

# 住宅部材国産化緊急対策事業報告書(1)

## 「桝組壁工法住宅部材国産化」

平成3年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター





まえがき

## 1. 枠組壁工法住宅部材国産化対策事業について

国内の森林資源のなかで、将来資源の増大が見込まれながらも、現在需要が少ないエゾマツ・トドマツ・スギ中目材等の有効利用を図ることが緊急の課題となっている。

また、これら中目材の製材木取りは、在来軸組工法用材を主体としているため製材歩止まりが悪いとの指摘もある。

一方、新たな住宅のニーズとして輸入材を主体とした枠組壁工法住宅があるが、これに使用されている部材の生産・流通の実態を調査し、前記、中目材を本工法住宅部材として利用促進を図るための製材技術及び新部材の開発を検討するとともに、新たな壁式工法住宅用部材の提案等を行いその普及を図ろうとするものである。

## 2. 平成2年度事業の実施方法及び内容

1) 本事業の実施あたって、下記の委員会を設置し事業全体の計画立案、事業の進め方等について御指導をいただきながら進めた。

### 枠組壁工法住宅部材開発検討委員会

委員長	上杉 啓	東洋大学工学部教授
委員	有馬 孝禮	東京大学農学部助教授
〃	青木 仁	建設省建築指導課課長補佐
〃	古川 勝也	建設省木造住宅振興室課長補佐
〃	安村 基	建設省建築研究所耐風研究室主任研究員
〃	中井 孝	農林水産省森林総合研究所材料性能研究室長
〃	西村 勝美	農林水産省森林総合研究所製材研究室長
〃	大久保 勲	北海道立林産試験場性能部主任研究員
〃	小林 晃	住宅金融公庫建設サービス部技術開発課長
〃	梶山 晃	(社)日本ツーバイフォー建築協会専務理事
〃	輿石 一司	(社)全国木材組合連合会検査部長
〃	花上 忠雄	ツーバイフォーランバーJAS協議会副会長
〃	遠山 則孝	遠山一級建築士事務所

### 2) 枠組壁工法住宅用部材の流通等調査

現行の枠組壁工法住宅用部材の流通実態について価格形成面を主体に調査とりまとめるとともに、将来的な国産材の導入、利用についての可能性を調査した。

### 3) 枠組壁工法住宅部材生産技術開発

下記の分科会を設置し、枠組壁工法住宅用部材として国産材等比較的使用頻度の少ない樹種の利用を図るため、適格原木の選定方法、寸法型式別生産割合、生産ライン等の経営ベースでの調査検討と生産された部材の品質ベースの調査を行った。

#### 枠組壁工法住宅部材生産技術開発検討分科会

委員長	西村 勝美	農林水産省森林総合研究所製材研究室長
委員	村田 光司	農林水産省森林総合研究所製材研究室
〃	野原 正人	岐阜県林業センター 場長
〃	米田 昌世	北海道立林産試験場企画指導部 経営科長
〃	阪井 茂美	徳島県林業総合技術センター木材科長
〃	輿石 一司	(社)全国木材組合連合会検査部長
〃	大西 昭一	ツープイフォーランバー J A S 協議会規格委員会チーフ

### 4) 枠組壁工法住宅新材開発

下記の分科会を設置し、枠組壁工法住宅用部材において、施工性の向上、コストダウンを図るための新材を簡易な方法で製造する技術を研究開発し、性能実験を行い規格、基準の作成について検討した。

#### 枠組壁工法住宅新材開発検討分科会

委員長	有馬 孝禮	東京大学農学部助教授
委員	吉田 弥明	静岡大学農学部 助教授
〃	中村 昇	東京大学農学部
〃	安村 基	建設省建築研究所耐風研究室主任研究員
〃	海老原 徹	農林水産省森林総合研究所複合化研究室長
〃	小松 幸平	農林水産省森林総合研究所接合研究室長
〃	小林 晃	住宅金融公庫建設サービス部技術開発課長
〃	星野 五六	三井ホーム(株)資料部部長補佐
〃	小池 裕	(株)三菱地所住宅加工センター常務取締役

“ 渡辺 径 カナダ・ブリティッシュ・コロンビア州  
林産業審議会木材担当

#### 5) 壁式工法住宅用部材提案

下記の分科会を設置し、現在需要が少なく将来資源の増大が見込まれている樹材種を利用した壁式工法住宅の試設計を行ない提案について検討した。

##### 壁式工法住宅用部材提案分科会

委員長	上杉 啓	東洋大学工学部 教授
委員	坂本 功	東京大学工学部 教授
“	黒川 哲郎	東京芸術大学美術部 講師
“	大橋 好光	東京大学工学部建築学科
“	渡辺 一正	建設省建築研究所工業生産研究室長
“	中井 孝	農林水産省森林総合研究所材料性能研究室長
“	五十田 博	東京大学工学部建築学科
“	遠山 則孝	遠山一級建築士設計事務所
“	鈴木 雄司	木構造研究所

広範な内容に積極的に取り組んでいただいた委員各位に深甚な謝意を表するとともに、事業を進めるにあたりご協力をいただいた関係各位に感謝申し上げます。

平成 3 年 3 月

(財)日本住宅・木材技術センター

理事長 下川 英雄



# 目 次

第1章 枠組壁工法住宅用部材の流通等調査	1-1
1. 枠組壁工法住宅用部材の供給条件（部材需要者側からの考察）	1-1
1-1 枠組壁工法住宅用部材の使用特性	1-1
1-2 人工乾燥材への要求度	1-4
1-3 部材供給エリアについて	1-6
1-4 国産材製材のウエイトと2×4住宅の関連	1-9
1-5 ディメンションランバーの海上輸送の現況	1-11
1-6 ディメンションランバーの流通価格の実態	1-12
2. ディメンションランバーとしての国産材利用の可能性	1-14
2-1 現状の製材方法についての検討	1-14
2-2 副次製品としてのディメンションランバー	1-16
2-3 乾燥材供給体制への対応	1-20
2-4 ディメンションランバーの乾燥の有利性	1-20
2-5 ディメンションランバーの流通の有利性	1-21
2-6 国産材製材メーカーのディメンション進出	1-24
第2章 枠組壁工法住宅部材生産技術開発	2-1
はじめに	2-1
その1. カラマツ	2-2
1. 製材試験	2-2
1.1 供試原木の形質	2-2
1.2 原木径級別・木取り型別の製材歩留まり	2-3
1.3 製材品の等級格付け調査	2-4
2. 乾燥及び寸法仕上げ加工試験	2-5
2.1 生材時の挽材寸法・曲がりの測定	2-6
2.2 乾燥材の寸法変化・狂い等の測定	2-6

2.3	乾燥材の等級格付け調査	2-6
2.4	人工乾燥の適正スケジュールの検討	2-11
2.5	乾燥材の4面鉋削による加工歩留まりの測定	2-11
3.	最終製品の強度性能試験	2-15
3.1	試験体の欠点調査	2-15
3.2	実大材の曲げ破壊試験	2-16
3.3	実大材の引っ張り破壊試験	2-17
3.4	試験結果及び考察	2-17
その2.	スギ(岐阜)	2-73
1.	製材試験	2-73
1-1.	供試原木の形質	2-73
1-1-1.	原木調査	2-73
1-1-2.	丸太の等級区分	2-75
1-1-3.	FFTアナライザーによる測定	2-75
1-2.	製材品	2-84
1-2-1.	製材品の採取枚数	2-84
1-2-2.	製材歩止まり	2-84
1-2-3.	製材品の節の出現	2-85
1-2-4.	FFTアナライザーによる測定	2-85
1-2-5.	製材品の等級格付け	2-92
1-2-6.	製材所要電力	2-94
1-2-7.	FFTアナライザーによる製材品の等級区分	2-95
2.	乾燥試験	2-106
2-1.	人工乾燥試験	2-106
2-1-1.	試験方法	2-106
2-1-2.	乾燥結果	2-107
2-1-3.	乾燥材の測定	2-108
2-1-4.	乾燥材の歩止まり	2-109

2-1-5. 乾燥材品の等級格付け	2-120
2-1-6. F F Tアナライザーによる乾燥材品の等級区分	2-121
その3. スギ (徳島)	2-130
1. 乾燥・寸法仕上げ加工試験	2-130
1.1 はじめに	2-130
1.2 実験方法	2-130
1.3 結果及び考察	2-131
1.4 おわりに	2-133
2. 曲げ試験	2-142
2.1 実験方法	2-142
2.1.1 縦振動法による動的ヤング係数の測定	2-142
2.1.2 重錘载荷によるたわみ測定	2-142
2.1.3 曲げ試験	2-143
2.2 結果及び考察	2-143
第3章 枠組壁構法住宅新材開発	3-1
1. 構造用F J材の接着性能の評価	3-1
はじめに	3-1
1.1 実験方法	3-1
1.1.1 供試用F J材	3-1
1.1.2 浸せき剝離試験	3-2
1.2 実験結果と考察	3-2
1.3 架橋型変性酸ビ接着剤の接着耐久性 (参考)	3-4
1.3.1 架橋型変性酸ビの物性と接着性能	3-4
1.3.2 接着耐久性	3-5
1.4 結論	3-5
2. 強度保証された材を用いた縦つぎ材の強度	3-24
はじめに	3-24
2.1 試験	3-24
2.1.1 保証荷重試験	3-24

2.1.2 縦つぎ加工	3-24
2.1.3 縦つぎ材の引張試験	3-24
2.2 結果と考察	3-25
3. 試験方法の相違によるF J材の強度の差異	3-29
はじめに	3-29
3.1 試験	3-29
3.2 結果と考察	3-29
第4章 壁式工法住宅用部材提案	
I. 新規格木造住宅の一次試設計	4-1
1.1 本構法の方向性の検討	4-1
1.2 軸組+パネル方式の選択	4-1
1. 床組の検討とその意味	4-1
2. 床構法自体の問題	4-1
3. 条件整理と検討対象の絞りこみ	4-2
(1) 高さ方向の寸法統一	4-2
(2) 梁せい	4-2
(3) 通し柱の扱い	4-2
(4) 1, 2階柱位置の一致 (不一致)	4-2
(5) 柱の位置	4-2
(6) 柱の必要本数	4-2
(7) 耐力壁	4-2
(8) 各階床のシステム	4-3
(9) パネル化床	4-3
(10) 合板床	4-3
(11) モジュール	4-3
(12) 条件の整理とまとめ	4-3
4. 床構法の検討	4-4
(1) 構法開発の考え方	4-4
(2) パネルの大きさ	4-5
(3) パネルの種類	4-6



(4) 床パネルの種類	_____	4-7
(5) 床パネルの設計	_____	4-8
5. 軸組+パネル構法へ	_____	4-14
(1) 枠組壁工法をパネル化した構法	_____	4-14
(2) 耐力パネル+非耐力軸組による構法	_____	4-14
(3) 軸組構法にパネル化を組み合わせた構法	_____	4-14
1.3 軸組+パネル構法におけるモジュールの検討	_____	4-15
1. 軸組+パネル構法におけるパネル化とモジュールの関係	_____	4-15
(1) 壁パネルを真壁とした場合	_____	4-15
(2) 壁パネルを外付けとした場合	_____	4-15
(3) 床パネルを落とし込みとした場合	_____	4-15
(4) 床パネルを梁上に置き床とした場合	_____	4-15
(5) 屋根をパネル化する場合	_____	4-15
(6) その他のモジュールとパネル化の問題	_____	4-16
2. グリッド寸法	_____	4-16
3. 高さ方向のモジュール	_____	4-17
4. 壁パネルの皮膜性能	_____	4-17
5. その他	_____	4-17
1.4 面材の検討	_____	4-18
1. OSB、貫板、ランバーコア	_____	4-18
2. 杉中目材から得た厚板を用いた壁・床・天井材料	_____	4-19
II. 軸組+パネル壁構法の構造計画	_____	4-24
1. 構造計算による断面の決定 (計算の詳細については資料)	_____	4-24
(1) 柱	_____	4-24
(2) 横架材	_____	4-25
(3) まとめ	_____	4-26
2. パネル化による水平耐力の考え方	_____	4-27
(1) パネルの耐力	_____	4-27
(2) パネルと横架材の接合方法	_____	4-27
(3) 柱と横架材の接合方法	_____	4-28

(4) 横架材のせいとスパン長	_____	4-29
構造計算詳細	_____	4-30
3. 屋根のパネル化	_____	4-37
(1) 屋根の形状によるパネルの種類	_____	4-37
(2) パネルの大きさとたる木の方	_____	4-38
(3) 屋根のパネル化に伴う問題点	_____	4-40
III. 軸組+パネル構法の二次試設計	_____	4-41
3.1 Aタイプ——クローズドシステム指向の構法	_____	4-41
(効率的なパネル化を指向した構法)		
1. 条件設定 (システム構成—モデルの範囲、柱、梁、床、壁、小屋、屋根)	—	4-41
2. 軸組+パネル構法の開発に求められること	_____	4-48
1) プレカットか金物接合か	_____	4-48
2) 軸組工法とパネル工法	_____	4-48
3) 軸組とパネルの施工方法および構造方法	_____	4-49
3. 各部ディテール	_____	4-50
4. 各部設計	_____	4-53
3.2 Bタイプ——オープンシステム指向の構法	_____	4-60
(多様性を許容する構法)		
1. 条件設定 (システム構成—モデルの範囲、柱、梁、床、壁、小屋、屋根)	—	4-60
□ 在来軸組・通直集成材大断面軸組+木質パネル構法システム図	_____	4-64
□ パネル形状の検討と仕様	_____	4-65
□ パネル仕様と各部詳細	_____	4-66
□ 強耐震壁用土台—基礎、引き抜き防止金物詳細図	_____	4-78
□ 矩計図	_____	4-79
□ 平面、立面、断面、パネル割付図	_____	4-82
IV. 壁構法の実験計画と実験結果	_____	4-85
1. 研究目的	_____	4-85
2. 試験体	_____	4-85
3. 実験方法	_____	4-89

4. 実験結果	4-109
(1) 分析の方針と用語の定義	4-109
(2) パネル上部の隙間の影響を見る試験体	4-111
(3) 2階建て型試験体	4-116
(4) パネル単体の試験体	4-121
(5) 引張試験	4-126
(6) ブロックパネルの試験体	4-128
5. 実験のまとめ	4-133
資 料	4-134



## 第1章 枠組壁工法住宅用部材の流通等調査

### 1. 枠組壁工法住宅用部材の供給条件

(部材需要者側からの考察)

2×4住宅の建設に当たり、その使用部材である枠組壁工法構造用製材は下記のような特徴、及び供給に関わる諸条件を有することが必要と考えられる。国産材を2×4住宅用に供給するに当たっても、これらの点にまず留意しておくことが必要であろう。

#### 1-1 枠組壁工法住宅用部材の使用特性

2×4住宅の躯体部材として使用される枠組壁工法構造用製材(以下「ディメンションランバー」と呼称)は、その技術基準告示によって日本農林規格(JAS:昭和49年農林省告示第600号)に適合しなければならないことが定められているが、これは在来木造住宅が使用する製材品に比較して、その製材寸法の種類が極めて少ない、換言すれば限定されていることが大きな特徴となっている。

日本農林規格による、ディメンションランバーの寸法型式は断面寸法で203と204から212までの6種類に加え104、106、404の計9種類となっており、使用しているディメンションランバーの長さも8フィートから20フィートまでの2フィートとびの7種類である。長さを含めて63種類のタイプでしかない。しかもこれは規格上の全タイプであり、実際の使用寸法は極めて限定されたものとなっている。(集成材については別途規定)

日本ツーバイフォー建築協会に所属する会員104社が平成元年度に着工実績のあった262棟分の主要部材使用量を断面型式別に分析した結果は

204	49.6%
206	14.9
208	5.1
210	23.8
212	0.6
404	5.3
104	0.3
106	0.1
集成材	0.3

となっており、204、206、210の3種類で87.3%を占めている。

また、首都圏のコンポーネント会社5社を主体に平成2年3月期における使用量を調査した結果も下表のとおりで、この2つの調査からも63種類を一様に使用するのではなく、かなり片寄った需要形態であることが良くわかる。

断面寸法別・長さ別使用比率 その1

寸法	8'	10'	12'	14'	16'	18'	20'	TOTAL
204	35.5	8.6	25.2	17.4	9.2	2.2	1.9	100.0
206	0.0	14.1	27.9	20.4	18.9	12.1	6.6	100.0
208	0.0	10.1	27.6	17.6	13.2	11.5	20.0	100.0
210	0.0	12.0	33.5	23.2	18.2	7.4	5.7	100.0

断面寸法別・長さ別使用比率 その2

寸法	8'	10'	12'	14'	16'	18'	20'	TOTAL
204	19.6	4.7	13.9	9.6	5.1	1.2	1.0	55.1
206	0.0	2.3	4.6	3.3	3.1	2.0	1.1	16.4
208	0.0	0.4	1.2	0.8	0.6	0.5	0.9	4.3
210	0.0	2.9	8.1	5.6	4.4	1.8	1.4	24.2
TOTAL	19.6	10.4	27.8	19.3	13.1	5.5	4.4	100.0

前記調査事例によれば204が55.1%と過半数を占め、かつこのうちの8フィート材と12フィート材で全体の3割以上を占めるという結果がでている。なお上表から利用比率が5%以上のものを数えると僅かに6品目であり、この6品目で全体の61.9%と6割以上を占めている。このことは、ディメンションランバーを国産中目材から生産供給しようとしたとき、現状の在来木造住宅用の部材として、主製品である柱材製材後の背板部分を需要地域により寸法偏差のあるタルキ、胴縁、貫、小幅板として生産する場合に比較し、極めて製品の品揃えが簡便となる。またこのことにより、ひいては生産流通時の在庫負担も軽減されることとなる。

1-2 人工乾燥材への要求度

この間、輸入材のみに依存しているディメンションランバーは、下記のように最近は人工乾燥材（KD材）のウェイトが極まって高くなっている。

ディメンションランバーの供給（輸入）動向

Source: 2x4協会 Unit: 1,000 MBM

年	CANADA				U.S.A			Grand Total
	Hem GRN	Hem KD	SPF KD	Sub Total	Hem GRN	Hem/D-Fir KD	Sub Total	
	1981	93	6	28	127	2	16	18
1982	89	2	46	137	2	22	24	161
1983	68	4	77	149	3	29	32	181
1984	72	15	90	177	5	42	47	224
1985	46	16	106	168	3	68	71	239
1986	30	25	130	185	0	95	95	280
1987	30	41	215	286	0	114	114	400
1988	22	52	235	309	0	130	130	439
1989	22	55	307	384	0	152	152	536
1990	19	19	328	366	0	177	177	543



ディメンションランバーの形態別輸入動向

年	GRN		KD		TTL	
	MMBM	%	MMBM	%	MMBM	%
1981	95	65.5	50	34.5	145	100.0
1982	91	56.5	70	43.5	161	100.0
1983	71	39.2	110	60.8	181	100.0
1984	77	34.4	147	65.6	224	100.0
1985	49	20.5	190	79.5	239	100.0
1986	30	10.7	250	89.3	280	100.0
1987	30	7.5	370	92.5	400	100.0
1988	22	5.0	417	95.0	439	100.0
1989	22	4.1	514	95.9	536	100.0
1990	19	3.5	524	96.5	543	100.0

上表の通り1982年まではグリーン材が過半数を占めていたが、その後急速に落ち込み1988年には5%のシェアにまで減じている。2×4住宅においてはもはやKD材でないと市場で流通し得ない現状となっている。

従来、国産材製材は人工乾燥設備を有しない生産形態となっていたが、その時でも原木段階での乾燥促進には十分な配慮を行い、また、製材品の段階でも出荷前の自然乾燥を行うなど、乾燥に対する認識は高いものがあつた。しかし、戦後経営の合理化に関連して生産期間の短縮等の気運からグリーン材の生産が主体となったが、最近建築サイドの要請から人工乾燥設備の導入は極めて盛んであり、将来KDディメンショ

ンランバーの生産・供給を開始しようとするれば、設備、知識両面で十分にこれらを活用できるのではないかと考える。

### 1-3 部材供給エリアについて

2×4住宅の着工実績によると、北海道を例外として、2×4住宅は3大都市圏周辺に偏在している。これは2×4部材を供給する側の拠点がここに集中しており、営業展開の効果が現れ易い環境にあったことなど、いくつかの要因が考えられるが、一方でなぜ地方展開が遅れたかということ、その一因としては部材輸送上の経費負担が大きく、地元産材により供給される在来木造住宅用部材にコスト・サービス面からも劣性を強いられているということが考えられる。別表のように全国の木造住宅についての建設実績において、在来木造住宅の建設の盛んな地域で2×4住宅が不振となっていることについても、その要因の一つには部材の輸入拠点からの国内輸送コストの増加が2×4住宅の建設を阻害しているといえる。

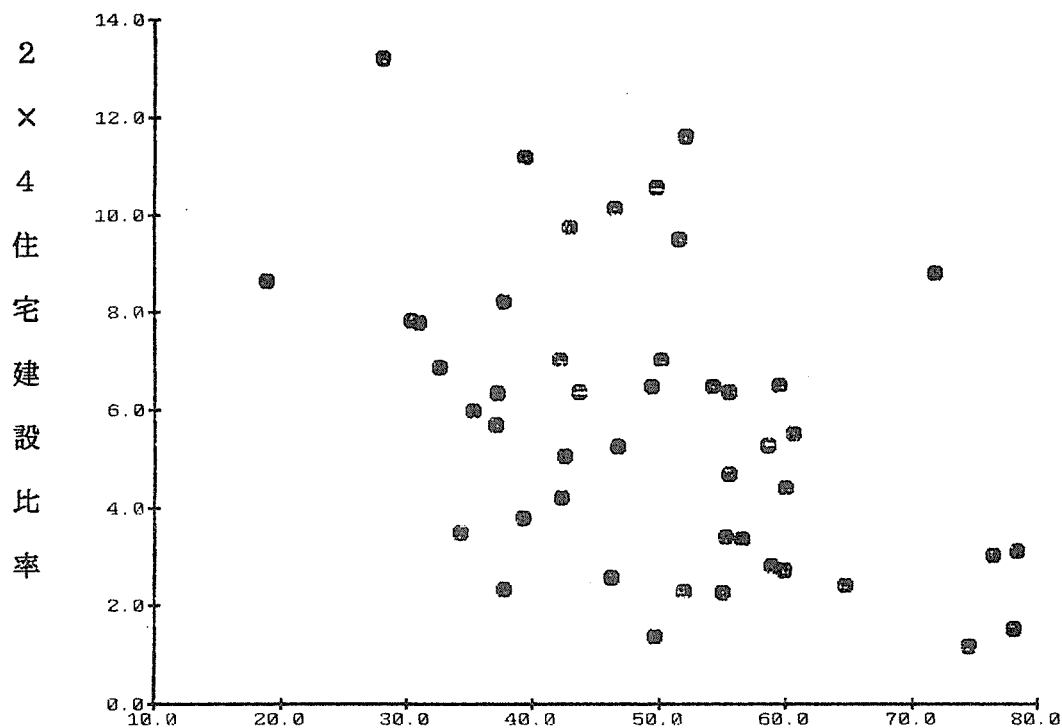
既に指摘した通り、この間ディメンションランバーの供給は偏に北米からの輸入に頼っている。このことは日本での流通拠点が極めて限定されることにつながり、これら荷揚げ地（苫小牧、千葉、東京、川崎、名古屋、大阪、広島、博多など）＝流通拠点の近郊では輸入ディメンションランバーの恩恵を享受できる一方で、逆に離れた地域では輸送コスト・サービス面でのハンディキャップが如実に現れて来ることとなる。

地域別住宅建設状況（1990年）

単位：戸

地域	着工総数 (A)	木造住宅 (B)	2×4住宅 (C)	(B)/(A) %	(C)/(B) %
北海道	89,984	49,287	3,116	54.8	6.3
東北	109,486	75,304	2,503	68.8	3.3
関東	668,800	275,738	26,455	41.2	9.6
北陸	60,002	36,347	941	60.6	2.6
中部	221,236	94,205	6,356	42.6	6.7
近畿	232,955	68,183	4,743	29.3	7.0
中国	84,572	35,263	2,494	41.7	7.1
四国	46,026	18,745	1,309	40.7	7.0
九州	194,048	74,693	3,176	38.5	4.3
合計	1,707,109	727,765	51,093	42.6	7.0

木造住宅と2×4住宅の関連（都道府県別）



木造住宅建設比率

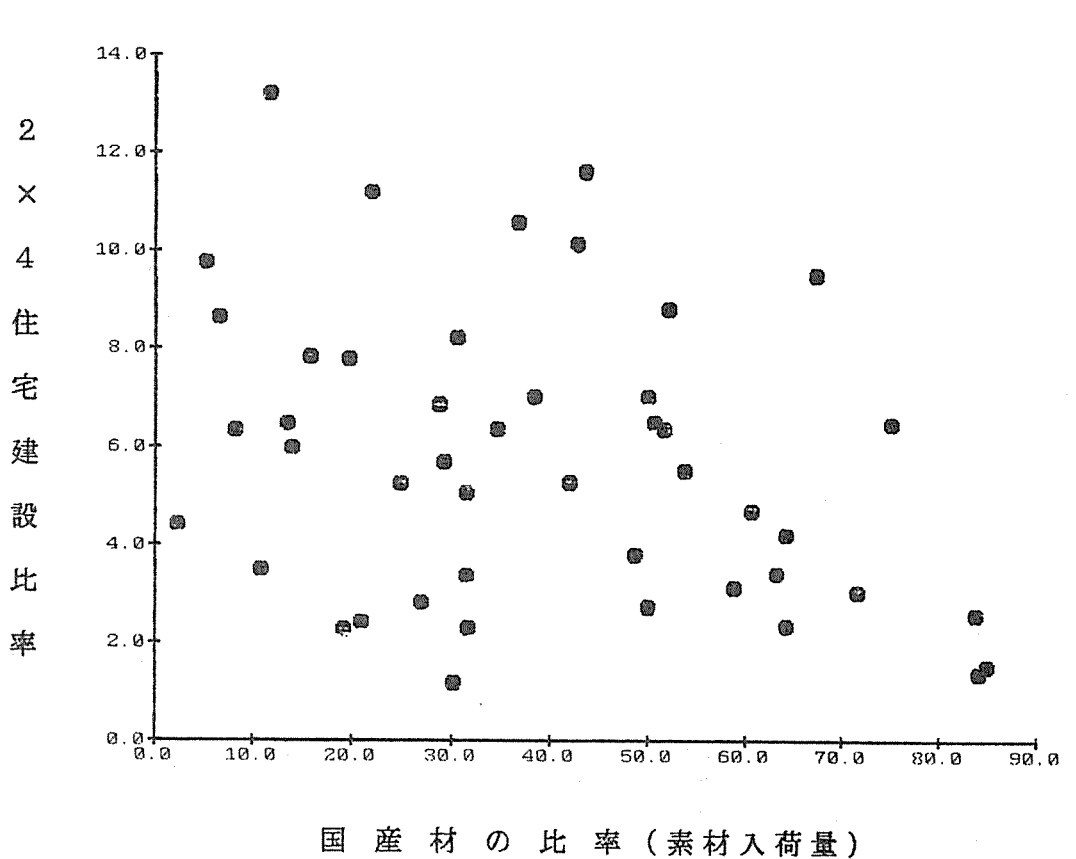
上表は、各都道府県の全住宅に占める木造住宅の割合（横軸）と木造住宅に占める2×4住宅の割合（縦軸）をプロットしたものである。（沖縄県を除く）

2×4住宅のシェアがいまだ小さいことからバラツキがあり、両者間にはっきりとした相関が読み取れるというところまで到っていないが、概して木造率の高い地域ほど2×4住宅の普及が遅れている傾向が見える。

#### 1-4 国産材製材のウエイトと2×4住宅の関連

同様に下表は、各都道府県の製材用素材入荷量に占める国産材の比率（農林水産省製材統計による）と、上記で使用した木造に占める2×4住宅比率との関係を、それぞれ横軸、縦軸に取って各都道府県の位置付けをプロットしたものである。ここでもはっきりとした相関性は現れてこないものの、国産材の製材比率が高い地域、国産材の主産地ではやはり2×4住宅の普及率が小さくなっていることは指摘できる。

国産材製材のウエイトと2×4住宅との関連（都道府県別）



都道府県別住宅着工戸数と製材用素材入荷量（1990年）

都道府県	全住宅 (A)	全木造 (B)	2×4 (C)	(B)/(A) %	(C)/(B) %	製材用素材入荷 (千m)	うち、国産材 (千m)
北海道	89,984	49,287	3,116	54.8	6.3	4,653	3,489
青森	14,644	11,457	370	78.2	3.2	902	531
岩手	14,125	11,136	317	78.8	2.8	1,041	746
宮城	36,775	22,753	1,148	61.9	5.0	616	331
秋田	10,361	8,091	118	78.1	1.5	1,164	987
山形	9,891	7,505	121	75.9	1.6	857	259
福島	23,690	14,362	429	60.6	3.0	2,146	579
茨城	42,800	25,265	1,641	59.0	6.5	632	320
栃木	29,128	16,316	808	56.0	5.0	839	509
群馬	30,136	17,859	943	59.3	5.3	493	207
埼玉	106,492	49,926	4,789	46.9	9.6	290	124
千葉	94,239	48,847	5,471	51.8	11.2	286	125
東京都	221,686	62,523	8,231	28.2	13.2	403	47
神奈川県	144,319	55,002	4,572	38.1	8.3	85	26
新潟	27,688	18,320	446	66.2	2.4	1,084	226
富山	10,297	6,255	225	60.7	3.6	1,501	35
石川	14,502	7,885	188	54.4	2.4	491	94
福井	7,515	3,887	82	51.7	2.1	376	119
山梨	13,450	6,899	422	51.3	6.1	336	45
長野	25,822	14,552	893	56.4	6.1	919	318
岐阜	19,712	9,892	671	50.2	6.8	972	487
静岡県	51,658	24,612	1,236	47.6	5.0	1,962	487
愛知県	89,413	27,185	2,064	30.4	7.6	1,404	221
三重	21,181	11,065	1,070	52.2	9.7	1,204	811
滋賀	14,836	6,732	376	45.4	5.6	367	116
京都	29,067	10,073	391	34.7	3.9	698	75
大阪	93,210	18,300	1,485	19.6	8.1	442	29
兵庫県	64,530	20,609	1,745	31.9	8.5	900	177
奈良	16,147	7,141	478	44.2	6.7	867	448
和歌山	15,165	5,328	268	35.1	5.0	1,674	233
鳥取	6,068	2,899	315	47.8	10.9	323	119
島根	5,634	3,725	317	66.1	8.5	422	220
岡山	21,940	9,252	382	42.2	4.1	783	503
広島	35,682	13,141	849	36.8	6.5	2,540	208
山口	15,248	6,246	631	41.0	10.1	688	151
徳島	9,121	3,388	174	37.1	5.1	1,090	319
香川	12,003	5,115	519	42.6	10.1	310	16
愛媛	15,745	6,774	476	43.0	7.0	1,473	566
高知	9,157	3,468	140	37.9	4.0	840	409
福岡	82,113	26,684	1,813	32.5	6.8	1,293	371
佐賀	7,856	4,471	160	56.9	3.6	238	75
長崎	13,452	8,336	221	62.0	2.7	146	73
熊本	22,211	10,394	243	46.8	2.3	857	717
大分	16,521	6,018	135	36.4	2.2	1,056	678
宮崎	16,583	7,702	132	46.4	1.7	1,145	963
鹿児島	20,583	10,858	360	52.8	3.3	678	429
沖縄	14,729	230	112	1.6	48.7	40	5

## 1-5 デイメンションランバーの海上輸送の現況

北米からの製材品輸送は、10年ほど前まではコンテナ船の占める比率が高かった。しかしながら、最近では大型の製材専用船が大きな比重を占める状況に変化してきている。このことが輸入デイメンションランバーの地方展開を一段と阻害する要因ともなっている。

NICS（新興工業国・地域）の輸出攻勢が本格化する以前は、北米市場向けの日本からの輸出は極めて活発でありこのためコンテナの輸出需要が旺盛で、逆に輸入貨物が少なく輸入についてはコンテナフレートのダンピングが行われ、製材品もコンテナで輸送することのメリットが極めて高かった。

コンテナによる輸送のメリットは、40フィート・ドライコンテナで1本当たり通常の製材（割ソ、小角）で約16千BM、デイメンションランバーだと30千BM程度（PET = Precision End Trimmed = されたスタッドだと最大50千BM）までの積載が可能であるが、フレートはコンテナ1本当たりで決まっており、積載効率の良いデイメンションランバーはとりわけその輸送コストの有利性を発揮することができた。加えて、コンテナ1本当たりの小口でも買えること。また既にこの当時より、コンテナ船運航会社はウィークリー・サービスのような定期輸送サービスを実施していたことから、必要に応じて買い付けを進めれば良く、不必要な製品在庫を保有することなく、コストセーブも併せて実行できたことがあげられる。当時（1980年代前半）の北米製材品輸入量は月間1億BM強（25万 $m^3$ ）であったが、コンテナによる輸入比率は50%程度を示していた。

ただ、NICS諸国の競争力増加にともない、日本からのコンテナを利用した輸出量が減少、このため輸入にまわるコンテナの箱自体が少な

くなり、これにつれてコンテナフレートも上昇し、かつ製材品の輸入数量が大きく増加したため急速にコンテナによる輸入比率は減少している。昨今の北米製材品輸入数量は、月間2億から2.1億BM（47万から50万m<sup>3</sup>）程度となっているが、このうちコンテナによる輸入数量は3千万BM（7万m<sup>3</sup>）程度で、全体の15%にすぎない。

コンテナ船による輸入比率の減少は、製材専用船による輸入比率の増加となって現れたわけであるが、大型の製材専用船は ①荷役港を限定される（コンテナにおいても同様） ②1港当たりの荷役最低数量のようなものがあり（通常100万BM、約2,400m<sup>3</sup>）、数量が少ない場合は荷役できないケースがある ③このため1回の荷役数量が大きくなり、いきおい買い手側も大口化せざるを得ない、などの支障が指摘される。

#### 1-6 ディメンションランバーの流通価格の実態

以上のような状況にあるディメンションランバーの流通価格を、日本ツーバイフォー建築協会に所属するコンポーネント会社（一定の要件の下に同協会が認定推奨する）45社を対象に平成3年2月時点で調査し、地域別に集計した結果は、下表のとおりである。

なお、東北地域は調査対象会社がなく除外した。

調査結果を概観していえることは、地域別では、原則的にディメンションランバーの荷揚げ地（港）を擁する地域の流通価格は比較的安価に出ているが、関東については港湾施設（倉庫）の利用料等の関係から必ずしもそうはなっていない。

樹種別には、樹種グループ間の現地価格に時期的な変動があるが、SPFへの関税等からの国内価格としてはHem KDよりSPF KDが一般に高値となっている。



寸法型式別では、現地価格を反映し210以上とそれ未満との間に大きなかい離が見られる。これは、使用比率（2頁参照）に関係した市場性に基づく結果と考えられる。

地域別・断面寸法別・樹種別流通価格調査結果

〔調査月：平成3年2月時〕

単位：円／m<sup>3</sup>

寸法型式	樹種	北海道	関東	北陸	東海	関西	中国	四国	九州
204	Hem GRN		57,000						
	Hem KD		57,000	60,000	62,000	58,000	58,000	60,000	
	SPF KD	56,000	62,000		59,000	60,000	58,000	65,000	59,000
206	Hem GRN		57,000						
	Hem KD		56,000	60,000	62,000	56,000	60,000	60,000	
	SPF KD	56,000	62,000		59,000	60,000	59,000	65,000	59,000
208	Hem GRN		57,000						
	Hem KD		57,000	60,000	62,000	56,000		60,000	
	SPF KD	56,000	62,000		59,000	60,000	60,000	65,000	59,000
210	Hem GRN		60,000						
	Hem KD		62,000	65,000	65,000	63,000	63,000	65,000	
	SPF KD	62,000	68,000		65,000	65,000	61,000	68,000	67,000
212	Hem GRN		66,000						
	Hem KD		67,000	70,000	65,000	67,000		65,000	
	SPF KD	64,000	73,000		68,000	67,000		68,000	70,000

（註） 1. 東北地域には調査対象会社がないため除いた。

2. 調査条件：① 取引形態は、JAS検済み、定尺の各棟単位アッセンブル。（プレカット、防腐処理等加工料は含まない。）

② 決済条件は現金。

③ 荷渡場所はアッセンブル工場渡し。

3. 調査段階：コンポーネント会社から住宅建設会社へのディメンションランバー販売価格。（但し、GRN、KDともGRN材の規定寸法による材積による。）

## 2. デイメンションランバーとしての国産材利用の可能性

2×4住宅が北米の住宅建設方式を導入したものであるとはいっても、需要者がこれに国産材の利用をまったく否定しているということではない。国産材を利用することに関し、①製品精度（寸法安定性等）、②供給・価格面での安定性、および③利用の有利性等の条件が整備されれば利用の可能性は極めて高いと考えられる。この様な観点から今回の一連の調査では大きな関心を抱き、国産材産地の現地調査を実施した。

なお、国産材産地調査地としては、素材生産・流通基地と木材工業（製材）団地が隣接し、系統化された国産材林業地としての評価が高い熊本県人吉地区、および国産材林業地の中でも独自の需要開発・振興を手掛けている同県小国町を選定した。

前段で指摘したようなデイメンションランバー供給の条件ともいえる諸点について現地調査の結果も踏まえながら、これを使用する側としての国産材の可能性について言及してみたい。

### 2-1 現状の製材方法についての検討

スギ材に代表されるような国産材についてデイメンションランバーの生産を考える場合、現状においてはデイメンションランバーを主製品として位置づける必然性は極めて少ないといえる。これは一つには国産材の素材生産における玉切り寸法の規格（慣習）からデイメンションランバーの生産を指向した場合、製品歩留まりが著しく低下するということ。また、スギ材の主製品である柱角製材品の価格が72,000円（農林水産省木材価格統計：H3.2月）で、デイメンションランバー（S

PF 204) の平均価格 60,000 円 (当協会調査: H3.2月) を上回っているという事実からも明らかである。

一方、現況のスギ材素材価格は下表の通りで、末口14~18cm程度の柱適寸材の価格の方が、より生長を果たした末口18~28cm程度の中目材よりも高いという矛盾点を内包している。原木段階で中目材の方が10%程度安値をつけており、原木の製品歩留まりを考えるとこの格差は25%内外まで拡大してしまう。

#### 現地実態調査の結果

	柱 適 寸 材	中 目 材	備 考
丸太寸法	14~18cm × 3.0m	18~28cm × 3.8~4.0m	
丸太仕様	2番玉 2等	2番玉 2等	
原木価格			
H3.2月	¥ 25,500/㎡(100)	¥ 23,000/㎡(90)	人吉木材工業団地にて聴取
H2.12月	¥ 26,800	¥ 23,040	小国町森林組合にて聴取
H3.2月	¥ 25,200	¥ 25,900	木材情報センター発表
歩留まり	65%	78%	人吉木材工業団地にて聴取
実質原木値	¥ 39,200/㎡(100)	¥ 29,500/㎡(75)	

以上の結果、素材価格が実質的に製品価格からの逆算方法による価格形成となっているということがいえよう。このことは、主製品があ

るレベルの価格帯にあるため、副次製品に手を掛けたからといってこれらの製品価格では生産に要したコスト分が製品価格に転嫁できないことから、素材価格の値引きを要求せざるを得ないとの事情によるものと推論される。

このような推論から、スギ中目材の採材方法、および製材品目に検討を加えることにより主製品製材コストの削減を目指す一方で、副次的に生産される品目の販売価格上昇を策すことにより中目材自体の価値の向上を図ることが必要と考えられる。柱取りという基本的な採材方法を変更しないとすれば、上記の達成のために必要とされる検討は、背板部分の採材方法とここから得られる製材品目によるといえ、主製品の検討ではなく、副次製品への検討が重要と考えられる。

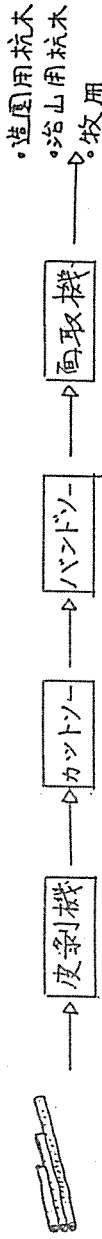
## 2-2 副次製品としてのディメンションランバー

製材の利益追及の方法としては、一つには製品の価値歩留まりの向上であり、他方では製造コストの削減が考えられる。国産材とくにスギ材の製材を考えた場合、製品価値歩留まりの向上はすでに在来製材工程では追及されていると考えられるのに対し、製造コストの削減、つまり生産性の向上については従来関心が薄かったように思われる。次頁に掲載したフローチャートは小国町森林組合が作成したものであるが、こうした考え方の概念は広く国産材生産地に共通したものであろう。ただこのような考え方は、資源の有効利用または生産工程における価値歩留まりの向上には効果があっても、生産性の向上を意図したものであるとは言い難い。

日本の製材工場数17千工場弱（平成3年製材基礎統計による製材

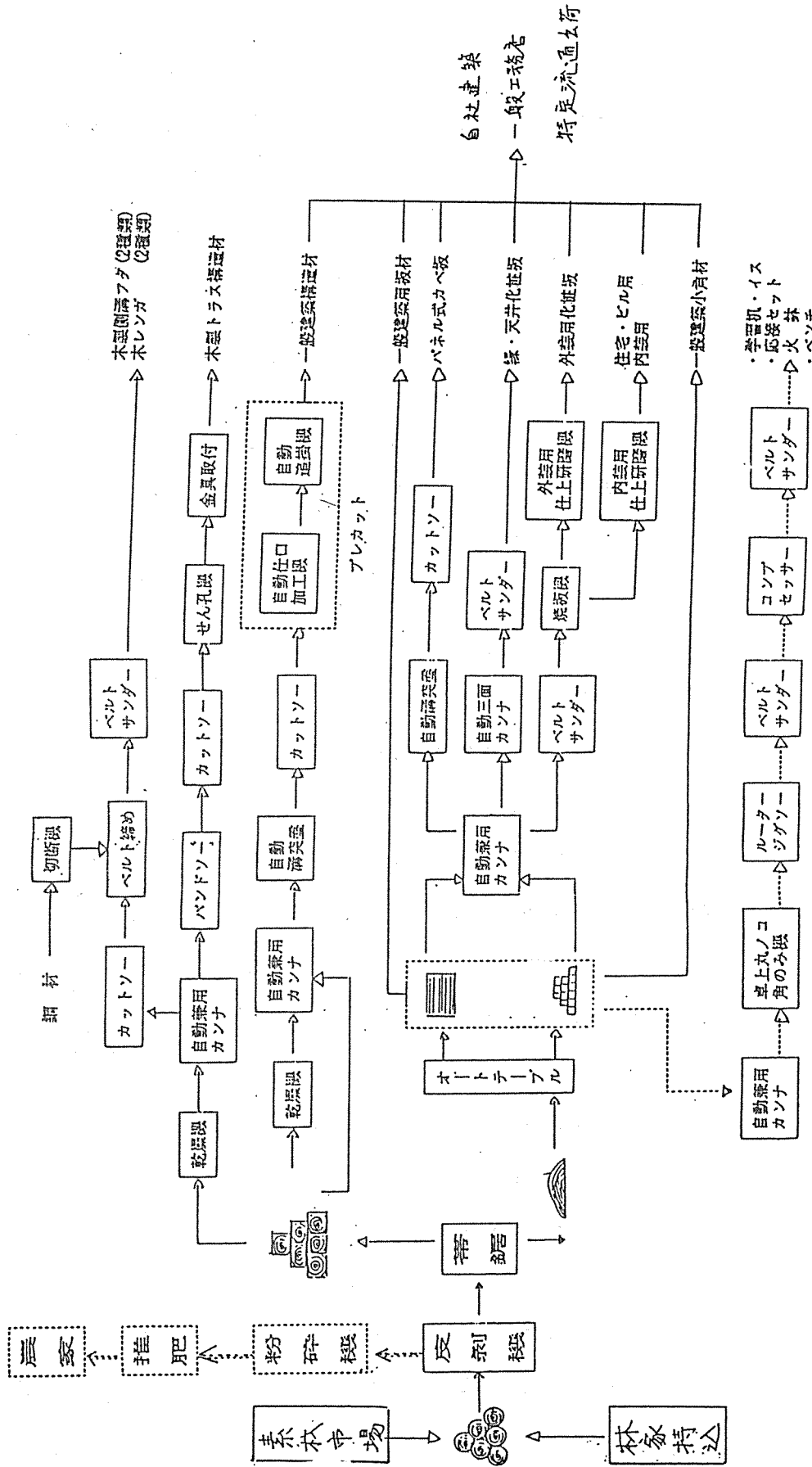
# 加工システムフロー - 小国町森林組合

## 1, 杭木加工



- ・造園用杭木
- ・治山用杭木
- ・牧用
- ・フラワーボックス

## 2, 製材 & 二次加工



- ・学習机・イス
- ・応接セット
- ・ペンチ
- ・その他各種加工品

工場数は16,793)の年間素材入荷量は43.5百万立方メートルで、1工場当たり年間2,590立方メートルの丸太を消費している。製材用素材消費量は42.8百万立方メートルで、同年の製材品出荷量は30.0百万立方メートルとなっていることから、全体の製材歩留まりは70.1%となる。国産材のみを製材している工場については1工場当たり年間1,760立方メートルの丸太が入荷しており、これは全体の規模と比較すると約2/3に縮小する。

これに対し、工場の生産性を追求した代表例といえる北米の製材工場を例にとると、小規模といわれる工場(stud mills)で1日2交代制として1年で70,000立方メートル程度の製材品を生産、中規模ながら輸出も手掛けているような工場になると、同じく2交代制で年間140,000立方メートル程度の製品を生産する。これらに比較すると日本の工場は1%から2%の生産規模にすぎない。

前述の現地実態調査先である小国町森林組合所有の製材工場の場合ですら、製材生産量は40立方メートル/18人・日ということであり、上述の北米における生産性と比べてその格差は大きい。製材のスタイルが全く違うものであるだけに直接の比較は無理といえるが、日本の製材工場は今後大幅な生産性向上の余地を残しているということは否定できないものがある。

生産性向上の一環として寸法型式を少なくすることも1つの方法であり、この観点からみるとディメンションランバーを製材することは大きなメリットを有するものといえよう。

前段で指摘したように、素材の玉切りの問題も指摘されるが、主製品でないこと、また背板部分からの採材を検討するような場合には当然丸身等の問題もでてくることから、一概に現行の素材の玉切り方法が

著しく歩留まりを悪化させているとはいえないといえる。本年には構造用フィンガー・ジョイント（構造用たて継ぎ木材）の日本農林規格も告示・施行されることを考えると、素材の玉切りという問題はネックとはなり得ないとも考えられる。よって、主製品ではない副次製品として国産材の中目材を利用したディメンションランバーの採材の可能性は高いものがあるといえそうだ。

なお、国産材中目丸太からのディメンションランバーの採材としては210のような幅広の製材を生産することではなく、ディメンションランバーの中でも使用頻度の高い204、206タイプの製材生産を考えることが必要であろう。前掲の調査結果にもあるように、204については8フィート材（2,440mm）が35.5%、12フィート材（3,660mm）が25.2%となっており、この2種類の長さ種類で204の6割を占める。また206についても12フィート材が27.9%、14フィート材（4,270mm）が20.4%とこれも2種類で利用材積の半分を占めている。国産材の素材の玉切りが3メートル、4メートル主体であるとき、8フィート、12フィート材は背板部分からの

#### スギ中目丸太の背板部分からの採材モデル

単位：本

材種 \ 丸太末口径	18cm	20	22	24	26	28
柱角(105mm x 105mm)	1	1	1	1	1	1
104 ( 20 x 90 )	4	0	0	2	0	0
106 ( 20 x 143 )	0	0	0	0	4	0
204 ( 40 x 90 )	0	4	2	1	0	4
206 ( 40 x 143 )	0	0	2	3	4	4

(註) 大きな断面のものから採材することを想定。

採材を考えた場合歩留まりの低下にはつながらないと思われる。

### 2-3 乾燥材供給体制への対応

国産材製材において従来人工乾燥の手法は例外的なものであったが、最近住宅建設業界の深刻な労働力不足等を背景としてプレカット材が市場に浸透するにしたいが、作業精度の向上を理由として急速に人工乾燥設備の設置が進んでいる。行政も積極的な人工乾燥設備の導入を振興していることから、国内の乾燥材供給体制は急速に整備・拡大していると考えられる。

ただ、このように急速に浸透しつつある乾燥設備も、その利用に関しては非能率な使用も指摘されている。特にスギ材についてはヒノキなどと比較して乾燥の能率が悪く、また乾燥の進行も同一樹種内でバラツキが多いとされている。

大壁形式の住宅建設が主体を占め、かつプレカット等の加工・供給体制が整備されつつあることから、今後構造体の乾燥需要はますます大きくなると考えられるが、乾燥能率を向上させ、乾燥に伴う経費を節減する意味からも乾燥業務の改善を進める必要がある。

### 2-4 ディメンションランバーの乾燥の有利性

ディメンションランバーはその規格上から2インチ厚の製材を基本としており、在来製材の柱角の二つ割りに相当する。このため、柱角を乾燥するよりは二つ割りの平割りを乾燥した方が、乾燥能率は大幅に向上すると考えられる。乾燥に伴うダメージとしては曲がり、割れ等による歩留まりの低下が考えられるが、これについては柱角の乾燥時にも現れるもので、むしろ乾燥の一律化が進むという点でのメリットの方が大



きいと考えられる。なお乾燥工程で出てくるはね材などはフィンガー・ジョイントでの利用促進も併せて考えられる。

## 2-5 デイメンションランバーの流通の有利性

デイメンションランバーの流通は、従来デイメンションランバーが輸入に全てを依存していたことから、その国内流通経費が2×4住宅普及の基底要因となっていた。

昨年度に実施した部材流通調査によると、デイメンションランバーとして購入時の適正距離は50km以内が合理的とする回答が得られた。現場での資材ストックがますます確保し難くなるなかで、勢い建設状況に応じた資材搬入の必然性が高まってきており、一方では建設現場までのアクセスの所要時間が長くなり、これに伴って輸送費も高騰しているとの事情による。

運輸省は昨年12月から、届出のあった路線トラック運送事業者322社からの申請を受理して認可料金の改訂を実施している。この上げ幅は8.4から8.6%となっており、また一般区域貨物自動車運送事業運賃はこれに先立って9月から値上げが実施されている。

今回の値上げは車載規制の強化と時を同じくして実施されたために、従来は不徹底となる認可料金の値上げも今回は各事業者ともにその徹底の足並みは揃っていた。3Kに代表されるような労働力事情のもとに、各事業者とも労働環境改善を進めない限り業務の維持・拡大が図れないとの危機感が強まっているだけに、今後とも今回のような運送費の値上げ圧力は増加するとみられ、業界としてもこの動向を無視できないものとなってきた。

これまで店着ベースの販売形態をとってきた木材業界も、木材あ

るいは資材費と運賃を別個建て請求形態に移行せざるをえなくなってきた。昨年後半に北洋材業界、小名浜等の一部米材業者が輸送費のアップ分を別途請求したのも、資材の値上げに対する買い方の同意は得られにくいものの、運送費上昇分の値上げは理解を得られやすかったとの事情による。

ディメンションランバー業界はこれら企業に一步先行する形で、納材については1車単位で輸送費を別途請求している事例が多い。下表は、枠組壁工法住宅用部材の流通実態調査の一環として行った配送距離および配送費の調査結果であり、SPF 204・ディメンションランバーの

#### 配送費徴収事例調査結果

単位：円

事例	SPF 204 販売価格	距離別配送費回答結果					
		～ 50m	～ 100	～ 150	～ 200	～ 250	～ 300
A	48,000	0	24,000	30,000	39,000	42,000	
B	46,000	6,000	12,000	15,000	15,000	15,000	18,000
C	55,000	18,000	20,000	25,000			
D	54,500	20,000	30,000	36,000	41,500	48,000	50,000
E	50,000	20,000	32,000	39,000	46,000	53,000	58,000
F	58,000	21,000	27,000	30,000	34,200	39,000	45,000
G	53,000	23,000	28,000	38,000			
H	63,000	25,000	33,500	45,000			
I	49,000	25,200	28,200	30,000	50,400	60,000	80,400
J	55,000	25,200	35,400	45,000	55,200	66,000	76,800
K	51,000	30,000	35,000	40,000	45,000	55,000	60,000
L	57,000	30,000	30,000	40,000	45,000	50,000	60,000
M	55,000	30,000	35,700	40,300	42,600	44,900	47,200

JAS検済み定尺材一棟分をアッセンブルしたものを、4トリア1台（6 m<sup>3</sup>程度積載）単位で販売する場合の製品価格および1台当たりの配送費を

示したものである。

これによると、2×4業界は50km以内の地域においても1台当たり2万円程度の配送費をすでに徴収済みであることを示すとともに、200km以上の地域は配送費を設定していない会社もあり、また配送費自体にもバラツキが大きくなっている（実際に機能していないことを裏付けている）ことが判る。ただ、これも交通事情がこれだけ悪化してくると別途請求しても足が出る場合が多いようで、商圏としては一応その範囲内に置いているが率先して販売を働きかけるような状況になっていないのが実情のようだ。

輸入ディメンションランバーは前述のように大型の製材専用船によって輸送される比率が極めて高くなってきた。3万トから4万トの製材専用船は喫水深度（ドラフト）が12メートル程度必要で、これを満足する港は主要港の中でも数が限られている。現状これら専用船が寄港する港は苫小牧、仙台、秋田、新潟、富山新港、舞鶴、小名浜、日立、千葉、東京、川崎、名古屋、大阪、広島、博多程度となっている。このためこれら寄港可能地域の一部では、2×4住宅の建設もある程度活発化しているが、ここから100km以上離れた地域では在来木造住宅の比率が極めて高くなっている。

2×4住宅に対する需要がないというのではなく、また、2×4住宅を建てる業者がいないということが制約しているのではなく、ディメンションランバーをこれらの地域に供給するためのコストが高つくために、結果として価格競争力を失い2×4住宅の建設が低位に甘んじているという分析もなりたつ。

## 2-6 国産材製材メーカーのディメンション進出

このような状況からディメンションランバーの供給が価格面での競争力を持ちつつ行われるとすれば、従来は在来軸組住宅しか建設できていなかった地域にも2×4住宅の建設が可能となろう。大消費地圏にディメンションランバーを供給しようとするれば、産地メーカー間あるいは北米製材との直接の競争を避けて通れないこととなりコスト低減を含む生産の合理化が強く求められる。一方、域内市場を対象としてディメンションランバーの供給を指向しようとすることは十分に可能性があるように思われる。

## 第2章 枠組壁工法用住宅部材の生産技術開発

はじめに

我が国の木造住宅は、在来軸組構法が主流を占めてきたが、新たな木造住宅として枠組壁工法（ツーバイフォー）が近年伸びてきている。しかし、現在これらに対する供給のほぼ100%は外材であり国産材の利用を推進する必要がある。このことは、現在需要が少なく将来資源の増大が見込まれるエゾマツ・トドマツ、カラマツ、スギ等の中目材に向いており、こうした面からも有効利用を図ることが必要である。国産材から枠組壁工法製材を挽いてみたという話は時折聞くが、歩止り等については、いまひとつ明らかではない。早急にきちんとした試験を行なってデータを蓄積すると共に、最終製品の強度性能についても把握する事が生産技術を開発する上から是非必要と考えられる。

以上の観点から、前年度に引続き、カラマツ、スギの主として中径材を対象として枠組壁工法住宅用部材を製材した場合の①供試原木の形質と製材歩止りの状況、②乾燥に伴う品質変化と仕上げ加工後の歩止りの状況、③最終製品の強度性能の状況等について実験により調査した。

実験は、カラマツにあつては北海道立林産試験場の、スギについては岐阜県林業センター及び徳島県林業総合センターの協力により、それぞれの地元産材を用いた。実験の結果を次頁以降に示す。

## その1. カラマツ

### 1. 製材試験

#### [試験の経過及び試験方法]

カラマツ人工林材を選木、剥皮した後形質調査を行い、挽き材、等級格付けの順で試験を実施した。製材には傾斜型全自動走材車付帯鋸盤（鋸車径1200mm）、自動ローラ帯鋸盤（鋸車径1100mm）を使用した。

なお、得られた製材287本のうち131本を乾燥及び寸法仕上げ加工試験に用いた。

#### 1. 1 供試原木の形質

供試原木は池田産カラマツ人工林材、末口径級18~32cm（平均末口径26.4cm、材長3.65m）、60本（材積15.619m<sup>3</sup>）を使用した。原木は昭和27年植栽、林齢39年、過去に4回の間伐が実施されている。

調査項目は、末口径及び元口径、材長、曲がり、材面別の節数、節径、偏心、目まわり、木口腐れなどである。

調査結果を表1-1-1に示す。

表1-1-1 カラマツ原木形質調査結果

測定項目	末口径			全体
	22cm以下	24~26cm	28cm以上	
節数(個)	27.1(9~54)	12.6(3~25)	18.3(0~41)	18.7(0~54)
平均節径(mm)	17.1(12~30)	20.0(10~28)	25.8(0~50)	21.5(0~50)
最大節径(mm)	31.9(20~55)	34.8(10~60)	52.3(0~90)	41.0(0~90)
曲がり率(%)	10.9(2.3~19.5)	11.4(4.5~25.9)	11.4(5.0~23.4)	11.3(2.3~25.9)
細り(cm/m)	0.3(0~0.7)	0.7(0~1.6)	1.3(0.4~3.5)	0.8(0~3.5)

注：数値は平均値、（）内の数値は範囲。

節数は24~26cmが平均12.6個と最も少なく、22cm以下が平均27.1個と最も大きくなった。これは径級別の元玉の占める割合が24~26cmで20%、28cm以上で29%に対して、22cm以下は全て2番玉であったためと考えられる。

なお、材面別の節数については、3材面無節あるいは隣接2材面無節以上の割合が10%、4材面有節材が51.7%であった（図1-1-1）。

平均節径及び最大節径は、径級が大きくなるほど大きな値となっている。前年度に試験を行なったトドマツ人工林材と比較するとカラマツのほうが若干大きくなった（トドマツ末口径28cm以上で平均節径20.6mm、最大節径36.8mm）。

曲がり率は全ての径級で平均10%を越えており、等級の決定にも大きく影響した。なお、JASに基づいた等級格付けの結果は、1等が1.7%、2等が61.7%、3等が35.0%であった。

## 1. 2 原木径級別・木取り型別の製材歩留まり

木取り方法はグラ挽き及び杵挽きの2条件とし、材種は204、206、208、210、212の5種類の中から可能な限り大きな断面の材種を採材した。

挽き立て寸法は、前年度のエゾマツ、トドマツ材の試験結果を考慮して次のように設定した。( )内の数値はJAS乾燥材の規定寸法に対する歩増し量である。

材種	： 寸法(厚さ×幅×長さ)、mm
204	： 46(+8)×101(+12)×3650
206	： 46(+8)×153(+13)×3650
208	： 46(+8)×198(+14)×3650
210	： 46(+8)×250(+15)×3650
212	： 46(+8)×302(+16)×3650

歩留まりの算出のための原木材積は、各々の丸太の末口径の実測値を用いて末口自乗法で求めた。また、製材品の材積は、材積歩留まりの算出には実寸(挽き立て寸法)、価値歩留まりの算出にはJAS未乾燥材の規程寸法を用いた。なお、価値歩留まりの算出における価値指数は、前年度スギ材の価値指数を用いた。

表1-2-1、表1-2-2に原木径級別の材積歩留まり及び価値歩留まりを示す。

表1-2-1 径級別材積歩留まり

径級	製品材積(m <sup>3</sup> )	原木材積(m <sup>3</sup> )	材積歩留まり(%)
22cm以下	1.2733	2.694	47.3
24~26cm	2.6991	4.900	55.1
28cm以上	4.7838	8.025	59.6
全 体	8.7562	15.619	56.1

表1-2-2 径級別価値歩留まり

径級	製品材積(m <sup>3</sup> )	原木材積(m <sup>3</sup> )	価値歩留まり(%)
22cm以下	0.9331	2.694	34.6
24~26cm	2.1467	4.900	43.8
28cm以上	4.6927	8.025	58.5
全 体	7.7725	15.619	49.8

材積歩留まりは28cm以上の径級で59.6%と最も歩留まりが高くなったが、全体的には低い値であった。

価値歩留まりについても28cm以上の径級が最も歩留まりが高かった。

表1-2-3に木取り別・径級別製材歩留まりを示す。

表1-2-3 木取り別・径級別製材歩留まり

径級	木取り		ダラ挽き		杣挽き	
	材積(%)	価値(%)	材積(%)	価値(%)	材積(%)	価値(%)
22cm以下	46.1	33.4	48.4	35.8	55.5	42.9
24~26cm	54.7	44.7	58.5	56.2	55.7	48.3
28cm以上	60.7	60.6				
全 体	56.4	51.2				

価値歩留まりについては、22cm以下を除いてダラ挽きの方が歩留まりが高かった。

図1-2-1に製材の材種割合（材積比率）を示す。

210の割合が最も大きく、次いで206、208、204、212の順であった。

図1-2-2は、北海道内の杣組壁工法住宅に使用されている構造用製材の構成割合を示している。今回の試験では、できる限り断面寸法の大きな部材を優先して製材したため204の割合が低くなっているが、206及び208の割合を落して204及び210を主体に製材すればほぼ使用実態にあった材種割合になるものと思われる。

図1-2-3に材種別・径級別製材歩留まりを示す。

### 1.3 製材品の等級格付け調査

図1-3-1に製材の等級割合（材積比率）を示す。

1級の割合が最も大きく、次いで特級、3級、2級の順であった。径級別に見ると、径級が大きくなるほど特級の割合が増加し、28cm以上では31%を占める（図1-3-2）。

図1-3-3に等級格付けの際に最も影響した欠点の出現率を示す。

樹心によるものが47.4%と最も多く、次いで丸身、節、割れ、腐れの順であった。前年度のトドマツと比較して節による影響が少なかったのは、優先的に大きな断面の部材を製材したためと考えられる。これに関連して丸身の影響も大きくなっている。



## 2. 乾燥及び寸法仕上げ加工試験

### 〔乾燥試験〕

#### ○試験の目的

カラマツの枠組壁工法部材について、生材から仕上がり含水率19%以下を目標に人工乾燥した後、発生した狂い及び寸法変化を調査し、製材時の歩入れ量を検討する。

#### ○供試材及び試験方法

供試材は、当场製材材において枠組壁工法用部材に製材した265本から板目材131本を選び試験に用いた。なお、できるだけ1本の丸太の挽き材から同じ材種で、ほぼ同様な品質の製材を2枚ずつ抜き出してサンプリングを行った。これを2グループに分け乾燥した。

乾燥装置は、蒸気式I.F.型（ヒルデブランドk k製）、収容材積約2.2m<sup>3</sup>入り、強制水平循環インターナルファン型を使用した。また乾燥室の運転操作は連続運転で実施し、材間風速は全期間一定の2.6m/秒にした。

乾燥スケジュールは、標準的な乾燥スケジュールと高温乾燥スケジュールとした。乾燥操作は、標準スケジュールは当场で開発した完全自動制御システムにより、温湿度の連続変化型の含水率スケジュールで実施した。すなわち、乾燥スケジュールは、乾球温度55～67℃、乾・湿球温度差3～12℃の連続変化型の乾燥条件である。一方、高温スケジュールは乾球温度95～98℃、乾・湿球温度差3～9℃を含水率段階で変更する手動制御で行った。また、いずれの場合も生材時に蒸煮による脱脂処理、末期に装置内の含水率のバラツキを少なくする目的でイコーライジングに重点を置いた調湿処理を行った。

カラマツのこれまでの乾燥試験結果では、乾燥に伴う狂いが大きく、特にねじれに対する防止対策が必要と指摘されている。そこで、本試験は、乾燥に伴う狂い等の損傷をできるだけ軽減するために圧縮乾燥を採用した。圧縮は油圧プレス装置で行い、一台車に10トン（栈木単位面積当たり約2.5kg/cm<sup>2</sup>）の荷重をかけた。また栈木間隔は24cmである。

調査項目は生材時に曲がり、縦反り及び等級、乾燥後は上記項目以外に幅反り、ねじれ、割れ及び仕上がり含水率である。

曲がり、縦反りは材長中央の矢高、ねじれは材の両端の角度差、幅反りは材幅中央部の矢高を測定し求めた。厚さ及び幅寸法は材のほぼ中央部に測定点をマーキングし、生材時と乾燥後にノギスで計測した。また割れは4材面ごとに木口割れ、表面割れに分けそれぞれ長さを測定した。

### 〔加工試験〕

#### ○試験方法

乾燥を終えた供試材は材種別に多軸かな盤などで4材面を切削したのち、それらの反り、曲がり、幅反り、ねじれ、厚さ及び幅を常法によって測定した。4材面の切削については、204材、206材及び208材は多軸かな盤のワンパス（1回通し）で、残りの210材と212材は板幅が広くて多軸かな盤による加工が出来なかったため、直角二面手押しかな盤、自動一面かな盤ならびにリッパの3工程で所定の寸法に仕上げた。

## 2. 1 生材時の挽材寸法・曲がりの測定

材種別に供試材の概要を表2-1-1に示した。

今回試験に用いた供試材の品質は、特級材が最も多く54%を占め、1級材までで大半の72%になる。また、3級材の6本はすべて丸身で格付けされていた。

製品の挽き材寸法の平均値は、それぞれの材種の規定値を下回るものはないが、そのバラツキを材種毎の挽き材寸法の最小と最大の出現範囲の幅でみると、材厚では1.3~2.3mmの値であり、材幅のそれは1.0~3.4mmであった。材厚に比べて材幅のバラツキがやや大きいことを示している。

次に、生材時の曲がりと縦反り量では、材種により異なり、材幅が広くなると逆に小さくなる傾向が認められる(表2-1-2)。

## 2. 2 乾燥材の寸法変化・狂い等の測定

収縮では、圧縮により圧縮した状態で乾燥するため厚さ方向の収縮率は全般に大きくなり、材幅方向は逆に小さくなる傾向を示した。この傾向を乾燥スケジュール別にみると、高温乾燥で更に大きくなった。これらの結果を基に生材からの収縮量を換算すると、厚さ方向は約2mm以下になり、材幅方向では204材は3.5mm、206材は4.1mm、208材は3.7mm、210材は4.4mmであった(表2-2-1)。

狂いでは、曲がりは圧縮による抑止効果が認められ、材幅が広くなると小さくなる傾向にあり、また乾燥スケジュールによる違いは少ない。縦反りでは明確な傾向は認められないが高温乾燥がやや小さい結果を示した。幅反りは材種毎に測定スパンの違いもあるが、幅反り量は小さく抑制効果が特に大きい。ねじれ量は全般に小さい値であるが、標準乾燥との比較で高温乾燥が若干大きい傾向を示す(図2-2-1~12)。

割れの状況では、木口割れは両者に大きな差がなく、ほぼ同様な傾向を示す。表面割れでみると、割れ発生なしの割合で標準乾燥は65%、高温乾燥で40%であり、高温乾燥で割れの発生が多いことになる。また材1本当当たりの総割れ長さは、標準乾燥で17~28cmと短く、高温乾燥は26~35cmになり、平均で約8cm長くなる程度である(表2-2-2)。

本試験での狂いや損傷の程度は、既往の非圧縮乾燥結果に比べると概ね1/2以下であり、他の圧縮乾燥の事例に比べても大差なく同程度であった。

## 2. 3 乾燥材の等級格付調査

製材直後と乾燥後の等級格付を「枠組壁工法用製材の日本農林規格」に準じて行った。

乾燥後の製品の品質では、製材直後の品等から等級が下がったものは標準乾燥で15%、高温乾燥9%であった。また等級を下げる原因になるものは、断面寸法の小さい204材は曲がり、縦反りが多く、それ以外はねじれが大きく関与している。この試験では割れの項目で等級を下げることはなかった(表2-3-1)。また等級を下げたものの中には、1ランクの低下が大多数を占める。

表2-1-1 供試材の概要

材種	木取り	製材直後の品質				供試材本数
		特級	1級	2級	3級	
204	心去り	10	9	5	3	27
206	心去り	24	10	18	3	55
208	心去り	18	4	5		27
210	心去り	19		3		22
	本数	71	23	31	6	131
	比率	54.2	17.6	23.7	4.6	

等級格付けは、枠組壁工法構造用製材の日本農林規格に準拠した。

表2-1-2 生材時の挽き材寸法と曲がり量

材種	挽き材寸法				測定材数(本)
	厚さ(mm)	材幅(mm)	曲がり(mm)	縦反り(mm)	
204	46.31 (45.7~47.0)	101.41 (100.8~101.8)	5.0 (2~13)	8.4 (2~32)	27
206	46.17 (44.9~47.2)	152.61 (150.9~154.3)	3.2 (1~7)	5.9 (1~14)	55
208	46.00 (45.3~46.9)	197.38 (196.2~199.1)	3.8 (1~13)	4.4 (1~7)	27
210	46.16 (45.2~46.6)	250.64 (249.5~251.5)	2.8 (1~8)	3.0 (0~13)	22

注) 寸法測定位置は、材長方向の中央部に設定した。

曲がり、縦反りはスパン3.65m当たりの最大矢高量である。

表2-2-1 乾燥後の寸法と収縮率

材種	乾燥条件	乾燥後の寸法			収縮率 (含水率約19%)			材数
		厚さ(mm)	材幅(mm)	材幅(mm)	厚さ (半径) 方向(%)	材幅 (接線) 方向(%)	材幅 (接線) 方向(%)	
204	標準	45.29 (44.7~45.8)	97.92 (96.6~98.8)	97.92 (96.6~98.8)	2.45 (1.9~3.2)	3.43 (2.6~4.1)	3.43 (2.6~4.1)	14
206	標準	45.12 (43.9~46.2)	148.50 (147.0~150.5)	148.50 (147.0~150.5)	2.33 (1.6~3.1)	2.69 (1.8~3.6)	2.69 (1.8~3.6)	27
208	乾燥	44.87 (44.3~45.6)	193.72 (192.2~195.3)	193.72 (192.2~195.3)	2.44 (1.7~3.2)	1.81 (1.2~2.5)	1.81 (1.2~2.5)	13
210	乾燥	44.81 (43.9~45.4)	246.21 (244.9~248.1)	246.21 (244.9~248.1)	2.89 (2.4~3.5)	1.76 (1.2~2.4)	1.76 (1.2~2.4)	11
204	高温	45.01 (44.3~45.8)	98.63 (97.7~100.5)	98.63 (97.7~100.5)	2.53 (1.5~3.4)	2.75 (1.3~3.6)	2.75 (1.3~3.6)	13
206	高温	44.92 (43.8~46.1)	149.43 (147.6~151.6)	149.43 (147.6~151.6)	2.63 (1.3~4.1)	2.10 (0.8~3.1)	2.10 (0.8~3.1)	28
208	乾燥	44.47 (43.4~45.2)	193.75 (192.5~195.2)	193.75 (192.5~195.2)	3.37 (2.8~4.5)	1.86 (1.4~2.3)	1.86 (1.4~2.3)	14
210	乾燥	44.61 (43.6~45.3)	246.97 (245.3~248.7)	246.97 (245.3~248.7)	3.41 (2.7~5.0)	1.47 (0.8~2.1)	1.47 (0.8~2.1)	11

注) 平均値、( ) の数値は最小と最大の範囲を表す。

表2-2-2 枠組壁工法用材の乾燥後の割れの状況

材種	乾燥条件	木口割れ				表面割れ				材1本の総		
		測定材数	割れ発生材率 (%)	長さ (cm)	割れ幅 (mm)	本数 (本)	割れ発生材率 (%)	長さ (cm)	割れ幅 (mm)	本数 (本)	平均 (cm)	割れ長さ 範囲
204	標準	14	78.6	3.3	0.2	4.6	35.7	6.4	0.2	1.0	16.8	(3 ~ 35)
206	標準	27	81.5	3.3	0.2	5.3	33.3	6.7	0.3	1.4	20.4	(5 ~ 59)
208	乾燥	13	100	3.2	0.3	6.5	53.8	5.9	0.3	2.3	27.8	(5 ~ 94)
210	乾燥	11	90.9	3.6	0.3	6.4	18.2	5.7	0.2	3.0	26.5	(5 ~ 63)
平均 a)			87.8	3.4	0.25	5.7	35.3	6.2	0.25	1.9	22.9	
204	高温	13	100	3.5	0.3	6.5	38.5	4.9	0.6	3.4	29.2	(7 ~ 52)
206	高温	28	96.4	3.5	0.3	5.1	82.1	6.1	0.6	3.3	35.3	(6 ~ 110)
208	乾燥	14	100	3.3	0.3	6.7	64.3	5.6	0.4	2.9	32.3	(11 ~ 127)
210	乾燥	11	100	2.8	0.2	5.2	54.5	4.5	0.6	4.7	26.0	(4 ~ 74)
平均 a)			99.1	3.3	0.28	5.9	59.9	5.3	0.55	3.6	30.7	

注) 木口、表面割れは、割れ発生の認められた材について集計を行った。長さ及び割れ幅は、割れ1本当たりの平均値、本数は材1本当たりの平均値を示す。  
 割れ発生材率は、全割れ発生材数/測定材数×100 (%)とした。また総割れ長さは、材1本に発生した木口、表面割れの合計値を示した。

a): 中央値の算術平均とした。

表2-3-1 乾燥によって生材時より品質低下したものの本数比率

材種	乾燥 条件	測定 材数	等級が下が った本数	等級格付された項目別の本数			
				曲がり	縦反り	ねじれ	割れ
204	標	14	4	2	2		
206	準	27	2		1	1	
208	乾	13	4	1	1	2	
210	燥	11	0				
全体		65	10	3	4	3	0
比率 (%)			15.4	4.6	6.2	4.6	0
204	高	13	2	1		1	
206	温	28	2		1	1	
208	乾	14	1		1		
210	燥	11	1			1	
全体		66	6	1	2	3	0
比率 (%)			9.1	1.5	3.0	4.5	0

## 2. 4 人工乾燥の適正スケジュールの検討

図2-4-1に乾燥スケジュール別の乾燥経過を示す。

初期含水率約50%の材を目標仕上がり含水率19%まで乾燥するのに必要な乾燥時間は、標準乾燥で169時間（7日）、高温乾燥で76時間（3.2日）である。乾燥温度が高い高温乾燥では大幅に時間短縮され約1/2以下になった。

乾燥に伴う狂いや損傷では、幅反り、ねじれは小さく、既往の非圧縮乾燥結果に比べて約1/2以下になった。また、乾燥スケジュール別には大きな違いが認められない結果を示した。割れでは、材幅の影響も考えられるが、供試材1本当たりの総割れ長さでみると標準乾燥は17~28cm、高温乾燥は26~35cmとなった。これらの数値は、一般的な実大構造用部材の性能値として十分許容されるものと考えられる。

今回用いた標準乾燥スケジュールは、ほぼ適正と認められるが、高温乾燥条件によって、短期間の乾燥も可能であることが実証できた。なお、今回の試験結果からも狂いに対し十分な圧縮及び栈木間隔を設定することにより、良質な乾燥材が得られると判断された。

## 2. 5 乾燥材の四面鉋削による加工歩留まりの測定

### (1) 加工歩留まり

乾燥材の4材面を多軸かんな盤などで切削したときの加工歩留まりを表2-5-1に示す。参考までに、この表には製材から最終仕上げの加工材までの加工歩留まりと、製材、乾燥材及び加工材の断面寸法を記載した。ここに示した加工歩留まりの値は、厚さと幅寸法の平均値から算出したものである。加工材の仕上げ寸法（断面寸法）はすでに決まった値であることから、各材種の加工歩留まりは製材時の伸び寸法によって大きく左右される。今回のカラマツの伸び寸法の実測値は、厚さは各材種とも約8mm、幅は材種によって異なり、204材が約12mm、206材と208材が約13mm、210材が約16mm、212材が約17mmであった。これらの伸び寸法は前年度に実施したエゾマツ及びトドマツの同一材種の場合よりも厚さで約1~3mm、幅で約1~4mm大きな値となっている。

### (2) 削り残し

ほう（鉋）削による各材種の材面に現われた削り残しを表2-5-2に示す。ただし、210材と212材については、多軸かんな盤のワンパスで加工していないことから、ほかの材種とは単純に比較できない。

前年度実施したエゾマツの圧縮乾燥による204材と206材、トドマツの圧縮乾燥による204材、206材及び208材の削り残しと比較すると、204材と206材ではカラマツの方がエゾマツ、トドマツよりも削り残しの出現率が高かった。これは、カラマツの製材時の伸び寸法をエゾマツとトドマツよりも大きくしたが、乾燥に伴うねじれや幅反りが大きかったためと考えられる。208材ではカラマツとトドマツの削り残しの出現率はほぼ同様の値を示した。

次に、削り残しの品質区分をJASに基づいて行ったものを図2-5-1に示す。なお、枠組壁工法構造用製材のJAS解説の第6条では、E標準（各材面の総面積に占める削り残し部分の面積の割合が30%以下）とF標準（同40%以下）に定められている。削り残しの出現率が高かった208材には標準外のものが10%程度現われた。

表2-5-1 歩留まり

材種	供試材数 (枚)	歩留まり (%)		断面寸法 (mm)					
		乾燥材から 加工材まで	製材から 加工材まで	製材		乾燥材		加工材	
				厚さ	幅	厚さ	幅	厚さ	幅
204	27	76.8	72.6	AVG	101.41	45.16	98.26	38.22	89.15
				STD	0.24	0.40	0.72	0.04	0.26
				MAX	101.78	45.82	100.45	38.30	89.34
				MIN	100.77	44.29	96.61	38.13	87.83
206	79	79.5	75.6	AVG	152.73	44.94	149.36	38.17	139.84
				STD	0.67	0.47	1.20	0.14	0.07
				MAX	154.35	46.22	152.13	38.28	140.01
				MIN	150.94	43.74	146.19	37.09	139.71
208	27	81.0	77.2	AVG	197.38	44.66	193.79	38.08	184.09
				STD	0.42	0.50	0.93	0.08	0.10
				MAX	119.13	45.61	195.32	38.30	184.25
				MIN	196.15	43.44	192.21	37.86	183.80
210	26	81.2	77.4	AVG	250.64	44.72	246.64	38.15	234.73
				STD	0.53	0.45	1.06	0.03	0.17
				MAX	251.53	45.38	248.69	38.21	234.93
				MIN	249.47	43.55	244.87	38.05	234.21
212	6	81.7	77.8	AVG	302.86	44.62	298.48	38.06	285.91
				STD	0.25	0.44	0.51	0.09	0.29
				MAX	303.07	45.59	299.13	38.16	286.35
				MIN	302.73	44.36	297.73	37.93	285.39



表2-5-2 ほう削による削り残り

材種	供試材数 (枚)	削り残り				削り残し (枚、cm)	削り残しの 出現率 (%、cm)	乾燥材の狂い			
		A材面	B材面	C材面	D材面			ねじれ (度)	幅反り (mm)	曲がり (mm)	反り (mm)
204	27	7 (75.9)	1 (140)	0 (0)	1 (146)	25.9 (122.2)	1.93 (1.69)	0.71 (0.22)	7.4 (7.4)	6.7 (3.5)	
206	79	32 (75.6)	9 (25.8)	5 (143.2)	2 (26)	36.7 (108.3)	3.02 (2.55)	0.97 (0.29)	4.3 (3.6)	5.5 (3.2)	
208	69	27 (49.9)	32 (55.6)	25 (82.2)	14 (104.3)	75.3 (118.9)	2.85 (1.46)	1.14 (0.41)	3.4 (2.3)	7.7 (3.7)	
210	70	2 (21.0)	2 (81.5)	2 (33.5)	2 (42.0)	4.2 (105.3)	2.37 (1.32)	1.40 (0.58)	2.9 (1.4)	6.5 (3.1)	
212	6	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4.04 (1.08)	2.15 (0.16)	3.2 (2.1)	4.7 (1.4)	

注) (1)削り残しのA~D材面の数値は、上段が削り残しのあった供試材の枚数を、下段の( )は削り残しの平均長さをそれぞれ表す。

なお、A~D材面とは、各供試材の末口側からみてA材面が上側であり、B、C、Dと時計回りの材面を表している。

(2)削り残しの出現率とは、供試材の各材面に長さが30cm以上の削り残しが現われた割合を%で示したものであり、その数値の下段の( )内は、これらの削り残しの長さの平均値を示したものである。

削り残し以外の逆目ぼれ、毛羽立ち及びナイフマーク等の加工上の欠点については、すべてJASのE標準ならびにF標準を満足していた。また、削り残し部分を除いた加工材の厚さと幅寸法の測定値は、JASの断面寸法の許容誤差（±1.5mm）の範囲内であった。

各材種別に鉋削前後（乾燥材と加工材）の反り、曲がり、幅反り及びねじれの関係を図2-5-2～5に示す。各材種とも乾燥材を鉋削した加工材の幅反りの低下の割合が最も大きかった。ただし、210材と212材の曲がりの低下の割合も大きかったが、これらは直角二面手押しかな盤とリップで丁寧に加工したためと考えられる。

### （3）製材の伸び寸法

今回の加工試験結果から、ねじれ、幅反り等が本試験の供試材とほぼ同じであれば、加工材面の削り残しがJASのE標準、F標準を上回るように鉋削するためには、204材と206材の伸び寸法には特に問題はないと判断される。208材については、幅方向の伸び寸法を1～2mm程度広くする必要があると考えられる。210材と212材については、加工装置が一般的でなく、しかも供試材数が少ないことから、本試験だけでは判断出来ない。

### （4）加工材の等級格付け調査

図2-5-6に加工材全体の等級割合（材積比率）を示す。

製材時の等級割合（図1-3-1）と比較すると1級及び2級の割合が減少し、特級の割合が増加している。これは製材時の丸身が鉋削加工によって除去されたためと思われる。

図2-5-7に等級格付けに影響した欠点の出現率を示す。

丸身によるものが32.4%と最も大きく、前項で述べた208材の伸び寸法の不足が影響したものと思われる。また、乾燥に伴う材料の狂いに関しては、ねじれ及びあて（反り、ねじれ、曲がりをともなうことが多い）の割合が合計で約20%を占めている。

### 3. 最終製品の強度性能試験

#### [供試材]

曲げ試験と引張試験で、各等級区分材本数が一樣になるように、試験体数を割りふった。また、主要欠点が材中央部に位置するようにし、204, 206材は270cm、208材は320cm、210材は360cm、212材は365cm、引張試験用のものはすべて300cmに長さ決めをした。試験体本数は、曲げ試験用204材15本、206材43本、208材37本、210材70本、212材6本、引張試験用204材16本、206材42本、208材36本である。

#### 3. 1 欠点調査

枠組壁工法構造用製材のJASに基づき欠点調査を行った。欠点調査項目は以下の通りである。

- 節 : 節番号を付け、節の種類、髄の有無、長径の位置、短径、接線径、節が稜線によって切られている場合はその位置を測定した。
- 割れ : 4材面について測定した。
- 曲がり : 広い面について測定した。
- そり : 曲げ試験材は破壊試験時のスパンに対し、引張試験材は材長に対して測定した。
- 幅ぞり : 材幅に対して測定した。
- ねじれ : 角度計を用い曲げ試験材は破壊試験時のスパンに対し、引張材は材長に対して測定した。
- 丸身 : 各稜線部において各付けに関わるもののみを測定した。
- 繊維傾斜 : 広い材面で1mに対し測定した。
- あて、腐れ、変色 : 目視により測定した。

欠点調査後の各等級区分材本数は以下の通りである。

		204		206		208		210		212	
		曲 引		曲 引		曲 引		曲 引		曲 引	
試験材の 等 級	特級	4	9	12	17	18	13	41	-	0	-
	1級	2	3	7	11	5	8	16	-	0	-
	2級	5	2	14	7	8	13	4	-	3	-
	3級	3	1	10	6	6	1	7	-	3	-
	格外	1	1	0	1	0	1	2	-	0	-
合 計		15	16	43	42	37	36	70		6	

単位：本

また、両木口面のスケッチをした。

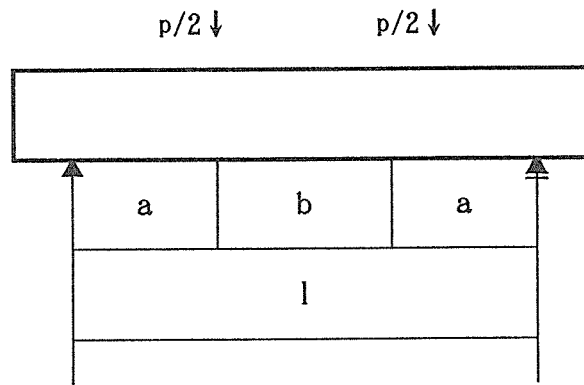
### 3. 2 実大材の曲げ破壊試験

#### 1) 曲げ剛性試験

試験時のスパンは、204、206材は240cm、208材は300cm、210材は340cm、212材は350cm、中央集中荷重、フラットワイズで重錘による曲げ剛性試験を行い、曲げヤング係数を求めた。この値の小さい順に試験体番号を付けた。

#### 2) 曲げ破壊試験

試験時のスパンは、曲げ剛性試験と同様で、204、206、208材は3等分点2点荷重方式、210材は荷重点間100cm、212材は荷重点間50cmの2点荷重方式とし、エッジワイズにより曲げ破壊試験を行った。試験体は、番号の奇数のものは主要欠点を引張り側に、偶数のものは圧縮側に配置し、荷重点において材厚、材せいを測定した。



材種	材長	l	a	b
204	270	240	80	80
206	270	240	80	80
208	320	300	100	100
210	360	340	120	100
212	365	350	150	50

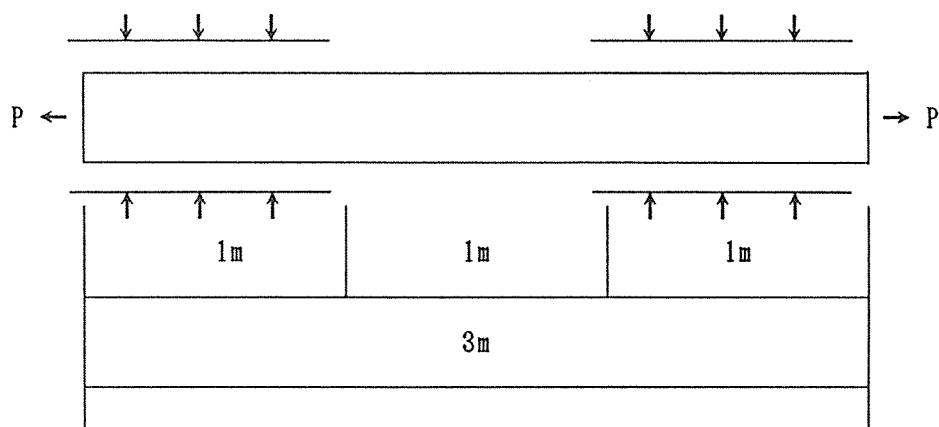
単位：cm

試験は、東京衡機製容量20tf油圧式強度試験機を用い、ロードセルにより荷重を測定し、精度1/100mmの電気式変位計によりスパン全体に対するたわみを測定した。得られた荷重-たわみ曲線、最大荷重から曲げヤング係数、比例限度及び曲げ破壊係数を求めた。

曲げ破壊試験終了後、破壊状況をスケッチすると共に破壊部分を鋸断して、横断面をスケッチし、髓があるものについてはその座標を測定した。また、破壊部付近から小試験片を採取し、比重、含水率、平均年輪幅を測定した。

### 3.3 実大材の引張破壊試験

試験直前に、両端から100cmの位置で材幅と材せいを測定した。引張試験は、岩崎製容量100tf引張強度試験機を用いた。試験機のグリップ部分の長さは100cmであり、グリップ間の距離は100cmとなった。ピークディテクタに最大荷重を記録し、これより引張強度を求めた。



引張試験終了後、破壊状況をスケッチすると共に破壊部分を鋸断して、横断面をスケッチし、髄があるものについてはその座標を測定した。また、破壊部分付近から小試験片を採取し、比重、含水率、平均年輪幅を測定した。

### 3.4 試験結果及び考察

曲げ破壊試験結果を表3-4-1に、その結果を各等級毎に整理したものを表3-4-2に示す。また、引張破壊試験結果を表3-4-3、表3-4-4に示す。

下表は、カラマツ枠組材の許容応力度の基準値を示したものである。

等級	長期応力に対する許容応力度		
	曲げ (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )
特級	130	80	100
1級	110	65	100
2級	90	55	90
3級	50	30	80

財団法人 住宅金融普及協会発行

「枠組壁工法住宅工事共通仕様書」参照

今回の試験の結果、曲げ強度、引張強度ともに、幅の小さい材（204、206材）については基準値をほぼ上回っているが、幅の広い材（208、210、212材）については、約20～40%の試験体がこの基準値に達していない。また、破壊状態も脆性破壊に近いものが多く見られた。この原因として、幅の広い材には未成熟材部が多く含まれているためと考えられる。よって、髄からの年輪数、あるいは年輪の曲率等を品質基準に加える必要があるとともに、許容応力度の基準値を寸法型式ごとに定める必要があると考えられる。

なお、破壊状況のスケッチを付図（別冊）に示す。

表3-4-1 カラマツの曲げ試験結果(204材)

試験体番号	年輪走行	材幅	材せい	平均年輪幅	気乾比重	含水率	繊維傾斜	曲げヤング係数	曲げ比限度応力	曲げ破壊係数	破壊形態	等級
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)	SG	MC (%)	(mm/m)	EL ( $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ )	PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )		前 面 その他 欠点
KB4-01	心去り	38.17	89.09	4.1	0.416	13.2	23	89.8	177	263	K-TF	0
KB4-02	心去り	38.12	88.78	3.2	0.503	13.4	55	115.9	403	492	K-OG	1
KB4-03	心去り	38.16	89.11	2.8	0.541	13.6	6	91.0	348	516	K-TF	0
KB4-04	心去り	38.15	89.05	3.3	0.498	12.7	5	104.3	260	504	CL-TF	0
KB4-05	心去り	38.21	89.07	4.4	0.483	12.9	24	114.5	250	250	OG	0
KB4-06	心去り	38.12	88.94	2.7	0.465	12.6	33	124.3	344	433	K-TF	0
KB4-07	心去り	38.18	89.05	3.5	0.501	13.5	38	100.4	285	311	K-OG	2
KB4-08	心去り	38.14	87.21	3.3	0.522	13.8	35	97.7	225	360	K-OG	3
KB4-09	心去り	38.17	88.95	3.7	0.578	14.2	48	138.8	242	775	CL-TF	0
KB4-10	心去り	38.21	89.06	2.6	0.534	13.3	45	140.3	469	760	CP	0
KB4-11	心去り	38.19	88.81	2.9	0.484	13.3	11	118.3	411	548	CL-TF	0
KB4-12	心去り	38.16	88.89	4.2	0.536	13.6	65	118.7	414	570	OG	0
KB4-13	心去り	38.18	88.79	2.8	0.499	12.7	65	117.1	217	306	K-OG	1
KB4-14	心去り	38.18	88.85	3.1	0.546	13.0	48	126.2	229	487	BT	0
KB4-15	心去り	38.21	88.98	4.4	0.564	13.9	54	131.2	457	736	K-OG	0
平均値		38.17	88.84	3.4	0.511	13.3	37	115.2	315	489		
最小値		38.12	87.21	2.6	0.416	12.6	5	89.8	177	250		
最大値		38.21	89.11	4.4	0.578	14.2	65	140.3	469	775		

※ 破壊状態・・・K:節 CL:健全部 TF:引張 OS:目切れ CP:圧縮 BT:脆性 FAIL:横倒れ

等級・・・・・・0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外

(JAS甲種材組材の節の欄は、節のみで判断した等級  
基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、  
そり、ねじれ、繊維走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-1 カラマツの曲げ試験結果(206材)

試験体番号	年輪走行	材幅	材せい	平均年輪幅	ARW (mm)	SG	含水率	繊維傾斜	曲ヤング係数	EL ( $\times 10^2 \text{ kgf/cm}^2$ )	曲げ強度 PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	曲げ 破壊係数 MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )	破壊形態	等級	その他 欠点
KB6-01	心持ち	38.10	139.98	4.9	0.396	13.6	20	78.1	360	500	K-OG	0	2		
KB6-02	心去り	38.16	139.62	3.6	0.445	13.8	140	68.4	169	169	K-OG	2	3		
KB6-03	心去り	38.14	139.92	5.4	0.450	13.7	28	72.3	293	335	K-OG	0	3		
KB6-04	心去り	38.14	139.85	6.6	0.411	14.0	10	72.5	301	455	K-OG	0	2		
KB6-05	心去り	38.17	139.30	2.5	0.526	13.9	68	51.6	123	123	K-TF	1	0		
KB6-06	心去り	38.00	139.75	6.2	0.393	13.2	11	83.6	291	328	CL-TF	0	0		
KB6-07	心去り	38.18	139.58	5.8	0.510	13.6	49	78.9	241	241	K-OG	0	3		
KB6-08	心持ち	38.15	139.78	5.7	0.417	12.8	28	84.4	330	336	CL-TF	0	0		
KB6-09	心持ち	37.26	139.65	5.1	0.401	13.7	23	82.6	372	392	K-TF	0	3		
KB6-10	心持ち	37.33	139.82	4.7	0.462	13.7	38	90.3	337	338	K-OG	1	2		
KB6-11	心持ち	38.19	139.78	6.1	0.431	13.8	16	81.7	305	352	K-TF	0	2		
KB6-12	心去り	38.14	139.05	4.4	0.472	14.0	114	80.4	310	407	CL-TF	0	2		
KB6-13	心割り	36.64	139.72	6.1	0.474	14.1	26	98.0	374	401	K-TF	0	3		
KB6-14	心去り	38.14	139.90	4.2	0.452	13.5	0	92.0	271	325	K-OG	0	3		
KB6-15	心去り	38.10	139.49	4.5	0.479	13.5	64	83.7	293	316	K-TF	0	2		
KB6-16	心去り	38.10	139.90	5.1	0.425	13.3	9	100.4	371	443	OS	0	1		
KB6-17	心去り	38.11	139.78	4.0	0.502	13.5	1	83.8	259	428	CL-TF	0	2		
KB6-18	心去り	38.13	139.05	3.7	0.582	14.5	39	98.9	382	607	OS	0	3		
KB6-19	心去り	38.06	140.02	3.9	0.442	13.7	43	94.0	335	541	K-OG	0	2		
KB6-20	心去り	38.12	139.70	3.8	0.486	14.2	34	83.9	261	261	K-TF	1	3		
KB6-21	心去り	38.12	139.68	5.1	0.402	13.3	20	92.0	346	372	K-OG	0	0		
KB6-22	心去り	38.14	139.85	3.7	0.472	13.2	14	95.5	384	509	BT	0	1		
KB6-23	心去り	38.14	139.70	3.2	0.540	14.1	13	101.6	183	183	K-TF	1	0		
KB6-24	心去り	38.09	138.95	3.6	0.485	13.8	49	99.3	351	494	CL-TF	0	2		
KB6-25	心去り	38.12	139.62	3.8	0.498	13.8	15	89.4	381	572	CL-TF	0	3		
KB6-26	心去り	37.94	139.80	3.9	0.497	13.9	24	100.0	340	397	K-OG	0	0		
KB6-27	心去り	38.32	139.66	3.6	0.500	13.3	21	93.9	411	431	K-OG	0	0		
KB6-28	心去り	38.19	139.82	4.2	0.518	13.2	23	104.1	456	668	CP	0	1		
KB6-29	心去り	37.93	139.68	4.0	0.606	14.6	6	94.3	209	223	K-TF	0	0		
KB6-30	心去り	38.14	139.60	5.8	0.509	13.9	19	103.1	330	432	K-OG	0	1		
KB6-31	心去り	37.90	139.65	4.9	0.553	13.6	59	107.6	310	310	K-OG	0	0		
KB6-32	心去り	38.16	139.50	3.4	0.519	13.2	18	105.1	463	684	OS	0	0		
KB6-33	心去り	38.06	139.48	5.3	0.481	13.8	51	98.4	336	384	K-TF	0	2		
KB6-34	心去り	38.14	138.92	3.6	0.564	14.2	23	102.4	360	511	BT	0	3		
KB6-35	心割り	38.13	139.82	3.1	0.467	13.6	43	117.7	496	571	K-OG	0	2		
KB6-36	心去り	38.14	139.38	3.5	0.526	13.9	35	110.8	442	523	CL-TF	0	1		
KB6-37	心去り	38.06	139.40	3.1	0.565	14.3	36	126.1	510	694	CP	0	0		



KB6-38	心去り	38.06	139.70	2.8	0.540	13.4	31	107.9	450	581	K-CG	0	0
KB6-39	心去り	38.16	139.85	3.6	0.519	14.2	50	119.4	407	631	CL-TF	0	0
KB6-40	心去り	38.13	139.75	3.9	0.551	13.6	5	121.1	254	539	BT	0	2
KB6-41	心去り	38.19	139.55	3.2	0.541	13.3	31	130.5	544	697	CG	0	2
KB6-42	心去り	38.14	139.35	3.0	0.543	14.0	39	118.8	391	465	CL-TF	0	2
KB6-43	心去り	38.14	139.72	3.5	0.553	13.8	44	133.2	489	586	CG	0	0
-----													
	平均値	38.04	139.63	4.3	0.491	13.7	33	96.1	345	436			
	最小値	36.64	138.92	2.5	0.393	12.8	0	51.6	123	123			
	最大値	38.32	140.02	6.6	0.606	14.6	140	133.2	544	697			

※ 破綻状態 . . . . . K : 節 CL : 健全部 TF : 引張 CG : 目切れ CP : 圧縮 BT : 脆性 FAIL : 横倒れ

等級 . . . . . 0 : 特級 1 : 1級 2 : 2級 3 : 3級 4 : 格外  
 (JAS甲種枠組材の節の欄は、節のみで判断した等級  
 基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、  
 そり、ねじれ、繊維走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-1 カラムツの曲げ試験結果(208材)

試験体番号	年輪走行	材幅	材せい	平均年輪幅	SG	含水率	繊維傾斜	曲げヤング係数	曲げ比	PLS	曲げ破壊係数	破壊形態	等級
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)		MC (%)	(mm/m)	$(\times 10^3 \text{kgf/cm}^2)$	$(\text{kgf/cm}^2)$	$(\text{kgf/cm}^2)$	MOR $(\text{kgf/cm}^2)$	箇	その他 欠点
KB8-01	心割り	37.86	183.55	4.8	0.499	15.0	8	69.3	230	251	K-TF	1	2
KB8-02	心持ち	38.13	184.25	6.4	0.452	13.6	41	79.6	183	311	K-TF	0	3
KB8-03	心持ち	38.01	184.00	5.4	0.477	14.9	18	80.1	243	245	K-TF	0	0
KB8-04	心去り	38.04	184.20	4.2	0.542	15.0	7	74.4	323	512	CL-TF	0	3
KB8-05	心持ち	38.06	184.15	4.1	0.406	13.3	51	83.4	296	296	K-TF	0	0
KB8-06	心去り	38.10	183.75	6.5	0.486	15.1	34	83.1	231	232	K-O3	0	0
KB8-07	心去り	38.08	184.10	6.9	0.431	13.8	38	77.9	176	211	K-TF	0	0
KB8-08	心去り	38.06	183.92	4.4	0.443	13.7	29	96.4	192	205	K-TF	0	0
KB8-09	心去り	37.96	183.15	4.7	0.497	13.9	47	95.7	369	379	K-TF	0	0
KB8-10	心去り	37.94	183.90	4.5	0.438	13.5	38	88.5	324	511	CL-TF	0	0
KB8-11	心去り	38.02	184.05	4.4	0.478	13.6	14	87.4	248	279	K-TF	0	2
KB8-12	心割り	37.81	184.15	6.1	0.499	14.7	9	97.5	309	494	BT	0	2
KB8-13	心去り	37.93	183.85	4.0	0.536	13.5	32	86.0	245	250	K-O3	0	3
KB8-14	心去り	37.96	183.62	5.2	0.455	13.9	19	107.0	345	379	K-TF	0	2
KB8-15	心去り	38.10	183.83	4.4	0.533	14.3	76	99.5	290	305	K-O3	1	0
KB8-16	心持ち	38.01	184.15	4.8	0.433	14.1	27	90.1	373	507	CP	0	0
KB8-17	心去り	38.08	183.95	5.3	0.461	14.6	7	91.0	226	230	K-O3	0	2
KB8-18	心去り	37.99	184.10	4.2	0.421	13.2	43	92.6	335	445	BT	0	0
KB8-19	心去り	37.94	183.45	4.5	0.495	14.1	63	79.3	96	156	K-O3	1	0
KB8-20	心去り	38.07	183.98	5.4	0.506	13.8	33	95.8	253	540	K-O3	1	3
KB8-21	心去り	37.94	184.12	4.3	0.490	14.2	7	102.5	419	420	K-TF	0	0
KB8-22	心去り	38.00	184.10	4.0	0.456	13.9	35	89.7	308	530	CP	0	0
KB8-23	心去り	38.02	184.02	4.8	0.507	13.8	58	83.6	278	278	K-TF	1	2
KB8-24	心去り	38.08	184.08	5.0	0.468	13.7	4	90.7	297	427	CL-TF	0	2
KB8-25	心去り	38.05	184.00	6.5	0.493	14.5	19	86.9	196	232	K-TF	0	1
KB8-26	心去り	38.00	183.93	5.4	0.423	14.5	18	102.9	353	428	CL-TF	1	3
KB8-27	心去り	38.00	183.12	4.0	0.533	14.8	38	99.8	301	554	K-TF	0	0
KB8-28	心去り	37.98	183.92	3.8	0.494	14.1	36	111.8	333	545	K-O3	0	0
KB8-29	心去り	38.00	182.75	4.4	0.529	13.9	66	99.2	242	242	K-TF	0	0
KB8-30	心去り	37.95	182.25	3.5	0.631	14.6	16	107.4	361	383	K-O3	0	0
KB8-31	心去り	37.96	184.00	3.9	0.455	13.9	33	111.6	382	555	CP	0	3
KB8-32	心去り	38.10	184.80	4.7	0.504	14.3	88	111.9	323	492	CL-TF	0	1
KB8-33	心去り	37.91	183.35	4.2	0.540	14.7	12	116.2	330	433	K-O3	0	1
KB8-34	心去り	38.11	183.98	4.4	0.489	13.9	22	105.6	421	521	CP	0	0
KB8-35	心去り	38.04	183.88	4.4	0.554	14.7	37	123.1	309	492	K-O3	0	0
KB8-36	心去り	37.99	182.63	3.8	0.633	14.8	35	112.5	419	635	O3	0	2

KB8-37	心去り	38.01	183.93	4.3	0.510	14.9	35	114.1	296	417	K-TF	0	0
平均値		38.01	183.81	4.7	0.492	14.2	32	95.2	293	387			
最小値		37.81	182.25	3.5	0.406	13.2	4	69.3	96	156			
最大値		38.13	184.80	6.9	0.633	15.1	88	123.1	421	635			

※ 破壊状態 . . . . . K : 節 CL : 健全部 TF : 引張 OG : 目切れ CP : 圧縮 BT : 脆性 FAIL : 横倒れ

等級 . . . . . 0 : 特級 1 : 1級 2 : 2級 3 : 3級 4 : 格外

(JAS甲種材組材の節の欄は、節のみで判断した等級

基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、そり、ねじれ、縦横走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-1 カラマツの曲げ試験結果(210材)

試験体番号	年輪走行	材幅	材せい	平均年輪幅	SG	含水率	縦傾斜	曲げヤング係数	曲げ比例限度応力	曲げ破壊係数	破壊形態	等級
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)		MC (%)	(mm/m)	EL ( $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ )	PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )		その他欠点
KB10-01	心割り	38.01	234.10	5.2	0.471	15.0	28	71.1	264	270	K-OG	0
KB10-02	心去り	37.99	234.08	7.0	0.412	14.7	42	61.6	190	205	K-TF	0
KB10-03	心持ち	37.75	234.08	6.7	0.444	15.1	10	74.0	132	216	K-TF	2
KB10-04	心割り	38.11	234.35	6.3	0.407	13.6	42	67.7	215	261	CL-TF	0
KB10-05	心去り	38.09	235.05	4.9	0.467	13.6	23	68.7	77	127	K-TF	0
KB10-06	心去り	38.09	234.83	5.6	0.442	13.7	26	105.2	274	485	CP	4
KB10-07	心割り	37.90	234.25	4.8	0.460	15.8	25	94.1	327	408	FAIL	0
KB10-08	心割り	37.98	233.85	6.3	0.501	15.2	61	89.5	261	381	K-OG	0
KB10-09	心去り	38.02	234.06	7.6	0.421	14.9	24	76.3	173	220	K-OG	0
KB10-10	心去り	37.99	234.08	6.4	0.438	15.3	23	85.2	219	334	CP	0
KB10-11	心去り	38.04	234.33	4.7	0.447	15.2	60	71.4	88	130	K-OG	0
KB10-12	心去り	37.86	233.93	9.0	0.512	14.7	25	85.0	259	276	K-OG	0
KB10-13	心割り	37.91	233.95	7.5	0.527	15.7	19	86.2	263	352	K-OG	0
KB10-14	心去り	38.06	234.65	5.8	0.469	15.4	47	81.3	289	437	CL-TF	0
KB10-15	心持ち	38.07	234.33	7.1	0.437	14.6	39	90.0	296	309	K-TF	0
KB10-16	心去り	37.86	234.25	5.7	0.481	15.5	47	77.4	195	354	CL-TF	3
KB10-17	心持ち	38.03	234.90	6.0	0.438	13.8	1	87.3	248	264	K-TF	0
KB10-18	心持ち	38.00	234.10	6.2	0.428	14.7	36	85.0	128	128	K-TF	0
KB10-19	心割り	38.06	234.50	6.7	0.454	13.9	9	82.8	317	415	CL-TF	0
KB10-20	心去り	38.04	234.88	6.1	0.429	13.2	30	89.5	318	401	CP	0
KB10-21	心去り	38.12	234.45	4.3	0.424	14.9	64	64.9	201	201	K-TF	0
KB10-22	心持ち	37.82	234.30	4.6	0.427	15.0	56	85.5	229	356	CL-TF	0
KB10-23	心去り	38.05	234.58	5.4	0.436	13.9	54	85.3	146	281	K-OG	0
KB10-24	心去り	37.89	234.28	5.7	0.449	14.8	7	79.3	291	401	CP	0
KB10-25	心去り	38.09	234.83	4.0	0.487	14.7	17	94.2	291	423	CP	0
KB10-26	心割り	38.00	233.95	7.7	0.412	15.1	71	79.1	134	177	K-TF	1
KB10-27	心持ち	38.09	234.85	7.1	0.418	13.9	59	91.9	198	293	K-OG	0
KB10-28	心去り	38.07	234.65	5.2	0.458	13.3	52	81.2	304	411	CP	0
KB10-29	心割り	37.95	234.25	5.7	0.456	14.8	19	83.7	279	417	CL-TF	0
KB10-30	心持ち	38.01	234.38	5.6	0.447	13.5	50	89.5	187	194	K-TF	1
KB10-31	心去り	37.93	234.33	6.3	0.471	15.2	46	81.1	194	307	K-TF	0
KB10-32	心持ち	38.10	235.03	6.4	0.460	14.0	42	89.5	284	371	K-TF	0
KB10-33	心持ち	38.08	234.65	4.9	0.463	14.0	21	89.5	145	191	K-TF	1
KB10-34	心去り	38.06	234.18	5.0	0.486	15.7	36	90.6	320	330	K-TF	0
KB10-35	心去り	38.02	234.85	5.9	0.465	13.3	50	92.6	198	198	K-TF	0
KB10-36	心割り	37.96	234.65	6.6	0.481	13.8	21	71.2	146	146	K-TF	1
KB10-37	心去り	38.09	234.75	4.9	0.488	14.3	36	94.9	187	315	K-OG	0

KB10-38	心割り	38.03	234.90	4.4	0.484	13.2	9	94.2	358	470	CG	0	0
KB10-39	心去り	38.07	234.55	6.3	0.454	14.1	37	97.8	318	366	K-TF	0	0
KB10-40	心去り	38.06	234.55	6.2	0.429	13.6	94	85.0	237	363	K-CG	0	1
KB10-41	心去り	38.04	234.60	5.3	0.484	13.5	46	81.2	276	360	CG	0	2
KB10-42	心去り	38.11	234.80	4.2	0.477	13.9	27	92.8	343	376	K-TF	0	2
KB10-43	心割り	38.13	234.33	4.5	0.393	13.4	10	96.3	413	413	CP	0	0
KB10-44	心去り	37.98	233.60	4.0	0.505	15.4	25	112.1	312	420	CP	0	0
KB10-45	心去り	37.88	234.55	6.0	0.452	13.8	54	85.2	278	325	K-TF	0	4
KB10-46	心去り	38.06	234.70	6.3	0.468	14.7	52	92.0	345	452	K-TF	0	0
KB10-47	心去り	38.02	234.38	4.7	0.485	14.2	13	96.6	345	439	BT	0	3
KB10-48	心去り	38.04	234.55	4.9	0.474	14.2	17	97.1	363	440	CP	0	0
KB10-49	心去り	38.01	234.58	3.9	0.571	14.7	82	100.6	338	414	K-CG	0	1
KB10-50	心去り	37.94	234.35	5.5	0.455	14.4	19	112.6	319	478	CL-TF	0	0
KB10-51	心割り	38.08	234.75	4.5	0.455	13.6	24	98.6	366	490	CP	0	0
KB10-52	心去り	38.02	234.55	7.1	0.459	13.7	22	80.6	273	357	CP	0	0
KB10-53	心去り	37.99	234.50	5.0	0.474	14.5	18	77.6	258	379	K-CG	1	0
KB10-54	心去り	38.03	234.50	5.6	0.535	13.8	40	102.5	214	252	K-CG	0	2
KB10-55	心去り	38.11	234.78	5.3	0.467	13.5	16	94.8	222	419	CP	0	0
KB10-56	心去り	38.18	234.95	5.7	0.431	13.7	7	91.0	232	307	K-TF	1	3
KB10-57	心去り	38.01	234.50	4.5	0.461	13.9	63	94.2	318	372	K-CG	0	0
KB10-58	心割り	37.79	234.25	4.8	0.579	15.6	44	111.2	257	505	CP	0	1
KB10-59	心割り	38.05	234.55	5.7	0.451	14.5	66	96.7	161	353	K-TF	0	0
KB10-60	心去り	37.99	233.73	7.6	0.503	14.2	43	100.5	328	393	CL-TF	0	0
KB10-61	心去り	38.07	234.63	5.2	0.511	14.4	52	94.1	282	452	CG	0	0
KB10-62	心去り	38.04	234.05	5.2	0.455	14.9	48	98.0	298	309	K-CG	0	0
KB10-63	心去り	37.99	234.15	5.4	0.442	13.4	65	99.3	331	363	K-CG	0	0
KB10-64	心去り	37.95	234.05	4.6	0.496	14.2	17	91.3	233	410	CP	0	3
KB10-65	心去り	38.09	235.13	4.8	0.464	13.9	52	91.2	155	174	K-TF	0	0
KB10-66	心去り	38.05	234.75	5.1	0.462	14.3	8	100.4	331	424	CL-TF	1	3
KB10-67	心割り	37.99	234.63	4.4	0.600	14.4	76	114.9	239	308	CL-TF	0	1
KB10-68	心割り	38.12	234.68	5.2	0.465	13.9	16	120.1	447	505	CP	0	0
KB10-69	心去り	38.06	234.63	5.8	0.510	13.7	31	94.3	319	440	K-CG	0	3
KB10-70	心去り	38.03	234.68	4.4	0.480	13.2	75	108.0	282	439	CP	0	0
平均値		38.02	234.46	5.6	0.466	14.3	37	89.7	257	342			
最小値		37.75	233.60	3.9	0.393	13.2	1	61.6	77	127			
最大値		38.18	235.13	9.0	0.600	15.8	94	120.1	447	505			

※ 破壊状態 . . . . . K : 節 CL : 健全部 TF : 引張 CG : 目切れ CP : 圧縮 BT : 脆性 FAIL : 横倒れ

等級 . . . . . 0 : 特級 1 : 1級 2 : 2級 3 : 3級 4 : 格外  
 (JAS甲種梓組材の節の欄は、節のみで判断した等級  
 基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、  
 そり、ねじれ、繊維走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-1 カラマツの曲げ試験結果(212材)

試験体番号	年輪走行	材幅		材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	縦維傾斜 (mm/m)	曲 ヤング係数 EL ( $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ )	曲 比例限度応力 PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	曲 げ 破壊係数 MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )	破壊形態	等級
		b (mm)	h (mm)										
KB12-01	心割り	37.92	286.00	5.1	0.446	14.0	49	56.1	93	97	K-TF	1	3
KB12-02	心割り	37.88	285.78	5.2	0.446	12.9	33	71.1	247	283	K-TF	1	2
KB12-03	心去り	37.77	285.75	5.6	0.445	13.2	0	78.8	240	311	CL-TF	0	2
KB12-04	心去り	37.95	285.40	6.0	0.464	13.4	12	69.3	197	297	CP	0	3
KB12-05	心持ち	37.79	286.20	5.1	0.447	13.2	43	79.6	233	283	FAIL	0	3
KB12-06	心去り	38.03	285.95	5.3	0.452	13.7	15	69.3	225	323	CP	0	2
平均値		37.89	285.85	5.4	0.450	13.4	25	70.7	206	266			
最小値		37.77	285.40	5.1	0.445	12.9	0	56.1	93	97			
最大値		38.03	286.20	6.0	0.464	14.0	49	79.6	247	323			

※ 破壊状態 . . . . . K : 節 CL : 健全部 TF : 引張 CG : 目切れ CP : 圧縮 BT : 脆性 FAIL : 横倒れ

等級 . . . . . 0 : 特級 1 : 1級 2 : 2級 3 : 3級 4 : 格外

(JAS甲種材組材の節の幅は、節のみで判断した等級

基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、そり、ねじれ、縦維走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-2 カラマツの曲げ試験結果(204材)  
- 各等級別 -

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	縦維傾斜 (mm/m)	材緑部				最大節径 (mm)	中央部 集中節 (mm)	曲 ヤング係数 EL ( $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ )	曲 比例限度応力 PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	曲 げ 破 壊 係 数 MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )
							単 独 節 (mm)	集 中 節 (mm)	単 独 節 (mm)	集 中 節 (mm)					
<b>特級 n=4</b>															
KB4-01	38.17	89.09	4.1	0.416	13.2	23	14	28	10	10	10	89.8	177	263	
KB4-05	38.21	89.07	4.4	0.463	12.9	24	17	23	13	13	13	114.5	250	250	
KB4-11	38.19	88.81	2.9	0.484	13.3	11	3	12	16	25	25	118.3	411	548	
KB4-12	38.16	88.89	4.2	0.536	13.6	65	0	0	20	20	20	118.7	414	570	
MEAN	38.18	88.97	3.9	0.480	13.3	31	9	16	15	17	17	110.3	313	408	
MIN	38.16	88.81	2.9	0.416	12.9	11	0	0	10	10	10	89.8	177	250	
MAX	38.21	89.09	4.4	0.536	13.6	65	17	28	20	25	25	118.7	414	570	
SD	0.02	0.12	0.6	0.043	0.3	20	7	11	4	6	6	12.0	103	152	
<b>1級 n=2</b>															
KB4-02	38.12	88.78	3.2	0.503	13.4	55	20	35	25	25	25	115.9	403	492	
KB4-13	38.18	88.79	2.8	0.499	12.7	65	19	22	13	10	10	117.1	217	306	
MEAN	38.15	88.79	3.0	0.501	13.1	60	20	29	19	18	18	116.5	310	399	
MIN	38.12	88.78	2.8	0.499	12.7	55	19	22	13	10	10	115.9	217	306	
MAX	38.18	88.79	3.2	0.503	13.4	65	20	35	25	25	25	117.1	403	492	
SD	0.03	0.00	0.2	0.002	0.3	5	1	7	6	8	8	0.6	93	93	
<b>2級 n=5</b>															
KB4-04	38.15	89.05	3.3	0.498	12.7	5	0	0	13	13	13	104.3	260	504	
KB4-06	38.12	88.94	2.7	0.465	12.6	33	13	29	16	20	20	124.3	344	433	
KB4-07	38.18	89.05	3.5	0.501	13.5	38	26	26	25	25	25	100.4	285	311	
KB4-14	38.18	88.85	3.1	0.546	13.0	48	16	16	0	0	0	126.2	229	487	
KB4-15	38.21	88.98	4.4	0.564	13.9	54	2	2	0	0	0	131.2	457	736	
MEAN	38.17	88.97	3.4	0.515	13.1	35	11	15	11	12	12	117.3	315	494	
MIN	38.12	88.85	2.7	0.465	12.6	5	0	0	0	0	0	100.4	229	311	
MAX	38.21	89.05	4.4	0.564	13.9	54	26	29	25	25	25	131.2	457	736	
SD	0.03	0.07	0.6	0.036	0.5	17	10	12	10	10	10	12.5	80	139	
<b>3級 n=3</b>															
KB4-03	38.16	89.11	2.8	0.541	13.6	6	7	7	0	0	0	91.0	348	516	
KB4-08	38.14	87.21	3.3	0.522	13.8	35	36	36	0	0	0	97.7	225	380	
KB4-10	38.21	89.06	2.6	0.534	13.3	45	11	23	19	32	32	140.3	469	760	
MEAN	38.17	88.46	2.9	0.532	13.6	29	18	22	6	11	11	109.7	347	552	
MIN	38.14	87.21	2.6	0.522	13.3	6	7	7	0	0	0	91.0	225	380	
MAX	38.21	89.11	3.3	0.541	13.8	45	36	36	19	32	32	140.3	469	760	
SD	0.03	0.88	0.3	0.008	0.2	16	13	12	9	15	15	21.8	100	157	





表3-4-2 カラマツの曲げ試験結果(206材)  
各等級別

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	材線部				最大節径		中央部 集節 (mm)	曲ヤング係数 EL ( $\times 10^{-3}$ kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ 比例限度応力 PLS (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ 破壊係数 MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )
							単独節 (mm)	集節 (mm)	単独節 (mm)	集節 (mm)						
特級 n=12																
KB6-06	38.00	139.75	6.2	0.393	13.2	11	21	38	17	24	83.6	291	328			
KB6-08	38.15	139.78	5.7	0.417	12.8	28	18	53	18	35	84.4	330	336			
KB6-21	38.12	139.68	5.1	0.402	13.3	20	26	38	23	32	92.0	346	372			
KB6-26	37.94	139.80	3.9	0.497	13.9	24	25	37	23	41	100.0	340	397			
KB6-27	38.32	139.66	3.6	0.500	13.3	21	7	7	31	31	93.9	411	431			
KB6-29	37.93	139.68	4.0	0.606	14.6	6	26	53	31	31	94.3	209	223			
KB6-31	37.90	139.65	4.9	0.553	13.6	59	13	44	27	48	107.6	310	310			
KB6-32	38.16	139.50	3.4	0.519	13.2	18	0	0	3	5	105.1	463	684			
KB6-37	38.06	139.40	3.1	0.565	14.3	36	0	0	2	2	126.1	510	694			
KB6-38	38.06	139.70	2.8	0.540	13.4	31	15	15	22	22	107.9	450	581			
KB6-39	38.16	139.85	3.6	0.519	14.2	50	5	9	18	18	119.4	407	631			
KB6-43	38.14	139.72	3.5	0.553	13.8	44	0	0	11	18	133.2	489	586			
MEAN	38.08	139.68	4.2	0.505	13.6	29	13	25	19	26	104.0	380	464			
MIN	37.90	139.40	2.8	0.393	12.8	6	0	0	2	2	83.6	209	223			
MAX	38.32	139.85	6.2	0.606	14.6	59	26	53	31	48	133.2	510	694			
SD	0.12	0.12	1.0	0.065	0.5	15	10	20	9	13	15.2	86	155			
1級 n=7																
KB6-05	38.17	139.30	2.5	0.526	13.9	68	34	34	23	23	51.6	123	123			
KB6-16	38.10	139.90	5.1	0.425	13.3	9	26	54	12	37	100.4	371	443			
KB6-22	38.14	139.85	3.7	0.472	13.2	14	0	0	6	6	95.5	384	509			
KB6-23	38.14	139.70	3.2	0.540	14.1	13	31	55	28	38	101.6	183	183			
KB6-28	38.19	139.82	4.2	0.518	13.2	23	0	0	0	0	104.1	456	668			
KB6-30	38.14	139.60	5.8	0.509	13.9	19	7	42	23	35	103.1	330	432			
KB6-36	38.14	139.38	3.5	0.526	13.9	35	5	23	19	19	110.8	442	523			
MEAN	38.15	139.65	4.0	0.502	13.6	26	15	30	16	23	95.3	327	412			
MIN	38.10	139.30	2.5	0.425	13.2	9	0	0	0	0	51.6	123	123			
MAX	38.19	139.90	5.8	0.540	14.1	68	34	55	28	38	110.8	456	668			
SD	0.03	0.22	1.1	0.037	0.4	19	14	21	9	14	18.3	118	179			

2級 n=14													
KB6-01	38.10	139.98	4.9	0.396	13.6	20	9	18	12	18	78.1	360	500
KB6-04	38.14	139.85	6.6	0.411	14.0	10	16	34	14	31	72.5	301	435
KB6-10	37.33	139.82	4.7	0.462	13.7	38	22	59	9	26	90.3	337	338
KB6-11	38.19	139.78	6.1	0.431	13.8	16	9	23	13	23	81.7	305	352
KB6-12	38.14	139.05	4.4	0.472	14.0	114	0	0	40	40	80.4	310	407
KB6-15	38.10	139.49	4.5	0.479	13.5	64	20	57	19	46	83.7	293	316
KB6-17	38.11	139.78	4.0	0.502	13.5	1	18	18	32	40	83.8	259	428
KB6-19	38.06	140.02	3.9	0.442	13.7	43	20	24	9	17	94.0	335	541
KB6-24	38.09	138.95	3.6	0.465	13.8	49	0	0	0	0	99.3	351	494
KB6-33	38.06	139.48	5.3	0.481	13.8	51	17	56	23	26	98.4	336	384
KB6-35	38.13	139.82	3.1	0.467	13.6	43	16	36	15	20	117.7	496	571
KB6-40	38.13	139.75	3.9	0.551	13.6	5	0	0	0	0	121.1	254	539
KB6-41	38.19	139.55	3.2	0.541	13.3	31	0	0	2	2	130.5	544	697
KB6-42	38.14	139.35	3.0	0.543	14.0	39	20	30	23	28	118.8	391	465
MEAN	38.07	139.62	4.4	0.476	13.7	37	12	25	15	23	96.5	348	463
MIN	37.33	138.95	3.0	0.396	13.3	1	0	0	0	0	72.5	254	316
MAX	38.19	140.02	6.6	0.551	14.0	114	22	59	40	46	130.5	544	697
SD	0.21	0.31	1.0	0.046	0.2	28	8	21	11	14	17.9	79	100

3級 n=10													
KB6-02	38.16	139.62	3.6	0.445	13.8	140	39	49	12	12	68.4	169	169
KB6-03	38.14	139.92	5.4	0.450	13.7	28	25	45	16	25	72.3	293	335
KB6-07	38.18	139.58	5.8	0.510	13.6	49	17	29	23	34	78.9	241	241
KB6-09	37.26	139.65	5.1	0.401	13.7	23	22	42	14	20	82.6	372	392
KB6-13	36.64	139.72	6.1	0.474	14.1	26	28	57	11	17	98.0	374	401
KB6-14	38.14	139.90	4.2	0.452	13.5	0	19	55	22	42	92.0	271	325
KB6-18	38.13	139.05	3.7	0.582	14.5	39	0	0	5	5	98.9	382	607
KB6-20	38.12	139.70	3.8	0.486	14.2	34	27	73	22	22	83.9	261	261
KB6-25	38.12	139.62	3.8	0.498	13.8	15	0	0	0	0	89.4	381	572
KB6-34	38.14	138.92	3.6	0.564	14.2	23	0	0	28	38	102.4	360	511
MEAN	37.90	139.57	4.5	0.486	13.9	38	18	35	15	22	86.7	310	381
MIN	36.64	138.92	3.6	0.401	13.5	0	0	0	0	0	68.4	169	169
MAX	38.18	139.92	6.1	0.582	14.5	140	39	73	28	42	102.4	382	607
SD	0.50	0.31	0.9	0.052	0.3	36	13	25	8	13	10.9	70	138

表3-4-2 カラマツの曲げ試験結果(208材)  
各等級別

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	最大節径				曲ヤング係数 EL ( $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ )	曲比例限度応力 PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	曲げ 破壊係数 MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )
							材線部 単独節 (mm)	材線部 集節 (mm)	材線部 単独節 (mm)	材線部 集節 (mm)			
特級 n=18													
KB8-03	38.01	184.00	5.4	0.477	14.9	18	27	59	16	24	80.1	243	245
KB8-05	38.06	184.15	4.1	0.406	13.3	51	17	18	11	23	83.4	296	296
KB8-06	38.10	183.75	6.5	0.486	15.1	34	24	48	13	31	83.1	231	232
KB8-07	38.08	184.10	6.9	0.431	13.8	38	27	56	18	35	77.9	176	211
KB8-08	38.06	183.92	4.4	0.443	13.7	29	25	62	30	40	96.4	192	205
KB8-09	37.96	183.15	4.7	0.497	13.9	47	11	60	20	32	95.7	369	379
KB8-10	37.94	183.90	4.5	0.438	13.5	38	3	25	13	18	88.5	324	511
KB8-16	38.01	184.15	4.8	0.433	14.1	27	19	20	7	16	90.1	373	507
KB8-18	37.99	184.10	4.2	0.421	13.2	43	9	18	17	32	92.6	335	445
KB8-21	37.94	184.12	4.3	0.490	14.2	7	21	30	12	21	102.5	419	420
KB8-22	38.00	184.10	4.0	0.456	13.9	35	29	46	30	63	89.7	308	530
KB8-27	38.00	183.12	4.0	0.533	14.8	38	15	39	22	32	99.8	301	554
KB8-28	37.98	183.92	3.8	0.494	14.1	36	27	49	14	22	111.8	333	545
KB8-29	38.00	182.75	4.4	0.529	13.9	66	29	29	20	20	99.2	242	242
KB8-30	37.95	182.25	3.5	0.631	14.6	16	29	67	20	33	107.4	361	383
KB8-34	38.11	183.98	4.4	0.489	13.9	22	23	23	11	11	105.6	421	521
KB8-35	38.04	183.88	4.4	0.554	14.7	37	17	48	15	36	123.1	309	492
KB8-37	38.01	183.93	4.3	0.510	14.9	35	0	0	32	32	114.1	296	417
MEAN	38.01	183.74	4.6	0.484	14.1	34	20	39	18	29	96.7	307	396
MIN	37.94	182.25	3.5	0.406	13.2	7	0	0	7	11	77.9	176	205
MAX	38.11	184.15	6.9	0.631	15.1	66	29	67	32	63	123.1	421	554
SD	0.05	0.53	0.8	0.054	0.6	13	9	18	7	11	12.1	68	123
I級 n=5													
KB8-15	38.10	183.83	4.4	0.533	14.3	76	38	80	25	49	99.5	290	305
KB8-19	37.94	183.45	4.5	0.495	14.1	63	43	67	28	28	79.3	96	156
KB8-25	38.05	184.00	6.5	0.493	14.5	19	36	64	16	37	86.9	196	232
KB8-32	38.10	184.80	4.7	0.504	14.3	88	6	29	23	31	111.9	323	492
KB8-33	37.91	183.35	4.2	0.540	14.7	12	13	43	20	33	116.2	330	433
MEAN	38.02	183.89	4.9	0.513	14.4	52	27	57	22	36	98.8	247	324
MIN	37.91	183.35	4.2	0.493	14.1	12	6	29	16	28	79.3	96	156
MAX	38.10	184.80	6.5	0.540	14.7	88	43	80	28	49	116.2	330	492
SD	0.08	0.52	0.8	0.020	0.2	31	15	18	4	7	14.1	89	124

2級 n=8													
KB8-01	37.86	183.55	4.8	0.499	15.0	8	39	39	14	19	69.3	230	251
KB8-11	38.02	184.05	4.4	0.478	13.6	14	21	63	25	57	87.4	248	279
KB8-12	37.81	184.15	6.1	0.499	14.7	9	12	14	14	44	97.5	309	494
KB8-14	37.96	183.62	5.2	0.455	13.9	19	18	56	20	40	107.0	345	379
KB8-17	38.08	183.95	5.3	0.461	14.6	7	20	40	33	33	91.0	226	230
KB8-23	38.02	184.02	4.8	0.507	13.8	58	39	71	25	53	83.6	278	278
KB8-24	38.08	184.08	5.0	0.468	13.7	4	26	64	16	21	90.7	297	427
KB8-36	37.99	182.63	3.8	0.633	14.8	35	25	25	32	88	112.5	419	635
-----													
MEAN	37.98	183.76	4.9	0.500	14.3	19	25	47	22	44	92.4	294	372
MIN	37.81	182.63	3.8	0.455	13.6	4	12	14	14	19	69.3	226	230
MAX	38.08	184.15	6.1	0.633	15.0	58	39	71	33	88	112.5	419	635
SD	0.09	0.47	0.6	0.053	0.5	17	9	19	7	21	12.7	61	132
3級 n=6													
KB8-02	38.13	184.25	6.4	0.452	13.6	41	24	49	8	20	79.6	183	311
KB8-04	38.04	184.20	4.2	0.542	15.0	7	0	0	0	0	74.4	323	512
KB8-13	37.93	183.85	4.0	0.536	13.5	32	28	64	21	39	86.0	245	250
KB8-20	38.07	183.98	5.4	0.506	13.8	33	36	83	16	47	95.8	253	540
KB8-26	38.00	183.93	5.4	0.423	14.5	18	8	25	13	20	102.9	353	428
KB8-31	37.96	184.00	3.9	0.455	13.9	33	0	0	20	31	111.6	382	555
-----													
MEAN	38.02	184.04	4.9	0.486	14.1	27	16	37	13	26	91.7	290	433
MIN	37.93	183.85	3.9	0.423	13.5	7	0	0	0	0	74.4	183	250
MAX	38.13	184.25	6.4	0.542	15.0	41	36	83	21	47	111.6	382	555
SD	0.07	0.14	0.9	0.045	0.5	11	14	31	7	15	13.0	69	116

表3-4-2 カラマツの曲げ試験結果(210材)  
各等級別

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	縦傾斜 (mm/m)	最大節径				中央部 集節 (mm)	曲ヤング係数 EL ( $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ )	曲比例限度応力 PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	曲げ 破壊係数 MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )
							材線部 単節 (mm)	集節 (mm)	単節 (mm)	集節 (mm)				
特級 n=41														
KB10-01	38.01	234.10	5.2	0.471	15.0	28	26	43	11	19	71.1	264	270	
KB10-07	37.90	234.25	4.8	0.460	15.8	25	3	39	13	32	94.1	327	408	
KB10-08	37.98	233.85	6.3	0.501	15.2	61	41	75	15	35	89.5	261	381	
KB10-11	38.04	234.33	4.7	0.447	15.2	60	34	59	25	30	71.4	88	130	
KB10-12	37.86	233.93	9.0	0.512	14.7	25	36	60	27	78	85.0	259	276	
KB10-13	37.91	233.95	7.5	0.527	15.7	19	32	62	20	57	86.2	263	352	
KB10-14	38.06	234.65	5.8	0.469	15.4	47	33	69	15	41	81.3	289	437	
KB10-15	38.07	234.33	7.1	0.437	14.6	39	29	54	11	33	90.0	296	309	
KB10-17	38.03	234.90	6.0	0.438	13.8	1	34	47	17	33	87.3	248	264	
KB10-19	38.06	234.50	6.7	0.454	13.9	9	28	47	21	34	82.8	317	415	
KB10-20	38.04	234.88	6.1	0.429	13.2	30	34	81	31	59	89.5	318	401	
KB10-21	38.12	234.45	4.3	0.424	14.9	64	38	81	40	44	64.9	201	201	
KB10-23	38.05	234.58	5.4	0.436	13.9	54	38	83	25	56	85.3	146	281	
KB10-24	37.89	234.28	5.7	0.449	14.8	7	21	50	28	53	79.3	291	401	
KB10-25	38.09	234.83	4.0	0.487	14.7	17	0	0	22	38	94.2	291	423	
KB10-27	38.09	234.85	7.1	0.418	13.9	59	27	67	20	51	91.9	198	293	
KB10-28	38.07	234.65	5.2	0.458	13.3	52	15	36	35	57	81.2	304	411	
KB10-29	37.95	234.25	5.7	0.456	14.8	19	0	0	21	54	83.7	279	417	
KB10-31	37.93	234.33	6.3	0.471	15.2	46	22	76	23	17	81.1	194	307	
KB10-34	38.06	234.18	5.0	0.486	15.7	36	40	40	15	28	90.6	320	330	
KB10-35	38.02	234.85	5.9	0.465	13.3	50	36	95	37	58	92.6	198	198	
KB10-37	38.09	234.75	4.9	0.488	14.3	36	22	49	23	42	94.9	187	315	
KB10-38	38.03	234.90	4.4	0.484	13.2	9	0	0	33	62	94.2	358	470	
KB10-39	38.07	234.55	6.3	0.454	14.1	37	13	60	25	64	97.8	318	366	
KB10-43	38.13	234.33	4.5	0.393	13.4	10	10	17	13	18	96.3	343	413	
KB10-44	37.98	233.60	4.0	0.505	15.4	25	13	33	18	43	112.1	312	420	
KB10-46	38.06	234.70	6.3	0.468	14.7	52	44	63	23	52	92.0	345	452	
KB10-48	38.04	234.55	4.9	0.474	14.2	17	0	0	20	22	97.1	363	440	
KB10-50	37.94	234.35	5.5	0.455	14.4	19	37	66	26	38	112.6	319	478	
KB10-51	38.08	234.75	4.5	0.455	13.6	24	38	59	63	94	98.6	366	490	
KB10-52	38.02	234.55	7.1	0.459	13.7	22	11	46	24	71	80.6	273	357	
KB10-55	38.11	234.78	5.3	0.467	13.5	16	15	46	27	51	94.8	222	419	
KB10-57	38.01	234.50	4.5	0.461	13.9	63	30	59	26	21	94.2	318	372	
KB10-59	38.05	234.55	5.7	0.451	14.5	66	48	72	26	36	96.7	161	353	
KB10-60	37.99	233.73	7.6	0.503	14.2	43	23	23	17	22	100.5	328	393	
KB10-61	38.07	234.63	5.2	0.511	14.4	52	6	32	23	37	94.1	282	452	
KB10-62	38.04	234.05	5.2	0.455	14.9	48	31	82	41	58	98.0	298	309	
KB10-63	37.99	234.15	5.4	0.442	13.4	65	32	43	23	43	99.3	331	363	
KB10-65	38.09	235.13	4.8	0.464	13.9	52	37	76	29	55	91.2	155	174	

KB10-68	38.12	234.68	5.2	0.465	13.9	16	4	36	17	38	120.1	447	505
KB10-70	38.03	234.68	4.4	0.480	13.2	75	0	0	18	18	108.0	282	439
MEAN	38.03	234.46	5.6	0.464	14.3	36	24	49	24	44	91.4	277	363
MIN	37.86	233.60	4.0	0.393	13.2	1	0	0	11	17	64.9	88	130
MAX	38.13	235.13	9.0	0.527	15.8	75	48	95	63	94	120.1	447	505
SD	0.07	0.35	1.1	0.027	0.8	20	14	25	9	17	10.8	70	88
1級 n=16													
KB10-02	37.99	234.08	7.0	0.412	14.7	42	52	98	33	47	61.6	190	205
KB10-04	38.11	234.35	6.3	0.407	13.6	42	56	56	17	34	67.7	215	261
KB10-05	38.09	235.05	4.9	0.467	13.6	23	51	115	21	29	68.7	77	127
KB10-09	38.02	234.08	7.6	0.421	14.9	24	49	77	16	32	76.3	173	220
KB10-10	37.99	234.08	6.4	0.438	15.3	23	27	47	23	44	85.2	219	334
KB10-18	38.00	234.10	6.2	0.428	14.7	36	58	108	11	28	85.0	128	128
KB10-22	37.82	234.30	4.6	0.427	15.0	56	34	64	38	79	85.5	229	356
KB10-26	38.00	233.95	7.7	0.412	15.1	71	48	80	17	134	79.1	177	177
KB10-30	38.01	234.38	5.6	0.447	13.5	50	58	99	14	30	89.5	187	194
KB10-32	38.10	235.03	6.4	0.460	14.0	42	26	48	15	21	89.5	284	371
KB10-33	38.08	234.65	4.9	0.463	14.0	21	38	97	30	58	89.5	145	191
KB10-40	38.06	234.55	6.2	0.429	13.6	94	43	69	29	22	85.0	237	363
KB10-49	38.01	234.58	3.9	0.571	14.7	82	8	76	30	65	100.6	338	414
KB10-53	37.99	234.50	5.0	0.474	14.5	18	56	94	33	43	77.6	238	379
KB10-58	37.79	234.25	4.8	0.579	15.6	44	22	25	20	35	111.2	257	505
KB10-67	37.99	234.63	4.4	0.600	14.4	76	19	23	15	29	114.9	239	308
MEAN	38.00	234.41	5.7	0.465	14.5	47	40	74	23	39	85.4	207	283
MIN	37.79	233.95	3.9	0.407	13.5	18	8	23	11	21	61.6	77	127
MAX	38.11	235.05	7.7	0.600	15.6	94	58	115	38	79	114.9	338	505
SD	0.09	0.32	1.1	0.061	0.6	23	15	27	8	16	14.1	64	107
2級 n=4													
KB10-03	37.75	234.08	6.7	0.444	15.1	10	35	64	14	15	74.0	132	216
KB10-41	38.04	234.60	5.3	0.484	13.5	46	28	84	43	56	81.2	276	360
KB10-42	38.11	234.80	4.2	0.477	13.9	27	43	83	35	68	92.8	343	376
KB10-54	38.03	234.50	5.6	0.535	13.8	40	24	49	53	66	102.5	214	252
MEAN	37.98	234.50	5.5	0.485	14.1	31	33	70	36	51	87.6	241	301
MIN	37.75	234.08	4.2	0.444	13.5	10	24	49	14	15	74.0	132	216
MAX	38.11	234.80	6.7	0.535	15.1	46	43	84	53	68	102.5	343	376
SD	0.14	0.26	0.9	0.033	0.6	14	7	15	14	21	10.9	78	68

S級 n=7													
KB10-16	37.86	234.25	5.7	0.481	15.5	47	95	98	26	57	77.4	195	354
KB10-36	37.96	234.65	6.6	0.481	13.8	21	62	63	16	34	71.2	146	146
KB10-47	38.02	234.38	4.7	0.485	14.2	13	13	33	20	20	96.6	345	439
KB10-56	38.18	234.95	5.7	0.431	13.7	7	29	40	13	23	91.0	232	307
KB10-64	37.95	234.05	4.6	0.496	14.2	17	11	16	15	17	91.3	233	410
KB10-66	38.05	234.75	5.1	0.462	14.3	8	0	0	77	91	100.4	331	424
KB10-69	38.06	234.63	5.8	0.510	13.7	31	19	61	19	42	94.3	319	440
MEAN	38.01	234.52	5.5	0.478	14.2	21	33	44	27	41	88.9	257	360
MIN	37.86	234.05	4.6	0.431	13.7	7	0	0	13	17	71.2	146	146
MAX	38.18	234.95	6.6	0.510	15.5	47	95	98	77	91	100.4	345	440
SD	0.09	0.29	0.7	0.024	0.6	13	31	30	21	24	9.8	70	98
-----													
格外 n=2													
KB10-06	38.09	234.83	5.6	0.442	13.7	26	0	0	10	14	105.2	274	485
KB10-45	37.88	234.55	6.0	0.452	13.8	54	24	58	16	34	85.2	278	325
MEAN	37.99	234.69	5.8	0.447	13.8	40	12	29	13	24	95.2	276	405
MIN	37.88	234.55	5.6	0.442	13.7	26	0	0	10	14	85.2	274	325
MAX	38.09	234.83	6.0	0.452	13.8	54	24	58	16	34	105.2	278	485
SD	0.10	0.14	0.2	0.005	0.0	14	12	29	3	10	10.0	2	80

表3-4-2 カラマツの曲げ試験結果(212材)  
各等級別

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	材緑部			最大節径			中央部 集中節 (mm)	曲 ヤング係数 EL ( $\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ )	曲 比例限度応力 PLS ( $\text{kgf/cm}^2$ )	曲 げ 破壊係数 MOR ( $\text{kgf/cm}^2$ )
							単独節 (mm)	集中節 (mm)	単独節 (mm)	単独節 (mm)	集中節 (mm)	集中節 (mm)				
<b>2級 n=3</b>																
KB12-02	37.88	285.78	5.2	0.446	12.9	33	68	113	29	51	71.1	247	283			
KB12-03	37.77	285.75	5.6	0.445	13.2	0	6	6	18	37	78.8	240	311			
KB12-06	38.03	285.95	5.3	0.452	13.7	15	15	57	65	88	69.3	225	323			
MEAN	37.89	285.83	5.4	0.448	13.3	16	30	59	37	59	73.1	237	306			
MIN	37.77	285.75	5.2	0.445	12.9	0	6	6	18	37	69.3	225	283			
MAX	38.03	285.95	5.6	0.452	13.7	33	68	113	65	88	78.8	247	323			
SD	0.11	0.09	0.2	0.003	0.3	13	27	44	20	22	4.1	9	17			
<b>3級 n=3</b>																
KB12-01	37.92	286.00	5.1	0.446	14.0	49	65	113	19	48	56.1	93	97			
KB12-04	37.95	285.40	6.0	0.464	13.4	12	48	78	23	31	69.3	197	297			
KB12-05	37.79	286.20	5.1	0.447	13.2	43	0	0	21	47	79.6	233	283			
MEAN	37.89	285.87	5.4	0.452	13.5	35	38	64	21	42	68.3	174	226			
MIN	37.79	285.40	5.1	0.446	13.2	12	0	0	19	31	56.1	93	97			
MAX	37.95	286.20	6.0	0.464	14.0	49	65	113	23	48	79.6	233	297			
SD	0.07	0.34	0.4	0.008	0.3	16	28	47	2	8	9.6	59	91			



表3-4-3 カラマツの引張試験結果(204材)

試験体番号	年輪走行	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	引張強度 $\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	等級
KT4-01	心去り	38.01	88.95	3.9	0.524	13.0	59	148	3
KT4-02	心去り	38.15	89.13	3.3	0.406	12.1	49	365	0
KT4-03	心去り	38.18	89.16	3.3	0.492	13.3	14	214	0
KT4-04	心去り	38.16	89.10	3.3	0.460	14.7	77	509	0
KT4-05	心去り	38.21	88.92	3.2	0.506	13.2	6	709	0
KT4-06	心去り	38.22	88.94	3.6	0.609	13.6	54	450	0
KT4-07	心去り	38.20	89.03	3.7	0.524	13.2	28	178	1
KT4-08	心去り	38.08	89.08	3.0	0.547	13.1	37	326	0
KT4-09	心去り	38.21	89.09	2.2	0.522	12.9	27	300	1
KT4-10	心去り	38.22	89.09	3.9	0.512	13.3	54	473	0
KT4-11	心去り	38.10	88.99	2.3	0.543	12.7	80	428	0
KT4-12	心去り	38.23	89.14	3.6	0.508	13.0	45	265	0
KT4-13	心去り	38.18	88.80	3.3	0.499	13.3	6	373	0
KT4-14	心去り	38.21	89.15	3.1	0.514	13.4	18	542	0
KT4-15	心去り	38.23	89.16	3.1	0.616	13.4	9	591	0
KT4-16	心去り	38.21	88.95	2.4	0.555	13.4	51	581	0
平均値		38.16	89.04	3.2	0.521	13.2	38	405	
最小値		38.01	88.80	2.2	0.406	12.1	6	148	
最大値		38.23	89.16	3.9	0.616	14.7	80	709	

※等級 ……0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外  
 (JAS甲種材の節の欄は、節のみで判断した等級  
 基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、  
 そり、ねじれ、繊維走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-3 カラマツの引張試験結果(206材)

試験体番号	年輪走行	材幅	材せい	平均年輪幅	気乾比重	含水率	繊維傾斜	引張強度	等級	その他
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)	SG (%)	MC (%)	(mm/m)	$\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	節	欠点
KT6-01	心去り	38.00	139.65	5.5	0.448	13.5	31	263	1	3
KT6-02	心去り	38.16	139.93	6.6	0.423	14.0	8	276	0	3
KT6-03	心去り	38.46	139.88	5.9	0.431	13.8	49	178	0	3
KT6-04	心持ち	38.14	139.73	4.5	0.413	13.8	27	251	0	3
KT6-05	心去り	38.20	139.73	4.1	0.517	13.9	53	244	1	0
KT6-06	心去り	38.09	139.60	3.9	0.410	13.5	16	285	0	4
KT6-07	心割り	38.15	139.60	5.0	0.403	12.6	35	103	0	1
KT6-08	心去り	38.11	139.33	4.1	0.508	13.8	58	275	0	1
KT6-09	心去り	38.04	139.53	3.4	0.514	13.5	29	324	0	2
KT6-10	心去り	38.22	139.75	3.6	0.496	14.1	55	403	0	3
KT6-11	心去り	38.18	139.53	3.6	0.445	13.6	24	282	0	0
KT6-12	心去り	38.17	139.78	5.1	0.447	13.8	2	260	0	2
KT6-13	心去り	38.19	139.78	4.2	0.500	13.7	70	131	2	2
KT6-14	心去り	38.13	139.38	3.2	0.407	13.5	63	469	0	0
KT6-15	心去り	38.14	139.75	3.1	0.453	14.1	10	295	0	2
KT6-16	心去り	38.06	139.63	3.6	0.430	13.5	64	295	0	0
KT6-17	心去り	38.15	139.53	4.6	0.407	14.6	44	217	0	1
KT6-18	心去り	38.10	139.68	5.3	0.396	13.6	16	292	0	2
KT6-19	心去り	38.19	140.00	4.4	0.437	14.1	39	296	0	0
KT6-20	心去り	38.28	139.83	4.0	0.504	13.8	63	248	0	0
KT6-21	心去り	38.12	139.98	3.3	0.535	14.2	45	170	1	1
KT6-22	心去り	38.14	139.78	3.3	0.532	13.8	52	249	0	1
KT6-23	心去り	38.21	139.53	2.9	0.532	13.3	71	501	0	0
KT6-24	心去り	38.21	139.75	2.9	0.497	13.5	4	314	0	2
KT6-25	心割り	38.19	139.73	3.6	0.456	13.5	40	553	0	2
KT6-26	心去り	38.19	139.68	2.3	0.476	13.5	55	322	0	0
KT6-27	心去り	38.14	139.20	3.4	0.539	14.2	8	365	0	0
KT6-28	心去り	38.15	139.78	3.0	0.521	13.3	17	308	0	0
KT6-29	心去り	38.19	139.75	3.5	0.522	14.3	2	585	0	1
KT6-30	心去り	38.20	139.75	3.2	0.494	13.8	50	205	0	0
KT6-31	心去り	38.11	139.30	3.2	0.533	14.0	60	443	0	0
KT6-32	心持ち	38.10	139.83	3.9	0.467	14.1	4	491	0	0
KT6-33	心去り	38.13	139.70	3.2	0.494	13.1	68	467	0	1
KT6-34	心去り	38.18	139.73	3.1	0.524	14.1	46	246	1	1
KT6-35	心去り	38.18	139.53	3.3	0.582	14.1	36	370	0	1
KT6-36	心去り	38.15	139.63	5.0	0.617	14.1	50	217	0	3
KT6-37	心去り	38.18	139.65	3.2	0.533	13.6	7	626	0	0

KT6-38	心去り	38.17	139.30	3.0	0.604	14.1	46	283	1	0
KT6-39	心去り	38.19	139.68	3.4	0.523	14.0	56	585	0	0
KT6-40	心去り	38.17	139.68	3.2	0.538	12.6	79	713	0	0
KT6-41	心去り	38.20	139.45	3.1	0.549	13.8	56	766	0	0
KT6-42	心去り	38.20	139.45	3.4	0.627	14.3	35	615	0	0
-----										
	平均値	38.16	139.66	3.8	0.493	13.8	39	352		
	最小値	38.00	139.20	2.3	0.396	12.6	2	103		
	最大値	38.46	140.00	6.6	0.627	14.6	79	766		

※等級 .....0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外  
 (JAS甲種片組材の節の欄は、節のみで判断した等級  
 基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、  
 そり、ねじれ、縦横走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-3 カラマツの引張試験結果(208材)

試験体番号	年輪走行	材幅	材せい	平均年輪幅	気乾比重	含水率	繊維傾斜	引張強度	等級	
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)	SG	MC (%)	(mm/m)	$\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	その他 欠点	
KT8-01	心去り	38.14	184.13	5.3	0.427	14.0	17	245	0	1
KT8-02	心割り	38.01	184.18	5.7	0.411	13.4	2	169	0	1
KT8-03	心割り	37.82	183.98	5.7	0.433	14.4	44	134	1	2
KT8-04	心去り	38.19	184.18	5.0	0.428	13.5	55	240	0	2
KT8-05	心割り	37.91	184.18	4.3	0.464	13.7	17	189	0	0
KT8-06	心去り	37.96	183.55	3.4	0.522	14.0	36	92	0	1
KT8-07	心去り	37.92	184.05	5.0	0.431	14.0	7	110	0	0
KT8-08	心去り	37.95	184.18	5.5	0.460	13.8	25	205	0	0
KT8-09	心去り	38.21	184.13	4.6	0.476	14.2	36	298	0	0
KT8-10	心去り	37.98	184.00	5.0	0.459	14.0	32	182	1	1
KT8-11	心持ち	38.16	184.08	5.5	0.406	13.2	13	259	0	2
KT8-12	心去り	38.13	184.23	4.8	0.448	13.5	15	184	0	0
KT8-13	心去り	37.86	183.33	4.8	0.457	13.4	55	135	2	0
KT8-14	心去り	38.02	183.73	4.4	0.502	14.2	31	315	0	0
KT8-15	心持ち	37.67	184.08	6.7	0.399	13.3	13	280	0	0
KT8-16	心去り	38.30	184.20	4.9	0.464	12.9	41	139	1	0
KT8-17	心去り	37.84	183.50	4.6	0.500	13.8	52	186	0	0
KT8-18	心去り	37.89	183.93	4.7	0.441	13.3	55	154	0	0
KT8-19	心割り	38.04	184.20	5.6	0.510	14.2	17	310	0	0
KT8-20	心持ち	37.95	183.93	5.8	0.495	14.3	19	152	0	2
KT8-21	心去り	37.79	182.83	4.3	0.506	14.4	48	399	0	2
KT8-22	心去り	38.08	184.20	4.6	0.449	13.6	35	308	0	3
KT8-23	心去り	38.28	184.10	4.0	0.466	13.0	37	226	0	0
KT8-24	心割り	38.08	184.10	6.2	0.407	13.7	45	255	0	2
KT8-25	心去り	38.01	183.83	4.0	0.526	14.2	34	282	0	2
KT8-26	心去り	38.08	183.43	3.6	0.493	13.7	50	188	0	0
KT8-27	心去り	38.07	184.18	4.9	0.380	13.0	34	151	0	2
KT8-28	心去り	38.11	183.90	3.5	0.583	14.5	28	293	0	1
KT8-29	心割り	37.93	183.68	3.9	0.459	13.4	45	389	0	2
KT8-30	心去り	38.07	184.08	4.3	0.556	14.0	40	358	0	1
KT8-31	心去り	37.89	183.75	4.8	0.455	13.7	27	356	0	0
KT8-32	心去り	37.98	184.05	4.1	0.507	12.8	66	159	0	2
KT8-33	心去り	37.89	183.78	4.0	0.444	13.1	22	317	0	2
KT8-34	心去り	38.22	181.55	3.4	0.525	14.1	40	238	0	1
KT8-35	心去り	38.01	183.48	3.9	0.487	13.4	70	287	0	2

KT6-36	心去り	37.99	183.15	3.8	0.479	13.6	11	356	0	4
平均値		38.01	183.83	4.7	0.468	13.7	34	237		
最小値		37.67	181.55	3.4	0.380	12.8	2	92		
最大値		38.30	184.23	6.7	0.583	14.5	70	399		

※等級 ……0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外  
 (JAS甲種枠組材の節の欄は、節のみで判断した等級  
 基準に準ずる) その他の欠点の欄は、腐れ、あて、変色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、  
 そり、ねじれ、縦横走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表3-4-4 カラマツの引張試験結果(204材)  
各等級別

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	材線部			最大節径		中央部 集節 (mm)	引張強度 $\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
							単独節 (mm)	集節 (mm)	集節 (mm)	単独節 (mm)	集節 (mm)		
<b>特級 n=9</b>													
KT4-05	38.21	88.92	3.2	0.506	13.2	6	0	0	0	0	0	0	709
KT4-06	38.22	88.94	3.6	0.609	13.6	54	0	0	0	0	0	0	450
KT4-08	38.08	89.08	3.0	0.547	13.1	37	15	21	0	0	0	0	326
KT4-10	38.22	89.09	3.9	0.512	13.3	54	0	0	3	3	3	3	473
KT4-11	38.10	88.99	2.3	0.543	12.7	80	0	0	15	29	29	29	428
KT4-12	38.23	89.14	3.6	0.508	13.0	45	15	15	10	18	18	18	285
KT4-13	38.18	88.80	3.3	0.499	13.3	6	0	0	18	18	18	18	373
KT4-14	38.21	89.15	3.1	0.514	13.4	18	2	2	10	10	18	18	542
KT4-16	38.21	88.95	2.4	0.555	13.4	51	8	14	10	10	10	10	581
MEAN	38.18	89.01	3.2	0.533	13.2	39	4	6	7	11	11	11	463
MIN	38.08	88.80	2.3	0.499	12.7	6	0	0	0	0	0	0	285
MAX	38.23	89.15	3.9	0.609	13.6	80	15	21	18	29	29	29	709
SD	0.05	0.11	0.5	0.033	0.2	23	6	8	6	10	10	10	125
<b>1級 n=3</b>													
KT4-07	38.20	89.03	3.7	0.524	13.2	28	0	0	4	4	4	4	178
KT4-09	38.21	89.09	2.2	0.522	12.9	27	20	20	3	3	4	4	300
KT4-15	38.23	89.16	3.1	0.616	13.4	9	0	0	8	8	0	0	591
MEAN	38.21	89.09	3.0	0.554	13.2	21	7	7	5	3	3	3	356
MIN	38.20	89.03	2.2	0.522	12.9	9	0	0	3	0	0	0	178
MAX	38.23	89.16	3.7	0.616	13.4	28	20	20	8	4	4	4	591
SD	0.01	0.05	0.6	0.044	0.2	9	9	9	2	2	2	2	173
<b>2級 n=2</b>													
KT4-02	38.15	89.13	3.3	0.406	12.1	49	10	24	11	11	25	25	365
KT4-04	38.16	89.10	3.3	0.460	14.7	77	0	0	11	10	10	10	509
MEAN	38.16	89.12	3.3	0.433	13.4	63	5	12	11	11	18	18	437
MIN	38.15	89.10	3.3	0.406	12.1	49	0	0	11	10	10	10	365
MAX	38.16	89.13	3.3	0.460	14.7	77	10	24	11	25	25	25	509
SD	0.00	0.01	0.0	0.027	1.3	14	5	12	0	8	8	8	72
<b>3級 n=1</b>													
KT4-01	38.01	88.95	3.9	0.524	13.0	59	41	72	0	0	0	0	148
<b>格外 n=1</b>													
KT4-03	38.18	89.16	3.3	0.492	13.3	14	12	23	9	9	9	9	214

表3-4-4 カラマツの引張試験結果(206材)  
 各等級別

試験体番号	材幅 (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	最大節径				引張強度 $\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
							材縁部 単独節 (mm)	材縁部 集中節 (mm)	中央部 単独節 (mm)	中央部 集中節 (mm)	
特等 n=17											
KT6-11	38.18	139.53	3.6	0.445	13.6	24	0	0	26	44	282
KT6-14	38.13	139.38	3.2	0.407	13.5	63	0	0	15	15	469
KT6-16	38.06	139.83	3.6	0.430	13.5	64	9	34	13	25	295
KT6-19	38.19	140.00	4.4	0.437	14.1	39	5	23	19	25	296
KT6-20	38.28	139.83	4.0	0.504	13.8	63	16	31	15	23	248
KT6-23	38.21	139.53	2.9	0.532	13.3	71	0	0	30	35	501
KT6-26	38.19	139.68	2.3	0.476	13.5	55	7	7	23	26	322
KT6-27	38.14	139.20	3.4	0.539	14.2	8	17	38	20	20	365
KT6-28	38.15	139.78	3.0	0.521	13.3	17	1	1	30	25	308
KT6-30	38.20	139.75	3.2	0.494	13.8	50	21	55	22	33	205
KT6-31	38.11	139.30	3.2	0.533	14.0	60	12	26	15	15	443
KT6-32	38.10	139.83	3.9	0.487	14.1	4	14	32	15	23	491
KT6-37	38.18	139.65	3.2	0.533	13.6	7	0	0	11	11	626
KT6-39	38.19	139.68	3.4	0.523	14.0	56	0	0	0	0	585
KT6-40	38.17	139.68	3.2	0.538	12.6	79	0	0	0	0	713
KT6-41	38.20	139.45	3.1	0.549	13.8	56	0	0	5	8	766
KT6-42	38.20	139.45	3.4	0.627	14.3	35	0	0	6	6	615
MEAN	38.17	139.62	3.4	0.504	13.7	44	6	15	16	20	443
MIN	38.06	139.20	2.3	0.407	12.6	4	0	0	0	0	205
MAX	38.28	140.00	4.4	0.627	14.3	79	21	55	30	44	766
SD	0.05	0.21	0.5	0.052	0.4	23	7	18	9	12	166
1級 n=11											
KT6-05	38.20	139.73	4.1	0.517	13.9	53	30	47	25	26	244
KT6-07	38.15	139.60	5.0	0.403	12.6	35	6	11	5	8	103
KT6-08	38.11	139.33	4.1	0.508	13.8	58	10	43	33	41	275
KT6-17	38.15	139.53	4.6	0.407	14.6	44	24	56	12	16	217
KT6-21	38.12	139.98	3.3	0.535	14.2	45	32	54	0	0	170
KT6-22	38.14	139.78	3.3	0.532	13.8	52	22	51	28	54	249
KT6-29	38.19	139.75	3.5	0.522	14.3	2	0	0	7	7	585
KT6-33	38.13	139.70	3.2	0.494	13.1	68	0	0	8	8	467
KT6-34	38.18	139.73	3.1	0.524	14.1	46	33	56	23	23	246
KT6-35	38.18	139.53	3.3	0.582	14.1	36	0	0	29	37	370
KT6-38	38.17	139.30	3.0	0.604	14.1	46	30	57	27	27	283
MEAN	38.16	139.63	3.7	0.512	13.9	44	17	34	18	22	292
MIN	38.11	139.30	3.0	0.403	12.6	2	0	0	0	0	103
MAX	38.20	139.98	5.0	0.604	14.6	68	33	57	33	54	585
SD	0.03	0.19	0.6	0.059	0.5	16	13	24	11	16	130

<u>2級 n=7</u>												
KT6-09	38.04	139.53	3.4	0.514	13.5	29	2	39	23	42	324	
KT6-12	38.17	139.78	5.1	0.447	13.8	2	17	39	14	22	260	
KT6-13	38.19	139.78	4.2	0.500	13.7	70	38	42	0	0	131	
KT6-15	38.14	139.75	3.1	0.453	14.1	10	8	35	16	23	295	
KT6-18	38.10	139.68	5.3	0.396	13.6	16	12	32	12	35	292	
KT6-24	38.21	139.75	2.9	0.497	13.5	4	10	49	29	39	314	
KT6-25	38.19	139.73	3.6	0.456	13.5	40	9	29	14	25	553	
-----												
MEAN	38.15	139.71	3.9	0.466	13.7	24	14	38	15	27	310	
MIN	38.04	139.53	2.9	0.396	13.5	2	2	29	0	0	131	
MAX	38.21	139.78	5.3	0.514	14.1	70	38	49	29	42	553	
SD	0.06	0.08	0.9	0.038	0.2	22	11	6	8	13	116	
<u>3級 n=6</u>												
KT6-01	38.00	139.65	5.5	0.448	13.5	31	26	73	16	38	263	
KT6-02	38.16	139.93	6.6	0.423	14.0	8	8	22	8	26	276	
KT6-03	38.46	139.88	5.9	0.431	13.8	49	16	25	9	19	178	
KT6-04	38.14	139.73	4.5	0.413	13.8	27	18	27	10	6	251	
KT6-10	38.22	139.75	3.6	0.496	14.1	55	8	24	11	21	403	
KT6-36	38.15	139.63	5.0	0.617	14.1	50	0	0	0	0	217	
-----												
MEAN	38.19	139.76	5.2	0.471	13.9	37	13	29	9	18	265	
MIN	38.00	139.63	3.6	0.413	13.5	8	0	0	0	0	178	
MAX	38.46	139.93	6.6	0.617	14.1	55	26	73	16	38	403	
SD	0.14	0.11	1.0	0.070	0.2	16	8	22	5	13	70	
-----												
<u>格外 n=1</u>												
KT6-06	38.09	139.60	3.9	0.410	13.5	16	8	37	11	30	285	



表3-4-4 カラマツの引張試験結果(208材)  
 一 各等級別

試験体番号	材幅 b (mm)	材せい h (mm)	平均年輪幅 ARW (mm)	気乾比重 SG	含水率 MC (%)	繊維傾斜 (mm/m)	最大節径				引張強度 $\sigma_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	
							材縁部 単独節 (mm)	集中節 (mm)	単独節 (mm)	集中節 (mm)		
特級 n=13												
KT8-05	37.91	184.18	4.3	0.464	13.7	17	26	26	7	19	189	
KT8-07	37.92	184.05	5.0	0.431	14.0	7	35	42	7	14	110	
KT8-08	37.95	184.18	5.5	0.460	13.8	25	30	30	15	24	205	
KT8-09	38.21	184.13	4.6	0.476	14.2	36	7	50	23	43	298	
KT8-12	38.13	184.23	4.8	0.448	13.5	15	0	0	22	50	184	
KT8-14	38.02	183.73	4.4	0.502	14.2	31	5	29	20	44	315	
KT8-15	37.67	184.08	6.7	0.399	13.3	13	5	26	11	22	280	
KT8-17	37.84	183.50	4.6	0.500	13.8	52	22	19	18	25	186	
KT8-18	37.89	183.93	4.7	0.441	13.3	55	30	48	18	32	154	
KT8-19	38.04	184.20	5.6	0.510	14.2	17	26	35	10	25	310	
KT8-23	38.28	184.10	4.0	0.466	13.0	37	17	42	14	25	226	
KT8-26	38.08	183.43	3.6	0.493	13.7	50	25	50	7	9	188	
KT8-31	37.89	183.75	4.8	0.455	13.7	27	0	0	11	20	356	
MEAN	37.99	183.96	4.8	0.465	13.7	29	18	31	14	27	231	
MIN	37.67	183.43	3.6	0.399	13.0	7	0	0	7	9	110	
MAX	38.28	184.23	6.7	0.510	14.2	55	35	50	23	50	356	
SD	0.16	0.26	0.8	0.030	0.4	15	12	16	6	12	71	
1級 n=8												
KT8-01	38.14	184.13	5.3	0.427	14.0	17	18	32	12	15	245	
KT8-02	38.01	184.18	5.7	0.411	13.4	2	32	48	10	19	169	
KT8-06	37.96	183.55	3.4	0.522	14.0	36	8	8	30	30	92	
KT8-10	37.98	184.00	5.0	0.459	14.0	32	34	79	20	27	182	
KT8-16	38.30	184.20	4.9	0.464	12.9	41	47	47	15	20	139	
KT8-28	38.11	183.90	3.5	0.563	14.5	28	0	24	24	27	293	
KT8-30	38.07	184.08	4.3	0.556	14.0	40	4	34	14	30	358	
KT8-34	38.22	181.55	3.4	0.525	14.1	40	9	42	30	30	238	
MEAN	38.10	183.70	4.4	0.493	13.9	30	19	39	19	25	215	
MIN	37.96	181.55	3.4	0.411	12.9	2	0	8	10	15	92	
MAX	38.30	184.20	5.7	0.563	14.5	41	47	79	30	30	358	
SD	0.11	0.84	0.9	0.058	0.5	13	16	19	7	6	81	

2級 n=13												
KT8-03	37.82	183.98	5.7	0.433	14.4	44	41	41	7	15	134	
KT8-04	38.19	184.18	5.0	0.428	13.5	55	34	65	14	38	240	
KT8-11	38.16	184.08	5.5	0.406	13.2	13	21	35	10	28	259	
KT8-13	37.86	183.33	4.8	0.457	13.4	55	32	110	19	41	135	
KT8-20	37.95	183.93	5.8	0.495	14.3	19	37	54	12	21	152	
KT8-21	37.79	182.83	4.3	0.506	14.4	48	0	0	0	0	399	
KT8-24	38.08	184.10	6.2	0.407	13.7	45	16	23	12	23	255	
KT8-25	38.01	183.83	4.0	0.526	14.2	34	22	27	30	38	282	
KT8-27	38.07	184.18	4.9	0.380	13.0	34	7	22	37	54	151	
KT8-29	37.93	183.68	3.9	0.459	13.4	45	0	0	17	17	389	
KT8-32	37.98	184.05	4.1	0.507	12.8	66	20	56	35	48	159	
KT8-33	37.89	183.78	4.0	0.444	13.1	22	22	44	23	26	317	
KT8-35	38.01	183.48	3.9	0.487	13.4	70	0	0	20	20	287	
-----												
MEAN	37.98	183.80	4.8	0.457	13.6	42	19	37	18	28	243	
MIN	37.79	182.83	3.9	0.380	12.8	13	0	0	0	0	134	
MAX	38.19	184.18	6.2	0.526	14.4	70	41	110	37	54	399	
SD	0.12	0.38	0.8	0.044	0.5	17	14	30	10	14	89	
3級 n=1												
KT8-22	38.08	184.20	4.6	0.449	13.6	35	3	44	27	48	308	
格外 n=1												
KT8-36	37.99	183.15	3.8	0.479	13.6	11	31	35	7	13	356	

図1-1-1 有節材面による原木の評価

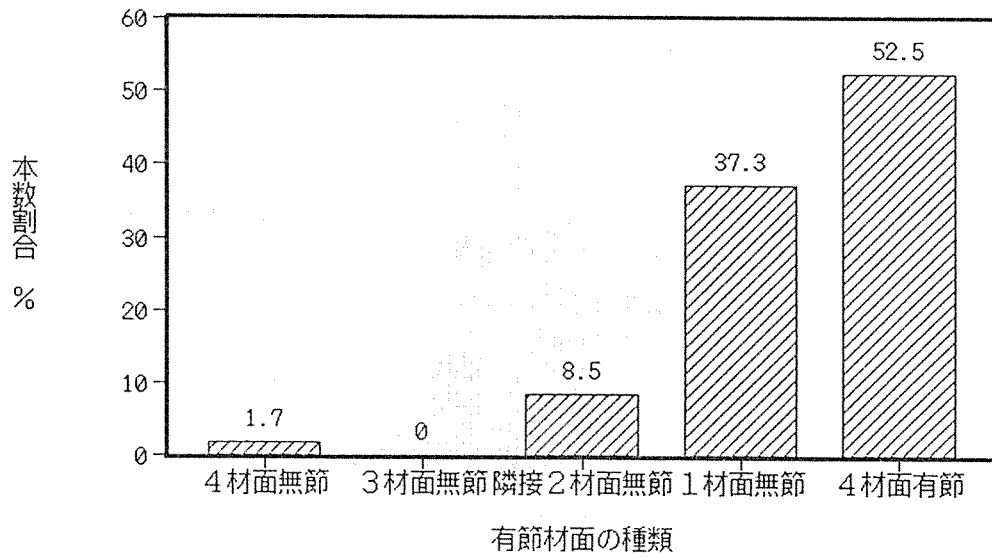


図1-2-1 製材の材種割合

\*\*\* 材積比率 \*\*\*

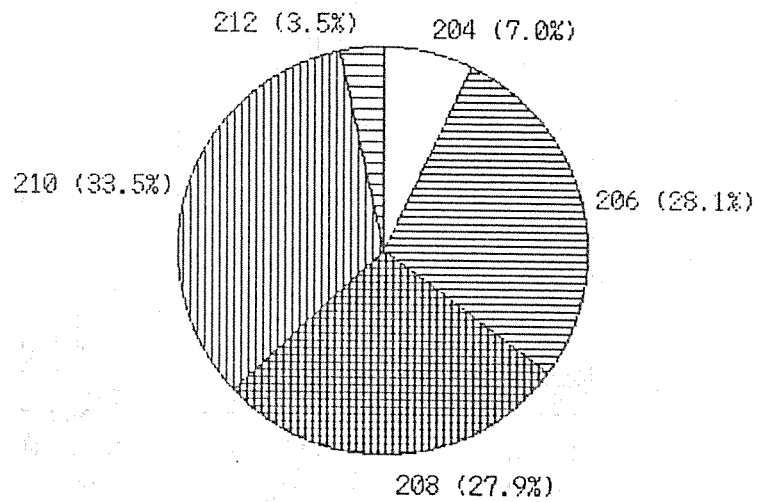


図1-2-2 北海道における構造用製材の構成割合

\*\*\* 材積比率 \*\*\*

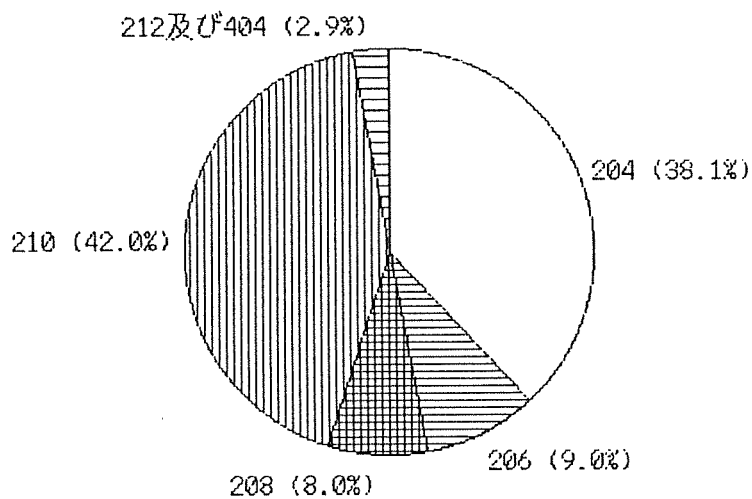


図1-2-3 材種別・径級別製材歩留まり

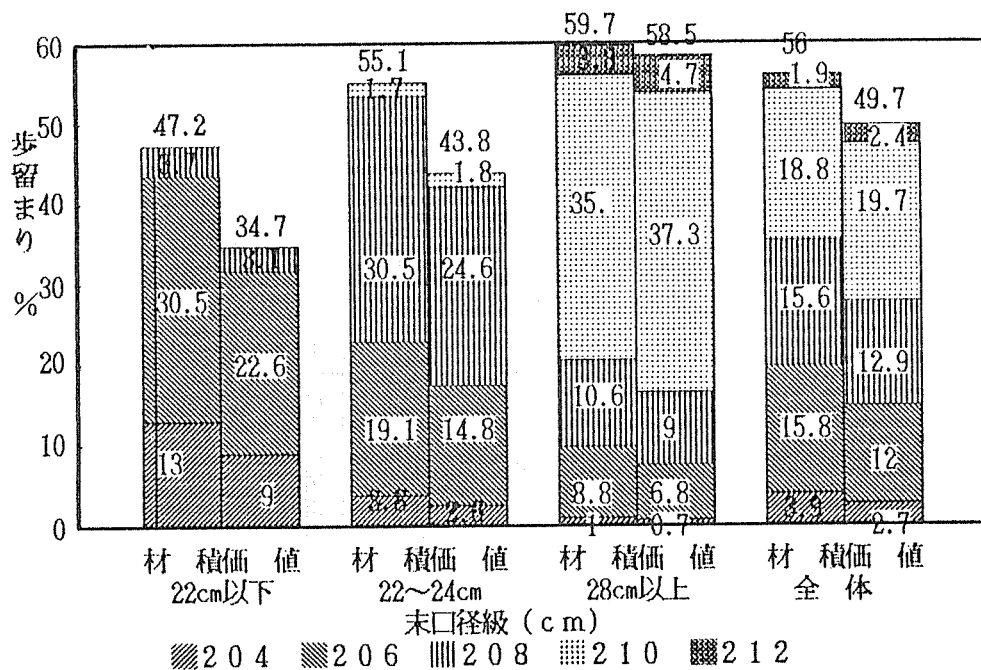


図1-3-1 製材の等級割合

\*\*\* 材積比率 \*\*\*

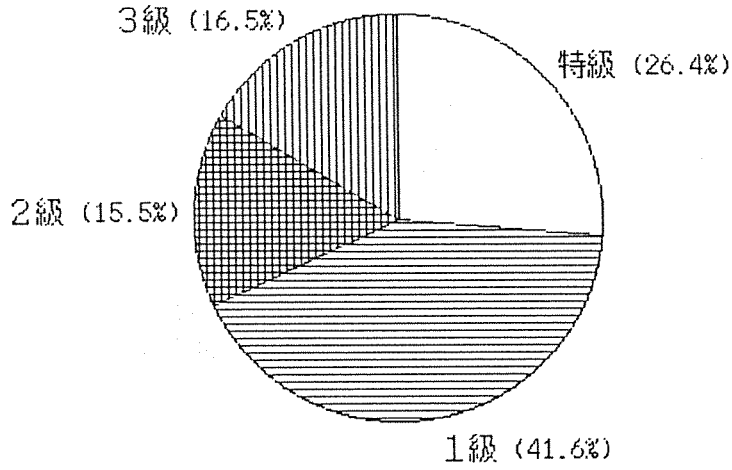


図1-3-2 等級別・径級別製材歩留まり

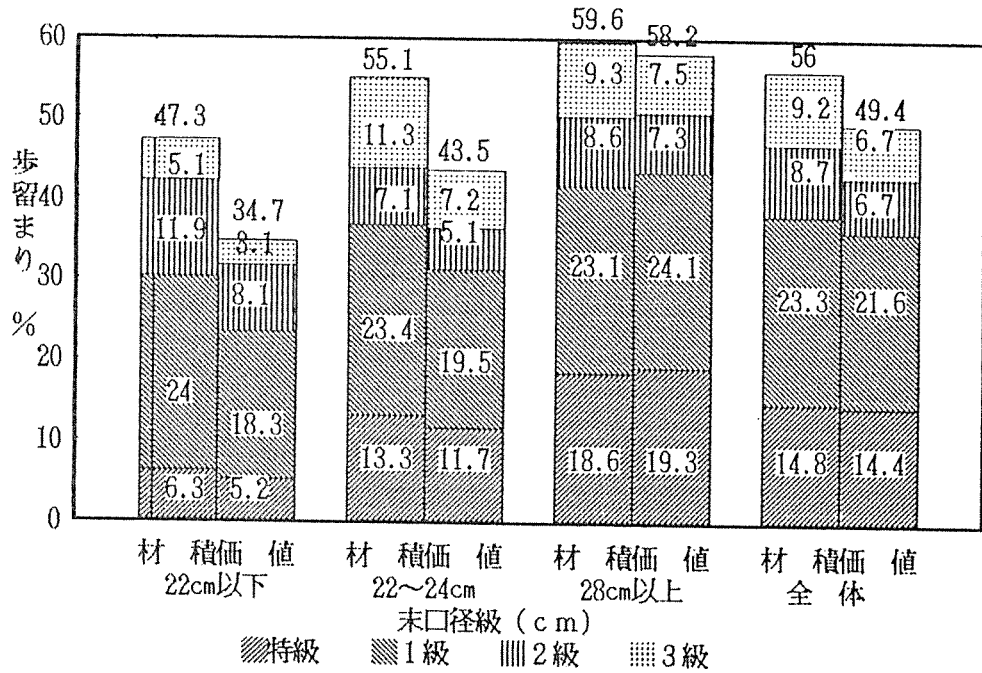
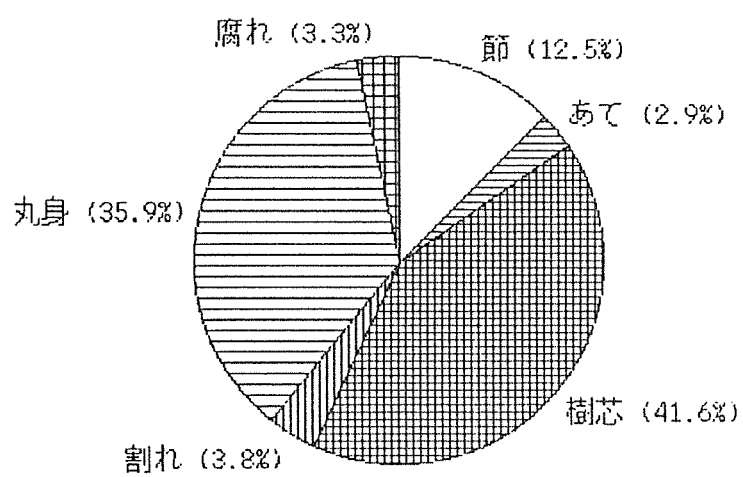


図1-3-3 欠点の出現率



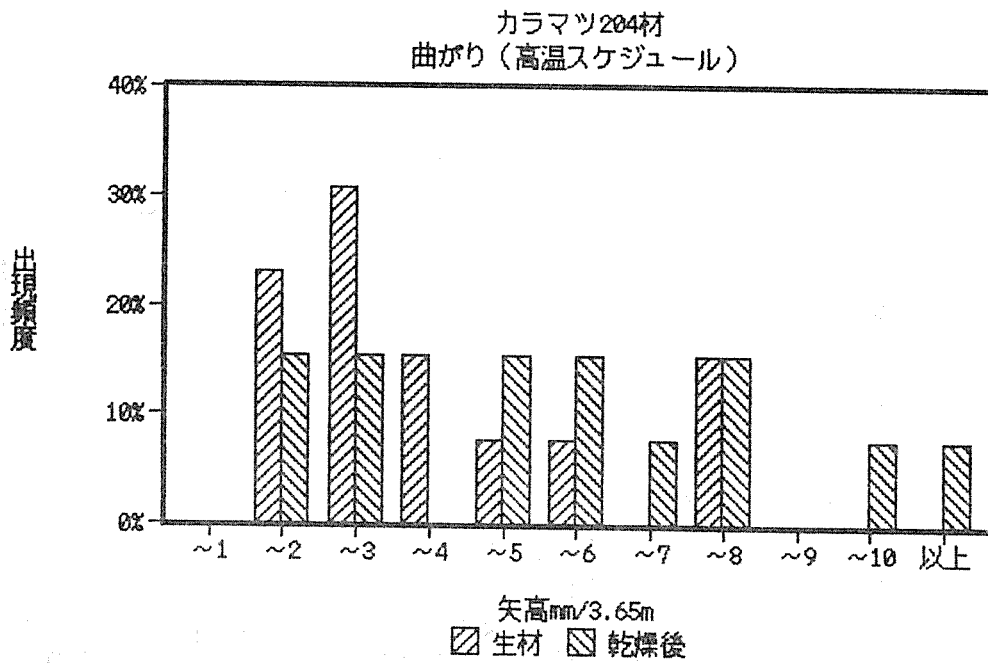
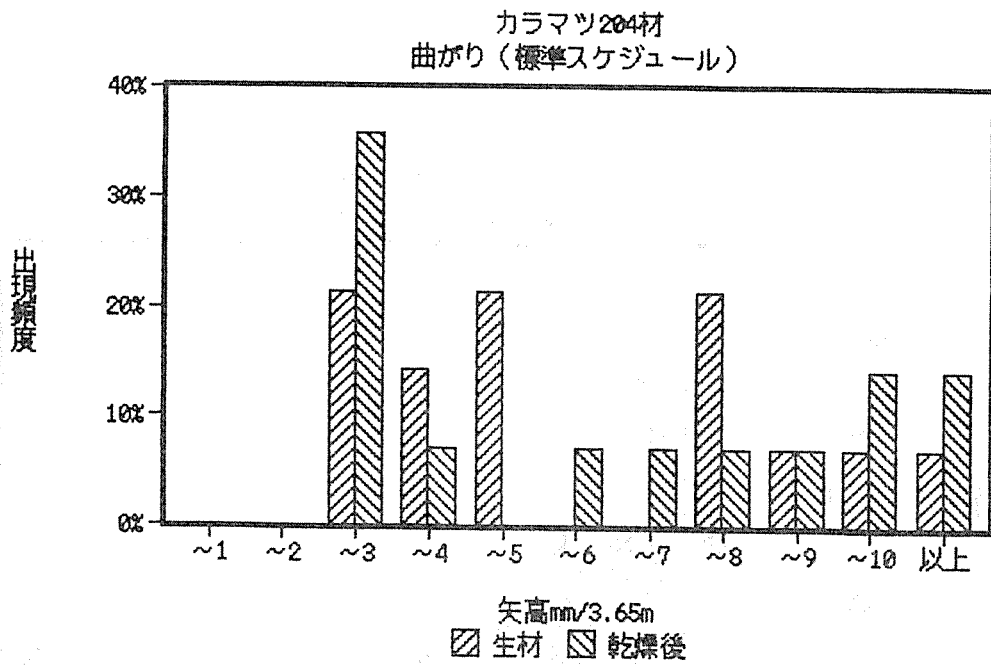


図2-2-1 生材と乾燥後の狂いの関係 (曲がり)

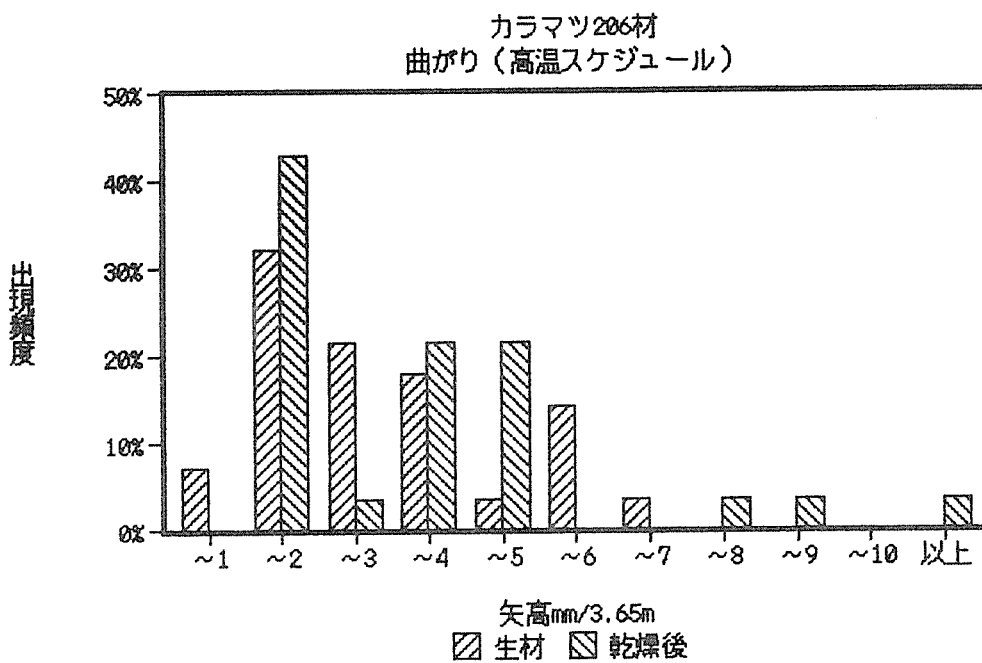
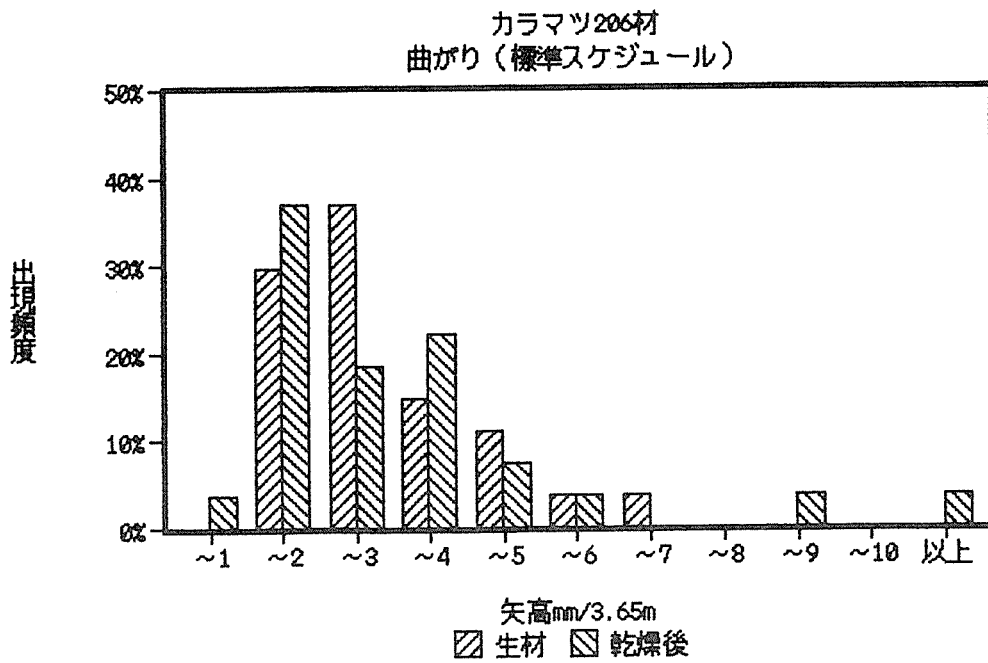
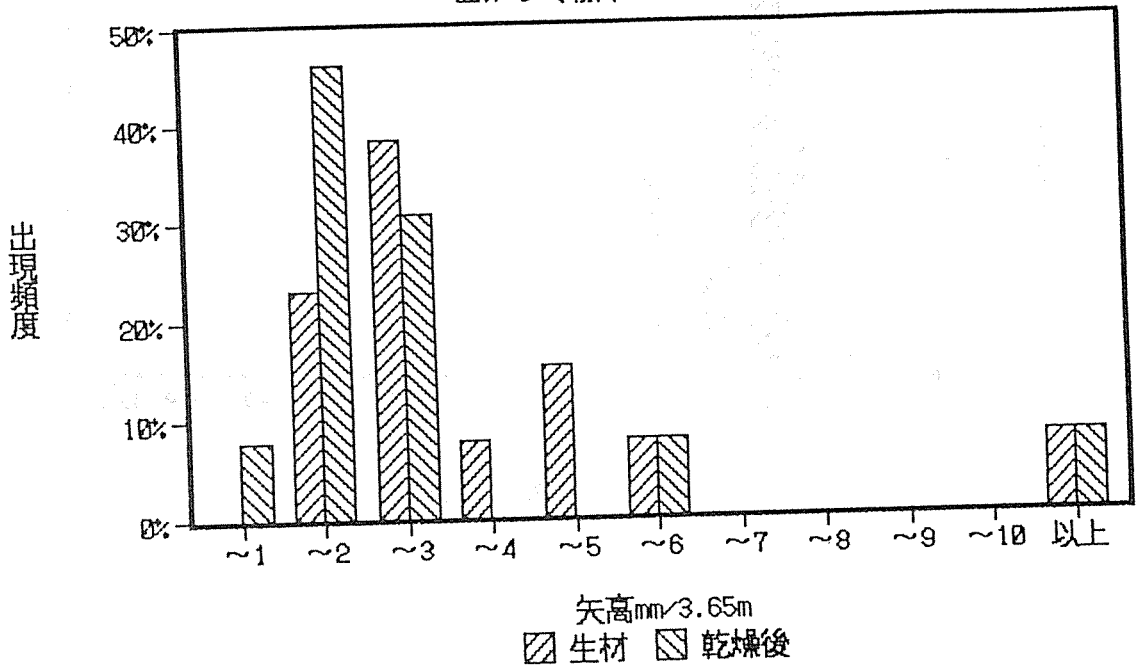


図 2-2-2 生材と乾燥後の狂いの関係 (曲がり)



カラマツ200材  
 曲がり (標準スケジュール)



カラマツ200材  
 曲がり (高温スケジュール)

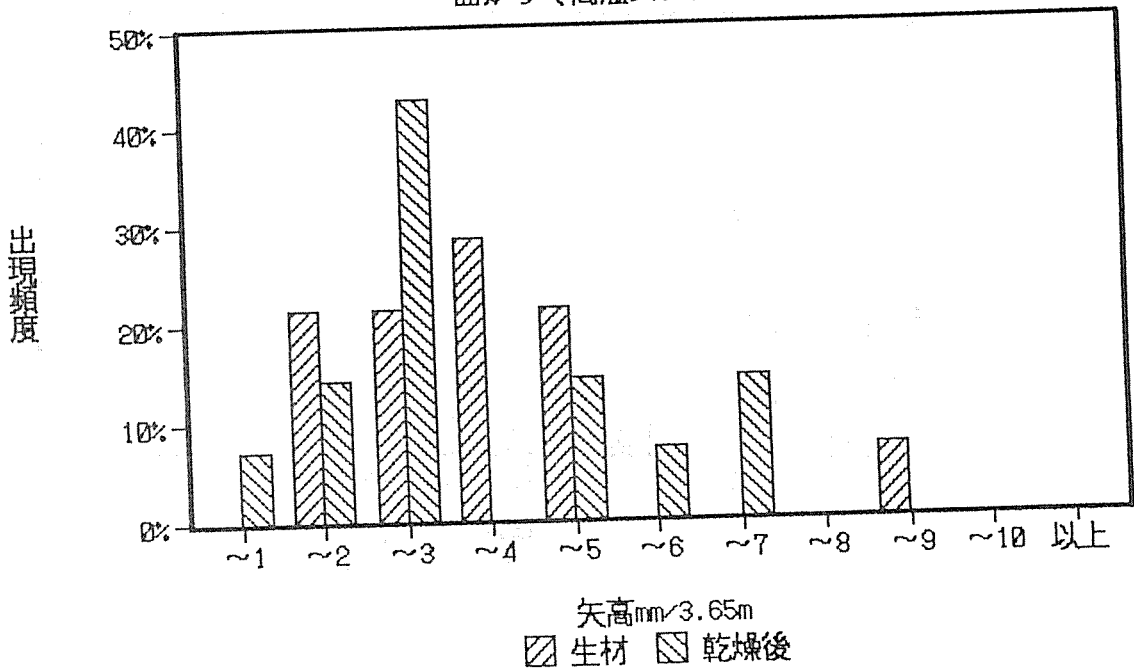
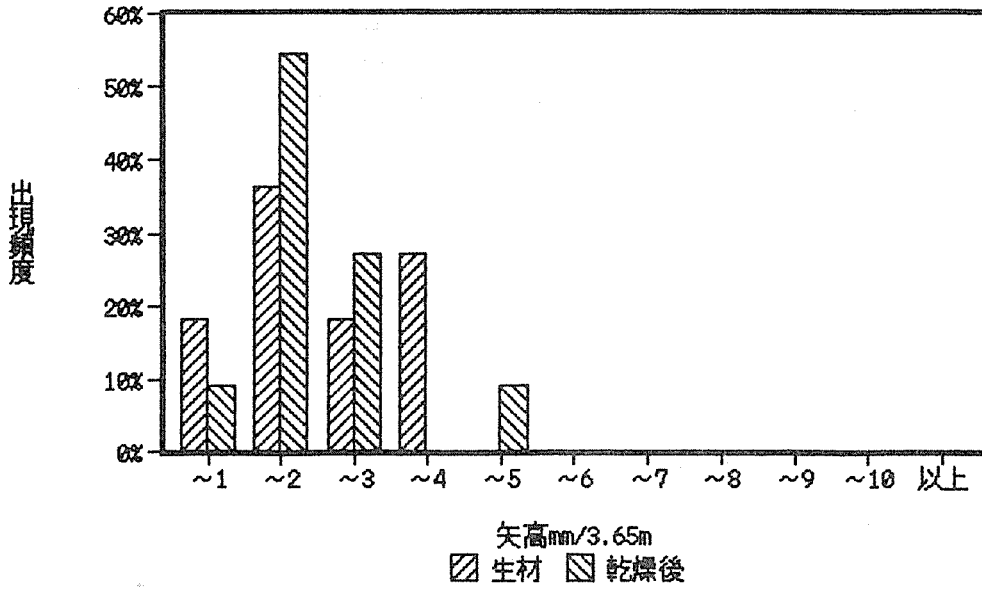


図2-2-3 生材と乾燥後の狂いの関係 (曲がり)

カラマツ210材  
 曲がり（標準スケジュール）



カラマツ210材  
 曲がり（高温スケジュール）

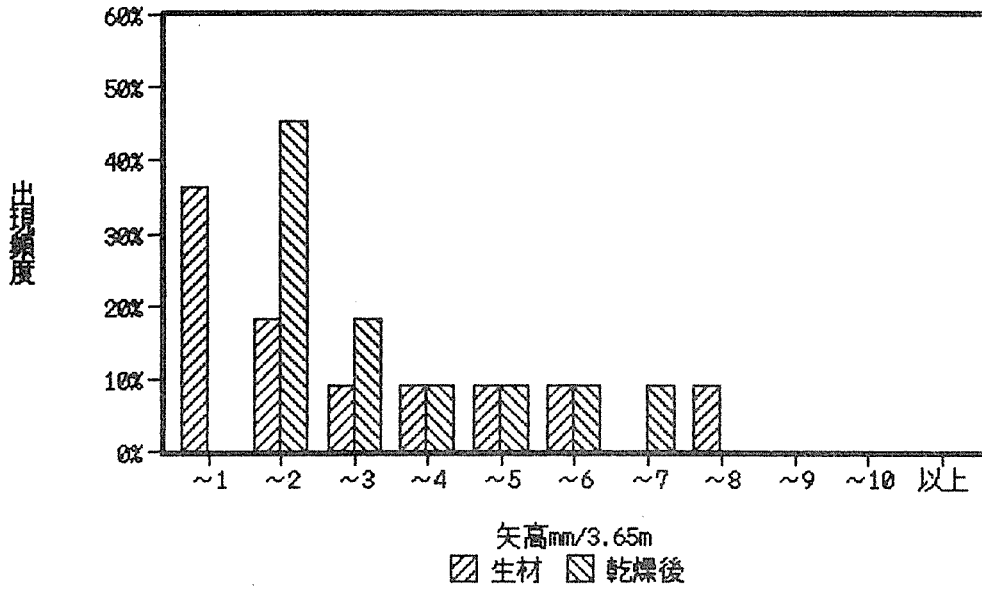


図 2-2-4 生材と乾燥後の狂いの関係（曲がり）

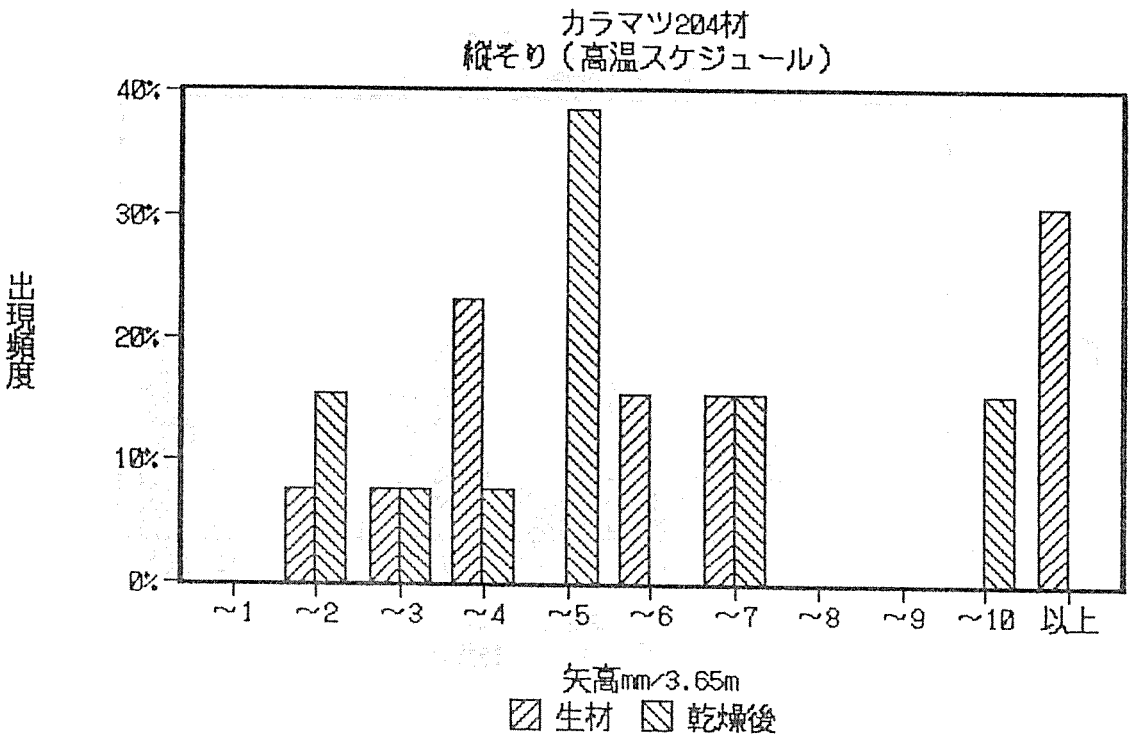
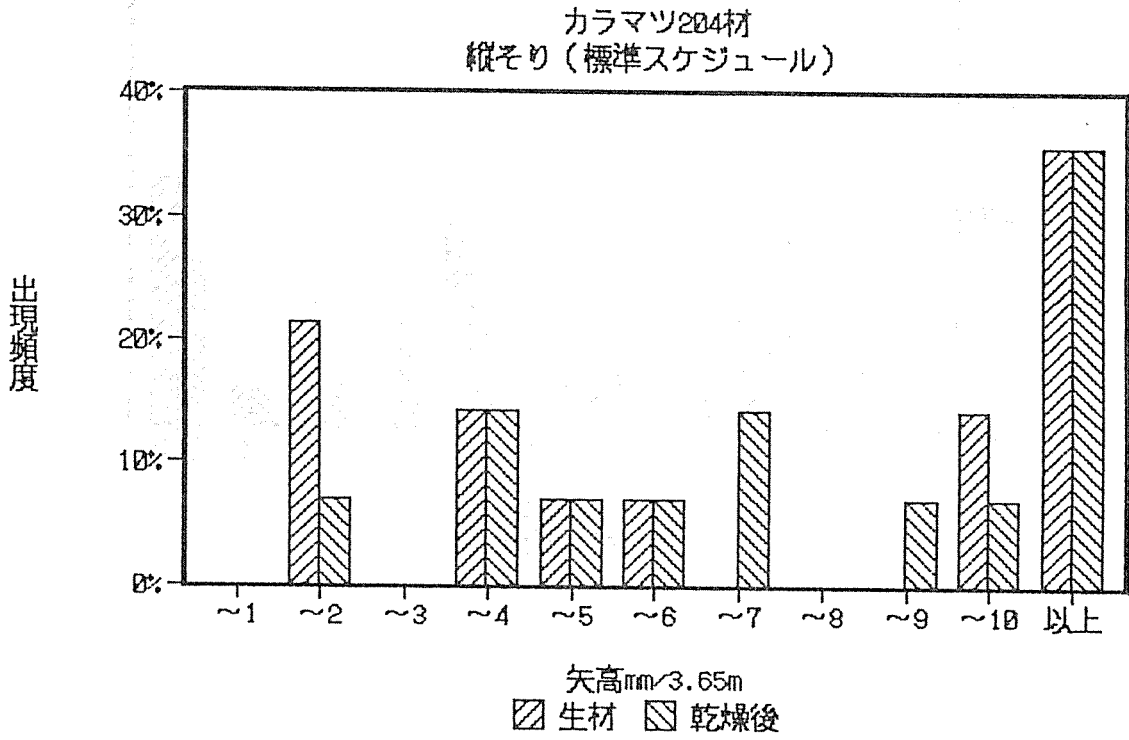


図2-2-5 生材と乾燥後の狂いの関係 (縦反り)

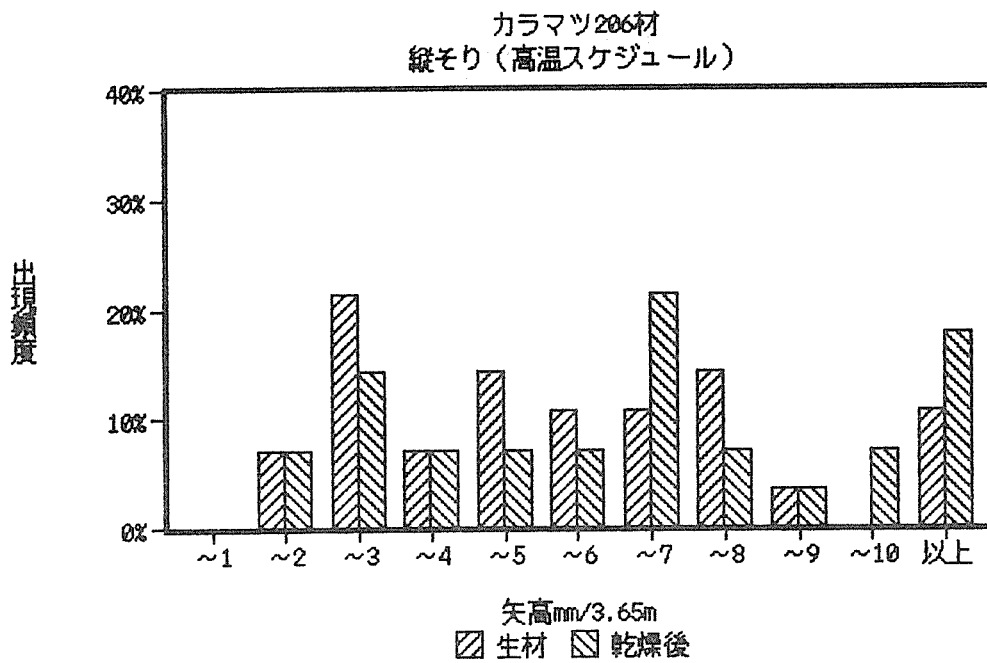
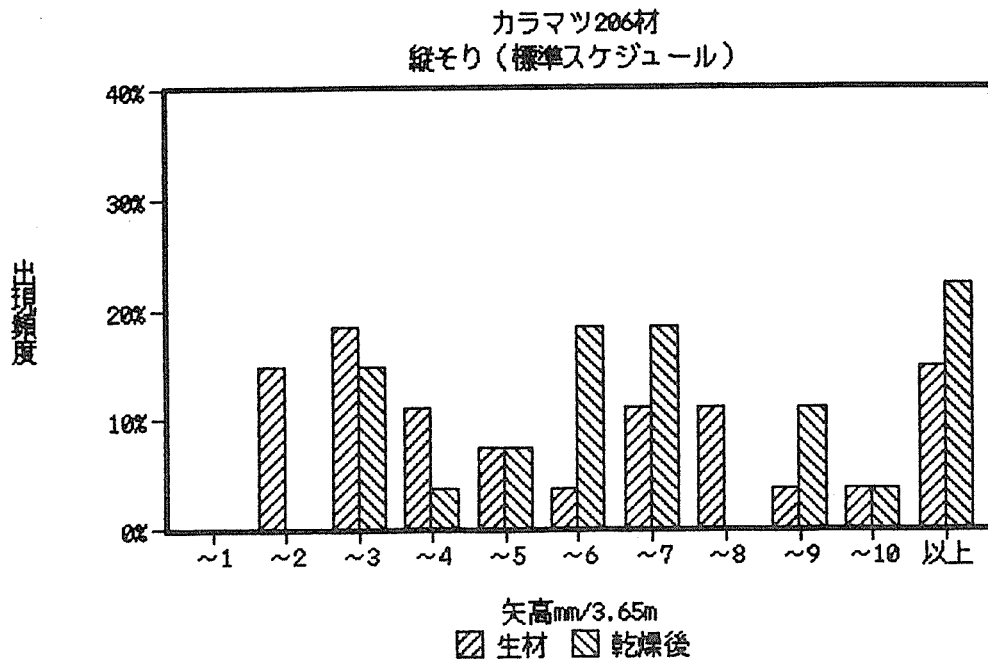


図2-2-6 生材と乾燥後の狂いの関係（縦反り）

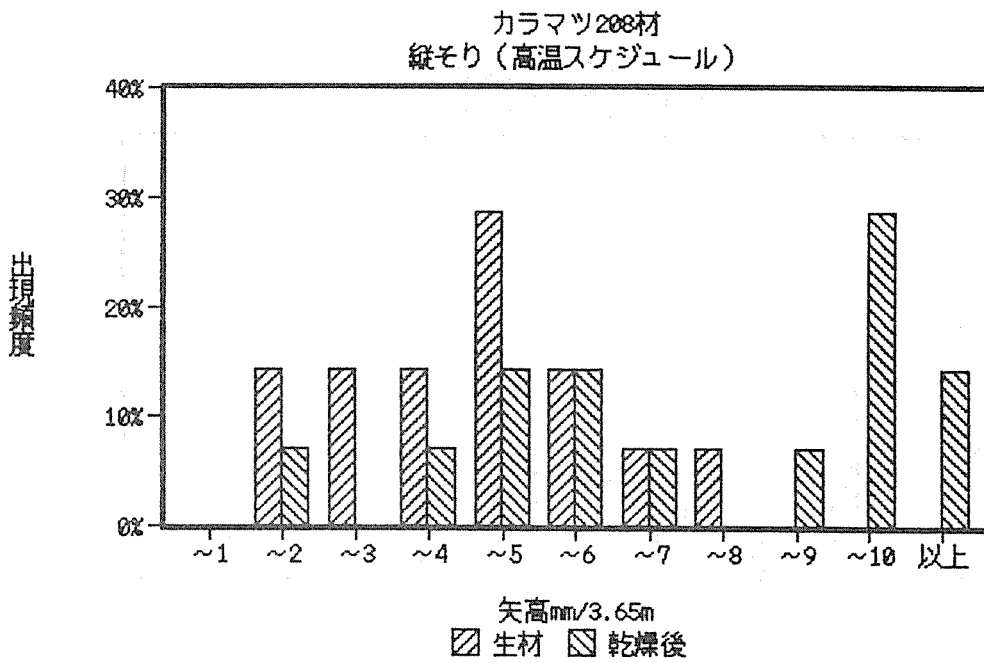
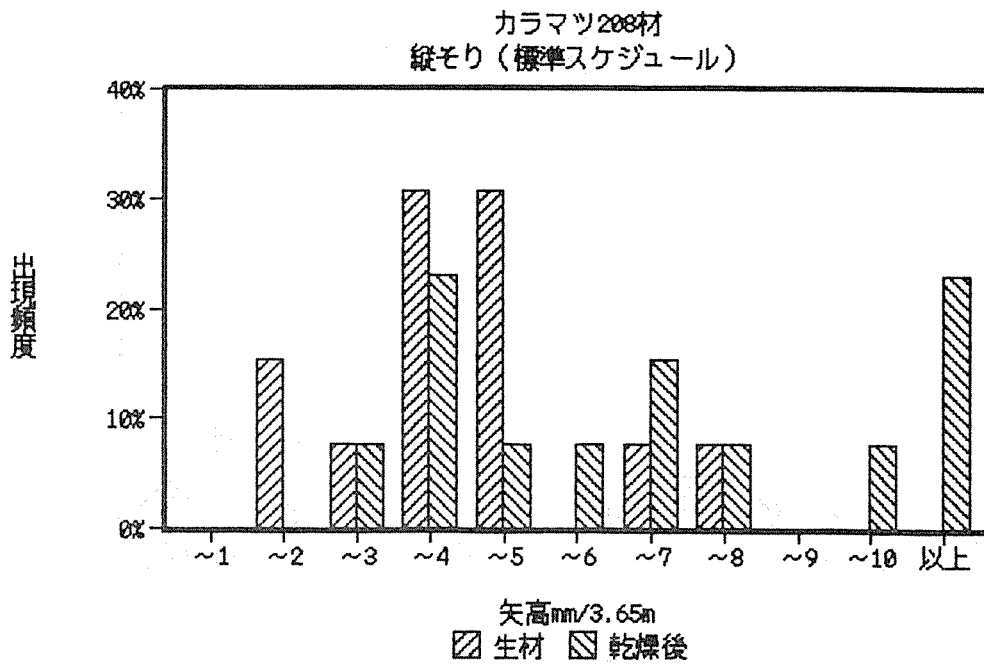


図2-2-7 生材と乾燥後の狂いの関係（縦反り）

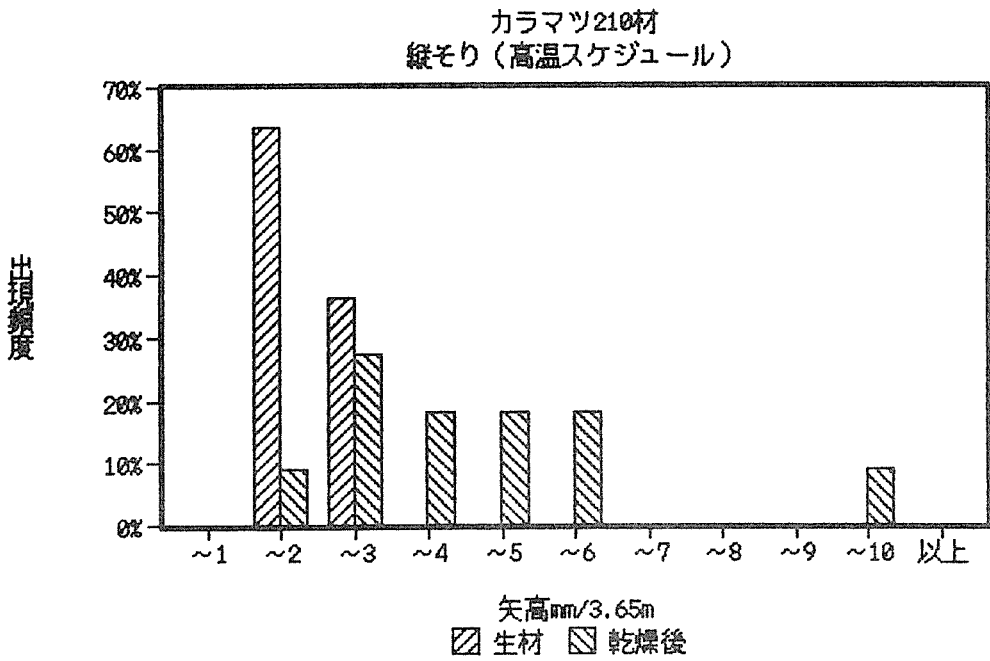
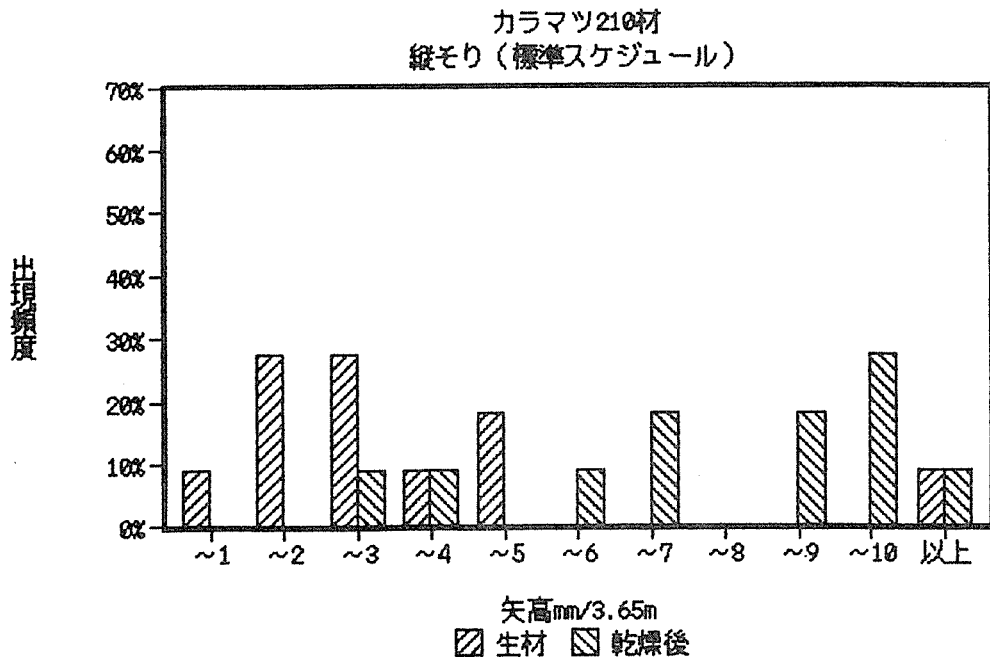


図 2-2-8 生材と乾燥後の狂いの関係（縦反り）

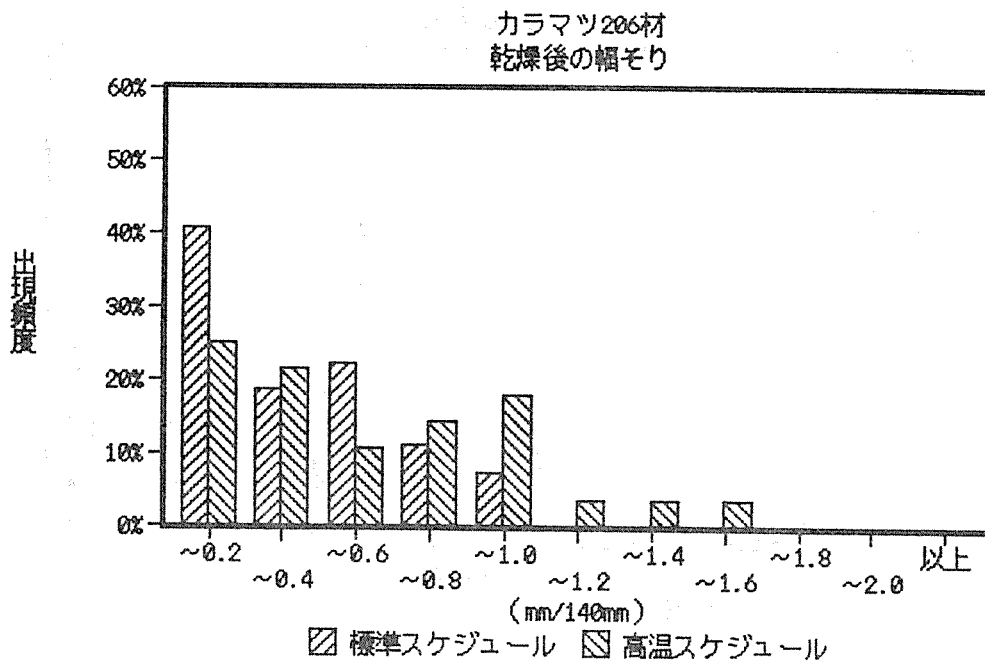
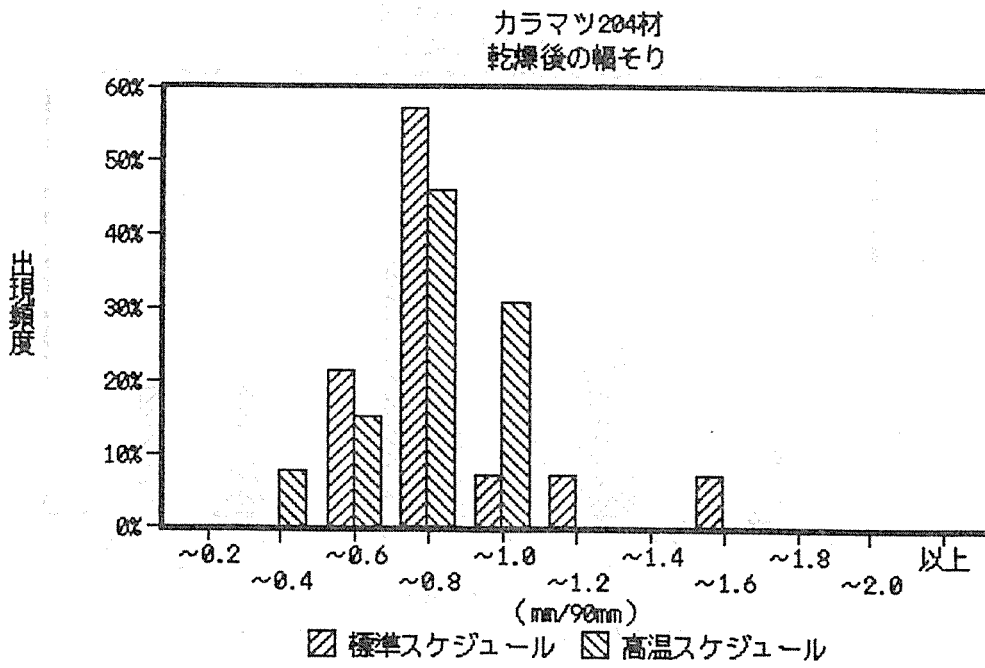


図2-2-9 乾燥後の狂いの関係 (幅反り)

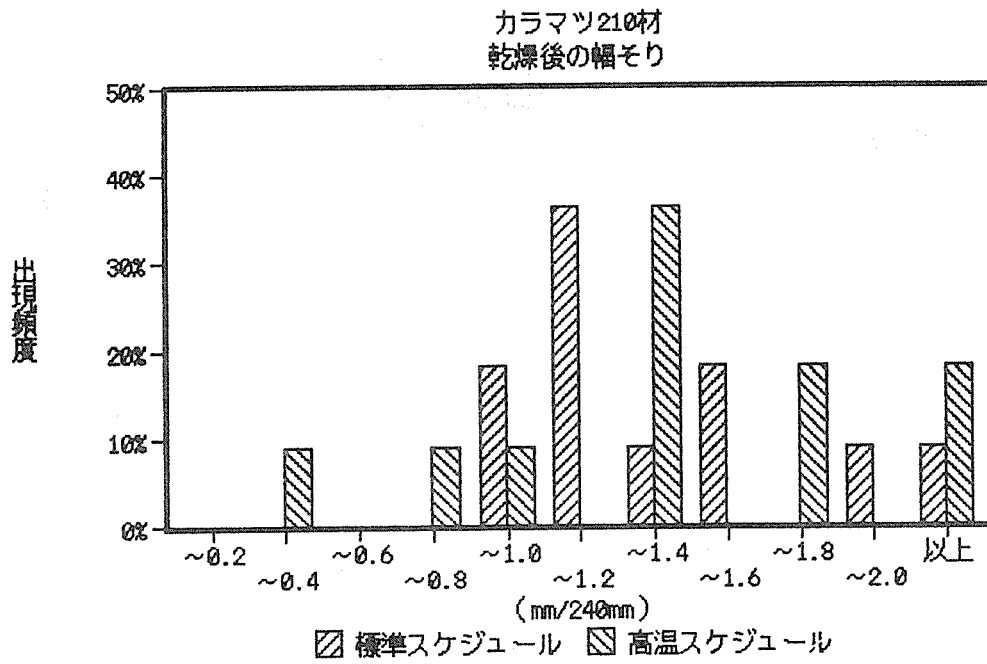
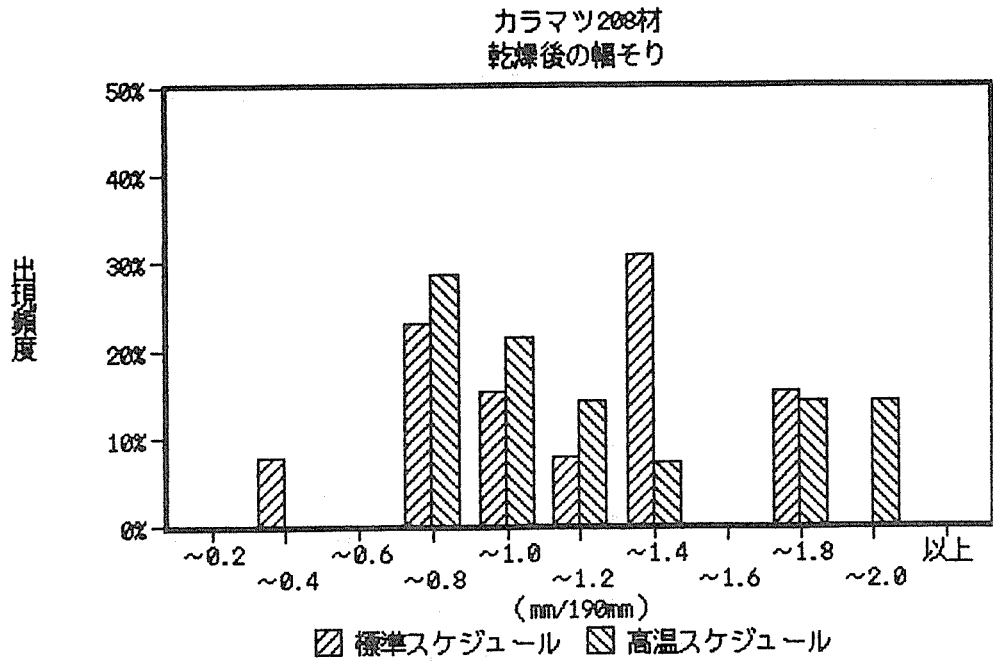


図2-2-10 乾燥後の狂いの関係 (幅反り)



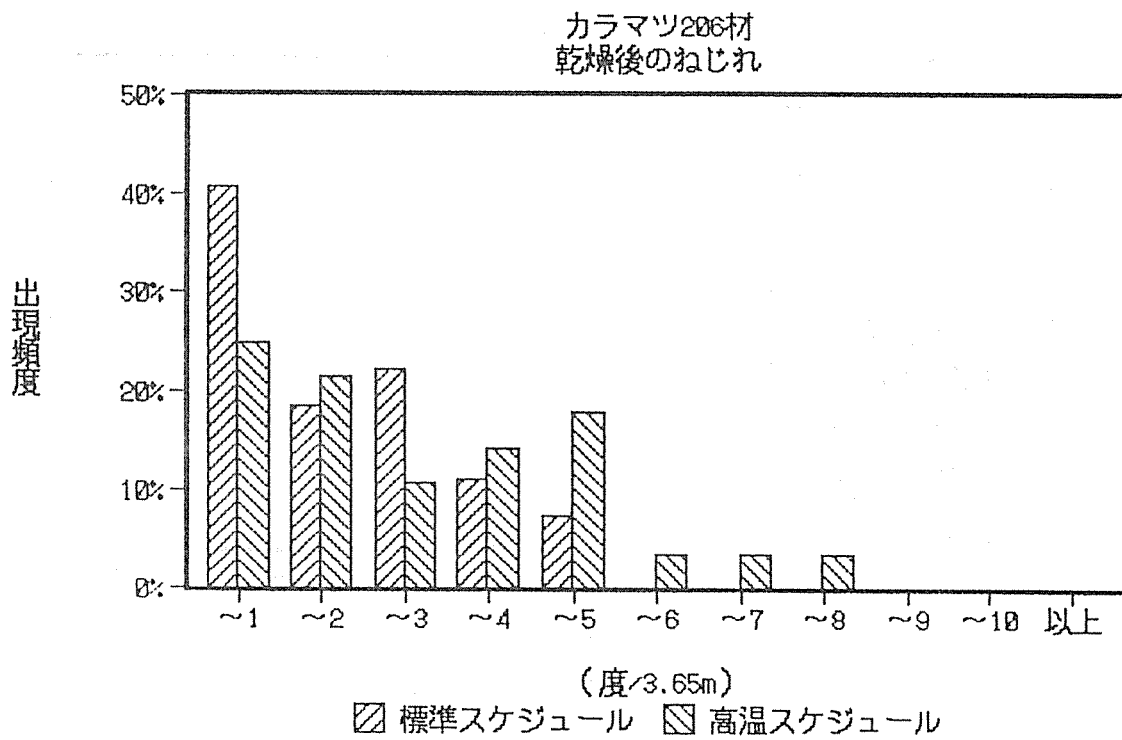
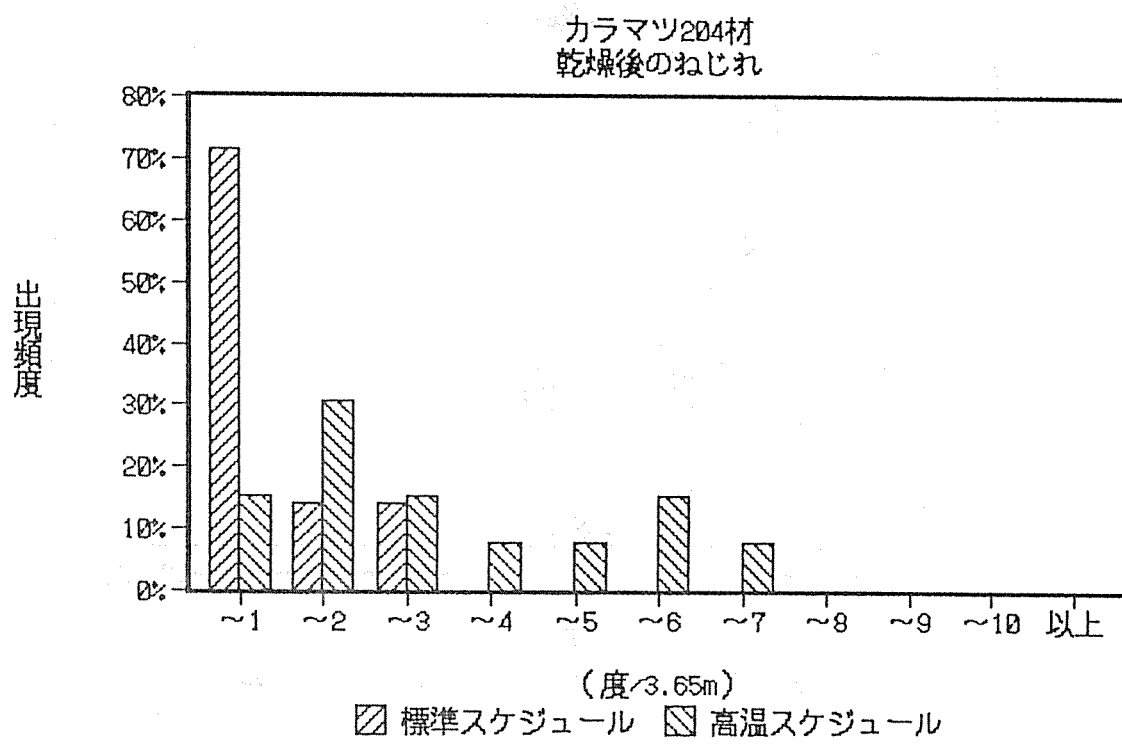


図 2-2-11 乾燥後の狂いの関係 (ねじれ)

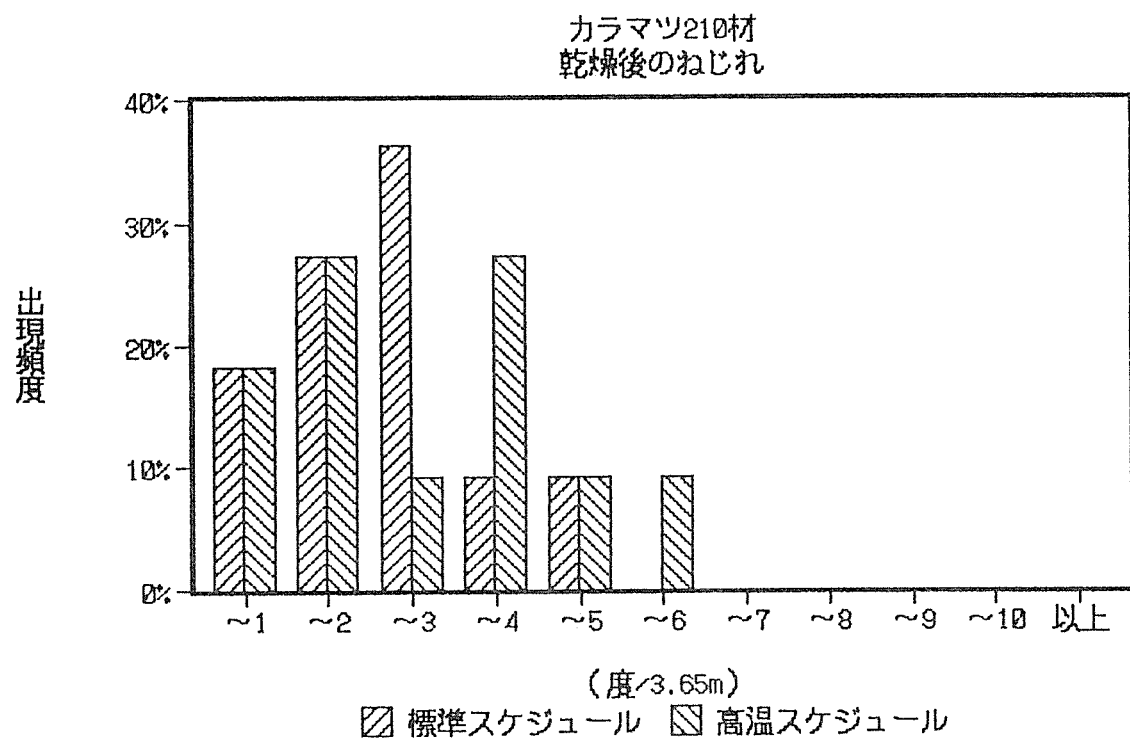
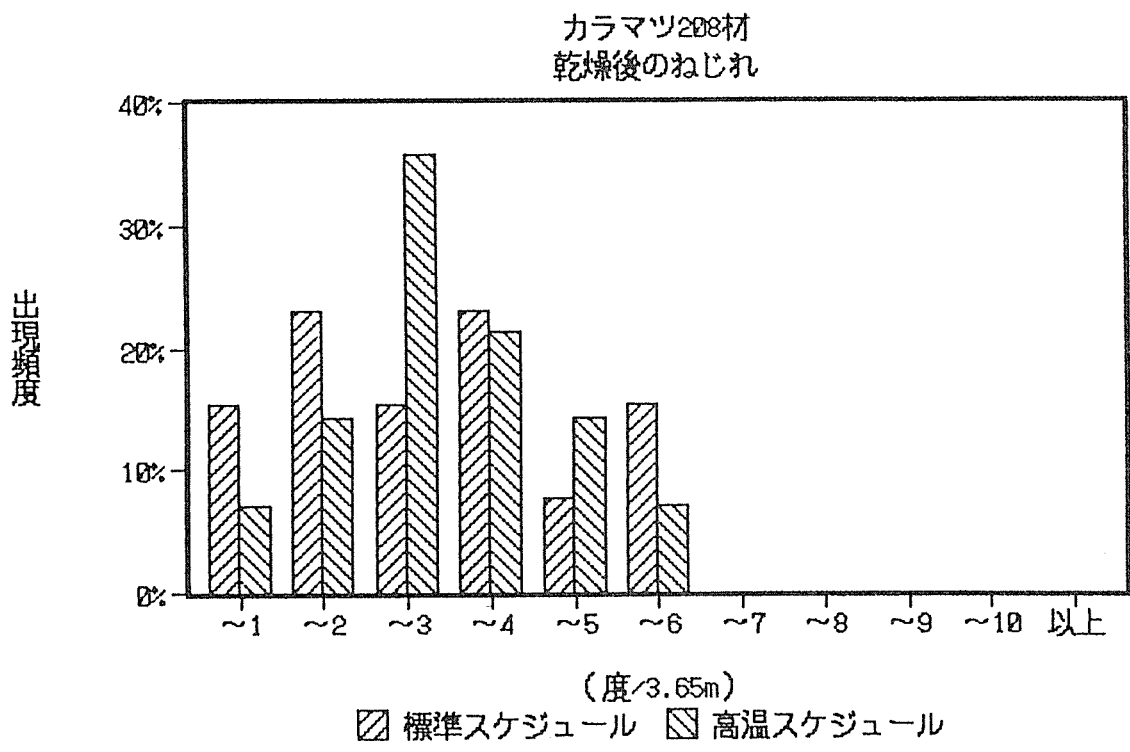
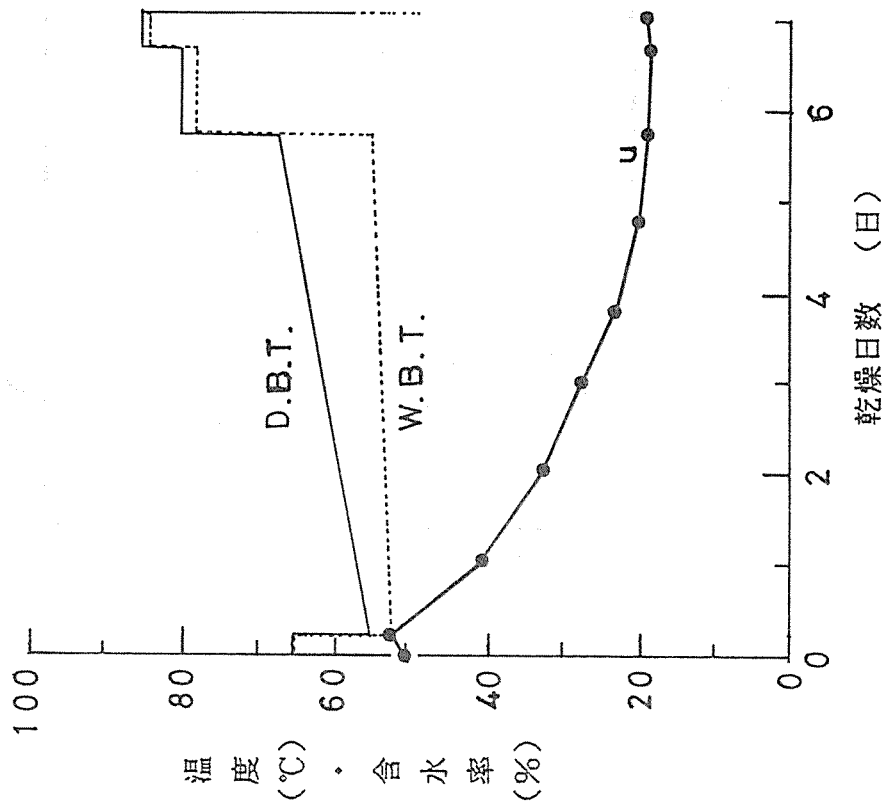


図2-2-12 乾燥後の狂いの関係 (ねじれ)

標準スケジュール



高温スケジュール

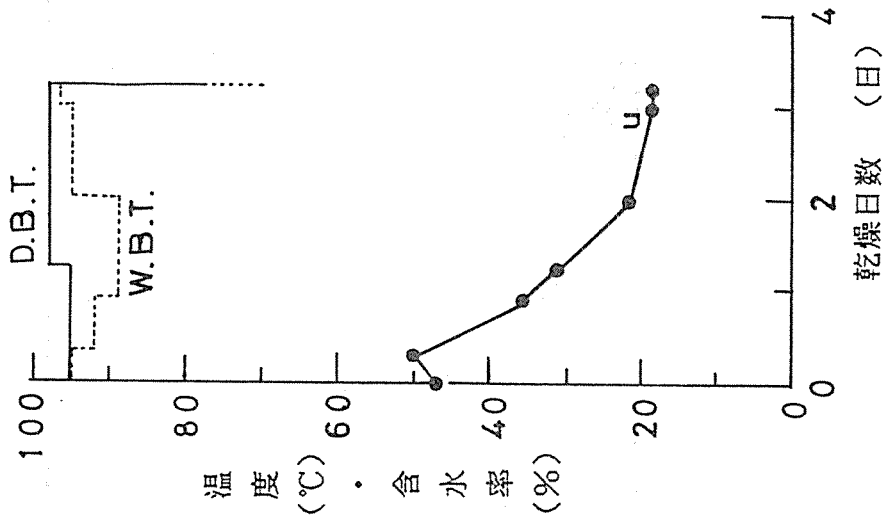


図2-4-1 乾燥スケジュール別の乾燥経過 (カラマツ板厚45mm)

D.B.T.: 乾球温度、w.B.T.: 湿球温度、u: コントロール材の含水率経過

図2-5-1-1 ほう(鉋)削による仕上げ面の削り残り

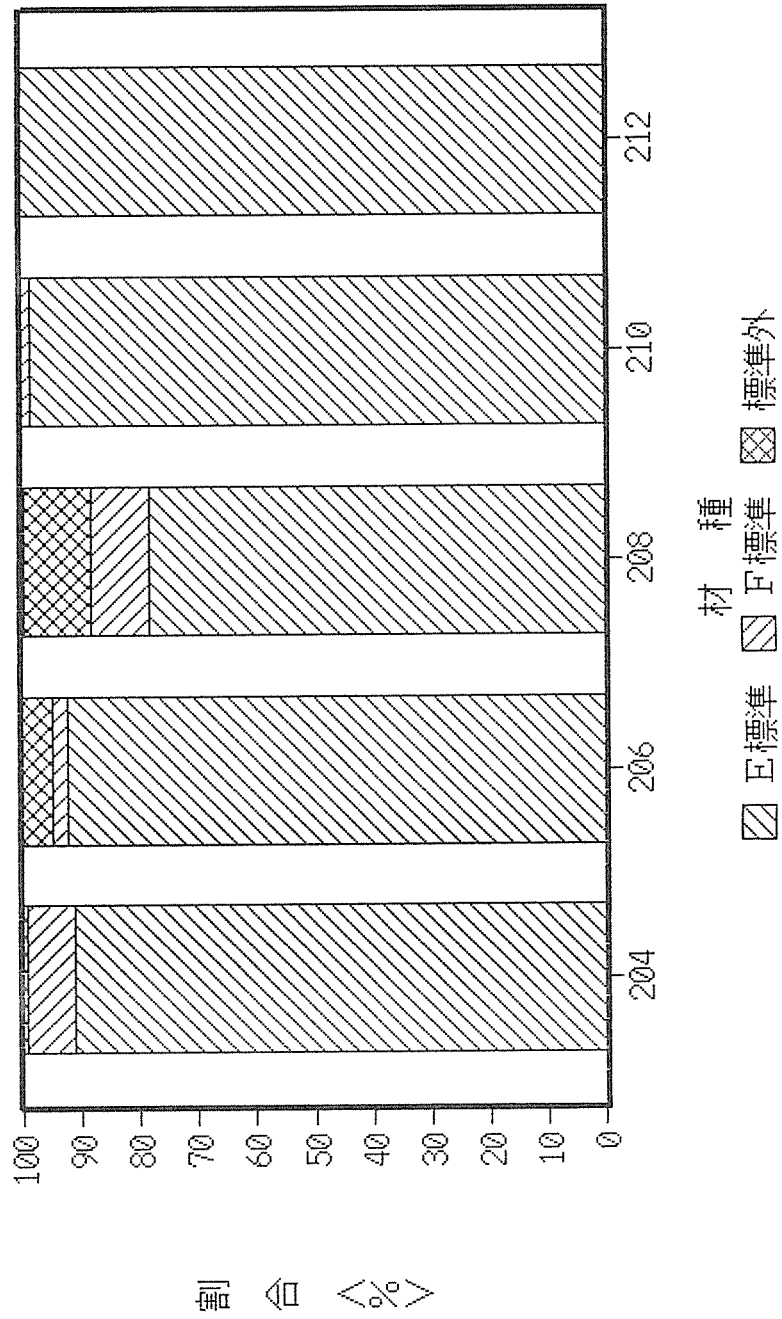
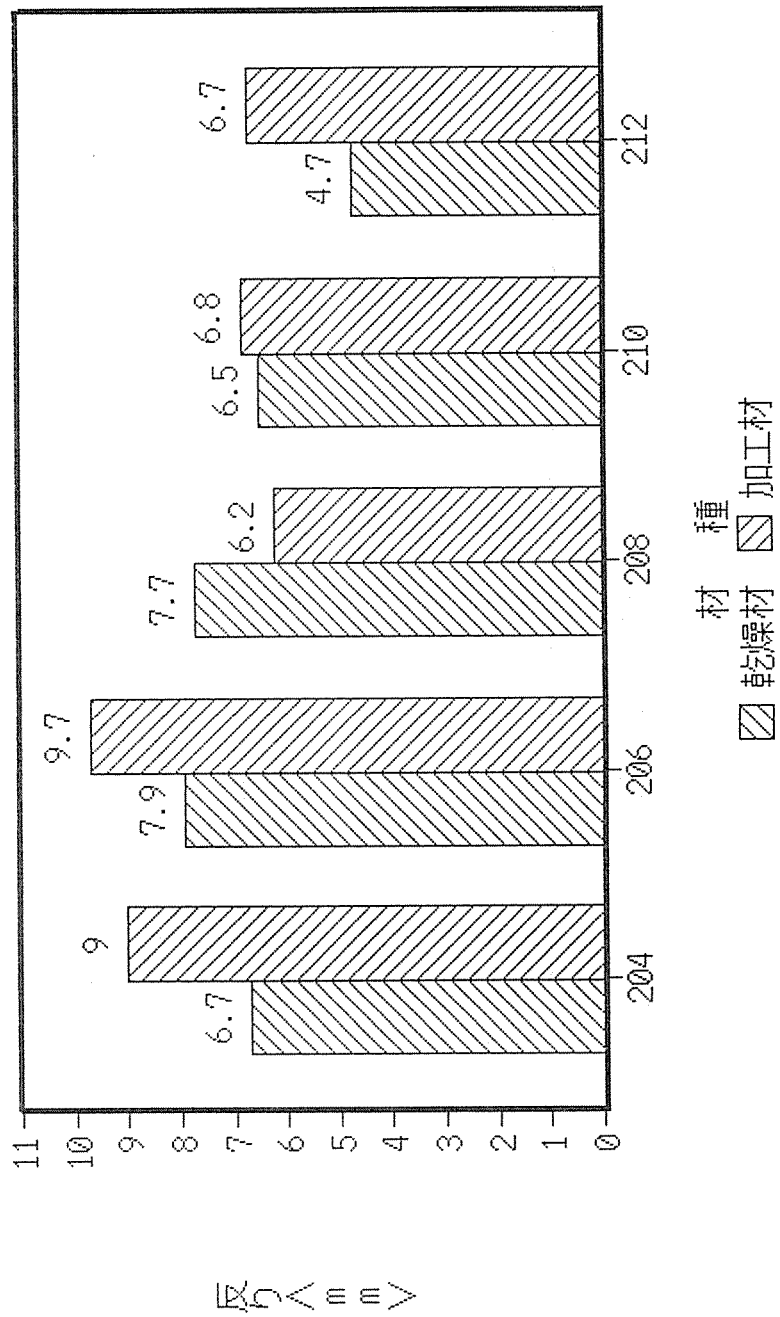


図2-5-2 乾燥材と加工材の反りの関係



曲がり<mm>

図2-5-3 乾燥材と加工材の曲がりの関係

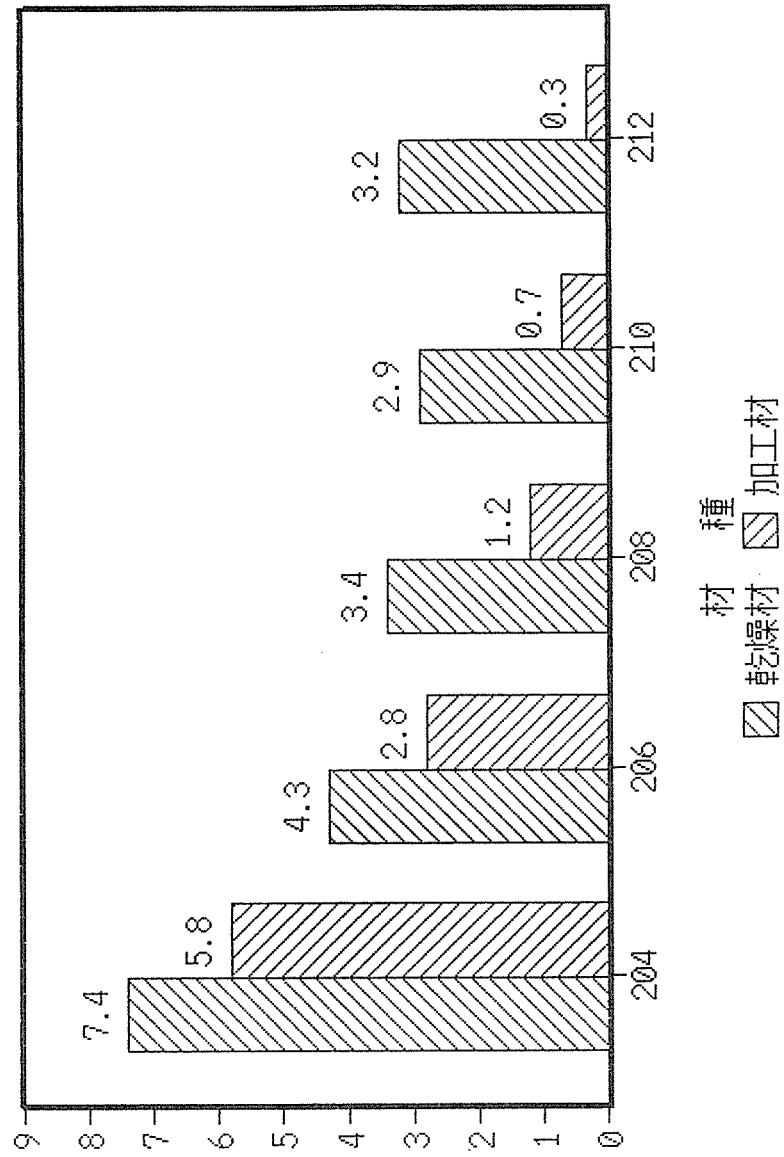


図2-5-4 乾燥材と加工材の幅反りの関係

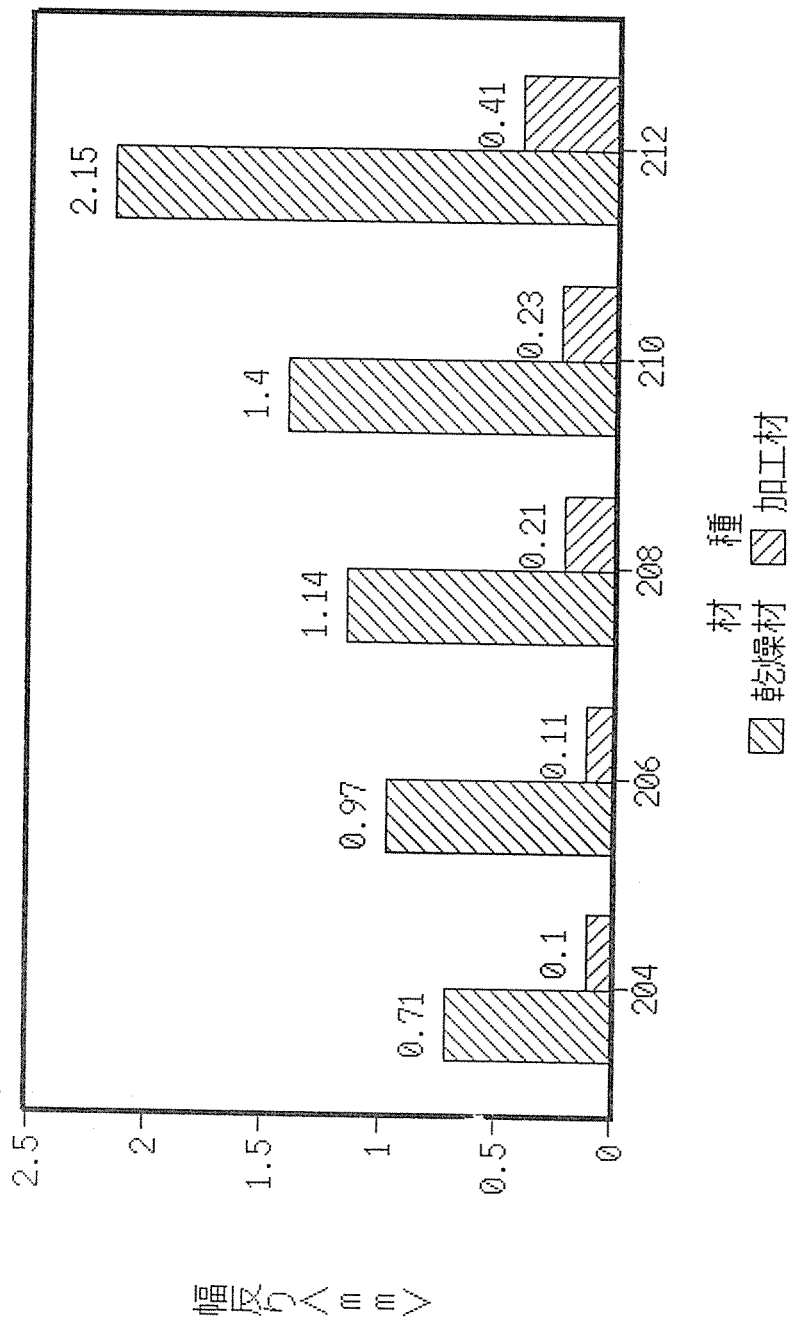
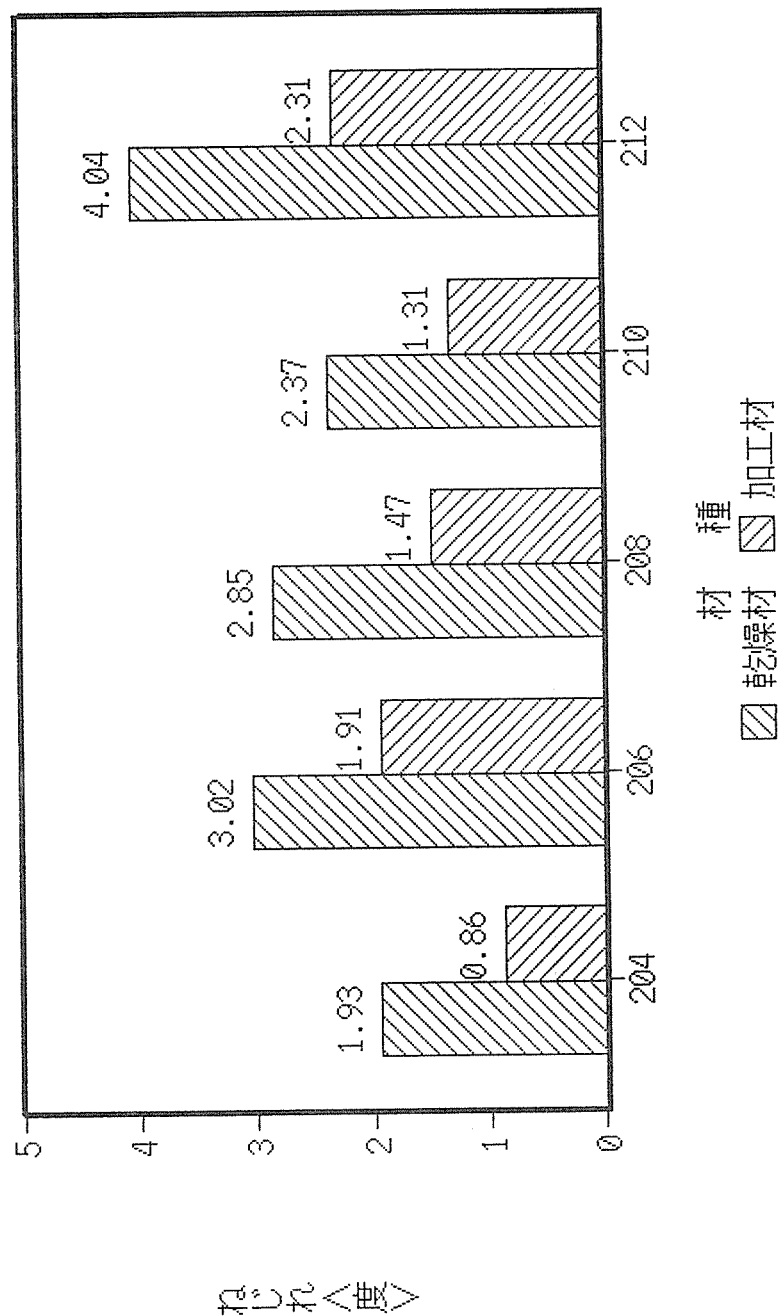


図 2-5-5 乾燥材と加工材のねじれの関係





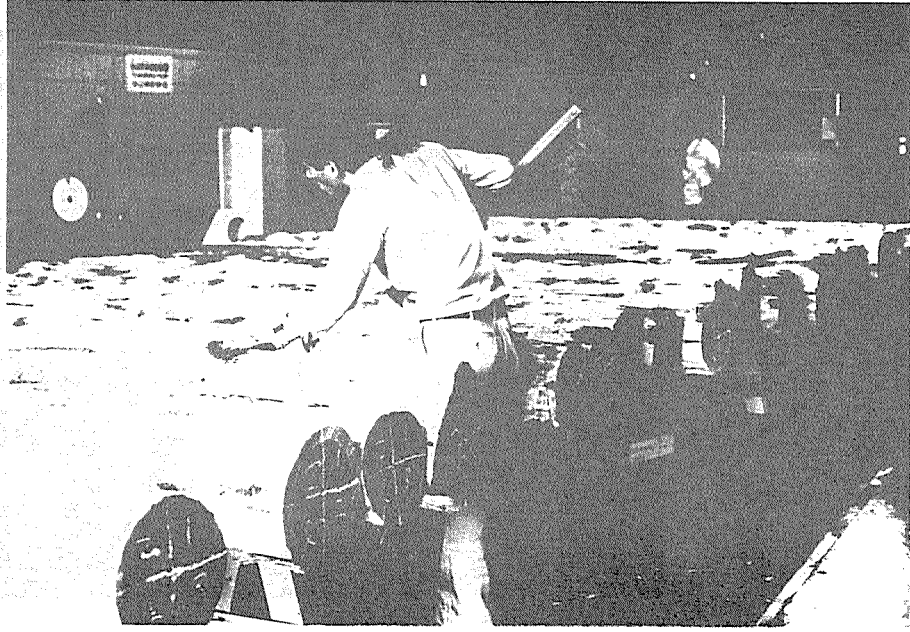


写真1. 供試原木の等級格付け

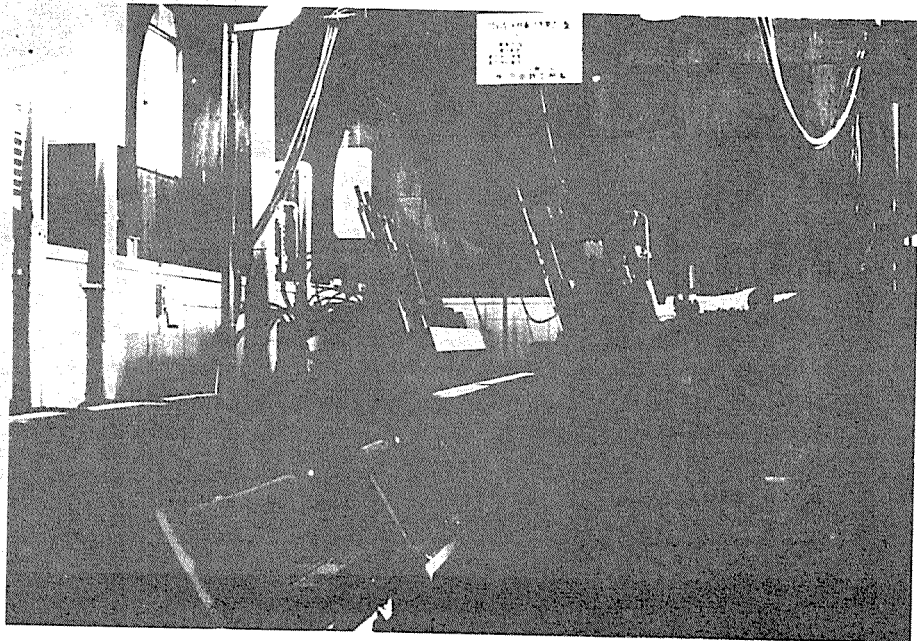


写真2. 枠挽き方式による製材

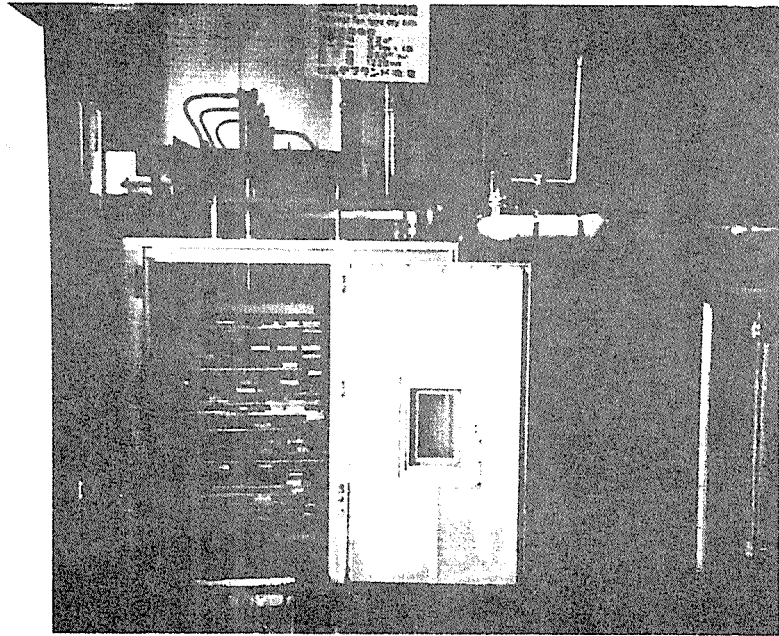


写真3. 圧縮装置付き乾燥室

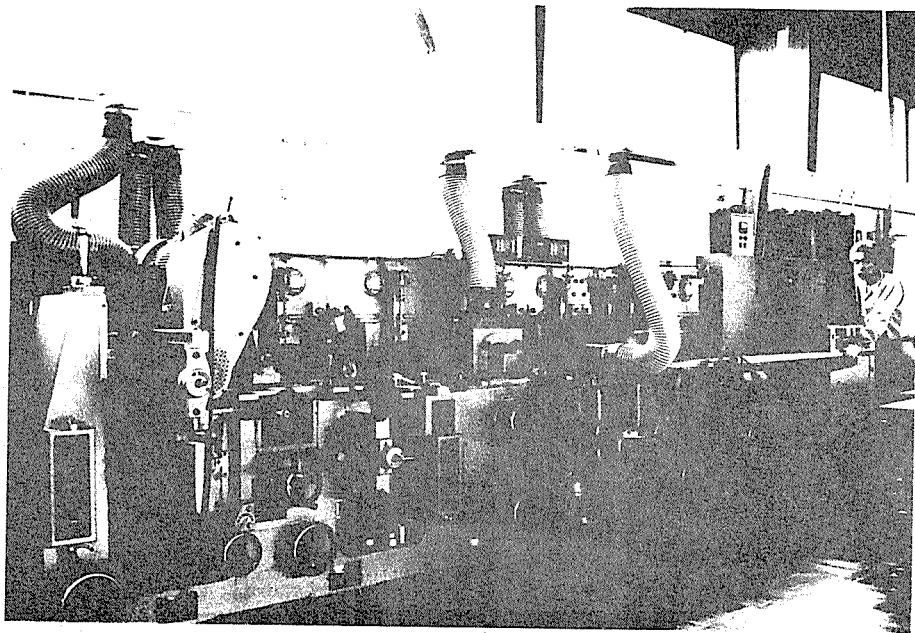


写真4. 自動4面かな盤による表面仕上げ

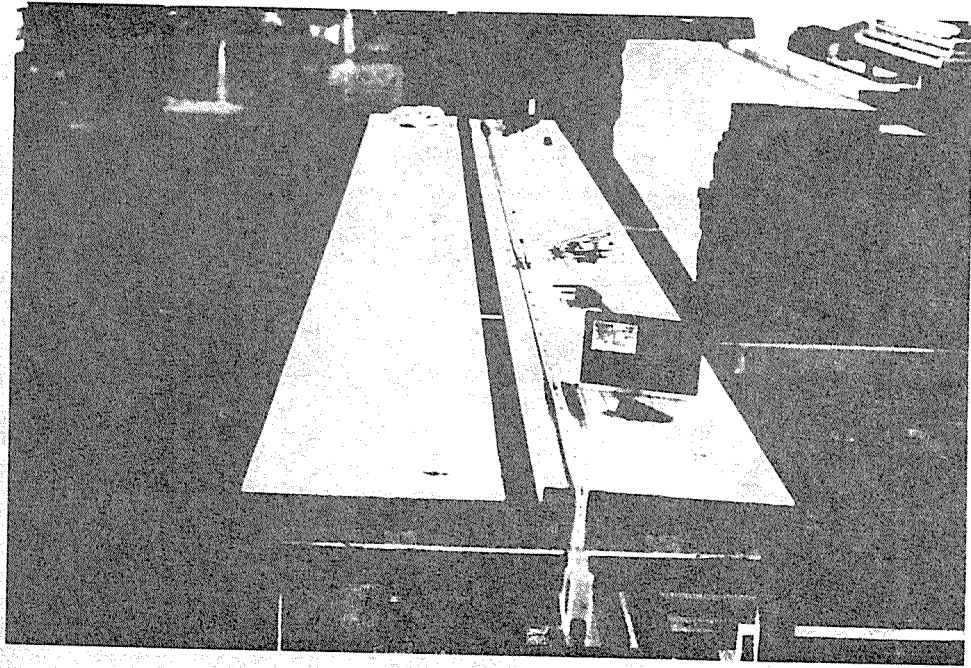


写真5. 乾燥材の狂い等の測定

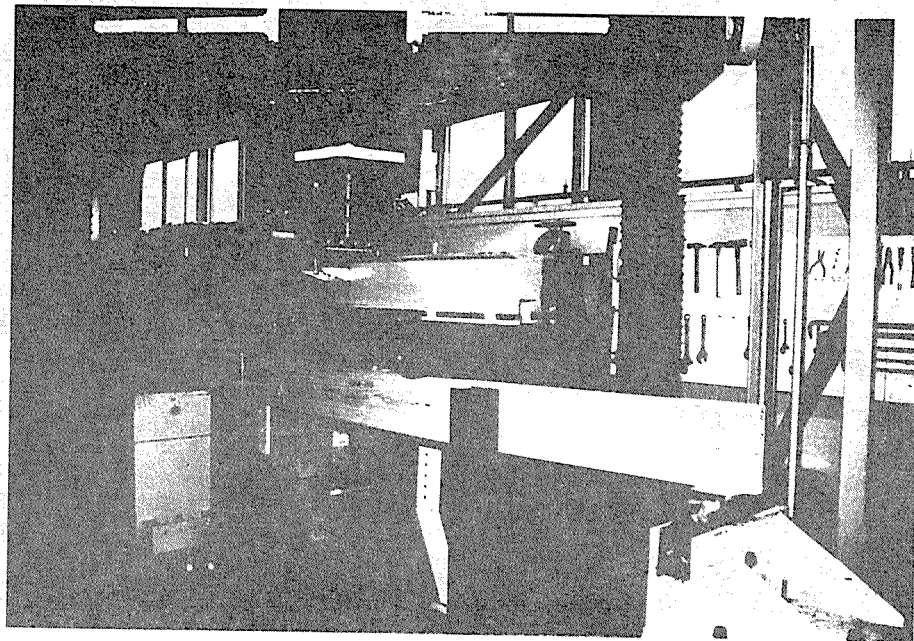


写真6. 210材の曲げ破壊試験

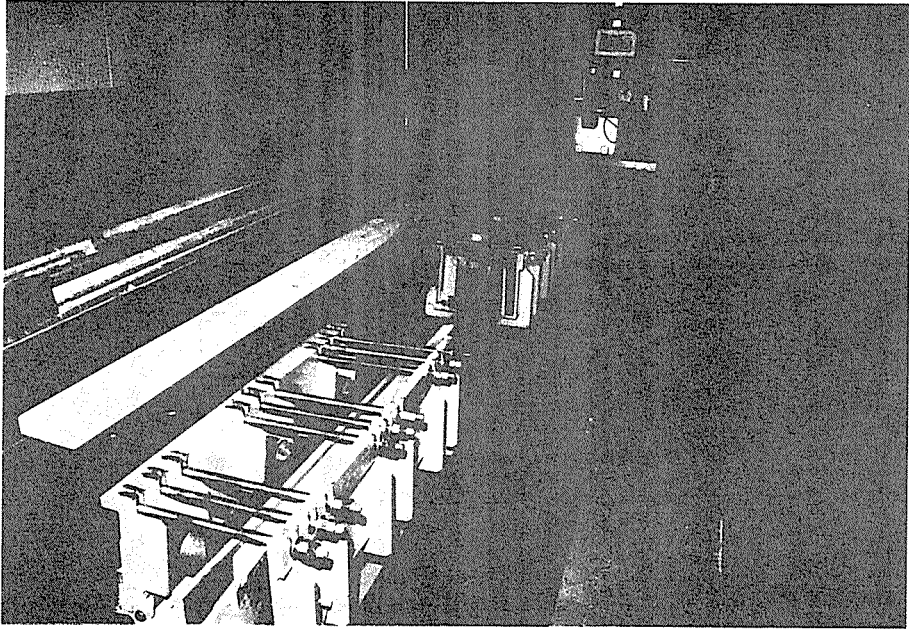


写真7. 208材の引張り破壊試験

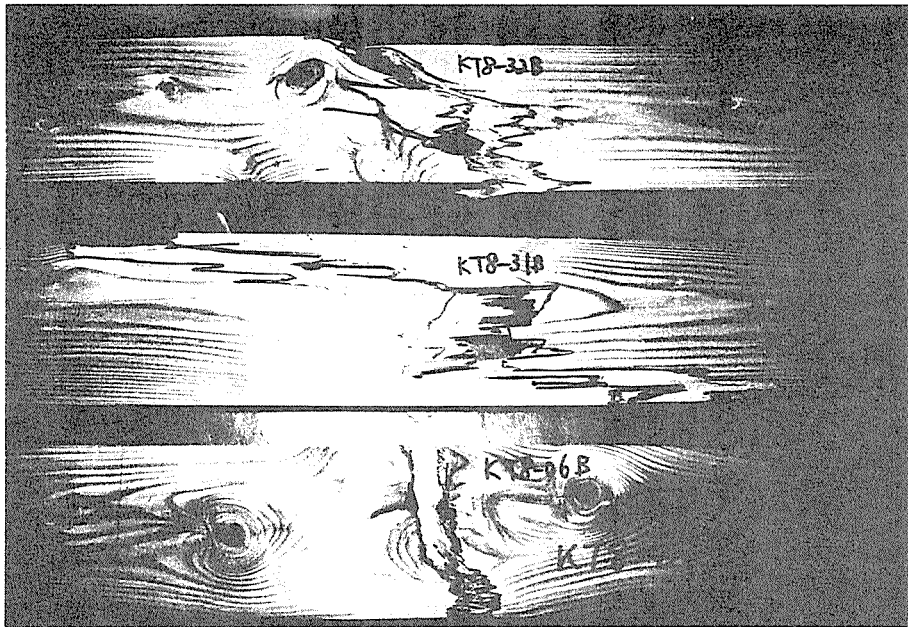


写真8. 208材の引張り破壊の例

## その2. スギ (岐阜)

### 1. 製材試験

岐阜県郡上郡地内のスギ人工林から選木し、伐採搬出後、剥皮し原木の形質を調査してから製材し、寸法、含水率等の測定および欠点等の調査を行った。

製材は当林業センターにおいて、全自動走材車付帯鋸盤（鋸車径1150mm）で実施した。なお当製材に用いた帯鋸の仕様は鋸厚0.98mm、鋸巾125.4mm、アサリ2.15mm、ピッチ31.8mmであった。

木取り方法は図-1-1に示すようにだら挽きとわく挽きの2種類とした。

#### 1-1. 供試原木の形質

供試原木は郡上郡産のスギ（アジマノスギ）人工林で、現地で根曲がり、損傷等欠点の少ない立木を選出し伐採、造材、搬出した。材長は4mですべて元玉であり、市場では一般に並材といわれるものである。

林齢は概ね30年生で、末口径18-24cmの丸太84本である。これを18-20cmおよび22-24cmの2階級に分け試験調査を行った。その内訳は18-20cmの丸太は31本、22-24cmの丸太は53本であった。

##### 1-1-1. 原木調査

原木調査項目は、①材長、②剥皮前後の重量、③末口径、④元口径、⑤偏心、⑥曲がり、⑦節、⑧割れ、⑨FFTアナライザー測定、⑩その他欠点とした。

このうち、FFTアナライザー測定は丸太の剥皮の前後、節の測定は径10mm以上の節を測定した。

##### (1) 曲がり

表-1-1にFFTアナライザーの測定以外の調査結果を示す。

曲がり率の平均は18-20cm丸太で29.7%、22-24cmの丸太で24.8%と径級が大きい方が少なかった。これは前回の日本住宅・木材技術センターの徳島県産スギ材の調査と同じ傾向を示しており、測定方法が曲がりの矢高と末口径の比で表すことによることが大きく影響している。

曲がり率の頻度区分を図-1-2に示す。18-20cm丸太の曲がりの頻度は10-19%が最も多いが、22-24cm丸太では20-29%の頻度が最も多かった。

一方、ぼらつきでは18-20cm丸太の方が22-24cm丸太に比べ、50%以上の曲がり率を有する丸太が13%を占めるなどぼらつきが大きかった。



## (2) 細り

細りの頻度分布を図一1-3に示す。18-20cm丸太および22-24cm丸太とも同様な傾向であり大きなばらつきはなかった。また、細りの平均値は18-20cm丸太では2.3cm/m、22-24cmでは2.4cm/mと差はなかったが両者とも大きな値であった。これは、供試原木が全て元玉であったため、根張りの影響が測定に作用したためと思われる。

## (3) 心材率

頻度分布を図一1-4、-1-5に示す。末口の心材率の分布では18-20cm丸太の心材率20-29%の割合が61.3%、22-24cm丸太の心材率30-39%の割合が54.7%であった。また、元口の心材率の分布も末口の場合と同様に、18-20cm丸太の心材率20-29%の割合が54.8%、22-24cm丸太の心材率30-39%の占める割合が64.1%であり、18-20cm丸太および22-24cm丸太とも末口、元口の心材率は20-39%の範囲にほとんどが含まれており、末口と元口の心材率の平均値も18-20cm丸太が29.8%、22-24cm丸太が31.7%と大きな差がなかった。

## (4) 年輪巾

図一1-6に年輪巾の頻度分布を示す。18-20cm丸太および22-24cm丸太とも年輪巾0.40-0.59cmの間に71~81%が含まれた。

平均年輪巾は18-20cm丸太が0.47cmであり、22-24cm丸太が0.50cmと原木の生長量の差が若干現れた。

## (5) 節

平均節数は18-20cm丸太が7.3個、22-24cm丸太が5.6個と18-20cm丸太の方が若干多かった。

頻度分布を図一1-7に示す。18-20cm丸太および22-24cm丸太とも、無節が23~34%あった。また、1個から10個までの有節材が18-20cm丸太および22-24cm丸太とも45.2%と多かった。節数の最大が18-20cm丸太では26個、22-24cm丸太では34個とばらつきが大きかった。

平均節径は18-20cm丸太では15.6mm、22-24cm丸太は12.5mmであった。

図一1-8に頻度分布を示す。18-20cm丸太および22-24cm丸太とも同様な分布を示しており、無節と平均節径15-20mmのところにピークがあった。18-20cm丸太は平均節径15-20mmが32.3%、無節と平均節径20-25mmが22.6%であり、22-24cm丸太では無節が33.9%、平均節径15-20mmが24.5%であった。

最大節径の平均は、18-20cm丸太は21.9mm、22-24cm丸太は18.1mmと22-24cm丸太の方が小さかった。

頻度分布を図一1-9に示す。平均節径と同様な傾向を示しており、無節の割合が最も多いが、18-20cm丸太では最大節径25-30mmが19.4%、20-25mmが

16.1%とピークをなしている。また、22-24cm丸太では、最大節径が10mmから30mmにかけてほぼ同程度の割合であったが、45mm以上の節の有る丸太も7.6%あった。

節は、原木の径級の大きい方が数、平均節径、最大節径とも小さい傾向にあった。

#### (6) 偏心率

末口の平均偏心率は18-20cm丸太が2.3%、22-24cm丸太が2.6%とほぼ同じであったが、元口の平均偏心率は18-20cm丸太が9.9%と、22-24cm丸太の7.5%より大きかった。

図-1-10、-1-11に末口、元口の偏心率の分布を示す。末口の偏心率は18-20cm丸太および22-24cm丸太とも9.9%以下でばらつきが小さかったが、元口の偏心率のばらつきは大きかった。

地際近くは偏心成長する傾向が強く、今回用いた供試体がすべて元玉であったため元口の偏心率が大きくなった。また、偏心率の算出方法が、樹心と中心との比で求めるため、径級が小さいほうが少しの偏心でも大きな偏心率になりばらつきも大きくなったと考えられる。

#### 1-1-2. 丸太の等級区分

供試原木の形質調査の結果を基に、日本農林規格により丸太の等級格付けを行った。等級の決定には調査項目のうち曲がり最も強く影響した。

等級格付けの結果を図-1-12に示す。18-20cm丸太の供試本数は31本であったが、3等材が14本(本数割合45.2%)と最も多く、次で、2等材が12本(38.7%)、1等材が5本(16.1%)の順であった。22-24cm丸太の供試本数は53本で、そのうち2等材が26本(49.1%)、3等材が17本(32.1%)、1等材が10本(18.9%)であり、22-24cm丸太の等級割合が18-20cm丸太より高かったが、等級区分の分布はほぼ同様であった。

#### 1-1-3. FFTアナライザーによる測定

##### (1) 測定方法

図-1-13に示すように、供試丸太をホイスト及びロードセルにより材長方向中央部で吊り下げた。元口の木口面よりハンマーにより打撃し、末口側の木口面で打撃音をマイクロフォンにより收音し、FFTアナライザーにより基本振動周波数を求めた。また、基本振動周波数からヤング係数 $E_{fr}$ を求めるに当たっては、次式を用いた。なお、平均密度の算出に当たっては、ロードセルにより測定した丸太重量を末口自乗法により求めた丸太材積で除して求めた。

$$E_{fr} = \frac{4 L^2 \cdot \rho \cdot f^2}{g}$$

- L : 材長 (cm)
- $\rho$  : 試験体の平均密度 (g/cm<sup>3</sup>)
- f : 基本振動周波数 (Hz, 1/S)
- g : 重力の加速度 (9.8m/sec<sup>2</sup>)
- E<sub>fr</sub> : ヤング係数 (t/cm<sup>2</sup>)

## (2) 測定結果

丸太の剥皮前のE<sub>fr</sub>を測定した結果を表-1-2に示す。18cm~20cm丸太のFFTアナライザによるE<sub>fr</sub>の測定値の平均は66.4t/cm<sup>2</sup>であった。22cm~24cm丸太のE<sub>fr</sub>の測定値の平均は62.6t/cm<sup>2</sup>であり、18cm~20cm丸太に比べ、若干低い値となった。また、E<sub>fr</sub>のばらつきはほぼ同じ結果であった。

丸太のE<sub>fr</sub>の頻度分布を図-1-14に示す。最大頻度は50~60t/cm<sup>2</sup>で32%あり、60~70t/cm<sup>2</sup>の28%、70~80t/cm<sup>2</sup>の19%、40~50t/cm<sup>2</sup>の15%の順に低くなった。

剥皮後の測定結果を表-1-3に示す。丸太の剥皮前のE<sub>fr</sub>の平均値は、64.0t/cm<sup>2</sup>、剥皮後のE<sub>fr</sub>の平均値は、62.1t/cm<sup>2</sup>であり、剥皮後の方が若干低い値となった。

剥皮前後のE<sub>fr</sub>測定値の関係を図-1-15に示す。剥皮前後のE<sub>fr</sub>の測定値は、非常に高い順相関を示し、相関係数は、0.99であり、X係数0.97、Y切片-0.54となった。

なお、剥皮前後の1本当たりの重量減少量を表-1-4に示す。18~20cm丸太の平均値は9.28kgであり径級による差はみられないが、ばらつきについては、22~24cm丸太が18~20cm丸太と比較し、若干大きな値を示した。

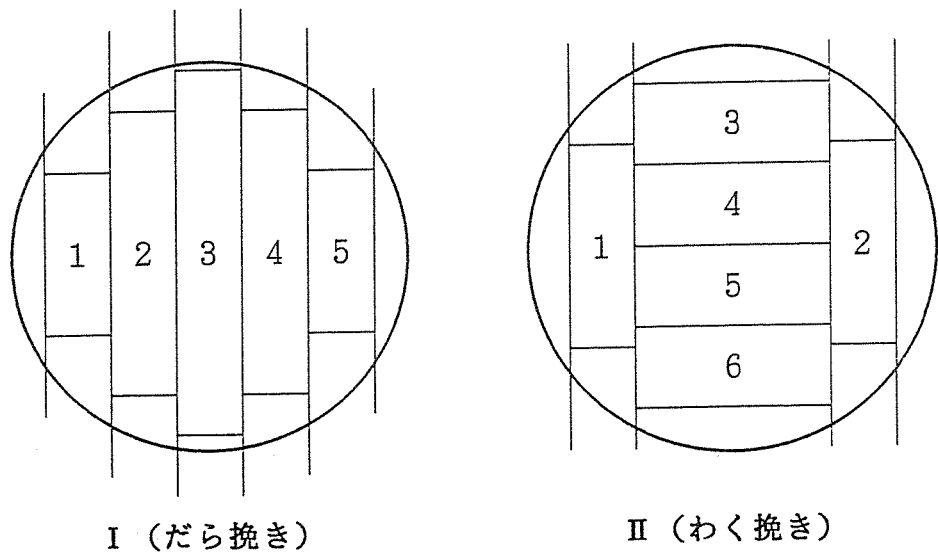


図-1-1 基本木取り型



表-1-1

## 径級別供試丸太の形質

項 目	径級区分	18cm~20cm	22cm~24cm	合 計
曲り率(%)	平 均	29.7	24.8	26.6
	範 囲	0 ~67.7	0 ~48.5	0 ~67.7
	標準偏差	18.46	13.16	15.51
細り(cm/m)	平 均	2.3	2.4	2.4
	範 囲	1.4 ~3.3	1.5 ~4.1	1.4 ~4.1
	標準偏差	0.41	0.56	0.51
心材率(%)	平 均	29.8	31.7	31.0
	範 囲	25.2 ~ 37.0	22.6~37.9	22.6~37.9
	標準偏差	2.92	3.12	3.19
年輪巾(cm)	平 均	0.47	0.50	0.49
	範 囲	0.37~ 0.62	0.36~0.67	0.36~0.67
	標準偏差	0.07	0.07	0.07
節 数* <sup>1</sup>	平 均	7.3	5.6	6.2
	範 囲	0 ~ 26	0 ~ 33	0 ~ 33
	標準偏差	7.56	8.54	8.23
平均節径 (mm)* <sup>2</sup>	平 均	15.6	12.5	13.7
	範 囲	0 ~ 50.0	0 ~32.5	0 ~50.0
	標準偏差	11.01	9.85	10.40
最大節径 (mm)* <sup>2</sup>	平 均	21.9	18.1	19.5
	範 囲	0 ~ 50.0	0 ~56.0	0 ~56.0
	標準偏差	15.25	16.23	15.98
末口偏心率(%)	平 均	2.3	2.6	2.5
	範 囲	0 ~ 6.1	0 ~ 8.2	0 ~8.2
	標準偏差	1.74	2.17	2.03
元口偏心率(%)	平 均	9.9	7.5	8.4
	範 囲	0 ~27.4	0 ~17.3	0 ~27.4
	標準偏差	7.53	4.66	6.00

\*<sup>1</sup> : 長径が10mm以上の節\*<sup>2</sup> : 節の無い丸太の節径は0mmとした。

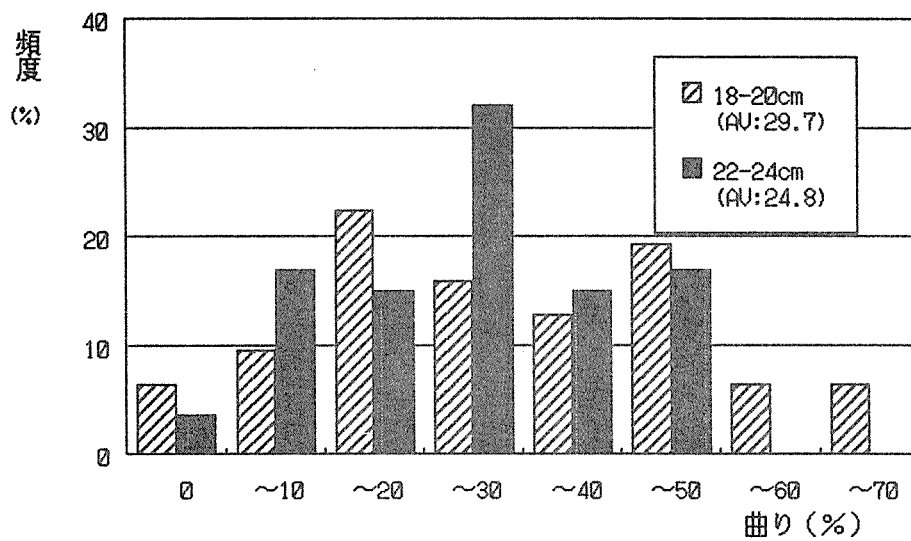


図-1-2 供試丸太の曲り率の頻度分布

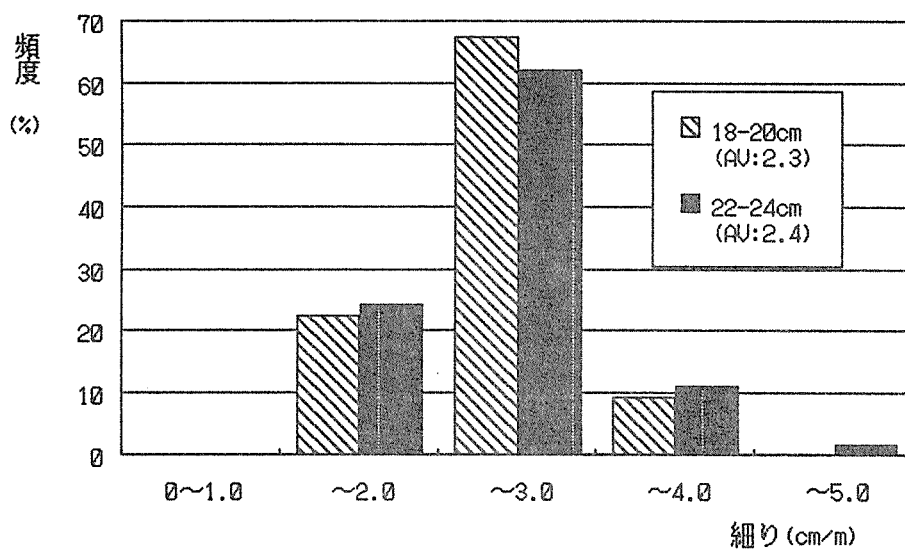


図-1-3 供試丸太の細りの頻度分布

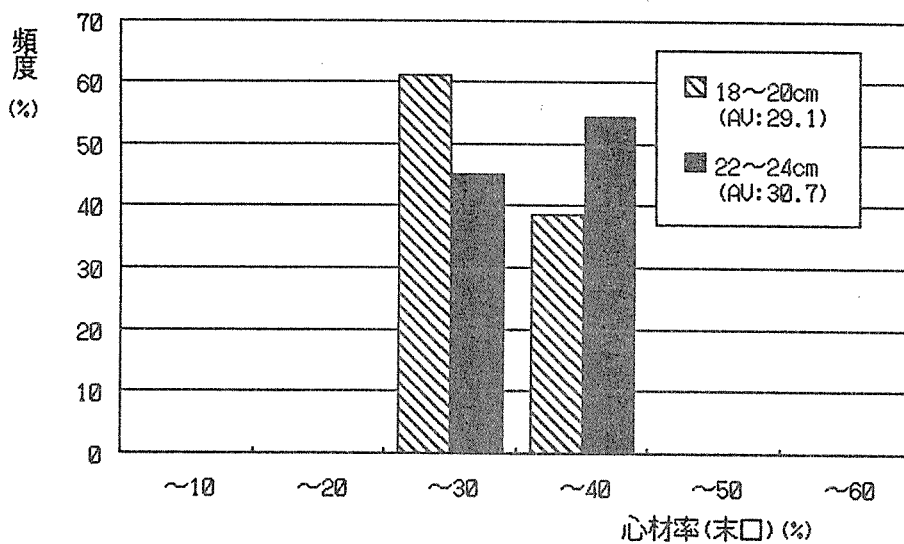


図-1-4 供試丸太の心材率(末口)の頻度分布

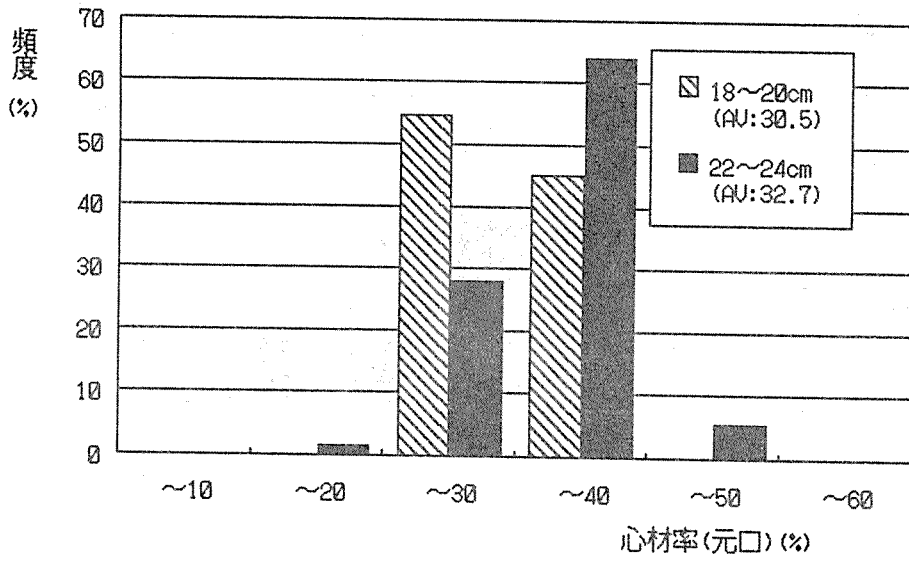


図-1-5 供試丸太の心材率(元口)の頻度分布

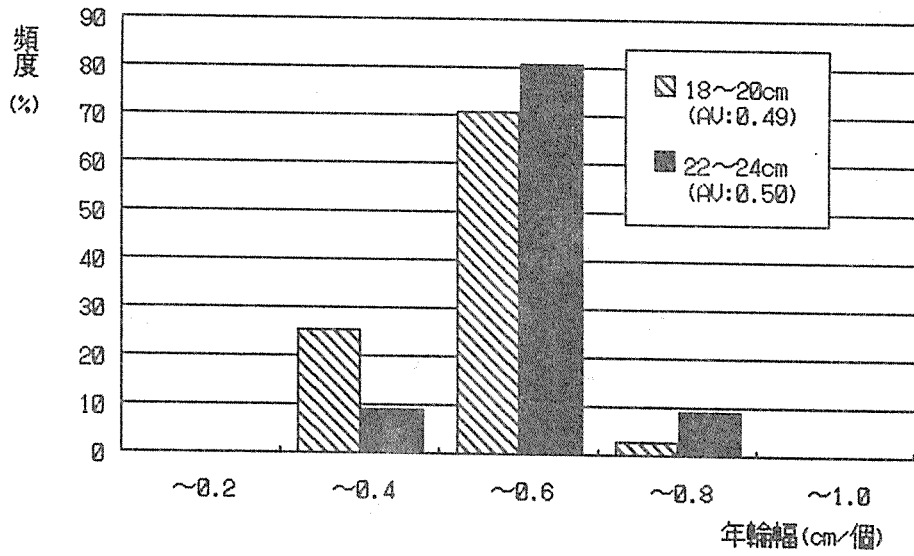


図-1-6 供試丸太の年輪幅の頻度分布

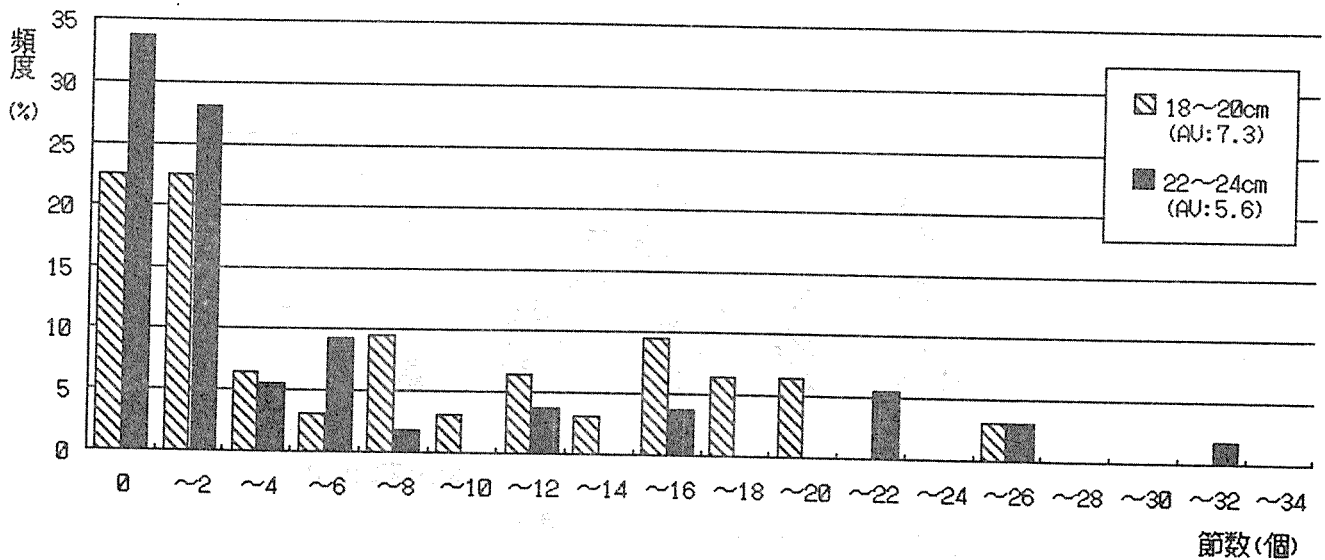


図-1-7 供試丸太の節数の頻度分布

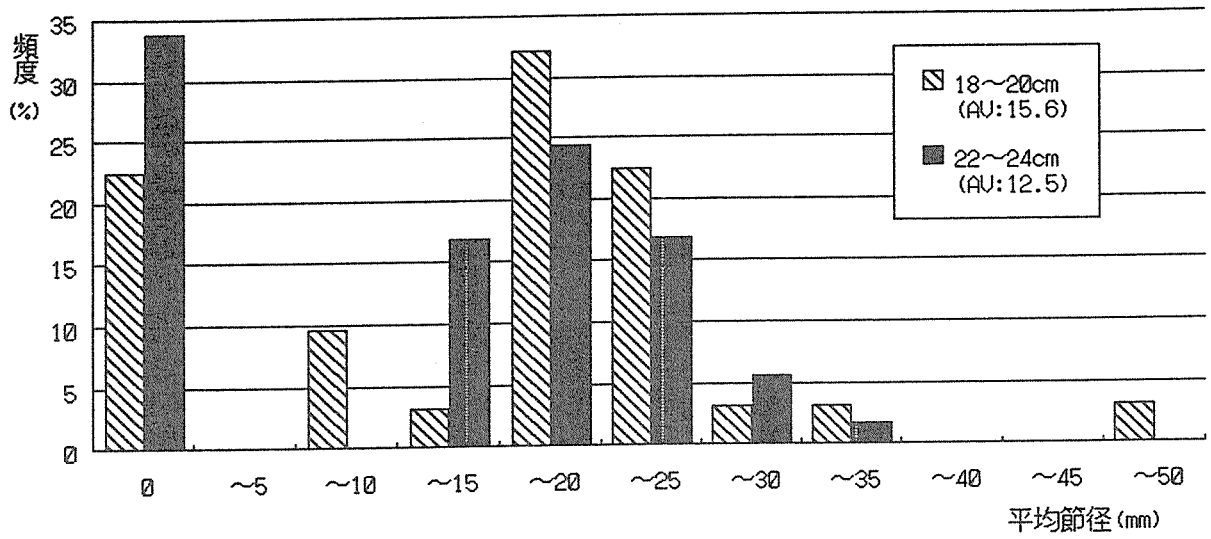


図-1-8 供試丸太の平均節径の頻度分布

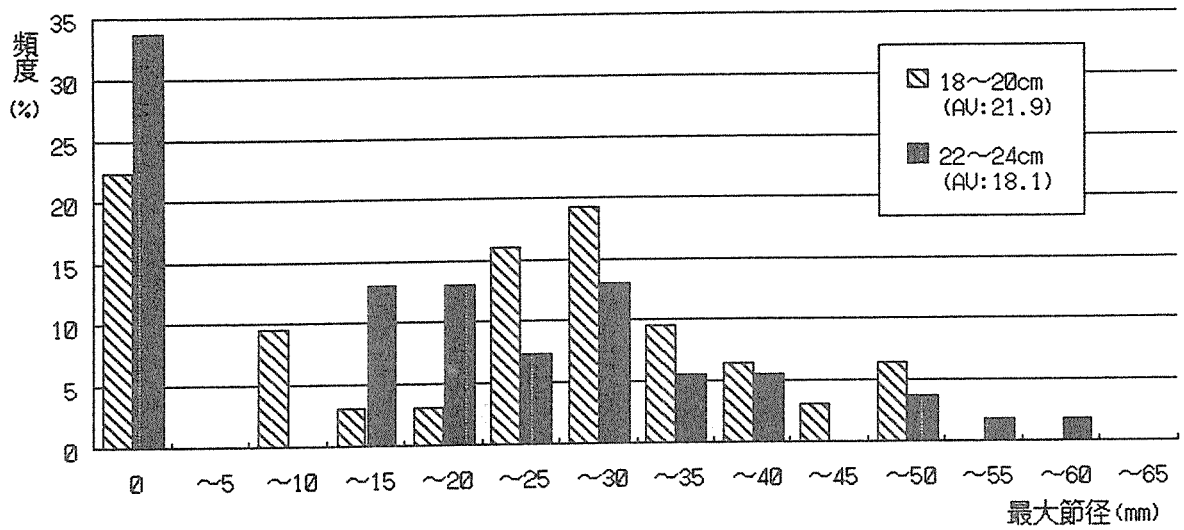


図-1-9 供試丸太の最大節径の頻度分布

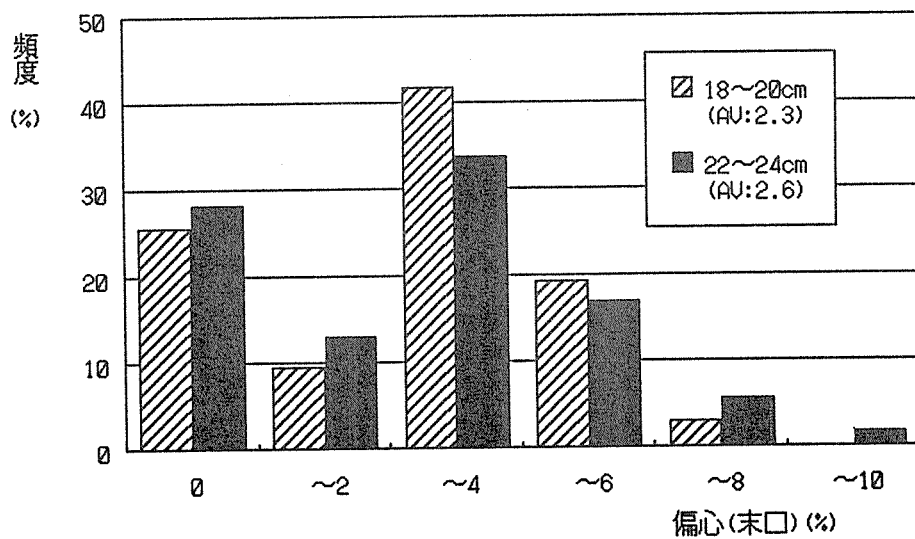


図-1-10 供試丸太の偏心(末口)の頻度分布

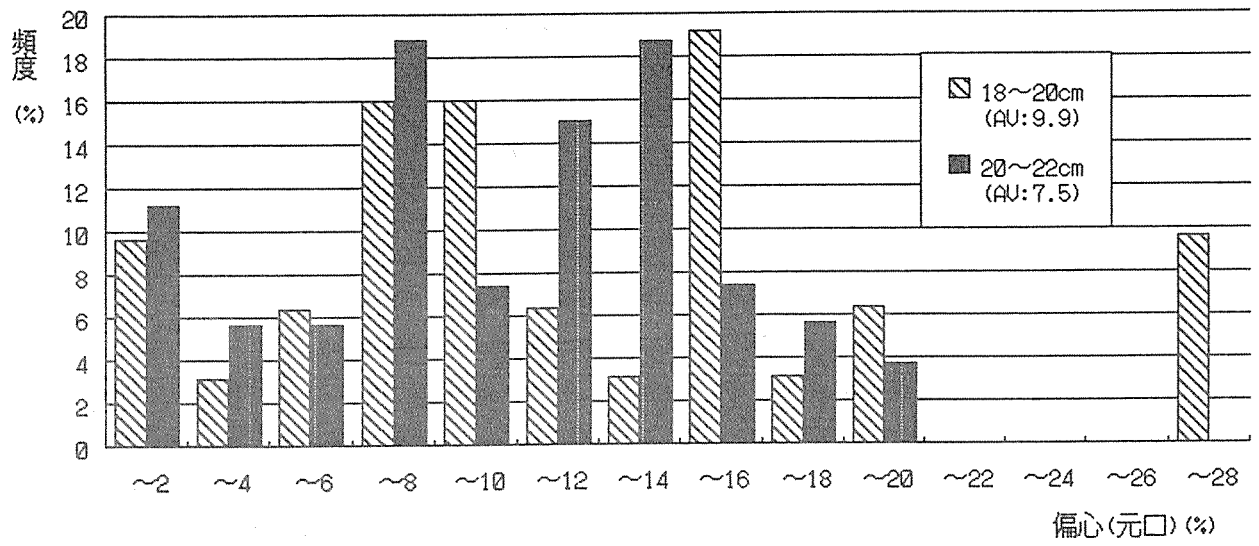


図-1-11 供試丸太の偏心(元口)の頻度分布

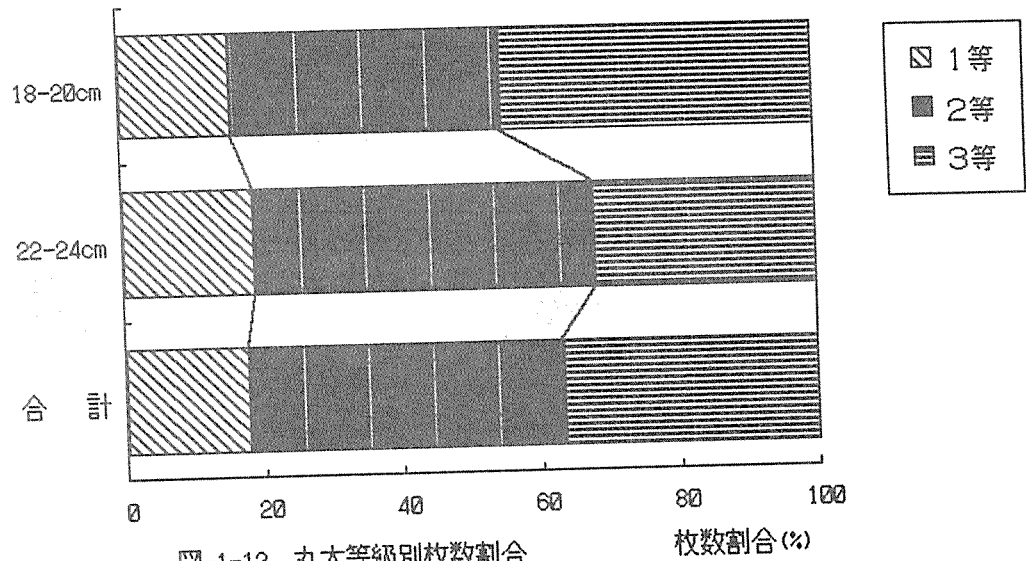


図-1-12 丸太等級別枚数割合

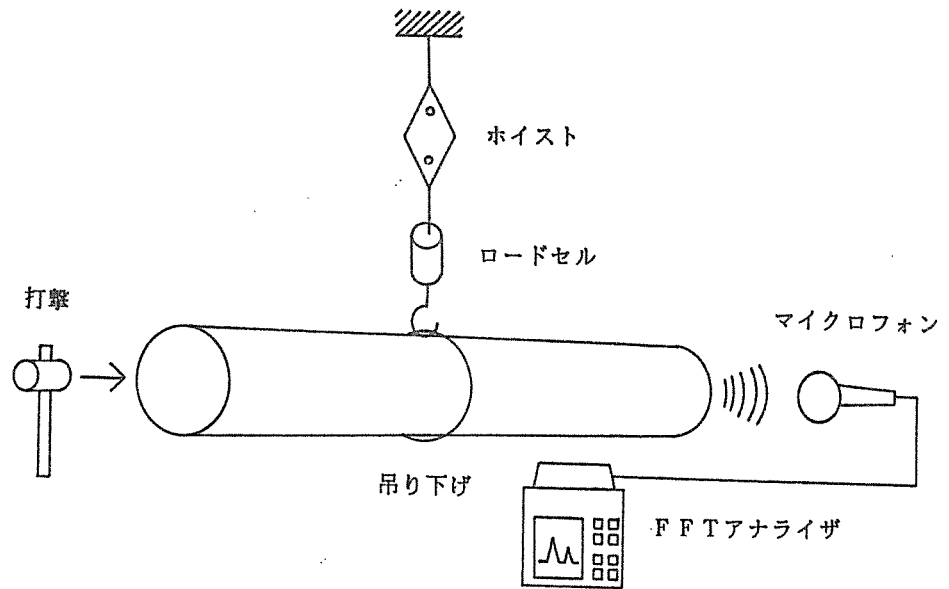


図-1-13 丸太のヤング係数測定方法

表-1-2 丸太のE f r 測定結果

単位：t/cm<sup>2</sup>

径級区分	18cm~20cm	22cm~24cm	合計
本数	31	52	83
平均値	66.4	62.6	64.0
標準偏差	8.53	11.30	10.51

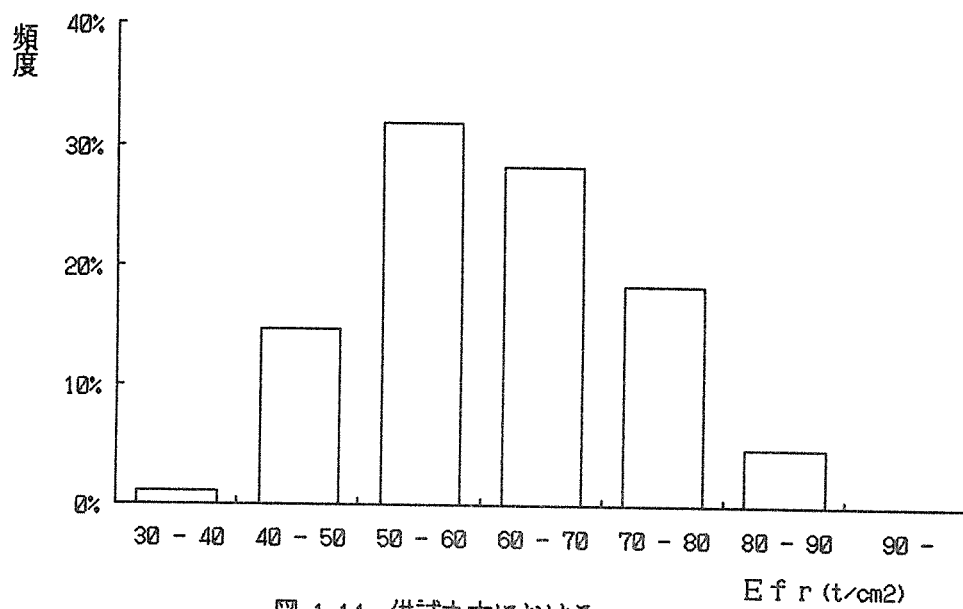


図-1-14 供試丸太における E f r の頻度分布

表-1-3 剥皮後における丸太のE f r測定結果  
 単位：t/cm<sup>2</sup>

径級区分	18cm~20cm	22cm~24cm	合計
本数	31	52	83
平均値	64.0	60.9	62.1
標準偏差	8.16	10.52	9.82

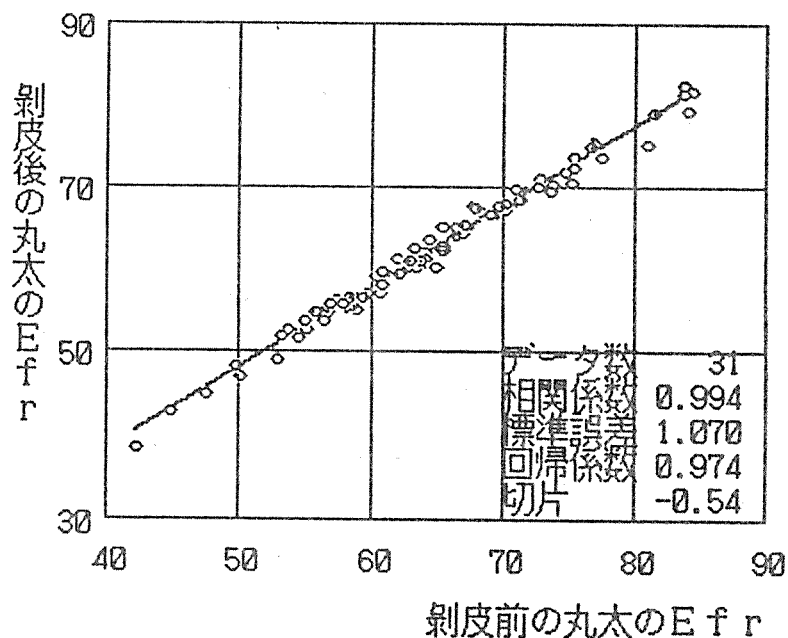


図-1-15 剥皮前後における丸太のE f rの関係

表-1-4 剥皮前後における重量変化

径級区分 項目	18cm~20cm		22cm~24cm		合計	
	剥皮前	剥皮後	剥皮前	剥皮後	剥皮前	剥皮後
本数(本)	31	31	52	52	83	83
平均(kg)	188.09	178.77	221.43	211.99	208.98	199.58
標準偏差	18.819	17.341	27.345	24.813	29.339	27.501

## 1-2. 製材品

製材品の材種は供試丸太からできるだけ大きな断面の製品が採れるように、さらに、だら挽き、梓挽きの木取りを考慮して203材、204材、206材、208材、210材の材種から製材時に選択した。なお、製材の歩増しは乾燥による収縮および仕上げ加工を考慮し材巾、材厚とも7mmとした。

製材歩止まりの算出に際して、原木材積は丸太の各々の末口径の実測値による末口自乗法による材積、製材品の材積は製材寸法の実測値の平均値による材積を用いた。

### 1-2-1. 製材品の採材枚数

表-1-5、図-1-16に丸太1本当りの木取り別、径級別の製材品採材枚数割合を示す。

だら挽きの18-20cm丸太では、4枚/本の採材が95.8%、3枚/本の採材が4.2%とほとんどが4枚の採材であったのに対し、22-24cm丸太は4枚/本が56.0%、5枚/本が40.0%、6枚/本が4.0%と多く採材できた。

梓挽きの18-20cm丸太では、5枚/本が42.9%、6枚/本が57.1%であったのに対し、22-24cm丸太では、5枚/本が3.6%、6枚/本が85.7%、7枚/本が10.7%と、当然ながら径級の大きい丸太からの採材枚数が多くなった。

一方、木取り別の平均採材枚数では、だら挽きが4.2枚/本であったのに対し、梓挽きは6.0枚/本と約2枚多く採材でき、木取りによる採材枚数の差があった。

### 1-2-2. 製材歩止まり

#### (1) 木取り方法別、径級別製材歩止まり

表-1-6に木取り方法別、径級別製材歩止まりを示す。だら挽きでは、18-20cm丸太の製材歩止まりは52.4%であるのに対し、22-24cm丸太の製材歩止まりは55.1%と若干高い値を示した。また、梓挽きでも、18-20cm丸太の製材歩止まりは52.4%であるのに対し、22-24cm丸太の製材歩止まりは53.9%とだら挽きと同様に22-24cm丸太の方が若干高くなった。しかし、木取り方法別の平均製材歩止まりでは、だら挽きの平均値は53.9%であり、梓挽きの平均値は53.6%とほとんど差がなかった。

一方、径級別では、だら挽き、梓挽きとも22-24cm丸太の方が18-20cm丸太より1.5~2.7%高い製材歩止まりを示したが、この中でだら挽きの22-24cm丸太が若干高い製材歩止まりとなった。

図-1-17に木取り別の製材歩止まりの頻度分布を示す。だら挽き、梓



挽きとも歩止まり50~60%にピークがあつたが、だら挽きでは歩止まり40~50%が、梓挽きでは歩止まり60~70%が次いで多くなつていた。

図一1-18に径級別の製材歩止まりの頻度分布を示す。18-20cm丸太、22-24cm丸太ともほぼ同様な分布をしており、木取り別の場合と同様に歩止まり50~60%にピークがあつた。

## (2) 寸法型式別、木取り別、径級別製材材積割合

表一1-7、図一1-19に寸法型式別、木取り別、径級別製材材積割合の状況を示す。だら挽きの径級別製材材積では、18-20cm丸太、22-24cm丸太とも208材の材積割合が最も多く52~54%を占めた。206材は18-20cm丸太が28.0%と22-24cm丸太の2倍近く多かつたが、210材は18-20cm丸太から製材されなかつたが、22-24cm丸太で製材され16.0%を占めた。梓挽きでは18-20cm丸太においては204材が68.8%と主流の製材品となつたが、22-24cm丸太においては206材と204材がそれぞれ52.4%、43.1%を占め主な製材品となつていた。

また、木取り別の製材歩止まりでは、だら挽きの主な製材品は53.2%をしめる208材であつたが、梓挽きでは47.3%をしめる204材、47.0%をしめる206材が主な製材品となるなど、木取り方法による製材材種が明確に分かれた。しかし、今回の製材では寸法型式が小さくなると、採材枚数が多くなつたため、総材積での製材歩止まりにはほとんど差がなかつた。

## 1-2-3. 製材品の節の出現

だら挽き、梓挽きによるそれぞれの製材品において、節がいくつの材面に出現したかを材積割合により図一1-20に示す。

だら挽きでは、節の出現が3材面にわたる材が35.3%、4材面にわたる材が44.2%であつたが、梓挽きでは3材面にわたる材が14.5%にすぎなかつたが、4材面に出現した材が76.3%も占め、だら挽きと比較し節が4材面に出現する製材品の割合が著しく多かつた。

## 1-2-4. FFTアナライザーによる測定

図一1-21で示すように、元口の木口面よりハンマーにより打撃し、末口の木口面において打撃音をマイクロフォンで收音し、FFTアナライザにより基本振動周波数を求めた。試験体を材長方向の中央で支える以外は、丸太の測定方法と同様である。

## (1) 製材品の測定結果

製材品のEfrを測定した結果を表一1-8に示す。18cm~20cm丸太から採材した製材品のEfrを測定した結果は、平均63.8t/cm<sup>2</sup>であつた。22cm~24cm丸

太から採材した製材品のEfrを測定した結果は、平均60.5t/cm<sup>2</sup>であり、18cm～20cm丸太に比べ若干低い値であった。ぼらつきについてはどちらもほぼ同様の傾向を示した。

製材品のEfrの頻度分布を図-1-22に示す。最大頻度60～70t/cm<sup>2</sup>のほぼ正規分布に近い傾向を示した。製材品（合計）のEfr測定値は61.6t/cm<sup>2</sup>であり、丸太の剥皮前のEfrの測定値（平均）64.0t/cm<sup>2</sup>と比較し、若干低い値を示した。また、頻度分布については、丸太の最大頻度が50～60t/cm<sup>2</sup>であったが、製材品は、60～70t/cm<sup>2</sup>と高い値を示した。これは、各製材品の（比較的強度の高い）辺材部と（強度の低い）心材部の占める割合が異なるためと考えられる。

## （2）丸太と製材品の比較

丸太のEfrと製材品のEfrを比較するため、製材品のEfr測定結果を丸太別に平均し、両者を比較した。丸太81本のEfrを横軸に、各丸太より採材した製材品のEfrを縦軸に取り、各測定値をプロットした結果を図-1-23に示す。丸太のヤング係数と製材品のヤング係数の相関係数0.89、X係数0.98、Y切片0.43の高い単相関が得られた。

供試丸太より採材された製材品のEfrにおける最小値、最大値の出現部位を板目材、追い柵材、柵目材に区分し強度分布を調査した結果、約8割の丸太において、柵目材におけるEfrの値が低く、板目材のEfrの値が高くなった。

柵目材のEfr測定値が低く、板目材のEfr測定値が低かった原因としては、柵目材は、板目材と比較し、心材あるいは随等の脆弱な部分の占める割合が高いためと考えられる。

各丸太より採材した製材品のEfrの分布を調査した結果、Efrの最大値と最小値の差の平均は19.3t/cm<sup>2</sup>と大きかった。このため丸太のEfrより製材品のEfrを推定する場合、強度の低い製材品が構造用部材として用いられた場合に問題となる。そこで、各丸太より採材した製材品のEfrが一番低い値となった試験体のEfrと丸太のEfrとを比較した。

丸太のEfrと製材品のEfr（最低値）を比較した結果を図-1-24に示す。両Efrは強い順相関を示し相関係数は、0.79であった。回帰直線は $Y = 0.90X - 3.54$ であり、Y評価値の標準誤差は6.54であった。また、信頼限界95%の下限直線は、 $Y = 0.90X - 16.62$ となった。

このことから、丸太の時点でEfrを測定することで製材品の最低強度を推定することが可能になると考える。

表 - 1 - 5

丸太 1 本当りの製材品採材枚数割合

採材枚数	だら挽き					
	18~20 cm		22~24 cm		合計	
	本数	割合	本数	割合	本数	割合
3	1	4.2			1	2.0
4	23	95.8	14	56.0	37	75.5
5			10	40.0	10	20.4
6			1	4.0	1	2.0
7						
合計	24	100.0	25	100.0	49	100.0

採材枚数	わく挽き					
	18~20 cm		22~24 cm		合計	
	本数	割合	本数	割合	本数	割合
3						
4						
5	3	42.9	1	3.6	4	11.4
6	4	57.1	24	85.7	28	80.0
7			3	10.7	3	8.6
合計	7	100.0	28	100.0	35	100.0

採材枚数	合計					
	18~20 cm		22~24 cm		合計	
	本数	割合	本数	割合	本数	割合
3	1	3.2			1	1.2
4	23	74.2	14	26.4	37	44.1
5	3	9.7	11	20.8	14	16.7
6	4	12.9	25	47.2	29	34.5
7			3	5.7	3	3.6
合計	31	100.0	53	100.0	84	100.0

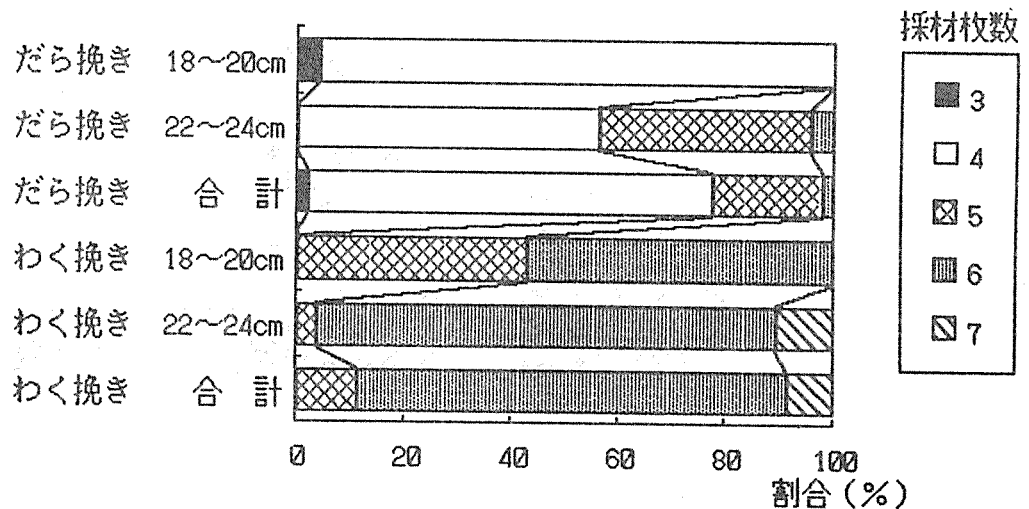


図-1-16 丸太 1 本当りの製材品採材枚数割合

表-1-6  
木取り別、径級別製材歩止り

だら挽き		18-20cm	22-24cm	合計
丸太	本数	24	25	49
	材積	5.136	6.506	11.642
製材品	枚数	95	112	207
	材積	2.6935	3.5844	6.2779
歩止り		52.4	55.1	53.9

ワク挽き		18-20cm	22-24cm	合計
丸太	本数	7	28	35
	材積	1.515	7.672	9.187
製材品	枚数	39	170	209
	材積	0.7932	4.1325	4.9257
歩止り		52.4	53.9	53.6

合計		18-20cm	22-24cm	合計
丸太	本数	31	53	84
	材積	6.651	14.178	20.829
製材品	枚数	134	282	416
	材積	3.4867	7.7169	11.2036
歩止り		52.4	54.4	53.8

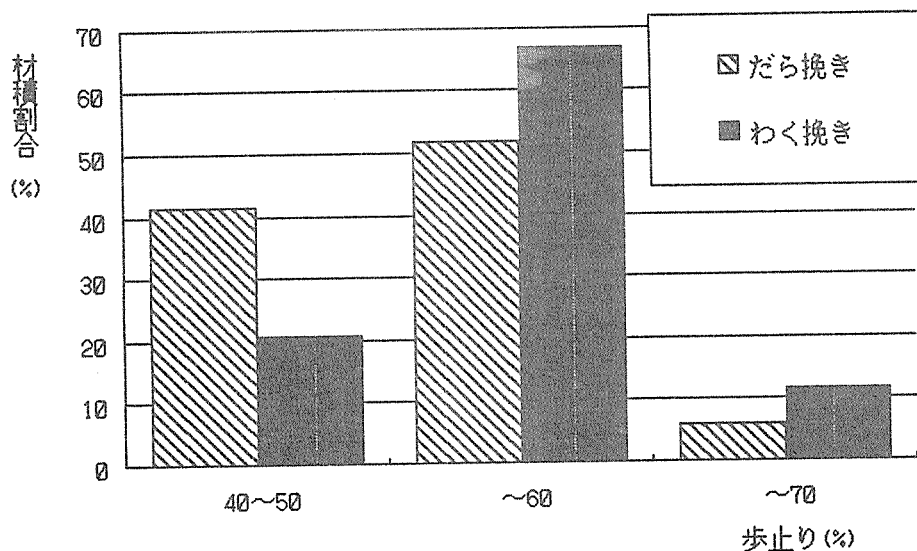


図-1-17 木取り別製材歩止りの頻度分布

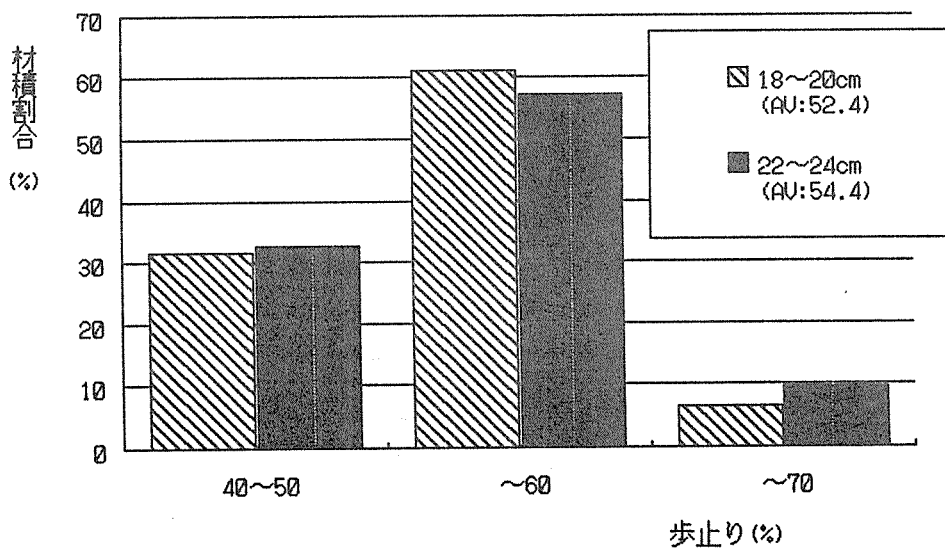


図-1-18 径級別製材歩止りの頻度分布

表 - 1 - 7 径級別製材品材積割合

だら挽き 寸法型式	18-20cm			22-24cm			合計		
	枚数	材積	割合(%)	枚数	材積	割合(%)	枚数	材積	割合(%)
203	8	0.1032	3.83	3	0.0418	1.17	11	0.1450	2.31
204	23	0.4294	15.94	27	0.5126	14.30	50	0.9420	15.01
206	27	0.7527	27.95	19	0.5269	14.70	46	1.2796	20.38
208	37	1.4082	52.28	51	1.9303	53.85	88	3.3385	53.18
210	0	0.0000	0.00	12	0.5728	15.98	12	0.5728	9.12
合計	95	2.6935	100.00	112	3.5344	100.00	207	6.2779	100.00

枠挽き 寸法型式	18-20cm			22-24cm			合計		
	枚数	材積	割合(%)	枚数	材積	割合(%)	枚数	材積	割合(%)
203	7	0.1002	12.63	5	0.0696	1.68	12	0.1698	3.45
204	27	0.5456	68.78	89	1.7822	43.13	116	2.3278	47.26
206	5	0.1474	18.58	73	2.1655	52.40	78	2.3129	46.96
208	0	0.0000	0.00	3	0.1152	2.79	3	0.1152	2.34
210	0	0.0000	0.00	0	0.0000	0.00	0	0.0000	0.00
合計	39	0.7932	100.00	170	4.1325	100.00	209	4.9257	100.00

合計 寸法型式	18-20cm			22-24cm			合計		
	枚数	材積	割合(%)	枚数	材積	割合(%)	枚数	材積	割合(%)
203	15	0.2034	5.83	8	0.1114	1.44	23	0.3148	2.81
204	50	0.9750	27.96	116	2.2948	29.74	166	3.2698	29.19
206	32	0.9001	25.82	92	2.6924	34.89	124	3.5925	32.07
208	37	1.4082	40.39	54	2.0455	26.51	91	3.4537	30.83
210	0	0.0000	0.00	12	0.5728	7.42	12	0.5728	5.11
合計	134	3.4867	100.00	282	7.7169	100.00	416	11.2036	100.00

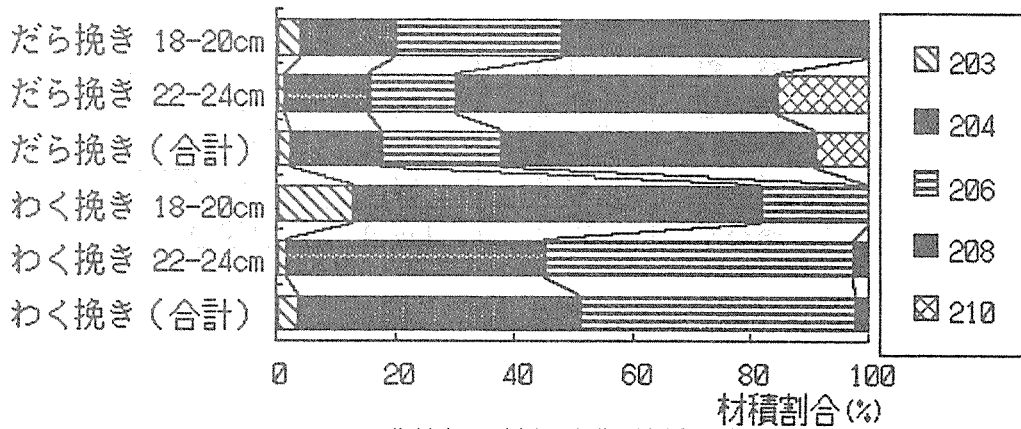


図-1-19 製材品寸法型式別材積割合

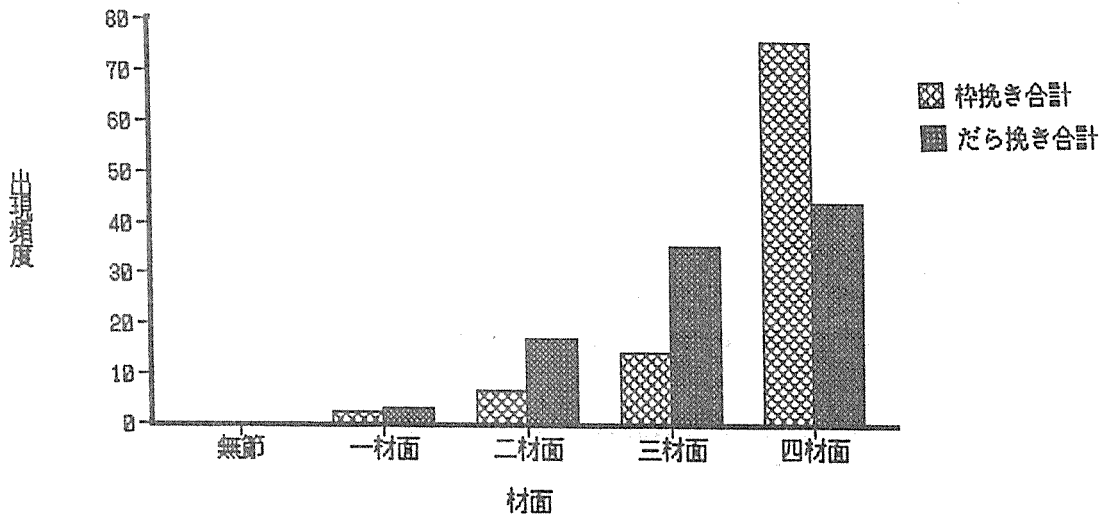


図-1-20 節の有る材面と材積  
木取り別材積割合

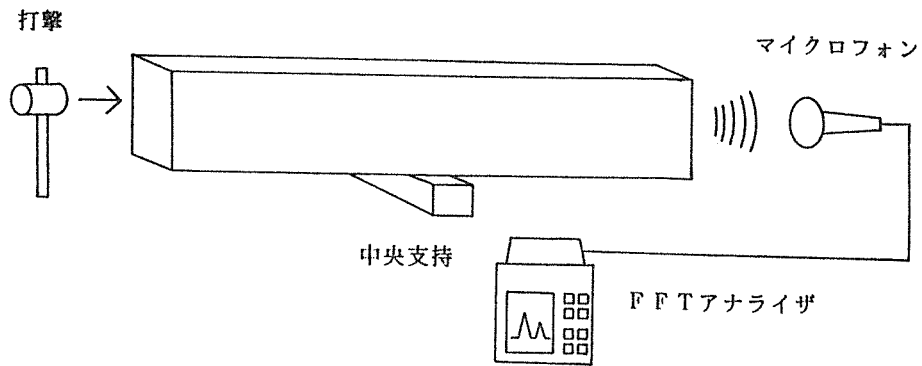


図-1-21 製材品のヤング係数測定方法

表-1-8 製材品のE f r 測定値  
単位：t/cm<sup>2</sup>

径級区分	18cm~20cm	22cm~24cm	合計
枚数	123	272	395
平均値	63.8	60.5	61.6
標準偏差	12.04	13.48	13.14
最小値	36.3	34.1	34.1
最大値	94.0	113.3	113.3

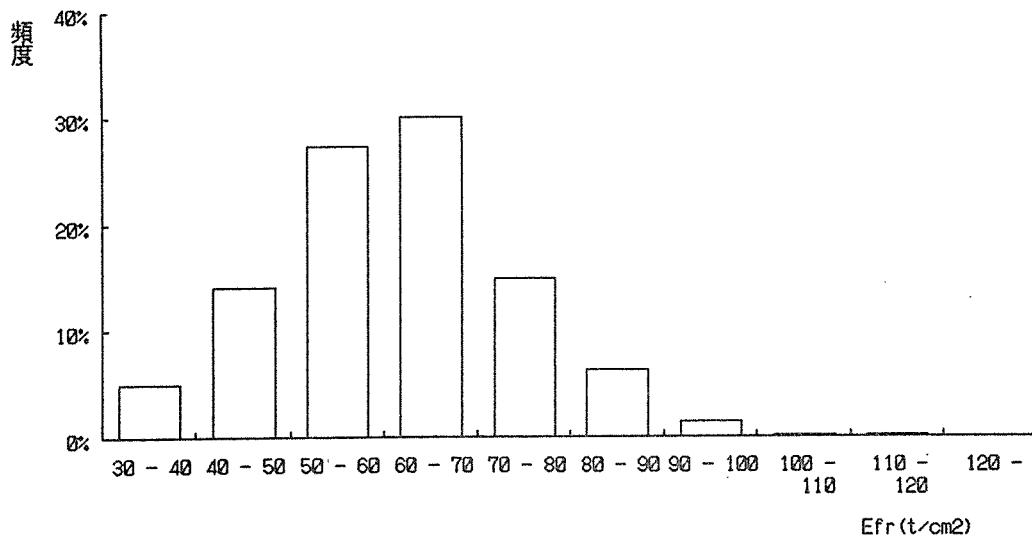


図-1-22 製材品(乾燥前)におけるE f r の頻度分布

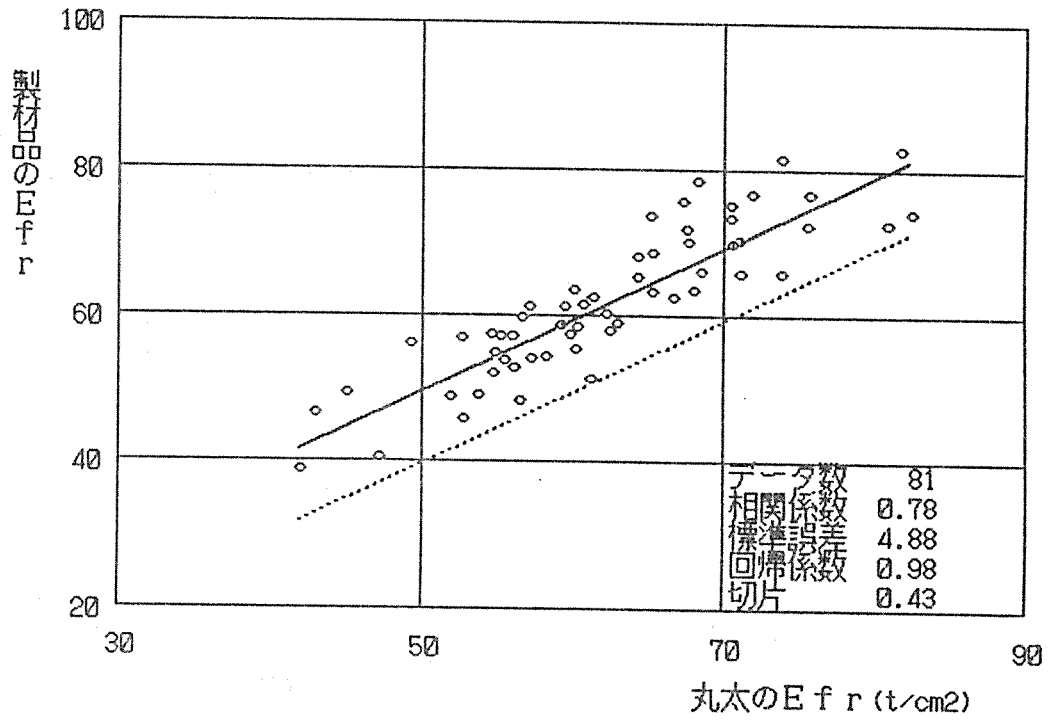


図-1-23 丸太と製材品（丸太1本当りの平均）のEf rの関係

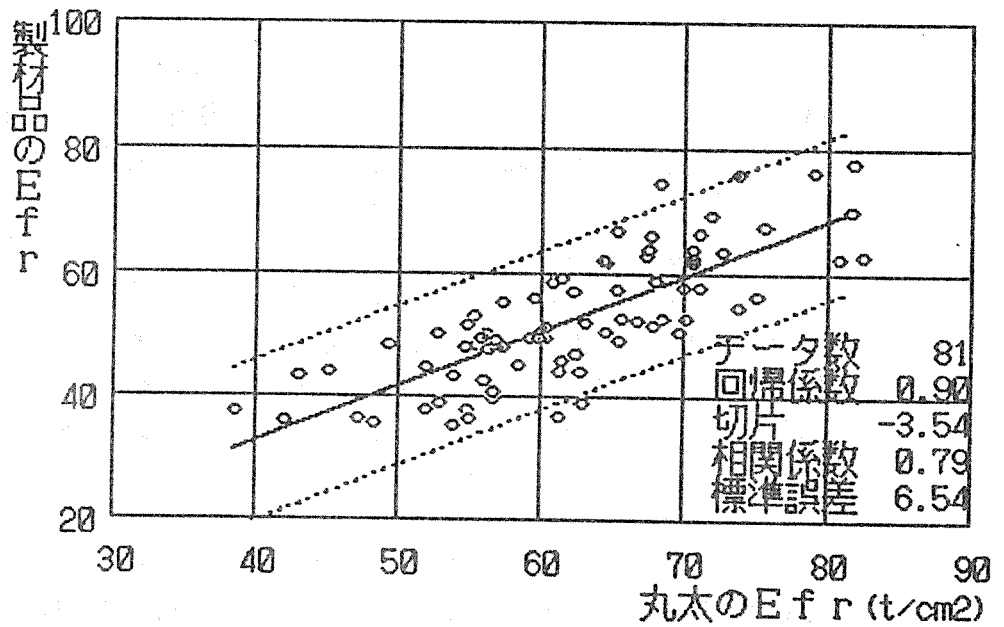


図-1-24 丸太と製材品（丸太1本当りの最小値）におけるEf rの関係

## 1-2-5. 製材品の等級格付け

製材品の測定項目は、①材長、②重量、③含水率計による含水率、④巾および厚さ寸法、⑤木口および材面の割れ、⑥そりおよび曲がり、⑦巾そり、⑧ねじれ、⑨年輪巾、⑩節、⑪傾斜、⑫FFTアナライザーによる強度測定とした。

表一1-9にこれらの調査項目の測定結果を示す。製材寸法は測点3ヶ所の平均値、曲がりおよびそりは材長4.0m当りの最高矢高でmm単位、年輪巾は末口と元口の平均値である。曲がり、そりは寸法型式が大きくなるにしたがい小さくなる傾向にあるが、特に曲がりは203材と204材との間に大きな差があった。

表一1-10に節の材面別の出現状況を示す。この表中A面、C面は材巾の面であり、B面、D面は材厚の面である。製材品1本当り材巾面で25.5個、材厚面で5.8個の節が出現し、その平均径はそれぞれ19.8mm、16.3mmであり、材巾面の節の方が個数、径とも大きかった。だら挽き、梓挽き別では、材巾面の節数はだら挽きで27.8個、梓挽きで23.4個、材厚面の節数はだら挽きで3.6個、梓挽きで8.0個と、だら挽きは材巾面に、梓挽きは材厚面に節が多く出現した。

### (1) 甲種製材品

#### ① 甲種製材品の等級格付け

製材品の測定結果を日本農林規格に基づいて梓組壁工法構造用製材の甲種等級区分を行った。

製材品の等級別、木取り別材積割合を図一1-25に示す。3級材がだら挽きで79.6%、梓挽きが78.9%と最も多く約80%近くを占めた。だら挽きでは、次いで2級材の9.1%、等外材の6.5%の順になったが、梓挽きでは等外材が13.8%と大きくなり、だら挽きより等級の度合が低かった。

木取り別、径級別による等級別の材積割合を図一1-26、-1-27、-1-28、-1-29に示す。だら挽きの18-20cm丸太においては、203材で等外材が51.7%、3級材が48.3%であり、204材で等外材が12.7%あった。208材には等外材がなく特級材~2級材が26.8%あるものの、3級材が73.2%も占めるなど等級の度合はあまり高くなかった。だら挽きの22-24cm丸太については、203材はすべて3級材であった。206材では特級材が5.1%、1級材が5.2%、2級材が10.6%と高い等級の材も生産されたが、3級材、等外材がそれぞれ68.9%、10.2%あった。210材では3級材が91.6%、等外材が8.4%であった。

梓挽きの18-20cm丸太については、203材で等外材が56.7%を占めていた。製材品寸法が大きくなるにしたがい、3級材の割合が多くなり204材では88.9%を占め、206材ではすべてが3級材であった。だら挽きの18-20cm丸太と比較すると梓挽きの18-20cm丸太の方が等級度合は低かった。梓挽き



の22-24cm丸太については、203材では1級材が20.6%、2級材が18.5%、3級材が60.9%になり等外材はなかった。204材では特級材、2級材が5.5%あるものの、3級材が71.7%、等外材が22.8%あった。208材になると、3級材が66.7%、等外材が33.3%を占め、杵挽きの22-24cm丸太の中で最も等級の度合が悪かった。

## ② 主な等級格付けの要因

各調査結果で日本農林規格の等級区分により格付けしたときの決定要因となった調査項目を重複集計し、その要因を表-1-11、図-1-30に示す。

決定要因のうち、曲がり率が27.8%、年輪巾が27.4%、節が26.1%とこの3項目が最も強く影響していた。さらに、曲がりとそりを合わせると曲がり系の要因が41.1%の決定要因になり、この影響が特に大きいといえる。

木取り別、径級別でみると、だら挽きの22-24cm丸太はそりの割合が0.6%とほとんど影響がなかったが、年輪巾と節の割合が最も高かった。

曲がりについては、だら挽きと杵挽きとの違いによる決定要因の差はほとんどなかった。

節による等級区分について表-1-12に示す。貫通節および流れ節はそれぞれ1材面の節として集計区分した。また、この表には乾燥スケジュールに用いた材は含んでいない。だら挽きでは、材積割合で24.2%が特級材に格付けされたが、杵挽きの特級材は6.8%にすぎず、52.0%が3級材以下に格付けされており、だら挽きの方が高い等級の傾向にあった。

年輪巾による等級区分では、各々の末口および元口の年輪巾の平均値を用いて等級区分を行った。その結果を表-1-13に示す。年輪巾6mm以下が特級材から2級材で、6mm以上が3級材以下であるため、6mm以下の材を特級材とし、6mm以上の材を3級材として格付けした。だら挽きでは、材積割合で44.9%が特級材となったが、杵挽きでは特級材が37.1%となり、だら挽きの方が特級材の割合が多かった。

## (2) 乙種製材品

### ① 乙種製材品の等級格付け

203材および204材について、乙種製材品の等級格付けを日本農林規格に基づき行った。

等級別、木取り別、材積割合を図-1-31に示す。

だら挽き、杵挽きともユーテリテイの割合が多かったが、だら挽きは65.0%で、杵挽きは79.7%と杵挽きの方が多かった。コンストラクションはだら挽き、杵挽きとも約5~6%と差がなかったが、スタンダードではだら挽きが23.3%と、杵挽きの9.4%を2倍以上上回っており、だら挽きの方が等級の度合が高いといえる。

木取り別、径級別による等級別材積の割合を図-1-32、-1-33、-1-34、-1-35に示す。だら挽きの18-20cm丸太では203材に38.

6%の等外材が生じたが、204材では等外材はなく、コンストラクションが4.0%、スタンダードが21.8%占め等級の度合は高かった。一方、だら挽きの22-24cm丸太においては、203材でコンストラクションが33.7%、ユーテリテイが66.3%であったが、204材ではコンストラクションが7.2%、スタンダードが28.5%占めたが、等外材も3.8%生じた。

杵挽きの18-20cm丸太では、203材はすべてユーテリテイであったが、204材ではコンストラクションとスタンダードで11.0%あったものの、等外材も3.7%あった。22-24cm丸太においては、203材でコンストラクションが20.6%、ユーテリテイが60.9%となったが、204材ではユーテリテイが77.6%と203材より多くなり、等外材も6.9%生じるなど等級の度合が低くなった。

## (2) 主な等級格付けの要因

表一1-14および図一1-36に乙種の等級格付けした要因の集計した結果を示す。乙種等級格付けの場合は、甲種等級格付けの場合よりも曲がりとその要因が強く影響し、両方で85.9%と大部分を占めていた。

木取り別、径級別では、だら挽き、杵挽きとも、また18-20cm丸太、22-24cm丸太とも曲がりの影響度の差はあまりなかった。そりについては、18-20cm丸太の方が22-24cm丸太より影響の度合は少なかった。

節については、表一1-15に示すように、74.2%がコンストラクションとなり、だら挽き、杵挽きの木取りによる差はほとんどなかった。また、節の影響割合を甲種製材品の26.1%と比べ、乙種製材品は8.1%と低く影響度は低かった。

## 1-2-6. 製材所要電力量

### (1) 測定方法

電力量は、帯鋸本機電力盤にクランプオン (HIOKI 313) を取り付け測定を行った。測定項目は、だら挽き、杵挽きそれぞれの大割り鋸断電力量、小割り鋸断電力量、送材車電力量を測定し、さらにこれらにかかる時間をストップウォッチで測定した。

調査本数は、だら挽き10本 (18-20cm丸太5本、22-24cm丸太5本)、杵挽き9本 (18-20cm2本、22-24cm丸太7本) とした。

### (2) 測定結果

表一1-16に所要電力の測定結果を示す

作業時間、切削回数は、だら挽きの22-24cm丸太の径級が大きかったため消費電力量が大きくなった。また、ほぼ同じ切削回数でも、だら挽きにくらべ杵挽きの方が、木取り方法が容易なこともあり正味鋸断時間が短くなった。

挽材面積当りすなわち単位面積当りの電力量については、杵挽きの22-24c

m丸太が最も電力量も少なく効率が良かった。

だら挽きによる製材は、小割作業での消費電力量が原木1本当りの消費電力量に占める割合が大きいため、小割作業をテーブル帯鋸盤等を使用により原木1本当りの消費電力量を減らすことができると思われる。

単位時間当りの電力量は、だら挽きの正味鋸断時間が長いいため大きい値となった。

表-1-17に送材車の電力量を示す。最小の所要電力は空転時の1.0Kwhであり、最大の所要電力は後退時の1.8Kwhであった。

#### 1-2-7. FFTアナライザーによる製材品の等級区分

製材品（乾燥前）のE f rによる木取り別等級別材積割合を図-1-37に示す。

なお、等級区分方法は表-1-18に従って区分を行った。

だら挽きにおいては、特級の材積は $5.7456\text{m}^3$  (91.5%)、1級の材積は $0.3933\text{m}^3$  (6.3%)、2級の材積は $0.1390\text{m}^3$  (2.2%)であった。わく挽きにおいては、特級の材積は $4.0808\text{m}^3$  (83.2%)、1級の材積は $0.5449\text{m}^3$  (11.1%)、2級の材積は $0.2815\text{m}^3$  (5.7%)であり、わく挽きはだら挽きに比べ特級の割合が若干低くなった。

製材品（乾燥前）のE f rによる径級別等級別材積割合を図-1-38に示す。18cm~20cm丸太においては、特級の材積は、 $3.327\text{m}^3$  (95.4%)、1級の材積は、 $0.1295\text{m}^3$  (3.7%)、2級は、 $0.0302\text{m}^3$  (0.9%)であった。22cm~24cm丸太においては、特級の材積は、 $6.4994\text{m}^3$  (84.4%)、1級の材積割合は、 $0.8087\text{m}^3$  (10.5%)、2級は $0.3903\text{m}^3$  (5.1%)であり、22cm~24cm丸太は、18cm~20cm丸太と比較し、特級の割合が約10%ほど低くなっていた。



表-1-9

製材後の木取り別,寸法型式別の測定値

だら挽き S		材長 (cm)	重量 (kg)	そり (mm)	曲がり (mm)	巾そり (mm)	ねじれ (mm)	単体の 材積	単体の 含水率	AC面 含水率	木口割れ			材面割れ			平均 寸法(mm)		年輪巾 (mm)
											個数	最大値	平均長	個数	最大値	平均長	A	B	
203	平均値	406.8	9.8	21.4	8.3	0.0	0.0	0.0129	98.7	99.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.4	47.1	6.3
	最大値	411.0	11.0	38.0	25.0	0.0	0.0	0.0143	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.4	48.2	8.1
	最小値	402.0	8.7	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0120	91.0	94.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.4	44.4	5.1
204	平均値	405.8	13.9	18.0	3.2	0.0	0.0	0.0187	99.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.1	55.8	9.0
	最大値	411.0	18.9	25.5	11.5	0.0	0.0	0.0225	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.0	44.4	3.9
	最小値	401.5	11.0	6.0	1.5	0.0	0.0	0.0162	90.0	99.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.7	47.2	6.1
206	平均値	405.8	19.2	13.7	3.8	0.0	0.0	0.0279	99.2	98.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	153.5	50.3	8.3
	最大値	412.0	24.3	30.0	15.0	0.0	0.0	0.0305	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.3	42.9	4.2
	最小値	401.0	14.3	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0252	92.5	87.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.6	48.2	6.2
208	平均値	405.8	26.6	9.2	2.8	0.0	0.0	0.0381	99.4	99.1	0.4	19.5	19.5	0.0	0.0	0.0	202.6	51.0	9.5
	最大値	411.0	34.8	22.0	6.0	0.0	0.0	0.0413	100.0	100.0	2.0	98.0	98.0	0.0	0.0	0.0	187.1	44.3	3.7
	最小値	402.0	22.1	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0338	94.8	92.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
210	平均値																		
	最大値																		
	最小値																		

だら挽き UM		材長 (cm)	重量 (kg)	そり (mm)	曲がり (mm)	巾そり (mm)	ねじれ (mm)	単体の 材積	単体の 含水率	AC面 含水率	木口割れ			材面割れ			平均 寸法(mm)		年輪巾 (mm)
											個数	最大値	平均長	個数	最大値	平均長	A	B	
203	平均値	404.8	10.713	7.3	10.0	0.0	0.0	0.0139	97.8	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.6	49.6	6.6
	最大値	405.5	12.791	11.0	17.0	0.0	0.0	0.0149	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.5	51.9	10.0
	最小値	404.0	8.209	2.0	3.0	0.0	0.0	0.0128	94.8	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.9	48.2	4.6
204	平均値	405.0	14.167	16.9	2.8	0.0	0.0	0.0190	99.3	99.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	137.4	50.6	8.6
	最大値	415.0	21.849	35.0	5.0	0.0	0.0	0.0264	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.2	45.9	3.9
	最小値	398.0	10.887	4.0	1.5	0.0	0.0	0.0170	94.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.4	47.1	6.2
206	平均値	405.3	19.489	13.7	2.7	0.0	0.0	0.0277	99.7	99.3	0.1	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	152.1	49.6	9.0
	最大値	415.0	25.270	30.0	6.0	0.0	0.0	0.0311	100.0	100.0	1.0	47.0	47.0	0.0	0.0	0.0	140.0	44.2	4.4
	最小値	401.0	16.207	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0259	97.0	94.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.9	47.9	6.7
208	平均値	405.3	24.431	10.2	2.8	0.0	0.0	0.0378	99.3	99.4	0.3	13.5	11.0	0.1	14.5	10.4	194.9	47.9	6.7
	最大値	415.0	32.887	22.0	7.5	0.0	0.0	0.0409	100.0	100.0	2.0	130.0	100.0	3.0	490.0	281.3	202.3	51.0	9.8
	最小値	399.0	17.804	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0321	94.3	93.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	187.2	41.9	4.4
210	平均値	404.5	33.533	5.2	2.0	0.0	0.0	0.0477	99.9	99.8	0.1	5.8	5.8	0.0	0.0	0.0	243.3	48.5	6.8
	最大値	409.5	39.811	10.0	3.0	0.0	0.0	0.0507	100.0	100.0	1.0	70.0	70.0	0.0	0.0	0.0	246.1	51.2	8.8
	最小値	401.5	28.796	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0429	98.5	97.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	239.0	43.9	4.9

控挽き S		材長 (cm)	重量 (kg)	そり (mm)	曲がり (mm)	巾そり (mm)	ねじれ (mm)	単体の 材積	単体の 含水率	AC面 含水率	木口割れ			材面割れ			平均 寸法(mm)		年輪巾 (mm)
											個数	最大値	平均長	個数	最大値	平均長	A	B	
203	平均値	407.8	10.511	17.5	10.0	0.0	0.0	0.0143	95.4	96.7	0.1	35.7	35.7	0.7	84.9	75.6	71.2	49.2	5.6
	最大値	412.0	11.794	25.0	23.0	0.0	0.0	0.0154	100.0	100.0	1.0	250.0	250.0	2.0	280.0	255.0	72.1	52.4	6.3
	最小値	402.0	9.435	5.0	3.0	0.0	0.0	0.0138	86.5	91.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0	47.8	4.6
204	平均値	408.5	13.875	16.5	4.7	0.0	0.0	0.0202	97.0	98.0	0.1	54.3	54.3	0.4	125.6	74.7	99.7	49.6	6.5
	最大値	413.0	17.165	28.0	14.5	0.0	0.0	0.0217	100.0	100.0	1.0	1400.0	1400.0	4.0	1320.0	852.5	102.1	52.3	8.2
	最小値	406.0	10.099	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0192	82.3	82.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.2	47.3	4.3
206	平均値	406.6	21.041	15.6	2.5	0.0	0.0	0.0295	99.1	99.5	0.0	0.0	0.0	2.0	396.0	111.6	150.6	48.2	7.3
	最大値	408.5	22.552	23.0	3.0	0.0	0.0	0.0303	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1980.0	558.0	151.3	49.2	7.6
	最小値	402.0	19.973	10.0	2.0	0.0	0.0	0.0289	97.5	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	149.6	47.5	6.8
208	平均値																		
	最大値																		
	最小値																		
210	平均値																		
	最大値																		
	最小値																		

控挽き UM		材長 (cm)	重量 (kg)	そり (mm)	曲がり (mm)	巾そり (mm)	ねじれ (mm)	単体の 材積	単体の 含水率	AC面 含水率	木口割れ			材面割れ			平均 寸法(mm)		年輪巾 (mm)
											個数	最大値	平均長	個数	最大値	平均長	A	B	
203	平均値	414.0	10.665	22.6	2.8	0.0	0.0	0.0139	97.8	97.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.7	47.5	5.2
	最大値	444.0	11.194	32.0	4.0	0.0	0.0	0.0155	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.5	49.7	5.6
	最小値	405.0	10.182	17.0	2.0	0.0	0.0	0.0129	94.8	93.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.9	44.6	4.6
204	平均値	407.3	14.912	16.3	5.3	0.0	0.0	0.0200	97.1	98.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.0	49.7	6.6
	最大値	444.5	105.070	39.0	20.0	0.0	0.0	0.0219	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	102.5	53.6	10.4
	最小値	399.5	9.039	2.0	1.2	0.0	0.0	0.0178	81.4	86.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.8	45.2	4.3
206	平均値	406.4	20.319	12.9	3.8	0.0	0.0	0.0297	97.0	97.2	0.1	4.3	4.1	0.0	0.0	0.0	148.8	49.0	6.7
	最大値	412.5	129.150	27.0	16.0	0.0	0.0	0.0321	100.0	100.0	2.0	159.0	159.0	0.0	0.0	0.0	152.4	53.3	10.5
	最小値	400.0	13.675	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0275	82.3	83.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.3	45.4	4.4
208	平均値	404.5	26.849	13.8	1.8	0.0	0.0	0.0384	99.3	98.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	199.8	47.5	6.4
	最大値	406.0	28.727	16.5	2.0	0.0	0.0	0.0385	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	201.1	47.7	6.9
	最小値	403.0	24.940	12.0	1.5	0.0	0.0	0.0383	98.0	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	199.1	47.0	6.0
210	平均値																		
	最大値																		
	最小値																		



材巾	枚数	A面		C面		合計		
		節数	平均径(mm)	節数	平均径(mm)	平均節数	平均径(mm)	
だら挽き	18-20cm	91	871	17.8	1496	22.0	26.0	20.5
	22-24cm	109	1269	20.4	1921	21.9	29.3	21.3
	小計	200	2140		3417		27.8	20.9
伸挽き	18-20cm	37	343	18.5	591	18.8	25.2	18.7
	22-24cm	165	1382	16.5	2398	19.3	22.9	18.3
	小計	202	1725		2989		23.3	18.5
合計	402	3865	18.3	6406	20.7	25.5	19.8	

材厚	枚数	B面		D面		合計		
		節数	平均径(mm)	節数	平均径(mm)	平均節数	平均径(mm)	
だら挽き	18-20cm	91	159	15.7	155	16.7	3.5	16.2
	22-24cm	109	204	16.7	196	17.3	3.7	17.0
	小計	200	363		351		3.6	16.6
伸挽き	18-20cm	37	187	16.4	173	17.6	9.7	17.0
	22-24cm	165	630	15.8	634	16.0	7.7	15.9
	小計	202	817		807		8.0	16.5
合計	402	1180	16.0	1158	16.6	5.8	16.3	

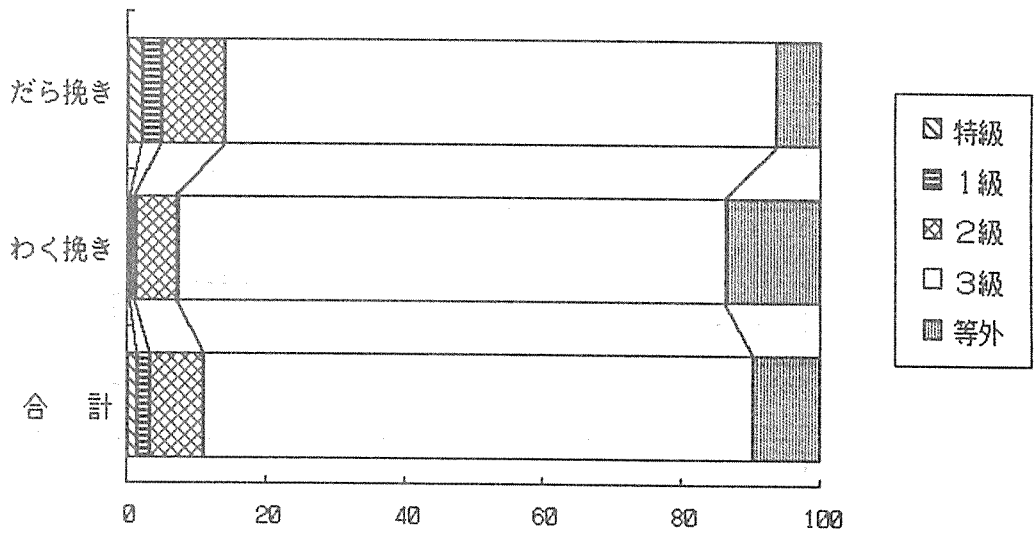


図-1-25 製材品の等級別材積割合 材積割合(%)

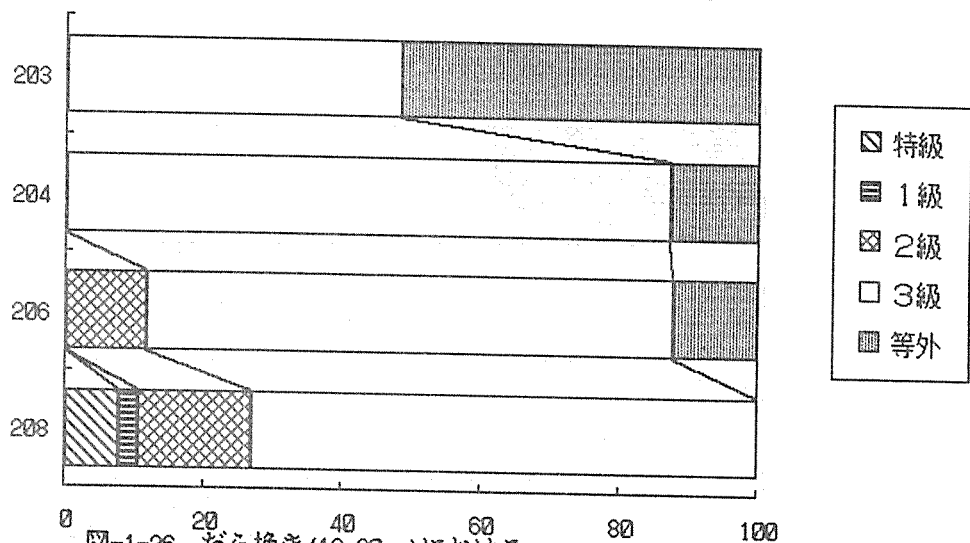


図-1-26 だら挽き(18-20cm)における製材品の寸法型式及び等級別材積割合 材積割合(%)

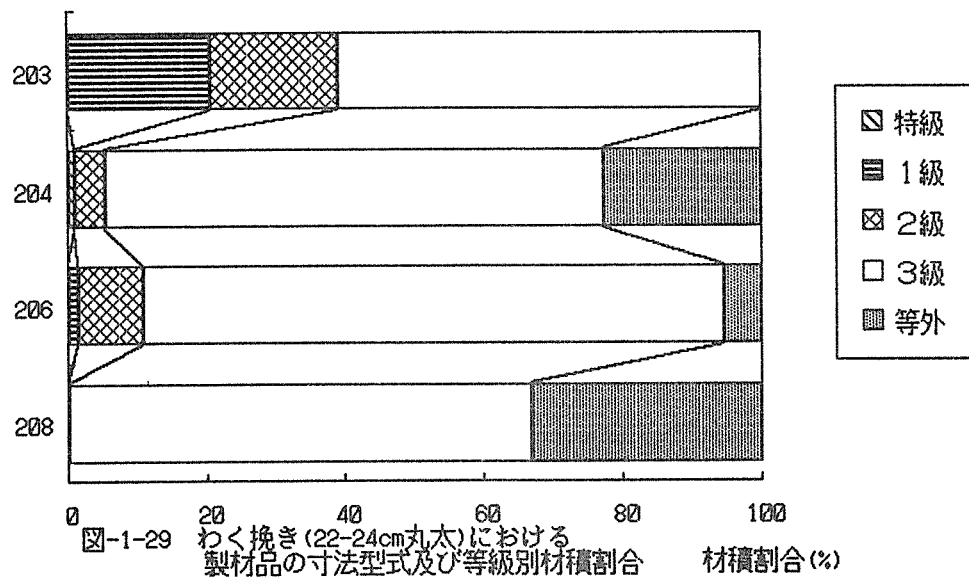
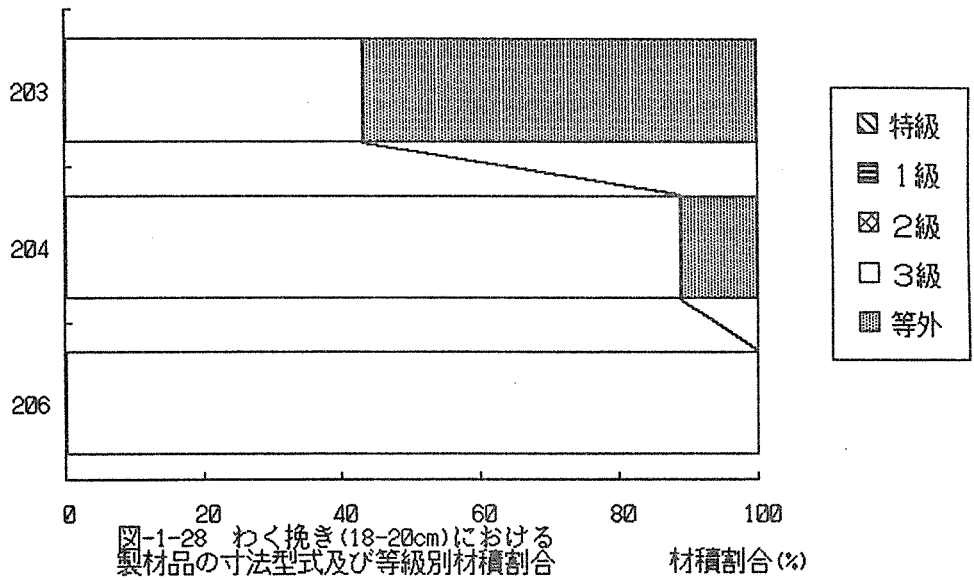
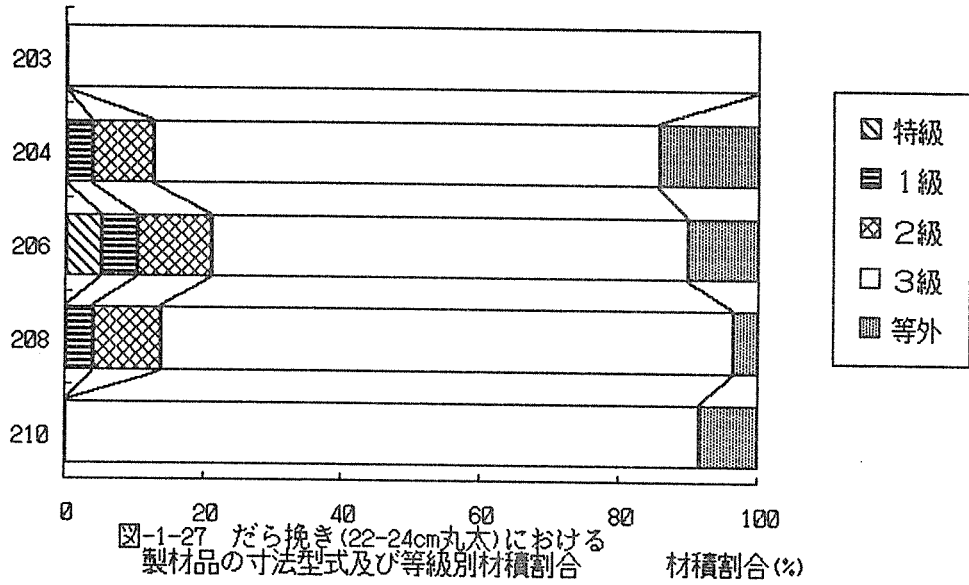




表 1-1-1 甲種製材の欠点の出現率

区別	製材		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	Efr	年輪巾	合計
	本数	出現率										
だら挽き 18-20cm	95		3	5	35	3	48	3	35	3	47	182
	100		3.2	5.3	36.8	3.2	50.5	3.2	36.8	3.2	49.5	191.6
だら挽き 22-24cm	112		1.6	2.7	19.2	1.6	26.4	1.6	19.2	1.6	25.8	100
	100		0.9	4.5	0.9	0.9	42.0	0.9	44.6	1.8	54.5	150.9
併挽き 18-20cm	39		0	3	0.6	0.6	27.8	0.6	29.6	1.2	36.1	100
	100		0	5	13	0	25	0	25	0	21	89
併挽き 22-24cm	170		0	5.6	14.6	0	28.1	0	28.1	0	23.6	100
	100		0.6	2.9	31.8	0.6	56.5	0.6	54.7	1.2	49.4	198.2
合計	416		0.3	1.5	16	0.3	28.5	0.3	27.6	0.6	24.9	100
	100		0.6	2.6	13.3	0.6	27.8	0.6	26.1	0.9	27.4	100

表 1-1-1-2 甲種製材品の節による木取り別等級割合

区分	材積 割合	特級材					3級材	等外材	合計
		1級材	2級材	3級材	4級材	5級材			
だら挽き	1.4671	1.0462	1.5335	1.6529	0.3686	6.0683			
	24.2	17.2	25.3	27.2	6.1	100.0			
併挽き	0.3228	0.8765	1.0811	1.8978	0.5778	4.7560			
	6.8	18.4	22.7	39.9	12.2	100.0			
計	1.7899	1.9227	2.6146	3.5507	0.9464	10.8243			
	16.5	17.8	24.2	32.8	8.7	100.0			

\* コントローラクション材を除く

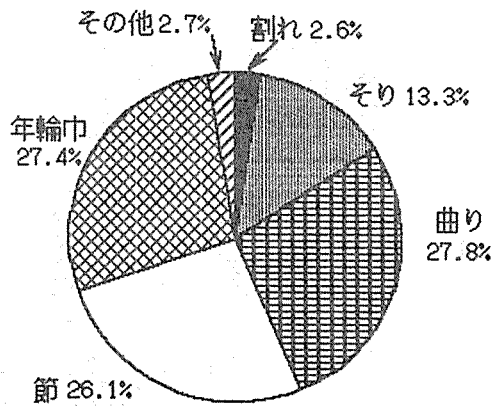
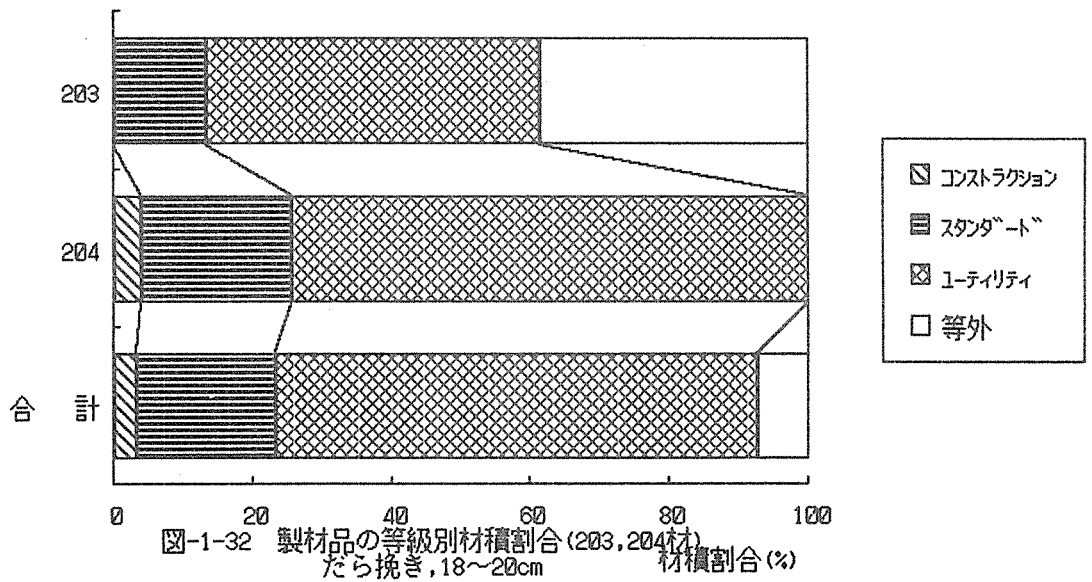
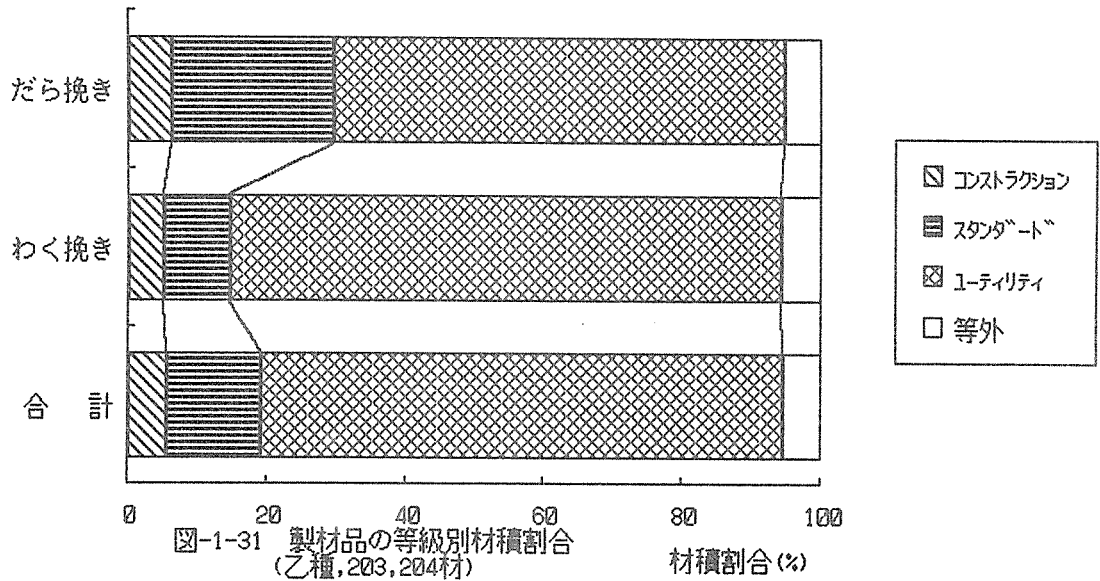


図-1-30 製材品(未乾燥材)の等級格付けにおける決定要因について

表 - 1 - 1 3

年輪巾による等級別本数，材積割合

		だら挽き			粹挽き			計		
		本数	材積	割合	本数	材積	割合	本数	材積	割合
203	特級～2級	5	0.0681	47.0	7	0.0981	57.8	12	0.1662	52.8
	3級以下	6	0.0769	53.0	5	0.0716	42.2	11	0.1485	47.2
	計	11	0.1450	100.0	12	0.1697	100.0	23	0.3147	100.0
204	特級～2級	28	0.5371	57.0	45	0.8961	39.5	73	1.4332	44.7
	3級以下	22	0.4049	43.0	68	1.3705	60.5	90	1.7754	55.3
	計	50	0.9420	100.0	113	2.2666	100.0	163	3.2086	100.0
206	特級～2級	27	0.7491	58.5	25	0.7404	33.3	52	1.4895	42.5
	3級以下	19	0.5305	41.5	50	1.4836	66.7	69	2.0141	57.5
	計	46	1.2796	100.0	75	2.2240	100.0	121	3.5036	100.0
208	特級～2級	36	1.3715	41.1	1	0.0385	33.5	37	1.4100	40.8
	3級以下	52	1.9670	58.9	2	0.0766	66.6	54	2.0436	59.2
	計	88	3.3385	100.0	3	0.1151	100.0	91	3.4536	100.0
210	特級～2級	2	0.0960	16.8				2	0.0960	16.8
	3級以下	10	0.4768	83.2				10	0.4768	83.2
	計	12	0.5728	100.0				12	0.5728	100.0
計	特級～2級	98	2.8218	45.0	78	1.7731	37.1	176	4.5949	41.6
	3級以下	109	3.4561	55.1	125	3.0023	62.9	234	6.4584	58.4
	計	207	6.2779	100.0	203	4.7754	100.0	410	11.0533	100.0



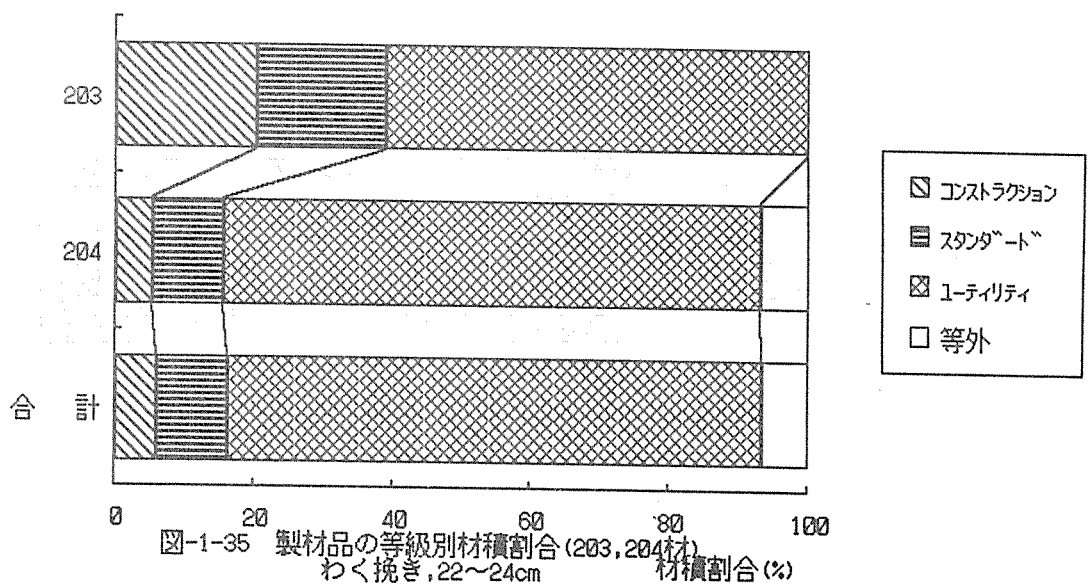
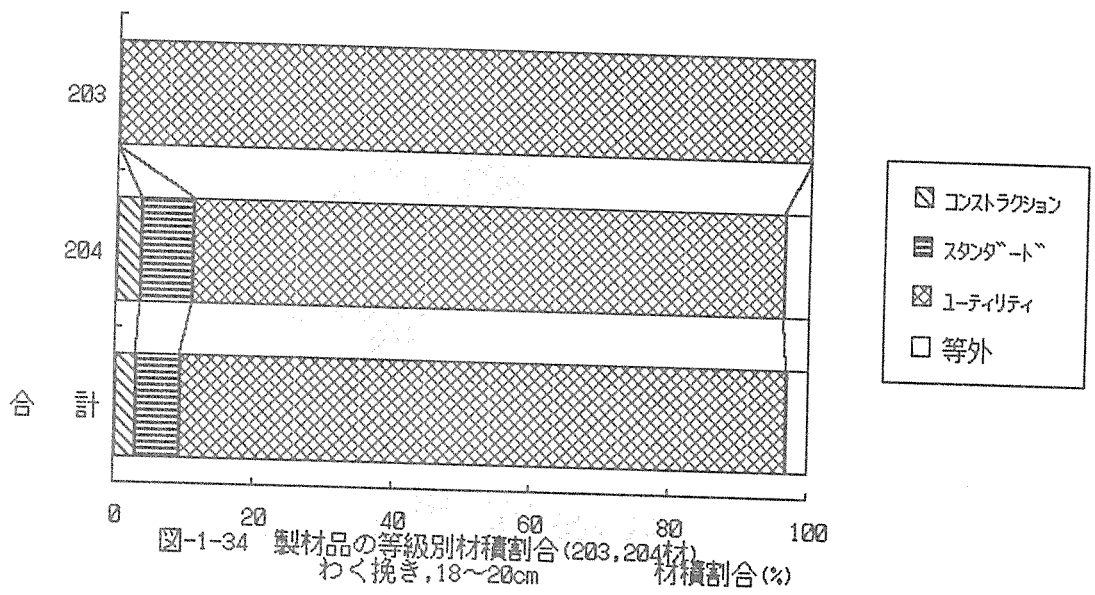
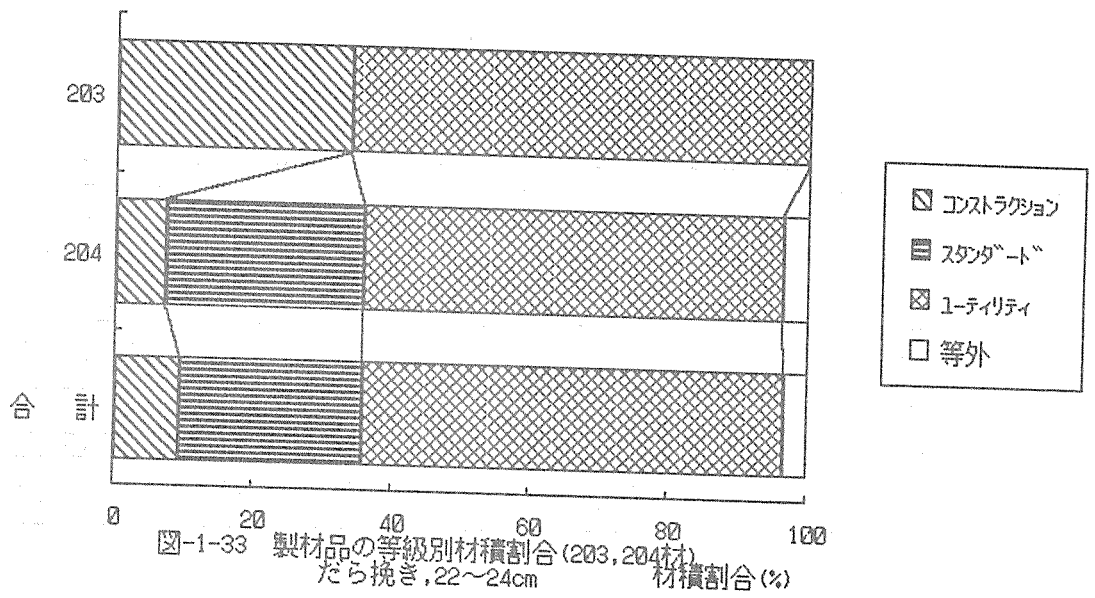


表 - 1 - 1 4 乙種製材の欠点の出現率

製材		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	Efr	合計
だら挽き 18-20cm	本数	31		5	9	5	24	4		47
	出現率	100	0.0	16.1	29.0	16.1	77.4	12.9	0.0	151.6
	%		0.0	10.6	19.2	10.6	51.1	0.0	8.5	100.0
だら挽き 22-24cm	本数	30			13		20	1		34
	出現率	100	0.0	0.0	43.3	0.0	66.7	3.3	0.0	113.3
	%		0.0	0.0	38.2	0.0	58.8	2.9	0.0	100.0
粹挽き 18-20cm	本数	34		6	17		31	4		58
	出現率	100	0.0	17.6	50.0	0.0	91.2	11.8	0.0	170.6
	%		0.0	10.3	29.3	0.0	53.5	6.9	0.0	100.0
粹挽き 22-24cm	本数	94			40		70	12		122
	出現率	100	0.0	0.0	42.6	0.0	74.5	12.8	0.0	129.8
	%		0.0	0.0	32.8	0.0	57.4	9.8	0.0	100.0
合計	本数	189	0	11	79	5	145	21	0	261
	出現率	100	0.0	5.8	41.8	2.6	76.7	11.1	0.0	138.1
	%		0.0	4.2	30.3	1.9	55.6	8.1	0.0	100.0

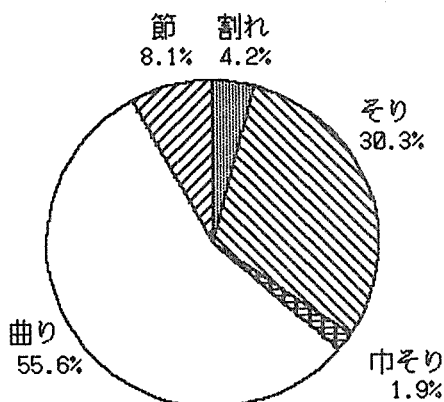


図-1-36 製材品(未乾燥材)の等級格付け(乙種)における決定要因について

表 - 1 - 1 5 乙種製材品の節による木取り別等級割合

区分		コンストラクション	スタンダード	エーティリティ	等外材	合計
だら挽き	材積	0.7828	0.1600	0.0872		1.0300
	割合	76.0	15.5	8.5	0.0	100.0
粹挽き	材積	1.7758	0.4337	0.1872	0.0202	2.4169
	割合	73.5	17.9	7.8	0.8	100.0
計	材積	2.5586	0.5937	0.2744	0.0202	3.4469
	割合	74.2	17.2	8.0	0.6	100.0

表-1-16

木取り別製材所要電力量

区 分	だら挽き		梓挽き	
	22-24	18-20	22-24	18-20
作業時間 (分)	21.2	17.8	16.1	17
正味鋸断時間 ( ' ")	4'53"	3'13"	2'34"	2'14"
切削回数	19.6	16.2	15.6	16.0
原木1本当り消費電力量 (kWh)	2.648	1.984	1.853	1.709
切削時電力量 (kWh)	0.462	0.376	0.387	0.401
大割り切削時電力量 (kWh)	0.213	0.180	0.301	0.292
小割り切削時電力量 (kWh)	0.249	0.196	0.086	0.109
単位面積当り電力量 (kWh/m <sup>2</sup> )	1.635	1.368	1.168	1.409
大割り単位面積当り電力量 (kWh/m <sup>2</sup> )	0.441	0.323	0.710	0.829
小割り単位面積当り電力量 (kWh/m <sup>2</sup> )	1.194	1.044	0.457	0.579
単位時間当り切削時電力量(kWh/sec)X10 <sup>-3</sup>	1.578	1.951	2.849	2.993
単位時間・単位面積当り切削時電力量 (kWh/sec・m <sup>2</sup> )	0.060	0.064	0.075	0.084

表-1-17

送材車電力量

区分	前進	鋸断時	後退	空転時
送材車電力量 (KWh)	1.1	1.2	1.8	1.0

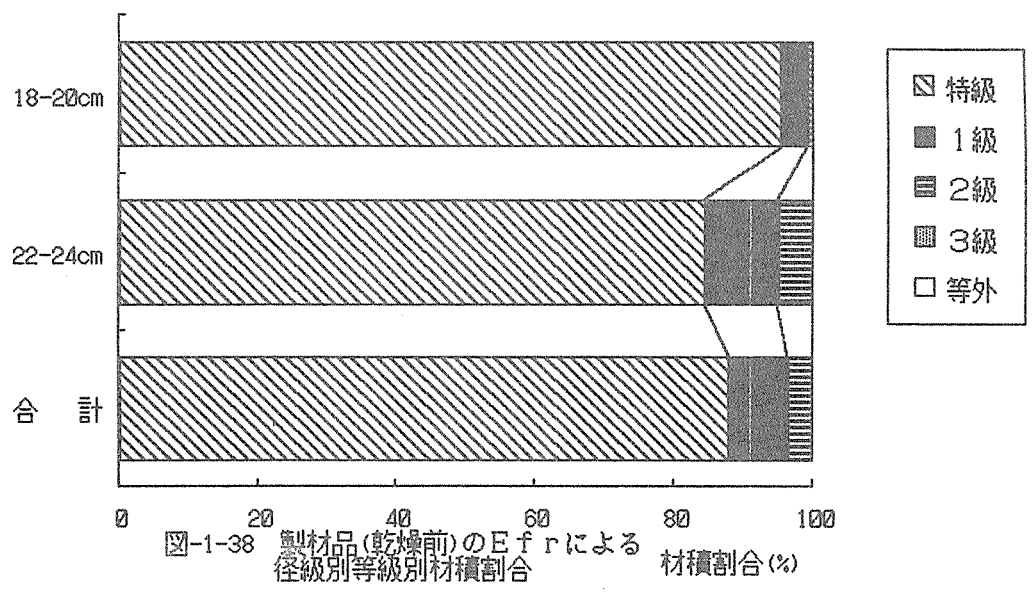
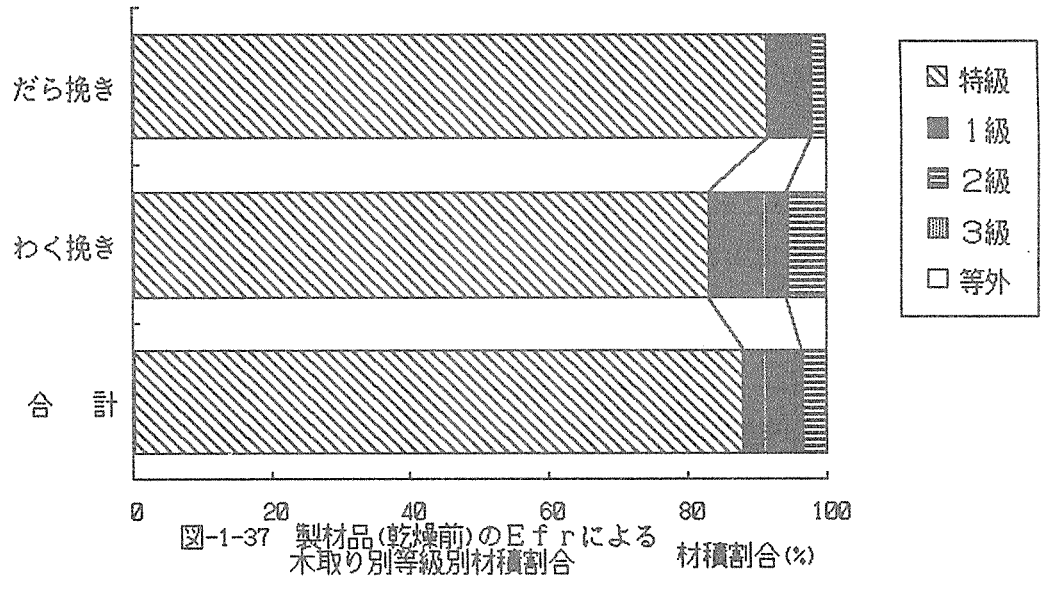


表-1-18 強度等級区分

規格	寸法 型式	等級	曲げ 強度 kgf/cm <sup>3</sup>	曲げ ヤング係数数 ×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>3</sup>	曲げ 強度比 %
甲種 枠組材	203	特級	422.5	45.5	65
	204				
	206	1級	357.5	38.5	55
	208				
	210	2級	272.5	31.5	45
	212	3級	169.0	18.2	26
	404				
乙種 枠組材	203	コンストラクション (CONST)	221.0	23.8	34
	204	スタンダード (STAND)	123.5	13.3	19
	404	ユティリティ (UTIL)	58.5	6.3	9

(注) 強度比 =  $\frac{\text{欠点をもった構造材の許容応力度}}{\text{基準応力度}} \times 100(\%)$

基準応力度…無地（無欠点）の材が実在するものとして、  
樹種ごとに定めた許容応力度  
（無欠点）=100

スギ材の基準応力度…曲げ強度：650kgf/cm<sup>3</sup>，  
曲げヤング係数：70×10<sup>3</sup>kgf/cm<sup>3</sup>

## 2. 乾燥試験

枠組壁工法用住宅部材を製材時の未乾燥材から含水率19%以下の乾燥材にするため、人工乾燥をおこない、乾燥に伴ない発生する寸法変化や狂いによる等級の変化状況を調査し、適正な乾燥スケジュールの検討を行った。

乾燥は当林業センターのI F式蒸気乾燥室（7m<sup>3</sup>）で実施した。

### 2-1. 人工乾燥試験

#### 2-1-1 試験方法

だら挽き、枠挽きによる2種類の木取り方法により製材された製材品を、表-2-1に示す2種類のスケジュールにより目標含水率をJAS（枠組壁工法構造用の日本農林規格）の乾燥材の基準である19%に設定し、だら挽きによる製品は高温乾燥、枠挽きによる製品は中温乾燥を行った。棧積み配置図を図-2-1、-2-2に示す。図中の数字は製材寸法型式である。したがって同一段における左右の位置関係にずれはないが、上下の段における位置関係にずれがある。

乾燥試験に使用した材の枚数の内訳は表-2-2に示すとおりである。

スケジュールの操作は、乾燥試験1回当たり6枚（柾目材3枚、板目材3枚）のコントロールサンプルをとり、このコントロールサンプルのうち最も乾燥の遅れたもの2枚の平均含水率に基づいて行った。

#### (1) 含水率測定

コントロールサンプルにおいては、図-2-3に示すように乾燥前に両木口より小試片（2ヶ）、乾燥後には材中央部で小試片（1ヶ）を取り、全乾法により測定し、さらに参考のため高周波式含水率計（デルター5、比重補正1.0）を用い、一材面当たり3ヶ所、材巾、材厚の2材面において含水率を測定した。

乾燥前後の水分分布状態を把握するために、小試片を切取り図-2-4に示すように7分割し、表層、内層部の含水率を測定した。

#### (2) 収縮率の測定

コントロールサンプルの幅、厚さの寸法を各3ヶ所について、幅は、1/100mmデジタルノギス、厚さは、1/10mmキャリパゲージを用い（製材品について



は、デジタルノギスを使用) 仕上げ含水率までの収縮率を求めた。なお、あらかじめ JIS Z 2103 の収縮試験法に基づき、半径方向、接線方向の含水率 1% に対する収縮率を求め、これを用いて、一定含水率での収縮率に補正も行った。測定位置を図-2-5 に示す。

### (3) 割れの測定

水口割れ、材面割れは、本数、長さについて4材面について測定した。

## 2-1-2 乾燥結果

### (1) 乾燥経過

乾燥経過を図-2-6, -2-7 に示す。だら挽き、粹挽き材ともに辺材の割合が大きい板目材の方が初期含水率が高いが、乾燥に伴う含水率の低下は急激であり、かつ、同じ乾燥時間においても板目材の方が低い含水率に仕上がった。

### (2) 含水率

コントロールサンプルについて、表-2-3 に全乾法による初期含水率と仕上がり含水率、また、含水率計による仕上がり含水率とを示す。2通りの測定方法による仕上がり含水率は、ともに目標含水率である19%以下になっていた。

含水率計では、全乾法に比べ若干低めに示す場合が多いが、その差は1%以下であった。

高温、中温条件ともに板目材の方が低い仕上がり含水率となった。

乾燥後の製品の含水率計による含水率及びその分布について表-2-4, 図-2-8 で示す。含水率計では、100%以上の表示ができないため、100%を越す含水率は、すべて100%の表示となる。

両条件による乾燥とも製材品の平均含水率は約19%以下に仕上がった。中温条件の方が、高温条件より低い含水率に仕上がりに、かつ、ぼらつきも少なかった。一方、高温条件では、含水率30%以上の製材品が18枚(全体の8%)とぼらつきがみられた。

### (3) コントロールサンプルの乾燥前後の水分分布

コントロールサンプルの乾燥前後の水分分布の変化を図-2-9 に示す。乾燥前は両条件の試片とも約40%の大きな含水率の差がみられた。乾燥後は中温条件の方が表層の含水率が低かったが、両条件ともに中心部と表層では、約3%の含水率傾斜がみられた。

### (4) 乾燥時間

乾燥は間欠運転(1日約12時間稼働)とした。乾燥日数は高温乾燥8日、中温乾燥10日となり、実質運転時間は前者81時間、後者108時間とな

り、高温乾燥での乾燥時間の短縮がみられた。

## (5) 乾燥による損傷

### ① 収縮率

コントロールサンプルの収縮率を表-2-5に示す。板目材においては、巾（接線方向）の収縮率の方が、厚さ（半径方向）の2倍以上を示し材の異方収縮が著しかった。柎目材として採取したコントロールサンプルは、側部が追柎となっていて、巾が接線方向、厚さが半径方向に相当している追柎の板目材と考えられるため、巾（接線方向）の収縮率が板目材より小さい値となっている。

収縮試験による測定結果を表-2-6に示す。今回使用したスギは、特に収縮の大きいものではないと考えられる。

製材品の収縮率とその分布を表-2-7、-2-8、図-2-10に示す。製材品には、板目材、柎目材とも混在しているため、巾方向と厚さ方向の異方収縮性は見られなかった。全体では、高温条件での乾燥の方が収縮率が大きい結果となった。偏差、最大値については、特に差はみられない。

### ② 割れ

コントロールサンプルにおいては、割れの発生は見られなかった。

製材品の割れを表-2-9に示す。高温条件では乾燥による木口、材面割れの増加が著しが、中温条件では割れの増加がみられなかった。

### ③ そり、曲がり、ねじれ

そり、曲がり、ねじれとその分布を表-2-10、-2-11、-2-12、図-2-11、-2-12、-2-13に示す。これらすべての変形量とも、中温乾燥の場合が大きい値を示した。しかし、これは、だら挽きによる製材品は高温乾燥とし、梓挽きによる製材品は中温乾燥としたため、木取りの方法によるものか、乾燥温度によるものかははっきりしなかった。

## 2-1-3. 乾燥材の測定

乾燥終了後、製材終了後と同様に①材長、②重量、③含水率計による含水率、④材巾、材厚、⑤木口および材面の割れ、⑥曲がりおよびそり、⑦巾そり、⑧ねじれ、⑨FFTアナライザーによる強度について測定を行った。

表-2-13に調査項目の測定結果を示す。曲がりおよびそりは、製材寸法が小さい材の方が大きくなる傾向があった。製材後の測定と同じように曲がりについては、だら挽き、梓挽きとも18-20cm丸太は203材と204材との間に差があったが、そりには大きな差はなかった。また、巾そり、ねじれについては寸法型式の違いによる差はなかった。

## 2-1-4. 乾燥材の歩止まり

表-2-14に製材時、乾燥時の歩止まりの状況を示す。この表中のサンプルの欄は、乾燥時におけるコントロールサンプル材に関する材積を除いたもので、丸太時ではサンプル材を製材した原木材積、製材時および乾燥時では、その原木から製材された全製材品の材積を除いたものである。

木取り別の歩止まりでは、だら挽きの製材歩止まりは53.4%であったが、乾燥により、丸太に対して50.2%の乾燥歩止まりになり、製材歩止まりより3.2%低下した。製材品に対する乾燥歩止まりは94.0%であった。一方、梓挽きの製材歩止まりは53.9%、丸太に対する乾燥歩止まりは50.5%、製材品に対する乾燥歩止まりは93.7%とだら挽きの場合とほとんど変わらなかった。

径級別では、18-20cmの丸太から製材された製品の丸太に対する乾燥歩止まりは、だら挽き、梓挽きとも49%前後で差はなかった。また、22-24cmの丸太の場合も51%前後と同様であった。さらに、製材品に対する乾燥歩止まりは、どの場合も94%前後となっており径級による差はなかった。

歩止まりは木取り方法、径級の違いによらず、製材歩止まりが53.5%前後、乾燥歩止まりが50%程度、製材品に対して94%程度の歩止まりとなった。

表-2-1 人工乾燥スケジュール

区分	高温乾燥		中温乾燥		備考
	乾球温度	乾湿球温度差	乾球温度	乾湿球温度差	
初期蒸煮					約3時間
生~40	90℃	4	70℃	4	
中間蒸煮					約3時間
40~30	95℃	7	75℃	7	
30~19	95℃	15	75℃	15	

図 - 2 - 1 高温乾燥機積み配置図

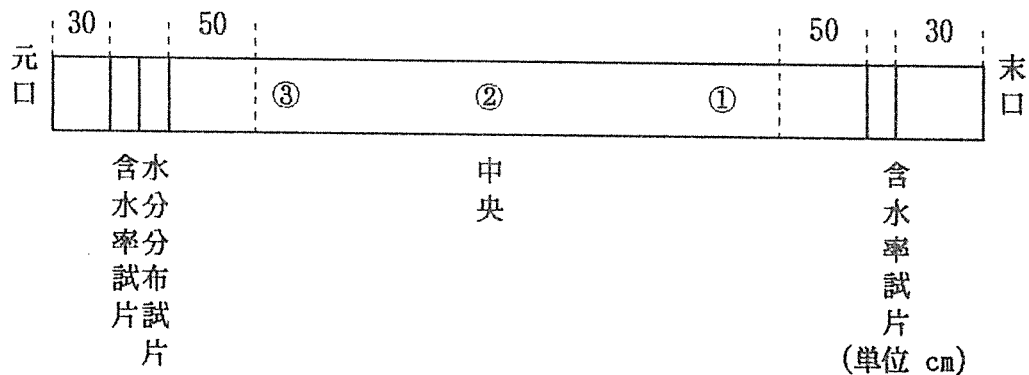
208	208	208	208					
208	206	204	204	208	210			
206	206	206	208	204	206	208	204	
204	206	208	206	204	208	208	208	
204	210	206	204	208	208	204	208	
206	203	206	204	204	206	208	208	206
206	204	208	208	206	203	208	206	203
208	208	210	208	204	204	206	208	
204	208	208	204	208	208	204	204	204
203	204	208	208	208	208	206	208	
208	206	206	204	204	204	206		
204	208	208	204	208	208	204	206	
206	208	208	210	208				
208	208	203	208	206	204	208	208	
208	204	203	204	208	206	208		
208	206	206	208	208	204	208	206	
208	206	206	206	204	206			
210	206	208	208	204	206	208		
210	204	208	204	204	208			
204	208	208	208	208	208	206		
206	204	208	208	206	208	204	208	
203	204	206	210	203	206	208	208	
206	204	206	204	208	208	208	208	
208	210	208	210	206	203	208		
208	208	206	203	206	208	204	210	
204	208	208	206	203	210	208		
204	204	206	203	208	206	204	208	204

図 - 2 - 2 中温乾燥機積み配置図

		203	204	204						
206	204	204	204	203			204	206		
204	204	204	204	204			204	203	204	
204	203	204	204	206			206	203	206	
204	204	203	204	204			206	206	204	
204	206	204	206	204			204	204	208	
206	204	206	204	204			206	206		
204	203	204	204	204			204	204	206	
204	203	203	203	204	206	204	204			
204	204	204	204	204	204	206	203	204	204	204
206	206	206	204	206	204	208				
206	204	204	204	204	204	206	204	204	204	204
206	206	204	204	206	204	204				
206	206	206	206	204	204	204	204	204	204	
206	204	204	206	206	206	206				
204	206	206	206	206	206	204	204	206		
206	206	206	206	204	204					
206	206	204	204	204	206	206	206	206		
206	206	206	206	206	204	206	204			
204	204	204	204	204	204	204	206	204	204	204
206	204	204	204	204	204	206	206	206		
206	204	204	204	204	208	206	206	206		
206	204	204	206	204	206	204	206	206		

表-2-2 製材品内訳枚数

寸法型式	高温乾燥	中温乾燥
203	11	12
204	50	116
206	46	78
208	88	3
210	12	0
合計	207枚	209枚
材積	6.2779m <sup>3</sup>	4.9173m <sup>3</sup>



寸法及び含水率計は①②③の位置で測定する。

なお試験材の両木口は銀粉入りユートンでシールした。

図-2-3 コントロールサンプルの生材時の含水率、水分分布及び乾燥途中の寸法、含水率計の測定位置

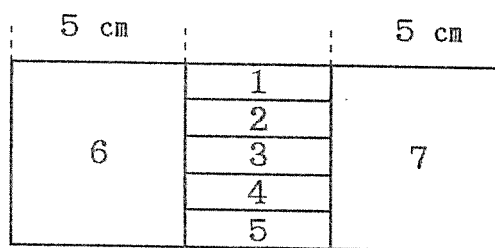
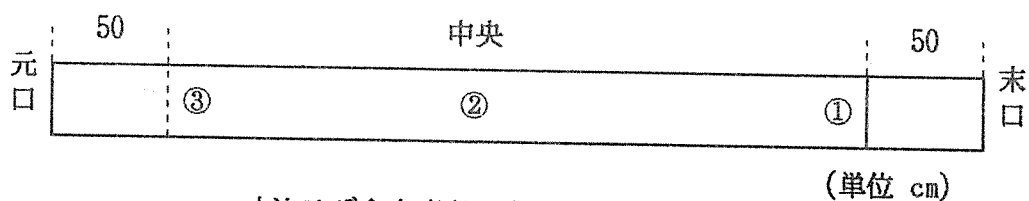


図-2-4 水分分布測定  
分割方法



寸法及び含水率計は①②③の位置で測定する。

図-2-5 製材品の寸法、含水率計の測定位置

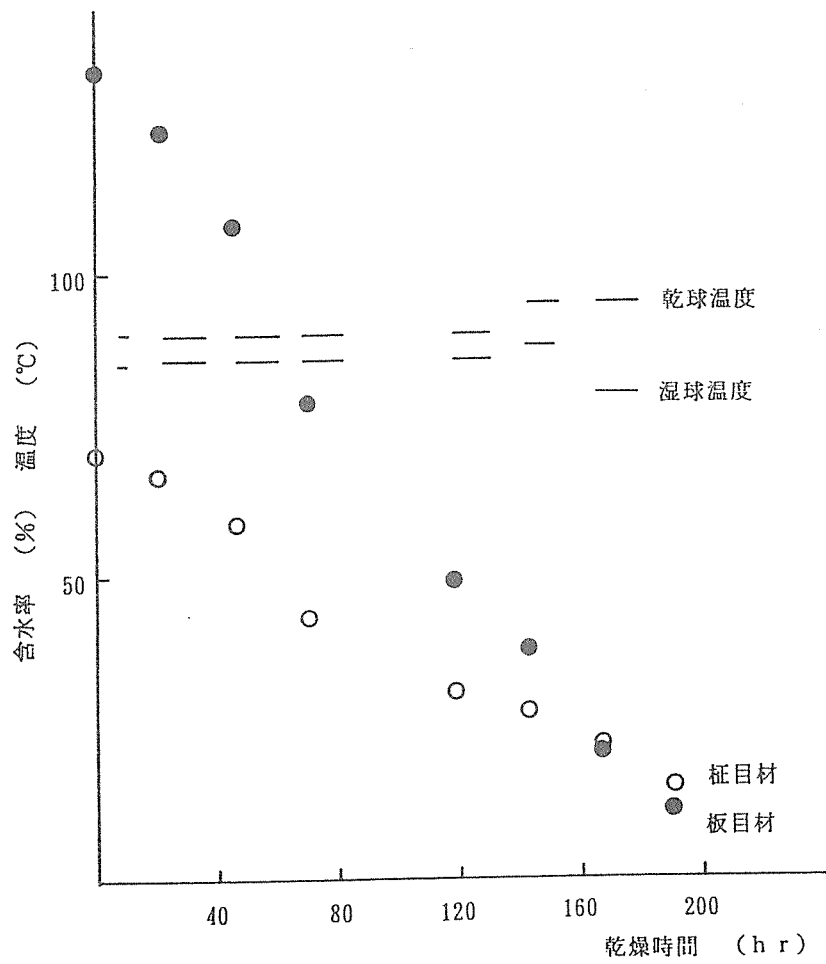


図-2-6 高温乾燥における含水率経過

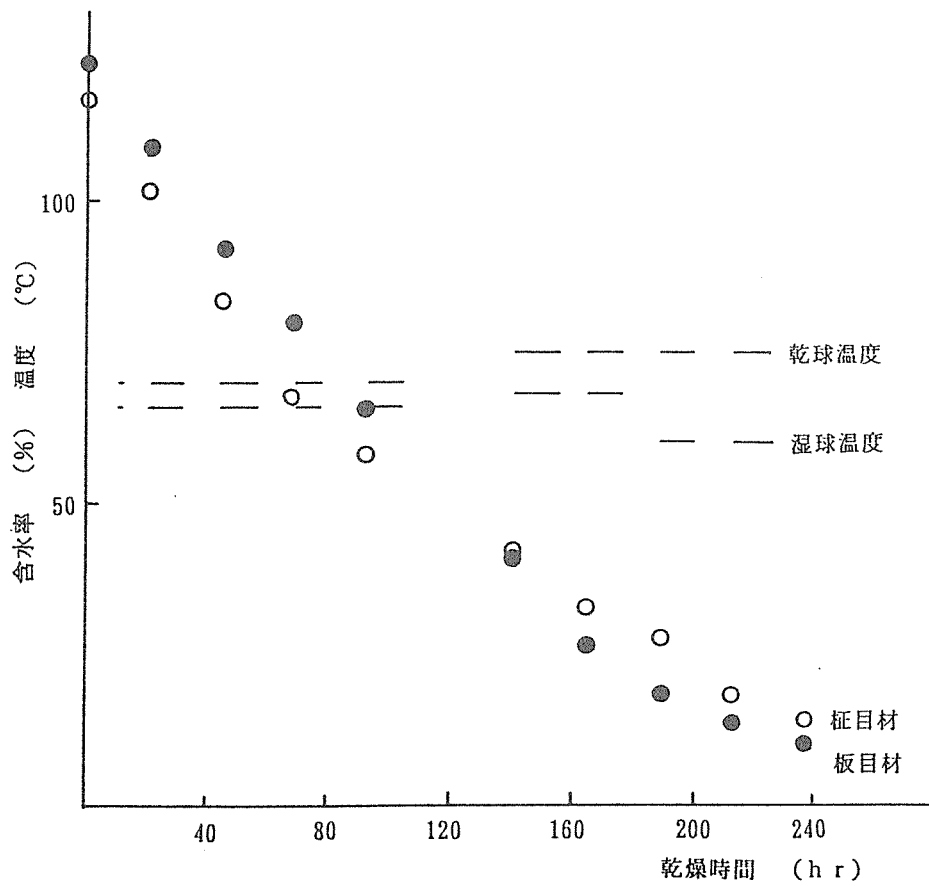


図-2-7 中温乾燥における含水率経過

表-2-3 コントロールサンプルの含水率

(単位 %)

条件		全 乾 法		含水率計
		初期含水率	仕上がり含水率	仕上がり含水率
高温 乾燥	桁目材	70.4	14.7	15.2
	板目材	134.4	12.3	11.4
	全 体	102.4	13.5	13.3
中温 乾燥	桁目材	117.4	14.6	14.3
	板目材	123.5	11.5	10.7
	全 体	120.4	13.1	12.5

表-2-4 含水率計による初期及び仕上がり含水率

条件		平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	試料数 (枚)
高 温	乾燥前	99.3	100.0	87.5	1.79	207
	乾燥後	19.6	62.3	10.5	8.56	200
中 温	乾燥前	97.7	100.0	82.5	3.85	209
	乾燥後	16.3	23.8	12.8	3.58	202

注) 含水率計は、高周波含水率計デルタ-5を使用  
比重補正は、1.0

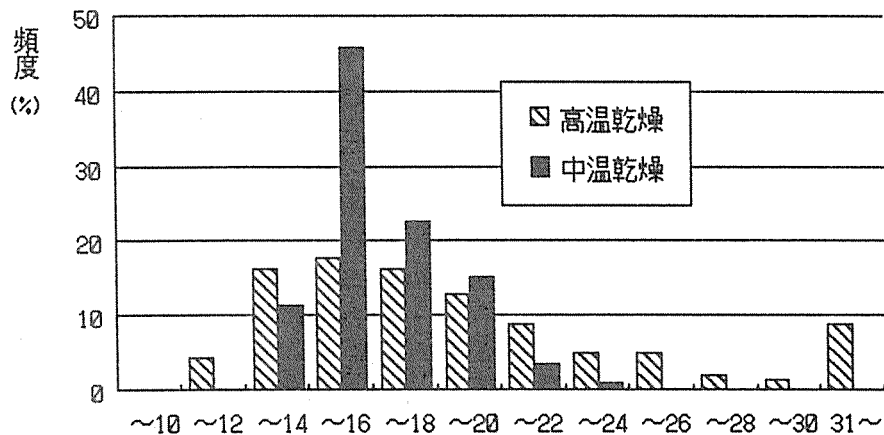


図-2-8 仕上がり含水率分布 含水率(%)

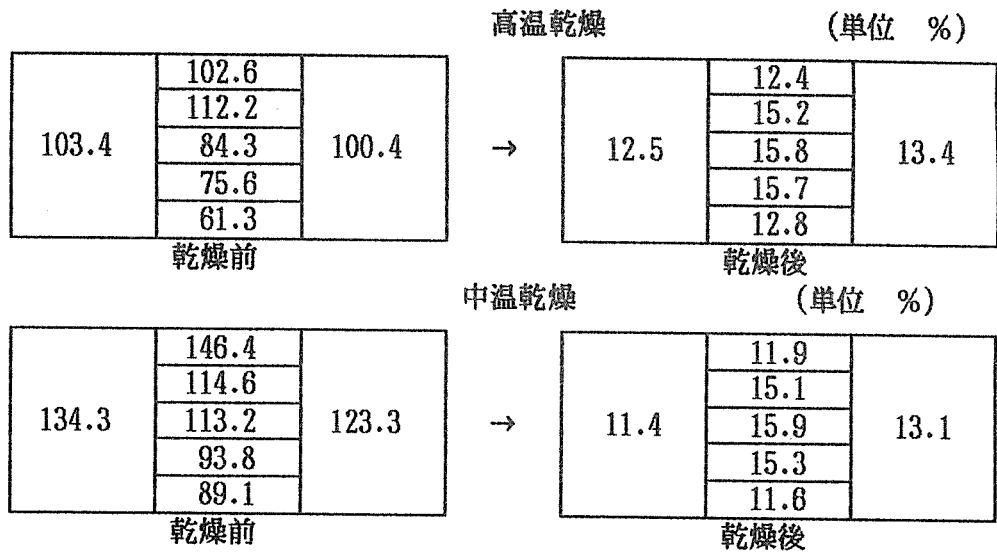


図-2-9 コントロールサンプルの乾燥前後の水分分布

表-2-5 コントロールサンプルの収縮率

条件		幅 (%)		厚さ (%)		含水率 (%)
		実測	補正值	実測	補正值	
高温乾燥	柁目材	2.62	2.55	1.74	1.71	14.7
	板目材	4.40	3.35	1.84	1.57	12.3
	全体	3.51	3.15	1.79	1.64	13.5
中温乾燥	柁目材	3.18	3.08	1.58	1.54	14.6
	板目材	4.47	3.63	1.74	1.39	11.5
	全体	3.82	3.36	1.66	1.47	13.1

注) 補正は含水率15%時

表-2-6 アジマノスギの収縮試験結果 (JIS Z 2103) (単位 %)

全収縮率		含水率1%当り収縮率	
接線方向	半径方向	接線方向	半径方向
6.71	2.59	0.24 (0.25)	0.10 (0.10)

カッコ内は木材工業ハンドブックより  
日本産主要樹種の物理的性質より引用



表-2-7 方向別の乾燥による収縮率

条件	巾方向				厚さ方向			
	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差
高温	2.78	5.57	0.49	1.253	3.52	6.38	1.24	1.002
中温	3.40	5.93	0.71	0.943	2.68	6.52	1.12	0.811

表-2-8 全体収縮率

条件	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差
高温	3.15	4.71	1.57	0.810
中温	3.04	4.70	1.12	0.784

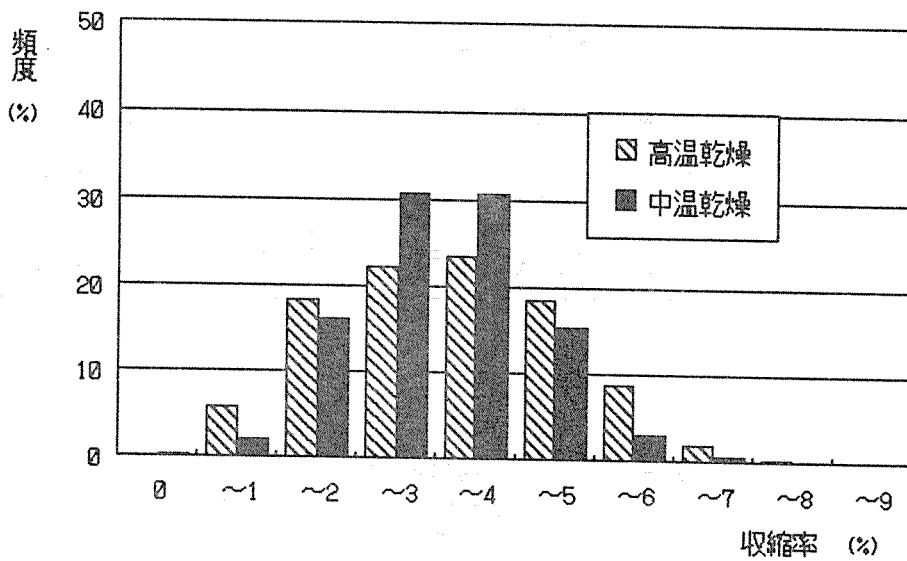


図-2-10 乾燥による収縮率

表-2-9 製材品の割れ

条件		発生枚数		試料数
		木口	材面	
高 温	乾燥前	23	2	207
	乾燥後	64	32	200
中 温	乾燥前	7	30	209
	乾燥後	7	25	202

表-2-10 製材品のそり量

条件		平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	3.15	9.25	0.00	1.84	207
	乾燥後	2.44	7.91	0.00	1.25	200
中温	乾燥前	3.72	8.87	0.00	1.82	209
	乾燥後	3.12	9.81	0.00	1.49	202

表-2-11 製材品の曲がり量

条件		平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	0.63	6.13	0.00	0.74	207
	乾燥後	0.88	6.38	0.00	0.78	200
中温	乾燥前	1.13	5.83	0.00	1.02	209
	乾燥後	1.52	7.41	0.00	1.38	202

表-2-12 製材品のねじれ量

条件		平均 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)	標準偏差	試料数 (枚)
高温	乾燥前	0	0	0	0	207
	乾燥後	2.01	19.0	0	2.60	200
中温	乾燥前	0	0	0	0	209
	乾燥後	3.53	52.1	0	4.74	202

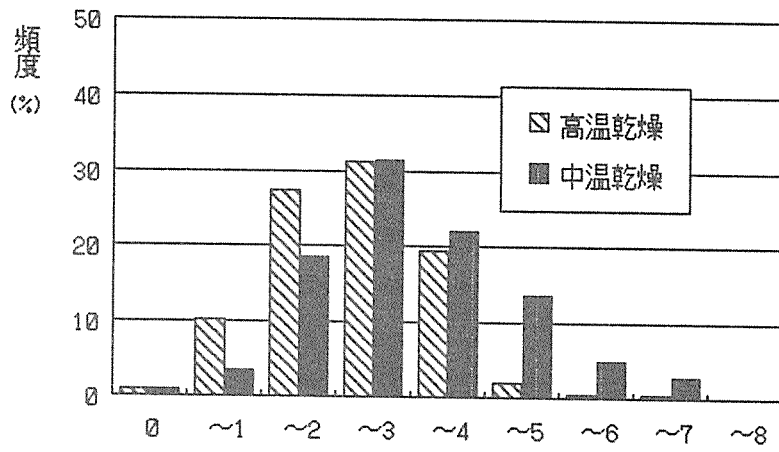


図-2-11 そり量の分布 そり(%)

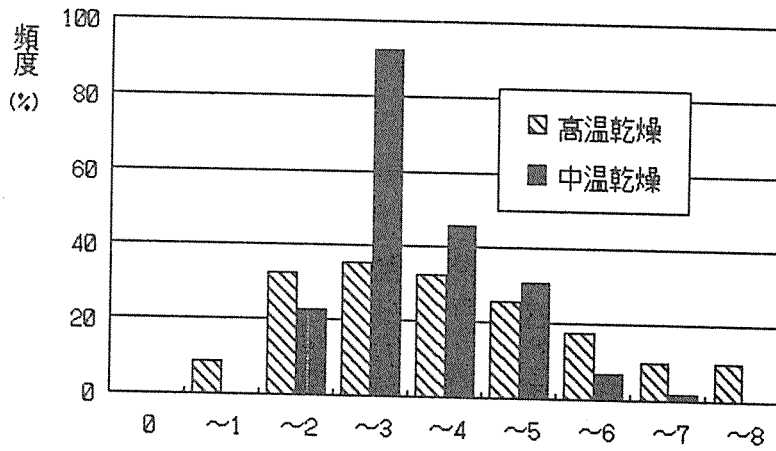


図-2-12 曲がり量分布 曲がり(%)

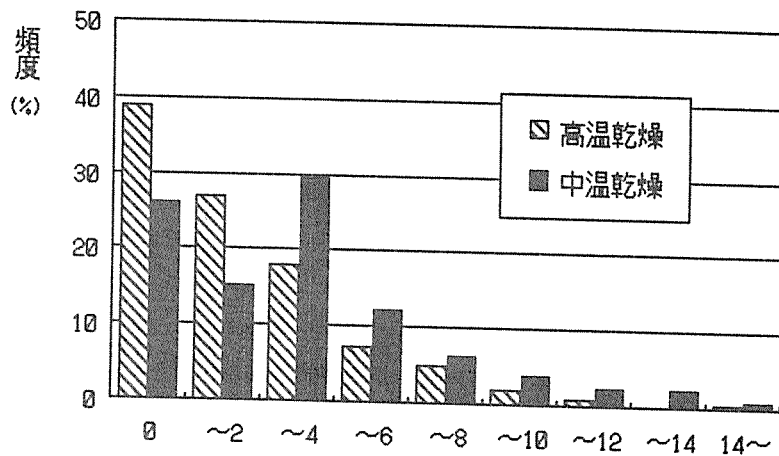


図-2-13 ねじれ量分布 ねじれ(%)



表-2-13

乾燥後の木取り別,寸法型式別の測定値

だら挽き	S	材長	重量	そり	曲がり	巾そり	ねじれ	単体の材積	単体の含水率	AC面の含水率	木口割れ			材面割れ			平均寸法	
											個数	最大値	平均長	個数	最大値	平均長	A	B
203	平均値	406.8	4.303	12.2	6.3	1.0	1.5	0.0121	13.8	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.6	45.9
	最大値	411.0	4.828	20.0	26.0	2.0	2.0	0.0134	15.8	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.5	47.3
	最小値	402.0	3.459	4.5	1.0	0.5	1.0	0.0112	10.2	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0	42.5
204	平均値	405.9	6.278	10.0	4.9	0.7	2.5	0.0174	14.6	16.5	0.1	32.4	32.4	0.1	4.4	4.4	91.4	46.9
	最大値	411.0	8.221	23.0	24.0	2.0	8.0	0.0210	21.6	27.4	1.0	614.0	614.0	1.0	63.0	63.0	97.2	54.3
	最小値	401.5	5.365	2.0	1.0	0.5	0.5	0.0152	11.0	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.5	43.1
206	平均値	405.8	9.582	9.8	3.5	1.2	5.0	0.0261	15.5	18.1	0.3	15.4	14.9	0.1	73.9	39.1	141.3	45.4
	最大値	412.0	11.946	21.5	9.5	2.0	20.0	0.0290	31.8	41.8	3.0	130.0	130.0	2.0	1995.0	1055.0	151.2	48.6
	最小値	401.0	8.093	1.0	1.0	0.5	1.0	0.0232	11.7	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.3	40.7
208	平均値	405.9	14.299	8.1	3.1	1.0	3.3	0.0359	19.8	24.7	0.8	52.5	45.8	0.2	13.1	12.4	191.2	46.2
	最大値	411.0	17.916	16.0	10.0	2.0	11.0	0.0396	38.1	49.4	3.0	263.0	263.0	2.0	195.0	195.0	200.1	48.7
	最小値	402.0	12.126	1.5	1.5	0.5	0.5	0.0331	13.1	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	184.6	43.5
210	平均値																	
	最大値																	
	最小値																	

だら挽き	UM	材長	重量	そり	曲がり	巾そり	ねじれ	単体の材積	単体の含水率	AC面の含水率	木口割れ			材面割れ			平均寸法	
											個数	最大値	平均長	個数	最大値	平均長	A	B
203	平均値	404.8	4.501	7.0	7.3	0.0	2.3	0.0132	12.6	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.5	48.1
	最大値	405.5	4.927	8.5	10.5	0.0	3.0	0.0143	15.1	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.6	50.8
	最小値	404.0	3.939	6.0	2.5	0.0	1.5	0.0120	10.1	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	46.5
204	平均値	405.0	6.201	11.0	3.0	0.5	3.2	0.0177	13.8	15.3	0.1	3.1	3.1	0.0	4.3	0.0	93.0	47.1
	最大値	415.0	8.464	25.0	8.5	1.0	6.0	0.0251	19.4	24.0	1.0	55.0	55.0	0.0	112.0	0.0	133.4	49.0
	最小値	398.0	5.133	1.0	1.0	0.5	1.5	0.0159	10.1	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.4	44.9
206	平均値	405.3	9.183	10.7	2.9	1.3	3.1	0.0261	15.6	18.1	0.3	13.2	11.0	0.4	80.9	57.4	140.7	45.7
	最大値	415.0	11.266	21.0	5.0	2.0	9.0	0.0292	32.8	42.5	2.0	110.0	110.0	3.0	677.0	626.0	151.1	47.9
	最小値	401.0	7.434	3.0	1.5	0.5	1.0	0.0238	9.6	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	135.6	42.2
208	平均値	405.2	13.278	9.3	3.7	1.3	4.0	0.0355	17.2	20.4	0.7	70.3	59.0	0.8	67.0	46.9	190.8	46.0
	最大値	415.0	17.195	32.5	11.0	2.5	8.5	0.0394	53.4	62.3	4.0	693.0	625.0	7.0	695.0	326.6	201.2	49.3
	最小値	399.0	9.411	1.5	1.0	0.5	0.5	0.0299	9.3	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.5	40.4
210	平均値	404.5	16.901	8.0	1.9	0.8	3.6	0.0450	20.7	26.1	1.6	78.8	66.2	0.7	188.3	274.8	240.1	46.4
	最大値	409.5	19.230	16.5	3.0	1.5	6.0	0.0481	31.4	46.0	4.0	480.0	480.0	3.0	1094.0	2275.0	242.9	49.1
	最小値	401.5	13.343	1.5	1.0	0.5	1.0	0.0400	15.1	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	236.2	42.0

控挽き	WS	材長	重量	そり	曲がり	巾そり	ねじれ	単体の材積	単体の含水率	AC面の含水率	木口割れ			材面割れ			平均寸法	
											個数	最大長	平均長	個数	最大長	平均長	A	B
203	平均値	408.9	5.002	15.7	11.5	0.0	6.6	0.0135	15.0	15.7	0.1	215.0	215.0	1.9	218.6	93.9	68.7	48.0
	最大値	412.0	5.458	25.0	25.0	0.0	13.0	0.0145	16.1	17.4	1.0	1505.0	1505.0	5.0	830.0	322.5	70.1	51.2
	最小値	406.0	4.515	6.0	2.0	0.0	2.5	0.0130	13.6	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.4	46.6
204	平均値	407.3	7.068	11.9	6.9	1.0	5.1	0.0190	15.3	16.4	0.1	4.7	5.7	0.7	126.9	68.9	96.4	48.3
	最大値	412.0	9.555	40.0	20.0	1.0	12.0	0.0207	18.8	20.3	1.0	65.0	65.0	6.0	1540.0	830.0	99.6	51.3
	最小値	402.0	6.039	3.0	2.0	1.0	1.0	0.0180	12.7	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.6	46.0
206	平均値	406.8	9.878	6.9	3.3	1.2	8.2	0.0275	15.2	16.4	0.0	0.0	0.0	3.3	447.5	109.0	145.2	46.6
	最大値	408.0	11.864	13.0	5.0	1.5	13.0	0.0285	18.1	21.1	0.0	0.0	0.0	13.0	1790.0	436.2	146.9	47.8
	最小値	406.0	8.560	1.5	1.5	1.0	3.5	0.0264	13.6	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.7	45.3
208	平均値																	
	最大値																	
	最小値																	
210	平均値																	
	最大値																	
	最小値																	

控挽き	WU	材長	重量	そり	曲がり	巾そり	ねじれ	単体の材積	単体の含水率	A.C面の含水率	木口割れ			材面割れ			平均寸法	
											個数	最大長	平均長	個数	最大長	平均長	A	B
203	平均値	413.3	4.584	19.6	3.8	0.0	3.1	0.0132	15.0	15.6	0.0	0.0	0.0	0.4	18.0	15.0	68.0	46.9
	最大値	444.0	5.292	34.0	6.0	0.0	6.0	0.0154	17.6	18.0	0.0	0.0	0.0	2.0	90.0	75.0	68.7	50.6
	最小値	404.3	4.040	6.0	2.0	0.0	2.0	0.0121	12.8	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.0	44.0
204	平均値	406.1	6.945	11.5	7.5	1.0	4.9	0.0188	15.8	16.6	0.2	27.3	26.8	0.2	44.9	34.9	95.5	48.4
	最大値	444.0	9.806	27.0	30.0	1.0	21.0	0.0209	27.9	23.8	3.0	1435.0	1435.0	5.0	1270.0	1060.0	99.9	52.3
	最小値	399.0	5.082	2.0	1.0	0.5	1.0	0.0167	12.6	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.2	44.3
206	平均値	405.7	9.632	10.9	6.0	1.4	5.1	0.0278	15.0	15.9	0.3	21.3	18.7	0.2	19.2	10.3	144.0	47.5
	最大値	411.5	12.370	27.0	23.0	10.0	55.0	0.0298	18.1	20.6	5.0	210.0	210.0	6.0	527.0	196.7	149.9	50.9
	最小値	399.0	7.659	2.0	1.5	2.5	1.0	0.0257	12.4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.9	44.2
208	平均値	404.0	13.336	10.5	11.8	3.0	2.8	0.0357	16.2	18.1	0.3	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0	193.3	45.7
	最大値	406.0	16.000	11.0	20.0	2.0	3.5	0.0358	19.2	23.3	1.0	90.0	90.0	0.0	0.0	0.0	194.7	46.3
	最小値	402.0	11.511	10.0	3.5	2.0	2.0	0.0355	14.2	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	191.1	45.3
210	平均値																	
	最大値																	
	最小値																	

表一 2-1-4 製材時、乾燥時の歩止まり

	18-20cm		22-24cm		合計		備考
	全	サンプル	全	サンプル	全	サンプル	
だら挽き							
丸太時	材積	5.136	4.272	6.506	11.642	10.008	
製材時	材積	2.6935	2.2082	3.5844	6.2779	5.348	
	歩止まり	52.44	51.69	55.09	53.92	53.44	対丸太
乾燥時	材積		2.0699			2.9551	
	歩止まり		48.45			51.52	対丸太
	歩止まり		93.74			94.12	対製材品
		18-20cm		22-24cm		合計	
粹挽き	全	1.515	1.315	7.672	9.187	8.187	備考
丸太時	材積	0.7932	0.6996	4.1325	4.9257	4.4143	
製材時	材積	52.36	53.20	53.86	53.62	53.92	対丸太
	歩止まり		0.6564			4.1353	
乾燥時	歩止まり		49.92			50.51	対丸太
	歩止まり		93.83			93.68	対製材品

## 2-1-5. 乾燥材の等級格付け

### (1) 甲種乾燥材品

#### ①甲種乾燥材品の等級格付け

乾燥材の測定結果を日本農林規格に基づき甲種の等級区分を行った。

乾燥材の等級別、木取り別の材積割合を図2-14に示す。だら挽きでは1級材が0.7%、2級材が6.5%、3級材が84.3%であったが、等外材も8.5%あった。梓挽きでは3級材が67.4%であり、等外材が31.8%とだら挽きに比べ著しく多かった。木取り別、径級別の材積割合を図-2-15、-2-16、-2-17、-2-18で示す。だら挽きの18-20cm丸太では製材寸法が大きくなるにしたがい等級の割合がよくなった。203材では3級材が47.5%、等外材が52.5%であったが、208材になると1級材が3.0%、2級材が19.9%、3級材が77.0%になり等外材はなかった。

だら挽きの22-24cm丸太では全ての材種に等外材があり、208材に2級材が2.1%見られるものの各々の3等材が約70~92%近く占めており、18-20cm丸太に比べ等級割合は低かった。

梓挽き18-20cm丸太の203材では等外材が86.0%と大部分を占めていたが、204材、206材では3級材がそれぞれ69.1%、76.0%と多かった。22-24cm丸太では203材に2級材が18.7%あり、206材で特級が1.4%あったものの、大部分が3級材と等外材であり、製材寸法が大きくなるにしたがい等級割合が低下する傾向にあった。

#### ②主な等級格付けの要因

表-2-15および図-2-19に甲種乾燥材の等級要因を示す。曲がりの影響が最も強く38.9%を占めており、そりを含めると46.2%と半数近くが曲がりにより等級格付けされた。次いで年輪巾が22.0%節が20.3%となった。割れは発生量が少なかったことから影響も少なかった。また、木取り別、径級別による決定要因の差はあまりなかった。

### (2) 乙種乾燥材品

#### ①乙種乾燥材品の等級格付け

製材時と同様に203材、204材について乙種の等級格付けをおこなった。等級別、木取り別材積割合を図-2-20に示す。

だら挽き、梓挽きともコンストラクションは約3%でありあまり差がなかったが、だら挽きのスタンダードの23.2%に対し梓挽きでは7.6%と1/3以下であった。ユーテリテイではだら挽きの70.4%に対し、梓挽きは83.1%と上回り、等外材も6.1%あるなど、梓挽きの等級割合は低かった。

木取り別、径級別の材積割合を図-2-21、-2-22、-2-23、-2-24で示す。

だら挽きを径級別にみると、18-20cm丸太ではコンストラクションが3.4%、

スタンダードが16.7%、ユーテリテイが73.6%、等外材が6.4%であった。22-24cm丸太ではコンストラクションは18-20cm丸太とほとんど同じであったが、スタンダードは29.1%と18-20cm丸太の2倍近く占め、さらに、等外材はなく等級割合は高かった。

梓挽きでは、22-24cm丸太のユーテリテイが86.8%、等外材が4.1%であった。18-20cm丸太はユーテリテイが72.8%、等外材が12.1%となっており、22-24cm丸太より等外材が多いものの、コンストラクション、スタンダードの割合が多かった。

## ②主な等級格付けの要因

表-2-16および図-2-25に乙種の等級格付けの要因の割合を示す。製材時の場合と同様に曲がりによる格付けが55.5%を占め、そりの15.0%、巾そりの12.4%を合わせると82.9%も占めており、曲がりの影響がとても強かった。割れは7.7%、節は8.0%とほぼ同程度であり、影響は少なかった。

## 2-1-6. FFTアナライザーによる乾燥材品の等級区分

### (1) E f rの頻度分布

乾燥終了後数日間、養生を行なった後、乾燥材の断面寸法、材長・重量及び基本振動周波数を測定し、ヤング係数E f rを求めた。乾燥材の枚数は402枚であり、そのE f r測定値の平均は67.4t/cm<sup>2</sup>、最小値は24.1t/cm<sup>2</sup>、最大値は126.4t/cm<sup>2</sup>であった。

乾燥前後における製材品のE f rの頻度分布を図-2-26に示す。

製材品（未乾燥材）のE f rの最大頻度は、50~60t/cm<sup>2</sup>であったが、乾燥材の最大頻度は、60~70t/cm<sup>2</sup>であり、人工乾燥により若干強度が増した。これは、含水率の減少による比重の変化の影響と考えられる。しかし、乾燥後のE f rの最小値は乾燥前に比べ、最小値は小さく、最大値は大きくなり、ばらつきは大きくなった。

### (2) E f rによる等級区分

乾燥材のE f rによる径級別等級別材積割合を図-2-27に示す。

18cm~20cm丸太においては、特級の材積は2.8972m<sup>3</sup> (93.5%)、1級の材積は0.1322m<sup>3</sup> (4.3%)、2級の材積は0.0704m<sup>3</sup> (2.3%)であった。

22cm~24cm丸太においては、特級の材積は6.5203m<sup>3</sup> (92.5%)、1級の材積は0.4050m<sup>3</sup> (5.8%)、2級の材積は0.0373m<sup>3</sup> (0.5%)、3級の材積は0.0855m<sup>3</sup> (1.2%)であり、22cm~24cm丸太は、18cm~20cm丸太と比較し、特級の割合が若干少なくなった。乾燥により、1級から2級、2級から3級へ品等落ちしたのも若干有ったわけであるが、原因については今後検討を要する。

乾燥材のE f rによる木取り別等級別材積割合を図-2-28に示す。だら挽きにおいては、特級の材積は5.4967m<sup>3</sup> (96.5%)、1級の材積は0.1644



m<sup>3</sup> (2.9%)、2級の材積は0.0373m<sup>3</sup> (0.7%)であった。  
 わく挽きにおいては、特級の材積は3.9208m<sup>3</sup> (88.1%)、1級の材積割合は0.3728m<sup>3</sup> (8.4%)、2級の材積は0.0704m<sup>3</sup> (1.6%)、3級は0.0855m<sup>3</sup> (1.9%)であり、わく挽きはだら挽きに比べ特級の割合が約8%減少した。

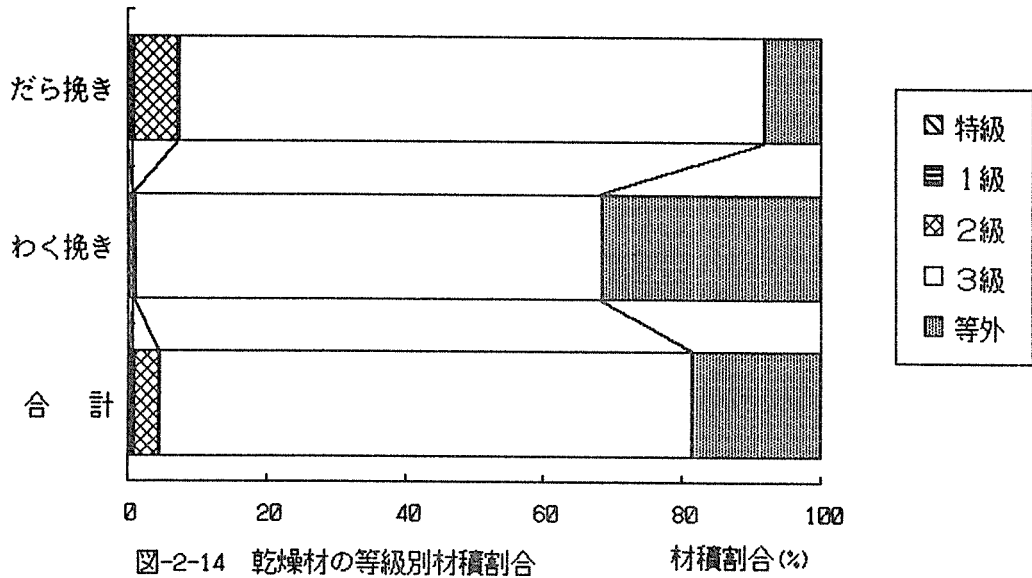


図-2-14 乾燥材の等級別材積割合

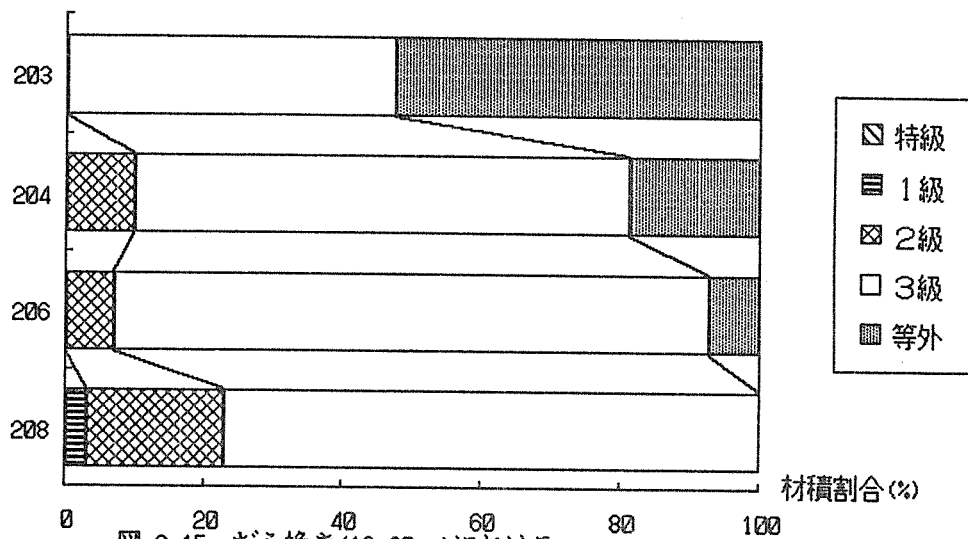


図-2-15 だら挽き(18-20cm)における乾燥材の寸法型式及び等級別材積割合

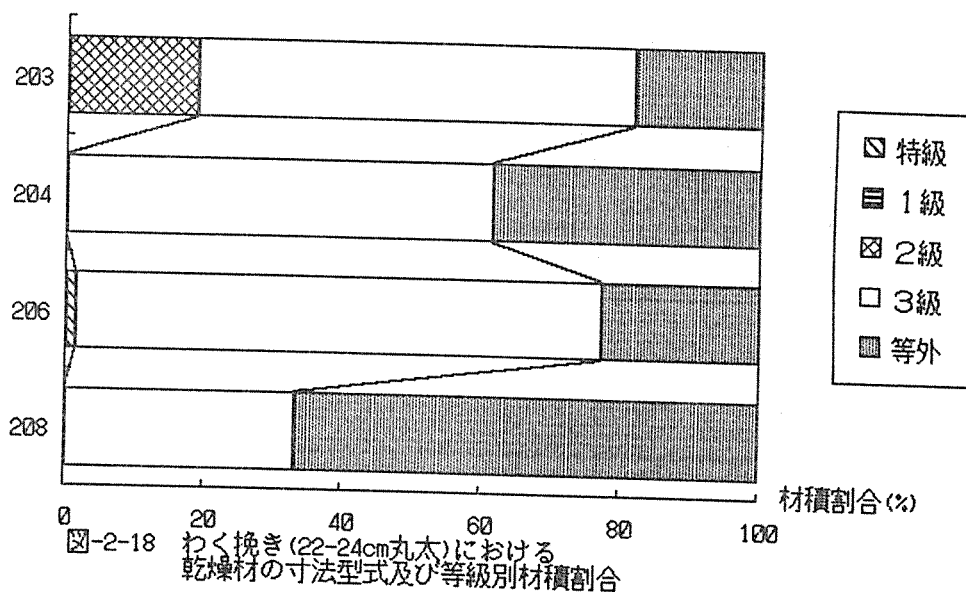
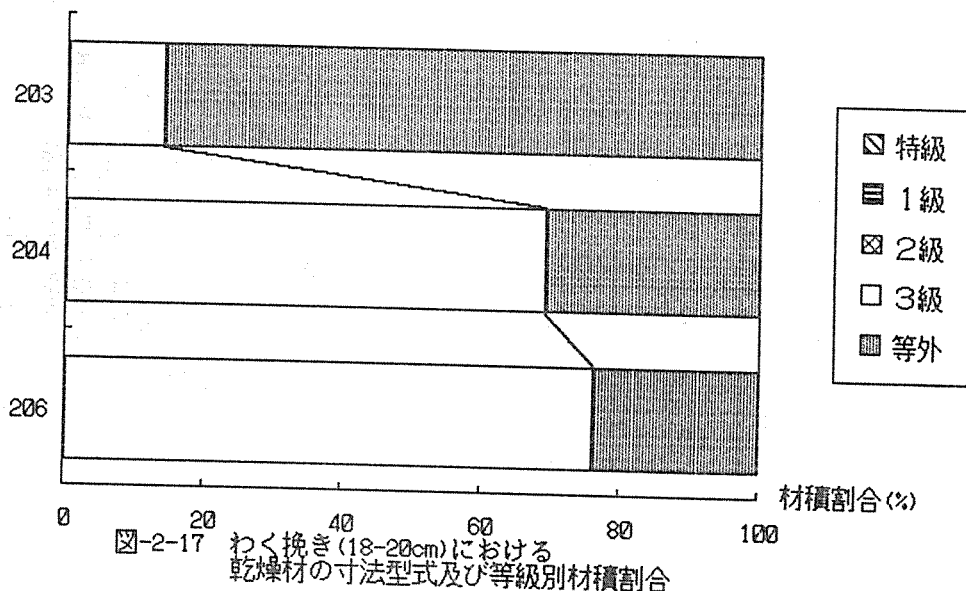
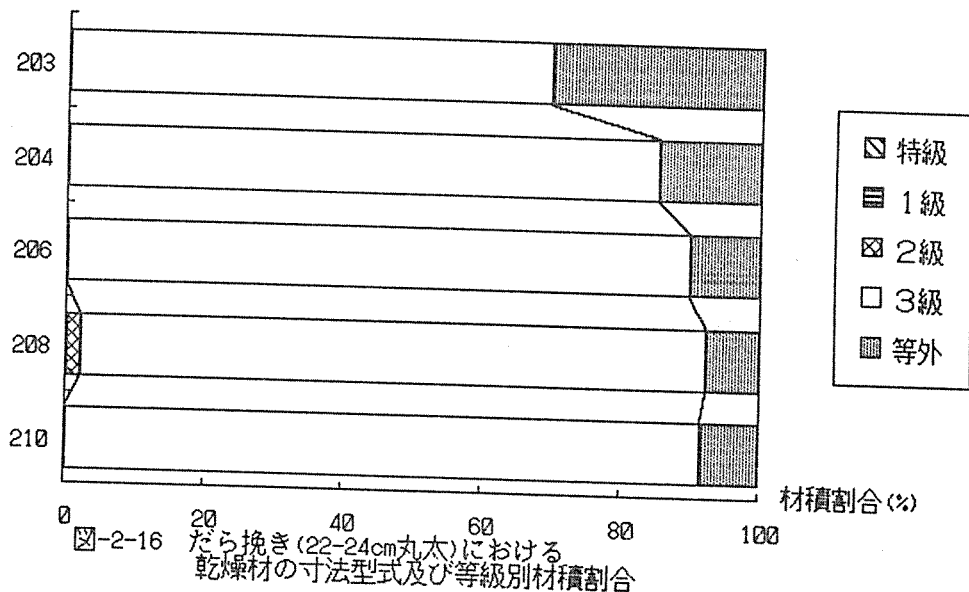


表-2-1-5 甲種乾燥材の欠点の出現率

乾燥材		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	Efr	年輪巾	合計
だら挽き 18-20cm	本数	91	6	13	9	62	0	37	0	38	165
	出現率 %	100	6.6	14.3	9.9	68.1	0.0	40.7	0.0	41.8	181.3
だら挽き 22-24cm	本数	109	17	16	5	92	0	39	0	55	224
	出現率 %	100	15.6	14.7	4.6	84.4	0.0	35.8	0.0	50.5	156.8
碎挽き 18-20cm	本数	37	3	3	3	26	0	19	0	16	70
	出現率 %	100	8.1	8.1	8.1	70.3	0.0	51.4	0.0	43.2	189.2
碎挽き 22-24cm	本数	165	22	26	17	127	3	65	5	65	331
	出現率 %	100	13.3	15.8	10.3	77.0	1.8	39.4	3.0	39.4	200.6
合計	本数	402	48	58	34	307	3	160	5	174	790
	出現率 %	100	11.9	14.4	8.5	76.4	0.7	39.8	1.2	43.3	196.5
			0.1	7.3	4.3	38.9	0.4	20.3	0.6	22	100

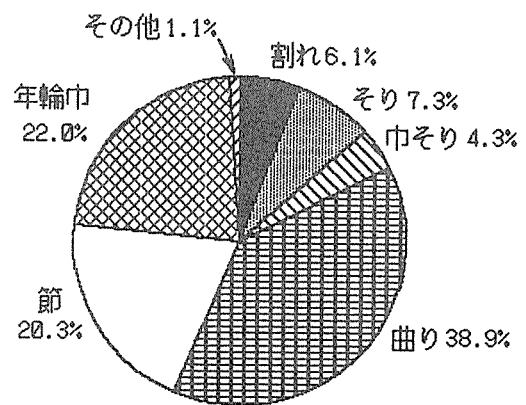
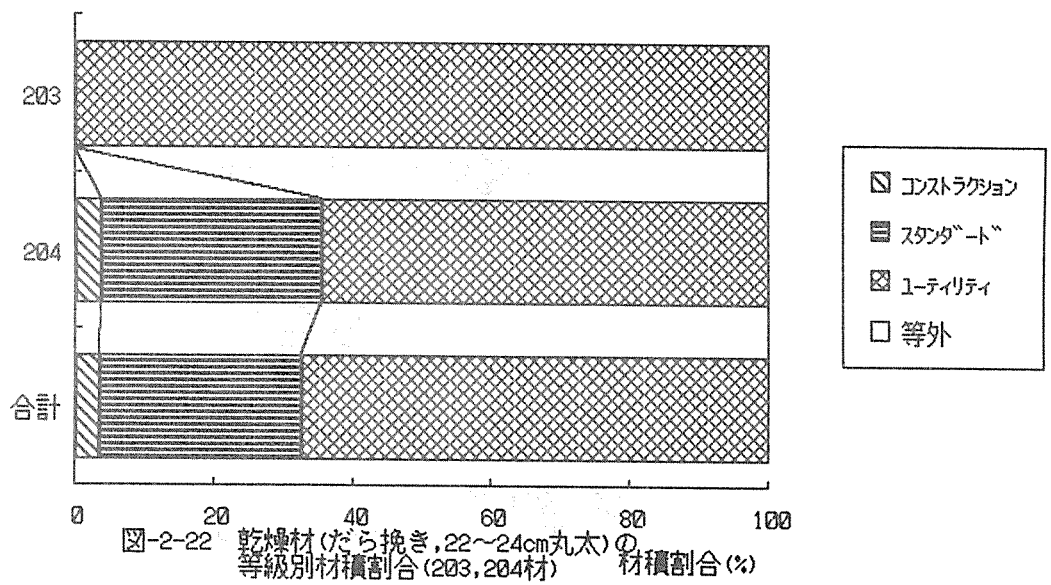
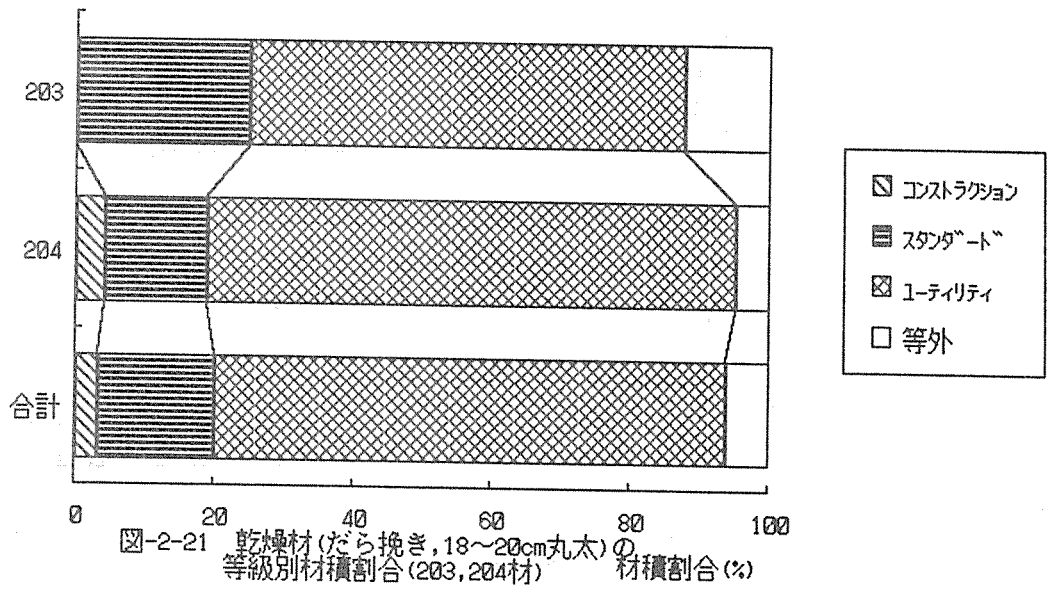
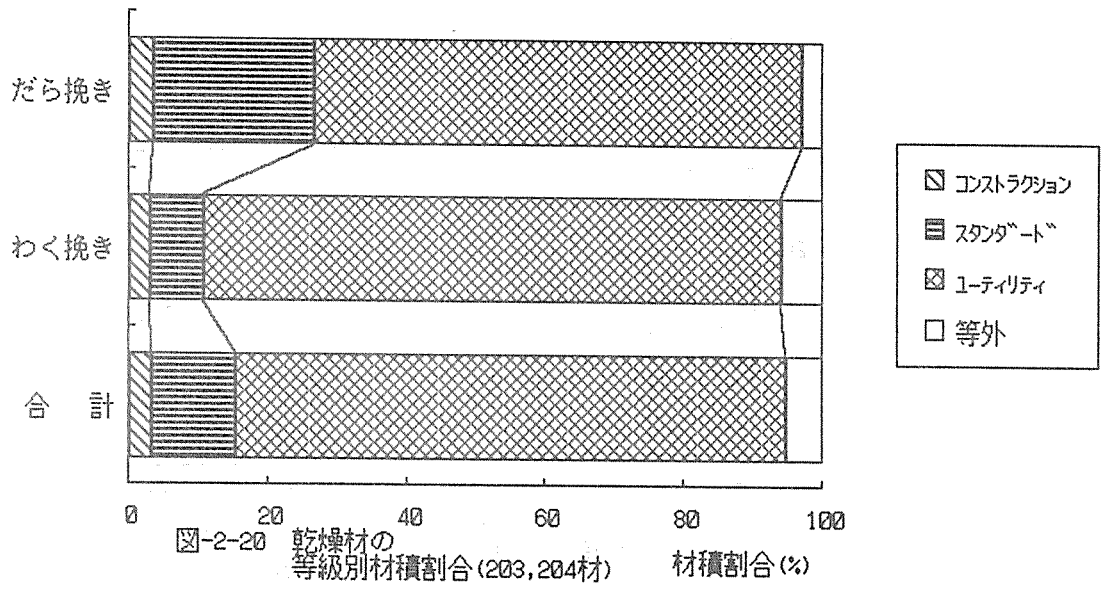


図-2-19 乾燥材の等級格付けにおける決定要因について



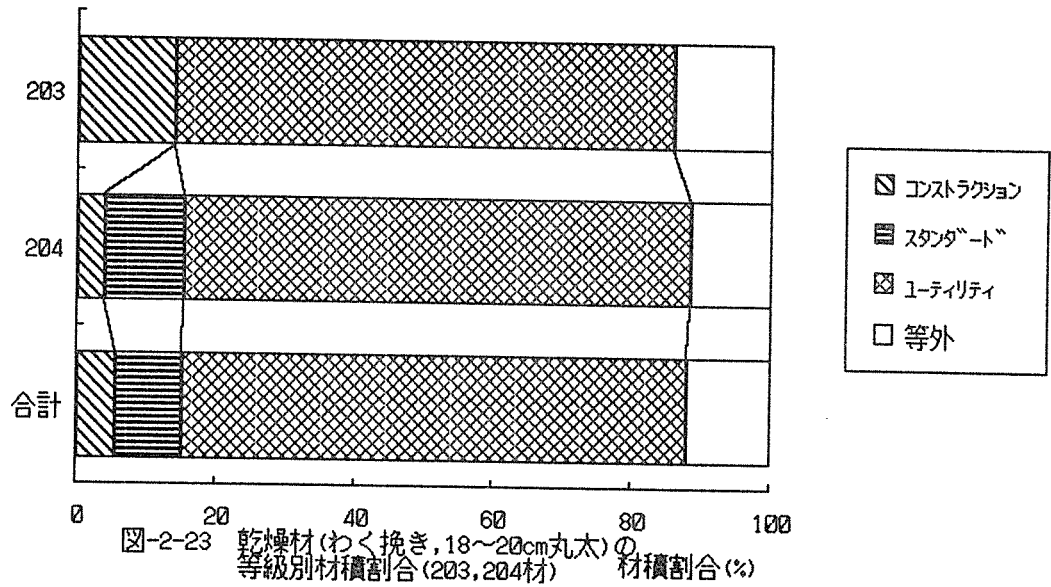


図-2-23 乾燥材(わく挽き, 18~20cm丸太)の等級別材積割合(203, 204材)の材積割合(%)

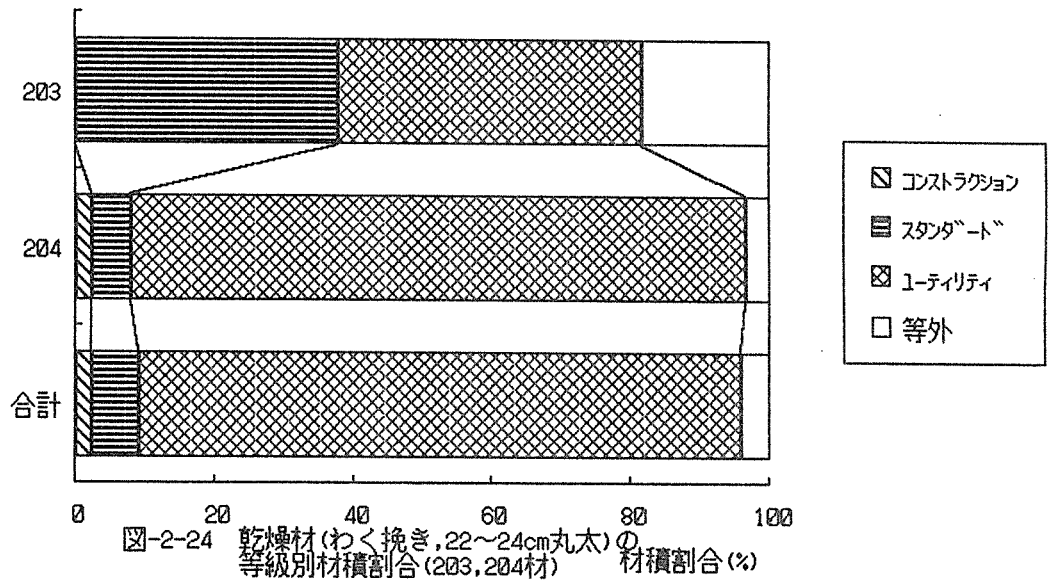


図-2-24 乾燥材(わく挽き, 22~24cm丸太)の等級別材積割合(203, 204材)の材積割合(%)

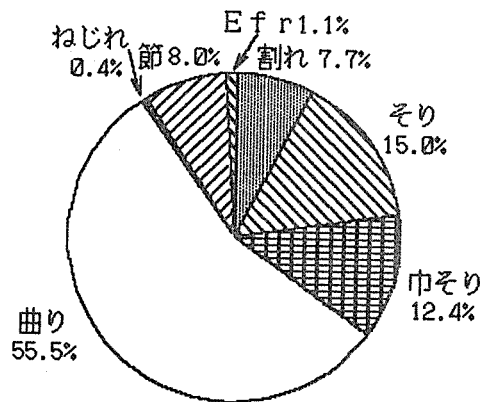


図-2-25 乾燥材の等級格付け(乙種)における決定要因について

表 2-1-6 乙種乾燥材の欠点の出現率

乾燥材		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	Efr	年輪巾	合計
だら挽き 18-20cm	本数			3	7	26		4		40	182
	出現率 %	0.0	0.0	10.3	24.1	89.7	0.0	13.8	0.0	137.9	191.6
だら挽き 22-24cm	本数			5	8	26		3		42	100
	出現率 %	0.0	0.0	17.2	27.6	89.7	0.0	10.3	0.0	144.8	150.9
碎挽き 18-20cm	本数		5	9	5	24		4		47	89
	出現率 %	0.0	15.2	27.3	15.2	72.7	0.0	12.1	0.0	142.4	228.2
碎挽き 22-24cm	本数		16	24	14	76	1	11	3	145	337
	出現率 %	0.0	17.6	26.4	15.4	83.5	1.1	12.1	3.3	159.3	198.2
合計	本数	0	21	41	34	152	1	22	3	274	777
	出現率 %	0.0	11.5	22.5	18.7	83.5	0.5	12.1	1.6	150.5	186.8
		0.0	7.7	15.0	12.4	55.5	0.4	8.0	1.1	100.0	100

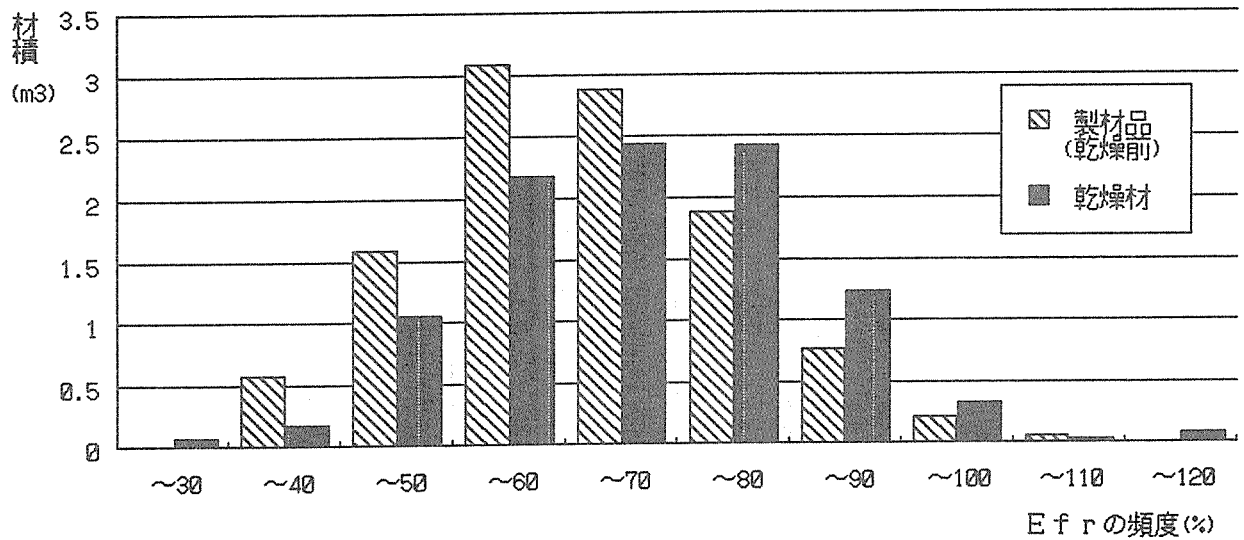


図-2-26 乾燥前後における製材品のEfr

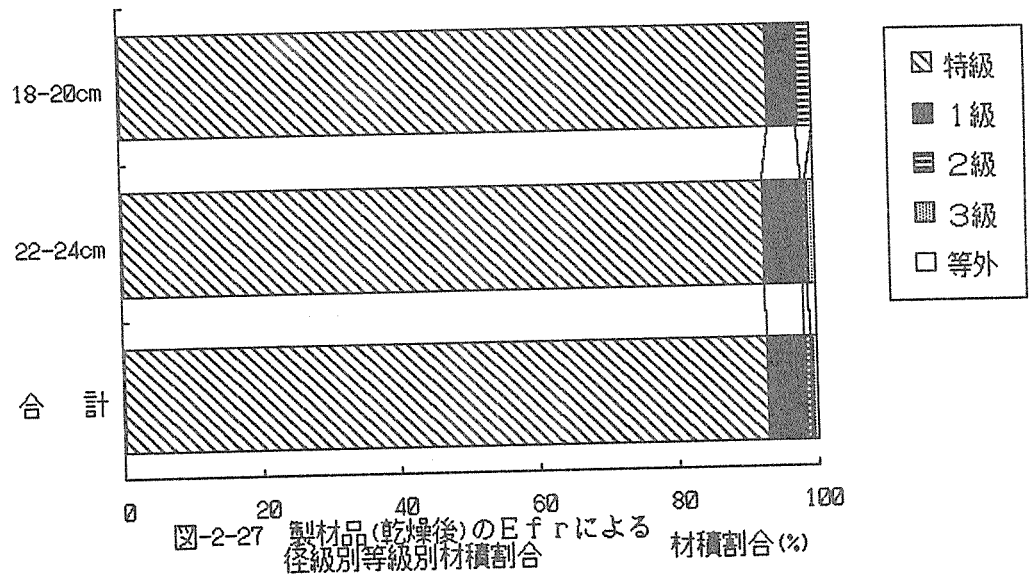


図-2-27 製材品(乾燥後)のEfrによる径別等級別材積割合

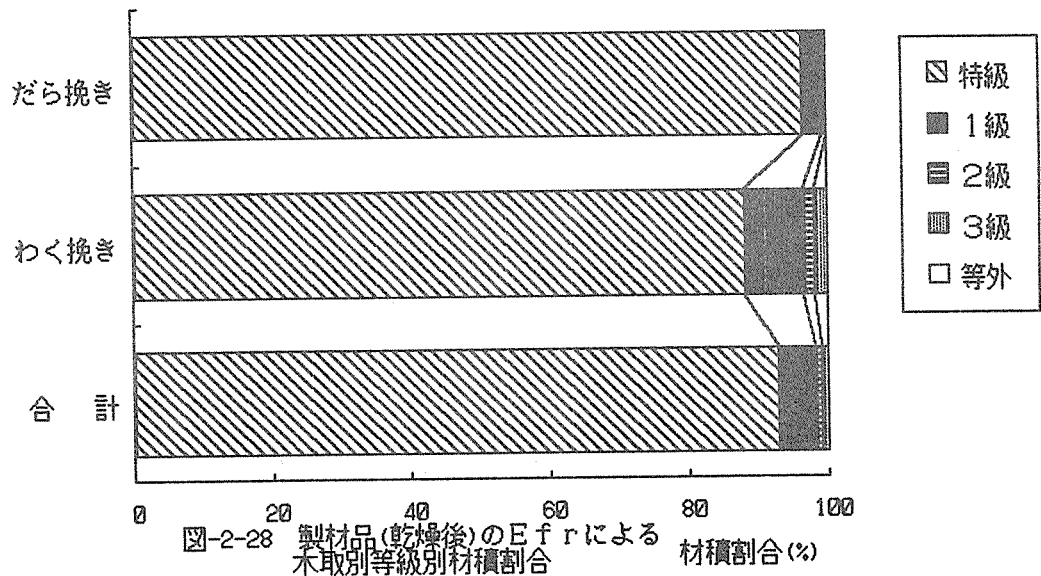


図-2-28 製材品(乾燥後)のEfrによる木取別等級別材積割合

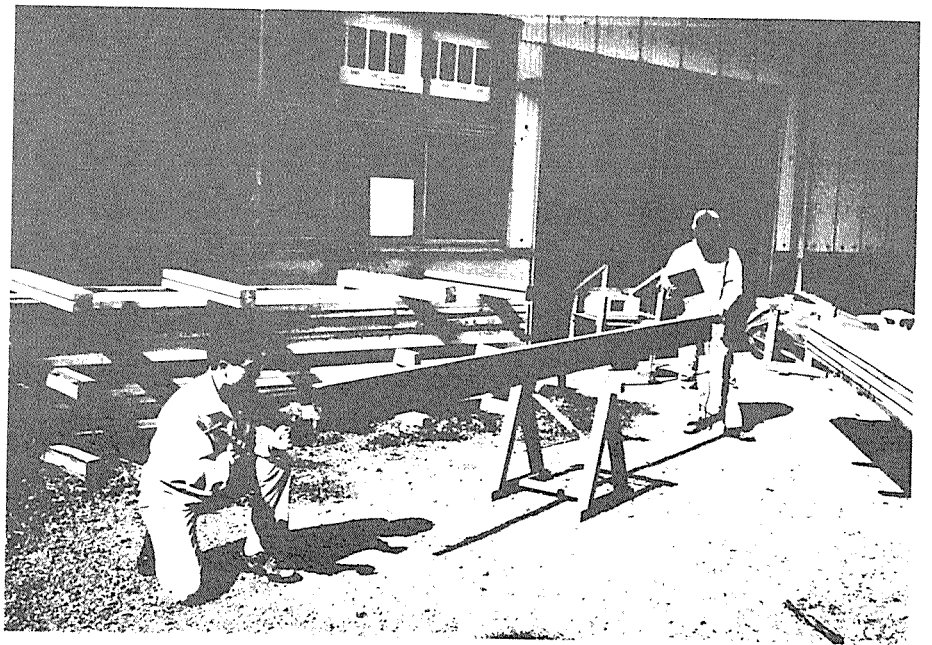


写真1、 F F Tアナライザによる製材品のヤング率測定

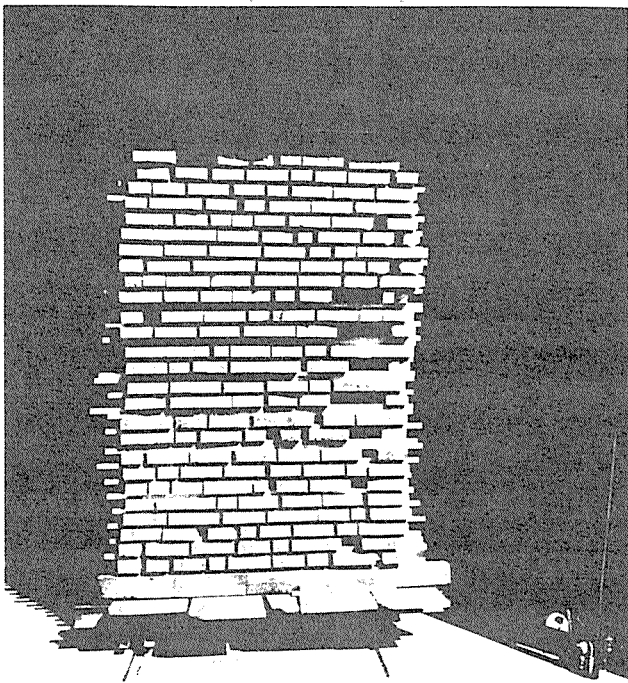


写真2、 人工乾燥試験材の積み状況

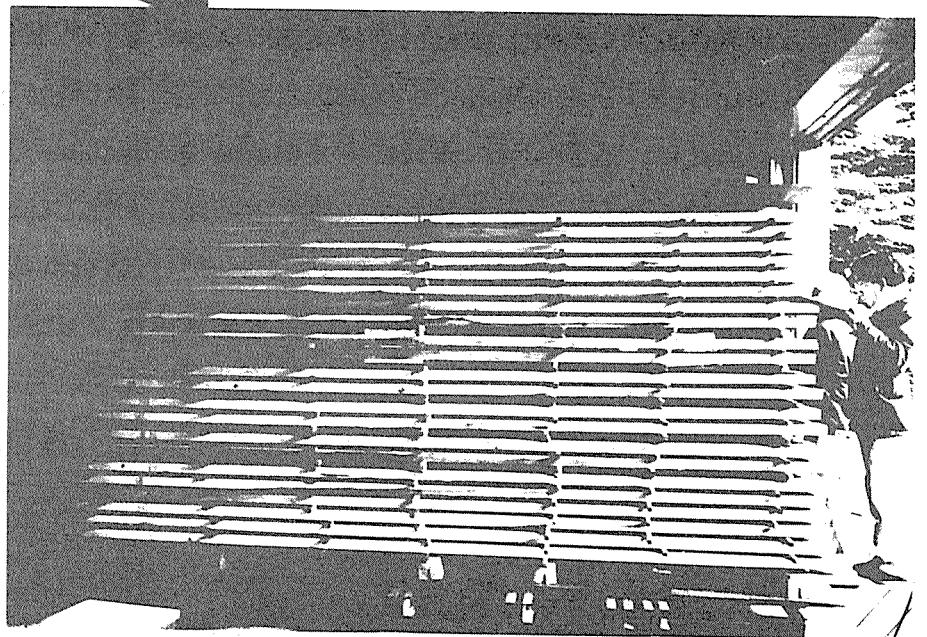


写真3、 人工乾燥試験材の確認



### その3. スギ(徳島)

#### 1. 乾燥・寸法仕上げ加工試験

##### 1.1 はじめに

前年度実施した製材歩止り試験では、徳島県産スギ中丸太を枠組壁工法用製材(以下2×4材)に製材し、その製材歩止りについて検討した。その結果、製材歩止りは丸太径級が大きくなるに伴い高くなった。また、形量歩止り、価値歩止りとも一般のスギ製材と比較して低いものであった。これは、2×4材が在来工法(軸組工法)用製材と比較して寸法の種類が少ないため、端材がより多く生産されることによる。製材歩止りは、2×4材と在来工法用製材とを合せて木取ることにより上昇することが期待できると指摘された。

本年度は引続き、乾燥・寸法仕上げ試験を実施し、歩止り、寸法変化、等級変化等について検討した。

##### 1.2 実験方法

製材歩止り試験では、142本 32.3562m<sup>3</sup>の丸太を2×4材に製材したが、乾燥・仕上げ加工試験では、これらのうち33本 7.6241m<sup>3</sup>の丸太から製材した未乾燥2×4材(以下未乾燥材)166本 4.1579m<sup>3</sup>を供試材とした。その丸太径級別内訳は、18~20cm丸太が15本 2.6516m<sup>3</sup>(未乾燥材54本 1.3172m<sup>3</sup>)、22~24cm丸太が11本 2.5043m<sup>3</sup>(同58本 1.42021m<sup>3</sup>)、26cm以上丸太が7本 2.4682m<sup>3</sup>(同54本 1.4386m<sup>3</sup>)である(表1)。表2に、供試した未乾燥材の寸法型式別内訳を示す。203材が1本 0.0135m<sup>3</sup>、204材が69本 1.1399m<sup>3</sup>、206材が48本 1.2474m<sup>3</sup>、208材が1.1719m<sup>3</sup>、210材が14本 0.5852m<sup>3</sup>であり、212材は供試されなかった。また、製材歩止り試験において製材された203材、210材の割合が少なかったことを反映して、供試された203材、210材は比較的少なかった。

乾燥には、容量20m<sup>3</sup>の蒸気式I F型乾燥機(幅400×高さ360×奥行500cm)を使用した。乾燥スケジュールとサンプルの含水率変化を図1に示す。乾燥時間は184時間であり、サンプルの仕上り含水率は24%であった。乾燥材は、すべて寸法および材の欠点を測定し、枠組壁工法構造用製材の日本農林規格(以下JAS)に準じて等級格付けを行った。

寸法仕上げ加工(鉋削加工)は、三方プレーナ((株)大平製作所製BH-1, 送り速

度20m/min) を使用し、すべての乾燥材について行った。すべての寸法仕上げ材について、乾燥材と同様に、寸法および材の欠点を測定し、JASに準じて等級格付けを行った。

### 1.3 結果および考察

表3に、未乾燥材（製材直後）、乾燥材、寸法仕上げ材の丸太径級別の形量歩止りを示す。なお、形量歩止りの算定には、前年度同様、(1)、(2)を用いて求めた。

$$\text{LOGV}_i = d_i^2 \times l_i \times 10,000 \quad \dots\dots (1)$$

$$Y_{v.o.1} = (\sum \text{NETV}_i) \div (\sum \text{LOGV}_i) \times 100 \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 $\text{LOGV}_i$  : 各々の丸太材積 ( $\text{m}^3$ )

$d_i$  : 各々の丸太の末口径の実測値 ( $\text{m}$ )

$l_i$  : 各々の丸太の材長の実測値 ( $\text{m}$ )

$Y_{v.o.1}$  : 形量歩止り (%)

$\text{NETV}_i$  : 断面の実測寸法から求めた各々の2×4材（製材直後、乾燥後、寸法仕上げ後）の材積 ( $\text{m}^3$ )

一般に、製材から乾燥、寸法仕上げと加工が高次になるにしたがい、形量歩止りは低下する。当然のことながら、本実験においてもこの傾向がみられた。形量歩止りは、未乾燥材（製材直後）で54.5%であったが、乾燥材では52.1%と未乾燥材より2.4%減少し、寸法仕上げ材では44.1%と乾燥材よりさらに8.0%減少した。これらは、乾燥に伴う収縮並びに寸法仕上げ時の屑り代による損失に起因する減少である。また、18~20cm丸太、22~24cm丸太、26cm以上丸太からの形量歩止りは、未乾燥材でそれぞれ49.7%、56.0%、58.3%、乾燥材で47.5%、53.4%、55.6%、寸法仕上げ材で40.3%、45.0%、47.2%であり、未乾燥材の形量歩止りを反映し、乾燥材、寸法仕上げ材においても、丸太径級が大きくなるに伴い形量歩止りが高くなる傾向を示した。

未乾燥材、乾燥材、寸法仕上げ材における製材等級別材積割合を、それぞれ図2、3、4に示す。乾燥材では、乾燥によりそり、曲がり、貫通割れなどの欠点が生じ、未乾燥材と比べて、比較的等級の低い材の占める材積割合が高くなった。また、未乾燥材では存在しなかった級外材が生じた。級外材の占める材積割合は、204材で甲・乙種合せて約20%、206材でも約15%と比較的材幅の狭い材で高かった。一方、寸法仕上げ材では、寸法仕上げ加工（鉋削加工）することにより、その材積は減少するものの、そりや曲が

りが小さくなり、乾燥材と比較して等級が上がることを期待できる。本試験でも、208材を除いて、乾燥材においてと比較して、寸法仕上げ材において、比較的等級の高い材の占める材積割合が高かった。これは、特に、210材において顕著であった。

図5に乾燥による材厚の寸法減少率（収縮率）の頻度分布を示す。寸法減少率0～2%で頻度が最も高く、寸法減少率が高くなるにしたがい頻度が低くなる傾向を示した。図6に寸法仕上げによる材厚の寸法減少率（乾燥材）の頻度分布を示す。これは寸法仕上げ（鉋削仕上げ）における屑り代の割合と等しい。寸法減少率10～15%の頻度が約65%と著しく高く、5～10%、15%以上と続き、0～5%はほとんどなかった。図7に寸法仕上げによる未乾燥材から材厚の寸法減少率を示す。これは、乾燥による収縮量に寸法仕上げの屑り代を加えた寸法減少量の割合である。頻度は、減少率12～14%で最も高く、続いて14～16%、10～12%、16%以上、0～10%の順であった。乾燥・寸法仕上げによる材厚の寸法変化の平均と標準偏差を表4に示す。材厚は、乾燥により平均1.1mm収縮した。乾燥材からの寸法仕上げ加工の平均屑り代は、5.4mmであった。未乾燥材から寸法仕上げまでの厚さの寸法変化が平均6.4mmであるので、鉋削加工により寸法仕上げまでするならば、製材時に材厚は6～7mm位の歩増しをすればよいであろう。

図8に乾燥による材幅の寸法減少率の頻度分布を示す。頻度は、206材、208材、210材で減少率2～3%で最も高く、204材では0～1%で最も高かった。また、材幅が広がるほど高い減少率での頻度が低くなる傾向を示した。図9に乾燥材からの寸法仕上げによる材幅の寸法減少率の頻度を示す。頻度は、204材では減少率4～6%で最も高く、206材、208材、210材では2～4%で最も高かった。また、乾燥による寸法減少率の頻度分布と同様に、比較的幅の広い板で高い減少率での頻度が低い傾向を示した。図10に未乾燥材からの寸法仕上げによる材幅の寸法減少率の頻度分布を示す。210材では、すべての材の減少率が4～6%であった。204材、206材、208材の頻度の最も高い減少率は、それぞれ6～8%、2～4%、4～6%であった。乾燥・寸法仕上げによる材幅の寸法変化の平均と標準偏差を表5に示す。材幅は、どの寸法型式でも、乾燥により平均2%程度収縮した。乾燥材からの寸法仕上げによる材幅の屑り代は平均3.0mm（206材）～6.7mm（208材）であった。未乾燥材から寸法仕上げまでの材幅の減少率は、204材で平均7.4%、206材で平均4.1%、208材で平均5.6%、210材で平均4.4%であった。これより判断すれば、鉋削加工による寸法仕上げまでする場合、製材段階で材幅の5%程度の歩増しは必要であると思われる。

#### 1. 4 おわりに

前年度実施した枠組壁工法構造用製材の製材歩止り試験に引続き、徳島県産スギを供試木として、乾燥・寸法仕上げ（鉋削）加工試験を行い、それぞれの加工時の形量歩止り、材の等級、寸法変化について検討した。以下に結果を要約する。

(1) 形量歩止りは、未乾燥材で54.5%，乾燥材では収縮により2.4%低下し52.1%，寸法仕上げ材で屑り代によりさらに8.0%低下し44.1%であった。また、丸太径級別の形量歩止りは、乾燥材および寸法仕上げ材においても、未乾燥材の傾向を反映し、丸太径級が大きくなるに伴い大きくなる傾向を示した。

(2) 乾燥材では、乾燥によるそり，曲がり，貫通割れなどの欠点が生じ、未乾燥材と比べて、比較的等級の低い材の占める材積割合が高くなった。また、未乾燥材では存在しなかった級外材が生じた。一方、寸法仕上げ材では、鉋削加工することによってそりや曲がり小さくなり、乾燥材と比べて、比較的等級の高い材の占める材積割合が高くなった。

(3) 本試験では、製材品の木取り（柁目や板目）について考慮していないが、鉋削加工による寸法仕上げ加工まで行う場合、乾燥による収縮と寸法仕上げの屑り代として製材の段階において、材厚で6～7mm，材幅でその5%程度の歩増しが必要とされることが考えられる。

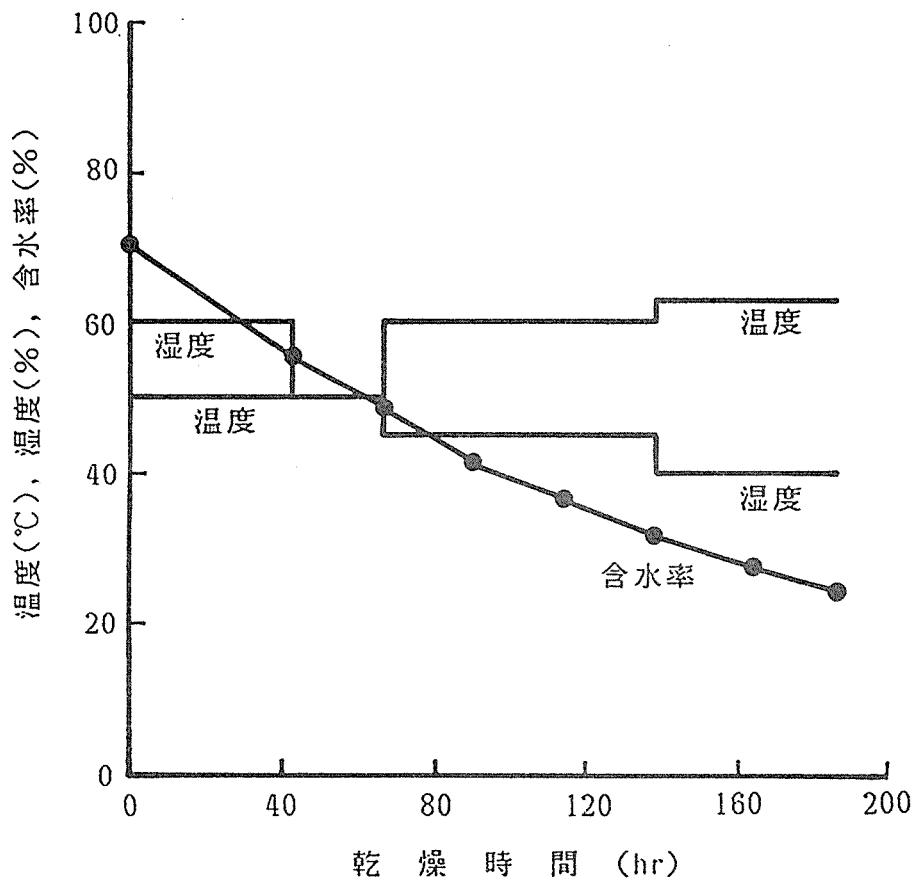


図1 乾燥スケジュール

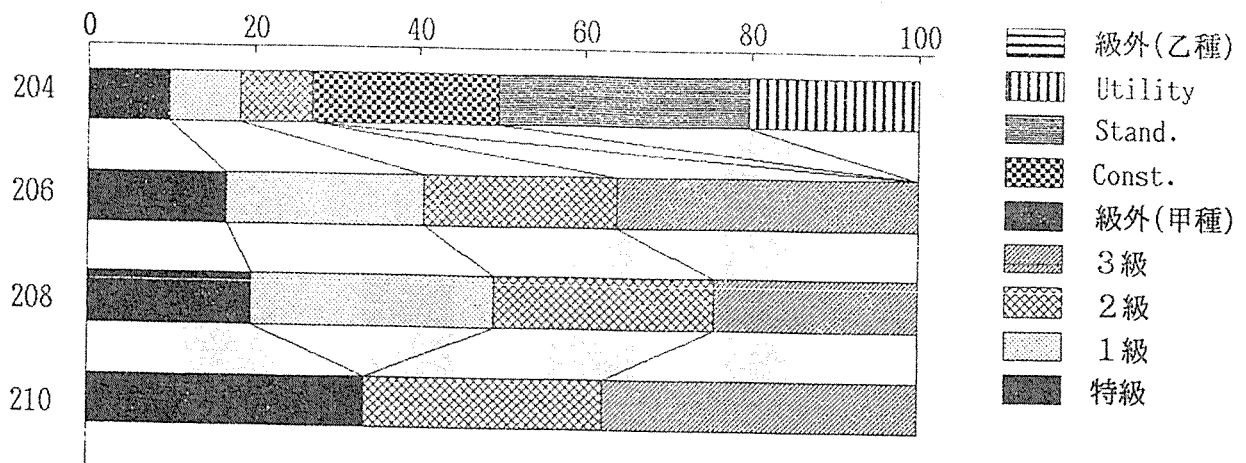


図2 製材品等級別材積割合 (未乾燥材)

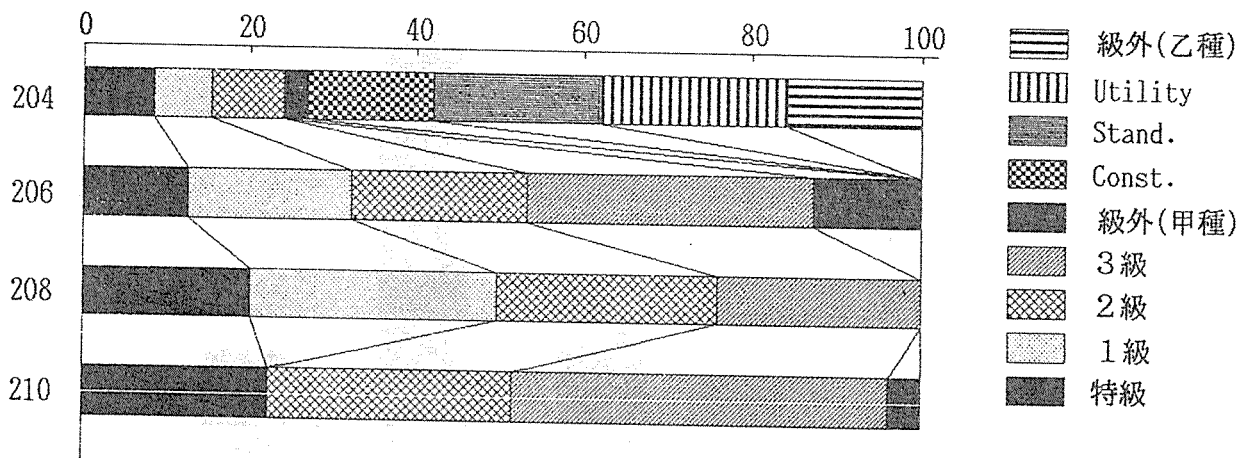


図3 製材品等級別材積割合 (乾燥材)

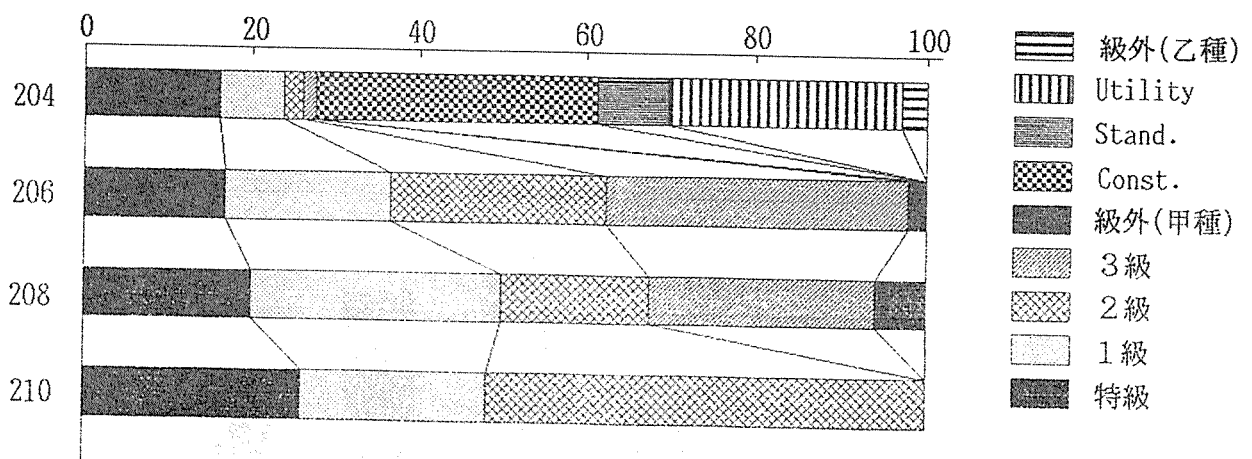


図4 製材品等級別材積割合 (寸法仕上げ材)

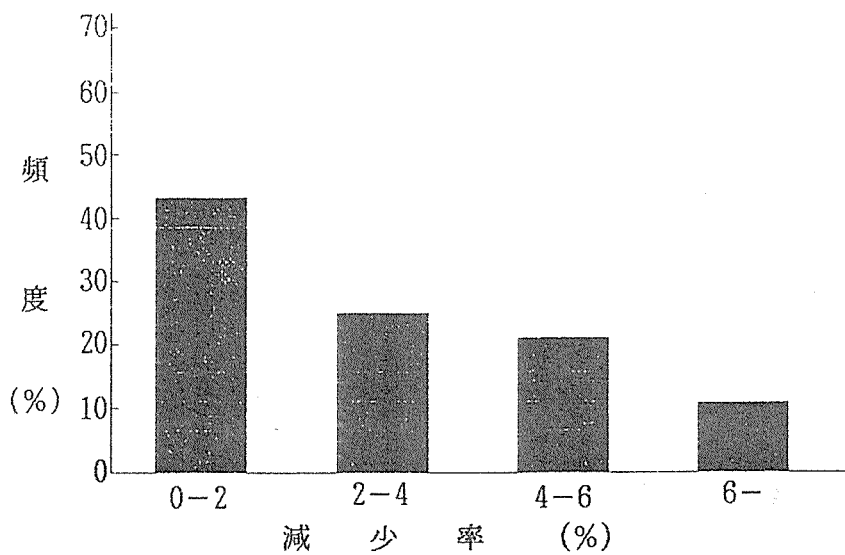


図5 乾燥による寸法減少率\*の頻度分布 (材厚)  
 \* :  $(\text{未乾燥材厚} - \text{乾燥材厚}) \div \text{未乾燥材厚} \times 100 (\%)$

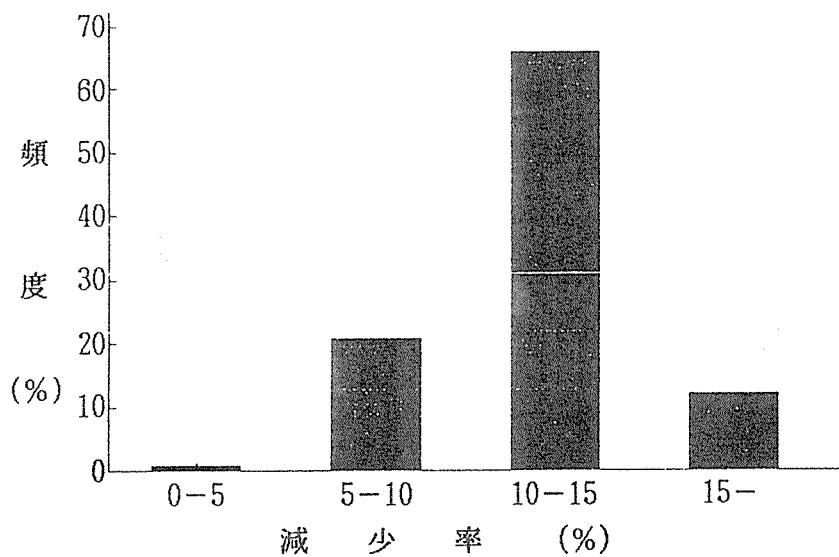


図6 寸法仕上げによる寸法減少率 (乾燥材)\*の頻度分布 (材厚)  
 \* :  $(\text{乾燥材厚} - \text{寸法仕上げ材厚}) \div \text{乾燥材厚} \times 100 (\%)$

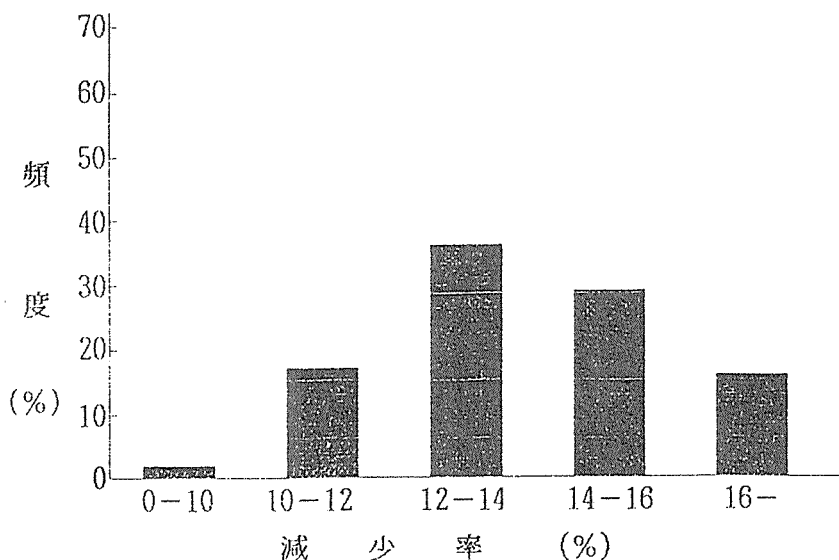


図7 寸法仕上げによる寸法減少率 (未乾燥材)\*の頻度分布 (材厚)  
 \* :  $(\text{未乾燥材厚} - \text{寸法仕上げ材厚}) \div \text{未乾燥材厚} \times 100 (\%)$

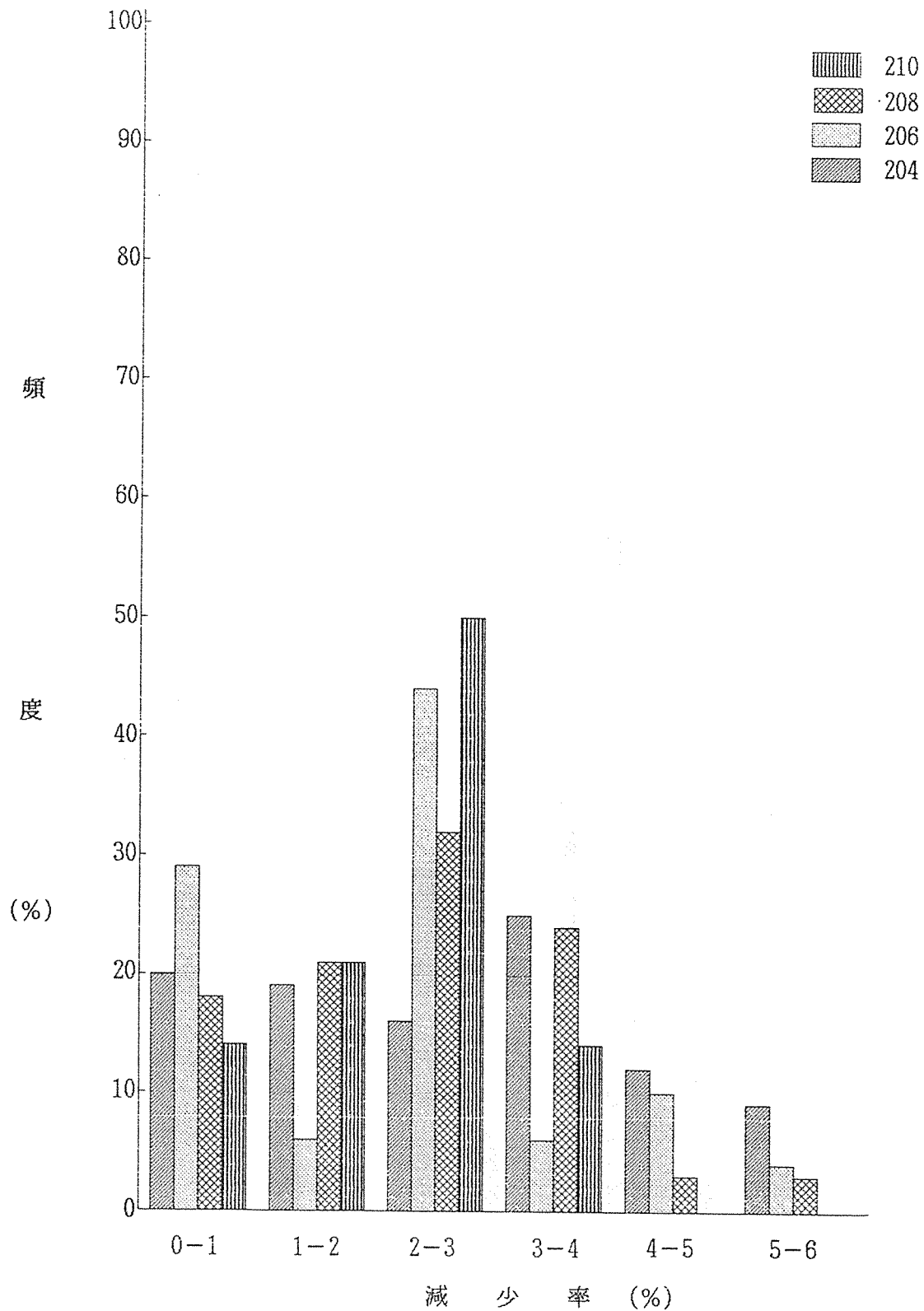


図8 乾燥による寸法減少率\*の頻度分布 (材幅)  
 \* : (未乾燥材幅 - 乾燥材幅) ÷ 未乾燥材幅 × 100 (%)



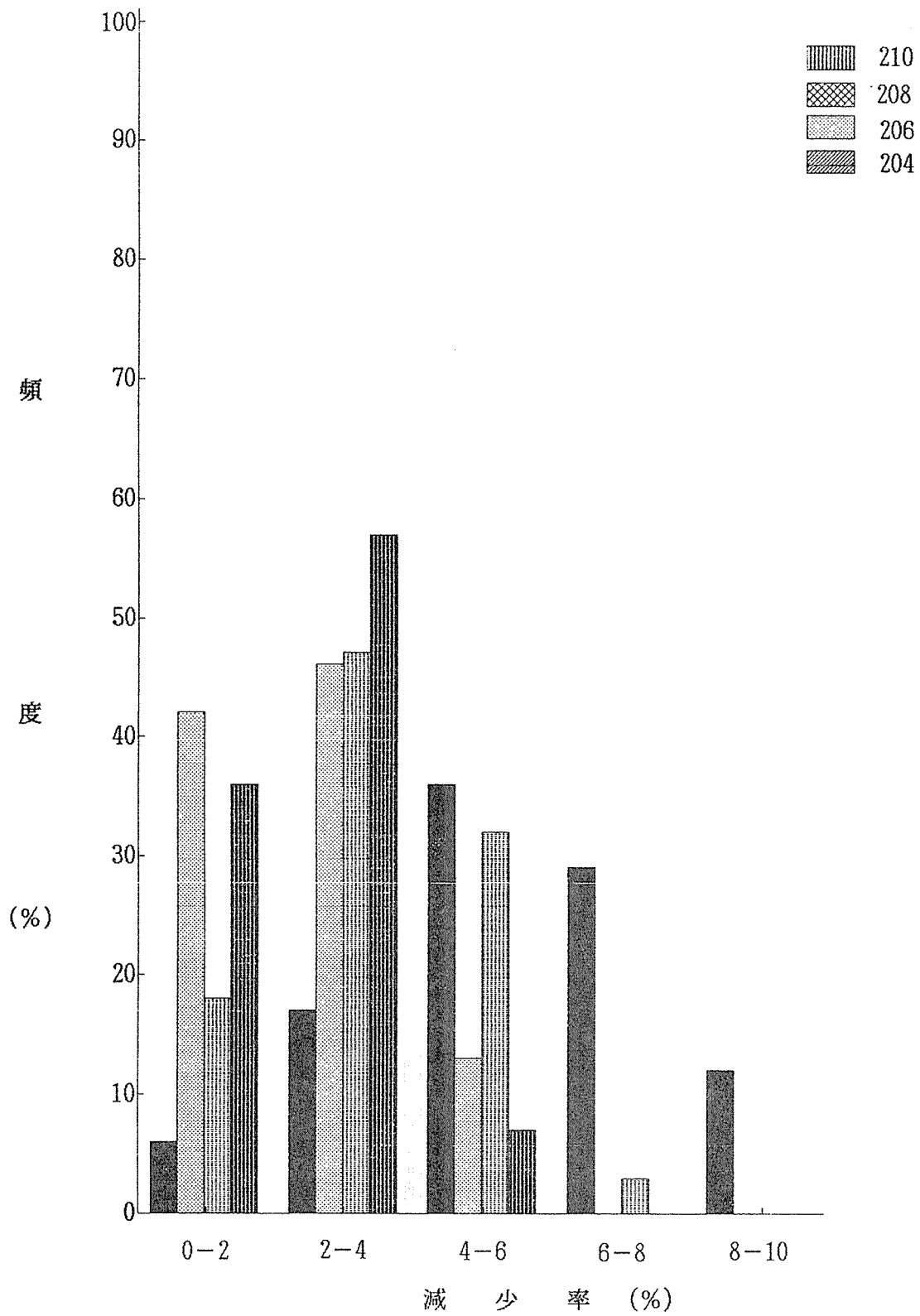


図9 寸法仕上げによる寸法減少率(乾燥材)\*の頻度分布(材幅)  
 \* : (乾燥材幅 - 寸法仕上げ材幅) ÷ 乾燥材幅 × 100 (%)

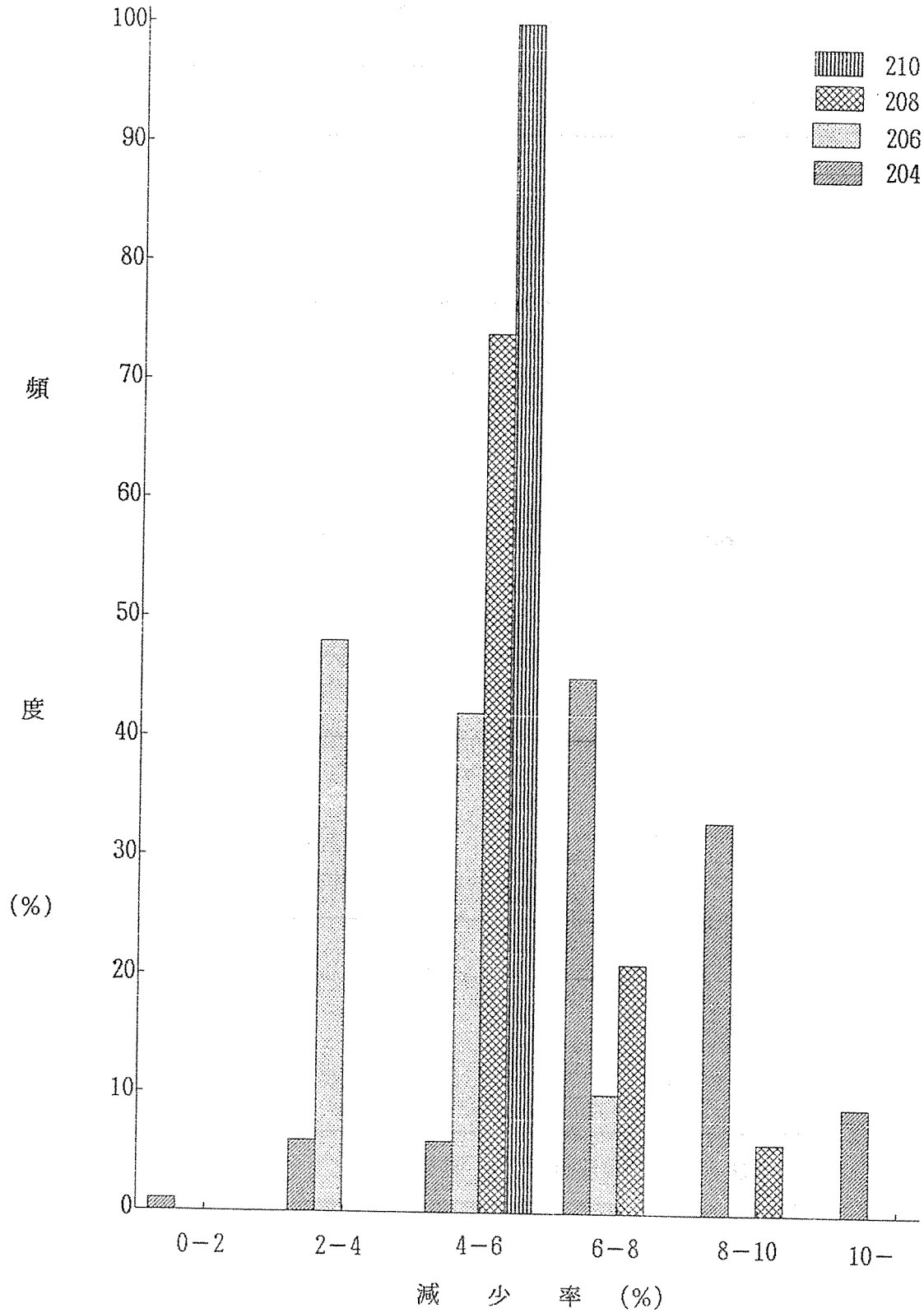


図10 寸法仕上げによる寸法減少率（未乾燥材）\*の頻度分布（材幅）  
 \*：（未乾燥材幅－寸法仕上げ材幅）÷未乾燥材幅×100（%）

表1 乾燥・寸法仕上げ加工した未乾燥材（丸太径級別）

丸太径級	丸 太		未乾燥材	
	本数	材積(m <sup>3</sup> )	本数	材積(m <sup>3</sup> )
18～20cm	15	2.6516	54	1.3172
22～24cm	11	2.5043	58	1.4021
26cm以上	7	2.4682	54	1.4386
全 体	33	7.6241	166	4.1579

表2 乾燥・寸法仕上げ加工した未乾燥材（寸法型式別）

寸法型式	本数	材積(m <sup>3</sup> )
203	1	0.0135
204	69	1.1399
206	48	1.2474
208	34	1.1719
210	14	0.5852

表3 形 量 歩 止 り (%)

丸太径級	未乾燥材	乾燥材	寸法仕上げ材
18～20cm	49.7	47.5	40.3
22～24cm	56.0	53.4	45.0
26cm以上	58.3	55.6	47.2
全 体	54.5	52.1	44.1

表4 乾燥・寸法仕上げ加工による寸法変化（厚さ減少率）（％）

	平 均	標準偏差
製材—乾燥* <sup>1</sup>	2.3 (1.1)	2.58 (1.17)
乾燥—寸法仕上げ* <sup>2</sup>	12.2 (5.4)	2.67 (1.25)
製材—寸法仕上げ* <sup>3</sup>	14.3 (6.4)	2.31 (1.12)

( ) 内は減少量 (mm)

\*<sup>1</sup> : (未乾燥材厚 - 乾燥材厚) ÷ 未乾燥材厚 × 100

\*<sup>2</sup> : (乾燥材厚 - 寸法仕上げ材厚) ÷ 乾燥材厚 × 100

\*<sup>3</sup> : (未乾燥材厚 - 寸法仕上げ材厚) ÷ 未乾燥材厚 × 100

表5 乾燥・寸法仕上げ加工による寸法変化（幅減少率）（％）

寸法型式	製材 — 乾燥* <sup>1</sup>		乾燥 — 寸法仕上げ* <sup>2</sup>		製材 — 寸法仕上げ* <sup>3</sup>	
	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差
204	2.3(2.1)	1.66(1.58)	5.2(4.9)	2.29(2.20)	7.4( 7.0)	2.01(1.97)
206	2.1(3.1)	1.53(2.27)	2.0(3.0)	1.51(2.23)	4.1( 6.1)	1.27(1.91)
208	2.1(4.2)	1.23(2.39)	3.5(6.7)	1.58(3.08)	5.6(10.9)	0.85(1.74)
210	2.1(5.2)	0.82(2.01)	2.4(5.6)	0.91(2.24)	4.4(10.9)	0.34(0.86)

( ) 内は減少量 (mm)

\*<sup>1</sup> : (未乾燥材幅 - 乾燥材幅) ÷ 未乾燥材幅 × 100

\*<sup>2</sup> : (乾燥材幅 - 寸法仕上げ材幅) ÷ 乾燥材幅 × 100

\*<sup>3</sup> : (未乾燥材幅 - 寸法仕上げ材幅) ÷ 未乾燥材幅 × 100

## 2 曲げ試験

### 2. 1 実験方法

徳島県産のスギ丸太120本（約30m<sup>3</sup>）から、合計695本を204～212サイズ、長さ4mの枠組壁工法構造用製材に製材し、人工乾燥の後、プレーナーで鉋削加工を行い、その中から、204サイズ30本、206サイズ30本、208サイズ20本、210サイズ20本を抽出し供試材とした。

強度試験に先立ち、節、割れ、丸み等の位置と大きさを測定し、欠点調査表に記入した。曲げ試験終了後、破壊部分の近傍から厚さ2cmの角板を切断し、平均年輪幅、比重、含水率を測定した。

破壊試験の前に、縦振動法による動的ヤング係数と重錘載荷試験によるヤング係数を求めた。

#### 2. 1. 1 縦振動法による動的ヤング係数の測定

木口面の一方をハンマーでたたき、もう一方の木口面にマイクロホンをあて、サウンドアナライザ（エー・アンド・デイ社製AD-3523）により縦振動共振周波数を測定し、次式により動的ヤング係数を求めた。

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{E d \cdot g}{\delta}}$$

$$E d = \frac{4 f^2 l^2 \delta}{g}$$

ただし、E d : 動的ヤング係数 (gf/cm<sup>2</sup>)

f : 基本振動周波数 (Hz)

l : 材長 (cm)

g : 重力の加速度 (cm/sec<sup>2</sup>)

δ : 材の密度 (g/cm<sup>3</sup>)

#### 2. 1. 2 重錘載荷によるたわみ測定

スパンを360cmにとり、中央部に25kgf～50kgfのおもりを載せ、材のたわみを電気式変位計（東京測器社製CDP-25）とデータロガー（共和電業社製UCAM-5BT）により測定し曲げヤング係数を求めた。重錘載荷は、1試験体につきエッジワ

イズ2面、フラットワイズ2面の4面について行った。

## 2. 1. 3 曲げ試験

非破壊試験後、油圧式試験機（島津製作所社製 曲げ容量20ton）を用い、単調増加方式でエッジワイズの2点荷重曲げ試験を行った。スパンは360cm、せん断スパンは120cm、荷重点間は120cmであった。スパン360cmの間の材の中立軸のたわみ（全たわみ）とヨーク長 80cmの間（純曲げ）の2か所の変位を電気式変位計で測定し、ヤング係数および比例限度を求めた（全たわみ ㈱共和電業社製 DT-100E 容量100mm、純曲げ 東京測器社製 CDP-25 容量25mm）（図11、写真1、2）。

## 2. 2 結果および考察

材質調査結果、非破壊試験、曲げ試験結果をサイズごとに表6～9に示す。204、206サイズの比例限度は、たわみ量の変位計の容量を越えたため測定できなかったものがあつたので省略した。

含水率は、204サイズ、206サイズ、208サイズ、210サイズの順に平均値で13.3%、14.3%、14.4%、15.1%であつた。

気乾比重は、平均値で、0.371、0.373、0.362、0.377であつた。

平均年輪幅は、平均値で4.3mm、4.0mm、4.5mm、4.3mmであつた。

重錘載荷試験によるヤング係数は、どのサイズもエッジワイズよりフラットワイズの方が高い値を示した。

各サイズの曲げ強度の出現頻度を図12～15に、各サイズのヤング係数の出現頻度を図16～19に示す。各サイズの曲げ強度を図20に、各サイズの全スパンのヤング係数を図21に示す。

住宅金融公庫工事共通仕様書で定められている各サイズ、各等級の長期許容応力と試験結果の関係を表10に示す。試験体数が少ないため危険率5%下限値は求めることができなかったため、実験値の最小値と比較した。曲げ強度の長期許容応力度/最小値は、204サイズの甲種で4.2～4.4、206サイズで3.3～8.0、208サイズで2.7～6.8、210サイズで1.6～5.8であつた。曲げヤング係数に関してはどのサイズも1前後であつた。

材質と強度的性質、ヤング係数と曲げ強度などの各因子間の単相関係数を各サイズごとに表11～14に示す。また、気乾比重と曲げ強度の関係を図22～25に、含水率と曲げ強度との関係を図26～29に、平均年輪幅と曲げ強度の関係を図30～33に、重錘載荷試験によるヤング係数と曲げ強度の関係を図34～37に、縦振動法による動的ヤング係数と曲げ強度との関係を図38～41に、曲げ試験時のヤ

ング係数と曲げ強度との関係を図42～45に示す。

気乾比重、平均年輪幅、含水率、重錘載荷試験によるヤング係数、縦振動法による動的ヤング係数と曲げ強度との関係は、断面が小さいほど相関係数が大きく、断面が大きいほど相関係数が小さくなっている。これは、210サイズの場合は、せん断力の影響が204サイズに比べて大きく現れたためと思われる。また、210サイズは試験時に材のねじれなどが起こり、材質自体の影響が小さくなったためと思われる。

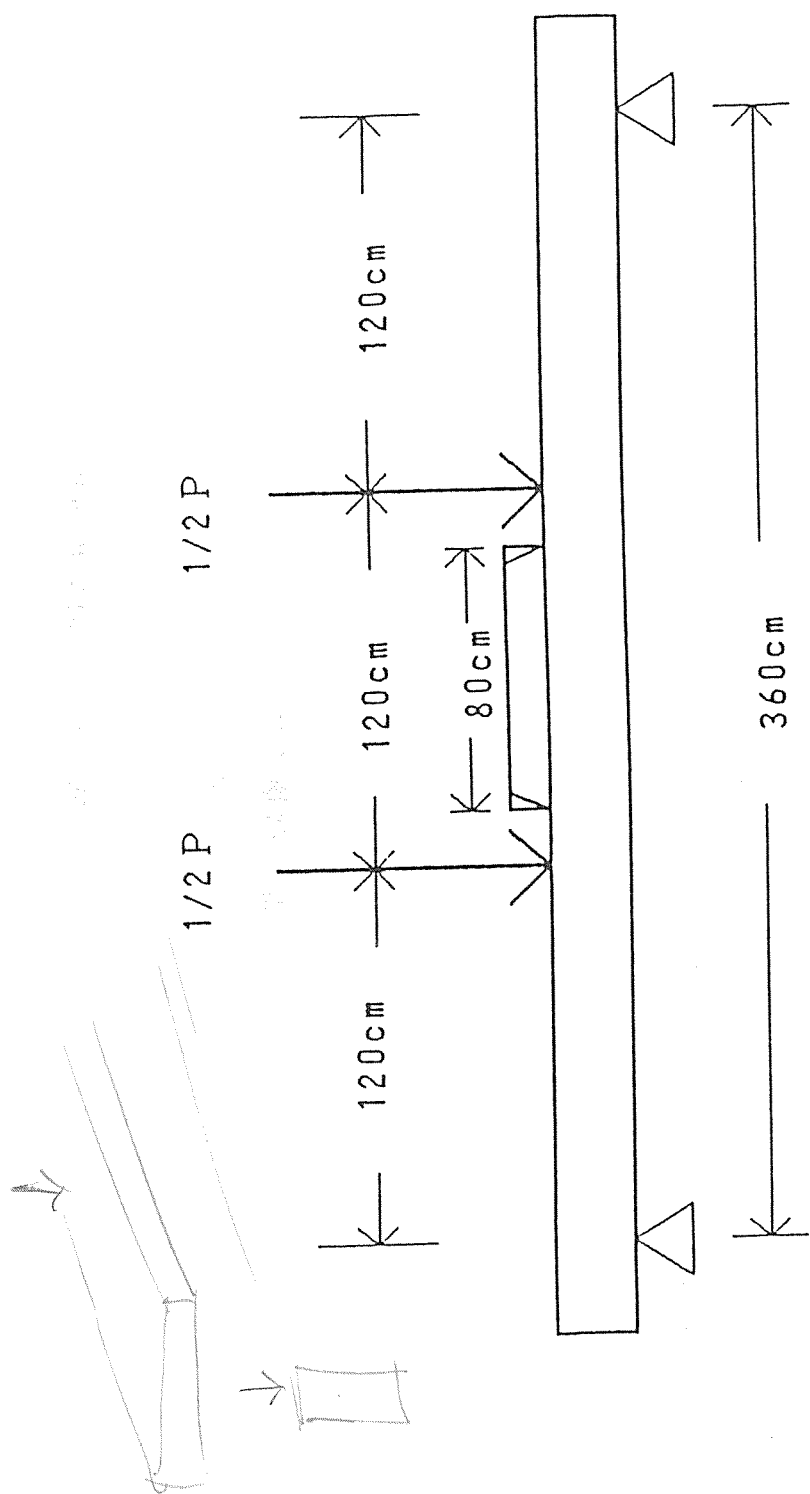


図11 実大曲げ強度試験



Class	Frequency	Percentage
25.0000	0	0.0%
75.0000	0	0.0%
125.0000	0	0.0%
175.0000	0	0.0%
225.0000	0	0.0%
275.0000	10	10.0%
325.0000	16	16.7%
375.0000	13	13.3%
425.0000	23	23.3%
475.0000	13	13.3%
525.0000	3	3.3%
575.0000	13	13.3%
625.0000	3	3.3%
675.0000	0	0.0%
725.0000	3	3.3%
775.0000	0	0.0%
825.0000	0	0.0%
875.0000	0	0.0%
925.0000	0	0.0%
975.0000	0	0.0%

204.DAT - MOR  
 N = 30  
 MEAN 432.113 SD 115.849 CV 26.8098 %  
 MIN 263.6 MAX 749.6

-----  
 Normal Dist.  
 -----  
 NORM. 5%ile = 241.56  
 NORM. 10%ile = 283.647

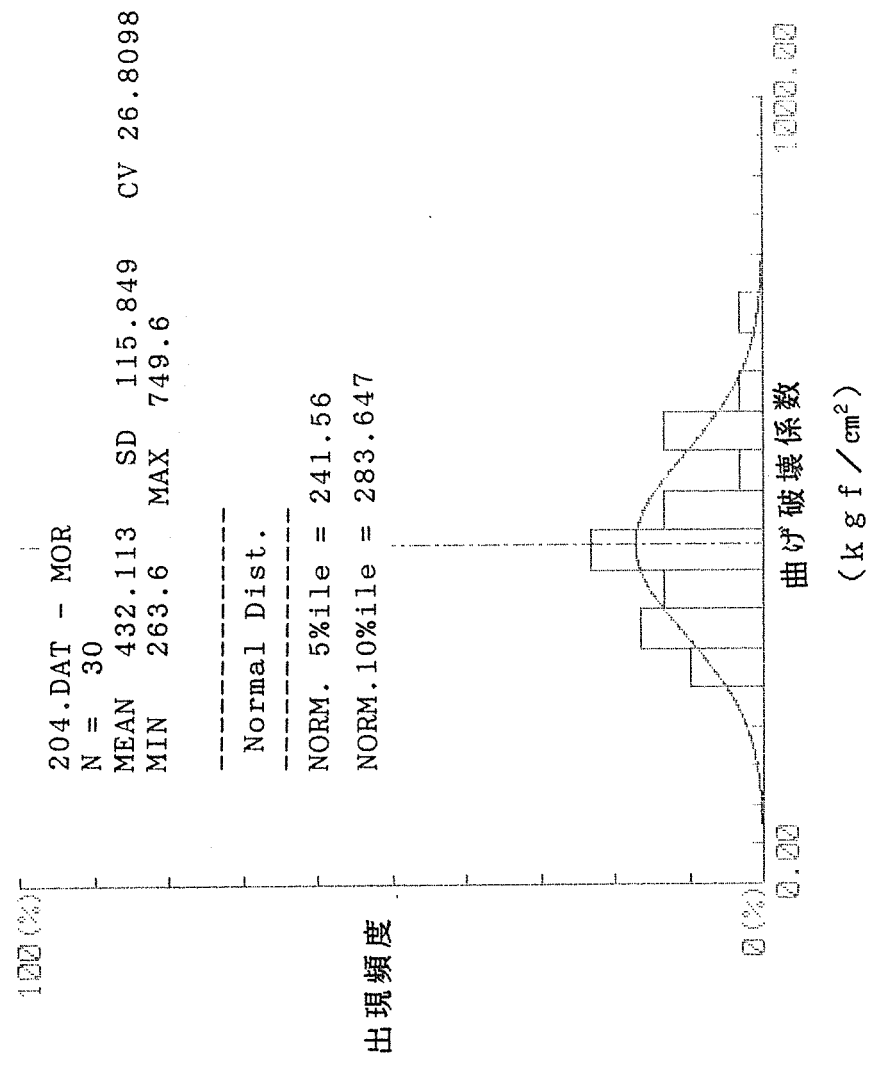


図12 204サイズの曲げ破壊係数の出現頻度

206.DAT - MOR			
N =	30		
MEAN	408.31	SD	68.8256
MIN	257.2	MAX	594.9
		CV	16.8562 %
-----			
Normal Dist.			
-----			
NORM. 5%ile = 295.102			
NORM. 10%ile = 320.107			

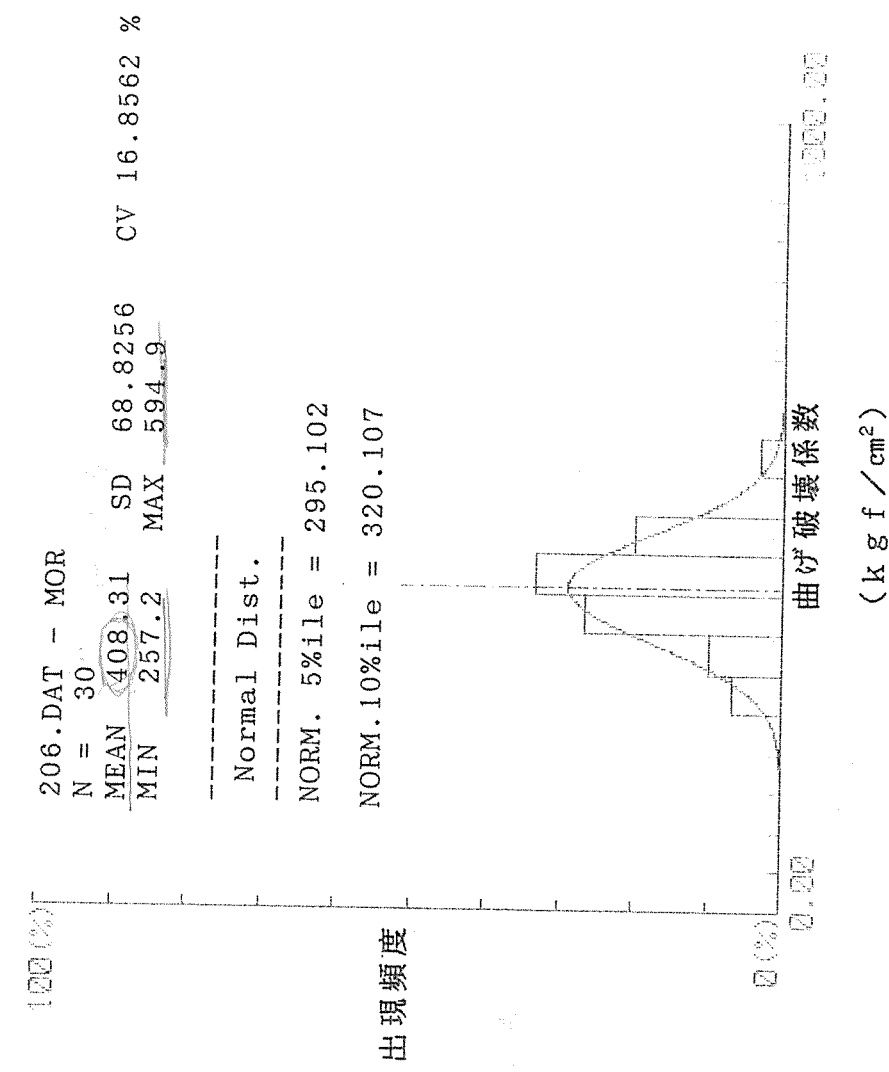


図13 206サイズの曲げ破壊係数の出現頻度

Classes

25.0000	( 0.0%)
75.0000	( 0.0%)
125.0000	( 0.0%)
175.0000	( 0.0%)
225.0000	( 0.0%)
275.0000	( 15.0%)
325.0000	( 30.0%)
375.0000	( 20.0%)
425.0000	( 15.0%)
475.0000	( 10.0%)
525.0000	( 5.0%)
575.0000	( 5.0%)
625.0000	( 0.0%)
675.0000	( 0.0%)
725.0000	( 0.0%)
775.0000	( 0.0%)
825.0000	( 0.0%)
875.0000	( 0.0%)
925.0000	( 0.0%)
975.0000	( 0.0%)

208.DAT - MOR  
 N = 20  
 MEAN 376.76 SD 80.9754 CV 21.4926 %  
 MIN 264.2 MAX 552.3

-----  
 Normal Dist.  
 -----

NORM. 5%ile = 243.568  
 NORM. 10%ile = 272.986

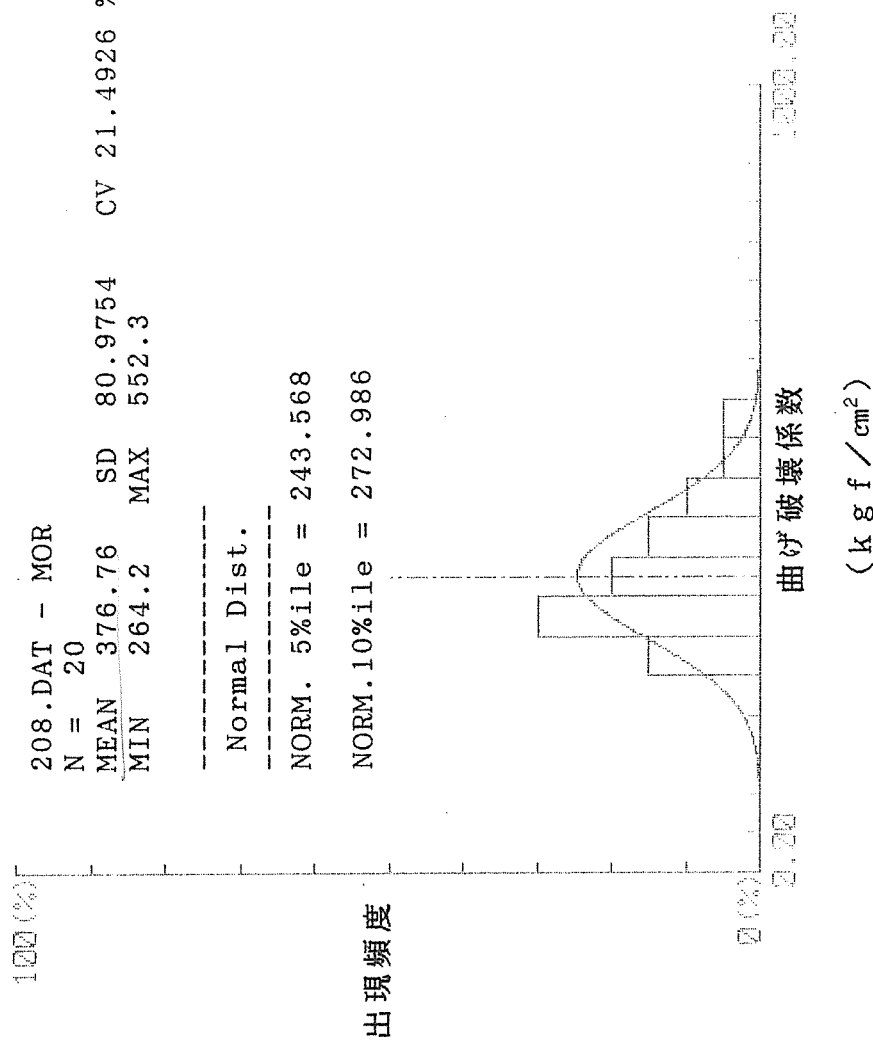


図14 208サイズの曲げ破壊係数の出現頻度

```

01555
25.00000 0.00%
75.00000 0.00%
125.00000 0.00%
175.00000 0.00%
225.00000 0.00%
275.00000 0.00%
325.00000 0.00%
375.00000 0.00%
425.00000 0.00%
475.00000 0.00%
525.00000 0.00%
575.00000 0.00%
625.00000 0.00%
675.00000 0.00%
725.00000 0.00%
775.00000 0.00%
825.00000 0.00%
875.00000 0.00%
925.00000 0.00%
975.00000 0.00%

```

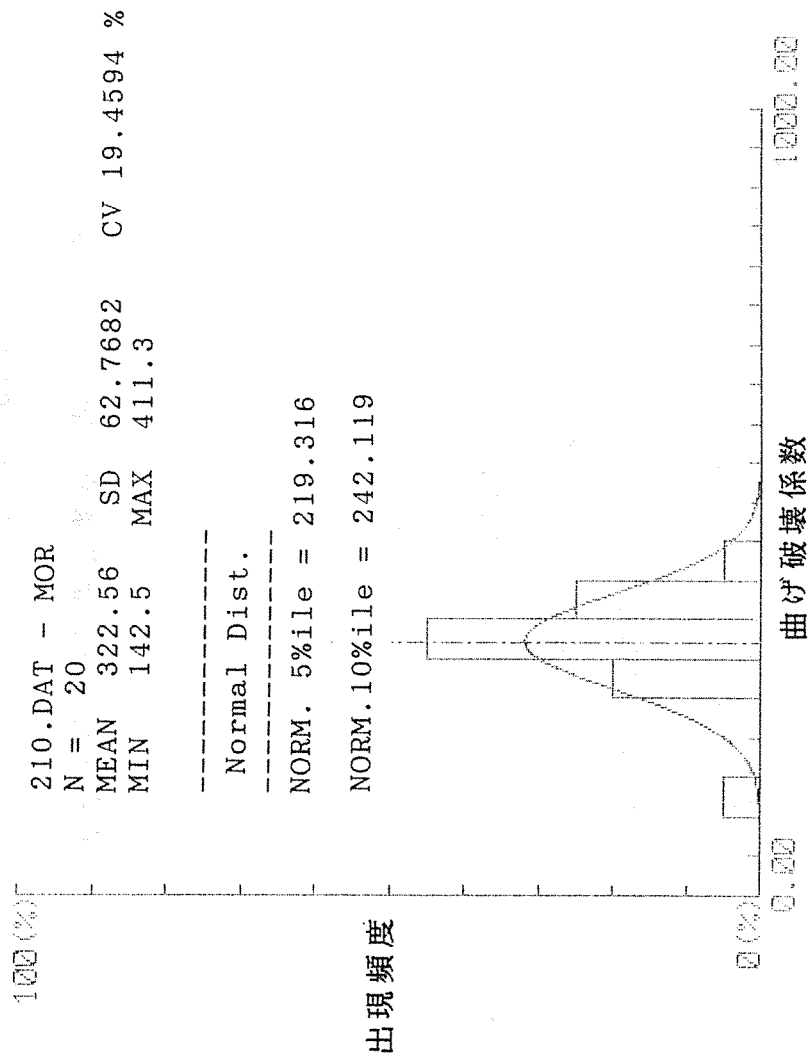


図15 210サイズの曲げ破壊係数の出現頻度

Class			
92.50000	(	0.0%	(
97.50000	(	0.0%	(
42.50000	(	0.0%	(
47.50000	(	0.0%	(
52.50000	(	0.0%	(
57.50000	(	0.0%	(
62.50000	(	6.7%	(
67.50000	(	13.3%	(
72.50000	(	3.3%	(
77.50000	(	6.7%	(
82.50000	(	3.3%	(
87.50000	(	16.7%	(
92.50000	(	9.7%	(
97.50000	(	10.0%	(
102.50000	(	10.0%	(
107.50000	(	6.7%	(
112.50000	(	9.3%	(
117.50000	(	9.3%	(
122.50000	(	6.7%	(
127.50000	(	3.3%	(

204.DAT - EL  
 N = 30  
 MEAN 91.59 SD 18.7924 CV 20.518 %  
 MIN 61.7 MAX 125.7

-----  
 Normal Dist.  
 -----

NORM. 5%ile = 60.6793

NORM. 10%ile = 67.5066

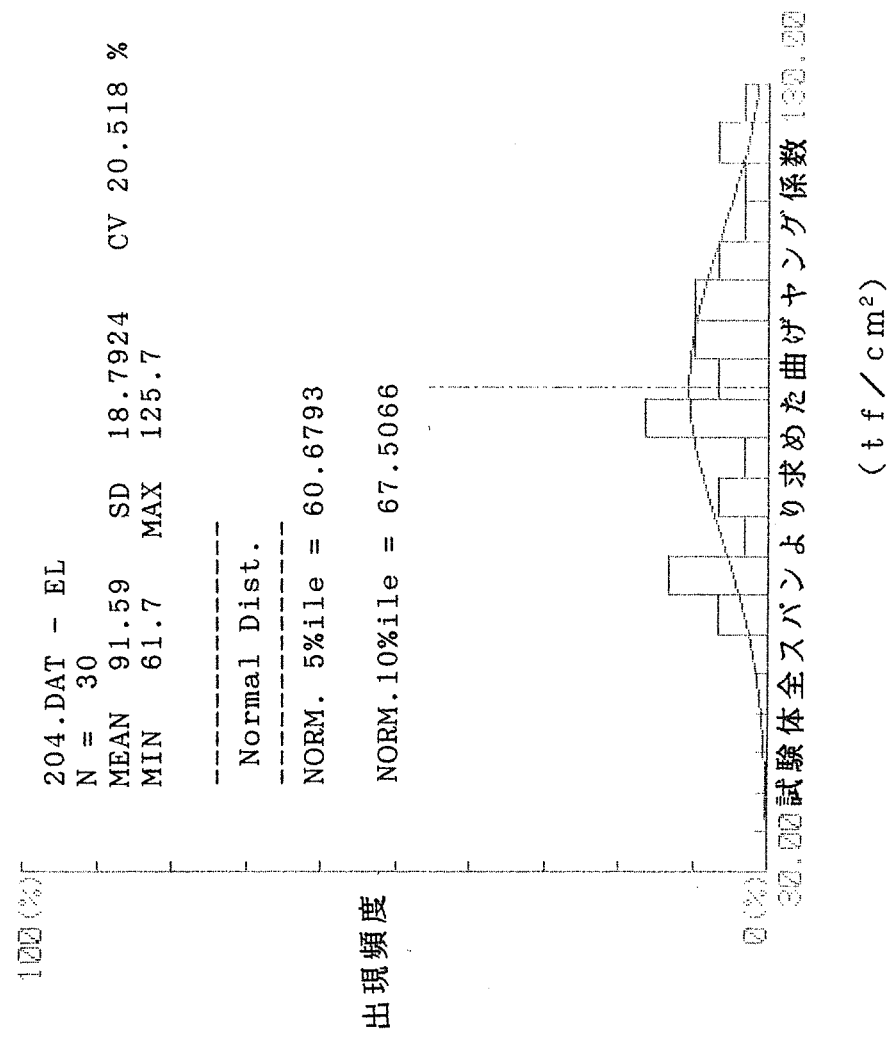


図16 204サイズの曲げヤング係数の出現頻度

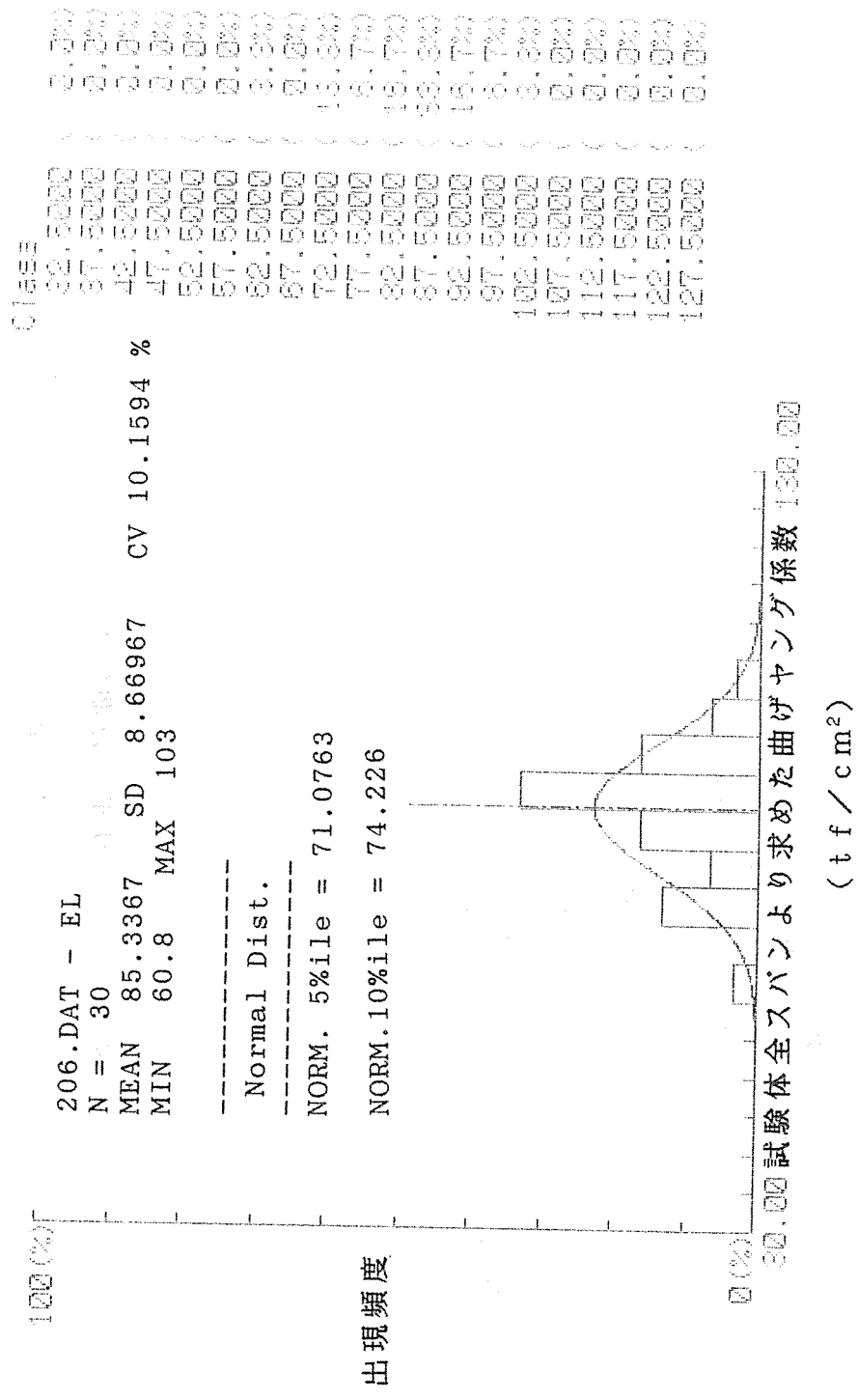


図17 206サイズの曲げヤング係数の出現頻度

Class	(	)
32.5000	(	0.0%
37.5000	(	0.0%
42.5000	(	0.0%
47.5000	(	0.0%
52.5000	(	0.0%
57.5000	(	0.0%
62.5000	(	5.0%
67.5000	(	15.0%
72.5000	(	10.0%
77.5000	(	25.0%
82.5000	(	10.0%
87.5000	(	5.0%
92.5000	(	20.0%
97.5000	(	0.0%
102.5000	(	5.0%
107.5000	(	0.0%
112.5000	(	5.0%
117.5000	(	0.0%
122.5000	(	0.0%
127.5000	(	0.0%

208.DAT - EL  
 N = 20  
 MEAN 81.06 SD 12.4491 CV 15.3578 %  
 MIN 60.9 MAX 112.4

-----  
 Normal Dist.  
 -----

NORM. 5%ile = 60.5832  
 NORM. 10%ile = 65.1059

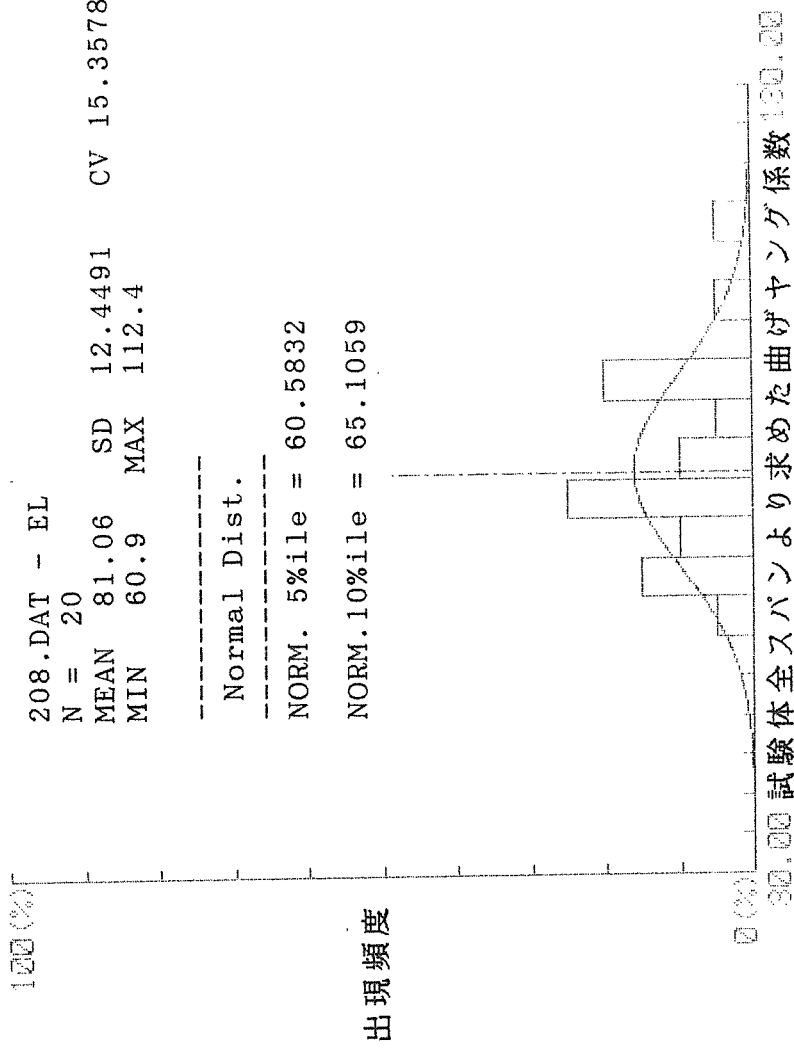


図18 208サイズの曲げヤング係数の出現頻度

210.DAT - EL

N = 20

MEAN 76.225 SD 9.88981 CV 12.9745 %

MIN 59.7 MAX 92.9

Class	Frequency	Percentage
92.5000	(	0.0%
97.5000	(	0.0%
102.5000	(	0.0%
107.5000	(	0.0%
112.5000	(	0.0%
117.5000	(	0.0%
122.5000	(	0.0%
127.5000	(	0.0%
132.5000	(	0.0%
137.5000	(	0.0%
142.5000	(	0.0%
147.5000	(	0.0%
152.5000	(	0.0%
157.5000	(	0.0%
162.5000	(	0.0%
167.5000	(	0.0%
172.5000	(	0.0%
177.5000	(	0.0%
182.5000	(	0.0%
187.5000	(	0.0%
192.5000	(	0.0%
197.5000	(	0.0%
202.5000	(	0.0%
207.5000	(	0.0%
212.5000	(	0.0%
217.5000	(	0.0%
222.5000	(	0.0%
227.5000	(	0.0%

Normal Dist.

NORM. 5%ile = 59.9577

NORM. 10%ile = 63.5507

出現頻度

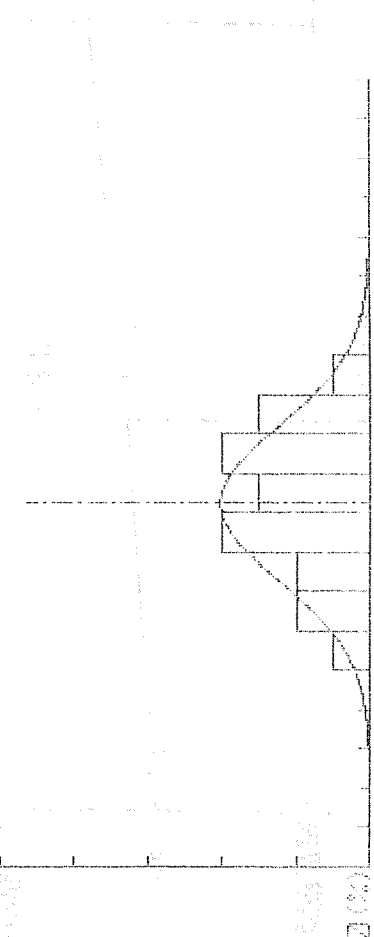


図19 210サイズの曲げヤング係数の出現頻度



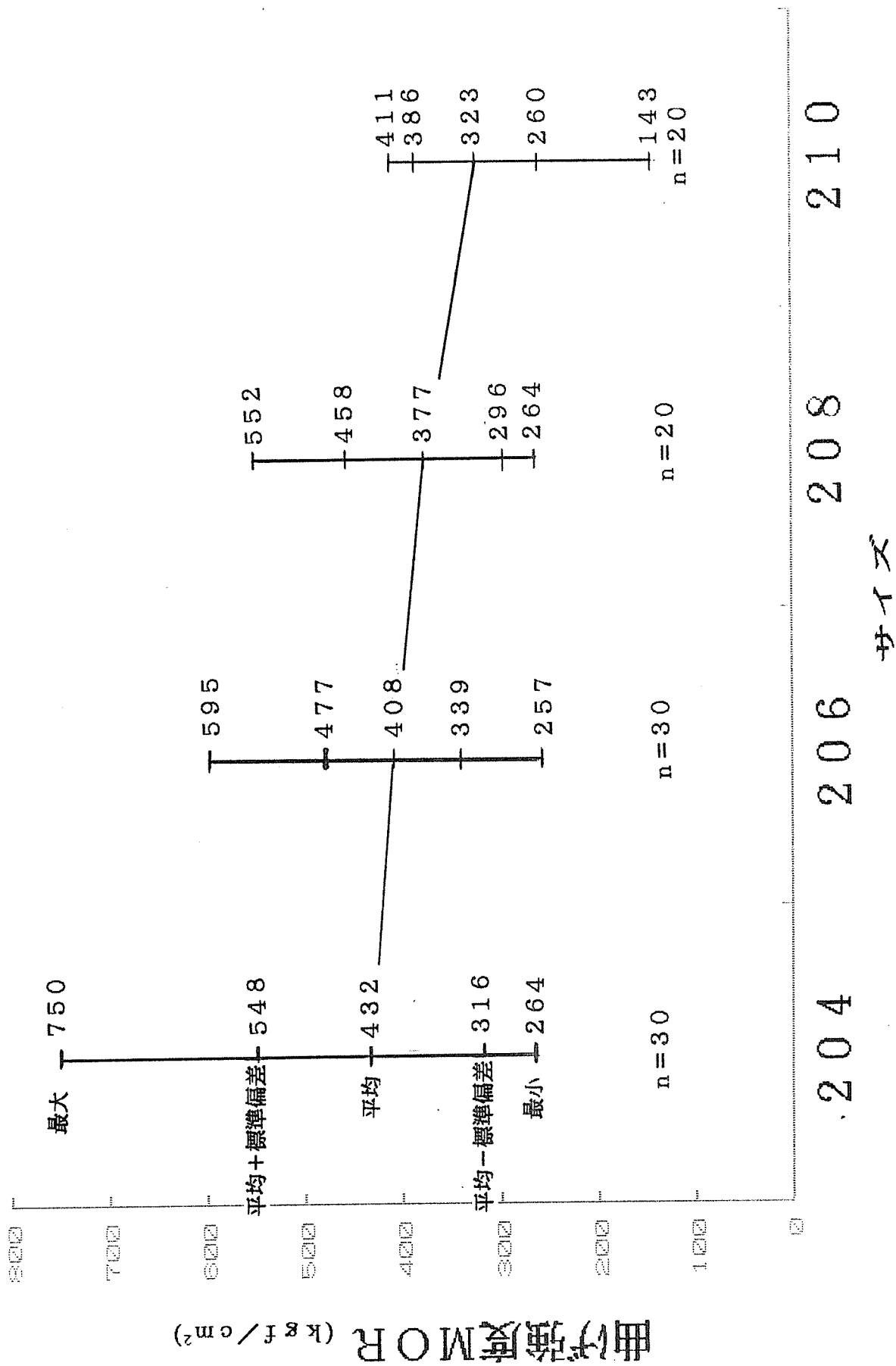


図20 各サイズの曲げ強度

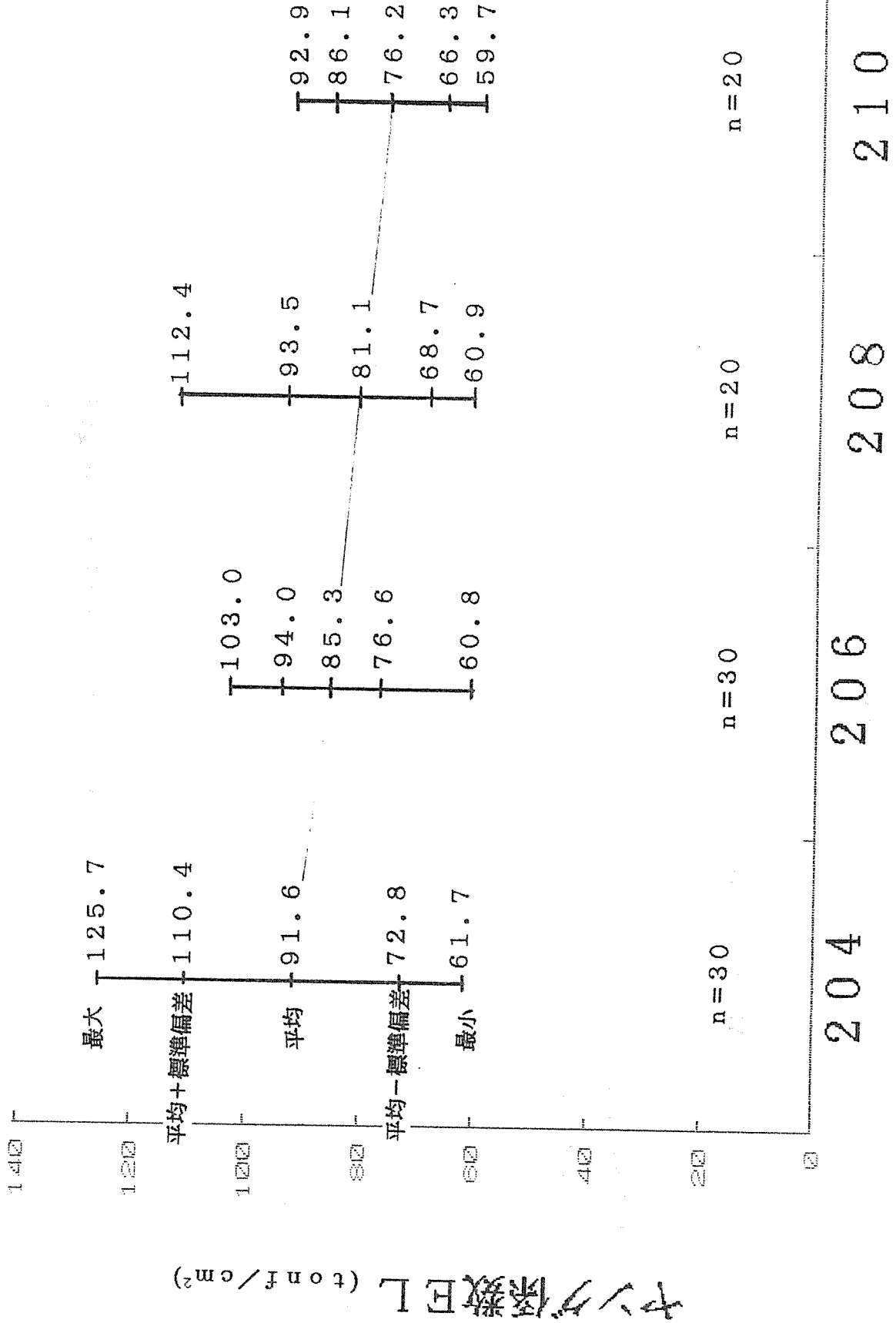


図21 各サイズのヤング係数

204.DAT N= 30

X -- S.G. 0 - 1  
Y -- MOR 0 - 1000

N = 30

R = .511112

SQR (VYX) = 101.336

Y = 19.08 + 1114.1 X

Y5% = -147.617 + 1114.1 X

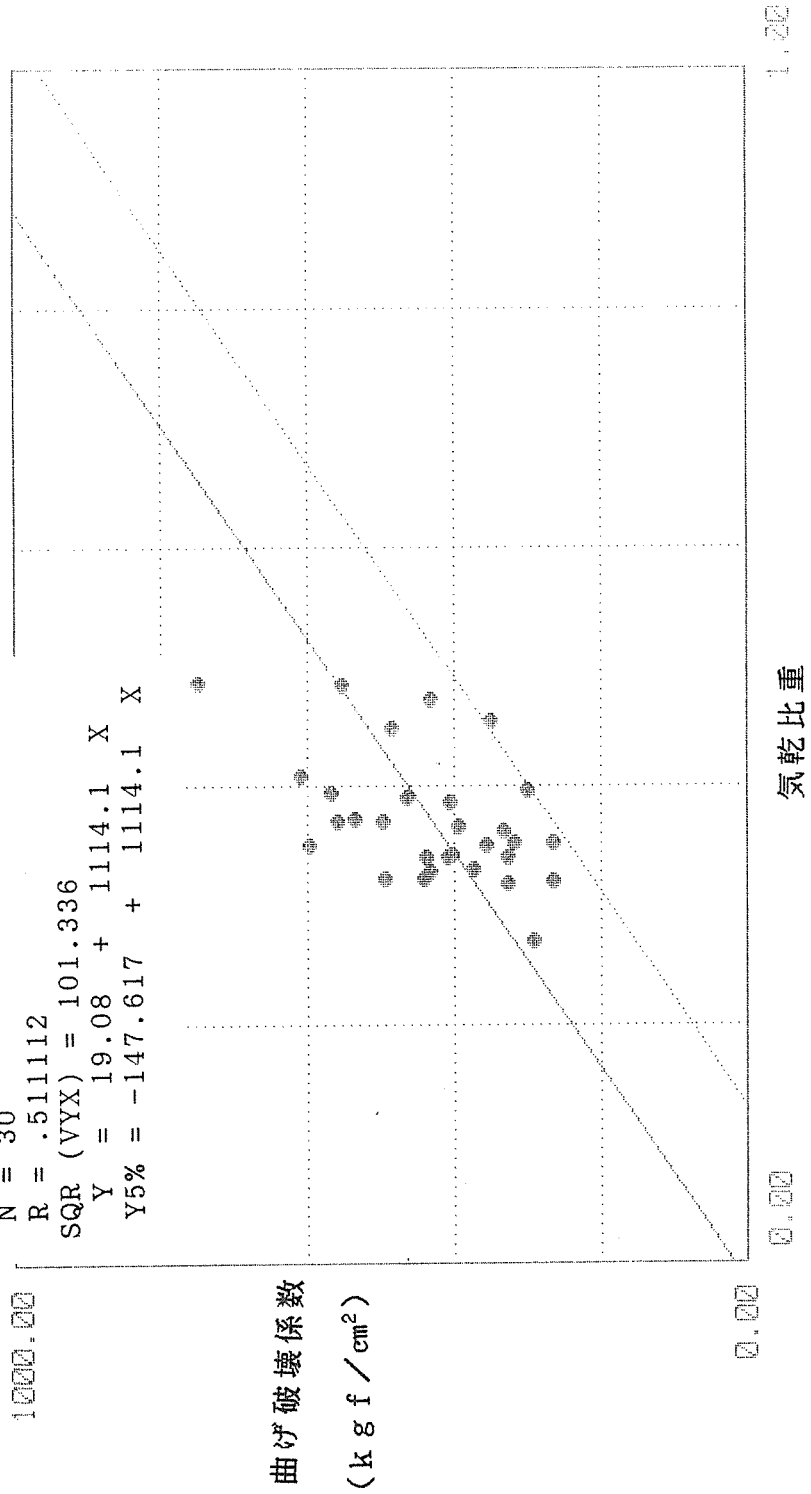


図22 204サイズの気乾比重と曲げ強度の関係

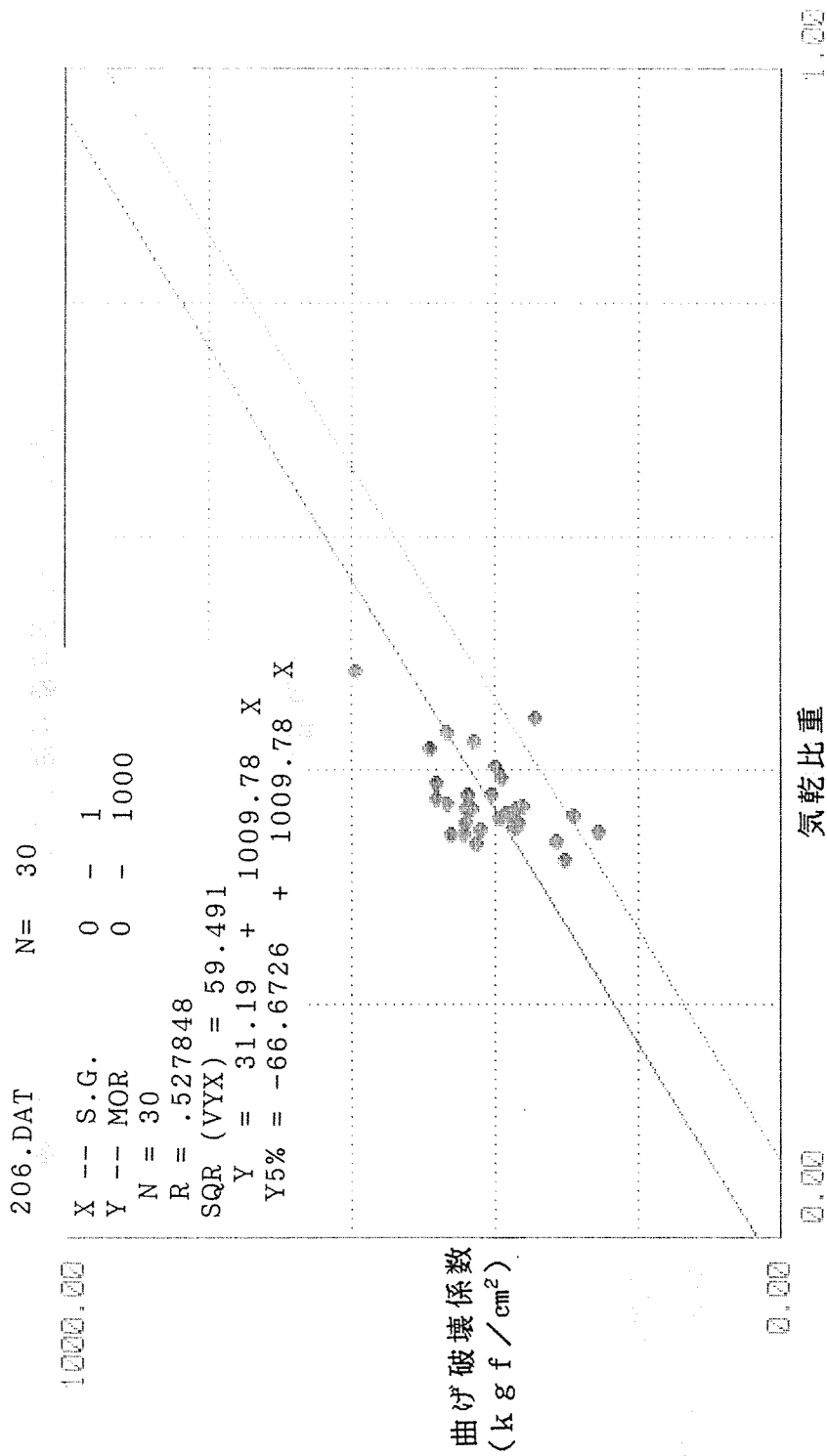


図23 206サイズの気乾比重と曲げ強度の関係

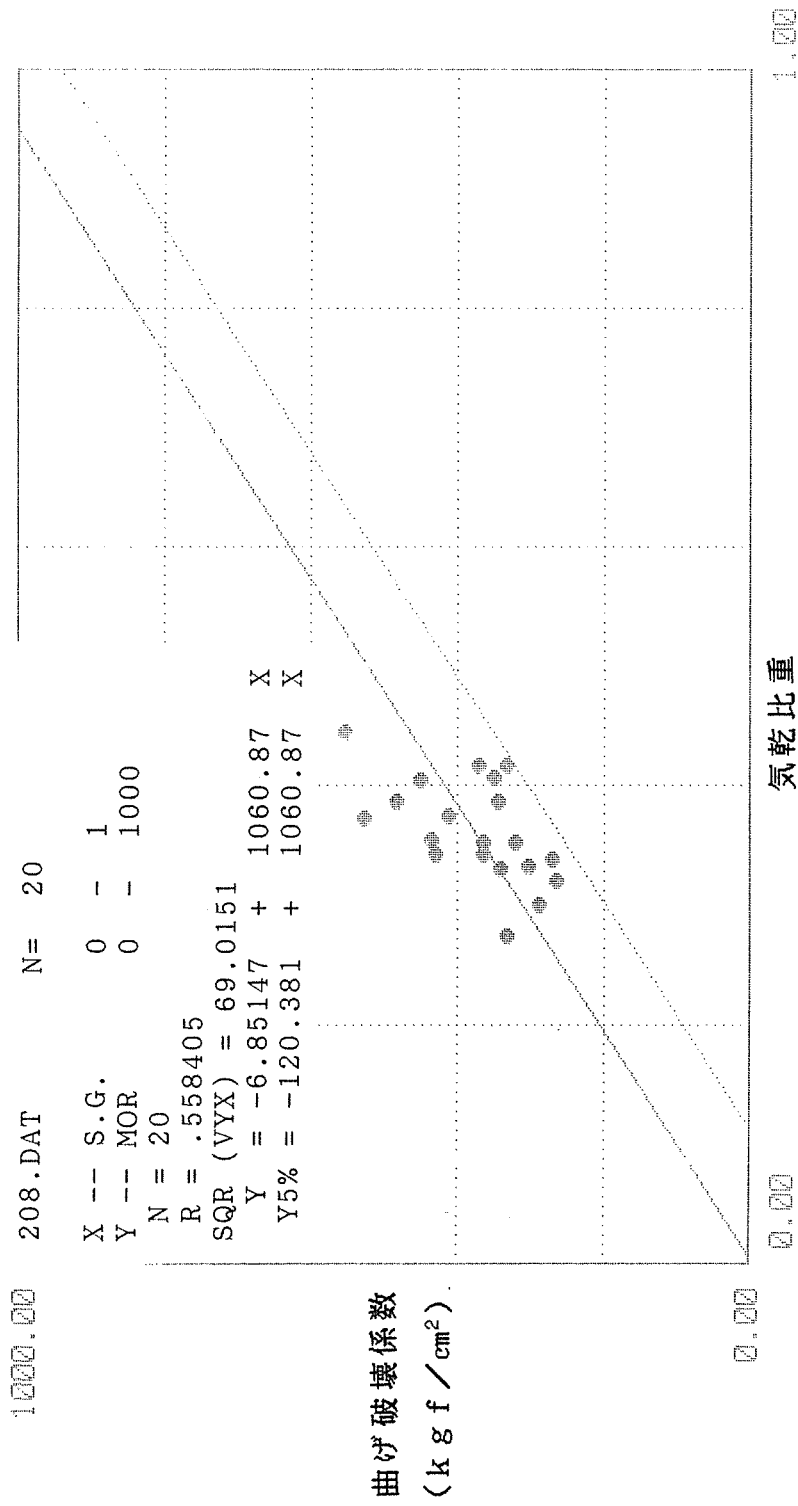


図 2 4 208サイズの気乾比重と曲げ強度の関係

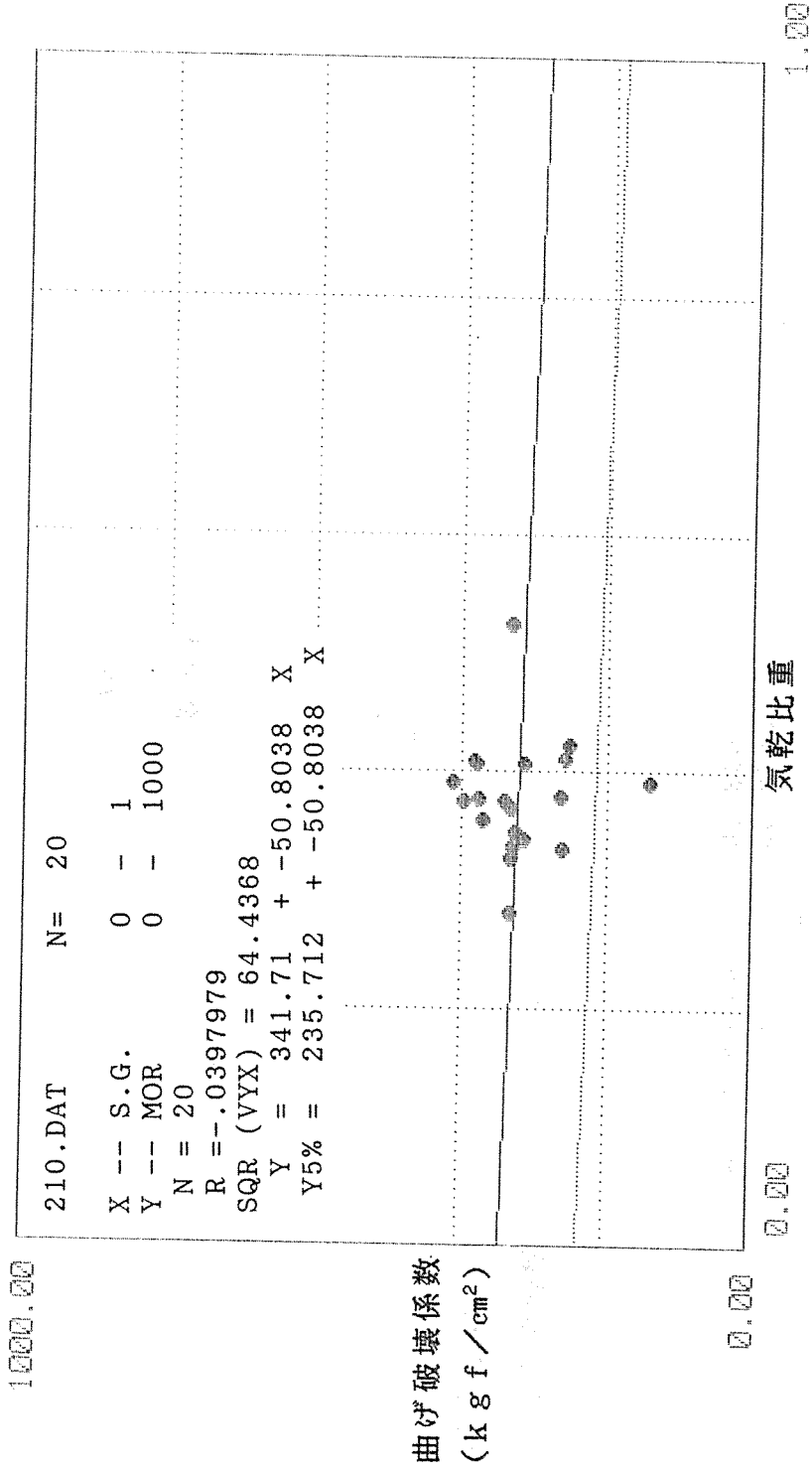


図25 210サイズの気乾比重と曲げ強度の関係

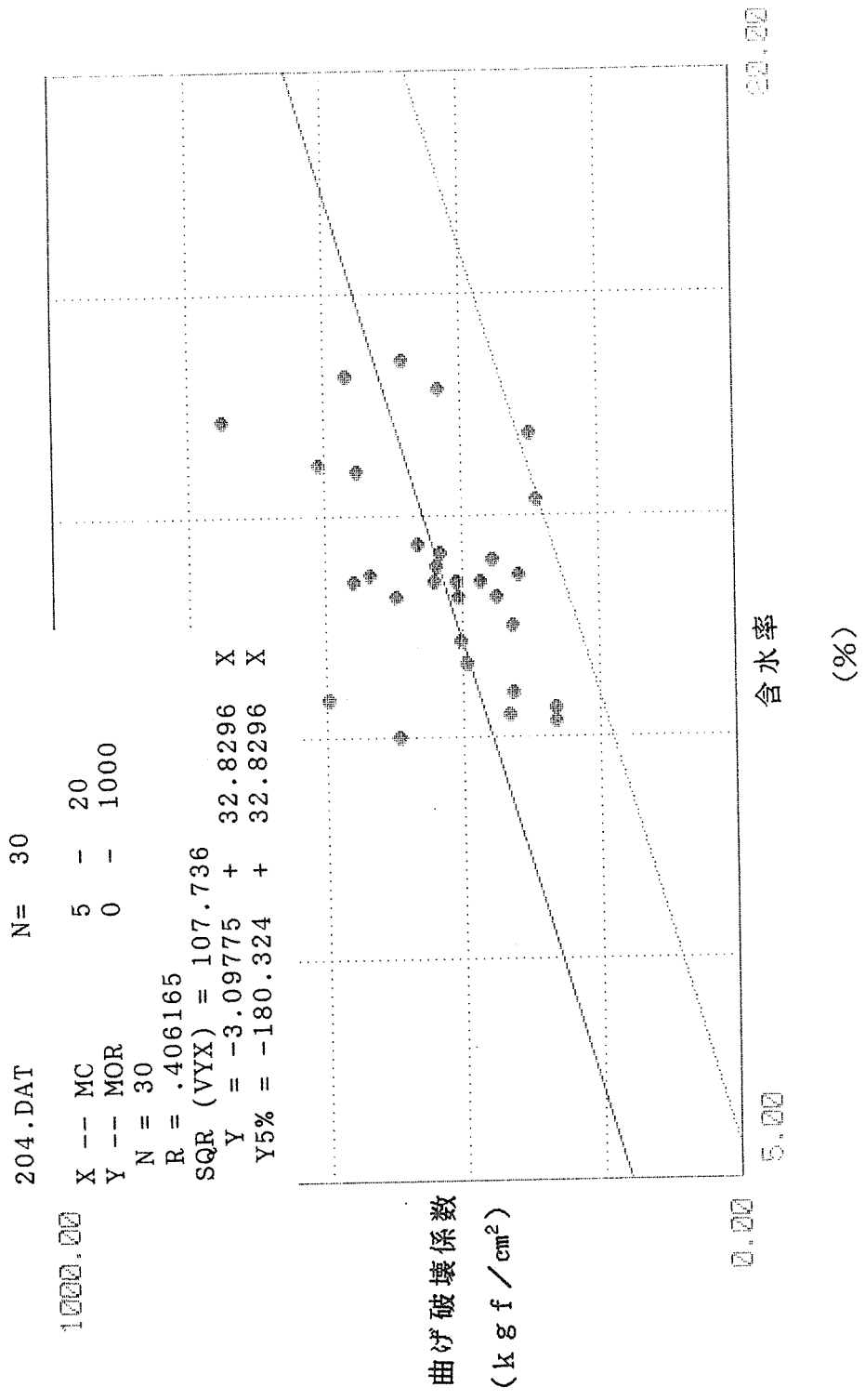


図26 204サイズの含水率と曲げ強度の関係

206サイズの含水率と曲げ強度の関係

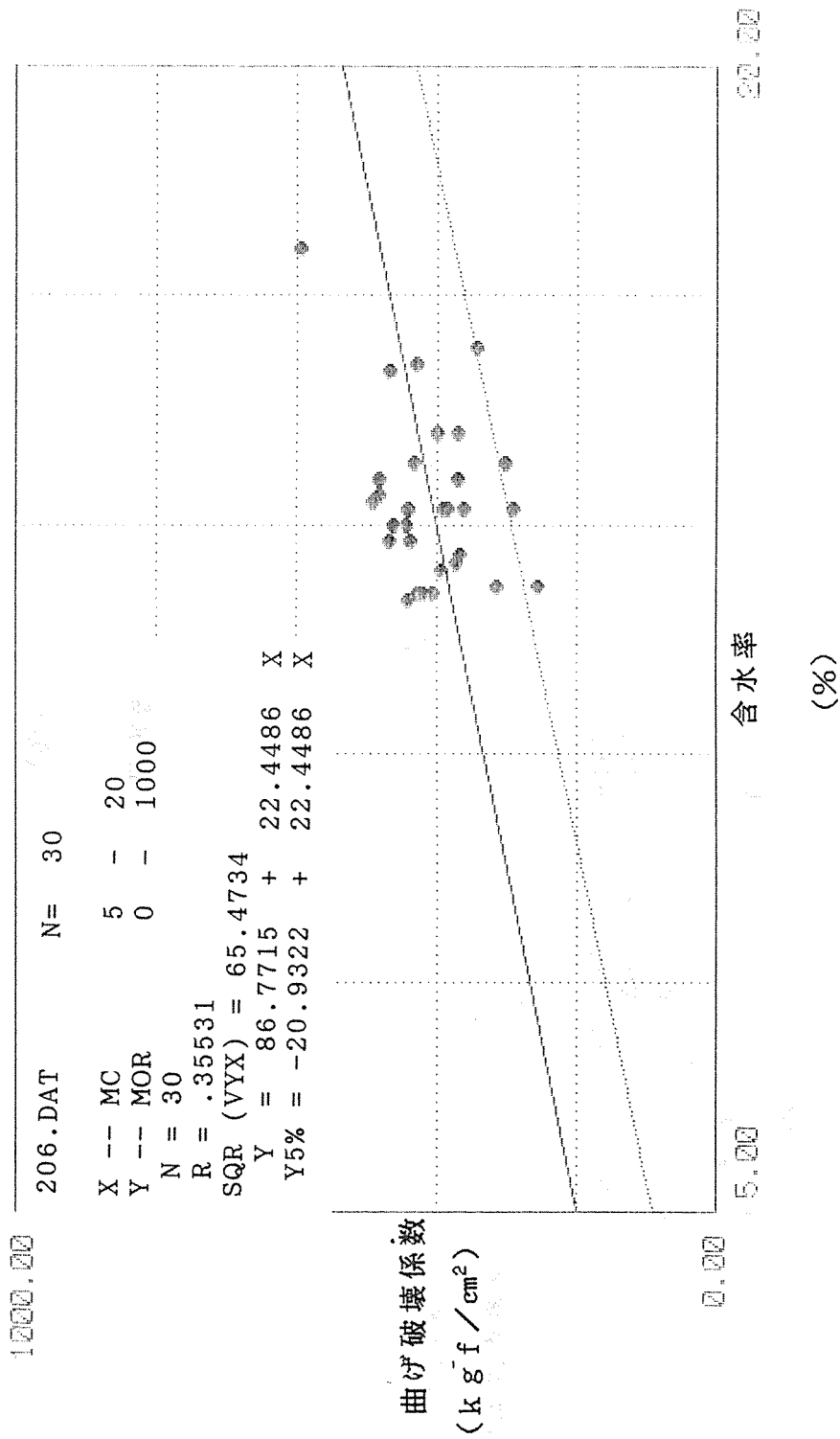


図27 206サイズの含水率と曲げ強度の関係



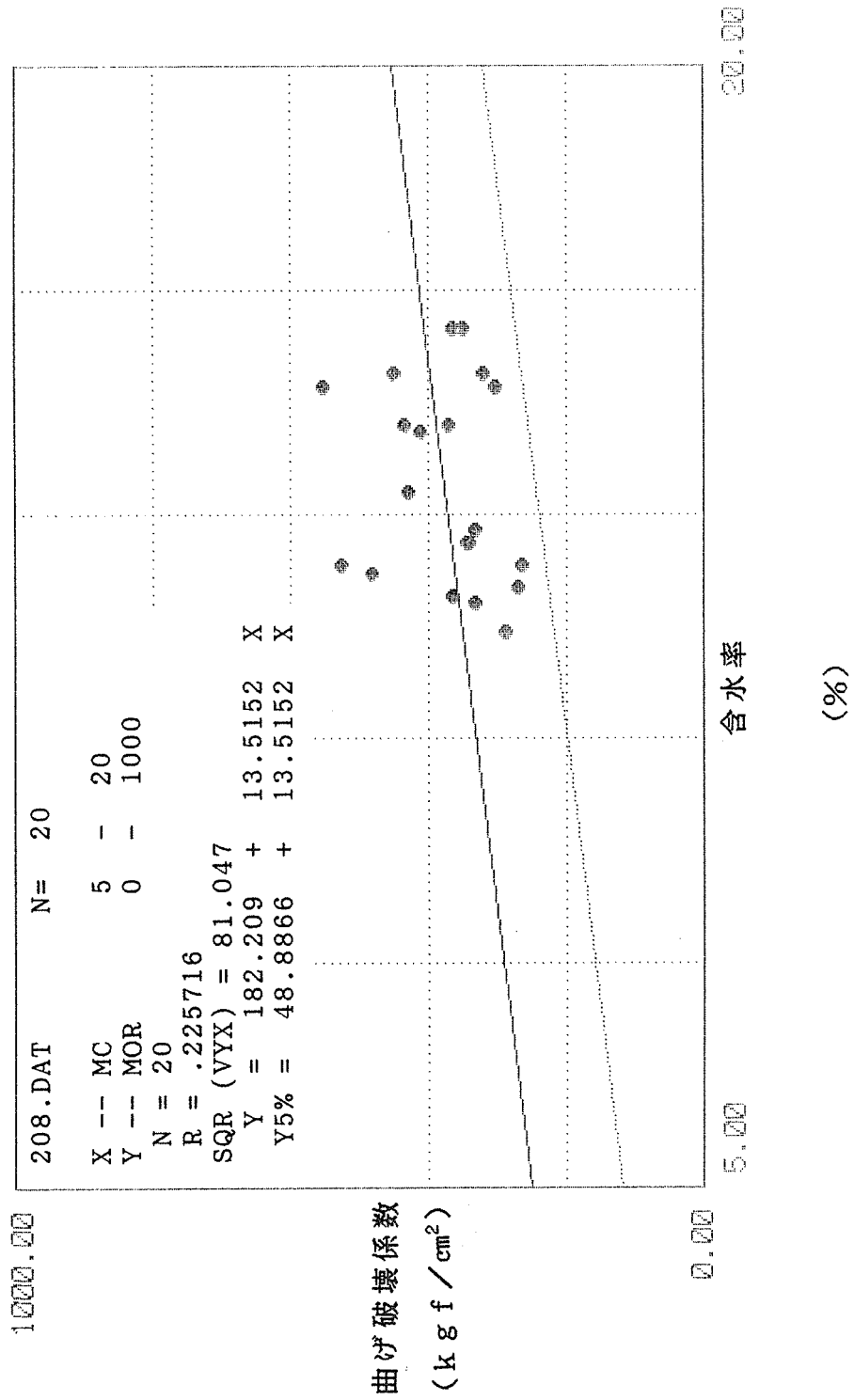


図28 208サイズの含水率と曲げ強度の関係

210サイズの含水率と曲げ強度の関係

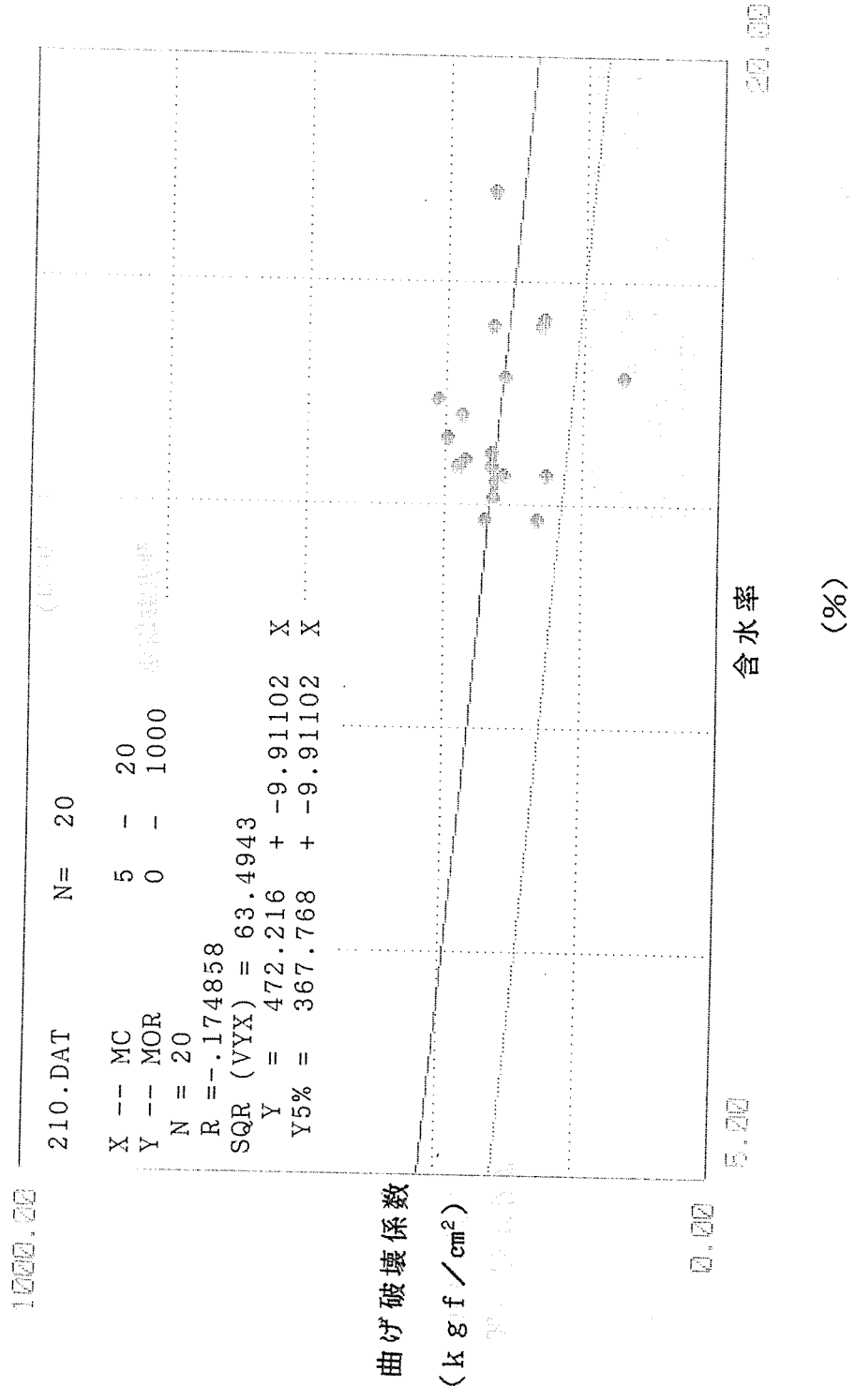


図29 210サイズの含水率と曲げ強度の関係

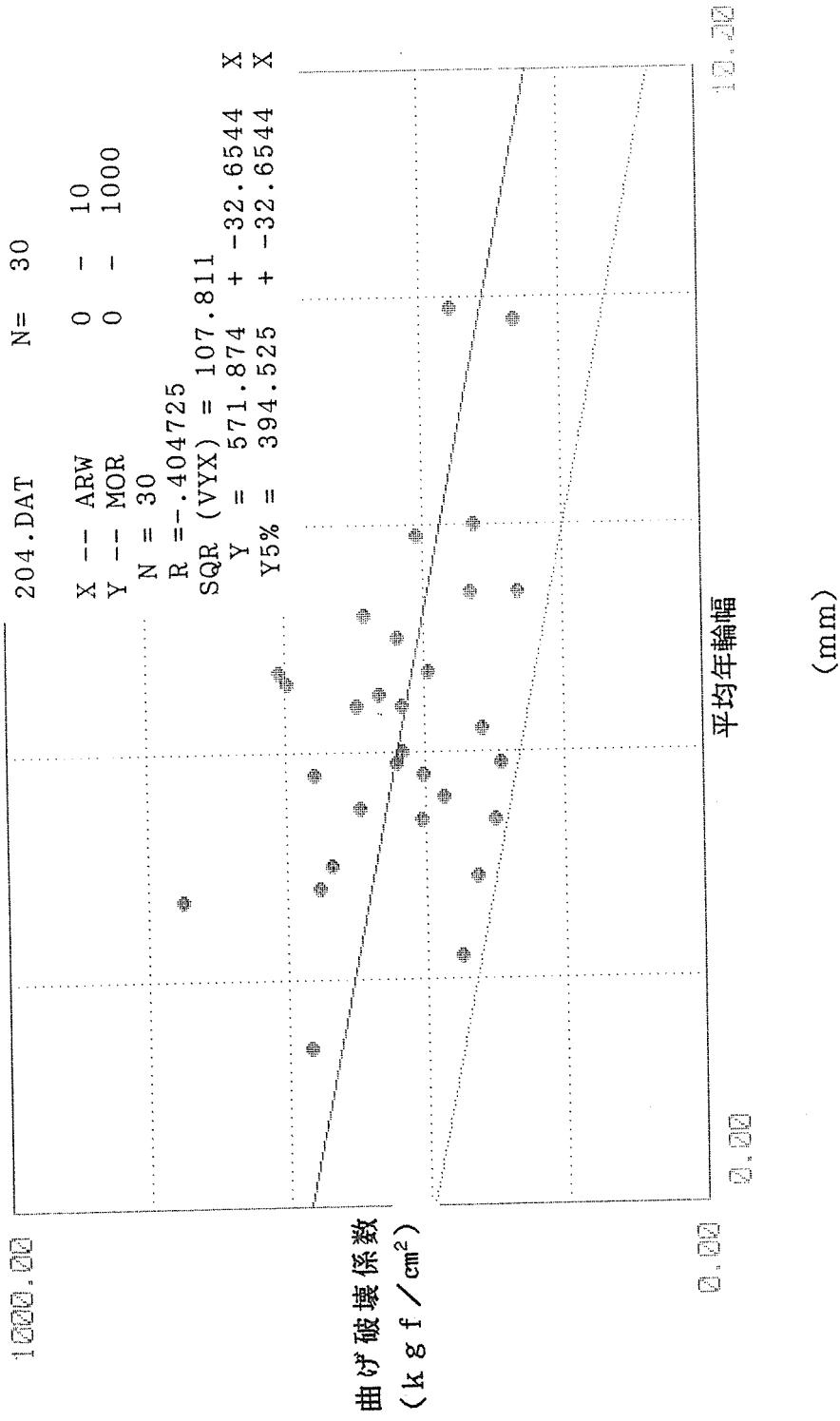


図30 204サイズの平均年輪幅と曲げ強度の関係

206サイズの平均年輪幅と曲げ強度の関係

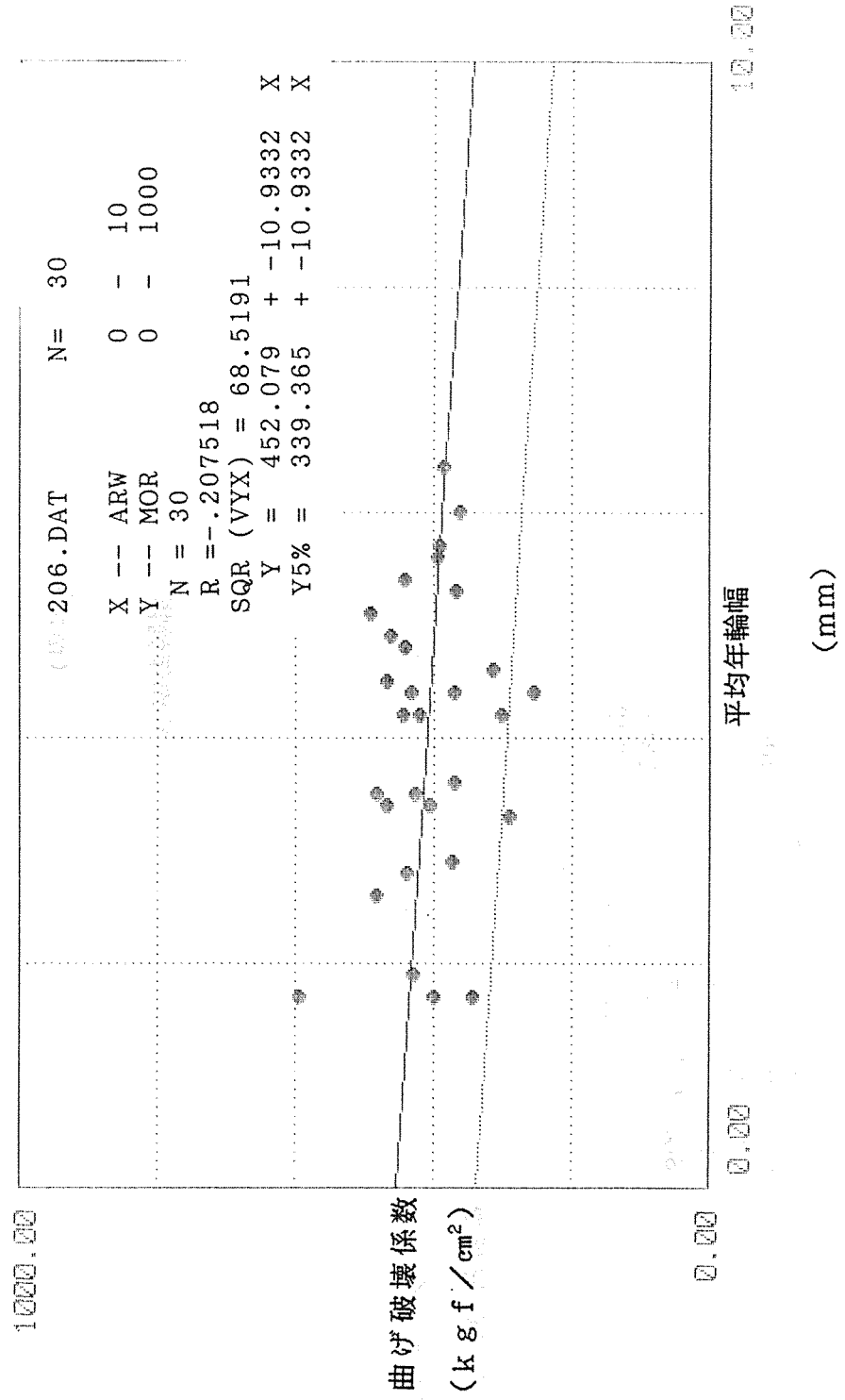


図31 206サイズの平均年輪幅と曲げ強度の関係

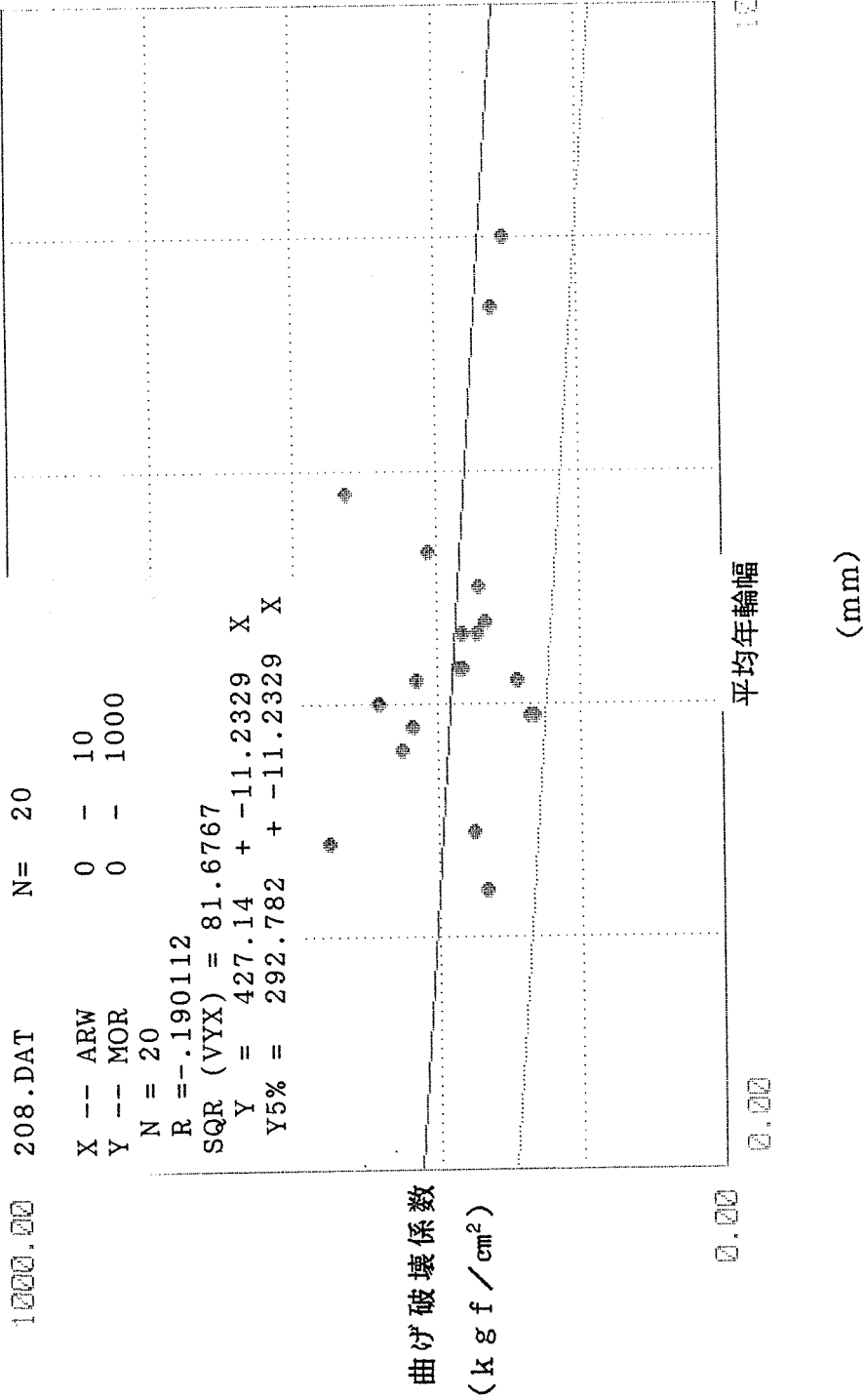


図32 208サイズの平均年輪幅と曲げ強度の関係

210サイズの平均年輪幅と曲げ強度の関係

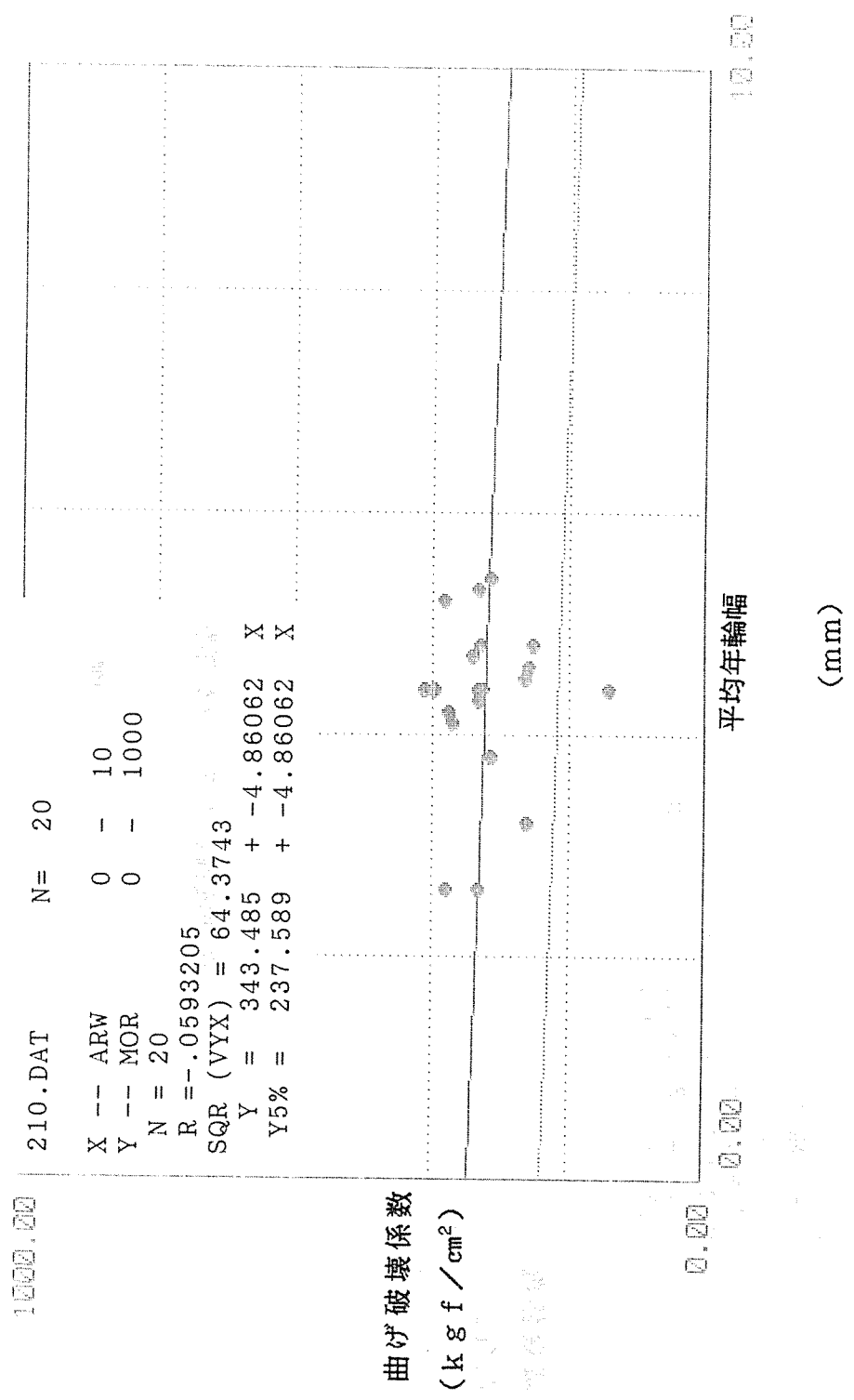


図33 210サイズの平均年輪幅と曲げ強度の関係

1000.00

204.DAT N= 30

X -- Edw 0 - 150  
Y -- MOR 0 - 1000

N = 30  
R = .759147

SQR (VYX) = 76.7427

Y = 3.79352 + 4.94386 X

Y5% = -122.448 + 4.94386 X

曲げ破壊係数  
(kgf/cm<sup>2</sup>)

0.00

0.00

重錘荷によるヤング係数

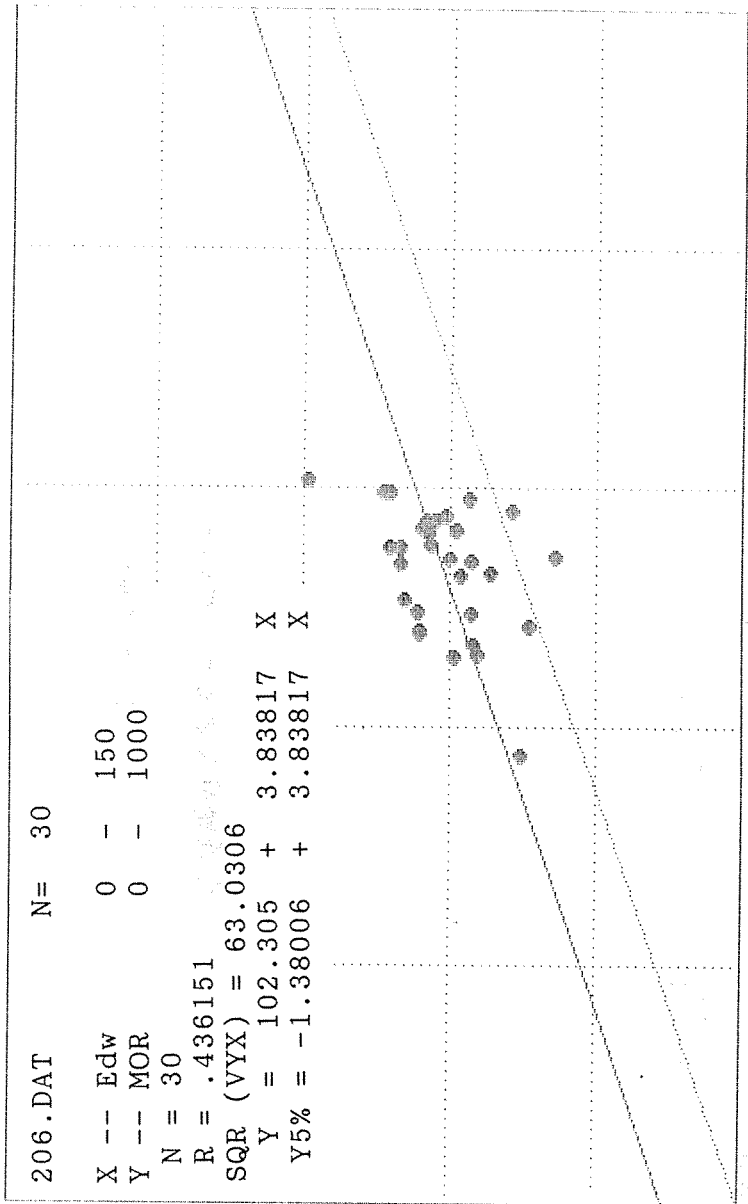
150.00

(tf/cm<sup>2</sup>)

図34 204サイズの重錘荷試験によるヤング係数と曲げ強度の関係

206.DAT N= 30

1000.00



曲げ破壊係数  
(kgf/cm<sup>2</sup>)

0.00

重錘載荷によるヤング係数

(tf/cm<sup>2</sup>)

150.00

図35 206サイズの重錘載荷試験によるヤング係数と曲げ強度の関係



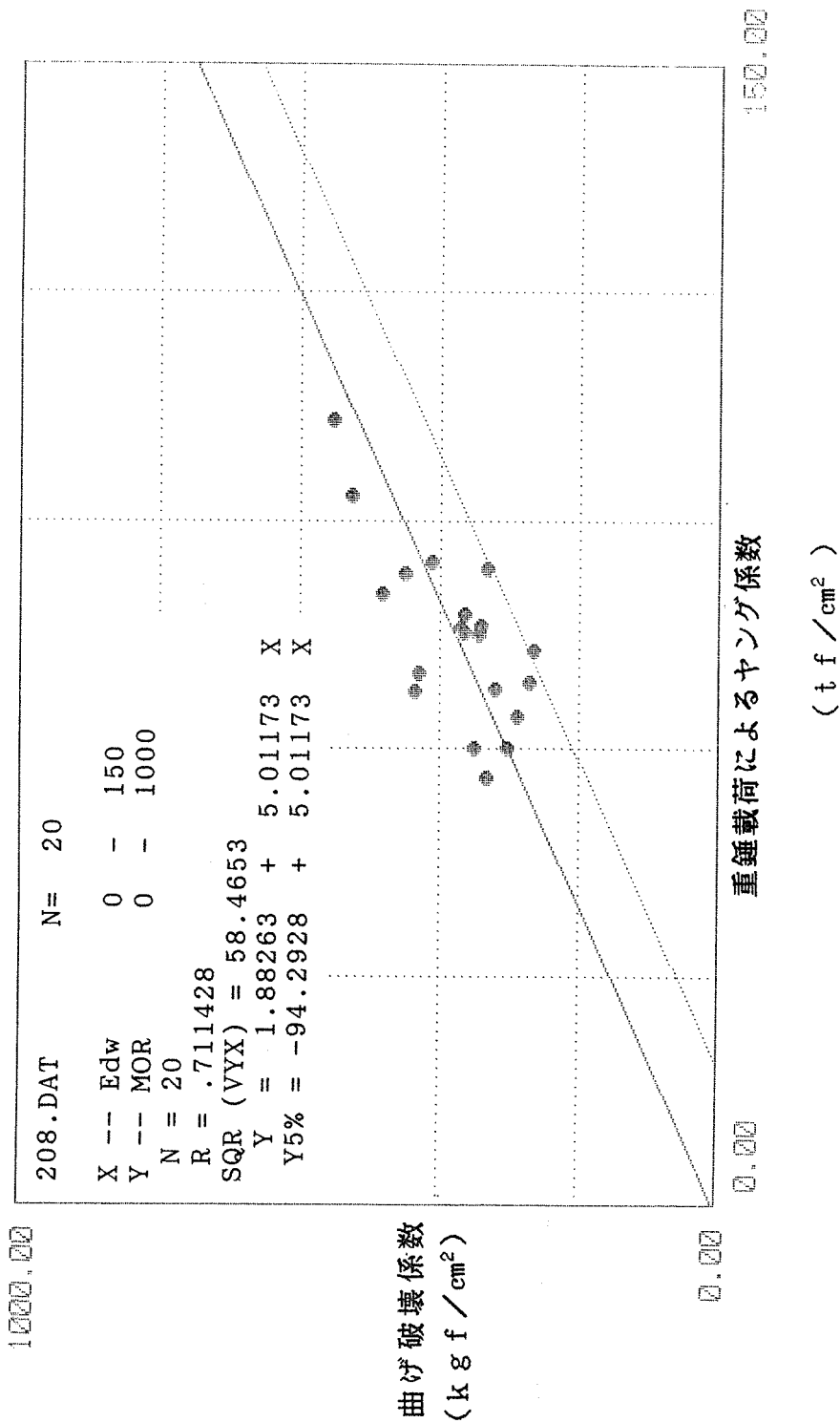


図36 208サイズの重錘載荷試験によるヤング係数と曲げ強度の関係

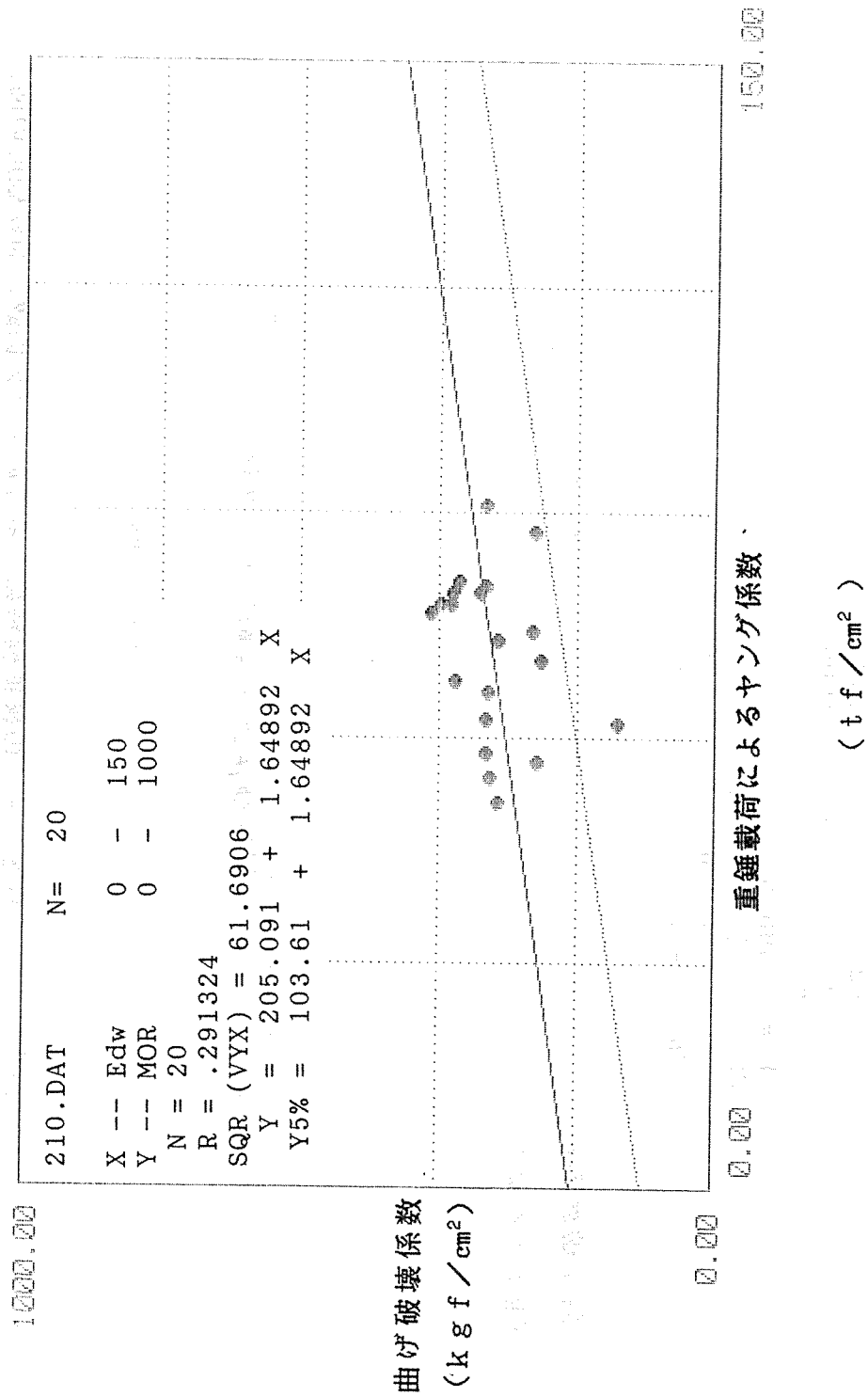


図 37 210サイズの重錘載荷試験によるヤング係数と曲げ強度の関係

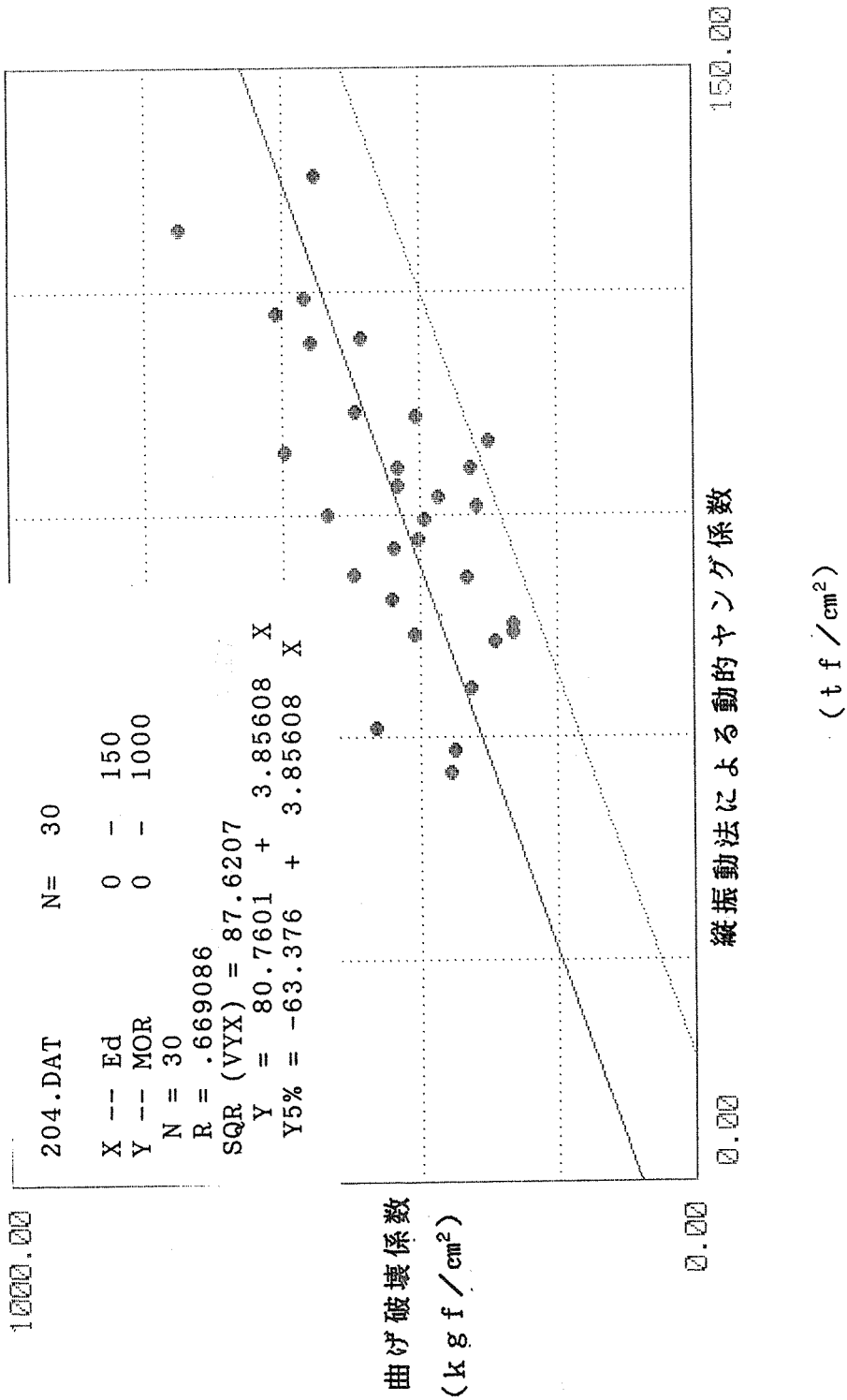
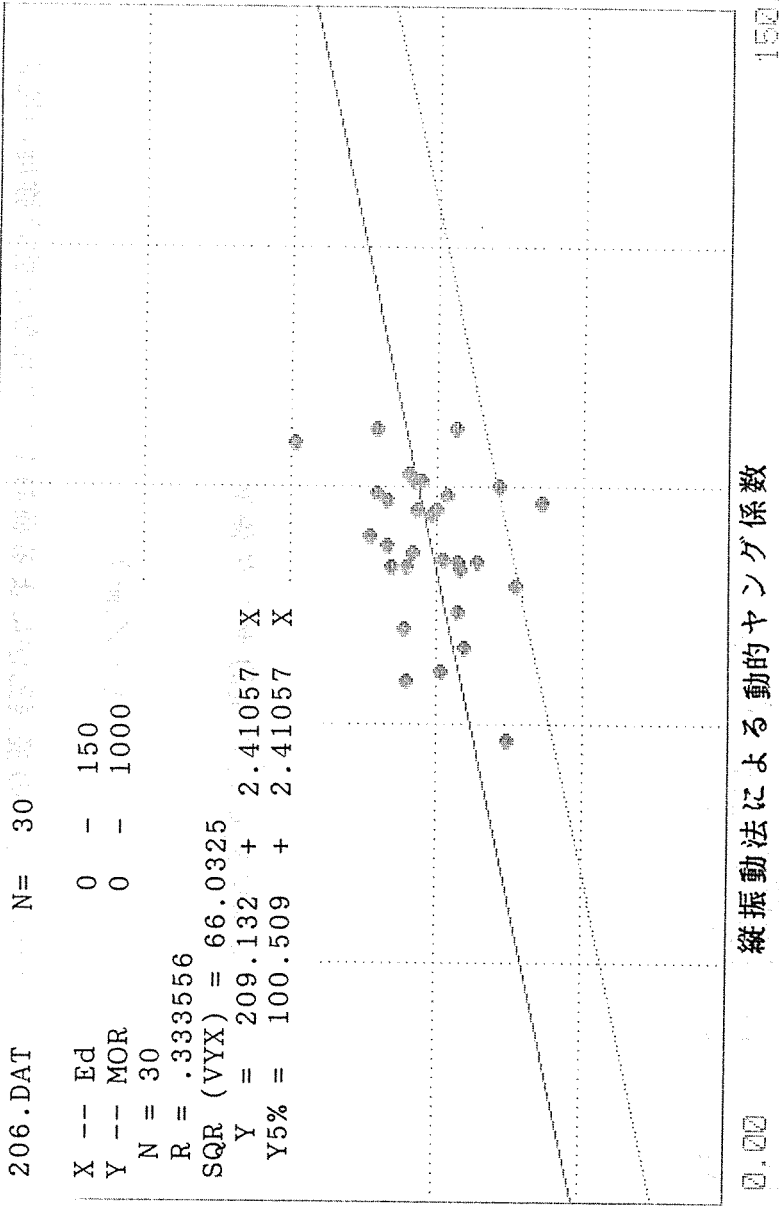


図38 204サイズの縦振動法による動的ヤング係数と曲げ強度の関係

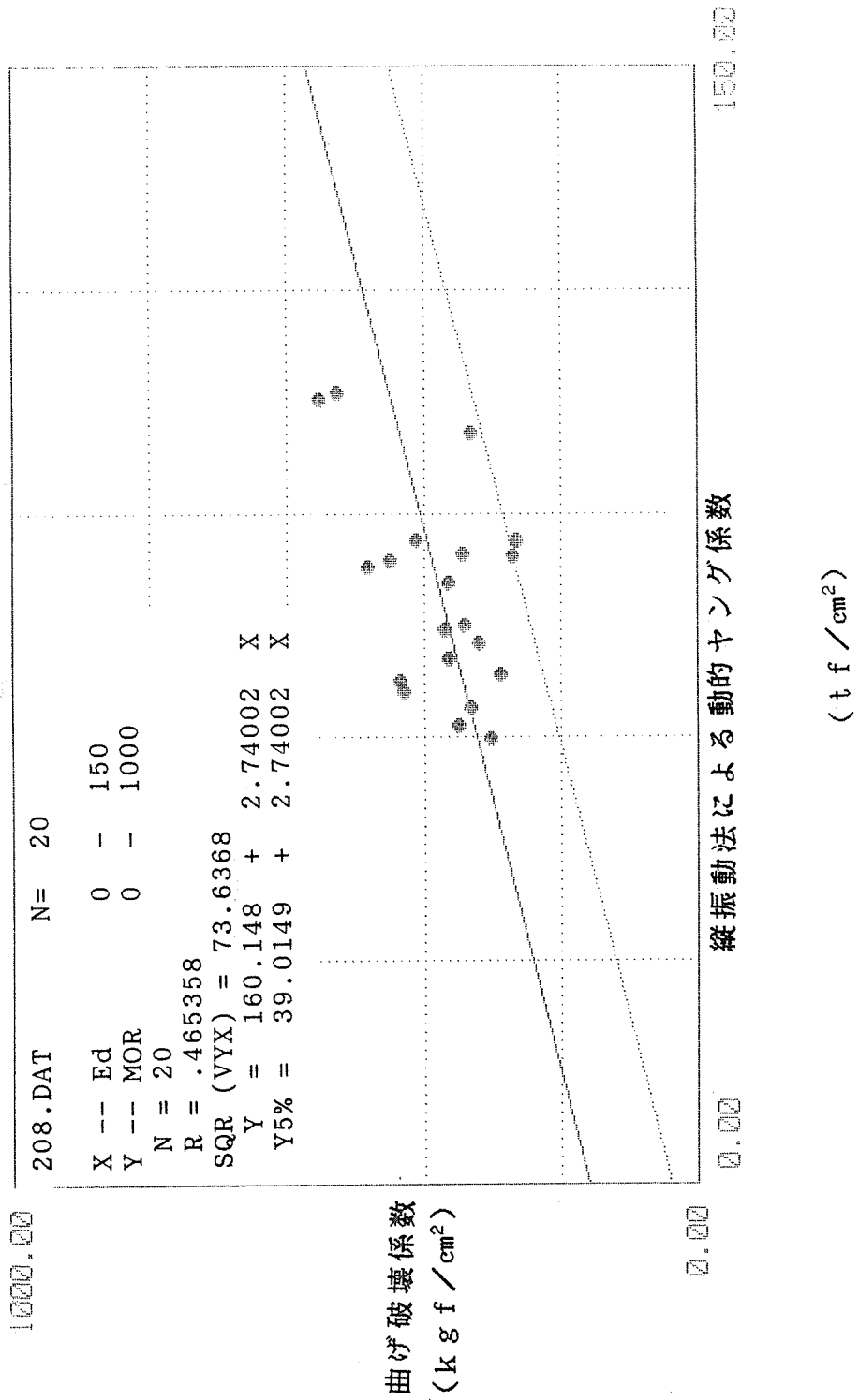
1000.00



曲げ破壊係数  
(k g f / cm<sup>2</sup>)

( t f / cm<sup>2</sup> )

図39 206サイズの縦振動法による動的ヤング係数と曲げ強度の関係



曲げ破壊係数  
(kg f / cm<sup>2</sup>)

図40 208サイズの縦振動法による動的ヤング係数と曲げ強度の関係

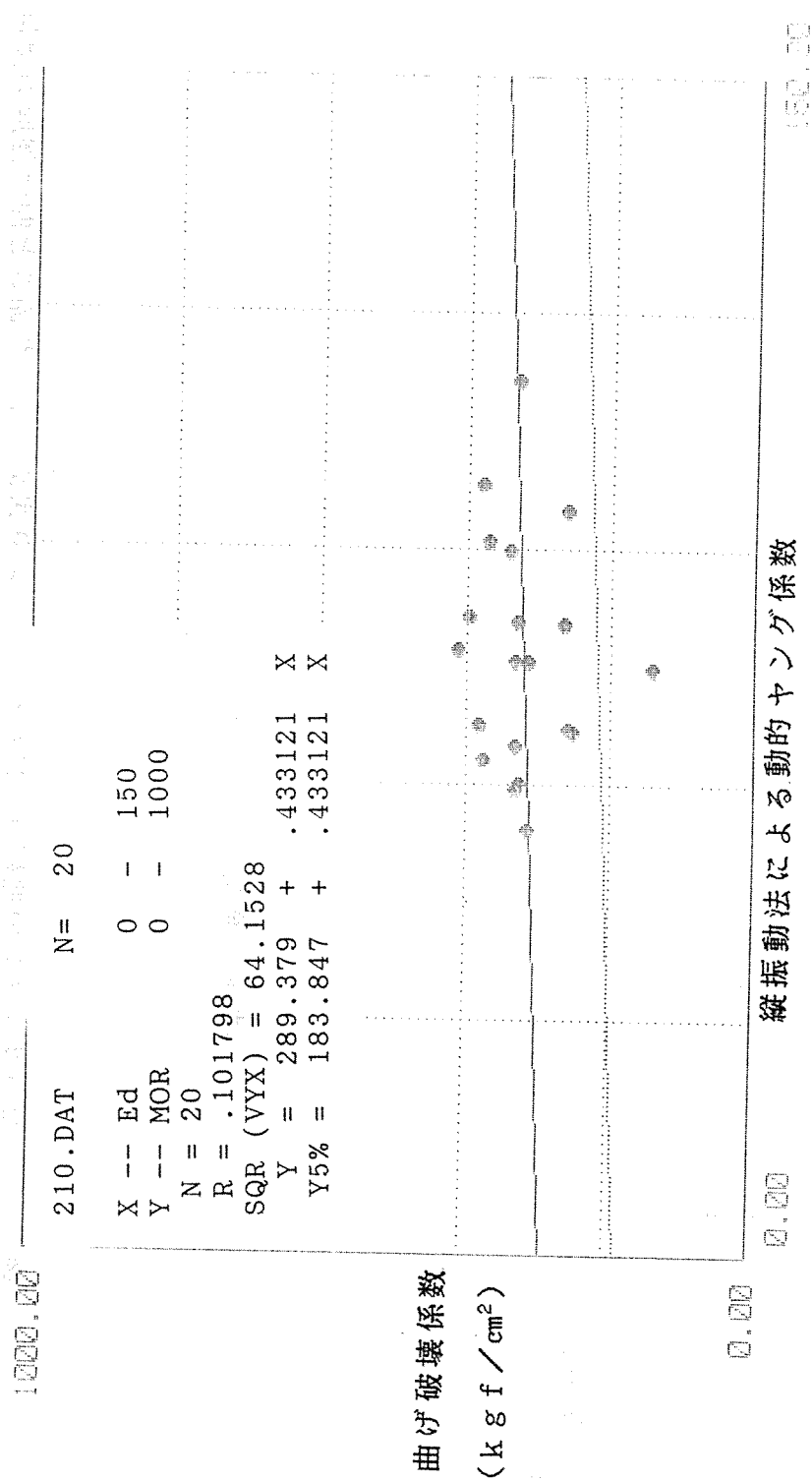


図41 210サイズの縦振動法による動的ヤング係数と曲げ強度の関係

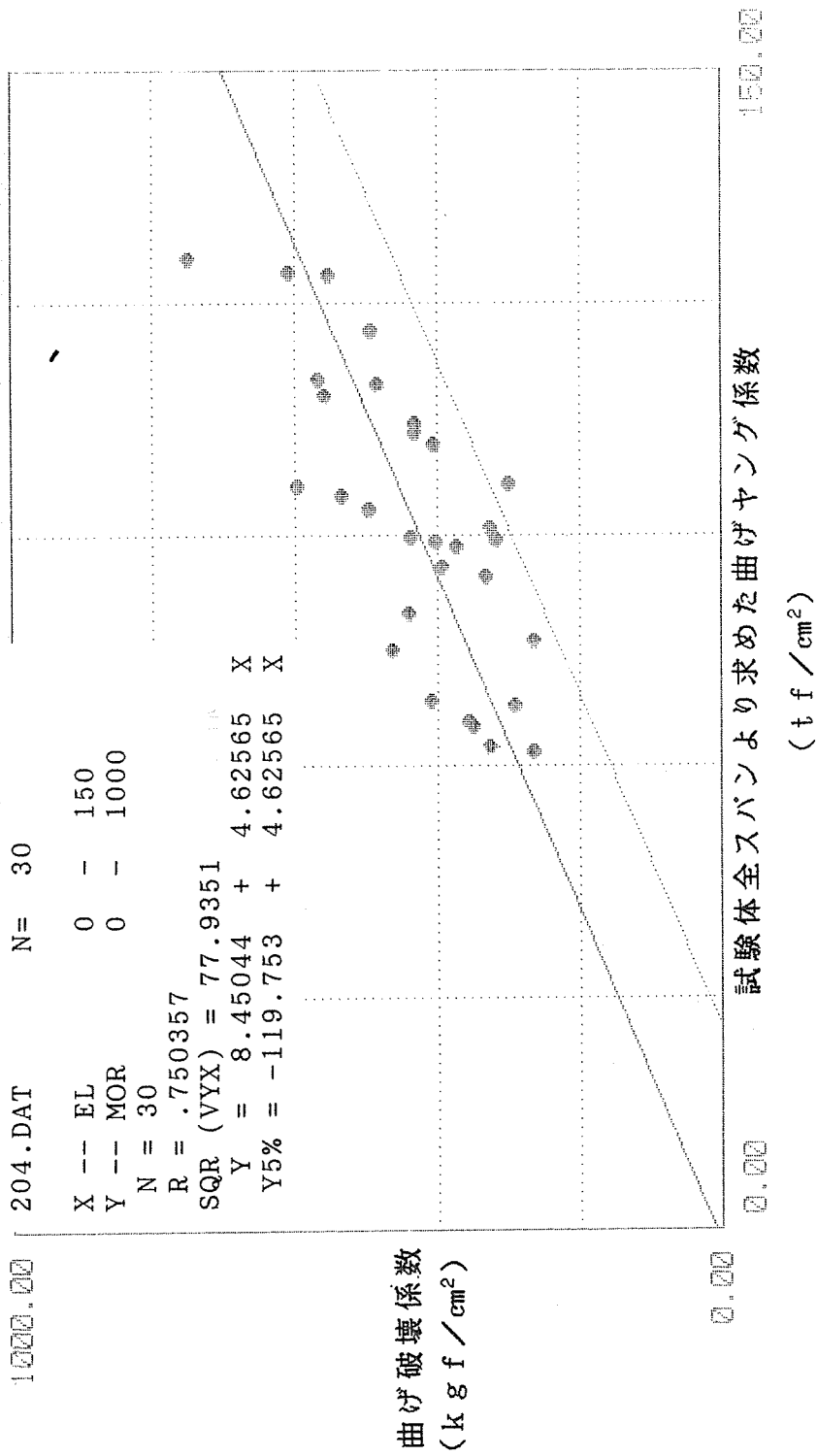
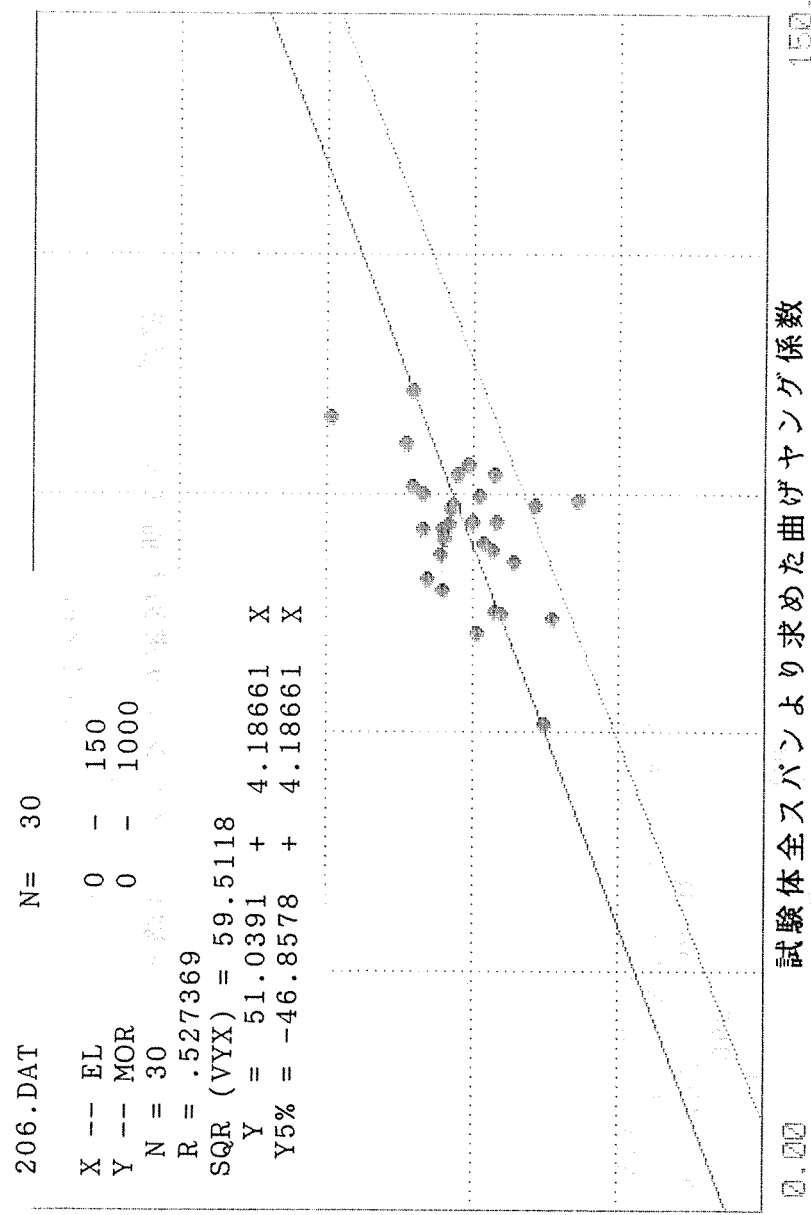


図42 204サイズの曲げ試験時に全スパンより求めたヤング係数と曲げ強度の関係

206.DAT N= 30



曲げ破壊係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)

図43 206サイズの曲げ試験時に全スパンより求めたヤング係数と曲げ強度の関係



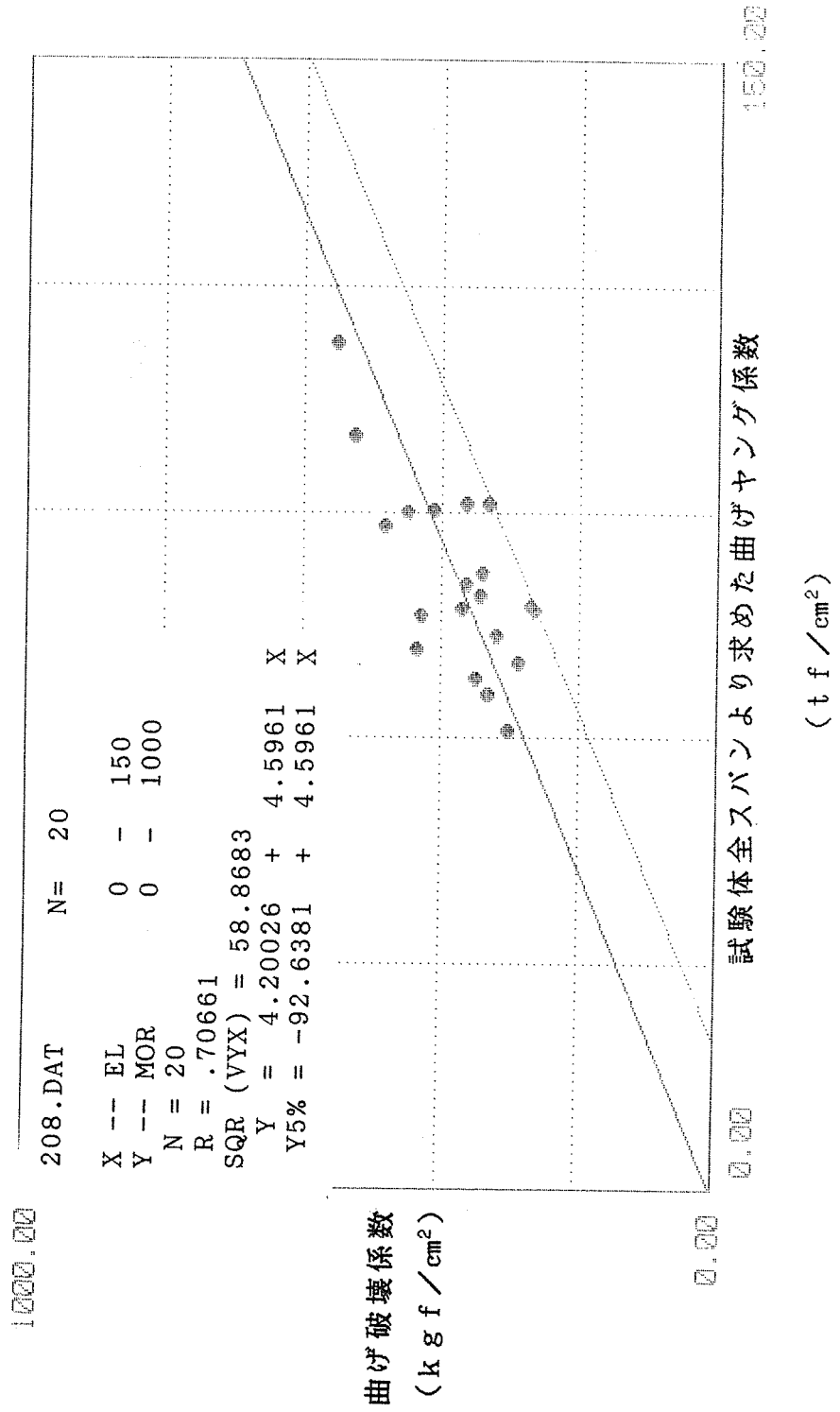


図44 208サイズの曲げ試験時に全スパンより求めたヤング係数と曲げ強度の関係

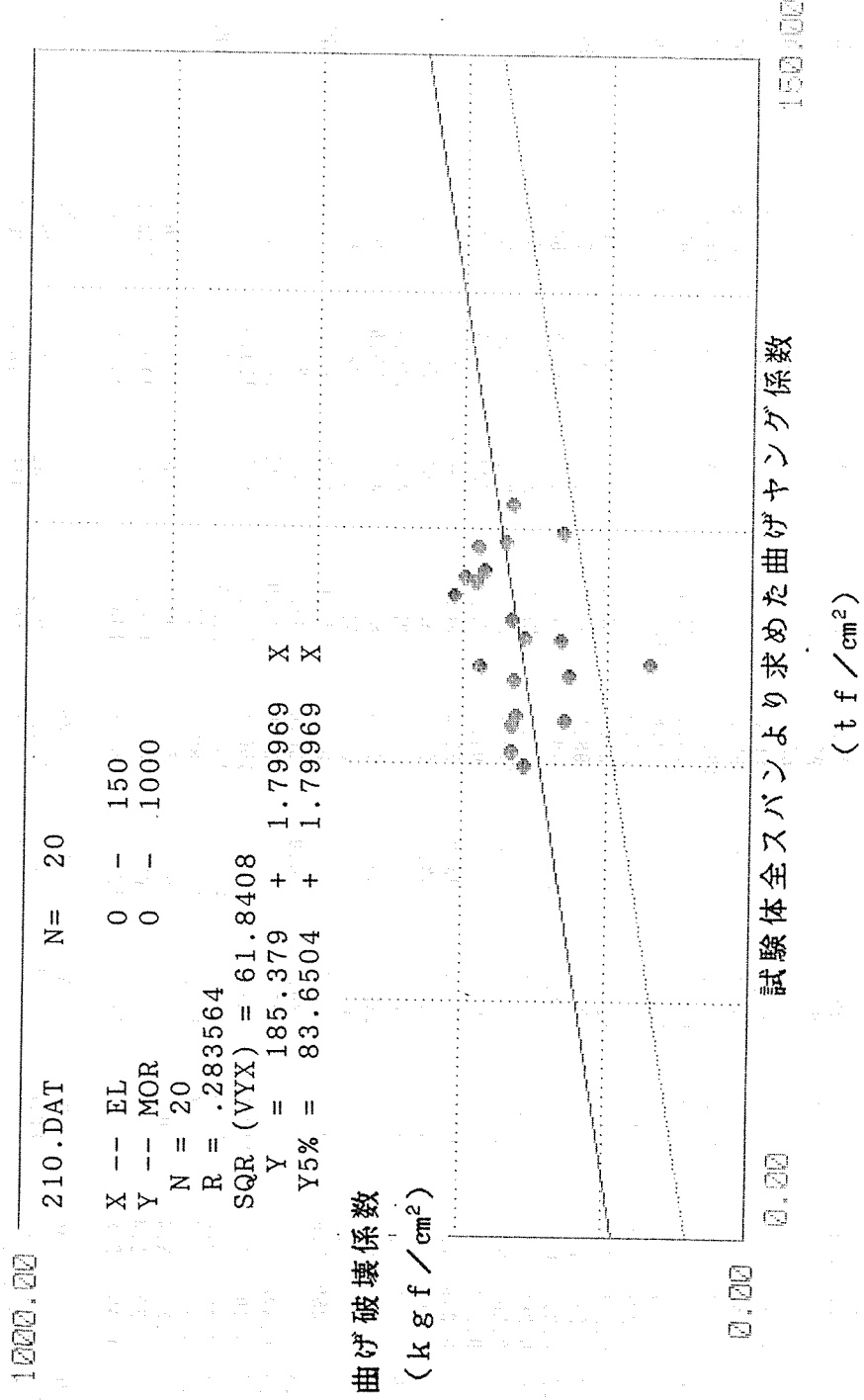


図 4 5 210サイズの曲げ試験時に全スパンより求めたヤング係数と曲げ強度の関係

表6 204サイズの強度試験結果

No.	MC (%)	S.G. (mm)	Edw-A (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-B (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-C (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-D (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed (tf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	EL (kgf/cm <sup>2</sup> )	EI (kgf/cm <sup>2</sup> )	MC	含水率
204-01	13.1	0.322	77.0	85.0	77.2	82.4	78.6	442	79.8	75.3	S.G.	気乾比重
204-02	13.1	0.330	84.4	99.8	86.0	88.4	92.3	374	88.6	89.1	ARW	平均年輪幅
204-03	13.2	0.351	81.3	99.5	82.2	92.4	91.2	317	89.3	86.0	Edw-A	重錘載荷試験によるヤング係数
204-04	13.6	0.390	59.7	72.7	59.9	60.7	61.3	464	74.9	67.8	Edw-B	-A -C : Eッジ'ワイス*
204-05	15.7	0.472	93.0	87.0	91.9	96.6	96.4	431	104.3	105.5	Edw-C	-B -D : フラットワイス*
204-06	13.4	0.350	57.2	62.3	57.0	57.9	55.1	355	65.7	58.5	Ed	縦振動法による動的ヤング係数
204-07	13.2	0.372	78.0	103.8	90.1	104.3	89.9	534	95.1	104.2	MOR	曲げ破壊係数
204-08	13.1	0.370	106.5	110.7	105.8	113.1	113.0	559	108.1	108.3	EL	全ク長 360cmから求めた曲げヤング係数
204-09	12.9	0.386	94.4	140.0	93.2	138.8	103.1	406	101.7	91.8	EI	360cmから求めた曲げヤング係数
204-10	12.9	0.369	82.5	131.1	77.9	121.5	82.0	497	93.3	92.8	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-11	12.5	0.340	85.6	126.3	84.6	125.4	96.4	325	90.9	90.6	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-12	11.2	0.319	72.4	104.1	73.6	98.2	74.2	264	76.1	78.2	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-13	11.6	0.317	60.3	94.6	60.7	89.7	66.7	327	62.3	64.7	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-14	12.0	0.365	82.8	113.8	83.0	117.0	89.3	395	85.8	84.6	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-15	11.3	0.361	81.0	118.1	78.6	114.1	81.6	332	84.6	83.8	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-16	11.4	0.351	71.3	101.7	69.7	104.6	75.3	264	61.7	74.0	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-17	11.5	0.349	92.4	131.3	93.9	137.3	98.5	596	96.4	99.5	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-18	12.9	0.453	67.2	93.7	63.7	91.6	58.3	351	65.0	70.5	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-19	11.0	0.322	98.4	145.0	98.2	132.8	103.9	495	116.4	106.5	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-20	13.3	0.339	69.7	122.8	88.1	115.4	85.5	440	89.6	91.5	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-21	13.1	0.340	74.3	107.3	75.0	102.7	73.8	410	68.4	68.7	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-22	14.2	0.269	63.5	103.6	63.1	104.4	73.0	290	67.9	57.4	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-23	12.3	0.342	85.2	120.9	86.0	120.0	86.6	403	89.2	83.4	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-24	13.5	0.328	94.3	135.0	93.8	131.6	93.9	432	103.3	97.3	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-25	14.7	0.408	113.0	152.2	112.2	156.4	117.1	607	124.0	115.9	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-26	16.1	0.448	103.7	150.0	102.8	158.4	113.7	484	109.4	111.0	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-27	15.3	0.486	129.9	164.2	127.0	188.4	128.3	750	125.7	125.2	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-28	15.1	0.395	90.0	140.9	94.8	150.5	99.8	300	96.5	76.6	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-29	15.9	0.394	109.6	178.1	107.3	164.8	119.2	568	110.1	123.8	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
204-30	14.6	0.484	120.9	172.0	120.1	191.0	135.5	553	123.6	135.3	SPLL	全ク長 80cmから求めた曲げヤング係数
n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
MEAN	13.3	0.371	86.0	118.9	86.6	118.3	91.1	432	91.6	90.9		
S.D.	1.4	0.053	18.2	28.4	17.7	32.6	20.1	116	18.8	20.1		
C.V.	10.8	14.3	21.2	23.9	20.4	27.5	22.1	26.8	20.5	22.1		
MAX	16.1	0.486	129.9	178.1	127.0	191.0	135.5	750	125.7	135.3		
NIM	11.0	0.269	57.2	62.3	57.0	57.9	55.1	264	61.7	57.4		

表7 206サイズの強度試験結果

No.	MC (%)	S.G.	ARW (mm)	Edw-A (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-B (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-C (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-D (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed (tf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	EL (kgf/cm <sup>2</sup> )	EI (kgf/cm <sup>2</sup> )
206-01	14.8	0.365	4.4	85.9	82.9	85.9	82.3	81.5	432	86.0	86.7
206-02	15.2	0.350	4.4	80.8	83.4	79.6	84.4	80.3	372	92.3	90.0
206-03	14.2	0.362	6.4	78.9	86.5	78.3	87.9	88.7	385	83.6	93.5
206-04	14.0	0.343	4.9	76.1	83.2	75.8	82.9	79.9	462	79.2	78.1
206-05	14.6	0.387	3.5	89.3	95.6	90.8	103.0	97.1	482	103.0	97.5
206-06	13.5	0.352	2.9	89.0	89.2	88.6	95.7	97.5	374	82.7	83.9
206-07	14.4	0.374	2.6	82.6	83.3	85.7	84.9	89.2	481	91.0	93.8
206-08	16.1	0.424	1.9	86.0	86.1	84.2	90.2	90.6	429	88.1	85.2
206-09	15.2	0.401	1.7	81.0	84.6	76.9	80.1	86.9	401	86.3	83.3
206-10	14.6	0.365	3.6	74.0	72.5	72.2	77.0	74.2	370	74.9	67.9
206-11	14.2	0.365	4.8	71.8	61.8	71.1	66.5	65.3	441	77.8	73.0
206-12	14.2	0.359	3.3	72.7	73.5	72.0	72.4	77.4	291	74.1	65.8
206-13	13.1	0.336	3.5	82.8	94.3	82.8	90.8	87.1	426	88.5	89.2
206-14	13.2	0.346	4.4	80.1	90.8	81.4	83.1	87.9	257	89.2	71.7
206-15	13.2	0.337	4.6	87.0	87.1	83.0	92.0	90.1	314	88.6	84.8
206-16	13.0	0.353	5.4	71.8	80.7	72.1	82.1	79.8	440	85.6	73.5
206-17	14.2	0.368	6.0	69.1	68.1	73.7	69.3	69.6	362	74.6	73.9
206-18	13.8	0.378	2.8	84.9	85.8	76.4	87.4	91.4	439	84.4	83.5
206-19	13.8	0.370	3.4	84.3	83.0	82.4	85.8	88.3	468	90.1	90.2
206-20	14.2	0.392	5.7	81.0	80.8	84.6	81.7	80.7	391	89.8	96.4
206-21	13.1	0.348	4.2	87.2	87.6	85.8	86.2	90.7	420	92.4	90.7
206-22	14.0	0.344	4.2	72.1	74.9	74.5	75.1	72.1	444	82.2	80.7
206-23	14.8	0.321	4.2	56.4	61.7	56.2	59.7	58.0	303	60.8	58.8
206-24	14.3	0.417	5.1	85.4	83.0	89.3	82.4	83.8	490	96.4	98.9
206-25	13.1	0.377	3.4	86.0	87.1	86.3	89.1	86.5	405	93.6	93.3
206-26	13.6	0.353	5.3	72.0	72.4	70.3	74.2	79.4	368	86.5	76.8
206-27	13.4	0.358	5.6	69.6	62.3	68.8	64.0	66.5	395	72.2	73.6
206-28	16.0	0.432	4.5	80.4	83.9	80.4	81.9	82.6	466	85.5	90.2
206-29	17.6	0.483	1.7	91.0	93.8	93.4	87.1	95.5	595	99.5	97.2
206-30	16.3	0.444	1.7	77.9	79.4	79.1	77.0	80.5	344	81.2	78.6
n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MEAN	14.3	0.373	4.0	79.6	81.6	79.4	81.9	82.6	408	85.3	83.4
S.D.	1.1	0.036	1.3	7.7	9.6	7.9	9.4	9.5	69	8.7	10.4
C.V.	7.6	9.6	32.7	9.7	11.7	10.0	11.4	11.5	16.9	10.2	12.5
MAX	17.6	0.483	6.4	91.0	97.2	93.4	103.0	97.5	595	103.0	98.9
NIM	13.0	0.321	1.7	56.4	61.7	56.2	59.7	58.0	257	60.8	58.8

表8 208サイズの強度試験結果

No.	MC (%)	S.G.	ARW (mm)	Edw-A (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-B (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-C (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-D (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed (tf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	EL (kgf/cm <sup>2</sup> )	E1 (kgf/cm <sup>2</sup> )	SPLL (kgf/cm <sup>2</sup> )	SPLL (kgf/cm <sup>2</sup> )	SPLL/MOR
208-01	15.2	0.415	4.3	75.9	67.3	73.6	71.2	74.3	371	77.0	84.7	366	366	0.988
208-02	13.6	0.330	5.0	79.9	73.4	76.2	76.6	74.9	342	81.8	86.8	299	306	0.895
208-03	12.9	0.342	4.6	75.3	79.6	73.1	79.0	80.8	364	80.4	80.6	283	283	0.777
208-04	15.9	0.404	3.6	83.2	80.7	81.8	86.2	83.6	451	90.0	99.0	397	393	0.879
208-05	15.1	0.374	5.3	84.7	79.9	73.6	79.9	86.5	411	90.4	86.4	275	311	0.756
208-06	14.3	0.341	4.2	69.8	68.9	68.8	68.0	66.1	428	76.1	76.8	320	294	0.685
208-07	15.9	0.352	7.4	69.2	74.9	67.8	74.3	72.7	321	73.4	81.1	322	285	1.001
208-08	16.5	0.352	4.3	77.6	78.0	82.1	76.1	70.6	363	91.1	95.6	288	270	0.742
208-09	13.3	0.319	3.9	73.0	89.2	71.4	82.1	86.4	264	76.9	75.8	194	181	0.684
208-10	13.8	0.415	2.4	81.6	92.2	83.7	95.1	100.9	332	91.2	82.7	197	197	0.595
208-11	12.4	0.299	4.2	63.9	70.1	64.3	72.9	68.4	288	69.8	75.4	268	251	0.872
208-12	12.8	0.274	4.7	55.8	59.4	56.1	62.3	64.0	334	65.7	61.0	251	243	0.730
208-13	13.0	0.338	3.9	70.1	79.8	68.7	81.3	84.4	270	77.5	75.0	218	203	0.752
208-14	13.3	0.372	5.8	95.1	101.8	93.3	105.4	106.3	526	100.2	97.2	429	451	0.857
208-15	15.2	0.353	3.8	67.6	69.4	64.9	70.4	67.5	436	71.6	67.4	311	374	0.857
208-16	16.5	0.406	2.9	59.9	59.4	59.9	60.6	61.5	351	67.7	66.3	295	344	0.980
208-17	13.2	0.386	4.0	80.5	88.6	81.2	81.4	82.8	482	88.3	84.9	357	395	0.819
208-18	13.6	0.386	4.6	76.2	78.4	75.0	79.5	84.5	344	78.8	69.8	271	271	0.787
208-19	15.7	0.443	2.8	98.2	103.2	103.3	98.7	105.3	552	112.4	114.2	409	402	0.727
208-20	15.7	0.331	8.0	59.1	61.0	60.1	62.1	59.6	304	60.9	63.1	191	191	0.628
n	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MEAN	14.4	0.362	4.5	74.8	77.8	73.9	78.2	79.1	377	81.1	81.2	297	300	0.794
S.D.	1.3	0.043	1.4	11.1	12.6	11.5	11.8	13.8	81	12.4	13.3	70	78	0.107
C.V.	9.4	11.8	30.3	14.8	16.2	15.5	15.1	17.4	21.5	15.4	16.4	23.5	26.1	13.5
MAX	16.5	0.443	8.0	98.2	103.2	103.3	105.4	106.3	552	112.4	114.2	429	451	0.988
NIM	12.4	0.274	2.4	55.8	59.4	56.1	60.6	59.6	264	60.9	61.0	191	181	0.595

表9 210サイズの強度試験結果

No.	MC (%)	S.G.	ARW (mm)	Edw-A (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-B (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-C (tf/cm <sup>2</sup> )	Edw-D (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed (tf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	EL (kgf/cm <sup>2</sup> )	EI (kgf/cm <sup>2</sup> )	SPLL (kgf/cm <sup>2</sup> )	SPLI (kgf/cm <sup>2</sup> )	SPLL/MOR	SPLI/MOR
210-01	16.5	0.409	4.6	56.6	57.7	56.6	55.7	66.9	259	65.5	73.0	216	205	0.833	0.788
210-02	14.5	0.407	5.2	72.4	70.4	77.8	67.6	67.6	383	83.0	79.0	288	313	0.752	0.817
210-03	13.8	0.374	4.7	79.3	79.6	81.1	93.8	89.6	340	88.3	92.8	307	277	0.904	0.816
210-04	14.6	0.358	4.1	78.9	96.2	80.7	91.1	91.0	370	84.7	93.9	332	366	0.897	0.990
210-05	15.7	0.390	4.4	62.2	69.4	61.7	73.3	74.6	143	72.6	49.7	113	114	0.790	0.799
210-06	15.2	0.375	4.2	67.5	68.2	67.5	71.2	63.1	376	72.4	76.6	313	313	0.831	0.831
210-07	14.7	0.326	4.4	57.9	65.2	56.5	61.4	59.2	332	61.4	63.8	250	243	0.753	0.732
210-08	14.3	0.347	4.4	54.7	57.0	56.0	59.8	59.9	325	66.0	64.2	243	268	0.746	0.823
210-09	14.4	0.341	5.4	51.3	50.0	54.1	54.7	53.9	316	57.9	57.9	267	271	0.845	0.859
210-10	14.4	0.421	4.8	65.0	67.7	70.1	67.6	66.5	252	71.2	72.0	252	252	1.001	1.001
210-11	14.5	0.279	4.3	61.4	65.7	62.5	66.6	64.9	333	64.7	74.9	252	270	0.757	0.812
210-12	14.5	0.406	2.6	86.9	96.4	79.2	100.0	98.2	379	87.5	106.5	245	299	0.647	0.787
210-13	14.1	0.335	4.8	67.9	74.6	66.0	75.4	80.8	330	70.5	77.6	271	305	0.821	0.925
210-14	16.4	0.334	3.2	87.4	85.3	87.4	87.4	94.7	262	89.4	50.2	185	192	0.705	0.732
210-15	13.8	0.378	4.5	74.0	84.3	74.0	79.2	80.4	265	75.5	81.9	250	261	0.943	0.986
210-16	14.9	0.373	4.4	77.6	76.6	77.6	80.6	81.3	399	83.6	86.0	314	362	0.788	0.908
210-17	15.4	0.390	4.4	79.1	77.2	76.6	77.1	77.0	411	81.3	85.1	391	391	0.950	0.950
210-18	18.2	0.524	2.6	90.8	104.7	88.7	105.4	111.4	331	92.9	98.9	329	329	0.992	0.992
210-19	16.4	0.367	5.3	75.3	71.1	80.1	73.8	75.5	332	78.3	84.2	285	326	0.859	0.982
210-20	15.7	0.405	3.8	72.3	75.5	73.0	75.9	75.7	314	76.0	78.5	212	265	0.676	0.845
d	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MEAN	15.1	0.377	4.3	70.9	74.6	71.4	75.9	76.6	323	76.2	77.3	266	281	0.825	0.869
S.D.	1.1	0.049	0.8	11.3	13.8	10.7	14.1	14.8	63	9.9	15.1	60	64	0.101	0.090
C.V.	7.4	13.0	18.1	16.0	18.5	15.0	18.5	19.3	19.5	13.0	19.5	22.6	22.8	12.2	10.3
MAX	18.2	0.524	5.4	90.8	104.7	88.7	105.4	111.4	411	92.9	106.5	391	391	1.001	1.001
NIM	13.8	0.279	2.6	51.3	50.0	54.1	54.7	53.9	143	59.7	49.7	113	114	0.647	0.732

表10 サイズ、等級別許容応力度と曲げ強度、ヤング係数

サイズ	JAS 等級	試験 体数	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )				MOE (tf/cm <sup>2</sup> )			
			平均	最小	長期許 容応力	長期 最小	平均	最小	長期	長期 最小
204	特級	3	467	442	100	4.4	90	75	80	0.9
	1級	2	454	374	90	4.2	92	87	80	1.1
	2級	2	411	325	75	4.3	92	91	70	1.3
	3級	0			45				60	
	CONST	11	476	290	55	5.3	98	65	—	
	STAND	4	463	355	30	11.8	100	65	—	
	UTIL	8	342	264	15	17.6	79	62	—	
206	特級	7	418	303	100	3.3	86	61	80	0.8
	1級	7	407	257	90	2.9	88	83	80	1.1
	2級	10	401	291	75	3.9	85	72	70	1.0
	3級	5	397	362	45	8.0	81	75	60	1.3
208	特級	4	359	270	100	2.7	82	68	80	0.9
	1級	7	391	264	90	2.9	80	66	80	0.8
	2級	3	418	332	75	4.4	94	77	70	1.1
	3級	5	335	304	45	6.8	75	61	60	1.0
210	特級	2	336	332	100	3.3	75	61	80	0.8
	1級	2	261	143	90	1.6	80	73	80	0.9
	2級	4	358	314	75	4.2	77	72	70	1.0
	3級	7	306	259	45	5.8	76	60	60	1.0

表 1 1 204 サイズの各因子間の単相関係数

204	S.G	ARW	MC	Edw-A	Edw-C	Edw-B	Edw-D	Edw	Ed	MOR	EL
S.G	1.000	-0.384	0.613	0.589	0.551	0.379	0.501	0.581	0.512	0.511	0.532
ARW		1.000	-0.381	-0.506	-0.502	-0.482	-0.468	-0.510	-0.521	-0.405	-0.488
MC			1.000	0.474	0.481	0.354	0.420	0.484	0.484	0.406	0.479
Edw-A				1.000	0.970	0.829	0.873	0.973	0.963	0.728	0.934
Edw-C					1.000	0.829	0.870	0.997	0.975	0.744	0.951
Edw-B						1.000	0.968	0.823	0.846	0.550	0.784
Edw-D							1.000	0.868	0.881	0.580	0.799
Edw								1.000	0.968	0.759	0.949
Ed									1.000	0.669	0.934
MOR										1.000	0.750
EL											1.000
SPLL											

- S.G : 気乾比重
- ARW : 平均年輪幅
- MC : 含水率
- Edw-A : 重錘載荷試験によるヤング係数 (A面荷重、ワットワイズ)
- Edw-C : 重錘載荷試験によるヤング係数 (C面荷重、ワットワイズ)
- Edw-B : 重錘載荷試験によるヤング係数 (B面荷重、ワットワイズ)
- Edw-D : 重錘載荷試験によるヤング係数 (D面荷重、ワットワイズ)
- Edw : 重錘載荷試験によるヤング係数 (曲げ試験時の荷重面と同じ面に載荷 (A面またはC面))
- Ed : 縦振動法による動的ヤング係数
- MOR : 曲げ強度
- EL : 曲げ試験時の全スパンのたわみから求めたヤング係数
- SPLL : 曲げ試験時の全スパンのたわみから求めた比例限度 (208,210のみ)



表 1 2 206サイズの各因子間の単相関係数

206	S.G	ARW	MC	Edw-A	Edw-C	Edw-B	Edw-D	Edw	Ed	MOR	EL
S.G	1.000	-0.478	0.793	0.420	0.478	0.251	0.185	0.443	0.336	0.528	0.414
ARW		1.000	-0.492	-0.418	-0.326	-0.388	-0.312	-0.379	-0.441	-0.208	-0.229
MC			1.000	0.126	0.174	0.047	-0.031	0.128	0.063	0.355	0.102
Edw-A				1.000	0.944	0.865	0.877	0.986	0.912	0.442	0.842
Edw-C					1.000	0.827	0.817	0.959	0.837	0.489	0.869
Edw-B						1.000	0.938	0.857	0.939	0.295	0.764
Edw-D							1.000	0.856	0.928	0.329	0.784
Edw								1.000	0.881	0.436	0.854
Ed									1.000	0.334	0.791
MOR										1.000	0.527
EL											1.000
SPLL											

表 1 3 208サイズの各因子間の単相関係数

208	S.G	ARW	MC	Edw-A	Edw-C	Edw-B	Edw-D	Edw	Ed	MOR	EL	SPLL
S.G	1.000	-0.409	0.495	0.621	0.639	0.451	0.474	0.658	0.522	0.558	0.613	0.504
ARW		1.000	0.085	-0.228	-0.296	-0.266	-0.254	-0.277	-0.301	-0.190	-0.350	-0.092
MC			1.000	0.045	0.081	-0.179	-0.187	0.081	-0.216	0.226	0.090	0.256
Edw-A				1.000	0.958	0.877	0.893	0.990	0.872	0.692	0.961	0.594
Edw-C					1.000	0.890	0.891	0.970	0.851	0.687	0.969	0.585
Edw-B						1.000	0.962	0.883	0.947	0.511	0.878	0.353
Edw-D							1.000	0.888	0.970	0.509	0.875	0.397
Edw								1.000	0.877	0.711	0.974	0.578
Ed									1.000	0.465	0.852	0.317
MOR										1.000	0.707	0.845
EL											1.000	0.566
SPLL												1.000

表14 210サイズの各因子間の単相関係数

210	S.G	ARW	MC	Edw-A	Edw-C	Edw-B	Edw-D	Edw	Ed	MOR	EL	SPLL
S.G	1.000	-0.392	0.558	0.445	0.436	0.467	0.446	0.458	0.492	-0.040	0.503	0.169
ARW		1.000	-0.444	-0.630	-0.470	-0.727	-0.707	-0.500	-0.717	-0.059	-0.547	0.068
MC			1.000	0.337	0.323	0.279	0.249	0.361	0.393	-0.175	0.317	-0.060
Edw-A				1.000	0.965	0.911	0.923	0.969	0.909	0.320	0.958	0.343
Edw-C					1.000	0.840	0.852	0.996	0.836	0.300	0.957	0.368
Edw-B						1.000	0.953	0.858	0.939	0.218	0.852	0.277
Edw-D							1.000	0.854	0.959	0.218	0.895	0.266
Edw								1.000	0.844	0.291	0.950	0.361
Ed									1.000	0.102	0.880	0.174
MOR										1.000	0.284	0.835
EL											1.000	0.317
SPLL												1.000

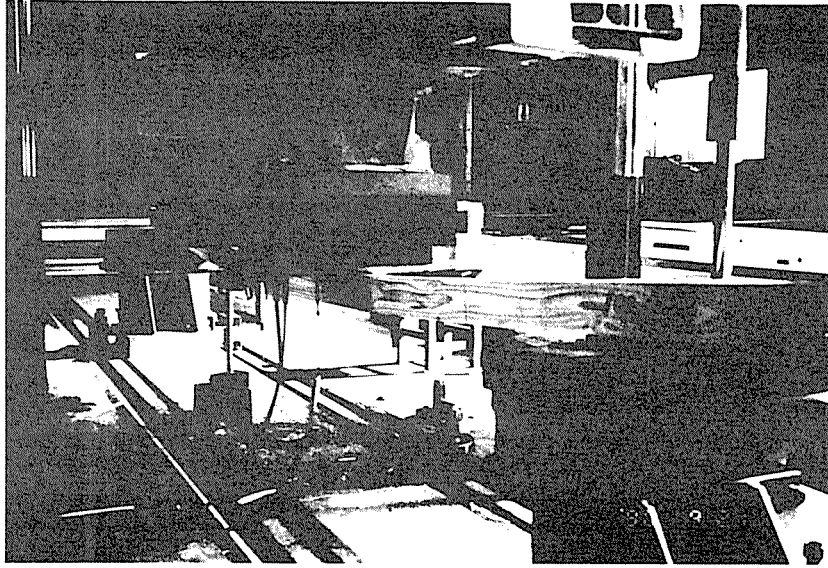


写真1 204サイズの曲げ試験の例

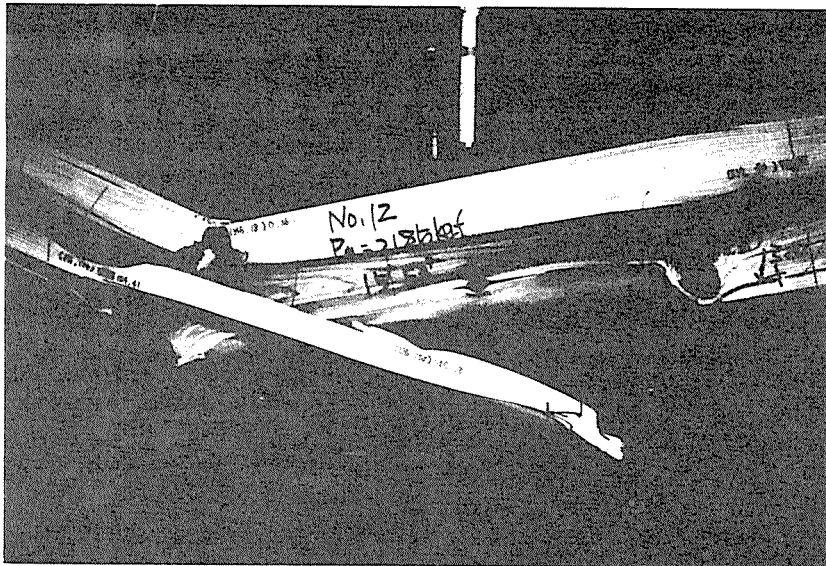


写真2 210サイズの曲げ破壊の例



### 第3章 枠組壁構法住宅新材開発

#### 1. 構造用F J材の接着性能の評価

はじめに

製材用原木の径質の低下、資源の有効利用という点から短尺材をフィンガージョイントにより縦接ぎした材料（F J材）の利用は必然であり、今や、家具や内装の非構造分野ではなくてはならない材料となっている。一方、構造用としては大断面集成材の内装ラミナに利用が認められているが、製材の代替品として全面的に利用されるまでには至っていない。しかしながら、米国、カナダでは既に製材品と同等の扱いを受け、横架材あるいは間柱材として使用されており、これらの材料のわが国への導入は、既にタイムスケジュールに上っており、早急な対応が迫られていた。これらの構造用F J材に使用されている接着剤は、従来からその耐久性に優れた実績を持つレゾルシノール樹脂（RF）やレゾルシノール・フェノール共縮合樹脂（PRF）のみではなく、架橋型変性酢ビ等これまで構造用接着剤としては実績の乏しい接着剤も使用されていると聞く。また、これらのF J材の接着性能の評価法もわが国とは異なる。

このようなことから、本試験においては間柱等、専ら垂直使用されるF J材について、北米の規格（カナダ規格SPS3）におけるF J材の浸せき剥離テストとJAS剥離テストとの整合性という観点から実験を行った。また、参考として物性面から見た架橋型酢ビの耐久性について言及した。

#### 1.1 実験方法

##### 1.1.1 供試用F J材

供試用F J材として次の材料を用いた。（1）は実験室規模で作成したものであり、（2）はカナダの製品その物であり、（3）はわが国の工場の生産ラインで実験的に作成されたものである。

（1）レゾルシノール系接着剤（RF）及び水性高分子イソシアネート系接着剤（API）で接着した断面寸法 23×130mm、フィンガー長 14mm、ピッチ 5mm 先端厚さ 0.8-1.0mmのベイツガF J材

（2）カナダの3工場で製造された断面寸法 37×137mm、フィンガー長 23mm ピッチ 6mm、先端厚さ 0.8-1.0mm、架橋型変性酢ビ（MPV、通称ホワイトグ

ルー) 使用

(3) レゾルシノール・フェノール共縮合系接着剤 (P R F)、架橋型変性酢ビ (M P V) 及びウレタン系接着剤 (U T) で接着した断面寸法  $34 \times 96$ mm、フィンガー長 16mm、ピッチ 6mm、先端厚さ 1.0mm のスプルー ス F J 材

なお、(1) 及び (2) は水平フィンガーであるが、(3) は垂直フィンガーである。

### 1.1.2 浸せき剥離試験

上述した供試用 F J 材 (1) についてはその中央にフィンガー部を持つ 200mm 長の試験体を各10体、(2) については20体切りだし、カナダ構造用 F J 材規格「S P S 3」および当センター縦接合委員会の「構造用たてつぎ木材の製造基準(案)」に基づき接着層断面が木口端面に露出するように、フィンガー中央部で更にクロスカットし剥離試験片とした(第1図)。そして、ペアになっている一方の試験片に対しては前出の「構造用たてつぎ木材の製造基準(案)」の煮沸繰り返し処理を、他の一方には「S P S 3」の減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理を最大10回行い、その間の接着層の剥離長を測定観測した。

処理条件の詳細は以下の通りである。

#### (1) 煮沸繰り返し処理 (1 サイクル)

煮沸 5時間 → 室温水中 1時間 →  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  で18時間乾燥

#### (2) 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 (1 サイクル)

水中浸せき → 減圧 508-635mmHg, 30分 → 加圧  $5.2 \pm 0.3 \text{kgf/cm}^2$ , 2時間 →  $71 \pm 3^\circ\text{C}$  で18時間

剥離率の測定は、木口断面に露出しているすべての接着層についてその剥離長が 3mm を越えるものについて計測・合計し、全接着層長に対する百分率(剥離率%) で表示した。

## 1.2 実験結果と考察

供試材(1)の煮沸繰り返し処理(図中V P Sで表示)及び減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理(図中B O I L I N Gで表示)の繰り返しによるこの試片の接着層の剥離の進行状況を第2図(R F)及び第3図(A P I)に示した。同じく供試材(2)については第4~6図に提供された3種の変性酢ビ(M P V) F

J材、供試材(3)については第7図(PRF)、第8図(MPV)及び第9図(UT)に剝離状況を示した。これらの図は個々の試験片付いて生じた剝離をサイクルごとに図示したものである。

本実験の目的が、まえがきで触れたようにカナダのFJ材規格SPS3とわが国の規格との整合を図ることにあるので、まず、この実験で用いた接着性の試験法について第1表に示した。この表には専ら横使いされる構造用FJ材であるSPS1についても示した。SPS1は使用接着剤がRF、PRFに限定されているが試験法はSPS3と全く同じである。これによると、先に提案されている構造用たてつぎ木材の製造基準(案)(以下製造基準案)とカナダ規格との大きな違いは処理方法で前者が煮沸-乾燥の繰り返しであるのに対し後者が減圧加圧浸せき-乾燥繰り返しであるという点である。即ち、これらの促進劣化処理によって同じように接着性が評価できるかということがポイントであろう。

このような点に注意しながら、まずレゾルシノールについて見ると、第2図及び第7図の7サイクル後の結果からは減圧加圧浸せき処理に比べて煮沸繰り返し処理の方が若干剝離の進行が速いように見受けられるが、5サイクル程度の処理においてはレゾルシノール系接着剤の処理法の違いによる剝離の進行程度の違いはないと考えてよく、ましてや、規格に規定されている3サイクル程度の処理においては何れの処理でもほぼ同様の結果が得られるものと考えらる。

水性高分子イソシアネート系接着剤については、第3図に見るように煮沸繰り返しによる剝離の進行の方が減圧加圧浸せき繰り返し処理に比べて大きい。この違いが実際の耐久性とどのような関係にあるのかが明らかでないので、規格試験として採用する場合、いわゆる縦づかい専用のFJ材では接着剤が指定されておらず、この点更に検討する必要があるが、煮沸繰り返し処理による評価の方が厳しい結果となり、安全側の評価となろう。

変性酢ビについて見ると、第4~6図及び第8図から明らかなように接着剤によって異なる。即ち、カナダの工場製品である変性酢ビ(1)、(2)では減圧加圧浸せき処理の方がやや剝離の進行が大きい。しかし、同(3)では剝離そのものも極めて小さいが、促進劣化処理による差異はほとんど認められない。しかしながら、わが国の変性酢ビで試験的に接着したものは、第8図に見るように処理1サイクルではほとんど差がないが、それ以上になると煮沸繰り返し処理によ



る剥離が大きく進行し、規格によると3サイクル目で不合格となってしまう。したがって、このような接着剤を使用したFJ材では矛盾した判定結果が生じることとなり、使用環境との関連を明らかにすることが必要であろう。

ウレタン系接着剤では、第9図に見るように煮沸繰り返し処理の方がやや剥離の進行が大きいが、5サイクル程度の処理ではほぼ同等とみなしてよい。

ここで、まとめの意味で構造用FJ材として使用の可能性の高いPRF、API、MPVについて両処理による平均剥離率の進行状況を示した。即ち、第10図は接着剤の種類と両処理による剥離の違いを示したものであり、前述したようにAPIでは減圧加圧浸せき繰り返し処理に比べて煮沸処理による剥離の進行が大きいが、規格試験にある3サイクル程度の処理では処理による接着性の評価の差異は認められない。第11、12図は北米カナダのたてつぎ木材に多く使用されている変性酢ビ（ホワイトグルー）の平均剥離率を示したもので、第11図は静岡、第12図は東京で実施したものである。これによるとカナダの変性酢ビでは減圧加圧浸せき繰り返し処理による剥離の進行は、煮沸繰り返し処理に比べて若干大きいか、ほぼ同等であり、規格試験にある3サイクル程度の処理では処理による評価の差異は生じない。

### 1.3 架橋型変性酢ビ接着剤の接着耐久性（参考）

#### 1.3.1 架橋型変性酢ビの物性と接着性能

第13図は本実験に使用されている接着剤とは異なるが、高周波加熱用変性酢ビ接着剤（Duro-Lok 142-2150 カネボウ NSC KK）フィルムの動的粘弾性を測定したものである。但し、フィルムの効果は常温で行い、その後乾燥し、周波数10 Hz、昇温速度 2 °C/minで行った。また、第14図は同接着剤の接着力の温度依存性を示したものである。なお、試験片は厚さ 5mm、幅 25mmのマカンバ材を用いたシングルラップジョイント試験片（重ね合わせ幅 15mm）を用いた。

これによるとこの変性酢ビの損失弾性率のピークは架橋剤の多寡に係わらず40～42°Cにあり、この温度域までは硬いガラス領域にあり、十分な接着性を保持しているものと考えられる。この傾向は第14図の接着力試験結果によく表れている。これらの結果より、この種の接着剤は室温程度の温度条件下では実用上十分な耐久性を保持しているものと考えてよからう。

### 1.3.2 接着耐久性

上述した接着剤も含めて高周波加熱型4種の変性酢ビの接着耐久性試験の結果を示す。第15図は70℃の温水に2時間浸せき後含水率が8%以下になるまで60℃乾燥を1サイクルとする乾湿繰り返し処理、第16図は煮沸5時間→冷水浸せき1時間→60℃乾燥18時間を1サイクルとする煮沸繰り返し処理、第17図は屋外自然暴露による接着層の剥離の状況を示したものである。供試材は7mm厚のカプル単板を3層平行積層したもので、暴露寸面は60×70mmである。なお、高周波印加時間は30秒と60秒の2種である。これらの図によると同じ変性酢ビでも種類によってその耐久性にはかなり違いがあるが、一般的な傾向として耐煮沸性についてはそれほど高くないこと（第16図）、70℃程度の温水（第15図）及び屋外自然暴露に対しては相当の抵抗性があることが明らかである。少なくとも直接風雨に曝されることのない通常の屋内条件下では相当の耐久性を示すものと考えられる。

### 1.4 結論

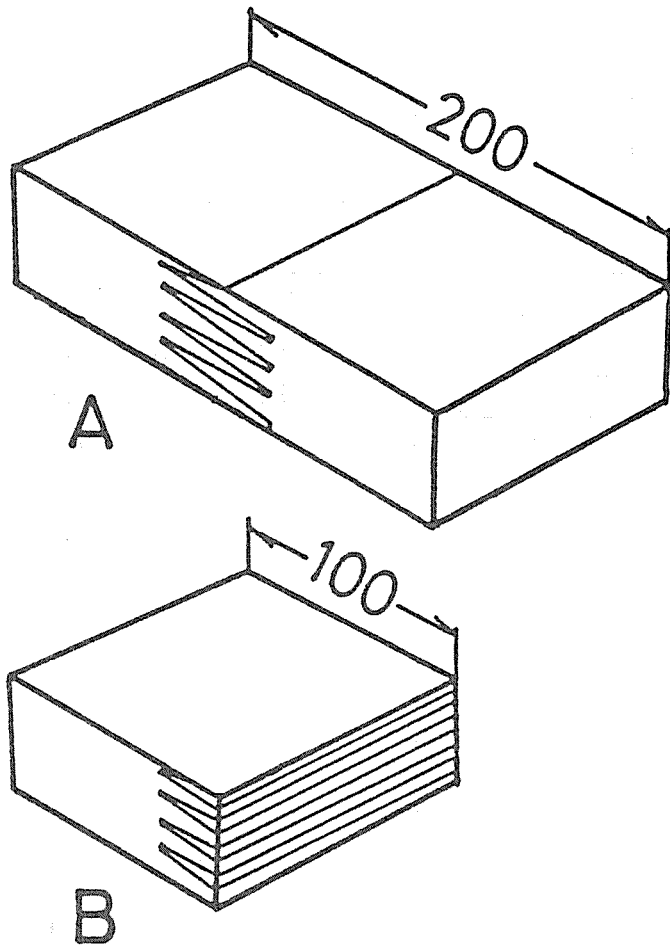
レゾルシノール系接着剤、水性高分子イソシアネート系接着剤、変性酢ビ系接着剤及びウレタン系接着剤によって接着したカナダ産及び国産FJ材を用いて、カナダ規格SPS3の減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理及び当センター提案になるたてつぎ木材の製造基準（案）の煮沸繰り返し処理による剥離試験、並びに参考実験の結果、次のような結論を得た。

（1）減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理及び煮沸繰り返し処理による剥離の進行は接着剤の種類、同一接着剤でもその内容によって異なるが、本実験で主たる対象としたカナダ産FJ材並びにレゾルシノール系接着剤及び水性高分子イソシアネート系接着剤で接着したFJ材の接着性の評価においては、規格試験として採用される数回の処理にあっては、両処理とも同等の結果となる。

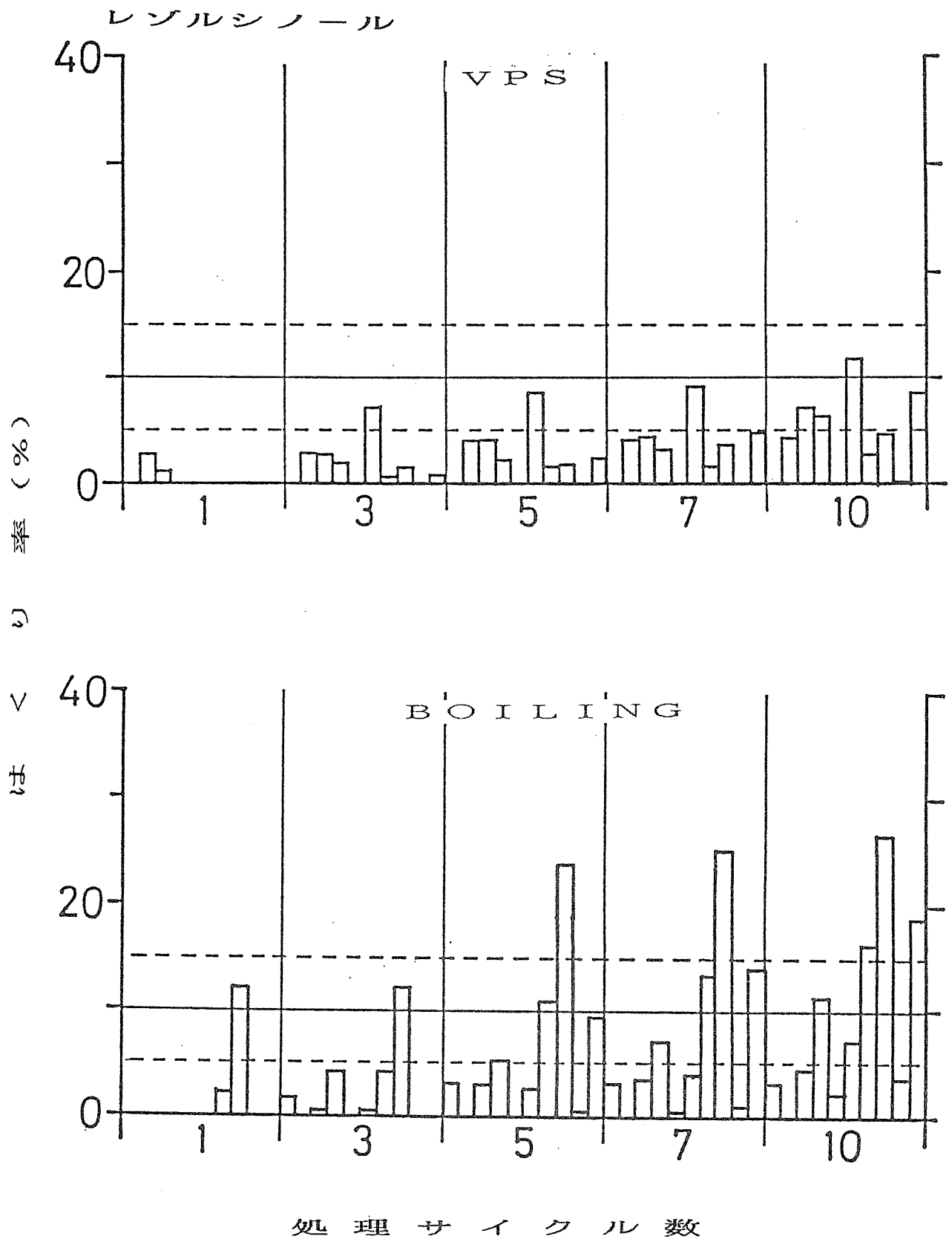
（2）本実験で対象としたカナダ産FJ材に使用されている変性酢ビ系接着剤（ホワイトグルー）は、同種の他の接着剤の物性、接着耐久性試験の結果から、このFJ材は、通常の温度範囲内で水分のみが変化するような環境下では相当の耐久性を示すものと考えられる。

第1表 試験法の比較

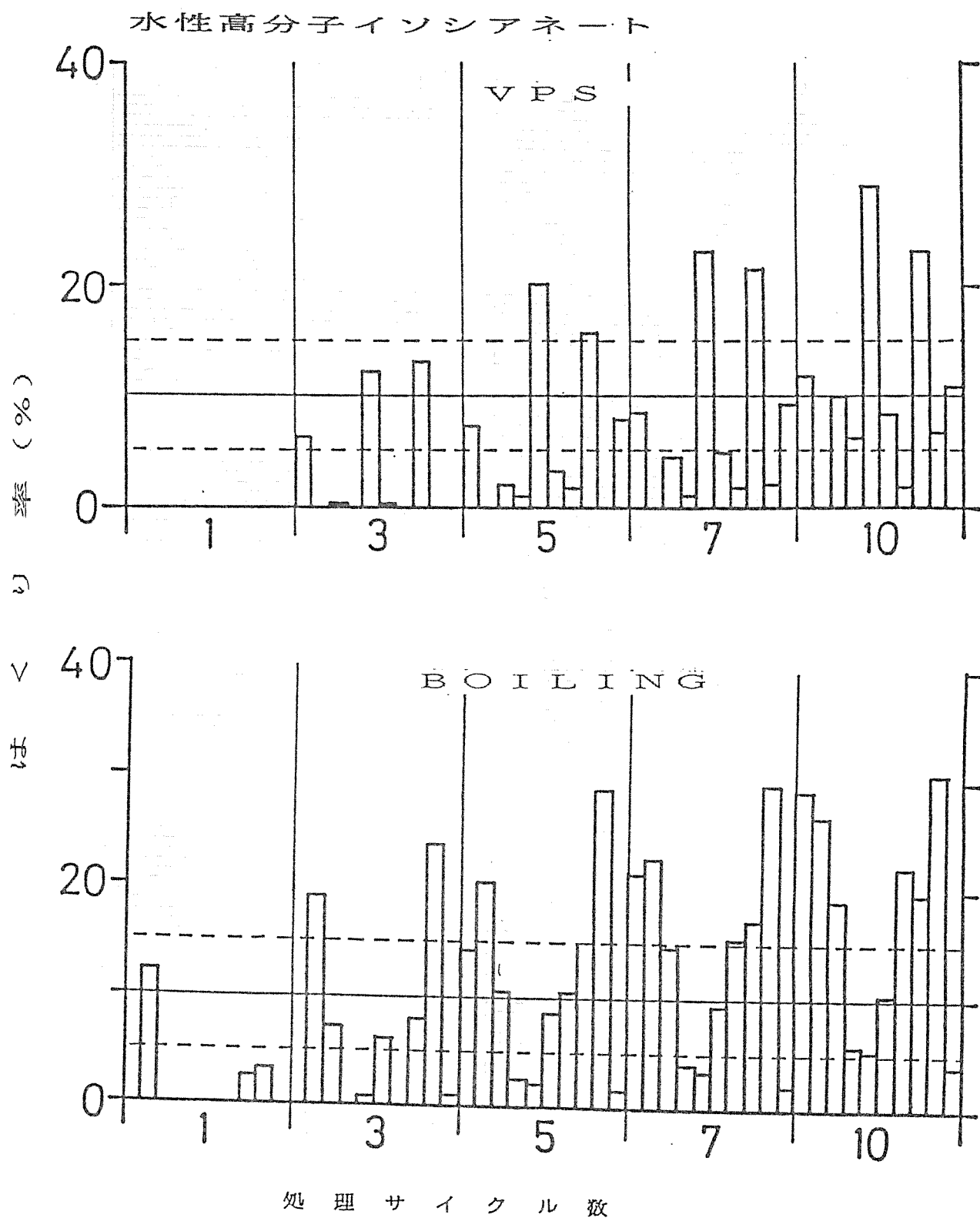
	カナダSPS-1	カナダSPS-3	たてつき木材の製造基準(案)
用途	横架材	たて枠材	構造用一般
接着剤	RF or PRF	特定せず(変性酢ビ)	RF or 同等以上の性能
試験の種類	剝離試験(減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し)	剝離試験(減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し)	剝離試験(煮沸乾燥繰り返し)
試験片	その中央にFJを含む180mm長試験片 1) 16mm未満のFinger: Finger端部でカット 2) 16mm以上のFinger: Finger中央部でカットし、木口端面にFinger接着層を暴露		その中央にFJを含む200mm長試験片、他は左に同じ
処理	試験片水浸→減圧 508-635mmHg, 30min→加圧 5.2±0.3kgf/cm <sup>2</sup> , 2hr→乾燥 71±3°C, 含水率 19%以下(通常16-18hr)⇒これらの3回繰り返し		沸騰水中浸せき5hr→室温水中1hr→乾燥 60±3°C, 18hr, 含水率 19%以下 ⇒これらの1、3回繰り返し
評価基準	平均剝離率が10%未満、かつ、個々の試験片の剝離率が15%を越えない	平均剝離率が10%以下、かつ、個々の試験片の剝離率が15%を越えない	



第1圖 剝離試驗片

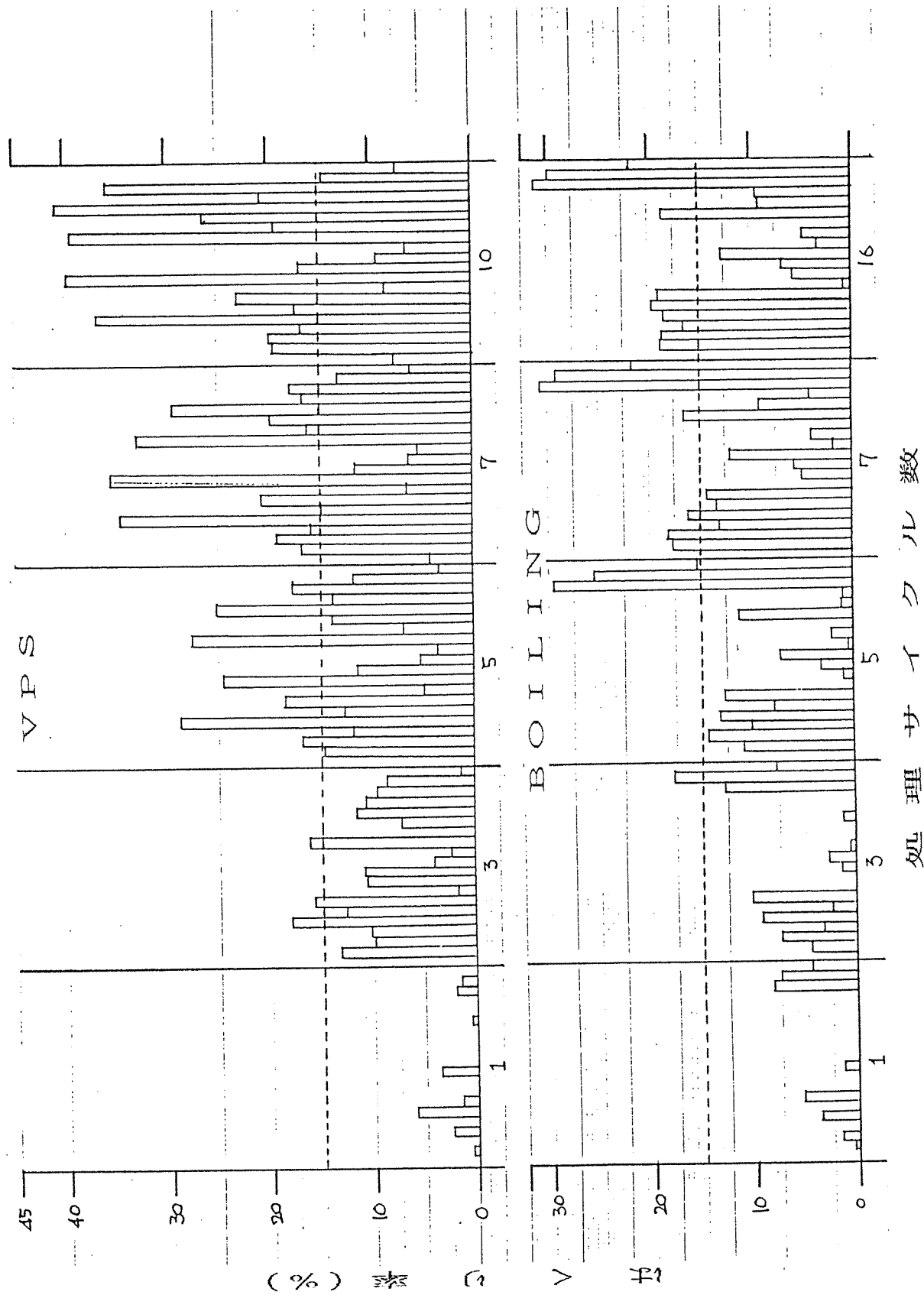


第2図 レゾルシノール系接着剤使用FJ材の剥離の進行  
 VPS：減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理  
 BOILING：煮沸繰り返し処理



第3図 水性高分子イソシアネート系接着剤使用FJ材の剝離の進行  
 VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理  
 BOILING: 煮沸繰り返し処理

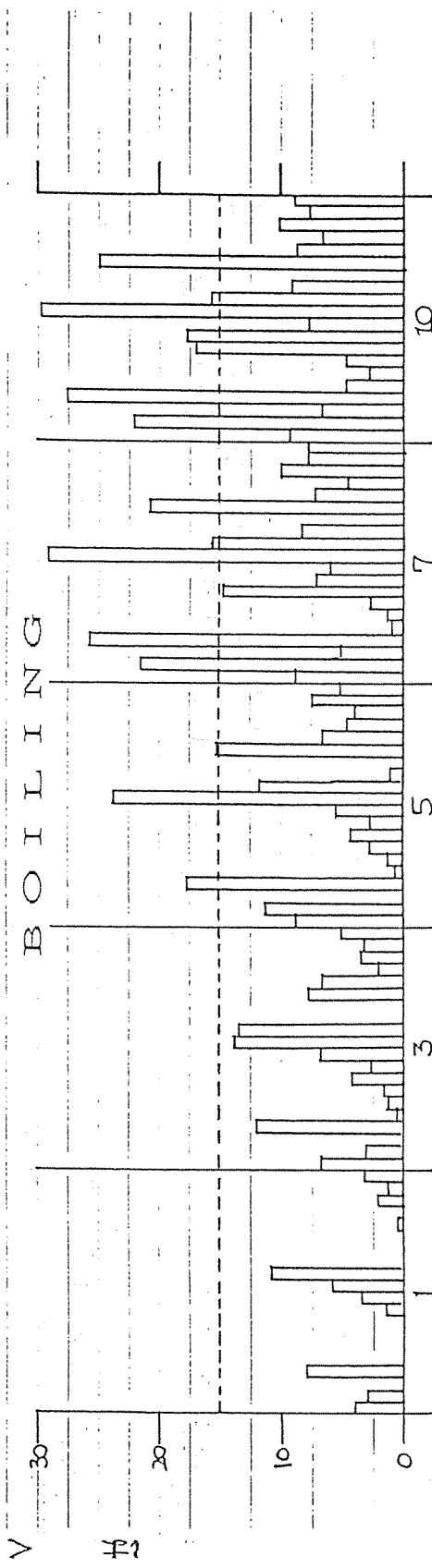
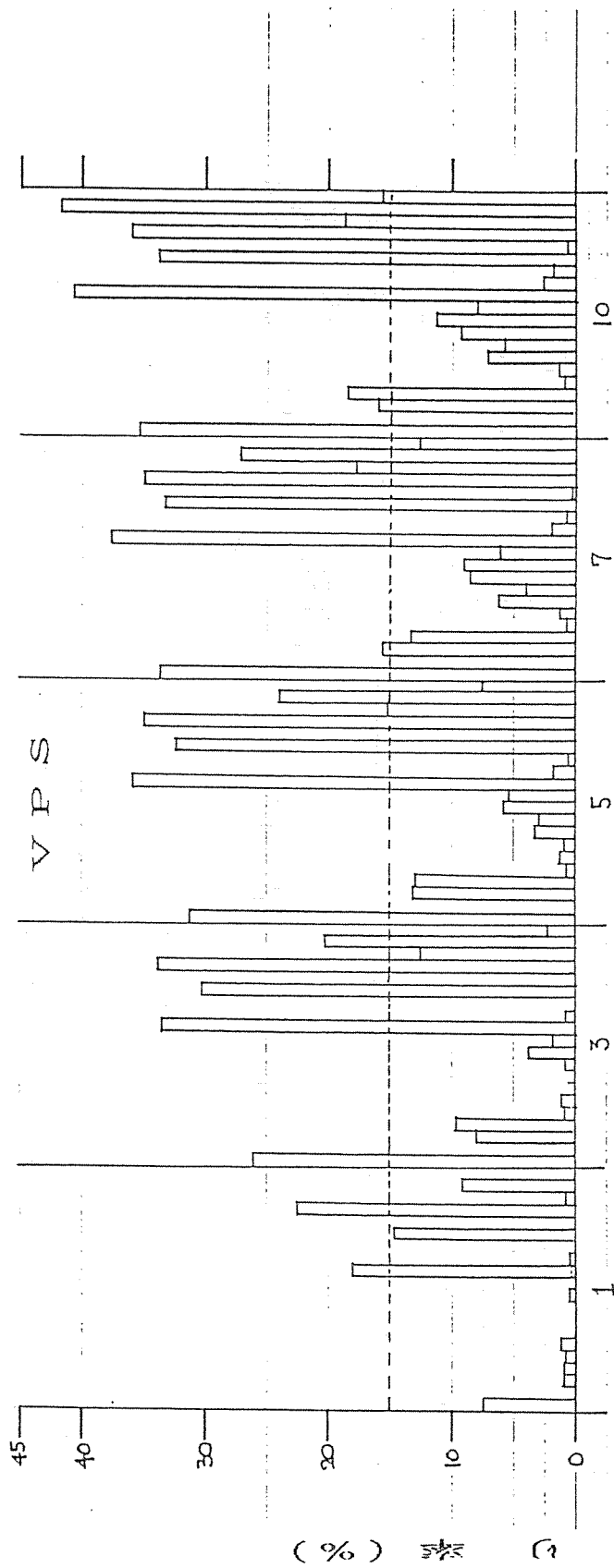
変性酢ビ(1)



第4図 変性酢ビ系接着剤使用FJ材の剝離の進行(その1)

VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 BOILING: 煮沸繰り返し処理

変性酢ビ(2)



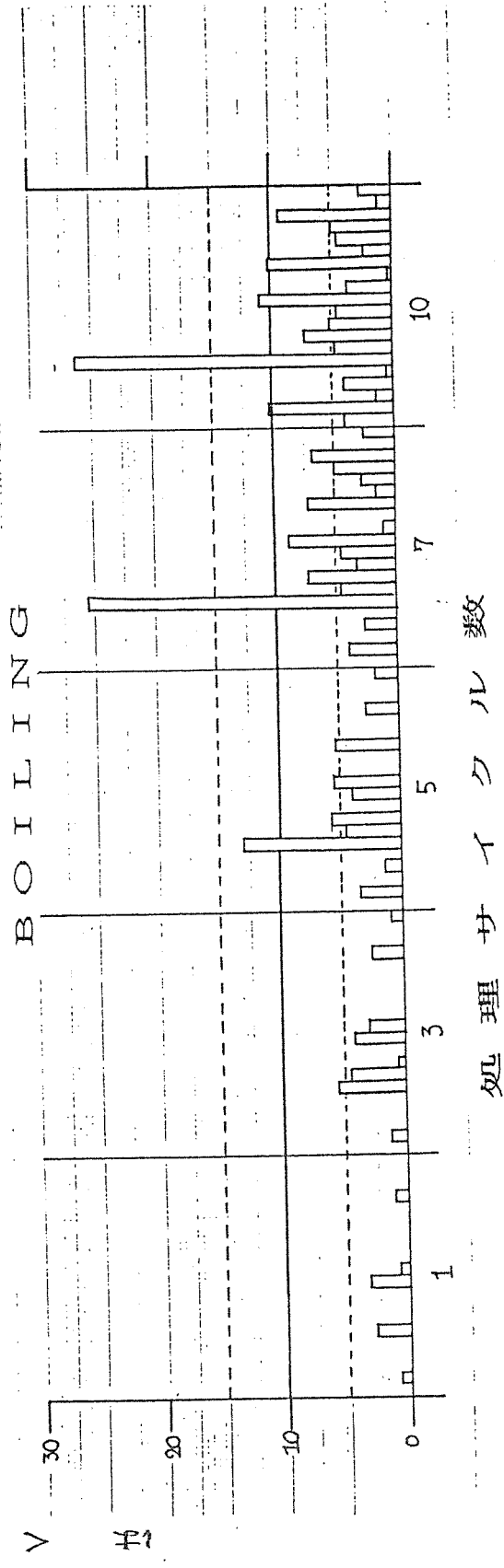
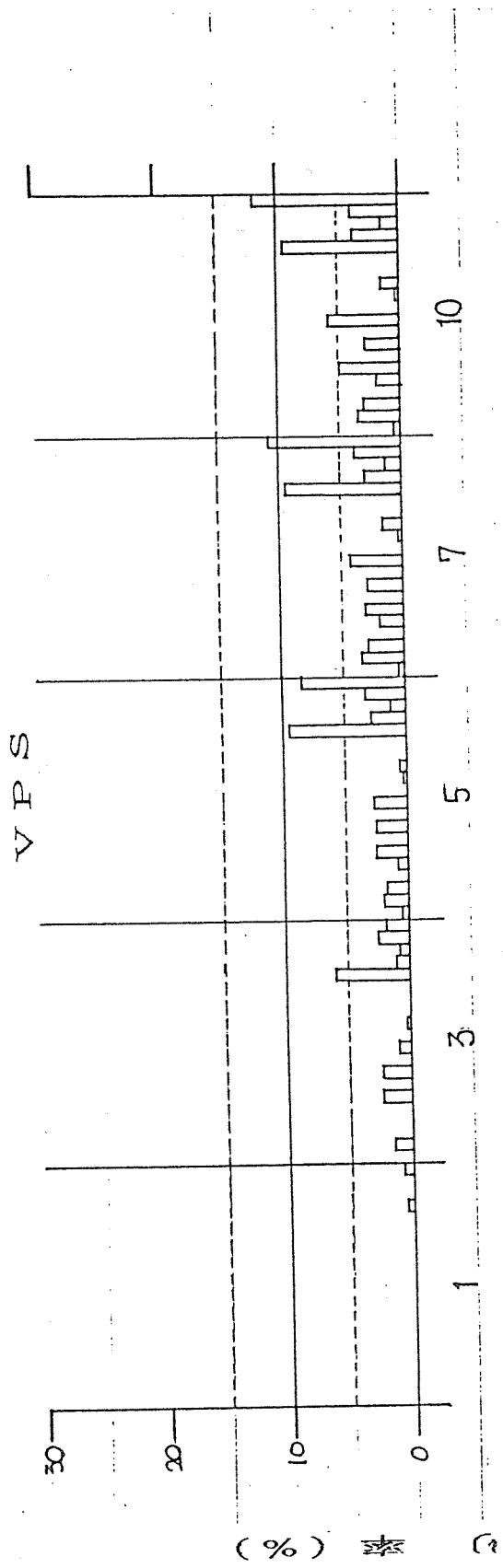
処理サイクル数

第5図 変性酢ビ系接着剤使用FJ材の剥離の進行(その2)

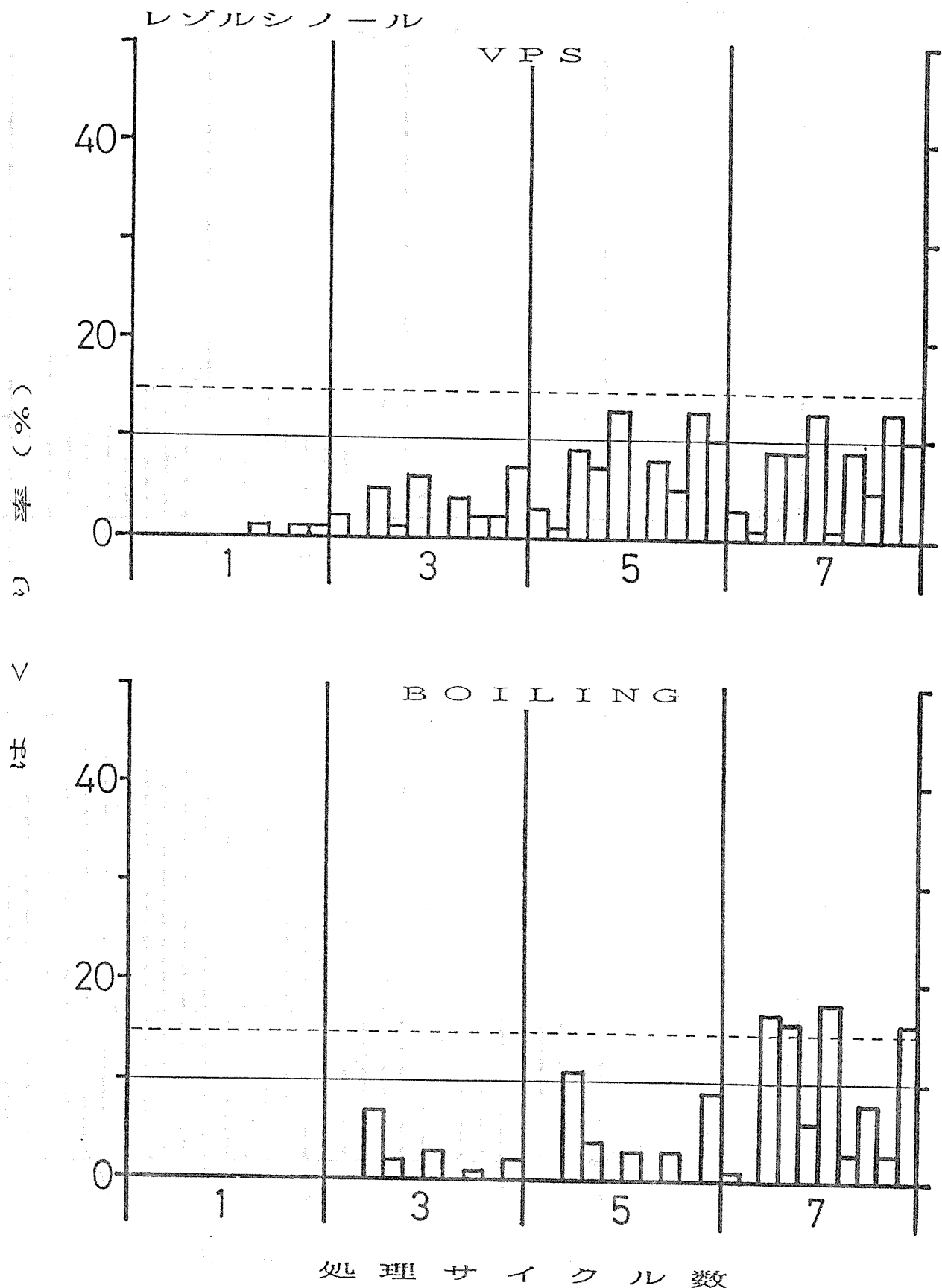
VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 BOILING: 煮沸繰り返し処理



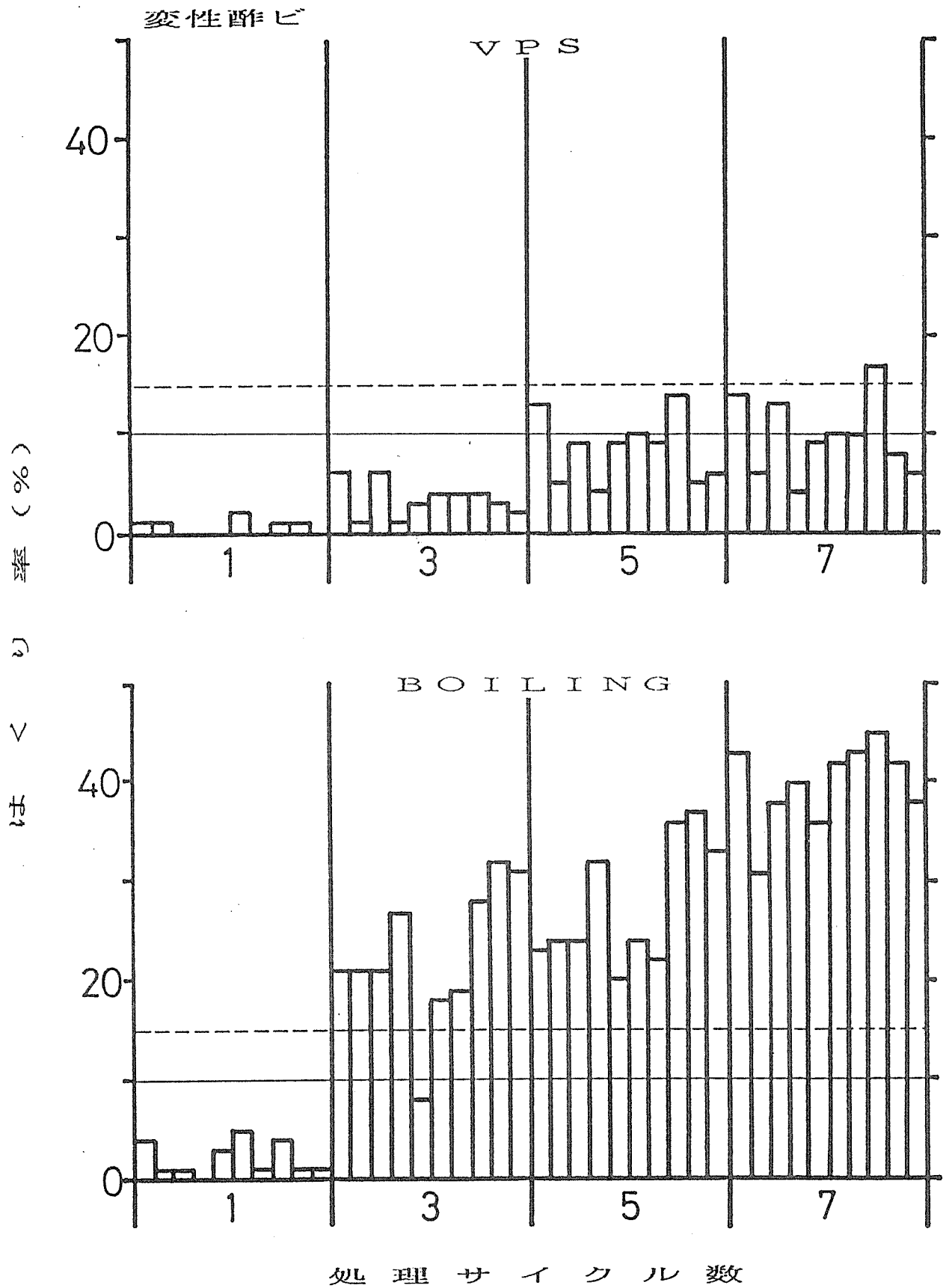
変性酢ビ(3)



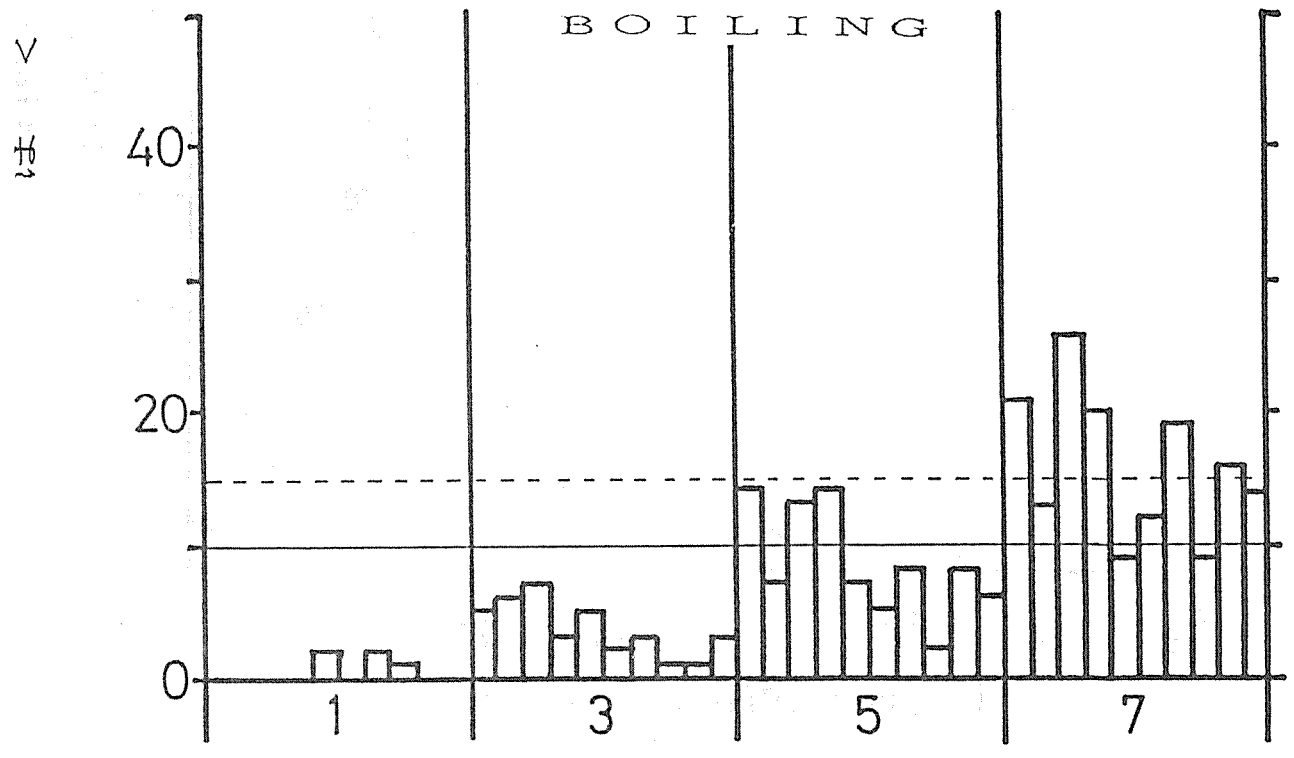
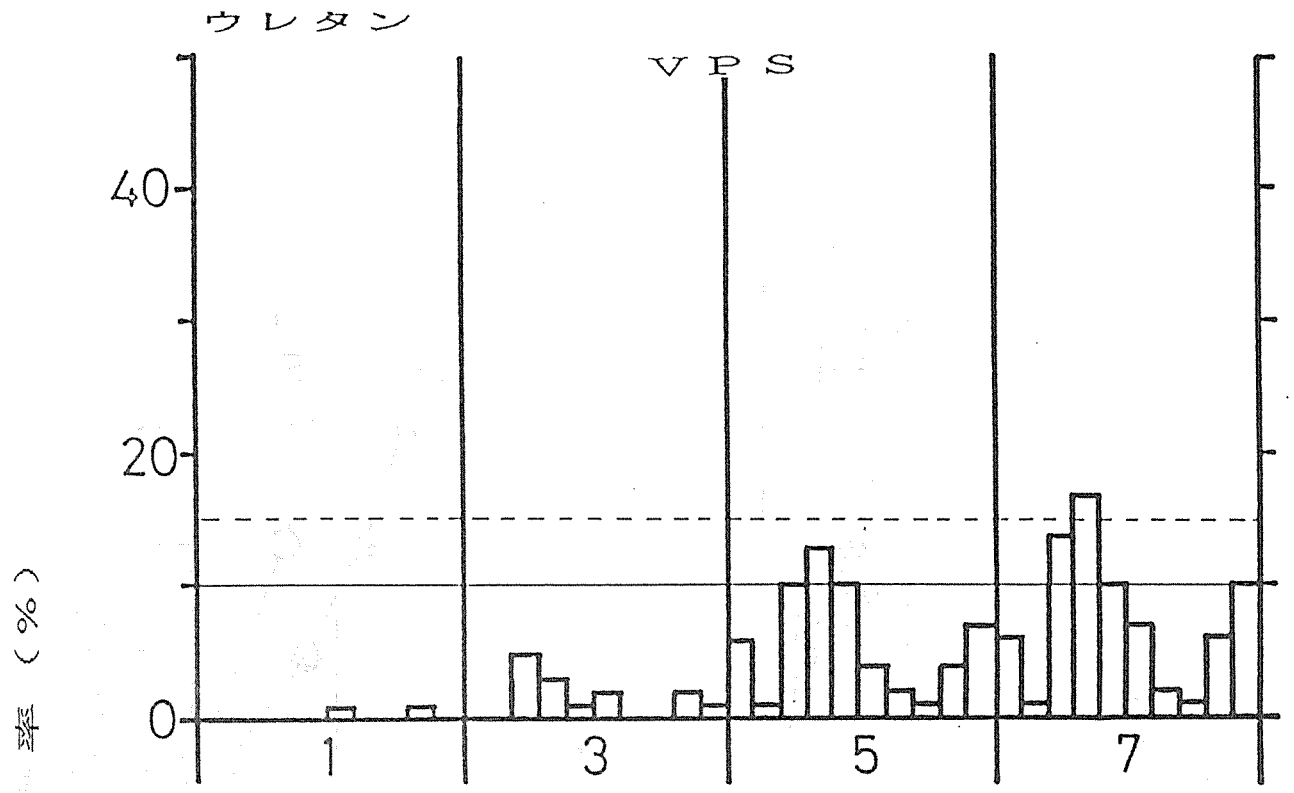
第6図 変性酢ビ系接着剤使用FJ材の剥離の進行(その3)  
 VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 BOILING: 煮沸繰り返し処理



第7図 レゾルシノール・フェノール系接着剤使用FJ材の剥離の進行  
 VPS：減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理  
 BOILING：煮沸繰り返し処理

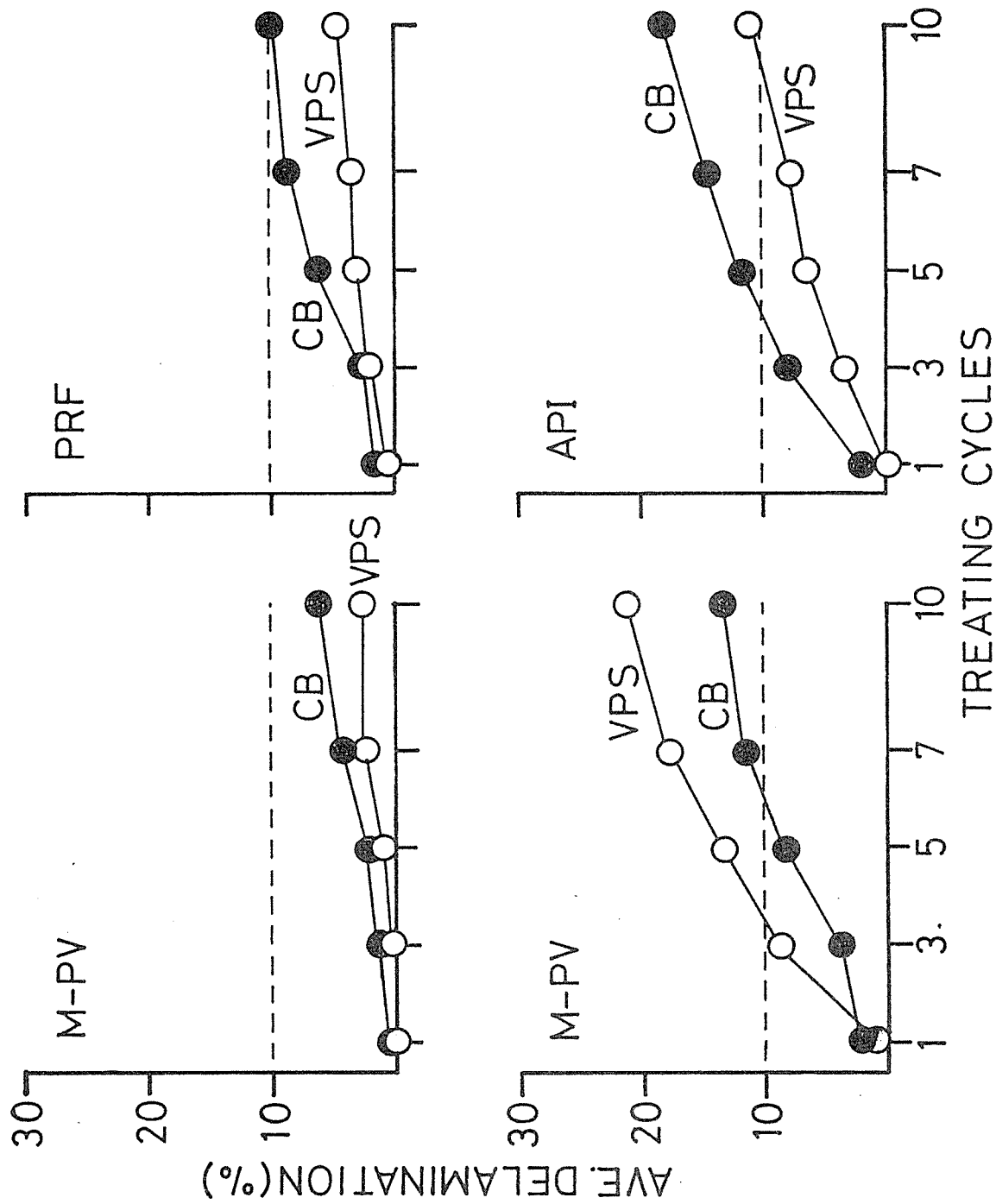


第8図 変性酢ビ系接着剤使用FJ材の剝離の進行 (その4 国内産接着剤)  
 VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理  
 BOILING: 煮沸繰り返し処理



処理サイクル数

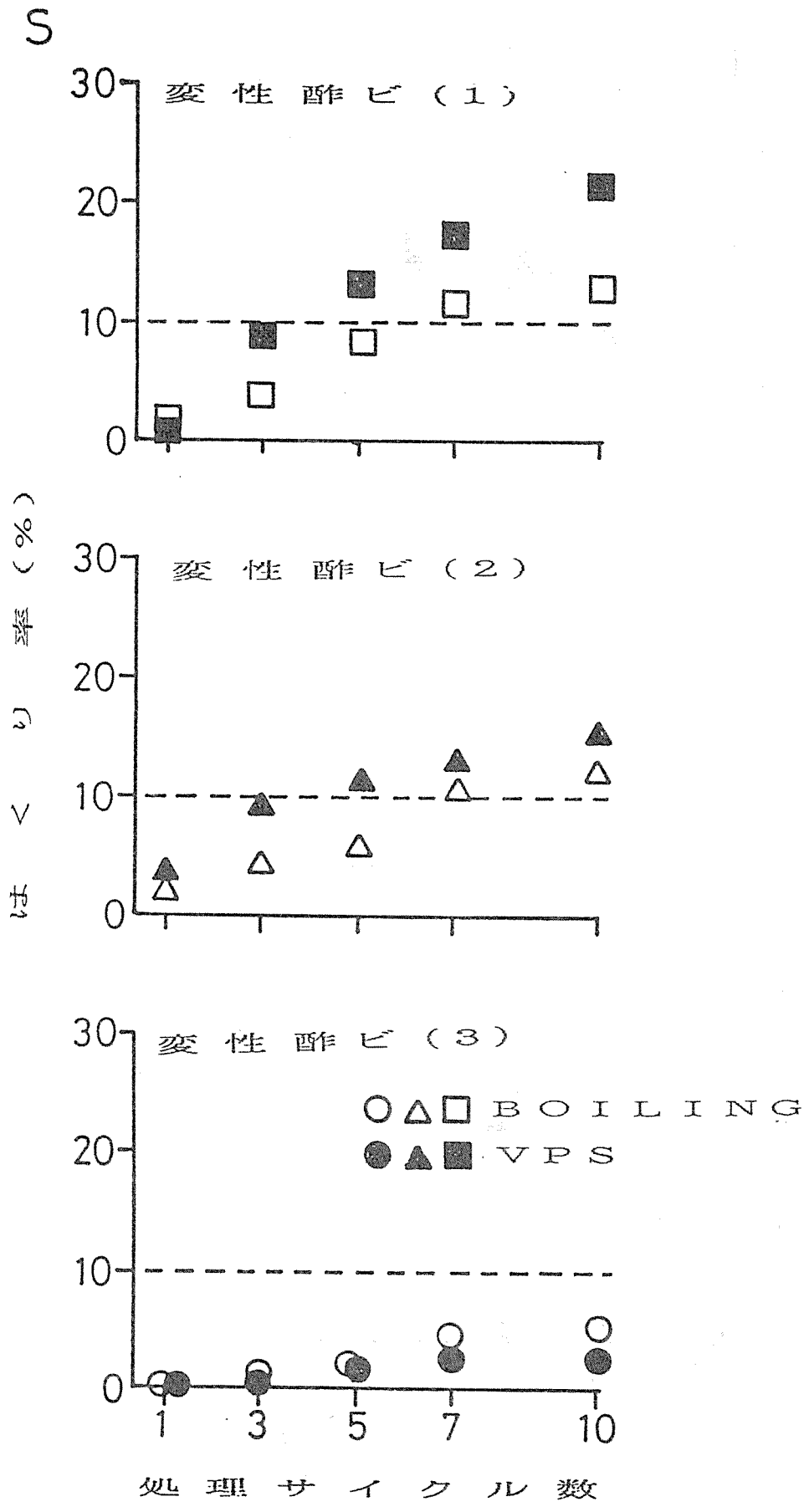
第9図 ウレタン系接着剤使用FJ材の剝離の進行  
 VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理  
 BOILING: 煮沸繰り返し処理



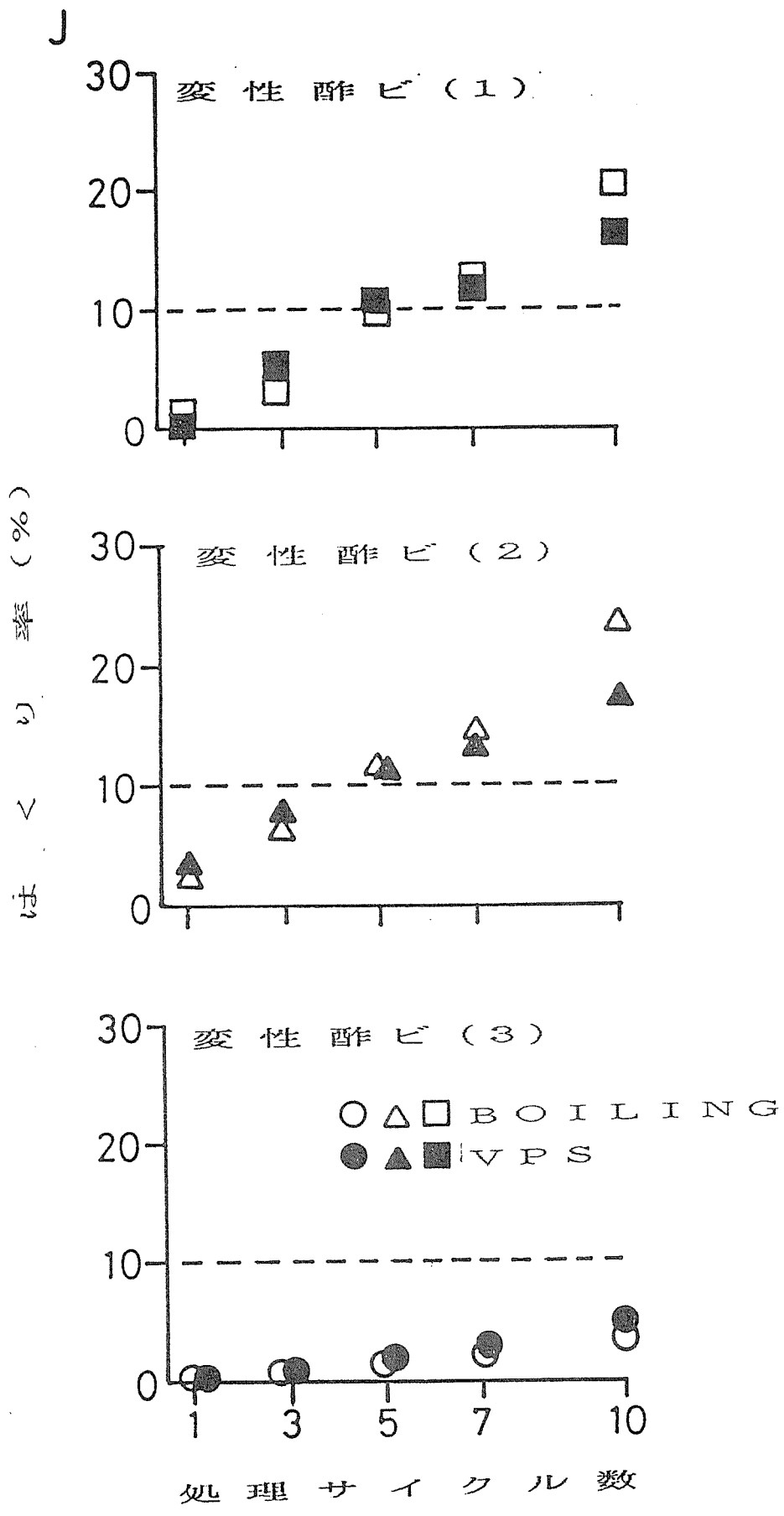
第10図 主要接着剤の平均剥離率

VPS: 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理

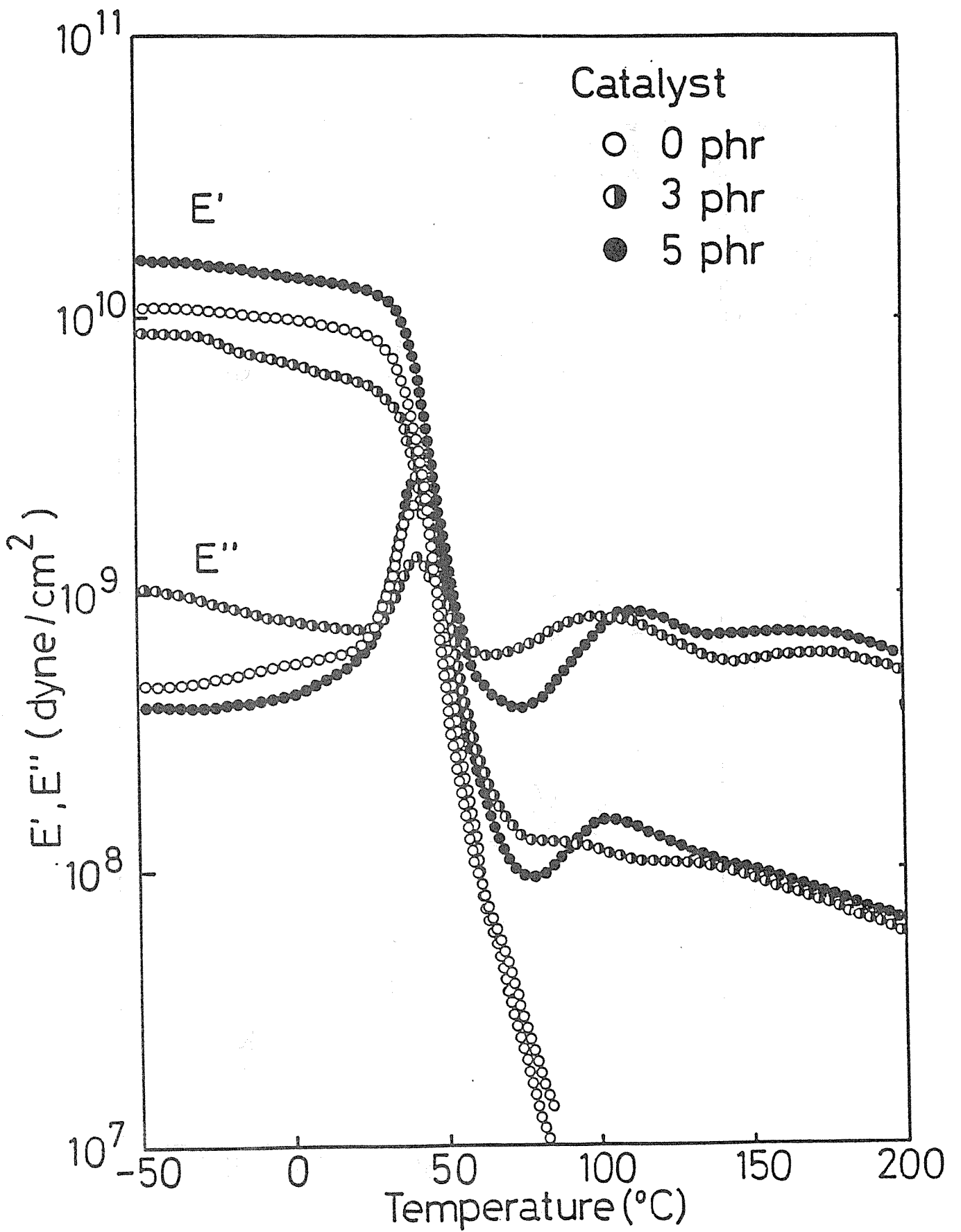
CB: 煮沸繰り返し処理



第11図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 (VPS) 及び煮沸繰り返し処理 (BOILING) による変性酢ビ使用FJ材の平均剥離率 (静岡)

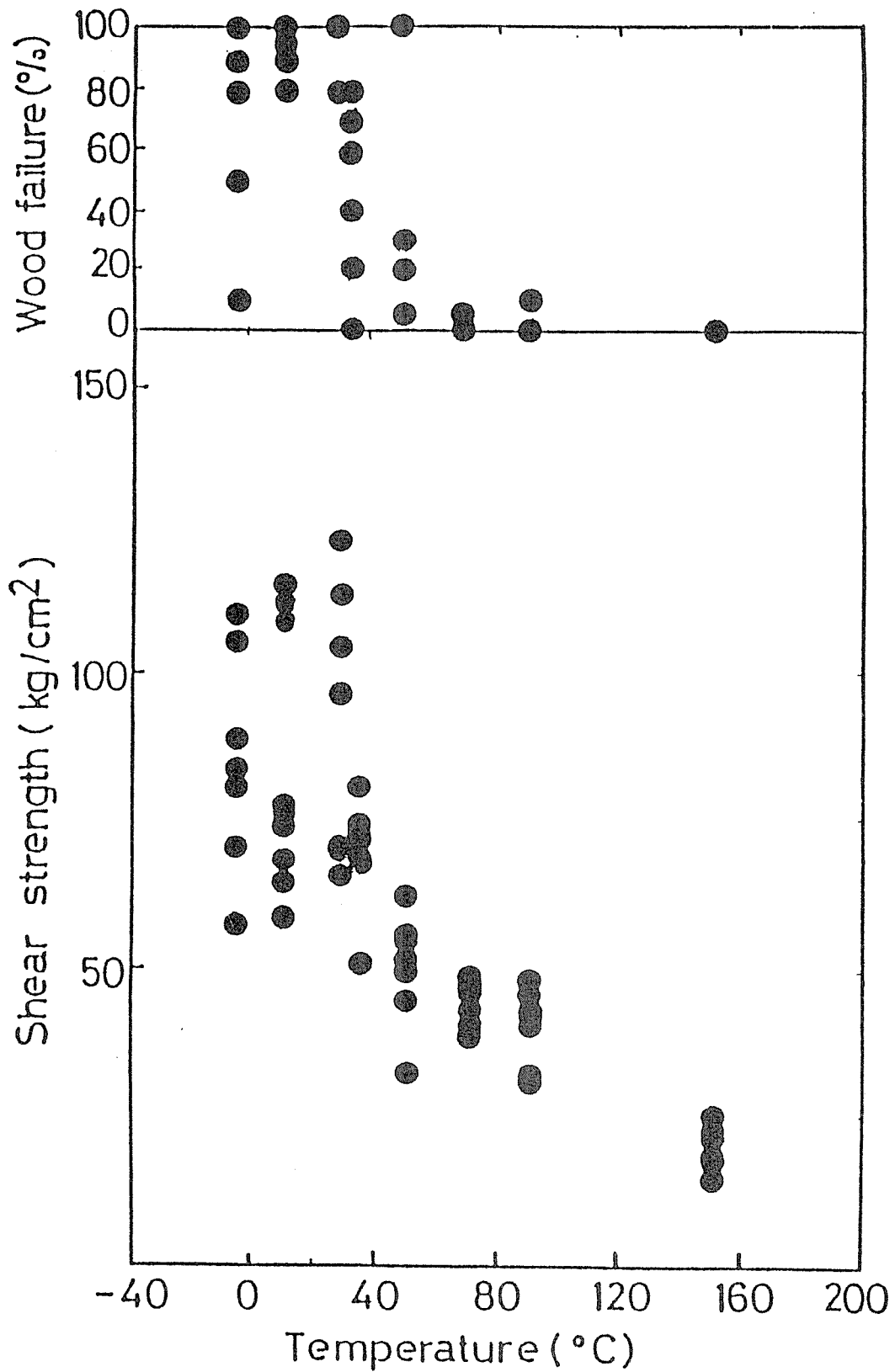


第12図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 (VPS) 及び煮沸繰り返し処理 (BOILING) による変性酢ビ使用FJ材の平均剥離率 (東京)

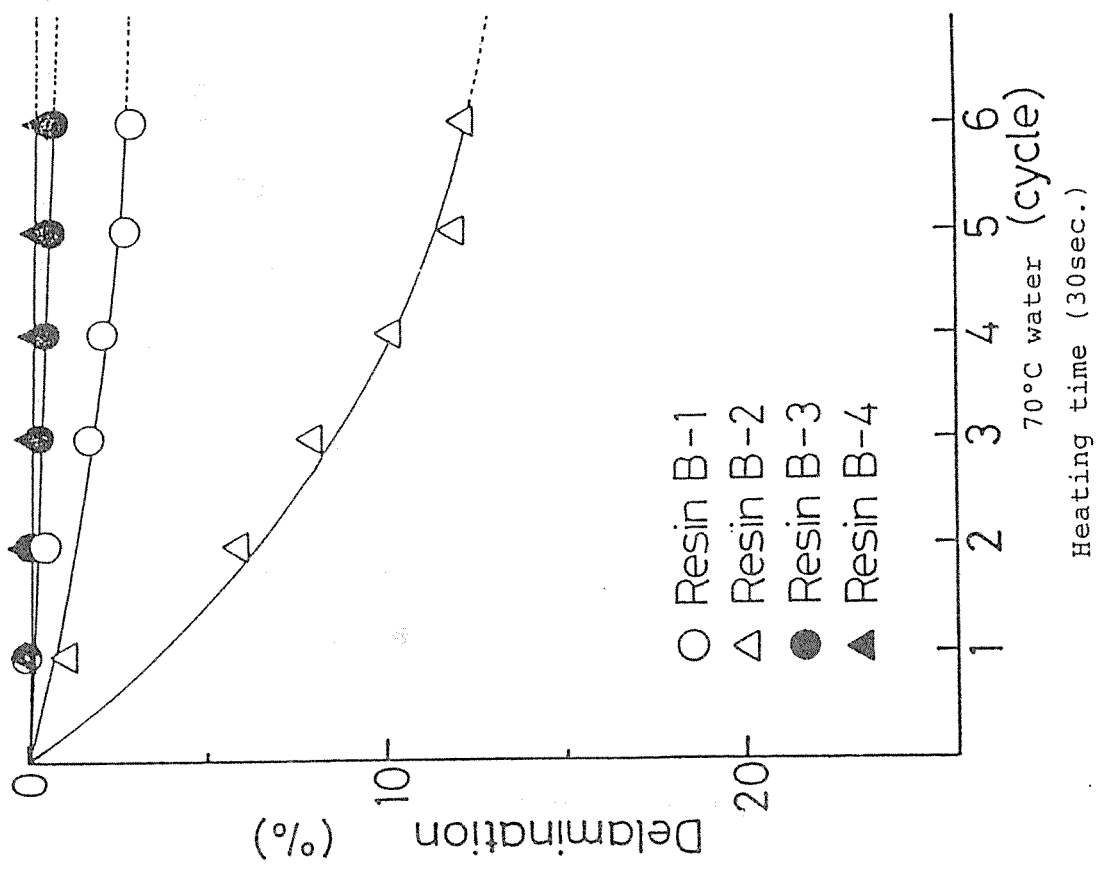
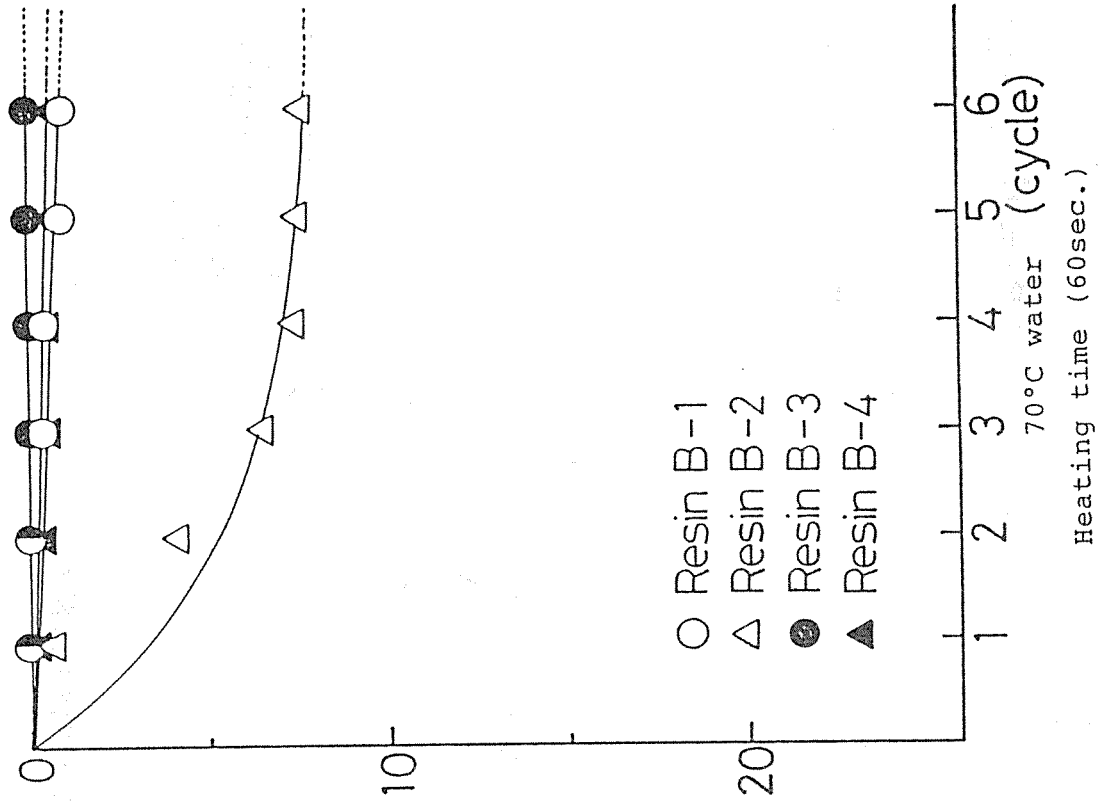


第13図 変性酢ビ樹脂フィルムの動的粘弾性

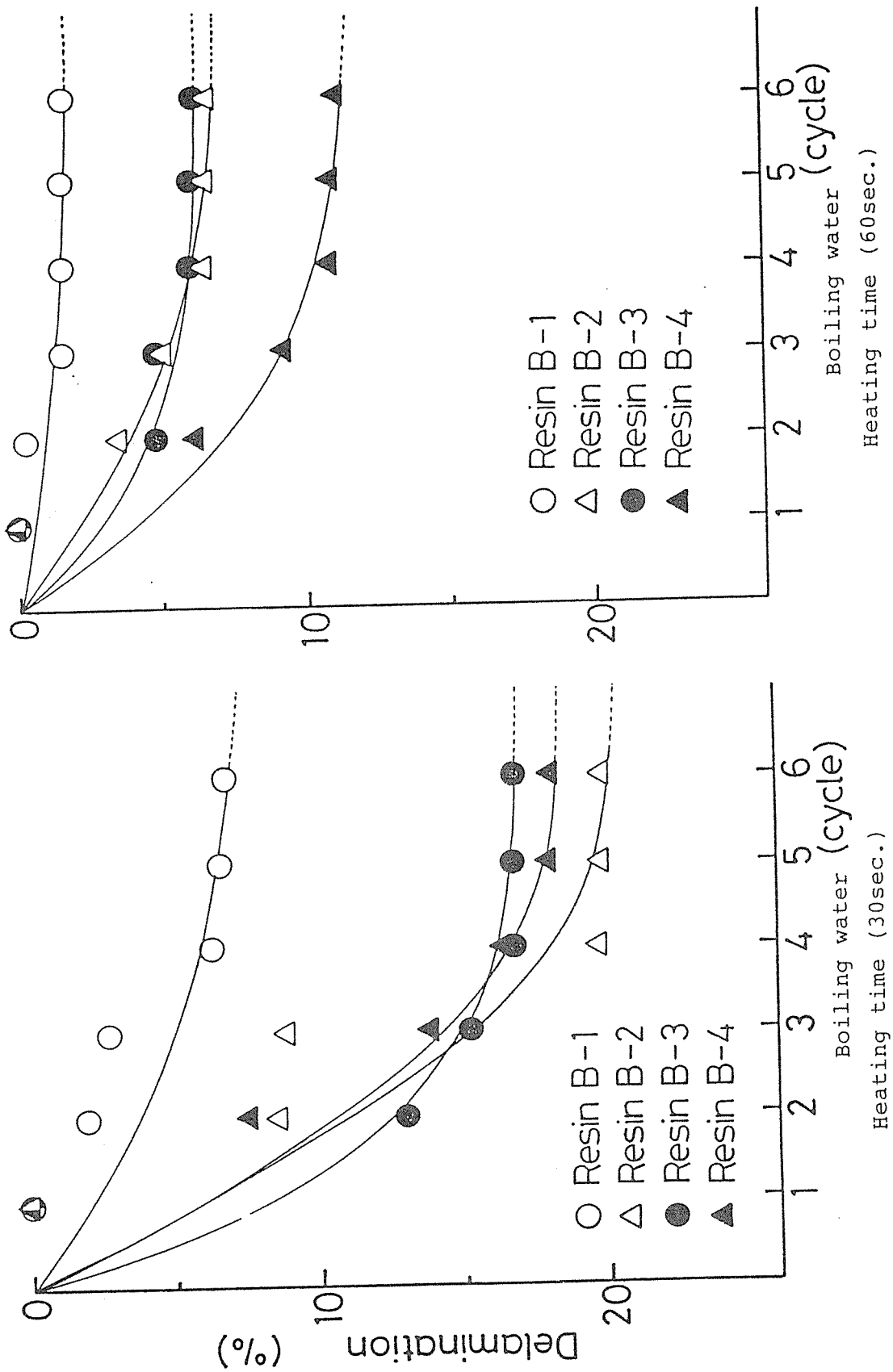




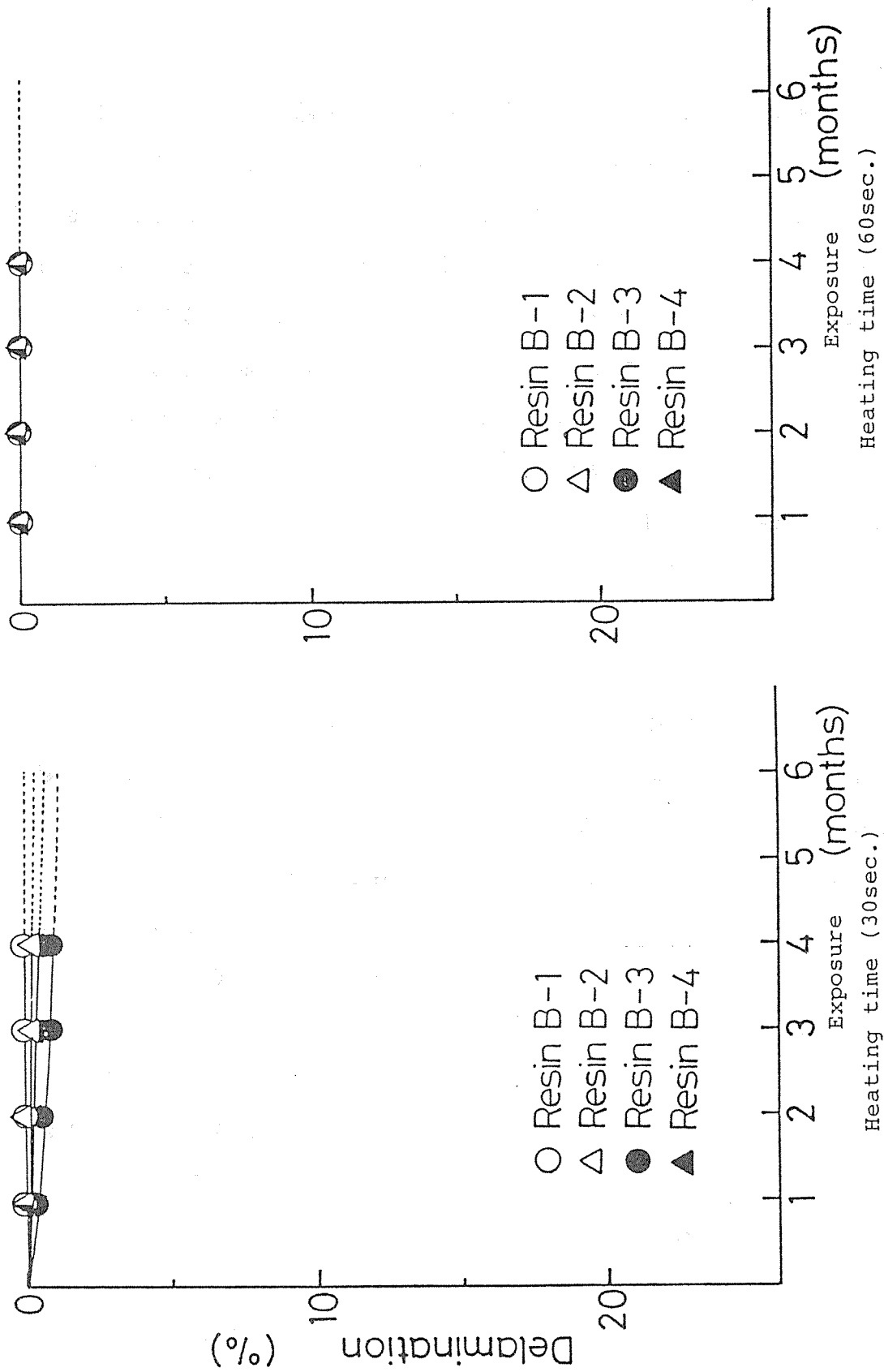
第14図 変性酢ビ系接着剤の接着性能の温度依存性



第15図 温水浸せき・乾燥繰り返し処理による高周波加熱変酢ビ平行積層材の剝離



第16図 煮沸繰り返し処理による高周波加熱変酢ビ平行積層材の剥離



第17図 屋外自然暴露による高周波加熱変酢ビ平行積層材の剝離

## 2. 強度保証された材を用いた縦つぎ材の強度

はじめに

縦つぎ加工の意義は、節等強度低減要素である欠点を除去することによって強度の小さな材を減らし、信頼性の高い木質材料を製造することであると思われる。さらに、近年接着剤を含め、縦つぎ加工の技術が向上していることをあわせて考えると、高強度・高信頼性縦つぎ材の製造が可能なのではないだろうか。しかし、縦つぎ部の強度は、縦つぎされる木材の材質に左右されることも事実であり、高強度・高信頼性縦つぎ材を製造するためには、縦つぎされる木材を選別することが重要になってくる。本報では、縦つぎされる木材の引張保証荷重試験を行い、試験をパスした材のみを用いて、縦つぎ加工を行った。さらに製造した縦つぎ材について引張試験し強度を検討した。

### 2.1 試験

#### 2.1.1 保証荷重試験

保証荷重試験に供した試験体は、スギの204材105本、206材62本、208材43本で、長さは4mである。保証荷重としては、構造用集成材1級の長期許容応力度80(kgf/cm<sup>2</sup>)の3倍、つまり240(kgf/cm<sup>2</sup>)である。引張試験は図.1に示すように、1つの試験体において保証荷重をクリアするまで行った。ただし、かなり短くなったものは後の縦つぎ加工には用いなかった。つまり、縦つぎ加工に用いた材は、すべて保証荷重をクリアしているのである。

#### 2.1.2 縦つぎ加工

2.1で得られた材を、フィンガー加工した。このときその工場で行われている基準にしたがって、欠点の除去も行っている。またこのときの材の長さは4mにした。フィンガーの形状は定かではないが、長さが30mmであり、フィンガー長としては大きな方である。

#### 2.1.3 縦つぎ材の引張試験

2.2で縦つぎ加工した材を、引張試験した。縦つぎ部は材1本について3、4ヶ所、多いもので6ヶ所存在するものもあった。試験体の長さ方向すべてにわたって引張荷重を加え、引張強度を求めた。つまり長さ方向における最小荷重であ

る。

## 2.2 結果と考察

得られた引張強度の値は、長さ 4 m という材の最小強度である。つまりあるユニットの長さを設定した場合、1 本の試験体について引張強度がいくつかが得られるわけであるが、本試験で得られた値は、その中で最小の値であり、その分布は極値分布と呼ばれる。ここではこのような極値分布から考察を試みる。

### 3.1 極値分布についての基礎

$X$  を確率密度、 $F(X)$  を累積分布関数とする。母集団  $X$  からの  $n$  個の標本の最小値  $Y_1$  の分布は、 $F_{Y_1}(y)$  を累積分布関数とすれば

$$\begin{aligned} 1 - F_{Y_1}(y) &= P(Y_1 > y) \\ &= P(X_1 > y, X_2 > y, \dots, X_n > y) \\ &= [1 - F_X(y)]^n \end{aligned}$$

と考えられ、したがって累積分布関数は

$$F_{Y_1}(y) = 1 - [1 - F_X(y)]^n$$

また、確率密度関数は

$$f_{Y_1}(y) = n [1 - F_X(y)]^{n-1} \cdot f_X(y)$$

となる。この考え方を本試験に当てはめてみる。

$F(X)$  を 3 パラメータのワイブル分布とする。つまり

$$F(X) = 1 - \text{EXP}[-((X-\gamma)/\eta)^m]$$

と表される。したがって、標本数を  $n$  個とすると、最小値の極値分布  $F_{Y_1}(y)$  は

$$F_{Y_1}(y) = 1 - \text{EXP}[-((X-\gamma)/(\eta \cdot n^{-1/m}))^m]$$

となる。つまり標本数  $n$  の場合確率密度関数は、尺度パラメータが変化するだけで、その他の位置パラメータ、形状パラメータは変化しないことが分かる。このとき確率密度関数  $f_{Y_1}(y)$  は

$$f_{Y_1}(y) = m/(\eta \cdot n^{-1/m})((X-\gamma)/\eta)^{m-1} \cdot \text{EXP}[-((X-\gamma)/\eta \cdot n^{-1/m})^m]$$

となる。次にこれを縦つぎ材に当てはめてみる

### 3.2 極値分布の縦つぎ材への当てはめ

縦つぎ材に用いた材および縦つぎ材の引張強度について、最小二乗法によりワイブル分布に当てはめ、3つのパラメータの値を求め、表.1 にその値を示した。

表.1 ワイブル分布に当てはめた場合のパラメータの値

	標本数	位置パラメータ ( $\gamma$ )	形状パラメータ ( $m$ )	尺度パラメータ ( $\eta$ )
縦つぎ材に 用いた材	204	48	0	3.04
	206	42	0	5.36
	208	25	0	3.52
縦つぎ材	204	57	129	2.13
	206	24	87.7	4.86
	208	12	0	9.24

つぎに3.1で示したように、もとの確率分布関数のパラメータを求めた。つまり、 $\gamma$ 、 $m$ は変わらず、 $\eta$ が $\eta \cdot n^{-1/m}$ となるわけであるが、その値を表.2に示した。

表.2 もとの確率分布関数におけるパラメータの値

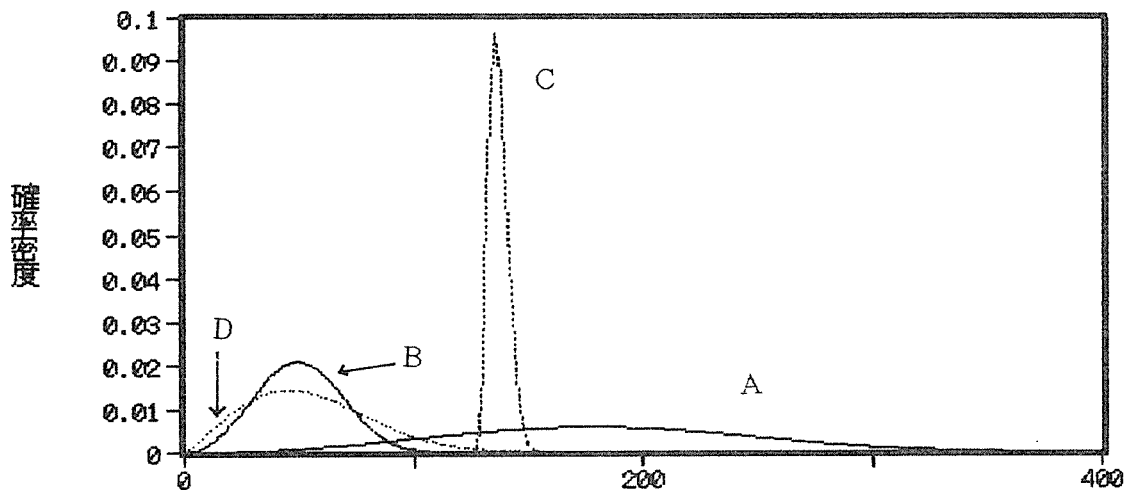
	位置パラメータ ( $\gamma$ )	形状パラメータ ( $m$ )	尺度パラメータ ( $\eta$ )
縦つぎ材に 用いた材	204	0	56.8
	206	0	114
	208	0	95.4
縦つぎ材	204	129	9.31
	206	87.7	60.8
	208	0	157

これらのパラメータより、確率密度関数を表したのが、図.1である。曲線Aは、縦つぎに用いた材の引張強度のもとの分布を、Bはその極値（最小値）分布を、Cは縦つぎ材のもとの分布を、Dはその極値（最小値）分布を表している。この図より分かることは、以下のとおりである。

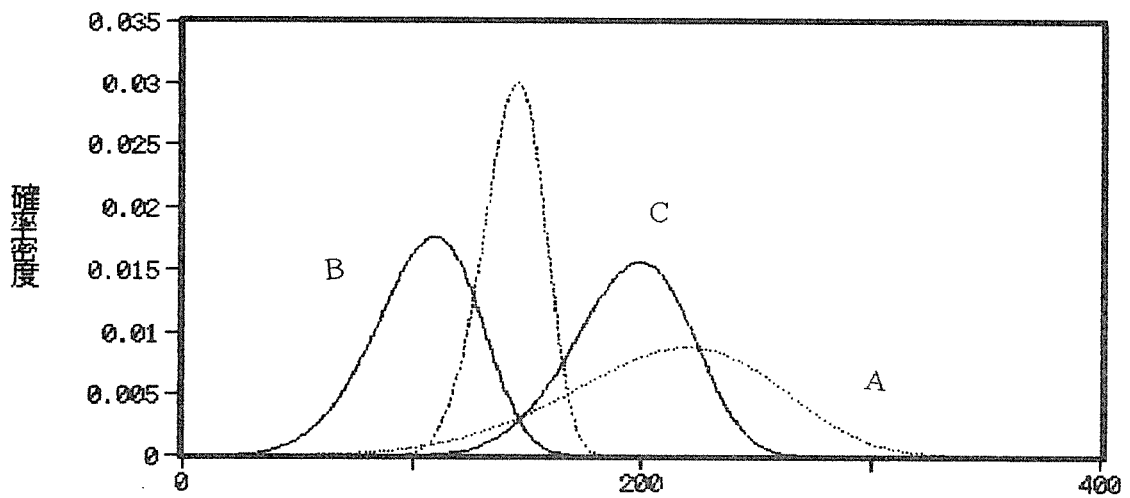
- (1) 204、206、208材いずれにおいても、AとB、CとDの位置関係は、同じである。
- (2) 206、208材におけるA、B、C、Dの位置関係は非常によく似ている。
- (3) 縦つぎに用いた材つまり縦つぎする前の材の引張強度の分布を表すAと縦つぎされた材の引張強度を表すCを比較すると、Aの方が分布の幅が大きく（バラツキが大きい）、下限値で評価するなら縦つぎ材の方が大きくなっている。このことは既往の研究結果と同じである。

- (4) しかし、強度そのものは全体的に縦つぎする前の材より小さくなっていることも事実であり、保証荷重をパスした試験体のみを用いた割に、引張強度があまり大きくなっていないのかも知れない。
- (5) ただ、縦つぎ加工の技術がさらに向上し、曲線Cが幅はそのままで（バラツキが小さく）右に移動すれば、まさにスーパーランバーとなるのかも知れない。このためには縦つぎ部の強度を理論的に解明するべきで、このようなことが可能になったとき、スーパーランバーが生まれるのだと思う。

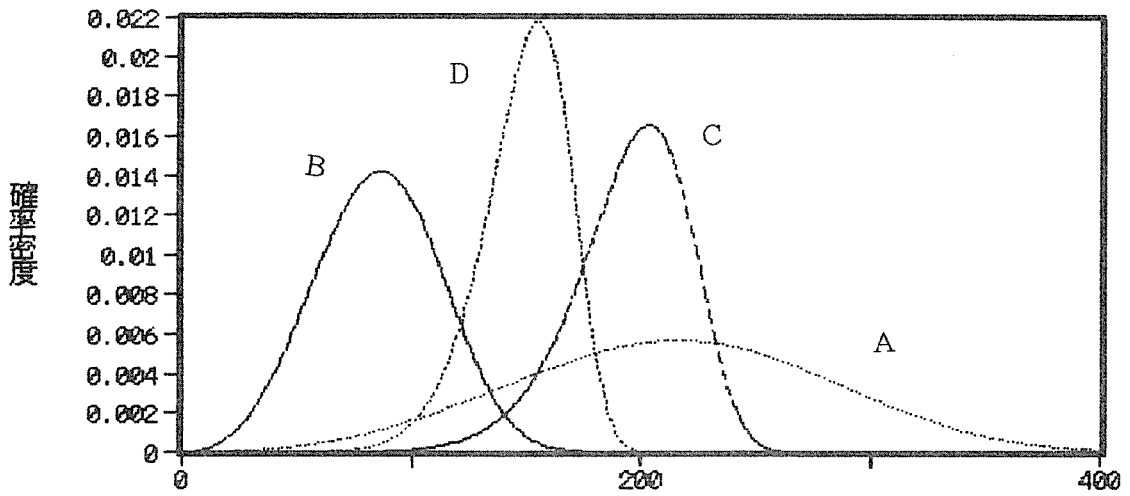




引張強度 (kgf/cm)  
206材引張試験結果



引張強度 (kgf/cm)  
208材引張試験結果



引張強度 (kgf/cm)

図.1 それぞれの材における引張強度の分布

### 3. 試験方法の相違による F J 材の強度の差異

はじめに

カナダにおいて、スタッド用に使われている F J 材の基準は S P S 3 NLGA Special Products Standard For Fingerjoined Lumber - Vertical Use Only に記されている。この S P S 3 における F J 材の強度基準は、曲げ強度試験によって規定されている。この場合の曲げ試験方法は 4 点荷重方式であり、縦つぎ部がモーメント一定区間（ロードスパン）に入るようにするわけであるが、そのロードスパンが非常に小さく縦つぎ部を狙い打ちするようになっている。しかしロードスパンが大きな場合、縦つぎ部以外の木材部分で破壊する可能性も存在し、縦つぎ材の強度を正しく表していないことも考えられる。本報では、F J 材の強度に及ぼす試験方法の相違について考察する。

#### 3.1 試験

試験体は、カナダの 4 つの工場において実際に生産されている F J 材（204）である。試験方法は 4 点曲げ試験であり、次の 2 種類である。

- （1）S P S 3 にしたがった、シェアスパンはフラットワイズでは 27 インチ（686 mm）、エッジワイズでは 63 インチ（1600 mm）、ロードスパンはフラットワイズ、エッジワイズとも 5 インチ（127 mm）である。
- （2）フラットワイズのみで、全スパン 120 cm の 3 等分点 4 点荷重式である。

#### 3.2 結果と考察

せん断の影響を含む曲げヤング係数  $E_c$  と曲げ強度 MOR の値を表 1、2 に示した。これより試験体数やデータのバラツキを考慮しても、2 つの試験方法の相違による強度の差異はないことがわかる。

S P S 3 は副題にも示してあるとおり、縦つぎ部の強度を保証をするものである。縦つぎ加工する木材そのものについては目視により選別していることにより、保証していると考えられる。しかし、今後木材資源の有効利用のためには、ある程度の低質なものも利用していくことが必要になってくるであろう。しかも、接着剤を含めた縦つぎ加工の技術も発達していくことも考えらる。このように考え

ると、縦つぎ材が縦つぎ部以外の木材部分で破壊する可能性が高くなっていくのではないだろうか。つまり、縦つぎ部だけではなく、縦つぎ材そのものの強度を保証する必要があるのであり、縦つぎ材をジョイストのように横使いするような場合を考えればなおさら、縦つぎ材というものの強度を保証する仕組みを考えていかなければならないのではないだろうか。

表.1 フラットワイズにおけるせん断の影響を含む  
曲げヤング係数  $E_s$  と曲げ強度 MOR

SPS-3		試験体 A	B	C	D
$E_s$	試験体数	22	21	17	19
	平均 (tf/cm <sup>2</sup> )	114	101	88.6	106
	変動係数 (%)	9.84	18.7	13.2	12.9
MOR	平均 (kgf/cm <sup>2</sup> )	437	442	339	400
	変動係数 (%)	16.4	21.4	19.0	14.7
3等分点					
$E_s$	試験体数	28	24	25	21
	平均 (tf/cm <sup>2</sup> )	123	99.2	88.7	99.0
	変動係数 (%)	15.7	16.3	13.2	13.6
MOR	平均 (kgf/cm <sup>2</sup> )	415	421	317	355
	変動係数 (%)	16.8	12.5	15.6	20.6

表.2 エッジワイズにおけるせん断の影響を含む  
曲げヤング係数  $E_s$  と曲げ強度 MOR

SPS-3		試験体 A	B	C	D
$E_s$	試験体数	19	10	7	10
	平均 (tf/cm <sup>2</sup> )	110	101	81.5	107
	変動係数 (%)	11.7	9.7	13.7	11.0
MOR	平均 (kgf/cm <sup>2</sup> )	453	465	343	491
	変動係数 (%)	16.6	15.9	23.4	19.5

## 第4章 壁式工法住宅用部材提案

### 1. 新規格木造住宅の一次試設計

#### 1.1 本構法の方向性の検討

本構法はいわゆる在来構法の枠内で考えるものであるが、在来構法なるものをどのように定義するかで内容が異なってくる。ここでは在来という意味を、「柱と梁のある方式」という程度に留める。構法の背景となる前提条件は以下のように考える。

##### (1) 本構法の主たる対象地域

主たる対象地域は大都市部を想定する。したがって、構法も木造2階建を標準に考える。労働力不足も深刻な状況を想定する。想定される需要は、大都市部の木造40～50万戸中の1%とすると4000戸、0.25%で1000戸程度あることになる。

##### (2) 労働力需給

労働力は上に述べたように深刻な不足状況を想定する。したがって、プレカットは当然として、パネル化も程度の差はあれ想定する。少なくとも壁はパネル化する。

##### (3) 組立における揚重機の使用

建方時における揚重機（ユニックなど）の使用は一般化しており、都市部での建方は1日で完了するのが普通と考えてよいので、レンタルによる揚重機使用を前提としてよかろう。揚重機使用はパネル化において大型化が可能なことになる。ただし、大型化の可否は今後の研究の進展によって定める。

##### (4) 軸組建方先行

在来構法の大きな特徴の一つに、軸組の建方が先行することが挙げられる。なるべく早く小屋に到達し、屋根をかけることを急ぐのである。今回の検討においても、この特性は重要と考える。

##### (5) 構法イメージ

柱梁方式。柱は105角、120角程度、135角程度まではあってもよい。梁は在来の梁であるが、本研究の性格上、国産材で製材、集成材のいずれもありうる。プレカットはもはや一般的と考える。壁、根太に半割材使用を想定する。壁はパネル化を考える。パネル化を床・壁・屋根のどこまで行うかは今後の研究の進展によって定める。柱の方式（管柱、通し柱）、柱梁の接合方法、床と梁の関係、パネルの接合方法なども今後の研究の進展によって定める。

### 1.2 軸組+パネル方式の選択

#### 1. 床組の検討とその意味

構法の方向を決定するにあたっては、まず、床方式の検討から始めた。

床の方式は、床構法自体の問題のほか、柱の方式（通し柱、管柱の使用、柱寸法の標準化）、スパンの限界（部屋の大きさ）、建物の規模・形状、小屋部分の方式（在来かパネルか、小屋組方式など）、3階建を考慮するか、など多くのファクターと関係し、重要な鍵となる部分である。したがって、床方式をどのようなものにするかによって、他の多くの部分が決定づけられる。

このようなことから、まず、床方式を検討することとした。床方式の検討によって問題の範囲が縮小され、検討すべき問題がより限定されることとなる。

#### 2. 床構法自体の問題

床構法自体としても多くの問題がある。パネル形式とするか在来形式（根太式）か、床剛性をどう確保するか、梁との接合方法、柱との接合方法、床の大きさ（最大スパン、最大ベイ）、床スパンは2間を限界と考えるか2.5間を限界と考えるか、床梁の大きさと階高の関係、1階床の方式と2階床の方式を同じにするか変えるか、小屋部分（天井根太に相当する部分）の方式も床と同じにするか、などである。

### 3. 条件整理と検討対象の絞りこみ

構法を絞りこむために幾つかの条件をあげ、条件毎の整理を行う。整理に当っては、技術的問題を中心とし、極力、論理的に明快な答えを求めることとする。

#### (1) 高さ方向の寸法の統一

壁高さ、軸組長さとの関係からは、高さ方向の寸法統一は重要である。すなわち、高さ方向の寸法を統一すると、柱長さの統一と耐力壁パネル高さの統一が得られる。この場合、開口部の高さが従来よりも高くなると、階高も高くなる傾向があり、これにより、階段勾配がきつくなる恐れがある。これに対しては、水平方向のモジュールが大きくとれば、階段勾配の問題は解消する。同時に、廊下巾、階段巾を1 m近傍にとる問題も解決する。モジュールの問題については、後に改めて考究する。また、階高が高くなると、都市部では北側斜線の問題があるため、セットバックできるシステム、あるいはロフトを設けることのできるシステムとする必要がある。

#### (2) 梁せい

梁せいを統一することは、壁パネル高さの統一上必要である。この場合、材積は大きくなるが、加工手間・施工手間を少なくすることのほうがメリットが大きであろう。しかし、梁せいを統一すると最大スパンの梁せいで梁寸法がすべて決まってしまうという問題がある。最大スパンを2間までとすると、プランニング、構造（梁寸法）とも容易であるが、2.5間とすると多少難しい問題がありそうである。

一方、柱を管柱とした見返りに、連続梁とすることによって構造上のメリットを得ることができる。梁せいが高い場合は、天井位置を梁うちにとる必要も出てこよう。この場合音響的には（床衝撃音）不利な結果になる。

#### (3) 通し柱の扱い

階高の統一、壁パネル高さの統一、柱材の長さ統一などを条件とすると、柱の方式は通し柱のない管柱方式が明快である。管柱方式とした場合、建方上の問題と上下階柱の緊結の問題が残る。上下階柱の緊結については、引きボルト方式で簡易かつ確実な方法を探究することにする。建方上は別の方式、たとえば、治具としての建方柱の如きものを用いることにする。

#### (4) 1、2階柱位置の一致（不一致）

1、2階柱位置の一致する場合は問題ないとして、不一致は何処まで許されるかが問題であるが、これについては、構造的検討によって一義的に限定されることとなろう。

#### (5) 柱の位置

プラン上の交点は柱とし、その他は半割材（間柱）であるような方式にすると、今回の構法開発上は明快である。すなわち、壁パネルは柱間に入る。

#### (6) 柱の必要本数

柱が鉛直力を負担する上では、最小限どの程度であればよいか。負担面積が大きくなると当然座屈の問題がでてくるが、これをぎりぎり迄もっていくと、どの程度の間隔で柱が立っていればよいであろうか。耐力壁が水平力を負担するので、考え方としては、柱は鉛直力を負担するとして別けて考えてよいであろう。この問題についてはⅡで改めて検討する。

#### (7) 耐力壁

耐力壁については、89年度の予備実験により、半割材パネルによってある程度耐力的に期待できる見当がついている。一方、床梁の取付け等を考えると、パネル端部は半割り材でなく、柱であってもよいのではないかという問題はある。

#### (8) 各階床のシステム

在来の床は一般に、1階床は束立て、2階床は梁+根太式である。各階の柱梁を標準化しようとするれば、床のシステムは各階同一にした方がよい。本提案では、床方式は各階同一とする。実用時に、コストなどの面から修正されて1階床が束立式に後退してもそれはそれでよからう。

#### (9) パネル化床

パネル化された床については、床パネルの揚重、小運搬におけるパネルのサイズと重量の問題、パネル床の床相互の接合、床パネルと梁・根太との接合、床剛性の獲得の問題、床鳴り防止の問題、床パネルの部品種・部品数を少なくする問題（製作とストックの問題がある）などがある。

一方、パネルの部品種を少なくする方向では、必然的にパネル化に便利な梁間、架け方が出来てくる。これを徹底するとどのようになるかは、検討しておいてよいであろう。これを仮に床パネル方式のクローズドなシステムと呼ぶと、床のクローズドシステムでは、最も効率的な床構成を求めることとなる。支持位置の標準化、床梁（または大引）の規格化による床パネルの方向性に基づくプランニングのルールはどのようになるか、などである。また、この場合は、挟み梁方式も検討されてよいであろう。ダブルグリッドで方向性がでてくるであろう。

パネルの大きさは、建方に重機の使用を前提とすると、かなり大きく出来そうであるが、小運搬、2階でのセッティング作業などを考えると、1～2人で運搬できる大きさが適当となろう。しかし、タタミ大の大きさでは床剛性の確保は難しいことが予想される。

#### (10) 合板床

在来行われている合板を用いた床を採用すれば、床剛性の獲得は比較的容易である。この場合、根太天端と梁天端（胴差し天端）はゾロにならねばならないので、根太を落とし込みにするか、あるいは根太受けを梁の側面に取付ける必要がある。合板でなく集成板を用いると床版厚が少なくても高い床剛性が得られる。この問題については改めて検討する。

#### (11) モジュール

高さ方向とのバランス（高くなると思われる階高と階段の関係）から考えると、平面モジュールは955とか960といった大きい寸法の方が望ましい。しかし、根太間隔、合板寸法などとの関係の検討やダブルグリッドの可能性、600モジュールの可能性の検討が必要となる。

#### (12) 条件整理のまとめ

以上、ここまでの検討結果をまとめると、以下のようになる。

- i. 高さ方向の寸法統一を行い、柱長さ、壁パネルせい、梁せいを統一する。
- ii. 全管柱方式とする。上下柱の緊結方法を考える。
- iii. 上下階柱位置不一致の場合のルール作りは今後に残されている。柱位置を2間まで立てることにする場合はあまり問題はない。
- iv. 床はパネル化を考える。床パネルのスパンについては未定であるが、最大で2間か、2.5間である。1, 2階床は同じ方式で考える。  
床パネル化をクローズドとするかオープンにするかは、いずれもありうる。両方の場合を考えておく必要がある。
- v. パネル床と梁の位置関係、接合方式は今後の検討に残されている。
- vi. パネル床自体の構成も未定である。ごく一般的なパネル床（一般的な木質系プレファブパネル床）の場合と集成床とが考えられる。

## 4. 床構法の検討

### (1) 構法開発の考え方

建築物を開発する時の目標は次のとおりである。

- ①建物のグレードをより高くする。
- ②居住性を良くする。
- ③構造的に安全性を確保する。
- ④コストを安くする。

このいずれか1つでも非ならば、開発の目標は達せられないし、現在の構法で十分である。

また、デザインも構法開発には欠かせない。しかし、これは個々の建物の表現に携わるものであるから、その仕事は一般に建築デザイナーに任せられる。以上の項目はお互いに相関関係にあるが、グレード、居住性、構造的な安全性、デザインは、同一条件と仮定し、ここでは、コストの比較で構法を開発するものとする。

木造住宅のコスト科目の内訳は、次のようになる。

- |           |      |       |      |      |       |
|-----------|------|-------|------|------|-------|
| 1、仮設      | 2、基礎 | 3、木工  | 4、屋根 | 5、建具 | 6、仕上げ |
| 7、仕上げユニット | 8、設備 | 9、諸経費 |      |      |       |

ここで仕上げユニットとは、完成部品として搬入取り付けられるものをさしている。

それぞれの科目が占める割合は、おおよそ次のようになる。(実例によるバランス)

仮 設	3.0%	基 礎	3.4%	木 工	29.5%
屋 根	2.3%	建 具	11.3%	仕 上 げ	12.9%
仕上げユニット	10.6%	設 備	12.6%	諸経費	14.4%

ここで、「木工」は、「材料」と「大工手間」に分かれるが、「大工手間」は木工事以外の工事は含まないものとした。一般に「大工手間」は、材料費に対し約8割と言われている。すなわち、全建築コストの13.1%に相当する。また、建物全体でも、材料に対し約8割が手間である。従って、建設期間を短かくすることができれば、手間賃の比率は低くなるはずである。では、いかにすれば建設期間を短かくすることができるであろうか。まず、第1に考えられることは、木工の部分の短かくし、仕上げユニットを多用することである。いわゆるプレファブ化である。この方法には、建物全体で考える方法と部分的に考えるものがある。建物全体で考えるものの代表は、プレファブ住宅である。部分的に考えるものはユニット化であり、パネル工法もその一

つである。

軸組工法で、国産の杉材を使用し全国の施工者に供給でき、また、それぞれのデザインに対応できるものとしては、部分的なユニット化もしくは部分的なパネル化が有効であろう。これまでいくつかの会社が開発した新しい工法を見ると、プレカット工法を採用したものが多い。プレカット工法の採用は、軸組の加工手間を短かくすることをねらいとしている。また、梁せいを均一にする工法は、材のプレファブ化を促進し軸組の組み立て期間を短かくする効果がある。また同時に、こうすることによって、軸組に組み込まれるユニットの種類を少なくし、プレファブ化しやすいようにしている。

一方、 $2 \times 4$  工法にも新しい動きが見られる。もともと $2 \times 4$  工法は、プラットフォームの床を作り、その上で壁を組み建てて建設するものであるが、近年、工場で壁および床のユニットを作り、現場では重機で組み上げていくことが行われている。なぜそれをするかと言えば、より正確に、より工期を短かくするためである。こうすることにより建設コストを下げるのが試みられている。

今回は、在来工法の範疇にある軸組工法に杉の中目材を用いた構法を開発することが目的である。仕口などを改良した軸組に、工期を短かくするためのパネル工法をドンキングさせたものを提案するにいたった。本項は、この提案構法の床部分について検討を行なったものである。特に床・壁等をパネル化することに関して考察を加えている。

## (2) パネルの大きさ

大工が一人および二人で運べる部材の大きさは、それぞれ、25kg、50kg程度である。例えば、 $3 \times 6$  板の合板（厚12mm）では、一人では二枚、二人では四枚である。施工では、一人で運べる大きさに統一しておくとも時間のロスが少ない。なぜならば、二人で動かさなければならぬものがあると、二人一組となり、他の仕事のかねあいから一人の時間が度々空に浮いてしまうからである。これでは、施工時間の短縮にならない。そこで、パネルは一人で運べる大きさが望ましい。パネルの重さを $20\text{kg}/\text{m}^2$ とすると、 $1.25\text{m} \times 1.0\text{m}$ 、 $2.0\text{m} \times 0.6\text{m}$ 、 $3.0\text{m} \times 0.4\text{m}$ 程度の大きさとなる。

この大きさは、合板一枚よりも小さいが、最近の住宅は、床は構造用合板敷き、壁面材に構造用合板、あるいは石膏ボードを用いており、大きさは通常の工法と比べて



大差がない。パネル敷き込みの手間が現場釘打ちの手間と比べてどうかということになる。小さなユニットを作れば手間も大きな差にはならないであろう。重機（クレーン車、ユニック車）を使用して組み立てる場合の持ち上げ得る重量は、1.0ton以上である。先程のパネル（20kg/m<sup>2</sup>）では、2m×25mの重量を一度に持ち上げることが出来る。

また、パネルの大きさの上限は、輸送上の制約を考慮すると約2.0m×12.0mほどである。この大きなパネルの面材に合板を用いると多数のジョイントがでてくる。一方、これをOSBで考えると、一枚の大きさは1.2m×7.2m以上が可能である。パネルの組み立て方法としては、機械化を想定することになるだろう。一人で運べるパネルの大きさと大型パネルの比は、約7倍である。これは、施工の際には7倍の時間の短縮につながる可能性がある。

住宅のコストを下げるには工期の短縮が大きな要素であり、そのためにパネル化工法を取り上げた。さらに大型パネルを想定することにより一層の時間の短縮を検討した。ところで、これらの構法・施工法の改良によるコストの低下は、施工者に利するものであろうか施主に利するものであろうか。この効果を施主側にも還元するためには、住宅の見積りは「一式」ではなく、材料と手間と経費は別に見積もらなければならない。「一式」になると、住宅のコストの内訳は施主側からは見えない。材料、手間、経費を考え、コストをクリアーにすることも、重要な事項である。

### (3) パネルの種類

パネルは、壁パネル、床パネル、屋根パネルとして使われる。

壁パネルは水平力を負担し、位置によっては軸力を負担するものがある。壁パネルの部材の構成は、面材および心材に分かれる。心材は、枠材または充填材である。面材の代表的なものは、板材、合板、OSB（オリエンテッド ストランドボード）、石膏ボード等である。枠材は、2×4、2×6、2×8、2×10、2×12などの枠組材、または間柱であり、充填材は、発泡スチロール、ウレタンフォーム等である。また板材を単独でパネルとして使用方法がある。

床パネルは、鉛直力を梁およびたて材に伝達するものであり、水平力時の床の剛性および面の内部応力を伝達するものである。床パネルの部材も壁パネルと同様に面材

および心材に分けられる。心材は、粹材または充填材である。面材の代表的なものは、板材、合板、OSB等である。床の場合、粹材は根太材であり、粹組壁工法用部材などで、鉛直力に耐えられる部材をさす。充填材には、発泡スチロール、ウレタンホーム等がある。厚板パネルは、板材の部材を厚くして、小梁間に架け渡すものである。

なお、屋根パネルは、床パネルと同様である。

#### (4) 床パネルの種類

##### a) 根太組パネル

根太組パネルは、通常の根太組をパネル化したものであり、力学的には根太のみで荷重に対処する方法と、根太と面材を一体の構造体とするものがある。後者は、ストレススキンパネルと呼ばれている。剛性としては、ストレススキンパネルが大である。パネル化する場合の接合方法には、釘だけの接合と釘と接着剤併用とがある。

床をパネルとした場合、受け材との接合およびパネル同志の接合が重要である。パネルの根太は、通常、部材のせいが大きく、市場に流通している金物等では対処できない場合が多い。特殊な金物、釘を開発する必要がある。また、床パネルは、互いに面内方向の応力も伝える必要があり、それに対しても特殊な接合具が必要になる。

##### b) サンドイッチパネル

サンドイッチパネルは、原則的に支点間内に継ぎ目があってはならない。これは、面材がフランジの役割を果たし、心材が、ウェブの役割を果たすからである。合板を面材に使う場合は、4×8板(1.2m×2.4m)が最大であり、合板の製作上、これ以上は出来にくい。一方、OSBの場合は、巾は1.2m又は2.4mであるが、長さは自由である。また構造耐力上合板との差は小さい。従って、サンドイッチパネルには、OSBの方が適している。心材には、軽く、また、火災に対しても十分対応出来るものが求められる。ウレタンホーム・発泡スチロールなども研究する価値がある。荷重に対する考え方は、根太組パネルとサンドイッチパネルは同様のものである。パネルと受け材の接合、パネル同志の接合には、根太組パネルと同様の問題点がある。

##### c) 厚板パネル

厚板パネルは、通常、軸組に小梁が組み込まれている。これは、スパンが大きくな

ると、梁と同じせい（厚み）の厚板が必要になってくるためである。厚板には、部材の膨潤、収縮に対処するためさね（実）加工がなされている。これがなされない場合は、床に隙間があく、あるいは、床がめくれるなどの障害が起こることがある。また、厚板パネルは合板パネルに比べ重量が重くなる。また、それに応じて、その他の部材も大きくなり、コスト高を招くことがある。スパンは、1 mないし 1.5 mおきに小梁を想定すべきである。

なお、パネル内部には、ダボ等を用いるのが一般的である。また、床の剛性を高めるためには、斜め張り床も有効である。また、半割材の断面寸法は、この厚板パネルのせい（厚さ）に十分であり、検討する余地がある。断面形状としては矩形および台形等のパネルがある。

#### (5) 床パネルの設計

中径木の供給が期待できる時期に来ている。これを利用する方法を考えてみる。中径木は、素材として使う方向と集成材として使う方向、及びOSBの様な方法としても考えられないことはない。建築物の構成部材としてのパネルは、床パネル、屋根パネル、外壁パネル、内壁パネル等が主なものである。ここでは、それぞれの部分の組み方を示し、建築物を構成する方法を考察する。

##### 床及び屋根パネル

根太組 床板地板と根太とで構成し、時には小梁を設ける。根太間隔は、約30cm、45cm、60cm等である。

大根太組 床下地板は厚めのものを使い、大根太は梁から梁まで飛ばすものとする。根太の間隔は、100cm、120cm、150cm、200cm等である。

パネル化には、上記、根太組、大根太組をパネルとして構成する方法（パネルA）と、パネルでしか出来ない方法（パネルB）をとるものがある。

パネルBには、ストレススキンパネル、サンドイッチパネルがある。サンドイッチパネルは、上下に面材を配置し、芯は、ウレタンフォームまたはスチレンフォーム等が使われる。構造的な断面性能は、芯の厚みを調節することにより変化できる。

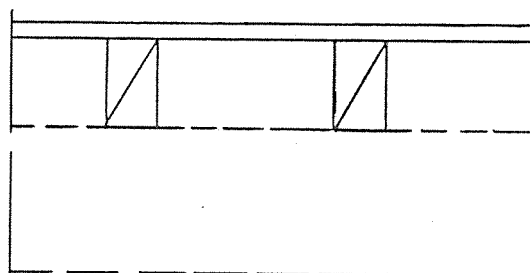
在来構法の中で、パネル化により工期の短縮を目指す場合、部材の規格を統一し種類を減らすことも考えなければならない。最少の部材の組み合わせを下記に示す。

柱	—————	1種類	集成材
梁	—————	1種類	集成材
小梁	—————	なし	
土台	—————	1種類	集成材
棟木	—————	1種類	集成材
小屋棟	—————	1種類 (柱同サイズ)	集成材
床パネル・屋根パネル	—————	1種類	
外壁パネル・内壁パネル	—————	1種類	
金物	—————	アンカーボルト 柱接合用ボルト	

a) 床構法の種類

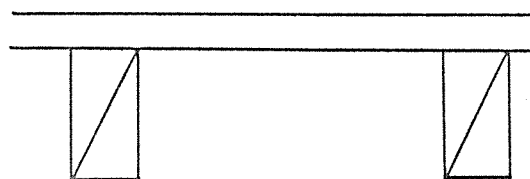
根太組

床下地板  
根太  
小梁



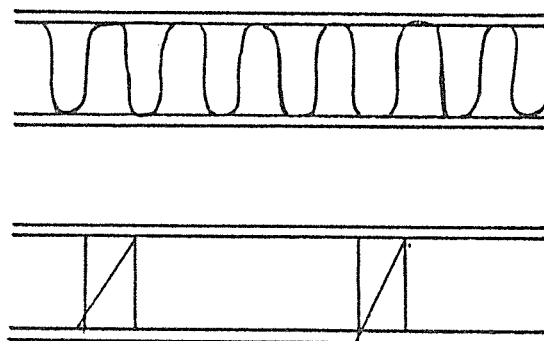
大根太組

床下地板  
大根太



パネルA 上記、根太組、大根太組をパネル化する。

パネルB ストレススキンパネル  
フランジ・ウェブ構造にする。 サンドイッチパネル



#### b) 床組の性能と構成

床組に要求される性能は、鉛直力に対するものと水平力に対するものがある。それぞれ、鉛直力に対しては、剛性と靱性があり、水平力に対しては平面的な剛性及びせん断耐力である。

床の剛性は撓みの値として表され、日本では、床の性能は  $\ell / 300$  かつ  $2.0\text{cm}$  以内が要求されている。

床のせい (D) がどのように変わるかを検討してみよう。床を単純梁、等分布荷重と考えると、曲げモーメントは、スパン ( $\ell$ ) の2乗で大きくなり

$$M = \frac{1}{8} w \ell^2$$

断面係数 (Z) は、せい (D) の2乗で大きくなる

$$Z = \frac{1}{6} b D^2$$

従ってスパンとせいの関係は1次の式で表され

$$\sqrt{\frac{w}{8}} \cdot \ell = \sqrt{\frac{b \cdot b}{6}} \cdot D$$

グラフは直線である。

一方、撓みは、スパンの4乗で大きくなり

$$\delta = \frac{5 w \ell^4}{384 E J}$$

断面2次モーメント (J) はせい<sup>3</sup>で大きくなる

$$J = \frac{1}{12} b D^3$$

従って関係の式は

$$\left( \frac{5 \cdot w \cdot 300}{384 E} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \ell < \left( \frac{b}{12} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot D$$

$$\left( \frac{5 \cdot w \cdot 2}{384 E} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \ell < \left( \frac{b D^3}{12} \right)^{\frac{1}{4}}$$

となり、スパンが長くなれば、さらにせいを大きくしなければならない。

水平力に対しては、地震力、風圧力は、床面を經由して流れると考えるので、力の集中が起こる。建物を安全に設計するには、力の流れに対処するために床面の剛性(剛床方式)を高め、周囲のフレームと緊結しなければならない。

#### c) 1ベいの床組の大きさ

床組の固定荷重は、床下地板、根太、天井の合計が1㎡当たり約30kg~50kgである。

また、施工時において、人間の手で移動できる大きさは3×6板程度であろう。この時パネル化の特徴は

- ①機械力がいらぬ。
- ②人工はかかる。
- ③現状の合板等の規格で出来る。

一方、機械力を使う場合は、

- ①人工は、軽減される。

②合板等は、新規格の大きさが必要である。たとえば輸送の限度までの大きさが出来る。 (3 m×12m) (2.4m×7.2m)

これからの住宅構法には、人工を軽減させることが重要視されることから機械力の使用を検討されるべきであろう。

d) 床パネル化の注意点

パネルの製作時、輸送時、施工時について検討を進める。パネルは、工場で製作するためどのような大きさ、重さ、厚さであっても影響は少ない。輸送時は、厚さが倍では、半分ほどの枚数しか運べない。また、施工時は、大きなパネルでは、梁、小梁の上部に載せる方式がとられる。厚みは、うすい方が施工しやすくフレームへの緊結は確実である。このことから、床パネルは、厚みの薄いストレスキンパネルが有利である。

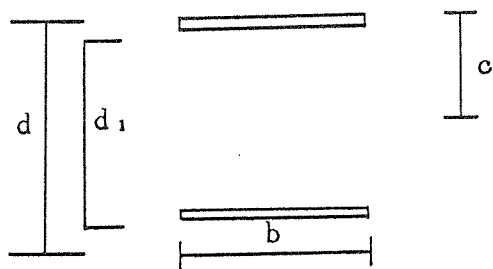
e) 床パネル規格化の問題点

床の構成部材の大きさがある。合板では、3×6板、4×8板等の大きさである。また、OSBでは、巾1200mm、長さは自由(6000mm等まで)に工場生産出来る。このことから、パネルは細長いパネルとなる。

f) 床パネルの断面算定

パネルの最大の大きさは、2.4m×7.2mとする。これは、OSBの最大の大きさである。厚みは、自由に設定ができる。

最大曲げモーメントは  $M = \frac{1}{8} w \ell^2$ 、曲げ応力度は  $f b = \frac{M}{Z}$   
 たわみ  $\delta = \frac{5 w \ell^4}{384 E J} < \frac{\ell}{300}$  かつ (2.0cm)



断面二次モーメント  $J = \frac{b (d^3 - d_1^3)}{12}$   
 断面係数  $Z = \frac{b (d^3 - d_1^3)}{6 d}$

$$\text{断面二次半径} \quad i = \sqrt{\frac{d^3 - d_1^3}{12(d - d_1)}}$$

パネル長さ  $l$  を  $l = 400\text{cm}$  とすると、

$$W = 50\text{kg/m}^2, \quad W_2 = 180\text{kg/m}^2$$

$$\Sigma W = 230\text{kg/m}^2$$

$f b = 50\text{kg/cm}^2$ 、ヤング係数  $E = 50 \times 10^3\text{kg/cm}^2$ 、面材の厚さを  $15\text{mm}$  とすると、

$$d_1 = d - 3.0$$

以上より、

$$\text{①曲げから求められる厚み} \quad d = 8,792\text{cm}$$

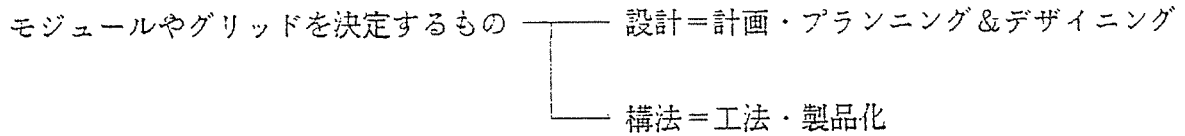
$$\text{②たわみから求められる厚み} \quad d = 13,852\text{cm}$$

即ち、パネル厚さは  $14\text{cm}$  とする。



## 5. 軸組+パネル構法へ

○モジュールを考える前に



まず構法の違いによってモジュールやグリッドの適否が異なってくる

### (1) 枠組壁構法をパネル化した構法

- ・材断面・長さのモジュール、グレーディングなど材料と構法の整合性が高い
- ・芯々モジュール オリジン1200→日本900 米松合板4'×8'→3'×6'にカットして用いる
- ・大型パネル化は職人不足の解消、コストダウンの決め手となっていない

### (2) 耐力パネル+非耐力軸組による構法

- ・軸組を無目状にし配線等に利用する→施工上の座標に役立てられるか
- ・プランニング — とくに開口やスパンの制約をどうするか→床パネルを梁として使えるか→梁を別に用いるときは梁受として柱がいる
- ・皮膜性能のよいパネルをつくるのが可能 — ただし屋根が先に架かる構法としたい
- ・モジュール、グリッドは決定しやすいが、スタッド状のジョイントのモジュール処理は必ずしも簡単でない
- ・プレファブシステム化が必須?
- ・構造的性能をどのように結合・システム化していくか

### (3) 軸組構法にパネル化を組み合わせた構法

- a) 在来軸組 (軸組が鉛直力を分担) + パネル (水平構面)
  - b) 半剛OR剛接合をもつ軸組 (軸組が鉛直・水平力とも負担) + パネル (カーテンウォールあるいは水平構面の一部を分担)
- ・在来の場合、パネルを水平構面のみ働かせることで経済上のメリットがとれるか→鉛直にも働かせるとすれば2)と同じ
  - ・パネルのカーテンウォール化 ベニヤ→プラスターボードへ置き換える等経済化
  - ・パネルの皮膜としての性能の向上 — 配線等をどうするか→枠廻り、巾木、廻縁の利用とシステム化

## 1.3 軸組+パネル構法におけるモジュールの検討

### 1. 軸組+パネル構法におけるパネル化とモジュールの関係

#### (1) 壁パネルを真壁とした場合

- ・外壁、間仕切を同じシステムとして考える事ができる — 皮膜性能は異なる
- ・配線等の処理が難しい — パネルの皮膜性能との関係→経路のシステム化
- ・床パネルとの取り合い — モジュールとするか→パネルは柱際部用Aと中間部用Bの2種するか→1間=2A 1.5間=2A+1B 2間=2A+2B.....
- ・柱数を少なく、梁背をそろえることが、計画・経済上バランスするか

#### (2) 壁パネルを外付けとした場合

- ・間仕切壁は芯々グリッドにのせる
- ・配線等の処理は現場施工では楽、— パネルの皮膜性能との関係
- ・モジュールは芯々グリッドとし、入隅、出隅はイレギュラーとする
- ・床パネルとの取り合いは良い
- ・バルーンタイプパネル（長尺パネル）の可能性

#### (3) 床パネルを落とし込みとした場合

- ・カンティレバーのつくり方がむずかしい
- ・耳付パネルとなるか
- ・配線等で天井を梁下に張るとすれば階高は必ずしも低くならない
- ・パネルの遮音性能を上げること — 天井を張ること、配線経路の確保との関係
- ・パネル寸法は長手方向はスパン別 0.5間~2.5間までが必要？  
短手方向は梁側用と中間用の2種が必要？
- ・大型パネル=梁で囲まれた矩形をできるだけ小さい単位で

#### (4) 床パネルを梁上に置き床とした場合

- ・柱部分での切り抜きが多くなるので在来とのなじみはあまりよくない
- ・天井を梁下に張る場合階高が高くなる
- ・配線経路にパネルを使うことは容易、ただしパネルの遮音性能を上げる場合には経路のシステム化が必要
- ・パネル寸法は梁間によって決定出来、モジュール化は容易
- ・芯々モジュールがとりやすい

#### (5) 屋根をパネル化する場合

- ・在来現場施工においても、垂木が母屋にのるのが一般的→パネル化においても母屋に上置きすると考えてよいだろう
- ・規格化には壁、床に較べ容易 — 柱が障害とならない
- ・屋根が野地まで上棟時にできる
- ・パネルの皮膜性能を上げやすい

## (6) その他のモジュールとパネル化の問題

- ・パネル化は大断面軸組との組み合わせによる方がなじみよい — 鉄骨+ALCに類似 — この場合壁パネルは外付け、床パネルは上置きとした方がモジュールとのなじみがよい
- ・現場施工パネルの場合も配線が一番問題となるので、この場合も外付け、上置きがよい
- ・外付け、上置きとする場合の構造の評価のしかたの検討の必要
- ・垂木、根太、胴縁の長尺パネル化等に伴う、フィンガージョイント等の強度評価とモジュール化

### 2. グリッド寸法

- 900、910 (3尺)
- ・かつては廊下巾、便所巾、ときには階段巾など芯々～内々1000を必要寸法として教えていた。しかし今日では、そうしたところでグリッドをくずしてまで1000を確保しているケースは少ない
  - ・面材として日本では3'×5'が最も一般的
  - ・1800～1820を人の背丈に関係するところで用いるのは苦しい
- 950、960 (京間等)
- ・サッシは対応の製品があるが、軸部材は地域性が高く、入手困難なケースも多いと思われる。面材は1200×2400・1000×2000から切ることになる。ただし1000×2000は受注生産がほとんどであり割高。金属板はハゼ代をとると1000巾が900巾に対応している
- 1000
- ・サッシは対応する既製品がないが可能であろう。軸材(農林規格材)の入手は困難。面材は受注生産で割高
- 1200、1212 (4尺)
- ・輸入サッシ、面材の利用可能、ただしプラスターボードは高いものにつく
  - ・天井高、家具高との整合
  - ・小住宅でのプランニングモジュールとしては少し大きい(廊下など)が和室などを含め全く不可能ではない
  - ・日本人にとって作業上のヒューマンスケールを越えている
- 600
- ・ALCと同じ長さの方向のみ100mmきざみで受注生産かするか
  - ・ALCでの設計操作法の転用が可能
  - ・長尺化した場合の操作性もよい
  - ・RC仮枠として転用できればスケールメリットも出る
  - ・900グリッドとの相互転換は簡単とはいえない
  - ・その他は1200グリッドとの共通点も多い
- 450
- ・900グリッド対応が容易な長尺パネル向グリッド
  - ・ジョイントの多さをどのように考えるか
  - ・1350、2250のグリッドラインを可能とする
  - ・柱・梁際パネルやイレギュラー吸収のためのパネルと考えるか

300

- ・600グリッドを900へ対応させるものとしてとらえられるか
- ・切り込み、切り抜き可能パネルとして柱との取り合い調整や通線部分としての利用も可能な調整パネル

### 3. 高さ方向のモジュール

- ・基本的には腰高、内法高、天井高、階高で規格化しやすい（モジュール化）筈であるが、実際には屋根勾配、斜線、収まり等により微妙な寸法調整が求められることが多い
- ・ALC同様100mmきざみで受注生産というシステムが現実的と考える

### 4. 壁パネルの皮膜性能

- ・パネル化は現場工数の削減だけでなく、パネルの皮膜性能を上げるなどの付加的価値要素を  
れなければ、現実的なものとしにくいように思われる
- ・この場合通線等の経路の解決が伴行して求められる

### 5. その他

- ・洞縁、間柱、根太、垂木の断面・長さのモジュール化、グレーディングとの整合したキット  
部材化も製品としての可能性があるように思われる

## 1. 4 面材の検討

### 1. OSB、貫板、ランバーコア

構造用面材料としての強度特性は、合板が最もすぐれていることは言うまでもなく、大規模なダイヤフラム構法から、小住宅の耐力壁・床・天井・屋根など広範に使用されている。

しかし、地球環境問題に関連して、熱帯林の消失が国際世論的の一つとなってきたことなどの理由で、合板の使用は、どうしても合板でなくてはならない所に制約されていくものと予想される。

ここで考えている部材の一要素として、従来の合板に代り、近年市場に出廻るようになってきたOSBやウエファーボードが使えないかを検討した（参考文献：木材工業 Vol.42-12 Ⅲ-1. OSB・ウエファーボード 森林総研 海老原徹著）結果、床パネル等のストレススキン部材として強度的にも、その他の性能的にも十分使用できることが分った。またこの他にも、MDFなどの利用の可能性も認められたが、取り扱う面材の寸法によっては、施工の方法と関連して人力に頼る場合は、重量が大きく困難が予想された。このような場合は、あらかじめ工場でエレメントまで仕上げ、機械を導入して施工することを考えなくてはならないであろう。

また、貫板の利用については、施工手間等を考慮して、何枚かの貫を側面で接着し、例えば幅45cm程度の面材としたものが現在すでに床下地材・屋根下地材などとして一部で利用されており、これらの利用は実現性が高いと思われる。しかし、貫よりも断面の大きい平割材を同様に接着した所謂ランバーコアの方が、EIの大きさ等から判断して、より構造的利用が可能と思われ、かつ内装材としての機能も同時に兼ねられることが特に指摘された。例えば厚さ28mm程度で、幅45cm、長さ182cm、あるいはもっと長く364cmなどの部材を得られれば、釘打ちにより、容易にこれらは床板・壁板等として使うことができると考えられる。従来からの経験によれば、これらの面材が関係湿度の変化に伴って、必ずしも常に同一の平面を維持し得ず、多少不陸が認められることがある。強いてこれを気にする向は問題点として挙げられよう。さらに、部材の仕上げ含水率に関連した施工上での材料の伸び縮みに対する逃げを考慮する必要があるとの指摘があった。

## 2. 杉中目材から得た厚板を用いた壁・床・天井材料

前項の検討を発展させて、特にスギの中目材から部材開発を考えると、日本の製材の断面形状のうち、正角や平角のように軸組部材として機能させるものは多いが、厚板の構造的利用は、何故かあまり行われていないことがわかる。スギ中目材からは、かつて板類を製材していたが現在では他の有機・無機を含めた面材に置き換えられており。僅かに足場板としての生産が国内の数ヶ所で行われているに過ぎない。この厚板を北米におけるディメンションランバーと同様に使うには、製材の歩止りの点で問題が残されている。しかし、ディメンションランバー的な使い方ではなく、構造的機能を果たしつつ同時に内装の役割りをも兼ねさせる部材開発を試みるのが十分に考えられ、以下のような集成厚板A（仮称）を提案した。

### (1) 集成厚板A

単材として、例えば厚さ36mm、幅150mm、長さ1800mm程度（床や天井用途の場合は3640mmあるいはそれ以上も考えられる。）を考え人工乾燥によって約20%程度に乾燥し、プレナー仕上げを行った後、幅が450mmとなるように、単材3枚をレゾルシノール系接着剤で接着し、本実加工を行って、集成厚板Aとする（図1）。長さが1800mmの時に、材の密度を0.4と仮定すると、単材で約4kgW弱、集成厚板Aで12kgW程度となり、人間一人で取り扱うのには何等支障のない軽い部材となる。

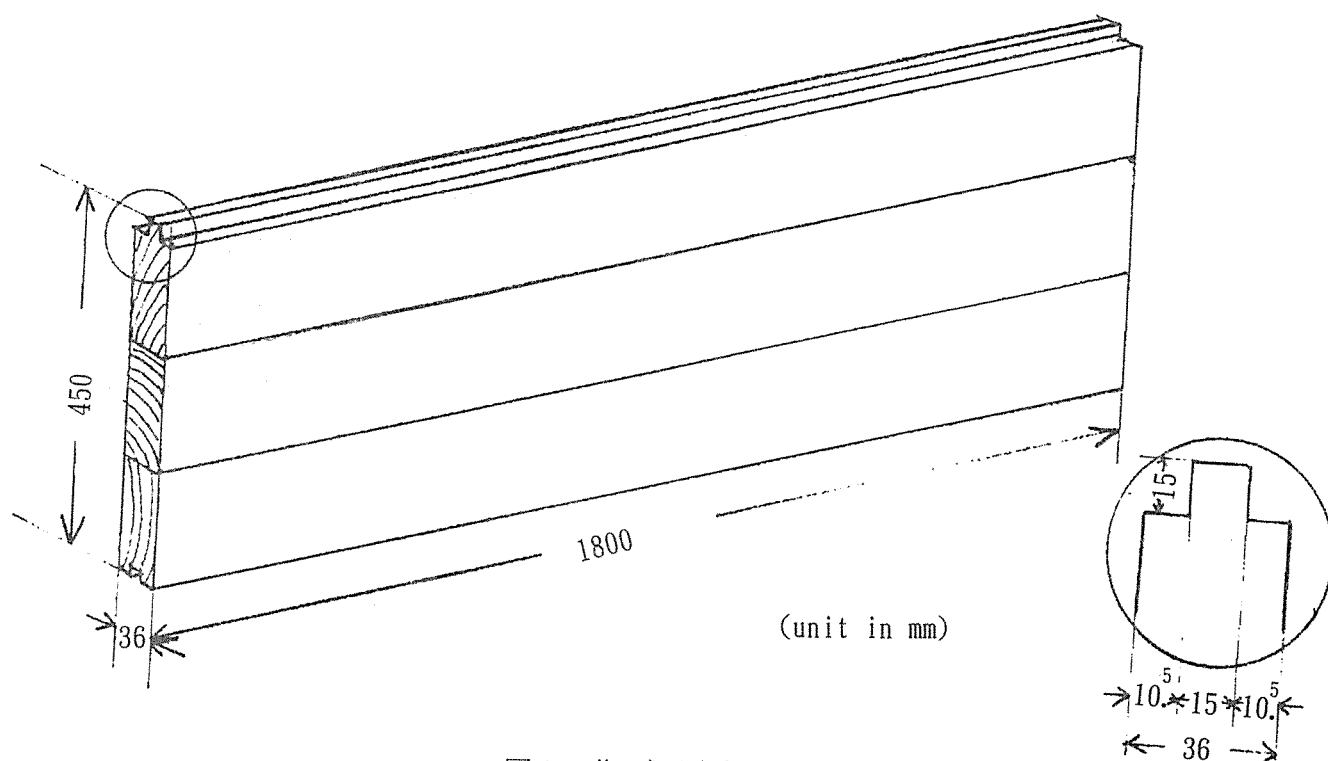


図1 集成厚板A

a) 耐力壁用面材

耐力壁の面材として、壁倍率等を期待するには、120mm角の柱に、しゃくりをとり、柱の建て込み時に落とし込んで壁を構成する。この時重要なことは、建て上げ後に、縦よりを直し柱に込栓を1ないし2本入れる。(図2)

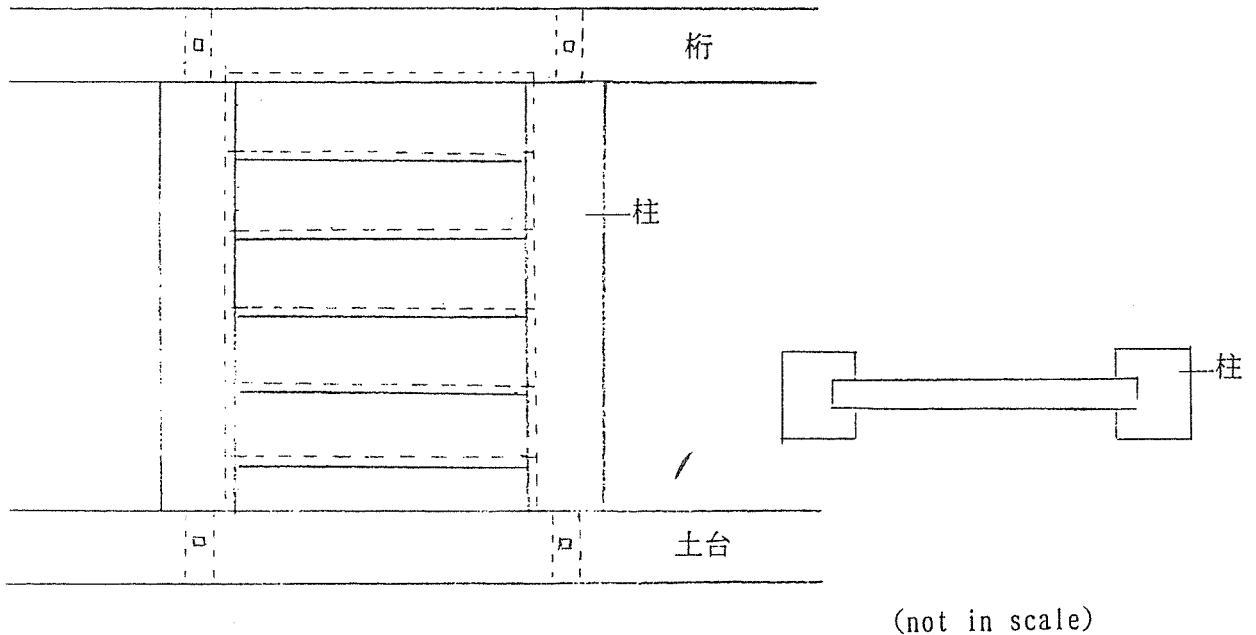


図2 集成厚板 A による耐力壁

壁倍率は、別途実大実験によって確かめることとされたが、厚板集成板相互のズレを防止するため、ダボあるいは、これに相当するシャチに代るものを、縦よりを直した後に加工することができないかが重要な点であると思われる。ダボを厚板集成板を落とし込む際に入れることは、後の縦よりを直す際に支障となると考えられるので、シャチ相当の水平せん断ズレ防止用部材を簡単にかつ容易に施工する方法として、ドリルで径18mm位の穴を厚板集成板相互の間に開け（貫通させなくても良い）硬木を打ち込むことなどが検討された。(図3)

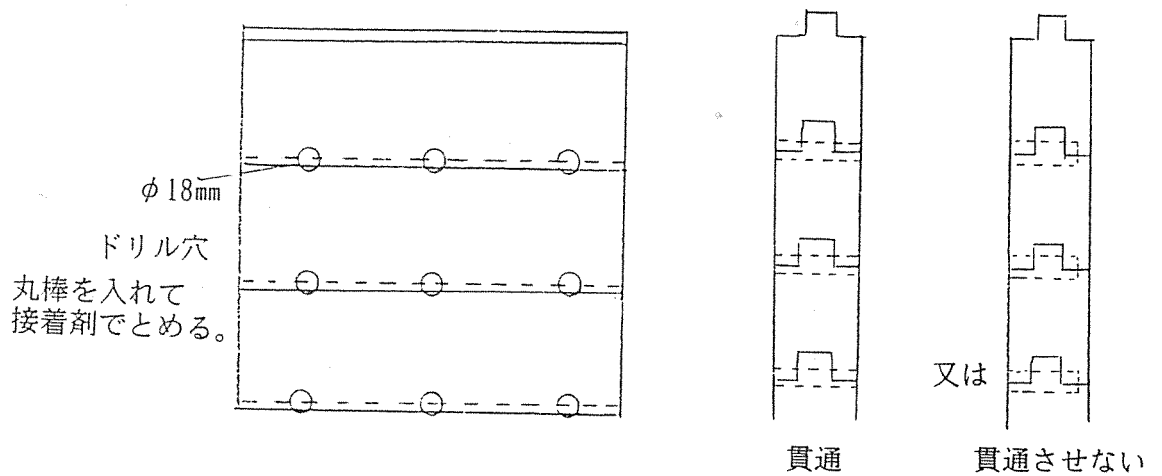


図3 シャチ相当の簡易施工方法一例

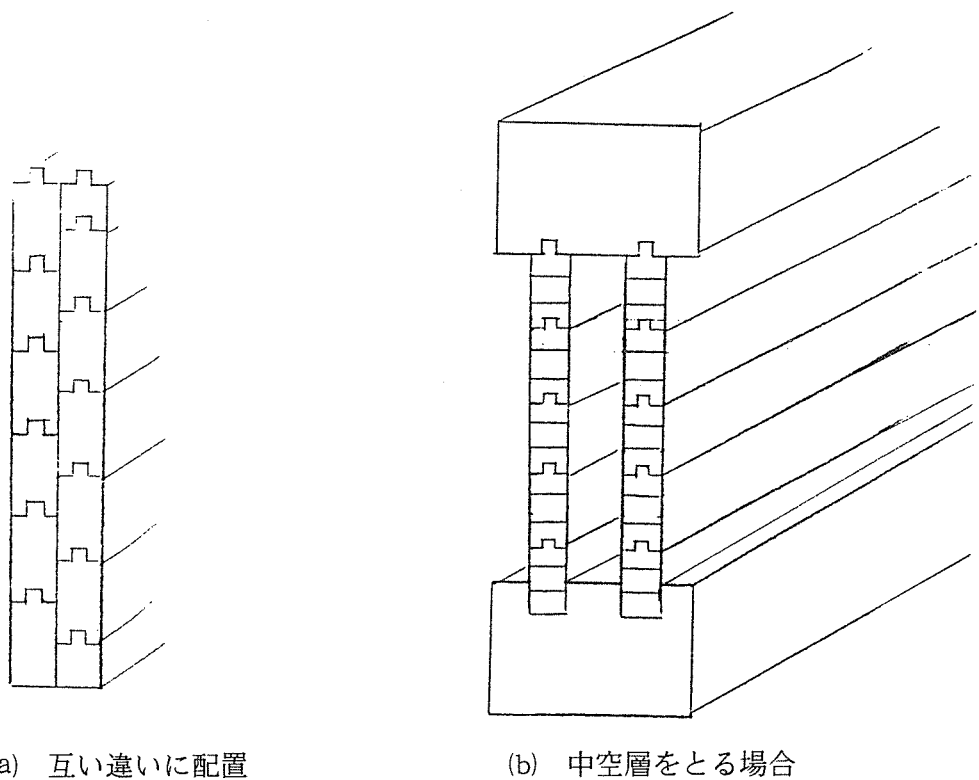
本実加工としたのは、含水率20%までの乾燥では、その後収縮が生じることが明らかなためと、材軸方向のくるい防止に役立たせる意味がある。

この部材提案に対し、関連して以下のことが論議された。

- 1) 厚さ36mmのパネルをそのまま使うのであれば、カーテンウォールとして使う方法も考えられる。耐火性や断熱性も良好で、かつ耐久性も期待できる。ただしカーテンウォールとした時のジョイントの設計が問題として残されよう。
- 2) スギ間伐材より歩止り向上のために開発されている台形パネルの利用も、同様に考えられる。
- 3) 厚さ36mmでは、釘打ち時に割れが発生しやすいのではないか。
- 4) 厚さを28mm程度にし、収縮による隙間を目立たなくするため、単材の幅の半分をずらして2重に配置する。(図4)

中空層を間にとって、片パネル(ハーフBE)とする方法も考えられ、この時長さ1800mmは長すぎるので900mm程度とするか、間柱の活用を考える必要がある。この方法は、電気・ガス・水道等の配管には極めて便利である。





(a) 互い違いに配置

(b) 中空層をとる場合

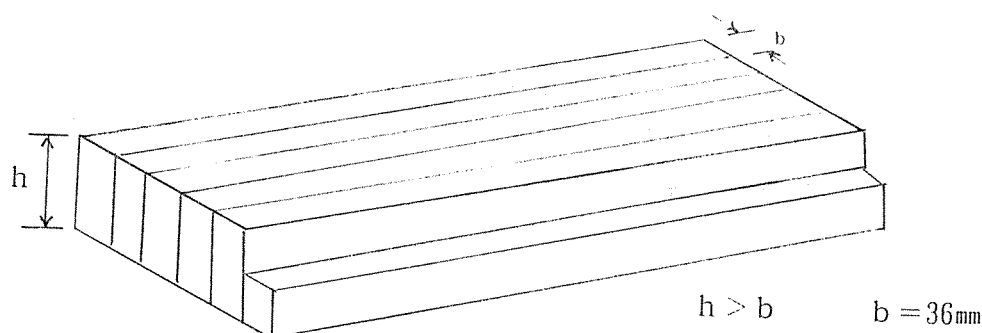
図4 ハーフパネルの場合（概念図）

- 5) 片パネル（厚さ28mm程度）の場合、外側横羽目（仕上げ）、内側縦羽目（仕上げ）とすることも可能であり、また片方を仕上げ材として付加価値を高め、片方を構造材として用いる方法も採用できる。
- 6) 調湿効果のある部材としては貴重である。
- 7) その他の用途として腰壁・小壁が考えられ、この場合は 900mm× 900mmなどの形状が考えられる。さらに袖壁用や梁下の力板用として、スパンを短くする効果も考えられる。
- 8) 長さを4000mm位にした厚板集成板を、屋根下地材として室内側の仕上げを兼用させるとか、同様に床板としての活用などの可能性もでてくる。

b) 床用面材

集成厚板Aは、床用面材としても利用が可能である。床下地材としての利用には何ら問題はないと考えられるが、あらわしにして、そのまま床材とする場合には施工後の乾燥による本実間の隙間の発生を実用上支障のない程度におさえるため、人工乾燥には特に留意する必要がある。また、どうしても避けられない集成厚板Aの収縮・膨張を考慮し、逃げをとった施工上の工夫も必要であろう。設計上は、特にたわみ制限が支配的となることが予想されるので、集成厚板Aのはりせいの検討とともに、製造

した集成厚板Aの曲げヤング係数を実測して表示し材料の選択に役立たせることが重要となろう。スパンを大きく取りたい場合には、集成厚板を構成する単材の広い面を接着して構成するランバーコアの採用も可能である。（集成厚板B）



集成厚板 B

c) 天井用面材

集成厚板Aは、野地板として、屋根構面にダイアフラムの機能を持たせるとともに、室内側からはそのまま仕上材として、十分に効果のある使い方が可能である。施工上も横架材に釘を用いてとめつけることができる利点があり、所定の厚さを満足すれば省エネルギーの面でも一定の役割をはたすことが期待される。もちろん他の断熱材と複合化することによって、省エネルギーの効果をあげることも可能である。

設計上は、床用面材として考えた場合と同様の課題があることと、大屋根のように長い部材を必要とする場合の縦方向の接合を考える必要があるだろうが、既応の技術で十分な対応ができる。

また、特にスパンを大きくとりたい場合には、曲げ剛性EIを向上させるために、T型ビームを採用することも考えられ、天井用面材として展開の可能性は高い。

## II. 軸組＋パネル壁構法の構造計画

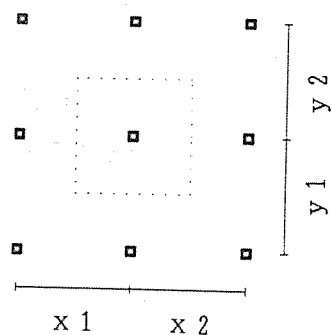
軸組＋パネル壁構法では、耐力壁、非耐力壁をパネル化するため、これまでの木造軸組構法で必要とされた開口部、耐力壁の納まりのための柱は不必要と思われる。従って、この構法では、梁間、桁行間隔を大きくとり、柱割を整理し、より明快な構法とすることができる。しかし本来、軸組構法であるため、鉛直荷重は柱で負担しなければならず、梁間、桁行間隔を大きくとることによる、柱断面の増加を当然検討する必要がある。また、梁断面についてもパネル種をいたずらに増やすことがないよう、せいを最大値に揃えた方がよいと思われる。壁パネルを全面枠つきのパネルと考えられると、パネル同士が接合される部位では、柱同程度の断面を持った部材が存在していることになるし、軸組との接合部分でも部材が2重となる。梁はせいを揃えたため、不必要な大断面を用いていることになる。当然、過剰設計となることは避けられないわけである。工業化されたパネル構法のようにパネル自体が鉛直荷重を負担している構法もあり、壁パネルが鉛直力を負担していないとは考えられないが、在来構法の範疇と考えるためにも、本構法では軸組のみで鉛直力を負担するとして、柱断面、梁断面を決定することとする。また、経済性を考えると、材積が増えることは得策とはいえない。従って、軸組を最小断面で設計するためにも構造計算により断面を決定することにする。

### 1. 構造計算による断面の決定（計算の詳細については資料）

#### （1）柱

基準法施工令第43条では、構造計算によらない場合の構造耐力上主要な部分の柱の断面寸法は梁間方向および桁行方向の柱の小径というかたちで示されている。柱の最小断面は  $L \times 1/28$ （ $L$ は梁間方向、桁行方向において柱に接する土台、足固め、胴差し、梁、桁その他の構造耐力上主要な部分である横架材の相互間の垂直距離）である。このほか3階建ての柱では、柱の一辺の最小を13.5cmを定めている。このようにスパンによる規定はなく、瓦屋根を用いた現在建てられているような2階建ての木造軸組構法の住宅では  $L$ を270cmと考えると、10.5cm角であれば十分ということになる。しかしこれはあくまでも現在一般に建てられている木造軸組構法の場合であって、2間程度の梁間あるいは桁行を連続しようとする構法では、多少無理があろう。そこで構造計算により梁間桁行長さと柱断面寸法の関係を示したものが表1である。これより2間×2間では最低135角が必要ということになる。これは2間×2間のブロックが4つ組み合わせられたものについて考えたものであり、1方向2間の連続では、1方向の柱の負担長さが1間半であれば、120角でも足りるという結果となった。住宅レベルの平面型で2間×2間のブロックが4つ組み合わせられないと設計できないような必然はないと考えられる。短期荷重についても、壁倍率が5程度までは120角で対応できそうである。

x \	1820	2275	2730	3185	3640
1820					
2275		105角			
2730					
3185			120角		
3640					135角



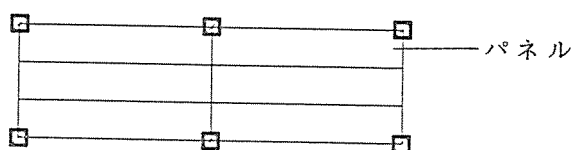
$$x = (x_1 + x_2) / 2$$

$$y = (y_1 + y_2) / 2$$

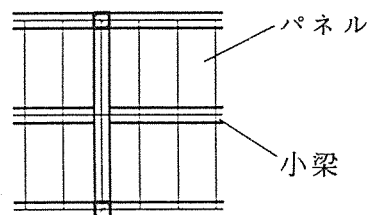
表1. 梁間、桁行長さによる2階建ての1階柱必要断面(単位mm)

## (2) 横架材

横架材断面は上階の柱の有無、床パネルの配置の仕方により荷重形式が変わり、それにより当然断面寸法も左右される。スパンが2間の場合には柱が中央に載ることも考えなければならぬだろう。床パネルの載せ方としては小梁を設けるより、できるだけ一枚のパネルで大梁間を掛け渡した方が有利となる。実際2間のスパンでa)のようにパネルが配されたときには30cm、b)だと33cmのせいが必要となる。



a) 大梁にパネルが直接載るタイプ  
(大梁には等分布荷重となる)



b) 大梁には小梁を介して  
床荷重がかかるタイプ

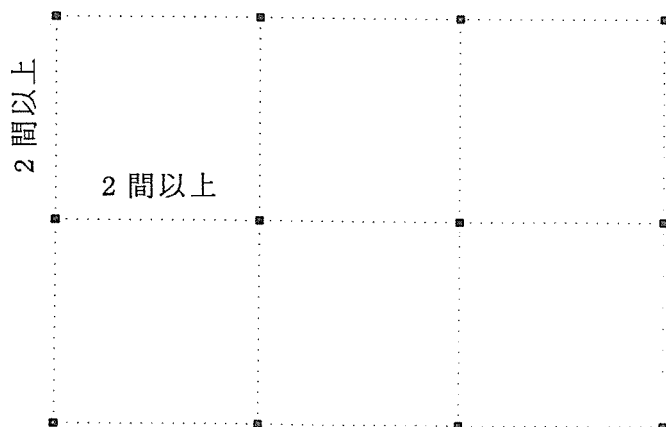
図1. パネルの掛け方

(3) まとめ

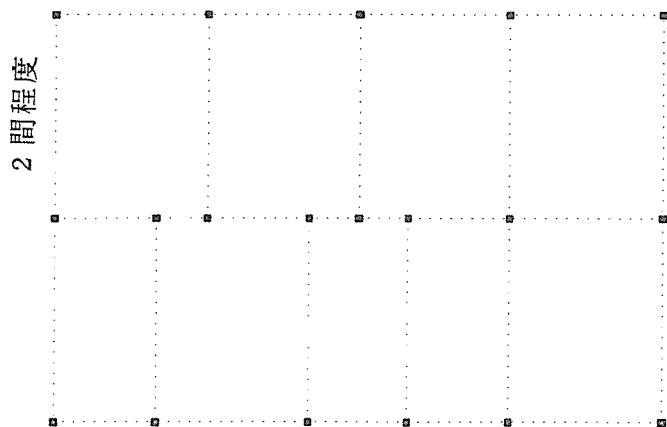
軸組+パネル壁構法は、構造的に次の2通りの考え方があると思われる。

a) 柱梁に集成材を利用した大断面の柱梁構法とし、スパンは在来的な住宅レベルの考え方ではなく、2間×2間あるいはそれ以上のものとする。

b) 1方向は2間程度、1方向は2730mm、1820mm程度とする。そして柱材は120mm~135mm角、梁せいは、2間方向については300mm以上、もう1方は300mm以下のものとし、梁せいは1方向揃えとする。



a) 方向性を持たず梁間、  
桁行とも2間以上の構造プラン



b) 1方向が2間程度の  
方向性を持った構造プラン

図2. 軸組+パネル壁構法の構造プラン

## 2. パネル化による水平耐力の考え方

軸組+パネル壁構法の水平耐力を決定する主な要素として、パネル自体の水平耐力はもとより、その他、横架材のせいとスパン長、パネルと横架材の接合方法、柱と横架材の接合方法などがあげられる。直接水平耐力に影響を及ぼすものは当然パネル自体の水平剛性、強度であるが、ある程度パネル自体の水平耐力が大きくなると、その他の要素による違いが大きくなる。前年度実験を行ったパネルでいえば、筋違いパネル、ネイルプレートパネルなどがそれである。軸組+パネル壁構法はこれまでの軸組構法に比べ、比較的大きなスパンに高い剛性強度を持ったパネルを壁量計算に見合うかたちで配置していくものであるとすればどんなにパネル自体の水平耐力を高めたとしても、その他の要素の剛性強度が低いものであれば、壁面全体としての水平耐力は低いものとなる。またその逆も言え、パネル自体が弱ければその他要素が強くとも他の要素の過剰設計といえる。従って全ての要素のバランスが旨くとれるように接合法、パネル種を決定する必要がある。前年度行った実験の結果を中心に、それぞれの要素について検討することとする。

### (1) パネルの耐力

パネル自体の変形がほとんどない筋違いパネルとネイルプレートを用いたパネルは、変形量が少ない段階で最大強度に達し、その他の要素である接合方法、横架材のせいとスパンを変えることにより、極端に挙動の違う履歴を示す。パネル自体が比較的軟らかい合板及びスギ板パネルでは、接合法等を変えることによる履歴の変化はあまり見られない。合板、スギ板パネルともかなりの変形性能を持っており $1/30\text{rad.}$ でも荷重の減少はみられない。

### (2) パネルと横架材の接合方法

パネルと横架材の接合方法は図に示すように外面からプレートを釘打ちするタイプ、パネルを直接横架材に打ちつけるタイプおよび羽子板ボルトを横架材を突き通して留める付けるタイプについて実験を行った。外面からプレートを釘打ちした場合にはパネル全体が引張、圧縮両方に働くことになるため、初期剛性・強度とも大きくなる。しかし引張側では横架材に繊維に直角方向の引張力が働くため、割裂破壊後は急激に荷重が低下し、それ以後はパネルは圧縮のみに働く。それに対し、パネルを直接横架材に釘打ちするタイプと、羽子板ボルトを用いるタイプはパネルが引張、圧縮の両方向には働かないため、初期剛性は低い。しかし、柱と横架材の接合部位で破壊を起こさない限り、荷重は減少せず、かなりの変形性能を有しているといえる。

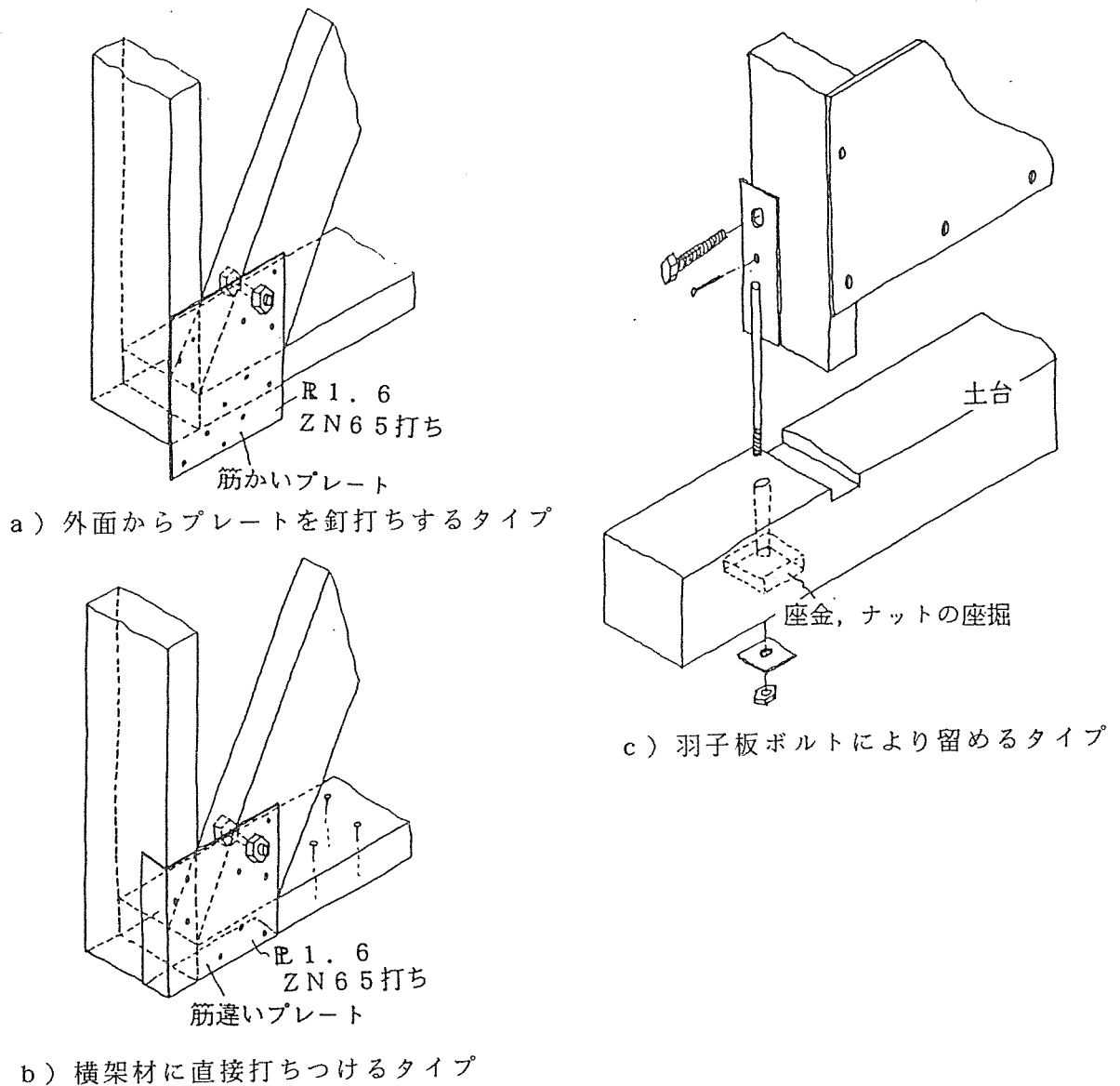


図3. パネルー横架材の接合部

### (3) 柱と横架材の接合方法

この部位は外面から打ちつける方法、ほぞと込み栓による方法について実験を行っている。(2)と同様に横架材に繊維に直角方向の引張力が働くと脆性的な破壊性状を示す。急激な破壊をしないように羽子板ボルトを用いる方法や、図に示すように横架材に割裂が起こらないようにする方法も考えられよう。

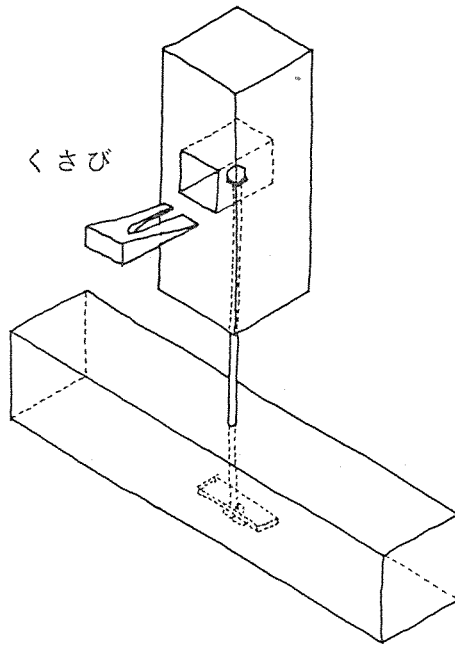
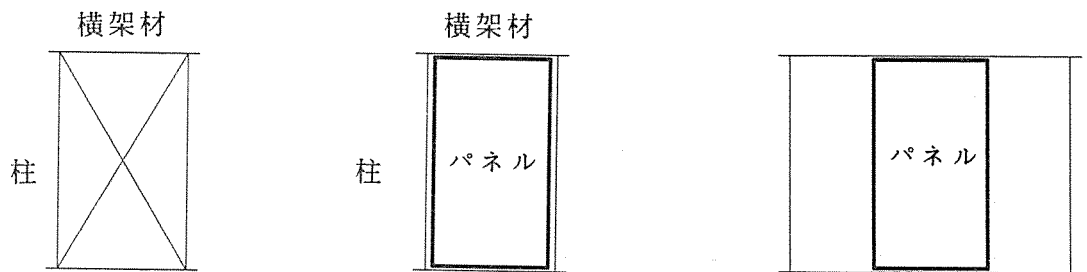


図4. くさびを用いた柱-横架材接合部

(4) 横架材のせいとスパン長

スパン長についてみると、パネルとフレームの間隔のほとんどないような試験体では、梁が曲げ変形を起こさないで変形能力がないものとなっている。一方パネルとフレームの間隔のあるものは、梁が曲げ変形を起こし、粘りのある構造となる。この場合、梁せいが大きくなるほど強度的には強いものとなる。



a) 在来型 (パネルなし)

b) 耐力壁をパネル化したもの  
(柱とパネルの間隔はないに等しい)

c) 柱とパネルの間隔の  
あるもの

図5. パネルの位置



● 構造計算詳細

想定建物、条件等は以下の通りとする。

- a) 階数は2階建てとする。
- b) 固定荷重、積載荷重は次の通りである。  
固定荷重－屋根 $130\text{kg/m}^2$ 、2階床 $65\text{kg/m}^2$ 、外壁 $90\text{kg/m}^2$ 、内壁 $45\text{kg/m}^2$   
積載荷重－ $130\text{kg/m}^2$
- c) 壁荷重は、2階壁の上半分の荷重は2階の柱、2階壁の下半分の荷重と1階壁の上半分の荷重は1階柱、1階壁の下半分の荷重は基礎が受けるものとする。
- d) 柱断面は正角とし、寸法は現在使われている寸法体系とする。検討する断面は105角、120角、135角とする。
- e) モジュールは910モジュールとする。
- f) 柱材はスギとする。
- g) 梁材は米松、米松集成材、スギ集成材とする。
- h) 柱の計算は、2階建ての1階柱についてとする。
- i) 短期荷重の水平力については壁倍率1を $200\text{kg/m}$ として計算する。

(1) 柱にかかる鉛直荷重の計算 (単位kg)

負担面積内の壁の量は以下の通りとする (1階と2階の壁位置は同じとする)。

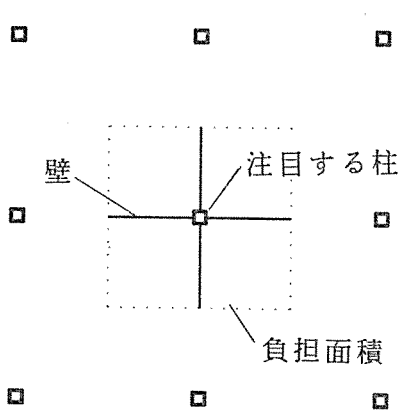
内部の柱

- ア) 注目する柱に対し4方に壁がある。
- イ) 注目する柱に対し3方に壁がある。
- ウ) 注目する柱に対し2方に壁がある。
- エ) 注目する柱に対し1方に壁がある。

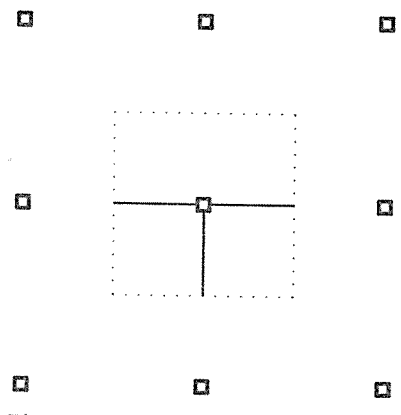
外周の柱

- ア) 注目する柱に対し3方に壁がある。
- イ) 注目する柱に対し2方に壁がある (出隅)。
- ウ) 注目する柱に対し2方に壁がある。
- エ) 注目する柱に対し4方に壁がある (入隅)。

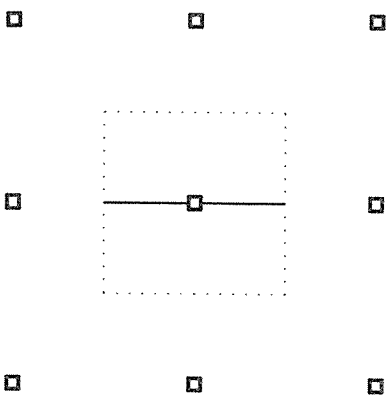
内部の柱



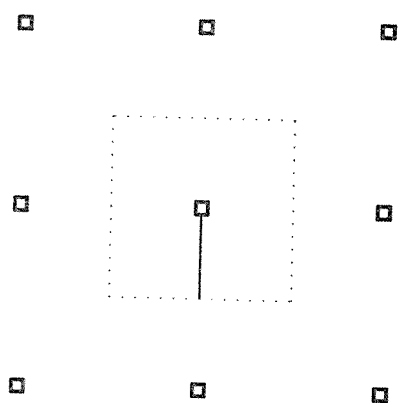
7) 注目する柱に対し4方に壁がある。



1) 注目する柱に対し3方に壁がある。

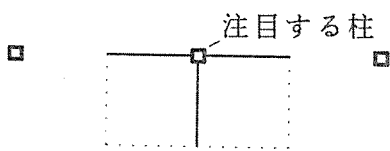


7) 注目する柱に対し2方に壁がある。

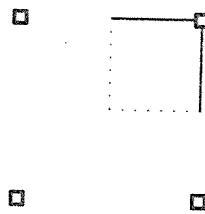


1) 注目する柱に対し1方に壁がある。

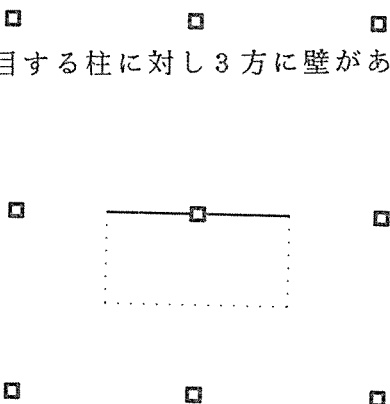
外周の柱



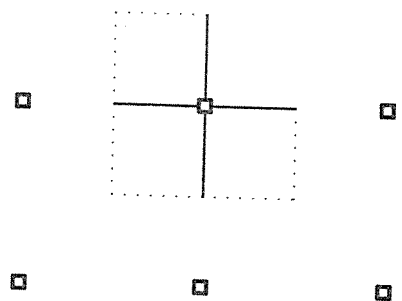
7) 注目する柱に対し3方に壁がある。



7) 注目する柱に対し2方に壁がある（出隅）。



7) 注目する柱に対し2方に壁がある。

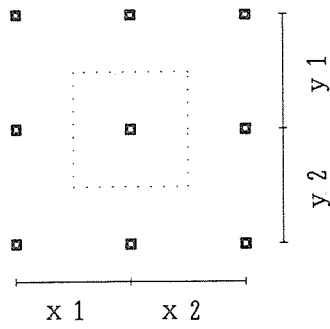


7) 注目する柱に対し4方に壁がある（入隅）。

表の見方

$$x = (x_1 + x_2) / 2$$

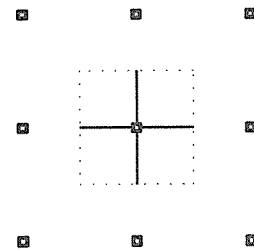
$$y = (y_1 + y_2) / 2$$



	x
y	柱に作用する 鉛直荷重 (kg)

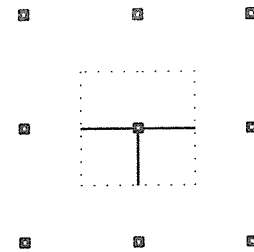
7)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1740	2092	2444	2796	3148
2275	2092	2511	2931	3350	3769
2730	2444	2931	3417	3904	4391
3185	2796	3350	3904	4458	5012
3640	3148	3769	4391	5012	5633



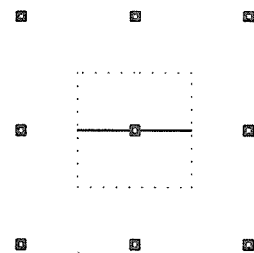
4)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1574	1926	2278	2630	2982
2275	1885	2304	2723	3143	3562
2730	2195	2682	3169	3655	4142
3185	2506	3060	3614	4168	4721
3640	2816	3438	4059	4680	5301



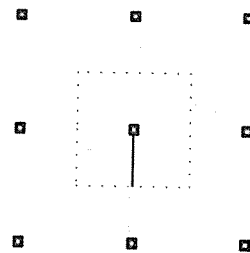
ウ)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1408	1760	2112	2464	2816
2275	1677	2097	2516	2935	3355
2730	1946	2433	2920	3406	3893
3185	2216	2770	3323	3877	4431
3640	2485	3106	3727	4348	4970



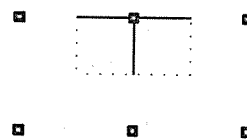
1)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1242	1553	1864	2174	2485
2275	1512	1889	2267	2645	3023
2730	1781	2226	2671	3116	3561
3185	2050	2562	3075	3587	4100
3640	2319	2899	3478	4058	4638



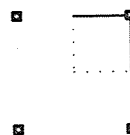
2)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1368	1668	1968	2269	2569
2730	1720	2087	2455	2823	3190
3640	2072	2507	2942	3377	3812



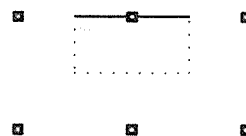
3)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	933	1083	1233	1383	1533
2730	1233	1417	1601	1784	1968
3640	1533	1751	1968	2186	2403



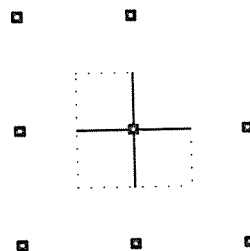
4)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1202	1502	1802	2103	2403
2730	1471	1838	2206	2574	2942
3640	1740	2175	2610	3045	3480



5)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	1802	2129	2455	2781	3107
2730	2455	2882	3309	3736	4164
3640	3107	3636	4164	4692	5220



(2) 梁間・桁行長さによる柱の寸法 (単位mm)

長期荷重については内部の柱を、短期荷重については外周部の柱の寸法を求めている。

柱の負担面積内の壁長さは、(梁間長さ+桁行長さ) × 1/2 (りに相当) とする。

○長期荷重

	1820	2275	2730	3185	3640
1820					
2275					
2730					
3185					
3640					

○短期荷重 - 壁倍率 3

	1820	2275	2730	3185	3640
2730					
3185					
3640					

○短期荷重 - 壁倍率 5

	1820	2275	2730	3185	3640
2730					
3185					
3640					

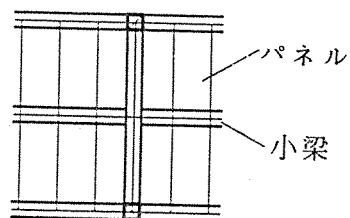
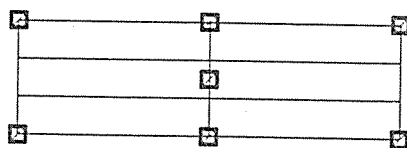
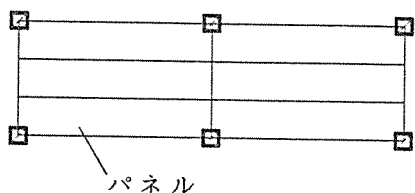
(3) 梁に最低必要な E I の計算

パネルの配置、2階の柱位置は次の通りとする。

7) 上階と下階の柱位置が一致。パネルは梁に対し短辺が載る (荷重としては等分布荷重)。

1) スパン中央部に2階柱あり。パネルは7)と同じ。

7) 上階と下階の柱位置が一致。パネルは梁に対し長辺が載る (荷重としては小梁の集中荷重)。



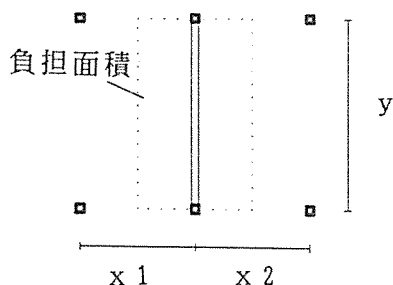
7) 上階と下階の柱位置が一致。  
パネルは梁に対し短辺

1) スパン中央部に2階柱あり。  
パネルは7)と同じ。

7) 上階と下階の柱位置が一致。  
パネルは梁に対し長辺

表の見方

$$x = (x_1 + x_2) / 2$$

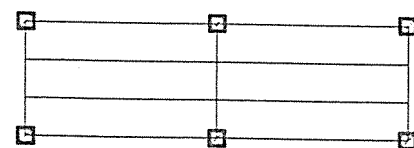


	x
y	必要梁断面寸法

(単位  $\text{kg} \cdot \text{cm}^2$ )

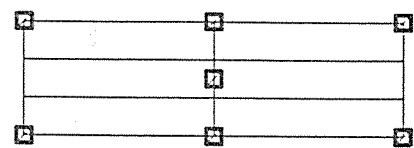
7)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	16715	20894	25073	29252	33430
2730	56414	70517	84620	98724	112827
3640	133721	167151	200582	234012	267442



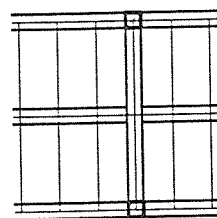
1)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	25630	32037	38445	44852	51260
2730	86501	108126	129751	151377	173002
3640	205039	256299	307559	358819	410078



ウ)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	26744	33430	40116	46802	53488
2730	90262	112827	135393	157958	180524
3640	213954	267442	320931	374419	427908



(4) 梁を幅120mmのスギ集成材としたときのせい(単位mm)

7)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	210				
2730	240		240		
3640	270	300		330	

1)

	1820	2275	2730	3185	3640
1820	210				
2730	240		270		
3640	300	330		-	

ウ)

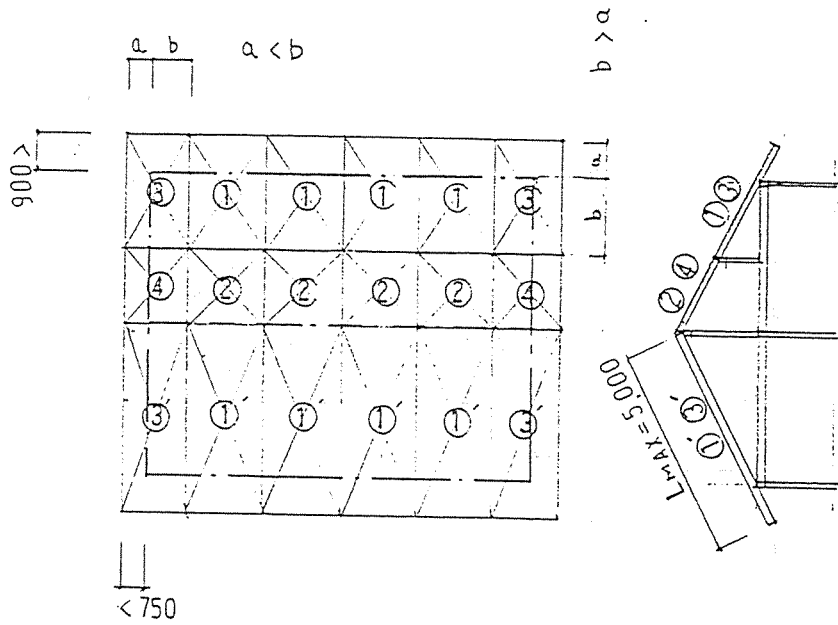
	1820	2275	2730	3185	3640
1820	210				
2730	240		270		300
3640	300	330		-	

## 5. 屋根のパネル化

### (1) 屋根の形状によるパネルの種類

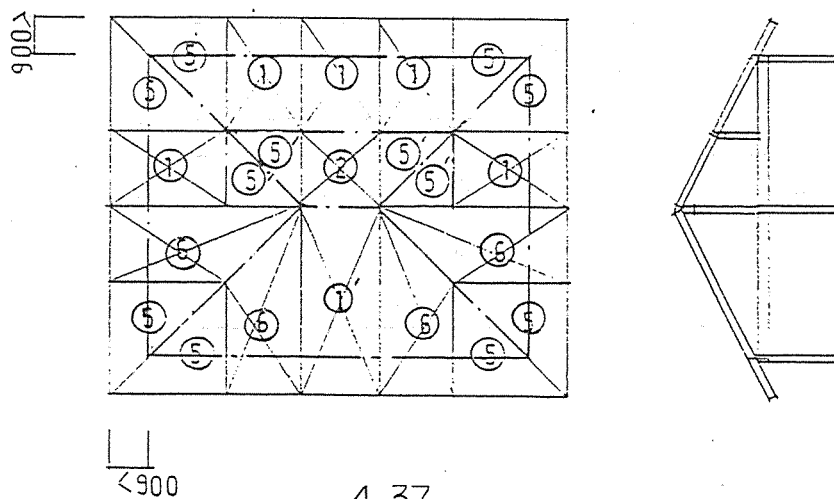
#### 1. 切妻型

標準パネル	-----	軒先部分を含む	①	①'
	-----	軒先部分を含まない	②	
妻側パネル	-----	出隅部分	③	③'
	-----	一般妻側	④	



#### 2. 寄棟型

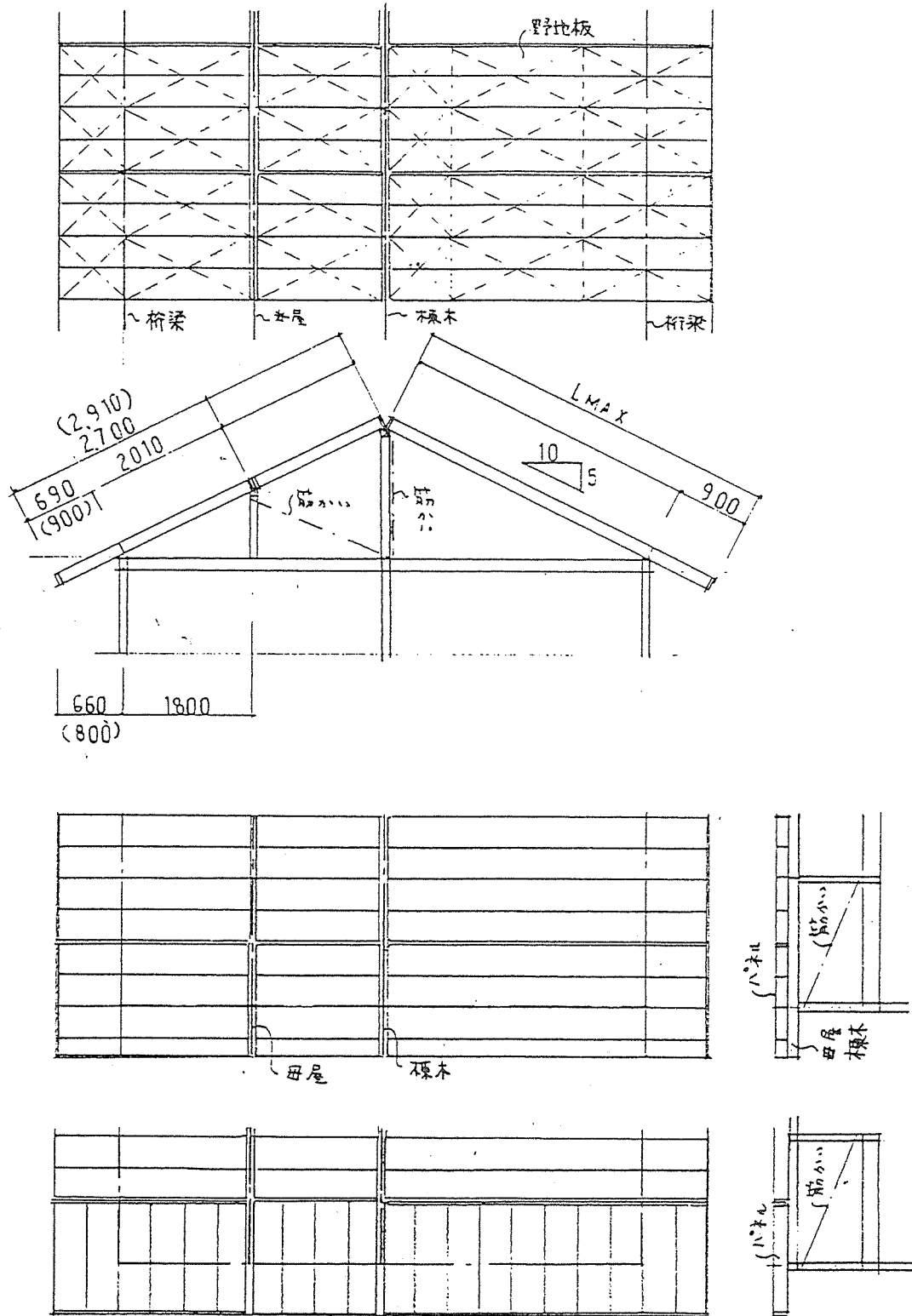
標準パネル	-----	軒先部分を含む	①	①
	-----	軒先部分を含まない	②	
三角パネル	-----		⑤	⑤
台形パネル	-----		⑥	



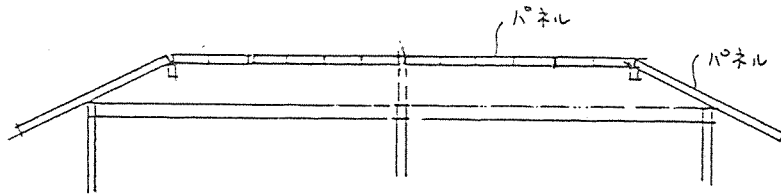
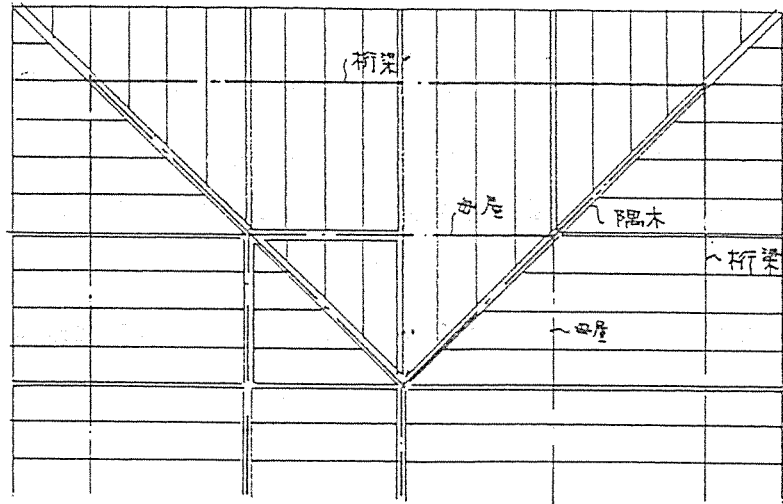


(2) パネルの大きさとたる木の方角

1. 切妻型



2. 寄棟型



### (3) 屋根のパネル化に伴う問題点

#### 1. 形状による問題

軒先廻りの出寸法によりパネルの大きさが決まる。図のように  $a < b$  とすることが必要である。特に切妻の場合妻部分の出が大きくなるとパネルが大型になってくる。その結果部材も大きくなるので寸法は75 cmに抑えることが望ましい。

寄棟の場合出隅のパネルは大きくなるが三角形になるので運搬には問題ない。又、軒先部分に隅木が出てこないメリットはある。

#### 2. モジュールの問題

屋根勾配による部材長さが平面的なモジュールと変わってくるので合板を野地板に使用する場合など効率が悪くなることもある。

#### 3. 水平剛性確保の問題

パネル1枚の水平剛性は釘打ちすることや接着材を使用する事で確保出来るが全体の水平剛性を確保するためにはパネルとパネルを接合する必要がある。椀と椀をボルトで接合するか、捨合板を釘打ちする。また、パネルと梁、母屋との接合は金物に寄らねばならない。寄棟の場合はパネルとパネルを接合すれば剛性は確保できるが切妻の場合は束に転び止めの筋交を配置する必要がある。

### III. 軸組+パネル構法の二次試設計

#### 3.1 Aタイプ——クローズドシステム指向の構法

(効率的なパネル化を指向した構法)

条件設定 (システム構成—モデルの範囲、柱、梁、床、壁、小屋、屋根)

##### 1. 大型パネルか小型パネルか

省力化の観点からは、大型パネルはグリッドが限られるが省力化は大である。

小型パネルは各種グリッドができるが、接合が多く、省力化にならず、現場組立と大差はない。したがって、大型パネルによる方式を検討する。

##### 2. パネルサイズの仮定

床パネル長さ：4 m前後、1種類

壁パネル高さ：2.5 m前後、1種類とする。

小屋パネル：長さについては輸送限度一杯とする。

##### 3. 軸組の形式

床パネル：根太梁方式 (ワンウエイに根太梁を掛け渡す)

桁はライン化する。ライン化した範囲で吹抜可能となる。

壁パネル：軸組+パネル

耐力壁には柱があり、耐力壁線で囲まれる範囲を60㎡程度に想定する。

この場合、壁倍率は大きくなる必要がある。倍率3程度を想定する。

土台：壁パネル、柱下部に配置する。柱との接合は短柄、特殊ボルトで締め込む。

中径木は根太、間柱に使用し、集成部材にして柱、梁に使用する。

##### 4. プラン形

X方向：4 mグリッド (4.8 mでも可) で一定。

Y方向：自由な長さをとる。

2階建部分は巾 (X方向) は1階と同じ、長さ (Y方向) は自由。(図一・1)

延床面積は100㎡から300㎡程度まで可能となる。

8m × (8+6m) ~ 8m × (17m+17m) / 9.6m × (9.6m) ~ 9.6m × (14.4. m+14.4m)

Z方向：高さ方向は、小屋裏2階建、小屋裏3階建、2階建北側斜線対応可能とする。

(図一・2)

##### 5. 床パネルの構成 (図一・3)

床パネルは根太式ストレススキンパネルとし、長さ4 m、巾0.9~1.0 m前後、パネル内部の根太は半割材を@300~330前後で入れ、T型梁で解く。下弦面材は非耐力で穴明けありとする。床剛性の伝達は面材を隣接パネルの根太に重ね、釘打ちできるようにする。隣接根太はジベル・ボルト締めとする。面材はウエファーボード等である。

6. 柱と梁の関係 (図一・4)

柱：管柱方式。120角程度を想定。

梁：集成材（半割材活用）、梁巾は壁パネル厚+30×2程度、

梁交点（継手、仕口）：相欠き接合程度に単純化する。

柱と梁：梁勝ちとする。柱は短柄で梁にのせる。上下柱は梁を挟んで接合ボルトにより緊結。

7. 梁と床パネルの関係 (図一・4, 図一・5)

床パネルは梁上に乗せ、長釘 (図一・5) 打ちとする。

8. 壁パネルの構成

壁パネル、窓パネルは 下枠、上枠、スタッド（間柱）、窓枠より構成され、面材が張られる。

9. MCと納まり (図一・6, 図一・7)

水平方向：外周は柱外面合わせ、内部は芯々制とする。( (図一・6)

垂直方向：床パネルは梁の上面合わせ、床パネル交点には天井根太を入れる。天井根太は天井を支持する。(図一・6, 図一・7)

10. 矩計 (図一・7, 8)

外周回り (図一・7)

内部柱通り (図一・8)

1.1. 床ストレススキンパネルのチェック

仮定：床合板（ウエファーボード）厚12として、

$$L f_b = 50 \text{kg/cm}^2, E = 50 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$$

$$d_1 = d - 2.4,$$

$$J_e = b (d^3 - d_1^3) / 12,$$

$$Z_e = b (d^3 - d_1^3) / 6d$$

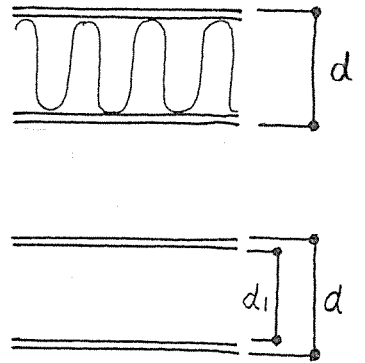
$$w = (0.05 + 0.18) \times 1.0 = 0.23 \text{t/m} = 2.3 \text{kg/cm}$$

$$l = 4.0 \text{m}$$

$$M = w l^2 / 8, M / f_b = Z_e \dots d > 9.873 \text{cm}$$

$$\delta = 5 w l^4 / 384 E J_e < l / 400 \dots d > 17.171 \text{cm}$$

∴ 厚172以上必要となる。



合板（ウエファーボード）厚19とすると

$$d_1 = d - 3.8 \dots d > 8.044 \text{cm}$$

$$d > 14.557 \text{cm} \text{で厚150でOKとなる}$$

比較（床根太式との比較） 根太@300

$$w = 0.23 \times 0.3 = 0.069 \text{t/m}, L f_b = 85 \text{kg/cm}^2, E = 80 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$$

$$M = w l^2 / 8, M / f_b = Z = b d^2 / 6 \dots b = 5$$

$$d = (w l^2 / 8 \times 6 / b \cdot f_b)^{1/2} = 13.958$$

$$\delta = 5 w l^4 / 384 E J < l / 400, J = b d^3 / 12$$

$$d = (5 w l^4 / 384 E \times 400 \cdot 12 / b)^{1/3} = 17.915 \text{cm} \text{根太せい}$$

1.2. 耐力壁チェック

床面積  $11 \times 7 = 77 \text{m}^2$   $L_2 = 77 \times 0.15 = 11.55$   
 $L_1 = 77 \times 0.29 = 22.33$

見付面積  $A_2 = 3 \times 11 = 33$   $L_2 = 33 \times 0.5 = 16.5$   
 $A_1 = 33 + 3 \times 11 = 66$   $L_1 = 66 \times 0.5 = 33.0$

X方向 壁長さ20mとして

$$n_1 = 22.33 / 20 = 1.1 \text{ (1 Fの壁倍率)}$$

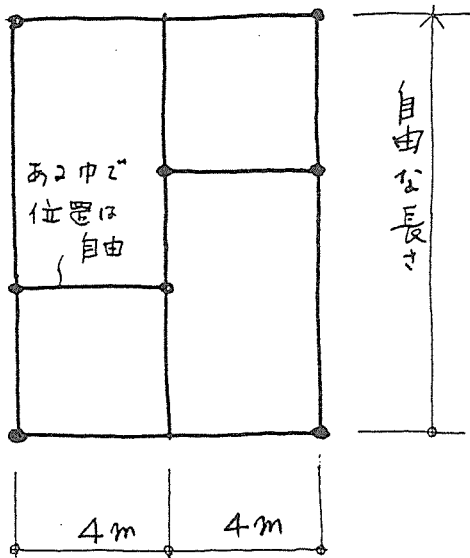
$$n_2 = 11.55 / 20 = 0.578$$

壁倍率を2とすれば、この半分の長さでよい。

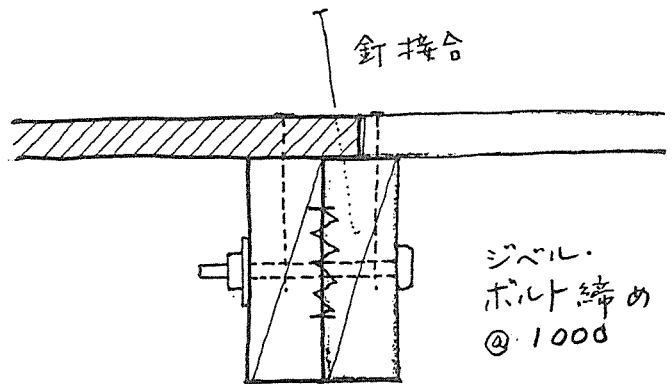
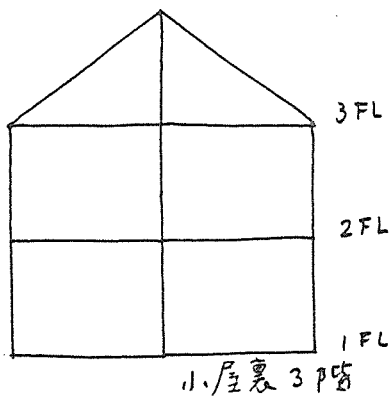
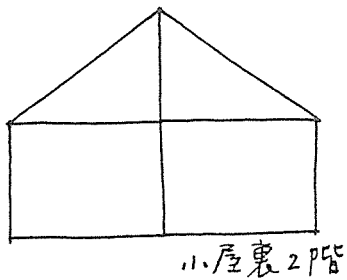
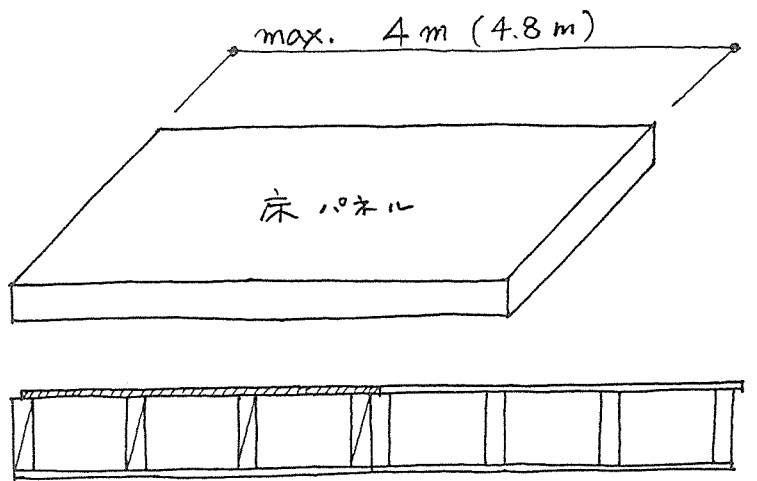
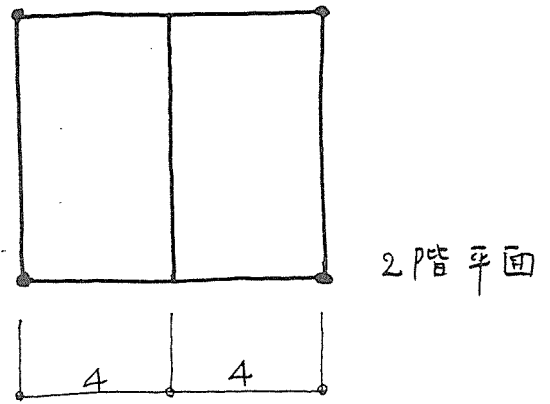
Y方向

$$n_1 = 33 / 15 = 2.2 \dots 1 \text{ Fの壁倍率は3でOK。}$$

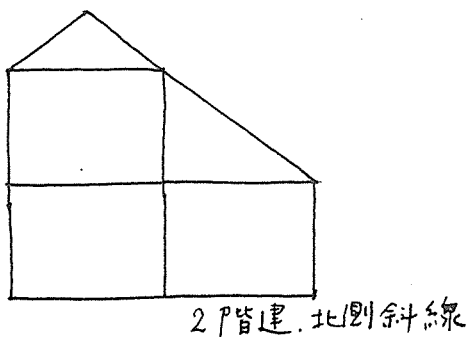
$$n_2 = 16.5 / 15 = 1.1$$



図一・1 平面



図一・3 床剛性, 剪断力の伝達



図一・2 立面

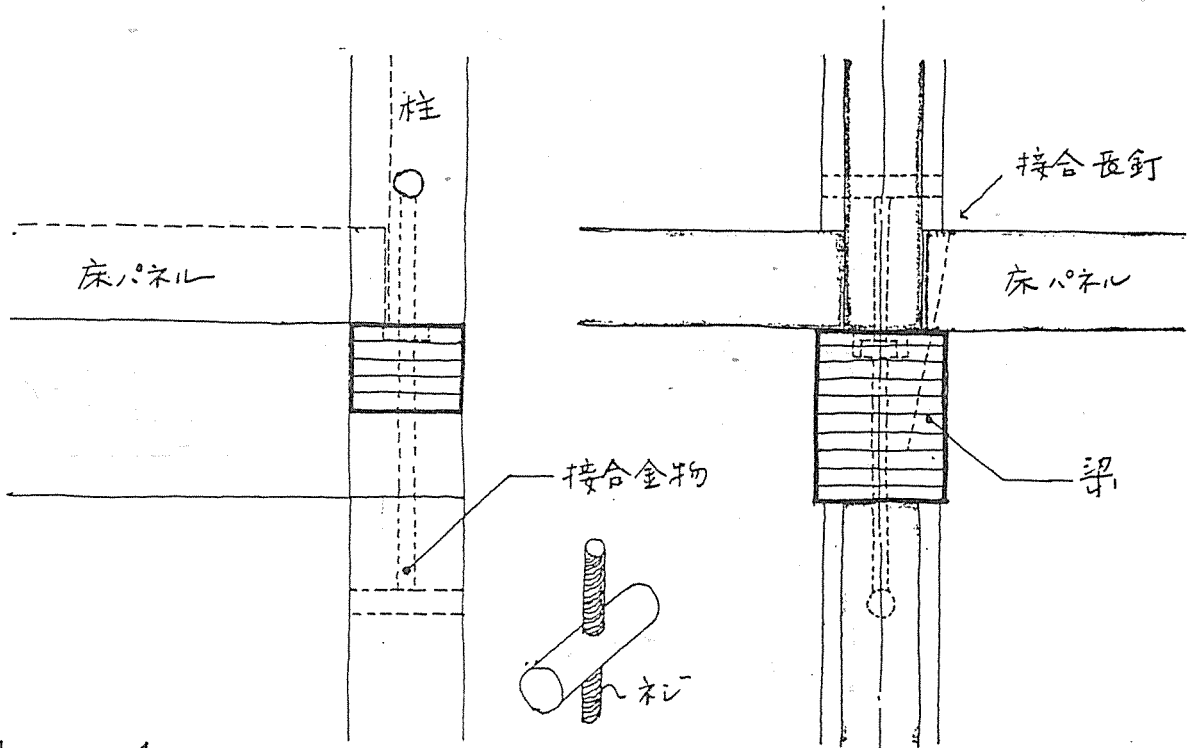


図- 4

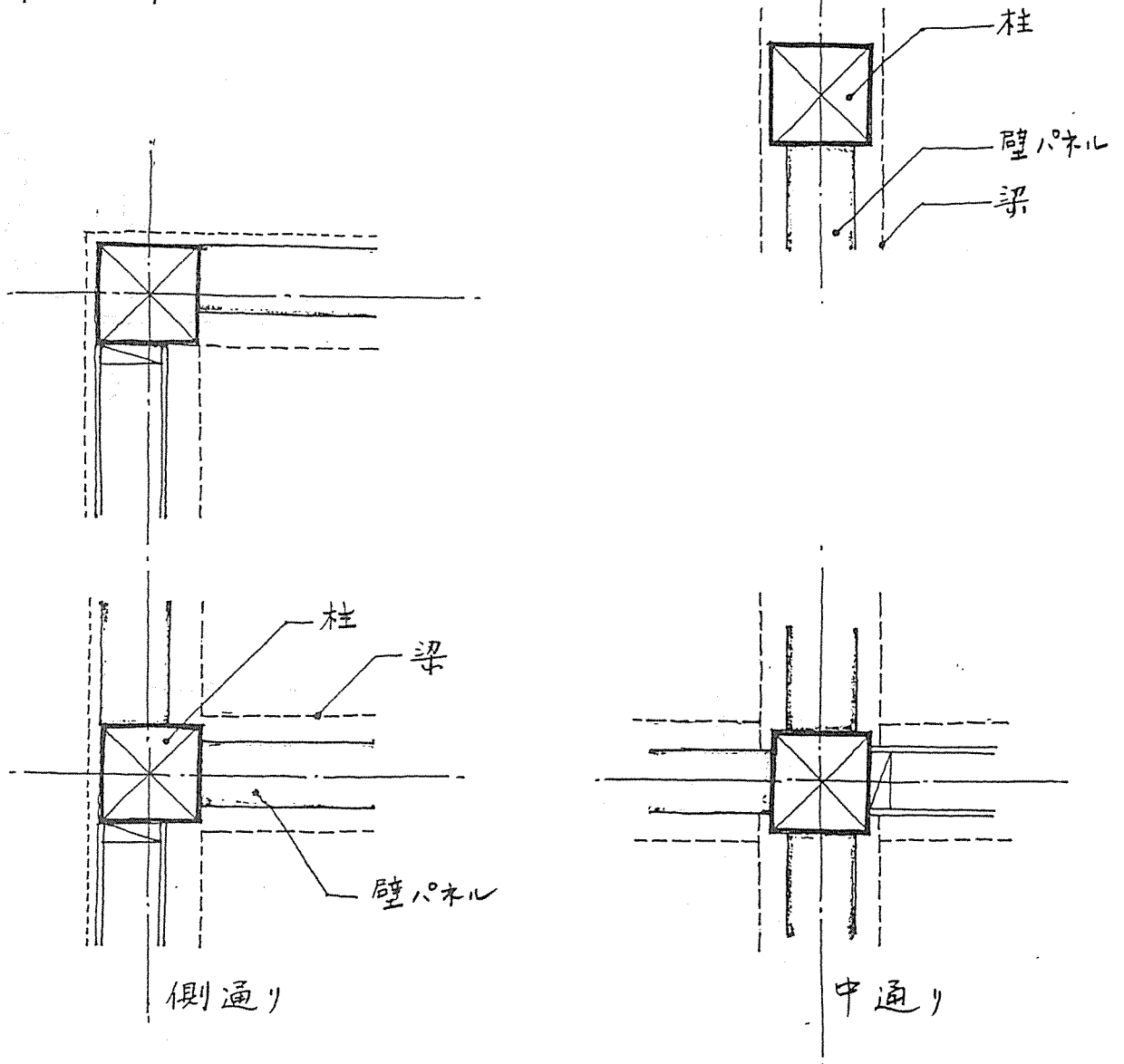


図- 5



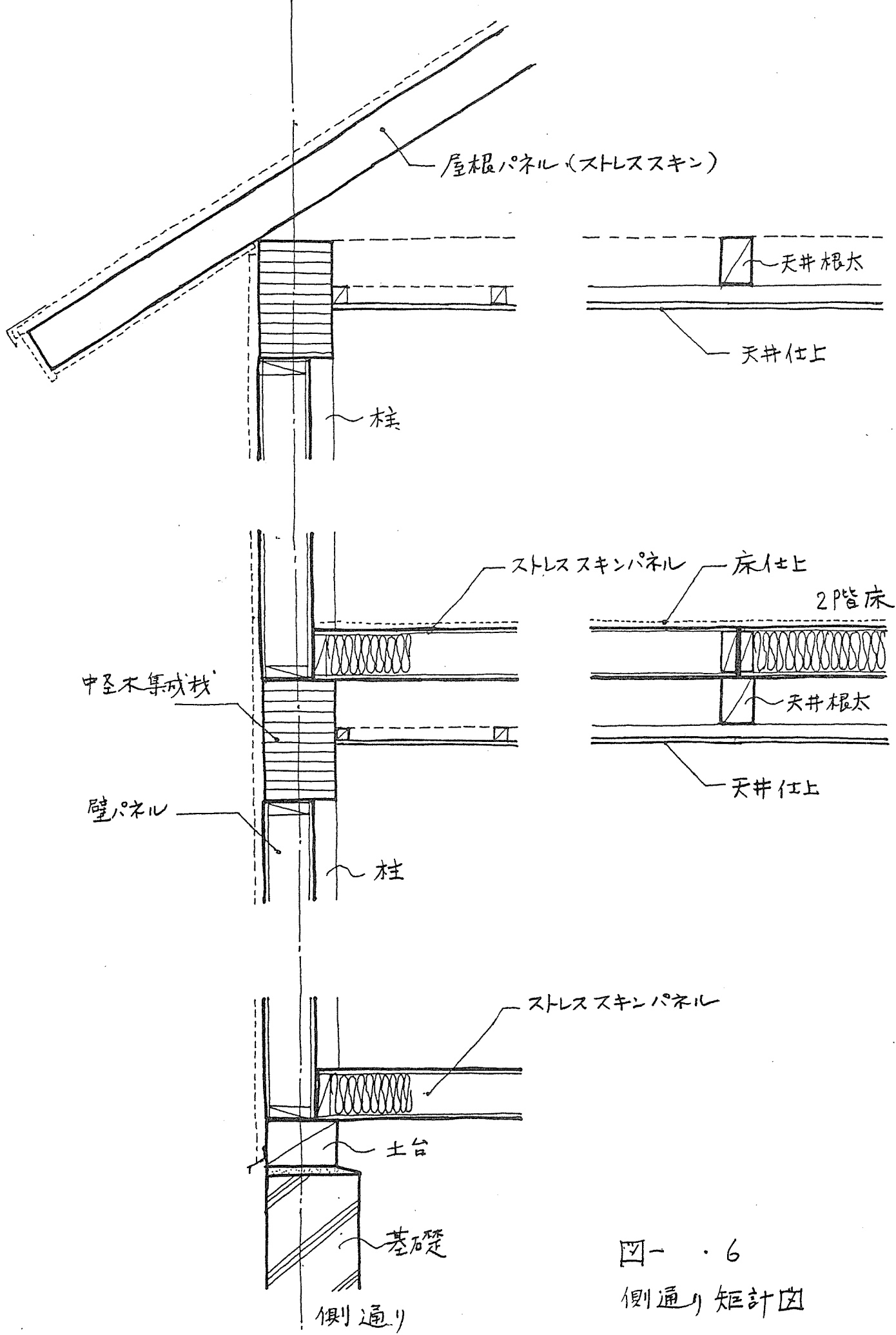


図-6  
 側通り 矩計図



### Ⅲ 軸組+パネル工法の三次設計

#### (1) 軸組+パネル工法の開発に求められること

住宅の工法を開発する場合の目的、目標は、まず、施工期間を短縮することである。ここでは、軸組に関する工期短縮を検討する。

第一は、仕口を機械で工作するプレカットである。プレカットによれば、手作業では一人で二週間かかる仕事を、半日で加工することが出来る。時間的には二十分の一に短縮されている。また、新たに開発する場合、あるいは構造的安全性をより確保したい場合には、金物等を用いた新しい仕口を考えることになるが、この際にも工期を短かくできるものであることが条件となろう。

#### a) プレカットか金物接合か

プレカットは、一つのシステムである。従って、一般に手加工の他の建物と混用することはない。また、柱の接合部、梁の接合部は、どの列のどの行に来るものかが指定され、入れ替えることは許されない。仕口加工に種類が多いことも他の部分に利用できない理由の一つである。しかし、プレカットでは、建物一棟分をコンピューターで入力し、自動的に機械を作動させるので加工時間を短かくすることができる。

金物接合による部材の接合は、部材の長さが違うのを除けば一種類になる。柱は基本的に一種類となり、また、梁もスパンが同じならば一種類となり都合がよい。これは、ストックがきくことを意味している。金物は、平面的に一方向、二方向、三方向が考えられ、集まってくる方向が多くなれば金物の種類も多くなる。「一方向」とは、x方向だけの接合を考えた金物である。柱と梁を接合する場合に、一つの方向の梁を接合するのが「一方向」である。x方向梁とy方向梁を一つの金物で接合するものは、「二方向」となる。また、x方向梁とy方向梁と基礎を接合するもの、x方向梁とy方向梁と小屋梁を接合するものなどは、「三方向」となる。

#### b) 軸組工法とパネル工法

建築の軸組の構法には、通常行われている在来工法のように軸組で建物全部を組み上げる方法と、枠組壁工法のように一層ごと組み上げる方法がある。小型のパネルを使った方法では、人手により運搬するので、建物全体が組み上がっていても差し支えない。一方、大型のパネルを使った方法では、クレーンの作動をやり易くするため一

層ごとの組み上げが便利である。この方法では、柱はすべて菅柱であり、柱、梁、柱のジョイントを考えなければならない。

パネル工法で一階床をパネルで構成する場合は、床下換気に注意しなければならない。布基礎は、床下を密閉することになり好ましくない。床下喚起口は、通気をよくするためのものではあるが、通気の量は微々たるものであり、床下部分に防腐処理された材料を使用することでも明らかである。対策としては、柱のくる部分にコンクリート製の柱脚を設け、その他は、全て通気が出来るようにすることも一つの方法である。

#### c) 軸組とパネルの施工方法および構造方法

軸組とパネルとの取り付け方法は、床勝ちにするか、壁勝ちにするか、落とし込みにするかのいずれかである。層ごとの組み立てでは、床勝ちにする方が施工し易い。ところで、壁を立て込む時に足場が必要である。独自に足場を作ることは、施工の期間を長くするので問題がある。床を先に施工する壁勝ちの場合は、壁の部分を明けておく、そこに壁を建ち上げる。この時、軸組と壁との接合が重要である。

##### ■軸組と壁パネルの取り付け方

- ①梁の面外に打ち付ける方法は、大壁方式と呼ばれている。この構法は、外壁には適用できるが、内壁部分には難しい。また、軸組施工後に取り付けられる。
- ②梁の面内に取り付ける方法は、真壁方式と呼ばれている。外壁にも、内壁にも適用できる。取り付けの時期は、軸組と同時期になる。

##### ■軸組と床パネルの取り付け方（屋根パネルも同様）

- ①梁の面外に床パネルを打ち付ける方法は、置き床（上げ床）と呼ばれる。梁幅は壁の厚みに床スラブが収まる寸法が必要である。
- ②梁の面内で収まる床は、梁との接合に金物が必要になる。

なお、梁と同様の土台を用い、柱のある部分は布基礎を土台までのばし、その他は、GLとぞろの高さまでとし、通風のよい床とした。

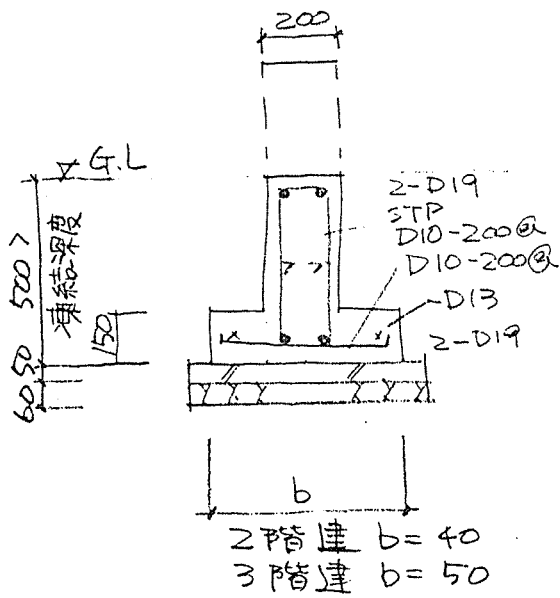
##### ■外壁の仕上

パネルの外に外壁の仕上げが必要になる。例えば、胴縁を回して仕上げ材を張るなどの方法がある。

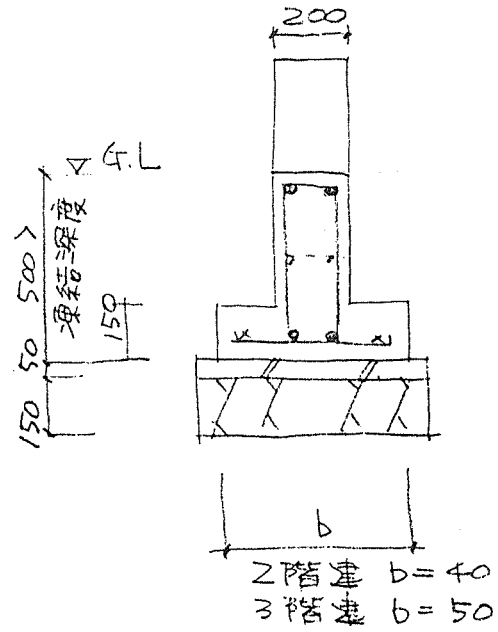
(2) 各部ディテール

a) 基礎

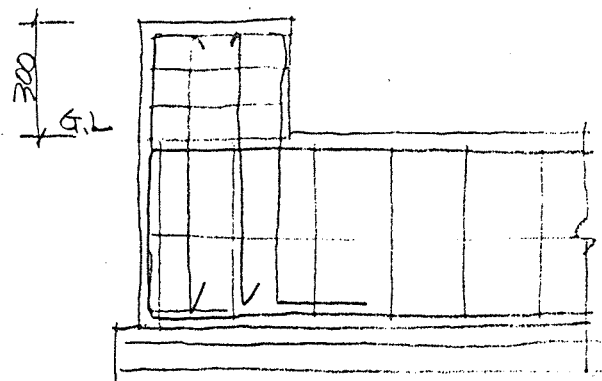
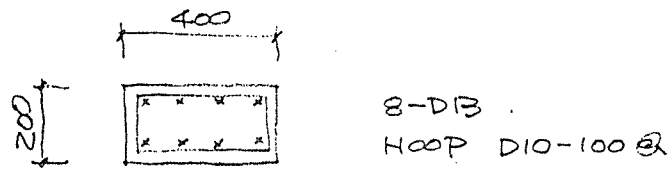
碎石地業



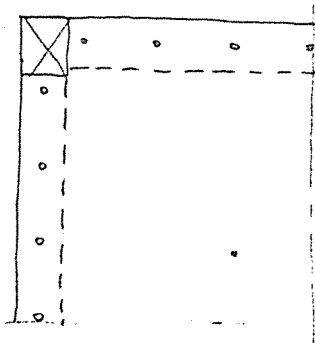
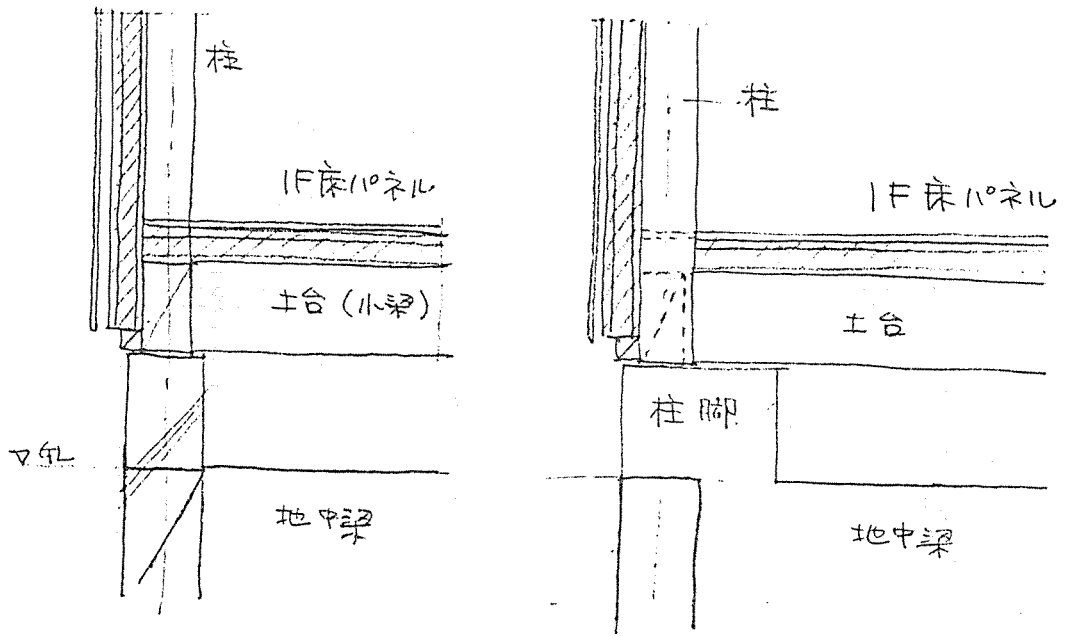
割栗地業



柱脚配筋



b) 1階床



床パネルと梁との接合

リングネイル  $\ell = 150 @ 200$

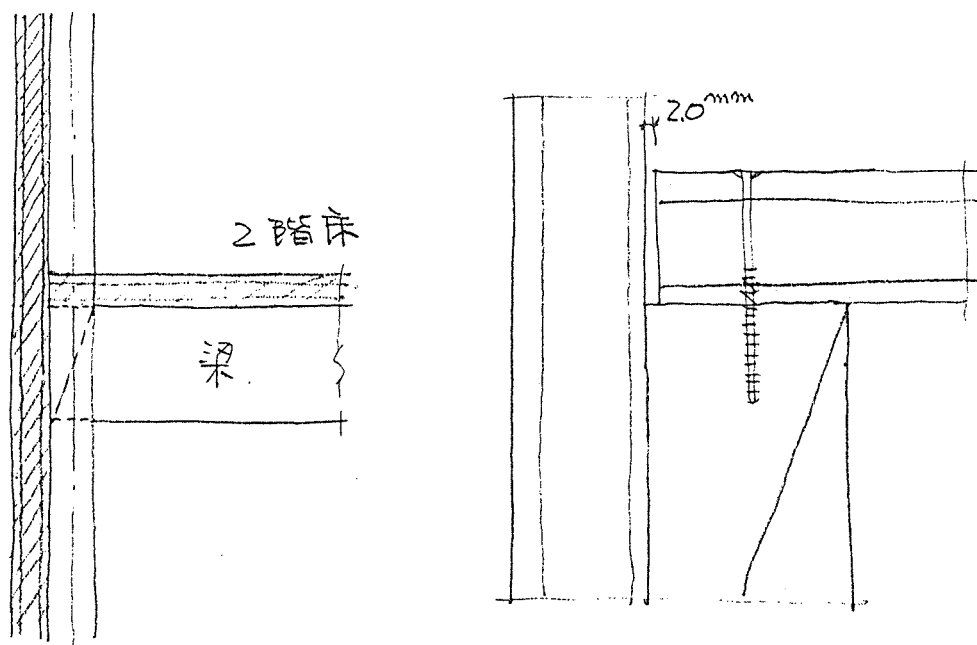
土台及び小梁

ベイマツ集成材 130mm×267mm

柱

ベイマツ集成材 130mm×146mm

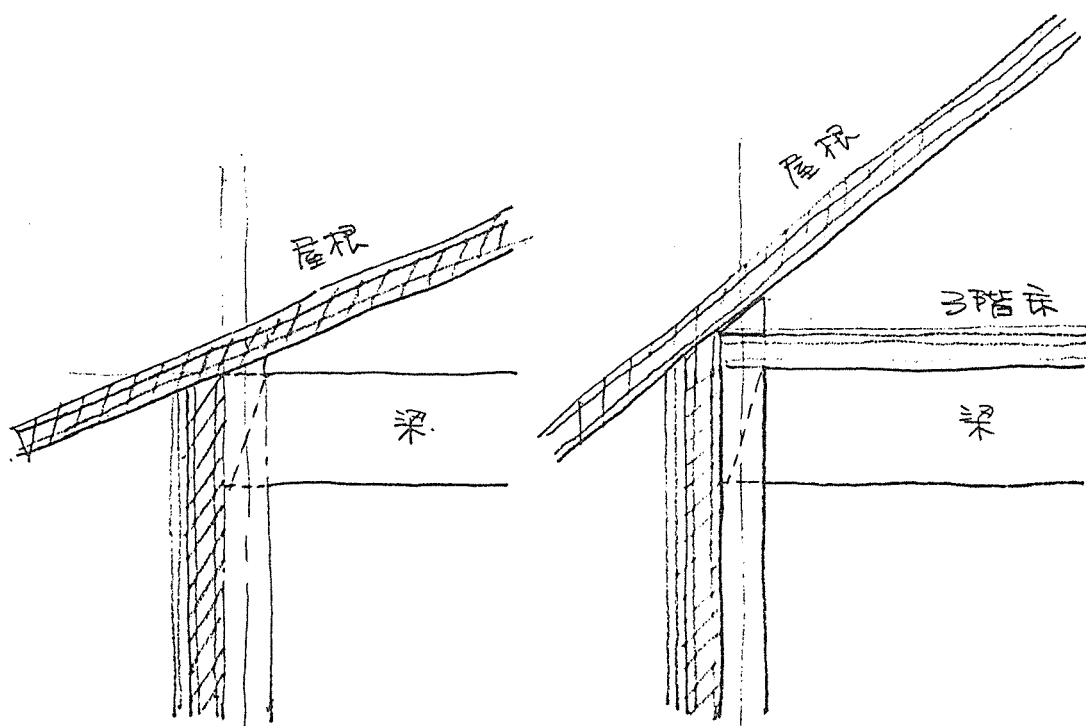
c) 2階床



d) 軒部分

2階建て

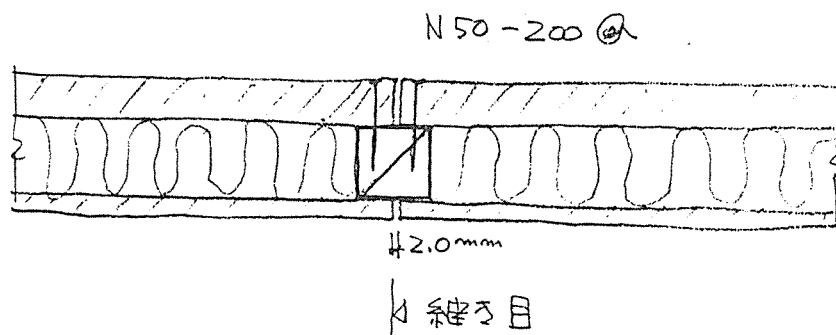
3階建て(小屋裏利用)



e) 床、屋根パネル

最大グリットは 1,200mm×7,200mmである。

パネルとパネルとの継ぎ目には添え材 (50×50mm) を介入させる。



それぞれのパネルからN50を 200@で接合する。

また、パネルは湿度によって若干伸び縮みすることから2mmのあきを残しておく。

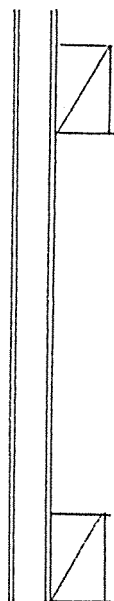
(3) Bタイプ (クローズドシステム指向) 条件設定 (システム構成モデルの範囲、柱、はり、床、壁、小屋、屋根)

a) 軸組とパネルの接合

(パネルとは壁パネル、床パネル、屋根パネル)

7) 軸組+壁パネル

① 大壁方式



外壁には適用できる。

内壁には適用しにくい。

(床パネルとの関係で)



②真壁方式

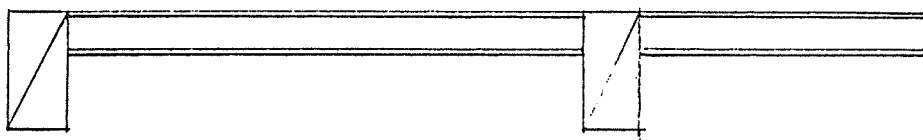


外壁、内壁ともに適用できる。

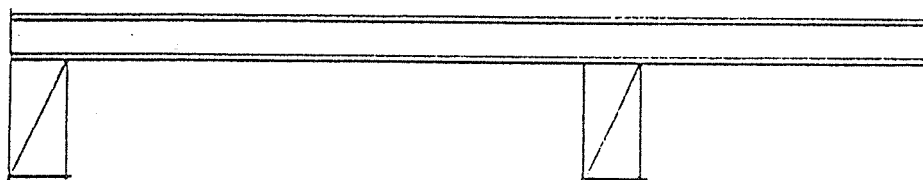
※パネルは、梁の大きさを同一にすれば全ての壁パネルは同一せいで統一できる。

1)軸組+床パネル

①おとし込み

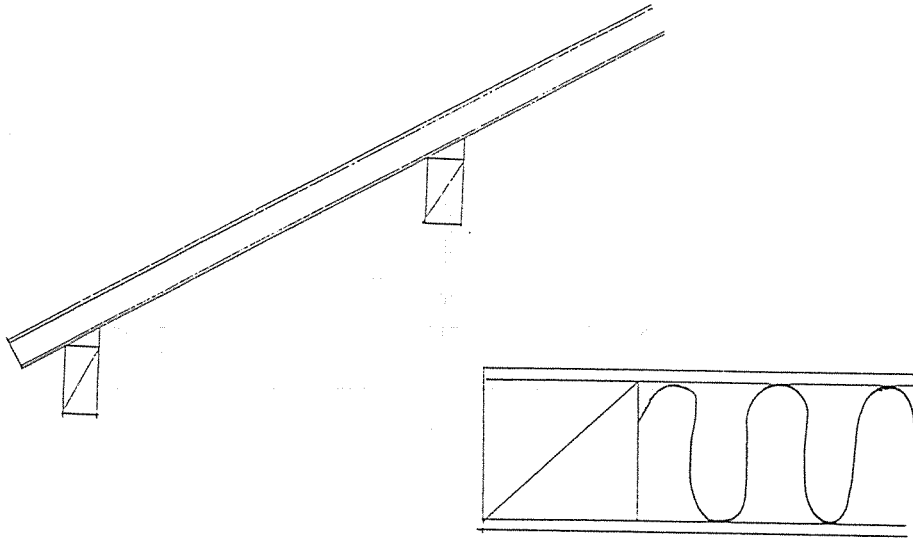


②上げ床



※床パネルの厚みは小梁のピッチによって変わる。

ウ)軸組+屋根パネル



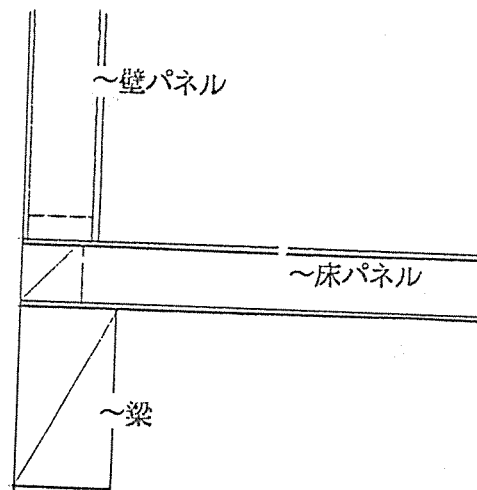
ストレススキンパネル・サンドイッチパネル

エ)壁パネルと床パネルの関係

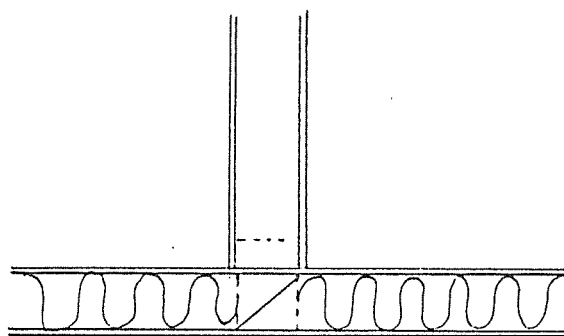
建築物の施工の順序は

基礎 → 土台 → 軸組（柱、梁、小梁） → 1階床 → 2階床 →  
1階壁（片面仕上） → 2階壁（片面仕上） → 屋根

このことから、壁と床では床勝ちとなる。



また、床パネル上に壁パネルや柱が上にある場合は、間に木材をはさみ込む



b) 壁の設計

$$h = 6.0 \quad W = 60 \quad 6.0 \times 9.0 = 132 \text{kg/m}^2$$

壁体の2分の1は、開口として

$$\text{Total } W = 2W = 132 \times 2 = 264 \text{kg/m}^2 \text{とすると}$$

最大曲げモーメントMは、

$$M = \frac{1}{8} w l^2 \quad M/Z = f b$$

たわみ  $\delta$  は、

$$\delta = \frac{5 w l^2}{384 E J} < \frac{l}{200}$$

支点間距離  $l = 300 \text{cm}$ 、短期許容曲げモーメント  $f_b = 50 \times 2 \text{kgf/cm}^2$

また、ヤング係数  $E = 50 \times 10^3$  とし、面材の厚さを15mmとすると、

$$d_1 = d - 30$$

以上より、

①曲げから求められる厚み  $d = 4.20 \text{cm}$

②たわみから求められる厚み  $d = 8.48 \text{cm}$

即ち、壁の厚さは10cmとする。

c) 柱の設計

負担面積を  $4\text{ m} \times 4\text{ m}$  とすれば、柱に加わる軸力  $N$  は、

$$\begin{aligned} N &= \{100 + (100 + 130) \times 2\} \times 4.0 \times 4.0 + 3.0 \times 4.0 \times 2 \times 100 \times 2 \\ &= 8,960 + 4,800 = 13,760\text{ kg f} \end{aligned}$$

また、柱の長さ  $\ell$  を  $\ell = 2,700\text{ mm}$  とする。

柱の断面 ( $b \times D$ ) を  $18.0\text{ cm} \times 18.0\text{ cm}$  とすると、断面二次半径  $i = 5,119$ 、  
細長比  $\lambda = 51.96$ 、座屈応力度  $f_R = 46.823\text{ kg f/cm}^2$  となり、

$$\frac{\sigma}{f} = 13.76 \times 10^3 / 46.82 \times 18 \times 18 = 0.907 \quad \text{OK}$$

即ち、柱は  $18 \times 18\text{ cm}$  とする。

d) 梁の設計

梁に加わる荷重  $W$  は、

$$W = (50 + 130) \times 4.0 + 100 \times 3.0 = 1,020\text{ kg/m}$$

梁の長さ  $\ell$  を  $\ell = 4.0\text{ m}$ 、梁の断面 ( $b \times D$ ) を  $18 \times 30\text{ cm}$  とし、材の許容曲げモーメントを  $f_b = 75$  とすると、

$$\text{梁の最大曲げモーメント } M = \frac{1}{8} w \ell^2 = 2,040\text{ kg}\cdot\text{m} \quad \text{断面係数 } Z \text{ は } Z = 2,720$$

梁のたわみ  $\delta$  は材のヤング係数  $E$  を  $E = 70 \times 10^3$  とすると

$$\delta = \frac{5 w \ell^4}{384 E J} < \frac{\ell}{300} \quad \text{かつ } 2.0\text{ cm}$$

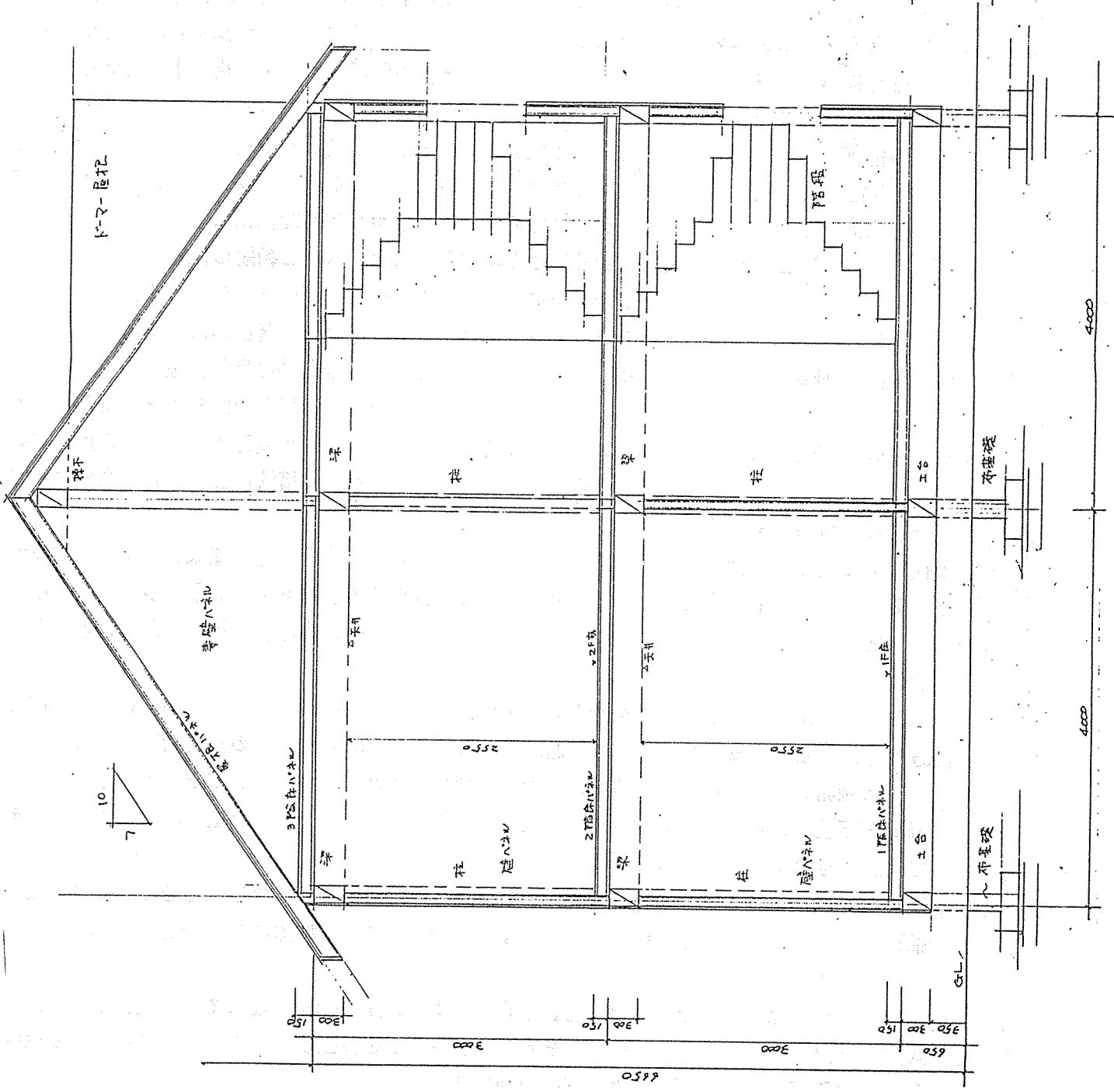
$$J e = 36428$$

$$b \times D = 28.9$$

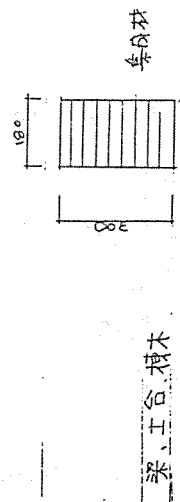
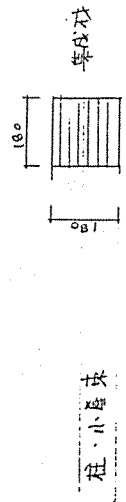
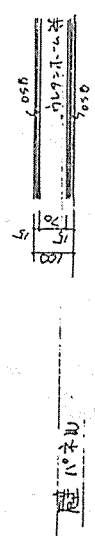
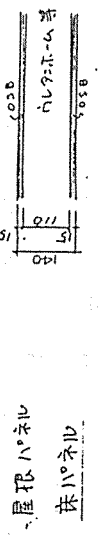
即ち、梁の断面は  $18\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  となる。



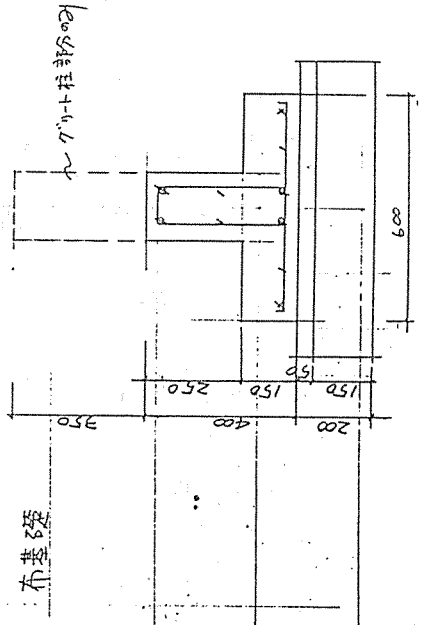
f) 断面図 (壁勝ち構法)



断面リスト



茶、工合 構木



## 3.2 Bタイプ——オープンシステム指向の構法

### (多様性を許容する構法)

#### 条件設定 (システム構成—モデルの範囲、柱、梁、床、壁、小屋、屋根)

住宅を含む中高層の建築に、日本で“鉄骨+ALC版構法”が広く用いられるのは、それが工場生産された構造材とパネルカーテンウォールを、重機を巧みに用いて現場でアッセンブルするセミプレファブのオープンシステムで、簡易に建築の大枠を形づくることができるからであろう。1987年の法改正によって木造にも中層化の道がひらかれたが、もしそれが“鉄骨+ALC版構法”のように、骨組と被膜それぞれのサブコンのシステムが確立された構法となれば、性能、コスト的にも“鉄骨+ALC版構法”と十分競争可能となるに違いない。

在来軸組造の壁面をパネル化する合理化構法は、これまで様々なかたちで試みられてきたが、多くの提案では筋違いなどにかわる構面としてのパネルと、その他の壁や間仕切りのパネル区分が構造的にも部品的にも曖昧である。おそらくその要因はいわゆる壁倍率による簡易設計法に依存し、かつ拘束されてきたためであろう。しかし構造的に明解にされなかった在来軸組造の軸組と壁の関係は、パネル化によって顕在化することになる。

そこで、もしこの構面パネルを壁倍率のできるだけ大きなものとし、箇所数を集約してバランスの良い配置が出来ると、その軸組との組合せ構造は限り無くスケルトン的なものになり、プランニングの自由度は高まる。しかし、この構面パネルの集約化の度合いは、軸組の構造性能との相互関係によって決まる。またこのセミスケルトン構造は、仕口における変形は当然のことながら、構面パネルと軸組の取り合いの隙間によって生じる変形もさけがたいが、取り付け方法の工夫によって剛性を確保し、破壊に対して十分に効力ある構造とすることができる。そして非構面として扱う外壁や間仕切り等の雑壁を、壁倍率による簡易設計方法での扱いと同様に、初期剛性や耐力のために働かせることによって、より合理的な耐震構造を、より現実的な構法として得ることができる。したがってこの考え方では、構面パネルと軸組との隙間は許容変形範囲ではあってもよく、十分に実践的な構法となる。しかも“鉄骨+ALC版”という変形するものと変形しないものの組合せ構法で、しばしば省略され問題となるロッキング構法やスウェー構法など、複雑で高価なディテール的な逃げも避けられるであろう。

ここで軸組の仕口に限定された変形を許す、すなわち半剛接性を与えたのが“通直集成材を用いた大断面軸組造”であり、そこに柱梁とも集成材を用いる最大の理由は、材の乾燥収縮を出来る限り少なくし、仕口の嵌合精度をあげ、構造設計と計算を確立するためであるが、勿論、今後の大径材の供給、防火性能などへの積極的判断も加わっている。

そして、XY2方向を半剛接合とした純スケルトン構造の他、その一部を構面とした、あるいは一方向を純フレーム、他方向を構面というセミスケルトン構造も考えられる。それらは軸組の構造的役割に大きな違いがあるものの、在来軸組のセミスケルトン構造と一連の“軸組+パネル構法”としてとらえ、習合も自然に行えるので、母屋と下屋といったプランニングの変化へも、メガストラクチャ(母屋)、サブストラクチャ(下屋)として対応はきわめてスムーズである。

今回のこの構法提案では、軸組を在来軸組/通直集成材による大断面軸組/これら双方をそれぞれ下屋、母屋とする習合構造の3タイプとし、壁、床、屋根の構面パネルをそれらと共通に組合わされる部材としている。

この時、在来軸組では仕口は鉛直荷重を負担、通直集成材による大断面軸組の仕口では半剛接とし鉛直荷重と水平荷重の双方を負担するものとする。そしてまず壁は水平荷重を負担するものとし、その強さの程度によって強耐震壁、弱耐震壁、非耐震壁の3タイプに種別する。

強耐震壁は壁倍率を8～10の高いものに設定し、集約的に、そして主として1階に配置されるものと想定する。そして2階以上に用いる場合には、下階の位置との整合を計るなどその配置をルール化することが必要である。この著しく高い壁倍率は、パネルと軸組との直接的な接合を条件とするのは勿論のこと、柱の土台あるいは基礎からの引き抜き防止は必至であり、そのための柱脚金物の開発も必要である。この構法提案は、全体として建築基準法の、在来軸組造の考え方にスムーズになじむことを目標としているが、壁倍率は現行は5が上限とされており、この高壁倍率の扱いについては今後の検討を必要とする。ただしこの高壁倍率を得ることそのものは構造的に充分可能であり、また、もしそれが法的に解決されなくとも、この構法全体が成り立たなくなるわけではない。

通直集成材大断面軸組と強耐震壁の組合せは、XYの1方向をラーメン、他方を構面とする、あるいはXY2方向に集約的に（部分的に）構面を設けるという2通りが考えられるが、この何れの場合においても、その軸組の仕口は半剛接であり、強耐震壁の集約的配置の問題は在来軸組構法と較べて小さいと考えてよい。

強耐震壁は、その取付けの際に軸組と隙間を生じさせぬことが望ましく、また住宅のような小規模の建物では登場する場面も少なく、パネル部品化の現実的な難しさは否定しがたい。

弱耐震壁は壁倍率を1～1.5程度と設定し、軸組に大壁として外付けする外壁パネルと、通り芯におさまる間仕切りパネルの2種を想定する。外壁は、軸組との接合を、強耐震壁と軸組との関係ほど厳密に考えなくても、十分に強度の確保が可能であると考えられるが、間仕切りは、とりわけ大断面軸組との間では接合関係が取りにくく、また取れる場合においても接合の方法に難しさを伴い、軸組と関係するもののみ評価するなど、今後の検討が必要である。

外壁は、量的にも、またモジュールとの整合性の高さからも、パネル部品化の可能性を十分に想定できるが、間仕切りは、梁下寸法、柱間寸法等によりパネルヴァリエーションの多さやイレギュラーなパネルの発生率が高いことが予想され、現場加工性の高いものとする必要がある。

非耐震壁は在来軸組造の壁倍率による構造計算法では、実験等により全耐力の約30%相当と評価し、予め構造設計の対象から除外しているいわゆる雑壁＝袖壁、垂れ壁、腰壁、ガラス、建具等である。但し大断面軸組構法、およびそれと在来軸組との習合構法において、軸組と関係するこの雑壁が極端に少ない場合には構造的評価を調整する。また、パネル化の際には弱耐震壁の部品のヴァリエーションと考える。

強剛性床＝面材と軸組横架材、および相互に緊結された床パネル／バイアス状に架けられた根太や床板／ブレース等とし、弱剛性床＝火打、置き床等と分けると、1) 強耐震壁の集約の度合いの高い、2) 強耐震壁の配置が階相互でズレの大きい、3) 床開口（吹き抜け）の周辺等の場合には強剛性床が求められる。この構法では強剛性床を原則とし、パネル部品化を計る。

屋根部分の剛性を得るために、在来軸組造では軒桁レベルで折置きを用いたり、火打ちを入れたり、床版としたりしてきた。この構法では軒桁を介在し、屋根パネルと壁パネルを連続することを原則としている。

以上のことから、今回は弱耐震壁外壁、間仕切り壁、床、屋根の4種のパネル部品化を試設計するが、間仕切り壁についてはその構造的評価、あるいはその構法的可能性に留意し検討する。

これらのパネルを木質とすれば簡易な生産設備で可能であるし、軽量で輸送、運搬性に優れ、現場加工性も良い。さらに軸組への取付けも容易であるし、パネル素材によっては仕上げや下地としてそのまま利用可能である。勿論軸組との構造的整合性は鉄骨＋ALCに較べ良好である。

また、吸湿平衡による調湿性に優れ、程よい断熱性や吸・遮音性も確保出来、さらに防火性や断熱性を備えることも可能である。

こうした性能は特にパネル面材に左右されるが、ここでは国産材の需要拡大の目的も考慮し、杉等の針葉樹中径木により、安価に生産されている足場板相当の材を用いて製作することを試設計として検討する。



	a	b	c
軸組	在来軸組 ・鉛直荷重を負担	通直集成材大断面 ・半剛接仕口 ・鉛直+水平荷重の双方負担	b = 通直集成材大断面 = 母屋 + a = 在来軸組 = 下屋
強耐震壁	壁倍率=8 ~10とし集約化 ・水平荷重を負担 ・主として1階に配置 ・柱の基礎・土台からの引き抜き防止=金物の開発 ・木質パネル部品化=軸組との隙間解消→現場施工 ・配置と軸組との関係	耐震壁なし ・2方向ラーメン 耐震壁あり ・XYの1方向構面, 1方向ラーメン ・XYの2方向に集約的構面	
弱耐震壁	壁倍率=1 ~1.5 ・外壁=木質パネル部品化 ・間仕切=現場施工>木質パネル部品化→パネル形態による ・間仕切と軸組の接合方法		
非耐震壁	雑壁=袖, 腰, 垂壁/建具等 ・剛性=初期変形や対震動に効果 ・在来軸組造と同様, 全耐力の約30%相当と評価し, 構造計算(壁倍率計算)対象から除外 但し, 軸組のbおよびcのb部分の非耐震壁で軸組と関係するものが極端に少ない場合には構造評価を調整する。		
床	強剛性床=面材と横架材, パネル相互の緊結/ブレース/バイアス根太・床板 弱剛性床=火打ち/置き床 ・1) 強耐震壁の集約の度合いが高い場合, 2) 強耐震壁の配置の階相互のズレが大きい場合, 3) 床開口(吹抜)周辺では, 強い床剛性が求められる。この構法では強剛性床を原則とする		
屋根	軒桁レベルの剛性=折置き, 火打ち, 床版化 屋根パネルと壁パネルの連続=軒桁は必須 ・登り梁スパン<1.8, 2.7, 3.6 各モジュール→小屋組みの検討		

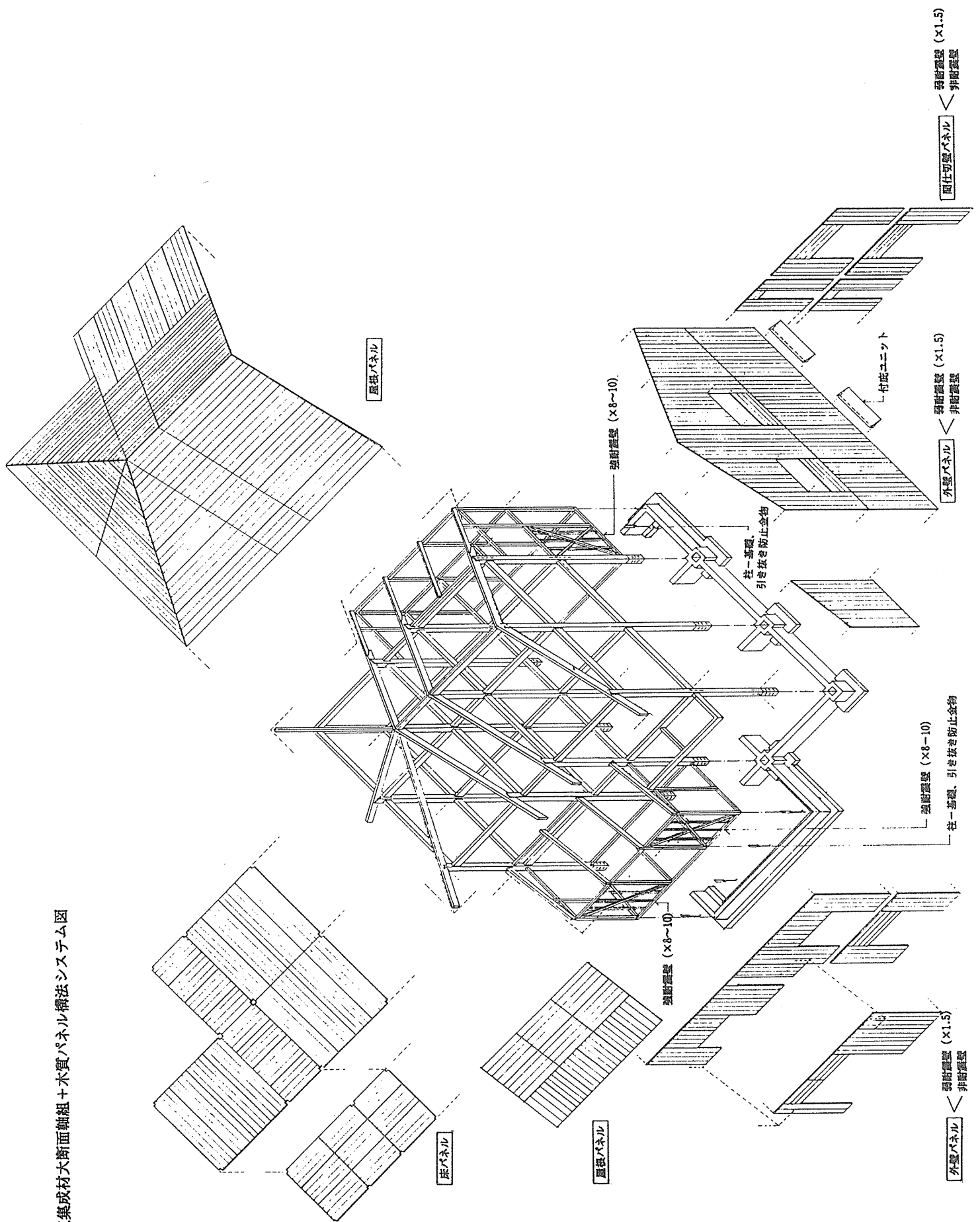
# 木質系パネル導入による合理化軸組構法

- ・床パネルの基本モジュールは、900×1800mmで900mm間隔で配置された力根太で支持される。
- ・パネルの出隅部分等が柱にあたる部分の欠き込みは、プレ加工も可能であるが現場加工としても問題ない。
- ・柱は90角（梁幅も90角）とし、900mm間隔で配置しパネルと一体化させる。
- ・窓台、まぐさには柱の半割材を用いる。
- ・外壁及び屋根パネルの割り付けは横張りを原則とする。
- ・屋根パネルの下地は900mm間隔に配置された垂木で柱の半割材を使用する。
- ・垂木は900mm間隔に配置された母屋によって支持される。

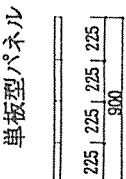
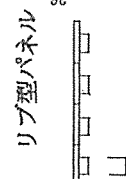
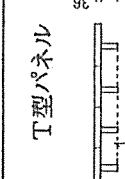
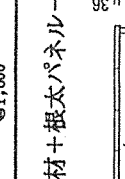
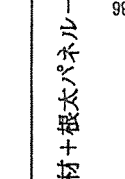
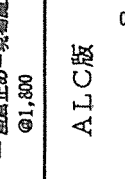
## □ 部材寸法

部 材 名	寸 法 (mm)	土 台	90×120
柱	90×90	力 根 太	90×90
母 屋	90×90	梁	90×適宜
窓台、まぐさ	90×90/2	垂 木	90×90/2

□ 在来軸組・通直集成材大断面軸組 + 木質パネル構法システム図

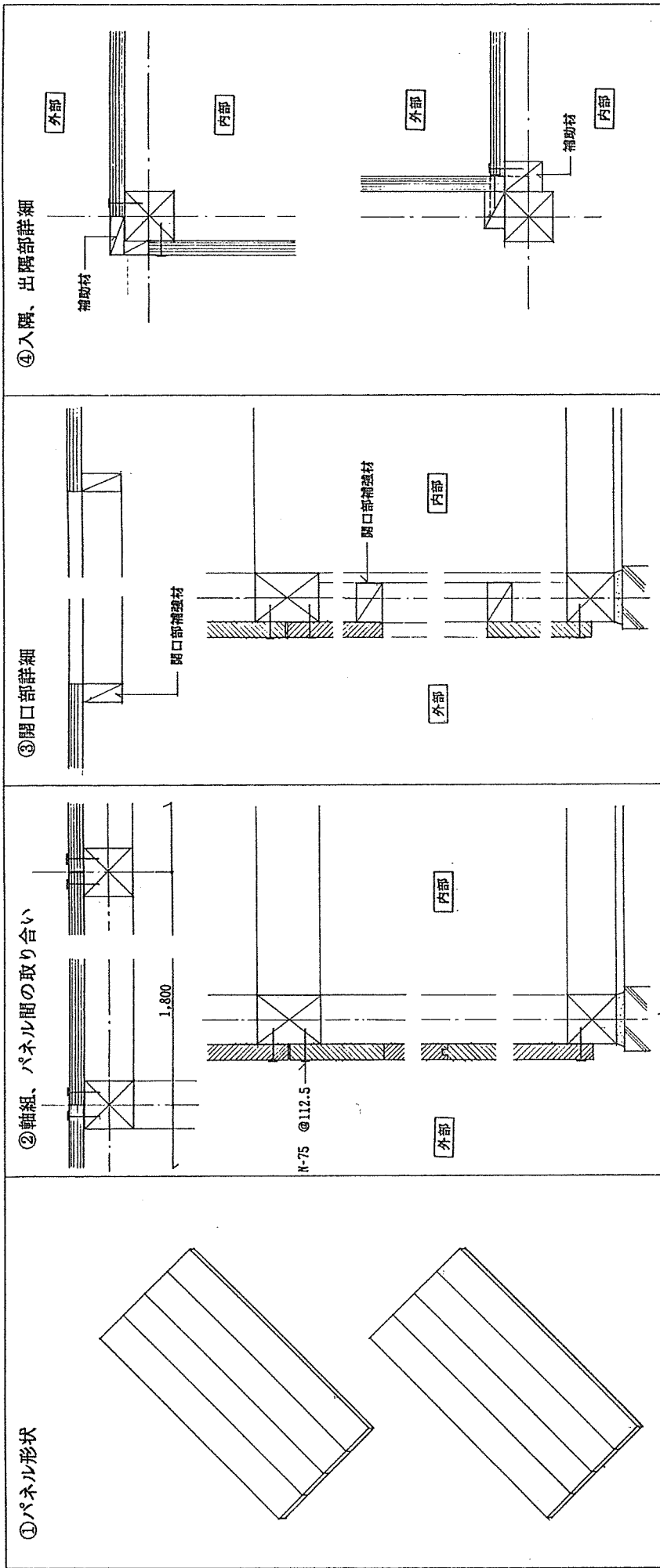


注：外壁、間仕切壁は壁倍率1.5の弱耐震壁とし、袖壁、垂壁、腰壁等はそのイレギュラー  
 或いはリアエーションパネルとし、構造上は非耐震壁とする。

パネル形状	使用箇所	L=1,800	L=2,700	L=3,600	重量 kg/m <sup>2</sup>	熱貫流率 kcal/mh°C	透過損失 dB/500Hz	①工場生産性 ②輸送性 ③現地作業性 ④軸組取り合い ⑤雑壁化
A  単板型パネル 225   225   225   225 900	外壁	36	/	/	14.4 10.8	1.86	23	⑥下地性 ⑦構造性能
	間仕切壁	36	36	/	14.4 10.8	1.86	23	①足場板等材料調達が容易・加工容易 ②輸送性良 ③現場作業性も良い ④軸組との取り合い良
	床	36 (L=900)	/	/	14.4 10.8	1.86	23	⑤雑壁等リアエーションorイレギュラーパネル容易 ⑥A=B ⑦構造耐力、剛性も良
	屋根	36	/	/	14.4 10.8	1.86	23	
B  リブ型パネル 100 225   225   225   225	外壁	/	60 24	/	18.3 13.7	1.59	23	①A>B ②A>B ③A>B ④A>B ⑤A=B ⑥A<B (内壁、天井取付) ⑦A<B
	間仕切壁	/	51 15	/	16.3 12.6	1.68	23	
	床	69 33	105 69	142 106	25.4 17.3	1.33	23	
	屋根	/	45 69	/	21.6 13.7	1.59	23	
C  T型パネル 38 225   225   225   225 虚部止め-現場施工 @1,800	外壁	/	64	/	18.3 13.7	1.86	23	①A>B=C ②B>C ③A>B=C ④A>B>C (置き床、外付け壁などでA、Bに劣る) ⑤A=B=C ⑥A<B<C (内壁、天井の取付、配管経路) ⑦C<A<B
	間仕切壁	/	72 36	/	16.5 12.4	1.86	23	
	床	100 64	136 100	176 140	20.5 15.4	1.86	23	
	屋根	/	100 64	136 100	18.3 13.7	1.86	23	
D  面材+根太パネル-I 38 45x45 @900	外壁	136 100	176 140	/	18.7 14.0	1.86	23	①A>B=C<D ②A>B>C<D ③A>B=C<D ④A>B=C<D ⑤A=B=C<D ⑥A<B<C<D ⑦C<A<B<D
	間仕切壁	90 54	111 75	/	17.3 13.0	1.86	23	※柱芯々モジュールとのなじみが不良
	床	176 140	220 184	271 235	20.0 15.0	1.86	23	①A>B=C<D=E ②A>B>C<D=E ③A>B=C<D=E ④A>B=C<D=E ⑤A=B=C<D=E ⑥A<B=E<C=D ⑦C<A<B<D=E
	屋根	136 100	176 140	220 184	18.7 14.0	1.86	23	※柱芯々モジュールとのなじみが不良
E  面材+根太パネル-II 38 45x45 @900	外壁	136 100	176 140	/	18.7 14.0	1.86	23	①A>B=C<D=E ②A>B>C<D=E ③A>B=C<D=E ④A>B=C<D=E ⑤A=B=C<D=E ⑥A<B=E<C=D ⑦C<A<B<D=E
	間仕切壁	90 54	111 75	/	17.3 13.0	1.86	23	※柱芯々モジュールとのなじみが不良
	床	176 140	220 184	271 235	20.0 15.0	1.86	23	
	屋根	136 100	176 140	220 184	18.7 14.0	1.86	23	※柱芯々モジュールとのなじみが不良
A.L.C版  A.L.C版 600	外壁	100 (50)	100 (50)	/	60.0 (30.0)	1.19 (1.97)	32	
	間仕切壁	100 (50)	100 (50)	/	60.0 (30.0)	1.19 (1.97)	29	
	床	100	100	/	60.0	1.19	32	
	屋根	100 (50)	100 (50)	/	60.0 (30.0)	1.19 (1.97)	29	

□パネル仕様と各部詳細

外壁パネル-A



⑤パネルモジュール、部材寸法

W × L 900 × 1,800

900 × 2,700

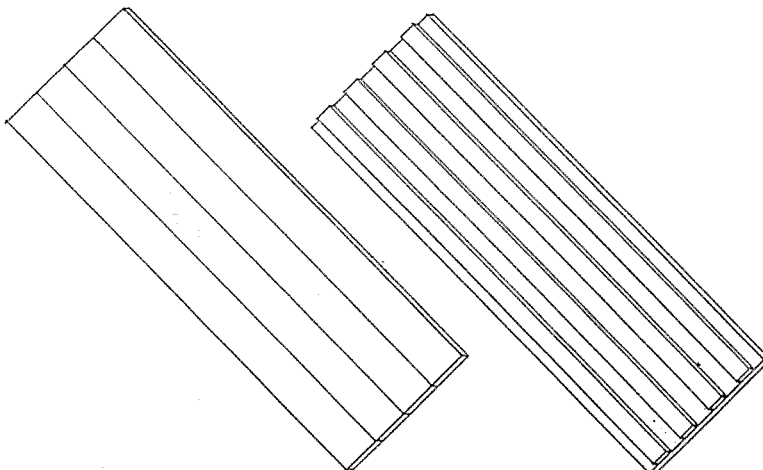
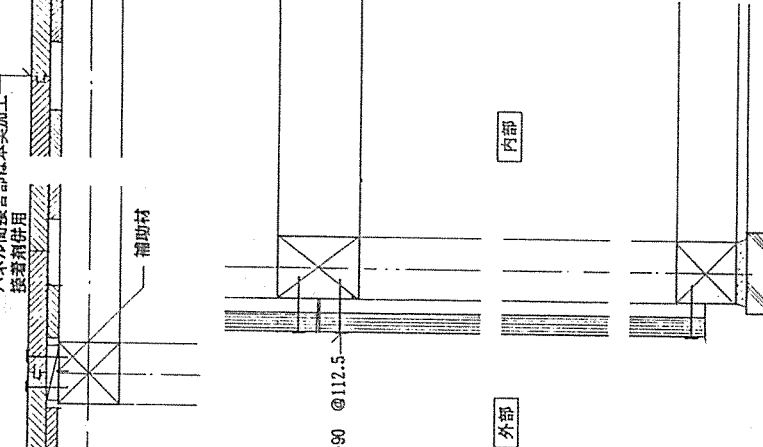
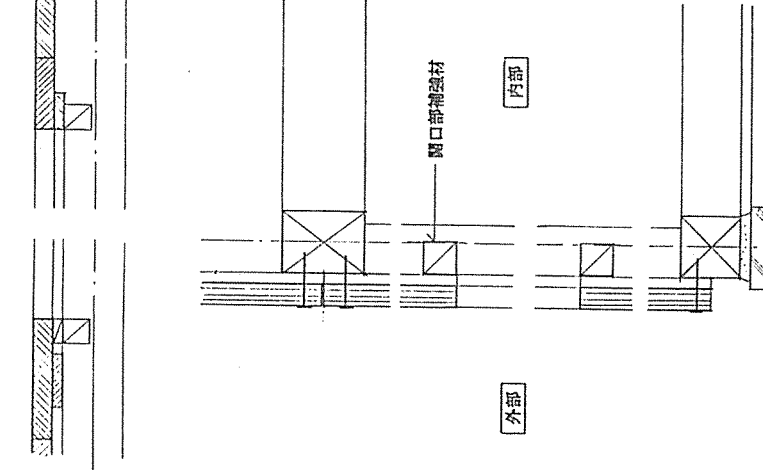
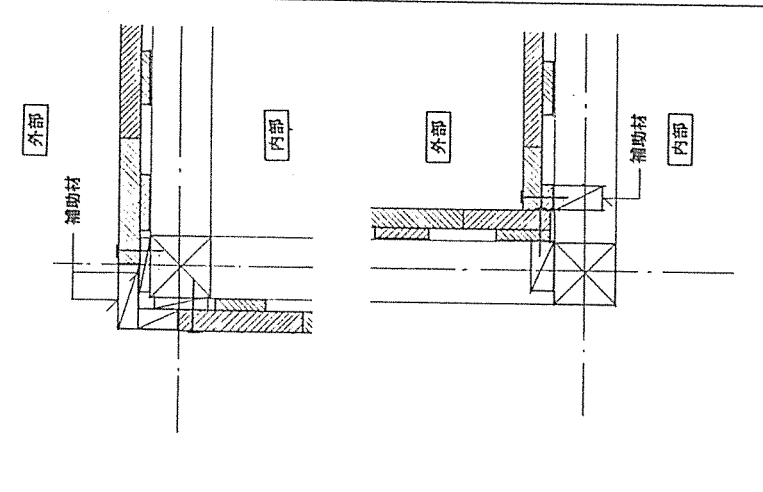
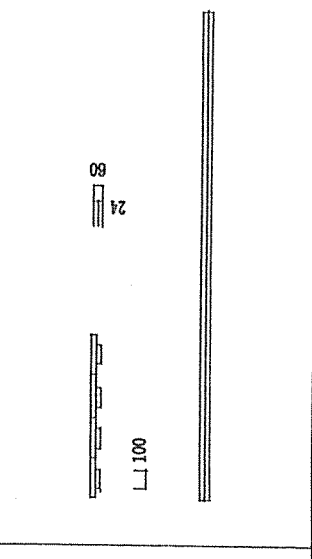
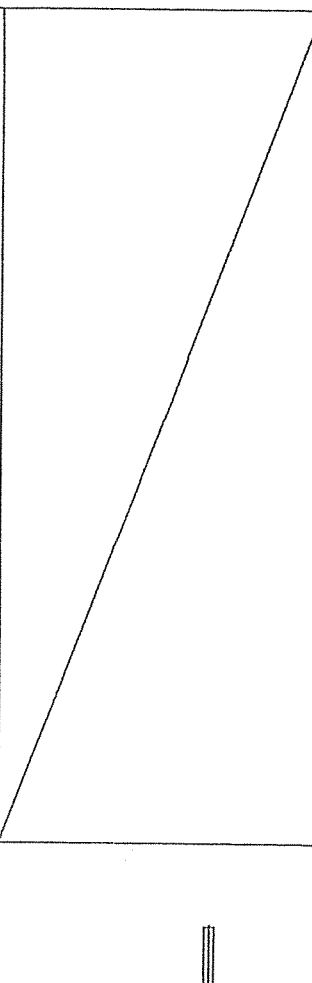
900 × 3,600

≡ 8



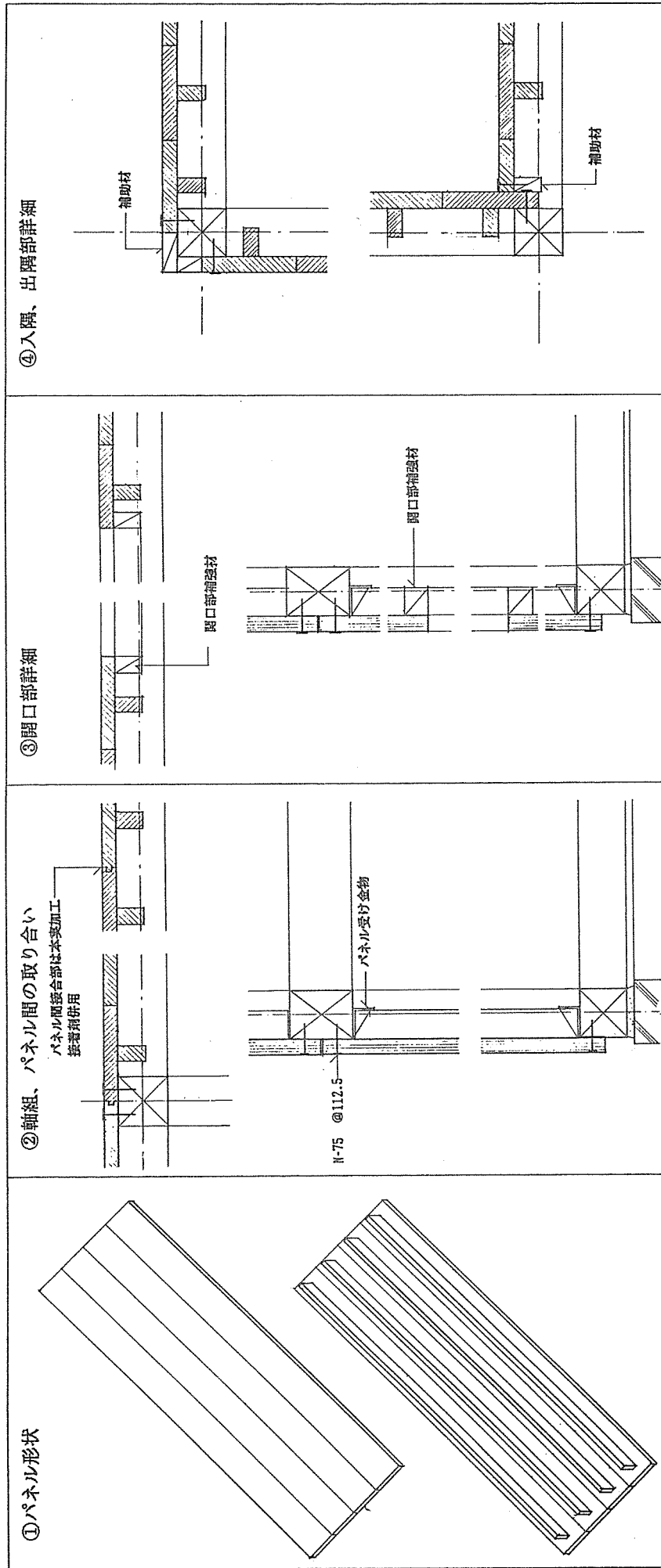
□パネル仕様と各部詳細

外壁パネル-B

<p>①パネル形状</p> 	<p>②軸組、パネル間の取り合い</p> <p>パネル間接合部は本受加工 接着剤併用</p> <p>補助材</p> <p>N-90 @112.5</p> 	<p>③開口部詳細</p> <p>開口部補強材</p> 	<p>④入隅、出隅部詳細</p> <p>補助材</p> 
<p>⑤パネルモジュール、部材寸法</p>	<p>W×L 900×1,800</p>	<p>900×2,700</p>	<p>900×3,600</p>
<p>外壁パネル-Aにて0.K.</p> 			

□パネル仕様と各部詳細

外壁パネル-C

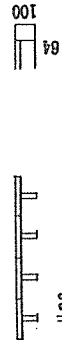


⑤パネルモジュール、部材寸法

W × L 900 × 1,800

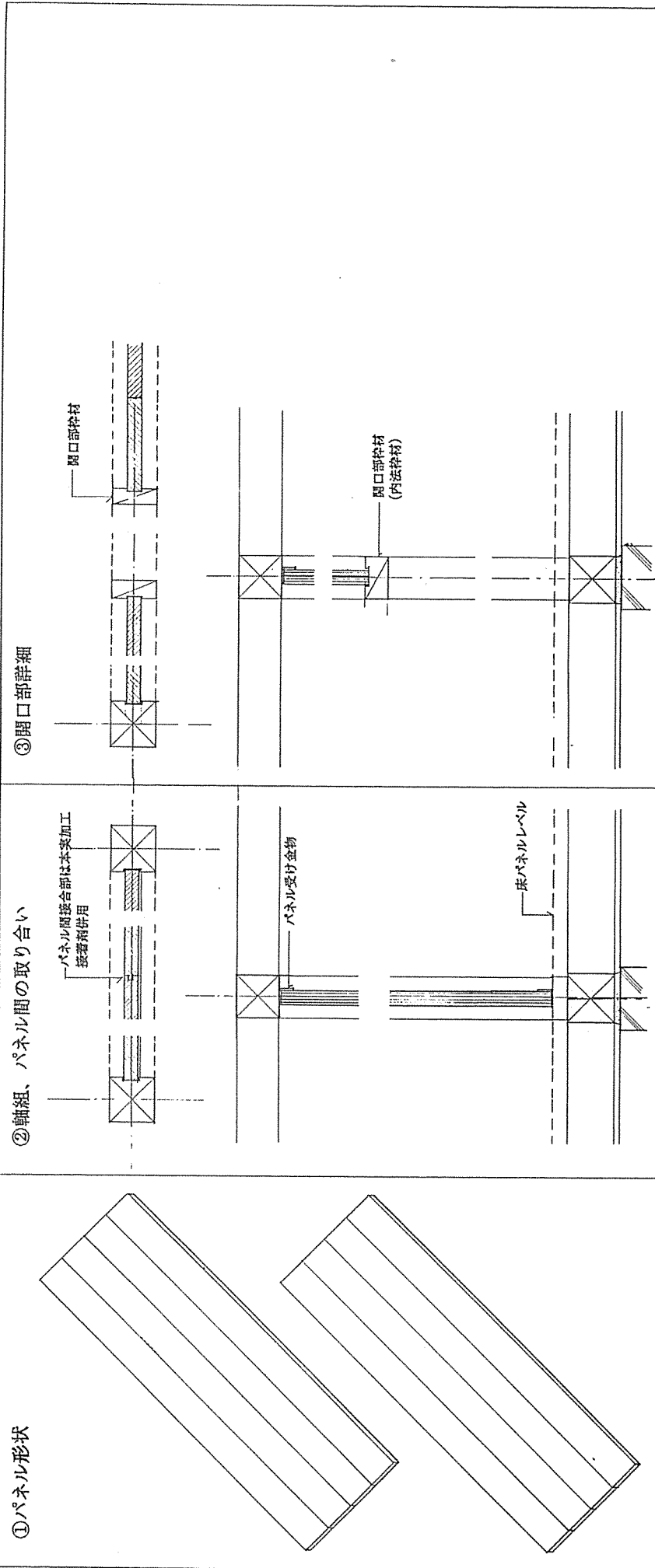
900 × 2,700

900 × 3,600



外壁パネル-AにてO.K.

間仕切壁パネル-A

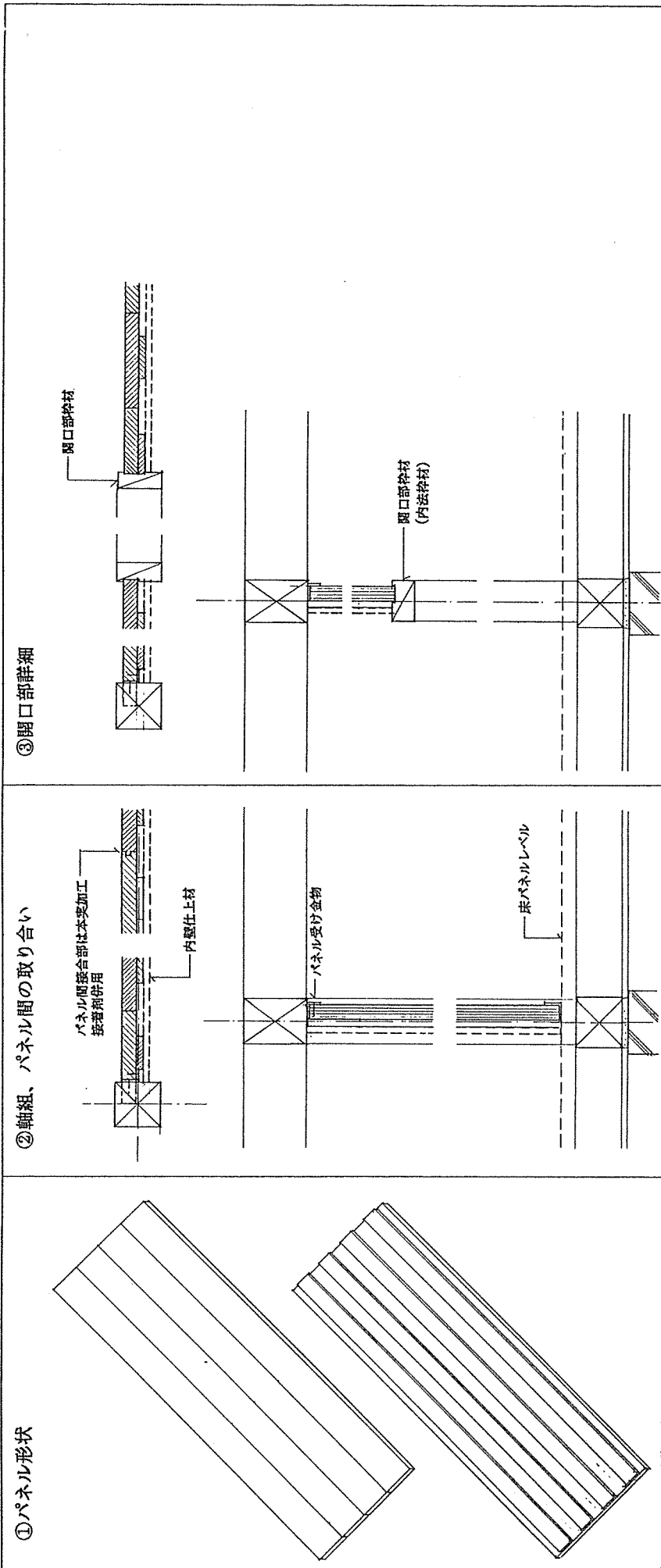


④パネルモジュール、部材寸法

W×L	900×1,800	900×2,700	900×3,600



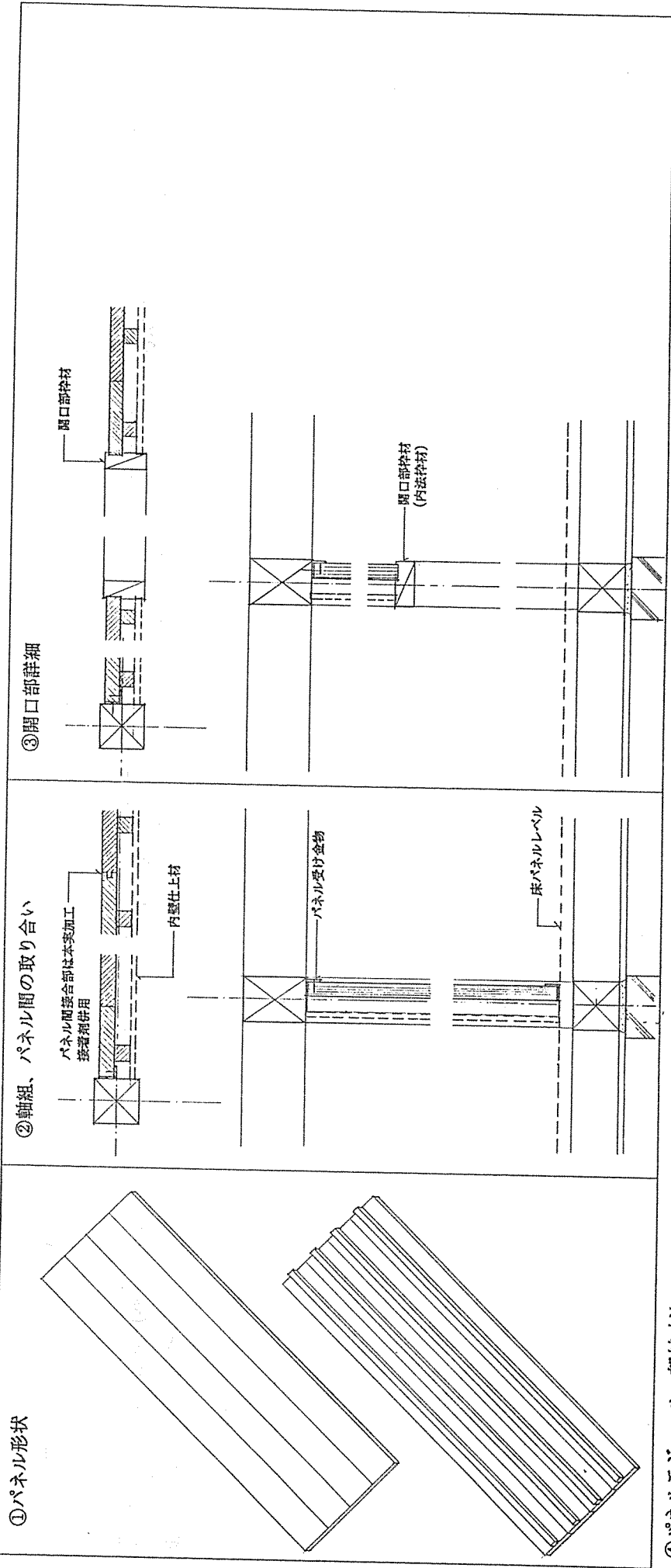
間仕切壁パネル-B



④パネルモジュール、部材寸法

W×L	900×1,800	900×2,700	900×3,600
間仕切壁パネル-AにてO.K.			

間仕切壁パネル-C

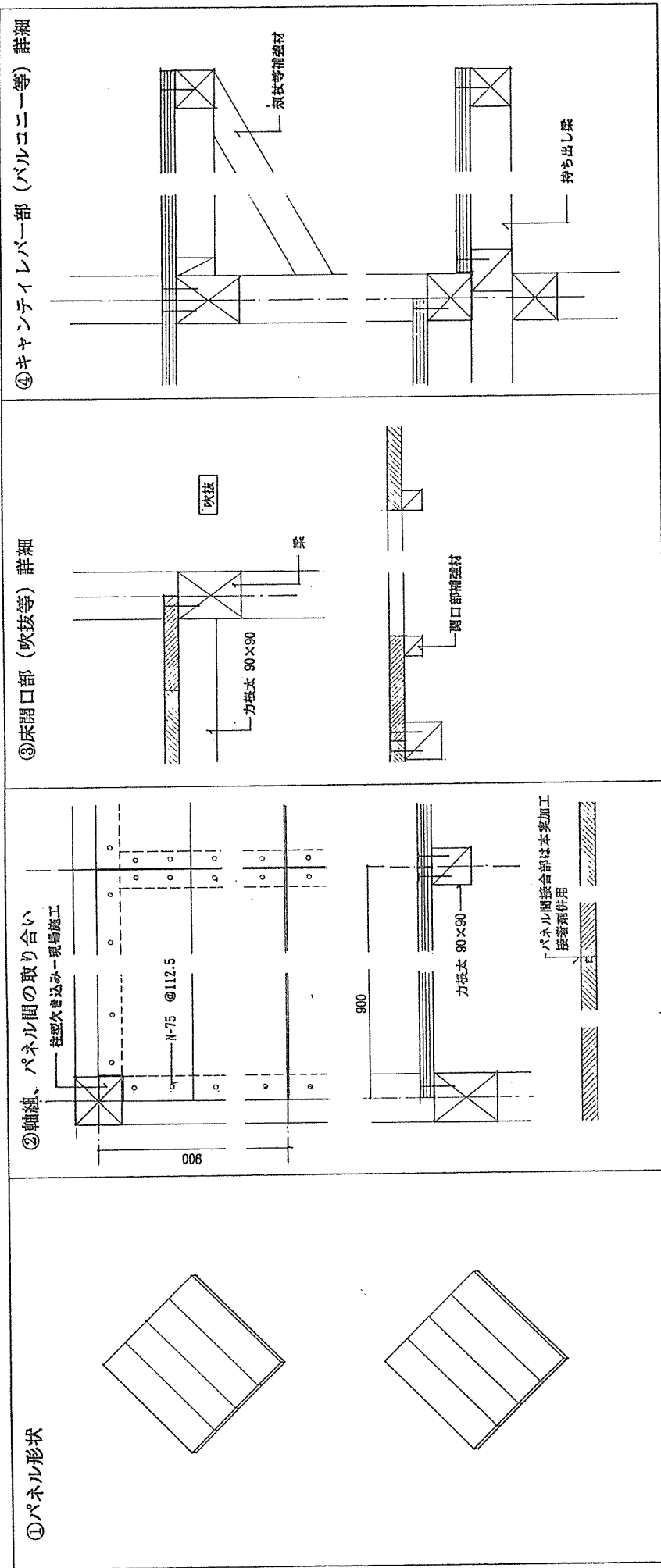


④パネルモジュール、部材寸法

W×L	900×1,800	900×2,700	900×3,600
間仕切壁パネル-AにてO.K.			

□パネル仕様と各部詳細

床パネル-A

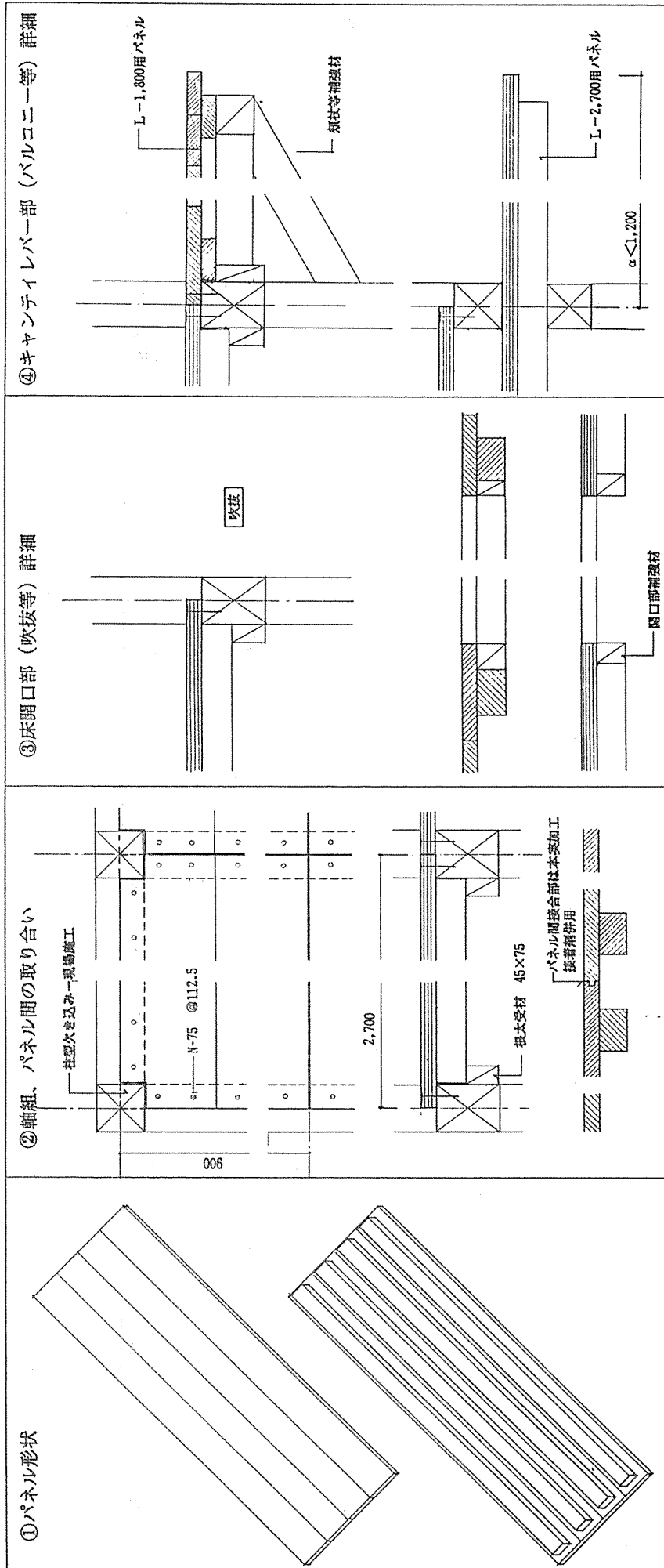


⑤パネルモジュール、部材寸法

W × L	900 × 900 (Max. 1,200)	900 × 2,700	900 × 3,600

□パネル仕様と各部詳細

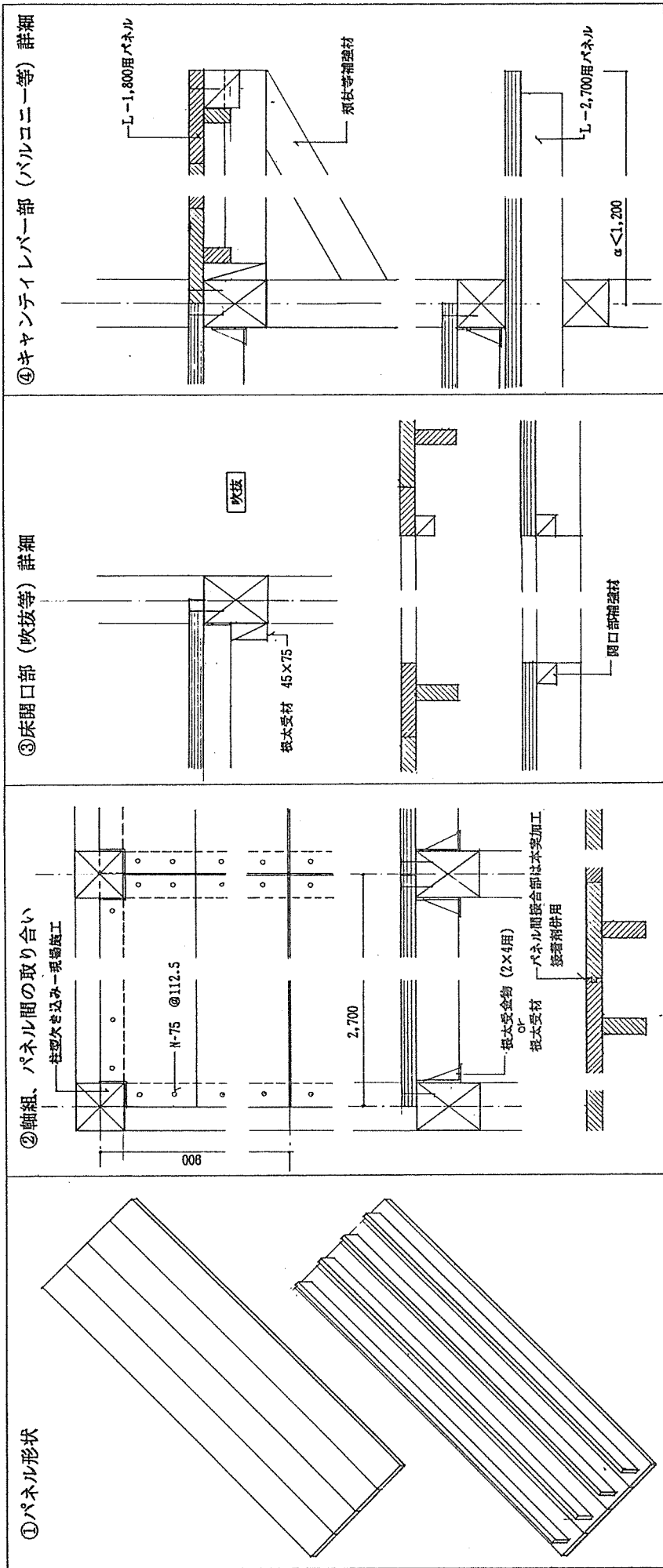
床パネル-B



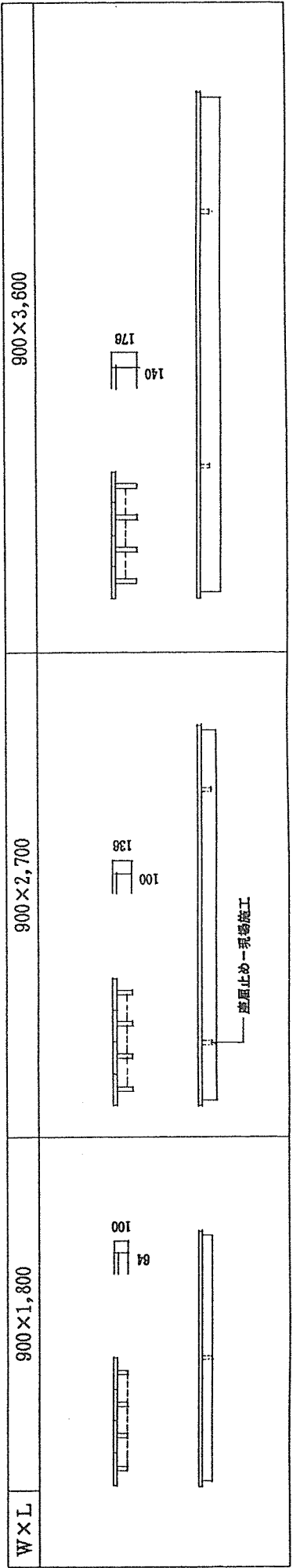
⑤パネルモジュール、部材寸法

W×L	900×1,800	900×2,700	900×3,600
	 100 83 83	 83 83	 108 142

床パネル-C

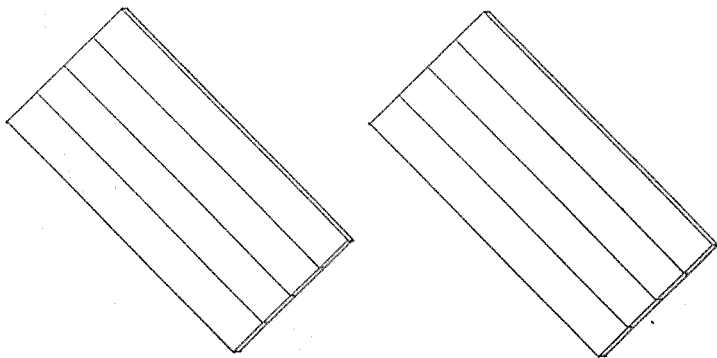


⑤パネルモジュール、部材寸法

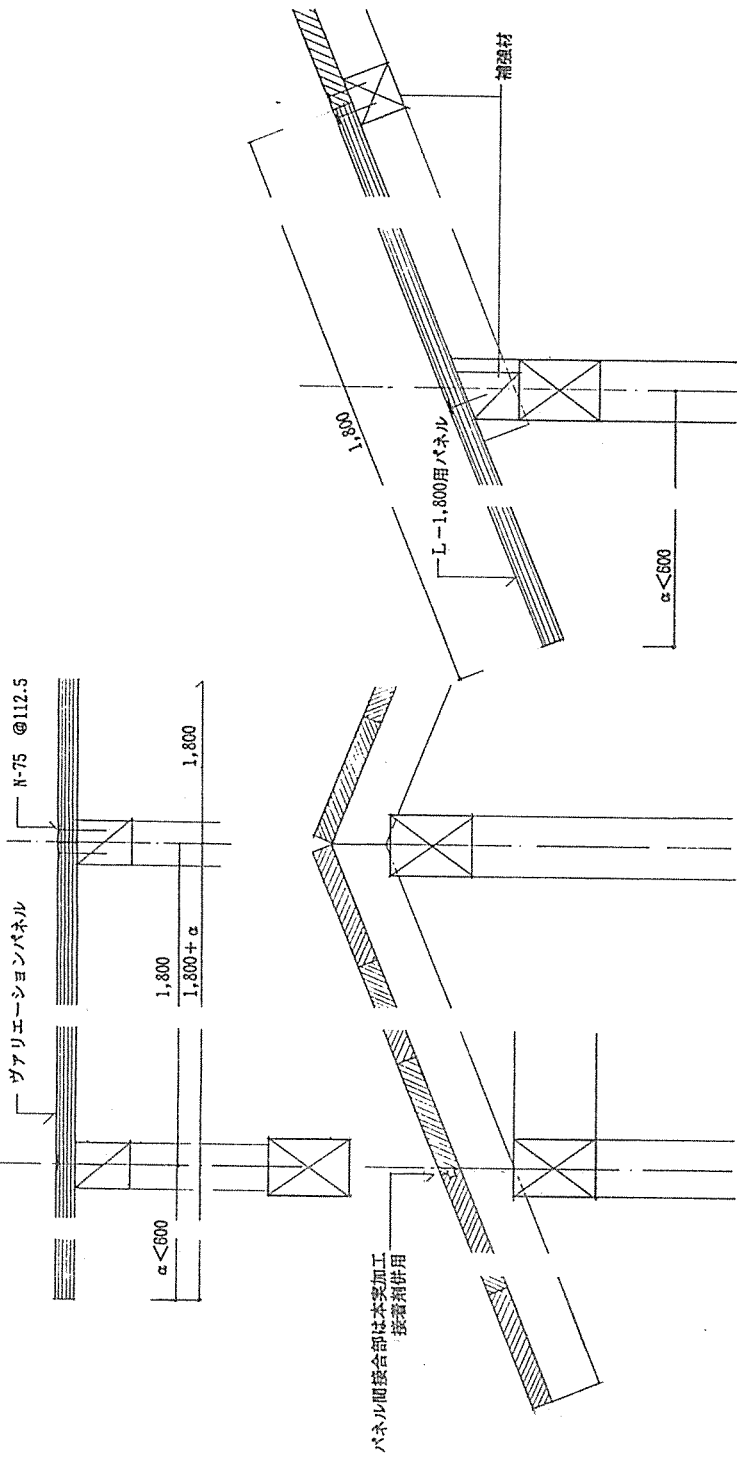


屋根パネル-A

①パネル形状



②軸組、パネル間の取り合い、軒先、棟、けらば部詳細



③パネルモジュール、部材寸法

W × L 900 × 1,800

900 × 2,700

900 × 3,600

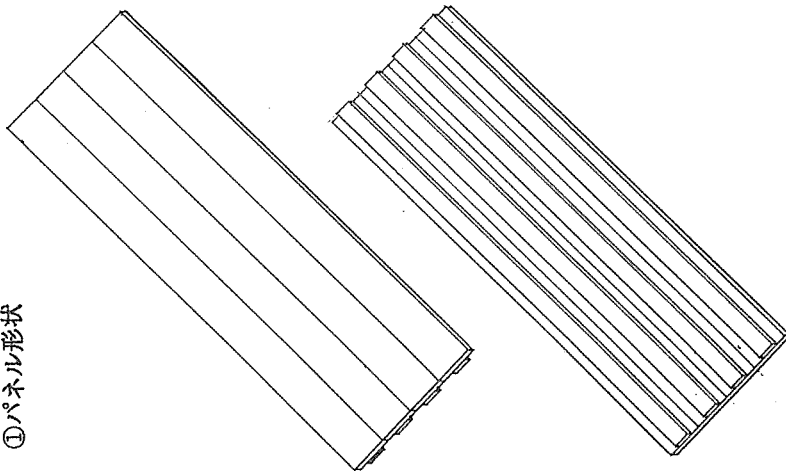
≡

≡

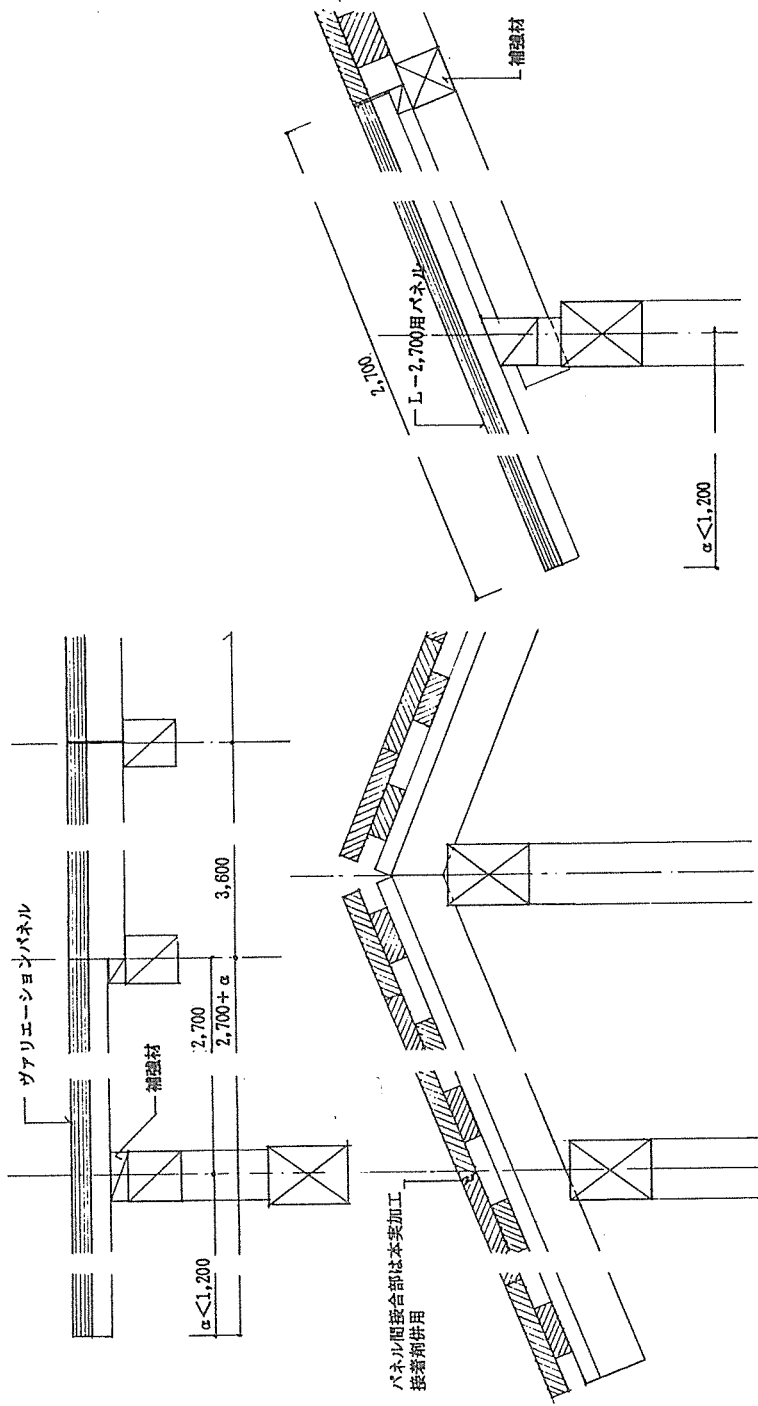
≡

屋根パネル-B

①パネル形状



②軸組、パネル間の取り合い、軒先、棟、けらば部詳細



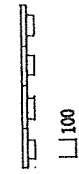
③パネルモジュール、部材寸法

W × L 900 × 1,800

900 × 2,700

900 × 3,600

屋根パネル-AにてO.K.



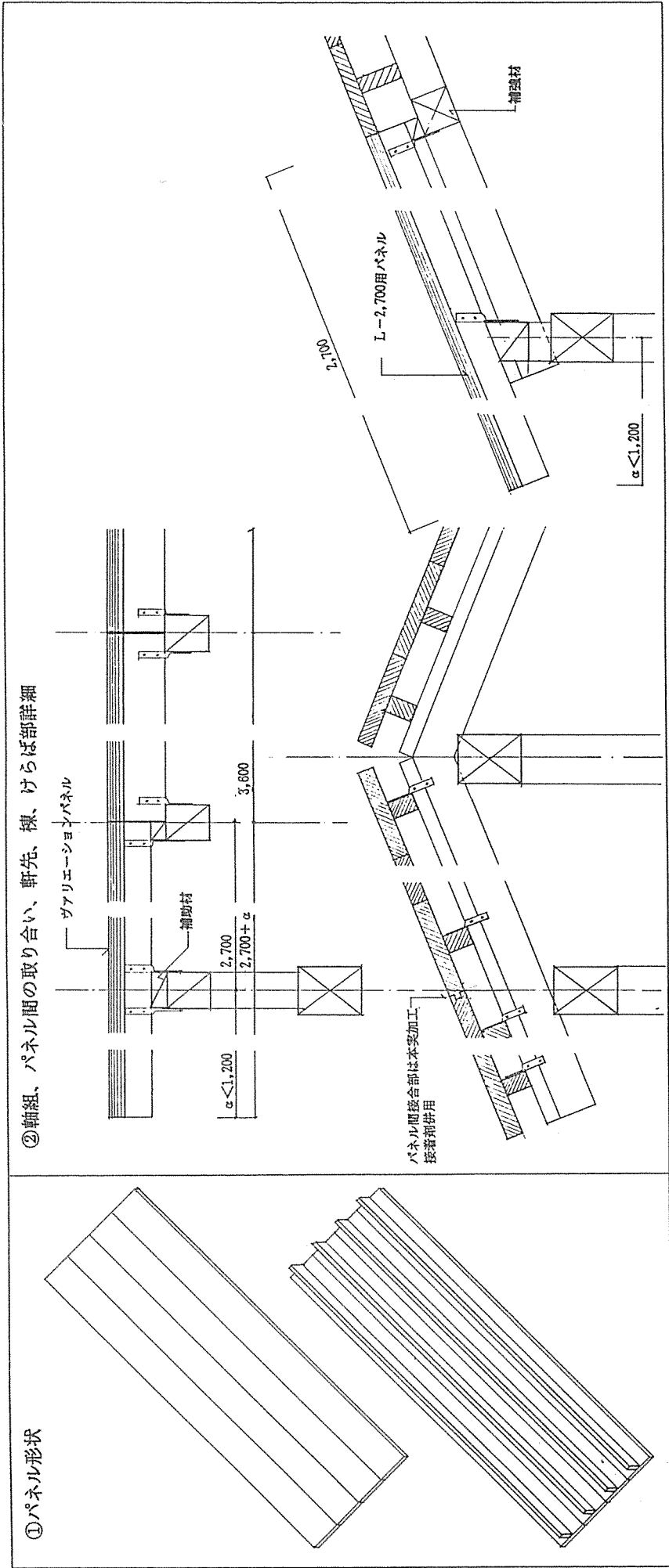
L 100

L 100

L 69

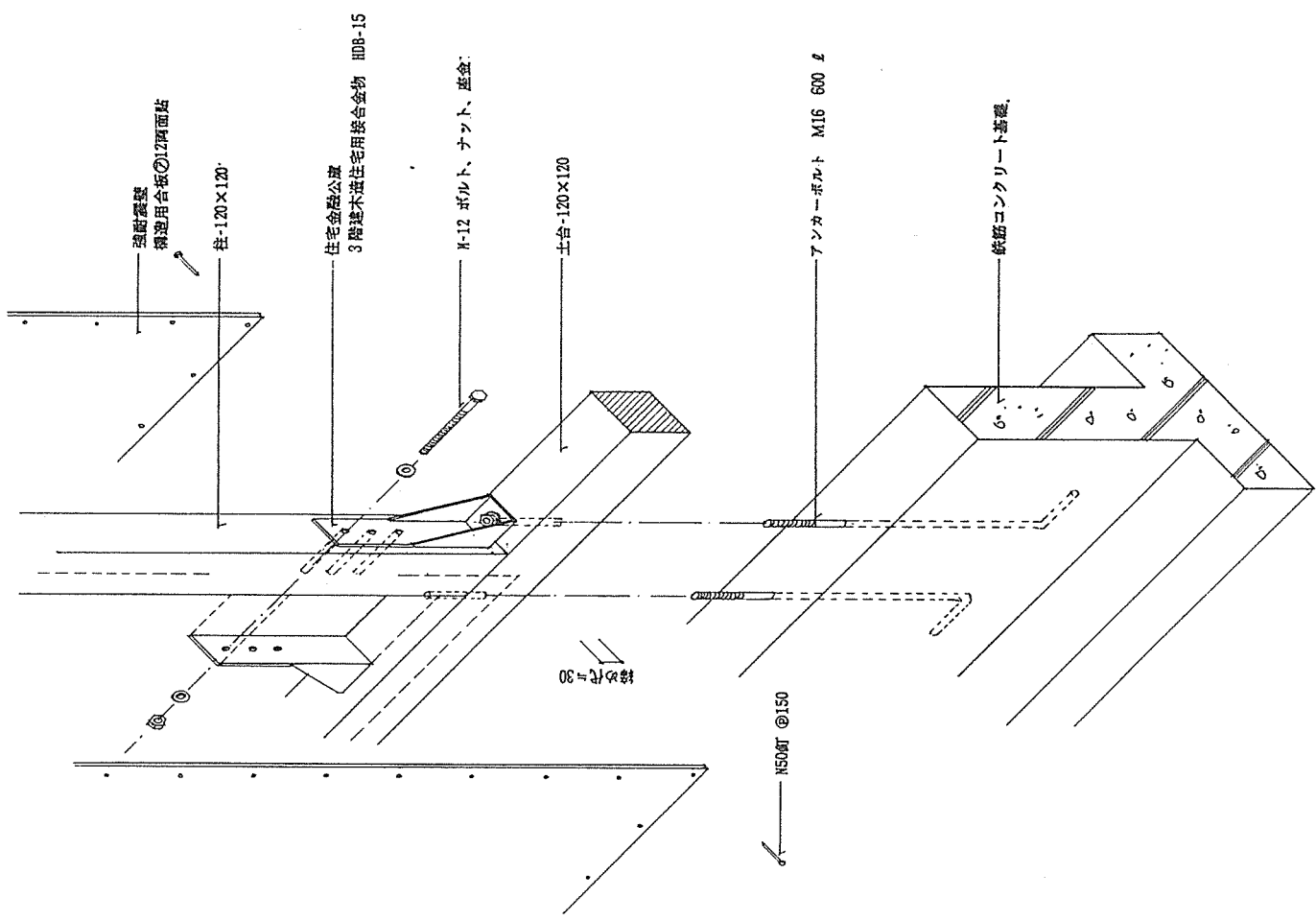
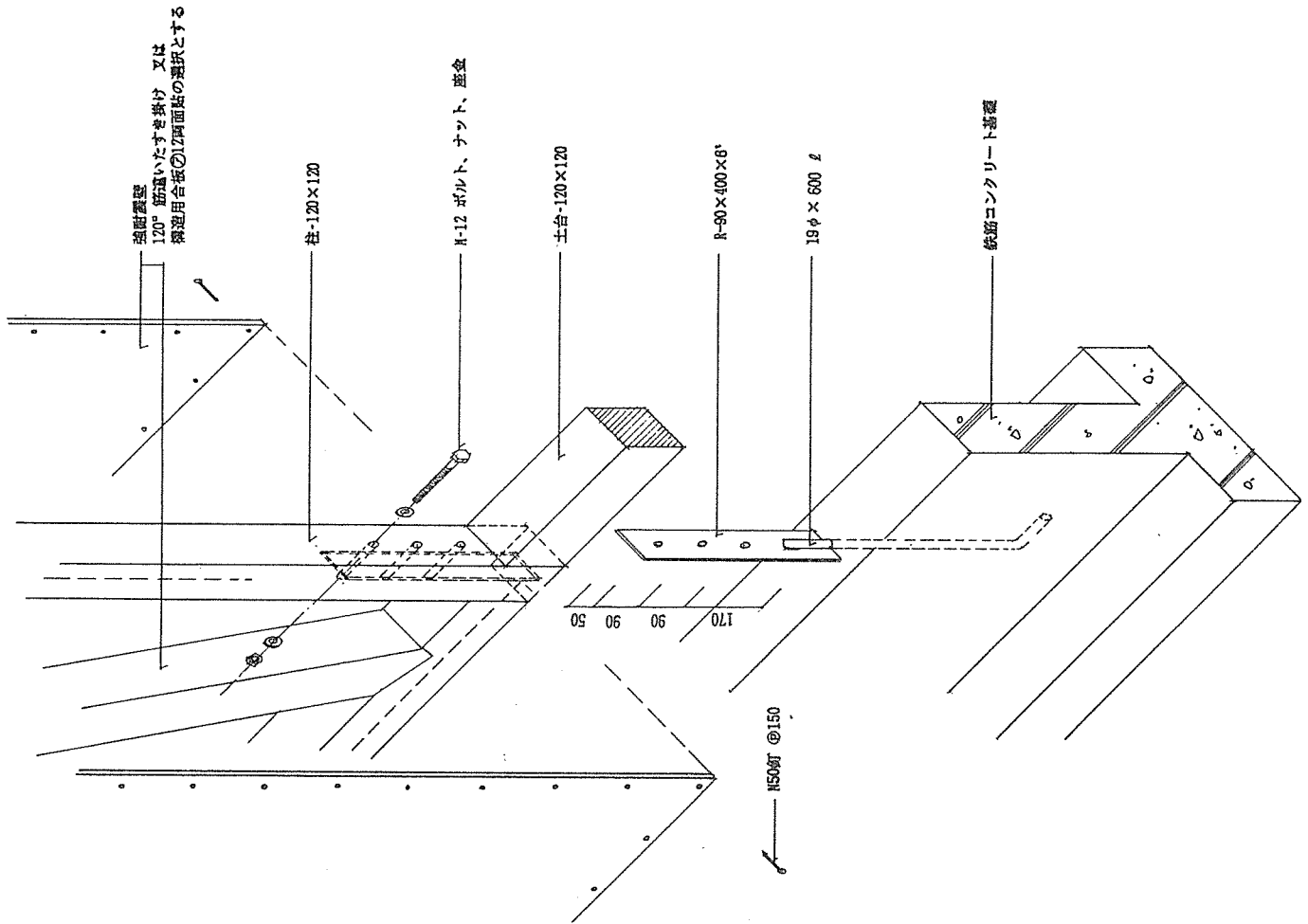
L 69

屋根パネル-C

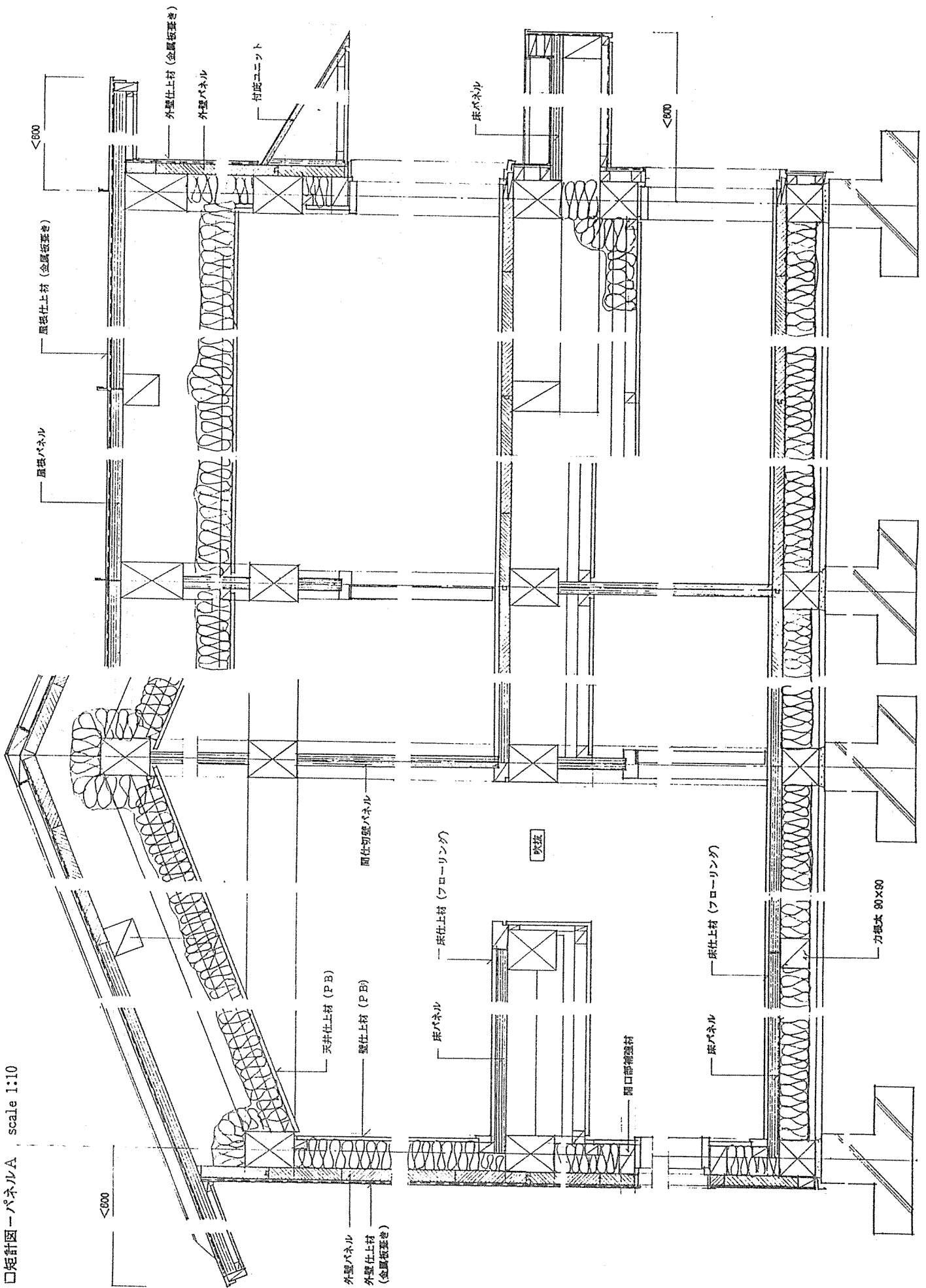




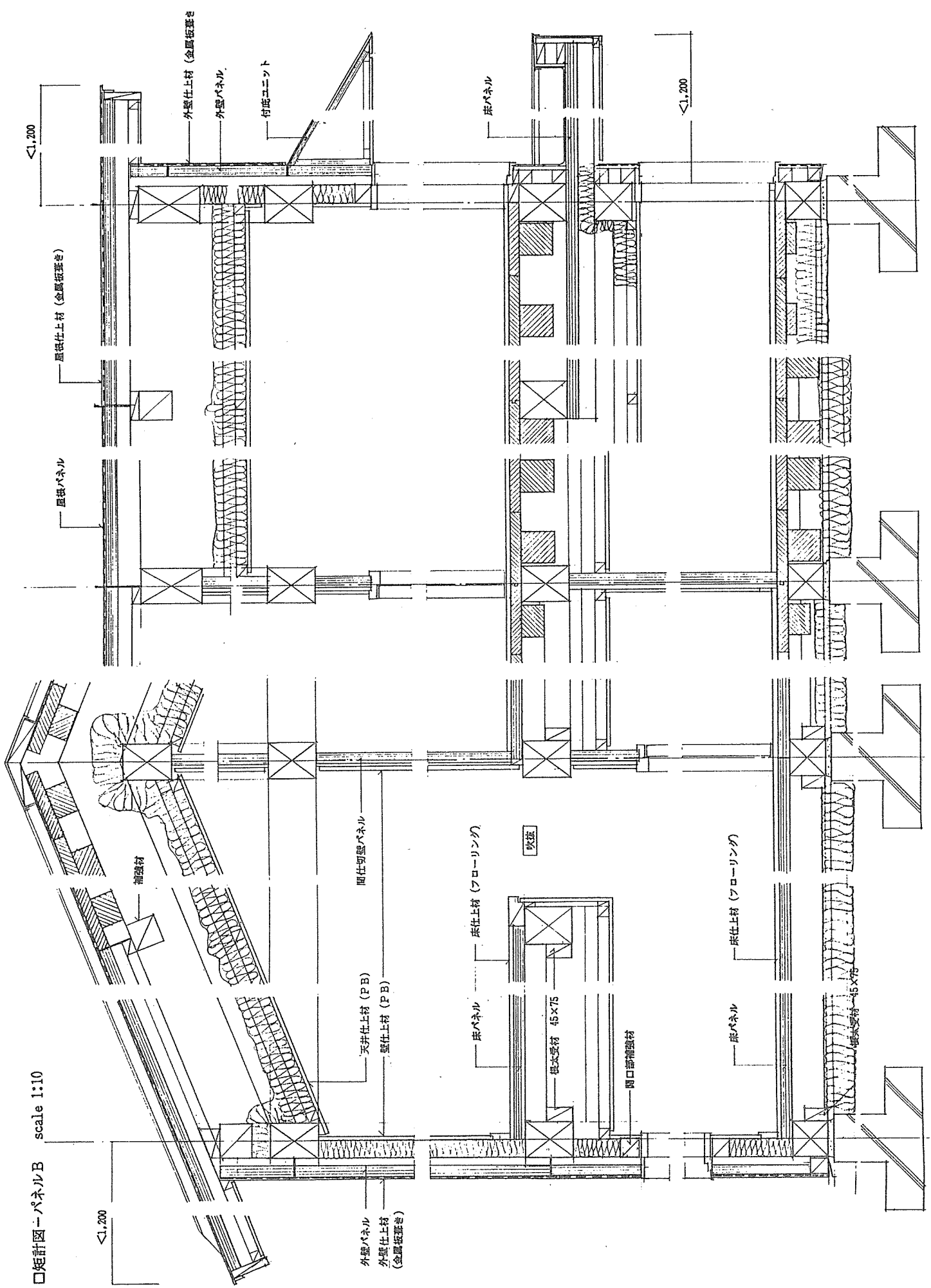
□強耐震壁用土台一基礎、引き抜き防止金物詳細図 scale 1:10



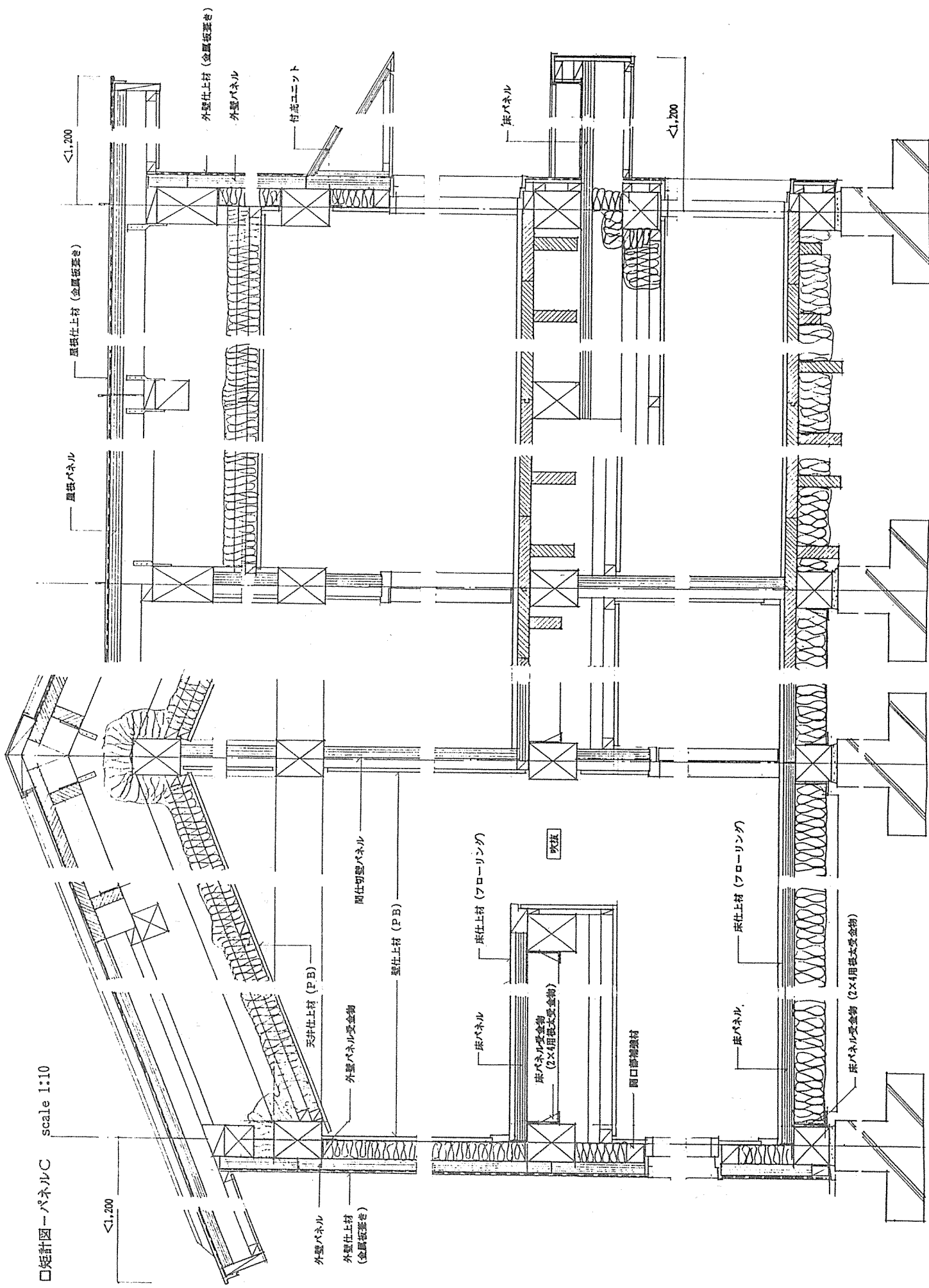
口矩計図ーパネルA, scale 1:10

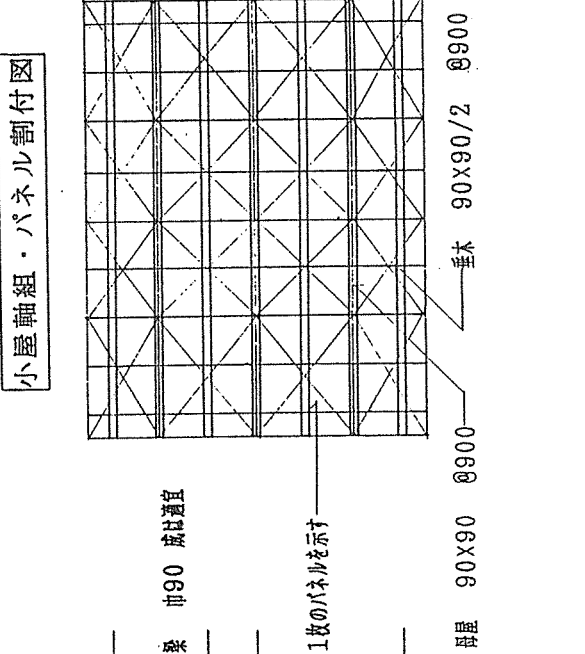
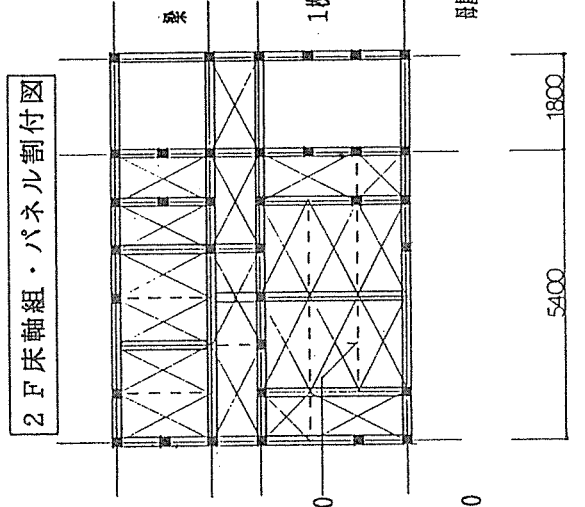
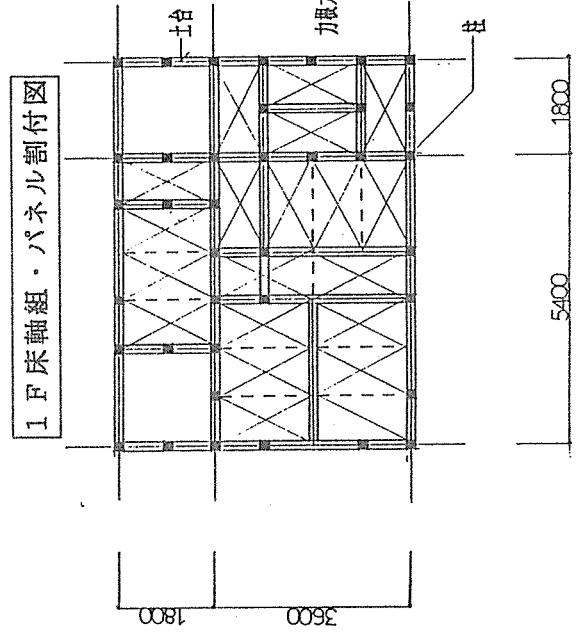
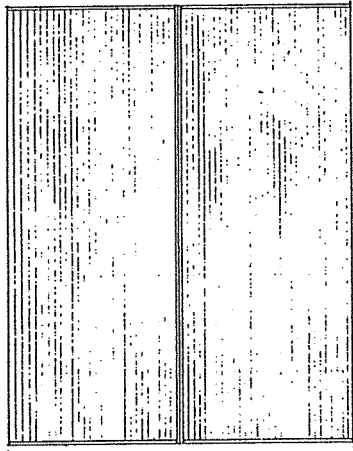
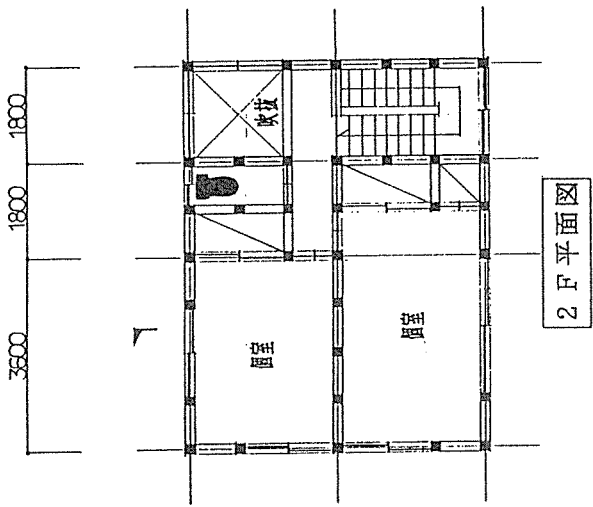
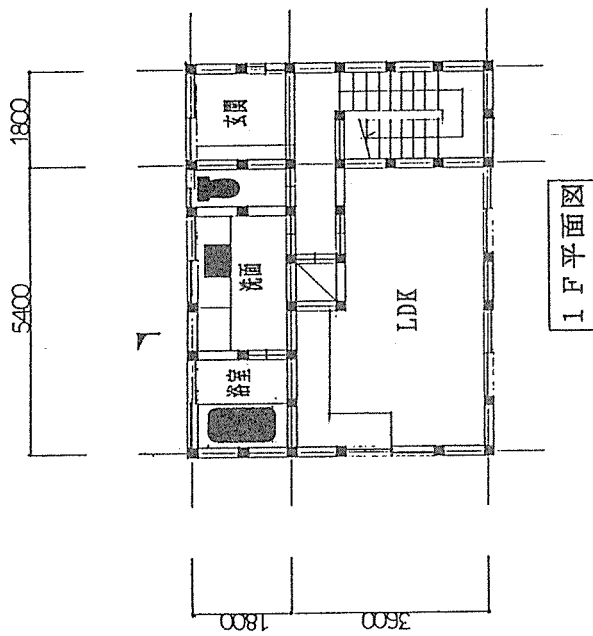


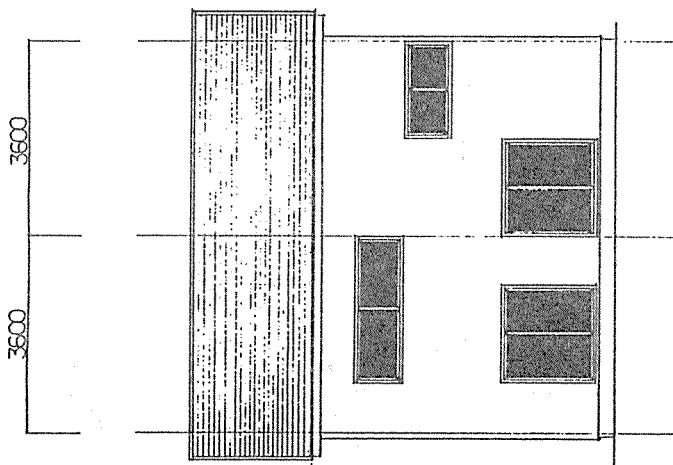
□ 矩計図ーパネルB scale 1:10



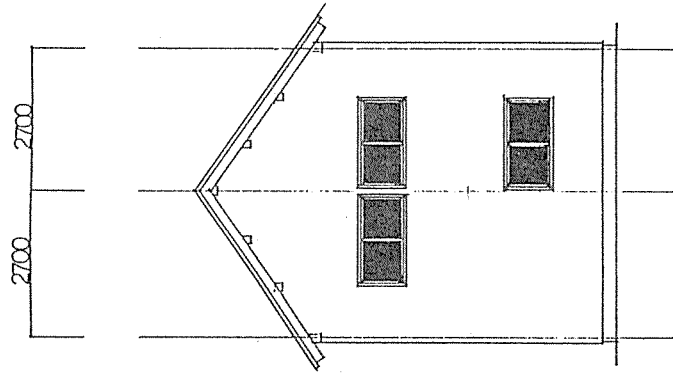
□短計図一パネルC scale 1:10



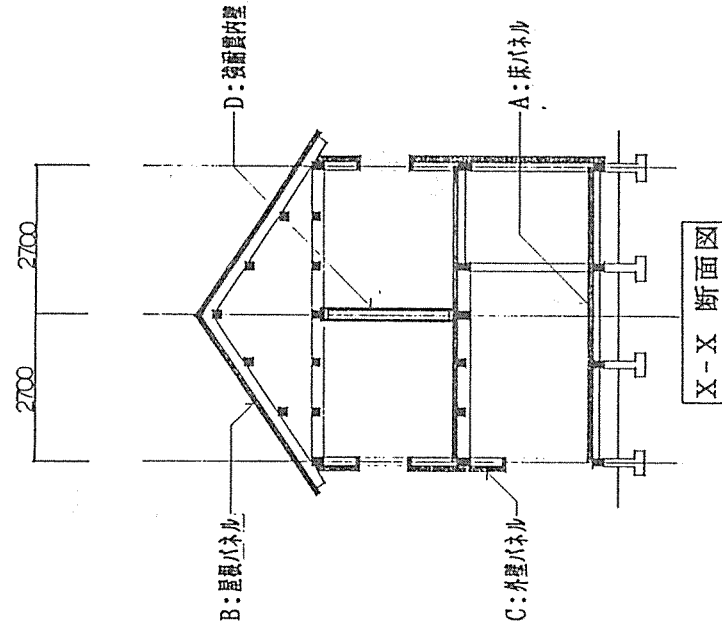




桁側立面図

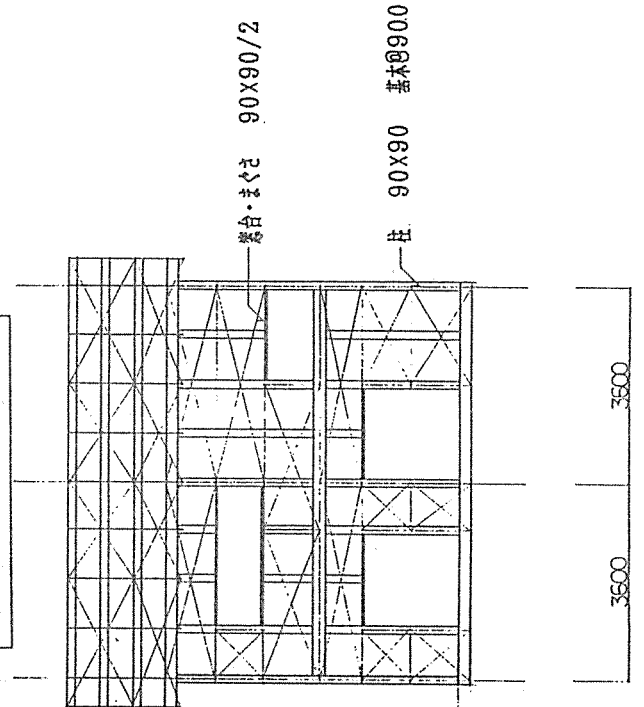


妻側立面図

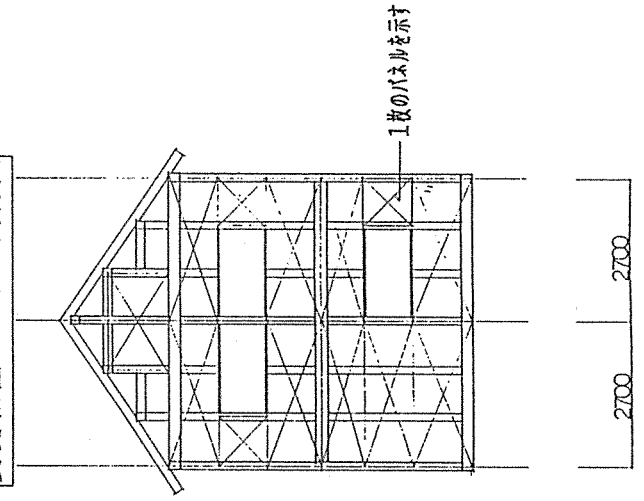


X-X 断面図

桁側軸組・パネル割付図



妻側軸組・パネル割付図

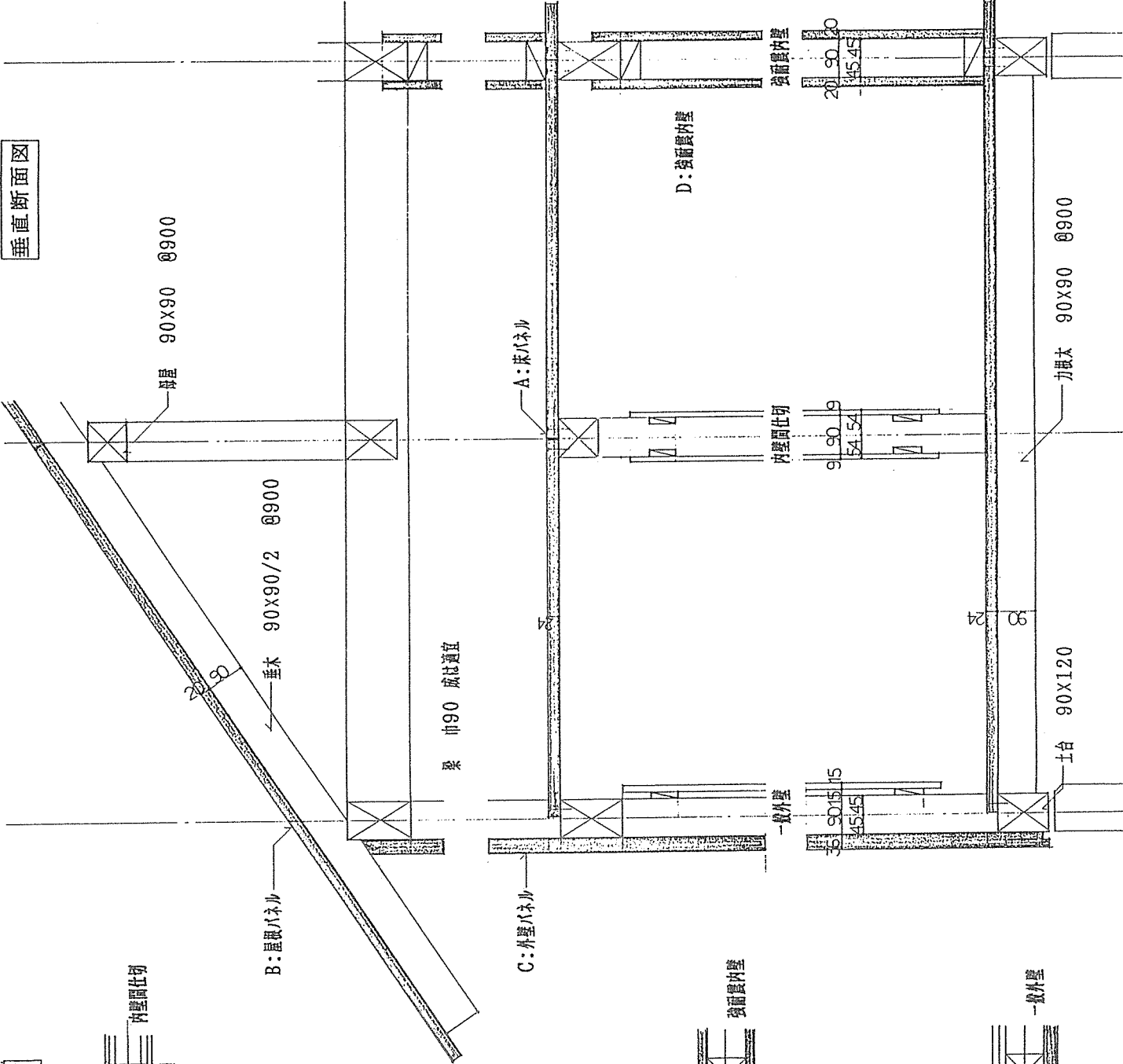


## パネル形状

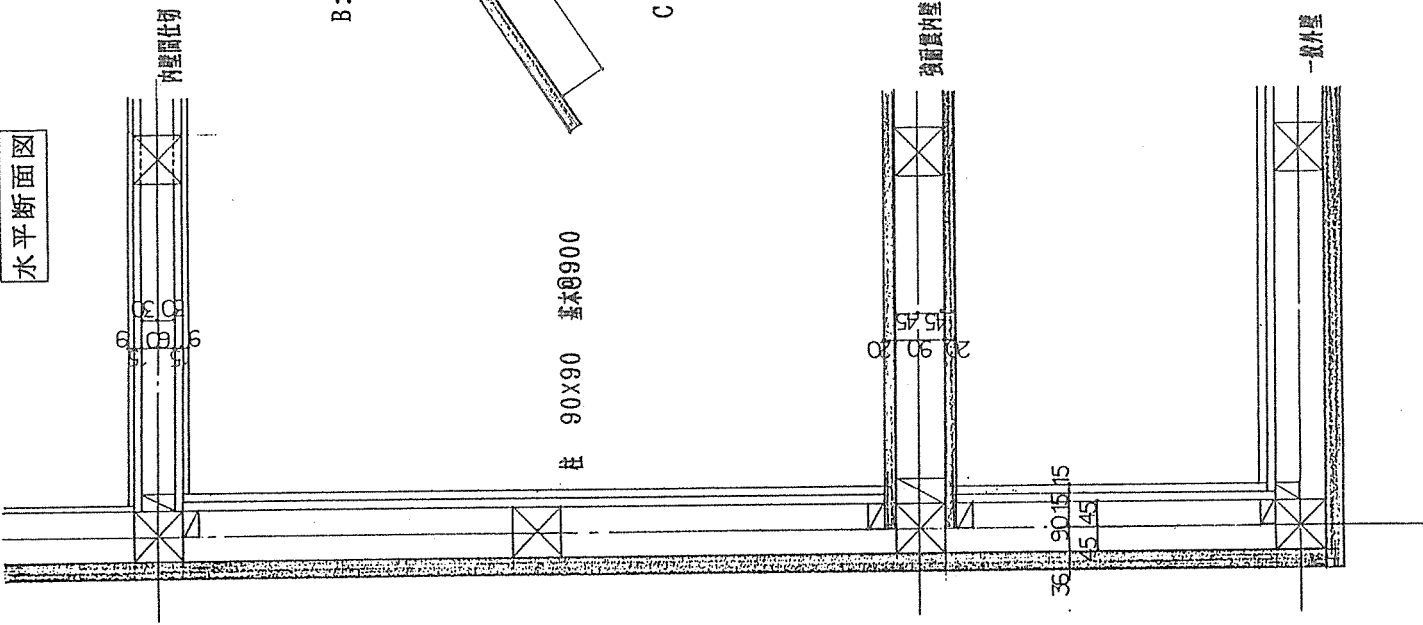
	W×H	D
A 床パネル	1800X900	24

	W×H	D
B 屋根パネル	FREE	20
C 外壁パネル	FREE	36
D 強耐震内壁	FREE	20-30

垂直断面図



水平断面図



## IV. 壁構法の実験計画と実験結果

### 1. 研究目的

中目材から得られる木材を用いる構法として、本委員会では、昨年度、軸組＋パネルという構法を作業仮説として提案した。そして、この新しい架構法のための最初のアプローチとして、パネル化した筋違い等の耐力壁に関する基礎的な強度性状、水平変形による挙動を把握する実験を行った。その結果、従来の現場施工の筋違いによる耐力壁とほぼ同等の強度が期待できることが分かった。今年度は、昨年度の実験で不足するデータの補充、新しく提案された構法の挙動の把握、及び軸組＋パネルの架構を解析するために必要な各要素単位の水平変形時の挙動を把握することを目的としている。

### 2 試験体

試験体は大きく5つのタイプに分かれている。それらを以下に箇条書きに示す。

#### ① パネルと軸組の隙間の影響を見るための試験体 (A1-F3-C2W, A2-F3-C2W)

耐力壁パネルを工場生産し、これを既に建ち上げられた軸組の中にセットする事を想定すると、パネルはある程度小さく作っておかないと建て込むことができない。昨年度の実験では、とりあえず、この隙間はないものとして進めたが、この構法を実現させるためには検討しておかなければならない項目の一つである。パネル上部と軸組横架材の間に10mmの隙間を作り、これを硬木でパッキングして取り付けることとした。この試験体の強度が昨年度実施した隙間のない試験体と、同等と見なせるかどうかを検討する。

#### ② パネルが上層階に取り付けられた場合を想定した試験体

(1F-2P-A1, 1F-2P-A2, 1F-1P-A1, 1F-1P-A2)

昨年度は、パネルが一階（最下階）にパネルが取り付く場合を想定して試験体を決定した。今回は、2階や3階などの上層階にパネルが取り付くことを考えて、パネル下の横架材も胴差しのようにせいが大きく、また、基礎でなく両端を柱で支えている様な状態で加力し、その挙動を調べる。

#### ③ パネル単体の試験体 (P-2P-A1, P-2P-A2, P-1P-A1, P-1P-A2)

今回の「軸組＋パネル」という構法を解析するにあたって、パネルの変形と軸組の変形が組み合わさって全体の変形形状及び強度性状が定まっていると考えた。そこで、パネル単体の荷重と水平変形の関係把握するために、タイロッドつきのいわゆるASTM方式でパネル単体の実験を実施した。

#### ④ パネルの脚元の引き抜き試験体 (T-2P-A1, T-2P-A2)



同様に、解析に際して、パネルの脚元が引き抜かれる現象を考慮するためには、引き抜きの荷重－変形曲線を求め、それをモデル化する必要がある。その強度性状を把握するための試験体である。

⑤ブロックパネル試験体（BP-1, BP-2, W-CW-1, W-CW-2）

これは、今年度の委員会の中で新しく提案されたものである。36×150mmに製材された中目材を接着して、36×450mm程度のパネル（ここではブロックパネルと呼ぶ）を製作する。これを、軸組の中に万年塀のように落とし込んでいく構法、及び軸組の外側に釘打ちする（木製カーテンウォールと呼ぶ）構法が考えられた。これらの水平変形時の挙動を調べる。

それぞれの試験体で、パネルの脚元に金物を用いるものについては、昨年度と同様に、パネルの側面から横架材側面まで打ちつけるもの（A1タイプ）と、金物はパネルをくるむように打ちつけ、パネルの上下枠材を軸組横架材に釘打ちするもの（A2タイプ）の2つのバリエーションがある。

以上、1条件につき1体で、合計16体である。一覧を図2.1に示す。

木材は、今回の実験では、比較的個体差の小さいものとしてベイツガを基本としたが、桁、胴差しのせいが270mmのものはベイマツを用いた。以下に共通部分の仕様を示す。なお、この仕様は基本的に昨年度と同様である。

柱	105×105	ベイツガ1等	桁、土台に長柄差シ、 T型金物打ち（一部は込み栓）
桁	105×105	ベイツガ1等	
〃	105×270	ベイマツ1等	
土台	105×105	ベイツガ1等	
筋違い			103×105/3 ベイツガ
横枠、縦枠、間柱			103×40 ベイツガ

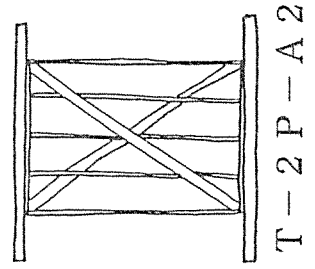
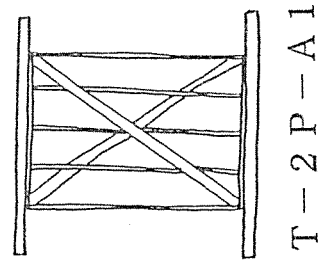
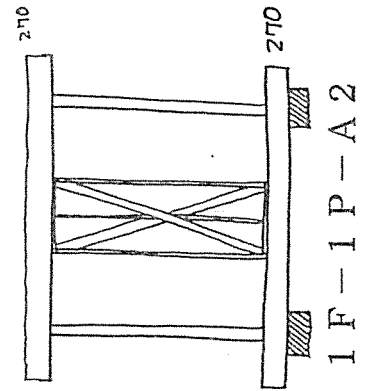
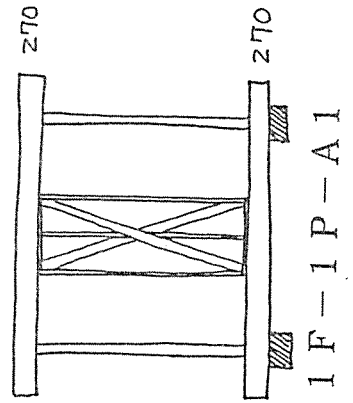
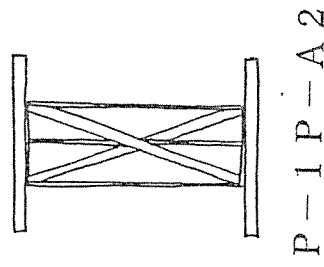
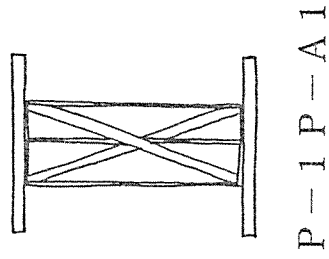
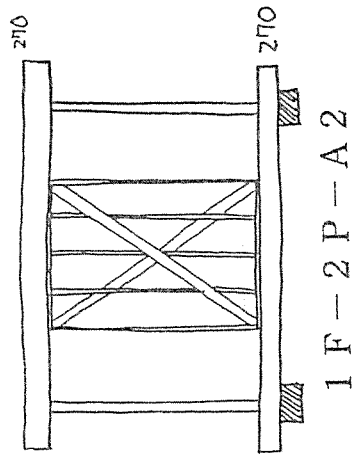
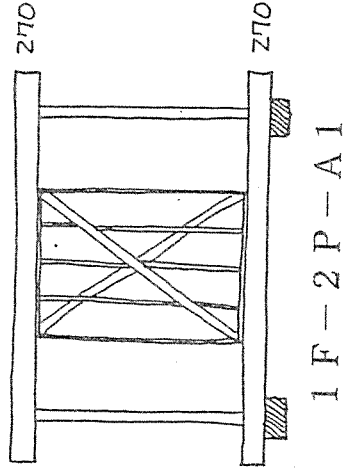
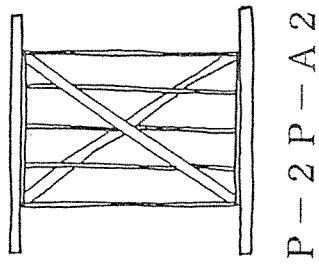
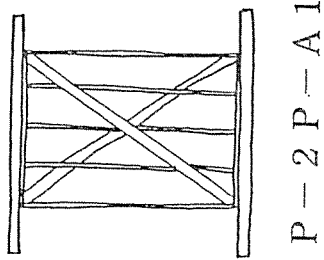
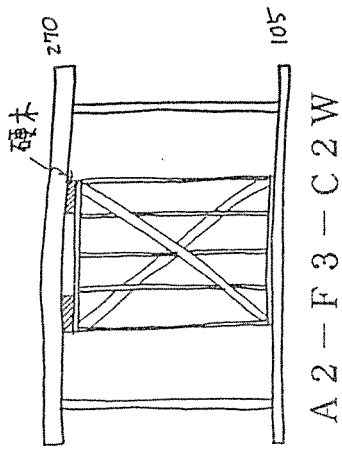
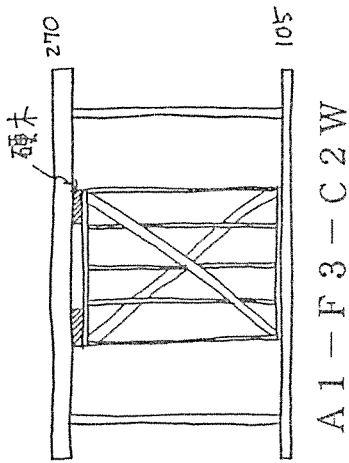
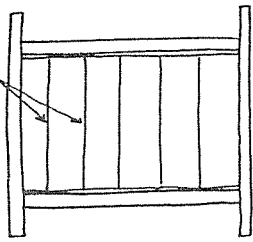


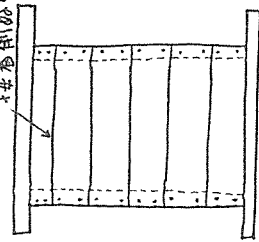
図2. 1a) 試験体の一覽 (その1)

接巻剤ぬり

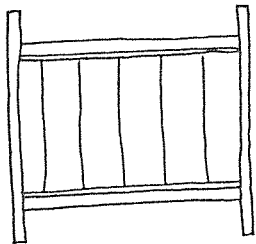


BP-2

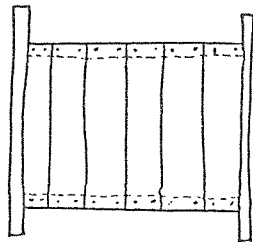
接巻剤ぬり



W-CW-2



BP-1



W-CW-1

### 3 実験方法

実験装置を図 3.1 に示す。図のように、加力フレームの中に試験体を設置し、試験体上部に取りつけたオイルジャッキにより、強制的に水平変位を加えるものである。③シリーズのパネル単体の試験では、更に四隅がピン接合されている中フレームに試験体をセットして、パネルの浮き上がりを拘束しながらせん断変形を加えた。

加力は、図3.2に示すように最初のサイクルを1/500rad.までとし、以後、各サイクルの最大変位を $\sqrt{2}$ 倍ずつ大きくしていく交番加力で、最終的には1/30rad.までを原則とした。なお、④シリーズのパネルの脚もとの引張試験は、図3.2 bのように、引きだけの片方向繰り返し加力である。

荷重は、ジャッキと試験体の間に取りつけたロードセルにより、また変位は、不動点あるいは試験体自身に取りつけた電気式の変位計によった。

また、実際の建物の固定荷重及び、積載荷重を考慮して、図3.3に示すように、壁パネル部分の長さ1mあたり200kgの鉛直荷重を鋼製の重りで加えた。

実験は、東京大学工学部総合試験所大型構造物実験棟において、以下のような日程で実施した。

A1-F3-C2W	91.6.17	A2-F3-C2W	91.6.19
1F-2P-A1	91.7.8	1F-2P-A2	91.7.9
1F-1P-A1	91.7.10	1F-1P-A2	91.7.10
P-2P-A1	91.7.4	P-2P-A2	91.7.4
P-1P-A1	91.7.5	P-1P-A2	91.7.3
T-2P-A1	91.6.21	T-2P-A2	91.6.20
BP-1	91.7.1	BP-2	91.6.30
W-CW-1	91.6.27	W-CW-2	91.6.23

試験体、及び変位計等の測定位置、木材含水率の値を図 3.4~3.19に、また、図3.20に試験体の部分詳細を示す。

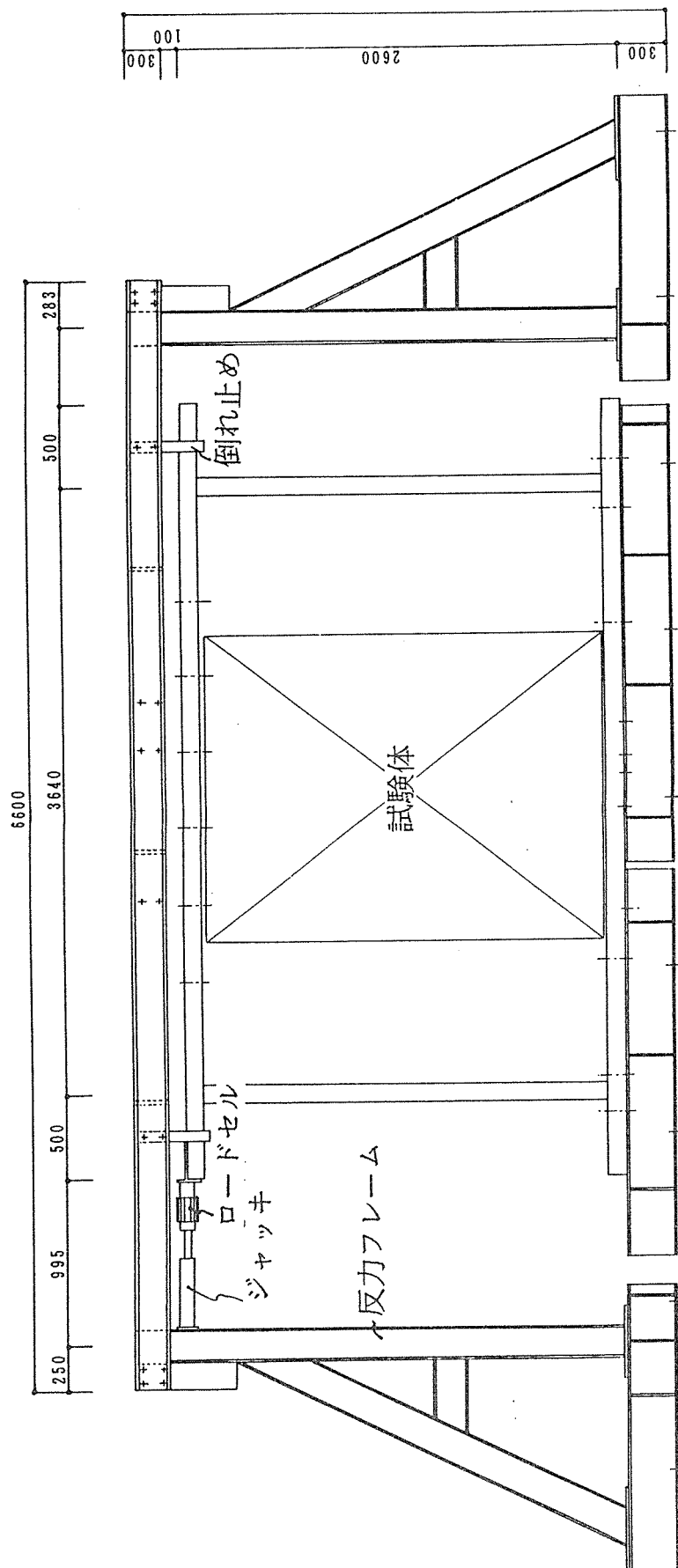


図3. 1 a) 実験装置全景

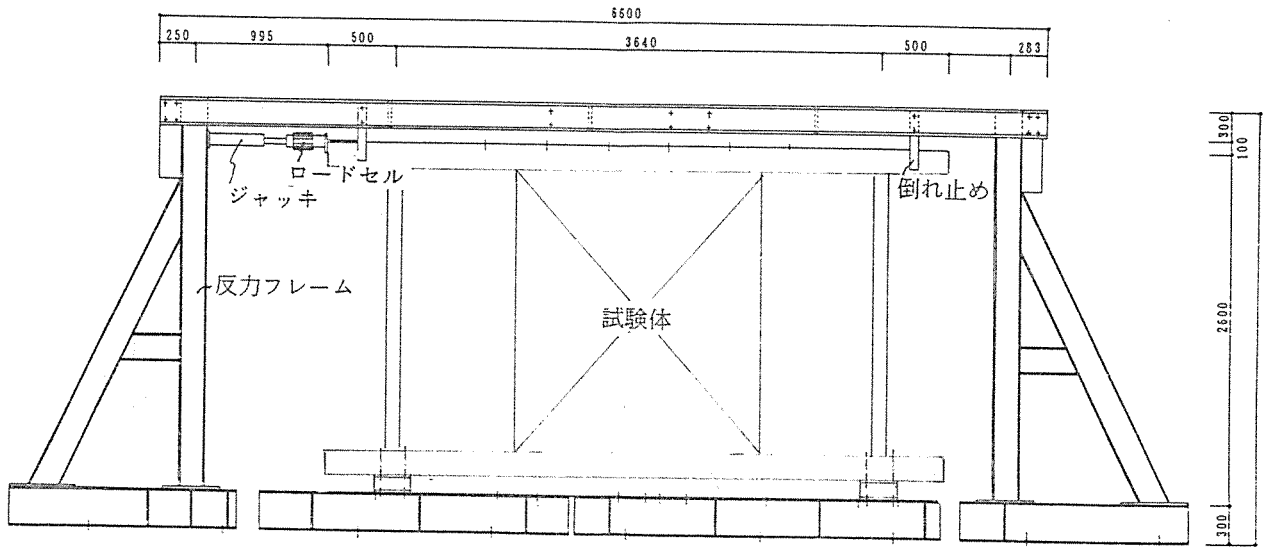


図3.1b) 2階建型試験体の実験装置全景

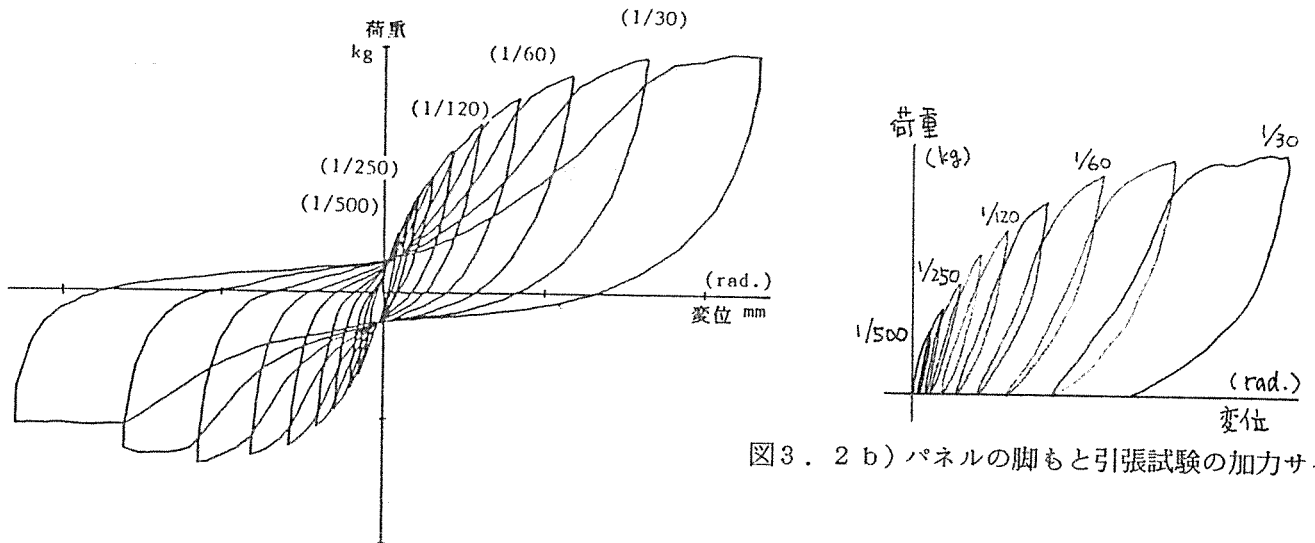


図3.2a) 加力サイクル

図3.2b) パネルの脚もと引張試験の加力サイクル

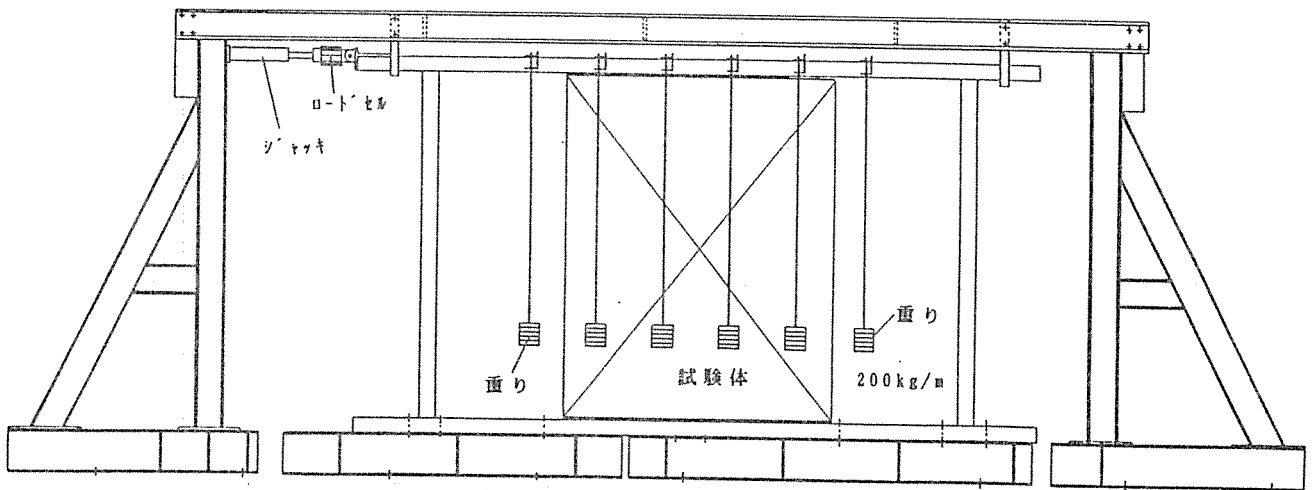


図3.3 重りの配置

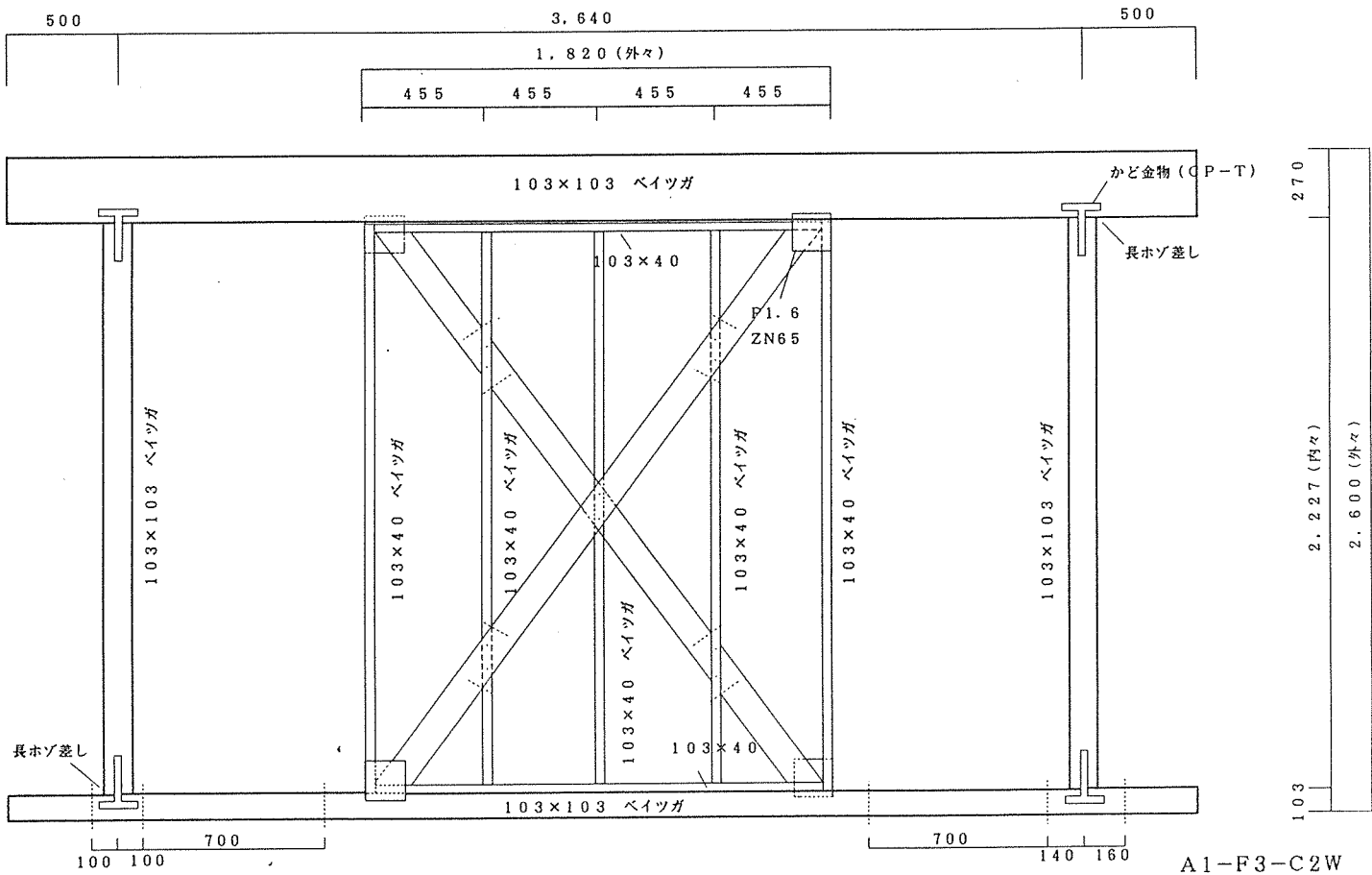


図3.4 a) A1-F3-C2W試験体詳細図

A1-F3-C2W

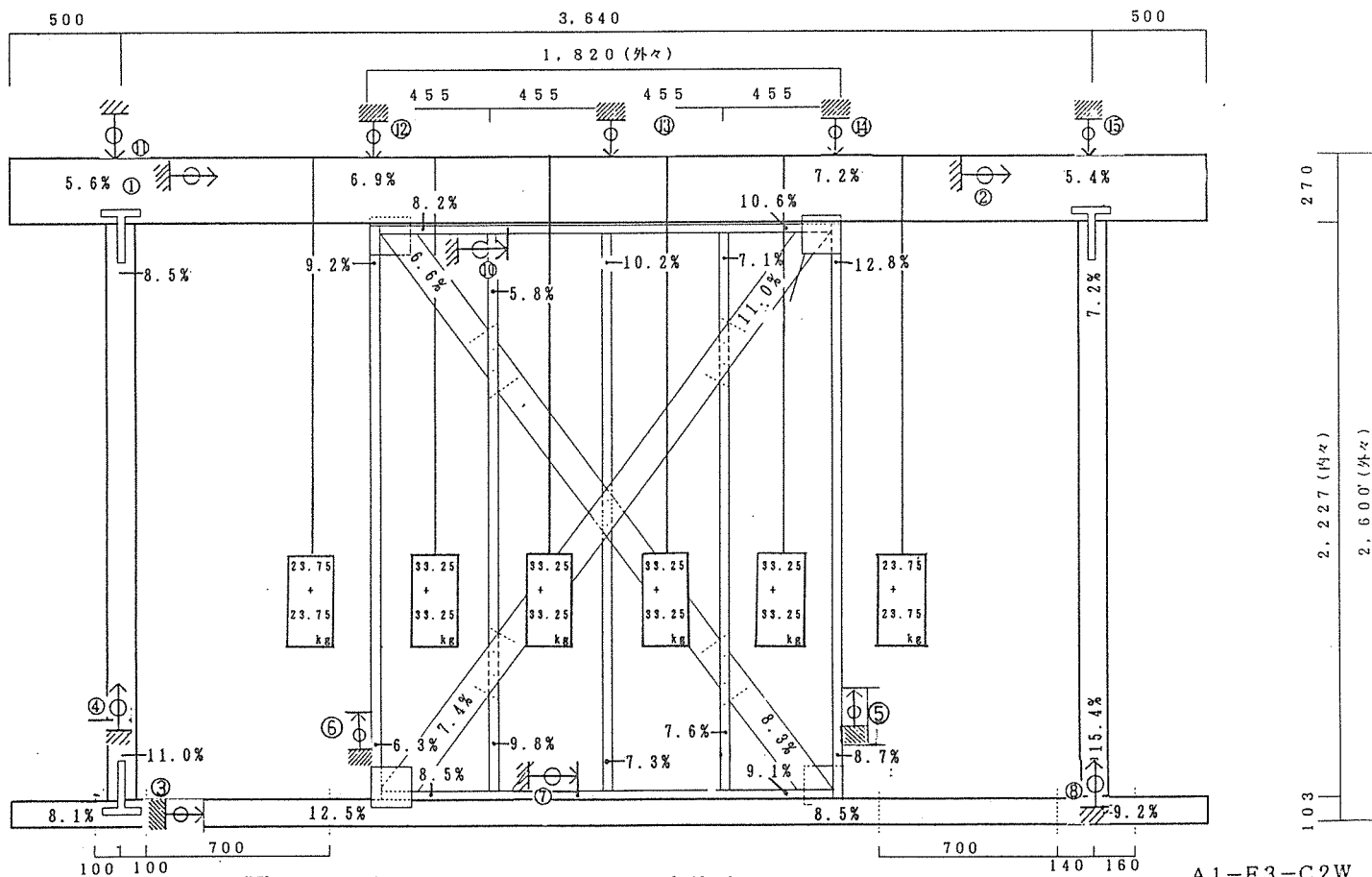


図3.4 b) A1-F3-C2W変位計配置図及び含水率

A1-F3-C2W

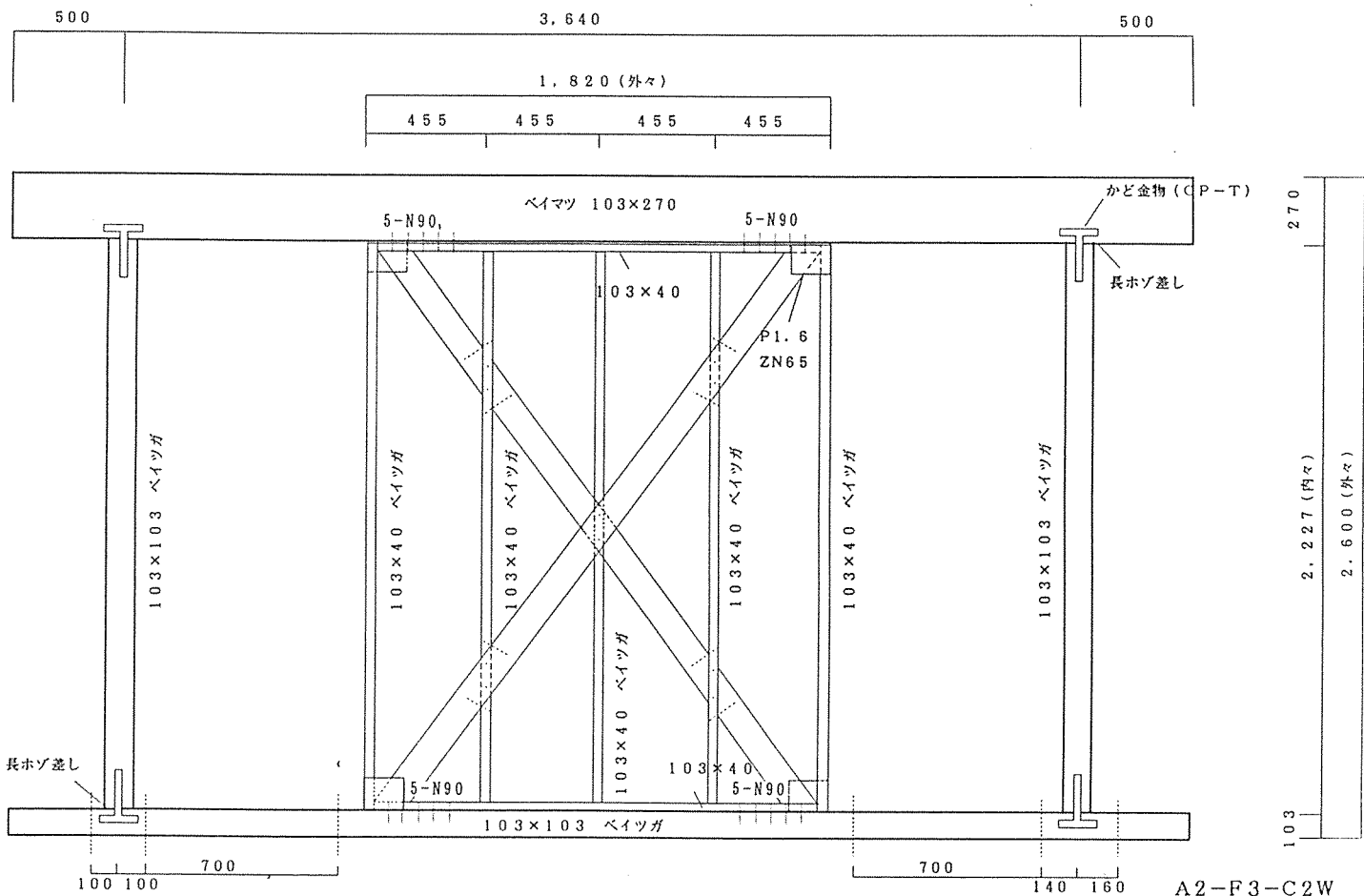


図3.5 a) A2-F3-C2W試験体詳細図

A2-F3-C2W

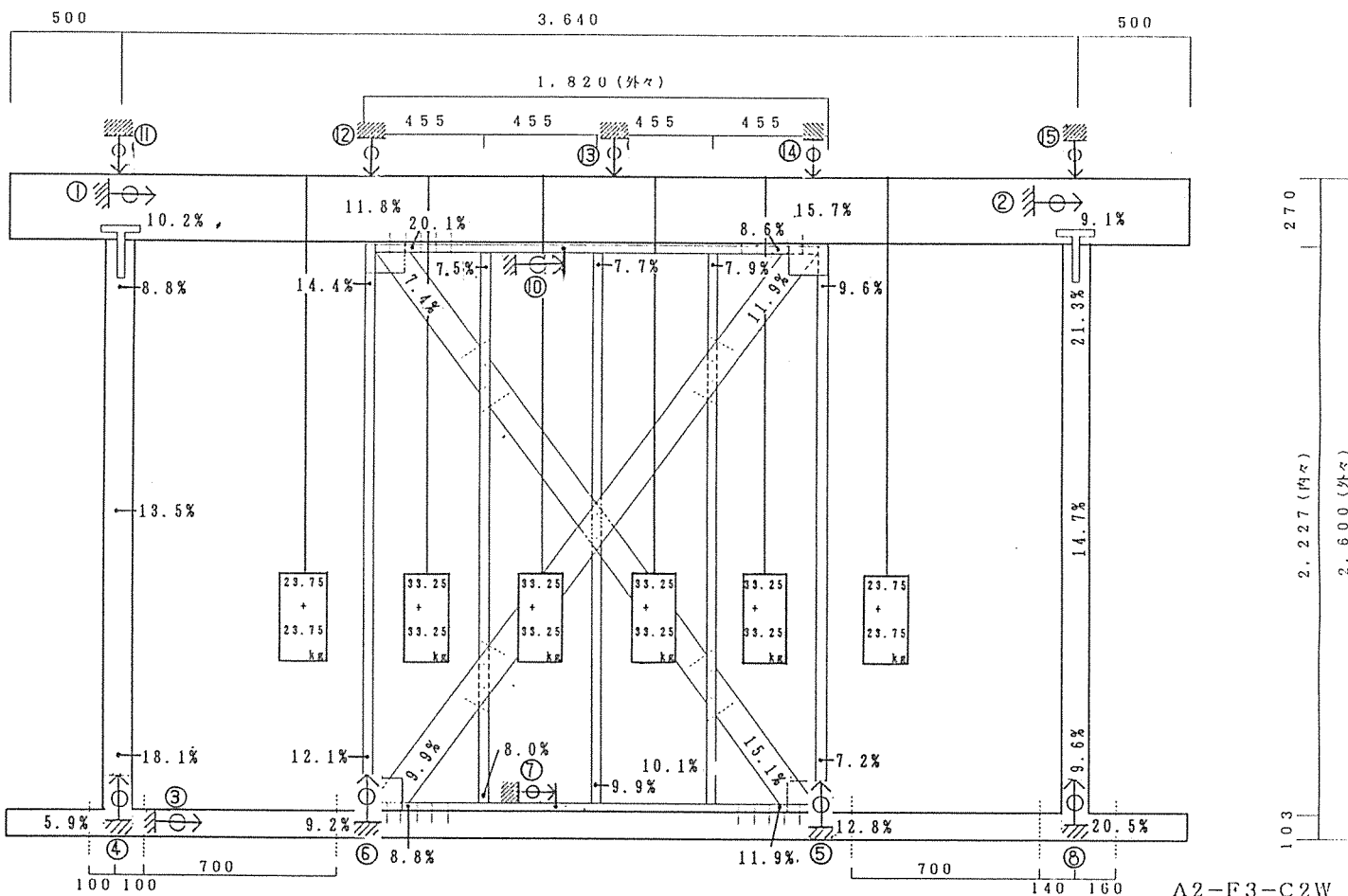


図3.5 b) A2-F3-C2W変位計配置図及び含水率

A2-F3-C2W



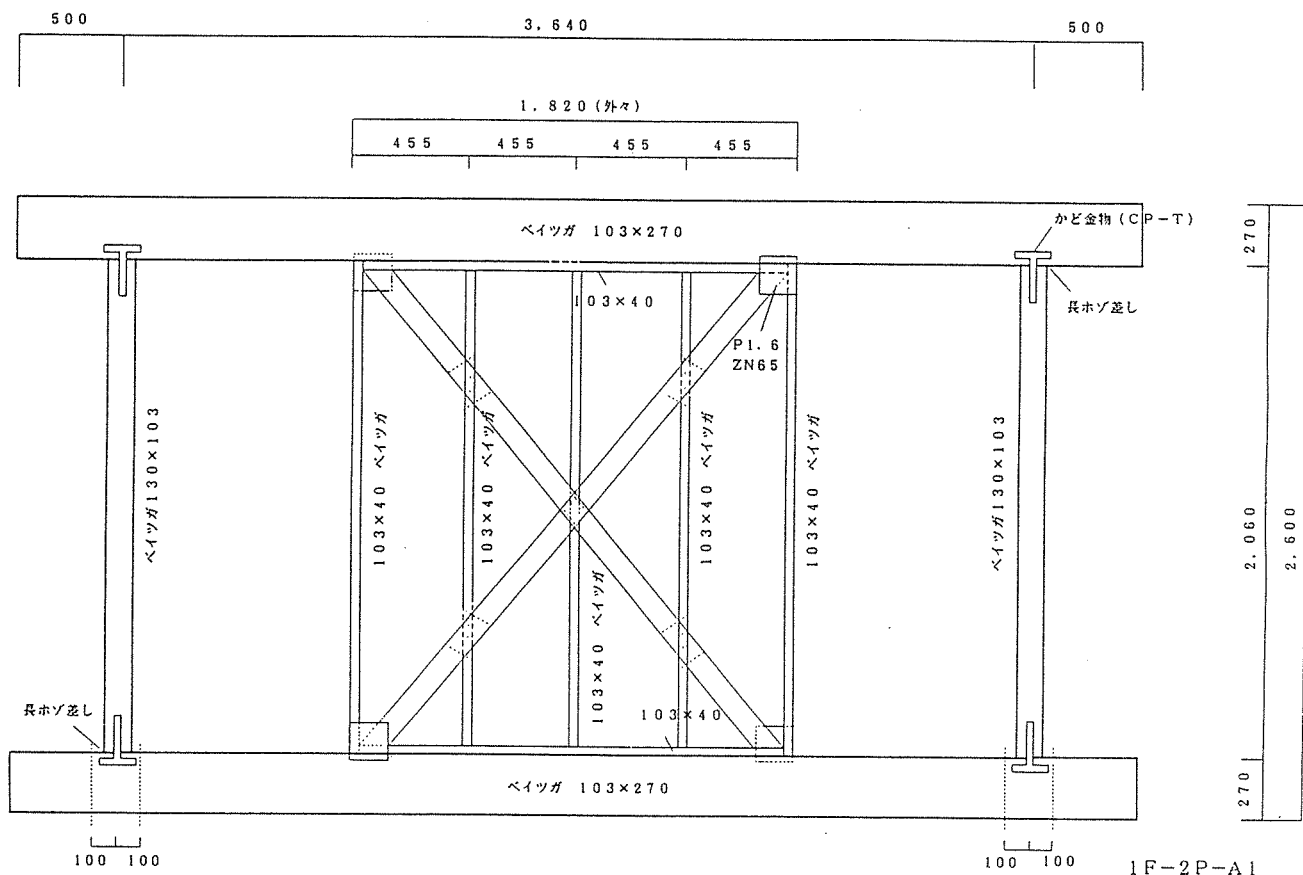


図3.6 a) 1F-2P-A1 試験体詳細図

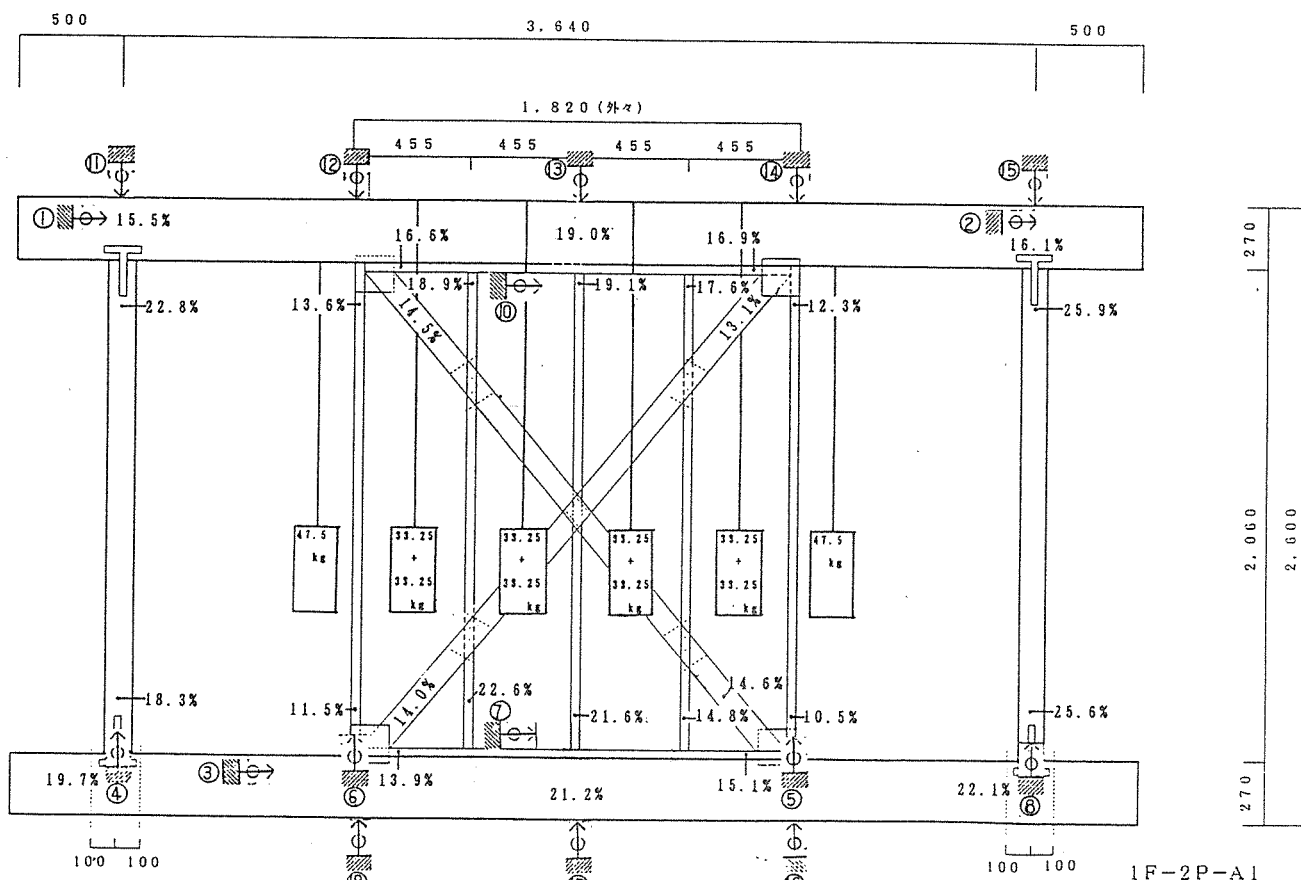


図3.6 b) 1F-2P-A1 変位計配置図及び含水率

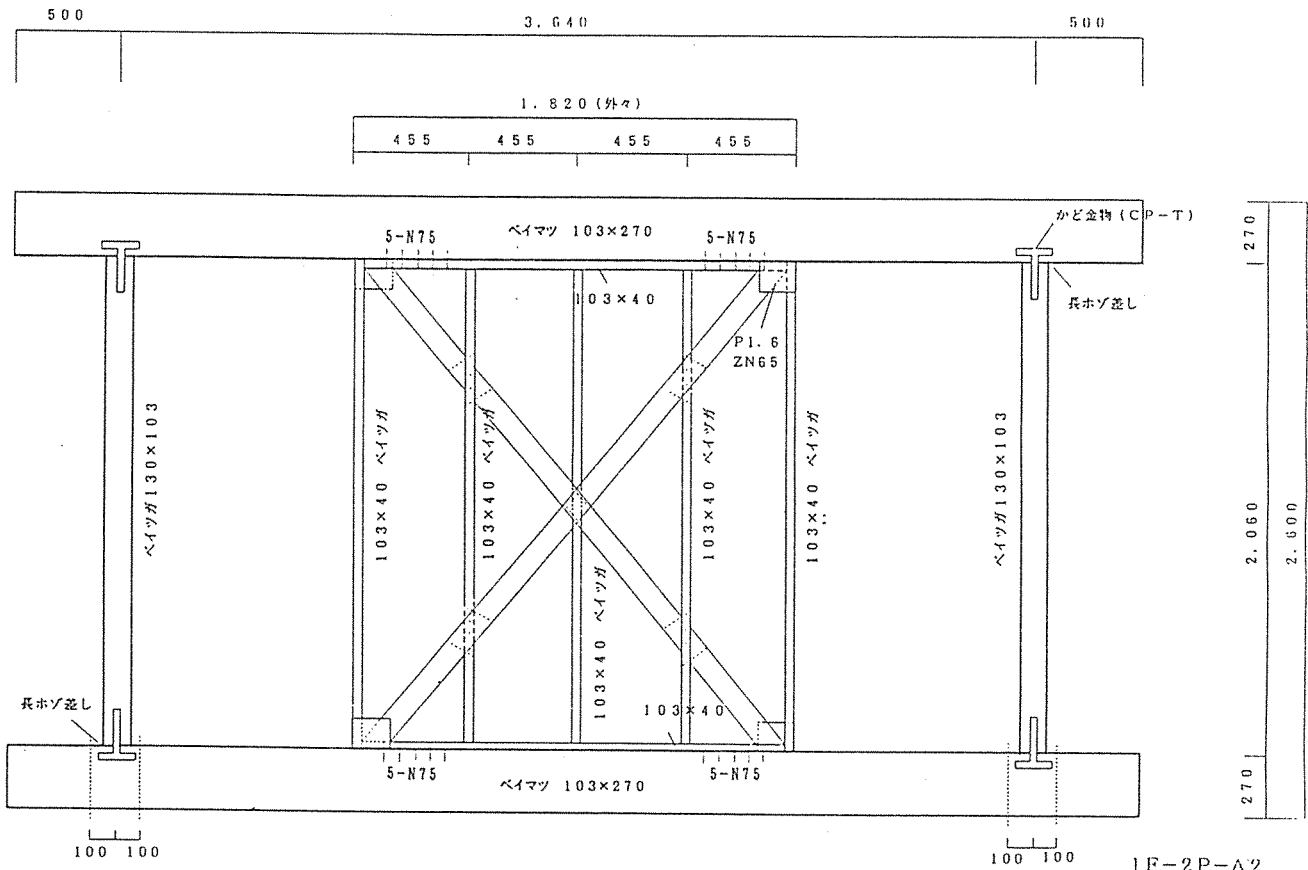


図3.7 a) 1F-2P-A2 試験体詳細図

1F-2P-A2

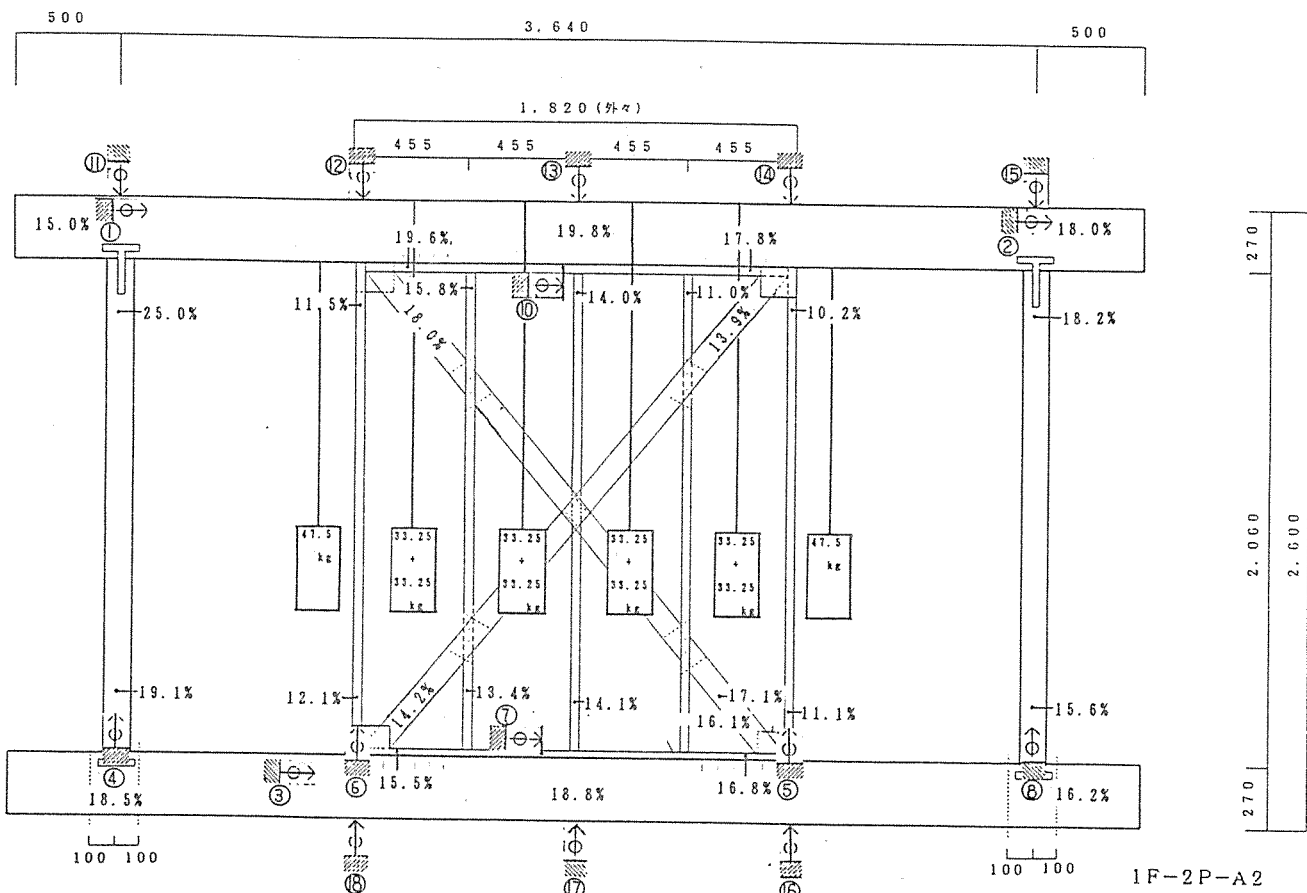
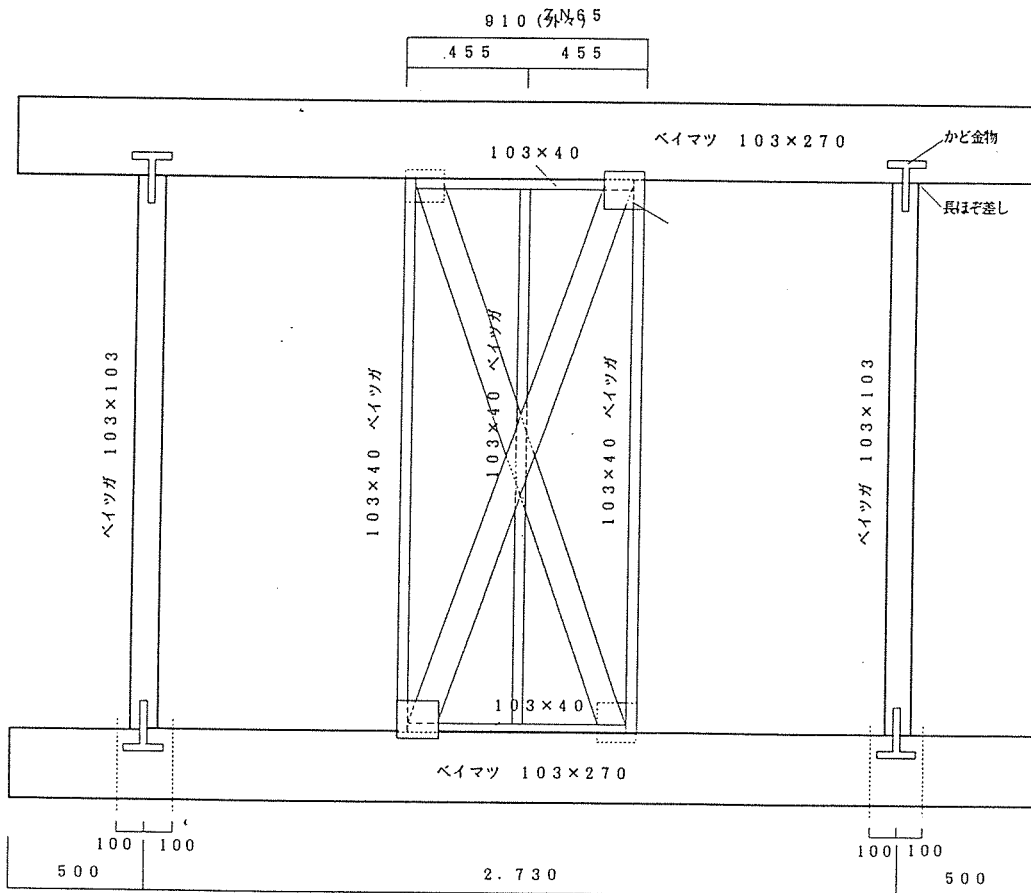


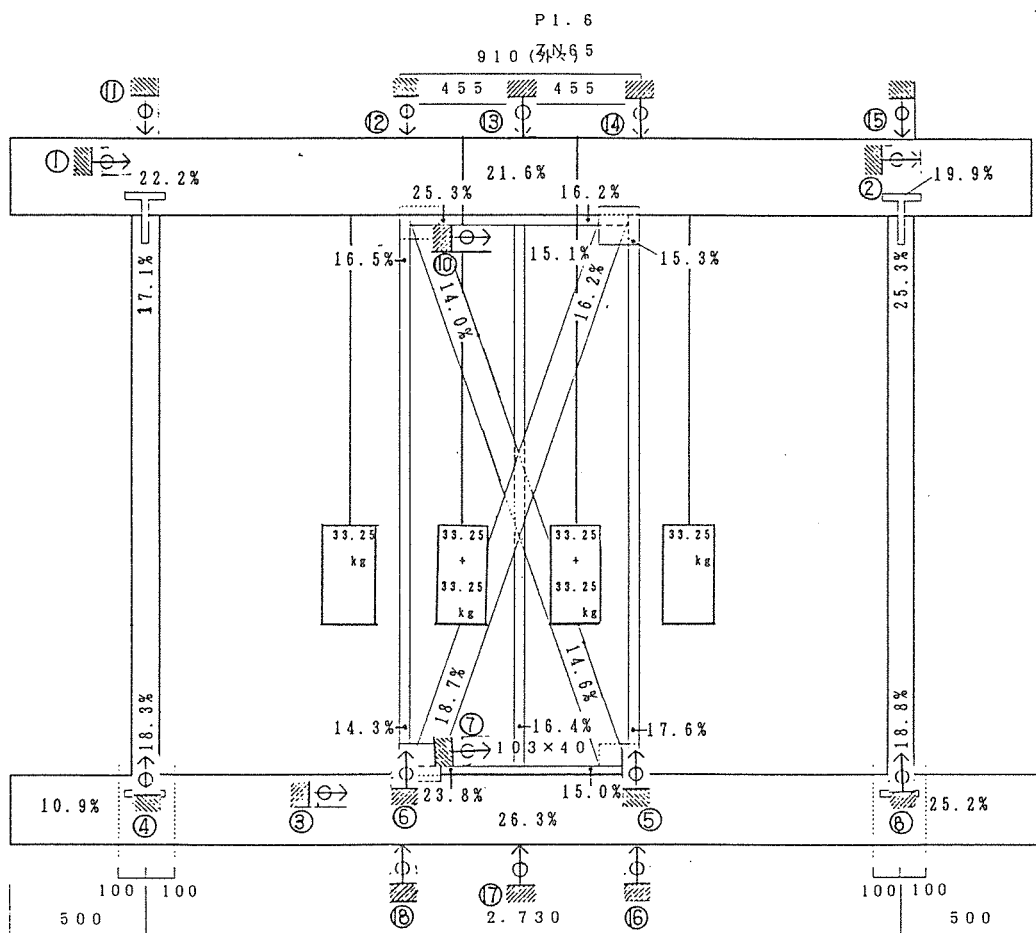
図3.7 b) 1F-2P-A2 変位計配置図及び含水率

1F-2P-A2



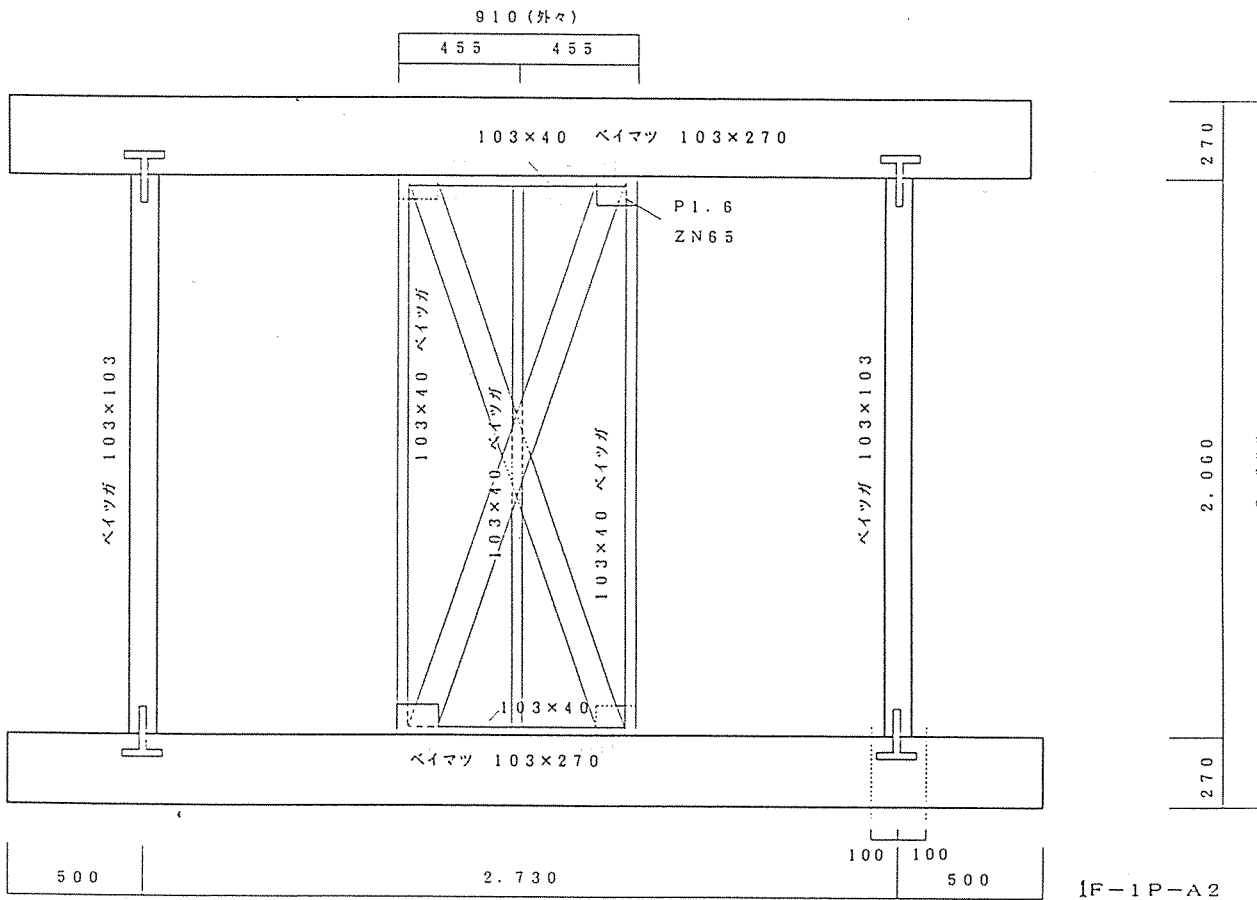
1F-1P-A1

図3.8a) 1F-1P-A1 試験体詳細図



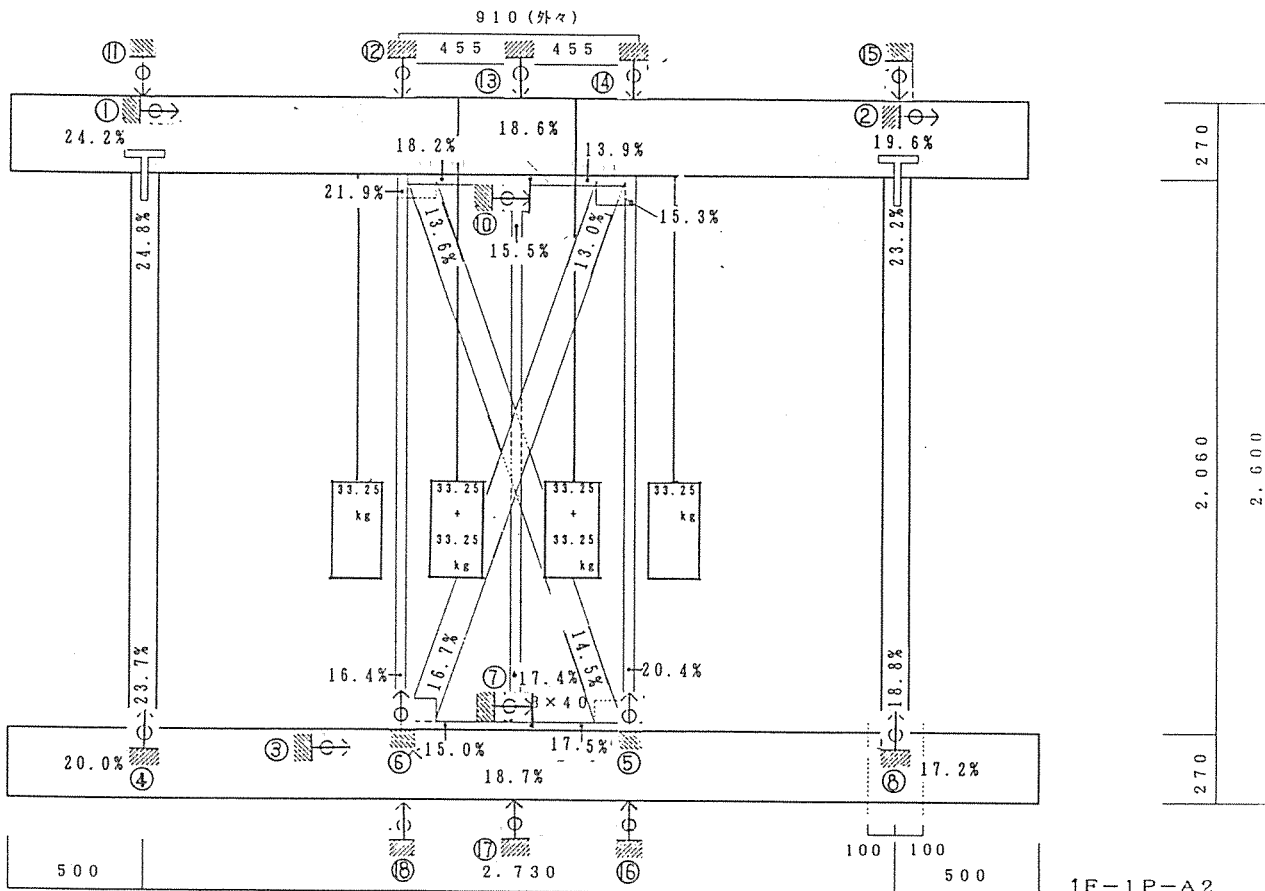
1F-1P-A

図3.8b) 1F-1P-A1 変位計配置図及び含水率



1F-1P-A2

図3.9 a) 1F-1P-A2 試験体詳細図



1F-1P-A2

図3.9 b) 1F-1P-A2 変位計配置図及び含水率

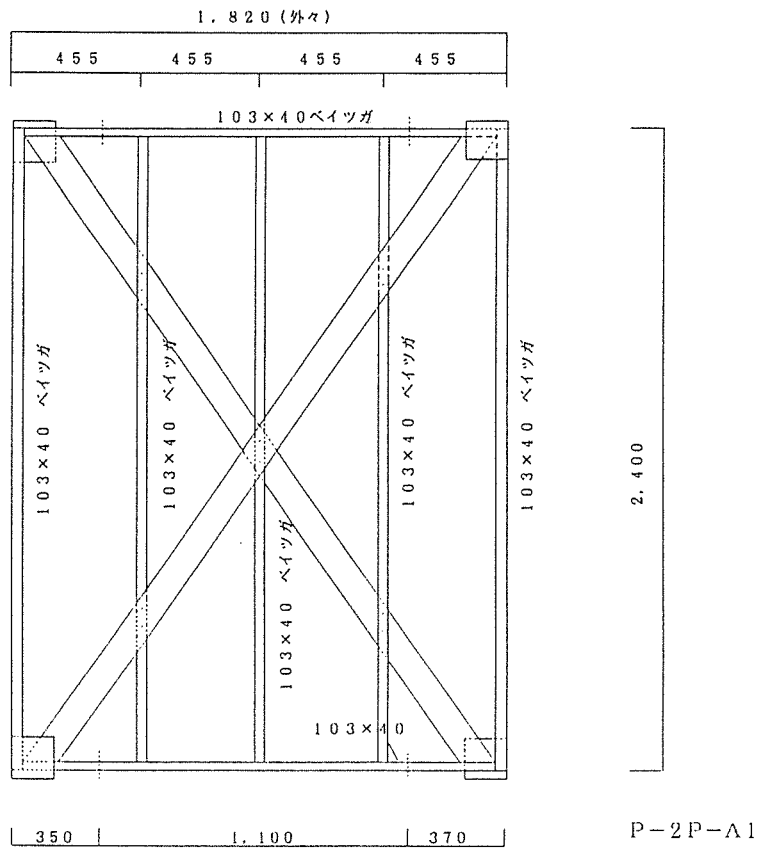


図3.10 a) P-2P-A1 試験体詳細図

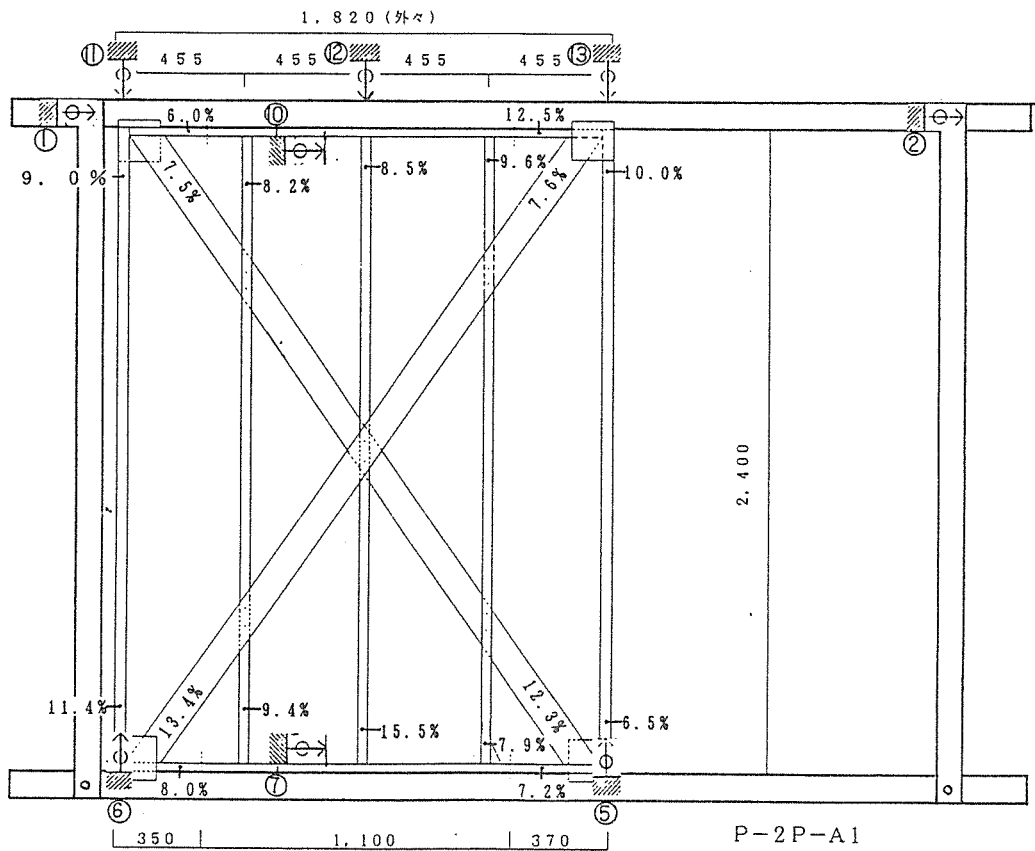


図3.10 b) P-2P-A1 変位計配置図及び含水率

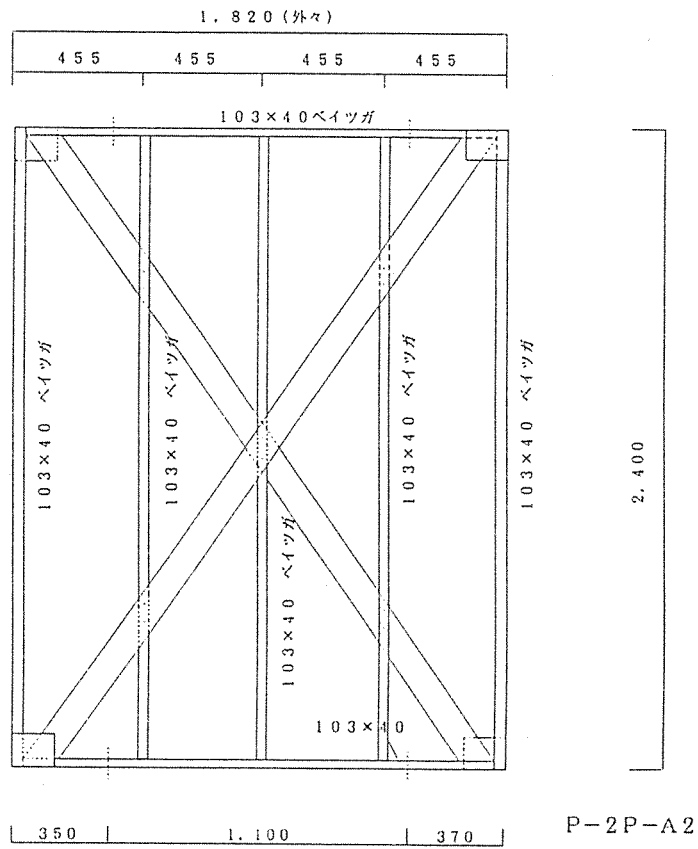


図3.11 a) P-2P-A2 試験体詳細図

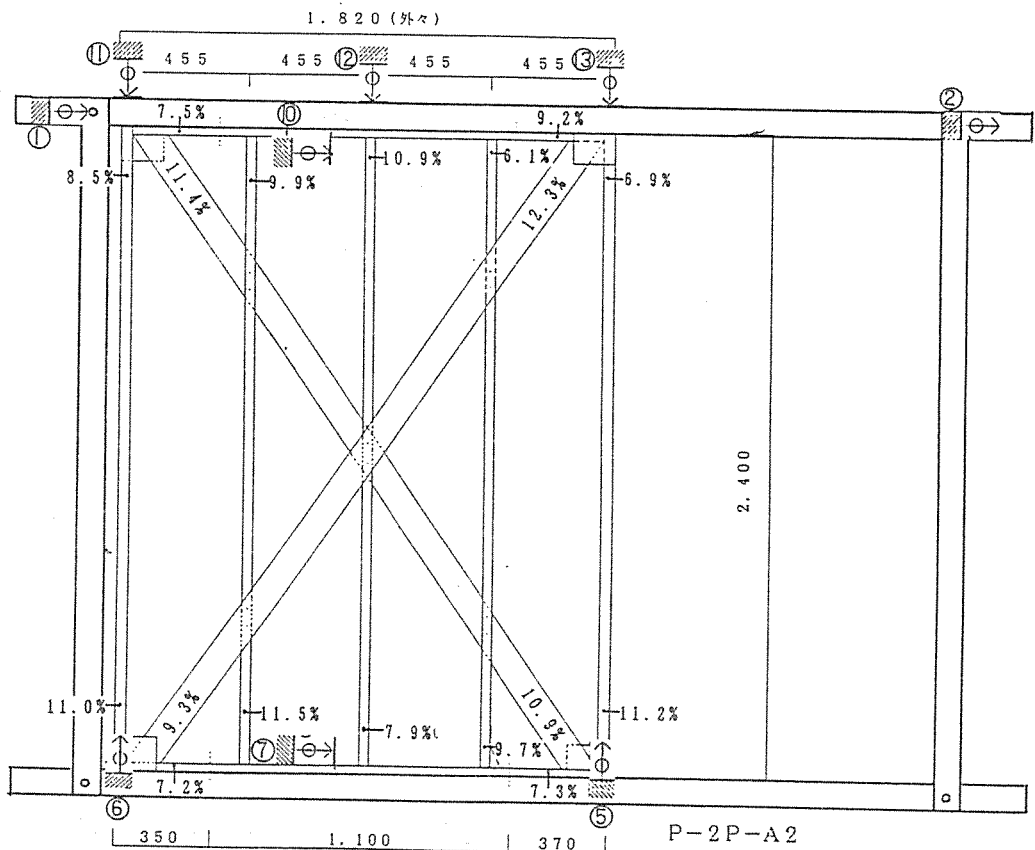


図3.11 b) P-2P-A2 変位計配置図及び含水率

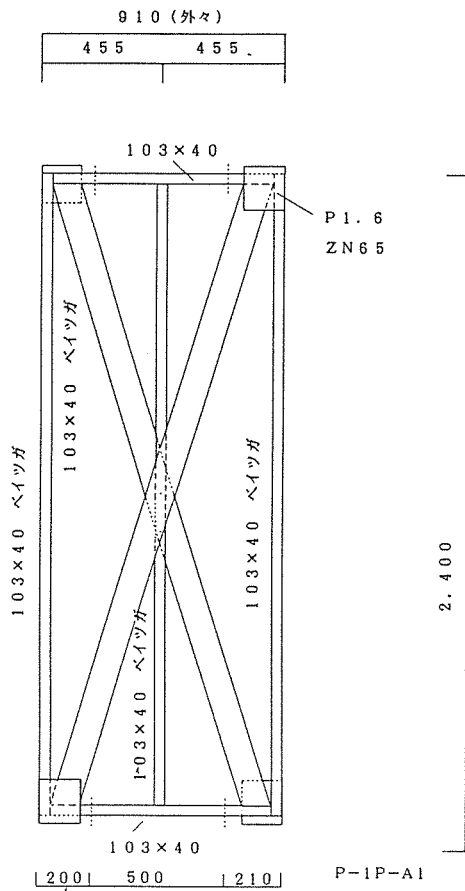


図3.12a) P-1P-A1 試験体詳細図

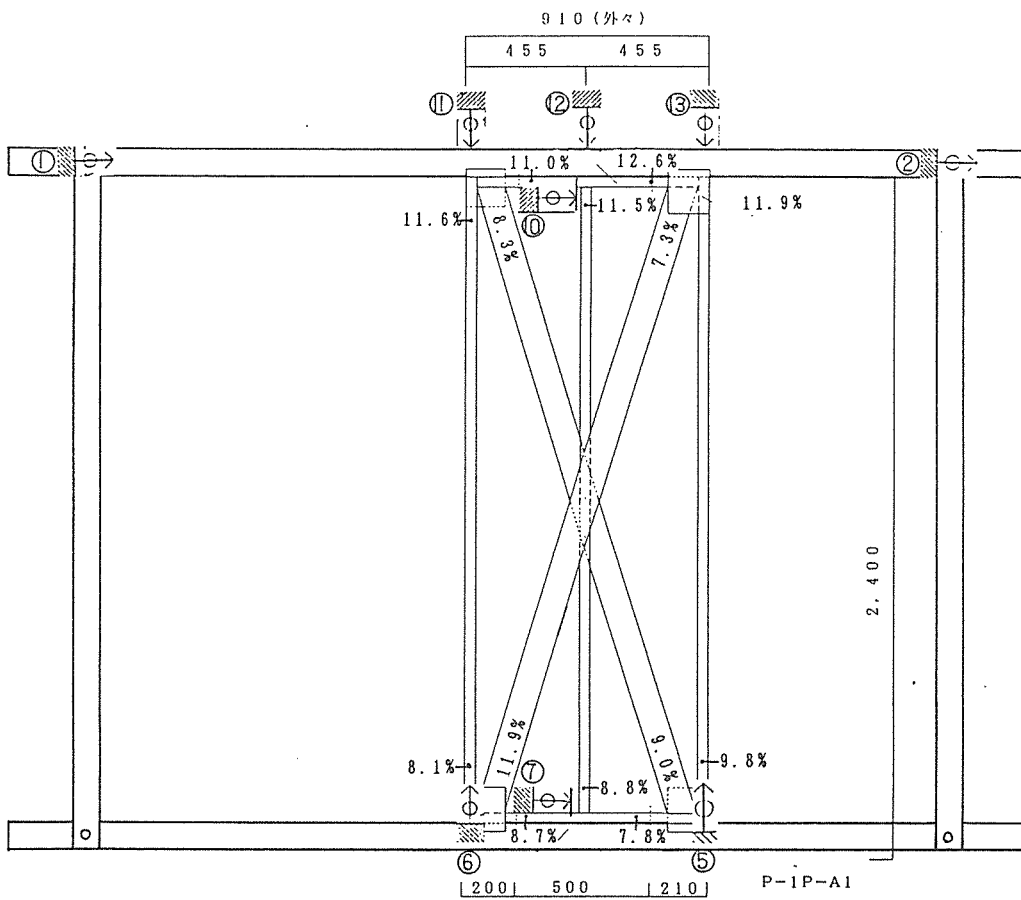


図3.12b) P-1P-A1 変位計配置図及び含水率

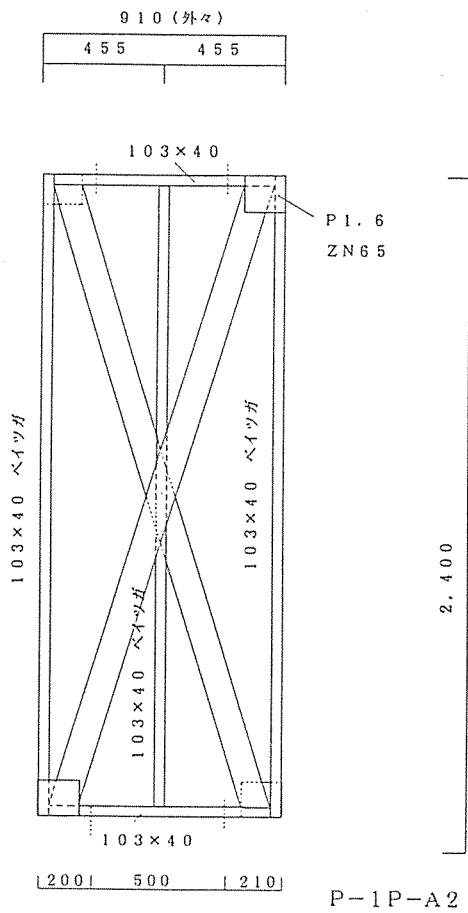


図3.13 a) P-1P-A2 試験体詳細図

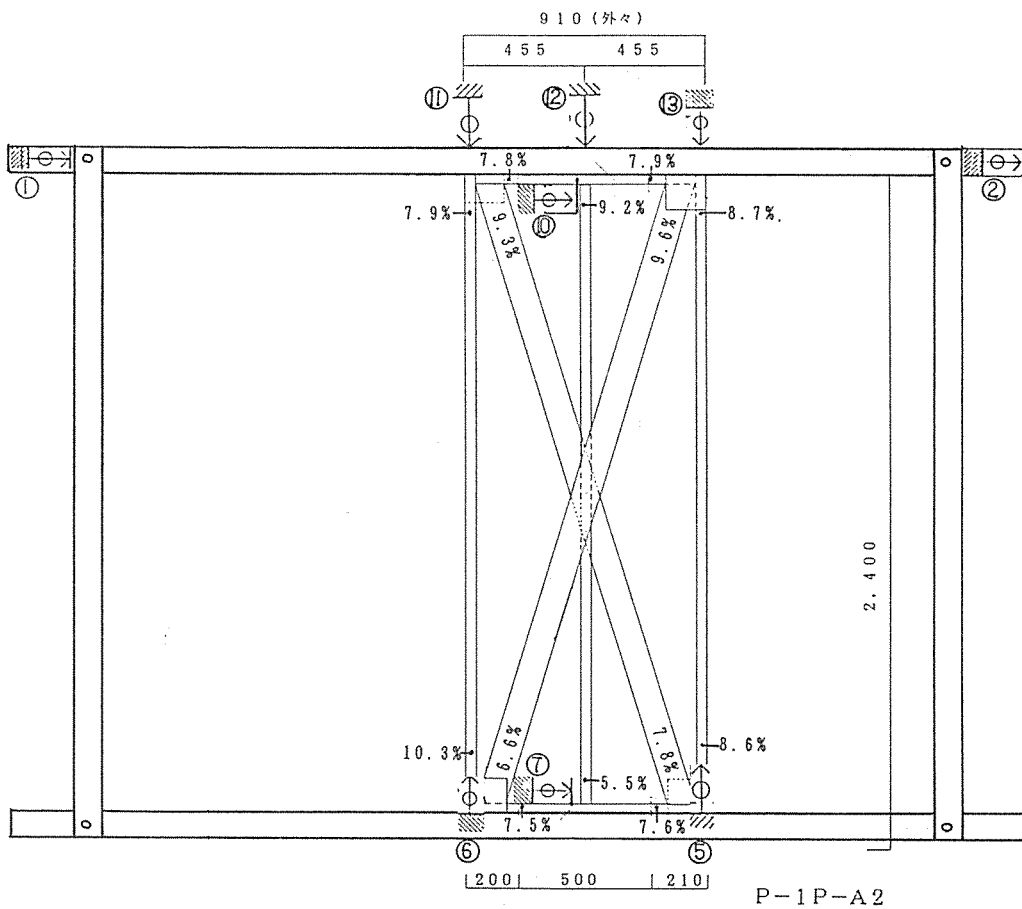


図3.13 b) P-1P-A2 変位計配置図及び含水率



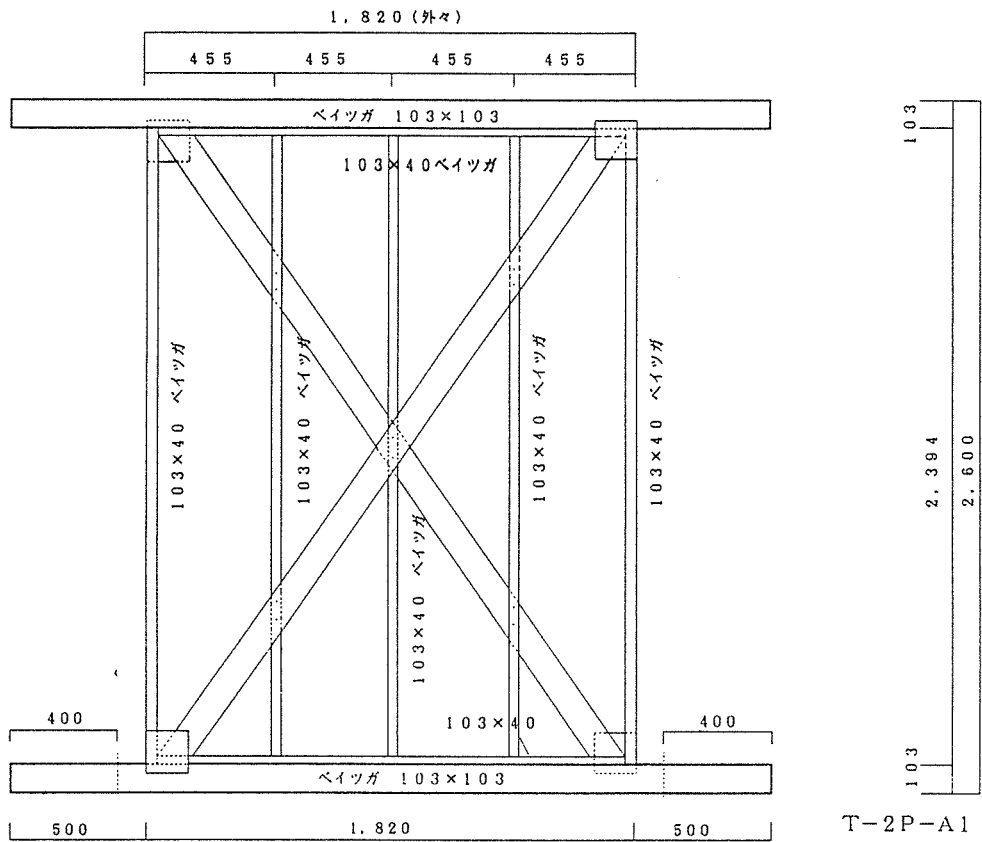


図3.14 a) T-2P-A1 試験体詳細図

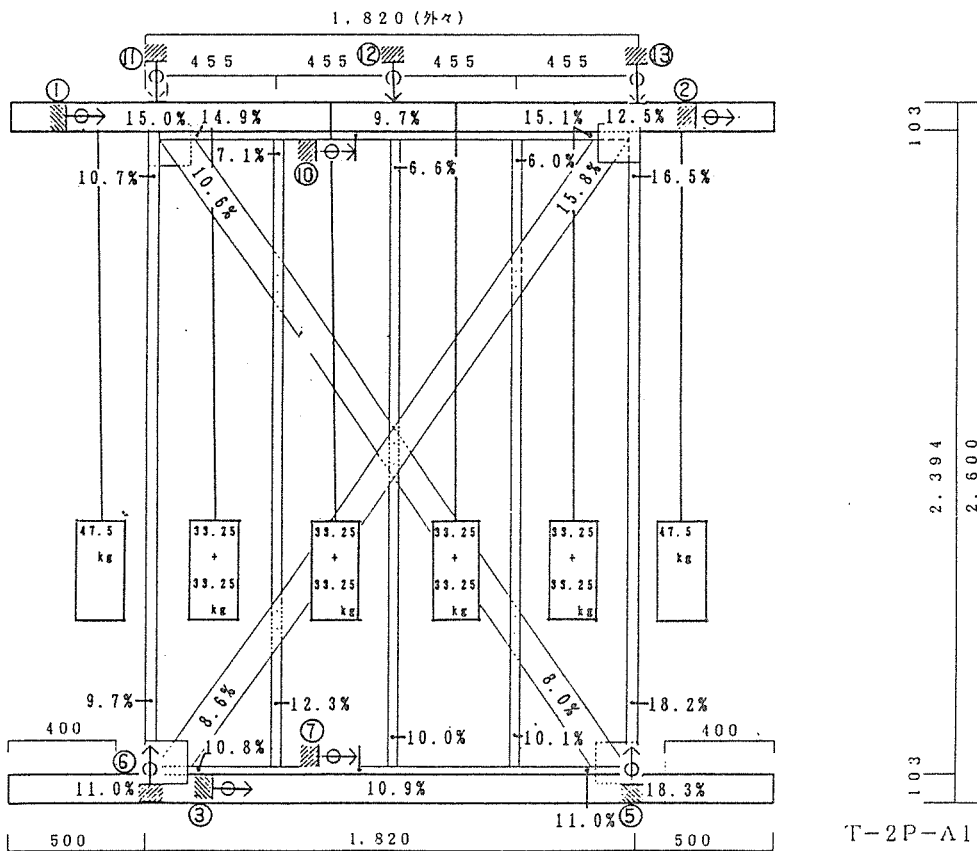


図3.14 b) T-2P-A1 変位計配置図及び含水率

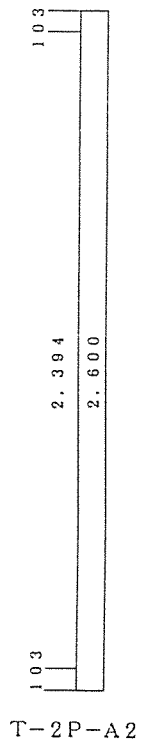
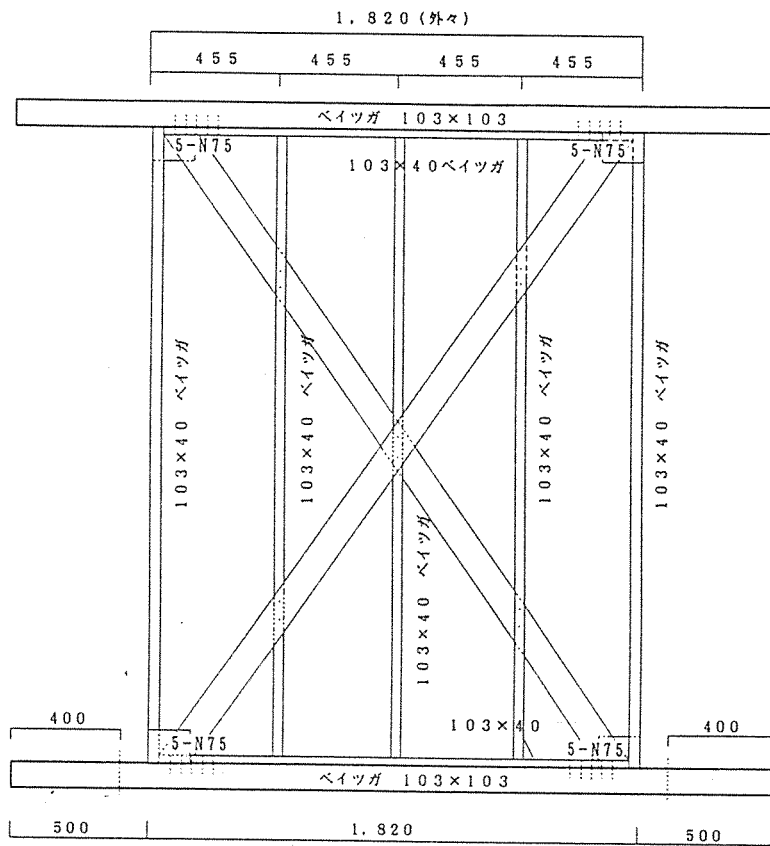


図3.15 a) T-2P-A2 試験体詳細図

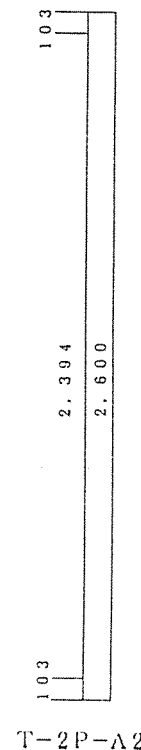
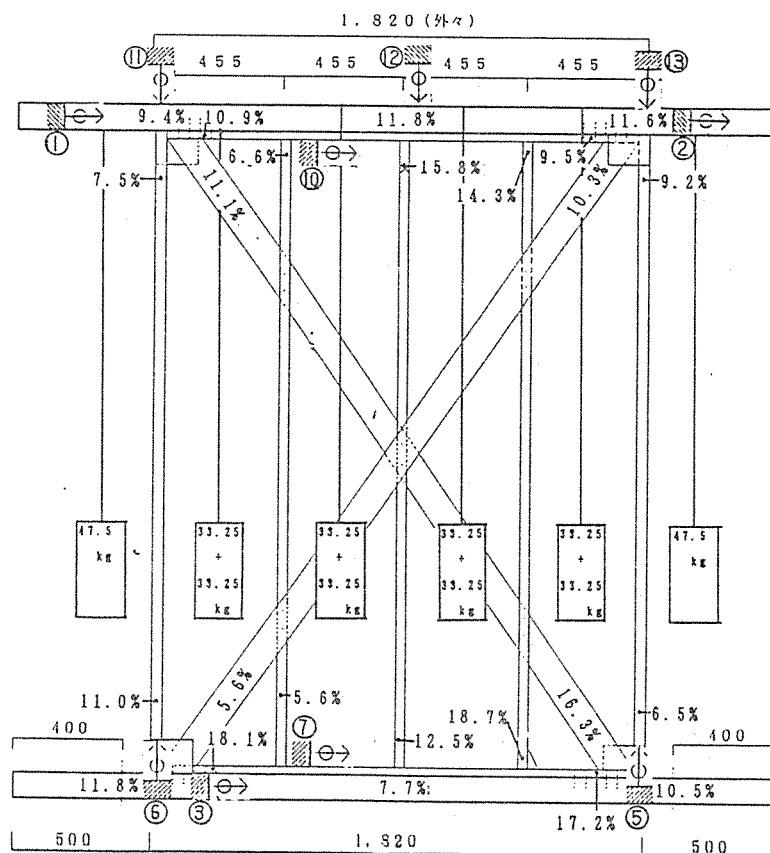


図3.15 b) T-2P-A2 変位計配置図及び含水率

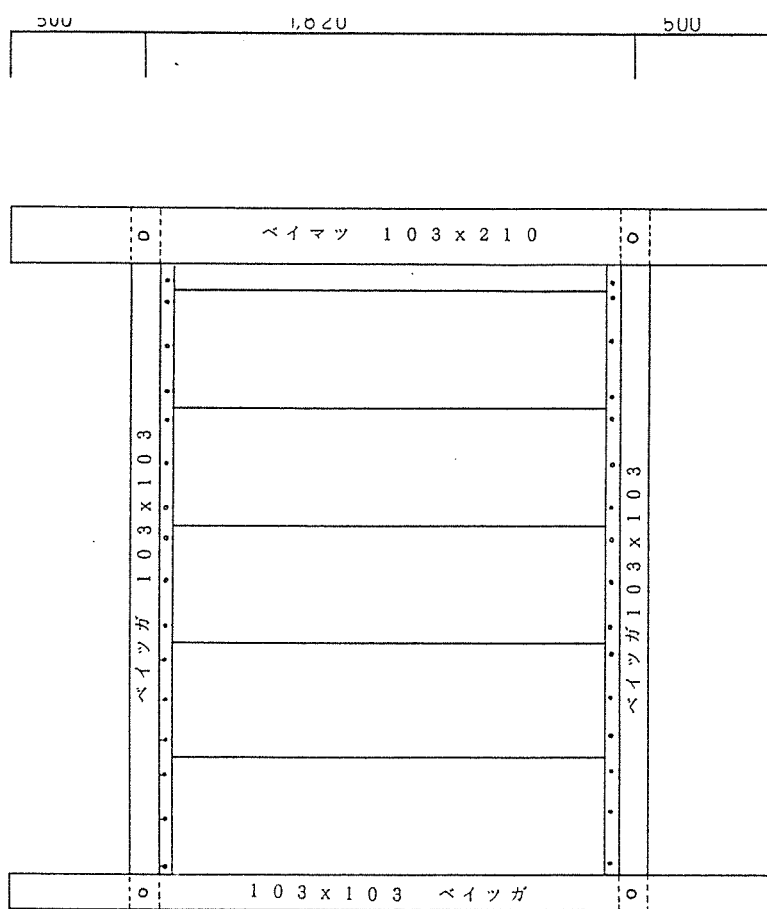


図3.16a) BP-1 試験体詳細図

BP-1

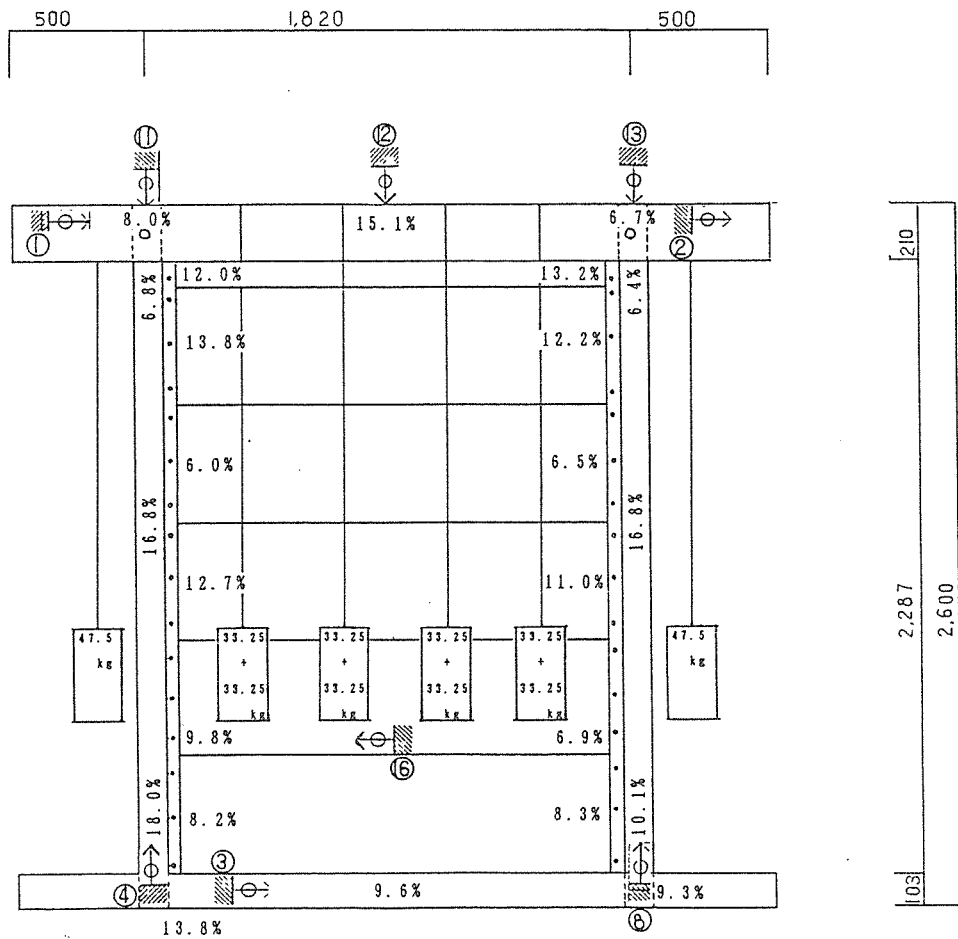


図3.16b) BP-1 変位計配置図及び含水率

BP-1

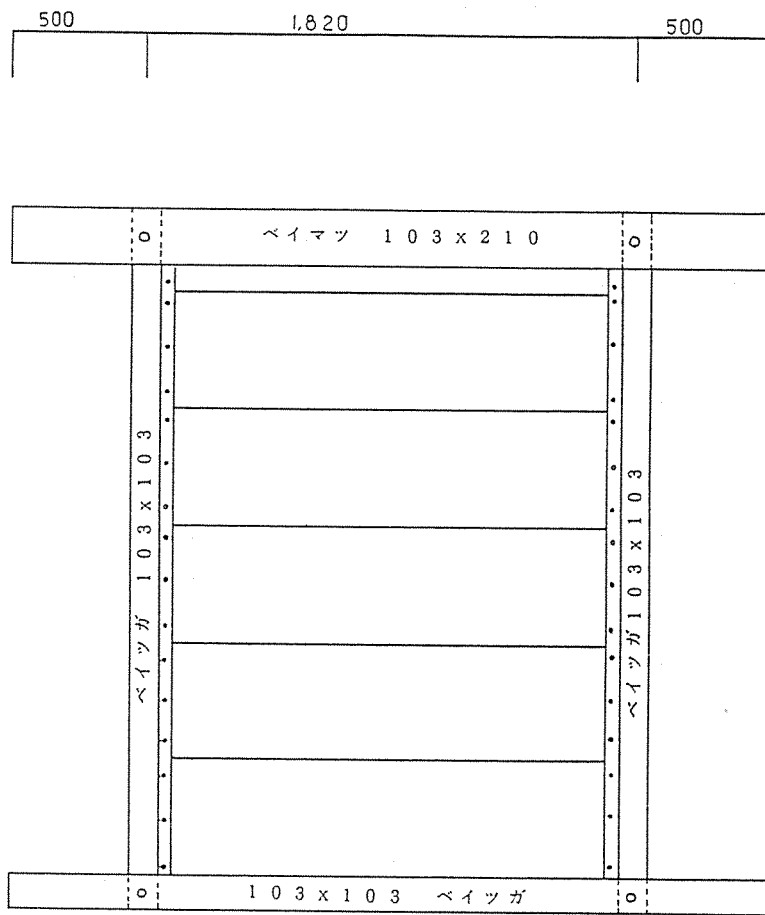


図3.17 a) BP-2 試験体詳細図

BP-2

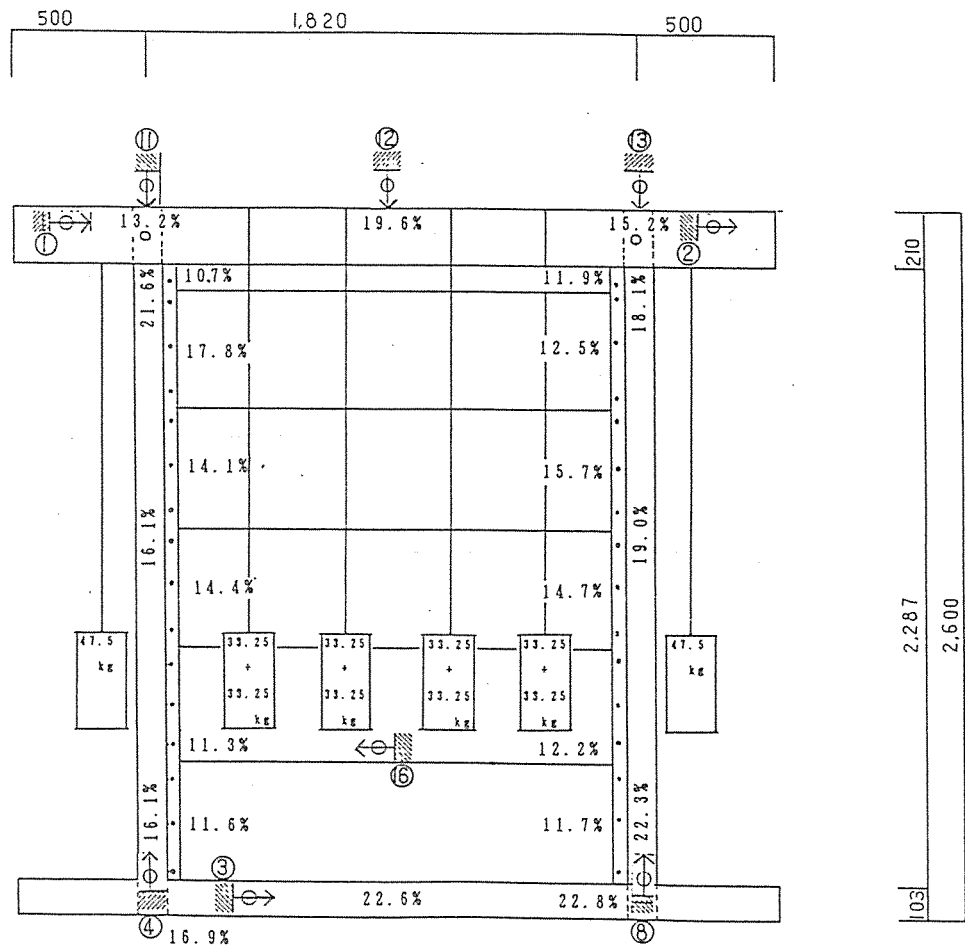


図3.17 b) BP-2 変位計配置図及び含水率

BP-2

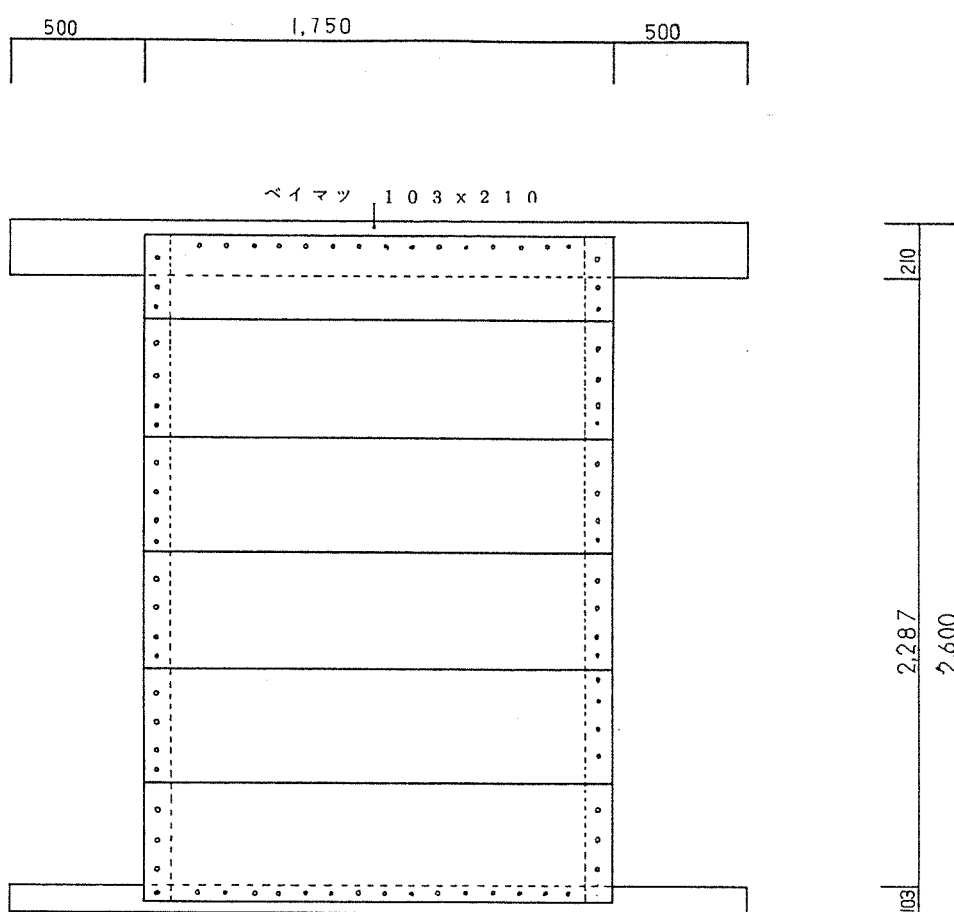


図3.18 a) W-CW-1 試験体詳細図

W-CW-1

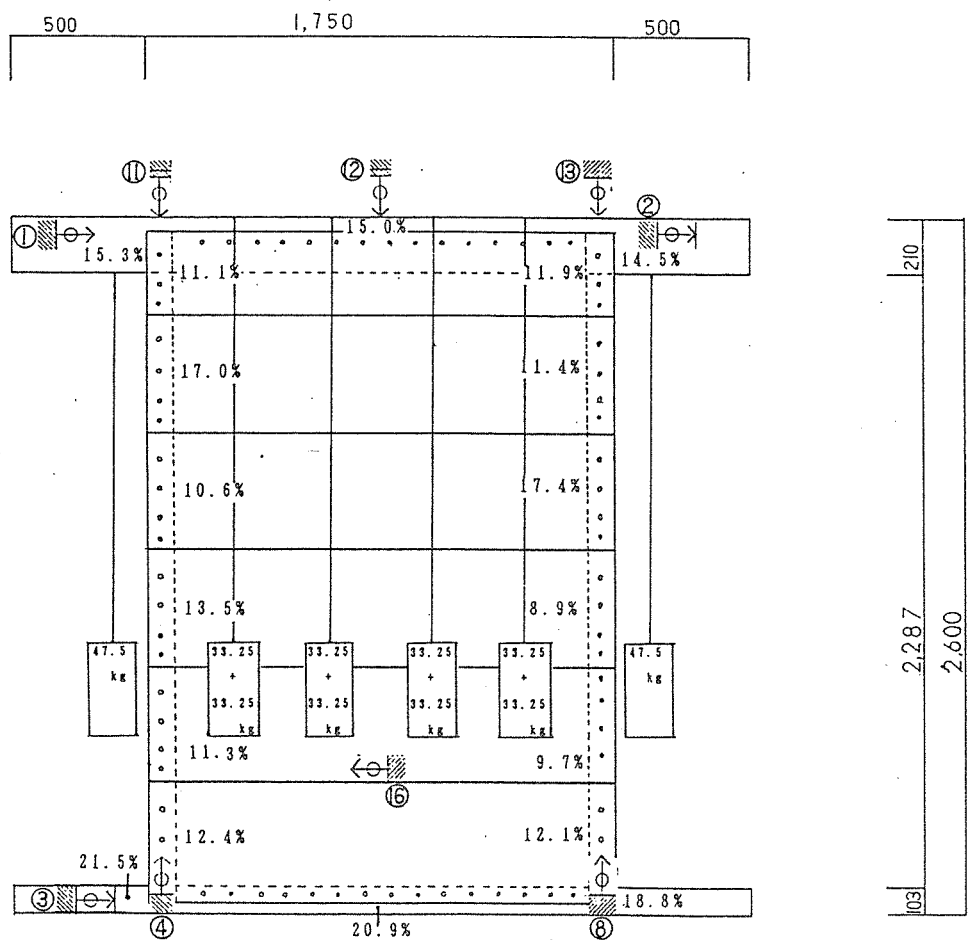


図3.18 b) W-CW-1 変位計配置図及び含水率

W-CW-1

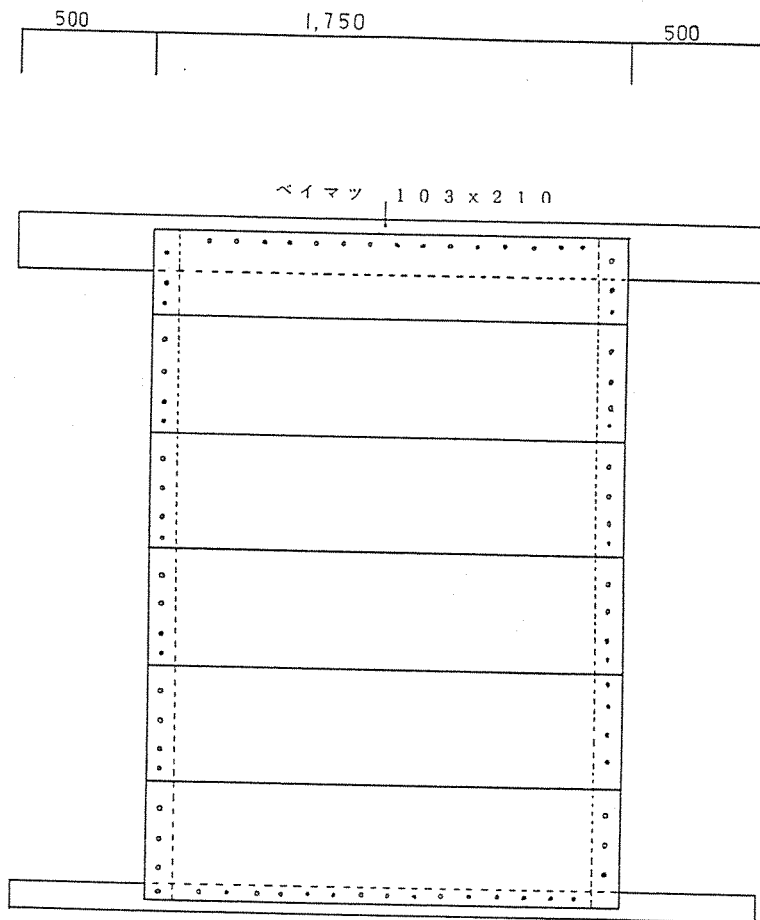


図3.19 a) W-CW-2 試験体詳細図

W-CW-2

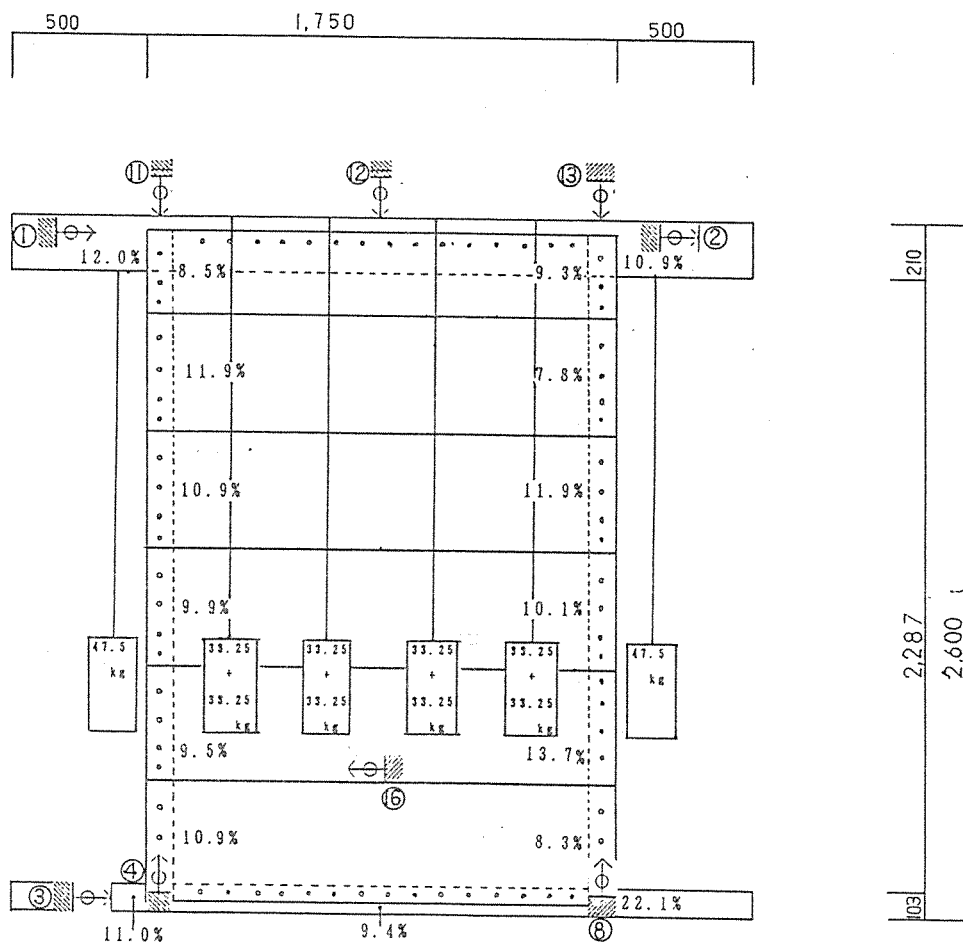


図3.19 b) W-CW-2 変位計配置図及び含水率

W-CW-2

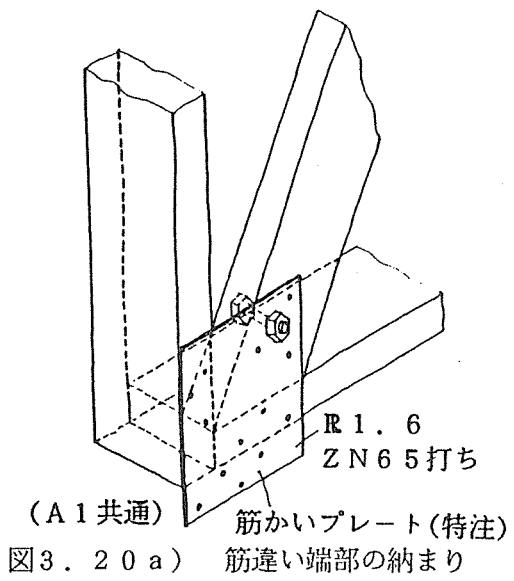


図3.20 a)

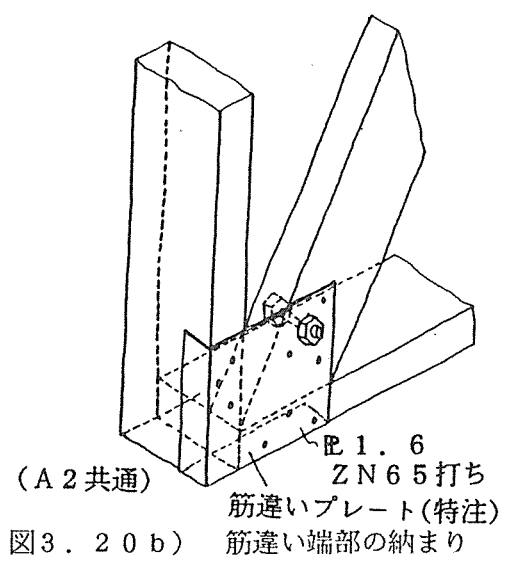


図3.20 b)

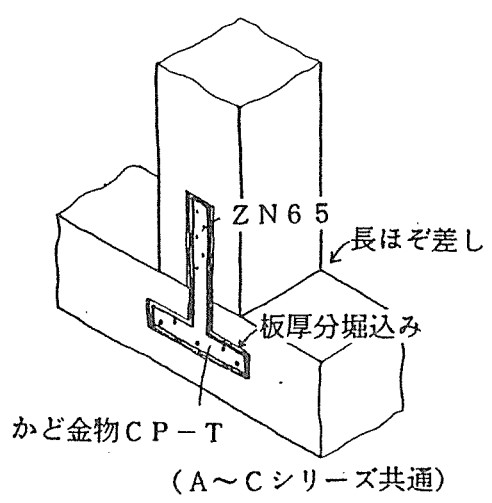


図3.20 c) フレームの柱と横架材の納まり

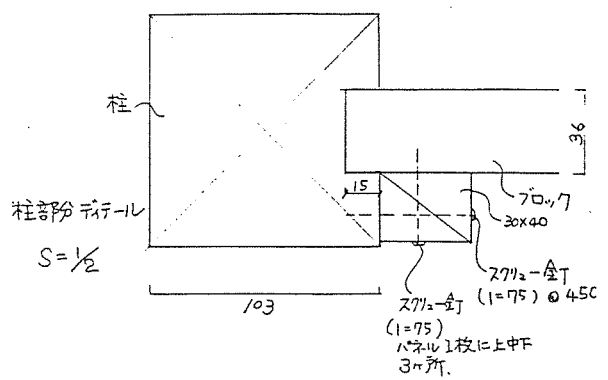


図3.20 d) ブロックパネル (落とし込みタイプ) の詳細

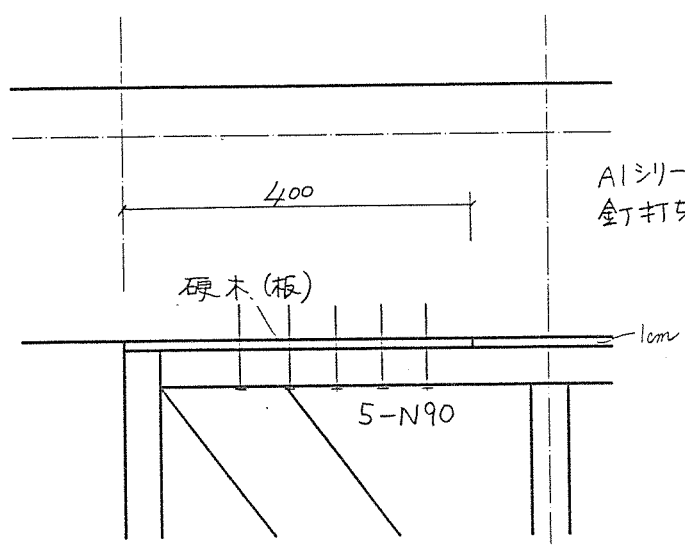
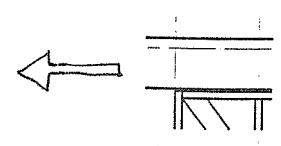


図3.20 e) 隙間の影響試験体の詳細



A1-F3-C2W  
A2-F3-CZW

## 4 実験結果

### (1) 分析の方針と用語の定義

今回の実験では、各シリーズの実験目的が異なっているため、それぞれに分けて分析を加えることとする。分析の項目としては、強度・剛性・ねばりなどに注目して行う。それらの中で用いる用語について、以下に解説を述べる。

#### ① 壁倍率

この数値は、下式より求めたいわゆる壁倍率である。

$$\text{壁倍率} = P_{1/120} \times 3/4 \div 130$$

ここで

$$P_{1/120} = 1/120 \text{ rad. 変形時の荷重 (kg)}$$

#### ② 剛性の変化

各サイクルの最大変形時の剛性を示している。即ち、その時の荷重を変形で割ったものである。

#### ③ 残留変形率

残留変形率とは、図4.1に示すように各サイクルの最大変形量に対する除荷後の残留変形の割合である。

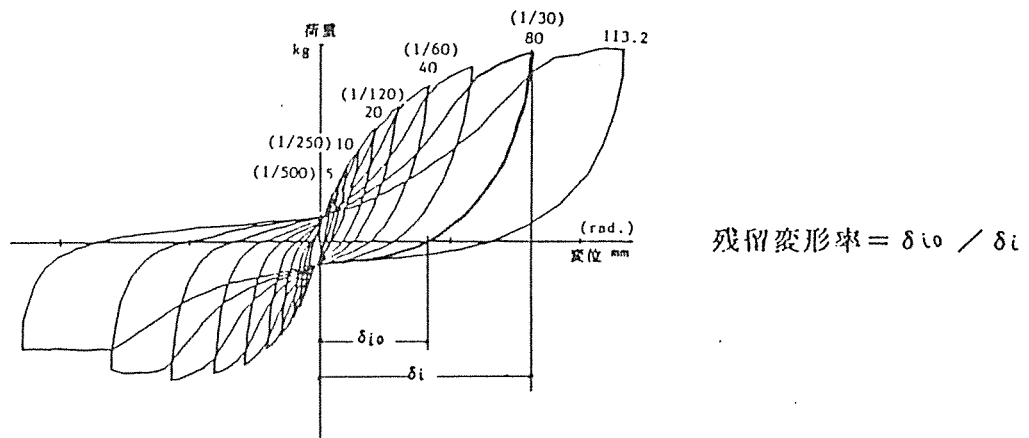


図4.1 残留変形率の定義

#### ④ 等価粘性減衰定数

等価粘性減衰定数とは、図4.2のように定義され、架構の動的性能（特に減衰性）を示す1つの指標である。



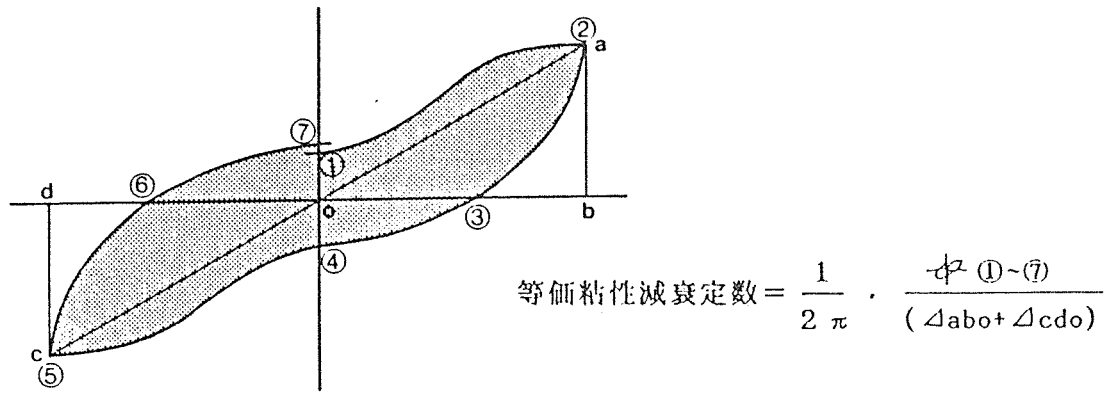


図4.2 等価粘性減衰定数の定義

表4.1 主な変位の荷重・最大耐力・破損状況

			1/120(倍率)	1/60	1/30	最大荷重 kg	破壊性状
筋 違 い	A1-F3 -C2W	+	1547 (5.0)	2099		2200 (1/45.9)	枠左下土台割れ 枠右上桁割れ 右柱上桁割れ
		-	-1544 (4.9)	-1878			
		平均	1546 (5.0)	1989			
	A2-F3 -C2W	+	1418 (4.5)	2024		2038 (1/59.2)	右柱下土台割れ
		-	-1358 (4.4)	-1710			
		平均	1388 (4.4)	1867			
1F-2P -A1	+	1178 (3.8)	1884		2345 (1/31.0)	枠右上桁割れ 枠右下土台割れ 柱左上桁割れ	
	-	-1330 (4.3)	-2001	-961			
	平均	1254 (4.0)	1943				
1F-2P -A2	+	1462 (4.7)	1919		2041 (1/63.9)	左柱上桁割れ 右柱上桁割れ	
	-	-1320 (4.2)	-1842				
	平均	1391 (4.5)	1881				
1F-1P -A1	+	616 (3.9)	862	1027	-1138 (1/30.7)	枠左下胴差し割れ 枠右上桁割れ 枠右下胴差し割れ	
	-	-671 (4.3)	-945				
	平均	643 (4.1)	903				
1F-1P -A2	+	466 (3.0)	715		-956 (1/30.1)	右柱上桁割れ	
	-	-496 (3.2)	-730				
	平均	481 (3.1)	722				

## (2) パネル上部の隙間の影響を見る試験体

表4.1 に、パネル上部の隙間の影響を見る試験体、及び次項で述べる2階型の試験体の、主な変位の荷重、最大荷重、及び破壊性状を示した。また、図4.3~4.4に2体の荷重-変形曲線を示す。ここで、変形は、桁部分の水平変位の平均値を示している。

また、図4.5は、それぞれの荷重-変形曲線の包絡線を示している。ただし、値はプラスサイクルとマイナスサイクルの平均値である。この図の中には、昨年度実施した同じ金物タイプで隙間のない試験体のデータも併せて載せている。

昨年の実験では、A2-F3タイプの加工精度が著しく悪かったために、極端に低い値になっているので、A2タイプについては比較が困難である。

A1タイプを比べてみると、1/60rad. くらいまでの範囲では、隙間を設けたものの方が10~20%荷重値が小さくなっている。目視観察による変形の進行と破壊の関係は、隙間がない場合と同じ傾向にある。すなわち、変形が進んでパネルの上又は下の横架材に引き裂けが生じ、更に大きな変形になると両側の柱の上部でも横架材に引き裂けが生じてくる。

一方、A2タイプでは、横架材を引き裂くことはないが、横架材が持ち上げられるために、パネルと横架材の隙間が徐々に大きくなっていく。

図4.6 は、各サイクルの最大変形時の剛性の低下を示している。やはり、隙間のない、A1-F3に比べると15%ほど低くなっている。また、ここでもA2-F3のデータが不十分なのは残念である。ただし、これらの図より、今回の2つの試験体(A1タイプとA2タイプ)には大きな差はなく、むしろほとんど同じであると言って良さ層である。A1タイプは金物を側面から打ち付けているので、その金物が横架材を引き裂く分抱け、強度が大きくなっているであろう。木材の横引張強度は著しく小さいので、この分だけ、すなわちA1と比較したA2の低下分、小さくなっている。

図4.7 は残留変形率を示している。この図でもA2-F3は参考程度と考えた方がよいが、今回実験の2タイプは、同様の傾向を示している。すなわち、1/85rad.位までは30%程度の低い値を示し、ここから1/30rad.にかけて50%程度まで上昇するというものである。

A2タイプでは、変形が小さい打ちは桁材の曲げ変形が優位であるから、部材の損傷はほとんどなく、荷重を除去すれば変形も元に戻るであろう。1/60rad.を越えて、柱の上部接合などに破壊が生じてくると、残留変形が大きくなっていく。今回のA1タイプ(A1-F3-C2W)も、同様の傾向を示している。前年度の試験体(A1-F3)では、1/125rad.で、土台に引き酒を生じたが、今回は、1/85rad.から始まっている。このため、残留変形の上昇が遅れたものと思われる。詳細は不明である。

図4.8 は、等価粘性減衰定数を示している。破壊の進行する1/60rad.程度までは10~13%程度で安定しており、この結果は昨年度の試験体と同様の傾向を示している。

施工性を考慮してパネルの上部に隙間を設け、これに硬木を挿入して釘打ちするというタイプは、強度、剛性では、隙間のないものよりも10~15%程度低下した。また、残留変形率は、変形が小さいうちは、隙間のないもの(40~45%)よりも低い(30%)傾向があ

る。その理由は不明である。また、等価粘性減衰定数は、隙間のないものとほとんど同じである。

1条件1体の実験のため、断定的なことは言えないが、隙間を硬木で埋める構法でも若干の強度の低下で納まるものと考えられる。

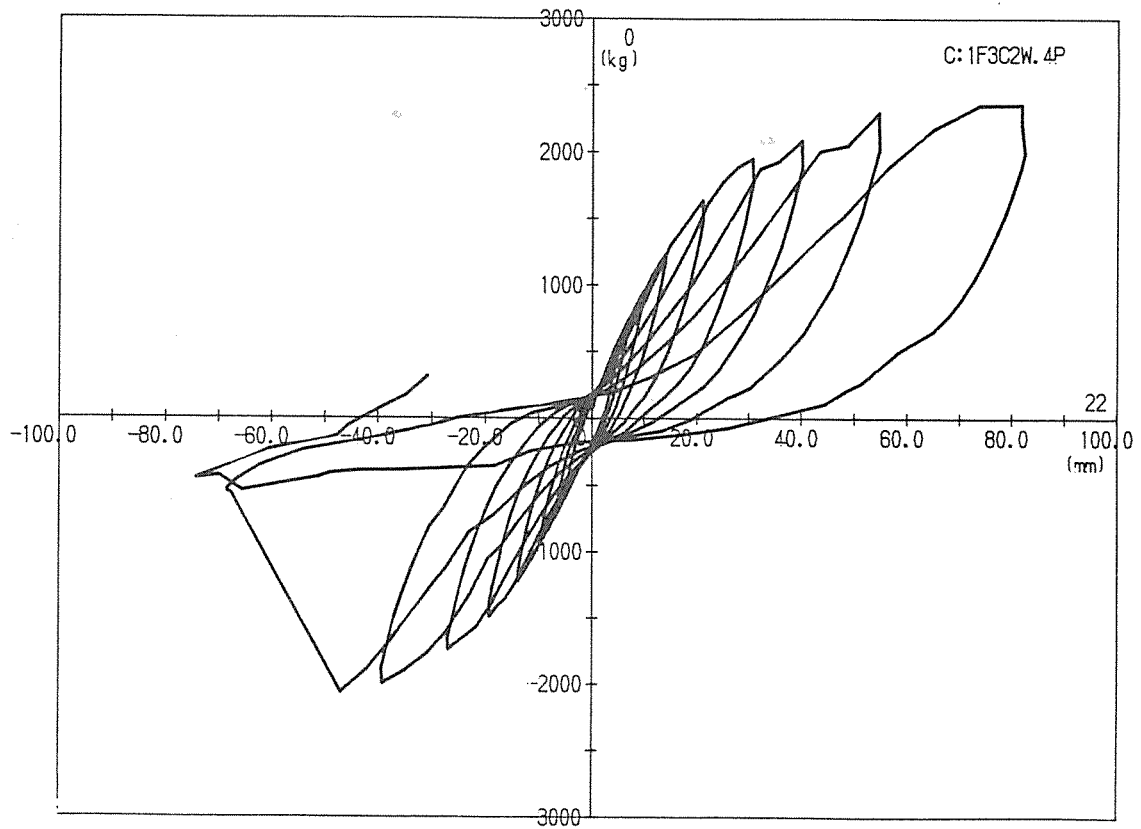


圖4.3 1F-3C-2W荷重-變形曲線

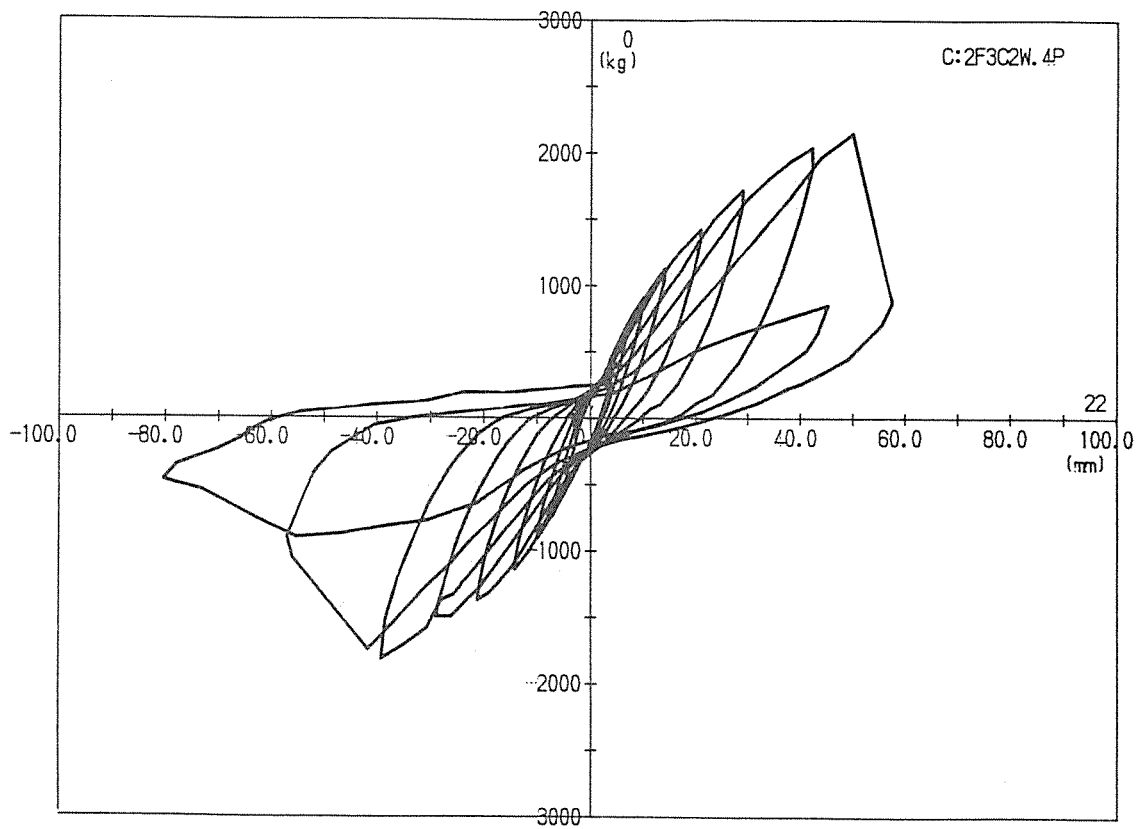


圖4.4 2F-3C-2W荷重-變形曲線

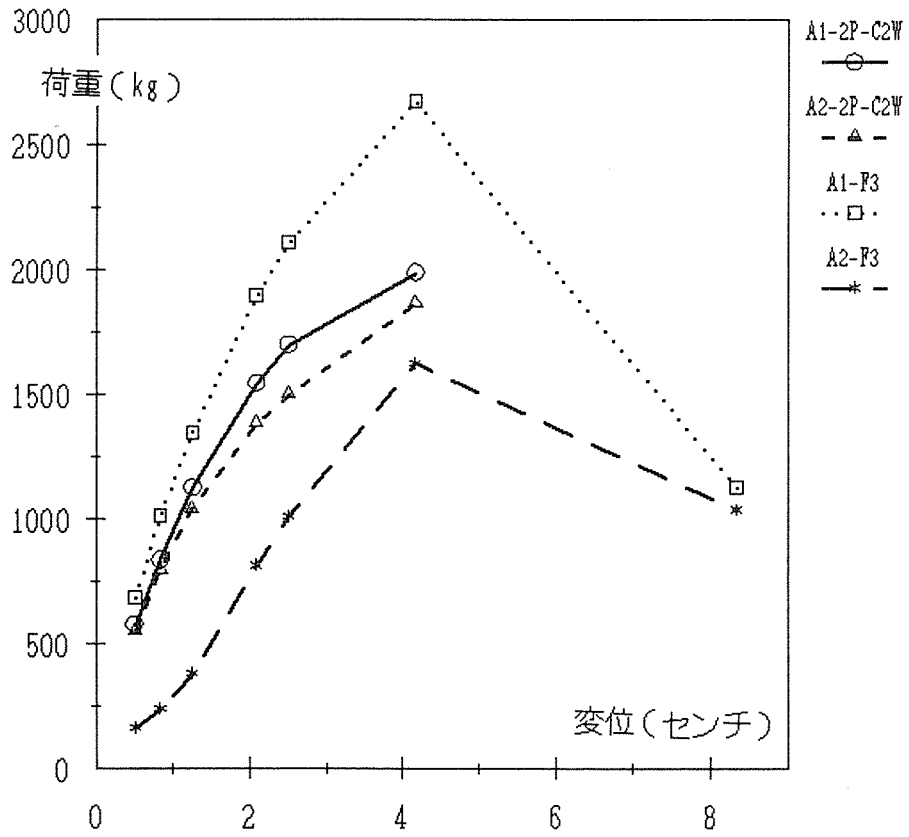


図4.5 荷重-変形曲線の包絡線 (隙間の影響)

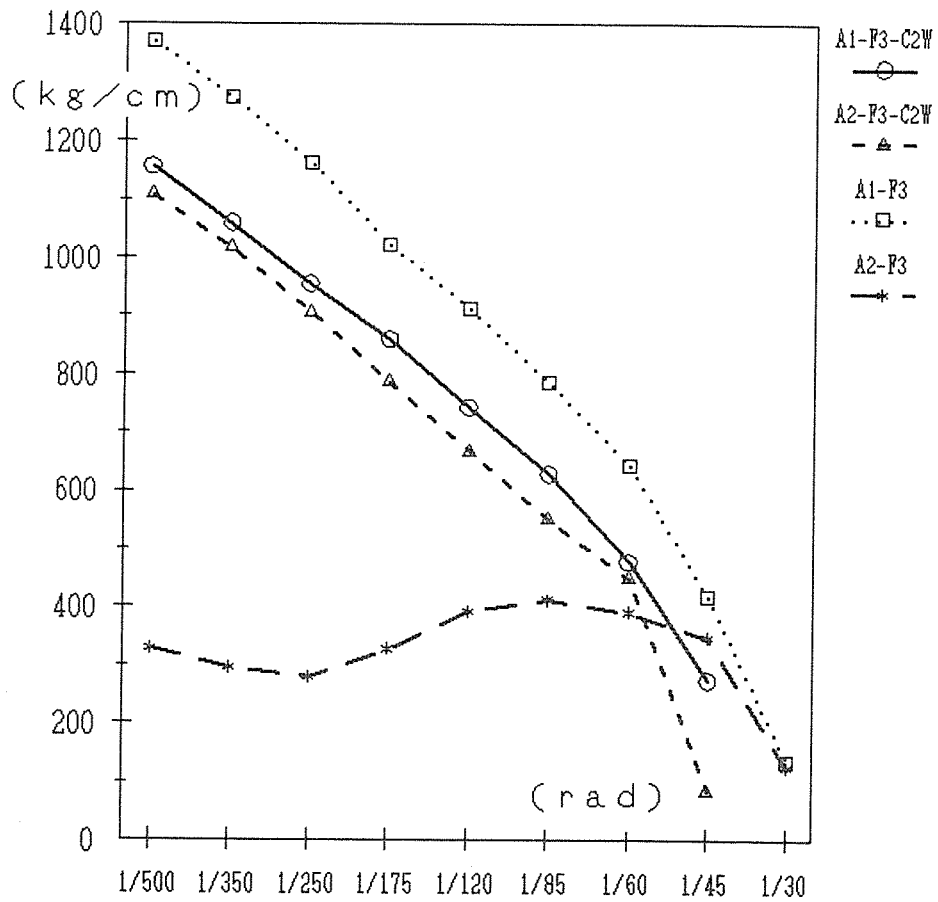


図4.6 剛性の変化 (隙間の影響)

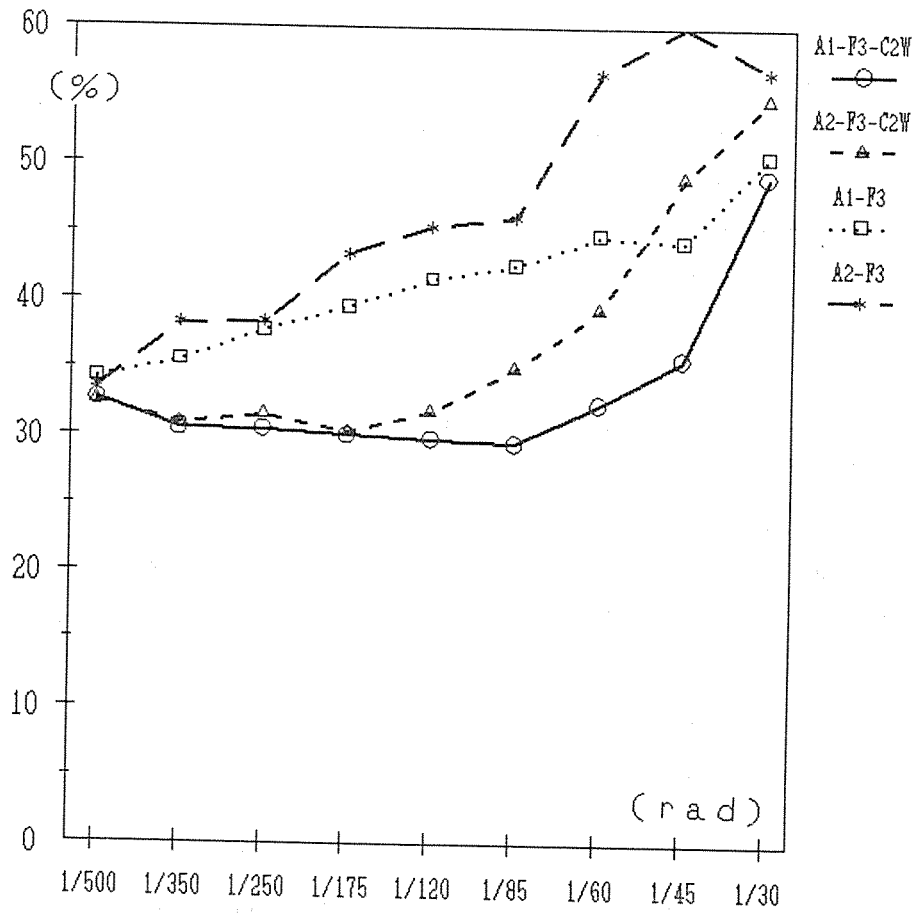


図4.7 残留変形率 (隙間の影響)

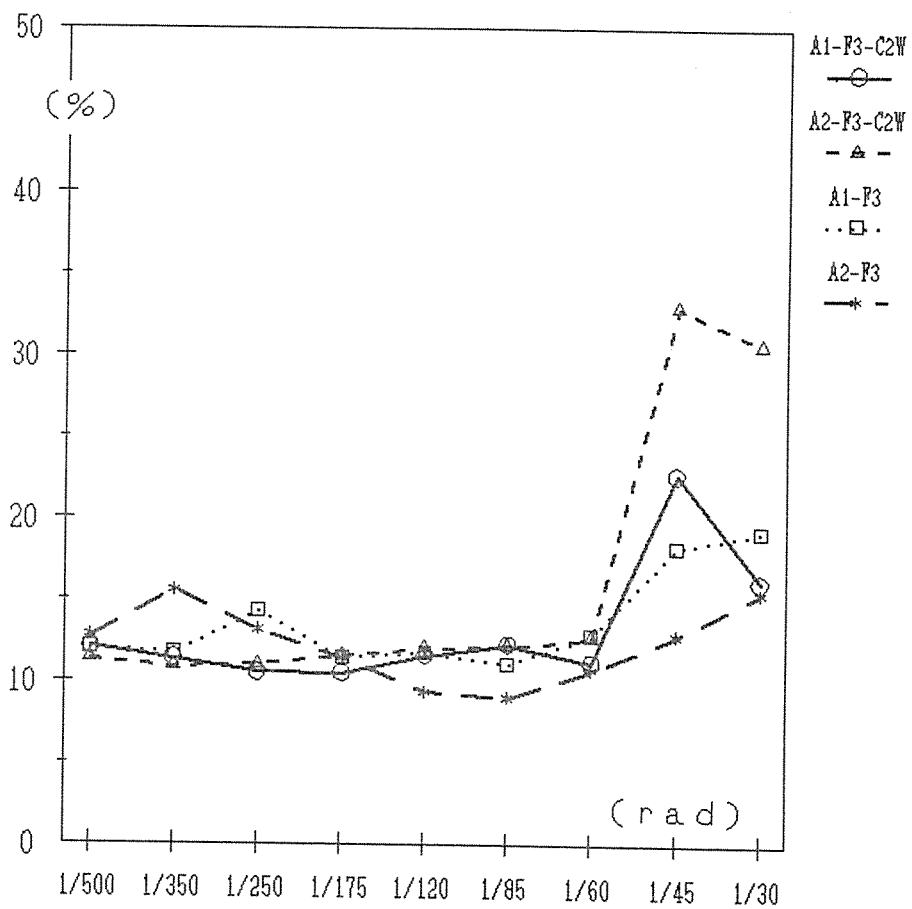


図4.8 等価粘性減衰定数 (隙間の影響)

### (3) 2階建て型試験体

表4.1に、主な変位の荷重、最大荷重、及び破壊性状を併せて示した。

図4.9～4.12に、2階建て型の各試験体の荷重－変形曲線を示す。また、図4.13に、荷重－変形曲線の包絡線を示した。

1間幅のもの2体(1F-2P-A1, 1F-2P-A2)は、半間幅のもの(1F-1P-A1, 1F-1P-A2)よりも、2倍以上の強度がある。特に2Pでは、A2タイプの方が、A1タイプを上回っているのが注目される。昨年度の実験では、A2タイプはA1タイプよりも強度が低いとされていた。両者の差は小さいようである。なお、昨年実施した土台タイプの試験体(A1-F3)を併せて図示したが、やはり、土台タイプよりは今回の2階建てタイプの方が強度は小さい。下の横架材(胴差し)も曲げ変形を生じる今回のタイプは、土台タイプの70～80%程度の強度である。

図4.14は、剛性の変化を示している。2P(1間幅)のA1タイプ(1F-2P-A1)は、初期の剛性があまり高くないことが分かる。何らかの不具合があった可能性も考えられる。図4.15は、残留変形率を示している。A1-F3に比べると、1F-2P-A1だけが変形の小さい時点から残留変形率が高い。1F-2P-A1は、パネル下側の金物が変形に従って左右にずれて、最終的には釘が引き抜けを起こしている。これが初期の段階から生じているとすれば、図のように残留変形率が高くなっても不思議ではない。他の3者の残留変形率は、20%から少しずつ上昇して35～60%に至るが、これは、初期には、弾性範囲内にある上下の横架材の曲げ変形が支配的であったため、除荷すると変形は元に戻るであろう。図に示された残留率は、パネルの変形分とパネルと横架材間のめり込みに相当すると考えられる。

図4.16は、等価粘性減衰定数を示している。いずれも、1/45rad.程度までは、10%前後と、これまでの実験結果に比べると低い値になっている。やはり、横架材の曲げ変形が優位であるためと考えられる。

2階建て型の試験体は、パネル下の横架材(胴差し)も変形するため、強度的には土台タイプよりも低く70～80%である。他の試験体と比べると、残留変形率も小さく、また、等価粘性減衰定数も小さい。この減衰性が小さいことは、耐震的には好ましくない。実施の設計の際には、パネルの強度と横架材の強度のバランスを検討する必要があるかも知れない。

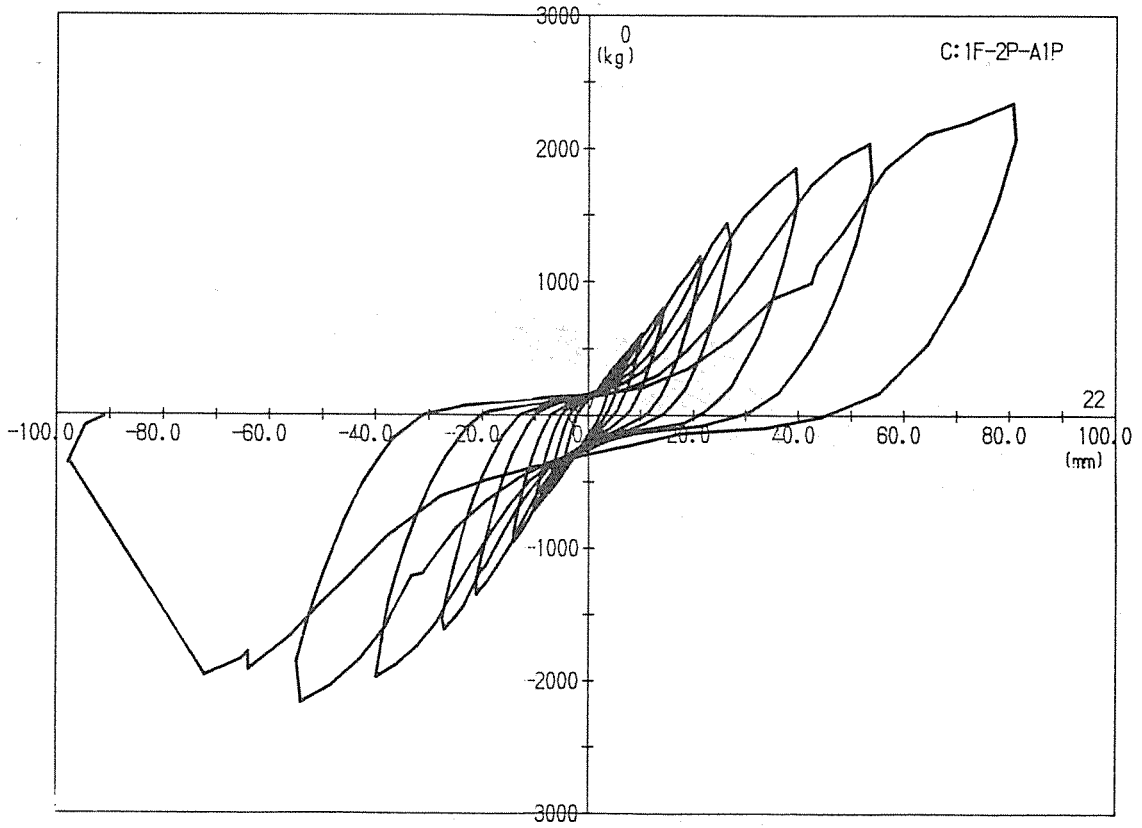


图 4. 9 1 F - 2 P - A 1 荷重 - 变形曲线

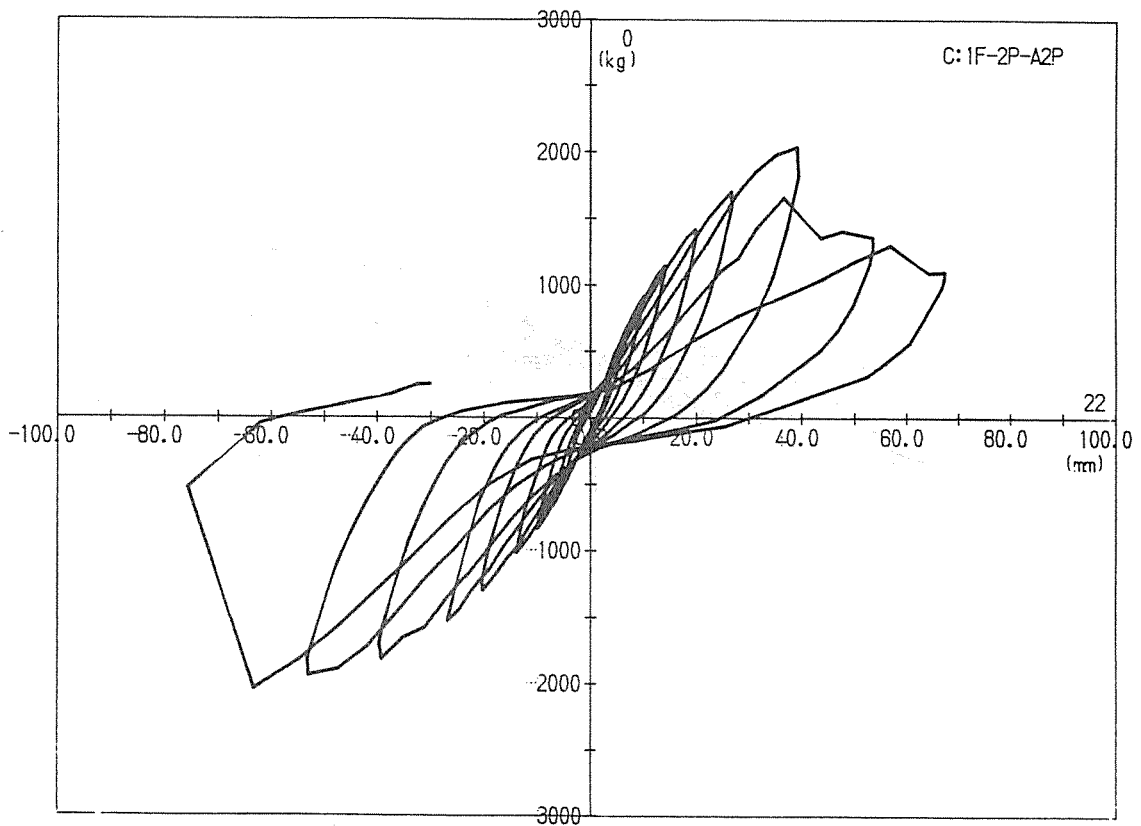


图 4. 10 1 F - 2 P - A 2 荷重 - 变形曲线



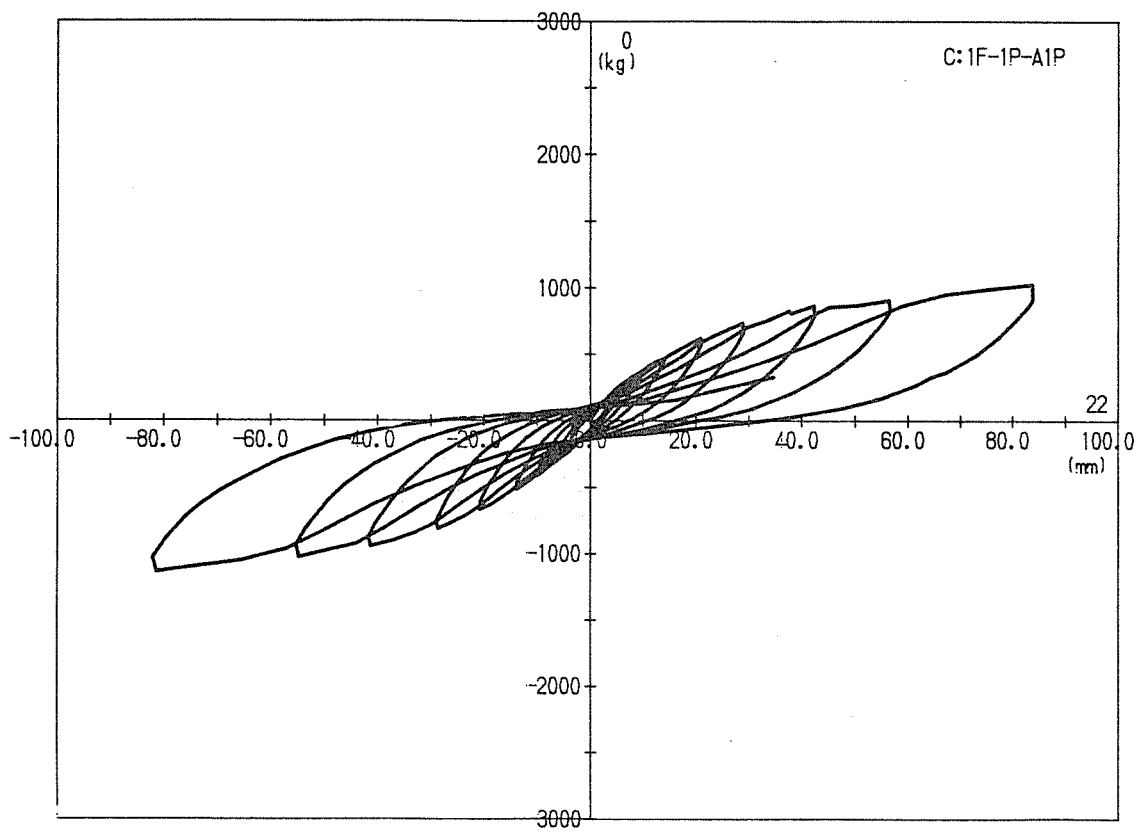


図4. 1 1 1 F - 1 P - A 1 荷重 - 変形曲線

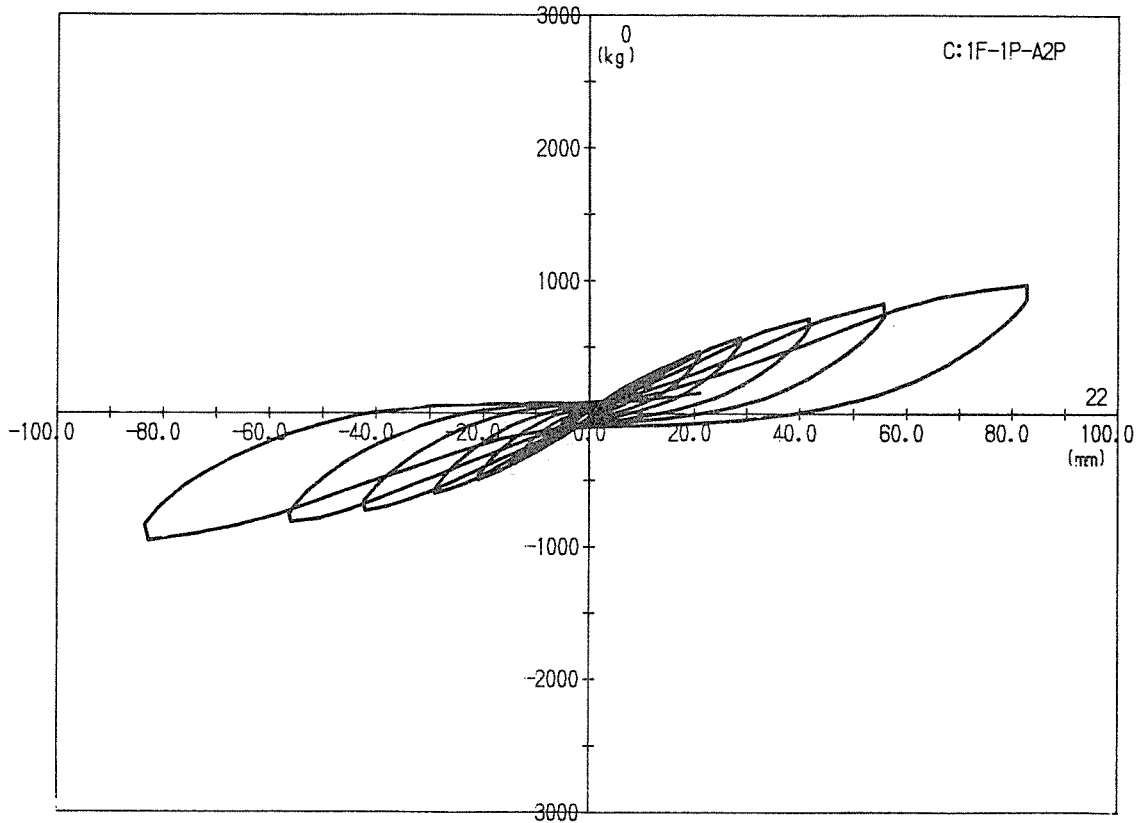


図4. 1 2 1 F - 1 P - A 2 荷重 - 変形曲線

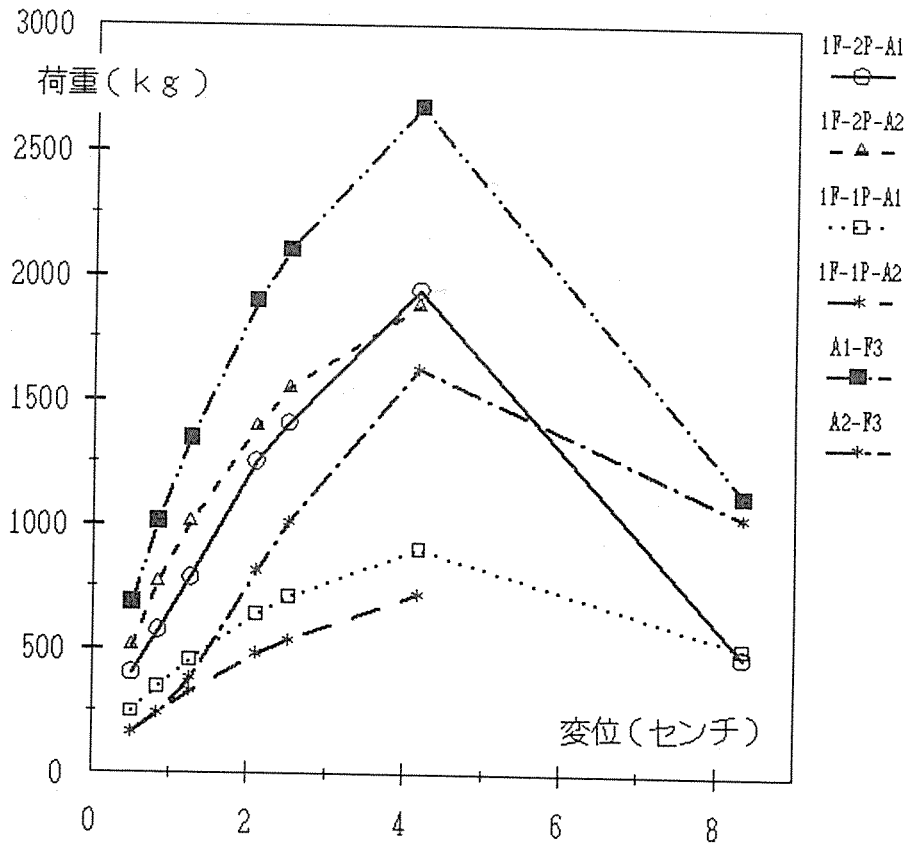


図4.13 荷重-変形曲線の包絡線(2階建て型)

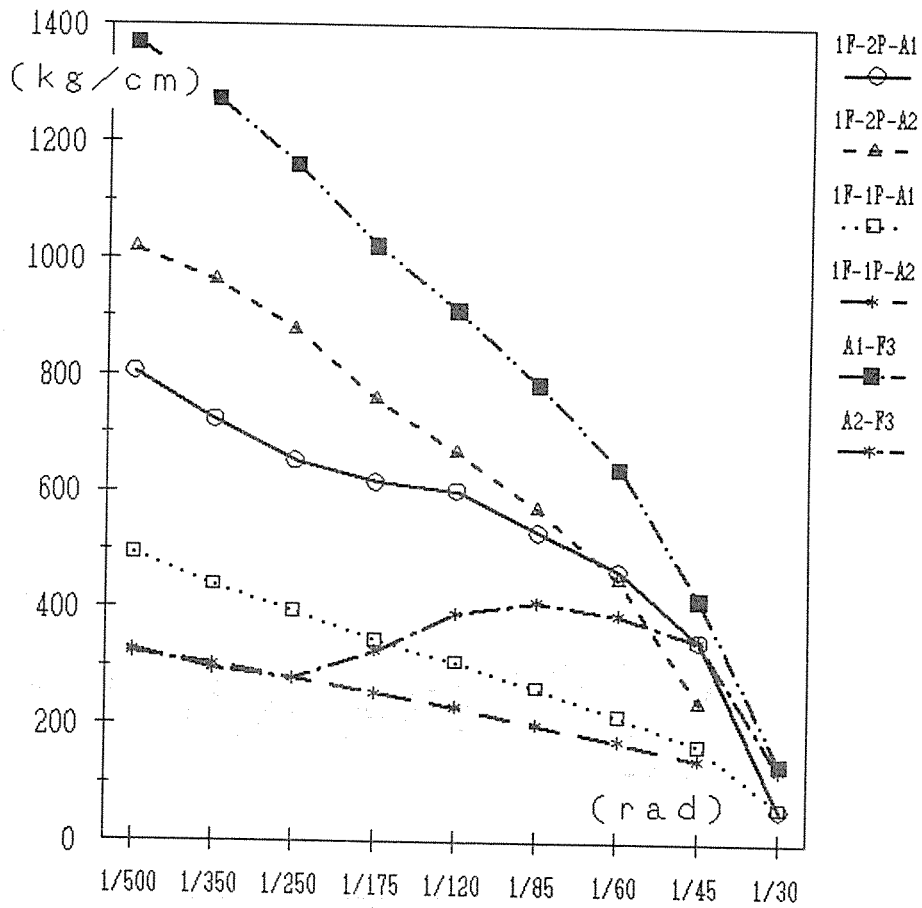


図4.14 剛性の変化(2階建て型)

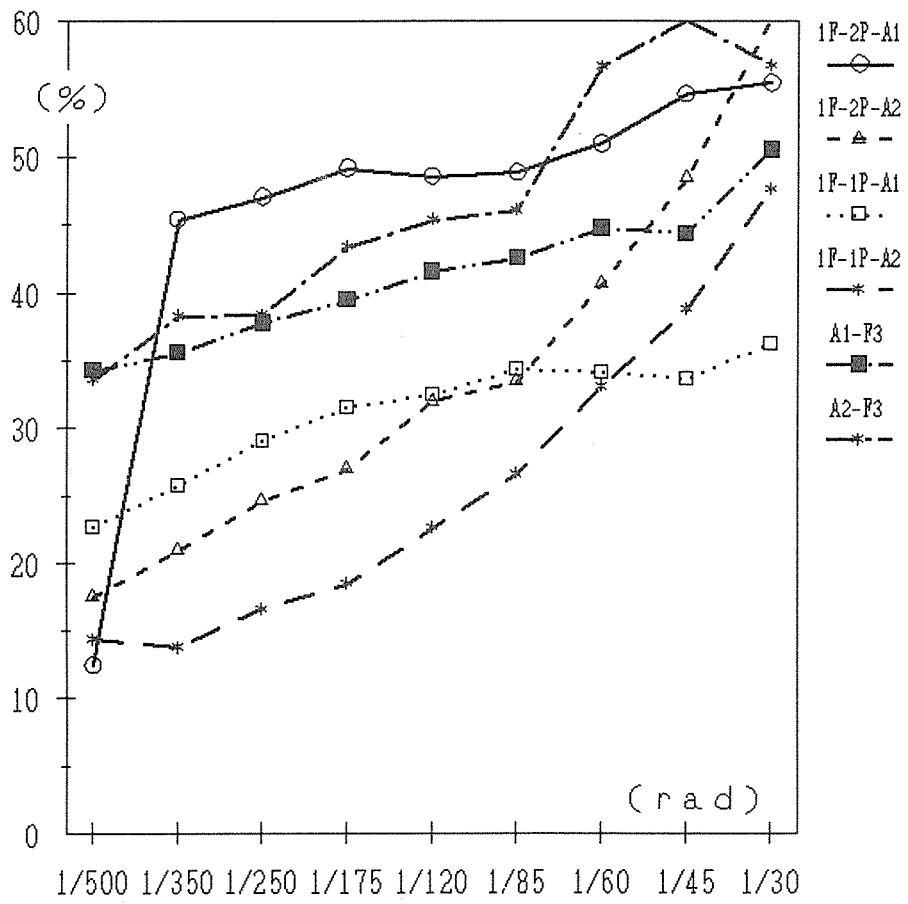


図4.15 残留変形率 (2階建て型)

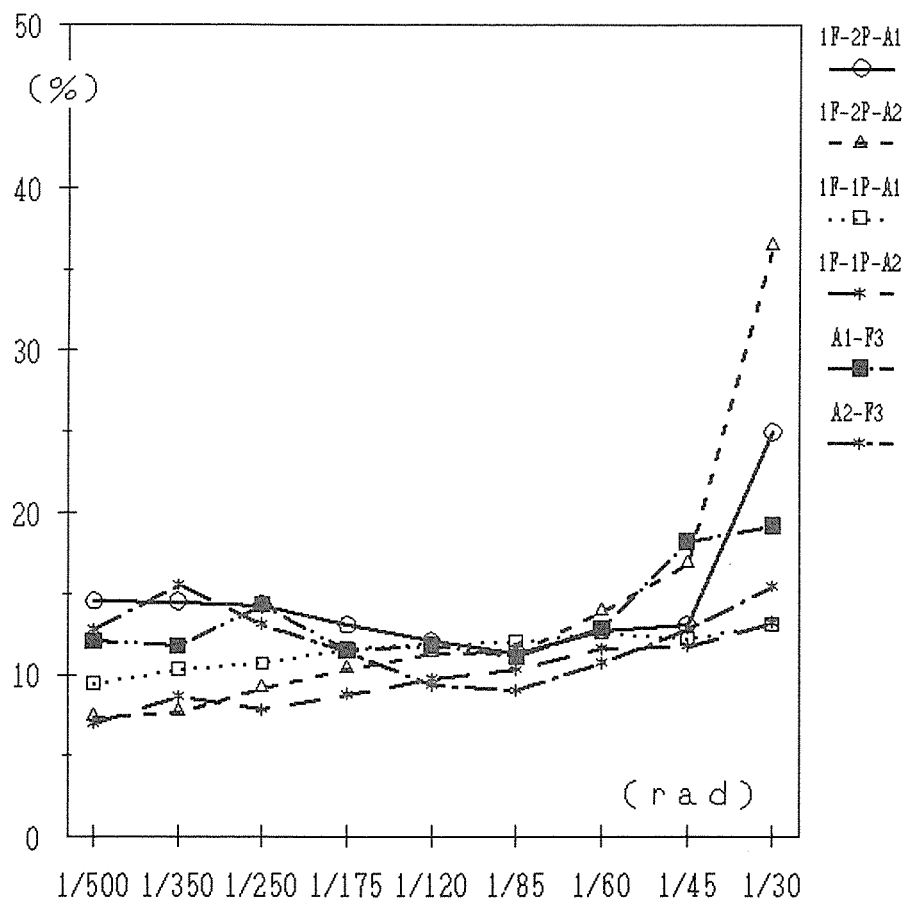


図4.16 等価粘性減衰定数 (2階建て型)

#### (4) パネル単体の試験体

表4.2 に、主な変位の荷重、最大荷重、及び破壊性状を示した。また、図4.17～4.20に、2階建て型の各試験体の荷重－変形曲線を示す。このパネル単体の実験は、ASTM型の純せん断の試験を目指したが、実験装置の都合で、パネルにいくらかの浮き上がりを生じてしまった。特に押しと引きのサイクルで、ばらつきが大きく、見かけのせん断変形で捉えた荷重－変形曲線は、片側だけが大きな荷重を示している。図は、これを修正して、パネルの真のせん断変形と荷重の関係を示している。

パネルの破壊性状はどの試験体もほとんど一緒で、筋違いの端部およびそれと接している部分から進む。筋違いに注目すると、1820mmタイプは筋違い端部の枠へのめりこみが著しかった。一方、910mmタイプはめりこみよりも筋違い全体のはらみが顕著であった。最終的な破壊は、浮き上がりによる枠端部の破壊であった。もし、浮き上がりを完全に拘束できれば、筋違いの座屈などが生じたと考えられる。

図4.21は、荷重－変形曲線の包絡線を示している。また、図4.22は剛性の変化を示している。包絡線および剛性のグラフを見ると、パネル幅（横長さ）が1820mmのものと910mmのものとは、大きな違いを示している。当然ながら、1820mmのものが強度、剛性とも高くなっている。パネルはボルトと座金で横架材に取り付けられているので、金物の違い（A1かA2か）はこの実験ではほとんど関係ないといえるだろう。剛性におけるP-2P-A1とP-2P-A2の差は、試験体の誤差と考える方が適当であろう。

図4.23は残留変形率を示している。これを見ると、残留変形率は試験体の幅よっての差はないようだ。軸組とパネルが一体となった試験体で見られたような、変形が進むと残留率も進む等といった一般的な傾向は見られない。

図4.24は等価粘性減衰定数を示している。等価粘性減衰定数についても、大きな差はない。全体的には1/30rad. まではわずかだが右下がりの曲線を描いている。

この試験体は、「試験体の種類」で述べたように、解析に用いるためのデータを得るために実施したものである。1間幅のものと半間幅のもので、強度や剛性には大きな差があるが、全体的には初期の荷重の上がり方は弾性的である。一方、除荷の際の履歴はスリップの性状を顕著に示している。これらを考慮したモデル化は可能と考えられる。

表4.2 主な変位の荷重・最大耐力・破損状況（パネル単体）

			1/120(倍率)	1/60	1/30	最大荷重 kg	破壊性状
単 体 壁	P-2P -A1	+	2164 (6.9)	3267		3575 (1/39.1)	パネルの浮き・回転 下枠右割れ
		-	-1958 (6.3)				
	平均	2061 (6.6)					
	P-2P -A2	+	1710 (5.5)	2893		3481 (1/40.6)	パネルの浮き・回転 右下金物座屈 下枠右割れ
-		-1692 (5.4)					
平均	1701 (5.5)						
P-1P -A1	+	524 (3.4)			-619 (1/74.1)	パネルの浮き・回転 座金めり込み	
	-	-523 (3.4)					
平均	523 (3.4)						
P-1P -A2	+	579 (3.7)			-1020 (1/66.3)	パネルの浮き・回転 下枠右割れ	
	-	-763 (4.9)					
平均	671 (4.3)						

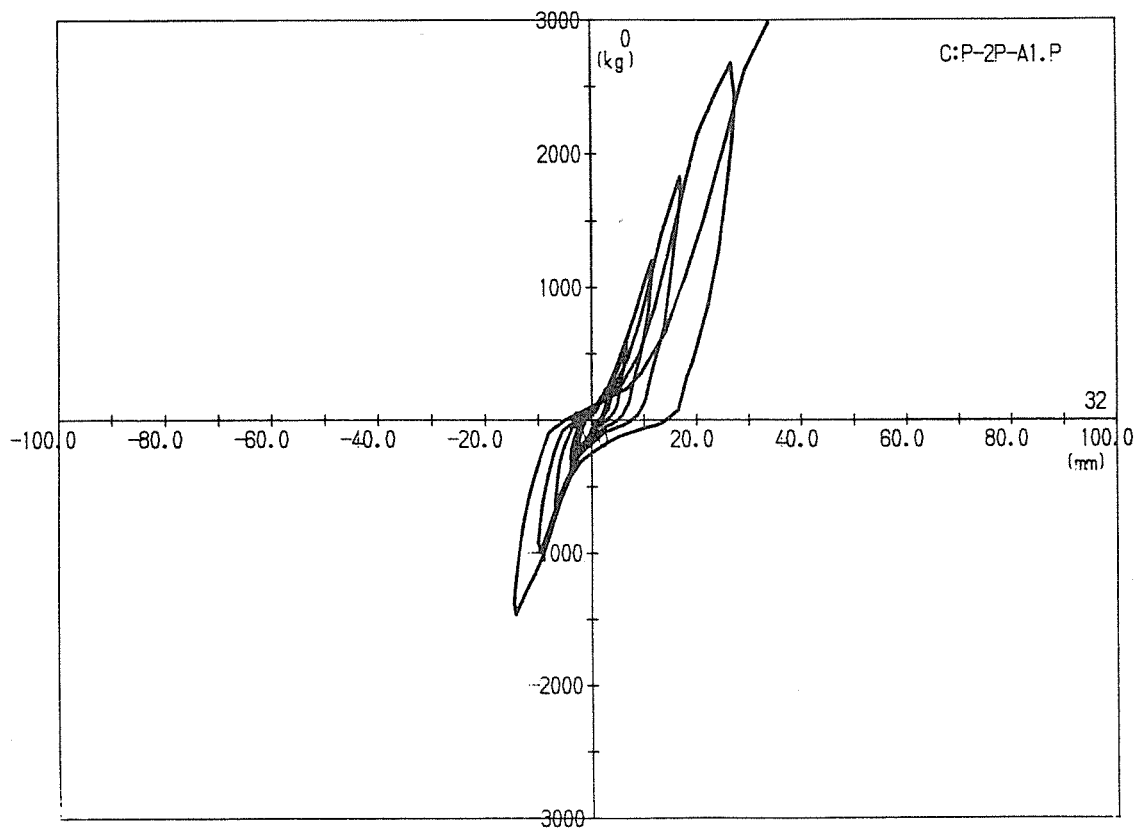


図4.17 P-2P-A1 荷重-変形曲線

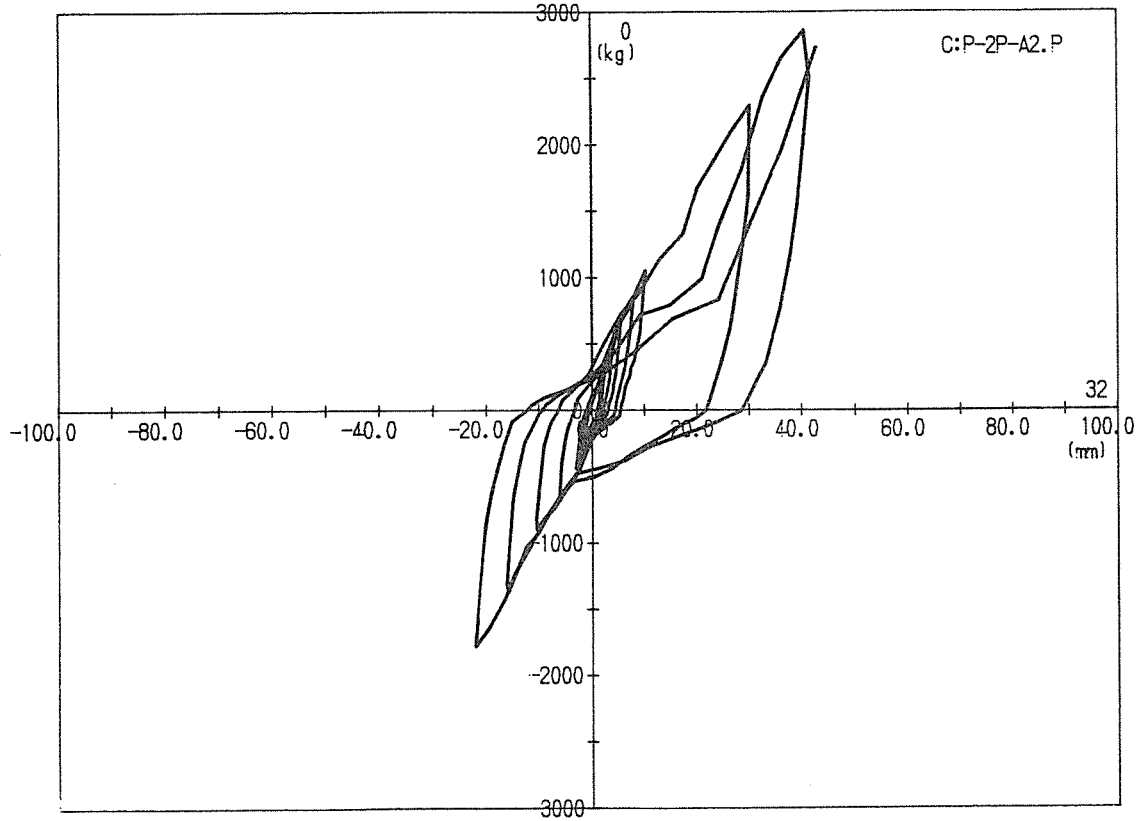


図4.18 P-2P-A2 荷重-変形曲線

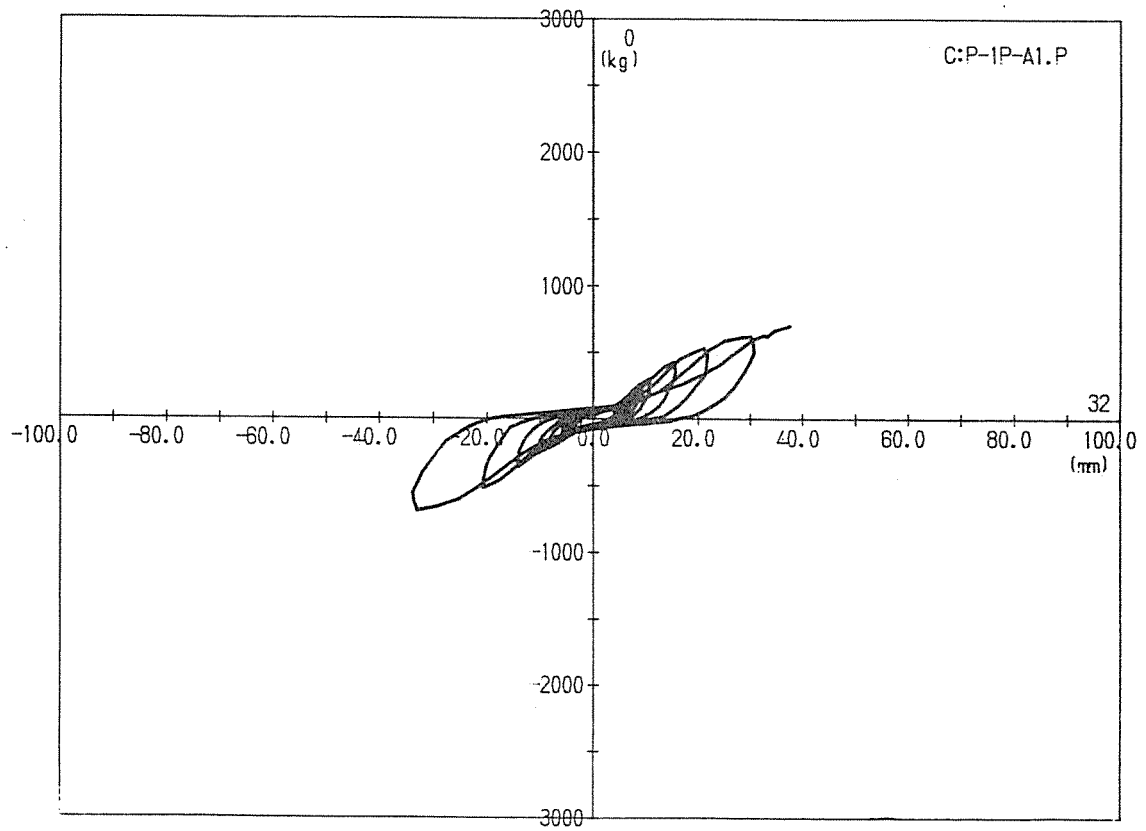


図4.19 P-1P-A1 荷重-変形曲線

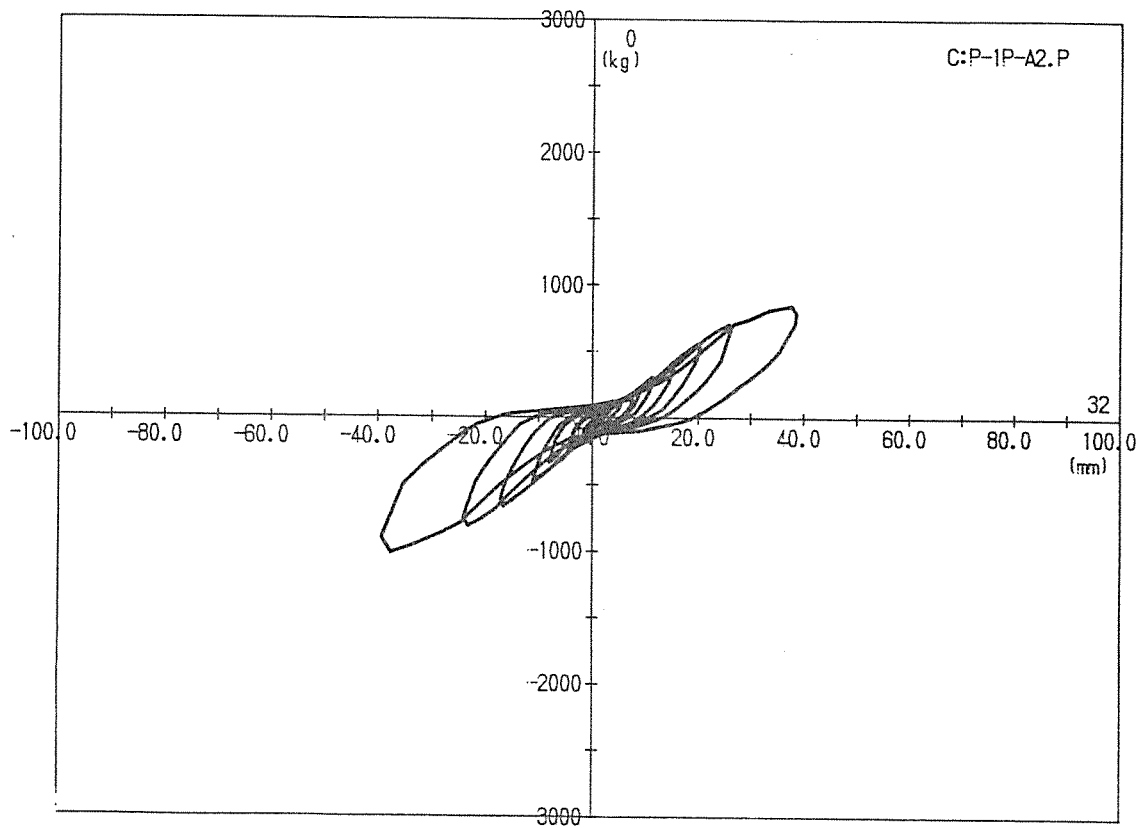


図4.20 P-1P-A2 荷重-変形曲線

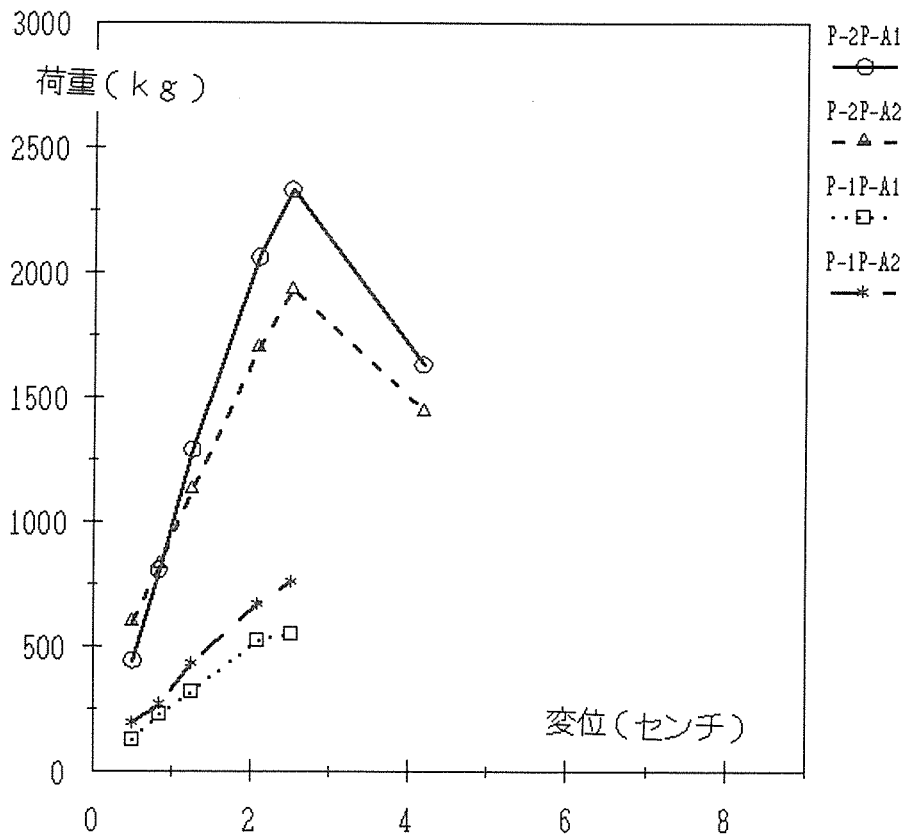


図4. 2 1 荷重-変形曲線の包絡線 (パネル単体)

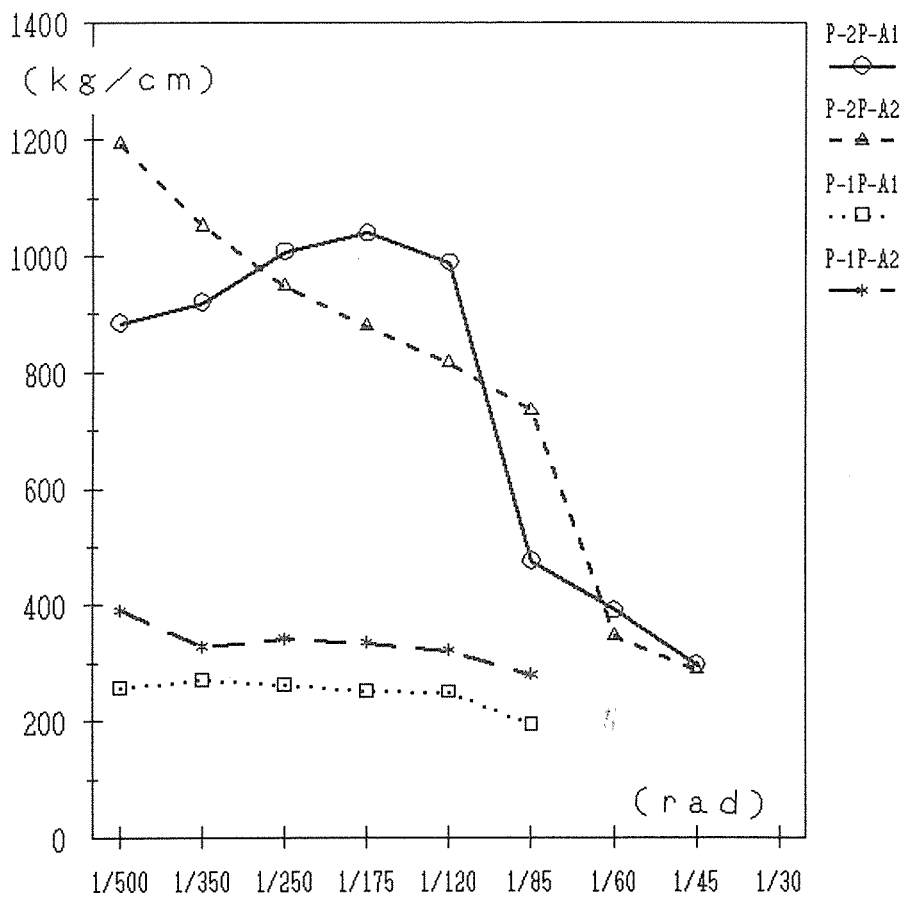


図4. 2 2 剛性の変化 (パネル単体)

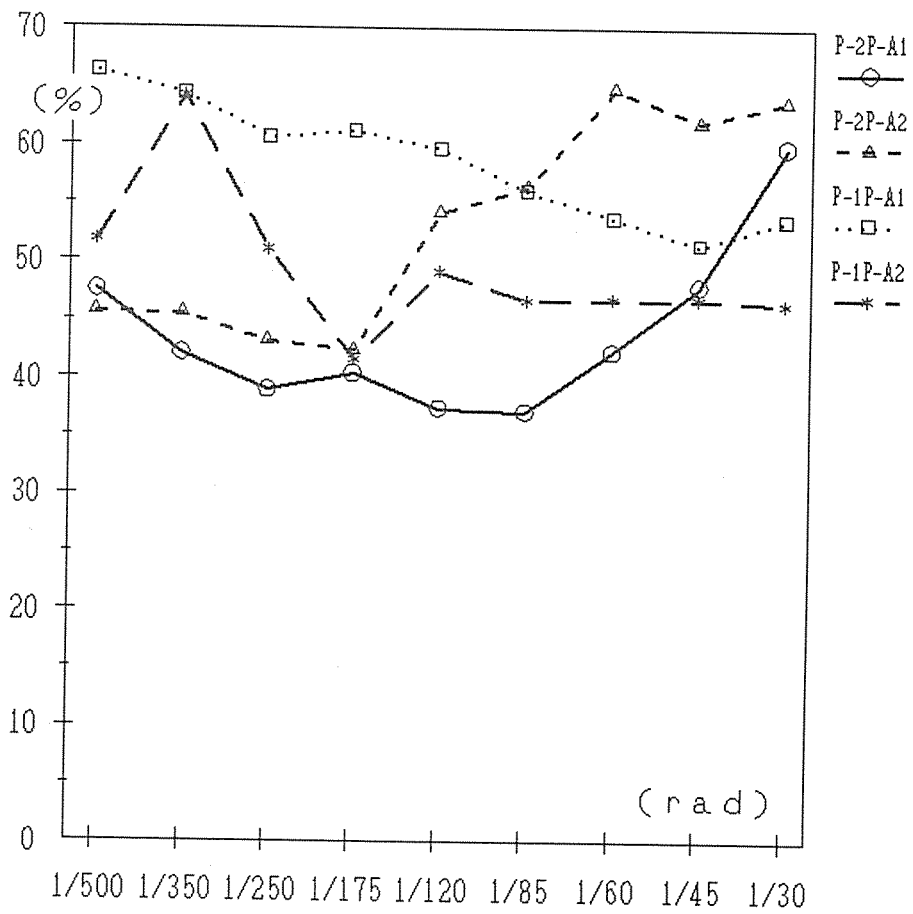


図4. 23 残留変形率 (パネル単体)

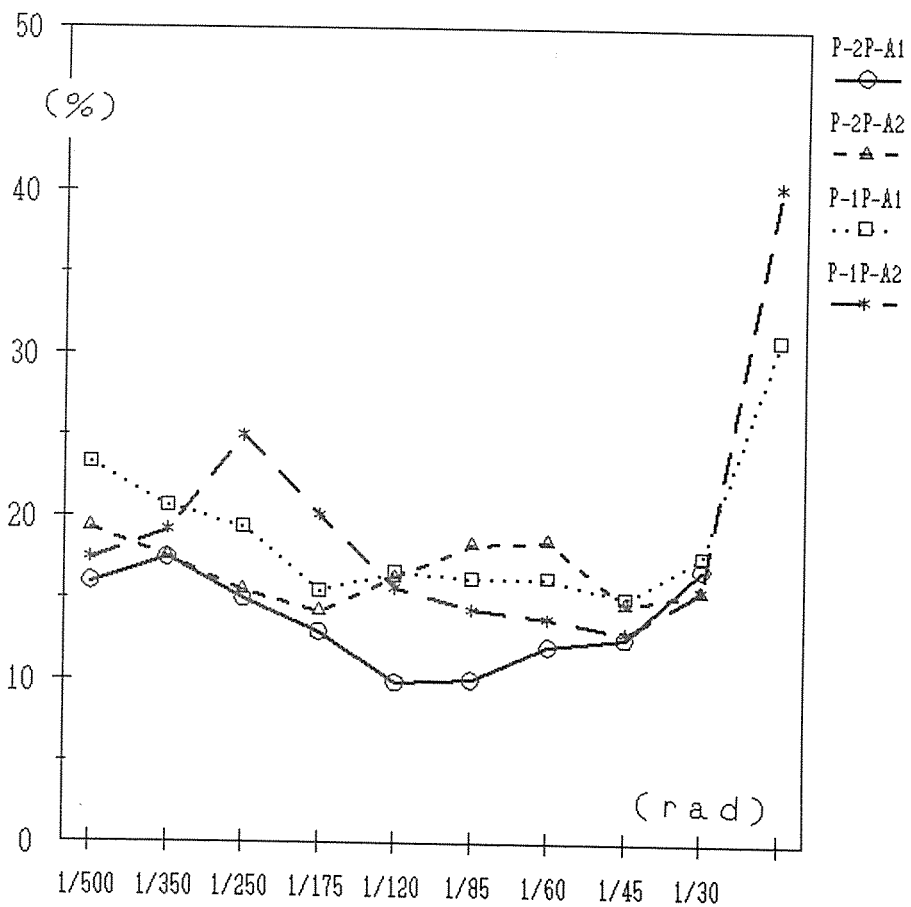


図4. 24 等価粘性減衰定数 (パネル単体)



## (5) 引張試験

表4.3 に、主な変位の荷重、最大荷重、及び破壊性状を示した。表の中には他の試験体と同様にいわゆる壁倍率も載せてあるが、加力方法が異なっていることに注意する必要がある。参考程度である。また、図4.25～4.26に、各試験体の荷重－変形曲線を示した。引きのサイクルが、荷重も変位もマイナスに出ているので、逆転して描かれている。

金物を横架材の側面にも釘打ちするA1タイプ(T-2P-A1)は、1/120rad.から土台に引き裂きを生じて、その後は、その割れが進展していく。荷重－変形曲線では、20mmを越えると、既に荷重は最大耐力を越えている。一方、パネルの下枠材を土台に釘打ちするA2タイプ(T-2P-A2)では、変形に従って、釘が徐々に抜けて行くだけであった。土台などの損傷はほとんど見られなかった。最大荷重に達する変形は、A1タイプよりは、やや大きい。

さて、この試験体は、パネルを軸組の中に配置したときの挙動を解析するためのデータを得るために実施したものである。主として、パネルの脚もとの引き抜きのデータである。この点に関する考察を以下に述べる。

実験は片方向引張加力であり、パネルの左下を支点として回転させている。従って、パネルのプロポーションから、脚もとに生じた引き抜き力を算出する。パネルの幅1820mm、ジャッキの高さ2600mmより、

$$2600 / 1820 = 1.43$$

実験で得られた荷重値の1.43倍した値が、パネルの端部に働いていることになる。また、荷重－変形曲線より、浮き上がりが3mm程度までは弾性で見なすことができる。浮き上がりに対して、450kg/3mm程度であろう。更に、完全弾塑性型のバイリニア型、あるいはトリリニア型としてモデル化することも可能であろう。ただし、荷重を減じていくときの履歴の形は、A1タイプとA2タイプではやや傾向が異なっており、これを何らかの形で取り入れるか、あるいは無視しても影響はないか、更に検討が必要であろう。

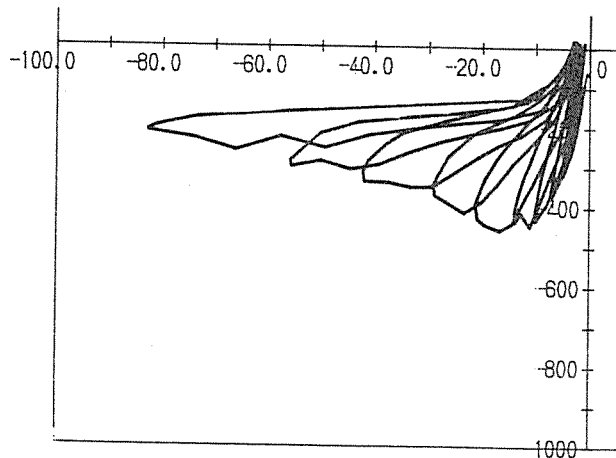


図4.25 T-2P-A1 荷重-変形曲線

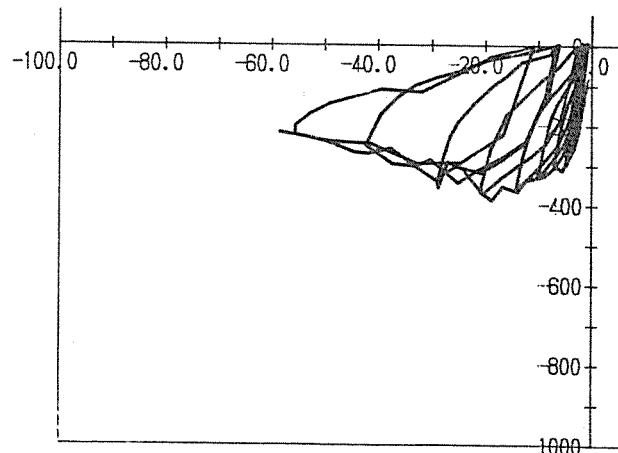


図4.26 T-2P-A2 荷重-変形曲線

表4.3 主な変位の荷重・最大耐力・破損状況 (引張試験)

			1/120(倍率)	1/60	1/30	最大荷重 kg	破壊性状
引張	T-2P -A1	-	-430 (1.4)	-315	-211	-459 (1/149)	右下土台割れ
	T-2P -A2	-	-371 (1.2)	-251	-213	-387 (1/132)	右下釘抜け

表4.4 主な変位の荷重・最大耐力・破損状況 (ブロックパネル)

			1/120(倍率)	1/60	1/30	最大荷重 kg	破壊性状
ブ ロ ッ ク パ ネ ル	BP-1	+	352 (1.1)	453			パネル同士のずれ
		-	-372 (1.2)	-492	-732	-746 (1/29.1)	
		平均	362 (1.2)	472			
	BP-2	+	790 (2.5)	698		819 (1/89.5)	柱の抜け出し
-		-524 (1.7)	-480				
	平均	657 (2.1)	589				
W-CW	-1	+	603 (1.9)	662	744	>744 (1/30.0)	パネル同士のずれ
		-	-588 (1.9)	-635			
		平均	596 (1.9)	649			
W-CW	-2	+	1326 (4.3)	1626		1662 (1/44.1)	土台の曲げ・割れ
		-	-1150 (3.7)	-1210			
		平均	1238 (4.0)	1418			

#### (6) ブロックパネルの試験体

ブロックパネルの試験体は合計4体である。2体は、真壁のように板を落とし込むもので、他の2体は軸組の外側に釘打ちするものである。それぞれ実(さね)の部分に接着剤を用いたもの(\*\*\*-2)とそうでないもの(\*\*\*-1)の2種類がある。

表4.4に、主な変位の荷重、最大荷重、及び破壊性状を示した。また、図4.27~4.30に、ブロックパネルの各試験体の荷重-変形曲線を示す。また、図4.31は、荷重-変形曲線の包絡線を示した。

落とし込みタイプのうち、接着剤のついていないBP-1は、変形を加えると、間もなくパネル相互にズレを生じる。荷重-変形曲線では、その後、少しずつ荷重が上がっている。初期の荷重の立ち上がりは、摩擦によるものと思われる。1/30rad.まで変形を加えても、破損箇所は見られず、変形が進むのみである。

接着剤を用いたBP-2では、パネルは全体が一体として挙動し、パネル間のずれは最後まで見られなかった。パネルは一体となって回転するので、変形は両側の柱脚に集中している。更に変形が進むとみ栓が切れて、柱が抜け出してくる。荷重としては、BP-1よりもかなり大きな値を示す。

パネルを外側に張り付けたW-CWは、2体とも対応する落とし込みタイプよりも大きな荷重を示した。釘打ち本数の違い特に最上段最下段の板を、柱と横架材双方に釘を打ちつけたのが利いているものと思われる。接着剤のないBP-1では、変形とともにパネル間のずれが大きくなっていくだけで、他に大きな損傷は見られない。

W-CW-2は、特に大きな値を示した。今回の実験に関する限り、パネルは一体化されているので、一枚の大きなパネルを四周釘打ちしたのと同じである。BP-2では、全体が一体化しているので、軸組との相対的なずれの大きくなる周辺部で横架材を釘が引き裂いてくる。-1/60rad.で、正面右下の土台に裂けが生じている。また、横架材のせいが小さいので、土台は引き上げられて弓なりに曲がってしまっている。

表4.4によれば、これらブロックパネルを用いた試験体は、接着剤を用いない場合には、壁倍率1~2程度であるが、接着剤を併用すると2~4倍と大きくなる。

図4.32は、剛性の変化を示している。落とし込みタイプの接着剤なし(BP-1)は、初期から剛性が低いのに対して、接着剤有りとは外側釘打ち張り接着剤なしは、初期にはかなり高い剛性を示すものの、急激に剛性は落ちてくる。

図4.33は、残留変形率を示しているが、タイプによって、様々なカーブを描いている。落とし込みで、接着剤なしは終始高い残留率を示し、接着剤有りは40~60%の間にある。一方、外側張りは接着剤なしが20%以下の残留変形率から、最終的に80%を越えている。接着剤つきは終始10%以下である。前述の破壊性状を参照すると、その結果も理解できる。また、図4.34は、等価粘性減衰定数を示している。これは、総体的には残留変形率と同様の傾向と言えよう。

ブロックパネルを用いた試験体は、接着剤を用いない場合には壁倍率1~2程度で、接着剤を併用すると2~4倍と大きくなる。強度上は幅があるので、要求される耐震性能を考慮しながら使用することになる。

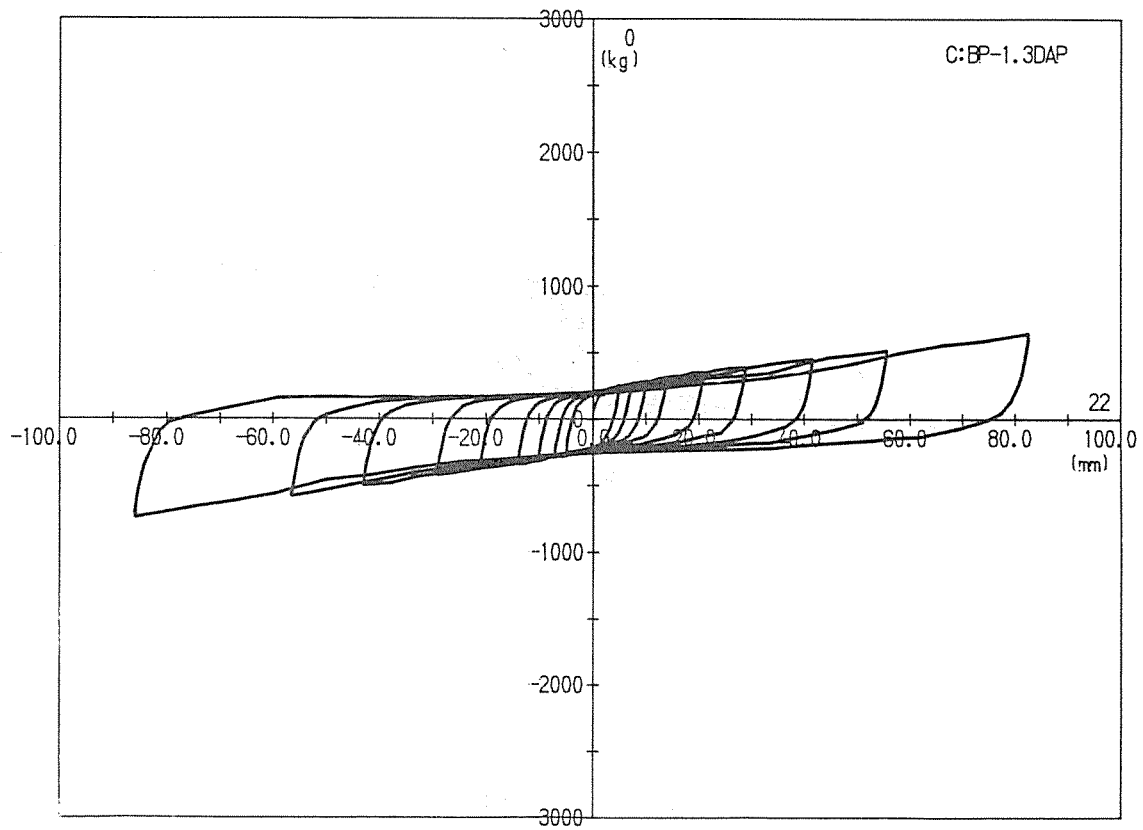


圖 4 . 2 7 B P - 1 荷重 - 變形曲線

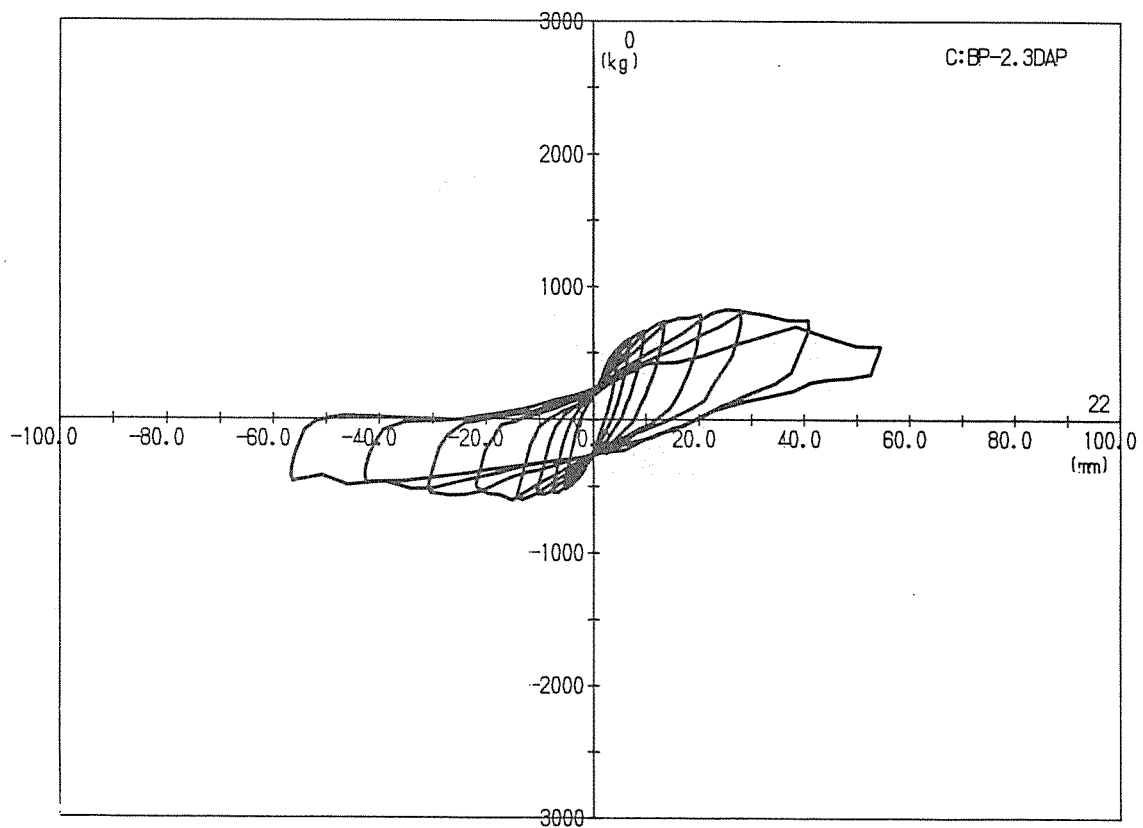


圖 4 . 2 8 B P - 2 荷重 - 變形曲線

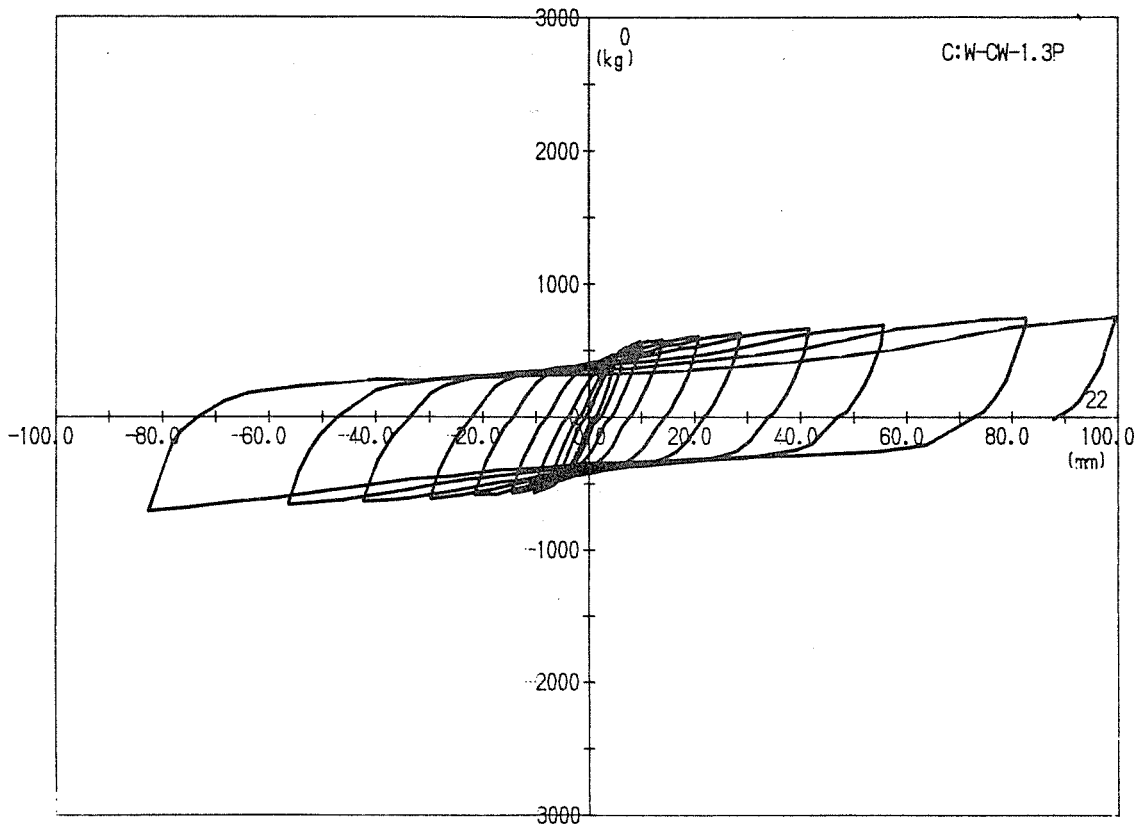


図4. 29 W-CW-1 荷重-変形曲線

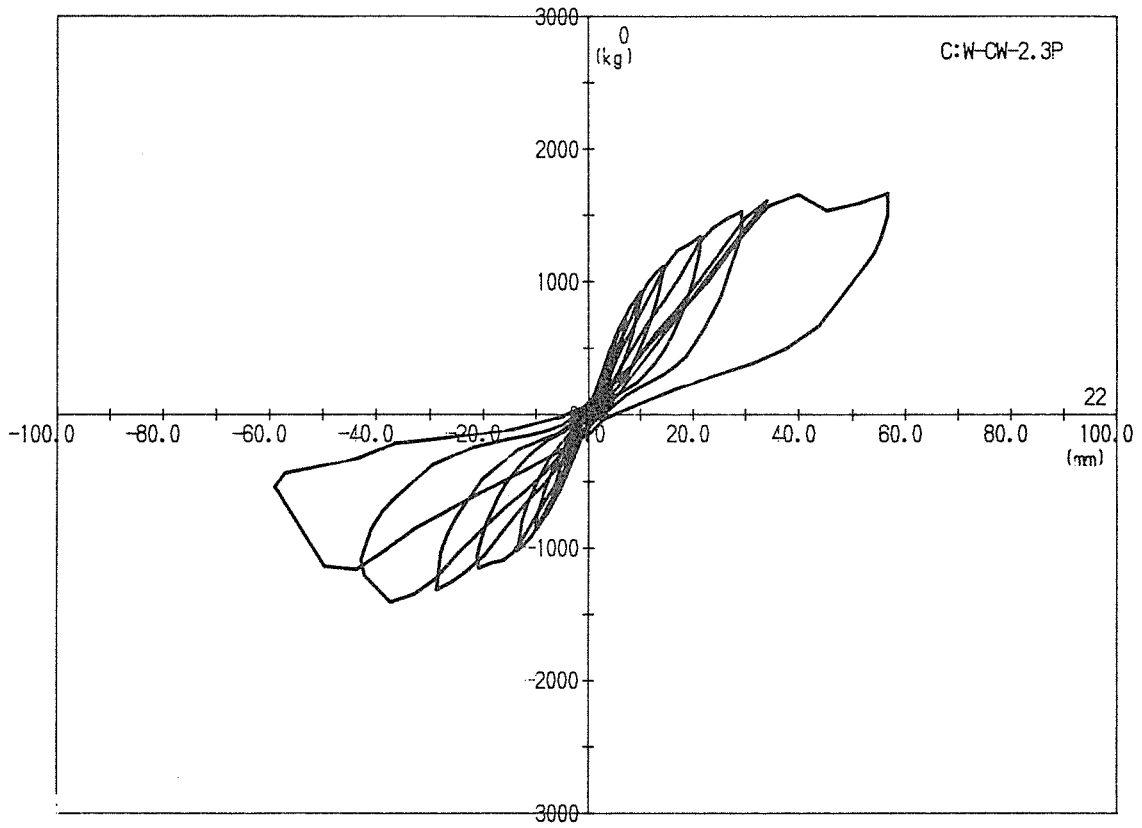


図4. 30 W-CW-2 荷重-変形曲線

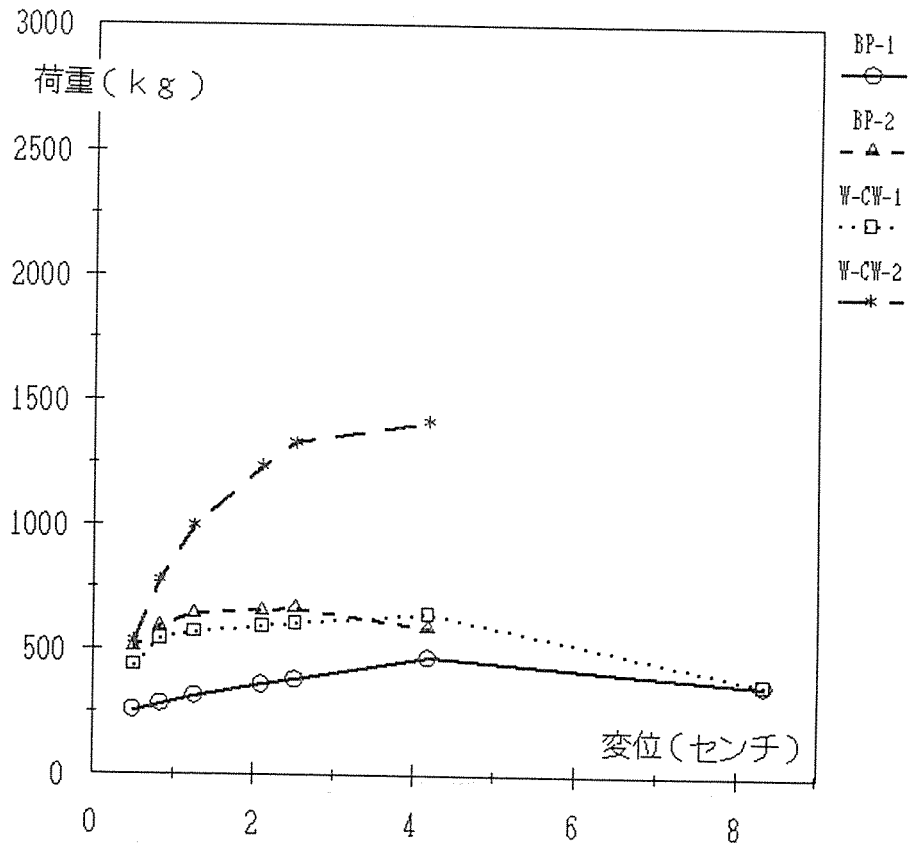


図4.31 荷重-変形曲線の包絡線 (ブロックパネル)

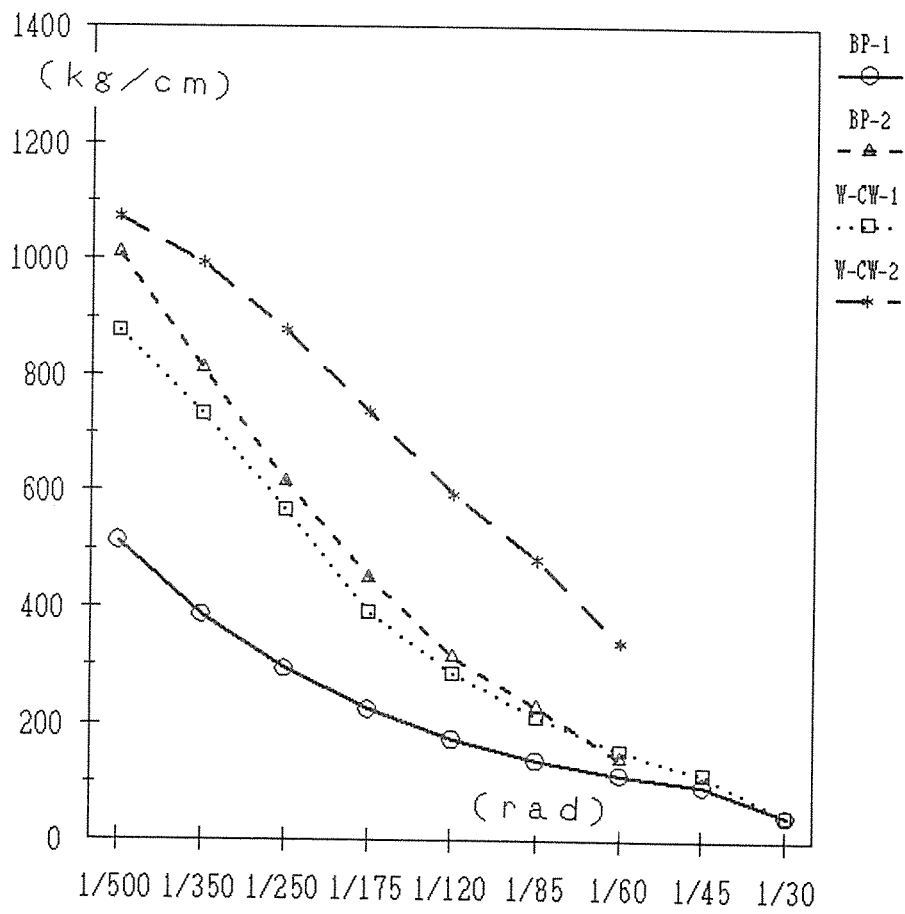


図4.32 剛性の変化 (ブロックパネル)

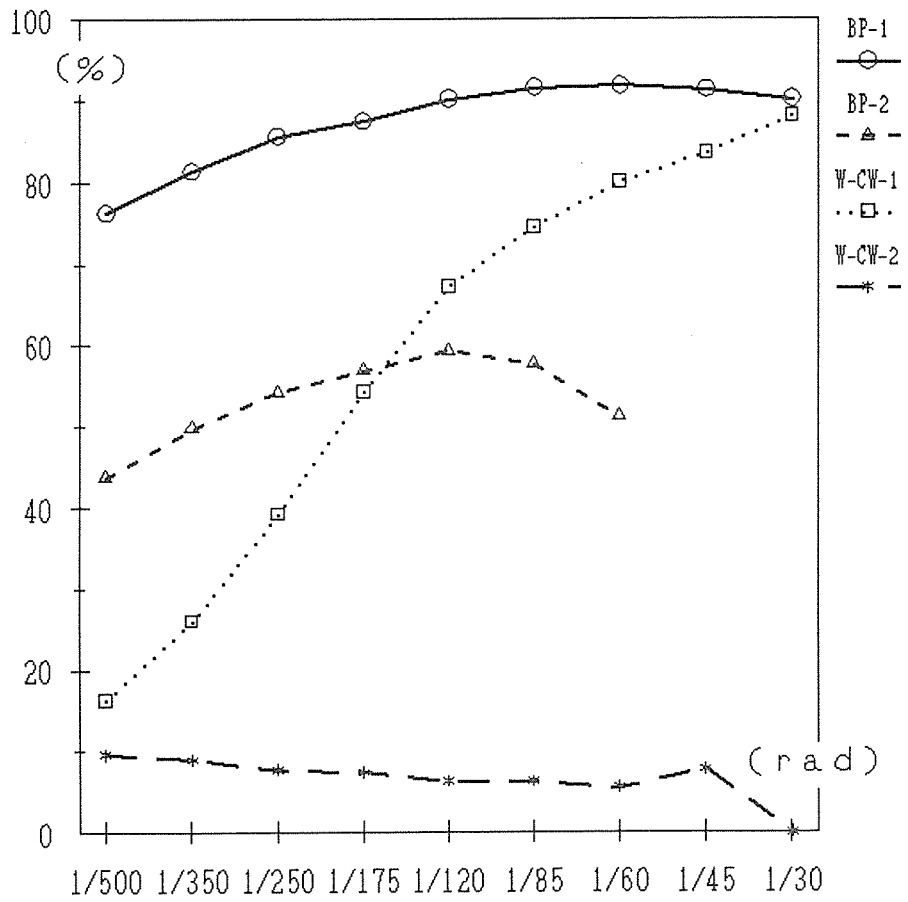


図4.33 残留変形率 (ブロックパネル)

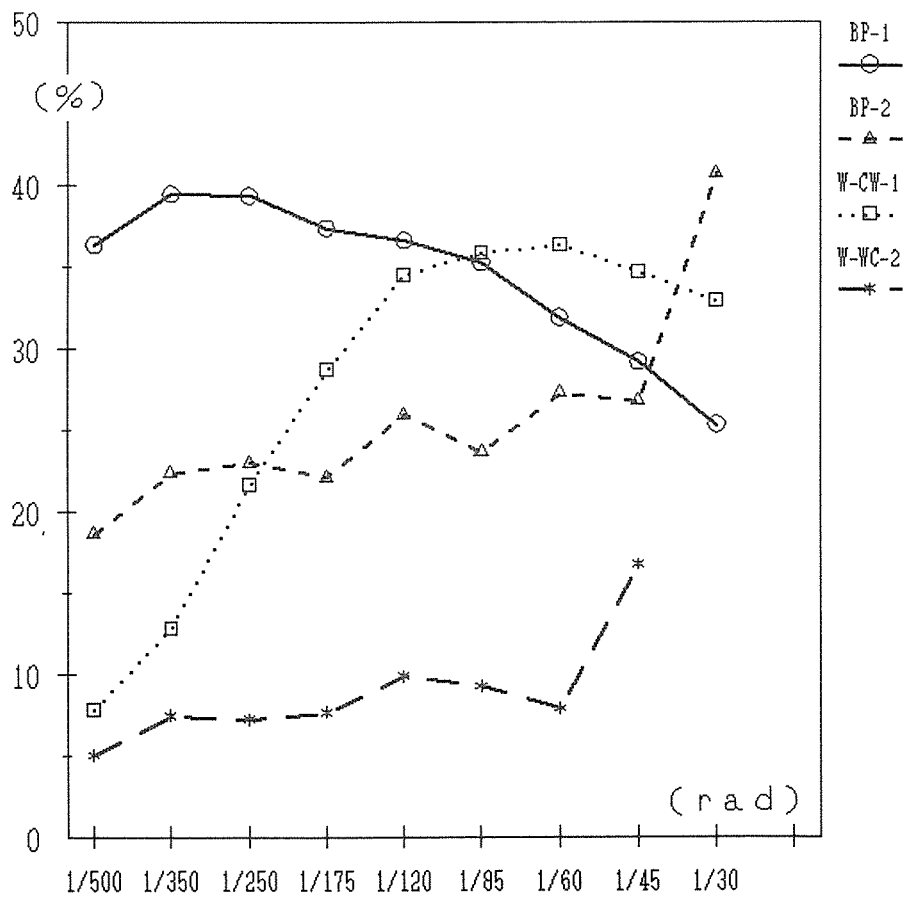


図4.34 等価粘性減衰定数 (ブロックパネル)

## 5 実験のまとめ

実験の結果、次のようなことが分かった。

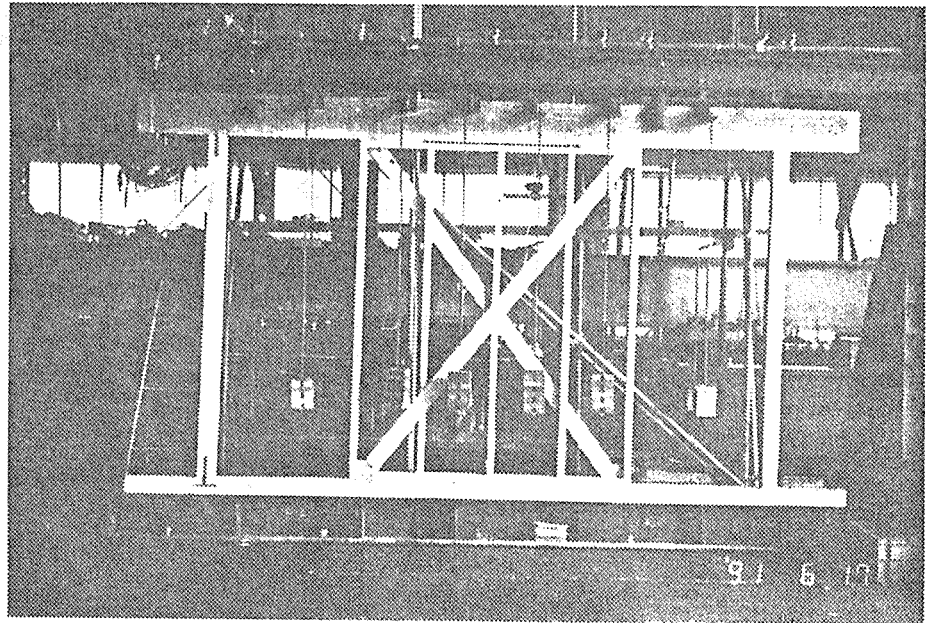
- ① パネルの上部に隙間を設け、これに硬木を挿入して釘打ちするというタイプは、強度、剛性では、隙間のないものよりも10～15%程度低下した。しかしながら、若干の強度の低下で納まるものと考えられる。
- ② 2階建て型の試験体は、強度的には土台タイプよりも低く70～80%である。他の試験体と比べると、残留変形率も小さく、また、等価粘性減衰定数も小さい。この減衰性が小さいことは、耐震的には好ましくない。
- ③ パネル単体の実験は、解析に用いるためのデータを得るために実施した。1間幅のものと半間幅のもので、強度や剛性に大きな差があるが、全体的には弾性的に荷重は上昇し、スリップ状に履歴していくことが分かった。これらを考慮したモデル化は可能と考えられる。
- ④ パネルの脚もとの引張試験では、荷重－変形曲線より、浮き上がりが3 mm程度までは弾性で見なすことができ、150kg/mm程度であった。更に、バイリニア型あるいはトリリニア型としてモデル化することも可能である。
- ⑤ ブロックパネルの試験体には2つのタイプがある。落とし込みタイプには、耐震的な働きも多少は期待していたが、粘りは大きいものの剛性は乏しかった。一方、カーテンウォール型は非耐力として考えていたが、かなり強度も大きく、特に接着剤を併用すると、強度・剛性も高いことが分かった。



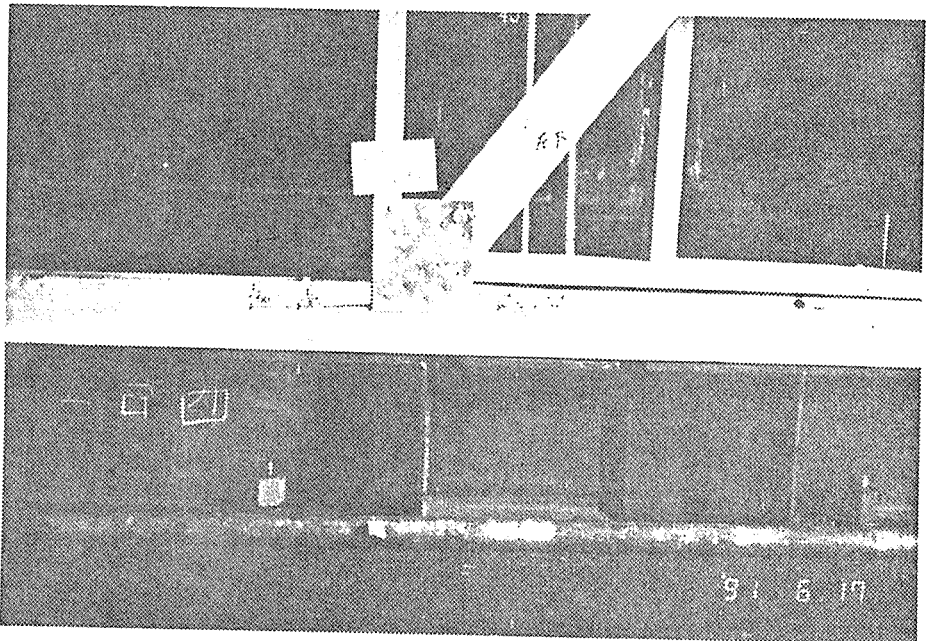
資料編：実験写真集

+1/85rad. 変形時 全景

パネルの脚部に少し隙間を生じており、土台に引き裂けを生じた。

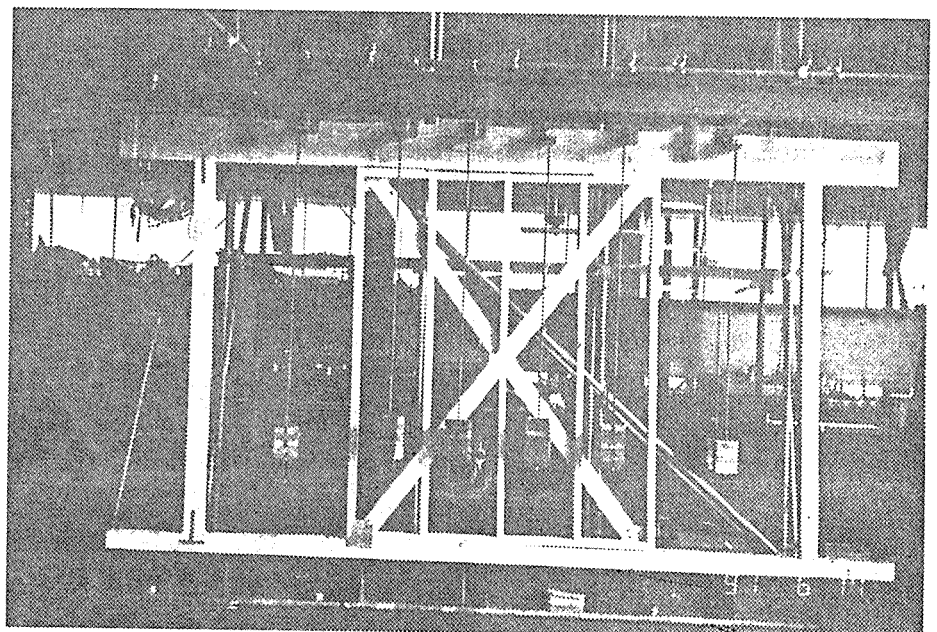


+1/60rad. 変形時 左下部分  
土台の引き裂けが進展している。

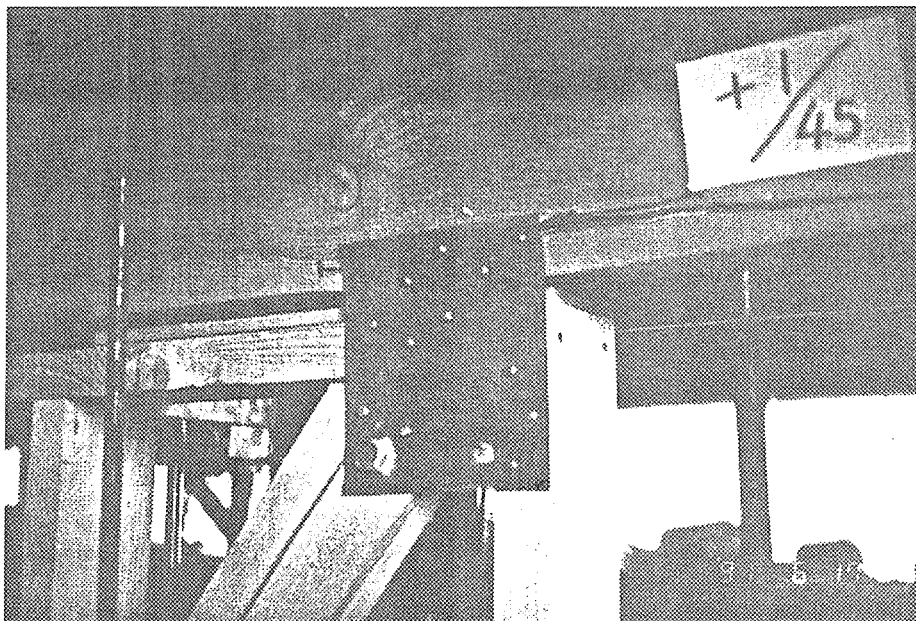


-1/60rad. 変形時 全景

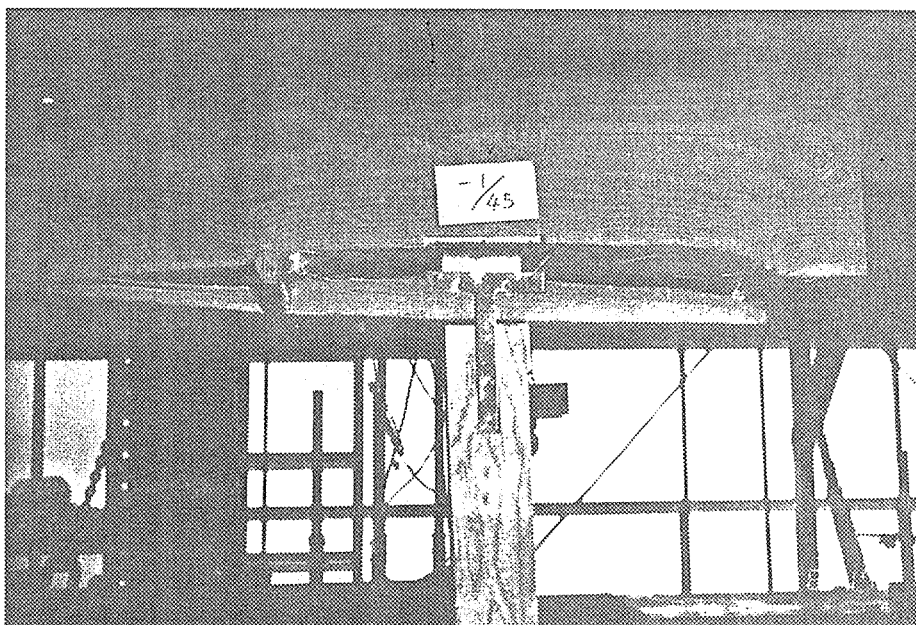
パネル右下及び左上に隙間を生じている。



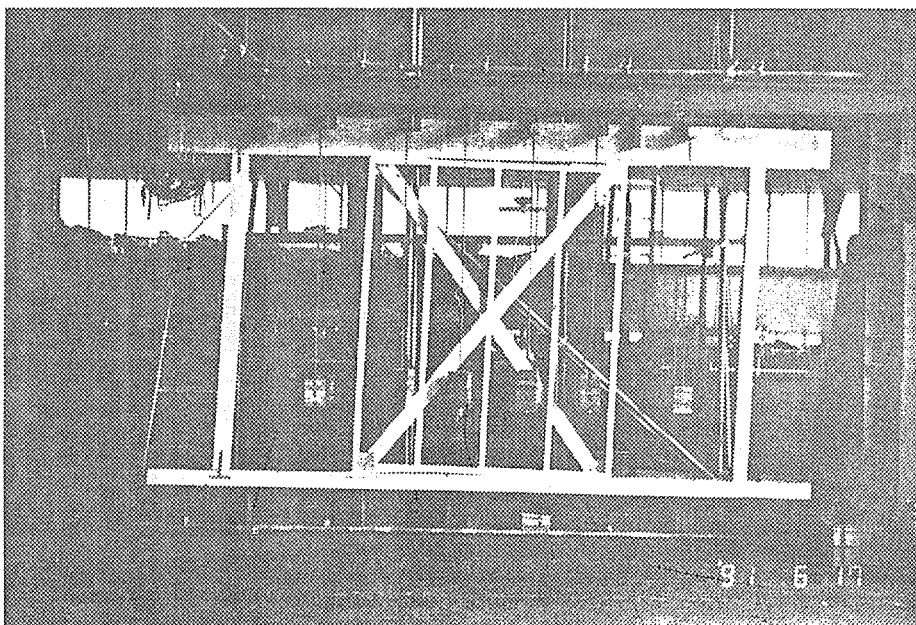
+1/45rad. 変形時 右上部分  
パネル右上で、桁にも引き裂  
きを生じた。



-1/45rad. 変形時 右柱上部  
柱頭の金物が桁を引き裂いて  
いる。

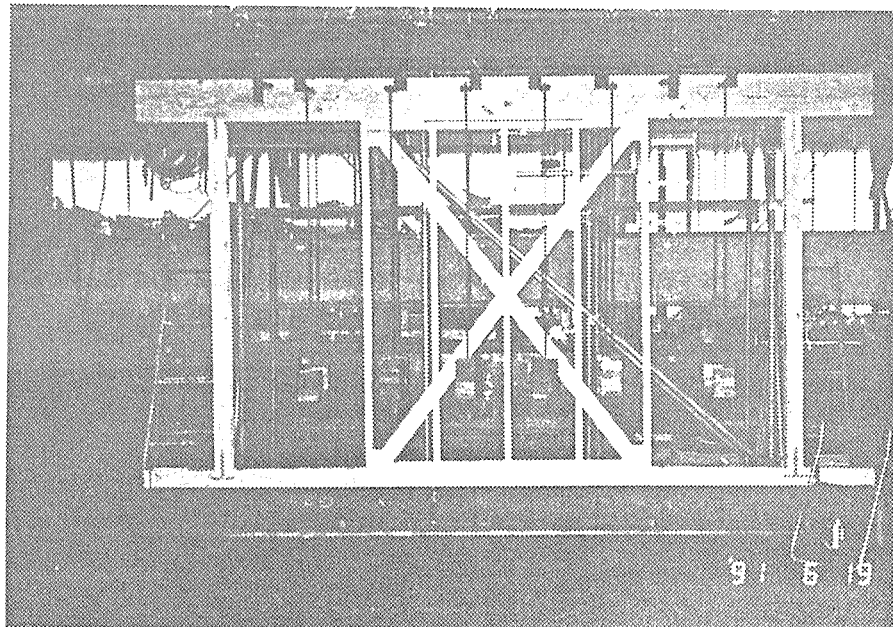


+1/30rad. 変形時 全景  
左柱の柱脚にも引き裂きを生  
じている。パネルの右上と左  
下が横架材を引き裂いてい  
るのがよく現れている。

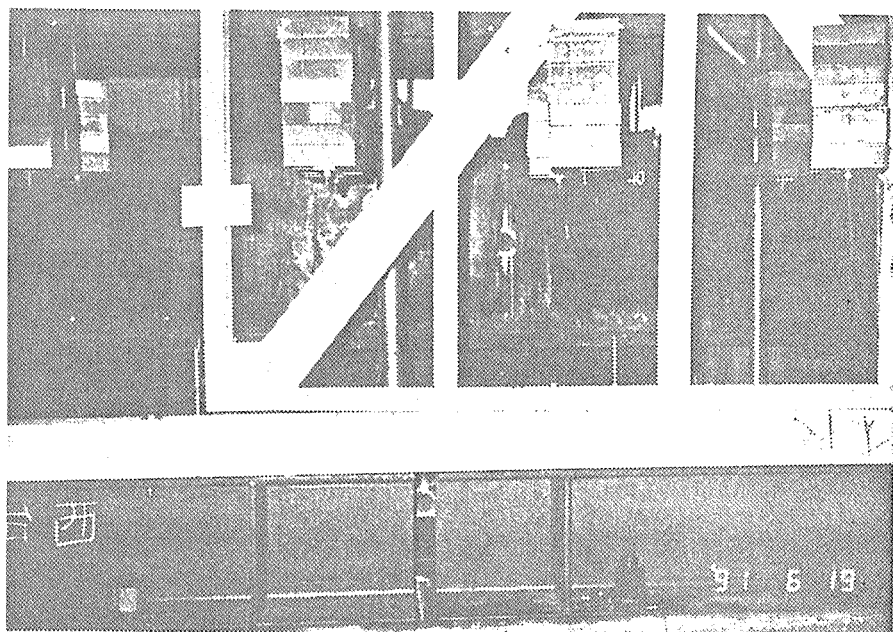




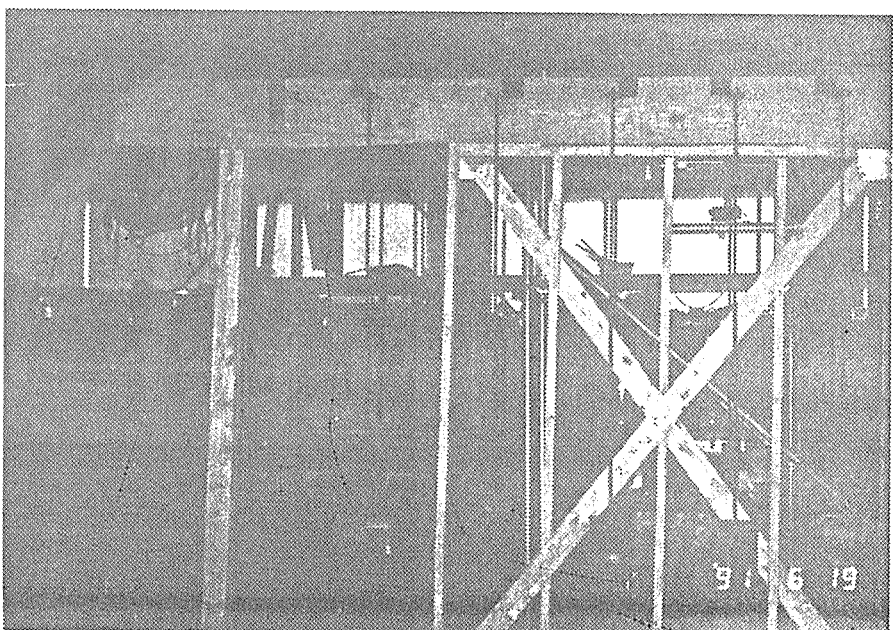
-1/120rad. 変形時 全景



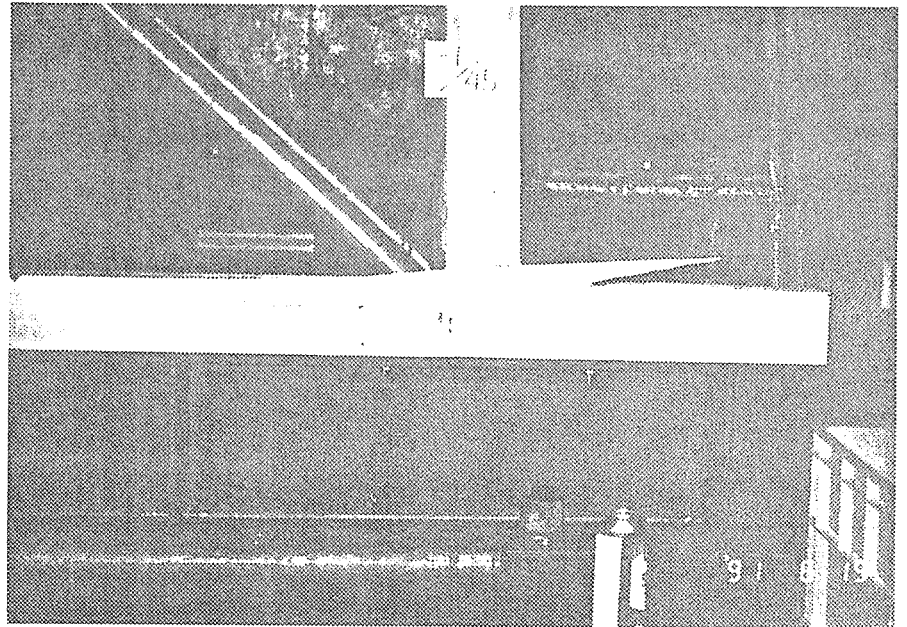
+1/60rad. 変形時 左下部分  
釘打ちされたパネルが、上に  
引き上げられている。下枠パ  
ネルは曲がっている。土台側  
の損傷はない。



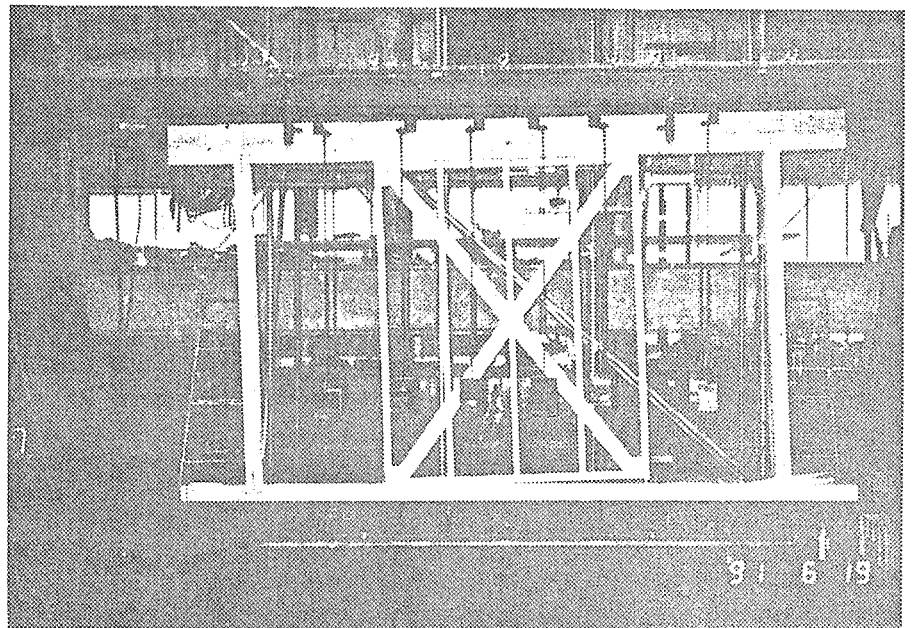
+1/45rad. 変形時 左上部分  
柱頭で桁が引き裂かれている。



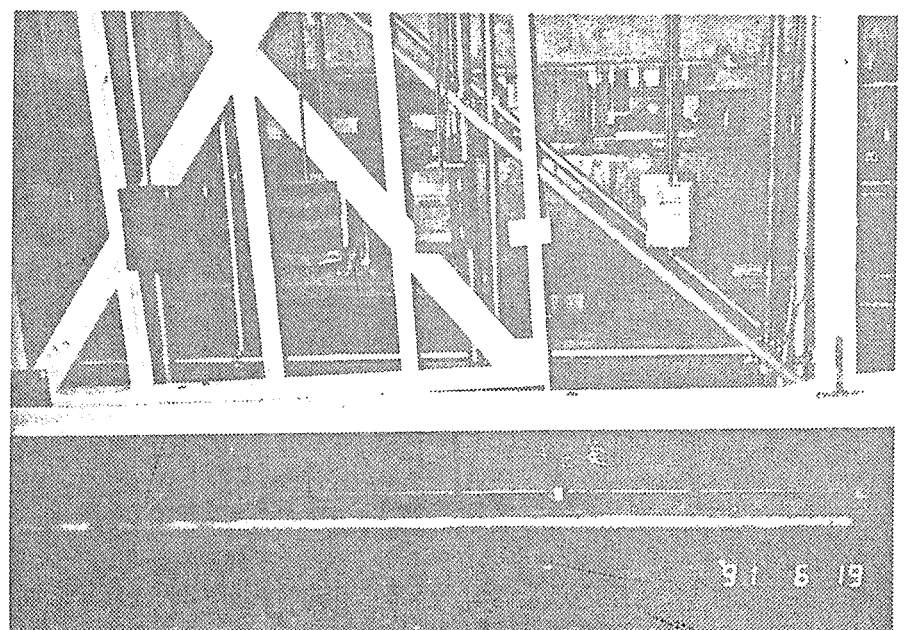
-1/45rad. 変形時 右下部分  
柱脚で土台が引き裂かれています。



-1/45rad. 変形時 全景  
パネルの右下が完全に浮いている。柱脚で土台が引き裂か  
れている。



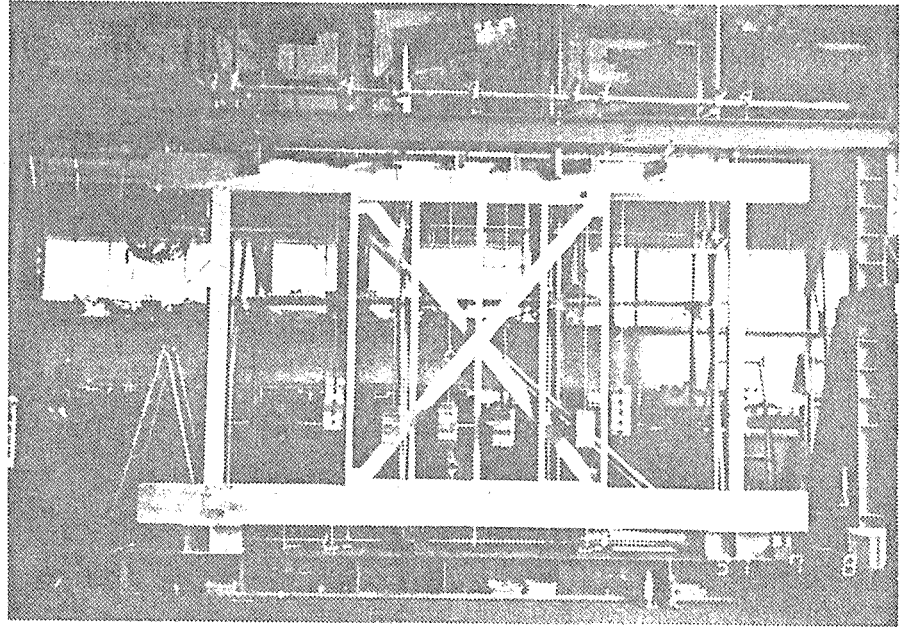
-1/30rad. 変形時 右下  
パネルの右下が完全に浮いて  
いる。土台の損傷はほとんど  
ない。



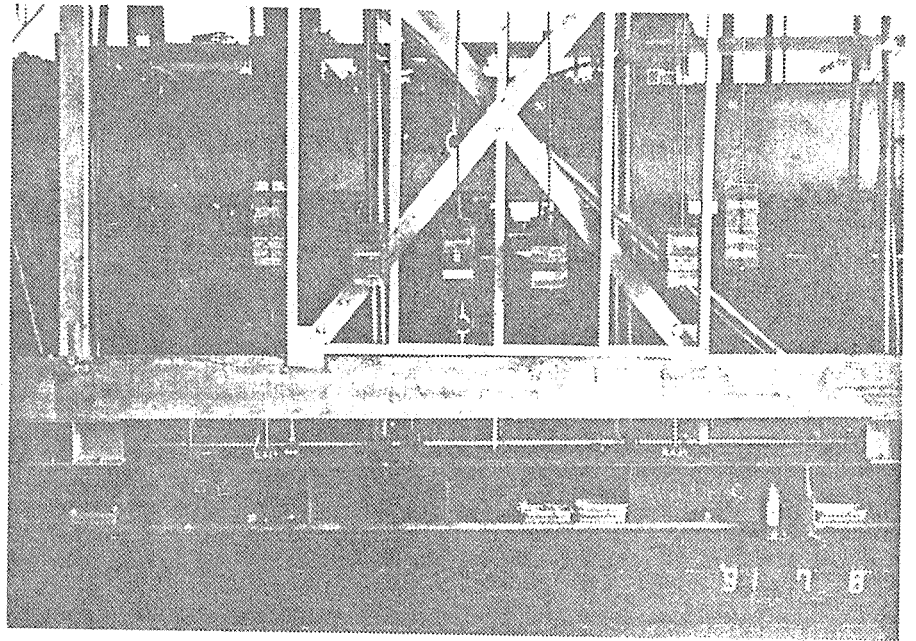


加力前 全景

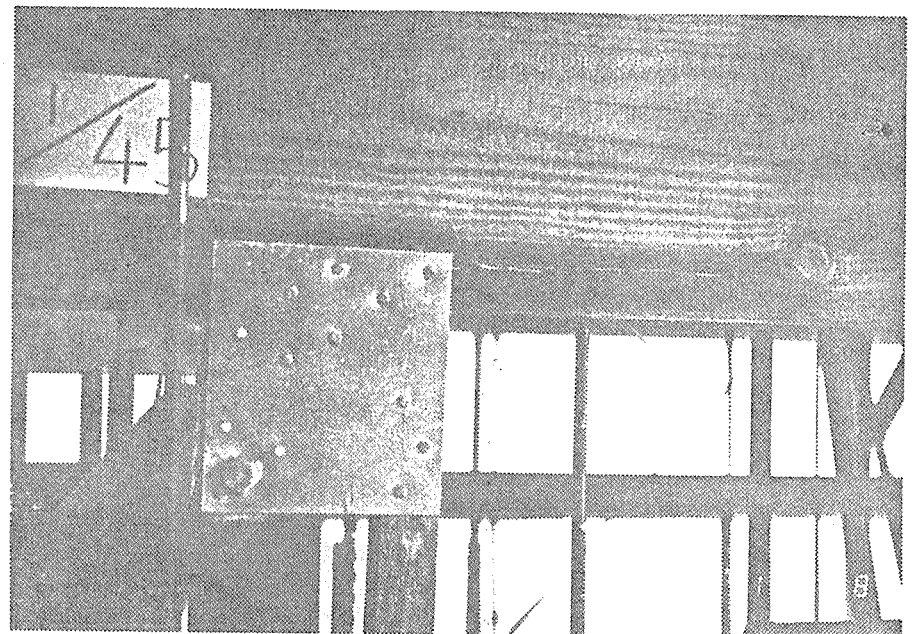
下の横架材は、両端で支えられており、中間部は浮き上がってセットされている。



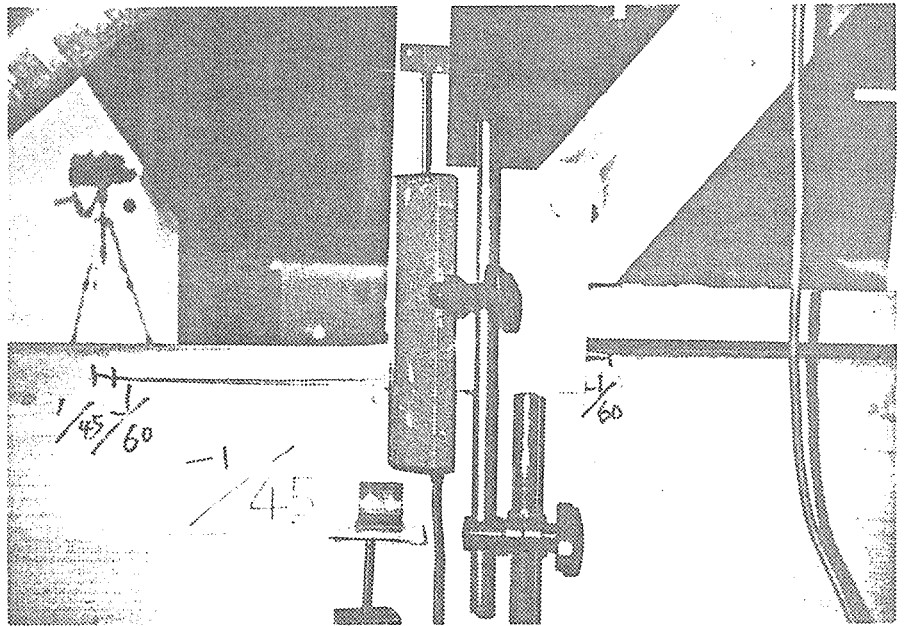
+1/45rad. 変形時 下半分  
パネル左下が、僅かながら胴  
差しから浮き上がっている。



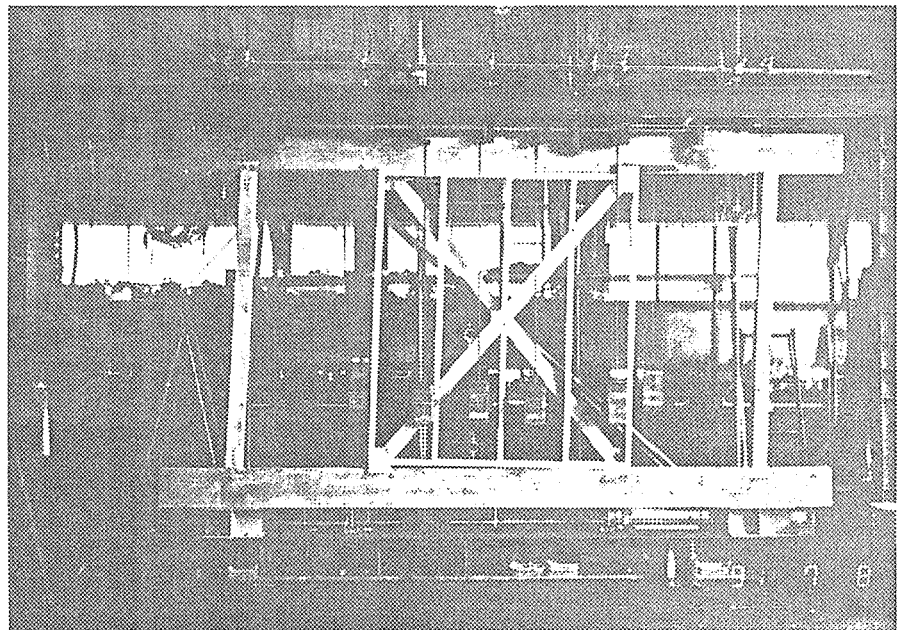
+1/45rad. 変形時 右上  
パネル右上で、横架材が引き  
裂きを生じた。



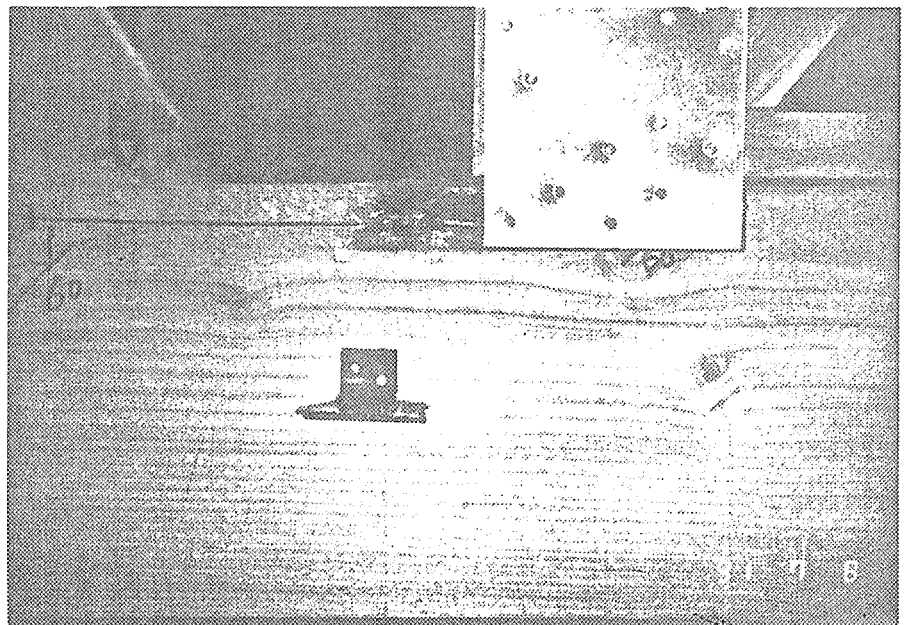
-1/45rad. 変形時 右下裏側  
-1/60rad. で生じたパネル右下  
の土台の引き裂きが、更に進  
展している。



+1/30rad. 変形時 全景  
横架材の間でパネルが回転を  
起こし、横架材に引き裂きを  
生じているが、柱の上下では  
引き裂きはない。

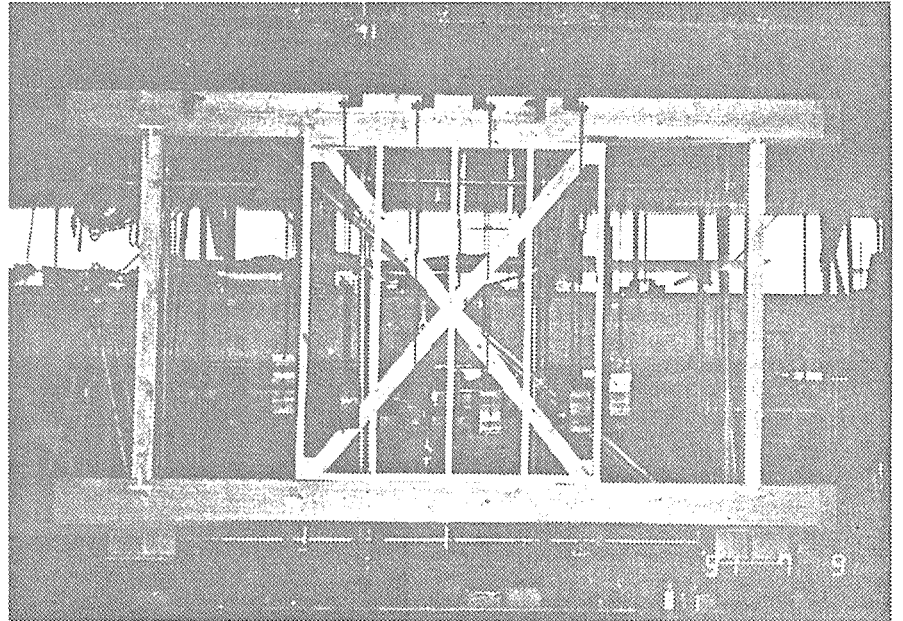


+1/30rad. 変形時 右下裏側  
金物の釘が引き抜けて、横ず  
れを起こしている。

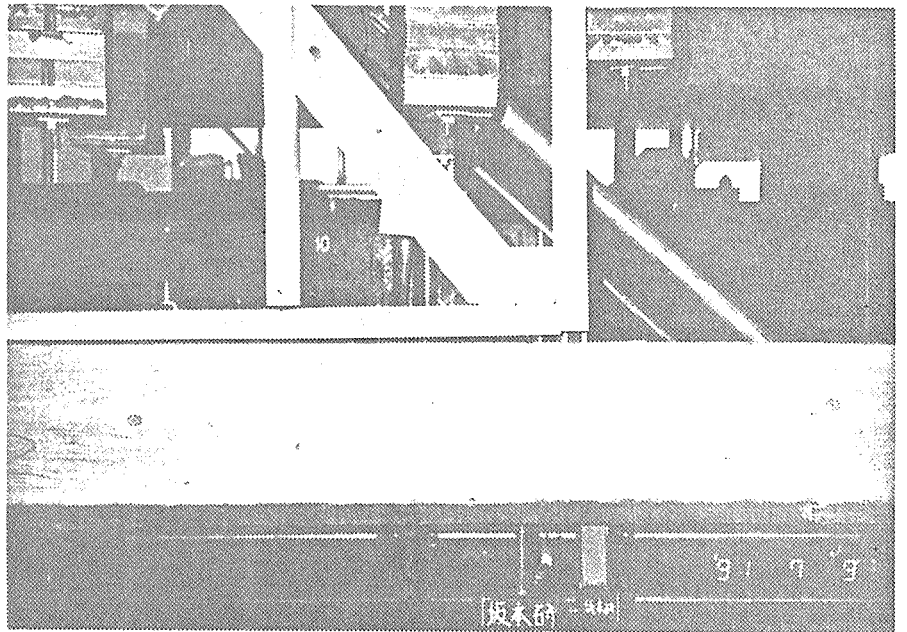


1 F - 2 P - A 2

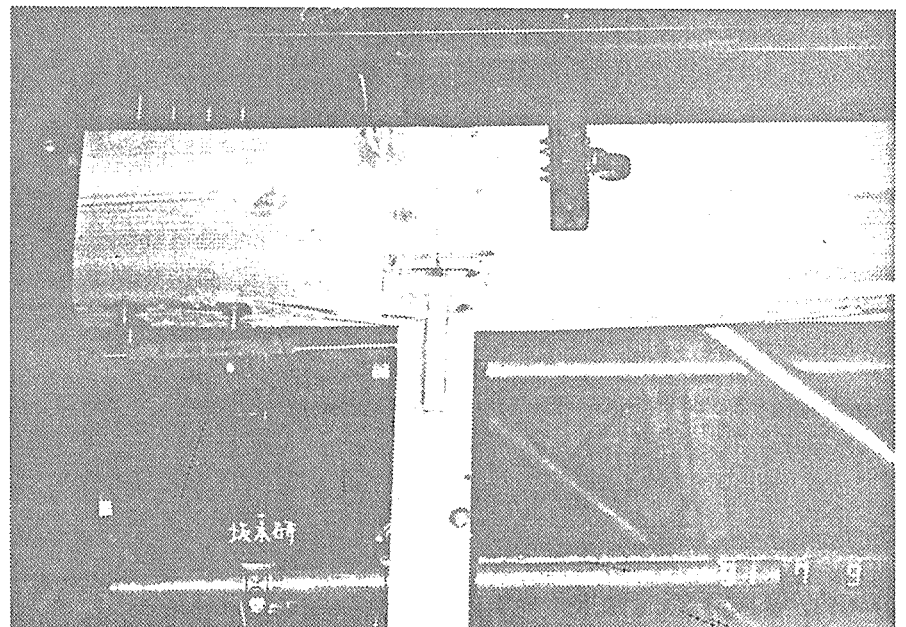
+1/120rad. 変形時 全景  
パネルの右上、左下に僅かに  
隙間が見える。



-1/45rad. 変形時 右下  
パネルの右下の隙間が大きく  
なっている。



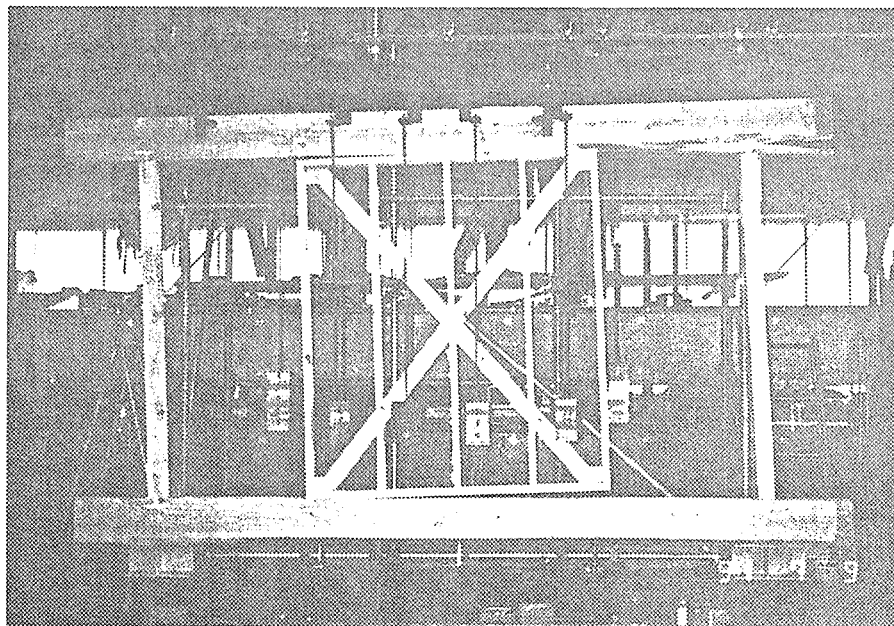
+1/30rad. 変形時 左上  
柱頭の金物が桁を引き裂いて  
いる。





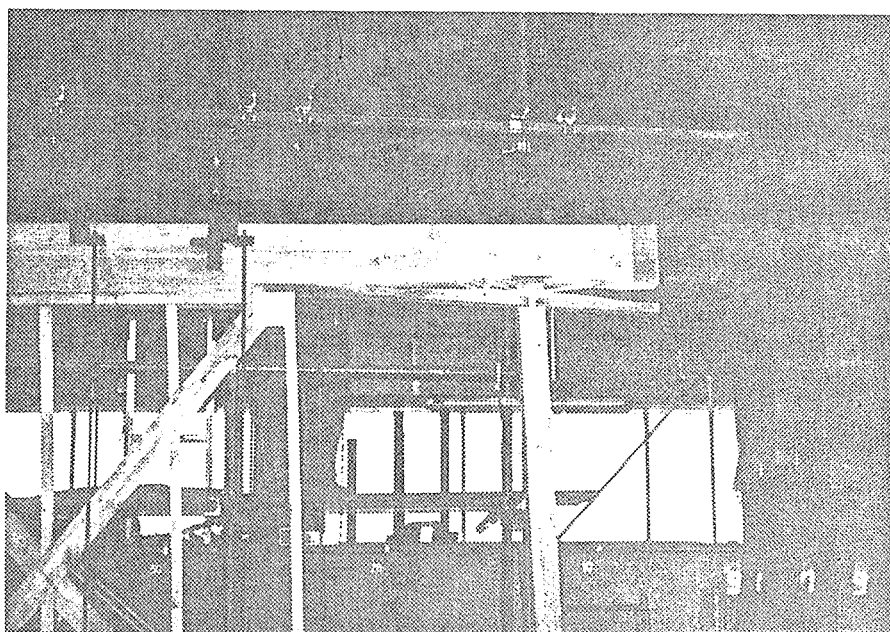
-1/30rad. 変形時 全景

右柱の柱頭でも金物が桁を引き裂いており、パネルは更に回転を起こしている。

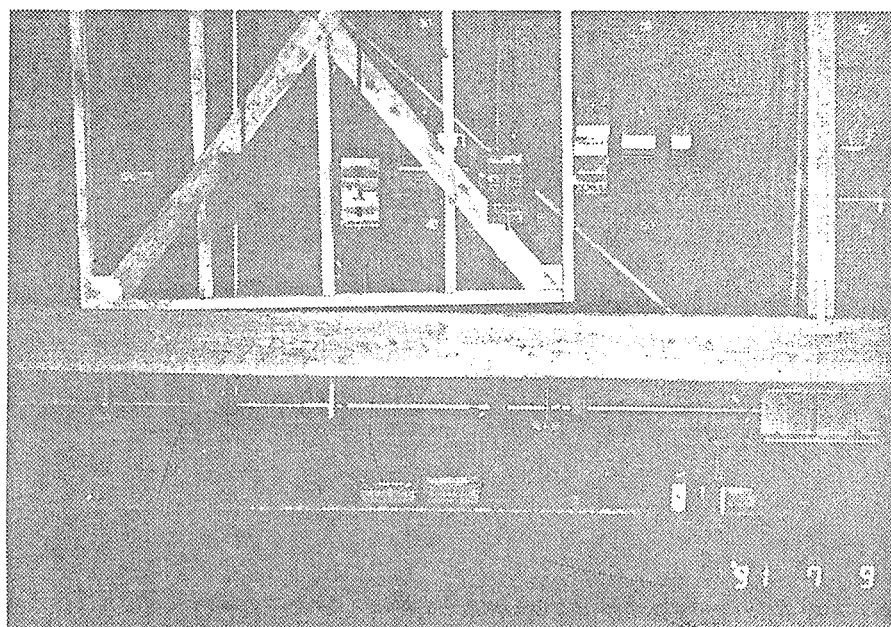


-1/30rad. 変形時 右上

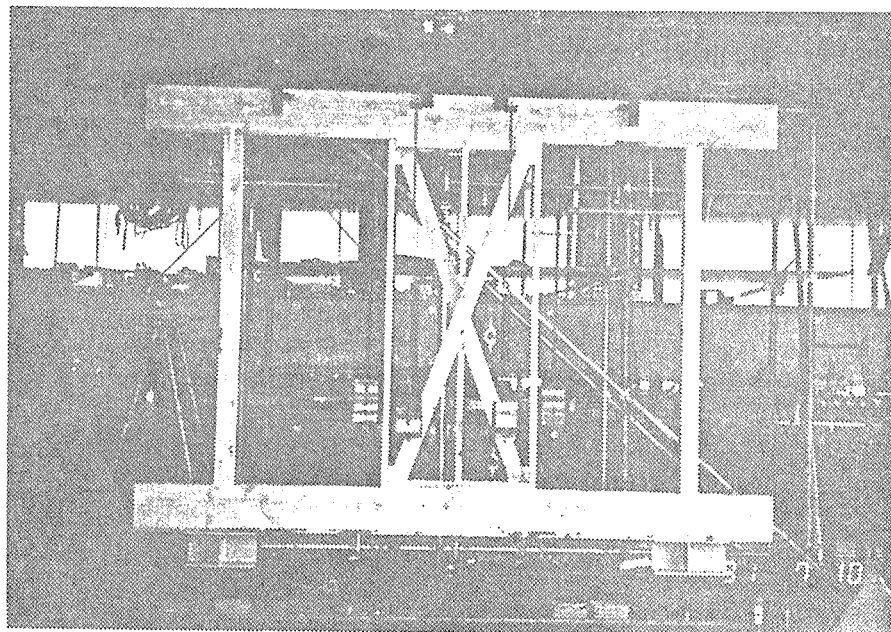
右柱の柱頭でも金物が桁を引き裂いている。



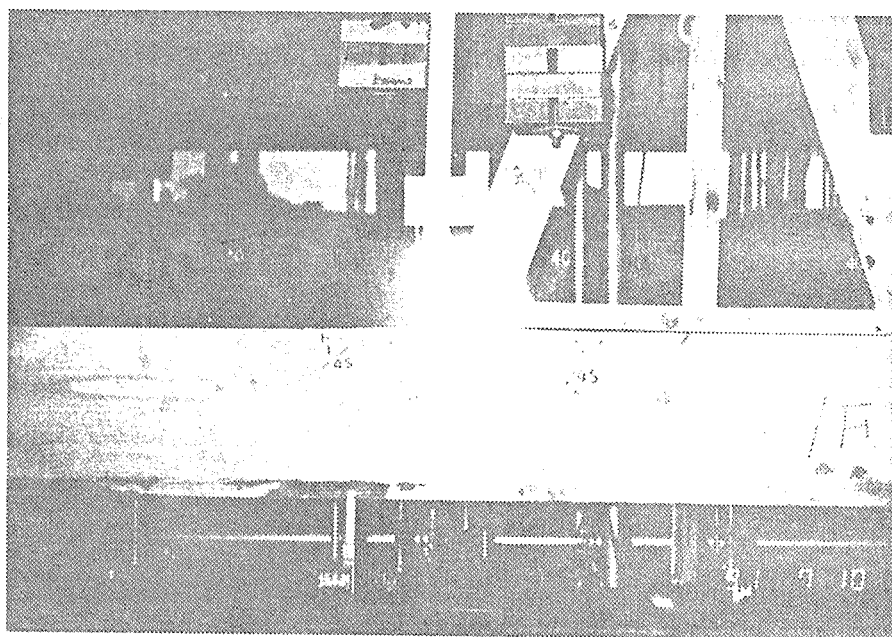
-1/30rad. 変形時 右上



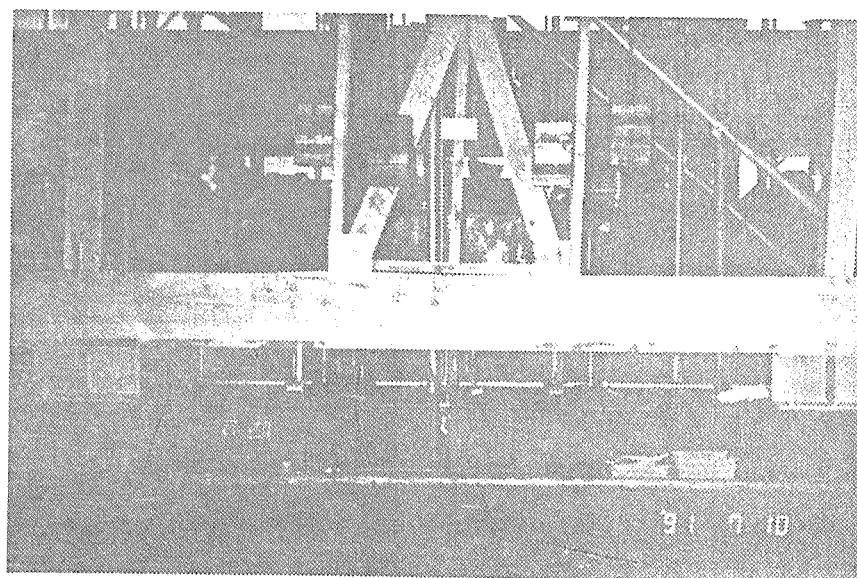
加力前 全景



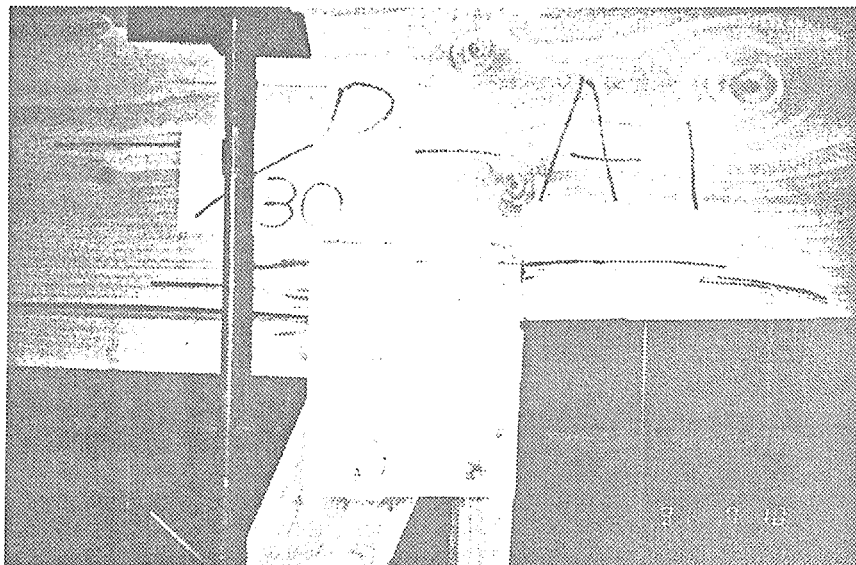
+1/45rad. 変形時 左下  
胴差しに引き裂きが生じてい  
る。



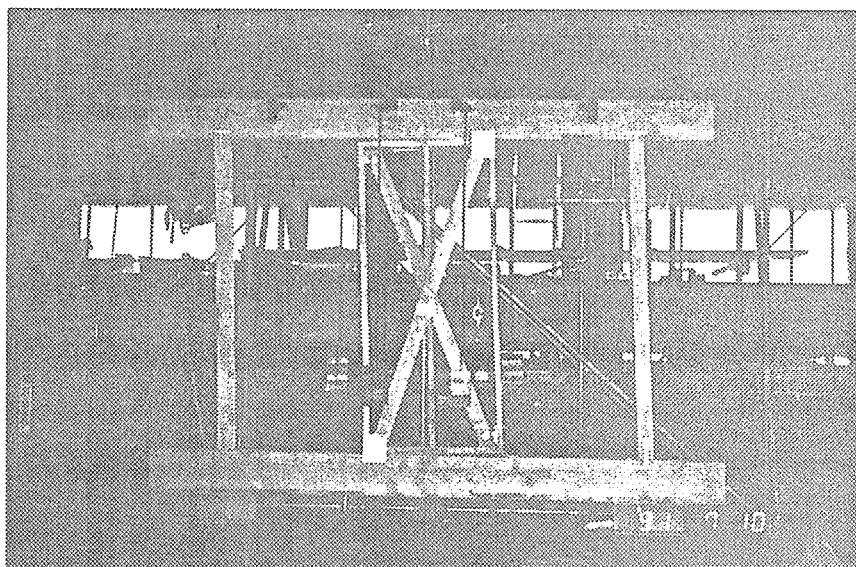
+1/30rad. 変形時 下半分  
胴差しの引き裂きが更に進展  
している。



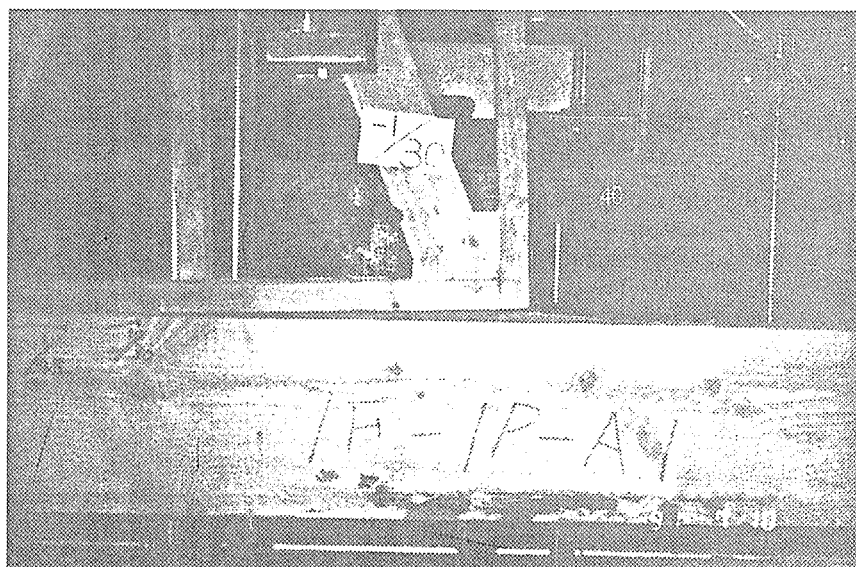
+1/30rad. 変形時 右上  
パネルの上部で、桁に引き裂きを生じている。



-1/30rad. 変形時 全景



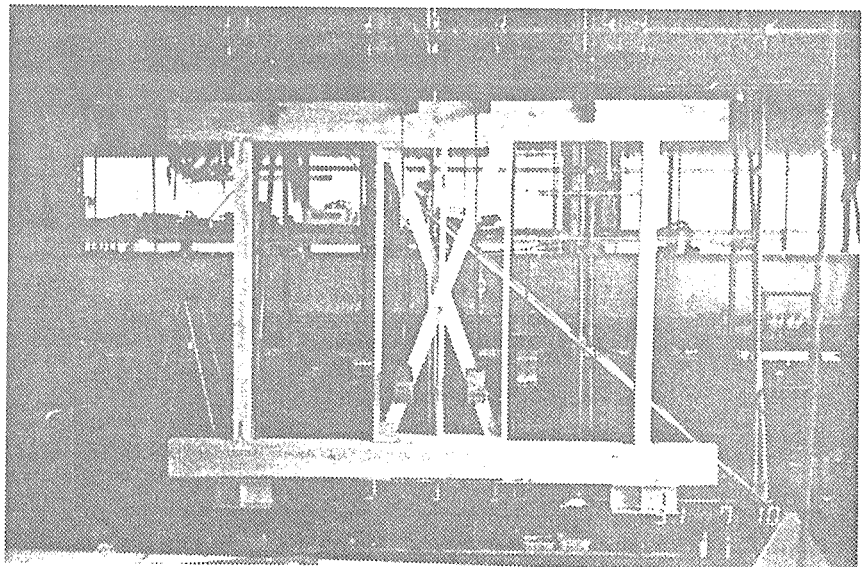
-1/30rad. 変形時 全景  
パネル右下でも、裏側で胴差しに引き裂きが生じている。





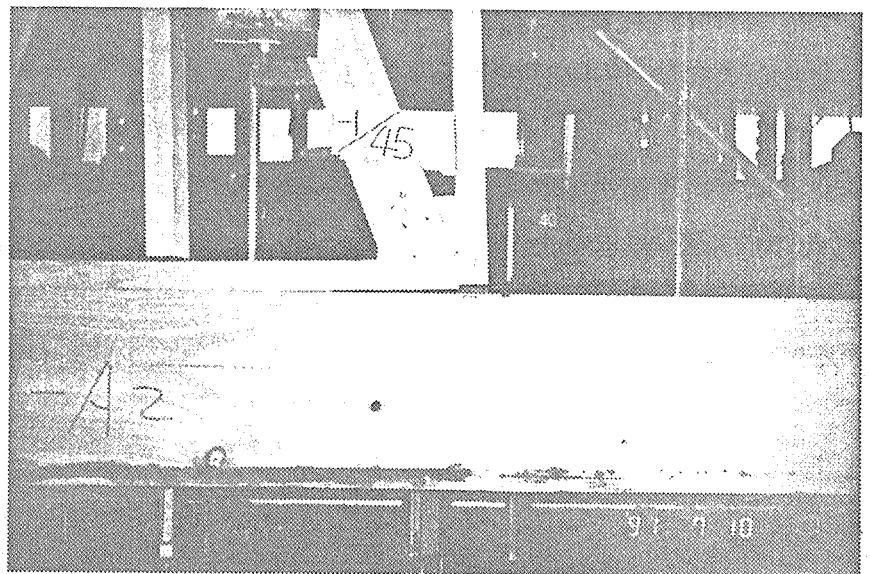
1F-1P-A2

+1/120rad. 変形時 全景



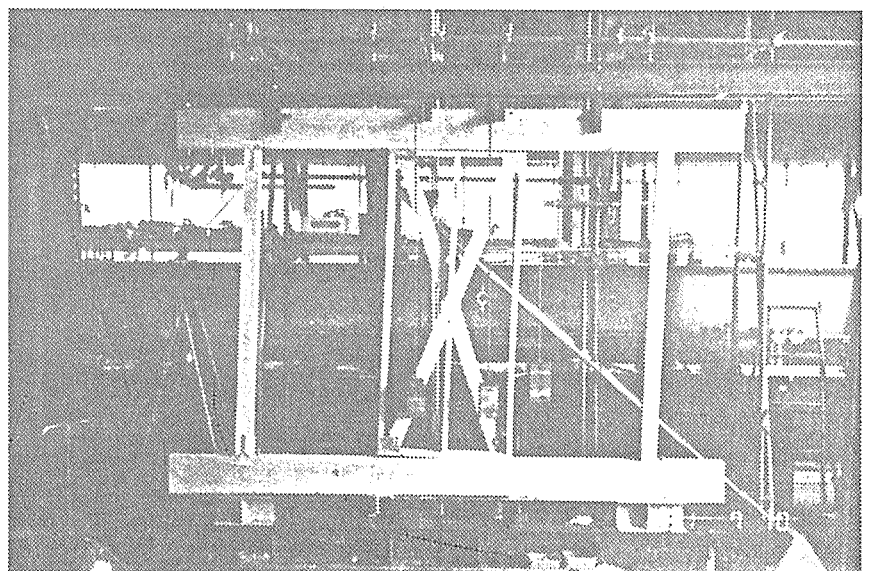
-1/45rad. 変形時 右下

A2タイプの金物でも、下  
枳材と筋違いは少し隙間を生  
じている。下枳材には胴差し  
に向けて釘打ちされている。

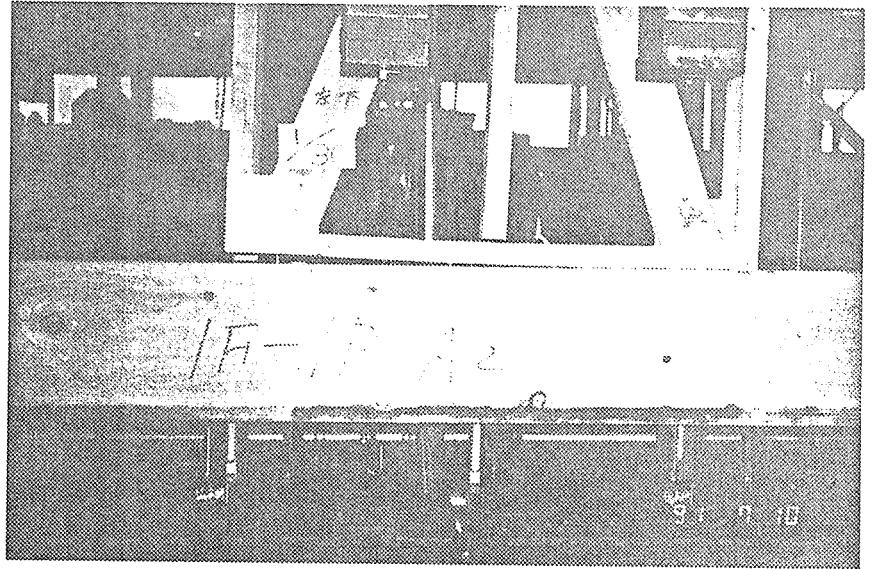


+1/30rad. 変形時 全景

パネルは回転を生じているが、  
柱の上下は、破損していない。



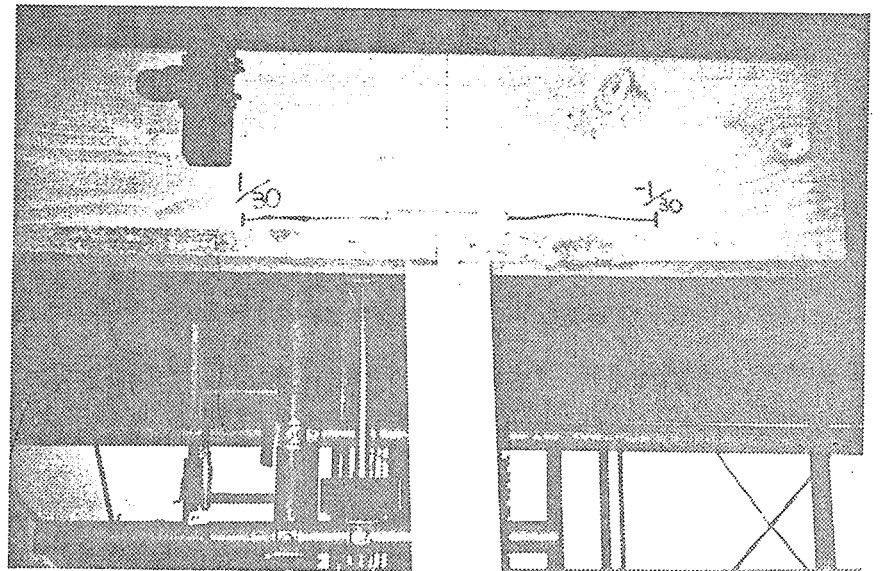
+1/30rad. 変形時 下半分  
パネルの回転の状況。



-1/30rad. 変形時 右下  
パネルの浮き上がりが更に進  
展している。

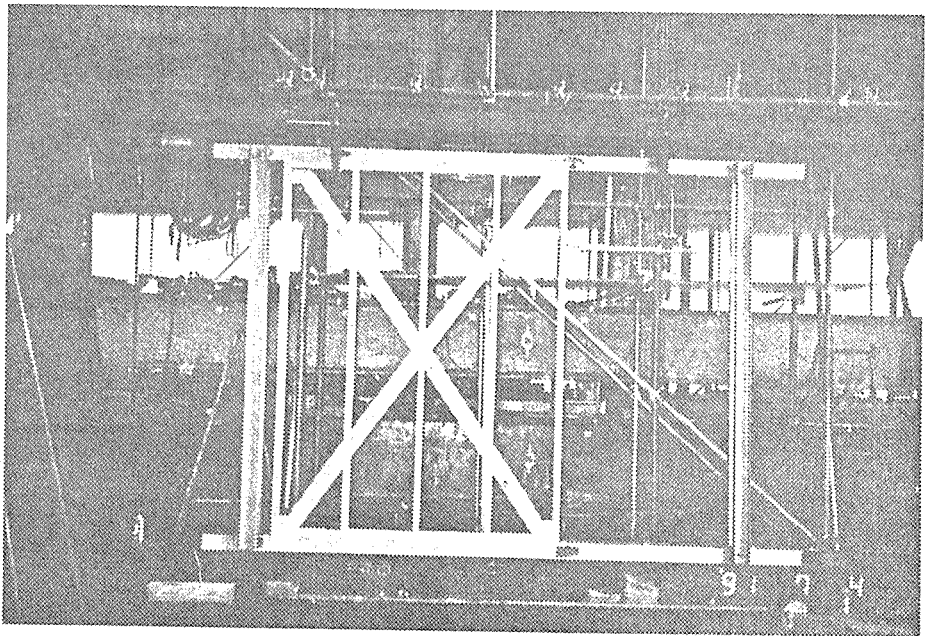


-1/30rad. 変形時 柱右上  
桁に引き裂きを生じている。



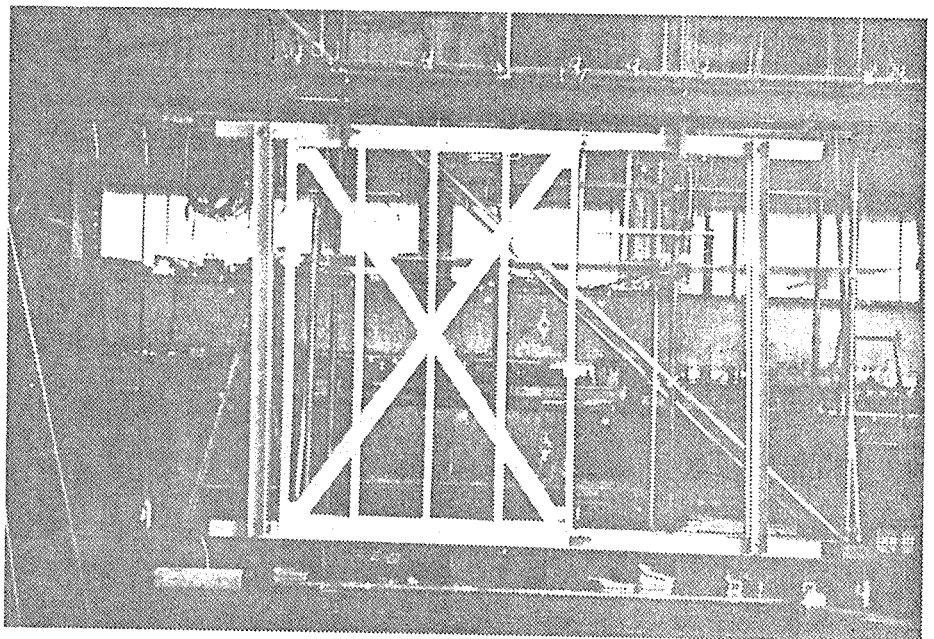
加力前 全景

パネルの浮き上がりを拘束するフレームが入っている。



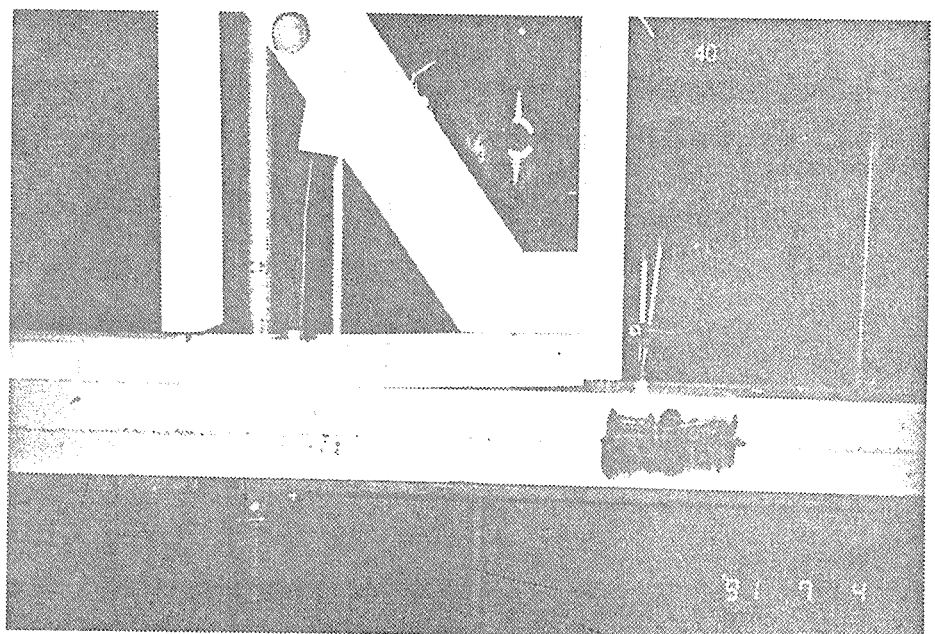
-1/85rad. 変形時 全景

中フレームが変形を起こしており、浮き上がりを完全には拘束できていない。



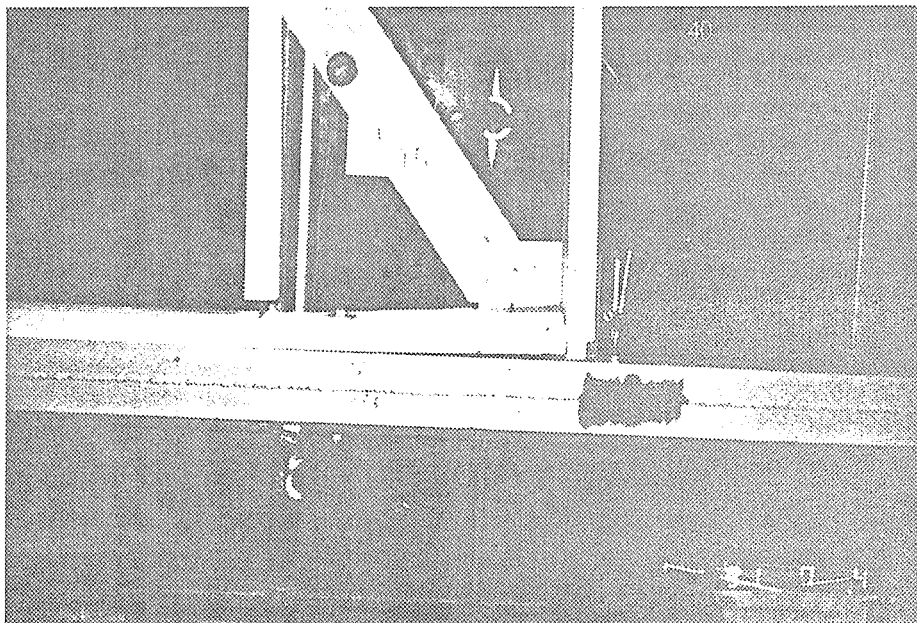
-1/85rad. 変形時 右下

同ディテール。浮き上がりを完全には拘束できていない。

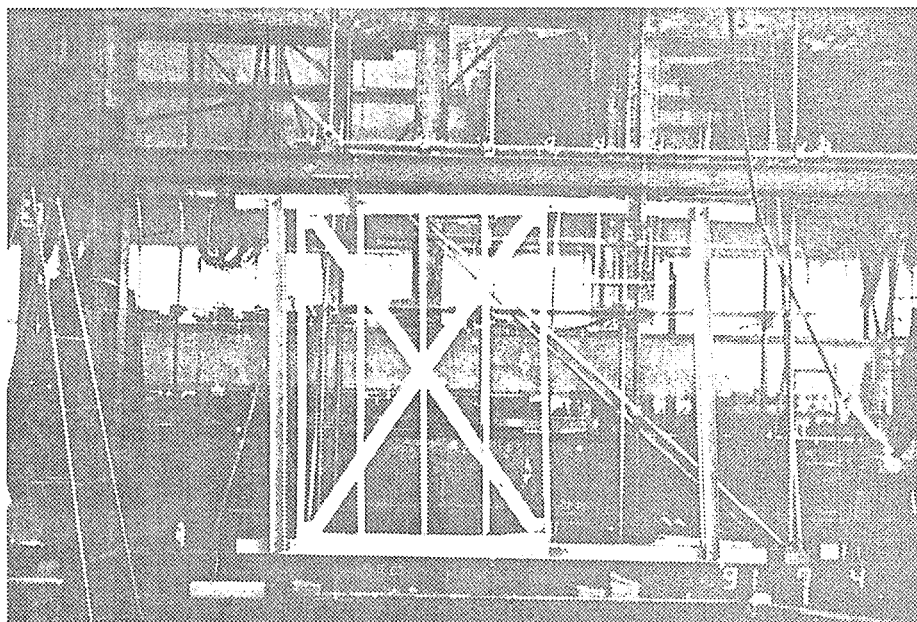




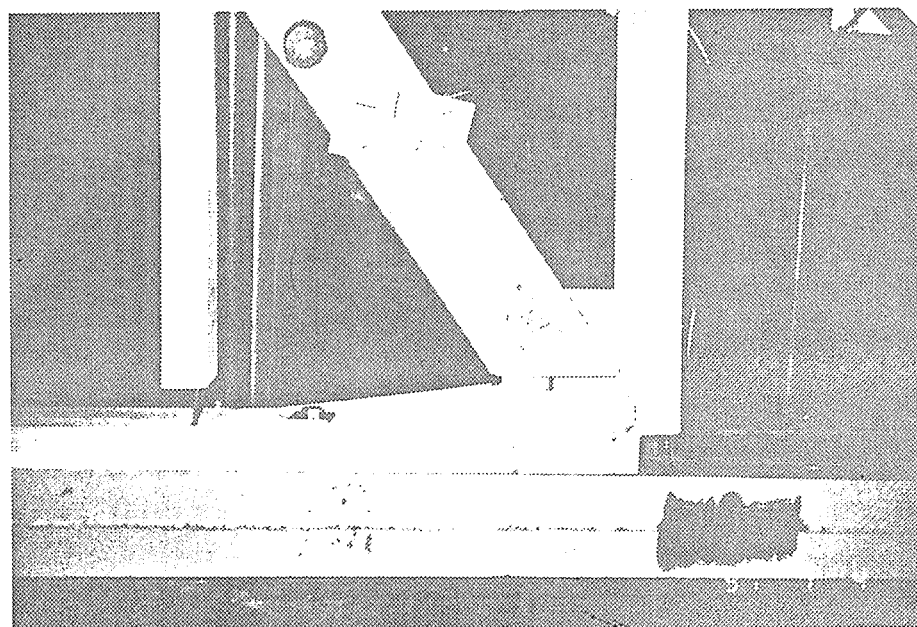
-1/45rad. 変形時 右下  
同じディテール。更に浮き上  
がりが激しくなっている。



-1/30rad. 変形時 全景  
更に浮き上がりが激しくなっ  
ている。

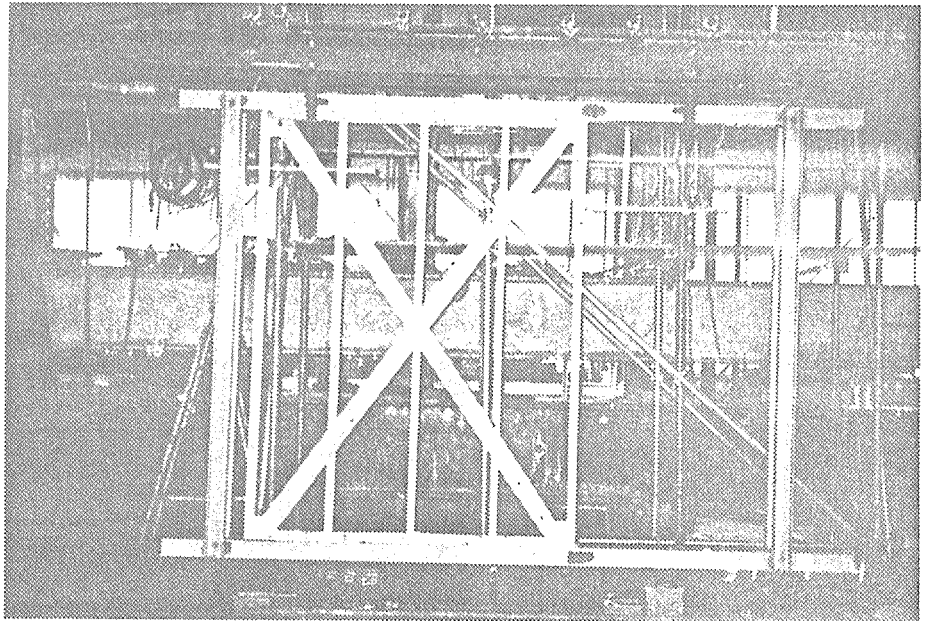


-1/30rad. 変形時 右下  
更に浮き上がりが激しくなっ  
て、下枠材が割れている。

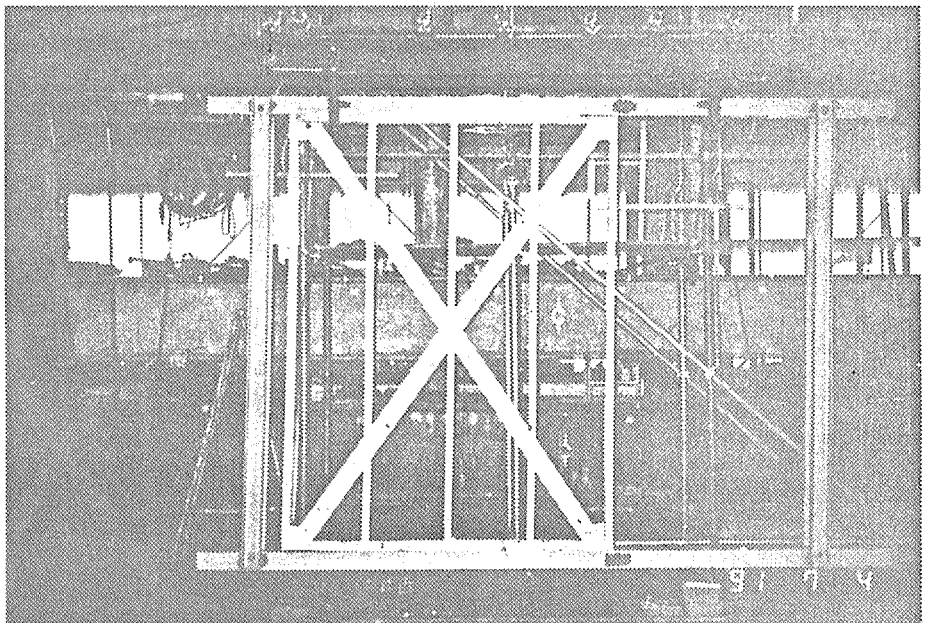


P-2P-A2

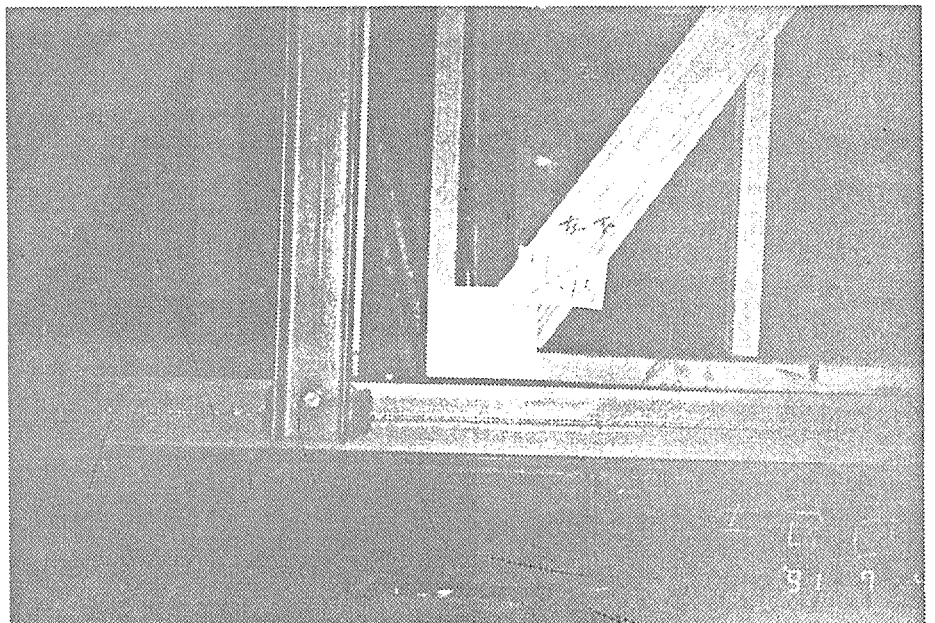
+1/120rad. 全景  
パネルの左下が僅かながら、  
浮き上がっている。



+1/60rad. 全景

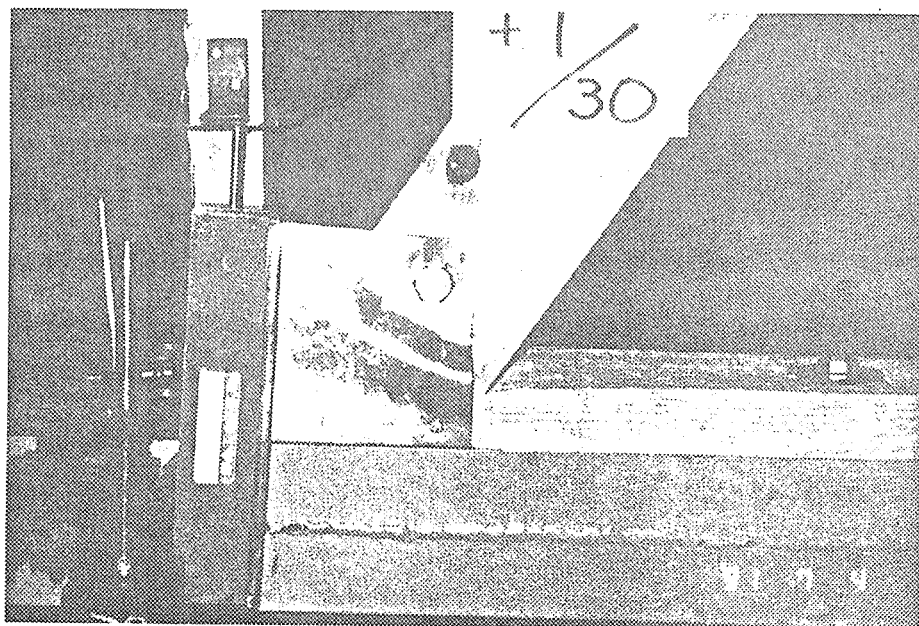


+1/45rad. 左下  
パネルの浮き上がりが、更に  
進んでいる。

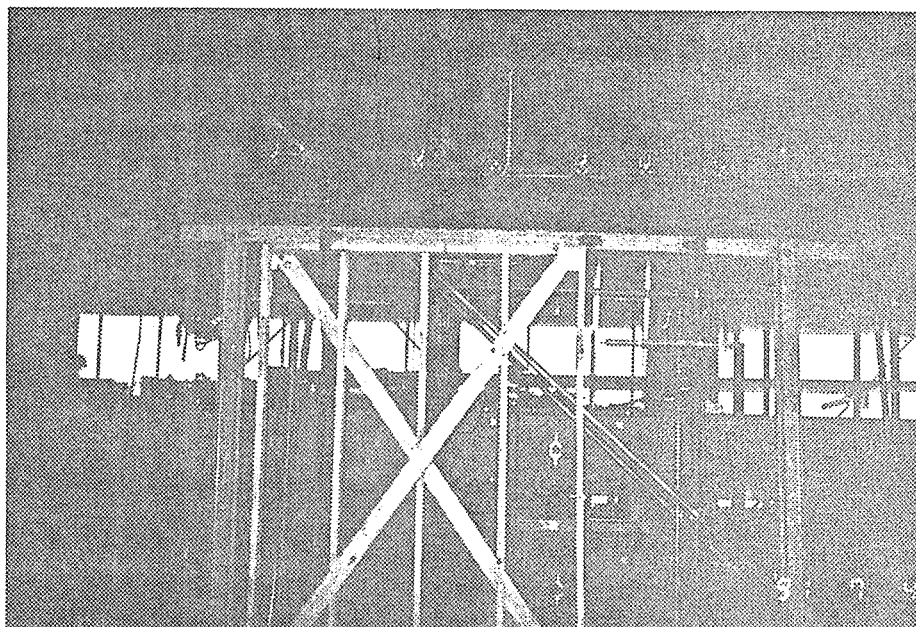




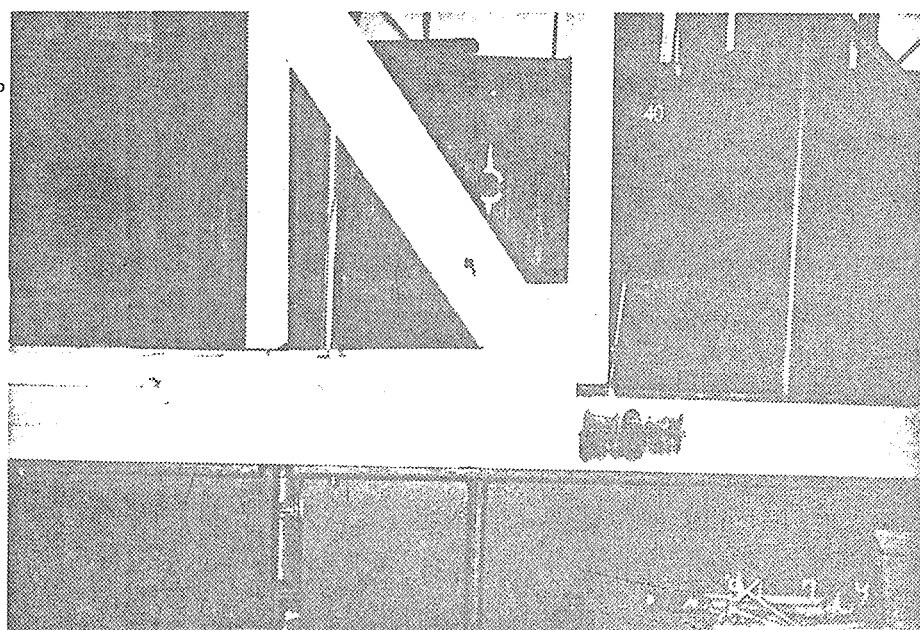
+1/30rad. 右下裏側  
パネル下部の金物が座屈して  
いる。



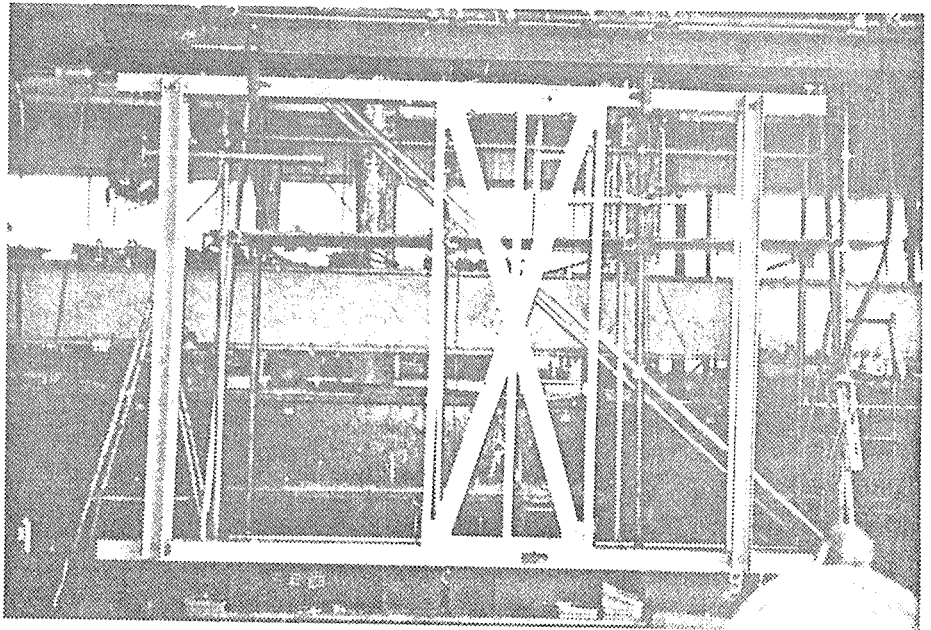
-1/30rad. 上半分  
中フレームの変形。パネルの  
浮き上がりが進んでいる。



-1/30rad. 右下  
パネルの下枠材が割れている。

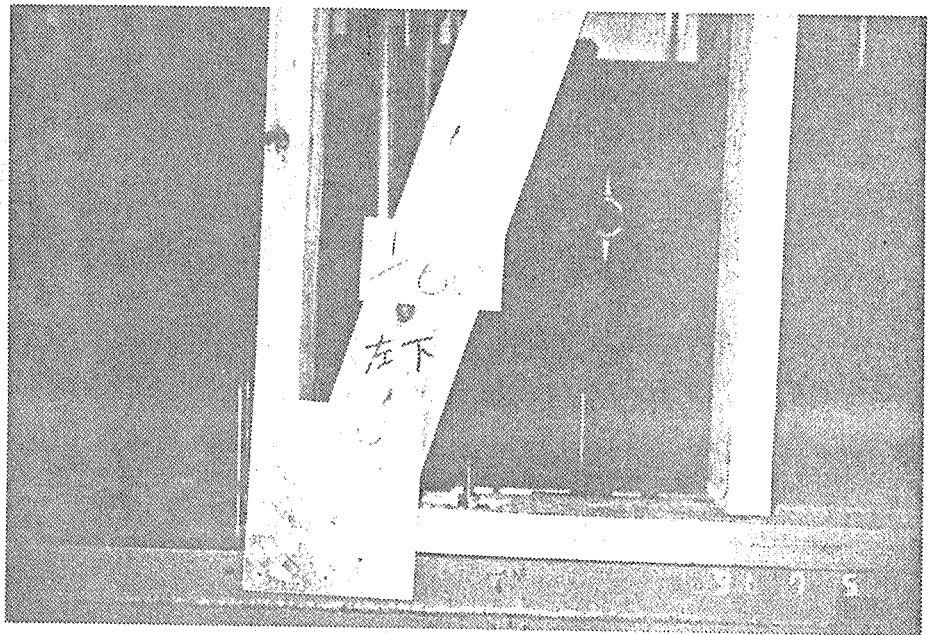


+1/120rad. 全景



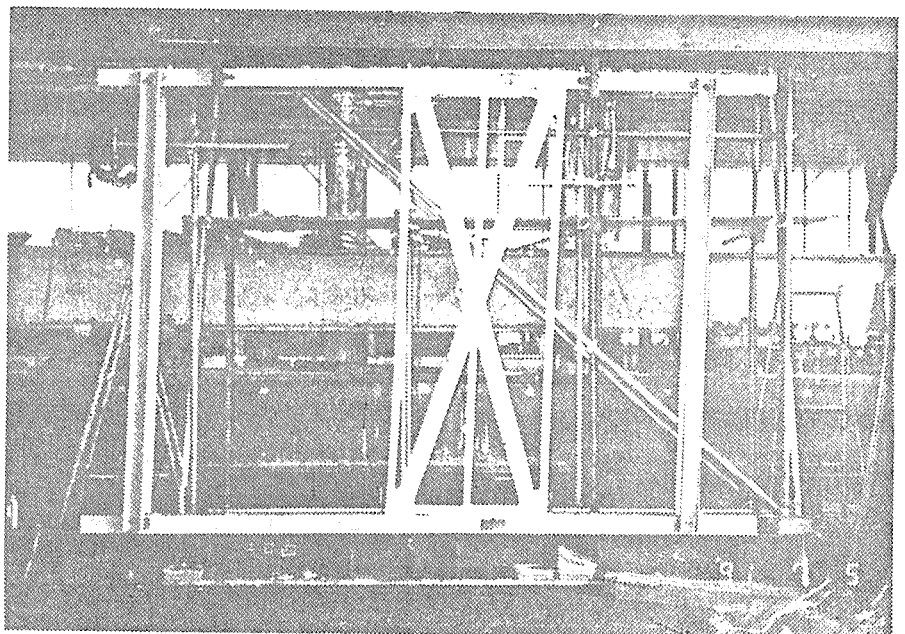
+1/60rad. 左下

パネル下部が浮き上がろうとするので、パネルをとめ付けているボルトの座金がめり込んでいる。

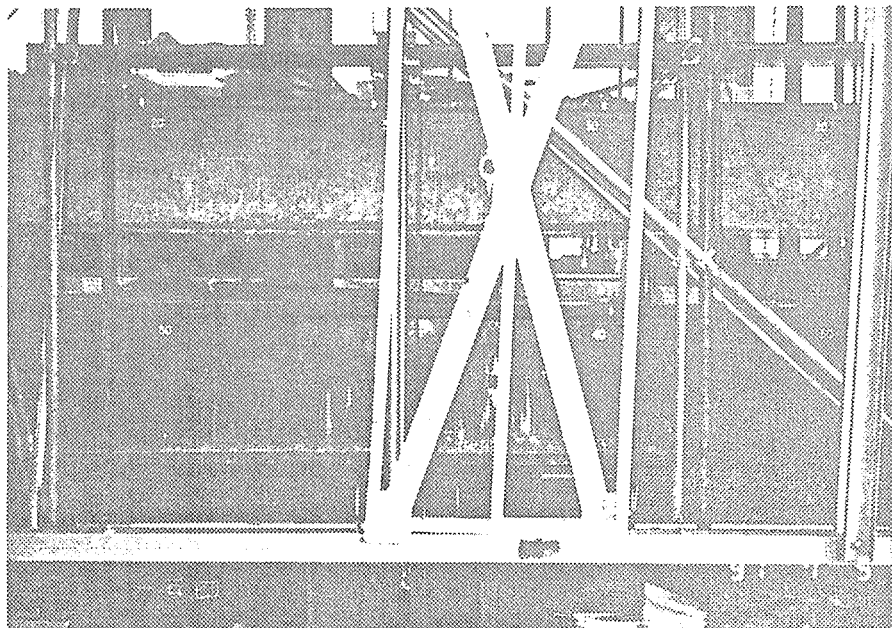


+1/30rad. 全景

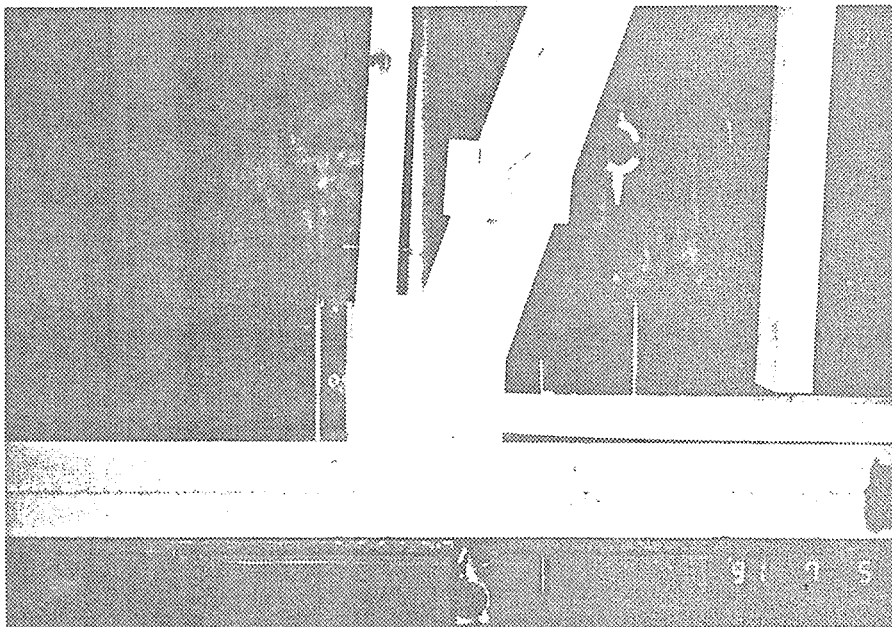
中フレームが変形で持ち上がっている。パネルも回転を生じている。



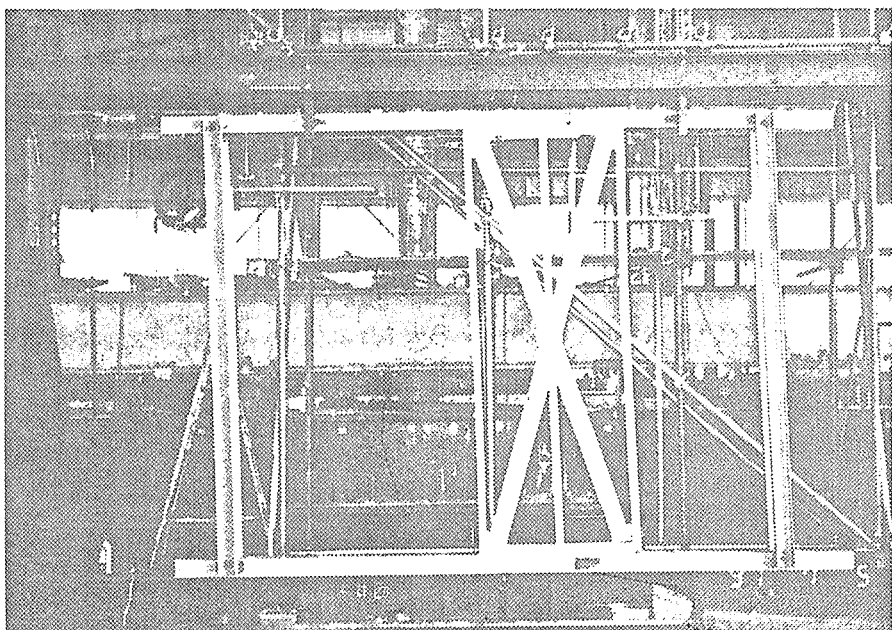
+1/30rad. 下半分



+1/30rad. 左下  
筋違いの脚もとが持ち上がっている。下枠が変形している。

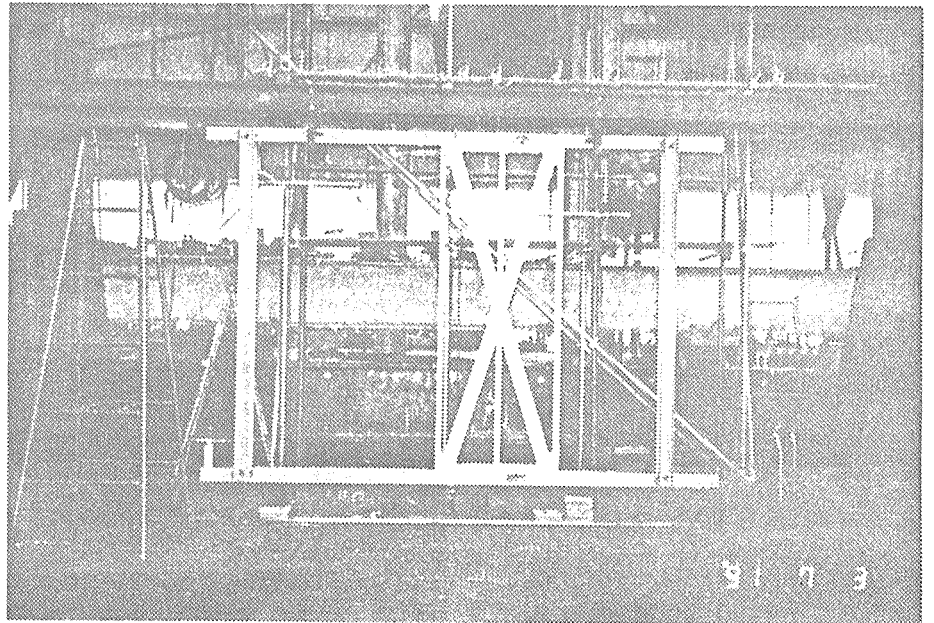


-1/30rad. 全景  
中フレームが変形で持ち上がっている。パネルも回転を生じている。

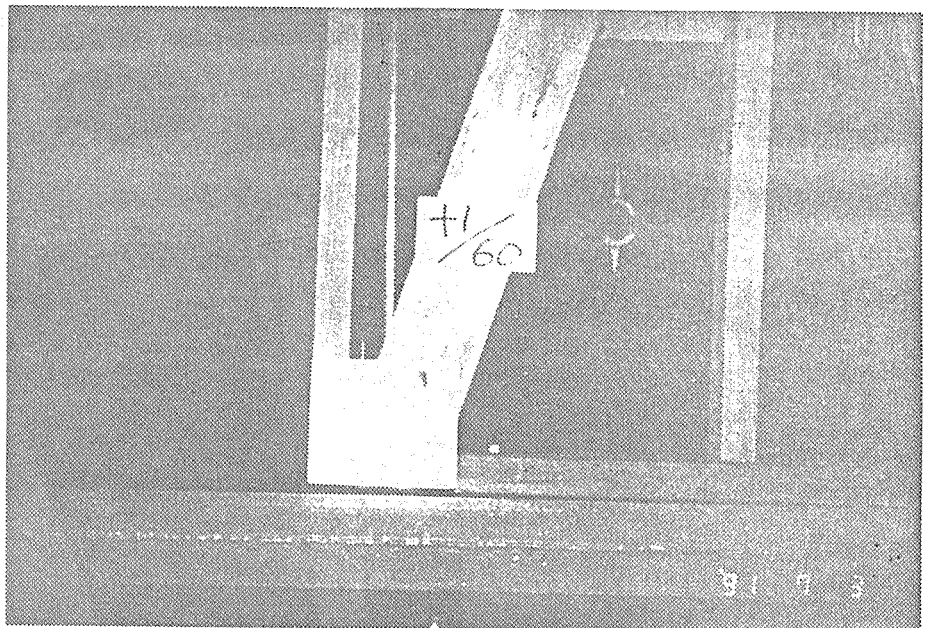




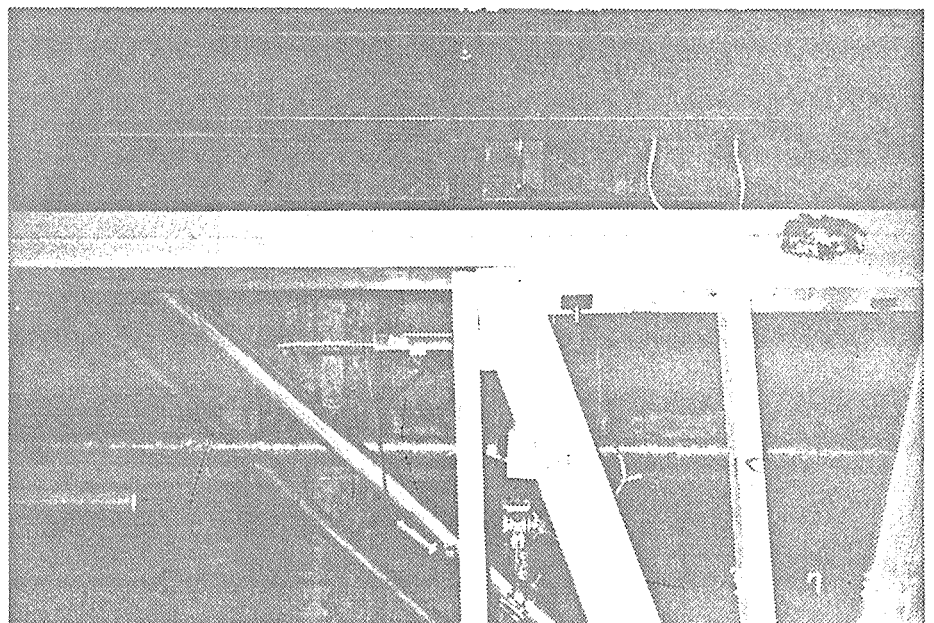
加力前 全景



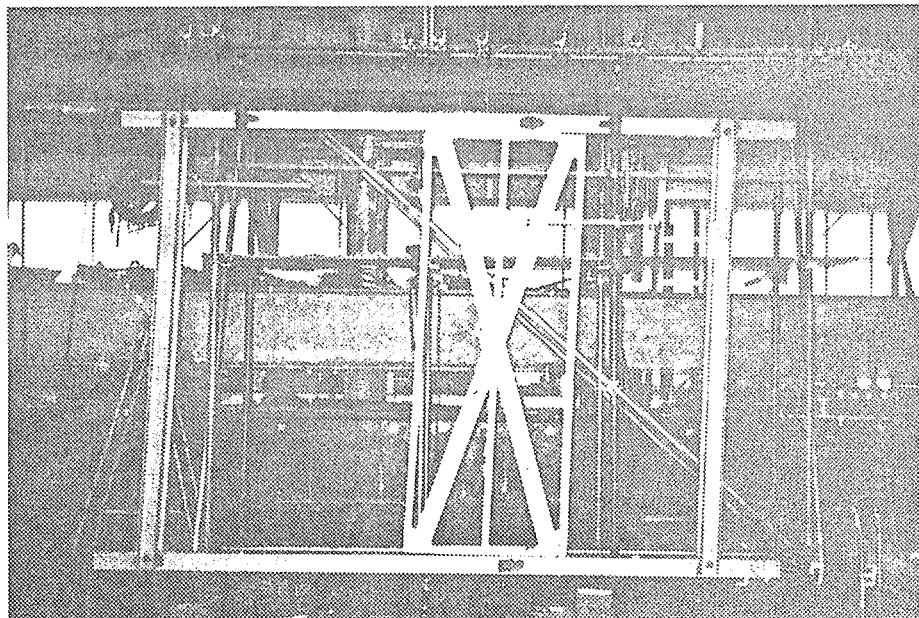
+1/60rad. 左下  
パネル下部が浮き上がろうと  
している。



-1/45rad. 左上  
パネル上部で、上枠材が変形  
している。



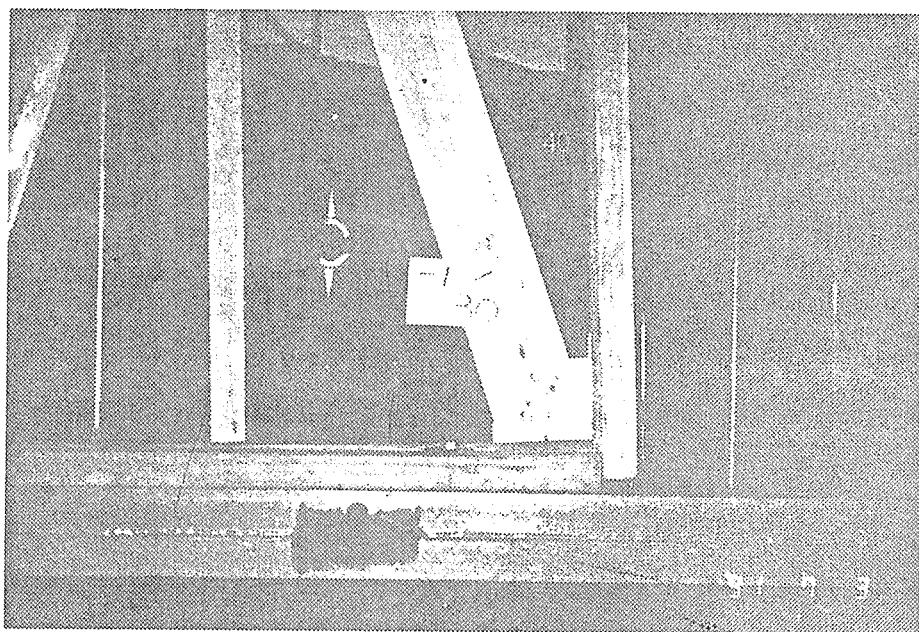
+1/30rad. 全景  
パネルが回転を生じている。



+1/30rad. パネル右上  
同ディテール。



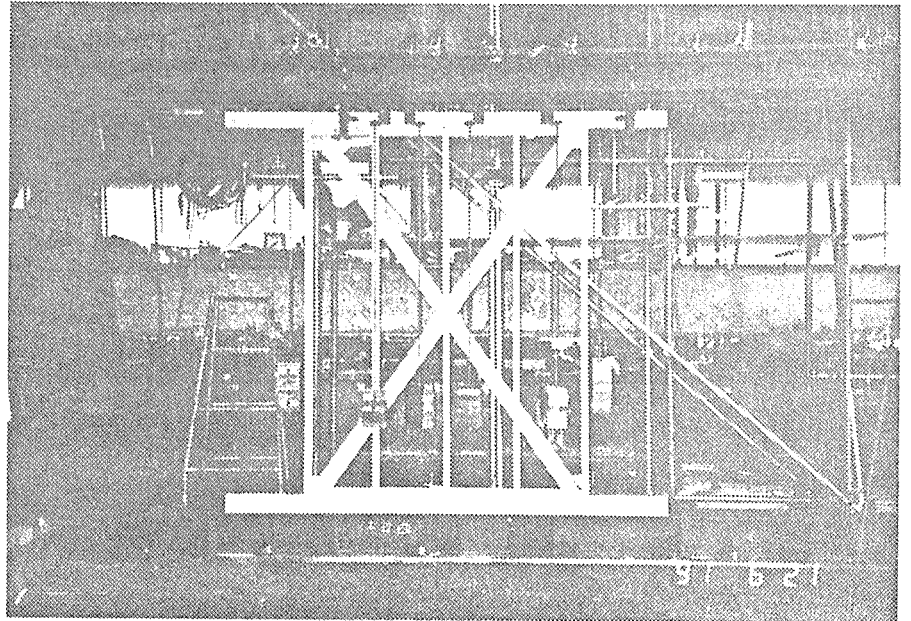
-1/30rad. パネル右下  
筋違いと建て枠が浮き上がっている。



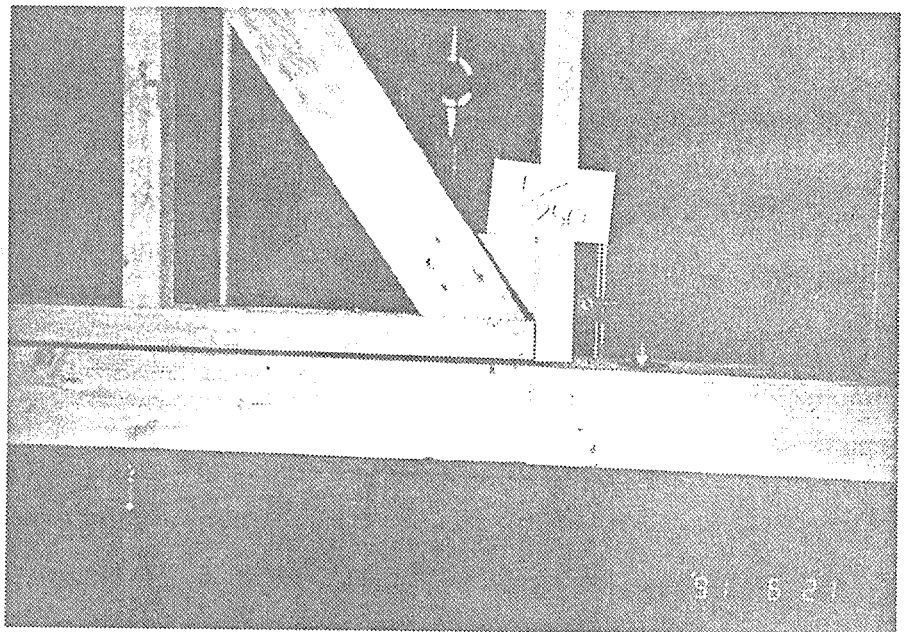


加力前 全景

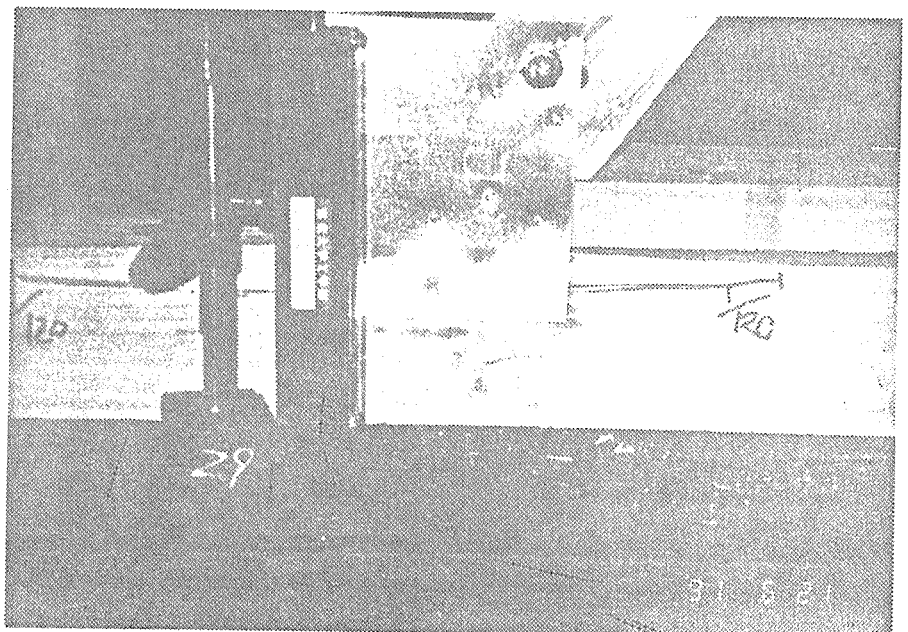
この試験体は引きだけの片側  
繰り返し加力である。



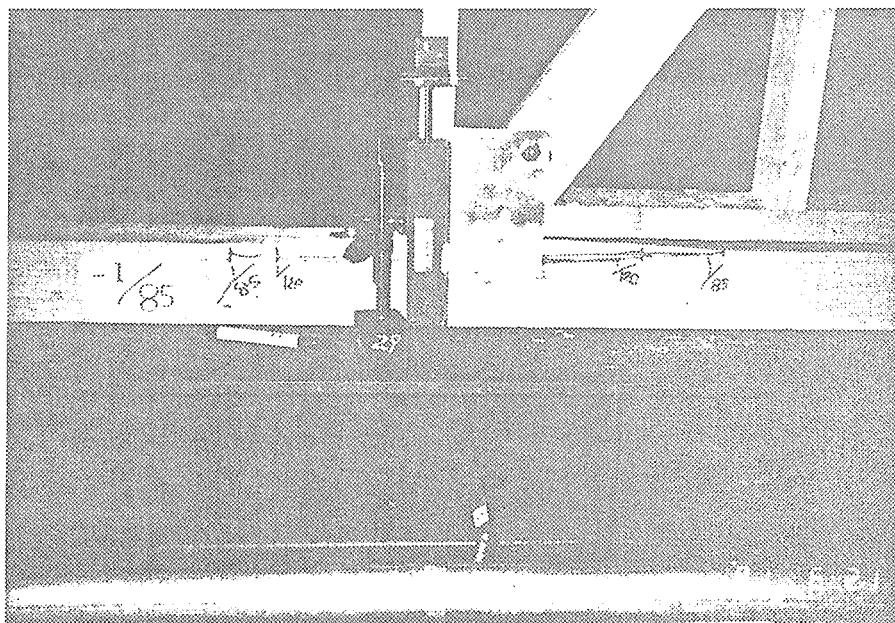
-1/250rad. パネル右下  
パネルが浮き上がり始めてい  
る。



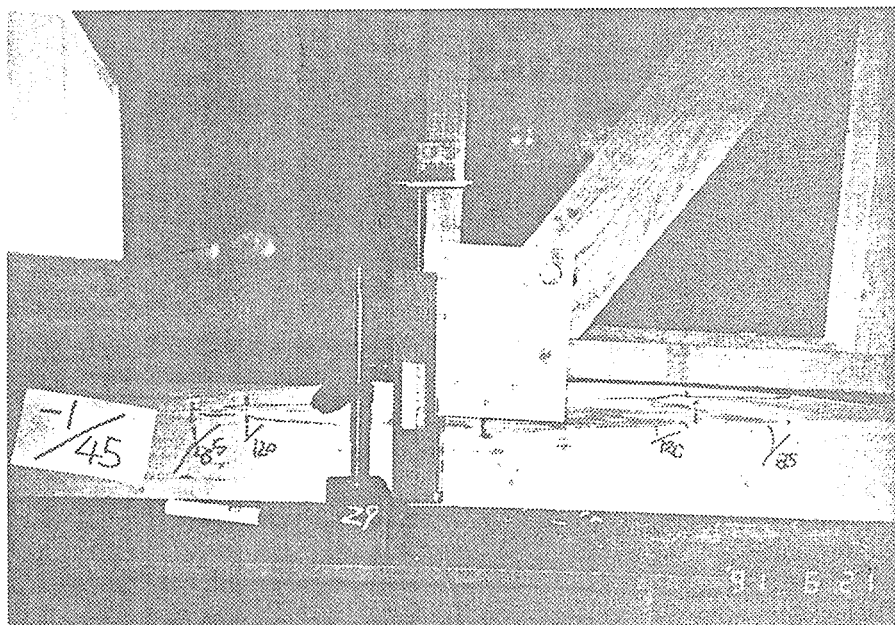
-1/120rad. 右下裏側  
土台に引き裂きが生じている。



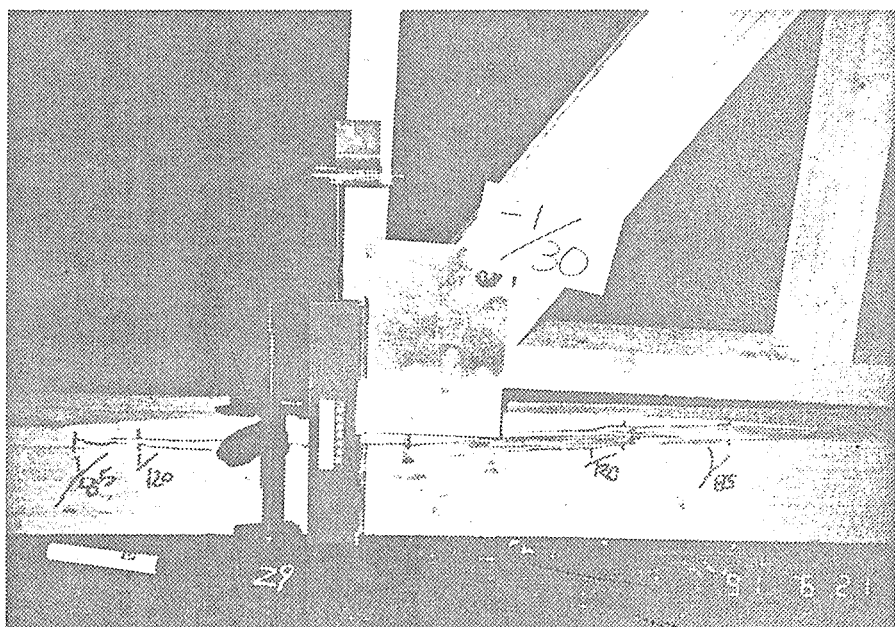
-1/85rad. 右下裏側  
土台に引き裂きが更に進展し  
ている。



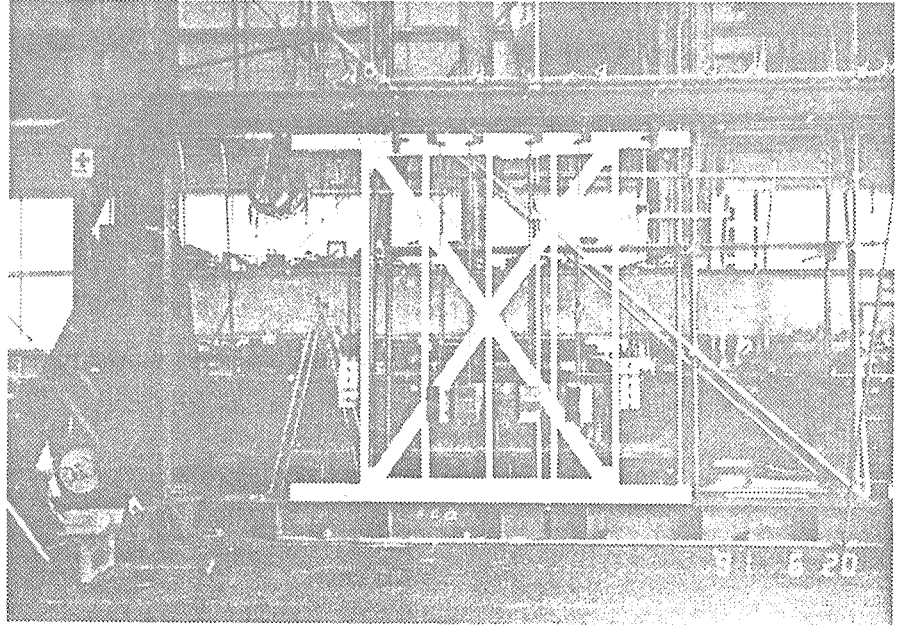
-1/45rad. 右下裏側  
土台に引き裂きが、材の縁に  
到達している。



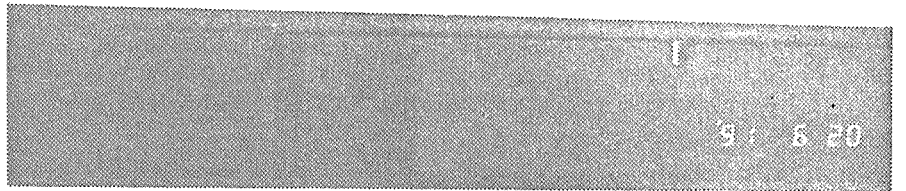
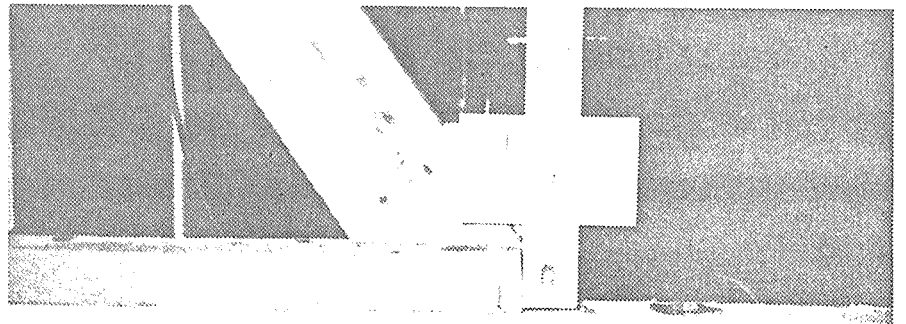
-1/30rad. 右下裏側  
土台に引き裂きが、材の縁に  
到達して、金物の釘も抜け出  
そうとしている。



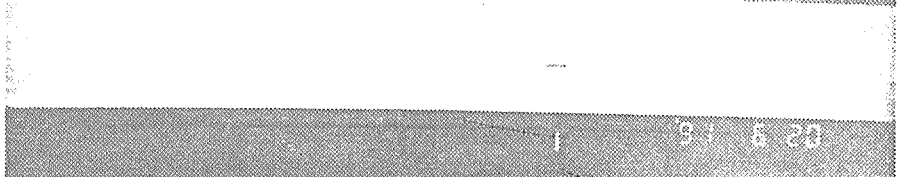
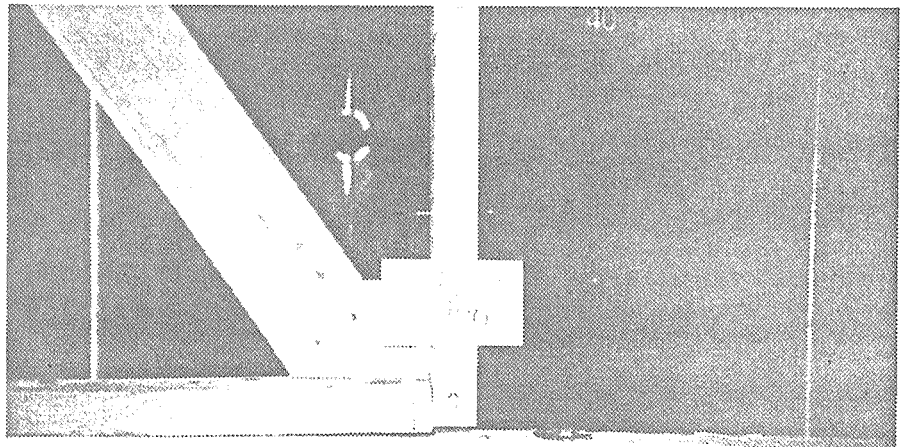
加力前 全景



-1/250rad. パネル右下  
パネル立て枠が浮き上がり始  
めている。

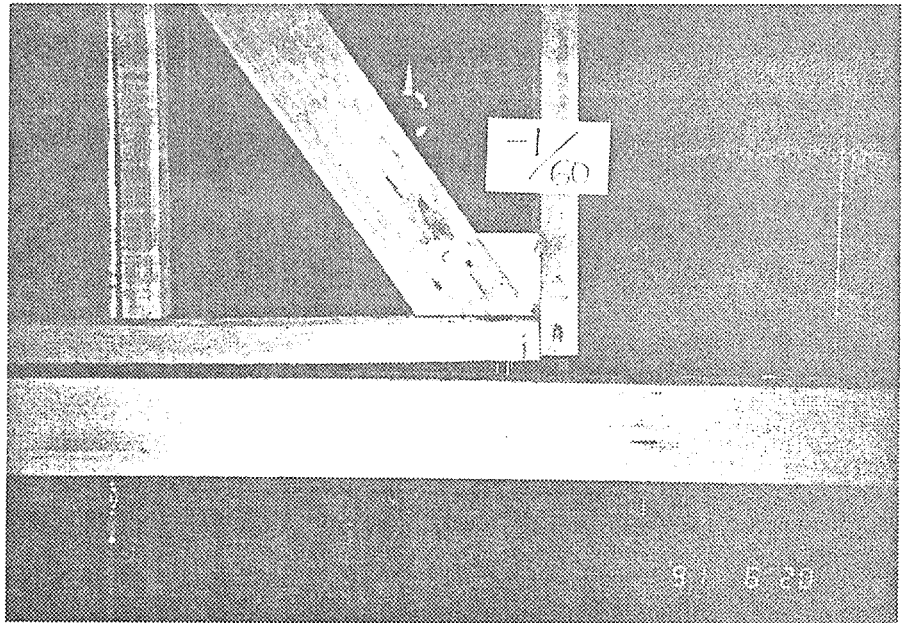


-1/120rad. 右下  
下枠も浮き上がり始めている。

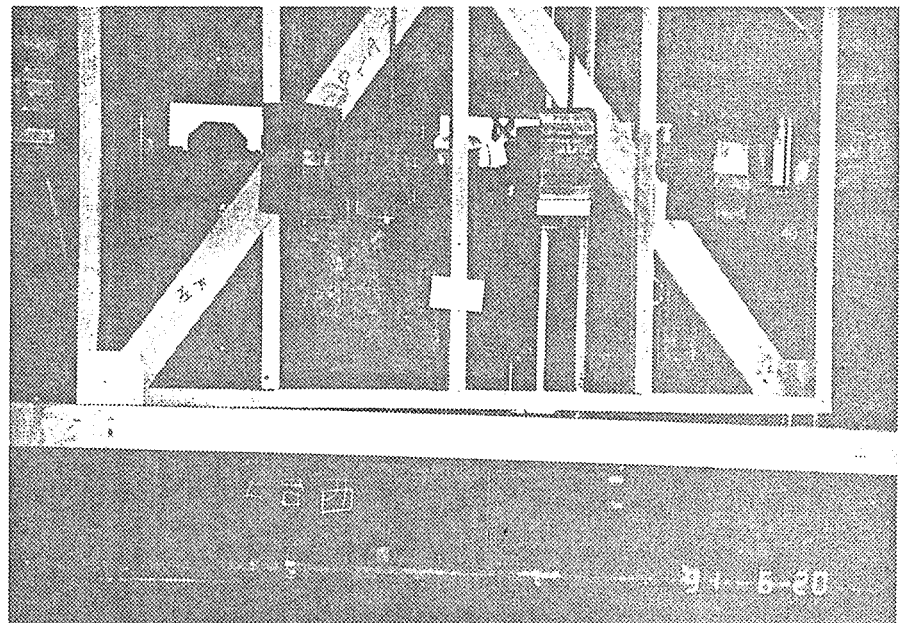




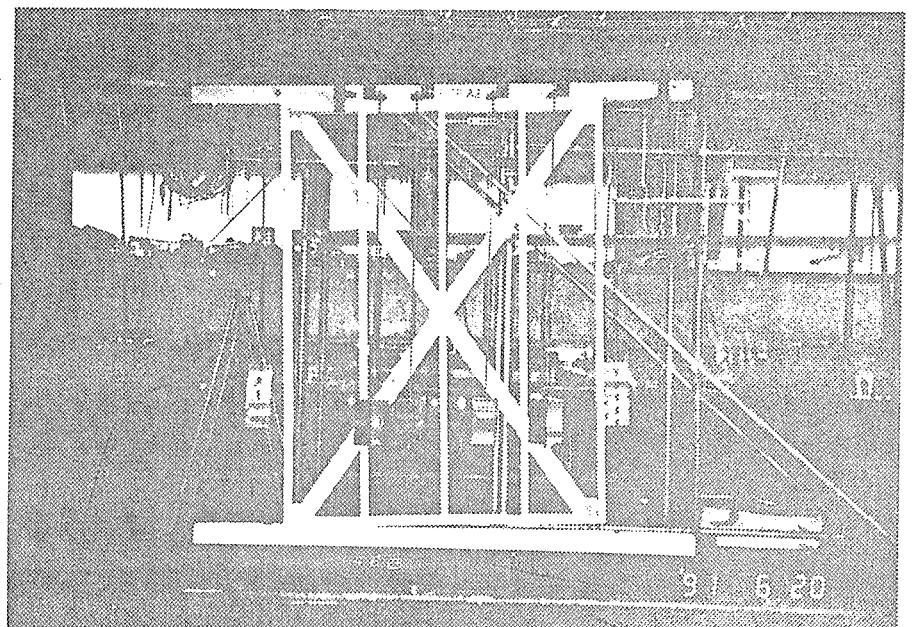
-1/60rad. 右下  
下枠の釘が抜け出している。



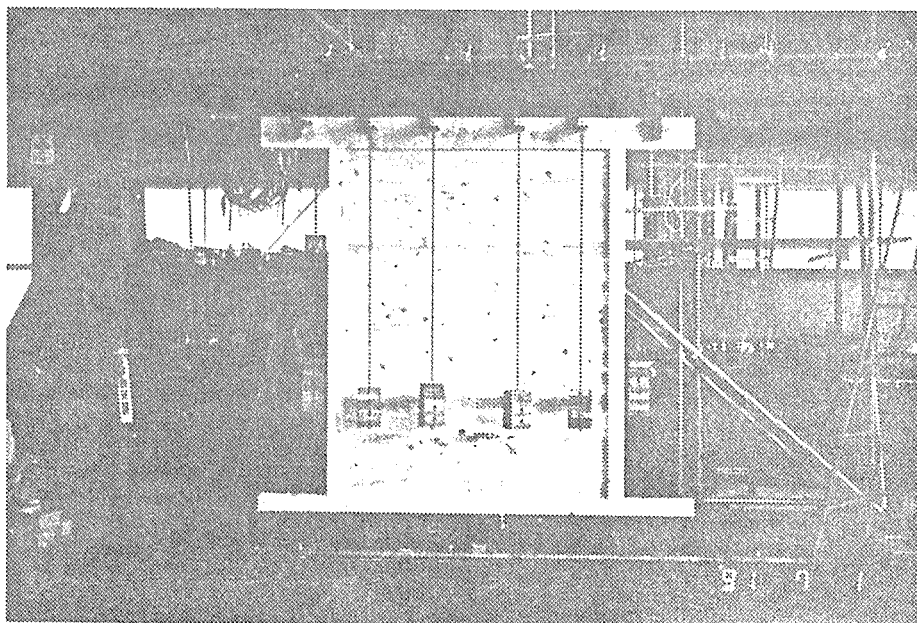
-1/45rad. 右下  
釘はほとんど抜け出した。



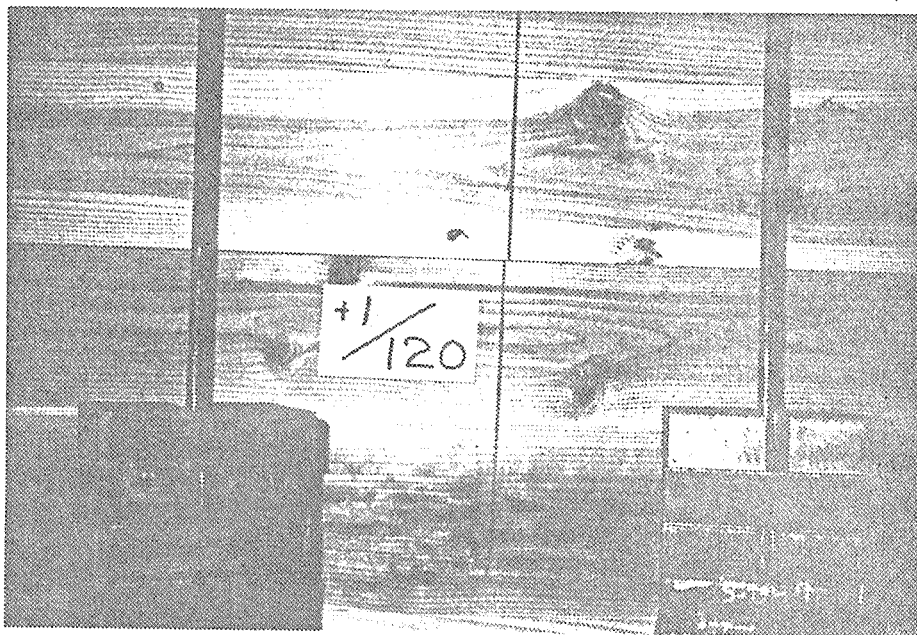
-1/30rad. 全景  
この金物では、破壊は見られない。



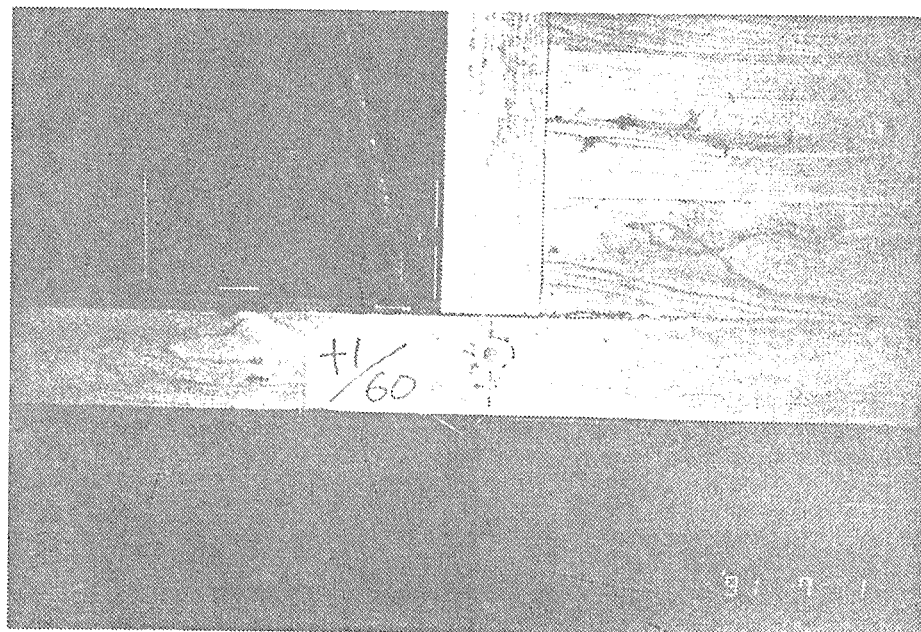
加力前 全景



+1/120rad. パネル中央  
既にパネル同士の間で、ズレ  
が見られる。

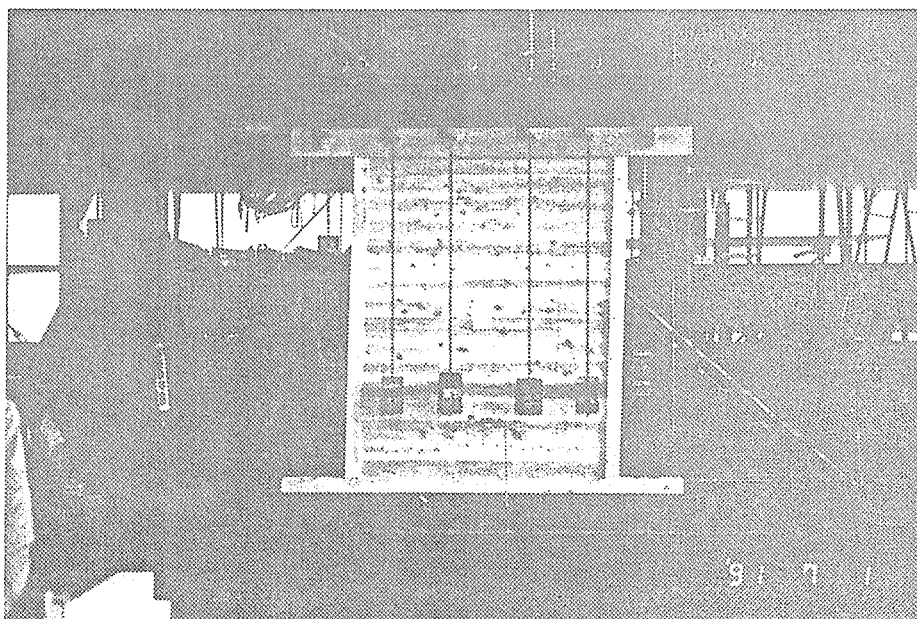


+1/60rad. パネル左下  
込栓に変化は見られない。

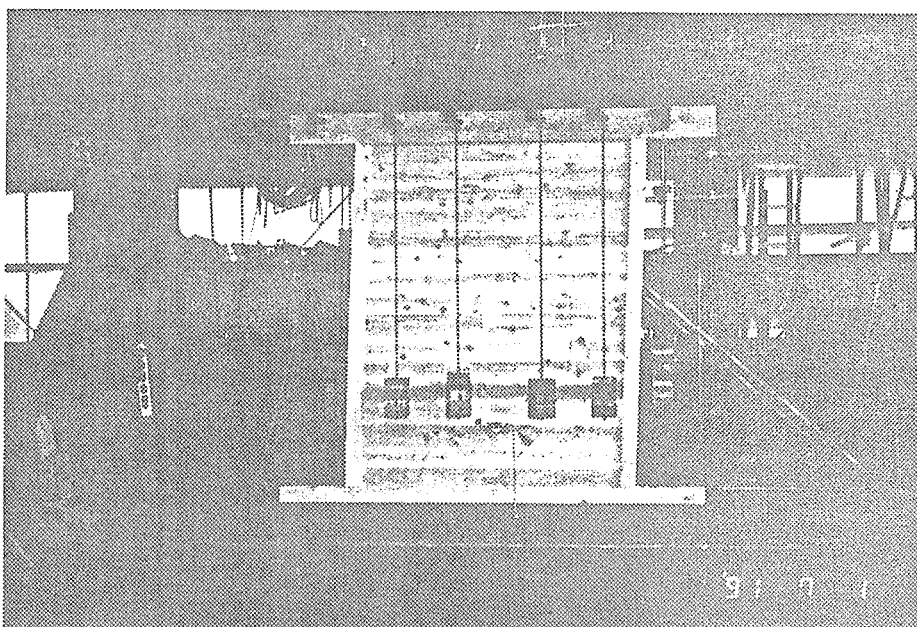




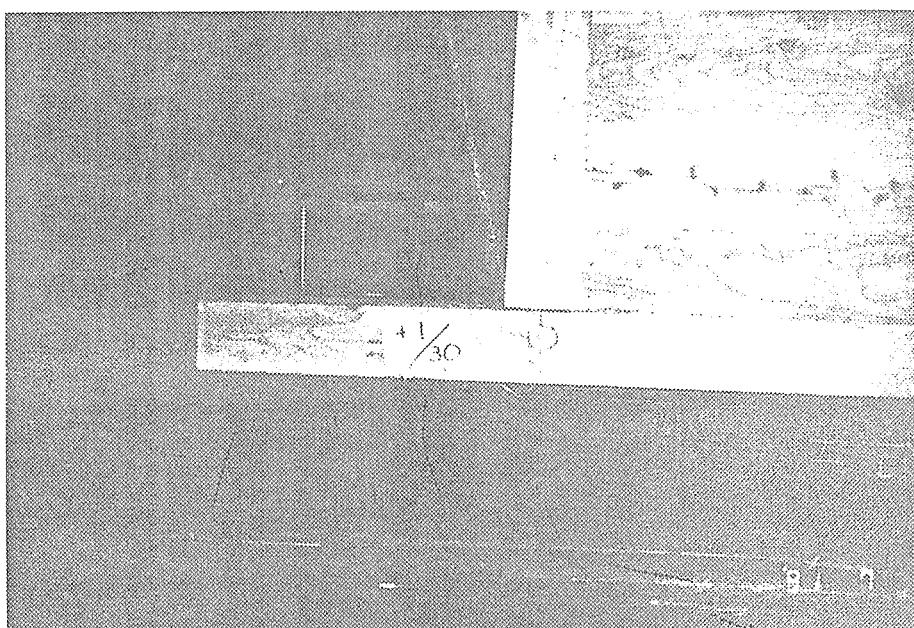
+1/45rad. パネル全景



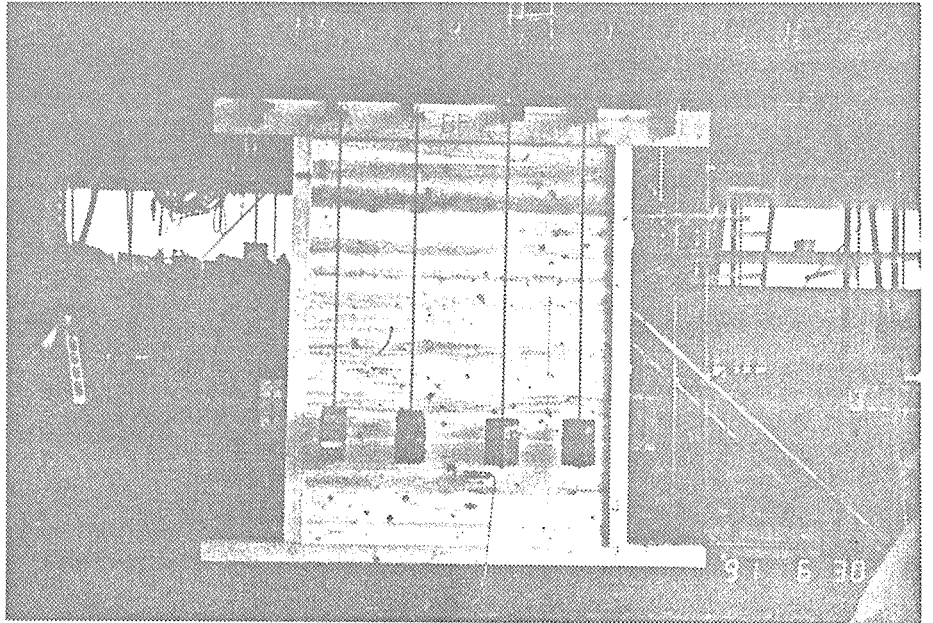
+1/30rad. パネル全景  
変形が進んでいる。



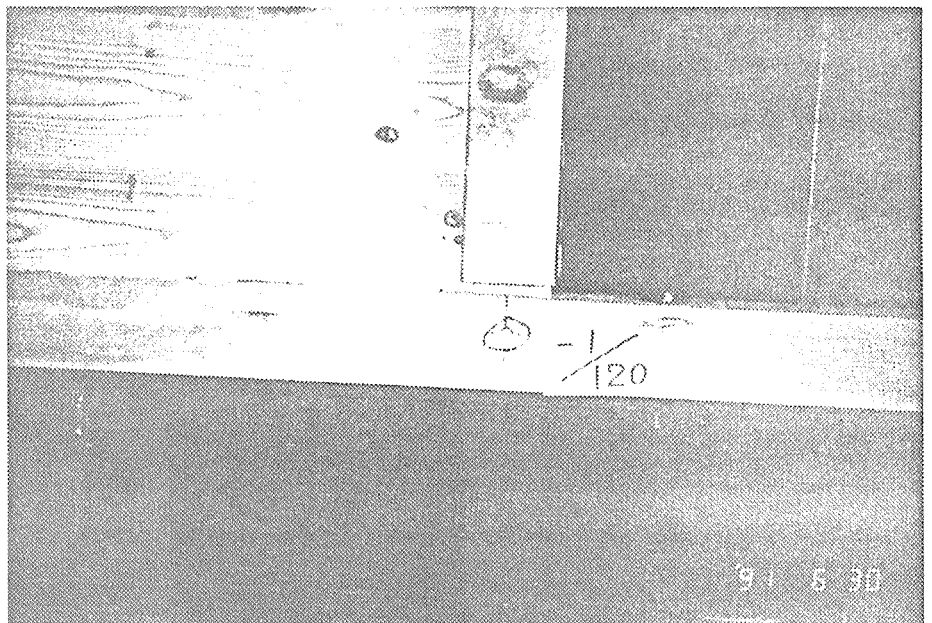
+1/30rad. パネル左下  
最後まで、込栓に変化は見られない。



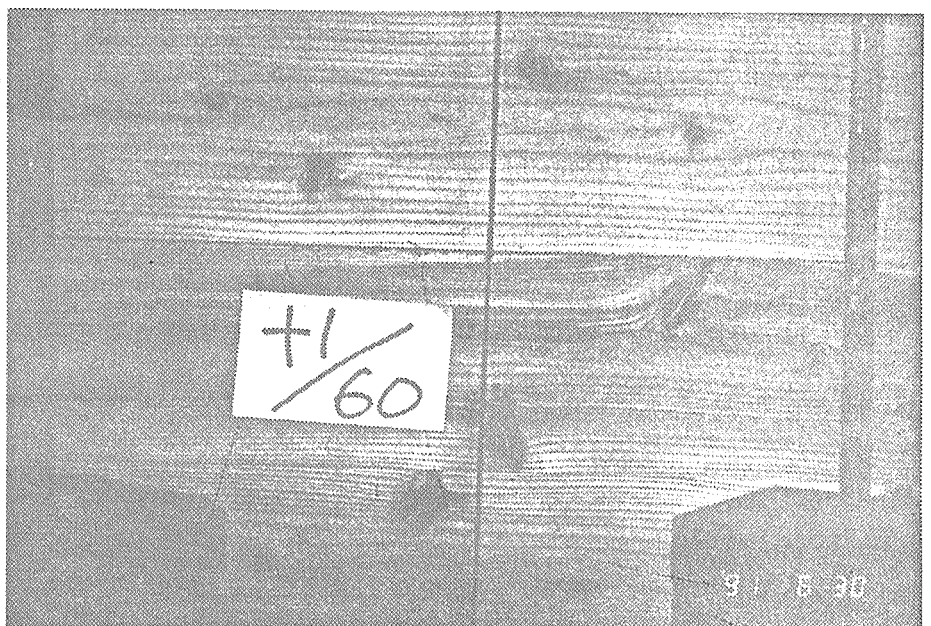
加力前 全景



-1/120rad. パネル右下  
既に柱が抜け出している。

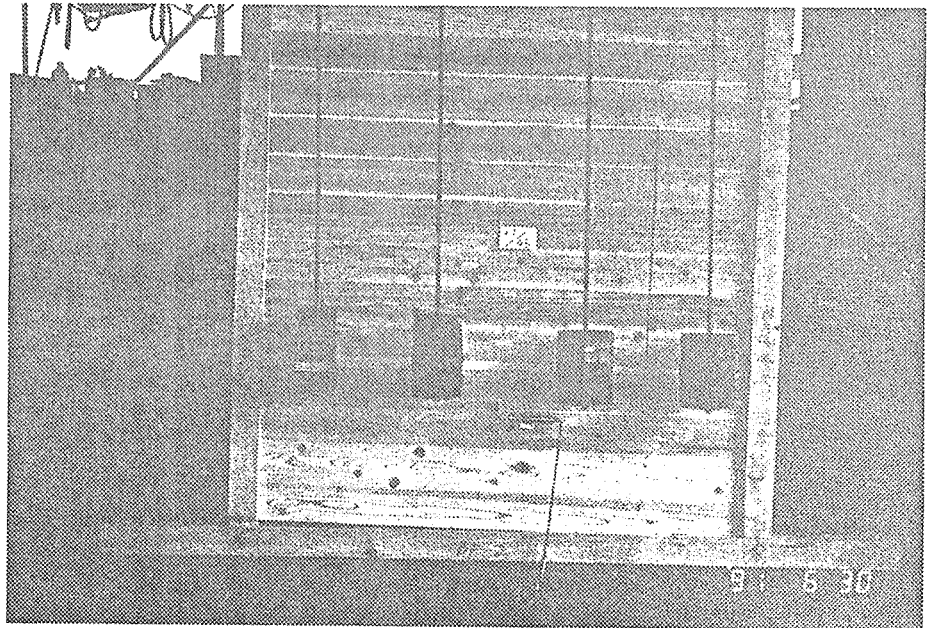


+1/60rad. パネル中央  
パネル間のズレは見られない。



+1/45rad. 下半分

パネルが回転を起こし、左の  
脚もとが浮き上がっている。



-1/45rad. パネル中央

パネルのズレは最後まで見ら  
れない。

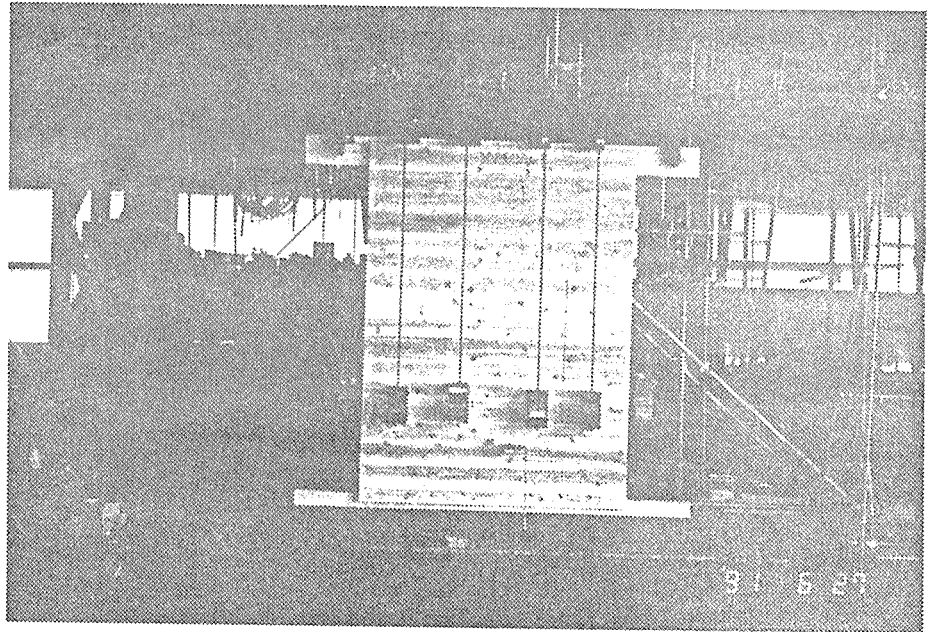


-1/45rad. パネル右下

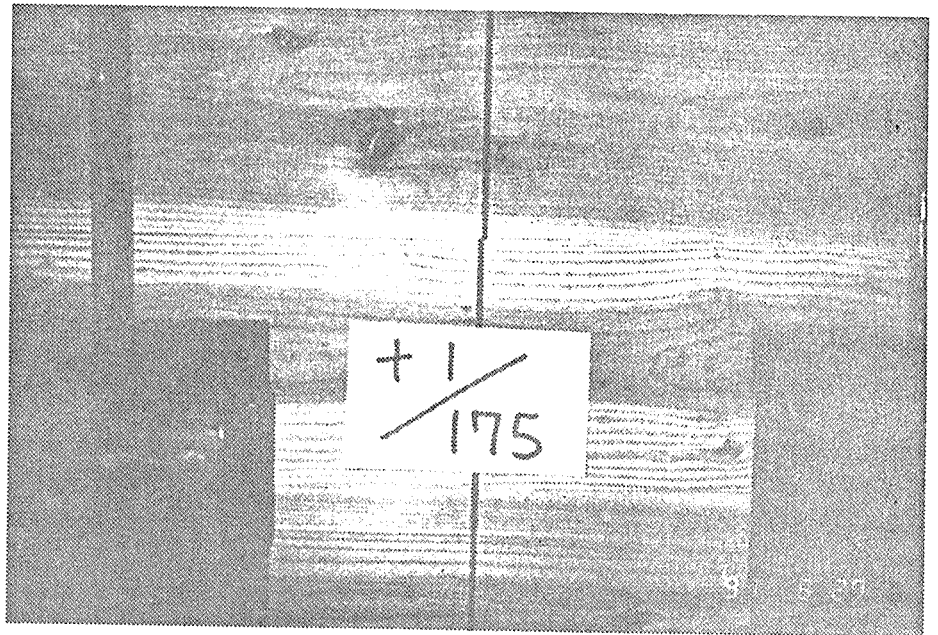
パネルのズレは最後まで見ら  
れない。パネルは一体となっ  
て回転するので、柱脚の込栓  
が破損している。



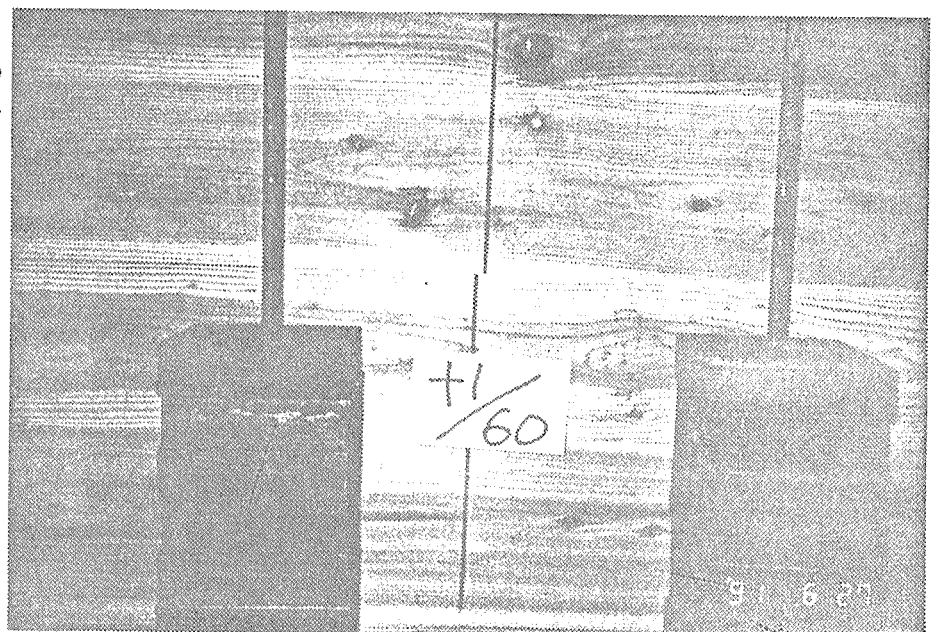




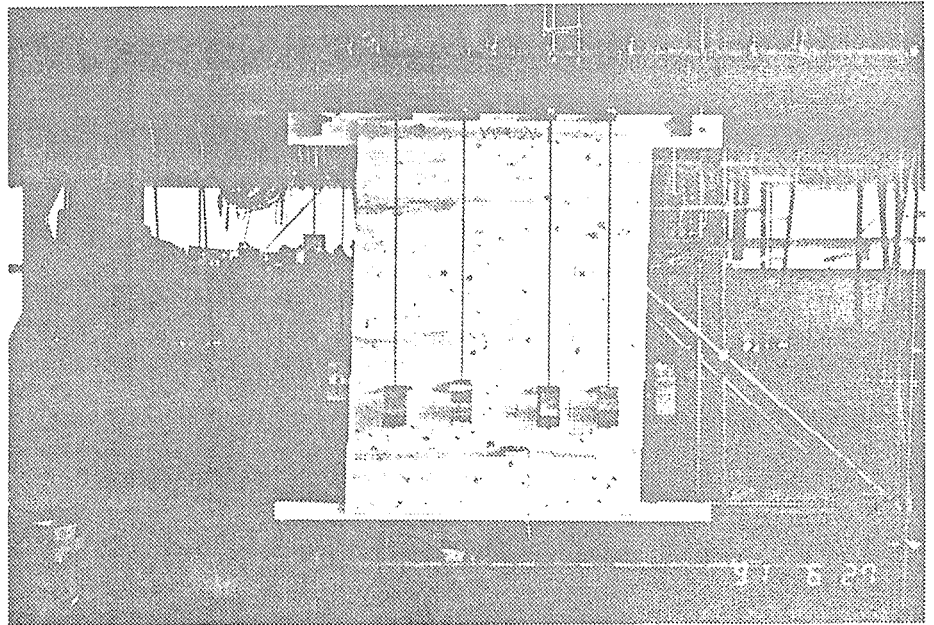
+1/175rad. パネル中央  
既にパネル同士の間で、ズレ  
が見られる。



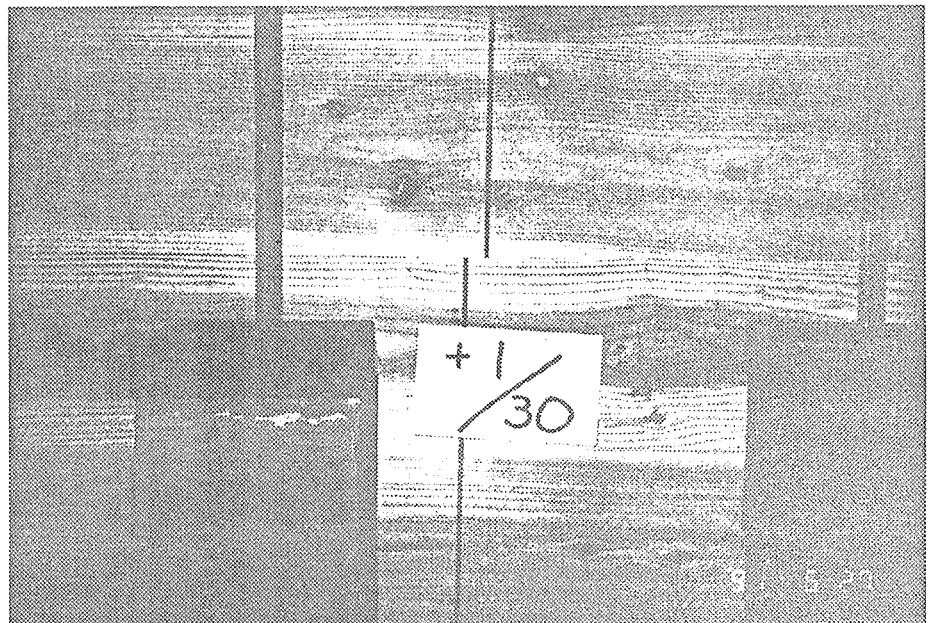
+1/60rad. パネル中央  
パネル同士のズレが、全体  
の変形に比例して大きくなって  
いく。



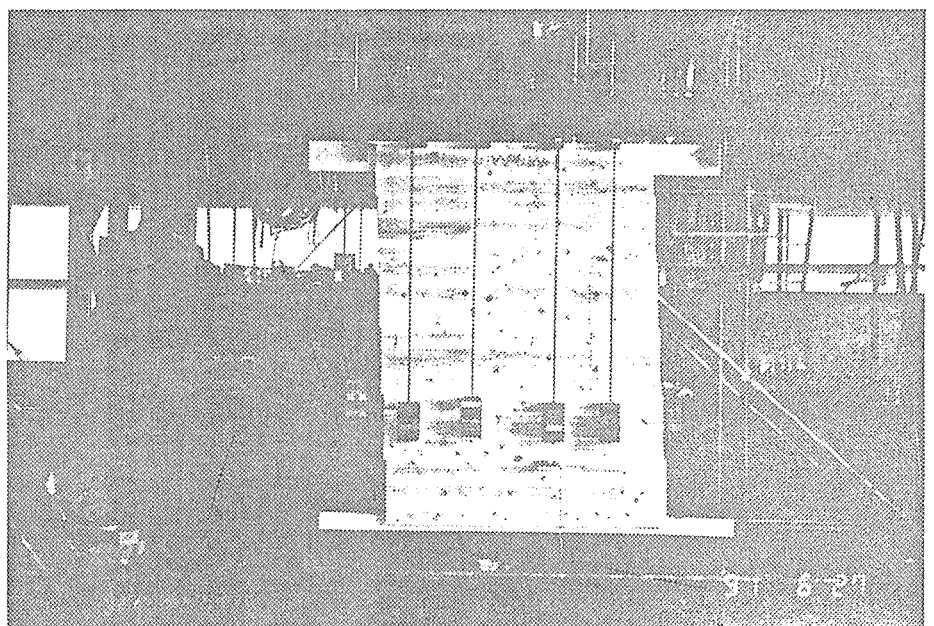
+1/45rad. パネル全景



+1/30rad. パネル中央  
パネル同士のズレが、更に大きくなっていく。



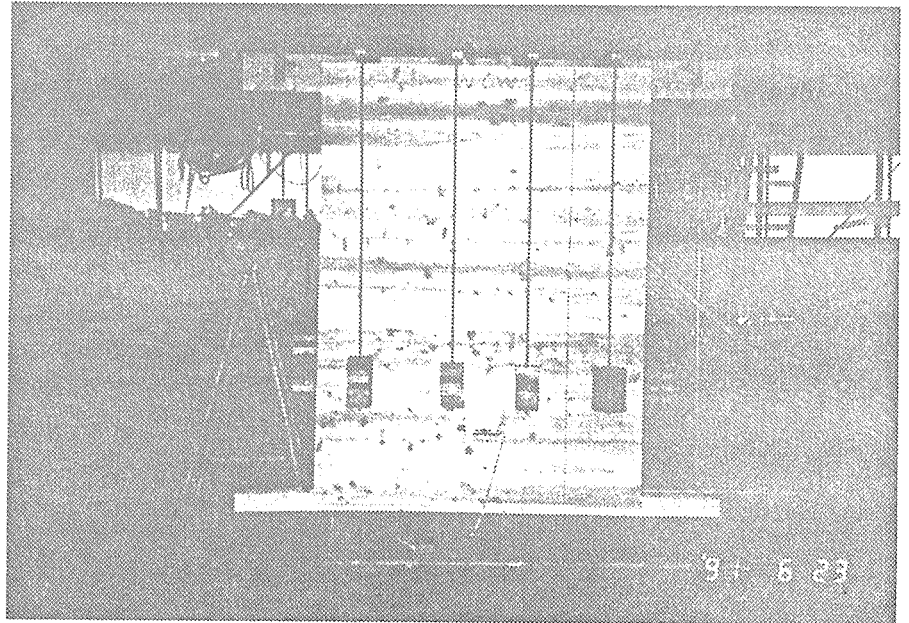
-1/30rad. パネル全景  
パネルがずれて、雁行している。周辺の軸組に大きな損傷は見られない。



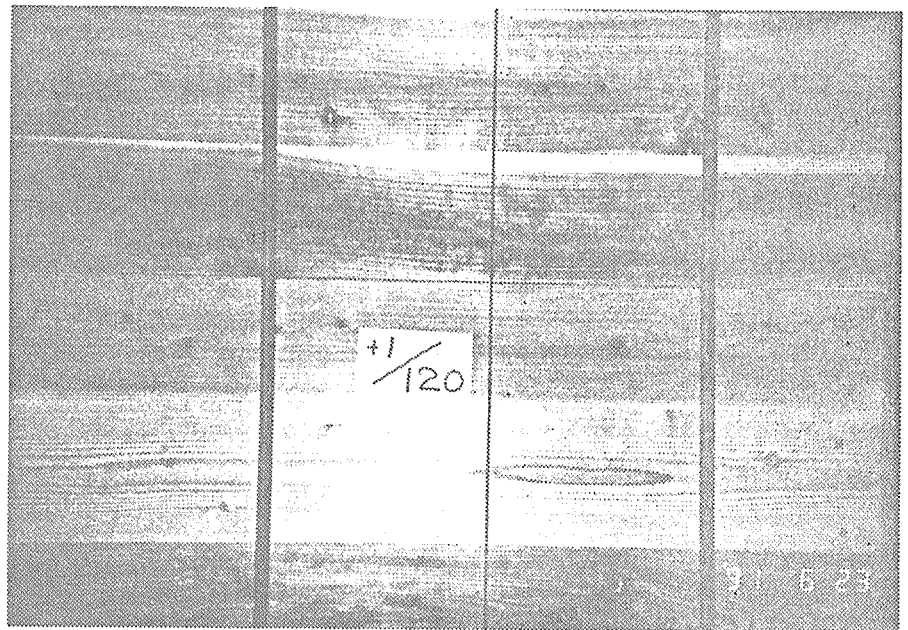


W-CW-2

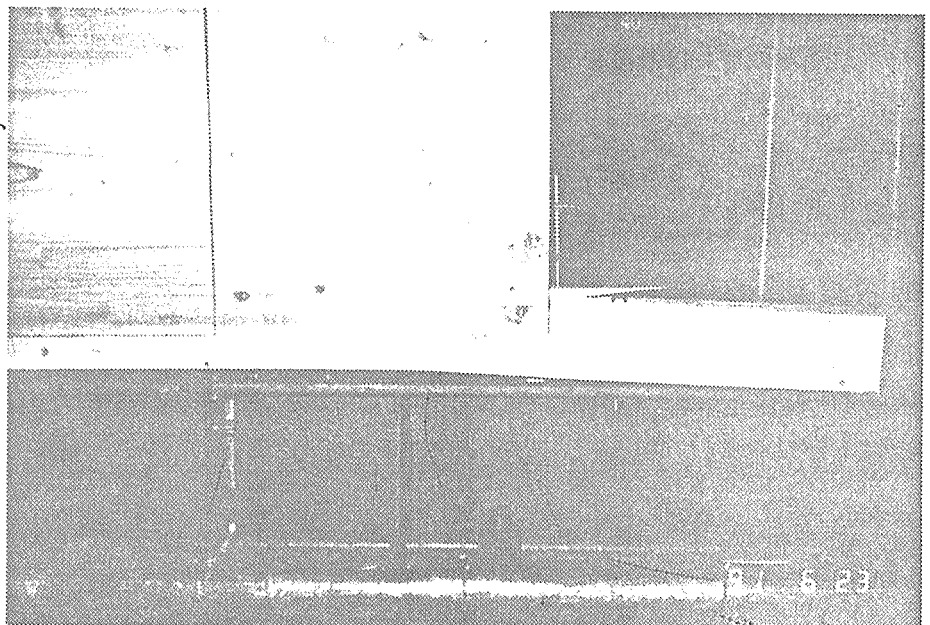
+1/85rad. 全景



+1/120rad. パネル中央  
パネルのずれは生じない。

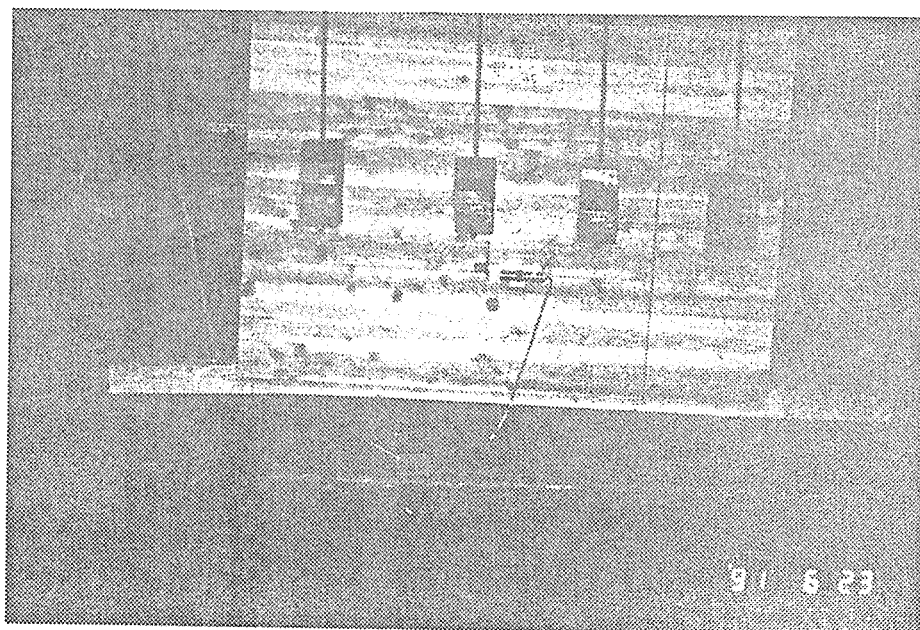


-1/60rad. パネル右下  
パネル間にズレは生じないので、  
一体として回転するので、  
右下では土台が持ち上げられている。

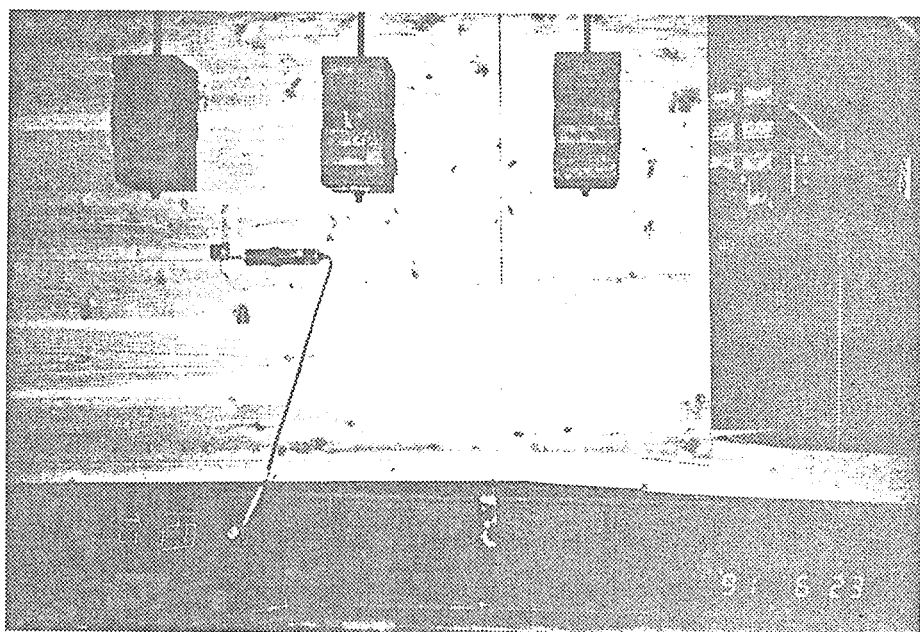




+1/45rad. 下半分  
パネルが回転を起こし、土台  
が変形している。



-1/45rad. パネル右下  
土台が曲げ破壊を生じている。



-1/45rad. パネル中央  
パネルのズレは最後まで見ら  
れない。

