

平成5年度 農林水産省補助事業
(財)日本住宅・木材技術センター事業

建築用木材性能評価事業報告書

平成6年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

はじめに

木造3階建共同住宅、木造の準耐火建築物等構造計算を要する木造建築物が平成3年度の建築基準法令の改正により認められたところであるが、構造用合板等のボード類については、構造設計のために必要となる強度性能の標準化が行われていないため、構造計算に支障が生じるといった事態がしばしば発生している。

このため、これらボード類を対象に構造部材として用いる場合に必要となる強度、剛性等の試験データを整備し、その的確な評価を行おうとするものである。

事業の実施にあたっては、下記の委員会を設置し、指導助言をいただくとともに専門委員会の委員各位のご尽力により事業を進めた。関係委員の皆様方に衷心からお礼申し上げます。また、実験の実施に際し供試材のご提供を賜った関係業界に対し併せてお礼申し上げます。

合板等強度性能評価委員会

委員長	海老原 徹	森林総合研究所木材化工部複合化研究室長
委員	平嶋 義彦	静岡大学農学部 助教授
〃	河野 元信	建設省住宅局住宅生産課木造住宅振興室課長補佐
〃	越海 興一	建設省住宅局建築指導課 課長補佐
〃	岡田 恒	建設省建築研究所第3研究部耐風研究室長
〃	山崎 政美	農林水産省食品流通局消費経済課 課長補佐
〃	内藤 尚	(社)日本ツーバイフォー建築協会 専務理事
〃	日野 壽郎	(社)日本木造住宅産業協会 生産技術部長
〃	木村 完	(財)日本合板検査会 業務部長
〃	秋山 禎孝	日本合板工業組合連合会理事 業務部長
〃	原 敬夫	日本繊維板工業会 業務部長
〃	チャールズ・C・バーズ	アメリカ合板協会 日本総代表
〃	ジョン・M・バウルズ	カナダ・ブリテイッシュ・コロンビア州林産業審議会

アジア地区総代表

合板等強度性能評価専門委員会

- | | | |
|-----|-------------|--------------------------|
| 委員長 | 海老原 徹 | 森林総合研究所木材化工部複合化研究室長 |
| 委員 | 平嶋 義彦 | 静岡大学農学部 助教授 |
| 〃 | 徳田 勉夫 | 三重大学生物資源学部 教授 |
| 〃 | 鈴木 滋彦 | 静岡大学農学部 |
| 〃 | 中島 史郎 | 建設省建築研究所第2研究部有機材料研究室研究員 |
| 〃 | 河合 誠 | 三井ホーム（株）技術開発研究所 所長代理 |
| 〃 | チャールズ・C・バーズ | アメリカ合板協会 日本総代表 |
| 〃 | 友井 政利 | カナダ・ブリティッシュ・コロンビア州林産業審議会 |
- 日本代表代理

平成6年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

理事長 下川 英雄

目 次

第1章 合板	1
1. わが国における許容応力度誘導方式	1
1. 1 素材標準強度	2
1. 2 基準応力度	2
1. 3 単板の欠点による等級係数	3
1. 4 乾燥による増加係数	3
1. 5 単板の許容応力度	4
1. 6 単板強度と合板強度との関係	4
1. 7 構造用合板1級の許容応力度	4
1. 8 弾性係数	6
2. 米国における許容応力度誘導方式	8
2. 1 P S I - 74合板の許容応力度の誘導	8
1. はじめに	8
2. 許容応力度誘導とその検証の概略	8
3. 例題詳説	10
(1) 必要なデータ	11
(2) 各々の樹種に対する限定値の決定	12
(3) 最少限定値の選択	13
(4) グループの5%棄却レベルの決定	13
(5) 最も低い樹種(3節)がグループ全体分布の5%棄却レベル(4節) のどちらか低い方を選ぶ	13
(6) 荷重期間の調整	13
(7) 等級の影響に対する調整	14
(8) 製造過程の影響に対する調整	14
(9) その他のファクターに対する調整	14

(10) 選ばれた等級、厚さの合板の最大曲げモーメントのチェック	1 5
(11) 試験合板	1 5
(12) 試験結果の頻度分布のプロット	1 5
(13) 実験値と許容値の比較	1 6
(14) その他の樹種の組み合わせ、等級、構成、厚さのものに対する適用	1 6
3. カナダにおける針葉樹合板の強度誘導方法	2 0
3. 1 はじめに	2 0
3. 2 カナダの針葉樹合板	2 0
3. 3 D F P の強度誘導方法	2 1
3. 3. 1 単一樹種単板の強度及びヤング係数	2 1
3. 3. 2 単板の強度及び弾性係数の誘導	2 2
3. 3. 3 D F P 合板（表面の繊維方向と平行）の強度	2 2
3. 3. 4 D F P 合板（表面の繊維方向と直行）の強度	2 3
3. 4 C S P の強度誘導方法	2 4
3. 4. 1 単一樹種単板の強度及びヤング係数	2 4
3. 4. 2 単板の強度及び弾性係数の誘導	2 4
3. 4. 3 C S P 合板（表面の繊維方向と平行）の強度	2 4
3. 5 合板の材料強度の試算	2 5
3. 6 無欠点小試験体による方法の問題点	2 5
3. 7 おわりに	2 8
4. フィンランドの許容応力度	2 9
4. 1 概 要	2 9
4. 2 種類と構成	2 9
4. 3 許容応力度	3 4
5. 既存強度データの整理	3 5
5. 1 「代替原料利用開発推進事業」の報告書より	3 5

5. 1. 1	合板の品目	35
5. 1. 2	各種試験法	36
5. 1. 3	結果の概要	37
5. 2	その他の文献より	38
6.	わが国における構造用合板の生産実態	48
6. 1	生産量	48
6. 2	等級別生産量	48
6. 3	厚さ別生産量	48
6. 4	単板構成	48
6. 5	樹種	52
6. 6	輸入合板	52
7.	構造用合板の使用実績	53
7. 1	合板の需要動向	53
7. 2	構造用合板の使用実態	53
第2章	パーティクルボード	55
1.	強度関連既存データ	55
1. 1	J I S規格の強度値	55
1. 2	曲げ性能	55
1. 3	引張性能	64
1. 4	せん断性能	64
2.	パーティクルボードの耐久性	67
2. 1	パーティクルボードの劣化要因	67
2. 2	促進劣化処理法の課題	68
2. 3	耐久性評価を目的とした促進劣化試験法	69

2. 4	耐久性に関する既存の資料	70
3.	パーティクルボードのクリープ特性	79
3. 1	はじめに	79
3. 2	クリープ曲線の表示	79
3. 3	クリープ変形におよぼすボード構成の影響	80
3. 4	温湿度の影響	80
3. 5	水分非定常下でのクリープ	81
3. 6	荷重の大きさの影響	81
3. 7	荷重継続期間の影響	81
4.	パーティクルボードの釘接合に関する既存のデータ	88
4. 1	剪断耐力	88
4. 2	剪断試験における降伏荷重の計算	88
4. 3	側面抵抗力	89
4. 4	釘頭貫通力	89
4. 5	ボードを側材にした釘接合部の疲労特性	89
5.	パーティクルボード（建築用）の生産実態	95
第3章 実験結果		99
1.	市販パーティクルボードの引張り性能	99
1. 1	供試ボード	99
1. 2	試験方法	99
1. 3	ヤング係数の評価方法	99
1. 4	試験結果	100
1. 4. 1	結果の概要	100
1. 4. 2	引張り強さ、引張りヤング係数、比重の関係	102
1. 4. 3	振動法によるヤング係数の評価	103

1. 4. 4	圧縮試験	105
1. 5	まとめ	105
2.	パーティクルボードの曲げ性能に及ぼす試験体寸法の影響	106
2. 1	目的	106
2. 2	供試ボード	106
2. 3	試験体および試験方法	106
2. 4	結果と考察	107
3.	パーティクルボードにおける釘の側面抵抗試験	113
3. 1	概要	113
3. 2	試験体	113
3. 3	試験方法	114
3. 4	結果及び考察	116
	(1) 試験結果の概要	116
	(2) 荷重-変位曲線	116
	(3) P_{max} とボード比重の関係	116
	(4) P/δ とボード比重との関係	117
	(5) 最大応力とボード比重の関係	117
	(6) 滑り剛性とボード比重との関係	117
	(7) P_{max} と釘径との関係	118
	(8) P/δ と釘径との関係	118
	(9) 最大応力と釘径との関係	118
	(10) 滑り剛性と釘径との関係	118
3. 5	まとめ	118

第1章 合板

1. わが国における許容応力度誘導方式

わが国の構造用の合板については、その製造基準として構造用合板の日本農林規格（以下JASという）がある。これは昭和44年9月に農林省告示として出されたものである。JASでは、構造用合板を1級、2級に分け、1級については小試験片による曲げ及び圧縮試験を、2級については実大寸法での曲げたわみ測定を課している。1級については、曲げ、圧縮試験の基準値以上の品質をもったものが市場に出回ると考えている。従って、これについては、この基準値を安全率で除して許容応力度とするという極めてシンプルな考えが適用できる。実際、木構造計算規準・同解説（日本建築学会）に与えられる構造用合板1級の許容応力度はこのような考えで誘導したものである。

では、その基準値はどのようにして定めた値なのか？ これについては前述の木構造計算規準又は山井の著作*に詳しいので、それらを参考にして概略を述べてみよう。

(*合板の許容応力度について（1）、（2）、木材工業V o 1、22、7、8）。

JAS制定当時、わが国で生産する合板は、そのほとんどがいわゆるラワン合板であったので、構造用合板の許容応力度を考えるとときもラワンのみを考えている。ラワン合板に対する許容応力度は、次のような手順で求めている。

表1-1 合板に用いられる主なる南洋材の強度的性質（生材状態） R₀: 全乾重量/生材容積

樹 種 名				R ₀	σ_b kg/cm ²	σ_c kg/cm ²	$\sigma_{c\perp}$ kg/cm ²	τ kg/cm ²	E 10 ³ kg/cm ²	$\frac{1}{4}\sigma_b$ kg/cm ²	$\frac{1}{3}\sigma_c$ kg/cm ²	$\frac{1}{1.5}\sigma_{c\perp}$ kg/cm ²	$\frac{1}{7}\tau$ kg/cm ²
Dipterocarpaceae (二羽柿科)													
Shorea	レッドラワン類	レッドラワン	<i>S. negrosensis</i>	0.46	546	273	36	68	101	137	91	24	9.7
		タンギール	<i>S. polysperma</i>	0.44	543	261	39	67	97	136	87	26	9.6
		アルモン	<i>S. almon</i>	0.41	517	261	37	58	95	129	87	25	8.2
		マヤビス	<i>S. squamata</i>	0.35	422	202	25	45	85	105	67	16	6.4
	イエローラワン類	マンガンシノロ	<i>S. philippinensis</i>	0.37	477	231	31	60	85	119	77	21	8.5
		ダークレッドセラヤ	<i>S. pauciflora</i>	0.56	662	332	—	71	105	165	111	—	10.2
		ライトレッドセラヤ	<i>S. leptocladus</i>	0.43	488	264	—	48	76	122	88	—	6.9
	メランチ類 (セラヤ類)	"	<i>S. parvifolia</i>	0.43	468	233	—	46	73	117	78	—	6.5
		レッドメランチ	<i>S. dasphylla</i>	0.43	605	314	—	—	105	151	105	—	—
	Pentacme	ホワイトラワン類	ホワイトラワン	<i>P. contorta</i>	0.42	543	270	39	72	86	136	90	26
Parashorea	ホワイトラワン類	バクチカン	<i>P. plicata</i>	0.52	643	314	51	72	116	161	105	34	10.2
Anisoptera	パロサビス類	アフ	<i>A. brunnea</i>	0.54	617	307	66	91	105	154	102	44	12.9
		ダガン	<i>A. aurea</i>	0.48	502	256	56	66	96	126	85	37	9.4
Dipterocarpus	アビトン類 (クルイン類)	アビトン	<i>D. grandiflorus</i>	0.62	596	285	46	75	123	149	95	30	10.7
		"	<i>D. spp.</i>	0.58	625	304	42	73	120	156	101	28	10.4
Dryobalanops	カブール類	カブール	<i>D. aromatica</i>	0.68	834	458	—	70	154	209	153	—	9.9
Thymelaeaceae (ジンチョウゲ科)													
Gonystylus	ラミン類	ラミン	<i>G. bancanus</i>	0.56	662	332	—	71	105	165	111	—	10.2

表 1-2 米国における素材の標準強度値 (生材)/基準応力度の値 (f)

材 種	σ_b/f_b	σ_{ci}/f_s	$\sigma_{c\perp}/f_{c\perp}$		τ/f_s	E/E_L 曲げヤング係数
	曲 げ	縦 圧 縮	部分圧(現)	部分圧(旧)	せん断	
針葉樹 19群	31樹種 3.2~3.8~4.3	2.4~2.7~3.2	1.4~2.0~2.9	1.0~1.4~2.1	5.3~6.5~8.5	0.80~0.98~1.2
広葉樹 14群	40樹種 3.3~4.1~5.3	1.6~2.5~3.4	1.5~2.2~2.9	1.1~1.6~2.0	5.0~6.7~7.9	0.59~0.90~1.2
総括 33群	71樹種 3.2~4.0~5.3	1.6~2.6~3.4	1.4~2.1~2.9	1.0~1.5~2.1	5.0~6.7~8.5	0.59~0.93~1.2

1.1 素材標準強度

無欠点小試片の強度値を求める。表 1-1 の 3-6 欄に各種強度値を示した。この値は生材状態のもので、平均値である。

1.2 基準応力度

1.1 で求めた素材標準強度値に、統計的下限值を推定するための低減係数、長期荷重による低減係数、安全係数を乗じて素材の基準応力度を求める。これら相乗積の値—低減係数の値—は樹種および材質、試験の種類などによって異なり、単純な公式で統一的に評価することは困難であるが、米国においては曲げについては変動による係数を 3/4、長期荷重による低減係数 9/16、安全係数 3/5 としている (山井)。これらの相乗積は 81/320 になり、近似的に 1/4 とされている。米国の樹種について生材状態における無欠点小試験体の平均値と、基準応力度との比を求めると表 1-2 のごとくなる。比の値がかなり広く分散しているのは、ある樹種群について一つの基準応力度をきめているためである (山井)。

この表の値を参考にして低減係数を応力ごとに定める。曲げ 1/4、圧縮 1/3、部分圧 1/1.5、剪断 1/7 とする。そして、この低減係数を素材標準強度に乗じて基準応力度を求める (表 1-1、8 欄-11 欄)。さて、この表からホワイトラワン類の基準応力度を数値を丸めて求め、

曲げ 100 kgf/cm²

圧縮 70

部分圧 16

剪断 6.5

とする。

1.3 単板の欠点による等級係数

JASでは単板等級として、節の大きさなどを基準としてa、b、c、dの4種類を規定している。強度低減に関する係数（等級係数）を単板の等級に応じて、a 8/9、b 7/8、c 4/5、d 3/4とする。合板の等級A-1、A-2は表板、裏板はa-b、b-bであるので、A等級合板に対する等級係数は7/8を採用する。同じようにしてB、C等級合板は各々4/5、3/4とする。

1.4 乾燥による増加係数

これは等級によらず一律5/4とする。

表1-3 ラワン単板の許容応力度（長期）¹⁾と合板の計算法

（単位：kgf/cm²）

応力の種類		表板の繊維方向に対する応力の方向	合板の等級(A, B, C)と単板の許容応力度			合板の場合 ²⁾ の計算法	
			A	B	C		
曲げ	f_b	0°	110	100	90	$f_b \cdot Z_o / Z_p$ $K^{3)}, f_b \cdot Z_{90} / Z_p$	
		90°	90	90	90		
引張	f_t	0°	110 ⁴⁾	100 ⁴⁾	90 ⁴⁾	$f_c \cdot A_o / A_p$ $f_c \cdot A_{90} / A_p$ 全断面 ⁶⁾	
		90°	90	90	90		
		45°	18	16	15		
圧縮	f_c	0°	75 ⁵⁾	70 ⁵⁾	65 ⁵⁾	$f_c \cdot A_o / A_p$ $f_c \cdot A_{90} / A_p$ 全断面 ⁶⁾	
		90°	65	65	65		
		45°	24	23	22		
めり込み		$f_{c \perp}$	面に直角	20	20	20	表裏面 ⁶⁾
せん断	面内	f_s	0°, 90° 45°	14 28	13 26	12 24	全断面 ⁶⁾
	層内 (ローリング)	f_r	0°, 90° 45°	4 5	4 5	4 5	

[注] 1) 短期許容応力度は長期許容応力度の2倍とする。

2) A_o : 繊維方向が表板のそれに平行な単板の断面積の総和。

A_{90} : 繊維方向が表板のそれに直角な単板の断面積の総和。

A_p : 合板の全断面積 $A_p = A_o + A_{90}$

I_o : 繊維方向が表板のそれに平行な単板の、合板の中立軸に関する断面2次モーメントの総和。

I_{90} : 繊維方向が表板のそれに直角な単板の、合板の中立軸に関する断面2次モーメントの総和。

I_p : 合板の断面2次モーメント $I_p = I_o + I_{90}$

Z_o : 繊維方向が表板のそれに平行な単板についての断面係数 $Z_o = 2 I_o / h_p$ h_p は合板の厚さ

Z_{90} : 繊維方向が表板のそれに直角な単板についての断面係数

Z_p : 合板の断面係数 $Z_p = 2 I_p / h_p$

3) 3プライのみ $K=1.5$ 、5プライ以上は $K=1.0$

4) 3プライのみ、5プライ以上は10 kgf/cm² 減じた値をとる。

5) 3プライのみ、5プライ以上は5 kgf/cm² 減じた値をとる。

6) 表の値がそのまま合板の値。

表 1-4 米国における合板強度の簡易計算法

性質	表板のセナイ方向に対する応力の方向	計算対象断面	単位応力
引張	0° 90°	平行積層のみ	f_b
	±45°	全断面	$f_b/6$
圧縮	0° 90°	平行積層のみ	f_c
	±45°	全断面	$f_c/3$
部分圧	(面圧)	加圧面	$f_{c\perp}$
曲げ荷重	0° 90°	$M=K f_b I_0/c$ 最外層のセナイがスパンに垂直な3層合板では $K=1.5$, 他のすべてに対して 0.85	f_b
曲げたわみ	0° 90°	普通のとわみ式を用いるが, 断面二次モーメント $I_p=I_0+I_{90}/20$	E_L
圧縮・引張の変形	0° 90°	平行積層のみ	E_L
せん断 (厚さ)	0° 90°	全断面	$2 f_s$
	±45°	全断面	$4 f_s$
せん断 (積層面内)	0° 90°	合板梁の水平せん断, 全断面	$3 f_s/4$
	0° 90°	I型梁, 箱型梁における合板とフランジまたは稜材との接触面, ウェブの積層間	$3 f_s/8$
	±45°		$f_s/2$
	0° 90°	スキンパネルの稜材と合板の接触面で, 稜材の厚さが幅の2倍をこえ, 端部に稜材がある場合, 稜材の厚さが幅の2倍以下で, 端部に稜材がない場合に対して A=内側稜材と合板の接触面 B=外側稜材と合板の接触面	A: $3 f_s/4$ B: $3 f_s/8$
±45°	A: f_s B: $f_s/2$		

f_b : 曲げ応力, f_c : 縦圧縮応力, $f_{c\perp}$: 部分圧強さ, E_L : 繊維方向のヤング係数
 f_s : せん断応力

1.5 単板の許容応力度

1.2で求めた基準応力度に、単板の欠点による等級係数および乾燥による増加係数を乗じて、単板の許容応力度を得る。

例えばA等級合板の場合、単板の品質はbであるので、曲げに対しては

$$100 \times 7/8 \times 5/4 = 109.4 \rightarrow 110 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

を得る。かくして求めた単板の許容応力度を表1-3に示した。なお、同表最右欄に合板の許容応力度の計算法を載せたが、これは次項で述べる方法(表1-4)を適用したものである。

1.6 単板強度と合板強度との関係

合板の強度は、一般に単板強度に構成を考えた断面の係数を乗じて求める。この方法を表1-4に示す。

1.7 構造用合板1級の許容応力度

1.6の方法すなわち単板の許容応力度に、構造用合板1級の単板構成を考慮した断面の係数を乗じて、合板の許容応力度を得る(表1-5~表1-7)。

表 1 - 5 表板の繊維に平行方向の曲げ・引張・圧縮の許容応力度
(構造用合板 1 級, 見掛けの全断面について)

(単位: kgf/cm²)

厚さ (mm)	積層数	長期許容応力度									短期許容応力度 f
		曲げ f_b			引張 f_t			圧縮 f_c			
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	
5.0	3	105	95	85	65	60	55	45	40	40	長期許容応 力度の 2 倍
6.0	3	95	90	80	55	50	45	40	35	35	
7.5	5	85	80	70	60	55	50	40	40	35	
9.0	5	80	70	65	50	45	40	35	35	30	
12.0	5	65	60	55	50	45	40	35	35	30	
15.0	7	60	55	50	40	35	30	30	25	25	
18.0	7	60	55	50	50	45	40	35	35	30	
21.0	7	65	60	55	50	45	40	35	35	30	
24.0	9	65	60	55	50	45	40	35	35	30	

[注] 記号 A, B, C については「構造用合板の日本農林規格」第 3 条第 1 項末尾の注参照。

表 1 - 6 表板の繊維に直角方向の曲げ・引張・圧縮の許容応力度
(構造用合板 1 級, 見掛けの全断面について)

(単位: kgf/cm²)

厚さ (mm)	積層数	長期許容応力度									短期許容応力度 f
		曲げ f_b			引張 f_t			圧縮 f_c			
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	
5.0	3	20	20	20	35	35	35	25	25	25	長期許容応 力度の 2 倍
6.0	3	35	35	35	45	45	45	35	35	35	
7.5	5	30	30	30	35	35	35	25	25	25	
9.0	5	40	40	40	45	45	45	35	35	35	
12.0	5	50	50	50	45	45	45	35	35	35	
15.0	7	50	50	50	55	55	55	40	40	40	
18.0	7	50	50	50	45	45	45	35	35	35	
21.0	7	45	45	45	45	45	45	35	35	35	
24.0	9	45	45	45	45	45	45	35	35	35	

表 1 - 7 表板の繊維と 45 度をなす方向の引張・圧縮の許容応力度ならびにめり込み・せん断の許容応力度 (構造用合板 1 級, 見掛けの全断面について)

(単位: kgf/cm²)

応力の種類		表板の繊維方向 に対する応力の 方向	長期許容応力度				短期許容応力度 f
			f	A	B	C	
引 張		45°	f_t	18	16	15	長期許容応 力度 の 2 倍
圧 縮		45°	f_c	24	23	22	
めり込み		面に直角	$f_{c\perp}$	20	20	20	
せん断	面 内	0°, 90° 45°	f_s	14 28	13 26	12 24	
	層 内 (ローリング)	0°, 90° 45°	f_s	4 5	4 5	4 5	

1. 8 弾性係数

ラワン単板の弾性係数を表1-8に示す。これに合板の構成を考慮した断面の係数を乗じて、合板の弾性係数を得る(表1-9)。

以上、わが国における合板の許容応力度誘導法をみてきたが、検討を必要とするところもあるように思われる。2、3挙げてみると、

- a 基準応力度は、米国では統計データに基づいて求めたものがあるが、ここではそのようなデータなしに定めている。
- b 等級係数の検証が行われていない。
- c JASの基準値(表1-10、1-11)をある値で割って合板の許容応力度としているが、この除数の意味が不明である。

例えば、単板の許容応力度を A_v 、合板の試験値を P_e とすると、曲げの場合

$$P_e \geq A_v \times 2 \times 3/2$$

ここに 2:短期/長期

3/2:安全率

$$P_e \geq 3 \times A_v$$

表1-5の合板許容応力度は、JAS基準値を4で除したものとなっている。ただし、JASの曲げ試験では、通常試験片は節の無いクリアのところから切り出すであろうから、等級係数を考慮すると、例えばA等級では

$$P_e \times 7/8 \geq A_v \times 2 \times 3/2$$

$$\therefore P_e \geq 3.4 A_v$$

4とはいくらかの違いを示している。

圧縮の場合、

$$P_e \geq A_v \times 2 \times 4/3$$

$$P_e \times 7/8 \geq A_v \times 2 \times 4/3$$

$$P_e \geq 3.0 A_v$$

許容応力度は3.5で求めているので、ここでも幾分違った数値となっている。

表 1 - 8 ラワン単板の弾性係数 (短期)

(単位 : kgf/cm²)

弾性係数の種類	表板の繊維方向に 対する応力の方向	合板の等級 (A, B, C) と単板の 弾性係数			合板の場合の計算法
		A	B	C	
ヤング係数 E	0°, 90°	90×10 ³	90×10 ³	90×10 ³	$E \cdot I_d/I_p$, $E \cdot I_{90}/I_p$
せん断弾性係数 G	0°, 90° 45°	4×10 ³ 25×10 ³	4×10 ³ 25×10 ³	4×10 ³ 25×10 ³	全断面 ¹⁾

[注] 1) 表の値がそのまま合板の値

表 1 - 9 構造用合板のヤング係数およびせん断弾性係数
(構造用合板 1 級, 見掛けの全断面について)

(単位 : 10³ kgf/cm²)

厚 さ (mm)	積 層 数	ヤング係数 (E)				せん断弾性係数 (G)	
		曲 げ		引張および圧縮			
		0°	90°	0°	90°	0°, 90°	45°
		A, B, C	A, B, C	A, B, C	A, B, C	A, B, C	A, B, C
5.0	3	85	5	55	35		
6.0	3	80	10	45	45		
7.5	5	70	20	55	35		
9.0	5	65	25	45	45		
12.0	5	55	35	45	45	4	25
15.0	7	50	40	35	55		
18.0	7	50	40	45	45		
21.0	7	55	35	45	45		
24.0	9	55	35	45	45		

[注] 0°, 90°, 45°は表板の繊維方向に対する応力の方向

表 1 - 1 0 試験片の適合基準

曲げ強さ及び曲げヤング係数が次の表の標準値以上であること。

区分 厚さ (mm)	曲 げ 強 さ (Kg/cm)						曲げヤング係数 (10 ³ Kg/cm ²)	
	0°			90°			0°	90°
	A	B	C	A	B	C		
5.0	420	380	340	80	80	80	85	5
6.0	380	360	320	140	140	140	80	10
7.5	340	320	280	120	120	120	70	20
9.0	320	280	260	160	160	160	65	25
12.0	260	240	220	200	200	200	55	35
15.0	240	220	200	200	200	200	50	40
18.0	240	220	200	200	200	200	50	40
21.0	260	240	220	180	180	180	55	35
24.0	260	240	220	180	180	180	55	35

(注) 表中 0°及び 90°は、それぞれ別記の 3 の(4)のイで定めるスパンの方向と試験片の表板の主繊維方向との角度を表わし、A、B 及び C は、第 3 条で掲げる等級のうち主として強度を示す部分をいう。

表 1 - 1 1 試験片の適合基準

圧縮強さが次の表の数値以上であること。

(%)

区分 厚さ (mm)	0°			90°			45°
	A	B	C	A	B	C	
5.0	160	140	140	90	90	90	80
6.0	140	120	120	120	120	120	80
7.5	140	140	120	90	90	90	80
9.0	120	120	110	120	120	120	80
12.0	120	120	110	120	120	120	80
15.0	110	90	90	140	140	140	80
18.0	120	120	110	120	120	120	80
21.0	120	120	110	120	120	120	80
24.0	120	120	110	120	120	120	80

(注) 表中 0°、90°及び 45°は、それぞれ別記の 3 の(5)のイで定める荷重方向と試験片の表板の主繊維方向との角度を表わし、A、B 及び C は、第 3 条で掲げる等級のうち主として強度を示す部分をいう。

2. 米国における許容応力度誘導方式

APAから寄せられた資料^{*}によれば、米国における合板の許容応力度誘導方法は次のようなものとなっている。（* Correspondence of D.H.Brown of APA, 1975）。

2. 1 P S I - 74合板の許容応力度の誘導

1. はじめに

APAはPlywood Design Specification (PDS)の中で、製造基準P S 1 - 74に準拠して製造した合板の許容応力度を示している。(Table 3)。この中では湿潤状態及び乾燥状態の合板の8つの強度又は剛性に関する値と、等級と接着タイプに応じた3種の応力度レベルの値を示している。許容応力度の値はTable 1、2の有効な断面の性質の値と共に用いて耐荷荷重（せん断、引張、圧縮）、耐荷モーメント及び剛性を求めることができるようになっている。

許容応力度の誘導過程は次の2つの段階からなっている。

第1の段階は、クリア木材の標準試験の結果から、合板の許容応力度を求めるというものである。設計に際して必要となる合板の性質のうちで、通常のクリア木材の試験には含まれていないものもいくつかある。合板の剪断弾性係数及びローリングシアはクリア木材の曲げ試験及び繊維平行方向の剪断試験のいずれも標準試験から求めている。曲げの縁応力は引張強度の調整なしに用いている。

第2の段階は、実大合板の実験で、合板はAPAメンバーの工場からサンプリングする。実大合板のデータ（強度と剛性）はTable 1、2、3から得られる値と比較する。このチェックはたくさんある等級、樹種、厚さ、構成のうちほんのわずかな部分についてのみ行っている。

2. 許容応力度誘導とその検証の概略

クリア木材の値から合板の許容応力度を誘導する方法は次のようなものである。各ステップは実例を挙げて各章で更に詳しく説明する。

EFFECTIVE SECTION PROPERTIES FOR PLYWOOD

Table 1. Face Plies of Different Species Group from Inner Plies (Includes all Product Standard Grades except those noted in Table 2.)

① NOMINAL THICKNESS (in.)	② APPROXIMATE WEIGHT (psf)	③ EFFECTIVE THICKNESS FOR SHEAR (in.)	STRESS APPLIED PARALLEL TO FACE GRAIN				STRESS APPLIED PERPENDICULAR TO FACE GRAIN			
			④ A AREA (in. ² /ft)	⑤ I MOMENT OF INERTIA (in. ⁴ /ft)	⑥ KS EFF. SECTION MODULUS (in. ³ /ft)	⑦ Ib/Q ROLLING SHEAR CONSTANT (in. ² /ft)	⑧ A AREA (in. ² /ft)	⑨ I MOMENT OF INERTIA (in. ⁴ /ft)	⑩ KS EFF. SECTION MODULUS (in. ³ /ft)	⑪ Ib/Q ROLLING SHEAR CONSTANT (in. ² /ft)
UNSANDED PANELS										
5/16-U	1.0	0.283	1.914	0.025	0.124	2.568	0.660	0.001	0.023	-
3/8-U	1.1	0.293	1.866	0.041	0.162	3.108	0.799	0.002	0.033	-
1/2-U	1.5	0.316	2.500	0.086	0.247	4.189	1.076	0.005	0.057	2.585
5/8-U	1.8	0.336	2.951	0.154	0.379	5.270	1.354	0.011	0.095	-
3/4-U	2.2	0.513	3.403	0.243	0.501	6.823	1.632	0.022	0.162	-
7/8-U	2.6	0.757	4.109	0.344	0.681	7.174	2.000	0.033	0.243	-
1-U	3.0	0.859	3.916	0.493	0.859	9.244	2.333	0.044	0.333	-
1-1/8-U	3.3	0.877	4.621	0.676	1.047	-	-	-	-	-
SANDED PANELS										
1/4-S	0.8	0.304	1.680	0.013	0.000	-	-	-	-	-
3/8-S	1.1	0.313	1.680	0.038	0.000	-	-	-	-	-
1/2-S	1.5	0.450	1.947	0.078	0.000	-	-	-	-	-
5/8-S	1.8	0.472	2.280	0.154	0.000	-	-	-	-	-
3/4-S	2.2	0.589	3.403	0.243	0.000	-	-	-	-	-
7/8-S	2.6	0.699	4.109	0.344	0.000	-	-	-	-	-
1-S	3.0	0.859	3.916	0.493	0.000	-	-	-	-	-

Table 2. All Plies From Same Species Group (Includes STRUCTURAL I and MARINE)

① NOMINAL THICKNESS (in.)	② APPROXIMATE WEIGHT (psf)	③ EFFECTIVE THICKNESS FOR SHEAR (in.)	STRESS APPLIED PARALLEL TO FACE GRAIN				STRESS APPLIED PERPENDICULAR TO FACE GRAIN			
			④ A AREA (in. ² /ft)	⑤ I MOMENT OF INERTIA (in. ⁴ /ft)	⑥ KS EFF. SECTION MODULUS (in. ³ /ft)	⑦ Ib/Q ROLLING SHEAR CONSTANT (in. ² /ft)	⑧ A AREA (in. ² /ft)	⑨ I MOMENT OF INERTIA (in. ⁴ /ft)	⑩ KS EFF. SECTION MODULUS (in. ³ /ft)	⑪ Ib/Q ROLLING SHEAR CONSTANT (in. ² /ft)
UNSANDED PANELS										
5/16-U	1.0	0.356	2.375	0.025	0.144	2.567	1.188	0.002	0.029	-
3/8-U	1.1	0.371	2.226	0.041	0.195	3.107	1.438	0.003	0.043	-
1/2-U	1.5	0.403	2.906	0.091	0.318	4.188	1.938	0.007	0.077	2.574
5/8-U	1.8	0.434	3.464	0.155	0.433	5.268	2.438	0.015	0.122	3.238
3/4-U	2.2	0.606	3.672	0.247	0.573	6.817	2.938	0.059	0.334	3.697
7/8-U	2.6	0.776	4.388	0.346	0.690	6.948	3.510	0.192	0.684	-
1-U	3.0	1.088	5.200	0.529	0.922	8.512	6.500	0.333	1.000	-
1-1/8-U	3.3	1.119	6.654	0.751	1.164	9.061	-	-	-	-
SANDED PANELS										
1/4-S	0.8	0.342	1.680	0.013	0.000	-	-	-	-	-
3/8-S	1.1	0.373	1.680	0.038	0.000	-	-	-	-	-
1/2-S	1.5	0.545	1.947	0.078	0.000	-	-	-	-	-
5/8-S	1.8	0.576	2.280	0.154	0.000	-	-	-	-	-
3/4-S	2.2	0.748	3.848	0.243	0.000	-	-	-	-	-
7/8-S	2.6	0.778	3.944	0.344	0.000	-	-	-	-	-
1-S	3.0	1.091	3.916	0.493	0.000	-	-	-	-	-
1-1/8-S	3.3	1.121	4.621	0.676	0.000	-	-	-	-	-
TOUCH-SANDED PANELS										
1/2-T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 3. Allowable Stresses for Plywood.

Conforming to U.S. Product Standard PS-1-74 for Construction and Industrial Plywood. Normal Load Basis in PSI.

TYPE OF STRESS	SPECIES GROUP of FACE PLY	GRADE STRESS LEVEL*				
		S-1		S-2		S-3
		WET	DRY	WET	DRY	DRY ONLY
EXTREME FIBER STRESS IN BENDING (F_b)	1	1430	2000	1190	1650	1650
TENSION IN PLANE OF PLYS (F_t)	2, 3	980	1400	870	-	-
FACE GRAIN PARALLEL OR PERPENDICULAR TO SPAN (AT 45° TO FACE GRAIN USE 1/6 F_t)	4	-	-	-	-	-
COMPRESSION IN PLANE OF PLYS (F_c)	F	-	-	-	-	-
PARALLEL OR PERPENDICULAR TO FACE GRAIN (AT 45° TO FACE GRAIN USE 1/6 F_c)	-	-	-	-	-	-

- 1、樹種グループに含まれる全ての樹種について、クリア木材の重要な5つの機械的性質を求める。このとき湿潤、乾燥両方の値を求める。5つの機械的性質とは、曲げヤング係数、曲げ破壊係数、縦圧縮強さ、繊維平行方向剪断強さ、横圧縮強さである。
- 2、ASTM Standard D2555に従い、5つの機械的性質の限界値を定める。
- 3、各性質及び各樹種グループについて、2項で求めた値の最低値を定める。
- 4、樹種グループの5%下限値（強度分布の）、平均値（弾性定数分布の）を求める。
- 5、3で求めた最小の樹種の値と複合分布値（4）のうちどちらか小さい方をそのグループの値に指定する。
- 6、10年荷重継続期間の低減を行う。
- 7、生物学的欠点（節、節穴、繊維傾斜など）による強度低減を行う。
- 8、製造過程で起こる強度影響を考慮する。
- 9、パネル製造の変動に対する一般的低減（等級や他の不確定要素）を行う。最後に許容応力度として数値を丸める。

クリア材から誘導した許容応力度の検証はつぎのようにして行う。

- 10、C-Dシージングで最も一般的な厚さのものを会員工場から抽出する。
- 11、強度及び剛性のテストを行う。
- 12、これらの値をプロットする。
- 13、実験値と、PDS 表1、2、3から求めた設計許容値を比較する。

分布の下限値と比較することによって設計許容値の安全余裕度がわかる。

建築では通常強度に対して5%下限値を、剛性に対して平均値を用いる。

3. 例題詳説

クリア材のデータを使った許容応力度の誘導

例として、C-Dインテリアシージング（接着材はエクステリア）の曲げ許容応力度

の誘導を採りあげる（樹種グループ1）。

この合板に対する値はP D S T a b l e 3で、グループ1、S-2、ドライ欄の一番上に1650 p s iとして与えられている。この値は、前に要約して述べたような次のステップを経て誘導する。

(1) 必要なデータ

グループ1の樹種毎の曲げ強さ（乾燥材）を表1に示す。このデータの出処は同表の第1欄に示すとうりである。

これらのデータは、その樹種の商業的地域を代表するように選んだ森林から少なくとも5本の木を選び出して試験した結果から求めたものである。

外材、例えばアピトン、クルインやカプールなどというのは、単一の樹種ではなくて多くの樹種をその中に含んだ商取引上の樹種名であるが、製品の形となった場合には通常は区別できないので単一の名前で取引している。この場合、現在又は将来にわたって充分な量の取り引きがないということが明らかでないかぎり、商取引上の樹種内の個々の樹種に対するデータはリストされる。商取引上の樹種のうち樹種の最低の値を表1に示す。アピトンは7樹種、クルインは8、カプールは4樹種をその中に含んでいるが、それらの内の最小の樹種の値がその商取引上の樹種の値として表1に示されている。

データは、生材と乾燥材双方のものを含んでいなければならない。

合板は通常の使い方では含水率12%位で、15%を超えることはあまりない。それで、乾燥状態許容応力度は、含水率15%の強度値をベースにしている。強度データは一般に生材と含水率12%材に対して与えられているので、15%レベルへの調整が必要である。この調整はU.S.F.P.L.（アメリカ林産試験場）推奨の指数関数式で行う。表1はこのようにして得た値である。標準偏差は、変動係数は含水率に関係なく一定であるという仮定の下で調整している。外材の内、幾つかは標準偏差が不明なので、このような場合は、A S T M D 2 5 5 5に与えられる標準変動係数を用いている。

最初の樹種群に対して与えられている第6欄の変動指標（Variability Index）は少し説明が必要である。

樹種の強度値を決定する密度調査では、1樹種についてその生育範囲を多数の単位面積

に細分化し、そしてこの単位面積はその樹種の立木蓄積の小さな一部分を代表するものと考えられる。変動指標はその樹種全体の平均値を、最も低い値を示した単位面積の平均で割ったものである。それゆえ、それは樹種全体の平均値より下にある最大の地域的変動の値であるといえる。

(2) 各々の樹種に対する限定値の決定

樹種グループ内に含まれるある樹種の値が、そのグループの値の上限を決める。樹種グループ全体の値は、しばしばこのようなある樹種の最も低い値で決められる。この値を表 2-1 第 7 欄に示す。これらは、入手できる情報の種類によって、3つの異なった方法で求めたものである。情報の種類とは主として、単位面積の情報があるかどうかということと、国産材では蓄積データがあるかどうかということである。外材は、蓄積情報の無い国産材と同様に扱われる。

三つの方法とは次のようなものである。

イ、単位面積による情報がある場合

曲げ応力の限定値は、最も低い単位面積の平均値から $1.18 \times SD$ (標準偏差) を引いて求める。最小単位面積の平均値は、樹種全体の平均値を変動指標で割ることによって得られる。この方法で、Douglas fir 1, western larch, loblolly pine, longleaf pine, shortleaf pine, slash pine の限定値を求める。この手法を表 1 第 8 欄で図で説明している。

例えば、Douglas fir の限定値は、 $11006/1.05 - (1.18 \times 1891) = 8250 \text{ psi}$ である。

ロ、蓄積データはあるが単位面積データがない樹種 (変動指標がない)

これは、データがランダムサンプリングに基づいたものか、あるいはより古い方法 (ASTM D 143) で求めたアメリカ国産材にのみ適用する。グループ 1 では、American beech, sweet birch, yellow birch, sugar maple がこれにあたる。この場合の限定値は、樹種の平均値から $1.48 \times SD$ を引いて求める。第 8 欄にこれを図示する。例、American beech の限定値は、 $12983 - (1.48 \times 2077) = 9909$ 。

ハ、国産材で蓄積データの無いもの及び外材

この場合は、樹種の平均値から $1.645 \times SD$ を引いて、その樹種の上限の限定値と

する。グループ1では、tanoak, apitong, keruing, kapur, Caribbean pine, ocote pine がこれにあたる。第8欄にこれを図示する。例、tanoak の限定値は、 $14544 - (1.645 \times 2327) = 10716$ である。

(3) 最少限定値の選択

表1第7欄の値を比較すると、ロブローパインに対する上限限定値8228が最も低い値であることがわかる。そしてこの値がこのグループのクリア木材の取りうべき上限の値となる。

(4) グループの5%棄却レベルの決定

グループの限定値は、グループ全体のMORの5%棄却レベルである。従って、グループ全体のMORの分布が必要になるが、これは個々の樹種の分布に蓄積のウェートを付けて求める。

蓄積データのない国産材と外材は、このような操作は考えられないが、しかし、前節3のステップに従ってより厳しい樹種の限定値が与えられている。

個々の樹種の分布は、表2-1第4欄の平均値及び第5欄の標準偏差を持つものと仮定する。これらの分布の加算は幾分複雑なため普通は計算機で計算する。

個々の樹種の強度値の分布は、正規と仮定しているが、ここでの計算では、グループ全体の分布に対して正規分布でなければいけないとかその他の要求は一切していない。この加算を行い、分布の左から数えて面積の5%に当たる点を求めるとこれが5%棄却限界値で、この場合MOR 8250 psi という値が求まる。

(5) 最も低い樹種(3節)がグループ全体分布の5%棄却レベル(4節) 4節)

のどちらか低い方を選ぶ

3節をみると、グループ1の樹種の中で最も低いのはloblolly pineで、その曲げ応力は8228 psiである。4節に従えば、グループの複合分布の5%棄却レベルは8250 psiである。2つのうちの低い方の値8228 psiが、樹種グループ1乾燥状態のクリア木材のMORの値となる。

(6) 荷重期間の調整

表2-1の値は、約5分程度の荷重時間で試験した結果から求めたものであるので、これを標準荷重継続時間のものに調整しなければならない。通常の建築では、フルの設計荷重は10年間かかると仮定できるとして、標準荷重継続時間を10年と定めている。そこで8228というクリア木材に対する値は、係数0.625を掛けて5142となる。これはU.S.F.P.L.の推奨する方法である。(Wood Handbook, USDA Handbook No. 72, revised 1974.)

(7) 等級の影響に対する調整

6節で決まった応力値は、節、節穴、せんい傾斜その他自然的また成長時に生じる欠点によってさらに低減される。実大4 x 8合板の曲げ試験からC-Dグレードに対しては50%の減少が決定された。この同じ合板から、クリアで通直繊維の小試片を切りだし、ASTM D 3043に従い試験を行った。正規の等級の欠点を含む大きなパネルと、クリアで通直繊維の小試片合板との比は0.50であった。

(8) 製造過程の影響に対する調整

合板の曲げ性能に与える製造過程の影響は微々たるものである。コアギャップ、心重なり、スティッチングなどは調査によると、無欠点ベニアで作った合板やさらにC、Dグレードベニアの合板にも影響は少なかった。この理由は次のように考えられる。いま述べたものによる影響はパネルの巾方向の狭いバンドに限定されるのに対して、等級の影響はもっと大きなランダムなマナーで発生し、両者の影響は一致して加算されるようなことはないと考えられる。それ故、このような影響は曲げでは考慮しない。他の値、特に層に直交する面内の剪断は、切削性及びコアギャップの存在によつて強く影響を受けるので、剪断ではこれらの影響を反映して実質的に減少させている。

(9) その他のファクターに対する調整

ここに含まれる二次的製造影響ファクターは、(8)でのべたコアギャップ、心重なり、スティッチングの他にパネル厚さの変動に対する許容、パネルの等級とそれに関連する性能の変遷(performance history)などである。これに対しては1/3減少が適用される。この低減を行うと、設計応力1715 psiを得る。この値は、規定値1650 psiよりまだ幾分大きい。過去10年以上に亘ってグループ1の重要な樹種に対しては新しい調査などが行われてデータは改良され、従ってクリア木材のデータは時々変わってきた。加えて、

含水率に対する調整方法は、最近、グループ全体に対する一般化されたかつ内輪な調整から個々の樹種に対するものへと改良された。これらによって、永らく認められてきた1650 psiという値より幾分高い許容応力度が導きだされた。この1650という値は長い間無事に使われてきたこと及び、厚さや構成について全てのものを含んだ範囲での実大合板試験のデータがないこと、およびさらに高い許容応力度のチェックは行われていないことなどからいまでもそのまま残されている。

(10) 選ばれた等級、厚さの合板の最大曲げモーメントのチェック

前に概略をのべたように、クリア木材のデータから合板の許容応力度を誘導するのに用いた手続きとファクターの検証は次のようなステップでおこなわれる：

10 製造工場からのサンプル合板

APA会員工場の製品の実大合板試験材として、C-D等級、3/8インチのものが選ばれた。いまここで求めたC-D等級樹種グループ1合板の許容応力度（1650 psi）に、3/8インチ4フィート幅合板の有効断面係数（0.162 in³/ft.）を乗じて更に短期荷重に変換

（0.625で割る）すると、実大幅の合板の許容モーメントとして1711（inch-pounds）を得る。5年以上に亙るこのプログラムで3170枚の合板を試験した。工場は約50である。Douglas firが主な樹種であったので、ここで例を引いた。他の樹種の分布も、許容モーメントとの関係は同じようなものであった。

サンプルの合板は1工場において1週間の製品から10枚選別し、APAラボに送って試験した。同一工場からの再サンプリングには、数カ月の余裕をおいた。

(11) 試験合板

実大合板の試験は、ASTM D3043 方法Cに従って行い、実大幅合板の最大曲げモーメントを求めた。図2-1はこの試験の模様を示している。

(12) 試験結果の頻度分布のプロット

図2-2は、1526枚の3/8インチDouglas fir合板の頻度分布である。

(13) 実験値と許容値の比較

計算で求めた幾つかの棄却レベルと設計許容モーメントの値を図2-2に示す。見て分かるように、全1526枚の最小値は許容モーメントの値より11%高い。1%棄却レベル、5%棄却レベル、平均値は設計許容モーメントよりそれぞれ1.58、1.96、3.25倍大きい。かくて推奨設計モーメントは十分な安全余裕を持っていることが分かった。

(14) その他の樹種の組み合わせ、等級、構成、厚さのものに対する適用

5/8インチC-Dシージングの曲げについては、僅かながらも検証試験が行われている。

また、層に直角な面内せん断とローリングシアについても、3/8インチ、5/8インチC-D合板の試験による評価が行われている。いずれの場合においても、規定された設計許容モーメントは試験結果の1%棄却レベルを超えてはいない。

これらの結果から、クリア木材のデータから合板の許容応力度を誘導する方法は、建築設計の面から満足のゆくものでありまた、PS 1-74で許されるところのどの厚さ、構成、等級、樹種グループにたいしてもこの方法は適用可能であるという結論を導いても合理性を損なうことはないであろう。

表2-1 クリア木材の樹種グループに対する曲げ応力度の誘導 (樹種グループ1)

データの 出処	樹種	蓄積 10 ⁶ ft ³	曲げ破壊係数-含水率15% psi			分布における樹種限定値 と平均値		
			平均	標準偏差	変動指標		樹種限定値	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
USFPL Density Surveys Also ASTM D2555, Table 1	Douglas fir 1 Coast	58,878	11,006	1,891	1.05	8,250		
	Int. North	20,408	11,365	1,777	1.04	8,831		
	Int. West	26,602	11,178	1,916	1.03	8,592		
	Western Larch	6,914	11,392	1,490	1.04	9,196		
	Loblolly Pine*	27,610	11,107	1,824	1.07	8,228		
	Longleaf Pine*	5,534	12,711	1,943	1.06	9,699		
	Shortleaf Pine*	16,328	11,361	1,783	1.04	8,820		
	Slash Pine*	5,017	13,899	1,802	1.09	10,625	10,625	
	ASTM D2555, Table 2 or USFPL Random Sampling Surveys	American Beech	6,531	12,983	2,077	--	9,909	
		Sweet Birch	688	14,591	2,334	--	11,137	
Yellow Birch		4,854	13,943	2,232	--	10,640		
Sugar Maple		8,566	13,838	2,214	--	10,561		
ASTM D2555, Table 2 or Foreign	Tanoak	---	14,544	2,327	--	10,716		
	Apitong**	---	14,088	2,254***	--	10,380		
	Keruing	---	13,975	2,236	--	10,297		
	Kapur	---	15,900	2,545	--	11,713		
	Caribbean Pine	---	11,530	1,845	--	8,495		
	Ocote Pine	---	12,744	2,039	--	9,389		

蓄積で加重した頻度分布の5%棄却レベル

8,250

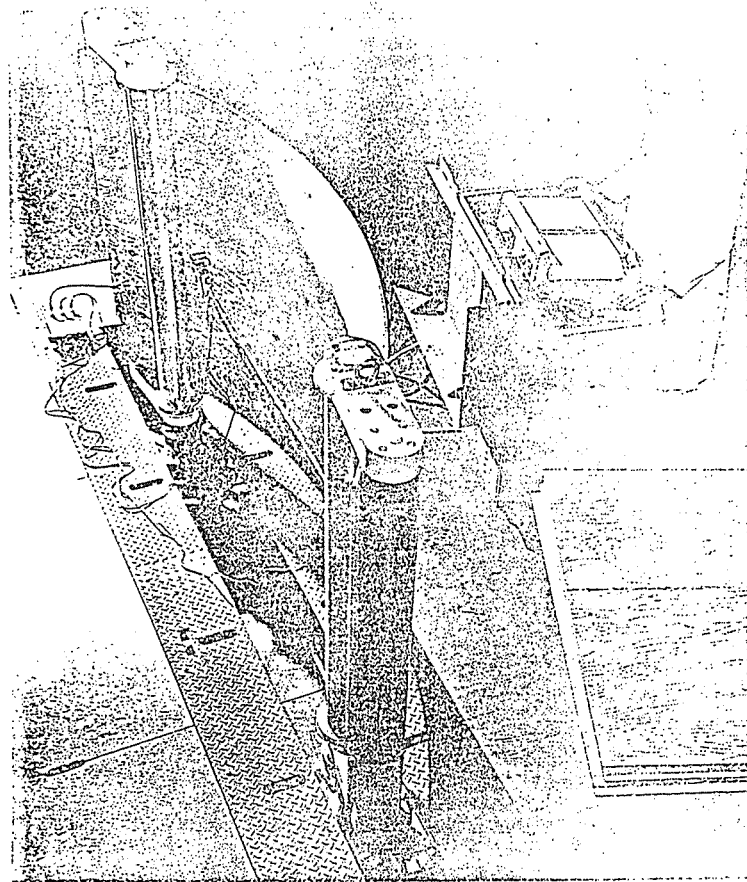


図2-1 3/8インチC-D合板の実大曲げ試験

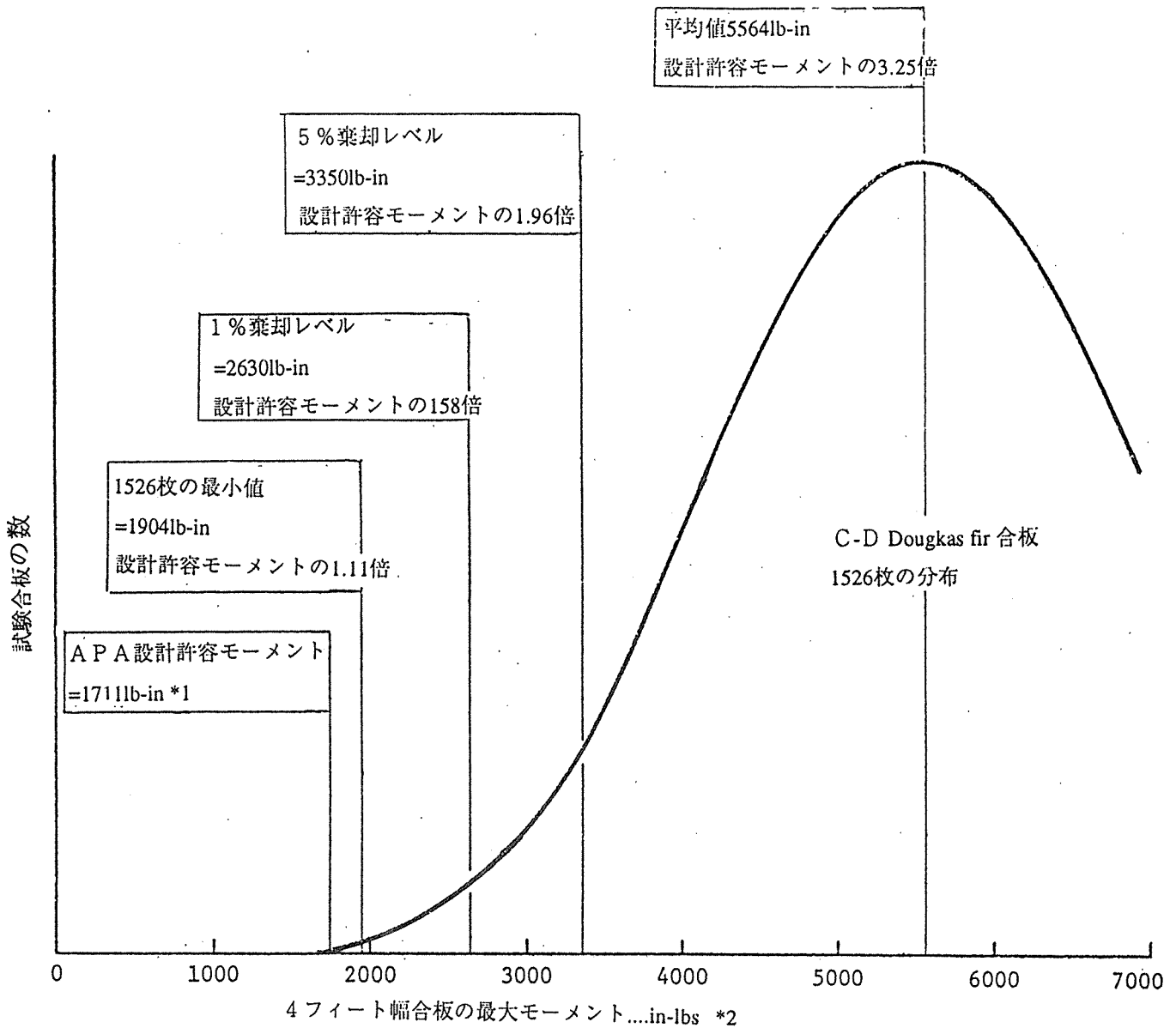


図2-2 設計許容モーメントと実験値の比較 (Douglas fir, C-D, 3/8インチ)

*1 設計モーメント $M = KS \times Fb \times 4/0.625$

ここに $M = 4$ フィート幅合板の所要試験時間に荷重継続時間を調整した設計モーメント

$KS =$ 幅1フィートの有効断面係数 (PDS表1より0.162in³/ft)

$Fb =$ 曲げ縁応力度、標準荷重継続時間 (10年)、PDS表3より1625psi

$1/0.625 =$ ASTM D 3043 試験方法Cでの5~10分の荷重時間を10年標準荷重時間に

なおすための係数

*2 Douglas fir C-D等級、4フィート幅、長さ6または8フィートの合板は、D等級の側を引張り側にした。試験方法はASTM D 3043 Method C.

3. カナダにおける針葉樹合板の強度誘導方法

塚田 市朗
友井 政利

3. 1 はじめに

カナダでは構造用に使われる合板は主として針葉樹で製造されている。カナダ林産業審議会(COFI)のメンバー工場で生産されている合板はカナダの合板生産量の80%以上を占め、それらの合板はカナダ規格に合致していると共にその一部がJAS構造用合板として日本に輸出されている。これらの合板にはカナダの木構造設計規準で強度や弾性定数が設定され構造計算ができるしくみになっている。カナダの合板の強度や弾性定数の誘導方法は基本的にイングレードテスト結果によるものである。ここではカナダの針葉樹合板の強度誘導方法の考え方をCOFIの報告書及び今年3月の現地調査に基づいて述べる。ここに述べたイングレードテストによる合板の強度誘導方法はカナダだけでなくEurocode 5ですでに採用されており、現在ISO規格で検討されている。また、この方式により全断面に換算した合板の材料強度について試算したものをCOFIの報告書から転載した。最後に日本とカナダで合板の生産環境は異なるが、無欠点小試験体からの強度誘導方法についてカナダ側が考える問題点を述べた。

3. 2 カナダの針葉樹合板

カナダの建築規準に含まれる構造用として使用される合板規格にはCSA 0121-M1978 (DFP, Douglas Fir Plywood), CSA 0151-M1978 (CSP, Canadian Softwood Plywood)及びCSA 0153-M1980 (Poplar Plywood)がある。カナダの木構造設計規準(CAN/CSA-086.1-M89)ではこのうちDFPとCSPの基準耐力が示されている。COFIでは独自の自主品質管理規準を設け、メンバー工場からつくられる合板の品質管理が行われている。現在COFIのメンバー工場は11工場あり、その全てがJAS構造用合板の認定工場として認められている。それらの工場で生産されたDFP及びCSP合板の一部はJAS構造用合板として日本に輸出されている。

基本的なDFPとCSPの相違は使用される樹種の違いでありDFPでは表裏面単版にDouglas Firを使用し、CSPでは表裏面単版にDouglas Fir以外の一定の針葉樹の使用が規定される。内部単版には両者とも同じ一定の針葉樹が同様に使用される。使用樹種についてのCOFI自主規定は強度及び耐久性を考慮し、CSA規格より厳しいものになっている(表1)。

合板の強度性能は使用樹種、単版の等級、単版構成などにより大きく異なる。カナダの合板規格では単版の等級をA, B, Cに分類している。合板の等級は単版の組み合わせでA単版を両面または片面に使用した「グット2サイト」、グット1サイト、B単版を片面に使用した「セクト」または「セクトタイトフェイス」、両面にC単版を使用した「シージング」に分類されている。単版構成においては厚みに対する最小プライ数および単版厚の範囲が規定されている。そのためカナダの木構造設計規準(CAN/CSA-086.1-M89)の基準耐力は、厚みとプライ数の組み合わせで、表裏面にサンダーがけの施されていないシージング等級のみの強度及び弾性定数と規格を満足する断面性能を最小

にする単板構成により計算されている。これらの値はCOFIの研究報告書の推奨値がCSA 086の改定委員会で採択されたものである。実際の基準耐力は荷重存続期間なども考慮されているがここではそれらについては述べず合板の短期材料強度（5%下限値など）にとどめている。

表1 COFI合板に使用される樹種

Douglas Fir合板 (DFP)		Canadian Softwood合板 (CSP)	
表裏面	内層	表裏面	内層
ダグラス・ファー	ダグラス・ファー ウエスタン・ヘムロック トルー・ファー シトカ・スプルース ウエスタン・ホワイト・スプルース ウエスタン・ラーチ ウエスタン・ホワイト・ハイン ホントローサ・ハイン ロツジホール・ハイン	ウエスタン・ヘムロック トルー・ファー シトカ・スプルース ウエスタン・ホワイト・スプルース ウエスタン・ラーチ ロツジホール・ハイン	ダグラス・ファー ウエスタン・ヘムロック トルー・ファー シトカ・スプルース ウエスタン・ホワイト・スプルース ウエスタン・ラーチ ウエスタン・ホワイト・ハイン ホントローサ・ハイン ロツジホール・ハイン

3.3 DFPの強度誘導方法

DFPの強度誘導方法についてはCOFI Report 134によった。DFPは表裏面単板にDouglas Firを使用するが内部単板にはDouglas Fir以外の樹種も使用できる。このためDFPの強度については単一樹種で構成された合板の実大のイングレード試験結果から平行層理論により単板の強度性能を求めいろいろな調整を施し、最小の単板構成で最小強度樹種を使用して製造されるものとし、安全側で強度を算出している。

3.3.1 単一樹種単板の強度及びヤング係数

実大イングレードによる単一樹種で構成された含水率7%で9.5, 12.5及び18.5mm厚のDouglas Fir, 含水率15%で9.5及び15.5mm厚のAmabilis FirとWestern Hemlock、含水率7%で12.5mm厚のAlpine Fir (True Firに含まれる)の合板でおこなわれた実大試験により単板の強度及びヤング係数が求められている。曲げ、引張り及び圧縮については平行層の単板のみで算出されている。面内せん断強度及びせん断弾性係数については全断面で算出し、層内せん断（ローリングシャー）についてはせん断面積で算出している。数値は何れも含水率15%に調整されている。

(1) Douglas Fir単板のMOR, MOE

直交層の効果を考慮し単板の強度として統一するために平行層理論で求めたMORとMOEをKファクターで除している。このようにすることにより与えられた条件でいろいろな単板構成での計算が可能になる。Kファクターについては弾性理論と実験結果によって求められている：

	MOR	MOE
表面の繊維方向に平行	K=1.0	K=1.0
表面の繊維方向に直交		
3 プライ	K=2.0	K=1.5
4 プライ以上20.5mm厚未満	K=1.2	K=1.2
7 プライ以上20.5mm厚以上	K=1.1	K=1.1

を使用している。

(2) Douglas Fir単板の引張り及び圧縮強度

3プライ90度の合板の引張り及び圧縮強度はバラツキが大きいので別に設定されているが、それ以外は引張り圧縮ともそれぞれ一つの値が使用されている。

(3) Douglas Firの面内せん断強度及びせん断弾性係数

全断面により求めた0度及び90度の各厚み、単板構成をまとめ面内せん断強度、せん断弾性係数それぞれ一つの値としている。

(4) Western Hemlock及びAmabilis Firの面内せん断及びせん断弾性係数

全断面により求めた0度及び90度の各厚み、単板構成をまとめ面内せん断強度、せん断弾性係数それぞれ一つの値としている。2つの樹種はこれらの特性がほとんど変わらないので単一樹種と見なされている。

(5) Western Hemlock及びAmabilis Firの層内せん断強度

0度及び90度の各厚み、単板構成をまとめ層内せん断強度一つの値とした。2つの樹種はこれらの特性がほとんど変わらないので単一樹種と見なすことができる。

3. 3. 2 単板の強度及び弾性係数の誘導

同一の樹種、単板構成であってもサンプルにより試験結果はバラツキがあり変動係数は異なる。それは異なった樹種との関係においても混乱を生じさせる恐れがあるので安全側に一つの計算上の変動係数が採用されている。強度の分布については正規分布が最適であったので、計算上の変動係数を用いて正規分布と見なした5%下限値が計算されている。以上述べたことを表2に示す。

3. 3. 3 DFP合板（表面の繊維方向と平行）の強度

合板の強度は規格を満足する断面性能を最小にする単板構成から断面性能を計算してその値に単板強度を乗じ、さらに内部単板による樹種調整を施し計算する。

(1) 内部単板の樹種補正

面内せん断強度、めりこみ及び層内せん断については、Western Hemlock及びAmabilis Firがそれらの強度の最弱としている。現在入手できる引張り、圧縮の

表 2 DFPに使用する単板の強度性能

強度性能	樹種	単板強度		
		平均値 (MPa)	計算上の 変動係数(%)	5%下限値 (MPa)
MOR 3&47°ライ10度	Douglas Fir	46.3	25	27.3
MOR	Douglas Fir	53.9	20	36.2
引張り (単一層)	Douglas Fir	53.4	40	18.3
引張り (複層)	Douglas Fir	50.0	30	25.3
圧縮	Douglas Fir	48.7	20	32.7
面内せん断	Douglas Fir	5.21	15	3.92
	Amabilis Fir Western Hemlock	4.12	15	3.10
層内せん断	Amabilis Fir Western Hemlock	1.34	20	0.899
	MOE	Douglas Fir	14600	-
せん断弾性係数	Douglas Fir	607	-	-

最弱樹種はWestern White Spruceである。曲げについてはAlpine Firが全ての樹種で最弱であった。引張り圧縮についてはAlpine Firの試験結果が得られなかったためAlpine Firの曲げによる調整係数（Western White Spruceの調整係数より安全側なので）を用いて計算されている（表3）。

表 3 Douglas Firに対する樹種補正係数

樹種	弾性常数(MPa)		Douglas Firに対する比	
	ヤング係数	せん断弾性係数	ヤング係数	せん断弾性係数
Alpine Fir	9,870	-	0.676	-
Hemlock/Amabilis	13,800	392	0.945	0.646
Douglas Fir	14,600	607	1.0	1.0

(2) 断面性能

カナダのCSA 0121には単板の厚さ及び厚さに対する最小のプライ数の規定があり、その規定を満たす断面性能を最小にする単板構成を計算している。基本的には：

- 最小単板厚 2.4mm
- 表裏面の最大単板厚 3.2mm
- 最大内部単板厚 5.0mm
- 4 プライ15.5mmは全て等厚とする
- 5 プライ18.5mmは全て等厚とする

の条件で算出している。

3. 3. 4 DFP合板（表面の繊維方向と直行）の強度

DFP合板の内部単板に使用される樹種はCSPと同一であるため、90度方向の強度

はCSPの合板誘導方法によっている。なお、90度方向の断面性能については単板強度を求める際に用いたKファクターを90度から計算された断面性能に乗じて求めている。

3. 4 CSPの強度誘導方法

CSPの強度誘導方法についてはCOFI Report 131によった。DFPと同じくCSPの強度については単一樹種で構成された合板の実大イングレード試験結果から平行層理論により単板の強度性能を求めいろいろな調整を施し、最小の単板構成で最小強度樹種を使用して製造されるものとし、安全側で強度を算出している。

3. 4. 1 単一樹種単板の強度及びヤング係数

単一樹種で構成された含水率15%の9.5mm及び15.5mmのWestern White Spruce及びAmabilis FirとWestern Hemlock、さらに含水率7%、12.5mmのAlpine Firの実大イングレードテストにより単板の強度及びヤング係数を求めている。基本的にはDFPと同じである。

3. 4. 2 単板の強度及び弾性係数の誘導

DFP同様、同一の樹種、単板構成であってもサンプルにより試験結果はバラツキがあり変動係数は異なる。それは異なった樹種との関係において混乱を生じさせる恐れがあるので安全側に計算上の変動係数が採用されている。強度の分布については正規分布が最適であったので、計算上の変動係数を用いて正規分布と見なした5%下限値が計算されている。CSPに使用される樹種の単板強度性能を表4に示す。

表4 CSPに使用する単板の強度性能

強度性能	樹種	単板強度		
		平均値 (Mpa)	計算上の 変動係数(%)	5%下限値 (MPa)
MOR	W.W. Spuruce	42.7	20	28.7
引張り(単一層)	W.W. Spuruce	40.4	40	13.8
引張り(複層)	W.W. Spuruce	42.7	30	21.6
圧縮	W.W. Spuruce	35.9	20	21.3
面内せん断	Amabilis Fir	4.12	15	3.10
	Western Hemlock			
層内せん断	Amabilis Fir	1.34	20	0.899
	Western Hemlock			
MOE	W.W. Spuruce	11500	-	-
せん断弾性係数	Amabilis Fir Western Hemlock	392	-	-

3. 4. 3 CSP合板(表面の繊維方向と平行)の強度

合板の強度は規格を満足する断面性能を最小にする単板構成から計算し、樹種補正を施し計算されている。

(1) 樹種補正

現在入手できる引張り、圧縮の最弱樹種はWestern White Spruceである。曲げについてはAlpine Firが全ての樹種で最弱であった。現在Alpine FirはCSP生産量の1-2%ぐらいと推定されている。これに対しWestern White SpruceはCSPに一般に使用されているので、CSPの最弱樹種とみなした。計算上の曲げ、引張り、圧縮及びMOEの平均はAlpine Firを考慮するため、Western White Spruceの値にWestern White SpruceとAlpine FirのMOEの比(0.858)を乗じた値を用いた。面内せん断、めりこみ及び層内せん断については、Western Hemlock及びAmabilis Firがそれらの強度の最弱とし、そのままの値が用いられている(表5)。

表5 W.W.Spruceに対する樹種補正係数

樹種	弾性常数(MPa)		Douglas Firに対する比	
	ヤング係数	せん断弾性係数	ヤング係数	せん断弾性係数
Alpine Fir	9,870	39.8	0.858	0.932
W.W. Spruce	11,500	42.7	1.0	1.0

(2) 断面性能

カナダのCSA 0151には単板の厚さの規定があり、その規定を満たす断面性能を最小にする単板構成を計算した。基本的にはDFPとまったく同じである。

3.5 合板の材料強度の試算

COFIでは上記の誘導方法で日本向けのJAS構造用合板の材料強度を実状に沿った生産条件で全断面に換算した方法により試算している。その一例を表6、表7に示したが詳しくはCOFI Report 161を参考にされたい。

3.6 無欠点小試験体による方法の問題点

カナダでは従来は無欠点小試験体による合板の強度誘導方法には以下のような点に問題があると考えられており、上に述べたように基本的に実大イングレード試験による方法が用いられている。

- * 含水率の調整係数が樹種によりかなり異なる
- * ASTM D2555には幼齢期も考慮されたものになっているが合板には通常幼齢期の材は使用しない
- * 節などの欠点や欠点の周りの繊維の乱れが樹種によりかなり異なり欠点係数の特定が困難である。
- * 合板の製造工程において加圧されるが厚密の度合いが樹種によりかなり異なる。
- * 合板と製材のバラツキはかなり異なる。

カナダでは以上のような理由から、またEurocodeでもイングレード方式が採用されている。さらにアメリカでも基本的にはイングレード方式に変わりつつある

Table 6
Characteristic Stress and Modulus Values for Standard Constructions of
Regular Grades of Unsanded Douglas Fir Plywood (DFP)
(Minimum Panel Thickness Basis)

Minimum Plywood Thickness mm	No. of Plies	Full Cross Section Fifth Percentile Stresses and Mean Moduli													
		Bending Stress		Tension Stress		Compression Stress		Shear-through-thickness Stress	Planar Shear Stress		Bending Modulus of Elasticity		Axial Modulus of Elasticity		Modulus of Rigidity
		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²
		Orientation of applied force relative to face grain													
0° 90°		0° 90°		0° 90°		0° & 90°	0° 90°		0° 90°		0° 90°		0° & 90°		
7.0	3	284	59	177	41	229	72	36	10.2	3.1	156000	6080	102000	34500	6680
9.0	3	259	56	138	40	178	70	34	8.3	3.1	142000	5590	79400	33500	6250
12.0	4	224	70	103	58	133	102	32	8.8	4.4	122000	13600	59600	48600	5880
12.0	5	298	104	138	75	178	84	32	11.6	6.0	122000	25100	79700	40300	5880
15.0	4	254	77	132	61	171	107	34	8.4	4.6	139000	15700	76400	51000	6190
15.0	5	261	96	110	60	143	68	31	12.0	6.2	107000	22800	63700	32200	5690
18.0	5	305	108	141	78	182	87	32	11.6	6.1	126000	26600	81300	41400	5940
18.0	6	235	117	115	63	149	70	30	9.8	5.5	96700	31300	66500	33500	5560
18.0	7	248	106	115	75	149	84	30	10.3	7.6	102000	28300	66500	40300	5560
20.0	5	235	141	113	85	146	95	30	9.7	5.4	96800	39500	65400	45300	5560
20.0	6	218	122	111	58	143	65	30	9.9	5.9	89600	34300	63900	31200	5480
20.0	7	229	106	104	68	134	76	30	10.4	8.1	94200	29900	59900	36200	5480
22.0	7	246	100	108	65	140	73	30	10.6	8.6	101000	29300	62600	34800	5550
22.0	8	255	100	108	82	140	92	30	8.1	8.9	105000	29100	62600	43900	5550
25.0	7	233	122	110	81	142	90	30	10.2	8.8	95700	37500	63500	43100	5480
25.0	8	234	104	95	81	123	90	30	8.2	9.5	96200	31900	55100	43100	5480
25.0	9	240	105	112	72	145	81	30	10.7	7.7	98600	32000	64700	38600	5480
25.0	10	247	112	129	72	167	81	30	10.8	6.0	102000	34500	74400	38600	5480
28.0	8	220	122	91	93	118	104	29	8.1	9.7	90800	38800	52800	49600	5420
28.0	9	221	100	100	65	129	72	29	10.8	8.2	90900	31900	57800	34500	5420
28.0	10	227	108	115	65	149	72	29	11.0	6.3	93400	34200	66400	34500	5420
28.0	11	236	113	115	81	149	90	29	10.2	8.2	97100	35900	66400	43100	5420
31.0	8	223	135	101	102	130	114	29	7.8	9.9	91700	44100	58000	54500	5390
31.0	9	210	118	99	77	129	86	29	10.7	8.3	86200	38400	57400	40900	5350
31.0	10	208	103	104	58	134	65	29	11.0	6.5	85600	33600	60000	31200	5350
31.0	11	217	107	104	73	134	82	29	10.2	8.5	89300	35000	60000	39000	5350
31.0	12	225	113	104	88	134	98	29	7.8	8.6	92300	36900	60000	46800	5350

Notes:

- (1) Characteristic strength in bearing (normal to the plane of plies) = 57 kg/cm²
- (2) Tabulated values are based on the following conditions:
 - (a) Short term test duration of load;
 - (b) 15% moisture content.

Table 7
Characteristic Stress and Modulus Values for Standard Constructions of
Regular Grades of Unsanded Canadian Softwood Plywood (CSP)
(Minimum Panel Thickness Basis)

Minimum Plywood Thickness mm	No. of Plies	Full Cross Section Fifth Percentile Stresses and Mean Moduli														
		Bending Stress		Tension Stress		Compression Stress		Shear-through-thickness Stress		Planar Shear Stress		Bending Modulus of Elasticity		Axial Modulus of Elasticity		Modulus of Rigidity
		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²		kg/cm ²
		Orientation of applied force relative to face grain														
		0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°	0° & 90°
7.0	3	256	59	129	41	145	72	33	33	10.2	3.1	105500	6080	69000	34500	4890
9.0	3	251	56	126	40	141	70	32	32	10.8	3.1	103000	5590	67100	33500	4860
12.0	4	225	70	94	58	106	102	32	32	8.4	4.4	91900	13600	50300	48600	4840
12.0	5	203	104	113	75	127	84	32	32	11.6	6.0	83000	25100	60400	40300	4840
15.0	4	229	77	97	61	108	107	32	32	8.4	4.6	93700	15700	51700	51000	4850
15.0	5	203	96	106	60	118	68	32	32	12.0	6.2	83200	22800	56400	32200	4850
18.0	5	208	108	115	78	129	87	32	32	11.6	6.1	85300	26600	61500	41400	4860
18.0	6	187	117	113	63	127	70	32	32	12.2	5.5	76500	31300	60400	33500	4860
18.0	7	198	106	113	75	127	84	32	32	10.3	7.6	81000	28300	60400	40300	4860
20.0	5	172	141	98	85	110	95	32	32	9.7	5.4	70300	39500	52300	45300	4850
20.0	6	173	122	102	58	114	65	32	32	9.9	5.9	70600	34300	54300	31200	4850
20.0	7	184	106	102	68	114	76	32	32	10.4	8.1	75300	29900	54300	36200	4850
22.0	7	172	100	93	65	104	73	32	32	10.6	8.6	70200	29300	49400	34800	4840
22.0	8	181	100	93	82	104	92	32	32	8.1	8.9	74000	29100	49400	43900	4840
25.0	7	165	122	97	81	109	90	32	32	10.2	8.8	67400	37500	51900	43100	4850
25.0	8	166	104	81	81	91	90	32	32	8.2	9.5	68000	31900	43500	43100	4850
25.0	9	172	105	100	72	111	81	32	32	10.7	7.7	70300	32000	53100	38600	4850
25.0	10	180	112	118	72	132	81	32	32	10.8	6.0	73500	34500	62800	38600	4850
28.0	8	158	122	80	93	89	104	32	32	8.1	9.7	64700	38800	42400	49600	4860
28.0	9	158	100	89	65	100	72	32	32	10.8	8.2	64800	31900	47400	34500	4860
28.0	10	164	108	105	65	118	72	32	32	11.0	6.3	67400	34200	56100	34500	4860
28.0	11	173	113	105	81	118	90	32	32	10.2	8.2	71100	35900	56100	43100	4860
31.0	8	163	135	90	102	101	114	32	32	7.8	9.9	66600	44100	48100	54500	4850
31.0	9	152	118	90	77	101	86	32	32	10.7	8.3	62300	38400	48100	40900	4850
31.0	10	151	103	95	58	106	65	32	32	11.0	6.5	61600	33600	50600	31200	4850
31.0	11	160	107	95	73	106	82	32	32	10.2	8.5	65400	35000	50600	39000	4850
31.0	12	167	113	95	88	106	98	32	32	7.8	8.6	68400	36900	50600	46800	4850

Notes:

- (1) Characteristic strength in bearing (normal to the plane of plies) = 57 kg/cm²
- (2) Tabulated values are based on the following conditions:
 - (a) Short term test duration of load;
 - (b) 15% moisture content.

と考えられている。

3. 7 おわりに

建築基準の合理化に伴い大規模な木造建築物の建設が可能となっている。また世界的に限界状態設計法の採用が検討されているなどわが国の木構造、木質構造材料を取り巻く状況は大きく変化しつつある。わが国においても木構造、木質材料のエンジニアリング化を進めることは緊急の課題となっている。このような中で構造用合板等の構造用面材に強度及び弾性定数を設定することは将来の木構造の普及に大きく貢献するものと考えられている。

参考文献

1. Samek, J. and A.J. McGraw. Effect of Moisture Content on the Strength Properties of Sheathing Grade Douglas Fir Plywood. COFI Report 96, Vancouver, B.C., 1974.
2. Smith, G.R. The Derivation of Allowable Unit Stresses for Unsanded Grades of Douglas Fir Plywood from In-Grade Strength Data. COFI Report 105, Vancouver B.C., 1974.
3. Parasin, A.V. Strength Properties of Canadian Softwood Plywood. COFI Report 106. Vancouver, B.C., 1981.
4. Parasin, A.V. Strength Properties of 9.5mm-3ply and 15.5mm - 5ply Western Hemlock and Amabilis Fir Sheathing Grade Plywood. COFI Report 121, Vancouver B.C., 1981.
5. Parasin, A.V. Strength Properties of 9.5mm-3ply and 15.5mm - 5ply Western White Spruce Sheathing Grade Plywood. COFI Report 124, Vancouver B.C., 1983.
6. Parasin, A.V. Strength Properties of 9.5mm-3ply and 15.5mm - 5ply Western White Spruce Sheathing Grade Plywood. COFI Report 130, Vancouver B.C., 1983.
7. Parasin, A.V., Stieda, C.K.A. Recommendations for Allowable Stresses for Canadian Softwood Plywood. COFI Report 131, Vancouver, B.C., 1984.
8. Stieda, C.K.A., Parasin, A.V. Recommendations for Allowable Stresses for Douglas Fir Plywood. COFI Report 134, Vancouver, B.C., 1985.
9. Parasin, A.V., Nagy, N.J. Derivation of Specified Capacities for Douglas Fir Plywood (CSA 0121) and Canadian Softwood Plywood (CSA 0151) Published in Can/CSA-086.1-M89 and Proposed for Inclusion in Can/CSA-086.1-M89. COFI (Draft) Report 161, Vancouver, B.C., 1993

4. フィンランドの許容応力度

4.1 概要

フィンランドでは広葉樹材（主としてカバ材）と針葉樹材を用い様々な合板類が製造され、それらに対し許容応力度が定められている。フィンランドの外壁グレードのWBP合板はフィンランドの Technical Research Center の監督のもとに品質管理されており、フィンランド製品に対する工業規準は Finnish Standard Association の要求が満足されるよう厳密に定められている。また、合板を製造する各工場は製品の寸法精度、接着強さ等の各項目に関して通常の試験により品質管理を行わなければならない。以下、フィンランドの合板類の許容応力度についてその概要を記す。

4.2 種類と構成

表1-4-3-1にフィンランド合板の種類と個々の合板の構成を示す。また、表1-4-3-2にボード寸法、表1-4-3-3に許容寸法誤差、表1-4-3-4に表面の等級を示す。なお、表面の等級はISO規格を基につくられたものであり、その詳細に関しては図1-4-3-1、或いは FPI Technical Publication Nos.1 と Nos.2 を参照されたい。

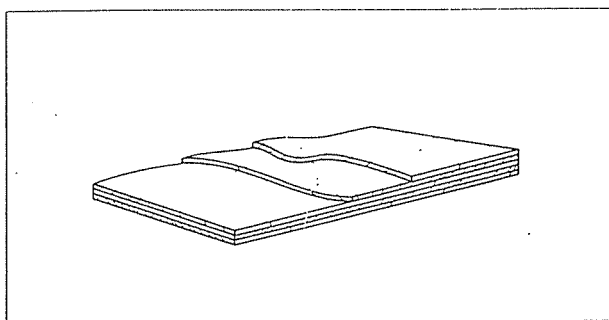


図1-4-3-2 合板の構造

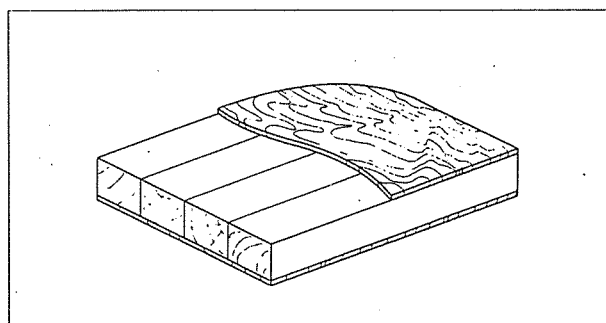


図1-4-3-3 3プライブロックボードの構造

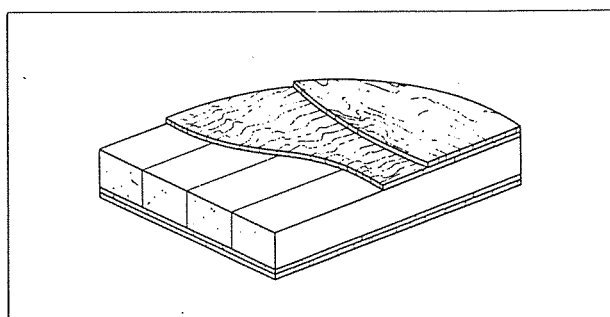


図1-4-3-4 5プライブロックボードの構造

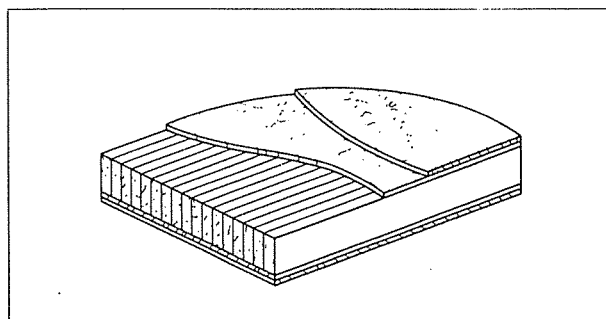
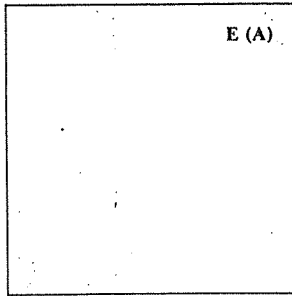
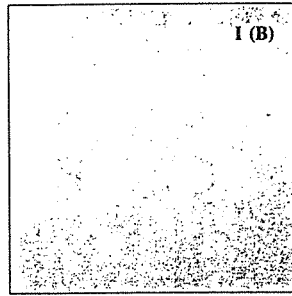


図1-4-3-5 5プライラミンボードの構造

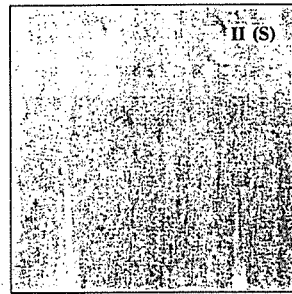
BIRCH, COMBI AND TWIN



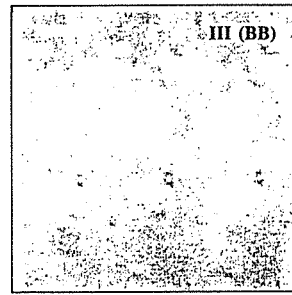
E (A)



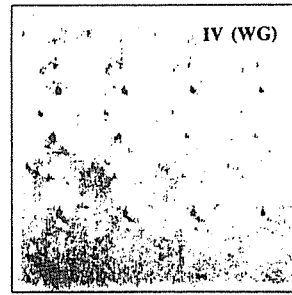
I (B)



II (S)



III (BB)

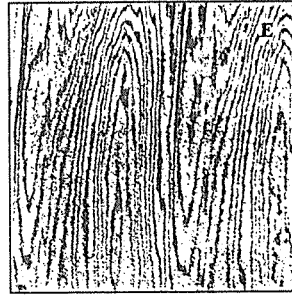


IV (WG)

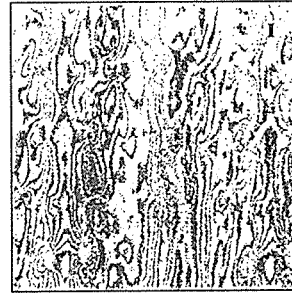
GRADES OF FACE VENEERS

E (A) Smooth cut veneers, practically without defect.
 I (B) Pin knots limited to 3 per m². Other knots and holes permitted up to 6mm Ø limited to a cumulative Ø of 12mm per m². Closed splits and checks permitted up to an individual length of 100mm and one per metre of panel width. Slight discoloration and streaks. Other defects strictly limited.
 II (S) Pin knots permitted, sound intergrown knots permitted up to an individual Ø of 20mm, limited to a cumulative Ø of 50mm per m². Other knots and repaired holes permitted up to 6mm Ø, limited to a cumulative Ø of 25mm per m². Repaired splits and checks up to 2mm width, length 200mm limited to one per m width of panel. Closed splits and checks permitted up to 200mm length and two per m width of panel. Discolouration and coloured streaks permitted.
 III (BB) Pin knots limited to 6 per m². Sound knots up to 25mm Ø limited to a cumulative Ø of 60mm per m². Other knots and holes permitted up to 6mm Ø limited to a cumulative Ø of 25mm per m². Open splits and checks permitted up to 2mm wide and 200mm long not exceeding 1 per metre width of panel. Slight discoloration, roughness and sanding through permitted. Glue penetration limited to 5% of panel surface.
 IV (WG) Pin knots and sound knots permitted up to 65mm Ø limited to a cumulative Ø of 600mm per m². Other knots and holes up to 15mm Ø limited to a cumulative Ø of 100mm per m². Open splits and checks up to 4mm wide and 2 per metre width of panel. Discolouration, streaks, roughness, sanding through and glue penetration are permitted if slight.

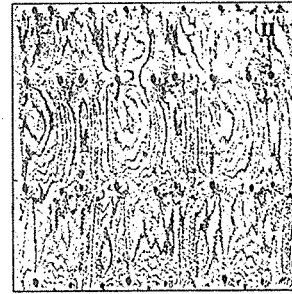
CONIFER



E



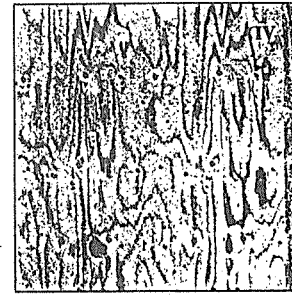
I



II



III







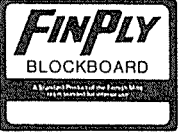

IV

GRADES OF FACE VENEERS

E Smooth cut veneers, practically without defect.
 I Pin knots limited to 3 per m². Sound intergrown knots up to 10mm Ø with cumulative Ø 30mm per m². Splits and checks limited to 3mm width and properly filled. Other defects strictly limited.
 II Pin knots permitted without restriction. Sound intergrown knots up to an individual 40mm Ø. Non-adhering knots and holes permitted up to 5mm Ø, and when filled or repaired, up to 60mm Ø. Open splits and checks permitted up to 6mm width when filled. Slight discoloration permitted.
 III Pin knots and sound knots up to 50mm Ø permitted. Other knots and holes permitted up to 40mm Ø, with a cumulative Ø up to 500mm per m². Open splits and checks permitted up to 5mm wide. Sanding through permitted to 5% of panel surface. Inserts, roughness, hollows and discoloration permitted if slight.
 IV All knots and holes permitted up to a maximum 75mm Ø. Splits, open joints and checks permitted up to 25mm wide. Inbark, resin pockets, streaks and discoloration permitted. Patches, overlaps, roughness, glue penetration and sanding through permitted.

図1-4-3-1 単板の表面目視等級区分

表1-4-3-1 フィンランドにおける合板類の種類と規格

 All Birch plywood		 Combi plywood		 Twin plywood		 Conifer plywood		 Blockboard		 Laminboard			
FACE	CORE	Birch		Birch Birch & Spruce		Birch Spruce or Pine		Spruce or Pine Spruce or Pine		Birch Spruce or Pine		Birch Birch, Spruce or Pine	
		nominal thickness mm	Limits of thickness min. max.	nominal thickness mm	Limits of thickness min. max.	nominal thickness mm	Limits of thickness min. max.	nominal thickness mm	Limits of thickness min. max.	nominal thickness mm	Limits of thickness min. max.	nominal thickness mm	Limits of thickness min. max.
		4	3, 5					4	3, 4				
		6,5	5, 6, 9					6,5	3, 6, 7, 9				
		9	7, 8, 9, 8	9	7 or 5, 8, 9, 8	9	5, 8, 7, 9, 9	9	5, 8, 7, 9, 9				
		12	9, 11, 5, 12, 5	12	9 or 7, 11, 5, 12, 5	12	5, 11, 4, 12, 6	12	5, 11, 4, 12, 6	12	5 or 3, 11, 4, 12, 6	12	5 or 3, 11, 4, 12, 6
		15	11, 14, 3, 15, 3	15	11 or 9, 14, 3, 15, 3	15	7, 14, 2, 15, 4	15	7, 14, 2, 15, 4	16	5 or 3, 15, 4, 16, 6	16	5 or 3, 15, 4, 16, 6
		18	13, 17, 1, 18, 1	18	13 or 9/11, 17, 1, 18, 1	18	7, 17, 0, 18, 2	18	7, 17, 0, 18, 2	18	5 or 3, 17, 4, 18, 6	18	5 or 3, 17, 4, 18, 6
		21 (20)*	15, 19, 9, 20, 9	21 (20)*	15 or 11/13, 19, 9, 20, 9	21 (20)*	9, 19, 8, 21, 0	21 (20)*	9, 19, 8, 21, 0	22	5 or 3, 21, 4, 22, 6	22	5 or 3, 21, 4, 22, 6
		24 (23)*	17, 22, 7, 23, 7	24 (23)*	17 or 13/15, 22, 7, 23, 7	24 (23)*	9, 22, 6, 23, 8	24 (23)*	9, 22, 6, 23, 8	25	5 or 3, 24, 4, 25, 6	25	5 or 3, 24, 4, 25, 6
		27 (26)*	19, 25, 2, 26, 8	27 (26)*	19 or 15/17, 25, 2, 26, 8	27 (26)*	11, 25, 2, 26, 8	27 (26)*	11, 25, 2, 26, 8				
		30 (29)*	21, 28, 0, 29, 6	30 (29)*	21 or 17/19, 28, 0, 29, 6	30 (29)*	11, 28, 0, 29, 6	30 (29)*	11, 28, 0, 29, 6				

* Figures in brackets as per ISO recommendations
 Sizes and thicknesses have been measured at a moisture content of 8—10 %.

表1-4-3-2 ボード寸法

Standard sizes mm
1200 × 1200/1800/2100/2400/2500/2700/3000/3600 mm (1220 × 1220/1830/2135/2440/2500/2745/3050/3660 mm) 1250 × 1250/1800/2100/2400/2500/2700/3000/3600 mm 1500 × 1500/1800/2100/2400/2500/2700/3000/3600 mm (1525 × 1525/1830/2135/2440/2500/2745/3050/3660 mm)
<i>Other sizes on request</i>

表1-4-3-3 許容寸法誤差

Length/Width mm	Tolerance mm
< 1000	± 1
1000 . . . 2000	± 2
> 2000	± 3

表1-4-3-4 表面等級

BIRCH PLYWOODS					CONIFER PLYWOODS				
E (A)/E (A)	I (B)/I (B)	II (S)/II (S)	III (BB)/III (BB)	IV (WG)/IV (WG)	E/E	I/I	II/II	III/III	IV/IV
E (A)/I (B)	I (B)/II (S)	II (S)/III (BB)	III (BB)/IV (WG)		E/I	I/II	II/III	III/IV	
E (A)/II (S)	I (B)/III (BB)	II (S)/IV (WG)			E/II	I/III	II/IV		
E (A)/III (BB)	I (B)/IV (WG)				E/III	I/IV			
E (A)/IV (WG)					E/IV				

Quality E and I available in pine only

a)合板

フィンランドの合板は比較的薄い単板を繊維方向を互いに直交させ積層接着して製造される（図1-4-3-2参照）。この合板はAll Birch、Combi、Combi Mirror、Twin、Coniferの5種類に大きく分類される。一般に合板の最外層単板の繊維方向は、ボードの短手方向に平行であるが、唯一Conifer合板のみ最外層単板の繊維方向を両方向にとる場合がある。表1-4-3-5に各合板の特徴を記す。

表1-4-3-5 合板の種類と特徴

種類	特徴
All Birch	通常の厚さ1.4mmのカバ材の単板のみにより構成される合板
Combi	最外層がカバ単板、内層が針葉樹単板或いはカバ単板により構成される合板
Combi Mirror	最外層がカバ単板、内層が針葉樹単板により構成される合板
Conifer	最外層がスプルース（Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ級）或いはマツ（E、Ⅰ級）、内層が主としてスプルースにより構成される合板。単板厚は一般に1.4mm、2.1mm、2.8mmであり、単板厚は単板構成により定められる。
Pine	最外層がマツ単板の針葉樹合板。

b)ブロックボード

図1-4-3-3と図1-4-3-4にフィンランドで製造されるブロックボードの形状を示す。ブロックボードの積層数は3層或いは5層であり、3層の場合は最外層がカバ単板、コアが針葉樹材のラミナとなる。また、5層の場合は外側の2層はカバ単板或いはカバ単板とスプルース単板により構成され、コアは針葉樹材のラミナである。単板相互をクロスバンドさせ最外層単板の繊維方向をコア材の方向と直交させるのが標準的な仕様であるが、最外層単板の繊維方向がコア材の方向と平行するものもある。

c)ラミンボード

図1-4-3-5にフィンランドで製造されるラミンボードの形状を示す。ラミンボードは5層構成であり、短冊単板を積層したコア材にカバ単板が2層積層接着されている。全ての単板の繊維方向をコア材の方向と直交させるのが標準的な仕様であるが、単板相互をクロスバンドさせ最外層単板の繊維方向をコア材の方向と直交或いは平行にするものもある。

表1-4-3-7 合板のせん断許容応力度

	Modulus of rupture	Permissible stresses N/mm ²		
		Panel Shear	Rolling Shear (Bending flat)	Rolling Shear (Bending on edge)
	Panel Shear N/mm ²	Panel Shear	Rolling Shear (Bending flat)	Rolling Shear (Bending on edge)
	⊥ and ∥ to face grain	⊥ and ∥ to face grain	⊥ and ∥ to face grain	⊥ and ∥ to face grain
BIRCH	610	4,2	1,4	1,0
COMBI	570	4,0	1,4 0,6	0,6
CONIFER	510	3,4	0,6	0,5
for all thicknesses and constructions				

表1-4-3-6 フィンランド合板の規格及び許容応力度

STRUCTURE*	SECTION PROPERTIES				MOD. OF ELASTICITY N/mm ²						PERMISSIBLE STRESSES N/mm ²											
	No. of piles	Thick-ness Nominal mm	Thick-ness Average mm	Second moment of Area mm ² × 10 ⁶	Bending		Tension		Compression		Bending		Tension		Compression							
					I to face	I to grain	I to face	I to grain	I to face	I to grain	I to face	I to grain	I to face	I to grain	I to face	I to grain						
BIRCH AABA AABAABA AABAABAABA AABAABAABA AABAABAABAABA AABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA	5	6,5	6,6	24	7	12150	4100	9070	6620	18,1	9,2	15,3	11,2	9,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1		
	7	9	9,5	72	15	10750	5270	8620	6910	17,1	10,9	14,6	11,7	8,8	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
	9	12	12,4	160	26	10000	5860	8370	7070	15,9	11,8	14,2	12,0	8,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	
	11	15	15,3	299	39	9540	6210	8230	7170	15,4	12,1	13,9	12,1	8,5	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	
	13	18	18,2	503	55	9220	6440	8120	7230	15,1	12,2	13,7	12,2	8,4	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	
	15	21(20)	21,1	784	74	9000	6610	8080	7280	14,8	12,4	13,6	12,3	8,4	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
	17	24(23)	24,0	1152	96	8820	6730	7990	7320	14,5	12,5	13,5	12,4	8,3	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
	19	27(26)	26,9	1622	121	8690	6830	7950	7350	14,4	12,5	13,4	12,4	8,3	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
	21	30(29)	29,8	2204	148	8580	6910	7910	7370	14,3	12,6	13,4	12,5	8,3	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	COMBI (1,4mm PLIES) AABA AABAABA AABAABAABA AABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA	5	6,5	6,6	24	7	12120	4100	8290	6630	17,8	9,2	12,3	11,2	8,4	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
		7	9	9,5	72	15	10430	5270	7530	6920	15,5	10,8	10,3	11,7	7,9	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
		9	12	12,4	159	26	9450	5860	7130	7080	14,2	11,8	9,3	12,0	7,6	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
		11	15	15,3	299	39	8810	6210	6880	7170	13,0	11,9	8,6	12,1	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
		13	18	18,2	502	55	8360	6450	6710	7240	12,2	12,1	8,2	12,2	7,3	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
		15	21(20)	21,1	781	74	8030	6610	6580	7290	11,6	12,3	7,9	12,3	7,2	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
		17	24(23)	24,0	1148	96	7770	6740	6490	7330	11,1	12,4	7,6	12,4	7,2	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
		19	27(26)	26,9	1616	120	7570	6840	6420	7350	10,7	12,4	7,4	12,4	7,1	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
		21	30(29)	29,8	2196	148	7400	6910	6360	7380	10,4	12,5	7,3	12,5	7,1	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
		COMBI (THICK PLIES) AABA AABAABA AABAABAABA AABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA AABAABAABAABAABA	5	6,5	7,1	29	8	11750	4390	8490	6230	17,6	9,4	12,0	10,5	8,4	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
			7	12	11,7	133	23	9990	5300	8290	5640	13,9	10,6	9,4	9,5	7,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
			9	15	14,4	251	35	9350	5630	7760	6080	13,9	11,0	8,9	10,3	7,7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
11			18	17,0	409	48	8850	5940	7350	6460	12,5	11,2	8,5	10,9	7,6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	
13			21(20)	20,3	698	69	8490	6080	7220	6480	11,9	11,2	8,1	11,0	7,4	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	
15			24(23)	23,6	1099	93	8220	6170	7130	6500	11,2	11,3	7,8	11,0	7,4	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
17			27(26)	26,9	1630	121	8020	6240	7050	6520	10,9	11,3	7,6	11,0	7,3	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8

* Explanations to the symbols used for the structures
 A = 1,4 mm Birch veneer I to face grain
 B = 1,4 mm Birch veneer I to face grain
 C = 1,4 mm Softwood veneer I to face grain
 D = 1,4 mm Softwood veneer I to face grain
 E = 1,65 mm Softwood veneer I to face grain
 F = 1,65 mm Softwood veneer I to face grain
 G = 2,1 mm Softwood veneer I to face grain
 H = 2,1 mm Softwood veneer I to face grain
 I = 2,5 mm Softwood veneer I to face grain
 J = 2,5 mm Softwood veneer I to face grain
 K = 2,8 mm Softwood veneer I to face grain
 L = 2,8 mm Softwood veneer I to face grain

4. 3 許容応力度

表1-4-3-6、表1-4-3-7、及び表1-4-3-8にフィンランド合板の特性並びに許容応力度を示す。表中のヤング率は70%許容限界として求められており、下式により算出される。

$$E = E_{ave} - 0.52 S E$$

ここで、Eはヤング率の平均値、SEはヤング率の標準偏差である。

また、許容応力度は95%許容限界として求められており、安全率2.33（引張に対しては2.75）で除される。許容応力度は下式により算出される。

$$\sigma = (\sigma - 1.64 S \sigma) / n$$

ここで、 σ は最大応力の平均値、 $S \sigma$ は応力の標準偏差、 n は安全率である。

なお、表1-4-3-6、表1-4-3-7、及び表1-4-3-8の許容応力度は中期の荷重に対しては25%、長期荷重に対しては50%大きな値となる。表1-4-3-9にブロックボードとラミンボードの特性を示す。同表では安全率として3.00という値が使用されている。

表1-4-3-8 合板の面圧に関する許容応力度

	Bearing on edge		Bearing on face N/mm ²
	Pin diam. mm	σe_3 N/mm ²	
BIRCH	4 6 8	25 20 17	3,7
COMBI	4 6 8	21 18 16	2,2
CONIFER	4 6 8	14 11 9,6	1,6

* corresponds to a displacement of 3 mm

表1-4-3-9 ブロックボードとラミンボードの規格及び許容応力度

Moisture content 8%
for interior use

SECTION PROPERTIES							PHYSICAL PROPERTIES									
Nominal thickness mm	No. of plies	Limits of thickness mm		Area mm ² ×10 ³	Section modulus mm ³ ×10 ³	Second moment of area mm ⁴ ×10 ³	Blockboard				Laminboard					
		min.	max.				Weight approx kg/m ²	Modulus of Elasticity N/mm ²		Permissible stress in Bending N/mm ²		Weight approx kg/m ²	Modulus of Elasticity N/mm ²		Permissible stress in Bending N/mm ²	
							to face grain	⊥ to face grain	to face grain	⊥ to face grain		to face grain	⊥ to face grain	to face grain	⊥ to face grain	
12	3 5	11,5	12,5	12	24	144	7,5 7,6	9810 10800	4900 4410	10,8 11,8	6,87 6,87	8,1	10800	4900	13,7	6,87
16	3 5	15,4	16,6	16	43	341	8,8 9,5	9810 10800	4900 4410	10,8 11,8	6,87 6,87	10,2	10800	4900	13,7	6,87
18	3 5	17,4	18,6	18	54	486	9,5 10,5	9810 10800	4900 4410	10,8 11,8	6,87 6,87	11,5	10800	4900	13,7	6,87
22	3 5	21,4	22,6	22	81	887	11,7 12,5	6870 7850	6380 5390	7,85 7,85	6,87 6,87	13,4	9810	6380	7,85	6,87
25	3 5	24,4	25,6	25	104	1302	12,9 13,6	6870 7850	6380 5390	7,85 7,85	6,87 6,87	14,9	9810	6380	7,85	6,87

引用文献

- 1) "HANDBOOK of Finnish Plywood Blockboard and Laminboard", Finnish Plywood International.

5. 既存強度データの整理

5. 1 「代替原料利用開発推進事業」の報告書より

2級構造用合板の強度性能についての系統的な実験データは少ないが、その中で、ラワンに替わる材料の開拓を目的に実施された「代替原料利用開発推進事業」の報告書¹⁾、²⁾が、内容的に充実している。そこで、この報告書の中から、2級構造用合板に関する事項を抜粋し、参考資料とした。

5. 1. 1 合板の品目

a) 寸法・単板構成

表1. 合板の樹種と寸法

樹種	合板寸法	単板構成	プライ数
ベイツガ	7.5x900x1818 mm	2.2+3.3+2.2	3 ply
+ラワン	12.0x 900x1818 mm	2.5+2.5+2.5+2.5+2.5	5ply
カラマツ	7.5x900x1800 mm	2.5+2.5+2.5	3 ply
(長野産)	12.0x 900x1800 mm	2.5+2.5+2.5+2.5+2.5	5ply
カラマツ	7.5x910x910 mm	2.2+3.6+2.2	3 ply
(北海道産)	12.0x 910x910 mm	2.5+2.5+2.5+2.5+2.5	5ply
エゾマツ	7.5x910x1820 mm	2.25+3.5+2.25	3ply
	12.0x910x1820 mm	2.0+3.5+2.0+3.5+2.0	5ply
ラジアータマツ	7.5x910x1820 mm	2.25+3.5+2.25	3ply
	12.0x910x1820 mm	2.0+3.5+2.0+3.5+2.0	5ply
カメレレ	7.5x910x1820 mm	2.5+3.0+2.5	3ply
	12.0x910x1820 mm	1.5+3.4+3.0+3.4+1.5	5ply
セルテイス	7.5x910x1820 mm	2.5+3.0+2.5	3ply
	12.0x910x1820 mm	1.5+3.4+3.0+3.4+1.5	5ply

b) 類別 1類

メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤

水性ビニルウレタン樹脂接着剤

5. 1. 2 各種試験法

1) 小型曲げ試験

ASTM D 3043 PLYWOOD IN FLEXURE METHOD Aに準拠

樹種：表1のすべて

2) 実大曲げ試験

ASTM D 3043-72 METHOD C に準拠

樹種：カラマツ、エゾマツ

3) 面内剪断試験（レールシア）

ASTM D 2718 PLYWOOD IN SHEAR THROUGH THE THICKNESS に準拠

樹種：カラマツ、エゾマツ

4) 層内剪断（ローリングシア）試験

ASTM D 2718 PLYWOOD IN ROLLING SHEAR に準拠

7.5mm、12mm厚さのカラマツ合板各10体、合計20体について試験した。

5) 圧縮試験

ASTM D 3501-76 METHOD B に準拠

樹種：ラジアータマツ、ベイツガ、ベイツガ+ラワン

6) 釘剪断試験

一面剪断試験

樹種：セルテイス、カメレレ、カラマツ、エゾマツ、ラジアータマツ、ブラウンターミナリア、コイゲ、ベイツガ、ベイツガ+ラワン

5. 1. 3 結果の概要

1) 小型曲げ試験

結果は図1-図3

- ・比重とMOEの関係・・・ 12mm合板は7mm合板に比べ相関が低い。
北海道産カラマツは比重の割にMOEが小さいが、長野産は他と変わらない。
ラジータマツは同じ比重の場合、他よりMOEが大きい。
- ・比重とMORの関係・・・ ばらつきは 7.5mm合板の方が12mm合板より小さい。12mmの場合は、数樹種で相関をとると、無相関になる場合がある。
- ・MOEとMORの関係・・・ 7.5mm、12mm合板とも比較的相関が高い。

2) 実大曲げ試験

結果を図4に示した。

- ・7.5mm、12mm合板とも、合板の曲げ強度、曲げヤング係数は心板あるいは添板の品質に影響されない。
- ・実大と小型曲げ試験の比はほとんどが1以上であった。

3) 面内剪断試験（レールシア）

許容許容応力度の3倍（36kgf/cm²）をいずれも超えた（図5）。

4) 層内剪断（ローリングシア）

現行の構造用合板の許容ローリングシア応力は、4 kgf/cm²であるから、試験値は3倍の12 kgf/cm² を超えなければならないが、カラマツ合板はこれを超えた（図6）。

5) 圧縮試験

すべての試験体が構造用合板1級Aグレードの許容応力度 75 kgf/cm^2 の3倍の値を超えた(図8)。比重と圧縮強さの相関は曲げヤング係数と圧縮強さの間の相関とほぼ同じであった。圧縮については比重を用いて強度を推定することが可能である(図8)。

針葉樹合板では圧縮ヤング係数と曲げ強さの間に強い相関があったが、広葉樹では相関が低かった(図9)。

6) 釘剪断試験

一定変位時の荷重、および最大荷重ともに、セルテイス>カメレレ>カラマツ>エゾマツであった(表2)。

5. 2 その他の文献より

釘接合に関して、3)と4)の文献がある。まず、3)について、見ると、ここでは、南洋材合板1級2種、2級3種、北米針葉樹合板2種についてC N50を用いた一面剪断試験を行い、平均荷重-すべり曲線を求めた。実験に用いた合板の詳細は次の通りである。

J A S 構造用合板1級 (ラワン9mm、12mm)

J A S 構造用合板2級 (カプール7.5mm、9mm、ラワン12mm)

J A S 構造用合板2級相当北米針葉樹合板 (ベイマツ7.5mm、9mm、スプルース12mm)

主材、側材の比重が高いほど、すべり性能が優れている傾向にあったが、試験体数の不足と合板比重のばらつきによって、定量的な判断はできなかった。

4)の文献は、合板と製材の比重、合板の厚さ、釘の寸法を変えた合板-製材釘接合の剪断試験を行った。その成果を基にして、合板側材の釘接合部の許容耐力の提案をした。合板は構造用に限定せずに、コンクリート型枠用合板、普通合板を使用

引用文献

- 1) 日本合板工業連合組合 南洋材等代替原料開発促進事業報告書、1982
- 2) 同上、1983
- 3) 平井卓郎、木材接合部の基礎性能、1.木材と合板の一面剪断曲線（1）、北大演習林研究報告 44-4、1987
- 4) 神谷、鴛海、合板-製材釘接合の剪断実験と許容耐力の提案、木材学会誌、35-4、 1989

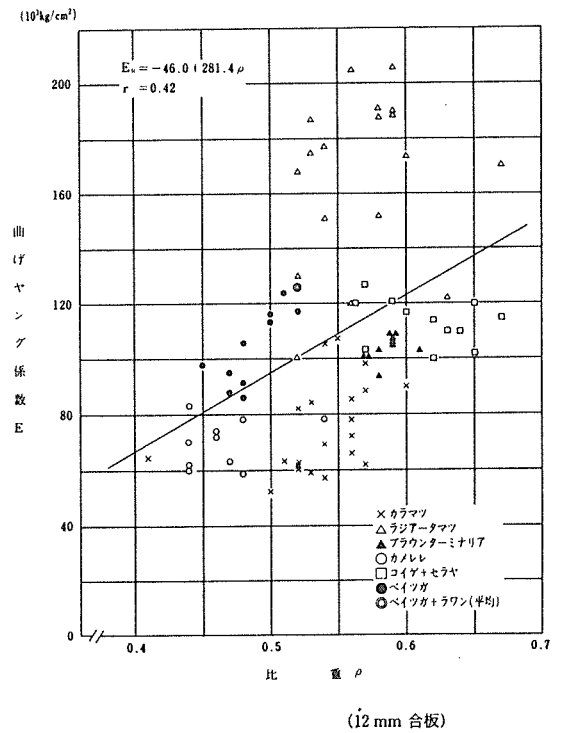
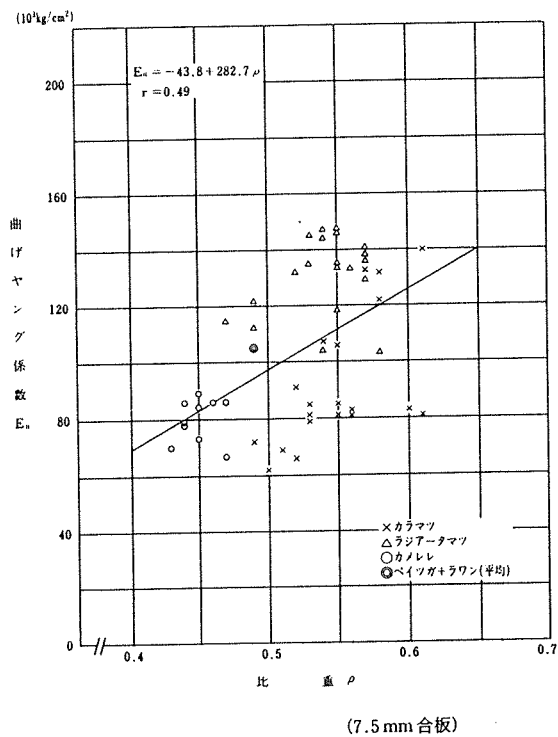
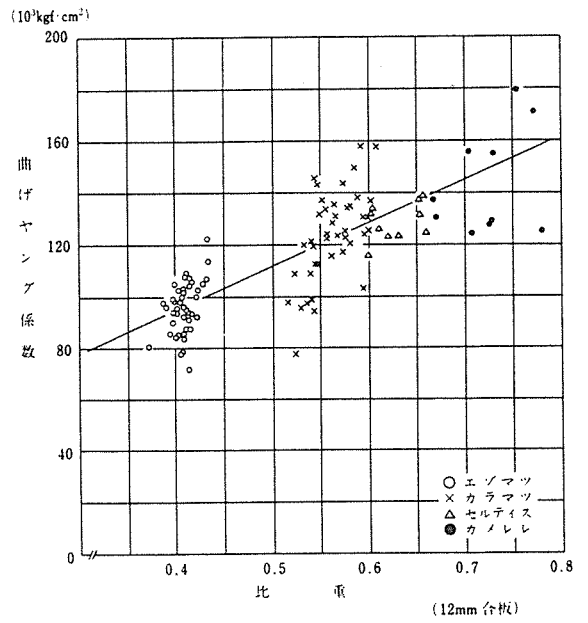
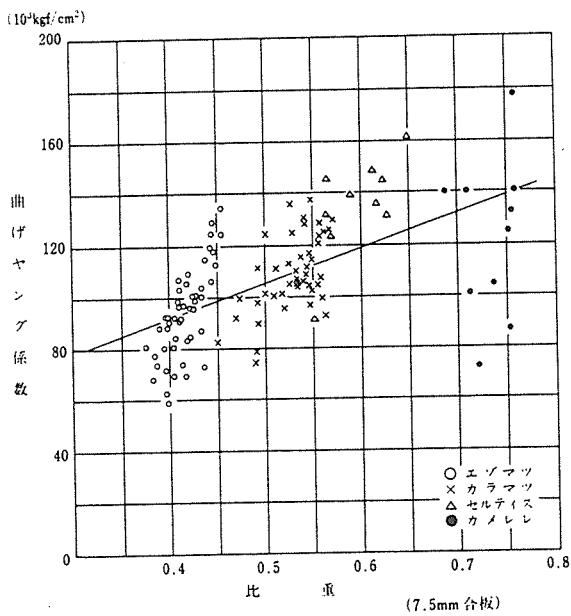


図1. 小型曲げ試験における比重と曲げヤング係数の関係

注：上二つの図中のカラマツは長野産で下二つは北海道産

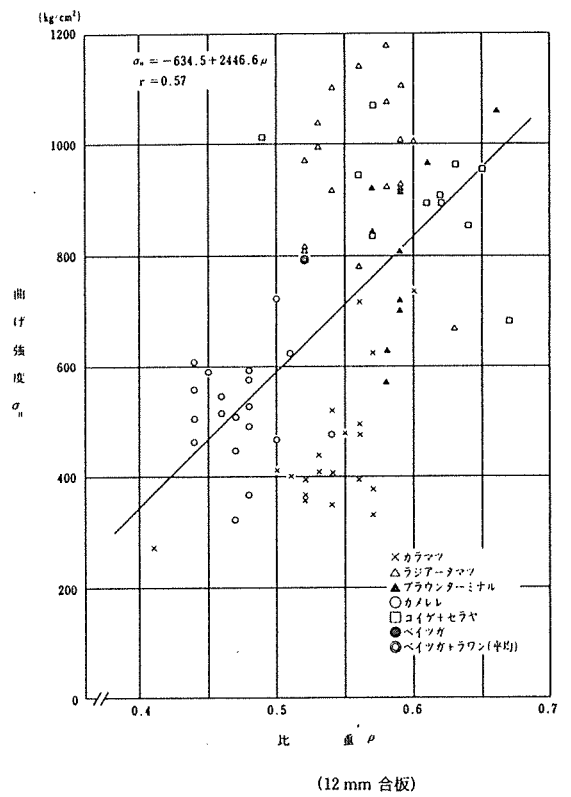
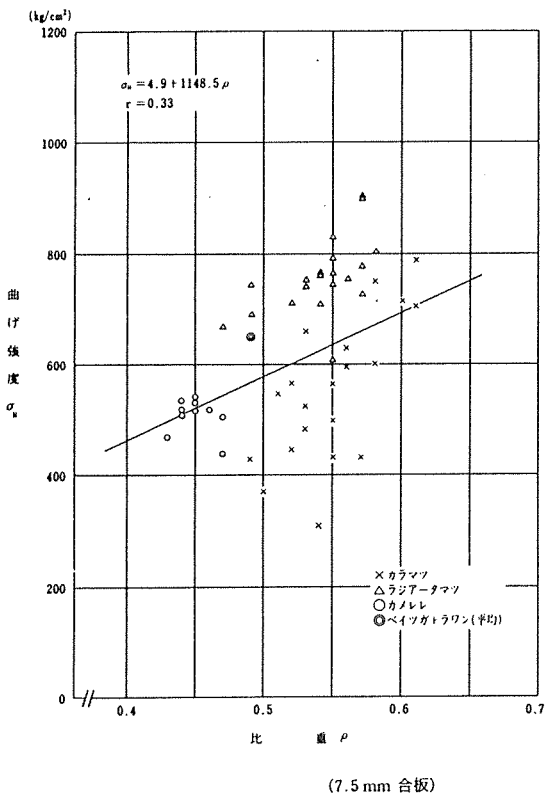
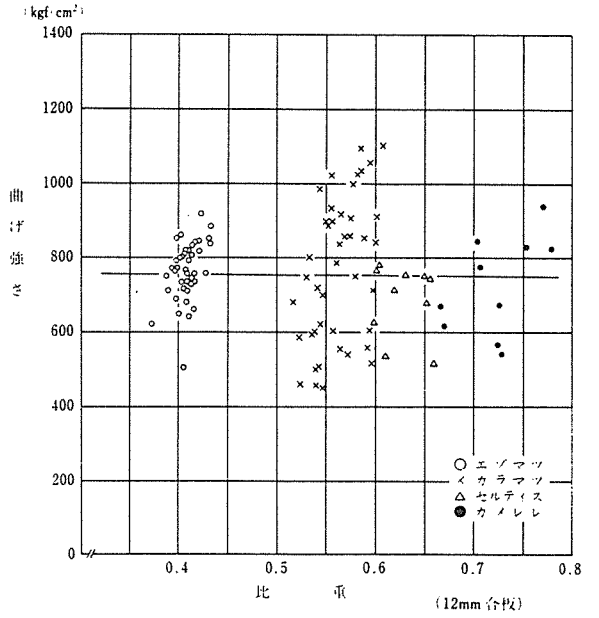
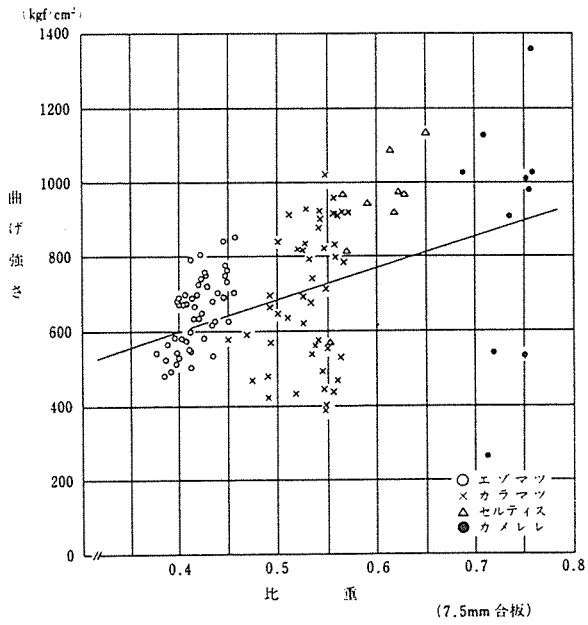


図2. 小型曲げ試験における比重と曲げ強さの関係

註：上二つの図中のカラマツは長野産で下二つは北海道産

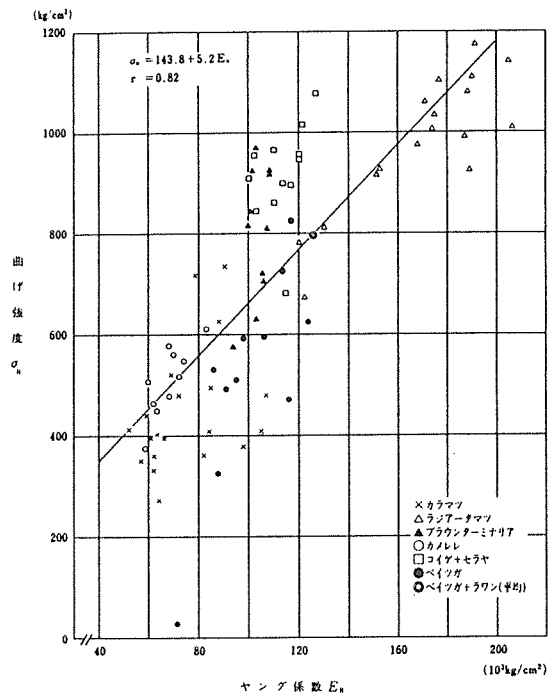
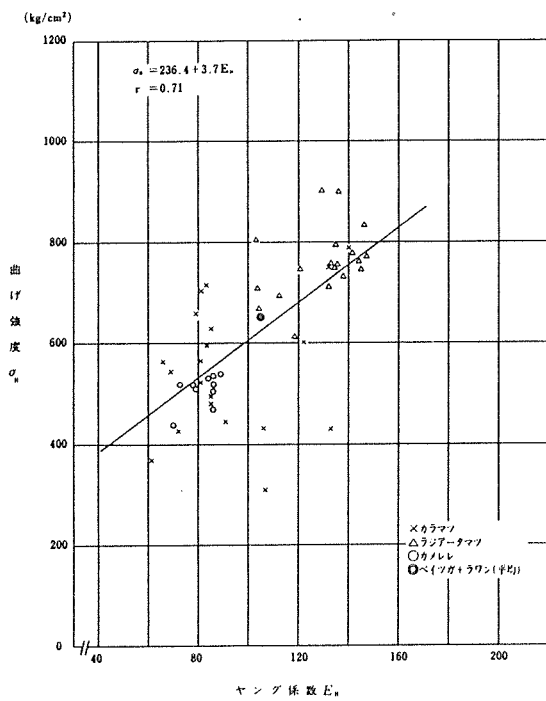
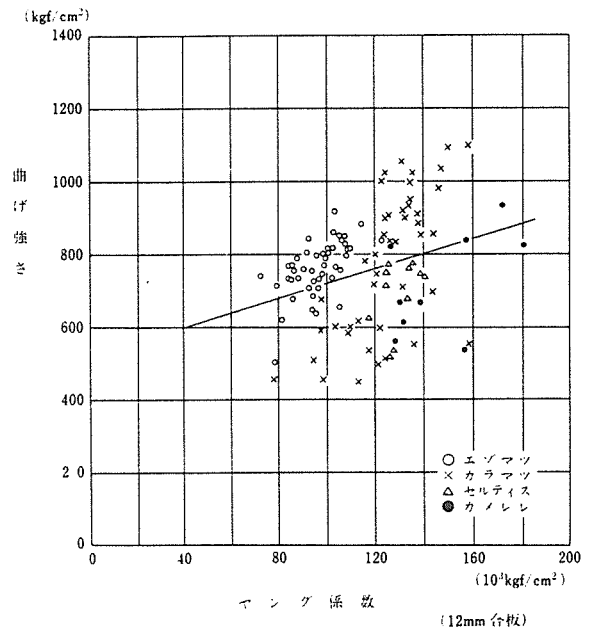
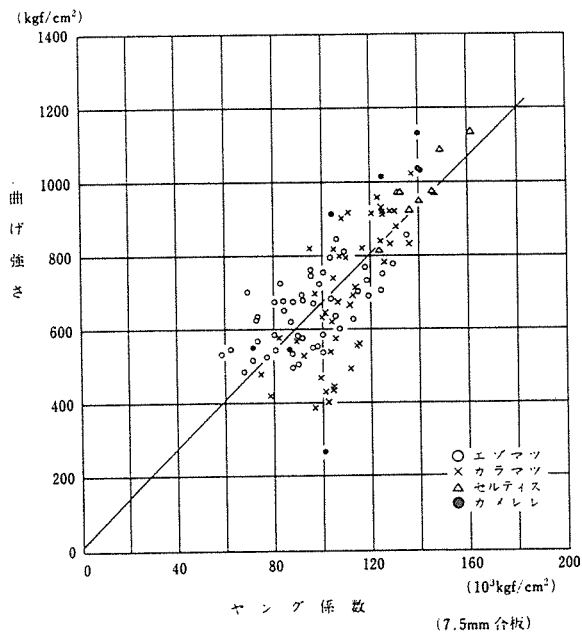
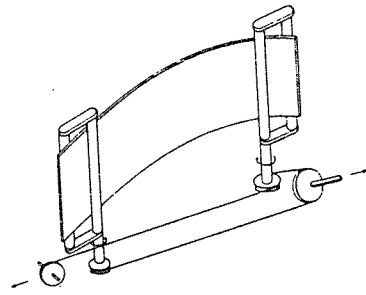


図3. 小型曲げ試験における曲げヤング係数と曲げ強さの関係
 注：上二つの図中のカラマツは長野産で下二つは北海道産



実大曲げ試験装置機構図

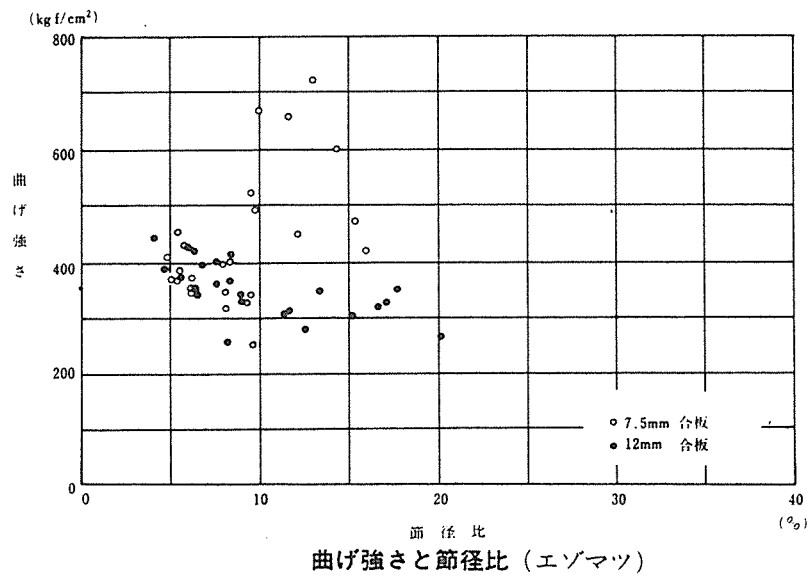
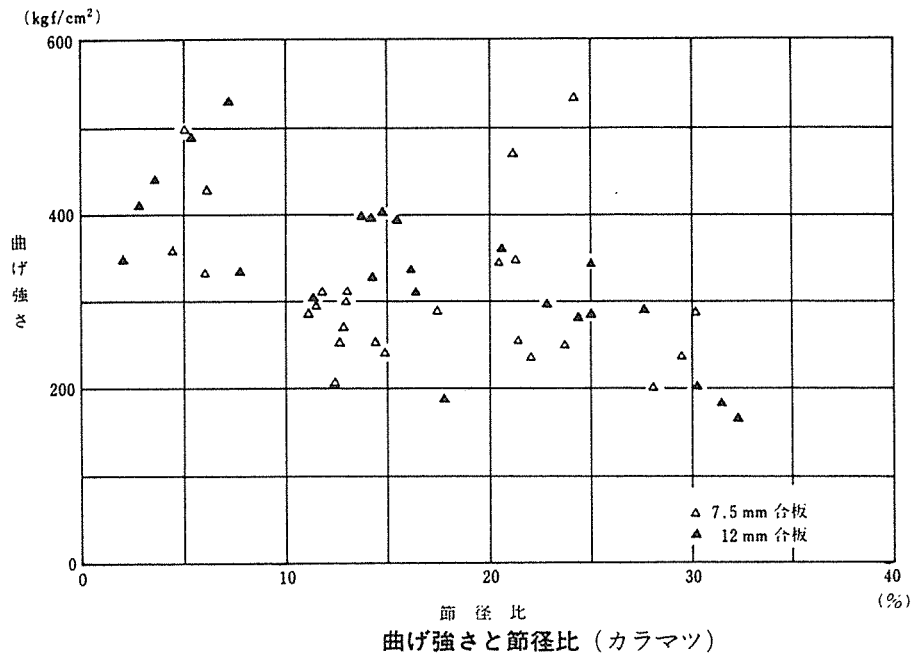
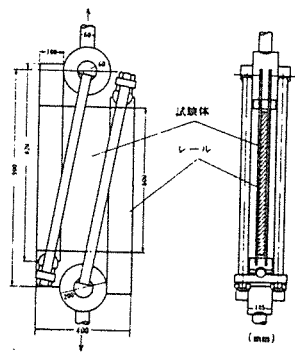


図4. 実大曲げ試験装置と節径比と曲げ強さの関係



レールシア試験方法

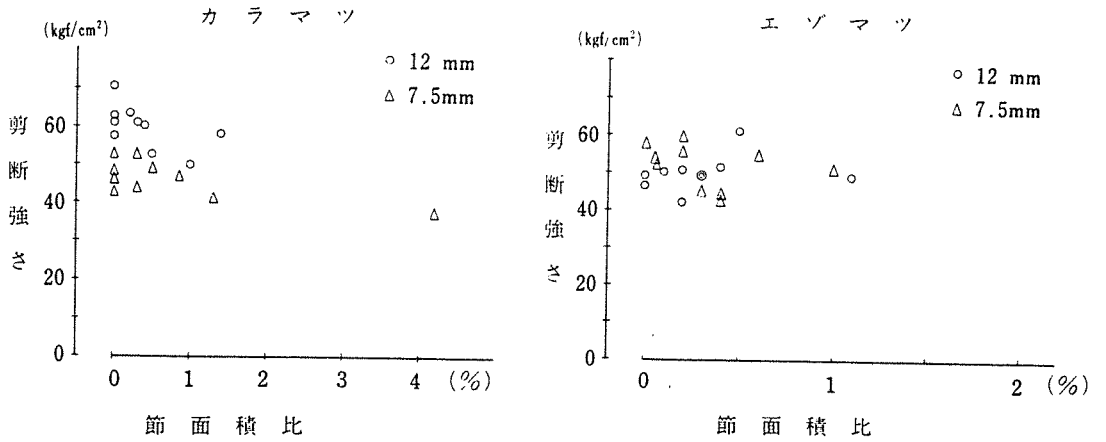


図5. レールシア試験方法ならびに、節面積比と剪断強さの関係

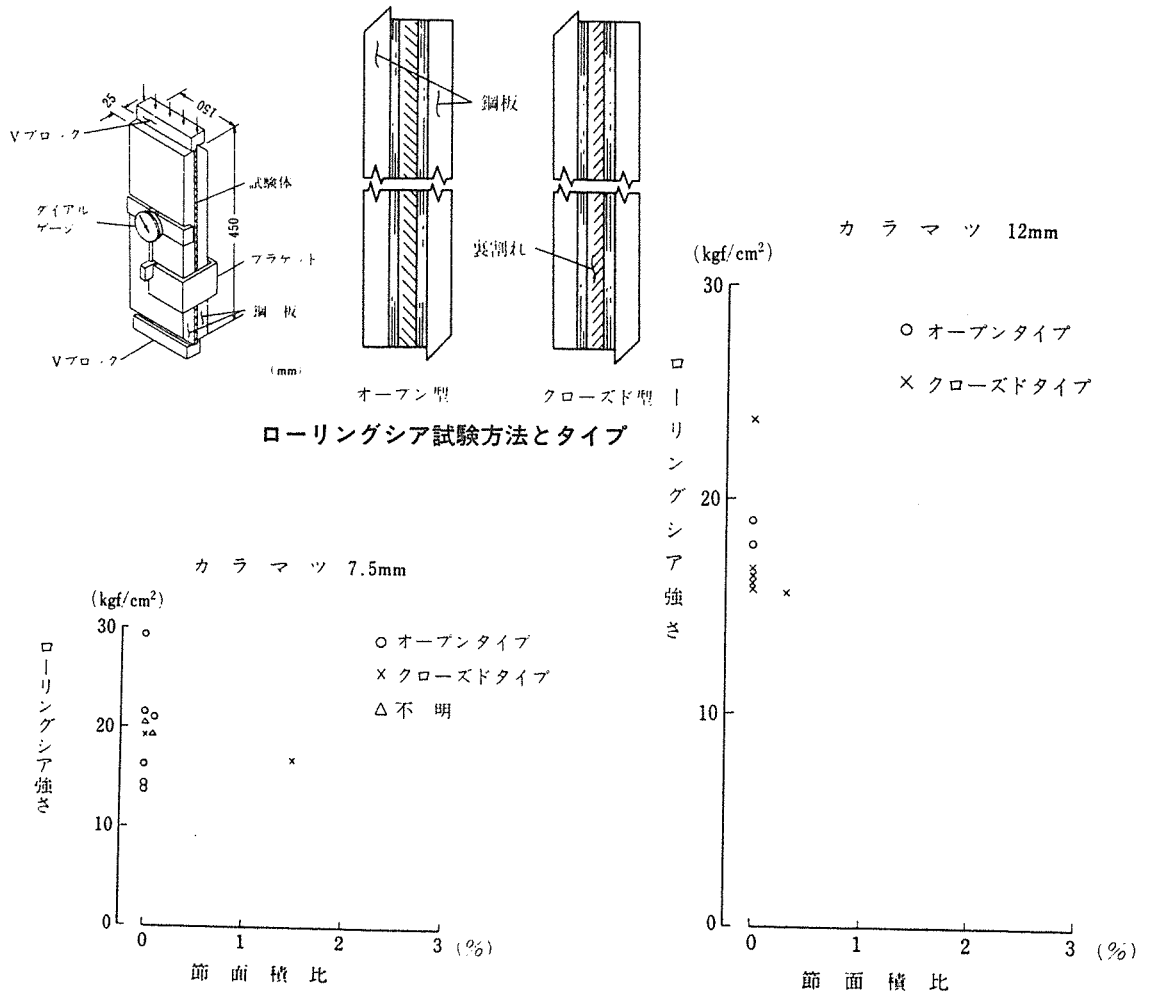


図6. ローリングシア試験方法ならびに、節面積比とローリングシア強さの関係

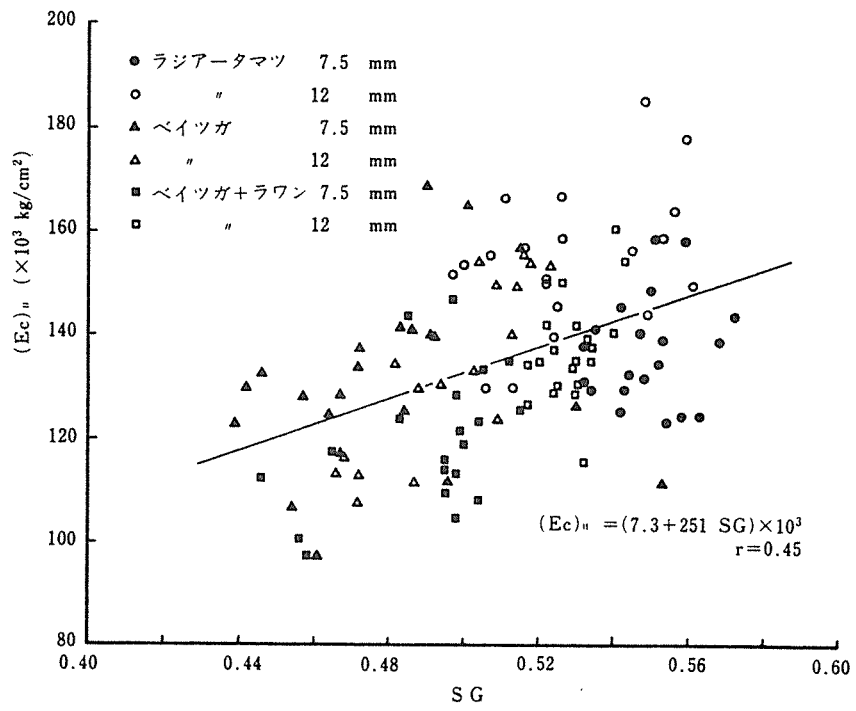


図7. 比重と圧縮ヤング係数の関係

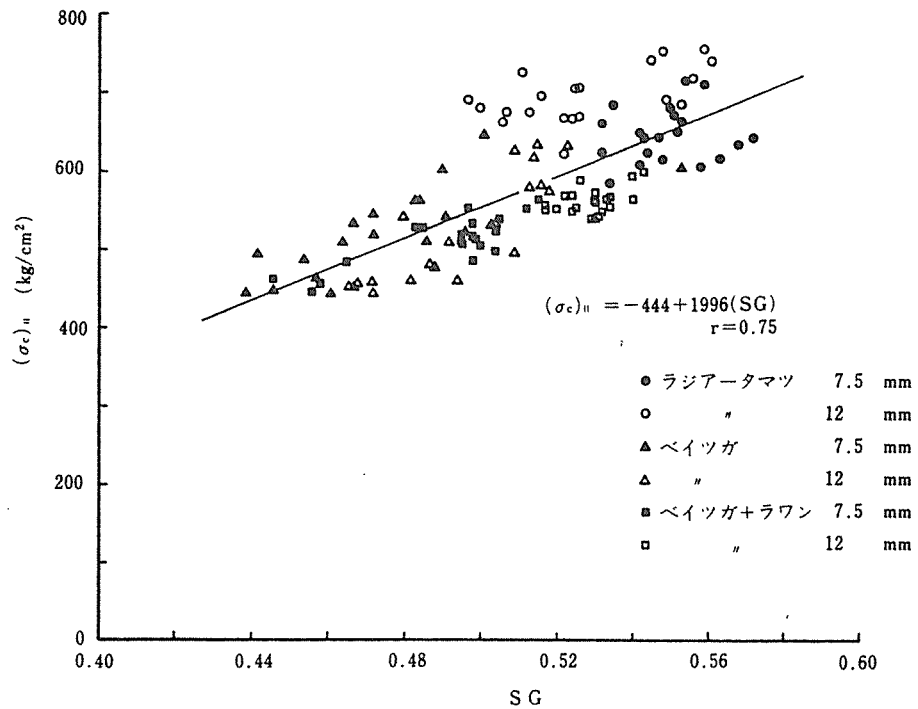


図8. 比重と圧縮強さの関係

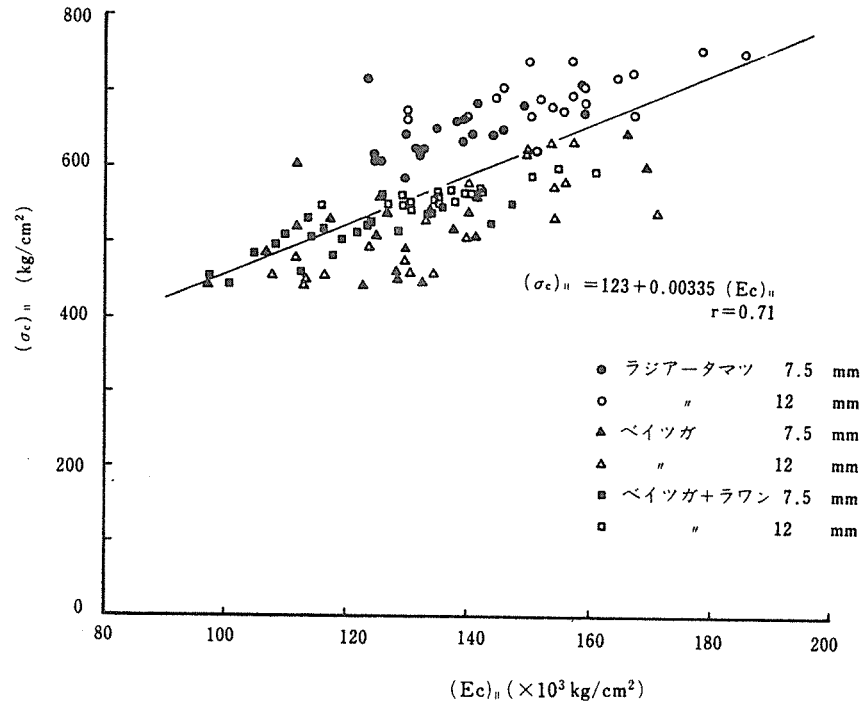


図9. 圧縮ヤング係数と圧縮強さの関係

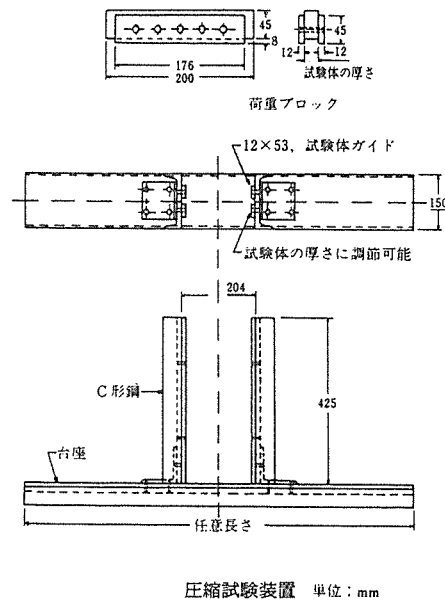


図10. 圧縮試験装置

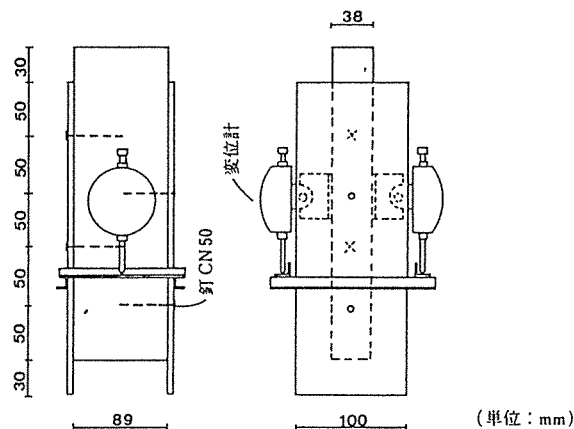
表2. 釘の一面剪断試験結果

試 験 体		P _{1mm} (kg)	P _{2mm} (kg)	P _{5mm} (kg)	P _{max} (kg)	D _{max} (mm)
カ ラ マ ツ	1	58	74	114	165	15
	2	55	69	110	161	16
	3	63	83	117	158	13
	Ave.	59	75	114	161	15
エ ゾ マ ツ	1	51	63	93	116	14
	2	51	64	101	111	15
	3	59	71	104	103	17
	Ave.	54	66	99	110	15
カ メ レ レ	1	77	93	135	175	19
	2	78	95	138	163	13
	3	88	104	130	145	16
	Ave.	81	97	134	161	16
セ ル テ イ ス	1	72	91	145	156	19
	2	88	109	140	160	14
	3	93	116	175	210	17
	Ave.	84	105	153	175	17

注) P_{1mm}: 釘のスリップ1mmに対応する釘一本当りの荷重
 P_{2mm}: " 2mm "
 P_{5mm}: " 5mm "
 P_{max}: 釘1本当りの最大せん断耐力
 D_{max}: 最大スリップ量

合 板 樹 種	合厚 公称 さ (mm)	比 重						平均耐力 (kg/本)			破 壊 の 平 均 ス リ ッ 量 (mm)	破 壊 の タ イ プ
		合 板			主 材			1 mm	2 mm	最大		
		最小	平均	最大	最小	平均	最大					
カ ラ マ ツ	12	0.53	0.54	0.57	0.42	0.52	0.60	84.0	95.7	174.3	20.2	II
"	7.5	0.50	0.53	0.58	0.42	0.50	0.63	80.5	95.6	156.3	14.9	IV
ラ ジ ア ー タ マ ツ	12	0.53	0.55	0.57	0.42	0.52	0.60	98.5	111.4	181.4	17.8	I
"	7.5	0.52	0.55	0.59	0.42	0.50	0.61	93.5	108.9	181.1	17.9	III
ブ ラ ウ ン ター ミ ナ リ ア	12	0.59	0.60	0.61	0.42	0.49	0.60	104.8	121.8	188.4	18.3	I
カ メ レ レ	12	0.44	0.46	0.49	0.42	0.52	0.61	68.6	80.0	145.5	13.9	III
"	7.5	0.43	0.46	0.48	0.42	0.49	0.62	77.3	89.9	128.0	13.1	V
コ イ ゲ	12	0.53	0.59	0.64	0.43	0.49	0.60	84.6	98.4	165.6	19.1	III
ベ イ ツ ガ	12	0.48	0.49	0.51	0.42	0.52	0.60	87.1	101.1	188.6	17.6	II
"	9	0.45	0.47	0.49	0.43	0.52	0.59	82.0	97.2	165.8	15.4	IV
ベ イ ツ ガ + ラ ワ ン	12	0.50	0.52	0.54	0.44	0.52	0.59	77.4	89.7	151.2	14.5	III
"	7.5	0.50	0.52	0.54	0.43	0.56	0.60	74.5	86.5	141.5	12.5	V

注) 試験体数は各5体
 ベイツガとあるのは Hem-Fir
 破壊のタイプ I: 釘の引き抜け、釘頭のめり込み小
 II: 釘の引き抜け、釘頭のめり込み大
 III: 釘の引き抜け、一部合板のパンチングシア
 IV: 合板のパンチングシア、一部釘の引き抜け
 V: 合板のパンチングシア



試験体の寸法と形状

6. わが国における構造用合板の生産実態

6. 1 生産量

わが国における構造用合板に関する正式統計はないので、合板関係のJAS登録格付機関である財団法人日本合板検査会による、わが国の構造用合板のJAS格付数量をもって生産量とみなした。これは、わが国の構造用合板の格付率は100%と見込まれるためであり、その数量は表1-1・表1-2のとおりである。

なお、わが国における構造用合板のJAS認定工場は76工場（内、防虫処理構造用合板のJAS認定工場は32工場）である。

過去10年の数量を見ると、昭和59年は10,758千 m^2 であったものが、平成5年には19,510千 m^2 と181%と大幅に増加している。

しかし、平成5年の合板の総生産量材積526万 m^3 と比較すると構造用合板は21万 m^3 で約4%にすぎない。

6. 2 等級別生産量

等級別にみると、平成5年の生産量19,510千 m^2 の内、1級が8,327千 m^2 で42.7%、2級が11,183千 m^2 で57.3%となっており、1級及び2級は約半々である。

また、類別にみると、1級の特類が17.9%、1類が24.8%、2級の特類が16.0%、1類が41.3%となっており、2級の1類が一番多くなっている。

6. 3 厚さ別生産量

厚さ別にみると、平成5年は9mm～9.5mmが7,242千 m^2 で37.1%と一番多く、次いで12mm～12.5mmが6,833千 m^2 で35.0%、15mm～15.5mmが2,482千 m^2 で12.7%、5mm～5.5mmが1,388千 m^2 で7.1%、7.5mmが1,266千 m^2 で6.5%、その他300千 m^2 で1.5%の順になっている。

6. 4 単板構成

構造用合板の単板構成は表1-3のとおりである。

木材のヤング係数や強さなどの力学的性質は繊維の方向（以下0°方向という。）とそれに直角な方向（以下90°方向という。）では著しく異なっている。したがって、単板を組み合わせた合板のヤング係数や強さは樹種が同じでも単板の厚さ、単板の積層数などによって異なるので単板構成の基準が定められている。

1級にあっては、用途の関係から0°方向、90°方向とも強さやヤング係数に関してできるだけ安定した基準値を保証することが必要であるため、合板の厚さに応じて1つの組み合わせのものだけが規定されている。

これに対し、2級は下地用の合板を対象としているため一定の基準値以上の強さやヤン

表 1 - 1 構造用合板 J A S 格付数量 (級別・類別) 推移

年次	合 計		1 級				2 級				單位: m ³		
	前年比	構成比	計	特 類	構成比	1 類	構成比	計	構成比	特 類		1 類	構成比
1 9 7 2 (昭. 47)		60,768											
7 3 (48)	645.4	392,191											
7 4 (49)	142.8	560,194											
7 5 (50)	382.8	2,144,186	100.0	1,169,450	54.5	974,736	45.5						
7 6 (51)	109.2	2,340,656	100.0	1,182,467	50.5	1,158,189	49.5						
7 7 (52)	77.0	1,802,288	100.0	853,926	47.4	948,362	52.6						
7 8 (53)	108.4	1,952,802	100.0	863,022	44.2	1,089,780	55.8						
7 9 (54)	233.0	4,549,765	100.0	3,157,746	69.4	1,392,019	30.6						
1 9 8 0 (55)	134.3	6,111,677	100.0	4,352,753	71.2	1,758,924	28.8						
8 1 (56)	92.4	5,647,823	100.0	4,210,713	74.6	1,437,110	25.4						
8 2 (57)	119.6	6,756,573	100.0	4,925,057	72.9	1,831,516	27.1						
8 3 (58)	155.1	10,478,882	100.0	2,398,268	22.8	2,354,202	22.5	5,731,412	54.7	4,565,135	43.6	1,166,277	
8 4 (59)	102.7	10,758,007	100.0	4,747,470	45.3	2,354,202	22.5	6,371,785	59.2	4,946,776	46.0	1,425,009	
8 5 (60)	115.1	12,383,527	100.0	4,386,222	40.8	2,247,705	20.9	7,041,506	56.9	4,954,504	40.0	2,087,002	
8 6 (61)	103.0	12,759,164	100.0	5,342,021	43.1	2,463,879	19.9	7,702,471	60.4	5,088,195	39.9	2,614,276	
8 7 (62)	92.5	11,807,899	100.0	5,056,693	39.6	2,611,188	20.5	7,617,677	56.0	3,646,014	30.9	2,971,663	
8 8 (63)	103.9	12,267,500	100.0	5,190,222	44.0	2,319,569	19.7	6,638,701	54.1	2,623,805	21.4	4,014,896	
8 9 (平. 1)	119.1	14,609,383	100.0	5,628,799	45.9	2,747,290	22.4	7,948,310	54.4	2,479,938	17.0	5,468,372	
1 9 9 0 (2)	112.2	16,395,635	100.0	6,661,073	45.6	3,291,126	22.5	7,935,646	48.4	2,187,822	13.3	5,747,824	
9 1 (3)	105.8	17,351,024	100.0	8,459,989	51.6	4,315,927	26.3	9,001,638	51.9	2,884,964	16.6	6,116,674	
9 2 (4)	110.5	19,165,630	100.0	8,349,386	48.1	4,193,523	24.2	9,725,017	50.7	3,046,088	15.9	6,678,929	
9 3 (5)	101.8	19,510,257	100.0	9,440,613	49.3	5,538,137	28.9	11,182,712	57.3	3,118,586	16.0	8,064,126	
				8,327,545	42.7	3,491,458	24.8						

出 所 : (財)日本合板検査会
日本合板工業組合連合会作成

表 1-2 構造用合板 J A S 格付数量 (厚さ別) 推移

年次	合 計	5mm, 5.5mm		6mm		7.5mm		9mm, 9.5mm		1.2mm, 1.2.5mm		1.5mm, 1.5.5mm		その他		4mm換算合計	平均厚さ(mm)
		数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比		
1972(昭47)	60,768	100.0	9,151	15.1	38,270	63.0	4,185	6.9	3,300	5.4	5,564	9.2	298	0.5	—	101,977	6.7
73(48)	392,191	100.0	2,200	0.6	212,688	54.2	—	—	74,333	19.0	26,834	6.8	76,136	19.4	—	854,780	8.7
74(49)	560,194	100.0	25,132	4.5	184,426	32.9	6mmに含む	—	161,960	28.9	175,027	31.2	13,649	2.4	—	1,249,095	8.9
75(50)	2,144,186	100.0	11,712	0.5	40,270	1.9	261,078	12.2	926,349	43.2	802,857	37.4	101,920	4.8	—	5,567,393	10.3
76(51)	2,340,656	100.0	60,993	2.6	19,910	0.9	364,116	15.6	1,193,132	51.0	670,035	28.6	32,470	1.4	—	5,605,237	9.5
77(52)	1,802,288	100.0	43,493	2.4	20,651	1.1	107,702	6.0	1,014,342	56.3	558,274	31.0	56,649	3.1	1,177	4,468,973	9.9
78(53)	1,952,802	100.0	81,031	4.2	—	—	145,951	7.5	1,068,434	54.7	510,191	26.1	146,863	7.5	332	4,861,726	9.9
79(54)	4,549,765	100.0	81,213	1.8	373,592	8.2	1,480,362	32.5	1,731,922	38.1	649,519	14.3	233,157	5.1	—	10,157,303	8.9
1980(55)	6,111,677	100.0	106,432	1.7	2,445,076	40.0	339,281	5.6	2,156,121	35.3	803,618	13.1	261,149	4.3	—	12,678,241	8.3
81(56)	5,647,823	100.0	160,288	2.8	2,521,883	44.7	305,337	5.4	1,907,462	33.8	584,235	10.3	168,108	3.0	510	11,232,885	7.9
82(57)	6,756,573	100.0	217,707	3.2	2,982,758	44.2	364,561	5.4	2,111,289	31.2	762,670	11.3	284,111	4.2	33,477	13,684,503	8.1
83(58)	10,478,882	100.0	216,893	2.1	3,921,358	37.4	371,074	3.5	3,842,066	36.7	1,687,753	16.1	430,728	4.1	9,010	22,235,057	8.4
84(59)	10,758,007	100.0	420,183	3.9	3,993,482	37.1	351,476	3.3	3,760,997	35.0	1,709,638	15.9	515,555	4.8	6,676	22,850,652	8.5
85(60)	12,383,527	100.0	419,285	3.4	4,161,072	33.6	307,882	2.5	4,868,406	39.3	1,856,185	15.0	762,355	6.2	8,342	26,857,759	8.6
86(61)	12,759,164	100.0	304,620	2.4	4,172,360	32.7	236,148	1.9	4,809,960	37.7	2,493,025	19.5	727,983	5.7	15,068	28,297,616	8.8
87(62)	11,807,899	100.0	581,291	4.9	2,357,491	20.0	124,144	1.1	5,679,817	48.1	2,383,133	20.2	678,501	5.7	3,522	27,147,387	9.2
88(63)	12,267,500	100.0	506,641	4.1	950,781	7.8	237,647	1.9	6,486,461	52.9	3,281,867	26.8	795,651	6.5	8,452	30,145,776	9.8
89(平. 1)	14,609,383	100.0	540,135	3.7	—	—	1,275,757	8.7	7,199,509	49.3	4,409,952	30.2	1,161,858	8.0	22,172	37,103,495	10.1
1990(2)	16,385,635	100.0	461,494	2.8	—	—	1,285,556	7.8	7,812,570	47.7	5,049,282	30.8	1,741,436	10.6	45,297	42,528,756	10.3
91(3)	17,351,024	100.0	729,917	4.2	3,320	0.0	1,253,640	7.2	7,850,628	45.2	5,568,674	32.1	1,929,488	11.1	15,357	45,048,373	10.3
92(4)	19,165,630	100.0	1,018,823	5.3	1,660	0.0	1,267,645	6.6	7,632,187	39.8	6,685,508	34.9	2,534,974	13.2	24,833	50,649,110	10.5
93(5)	19,510,257	100.0	1,387,982	7.1	—	—	1,266,116	6.5	7,241,987	37.1	6,832,552	35.0	2,481,709	12.7	299,961	51,905,950	10.6

注 : その他には小量であるが、1.0.5, 1.1.5, 1.3, 1.4.5, 1.8, 1.8.5, 1.9, 2.0, 2.1, 2.7mm 等がある。

出 所 : (財)日本合板検査会
日本合板工業組合連合会作成

表 1 - 3 構造用合板の単板構成

事 項	基 準																																												
	1 級	2 級																																											
構 成 単 板	積層数，単板の厚さ及び単板構成は，次の表に適合すること。ただし，心板又はそえ心板であつて単板を繊維方向に平行にはり合わせたものにあつては，これを一層とみなす。 (単位 mm)	合板の厚さ別の単板数，単板の厚さ及び構成比率は，次の表に適合すること。 (単位 mm)																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>厚さ</th> <th>積層数</th> <th>単板の厚さ及び単板構成</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5.0</td> <td>3</td> <td>1.5-2.0-1.5</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>3</td> <td>1.5-3.0-1.5</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>5</td> <td>1.5-1.5-1.5 -1.5-1.5</td> </tr> <tr> <td>9.0</td> <td>5</td> <td>1.5-2.25-1.5 -2.25-1.5</td> </tr> <tr> <td>12.0</td> <td>5</td> <td>1.5-3.0-3.0 -3.0-1.5</td> </tr> <tr> <td>15.0</td> <td>7</td> <td>1.5-3.0-1.5- 3.0-1.5-3.0- 1.5</td> </tr> <tr> <td>18.0</td> <td>7</td> <td>1.5-3.0-3.0- 3.0-3.0-3.0- 1.5</td> </tr> <tr> <td>21.0</td> <td>7</td> <td>2.25-3.5-3.0 -3.5-3.0-3.5 -2.25</td> </tr> <tr> <td>24.0</td> <td>9</td> <td>2.4-3.0-2.4- 3.0-2.4-3.0- 2.4-3.0-2.4</td> </tr> </tbody> </table>	厚さ	積層数	単板の厚さ及び単板構成	5.0	3	1.5-2.0-1.5	6.0	3	1.5-3.0-1.5	7.5	5	1.5-1.5-1.5 -1.5-1.5	9.0	5	1.5-2.25-1.5 -2.25-1.5	12.0	5	1.5-3.0-3.0 -3.0-1.5	15.0	7	1.5-3.0-1.5- 3.0-1.5-3.0- 1.5	18.0	7	1.5-3.0-3.0- 3.0-3.0-3.0- 1.5	21.0	7	2.25-3.5-3.0 -3.5-3.0-3.5 -2.25	24.0	9	2.4-3.0-2.4- 3.0-2.4-3.0- 2.4-3.0-2.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>厚 さ</th> <th>単板数</th> <th>単板の厚さ</th> <th>構成比率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15.0 未満</td> <td>3 以上</td> <td rowspan="6">1.5 以上 5.5 以下</td> <td rowspan="6">表面単板 と同じ繊維 方向の 単板の合 計の厚さ に対する 比率が40 %以上70 %以下で あること。</td> </tr> <tr> <td>15.0 以上 18.0 未満</td> <td>4 以上</td> </tr> <tr> <td>18.0 以上 24.0 未満</td> <td>5 以上</td> </tr> <tr> <td>24.0 以上</td> <td>7 以上</td> </tr> </tbody> </table>	厚 さ	単板数	単板の厚さ	構成比率	15.0 未満	3 以上	1.5 以上 5.5 以下	表面単板 と同じ繊維 方向の 単板の合 計の厚さ に対する 比率が40 %以上70 %以下で あること。	15.0 以上 18.0 未満	4 以上	18.0 以上 24.0 未満	5 以上	24.0 以上
厚さ	積層数	単板の厚さ及び単板構成																																											
5.0	3	1.5-2.0-1.5																																											
6.0	3	1.5-3.0-1.5																																											
7.5	5	1.5-1.5-1.5 -1.5-1.5																																											
9.0	5	1.5-2.25-1.5 -2.25-1.5																																											
12.0	5	1.5-3.0-3.0 -3.0-1.5																																											
15.0	7	1.5-3.0-1.5- 3.0-1.5-3.0- 1.5																																											
18.0	7	1.5-3.0-3.0- 3.0-3.0-3.0- 1.5																																											
21.0	7	2.25-3.5-3.0 -3.5-3.0-3.5 -2.25																																											
24.0	9	2.4-3.0-2.4- 3.0-2.4-3.0- 2.4-3.0-2.4																																											
厚 さ	単板数	単板の厚さ	構成比率																																										
15.0 未満	3 以上	1.5 以上 5.5 以下	表面単板 と同じ繊維 方向の 単板の合 計の厚さ に対する 比率が40 %以上70 %以下で あること。																																										
15.0 以上 18.0 未満	4 以上																																												
18.0 以上 24.0 未満	5 以上																																												
24.0 以上	7 以上																																												

グ係数が確保できる範囲内で幅を持たせて単板数、単板の厚さ、及び0°方向の単板の構成比率が定められている。

なお、1級に係る合板を構成する単板の厚さについては、製造実態を考慮し表、裏にあってはプラス20%、マイナス0、心板及びそえ心板にあってはプラス20%、マイナス5%の範囲内の許容差が認められている。

6.5 樹種

樹種は従来広葉樹材が主体であったが、近年、世界的に地球環境保全への高まり並びに原木産地国等の原木供給事情の変化に伴い、針葉樹材の使用が増加している。

今後とも原木の安定的確保と地球環境の保全に対応する観点から、針葉樹材への原料転換が促進されると思われる。

合板用原材料等の消費量でみると、平成2年実績では広葉樹材1,002万^m 95.1%、針葉樹材52万^m 4.9%であったが、平成5年実績では広葉樹材820万^m 91.2%、針葉樹材79万^m 8.8%となり、平成6年の見通しでは広葉樹材739万^m 87%、針葉樹材110万^m 13%と見込まれている。

6.6 輸入合板

国内生産のほか、海外のJAS認定工場から構造用合板等の輸入があり、その数量は表1-4のとおりである。

なお、アメリカ、カナダからの合板輸入量はその殆どが針葉樹構造用合板である。

表1-4 海外のJAS認定工場・輸入量・格付数量

単位：^m

年	項目・国名	インドネシア	アメリカ	カナダ	ニュージーランド
平成5年	構造用合板の JAS認定工場	7	11	11	1
	合板輸入量	3,441,610 (1,653,000)	43,941	168,692	21,233
	JAS格付数量	(1,056,000)	7,500	92,400	-

注：・インドネシアの合板輸入量の内()はコンクリート型枠用合板で内数

・アメリカ、カナダのJAS格付製品は針葉樹構造用合板

7. 構造用合板の使用実績

7. 1 合板の需要動向

合板の需要先は新製品の開発とともに建築、土木、家具、建具等国民生活に密着して多方面にわたっているが、日合連が調査した結果は表1-5のとおりである。

需要部門別比率では、建築、土木が大きく、家具、建具等を含めた建築関連の需要は、90%を占めており、合板需要は住宅・建築事業に大きく関連している。

表1-5 合板の需要部門別比率

単位：%

区 分	昭和43年 調 査	昭和48年 調 査	昭和55年 調 査	昭和63年 調 査	平成5年 調 査
建 築	} 45.4	} 56.4	} 55.4	} 51.0	} 59.9
土 木					
家 具	27.4	21.2	30.2	28.4	23.9
建 具	11.7	7.1	5.1	7.0	9.1
家電キャビネット	4.8	4.1	3.4	3.0	0.7
展 示 装 飾	3.8	2.1	1.4	1.8	2.0
パレット梱包	2.1	3.1	2.3	2.7	2.2
そ の 他	4.8	6.0	2.2	6.1	2.2

注：部門別比率は金額比である。

(出所：日合連合板需給調査報告書)

7. 2 構造用合板の使用実態

構造用合板並びに構造用合板以外の構造的使用実態については、確たる資料がないので平成5年度に実施した合板需要動向調査結果を基に、大変大ざっぱではあるが平成5年の建築用途での部位別使用量を試算すると表1-6のように推定される。

本推定によると、構造的な使用部位は52.8%（壁下地3.1%、屋根下地26.3%、床下地23.4%）、型枠用が36.2%、その他11.0%である。

また、国内の合板総生産量と比較すると、建築用途で使用される構造用合板及び型枠用合板の総数は75.7%に当たり、その使用部位別比率は、構造的な使用部位（下地用）が39.9%（壁下地2.3%、屋根下地20.0%、床下地17.6%）、型枠用が27.4%、その他8.4%である。

表1-6 構造用合板及び型枠用合板の建築用途での
部位別使用推定量（平成5年）

単位：比率%、数量1,000m³

品 目	区 分	合 計	型枠用	構造的使用部位			その他
				壁下地	壁下地	床下地	
国内の構造用合板生産量	使用比率	100.0	-	9.0	45.3	43.8	1.9
	数 量	208	-	19	94	91	4
アメリカ・カナダ・ニュージーランドからの合板輸入量	使用比率	100.0	-	43.8	34.7	21.1	0.4
	数 量	234	-	103	81	49	1
国内の型枠用合板生産量	使用比率	100.0	50.0	-	20.0	20.0	10.0
	数 量	1,887	944	-	377	377	189
インドネシアからの型枠用合板輸入量	使用比率	100.0	30.0	-	30.0	25.0	15.0
	数 量	1,653	496	-	496	413	248
合 計 (A)	使用比率	100.0	36.2	3.1	26.3	23.4	11.0
	数 量	3,982	1,440	122	1,048	930	442
(参 考)	(千枚)	(201,966)	(74,227)	(6,131)	(52,663)	(46,734)	(22,211)
国内の合板総生産量(B) (A) / (B)	数 量	5,260		52.8 2,100 (105,528)			
	使用比率	75.7	27.4	39.9			8.4

注．枚数換算：型枠用は12mm×900mm×1800mm、構造用その他は12mm×910mm×1820mmにて換算した。

第2章 パーティクルボード

1. 強度関連既存データ

1.1 JIS規格の強度値

JIS A 5908では曲げ強さ、湿潤時曲げ強さおよび参考値として曲げヤング係数を規定している。

表2-1 JISの強度値

種類 タイプ	曲げ強さ kgf/cm ²	湿潤時曲げ強さ kgf/cm ²	曲げヤング係数 10 ³ kgf/cm ²
18 (200)	184	92	30.6
13 (150)	133	66	25.5
8 (100)	82	----	20.4

1.2 曲げ性能

1) JIS小試片の曲げ強度

表2-2は昭和55年に当センターの省エネルギー部材開発委員会でパーティクルボードの製造メーカーにアンケート調査を行い、その際にえた調査結果¹⁾である。回答したメーカーは10社で、データは工場の品質管理の数値で、試験片のサイズは5×(15t+50)mmである。厚さは12、15、20、25、30mmの5種類、接着剤の種類はM、Uの2タイプで表ではその平均の数値を示す。

表2-2 JIS小試片の曲げ性能

種類・タイプ	試料数	曲げ強さMOR kgf/cm ²	曲げヤング係数MOE 10 ³ kgf/cm ²	比重 SG
150 (新; 13)	178	170 (25)	23.6 (3.3)	0.65 (0.03)
200 (新; 18)	324	231 (25)	32.8 (5.8)	0.74 (0.03)

()内は標準偏差

また、MOR、MOEおよびSG間の関係を以下に示す。

$$150\text{タイプ MOR} = 4.12\text{MOE} + 72.4 \quad r = 0.546$$

$$\text{MOE} = 50.64\text{SG} - 9.53 \quad r = 0.439$$

$$200\text{タイプ MOR} = 1.38\text{MOE} + 185.9 \quad r = 0.319$$

$$\text{MOE} = 55.16\text{SG} - 8.10 \quad r = 0.294$$

2) JIS3号体の曲げ性能

床用パーティクルボードの手引きの大熊等²⁾が行ったJIS3号体の曲げ試験結果を表2-3に示す。このボードはメーカーの市販品で、曲げ強さ区分が200タイプ、接着剤の種類がP、M、厚さが15、20、25mmの3種類でこれらの製品は6社の工場で作られたものである。MOR、MOEの値は縦、横の両方向の平均値である。結果についてのコメントの概要を次に示す。

①MOR、MOEとも厚さが厚くなると低下する傾向がある。これは比重の低いコア部分の割合が大きくなるためである。

②比例限度応力は厚さに関係無く、MORのほぼ40%である。合板ではMORの約70%である。

③構造用合板との比較をするとMORで約1/2、MOEで1/2～2/3である。

④MORの直交異方性はやや確認できるものもあるが全般的にはほとんどないといえる。

(直交異方性の結果は表2-4に示す。)

⑤PボードとMボードの力学的な差異もこの結果からは確認できない。

表2-3 JIS3号体の曲げ性能

種類と試験体数	曲げ強さ kgf/cm ²	曲げヤング係数 10 ³ kgf/cm ²	比重(各社の平均値)
M15; 3社×12体	246(35)	45.3(5.3)	0.78~0.81
M20; 3社×12体	235(22)	41.4(3.1)	0.73~0.77
M25; 2社×12体	219(36)	36.5(5.0)	0.68~0.74
P15; 4社×12体	220(13)	43.4(3.5)	0.73~0.84
P20; 3社×12体	217(18)	39.3(3.3)	0.73~0.80
P25; 3社×12体	228(25)	36.5(4.0)	0.70~0.78
構造用合板 t=12mm 繊維に平行方向	481	63.1	

表2-4 MORの直交異方性

種類 工場	M15	M20	M25	P15	P20	P25	平均値
A	0.84	0.93	0.85				0.87
B		0.86					0.86
C				0.98	0.92	0.93	0.94
D				0.95	0.87	0.85	0.89
E	0.83	0.91		0.94			0.89
F	0.96	0.93	0.96	0.96	0.98	0.94	0.96

注) 弱い方向のMOR/強い方向MOR

3) 実大サイズ(3×6板)の曲げ性能

実大サイズについては平嶋等が行った市販品の結果²⁾と廃材チップを使用したデータ³⁾がある。

市販品は上記の3号体と同じメーカーのものを行ったもので、Pの200タイプの15、20、25mmの3種類各20体の計60体について、ASTM D 3043-72のMethod CのPure Moment Test for Large Panelsに準拠して行った。試験方法の概要を図2-1に示す。また、その際、端部より幅50mmのJIS曲げ試験体を採取しており、その結果も含めて各ボードの平均値を表2-5に示す。また、MOR、MOEの頻度分布と散布図を図2-2~2-4に示す。その結果に対するコメントを以下に示す。

①表2-3のJIS3号体のMORと比較すると、実大サイズは平均値で21~25%の低下を示した。

②JIS小型試験体のMORと比較すると実大サイズは12~17%の減少を示した。このように両者の間に差が生じるのは体積や面積が増加して弱点部の出現確立が高くなるためと考えられる。

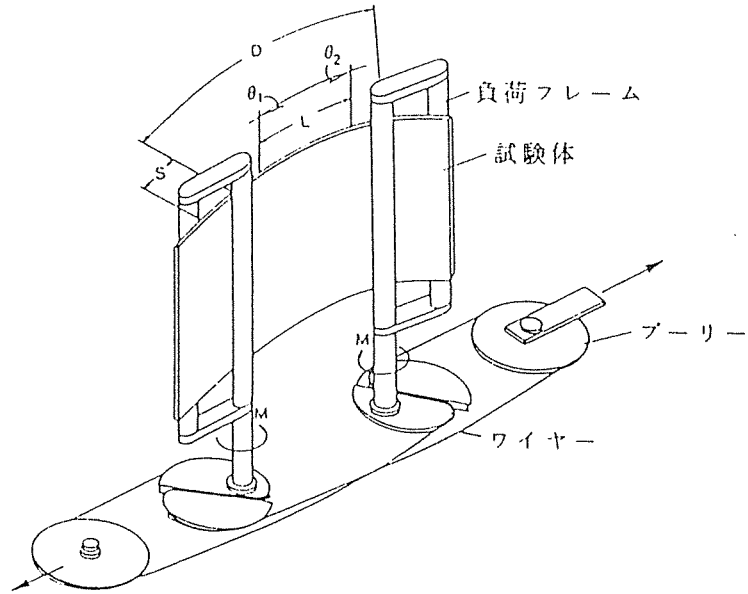


図2-1 ; 純曲げ試験装置 (ASTM D3043-72 Method C)

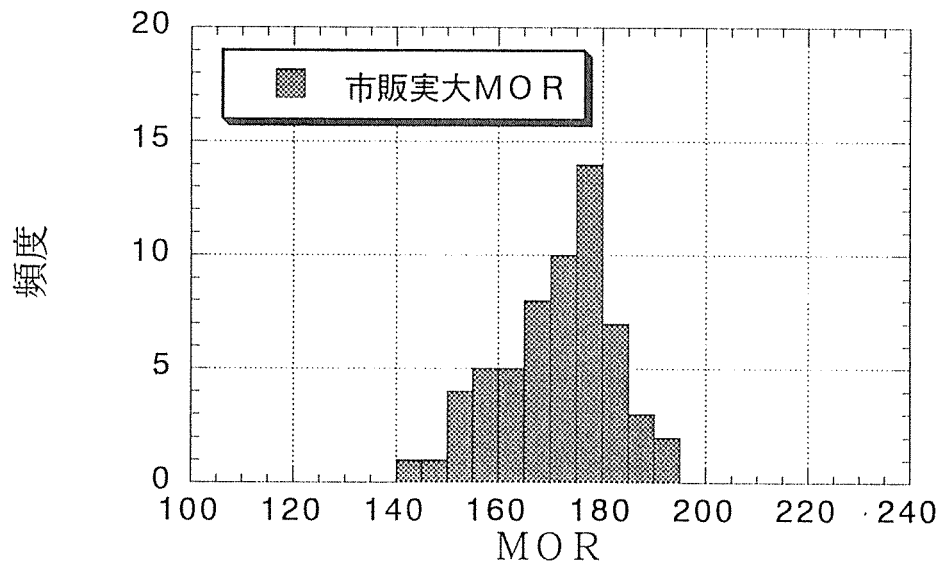


図2-2 ; 市販実大PBのMOR
n=60、t=15、20、25、 $A_v=170.5$
Ma192~Mi141

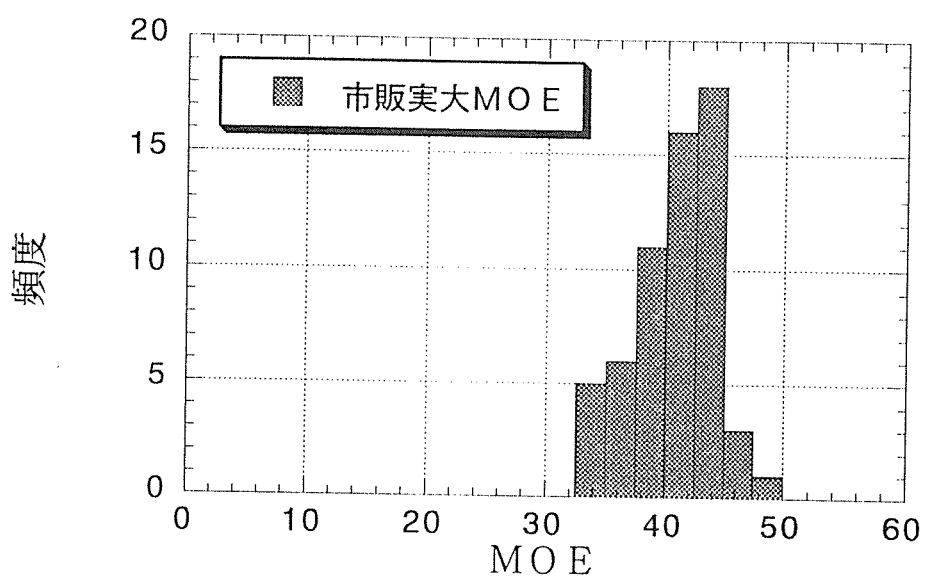


図2-3 ; 市販実大PBのMOE
 n=60、 t=15、 20、 25、 Av=40.8
 Ma48.8~Mi33.2

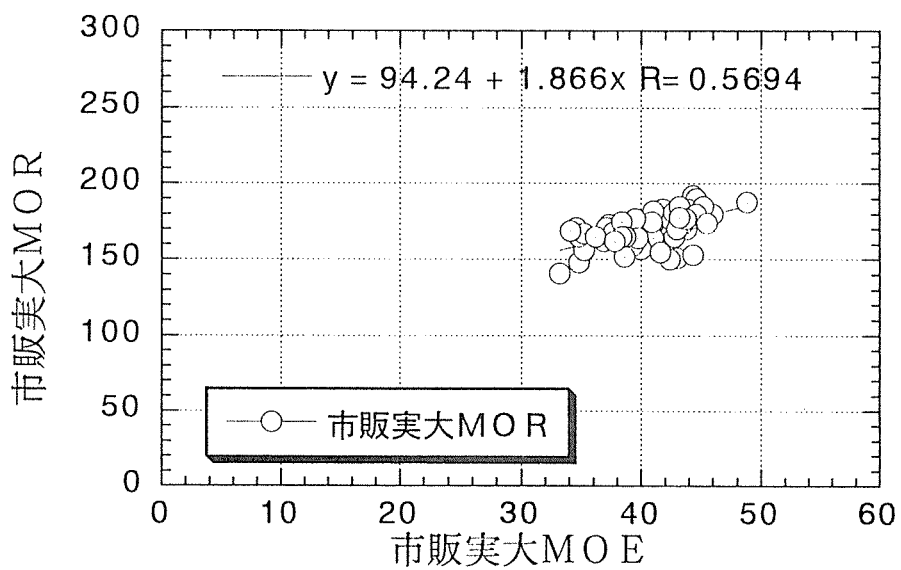


図2-4 ; 市販PBのMOR-MOE実大サイズ
 n=60、 t=15、 20、 25mm
 MORAv=170.5、MOEAv=40.8

表2-5 市販品パーティクルボードの実大サイズの曲げ性能（平均値）

種類	試験体サイズ	曲げ強さ kgf/cm ²	曲げヤング係数 10 ³ kgf/cm ²	比重
P15	実大	164	36.9	0.71
	小型JIS	187	38.2	0.73
P20	実大	171	42.8	0.73
	小型JIS	193	40.9	0.75
P25	実大	177	42.9	0.73
	小型JIS	214	40.7	0.75

また、廃材チップのボードは表2-6の原料比率のチップで工場で作成したもので、厚さ20mmは床下地用としてMORの目標値は50kgf/cm²で、12mmは屋根下地用で目標値200kgf/cm²である。各20体について市販品と同じASTMの純曲げ試験を行い、JIS3号体についても両方向の曲げ試験を行っている。それらの結果の概要を表2-7に示す。また、厚さ、方向性を一緒にした3号体のMOR、MOE、SGの散布図を図2-5、2-6に示す。また、実大と3号体の関係の散布図を図2-7、2-8に示す。この結果のコメント次に示す。

- ①MORでは実大の方が低い傾向を示すが、MOEでは逆に若干実大の方が高めの傾向を示した。
- ②12mmは20mmに比較して比重が高く、その影響でMOR、MOEも高い数値を示した。
- ③実大と3号体の間にはMOR、MOEともかなり高い相関が確認できた。

表2-6 廃材チップを含むパーティクルボードの原料比率（%）

チップ等 種類	小径木（カラマツ間伐材）	ダスト（ノコカンナ屑）	チップ（カラマツ）	建築廃材（主として針葉樹。合板含）	小計
P20；表層	3	23	4	8	38
	---	---	17	45	62
P12；表層	3	23	8	20	54
	---	---	13	33	46

表2-7 廃材チップを含むパーティクルボードの曲げ性能（平均値）

種類	試験体のサイズ	曲げ強さ kgf/cm ²	曲げヤング係数 10 ³ kgf/cm ²	比重
P20	実大	142	36.9	0.67
	3号体同方向	141	29.5	
	3号体直交方向	183	34.6	
P12	実大	183	44.7	0.81
	3号体同方向	212	38.2	
	3号体直交方向	239	44.9	

図2-9～図2-11に実大サイズの市販品と試作品をあわせた100体のMOR、MOE、SGの頻度分布を示す。また、図2-12～図2-14にその散布図を示す。いずれも高い相関を示し、MORは3号体が、MOEは実大が高めの傾向を示した。

文献

- 1) (財)日本住宅・木材技術センター、S56年度省エネルギー部材開発 p6～p18
- 2) (財)日本住宅・木材技術センター、S58年度床用パーティクルボードの手引き p6～p15
- 3) 建築研究所、S58年度廃棄物の建設事業への再利用技術に関する研究 p127～139

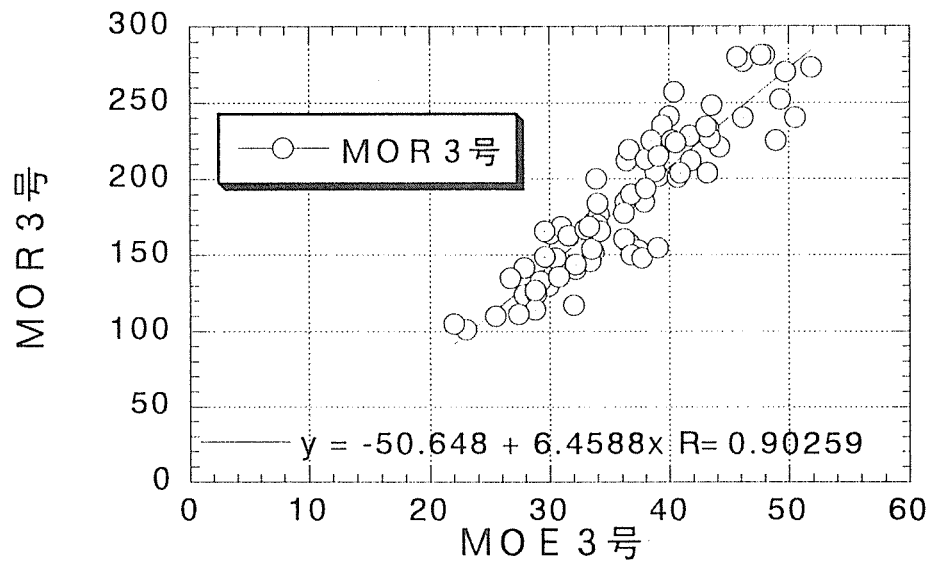


図2-5; MOR-MOE (JIS 3号)
 n=80、MORA_v=187、MOEA_v=36.8、
 廃材チップ使用

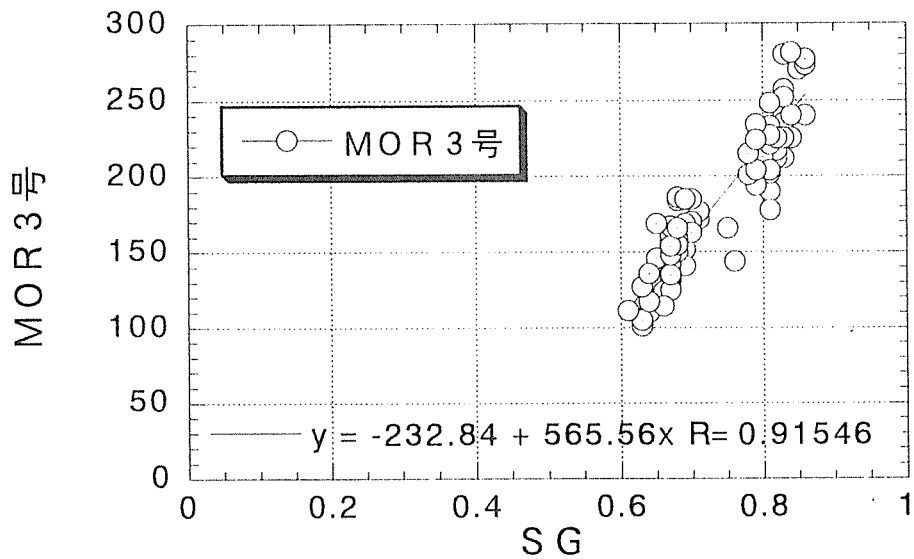


図2-6; MOR-SG (JIS 3号)
 n=80、MORA_v=187、SGA_v=0.743
 廃材チップ使用

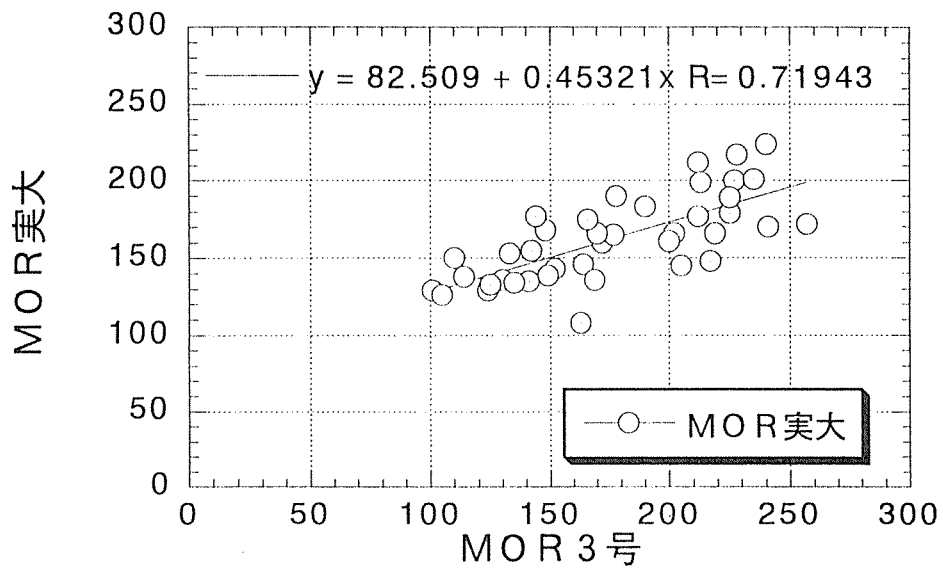


図2-7 ; 実大サイズと3号サイズのMOR
 実大MORA_v=162.5、3号MORA_v=176.5

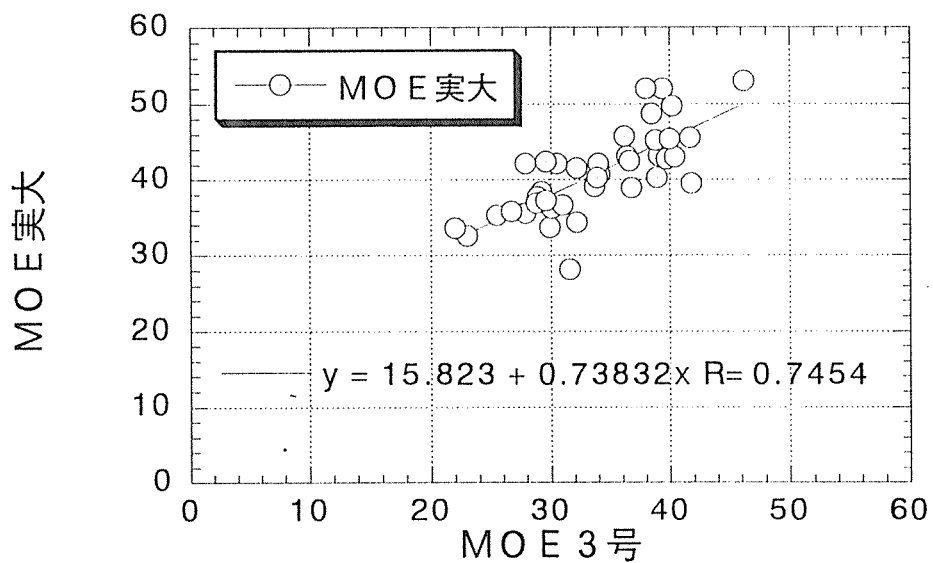


図2-8 ; 実大サイズと3号サイズMOE
 n=40、実大EA_v=40.8、3号EA_v=33.9

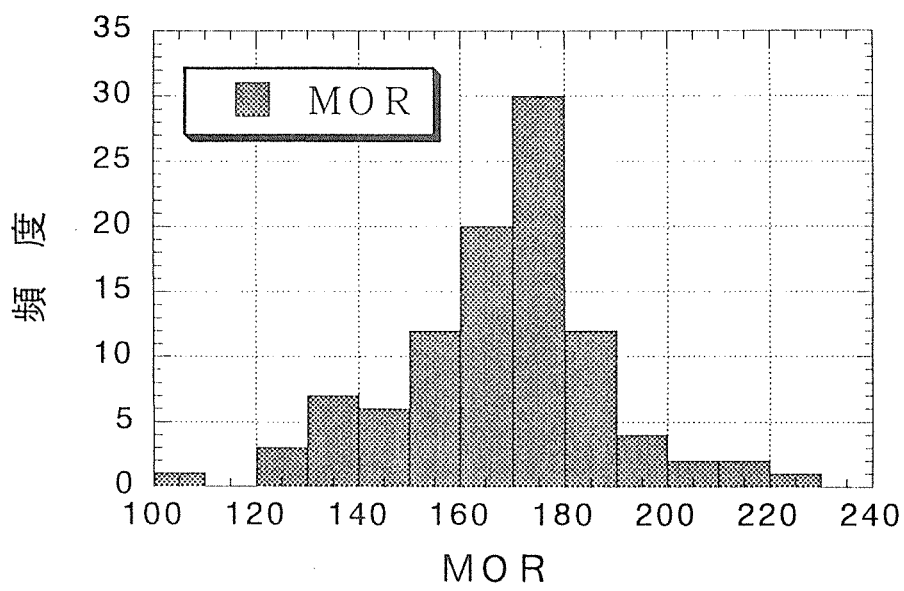


図2-9 ; P B-MOR実大サイズ
 $n = 100$ 、 $Av.=170$ 、 $S.D=4.4$ 、 $Ma108 \sim Mi224$

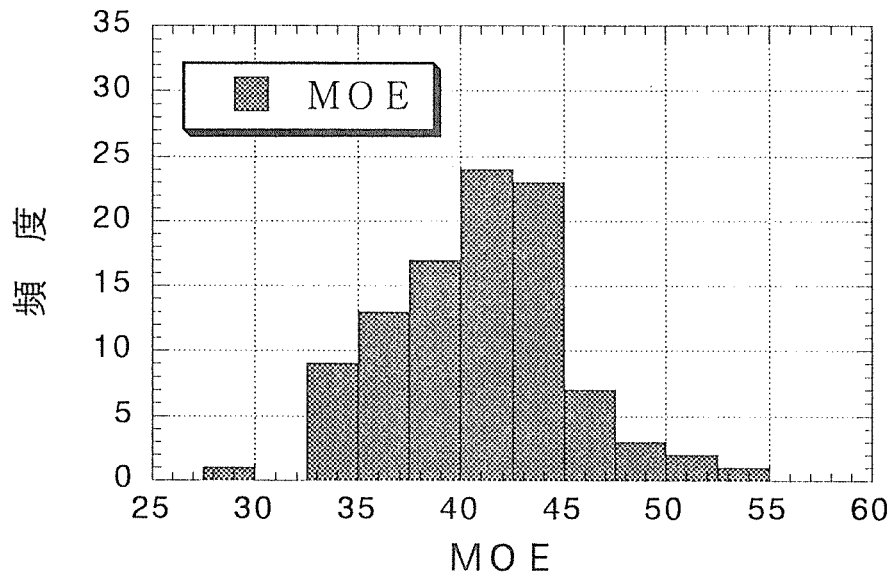


図2-10 ; 実大サイズのMOE
 $n=100$ 、 $Av.=40.8$ 、 $Ma28.0 \sim Mi53.0$

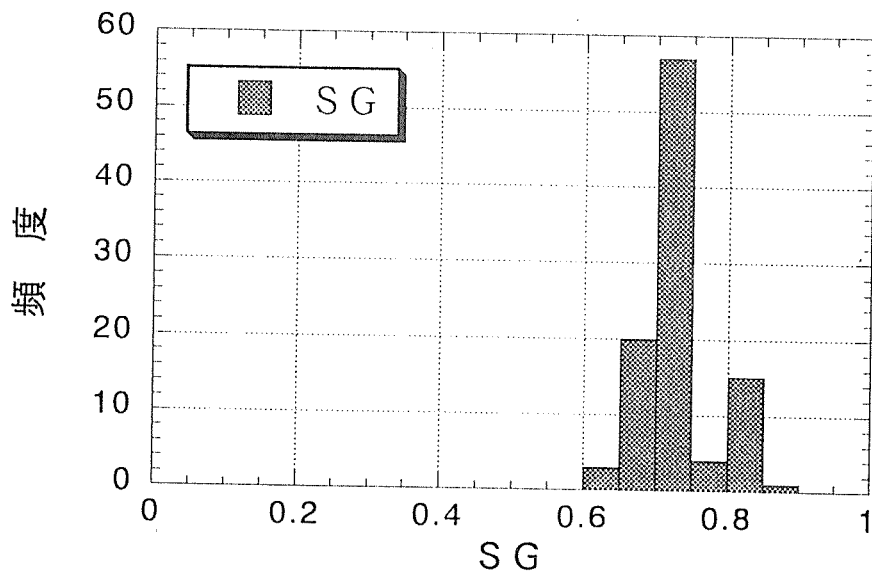


図2-11 ; 実大サイズSG
 $n=100$ 、 $Av.=0.730$ 、 $Ma0.63 \sim Mi0.86$

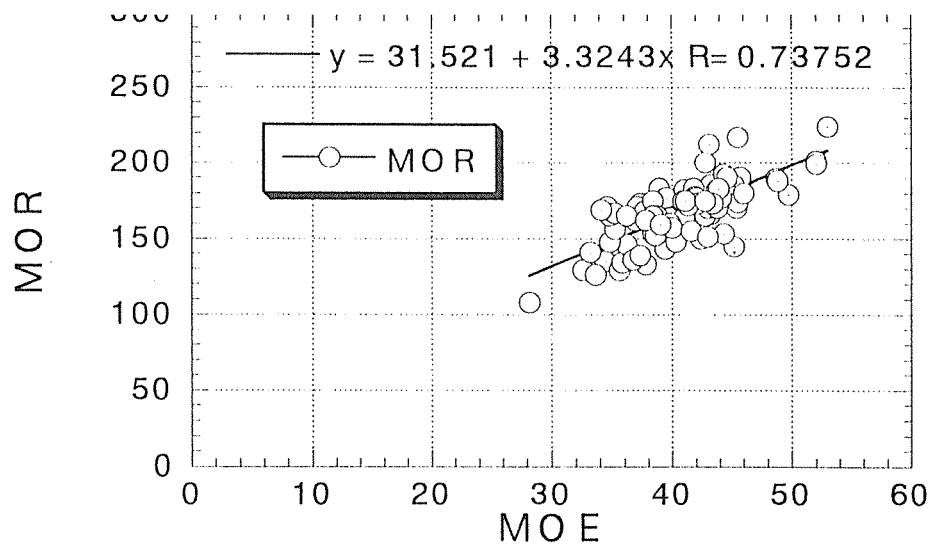


図2・12; 実大サイズ・MOR-MOE
 $n=100$ 、 $MOR=Av.170$ 、 $MOEAv.=40.8$
 市販品 $t=15$ 、 20 、 25 mm
 廃チップB $t=12$ 、 20 mm各20枚

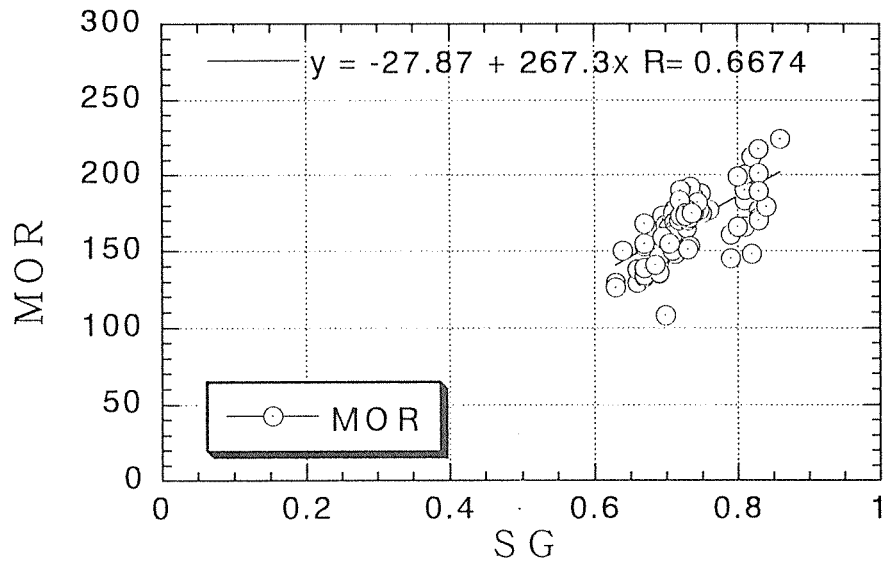


図2-13; 実大サイズ; MOR-SG
 $n=100$ 、 $MORAv=170$ 、 $SGAv=0.730$

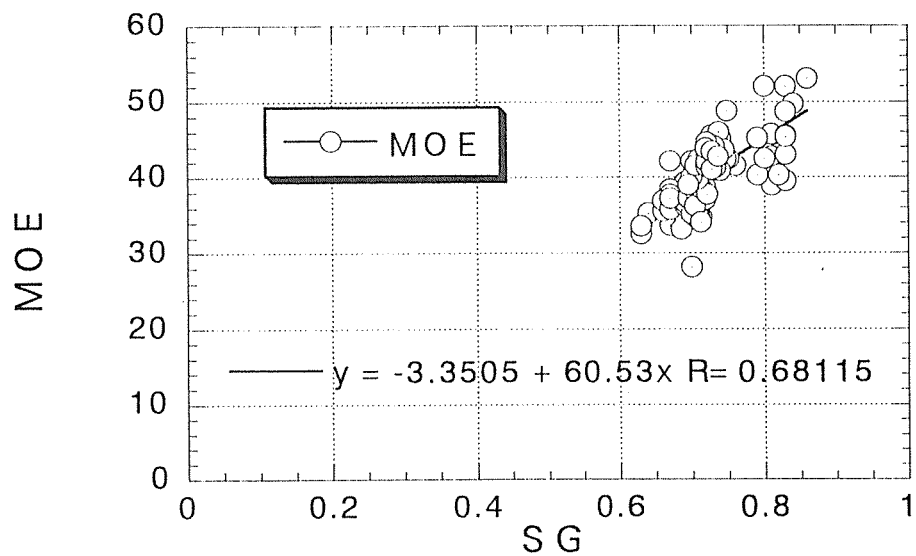


図2・14; 実大サイズ・MOE-SG
 $n=100$ 、 $MOEAv.=40.8$ 、 $SGAv.=0.730$

1. 3 引張性能

引張は鈴木より提供されたデータ⁴⁾をもとに引張強さ、SGの頻度分布図および散布図を図2-16~2-19に示す。試験体の大きさは図2-15に示す。比重は散布状態が小さく、引張強さとの間にはあまり高い相関は見られない。また、このデータは4組のデータより構成されており、原データの平均値を表2-8に示す。図2-19は引張強さと曲げによるヤング係数の関係を示している。

表2-8 引張強さ及び比重の平均値(カッコ内は標準偏差)

種類・厚さ	試験体数	引張強さ kgf/cm ²	比重
P15	20	83.1 (7.1)	0.706
M15	20	93.2 (10.4)	0.709
U15	20	86.7 (7.9)	0.756
P15	41	96.1 (5.6)	0.797

1. 4 せん断性能

せん断性能に関しては大熊等の試験結果⁵⁾がある。ASTMのパネルシアーテストに準じたLW改良型によりせん断強さとせん断弾性係数を求め、ローリングシアーテストに準じた面外のせん断試験より層内せん断強さを求めている。それらの結果を表2-9に示す。比較の意味で構造用合板の結果も示す。

表2-9 PBのせん断性能(カッコ内は試験体数)

種類	面外せん断強さ・層内 kgf/cm ²	面内せん断強さ kgf/cm ²	せん断弾性係数 10 ³ kgf/cm ²
M15	24.2 (12)	17.4 (3)	21.2 (3)
M20	21.4 (12)	16.0 (3)	20.9 (3)
M25	18.0 (8)	15.9 (2)	20.2 (2)
P15	22.3 (16)	17.3 (4)	19.7 (4)
P20	19.4 (12)	18.3 (3)	21.4 (3)
P25	16.2 (12)	17.0 (3)	19.4 (3)
構造用合板 t=12	18.8裏割れ開く 30.0裏割れ閉じる	118.0	4.7

文献

4) 鈴木滋彦、木材学会誌、34-7号、p590~596、36-12号、p1057~1062

5) (財)日本住宅・木材技術センター、床用パーティクルボードの手引き、p16~19

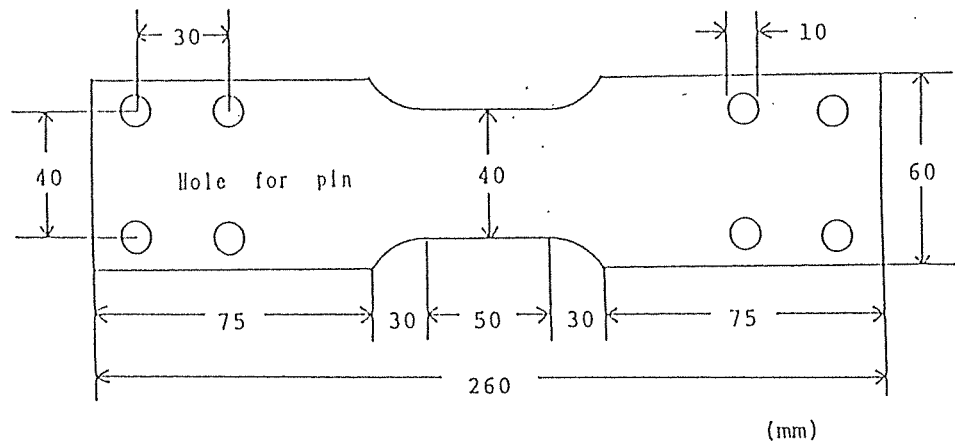


図 2 - 1 5 引張試験体の寸法 (mm)

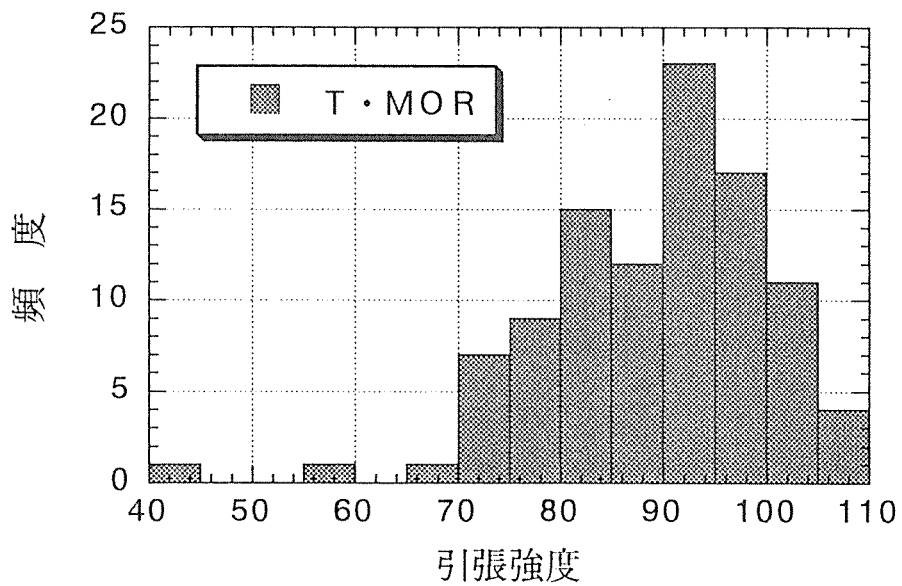


図 2 - 1 6 ; PBの引張強度
 $n=101$ 、 $MOR_{Av.}=89.0$ 、 $Ma107.7 \sim Mi41.6$

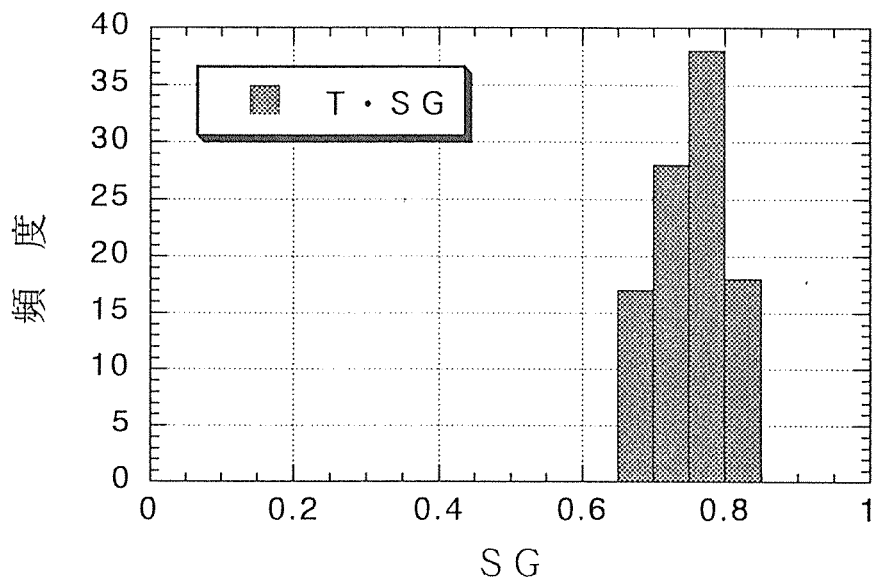


図 2 - 1 7 ; PBの比重SG
 $n=100$ 、 $SG_{Av.}=0.753$ 、 $Ma0.822 \sim Mi0.662$

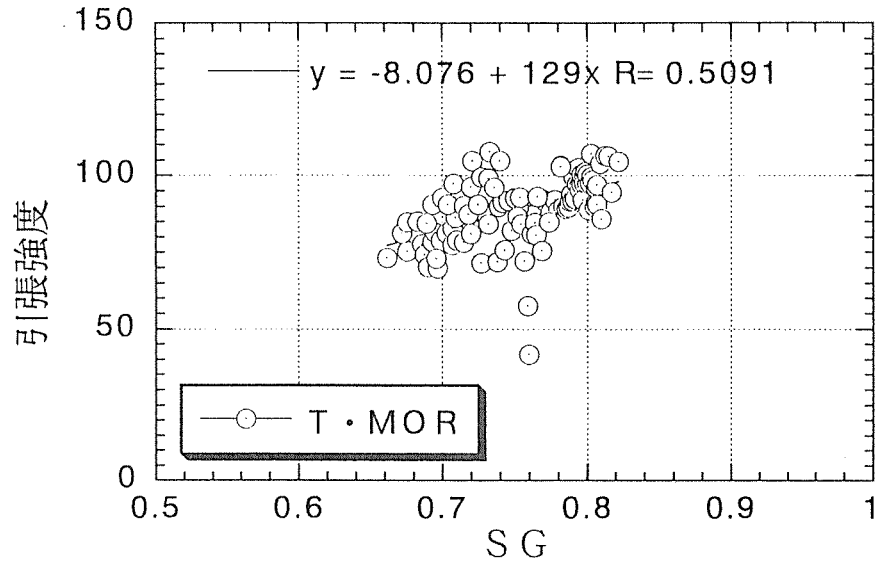


図2-18; PB-引張強度と比重
 $n=100$ 、 $MOR_{Av.}=89.0$ 、 $SG_{Av.}=0.753$

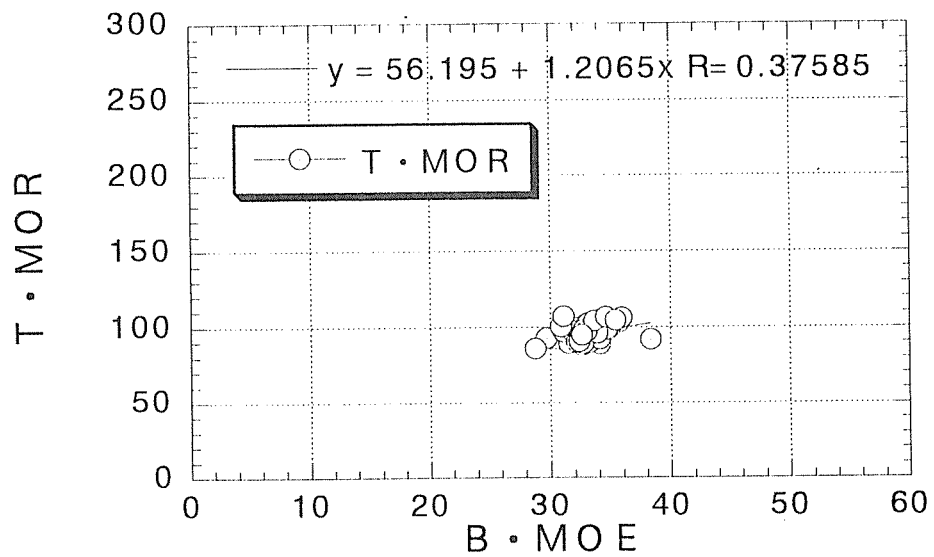


図2-19; 引張MOR-曲げMOE ($t=15$)
 $n=41$ 、 $MOR_{Av.}=96.1$ 、 $MOE_{Av.}=33.0$

2. パーティクルボードの耐久性

パーティクルボードが実際に使用される環境下で、どの程度の期間要求強度を保ちうるか、または、環境条件が提示された時、物理的・機械的性質が時間経過に伴いどのように変化するかを的確に予測することが、耐久性評価の究極的な目標となっている。そのためには、ボードの劣化機構を環境条件との関連を含めて解明する必要があり、同時にまた、地域的な気候条件等の特徴に加えて、床下、屋根裏、台所などの使用箇所に特有の環境条件を、劣化因子として定量的に把握することが必要と考えられている。

パーティクルボードは近年、住宅の床下地材などの構造部材として使用される傾向にある。この場合長期間の耐用年数を保証する必要があり、特に長期使用時の強度的な性能が重視される。長期使用時にボードの強度を低下させる原因としては水分・熱・荷重・生物・化学物質など様々であるが、なかでも水分・熱・荷重は防ぐことのできない劣化因子である。

2. 1 パーティクルボードの劣化要因

パーティクルボードは構成要素である木材小片（パーティクル）を点状に塗布された接着剤をバインダーとして熱圧成型されている。したがって、パーティクルは平面的な分布と三次元的な重なり合いを持ち、局所的には木質部が激しく圧壊された部分を含み全体的に圧密化されている。そのため、ボードの耐久性には接着点と圧縮セットを受けた木材小片の回復の両者が関連している。

ボードが長期間使用されれば、温度変動を受け、大気中の水分状態と呼吸して、吸脱湿が繰り返される。また、場合によっては液状水を吸うことも起こりうる。パーティクルボードにとって水分は強度低下を引き起こす要因であり、ボードの強度に及ぼす水分の影響とは二通りの意味を持っている。一つは、水分による接着剤の直接的な劣化であり、加水分解などがその例である。他方は水分の吸湿が原因となり、圧縮セットを受けた小片の回復により接着結合点が破壊または劣化する現象である。前者を化学的劣化、後者を機械的劣化と呼び分けている¹⁾。この機械的な劣化は吸湿した状態で生じるため、ボードの劣化因子としては重要となる。

膨張収縮により小片間に働く力が問題であるならば、外力により小片の接着結合点に伝達される力も同様に劣化の原因となると考えられる。家具の荷重、住人の歩行、子供がとび跳ねる衝撃力、台風や地震力など、これらは持続的または間欠的にボードに作用している。繰り返し荷重がかかることで材料が破壊または劣化する現象を疲労と称するが、内部応力による機械的劣化と外力の作用による影響は広義には疲労現象として捉えることも可能であろう。

ボードの劣化は、接着結合点の劣化であり、外的要因に対して接着点それ自体の化学的劣化とボードの構成上の特徴に起因する機械的劣化が進行してゆく過程が問題となる。し

たがって、耐久性を問題とする場合には、ボードの性能を改良する努力を行うことが第一に必要であることは言うまでもないが、環境変化を考慮し劣化の進行する度合いを的確に評価することにより、使用限界、利用適性を明確にすることが重要な課題となるであろう。使用環境と強度低減の関係を明らかにすることにより、ボードに許容応力度を与える際の環境による調整係数が妥当なものとなる。

2. 2 促進劣化処理法の課題

パーティクルボードの耐久性能評価を目的とした規格は J I S には明確化されていない。耐久性に関連した項目としては、湿潤曲げ試験が規定されている。しかし、この規定はボードに使用されている接着剤の区分化、品質管理的な趣が強く、必ずしも耐久性能評価法とはなりえない。

現在、ボードの耐久性を評価する試みとしては、大別して二通りが行われている。一つは、前述の J I S に見られるような、短期的な評価である。煮沸試験、吸水試験などにより品質を検討し、将来の保証をしようという試みである。他方は、長期使用を考慮し、時間経過の要素を加味した評価を行おうとするものである。長期の耐久性評価のためには実際に使用した場合の強度を求めるのが理想であるが、時間的な制約に加え、新たなボードが開発された場合を考えると実情にそぐわない。そのため時間の効果を短縮する目的で促進劣化処理またはその繰り返しによる評価が必要となる。

促進劣化処理によりボードの耐久性を評価する場合の問題点はおよそ次の 2 点であろう。一つは、処理条件と実用環境との対応関係である。言い換えれば、処理の繰り返しによってボードの強度が低下していくときボードの内部で起こっている劣化のメカニズムと、実際使用時に環境変化の中でボードが劣化していくメカニズムとが同じであるかということである。使用条件と対応した処理を行えば耐久性の良否を把握するのに有力な手段となるであろう。もう一つの問題点は、これは耐久性評価の抱える最大の課題といってもよいであろうが、処理の厳しさや処理時間または処理の繰り返し数の時間への換算である。実験室レベルで行う促進劣化処理の結果を評価するためには、暴露試験結果との対応関係から時間に換算する方法や、実用例との対応を検討する方法が可能である。しかし、暴露により得られたデータは気象条件など地域的な特性に左右され再現性に問題点がある。また、実用例を比較の対象とするのが最も効果的であるけれども、資料はきわめて乏しい²⁾。また、耐用年数への換算に際しては、実際の使用条件を考慮する必要があるが、その実用条件、すなわち使用環境そのものも地域、使用箇所により多様であるため、分類・整理する必要があると思われる。

したがって、現時点で行いうる方法は時間の効果を考慮した促進劣化処理の繰り返し処理を行い、ボード間で相対的な評価を行うことが有効かつ現実的であると考えられている。パーティクルボードの場合には、たとえば耐久性に優れたフェノール系樹脂使用のボードを標準ボードとして、促進劣化処理試験の結果からどの程度優れているのか、または劣る

のかを評価する方法である。実用環境下で使用されたボードの強度との比較を行えば長期使用後の残存強度の概略を知ることにも不可能ではない。また、同一の促進劣化処理条件により、多種類のボードの資料を蓄積することも重要である。相対的な比較の対象を多数そろえておくことにより、新たに評価の必要となったボードを、既存の資料と対比させて耐久性評価の判断を下すことが可能となるからである。

促進劣化処理によるパーティクルボードの耐久性評価の課題をまとめると、①処理による劣化のメカニズムを検討し、②ボード間の相対的な評価を中心にデータの蓄積を行い、かつ、③処理時間または処理回数の実用時間への換算の努力を行うこととなるであろう。

2. 3 耐久性評価を目的とした促進劣化試験法

パーティクルボードの耐久性評価に関連した国内の規格としては、J I S A 5908の2種類の湿潤曲げ試験がある。「湿潤曲げ強さA試験」では、

70℃±3℃の温水に2時間浸漬 → 常温水に1時間浸漬

処理して、ぬれた状態で曲げ強さを評価する。「湿潤曲げ強さB試験」では、

沸騰水に2時間浸漬 → 常温水に1時間浸漬

処理して、同様にぬれた状態で曲げ強さを評価する。しかし、この規定はボードに使用されている接着剤の区分化、品質管理的な趣が強く、必ずしも耐久性評価法とはなりえない。斎藤ら³⁾は減圧加圧吸水と温風乾燥を繰り返すいわゆる「V P S D」繰り返し処理によりパーティクルボードの耐久性評価を行っている。

米国ではA S T M D1037の試験方法が知られている⁶⁾。これは、

50℃の温水に1時間浸漬 → 95℃のスチーム処理3時間 →

→ -12℃で凍結20時間 → 100℃で3時間熱風乾燥 →

→ 95℃のスチーム処理3時間 → 100℃で熱風乾燥18時間

を1サイクルとしてこれを6回繰り返す方法であり、A S T M-6サイクルテストと呼ばれている。1回の処理に2日、合計では12日間を要するこの方法は長期間を要し繁雑であるとの理由から、W C A M A-6サイクルテストと呼ばれる促進処理試験法が米国西海岸接着剤製造者協会が提案した⁴⁾。これは、

66~71cmHg下で18~27℃の水中浸漬30分 → 煮沸処理3時間 →

→ 105℃で乾燥20時間

を1サイクルとして6回繰り返すものである。所要時間は6日間である。このほか、A P Aの試験方法D-1⁵⁾には、

66℃の温水中に8時間浸漬 → 82℃で元の重量まで乾燥 →

→ 室温で1.5時間静置

の処理が規定されている。耐久性の評価としては、1年間の屋外暴露に相当すると考えられている。また、試験方法D-4には、通称A P A-6サイクルテストと呼ばれる処理方法が規定されている。

38cmHg減圧下で66℃の温水浸漬30分 → 常圧下で浸漬30分 →
 → 82℃の温風乾燥6時間 → 38cmHg減圧下で66℃の温水浸漬30分 →
 → 常圧下で浸漬30分 → 82℃の温風乾燥を15時間

これを2サイクルとし3回繰り返すことで6サイクルテストと呼ばれている。外装用1級に等級付けされたパネルのはく離および強度残留率の評価に用いられている。

一方、ヨーロッパの耐久性能関連の試験方法を見ると、英国の規格(BS 5669)では耐水性ボード(タイプⅢ)に次の促進劣化処理法を適用している。この方法は、

20℃の水中浸漬72時間 → -12℃で凍結処理24時間 →
 → 70℃の温風乾燥72時間

を1サイクルとして3回繰り返すものである。1サイクルに7日間を要する試験方法である。この方法はフランス規格、NF B51-263(V313)と同一である。

ドイツのボード規格(DIN 68763)では、耐水性のタイプⅢボードに対して、

20℃の水中浸漬+1~2時間で100℃に加熱 → 煮沸処理2時間 →
 → 20℃水中浸漬1時間

の処理を処理を行い、処理後のぬれた状態ではく離強さが0.15MPa以上あることを要求している。

2.4 耐久性に関する既存の資料

梶田^{7, 8)}は市販の国産パーティクルボード4種類(表2-1)を用いて各種の繰り返し促進劣化処理を行った。ASTM-6サイクル法による厚さ変化およびはく離強度残留率を図2-1に示した。Uボードは最初のスチーム処理で崩壊し、Mボードは1サイクルの最初のスチーム処理で約70%の厚さ膨張率を示し、同サイクル終了時に約55%の非可逆な厚さ膨張を生じた。この時点でMボードの表層パーティクルに若干のはく離がみられ、さらに2サイクルの最初のスチーム処理で厚さの測定が不可能となった。Pボードの場合、6サイクル終了時の非可逆な厚さ膨張の約40%がすでに第1サイクルの終了時に生じた。」と述べている。

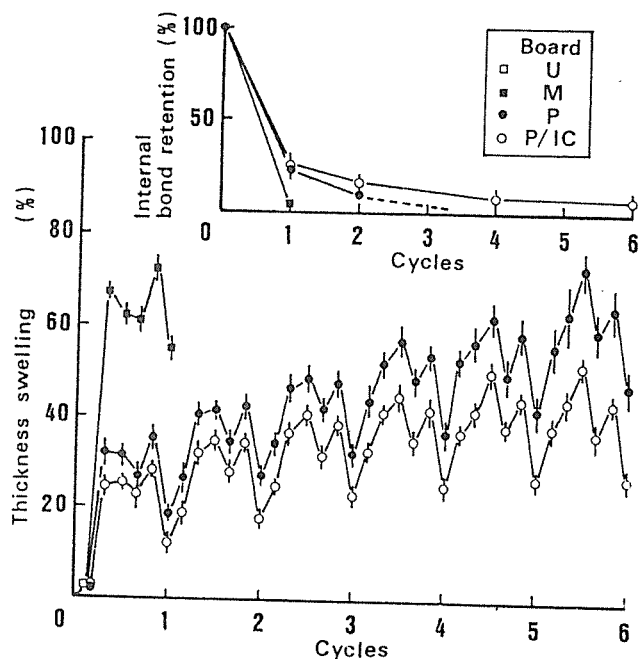


図2-1 ASTM促進処理による厚さ膨張率(TS)およびはく離(IB)強度残留率⁷⁾

表2-1 供試パーティクルボードの材質⁷⁾

記号	接着剤	比重	含水率 (%)	MOR (kgf/cm ²)	MOE (tonf/cm ²)	はく離強さ (kgf/cm ²)	厚さ膨張* (%)
U	UF	0.71	10.8	140	24.8	6.35	13.0
M	UMF	0.80	10.5	204	34.6	6.49	5.9
P	PMF	0.82	11.2	198	33.9	7.88	7.4
P/I C	PMF/IC	0.77	10.9	226	36.5	11.4	7.2

*) 常温水中24時間浸漬

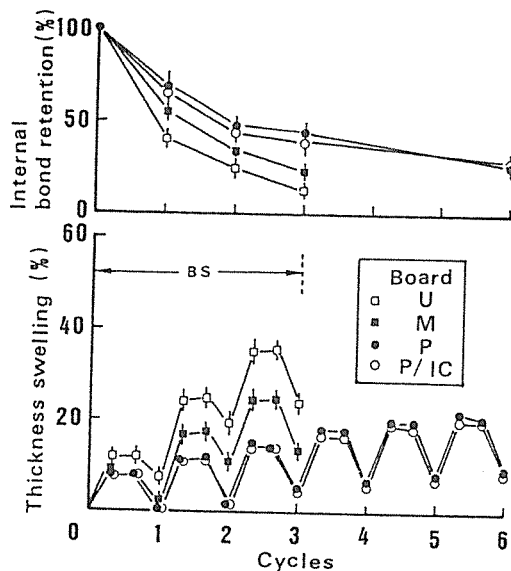


図2-2 BS 5669の促進処理による厚さ膨張率とはく離強度残留率⁷⁾

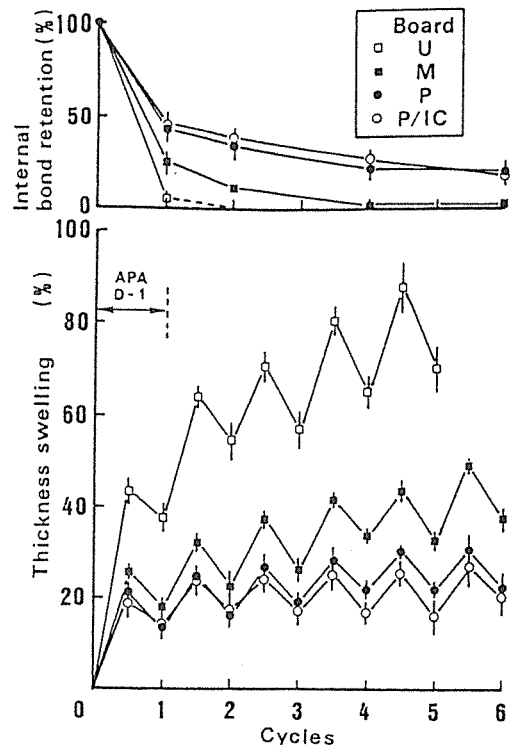


図2-3 APA D-1処理繰り返しによる厚さ膨張率とはく離強度残留率⁷⁾

図2-2に英国の規格BS 5669の3サイクル試験を2回、合計6回繰り返した時のはく離強度残留率および厚さ膨張率を示した。また、APA D-1⁵⁾を6回繰り返した時の結果を図2-3に示した。

図2-4には、各種繰り返し試験方法により市販ボード4種類を促進処理した後のスプリングバックの値を示した。ここでCyclic boil-dry試験とは、

2時間煮沸 → 105℃で22時間乾燥

処理を繰り返したものであり、Cyclic soak-dryとはAPA D-1の処理を繰り返したものである。これらの試験結果から、「市販のパーティクルボードの厚さ膨張率とはく離強度残留率の評価から、ボードの製造に用いられた接着剤の種類に応じた成果が得られているこ

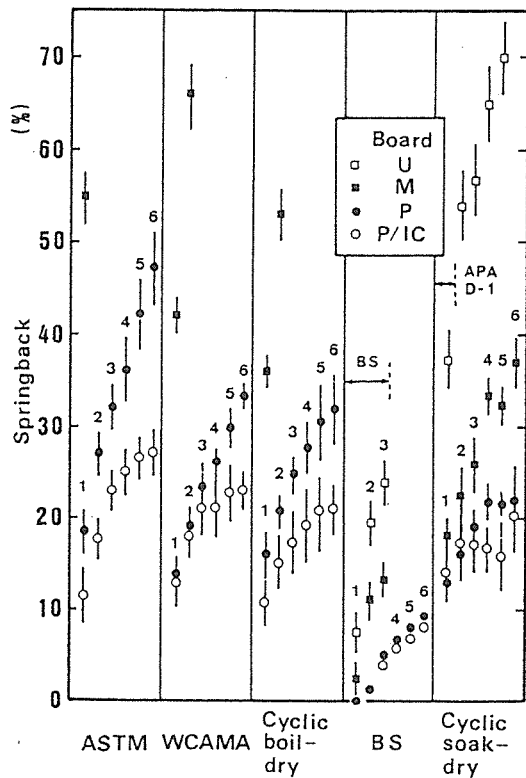


図2-4 各種促進処理後のスプリングバック。 数値は処理回数⁷⁾

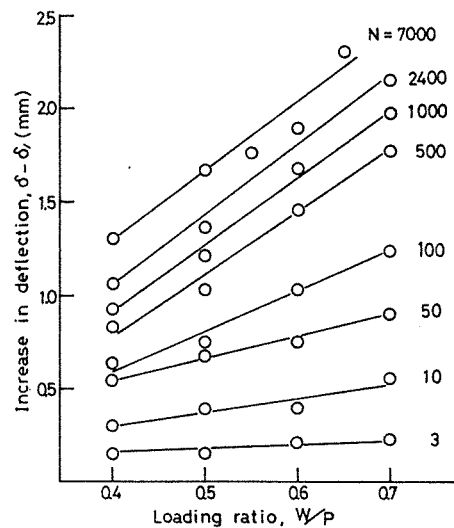


図2-5 PFボードの気乾状態でのたわみ増加。 N:繰返し数。 δ :繰返し数Nの時のたわみ。 δ_1 :初期たわみ(N=1).⁹⁾

と、また各種促進劣化処理方法の間では、ASTM法、WCAMA法、煮沸乾燥繰返し法との間に良好な相関が認められる」との結論を導いている。

大熊ら⁹⁾は3種類のパーティクルボードの曲げ疲労試験を常態および湿潤状態で行い、破壊荷重に対する荷重比、破壊までの負荷回数、たわみの増加量からボードの耐久性を評価した。図2-5にPFレジジン使用パーティクルボードの繰返し負荷曲げ荷重比とたわみの増加の様子を示した。各繰返し数における勾配を湿潤と常態、またボードの種類について評価した。

表2-2 各種促進劣化処理後のパーティクルボードの強度低下⁹⁾

ボードタイプ	繰返し曲げ試験* ¹	静的曲げ試験	
		湿潤* ² σ_w / σ_n	煮沸* ³ σ_b / σ_n
PF	Now/Non	0.74 (1.00)	0.70 (1.00)
MUF		0.72 (0.97)	0.40 (0.57)
UF		0.67 (0.91)	0.10 (0.14)

*1) 湿潤試験片と常態試験片の破壊までの負荷回数比 (荷重比: 0.5)

*2) 湿潤試験片と常態試験片の曲げ強さ比

*3) 煮沸試験片と常態試験片の曲げ強さ比

()内はPFボードに対する比

表2-2に、荷重比0.5における湿潤および常態試験片の破壊までの負荷回数比を示し、一般に採用されている水中浸漬、煮沸処理後の静的曲げ強さ残留率と比較した。これによると、湿潤曲げ残留率ではPF、MUF、UFの3種類の接着剤の差は小さく、また特にPFとMUFとの差はほとんど認められない。これに対して、破壊までの負荷回数の比ではボード間に大きな差が認められ、同時にPFボードの優位性が明らかとなっている。

関野ら¹⁰⁾は15mm厚の市販パーティクルボード4種類（フェノール樹脂ボード（PF）、ユリア樹脂ボード（UF）、ユリアメラミン樹脂ボード（UM）、イソシアネート樹脂ボード（IS））を用いて、繰り返し曲げ疲労試験および促進劣化試験を行った。表2-3に2種類の処理によるMOR、MOEの残留率を示した。また、繰り返し曲げ負荷を百万回行った時の推定疲労強度をコントロールに対する百分率で示した。

表2-3 パーティクルボードの強度低下¹⁰⁾

ボードタイプ	PF	UF	UM	IS
常態				
比重	0.818	0.700	0.785	0.804
MOR(kgf/cm ²)	177	145	198	234
MOE(tonf/cm ²)	31.8	29.7	35.7	41.9
10 ⁶ 回負荷時の推定疲労強度比(%)	55.5	49.1	49.0	54.8
2時間吸水処理				
MOR残留率(%)	89.7	45.6	61.6	84.0
MOE残留率(%)	74.0	49.4	53.1	63.8
10 ⁶ 回負荷時の推定疲労強度比(%)	40.6	22.0	30.8	28.1
40℃95%RHで3日間調湿処理				
MOR残留率(%)	89.1	63.2	70.2	82.2
MOE残留率(%)	84.7	62.3	72.1	74.9
10 ⁶ 回負荷時の推定疲労強度比(%)	53.1	31.0	37.4	44.3

また、18ヶ月間階段に敷設して実際の歩行による材質劣化の様子を、敷設したボード裏面の含水率状態を変化させて耐久性能を評価した¹¹⁾。その結果、「含水率6~10%の気乾状態にあるボードでは、応力比0.25、2万~7万回の繰り返し曲げを受けてもMOR、MOEの低下は認められないが、含水率12~16%および18~22%の高含水率状態では、MORおよびMOEの残存率は使用時間の対数に対してほぼ直線的に低下し、また曲げ性能の低下は荷重の繰り返しよりも水分の影響を大きく受けた。」と報告している。

斎藤ら³⁾は15mm厚さ5種類の市販パーティクルボード（ユリア樹脂接着剤ボード（U）、ユリアメラミン共縮合樹脂接着剤ボード（M1、M2）、フェノール樹脂接着剤ボード（P1）、フェノールメラミン樹脂接着剤ボード（P2））を用いていわゆるVP SD処理、

常温水中で減圧加圧浸漬1時間 → 60℃で送風乾燥24時間

を10回繰り返し行い、厚さ膨張率およびはく離強さを評価した。図2-6は各処理回数の後再調湿を行った時の厚さ膨張率を示している。図2-7ははく離強さの残留率を示している。ボードの種類により耐久性能が異なり、フェノール樹脂ボードの優位性が示されて

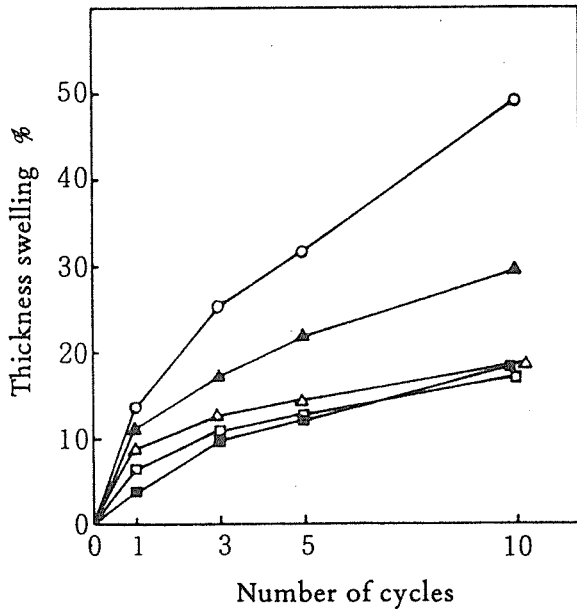


図2-6 VPSD繰り返し処理による厚さ変化³⁾

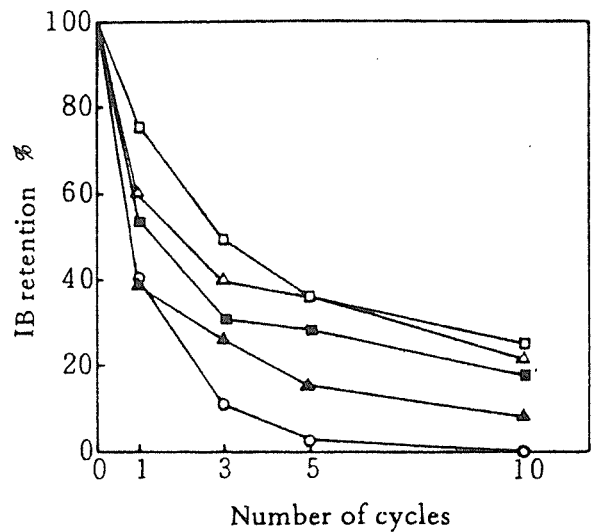


図2-7 VPSD処理によるはく離強度残留率³⁾

Board: ○ U, △ M₁, ▲ M₂, □ P₁, ■ P₂

いる。また、厚さ方向の膨潤を拘束して行った促進劣化処理の結果から、「PFレジンボードの促進劣化処理による強度低下の主要因は接着剤の機械的な破壊であり、UFレジンボードの強度低下は機械的破壊と加水分解が関与する」との結論を得た。

鈴木ら¹²⁾は市販のパーティクルボード3種類(PF、UMF、UF)を用いてボード面に垂直方向の引張り繰り返し疲労試験を行い、疲労強度に及ぼす促進処理の影響を検討した。

また、含水率と疲労強度の関連を検討した¹³⁾。同様に3種類のパーティクルボードを用いてボード面に平行方向の引張り疲労強度に及ぼす促進処理

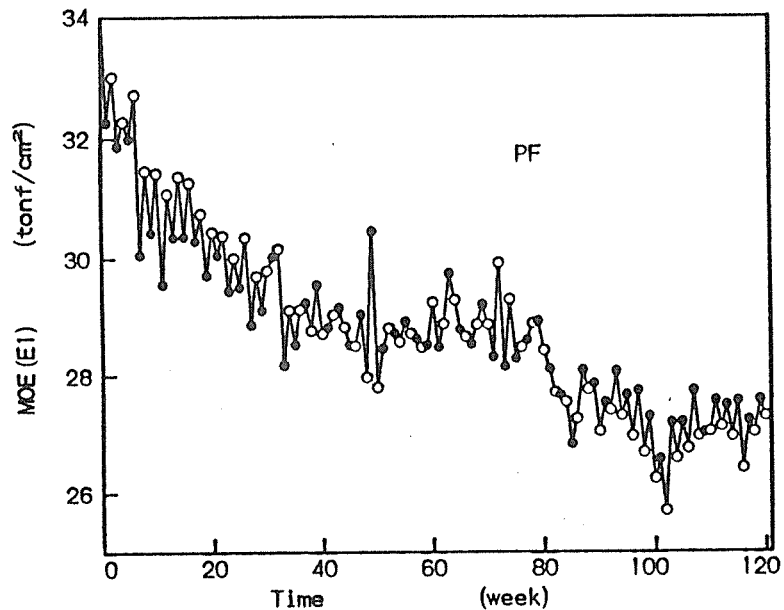


図2-8

初期の厚さを基にしたMOEの吸脱湿に伴う変化(PFボード)¹⁵⁾

(1時間常温水中浸漬→ラップにくるみ常温室内で6日間静置→50℃で24時間送風乾燥) 繰り返しの影響を検討した¹⁴⁾。その中で、点接着されたパーティクルボードの劣化モデルを提案している。一般に促進劣化処理の回数や時間、または暴露時間と処理後の強度の関係は次の様な関係にあると考えられ統計的な処理がなされている。

$$F(t) = F_0 - kt$$

$$F(t) = F_0 - kt^{(0.5)}$$

$$\log F(t) = \log F_0 - kt$$

$$F(t) = F_0 - k \log t$$

などである。ここで、 $F(t)$ は時間あるいは処理回数 t における強度であり F_0 は初期強度である。パーティクルボードの場合、処理の繰り返しにより内部の接着点が減少するがその減少速度は処理により変化することから、ボードの強度ならびに厚さ膨張率に影響を与える劣化因子を接着点の数 N に置き換え、 $dN/dt = -k(N - N_s)$ を仮定して、厚さ膨張率 T および強度残留率 R が、 α 、 β 、 A 、 B を実験定数とした以下の式を提案した。

$$T = \alpha (1 - \exp(-t/\beta))$$

$$R = A + (1 - A)\exp(-t/B)$$

また、鈴木ら¹⁵⁾ は4種類の15mm厚の市販パーティクルボードを用いて、
90~95%RH中で1週間吸湿 → 40~45RH中で1週間脱湿

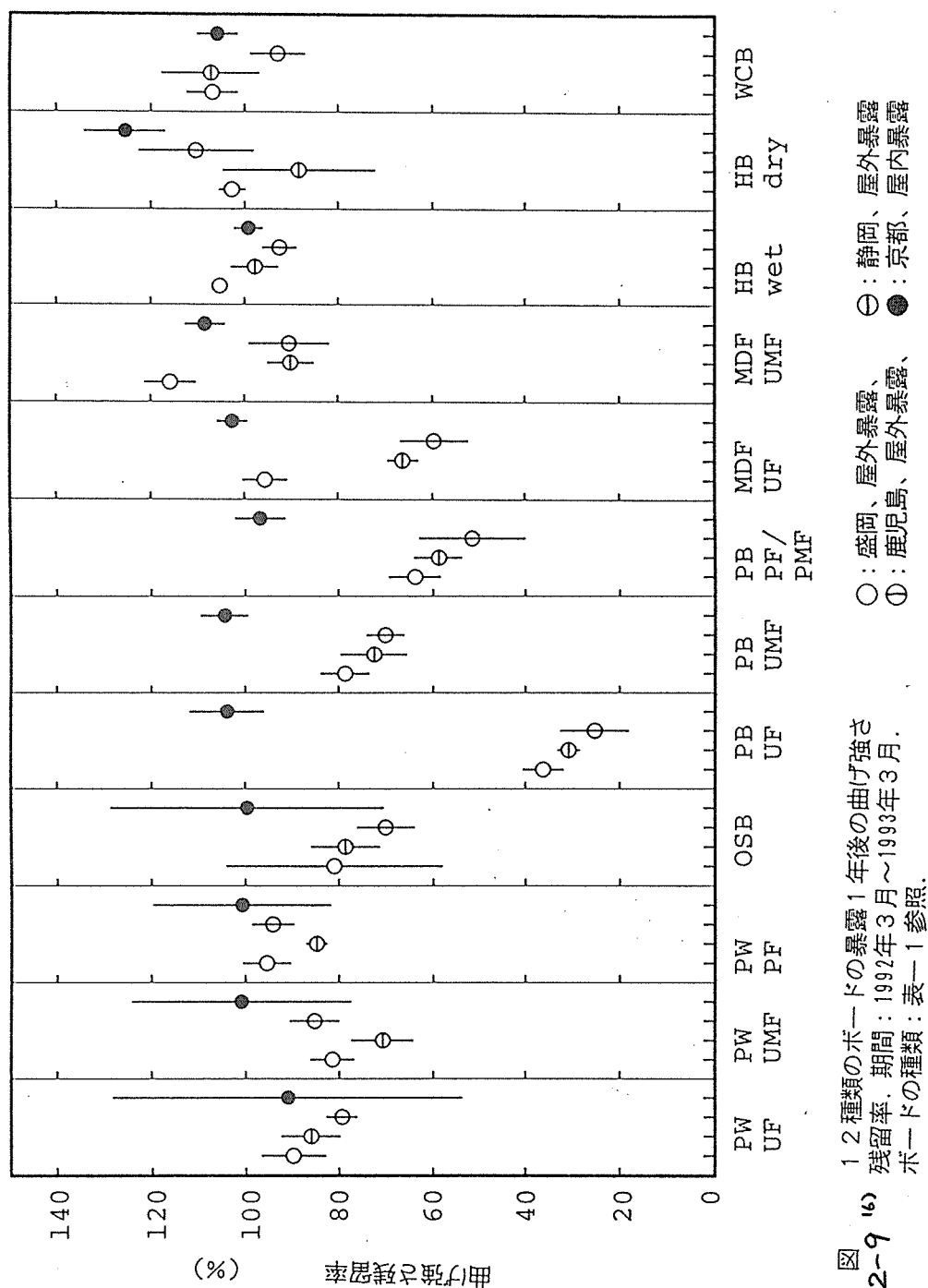
処理を140週間繰り返して曲げヤング係数および厚さの変化を追跡した。図2-8にPFボードのヤング係数の変化を示した。初期の厚さを基準とすると、ヤング係数は徐々に低下するものの処理時間とともに一定の値に収束する傾向が認められること、また、60週以降では吸湿時のヤング係数の方が脱湿時よりも高くなることから、「処理の初期では、パーティクルボードは接着点の切断などによる劣化を伴いながら膨張収縮を繰り返すが、処理回数が増ていくと、与えられた環境内での劣化速度が遅くなり、劣化を伴わない膨張収縮が繰り返される」と推察している。表2-4に140週間処理を繰り返した後の材質変化の様子を示した。

	PF	UMF	UF	IC
MOE	77.3	85.6	80.1	79.0
E'	82.2	88.4	86.0	84.7
tan δ	128	118	122	128
MOR	76.6	82.7	74.9	83.3
IB	75.0	70.1	53.8	88.6
MOE*	98.1	99.5	98.3	96.9

値は未処理の数値に対する百分率、E' : 動的ヤング係数
* : 25℃、65%RH下に約3年間静置後のMOR

各種促進処理の結果は暴露試験結果と対応させて時間経過への換算を試みる場合が多い。

しかしながら暴露試験は長期を要すること、地域差が生じることに加えて屋外暴露でボードに負荷される環境条件と、たとえば住宅内部で使用されたボードが受ける環境条件との間に差があることなど問題点も多く、そのため国内でボードの暴露データは見当たらなかった。木材学会のボード懇話会では、日本木材加工技術協会ならびに日本繊維板工業会の協力によりボードの暴露試験に着手した。図2-9に盛岡、静岡、鹿児島で屋外暴露試験に供したボード類12種類（合板3種類、OSB1種類、パーティクルボード3種類、



MDF 2種類、ハードボード2種類、木片セメント板1種類)の1年後の曲げ強さ残留率を示した¹⁶⁾。1992年3月に開始された暴露試験は現在進行中である。

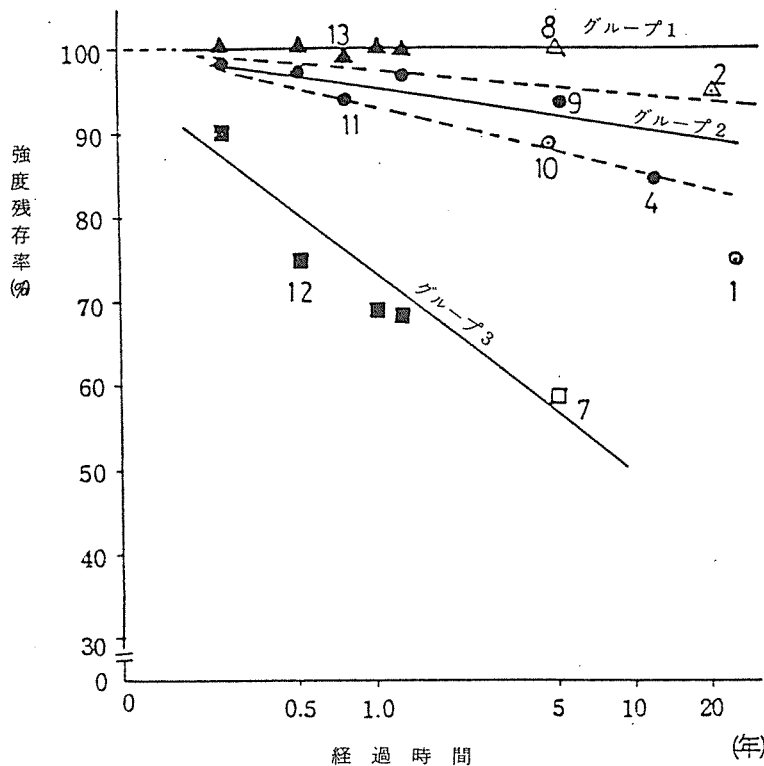


図2-10
使用年数による
パーティクルボ
ードの強度低下²⁾

		接着剤		
		P	M	U
1	繰り返し荷重を受けない、水分状態はよい	△	▲	△
2	繰り返し荷重を受けるが、水分状態は良い(含水率10~11.5%)	○	●	◎
3	繰り返し荷重を受け、水分常態も悪い(含水率14.5~19%)	□	■	

数字はサンプル毎に一致する。数字のない点は東大のデータ

以上、各種の耐久性能に関する資料を眺めてきたが、促進劣化処理や暴露試験などのデータの信頼度を高める最も効果的な方法は、実際に使用されていたボードを試験して強度の継年変化と環境との関連を評価することである。しかしながらこの種の資料はきわめて限られている。1980年8月~9月の間に採取されたサンプルをもとに得られた経過時間と曲げ強さ残留率の関係を図2-10に示した²⁾。この図は、環境により強度残存率が変化することと、ユリアメラミンボードおよびフェノールボードでは正常な施工と正しい保守を受ければ床下地材として10年以上の長期使用に対して十分に安全な材料であることを示すものである。

参考文献

- 1) Dinwoodie, J.M.: Causes of Deterioration of UF Chipboard under Cyclic Humidity Conditions I, *Holzforschung*, 31(2), 50-55 (1977).

- 2) 「床用パーティクルボードの手引き、その品質と性能」、日本住宅・木材技術センター、昭和59年3月、p70-79 (1984).
- 3) 斎藤藤市、他：パーティクルボードの機械的膨潤抑制が小片結合力におよぼす影響、木材学会誌、**27**(11)、782-787 (1981).
- 4) West Coast Adhesives Manufacturers Association Technical Committee: A proposed new test for accelerated aging of phenolic resin-bonded particleboard., *Forest Prod.J.*, **16**(6), 19-23 (1966).
- 5) American Plywood Association: Performance Standards and Policies for Structural-Use Panels. APA Test Method D-1, Tacoma, WA, 1986.
- 6) 川合秀一：木質ボードの接着耐久性、日本木材学会研究分科会報告書「木材の科学と利用技術、1. 接着耐久性」、p59-70 (1989).
- 7) Kajita, H., et al: Durability evaluation of particleboards by accelerated aging tests, *Wood Sci. Technol.*, **25**, 239-249 (1991).
- 8) 梶田 熙：昭和62科学研究費補助金(総合研究A)研究成果報告書「木材構造用接着剤の新しい耐久性評価に関する基礎的研究」、p.62-67 (1988).
- 9) Okuma, M., et al: Durability of Structural Particleboard Evaluated by Repetitive Loading Tests, ASTM Special Technical Publication 691, (1980).
- 10) 関野 登、大熊幹章：構造用パーティクルボードの耐久性（第2報）、木材学会誌、**31**(3),163-169(1986).
- 11) 関野 登、大熊幹章：構造用パーティクルボードの耐久性（第1報）、木材学会誌、**31**(10), 801-806 (1985).
- 12) Suzuki, S.; Saito, F.: Fatigue Behavior of Particleboard in Tension Perpendicular to the Surface I, *Mokuzai Gakkaishi*, **30**(10), 799-806 (1984).
- 13) Suzuki, S.; Saito, F.: Fatigue Behavior of Particleboard in Tension Perpendicular to the Surface II, *Mokuzai Gakkaishi*, **32**(10), 801-807 (1986).
- 14) Suzuki, S.; Saito, F.: Fatigue aproperties of Particleboards I, *Mokuzai Gakkaishi*, **34**(7), 801-807 (1988).
- 15) 鈴木滋彦、斎藤藤市：長期間吸脱湿繰り返し処理を受けたパーティクルボードの材質劣化、木材保存、**18**-3、145-152 (1992).
- 16) 「新時代を迎えた木質ボード類、防・耐火性・耐久性、木質ボードを取り巻く情勢」日本木材加工技術協会木質ボード部会講習会テキスト、p48-97、(1993),

3. パーティクルボードのクリープ特性

3. 1 はじめに

わが国では、木質材料のうち構造用面材料として合板が多用されているが、近年地球環境問題への関心の高まりから、東南アジアの森林伐採を抑制する動きが活発化し、わが国のラワン合板製造、消費に対する姿勢も見直しを余儀なくされている。これらから今後構造用面材料としてパーティクルボードなどボード類の重要性が増すものと思われる。

木材や木質材料に一定の荷重（応力）を継続して作用させると、時間の経過につれて変形が増加する。この現象をクリープ現象というが、木材などが完全な弾性体でなく時間に依存する粘弾性体であることを示しており、構造設計にあたりその影響を考慮しておく必要がある。構造部材としてのクリープの評価としては、「クリープ限度」（永久に破壊することなく継続载荷に耐えうる応力度あるいは継続载荷を受けても最終的にクリープが休止するような応力度）と「クリープ変形の長期推定」に大きく区分される。パーティクルボードのクリープ変形は木材に比べて大きく、またクリープに及ぼす水分の影響が非常に大きいといわれている。ここでは、わが国で行われた実験結果を中心にパーティクルボードの長期負荷における挙動について述べる。

3. 2 クリープ曲線の表示

木材の場合と同様に、木質材料の曲げクリープ変形を表す関係式に $\log t$ 則、power functionが採用されている。

$$\delta c(t) = a \log t + b \quad \dots\dots(1)$$

$$\delta c(t) = A t^N \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 t は時間、 a 、 b 、 A 、 N は定数である。木材の場合、短時間側では式 (1) が、長時間側になると式 (2) の方が適合性がよいといわれている。パーティクルボードのクリープ曲線の一般表示としては応力比を制限してpower functionに当てはめることが多い。

池田ら¹⁾ は一定温湿度条件下、応力レベル約33%で行ったパーティクルボードの曲げクリープをpower functionで表現し、負荷時間 1,500分の結果から10,000分のクリープ挙動が推定可能としている。また、実験定数 A はヤング係数と同様チップ長さとはボード比重に依存し、 N はほぼ一定で0.29としている。

齊藤ら²⁾ は市販パーティクルボード（多層ユリアボード）について一定温湿度（20℃、RH65%）条件で応力レベル10~80%、負荷時間7日間（一部 400日間）の曲げクリープ試験を行い、応力レベル50%以下ではパーティクルボードのクリープ変形がpower functionに適合するとしている（図1）。

Haygreenら³⁾ も応力レベル10%、20%におけるパーティクルボードの曲げクリープ変形（360時間）はpower functionによく当てはまることを示した。

有馬ら⁴⁾ はPタイプおよびMタイプパーティクルボード（厚さ15、20、25mm）に応力レベ

ル9～27%の範囲の曲げ荷重を負荷したときのクリープ曲線をpower functionに当てはめ、定数Aは荷重と比例しており、定数Nは荷重の依存がなく一定の値を示すとしている。これらの結果からパーティクルボードの標準状態でのクリープ曲線を示す実験定数Nは0.17～0.34にあり、 A/δ 。(瞬間たわみに対する負荷後1日経過後のクリープたわみ)は0.19～0.37の範囲にあることを示した。これらの実験定数から負荷後10年および50年後の瞬間たわみに対する全たわみの比率を算出し(表1)、ボードタイプによってかなり差異があることを指摘している。

有馬⁴⁾は既存の木質材料のデータから時間tをday単位としてA、Nを算出し、Aについては木材や合板は概してその値が小さいこと、ハードボードやパーティクルボードでは製造方法によって差異が大きいと述べている。また、Nについては木材は0.13～0.30、合板0.20～0.35、パーティクルボード0.20～0.35、ハードボード0.18～0.35の範囲内であった。一般的な評価として木材、合板がクリープする比率が少なく、パーティクルボードが次で、ハードボードは製造条件によってかなり差があると述べている(表2)。

3.3 クリープ変形におよぼすボード構成の影響

パーティクルボードを構成している小片、接着剤などがボード材質に影響を及ぼすことは古くから知られているが、クリープ特性にも影響を及ぼすと考えられる。

池田ら¹⁾は小片長さが1cmから4cmに増大するとクリープが減少し、8cmでは逆に幾分増加した結果を示している。Lehmannら⁵⁾も小片長さが2インチから4インチに増加することによってクリープ変形が減少すること、小片を配向させることによってクリープが減少することを報告している(図2)。

パーティクルボードのヤング係数のクリープへの影響を表3⁴⁾に示した。一般的な傾向としてヤング率の大きいものはクリープしにくいと考えられる。

接着剤の影響に関しては、PFレジジンボードとUFレジジンボードに差がみられないもの^{3)、6)}、PFボードがUFボードより大きなクリープ変形を示す場合⁷⁾、UFボードはPFボードに比べクリープ変形が大きい場合⁴⁾などが報告されている。接着剤添加率の関係は、添加率を増加させることによってクリープが減少する傾向がみられる^{5)、6)}。

3.4 温湿度の影響

パーティクルボードのクリープ変形に及ぼす水分の影響が大きいといわれている。

Bryanら⁷⁾は平衡含水率が18%になるような温湿度条件におけるパーティクルボードの相対クリープ(初期変形に対するクリープ変形の比、400時間)は、含水率6%の値の約10倍(ユリアボード13倍、フェノールボード7倍)大きく、木材と異なりパーティクルボードでは含水率の影響が大きいことを指摘している。

Haygreenら³⁾は温度一定で相対湿度を上げていくと、パーティクルボードのクリープ変形はRH75～80%付近で急増するとしている。これに対して、合板、配向パーティクルボ

ドは湿度に対して直線的な変形の増大を示した（図3）。

有馬⁴⁾はパーティクルボードのクリープへの含水率の影響を表4に示している。含水率が高いほど、 N 、 A/δ_0 が大きく、10年後のたわみにも大きな差異が生じるとしている。同表のフェノールボード（実験室製）と比較するとクリープ変形にかなりの差異がみられる。

3. 5 水分非定常下でのクリープ

木材と同様、含水率一定条件下でのクリープに比べて水分非平衡状態でのクリープ変形は大である。

Bryanら⁷⁾によると、吸湿、脱湿状態いずれも平衡状態のクリープより変形が大きく、相対クリープの大きさは吸湿>脱湿>一定条件の順になるとしている。Halliganら⁶⁾は吸湿過程（30-97% RH）の曲げクリープで、含水率増加、厚さ膨張の小さいボードがクリープ係数（ δ_e/δ_0 ）が小さいことを認めている。

吸湿、脱湿繰り返し条件下でのパーティクルボードのクリープでは、吸湿でたわみが急増し、脱湿で回復もしくは停止する挙動が報告されて^{4)、7)}おり、木材では脱湿時に変形が増大するのと挙動を異にする（図4、図5）。

3. 6 荷重の大きさの影響

与えた荷重の大きさによって曲線の形態に差異がみられ、応力比がある範囲を越えるとクリープの進行が著しくなり、クリープの線型性が失われる。

中井⁸⁾は、市販ボード（200Pタイプ、厚さ15、20mm）に比例限度の1/4~4/4の荷重を負荷した曲げクリープ試験を一定温湿度条件下（20℃、RH75%）で行い、クリープ関数（ δ_e/δ_0 ）と応力比との関係からクリープ限度を推定し、パーティクルボード、ハードボードでは比例限度の1/2、構造用合板で比例限度の3/4と4/4の間であると報告している。

齊藤ら²⁾は、市販パーティクルボード（ユリア、多層ボード、厚さ15mm）の曲げクリープを行い、24時間における相対クリープと応力レベルとの関係をプロットし、応力レベルが30~40%までは相対クリープはほぼ一定値をとり、応力レベル40%以上では応力レベルの増加に従い相対クリープは増大することを指摘している（図6）。

有馬⁹⁾は荷重とpower functionの定数Aとの関係（図7）より、Aはある荷重以下では荷重と比例関係を示すが、それ以上になると急激な増加を示すこと、その荷重は破壊荷重の30~35%に相当するとし、クリープ限度の一応の目安として破壊荷重の30%を提案している。

3. 7 荷重継続期間の影響

McNattら¹⁰⁾はパーティクルボードに応力レベル50~90%の引張荷重を負荷し、破壊までの時間を調べ、これと他の研究者の結果^{11)、12)}とあわせて次式の応力レベルと破壊時

間の関係を得ている（図8）。

$$SL = 83.7 - 8.2 \log T \dots\dots(3)$$

これより外挿により10年後の強度を求めると、木材では57%を示したのに対し、ボードでは43%であった（43%の応力レベルを負荷すると10年後に破壊する）。

齊藤ら²⁾は応力レベルと破壊時間との関係から、市販ボードの10年後の強度として32%を得ている。同様に、Lyonら¹³⁾はUFボードで35%、PFボードで39%の値を報告している。

Bryan¹¹⁾はUFボード、PFボードについて、負荷応力と破壊時間との関係にボード比重、接着剤の種類が影響しないことを報告している。

文 献

- 1)池田友寿、竹村富男：木材誌、25、332(1979)
- 2)齊藤藤市、池田正行、小川克己：木材誌、26、714(1980)
- 3)J. Haygreen, H. Hall and K. N. Yang: For. Prod. J., 22(4), 41(1972)
- 4)有馬孝礼、佐藤雅俊、益田恵吾：建築研究所報告、No. 95(1981)
- 5)W. F. Lehmann, T. J. Ramaker and F. V. Hefty: No. 9th Particleboard Symposium, Washington State Univ., 151(1975)
- 6)A. F. Halligan and A. P. Schniewind: For. Prod. J., 22(4), 41(1972)
- 7)E. L. Bryan and A. P. Schniewind: For. Prod. J., 15(4), 143(1965)
- 8)中井孝：木材工業、33、158, 247(1978)
- 9)有馬孝礼：日本建築学会大会学術講演梗概集、109(1974)
- 10)J. D. McNatt: USDA For. Serv. Res. FPL 270(1975)
- 11)E. L. Bryan: For. Prod. J., 10(4), 200(1960)
- 12)M. Kufner: Holz Roh-Werkstoff, 28, 429(1970)
- 13)D. E. Lyon and H. M. Barnes: For. Prod. J., 28(12), 28(1978)

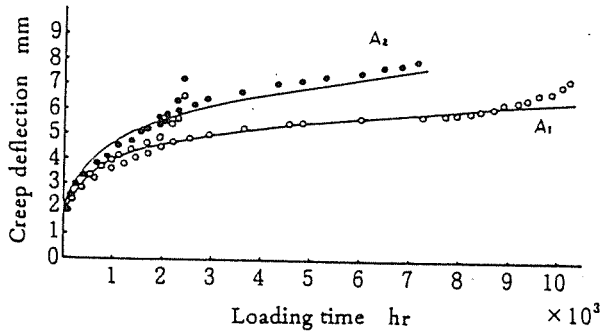


図1 市販パーティクルボードの変形曲線
(応力レベル50%)²⁾
実線はpower functionで表した回帰曲線

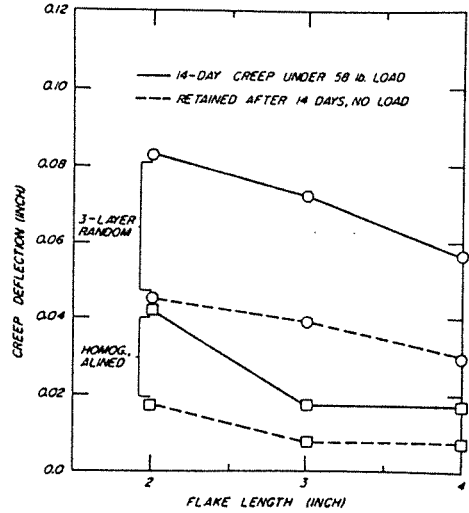


図2 クリープ変形と小片長さの関係⁵⁾

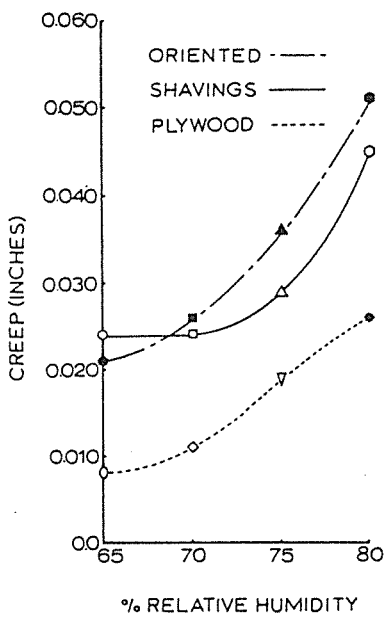


図3 クリープ変形と相対湿度の関係³⁾

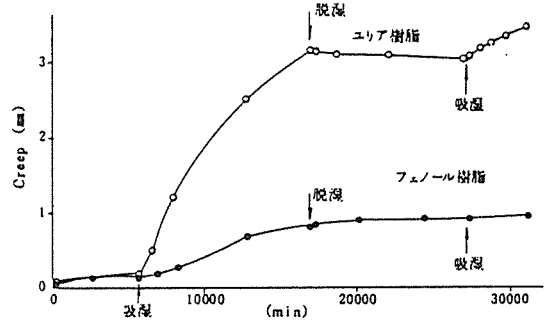


図4 パーティクルボード吸脱湿繰返しによる
クリープ (65%→90→65→90)

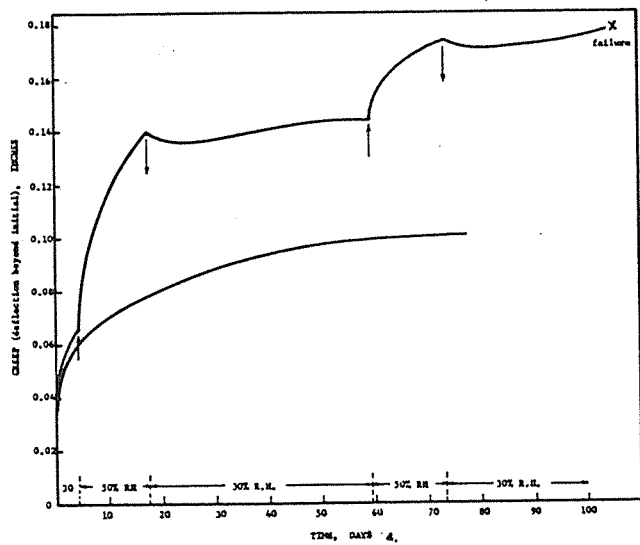


図5 パーティクルボードの吸脱湿繰
返しによるクリープ
(30% RH - 50% RH)⁷⁾

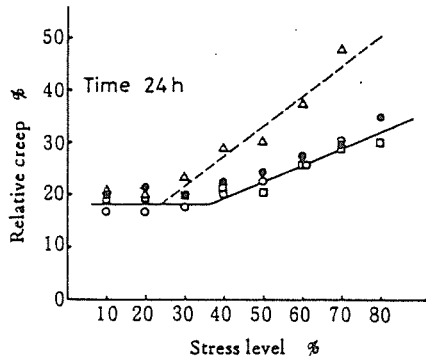


図6 相対クリープに及ぼす
応力レベルの影響²⁾
Boards: ○ A₁, ● A₂, □ B and △ HB.
Loading time: 24 hr.

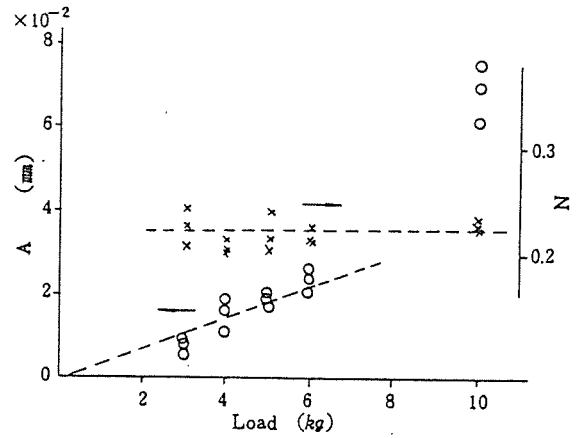


図7 パーティクルボードのクリープにおける
荷重とA、Nの関係(含水率11%)⁹⁾

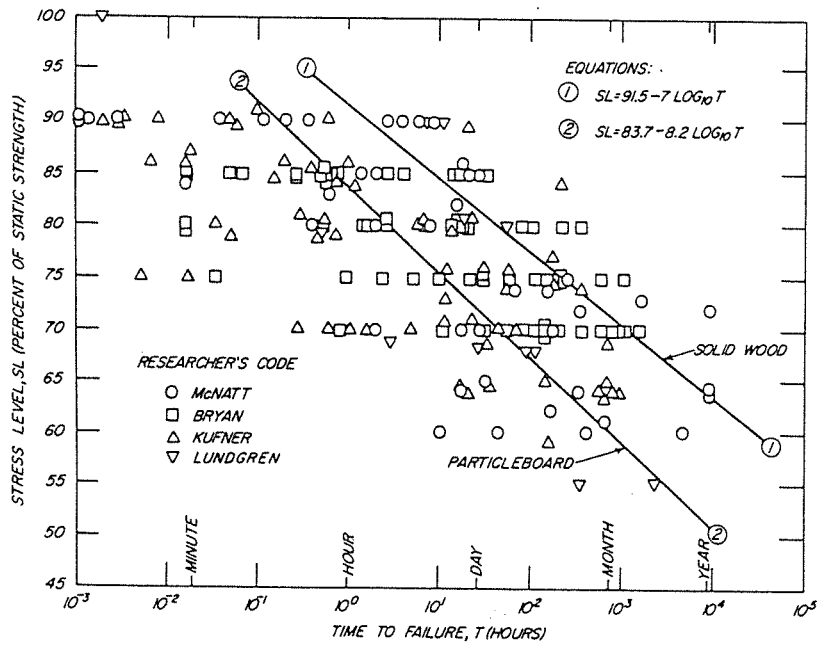


図8 応力レベルと破壊時間の関係¹⁰⁾

表1 パーティクルボードのクリープ定数と推定相対クリープ¹⁾

Creep constant A, N, instant deflection δ_0

and estimated relative creep after 10 and 50 years

Symbol	Load (kg)	A δ_0	N	δ_0	δ_{10}/δ_0 ¹⁾	δ_{50}/δ_0 ¹⁾
P-15- \perp	5	0.19	0.28	0.17	2.89	3.96
	10	0.21	0.22	1.00	2.46	3.08
	15	0.20	0.24	1.64	2.43	3.11
P-15-//	5	0.23	0.25	0.60	2.79	3.67
	10	0.30	0.19	1.06	2.43	2.94
	15	0.20	0.26	1.78	2.69	3.56
M-15- \perp	5	0.19	0.34	0.59	4.09	6.34
	10	0.25	0.31	1.14	4.18	6.24
	15	0.23	0.33	1.86	4.45	6.86
M-15-//	5	0.26	0.34	0.47	5.23	8.31
	10	0.30	0.30	1.02	4.51	6.70
	15	0.21	0.37	1.68	5.37	8.92
P-20- \perp	10	0.26	0.17	0.88	2.05	2.38
	15	0.23	0.21	1.32	2.29	2.81
	20	0.19	0.23	1.71	2.25	2.82
P-20-//	10	0.29	0.17	1.12	2.17	2.54
	15	0.28	0.16	1.66	2.04	2.35
	20	0.24	0.18	2.22	2.05	2.40
M-20- \perp	10	0.37	0.26	1.10	4.12	5.74
	15	0.34	0.24	1.62	3.43	4.58
	20	0.34	0.27	2.18	4.11	5.81
M-20-//	10	0.32	0.29	0.97	4.45	6.34
	15	0.27	0.27	1.42	3.47	4.82
	20	0.32	0.29	1.83	4.45	6.51
P-25- \perp	10	0.25	0.25	0.77	2.94	3.91
	15	0.24	0.24	1.19	2.72	3.53
	20	-	-	-	-	-
P-25-//	10	0.31	0.21	1.03	2.74	3.43
	15	0.24	0.22	1.60	2.46	3.08
	20	-	-	2.12	-	-
M-25- \perp	10	-	-	0.97	-	-
	15	0.32	0.24	1.70	3.29	4.37
	20	0.37	0.24	2.15	3.65	4.48
M-25-//	10	-	-	0.90	-	-
	15	0.28	0.23	1.61	2.85	3.67
	20	0.33	0.24	2.09	3.36	4.48

1) δ_{10}, δ_{50} : 10, 50年後の推定撓み

estimated total deflection after 10 and 50 years.

表2 木材および木質材料のクリープ定数と推定相対クリープ⁴⁾
 Creep constant and estimated relative creep of
 wood and wood-based materials
 ($\delta(t)/\delta_0 = 1 + A/\delta_0 t^N$)

Wood & Wood-based materials		A/δ_0	N	δ_{10}/δ_0	δ_{50}/δ_0	Reference
スギ Sugi	応力比 0.2	0.15~0.19	0.23~0.25	2.3	2.9~3.0	杉山ら 1)
	Stress level 0.4	0.18~0.19	0.30	3.2	4.5~4.6	
	0.5	0.26	0.30	4.1	6.0	
ヒノキ Hinoki	~0.4	0.11~0.15	0.13~0.17	1.4~1.5	1.5~1.6	影ら 2)
	0.5	0.15	0.23	2.0	2.5	
	0.6	0.23	0.25	2.8	3.7	
カツラ Katsura	~0.4	0.06~0.1	0.21~0.25	1.3~1.8	1.5~2.1	淵上, 平井ら 3)
	0.5	0.15	0.25	2.2	2.8	
	0.6	0.30	0.24	3.1	4.0	
	0.8	0.57	0.31	8.2	12.4	
マカンバ Makamba	~0.4	0.02~0.24	0.25~0.26	1.1~2.9	1.2~3.8	
	0.5	0.65	0.23	5.3	7.5	
シオジ Shioji	~0.4	0.15~0.19	0.27~0.29	2.4~3.0	3.2~4.1	
	0.5	0.45	0.27	5.1	7.3	
	0.6	0.47	0.28	5.7	8.5	

Wood & Wood-based materials		A/δ_0	N	δ_{10}/δ_0	δ_{50}/δ_0	Reference
セン Sen	~0.4	0.14~0.21	0.23~0.25	2.1~2.4	2.7~3.0	
	0.5	0.42	0.24	4.0	5.3	
	0.6	0.88	0.22	6.3	8.8	
合板 Ply wood 3 ply 6mm		0.04~0.11	0.27~0.34	1.7~2.1	2.3~2.9	Table 11
構造用合板 // 12mm (比例限度の $2/4, 3/4$)		0.08	0.27	1.7	2.1	中井 10)
パーティクル ボード Particle board	S.L. ~0.3 U 15mm	0.16~0.22	0.16~0.22	1.6~2.2	1.8~2.7	斉藤ら 15)
	P 15 比例限の 2/4まで	0.24~0.25	0.29~0.31	3.7~4.1	5.3~6.0	中井 10)
	20 同上	0.18~0.22	0.27~0.28	2.8~3.0	3.8~4.1	
	P&M 15mm S.L. 0.3以下 25mm	0.19~0.37	0.17~0.37	2.1~5.4	2.3~8.9	Table 2
U 15 同上	0.17~0.23	0.2~0.25	2.1~2.7	2.5~3.4	Table 3	
ハードボード Hard board	W	0.70~1.06	0.34~0.35	12.4 ~18.2	22.7 ~31.4	影ら 13)
	Dry 14	0.13~0.15	0.21~0.24	1.8~1.9	2.2~2.4	中井ら 10)
	Dry 7	0.20~0.23	0.18~0.19	1.9~2.0	2.2~2.3	斉藤ら 15)

表3 パーティクルボードのヤング率とクリープ⁴⁾

Creep and Young's modulus of particleboard
(Specific gravity; 0.54~0.62, Urea-resin bonded)

ヤング率 Young's Modulus (kg/cm ²)	A/ δ_0	N	δ_0	δ_{10}/δ_0	δ_{50}/δ_0
1.8×10^4	0.23	0.23	3.19	2.52	3.20
2.1	0.21	0.20	2.41	2.08	2.49
2.4	0.23	0.24	2.11	2.65	3.42
2.6	0.20	0.25	2.03	2.55	3.32
2.9	0.17	0.23	1.76	2.12	2.62

表4 パーティクルボードの含水率によるクリープの影響⁴⁾

Creep and moisture content of particleboard
(S.G. 0.54~0.62, Urea-resin bonded)

	含水率 Moisture Content (%)	A/ δ_0	N	δ_{10}/δ_0	δ_{50}/δ_0
Urea-resin bonded	12 以下	0.27	0.21	2.51	3.12
	13	0.46	0.26	4.88	6.90
	15	0.54	0.28	6.37	9.43
	18	1.00	0.30	12.7	20.0
Phenol-resin bonded	15	0.32	0.27	3.93	5.53

4. パーティクルボードの釘接合に関する既存のデータ

4. 1 剪断耐力

有馬孝禮他：ボード類の釘接合耐力---剪断耐力とクリープ変形、建築学会大会学術梗概集、1982

合板、パーティクルボード（PB）、ハードボード（HB）の3種類について、釘一面剪断試験を行い、ボードの種類と厚さに剪断耐力が影響されることを示した。用いたボードと釘は表1と2、試験体の形状は図1の通りである。ボードの厚さと破壊形態の関係は図2のようになった。最大耐力を3種類のボードで比べると、厚さ12mm、CN50では、PB、HBとも合板よりも比重が高いにもかかわらず、最大荷重は合板とほとんど差がなかった。PBは厚みが増すと耐力が低くなっているが、これは釘長さが適当でないために、引き抜けがおこったためである。

4. 2 剪断試験における降伏荷重の計算

岡部、安村：各種面材を用いた釘接合部の一面せん断試験と降伏理論の適用、建築学会梗概集、1993

主材はSPF、側材として、ラワン合板、針葉樹合板、OSB、ほか15種類を用いた。面材と主材の釘めり込み強度から計算した降伏剪断耐力（ q ）と、実験によって求めた降伏荷重（ P_y 、図4）とを比較をしたところ、両者はほぼ一致した（図5）。

計算式は、
$$q = C \cdot Fe1 \cdot d \cdot t$$

ここで、 q ：釘接合部の降伏剪断耐力

$Fe1$ ：側材のめりこみ強度

d ：釘径

t ：側材厚さ

C ：接合形式と破壊形態により定まる係数

P_y は、1mmスリップ時の荷重 P_{1mm} にほぼ等しく、 P_{max} の約2/3であった。

今後、さらにボード類の釘めり込み強度のデータを蓄積していく必要がある。

4. 3 側面抵抗力

出典：小規模住宅の新施工法の開発、1974年度総合開発プロジェクト、建設省建築研究所、1975

供試ボード：ラワン構造用合板9mm、PB（フェノール）12.6mm、PB（ユリアメラミン）12.2mm、HB（ドライ）6.7mm、HB（ウエット）5.1mm、他4種類。

ラワン構造用合板とPB間の差は少なかった。ボードの単位厚さ当りにすると、PBは合板より小さかった（表3、図6、図7）。ボードの比重側面抵抗値は正の相関があった（図8）。平行の値は直角より小さな値を示した。

4. 4 釘頭貫通力

出典、供試ボードとも側面抵抗力と同様。

単位厚さあたりでは、PBは合板よりもやや低かった（図9）。合板は比重が低い割に釘頭貫通力が大きい（図10）。

4. 5 ボードを側材にした釘接合部の疲労特性

徳田迪夫：釘接合の両振れ繰返し力に対する疲労特性、33-7、1987.

PB、HBは合板に比べると、実用上の疲労限度が低かった（図11）。

表1. 側材用ボード類の厚さと比重

PB		PW		HB	
Th.	S.G.	Th.	S.G.	Th.	S.G.
(mm)		(mm)		(mm)	
25	0.77	15	0.53	15	0.81
20	0.79	12	0.55	12	0.85
15	0.79	9	0.65	8.5	0.99
12	0.85	8	0.55	7.5	0.91
		5	0.48	6.5	1.05
		2.5	0.59	5	0.99

PB:Particleboard, PW:Plywood, HB:Hardboard

Th.;Thickness

S.G.;Specific Gravity

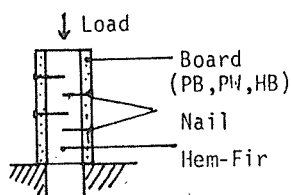


図1. 剪断試験体の概略図

表2. 釘の種類と長さ、径、頭径

Nail	L	d	D
CN65	65.7	3.33	7.14
CN50	52.1	2.87	6.76
N50	49.3	2.45	5.87
N38	38.0	2.16	4.86

(mm)

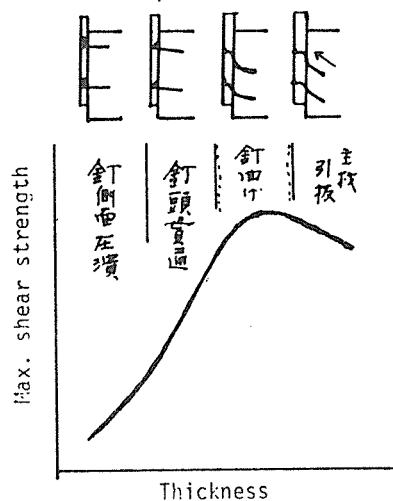


図2. ボード類の厚さと耐力および破壊形態区分

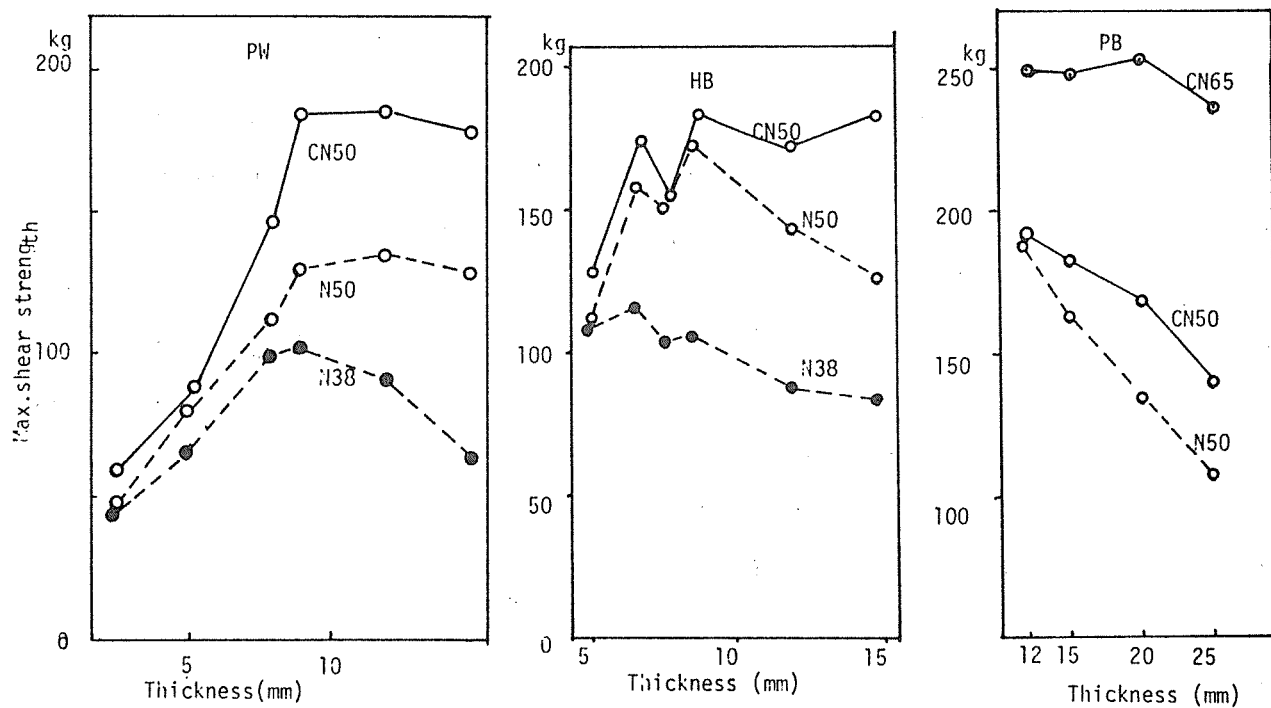


図3. 最大耐力と厚さの関係

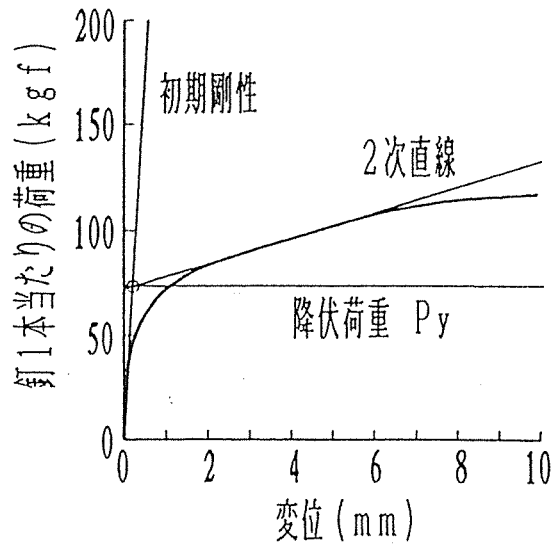


図4. 降伏荷重 P_y の定義

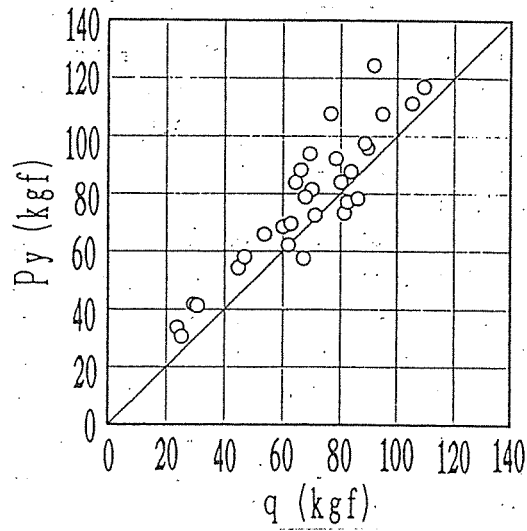


図5. 降伏剪断荷重の計算値 q と実験値 P_y の関係

表3. 釘側面抵抗力と釘頭貫通力の実験値 (10体の平均)

釘側面抵抗	比重	釘側面抵抗 (kgf)				釘頭貫通力 (kgf)	
		平行	垂直	厚さ 1 cm 当り		平行	厚さ 1 cm 当り
				平行	垂直		
ボード名							
PW	0.6	127	173	142	193	177	197
PB(PH)	0.7	132	156	110	130	165	137
PB(UM)	0.72	134	217	112	181	165	137
HB(DRY)	0.93	112	98	161	141	102	147
HB(WET)	1.04	115	106	232	214	75	153

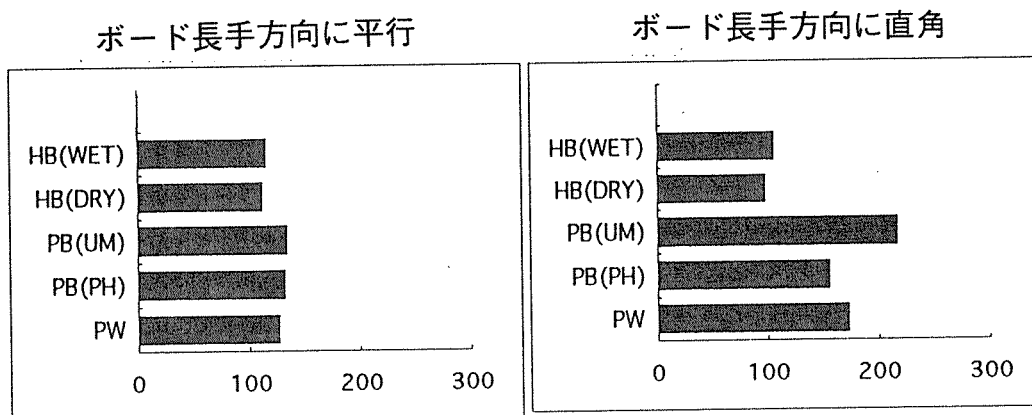


図6. 釘側面抵抗力のボード間の比較

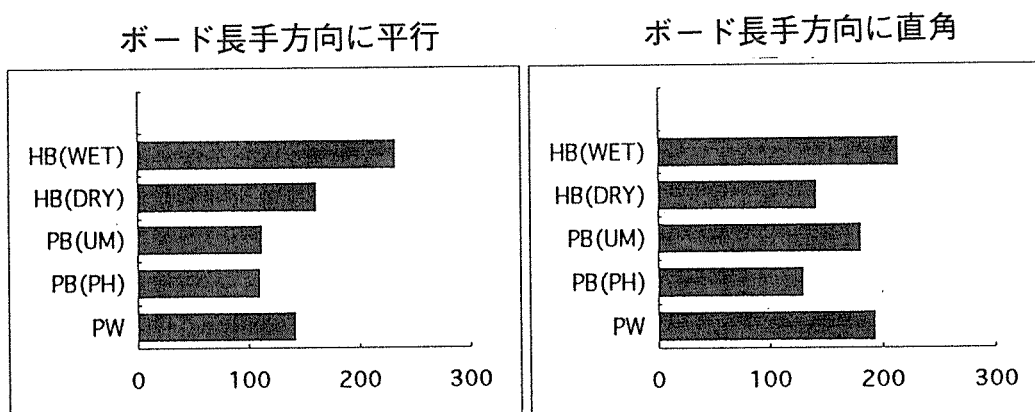


図7. 釘側面抵抗力のボード間の比較 (ボード単位厚さ当り)

側面抵抗値 (ボード厚さ1cm当り、kgf)

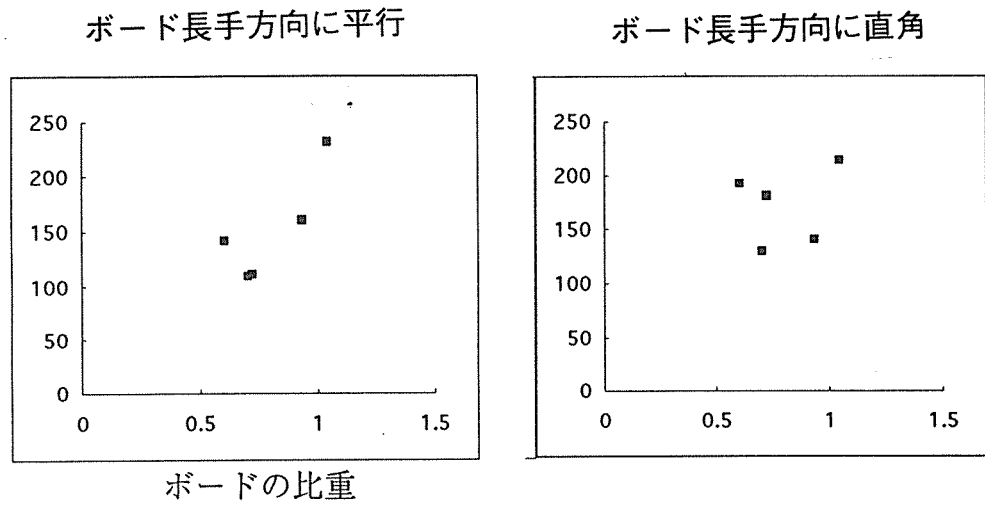


図8. ボードの比重と側面抵抗力の関係

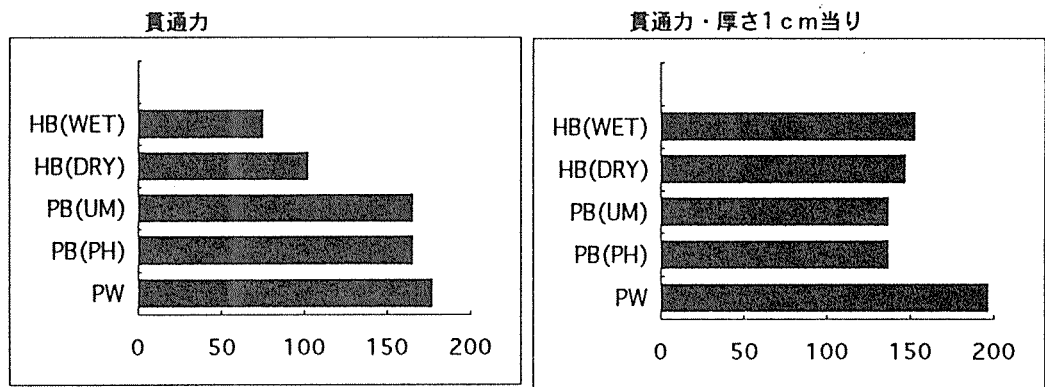


図9. 釘頭貫通力のボード間の比較
右図はボード単位厚さ当り

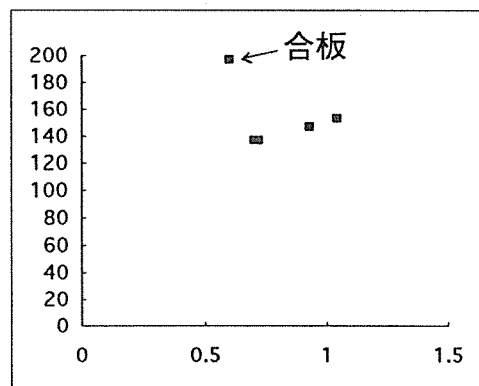


図10. ボードの比重と釘頭貫通力の関係

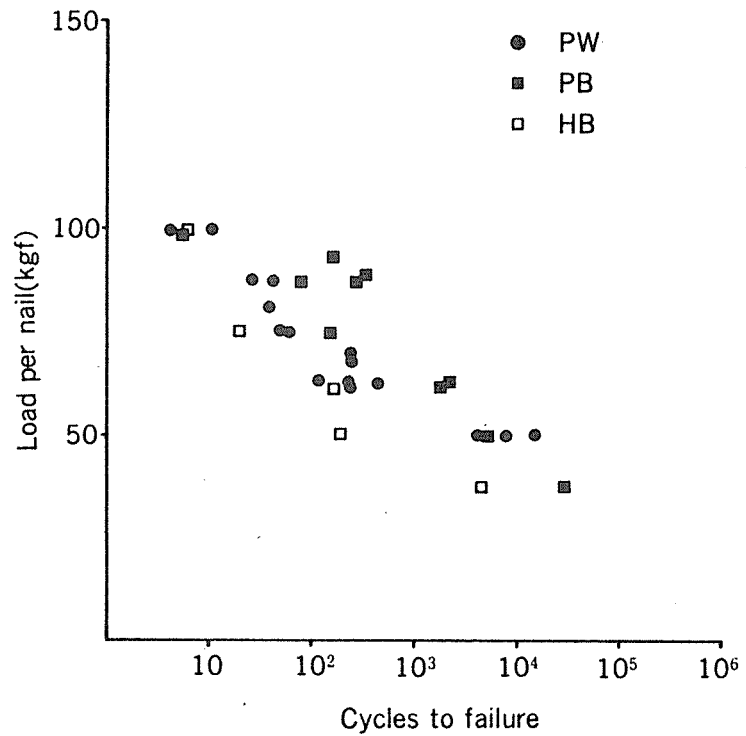


図11. 両振れ繰り返し剪断試験における荷重と破壊までの繰り返し回数の関係
 PW：10mmベイツガ合板
 PB：12mmパーティクルボード
 HB：7mmハードボード

5. パーティクルボード（建築用）の生産実態

平成5年のパーティクルボードの総生産量は、通産省建材統計によると薄物ボードを含め8,433 万 m^2 （112.5 万 m^3 ）と報告されており（表2-5-1）、このうち通常の厚物ボードは日本繊維板工業会統計によると6,835 万 m^2 （1080.4万 m^3 ）であり、この差額である1,598 m^2 が薄物ボードと見られている。

建築用ボードの生産量については統計が無いので定かでは無いが、同工業会統計による建築用としての出荷量は2,035 万 m^2 で全出荷量の約30%に相当する。（表2-5-2）

但し、これは実面積統計なので、比較的厚いものが使用されている建築需要については、 m^3 又はトン換算で見た場合は約35%程度になるものと考えられる。

また、使用接着剤によるタイプ別の生産状況を見ると。Uタイプの生産量が約3,930 万 m^2 で全生産量の57%を占め、Mタイプが約1,820 万 m^2 で27%、Pタイプは約1,100 m^2 で16%程度と見られているが、ここでの、Mタイプ及びPタイプについては、必ずしもMタイプがメラミン樹脂接着剤を用い、またPタイプが全てフェノール樹脂を使用しているとは限定できない。多くの場合、使用しているのはユリア樹脂とのメラミン共縮合樹脂や変性フェノール樹脂が一般的に用いられており、各社によってその成分は多少異なるが、それぞれの製品の品質については、JIS A5908による湿潤時曲げ強さ及び吸水厚さ膨張率よって、一定の水準に合致したものを出荷しており、メーカーによっては一部イソシアネート樹脂なども使用している。

現状では建築用として出荷されている製品の約62%はMタイプであり、残り38%がPタイプと見られるが、これを上記の建築用としての総出荷量2,035 万 m^2 に乗じるとMタイプが約1,280 万 m^2 、Pタイプが約800万 m^2 となり、それぞれの全生産より下回るが、これは、Mタイプ及びPタイプの一部が耐水性を要求される厨房機器や下駄箱などの住宅設備機器類に使用されているためと思われる。（表 2-5-3）

建築用パーティクルボードは、殆どが素地パーティクルボードとして出荷されているが、用途によっては定尺寸法以外に注文寸法に切断して出荷したり、木口にサネ加工を行う他、防水処理した製品や、屋根下地用としてボードの表裏面に単板を張った製品、二重床用（通称、置床工法）として孔加工した製品なども出されている。

現在、建築用として出荷されているパーティクルボードは、JISによる曲げ強さによるタイプ区分で分けて見ると、200タイプが約78%を占め、残り約22%が15

0タイプと推定されるが、Mタイプは約72%が200タイプであるのに対し、Pタイプは約87%が200タイプである。

また、建築用パーティクルボードの製品の厚さは、総出荷量の約43%が15mmであり、20mmが約36%、25mmが約11%で、残りの約10%が12mmその他である。

パーティクルボードの建築需要としては、現状ではプレハブ住宅の床下地への使用が最も多く、この分野が全建築出荷量の約52%を占めている。

これは、パーティクルボードが価格の安定していること、材質が均一で品質格差が少なく資材管理が容易なこと、厚い大きな板が入手可能なうえ要求寸法にカットして納入されることなどの特徴を持つているためであるが、一般の流通を通しての在来工法への使用例はまだ少ない。

プレハブ住宅の床下地としては、200タイプの15mmがこの分野の50%（Pタイプが29%、Mタイプが21%）を占め、次いで150タイプの15mmが28%（Pタイプが5%、Mタイプが18%）、200タイプの20mmが21%（Pタイプが8%、Mタイプが13%）となっており、200タイプ及び150タイプの25mmも僅かではあるが使用されている。

最近、合板等の入手難から、2×4住宅や在来木造住宅の床にも多少使用され始めているが、まだ現状では全需要の約4%程度に過ぎない。

次いで大きな需要分野としては、主に集合住宅、体育館及び事務所のOA床など、アジャスターを併用して施工する二重床工法の床パネルの用途があげられるが、近年、省力化工法としての需要の増加しているため、この用途は全建築需要の約26%を占めるに至っている。

この分野では厚いボードを使用することによって、撓みと遮音性能の向上面で有利な立場にたっているが、集合住宅の床では主に200タイプの20mmが用いられており、（Pタイプが6%、Mタイプが13%）体育館や事務所の床には200タイプの25mmが使用されている。

更に最近では屋根下地として200タイプの12mmが、プレハブ住宅を始め、2×4住宅や在来木造住宅にも使用され始めているし（全建築需要の約7%）、間仕切り壁（12mm、15mm、20mm、25mm）及び耐力壁（12mm）、階段踏み板（25mm）、その他造作部材（15mm、20mm、25mm）などにも用いられているが、これらは全建築需要の約12%程度推定される。

表 2-5-1 パーティクルボードの生産量（含む薄物）

通産省建材統計

年	千 m ²	m ³
平成4年	77,553	1,050,435
平成5年	84,330	1,125,400

表 2-5-2 パーティクルボードの用途別種出荷状況（厚物のみ）

日本繊維板工業会資料

	建 築	家具建具	電機器	楽 器	雑貨その他	合 計
千 m ²	20,808	39,281	7,708	705	1,306	69,808
%	29.8	56.3	11.0	1.0	1.9	100

表 2-5-3 建築用パーティクルボードの種類別出荷割合（厚物のみ）

日本繊維板工業調査

M タイプ	150タイプ	17.3 %
	200タイプ	44.3 %
P タイプ	150タイプ	5.0 %
	200タイプ	33.4 %
合 計		100.0 %

表 2-5-4 建築用パーティクルボードの種類別出荷割合（厚物のみ）

日本繊維板工業調査

床・床下地	プレハブ住宅	51.6 %
	その他	3.8 %
置床パネル	集合住宅	20.4 %
	その他	5.6 %
屋根下地	プレハブ住宅	5.3 %
	その他	1.5 %
壁・壁下地		7.3 %
その他		4.5 %
合計		100.0 %

1. 市販パーティクルボードの引張り性能

1. 1 供試ボード

構造用途に用いられる市販パーティクルボードの引張り試験を計画した。供試ボードとして、曲げ区分200タイプ、150タイプの2種類、接着剤による区分Mタイプ、Pタイプの2種類、厚さ12mmおよび20mmの合計8種類を対象とした。

表1-1 供試パーティクルボード種類と記号

記号	厚さ	曲げによる区分	接着剤による区分
A	12mm	150タイプ	Mタイプ
B	12mm	150タイプ	Pタイプ
C	12mm	200タイプ	Mタイプ
D	12mm	200タイプ	Pタイプ
E	20mm	150タイプ	Mタイプ
F	20mm	150タイプ	Pタイプ
G	20mm	200タイプ	Mタイプ
H	20mm	200タイプ	Pタイプ

ここでは、A、C、Gの3種類のボードを用いて、表面に対して平行方向の引張り試験を製造方向および製造方向に直交方向について行った。

1. 2 試験方法

わが国にはパーティクルボードの引張り試験方法を規定した規格はない。そこで、ASTM D1037の"Standard Methods of Evaluating the Properties of Wood-Based Fiber and Particle Panel Materials"に規定されている「表面に平行方向の引張り強さ」を求める試験片寸法を参考にした。試験片寸法は前述の規格とほぼ同じであるが、10インチを250mm、2インチを50mmとするなど多少異なっている。引張り試験片の形状を図1-1に示した。50×250mmに裁断した後、ルータにより中央部を加工した。テーパ部の幅は38mm、平行部分の長は50mm以上とした。

変形量は試験片中央部の両面に貼付したひずみゲージ（ゲージ長30mm）により求めた。引張り試験は万能型引張り試験機（テンシロンUTM-1、東洋測器㈱）により行った。試験片端部を定位置式の引張り試験治具により固定し、クロスヘッドの移動量を2mm/分として引張り負荷を行った。

1. 3 ヤング係数の評価方法

引張り試験片に貼付したひずみゲージから評価する方法に加えて、打撃音のパワースペクトルのピーク周波数から各ボードのヤング係数を計測した。

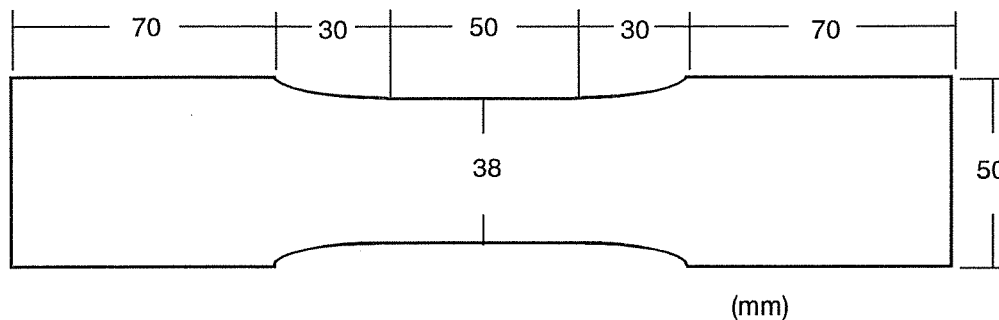


図1-1 引張り試験片

50×900mmの矩形試験片の端部を軽く打撃したときに発生する音をマイクロフォンを通してFFTアナライザーに入力し共振周波数を求めた。縦振動および面内のたわみ振動の2種類により得られたヤング係数は層構成を有するボードの厚さ方向についての平均的な値を示すものとして評価した。また、引張り試験片については、50×250mmに裁断した時点で縦振動によるヤング係数を求めた。

縦振動、面内のたわみ振動とも最も次数の低いモードによりヤング係数Eを求めた。共振周波数を f 、試験片の長さを l 、試験片の高さを h 、密度を ρ とすると、縦振動では、

$$E=4l^2 \rho f^2$$

面内のたわみ振動では、定数 $m=4.730$ として、

$$E=48 \pi^2 l^4 \rho f^2 / (h^2 m^4)$$

で求められる。

1. 4 試験結果

1. 4. 1 結果の概要

試験結果の概要を表1-2に示す。引張り試験体は1条件18体とした。また、そのうち10体はひずみゲージを貼付して引張りヤング係数の計測に用いた。150タイプのボードAでは、引張り強さは80~85kgf/cm²であるのに対して、200タイプのボードCおよびGでは100~110kgf/cm²程度となっている。一般にパーティクルボードでは製造方向(∥)の強度の方が直交方向(⊥)よりも幾分大きくなる傾向がある。ボードAおよびGでは平行方向の方が5~10%程度大きな値を示しているが、Cボードでは逆の傾向を示している。引張りヤング係数にも同様の傾向が認められた。これは、製造方向による因子よりも試験体の比重差が大きいことに起因するものと考えられる。

打撃音により求めたヤング係数を表1-2に示した。比較しやすくするために、単位をひずみゲージから求めたヤング係数にそろえた。E2は面内の曲げ振動によるものであり、E3は縦振動による値である。また試験体の長さ(cm)を併せて示した。たとえばE3-90とは、長さ90cmの試験体を用いて縦振動により求めたヤング係数を意味する。

参考資料として、3×5cmの試験体を長手方向に負荷した圧縮試験結果とはく離強さ(ボード面に垂直方向の引張り強さ)の平均値を示した。

表 1 - 2

試験結果

(下段の数値は変動係数(%))

	n	A	A ⊥	C	C ⊥	G	G ⊥
S G	18	0.698	0.703	0.807	0.822	0.776	0.771
		1.7	1.9	1.2	2.6	1.4	1.5
F t	18	85.4	81.1	100.1	109.0	109.2	105.0
		5.7	7.0	6.4	9.5	7.4	8.6
E t	10	29.5	28.4	37.5	38.5	36.5	33.2
		7.8	6.4	4.7	7.9	6.8	6.2
E 3 -25	18	33.9	31.1	42.9	41.5	42.2	38.5
		3.7	4.2	2.8	5.6	3.5	3.6
S G	8	0.701	0.712	0.821	0.823	0.776	0.771
		1.6	1.3	1.3	1.0	0.8	0.5
E 3 -90	8	32.8	30.8	43.6	41.1	42.2	37.9
		2.3	3.2	1.6	1.9	2.1	1.9
E 2 -90	8	30.2	28.3	40.8	38.6	39.2	35.2
		3.3	3.3	1.4	2.2	2.2	2.0
S G	10	0.694	0.691	0.797	0.824	0.735	0.776
F c	10	153	149	228	236	186	195
S G	10	0.682		0.827		0.782	
I B	10	6.2		10.9		8.6	

n : 試験体数、 A、C、G : ボードの種類、
 || : 製造方向、 ⊥ : 製造方向に直交方向 S G : 比重、
 F t : 引張り強さ (kgf/cm²)、
 E t : 引張りヤング係数(歪ゲージ使用) (tonf/cm²)、
 E 3 -25 : 縦振動により求めたヤング係数(5×25cm) (tonf/cm²)、
 E 3 -90 : 縦振動により求めたヤング係数(5×90cm) (tonf/cm²)、
 E 2 -90 : 面内たわみ振動により求めたヤング係数(5×90cm) (tonf/cm²)、
 F c : 圧縮強さ(5×3cm) (kgf/cm²)、
 I B : はく離強さ (kgf/cm²)

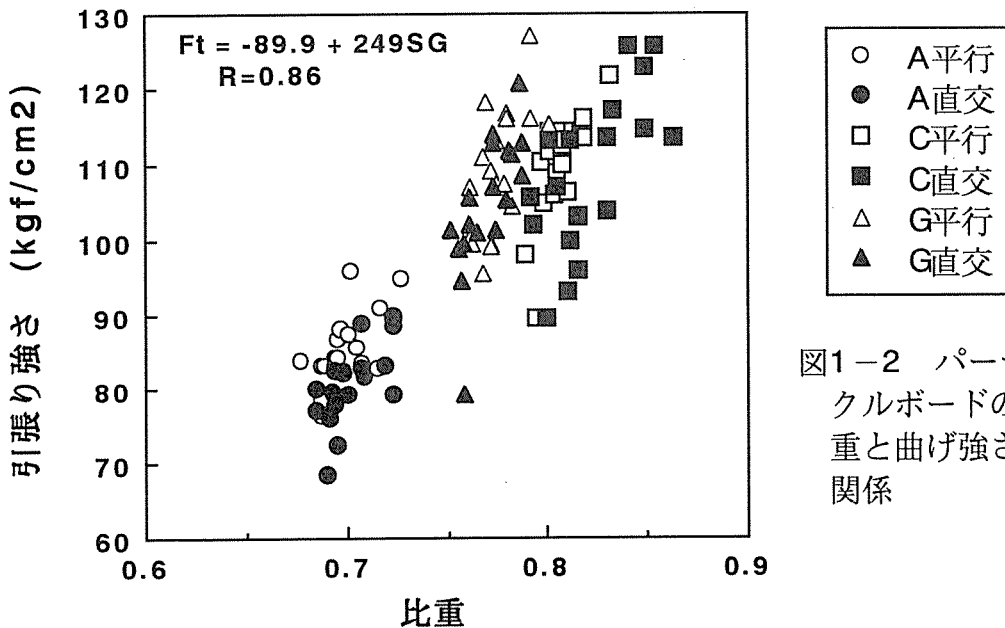


図1-2 パーティクルボードの比重と曲げ強さの関係

1. 4. 2 引張り強さ、引張りヤング係数、比重の関係

図1-2に3種類のボードの方向別の引張り強さ (Ft) と比重 (SG) の関係を示した。比重とひずみゲージから求めた引張りヤング係数 (Et) の関係を図1-3に、また同引張りヤング係数と引張り強さの関係を図1-4に示した。これらの関係の直線回帰の結果を次式に示す。

$$F_t = -89.9 + 249SG \quad R = 0.86 \quad n = 108$$

$$E_t = -26.2 + 79.2SG \quad R = 0.86 \quad n = 60$$

$$F_t = 20.8 + 23.2E_t \quad R = 0.80 \quad n = 60$$

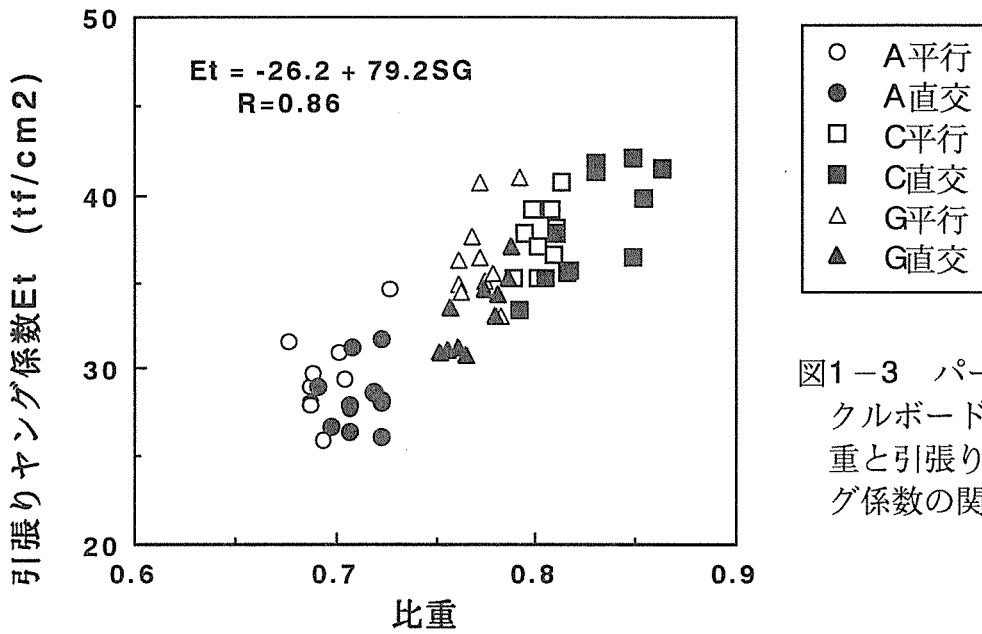


図1-3 パーティクルボードの比重と引張りヤング係数の関係

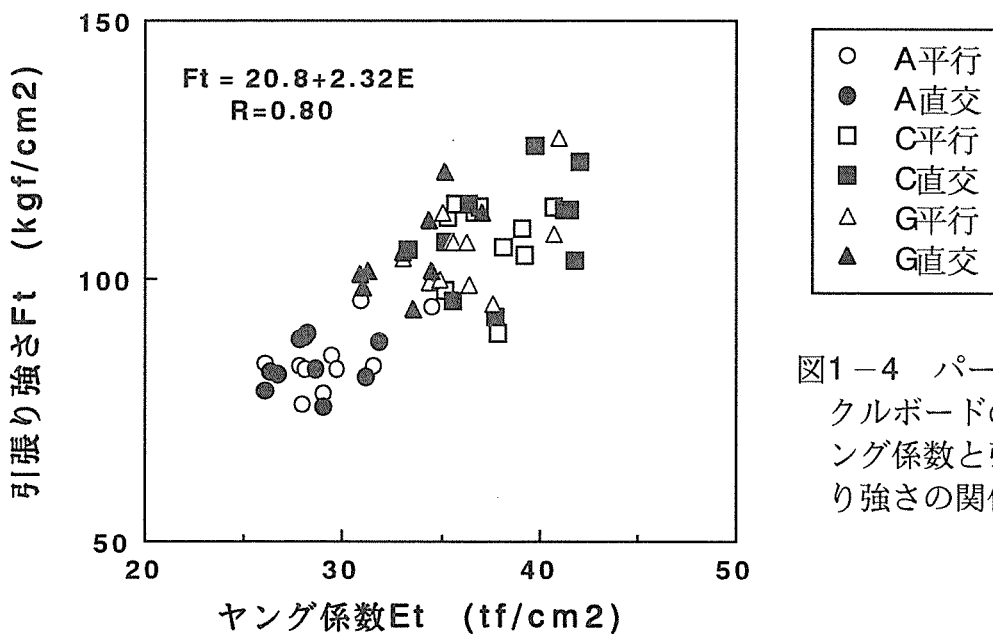


図1-4 パーティクルボードのヤング係数と引張り強さの関係

1. 4. 3 振動法によるヤング係数の評価

引張り試験片の中央部をルーター加工する前に、5×25cmの矩形サンプルのヤング係数を縦振動により求めた（表1-2、E3-25）。縦振動によるヤング係数E3と引張り強さとの関係を図1-5に示した。両者の関係は

$$F_t = -5.36 + 2.75E \quad R = 0.90 \quad n = 108$$

となり、図1-4に示したひずみゲージを用いて計測したヤング係数と引張り強さとの関係よりも相関が高い。ひずみゲージを貼付してヤング係数を求める方法は繁雑で時間を要するため、振動法による簡便な計測からヤング係数が求める方法は材質評価の有力な手法となる。

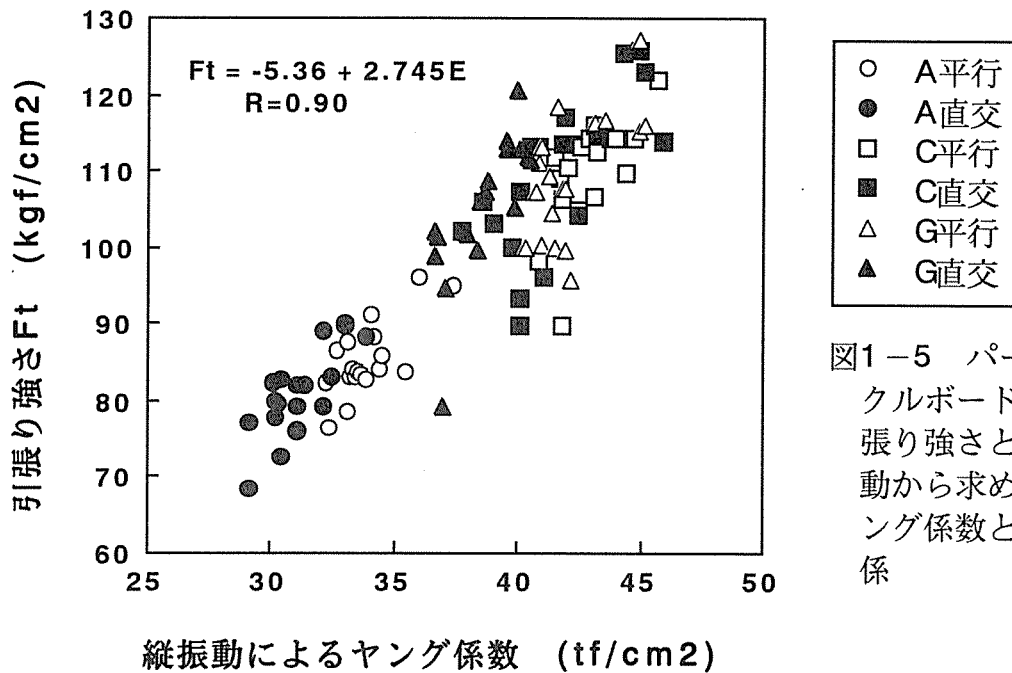


図1-5 パーティクルボードの引張り強さと縦振動から求めたヤング係数との関係

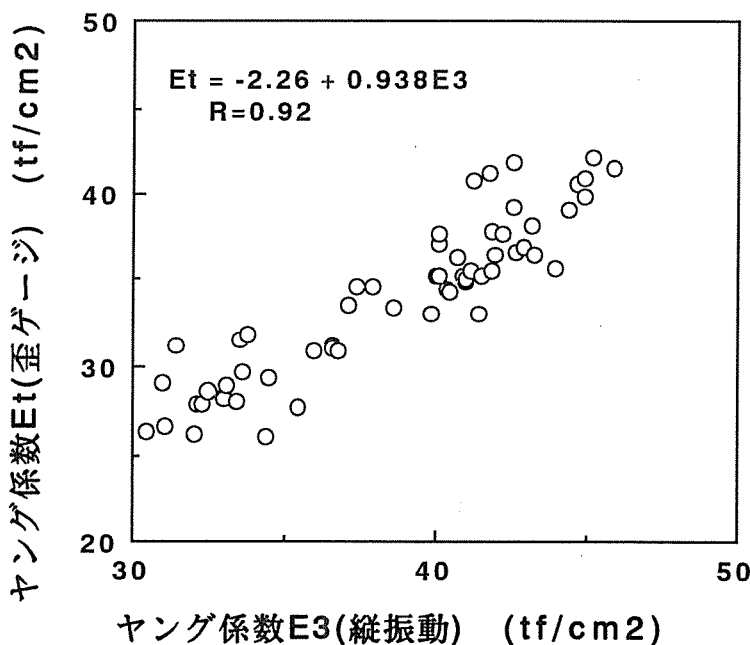


図1-6 縦振動法および歪ゲージから求めたパーティクルボードのヤング係数の関係

図1-6に縦振動で求めたヤング係数（E3-25）とひずみゲージで求めたヤング係数（Et）との関係を示した。両者の関係は次式に回帰された。

$$E_t = -2.26 + 0.938E \quad R = 0.92 \quad n = 60$$

表1-2に示したヤング係数の変動係数を見ると、EtとE3-25とではいずれの場合もひずみゲージで求めた値の方が大きな変動を示している。このことから、振動方による値の方が再現性が高く、同図のばらつきはEtの変動のみに依存していると考えられる。ひずみゲージによる測定では、ゲージを貼付する際の人為的な誤差要因など変動の原因となる要素が多数存在する。それに対して、振動法では試験体の発する打撃音を基準にしているため、試験体の固有の物理定数を計測できると考えることができる。

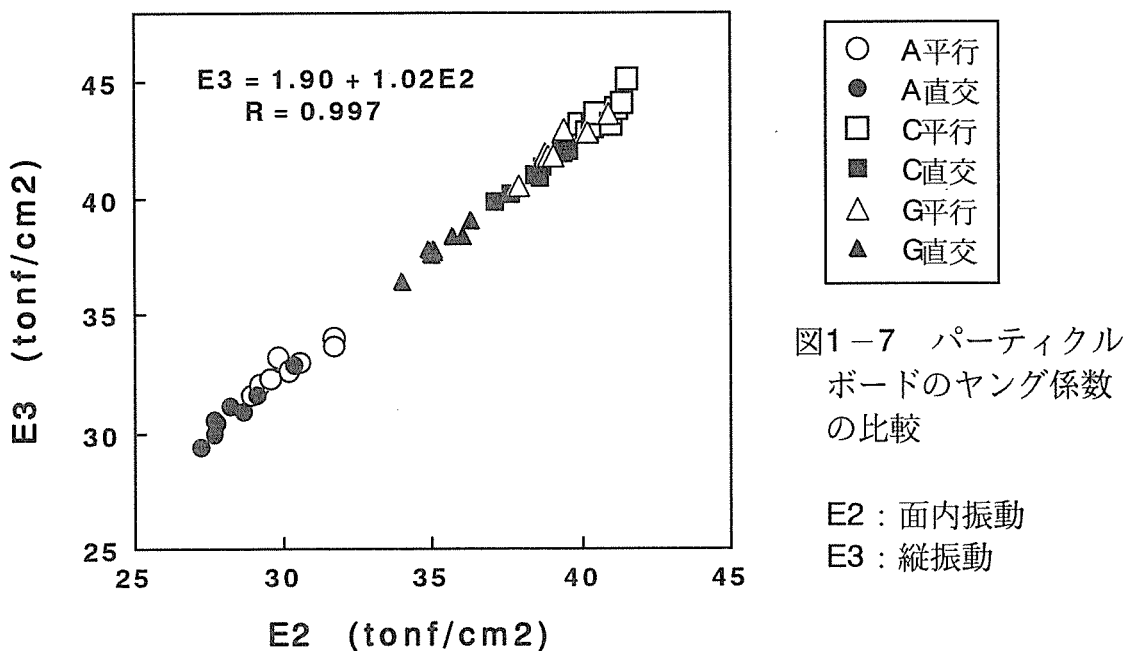


図1-7 パーティクルボードのヤング係数の比較

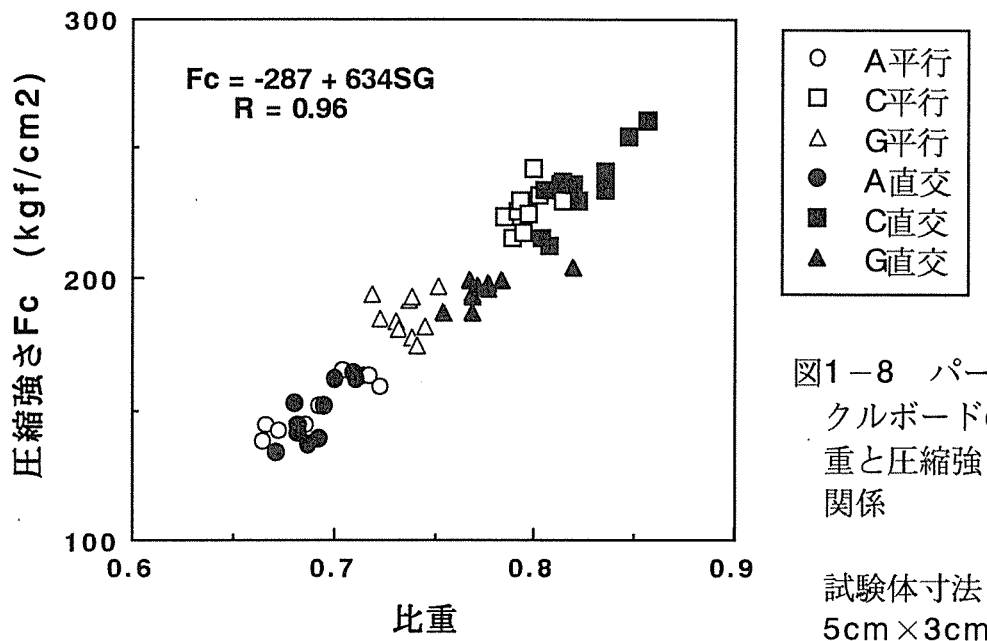
E2：面内振動
E3：縦振動

縦振動では層構成を有するボードの厚さ方向に関して平均的なヤング係数に基づいた共振周波数が得られるものと考えられている。また、幅に対して適当な長さを有する試験体では、面内の曲げ振動を励起させることで同様に厚さ方向に関して平均されたヤング係数に対応した共振周波数が得られると考えることができる。90cm長の試験体から得られた面内曲げ振動によるヤング係数（E2-90）と同一試験片の縦振動から得られたヤング係数（E3-90）の関係を図1-7に示した。両者はきわめて高い相関を示した。

$$E_3 = 1.90 + 1.02E_2 \quad R = 0.997 \quad n = 48$$

表1-2に示した4種類のヤング係数の関係をひずみゲージから求めたヤング係数（Et）を基準として6条件の平均値を単純に比較すると以下のようなになる。25cm長試験片の縦振動では約13%ほど高い値が得られ、90cm長試験片の縦振動では約12%ほど高くなった。また90cm試験片の面内のたわみ振動では約4%高い値となっている。この原因が、動的な測定と静的な測定との差に起因する一般的な特徴に依るものなのか、また今回用いたボー

ドの層構成などに起因するものなのかは定かではない。また、縦振動による方法が常時12～13%高くなるかどうかは現時点では断定できない。供試ボードの種類を増やして試験した後に再度検討することとする。



1. 4. 4 圧縮試験

わが国にはパーティクルボードの圧縮試験方法を規定した規格は存在しない。ここでは5cm×3cmの小型試験片を用いて予備的な圧縮試験を行った。比重と圧縮強さの関係を図1-8に示した。両者の間には高い相関が認められた。この関係についても試験体の寸法を検討することを含め、供試ボードの種類を増やして検討する必要があるものと思われる。

1. 5 まとめ

- 1) 3種類の市販パーティクルボードの引張り強さ、引張りヤング係数を求めた。
- 2) ヤング係数の評価方法を検討した。ひずみゲージから求める方法に加え、打撃音のパワースペクトルのピーク周波数から求めた値を比較した。

2 パーティクルボードの曲げ性能に及ぼす試験体寸法の影響

2.1 目的

木質ボードの力学的性能を評価する方法としては、小試験片の弾性的性質を用いる方法と、実際使用に近い形での試験体を用いる方法がある。本来、弾性定数は材料固有のものであるが、実験を行うと、試験体の寸法によって、かなりの影響を受ける（寸法効果）。製品の品質管理の面から見ると、小型試験体の弾性定数と実大試験体のそれとの間の相関を明らかにしておくことが重要となる。そこで、木質ボードの弾性定数が試験体の寸法によって、どのような影響を受けるかを実験によって調べた。試験体として、市販のパーティクルボードを取り上げた。

2.2 供試ボード

日本ノボパン工業株式会社製

製品種目 Y S -12mm < J I S 150M >

S S -12mm < J I S 200M >

Y S S -20mm < J I S 200M >

いずれもメラミン・ユリア樹脂接着剤を用いた。これらのボードの検査成績書を表1に示した。

2.3 試験体および試験方法

810mm x 1820mmの原板を順次小さく切断していき、その時の曲げヤング係数（MOE）と曲げ破壊係数（MOR）の変化を実験によって確認した。ボードの木取り方法ならびに試験体ナンバーは図1の通りである。

Aは原板で、まずMOE₀（添え字は、3 x 6板の長手方向を0、短手方向を90とする）

を測定し、次にこれを1/2に切断し、B1、B2を採る。B1は破壊まで加力し、 MOE_0 と MOR_0 を測定し、B2は MOE_0 と MOE_{90} を測定した。B2をさらに1/2に切断し、C1とC2を採った。C1は破壊させ、C2は MOE_0 を測定した。C2を1/2にし、D1とD2を採った。D1は破壊させ、D2は MOE_0 と MOE_{90} を測定した。最後に、D2をはば40mmの短冊に切り出し、そのうち5本の破壊試験を行った。

試験方法はすべて、中央集中線荷重で行った（図2）。

2.4 結果と考察

表2に全試験体の比重 MOE 、 MOR を示した。図3に試験体サイズと MOE_0 の変化を示した。どの試験体もサイズが小さくなると、 MOE が漸減する傾向にある。また、D試験体はばらつきが大きく、試験方法としては適当でない。図4は、 MOE_{90} を加えた全試験体の図である。D試験体はばらつきが大きいので、何ともいえないが、B試験体でみると、0度と90度には差がないと考えられる。

MOR は試験体サイズの減少につれて増加する傾向にあった（図5）。

図6は MOE と MOR の関係で、正の相関が認められた。

表1. パーティクルボード検査成績書

製 品 種 類	Y S - 1 2 mm <JIS 150 M>
製 造 年 月 日	平成 6 年 2 月 2 日
検 査 年 月 日	平成 6 年 2 月 9 日
納 入 年 月 日	平成 年 月 日
ロ ッ ト 番 号	
納 入 数 量	

検 査 項 目	規 格	平均値	X 1	X 2	X 3
密 度 (g/cm ³)	0.5 ~ 0.9	0.70	0.71	0.68	0.70
含 水 率 (%)	5 ~ 13	7.6	8.0	7.2	7.5
曲 げ 強 さ (kgf/cm ²) (縦方向)	130 以上	166	175 *	162 *	162 *
(横方向)			183	184	188
は く 離 強 さ (kgf/cm ²)	2.0 以上	6.0	5.3	6.8	6.0
木 ね じ 保 持 力 (kgf)	—				
吸 水 厚 さ 膨 張 率 (%)	12 以下	6.4	6.7	6.1	6.4
湿 潤 時 曲 げ 強 さ (kgf/cm ²) (縦方向)	65 以上	76	77 *	74 *	78 *
(横方向)			97	94	82
曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kgf/cm ²)	25,000 以上	33,300	33,900	33,600	32,400

製 品 種 類	S S - 1 2 mm <JIS 200 M>
---------	--------------------------

検 査 項 目	規 格	平均値	X 1	X 2	X 3
密 度 (g/cm ³)	0.5 ~ 0.9	0.80	0.80	0.80	0.80
含 水 率 (%)	5 ~ 13	8.7	9.1	8.5	8.6
曲 げ 強 さ (kgf/cm ²) (縦方向)	180 以上	201	219	223	215
(横方向)			201 *	198 *	204 *
は く 離 強 さ (kgf/cm ²)	3.0 以上	8.9	9.1	8.5	9.2
木 ね じ 保 持 力 (kgf)	—				
吸 水 厚 さ 膨 張 率 (%)	12 以下	4.1	3.8	4.3	4.2
湿 潤 時 曲 げ 強 さ (kgf/cm ²) (縦方向)	90 以上	108	128	116	111
(横方向)			119 *	106 *	99 *
曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kgf/cm ²)	30,000 以上	39,100	39,600	38,100	39,700

製 品 種 類	Y S S - 2 0 mm <JIS 200 M>
---------	----------------------------

検 査 項 目	規 格	平均値	X 1	X 2	X 3
密 度 (g/cm ³)	0.5 ~ 0.9	0.76	0.76	0.76	0.76
含 水 率 (%)	5 ~ 13	8.7	8.9	8.5	8.7
曲 げ 強 さ (kgf/cm ²) (縦方向)	180 以上	206	206 *	223	219
(横方向)			217	210 *	201 *
は く 離 強 さ (kgf/cm ²)	3.0 以上	8.9	8.7	8.4	9.5
木 ね じ 保 持 力 (kgf)	50 以上	90	92	88	89
吸 水 厚 さ 膨 張 率 (%)	12 以下	6.3	6.7	6.2	6.1
湿 潤 時 曲 げ 強 さ (kgf/cm ²) (縦方向)	90 以上	100	107	108	102 *
(横方向)			101 *	97 *	106
曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kgf/cm ²)	30,000 以上	39,600	40,000	39,800	38,900

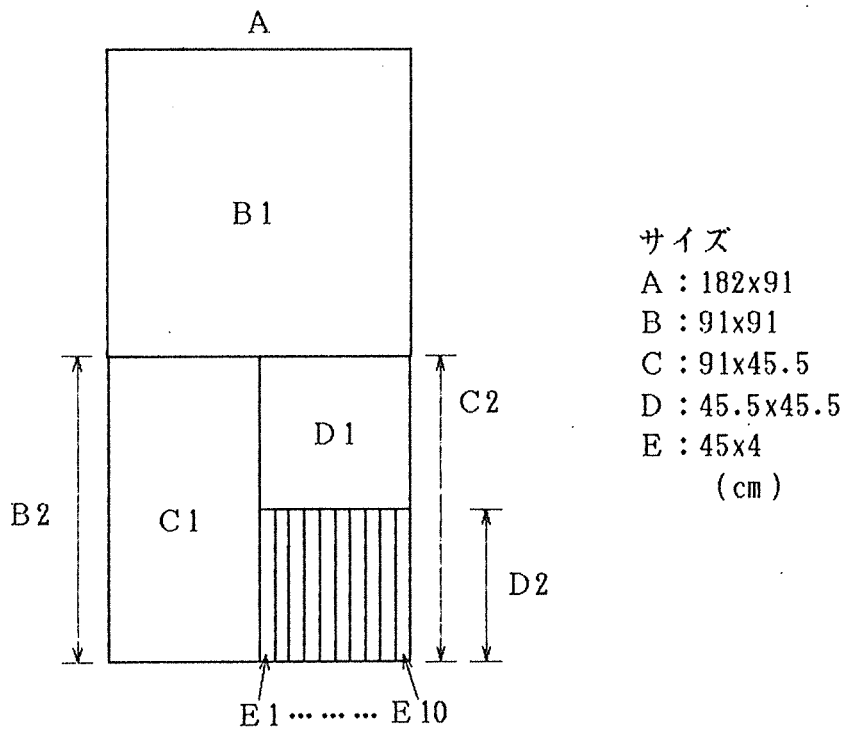


図1. 試験体の採取方法と試験体名

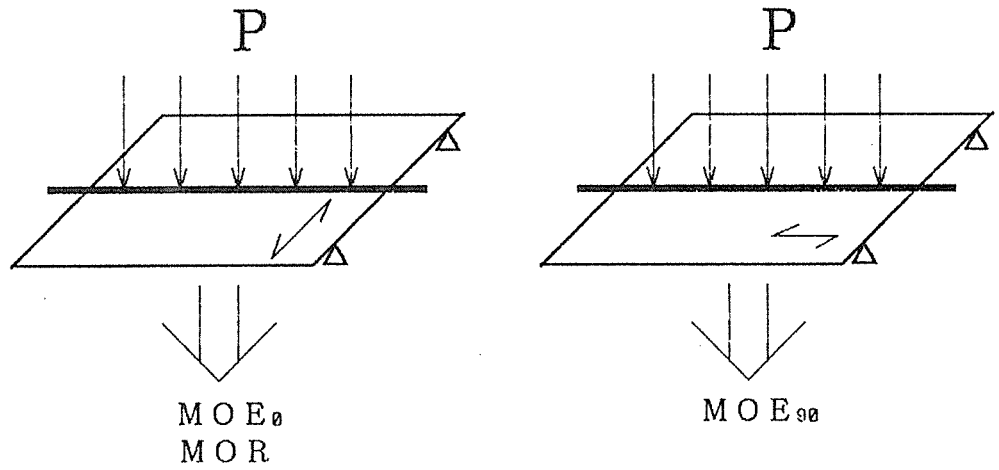


図2. 曲げ試験方法

表2. パーティクルボードの曲げ試験結果

	試験体記号	比重	MOE0 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	MOE90 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	MOR (kgf/cm^2)
YS-12 (JIS 150M)	A1		31.5	—	—
	A2		38.7	—	—
	A3		34.5	—	—
	A4		36.7	—	—
	A5		32.8	—	—
	B1		27.0	21.6	126.1
	B2		28.0	23.3	—
	C1		29.8	—	153.6
	C2		31.0	—	—
	D1		22.2	23.7	146.5
	D2		29.3	24.3	—
	E1	0.727	30.3	—	160.9
	E2	0.711	27.6	—	139.4
	E3	0.716	28.9	—	158.7
	E4	0.716	30.2	—	158.1
E5	0.720	28.9	—	149.2	
SS-12 (JIS 200M)	A1		43.3	—	—
	A2		41.7	—	—
	A3		43.4	—	—
	A4		42.6	—	—
	A5		42.6	—	—
	B1		41.1	39.6	176.9
	B2		39.5	38.5	—
	C1		38.3	—	168.3
	C2		39.2	—	—
	D1		21.8	36.7	160.9
	D2		39.9	43.5	—
	E1	0.814	35.1	—	163.9
	E2	0.805	34.0	—	158.9
	E3	0.819	36.0	—	185.4
	E4	0.832	39.8	—	202.6
E5	0.828	38.0	—	175.9	
YSS-20 (JIS 200M)	A1		34.6	—	—
	A2		35.2	—	—
	A3		36.5	—	—
	A4		37.3	—	—
	A5		35.5	—	—
	B1		35.0	38.7	160.1
	B2		38.9	41.7	—
	C1		40.0	—	183.5
	C2		37.7	—	—
	D1		14.9	22.8	170.9
	D2		29.8	22.3	—
	E1	0.768	32.5	—	193.6
	E2	0.767	33.7	—	192.5
	E3	0.772	34.2	—	209.5
	E4	0.783	36.3	—	222.4
E5	0.775	35.2	—	198.8	

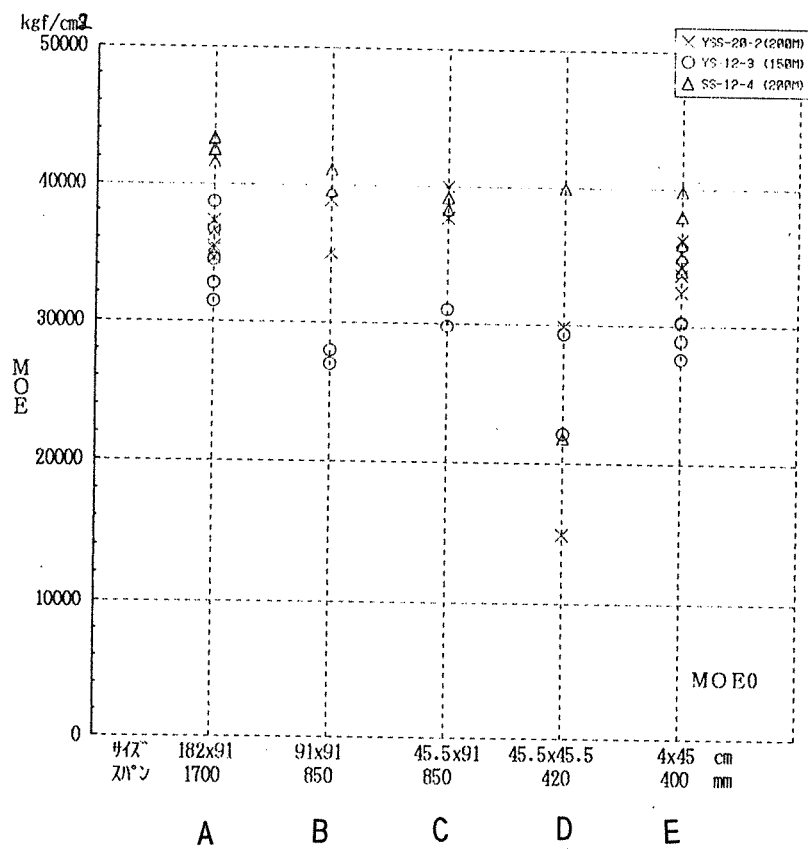


図3. パーティクルボードの試験体サイズとMOEの関係

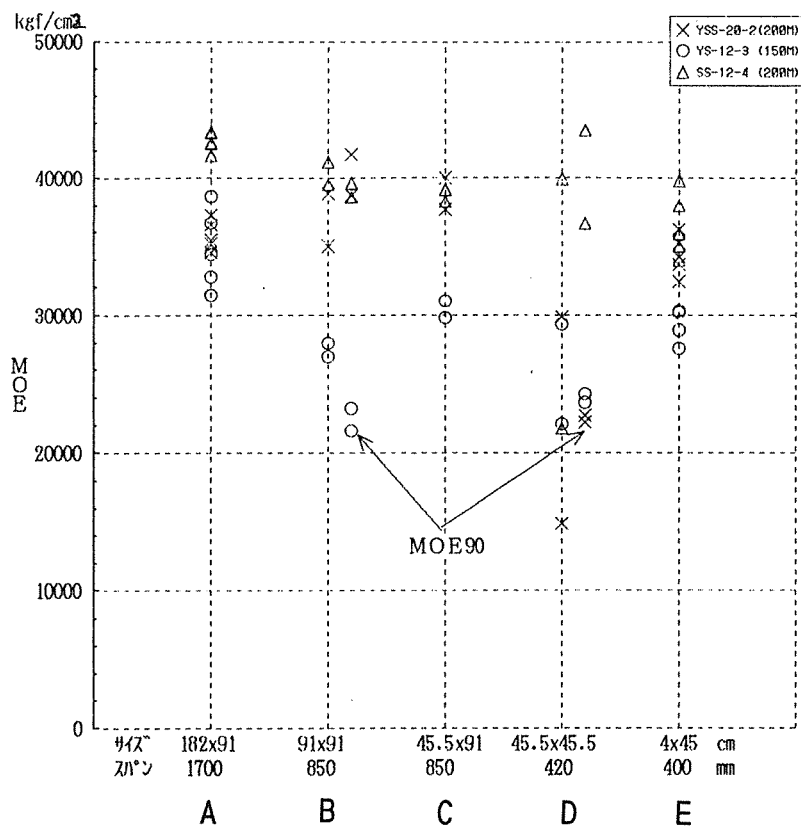


図4. MOE₉₀を加えた場合の試験体サイズとMOEの関係

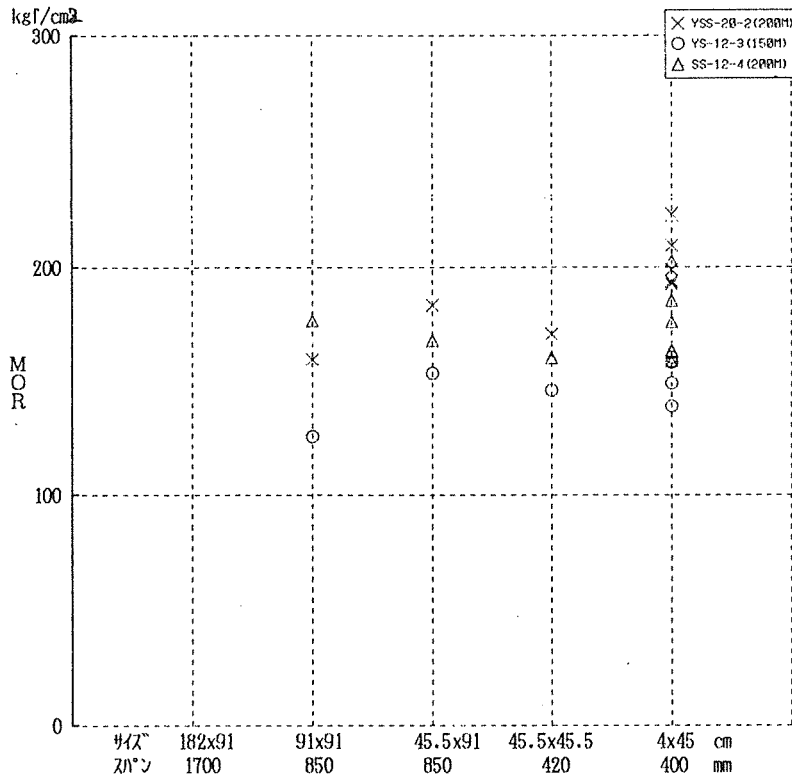


図5. パーティクルボードの試験体サイズとMORの関係

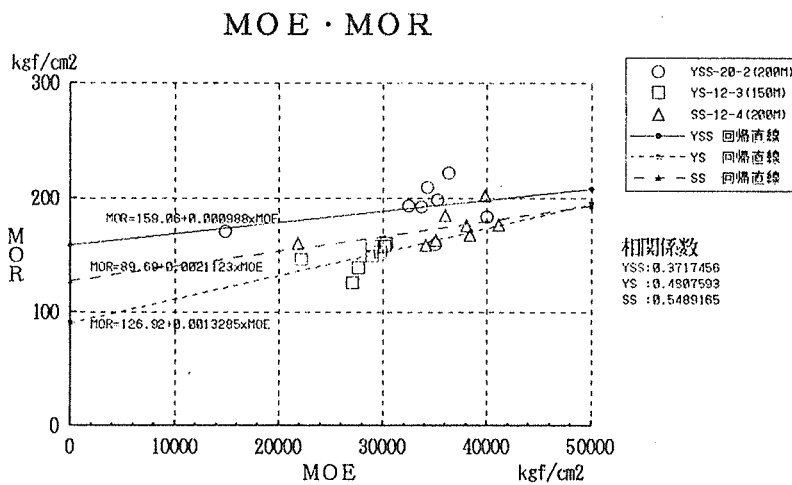


図6. パーティクルボードの曲げ試験におけるMOEとMORの関係 (全試験体)

3 パーティクルボードにおける釘の側面抵抗試験

3.1 概要

国産のパーティクルボードを対象とし、釘の側面抵抗試験を行った。ボード厚、ボード比重、曲げ強度等が異なる複数種類のパーティクルボードと釘長と釘径が異なる複数種類の釘を組み合わせるにより、パーティクルボードの性状と釘の形状が同ボードの釘側面抵抗に及ぼす影響について試験結果にもとづき考察した。

3.2 試験体

(1) パーティクルボードの種類

試験に供したパーティクルボードは8種類である。これはボード厚、ボードの曲げ強さ、接着剤のホルムアルデヒド放出量の違いによるものであり、ボード厚については12mmと20mmの2種類、ボードの曲げ強さについては150タイプと200タイプの2種類、また、接着剤のホルムアルデヒド放出量についてもMタイプとPタイプの2種類について試験を行った。表4-3-1に試験に供するパーティクルボードの種類とその規格を示す。

表4-3-1 パーティクルボードの種類と規格

ボード略称	規格		
	曲げ強さ	ホルムアルデヒド 放出量	ボード厚
150M 12mm	150 タイプ	Mタイプ	12mm
150M 20mm	150 タイプ	Mタイプ	20mm
150P 12mm	150 タイプ	Pタイプ	12mm
150P 20mm	150 タイプ	Pタイプ	20mm
200M 12mm	200 タイプ	Mタイプ	12mm
200M 20mm	200 タイプ	Mタイプ	20mm
200P 12mm	200 タイプ	Pタイプ	12mm
200P 20mm	200 タイプ	Pタイプ	20mm

(2) 釘の種類

釘の種類はC N釘の長さ50mmと65mmのもの（CN50とCN65）、B N釘の長さ50mmと65mmのもの（BN50とBN65）、N釘の長さ50mmと65mmのもの（N50とN65）の6種類とした。

(3) 釘の打ち込み位置

釘の打ち込み位置は、材端から12mmの位置と材端から釘径の15倍の距離の2種類とした。なお、釘をパーティクルボードに打ち込む際には予め釘径よりも約1mm小さな先穴をパーティクルボードに設けた。

以上の各因子を取りまとめ試験体の種類を表4-3-2に示す。なお、試験体の寸法は長さ150mm、幅75mmであり、本試験で使用したパーティクルボードの比重は、150Mタイプのものが約0.72、200Mタイプのものが約0.83であった。本報告書では主として表4-3-2の○を記した試験体の試験結果を示す。

表4-3-2 試験体の種類

規格		厚さ	材端距離	釘の種類					
曲げ強さ	ホルムアルデヒド放出量			C5	B5	N5	C6	B6	N6
150 タイプ	Mタイプ	12mm	15D	○	○	○	○	○	○
			12mm	●	●	●	●	●	●
		20mm	15D	▲	▲	▲	▲	▲	▲
			12mm	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Pタイプ	12mm	15D	▲	▲	▲	▲	▲	▲
			12mm	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		20mm	15D	▲	▲	▲	▲	▲	▲
			12mm	▲	▲	▲	▲	▲	▲
200 タイプ	Mタイプ	12mm	15D	○	○	○	○	○	○
			12mm	●	●	●	●	●	●
		20mm	15D	●	●	●	●	●	●
			12mm	●	●	●	●	●	●
	Pタイプ	12mm	15D	▲	▲	▲	▲	▲	▲
			12mm	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		20mm	15D	▲	▲	▲	▲	▲	▲
			12mm	▲	▲	▲	▲	▲	▲

注1) 表中の略記号C5, B5, N5, C6, B6, N6は各々以下の釘を示す。

C5:CN50, B5:BN50, N5:N50, C6:CN65, B6:BN65, N6:N65

注2) 表中の○は実験を完了したものであり、●は現在実験中のものである。

また、▲は実験を予定しているものである。

3.3 試験方法

図4-3-1に試験装置、並びに試験方法の概要を示す。荷重速度は1(mm/min)とし、各試験体について各々5体ずつ試験を行った。万能試験機（島津製作所 AUTOGRAPH DSS-5000）を用いて加力し、加力時の釘接合部の変位を変位計（東京測器研究所 PI-5-100）2体により測定した。

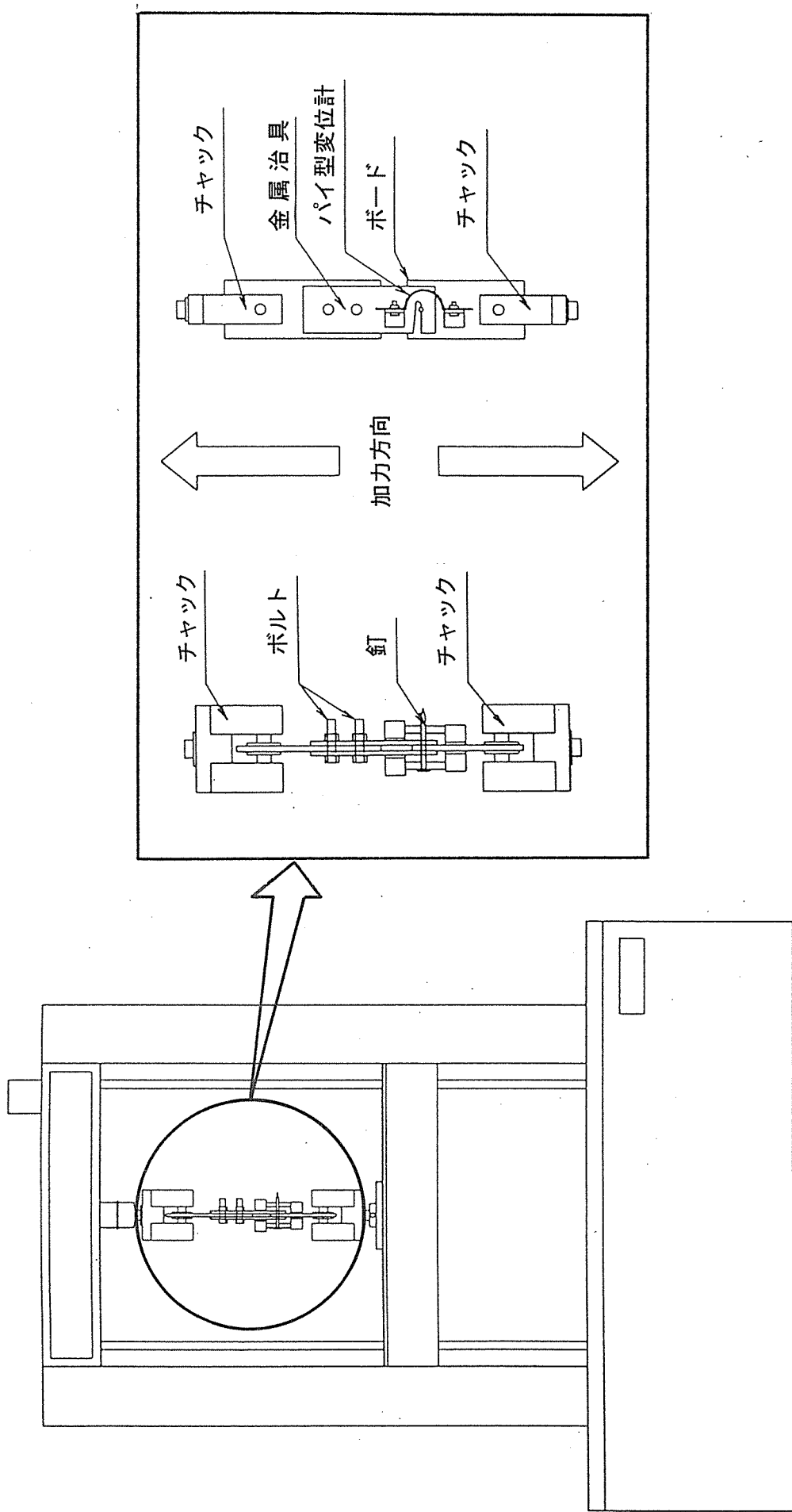


図4-3-1 試験方法

3.4 結果及び考察

(1) 試験結果の概要

表4-3-3に試験結果の概要として各試験タイプ毎に比重、P max、最大応力（F t）、滑り剛性（K）の平均値と破壊形状を示す。比重は概ね0.71から0.84の範囲に分布していた。また、P maxと最大応力については各々126(kgf)から215(kgf)と418(kgf/cm²)から621(kgf/cm²)の範囲に分布していた。一方、P / δと滑り剛性に関しては各々990(kgf/cm)から2904(kgf/cm)と2876(kgf/cm²)から8802(kgf/cm²)の範囲に分布していた。破壊形状はどの試験体とも釘が曲がりつつ面材にめり込む形状のものであった。

表4-3-3 試験結果概要（材端距離15D、平均値）

材端距離	面材厚	面材規格	釘種類	比重	P max (kgf)	P / δ (kgf/cm)	F t (kgf/cm ²)	K (kgf/cm ²)	破壊形状
15D	12mm	150M	CN50	0.727	170	1372	487	3985	メリ・マケ
			BN50	0.721	126	1780	418	5910	メリ・マケ
			N50	0.709	165	2194	502	6649	メリ・マケ
			CN65	0.727	170	1721	426	4307	メリ・マケ
			BN65	0.719	148	1122	429	3260	メリ・マケ
			N65	0.733	186	1320	509	3608	メリ・マケ
		200M	CN50	0.835	214	2298	621	6672	メリ・マケ
			BN50	0.825	148	2005	491	6658	メリ・マケ
			N50	0.843	186	2904	564	8802	メリ・マケ
			CN65	0.827	215	1914	538	4791	メリ・マケ
			BN65	0.813	175	990	510	2876	メリ・マケ
			N65	0.827	212	1498	580	4092	メリ・マケ

注) 破壊形状の略表示、「メリ」はボードのめり込み変形を示し、「マケ」は釘の曲げ変形を示す。

(2) 荷重－変位曲線

図4-3-2に荷重－変位曲線を各試験タイプ毎に示す。150M @12mm CN50 と 200M @12mm CN65 において若干試験体間でバラツキが看取されたが、概ね各試験タイプの5つの試験体は同形状の荷重－変位曲線を有し、P max、P / δとも類似した値となっていた。

(3) P maxとボード比重との関係

図4-3-3にP maxとボード比重との関係を示す。全体ではボード比重とP maxとの間の相関係数は約0.60であり、ボード比重とP maxの間には著しい相関は看取されなかった。一方、釘種別では相関係数はCN50の0.93からBN65の0.74の範囲に分布し、ボード比重とP maxとの

間にはかなり良い正の相関があった。また、本試験の結果においては長さ65mmの釘の方が長さ50mmの釘よりも単位比重当たりのP maxの増加量は大きく、同じ長さの釘では釘径の大きい釘の方が単位比重当たりのP maxの増加量は大きかった。なお、ボードタイプ別では200Mタイプのボードの方が150Mタイプのものよりも明らかにP maxの値は大きく、釘側面抵抗が大きいことが予測される。

(4) P / δ とボード比重との関係

図4-3-4にP / δ とボード比重との関係を示す。ボード比重とP / δ との間の相関係数は全体で約0.28であり、P / δ に関してはボード比重との間に相関はほとんどないものと考えられる。各釘種別にみるとCN50釘では両者の相関係数が約0.79とかなり高いものの、他の釘については相関係数は0.43から0.21とかなり低い範囲にあった。また、ボードタイプ別では200Mタイプのボードの方が150MタイプのものよりもP / δ の値は概してやや大きかったが、ボードタイプによる違いはP maxほど顕著ではなかった。

(5) 最大応力とボード比重との関係

式4-3-1により釘の投影面積当たりの最大応力を算出し、最大応力とボード比重との関係について検討した。図4-3-5にその結果を示す。

$$F_t = P_{\max} / (d \cdot t) \quad \dots\dots(\text{式4-3-1})$$

但し、 F_t : 最大応力(kgf/cm²)

P_{\max} : 最大荷重(kgf)

d : 釘の胴径(cm)

t : ボード厚(cm) である。

最大応力とボード比重との関係はP maxとボード比重との関係と極めて類似していたが、全般的に最大応力とボード比重との相関の方がP maxとボード比重との相関よりも高くなっていた。特に全体の相関係数は約0.71とかなり高く、釘の種類によらずボード比重と最大応力との間にはかなり良い正の相関があった。

(6) 滑り剛性とボード比重との関係

式4-3-2により滑り剛性を算出し、滑り剛性とボード比重との関係について考察した。図4-3-6にその結果を示す。

$$K = (P / \delta) / (d \cdot t) \quad \dots\dots(\text{式4-3-2})$$

但し、 K : 釘によるボードのめり込み剛性(kgf/cm³)

P / δ : 直線部分の傾き(kgf/cm)

d : 釘の胴径(cm)

t : ボード厚(cm) である。

滑り剛性とボード比重との関係はP / δ とボード比重との関係とほとんど一致しており、

相関はほとんど看取されなかった。

(7) P_{max} と釘径との関係

図4-3-7に P_{max} と釘径との関係を示す。本試験結果では一般に釘径が大きくなるに従い、 P_{max} の値は大きくなる傾向にあった。釘種別にみるとCN釘の P_{max} の値が他の2種類の釘に比べ著しくばらついていたが、このことに関しては今後実験等によりさらに検討する必要がある。

(8) P/δ と釘径との関係

図4-3-8に P/δ と釘径との関係を示す。全体では釘径と P/δ との間に一定の傾向は看取されなかったが、釘長別に個々にみると釘径の大きなものほど P/δ の値は大きくなる傾向にあった。

(9) 最大応力と釘径との関係

図4-3-9に最大応力と釘径との関係を示す。最大応力と釘径との関係は P_{max} と釘径との関係と類似していたが、釘径が大きくなることによる最大応力の増加分は P_{max} ほど顕著ではなかった。

(10) 滑り剛性と釘径との関係

図4-3-10に滑り剛性と釘径との関係を示す。滑り剛性と釘径との関係は P/δ と釘径との関係とほぼ一致する。本試験の結果では長さ65mmの釘の滑り剛性が長さ50mmの釘の滑り剛性よりもかなり低い値となっていたが、この点に関しては今後再度検討する必要がある。

3.5 まとめ

以上の実験結果からパーティクルボードの釘側面抵抗において最大荷重及び最大応力に関してはボード比重と釘の形状からその値を推定できるものと判断される。一方、 P/δ と滑り剛性に関してはボード比重から推定することは困難であると思われる。また、釘形状と P/δ 並びに釘形状と滑り剛性との間には一定の傾向があり、釘形状から両者の値を類推することも可能であると考えられる。

参考文献

- 1) “1992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発行，1992.

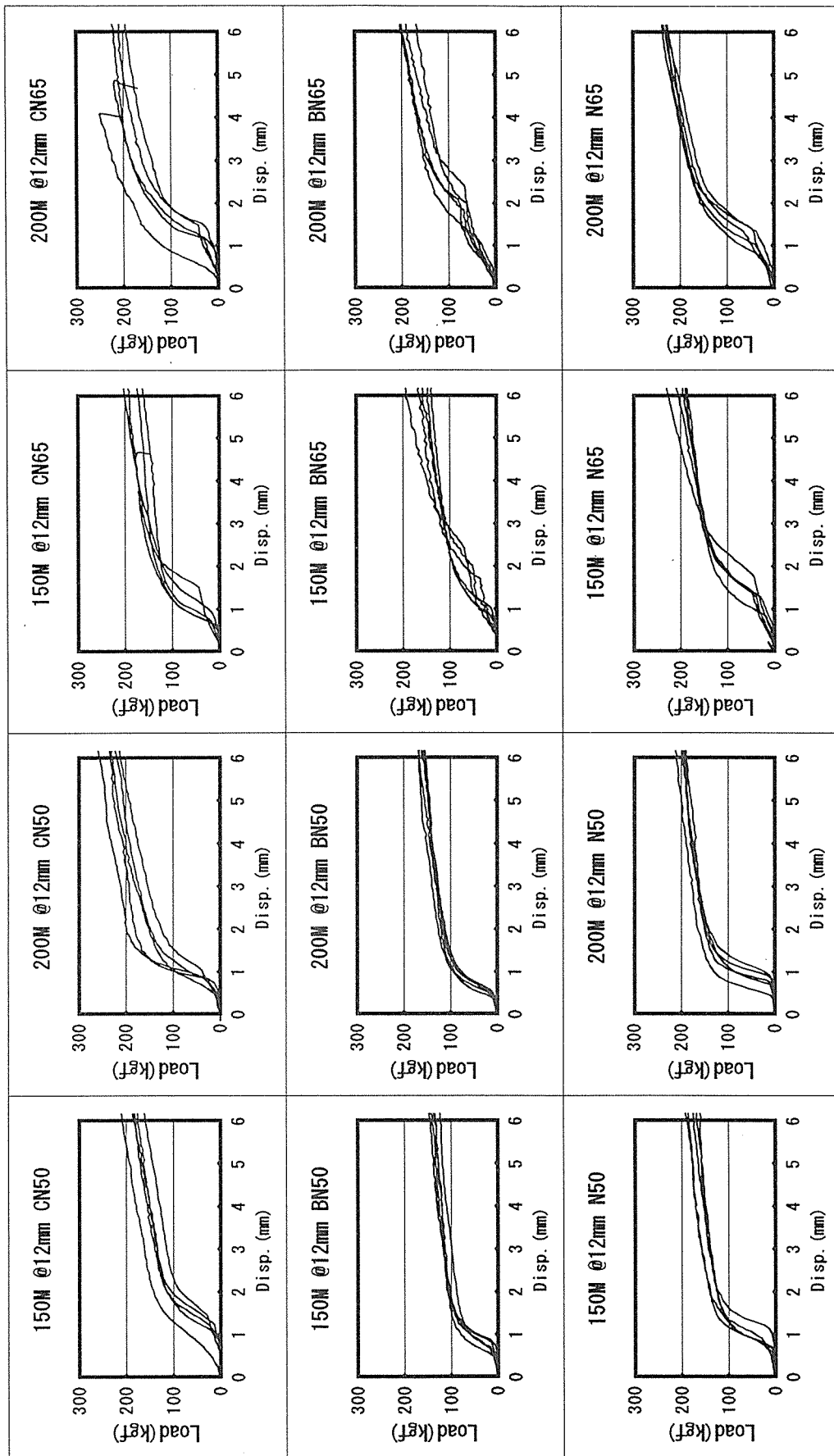


圖 4-3-2 荷重 - 變位曲線

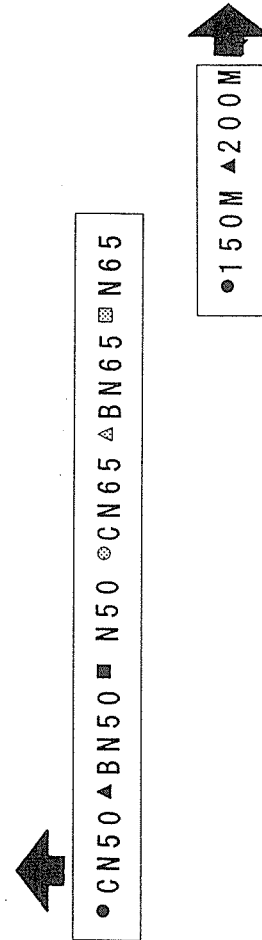
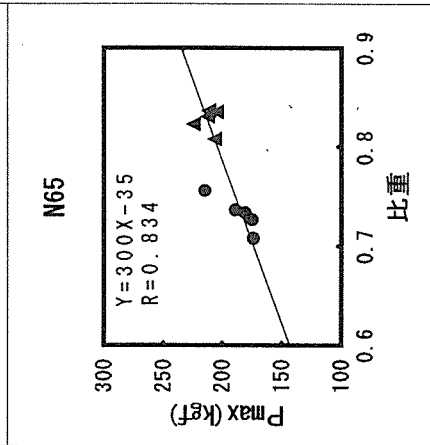
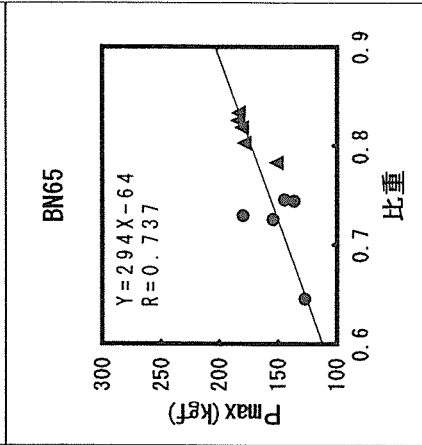
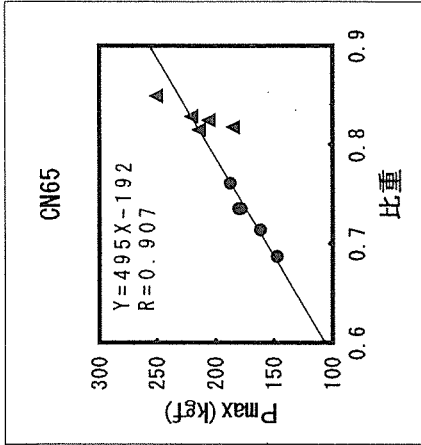
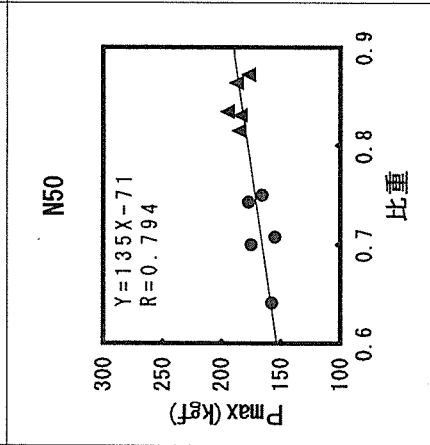
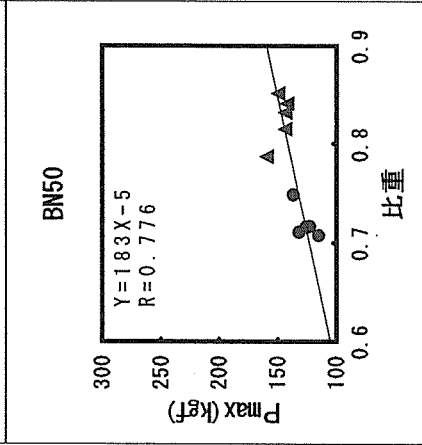
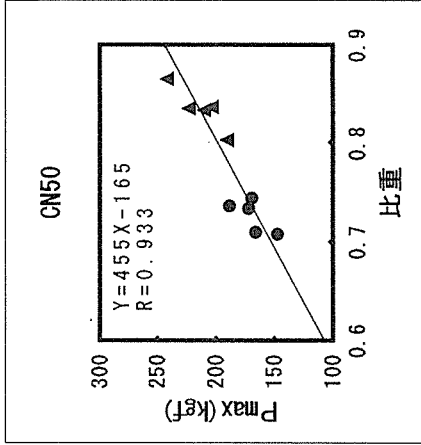
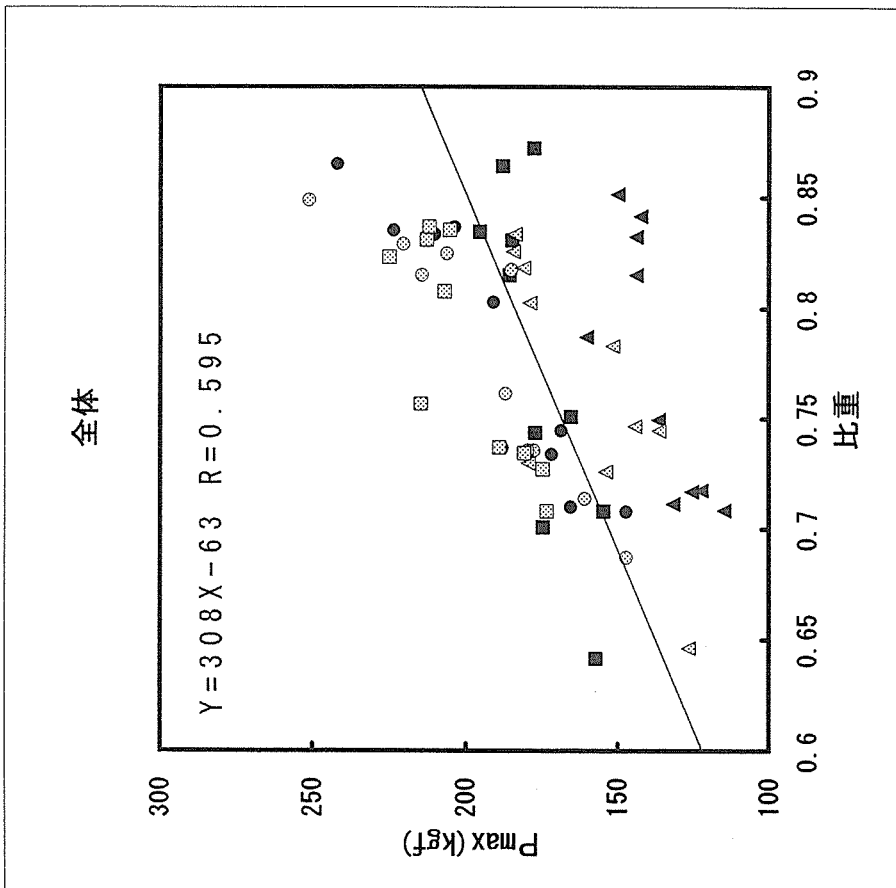


図 4-3-3 P max とボード比重との関係

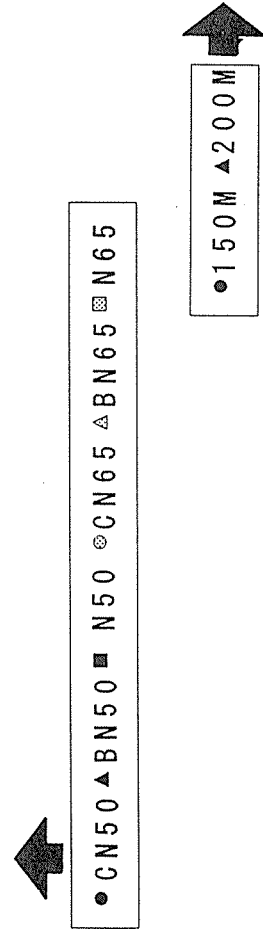
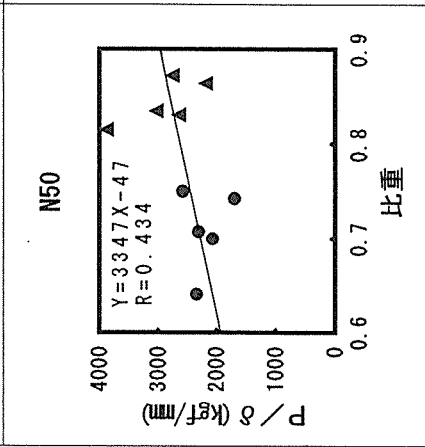
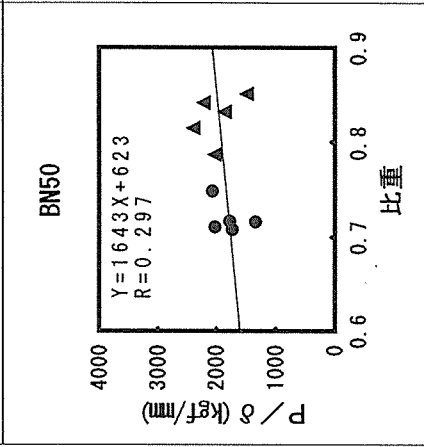
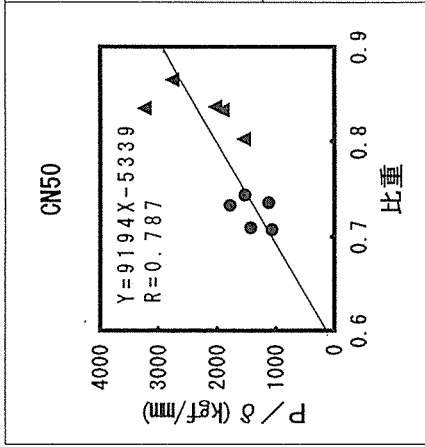
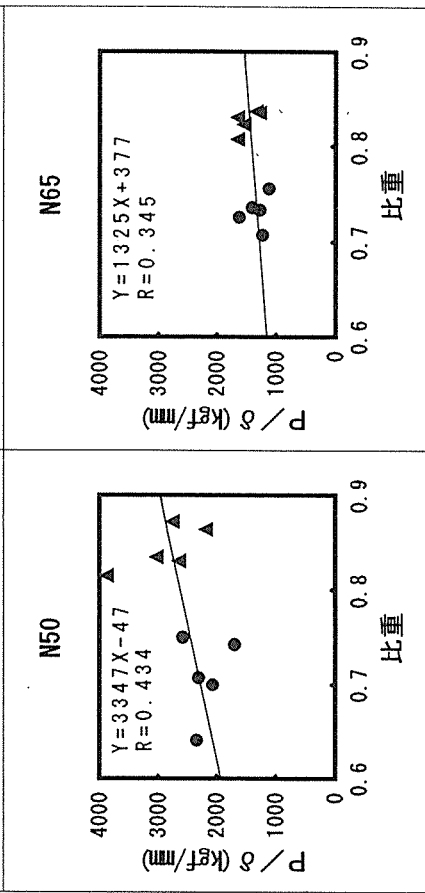
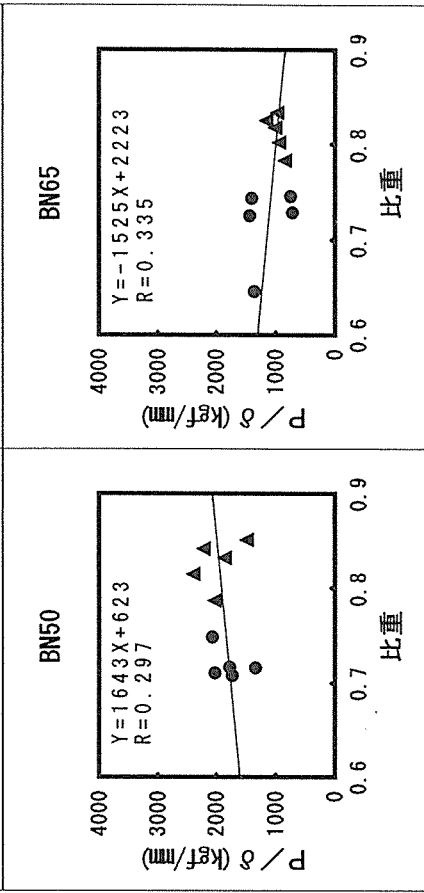
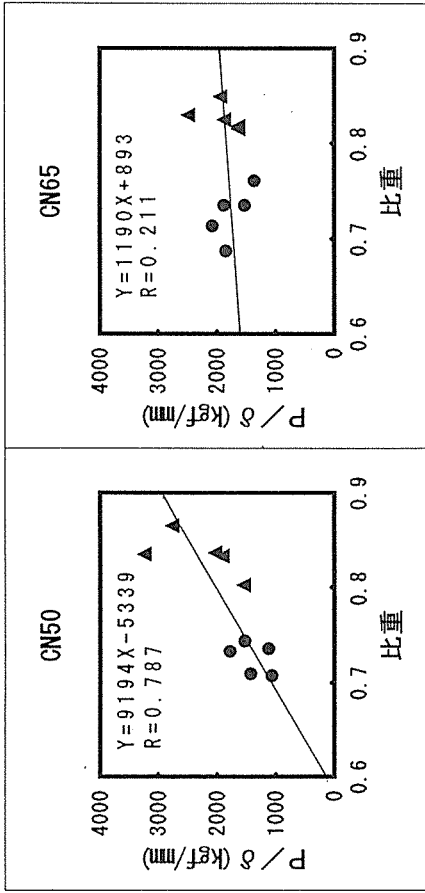
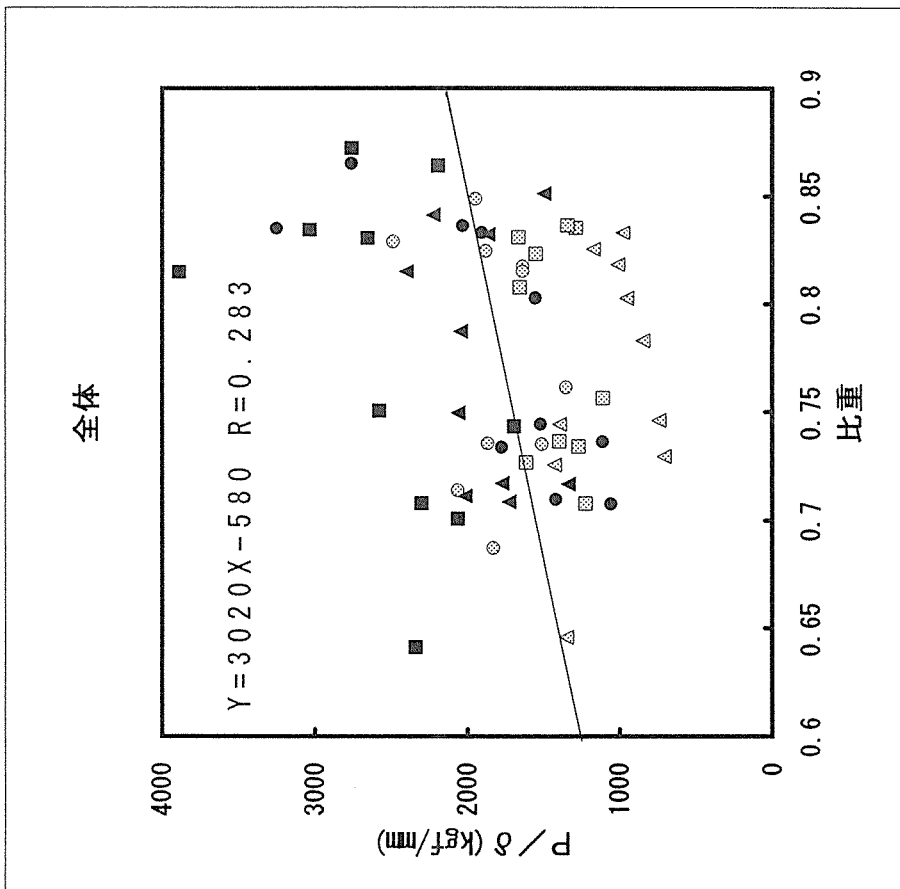
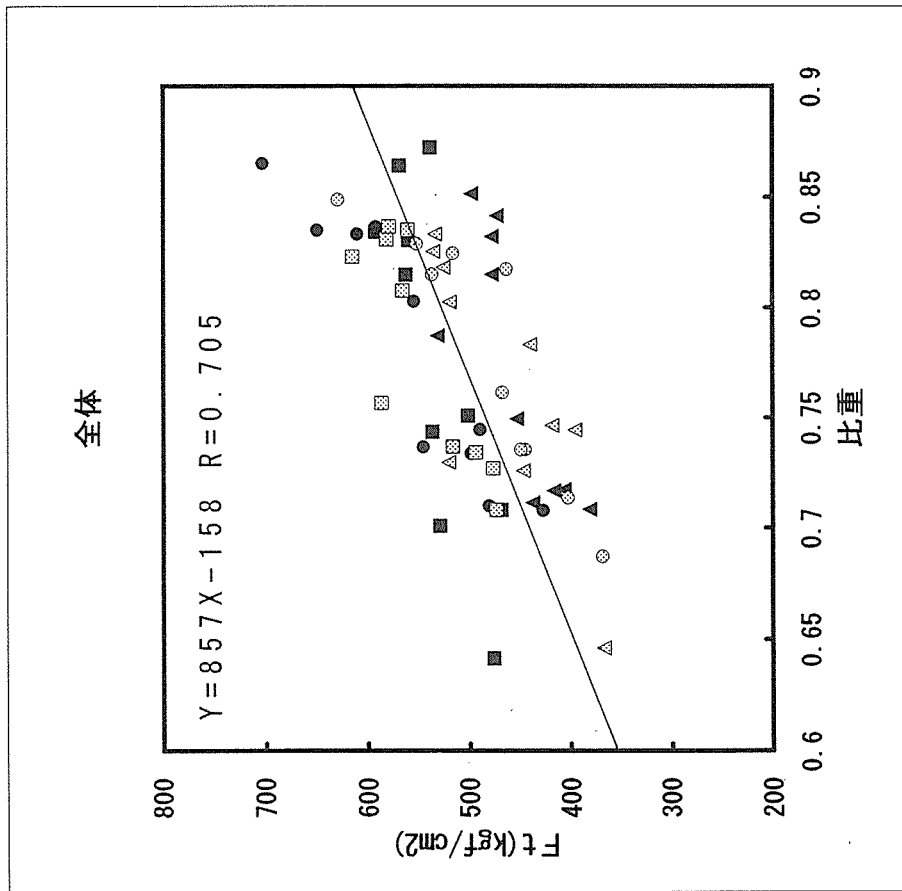


図4-3-4 P / δ とボード比重との関係



● CN50 ▲ BN50 ■ N50 ⊙ CN65 △ BN65 ▣ N65



● 150M ▲ 200M

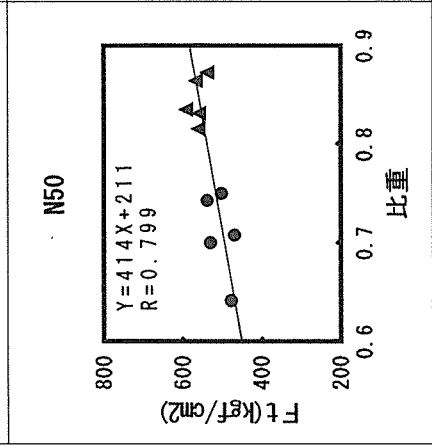
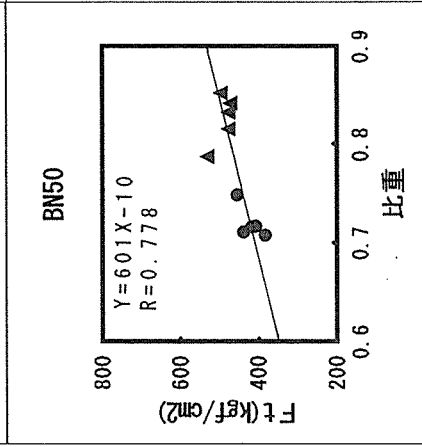
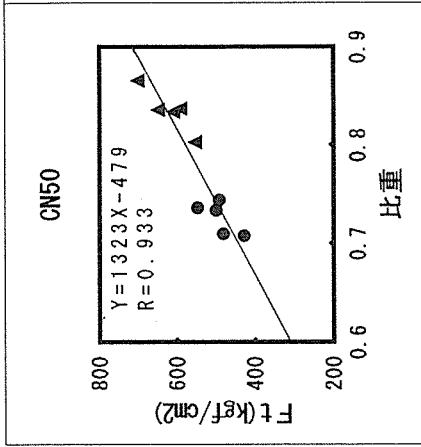
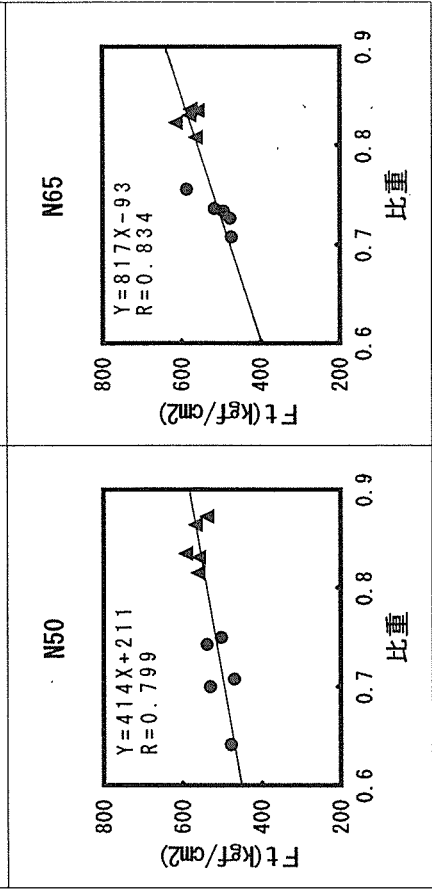
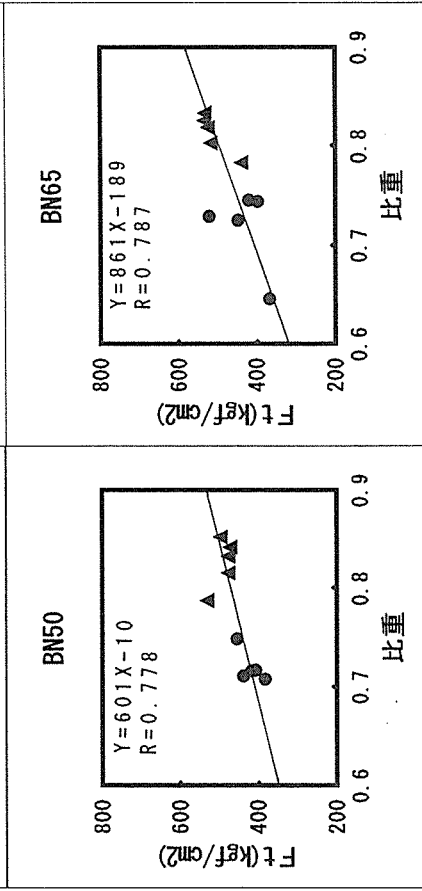
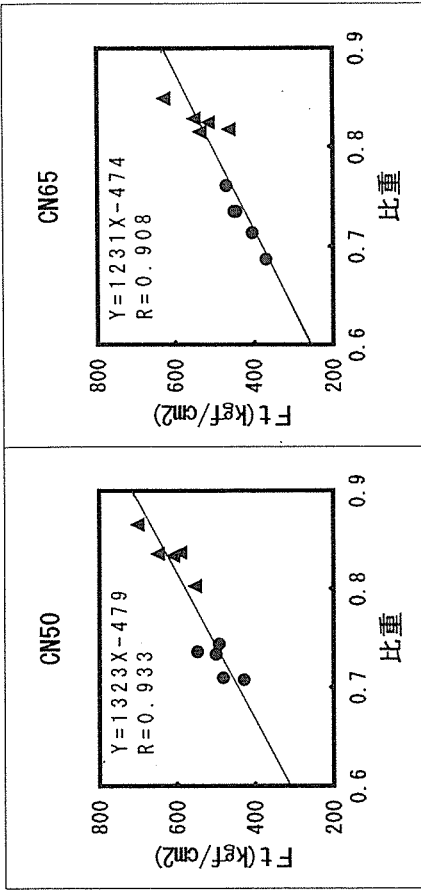


図4-3-5 最大応力とボード比重との関係

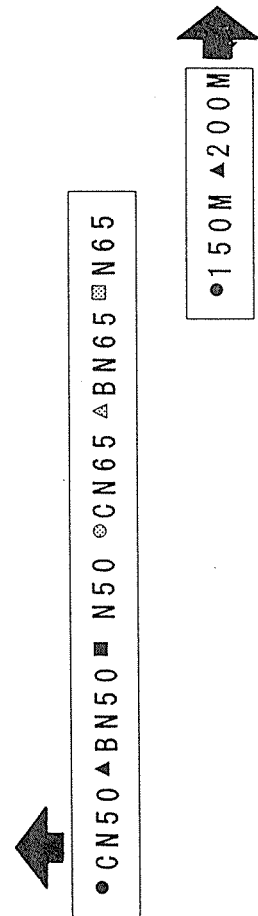
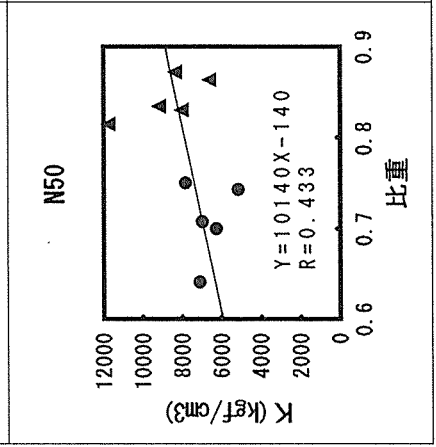
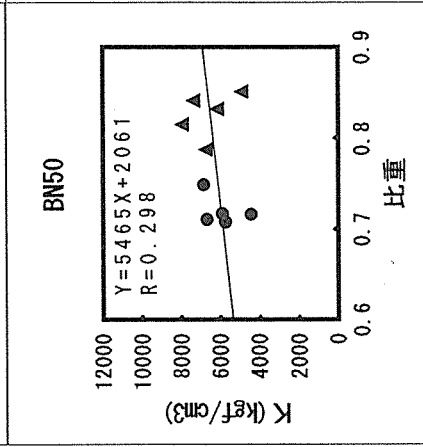
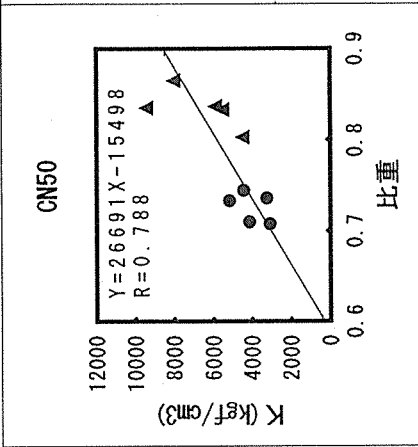
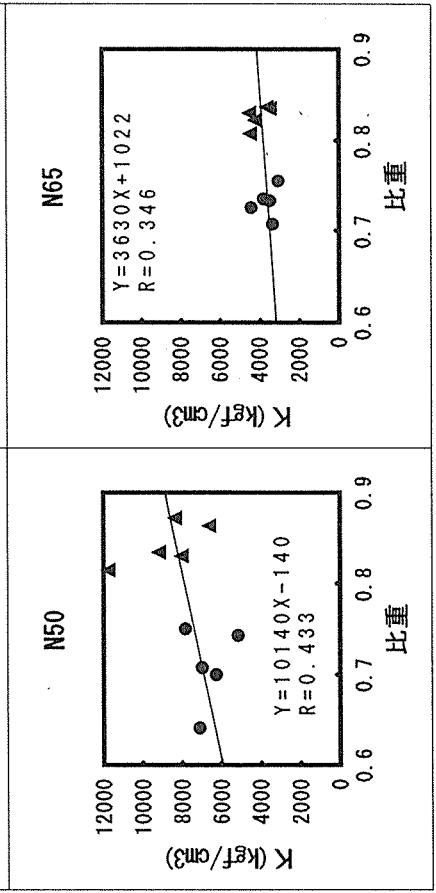
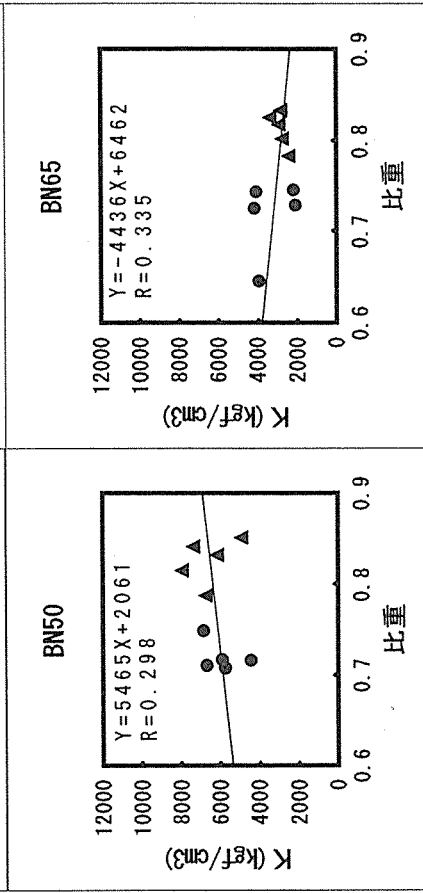
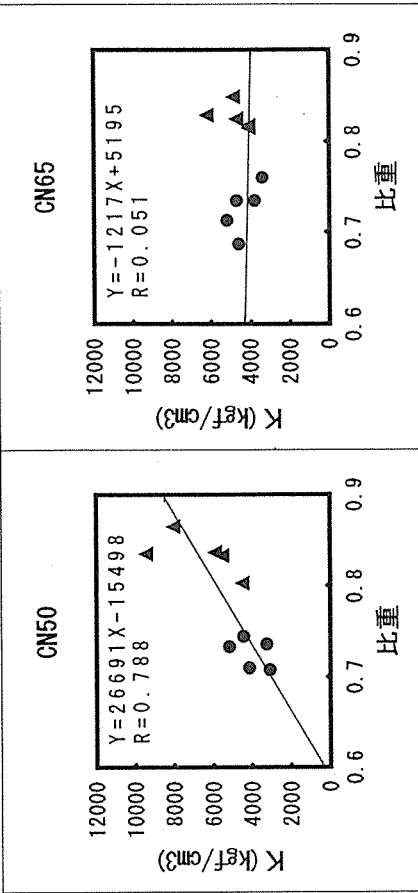
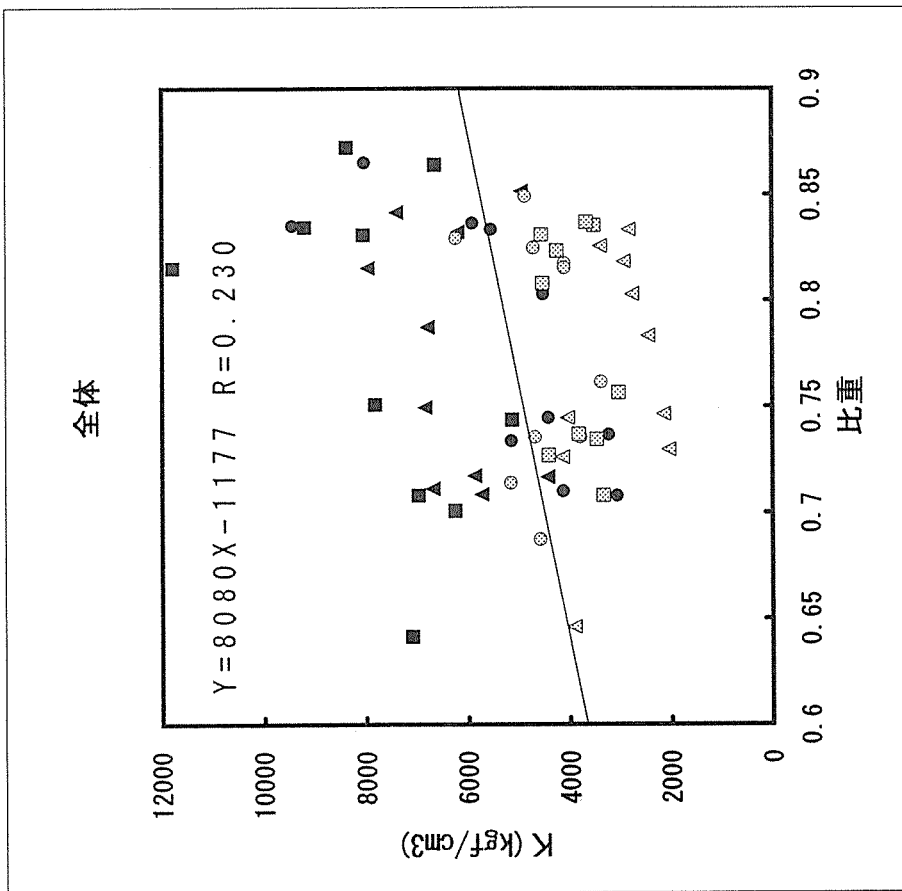
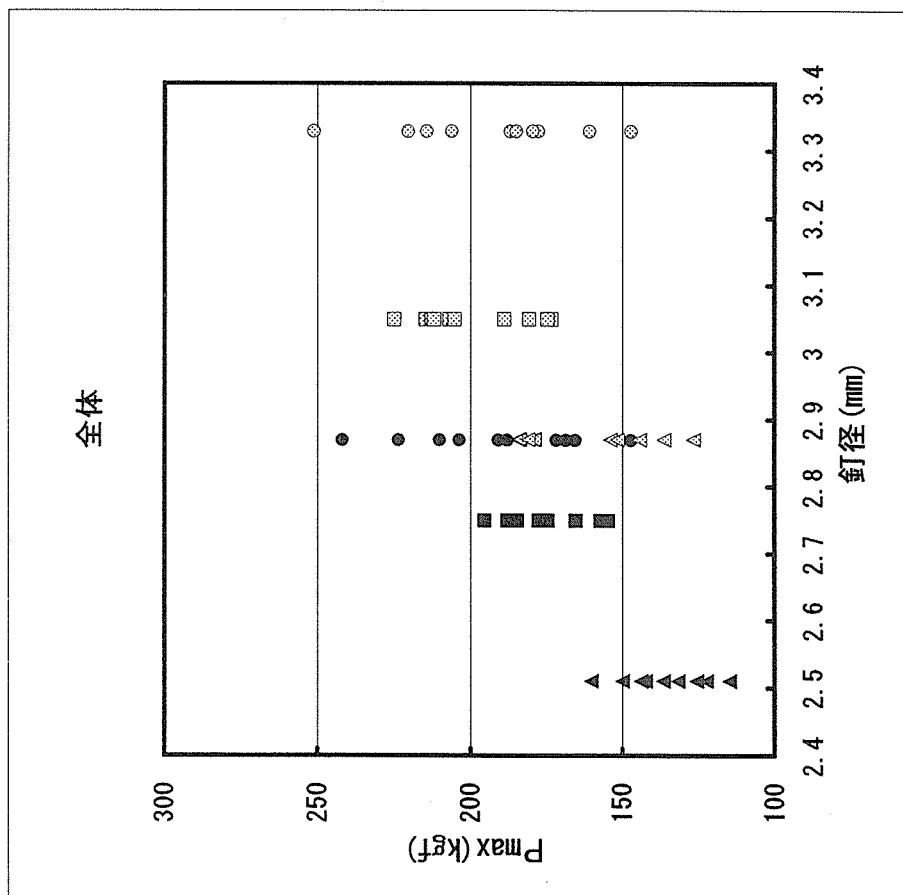
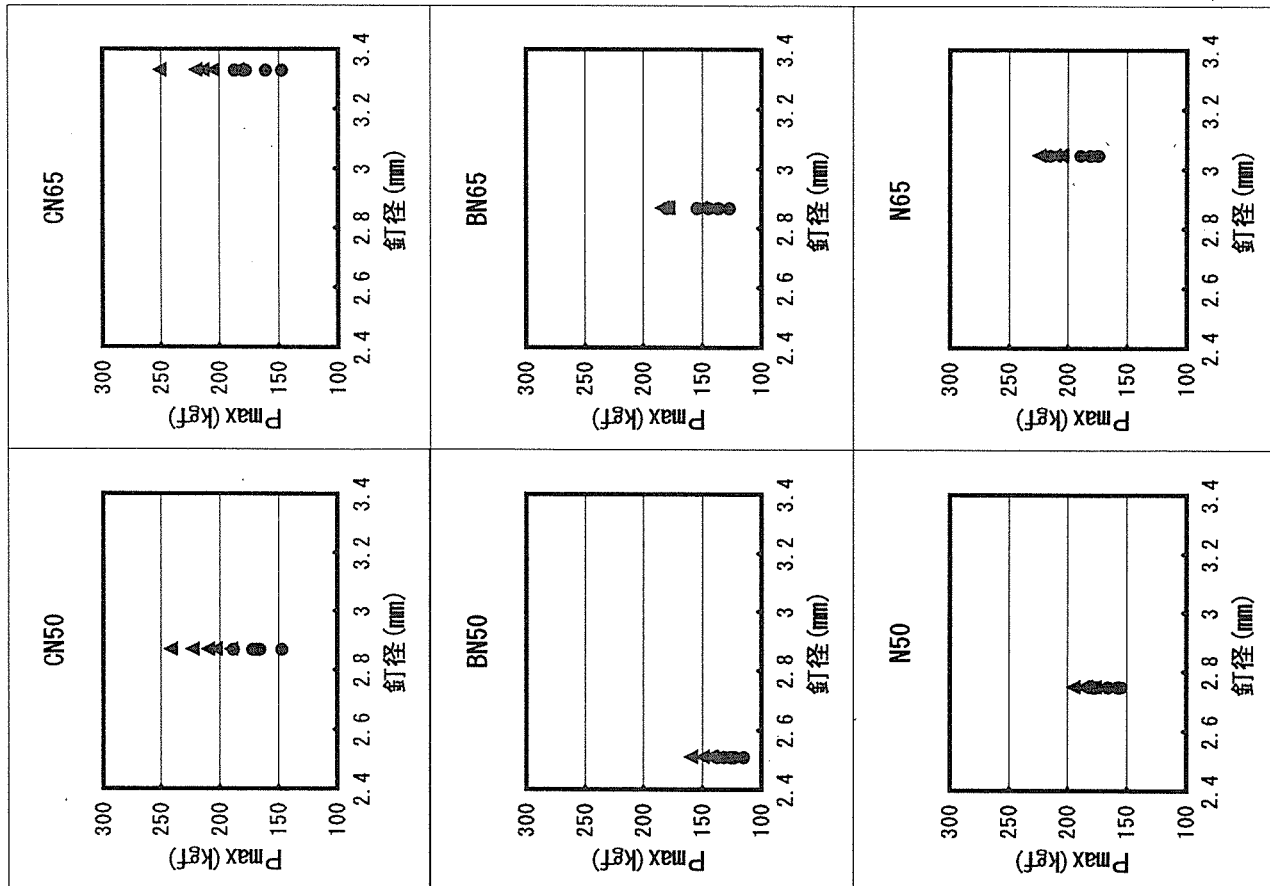


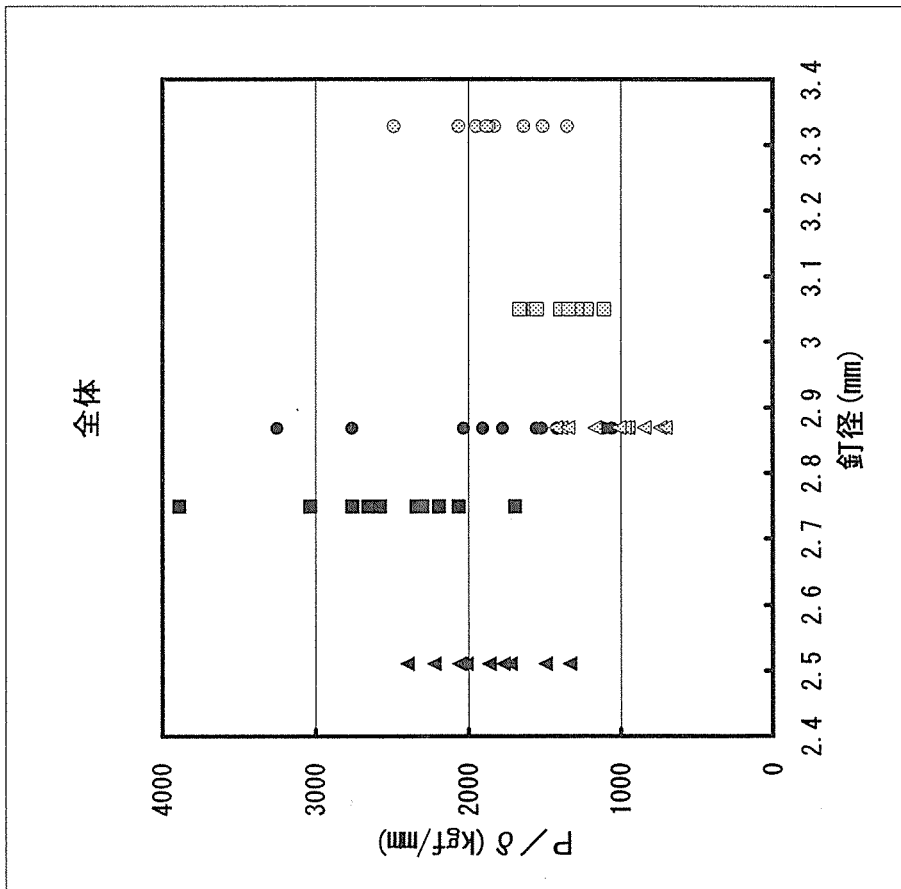
図 4-3-6 滑り剛性とボード比重との関係



● CN50 ▲ BN50 ■ N50 ○ CN65 △ BN65 ▣ N65

● 150M ▲ 200M

図4-3-7 Pmaxと釘径との関係



● CN50 ▲ BN50 ■ N50 ○ CN65 △ BN65 □ N65

● 150M ▲ 200M

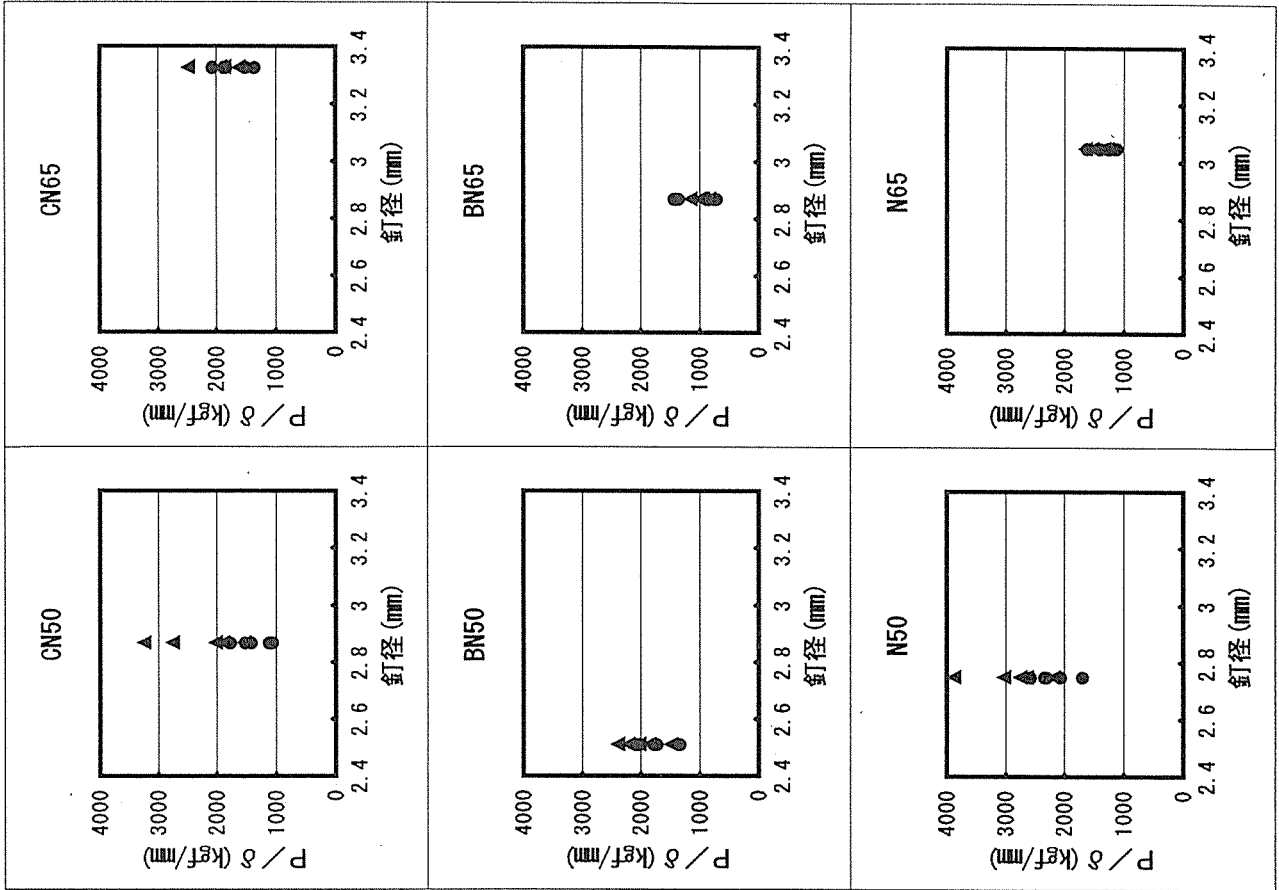
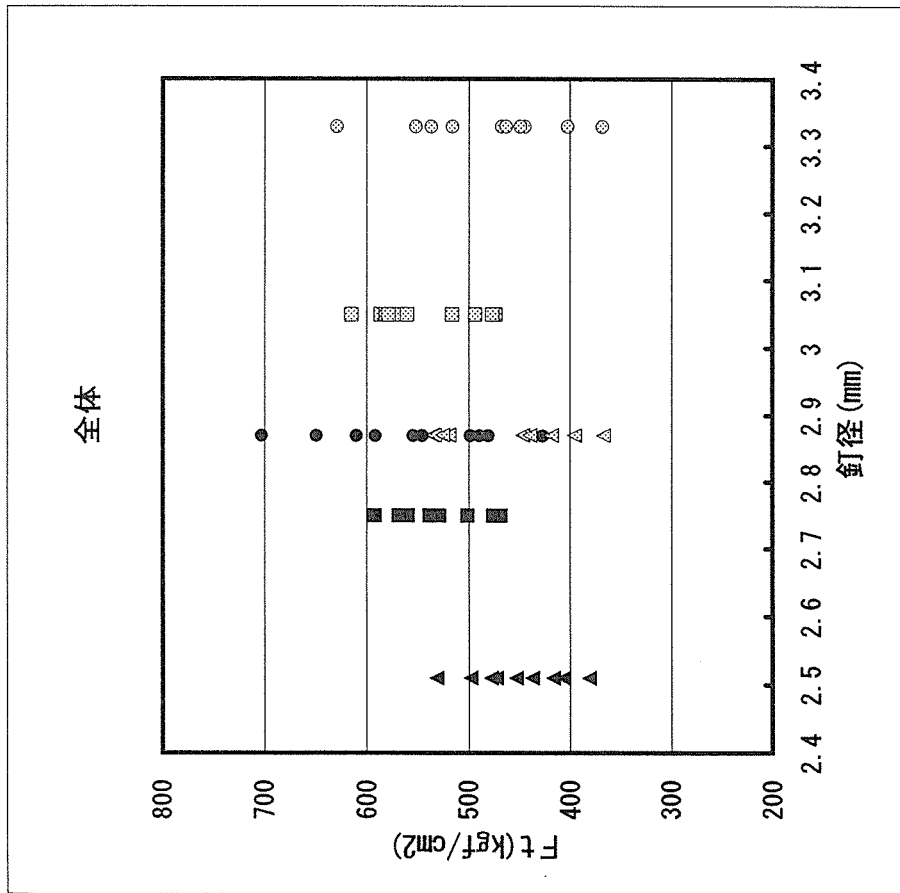


図 4-3-8 P / δ と 釘径 と の 関 係



● CN50 ▲ BN50 ■ N50 ○ CN65 △ BN65 ▣ N65

● 150M ▲ 200M

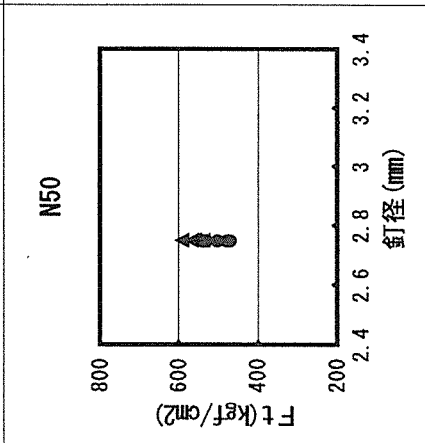
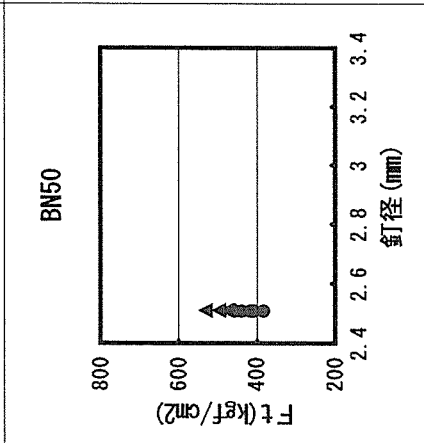
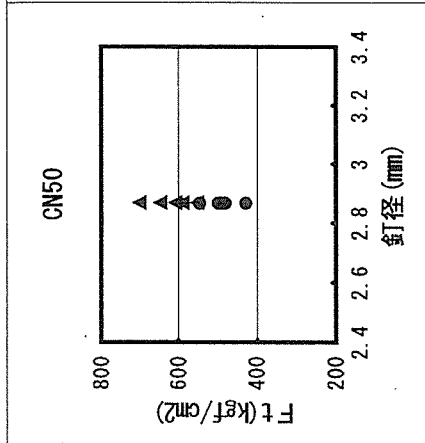
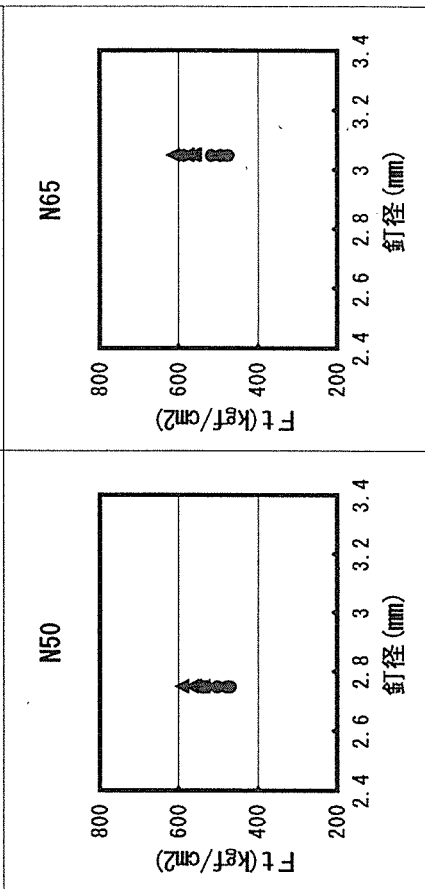
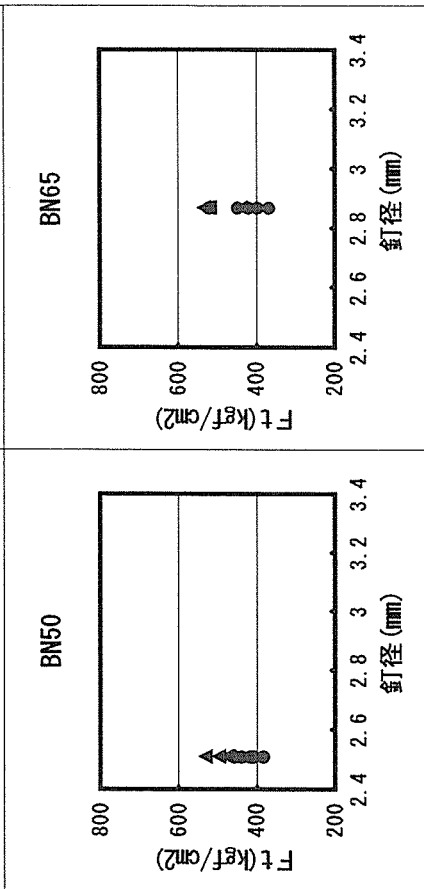
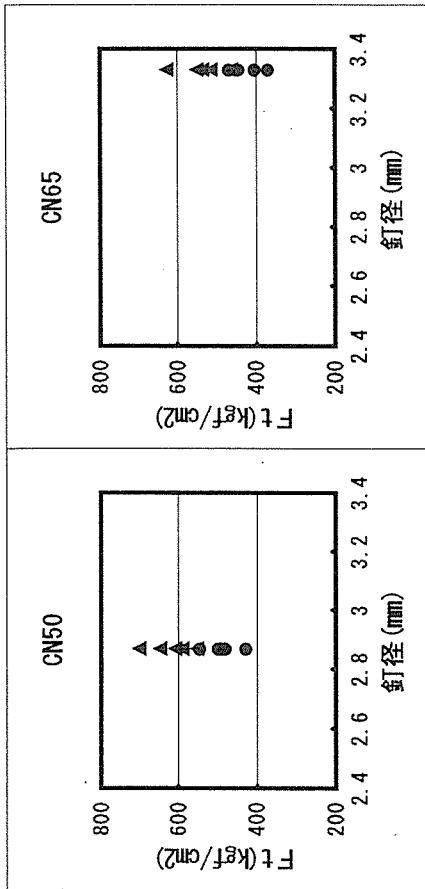
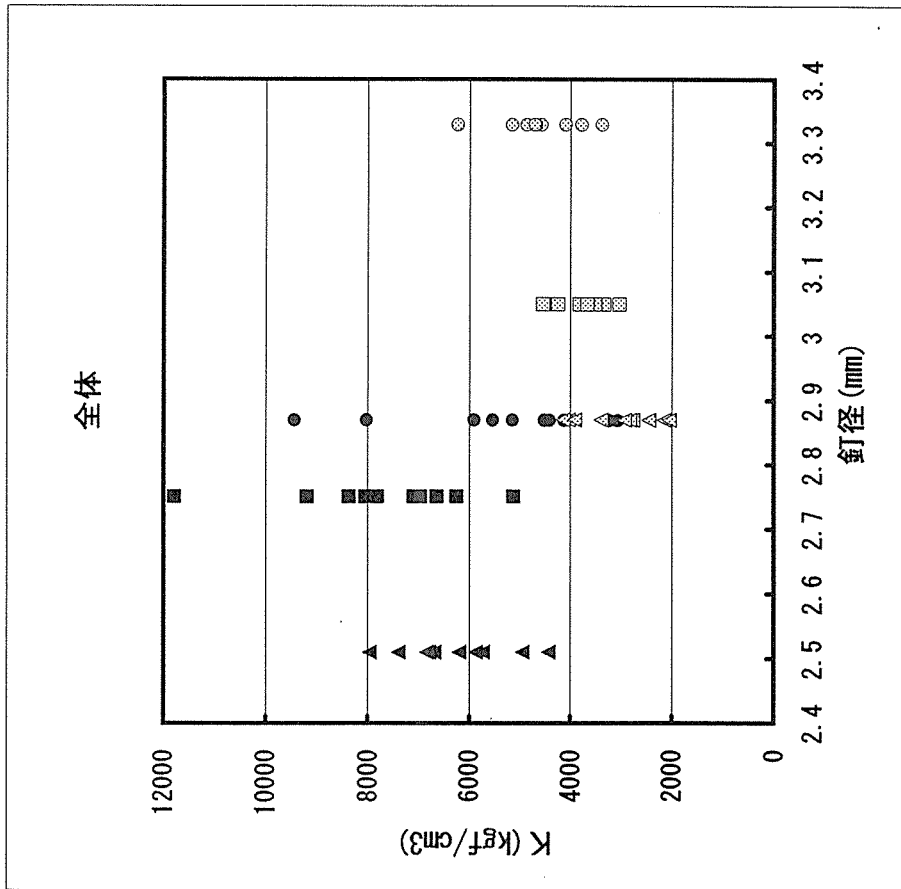


図4-3-9 最大応力と釘径との関係



● CN50 ▲ BN50 ■ N50 ○ CN65 △ BN65 ▣ N65

● 150M ▲ 200M

図4-3-10 滑り剛性と釘径との関係

