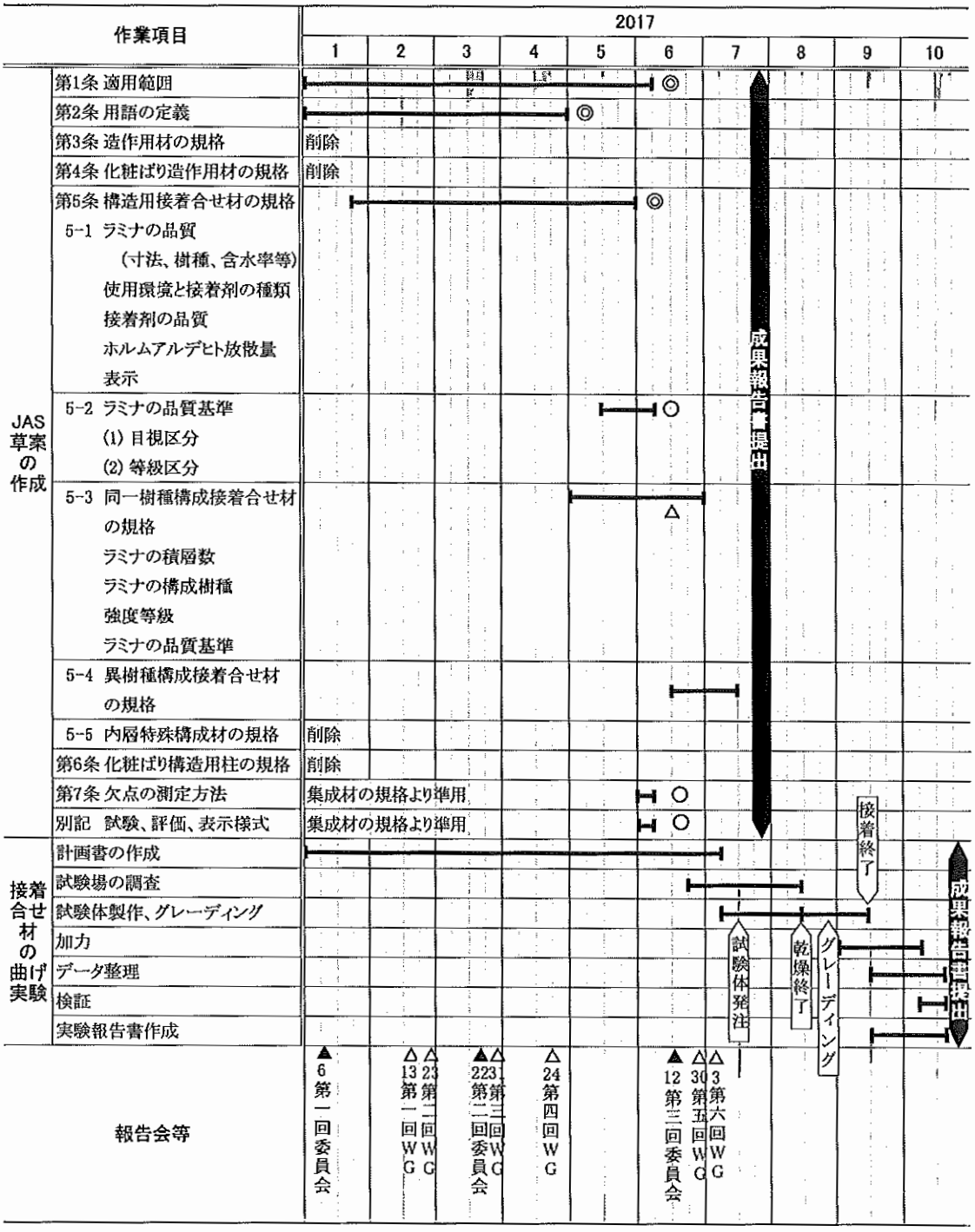
表3.5：実施試験場と試験体

試験体＼試験場		独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場	公益財団法人 秋田県木材加工推進機構	ものつくり大学 (埼玉)
接着合せ材	高温乾燥	35	—	—
	中温乾燥	35	—	—
挽板	高温乾燥	40	50	50
	中温乾燥	40	50	50
合計		150	100	100

3.3 スケジュール

スケジュールを表 3.6 に示す。

表 3.6：スケジュール

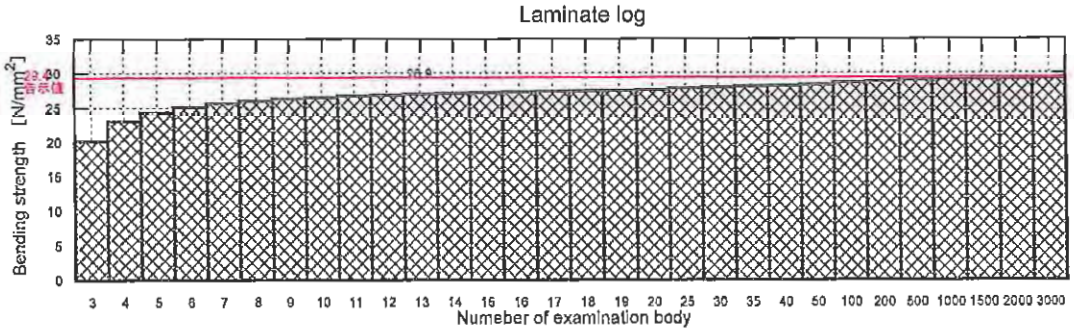


◎:概ね済
○:6/12の委員会までに形
△:6/12の委員会までに一部

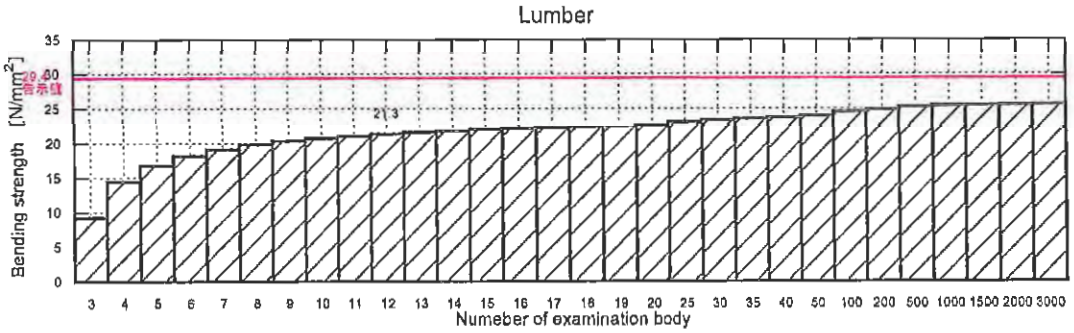
付録A　試験体数と基準値の関係

試験体数と基準値の関係について、接着合せ材を図付録A.1に、挽板を図付録A.2に、JAS製材のすぎ等級E70の告示値と合わせて示す。

接着合せ材については、試験体数が3,000体になれば、製材の告示値に近づくが、挽板については、例え試験体数が3,000体になっても告示値には満たない。これは、既往の試験体の平均値が低いこと、また、標準偏差が大きいことにより、現在の品質基準では満たせていないことを意味する。



図付録A.1：試験体数と基準値の関係：接着合せ材の場合



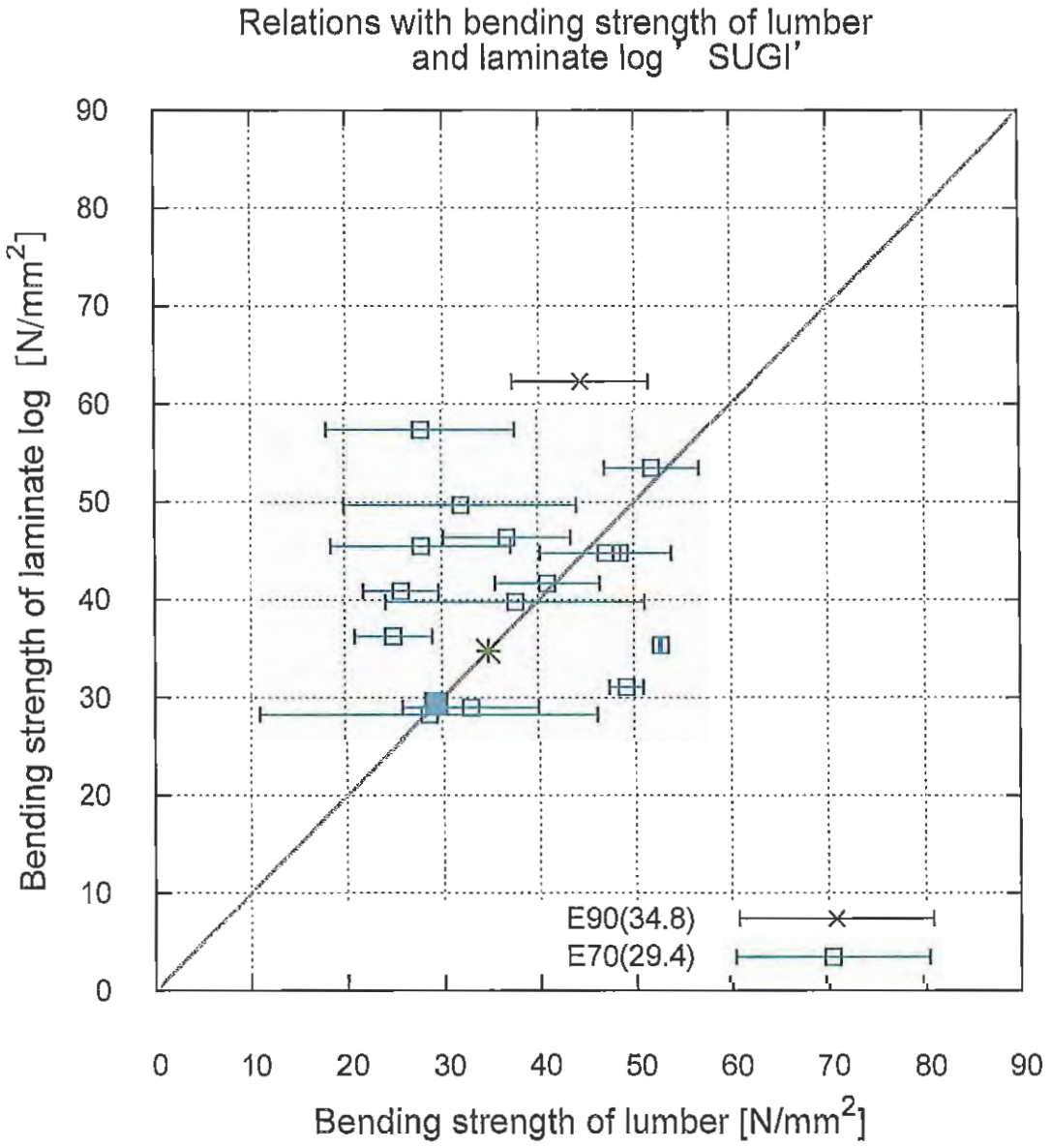
図付録A.2：試験体数と基準値の関係：挽板の場合

付録B　既往実験における同じ原木から採取した挽板の曲げ強さと接着合せ材の曲げ強さ関係

既往実験における同じ原木から採取した挽板の曲げ強さと接着合せ材の曲げ強さ関係について、すぎの場合を図付録B.1に、ひのきの場合を図付録B.2に示す。y=x軸上のプロットは、該当する樹種と等級の告示値である。

すぎのE70の場合では、接着合せ材にすると概ね告示値を上回ることが確認できた。ひのきの場合では、E90とE110では接着合せ材にすると概ね告示値を上回ることが確認できたが、E130とE150では接着合せ材にしても告示値を下回る試験体が確認された。

また、挽板では2枚とも曲げ強さが高くても、接着合せ材では曲げ強さが下がる場合があるが、これは破壊性状が下端の節からの曲げ破壊によるためであり、必ずしも同じ場所に節がある訳ではないためである。



図付録B.1：既往実験における同じ原木から採取した挽板の曲げ強さと接着合せ材の曲げ強さ関係：すぎの場合

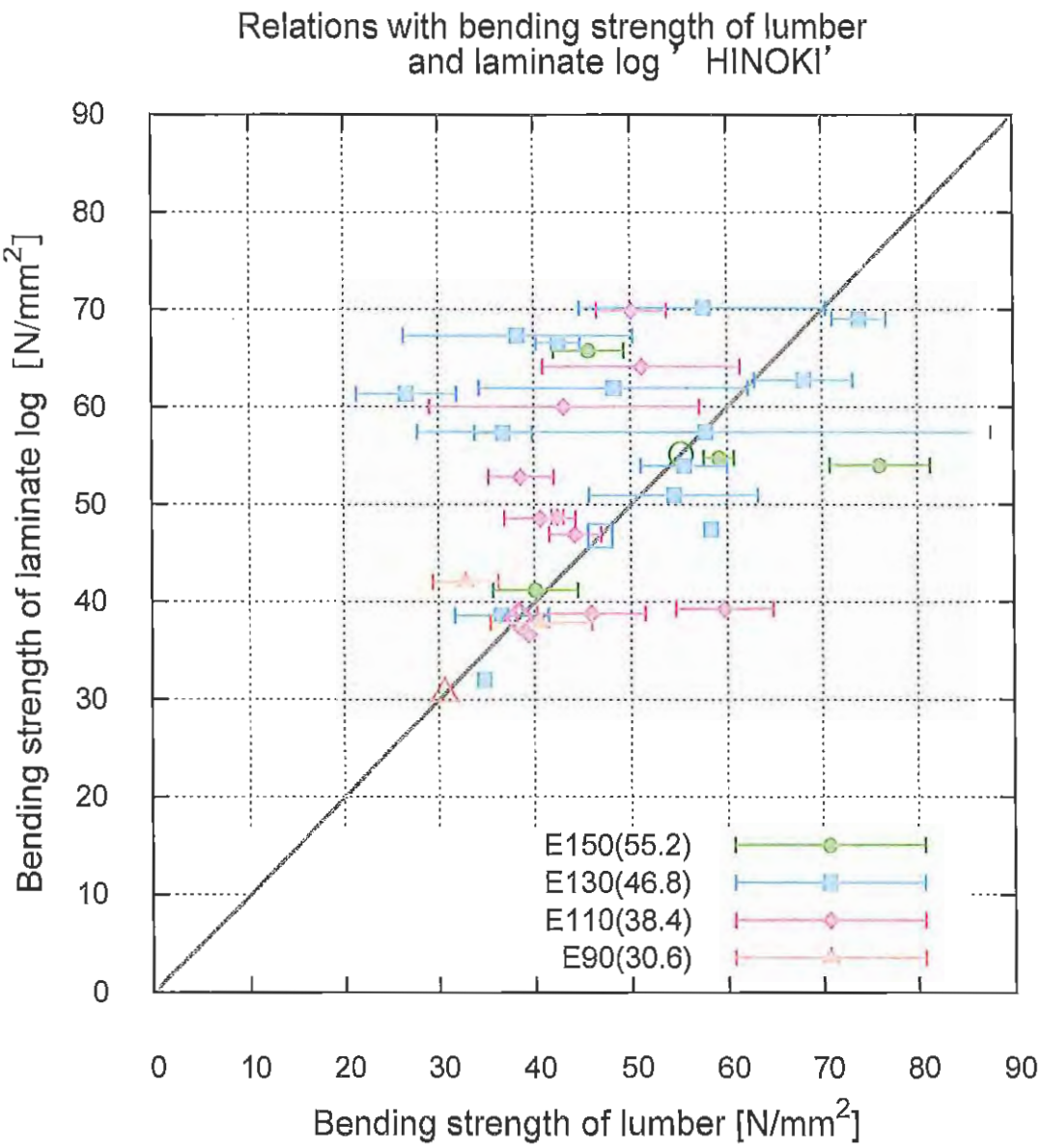


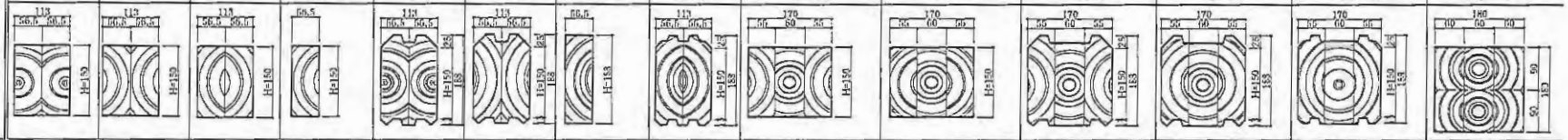
図 付録B.2：既往実験における同じ原木から採取した挽板の曲げ強さと接着合せ材の曲げ強さ関係：ひのきの場合

付録C　既往実験の試験体と曲げ強さ一覧表

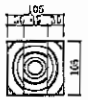
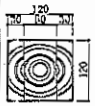
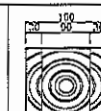
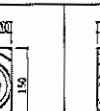
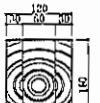
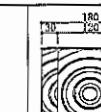
次頁に既往実験の試験体と曲げ強さ一覧表を示す。

接着合せ材の実験値と基準値一覧表　平行使い曲げ

2017/03/22

樹種	等級	継手	実験値or基準値	2プライ 実なし 木表接着 芯あり	2プライ 実なし 木表接着 芯去り	2プライ 実なし 木裏接着 芯去り	2プライ 実なし 挽板 芯去り	2プライ 実タイプA 木表接着 芯あり	2プライ 実タイプA 木表接着 芯去り	2プライ 実タイプA 挽板 芯去り	2プライ 実タイプB — 芯去り	3プライ 実なし 木表接着 芯去り	3プライ 実なし 木裏接着 芯去り	3プライ 実タイプA 木表接着 芯去り	3プライ 実タイプA 木裏接着 芯去り	3プライ 実タイプB — 芯去り	6プライ 実なし 芯去り
																	
すぎ	E70－E50－E70	継手なし	実									6／0.38 40.3 0.08／0.808 32.5					
		継手400mm	実									6／0.37 26.4 0.11／0.733 19.3					
		継手300mm	実									6／0.39 28.8 0.13／0.698 20.1					
	E70－E70－E70	継手なし	実	① 10／0.35 31.2 0.20／0.585 18.2	② 13／0.38 39.3 0.15／0.685 25.9	※3プライで木表、木裏で差がないことを確認。	12／0.37 ③ 43.7 0.25／0.489 21.3		④ 11／0.41 41.9 0.14／0.703 29.4	7／0.40 ⑤ 39.7 0.29／0.358 14.1	※実タイプAとほぼ同形状のため、実験省略。	⑥ (6／0.39) (42.9) (0.18／0.581) (24.9)	⑦ 16 43.4 0.18／0.663 28.7	⑧ (10／0.39) (43.7) (0.19／0.605) (26.4)	※実の形態は2プライで検証済。	※実の形態は2プライで検証済。	※実タイプAとほぼ同形状のため、実験省略。	⑨ 6／0.37 27.5 0.06／0.850 23.4
			基	×	*2 26.9		*1 29.4		*2 26.9	※1 29.4	*2 26.9	*2 26.9			*2 26.9		*2 26.9	
		継手400mm	実									⑩ 6／0.39 28.6 0.15／0.647 18.5					
		継手300mm	実	⑪ 13／0.34 24.5 0.12／0.75 18.3				⑫ 6／0.34 25.7 0.24／0.448 11.5				⑬ (6／0.38) (31.0) (0.05／0.887) (27.4)	⑭ 16 31.5 0.08／0.849 26.7	⑮ (10／0.37) (31.8) (0.10／0.810) (25.7)	⑯ 6／0.40 37.9 0.06／0.859 32.9	⑰ 10／0.38 32.4 0.13／0.728 23.5		⑱ 6／0.37 26.5 0.14／0.663 17.5
ひのき	E90	継手なし	実			⑲ 2／0.41 *3 39.9 － －	7／0.43 ⑳ 38.6 0.33／0.259 9.9											
			基				*1 30.6											
	E110	継手なし	実			㉑ 10／0.45 50.6 0.22／0.534 27.0	33／0.47 ㉒ 45.9 0.31／0.415 19.0											
			基				*1 38.4											
	E130	継手なし	実			㉓ 14／0.48 56.9 0.20／0.598 34.0	17／0.49 ㉔ 54.6 0.26／0.492 26.8											
			基				*1 46.8											
	E150	継手なし	実			㉕ 4／0.52 53.9 0.19／0.501 27.0	3／0.51 ㉖ 54.2 0.16／0.501 27.1				試験体数［体］／比重 平均値［N/mm²］ 変動係数CV／ばらつき係数k_{75-95} 基準値［N/mm²］							
			基				*1 55.2											

*1 挽板の基準値はJAS構造用製材機械等級、平12建告1452号より示す。
*2 黄色の網掛けは大臣認定取得の仕様を示す。
*3 桃色の網掛けはH28年度に実施の仕様を示す。
＊ 参考値・・・すぎ E70:29.4[N/mm²]、E90:34.8[N/mm²]、無等級:22.2[N/mm²]
ひのき E90:30.6[N/mm²]、E110:38.4[N/mm²]

樹種	等級	継手	実験値	実なし 木表接着 芯去り					
									
ひすひ	E110 E70 E110	継手なし	実	㉓ 6 49.3 0.20／0.527 26.0	㉔ 6 55.1 0.12／0.715 39.4	㉕ 6 47.4 0.14／0.665 31.5	㉖ 6 44.4 0.17／0.599 26.6	㉗ 6 48.9 0.13／0.686 33.5	㉘ 6 46.4 0.14／0.673 31.2

考察

(1) 接着合せ材が、構成する挽板の等級相当の耐力が出ない原因:②と③の比較、及び④と⑤の比較より、構成する挽板の耐力が低いことによる。理由として、破壊性状が節等の欠点に起因するため、ばらつきが大きいこと、また、試験体数が少ないことが考えられる。ただし、耐力が低い挽板と高い挽板を組合せた接着合せ材は、耐力が著しく落ちることはなかった。
上記の傾向は、ひのき(⑲と⑳、(21)と(22)、(23)と(24)、(25)と(26))についても同様であった。

(2) 芯取りの影響:①と②の比較、及び⑪⑫の結果より、挽板の芯取りが不充分だと、耐力が低下する。→品質管理で芯取りを正確に行う。

(3) 実の影響:②と④の比較より、実があることにより耐力が低下する影響はない。

(4) 仕組の影響:⑤と⑧の比較、及び⑬と⑯の比較より、木裏接着と木表接着で耐力に大きな差は見られない。理由として、耐力決定の節等の欠点が、木裏接着でも充分に除去できないためと考えられる。→合わせて基準値を評価した。

(5) 継手の影響:⑥と⑩の比較、及び⑭と⑱の比較より、継手の有無で、基準耐力値に大きな差は見られない。理由として、継手がない場合、平均値は高いが、破壊性状は節等の欠点に起因するため、ばらつきが大きくなり基準耐力値は低下する。一方、継手がある場合、継手で破壊するため、平均値は低いが、ばらつきが小さくなるため、基準耐力値はほとんど低下しない。なお、⑩は大きな節で破壊した試験体があったことにより、基準値が低下した。

(6) 重ね接着の影響:⑦と⑨の比較、及び⑮と⑰の比較より、重ね接着では耐力が低下した。→接着合せ材JASでは、重ねる二次接着を除外する。

(7) 異樹種組合せの影響:(27)のほとんどの試験体で、構成する挽板のすぎ以上の耐力は上回ったが、構成割合ほどの効果はなかった。検討には、試験体数が不足している。

(8) 樹種の影響:耐力の平均値について、すぎは高いが、ひのきは低かった。理由として、ひのきは死節が多いことや、乾燥による割れの範囲が大きいことが考えられる。

(9) 比重について:すぎの場合、北関東産は0.34～0.41に、九州産は0.37～0.57に分布した。ひのきの場合、九州産は0.39～0.57に分布した。

別紙

木材の強度試験

1. 供試体

提供された試験体は，すぎ接着合せ材およびすぎ挽板であり、それぞれ2種類の方法で乾燥されたものである。試験体の仕様を表1に示す。

表1　試験体の仕様

	乾燥条件			
	蒸気式（高温セット＋高温乾燥）	蒸気式（中温乾燥）	断面寸法	備考
接着合せ材	35体	35体	幅113mm×せい150mm	レゾルシノール樹脂接着剤、木裏接着
挽板	40体	40体	幅56.5mm×せい150mm	

2. 試験方法

曲げ試験は，「構造用木材の強度試験マニュアル」（財団法人日本住宅・木材技術センター企画編集・発行平成25年8月（第4版））に記載の「構造用木材の強度試験法」に準拠して実施した。

試験体は単純支持とし、スパンを梁せいの20倍（＝3000mm）とした3等分点4点荷重法とした。加力速度は、最大荷重に達するまで5分程度となるよう設定した。

加力は木材実大強度試験機 WU1000（東京衡機製造所製，能力 1000kN）を用いて行った。スパン中央の変位量は，容量200mmのひずみゲージ式変位変換器を使用して計測し，荷重が8割以下に低下するまで単調に加力した。また挽板を加力する際には倒れ止めを設けた。

なお加力前に試験体重量を測定し、密度を計算した。また試験終了後に、試験体の端部から10cm以上離れた部分から切片を採取し、全乾法によって含水率を測定した。

試験方法を図1に示す。また，試験実施状況を写真1に示す。

林　産　試　験　場

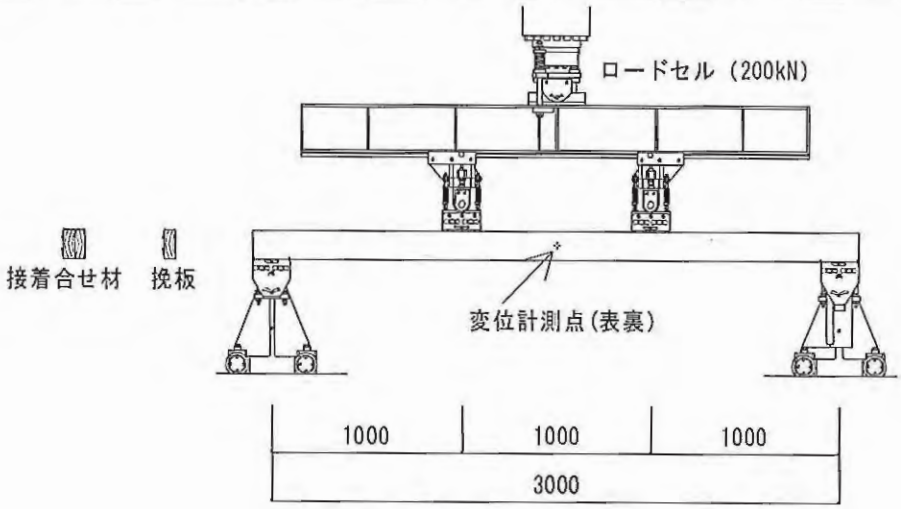


図１ 試験方法（単位：mm）

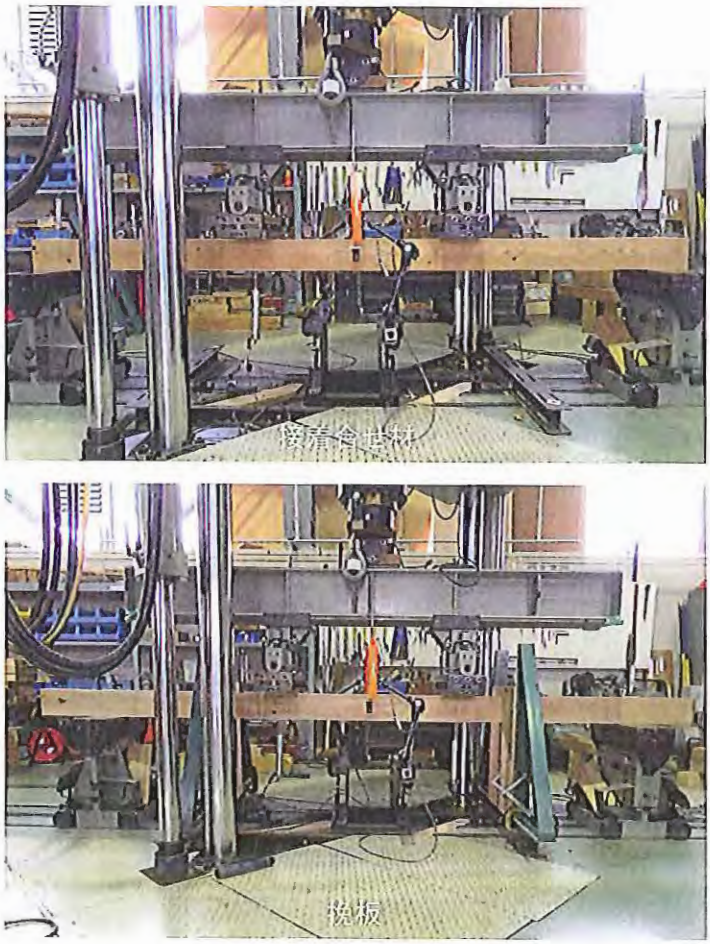


写真１ 試験実施状況

3. 試験結果

試験結果の概要を表 2 に、各仕様の結果を表 3～6 に示す。また荷重と変位量の関係曲線を図 2～11 に，破壊状況の例を写真 2～5 に示す。

表 2　試験結果の概要

	乾燥条件	試験体数	曲げヤング係数 kN/mm²	曲げ強度 N/mm²	密度 kg/m³	含水率 %
接着合せ材	高温セット＋高温乾燥	35	8.17 (5.46)	41.18 (24.62)	388	11.9
	中温乾燥	35	7.05 (4.63)	40.21 (28.45)	392	18.8
挽板	高温セット＋高温乾燥	40	8.08 (6.37)	39.71 (25.97)	384	11.1
	中温乾燥	40	6.95 (5.20)	38.96 (28.00)	372	16.5

( )内は信頼水準 75%の 5%下限値であり、平均値にばらつき係数を乗じたものである。

ばらつき係数は下式により求めた。

ばらつき係数＝1－K× 変動係数

ここで K は、下側許容限界を求めるための信頼限界係数で、試験体数 35 のとき 1.849、同 40 のとき 1.834 である。

表 3　試験結果(接着合せ材、高温セット＋高温乾燥)

No.	比例域での単位たわみ当たりの荷重	比例限荷重	最大荷重	最大荷重時たわみ	曲げヤング係数	曲げ強度	密度	含水率
	kN/mm	kN	kN	mm	kN/mm^2	N/mm^2	kg/m^3	%
gh01	0.762	46.34	50.62	76.44	11.49	59.7	440	12.6
gh02	0.752	42.50	51.98	95.43	11.34	61.3	421	10.4
gh03	0.707	38.12	38.50	54.44	10.66	45.4	394	10.1
gh04	0.657	39.85	50.10	91.56	9.91	59.1	417	12.1
gh05	0.624	36.98	38.25	62.45	9.41	45.1	410	12.0
gh06	0.602	36.31	40.93	72.08	9.08	48.3	410	11.3
gh07	0.623	37.89	43.19	73.37	9.39	51.0	420	11.4
gh08	0.560	31.40	39.05	80.51	8.44	46.1	388	11.8
gh09	0.626	35.90	44.05	87.18	9.44	52.0	370	12.0
gh10	0.584	27.90	33.70	74.07	8.80	39.8	419	19.4
gh11	0.520	24.78	28.82	59.46	7.84	34.0	462	18.4
gh12	0.583	26.54	26.54	45.38	8.79	31.3	435	14.3
gh13	0.557	33.77	35.73	70.98	8.40	42.2	358	11.0
gh14	0.582	35.99	38.58	68.00	8.77	45.5	415	11.5
gh15	0.507	27.19	32.65	69.08	7.64	38.5	445	12.3
gh16	0.574	30.92	36.43	70.84	8.65	43.0	380	11.5
gh17	0.523	31.74	38.06	85.63	7.89	44.9	366	12.4
gh18	0.609	34.86	34.86	57.63	9.18	41.1	385	11.1
gh19	0.516	28.89	32.57	66.12	7.78	38.4	382	12.3
gh20	0.485	27.94	27.94	58.30	7.31	33.0	385	13.1
gh21	0.508	29.12	33.16	68.44	7.66	39.1	378	12.9
gh22	0.534	31.82	34.54	67.33	8.05	40.8	367	9.2
gh23	0.551	32.58	34.08	132.84	8.31	40.2	344	10.6
gh24	0.579	32.93	32.93	57.13	8.73	38.9	387	11.0
gh25	0.497	26.73	27.45	55.66	7.49	32.4	414	10.6
gh26	0.504	28.98	28.98	57.86	7.60	34.2	340	10.1
gh27	0.446	20.33	20.33	45.02	6.72	24.0	397	11.6
gh28	0.456	30.66	30.90	68.31	6.88	36.5	349	9.5
gh29	0.501	23.11	28.33	61.44	7.55	33.4	361	8.9
gh30	0.420	28.23	33.16	87.16	6.33	39.1	332	9.4
gh31	0.465	29.21	39.29	103.50	7.01	46.4	365	11.4
gh32	0.409	22.51	22.51	54.97	6.17	26.6	365	14.2
gh33	0.457	29.50	41.44	108.70	6.89	48.9	350	10.0
gh34	0.374	21.99	28.71	88.01	5.64	33.9	399	14.9
gh35	0.321	20.74	23.14	74.00	4.84	27.3	342	9.9
平均					8.17	41.2	388	11.9
変動係数					0.179	0.217	0.085	0.190
ばらつき係数					0.669	0.598		
下限値					5.46	24.6		

林　産　試　験　場

表 4　試験結果(接着合せ材、中温乾燥)

No.	比例域での単位たわみ当たりの荷重	比例限荷重	最大荷重	最大荷重時たわみ	曲げヤング係数	曲げ強度	密度	含水率
	kN/mm	kN	kN	mm	kN/mm^2	N/mm^2	kg/m^3	%
gm01	0.702	37.29	46.19	89.24	10.58	54.5	438	18.0
gm02	0.595	29.48	43.92	130.34	8.97	51.8	483	22.4
gm03	0.606	36.91	44.96	115.98	9.14	53.1	424	18.5
gm04	0.582	33.30	38.11	75.81	8.77	45.0	410	18.2
gm05	0.575	29.68	40.07	97.09	8.67	47.3	407	19.8
gm06	0.580	32.58	40.66	94.24	8.74	48.0	420	19.7
gm07	0.526	31.24	35.71	73.25	7.93	42.1	379	15.9
gm08	0.492	27.44	36.82	97.07	7.42	43.4	425	19.9
gm09	0.549	31.02	40.30	111.26	8.28	47.6	427	19.7
gm10	0.483	30.45	36.04	82.44	7.28	42.5	402	18.1
gm11	0.490	26.72	34.98	96.57	7.39	41.3	380	18.4
gm12	0.539	30.61	35.43	86.15	8.13	41.8	349	14.6
gm13	0.493	27.74	34.55	89.01	7.43	40.8	394	15.5
gm14	0.513	28.90	36.37	84.32	7.73	42.9	357	15.6
gm15	0.484	28.14	34.71	84.10	7.30	41.0	387	16.9
gm16	0.459	26.19	35.10	103.19	6.92	41.4	373	18.3
gm17	0.442	22.20	27.52	77.35	6.66	32.5	407	24.8
gm18	0.423	23.75	32.79	121.18	6.38	38.7	433	24.1
gm19	0.450	23.95	28.37	74.56	6.78	33.5	418	16.5
gm20	0.435	23.94	33.18	126.17	6.56	39.2	358	19.1
gm21	0.439	26.77	36.48	115.54	6.62	43.0	363	16.2
gm22	0.459	26.13	32.15	103.14	6.92	37.9	369	17.8
gm23	0.416	23.15	33.39	116.83	6.27	39.4	364	16.9
gm24	0.414	25.05	31.76	87.43	6.24	37.5	385	16.8
gm25	0.450	26.27	35.04	110.67	6.78	41.3	427	23.5
gm26	0.395	23.11	31.80	100.62	5.96	37.5	357	16.8
gm27	0.437	23.15	29.07	80.15	6.59	34.3	406	18.8
gm28	0.386	19.83	30.04	116.79	5.82	35.4	427	25.2
gm29	0.401	22.29	29.98	96.28	6.05	35.4	403	23.6
gm30	0.399	24.19	25.67	65.87	6.02	30.3	351	15.7
gm31	0.363	21.74	26.35	81.99	5.47	31.1	348	19.6
gm32	0.386	24.27	33.30	102.16	5.82	39.3	358	16.1
gm33	0.347	22.53	31.52	132.22	5.23	37.2	359	17.8
gm34	0.308	17.43	22.24	80.15	4.64	26.2	390	20.9
gm35	0.337	17.28	28.28	119.16	5.08	33.4	361	19.0
平均					7.05	40.2	392	18.8
変動係数					0.185	0.158	0.082	0.149
ばらつき係数					0.658	0.707		
下限値					4.63	28.4		

林　産　試　験　場

表5　試験結果(挽板、高温セット＋高温乾燥)

No.	比例域での単位たわみ当たりの荷重	比例限荷重	最大荷重	最大荷重時たわみ	曲げヤング係数	曲げ強度	密度	含水率
	kN/mm	kN	kN	mm	kN/mm^2	N/mm^2	kg/m^3	%
h72-0	0.270	15.18	15.18	56.45	8.14	35.8	372	9.8
h72-1	0.299	17.70	20.21	75.21	9.02	47.7	356	11.5
h74-0	0.222	12.35	12.35	55.76	6.69	29.1	357	10.0
h74-1	0.303	12.04	12.69	43.57	9.14	29.9	353	11.5
h78-0	0.226	13.85	16.83	91.76	6.81	39.7	449	14.2
h78-1	0.293	16.94	19.78	73.21	8.84	46.7	429	14.3
h80-0	0.266	15.70	17.39	72.32	8.02	41.0	424	8.5
h80-1	0.289	10.09	11.61	41.62	8.71	27.4	389	9.0
h84-0	0.265	14.54	14.54	54.78	7.99	34.3	366	12.1
h84-1	0.284	15.81	18.66	72.58	8.56	44.0	338	11.0
h86-0	0.294	19.11	23.78	96.63	8.87	56.1	417	10.3
h86-2	0.285	17.73	19.33	69.43	8.59	45.6	385	9.3
h91-0	0.211	10.34	16.74	132.36	6.36	39.5	442	13.2
h91-1	0.274	16.36	21.99	93.88	8.26	51.9	403	11.9
h95-0	0.231	13.34	15.30	68.27	6.97	36.1	372	9.3
h95-1	0.316	16.14	17.16	66.80	9.53	40.5	382	9.8
h101-0	0.232	14.48	17.49	87.75	7.00	41.3	318	9.5
h101-1	0.275	15.45	19.42	98.93	8.29	45.8	315	9.7
h102-0	0.271	14.59	19.64	86.43	8.17	46.3	420	11.3
h102-1	0.321	10.92	11.18	35.49	9.68	26.4	392	11.5
h113-0	0.239	14.03	16.34	72.41	7.21	38.6	438	13.8
h113-1	0.289	5.39	12.43	166.06	8.71	29.3	388	9.5
h116-0	0.232	10.80	10.80	46.05	7.00	25.5	366	9.5
h116-1	0.317	18.63	20.36	72.03	9.56	48.0	402	12.5
h118-0	0.224	12.87	14.75	67.51	6.75	34.8	429	14.4
h118-1	0.303	16.35	18.08	68.35	9.14	42.7	386	15.1
h119-0	0.234	14.40	15.33	66.47	7.06	36.2	380	10.1
h119-1	0.265	9.99	11.13	47.10	7.99	26.3	392	9.3
h120-0	0.255	15.32	19.30	82.99	7.69	45.5	431	11.8
h120-1	0.295	16.91	19.69	78.80	8.90	46.5	366	12.5
h122-0	0.225	15.33	20.02	98.51	6.78	47.2	410	12.7
h122-1	0.288	16.65	16.65	58.61	8.68	39.3	426	13.7
h124-0	0.233	14.65	18.19	92.72	7.03	42.9	339	10.7
h124-1	0.290	17.08	19.08	74.44	8.74	45.0	341	10.9
h125-0	0.230	13.31	15.37	70.48	6.94	36.3	370	9.3
h125-1	0.286	12.38	15.91	70.31	8.62	37.5	353	8.8
h127-0	0.260	16.86	16.86	65.09	7.84	39.8	376	8.8
h127-1	0.308	9.12	12.02	140.28	9.29	28.4	370	9.6
h136-0	0.247	14.83	16.19	77.24	7.45	38.2	373	9.6
h136-1	0.277	14.09	16.45	65.68	8.35	38.8	347	14.6
平均					8.08	39.7	384	11.1
変動係数					0.116	0.189	0.089	0.172
ばらつき係数					0.788	0.654		
下限値					6.37	26.0		

林　産　試　験　場

表 6　試験結果(挽板、中温乾燥)

No.	比例域での単位たわみ当たりの荷重	比例限荷重	最大荷重	最大荷重時たわみ	曲げヤング係数	曲げ強度	密度	含水率
	kN/mm	kN	kN	mm	kN/mm^2	N/mm^2	kg/m^3	%
m4-0	0.169	8.54	11.83	93.11	5.10	27.9	357	18.6
m4-1	0.229	11.71	17.72	152.83	6.91	41.8	391	23.0
m7-0	0.255	14.27	18.06	82.41	7.69	42.6	421	15.8
m7-1	0.259	11.62	12.32	51.85	7.81	29.1	392	13.6
m12-0	0.196	10.24	11.49	59.86	5.91	27.1	388	17.3
m12-1	0.254	13.50	17.25	91.11	7.66	40.7	350	16.5
m14-0	0.191	10.43	16.94	126.58	5.76	40.0	373	17.7
m14-1	0.233	11.76	14.29	72.70	7.03	33.7	361	18.5
m15-0	0.241	13.87	15.51	66.32	7.27	36.6	386	15.3
m15-1	0.258	13.14	18.67	107.51	7.78	44.1	363	15.7
m16-0	0.212	12.25	14.82	76.43	6.39	35.0	383	17.5
m16-1	0.257	15.10	18.65	93.25	7.75	44.0	361	16.3
m18-0	0.234	13.90	17.05	81.85	7.06	40.2	395	17.5
m18-1	0.246	13.41	17.45	98.84	7.42	41.2	362	18.0
m21-0	0.172	9.08	11.97	84.21	5.19	28.2	354	18.0
m21-1	0.245	14.23	18.43	93.98	7.39	43.5	369	17.0
m27-0	0.176	10.82	14.91	105.72	5.31	35.2	357	16.7
m27-1	0.220	12.32	16.62	123.55	6.63	39.2	340	15.7
m29-0	0.227	14.54	19.79	110.06	6.84	46.7	383	15.3
m29-1	0.247	14.09	18.23	90.29	7.45	43.0	337	15.2
m34-0	0.226	12.98	15.77	77.15	6.81	37.2	395	17.9
m34-1	0.227	13.06	17.29	99.20	6.84	40.8	358	16.3
m35-0	0.246	11.46	12.83	74.77	7.42	30.3	396	15.1
m35-1	0.285	15.27	20.77	103.34	8.59	49.0	368	14.4
m40-0	0.177	9.70	12.25	89.37	5.34	28.9	358	15.7
m40-1	0.275	16.41	20.26	89.87	8.29	47.8	385	16.7
m41-0	0.237	13.88	17.40	87.57	7.15	41.1	368	14.9
m41-1	0.266	14.97	17.89	97.30	8.02	42.2	339	15.1
m44-0	0.224	12.89	15.66	80.64	6.75	37.0	366	15.3
m44-1	0.267	14.11	19.75	143.39	8.05	46.6	342	15.0
m50-0	0.204	11.35	16.13	105.49	6.15	38.1	391	16.8
m50-1	0.269	15.11	20.17	115.91	8.11	47.6	372	15.8
m53-0	0.204	12.06	18.33	127.92	6.15	43.3	382	17.4
m53-1	0.226	11.80	16.10	137.05	6.81	38.0	344	18.0
m56-0	0.169	9.64	14.36	99.70	5.10	33.9	411	16.8
m56-1	0.244	12.36	13.82	62.48	7.36	32.6	390	15.8
m63-0	0.227	11.70	16.46	88.12	6.84	38.8	407	17.7
m63-1	0.289	15.39	19.93	126.61	8.71	47.0	366	15.8
m67-0	0.207	14.82	17.44	89.13	6.24	41.2	401	15.4
m67-1	0.234	13.31	15.77	74.99	7.06	37.2	327	14.3
平均					6.95	39.0	372	16.5
変動係数					0.138	0.153	0.060	0.100
ばらつき係数					0.748	0.719		
下限値					5.20	28.0		

林　産　試　験　場

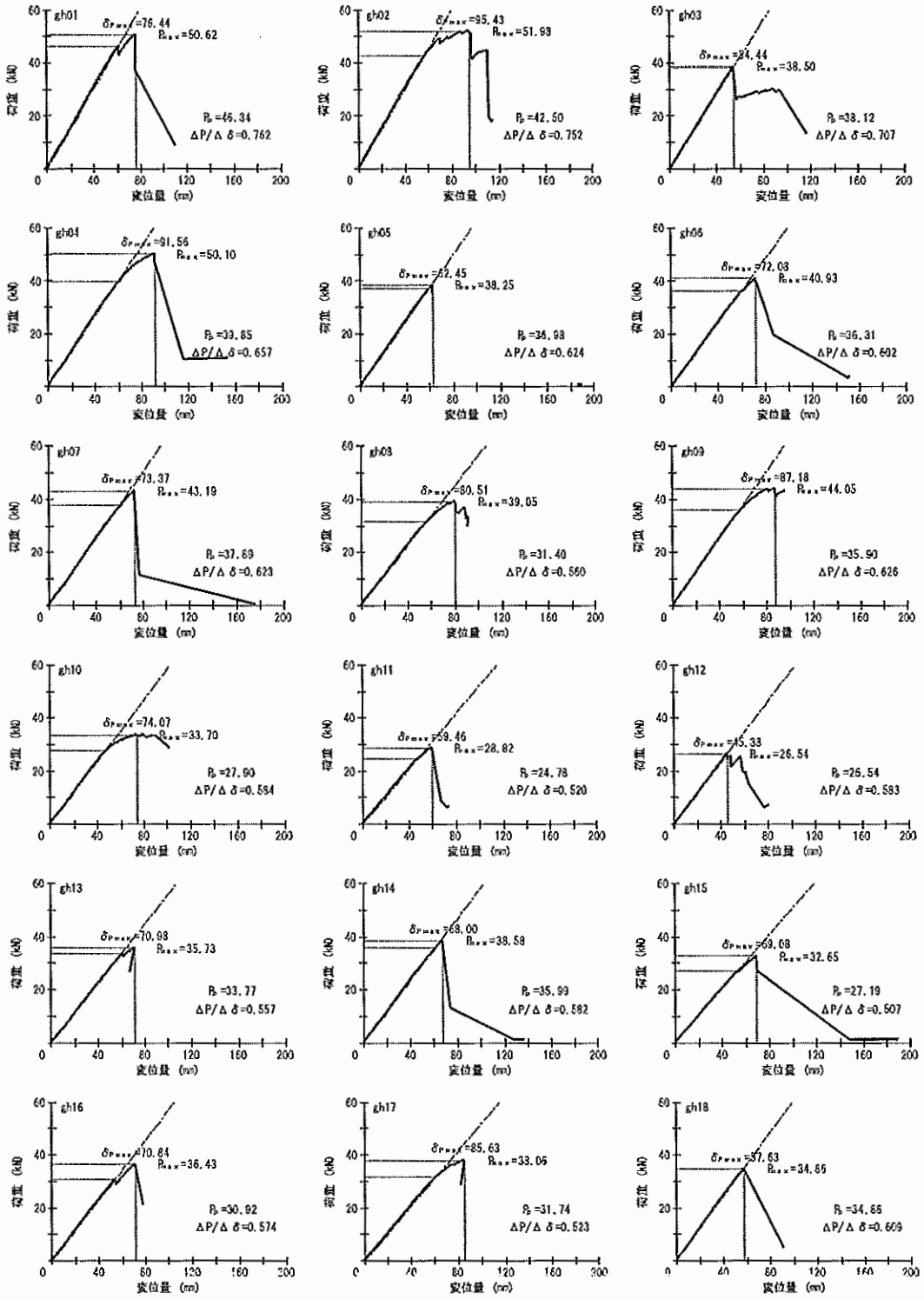


図２　荷重と変位量の関係曲線（接着合せ材、高温セット＋高温乾燥）

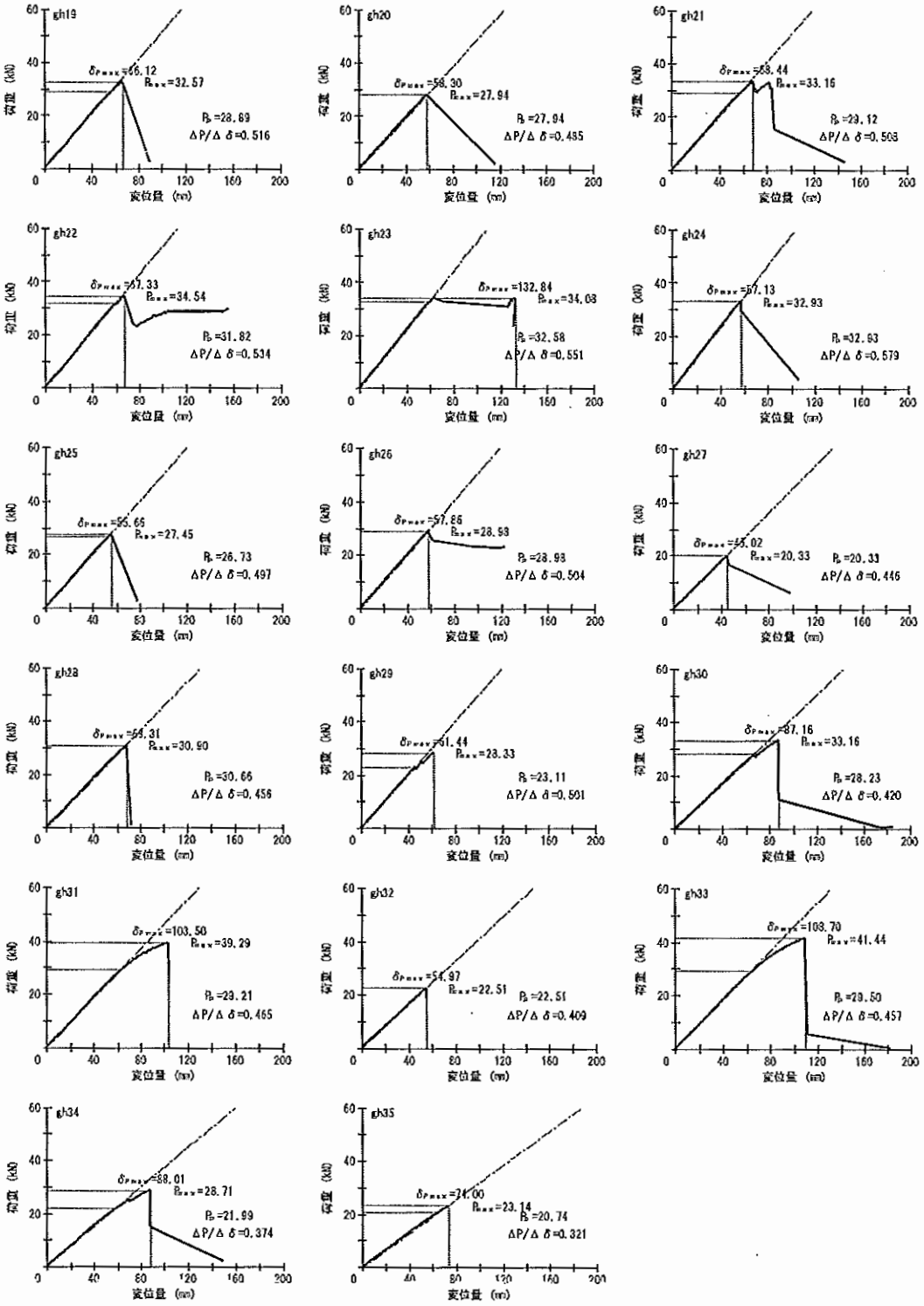


図３　荷重と変位量の関係曲線（接着合せ材、高温セット＋高温乾燥）

林　産　試　験　場

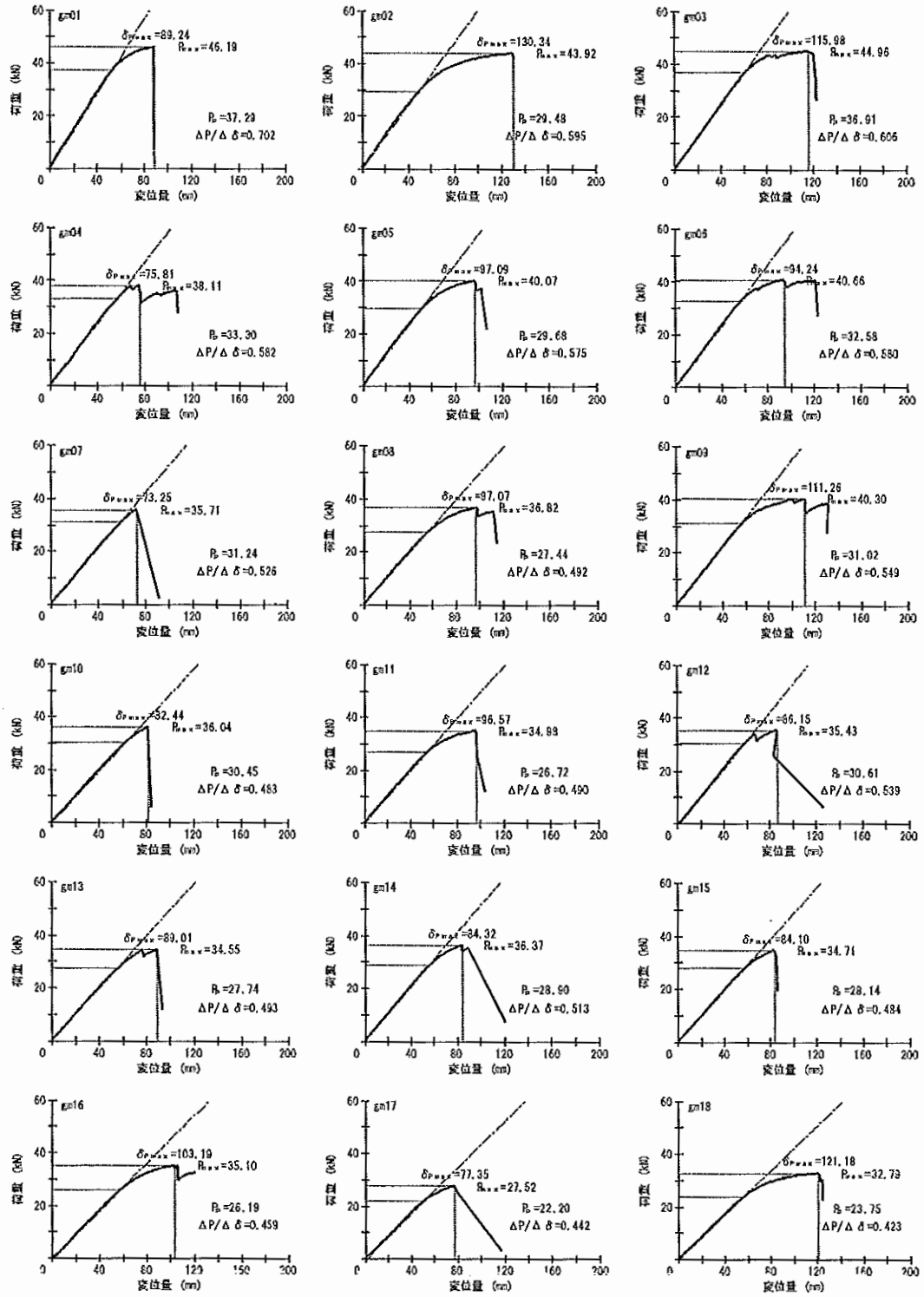


図４　荷重と変位量の関係曲線（接着合せ材、中温乾燥）

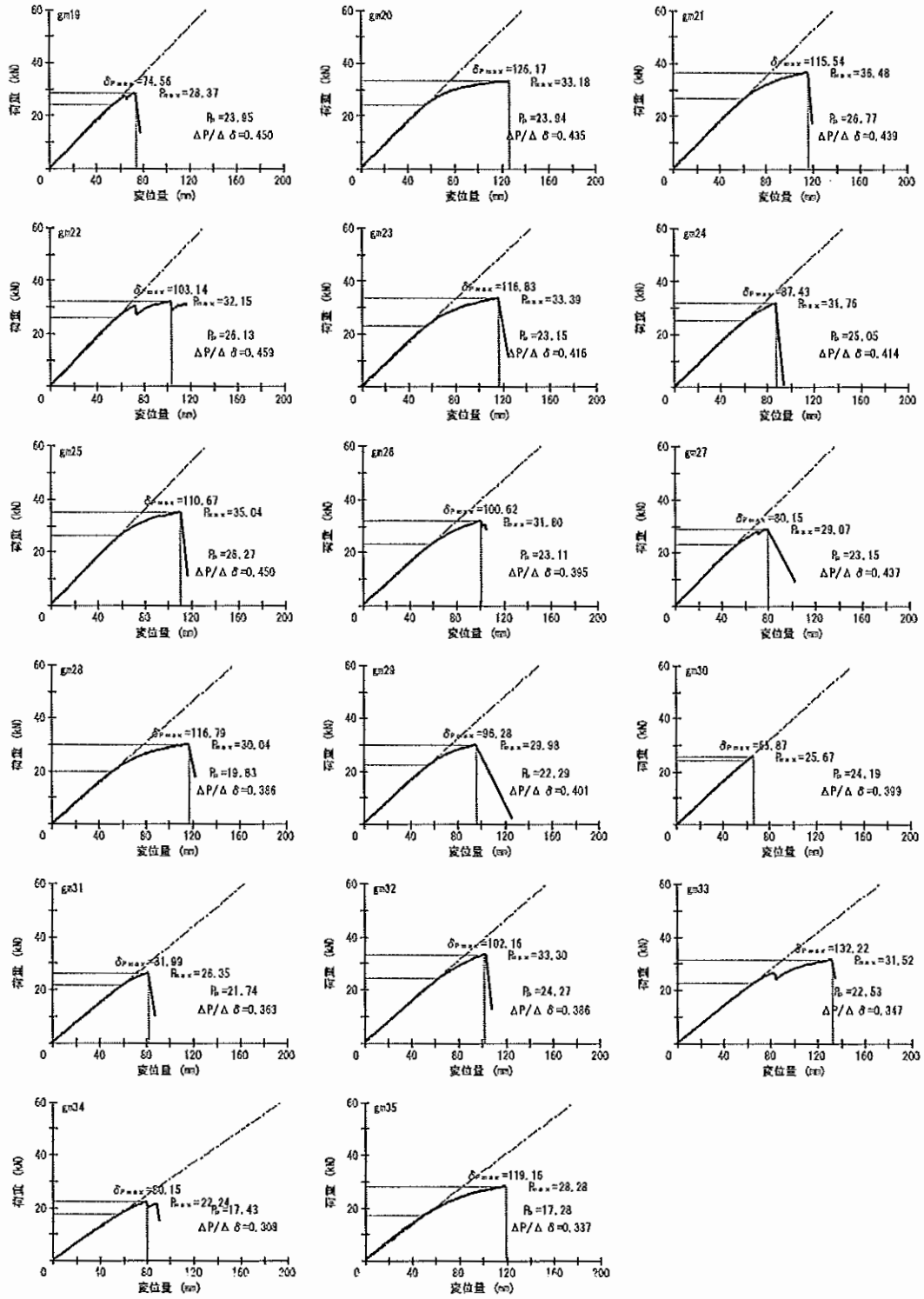


図5　荷重と変位量の関係曲線（接着合せ材、中温乾燥）

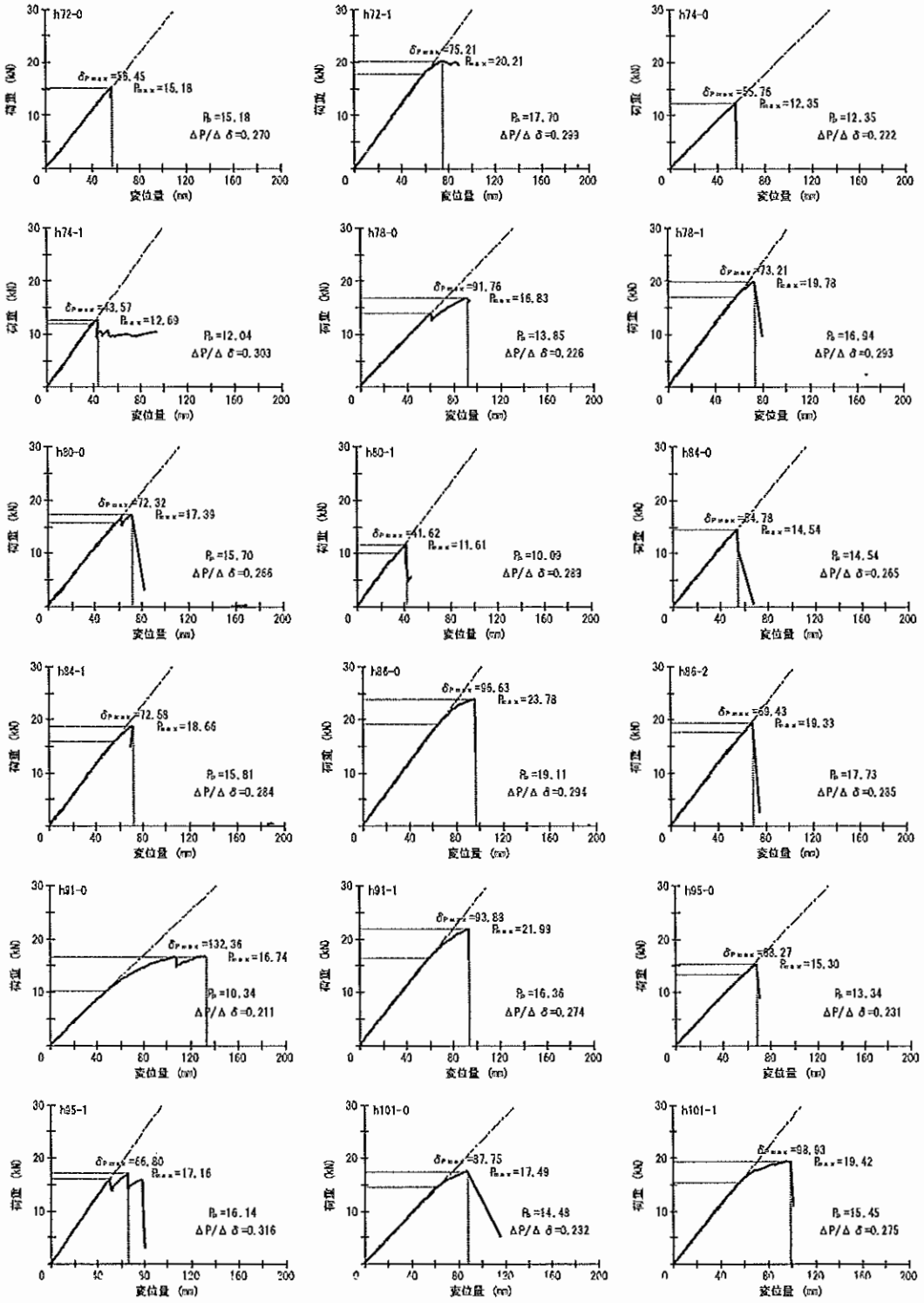


図6　荷重と変位量の関係曲線（挽板、高温セット＋高温乾燥）

林　産　試　験　場

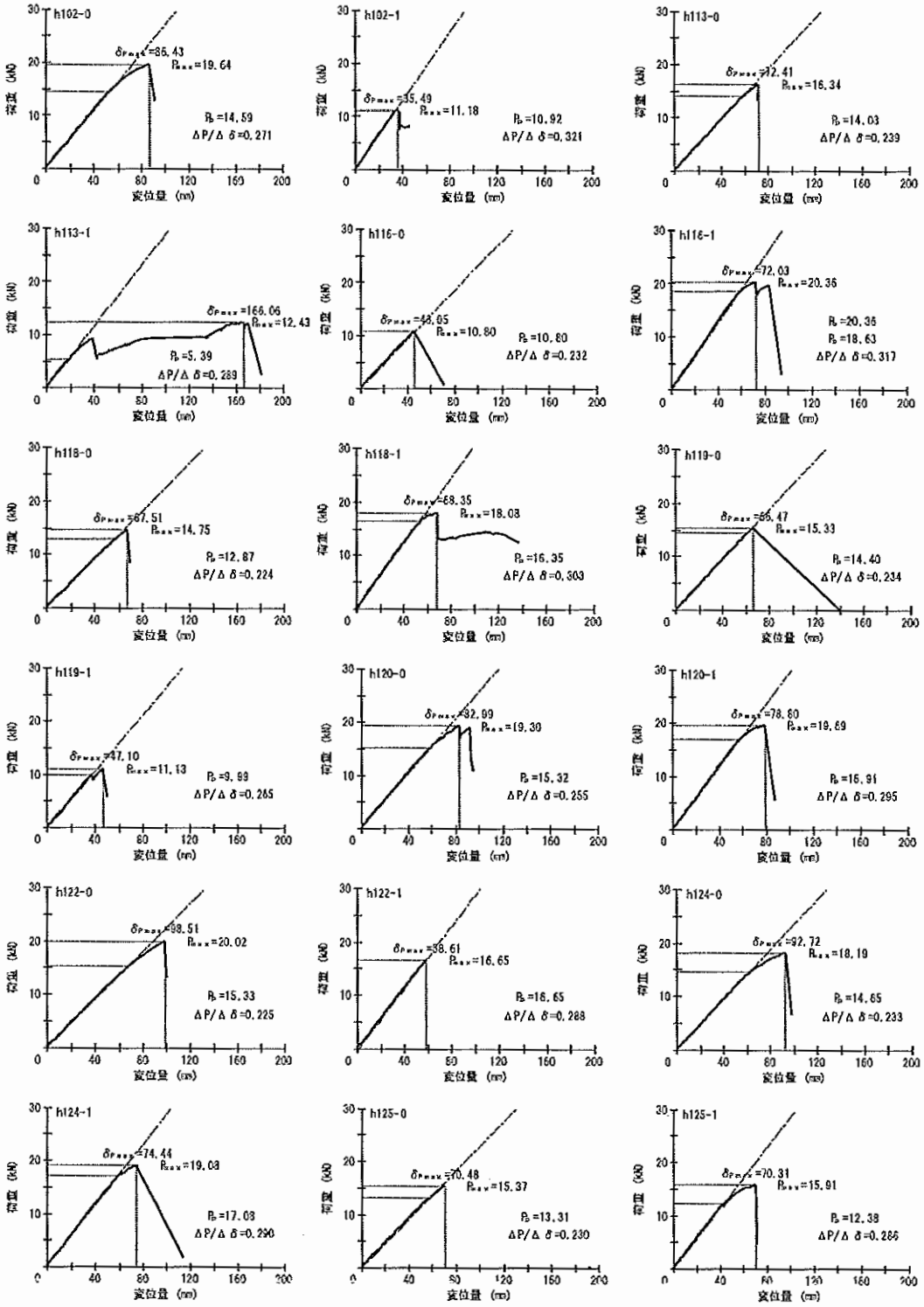


図７　荷重と変位量の関係曲線（挽板、高温セット＋高温乾燥）

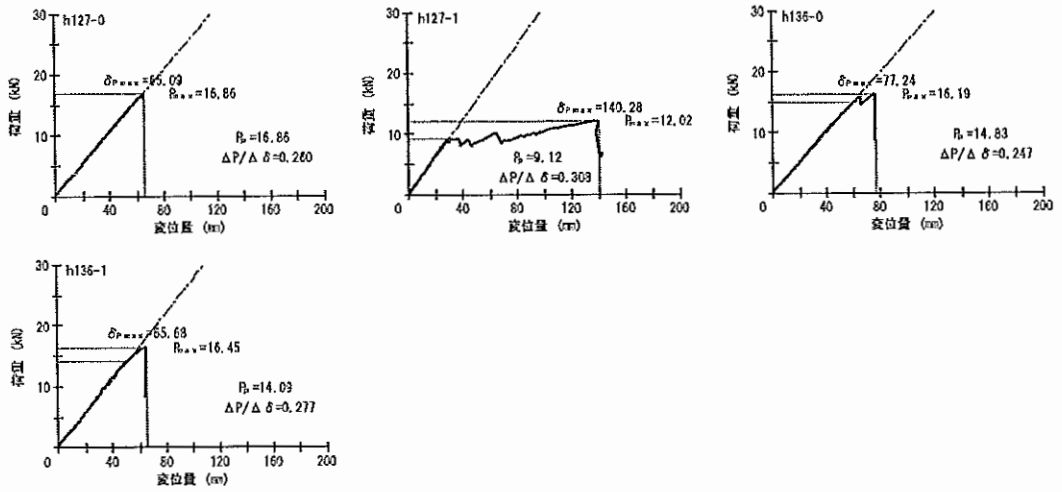


図８　荷重と変位量の関係曲線（挽板、高温セット＋高温乾燥）

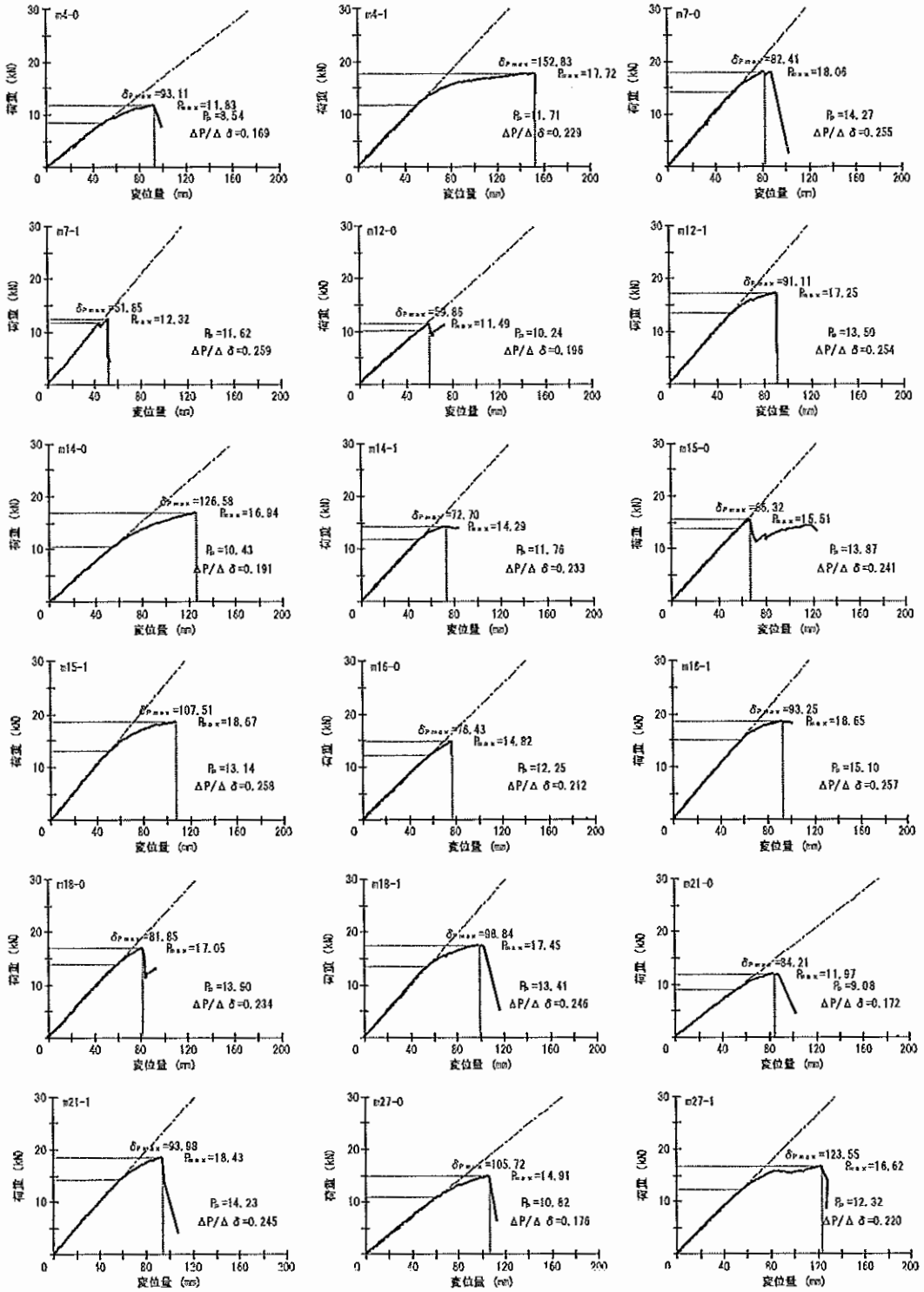


図9　荷重と変位量の関係曲線（挽板、中温乾燥）

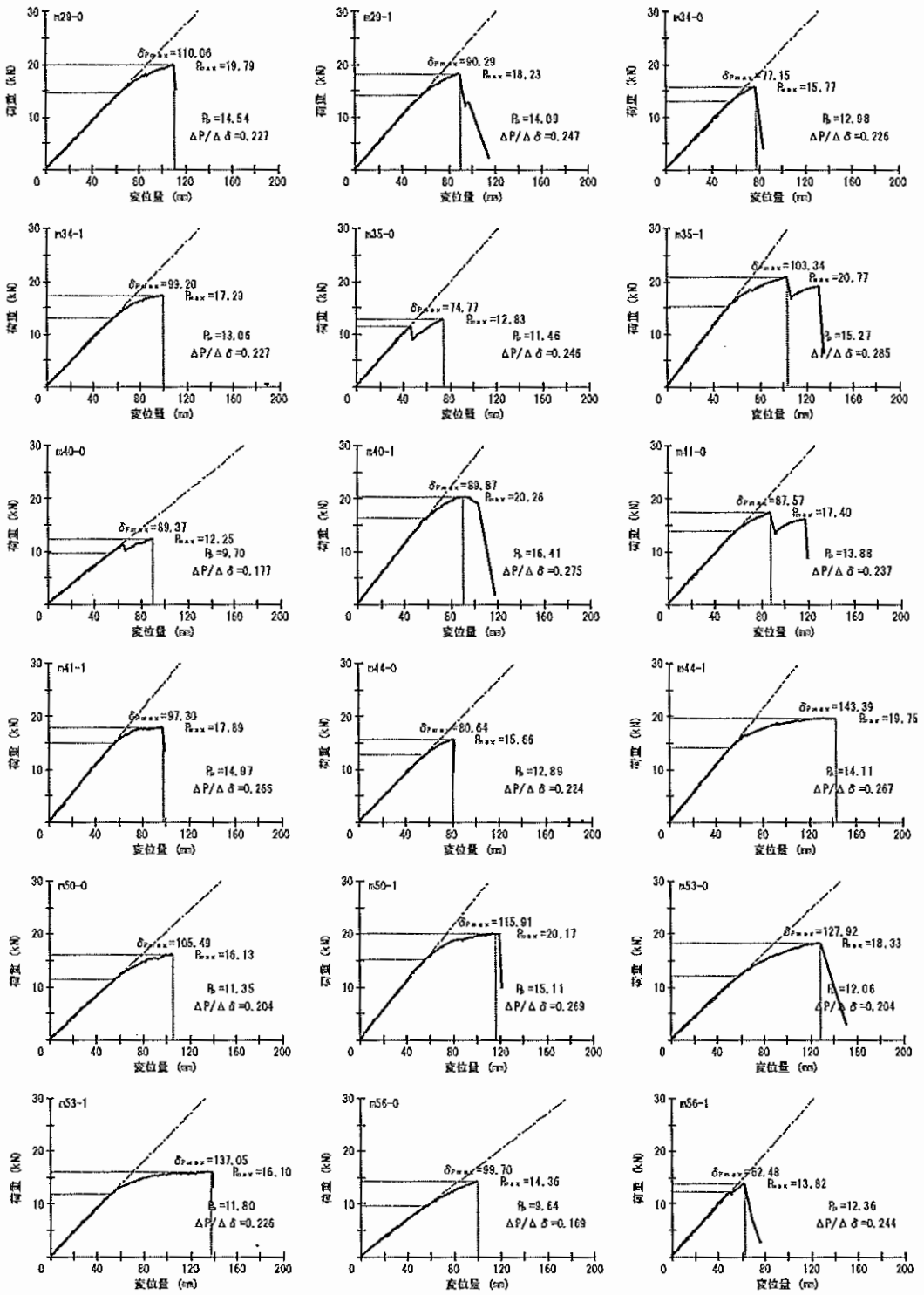


図 10　荷重と変位量の関係曲線（挽板、中温乾燥）

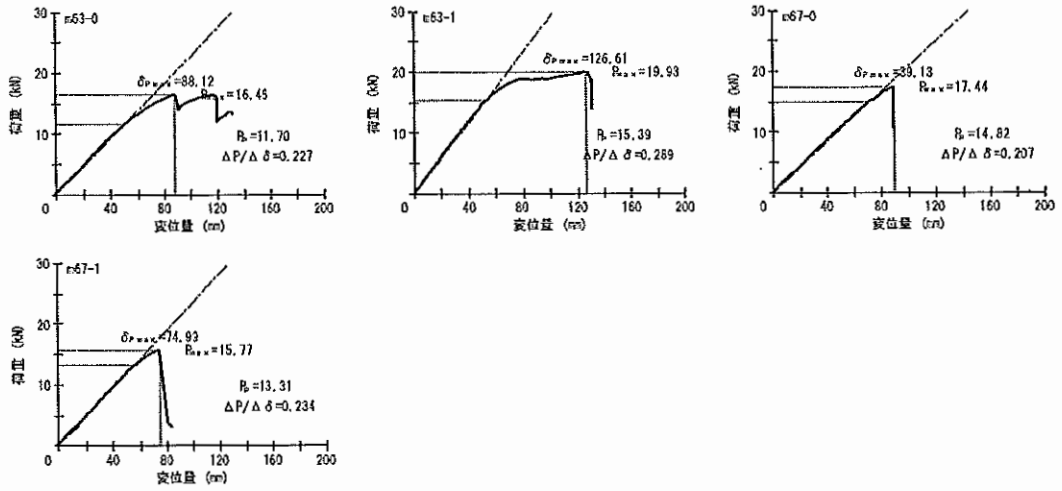


図11　荷重と変位量の関係曲線（挽板、中温乾燥）

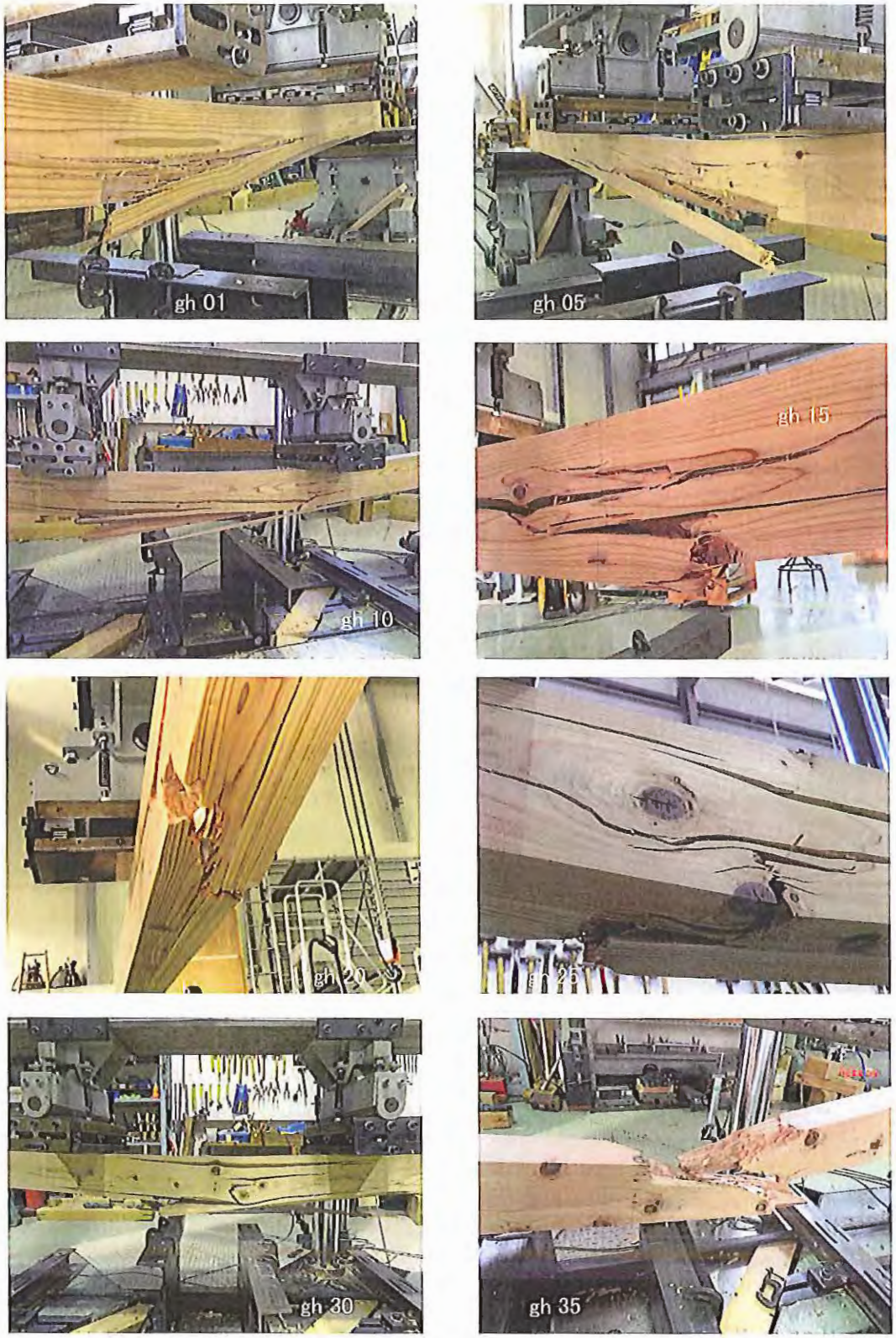


写真２　破壊状況の例（接着合せ材、高温セット＋高温乾燥）

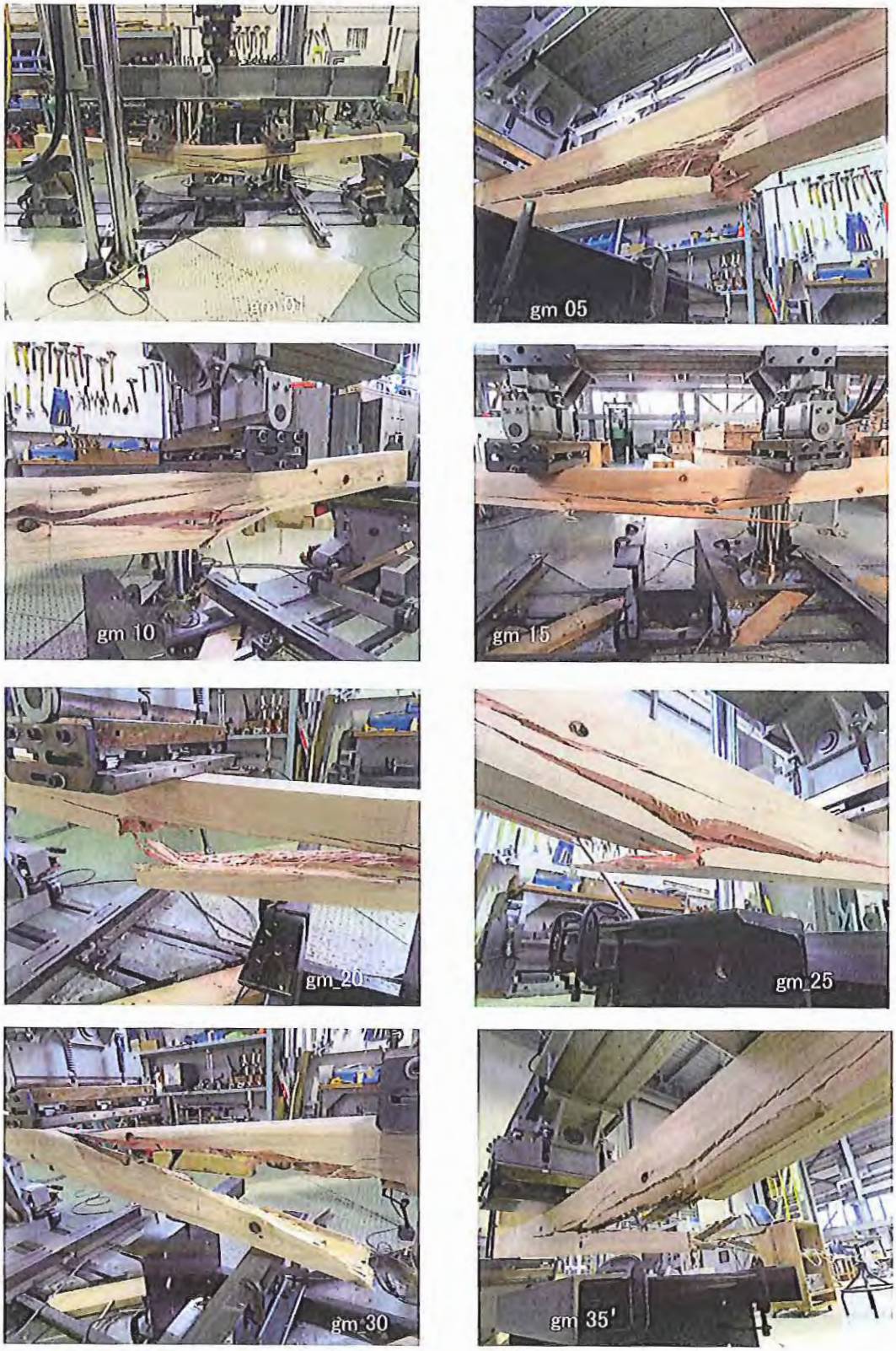


写真３　破壊状況の例（接着合せ材、中温乾燥）

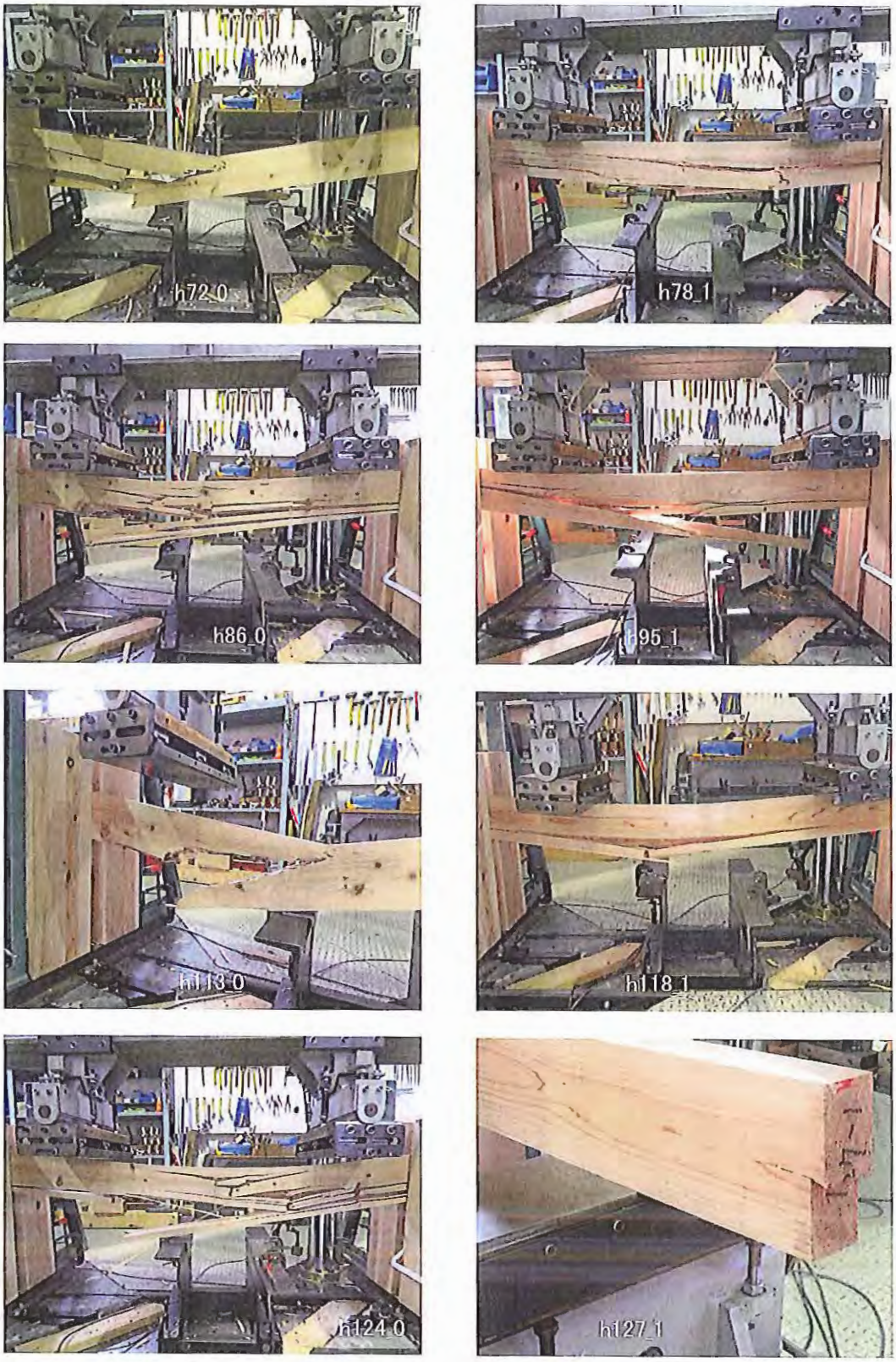


写真４　破壊状況の例（挽板、高温セット＋高温乾燥）

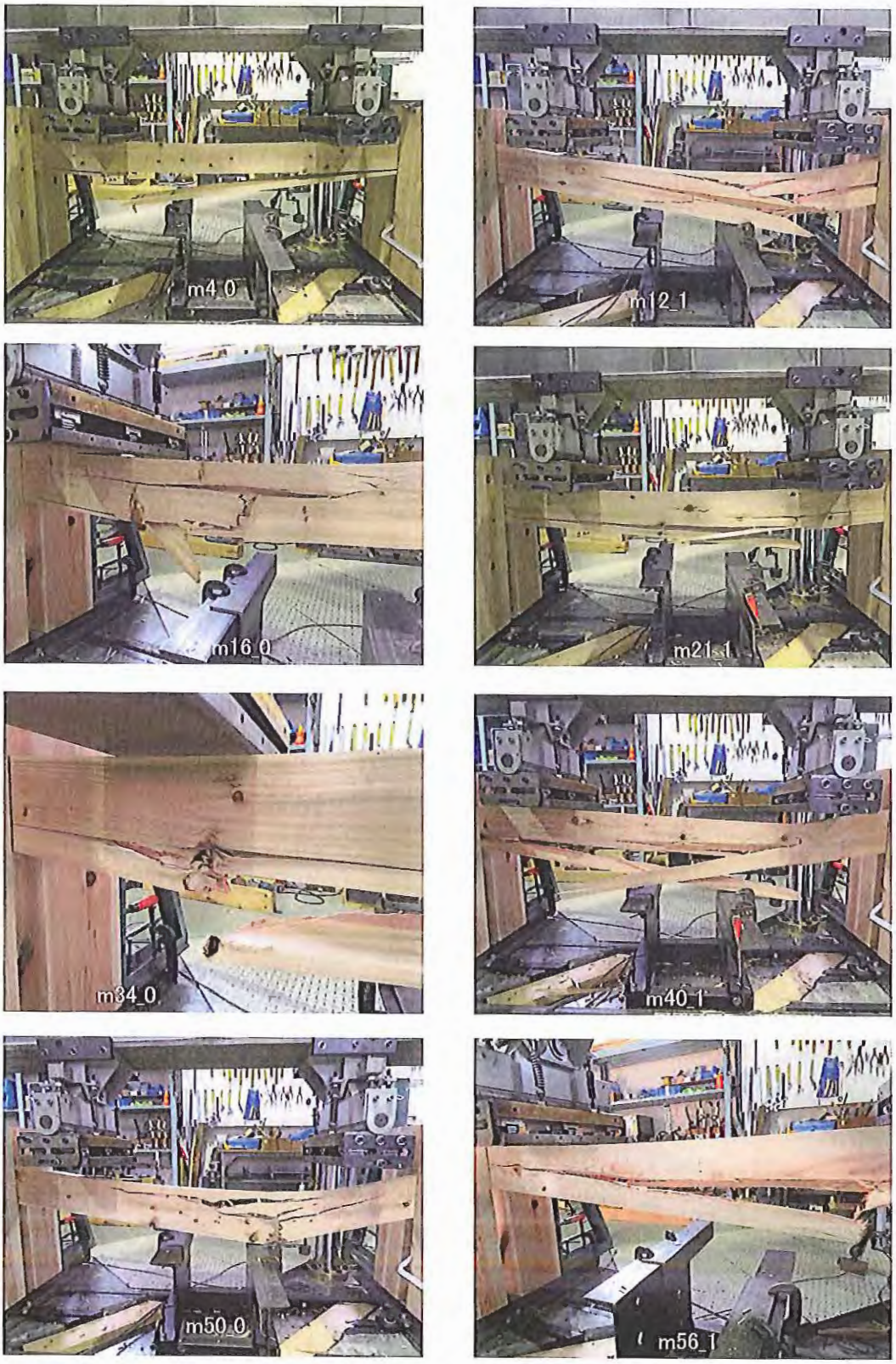


写真５　破壊状況の例（挽板、中温乾燥）

29 木 機 構 － 229
平成 29 年 10 月 30 日

依頼者　住所　東京都港区赤坂 2-2-19　アドレスビル 1F
　　氏名　一般社団法人　日本ログハウス協会　御中

（公財）秋田県木材加工推進機構
代表理事　網　幸 太

試 験 成 績 書

依頼のあった試験の成績は、下記のとおりです。

試　験　名	挽板の曲げ試験
品　　名	試料別記
試験結果の概要	別紙のとおり
担　当　者	（公財）秋田県木材加工推進機構 スタッフ　浜野　達朗
試 験 場 所	公立大学法人　秋田県立大学 木材高度加工研究所
試　験　日	平成 29 年 9 月 7 日　～　平成 29 年 10 月 19 日
注 意 事 項	この試験成績書を転載するときは、必ず全文を記載してください。

目　　次

1. 一般事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P 1

2. 試験体 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P 2

3. 試験方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P 2

4. 試験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P 4

1. 一般事項

概要説明	
(1) 件　　名	挽板の曲げ試験
(2) 概　　要	1) 目的 異なる乾燥方法（高温セット+高温乾燥、中温乾燥）で仕上げた芯材及び芯去り製材試験体の曲げ試験を行い、その性能を確認し強度データの精度の向上を図る。 2) 試験体 ①樹種　：　スギ ②寸法　：　56.5mm×150mm×3700mm ③数量　：　100 体 3) 試験方法 「構造用木材の強度試験マニュアル」（(公財) 日本住宅木材・技術センター)　準拠
(3) 依頼者の名称及び住所	一般社団法人　日本ログハウス協会 東京都港区赤坂 2-2-19　アドレスビル 1F
(4) 実施者名	秋田県能代市字海詠坂 11－1 公益財団法人 秋田県木材加工推進機構 代表理事　　網　幸太
(5) 実施場所	公立大学法人　秋田県立大学 木材高度加工研究所 秋田県能代市字海詠坂 11－1
(6) 受 付 日	平成 29 年 8 月 4 日
(7) 実 施 日	平成 29 年 9 月 7 日　～　平成 29 年 10 月 19 日
(8) 試験成績書発行日	平成 29 年 10 月 30 日
(9) 担当者及び試験成績書作成者	公益財団法人 秋田県木材加工推進機構 スタッフ　浜野　達朗

2. 試験体

供試体は表 2.1 に示すスギの挽板である。

表 2.1　　供試体の仕様

乾燥方法	高温セット+高温乾燥		中温乾燥	
種　類	芯持ち材	芯去り材	芯持ち材	芯去り材
樹　種	スギ			
寸　法	56.5mm×150mm×3700mm			
試験体数	25	25	25	25

3. 試験方法

試験は、表 2.1 に掲げた試験体に対し、「構造用木材の強度試験マニュアル　I 構造用木材の強度試験法　7 曲げ強さおよび曲げヤング係数」に従い、3 等分点 4 点荷重法で試験を行なった。ただし、支点間スパン依頼者の指示により 3,000mm（厚さの 20 倍）とした。

尚、試験は引張圧縮試験機 AL-100kN 型（ミネベア株式会社製）を用いて行った。

曲げ試験の概要は図 3.1、同試験の加力条件は表 3.1 に示すとおりである。写真 3.1～3.4 に試験状況及び変位計の設置位置を示す。

また、含水率は高周波木材水分計（Micro Measure 製 HS-100）を用いて 3 点測定した（写真 3.5）。

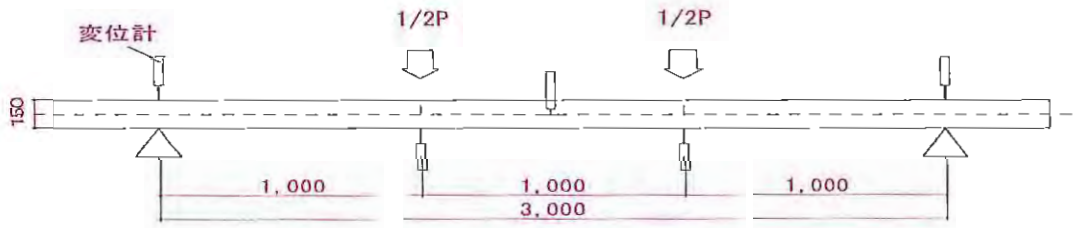


図 3.1　曲げ試験概要

表 3.1　曲げ試験の加力条件

試験体幅	56.5mm
試験体厚さ	150mm
支点間スパン	3000mm
ロードスパン	1000mm
荷重速度	20mm/min

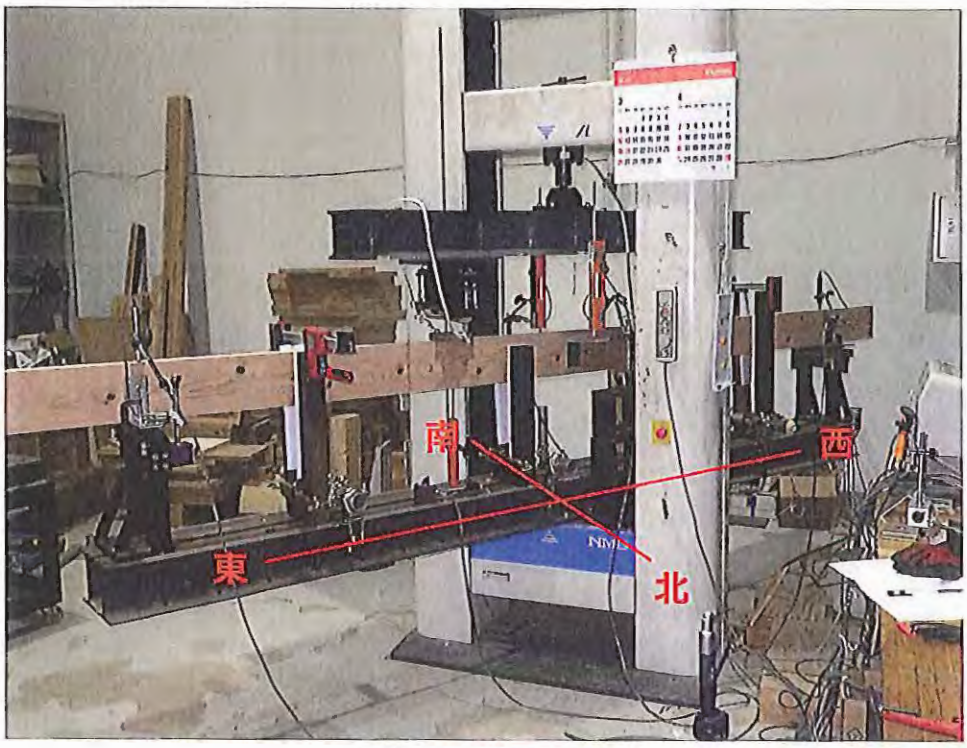


写真 3.1　試験時全景

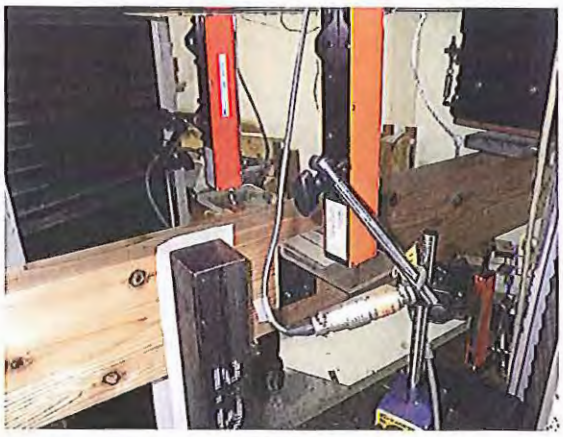


写真 3.2　中央位置変位計

写真 3.3　荷重点位置変位計

写真 3.4　支点位置変位計

写真 3.5　含水率測定時の状況

4. 試験結果

「構造用木材の強度試験マニュアル」に従い、曲げヤング係数は式 3.1、曲げ強さは式 3.2 により求めた。

試験結果は表 4.1～4.4 に示すとおりで、代表的な破壊状況を写真 4.1～4.5 に示す。

また、含水率の試験結果は試料ごとの平均値を示す。

$$\text{曲げヤング係数}(GPa) = \frac{al^2\Delta P}{16I\Delta y} \cdots\cdots \qquad (式\ 3.1)$$

$$\text{曲げ強さ}(MPa) = \frac{aP_{max}}{2Z} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (式\ 3.2)$$

a：支点から荷重点までの距離
l：荷重点間距離
ΔP：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分（最大荷重の約 10%と約 40%の差分）
Δy：ΔPに対応する変形の増分
I：断面二次モーメント$(bd^2/12)$
b：試験体の幅
d：試験体のせい
P_{max}：最大荷重
Z：断面係数$(bd^2/6)$

表 4.1　高温セット+高温乾燥芯持ち材の試験結果

試験体番号	見かけの密度 (kg/m³)	含水率 (%)	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	破壊形状
98-0	441.8	12.6	20.20	8.37	47.7	加力点間内の曲げ破壊
107-0	441.4	16.1	16.81	8.71	39.7	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
79-0	447.5	12.5	14.81	9.14	34.9	加力点間内の引張側節より破壊
108-0	408.9	8.4	20.22	9.12	47.7	加力点下(西側)の引張側節及び目切れより破壊
93-0	416.2	11.5	20.20	7.59	47.7	加力点下(東側)の引張側節より破壊
134-0	380.3	8.8	18.33	7.64	43.3	加力点間外(東側)の破断
94-0	446.7	14.0	18.01	7.75	42.5	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
140-0	395.8	9.3	16.50	8.34	38.9	加力点間内の引張側節及び曲げより破壊
106-0	402.3	10.4	16.56	7.38	39.1	加力点間内の曲げ破壊
110-0	415.5	11.6	12.53	6.87	29.6	加力点下(東側)の曲げ破壊
99-0	380.5	7.1	15.11	5.99	35.7	加力点間内の圧縮側破断、引張側目切れ及び曲げ破壊
89-0	404.2	8.6	19.55	7.56	46.1	加力点間内の引張側目切れより破壊
112-0	409.5	8.1	10.49	8.57	24.8	加力点下(西側)の引張側節より破壊
105-0	353.5	7.0	17.75	7.33	41.9	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
103-0	374.5	6.6	16.68	7.41	39.4	加力点間内の引張側節より破壊
131-0	412.0	16.9	15.17	6.93	35.8	加力点間内の引張側節より破壊
83-0	353.4	6.9	17.31	8.30	40.8	加力点下(東側)の引張側節より破壊
109-0	393.6	14.3	17.00	7.70	40.1	加力点下(東側)の曲げ破壊
96-0	432.7	19.0	13.80	6.59	32.6	加力点間内の引張側目切れより破壊
100-0	443.6	31.5	14.36	8.11	33.9	加力点間内の引張側節より破壊
123-0	430.6	19.9	14.97	5.54	35.3	加力点間内の引張側節より破壊
75-0	371.9	8.5	19.45	7.67	45.9	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
88-0	402.1	6.9	18.71	7.61	44.2	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
126-0	415.8	13.2	15.78	7.28	37.2	加力点間内の引張側節より破壊
73-0	329.9	5.8	15.34	7.41	36.2	加力点間内の引張側節、曲げ破壊
平均値	404.2	11.8	16.63	7.64	39.2	
最大値	447.5	31.5	20.22	9.14	47.7	
最小値	329.9	5.8	10.49	5.54	24.8	
標準偏差	31.0	5.6	2.42	0.85	5.71	

表 4.2　高温セット+高温乾燥芯去り材の試験結果

試験体番号	見かけの密度 (kg/m³)	含水率 (%)	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	破壊形状
98-1	437.7	11.0	15.12	11.88	35.7	支点-加力点間(西側)のせん断破壊
107-1	453.5	18.3	21.45	11.05	50.6	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
79-1	438.1	9.6	14.10	11.44	33.3	支点-加力点間(東側)のせん断破壊
108-1	408.3	12.2	19.50	10.93	46.0	加力点間内の引張側節より破壊
93-2	418.3	11.0	16.50	9.44	38.9	加力点下(東側)の引張側節より破壊
134-1	406.8	8.1	12.05	10.37	28.4	せん断破壊
94-1	397.4	7.3	17.05	9.59	40.2	支点-加力点間(西側)のせん断破壊
140-1	403.0	13.4	21.15	9.20	49.9	加力点間内の引張側節及び支点-加力点間(東側)せん断破壊
106-1	430.2	14.6	25.82	10.23	60.9	加力点間内の曲げ破壊
110-1	402.1	8.1	9.55	10.32	22.5	支点-加力点間(東側)のせん断破壊
99-1	379.7	5.8	12.05	9.72	28.4	せん断破壊
89-1	392.1	10.0	23.05	9.26	54.4	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
112-1	451.7	9.9	20.35	9.87	48.0	加力点下(東側)の引張側節より破壊
105-1	376.5	9.9	23.65	9.69	55.8	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
103-1	397.8	7.7	16.95	10.62	40.0	加力点間内の引張側節及び支点-加力点間(西側)のせん断破壊
131-1	421.1	13.8	14.47	7.77	34.1	加力点下(西側)の引張側節より破壊
83-1	375.3	10.8	21.32	9.27	50.3	加力点下(西側)の曲げ破壊
109-1	427.4	19.4	15.35	8.20	36.2	加力点間内の曲げ破壊
96-2	428.2	15.1	15.40	7.51	36.3	加力点下(東側)の引張側節より破壊
100-1	373.5	12.4	18.35	8.73	43.3	加力点下(西側)の引張側節及び支点-加力点間(東側)のせん断破壊
123-1	406.9	13.5	16.47	8.21	38.9	加力点間内の引張側節より破壊
75-1	402.4	16.5	19.12	8.38	45.1	加力点下(西側)の曲げ及び支点-加力点間(東側)のせん断破壊
88-1	402.8	14.8	18.90	9.21	44.6	加力点間内の曲げ破壊
126-1	365.2	7.0	20.12	9.82	47.5	支点-加力点間(東側)のせん断破壊
73-1	333.6	6.2	18.50	8.12	43.7	加力点間内の曲げ及び支点-加力点間(西側)のせん断破壊
平均値	405.2	11.5	17.85	9.55	42.1	
最大値	453.5	19.4	25.82	11.88	60.9	
最小値	333.6	5.8	9.55	7.51	22.5	
標準偏差	27.7	3.6	3.82	1.13	9.01	

表 4.3　中温乾燥芯持ち材の試験結果

試験体番号	見かけの密度 (kg/m³)	含水率 (%)	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	破壊形状
5-0	479.0	21.6	15.80	8.02	37.3	加力点間内の引張側節より破壊
8-0	414.0	22.2	16.27	7.41	38.4	加力点間内の曲げ破壊
25-0	440.2	24.2	16.03	7.06	37.8	加力点間内の引張側節及び目切れより破壊
28-0	505.8	36.9	15.79	7.40	37.3	加力点間内の曲げ破壊
37-0	396.6	23.9	13.34	7.03	31.5	加力点下(西側)の引張側節より破壊
54-0	372.5	21.5	12.85	4.57	30.3	加力点下(西側)の曲げ破壊
65-0	482.8	31.8	14.11	6.49	33.3	加力点間内の引張側節より破壊
10-0	417.3	20.3	15.95	7.26	37.6	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
23-0	383.1	17.3	13.80	6.13	32.6	加力点間内の引張側節より破壊
19-0	406.5	24.0	16.72	6.78	39.5	加力点間内の引張側節より破壊
51-0	411.2	25.4	17.32	7.41	40.9	加力点間内の引張側節及び目切れより破壊
39-0	432.8	28.6	16.41	6.74	38.7	加力点下(東側)の引張側節及び目切れより破壊
20-0	382.1	17.8	14.15	6.44	33.4	加力点間内の曲げ破壊
13-0	414.2	18.7	17.95	6.43	42.4	加力点下(西側)の引張側節及び目切れより破壊
49-0	384.2	19.1	16.61	6.61	39.2	加力点間内の引張側節及び目切れより破壊
46-0	434.9	29.4	16.86	6.16	39.8	加力点間内の引張側節より破壊
60-0	415.7	25.3	13.73	5.80	32.4	加力点下(西側)の引張側節より破壊
68-0	435.6	27.5	17.72	6.96	41.8	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
2-0	443.4	24.1	17.59	8.09	41.5	加力点間内の引張側節及び目切れより破壊
9-0	399.8	29.1	11.91	4.94	28.1	加力点間内の引張側節より破壊
57-0	372.5	19.5	17.15	6.32	40.5	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
26-0	382.1	26.1	15.81	5.98	37.3	加力点間内の引張側節及び目切れより破壊
48-0	401.0	20.1	13.61	5.09	32.1	加力点下(西側)の引張側節及び目切れより破壊
22-0	342.5	11.5	15.77	7.69	37.2	加力点間内の引張側節及び曲げ破壊
33-0	383.0	17.9	11.03	4.41	26.0	加力点下(西側)の引張側節より破壊
平均値	413.3	23.3	15.37	6.53	36.3	
最大値	505.8	36.9	17.95	8.09	42.4	
最小値	342.5	11.5	11.03	4.41	26.0	
標準偏差	37.1	5.3	1.85	0.98	4.37	

表 4.4　中温乾燥芯去り材の試験結果

試験体番号	見かけの密度 (kg/m³)	含水率 (%)	最大荷重 (kN)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	破壊形状
5-1	434.6	19.5	20.22	9.53	47.7	加力点間内の曲げ破壊
8-1	418.6	20.0	18.82	10.10	44.4	加力点下(東側)の曲げ破壊
25-1	432.2	21.4	21.20	9.55	50.0	加力点下(西側)の引張側節より破壊
28-1	468.2	26.2	21.65	9.71	51.1	加力点間内の引張側節より破壊
37-1	416.8	20.9	21.90	10.37	51.7	加力点間内の曲げ破壊
54-1	393.9	19.1	18.07	9.11	42.6	加力点下(西側)の引張側節及び加力点間内目切れより破壊
65-1	428.2	18.8	23.62	9.27	55.7	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
10-1	407.5	24.1	20.05	8.47	47.3	加力点間内の曲げ破壊
23-1	381.0	21.4	18.05	8.14	42.6	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
19-2	468.4	31.6	17.75	8.29	41.9	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
51-1	420.6	19.4	21.52	7.13	50.8	加力点下(西側)の曲げ破壊
39-1	414.7	22.2	19.50	8.44	46.0	加力点下(西側)の曲げ破壊
20-1	396.8	13.8	17.25	10.63	40.7	加力点下(西側)の引張側節より破壊
13-1	391.7	13.6	19.47	7.92	45.9	加力点間内の曲げ破壊
49-1	363.2	15.8	19.60	7.81	46.3	加力点間内の曲げ破壊
46-1	410.0	23.0	20.37	8.07	48.1	加力点間内の曲げ破壊
60-1	410.4	20.3	19.25	7.56	45.4	加力点間内の曲げ破壊
68-1	421.9	19.1	19.17	7.67	45.2	加力点間内の引張側目切れ及び加力点下(西側)の曲げ破壊
2-1	377.4	18.3	18.92	8.21	44.6	加力点間内の曲げ破壊及び圧縮側破断
9-1	414.3	18.5	15.72	6.18	37.1	加力点間外の引張側節より破壊
57-1	375.2	17.8	20.10	7.88	47.4	加力点間内の引張側目切れ及び曲げ破壊
26-1	370.9	16.8	18.85	7.62	44.5	加力点間内の節より破壊及び圧縮側破断
48-1	378.6	16.4	19.72	7.34	46.5	加力点間内の曲げ破壊
22-1	330.6	11.9	15.75	8.18	37.2	加力点下(西側)の曲げ破壊
33-1	375.5	14.2	20.42	8.41	48.2	加力点下(西側)の曲げ破壊
平均値	404.1	19.4	19.48	8.46	46.0	
最大値	468.4	31.6	23.62	10.63	55.7	
最小値	330.6	11.9	15.72	6.18	37.1	
標準偏差	30.9	4.2	1.78	1.05	4.20	

写真 4.1　加力点間内の曲げ破壊（No.20-0）

写真 4.2　加力点間内の引張側節よりの破壊（No.23-0）

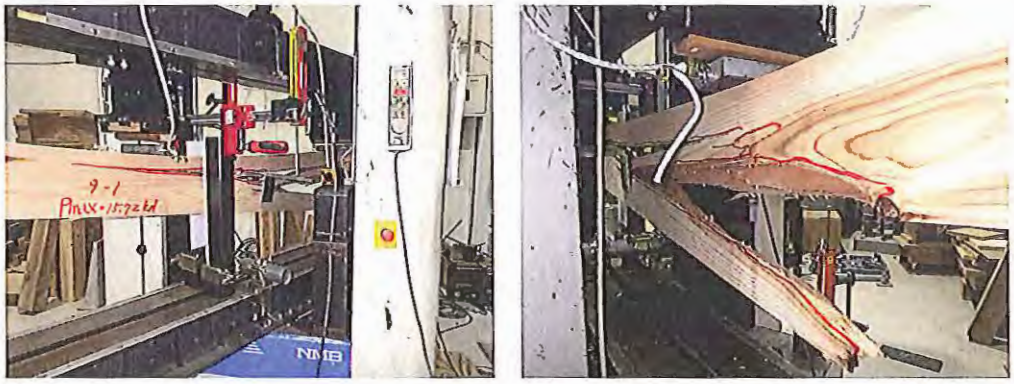


写真 4.3　加力点間外の引張側節よりの破壊（No.9-1）

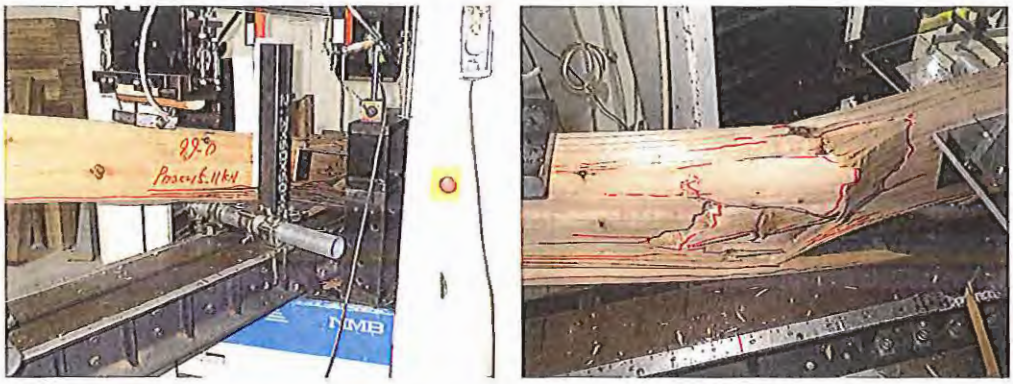


写真 4.4　加力点間内圧縮側破断（No.99-0）

写真 4.5　せん断破壊（No.99-1）

一般社団法人　日本ログハウス協会

すぎ製材の曲げ強度および
曲げヤング係数の把握

すぎラミナの曲げ試験

受託研究報告書

2017年10月25日

ものつくり大学

目　　次

1．一般事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P 3

2．供試体 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P 4

3．試験方法および測定方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・P 7

4．試験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P 9

5．破壊状況写真 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別添

1．一般事項

構造試験概要	
1．構造試験の名称	すぎラミナの曲げ試験
2．試験の目的・内容	［1］目的 依頼者より提供された、すぎ製材のラミナについて、曲げ試験を実施し、曲げ強度および曲げヤング係数を把握する。 ［2］供試体 1） 供試体の種類・供試体数： すぎラミナ中温乾燥材・芯持ち材　25体 同　芯去り材　25体 すぎラミナ高温乾燥材・芯持ち材　25体 同　芯去り材　25体 合計 100体 2）供試体の寸法 断面寸法　56.5㎜×150㎜ 長さ　3,700㎜ 3）試験・評価方法 構造用木材の強度試験マニュアル「(公財)日本住宅・木材技術センター発行(2011年3月)」のⅠ.7曲げ強さおよび曲げヤング係数による。
3．試験依頼者	一般社団法人　日本ログハウス協会　会長　中川　信治 〒107-0052　東京都港区赤坂2-2-19　アドレスビル1F TEL:03-3588-8808
4．構造試験実施者	ものつくり大学　建設学科　教授　小野　泰 〒361-0038 埼玉県行田市前谷333　建設棟B2030 TEL:048-564-3855
5．研究等受託契約日	平成29年8月29日
6．試験実施日	平成29年9月22日～10月14日
7．試験実施場所	ものつくり大学　建設棟B1120ティンバー実習場
8．成績書発行日	平成29年10月25日
9．試験担当者および試験報告書作成者	ものつくり大学　建設学科　教授　小野　泰 〒361-0038 埼玉県行田市前谷333　建設棟B2030 TEL:048-564-3855

2．供試体

図 2-1 に供試体の断面図を示す。供試体は、1 本のすぎ丸太材から切り出したラミナ(ひき板)である。そのラミナは、芯髄が通っている芯持ち材と、通っていない芯去り材に分けて挽いたものである。丸太には通し番号が付けてあり、芯持ち材は通し番号に付く枝番が 0、芯去り材は枝番号 1 または 2 となる。

ラミナの乾燥方法は蒸気式であり、その温度管理は、「中温乾燥」および「高温セット＋高温乾燥」の 2 種類に分けられ、通し番号 1～70 が中温乾燥、71 以上が高温セット＋高温乾燥である。

表 2-1 に、供試体の区分表を示す。供試体は、心髄の有無、乾燥温度管理の違いの組み合わせより各 25 体である。

また、表 2-2 に、「中温乾燥」芯持ち・芯去り材の試験実施時の表面含水率および重量等の材料物性、表 2-3 に「高温セット＋高温乾燥」芯持ち・芯去り材の材料物性を示す。

なお、表中の試験体制作時番号は、供試体番号を示している。

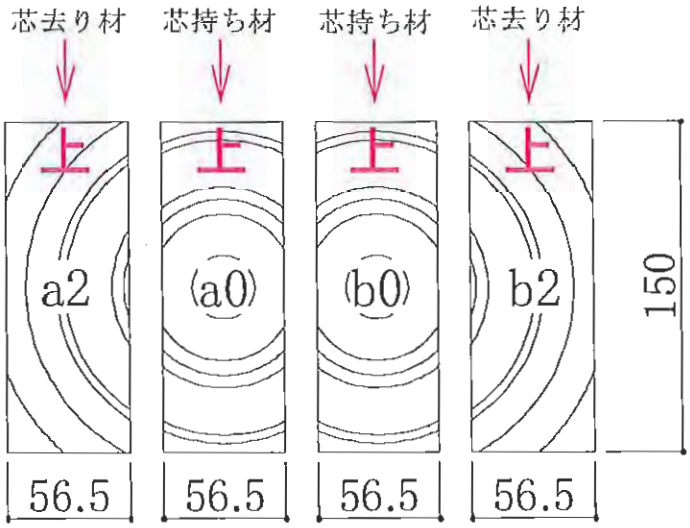


図 2-1　供試体断面図（mm）

表 2-1　供試体の区分表

乾燥温度		中温	供試体数	高温	供試体数
丸太の通し番号		1～70		71～	
枝番	芯持ち材	-0	25体	-0	25体
	芯去り材	-1又は-2	25体	-1又は-2	25体

表 2-2 「中温乾燥」芯持ち・芯去り材の表面含水率および重量等

芯持ち／芯去り		芯持ち			芯去り			芯持ち			芯去り		
23	製作時試験体番号							38-0			38-1		
	試験時 表面含水率 [%]							17.5	18.0	20.5	12.5	13.5	11.0
	試験時 平均値 [%]							18.7			12.3		
	試験時 重量 [kgf]							11.6			10.7		
24	製作時試験体番号	66-0			66-1			17-0			17-1		
	試験時 表面含水率 [%]	25.0	30.0	24.5	23.5	16.5	20.5	14.5	13.0	14.0	10.0	11.5	9.5
	試験時 平均値 [%]	26.5			20.2			13.8			10.3		
	試験時 重量 [kgf]	13.6			12.2			11.3			10.6		
25	製作時試験体番号	11-0			11-1			55-0			55-1		
	試験時 表面含水率 [%]	25.0	24.5	37.0	17.0	17.0	15.0	19.5	20.5	20.0	18.0	15.5	13.5
	試験時 平均値 [%]	28.8			16.3			20.0			15.7		
	試験時 重量 [kgf]	13.2			12.3			13.2			11.1		
26	製作時試験体番号	61-0			61-1			52-0			52-1		
	試験時 表面含水率 [%]	21.0	21.5	11.0	9.5	9.5	9.5	17.5	13.0	15.0	14.0	14.0	14.5
	試験時 平均値 [%]	17.8			9.5			15.2			14.2		
	試験時 重量 [kgf]	10.8			9.6			11.5			11.3		
27	製作時試験体番号	3-0			3-1			58-0			58-1		
	試験時 表面含水率 [%]	13.5	17.5	19.0	10.5	10.5	10.5	32.0	34.0	40.0	21.0	24.5	31.0
	試験時 平均値 [%]	16.7			10.5			35.3			25.5		
	試験時 重量 [kgf]	11.6			10.3			14.1			13.7		
28	製作時試験体番号	45-0			45-1			70-0			70-1		
	試験時 表面含水率 [%]	12.5	15.5	13.0	32.5	24.0	28.5	61.0	47.0	46.0	11.0	8.5	9.5
	試験時 平均値 [%]	13.7			28.3			51.3			9.7		
	試験時 重量 [kgf]	12.7			12.8			14.8			11.2		
29	製作時試験体番号	31-0			31-1			8-0			6-1		
	試験時 表面含水率 [%]	11.0	13.0	12.5	9.5	9.0	8.5	16.5	17.5	15.5	18.5	27.0	27.5
	試験時 平均値 [%]	12.2			9.0			16.5			24.3		
	試験時 重量 [kgf]	12.0			11.8			12.2			11.7		
30	製作時試験体番号	42-0			42-1			24-0			24-1		
	試験時 表面含水率 [%]	12.5	13.5	12.5	10.0	10.0	9.5	17.0	21.5	17.5	10.5	10.5	10.5
	試験時 平均値 [%]	12.8			9.8			18.7			10.5		
	試験時 重量 [kgf]	11.2			9.8			12.2			11.5		
31	製作時試験体番号	43-0			43-1			64-0			64-1		
	試験時 表面含水率 [%]	18.5	30.5	28.5	12.5	17.5	21.0	17.0	18.0	19.0	8.0	8.5	8.5
	試験時 平均値 [%]	25.8			17.0			18.0			8.3		
	試験時 重量 [kgf]	12.3			10.6			10.5			9.6		
32	製作時試験体番号	62-0			62-1			36-0			36-1		
	試験時 表面含水率 [%]	16.5	21.0	19.0	9.0	9.5	8.5	16.5	22.0	16.5	9.5	9.5	8.5
	試験時 平均値 [%]	18.8			9.0			18.3			9.2		
	試験時 重量 [kgf]	12.8			10.4			11.1			10.4		
33	製作時試験体番号	69-0			69-1			1-0			1-1		
	試験時 表面含水率 [%]	27.0	32.0	33.0	9.5	10.5	13.0	11.0	13.5	14.0	11.0	12.0	14.0
	試験時 平均値 [%]	30.7			11.0			12.8			12.3		
	試験時 重量 [kgf]	13.2			11.3			11.4			10.9		
34	製作時試験体番号	59-0			59-1			47-0			47-1		
	試験時 表面含水率 [%]	33.0	27.5	24.0	11.0	12.5	14.0	17.0	34.0	18.0	10.0	10.0	11.0
	試験時 平均値 [%]	28.2			12.5			23.0			10.3		
	試験時 重量 [kgf]	13.2			12.3			11.2			10.1		
35	製作時試験体番号	30-0			30-1			32-0			32-1		
	試験時 表面含水率 [%]	19.5	17.0	14.0	17.0	20.0	15.5	21.0	22.5	17.5	12.5	10.0	9.5
	試験時 平均値 [%]	16.8			17.5			20.3			10.7		
	試験時 重量 [kgf]	11.7			12.3			12.2			10.2		

表 2-3 「高温セット＋高温乾燥」芯持ち・芯去り材の表面含水率および重量等

芯持ち／芯去り		芯持ち			芯去り			芯持ち			芯去り		
23 試験時	製作時試験体番号							115-0			115-1		
	表面含水率 [%]							12.5	10.5	9.5	14.0	13.5	10.0
	平均値 [%]							10.8			12.5		
	重量 [kgf]							11.1			11.1		
24 試験時	製作時試験体番号	114-0			114-1			111-0			111-1		
	表面含水率 [%]	14.0	21.5	11.0	9.0	10.5	9.5	16.0	14.5	10.5	10.0	9.5	11.0
	平均値 [%]	15.5			9.7			13.7			10.2		
	重量 [kgf]	13.7			12.5			13.0			11.5		
25 試験時	製作時試験体番号	137-0			137-1			132-0			132-1		
	表面含水率 [%]	12.5	13.5	10.5	9.5	9.5	9.0	10.5	13.0	10.5	9.0	11.0	8.5
	平均値 [%]	12.2			9.3			11.3			9.5		
	重量 [kgf]	12.9			12.0			14.1			11.8		
26 試験時	製作時試験体番号	139-0			139-1			90-0			90-1		
	表面含水率 [%]	9.0	9.0	8.5	9.0	9.0	9.0	12.5	15.0	10.5	10.0	10.0	10.5
	平均値 [%]	8.8			9.0			12.7			10.2		
	重量 [kgf]	10.6			10.5			12.4			11.5		
27 試験時	製作時試験体番号	71-0			71-1			82-0			82-1		
	表面含水率 [%]	11.0	10.0	18.5	9.0	9.0	8.0	10.5	13.0	9.5	10.0	10.5	11.5
	平均値 [%]	13.2			8.7			11.0			10.7		
	重量 [kgf]	13.5			11.9			12.1			11.8		
28 試験時	製作時試験体番号	87-0			87-1			81-0			81-1		
	表面含水率 [%]	10.5	11.5	10.5	8.5	9.0	8.5	10.5	10.5	10.0	9.0	8.5	9.0
	平均値 [%]	10.8			8.7			10.3			8.8		
	重量 [kgf]	12.4			11.2			12.4			10.4		
29 試験時	製作時試験体番号	104-0			104-1			76-0			76-1		
	表面含水率 [%]	10.0	10.0	10.0	9.0	9.0	9.0	9.5	10.0	10.0	9.0	8.5	9.0
	平均値 [%]	10.0			9.0			9.8			8.8		
	重量 [kgf]	11.6			10.7			11.7			11.7		
30 試験時	製作時試験体番号	85-0			85-1			138-0			138-1		
	表面含水率 [%]	10.0	9.5	9.0	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	9.5	9.0	9.0	8.5
	平均値 [%]	9.5			9.5			10.3			8.8		
	重量 [kgf]	11.3			10.2			11.2			11.0		
31 試験時	製作時試験体番号	92-0			92-1			130-0			130-2		
	表面含水率 [%]	12.5	12.0	113.5	9.0	10.0	9.0	10.5	10.5	9.5	9.5	12.0	13.0
	平均値 [%]	46.0			9.3			10.2			11.5		
	重量 [kgf]	11.2			12.0			12.5			12.4		
32 試験時	製作時試験体番号	128-0			128-1			129-0			129-1		
	表面含水率 [%]	20.0	25.5	18.0	8.5	8.0	8.5	9.5	11.0	11.0	9.5	8.5	10.0
	平均値 [%]	21.2			8.3			10.5			9.3		
	重量 [kgf]	11.7			10.6			12.2			11.6		
33 試験時	製作時試験体番号	97-0			97-2			121-0			121-1		
	表面含水率 [%]	9.0	9.0	9.5	11.5	9.5	9.0	10.5	13.5	12.0	8.5	8.5	9.0
	平均値 [%]	9.2			10.0			12.0			8.7		
	重量 [kgf]	11.5			11.0			12.9			9.6		
34 試験時	製作時試験体番号	117-0			117-1			135-0			135-1		
	表面含水率 [%]	27.5	16.5	13.0	8.5	8.0	8.5	18.0	18.5	21.5	9.0	9.5	9.0
	平均値 [%]	19.0			8.3			19.3			9.2		
	重量 [kgf]	12.1			9.8			14.3			12.1		
35 試験時	製作時試験体番号	77-0			77-1			133-0			133-1		
	表面含水率 [%]	9.5	9.5	9.5	9.5	12.0	9.0	10.5	10.5	9.5	9.0	9.5	9.0
	平均値 [%]	9.5			10.2			10.2			9.2		
	重量 [kgf]	10.6			9.9			11.2			10.3		

3．試験方法

(1)試験方法

試験方法は、構造用木材の強度試験マニュアル「(公財)日本住宅・木材技術センター発行(2011年3月)」の7.1「試験体および載荷方法」に従い、3等分点4点荷重方式による曲げ試験とした。

供試体は単純設置として、ローラー支持の架台支点に載せた。架台の支点間距離(L)は3,000㎜、荷重点間距離(S)は1,000㎜、支点荷重点間距離(a)は1,000㎜である。

供試体とローラー間には厚さ9㎜の鋼板を挟んだ。また、荷重による供試体の転倒を防ぐために、供試体を挟むように振れ止めを設置した。また、供試体の荷重点には、加圧治具の供試体へのめり込みを防ぐ部材として、堅木に厚さ9㎜の鋼板を重ねて載せた。

荷重は一方向単調方式とし、供試体が曲げあるいはせん断で破壊するまで加力した。

写真3-1に試験装置にセットした供試体、図3-1に試験方法図を示す。

写真3-1　供試体の設置・試験方法

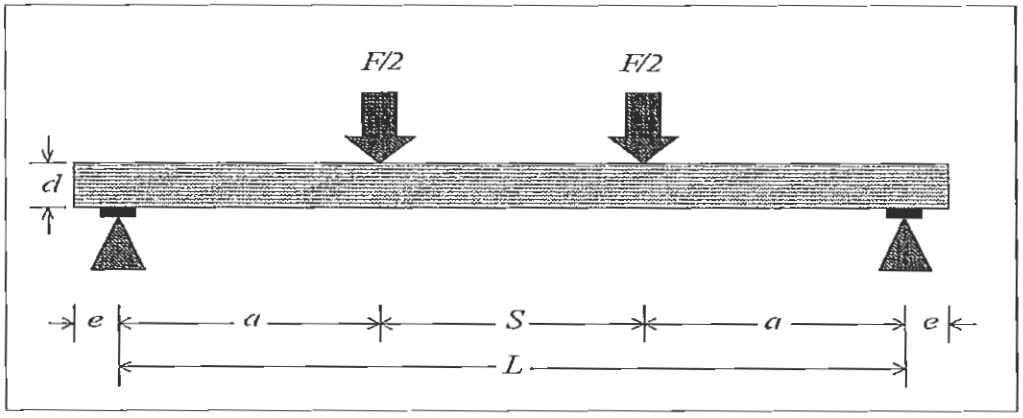


図3-1　試験方法

(2)加力および荷重・変位の計測

加力装置は、手動型油圧ポンプ(理研：P-8D,圧力 70Mpa)を油圧ジャッキ(ストローク 500 ㎜,最大加力200kN)に接続したものである。

荷重の計測にはロードセル(㈱東京測器：TCLP-200KNB,容量200kN)を用いた。

変位の計測は、スパン中央および荷重点の変位は変位計(㈱東京測器：SDP-500C,容量 500 ㎜)を用い、支点のめり込み変位は、(㈱東京測器：SDP-50C,容量50㎜)を用いた。

ロードセルおよび変位計はデジタルひずみ測定器(㈱東京測器：TDS-530)に接続し、デジタルひずみ測定器とノートパソコンはUSBケーブルで接続した。

荷重および変位の計測は、試験開始後 2 秒毎のインターバル計測とし、各計測値の取込には、ノートパソコンにインストールしている計測ソフト(東京測器：TDS-7130)を使用した。

(3)変位の計測位置

写真 3-2 に変位計の取り付け位置を示す。変位の計測位置は、以下の 3 部位 5 ヶ所である。なお、括弧内の数値は、計測のチャンネル番号を示す。

①スパン中央点：横架材のたわみ(CH001)

②支点：横架材と鋼板のめり込み
(右支点:CH002, 左支点:CH003)

③荷重点：荷重点位置の横架材のたわみ(右荷重点:CH004, 左荷重点:CH005)

写真 3-2　変位の計測位置

4．試験結果

試験結果は、構造用木材の強度試験マニュアル「(公財)日本住宅・木材技術センター発行(2011年3月)」の7.5「試験結果」に従い、表4-1～4-4の試験結果一覧表には、供試体の破壊状況、曲げ強さおよび曲げヤング係数を示した。各諸元は、下記より求めた。

(1)供試体の破壊状況

各供試体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録した。

(2)曲げ強さ

曲げ強さ F(N/mm²)は、下記(式1)より算定した。

$$F = (aPm)/(2Z) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (式1)$$

ここで、a：支点から荷重点までの距離(=1,000 mm)

Pm：最大荷重(N)

Z：断面係数(N/mm³)　矩形断面では、$bd^2/6$、ただし、bは材幅(mm)である。

(3)曲げヤング係数

①載荷方法をそのまま用いて評価する場合

当該曲げヤング係数 E_m(kN/mm²)は、下記(式2)より算定した。

$$E_m = \{a(3L^2-4a^2)(F_2-F_1)\}/\{48I(w_2-w_1)\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (式2)$$

ここで、　I：断面2次モーメント、矩形断面では、$bd^3/12$

F_2-F_1：w_2-w_1荷重ー変位曲線の直線部分の荷重の増分　$F_1 = 0.1Pm$,¥、$F_2 = 0.4Pm$

w_2-w_1：F_2-F_1に対応する変位の増分

②荷重点間たわみから評価する場合

当該曲げヤング係数 E_b(kN/mm²)は、下記(式3)より算定した。

$$E_b = \{al^2(F_2-F_1)\}/\{16I(w_2-w_1)\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (式3)$$

ここで、　l：荷重点間の変位量測定区間の長さ

(4)試験結果一覧表

表4-1に、「すぎラミナ中温乾燥材・芯持ち材(25体)」の試験結果を示す。

表4-2に、「すぎラミナ中温乾燥材・芯去り材(25体)」の試験結果を示す。

表4-3に、「すぎラミナ高温乾燥材・芯持ち材(25体)」の試験結果を示す。

表4-4に、「すぎラミナ高温乾燥材・芯去り材(25体)」の試験結果を示す。

表 4-1　「すぎラミナ中温乾燥材・芯持ち材(25 体)」試験結果一覧表

No.	供試体No.	最大荷重(Pm) (kN)	式(1)による曲げ強さ F (N/mm²)	式(2)による曲げヤング係数 E_m (kN/mm²)	式(3)による曲げヤング係数 E_b (kN/mm²)	主な破壊状況
1	1-0	8.10	19.12	4.32	1.27	中央部下端の節のような髄より曲げ破壊 供試体の反り→中央矢高42mm
2	3-0	16.30	38.47	5.86	3.85	中央部付近より曲げ破壊
3	6-0	11.00	25.96	4.60	3.08	中央部左側下端の節より曲げ破壊
4	11-0	14.30	33.75	7.23	7.88	中央部右下端の節より曲げ破壊
5	17-0	13.60	32.09	5.57	3.98	P=12.8kNで中央部下端より割れ 荷重点左の外側に節が多く、これより曲げ破壊
6	24-0	11.20	26.43	5.26	3.67	中央部付近より曲げ破壊 供試体の捻れでガタつき→支点鋼板と供試体下端の間に薄鋼板を挟んで対応
7	30-0	10.60	25.01	4.37	3.11	中央部下側の節より曲げ破壊
8	31-0	12.80	30.21	5.27	2.48	左側荷重点の節より曲げ破壊
9	32-0	11.60	27.37	4.35	3.04	P=10.4kNで荷重点右側に割れが生じた 中央部下端より曲げ破壊
10	36-0	11.00	25.96	4.83	3.10	P=9.3kNで中央下端に割れが生じた 荷重点左側の節より曲げ破壊
11	38-0	12.90	30.44	5.26	3.77	中央部付近の節より曲げ破壊
12	42-0	12.60	29.73	5.63	3.91	P=12.5kNで左側荷重点節より割れ 終局時これより曲げ破壊
13	43-0	11.90	28.08	4.80	3.70	中央部付近の節より曲げ破壊
14	45-0	9.40	22.18	3.96	2.18	中央部下端の節より曲げ破壊
15	47-0	10.90	25.72	4.48	3.19	中央部下左側下端の節より曲げ破壊 乾燥割れが目立つ供試体
16	52-0	11.30	26.67	4.29	3.17	中央部下側の節より曲げ破壊
17	55-0	14.80	34.93	6.03	4.34	左側荷重点下端の節より曲げ破壊
18	58-0	10.50	24.78	4.50	3.18	右側荷重点の節より曲げ破壊
19	59-0	12.80	30.21	4.27	-3.10	左側荷重点の節より曲げ破壊
20	61-0	13.60	32.09	5.64	2.90	左側荷重点・中央部下端の節より曲げ破壊
21	62-0	12.50	29.50	4.86	3.35	中央部左側付近の節より曲げ破壊
22	64-0	11.20	26.43	5.01	3.65	P=9.7kNで中央部下部より割れが生じた 左側荷重点付近より曲げ破壊
23	66-0	11.00	25.96	5.43	3.70	中央部下端より曲げ破壊
24	69-0	10.20	24.07	4.10	2.95	中央部下側の節より曲げ破壊
25	70-0	11.60	27.37	4.97	3.97	右側荷重点下端の節より曲げ破壊
平均値(Av)		11.91	28.10	5.00	3.21	
標準偏差(σn)		1.77	4.17	0.74	1.73	

表 4-2　「すぎラミナ中温乾燥材・芯去り材(25 体)」試験結果一覧表

No.	供試体No.	最大荷重(Pm) (kN)	式(1)による曲げ強さ F (N/mm²)	式(2)による曲げヤング係数 E_m (kN/mm²)	式(3)による曲げヤング係数 E_b (kN/mm²)	主な破壊状況
1	1-1	13.50	31.86	5.32	2.54	中央部付近下部より曲げ破壊 (ほぼ節のない供試体)
3	3-1	15.30	36.11	6.60	2.87	中央部下端の節により曲げ破壊
3	6-1	15.00	35.40	5.96	2.61	左側荷重点下部より曲げ破壊
4	11-1	17.70	41.77	8.01	3.57	中央部右側付近の節により曲げ破壊
5	17-1	15.30	36.11	7.04	3.18	右側荷重点下部の死節(3ヶ)より曲げ破壊
6	24-1	11.90	28.08	6.51	2.12	右側荷重点下部の節より曲げ破壊
7	30-1	11.50	27.14	5.24	6.62	中央部分の節より左側にせん断が生じ、終局時にその割れが延長し、せん断破壊
8	31-1	11.90	28.08	6.08	2.31	10.5kN時、中央部分の節よりせん断割れが生じ、終局時にその割れが延長し、せん断破壊
9	32-1	12.20	28.79	4.90	3.00	右側荷重点下部の節より曲げ破壊
10	36-1	14.80	34.93	5.86	2.85	中央部右側付近の節より曲げ破壊
11	38-1	15.10	35.63	7.26	2.79	中央部付近下部より曲げ破壊
12	42-1	13.70	32.33	6.70	3.02	左側荷重点下部の抜け節より曲げ破壊
13	43-1	13.10	30.91	6.33	2.35	中央部付近下部より曲げ破壊
14	45-1	15.90	37.52	6.34	4.45	左側荷重点下部より曲げ破壊
15	47-1	14.20	33.51	5.18	2.56	中央部付近下部より曲げ破壊
16	52-1	16.30	38.47	7.11	3.86	左側荷重点下部より曲げ破壊
17	55-1	15.60	36.81	7.19	2.76	右側荷重点下部より曲げ破壊
18	58-1	10.90	25.72	5.84	2.27	中央部左側下端の節(大)より曲げ破壊
19	59-1	12.40	29.26	5.65	2.23	中央部右側下部の節(大)より曲げ破壊
20	61-1	14.10	33.27	7.07	3.79	右側荷重点下端より曲げ破壊
21	62-1	14.90	35.16	6.14	2.91	荷重点右下端より割れが生じ、終局時せん断破壊
22	64-1	13.70	32.33	6.18	2.42	中央部下端の節により曲げ破壊
23	66-1	13.90	32.80	7.45	2.72	中央部左側の節により曲げ破壊
24	69-1	10.90	25.72	5.16	2.94	中央部左側下部の節により曲げ破壊
25	70-1	13.00	30.68	6.34	3.10	中央部付近下部の節により曲げ破壊
平均値(Av)		13.87	32.74	6.30	3.03	
標準偏差(σn)		1.76	4.15	0.81	0.93	
変動係数(CV)		0.127	0.127	0.128	0.307	

表 4-3　「すぎラミナ高温乾燥材・芯持ち材(25 体)」試験結果一覧表

No.	供試体No.	最大荷重(Pm) (kN)	式(1)による曲げ強さ F (N/mm²)	式(2)による曲げヤング係数 E_m (kN/mm²)	式(3)による曲げヤング係数 E_b (kN/mm²)	主な破壊状況
1	71-0	18.00	42.48	6.03	4.83	右側荷重点より中央へ曲げ破壊
2	76-0	9.80	23.13	5.08	3.48	中央部の節(大きいのが2ヶ)より曲げ破壊 供試体の捻れでガタつき→支点鋼板と供試体下端の間に薄鋼板を挟んで対応
3	77-0	8.00	18.88	4.62	3.03	中央部より曲げ破壊、小節が多い
4	81-0	13.00	30.68	6.62	4.67	中央部の節より曲げ破壊
5	82-0	11.40	26.90	5.62	3.96	中央部左下端の節(大)より曲げ破壊
6	85-0	10.90	25.72	5.73	4.09	P=10kN時に中央部下端の節より割れが生じ、荷重の上昇に伴って割れが拡大しての曲げ破壊
7	87-0	9.00	21.24	5.14	5.28	中央部右側の節より曲げ破壊
8	90-0	16.40	38.70	6.71	4.86	中央部左寄り下端の節より曲げ破壊
9	92-0	11.13	26.27	6.18	6.17	中央部より曲げ破壊
10	97-0	12.20	28.79	4.72	3.77	中央部右側より曲げ破壊
11	104-0	13.20	31.15	6.16	4.48	中央部の節ー節間、引張側の割れより曲げ破壊
12	111-0	15.90	37.52	8.48	5.80	中央部左寄り下端の節より曲げ破壊 供試体の捻れでガタつき→支点鋼板と供試体下端の間に薄鋼板を挟んで対応
13	114-0	19.10	45.07	9.00	6.57	中央部より曲げ破壊
14	115-0	17.40	41.06	8.35	5.82	左側荷重点下端の節、中央部下端の節より曲げ破壊
15	117-0	16.10	37.99	6.22	4.60	中央部下端の引張応力による割れが生じ、曲げ破壊
16	121-0	15.00	35.40	6.19	4.52	中央部下端の節より曲げ破壊
17	128-0	9.60	22.65	5.60	4.22	右側荷重点下部の節ー中央部の節より曲げ破壊
18	129-0	10.40	24.54	6.35	4.49	中央部下端の節より曲げ破壊
19	130-0	14.30	33.75	6.72	4.73	中央左側の節より曲げ破壊
20	132-0	19.00	44.84	8.05	5.78	中央部より曲げ破壊、小節が多い 供試体の捻れでガタつき→支点鋼板と供試体下端の間に薄鋼板を挟んで対応
21	133-0	9.40	22.18	4.49	3.58	中央部右下端の節(大)より曲げ破壊
22	135-0	9.00	21.24	4.32	2.85	中央部左側荷重点寄りの節より曲げ破壊
23	137-0	13.00	30.68	6.90	4.95	左側荷重点下端の節より曲げ破壊
24	138-0	11.20	26.43	5.16	3.60	中央部の節より曲げ破壊
25	139-0	10.40	24.54	5.65	4.15	中央部下端の節より曲げ破壊
平均値(Av)		12.91	30.47	6.16	4.57	
標準偏差(σn)		3.37	7.95	1.26	0.96	
変動係数(CV)		0.261	0.261	0.204	0.209	

表 4-4　「すぎラミナ高温乾燥材・芯去り材(25 体)」試験結果一覧表

No.	供試体No.	最大荷重(Pm) (kN)	式(1)による曲げ強さ F (N/mm²)	式(2)による曲げヤング係数 E_m (kN/mm²)	式(3)による曲げヤング係数 E_b (kN/mm²)	主な破壊状況
1	71-1	21.50	50.74	9.29	4.96	中央部分より曲げ破壊
2	76-1	6.80	16.05	7.21	1.84	右側節よりせん断破壊
3	77-1	5.90	13.92	5.48	未計測	右側よりせん断が生じ、終局時に曲げ破壊
4	81-1	17.00	40.12	7.91	8.02	中央部分より曲げ破壊
5	82-1	11.80	27.85	7.34	未計測	中央部分の節より曲げ破壊
6	85-1	10.10	23.83	7.35	7.74	右側よりせん断が生じ、終局時に曲げ破壊
7	87-1	17.40	41.06	8.23	4.42	中央部分より曲げ破壊
8	90-1	16.30	38.47	7.30	6.75	中央部分より曲げ破壊
9	92-1	11.20	26.43	6.74	2.12	左側荷重点下端より割れが生じ、曲げ破壊
10	97-2	14.20	33.51	5.96	6.16	中央部分の節より曲げ破壊
11	104-1	11.30	26.67	6.39	2.29	右側荷重点付近の節より、せん断破壊
12	111-1	12.90	30.44	7.16	4.79	右側節よりせん断破壊
13	114-1	16.70	39.41	8.23	8.18	左側荷重点の節より割れが生じ、曲げ破壊
14	115-1	16.80	39.65	8.87	9.72	中央部分の節より曲げ破壊
15	117-1	14.70	34.69	6.22	3.97	中央部分の節より曲げ破壊
16	121-2	13.90	32.80	5.94	5.54	中央部分の節より曲げ破壊
17	128-1	10.70	25.25	7.18	2.38	左側荷重点部分の節より曲げ破壊
18	129-1	15.40	36.34	6.51	4.29	中央部分の節より曲げ破壊
19	130-2	12.70	29.97	7.42	未計測	右側節よりせん断破壊
20	132-1	9.00	21.24	7.72	1.85	右側節よりせん断破壊
21	133-1	16.60	39.17	6.19	3.46	左側荷重点下端より割れが生じ、曲げ破壊
22	135-1	14.90	35.16	6.46	3.45	右側荷重点下端より曲げ破壊
23	137-1	15.70	37.05	7.50	3.03	左側荷重点下端より曲げ破壊
24	138-1	20.60	48.61	7.88	4.34	左側荷重点下端より曲げ破壊
25	139-1	11.20	26.43	8.49	2.22	右側節よりせん断破壊
平均値(Av)		13.81	32.59	7.24	4.61	
標準偏差(σn)		3.83	9.04	0.96	2.31	
変動係数(CV)		0.277	0.277	0.133	0.500	

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1060619.JPG

P1060620.JPG

P1060625.JPG

P1060628.JPG

P1060629.JPG

P1060631.JPG

P1060637.JPG

P1060638.JPG

P1060639.JPG

P1060645.JPG

P1060646.JPG

P1060647.JPG

P1060652.JPG

P1060653.JPG

P1060654.JPG

P1060655.JPG

P1060661.JPG

P1060662.JPG

P1060663.JPG

P1060666.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1060667.JPG

P1060668.JPG

P1060669.JPG

P1060675.JPG

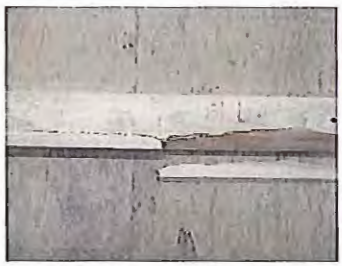
P1060676.JPG

P1060678.JPG

P1060681.JPG

P1060682.JPG

P1060686.JPG



P1060687.JPG

P1060692.JPG

P1060693.JPG

P1060695.JPG

P1060697.JPG

P1060702.JPG

P1060703.JPG

P1060704.JPG

P1060709.JPG

P1060710.JPG

P1060715.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1060716.JPG

P1060720.JPG

P1060721.JPG

P1060730.JPG

P1060731.JPG

P1060732.JPG

P1060733.JPG

P1060739.JPG

P1060740.JPG

P1060741.JPG

P1060743.JPG

P1060746.JPG

P1060747.JPG

P1060750.JPG

P1060753.JPG

P1060754.JPG

P1060755.JPG

P1060756.JPG

P1060763.JPG

P1060764.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1060765.JPG

P1060769.JPG

P1060770.JPG

P1060779.JPG

P1060780.JPG

P1060781.JPG

P1060789.JPG

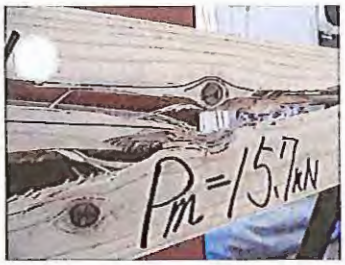
P1060790.JPG

P1060797.JPG

P1060799.JPG

P1060803.JPG

P1060804.JPG



P1060806.JPG

P1060906.JPG

P1060907.JPG

P1060917.JPG

P1060918.JPG

P1060924.JPG

P1060925.JPG

P1060926.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1060932.JPG

P1060933.JPG

P1060941.JPG

P1060942.JPG

P1060945.JPG

P1060946.JPG

P1060947.JPG

P1060954.JPG

P1060955.JPG

P1060963.JPG

P1060964.JPG

P1060965.JPG

P1060966.JPG

P1060971.JPG

P1060972.JPG

P1060973.JPG

P1060978.JPG

P1060979.JPG

P1060980.JPG

P1060986.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1060987.JPG

P1060988.JPG

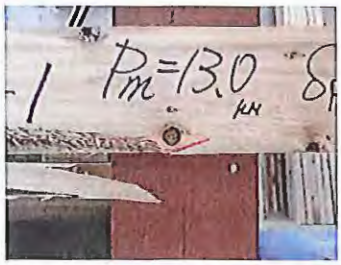
P1060993.JPG

P1060994.JPG

P1060995.JPG

P1070002.JPG

P1070010.JPG



P1070011.JPG

P1070012.JPG

P1070017.JPG

P1070018.JPG

P1070025.JPG

P1070026.JPG

P1070033.JPG

P1070034.JPG

P1070035.JPG

P1070040.JPG

P1070041.JPG

P1070043.JPG

P1070044.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070047.JPG

P1070048.JPG

P1070049.JPG

P1070050.JPG

P1070051.JPG

P1070052.JPG

P1070055.JPG

P1070056.JPG

P1070057.JPG

P1070063.JPG

P1070064.JPG

P1070065.JPG

P1070070.JPG

P1070071.JPG

P1070077.JPG

P1070078.JPG

P1070088.JPG

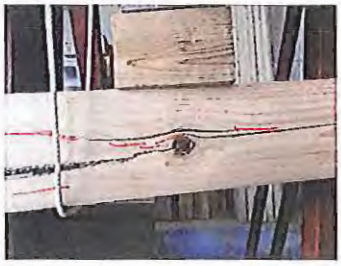
P1070089.JPG

P1070090.JPG

P1070097.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070098.JPG



P1070099.JPG

P1070103.JPG

P1070104.JPG

P1070105.JPG

P1070110.JPG

P1070111.JPG

P1070112.JPG

P1070116.JPG

P1070117.JPG

P1070121.JPG

P1070122.JPG

P1070123.JPG

P1070128.JPG

P1070129.JPG

P1070130.JPG

P1070137.JPG

P1070138.JPG

P1070144.JPG

P1070145.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070148.JPG

P1070155.JPG

P1070156.JPG

P1070162.JPG

P1070163.JPG

P1070164.JPG

P1070171.JPG

P1070172.JPG

P1070173.JPG

P1070174.JPG

P1070175.JPG

P1070176.JPG

P1070185.JPG

P1070186.JPG

P1070187.JPG

P1070191.JPG

P1070192.JPG

P1070196.JPG

P1070197.JPG

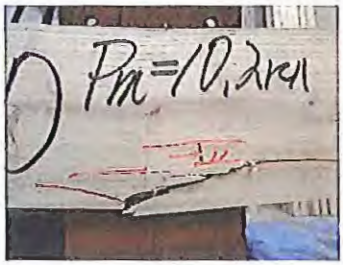
P1070204.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070205.JPG

P1070206.JPG

P1070215.JPG



P1070216.JPG

P1070221.JPG

P1070222.JPG

P1070425.JPG

P1070426.JPG

P1070434.JPG

P1070435.JPG

P1070436.JPG

P1070437.JPG

P1070441.JPG

P1070447.JPG

P1070448.JPG

P1070452.JPG

P1070453.JPG

P1070459.JPG

P1070460.JPG

P1070466.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070467.JPG

P1070468.JPG

P1070473.JPG

P1070474.JPG

P1070482.JPG

P1070483.JPG

P1070484.JPG

P1070488.JPG

P1070489.JPG

P1070490.JPG

P1070494.JPG

P1070495.JPG

P1070502.JPG

P1070503.JPG

P1070511.JPG

P1070512.JPG

P1070523.JPG

P1070524.JPG

P1070525.JPG

P1070531.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070532.JPG

P1070538.JPG

P1070539.JPG

P1070548.JPG

P1070549.JPG

P1070555.JPG

P1070556.JPG

P1070565.JPG

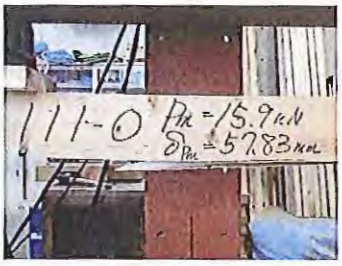
P1070574.JPG

P1070575.JPG

P1070588.JPG

P1070589.JPG

P1070600.JPG



P1070601.JPG

P1070602.JPG

P1070603.JPG

P1070606.JPG

P1070607.JPG

P1070608.JPG

P1070615.JPG

ラミナ曲げ試験(もの大)

P1070616.JPG

P1070625.JPG

P1070626.JPG

P1070633.JPG

P1070634.JPG

P1070635.JPG

P1070642.JPG

P1070643.JPG

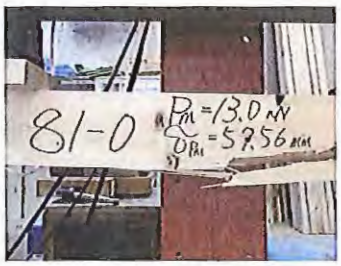
P1070644.JPG

P1070650.JPG

P1070651.JPG

P1070652.JPG

P1070658.JPG



P1070659.JPG

P1070660.JPG

平成28年度林野庁補助事業
「新たな木質部材の標準化に係る
技術的検討等」

②グレーディング法の検証 速報値

目次

1	福島、すぎ、高温、芯去材	1
2	福島、すぎ、中温、芯去材	2
3	福島、すぎ、高温、芯持材	3
4	福島、すぎ、中温、芯持材	4
5	熊本、ひのき、高温、芯去材(前年度)	5

1　福島、すぎ、高温、芯去材

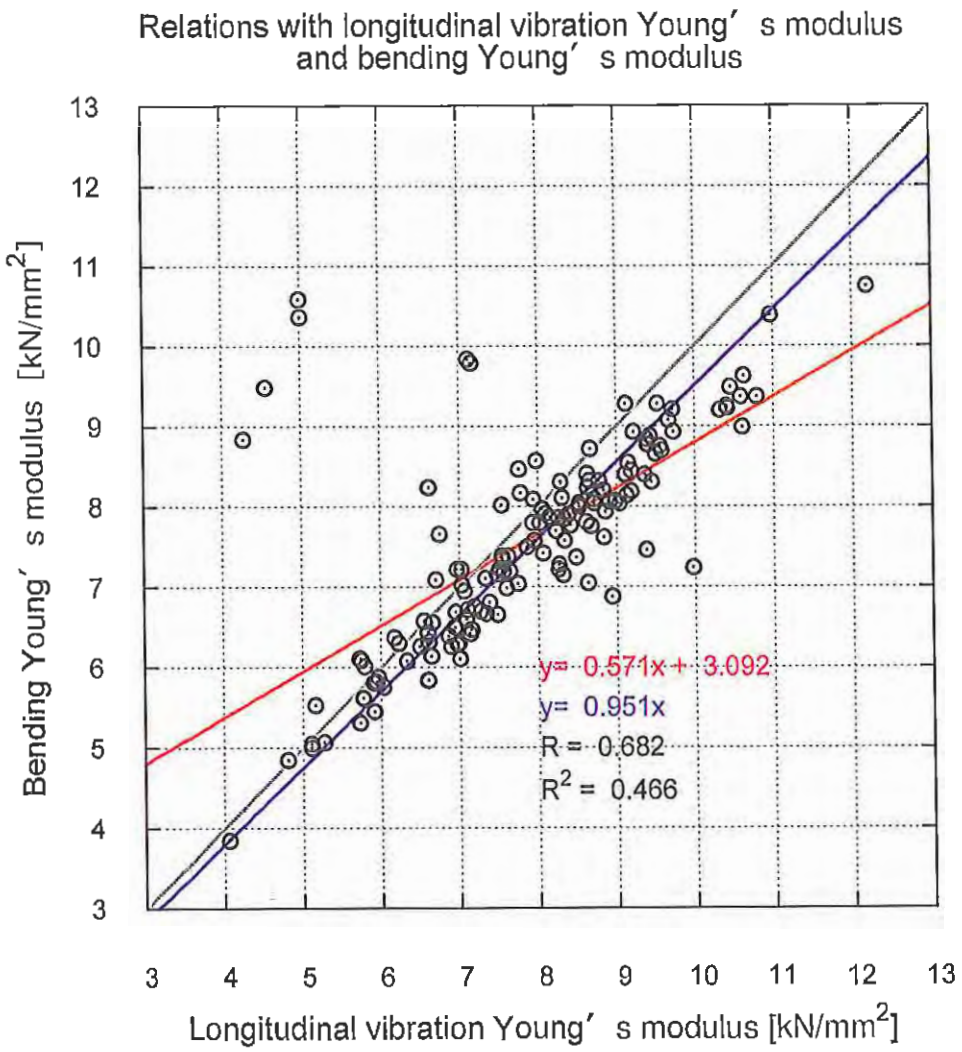


図 1.1：縦振動ヤング係数と曲げヤング係数関係

2　福島、すぎ、中温、芯去材

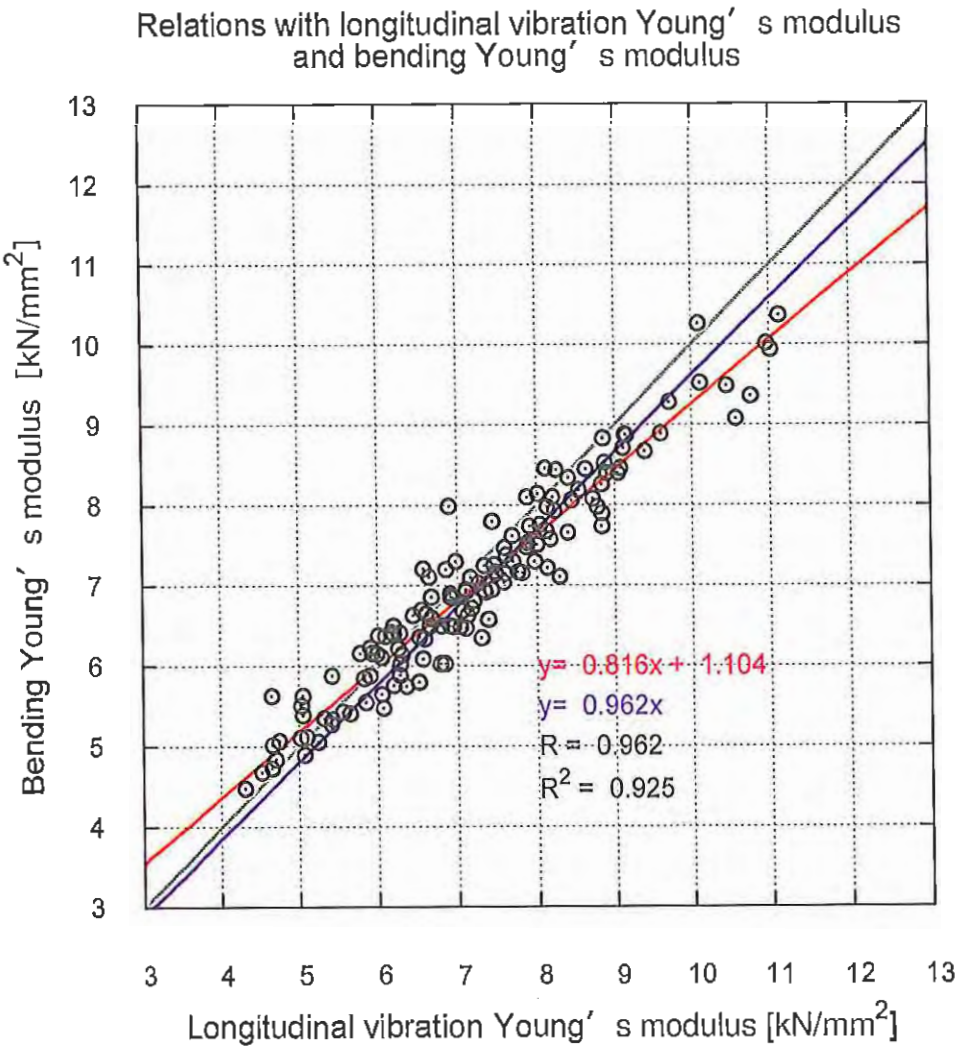


図 2.1：縦振動ヤング係数と曲げヤング係数関係

3　福島、すぎ、高温、芯持材

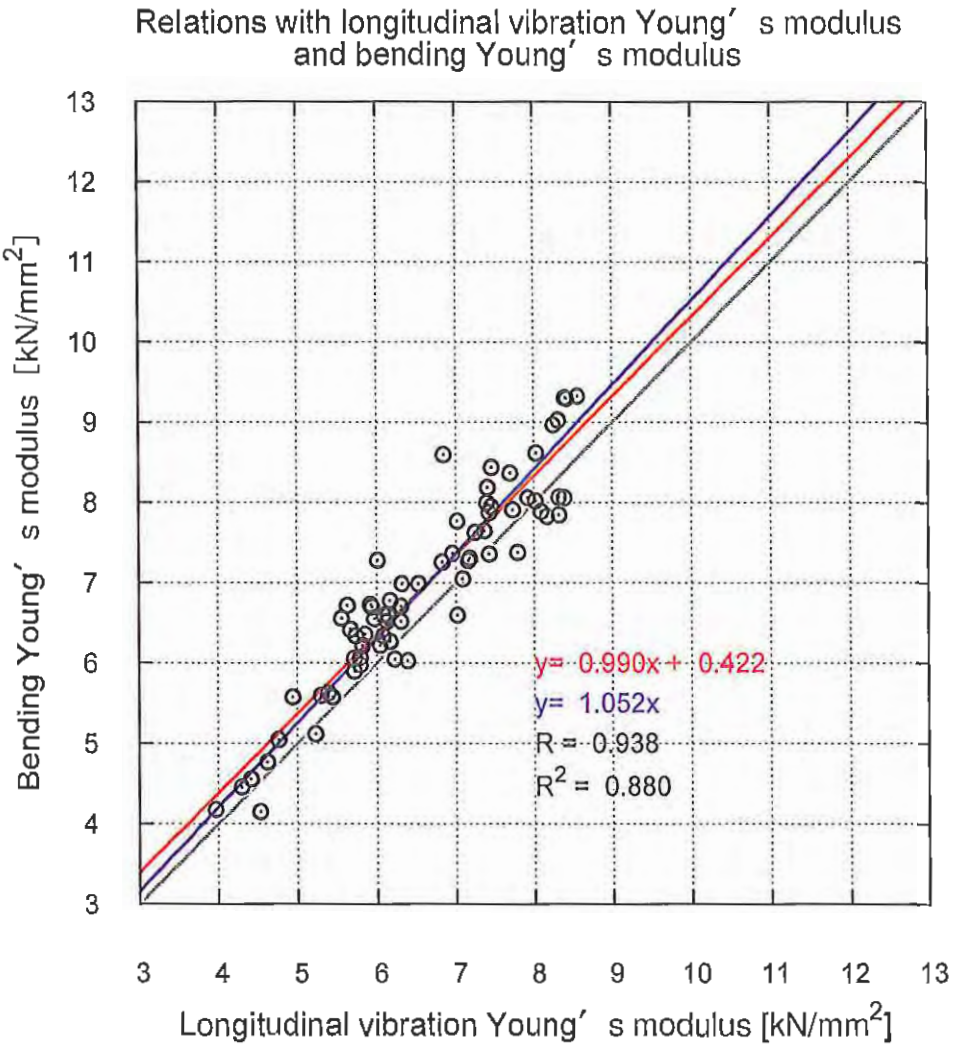


図 3.1：縦振動ヤング係数と曲げヤング係数関係

4　福島、すぎ、中温、芯持材

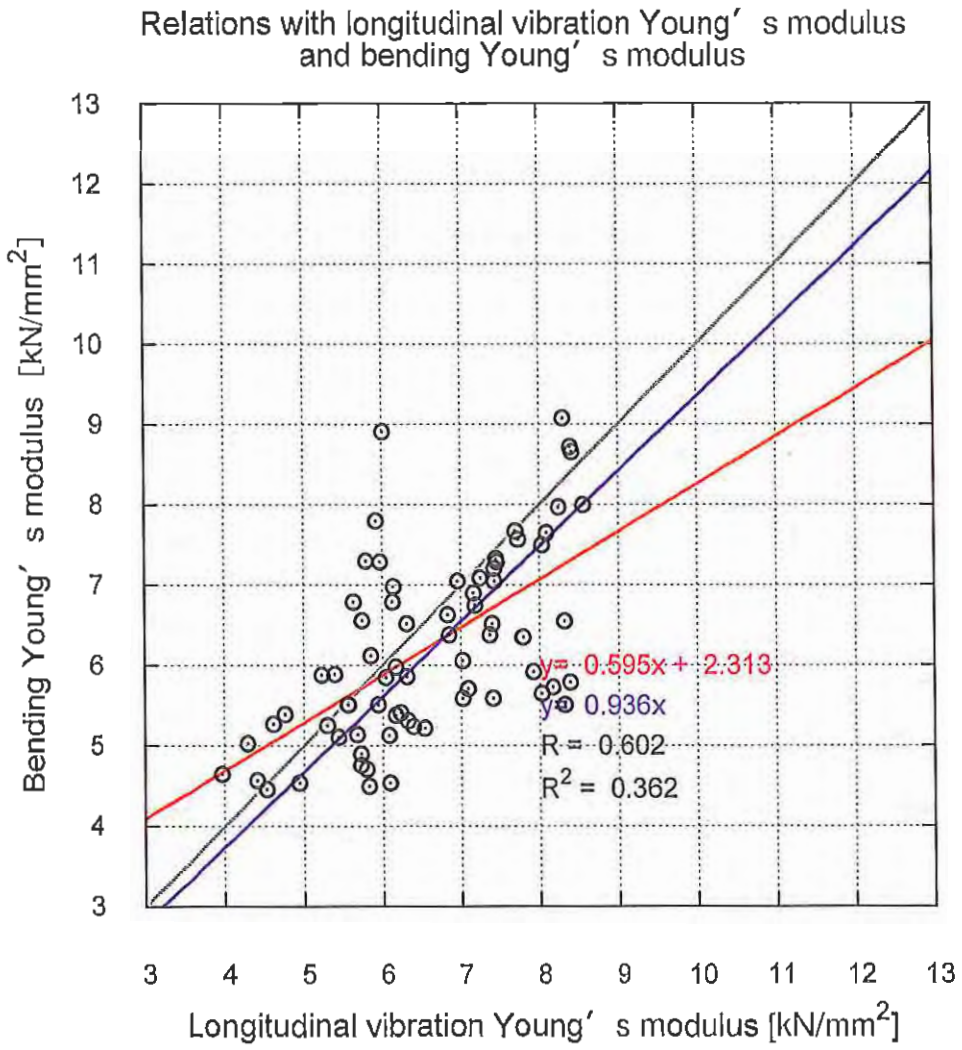


図 4.1：縦振動ヤング係数と曲げヤング係数関係

5　熊本、ひのき、高温、芯去材(前年度)

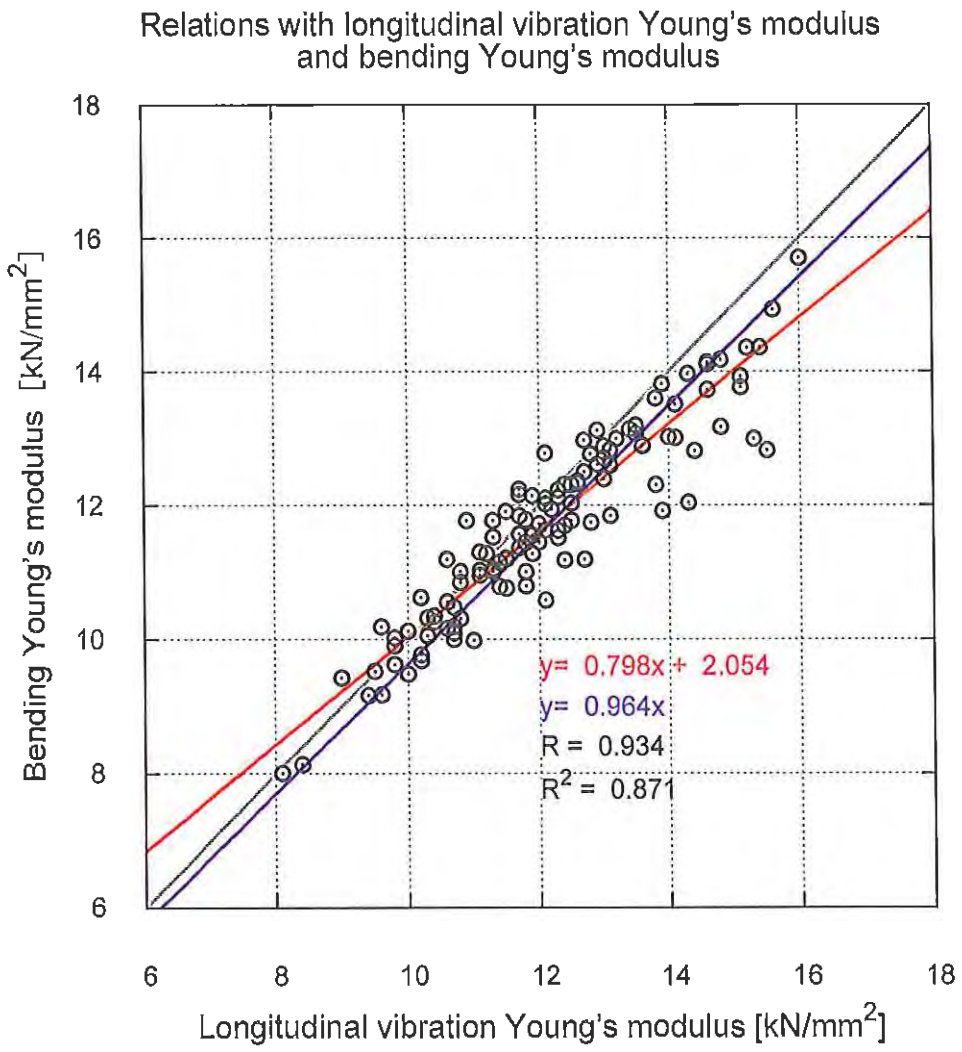


図 5.1：縦振動ヤング係数と曲げヤング係数関係