

平成3年度農林水産省補助事業
日本住宅・木材技術センター事業

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4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) 本事業の実施にあたって、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
〃	加茂恵弘	住宅金融公庫建設サービス部技術開発課長
〃	木川忠一	(社)日本ツーバイフォー建築協会
〃	興石一司	(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 J A S 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

枠組壁工法住宅用部材として構造用集成材の利用実態を調査とりまとめることも

に、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材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

主 査	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
〃	平岡厚雄	岐阜県林業センター製材機械科長
〃	米田昌世	北海道立林産試験場企画指導部経営科長
〃	興石一司	(社)全国木材組合連合会検査部長
〃	大西昭一	ツーバイフォーランバー 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、性能実験等をふまえて規格、基準類をとりまとめた。

枠組壁工法住宅新材開発検討分科会

主 査	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
〃	徳田廻夫	三重大学農学部教授
〃	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
〃	加茂恵弘	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
〃	友井政利	カナダ林産業審議会日本代表代理

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る樹材種を利用した壁式工法住宅の試設計を行い提案した。

壁式工法住宅用部材提案分科会

主 査	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 助教授
〃	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
〃	山畑信博	建設省建築研究所工業生産研究室
〃	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4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. 集成材の生産・利用実態	1
1-1 枠組壁工法住宅用部材としての構造用集成材	1
1-2 わが国集成材工業の概要	4
2. 枠組壁工法住宅用への構造用集成材利用実態調査	8
2-1 調査の概要とアンケート回収結果	8
2-2 構造用集成材の使用部位	9
2-3 事業規模別の構造用集成材使用部位	10
2-4 構造用集成材の使用樹種	13
2-5 構造用集成材の使用長さ	17
2-6 構造用集成材の使用実績のない理由	21
2-7 構造用集成材の仕入れ先	22
2-8 国産材による構造用集成材の使用実績と使用の可能性	24
2-9 枠組壁工法住宅への国産材利用拡大の意識	26
3. 枠組壁工法住宅用部材としての国産材の可能性	27
3-1 国産材による枠組壁工法構造用集成材の可能性	27
3-2 その他加工部材の枠組壁工法住宅用部材への可能性	28
4. まとめ	29

第2章 枠組壁工法住宅部材生産技術開発

その1 カラマツ

1. 製材試験	30
1-1 供試原木の形質	30
1-2 原木径級別・木取り型別の製材歩止まり	32
1-3 製材品の等級格付け調査	33
2. 乾燥及び寸法仕上げ加工試験	34
2-1 乾燥材の等級格付け調査	34
2-2 乾燥材の四面鉋削による加工歩止まりの測定	35

3.	最終製品の強度性能試験	48
3-1	欠点調査	48
3-2	実大材の曲げ試験	49
3-3	実大材の引張破壊試験	50
3-4	試験結果及び考察	50
4.	製造システム設計と採算性分析	64
4-1	分析の進め方	64
4-2	製品生産形態	64
4-3	製材システムの検討	64
4-4	乾燥工程	76
4-5	加工工程	78
4-6	一般管理費	80
4-7	総合コスト試算	80
4-8	エゾマツ・トドマツ材での検討	84
4-9	まとめ	88
第2章 枠組壁工法住宅部材生産技術開発		
その2 スギ(岐阜)		
1.	製材試験	90
1-1	供試原木の形質	90
1-2	製材	99
1-3	製材品の調査	104
1-4	製材所要電力量	116
2.	乾燥試験	118
2-1	人工乾燥試験	118
2-2	乾燥歩止まり	121
2-3	乾燥材の調査	132
3.	仕上げ加工試験	141
3-1	仕上げ加工歩止まり	141
3-2	仕上げ加工材調査	141

4.	F F Tアナライザーによる基本振動周波数の測定	1 5 2
4-1	試験の方法	1 5 2
4-2	原木の強度測定結果	1 5 7
4-3	製材品の強度測定結果	1 5 8
4-4	原木のヤング係数 (E fr) と製材品のヤング係数 (E fr) の比較・分析	1 5 8
4-5	(E fr / ρ) による強度推定	1 5 9
4-6	製材品の強度等級区分	1 6 0
4-7	乾燥材の強度測定結果	1 6 0
4-8	仕上げ材における強度測定結果	1 7 0
4-9	強度等級区分	1 7 2
5.	調査結果	1 7 6
6.	仕上げ材における価値歩止まり	1 8 4
7.	まとめ	1 8 6
第2章 枠組壁工法用住宅部材生産技術開発 その3 スギ(混合木取り)		
1.	はじめに	1 8 8
2.	実験方法	1 8 8
2-1	供試丸太	1 8 8
2-2	製材	1 8 8
2-3	歩止まりの算定	1 8 9
3.	結果および考察	1 9 0
3-1	丸太の形質	1 9 0
3-2	木取りと形量歩止まり	1 9 1
3-3	木取りと価値歩止まり	1 9 3
4.	おわりに	1 9 5
第2章 枠組壁工法用住宅部材生産技術開発 総括と考察		
1.	枠組壁工法用部材の国産化	2 1 5
2.	試験結果の要約と考察	2 1 6
2-1	供試丸太について	2 1 6

2-2	製材試験結果	216
2-3	乾燥試験結果	223
2-4	飽削試験結果	226
2-5	強度性能試験結果	227
	結 言	229
第3章 枠組壁工法住宅新材開発		
1.	構造用フィンガージョイント材の曲げ強度試験	230
1-1	実 験	230
1-2	結果と考察	238
1-3	206FJ材の実験結果	272
1-4	まとめ	276
2.	構造用フィンガージョイント材の引張強度試験(その1)	279
2-1	試験方法	279
2-2	試験結果	279
3.	構造用フィンガージョイント材の引張強度試験(その2)	294
3-1	試験方法	294
3-2	試験結果と考察	294
4.	構造用フィンガージョイント材の接着性能とクリープ性能	319
4-1	変性酢ビ(M-PVAc)の物性と接着性	319
4-1-1	試験方法	319
4-1-2	試験結果と考察	321
4-2	変性酢ビFJ材の接着性能	323
4-2-1	試験方法	323
4-2-2	試験結果と考察	323
4-3	構造用FJ材のクリープ性能試験	325
4-3-1	試験方法	325
4-3-2	試験結果と考察	325
5.	枠組壁工法構造用たてつぎ材の製造基準(案)	352
5-1	適用の範囲	352

5-2	定 義	3 5 2
5-3	寸法型式	3 5 2
5-4	材 料	3 5 3
5-5	フィンガージョイントの形状など	3 5 4
5-6	枠組壁工法構造用たてつぎ材の製造	3 5 4
5-7	製品の品質（たてつぎ材の等級）	3 5 4
6.	枠組壁工法構造用たてつぎ材の検査及び試験	3 5 5
6-1	初期試験	3 5 5
6-2	品質管理	3 5 8
7.	カナダの構造用フィンガージョイント材	3 5 9
7-1	構造用フィンガージョイント材	3 5 9
7-2	カナダの構造用フィンガージョイント材の規格	3 5 9
7-3	現 況	3 5 9
7-4	樹 種	3 6 0
7-5	フィンガーの形状	3 6 0
7-6	接着剤	3 6 0
7-7	性能及び品質管理	3 6 0
7-8	製材としての構造用フィンガージョイント材	3 6 1
7-9	等級スタンプ	3 6 1
7-10	日本における構造用フィンガージョイント材	3 6 2
8.	フィンガージョイント材の今後の可能性	3 6 3
8-1	構造用フィンガージョイント材を取り上げる意義	3 6 3
8-1-1	木材資源面からの必要性	3 6 3
8-1-2	現場施工面からの要請	3 6 4
8-2	フィンガージョイント材に対する材料メーカーの取り組み方	3 6 4
8-2-1	フィンガージョイント材の調達	3 6 4
8-2-2	フィンガージョイント材のコンポーネント工場での利用	3 6 5
8-3	フィンガージョイント材に対する住宅メーカーの取り組み方	3 6 6
8-3-1	構造用フィンガージョイント材が普及する可能性	3 6 6
8-3-2	住宅の部位別のフィンガージョイント材の利用	3 6 6

8-3-3	建物種別によるフィンガージョイント材の利用	367
8-3-4	品質、寸法の問題	367
8-4	フィンガージョイント材普及への課題	367
第4章 壁式工法住宅部材の提案		
	はじめに	370
1.	国産板割材を用いた軸組+パネル併用構法の3次試設計	372
2.	水平耐力の構造計算	397
2-1	真壁案	398
2-2	大壁案	399
	(1) 用いた解析法	399
	(2) 分割数と分割方法の影響-その1: 間柱のない場合	401
	(3) 分割数と分割方法の影響-その2: 間柱・胴縁のある場合	404
	(4) まとめ	405
3.	耐力壁をパネル化した構法に関する構造耐力試験と解析	406
3-1	はじめに	406
3-1-1	「耐力壁をパネル化した木造軸組構法」の基本的な考え方	406
3-1-2	実験の概要	407
3-2	「軸組+パネル」の実験	409
3-2-1	試験体の種類	409
3-2-2	実験方法	414
3-2-3	「軸組+パネル」実験の結果	414
3-3	部分実験	428
3-3-1	パネルと横架材接合部の引張試験	428
3-3-2	パネル単体のせん断加力試験	431
3-3-3	柱梁部分接合部(T字金物)の実験	434
3-4	構造解析	439
3-4-1	解析の方法	439
3-4-2	各接合部のモデル化について	440
3-4-3	解析の結果	444

3-5	まとめ	453
4.	今後の展開に向けて	455
4-1	枠組壁工法住宅の概要	455
4-2	提案住宅の普及と部材寸法	455
4-3	今後の展開	456
付1.	国産中目材の生産予測	459
付2.	パネル化された板材の収縮試験	461
2-1	はじめに	461
2-2	供試材料	461
2-3	試験体寸法と試験方法	464
2-4	結果と考察	466
2-5	まとめ	472
付3.	中目材を用いた工法のアイデア集	474

第1章 枠組壁工法住宅用部材の流通等調査

1. 集成材の生産・利用実態

1.- 1. 枠組壁工法住宅用部材としての構造用集成材

枠組壁工法は技術基準が明確化されており、使用される木質構造材料は、すべて日本農林規格(JAS)に規定された材料が指定されている。これらの材料を実際にどのように用い枠組壁工法住宅を施工するのかを、解説したマニュアルとして、住宅金融公庫建設サービス部監修の「枠組壁工法住宅工事共通仕様書」と「別冊スパン表」が刊行されている。

多くの枠組壁工法住宅ビルダーは、これらを座右の教科書に枠組壁工法住宅を設計し、施工してきている。

この共通仕様書に使用部位が明記され施工標準が示され、またスパン表により材料選定が容易な木質構造材料が、全国的に、マニュアル通りに使用されることが一般的になっている。

平成3年度版の「枠組壁工法住宅工事共通仕様書」の記述に沿って、構造用集成材の使用部位を見ることにする。

躯体工事に使用される材料は「構造耐力上主要な部分に用いる枠組材は、下表に掲げる規格に適合するものとする」とされ、木材規格表に「構造用集成材の1級、2級」「化粧張り構造用集成材の1等、2等」「構造用大断面集成材の特級、1級、2級」の各構造用集成材が、下記の構造部材に適合するものとして規定されている。(4.1.1.1の「木材規格」表より)

- (1) 土台、床根太、端根太、側根太、床梁、まぐさ、天井根太、
たるき、むなぎ、屋根梁
- (2) 壁のたて枠、上枠、頭つなぎ
- (3) 壁の下枠

またこれらの寸法型式と断面寸法は「表面調整をほどこしたもの」とし、「含水率は15%以下」、断面寸法の「許容誤差はプラス、マイナス 1.5mm」と定められている。(4.2.1の製材又は集成材の寸法形式及び寸法表) この表に記載されている構造用集成材の寸法型式と断面寸法(単位: mm)は以下の通りである。

203(38 x 64), 204(38 x 89), 206(38 x140), 208(38 x184),
210(38 x235), 212(38 x286), 404(89 x 89), 406(89 x140),
408(89 x184), 410(89 x235), 412(89 x286), 414(89 x336),
416(89 x387), 606(140 x140), 610(140 x235), 612(140 x286),

使用部位毎の構造部材寸法型式の仕様規定は以下の通りである。

地下室の基礎壁の一部を木造の壁とする場合(3.3.3.2.)

- イ. 土台(下枠兼用)、たて枠、上枠、頭つなぎには、すべて寸法型式206以上の製材又は集成材を用いる。

平家建又は2階建の基礎(3.4.1.)

2. 基礎の構造は、次による。ただし、1階の内部耐力壁直下の基礎は、床梁に代えることができる。

平家建又は2階建の土台(4.4.1.)

1. 土台に用いる木材は、寸法型式204、206、208又は404の製材とする。

平家建又は2階建の床枠組(4.5.1.)

1. 床枠組を構成する床根太は、寸法型式206、208、210及び212の製材を縦使いし床根太相互の間隔は500mm以内とする。

外壁に接する開口部端根太、開口部側根太(4.5.5.4-イ.)

外壁上にくる開口部の幅又は長さにより、外壁上にくる開口部端根太又は開口部側根太の枚数は下表による。と記述され、幅又は長さが1.82mを超え2.73m以下の場合、仕様される床根太と同せいの3枚合わせとするか、寸法型式408又は410の集成材と規定されている。

オーバーハング(4.5.6.4)

3. 屋根荷重を受けないバルコニー等を梁で支持する場合は、別冊のスパン表による。

セットバック(4.5.6.5)

1. 床枠組上部の外壁が床枠組下部の外壁の一より床根太にせい以上室内側に後退する場合には、耐力壁又は4.5.7(床梁)の項による床梁を設ける。なお、この場合の耐力壁開口部まぐさ又は床梁のスパンは、別冊のスパン表による。

床梁(4.5.7)

1. 床根太を支える床梁は、寸法型式208、210及び212のそれぞれ2枚合わせ若しくは3枚合わせ又は集成材の寸法型式408、410及び412とする。なお、集成材は寸法型式412を超える規格も用いることができる。
2. 床梁のスパンは、別冊のスパン表による。

平家建又は2階建の耐力壁(4.6.1)

2. 耐力壁のした枠、上枠、縦枠及び頭つなぎは、寸法型式204、206、208又は404の製材とする。

支持壁及び非耐力壁(4.6.5)

1. 支持壁及び非耐力壁は、たて枠、上枠、下枠及び頭つなぎにより構成し、支持壁の場合は寸法型式204以上、非耐力壁の場合は寸法型式203以上の製材又は集成材とする。

耐力壁線の開口部まぐさ(4.6.6)

4. まぐさのスパンは、別冊のスパン表による。ただし、屋根荷重を支持する耐力壁線に開口部を設ける場合には、別冊の屋根梁のスパン表による。

多雪区域以外の区域で梁からの鉛直力を支持する柱(以下「支持柱」という。)を設ける場合。(4.7)

2. 支持柱は寸法型式606の集成材とし、梁は6"系列の集成材を標準とする。

平家建又は2階建の小屋組(4.8.1)

1. 小屋組を構成するたるき、天井根太は寸法型式204、206、208、210及び212の製材とし、それらの相互の間隔は500mm以内とする。

むなぎ(4.8.2.3)

1. むなぎは、たるきより1サイズ以上大きな寸法型式のものをいい、頂部は勾配に沿って角度をつける。

屋根梁(4.8.3.2)

1. 屋根梁のスパンは、別冊のスパン表による。

本文中の _____ 部分は、訂正すると住宅金融公庫の融資不適格となる箇所、
_____ 部分は、構造計算等で安全を確かめずに訂正すると融資不適格となるおそれのある箇所を示している。

本文の記述から、構造部材の仕様規定として構造用集成材を用いることができない部位および部材としては、地下室の基礎壁の一部としての木造の壁以外に用いられる土台、床組を構成する床根太、耐力壁を構成するたて枠、上枠、頭つなぎ、小屋組を構成するたるき、天井根太とむなぎがあげられる。

別冊のスパン表には、「集成材による床梁スパン表(13表)」「集成材による屋根梁スパン表(42～46表)」「集成材によるまぐさスパン表(73～87表)」から146表の「まぐさスパン表(界床、床根太支持の場合)」までの豊富な集成材スパン表が用意がされ、設計者・施工者の便宜が図られている。

1.- 2. わが国集成材工業の概要

日本集成材工業協同組合の調査によればわが国集成材工業の1991年の年間生産量は455,000m³、同生産額は1,283億円に達している。これは1983年と比較すると、生産量で1.67倍、生産額で1.89倍の拡大となっている。

集成材生産量がこの間、着実に伸びてきたことが知れる。これらの伸びは1987年から始まるマンション建設ブームに連動し、主に造作用集成材、とりわけ化粧ばり造作用集成材の著しい伸びをきっかけとしたものと読むこともできよう。

しかしながら、1990年から1991年にかけての建築着工数の減少にも拘らず前年並みの生産水準を維持していることは注目に値する。

集成材生産の推移と住宅着工数を図-1.1に示す。

図 - 1.1 集成材生産実績推移と住宅着工数

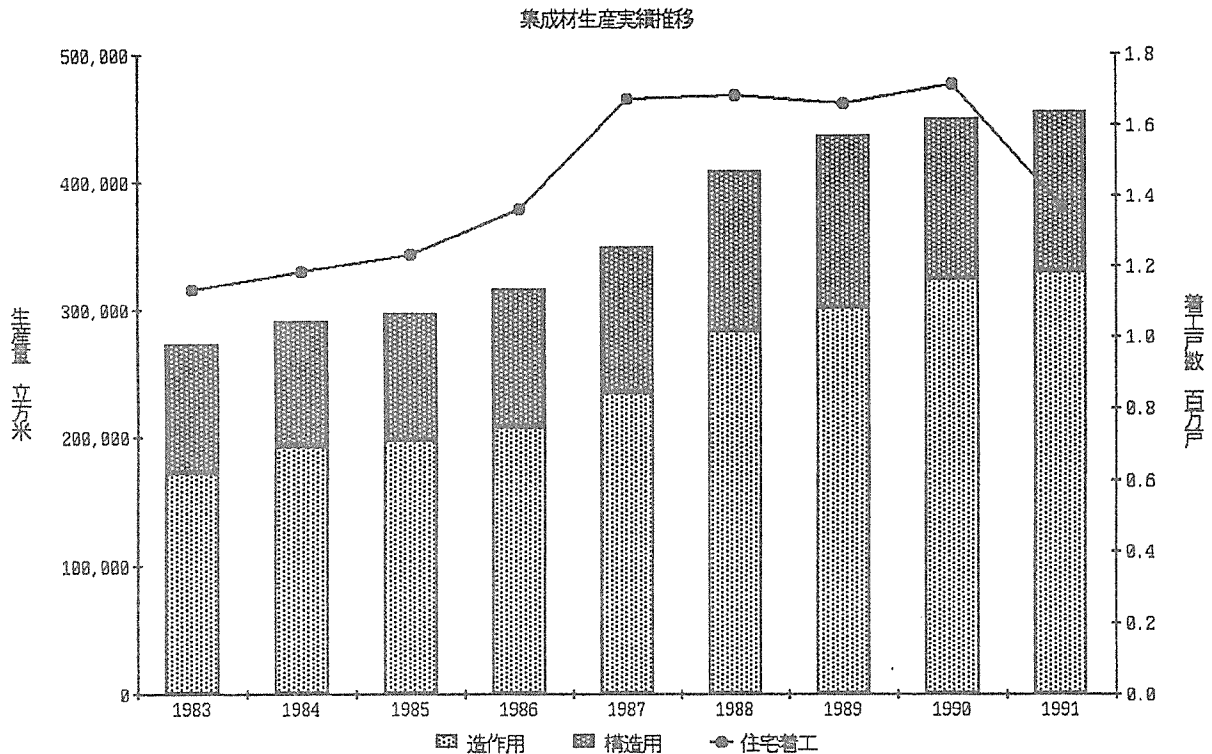


図 - 1.1および図 - 1.2に見るように木造率の低下にも拘らず、集成材の生産規模は拡大してきている。

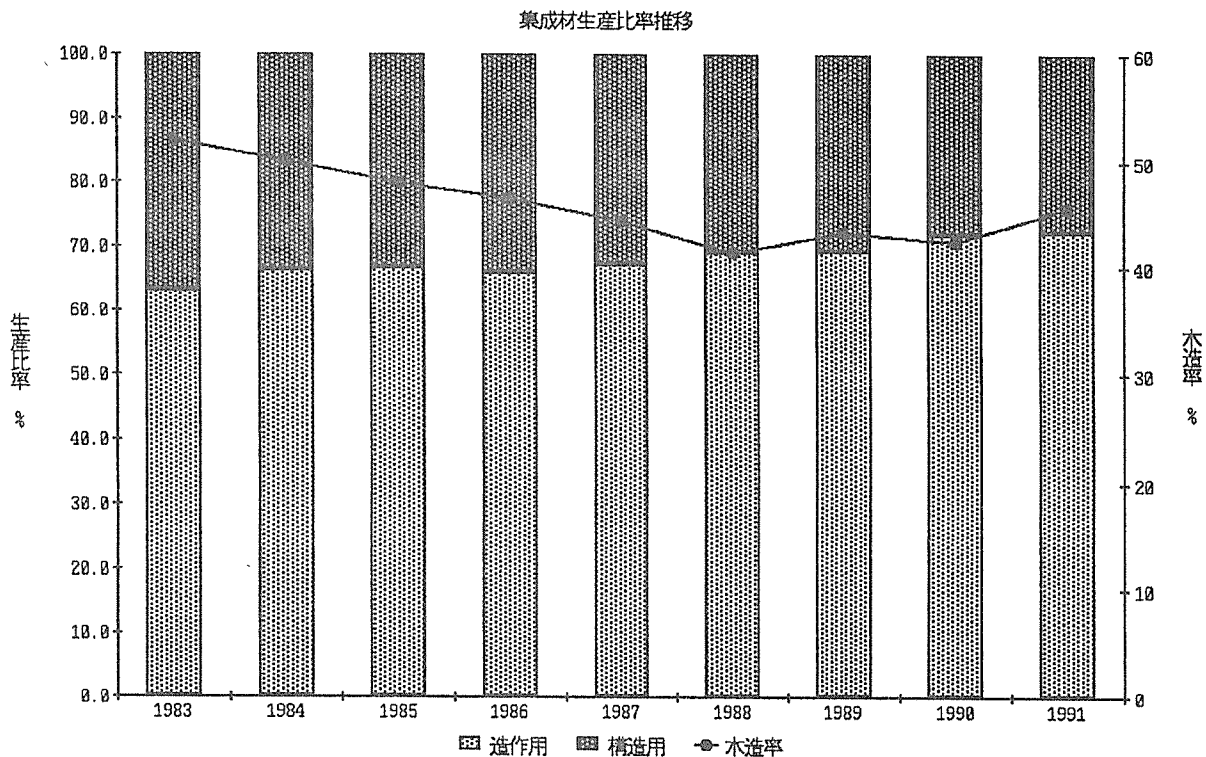
図 - 1.2は1983年から1991年までの集成材生産実績を造作用集成材と構造用集成材に分けて、その構成比の推移を見たものである。1983年63%であった造作用集成材の構成比率が1991年には72%と 9ポイントも増加している。

一方、木造率は1988年までは一貫して低下傾向を示しており、その後は一進一退の推移を示している。

この様ななかでの造作用集成材の生産量、対構造用集成材比率の上昇は、集成材ベースの木質建材が非木造、非住宅分野の建築にまで広く市場を拡大してきた結果と判断される。

これらが要因で1990年から1991年にかけての建築着工数の減少にも拘らず前年並みの生産水準を維持しえたと考えられる。

図 - 1.2 造作用集成材-構造用集成材構成比率と木造率の推移



次に構造用集成材の生産推移を見ることにする。

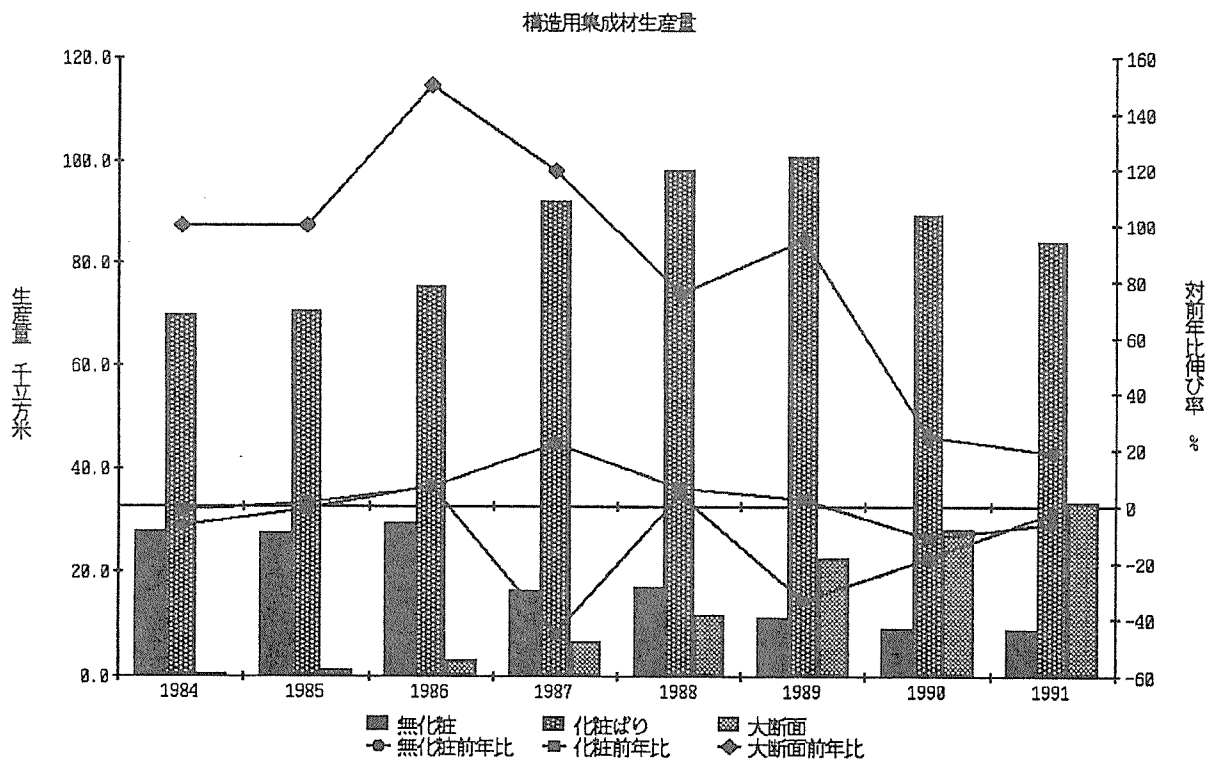
木造3階建住宅あるいは木造大規模建築物についての建築規制緩和、全国各都道府県を席卷した博覧会ブームによって、構造用集成材は一般の人々の目にも馴染みのある木質構造材料となって来ている。

しかし、生産量推移を構造用集成材(無化粧)、化粧ばり構造用集成材、構造用大断面集成材の3品目に分けてみると、化粧ばり構造用集成材の圧倒的なシェアが見てとれる。化粧ばり構造用集成材生産の8割以上は在来軸組工法用集成柱であるといわれており、構造用集成材の特性(普通構造材に比して高い曲げ強度が保証されている)を活かした需要とは必ずしもなっていない。

1987年に構造用集成材(無化粧)の生産量が激減しているが、これは全年末JAS制定された構造用大断面集成材への集計先変更の結果と考えられる。従って、1987年以降の構造用集成材(無化粧)生産量の大宗は枠組壁工法住宅建築に用いられたものとなったのではないかと考えられる。

図 - 1.3に構造用集成材の品目別生産量の推移と対前年比伸び率の推移を示す。

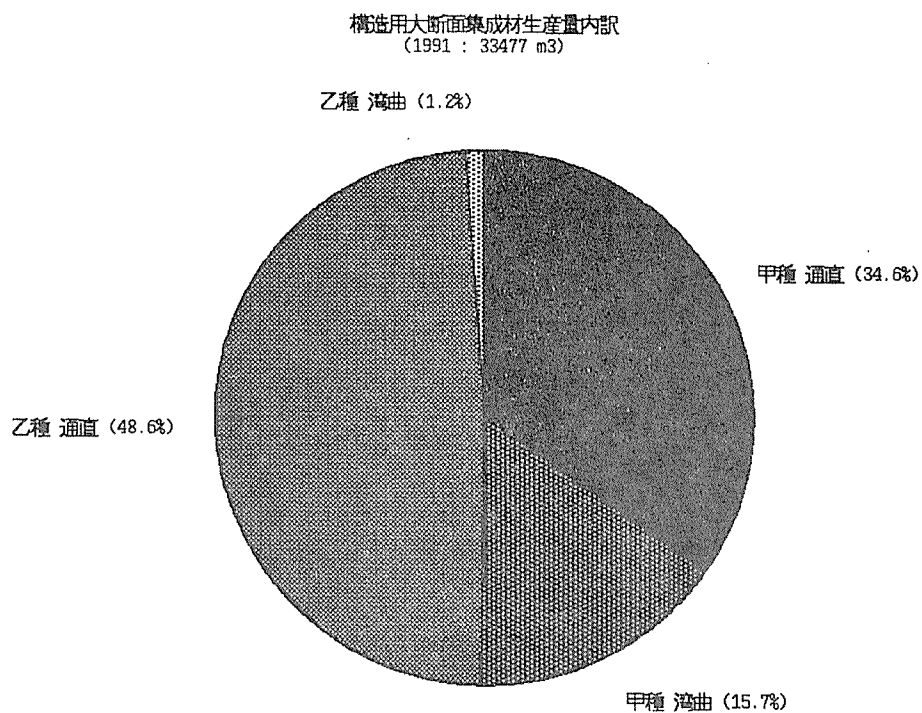
図 - 1.3 構造用集成材品目別生産量と対前年比伸び率の推移



また、乙種構造用大断面集成材の通直集成材についても、規定される断面寸法から需要のかなりの部分を枠組壁工法住宅建築が占めていると考えられる。

図 - 1.4に構造用大断面集成材の種別・形状別の生産構成を示す。

図 - 1.4 構造用大断面集成材種別・形状別生産構成



2. 枠組壁工法住宅用への構造用集成材利用実態調査

2.-1. 調査の概要とアンケート回収結果

この構造用集成材利用実態調査は「枠組壁工法住宅部材国産化」調査の一環としてアンケート調査の方法で、(社)日本ツーバイフォー建築協会により同協会一種正会員 313社を対象に平成4年1月に実施した。

一種正会員はツーバイフォー住宅を実際に建築供給する企業の会員種別であり、その年間建築戸数によりA、B、Cの区分がなされている。基準年間建築戸数は、A会員で概ね500戸以上、B会員で50戸以上、C会員で5戸以上となっている。なお調査時点での会員社数はA会員53社、B会員44社、C会員216社の合計313社であった。またアンケート回収結果は、A会員26社、B会員で16社、C会員で78社の計120社であった。

この調査は利用実態調査ではあるが、構造用集成材の数量的な使用実態を調査目的としたものではなく、構造用集成材について、会員各社の建築現場での使用状況や今後の取組み姿勢に的を絞った意識調査に近い形態を採っている。

従って、1戸当たりあるいは1社当たりの構造用集成材の使用量をこの調査から推定することはできない。しかしながら、設問[I]に調査時直近1年間のツーバイフォー建築戸数を任意回答する項目を設けて、この調査の結果がツーバイフォー建築の全体をどの程度反映しているかの目安を読み取ることが可能となるよう配慮した。

表-1 調査結果概要

会員種別	A会員	B会員	C会員	合計
対象会員数	53	44	216	313
調査表回答社数	26	16	78	120
建築戸数回答社数	22	11	67	100
回答建築戸数計	23,826	1,276	1,798	26,900
1社当たり戸数	1,083	116	27	269

表-1は建築戸数回答社数は設問[I]の回答集計結果であり、調査回答社数120社中100社がこれに回答したことを示している。

これら100社の調査時直近1年間のツーバイフォー建築戸数合計は26,360戸となっており、また建設省統計に拠れば平成3暦年の枠組壁工法建築着工戸数が45,000戸台であったことから、この調査結果はこの間の枠組壁工法建築全体の約60%をカバーしたものであることが知れる。

また会員種別毎の建築戸数も協会設定の建築戸数とも整合しており、調査結果はツーバイフォー建築の実態をよく反映しているものと考えられる。

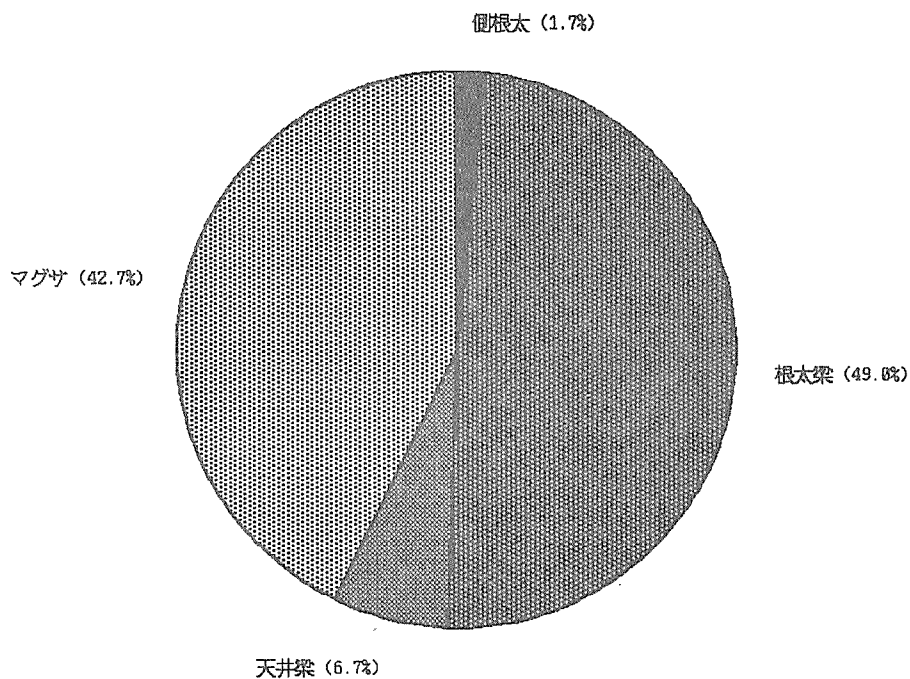
2.- 2. 構造用集成材の使用部位

設問[Ⅱ]-(1)の使用部位についての集計結果を図-1に示す。

設問が使用実績のある部位についての記入方式を採ったため、回答社による使用部位を示す用語にバラツキが生じ、また使用階や使用理由を特定できるものとならなかったが、集計結果から構造用集成材の使用部位が梁とまぐさに大別できることが判断される。

今回の調査目的は既述の通り定量的な調査でなかったことから、使用材積等についてのデータは得られていないが、使用部位の集計結果から床梁用(根太梁)としての使用実績が49%、まぐさ用が43%を占めており、これらに加え小屋梁用(天井梁)が7%、床開口部補強用(側根太)が2%との使用部位の構成比率が得られた。

図-1 構造用集成材の使用部位



構造用集成材の規格寸法別の使用部位の集計を表-2に示す。

寸法形式 410(断面寸法89x235mm)の構造用集成材が回答社数、使用部位別回答数ともに最大を示しており、使用頻度が最も高いことが知れる。

また4インチ系列(89mm幅)の構造用集成材が 85.4%と高い使用頻度を示しており、410と寸法形式 412(断面寸法89x285mm)で全体の 60.3%を占めることが判断される。また回答数の少ないものがあるものの、「構造用集成材の日本農林規格」及び「住宅金融公庫枠組壁工法工事標準仕様書」に記載されているほとんどの寸法形式について使用されているとの回答が得られた。

表-2 構造用集成材の規格寸法別の使用部位集計

寸法形式	回答社数	まぐさ	床 梁	小屋梁	床開口	その他	合 計	比率(%)
406	17	10	6	1	2	0	19	7.9
408	19	13	7	2	0	0	22	9.2
410	68	45	52	6	0	0	103	43.1
412	27	18	20	3	0	0	41	17.2
414	6	3	6	1	0	0	10	4.2
416	6	2	5	2	0	0	9	3.8
606	5	2	2	0	0	0	4	1.7
610	20	8	15	0	2	0	25	10.5
612	2	0	2	0	0	0	2	0.8
614	3	1	2	1	0	0	4	1.7
合 計	173	102	117	16	4	0	239	100.0
比率(%)		42.7	49.0	6.7	1.7	0.0	100.0	

2.-3. 事業規模別の構造用集成材使用部位

回収された調査表の会員種別毎の建築戸数が協会設定の基準年間建築戸数とも整合しており、調査結果はツーバイフォー建築の実態をよく反映したものと判断されることから、A会員、B会員、C会員からの回答から事業規模別の構造用集成材使用部位の特徴が捉えられるものと考え、会員種別毎に構造用集成材規格寸法別の使用部位集計を行った。

これらを表-3、表-4、表-5に示す。

A会員では床梁用の使用比率が44.2%であるのに対し、まぐさ用は49.5%と高い使用比率を示している。一方、B会員では床梁用が68.4%、まぐさ用が31.6%と床梁用が優先しており、この傾向はC会員でも同様に、49.6%と39.2%という構成になっている。また使用される寸法形式についてはB会員、C会員ともに410が57.9%、48.0%と高い比率を示しているのに対し、A会員では33.7%と比較的低い比率となっている。さらに6インチ系列の使用比率をみると、A会員では19.0%であるのに対しB会員では5.3%、C会員では12.8%と低い値を示し、また使用実績のない寸法形式も出現している。

これらの要因としては、事業規模の大きなA会員社の多くが全国展開を図る上で、コスト分析を予め行った「企画型住宅」を主体に住宅の生産供給を行っているのに対し、中小規模のB、C会員社では個別受注に応じた生産となるため枠組壁工法構造用製材では得られない床根太スパン等に対応するため、床根太と同せいの床梁として寸法形式410が多用されているものと思われる。

表-3 A会員社の構造用集成材規格寸法別の使用部位集計

寸法形式	回答社数	まぐさ	床梁	小屋梁	床開口	その他	合計	比率(%)
406	6	4	2	0	0	0	6	6.3
408	9	7	3	1	0	0	11	11.6
410	23	17	14	1	0	0	32	33.7
412	13	9	10	1	0	0	20	21.1
414	2	1	2	0	0	0	3	3.2
416	4	1	3	1	0	0	5	5.3
606	1	1	0	0	0	0	1	1.1
610	8	6	5	0	1	0	12	12.6
612	1	0	1	0	0	0	1	1.1
614	3	1	2	1	0	0	4	4.2
合計	70	47	42	5	1	0	95	100.0
比率(%)		49.5	44.2	5.3	1.1	0.0	100.0	

表-4 B 会員社の構造用集成材規格寸法別の使用部位集計

寸法形式	回答社数	まぐさ	床 梁	小屋梁	床開口	その他	合 計	比率(%)
406	2	1	1	0	0	0	2	10.5
408	1	0	1	0	0	0	1	5.3
410	8	4	7	0	0	0	11	57.9
412	2	1	1	0	0	0	2	10.5
414	1	0	1	0	0	0	1	5.3
416	1	0	1	0	0	0	1	5.3
606	0	0	0	0	0	0	0	0.0
610	1	0	1	0	0	0	1	5.3
612	0	0	0	0	0	0	0	0.0
614	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合 計	16	6	13	0	0	0	19	100.0
比率(%)		31.6	68.4	0.0	0.0	0.0	100.0	

表-5 C 会員社の構造用集成材規格寸法別の使用部位集計

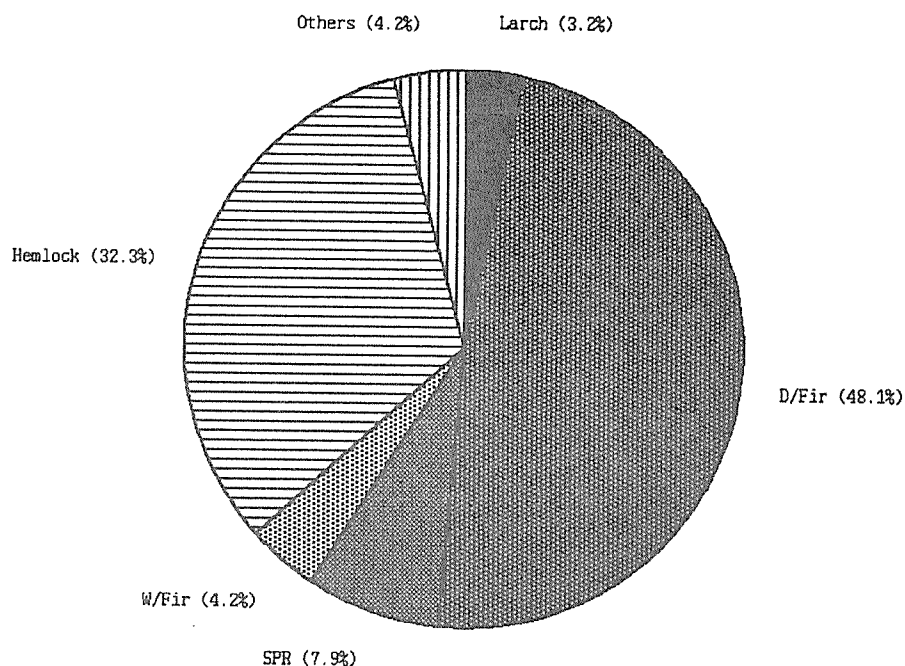
寸法形式	回答社数	まぐさ	床 梁	小屋梁	床開口	その他	合 計	比率(%)
406	9	5	3	1	2	0	11	8.8
408	9	6	3	1	0	0	10	8.0
410	37	24	31	5	0	0	60	48.0
412	12	8	9	2	0	0	19	15.2
414	3	2	3	1	0	0	6	4.8
416	1	1	1	1	0	0	3	2.4
606	4	1	2	0	0	0	3	2.4
610	11	2	9	0	1	0	12	9.6
612	1	0	1	0	0	0	1	0.8
614	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合 計	87	49	62	11	3	0	125	100.0
比率(%)		39.2	49.6	8.8	2.4	0.0	100.0	

2.- 4. 構造用集成材の使用樹種

設問[Ⅱ]-⑴の使用樹種についての集計結果を図-2に示す。

設問[Ⅱ]-⑴では樹種として、1 ダグラスファー、2 ヘムファー、3 スプ
ルース、4 カラマツ、5 スギ、6 ヒノキ、7 エゾマツ・トドマツの7樹種と、8 そ
の他から使用実績のある樹種を寸法形式毎に番号記入により回答を求めている。

図-2 構造用集成材樹種別使用比率



ダグラスファーの使用比率が48%と最も高く、ヘムロックが32%でこれに次いでおり、これら2つの樹種で全体の80%を占めている。

国産材の使用実態をカラマツ、スギ、ヒノキおよびエゾマツ・トドマツから読み取れることが期待されたが、スギ、ヒノキについては回答がなく、またカラマツ、エゾマツ・トドマツについては北洋材との区分を特定できなかった。

これらの国産材樹種については、地域的に限定されるものの構造用集成材メーカーが実在しており、量の多少はあるとは思われるが使用実績があると考えられる。

また、その他の樹種については、その樹種名を特記した回答がないので特定することができなかったが、SPF樹種グループの構造用集成材ではないかと推察される。

寸法形式別の使用樹種比率を表-6に示す。なお、表中のD.Firはダグラスファー、Hemはハムロック、Sprはスプルー、Larはカラマツ、W.Firはエゾマツ・トドマツの略号である。

表-6 寸法形式別の使用樹種比率

寸法形式	回答数	D.Fir	Hem	Spr	Lar	W.Fir	その他	合計	比率(%)
406	17	8	6	3	1	0	1	19	10.1
408	19	9	7	3	1	0	1	21	11.1
410	67	34	25	7	1	4	2	73	38.6
412	26	16	8	2	0	2	1	29	15.3
414	8	7	2	0	0	0	0	9	4.8
416	5	4	1	0	0	0	0	5	2.6
606	5	1	3	0	0	0	1	5	2.6
610	19	11	7	0	1	1	2	22	11.6
612	3	1	1	0	1	1	0	4	2.1
614	1	0	1	0	1	0	0	2	1.1
合計	170	91	61	15	6	8	8	189	100.0
比率(%)		48.1	32.3	7.9	3.2	4.2	4.2	100.0	

事業規模別に使用樹種比率に特徴的な差異が見出せるかを表-7、表-8、表-9の集計によって考察してみたが、A会員社、C会員社ではダグラスファーの使用比率がそれぞれ44.7%、57.5%と第一位を占めるが、B会員社では17.6%となっており、これはスプルーと同率の第二位であり、ハムロックが58.8%の高率で第一位となっている。B会員社の回答数が少ないことに起因していると思われるが、中小規模業者の資材調達と比較的に地場密着型であることから、たまたま回答社の近傍にハムロック主体の構造用集成材製造業者が存在したとも推察される。

表-7 A会員社の寸法形式別の使用樹種比率

寸法形式	回答社数	D.Fir	Hem	Spr	Lar	W.Fir	その他	合計	比率(%)
406	6	2	2	2	1	0	1	8	9.4
408	9	4	2	3	1	0	1	11	12.9
410	23	11	9	3	1	1	1	26	30.6
412	13	8	3	2	0	1	1	15	17.6
414	4	4	1	0	0	0	0	5	5.9
416	3	3	0	0	0	0	0	3	3.5
606	1	0	1	0	0	0	0	1	1.2
610	8	5	4	0	1	0	1	11	12.9
612	2	1	1	0	1	0	0	3	3.5
614	1	0	1	0	1	0	0	2	2.4
合計	70	38	24	10	6	2	5	85	100.0
比率(%)		44.7	28.2	11.8	7.1	2.4	5.9	100.0	

表-8 B会員社の寸法形式別の使用樹種比率

寸法形式	回答社数	D.Fir	Hem	Spr	Lar	W.Fir	その他	合計	比率(%)
406	2	0	1	1	0	0	0	2	11.8
408	1	0	1	0	0	0	0	1	5.9
410	8	2	4	2	0	1	0	9	52.9
412	2	1	1	0	0	0	0	2	11.8
414	1	0	1	0	0	0	0	1	5.9
416	1	0	1	0	0	0	0	1	5.9
606	0	0	0	0	0	0	0	0	-
610	1	0	1	0	0	0	0	1	5.9
612	0	0	0	0	0	0	0	0	-
614	0	0	0	0	0	0	0	0	-
合計	16	3	10	3	0	1	0	17	100.0
比率(%)		17.6	58.8	17.6	-	5.9	-	100.0	

表-9 C会員社の寸法形式別の使用樹種比率

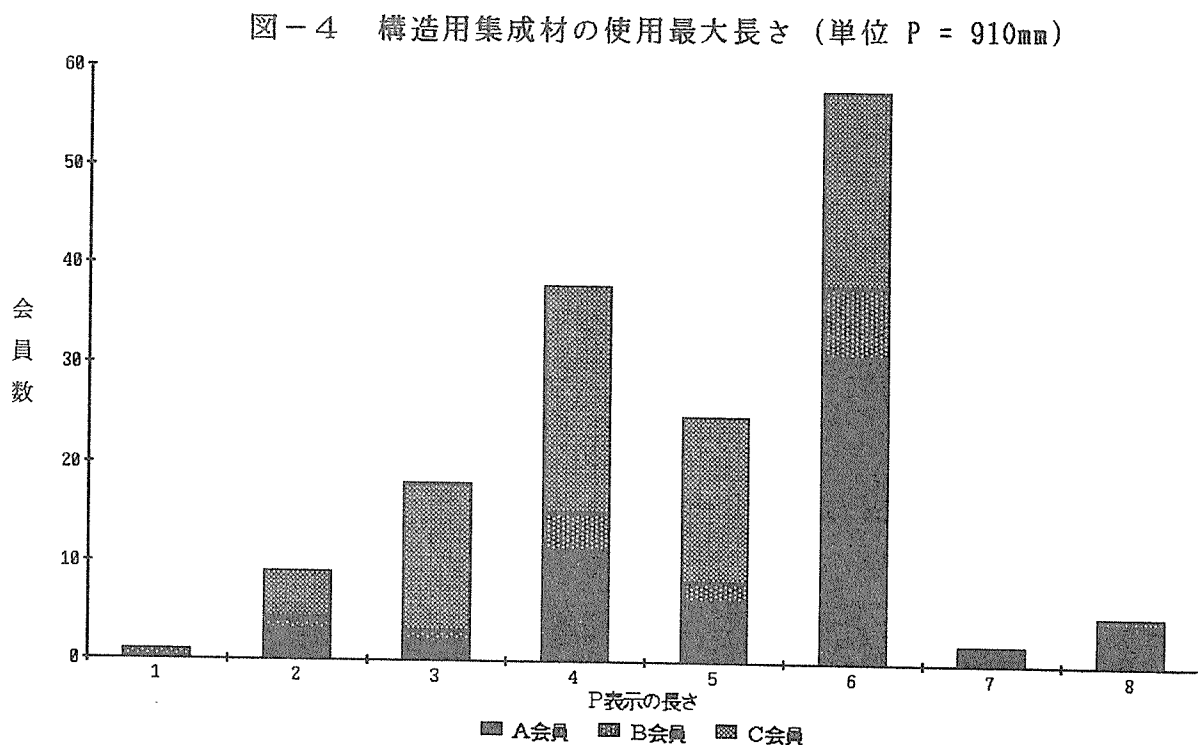
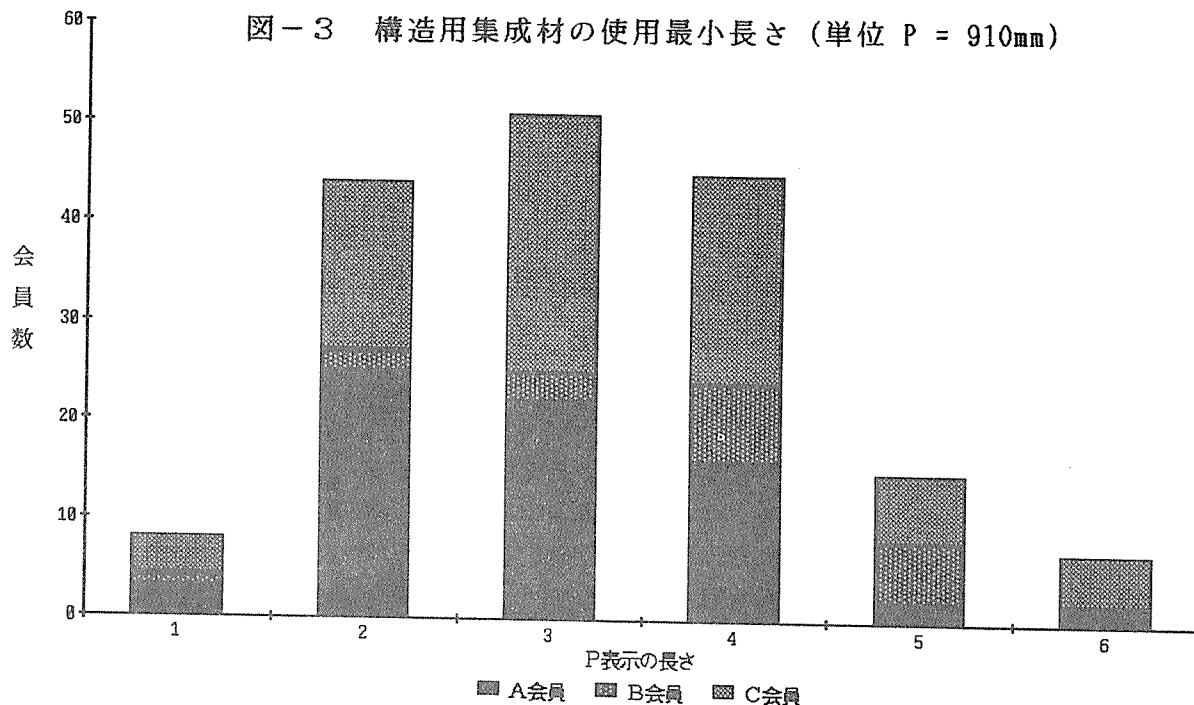
寸法形式	回答社数	D.Fir	Hem	Spr	Lar	W.Fir	その他	合計	比率(%)
406	9	6	3	0	0	0	0	9	10.3
408	9	5	4	0	0	0	0	9	10.3
410	36	21	12	2	0	2	1	38	43.7
412	11	7	4	0	0	1	0	12	13.8
414	3	3	0	0	0	0	0	3	3.4
416	1	1	0	0	0	0	0	1	1.1
606	4	1	2	0	0	0	1	4	4.6
610	10	6	2	0	0	1	1	10	11.5
612	1	0	0	0	0	1	0	1	1.1
614	0	0	0	0	0	0	0	0	-
合計	84	50	27	2	0	5	3	87	100.0
比率(%)		57.5	31.0	2.3	-	5.7	3.4	100.0	

2.- 5. 構造用集成材の使用長さ

設問[Ⅱ]-⑴の使用長さについての集計結果を図-3、図-4に示す。

設問[Ⅱ]-⑴では長さの記入について、実長寸法もしくはP表示いずれかで回答を求めたが、回収結果はP表示(1p=910mmとする枠組壁工法の寸法モジュール)で占められた。

各寸法形式の構造用集成材毎に記入された最小値と最大値に着目し、これらの平均値を求めると最小値平均は3.2P(2,912mm)、最大値平均は4.8P(4,368mm)となっている。



2.- 2.で指摘したように、ツーバイフォー建築で使用される構造用集成材はまぐさ用と床梁用に大別される。

まぐさについては枠組壁工法構造用製材の合わせ梁による場合と構造用集成材による場合が考えられるが、前者は通常 3.0P(2,730mm)程度までの開口部に用いられ、これを超える開口部にあっては構造用集成材が多用されることを考慮すると、最小値平均が3.2P(2,912mm)となっていることは肯是できよう。また、床梁については床根太スパンと相関関係があり、最も一般的な寸法形式210(38x235mm)の床根太スパンは通常4.0P(3,640mm)ないしは5.0P(4,550mm)であることから、最大値平均が4.8P(4,368mm)となったことも、これを反映したものと考えられる。

構造用集成材の寸法形式毎の使用長さ集計結果を表-10に示す。

表-10 構造用集成材の寸法形式毎の使用長さ集計結果

寸法形式	使用1P	最小2P	長さ3P	回答4P	平均5P	最大6P	長さ7P	回答8P	平均9P	寸法形式	使用1P	最大2P	長さ3P	回答4P	平均5P	最大6P	長さ7P	回答8P	平均9P	
406	2	5	3	4	1	0	15	2.8		406	1	3	2	3	0	4	0	0	13	3.8
408	1	6	6	4	1	0	18	2.9		408	0	4	3	3	1	6	0	0	17	4.1
410	2	16	24	19	2	2	65	3.1		410	0	2	5	22	14	16	1	1	61	4.7
412	1	7	7	9	1	1	26	3.2		412	0	0	2	3	5	11	1	1	23	5.4
414	1	3	1	1	0	2	8	3.3		414	0	0	0	0	2	6	0	1	9	6.0
416	1	2	0	1	0	1	5	3.0		416	0	0	0	0	0	4	0	1	5	6.4
小計	8	39	41	38	5	6	137	3.1		小計	1	9	12	31	22	47	2	4	128	4.8
606	0	1	3	1	0	0	5	3.0		606	0	0	3	1	0	0	0	0	4	3.3
610	0	3	7	6	7	1	24	3.8		610	0	0	3	6	3	7	0	1	20	4.9
612	0	1	0	0	2	0	3	4.0		612	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3.0
614	0	0	0	0	1	0	1	5.0		614	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
小計	0	5	10	7	10	1	33	3.7		小計	0	0	6	7	3	11	0	1	28	4.8
合計	8	44	51	45	15	7	170	3.2		合計	1	9	18	38	25	58	2	5	156	4.8

なお、今回の調査では使用部位を特定しこれについての回答を求める方法を採らなかったため、上記の判断はあくまでも推論の域を出られないものである。

そこで事業規模別に構造用集成材の使用長を集計し直し、使用部位分析で得られた大規模業者と中小規模業者での構造用集成材の差異が使用長さにも反映しているかを確認してみることにする。

事業規模別の構造用集成材の使用長さの集計結果を表-11、表-12、表-13に示す。

表-11 A会員社の構造用集成材の寸法形式毎の使用長さ集計結果

寸法形式	使用最小長さ							回答平均長さ	寸法形式	使用最大長さ							回答平均長さ		
	1P	2P	3P	4P	5P	6P	件数			1P	2P	3P	4P	5P	6P	7P		8P	件数
406	1	2	1	2	0	0	6	2.7	406	0	1	0	0	0	2	0	0	3	4.7
408	1	3	4	1	0	0	9	2.6	408	0	1	1	3	1	2	0	0	8	4.3
410	1	6	9	7	0	0	23	3.0	410	0	1	1	4	3	8	1	1	19	5.2
412	0	5	3	5	0	0	13	3.0	412	0	0	0	1	1	6	1	1	10	6.0
414	0	2	1	0	0	1	4	3.3	414	0	0	0	0	1	3	0	1	5	6.2
416	0	2	0	0	0	1	3	3.3	416	0	0	0	0	0	2	0	1	3	6.7
小計	3	20	18	15	0	2	58	2.9	小計	0	3	2	8	6	23	2	4	48	5.4
606	0	1	0	0	0	0	1	2.0	606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
610	0	3	4	1	0	0	8	2.8	610	0	0	0	3	0	5	0	0	8	5.3
612	0	1	0	0	1	0	2	3.5	612	0	0	0	0	0	2	0	0	2	6.0
614	0	0	0	0	1	0	1	5.0	614	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
小計	0	5	4	1	2	0	12	3.0	小計	0	0	0	3	0	8	0	0	11	5.5
合計	3	25	22	16	2	2	70	2.9	合計	0	3	2	11	6	31	2	4	59	5.4

表-12 B会員社の構造用集成材の寸法形式毎の使用長さ集計結果

寸法形式	使用最小長さ							回答平均長さ	寸法形式	使用最大長さ							回答平均長さ		
	1P	2P	3P	4P	5P	6P	件数			1P	2P	3P	4P	5P	6P	7P		8P	件数
406	1	0	0	1	0	0	2	2.5	406	1	0	0	0	0	1	0	0	2	3.5
408	0	0	0	1	0	0	1	4.0	408	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
410	0	2	3	3	0	0	8	3.1	410	0	1	1	4	0	2	0	0	8	4.1
412	0	0	0	1	1	0	2	4.5	412	0	0	0	0	1	1	0	0	2	5.5
414	0	0	0	1	0	0	1	4.0	414	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
416	0	0	0	1	0	0	1	4.0	416	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
小計	1	2	3	8	1	0	15	3.4	小計	1	1	1	4	1	7	0	0	15	4.6
606	0	0	0	0	0	0	0	-	606	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
610	0	0	0	0	5	0	5	5.0	610	0	0	0	0	1	0	0	0	1	5.0
612	0	0	0	0	0	0	0	-	612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
614	0	0	0	0	0	0	0	-	614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
小計	0	0	0	0	5	0	5	5.0	小計	0	0	0	0	1	0	0	0	1	5.0
合計	1	2	3	8	6	0	20	3.8	合計	1	1	1	4	2	7	0	0	16	4.3

表-13 C会員社の構造用集成材の寸法形式毎の使用長さ集計結果

寸法形式	使用最小長さ							回答平均長さ	寸法形式	使用最大長さ								回答平均長さ	
	1P	2P	3P	4P	5P	6P	件数			1P	2P	3P	4P	5P	6P	7P	8P		件数
406	0	3	2	1	1	0	7	3.0	406	0	2	2	3	0	1	0	0	8	3.5
408	0	3	2	2	1	0	8	3.1	408	0	3	2	0	0	3	0	0	8	3.7
410	1	8	12	9	2	2	34	3.3	410	0	0	3	14	11	6	0	0	34	4.5
412	1	2	4	3	0	1	11	3.2	412	0	0	2	2	3	4	0	0	11	4.8
414	1	1	0	0	0	1	3	3.0	414	0	0	0	0	1	2	0	0	3	5.6
416	1	0	0	0	0	0	1	1.0	416	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
小計	4	17	20	15	4	4	64	3.2	小計	0	5	9	19	14	17	0	0	64	4.5
606	0	0	3	1	0	0	4	3.3	606	0	0	3	1	0	0	0	0	4	3.2
610	0	0	3	5	2	1	11	4.1	610	0	0	3	3	2	2	0	1	11	4.6
612	0	0	0	0	1	0	1	5.0	612	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6.0
614	0	0	0	0	0	0	0	-	614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
小計	0	0	6	6	3	1	16	3.9	小計	0	0	6	4	3	3	0	1	17	4.4
合計	4	17	26	21	7	5	80	3.3	合計	0	5	15	23	17	20	0	1	81	4.4

事業規模別の構造用集成材の寸法形式毎の使用長さ集計結果から明らかのように、ここでもA会員社の使用最小長さの平均は2.9P(2,639mm)とB、C会員社の使用最小長さの平均、3.8P(3,458mm)、3.3P(3,003mm)より小さな値を示しており、大規模事業者が構造用集成材をまぐさ主体に使用していることがうかがわれる。

なお、使用最大長さについては、A会員社の平均値は5.4P(4,914mm)、B会員社の平均値は4.6P(4,186mm)、C会員社の平均値は4.4P(4,004mm)であり、事業規模が大きくなるに従い床梁等に使用される構造用集成材の長さも長くなる傾向があるようである。

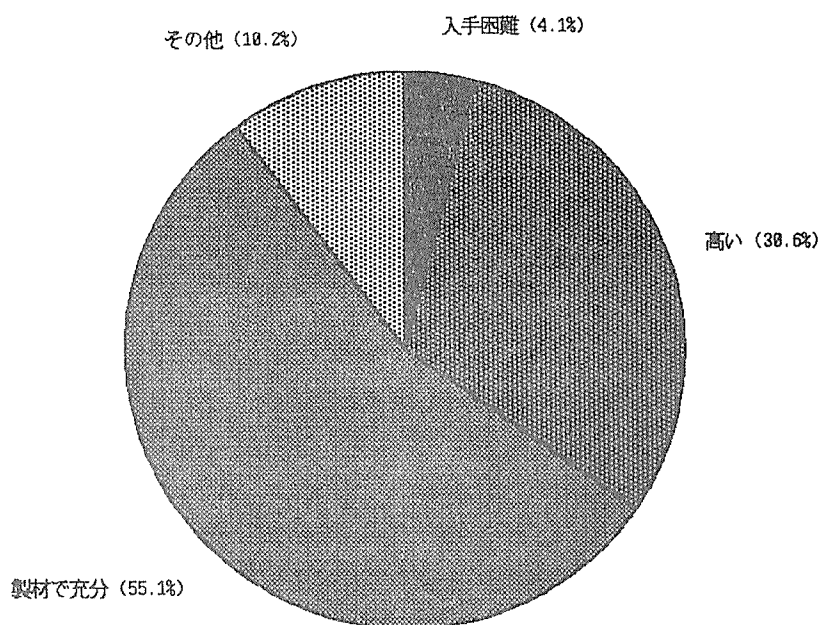
2.- 6. 構造用集成材の使用実績のない理由

設問[Ⅱ]-②の使用実績のない理由についての集計結果を図-5に示す。

設問は、「価格が高いから」「供給会社がないから」「構造用製材だけで用が足りるから」の3つの理由を設定し、これらの中から重複回答も可とする選択方式によった。

またこれら3つの理由以外については記述回答により答える方法をとった。

図-5 使用実績のない理由



構造用集成材の使用実績がないと回答した企業数は全回答社数120社中 42社を数え、3分の1を超えている。

使用実績がない最大の理由としては、「構造用製材だけで足りるから」が上げられており全回答数の55.1%を占めている。

「価格が高いから」が30.6%でこれに次いでいる。

これら2つの理由は表裏の関係にあり、積極的に構造用集成材を評価しきれていない層が存在していることがうかがえる。

「供給会社が見当たらない」との回答は4.1%と極めて低い比率であったことを考慮に入れると、枠組壁工法に用いられる構造用集成材の供給が価格面での改善や構造用集成材利用の積極的意義が見出されるならば、さらに需要を拡大させる可能性があることが予想される。

「その他」の理由として記述回答のあったものには、「構造用集成材1級を使用している」「T J I等に対応する」「図面指定がない」が各1件であった。

また「その他」を選択し記述のなかったものが2件あった。

使用実績がない理由の集計結果を表-14に示す。

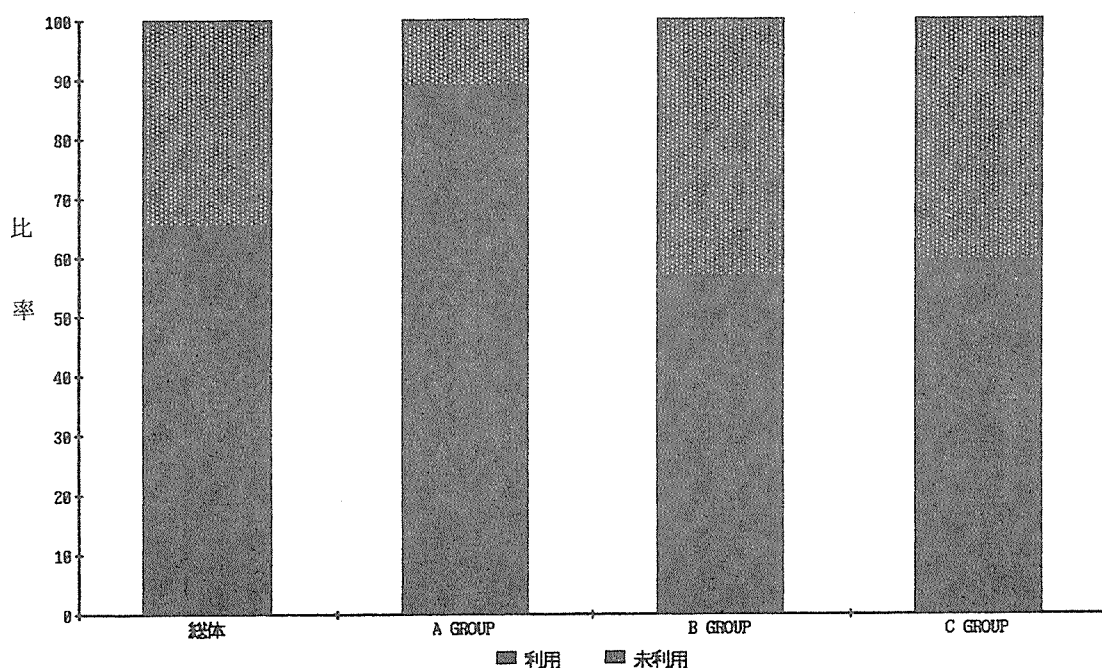
表-14 使用実績がない理由の集計結果 (比率：%)

	A会員社	B会員社	C会員社	合計
調査回収数	26(100.0)	16(100.0)	78(100.0)	120(100.0)
実績なし回答社数	4(15.4)	6(37.5)	32(41.0)	42(35.0)
実績なし回答数	5(100.0)	6(100.0)	38(100.0)	49(100.0)
「価格が高い」	1(20.0)	1(16.7)	13(34.2)	15(30.6)
「供給会社が見当たらない」	0(-)	0(-)	2(5.3)	2(4.1)
「構造用製材だけで足りる」	2(40.0)	5(83.3)	20(52.6)	27(55.1)
[構造用集成材1級を使用]	1(20.0)	0(-)	0(-)	1(2.0)
[T J I等に対応]	1(20.0)	0(-)	0(-)	1(2.0)
[図面指定なし]	0(-)	0(-)	1(2.6)	1(2.0)
[記述なし]	0(-)	0(-)	2(5.3)	2(4.1)

2.-7. 構造用集成材の仕入先

構造用集成材の使用実績があると回答した企業数は全回答社数120社中78社におよんでいる。しかしこれについても、事業規模の大きなA会員社では88.5%と極めて高い使用実績があるものの、中小規模のB、C会員社では各々56.3%、59.0%であり、一般化しているとはいえない面がある。

図-6に回答社の構造用集成材使用・未使用の構成を示す。



設問[Ⅱ]-(3)の構造用集成材の仕入先の集計分析から、構造用集成材の入手経路と事業規模との関係を見ることにする。

設問は、「集成材メーカー」「コンポーネント会社」の2つの仕入先を設定し、これらの中から重複回答も可とする選択方式の回答によった。

またこれら以外の仕入先については記述回答により答える方式とした。さらに複数の仕入先を持つ場合には各々の仕入先からの購入割合を%で回答を求めた。

表-15に構造用集成材の仕入先単純集計を、表-16に構造用集成材の仕入先割合集計を示す。

表-15 構造用集成材の仕入先単純集計(比率：%)

	A 会員社	B 会員社	C 会員社	合 計
調 査 回 収 数	26(100.0)	16(100.0)	78(100.0)	120(100.0)
使用実績回答社数	23(88.5)	9(56.3)	46(59.0)	78(65.0)
集 成 材 メ ー カ ー	8(33.3)	3(33.3)	17(34.7)	28(34.1)
コンポーネント会社	16(66.7)	4(44.4)	28(57.1)	48(58.5)
建 材 販 売 店	0(-)	1(11.1)	1(2.0)	2(2.4)
木 材 販 売 店	0(-)	1(11.1)	2(4.1)	3(3.7)
記 述 な し	0(-)	0(-)	1(2.0)	1(1.2)
回 答 合 計	24(100.0)	9(100.0)	49(100.0)	82(100.0)

表-16 構造用集成材の仕入先割合集計(比率：%)

	A 会員社	B 会員社	C 会員社	合 計
集 成 材 メ ー カ ー 100%	7(30.4)	3(33.3)	14(30.4)	24(30.8)
90%	1(3.9)	0(-)	0(-)	1(1.2)
50%	0(-)	0(-)	1(1.1)	1(0.6)
10%	0(-)	0(-)	1(0.2)	1(0.1)
5%	0(-)	0(-)	1(0.1)	1(0.1)
集 成 材 メ ー カ ー 小 計	8(34.3)	3(33.3)	17(31.7)	28(32.7)
コンポーネント会社 100%	15(65.2)	4(44.4)	25(54.3)	44(56.4)
95%	0(-)	0(-)	1(2.1)	1(1.2)
90%	0(-)	0(-)	1(2.0)	1(1.2)
50%	0(-)	0(-)	1(1.1)	1(0.6)
10%	1(0.4)	0(-)	0(-)	1(0.1)
コンポーネント会社 小 計	16(65.6)	4(44.4)	28(59.5)	48(59.6)
建 材 販 売 店	0(-)	1(11.1)	1(2.2)	2(2.6)
木 材 販 売 店	0(-)	1(11.1)	2(4.3)	3(3.8)
記 述 な し	0(-)	0(-)	1(2.2)	1(1.3)
割 合 合 計	24(100.0)	9(100.0)	49(100.0)	82(100.0)

表-15、表-16から事業規模の大きなA会員社はコンポーネント会社からの仕入比率が高いことから、枠組壁工法構造用製材等とともに構造用集成材を建築現場一括納入で仕入ていることが判断される。

また集成材メーカーから直接購入との回答も約3分の1の回答があるが、A会員社の中には自社で資材供給部門を有するものがあり、これを經由してのものと推測される。

一方、中小規模のB、C会員社では集成材メーカーからの仕入比率はA会員社とほぼ同率でありながら、建材販売店、木材販売店からの仕入を回答したものがあためコンポーネント会社からの仕入比率が減少している。建材販売店、木材販売店からの仕入については、これが商流上のものなのか、物流についてもこれら業者が取り扱っているのかを特定することができなかった。

またこの規模の企業の集成材メーカーから仕入形態が建築現場への直接納入であるか、一定数量を在庫品として購入したものかについても特定することができなかった。

2.- 8. 国産材による構造用集成材の使用実績と使用の可能性

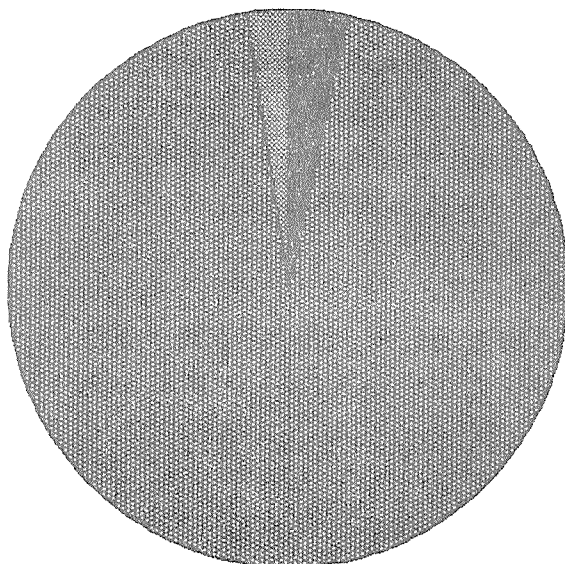
設問[II]-(4)により国産材による構造用集成材の使用実績と将来的な使用の可能性を調査した。

設問は「既に使用している」「条件が整えば使用したい」「(理由の如何に拘わらず当面)使用する気はない」の3つを設定し選択回答を求めた。さらに「条件が整えば使用したい」を選択した回答者には、その条件として「価格の低減」「安定的な供給」「品質の向上」の3つをあげ選択回答を求めた。またこれら以外については「その他」としてその条件の記述回答を求めた。

国産材による構造用集成材の使用実績を図-7に示す。

図-7 国産材による構造用集成材の使用実績

無回答 (2.5%) あり (3.3%)



なし (94.2%)

国産材による構造用集成材の使用実績があるとの回答は全回答者 120社中僅か 4社のみであり、113社が実績なしと回答している。

しかしこれら使用実績のない企業のうち88社が「条件が整えば使用したい」と回答しており、国産材による構造用集成材に関心を持っていることが窺える。

設問[Ⅱ]-④の国産材による構造用集成材の使用実績と将来的な使用の可能性についての回答結果集計を、表-17、表-18、表-19に示す。

表-17 国産材による構造用集成材の使用実績(比率：%)

	A会員社	B会員社	C会員社	合計
調査回収数	26(100.0)	16(100.0)	78(100.0)	120(100.0)
使用実績回答社数	1(4.2)	0(-)	3(3.8)	4(3.3)
使用実績なし回答社数	24(92.3)	16(100.0)	73(93.4)	113(94.2)
無回答社数	1(4.2)	0(-)	2(2.6)	3(2.5)

表-18 国産材による構造用集成材の使用意志(比率：%)

	A会員社	B会員社	C会員社	合計
対象社数	24(100.0)	16(100.0)	73(100.0)	113(100.0)
使用意志回答社数	17(70.8)	14(87.5)	57(78.1)	88(77.9)
使用意志なし回答社数	3(12.5)	0(-)	5(6.8)	8(7.1)
無回答社数	4(16.7)	2(12.5)	11(15.1)	17(15.0)

表-19 国産材による構造用集成材の利用条件(比率：%)

	A会員社	B会員社	C会員社	合計
対象社数	17(100.0)	14(100.0)	57(100.0)	88(100.0)
価格の低減	13(68.4)	14(87.5)	45(67.2)	72(70.6)
安定的な供給	2(10.5)	1(6.3)	10(14.9)	13(12.7)
品質の向上	4(21.1)	1(6.3)	9(13.4)	14(13.7)
強度の確認ができれば	0(-)	0(-)	1(1.5)	1(1.0)
販売営業上のメリットがあれば	0(-)	0(-)	1(1.5)	1(1.0)
記述なし	0(-)	0(-)	1(1.5)	1(1.0)
回答数合計	19(100.0)	16(100.0)	67(100.0)	102(100.0)

国産材による構造用集成材の利用に際しての条件としては、価格の低減(現状の構造用集成材価格より安いこと)が筆頭にあげられた。その他の条件として記述のあったものとして「強度面の確認ができれば」と「販売営業上のメリットがあれば」との意見が各1件あった。

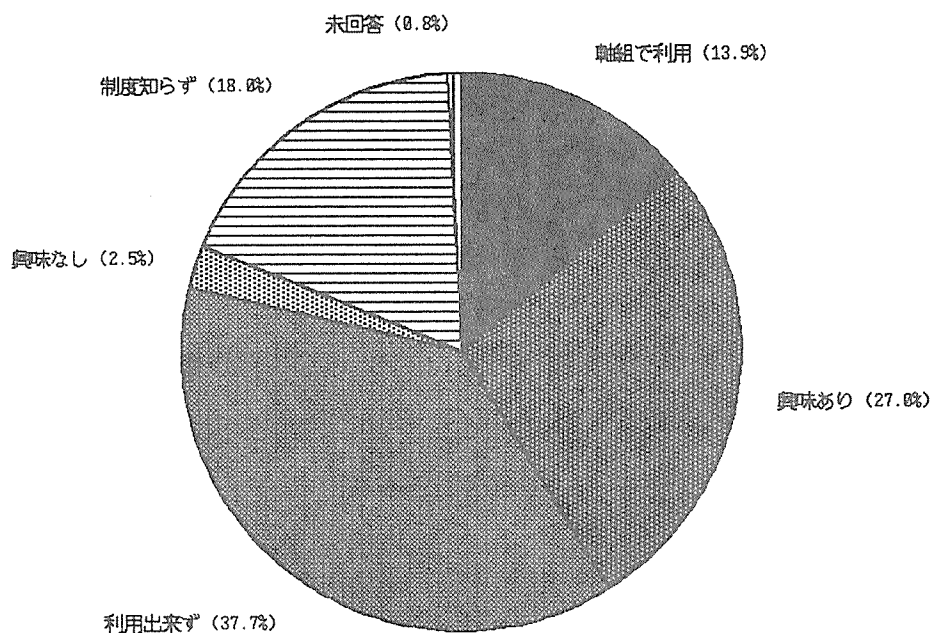
2.-9. 枠組壁工法住宅への国産材利用拡大の意識

全国各地の自治体が実施している地場産業の育成と国産材の利用拡大の振興策としての木造住宅優遇制度について日本ツーバイフォー建築協会会員社の認知度と意識調査のため、設問[Ⅲ]を用意した。

設問は「軸組工法住宅で既に利用している」「利用はしていないが興味はある」「利用したいが2×4住宅主力のため現状では利用できない」「興味はない」「こうした制度の存在を知らなかった」の5つから選択回答を求めた。

集計結果を図-8に示す。

図-8 国産材振興の木造住宅優遇策についての協会員社の意識



回答の集計結果から「利用はしていないが興味はある」が27.0%、「利用したいが2×4住宅主力のため現状では利用できない」が37.7%を占め、およそ3分の2の回答者がこれらの制度や国産材に関心を寄せていることが判明した。

しかし「興味はない」が2.5%、「こうした制度の存在を知らなかった」が18.0%と約2割の回答者にとって、国産材問題はツーバイフォー建築との接点が無いように考えられているのかもしれない。

今回の「構造用集成材利用調査」によって、ツーバイフォー建築に携わる企業の多くが構造用集成材を日常的に使用していることが窺い知れた。また多くが、住宅金融公庫の「枠組壁工法住宅工事共通仕様書」をマニュアルに用い、合理的に経済的に構造用製材との使い分けを行っていることも知ることができた。

3. 枠組壁工法住宅用部材としての国産材の可能性

3.- 1. 国産材による枠組壁工法構造用集成材の可能性

構造用集成材利用実態調査と並行して、国産材産地視察調査を平成4年2月5～6日、静岡県下の天竜林業地で行った。

前年度の視察調査はスギ中目材の柱木取りにより生じる背板部分に注目し、これを用いた寸法形式 204の製材品と構造用縦継ぎ材等の可能性を、熊本県内の林業・国産材製材の先進地である人吉地域と小国地域の視察調査により探ることにあった。

「枠組壁工法構造用縦継ぎ材の日本農林規格」が平成3年7月に告示され、平成2年度の視察調査の初期目的が果たされたことから、これをさらに発展させ、枠組壁工法構造用縦継ぎ材等をラミナに使用し積層集成した構造用集成材の生産可能性を現地視察により見たのである。

訪問視察先は、集成材製造工場2社、森林組合と木材・林産業者を母体に4つの事業協同組合で構成された国産材複合加工団地と静岡県林業技術センターであった。

集成材製造工場A社は造作用集成材、化粧ばり造作用集成材、構造用集成材、化粧ばり構造用集成材、甲種大断面構造用集成材、乙種大断面構造用集成材のすべての集成材JAS認定工場、またB社は造作用用集成材を除く集成材JAS認定工場である。

いずれの工場もラミナには北米の針葉樹、広葉樹の製材を大量にストックし使用していた。

A社では、北米の製材工場で構造用集成材、大断面構造用集成材のラミナ用に製材されたカットストックを定期継続的に輸入しているとのことであった。

B社では、ウェスタンレッドシダー盤製品を、大手アルミ建材メーカーから受託生産している木製エクステリア製品部材に再製材し、これの端材を造作用集成材、化粧ばり造作用集成材用ラミナに利用していた。

同地域は古くからの林業地であり、また近年は林業構造改善事業等の融資を積極的に受けて製材設備、フィンガージョイント設備、太陽熱利用木材乾燥設備、木造軸組工法機械プレカット設備等の導入が進み、木造住宅部材の一大生産基地と成りうる可能性を秘めた地域となって来ている。

しかしながら、A、Bいずれの集成材工場の製造ラインでは国産材の利用を見ることができなかった。

森林組合、木材・林産業者を母体に4つの事業協同組合で構成される国産材複合加工団地は、広大な敷地に外観的にも美しい建物が整然と配置されており、最新機械設備が設置されていた。

しかし製材工程に関してみると、ツインバンドソーを設備した原木丸太から主製品である柱角生産までの工程は極めて効率的であるが、さらに先の工程であるたるき、胴縁、ぬき等の羽柄材や板材生産の工程は前者とくらべ生産効率が低く、滞荷した背板が土場に集積されているが見受けられた。さらに最終工程では旧来の製材工場同様、野地板、小幅板を製材しており、さらに低い生産性となっているようであった。

この製材工場に隣接したフィンガージョイント設備は、非構造用のミニフィンガーのラインを有し、カウンター天板等の幅はぎ集成板を主力に生産しているとのことであった。生産量は日産 10m^3 に満たないとのことであり、その理由は設備能力ではなく需要が伴わないためであると説明されていた。

木造軸組工法機械プレカット工場では、見え掛り以外の柱材や母屋等に積極的に地場産材を使用していたが、梁や桁等の大断面材には北米材を、化粧材には他社から購入の化粧ばり集成材が用いられていた。

一昨年来、既に述べてきたところであるが枠組壁工法住宅では一般的に寸法型式 204の構造用製材によって壁枠組が施工され、この部分に用いられるたて枠、上枠、下枠、頭つなぎだけでも住宅一戸に使用される構造用製材材積の15~20%を占めている。

平成3年7月に告示制定された枠組壁工法構造用縦継ぎ材のJASは構造用接着剤にとっても画期的な規格となった。従来、構造用としてはフェノール・レゾルシノール以外の接着剤を用いることは極めて困難なことであったが、このJASでは接着剤については初めての性能規定を採用している。たて枠のみに使用用途を制限しているが、今後、上枠、下枠、頭つなぎ等へも使用可能な規格に整備されていけば、柱角生産工程以降の製材工程の若干の改変と乾燥設備の整備、フィンガーラインの活用によって、壁枠組材のほとんどが一地域内で量産可能となり得ると期待される。

開口幅が4m以内に限られている現行の枠組壁工法のまぐさや支持スパンが2mを超えない軸組工法の桁材等には、構造用縦継ぎ材等を積層接着した集成材で十分な強度性能があると考えられ、これが使用可能となればさらに国産材とツーバイフォーの関係は密接になると思われる。

3.- 2. その他加工部材の枠組壁工法住宅用部材への可能性

従来、北米産針葉樹の枠組壁工法構造用製材とラワン構造用合板に一辺倒であったわが国の枠組壁工法住宅建築に携わる側の意識は、環境問題、資源問題等への関心の高まり、日米林産物交渉の一部で取上げられた木造住宅に係わる建築基準緩和等の動きを受けて流動化してきている。

既に寸法型式 212の床根太はIビームに、合わせ梁やまぐさは構造用集成材に置き換わっているといっても過言ではない状況にある。

製品情報と供給体制が整備されれば、国産材による木質材料使用は構造用、非構造用を問わず可能性を持っていると考えられる。

4. まとめ

日本建築学会「木構造計算基準・同解説」に拠れば、「構造用に使用する集成材は、構造用集成材の日本農林規格(昭和61年12月25日農林水産省告示第2053号)および構造用大断面集成材の日本農林規格(昭和61年12月25日農林水産省告示第2054号)に適合する品質を有ものとする」とされている。

また「枠組壁工法技術基準告示」(平成4年3月10日建設省告示第590号)では、「構造耐力上主要な部分に使用する」集成材の品質は、「集成材の日本農林規格(昭和49年農林省告示第601号)に規定する構造用集成材の一級若しくは二級若しくは化粧張り構造用集成材の一等若しくは二等、構造用大断面集成材の日本農林規格(昭和61年農林水産省告示第2054号)に規定する構造用大断面集成材の特級、一級若しくは二級」とされている。

1986年制定された規格による構造用大断面集成材は、製品断面について幅が7.5 cm以上かつ積層厚が15 cm以上と規定しており、さらに幅、積層厚ともに15 cm以上かつ断面積が300 cm²以上の「甲種」と、それ以外の「乙種」の2つの種別を設けている。

これらによって、枠組壁工法で使用される構造用集成材は、38mm(2インチ)系列と寸法型式404、406については「集成材の日本農林規格」「構造用集成材の日本農林規格」いずれに拠るか、寸法型式408、410、412については「集成材の日本農林規格」「構造用大断面集成材」いずれに拠るかについて、需要者サイドに混乱を生じさせる要因となっている。

また枠組壁工法構造用製材では、「甲種枠組材」は「主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するもの」、「乙種枠組材」は「甲種枠組材以外の」と種別され、需要者サイドの理解も浸透している。構造用木質材料というカテゴリでありながら、同一用語が製材と集成材ではまったく異なった概念を指し示すものとして使われ、混乱の原因や理解の阻害要因となっているようである。

国産材による木質構造材料の枠組壁工法への導入の可能性を、その需要者サイドから調査・検証してきた訳であるが、国産材供給サイドに以下を提言し、報告のまとめとしたい。

1. 枠組壁工法も木造であることの理解
2. 枠組壁工法に使用される材料規格の理解
3. これを既存生産工程へ組込むことのメリット、デメリットの判断
4. 需要者にとって判りやすい技術情報の整備

同じ木造でありながら軸組工法と枠組壁工法とでは、構法、使用材料規格、材料のサイズや長さ等、異なる点が多々あるが、これらの相異をデメリットと考えるのではなく、補完しあえるものと積極的な思考をすすめることが大切であろう。

わが国の林業・林産業は「在来軸組工法」を唯一のターゲットに、育林施策から製材工程まで一貫した閉塞型のシステムを構築してきたとみることができる。

これを開放型のシステムに組替える方法として、枠組壁工法用の木質材料の生産を積極的にすすめていく姿勢を持つことが求められる。

第2章 枠組壁工法住宅部材生産技術開発

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、製材、等級格付けの順で試験を実施した。製材には走材車付きツイン帯鋸盤（鋸車径1200mm）、軽便の代用として傾斜型全自動走材車付き帯鋸盤（鋸車径1200mm）、帯鋸盤自動ローラ帯鋸盤（鋸車径1100mm）を使用した。

なお、得られた製材（主材）228枚のうち58枚を乾燥試験に、全数を寸法仕上げ加工試験に用いた。

1.1 供試原木の形質

供試原木は美瑛産カラマツ人工林材、末口径級18～34cm（平均末口径24.0cm、材長3.66m）、48本（材積11.224m³）を使用した。原木は一般市場に出回っているものを購入した。

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。また、元玉と2番玉以降との区別を記録し、元玉の割合を算出した。

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	
本数	29	5	14	48
元玉割合(%)	37.9	40.0	42.9	39.6
節数(個)	13.4(1～38)	12.2(4～25)	13.4(3～25)	13.3(1～38)
平均節径(mm)	18.3(10～34)	22.9(15～45)	24.6(12～53)	20.6(10～53)
最大節径(mm)	31.2(10～70)	35.0(25～65)	46.4(15～90)	36.0(10～90)
曲がり率(%)	16.9(7.4～16.9)	10.7(5.2～15.2)	9.0(5.4～11.5)	14.0(5.2～16.9)
細り(cm/m)	0.8(0～1.9)	0.9(0.4～1.5)	1.4(0.5～3.0)	1.0(0～3.0)

注：数値は平均値、（）内の数値は範囲。

節数は平均13.3個であり、前年度の結果より全ての区分において少なくなっている。また、今回の結果では径級による差は認められない。これは、今回の原木における元玉の割合が全ての区分においてほぼ同じ40%程度であり、昨年度より高い値となっているためと思われる。

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29.2%、4材面有節材が43.8%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池田産カラマツ人工林材と比較して、末口径28cm以上における最大節径につい

て今回の値がやや小さめであるほかは、全ての区分においてほぼ同じ値となっている（前年度28cm以上で最大節径52.3mm）。また、全体の平均では径級ごとの本数が異なるため、前年度より小さい値となっている（前回平均節径21.5mm、最大節径41.0mm）。

曲がりについては、径級の小さいものほど大きい傾向を示している。

原木のJAS等級を表1-1-2に示す。

表1-1-2 カラマツ原木のJAS等級と等級決定要因

素材区分 等級	中 (38本) 14~28cm	大 (10本) 30cm以上	全体
一等	2.6	0.0	1.5
二等	84.2	20.0	70.8
三等	13.2	70.0	25.0
四等	—	10.0	1.5

決定要因（重複あり）

節	60.5	70.0	62.5
曲り	71.1	40.0	62.5
目まわり	15.7	0.0	12.5
腐れ	0.0	20.0	4.2

(%)

原木等級は28cm以下では二等が最も多く、30cm以上では三等が最も多くなっている。

決定要因は28cm以下で曲りが最も多く、次に節となっている。これに対し、30cm以上では節によるものが最も多く、曲りに関しては28cm以下に比べて少なくなっている。目まわりと腐れが存在しているものはほとんどが元玉であった。

1. 2 原木径級別・木取り型別の製材歩留まり

製材方法は、大割機械として送材車付きツイン帯鋸盤を用い、木取り方法はグラ挽き、杵挽き及びタイコ挽き（ツイン帯のこ盤でタイコ材に落し傾斜帯のこ盤で厚さ決め：シングル帯のこ盤での杵挽きとほぼ同じ）の3条件とした。グラ挽きと杵挽きについては送材車に残る部分を厚さの2枚分と3枚分の2種類とし、径級により決定した。この送材車で残したものと及びタイコ材については、傾斜型帯のこ盤を軽便に見立てて厚さ決めを行った。材種は204、206、208、210、212の5種類で、長さについては歩留まりを上げるため、昨年までの12フィート、10フィート、8フィートのほかに、11フィート、9フィート、6フィートも採材した。

また、採算性を考慮して、副材としてパネルボード用原盤を採材した。

挽き立て寸法は、前年度のカラ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。あわせてパネルボードの挽き立て寸法と最終寸法に対する歩増し量を示す。

材種	：	寸法（厚さ×幅×長さ）、mm
204	：	46（+8）×101（+12）×3657
206	：	46（+8）×153（+13）×3657
208	：	46（+8）×200（+16）×3657
210	：	46（+8）×251（+16）×3657
212	：	46（+8）×303（+17）×3657
パネルボード	：	16（+4）×145（+20）×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）を用いた。

表1-2-1に原木径級別の材積歩留まりを示す。参考として、前年度のカラマツの傾斜型帯のこ盤（シングル）による試験結果（主材のみ）と原木の曲り率を示す。

表1-2-1 径級別材積歩留まり（平均値）

径級区分	製品材積 (m ³)	原木材積 (m ³)	歩留まり (%)		曲り率 (%)	H2年度カラマツ	
			主材	副材込		歩留まり	曲り率
22cm以下	2.2647	4.899	46.2	48.2	16.9	47.3	10.9
24~26cm	0.6490	1.296	50.0	55.0	10.7	55.1	11.4
28cm以上	2.8976	5.029	57.7	60.0	9.0	59.6	11.4
全 体	5.8113	11.224	49.9	52.3	14.0	56.1	11.3

材積歩留まりは28cm以上の径級で最も歩留まりが高くなっている。どの区分においても

前年の値より低い結果となっている。これはツイン帯のご盤で製材する場合、シングルに比べ送材車にセットする際の融通性が低いためと思われる。副材を採ることで2%程度歩留まりを上げることができた。今年度の全体の値が49.9%と低いのは、径の小さい原木の割合が高かったためである。

表1-2-3に木取り別・径級別製材歩留まりを示す。参考として原木の曲り率も示す。

表1-2-3 木取り別・径級別製材歩留まり（平均値）

木取り 径級	ガラ挽き			杵挽き			タイコ挽き		
	主材歩留	副材込	曲り率	主材歩留	副材込	曲り率	主材歩留	副材込	曲り率
22cm以下	44.4	46.7	17.7	47.0	48.6	16.6	47.1	49.5	16.3
24~26cm	53.0	57.3	8.2	47.9	53.4	12.4	—	—	—
28cm以上	56.9	58.3	10.2	58.4	61.8	7.7	56.9	58.5	9.4
全 体	49.1	51.4	14.4	50.1	52.7	13.8	50.8	52.9	13.7

22cm以下については昨年度の結果同様ガラ挽きより杵挽きによる歩留まりが高い結果となった。

図1-2-1に製材の材種割合（材積比率）を示す。今回、22cm以下の原木の割合が高かったため、前年度に比較して204材の割合が高くなっている。

図1-2-2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。

2級の割合が最も大きく、次いで特級、3級、1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ている（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。

樹心に伴う割れや変色によるものが31.8%と最も多く、次いで丸身、節、割れ、腐れの順であった。

2. 乾燥及び寸法仕上げ加工試験

[乾燥試験]

○試験方法

供試材は58枚を選定し、乾燥条件は昨年実施した高温乾燥スケジュールを採用した。

乾燥装置は昨年と同様で、蒸気式I.F.型（ヒルデブランド製）、収容材積 2.2m³、強制水平循環インターナルファン型を用いた。また、圧縮圧力は1台車10トン（積木単位面積当たり約 2.5kg/cm²）である。

乾燥前後の等級を測定し、上記の条件の乾燥による等級低下を求めた。

[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プの3工程で所定の寸法に仕上げた。

2. 1 乾燥材の等級格付調査

乾燥試験で高温乾燥（手動）を行ったもの58枚（原木にして13本）について乾燥後の等級を測定し、製材直後の結果と比較した。結果を表2-1-1に示す。

今回、製材直後の等級から乾燥後に低下していたものは22.4%と昨年の結果（高温乾燥9.1%）に比べやや高い値となっている。要因に関しては今回の場合、曲がり、ねじれがなく縦反りによるものが大半を占めている。また、今回は丸身による等級変化（上下）が見られる。これは、接線方向と放射方向の収縮率の違いから起こったと思われる。等級上昇のうち変色については乾燥による表面の焼けにより確認できなかったためと思われる。

等級低下について2ランク低下が最も多く17.2%、1ランク低下3.4%、3ランク低下1.7%であった。等級上昇は全て1ランクである。

表2-1-1 乾燥による等級変化

材種	測定数	等級低下数	縦反り	丸身	等級上昇数
204	13	4	1	3	1（丸身）
206	16	3	3		1（変色）
208	13	4	4		1（丸身）
210	13	2	2		
212	3	0			
	58	13	10	3	3
比率（%）		22.4	17.2	5.2	5.2

2. 2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

設定仕上がり含水率19%の乾燥材の4材面を多軸かな盤などで切削したときの加工歩留まりを表2-2-1に示す。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。製材から加工材までの歩留まりは、約73~79%であった。加工材の仕上げ寸法（断面寸法）はすでにJASで規定され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。今回の製材時の伸び寸法の実測値は、厚さでは各材種とも約8mm、幅では各材種によって異なり、204材が約12mm、206材が約13mm、208材が約18mm、210材と212材が約16~17mmであった。これらの伸び寸法は、前年度のカラマツの同一材種のものと比較すると、208材の幅寸法が約5mm大きな値となっている。

今年度と同じ樹種であるカラマツについて実施した前年度の場合と比較すると、今年度の208材の歩留まりは、幅寸法を昨年度よりも大きくしたこと、1.9%低下した。このほかの材種の歩留まりは、前年度の場合と比較して-1.7~+0.03%の変化を示したが、これは両年度における製材寸法の実測値の違いによるものである。

参考までに、これらの表には、製材、乾燥材及び加工材の断面寸法を記載した。JASによると、厚さと幅寸法の加工精度は±1.5mmと規定されているが、今回の供試材はすべて、この基準を満足していた。

(2) 削り残し

設定仕上がり含水率19%の乾燥材をほう（鉋）削したのちに、各材面に現れた削り残しを表2-2-2に示す。各材面に30cm以上の長さの削り残しが現れた出現率で、前年度のカラマツの場合と比較してみると、大きな違いは208材の値が激減したことである。これは、208材の製材時の幅方向の伸び寸法を前年度よりも約5mm大きく設定したためである。

次に、削り残しを長さではなくて、JASで規定されている面積に基づいて品質区分を行ったものを図2-2-1に示す。なお、JASの解説の第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（各材面の総面積に占める削り残しの部分の面積の割合が40%以下）に定められている。すべての材種とも、全供試材の9割以上がE標準であった。前年度のカラマツの場合と比較すると、208材のE標準にしめる割合が20%程度増加した。なお、206材の設定仕上がり含水率による顕著な差は、削り残しの出現率と同様に、認め難い。

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。

各材種別にほう削の前後（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2-2-2~図2-2-5に示す。前年度のカラマツと同様に、ほう削による幅反りの低下の割合が最も大きかった。

表 2 - 2 - 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	84	78.9	72.9	AVG	100.46	44.72	96.07	38.08	89.06		
	STD			0.75	1.04	1.00	0.17	0.17			
	MAX			102.07	46.45	98.38	38.69	89.65			
206	13	78.4	73.9	MIN	99.10	43.12	94.83	37.56	88.65		
	AVG			152.94	45.59	148.88	37.98	140.08			
	STD			1.34	1.09	1.63	0.15	0.20			
208	49	80.3	75.3	MAX	155.96	47.58	152.34	38.21	140.41		
	MIN			150.27	43.72	145.53	37.27	139.54			
	AVG			202.15	44.52	196.26	38.12	184.09			
210	34	81.0	76.7	STD	1.97	0.98	2.24	0.09	0.22		
	MAX			204.64	46.26	199.21	38.26	184.47			
	MIN			197.86	42.64	191.51	37.77	183.24			
212	13	83.1	78.3	AVG	252.47	44.74	247.57	38.17	235.07		
	STD			1.86	0.84	2.41	0.07	0.26			
	MAX			254.56	46.26	250.77	38.38	235.63			
212	3	83.1	78.3	MIN	249.59	43.16	243.43	38.06	234.57		
	AVG			301.75	44.29	297.48	38.19	286.60			
	STD			0.28	0.26	0.97	0.01	0.06			
212	3	83.1	78.3	MAX	302.06	44.55	298.33	38.20	286.68		
	MIN			301.39	43.93	296.13	38.16	286.50			
	AVG			46.30	44.29	297.48	38.19	286.60			

*上段の数値は加工材の供試材数、下段の数値は製材および乾燥材の供試材数を表わす。

表 2-2-2 鉋削による削り残し

材種	供試材数 (枚)	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	80	6 (83.7)	7 (52.1)	16 (86.0)	15 (86.0)	36.3 (102.2)	0.49 (0.17)	3.3 (1.6)	5.9 (2.9)	
206	48	5 (115.0)	8 (59.0)	26 (178.2)	7 (41.6)	70.8 (175.2)	0.55 (0.25)	4.7 (2.2)	10.5 (4.2)	
208	34	1 (34.0)	1 (45.0)	0 (0)	1 (228.0)	8.8 (102.3)	1.09 (0.45)	3.1 (2.1)	11.6 (3.4)	
210	33	2 (8.0)	3 (83.0)	5 (52.6)	3 (97.3)	27.3 (70.8)	1.41 (0.30)	2.9 (1.4)	10.0 (4.0)	
212	4	1 (16.0)	0 (0)	1 (18.0)	0 (0)	0 (0)	1.96 (0.48)	2.0 (0)	5.3 (0.2)	

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、各供試材の赤口側からみて 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 以上の削り残しが見られた割合を%で示したものである。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。

(3) 製材の延び寸法

今回の加工試験結果から、乾燥に伴うねじれ、幅反りなどが本試験の供試材と同程度であれば、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、今回の製材時の延び寸法で特に問題はないと判断される。ただし、208材の幅方向の延び寸法については約18mmとしたが、前年度の試験結果も参考にすると、この値よりも若干小さな値でも支障はないと考えられる。また、210材と212材については、多軸かん盤の一回通しによるほう削ができなかったことから、適正な製材時の延び寸法の提示は困難である。しかし、今回の試験方法のように、あらかじめ乾燥材の曲がり、幅反り及びねじれなどをある程度取り除いてから、かん盤などで所定の断面寸法に仕上げるのであれば、延び寸法は多軸かん盤の一回通しよりも小さくすることが可能である。

(4) 加工材の等級格付け調査

図2-2-6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）と比較すると特級、1級、2級の割合にはほとんど変化がない。これに対し3級の割合が減少している。この分、格別の割合が増加している。これは、狂いなどにより削り残しが発生したためである。また、特級や1級は数値的に大きな変化はないが、2級以下のものが鉋削により丸身がなくなり特級になったものがある反面、削り残しにより等級が低下したものもある。

図2-2-7に等級格付けに影響した欠点の出現率を示す。製材直後の決定因子と比較すると数値に変化がある。これは、乾燥による狂い、鉋削による表面欠点の除去などによる。

加工後の因子では、丸身及び削り残しによるものが34.4%と最も大きい。丸身自体は減少しているが、削り残しによる断面欠損によるものが増加している。この削り残しの原因としては乾燥による幅反りによるものである。

図1-1-1 有節材面による原木の評価

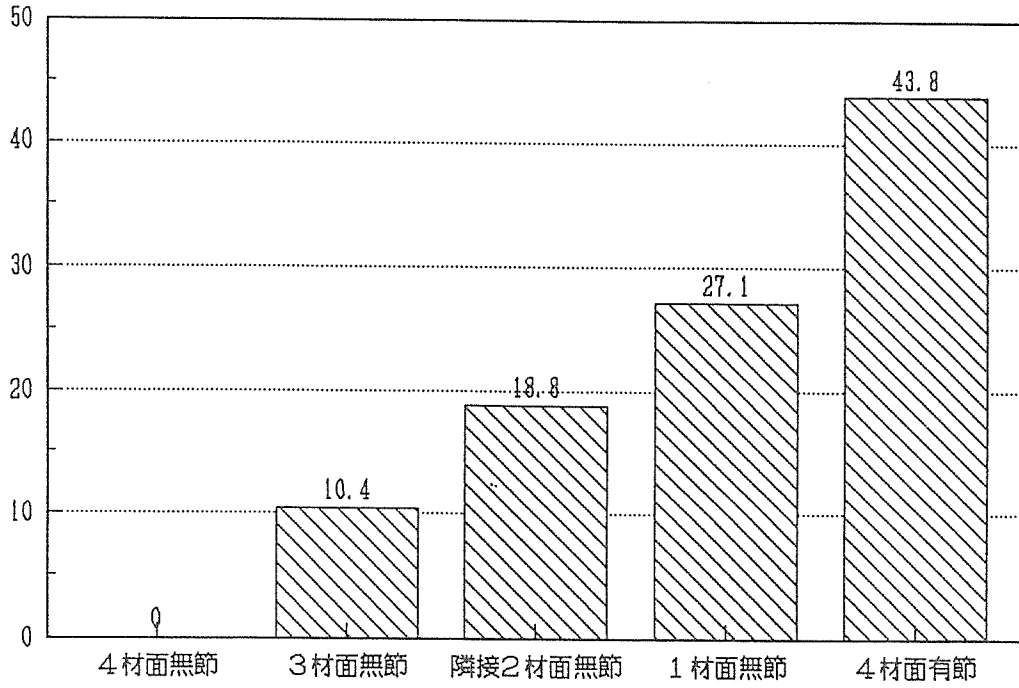


図1-2-1 材種割合

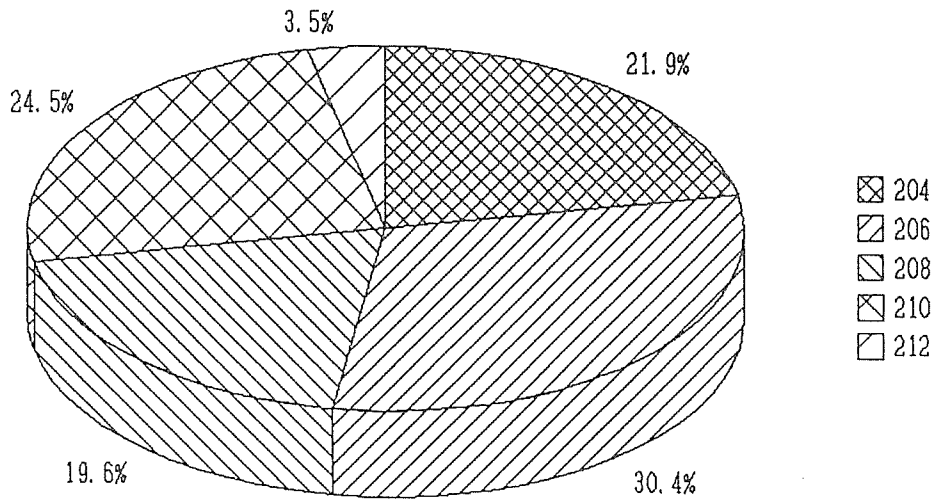
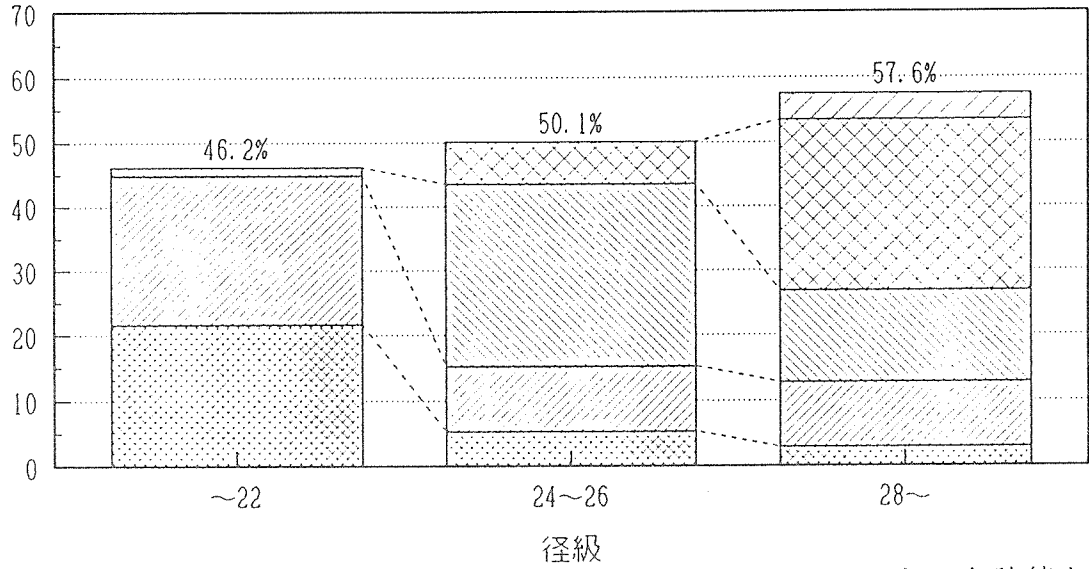


図1-2-2 径級ごとの歩留り・材種

歩留り(%)



注：合計値から

204 206 208 210 212

算出した数値

図1-3-1 等級別割合

製材直後

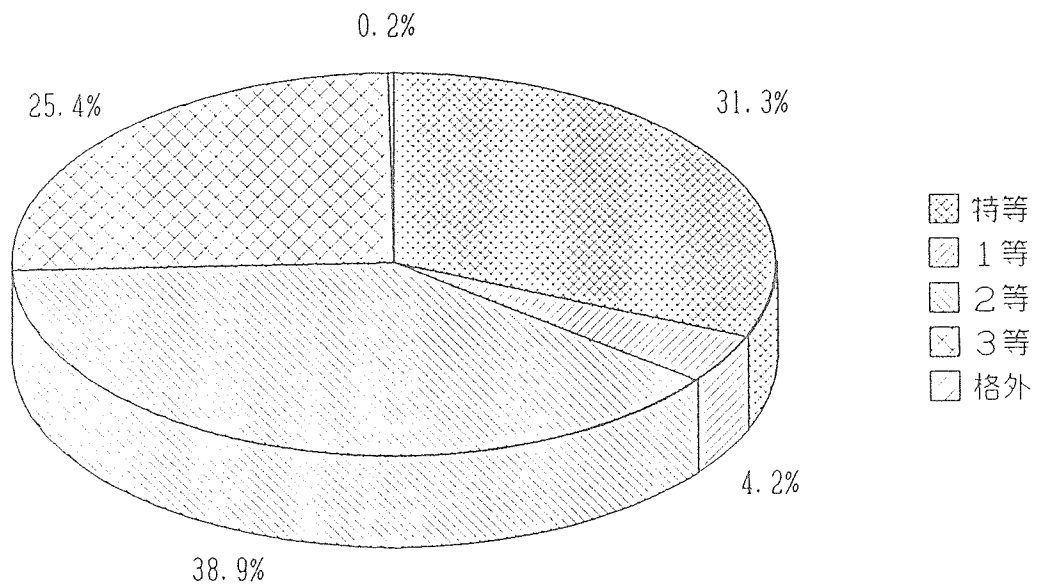
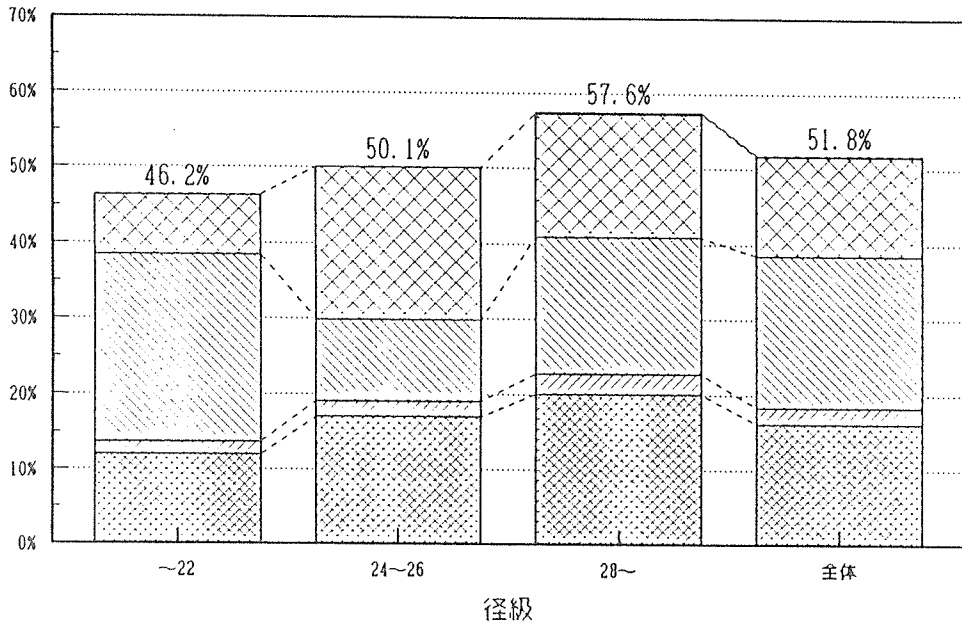


図1-3-2 径級別等級別製材歩留り

歩留り(%)



特等
 1等
 2等
 3等
 格外
 注：合計値から

算出した数値

図1-3-3 欠点の出現割合 (製材直後)

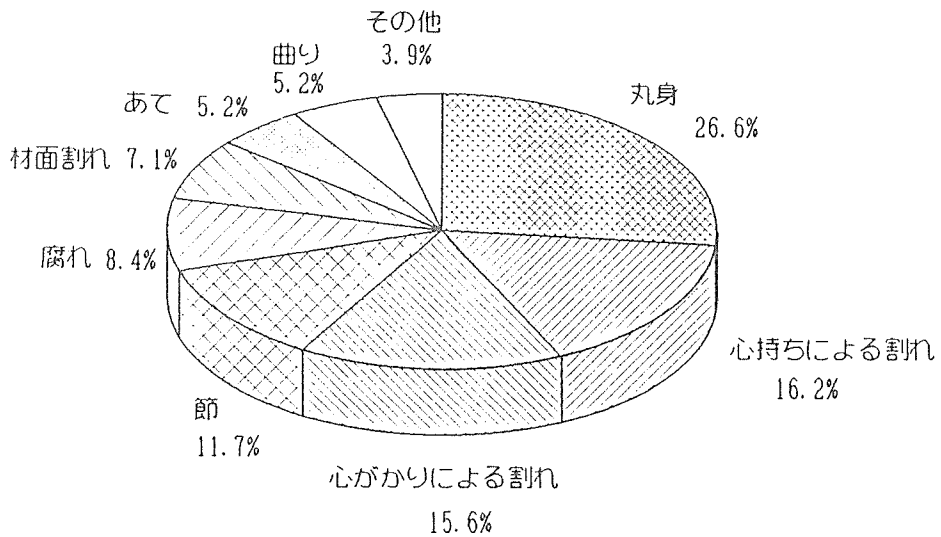
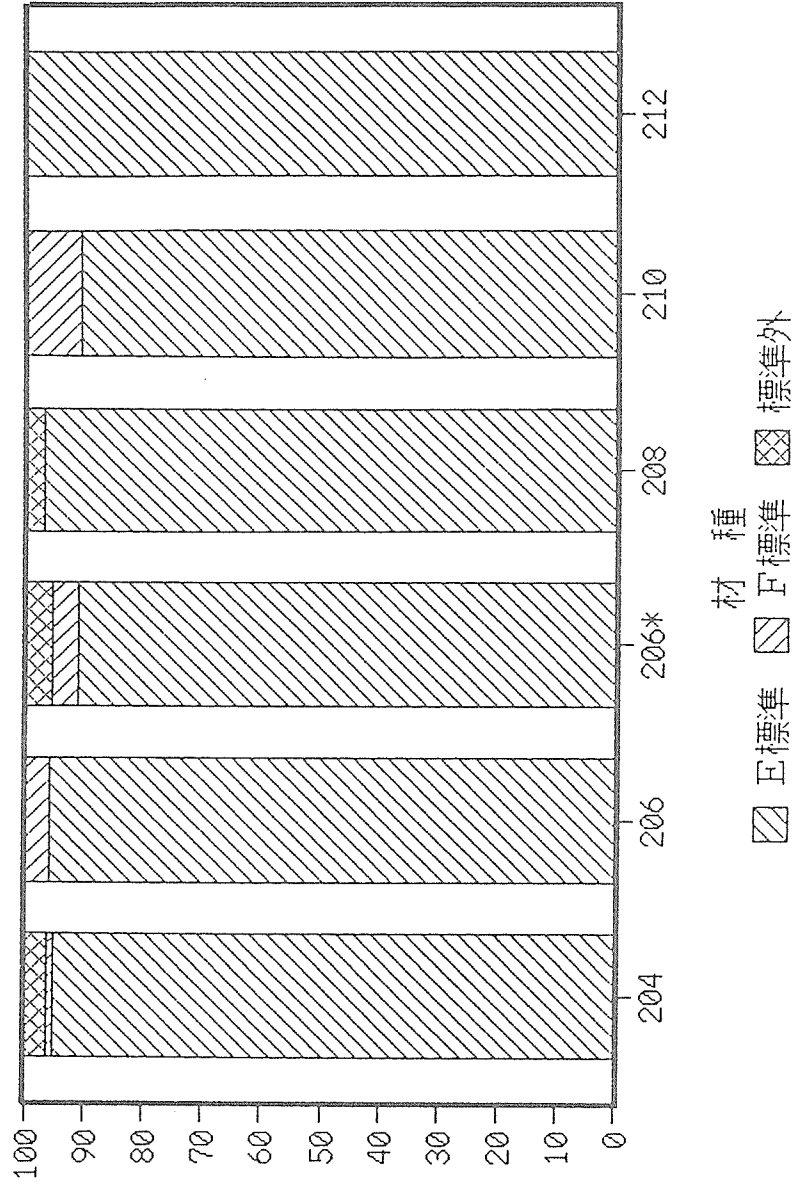


図 2-2-1 鉋削による仕上げ面の削り残し



削り残し (%)

図 2 - 2 - 2 乾燥材と加工材の反りの関係

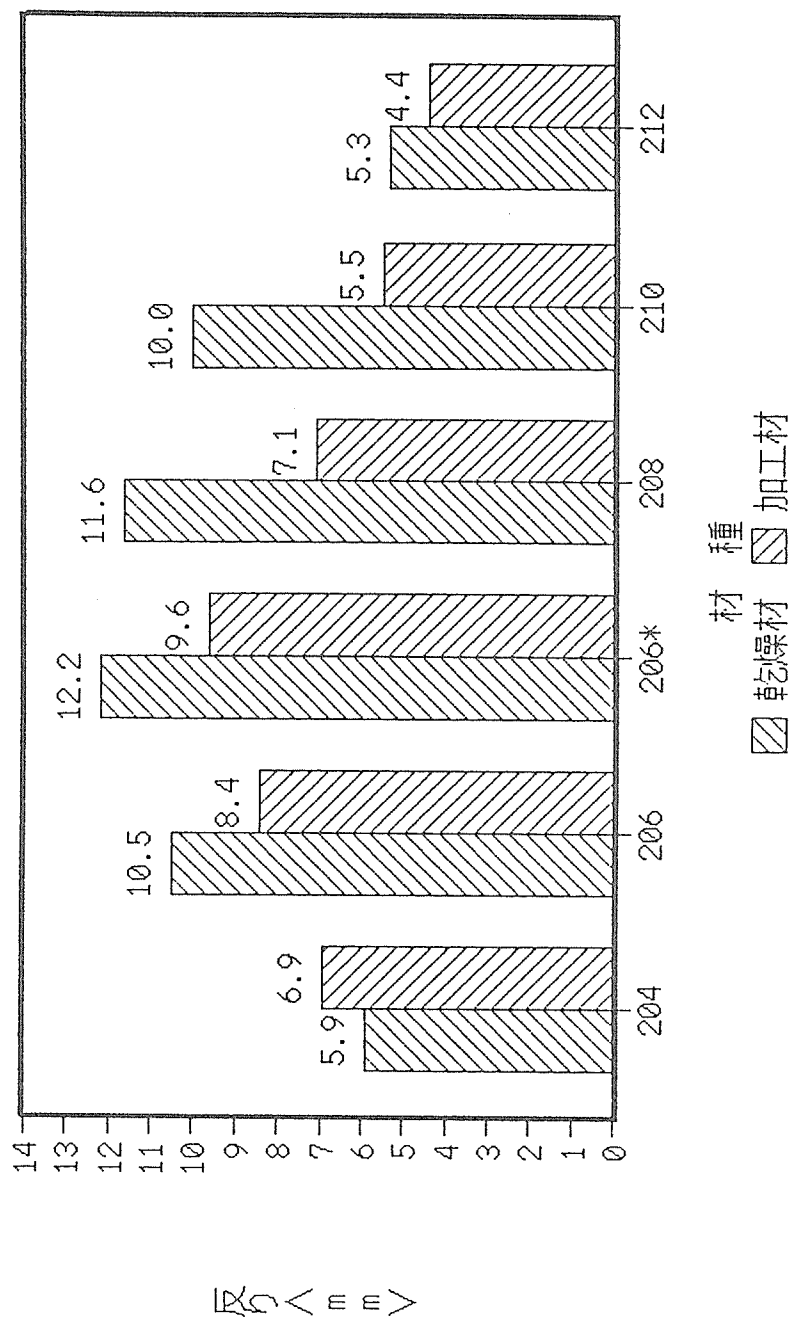


図 2 - 2 - 3 乾燥材と加工材の曲がりの関係

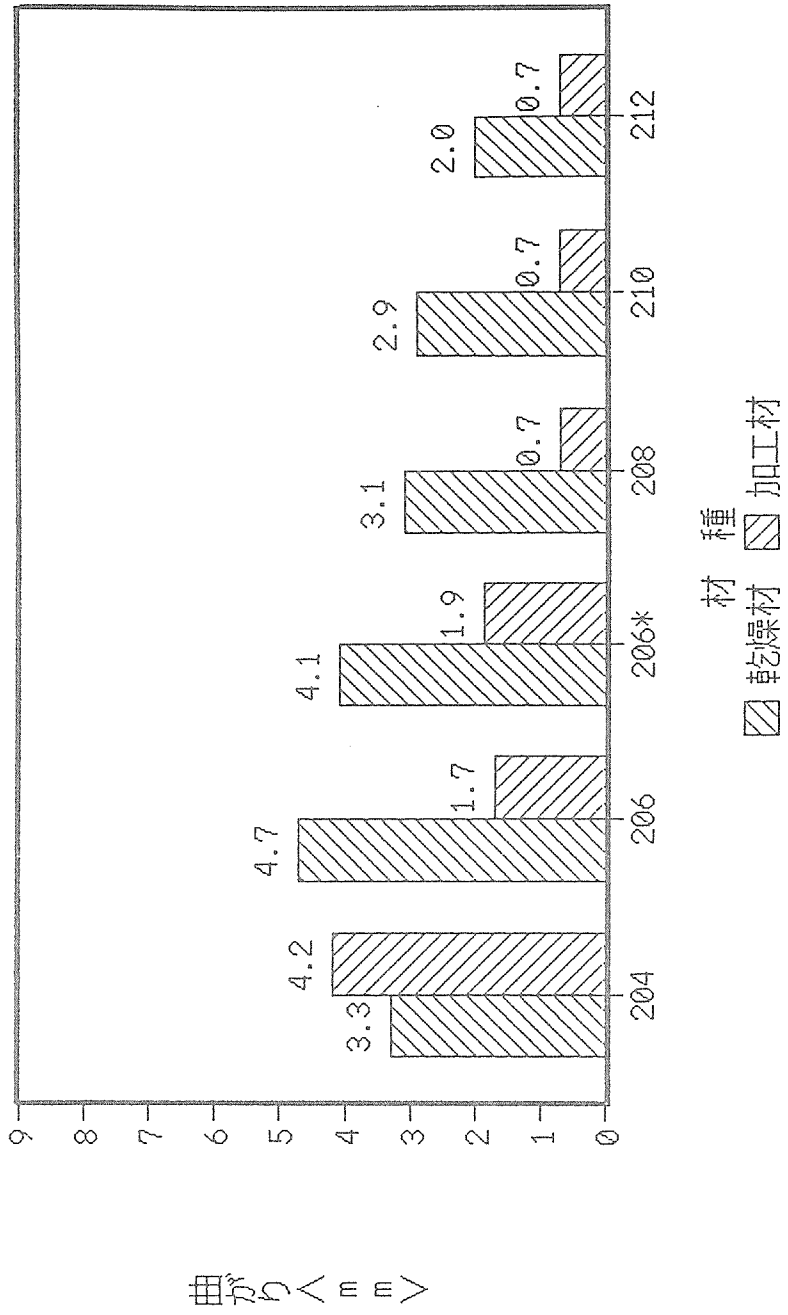


図 2 - 2 - 4 乾燥材と加工材の幅反りの関係

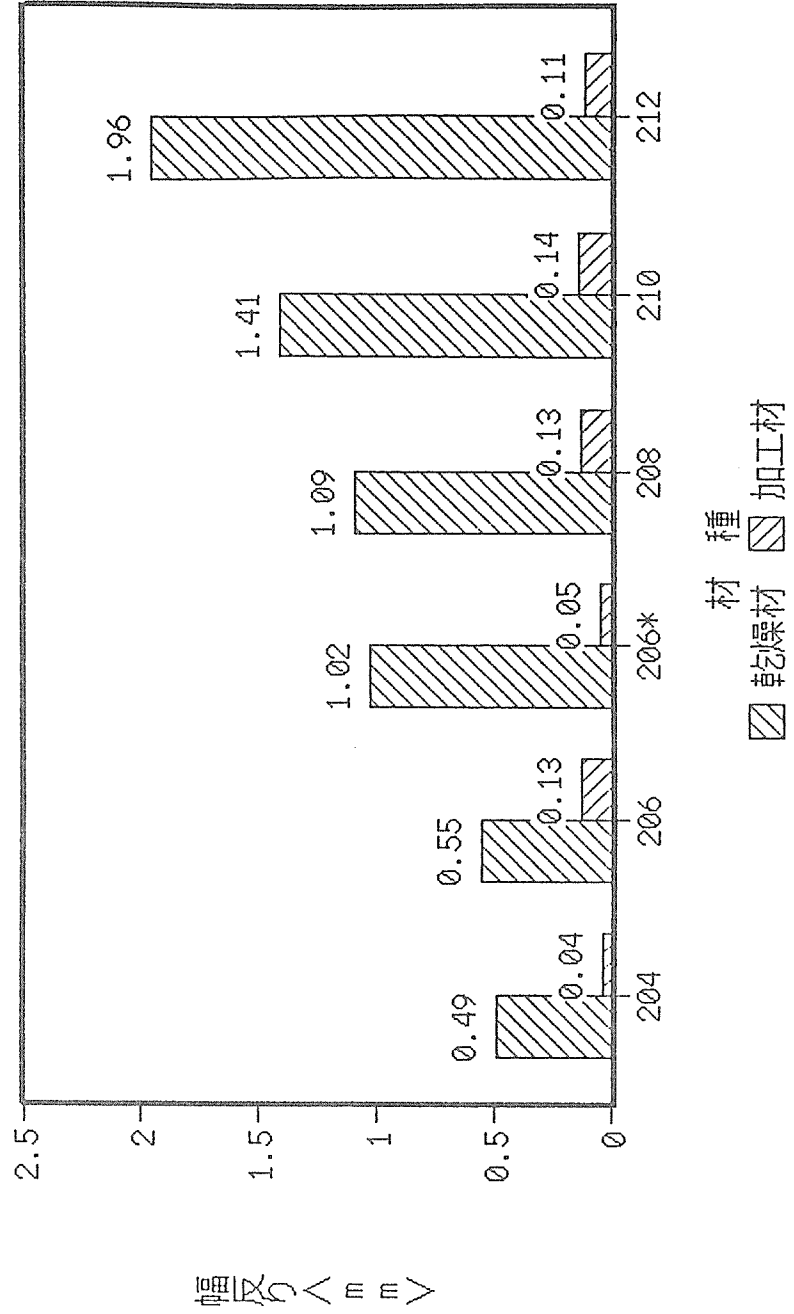
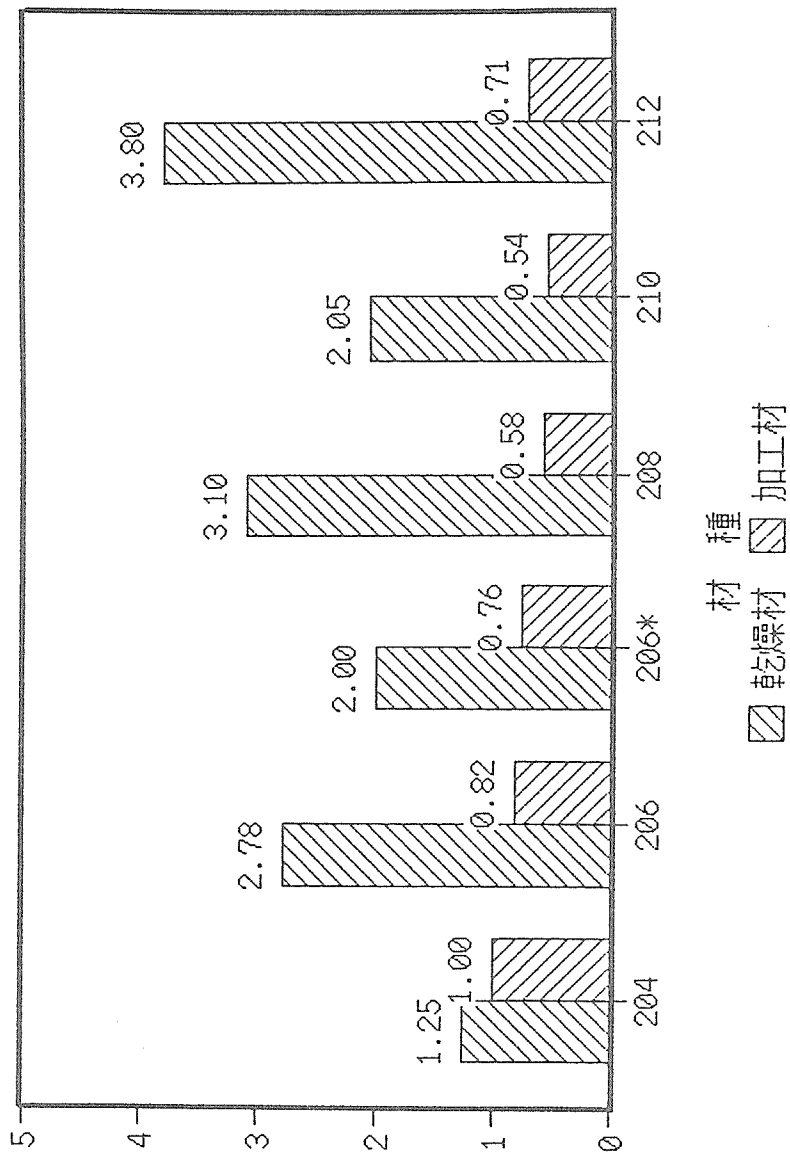


図 2 - 2 - 5 乾燥材と加工材のねじれの関係



ねじれ(度)

図2-2-6 等級別割合 (加工後)

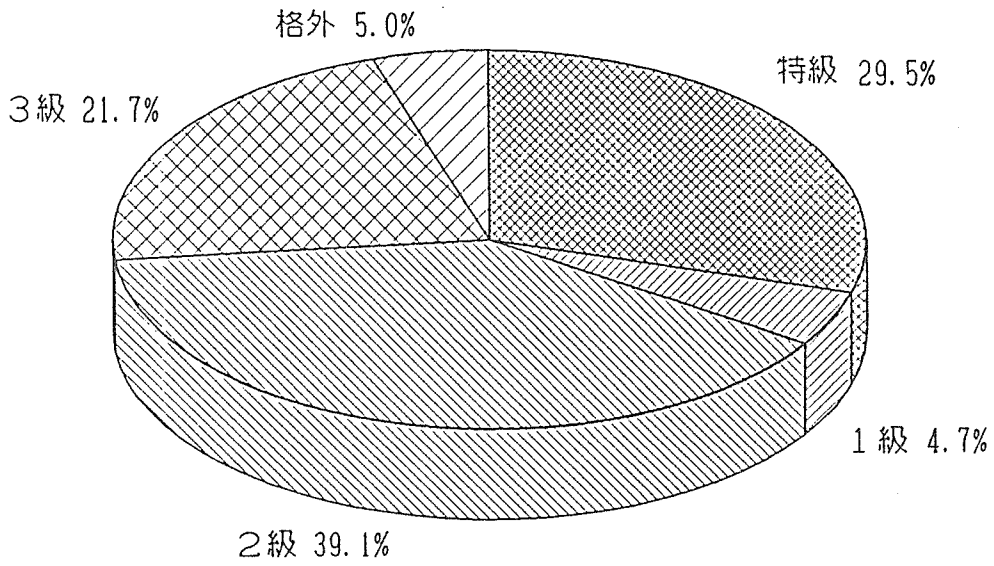
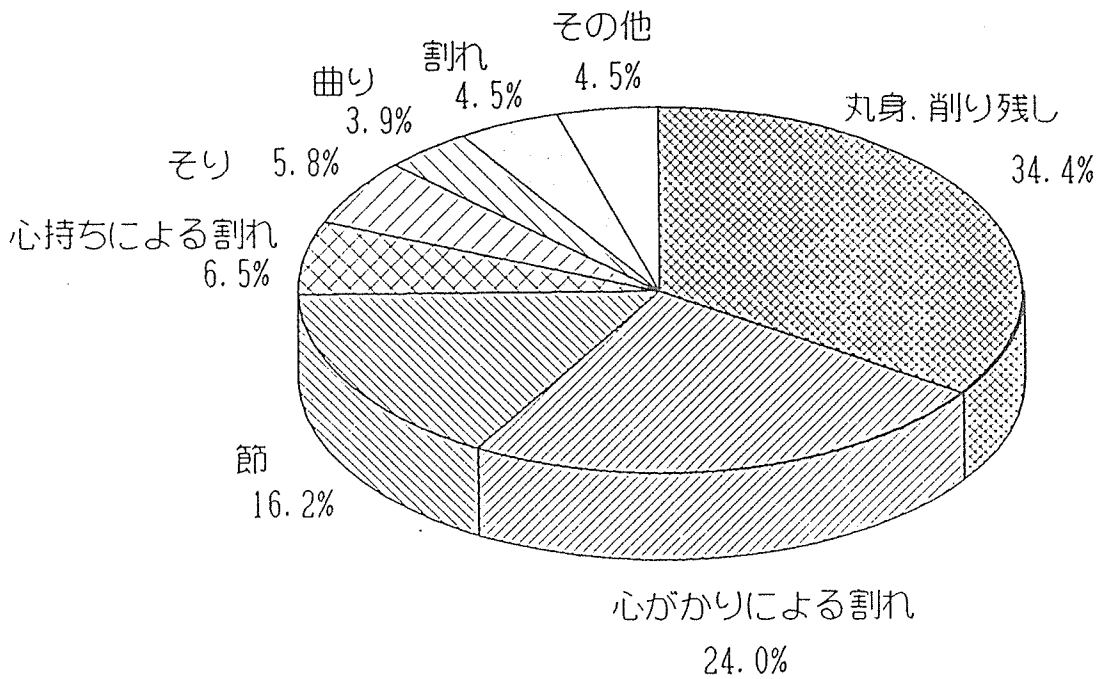


図2-2-7 欠点の出現割合 (完成品)



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様になるように、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、曲げ試験用のうち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20本、206材20本、208材17本、210材20本、212材4本、引張試験用204材20本、206材20本、208材17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 : 節番号をつけ、節の種類、髓の有無、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 : 広い材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 : 各稜線部において格付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、くされ、変色 : 目視により行った。

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	9	7	2	5	1	2	0	-	0	-
	1級	0	0	1	0	1	1	0	-	0	-
	2級	6	6	8	10	8	3	2	-	1	-
	3級	4	5	8	5	7	10	18	-	3	-
	格外	1	2	1	0	0	1	0	-	0	-
合 計		20	20	20	20	17	17	20	-	4	-

単位：本

また、両木口面のスケッチをした。

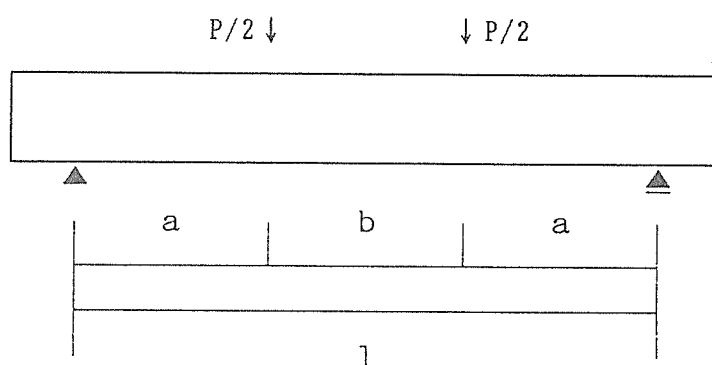
3. 2 実大材の曲げ試験

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仮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

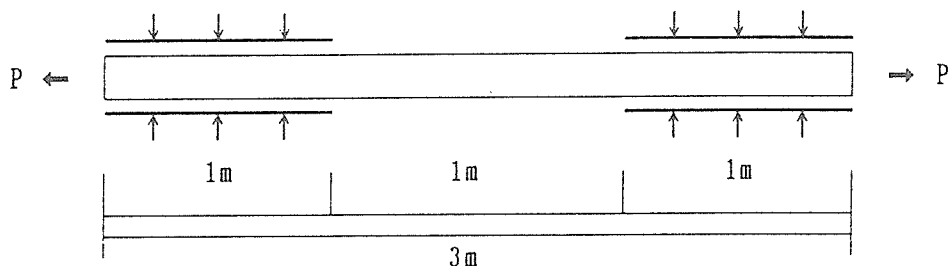
単位：cm

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、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。ピークディテクタを用い最大荷重を記録し、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、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. 4 試験結果及び考察

曲げ破壊試験結果を表3-4-1、それらの平均値、最小値、最大値、変動係数を表3-4-2に示す。また、引張破壊試験結果を表3-4-3、それらの平均値、最小値、最大値、変動係数を表3-4-4に示す。このうち、曲げ破壊係数、引張強度をみても、ともに材せいが大きくなるにしたがって、小さくなっており、いわゆるはりせい効果が見られる。

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 ²)	引張 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (10 ³ kgf/cm ²)
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

各目視等級ごとに曲げ破壊係数、引張強度をプロットしたものを図3-4-1、図3-4-2に示す。図中の点線は上表の許容応力度から算出された強度の基準値(上表の値×3)を表している。この図より、ほとんどの試験体が基準値を上回っているのがわかる。また、等級間での強度の差が大きいことから、目視等級と強度の相関は小さいと考え

られる。今回の試験では、目視等級区分の決定因子のなかで‘そり’により等級が決定されたものが最も多く全体の31%を占め、節などの強度に影響する因子により等級が決定されたものは少なかった。このように、目視だけでは合理的な強度の保証は難しくヤング係数と併用して等級区分することが、カラマツ枠組材の普及には有効と考えられる（今回の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の相関係数：0.642）。

破壊状況のスケッチを付図に示す。

表 3 - 4 - 1 曲げ試験結果 (2 0 4 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	曲げ比例限度応力	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 (kgf/cm^2)	MOR (kgf/cm^2)		その他欠点
BK19-4	心去り	38.08	88.98	3.9	0.481	13.1	42	106.1	185	277	K-OG	0 2
BK9-5	心削り	38.45	89.04	6.0	0.404	12.4	14	89.7	271	346	K-TF	0 2
BK22-6	心去り	38.11	89.09	5.8	0.421	11.9	16	91.9	235	375	CL-TF	0 2
BK8-2	心去り	38.11	89.15	3.5	0.468	12.2	6	102.2	285	403	CL-TF	0 3
BK29-1	心去り	38.07	88.74	3.5	0.511	12.8	14	105.6	269	410	K-OG	0 3
BK27-4	心去り	38.33	89.14	4.0	0.488	12.6	8	104.0	290	416	CL-TF	0 0
BK29-5	心去り	37.98	89.07	5.4	0.459	12.4	24	85.9	229	417	K-TF	0 3
RD12-2	心去り	37.98	88.34	3.2	0.586	13.6	10	164.7	266	450	K-TF	0 4
BK27-3	心去り	38.34	89.23	4.4	0.471	12.7	8	99.4	289	453	K-TF	0 2
RD41-1	心去り	38.07	88.83	2.9	0.539	13.3	24	135.2	313	499	CL-TF	0 0
RD3-1	心去り	38.10	88.55	3.9	0.504	13.0	18	107.2	334	505	K-OG	0 0
BK5-1	心去り	37.85	89.01	3.8	0.521	12.9	22	116.7	352	512	K-TF	0 0
BK19-6	心去り	38.05	89.13	5.1	0.510	13.1	74	104.5	279	530	CL-TF	0 0
BK40-2	心去り	38.10	89.11	3.3	0.485	12.5	8	119.3	374	568	CL-TF	0 2
BK38-3	心去り	38.04	88.63	3.1	0.530	12.8	20	152.2	334	569	BT	0 0
BK11-4	心去り	38.37	89.12	4.0	0.516	12.2	18	104.4	328	577	CL-TF	0 2
RD20-1	心去り	38.04	88.69	3.1	0.551	13.4	8	154.9	430	587	K-TF	0 0
BK2-2	心去り	38.06	88.94	3.5	0.492	12.5	58	140.5	293	663	CL-TF	0 3
BK5-4	心去り	38.13	89.24	3.8	0.515	12.1	52	119.1	360	670	K-TF	0 0
BK22-1	心去り	38.34	88.98	3.6	0.545	12.5	12	163.5	512	904	CL-TF	0 0
平均値		38.13	88.95	4.0	0.500	12.7	23	118.3	312	507		
最小値		37.85	88.34	2.9	0.404	11.9	6	85.9	185	277		
最大値		38.45	89.24	6.0	0.586	13.6	74	164.7	512	904		

※ 破壊形態 K: 節 CL: 健全部 TF: 引張 OG: 目切れ CP: 圧縮 BT: 脆性 IS: 水平せん断 FAIL: 横割れ

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

その他の欠点の欄は、腐れ、あて、紫色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、そり、ねじれ、平均年輪幅、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 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	気乾比重	含水率	繊維傾斜	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	その他
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)	SG	MC (%)	(mm/m) ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	EL (kgf/cm ²)	PLS (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)		種	欠点
BE39-6	心去り	38.05	140.30	5.8	0.442	11.3	74	83.0	103	204	K-CG	1	0
RD3-4	心持ち	37.07	140.18	5.9	0.444	13.2	20	84.1	185	290	K-TF	0	3
RD13-4	心持ち	37.64	140.23	4.0	0.489	13.7	8	99.8	246	346	K-CG	0	2
BE39-5	心去り	37.95	140.25	3.8	0.441	11.5	52	99.3	232	383	CL-TF	0	4
RD41-2	心去り	38.05	139.73	3.1	0.527	13.5	16	118.2	226	416	K-TF	0	0
RD20-3	心持ち	37.95	140.20	5.3	0.459	13.2	28	113.4	187	435	K-TF	0	3
RD35-4	心去り	38.07	140.18	5.8	0.493	13.0	20	96.7	199	439	BT	0	3
RD32-3	心去り	38.13	140.28	4.8	0.539	13.5	2	96.2	211	446	CL-TF	0	2
RD12-3	心割り	37.83	140.23	5.7	0.438	13.8	6	103.5	213	454	CL-TF	0	3
BE8-7	心去り	38.10	140.35	3.7	0.489	12.3	20	101.4	237	459	K-TF	0	3
BE8-6	心持ち	38.11	140.33	5.8	0.433	11.7	22	69.9	173	497	CL-TF	0	2
RD43-3	心去り	37.94	139.90	2.5	0.638	14.2	52	103.3	226	517	CL-TF	0	3
BE6-3	心去り	37.97	140.23	4.2	0.500	12.4	8	96.7	212	518	CP	0	2
RD31-3	心去り	38.09	139.73	5.0	0.528	13.4	20	121.2	381	530	CL-TF	0	2
BE7-2	心持ち	38.16	140.40	6.0	0.494	12.0	28	108.4	313	587	CL-TF	0	2
BE2-4	心持ち	37.88	140.43	4.9	0.447	11.4	30	83.4	263	588	CG	0	2
BE17-5	心去り	38.13	140.40	4.8	0.519	11.8	6	115.0	300	599	CL-TF	0	3
BE33-5	心去り	38.10	140.18	2.5	0.545	11.5	42	137.8	359	652	CG	0	0
BE37-3	心去り	37.86	140.10	3.4	0.544	11.7	0	116.6	304	688	K-CG	0	2
BE14-6	心去り	38.00	140.38	5.0	0.479	11.5	22	138.3	494	731	CG	0	3
平均値		37.95	140.20	4.6	0.494	12.5	24	104.3	253	489			
最小値		37.07	139.73	2.5	0.433	11.3	0	69.9	103	204			
最大値		38.16	140.43	6.0	0.638	14.2	74	138.3	494	731			

※ 破壊形態 K: 節 CL: 健全部 TF: 引張 CG: 目切れ BS: 水平せん断 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、平均年輪幅、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 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	気乾比重	含水率	繊維傾斜	曲げヤング係数	曲げ比例限度	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 (kgf/cm^2)	MOR (kgf/cm^2)		その他欠点
RD38-7	心割り	38.07	184.28	4.6	0.455	11.5	12	88.9	195	243	K-OG	0 3
RD32-5	心去り	37.95	184.28	4.9	0.500	12.0	14	86.3	229	267	K-OG	0 2
BK44-6	心去り	38.09	184.20	5.2	0.563	12.6	88	96.6	223	302	K-OG	0 1
RD25-7	心去り	37.98	184.40	5.3	0.465	12.1	20	111.1	256	329	CL-TF	0 2
RD38-5	心去り	38.02	184.23	4.0	0.496	12.0	100	109.9	279	414	BT	0 2
BK33-7	心割り	38.08	184.25	4.7	0.483	11.5	26	112.7	312	428	K-OG	0 3
BK42-6	心去り	38.15	183.95	4.4	0.503	12.2	68	117.6	284	485	BT	0 2
BK40-8	心去り	38.22	184.60	5.1	0.481	11.3	2	95.7	232	489	CL-TF	0 3
BK26-4	心持ち	38.15	184.68	5.8	0.487	11.7	52	107.1	260	490	K-TF	1 2
RD32-6	心割り	38.03	184.40	5.3	0.488	12.0	60	83.5	251	504	CL-TF	1 2
RD35-7	心去り	38.02	184.10	3.8	0.496	12.6	10	123.4	313	514	K-TF	0 2
BK34-7	心去り	38.07	184.38	5.4	0.445	11.6	10	98.3	284	544	CL-TF	0 3
BK40-5	心去り	38.09	184.38	3.6	0.511	11.4	74	117.3	311	567	K-OG	0 3
BK33-8	心去り	38.06	184.48	4.5	0.496	12.2	24	117.2	311	574	CL-TF	0 3
BK48-4	心去り	37.80	183.98	4.0	0.560	12.7	18	139.6	338	579	CL-TF	0 2
BK34-5	心去り	38.12	184.38	3.7	0.514	11.8	4	114.3	317	591	CL-TF	0 3
BK33-6	心去り	38.08	184.45	3.0	0.567	12.3	72	130.9	378	620	BT	0 0
平均値		38.06	184.32	4.5	0.501	12.0	38	108.9	281	467		
最小値		37.80	183.95	3.0	0.445	11.3	2	83.5	195	243		
最大値		38.22	184.68	5.8	0.567	12.7	100	139.6	378	620		

※ 破壊形態 K:節 CL:健全部 TF:弓張 OG:目切れ CP:圧縮 BT:脆性 IS:水平せん断 FAIL:横倒れ

等級 0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外

(JAS甲種材の) 節の欄は、節のみで判断した等級

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、平均年輪幅、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 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	気乾比重	含水率	繊維傾斜	曲げヤング係数	曲げ比	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)	SG	MC (%)	(mm/m)	EL ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)	PLS (kgf/cm^2)	MOR (kgf/cm^2)			その他 欠点
BK44-8	38.12	234.70	4.6	0.511	12.2	2	77.5	136	158	K-OG	0	2
RD41-5(1)	38.03	234.68	6.4	0.495	13.0	30	93.3	153	166	K-OG	0	3
RD47-6	38.10	235.38	5.1	0.419	12.4	10	85.4	180	198	K-OG	2	3
BK42-7	38.14	235.15	6.1	0.474	12.0	36	91.0	160	215	K-OG	0	3
RD31-5	38.17	234.55	4.8	0.482	12.8	0	105.7	247	255	K-OG	0	3
RD41-5(2)	38.08	235.18	4.3	0.529	12.5	48	107.4	189	261	K-TF	0	3
RD43-7	37.99	234.93	7.9	0.469	12.8	14	72.3	161	276	HS	0	3
RD31-6	38.01	234.78	4.9	0.484	12.7	52	101.2	272	361	K-TF	0	2
RD35-9	38.07	234.98	5.3	0.514	12.3	2	96.6	181	386	CL-TF	0	3
RD47-5	38.11	235.05	5.9	0.464	12.8	26	98.2	230	390	CL-TF	0	3
RD43-5	37.99	234.65	7.8	0.473	12.9	18	84.5	178	392	CL-TF	0	3
RD35-8	38.08	235.15	3.8	0.486	12.3	22	105.1	234	407	CP	0	3
BK48-5	38.20	235.20	5.1	0.495	12.1	12	104.7	184	414	K-OG	0	3
RD43-6	37.91	234.73	4.6	0.557	13.1	10	102.5	228	417	FAIL	0	3
BK48-6	38.05	234.83	5.3	0.508	15.6	32	105.7	235	417	CL-TF	0	3
BK46-5(1)	38.20	235.50	3.5	0.444	12.2	18	107.6	265	420	K-OG	0	3
RD43-8	38.06	235.05	7.4	0.479	12.4	8	80.6	160	428	CP	0	3
RD35-5	38.06	235.18	4.4	0.502	12.1	16	101.0	201	444	BT	0	3
BK36-6	38.16	235.13	4.1	0.536	11.7	0	134.7	315	512	FAIL	0	3
BK36-5	38.23	235.63	4.7	0.511	12.0	6	127.2	269	515	CL-TF	0	3
平均値	38.09	235.02	5.3	0.482	12.6	18	99.1	209	352			
最小値	37.91	234.55	3.5	0.419	11.7	0	72.3	136	158			
最大値	38.23	235.63	7.9	0.557	15.6	52	134.7	315	515			

※ 破壊形態 K:節 CL:健全部 TF:引張 OG:目切れ CP:圧縮 BT:脆性 HS:水平せん断 FAIL:横倒れ

等級 0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外

(JAS甲種幹組材の節の欄は、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、染色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、そり、ねじれ、平均年輪幅、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 曲げ試験結果 (212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)	曲 ヤング係数 EL ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)	曲 比例限度応力 PLS (kgf/cm^2)	曲 げ 強度 MOR (kgf/cm^2)	破壊形態	等級	
													その他 欠点
RD41-6	心持ち	38.06	286.28	5.3	0.496	13.0	0	105.2	198	329	K-TF	0	2
RD47-8	心去り	38.18	286.38	5.3	0.436	12.1	0	92.6	229	348	FAIL	0	3
RD47-7	心持ち	38.17	286.28	5.7	0.420	12.6	64	92.0	209	357	K-TF	0	3
BK46-6	心割り	38.14	286.40	4.8	0.440	12.2	6	107.7	213	377	FAIL	0	3

平均値		38.14	286.33	5.3	0.448	12.5	18	99.4	213	353			
最小値		38.06	286.28	4.8	0.420	12.1	0	92.0	198	329			
最大値		38.18	286.40	5.7	0.496	13.0	64	107.7	229	377			

※ 破壊形態 K:節 CL:健全部 TF:弓張 CG:目切れ CP:圧縮 BT:脆性 IIS:水平せん断 FAIL:横倒れ

等級 0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外

(JAS甲種枠組材の基準に準ずる)

その他の欠点の欄は、節の欄は、節のみで判断した等級、その他、節の欠点の欄は、節、あて、姿色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、そり、ねじれ、平均年輪幅、繊維走行の傾斜、その他の欠点を総合判断した等級

表 3-4-2 曲げ試験結果

	材幅 (mm)	材せい (mm)	平均年輪幅 (mm)	気乾比重	含水率 (%)	繊維傾斜 (mm/m)	曲 ヤング係数 ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)	曲 比例限度応力 (kgf/cm^2)	曲 げ 破壊係数 (kgf/cm^2)	
204	平均値	38.13	88.95	4.0	0.500	12.7	23	118.3	312	507
N=20	最小値	37.85	88.34	2.9	0.404	11.9	6	85.9	185	277
	最大値	38.45	89.24	6.0	0.586	13.6	74	164.7	512	904
	変動係数(%)	0.4	0.3	22.5	8.4	3.6	80.7	20.4	22.8	26.7
206	平均値	37.95	140.20	4.6	0.494	12.5	24	104.3	253	489
N=20	最小値	37.07	139.73	2.5	0.433	11.3	0	69.9	103	204
	最大値	38.16	140.43	6.0	0.638	14.2	74	138.3	494	731
	変動係数(%)	0.6	0.1	24.3	10.0	7.6	77.6	16.4	33.3	26.2
208	平均値	38.06	184.32	4.5	0.501	12.0	38	108.9	281	467
N=17	最小値	37.80	183.95	3.0	0.445	11.3	2	83.5	195	243
	最大値	38.22	184.68	5.8	0.567	12.7	100	139.6	378	620
	変動係数(%)	0.2	0.1	16.7	6.8	3.5	81.5	13.9	16.3	24.6
210	平均値	38.09	235.02	5.3	0.492	12.6	18	99.1	209	352
N=20	最小値	37.91	234.55	3.5	0.419	11.7	0	72.3	136	158
	最大値	38.23	235.63	7.9	0.557	15.6	52	134.7	315	515
	変動係数(%)	0.2	0.1	23.2	6.3	6.2	81.8	15.0	22.7	30.4
212	平均値	38.14	286.33	5.3	0.448	12.5	18	99.4	213	353
N=4	最小値	38.06	286.28	4.8	0.420	12.1	0	92.0	198	329
	最大値	38.18	286.40	5.7	0.496	13.0	64	107.7	229	377
	変動係数(%)	0.1	0.0	6.1	6.4	2.8	154.0	7.2	5.3	4.9

表 3 - 4 - 3 引張試験結果 (2 0 4 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)	σ_t (kgf/cm ²)	引張強度	等級
BK4-5	心持ち	38.03	89.15	5.6	0.413	12.3	40	175		0 4
BK34-8(1)	心持ち	38.05	88.94	4.6	0.465	12.5	62	197		2 3
BK9-6	心去り	38.15	89.22	4.3	0.460	12.4	28	212		0 0
BK34-8(2)	心去り	38.07	89.12	4.1	0.492	12.5	4	255		0 3
BK11-5	心持ち	38.08	89.05	4.7	0.493	12.6	10	261		0 3
BK5-5	心割り	37.96	89.26	6.5	0.430	12.0	60	266		0 3
RD25-4	心去り	38.07	88.85	4.0	0.513	13.4	30	275		0 0
RD3-2	心去り	38.04	88.92	3.8	0.545	13.1	24	287		0 2
BK10-5	心割り	38.11	89.16	4.5	0.430	12.1	6	308		0 2
BK10-4	心去り	38.49	88.91	5.0	0.496	12.4	0	308		0 2
BK19-2	心去り	38.29	89.19	4.5	0.475	13.1	50	332		0 3
BK5-2	心去り	38.12	89.01	3.5	0.527	12.3	34	368		0 0
RD12-1	心去り	38.07	88.62	3.8	0.501	13.2	14	418		0 0
BK22-3	心去り	38.06	89.06	3.8	0.503	12.4	34	469		0 0
BK29-4	心去り	38.04	89.03	3.0	0.575	13.3	4	498		0 2
BK4-1	心去り	38.06	89.02	3.4	0.531	12.4	14	499		0 0
BK18-2	心去り	38.46	89.04	3.0	0.605	12.8	2	507		0 0
BK2-1	心去り	38.07	88.92	2.5	0.523	12.4	8	529		1 2
BK36-2	心去り	38.33	89.46	2.7	0.576	12.2	32	631		0 4
BK36-1	心去り	38.07	88.99	2.5	0.599	12.1	36	714		0 2
平均値		38.13	89.05	4.0	0.508	12.6	25	375		
最小値		37.96	88.62	2.5	0.413	12.0	0	175		
最大値		38.49	89.46	6.5	0.605	13.4	62	714		

※ 等級 0 : 特級 1 : 1 級 2 : 2 級 3 : 3 級 4 : 格外
 (JAS 甲種材等材の 筋の欄は、筋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、姿色、丸身、割れ、加工上の欠点、曲がり、
 そり、ねじれ、平均年輪幅、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 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	
		b (mm)	h (mm)	ARW (mm)	SG	MC (%)	(mm/m)	σ_t (kgf/cm ²)	筒	その他 欠点
BK45-8	心去り	38.04	139.95	6.8	0.492	13.6	22	174	0	3
BE18-4	心去り	37.81	140.25	3.9	0.530	12.3	66	201	0	2
RD3-3	心去り	38.00	139.90	5.5	0.471	13.6	0	214	1	3
RD47-3	心去り	38.02	140.00	4.8	0.479	13.5	10	223	0	0
BE14-4	心去り	37.95	140.40	5.2	0.425	11.9	12	226	0	2
RD12-4	心特ち	38.07	140.30	11.0	0.495	13.4	10	244	0	3
BE2-3	心去り	38.09	140.25	4.5	0.446	11.8	10	249	0	0
BE26-5	心去り	37.81	140.20	5.7	0.538	11.7	36	268	0	2
RD13-3	心去り	38.10	140.00	3.1	0.485	13.7	66	269	0	2
RD20-4	心去り	38.09	140.30	2.9	0.505	13.5	20	275	0	3
BE1-3	心去り	37.88	140.10	3.9	0.488	12.0	18	318	0	2
BE10-2	心去り	38.01	140.35	3.4	0.469	11.3	24	346	0	2
BE40-4	心去り	38.09	140.20	5.0	0.539	11.8	24	380	0	0
BE34-6	心特ち	38.14	140.20	3.3	0.500	11.7	28	383	0	0
BE8-5	心去り	37.98	140.25	3.7	0.478	12.3	8	388	0	2
RD25-5	心去り	37.79	140.00	4.9	0.464	13.3	8	388	0	0
RD43-4	心去り	38.07	138.95	2.7	0.649	14.3	6	398	0	3
BE1-4	心去り	38.00	140.25	3.9	0.474	12.0	36	413	0	2
BE6-5	心去り	37.83	140.10	3.5	0.596	12.4	84	440	0	2
BE15-3	心去り	38.10	140.20	3.4	0.551	12.3	48	504	0	2
平均値		37.99	140.11	4.6	0.504	12.6	27	319		
最小値		37.79	138.95	2.7	0.425	11.3	0	174		
最大値		38.14	140.40	11.0	0.649	14.3	84	504		

※ 等級.....0:特級 1:1級 2:2級 3:3級 4:格外
 (JAS甲種幹材の 筒の欄は、筒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、平均年輪幅、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 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)	σ_t (kgf/cm ²)	その他 欠点
RD32-4	心去り	37.90	184.15	4.6	0.548	13.0	74	190	1
RD41-3	心去り	38.00	184.80	4.8	0.503	12.7	26	190	0
BK44-4	心去り	38.06	184.55	5.4	0.534	12.4	66	196	0
RD38-8	心去り	38.05	184.40	5.8	0.469	12.1	96	254	0
BK42-5	心去り	38.03	183.50	3.5	0.496	12.8	20	254	0
RD47-4	心去り	38.22	184.40	4.7	0.434	11.9	16	262	0
BK39-7	心去り	38.04	184.70	5.3	0.427	12.0	94	265	0
RD31-4	心去り	38.11	184.45	4.1	0.545	13.2	88	267	0
BK37-4	心去り	38.11	184.70	3.0	0.514	11.8	72	271	0
BK46-2	心去り	38.09	184.35	4.9	0.501	12.6	34	272	0
BK6-4	心持ち	38.04	184.20	4.8	0.472	12.2	0	273	0
RD25-6	心去り	38.04	184.45	5.0	0.465	13.1	30	293	0
RD36-6	心去り	38.08	184.50	3.2	0.516	12.9	44	298	1
BK40-7	心去り	38.24	184.40	5.5	0.460	11.8	22	350	0
BK40-6	心去り	38.20	184.55	4.6	0.498	11.7	22	407	0
BK36-3	心去り	38.21	184.20	3.7	0.533	11.7	52	459	0
BK36-4	心去り	38.30	180.20	4.0	0.571	11.8	90	480	0
平均値		38.10	184.15	4.5	0.499	12.3	50	293	
最小値		37.90	180.20	3.0	0.427	11.7	0	190	
最大値		38.30	184.80	5.8	0.571	13.2	96	480	

※ 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、平均年輪幅、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 - 4 引張試驗結果

	材幅 (mm)	材せい (mm)	平均年輪幅 (mm)	氣乾比重	含水率 (%)	纖維傾斜 (mm/m)	引張強度 (kgf/cm ²)
204 N=20	平均値	38.13	4.0	0.508	12.6	25	375
	最小値	37.96	2.5	0.413	12.0	0	175
	最大値	38.49	6.5	0.605	13.4	62	714
	變動係數(%)	0.4	0.2	10.5	3.4	75.8	39.0

206 N=20	平均値	37.99	4.6	0.504	12.6	27	319
	最小値	37.79	2.7	0.425	11.3	0	174
	最大値	38.14	11.0	0.649	14.3	84	584
	變動係數(%)	0.3	0.2	10.1	6.8	83.6	31.3

208 N=17	平均値	38.10	4.5	0.499	12.3	50	293
	最小値	37.90	3.0	0.427	11.7	0	190
	最大値	38.30	5.8	0.571	13.2	96	480
	變動係數(%)	0.3	0.6	7.9	4.2	61.3	28.2

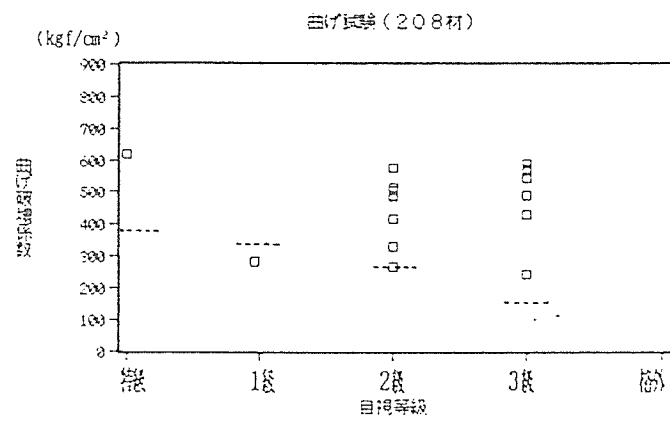
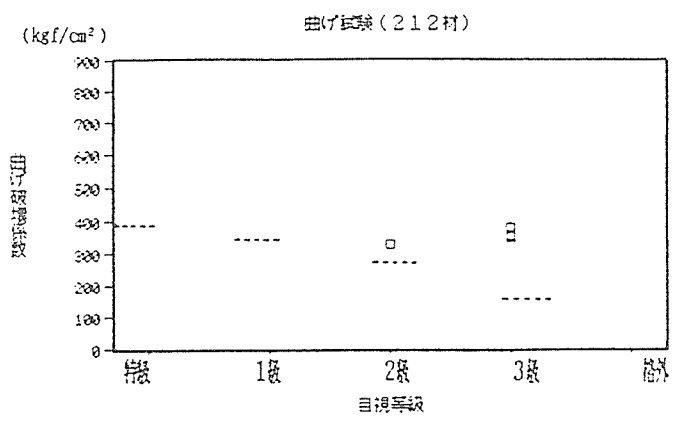
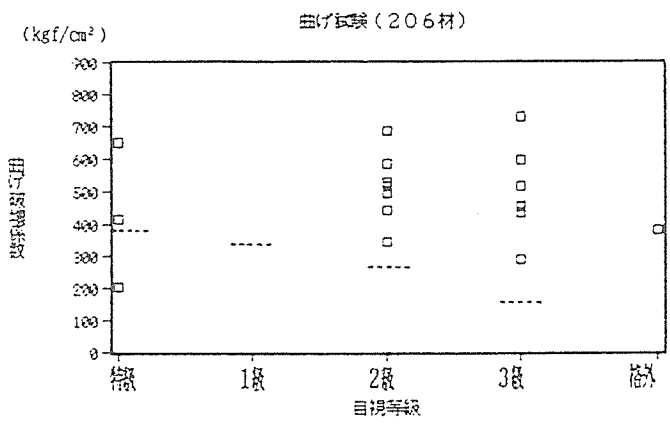
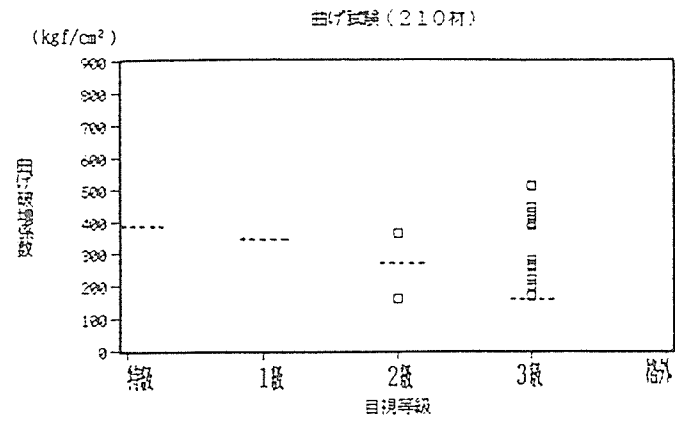
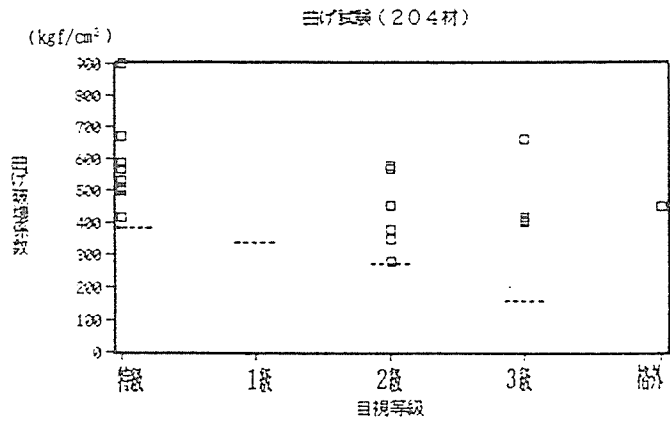


図 3 - 4 - 1 各等級における曲げ破壊強度

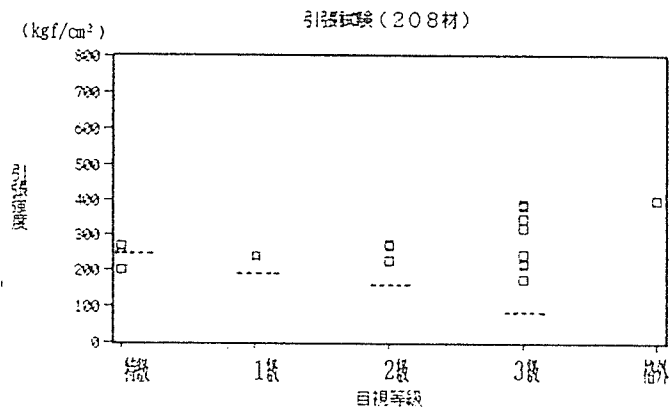
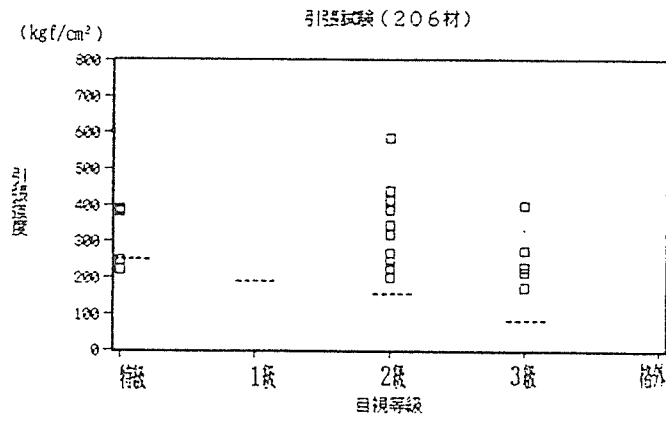
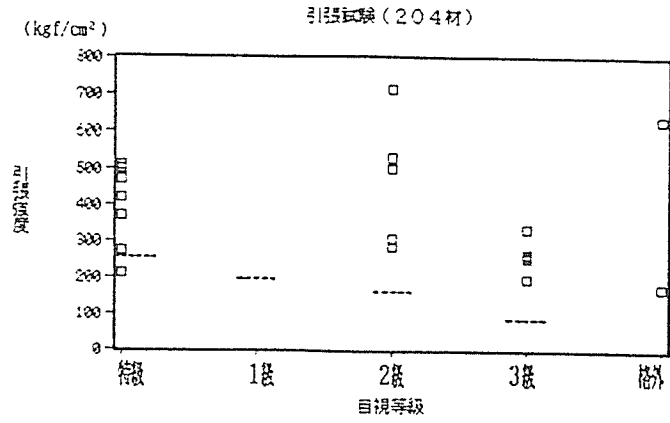


図 3 - 4 - 2 各等級における引張強度

4. 製造システム設計と採算性分析

カラマツ・エゾマツ・トドマツ、これらの道産人工林材で、枠組壁工法用住宅部材（2×4材）を生産することに対するコスト的な分析を行う。

すなわち、最終製品にいたる過程を製材・乾燥システム、及び加工システムに分け、各々の段階に必要な設備投資額・製造原価等積算し、工程別コストを試算する。これをもとに総合分析を行い、本道における枠組壁工法用住宅部材を上記樹種から製造することの可否を検討する。

4. 1 分析の進め方

前記及び平成2年度に実施している製材・乾燥・加工各段階での製造試験の結果をもとに検討を加える。

また、対象樹種としては今後量的に大量の素材生産が見込まれるカラマツ人工林材を主体に報告を行い、エゾマツ・トドマツについてはカラマツと重複しない部分について後段で考察を行うことにした。

4. 2 製品生産形態

生産形態を考える場合、製材会社数社が出資し、2×4材生産に不可欠な乾燥・加工工程の工場を協同組合的に運営する方法もあるが、前提条件を単純化するために、ここでは新規に一貫生産、すなわち原木購入、製材、乾燥、加工までを一企業において行うものとする。また、その生産方法は見込み生産とした。

4. 3 製材システムの検討

1) 製材工場の原木年間処理量と規模

生産した2×4材は全て販売可能という前提のもとで、製材工場の規模は一般的な本道製材工場としてはやや大きいが12,000 m³/年の工場規模とした。また、製材部門に要す

る人員は7人、年間稼働日数は288日、一日の稼働時間は6.5時間として設計した。

2) 原木条件

製材工場に入荷される原木の径級分布は長期的には正規分布になると予想される。径級範囲は2年間の試験で用いた供試木の範囲(18cm~34cm)とし、供試木の平均($\mu=24.9\text{cm}$)、標準偏差($\sigma=4.25\text{cm}$)から正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ を基準化し、その確立密度から径級別に本数分布を求めた。

そのときの原木の径級別の本数は表4-3-1のようになる。

表-4-3-1 原木分布

原木径 (cm)	年間使 用本数 (本)	年間使 用材積 (m^3)	材積 比率 (%)
18	2622	312	2.6
20	4932	720	6.0
22	7593	1344	11.2
24	9384	1980	16.5
26	9377	2316	19.3
28	7484	2148	17.9
30	4851	1596	13.3
32	2528	948	7.9
34	1504	636	5.3
total	50275	12000	100.0

ここでは入荷される原木の形質については、径級にのみにしか着目していない。その理由としては、製材試験での歩留りの差は原木径級によるところが大きく、その他の条件、節・曲りの影響を統計的に特定できなかつたことにある。

製材歩留まりに注目すれば、原木調達に当たっては目的製品を採材するのに最適な径級の原木だけを得ることが望ましいが、径級を指定しての原木購入は選木経費の負担が購入コストに上乘せされるため現実的な対応ではない。よって原木の径級分布は表-4-3-1での構成を基本とした。

3) 木取りの方法

主材の幅別製材材積比率をみると平成2、3年度の試験を合計した結果は表-4-3-2のようになっている。

表-4-3-2 平成2、3年度製材試験結果 (%)

原木 径級 (cm)	主 材 幅					主材計
	4	6	8	10	12	
18	69.2	30.8				100.0
20	45.9	54.1				100.0
22	32.5	57.7	9.8			100.0
24	7.2	27.1	65.7			100.0
26	7.0	32.5	50.6	9.9		100.0
28	4.2	11.2	33.2	51.5		100.0
30	2.1	15.3	13.5	64.6	4.6	100.0
32	2.1	14.4	10.7	54.2	18.6	100.0
34		15.1	13.5	50.9	20.5	100.0
	12.5	26.8	23.2	33.2	4.3	100.0

これからもわかるように、原木条件を所与のものとして、かつ原木径級に見合った最大幅の製品を主体に挽いていくと2×6～10の比率が高く、4インチ材が低い値となってしまう。

実際の製材工場を考える場合、製品の需要に見合った採材を積極的に取って行かなければ、製品は生産しても売れない物を作ることになってしまう。

ちなみに日本ツーバイフォー建築協会北海道支部への聞き取り調査の結果、道内の一般的なツーバイフォー住宅の部材の使用割合は表-4-3-3、4のようになる。

表-4-3-3 壁厚が6インチ材のタイプの使用部材

TYPE	T 1	T 2	T 3	平均	構成比
坪数	37.74	39.38	38.29	38.47	
204	4.49	2.80	5.27	4.19	15.5
206	7.94	9.47	7.15	8.19	30.3
208	0.28	0.76	0.06	0.37	1.4
210	10.52	13.97	14.31	12.93	47.8
212	0.11	1.36	0.61	0.69	2.5
404	0.52	0.96	0.64	0.71	2.6
合計	23.86	29.32	28.04	27.07	100
坪当	0.63	0.74	0.73	0.70	

表-4-3-4 壁厚が4インチのタイプの使用部材

TYPE	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 1 0	平均	構成比
坪数	31.79	32.06	31.06	33.56	31.18	37.56	37.00	33.46	
204	5.46	5.73	5.94	5.99	6.28	7.87	7.46	6.39	37.2
206	0.77	1.64	1.62	1.99	1.74	2.14	1.88	1.68	9.8
208	0.15	0.33	2.51	2.18	2.27	0.18	1.94	1.37	8.0
210	9.14	7.53	5.68	5.72	5.64	8.34	6.58	6.95	40.5
212	0.10	0.09			0.67	0.09	0.65	0.32	1.8
404	0.44	0.43	0.46	0.46	0.58	0.43	0.49	0.47	2.7
合計	16.06	15.75	16.21	16.34	17.18	19.05	19.00	17.18	100.0
坪当	0.51	0.49	0.52	0.49	0.55	0.51	0.51	0.51	

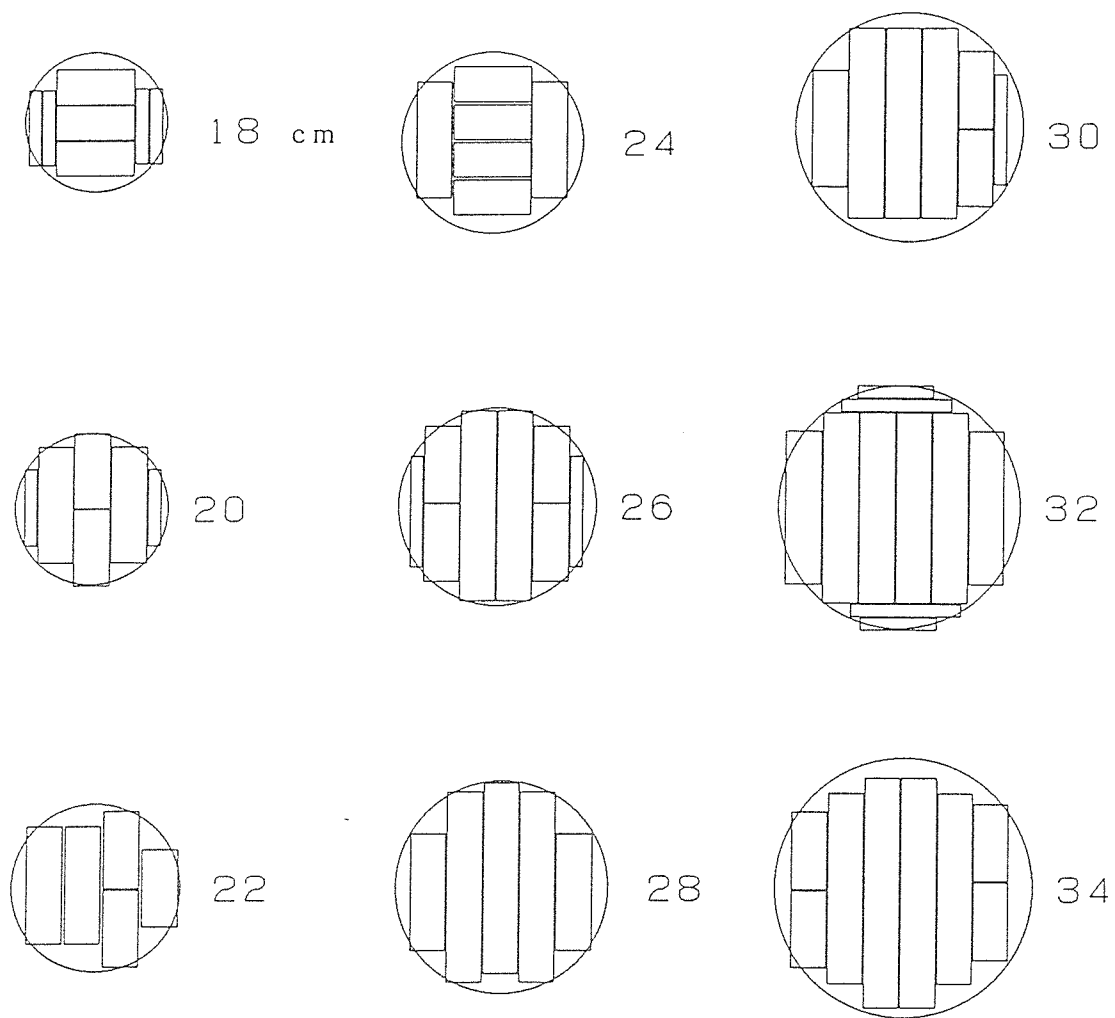
想定する製材工場でどのような挽き方をするのか、また、能率主体で考えるのか あるいは歩留まりを最大にするのか、これらは、製材工場の採算を考える場合の重要な要素になるが、本報告書で検討する製材工場の採材に当たっては、以下の考え方を前提に採材方法を決定した。

主材の基本的な挽き方としては、原木の径級に見合った最大幅の製品を中心に採材することとする。また副材としては羽目板用材（パネルボード：挽き立て寸法厚さ16mm、幅150mm・100mm）を取ることにする。

しかし、この採材方法を押し進めると、製品の幅別市場構成を満たせなくなることから、

部材の市場流通割合を近似値的に満たす条件の木取りの組み合わせをシミュレートし、最終的には、原木径級別の挽き方のパターンを図-4-3-1のように決定した。

図-4-3-1 カラマツ2×4材木取り図



なお、各径級に対しては木取りは1種類のみとし、製材時のパターン化、合理化を追求することにした。

推定を行った年間の径級別の原木本数と、各原木径級ごとの木取りから、年間に生産される主材・副材ごとの生産量をまとめると、表-4-3-5のようになる。

表-4-3-5 カラマツ2×4材生産机上計算

径級 (cm)	原木				採材可能本数				原木1本当り 製品材積 (m ³)			
	年間使 用本数 (本)	単材積 (m ³)	年間使 用材積 (m ³)	材積 比率 (%)	主材					副材		
					4	6	8	10		12	p1	p2
18	2622	0.119	312	2.6	3					4		0.0744
20	4932	0.146	720	6.0	2	2				2		0.0971
22	7593	0.177	1344	11.2	3	2						0.1024
24	9384	0.211	1980	16.5	4	2						0.1194
26	9377	0.247	2316	19.3	4				2			0.1689
28	7484	0.287	2148	17.9		2		2				0.1774
30	4851	0.329	1596	13.3	2	1		3		1		0.1942
32	2528	0.375	948	7.9			2	4				0.2344
34	1504	0.423	636	5.3	4			2	2			0.2534
合計	50275		12000	100.0								

表-4-3-5、つづき

原木 径級 (cm)	製材										Total		
	主材					副材							
	4	6	8	10	12	計	歩留り	p1	p2	計	歩留り	計	歩留り
	(m ³)					(m ³) (%)				(m ³) (%)		(m ³) (%)	
18	134					134	42.9			61	19.6	195	62.5
20	168	254				422	58.6		58	58	8.1	480	66.7
22	387	390				777	57.8					777	57.8
24	638	482				1120	56.6					1120	56.6
26	638			788		1426	61.6	159		159	6.9	1585	68.4
28		385		943		1328	61.8					1328	61.8
30	165	125		611		901	56.5	41		41	2.6	942	59.0
32			168	425		593	62.6					593	62.6
34	102			126	153	381	59.0					381	59.9
合計	2232	1636	168	2893	153	7082	59.0	200	119	319	2.7	7401	61.7
	31.5	23.0	2.4	40.9	2.2	100.0							

この試算からすると、原木12,000 m³に対して主材の歩留まり・材積が59.0%の7,082 m³、副材が2.7%の319 m³、合計が61.7%の7,401 m³と計算される。これを製材生産量の前提条件とする。

4) 製材工程における作業時間

各機械における作業時間、稼働率の把握を行い、必要な製材機械の能力・台数の決定を行った。製材主要機械については、1切削当たりの作業時間を測定した結果をもとに推定した。(表-4-3-6)

表-4-3-6 製材作業時間

機 械	作 業 内 容	時 間 (秒)
自 傾 動 斜 送 型 材 鋸 車 帯 付 盤	木乗せ・歩出し	30
	材戻し・歩出し	7
	木返し・材戻し・歩出し	17
	鋸断時間	12
	木落し	5
ツテル イ ン プ	歩出し	4
	鋸断	10
テル ー プ	歩出し	4
	鋸断	10

5) 機械稼働率

鋸断時間の測定と想定される機械の能力から、各機械当たりの稼働率を推定した。各機械の稼働率は一般的には高い程良いわけであるが、各原木径級ごとの木取りに対して各設備で製材するときの稼働時間を推定すると、表-4-3-7のような結果になった。投資コストの大きい製材本機の稼働率を極力上げるようにした結果、本機の稼働率は96%と有効に設備が使用されるが、ツインテーブル・テーブルバンドソーの稼働率にはそれぞれ51.6%・30.6%と十分な余裕がある。よって、本機で受け持つ木取りを、テーブルにまわすことで、製材工場全体としてのバランスを取るが全体的には若干余力がある。

表-4-3-7 原木1本当たり鋸断回数及び所要時間

原木 径級	傾斜型自動帯鋸盤				ツインバンドソー			テーブルバンドソー		
	鋸断 回数 (回)	木返し 回数 (回)	処理 時間 (s)	年間処 理時間 (h)	鋸断 回数 (回)	処理 時間 (s)	年間処 理時間 (h)	鋸断 回数 (回)	処理 時間 (s)	年間処 理時間 (h)
18	4	2	124	90	5	70	51	0	0	0
20	4	1	114	156	5	70	96	3	42	58
22	3	1	95	200	4	56	118	3	42	89
24	5	3	153	399	3	42	109	3	42	109
26	5	1	133	346	6	84	219	5	70	182
28	4	1	114	237	5	70	146	2	28	58
30	5	1	133	179	6	84	113	2	28	38
32	7	3	191	134	8	112	79	1	14	10
34	5	1	133	56	6	84	35	5	70	29
稼働率	96.0 %		1797	51.6 %		966	30.6 %		573	

注) 稼働率の計算は各機種とも実働6.5時間/日、288日/年として算出した。

6) モデル工場のレイアウト

上記原木の年間処理量、原木径級別の分布及びその木取りの条件、また、標準作業時間及び機械の稼働率をもとに設計を行なった結果が図-4-3-2である。

$12,000 \text{ m}^3/\text{年} = 41.7 \text{ m}^3/\text{日}$ の原木処理を7名（乾燥工程を経るため仕分け・結束のための人員は入っていない）で行うライン構成である。ここで用いる本機は、台車がバックするとき木返しを行う能率的な機械設備である。原木選別装置を導入したのは、今回のように各原木径級に対して木取りを1種類と単純化した場合、原木径級別にロット化されてできることが望ましいと考えたからである。

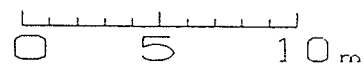
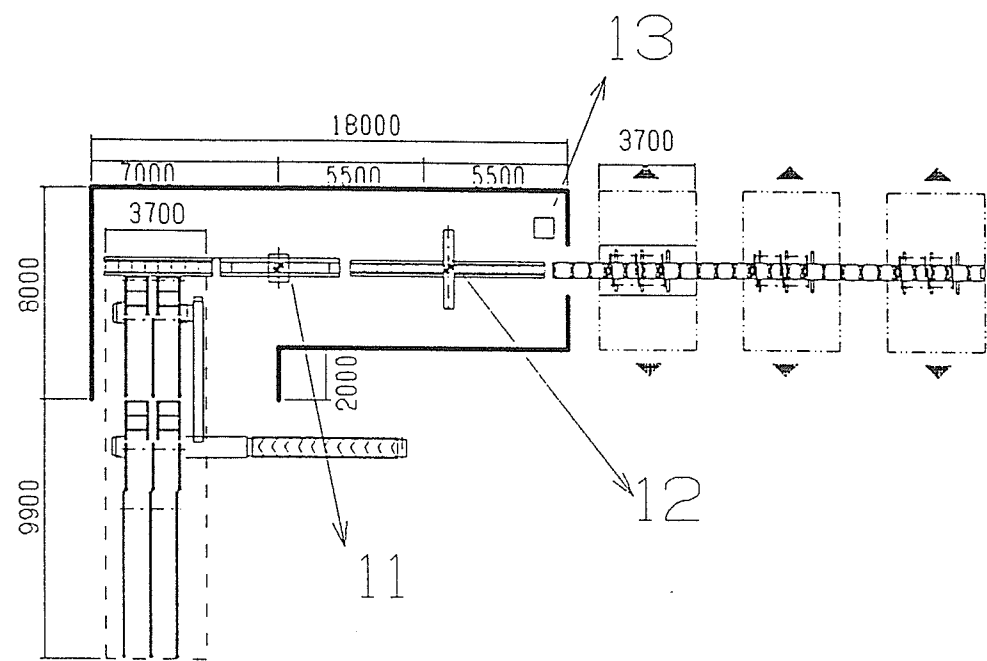
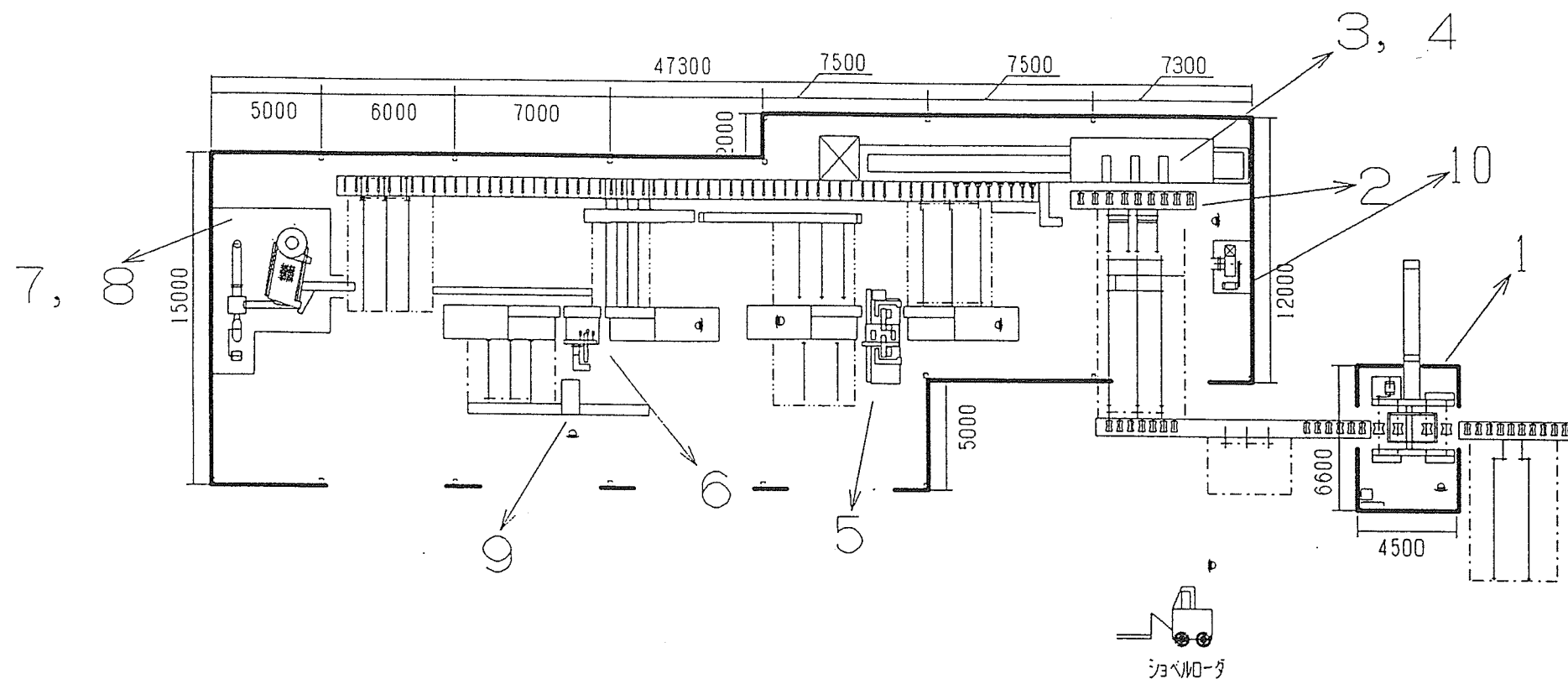
この条件で従業員1人・1時間当りの平均原木処理量を試算すると以下のようなになる。

- ・工場要員5名、バーカー1名、リフト1名、計7名
- ・基本計画では入れていないが、仕分け・結束要員2名

$$12,000 \text{ m}^3 \div (7+2\text{人}) \div 288 \text{日} \div 6.5 \text{時} = 0.71 \text{ m}^3$$

となり、採材材種に違いがあるので一概には比較できないが、本道針葉樹製材工場に比較しても十分効率的なライン配置といえる。

図-4-5-1 2×4材製材工場設計図



No.	機械名	出力(kw)
1	リクハ-カー	29.5
2	傾斜式エア-テ-ション本機	55.0
3	傾斜式油圧送材車	8.4
4	直流式電気走行装置	11.0
5	ツインハンドソー-オートテーブル	43.6
6	テーブルハンドソー-オートテーブル	23.2
7	ア-グ-フイ-トコンパクトハ-機	54.6
8	吹上装置	
9	クロスカットソー	2.2
10	集塵装置	45.0
11	原木鉄片探知機	
12	原木検寸装置	
13	油圧ユニット	5.5
	製材工場搬送装置	23.0
	原木選別搬送装置	31.0
	総出力	332.0

7) 製材設備動力及び投資額

本報告で設計検討した工場の主要な機械設備、金額及び動力を記す。土地の取得費は不確定な要素が大きいので除くが、建物及び建物基礎に係る費用については、初期投資金額に含まれる。これら金額は聞き取り調査に基づくものであるがいずれも推定値である。(表-4-3-8)

表-4-3-8 製材設備動力及び投資額

	機械名		金額(推定)	
製材工場	製材工場機械設備	295.45 kw	76,636,000 円	
	製材工場建物	615.2 m ²	36,912,000	@ 60,000 円/m ²
	チップ・オガコサイロ	150.0	6,000,000	@ 40,000
	基礎工事 電気工事(受電設備含)	765.2	6,121,600 16,000,000	@ 8,000
	小計		141,669,600	
原木選別装置	原木選別搬機械設備	36.5 kw	28,595,000	
	原木選別建物	122 m ²	7,320,000	@ 60,000 円/m ²
	基礎工事 電気工事(受電設備含)	243.3	1,946,400 5,600,000	@ 8,000
	小計		43,461,400	
	合計	332.0 kw	185,131,000	
	ショベルローダー 2.5 ton	1台	7,000,000	

以上を基礎に製材工場でのコストを試算すると、以下の表-4-3-9のようになる。ノコ目立て等外注加工賃は、一括してその他経費に見込んだ。副産品(チップ・オガコ)は製造コスト上マイナスのコストとし、4-7項での総合分析では原木費をマイナスさせるものとして区分した。

表-4-3-9 カラマツ2×4用材製造原価試算

	科目	金額	比率	計 算 基 礎
変動費	原木費	180,000	75.3	カラマツ原木 12,000 m ³ @15,000 円 (単価は平成3年度10月:20~28cm平均価格、道林産振興課調べ)
	電力料 (従量)	8,178	3.4	331.95kw × 0.7 × 6.5hr × 288日 × 18.8 円
	小計	188,178	78.7	
固定費	労務費	22,110	9.2	男 3,552 千円/人・年 × 5人 = 17,760 千円 女 2,175 千円/人・年 × 2人 = 4,350 千円
	電力量 (基本)	4,573	1.9	331.95kw × 0.7 × 1,640 円 × 12月
	福利厚生費	2,211	0.9	労務費の10%
	減価償却費	13,497	5.6	機械・設備 105,231 千円 × 0.9 ÷ 10年 ショベル 2.5ton 7,000 千円 × 0.9 ÷ 5 建物・電気工事 79,900 千円 × 0.9 ÷ 26
	修繕費	3,044	1.3	建物 79,900 千円の 1% 機械・設備 112,231 千円の 2%
	保険料	961	0.4	建物・設備 192,131 千円の 0.5 %
	その他経費	4,538	1.9	原木・労務費・福利厚生費以外経費 30,253 千円の 15%
	小計	50,934	21.3	
中計		239,112	100	
副産品	チップ	21,684		3,336 m ³ × @ 6,500 円
	オガコ	1,800		1,200 m ³ × @ 1,500 円
	小計	-23,484		
合計		215,628		製品数量 7,404 m ³ m ³ 当り平均単価 29,123 円

4. 4 乾燥工程

人工乾燥装置にかかる前提条件は以下のとおりである。(表-4-4-1)

表-4-4-1 乾燥工程での前提条件

乾燥装置	蒸気式 I F 型フルオートタイプ
乾燥原板・樹種	カラマツ 厚さ16~45mm
含水率条件	60%→12%
乾燥室容量	15 m ³ /室
乾燥稼働日数	330日/年
年間乾燥量	約7,404 m ³ を処理
乾燥日数	3.7日
乾燥室回転数	89回転 (330 ÷ 3.7=89.2)
必要乾燥室数	6室 (7404 m ³ ÷ 89回転 ÷ 15 m ³ = 5.55 室)

表-4-4-2 建物・機械設備

建物	13,400,000 円	268 m ² @50,000 円/m ²
乾燥装置	51,000,000	1室 8,500 千円
コンピューター式	9,300,000	インターフェース、センサー含む
リフト	5,000,000	2 ton
ボイラー	15,000,000	燃料：樹皮・カッター屑 1.1ton 木屑炊き
計	93,700,000	

乾燥工程でのコストを試算すると表-4-4-3のようになる。

表-4-4-3 人工乾燥工程の原価試算

	科目	金額	比率	計 算 基 礎
変 動 費	電力料(従量)	5,532	16.3	777 0.75kw × 6個 × 6室 = 27kw、ボイラー 12kw、 その他 2.5kw 計 41.5 kw 27kw × 24hr × 330日 × 18.8 円 14.5kw × 0.7 × 24hr × 330日 × 18.8 円
	労務費	3,643	10.8	パート(棧積み降ろし 1.22 m ³ /人・hr 600円/hr) 492円/m ³ × 7,404
	小計	9,175	27.1	
固 定 費	労務費	10,656	31.5	ボイラーマン兼技術者 3,552 千円/人 × 3人
	福利厚生費	1,430	4.2	労務費の10%
	減価償却費	7,463	22.0	ボイラー 1.1ton 15,000 千円 × 0.9 ÷ 15年 乾燥装置 1室 8,500 千円 × 0.9 ÷ 12 ホストコンピュータ 4,500 千円 × 0.9 ÷ 8 インターフェイス 1室 500千円 6室 × 0.9 ÷ 8 センサ 1室 300千円 6室 × 0.9 ÷ 5 リフト 2.0ton 5,000 千円 × 0.9 ÷ 5 建物 268 m ² (28 m ² × 6室、ボイラー室 76 m ² 、 操作室 24 m ²) 268 m ² × 50,000 円 × 0.9 ÷ 18
	電力料(基本)	572	1.7	41.5kw × 0.7 × 1,640 円 × 12月
	修繕料	1,740	5.1	建物 13,400 千円の 1% 機械設備 80,300 千円の 2%
	保険料	469	1.4	建物・機械設備 93,700 千円の 0.5 %
	その他経費	2,367	7.0	労務・福利厚生費以外経費 15,476 千円の 15 %
		小計	24,697	72.9
	合計	33,872	100	

4. 5 加工工程

加工工程ではモルダー処理能力のスケールメリットでの設計が望ましいと考えられる。モルダーの送り速度を最大の20m/minとすれば1日6.5時間の稼働で7,800m/日の原板が処理できることになる。しかし、ここでは、製材工場の生産量から15m/minで設計を行っている。

加工工程での前提条件については以下のとおりである。(図-4-5-1参照)

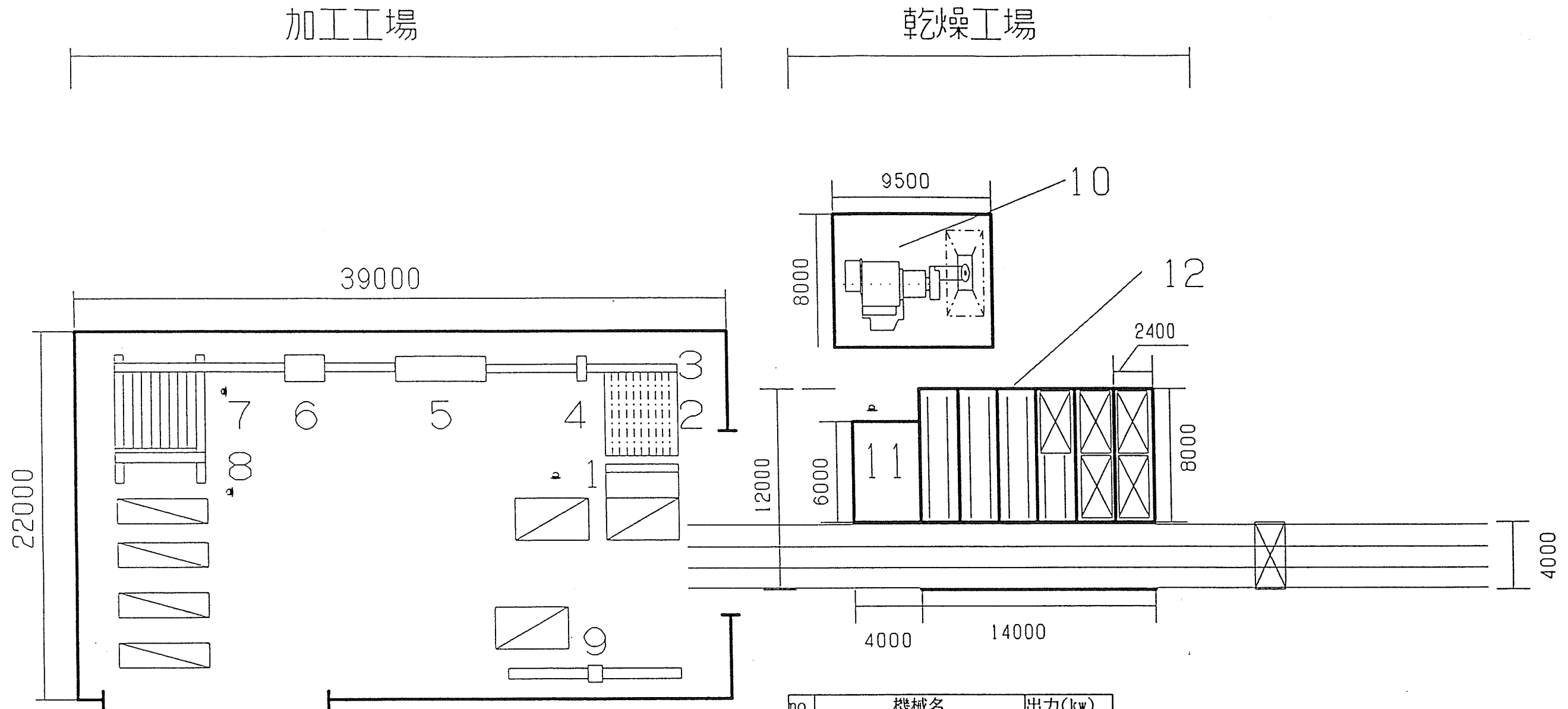
表-4-5-1 建物・機械設備

建物	53,040,000 円	884 m ² @60,000 円/m ²
倉庫	5,400,000	180 m ² @30,000 円/m ²
リフト	5,000,000	2 ton
機械設備	54,500,000	72.4 kw
計	117,940,000	

表-4-5-2 2×4加工工程原価試算

	科目	金額	比率	計 算 基 礎
変 動 費	電力料(従量)	2,815	10.3	80kw×6.5hr ×288日×18.8円
	小計	2,815	10.3	
固 定 費	労務費	9,279	33.9	男 3,552千円/人・年×2人=7,104千円 女 2,175千円/人・年×1人=2,175千円 労務費の10%
	福利厚生費	928	3.4	労務費の10%
	減価償却費	8,538	31.2	機械・設備 54,500千円×0.9÷9年 建物・工場 58,440千円×0.9÷26 事務所他 4,750千円×0.9÷26 リフト 2ton 5,000千円×0.9÷5
	電力料(基本)	1,102	4.0	80kw×0.7×1,640円×12月
	修繕料	1,822	6.7	建物 63,190千円の1% 機械設備 59,500千円の2%
	保険料	614	2.2	建物・機械設備 122,690千円の0.5%
	その他経費	2,234	8.2	労務・福利厚生費以外経費 14,891千円の15%
	小計	24,517	89.7	
合計	27,332	100		

図-4-5-1 乾燥加工工場設計図



no	機械名	出力(kw)
1	積み込み機	1.5
2	チェーンコンベアー	2.2
3	ベルトコンベアー	-
4	含水率計	-
5	モルダー	40.0
6	グレーディングマシン	2.2
7	ベルトコンベアー	2.0
8	ベルトコンベアー(2台)	0.5
9	クロスカットソー	1.5
10	ボイラー	12.0
11	乾燥制御室	-
12	乾燥室	29.5
	積み取り用台車(3台)	
	集塵装置一式	22.5
	総出力	113.9

4. 6 一般管理費

一般管理費にかかる前提条件は以下の通りである。新規投資にかかる資金は長期借入れで行う。本来なら、長期借入れは10年程度に元金が返済できるような計画でなければならないが、試算の結果営業利益が出てこないことから、前提条件としては現実的でないことを承知しながら、当面元金返済については考えないことにした。このため長期支払利息が高くなっている。また、運転資金としては短期借入れで行うものとする。手形割引は見込みが難しいので一括してその他経費に入れている。

長期借入れ 短期借入れ 運賃	年利 8 % 年利 7 % 2,500 円 / m ³
----------------------	--

4. 7 総合コスト試算

各工程別の原価試算をもとに、カラマツ2×4材のコストを総括すると以下の表-4-7-1になる。

表-4-7-1 総合コスト試算 (単位：千円)

		製材工程	乾燥工程	加工工程	計	製造原価
変動費	製造原価	188,178	9,175	2,815	200,168	290,657
	副材売り上げ	チップ -21,684 オガコ - 1,800			-23,484	
	支払い運賃	5,530 m ³ × 2,500 円 = 13,825			13,825	
固定費	製造原価	50,934	24,697	24,517	100,148	
	販売費・一般管理費	人件費 男 4名 3,552 × 1.1 = 15,629 女 2名 2,175 × 1.1 = 4,785 支払い金利 長期金利 408,521 × 8% = 32,682 短期金利 318,000 × 150/365 ÷ 7% = 9,148 その他経費 276,832 × 2.5 % = 6,921			69,165	
	営業利益	総原価の10%			35,982	
	合計				395,804	
	設備投資額	192,131	93,700	122,690	408,521	

注) 管理事務員に乾燥・加工のリフト要員を含む

管理棟および従業員の休養室を加工工程で見ている。また、管理部門の人員に乾燥・

加工工程でのリフト要員を内包するので、厳密に原価の分類がされていないが、これをもとに製品コスト収支をみると、製造コストに占める変動費は196,509 千円、固定費は169,313 千円となる。これに、営業利益を10%見込めば395,804 千円となり、単純に最終製品生産量5,319 m³で割ると平均単価は74,413 円/m³となる。

自由競争市場経済においては期待製品価格（製造コスト+営業利益）が必ずしも最低製品価格になり得ず、新規参入商品の場合市場のリーダー価格を製品価格の上限とせざる負えない。この場合価格リーダーは輸入材のディメンジョンランバーである。北海道での価格は（日本ツーバイフォー建築協会、1991年9月調べ）2×4、6、8インチが56,000円/m³、2×10が61,000円/m³、2×12が64,000円/m³となっている。各サイズ別の最終製品生産量とこれら単価を乗ずることで、売上高を推定すると以下の表-4-7-2のようになる。

副材のパネルボードは売上原価に計上せず、収入額に上乘せをする。加工歩留りは、いずれも当场試験結果によるものである。

表-4-7-2 収入額の試算

	区分 材種	204	206	208	210	212	合計
主材	製材時構成比	31.5 %	23.0	2.4	40.9	2.2	100.0
	材積	2,230 m ³	1,628	170	2,896	156	7,080
	加工歩留り	72.7 %	74.2	76.2	77.0	78.0	75.1
	製品材積	1,621 m ³	1,216	130	2,230	122	5,319
	製品価格	56,000			61,000	64,000	
	収入額	90,776 千円	68,096	7,280	136,030	7,808	309,990
副材	収入額	幅 120mm 132 m ³ 製品面積 11,000 m ² 80mm 78.6 m ³ 歩留り65 % 6,550		@3,000 = 33,000 @2,500 = 16,375			49,375
合計							359,365

以上の試算からすると、製造総原価359,822 千円の費用は359,365 円の売上では賅うことができない。これを、損益分岐点分析で検討すると、図-4-7-1に示すとおりである。

変動費 (V) 190,509
 固定費 (F) 169,313
 売り上げ (S) 359,365

$$\text{損益分岐点} = \frac{\text{固定費 (F)}}{1 - \frac{\text{変動費 (V)}}{\text{売上高 (S)}}} = \frac{169,313}{1 - \frac{190,509}{359,365}} = 360,338$$

$$\text{損益分岐点率} = \frac{\text{損益分岐点}}{\text{売上高}} = \frac{360,338}{359,365} = 100.3 \%$$

図-4-7-1

本条件での損益分岐点図

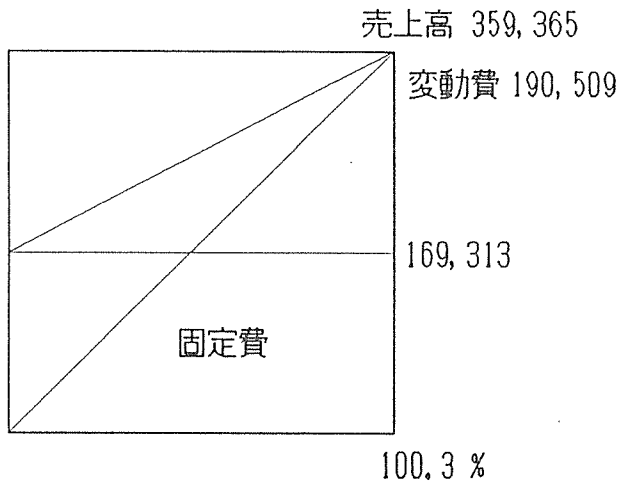
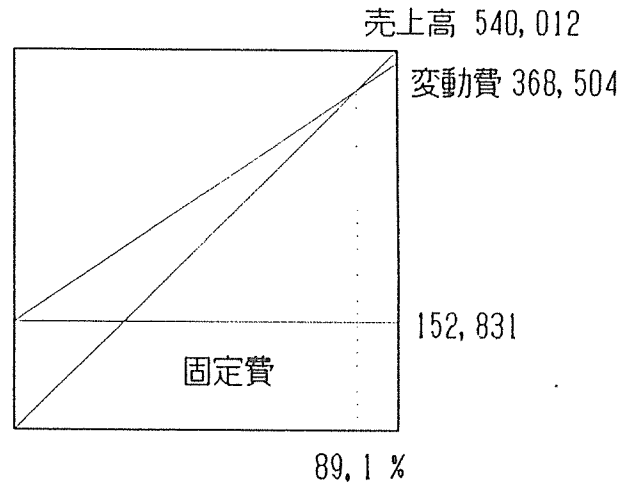


図-4-7-2 全道黒字製材業平均

損益分岐点図

(平成元年度中小企業経営指標より作成)



本道製材業の平均的な黒字企業の損益分岐点率は90%程度で決して良い数値ではないが、本試算での結果からすれば、損益分岐点率は100.3%となり、安定的な経営を行なう

ことは困難であると言わざるを得ない。その一因として、固定費が大きいということ、売上高が低いということである。

そこで、外部的な要因が変化した場合の収益性の変化について検討を行う。以下の条件で製品価格を推移させた場合の収益性の変化についてシミュレートした。(表-4-7-3、図-4-7-3)

前提条件

輸入ランバーの価格変化を1割上昇させる。

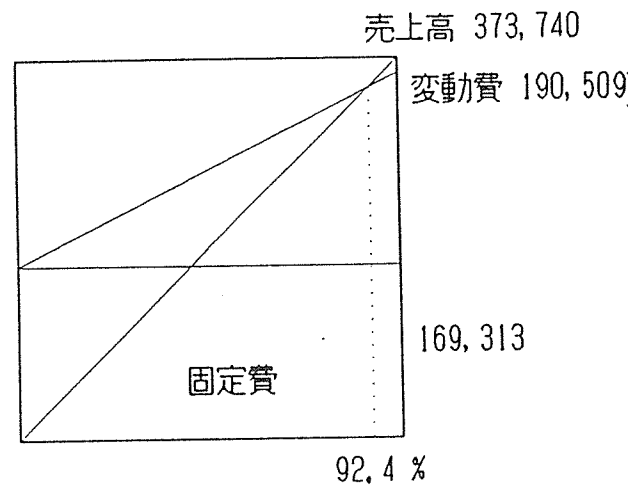
副材価格も同時に上昇するものとする。

他の条件は一定のものとする。

表-4-7-3
価格上昇と損益分岐点率

価格上昇	損益分岐点率
1.00	100.3
1.02	96.2
1.04	92.4
1.06	88.9
1.08	85.7
1.10	82.7

図-4-7-3
4%価格上昇時の損益分岐点図



現行価格より4%の上昇が見込めれば十分企業としてなりたつものである。

また、固定費を減らすべく財務努力例えば支払い利息の圧縮等に努めることで、金利

負担額が短期・長期合計額の3/4にすれば、現行の市況下であっても損益分岐点率は94.2%にまで、1/2では88.1%まで改善することができる。

4. 8 エゾマツ・トドマツ材での検討

カラマツについて考察を行ってきたが、試験はカラマツの他に、エゾマツ・トドマツ材についても行っている。この2樹種については、カラマツと条件の異なる部分について主に記すこととする。

1) 原木条件

カラマツで検討した前提条件と同様のものとする。

2) 木取り方法

木取りの考え方についてはカラマツの場合と基本的に同じである。

製材挽き材寸法の歩増し検討の際、平成元年度に行った試験結果からすると、エゾマツ・トドマツについては歩増し量が不足と判断された。よってこれを踏まえて表-4-8-1のように歩増し量を決定した。

このサイズでカラマツと同様の木取りをしたとき(図-4-8-1)の歩留りの類推を行うと表-4-8-2のように推定される。

表-4-8-1 製材歩増し量

	製品	エゾマツ・トドマツ
厚	38	(対カラマツ) 7 (-1)
幅		
204	89	10 (-1)
206	140	10 (-3)
208	184	12 (-3)
210	235	12 (-5)
212	286	12 (-5)

図-4-8-1 エゾマツ・トドマツ2×4材木取り図

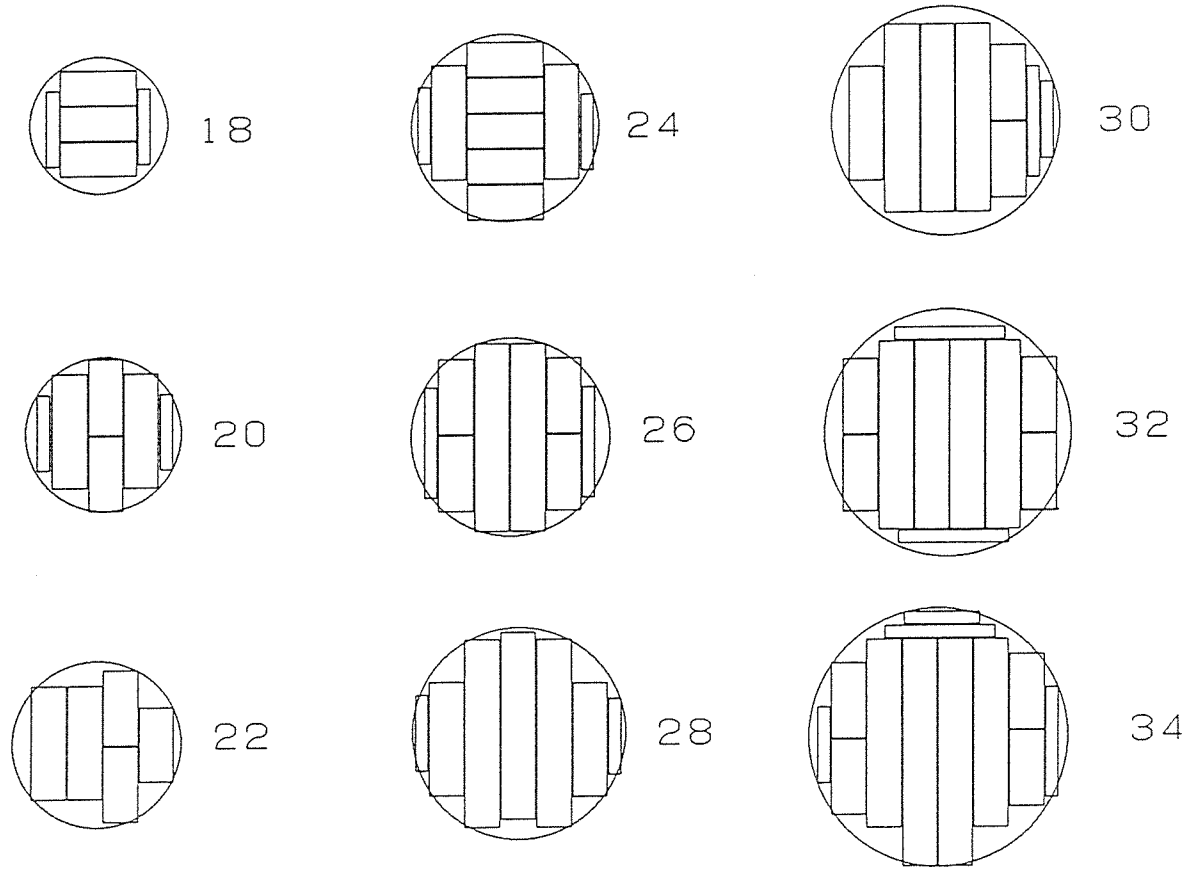


表-4-8-2 エゾマツ・トドマツについての机上計算

原木 径級	主材 (m ³)					副材 (m ³)				合計			
	4	6	8	10	12	材積	歩留り	p1	p2	材積	歩留	材積	歩留
(cm)						(m ³)	(%)			(m ³)	(%)	(m ³)	(%)
18	128					128	41.0		31	31	9.9	159	50.9
20	161	244				405	56.3		58	58	8.1	463	64.4
22	371	375				746	55.5					746	55.5
24	765	464				1229	62.1		110	110	5.6	1339	67.7
26	612			763		1375	59.4	159		159	6.9	1534	66.3
28		370		913		1283	59.7		88	88	4.1	1371	63.8
30	158	120		592		870	54.5	41	28	69	4.3	939	58.8
32			163	411		574	60.5	43		43	4.5	617	65.0
34	98			122	148	368	57.9	25	18	43	6.8	411	64.7
合計	2293	1573	163	2801	148	6978	58.2	268	333	601	5.0	7579	63.2
	32.9	22.5	2.3	40.1	2.1	100.0							

木取りについてはカラマツの木取りを基にしているのので、歩増し量が少ない分主材の材積歩留りは低下をしてしまう。しかし、それを上回る副材生産がある。副材はカラマツの時に取ったパネルボードと同一サイズのものである。

以上のときのコスト試算をおこなう。

なお、カラマツと条件の違う部分について記すと以下のようになる。(表-4-8-3)

表-4-8-3 カラマツの場合との前提条件との違い

	エゾ・トド	備考
原木コスト	231,600 千円	@19,300 円 (単価は平成3年度10月: 20~28cm平均価格、道林産振興課調べ)
製材生産量	7,579 m ³	生産内訳詳細は表-4-8-2
乾燥栈積み降ろし	3,729 千円	492 円 / m ³ × 製材生産量
乾燥所用日数	3.33 日	カラマツ比較で10%乾燥時間が短いものとする

3) エゾマツ・トドマツ材のコスト・収入額試算

先の前提条件の違いからエゾマツ・トドマツについてコスト試算および収入額の推定を行うと次の表-4-8-4、5が得られる。

表-4-8-4 エゾマツ・トドマツ総合コスト試算 (単位: 千円)

		製材工程	乾燥工程	加工工程	計	
変動費	製造原価	239,778	9,175	2,815	251,768	343,126
	副材売り上げ	チップ -21,684 オガコ - 1,800			-23,484	
	支払い運賃	5,874 m ³ × 2,500 円 = 14,685			14,685	
固定費	製造原価	50,934	24,706	24,517	100,157	
	販売費・一般管理費	人件費 男 4名 3,552 × 1.1 = 15,629 女 2名 2,175 × 1.1 = 4,785 支払い金利 長期金利 408,521 × 8% = 32,682 短期金利 318,000 × 150/365 × 7% = 9,148 その他経費 343,126 × 2.5% = 8,578			70,822	
	営業利益	総原価の10%			41,395	
	合計				455,343	
	設備投資額	192,131	93,700	122,690	408,521	

表-4-8-5 エゾマツおよびトドマツ収入額の試算

	材種	204	206	208	210	212	合計
	区分						
主材	製材時構成比	33.2 %	22.5	2.3	39.8	2.1	100.0
	製材材積	2,293 m ³	1,573	162	2,801	148	6,978
	加工歩留り	76.1 %	78.9	79.3	80.3	81.1	78.5
	製品材積	1,745 m ³	1,241	128	2,249	120	5,483
	製品価格	56,000			61,000	64,000	
	収入額	97,720 千円	69,496	7,168	137,189	7,680	319,253
副材	収入額	幅 120mm 174.2 m ³ 製品面積 14,517 m ² @ 3,000 = 43,551 80mm 216.5 m ³ 18,042 m ² @ 2,500 = 45,105 歩留り 65 %					88,656
合計							407,909

加工歩留りは試験条件（原木が低質、サンプル数が少ないなど）から、4から12インチ幅まですべて採材できなかったこともあり、加工歩留り＝製品寸法／製材挽材寸法×100とした。すなわち欠点除去後の長さ減り、はね材等は考慮せず理論上の上限値とした。

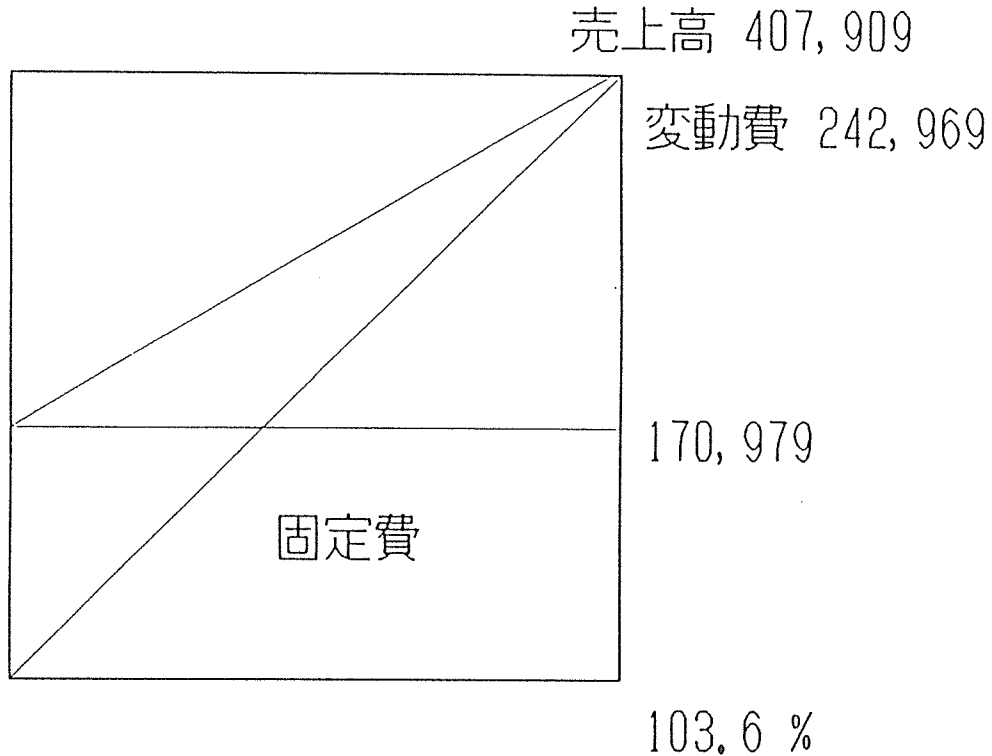
これをもとにカラマツ材でも検討したように、損益分岐点分析を行うと

変動費 (V) 242,969
 固定費 (F) 170,979
 売り上げ (S) 407,909

$$\text{損益分岐点} = \frac{\text{固定費 (F)}}{1 - \frac{\text{変動費 (V)}}{\text{売上高 (S)}}} = \frac{170,979}{1 - \frac{242,969}{407,909}} = 422,849$$

$$\text{損益分岐点率} = \frac{\text{損益分岐点}}{\text{売上高}} = \frac{422,849}{407,909} = 103.6 \%$$

図-4-8-2 エゾマツ・トドマツ材の損益分岐点



4.9 まとめ

今回、カラマツ、エゾマツ・トドマツについて、生産される2×4製品のコスト試算と収益性の分析を行った。その結果、現状の価格で輸入されるランバーに対抗して市場新規参入を果たすことは難しいと結論される。しかし大ざっぱな言い方が許されるなら、例えば為替変動等により輸入材の価格が上昇するか、原木価格がカラマツ14,050円/m³まで、エゾマツ・トドマツで17,890円/m³まで下がればとチャンス（損益分岐点率を94%とした場合）が出てくる。しかし、これらコスト試算は数々の前提条件にもとづいて計算がなされており、実際の企業化に当っては各々の実情に合わせた再計算が必要なことは言うまでもない。

一般的に市場への新規参入の場合、その製品に特別な訴求力が無い限り価格リーダーの

価格を上回ることはないし、むしろ同価格で参入することは希とさえ言える。道産人工林材からの製品が輸入製品に比較して特上回る要素を持たない以上、価格競争に焦点が絞られるが、製品が需要者に選択される要因は価格が安いということのみならず、納期・アフターサービス・手形融通性など多岐にわたるものである。同一価格で参入するのであるならば、より一層これらの体制整備を整えなければならない。

収益性確保は自社の企業努力が基本である。一定の生産財を用い収益性を上げるためには、生産能率の向上・無駄の排除・現状の把握、これらに対する管理・方策の検討等、他産業では当り前の考え方が木材産業においても浸透することが、要求される。

また輸入木材の攻勢に押されることなく、本道林業の保護・育成、林産業におけるより多くの製品メニューを用意しその振興を計るという観点に立脚すれば、製品のPRと実績を積み産業としての根幹を確固たるものにするために、行政・試験研究機関がリーダーシップを発揮することも今後求められる。

第2章 枠組壁工法住宅部材生産技術開発 その2 スギ(岐阜)

1. 製材試験

供試原木は岐阜県郡上郡地産の林齢が概ね30年生のアジマノスギで、現地において根曲がりや損傷等の欠点の少ない立木を84本選木し伐採後4mに造材し搬出した。

これらの原木は末口径が18~28cmで一般に市場では並材といわれるものである。

1-1. 供試原木の形質

(1) 原木調査

供試原木84本を末口径18~22cmの原木31本と末口径24~28cmの原木53本の2階級に分け、それぞれ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、⑨その他の欠点、⑩FFTアナライザーによる基本振動周波数の各項目について調査した。

表1-1にこの供試原木の調査結果を示す。

① 心材率

末口および元口における心材率の頻度分布を図1-1、1-2に示す。

末口の心材率の分布では、18~22cm原木の心材率20~29%の割合が61.3%、24~28cm原木の心材率30~39%の割合が54.7%であり、径級の大きい原木の方が心材率が大きくなっていた。

また、元口の心材率の分布も末口の場合と同様に、18~22cm原木の心材率20~29%の割合が54.8%、24~28cm原木の心材率30~39%が占める割合が64.1%と24~28cm原木の方が心材率の大きい頻度が高くなったが、

18～22cm原木および 24～28cm原木とも末口、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 18～22cm原木が29.8%、22～24cm原木が 31.7%と大きな差がなかった。

② 年輪巾

図 1-3に年輪巾の頻度分布を示す。

18～22cm原木および 24～28cm原木とも年輪巾 0.40～0.59cmの範囲に 71～81%と大部分が含まれていたが、18～22cm原木では年輪巾の狭い方に、また 24～28cm原木は年輪巾の広い方に少し偏っていた。

平均年輪巾は 18～22cm原木が 0.47cmであり、22～28cm原木が 0.50cmと原木の生長量の差による影響が若干現れていた。

③ 偏心率

図 1-4, 1-5にそれぞれの末口および元口の偏心率の分布を示す。

末口の偏心率は 18～22cm原木および 24～28cm原木とも 10%以下でばらつきが小さかったが、元口の偏心率の分布の最大が 6～16%の間に広がっておりばらつきが大きかった。

また、末口の平均偏心率は 18～22cm原木で 2.3%、24～28cm原木が 2.6%とほぼ同じであったが、元口の平均偏心率は 18～22cm原木が 9.9%と、24～28cm原木の 7.5%より大きかった。

これは、地際近くは偏心成長する傾向が強く、今回用いた供試原木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こと、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として算出されことになり、ばらつきも大きくなったと考えられる。

④ 細り

細りの頻度分布を図 1-6 に示す。

18～22cm原木および 24～28cm原木とも同様な傾向を示し大きなばらつきはなかった。また、細りの平均値は 18～20cm原木が 2.3cm/m、22～24c

m原木が 2.4cm/mと差はなかったものの両者ともに大きな値であった。

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結果に大きく作用したためと思われる。

⑤ 曲がり

曲がり率の平均値は 18~22cm原木で 29.7%、24~28cm原木で 24.8%と径級が大きい方が少なかった。

曲がり率の頻度分布を図 1-7に示す。

18~22cm原木の曲がりの頻度は 10~19%に最も多いが、24~28cm原木では20~29%の頻度が最も多かった。

一方、ばらつきでは 18~22cm原木の方が 24~28cm原木に比べ、50%以上の曲がり率を有する材が 13%を占めているなどばらつきが大きかった。

これは、測定結果の算定方法が曲がりの矢高と末口径の比で求めるため、矢高が同じでも末口径の小さい材の方が大きい曲がりとなり、その結果がばらつきおよび平均値の差になったと考えられる。

⑥ 節

供試原木一本当たりの平均節数は18~22cm原木が7.3個、24~28cm原木が5.6個と18~22cm原木の方が若干多かった。

節数の頻度分布を図 1-8に示す。

18~22cm原木および 24~28cm原木とも、無節が 23~34%あった。また、1個から 10個までの有節材が 18~22cm原木および 24~28cm原木とも 45.2%と全体的には節の少ない供試原木と言えるが、最大節数は 18~22cm原木では26個、24~28cm原木では 33個と多い原木もありばらつきが大きかった。

平均節径は 18~22cm原木では 15.6mm、24~28cm原木は 12.5mmと 18~22cm原木の方が 約 3mm大きかった。

図 1-9に平均節径の頻度分布を示す。

18~22cm原木および24~28cm原木とも同様な分布を示しており、無節と平均節径の 15~20mmのところに最大頻度があった。18~22cm原木は平均節

径の15～20mmに 32.3%、無節と平均節径の 20～25mmに 22.6%の頻度があり、また、24～28cm原木では無節に 33.9%、平均節径の 15～20mmに 24.5%分布していた。18～22cm原木および 24～28cm原木とも頻度分布は同様な傾向であったが、18～22cm原木の方が若干ぼらつきが大きかった。

最大節径の平均は、18～22cm原木は 21.9mm、24～28cm原木は 18.1mmと約4mmの差があった。

最大節径の頻度分布を図 1-10に示す。

平均節径の頻度分布と同様な傾向を示しており、18～22cm原木および 24～28cm原木とも無節の割合が最も多いものの、18～22cm原木では最大節径の 25～30mmに 19.4%、20～25mmに 16.1%とピークをなしていた。

また、24～28cm原木では、最大節径の 10mmから 30mmにかけてほぼ同程度の分布であったが、45mm以上の節の有する原木も 7.6%あった。

今回用いた原木の節は、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。

(2) 供試原木の等級区分

供試原木の形質調査の結果を基に、日本農林規格により等級格付けを行った。等級の決定要因は調査項目のうち曲がりと節であったが、特に曲がりの要因が最も強く影響していた。

等級格付けの結果を図 1-11に示す。

18～22cm原木 31本のうち、2等材および 3等材がそれぞれ 14本、本数割合で 45.2%を占め、1等材は 3本、本数割合で 9.7%を占めるにすぎなかった。また、24～28cm原木の供試本数は53本で、そのうち 2等材が28本、52.8%を占め、次いで 3等材が17本、32.1%、1等材が8本、15.1%を占めていた。22～24cm原木の 2等材の占める割合は18～22cm原木より多かったものの、どちらも 1等材は 10～15%と少なかった。

表 1-1

径級別供試原木調査結果

項 目	径級区分	18cm~22cm	24cm~28cm	合 計
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
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
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
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
節 数 ^{*1}	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) ^{*2}	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) ^{*2}	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

*1 : 長径が 10mm以上の節数

*2 : 節の無い原木の節径は 0mmとした。

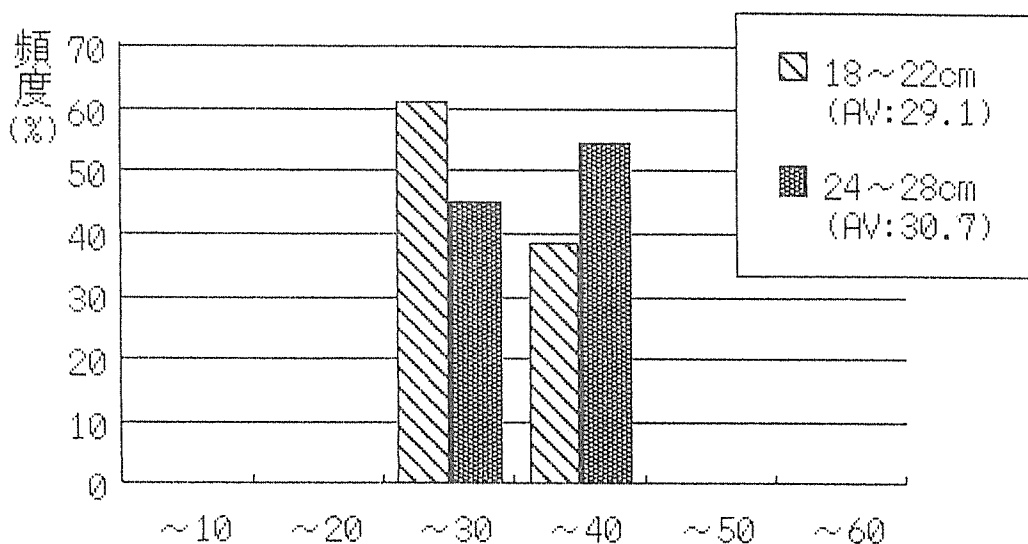


図 1-1 供試原木の心材率(末口)の頻度分布

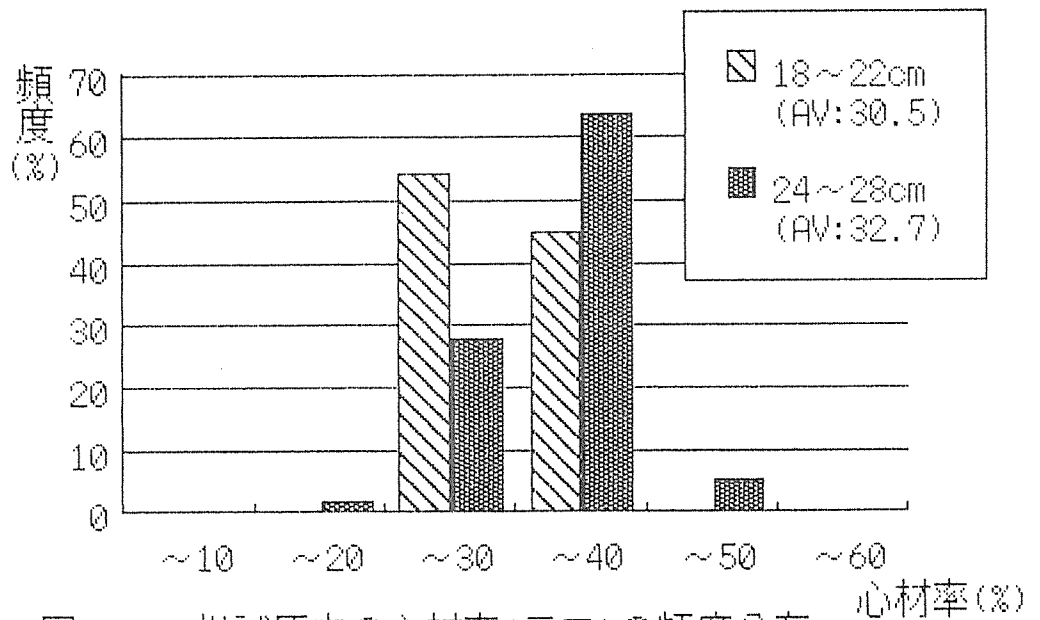


図 1-2 供試原木の心材率(元口)の頻度分布

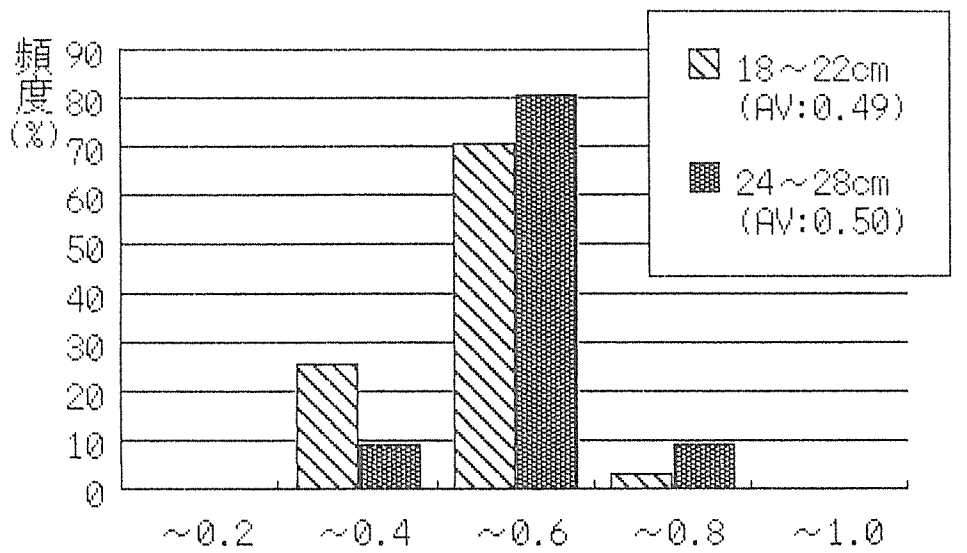


図 1-3 供試原木の年輪幅の頻度分布

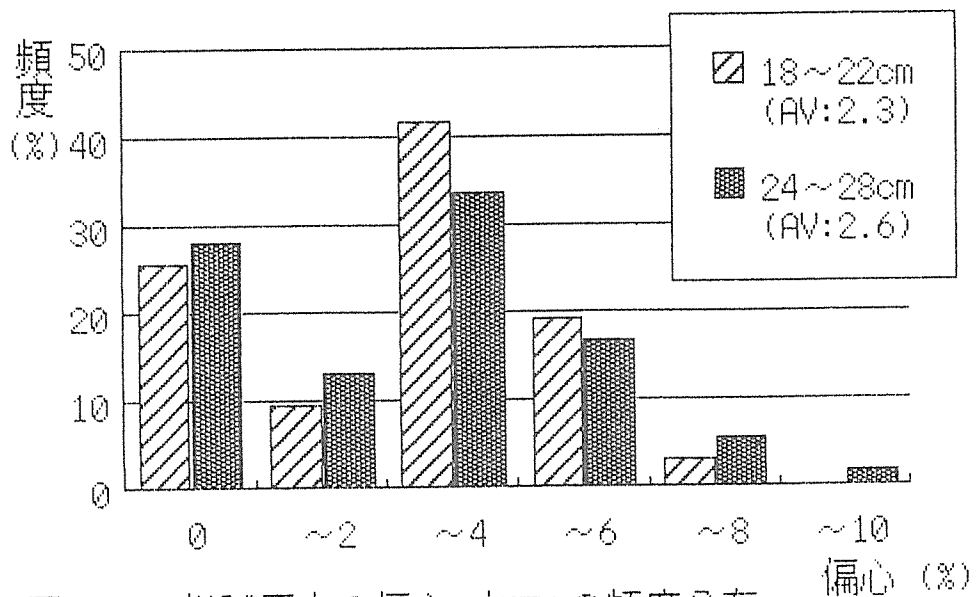


図 1-4 供試原木の偏心(末口)の頻度分布

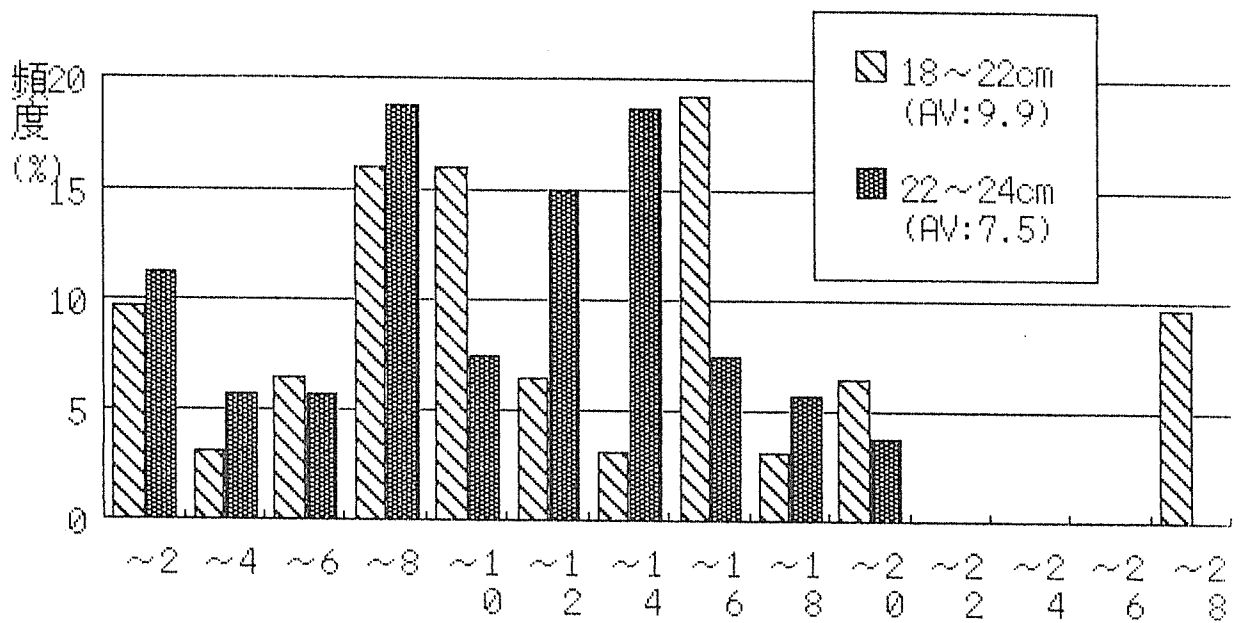


図 1-5 供試原木の偏心(元口)の頻度分布 偏心 (%)

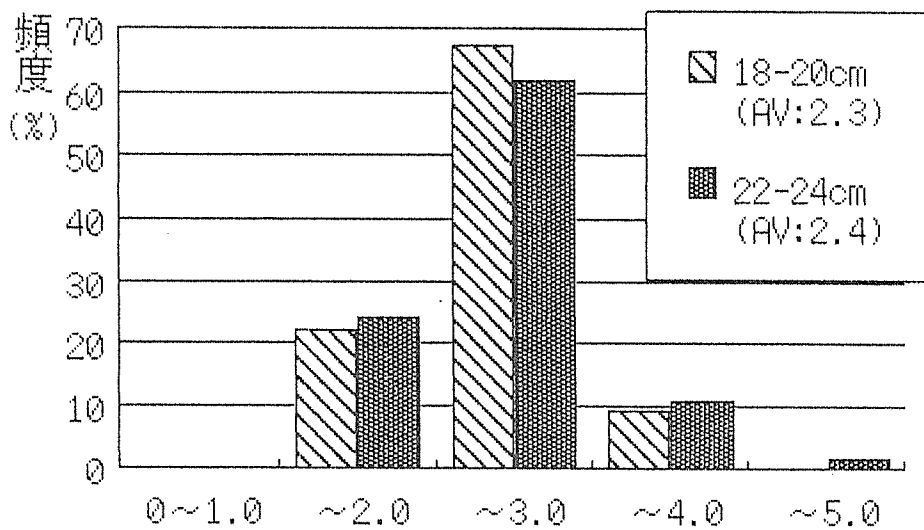


図 1-6 供試丸太の細りの頻度分布 細り (cm/m)

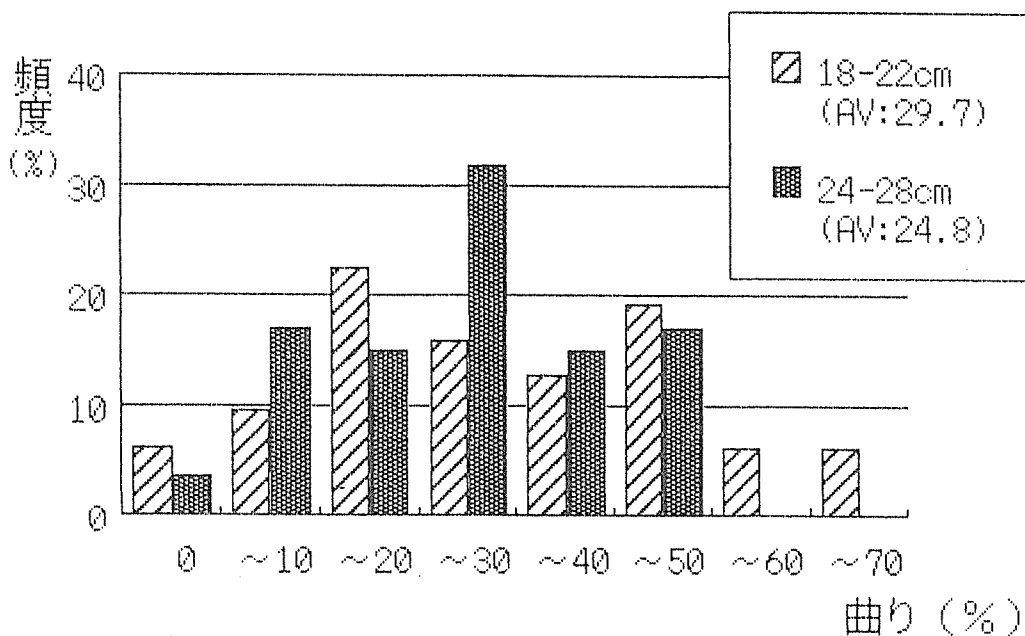
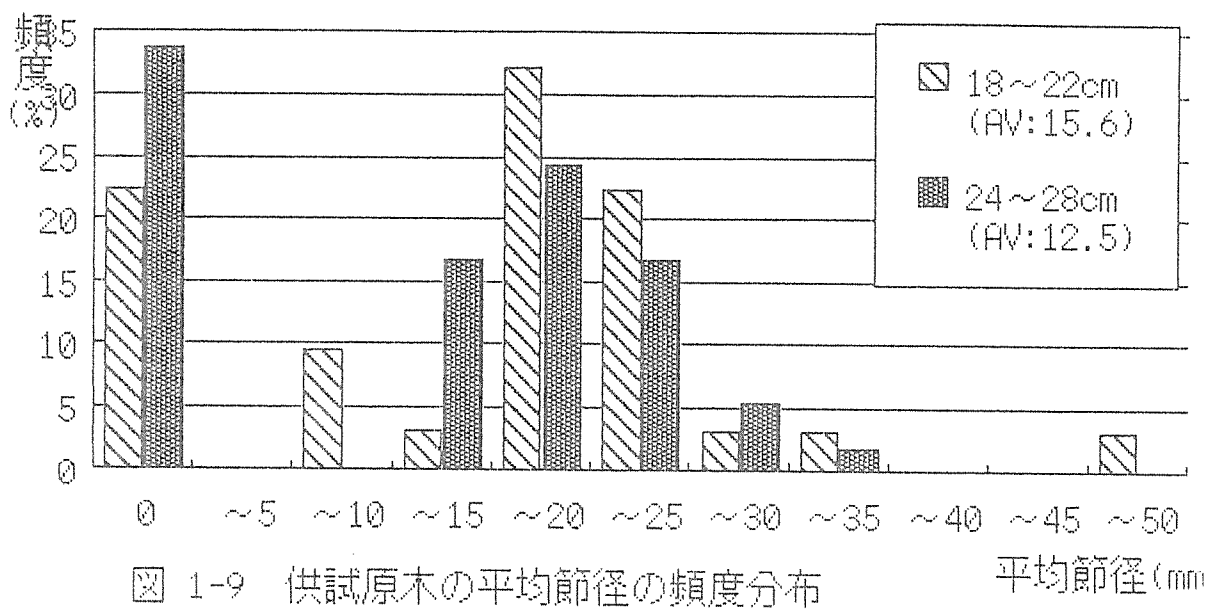
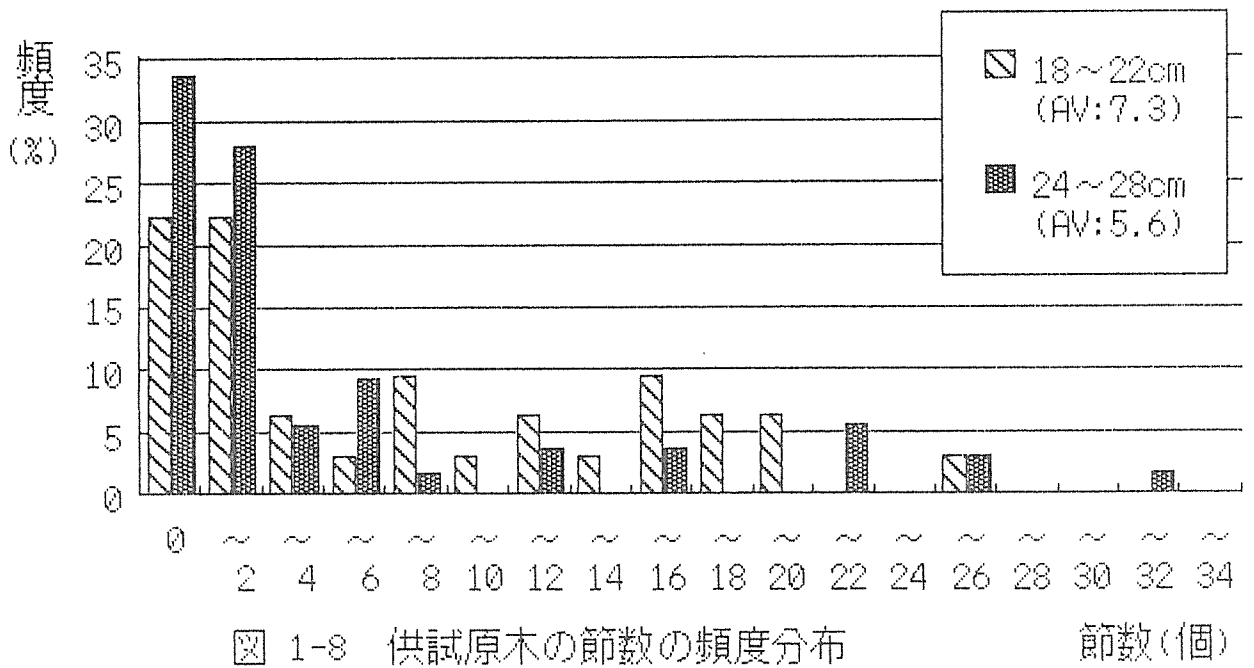


図 1-7 供試原木の曲り率の頻度分布



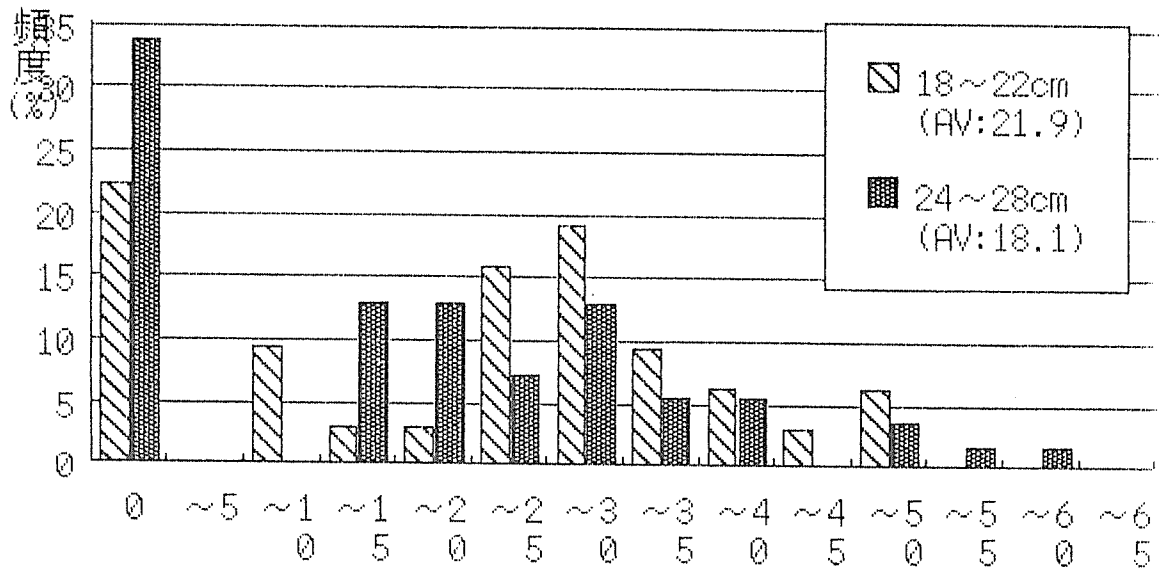


図 1-10 供試原木の最大節径の頻度分布 最大節径 (mm)

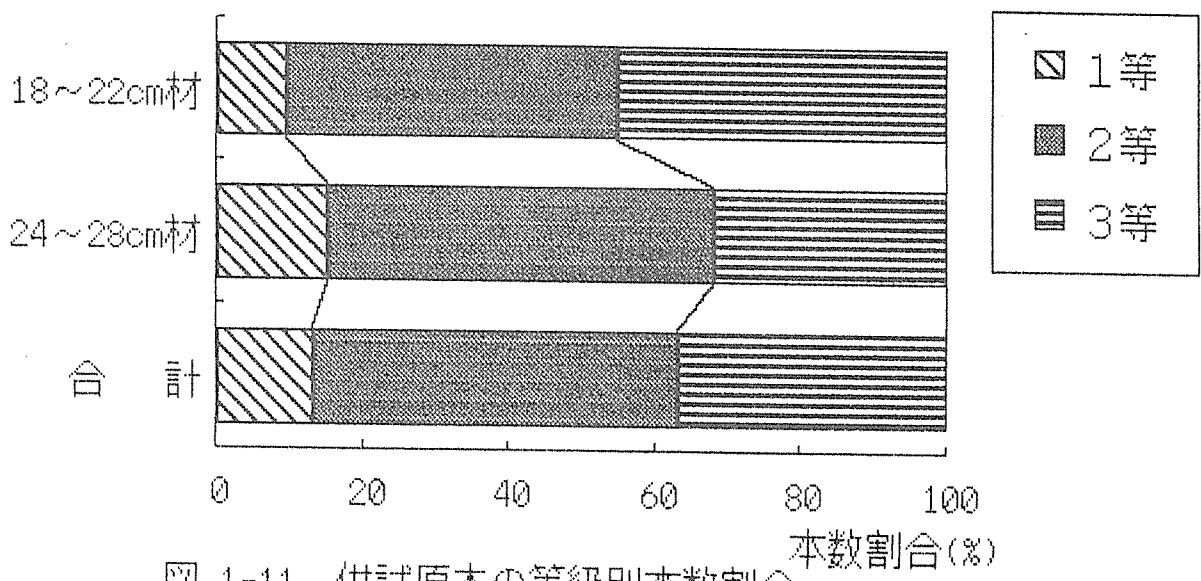


図 1-11 供試原木の等級別本数割合

1-2. 製材

(1) 製材の方法

製材は、当林業センターにおいて鋸車径 1150mmの全自動送材車付帯鋸盤で実施した。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 2-1に示すように、だら挽きと粹挽きの 2種類とした。

また、製材品の寸法型式は供試原木からできるだけ大きい断面の製品が採れるように、さらに、だら挽きおよび粹挽きの木取り方法を考慮して 203材、204材、206材、208材、210材の材種から製材時にその都度選択した。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は、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算出、製材品の材積は製材寸法の実測値の平均値による算出とした。

(2) 製材品の採材枚数

表 2-1、図 2-2に供試原木 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 18~22cm原木では、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、24~28cm原木は 4枚/本が 56.0%、5枚/本が 40.0%、6枚/本が 4.0%と多くの枚数が採材できた。

粹挽きの 18~22cm原木では、5枚/本が 42.9%、6枚/本が 57.1%であったのに対し、24~28cm原木では、5枚/本が 3.6%にすぎず、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、木取り方法のちがいにより採材枚数に差が生じた。

(3) 製材歩止まり

① 木取り方法別、径級別製材歩止まり

表 2-2に木取り方法別、径級別製材歩止まりを示す。だら挽きをみると、18~22cm原木の製材歩止まりは 52.4%であるのに対し、24~28cm原木の製材歩止まりは 55.1%と若干高い値を示した。また、梓挽きでも、18~22cm原木の製材歩止まりは 52.4%であるのに対し、24~28cm原木の製材歩止まりは 53.9%とだら挽きと同様に 24~28cm原木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 24~28cm原木の方が 18~22cm原木より 1.5~2.7%の若干高い製材歩止まりを示しており、この中でだら挽きの24~28cm原木が最も高い製材歩止まりとなった。

図 2-3に木取り別の製材歩止まりの頻度分布を示す。だら挽き、梓挽きともほぼ同様な傾向を示し、製材歩止まりの 50~60%にピークがあった。

図 2-4に径級別の製材歩止まりの頻度分布を示す。18~22cm原木、24~28cm原木ともほぼ同様な分布をしており、木取り別製材歩止まりの場合と同様に歩止まり 50~60%にピークがあった。

② 製材寸法型式別材積割合

表 2-3、図 2-5に製材寸法型式別の材積割合を、木取り別、径級別を示す。だら挽きの径級別製材材積では、18~22cm原木、24~28cm原木とも 208材の材積割合が最も多く約 52~54%を占めた。206材は 18~22cm原木で 28.0%と24~28cm原木の 14.7%の 2倍近く製材された。210材は 18~22cm原木からは製材されなかったが、24~28cm原木から製材され 16.

0%を占めた。

杣挽きでは 18~22cm原木においては 204材が 68.8%と主流の製材品となったが、24~28cm原木においては 206材が 52.4%、204材が 43.1%を占め主な製材品となっていた。

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材であったが、杣挽きでは 204材および 206材が約 47%を占め主な製材品となっており、木取り方法のちがいにより製材された材種に差が生じた。

しかし、今回の木取り方法では製材寸法型式が小さくなると、採材枚数が多くなったため、総材積での製材歩止まりにはほとんど差がなかった。

さらに、今回は 203材~ 210材の住宅用部材のみ主製品として製材しており、副製品の製材は行わなかったため全体に製材歩止まりは低くなった。

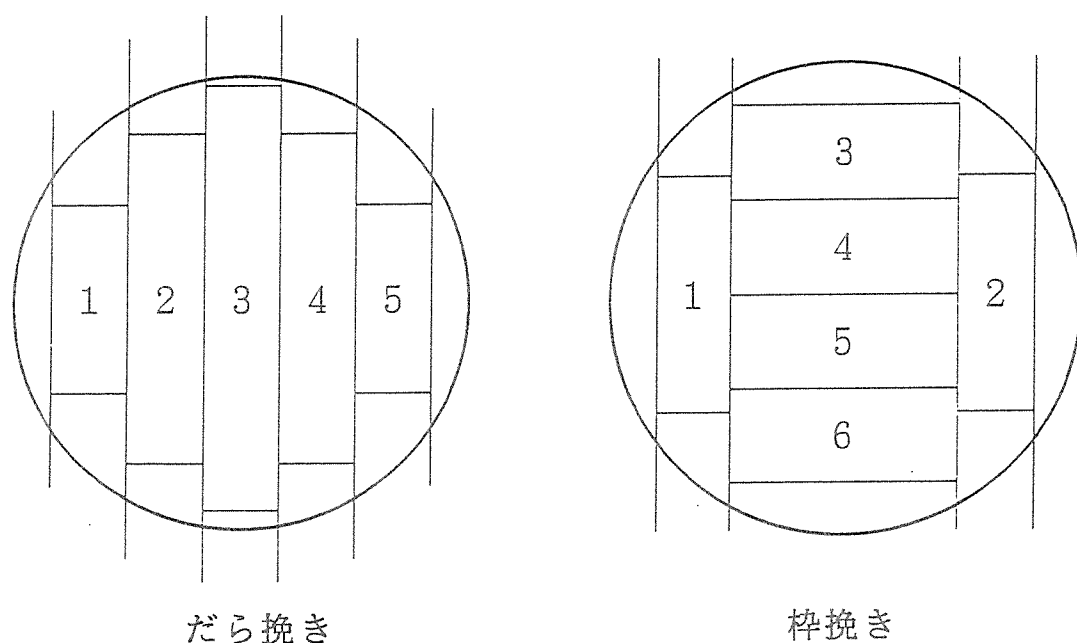


図 2 - 1 木取り方法

表 2-1 供試原木 1 本当りの製材品採材枚数割合

採材枚数	だら挽き				
	18~22 cm	割合	24~28 cm	割合	
3	1	4.2	1	2.0	
4	23	95.8	14	56.0	
5			10	40.0	
6			1	4.0	
7				1	2.0
合計	24	100.0	25	100.0	
	控挽き				
採材枚数	18~22 cm	割合	24~28 cm	割合	
	本数		本数		
3					
4					
5	3	42.9	1	3.6	
6	4	57.1	24	85.7	
7			3	10.7	
合計	7	100.0	28	100.0	
採材枚数	合計				
	18~22 cm	割合	24~28 cm	割合	
3	1	3.2	1	1.2	
4	23	74.2	14	26.4	
5	3	9.7	11	20.8	
6	4	12.9	25	47.2	
7			3	5.7	
合計	31	100.0	53	100.0	

表 2-2 木取り別、径級別製材歩止り

だら挽き原木	18~22 cm				24~28 cm				合計
	本数	材積	枚数	材積(%)	本数	材積	枚数	材積(%)	
製材品	95	112	207		112	134	282		207
歩止り材積(%)	2.6935	3.5844	6.2779	52.4	55.1	53.9	53.6		53.9
控挽き原木	18~22 cm				24~28 cm				合計
	本数	材積	枚数	材積(%)	本数	材積	枚数	材積(%)	
製材品	39	170	209		28	9.187	35		209
歩止り材積(%)	0.7932	4.1325	4.9257	52.4	53.9	53.6			53.6
合計原木	18~22 cm				24~28 cm				合計
	本数	材積	枚数	材積(%)	本数	材積	枚数	材積(%)	
製材品	134	282	416		141	20.829	178		416
歩止り材積(%)	3.4867	7.7169	11.2036	52.4	54.4	54.4	53.8		53.8

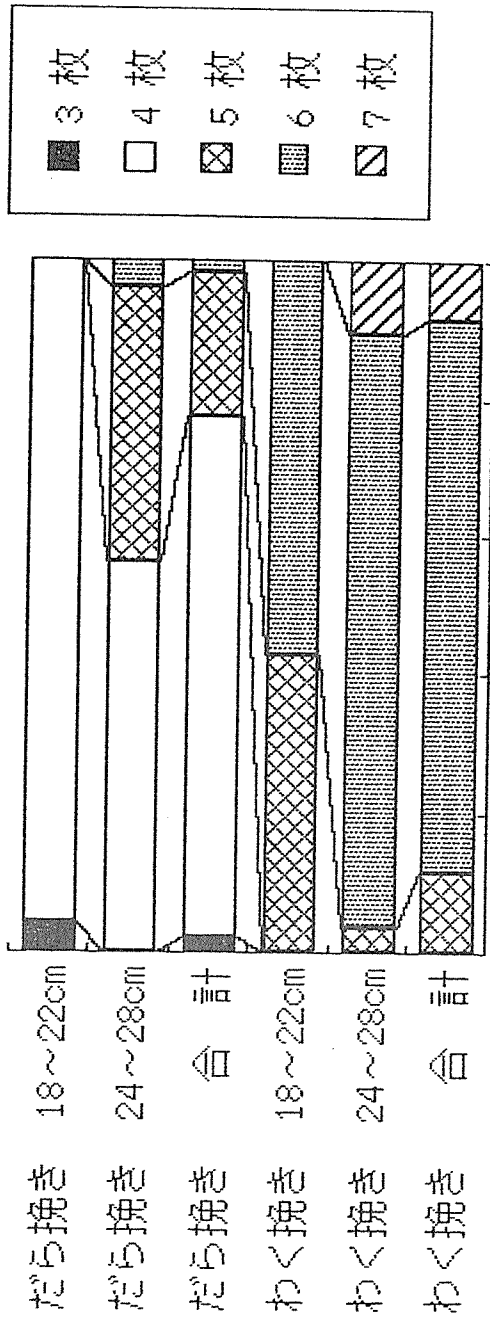


図 2-2 原木 1 本当りの製材品採材枚数割合

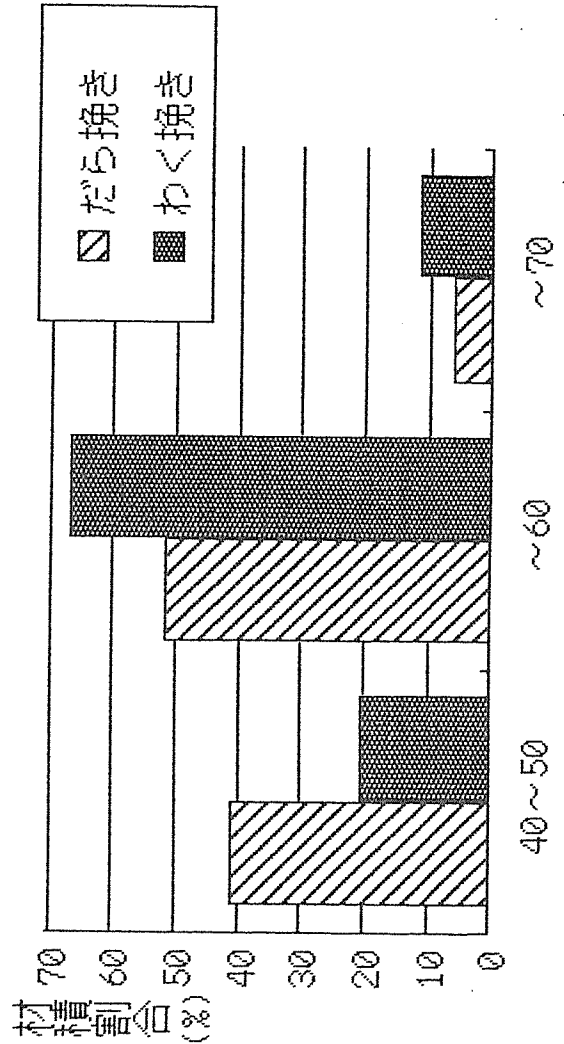


図 2-3 木取り別製材歩止りの頻度分布

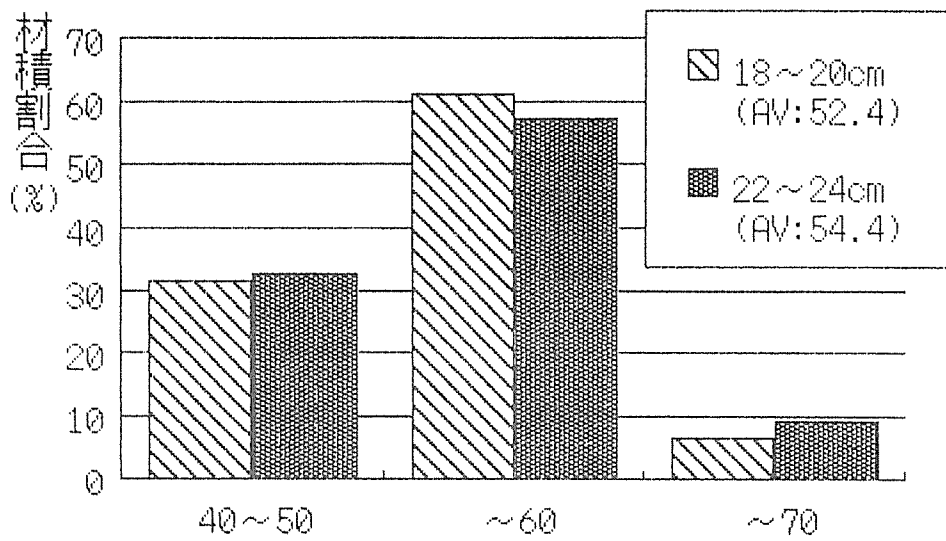


図 2-4 径級別製材歩止りの頻度分布

歩止り (%)

表 2-3 製材寸法型式別材積割合

だら挽き 寸法型式	18-22cm			24-28cm			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	3.5844	100.00	207	6.2779	100.00

枠挽き 寸法型式	18-22cm			24-28cm			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	18-22cm			24-28cm			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	2.2943	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

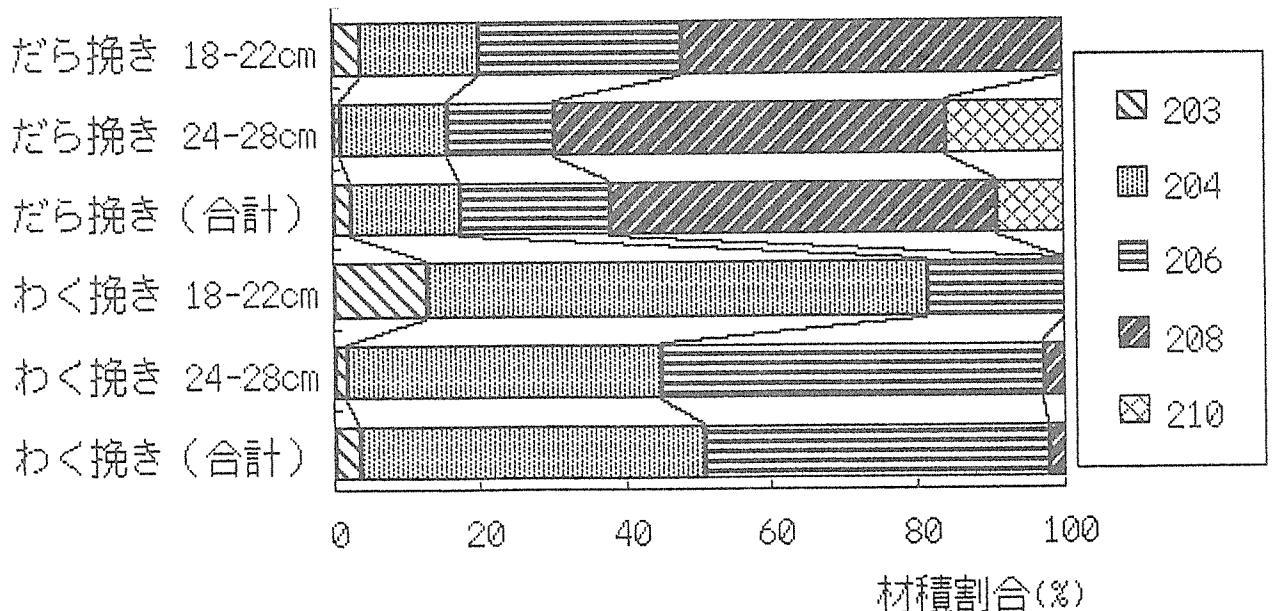


図 2-5 製材寸法型式別材積割合

1-3. 製材品の調査

(1) 製材品調査

製材品の調査は、①材長、②重量、③そりおよび曲がり、④巾そり、⑤ねじれ、⑥含水率計による含水率、⑦木口および材面の割れ、⑧巾および厚さの寸法、⑨年輪巾、⑩繊維傾斜、⑪節、⑫FFTアナライザーによる基本振動数の項目について行った。

表 2-4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。

① そりおよび曲がり

そりの量は、だら挽き、梓挽きとも製材寸法型式の大きい製材品ほど小さくなる傾向を示した。

一方、曲がり量は、そりの場合と同様に製材寸法型式が大きいほど小さくなる傾向を示したが、だら挽きの 18~22cm原木、24~28cm原木からの製材品と梓挽きの 18~22cm原木からの製材品において、また、203材と204材との間に大きな差があった。

② 年輪巾

平均年輪巾は、木取り別、製材寸法型式別を問わず 6.2mm~ 6.7mmの範囲にほとんどが含まれた。

③ 繊維傾斜

だら挽きでは、製材寸法型式が大きくなると繊維傾斜は小さくなる傾向があったが、梓挽きでは反対に製材寸法型式が大きくなると繊維傾斜も大きくなる傾向を示し、木取り方法のちがいによる差がみられた。

④ 節

製材品の節がいくつの材面に出現したかを製材品の枚数割合で表したのが図 2-6である。だら挽きでは、節の出現が 3材面にわたる製材品が 35.3%、

4材面にわたる製材品が 44.2%であった。

一方、梓挽きでは 3材面にわたる製材品が 14.5%とだら挽きの半分以下であったが、4材面にわたる製材品は 76.3%占めだら挽きに比べ著しく多かった。

節の材面別出現状況を表 2-5に示す。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本当り材巾面の平均節数は 25.5個、材厚面の平均節数は 5.8個となり、また、節の平均長径は材巾面で 19.8mm、材厚面で 16.3mmであり、材巾面の節の方が個数、長径とも大きかった。

木取り別では、材巾面の節数はだら挽きで 27.8個、梓挽きで 23.3個、材厚面の節数はだら挽きで 3.6個、梓挽きで 8.0個となり、だら挽きでは材巾面に、梓挽きでは材厚面に節が多く出現し、木取りにより節の出現状況に差が生じた。

(2) 製材品の等級格付け

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 2-7に示す。3級材がだら挽きで 72.6%、梓挽きが 72.7%とどちらの木取り方法の場合とも最も多い材積割合を占めた。次いで、だら挽きでは 2級材が 9.9%、等外材が 7.5%の順になり特級材と 1級材の計が 10.1%あったが、梓挽きでは等外材が 13.8%と大きな割合を占め、また特級材、1級材の計が 4.5%にすぎず、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 2-8, 2-9, 2-10, 2-11に

示す。

だら挽きの 18～22cm原木からの製材品においては、203材で等外材が 63.7%、3級材が 36.3%であったが、204材では等外材が 12.7%に減少し、3級材が 87.3%と大部分を占めていた。また、206材は等外材が 7.3%、3級材が70.7%とさらに減少し、特級材が 7.4%、1級材が 3.6%、2級材が 11.1%出現し、208材では等外材がなく3級材が 62.2%占めているものの、特級材が 15.6%、1級材が 2.9%、2級材が 19.3%と大きく占め、製材寸法が大きいほど等級が高くなった。

だら挽きの 24～28cm原木からの製材品については、203材は特級材が 35.7%、3級材が 64.3%であった。204材では特級材がなく、2級材が 11.0%、3級材が 71.0%、等外材が 18.0%、206材では 3級材が 52.7%と他の材種より最も少なくなり、特級材、1級材、2級材の計が 32.0%と上級材のシェアが大きくなった。また、203材から210材の中では 203材の等級が最も高いと言える。

梓挽きの 18～22cm原木からの製材品については、203材は 3級材が 43.3%、等外材が 56.7%を占めていた。製材品寸法型式が大きくなるに従い、3級材の割合が多くなり 204材では 81.6%を占め、206材ではすべてが 3級材であった。だら挽きの 18～22cm原木からの製材品と比較すると、梓挽きの18～22cm原木からの製材品には特級材等の上級材がなく等級度合は低かった。

梓挽きの 24～28cm原木からの製材品については、203材では 1級材が 20.6%、2級材が 18.5%、3級材が 60.9%占め等外材はなかった。204材では特級材から 2級材の上級材が 12.2%あるものの、3級材が 65.1%、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、製材寸法型式が大きくなるにしたがい等級の度合が低下する傾向にあり、梓挽きの 24～28cm原木からの製材品の中で最も等級の度合が低かった。

② 甲種製材品の主な等級格付けの要因

各調査結果を基に、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、その要因の割合を表 2-6、図 2-12に示す。

決定要因のうち、そりが 24.3%、節が 38.1%、年輪巾が 36.4%、この3項目が最も強く影響していた。このうち節、年輪巾は木材自体が元々持っている要因である。

木取り方法別、径級別による等級格付け要因の違いに特に目立つ差はなかった。

③ 乙種製材品の等級格付け

203材および 204材について、乙種製材品として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 2-13に示す。

だら挽き、杣挽きともユティリティの割合が約 37%前後と多かった。またコンストラクション、ユティリティとも約 27~29%と大きな差はなかった。木取り別、径級別による等級別材積の割合を図 2-14、2-15、2-16、2-17に示す。

だら挽きの 18~22cm原木からの製材品では 203材に 50.5%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 21.7%、スタンダードが 30.5%占め等級の度合は高かった。一方、だら挽きの 24~28cm原木からの製材品においては、203材でコンストラクションが 69.4%、ユティリティが 30.6%であったが、204材ではコンストラクションが 36.0%、スタンダードが 21.6%と 203材より大きく減少し、等外材も 3.8%生じ等級の度合が低下した。

杣挽きの 18~22cm原木からの製材品では、203材はユティリティが 56.5%と多く出現した。204材ではスタンダードが 48.1%と 203材の約 3倍のシェアであった。

コンストラクションは 203材、204材とも 15%前後で差がなかったが、等外材は 203材で 14.4%と 204材より 3%多く出現しており、203材の方が等級の度合が低かった。

④ 乙種製材品の主な等級格付けの要因

表 2-7および図 2-18に乙種の等級格付けした決定要因の集計結果を示す。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の要因とそりの要因が強く影響し、両方で 75.5%と大部分を占めていた。

木取り別では、だら挽きの製材品はそりの要因が 82.6%とほとんどの決定要因となっている。また節の要因は 13.0%と影響度はやや低かった。

杵挽きの製材品では、そりの要因が 64.2%と最も多いものの、だら挽きの場合に比べ影響度は少し低かった。節の要因は 26.6%とだら挽きの場合の約2倍であったが、曲がりの要因は大きな差はなかった。また、だら挽きの場合にはなかった割れの要因が、杵挽きの場合に 2.8%出現した。

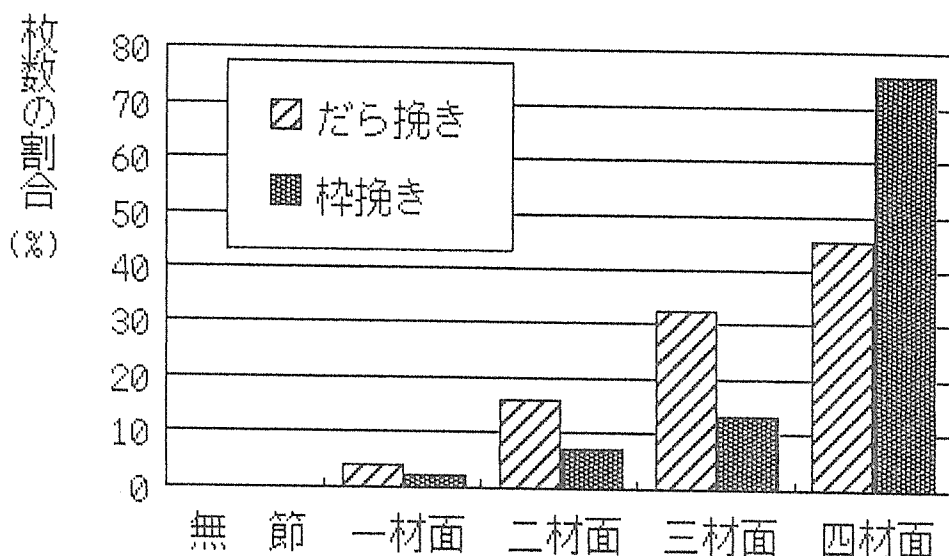


図 2-6 節の出現材面数と枚数割合

表 2-5 節の材面別出現状況

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	371	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
杵挽き	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
杵挽き	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	

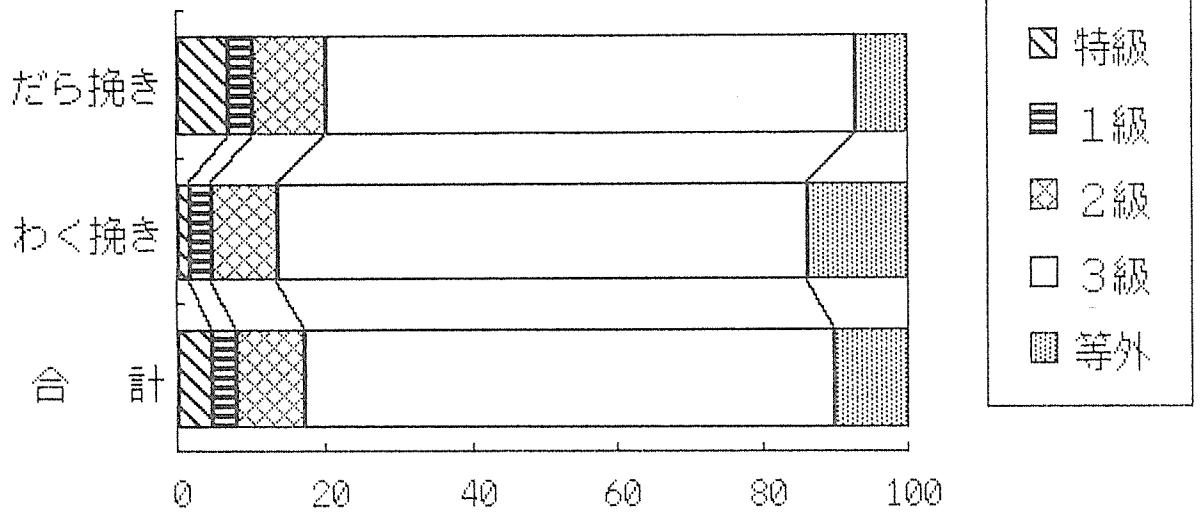


図 2-7 甲種製材品の等級別材積割合 材積割合(%)

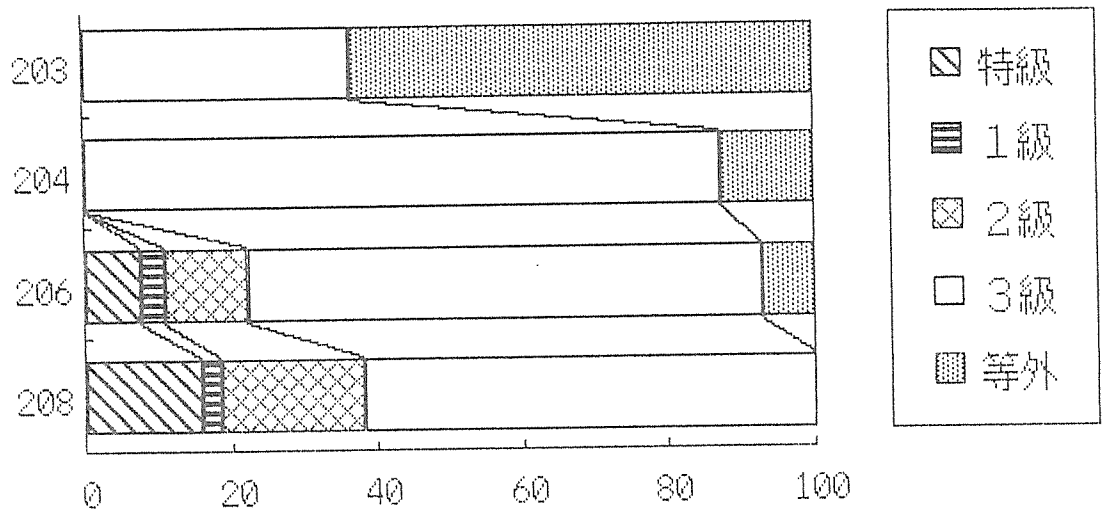


図 2-8 だら挽き(18-22cm)における 材積割合(%)
甲種製材品寸法型式及び等級別材積割合

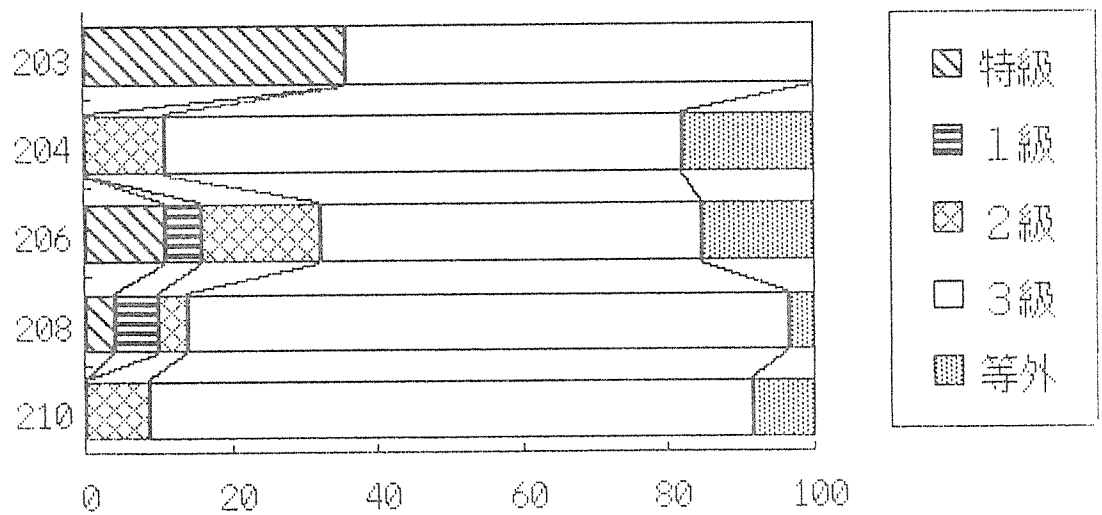


図 2-9 だら挽き(24-28cm)における 材積割合(%)
甲種製材品寸法型式及び等級別材積割合

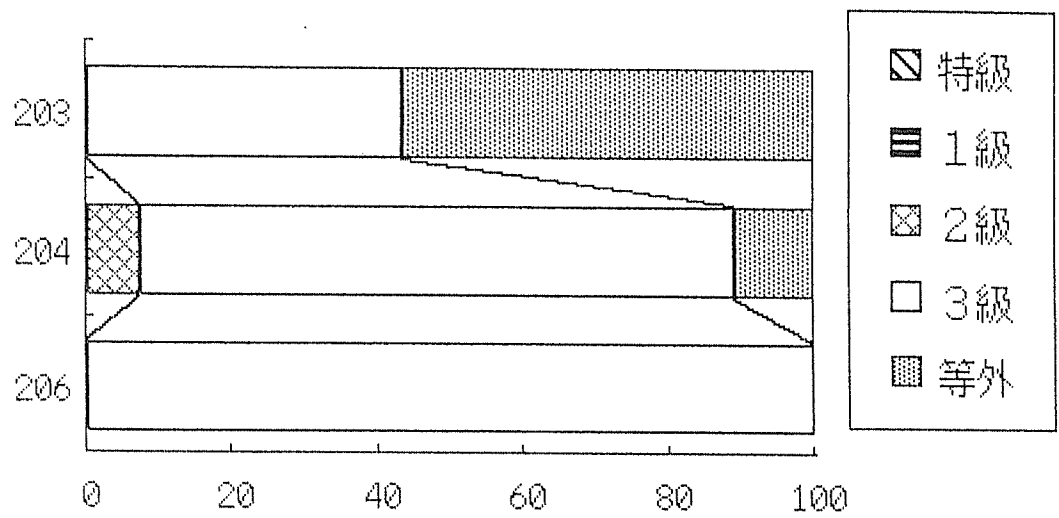


図 2-10 わく挽き(18-20cm)における 材積割合(%)
甲種製材品寸法型式及び等級別材積割合

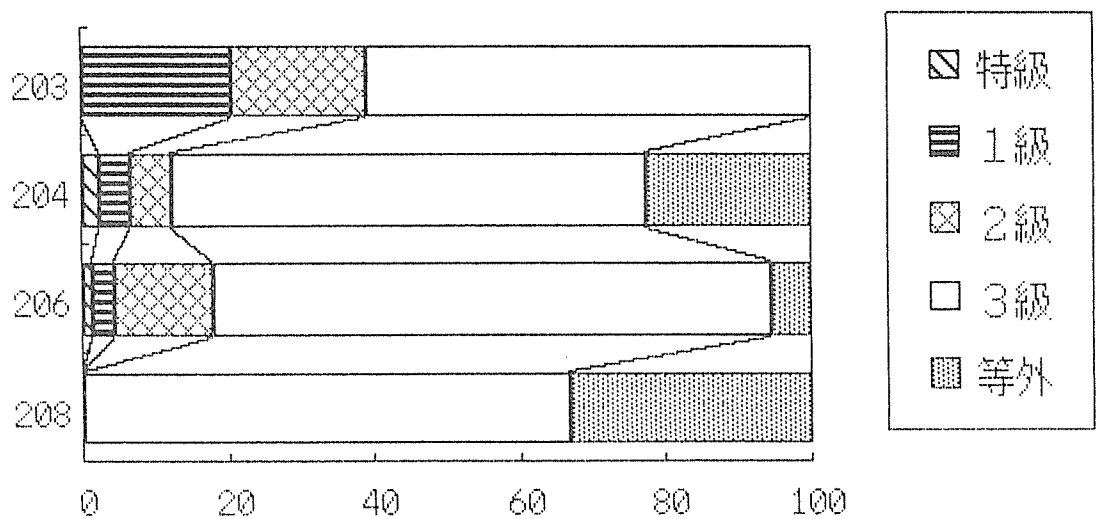


図 2-11 わく挽き(24-28cm)における 材積割合(%)
甲種製材品寸法型式及び等級別材積割合

表 2-6

甲種製材品の等級要因別集計

区分	等級要因項目								総合品等
	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	年輪巾	
打ら挽き 出現数	0	0	35	0	1	0	41	43	120
18-22cm 割合(%)	0	0	29.17	0	0.83	0	34.17	35.83	100
打ら挽き 出現数	0	0	36	0	0	0	56	63	155
24-28cm 割合(%)	0	0	23.23	0	0	0	36.12	40.65	100
打ら挽き 出現数	0	0	71	0	1	0	97	106	275
合計 割合(%)	0	0	25.82	0	0.36	0	35.27	38.55	100

区分	等級要因項目								総合品等
	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	年輪巾	
粹挽き 出現数	0	4	16	0	2	0	25	21	68
18-22cm 割合(%)	0	5.88	23.53	0	2.94	0	36.76	30.89	100
粹挽き 出現数	0	0	55	0	0	0	101	86	242
24-28cm 割合(%)	0	0	22.73	0	0	0	41.74	35.53	100
粹挽き 出現数	0	4	71	0	2	0	126	107	310
合計 割合(%)	0	1.29	22.9	0	0.65	0	40.65	34.51	100

区分	等級要因項目								総合品等
	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	年輪巾	
だら+粹 出現数	0	4	142	0	3	0	223	213	585
総合計 割合(%)	0	0.68	24.27	0	0.51	0	38.12	36.42	100

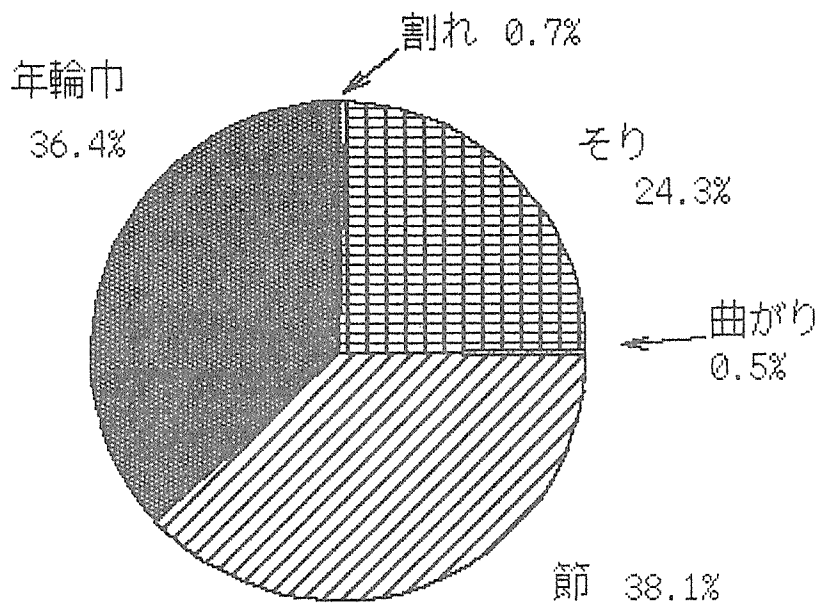


図 2-12 甲種製材品(未乾燥材)の等級格付けにおける決定要因について

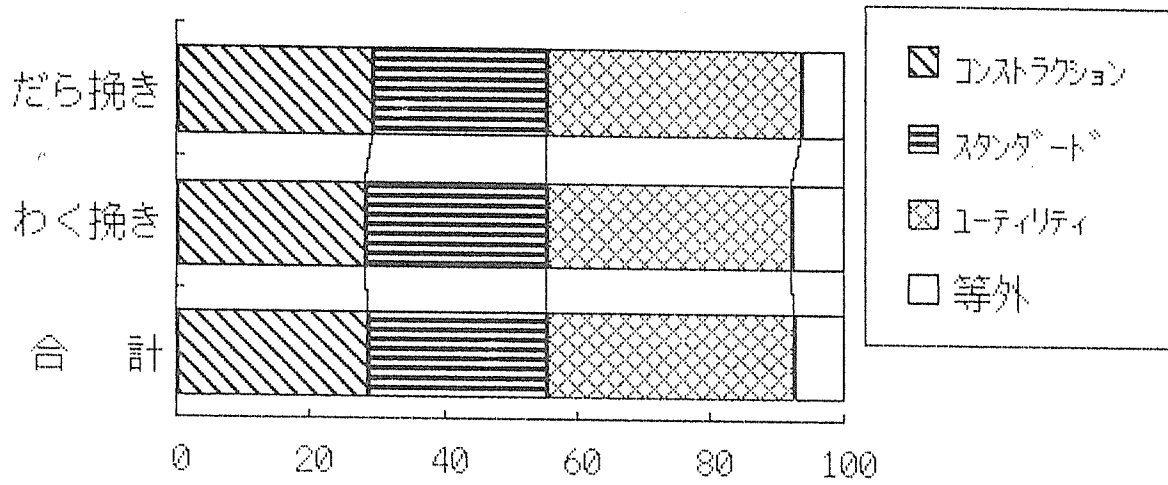


図 2-13 乙種製材品の等級別材積割合 材積割合(%)

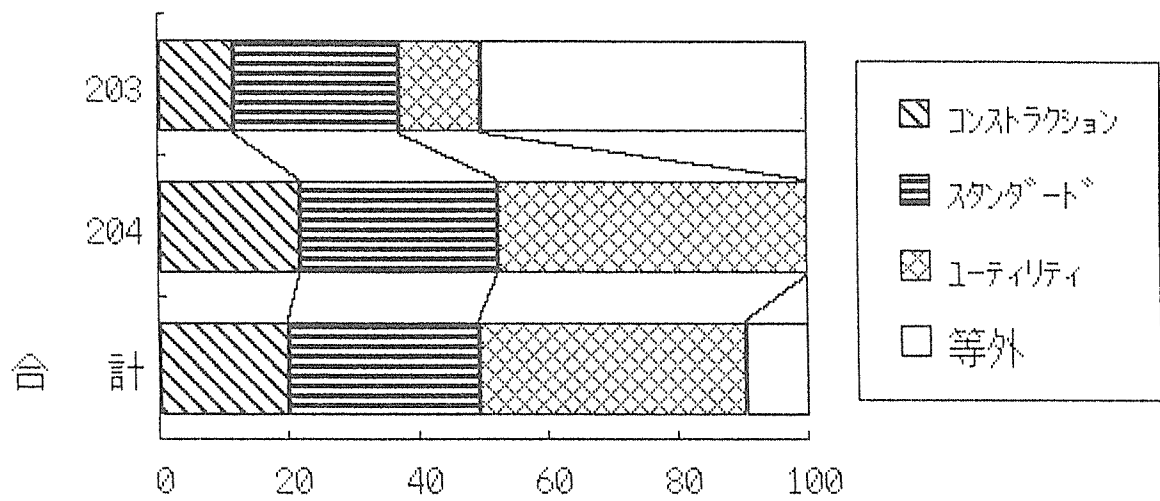


図 2-14 だら挽き(18-22cm)乙種製材品 寸法別,等級別材積割合 材積割合(%)

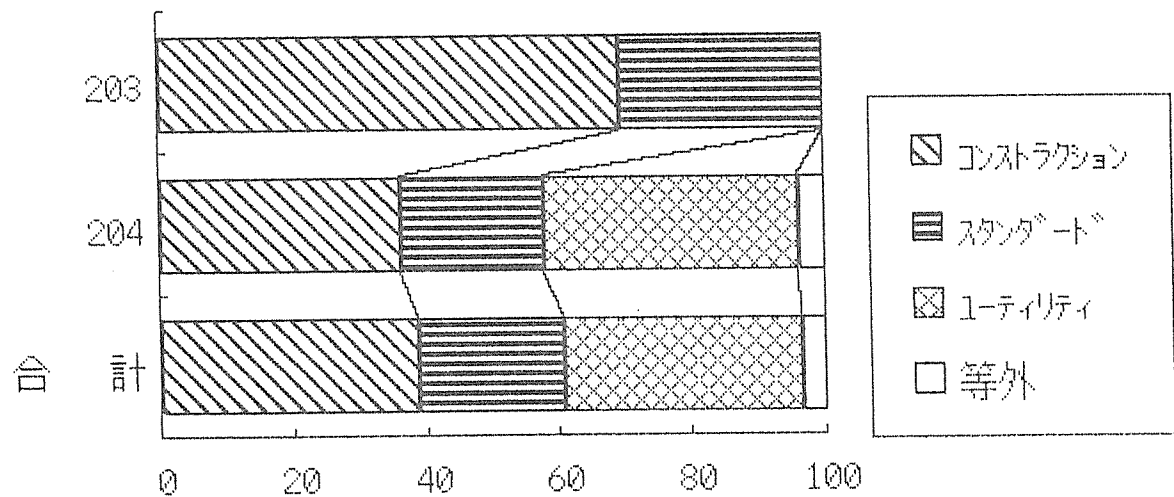


図 2-15 だら挽き(24-28cm)乙種製材品 寸法別,等級別材積割合 材積割合(%)

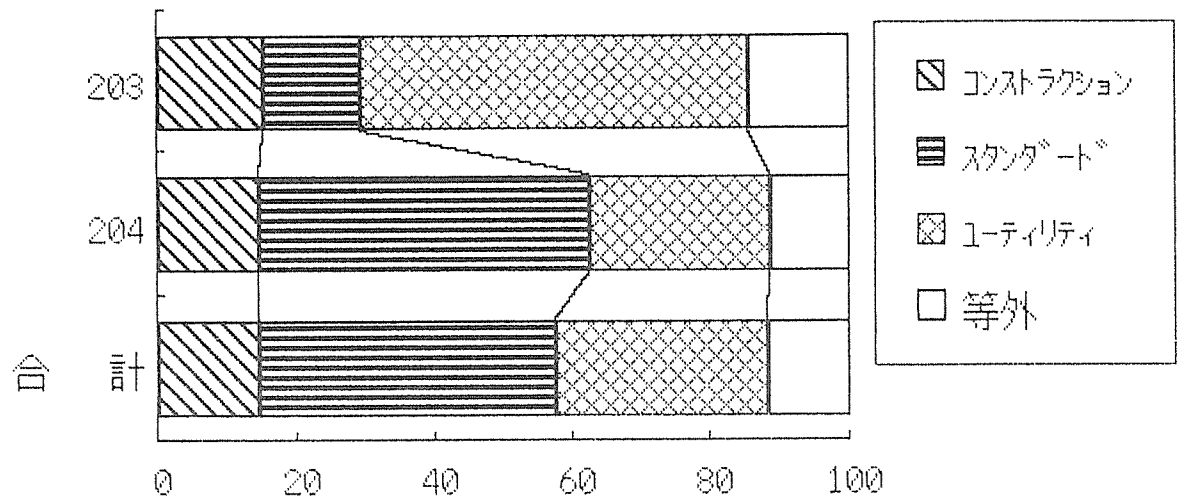


図 2-16 わく挽き(18-22cm)乙種製材品
寸法別,等級別材積割合 材積割合(%)

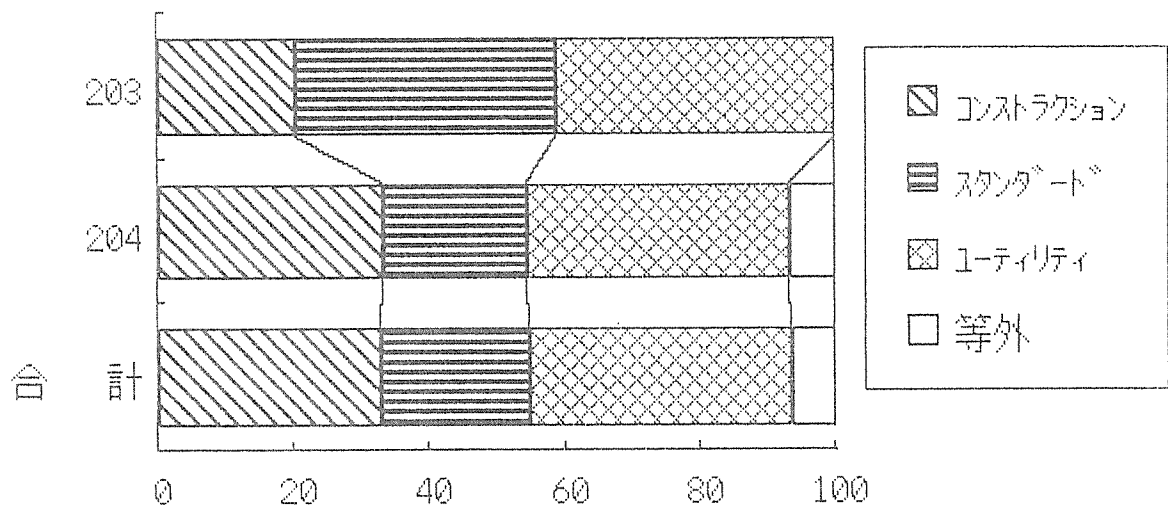


図 2-17 梓挽き(24-28cm)乙種製材品
寸法別,等級別材積割合 材積割合(%)

表 2-7

乙種製材品の等級要因別集計

区分		等級要因項目						総合品等	
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ		節
だら挽き 18-22cm	出現数	0	0	22	0	1	0	2	25
	割合(%)	0	0	88	0	4	0	8	100
だら挽き 24-28cm	出現数	0	0	16	0	1	0	4	21
	割合(%)	0	0	76.19	0	4.76	0	19.05	100
だら挽き 合計	出現数	0	0	38	0	2	0	6	46
	割合(%)	0	0	82.61	0	4.35	0	13.04	100

区分		等級要因項目						総合品等	
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ		節
枠挽き 18-22cm	出現数	0	3	21	0	3	0	12	39
	割合(%)	0	7.69	53.85	0	7.69	0	30.77	100
枠挽き 24-28cm	出現数	0	0	49	0	4	0	17	70
	割合(%)	0	0	70	0	5.71	0	24.29	100
枠挽き 合計	出現数	0	3	70	0	7	0	29	109
	割合(%)	0	2.75	64.22	0	6.42	0	26.61	100

区分		等級要因項目						総合品等	
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ		節
だら+枠 総合計	出現数	0	3	108	0	9	0	35	155
	割合(%)	0	1.94	69.67	0	5.81	0	22.58	100

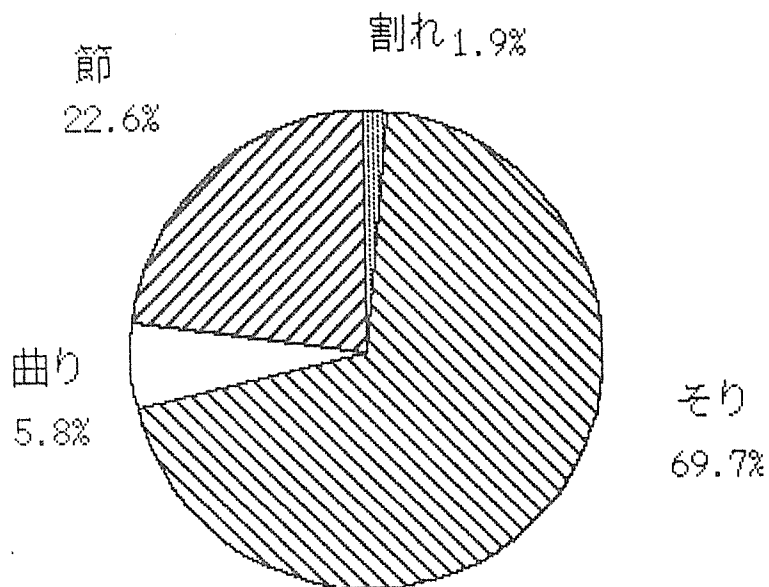


図 2-18 乙種製材品(未乾燥材)の等級格付けにおける決定要因

1-4. 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、梓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 (18~22cm原木 5本、24~28cm原木 5本)、梓挽き 9本 (18~22cm原木 2本、24~28cm原木 7本) とした。

(2) 測定結果

表 2-8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 24~28cm原木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、だら挽きにくらべ梓挽きの方が、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、梓挽きの24~28cm原木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の原木 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ため大きい値となった。

表 2-9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。

表 2-8

木取り別製材所要電力量

区 分	だら挽き		粹挽き	
	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 ²)	1.635	1.368	1.168	1.409
大割り単位面積当り電力量 (kWh/m ²)	0.441	0.323	0.710	0.829
小割り単位面積当り電力量 (kWh/m ²)	1.194	1.044	0.457	0.579
単位時間当り切削時電力量(kWh/sec)X10 ⁻³	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 ²)	0.060	0.064	0.075	0.084

表 2-9

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

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（容積 7m³）で実施した。

2-1. 人工乾燥試験

(1) 乾燥試験方法

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 3-1に示す2種類のスケジュールにより、目標含水率をJ A S（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(90~95℃)、枠挽きによる製品は中温乾燥(70~75℃)を行った。

棧積み配置図を図 3-1、3-2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 3-2に示すとおりである。

スケジュールの操作は、高温乾燥および中温乾燥のそれぞれの乾燥試験ごとに6枚（桁目材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。

また、乾燥試験中コントロールサンプルの①含水率、②収縮率、③割れ、④そり、曲がり、ねじれについて測定した。

① 含水率の測定

コントロールサンプルの含水率は、図 3-3に示すように乾燥前に両木口より 2個の小試片、乾燥後には材中央部で 1個の小試片を取り、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、1材面当り 3ヶ所、材巾、材厚の 2材面において含水率を測定した。

また、乾燥前後の水分分布状態を把握するために、小試片を切り取り図 3-4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材巾、材厚さの寸法を各 3ヶ所について、材巾は、1/100mmデジタルノギス、材厚さは、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。このときの測定位置を図 3-5に示す。

③ 割れの測定

木口割れ、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) 乾燥結果

① 乾燥経過

乾燥経過を図 3-6、3-7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 3-3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 3-4および図 3-8で示す。なお、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%の表示となっている。

両条件による乾燥とも製材品の平均含水率はおおむね 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、かつ、ば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%）とばらつきがみられた。

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 3-9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。

③ 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、実質運転時間は高温乾燥 81時間、中温乾燥 108時間となり、高温乾燥での乾燥時間の短縮がみられた。

④ 収縮率

コントロールサンプルの収縮率を表 3-5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。柾目材として採取したコントロールサンプルは、側部が追柾となっていて、巾が接線方向、厚さが半径方向に相当している追柾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 3-6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。

製材品の収縮率を表 3-7、 3-8に、また収縮率の分布を図 3-10に示す。製材品には、板目材、柾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。また偏差、最大値については、特に差はみられなかった。

⑤ 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 3-9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いが、中温条件では割れの増加がみられなかった。

⑥ そり、曲がり、ねじれ

そり、曲がり、ねじれの変化量を表 3-10、 3-11、 3-12および変化量の分布を図 3-11、 3-12、 3-13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、粹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。

2-2. 乾燥歩止まり

表 3-13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、原木時ではサンプル材を製材した原木材積、また、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、原木に対して 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、杵挽きの製材歩止まりは 53.9%、原木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、18~22cmの原木から製材された製品の原木に対する乾燥歩止まりは、だら挽き、杵挽きとも 49%前後で大きな差はなかった。また、24~28cmの原木の場合も 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。

したがって、今回の製材方法による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%程度の歩止まりと言える。

表 3-1 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 3 - 1

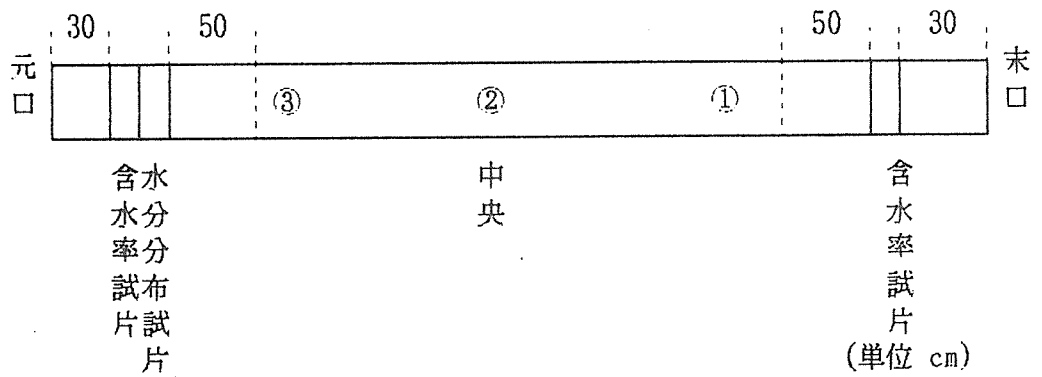
高温乾燥棧積み配置図

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 3 - 2

中温乾燥棧積み配置図

		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	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		



寸法及び含水率計は①②③の位置で測定した。
 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 3-3 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および含水率計の測定位置

表 3-2 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 ³	4.9173m ³

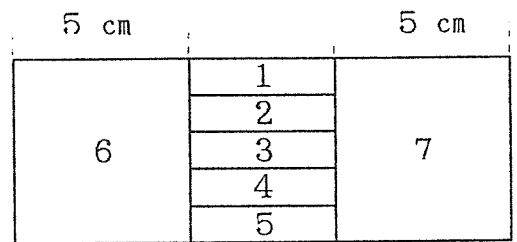
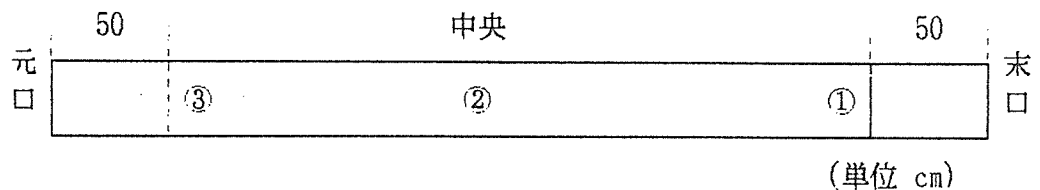


図 3-4 水分分布測定分割方法



寸法及び含水率計は①②③の位置で測定した。

図 3-5 コントロールサンプル材の寸法、含水率計の測定位置

表 3-3 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

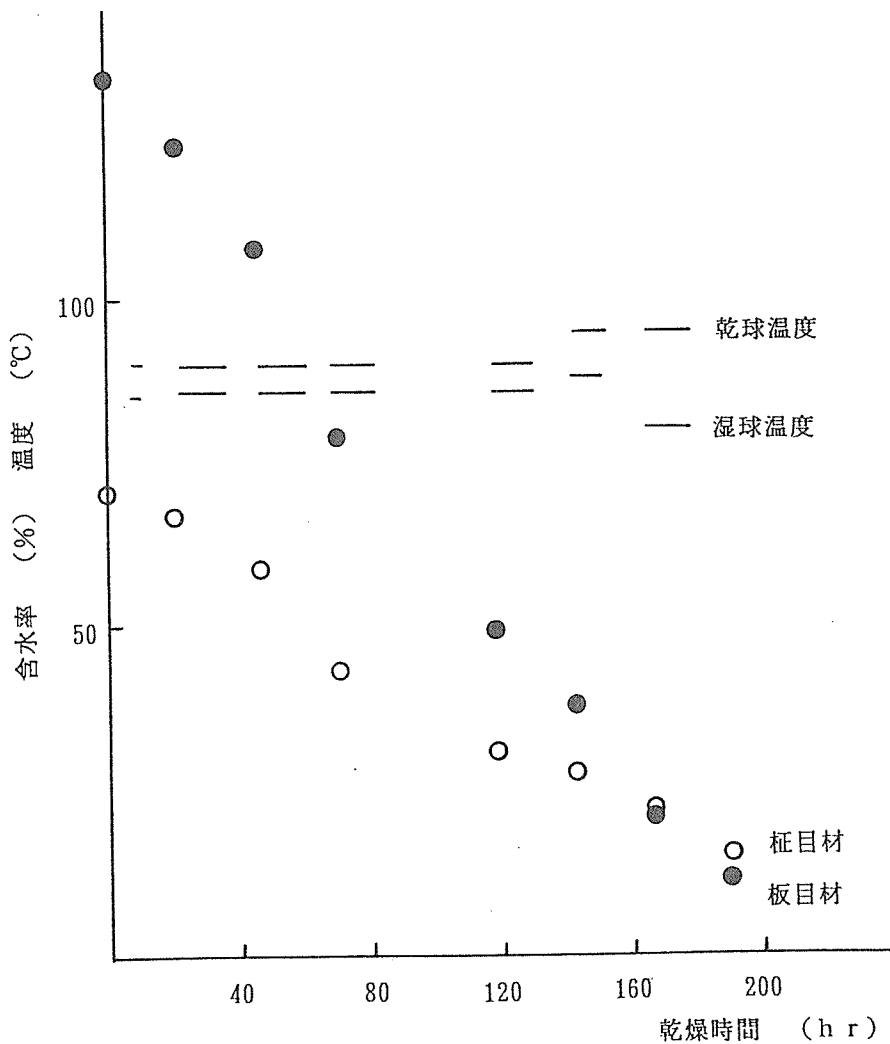


図 3-6 高温乾燥における含水率経過

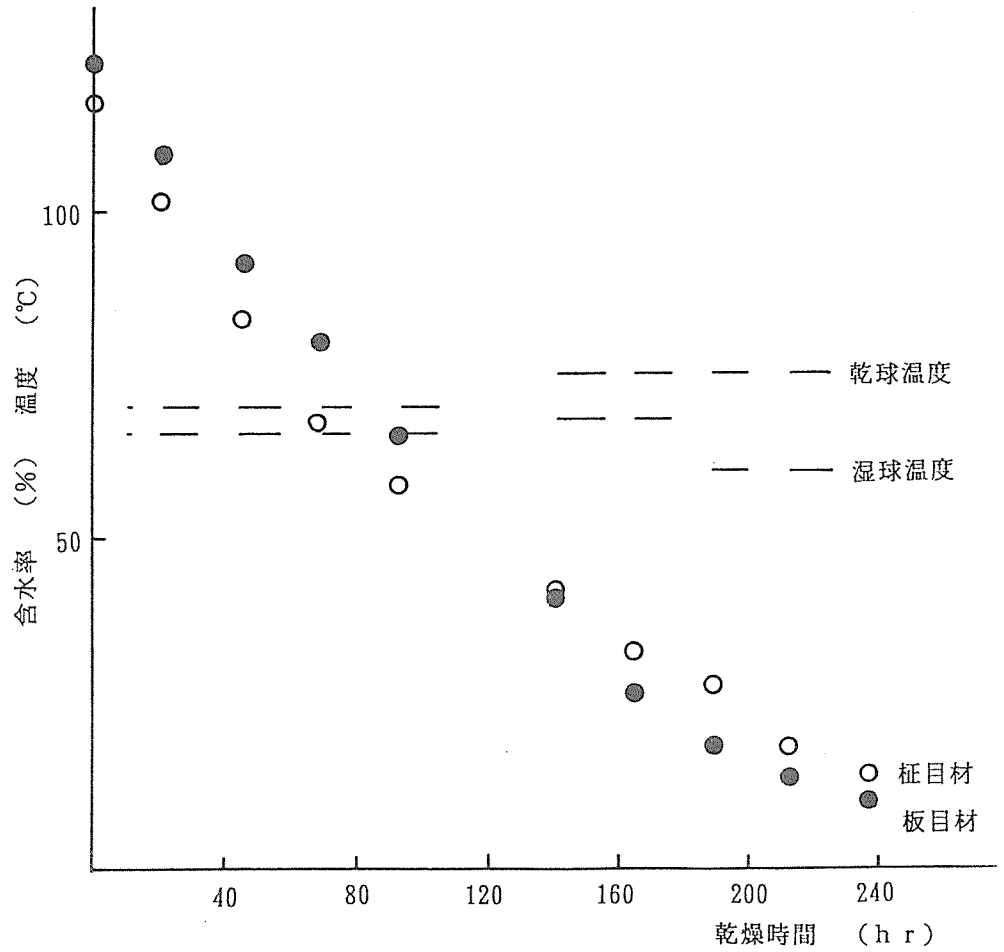


図 3-7 中温乾燥における含水率経過

表 3-4 含水率計による初期及び仕上がり含水率

条件	区分	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

含水率計：高周波含水率計デルター5を使用
比重補正は、1.0

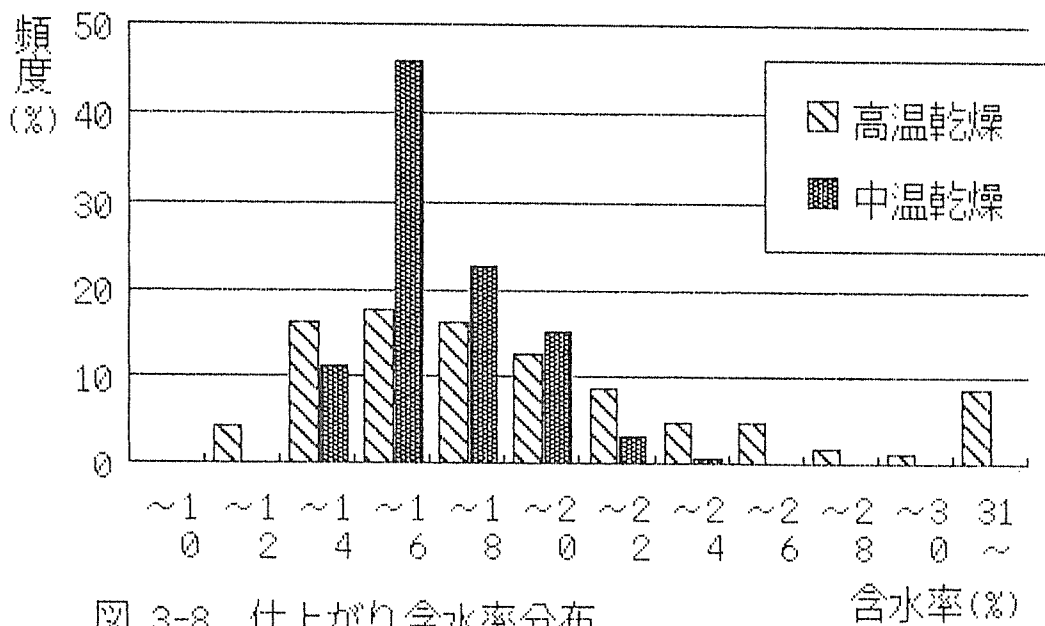


図 3-8 仕上がり含水率分布

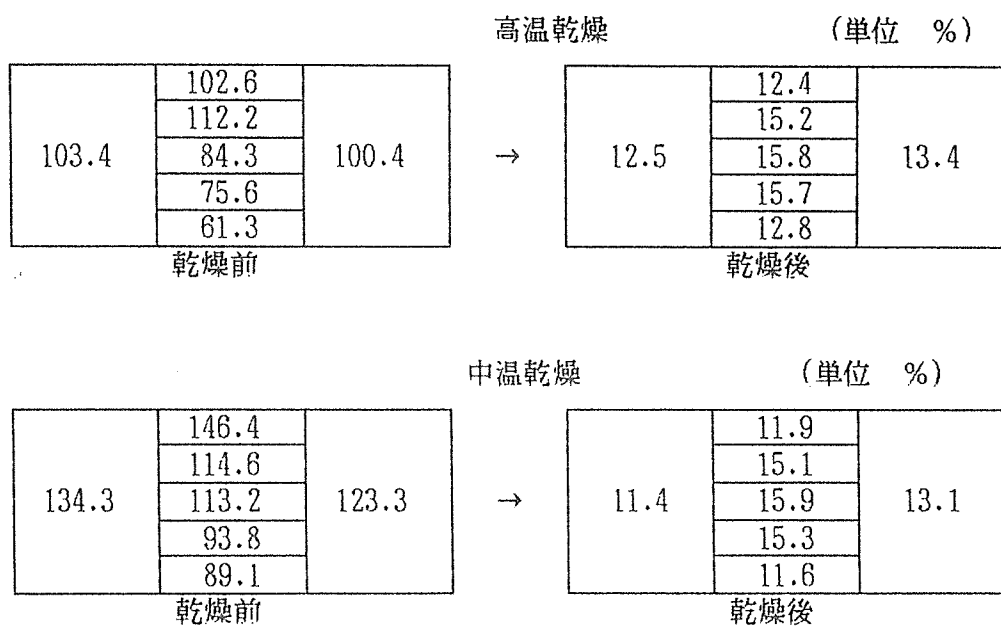


図 3-9 コントロールサンプルの乾燥前後の水分分布

表 3-5 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	桁目材	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	桁目材	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

補正は含水率15%時

表 3-6 アジマノスギの収縮試験結果
(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 3-7 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 3-8 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

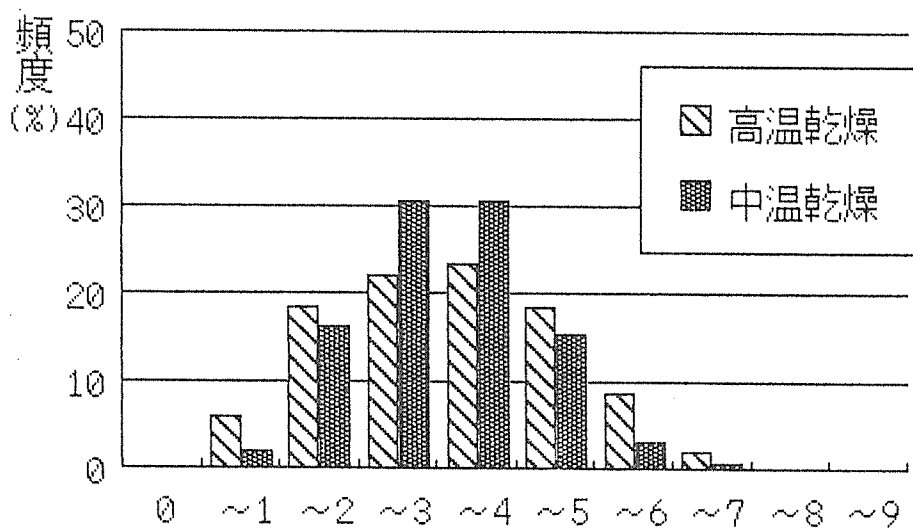


図 3-10 乾燥による収縮率

表 3-9 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 3-1-1 製材品の曲がり量

条件	区分	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 3-1-0 製材品のそり量

条件	乾燥前	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

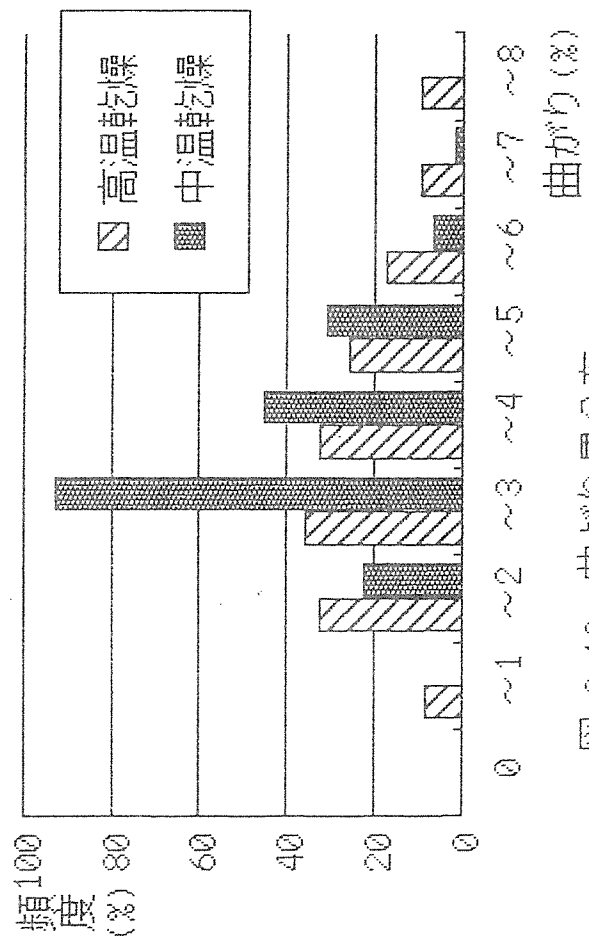


図 3-12 曲がり量分布

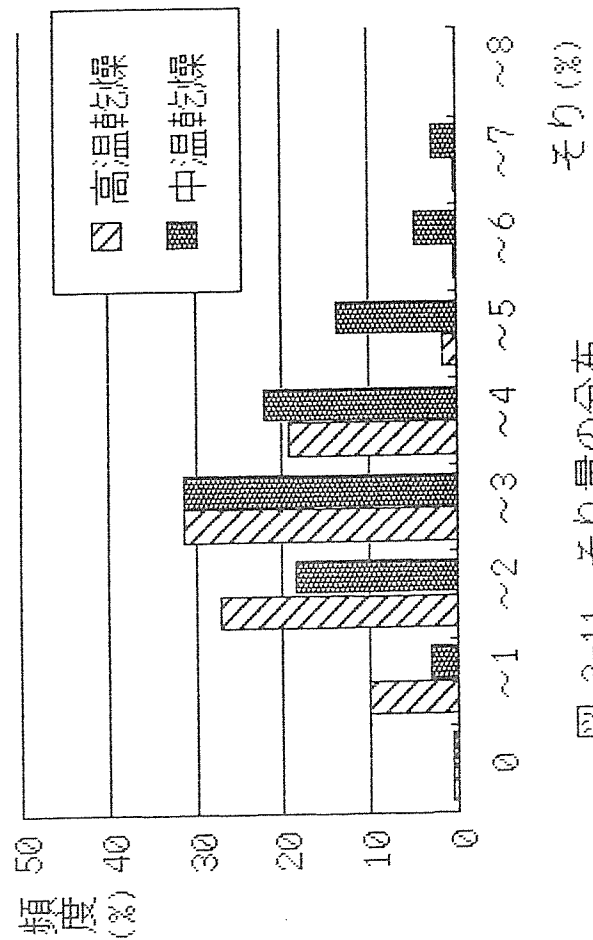


図 3-11 そり量の分布

表 3-12 製材品のねじれ量

条件	区分	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

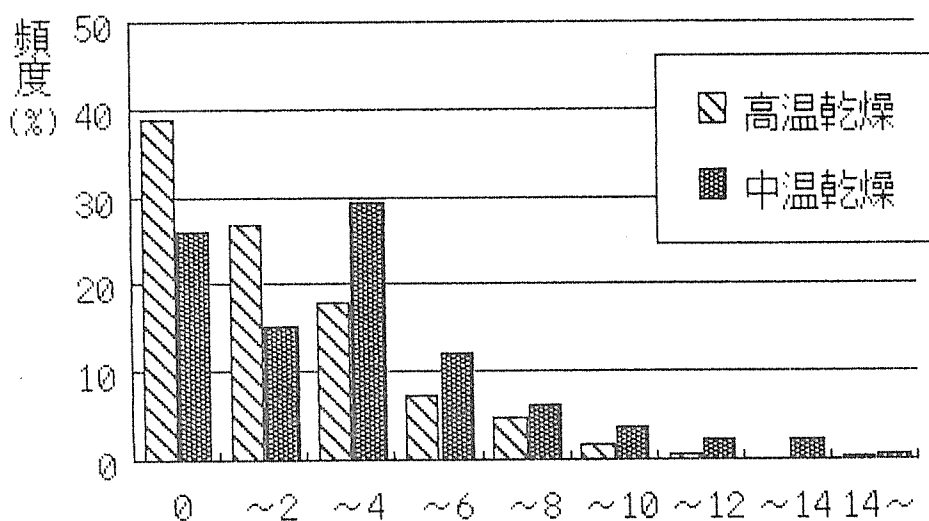


図 3-13 ねじれ量分布

表 3-13 製材時、乾燥時の歩止まり

だら挽き		18-20cm		22-24cm		合計		備考
		全部	サンプル	全部	サンプル	全部	サンプル	
原木時	材積	5.136	4.272	6.506	5.736	11.642	10.008	
製材時	材積	2.6935	2.2062	3.5844	3.1398	6.2779	5.348	
	歩止まり	52.44	51.69	55.09	54.74	53.92	53.44	対原木
乾燥時	材積		2.0699		2.9551		5.0250	
	歩止まり		48.45		51.52		50.21	対原木
	歩止まり		93.74		94.12		93.96	対製材品

粹挽き		18-20cm		22-24cm		合計		備考
		全部	サンプル	全部	サンプル	全部	サンプル	
原木時	材積	1.515	1.315	7.672	6.872	9.187	8.187	
製材時	材積	0.7932	0.6996	4.1325	3.7147	4.9257	4.4143	
	歩止まり	52.36	53.20	53.86	54.06	53.62	53.92	対原木
乾燥時	材積		0.6564		3.4789		4.1353	
	歩止まり		49.92		50.62		50.51	対原木
	歩止まり		93.83		93.65		93.68	対製材品

2-3 乾燥材の調査

(1) 乾燥材調査

乾燥終了後、製材終了時と同様に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基本振動周波数について測定を行った。

表 3-14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、粹挽きとも18~22cm原木からの乾燥材は 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) 乾燥材の等級格付け

① 甲種乾燥材の等級格付け

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 3-14に示す。だら挽きでは3級材が 67.4%と最も多かったものの、特級材が 6.0%、1級材が 4.5%、2級材が 13.9%あったが、等外材も 8.2%あった。

一方、粹挽きでは3級材が 66.1%とだら挽きより若干減少したが、等外材が 18.4%とだら挽きに比べ 2倍以上多くなった。また、特級材、1級材、2級材はだら挽きより減少した。

木取り別、径級別の材積割合を図 3-15、3-16、3-17、3-18で示す。

だら挽きの 18~22cm原木からの乾燥材の 203材では3級材が 35.6%、等外材が 64.4%であったが、208材になると特級材が 13.9%、1級材が 6.0%、2級材が 20.5%、3級材が 59.6%になり等外材は出現せず、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

だら挽きの24～28cm原木からの乾燥材では等外材の割合が少ないものの3級材のシェアは61～83%と多かった。203材は特級材が36.2%、208材で特級材が6.0%、1級材が10.5%あったものの、製材寸法が大きくなるにしたがい等級割合の低下が見られ、また18～22cm原木からの乾燥材に比べ等級割合が低かった。

杵挽き18～22cm原木からの乾燥材は、203材で等外材が70.6%と非常に多く、また3級材も27.4%と多く等級割合が低かった。204材、206材では等外材が19～24%と少なくなるが、3級材は73～76%と多くなり、特級材、1級材は204材でそれぞれ3.7%、3.8%にすぎず等級割合は非常に悪かった。24～28cm原木からの乾燥材では、特級材が206材に1.4%みられたが、1級材は203材に20.5%、206材に20.5%、206材に4.2%、2級材が203材に18.7%、208材に33.5%あり、3級材は204材に65.0%、206材に69.0%あった。また、等外材は11～33%と多いシェアを占めているが、この中では203材の等級割合が最も高かった。

② 甲種乾燥材の主な等級格付けの要因

表3-15および図3-19に甲種乾燥材の等級格付けの要因を示す。

節の要因が最も強く39.1%を占めていた。次いで年輪巾の要因が23.0%、そりの要因が14.0%、巾そりの要因が8.2%、曲がりの要因が3.0%となっていた。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。

③ 乙種乾燥材の等級格付け

製材時と同様に203材、204材について乙種乾燥材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3-20に示す。

だら挽き、杵挽きともコンストラクションは約23～26%、また等外材も約5.5%とあまり大きな差がなかったが、スタンダードはだら挽きの55.5%に対し、杵挽きでは37.3%と約18%減少した。しかし、ユーティリティではだら挽きの15.8%に対し、杵挽きは31.9%と2倍近く上回り杵挽

きの等級度合の方が若干低かった。

木取り別、径級別の材積割合を図 3-21、3-22、3-23、3-24に示す。

だら挽きを径級別にみると、18～22cm原木からの乾燥材では、203材でスタンダードが 61.7%と多くを占めているが等外材も 24.4%と多かった。204材にはコンストラクションが 28.8%、スタンダードが 48.4%と上級材が多く、203材より等級度合がよかった。

24～28cm原木からの乾燥材では 203材のコンストラクションが 69.6%と非常に多くを占めていた。204材はコンストラクションが 19.0%、スタンダードが 61.9%ユーティリティが 19.1%であり、203材の方が等級度合が高かった。

杵挽きの18～22cm原木からの乾燥材では、203材のコンストラクションは14.0%、スタンダードが 42.0%、ユーティリティが 29.8%、等外材が 14.2%、であった。204材ではコンストラクションが 49.4%と 3.5倍近く多くなる一方、スタンダードが 19.3%、等外材が 3.9%と減少し等級度合は高かった。

24-28cm原木からの乾燥材においては、203材のコンストラクションが 39.2%、スタンダードが 19.1%、ユーティリティが 23.4%、等外材が 18.4%であったが、204材ではコンストラクションが 18.4%と減少するものの、スタンダードは 43.3%ユーティリティが 33.7%と増大し、また等外材が 4.7%と少なくなることから、204材の等級の度合の方がやや高いと言えよう。

④ 乙種乾燥材の主な等級格付けの要因

表 3-16および図 3-25に乙種乾燥材の等級格付けの決定要因の割合を示す。そりを決定要因とする割合が 29.5%を占め、これに巾そりの 26.4%、曲がりの 17.1%を含めると 73.0%とほとんどが曲がり系の決定要因となり、乾燥による曲がりの影響が非常に強く表れた結果となった。

また節の決定要因は 25.4%とその影響はかなり強かった。

木取り別の決定要因では、だら挽きにおいて巾そりの要因が 54.6%と最も多く、次いでそりの 20.0%、曲がりの 12.7%、節の 12.7%であった。

杵挽きではそりが 33.3%と多く、また節も 30.4%と次いで多くなって

おり、曲がりの 18.8%、巾そりの 15.2%の順になっていた。

このことから、乾燥による影響はだら挽きの方に強く表れたが、枠挽きの方には節の影響が強く表れた。

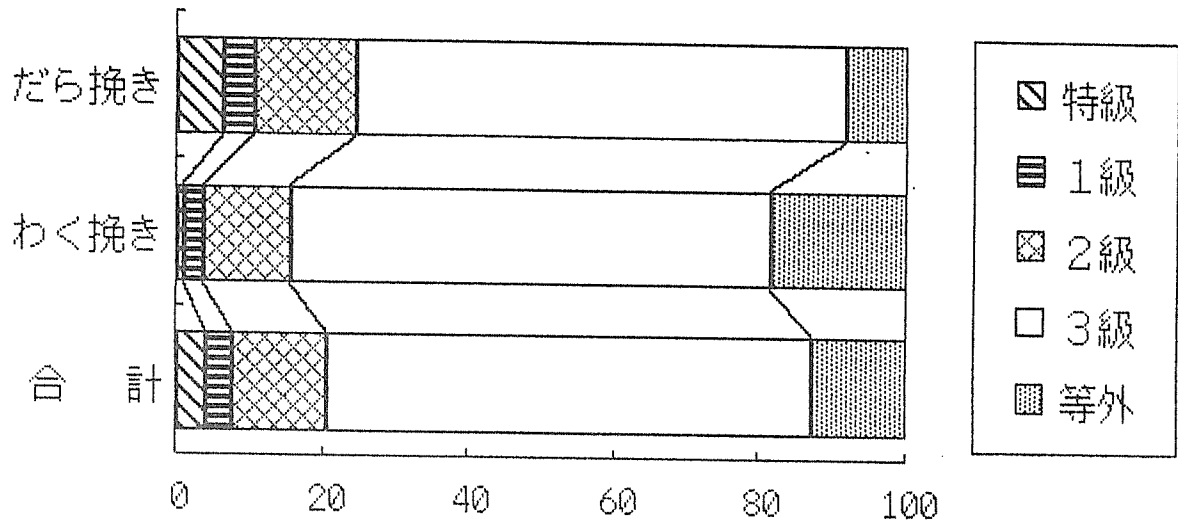


図 3-14 甲種乾燥材の等級別材積割合 材積割合(%)

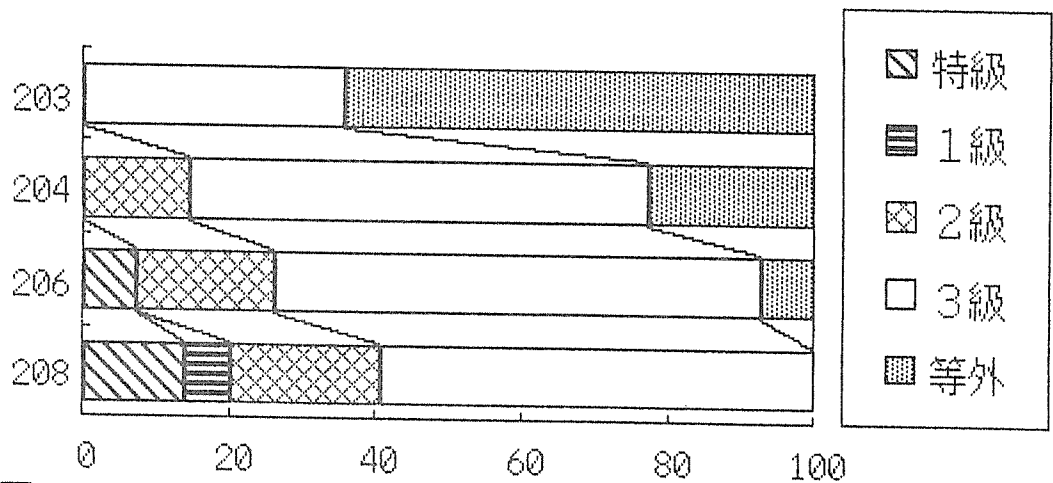


図 3-15 だら挽き(18-22cm)甲種乾燥材寸法型式別、等級別材積割合 材積割合(%)

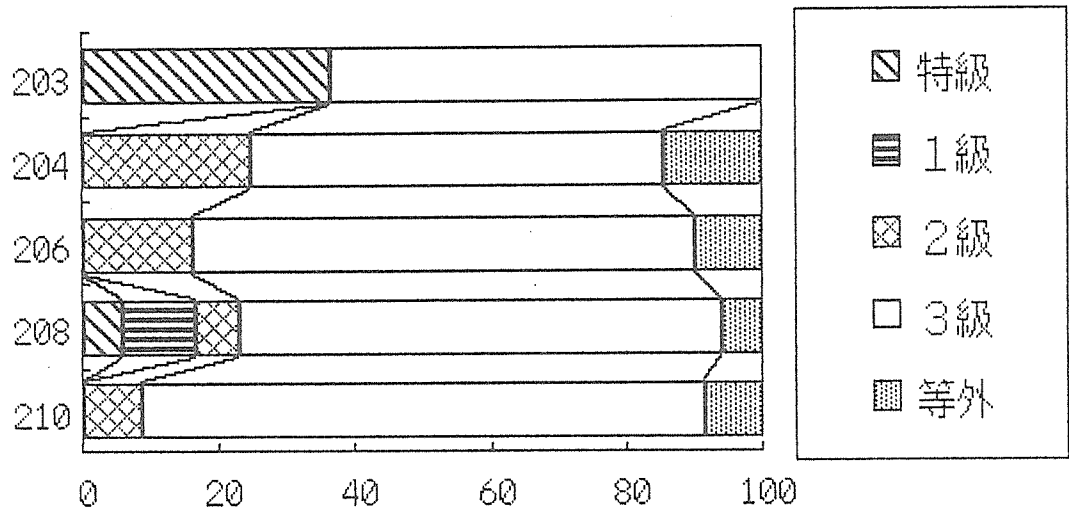


図 3-16 だら挽き(24-28cm)甲種乾燥材
寸法型式及び等級別材積割合

材積割合(%)

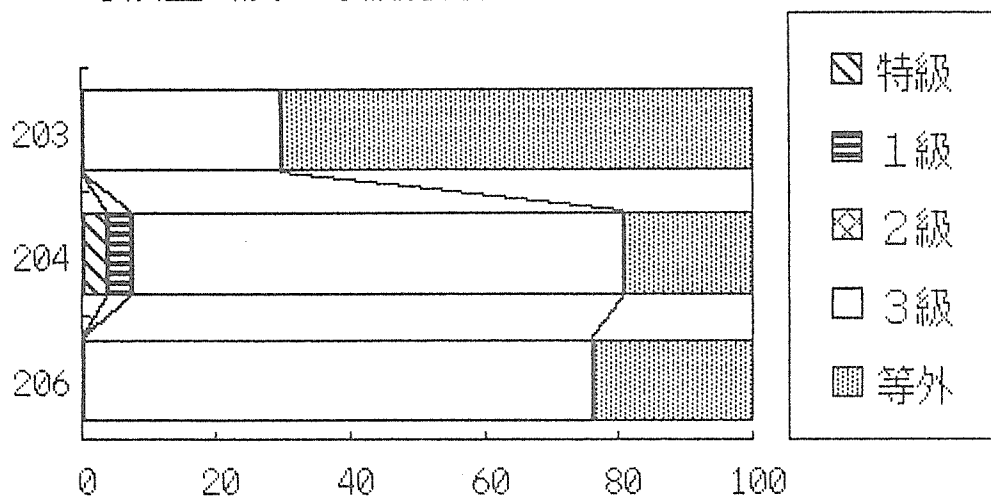


図 3-17 粹挽き(18-22cm)甲種乾燥材
寸法型式及び等級別材積割合

材積割合(%)

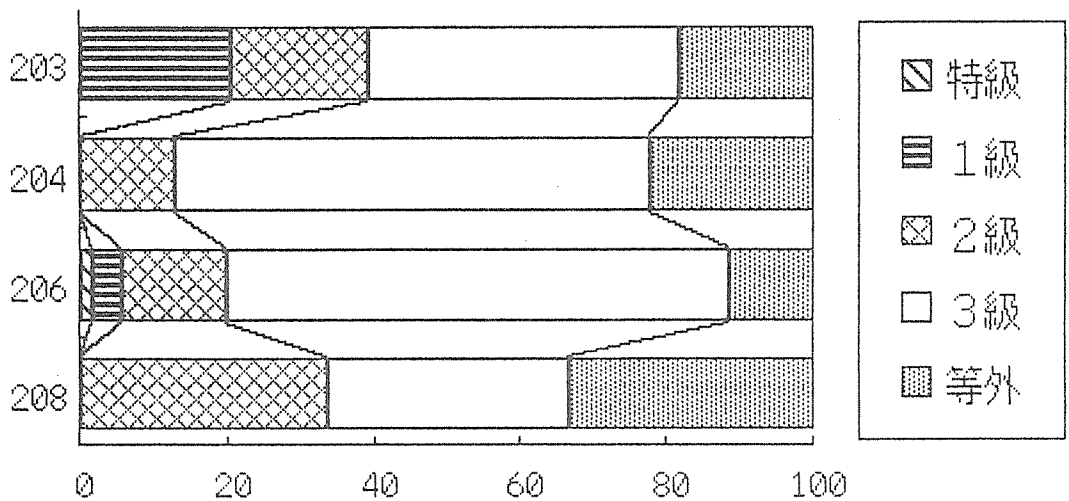


図 3-18 粹挽き(24-28cm)甲種乾燥材
寸法型式及び等級別材積割合

材積割合(%)

区分	等級要因項目	等級要因項目								総合品等
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	年輪巾	
だら挽き 18-22cm	出現数	0	1	16	14	5	0	45	38	119
	割合(%)	0	0.84	13.45	11.76	4.2	0	37.82	31.93	100
だら挽き 24-28cm	出現数	0	1	20	10	1	0	56	57	145
	割合(%)	0	0.69	13.79	6.9	0.69	0	38.62	39.31	100
だら挽き 合計	出現数	0	2	36	24	6	0	101	95	264
	割合(%)	0	0.76	13.64	9.09	2.27	0	38.26	35.98	100

区分	等級要因項目	等級要因項目								総合品等
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	年輪巾	
搾挽き 18-22cm	出現数	0	3	8	5	1	0	24	21	62
	割合(%)	0	4.84	12.91	8.06	1.61	0	38.71	33.87	100
搾挽き 24-28cm	出現数	0	1	36	18	10	2	99	81	247
	割合(%)	0	0.41	14.57	7.29	4.05	0.81	40.08	32.79	100
搾挽き 合計	出現数	0	4	44	23	11	2	123	102	309
	割合(%)	0	1.29	14.24	7.44	3.56	0.65	39.81	33.01	100

区分	等級要因項目	等級要因項目								総合品等
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	年輪巾	
だら+搾 総合計	出現数	0	6	30	47	17	2	224	197	573
	割合(%)	0	1.05	13.96	8.2	2.97	0.35	39.09	34.38	100

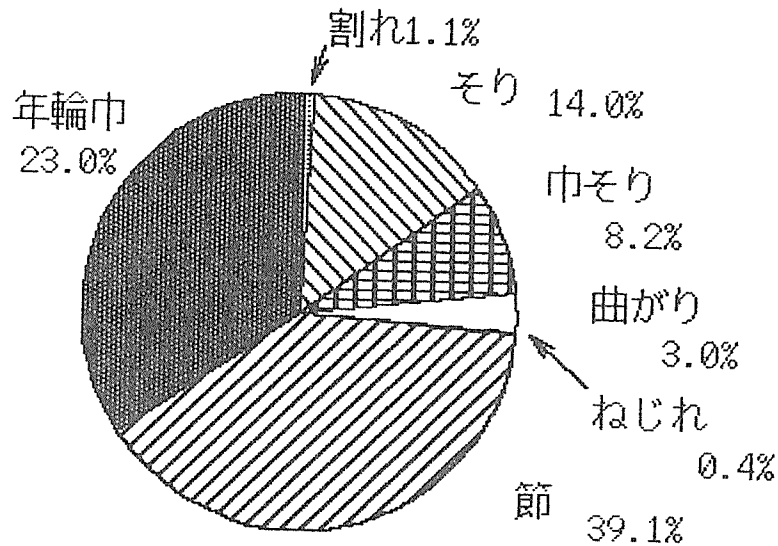


図3-19 甲種乾燥材の等級格付けにおける決定要因

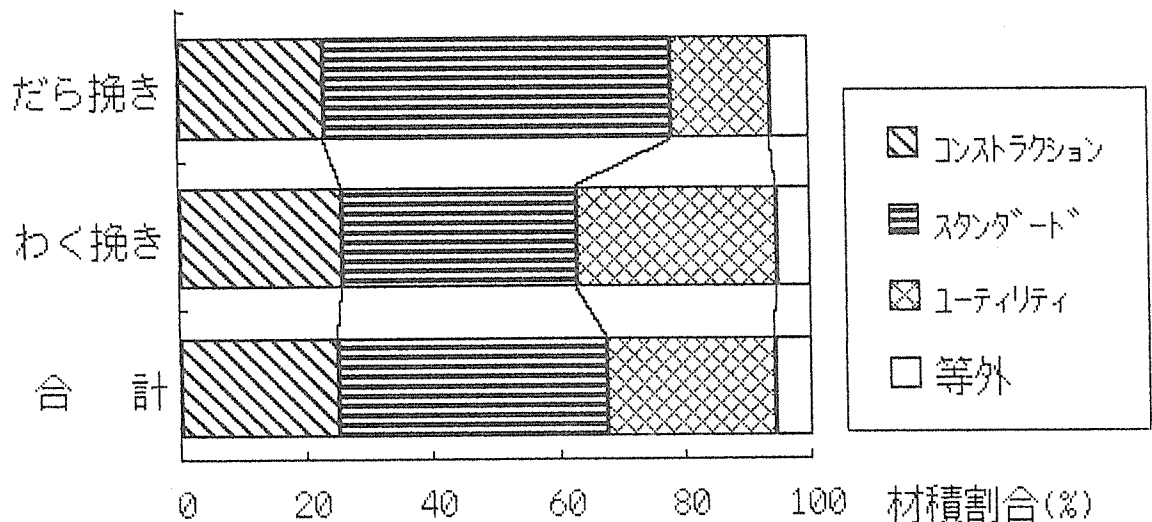


図3-20 乙種乾燥材の等級別材積割合

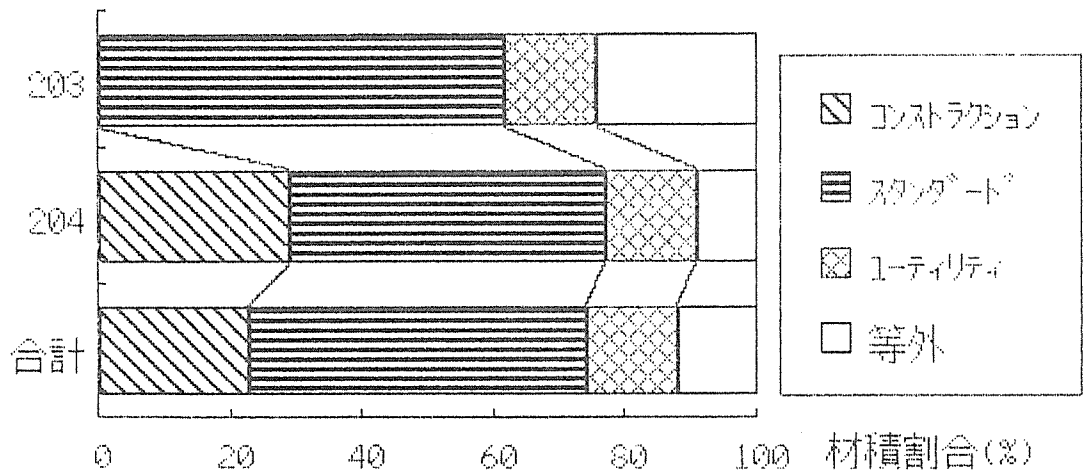


図 3-21 だら挽き(18-22cm)乙種乾燥材
寸法別、等級別材積割合

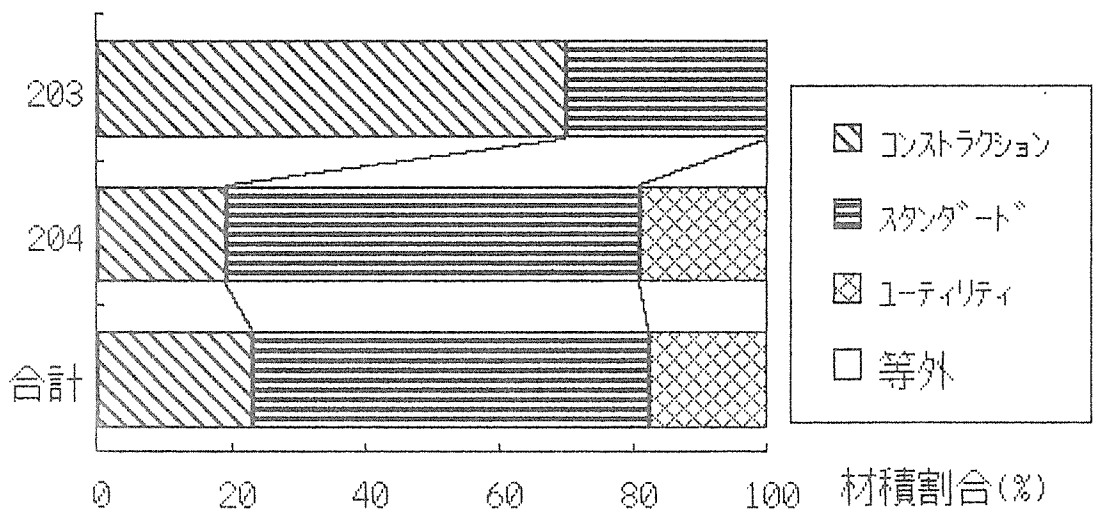


図 3-22 だら挽き(24~28cm)乙種乾燥材
寸法別、等級別材積割合

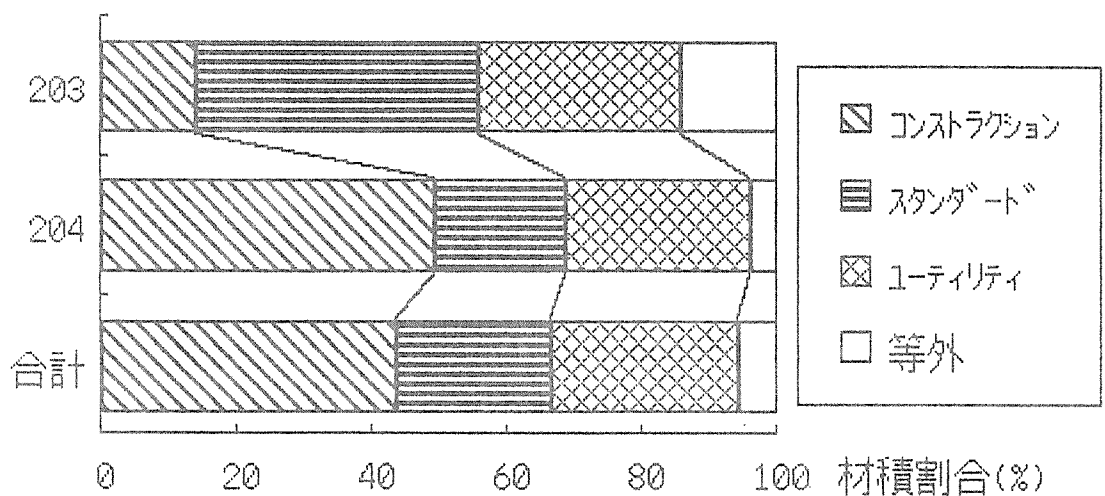


図 3-23 わく挽き(18~22cm)乙種乾燥材
寸法別、等級別材積割合

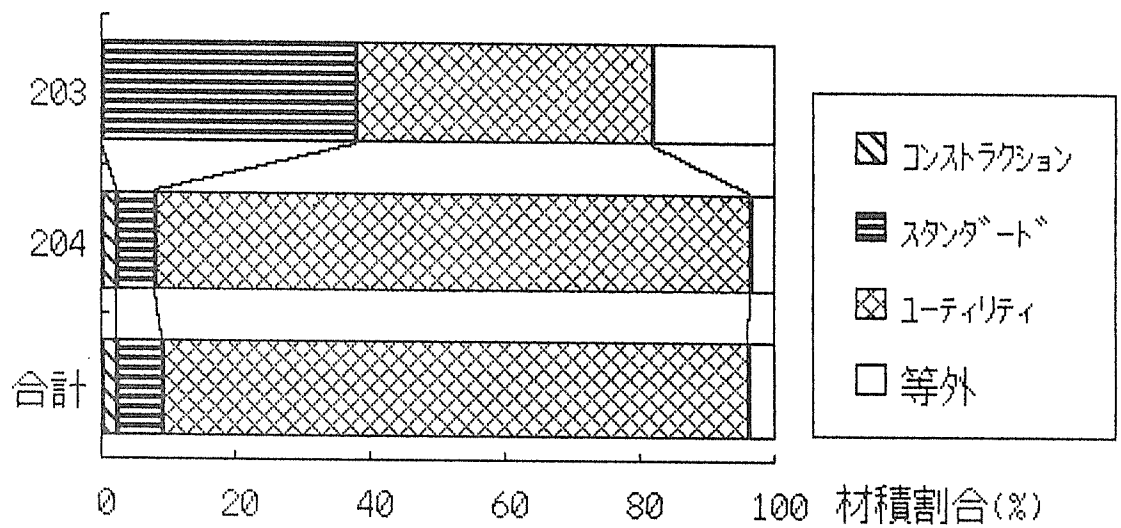


図 3-24 わく挽き(24~28cm)乙種乾燥材
寸法別、等級別材積割合

表 3-16 乙種乾燥材の等級要因別集計

区分		等級要因項目							総合品等
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	
だら挽き 18-22cm	出現数	0	0	4	-14	5	0	5	23
	割合(%)	0	0	14.29	49.99	17.86	0	17.86	100
だら挽き 24-28cm	出現数	0	0	7	16	2	0	2	27
	割合(%)	0	0	25.92	59.26	7.41	0	7.41	100
だら挽き 合計	出現数	0	0	11	30	7	0	7	55
	割合(%)	0	0	19.99	54.55	12.73	0	12.73	100

区分		等級要因項目							総合品等
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	
枠挽き 18-22cm	出現数	0	0	11	6	4	0	23	44
	割合(%)	0	0	25	13.64	9.09	0	52.27	100
枠挽き 24-28cm	出現数	0	2	35	15	22	1	19	94
	割合(%)	0	2.13	37.23	15.96	23.4	1.07	20.21	100
枠挽き 合計	出現数	0	2	46	21	26	1	42	138
	割合(%)	0	1.45	33.33	15.22	18.84	0.72	30.44	100

区分		等級要因項目							総合品等
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	
だら+枠 総合計	出現数	0	2	57	51	33	1	49	193
	割合(%)	0	1.04	29.53	26.42	17.1	0.52	25.39	100

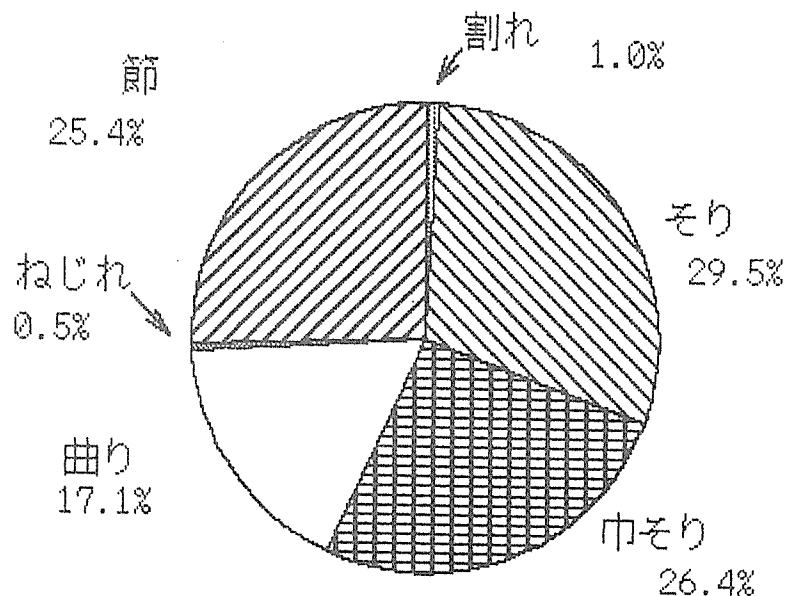


図 3-25 乙種乾燥材の
等級格付けにおける決定要因

3 仕上げ加工試験

乾燥試験終了後、当林業センターにおいて自動一面かんな盤を用い、枠組壁工法構造用製材の日本農林規格で定められている乾燥材の寸法に仕上げ加工した。

3-1 仕上げ加工歩止まり

表 4-1に製材品、乾燥材および仕上げ材の歩止まり材積割合を示す。この表は調査した仕上げ材に相当する分の製材品および乾燥材を集計しているため、前記の製材歩止まりの表 2-2、2-3および乾燥歩止まりの表 3-13の数値とに若干の差異がある。

だら挽きの 18~22cm原木からの仕上げ材の対乾燥材の歩止まりは 81.7%、24~28cm原木からの仕上げ材では 81.3%の歩止まりであったが、枠挽きでは 18~22cm原木からの仕上げ材が 73.8%、24~28cm原木からの仕上げ材が 75.7%と枠挽きの方が約 4から7%程度低くなった。

また、だら挽きと枠挽きとも製材時、乾燥時の歩止まりでは大きな差はなかったものの、仕上げ加工の時点で約 5%近い差が生じたが、これは製材時における歩増しの影響が仕上げ加工時に現れた結果と考えられる。つまり、枠挽きの方が歩増しの量が多かったため仕上げ加工の切削量が多くなり歩止まりの減少につながったと考えられる。

3-2 仕上げ加工材調査

(1) 仕上げ加工材調査

仕上げ加工後、①材長、②重量、③含水率計による含水率、④材巾および材厚寸法、⑤木口および材面割れ、⑥曲がりおよびそり、⑦巾そり、⑧ねじれ、⑨節、⑩FFTアナライザーによる基本振動周波数について測定した。

なお、調査枚数はだら挽きが 61枚（203材が 5枚、204材が 15枚、206材が 16枚、208材が 22枚、210材が 3枚）、梓挽きが 87枚（203材が 8枚、204材が 54枚、206材が 22枚、208材が 1枚）であった。

これらの調査結果を表 4-2に示す。

含水率計による材巾面の測定では、だら挽き、梓挽きとも製材寸法が大きくなるほど含水率が高く、乾燥の進行が遅れる傾向がみられた。

割れは梓挽きの 18～22cm原木からの仕上げ材の多く発生しており、木取り方法による影響が考えられる。

巾そりは仕上げ加工により切削されほとんど測定されなかったが、曲がりは、梓挽きの 203材で 3.2～3.6%とだら挽き 203材の 0.8～0.9%に比べ約 4倍近い大きな値を示していた。

(2) 仕上げ材の等級格付け

① 甲種仕上げ材の等級格付け

日本農林規格に基づき仕上げ材の測定結果により、甲種の等級格付けを行った。仕上げ材の等級別、木取り別の材積割合を図 4-1に示す。

だら挽きでは特級材が 7.6%、1級材が 4.2%、2級材が 18.6%、3級材が 67.8%あった。

梓挽きは 3級材が 77.6%と多いものの、特級材は 1.6%と少なく、1級材は 3.0%、2級材は 9.4%とだら挽きよりも低く、さらに等外材が 8.3%占めるなど等級の度合が低かった。

木取り別、径級別の材積割合を図 4-2、4-3、4-4、4-5 に示す。

だら挽きの 18～22cm 原木からの仕上げ材は 206材に特級材が 7.7%、2級材が 30.8%、3級材が 61.5%あり、この中では最も等級の度合がよかった。次いで208材の特級材が 7.8%、2級材が 15.1%あるなど等級の度合がやや高いものの、全体的に 3級材の割合が多く等級の度合が低かつ

た。

一方、24~28cm 原木からの仕上げ材は全てに等外材がなかった。204材は1級材が14.6%、2級材が14.1%であった。206材はこの中では最も等級が高く、特級材が33.1%、2級材が34.2%、3級材が22.8%を占めていた。208材では、特級材が11.2%、1級材が11.3%、2級材が22.5%と206材に次いで等級の度合がよかった。また210材は、全て3級材であった。

粹挽きの18~22cm原木からの仕上げ材は、204材で2級材が23.9%、3級材が71.4%を占め、この中では等級の度合がよかったが、203材は、3級材が74.9%、等外材が25.1%、206材は等外材が66.7%占めており等級の度合が低かった。

24~28cm原木からの仕上げ材の内、208材は今回の調査では1枚であったので考慮しないことにするが、203材では2級材が26.7%、3級材が24.5%あるものの等外材が48.8%と多かった。204材は3級材が80.3%と多かったが、1級材は8.4%、2級材は5.6%、等外材は5.6%と少なかった。206材では特級材が5.2%出現したが、2級材が5.3%と上級材が少なくほとんどが3級材であり全体として等級の度合が低かった。

② 甲種仕上げ材の主な等級格付けの要因

表4-3および図4-6に甲種仕上げ材の等級格付けの要因の割合を示す。曲がり系の要因はそりが13.3%、曲がり材が4.8%の計で18.1%を占めるにすぎなかったが、年輪巾の要因が40.4%、節の要因が39.9%と材自体が生来持っている要因が強く影響していた。

木取り別の等級格付けの要因では、そりおよび節の要因がだら挽きで約2~4%程度高くなっていた。また、粹挽きには割れの要因が2.5%みられた。

③ 乙種仕上げ材の等級格付け

図4-7に乙種の仕上げ材の等級格付けを行った木取り別材積割合を示す。だら挽きの仕上げ材はコンストラクションが84.1%、スタンダードが

15.9%と高い等級割合を示したが、梓挽きの仕上げ材では、コンストラクションが 42.3%、スタンダードが 40.9%、ユーティリティが 11.2%、等外材が 5.5%とだら挽きの仕上げ材に比べ等級の割合が低かった。

木取り別、径級別の材積割合を図 4-8, 4-9, 4-10, 4-11 に示す。

だら挽きの 18~22cm原木からの仕上げ材は、204材にスタンダードが 24.9%あるものの、大部分がコンストラクションであった。また、24~28cm原木からの仕上げ材は全て 204材であったが、コンストラクションが 86.1%、スタンダードが 13.9%と高い等級割合であった。

梓挽きの18~22cm原木からの仕上げ材では、203材でコンストラクションが 50.0%、スタンダードが 24.9%、また、204材ではコンストラクションが 52.4%、スタンダードが 38.1%、ユーティリティが 9.5%となっていた。

一方、24~28cm原木からの仕上げ材では、203材でコンストラクションが 24.5%、スタンダードが 51.0%、等外材が 24.5%あり、204材では、コンストラクションが 37.2%、スタンダードが 43.1%、ユーティリティが 14.1%、等外材が 5.6%の割合になっており、203材の方が低い等級割合となっていた。

④ 乙種仕上げ材の主な等級格付けの要因

表 4-4および図 4-12 に乙種仕上げ材の等級格付けの決定要因の割合を示す。

割れの要因は 5.4%とほとんど影響はなかった。そりの要因が 39.3%、曲がりの要因が 33.9%と曲がり系の要因が 73.2%の大部分を占めていた。また、節の要因は 19.6%と強い影響を示していた。

木取り別の等級格付けの要因は、だら挽きの仕上げ材で、そりが 60.0%、節が 40.0%となっており、木材自体が持っている欠点の影響が強いことを示している。また、梓挽きの仕上げ材では、ねじれが 2.0%、割れが 5.9%みられたが、そりおよび曲がりの要因がともに 37.3%と非常に大きく、さらに節の要因も 19.6%とおおきなシェアを占めていた。

表 4-1 製材品、乾燥材および仕上げ材の歩止り

区分	原木			製材品			乾燥材			仕上げ材		
	材積	単体の材積	対原木歩止り	一本当材積	単体の材積	対原木歩止り	一本当材積	単体の材積	対製材品歩止り	一本当材積	単体の材積	対製材品歩止り
だら挽き 18-22cm	2.090	1.0965	52.46	1.0309	1.0309	49.33	0.8278	0.8278	94.02	0.8278	0.8278	39.61
だら挽き 24-28cm	1.298	0.6947	53.52	0.6544	0.6544	50.42	0.5344	0.5344	94.20	0.5344	0.5344	41.17
だら挽き 合計	3.388	1.7912	52.87	1.6853	1.6853	49.74	1.3622	1.3622	94.09	1.3622	1.3622	40.21
枠挽き 18-22cm	1.099	0.5709	51.95	0.536	0.536	48.77	0.3955	0.3955	93.89	0.3955	0.3955	35.99
枠挽き 24-28cm	2.637	1.382	52.41	1.2981	1.2981	49.23	0.9821	0.9821	93.93	0.9821	0.9821	37.24
枠挽き 合計	3.736	1.9529	52.27	1.8341	1.8341	49.09	1.3776	1.3776	93.92	1.3776	1.3776	36.87

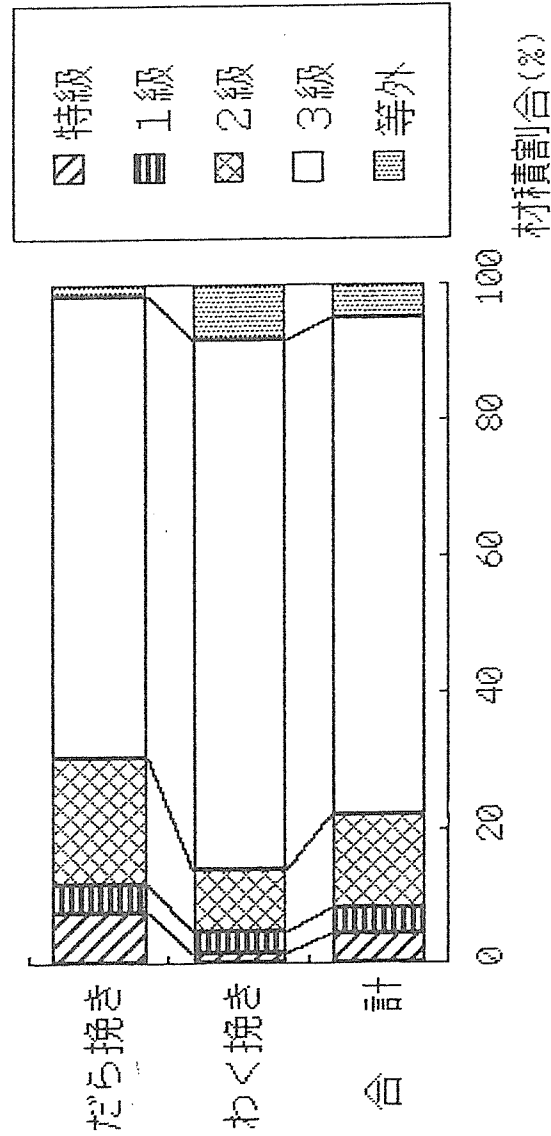


図 4-1 甲種仕上げ材の等級別材積割合

仕上げ材の調査結果

表 4-2

だら挽き 18-22cm	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	407.5	3.321	9.1	3.7	0.0	0.8	0.0098	15.3	16.7	0.0	0.0	0.0	0.4	27.0	18.3	63.34	38.08
	最大値	411.0	3.521	14.5	7.0	0.0	3.5	0.0099	16.9	18.5	0.0	0.0	0.0	2.0	135.0	91.5	64.19	38.26
	最小値	401.5	3.039	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0097	13.8	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.43	37.80
204	平均値	406.8	4.851	9.6	3.6	0.0	2.3	0.0137	16.4	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.50	38.11
	最大値	411.0	5.456	18.0	7.0	0.0	3.5	0.0140	19.4	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.62	38.28
	最小値	401.5	4.369	4.5	0.0	0.0	1.0	0.0133	15.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.82	38.00
206	平均値	407.8	7.777	10.3	3.3	0.1	1.6	0.0217	16.4	18.5	0.2	7.2	7.2	0.0	0.0	0.0	139.90	38.08
	最大値	412.0	9.385	22.0	8.5	0.5	6.2	0.0220	18.6	21.0	1.0	60.0	60.0	0.0	0.0	0.0	140.47	38.39
	最小値	401.5	6.887	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0214	14.5	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.45	37.69
208	平均値	407.6	11.261	8.2	2.7	0.1	1.0	0.0297	18.8	22.7	0.1	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	192.16	37.97
	最大値	411.0	12.600	17.5	5.5	0.5	3.0	0.0307	21.5	27.5	1.0	130.0	130.0	0.0	0.0	0.0	198.92	38.23
	最小値	401.5	9.958	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0286	16.3	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185.14	37.72

だら挽き 24-28cm	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	
204	平均値	407.7	4.995	5.2	3.0	0.0	1.1	0.0136	16.6	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.52	38.08
	最大値	411.5	5.394	15.5	8.0	0.0	3.0	0.0140	18.0	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.54	38.28
	最小値	404.0	4.301	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0131	15.6	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.24	37.85
206	平均値	407.7	7.968	4.0	3.3	0.0	4.3	0.0216	16.5	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.62	37.91
	最大値	413.5	8.675	8.5	5.0	0.0	9.0	0.0221	17.3	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.13	38.22
	最小値	403.5	6.774	0.0	1.5	0.0	1.0	0.0212	15.1	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.63	37.74
208	平均値	408.3	11.662	9.4	4.9	0.2	1.9	0.0294	19.2	22.8	0.1	8.9	8.9	0.0	0.0	0.0	177.98	37.98
	最大値	413.0	12.880	18.0	14.5	0.5	5.0	0.0300	20.9	25.3	1.0	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0	192.65	38.36
	最小値	403.5	9.391	4.0	1.5	0.0	0.0	0.0284	17.5	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.79	37.70
210	平均値	406.8	14.093	5.7	1.5	0.5	1.0	0.0368	18.1	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	239.29	37.79
	最大値	409.5	15.308	9.5	2.0	0.5	3.0	0.0370	19.4	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	241.83	38.19
	最小値	404.0	12.211	3.5	1.0	0.5	0.0	0.0366	16.9	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	235.55	37.36

だら挽き 18-22cm	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	406.9	3.456	9.6	13.1	0.0	1.3	0.0100	15.6	16.9	0.3	45.3	45.3	2.8	421.5	95.8	64.11	38.11
	最大値	410.0	3.726	15.0	35.0	0.0	3.0	0.0100	16.8	18.4	1.0	181.0	181.0	11.0	1686.0	383.2	64.26	38.24
	最小値	404.5	3.228	6.5	1.5	0.0	0.0	0.0099	14.8	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.85	37.96
204	平均値	407.0	5.052	9.0	5.5	0.0	3.0	0.0138	16.3	18.2	0.1	135.4	58.9	1.2	101.0	43.0	89.33	38.11
	最大値	410.0	6.042	24.0	12.0	0.0	7.0	0.0140	19.4	22.3	3.0	2843.0	1237.7	12.0	875.0	382.4	89.52	38.33
	最小値	404.5	4.366	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0138	13.1	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.07	37.90
206	平均値	406.5	7.590	8.5	1.2	0.0	5.0	0.0216	15.5	17.0	0.0	0.0	0.0	3.3	606.7	235.9	140.30	37.98
	最大値	407.0	8.269	12.0	2.0	0.0	9.0	0.0217	16.8	18.4	0.0	0.0	0.0	10.0	1820.0	707.7	140.37	38.08
	最小値	406.0	6.807	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0216	14.1	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.24	37.89

だら挽き 24-28cm	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	416.3	3.605	24.0	4.6	0.0	1.1	0.0102	15.7	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.08	38.30
	最大値	444.0	3.819	50.0	10.0	0.0	3.0	0.0109	16.1	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.21	38.40
	最小値	406.0	3.324	12.0	1.0	0.0	0.0	0.0099	14.8	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.95	38.12
204	平均値	412.2	5.020	11.9	6.8	0.0	2.8	0.0141	16.1	17.9	0.0	1.1	1.1	0.3	90.7	74.4	89.43	38.31
	最大値	444.5	6.264	24.0	37.5	0.0	18.0	0.0153	19.8	21.8	1.0	39.0	39.0	4.0	1810.0	1323.5	89.73	38.86
	最小値	404.0	4.200	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0137	13.6	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.17	37.93
206	平均値	408.4	7.274	10.0	4.5	0.1	2.4	0.0219	15.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.31	38.29
	最大値	412.0	8.342	20.0	16.0	0.5	10.5	0.0224	17.1	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.68	38.86
	最小値	405.0	5.996	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0216	12.9	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.03	38.00
208	平均値	404.5	11.244	12.0	2.5	0.0	0.0	0.0302	18.9	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.03	38.42
	最大値	404.5	11.244	12.0	2.5	0.0	0.0	0.0302	18.9	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.03	38.42
	最小値	404.5	11.244	12.0	2.5	0.0	0.0	0.0302	18.9	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.03	38.42

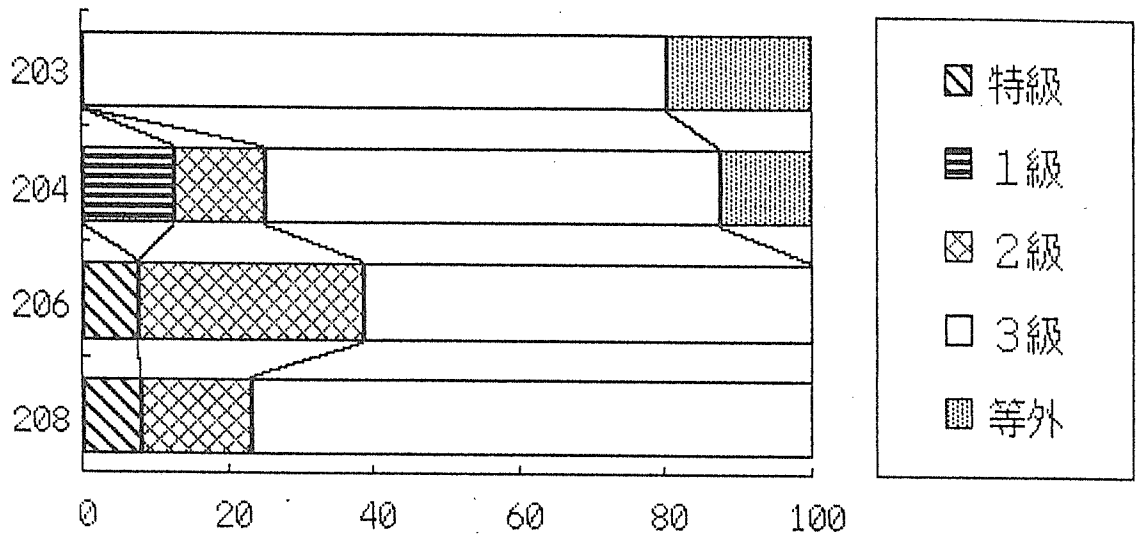


図 4-2 だら挽き(18-22cm)甲種仕上げ材
寸法型式別、等級別材積割合 材積割合(%)

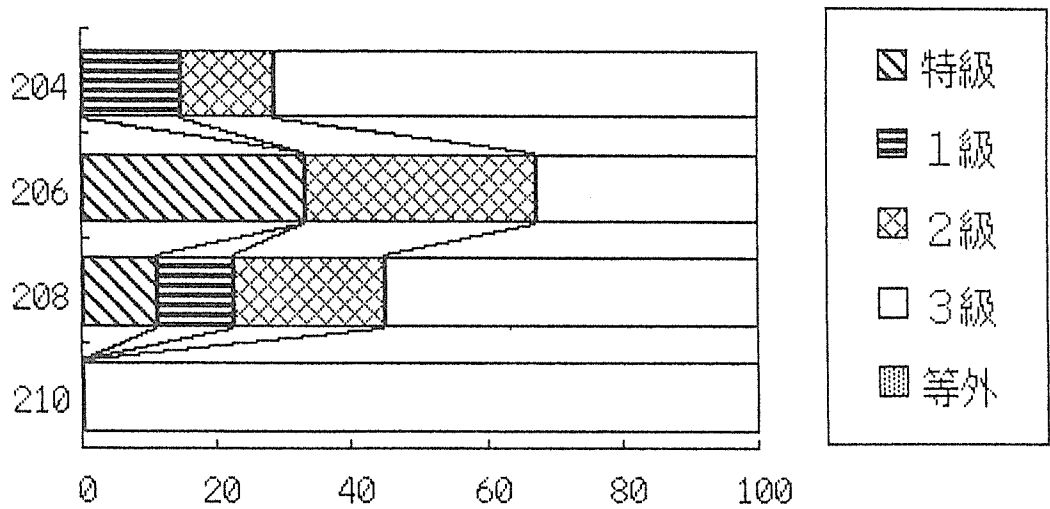


図 4-3 だら挽き(24-28cm)甲種仕上げ材
寸法型式及び等級別材積割合 材積割合(%)

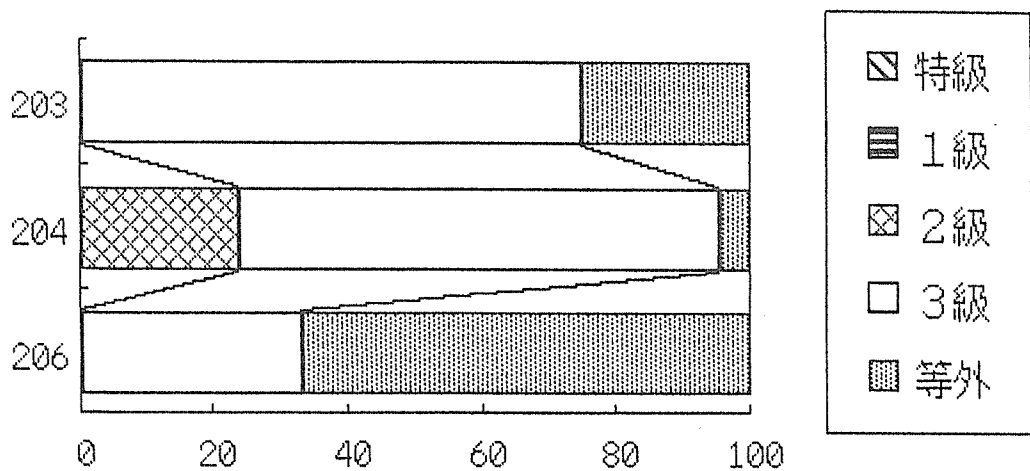


図 4-4 枠挽き(18-22cm)甲種仕上げ材
寸法型式及び等級別材積割合 材積割合(%)

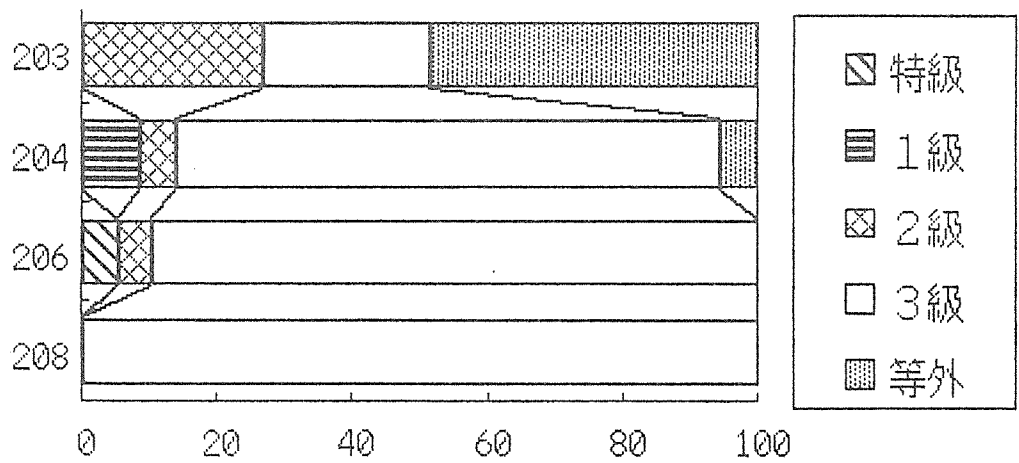


図 4-5 枠挽き(24-28cm)甲種仕上げ材 材積割合(%)
寸法型式及び等級別材積割合

表 4-3 甲種仕上げ材の等級要因別集計

区分		等級要因項目							計	
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	年輪巾		節
だら挽き 18-22cm	出現数	0	0	7	0	1	0	15	19	42
	割合(%)	0	0	16.67	0	2.38	0	35.71	45.24	100
だら挽き 24-28cm	出現数	0	0	3	0	1	0	12	10	26
	割合(%)	0	0	11.54	0	3.85	0	46.15	38.46	100
だら挽き 合計	出現数	0	0	10	0	2	0	27	29	68
	割合(%)	0	0	14.71	0	2.94	0	39.71	42.65	100.01

区分		等級要因項目							計	
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	年輪巾		節
枠挽き 18-24cm	出現数	0	2	3	0	2	0	17	16	40
	割合(%)	0	5	7.5	0	5	0	42.5	40	100
枠挽き 24-28cm	出現数	0	1	12	0	5	0	32	30	80
	割合(%)	0	1.25	15	0	6.25	0	40	37.5	100
枠挽き 合計	出現数	0	3	15	0	7	0	49	46	120
	割合(%)	0	2.5	12.5	0	5.83	0	40.83	38.33	99.99

区分		等級要因項目							計	
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	年輪巾		節
だら+枠	出現数	0	3	25	0	9	0	76	75	188
	割合(%)	0	1.6	13.3	0	4.79	0	40.43	39.89	100.01

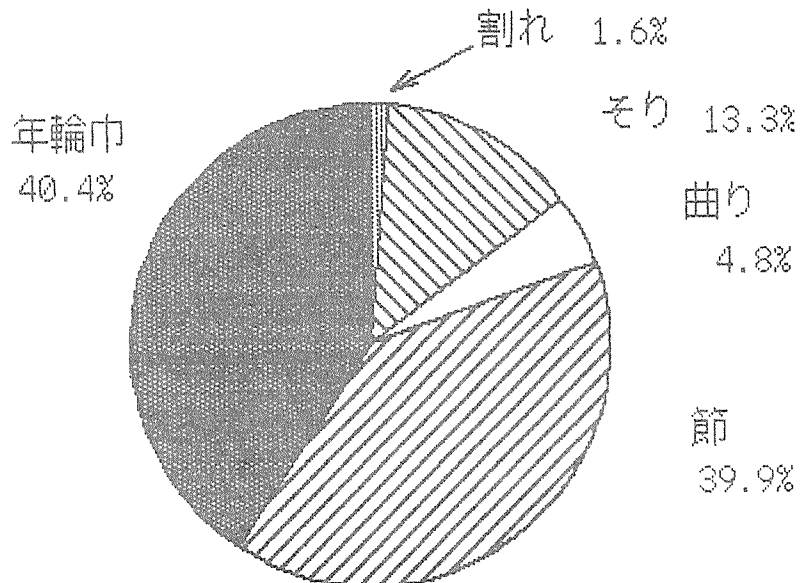


図 4-6 甲種仕上げ材の 等級格付けにおける決定要因

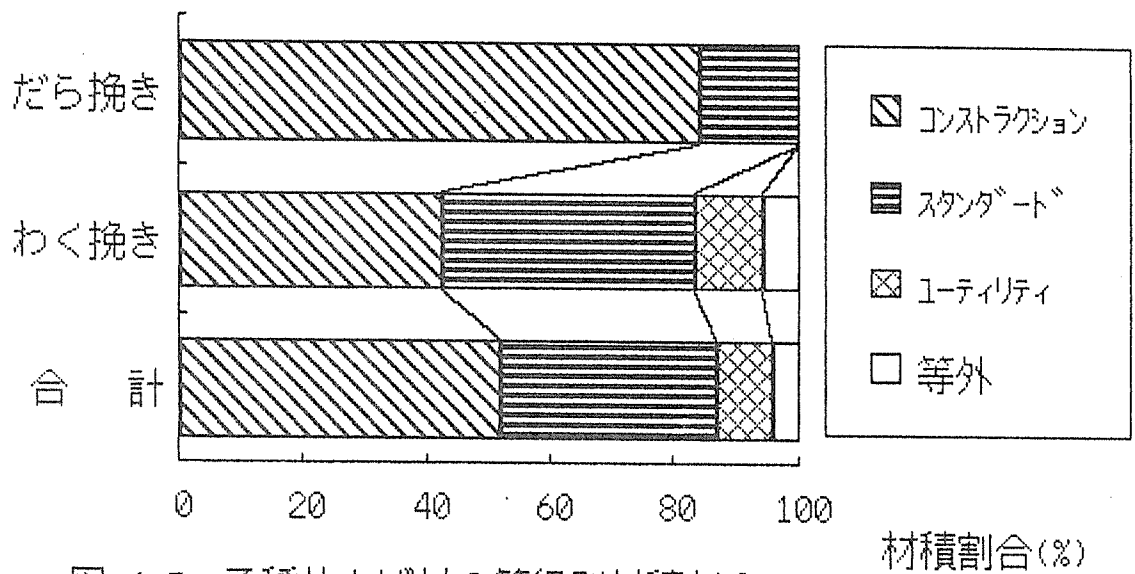


図 4-7 乙種仕上げ材の等級別材積割合

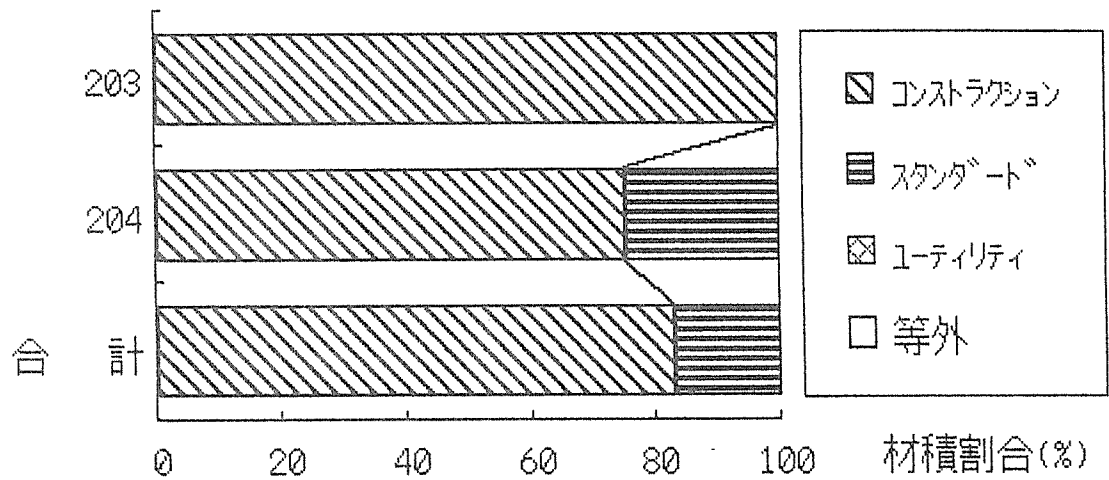


図 4-8 だら挽き(18-22cm)乙種仕上げ材
寸法別、等級別材積割合

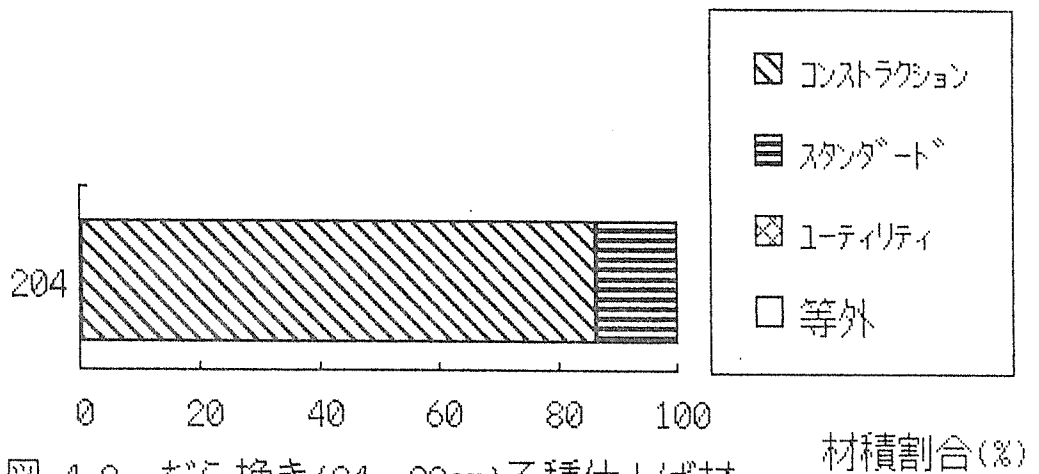


図 4-9 だら挽き(24~28cm)乙種仕上げ材
寸法別、等級別材積割合

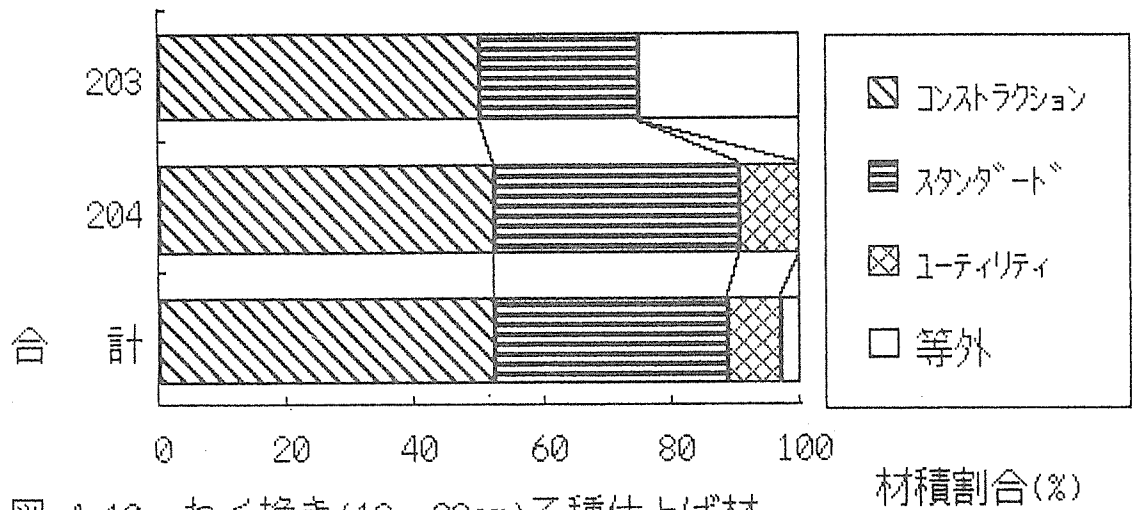


図 4-10 わく挽き(18~22cm)乙種仕上げ材
寸法別、等級別材積割合

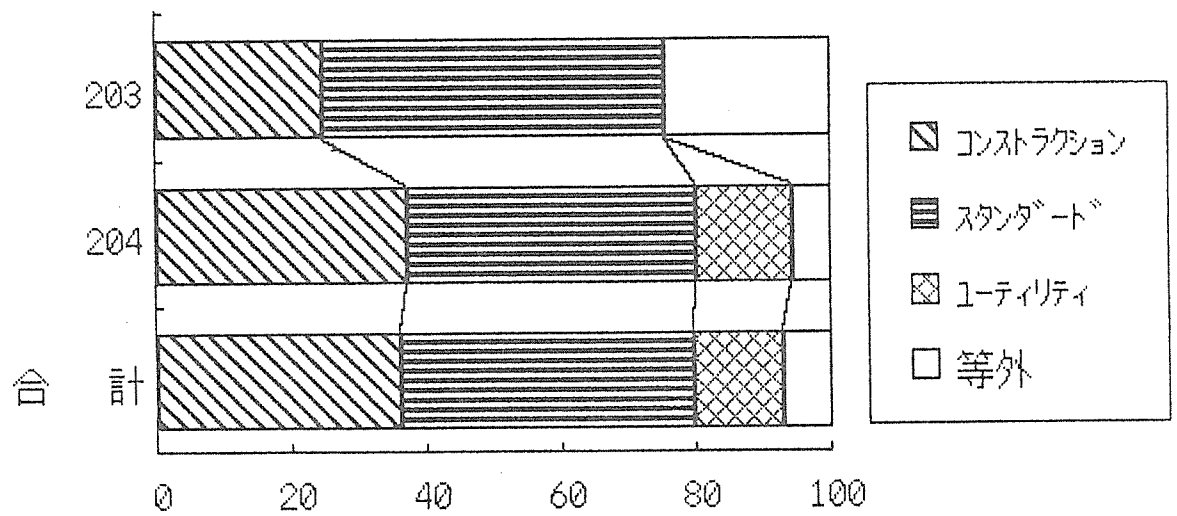


図 4-11 わく挽き(24~28cm)乙種仕上げ材
寸法別、等級別材積割合

表 4-4

乙種仕上げ材の等級原因別集計

区分		等級区分項目							計
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	
だら挽き 18-22CM	出現数	0	0	2	0	0	0	2	4
	割合	0	0	50	0	0	0	50	100
だら挽き 24-28CM	出現数	0	0	1	0	0	0	0	1
	割合	0	0	100	0	0	0	0	100
だら挽き 合計	出現数	0	0	3	0	0	0	2	5
	割合	0	0	60	0	0	0	40	100

区分		等級区分項目							計
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	
枠挽き 18-24CM	出現数	0	1	5	0	7	0	5	18
	割合	0	5.56	27.78	0	38.89	0	27.78	100.01
枠挽き 24-28CM	出現数	0	2	14	0	12	1	4	33
	割合	0	6.06	42.42	0	36.36	3.03	12.12	99.99
枠挽き 合計	出現数	0	3	19	0	19	1	9	51
	割合	0	5.88	37.25	0	37.25	1.96	17.65	99.99

区分		等級区分項目							計
		傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節	
総合計	出現数	0	3	22	0	19	1	11	56
	割合	0	5.36	39.29	0	33.93	1.79	19.64	100.01

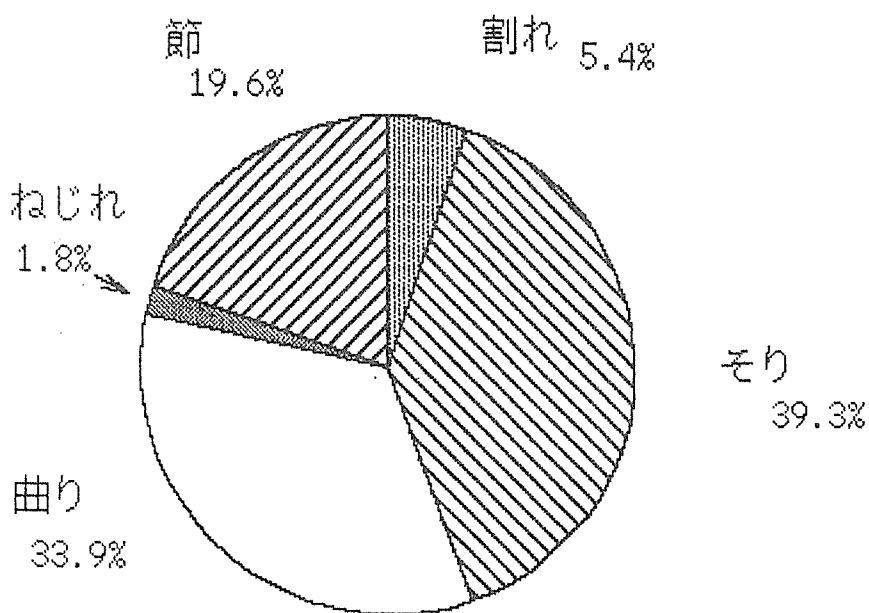


図 4-12 乙種仕上げ材
等級格付けにおける決定要因

4. FFTアナライザーによる基本振動周波数の測定

4-1. 試験の方法

供試原木 83本について、FFTアナライザにより打撃音による基本振動周波数及び重量を測定した後、剥皮を行った。剥皮後、再び重量測定を行い、原木材面上の長径1cm以上の節の大きさと数を測定した。また、剥皮後に再度基本振動周波数及び重量を測定し、剥皮前後のヤング係数測定値について比較分析を行った。

製材後及び人工乾燥後に、すべての試験材について寸法、重量、基本振動周波数を測定し、動的ヤング係数 (E_{fr}) を算出した。

仕上げ材については、原木 29本分について動的ヤング係数 (E_{fr})、静的ヤング係数 (E_{dw}) 及び曲げ強さ (MOR) の測定を行なった。

(1) 原木の動的ヤング係数 (E_{fr}) の測定

式 (1) に示すように、ある (細長い) 物質の基本振動周波数は、長さ及び密度の平方根に反比例し、強度 (縦弾性率) の平方根に比例するという法則がある。

そこで、供試原木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。元口の木口面をハンマーで打撃し、発生した打撃音を末口の木口から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。(図 5-1) また、基本振動周波数から動的ヤング係数 (E_{fr}) を求めるに当っては、式 (2) を用いた。なお、供試原木の平均密度の算出は、ロードセルにより測定した原木の重量を末口自乗法から求めた原木の材積で除して求めた。

また、基本振動周波数の測定は、全試験材について、1本につき3回打撃し、各測定値にばらつきのないのを確認した後、その平均値を測定データとした。

$$f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{E_{fr} \cdot g}{\rho}} \quad \dots (1)$$

ただし、 f : 基本振動周波数 (Hz, 1/s)

L : 試験材の材長 (cm)

E_{fr} : 基本振動周波数によって得られるヤング係数
(10^3 kgf/cm^2)

g : 重力の加速度 (9.8 m/s^2)

ρ : 試験材の平均密度 (gr/cm^3)

上式を変形して次式により、動的ヤング係数 E_{fr} を算出した。

$$E_{fr} = \frac{4L^2 f^2 \rho}{g} \quad \dots (2)$$

(2) 製材品のヤング係数 (E_{fr}) の測定

製材品の基本振動周波数を測定する方法は、試験体を材長方向の中央で支える以外は、原木の測定方法と同様である。(図 5-2)

なお、比重の測定を省略するため、(2)式を変形し、(3)式により E_{fr}/ρ を算出した。

$$\frac{E_{fr}}{\rho} = \frac{f^2 4L^2}{g} \quad \dots (3)$$

(3) 乾燥材の静荷重積載による静的ヤング係数 (E_{dw}) の測定

基本振動周波数測定により算出した動的ヤング係数 (E_{fr}) と静的ヤング係数 (E_{dw}) との比較・分析を行なうため、乾燥材について、静荷重積載によるヤング係数 (E_{dw}) の測定を行なった。なお、調査枚数は 141枚である。

試験材の寸法及び重量を測定し、試験材をスパン 360cmの 2つの盤台の上に静置させた。試験材の材巾が 10cm以上のものについては、材長方向中央部に 10kgの砂袋を 1つずつ 80kgまで乗せ、その時に発生するたわみ量をダイヤル・ゲージで測定した。また、材巾が 10cm未満の試験材については、約 2kgの重りを材長方向中央部より釣り下げそのときに発生するたわみ量を測定した。(図 5-3)

なお、荷重方向については、まず、エッジワイズ方向から荷重を行なう試験を実施し、続いて、フラットワイズの方向から荷重を行い、ヤング係数を測定した。

静荷重積載による静的ヤング係数 (E_{dw}) は、式 (4) により算出した。

$$E_{dw} = \frac{\Delta P l^3}{4 b h^3 \Delta y} \quad \text{----- (4)}$$

ただし、

ΔP : 初期荷重と最終荷重の差 (kg)

l : ロードスパン (cm)

Δy : ΔP に対応するスパン中央のたわみ (cm)

E_{dw} : 静荷重積載による曲げヤング係数 (10³kgf/cm²)

b : 試験材の巾 (mm)

h : 試験材の高さ (mm)

(4) 曲げ破壊強さ (MOR) の測定方法

ヤング係数の測定終了後、4mの試験材の両木口からそれぞれ約 75cm内側に入った箇所を切断し、2.5mの曲げ破壊用試験材を作成すると同時に、

厚さ約 3cmの試験片を採取し、曲げ試験時の含水率を求めた。

曲げ破壊試験は、当センターのアムスラー式万能試験機により実施した。3等分点4点荷重とし、スパン 210cmとした。荷重はエッジワイズにより行った(図 5-4)。曲げ試験実施時に試験材中央上部より垂直に加重するよう治具を作成し、試験を実施した。

曲げ破壊強度は(5)式に従って算出した。

$$MOR = \frac{P_{max} \cdot l}{3 b h^2} \dots\dots (5)$$

ただし、

P_{max} : 最大荷重 (kg)

l : スパン (cm)

b : 試験材の巾 (cm)

h : 試験材の高さ (cm)

また、含水率15%時の強度を算出するため、(6)式 (ASTM D2915)により含水率補正を行った。

$$P_2 = P_1 \times \frac{\alpha - \beta M_2}{\alpha - \beta M_1} \dots\dots (6)$$

ただし、

P_1 : 含水率 M_1 %時の強度性能値

P_2 : 含水率 M_2 %時の強度性能値

M_1, M_2 : 含水率 (M_1 が22%を越える時は $M_1=22$ とする)

α : 含水率補正係数 (曲げヤング係数:1.44, 曲げ強度:1.75)

β : 含水率補正係数 (曲げヤング係数:0.0200, 曲げ強度:0.0333)

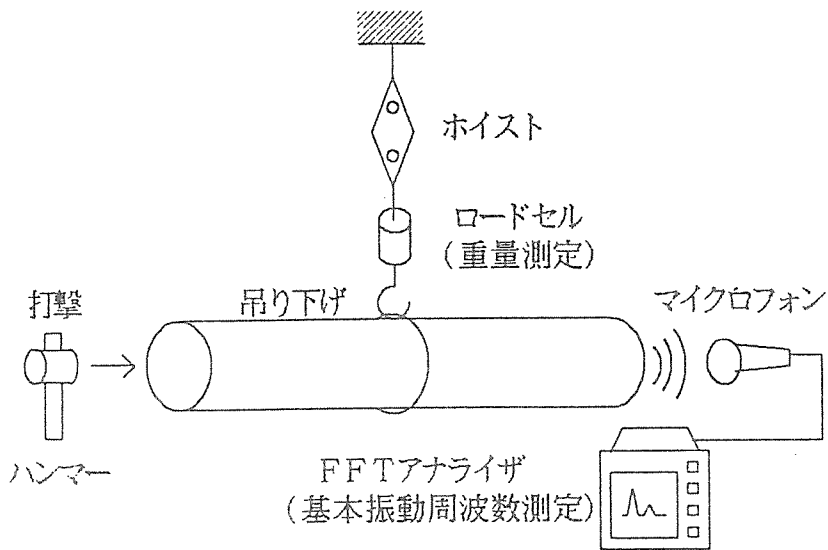


図 5-1 原木のヤング係数（基本振動周波数）測定

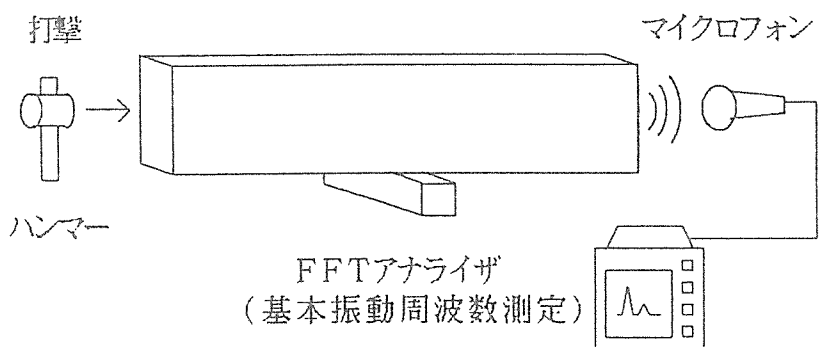


図5-2 製材品のヤング係数（基本振動周波数）測定方法

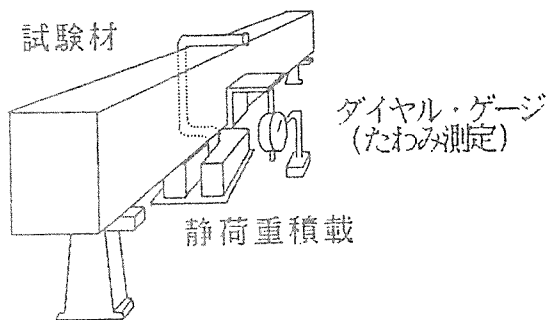


図5-3 静荷重積載によるヤング係数 (E_{dw}) の測定方法

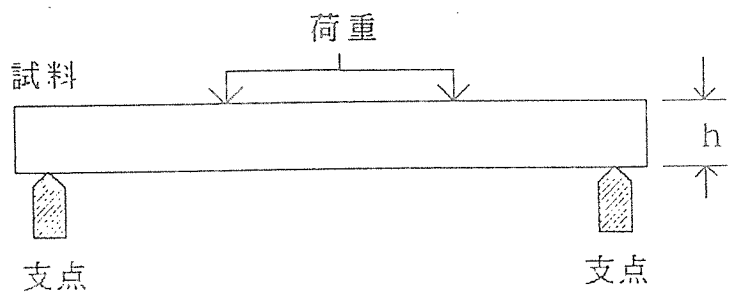


図 5-4 曲げ強度 (MOR) の測定方法

4-2. 原木の強度測定結果

(1) ヤング係数 (E fr) 測定結果

原木の (E fr) を測定した結果を表 5-1に示す。

18~22cm原木のFFTアナライザによる (E fr) の測定値の平均は 66.4tf/cm²であった。24~28cm原木の (E fr) の測定値の平均は 62.6tf/cm²であり、18~22cm原木に比べ、若干低い値となった。また、(E fr) のばらつきはほぼ同じ結果であった。

原木の (E fr) の頻度分布を図 5-5に示す。最大頻度は 60~70tf/cm²であり、50~60tf/cm²、70~80tf/cm²、40~50tf/cm²の順に低くなった。

(2) 剥皮後におけるヤング係数測定結果

原木の剥皮前の (E fr) の平均値は、64.0tf/cm²であった。しかし、剥皮により基本振動周波数の測定値が、平均約 3Hz上昇したが、剥皮後の重量変化により剥皮後の (E fr) の平均値は、62.1tf/cm²となり、若干低い値となった(表 5-2)。剥皮前後の (E fr) 測定値の関係を図 5-6に示す。剥皮前後の (E fr) 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は、18~22cm原木の平均値は 9.32kg、24~28cm原木の平均値は 9.44kgであり(表 5-3) 径級による大きな差はみられないが、ばらつきについては、22~24cm原木が 18~22cm原木と比較し、若干大きな値を示した。

4-3. 製材品の強度測定結果

(1) ヤング係数 (E fr) の測定結果

製材後の製材品においてヤング係数 (E fr) を測定した結果を表5-4に示す。

18~22cm原木から採材した製材品の (E fr) を測定した結果は、平均 63.8tf/cm^2 であった。24~28cm原木から採材した製材品の (E fr) を測定した結果は、平均 60.5tf/cm^2 であり、18~22cm原木に比べ若干低い値であった。ばらつきについてはどちらもほぼ同様の傾向を示した。

製材品のヤング係数 (E fr) の枚数による頻度分布を図 5-7に示す。最大頻度 $60\sim 70\text{tf/cm}^2$ のほぼ正規分布に近い傾向を示した。製材品 (合計) の (E fr) 測定値は 61.6tf/cm^2 であり、原木の (E fr) の平均測定値 64.0tf/cm^2 と比較し、若干低い値を示した。

また、頻度分布については、原木の最大頻度が $60\sim 70\text{tf/cm}^2$ であり、製材品も $60\sim 70\text{tf/cm}^2$ と同じ値を示し、同様な傾向を示した。

(2) 木取りおよび径級別の強度区分割合

製材品の木取り及び径級別の E fr による強度区分割合を図 5-8に示す。

4種類の分類の中で 70tf/cm^2 以上の強度を有したものの割合が高いのは、だら挽き木取りの 18~22cm であり、約 5割を占めている。低いものは、だら挽き木取りの 24~28cm で、約 1割であった。

4-4. 原木のヤング係数 (E fr) と

製材品のヤング係数 (E fr) の比較・分析

原木のヤング係数 (E fr) と製材品のヤング係数 (E fr) を比較するため、製材品の (E fr) 測定結果を原木別に集計、平均し、両者を比較した。

原木 81本の (E fr) を横軸に、各原木より採材した製材品の (E fr) を横軸に取り、各測定値をプロットした結果を図 5-9に示す。原木のヤング係数と製材品のヤング係数の相関係数 0.78、X係数0.98、Y切片 0.43 の高い単相関が得られた。

各原木より採材した製材品の (E fr) の分布を調査した結果、この (E fr) の最大値と最小値の差の平均は 19.3tf/cm^2 と大きかった。そこで、各原木から採材した製材品の (E fr) が最も低い値を示している製材品の (E fr) と原木の (E fr) とを比較分析した。

その結果、強い順相関を示し (図 5-10)、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。

4-5. (E fr / ρ) による強度推定

(1) 原木における (E fr / ρ)

原木の密度の測定のための重量測定は、ホイストおよびフォークリフト等を用いて作業の簡便化を図った場合でも、面倒な作業であり現場で簡単に実施することは難しい。そこで、重量測定を省略するため、(E fr / ρ) を求め、(E fr) との関係を探った。

原木の (E fr / ρ) と (E fr) の関係を図 5-11に示す。

(E fr / ρ) と (E fr) との相関係数は、0.85であり、強い順相関を示した。したがって、原木の重量測定を省略し、基本振動周波数と材長を測定することで、(E fr) を推定することが可能といえる。

(2) 製材品における (E fr / ρ)

製材直後の枠組部材について密度の測定を省略するために、1枚毎に (E fr / ρ) と (E fr) との関係を調べた結果を図 5-12に示す。

Efr/ρ と Efr の間には、相関係数 0.67の弱い順相関が得られた。

4-6. 製材品の強度等級区分

表 5-5に基づき製材品の等級区分を行った。

製材品における (Efr) の木取り別等級別材積割合を図 5-13に示す。

だら挽きにおいては、特級の材積は、 5.7456m^3 (91.5%)、1級の材積は、 0.3933m^3 (6.3%)、2級の材積は 0.1390m^3 であった。

わく挽きにおいては、特級の材積は、 4.0808m^3 (83.2%)、1級の材積は、 0.5449m^3 (11.1%)、2級の材積は 0.2815m^3 であり、わく挽きはだら挽きに比べ特級の割合が若干少なくなった。

製材品の (Efr) による径級別等級別材積割合を図 5-14に示す。

18~22cm原木からの製材品においては、特級の材積は、 3.327m^3 (95.4%)、1級の材積は、 0.1295m^3 (3.7%)、2級は、 0.0302m^3 であった。

24~28cm原木からの製材品においては、特級の材積は、 6.4994m^3 (84.4%)、1級の材積割合は、 0.8087m^3 (10.5%)、2級は 0.3903m^3 であり、24~28cm原木は、18~22cm原木と比較し、特級の割合が若干少なくなった。

4-7. 乾燥材の強度測定結果

(1) ヤング係数 (Efr) の測定結果

人工乾燥終了後数日間、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 (Efr) を求めた。乾燥材の枚数は 236枚であり、その (Efr) 測定値の平均は、 $67.1\text{tf}/\text{cm}^2$ 、最小値は $33.9\text{tf}/\text{cm}^2$ 、最大値は、 $104.4\text{tf}/\text{cm}^2$ であった。

乾燥前後における製材品の (Efr) の頻度分布を図 5-15に示す。

製材品の (Efr) の最大頻度は、 $50\sim 60\text{tf}/\text{cm}^2$ であったが、乾燥材の最

大頻度は、 $60\sim 70\text{tf}/\text{cm}^2$ であり、人工乾燥により若干ヤング係数が大きな値を示した。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。乾燥後の(Efr)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。

乾燥材の木取り及び径級別の強度区分割合を図 5-16に示す。

4種類の木取り及び径級の中で、だら挽きの末口径 $18\sim 22\text{cm}$ 原木からの乾燥材における $70\text{tf}/\text{cm}^2$ 以上の割合が 5割と近く高い値を示したが、粹挽きの末口径 $18\sim 22\text{cm}$ 原木からの乾燥材は $70\text{tf}/\text{cm}^2$ 以上の割合が約 2割と低い値を示した。

乾燥材の(Efr)による径級別等級別材積割合を図 5-17に示す。

$18\sim 22\text{cm}$ 原木からの乾燥材においては、特級の材積は、 2.8972m^3 (93.5%)、1級の材積は、 0.1322m^3 (4.3%)、2級の材積は、 0.0704m^3 であった。

$24\sim 28\text{cm}$ 原木からの乾燥材においては、特級の材積は、 6.5203m^3 (92.5%)、1級の材積は、 0.4050m^3 (5.8%)、2級の材積は 0.0373m^3 、3級の材積は 0.0855m^3 であり、 $24\sim 28\text{cm}$ 丸太は、 $18\sim 22\text{cm}$ 丸太と比較し、特級の割合が若干少なかった。

乾燥材の(Efr)による木取り別等級別材積割合を図 5-18に示す。

だら挽きにおいては、特級の材積は、 5.4967m^3 (96.5%)、1級の材積は、 0.1644m^3 (2.9%)、2級の材積は 0.0373m^3 であった。

わく挽きにおいては、特級の材積は、 3.9208m^3 (88.1%)、1級の材積割合は、 0.3728m^3 (8.4%)、2級の材積は 0.0704m^3 、3級は 0.0855m^3 であり、わく挽きはだら挽きに比べ特級の割合が若干少なくなった。

(2) (Efr/ρ) と (Efr)

乾燥後の粹組部材についても製材時の場合と同様に、1枚毎に (Efr/ρ) と (Efr) との関係調べた結果を図 5-19に示した。

(Efr/ρ) と (Efr) の間には、相関係数 0.88の強い順相関が得られた。

製材直後の枠組部材の時の (E_{fr}/ρ) と (E_{fr}) の関係と比較して、相関係数が高くなっているが、乾燥材においては、密度のばらつきが減少しているためより高い相関が得られたものと考えられる。

密度のばらつきが少なければ、基本振動周波数と材長によりヤング係数を推定する事も可能と考えられる。

表 5-1 原木の E_{fr} 測定結果 単位: tf/cm^2

径級区分	18cm~22cm	24cm~28cm	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

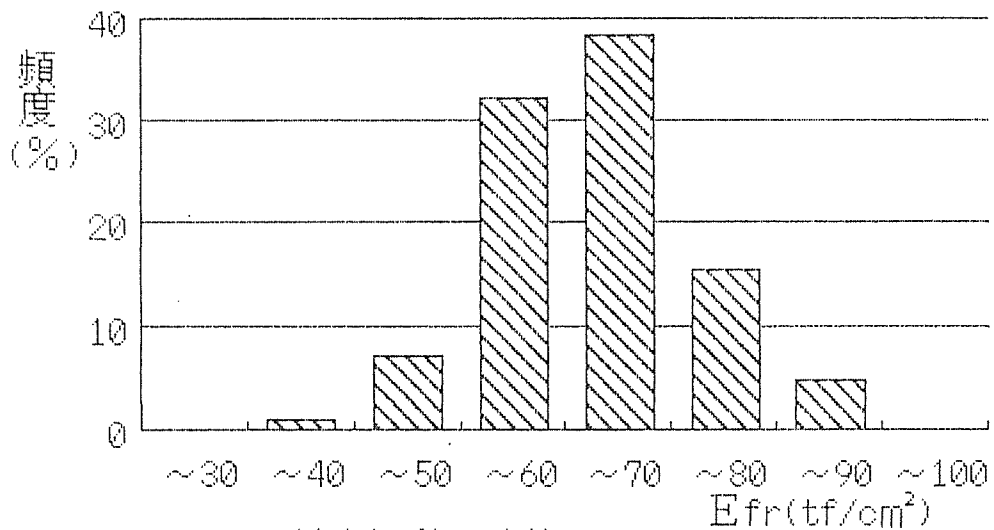


図 5-5 基本振動周波数による原木のヤング係数 (E_{fr}) の頻度分布

表 5-2 剥皮前後における原木のEfrの変化

径級区分	18cm~22cm		24cm~28cm		合計	
項目	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(tf/cm ²)	66.4	64.0	62.6	60.9	64.0	62.1
標準偏差	8.52	8.16	11.30	10.52	10.51	9.82

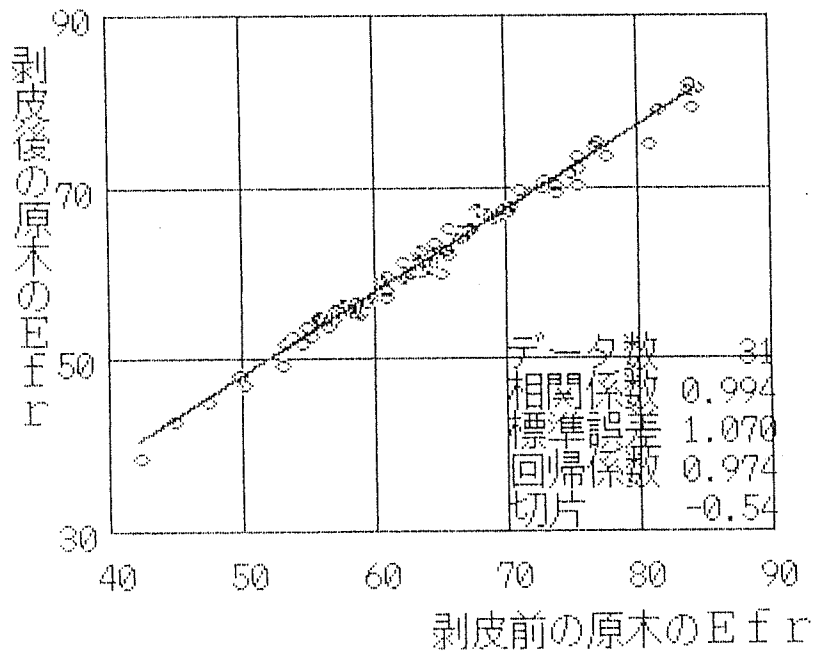


図 5-6 剥皮前後における原木のEfrの関係(tf/cm²)

表 5-3 剥皮前後における原木の重量変化

径級区分	18cm~22cm		24cm~28cm		合計	
項目	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

表 5-4 製材品のEfr測定値 単位：tf/cm²

径級区分	18cm~22cm	24cm~28cm	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

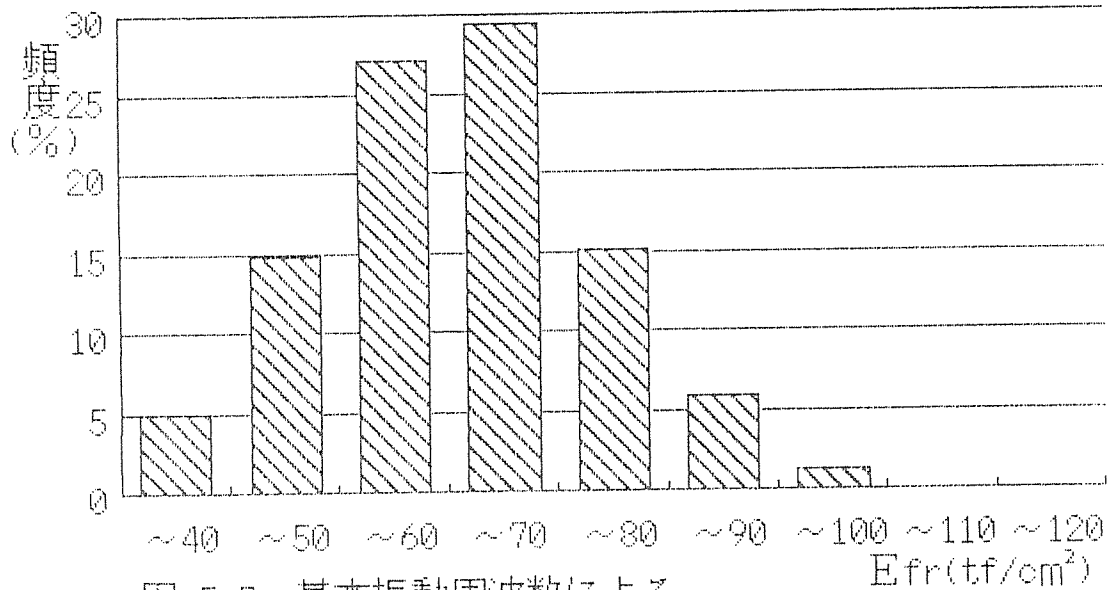


図 5-7 基本振動周波数による製材品のヤング係数(Efr)の頻度分布

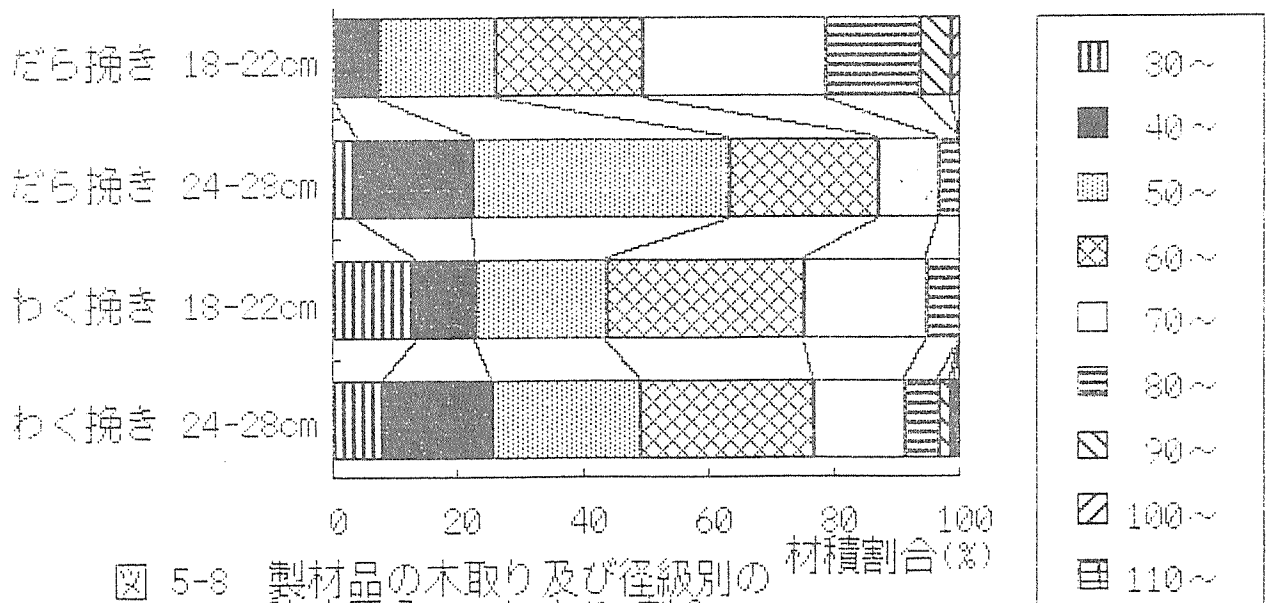


図 5-8 製材品の木取り及び径級別の強度区分(Efrによる)割合

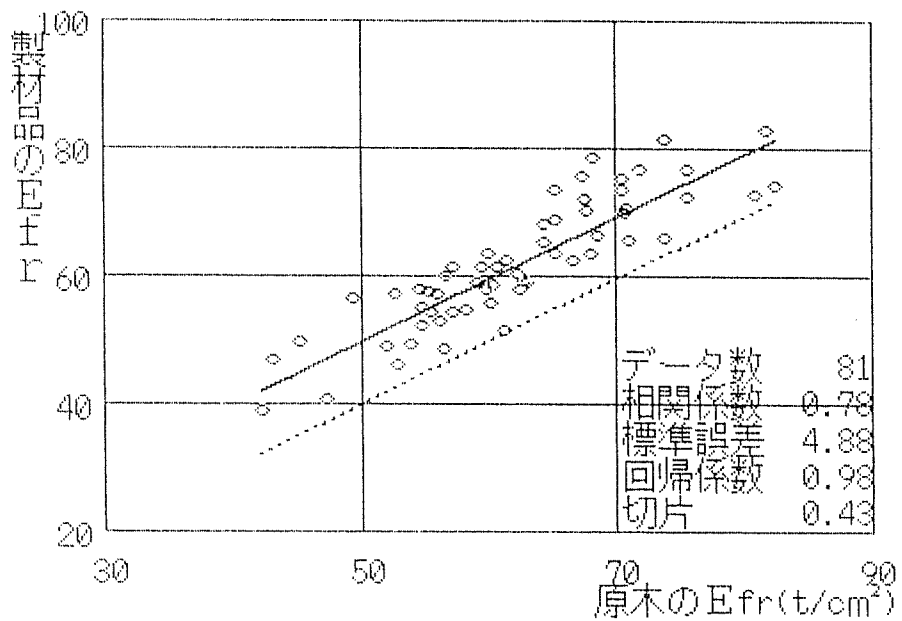


図 5-9 原木と製材品（原木1本当りの平均）におけるヤング係数Efrの関係

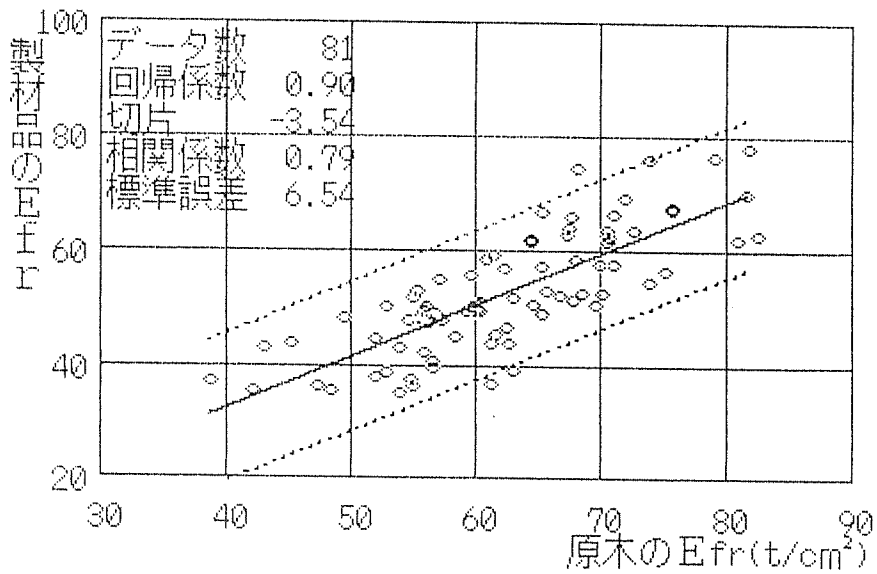


図 5-10 原木と製材品（原木1本当りの最小値）におけるヤング係数Efrの関係

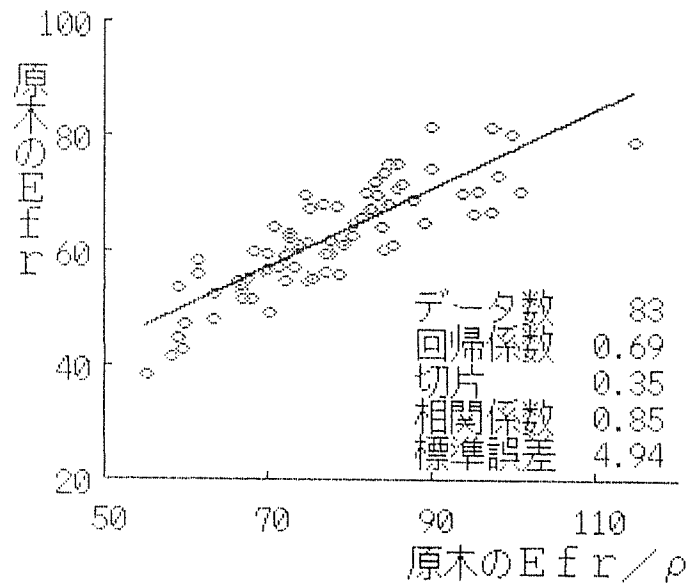


図 5-11 原木のEfr/ρとEfrの関係
(単位：tf/cm²)

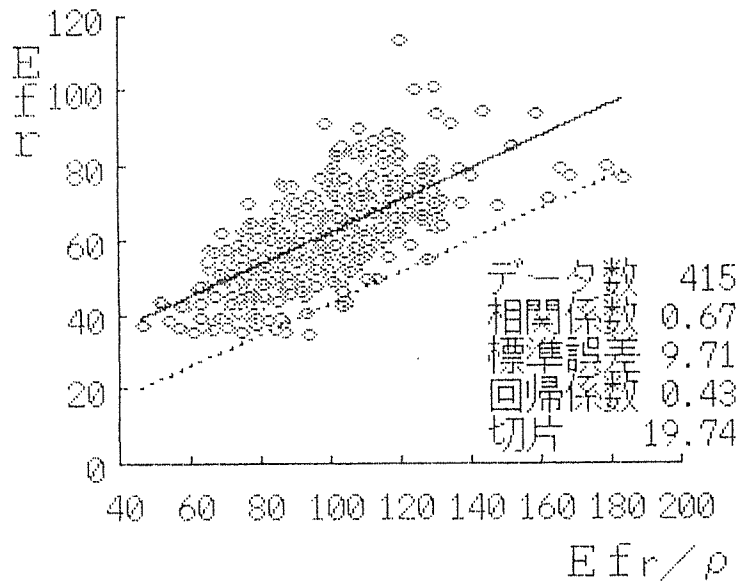


図 5-12 製材品の Efr/ρ と Efr の関係
 (単位: tf/cm^2)

表 5-5 強度等級区分

規格	寸法 型式	等級	曲げ 強度 kgf/cm^2	曲げ ヤング係数 $\times 10^3 kgf/cm^2$	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				
404	3級	169.0	18.2	26	
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	ユーティリティ (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: $650 kgf/cm^2$,
 曲げヤング係数: $70 \times 10^3 kgf/cm^2$

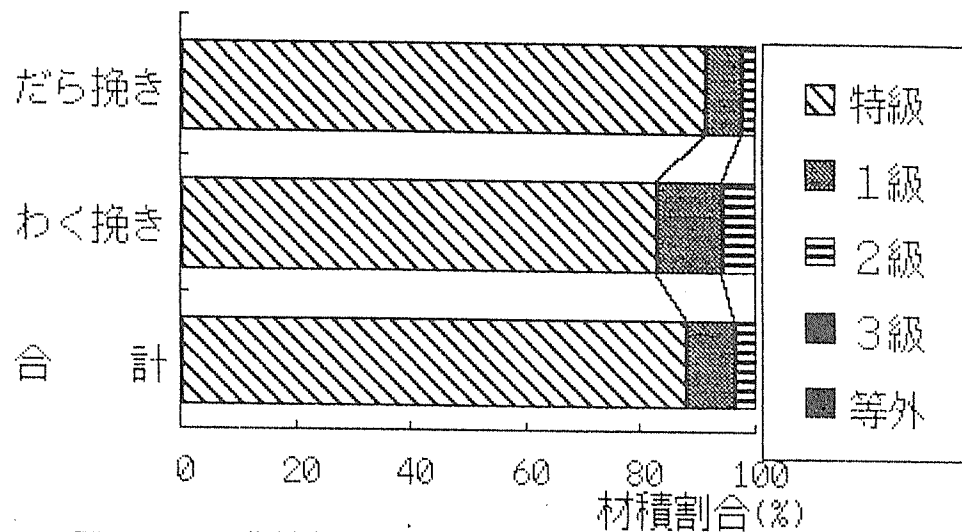


図 5-13 製材品(乾燥前)のEfrによる木取り別等級別材積割合

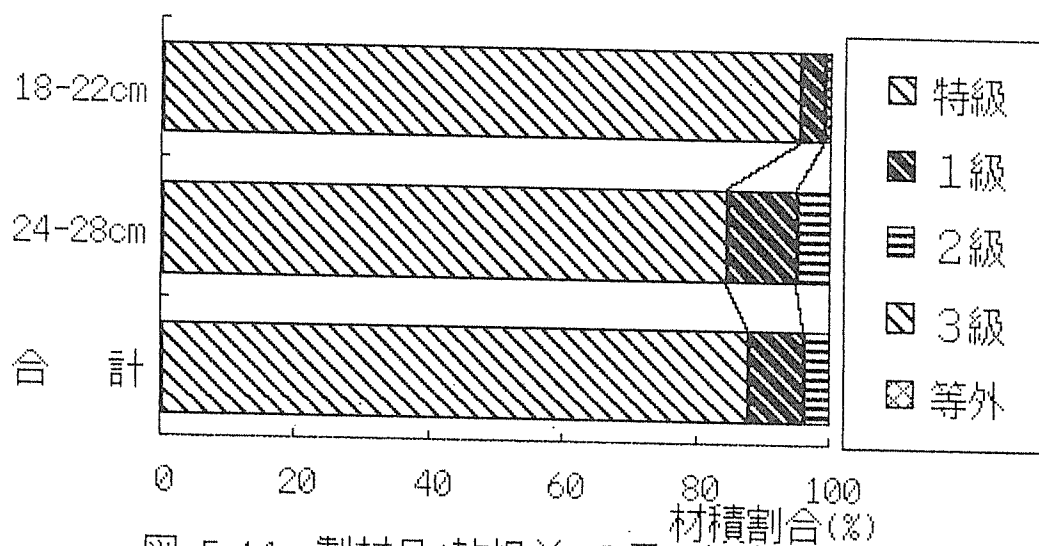


図 5-14 製材品(乾燥前)のEfrによる径級別等級別材積割合

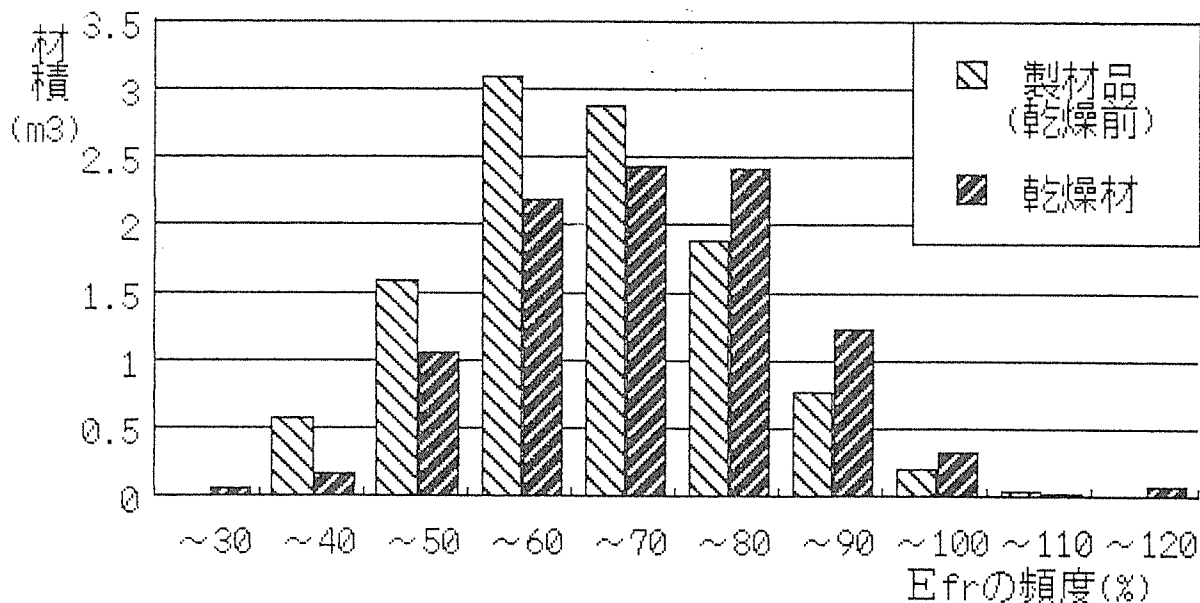


図 5-15 乾燥前後における製材品のEfr

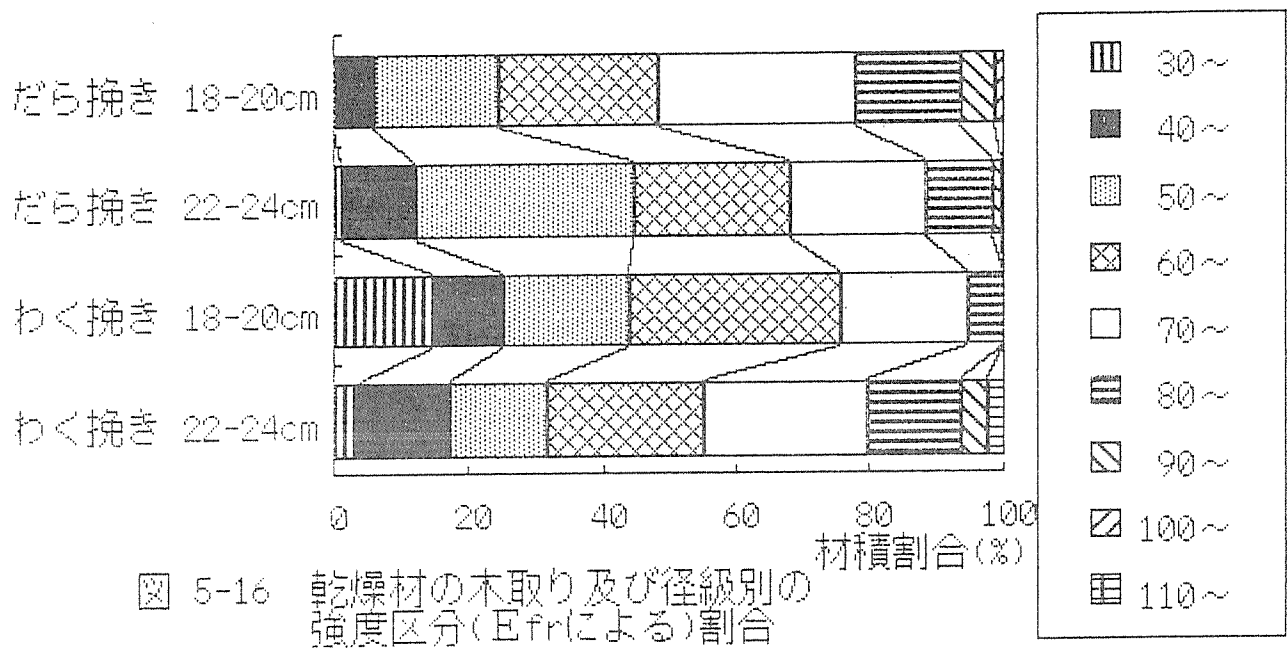


図 5-16 乾燥材の木取り及び径級別の強度区分(Efrによる)割合

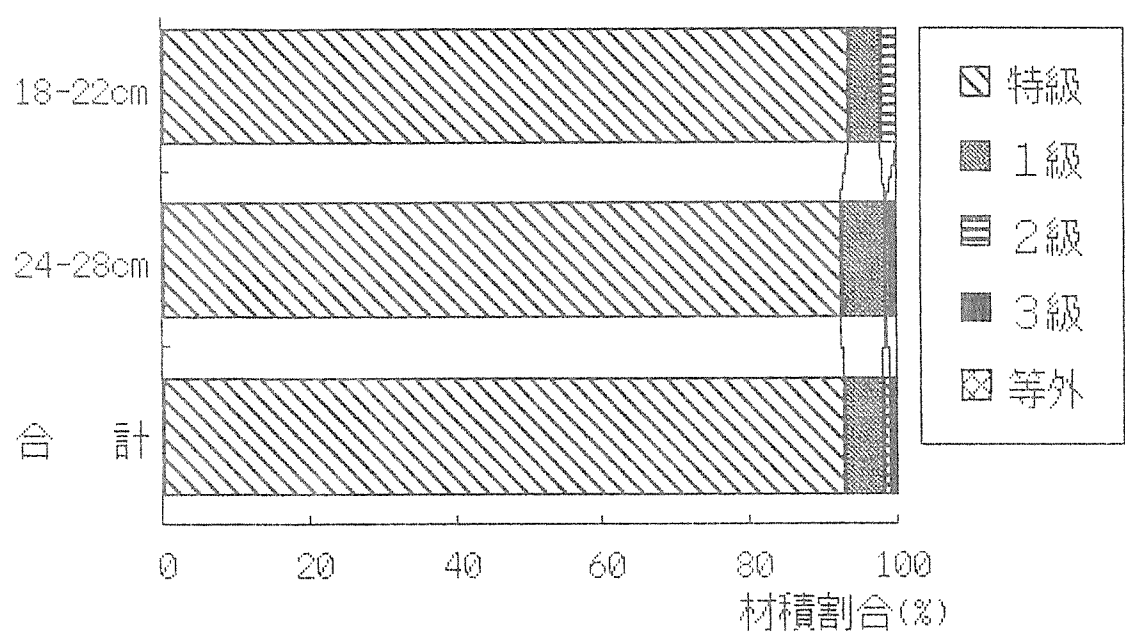


図 5-17 製材品(乾燥後)のEfrによる径級別等級別材積割合

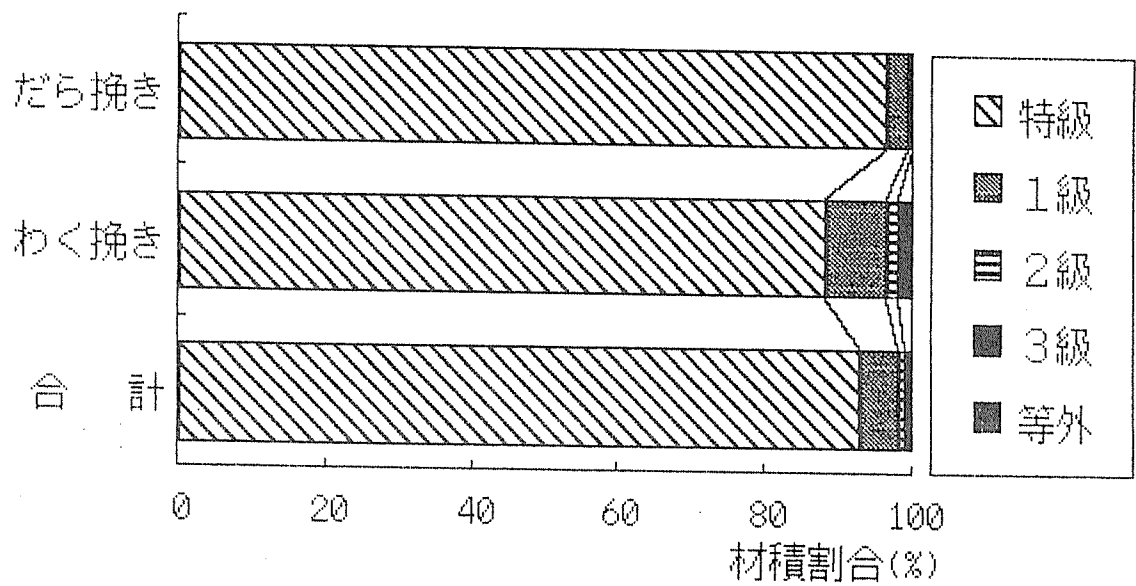


図 5-18 製材品(乾燥後)のEfrによる
木取別等級別材積割合

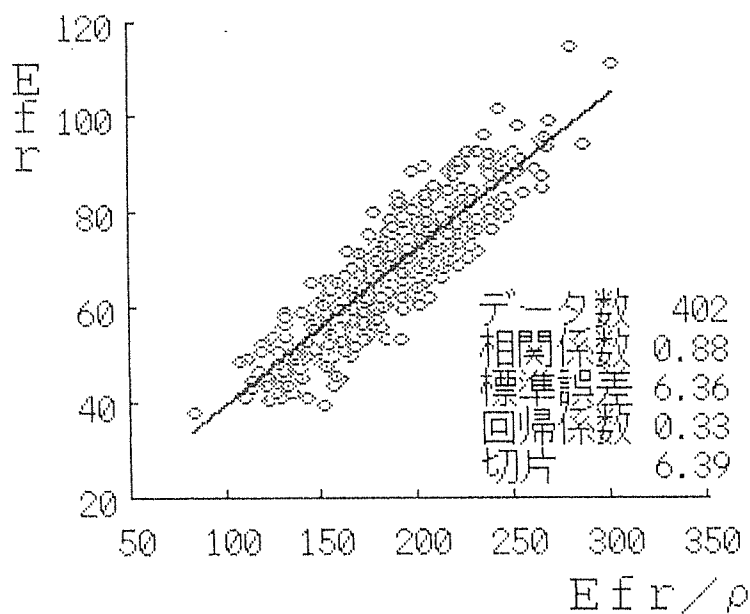


図 5-19 乾燥材のEfr/ρとEfrの関係
(単位: tf/cm²)

4-8. 仕上げ材における強度測定結果

仕上げ材についてヤング係数 (E_{fr})、(E_{dw}) および曲げ強度 (MOR) について測定した結果を表 5-6に示す。

また、含水率補正を行ない含水率 15%時の強度を算出した結果を表 5-7に示す。

(1) ヤング係数 (E_{fr}) の測定結果

仕上げ材の約 1/3である 146枚の仕上がり材についてヤング係数 (E_{fr}) の測定を行い、含水率 15%時のヤング係数に補正した結果を図 5-20に示す。

平均値は 70.3tf/cm^2 、偏差は 12.6であり、最大頻度は、 $70\sim 80\text{tf/cm}^2$ であった。

(2) ヤング係数 (E_{dw}) の測定結果

仕上り材の 145枚について、材厚面から荷重を行なった静荷重積載 (エッジワイズ) によるヤング係数 (E_{dw}) の測定結果 (含水率 15%に補正) を図 5-21に示す。

平均値は 75.0tf/cm^2 、偏差は 18.4であり、最大頻度は、 $70\sim 80\text{tf/cm}^2$ であった。

仕上げ材の 147枚について材幅面から荷重を行なった静荷重積載 (フラットワイズ) によるヤング係数 (E_{dw}) の測定を行った結果 (含水率 15%に補正) を図 5-22に示す。

平均値は 70.1tf/cm^2 、偏差は 13.2であり、最大頻度は $60\sim 70\text{tf/cm}^2$ で、最小値 $40\sim 50\text{tf/cm}^2$ 、最大値 $90\sim 100\text{tf/cm}^2$ の分布を示した。

(3) 曲げ破壊強度 (MOR) の測定結果

ヤング係数 E_{dw} の測定を行った試験材について、2.5mに寸法決めし節等の欠点の測定を行った後、曲げ破壊試験により最大破壊荷重を測定し、破壊強度を算出した。

曲げ破壊強度 (含水率 15%に補正) の分布は、図 5-23に示すように、 $300\text{kgf/cm}^2 \sim 400\text{kgf/cm}^2$ でピークを示し、最小値 $100 \sim 200\text{kgf/cm}^2$ 、最大値 $600 \sim 700\text{kgf/cm}^2$ となった。

(4) ヤング係数 (E_{fr})、(E_{dw})

および曲げ強度 (MOR) の関係

① ヤング係数 (E_{fr}) とヤング係数 (E_{dw}) の関係

204材の 64枚の基本振動周波数の測定から求めたヤング係数 (E_{fr}) と静荷重積載 (エッジワイズ) により求めたヤング係数 (E_{dw}) との関係を図 5-24に示す。

その結果、(E_{fr}) と (E_{dw}) との相関係数は 0.91の強い順相関を示し、回帰直線は $E_{dw} = 9.26 + 0.94E_{fr}$ となった。

206材の34枚におけるヤング係数 (E_{fr}) とエッジワイズによる (E_{dw}) の関係を図 5-25に示す。

相関係数は 0.85であり、204材の場合より若干弱い、強い順相関を示しており、回帰直線は $E_{dw} = 3.61 + 1.05E_{fr}$ となった。

② ヤング係数 (E_{fr}) と曲げ破壊強さ (MOR) の関係

基本振動周波数より求めた動的ヤング係数 (E_{fr}) と曲げ破壊強度 (MOR) との関係を図 5-26に示す。

204材の 64枚における基本振動周波数による動的ヤング係数 (E_{fr}) と曲げ破壊強度 (MOR) との関係は、相関係数が 0.64の順相関を示し、回帰直線は $MOR = 135.8 + 3.32E_{fr}$ となった。

4-9. 強度等級区分

曲げ強度 (MOR) による強度等級区分および目視による等級区分を枚数割合で表した結果を図 5-27に示す。

曲げ強度 (MOR) による等級区分においては、2級における本数割合が一番高く、37.4%であり、次いで1級が25.9%、特級が19.1%、3級が17.0%、等外は0.7%であり、2级以上がほぼ8割を占めた。目視による等級区分においては3級でピークを示し、72.2%であり、次いで2級が13.5%、等外が6.8%、特級と1級の合計が7.5%であり、3級以下が8割強を占めた。

強度による等級区分と目視による等級区分との間に著しい等級差が生じた。

表 5-6 仕上り材のヤング係数及び曲げ強度測定結果

項目	E fr	E dw エッジワイス	E dw フラットワイス	MOR エッジワイス
枚数	146	145	147	147
平均	69.2	73.9	69.0	354.7
偏差	12.36	18.27	12.98	84.59

注：単位，MOR：kgf/cm²，E fr・E dw：tf/cm²

表 5-7 含水率15%時における
仕上り材のヤング係数及び曲げ強度測定結果

項目	Efr	Edw エッジワイス	Edw フラットワイス	MOR エッジワイス
枚数	146	145	147	147
平均	70.3	75.0	70.1	346.2
偏差	12.58	18.37	13.23	81.31

注：ASTM D2915式により含水率15%時に換算した値
単位，MOR：kgf/cm²，Efr・Edw：tf/cm²

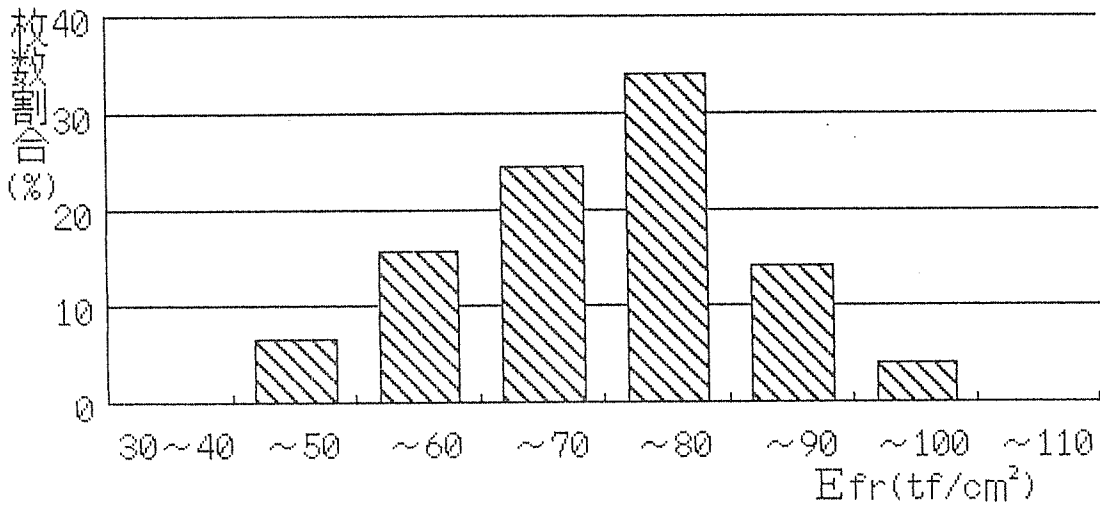


図 5-20 仕上り材のヤング係数 Efr の頻度分布

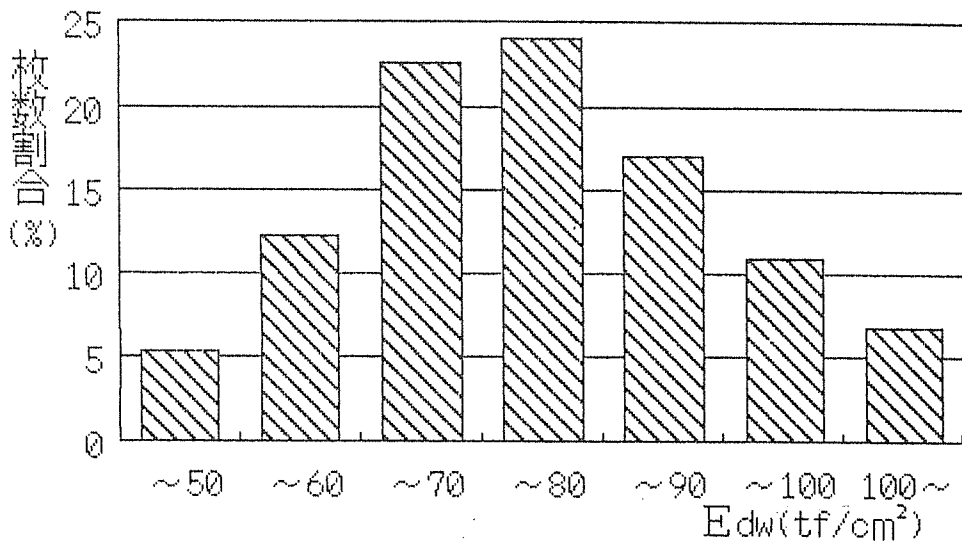


図 5-21 仕上り材のヤング係数 Edw
(エッジワイス) の頻度分布

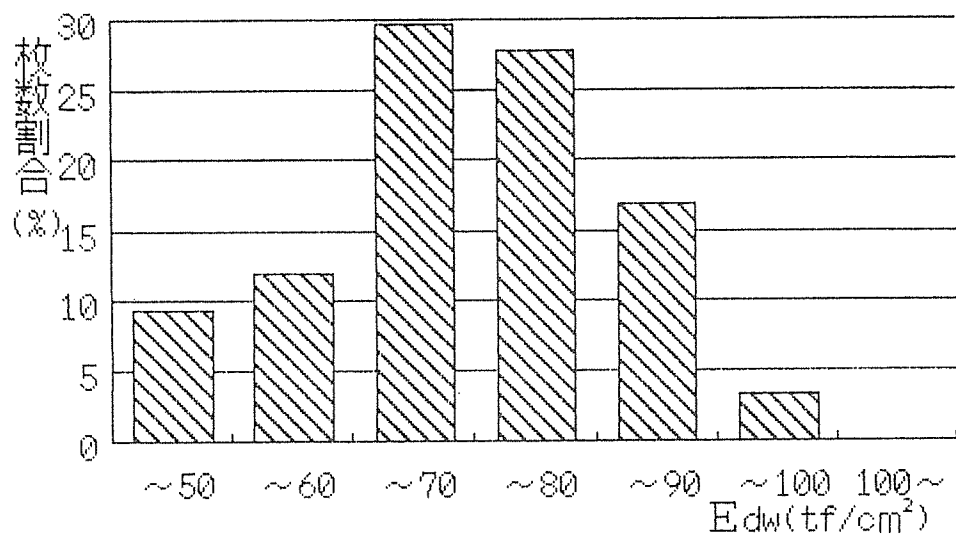


図 5-22 仕上げ材のヤング係数 E_{dw} (フラットワイス) の頻度分布

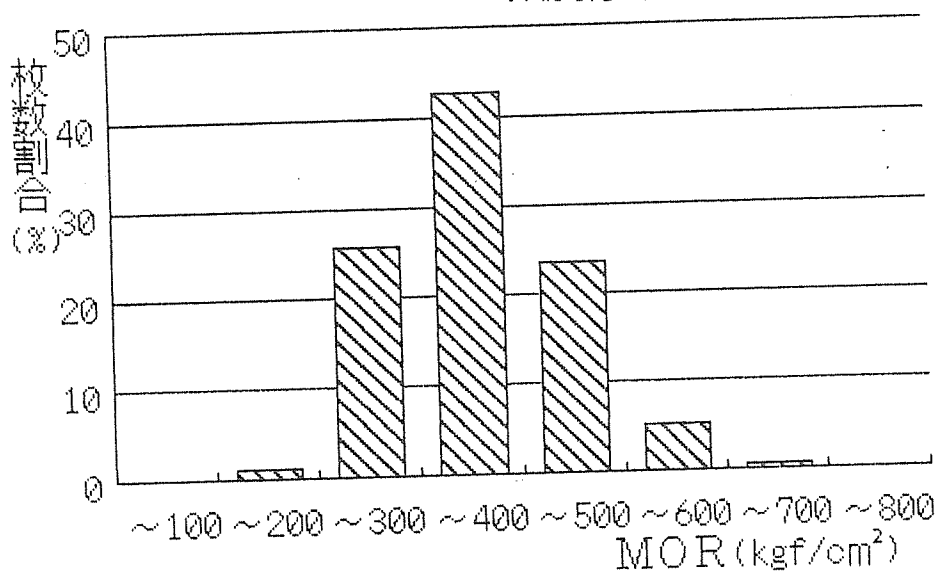


図 5-23 仕上げ材の曲げ強度MORの頻度分布

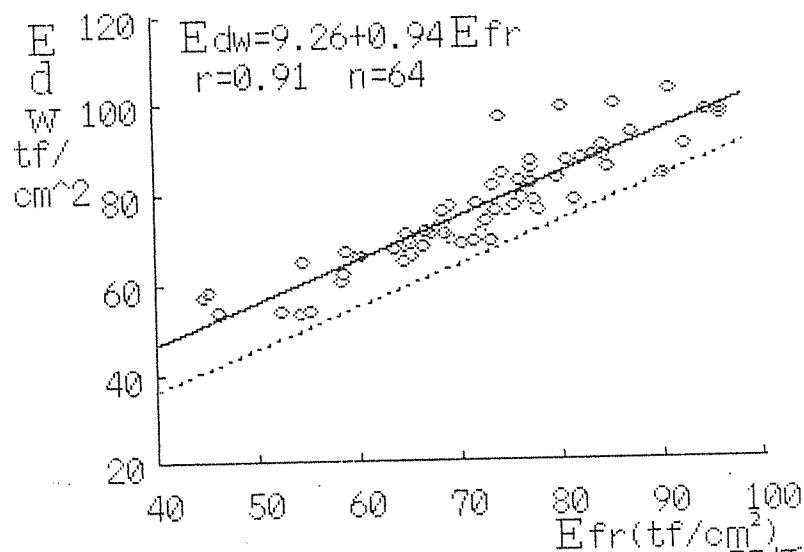


図 5-24 ヤング係数 E_{fr} と E_{dw} の関係
スギ204材 (エッジワイス)

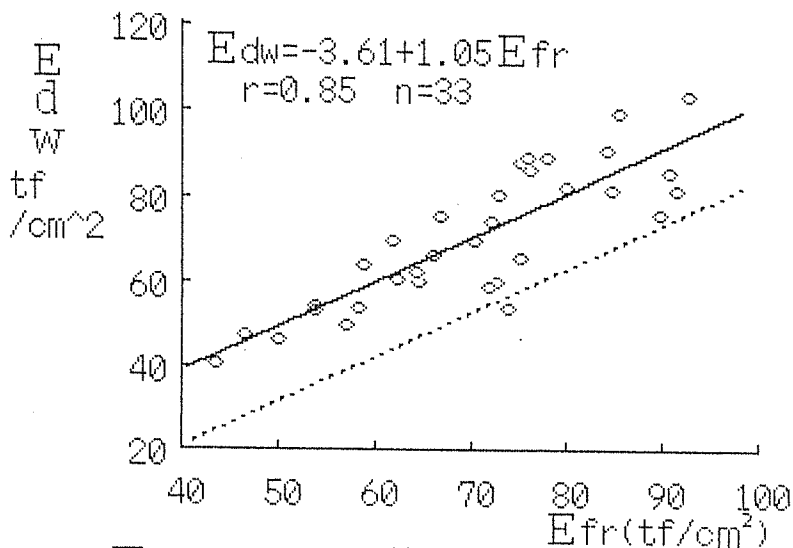


図 5-25 ヤング係数 E_{fr} と E_{dw} の関係
 スギ206材 (エッジワイス)

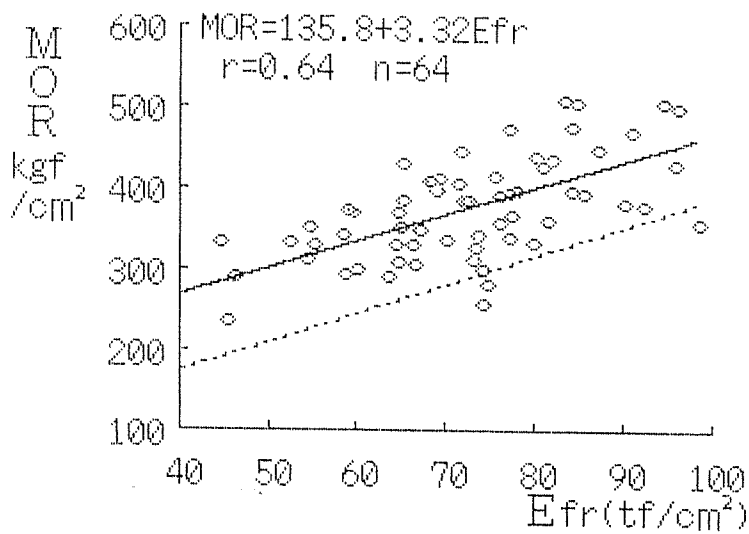


図 5-26 E_{fr} と MOR の関係
 スギ204材 (エッジワイス)

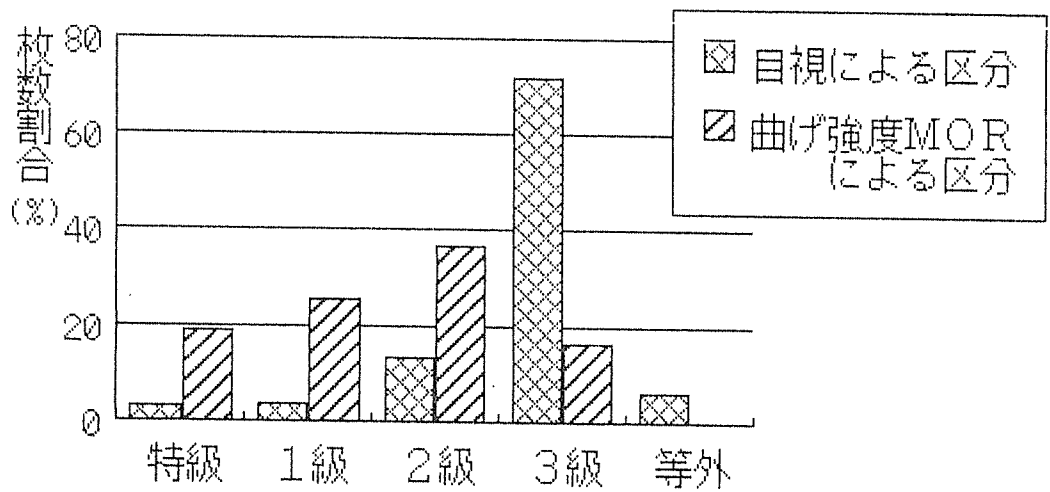


図 5-27 仕上げ材の等級区分結果

5 調査結果

(1) 含水率

試験材の含水率について表 6-1に示す。この表で全平均値は 4材面の測定値の平均値であり、AC面平均は材巾面の 2面の測定値の平均である。また、推定含水率の計算方法は、破壊試験時に採取した試験片の含水率を基準にして、各測定時におけるそれぞれの試験材の絶乾重量を算出して求めた。

破壊試験時の含水率はだら挽きで 14.6%、粹挽きが 13.8%と粹挽きの方がやや低い値であったが、乾燥時および自動かな盤による仕上げ切削時では粹挽きの方が高い含水率であった。また、乾燥時において粹挽きの含水率計と推定した含水率との間に約 7~8%と大きな差が生じた。

つまり、推定含水率でみるならば、だら挽きは乾燥時から破壊試験時の含水率の減少は 5%であったが、粹挽きでは約 10%の減少であった。

また、含水率計による測定値と補正含水率との差では、だら挽きで約 2%であったが、粹挽きでは約 7~8%と大きな差であったが、含水率計の測定値は粹挽きの方がバラツキが少なかった。

このことは、人工乾燥をだら挽きは高温乾燥スケジュールで、粹挽きは中温乾燥スケジュールで行った結果、高温乾燥スケジュールでは部材の内部まで乾燥が進んだが、中温乾燥スケジュールでは表面の乾燥はどの部材ともほぼ同様におこなえたが、内部までの乾燥は十分でなかったためと考えられる。

(2) 歩止まり

表 6-2に製材時、乾燥時および仕上げ時における材積歩止まりを示す。

この表で原木、製材、乾燥材の材積は仕上げ材に相当する分のみ集計したものである。

製材歩止まりは、だら挽きで 52.9%、粹挽きで 52.3%とほとんど差がなかった。

乾燥歩止まりは、対原木で、だら挽きが 49.7%、粹挽きで 49.1%になった。対製材品では、だら挽きが 94.1%、粹挽きが 93.9%と乾燥による減少が約 6%で、だら挽きと粹挽きに差はなかった。

しかし、仕上げ加工後の歩止まりはだら挽きと粹挽きとで、対原木で約 3%、対製材品で約 6.5%の差が生じた。この仕上げ加工により粹挽きの歩止まりが低下したのは、製材時の寸法がだら挽きより大きかったためと考えられる。

また、製材時における歩止まりの約 52%は低すぎるが、これは、今回の製材が粹組壁工法用住宅部材のみであったためで、実際に製材を行う場合は、副製品の生産を行い製材歩止まりを高める必要がある。

(3) 等級決定の要因

甲種製品の等級決定要因の状況を図 6-1、表 6-3 に示す。

製材時、乾燥時および仕上げ加工時を通し年輪巾と節の要因が約 74~80%と非常に強い決定要因となっていた。この要因は、木材自体が生来有している要因で人為的に修正出来るものではない。

一方、仕上げ加工等で修正可能な要因は約 20~25%となっていた。このうち、製材時で 24.3%をしめしたそりは、乾燥時に 14.0%になり、仕上げ加工時には 13.3%と若干減少したが、仕上げ加工による修正がなされなかったことを示している。また、製材時にはなつた巾そりは、乾燥時に 8.2%発生したが、仕上げ加工による修正を受け仕上げ時にはなくなった。しかし、乾燥時に 3.0%発生した曲がりとは、仕上げ加工時には 4.8%と増加し仕上げ加工による修正を受けず、むしろ、乾燥の進行により曲がりの量が増加したことを示している。

図 6-2および表 6-4に乙種製品の等級格付けの要因の状況を示す。

製材時から仕上げ加工時にかけて節の要因が約 20～25%程度占め強い影響を示していた。

そりの要因が製材時には 69.7%も占めていたが、乾燥時には 29.5%に減少した。しかし、乾燥時に巾そりが 26.4%、曲がり角が 17.1%発生し乾燥による影響が表れた。これらのうち、巾そりは仕上げ加工の修正を受け消滅した。

(4) 等級

製材時、乾燥時および仕上げ加工時における甲種製品の等級別材積割合を図 6-3および表 6-5に示す。

製材時から仕上げ加工時にかけて特級材は約 3～4%、1級材は乾燥時にやや多くなるが約 4%程度と非常に少なかった。しかし、等外材は製材時、乾燥時に約 15%であったのが、仕上げ加工時には 5.1%と 1/3に減少し、2級材、3級材は仕上げ加工時に製材時より約 5%の増加がみられた。

このことは、等級格付け要因の変化と合わせてみると、仕上げ加工によりそりの要因が減少した影響を受け、等級が高くなったためと考えられる。

図 6-4および表 6-6に乙種製品の等級別材積割合を示す。

製材時から仕上げ加工時にかけて、等外材はしだいに減少した。また、ユーティリティも製材時に 37.3%あったものが、仕上げ加工時には 8.7%と約1/4に激減した。スタンダードは 35%前後であまり変化しなかったが、コンストラクションは 20.4%から 51.8%と約 2.5倍も激増し等級割合が著しくよくなった。

等級格付けの要因の変化を合わせて考慮すると、仕上げ加工による修正により等級が向上したが、いままで強く作用していた要因が、仕上げ加工により変化量が減少したりして要因の程度が軽くなったことで、要因の割合に変化を生じたと考えられる。

表 6-1

推定した含水率と含水率計の測定値

区分		製材品				乾燥材品				アレーナの時点				仕上げ材品				破壊試験時		
		重量	含水率計		推定含水率	重量	含水率計		推定含水率	アレーナ前重量	アレーナ前絶乾重量	アレーナ後重量	推定含水率	重量	含水率計		推定含水率	裁断前重量	絶乾重量	含水率平均値
			全平均値	AC面平均			全平均値	AC面平均							全平均値	AC面平均				
だら挽き 18-22cm	平均値	19.781	99.1	99.4	201.50	10.023	17.8	21.2	19.67	9.863	8.350	7.959	18.49	7.767	17.1	19.6	14.91	7.734	6.740	14.50
	最大値	34.760	100.0	100.0	332.50	17.916	38.1	49.4	28.85	16.538	14.121	12.706	27.66	12.600	21.5	27.5	26.93	12.568	10.849	16.75
	最小値	8.713	90.0	87.5	133.68	3.459	10.2	10.6	11.83	3.507	3.093	3.052	13.37	3.039	13.8	14.8	9.25	3.026	2.692	12.40
	標準偏差	6.76	2.11	2.22	45.05	3.84	5.96	8.68	4.13	3.62	3.13	2.91	3.71	2.95	1.83	2.96	2.36	2.93	2.52	0.90
だら挽き 24-28cm	平均値	23.069	100.0	100.0	194.83	11.850	17.9	21.2	18.58	11.643	9.976	9.486	17.02	9.369	17.9	20.7	15.12	9.341	8.130	14.75
	最大値	37.389	100.0	100.0	314.04	19.230	28.1	36.3	23.36	19.308	16.618	15.375	21.89	15.308	20.9	25.3	15.88	15.225	13.233	15.65
	最小値	13.014	100.0	100.0	130.62	5.574	13.0	14.0	14.12	5.549	4.709	4.549	14.26	4.301	15.1	16.9	13.94	4.281	3.732	13.35
	標準偏差	7.32	0.00	0.00	45.86	4.52	4.47	6.46	2.83	4.33	3.76	3.49	1.87	3.52	1.58	2.50	0.60	3.51	3.03	0.62
だら挽き 合計	平均値	20.967	99.4	99.6	199.10	10.682	17.8	21.2	19.27	10.505	8.936	8.509	17.96	8.344	17.4	20.0	14.99	8.313	7.241	14.59
	最大値	37.389	100.0	100.0	332.50	19.230	38.1	49.4	28.85	19.308	16.618	15.375	27.66	15.308	21.5	27.5	26.93	15.225	13.233	16.75
	最小値	8.713	90.0	87.5	130.62	3.459	10.2	10.6	11.83	3.507	3.093	3.052	13.37	3.039	13.8	14.8	9.25	3.026	2.692	12.40
	標準偏差	7.14	1.75	1.80	45.46	4.19	5.47	7.95	3.75	3.98	3.46	3.22	3.25	3.26	1.78	2.85	1.93	3.25	2.80	0.82
枠挽き 18-22cm	平均値	13.871	96.8	97.9	214.26	7.108	15.3	16.3	24.93	7.051	5.686	5.528	24.23	5.113	16.1	17.9	14.72	5.090	4.460	14.08
	最大値	20.930	100.0	100.0	318.23	11.864	18.8	21.1	46.57	11.063	9.126	8.737	36.76	8.269	19.4	22.3	24.04	8.292	7.207	17.95
	最小値	9.485	82.3	82.5	152.03	4.515	12.7	13.5	14.35	4.346	3.529	3.473	17.42	3.228	13.1	14.4	11.97	3.206	2.820	12.60
	標準偏差	3.06	4.33	4.31	43.20	1.63	1.60	2.02	6.43	1.48	1.26	1.17	3.62	1.14	1.43	1.85	2.18	1.15	1.00	1.09
枠挽き 24-28cm	平均値	14.998	95.7	96.2	202.74	7.934	15.5	16.6	22.94	7.779	6.472	6.092	20.72	5.767	15.8	17.4	13.80	5.763	5.068	13.64
	最大値	28.727	100.0	100.0	343.70	16.000	20.1	23.3	45.52	13.657	11.801	11.235	29.41	11.244	19.8	22.0	16.32	11.213	9.708	16.30
	最小値	9.039	81.4	83.5	97.64	4.218	12.5	12.8	10.68	4.121	3.318	3.587	13.98	3.324	12.9	14.0	11.45	3.308	2.888	12.40
	標準偏差	3.69	5.50	4.86	58.76	1.99	1.77	2.35	8.53	1.79	1.60	1.47	3.73	1.50	1.55	1.93	1.03	1.51	1.31	0.87
枠挽き 合計	平均値	14.640	96.1	96.8	206.40	7.672	15.4	16.5	23.57	7.548	6.222	5.913	21.84	5.559	15.9	17.6	14.10	5.549	4.875	13.78
	最大値	28.727	100.0	100.0	343.70	16.000	20.1	23.3	46.57	13.657	11.801	11.235	36.76	11.244	19.8	22.3	24.04	11.213	9.708	17.95
	最小値	9.039	81.4	82.5	97.64	4.218	12.5	12.8	10.68	4.121	3.318	3.473	13.98	3.228	12.9	14.0	11.45	3.206	2.820	12.40
	標準偏差	3.54	5.19	4.75	54.57	1.92	1.72	2.26	7.98	1.73	1.55	1.41	4.04	1.43	1.52	1.92	1.55	1.44	1.25	0.96

表 6-2 製材品、乾燥材および仕上げ材の歩止り

区分	原木 材積	製材品		乾燥材			仕上げ材			
		製材品 の材積	対原木 歩止り	乾燥材 の材積	対原木 歩止り	対製材品 歩止り	仕上げ材 の材積	対原木 歩止り	製材品対 歩止り	対乾燥材 歩止り
だら挽き 18-22cm	2.090	1.0965	52.46	1.0309	49.33	94.02	0.8278	39.61	75.49	80.30
だら挽き 24-28cm	1.298	0.6947	53.52	0.6544	50.42	94.20	0.5344	41.17	76.93	81.66
だら挽き 合計	3.388	1.7912	52.87	1.6853	49.74	94.09	1.3622	40.21	76.05	80.83
枠挽き 18-22cm	1.099	0.5709	51.95	0.536	48.77	93.89	0.3955	35.99	69.28	73.79
枠挽き 24-28cm	2.637	1.382	52.41	1.2981	49.23	93.93	0.9821	37.24	71.06	75.66
枠挽き 合計	3.736	1.9529	52.27	1.8341	49.09	93.92	1.3776	36.87	70.54	75.11
総合計	7.124	3.7441	52.56	3.5194	49.40	94.00	2.7398	38.46	73.18	77.85

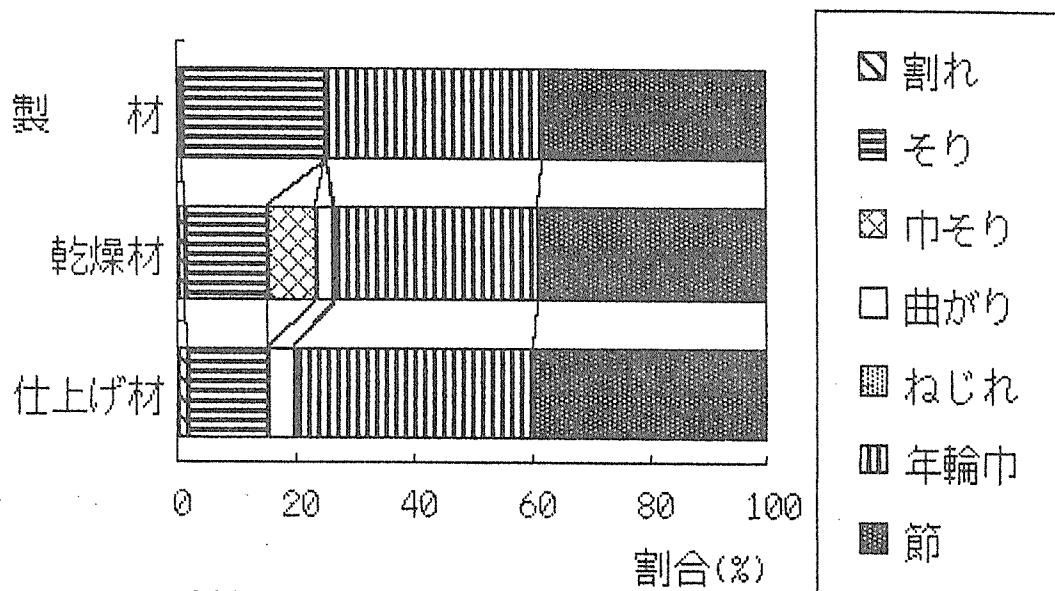


図 6-1 甲種製品等級格付け要因割合

表 6-3 甲種製品の等級格付け要因一覧表

製材		等級要因項目								計
区分	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	年輪巾	節		
だら+枠 出現数	0	4	142	0	3	0	213	223	585	
総合計 割合(%)	0	0.68	24.27	0	0.51	0	36.42	38.12	100	

乾燥材		等級要因項目								計
区分	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	年輪巾	節		
だら+枠 出現数	0	6	80	47	17	2	197	224	573	
総合計 割合(%)	0	1.05	13.96	8.20	2.97	0.35	34.38	39.09	100	

仕上げ材		等級要因項目								計
区分	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	年輪巾	節		
だら+枠 出現数	0	3	25	0	9	0	76	75	188	
総合計 割合(%)	0	1.59	13.3	0	4.79	0	40.43	39.89	100	

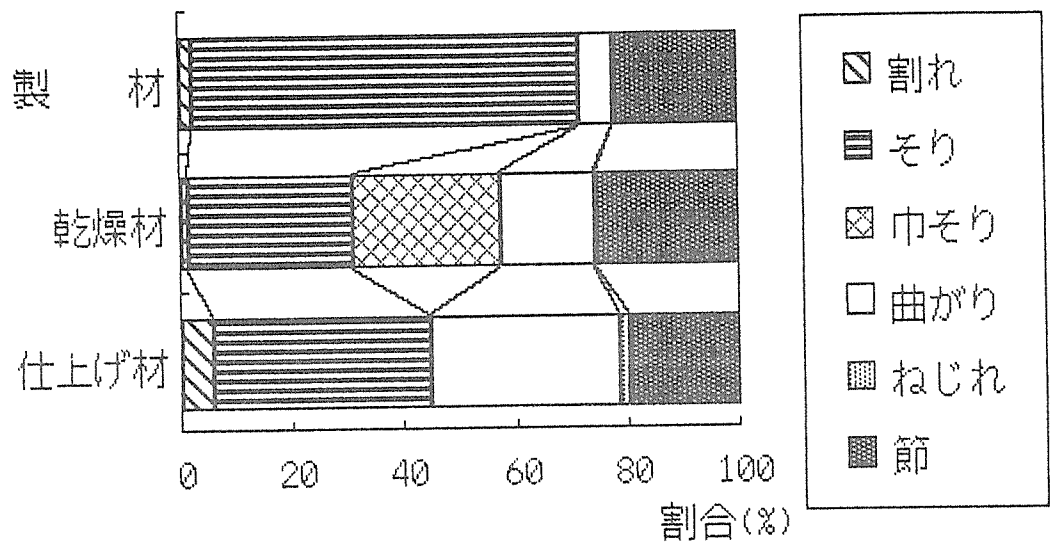


図 6-2 乙種製品等級格付け要因割合

表 6-4 乙種製品の等級格付け要因一覧表

製材

区分	等級要因項目							計	
	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節		
だら+枠	出現数	0	3	108	0	9	0	35	155
総合計	割合 (%)	0	1.94	69.67	0	5.81	0	22.58	100

乾燥材

区分	等級要因項目							計	
	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節		
だら+枠	出現数	0	2	57	51	33	1	49	193
総合計	割合 (%)	0	1.04	29.53	26.42	17.10	0.52	25.39	100

仕上げ材

区分	等級区分項目							計	
	傾斜	割れ	そり	巾そり	曲り	ねじれ	節		
だら+枠	出現数	0	3	22	0	19	1	11	56
総合計	割合 (%)	0	5.36	39.29	0	33.93	1.78	19.64	100

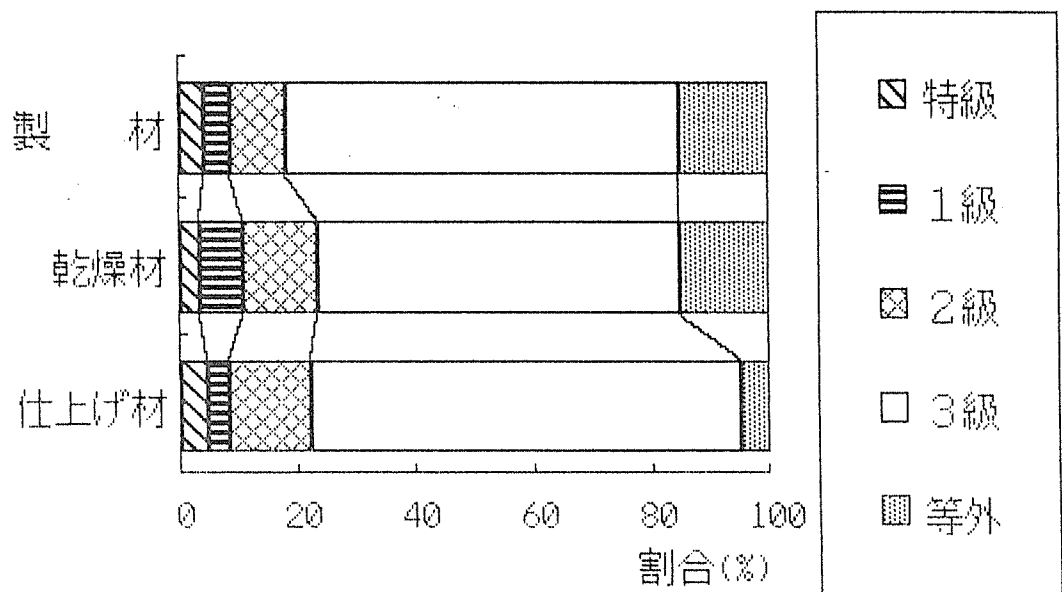


図 6-3 甲種製品の等級別材積割合

表 6-5 甲種製品の等級別材積割合

甲種製材品の目視による等級区分

製材品	特級		1級		2級		3級		等外		合計	
	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積
型式 203	0		1	0.0143	1	0.0129	6	0.0822	5	0.0692	13	0.1786
型式 204	0		1	0.0208	4	0.0775	51	1.0256	15	0.3048	71	1.4287
型式 206	3	0.0824	2	0.0562	5	0.1436	24	0.7131	4	0.1146	38	1.1099
型式 208	2	0.0729	2	0.0782	3	0.1181	15	0.5797	1	0.0321	23	0.881
型式 210	0		0		0		2	0.0975	1	0.0484	3	0.1459
合計	5	0.1553	6	0.1695	13	0.3521	98	2.4981	26	0.5691	148	3.7441

甲種乾燥材の目視による等級区分

乾燥材	特級		1級		2級		3級		等外		合計	
	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積
型式 203	0		1	0.0135	1	0.0123	4	0.0524	7	0.0905	13	0.1687
型式 204	1	0.0181	0		4	0.0772	52	0.9785	14	0.2656	71	1.3394
型式 206	1	0.0251	2	0.0558	8	0.2153	23	0.6389	4	0.1074	38	1.0425
型式 208	2	0.0682	5	0.1849	4	0.1469	11	0.4011	1	0.0299	23	0.8310
型式 210	0		0		0		2	0.0922	1	0.0456	3	0.1378
合計	4	0.1114	8	0.2542	17	0.4517	92	2.1631	27	0.5390	148	3.5194

甲種仕上げ材の目視による等級区分

仕上げ材	特級		1級		2級		3級		等外		合計	
	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積
型式 203	0		0		1	0.0109	8	0.0791	4	0.0397	13	0.1297
型式 204	0		5	0.0692	9	0.1244	53	0.7411	4	0.0555	71	0.9902
型式 206	3	0.0649	0		6	0.1310	27	0.5895	2	0.0433	38	0.8287
型式 208	2	0.0598	1	0.0299	4	0.1177	16	0.4735	0		23	0.6809
型式 210	0		0		0		3	0.1103	0		3	0.1103
合計	5	0.1247	6	0.0991	20	0.3840	107	1.9995	10	0.1385	148	2.7398

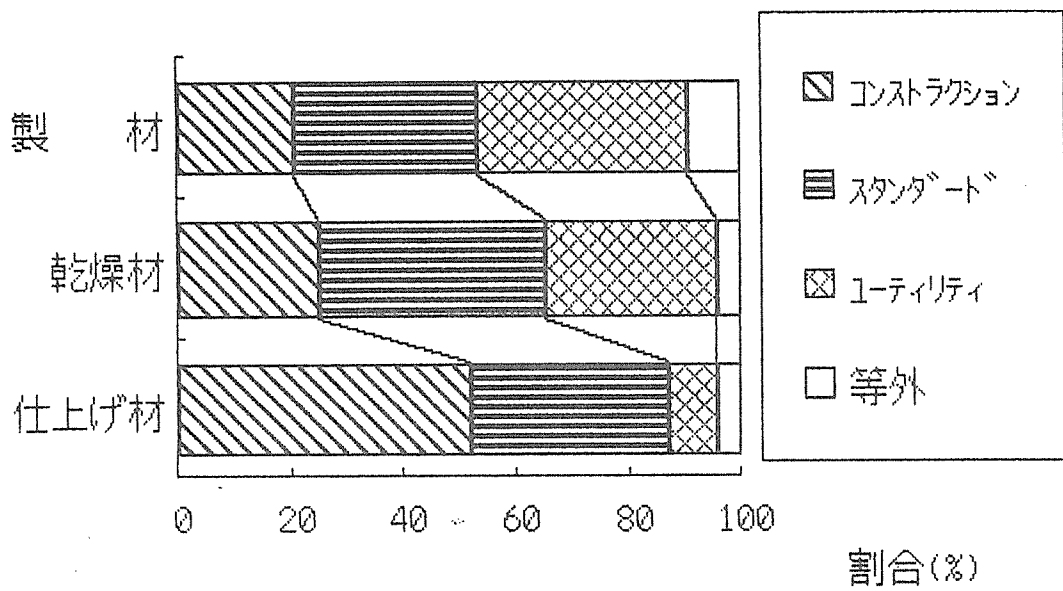


図 6-4 乙種製品の等級別材積割合

表 6-6 乙種製品の等級別材積割合

乙種製材品の目視による等級区分

製材品	コンストラクション		スタンダート		1-ティリティ		等外		合計	
	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積
型式 203	2	0.0263	4	0.0541	5	0.0708	2	0.0274	13	0.1786
型式 204	15	0.3015	24	0.4742	26	0.5281	6	0.1249	71	1.4287
合計	17	0.3278	28	0.5283	31	0.5989	8	0.1523	84	1.6073

乙種乾燥材の目視による等級区分

乾燥材	コンストラクション		スタンダート		1-ティリティ		等外		合計	
	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積
型式 203	3	0.0390	6	0.0753	3	0.0424	1	0.0120	13	0.1687
型式 204	18	0.3370	28	0.5287	22	0.4155	3	0.0582	71	1.3394
合計	21	0.3760	34	0.6040	25	0.4579	4	0.0702	84	1.5081

乙種仕上げ材の目視による等級区分

仕上げ材	コンストラクション		スタンダート		1-ティリティ		等外		合計	
	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積	個数	材積
型式 203	8	0.0790	3	0.0307	0		2	0.0200	13	0.1297
型式 204	36	0.5008	26	0.3642	7	0.0973	2	0.0279	71	0.9902
合計	44	0.5798	29	0.3949	7	0.0973	4	0.0479	84	1.1199

6. 仕上げ材における価値歩止まり

仕上げ材について、次式に従い、価値歩止まりの算出を行った。

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

$$\text{Yval} = \sum (\text{NOMVi} \times \text{PINDi}) / \text{LOGVi} \quad \dots(2)$$

ここで、LOGVi：各々の丸太材積(m³)

d_i : 各々の丸太の末口径の実測値(cm)

l_i : 各々の丸太の材長の実測値(cm)

Yval : 価値歩止まり

NOMVi：断面の規定寸法から求めた製材品の材積(m³)

PINDi：各々の製材品の価値指数

表 6-7に価値歩止まりの算定に用いた価値指数を示す。価値指数を求めるに当たっては208材1級(長さ4 m)を基準製材品とした。

丸太等級別価値歩止りを表 6-8に示す。

だら挽き木取りにおいては、丸太等級が良いほど、径級が大きなものほど価値歩止まりは高くなった。2級丸太のだら挽き木取り、24~28cmにおける価値歩止まりは、39.3となり、木取りおよび径級による4区分の中でも一番高い値を示した。

粹挽き木取りにおいては、丸太等級と価値歩止まりすべての区分において、だら挽きより低い値となった。また、3級丸太の24~28cmにおける価値歩止まりは、23.6%とすべての区分の中でも最小値を示した。

供試丸太30本の総合価値歩止まりは、29.4%となった。一般に製材が経済的に成立するための価値歩止まりは、50%前後といわれているが、今回の2×4材を製材したときの価値歩止まり23.6%は、非常に低い値である。従って2×4材と軸組工法用の建築材を同時に製材するなどして、価値歩止まりを高くする必要がある。

表 6-7 製品の価値指数*¹(4m材)

寸法 型式	特 級	1 級	2 級	3 級	Const.	Stan.	Util.
203	78.9	76.3	73.7	71.1	75.0	72.4	70.0
204	98.7	92.1	78.9	72.3	78.9	76.3	73.7
206	105.3	94.7	85.5	76.3	—	—	—
208	111.8	100.0	89.5	78.9	—	—	—
210	138.2	125.0	118.4	107.9	—	—	—
212	164.5	155.3	127.6	111.8	—	—	—

*1: 208材1級の単価を基準とした。

*2: 203材の特級、2級、3級及びUtil.については、推定値である。

表 6-8 丸太等級別価値歩止まり*(%)

木取り	丸太等級 径級	1	2	3	全体
だら挽き	18~22cm	33.4	31.6	29.9	31.0
	24~28cm	—	39.3	33.3	35.9
	計	33.4	34.8	31.3	32.9
わく挽き	18~22cm	—	24.9	26.9	26.2
	24~28cm	28.6	28.3	23.6	26.4
	計	28.6	27.4	24.9	26.3
全体	18~22cm	33.4	29.3	28.7	29.3
	24~28cm	28.6	31.5	27.6	29.5
	計	30.9	30.7	28.2	29.4

*: 価値歩止りの算出には、規定寸法より求めた製品材積を使用した。

7. まとめ

岐阜県郡上郡産のスギ（アジマノスギ）中目材（18～28cm）を使用して、枠組壁工法住宅部材の生産技術開発のための各種試験を実施した結果、次のように考える。

- (1) 製材はだら挽きと枠挽きの木取りで行ったが、木取りの違いによる材積歩止まりに差はなかった。
- (2) 人工乾燥により原木に対して約50%の乾燥歩止まりとなり、製材歩止まりと比較して約3.5%低下した。
- (3) 甲種枠組み材の等級格付けの要因は年輪巾、節が最も強く影響した。
- (4) 乙種枠組み材の等級格付けの要因はそり、曲がり最も強く影響し、節の影響はやや少なかった。
- (5) 高温乾燥スケジュールのだら挽き製品の等級が甲種および乙種ともよかった。
- (6) 甲種枠組みの仕上げ材は、3級材が大部分を占め、特級から2級の上級材は著しく少なかった。
- (7) 乙種枠組みの仕上げ材は、コンストラクションとスタンダードが大部分を占め、下級材は少なかった。

- (8) スギ中目材による枠組壁工法住宅部材の生産を行う場合には、次の点に留意する必要がある。
- ①副製品を効率的に製材し、製材歩止まりを上げることが必要である。
 - ②厚さ方向の収縮が 15%含水率で 3.3%、その最大値の平均が 2mm 程度であるので、部材の厚さ方向の歩増しは 7mm程度は必要である。
 - ③材巾方向はできるだけ大きな巾になるように製材し、乾燥後巾決めを行う等、曲がりの影響をできるだけ少なくする方法を取る必要がある。
 - ④生産される部材は、甲種枠組み材の 3級材または乙種枠組み材が主製品になるため、経費や作業能率等の合理的な生産方法が求められる。
- (9) 仕上げ材の価値歩止りは、29.4%と非常に低い値となった。軸組工法の建築材を同時に製材する等により、価値歩止りを上げる必要がある。
- (10) 目視による等級区分の結果と、強度による等級区分の結果に著しい等級差があるので、整合性のある等級区分方法が求められる。

第2章 桝組壁工法用住宅部材生産技術開発 その3 スギ（混合木取り）

1. はじめに

これまでに、スギ中丸太を供試木とし、桝組壁工法用部材の製材歩止り試験、乾燥・寸法仕上試験を実施し、桝組壁工法用部材の国産化のための基礎資料を蓄積してきた¹⁾²⁾。この中で特に、平成元年度に行った製材歩止り試験において、桝組壁工法用部材の寸法の種類が軸組工法部材と比較して少ないために端材が多くなり、製材歩止りが比較的安く押さえられてしまうため、製材歩止りを向上させるためには、桝組壁工法部材と軸組工法部材とを合せて木取ることが必要であろうことが指摘された¹⁾。本年度は、これを受けて、桝組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り並びに軸組工法部材の木取りを使用したスギの製材試験を実施し、その製材歩止りについて比較検討した。

2. 実験方法

2.1. 供試丸太

供試丸太としたスギ中丸太は、原木市場から購入した茨城県産の民有林材66本である。これらの丸太を18～22cmと24cm上の2径級に区分した。それぞれの径級の丸太本数は、18～22cmが26本、24cm上が40本であった。すべての丸太について、剥皮後、丸太材面上の節の位置と大きさ、曲り、年輪幅、両木口の偏心やその他の欠点などの形質調査・測定を行い、日本農林規格に準じて等級格付けを行った。なお、丸太の材長はすべて3.7mであった。

2.2. 製材

製材は、農林水産省森林総合研究所製材実験棟で行った。使用した製材機械は、第1工程が1200mm自動送材車付帯鋸盤（使用帯鋸：152×1.05×35mm、あさり幅2.15mm）、第2工程が1100mm自動ローラ帯鋸盤（使用帯鋸：127×0.92×32mm、あさり幅1.75mm）である。使用帯鋸は、スギ製材用としては標準的なものであり、ステライト加工を施していない。

桝組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り（以下混合木取り）では、図1に示す木取り型を基本的に用いた。末口径が20cm前後の丸太の場合、2材面から桝組壁工法部材（以下2×4材）である203材もしくは204材を木取り、残りの2材面から軸組工法部材である筋違やぬきなどを木取り、中心部から心持ちの9.0cm角を木取る。末口径が24cm前後の丸太の場合、2材面から206材を木取り、残りの2材面から筋違やぬきなどを木取り、中心部か

ら心持ちの10.5cm角を木取る。末口径が28cm前後の丸太の場合、比較的径が大きいために206材を3材面から木取り、残りの1材面から他の径級と同様に筋違やぬきなどを木取り、中心部から心持ちの10.5cm角を木取る。図2に軸組工法部材の木取り（以下軸組木取り）の基本例を示す。末口径が20cm前後の丸太の場合、外周部から筋違やぬきなどを木取り、中心部から心持ちの10.5cm角を木取る。末口径が24cm前後の丸太の場合、外周部から筋違、ぬきや比較的幅の広い板などを木取り、末口径が20cm前後の丸太と同様に中心部から心持ちの10.5cm角を木取る。末口径が28cm前後の丸太の場合、外周部から、丸太の形質によって、たる木やぬき、板などを木取り、他の径級と同様に中心部から心持ちの10.5cm角を木取る。なお、混合木取り、軸組木取りにかかわらず、背板部分からは野地板やラス下地板などの薄板を木取り、形質が良好な丸太の場合には、鴨居や廻縁などの造作材を優先して木取るようにした。また、平成元年度の試験と同様に、2×4材の挽材寸法は、枠組壁工法構造用製材の日本農林規格に定められた未乾燥材の規定寸法に5mmを歩増しした寸法とした。

製材後、すべての製材品について、断面寸法を測定するとともに、欠点を把握し、日本農林規格に準じて等級格付けを行った（2×4材についてはすべて甲種とみなした）。

2.3. 歩止りの算定

丸太材積は(1)式を、形量歩止り（材積歩止り）は(2)式を、価値歩止りは(3)式を用いてそれぞれ求めた。

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

$$Y_{v.o.i} = (\sum \text{NOMV}_i) / (\sum \text{LOGV}_i) \times 100 \quad \dots (2)$$

$$Y_{v.a.i} = \sum \{ \text{NOMV}_i / (\sum \text{LOGV}_i) \times (\text{LP}_i / \text{LP}_s) \} \quad \dots (3)$$

ここで、 LOGV_i ：各々の丸太の材積 (m^3)

d_i ：各々の丸太の末口径の実測値 (cm)

l_i ：各々の丸太の材長の実測値 (m)

$Y_{v.o.i}$ ：形量歩止り (%)

$Y_{v.a.i}$ ：価値歩止り (%)

NOMV_i ：断面の規定寸法から求めた各々の製材品の材積 (m^3)

LP_i ：各々の製材品の価格 (円/ m^3)

LP_s ：基準とした製材品の価格 (円/ m^3)

なお、2×4材のNOMV₁は枠組壁工法構造用製材の日本農林規格に定められた未乾燥材の規定寸法に5mmを歩増しした寸法から求め、基準とした製材品は10.5×10.5cm×3.65m JAS 1等(56,000円/m³)である。

3. 結果および考察

3.1. 丸太の形質

表1に供試丸太の形質を示す。細り((元口径-末口径) ÷長さ)の平均は、18~22cm丸太で1.5cm, 24cm上丸太で1.9cmであり、両径級の丸太ではほぼ同程度であった。供試丸太の細りの頻度分布を図3に示す。18~22cm丸太, 24cm上丸太とも1.1~2.0cm/mで最も頻度が高いが、18~22cm丸太では0~1.0cm/mで2番目に頻度が高ったのに対し、24cm上丸太では2.1~3.0cm/mで2番目に頻度が高った。

曲り率(曲りの矢高 ÷ 末口径 × 100)の平均は、18~22cm丸太で9.7%であり、24cm上丸太で8.7%と、24cm上丸太のほうが僅かながらも大きかった(表1)。図4に供試丸太の曲り率の頻度分布を示す。18~22cm丸太では11~15%で頻度が最も高く、24cm上丸太では6~10%で頻度が最も高かった。また、24cm上丸太では、曲り率が21%を超える大きな曲りを持つ丸太が存在したが、これは重曲した丸太である。今回の供試丸太は、曲りの比較的大きい丸太が多いようである。

節数は、18~22cm丸太で平均8.7個, 24cm上丸太で平均5.3個であり、18~22cm丸太のほうが24cm上丸太と比較して多かった(表2)。供試丸太の節数の頻度分布を図5に示す。18~22cm丸太, 24cm上丸太とも1~10個で最も頻度が高いが、18~22cm丸太では21個以上の節を持つ丸太の頻度が2番目に高く、これにより24cm上丸太と比較して18~22cm丸太の節の平均が多くなったのであろう。平均節径は、18~22cm丸太で平均23.1mm, 24cm上丸太で平均23.4mmと、両径級の丸太ではほぼ同程度であった(表1)。図6に供試丸太の平均節径の頻度分布を示す。両径級とも10~20mmで最も頻度が高かった。21~30mm, 31~40mmの頻度が18~22cm丸太のほうが24cm上丸太と比べて高かった。最大節径の平均は、18~22cm丸太で32.8mmであり、24cm上丸太で36.2mmであり、24cm上丸太のほうが僅かながらも大きかった(表1)。図7に供試丸太の最大節径の頻度分布を示す。最大節径が0mm、つまり節のない丸太は、18~22cm丸太, 24cm上丸太とも20%程度であった。24cm上丸太では、18~22cm丸太と比較して最大節径が51mm以上の丸太の頻度が高かった。

平均年輪幅は、18~22cm丸太で平均3.2mm, 24cm上丸太で平均3.6mmと、24cm上丸太のほ

うが僅かながらも大きかった（表1）。図8に供試丸太の平均年輪幅の頻度分布を示す。18～22cm丸太では平均年輪幅が2.1～3.0mmの丸太が50％程度であるのに対し、24cm上丸太で平均年輪幅が3.1～4.0mmの丸太が約60％を占めた。また、平均年輪幅が5.1mm以上の丸太が24cm上丸太に存在した。

心材率（心材半径²÷（末口径／2）²×100）の平均は、18～22cm丸太で34.0％、24cm上丸太で40.2％と、24cm上丸太のほうが18～22cm丸太と比べて大きかった（表1）。これは、比較的径の大きい丸太のほうが径の小さい丸太と比べて樹齢が高く、樹齢が高い丸太でより心材化が進んでいるためと考えられる。図9に供試丸太の心材率の頻度分布を示す。18～22cm丸太、24cm上丸太とも31～40％で最も頻度が高いものの、18～22cm丸太で30％以下、24cm上丸太で41％以上の丸太の占める割合が高った。

偏心率（偏心量÷木口径×100）は、18～22cm丸太の場合、末口で4.6％、元口で5.8％であり、24cm上丸太の場合、末口で3.9％、元口で5.5％であり、径級別に比較すると両径級とも同程度あり、末元口別に比較すると元口のほうが僅かながらも大きかった（表1）。また、偏心率の標準偏差も末口より元口のほうが大きかった。図10に供試丸太の末口偏心率の頻度分布を、図11に供試丸太の元口偏心率の頻度分布を示す。両社を比較すると、元口偏心率のほうがばらつきが大きいことが見てとれる。

特に節と曲りに注目し、素材の日本農林規格に準じて供試丸太を等級格付けした結果を表2に示す。18～22cm丸太においては9本が1等に、17本が2等に、24cm上丸太においては19本が1等に、20本が2等に、1本が3等に格付けされた。2等と格付けされた丸太のうち、18～22cm丸太で4本が、24cm上丸太で8本が節によって、18～22cm丸太で7本が、24cm上丸太で7本が曲りによって、18～22cm丸太で6本が、24cm上丸太で5本が節と曲りの両者によって、等級落ちした。24cm上丸太で3等と格付けされた1本は節によるものであった。

3.2. 木取りと形量歩止り

表3に木取り別丸太材積を示す。混合木取りを用いて製材した丸太の材積は、18～22cm丸太が2.1542m³（1等0.1553m³、2等1.9989m³）、24cm上丸太が5.3801m³（1等2.0392m³、2等3.0249m³、3等0.3160m³）の合計7.5343m³である。軸組木取りを用いて製材した丸太の材積は、18～22cm丸太が2.5873m³（1等1.5650m³、2等1.0223m³）、24cm上丸太が5.0973m³（1等3.0011m³、2等2.0926m³）の合計7.6810m³である。なお、製材時に、各木取りの丸太本数については同数となるようにしたが、丸太等級については考慮しなかったため、結果

的に軸組木取りを用いた丸太のほうが1等丸太の材積が多くなってしまった。

木取り別形量歩止りを表4に示す。混合木取りの場合、形量歩止りは、18～22cm丸太が等級込みで63.2%（1等丸太65.0%、2等丸太63.0%）、24cm上丸太が等級込みで63.9%（1等丸太63.6%、2等丸太63.9%、3等丸太66.2%）、全体では等級込みで63.7%（1等丸太63.7%、2等丸太63.6%、3等丸太67.3%）であった。丸太径級や丸太等級の違いによる形量歩止りの違いはほとんどなかった。単純に比較することができないかもしれないが、2×4材だけを木取った場合の形量歩止りが55%前後という結果¹⁾²⁾と比べて、かなり高い結果となった。2×4材だけを木取った場合と比較して、寸法の選択肢が多いことにより端材を少なくでき、背板の部分から野地板などの薄板を挽けることから形量歩止りを高くすることができる。軸組木取りの場合、形量歩止りは、18～22cm丸太が等級込みで62.5%（1等丸太62.8%、2等丸太62.1%）、24cm上丸太が等級込みで62.3%（1等丸太61.4%、2等丸太63.6%）、全体では等級込みで62.4%（1等丸太61.8%、2等丸太63.1%）であった。丸太径級や丸太等級の違いによる形量歩止りの違いは、混合木取りの場合と同様に、軸組木取りの場合でもほとんどなかった。また、混合木取りと軸組木取りの形量歩止りは同程度であった。したがって、2×4材だけを木取った場合は形量歩止りが比較的低くなってしまいが、混合木取りを採用することにより、軸組木取りと同程度の形量歩止りが期待できると言えるであろう。

製材品材種別材積割合を図12（軸組木取り）と図13（混合木取り）に示す。軸組木取りの場合、ひき角、ひき割、板類の材積割合は、18～22cm丸太ではそれぞれ32.2%、33.8%、33.8%、24cm上丸太ではそれぞれ24.8%、43.2%、32.0%、全体でそれぞれ27.3%、40.1%、32.6%であった。18～22cm丸太では、ひき角、ひき割、板類ともほぼ1/3づつを占めたのに対し、24cm上丸太では、ひき角の占める割合が比較的小さく、ひき割の占める割合が比較的大きかった。これは、18～22cm丸太と比較して24cm上丸太において、ひき角の産出材積が減少したということではなく、ひき角の産出材積は同じであるものの総産出材積が多いことにより材積割合が比較的小さくなったためと、ひき割の産出材積が多かったことによる。混合木取りの場合、ひき角、ひき割、板類、2×4材の材積割合は、18～22cm丸太ではそれぞれ30.6%、30.7%、16.0%、22.7%、24cm上丸太ではそれぞれ22.4%、32.3%、16.8%、28.5%、全体ではそれぞれ24.7%、31.9%、16.6%、26.8%であった。2×4材の材積割合は、18～22cm丸太と比較して24cm上丸太のほうが大きかった。軸組木取りと混合木取りを比較すると、ひき角の材積割合はほとんど同程度あった。これは、軸組木取

りと混合木取りとも中心部から心持ち角を一丁取るため、ひき角の産出材積にほとんど差がないためである。一方、ひき割や板類の占める割合は、軸組木取りと比較して混合木取りにおいて小さく、特に板類は材積割合が約半分であった。ひき割や板類も2×4材も丸太の周辺部から木取るため、当然の結果と言えよう。

表5に混合木取りにおける2×4材の産出材積を示す。2×4材（型式込み）は、18～22cm丸太で0.3081m³、24cm上丸太で0.9805m³、全体で1.2886m³産出された。18～22cm丸太では204材の材積割合が比較的大きく、24cm上丸太で206材の材積割合が比較的大きかった。これは丸太径や木取りから予想された結果である。全体では、204材より若干206材の材積割合が高かった。混合木取りでは、産出製材品のうち2×4材が占める材積割合はおよそ2～3割程度であった。

3.3. 木取りと価値歩止り

木取り別価値歩止りを表6に示す。混合木取りの場合、価値歩止りは、18～22cm丸太が1等丸太で56.1%，2等丸太で57.1%，等級込みで57.1%、24cm上丸太が1等丸太で74.4%，2等丸太で63.7%，3等丸太で64.6%，等級込みで67.8%、全体では1等丸太で73.1%，2等丸太で61.1%，3等丸太で64.6%，等級込みで64.8%であった。径級別に比較すると、価値歩止りは、18～22cm丸太より24cm上丸太のほうが高かった。丸太等級別に比べると、1等丸太の価値歩止りのほうが2等丸太の価値歩止りより高かった。単純に比較することはできないが、2×4材だけを木取った場合の価値歩止りが約45%という結果¹⁾と比べて、形量歩止りと同様に、かなり高い結果であった。この理由の一つとして、混合木取りの形量歩止りが2×4材だけを木取った場合の形量歩止りより高かったことが挙げられる。同程度の価値の製材品を生産した場合、形量歩止りが高いほど価値歩止りも高くなる。また、比較的形質が良好な丸太の場合、混合木取りでは、造作材である鴨居や廻縁などの価値の高い製材品を木取ることができ、価値歩止りが高くなった。軸組木取りの場合、価値歩止りは、18～22cm丸太が1等丸太で68.0%，2等丸太で65.5%，等級込みで67.0%、24cm上丸太が1等丸太で65.3%，2等丸太で68.0%，等級込みで66.4%、全体では1等丸太で66.2%，2等丸太で67.2%，等級込みで66.6%であった。丸太径級や丸太等級の違いによる価値歩止りの違いはほとんどなかった。また、混合木取りと軸組木取りの価値歩止りを比較すると、数%だが軸組木取りのほうが高かった。このことにより、価値歩止りの点からいえば、軸組木取り、混合木取り、2×4材木取りの順に価値歩止りが高くなる。したがって、形量歩

止りの場合と同様に、2×4材だけを木取った場合は価値歩止りが比較的低くなってしまいが、混合木取りを採用することにより、軸組木取りに近い値での価値歩止りが期待できると言えるであろう。

図14と図15は、18～22cm丸太の軸組木取りと混合木取りの製材品等級別材積割合をそれぞれ表したものである。軸組木取りの場合、役物（JASでいう特等のうち化粧性に富む、小節，上小節，無節の材面を有する製材品），特等，1等，2等の材積割合は、1等丸太でそれぞれ11.6%，10.7%，61.3%，16.5%、2等丸太でそれぞれ12.1%，12.1%，30.8%，45.0%、等級込みでそれぞれ11.8%，11.2%，49.3%，27.7%であった。1等丸太と2等丸太を比較すると、役物と特等の製材品の材積割合はほとんど同じであるが、1等丸太では1等の製材品の材積割合が大きいのに対し、2等丸太では2等の製材品の材積割合が大きかった。これが価値歩止りに反映され、価値歩止りが1等丸太で68.0%，2等丸太で65.5%という結果になったのであろう。混合木取りの場合、軸組用材の役物，特等，1等，2等，2×4材の1級，2級の製材品の材積割合は、1等丸太ではそれぞれ0%，0%，33.0%，42.9%，0%，24.1%であり、2等丸太では2.8%，4.0%，36.6%，34.7%，12.7%，9.4%であり、等級込みでそれぞれ2.5%，3.7%，36.4%，35.3%，11.7%，10.5%であった。比較的価値の高い役物，特等の製材品が1等丸太では産出されなかった。これを反映して、1等丸太の価値歩止りが56.1%等結果となったのであろう。しかし、混合木取りを用いた18～22cmの1等丸太の材積は0.1553m³と極端に少なく、多くの丸太を試験したならば、役物や特等の製材品も製材され、価値歩止りが高くなることが予想される。混合木取りと軸組木取りを比べると、混合木取りの価値の高い製材品の材積割合が小さかった。

24cm上丸太の軸組木取りと混合木取りの製材品等級別材積割合をそれぞれ図16と図17に示す。軸組木取りの場合、役物，特等，1等，2等の材積割合は、1等丸太でそれぞれ9.2%，10.0%，62.5%，18.2%、2等丸太でそれぞれ18.2%，13.1%，40.1%，28.5%、等級込みでそれぞれ13.5%，11.5%，51.9%，23.1%であった。1等丸太と2等丸太を比較すると、2等丸太のほうが2等の製材品の材積割合が大きいものの役物の製材品の材積割合が大きかった。このため、2等丸太のほうが1等丸太より価値歩止りが若干高くなったのであろう。混合木取りの場合、役物，特等，1等，2等，1級，2級，3級の製材品の材積割合は、1等丸太でそれぞれ17.1%，15.7%，37.8%，12.7%，13.2%，3.5%、0%、2等丸太で3.4%，5.1%，26.7%，33.1%，16.7%，10.3%，3.8%であり、3等丸太でそれぞれ1.5%，7.5%，53.3%，0%，37.7%，0%、等級込みではそれぞれ8.0%，8.5%，29.9%，27.3%，

14.4%，9.7%，2.2%であった。1等丸太と2等丸太を比べると、1等丸太のほうが価値の高い役物と特等の製材品の材積割合が大きく、2等の製材品の材積割合が小さかった。これにより、価値歩止りに差が生じた。また、1等丸太のほうが2×4材の材積割合が小さい。これは、比較的形質が良好な丸太で役物が製材できる場合には、2×4材より役物を優先し、価値歩止りを高めようとしたためであろう。混合木取りと軸組木取りを比べると、18～22cm丸太と同様に、混合木取りの価値の高い製材品の材積割合が小さかった。

図18と図19は、図14～17の等級込みをまとめたものである。軸組木取りの場合は18～22cm丸太と24cm上丸太の製材品の等級別材積割合がほとんど同じであるが、混合木取りの場合は24cm上丸太のほうが18～22cm丸太より価値の高い役物や特等の製材品の材積割合が大きかった。混合木取りの1等と1級を加えると45.6%と軸組木取りの1等の51.0%と近い値となった。

4. おわりに

桝組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り並びに軸組工法部材の木取りを使用した茨城県産スギを供試丸太として製材試験を実施し、その製材歩止りについて比較検討した。以下に、結果を要約する。

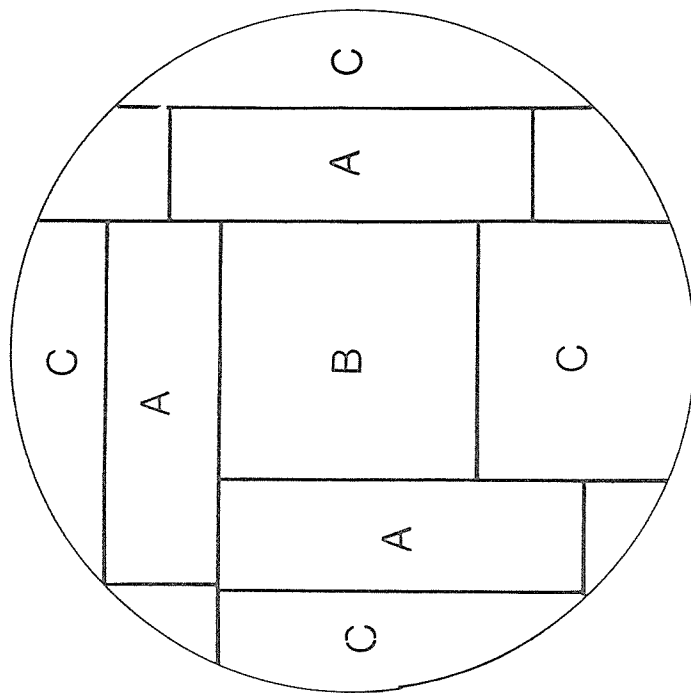
(1) 形量歩止りは、桝組壁工法部材のみの木取りを採用した昨年度、一昨年度の試験結果からいうと55%前後であったが、今回の試験による桝組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取りおよび軸組工法部材の木取りではともに60%強と同程度であった。桝組壁工法部材のみを木取る場合と比較して、軸組工法部材も合せて木取ることにより形量歩止りを軸組工法部材の木取りと同程度まで高められると考えられる。

(2) 桝組壁工法部材と軸組工法部材とを混合して木取った場合、産出製材品に占める桝組壁工法部材の材積割合は全体で約25%であり、18～22cm丸太より24cm上丸太のほうがその割合は大きかった。

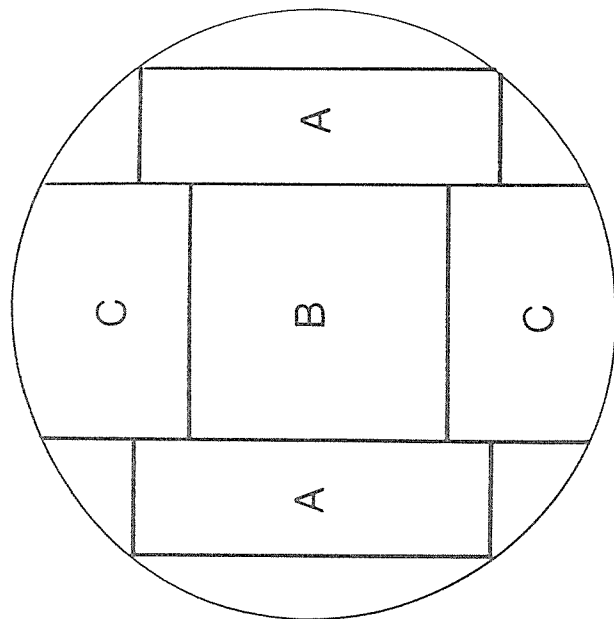
(3) 価値歩止りは、一昨年度の試験結果を考慮すれば、軸組工法部材の木取りが最も高く、次いで桝組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り、桝組壁工法部材の木取りの順であった。桝組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取りを用いることにより、軸組工法部材のそれに近い高価値歩止りが期待できると考えられる。

文 献

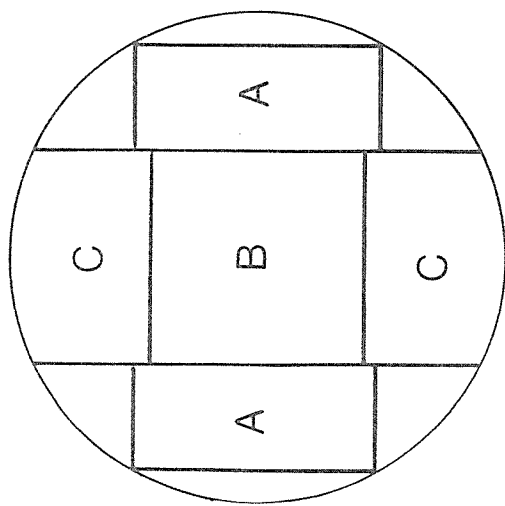
- 1) (財) 日本住宅・木材技術センター：「住宅部材国産化緊急対策事業報告書」，
pp. 2-91～2-118 (1990)
- 2) (財) 日本住宅・木材技術センター：「住宅部材国産化緊急対策事業報告書」，
pp. 2-73～2-129 (1991)



末口径 28cm
 A : 206材
 B : 10.5cm角
 C : 筋違, ぬきなど

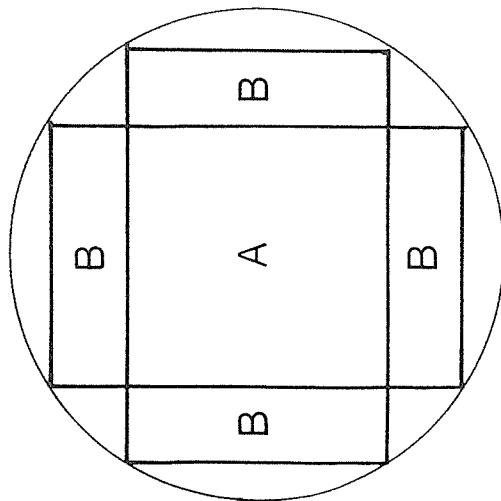


末口径 24cm
 A : 206材
 B : 10.5cm角
 C : 筋違, ぬきなど

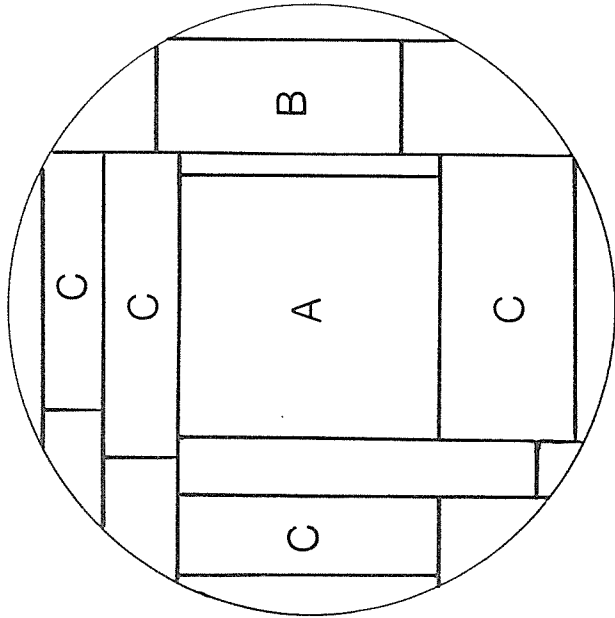


末口径 20cm
 A : 203材もしくは204材
 B : 9.0cm角
 C : 筋違, ぬきなど

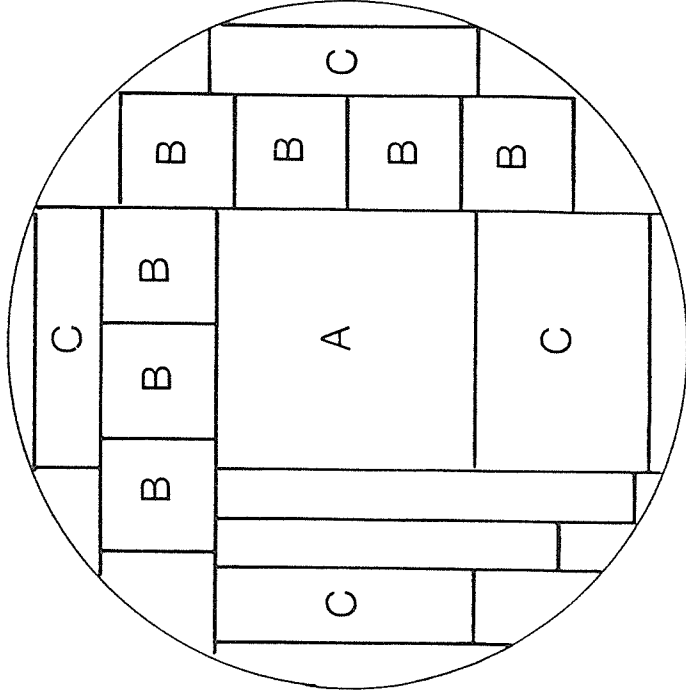
図1. 枠組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り例



末口径 20cm
 A : 10.5cm角
 B : 筋違, ぬきなど



末口径 24cm
 A : 10.5cm角
 B : 鴨居, 筋違など
 C : ぬき, 板など



末口径 28cm
 A : 10.5cm
 B : たる木など
 C : ぬき, 板など

図2. 軸組工法部材の木取り例

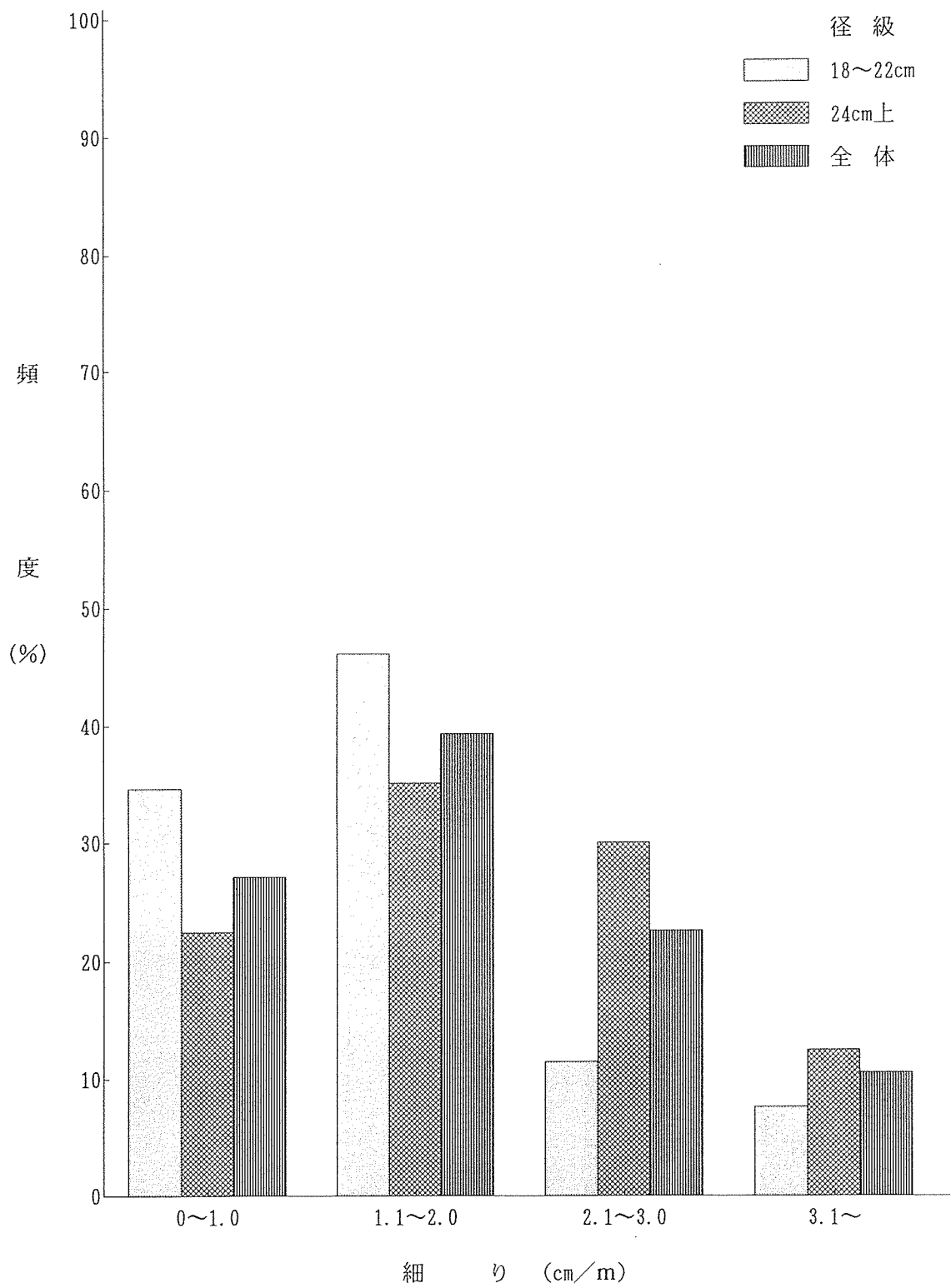


図3. 供試丸太の細りの頻度分布

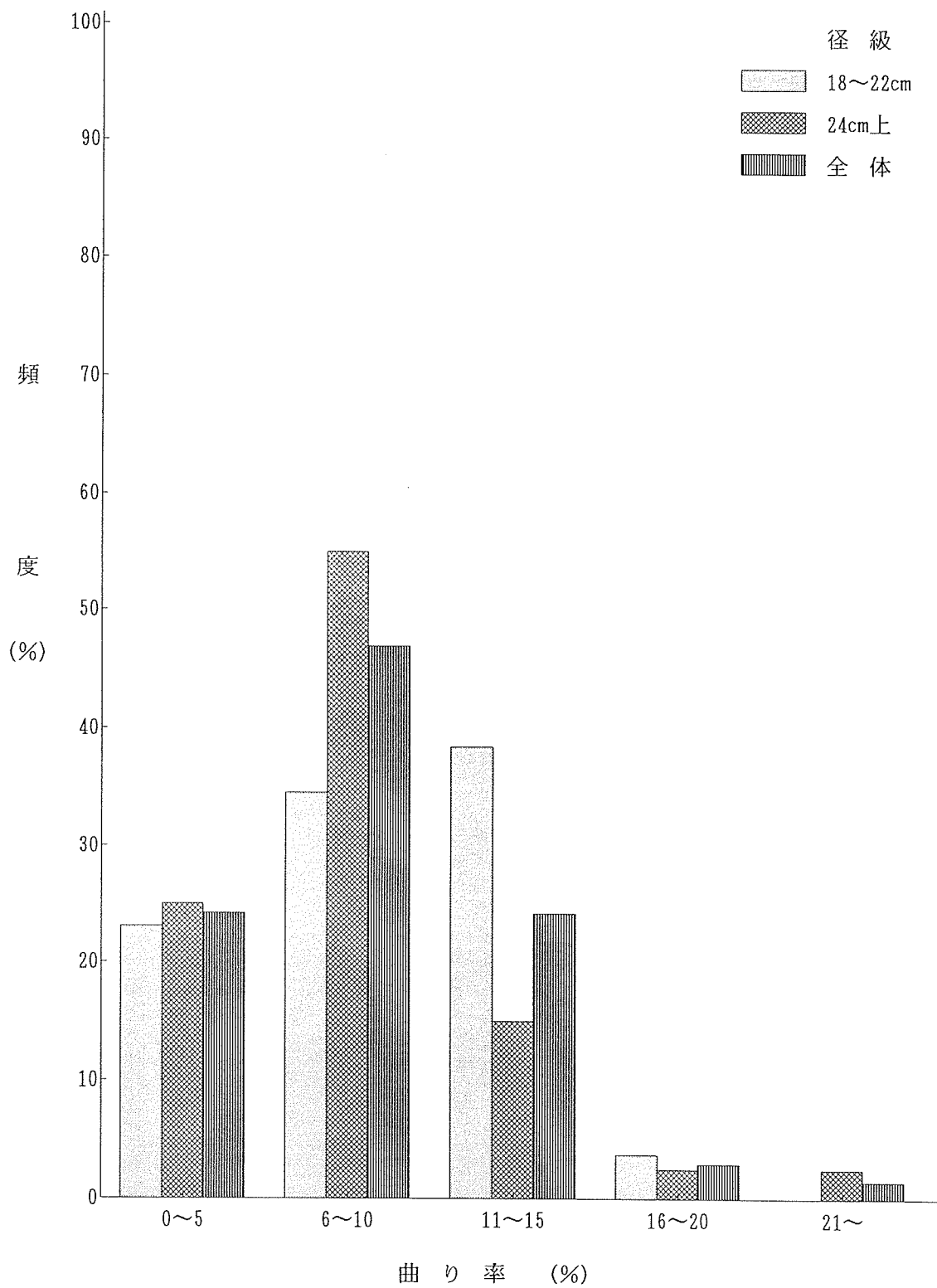


図4. 供試丸太の曲り率の頻度分布

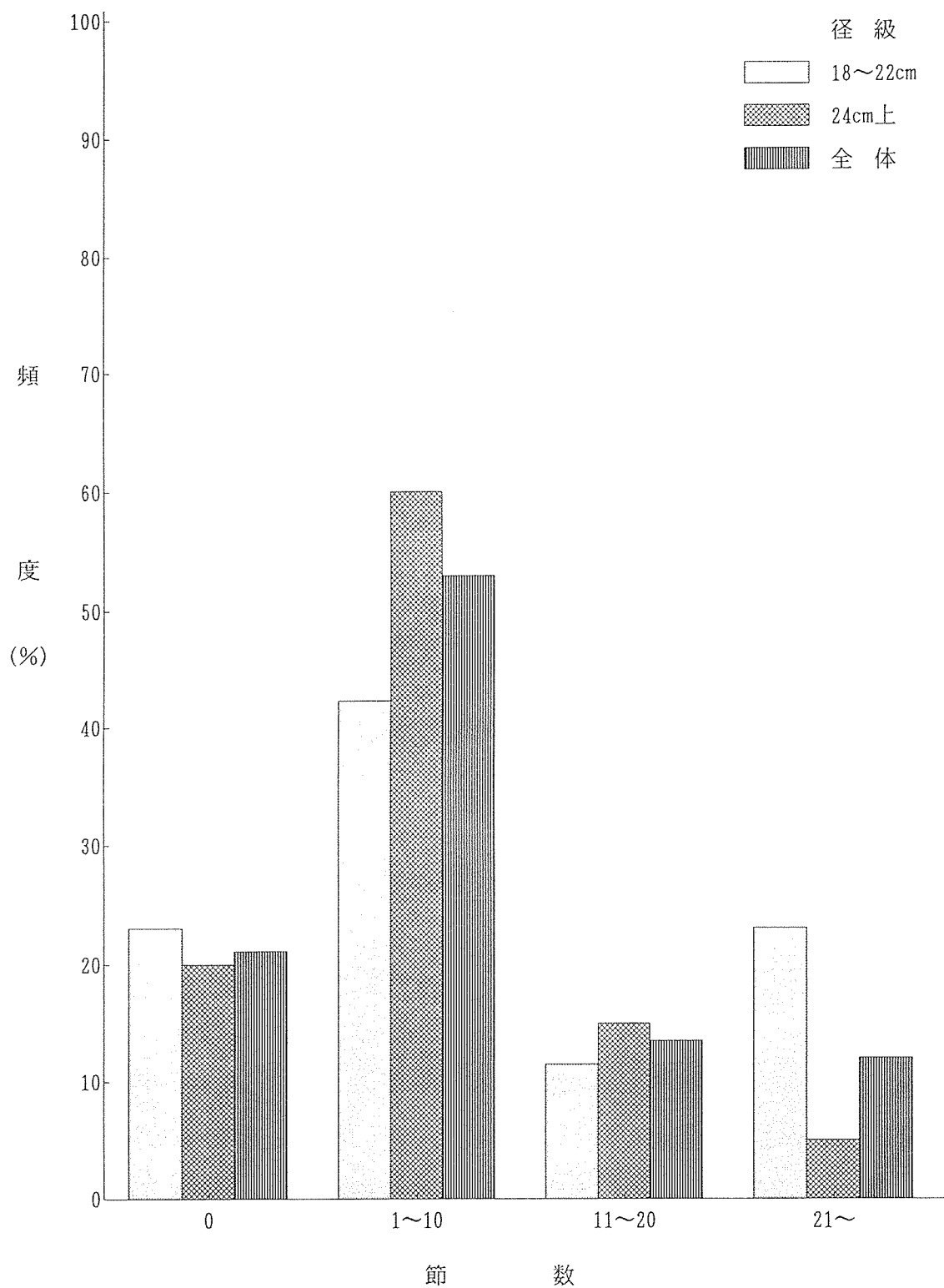


図5. 供試丸太の節数の頻度分布

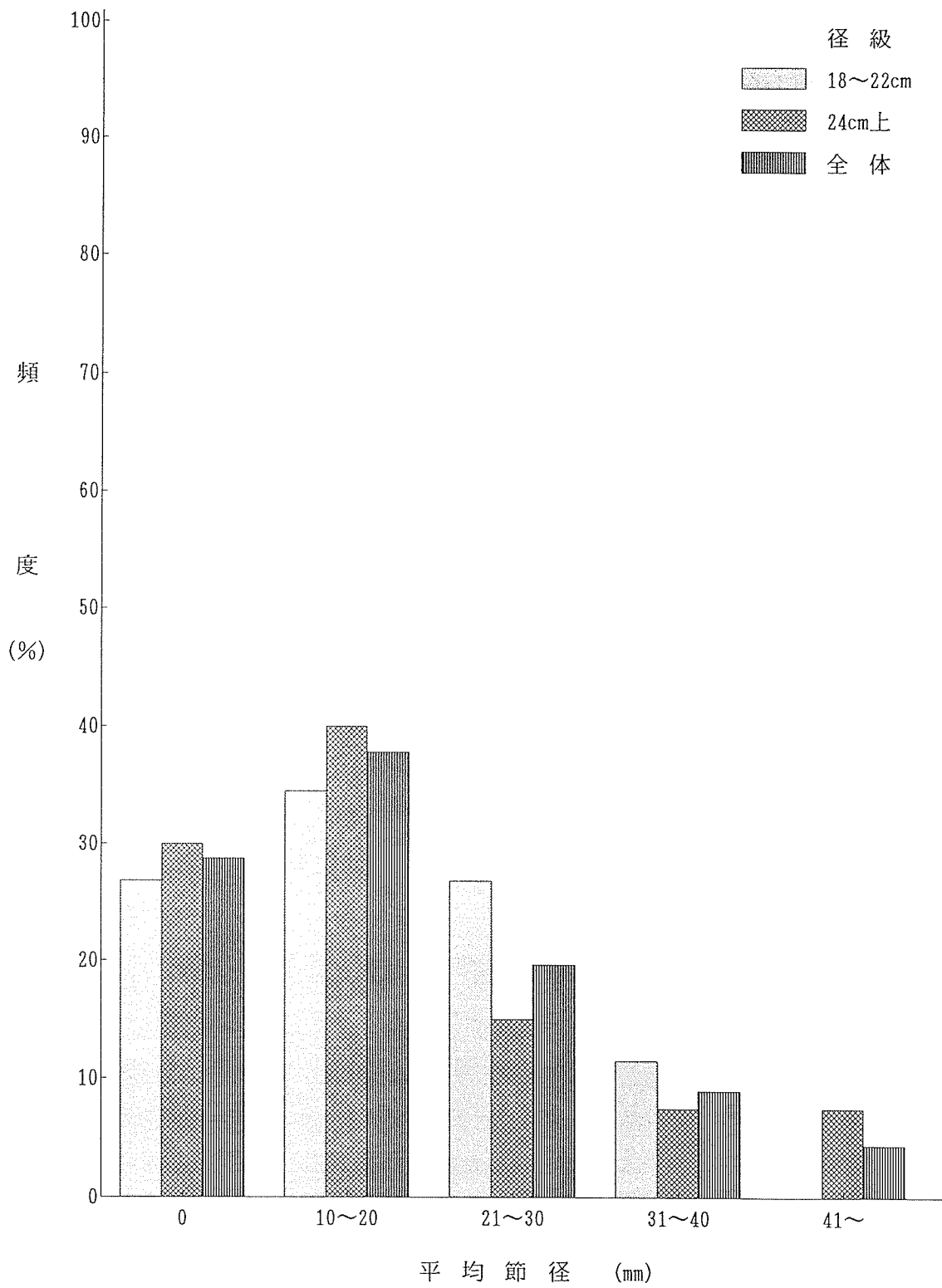


図6. 供試丸太の平均節径の頻度分布

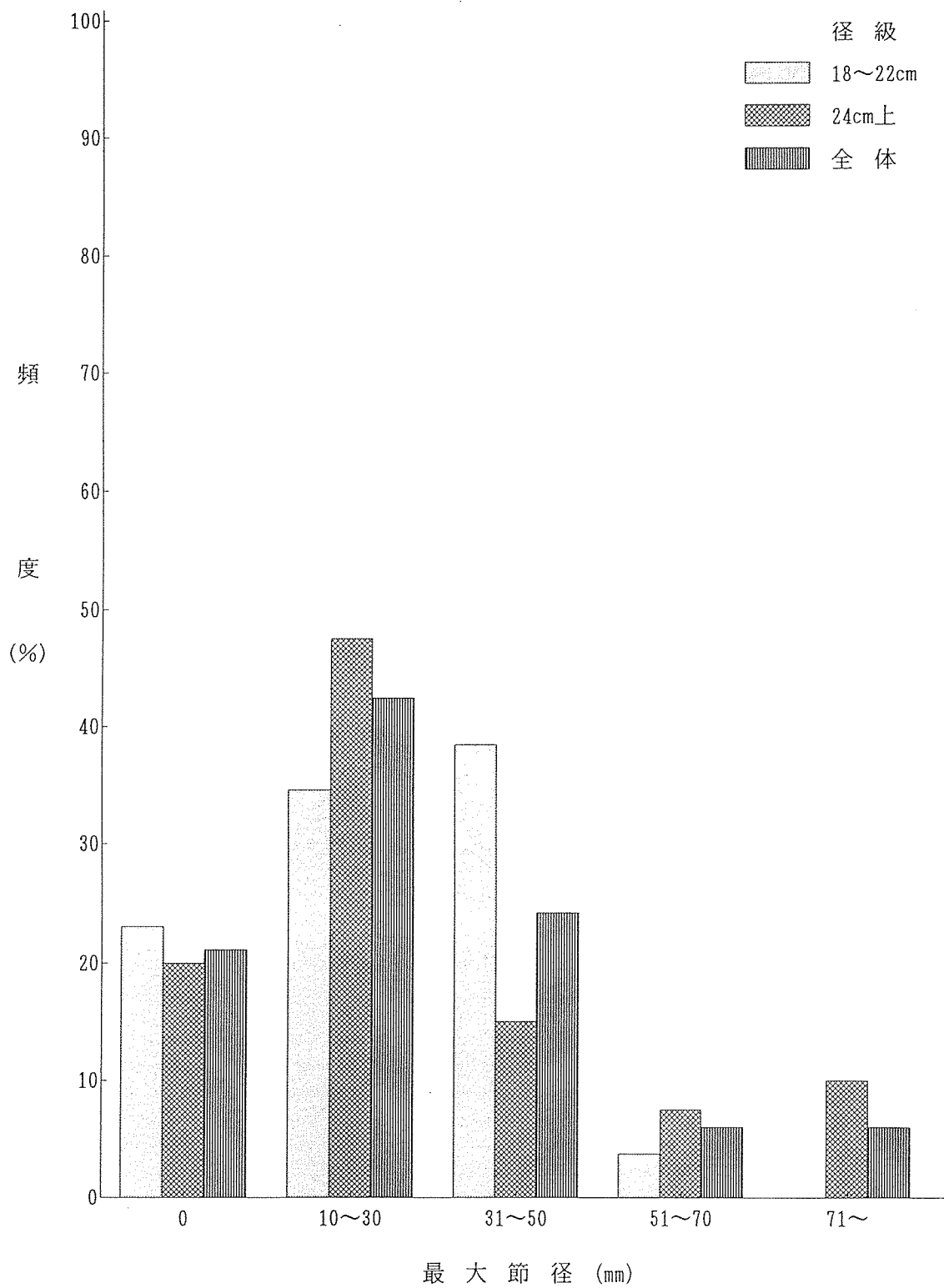


図7. 供試丸太の最大節径の頻度分布

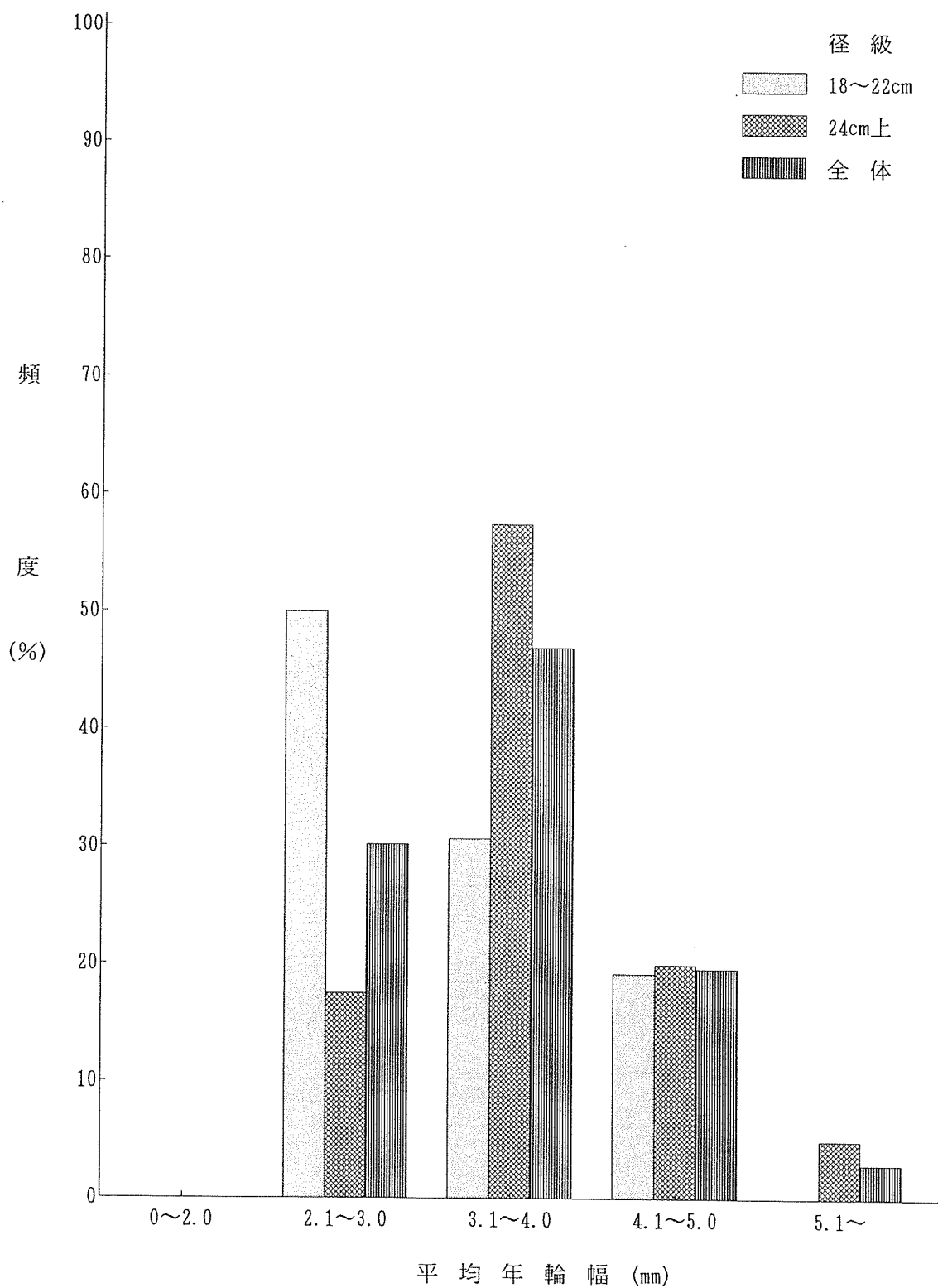


図8. 供試丸太の平均年輪幅の頻度分布

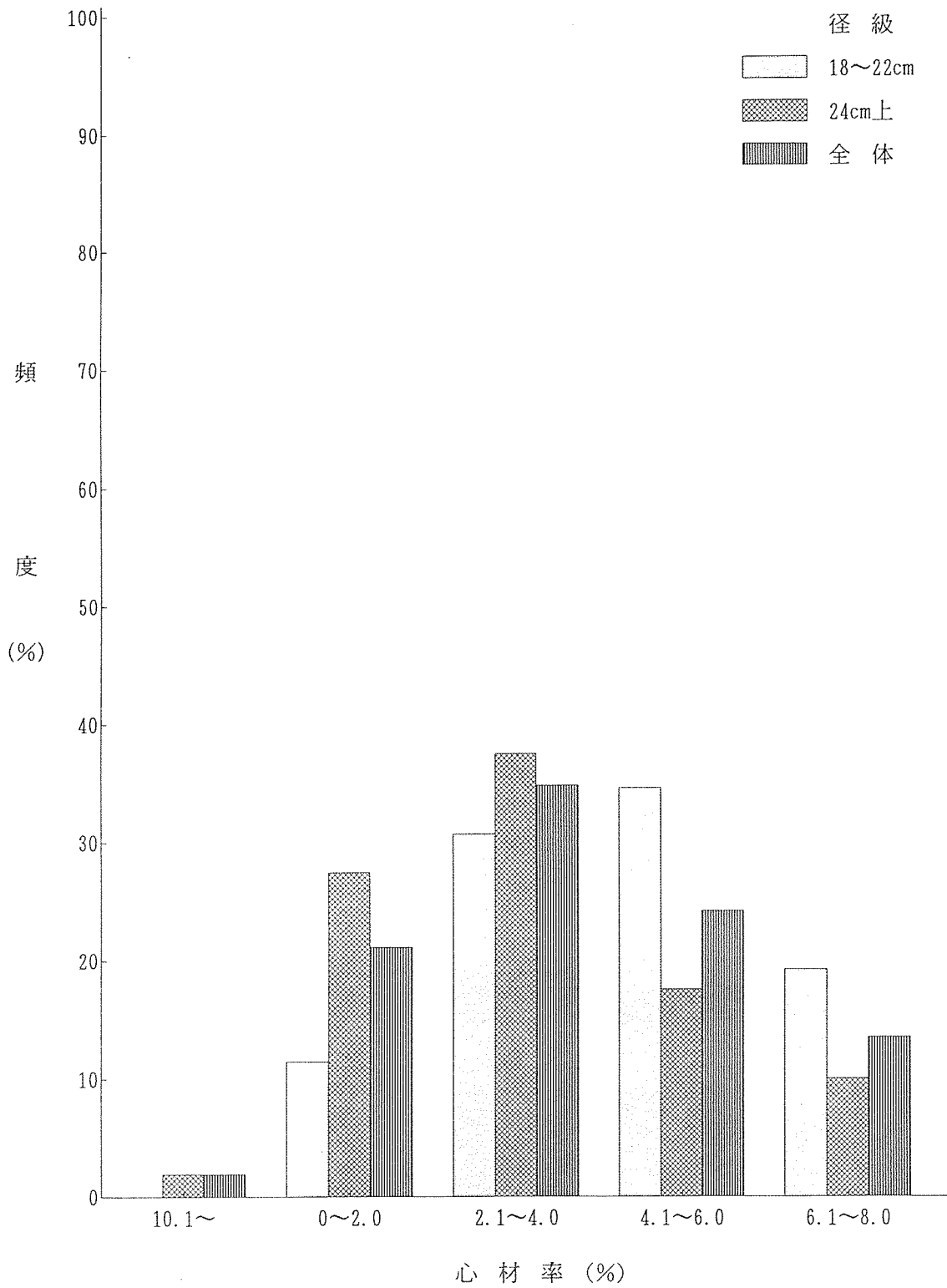


図9. 供試丸太の心材率の頻度分布

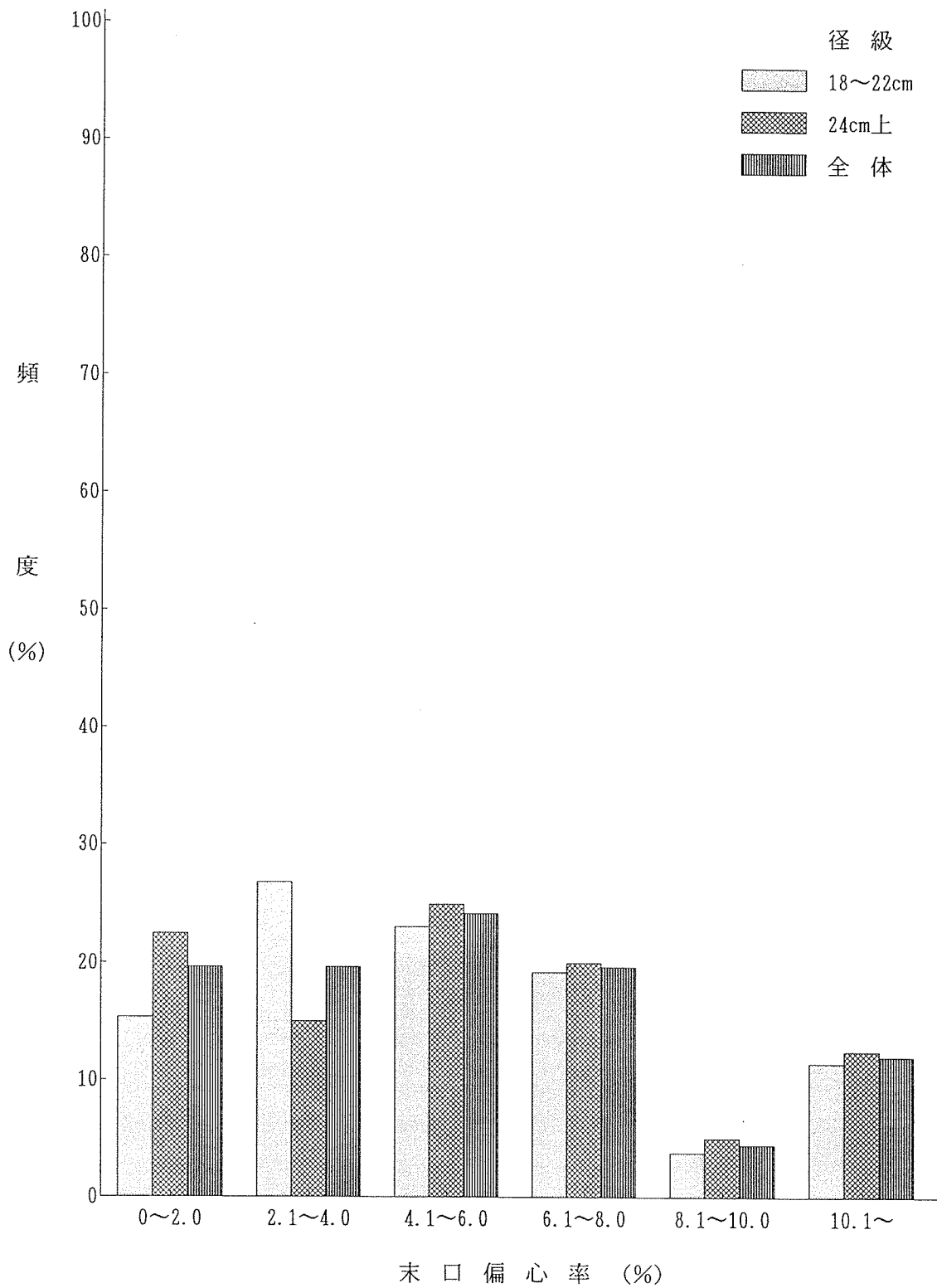


図10. 供試丸太の末口偏心率の頻度分布

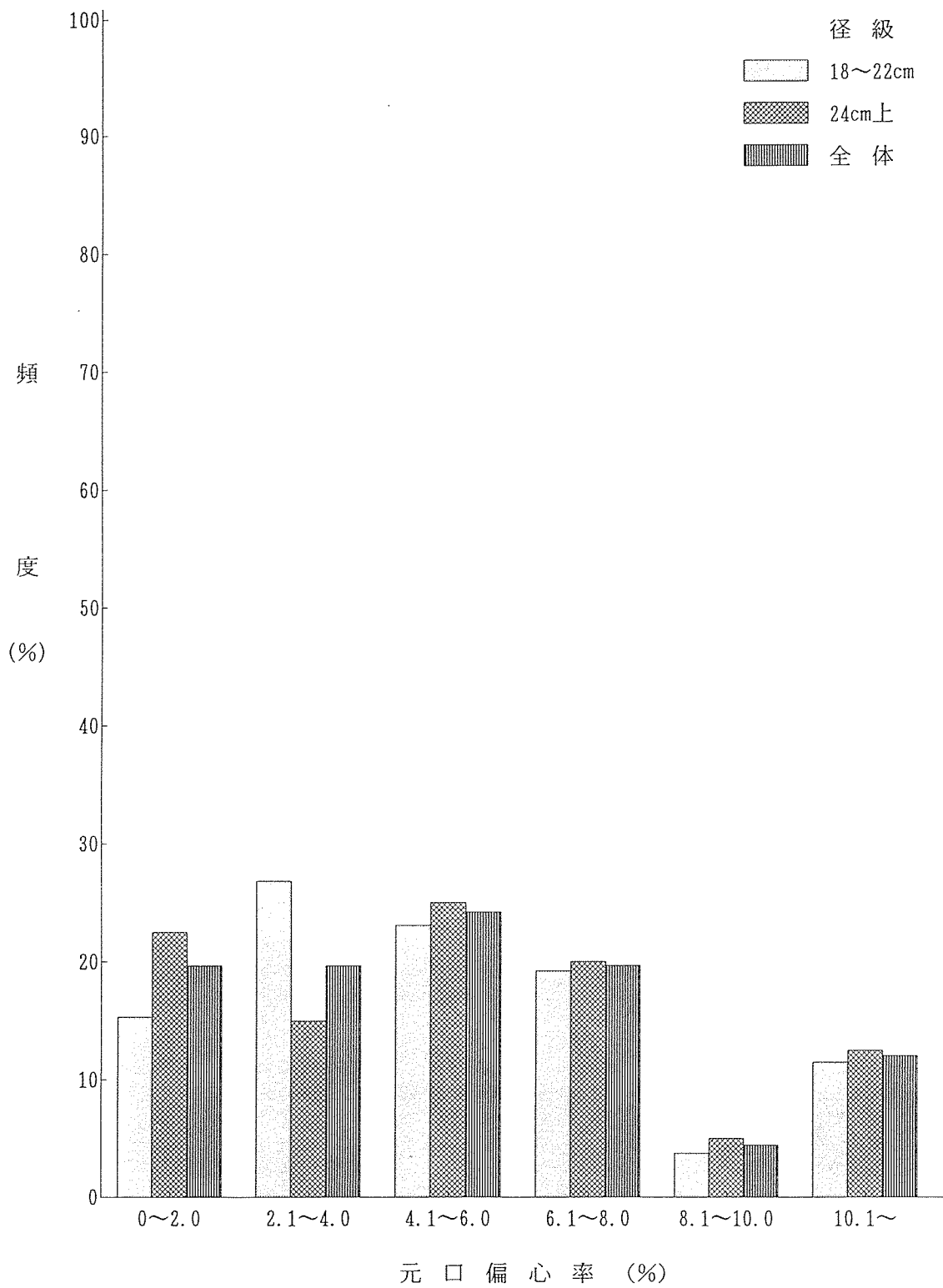


図11. 供試丸太の元口偏心率の頻度分布

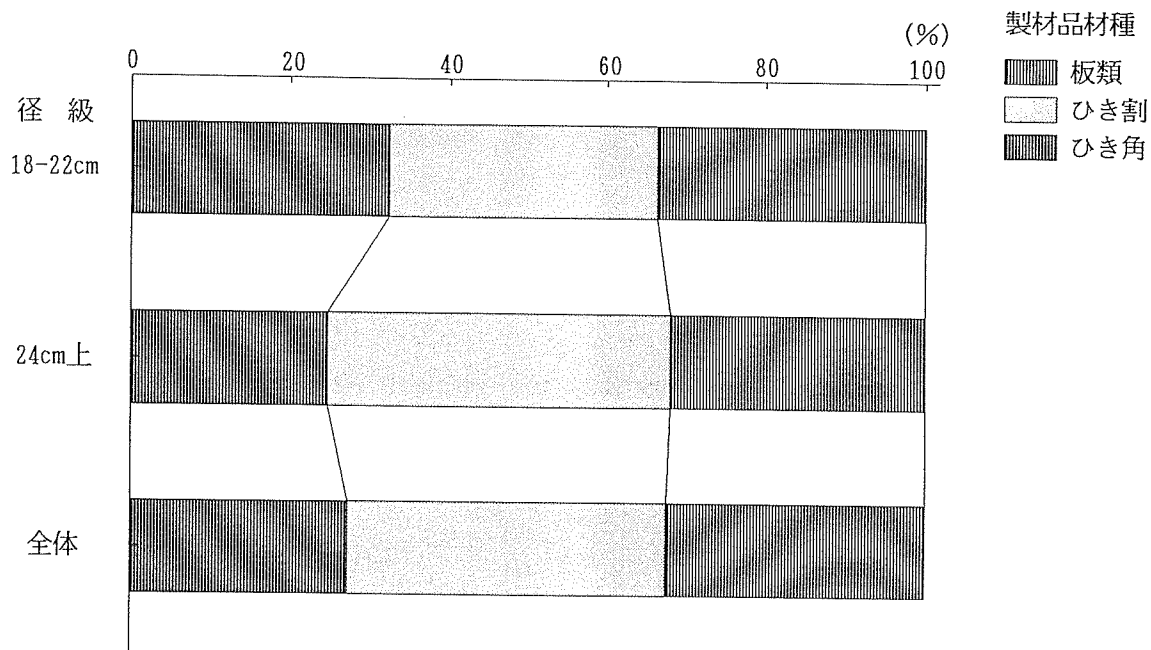


図12. 製材品材種別材積割合 (軸組木取り)

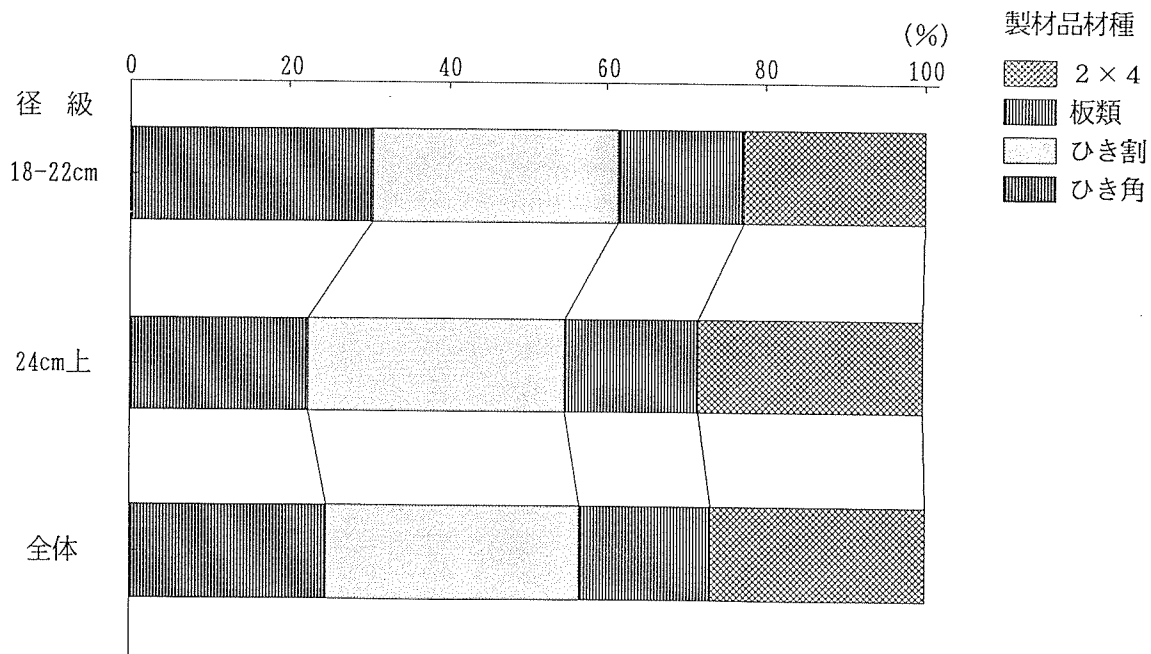


図13. 製材品材種別材積割合 (混合木取り)

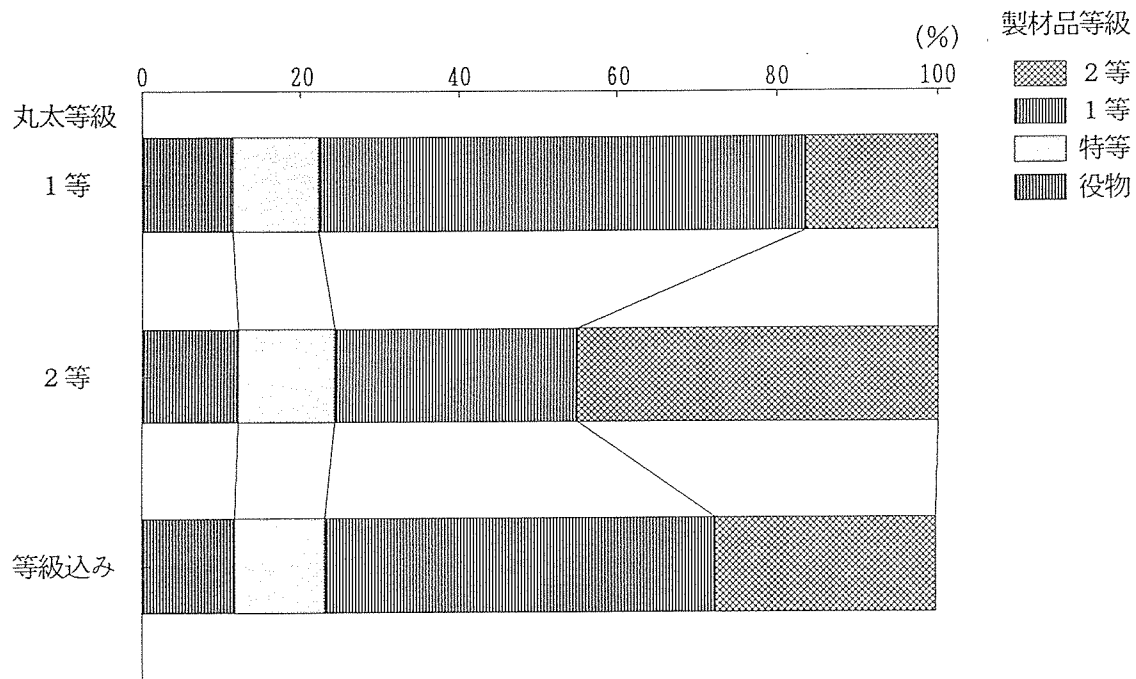


図14. 製材品等級別材積割合 (18-22cm丸太 軸組木取り)

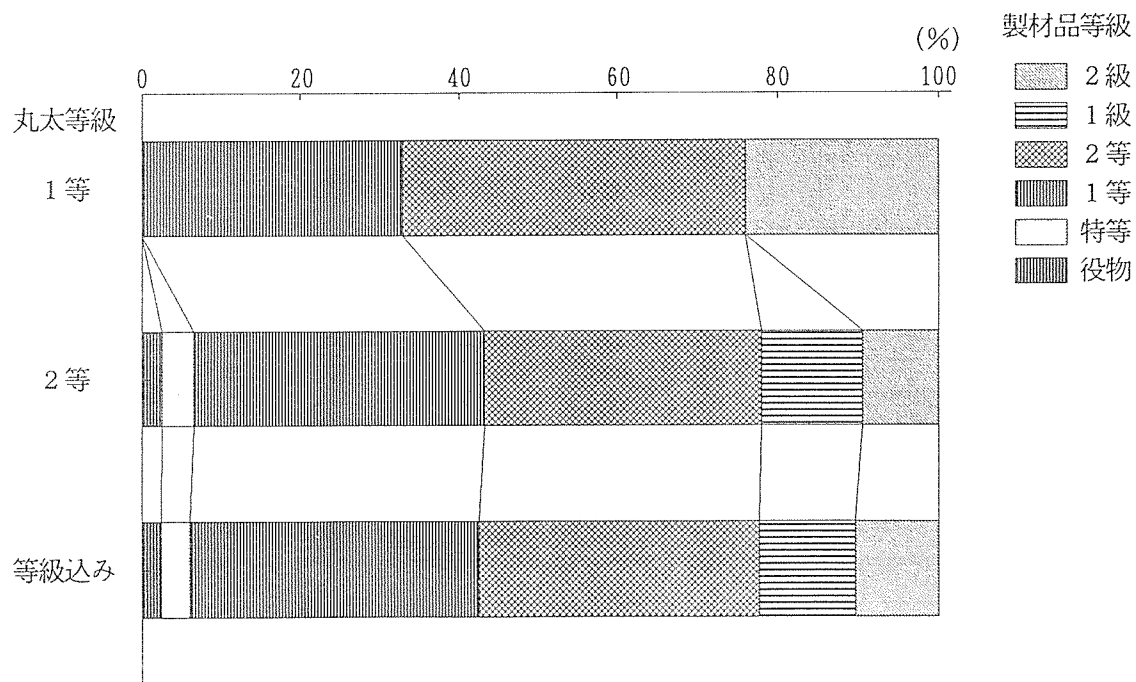


図15. 製材品等級別材積割合 (18-22cm丸太 混合木取り)

注：1, 2級は2×4材の等級

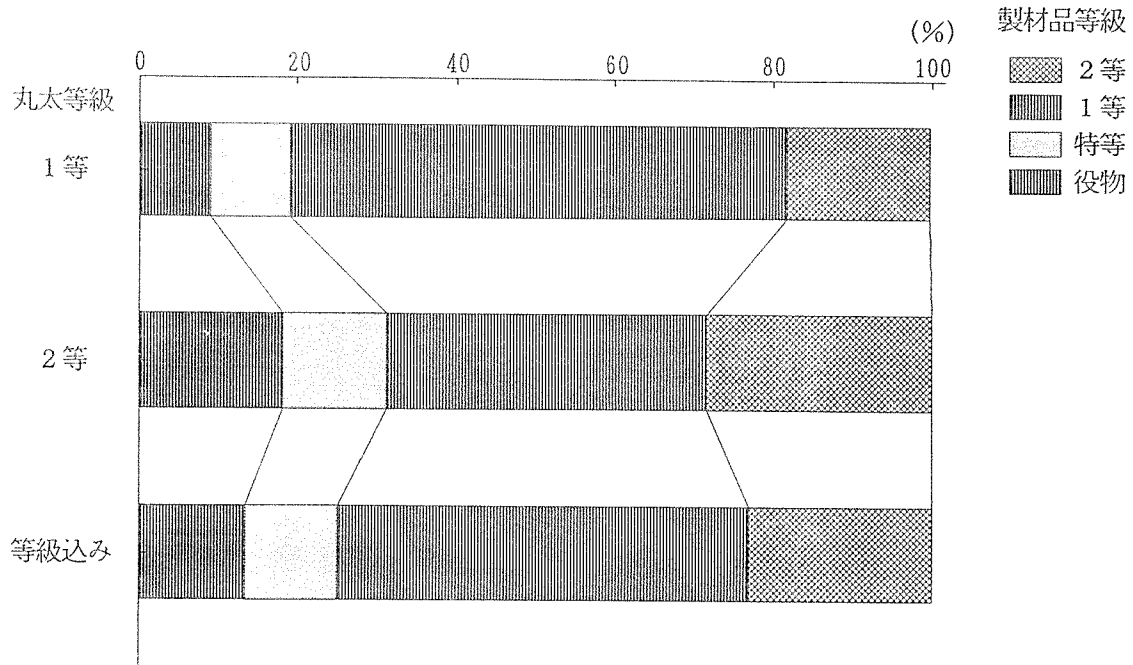


図16. 製材品等級別材積割合 (24cm上丸太 軸組木取り)

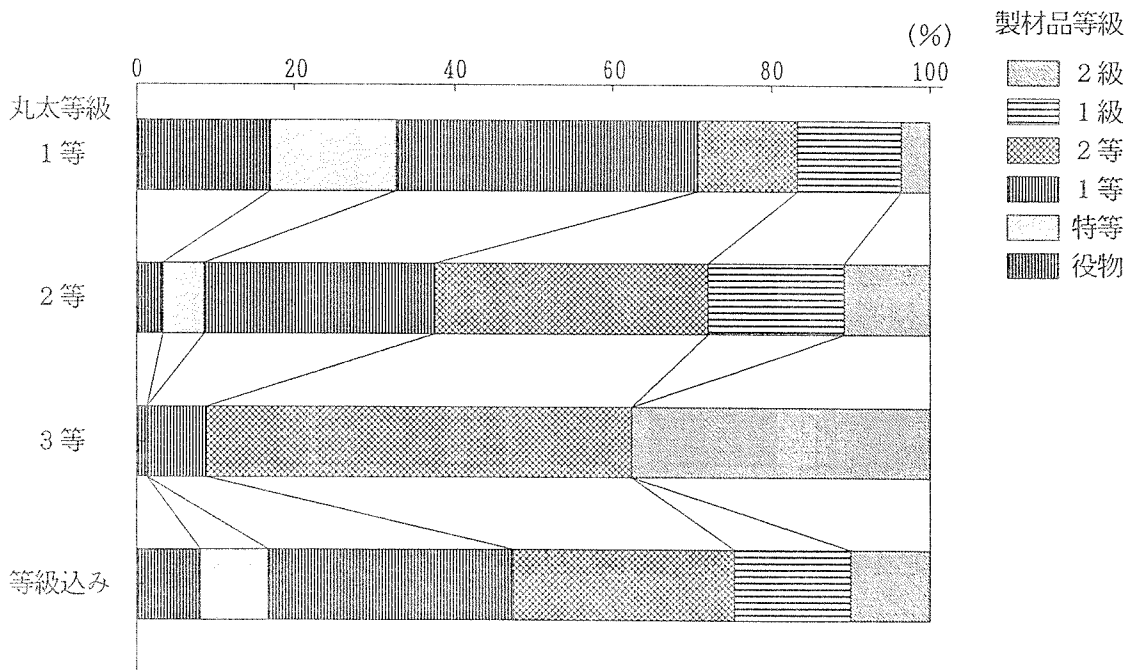


図17. 製材品等級別材積割合 (24cm上丸太 混合木取り)

注：1～3級は2×4材の等級

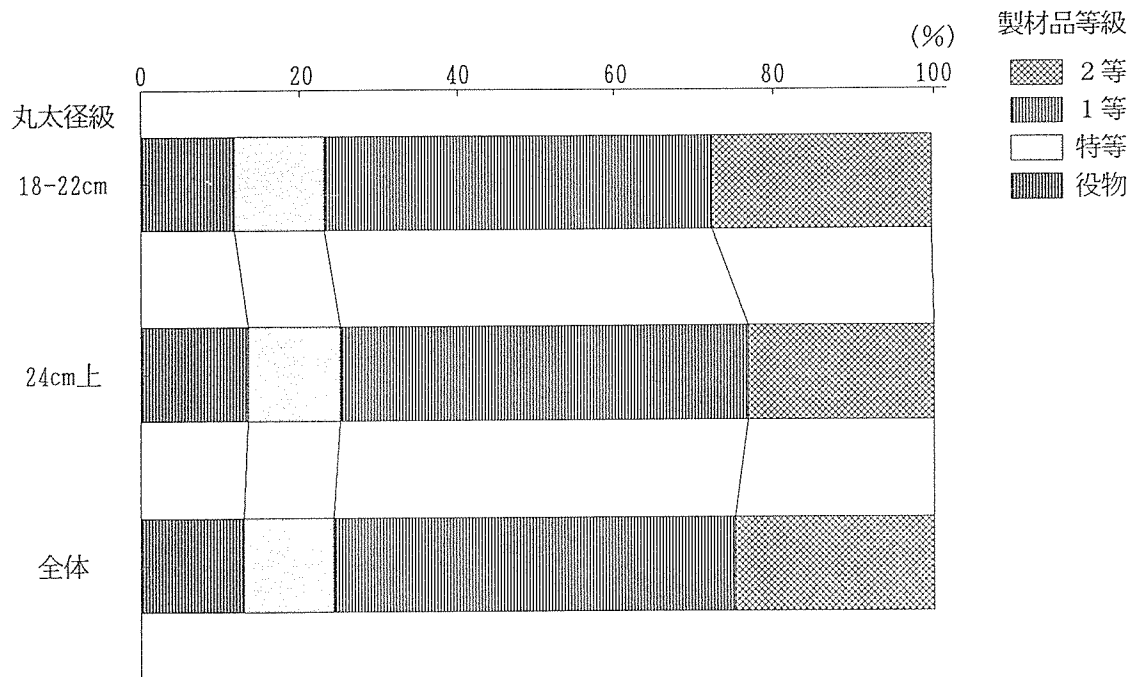


図18. 製材品等級別材積割合 (等級込み 軸組木取り)

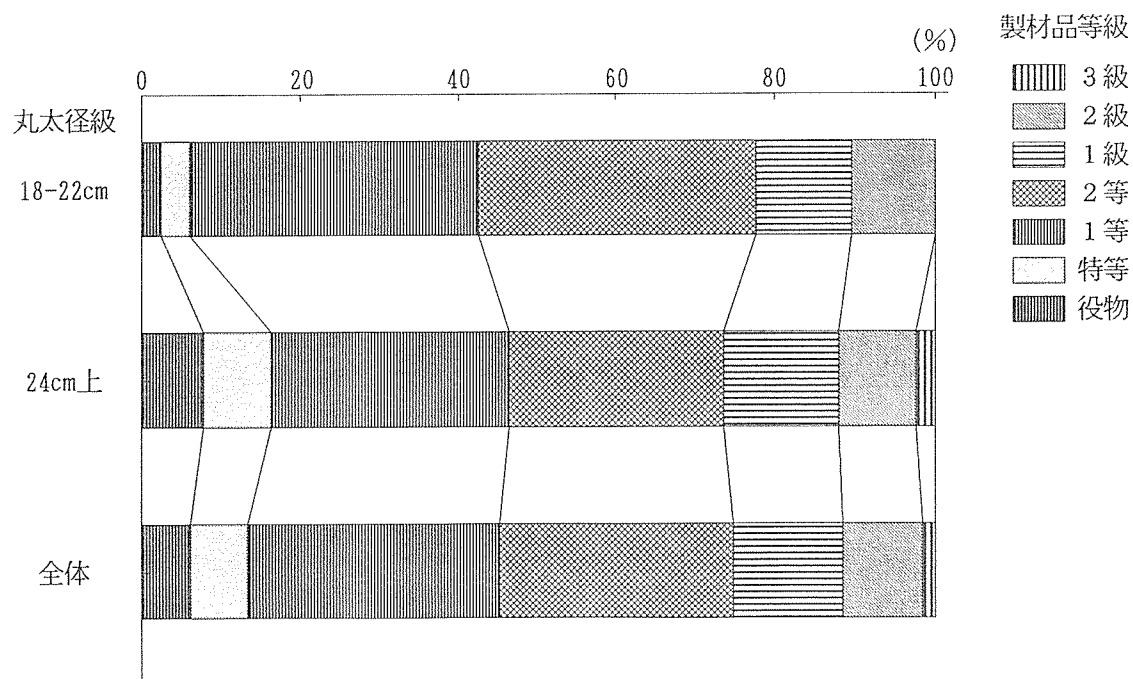


図19. 製材品等級別材積割合 (等級込み 混合木取り)

表1. 供試丸太の形質

項目	径級	18 ~ 22 cm			24 cm 上		
		範囲	平均	標準偏差	範囲	平均	標準偏差
細り ^{*1} (cm/m)		0.5~ 3.9	1.5	0.80	0.3~ 4.3	1.9	1.02
曲り率 ^{*2} (%)		4.0~17.5	9.7	4.04	2.7~ 20.6	8.7	3.93
節数 ^{*3}		0~29	8.7	10.16	0~ 30	5.3	7.05
平均節径 ^{*4} (mm)		12.5~40.0	23.1	8.19	10.0~ 46.0	23.4	10.06
最大節径 ^{*4} (mm)		16 ~51	32.8	11.04	10 ~110	36.2	26.27
平均年輪幅 (mm)		2.6~ 4.6	3.2	0.58	2.2~ 5.5	3.6	0.72
心材率 ^{*5} (%)		18.5~50.1	34.0	7.28	26.8~ 58.4	40.2	6.41
末口偏心率 ^{*6} (%)		1.0~ 8.2	4.6	2.19	0~ 14.6	3.9	2.85
元口偏心率 ^{*6} (%)		0~22.8	5.8	4.82	0~ 17.2	5.5	3.96

*1 : 細り = (元口径 - 末口径) ÷ 長さ

*2 : 曲り率 = 曲りの矢高 ÷ 末口径 × 100

*3 : 長径10mm以上の節

*4 : 節のない丸太を含まない

*5 : 心材半径² ÷ (末口径/2)² × 100

*6 : 偏心率 ÷ 木口径 × 100

表2. 丸太等級別本数

等級 径級	等級			等級込み
	1 等	2 等	3 等	
18 ~ 22cm	9 (1.7204)	17 (3.0217)	-	26 (4.7421)
24cm 上	19 (5.0403)	20 (5.1175)	1 (0.3160)	40 (10.4738)
合 計	28 (6.7607)	37 (8.1392)	1 (0.3160)	66 (15.2159)

() 内は丸太材積 (m³)

表3. 木取り別丸太材積 (m³)

木取り 径級	混合木取り* ¹				軸組木取り* ²			
	1等* ³	2等* ³	3等* ³	等級込み	1等* ³	2等* ³	3等* ³	等級込み
18~22cm	0.1553	1.9989	-	2.1542	1.5650	1.0223	-	2.5873
24cm上	2.0392	3.0249	0.3160	5.3801	3.0011	2.0926	-	5.0937
合 計	2.1945	5.0238	0.3160	7.5343	4.5661	3.1149	-	7.6810

*¹: 軸組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り (図1 参照)。

*²: 軸組工法部材の木取り (図2 参照)。

*³: 丸太等級

表4. 木取り別形量歩止り (%)

木取り 径級	混合木取り* ¹				軸組木取り* ²			
	1等* ³	2等* ³	3等* ³	等級込み	1等* ³	2等* ³	3等* ³	等級込み
18~22cm	65.0	63.0	-	63.2	62.8	62.1	-	62.5
24cm上	63.6	63.9	66.2	63.9	61.4	63.6	-	62.3
合 計	63.7	63.6	66.2	63.7	61.8	63.1	-	62.4

*¹: 軸組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り (図1 参照)。

*²: 軸組工法部材の木取り (図2 参照)。

*³: 丸太等級

表5. 混合木取りにおける2×4材の産出材積 (m³)

径 級	寸法型式				型式込み
	203	204	206	208	
18~22cm	0.0126 (0.9)	0.2469 (18.1)	0.0486 (3.6)	-	0.3081 (22.6)
24cm上	0.0178 (0.5)	0.3138 (9.1)	0.5818 (16.9)	0.0671 (2.0)	0.9805 (28.5)
全 体	0.0304 (0.6)	0.5607 (11.7)	0.6304 (13.1)	0.0671 (1.4)	1.2886 (26.8)

()内は、産出製材品に占める2×4材の材積割合 (%)

表6. 木取り別価値歩止り (%)

径 級	木取り	混合木取り* ¹				軸組木取り* ²			
		1等* ³	2等* ³	3等* ³	等級込み	1等* ³	2等* ³	3等* ³	等級込み
18~22cm		56.1	57.1	-	57.1	68.0	65.5	-	67.0
24cm上		74.4	63.7	64.6	67.8	65.3	68.0	-	66.4
全 体		73.1	61.1	64.6	64.8	66.2	67.2	-	66.6

*¹: 軸組壁工法部材と軸組工法部材との混合木取り (図1 参照)。

*²: 軸組工法部材の木取り (図2 参照)。

*³: 丸太等級

第2章 枠組壁工法用住宅部材生産技術開発 総括と考察

1. 枠組壁工法用部材の国産化

枠組壁工法などパネル構法では、「板割」的なサイズの枠組材が主要な部材である。現在までのところ、これら部材は殆どすべてが、輸入製材品であり、しかも既にその供給・流通・加工体制がほぼ確立されているとあってよい。

一方、国産材の板割的な製材品は、在来構法の部材に使用されているものの、極めて限られた部位に、しかも僅かに用いられているに過ぎない。

このため、板割的な製材木取りが中心となる中径の国産丸太は、柱サイズ木取りの適寸丸太や各種造作材木取りが支配的となる大丸太などに比べて、利用価値が相対的に低く、これまでも、国産材の製材加工利用における大きな問題となってきた。

国産の中径丸太は、その形質からいっても板割サイズを中心とした木取りが比較的製材効率が良いため、在来構法あるいはその応用的な構法の中における板割材の多用化、さらには枠組壁工法部材の国産材化が期待されている。

また、上記のように、現在までの中径丸太は、在来構法部材としての製材利用に少なからず限界をもっているが、近い将来、国産材の供給が中径丸太を主体に増加するという、国内の森林・林業上からの背景もあり、これまで以上に、中径丸太の有効な利活用策が問われてきている。

特に、今後の国産材供給は、戦後造林木の成熟化に伴って、森林資源の構成内容からみれば、これまでの小径材から中径材へ移行することは明らかである。もちろん、この方向が現実的な展開になるためには、現状での林業構造上に山積している諸問題が抜本的に解決されていかなければならない。

しかし、国産材の加工利用の側面からいえば、少なくとも中径丸太の利活用分野が拡大され、それが経済的合理性をもつものに連がっていかない限り、本格的な供給増には至らないだろう。

その意味では、本事業における一連の試験研究は今後の中径丸太の利活用に対し、1つの方向性を得ることを目的として設定されてきたとあってよい。

平成元年度から3ヵ年にわたって実施してきた「枠組壁工法用住宅部材の生産技術開発」

の研究も、上記のような視点に立脚して、中径丸太から枠組壁工法用部材を試験挽きし、製材、乾燥、鉋削、強度試験を踏まえつつ、国産材化に向けて基礎資料の整備を図ったものである。

なお、これらの試験結果と考察については既刊の中間報告書および今回の報告書に詳細が論考されているが、本稿ではこれを含めて要約的に述べることにする。

2. 試験結果の要約と考察

2. 1 供試丸太について

本試験では、道産のエゾマツ、トドマツ、カラマツ、茨城・岐阜・徳島の各県産スギと、4樹種を選定し、いずれも地元において一般に流通している中丸太を供試丸太とした。

道産のトドマツ、カラマツは、本州におけるスギ、ヒノキとともに、戦後の造林木として、今後に供給増が予想される樹種でもある。また、エゾマツは天然林材であるが、北海道では、その資源的な制約から、かつての大丸太の供給から年々径級的にも質的にも低下し、現在、既に並クラスの中丸太の供給に移行し、将来ともその傾向が続くとされている。なお、本試験で、本州のヒノキを除外したことは、中丸太の製材利用がスギよりも問題が少ないためである。

表1は、供試丸太の形質調査・測定の結果を示したものである。いずれの樹種についても、丸太の形質はバラツキが多いが、総合的にみて、ほぼ中庸クラスとあってよい。なお、丸太等級の判定は、形質測定値を基礎にJASに準じて行った。

2. 2 製材試験結果

2. 2. 1 製材歩止り

(1) 2×4材木取りの歩止り

供試丸太から、2×4材のみを製材した場合の、形量（材積）歩止りを表2，価値歩止りを表3に示す。

表1. 供試丸太の諸元

産地	北海道産				徳島県	岐阜県	茨城県	
	天然林材	人工林材	池田・人工林	美瑛・人工林	那賀郡	郡上郡	那珂郡	
樹種	エゾマツ	トドマツ	カラマツ	カラマツ	スギ	スギ	スギ	
径級(cm)	20 ~ 32	16 ~ 32	18 ~ 32	18 ~ 34	18~28未満	18~30未満	18~26未満	
材長(m)	3.65	3.65	3.65	3.66	4.0	4.0	3.65	
本数	60	135	60	48	142	84	66	
材積(m ³)	17.314	29.732	15.619	11.224	32.356	20.829	15.216	
形質	a	36.5~39.0	31.5~35.7	12.6~27.1	12.2~13.3	10.4~12.9	5.6~7.3	5.3~8.7
	b	—	16.3~20.6	17.1~25.8	18.3~24.6	27.2~33.4	12.5~15.6	23.1~23.4
	c	—	29.0~36.8	31.9~52.3	31.2~35.0	36.2~47.7	18.1~21.9	32.8~36.2
	d	2.3~6.1	2.6~4.2	10.9~11.4	9.0~16.9	1.7~3.1	4.8~9.7	1.5~1.9
	e	1.6~2.3	1.0~1.9	0.3~1.3	0.8~1.4	1.2~1.4	2.3~2.4	8.7~9.7
等級別本数	I	—	—	1	1	57	11	28
	II	—	—	37	34	80	42	37
	III	60	135	21	12	5	31	1
	IV	—	—	1	1	—	—	—
試験実施 年度・期間	元年度	元年度	2年度	3年度	元年度	2年度	3年度	
	北海道立林産試験場				徳島県総合 林業センター	岐阜県 林業センター	森林総合 研究所	

注1. a (節数), b (平均節径), c (最大節径), d (曲り率), e (細りcm/m) は、径級別丸太の平均値の範囲を表わしている。

2. エゾマツの a, b は60本中30本分の値, トドマツの a~e は60本中30本分の値である。

表2. 2×4材の製材木取り
(木取型別形量歩止り：%)

産地		北海道				徳島	岐阜
樹種		エゾマツ	トドマツ	カラマツ1	カラマツ2	スギ1	スギ2
平均	a	59.7	59.6	47.3	46.2	50.4	52.4
	b	53.8	64.4	55.1	50.0	56.2	54.4
	c	50.2	63.4	59.6	57.7	58.6	
	全体	52.7	62.9	56.1	49.8	55.2	53.8
だら挽き	a			46.1	44.4	49.5	52.4
	b			54.7	53.0	55.3	55.1
	c			60.7	56.9	58.0	
	全体			56.4	49.1	53.8	53.6
粹挽き	a			48.4	47.0	53.7	52.4
	b			55.5	47.9	57.5	54.4
	c			58.5	58.4	59.3	
	全体			55.7	50.1	57.7	53.8

注1. アルファベットは、丸太の末口径区分を表わす。

エゾマツ, トドマツ, カラマツは、a (22cm以下), b (24~26cm), c (28cm以上)
スギ1は、a (18~20cm), b (22~24cm), c (26cm以上)
スギ2は、a (18~22cm), b (24~28cm)

2. エゾマツは30本, トドマツは60本の丸太を製材試験した結果である。

表3. 2×4材の製材歩止り
(木取型別価値歩止り：%)

木取型	平均				だら挽き				粹挽き			
	a	b	c	全体	a	b	c	全体	a	b	c	全体
丸太径級												
カラマツ1 (北海道)	34.6	43.8	58.5	49.8	33.4	44.7	60.6	51.2	35.8	42.9	56.2	48.3
スギ1 (徳島)	37.9	43.8	51.4	43.0	37.9	43.8	51.4	43.0	34.5	44.9	46.9	44.4

注. アルファベットは、丸太の末口径区分を表わす。

〔 カラマツ1は、a (22cm以下) , b (24~26cm) , c (28cm以上)
スギ1は、a (18~20cm) , b (22~24cm) , c (26cm以上) 〕

製材歩止りは、丸太形質や木取方法、実験条件（使用の諸元、この機械・工程の設定など）によって異なるが、本試験では丸太形質を径級に指標をとり、木取方法をだら挽きと杵挽きに2通りとし、実験条件は当該樹種に一般に採用されるものを設定した。

この結果、平均歩止りはエゾマツ約53%、ドドマツ約63%、カラマツ1約56%、カラマツ2約50%と表わされる。また、スギは54~55%と示される。

なお、カラマツとスギの木取方法別の歩止りには、スギ1（徳島）の杵挽きにやや高くなるものの、だら挽き、杵挽きともに大差がない。このことは、2×4材の木取りでは、作業性を考慮すると、だら挽きを採用してよいかも知れない。

ともあれ、各樹種とも、2×4材のみの製材木取りでは、低歩止りにならざるを得ない。このことは、背板などの残材から、副製品を木取りしていないため、通常の在来構法部材を製材する歩止りと比較すると、エゾマツで約20%、トドマツで約10%、スギで約10%ほど低く、梱包材等を含めて木取りするカラマツでは、通常の歩止りより10~15%ほど低いといえよう。

したがって、後述するように、2×4材のみに限定せず、在来構法部材等を含めた混合木取りで、可能な限り歩止りを高めていく必要がある。

一方、2×4材のみの製材木取りによる価値歩止りは、表3のように、カラマツで約50%、スギで45%以下になる。一般に、スギ中丸太の製材では、採算限界の価値歩止りが、50%前後とされている。その意味では、スギの並中丸太から2×4材のみを製材しても経済的に成立しえないことになる。このことは、カラマツにおいてもほぼ同様と考えてよい。したがって、上記した形量歩止りの向上策と同じく、2×4材とともに、他用途の製品を含めた木取方法で、価値歩止りの上昇を図る必要がある。

（2）混合木取りの歩止り

中丸太から2×4材のみの製材木取りでは、形量、価値歩止りが低く、経済的な意味で採算面に支障がある。このため、歩止り向上に向けて、2×4材とともにスギでは在来構法部材を、カラマツでは背板からパネルボードを、それぞれ含めて木取りした（以下、混合木取りという）。また、スギについては、上記の実験結果と比較するため、在来構法部材のみの製材試験をも行った（以下、軸組材木取りという）。

なお、スギの混合木取り、軸組材木取りは、茨城産について行っているが、両木取りで

用いた丸太には形質的に若干の違いがあること、そして、同じスギでも他産地とそれに差異があることから、実験結果を直接的に比較するには多少無理が伴う点を断わっておく。

これら製材試験に基づく歩止りは、表4の通りである。

すなわち、スギの場合、 2×4 材のみの製材木取りでは、歩止りが54~55%であるが、混合木取りの採用によって、約10%増の65%まで向上させることができる。この値は、軸組材木取りの歩止りとほぼ同程度である。また、価値歩止りについても、本文で詳述されているように、混合木取りで平均65%が期待でき、軸組材木取りの平均67%に近い値になる。なお、混合木取りにおける 2×4 材と軸組材の割合は、おおよそ30%、70%である。

このように、スギ中丸太からは 2×4 材とともに、軸組材を含めて木取りすることによって、形量、価値歩止りが軸組材を木取る場合と殆ど変わらないことが知られた。しかし、この場合、木取り製材品の総材積に占める 2×4 材は、約30%と比較的少ない。もっとも、 2×4 材の産出材積を高めるには、価値歩止りは低下するが、木取方法を変えれば良いが、採算面からの問題が生じてくる。したがって、スギ並中丸太からの混合木取りでは、経済的な意味で、産出材積の約30%を 2×4 材に求めていくのが望ましいということになる。もちろん、このことは平均的な表現であって、丸太毎には形質的な相違が大きく、当然、その値に差をもたらすことはいうまでもない。ただし、実験過程に基づくと、丸太の形質的な側面からいえば、末口径18~22cmでは 2×4 材を、24~28cmでやや良質な丸太ほど軸組材を、それぞれ多取率になる木取方法を採用すべきかと思われる。

カラマツの混合木取りについては、本試験の場合、背板からパネルボードを木取りすることに限定したため、 2×4 材のみの製材木取りの歩止り約50%に比べて、数%の上昇しか認められなかった。ただし、このパネルボードは、梱包材よりも相対的に高単価で取引きされるという実情から、具体的な検討を行っていないものの、末口径24~28cm丸太では混合木取りで採算的に合うようである。

(3) 2×4 用製材の寸法・等級

中丸太の製材試験によって木取りした 2×4 材は、製材後の乾燥に伴う狂い、鉋削加工での削り代等を考慮し、材厚、材幅ともに、枠組壁工法構造用製材のJASに定められた未乾燥材の規定寸法より歩増した。この歩増量は、各試験実施機関のこれまでの実験データ等を参考にして決定し、厚さ、幅とも徳島スギは5mm、岐阜スギは7mmとした。また、

表4. 木取材別の製材歩止り（形量歩止り：％）

樹 種		ス ギ				カラマツ 2	
産 地		徳 島	岐 阜	茨 城		北 海 道	
木 取 り 材		2×4材	2×4材	混 合 材	軸 組 材	2×4材	混 合 材
形 量 歩 止 り (%)	a	50.4	52.4	57.1	67.0	46.2	48.2
	b	56.2	54.4	67.8	66.4	50.0	55.0
	c	58.6				57.7	60.0
	全体	55.2	53.8	64.8	66.6	49.8	52.3
備 考		〔元年度 試 験〕	〔2年度 試 験〕	〔3年度 試 験〕 〔2×4材 と 軸組材〕	〔3年度 試 験〕	〔3年度 試 験〕	〔3年度 試 験〕 〔2×4材 と パネル ボード材〕

- 注1. スギ2×4材木取りの歩止りは、徳島産142本、岐阜産84本の丸太の製材試験結果である。
2. スギ混合材、軸組材木取りの歩止りは、茨城産のそれぞれ33本の丸太の製材試験結果である。
3. カラマツ2×4材、混合材木取りの歩止りは、北海道産のそれぞれ16本の丸太の製材試験結果である。

道産エゾ・トドマツは厚さ、幅とも7mmとし、カラマツは厚さ8mm、幅は寸法型式に応じて12~18mmとした。

なお、前述してきた2×4材の製材歩止りは、すべて歩増材を基準として算出している。

ともあれ、本試験で木取りした2×4材について、寸法型式別に材積割合で示すと、表5のようになる。

中丸太からは、いずれの樹種とも206材の収率が最も多く、それより小断面の204材もしくは大断面の208材が多くなってくるし、カラマツ2やスギ1のように、丸太径がやや太いものを含む場合は、当然のことだが210材の収率も相対的に高くなる。

これら2×4材のすべてについて、JASに基づく等級格付けを行い、材積割合で表わしたのが表6である。

木取り2×4材の等級は、使用丸太の品質を大きく反映するが、その決定因子としては節、丸身、樹心、あて、そり、年輪幅、変色、腐れ、虫食いなどがあげられる。

このうち、節の影響は、エゾマツ、トドマツ、スギにおいて最も大きく、カラマツでは樹心持ちおよびそれによる割れが等級決定に最も影響を与えている。また、第2、第3の因子としては、天然林材であるエゾマツが虫食い、あて、人工林材のトドマツがあて、丸身、カラマツが丸身、節、そしてスギが年輪幅、そり、というように、それぞれ丸太自体が持つ形質的な要因があげられる。とはいえ、スギの場合は、丸太等級が岐阜産よりも徳島産が全体的に良好であったため、後者の甲種材では下位級の割合を若干高めながらも特級、1級も同程度となったが、前者では主体が3級になっている。特に岐阜産のスギでは、節(38%)、年輪幅(36%)、そり(24%)の順で等級決定に影響を与えている。このことは、2×4材を比較的高歩止りで生産しても、相対的に低材価の製品が主体で占められるため、需要の確保ばかりか、採算面で大きな問題なる。その意味では、スギ並中丸太からの2×4材木取りも、多節材、目荒材は頭初から除外していく必要もあろう。

2.3 乾燥試験結果

2×4用製材の人工乾燥試験では、各樹種とも未乾燥状態での寸法・等級調査を踏まえ、含水率19%以下を目標にして乾燥した後、その変化を明らかにしてきた。

エゾマツとトドマツの人工乾燥は、圧縮方式と非圧縮方式を採用し、ごく一般的なスケジュールに基づいて行われた。圧縮方式では、幅ぞり、ねじれに対して効果が認められて

表5. 2×4材の寸法型式別材積割合（製材時）

（単位：％）

産地		北海道				徳島	岐阜
樹種		エゾマツ	トドマツ	カラマツ1	カラマツ2	スギ1	スギ2
丸太径級(cm)		20～32	16～32	18～32	18～34	中目	中目
寸法型式別割合	203					2.8	2.8
	204	18.7	23.5	7.0	21.9	21.5	29.2
	206	77.5	50.0	28.1	30.4	35.9	32.1
	208	3.8	24.9	27.9	19.6	25.0	30.8
	210		1.6	33.5	24.5	13.9	5.1
	212				3.5	0.9	
	計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2×4材歩止り		52.7	62.9	56.1	49.8	55.2

表6. 2×4材の等級別材積割合（製材時格付け）

（単位：％）

産 地		北 海 道				徳 島	岐 阜
樹 種		エゾマツ	トドマツ	カラマツ1	カラマツ2	スギ1	スギ2
丸太径級（cm）		20～32	16～32	18～32	18～34	中目	中目
丸太等級割合		Ⅲ等100%	Ⅲ等100%	Ⅱ等62% Ⅲ等35%	Ⅱ等71% Ⅲ等25%	Ⅱ等56% Ⅰ等40%	Ⅱ等50% Ⅲ等37%
甲 種	特 級	10.6	9.3	54.2	31.3	22.6	4.7
	1 級	24.4	45.5	17.6	4.2	22.6	3.6
	2 級	28.7	15.7	23.7	38.9	28.1	9.4
	3 級	21.7	29.2	4.6	25.4	26.7	72.9
	格 外	14.7	0.3	—	0.2	—	9.4
	計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0 (81.6)	100.0 (73.8)
乙 種	CONST					39.3	28.4
	STAND					33.3	26.7
	UTIL					27.4	37.5
	格 外					—	7.4
	計					100.0 (18.4)	100.0 (26.2)

注1. エゾマツ，トドマツ，カラマツは、甲種材についてのみ格付けした。

2. スギの甲種材，乙種材の材種割合は（ ）書とする。

いる。しかし、未乾燥状態の等級から本数比でエゾマツで約30%、トドマツで約10%の低下が生じ、圧縮方式の採用でも曲り、縦ぞりが発生している。なお、乾燥に伴う寸法べりは、エゾマツで2～5%、トドマツで5～7%である。また、カラマツの人工乾燥は、そのスケジュールを標準的な条件と、高温条件に分けて実施し、いずれも圧縮方式を採用した。圧縮方式は、材幅よりも材厚の収縮に作用し、高温条件でさらに大となる。このことは、乾燥に伴う曲り、幅ぞりを軽減させることとなるが、高温条件下では表面割れが大きく、全体として、未乾燥状態よりも若干の品等低下をもたらしている。なお、乾燥に伴う寸法べりは4～7%であった。

スギの場合は、徳島産がごく一般的な条件で、岐阜産がこれと高温条件に分けて実施した。いずれも、未乾燥状態よりも本数比で20～30%の品等低下をもたらしているが、その低下要因の殆どがそりに基づいている。特に、その影響は204、206材に大きく表われ、これら寸法型式で格外へ低落したものは、本数比で20%近くを占めている。このことは、試験条件の設定にも問題を残すものの、スギ板割材の乾燥も、そりの軽減策について工夫が必要かと思われる。なお、乾燥に伴う寸法べりは、2～3%であり、トドマツ、カラマツよりも収縮は小さいとみてよい。

2. 4 鉋削試験結果

目標含水率を19%以下で乾燥処理した2×4用製材品は、かんな盤などで切削加工を行い、JASの規定寸法に仕上げ、最終製品とする。この場合、鉋削加工による歩止りは、製材時の伸び寸法（歩増量）に大きく左右され、伸び寸法が過大ならば削り量が増え低歩止りになるし、不足ならば削り残しが出て、歩止りは相対的に高くなるものの、乾燥に伴う狂いが除去されないばかりか、製品の品等判定で削り残しのために等級低下となる。

エゾマツ、トドマツでは、製材時の伸び寸法を材厚で7mm、材幅で10mmとしたが、鉋削加工による削り残しはトドマツに多く表われた。このことはエゾマツよりトドマツの方が乾燥による収縮が大きいためで、削り残しを防ぐには材幅で12mm以上が必要かと思われる。また、鉋削加工によって、乾燥後に出現していた欠点のうち、そり、ねじれはトドマツよりもエゾマツで軽減され、品等的に上位級へ移行し、逆にトドマツは下位級へ移行したものが相対的に多くなっている。なお、乾燥材から鉋削後の歩べりは、エゾマツで7～10%、トドマツで1～4%であった。

カラマツは、製材時の延び寸法を材厚で8mm、幅は各材種によって変え12~18mmとした。この結果、鉋削加工で丸身は除去されるものが多くなったが、乾燥後に出現したそり、ねじれはかなり大きく、特に208材以下の小断面材で削り残しの材が相対的に多くなっている。したがって、カラマツでは加工後に上位級あるいは下位級へ移行するものがエゾマツ、トドマツよりかなり多くなる。なお、乾燥材から鉋削後の歩べりは、3~8%でその範囲が比較的大きくなっている。

スギは、製材時の延び寸法を材厚、材幅とも5mm（スギ1）もしくは7mm（スギ2）に設定した。しかし、乾燥後のそり、ねじれはカラマツよりも小さいものの、設定延び寸法の範囲で丸身は除去できるものが多いが、削り残しが出現する材もまた相対的に多くなってくる。しかし、スギの場合、乾燥材の等級から加工後の変化はカラマツより少ないといえよう。なお、乾燥材から鉋削後の歩べりは、3~8%でカラマツと同範囲にある。

以上、各樹種についての鉋削試験結果を要約的に述べたが、このうち加工後の品等格付けを整序して示すと、表7のように表わされる。

2.5 強度性能試験結果

枠組壁工法構造用製材のJASでは、主として曲げ材（水平材）に用いるものを甲種枠組材として、また圧縮材（垂直材）に用いるものを乙種枠組材として、それぞれ強度性能に基づいて等級区分される。

本試験では、最終仕上げの2×4材を対象として、エゾマツ、トドマツ、カラマツでは曲げと引張り、スギでは曲げ性能について実験を行い、樹種毎に定められた基準値との比較検討した。一般に、本試験では中丸太から製材木取りしたとはいえ、木取りによっては未成熟部分を持った材が多く含まれている。特に幅広材は、材の中央部にそれを含んでいるため、引張強度は基準値をクリアーしても、曲げ強度では基準値以下の性能のものが相対的に多い。特に、本数比でいえば、カラマツでは208~212材の20~25%、スギで20~30%の材が曲げ強度で基準値に達しないし、204~206材でも、とりわけスギは限度一杯か若干基準値を上回る材が主体を構成している。いずれにしても、カラマツやスギでは、中丸太から2×4材を製材するとしても、現行JASでの強度性能を確保するためには、中丸太の形質的な調査・測定を踏まえ適材を選択し、同時に木取方法と歩止りの向上策についてさらに検討していく必要がある。

表7. 2×4材の等級別材積割合（乾燥・加工後の格付け）

（単位：％）

産地	北海道				徳島	岐阜
	エゾマツ	トドマツ	カラマツ1	カラマツ2		
樹種					スギ1	スギ2
特級	8.5 (10.6)	20.0 (9.3)	43.2 (26.4)	29.5 (31.3)	16.9 (16.8)	4.6 (4.7)
1級	28.7 (24.4)	24.7 (45.5)	30.4 (41.6)	4.7 (4.2)	19.1 (23.6)	3.6 (3.6)
2級	32.2 (28.7)	32.1 (15.7)	7.6 (15.5)	39.1 (38.9)	25.9 (23.2)	14.0 (9.4)
3級	18.5 (21.7)	19.6 (29.2)	16.3 (16.5)	21.7 (25.4)	35.9 (36.4)	72.7 (72.9)
格外	12.1 (14.7)	3.6 (0.3)	2.5 (-)	5.0 (0.2)	2.2 (-)	5.1 (9.4)
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注1. 徳島スギ1は、206材甲種のみを計上してある

2. 表中の（ ）は、製材時（未乾燥材）の特級別材積割合（表6の内容に対応する）を表わす。

結 言

本試験研究は、枠組壁工法用部材の国産化を目的にして、中丸太から2×4材を得ていくために製材・乾燥・加工・強度実験を行いながら生産技術面での基礎資料を蓄積してきた。詳細な内容は、平成2，3年度と本年度報告書にゆずり、ここでは、3ヵ年にわたる試験研究を要約的にとりまとめた。

国産中丸太は、良材は別として並材は現状でもその利活用に問題が多いが、国内の森林資源構成からいえば、戦後造林木の成熟化に伴って、今後の供給が並クラスの中丸太を主体に増加していくことが予想されている。

中丸太は、その形状からみれば、2×4材など板割的な製材品としての利用が望ましい。しかし、2×4材としては、現行JASの規定内での寸法，品質，性能を具備していなければならない。このことについては、3ヵ年にわたる本試験から、上記してきた要約の通り、技術的な改善でクリアーできる点もあるが、中丸太製材品としての特性上の問題点もまた多い。しかし、中丸太の製材利用としては、特に並材にあっては板割サイズでの活用を拡大していく必要もあって、2×4材に止まらず、在来構法部材として、また在来構法の応用としての構法における部品として、さらには集成加工材のエレメントとして、など多用途の開発が急務と思われる。

(西村勝美)

第3章 枠組壁工法住宅新部材開発

1. 構造用フィンガージョイント材の曲げ強度試験

本章では、フィンガージョイントされたデイメンジョンランバー（以下FJ材）の曲げ試験を等級別に行って、曲げ剛性と曲げ強度を求め、たてつき材の製造及び品質管理等の技術的資料を得ることを目的とする。

1-1 実験

1) 実験材料

実験に用いたFJ材はカナダで製造されたもので、204、210の2種類である。それぞれ、特級・1級・2級の3種類があった。長さは7m、本数は各20本で、合計120本である。ただし、210材では、曲げ試験を行った本数は18-19本であった。

FJの形状を図2-1に示した。FJは水平型で、FJ模様が幅狭面に現れている。7m材に存在するFJの位置を表2-1に示した。表中の番号1は一端から初めのFJまでの距離で、2は2番目と3番目のFJ間の距離である。各試験体の最後の数値は最後のFJから7m材の他端までの距離である。

なお表中の試験体記号の初めのSは特級、1は1級、2は2級、2番目のAは204材、Cは210である。次の数字は7m材につけた番号である。ハイフンの後の2桁の数字はスパン中央にセットしたFJの左右の木材の番号である。なお、206は実験が遅れたため、実験結果については1-3に参考として載せるにとどめた。

2) 実験方法

実験はまず、長さ7m材の一方の木口をハンマーで叩き、ヤング係数 E_t を求めた。次に、「SPS1」の試験方法に準じて、曲げ試験を行い、破壊させた。曲げ試験はカナダNLGAのFJ材の製造規準SPS1に準じて行った。図2-2は試験体をセットした図である。FJをスパン中央に位置させて、エッジワイズにセットし、荷重間隔の狭い2点荷重を加えた。210材については、試験機の都合でトータルスパンを3600mmとした。また、210FJ材は、試験中に横倒れしないように、2箇所には振れ止めを設けた。

加力は手動のオイルジャッキを用いて行い、荷重と中央部のたわみを測定した。

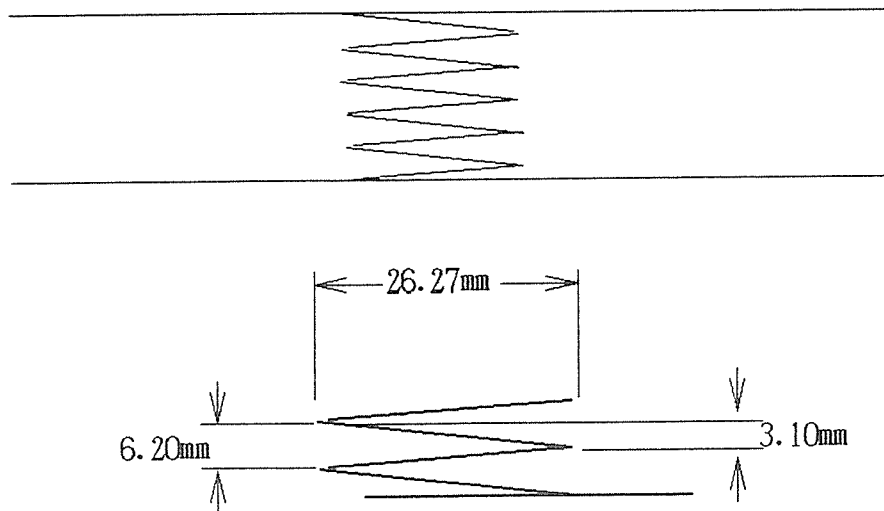


図 2 - 1 フィンガー部の寸法および形状

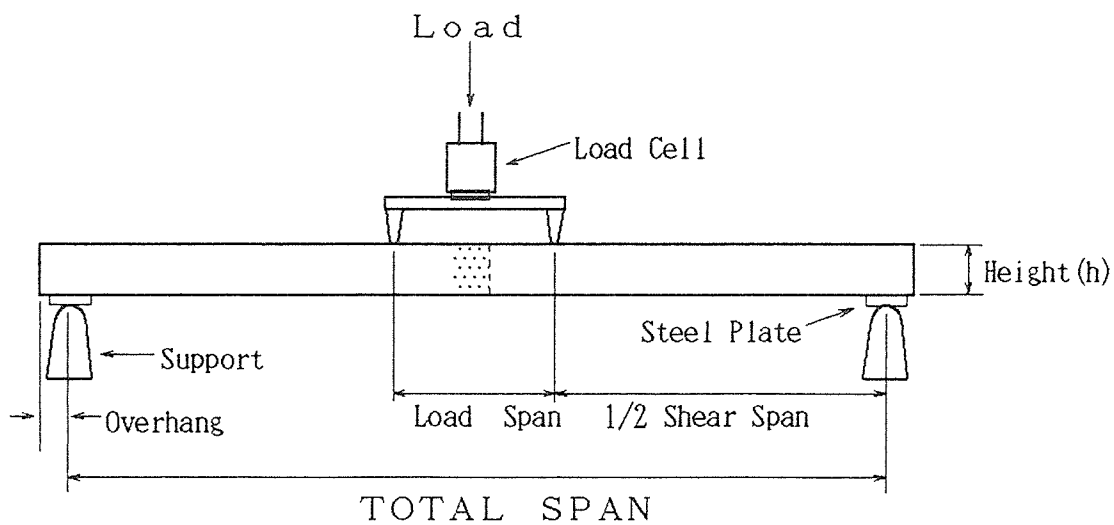


図 2 - 2 F J 材の曲げ試験方法

ロードスパン：127 mm

1/2シアースパン：204- 801 mm, 210- 2115 mm

トータルスパン：204- 1729 mm, 210- 4375 mm

表 2 - 1 . 7 m 材に含まれる F J 部の位置

(2 0 4 材 特 級)

試験体	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)
SA1	177	183.5	193.5	162.8	15.1	
SA2	107.8	205.4	214.9	203.8	—	
SA3	58.2	141.4	215.8	140.2	176.4	
SA4	159	214.4	211.7	146.5	—	
SA5	181	209.9	209.9	131.3	—	
SA6	76.9	196.7	203.3	219.9	35	
SA7	35.8	206.8	215.5	213.1	60.6	
SA8	76.1	220.1	202.4	213.7	19.5	
SA9	75	213	208.8	198.1	37	
SA10	131.9	154.2	205.7	113.2	126.7	
SA11	201.2	203.1	206	111.4	—	—
SA12	11.1	153	205.6	148.5	201.1	12.5
SA13	41	201	201.2	201.2	87.4	—
SA14	96.1	192	200.2	203.7	39.6	—
SA15	8.6	167.6	186.5	174	188.5	6.8
SA16	127	197.2	189.3	179.9	38.6	—
SA17	134	212.5	206.6	178.9	—	—
SA18	138.8	202.8	198.6	192	—	—
SA19	120.7	211.5	167.1	176.1	56.4	—
SA20	156.6	217.5	217.7	140	—	—

試験体記号

S A 10

特級 204 7m材の番号

上段の数字は下図参照

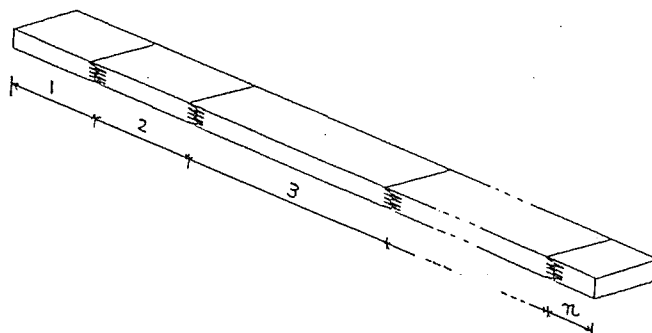


表 2 - 1 . 7 m 材に含まれる F J 部の位置

(2 0 4 材 1 級)

試験体	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)
1 A 1	75.1	193.8	178.9	141.8	142.5
1 A 2	148.3	209.8	213.4	160.5	—
1 A 3	60.3	210	200	186.8	74.3
1 A 4	57.6	209.5	165.7	204	95.2
1 A 5	122.5	201.1	182.7	199.5	24.3
1 A 6	105.1	198.3	210.2	193.5	25.1
1 A 7	107.1	206.8	151.5	123.4	143.2
1 A 8	115.7	215.8	215.9	185.1	—
1 A 9	59.3	201.5	159.6	204	107.5
1 A 1 0	114	213.3	207.2	182.6	15
1 A 1 1	142	197.4	214.9	177.7	—
1 A 1 2	178.6	172.5	149.8	195.7	35.6
1 A 1 3	23.3	165.4	214.1	147.2	182
1 A 1 4	127	214	195.1	195.9	—
1 A 1 5	202.1	203.2	198.5	128.3	—
1 A 1 6	33	179.8	207.6	196	115.3
1 A 1 7	155.9	187.6	205	183.5	—
1 A 1 8	32	212.8	200.1	207.3	79.8
1 A 1 9	50.2	201.4	192	162.9	125.6
1 A 2 0	104.9	172.4	201.2	161.2	92

試験体記号

1 A 10
1 級 204 7m材の番号

上段の数字は下図参照

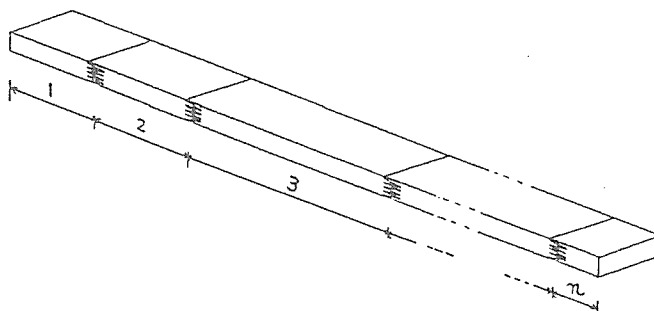


表 2 - 1. 7 m 材に含まれる F J 部の位置

(2 0 4 材 2 級)

試験体	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)
2 A 1	26.5	199.5	182.2	187	136.2
2 A 2	26.3	206.2	205.8	209.9	83.2
2 A 3	166.6	201.6	212.7	151.3	—
2 A 4	36.8	210.5	199.6	211.6	73.7
2 A 5	108.1	209	175.1	209.4	30.8
2 A 6	128.6	184.4	188.4	184.6	46.2
2 A 7	114	192.7	200.5	197.4	27.8
2 A 8	161.2	202.7	189.8	178.5	—
2 A 9	121.3	205.5	197.8	195	12.6
2 A 1 0	192.8	204	218.1	117.2	—
2 A 1 1	160.9	215.1	211.6	144.6	—
2 A 1 2	119.9	185.5	207.3	211	—
2 A 1 3	128.8	186.5	205.2	193.2	8.4
2 A 1 4	78.3	188.9	194.4	194.4	76
2 A 1 5	69.6	206.5	131.5	203.3	121.4
2 A 1 6	124.3	188.7	204.7	200.8	13.1
2 A 1 7	77.4	142.9	201.7	209.1	101
2 A 1 8	76.6	208.4	170.1	193.3	83.7
2 A 1 9	90.5	204.5	190.2	202.9	43.6
2 A 2 0	61.2	212.5	194.5	205	58.9

試験体記号

2 A 10
2級 204 7m材の番号

上段の数字は下図参照

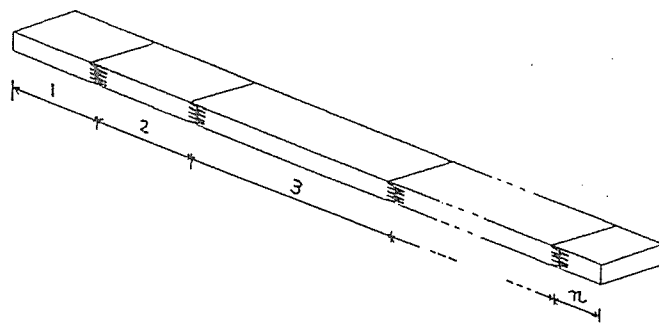


表 2 - 1 . 7 m 材に含まれる F J 部の位置

(2 1 0 材 特 級)

試験体	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)
SC1	43.9	213.4	234.4	224.6	15.7
SC2	109.6	215.9	240.5	165.9	—
SC3	28.6	214.5	235.2	239.7	13.9
SC4	155.3	230.6	218.4	127.2	—
SC5	143.4	247.1	137.3	204	—
SC6	4	221.5	207.2	228	71.4
SC7	154.7	207.6	181.9	187.6	—
SC8	111.1	183	225.7	212	—
SC9	246.8	194.5	240.7	49.9	—
SC10	90.6	224.4	233.5	183.2	—
SC11	203.9	237	204.4	86.5	—
SC12	46.5	170.4	225.5	238.1	51.2
SC13	191.6	235.9	168.8	135.7	—
SC14	91.7	232.8	229.3	178	—
SC15	14.2	203.9	206.6	211.4	95.5
SC16	44.7	237.1	229.4	220.7	—
SC17	64.1	226	228.6	213.2	—
SC18	177.2	232.5	163.8	158.6	—
SC19	22	236.3	234.7	222.7	18
SC20	26	195	226.4	218	66.1

試験体記号

S C 10
 特級 210 7m材の番号

上段の数字は下図参照

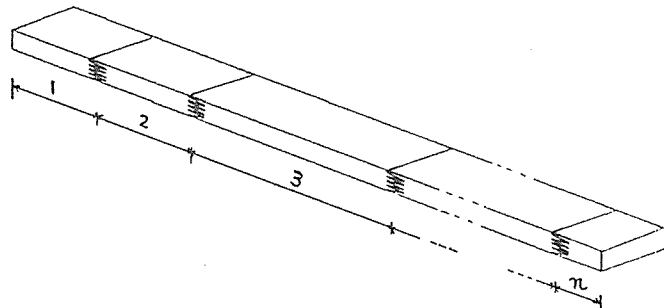


表 2 - 1. 7 m 材に含まれる F J 部の位置

(2 1 0 材 1 級)

試験体	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)
1C1	65.8	196.9	172.2	204.6	92
1C2	117.4	250.1	226.3	138	-
1C3	252.7	224.5	252.7	1.8	-
1C4	101	232.1	219.2	178.6	-
1C5	9.8	181.1	208	228.2	104.3
1C6	122	246.5	251.3	112	-
1C7	26.2	199.6	195	201.1	109.5
1C8	116.4	185	176.7	191.7	62
1C9	45	218.4	238.6	230.7	-
1C10	192	117.6	211.6	110.2	-
1C11	155.8	196.8	195	181.7	2.6
1C12	9.1	213.5	239.2	241.2	28.1
1C13	67.6	223.6	225.3	211	3.8
1C14	187.6	194.8	200.7	148.6	-
1C15	158.8	203	200.7	169.2	-
1C16	60	196.5	170.5	206.4	98.2
1C17	77.2	199.1	208	207.7	39.2
1C18	150.3	223.6	243.5	115.1	-
1C19	151.5	231.1	243.8	105.7	-
1C20	218.6	213	201.2	99	-

試験体記号

1 C 10
1級 210 7m材の番号

上段の数字は下図参照

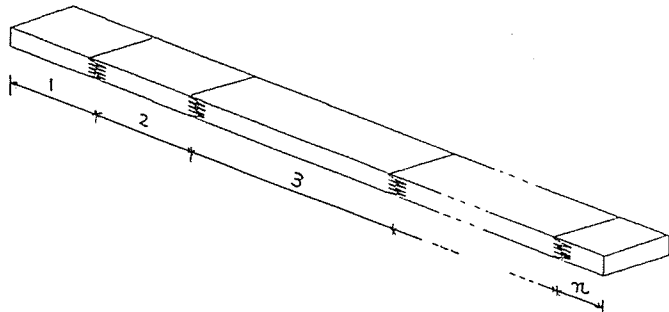


表 2 - 1. 7 m 材に含まれる F J 部の位置

(2 1 0 材 2 級)

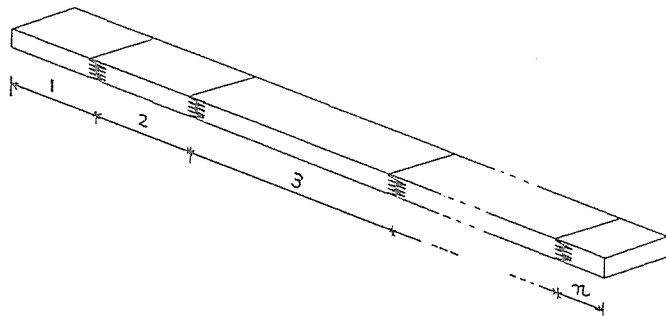
試験体	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)
2 C 1	155.6	189.4	210.7	176	—
2 C 2	144.5	208.9	172.7	202.2	3.8
2 C 3	120.1	199.8	204.6	207.2	—
2 C 4	198.1	211.3	210.5	111.8	—
2 C 5	104.2	182.9	153	152	140.5
2 C 6	158.1	231.8	229.7	112.5	—
2 C 7	75.3	202.5	208.1	212.1	33.5
2 C 8	47.4	186.5	182.5	198.8	116.2
2 C 9	53.1	192.7	237	210.4	38.6
2 C 1 0	189.4	213.1	210.6	118.5	—
2 C 1 1	131.2	253.9	246.6	99.9	—
2 C 1 2	161.5	156.3	197.3	178.9	38.4
2 C 1 3	115.2	210.7	174.6	184.4	46.8
2 C 1 4	102.7	198.3	207.6	200	22.9
2 C 1 5	199	199.6	228.3	104.8	—
2 C 1 6	190.9	188.1	197.2	155.5	—
2 C 1 7	208.2	218.1	223.9	82	—
2 C 1 8	159.3	188.6	191.1	192.7	—
2 C 1 9	127.2	197.4	174.7	207.9	24.2
2 C 2 0	127.7	206.7	200.6	196.7	—

試験体記号

2 C 10

2 級 210 7m材の番号

上段の数字は下図参照



1-2 結果と考察

曲げ試験による破壊形態は図2-3の3つのパターンに分けられる。このうち最も多いのはFJ部を起点として破壊が進展していくパターンである。次に多いのは、節や目切れ等の欠点で破壊する場合である。2のFJ部の脆性破壊はまれである。

破壊モードによって、曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係に差がでるかどうかをまず検討してみた。図2-4は204FJ材と210FJ材の各等級における E_b （曲げ試験による曲げヤング係数）とMORの回帰直線の比較である。実線が総ての破壊モードをまとめたもので、破線は破壊モード3（木材の欠点が原因で破壊）を除いた場合である。これを眺めると、破壊モードによる影響は極めて小さいと考えられる。従って、以下の考察では、破壊モードによる区別はしない。

1) 204FJ材

表2-2に比重、 E_t （縦振動による曲げヤング係数）、 E_b （曲げ試験による曲げヤング係数）、MORの平均値と、変動係数を示した。MORの変動係数は10-15%で、製材に比べるとかなり低く、集成材なみである。FJ部が一種の欠点となって破壊をするために、各種の要因によって破壊をする素材よりもばらつきが小さくなるためと考えられる。

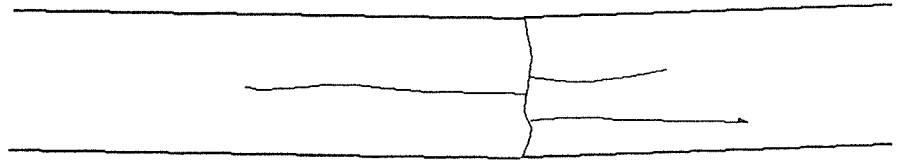
図2-5は等級別の比重分布である。平均値は一応、等級順になっているが、有為差はない。

図2-6は E_b の等級別分布である。等級間の差はほとんど見られない。図2-7のMORは特級が高く、1級と2級の差は見られない。節や目切れの影響で1級、2級の値が低くなったと考えられる。

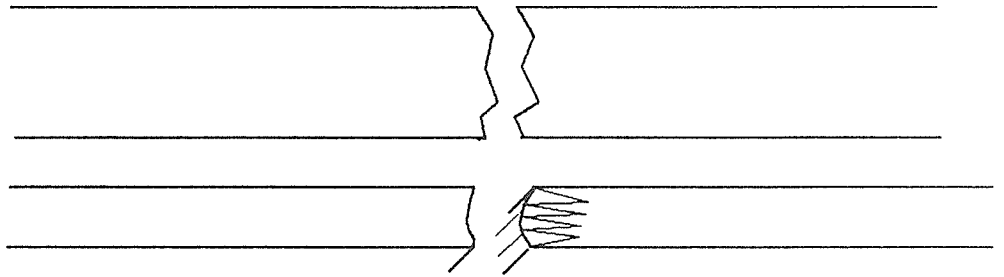
図2-8を見ると、 E_t と E_b の相関は高いが、比重とMOEまたはMORの相関は低い（図2-9、2-10）。

図2-11からMOEを用いてMORの推定が可能である。

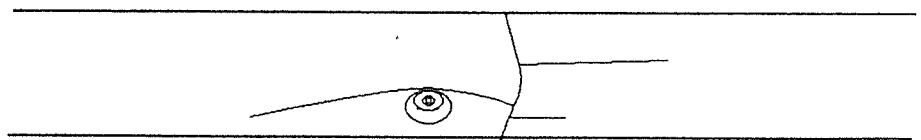
図2-12から2-15は3等級のプロットを一つの図に示したものである。また、図2-16には比重-MOE、比重-MOR、MOE-MORの回帰直線を同時に表した。これを眺めると、MOEは等級差が明確でなく、MORは特級がやや高く、1、2級はほとんど差がないことが分かる。



1 : F J 部から生じた破壊



2 : F J 部の脆性破壊



3 : 節や目切れ等の欠点周辺の破壊

図 2 - 3 . F J 材の破壊形態

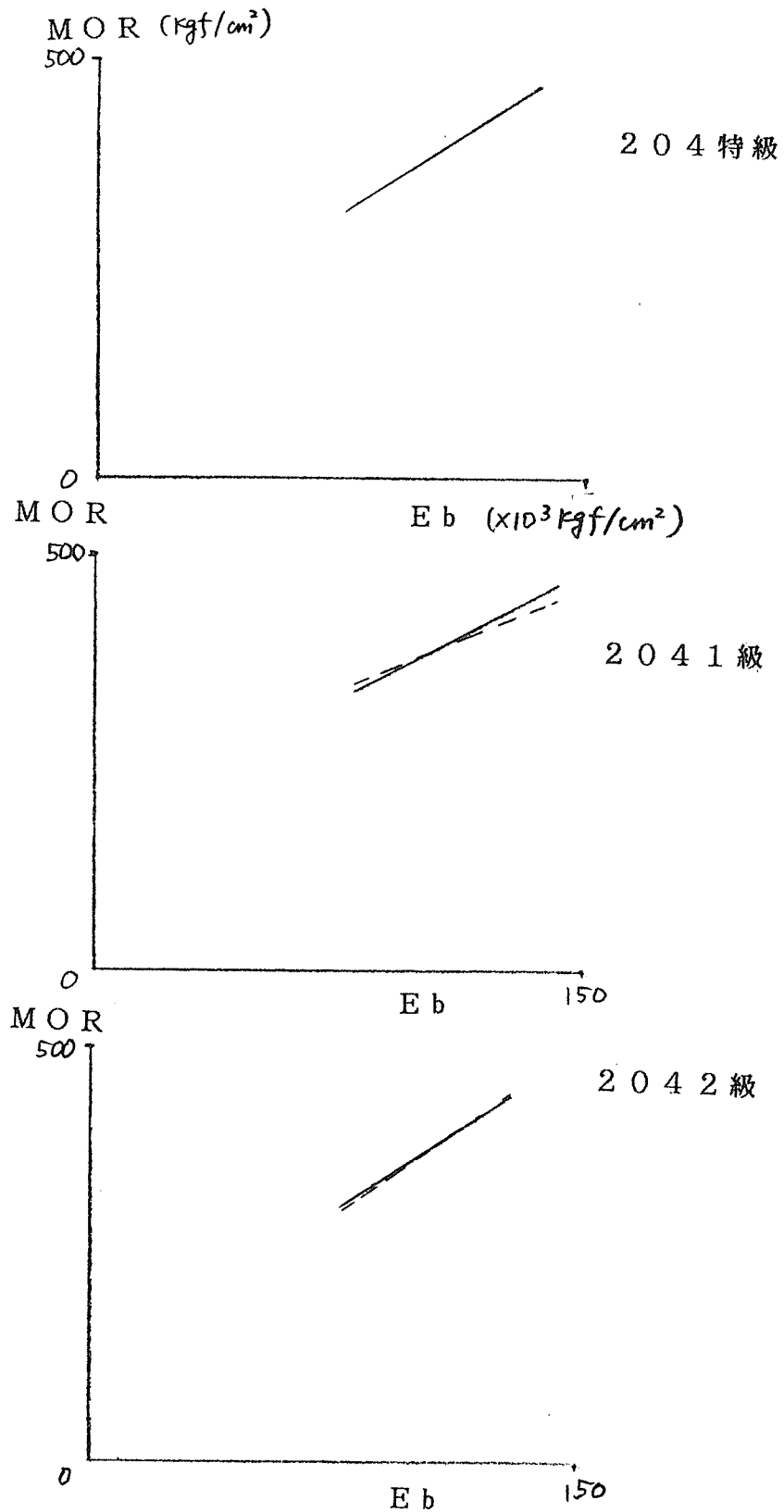


図 2-4. EbとMORの関係の破壊モードによる相違

- すべての破壊モードを総合した回帰直線
- 素材の欠点に起因する破壊モードを除外した回帰直線

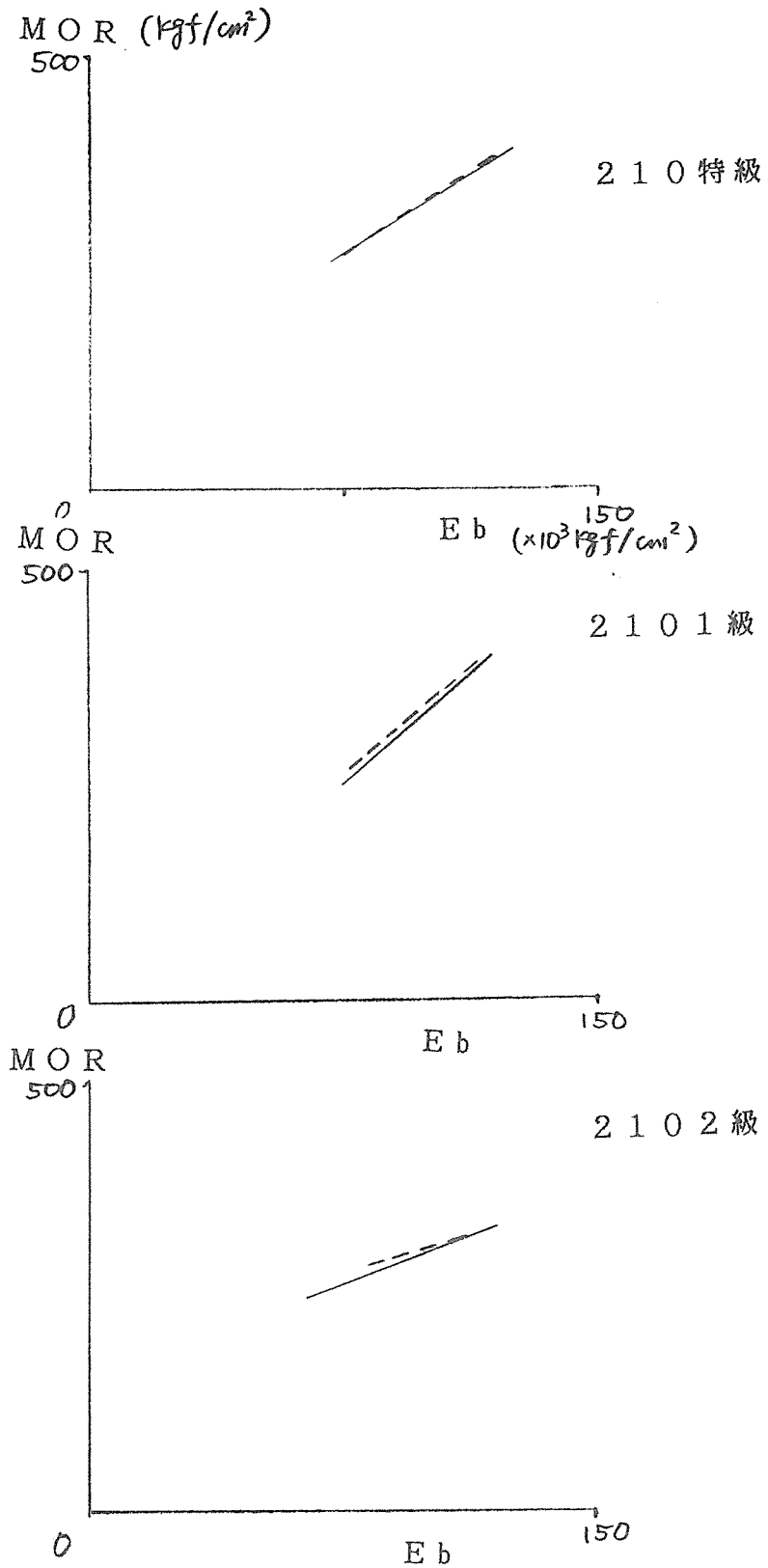


図 2-4. EbとMORの関係の破壊モードによる相違

————— すべての破壊モードを総合した回帰直線
 - - - - - 素材の欠点に起因する破壊モードを除外した回帰直線

表2-2 204F J材 (特級) の諸性能

No.	試験体 番号 *1	比重	E t *2 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	E b *3	MOR (kgf/cm^2)	破壊 形態 *4
1	SA1-12	0.54	106.6	95.9	330.3	2
2	SA1-34	0.51	101.4	81.5	316.3	1
3	SA10-12	0.52	117.2	103.1	399.2	3
4	SA10-34	0.43	87.1	76.2	324.3	1
5	SA11-12	0.53	131.9	107.6	386.2	1
6	SA11-23	0.45	130.4	108.5	349.3	1
7	SA11-34	0.45	142.6	114.0	389.2	1
8	SA12-23	0.48	110.1	95.4	393.2	1
9	SA12-34	0.51	107.5	91.1	379.2	1
10	SA13-23	0.54	134.4	103.4	423.1	1
11	SA13-34	0.54	125.7	92.5	413.1	1
12	SA14-23	0.52	121.0	97.0	429.1	3
13	SA14-34	0.53	112.0	86.8	279.4	1
14	SA15-23	0.50	106.0	96.8	343.3	1
15	SA15-45	0.53	148.9	116.7	380.2	1
16	SA16-12	0.53	119.1	105.8	367.2	1
17	SA16-23	0.55	145.6	110.9	454.1	1
18	SA18-23	0.49	129.0	106.8	406.2	1
19	SA18-34	0.50	124.0	104.1	388.2	1
20	SA19-12	0.54	129.4	106.2	431.1	3
21	SA19-23	0.57	161.3	126.3	444.1	1
22	SA2-12	0.48	151.0	110.9	410.2	1
23	SA2-23	0.47	117.4	99.5	394.2	1
24	SA2-34	0.46	111.2	84.2	375.2	3
25	SA20-12	0.50	141.3	109.6	429.1	1
26	SA20-23	0.55	133.1	109.3	367.2	1
27	SA20-34	0.52	132.9	115.0	441.1	1
28	SA3-23	0.54	115.3	86.4	295.4	1
29	SA3-34	0.55	110.9	98.6	422.1	2
30	SA4-12	0.50	138.2	120.0	479.0	1
31	SA4-23	0.48	130.0	107.4	391.2	3
32	SA4-34	0.48	124.6	107.5	478.0	1
33	SA5-12	0.54	134.5	110.3	434.1	1
34	SA5-23	0.56	152.3	129.0	421.1	1
35	SA5-34	0.54	153.5	133.2	446.1	1
36	SA7-34	0.51	155.5	124.3	431.1	1
37	SA9-23	0.49	90.5	75.8	329.3	1
38	SA18-12	0.53	124.3	93.0	372.2	2
39	SA9-34	0.48	101.9	94.6	309.4	3
40	SA7-23	0.52	142.0	118.5	452.1	1
	平均	0.51	126.3	103.8	392.6	
	CV (%)	6.4	14.1	13.1	12.4	

*1 S A 10 23
 特級 204 7m材の番号 2-3間のF Jをスパン
 中央にセットした
 (表2-1参照)

*2 E t : 縦振動による曲げヤング係数
 *3 E b : 曲げ試験による曲げヤング係数
 *4 1: フィンガー部から生じた破壊
 2: フィンガー部のぜい性破壊
 3: 節, 目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-2 204F J材（1級）の諸性能

No.	試験体 番号*1	比重	E t *2 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	E b *3	MOR (kgf/cm^2)	破壊 形態 *4
1	1A1-45	0.52	113.9	96.3	362.3	1
2	1A10-12	0.50	108.3	94.2	271.4	3
3	1A10-23	0.48	114.9	96.5	459.1	1
4	1A10-34	0.49	122.1	101.1	405.2	1
5	1A11-12	0.56	142.7	134.7	375.2	1
6	1A11-23	0.53	148.8	124.2	437.1	1
7	1A11-34	0.49	125.9	103.9	342.3	1
8	1A12-12	0.60	158.5	141.2	500.0	1
9	1A12-34	0.53	100.8	87.4	382.2	3
10	1A13-23	0.49	122.1	107.7	437.1	1
11	1A13-45	0.55	131.7	118.5	406.2	1
12	1A14-12	0.48	116.9	99.6	382.2	1
13	1A14-23	0.51	122.5	116.6	467.0	1
14	1A14-34	0.50	121.4	91.4	298.4	3
15	1A15-12	0.47	113.1	91.4	319.3	1
16	1A15-23	0.51	115.7	96.0	300.4	1
17	1A15-34	0.50	103.2	89.5	397.2	3
18	1A16-23	0.49	95.9	87.6	308.4	1
19	1A16-34	0.49	111.3	92.7	425.1	1
20	1A17-12	0.52	99.6	85.1	312.4	3
21	1A17-34	0.48	120.3	93.2	369.2	1
22	1A18-23	0.55	108.4	90.7	258.5	3
23	1A18-34	0.50	99.0	86.8	339.3	1
24	1A2-12	0.54	110.3	88.0	294.4	3
25	1A2-23	0.53	100.7	80.2	365.2	2
26	1A2-34	0.51	112.0	90.9	370.2	1
27	1A20-12	0.46	91.6	79.3	375.2	1
28	1A20-34	0.47	103.1	88.8	360.3	1
29	1A3-23	0.55	138.2	114.7	359.3	1
30	1A3-34	0.49	119.5	91.8	269.4	3
31	1A5-12	0.52	130.1	117.1	377.2	1
32	1A5-34	0.48	111.2	88.5	398.2	1
33	1A7-12	0.47	118.4	100.3	400.2	1
34	1A7-23	0.50	120.3	98.6	388.2	3
35	1A7-45	0.52	130.4	115.7	419.1	3
36	1A8-12	0.48	115.5	97.5	308.4	3
37	1A8-23	0.50	115.9	101.2	422.1	2
38	1A8-34	0.52	117.6	107.3	393.2	1
39	1A9-23	0.45	106.1	85.1	346.3	1
40	1A9-45	0.48	111.6	93.3	340.3	2
	平均	0.50	116.7	99.1	368.6	
	CV (%)	5.9	11.9	14.1	15	

*1 1 A 10 23
 1級 204 7m材の番号 2-3間のF Jをスパン
 中央にセットした
 (表2-1参照)

*2 E t:縦振動による曲げヤング係数
 *3 E b:曲げ試験による曲げヤング係数
 *4 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節,目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-2 204 F・J材（2級）の諸性能

No.	試験体 番号 *1	比重	E t *2 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	E b *3	MOR (kgf/cm^2)	破壊 形態 *4
1	2A20-23	0.48	132.1	112.6	415.1	1
2	2A20-34	0.45	133.1	110.1	425.1	1
3	2A1-23	0.55	108.9	84.9	306.4	3
4	2A1-45	0.46	129.2	118.9	409.2	1
5	2A10-12	0.49	106.9	81.3	354.3	1
6	2A10-23	0.50	118.2	87.2	223.5	1
7	2A10-34	0.48	127.5	101.4	346.3	1
8	2A11-12	0.48	123.6	108.4	383.2	1
9	2A11-23	0.48	134.6	116.9	438.1	1
10	2A11-34	0.47	109.0	94.0	419.1	3
11	2A12-23	0.46	104.8	89.4	337.3	1
12	2A13-12	0.51	144.4	121.3	428.1	1
13	2A13-34	0.49	110.6	86.8	293.4	1
14	2A14-23	0.50	108.8	76.4	284.4	1
15	2A14-34	0.52	133.5	108.5	387.2	1
16	2A15-45	0.55	132.8	114.9	334.3	1
17	2A16-23	0.48	120.6	107.7	358.3	1
18	2A16-34	0.48	120.7	101.9	324.3	1
19	2A17-23	0.47	100.4	84.5	374.2	2
20	2A17-34	0.48	111.7	86.3	329.3	1
21	2A17-45	0.49	115.3	99.9	382.2	1
22	2A19-23	0.54	154.6	128.7	367.2	1
23	2A2-23	0.49	132.6	105.4	413.1	1
24	2A2-34	0.47	134.9	106.4	370.2	1
25	2A3-23	0.55	133.0	108.1	422.1	1
26	2A3-34	0.51	134.6	108.5	439.1	1
27	2A4-23	0.47	110.7	90.6	348.3	1
28	2A4-34	0.54	127.4	114.6	446.1	1
29	2A5-12	0.50	131.5	114.8	356.3	1
30	2A5-23	0.46	115.2	99.5	396.2	1
31	2A6-12	0.54	135.3	119.5	468.0	1
32	2A6-34	0.49	123.3	107.3	414.1	3
33	2A7-12	0.46	115.3	100.9	327.3	1
34	2A7-23	0.41	101.1	81.3	312.4	1
35	2A7-34	0.50	121.4	101.5	407.2	1
36	2A8-12	0.55	140.2	122.9	396.2	1
37	2A8-23	0.52	134.2	112.7	361.3	1
38	2A9-12	0.51	119.4	107.2	431.1	2
39	2A9-23	0.50	113.2	102.3	382.2	3
40	2A9-34	0.50	136.4	112.2	399.2	3
	平均	0.49	123.5	103.4	375.3	
	CV (%)	6.3	10.1	12.7	13.5	

*1 2 A 10 23
 2級 204 7m材の番号 2-3間のF Jをスパン
 中央にセットした
 (表2-1参照)

*2 E t:縦振動による曲げヤング係数
 *3 E b:曲げ試験による曲げヤング係数
 *4 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節,目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-2 206F J材 (特級) の諸性能

No.	試験体 番号	比重 (g/cm ³)	Et *1 (x10 ³ kgf/cm ²)	Eb *2	MOR (kgf/cm ²)	破壊 形態 *3
1	SB1-23	0.446	112.89	120.40	466.92	1
2	SB10-23	0.524	121.05	98.30	395.23	3
3	SB11-23	0.502	124.46	111.10	458.04	1
4	SB12-12	0.479	124.90	114.39	452.96	1
5	SB13-23	0.489	118.32	110.75	408.55	2
6	SB14-34	0.484	120.09	93.44	314.66	1
7	SB15-34	0.532	122.79	110.49	395.23	1
8	SB16-34	0.544	133.03	114.04	372.39	3
9	SB17-23	0.486	116.55	100.02	385.71	3
10	SB18-12	0.508	118.84	108.39	445.98	1
11	SB19-23	0.526	118.53	105.40	326.08	1
12	SB2-34	0.502	135.06	119.79	406.02	1
13	SB20-23	0.473	123.92	103.41	456.13	1
14	SB3-23	0.492	120.63	104.79	416.17	1
15	SB4-12	0.443	110.99	99.46	376.20	2
16	SB5-34	0.456	122.08	106.77	345.11	1
17	SB6-23	0.542	119.19	98.99	353.36	3
18	SB7-34	0.505	117.02	93.71	340.04	1
19	SB8-34	0.462	89.68	85.86	312.12	1
20	SB9-34	0.442	103.26	92.76	306.41	3
平均		0.492	118.66	104.61	386.67	
CV (%)		6.3	8.0	8.7	13.2	

- *1 Et:縦振動による曲げヤング係数
- *2 Eb:曲げ試験による曲げヤング係数
- *3 1:フィンガー部から生じた破壊
2:フィンガー部のぜい性破壊
3:節, 目切れ等の欠点周辺の破壊
破壊形態は図を参照

表2-2 206F J材 (1級) の諸性能

No.	試験体 番号	比重 (g/cm ³)	Et *1 (x10 ³ kgf/cm ²)	Eb *2 (x10 ³ kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	破壊 形態 *3
1	1B10-12	0.484	125.83	99.68	395.86	1
2	1B11-23	0.487	120.99	107.54	386.98	1
3	1B13-34	0.506	115.27	97.91	366.68	1
4	1B14-23	0.520	113.49	104.73	395.23	3
5	1B15-23	0.585	140.34	116.38	381.91	1
6	1B16-12	0.476	115.12	105.76	340.04	1
7	1B17-23	0.496	102.68	104.76	343.21	1
8	1B18-12	0.474	102.16	76.71	231.56	3
9	1B19-34	0.495	125.48	109.56	391.42	1
10	1B2-12	0.472	109.17	86.73	407.28	3
11	1B20-12	0.521	111.94	94.30	284.84	3
12	1B21-12	0.484	131.73	115.24	334.96	2
13	1B21-23	0.491	132.20	115.42	409.19	1
14	1B22-23	0.478	118.60	112.54	376.20	1
15	1B23-23	0.489	117.11	105.49	436.47	3
16	1B4-23	0.499	115.72	110.98	430.76	2
17	1B6-23	0.530	119.68	107.97	436.47	2
18	1B7-12	0.488	119.71	94.46	336.23	1
19	1B8-12	0.543	101.43	77.76	213.16	3
20	1B9-34	0.527	113.14	106.85	386.35	1
平均		0.502	117.59	102.54	364.24	
CV (%)		5.5	8.4	11.0	16.5	

- *1 Et:縦振動による曲げヤング係数
 *2 Eb:曲げ試験による曲げヤング係数
 *3 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節, 目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-2 206F J材（2級）の諸性能

No.	試験体 番号	比重 (g/cm ³)	Et *1 ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	Eb *2	MOR (kgf/cm ²)	破壊 形態 *3
1	2B1-34	0.534	124.69	103.61	425.05	3
2	2B10-23	0.583	134.78	111.32	403.48	1
3	2B11-23	0.481	112.68	105.49	357.80	1
4	2B12-23	0.515	103.73	95.18	345.11	1
5	2B13-23	0.482	106.39	103.37	426.95	2
6	2B14-23	0.491	83.18	81.46	353.99	1
7	2B15-23	0.469	102.20	89.11	365.41	3
8	2B16-23	0.427	111.09	97.73	396.50	2
9	2B17-23	0.465	97.52	92.86	317.83	3
10	2B2-23	0.528	131.14	107.37	326.08	3
11	2B3-12	0.555	123.69	108.40	387.62	1
12	2B4-12	0.473	115.71	105.15	313.39	1
13	2B5-34	0.509	110.82	98.26	326.08	1
14	2B6-23	0.521	120.49	106.30	397.13	3
15	2B6-34	0.517	136.15	116.19	380.00	1
16	2B7-12	0.545	104.35	101.63	284.84	3
17	2B8-34	0.505	108.59	95.92	355.26	2
18	2B9-34	0.509	116.29	100.02	364.78	3
	平均	0.506	113.53	101.08	362.63	
	CV (%)	7.1	11.6	8.0	10.6	

- *1 Et:縦振動による曲げヤング係数
 *2 Eb:曲げ試験による曲げヤング係数
 *3 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節、目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

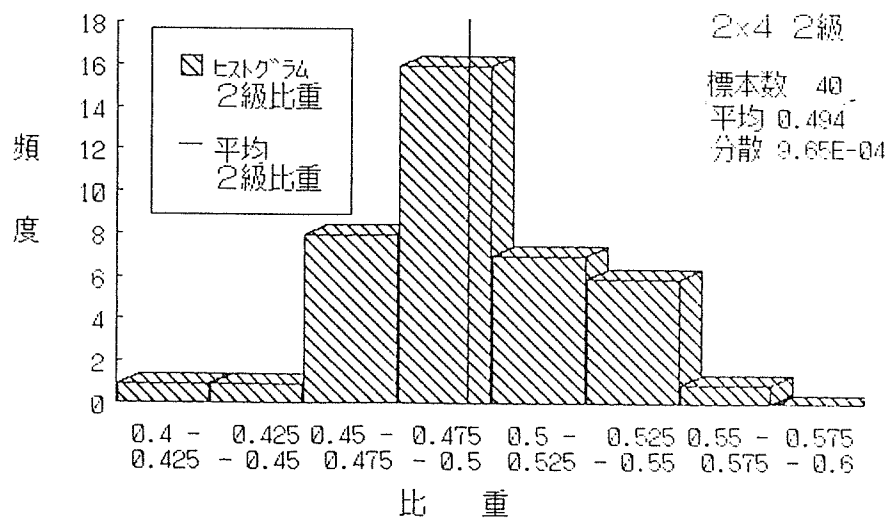
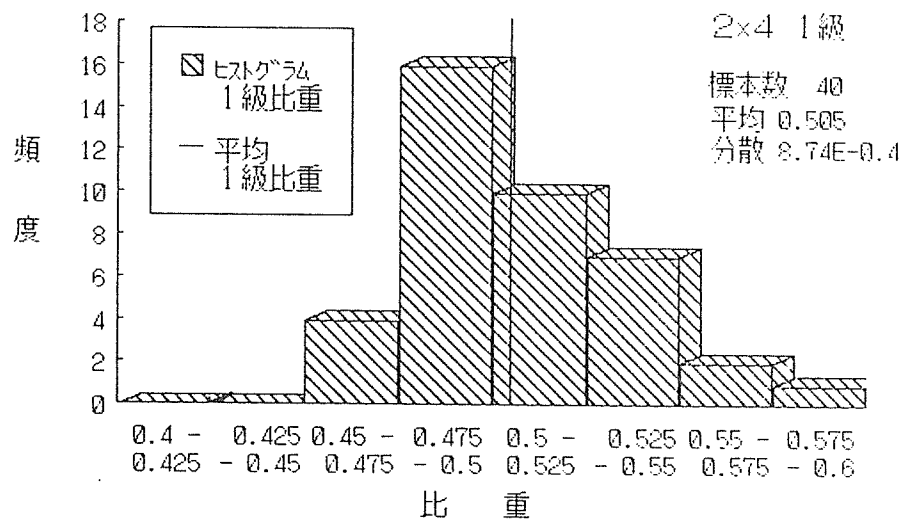
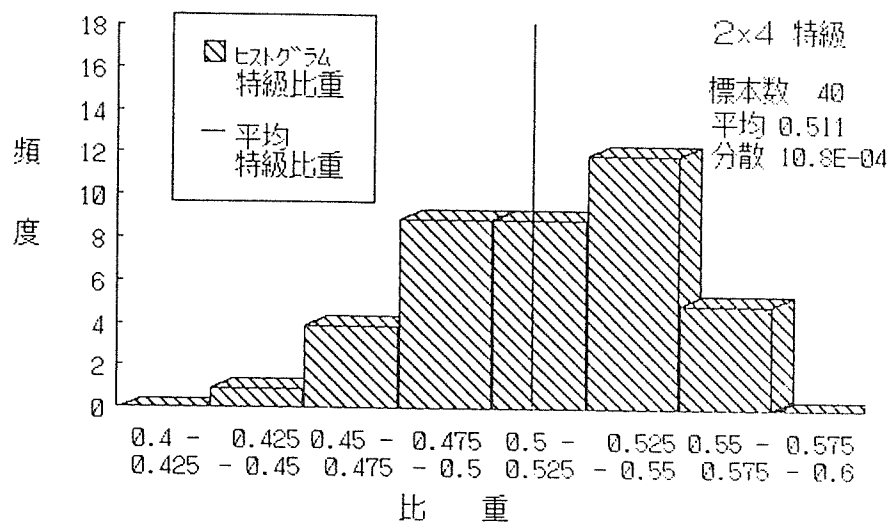


図 2 - 5 204 F J 材の等級別比重分布

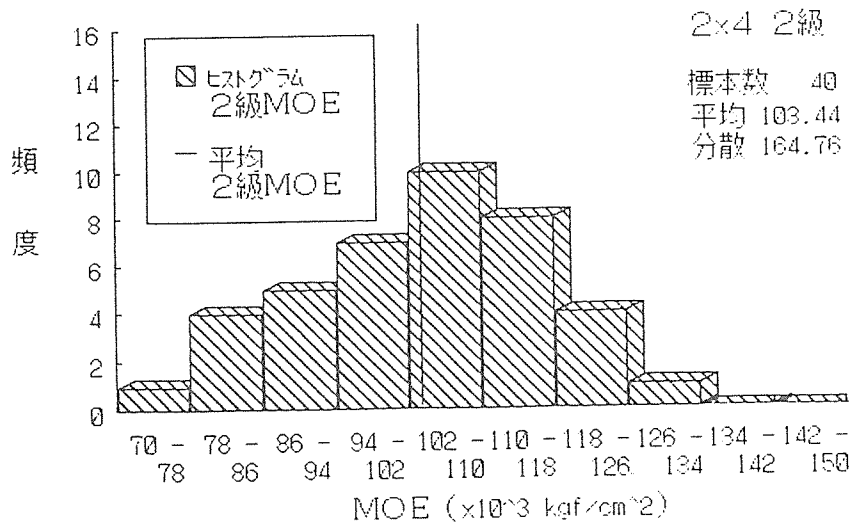
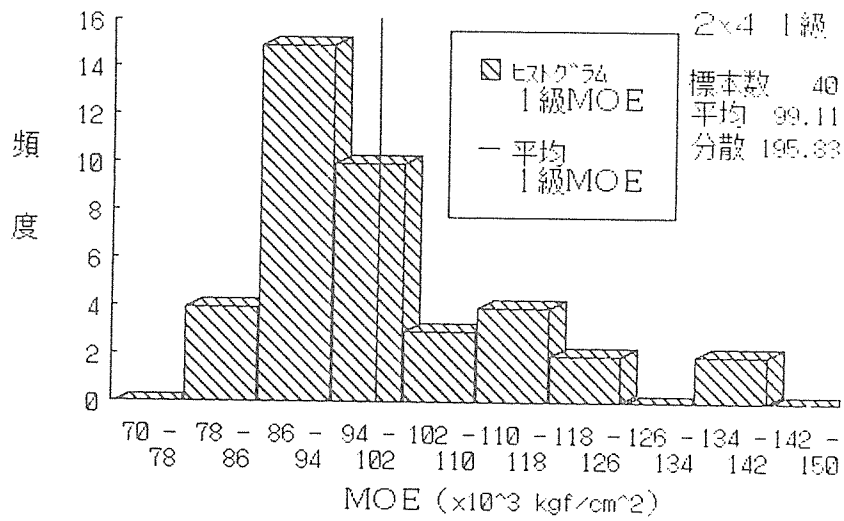
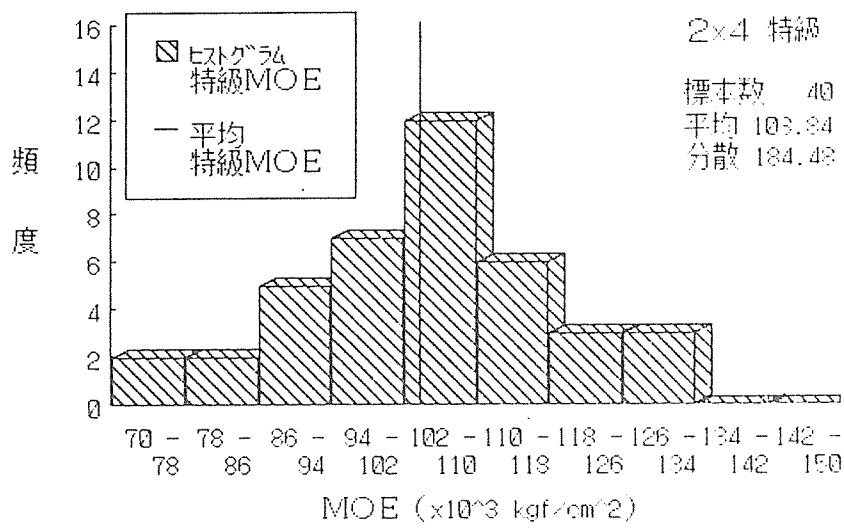


図 2-6 . 204 F J 材の等級別 MOE 分布

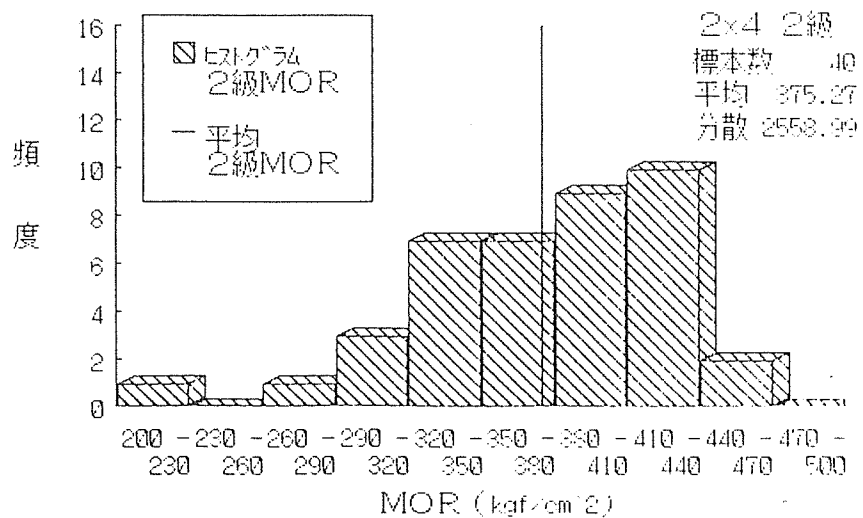
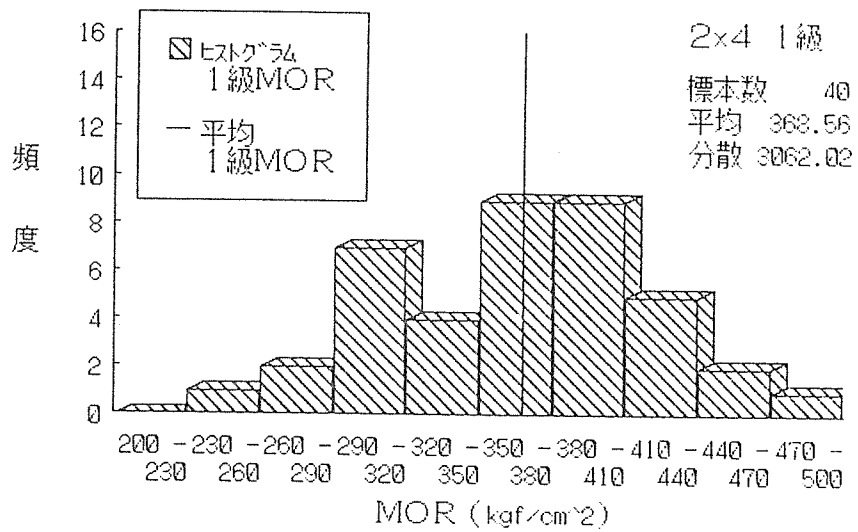
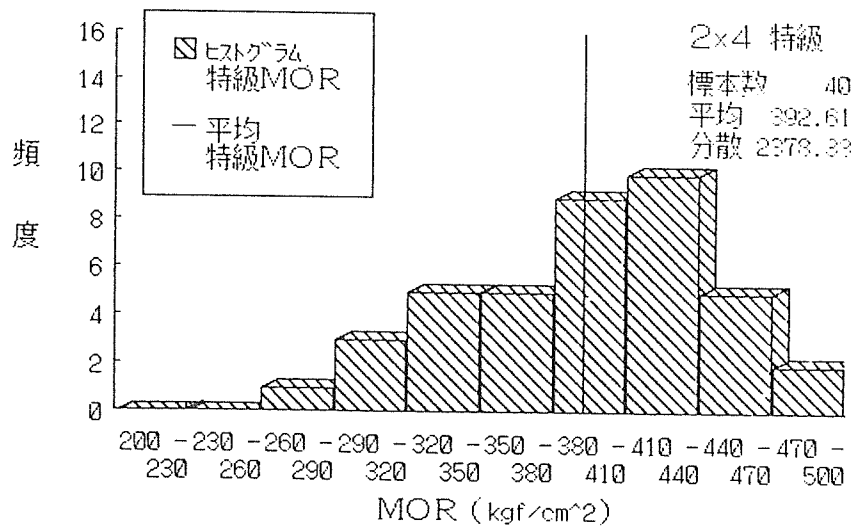


図 2 - 7. 204 F J 材の等級別 MOR 分布

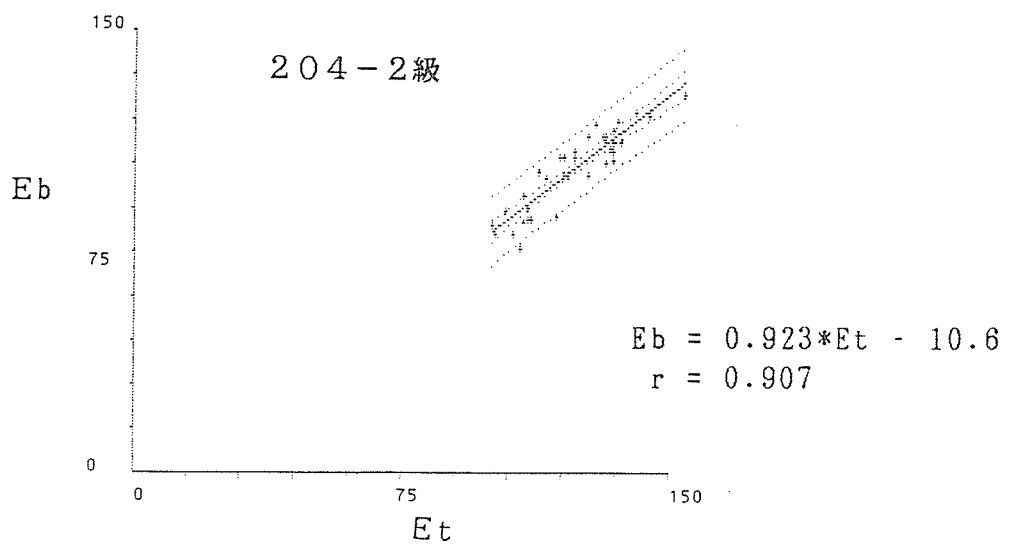
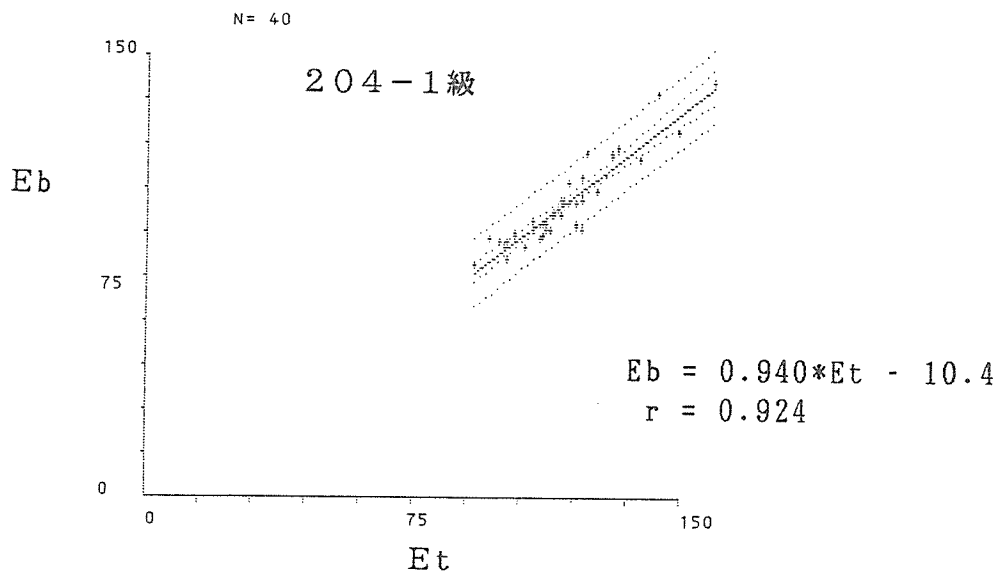
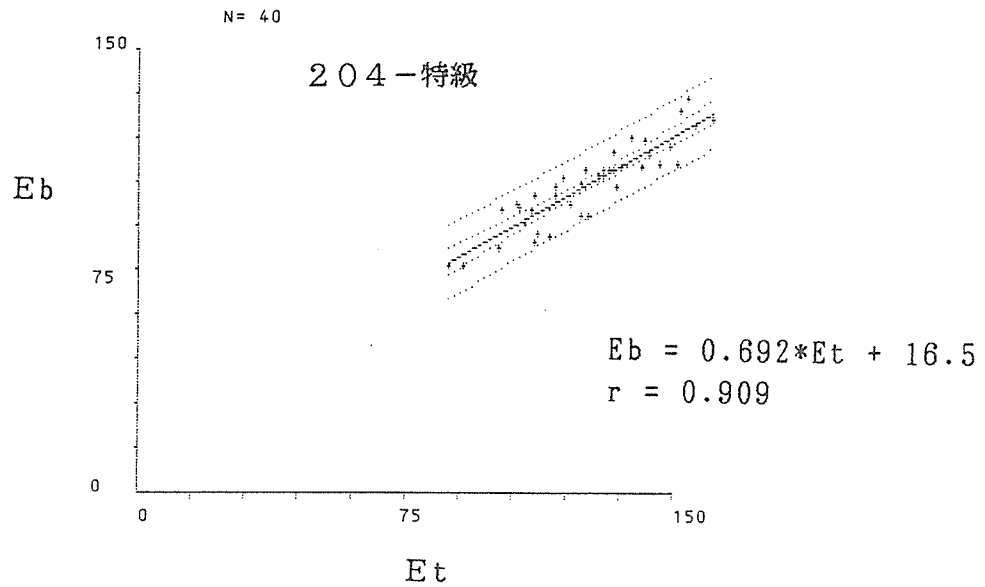


図 2 - 8 . 204 F J 材の等級別縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関

Et : 打撃音により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

Eb : 曲げ試験により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

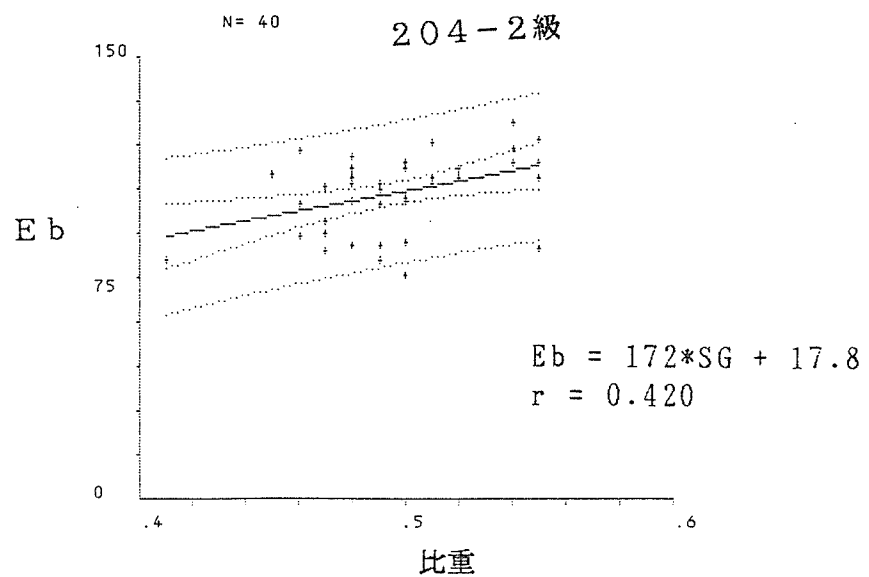
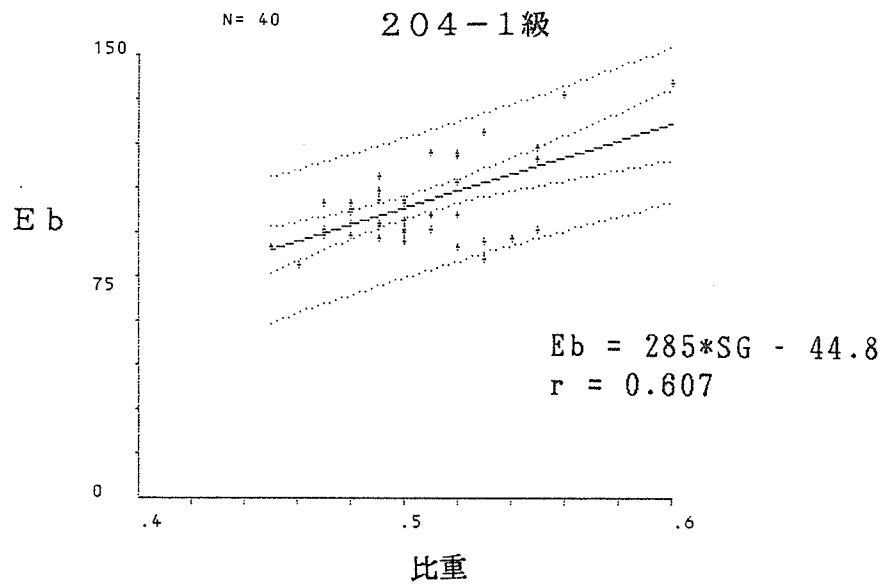
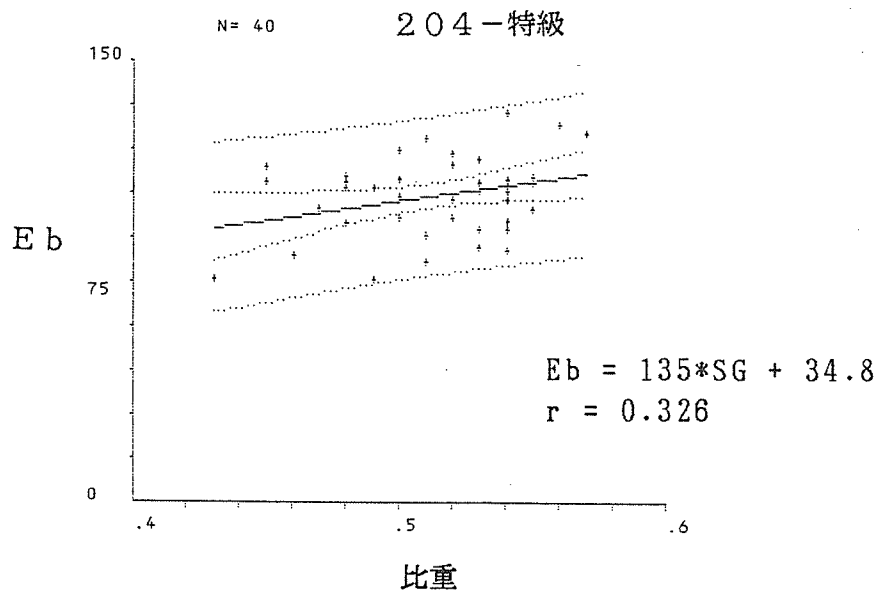


図 2-9. 204 F J 材の等級別比重と曲げヤング係数の相関

Eb: 曲げ試験により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

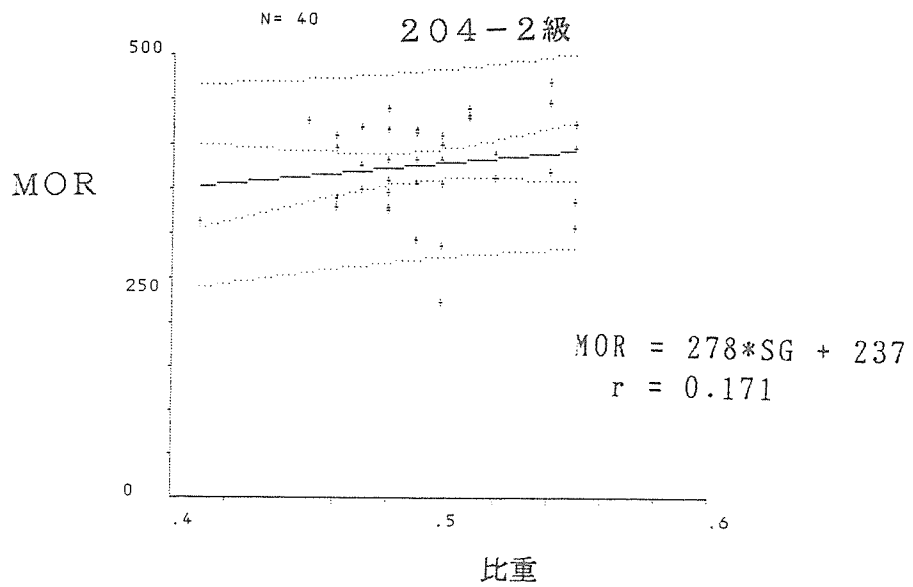
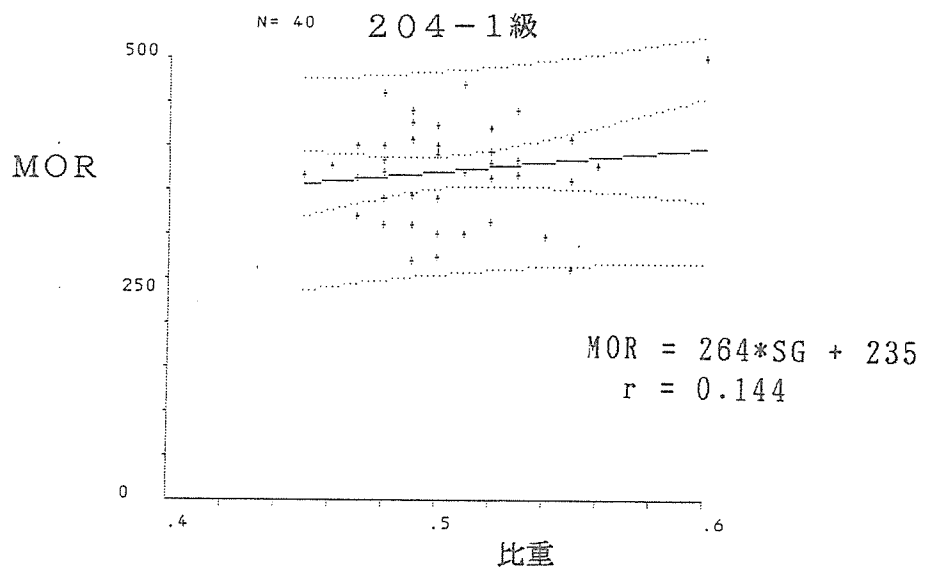
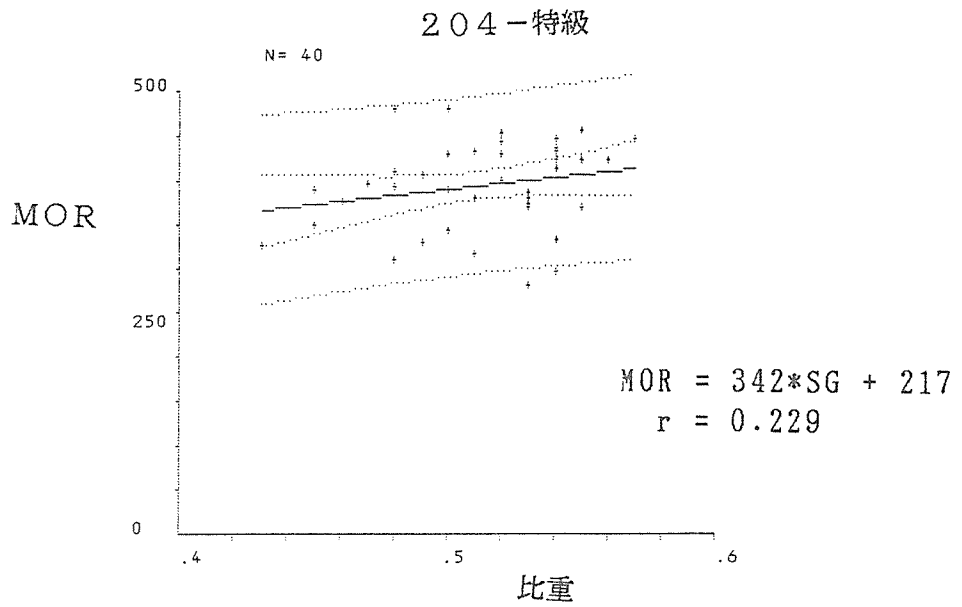


図 2-10. 204 F J 材の等級別比重と曲げ破壊係数の相関

MOR : 曲げ破壊係数 (kgf/cm²)

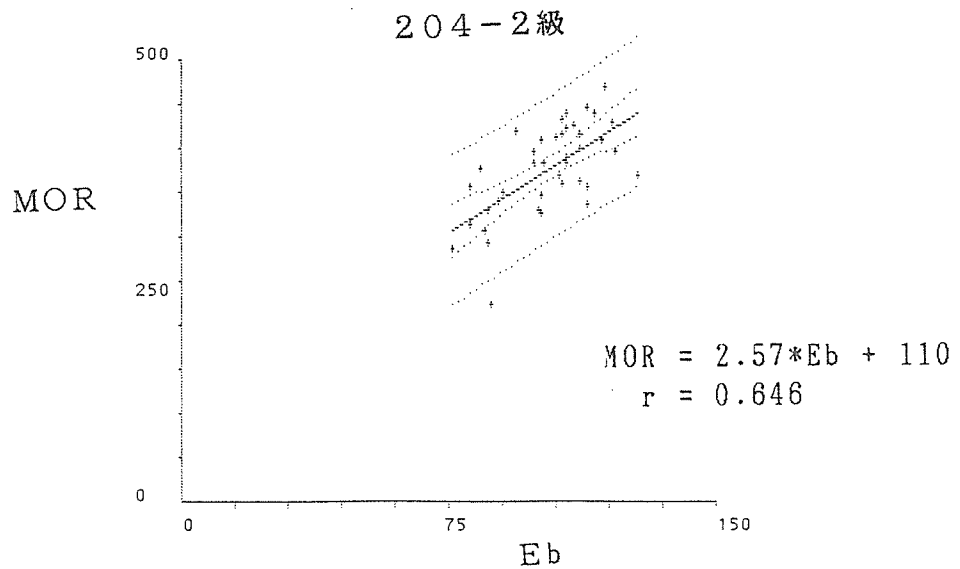
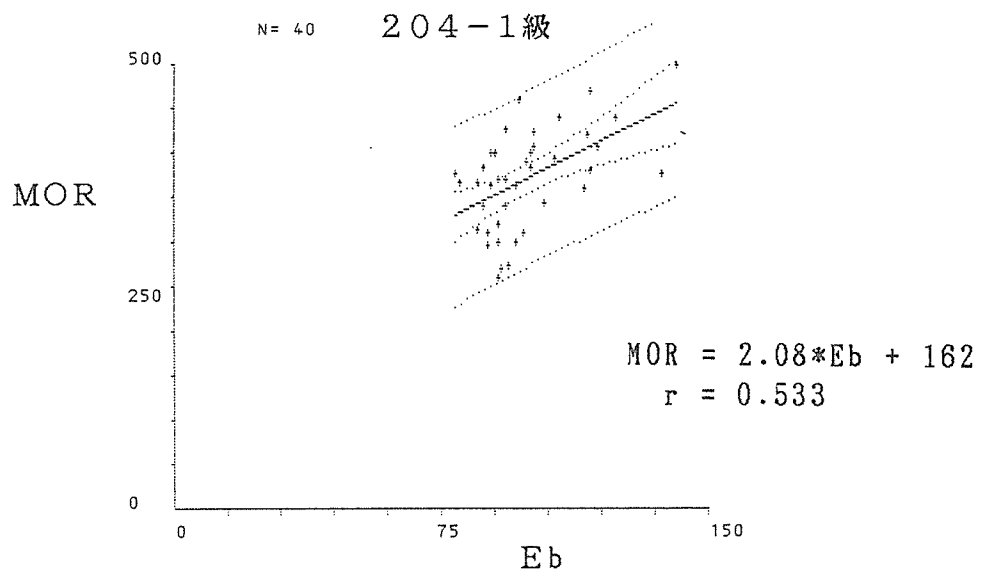
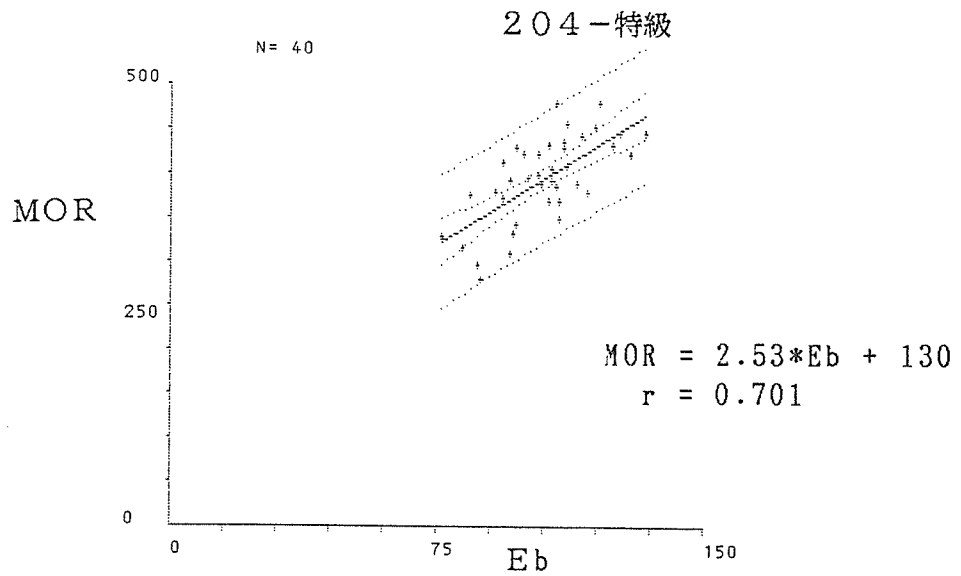


図 2 - 1 1 . 2 0 4 F J 材 の 等 級 別 曲 げ ヤ ン グ 係 数 と 曲 げ 破 壊 係 数 の 相 関

MOR : 曲 げ 破 壊 係 数 (kgf/cm²)

Eb : 曲 げ 試 験 に よ り 求 め た 曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kgf/cm²)

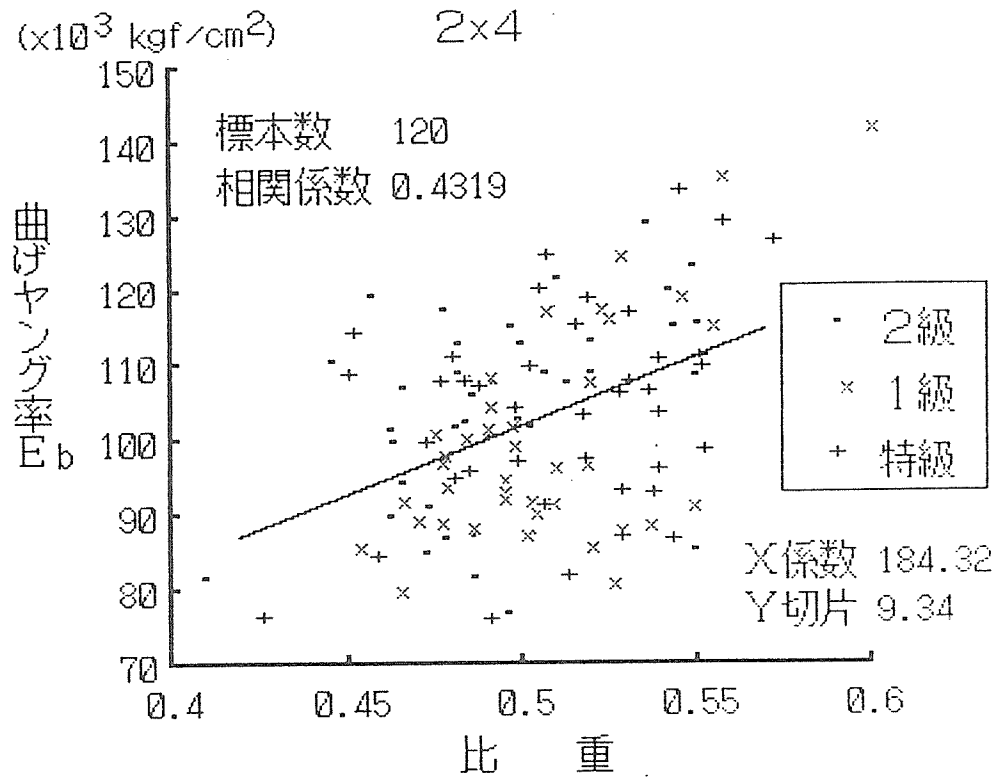


図 2 - 12. すべての 204 F J 材の比重と曲げヤング係数の相関

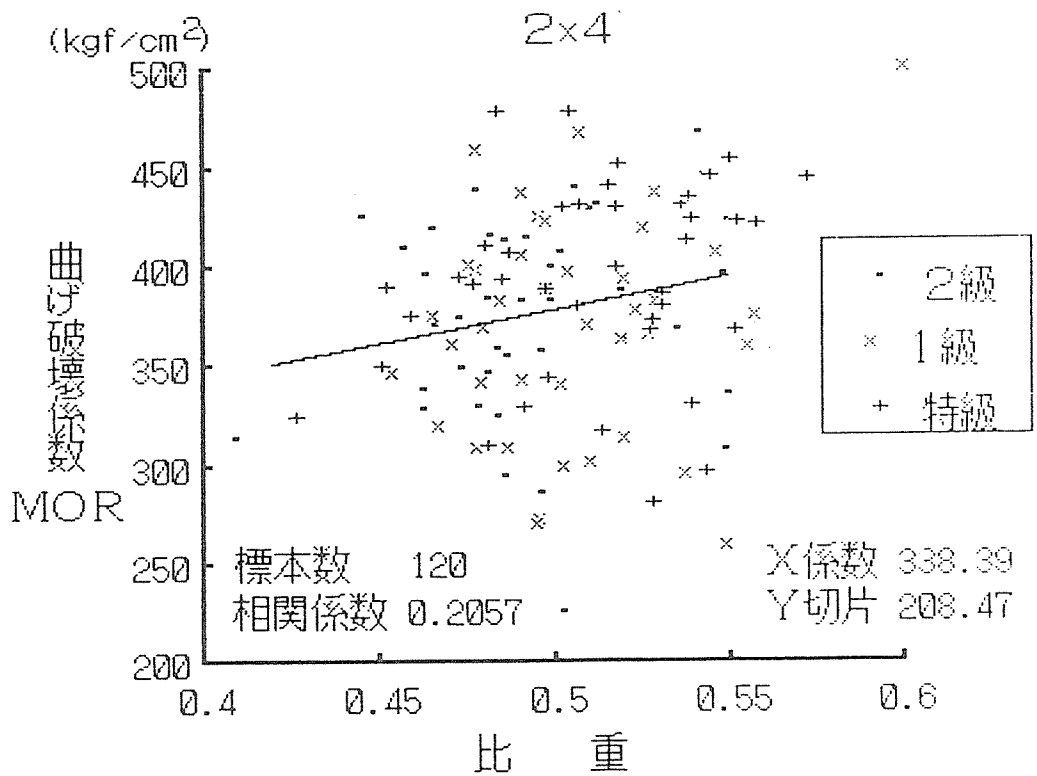


図 2 - 13. すべての 204 F J 材の比重と曲げ破壊係数の相関

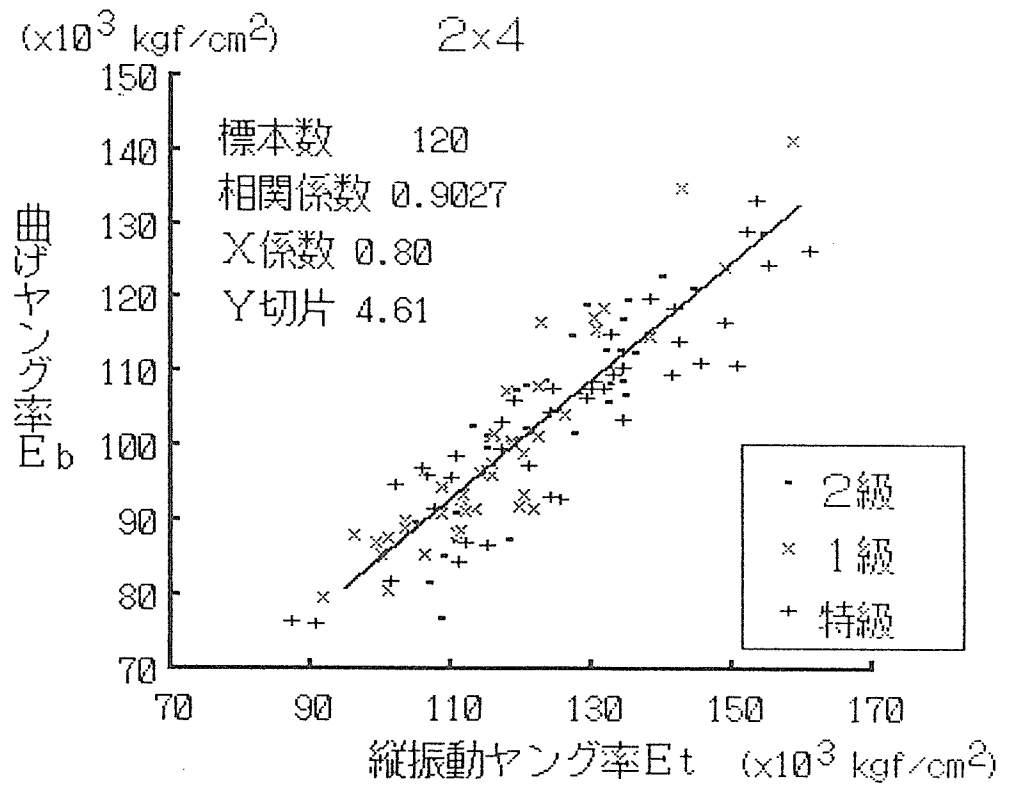


図 2 - 14. すべての 204 F J 材の縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関

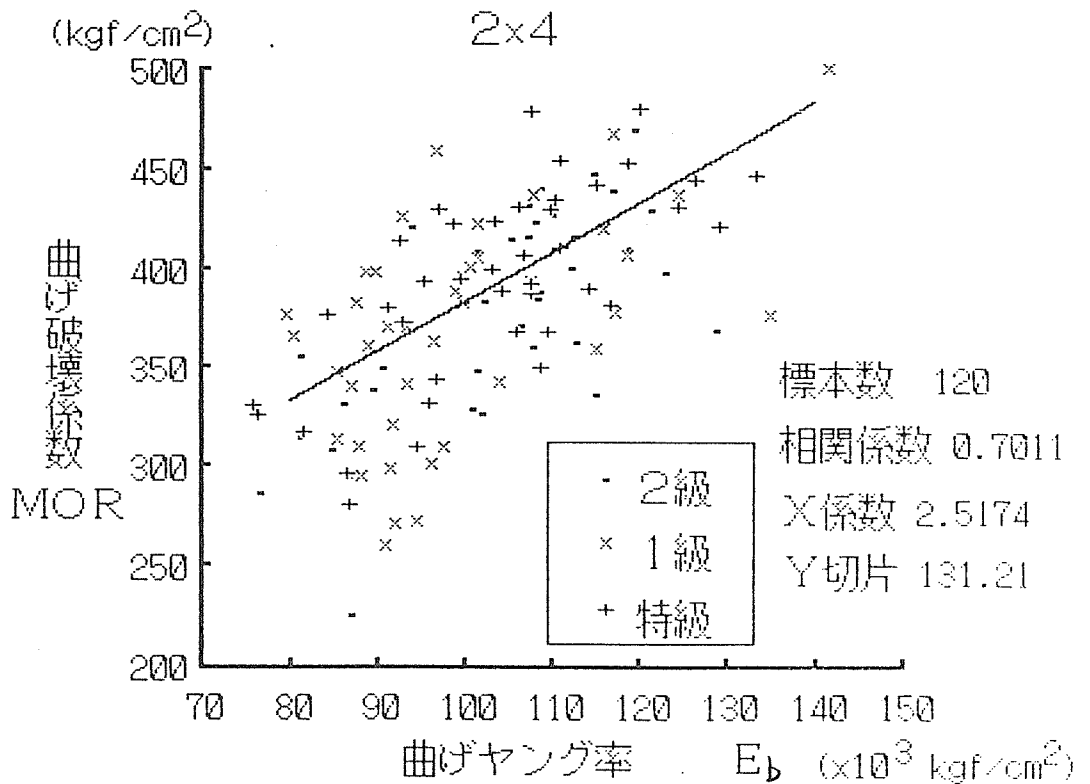


図 2 - 15.

すべての 204 F J 材の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の相関

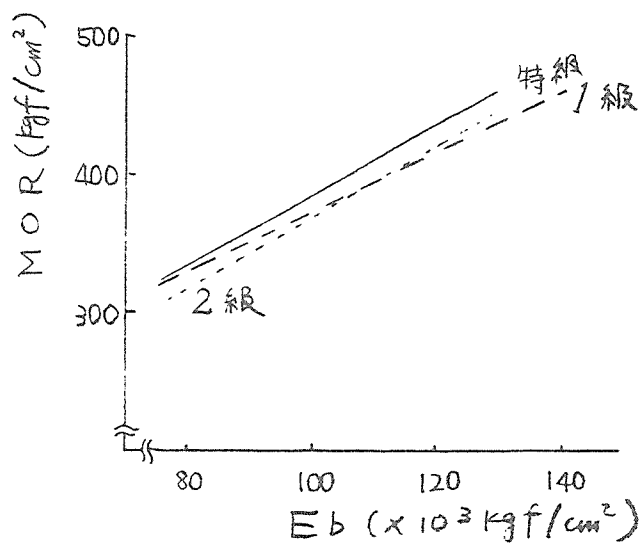
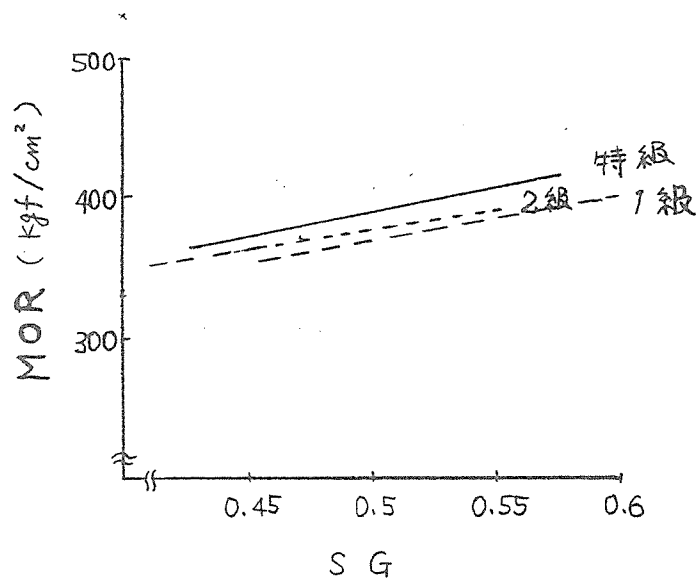
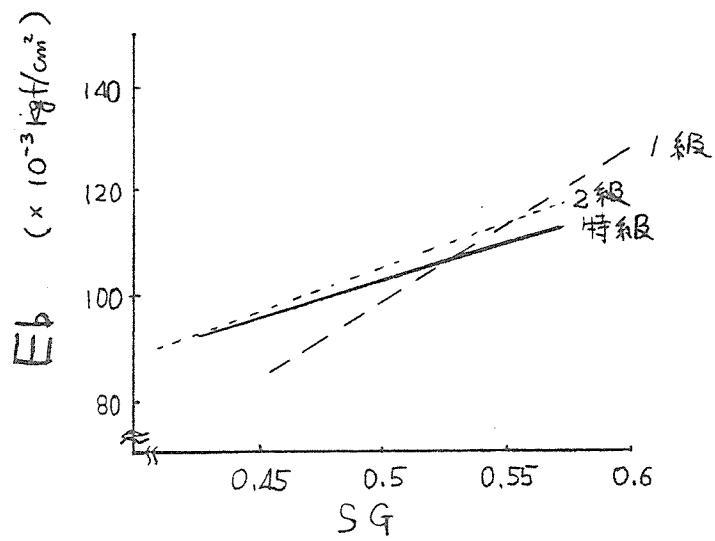


図 2 - 1 6 204 FJ 材の $SG-MOE$ 、 $SG-MOR$ 、 $MOE-MOR$ の等級別回帰直線の比較

2) 210FJ材

表2-3に比重、 E_t （縦振動による曲げヤング係数）、 E_b （曲げ試験による曲げヤング係数）、MORの平均値と、変動係数を示した。204FJ材に比べると、MORの変動係数はやや大きい、それでも製材より小さい。

図2-17は等級別の比重分布である。204FJ材同様、平均値は一応等級順になっているが、有為差はない。

図2-18は E_b の等級別分布である。図2-19のMORは特級、1級の順であるが、その差は小さい。しかし、2級は特級より約10%小さく、等級間の差が、204FJ材よりはっきりとでた。一種の寸法効果と考えられる。

図2-21、2-22を見ると、2級は比重とMOEまたはMORの相関はほとんどない。MOEとMORの相関も204FJ材に比べると全体的に低く、特に2級はMORの推定が難しい。

図2-24～27はすべての等級の各種の相関を一枚の図に示したものである。また、図2-28は比重と E_b 、比重とMORおよび E_b とMORの各等級の回帰直線を比較したものである。図2-28を見ると、特級と1級の差は少なく、2級が低い位置にある。204FJ材に比べると、2級の評価をかなり下げる必要がある。

204FJ材と210FJ材を総合して考えると、破壊がFJ部から発生するような設計にすれば、破壊荷重の変動が少なくなるため、FJ材の許容応力度が素材と遜色なくなる可能性がある。別の見方をすると、210FJの2級のように素材の持つ欠点が破壊の原因になるようなFJ材では、わざわざFJをするメリットがなくなる。

表2-3 210F J材（特級）の諸性能

No.	試験体 番号	比重	E t *1 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	E b *2	MOR (kgf/cm^2)	破壊 形態 *3
1	SC1-34	0.54	125.1	111.2	423.3	1
2	SC2-23	0.49	89.2	87.3	347.7	1
3	SC3-23	0.48	152.1	87.8	205.2	1
4	SC4-23	0.50	98.4	94.5	320.5	1
5	SC5-23	0.49	126.5	101.9	333.3	1
6	SC6-34	0.49	83.1	80.0	266.1	2
7	SC7-23	0.48	120.6	103.8	380.2	2
8	SC9-12	0.47	113.5	91.9	326.9	1
9	SC10-23	0.40	95.4	87.2	284.2	2
10	SC11-23	0.47	110.5	101.5	374.9	1
11	SC12-34	0.50	111.6	94.6	302.4	1
12	SC13-23	0.49	120.3	100.4	303.5	1
13	SC14-23	0.54	123.0	102.1	354.1	1
14	SC15-34	0.50	137.2	102.9	284.6	3
15	SC16-23	0.41	107.5	98.7	320.9	1
16	SC17-23	0.53	126.6	98.5	364.3	1
17	SC18-23	0.47	138.0	119.4	322.0	1
18	SC20-34	0.46	96.1	74.4	301.2	2
平均		0.48	115.3	96.6	323.1	
CV (%)		6.60	15.5	10.9	14.7	

*1 S C 10 23
 特級 204 7m材の番号 2-3間のFJをスパン
 中央にセットした
 (表2-1参照)

*1 E t :縦振動による曲げヤング係数
 *2 E b :曲げ試験による曲げヤング係数
 *3 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節,目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-3 210F J材 (1級) の諸性能

No.	試験体 番号	比重	E t *1 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	E b *2	MOR (kgf/cm^2)	破壊 形態 *3
1	1C1-34	0.41	97.4	79.3	278.2	1
2	1C2-23	0.51	102.3	95.7	296.7	3
3	1C3-12	0.46	111.5	95.9	368.9	1
4	1C4-23	0.53	118.0	106.5	294.4	3
5	1C5-34	0.52	111.7	105.0	387.0	1
6	1C6-23	0.49	109.2	102.6	326.5	1
7	1C7-34	0.46	125.9	109.1	271.0	1
8	1C8-23	0.47	79.7	81.3	302.4	3
9	1C9-23	0.48	110.4	100.9	412.0	1
10	1C10-23	0.46	102.1	89.8	314.4	2
11	1C11-23	0.47	94.3	81.8	222.2	3
12	1C12-34	0.50	145.2	80.2	240.0	3
13	1C13-23	0.48	96.7	86.2	296.3	1
14	1C14-23	0.44	106.3	85.1	297.1	3
15	1C15-23	0.51	128.8	109.2	292.9	1
16	1C16-23	0.45	79.0	75.5	249.8	3
17	1C17-34	0.48	109.3	90.3	247.2	1
18	1C18-23	0.54	136.8	113.0	489.8	1
19	1C19-23	0.43	103.7	89.8	345.4	3
	平均	0.48	108.9	93.5	312.2	
	CV (%)	6.60	15.3	12.2	20.5	

*1 1 C 10 23
 1級 204 7m材の番号 2-3間のF Jをスパン
 中央にセットした
 (表2-1参照)

*1 E t : 縦振動による曲げヤング係数
 *2 E b : 曲げ試験による曲げヤング係数
 *3 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節,目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-3 210F J材（2級）の諸性能

No.	試験体 番号	比重	E t *1 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	E b *2	MOR (kgf/cm^2)	破壊 形態 *3
1	2C1-23	0.49	98.2	92.6	311.4	1
2	2C2-23	0.42	102.2	87.6	309.5	1
3	2C3-23	0.48	70.1	64.9	218.4	3
4	2C4-23	0.44	86.9	77.9	294.4	3
5	2C5-34	0.46	86.8	83.8	288.7	2
6	2C6-23	0.47	107.3	94.2	374.9	2
7	2C7-23	0.49	98.9	87.0	321.2	3
8	2C8-34	0.50	88.7	77.7	268.3	3
9	2C9-34	0.45	115.6	94.9	285.3	3
10	2C10-23	0.44	114.1	103.8	308.8	1
11	2C11-23	0.50	124.8	117.7	368.9	1
12	2C12-23	0.42	112.8	107.0	312.6	1
13	2C13-34	0.49	112.6	87.5	282.7	3
14	2C14-23	0.44	107.6	97.5	268.3	1
15	2C15-23	0.52	—	88.6	248.7	3
16	2C16-23	0.47	124.9	89.5	269.1	3
17	2C17-23	0.46	120.8	103.9	218.4	1
18	2C18-23	0.45	102.7	96.0	312.6	2
19	2C20-23	0.47	121.8	95.8	221.9	1
	平均	0.47	105.4	92.0	288.6	
	CV (%)	6.70	14.0	12.5	14.8	

*1 2 A 10 23
 2級 204 7m材の番号 2-3間のF Jをスパン
 中央にセットした
 (表2-1参照)

*1 E t:縦振動による曲げヤング係数
 *2 E b:曲げ試験による曲げヤング係数
 *3 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節,目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

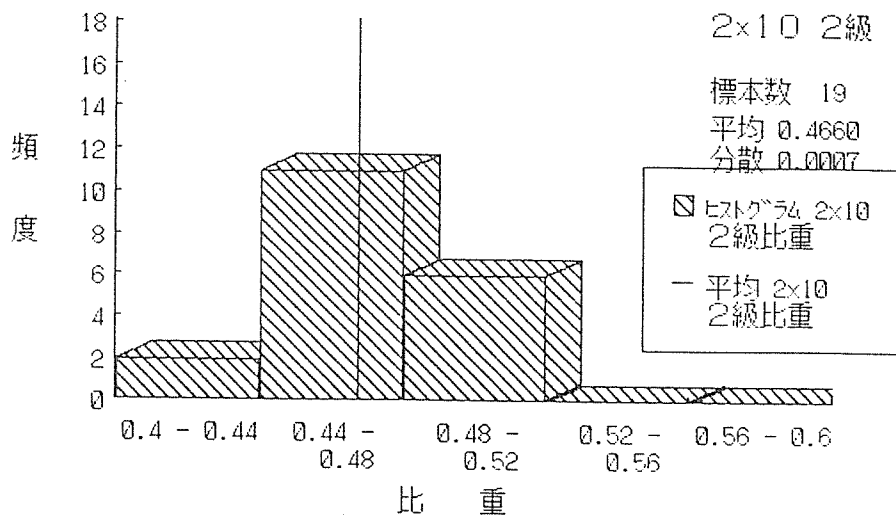
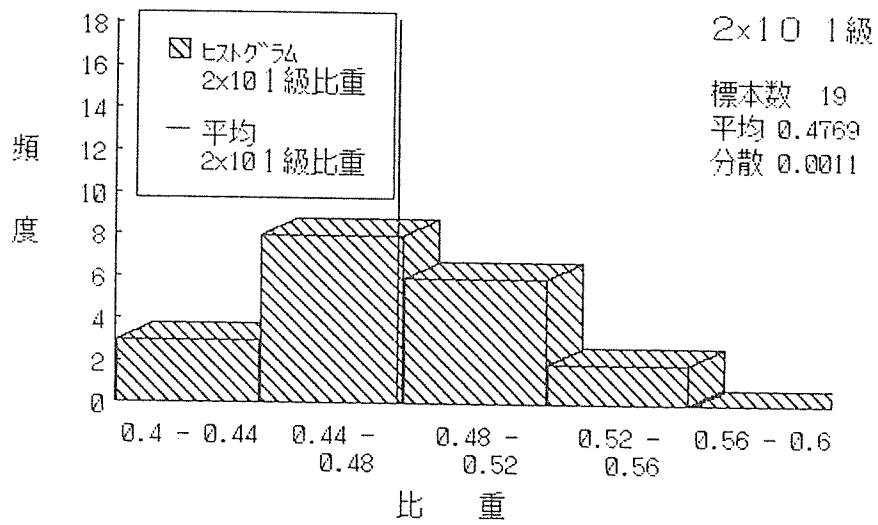
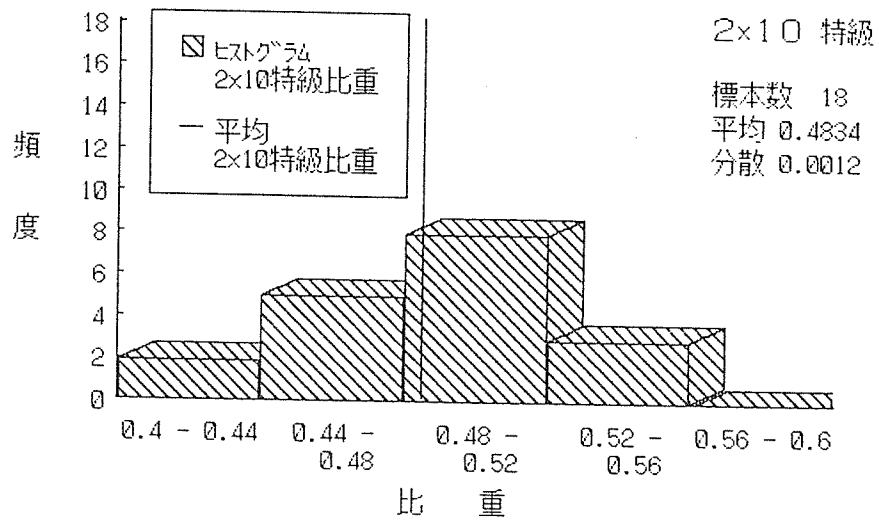


図 2 - 17. 210 F J 材の等級別比重分布

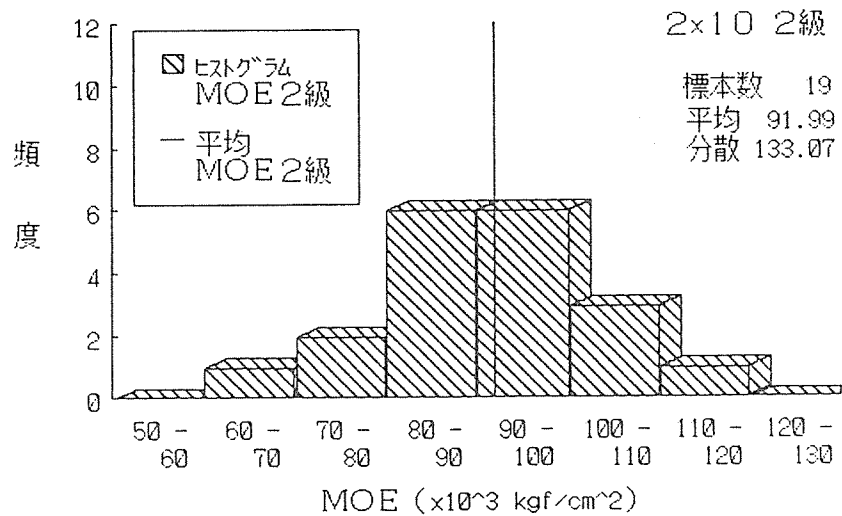
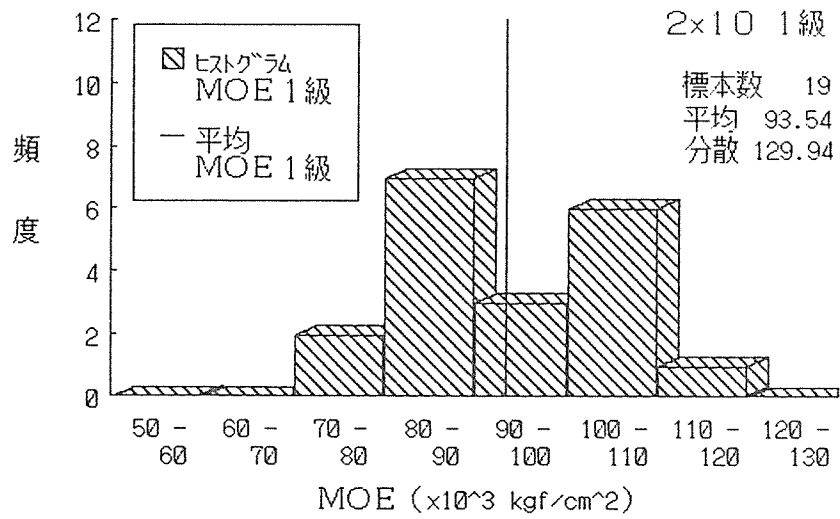
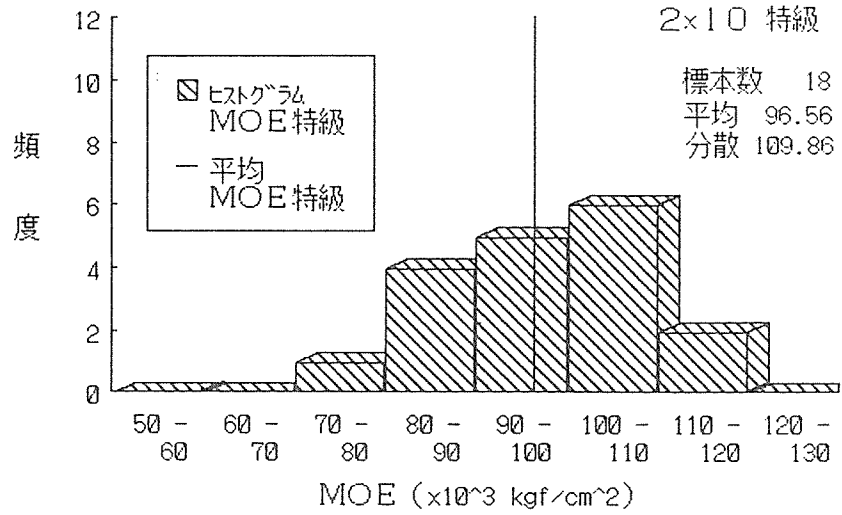


図 2 - 18 . 2 1 0 F J 材の等級別 M O E 分布

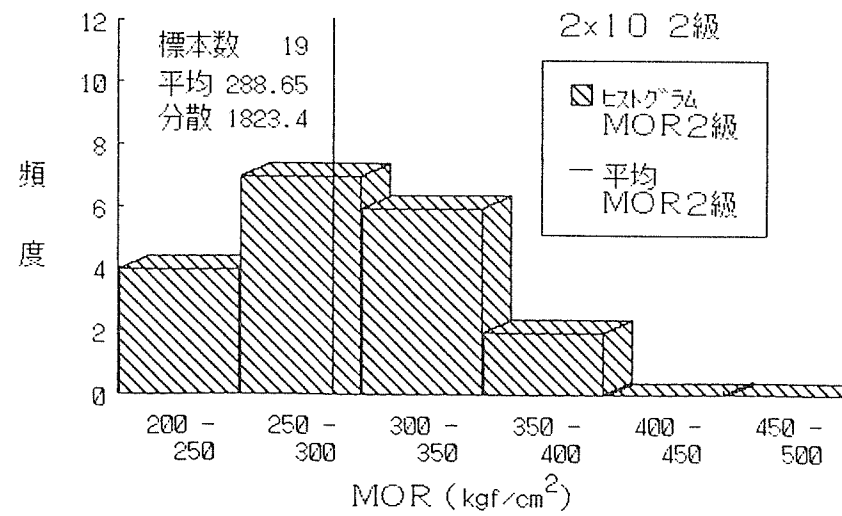
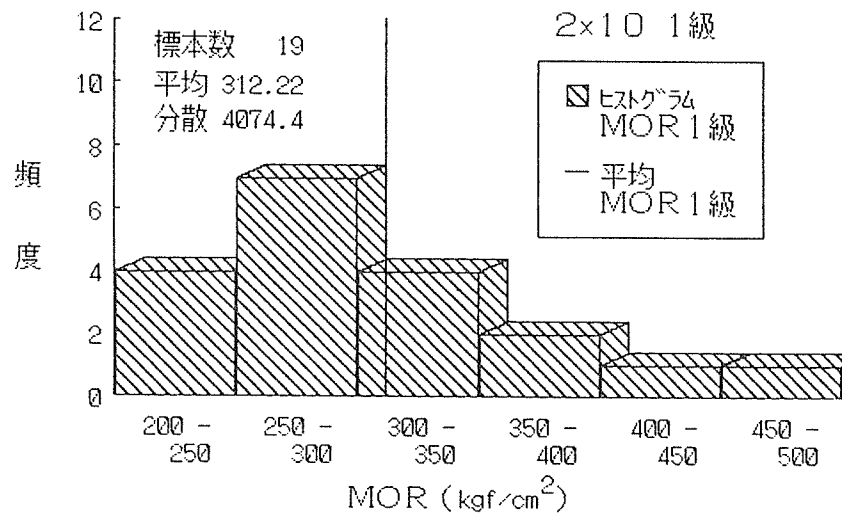
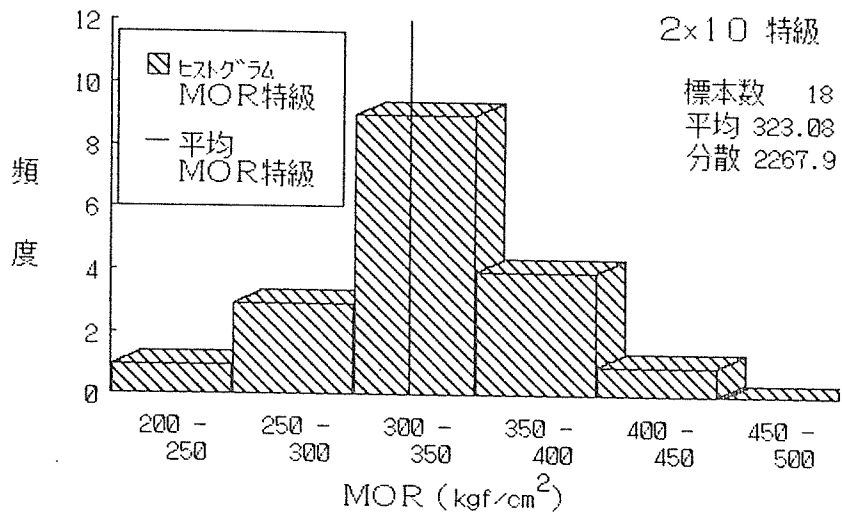


図 2 - 1 9 2 1 0 F J 材の等級別 MOR 分布

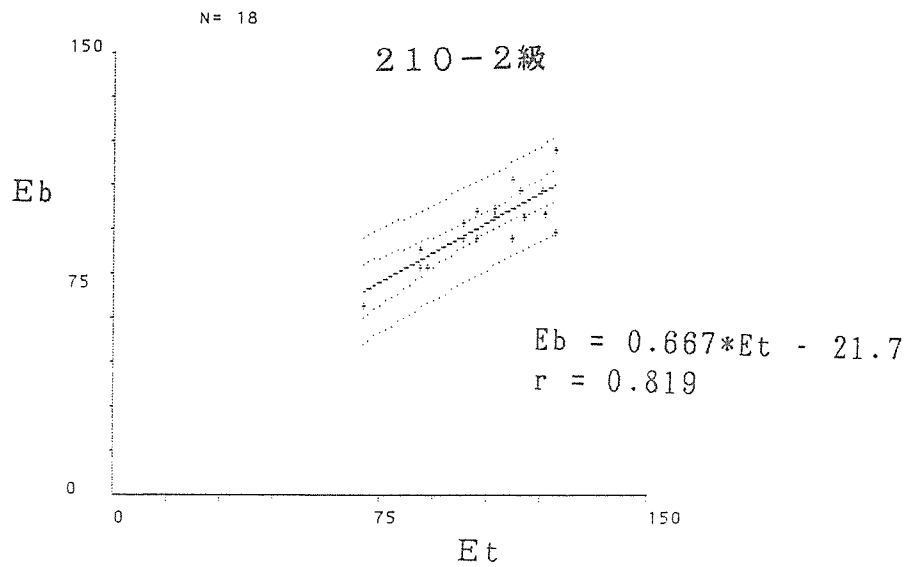
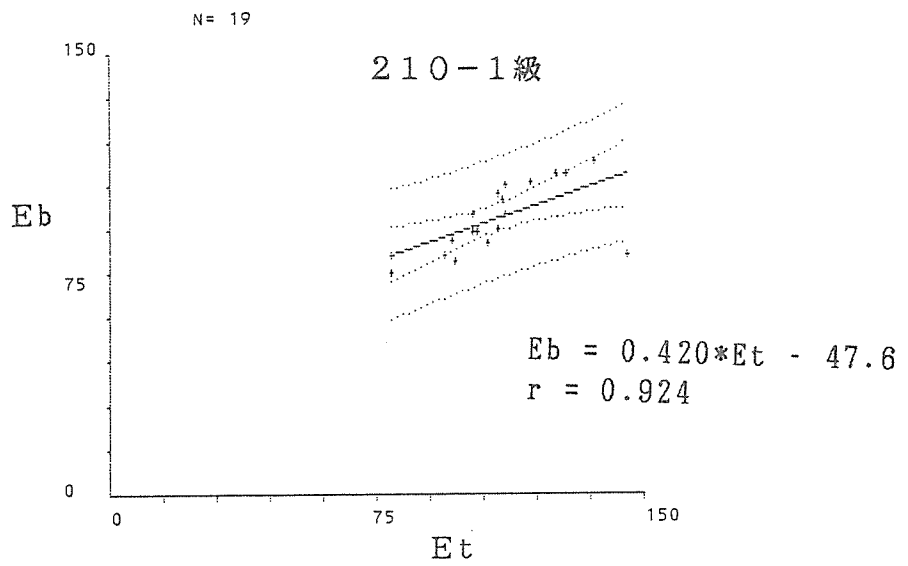
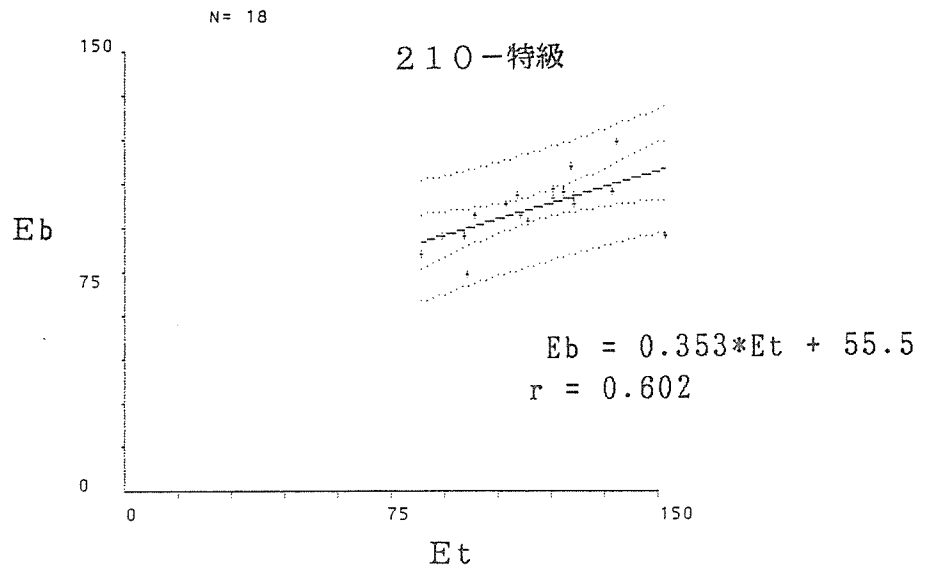


図 2 - 2 0. 2 1 0 F J 材の等級別縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関

Et: 打撃音により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

Eb: 曲げ試験により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

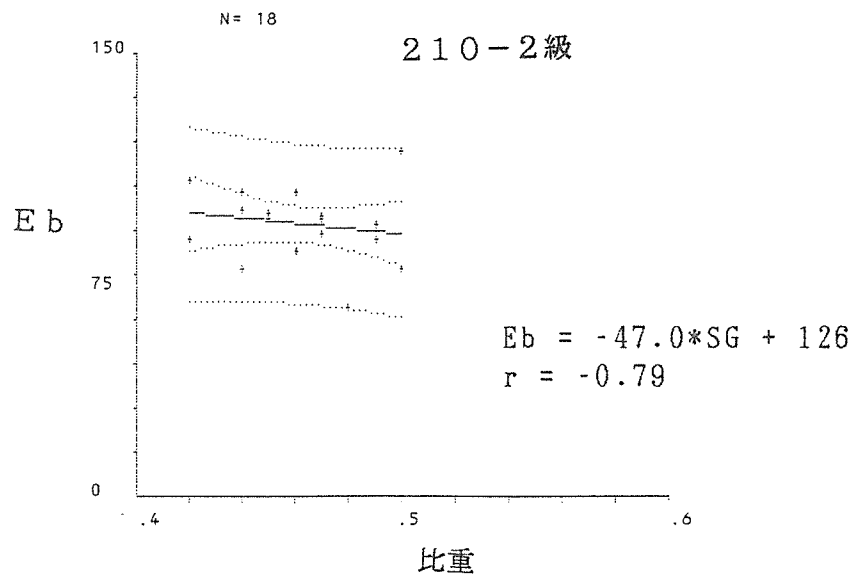
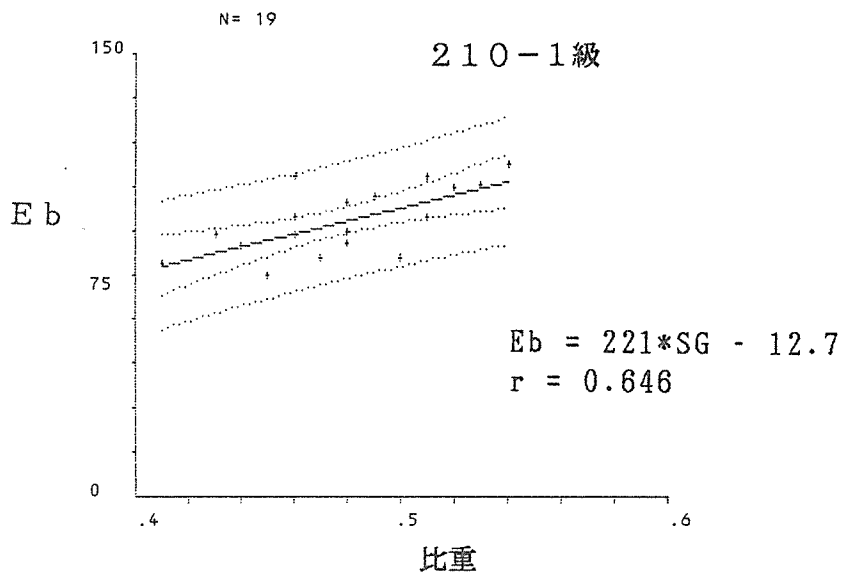
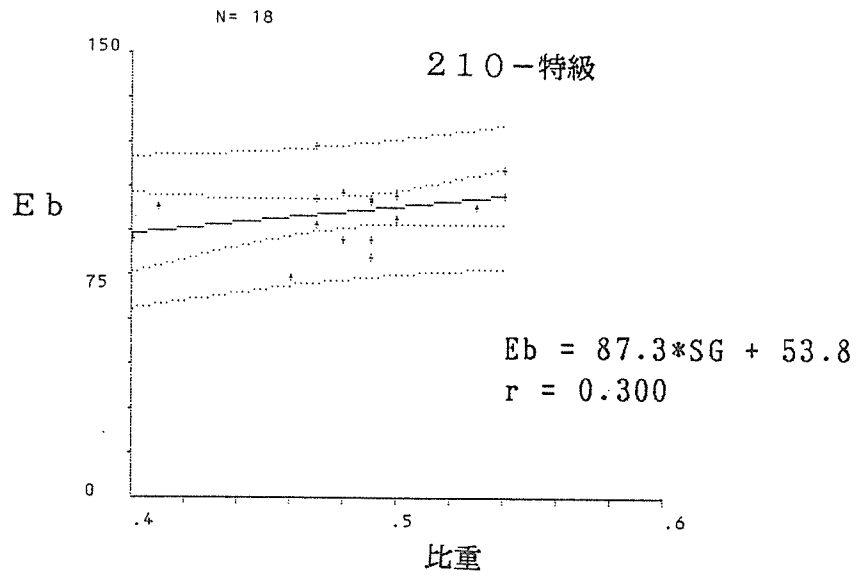


図 2 - 2 1. 210 F J 材の等級別比重と曲げヤング係数の相関

Eb: 曲げ試験により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

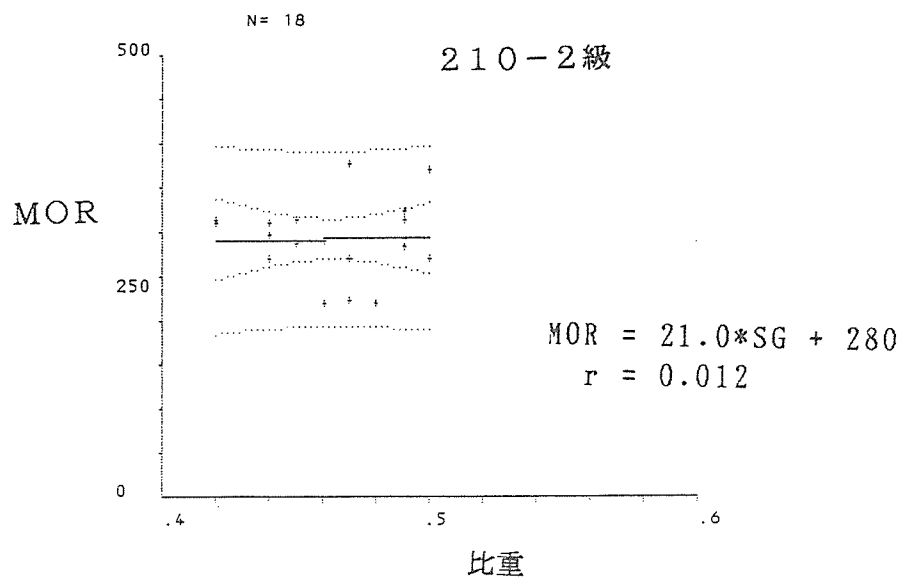
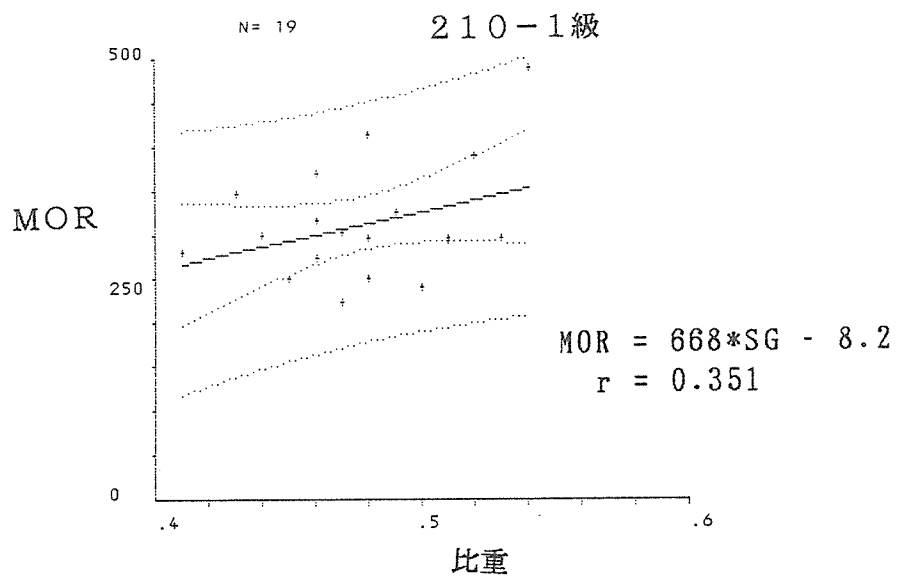
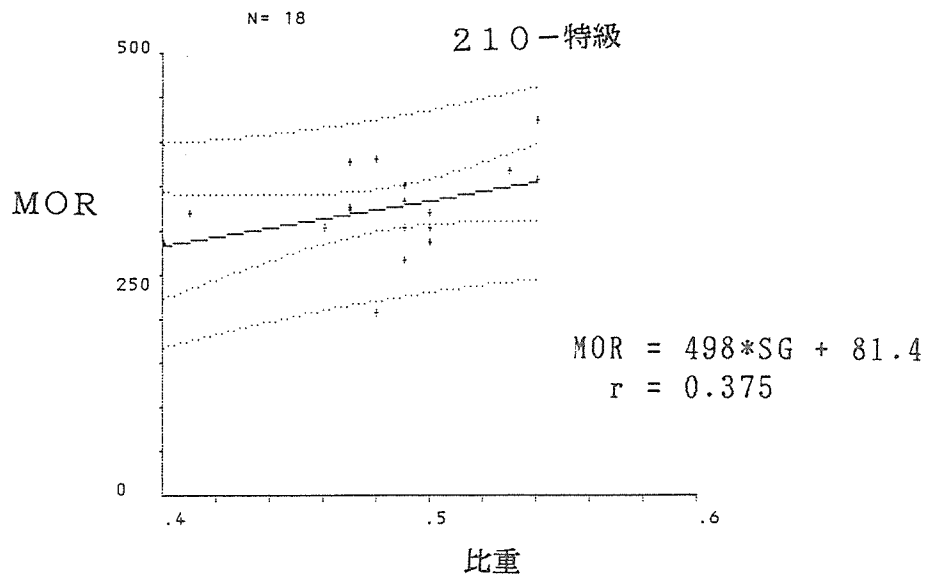


図 2 - 22 . 210 F J 材の等級別比重と曲げ破壊係数の相関

MOR : 曲げ破壊係数 (kgf/cm²)

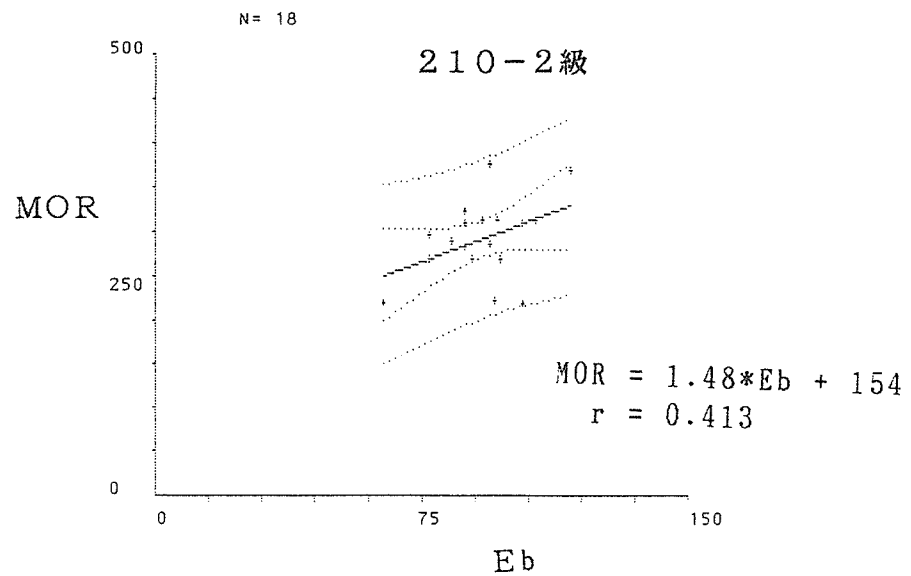
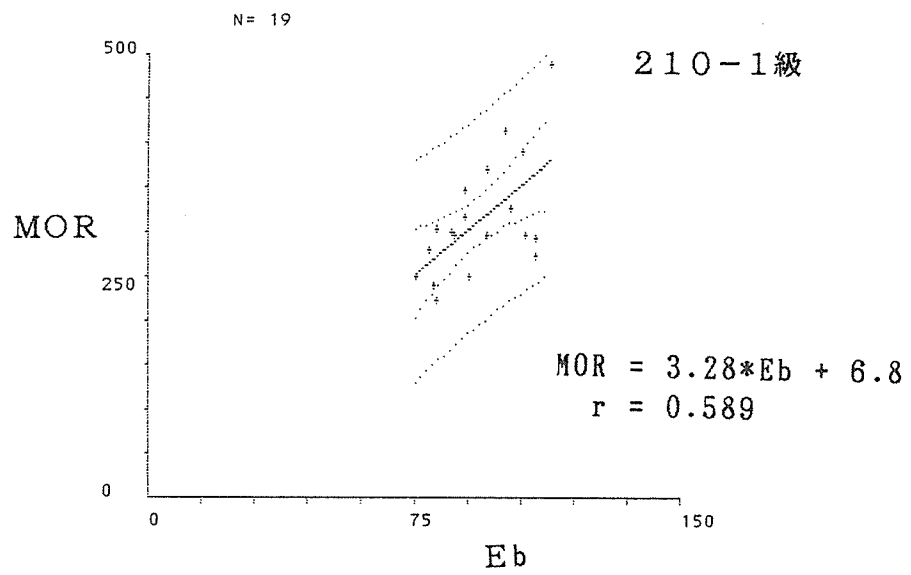
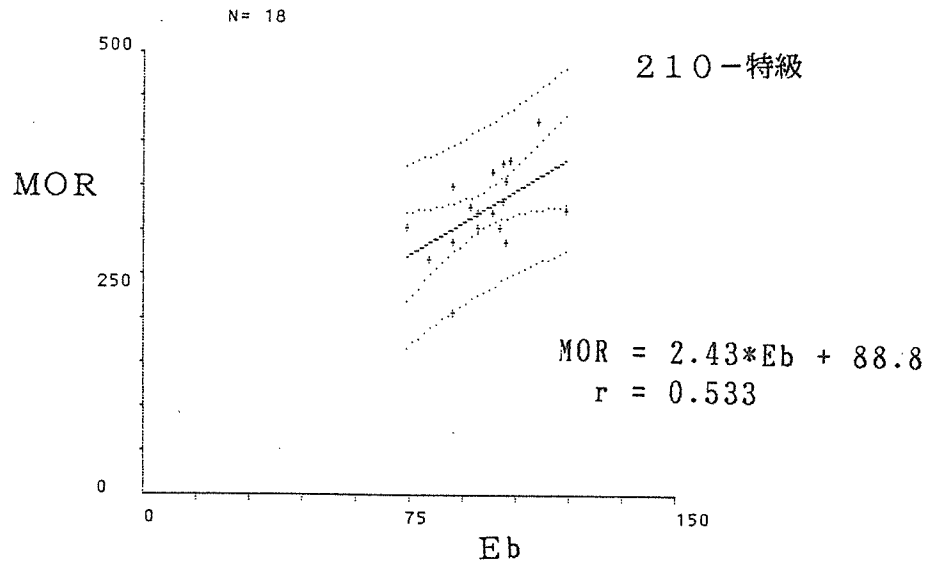


図 2 - 23 . 210 F J 材の等級別曲げヤング係数と曲げ破壊係数の相関

MOR : 曲げ破壊係数 (kgf/cm²)

Eb : 曲げ試験により求めた曲げヤング係数 (kgf/cm²)

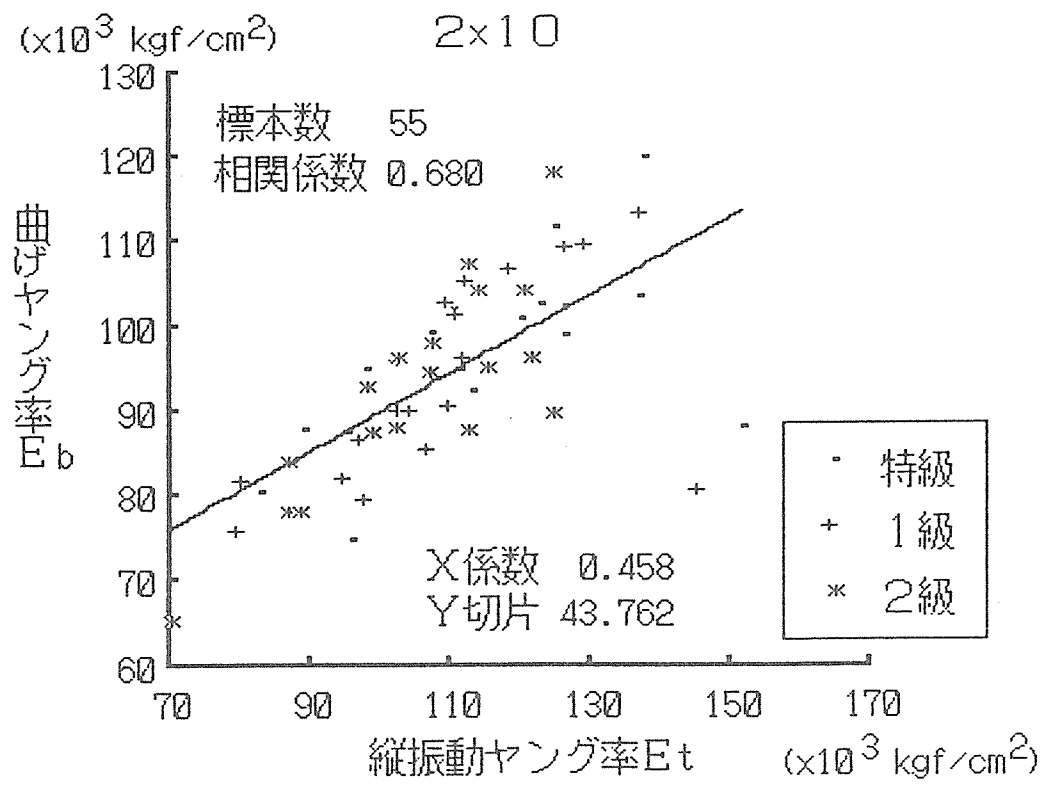


図 2 - 2 4 . 2 1 0 F J 材の等級別縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の相関

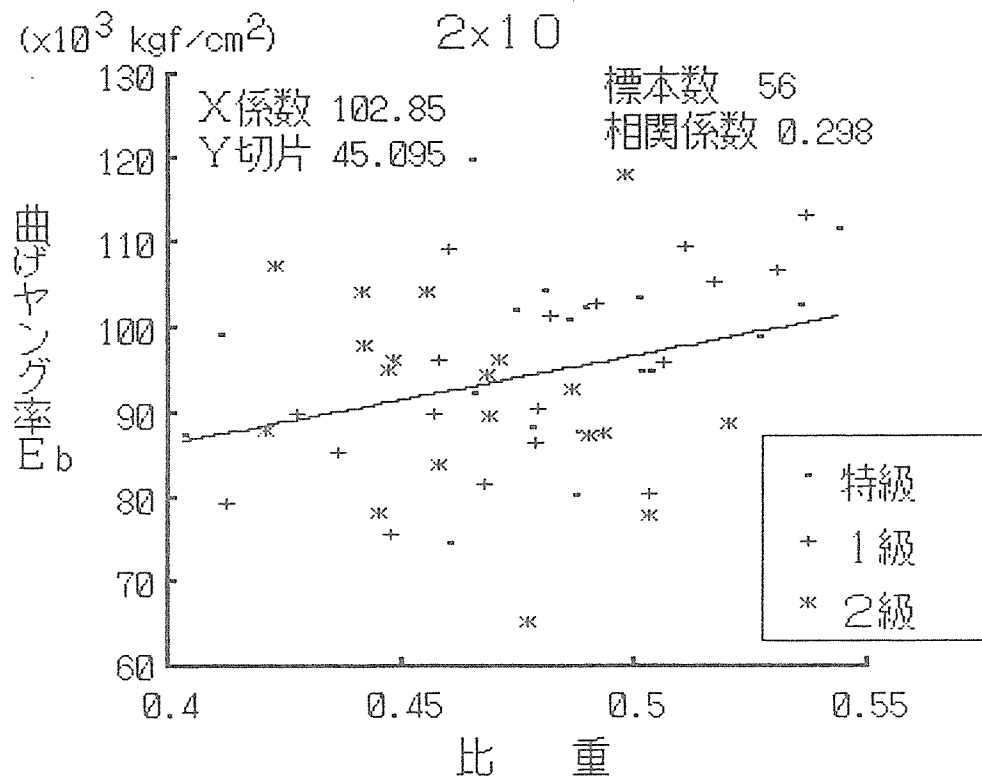


図 2 - 2 5 . すべての 2 1 0 F J 材の比重と曲げヤング係数の相関

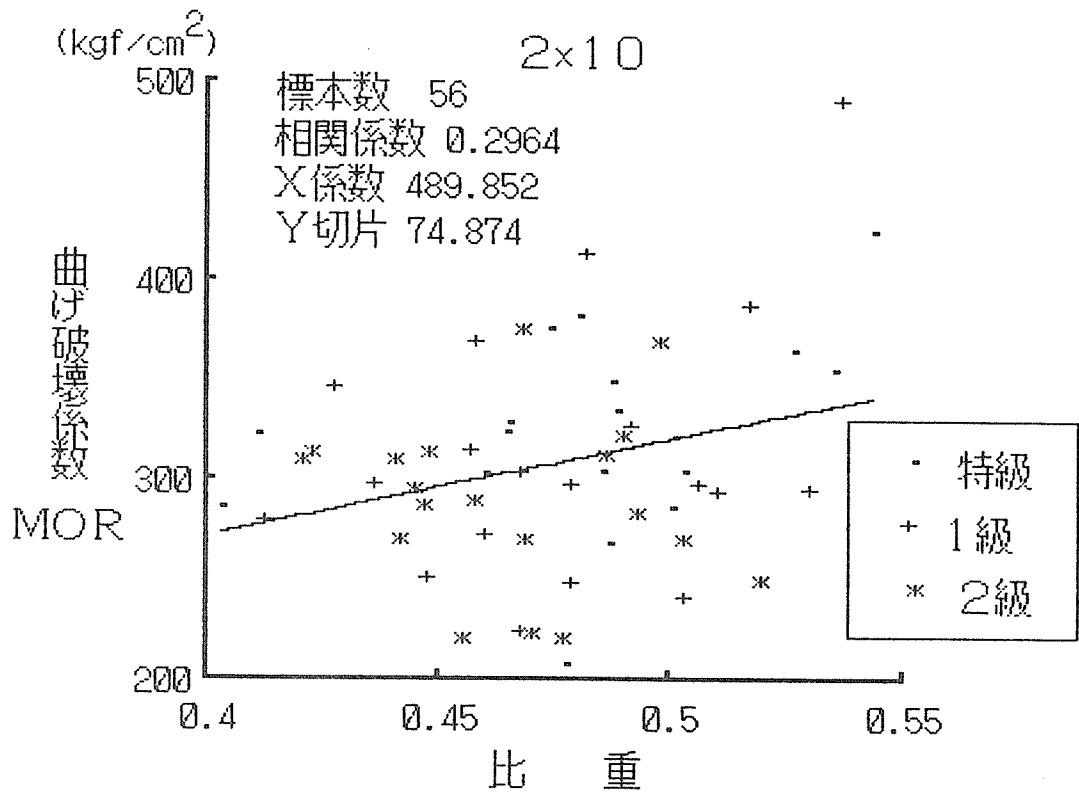


図 2 - 2 6 すべての 2 1 0 F J 材の比重と曲げ破壊係数の相関

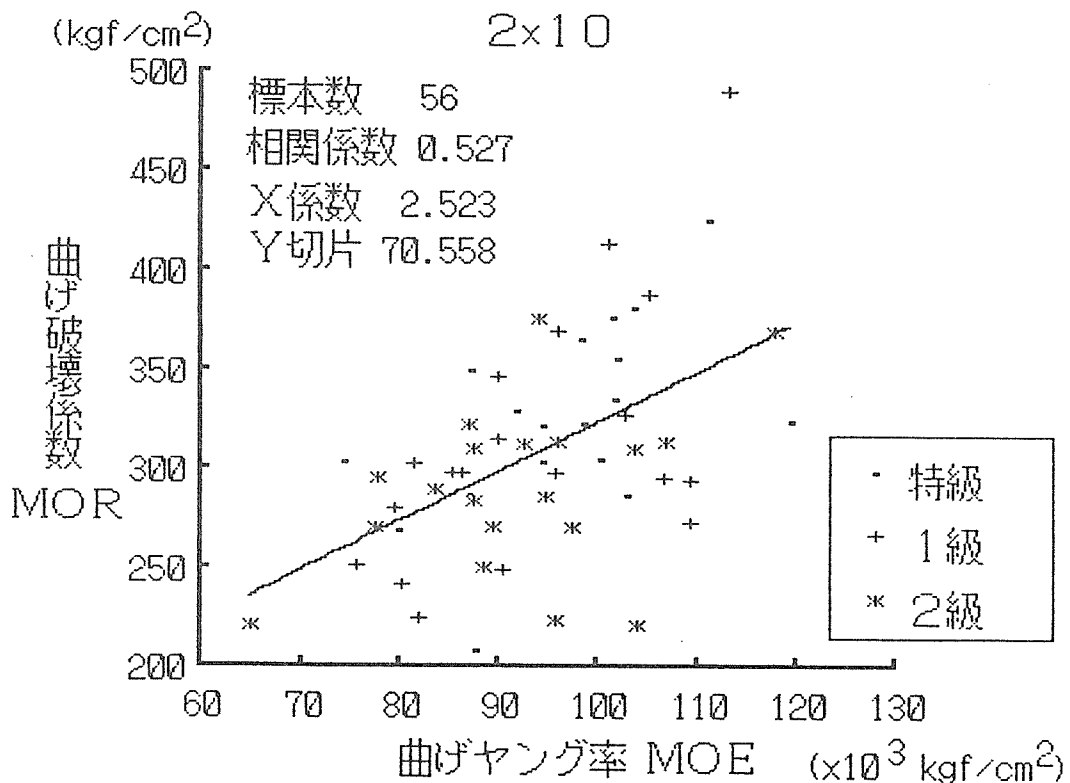


図 2 - 2 7 すべての 2 1 0 F J 材の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の相関

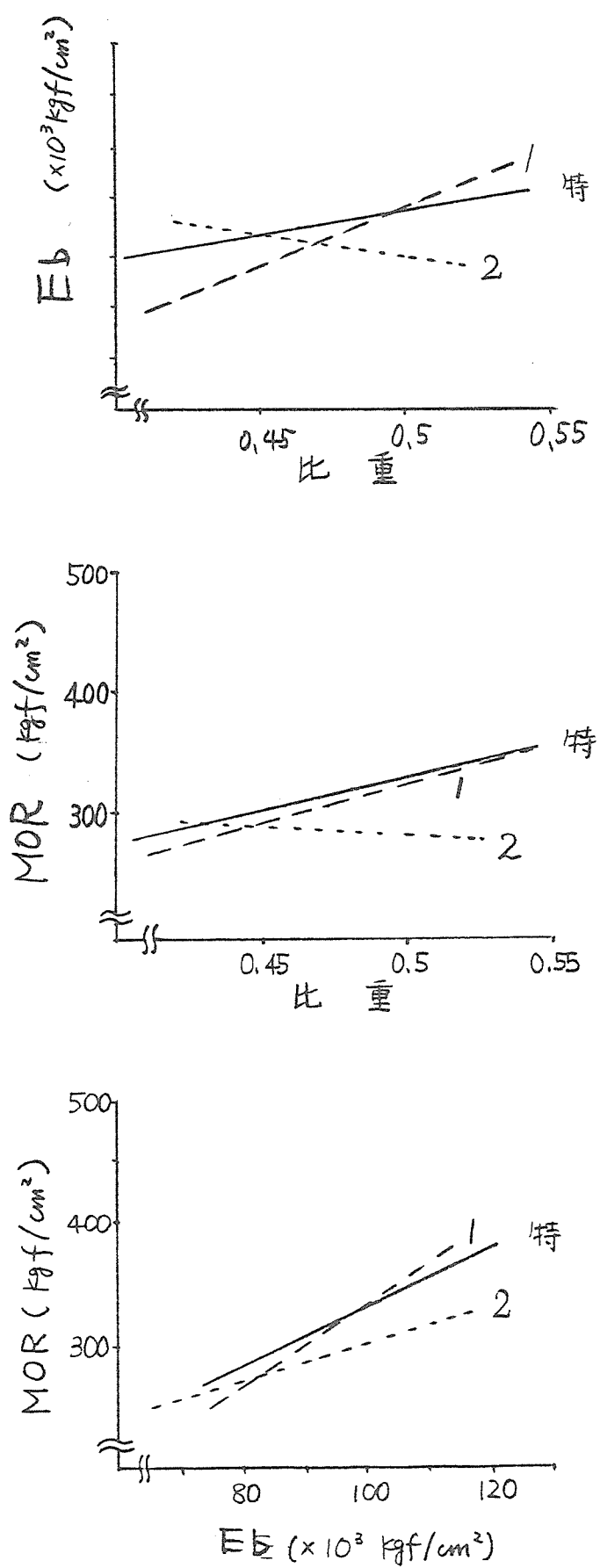


图 2 - 28. 210 F J 材の SG - MOE、SG - MOR、MOE - MOR の等級別回帰直線の比較

表2-4 206 F J 材 (特級) の諸性能

No.	試験体 番号	比重 (g/cm ³)	Et *1 ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	Eb *2	MOR (kgf/cm ²)	破壊 形態 *3
1	SB1-23	0.446	112.89	120.40	466.92	1
2	SB10-23	0.524	121.05	98.30	395.23	3
3	SB11-23	0.502	124.46	111.10	458.04	1
4	SB12-12	0.479	124.90	114.39	452.96	1
5	SB13-23	0.489	118.32	110.75	408.55	2
6	SB14-34	0.484	120.09	93.44	314.66	1
7	SB15-34	0.532	122.79	110.49	395.23	1
8	SB16-34	0.544	133.03	114.04	372.39	3
9	SB17-23	0.486	116.55	100.02	385.71	3
10	SB18-12	0.508	118.84	108.39	445.98	1
11	SB19-23	0.526	118.53	105.40	326.08	1
12	SB2-34	0.502	135.06	119.79	406.02	1
13	SB20-23	0.473	123.92	103.41	456.13	1
14	SB3-23	0.492	120.63	104.79	416.17	1
15	SB4-12	0.443	110.99	99.46	376.20	2
16	SB5-34	0.456	122.08	106.77	345.11	1
17	SB6-23	0.542	119.19	98.99	353.36	3
18	SB7-34	0.505	117.02	93.71	340.04	1
19	SB8-34	0.462	89.68	85.86	312.12	1
20	SB9-34	0.442	103.26	92.76	306.41	3
平均		0.492	118.66	104.61	386.67	
CV (%)		6.3	8.0	8.7	13.2	

- *1 Et:縦振動による曲げヤング係数
*2 Eb:曲げ試験による曲げヤング係数
*3 1:フィンガー部から生じた破壊
2:フィンガー部のぜい性破壊
3:節,目切れ等の欠点周辺の破壊
破壊形態は図を参照

表2-4 206F J材 (1級) の諸性能

No.	試験体 番号	比重 (g/cm ³)	Et *1 ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	Eb *2	MOR (kgf/cm ²)	破壊 形態 *3
1	1B10-12	0.484	125.83	99.68	395.86	1
2	1B11-23	0.487	120.99	107.54	386.98	1
3	1B13-34	0.506	115.27	97.91	366.68	1
4	1B14-23	0.520	113.49	104.73	395.23	3
5	1B15-23	0.585	140.34	116.38	381.91	1
6	1B16-12	0.476	115.12	105.76	340.04	1
7	1B17-23	0.496	102.68	104.76	343.21	1
8	1B18-12	0.474	102.16	76.71	231.56	3
9	1B19-34	0.495	125.48	109.56	391.42	1
10	1B2-12	0.472	109.17	86.73	407.28	3
11	1B20-12	0.521	111.94	94.30	284.84	3
12	1B21-12	0.484	131.73	115.24	334.96	2
13	1B21-23	0.491	132.20	115.42	409.19	1
14	1B22-23	0.478	118.60	112.54	376.20	1
15	1B23-23	0.489	117.11	105.49	436.47	3
16	1B4-23	0.499	115.72	110.98	430.76	2
17	1B6-23	0.530	119.68	107.97	436.47	2
18	1B7-12	0.488	119.71	94.46	336.23	1
19	1B8-12	0.543	101.43	77.76	213.16	3
20	1B9-34	0.527	113.14	106.85	386.35	1
平均		0.502	117.59	102.54	364.24	
CV (%)		5.5	8.4	11.0	16.5	

- *1 Et:縦振動による曲げヤング係数
 *2 Eb:曲げ試験による曲げヤング係数
 *3 1:フィンガー部から生じた破壊
 2:フィンガー部のぜい性破壊
 3:節, 目切れ等の欠点周辺の破壊
 破壊形態は図を参照

表2-4 206F J材（2級）の諸性能

No.	試験体 番号	比重 (g/cm ³)	Et *1 ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	Eb *2	MOR (kgf/cm ²)	破壊 形態 *3
1	2B1-34	0.534	124.69	103.61	425.05	3
2	2B10-23	0.583	134.78	111.32	403.48	1
3	2B11-23	0.481	112.68	105.49	357.80	1
4	2B12-23	0.515	103.73	95.18	345.11	1
5	2B13-23	0.482	106.39	103.37	426.95	2
6	2B14-23	0.491	83.18	81.46	353.99	1
7	2B15-23	0.469	102.20	89.11	365.41	3
8	2B16-23	0.427	111.09	97.73	396.50	2
9	2B17-23	0.465	97.52	92.86	317.83	3
10	2B2-23	0.528	131.14	107.37	326.08	3
11	2B3-12	0.555	123.69	108.40	387.62	1
12	2B4-12	0.473	115.71	105.15	313.39	1
13	2B5-34	0.509	110.82	98.26	326.08	1
14	2B6-23	0.521	120.49	106.30	397.13	3
15	2B6-34	0.517	136.15	116.19	380.00	1
16	2B7-12	0.545	104.35	101.63	284.84	3
17	2B8-34	0.505	108.59	95.92	355.26	2
18	2B9-34	0.509	116.29	100.02	364.78	3
	平均	0.506	113.53	101.08	362.63	
	CV (%)	7.1	11.6	8.0	10.6	

*1 Et:縦振動による曲げヤング係数

*2 Eb:曲げ試験による曲げヤング係数

*3 1:フィンガー部から生じた破壊

2:フィンガー部のぜい性破壊

3:節, 目切れ等の欠点周辺の破壊

破壊形態は図を参照

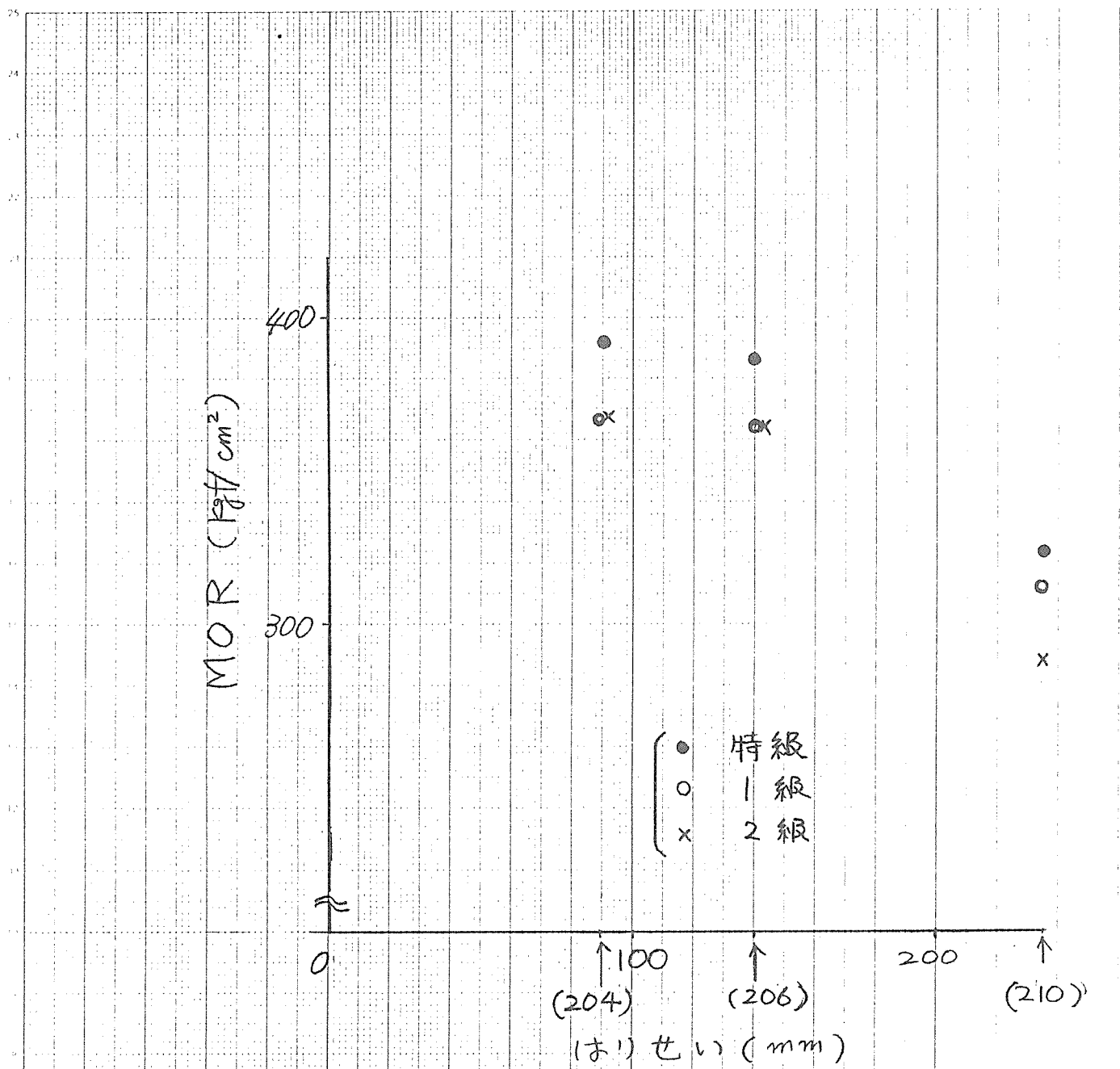


図2-29 はりせいと MOR (平均値) の関係

1 - 4 まとめ

- 1) 曲げ試験による破壊形態は3つのパターンに分けられる。このうち最も多いのはFJ部を起点として破壊が進展していくパターンである。次に多いのは、節や目切れ等の欠点で破壊する場合で、FJ部の脆性破壊はまれである。
- 2) MORの変動係数は204FJ材で、10-15%、210材で15-20%であった。いずれも製材に比べるとかなり低かった。この理由としては、FJ部が一種の欠点となって破壊をしたために、各種の要因によって破壊をする素材よりもばらつきが小さくなったためと考えられる。
- 3) 204FJ材、210FJ材共、EtとEbの相関は高かったが、比重とMOEまたはMORの相関は低かった。
- 4) MORの値は特級、1級の順であったが、その差は小さかった。ただし、210FJ材の2級は特級より約10%小さく、等級間の差が、204FJ材よりはつきりとでた。一種の寸法効果と考えられる。
- 5) 204FJ材においては、MOEを用いてMORの推定が可能であるが、210FJ材では、MOEとMORの相関が204FJ材に比べると全体的に低く、特に2級はMORの推定が難しい。
- 6) 曲げのかかるFJ材を設計する際には、破壊がFJ部から発生するようになれば、破壊荷重の変動が少なくなり、FJ材の許容応力度を素材と同等以上にとれる可能性がある。
- 7) はりせいとMORの関係を見ると、204と206との間には差が見られないが、210ではMORが大幅に低下した。

要 旨

フィンガージョイントされたデメンジョンランバー（以下FJ材）の曲げ試験を等級別に行つて、曲げ剛性と曲げ強度を求め、許容応力度の基礎資料とすることを目的とした。

（実験）

実験に用いたFJ材はカナダで製造されたもので、204、210の2種類である。それぞれ、特級・1級・2級の3種類があつた。長さは7m、本数は各20本で、合計120本である。ただし、210材では、曲げ試験を行った本数は18-19本であつた。FJの形状を図2-1に示した。FJは水平型で、FJ模様が幅狭面に現れている。

曲げ試験はカナダNLGAのFJ材の製造規準SPS1に準じて行つた。図2-2は試験体をセットした図である。FJをスパン中央に位置させて、エッジワイズにセットし、荷重間隔の狭い2点荷重を加えた。210材については、試験機の都合でトータルスパンを3600mmとした。

実験はまず、長さ7m材の一方の木口をハンマーで叩き、ヤング係数 E_t を求めた。次に、「SPS1」の試験方法に準じて、曲げ試験を行い、破壊させた。加力はオイルジャッキを用いて行い、荷重と中央部のたわみを測定した。

（結果の概要）

- 1) 曲げ試験による破壊形態は3つのパターンに分けられる。このうち最も多いのはFJ部を起点として破壊が進展していくパターンである。次に多いのは、節や目切れ等の欠点で破壊する場合で、FJ部の脆性破壊はまれである。
- 2) MORの変動係数は204FJ材で、10-15%、210材で15-20%であつた。いずれも製材に比べるとかなり低かつた。この理由としては、FJ部が一種の欠点となつて破壊をしたために、各種の要因によつて破壊をする素材よりもばらつきが小さくなつたためと考えられる。
- 3) 204FJ材、210FJ材共、 E_t と E_b の相関は高かつたが、比重とMOEまたはMORの相関は低かつた。

- 4) MORの圧入値は特級、1級の順であったが、その差は小さかった。ただし、210FJ材の2級は特級より約10%小さく、等級間の差が、204FJ材よりはつきりとでた。一種の寸法効果と考えられる。
- 5) 204FJ材においては、MOEを用いてMORの推定が可能であるが、210FJ材では、MOEとMORの相関が204FJ材に比べると全体的に低く、特に2級はMORの推定が難しい。
- 6) 曲げのかかるFJ材を設計する際には、破壊がFJ部から発生するようにすれば、破壊荷重の変動が少なくなり、FJ材の許容応力度を素材と同等以上にとれる可能性がある。
- 7) はりせいとMORの関係を見ると、204と206の間には差が見られないが、210ではMORが大幅に低下した。

2. 構造用フィンガージョイント材の引張強度試験（その1）

2-1 試験方法

カナダで SPS 1 (NLGA Special Products Standard For Fingerjoined Structural Lumber) に従って製造された構造用フィンガージョイント材を試験に供した。供試材は、寸法型式3種類 (204、206、210)、等級3種類 (特級 (Select Structural)、1級 (No.1)、2級 (No.2)) の合計9種類であり、1種類につき20体、計180体について試験を行った。樹種は S-P-Fであった。なお、供試材は当初 No.2 and Better の表示であったと思われるが、試験に供するためカナダのグレーダーにより再等級区分された。

供試材は、長さ720 cm (24feet) であったが、引張試験機にかからないため両端より60cmを切断し長さ600 cmとした。この切断部分に等級決定因子であった欠点が含まれていた供試材が若干あったと思われる。長さ600 cmの各試験体について、寸法、重量を測定した後、木口面をハンマーで打撃した時の固有振動数よりヤング係数を求めた。その後、次の方法により2回の引張試験を行った。

1) 引張試験-1

容量100 tonfの油圧式引張試験機 (前川試験機 𠄎) を用い、スパン (チャック間距離) 500 cmとし、破壊まで荷重を負荷し最大荷重を求めた。この時、試験体中央部100 cm間の伸びをヨーク式伸び計 (精度 1/1000 mm) を用いて測定し、引張ヤング係数を求めた。

2) 引張試験-2

スパン500 cmの引張試験で破壊の及ばなかった部分について、スパン180 cmとしフィンガージョイント部がスパン中央になるようにして再度引張破壊試験を行った。試験機は、容量40 tonfの引張試験機 (飯田工業 (𠄎) を用いた。

2-2 試験結果

試験体毎の比重、含水率および2回の引張試験の結果を表1～表3に示した。表中の E_{fr} は打撃法により求めたヤング係数であり、 E_t は引張試験により求めたヤング係数を示し、sig. t1は1回目の試験での引張強さを、sig. t2は2回目の試験で得られた引張強さを示す。また、フィンガージョイントが破壊の原因となった試験体には引張強さに \triangleright 印を付した。それ以外の試験体では主に節が破壊の原因となって

いた。

1) 引張試験-1

スパン500 cmの引張試験のさい、フィンガージョイントが破壊の原因となった試験体の数は以下のものであった。

寸法型式	204	206	210
特級	13/20	10/20	11/20
1級	9/20	4/20	6/20
2級	8/20	7/20	9/20
全体	30/60	21/60	26/60

引張破壊は、スパン500 cmの間の材料内部に含まれる多数の欠陥のうちの最も弱い部分で起こったものと思われる。特級においてフィンガージョイント部で破壊した試験体が多くみられるが、特級の場合には強度的欠陥となる節などの欠点が少ないため、フィンガージョイントが欠陥となる確率が高いためと思われる。1級と2級を比較すると、2級の場合の方がフィンガージョイント部が破壊の原因となった数が多くみられるが、2級では節などの欠点でなく、表面の削り残しなど加工上の欠点により等級が決定されていた試験体が多かったためと思われる。

破壊の原因を区別せずに、表4に等級別のヤング係数、引張強さの平均値を示した。また、図1に引張強さを正規化した順位に並べて示した。これによると、206、210材の特級で他の等級より引張強さが幾分高い値を示しているが、等級による引張強さの差は顕著に認められなかった。これは、フィンガージョイント部で破壊した試験体が含まれていること、2級では前述のような因子から等級が決定されたものが多いことなどの理由によるものと思われる。

表5にフィンガージョイントが原因で破壊したものと、節などの欠点で破壊したものの引張強さを示した。両者の引張強さの平均値を比較すると、フィンガージョイントにより破壊した試験体の方が14～21%高い値を示した。変動係数は、フィンガーにより破壊した場合の方が幾分小さい傾向を示し、95%下限値はフィンガージョイントにより破壊した場合の方が18～24%高かった。

また、寸法型式別に引張強さ（平均値）を比較すると、210材で他より低い値が認

められた。これは寸法効果のためと思われるが、更に検討を要する。

図2～図4は、引張強さ (sig. t)、打撃法により求めたヤング係数 (E_{fr})、引張試験により求めたヤング係数 (E_t) の3者の相互関係を示す。どの寸法型式においてもヤング係数と引張強さの間には、高い相関は認められなかった。 E_t と E_{fr} との間には相関が認められ、 E_{fr} から E_t の推定が可能であった。

静岡大学で行った同一ロットの試験体を用いた短いスパンでの引張試験の結果と比較すると、スパン500 cmの場合の引張強さの方が低い値を示した。引張試験の場合、引張強さは材料内部に含まれる多数の欠陥のうちの最も弱いものによって定まるから、引張強さはスパンが長くなるほど低い側に偏ることになる。本実験の場合にも長さ効果 (Length Effect) が認められた。また、スパン500 cmの場合には欠陥強度分布の最小値分布に近い引張強さの分布を示しているものと推定される。

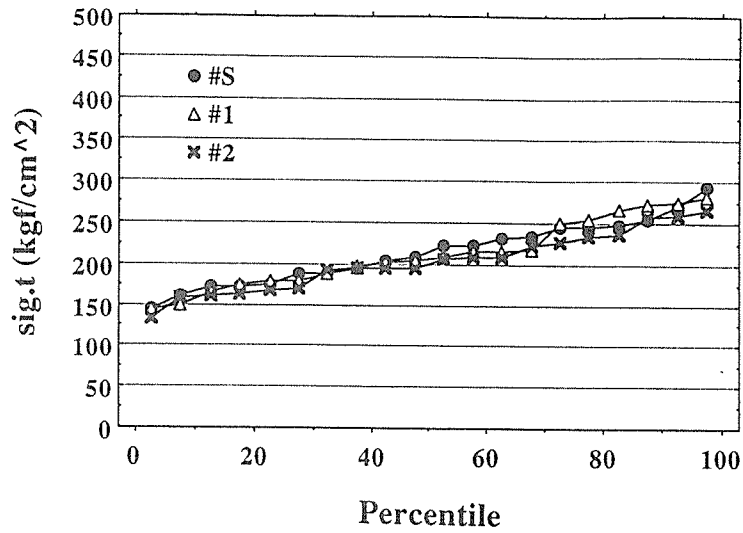
2) 引張試験-2

図5～図7に、1回目 (スパン500cm) と2回目 (スパン180cm) の試験における引張強さの分布を示した。2回目の引張強さの方が低い試験体が若干みられたが (表1～表3参照)、大部分が2回目の方が大きい引張強さを示した。これは、2回目の試験では1回目の試験により最も弱い欠陥部分が除かれていることによる。すなわち、各試験体は1回目に引張強さに相当する荷重の保証試験を受けており、2回目の試験は、保証試験によって破壊した試験体が除かれていると同様の意味を持っている。また、引張試験時のスパンが短いことも引張強さが高い側にシフトしている一因となっていると思われる。

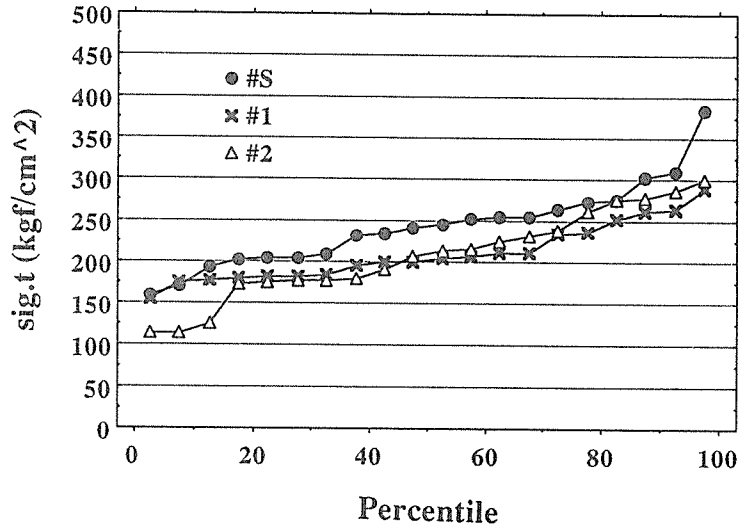
表6に1回目と2回目の引張試験の結果を比較して示した。引張強さの平均値は、2回目の方がかなり高い値を、変動係数は2回目の方が幾分小さい値を示した。

わが国における枠組壁工法構造用製材の許容引張応力度 (長期) の値は特級、1級、2級でそれぞれ65、55、45 kgf/cm²である。材料強度の値を許容応力度の3倍と考えると引張材料強度は、各等級でそれぞれ195、165、135 kgf/cm²となる。北米式に2.1倍と考えると、材料強度は137、116、95 kgf/cm²となる。表6の1回目の試験における引張強さの95%下限値をみると、204、206材ではわが国における2級の材料強度を満足していたが、210材ではこの値を下回った。北米式の材料強度を採用すると95%下限値は、204、206材では特級の材料強度を満足し、210材では1級の材料強度にほぼ等しい値であった。

2 x 4



2 x 6



2 x 10

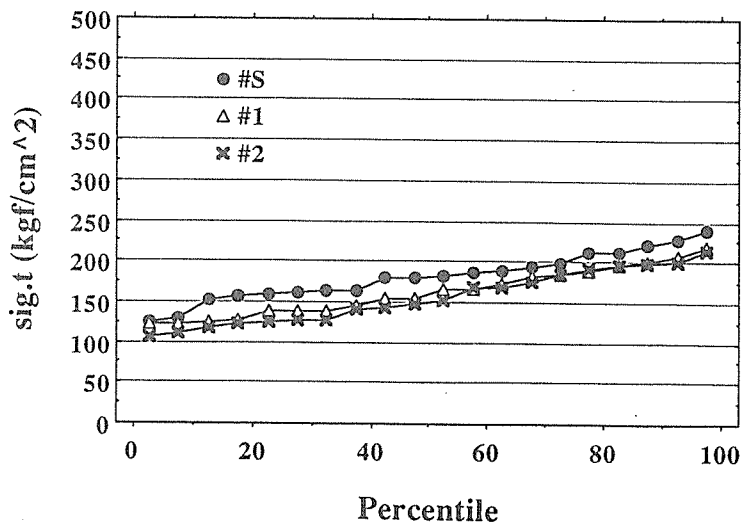


図 1 等級別の順位付けした引張強さ (スパン 500 cm)

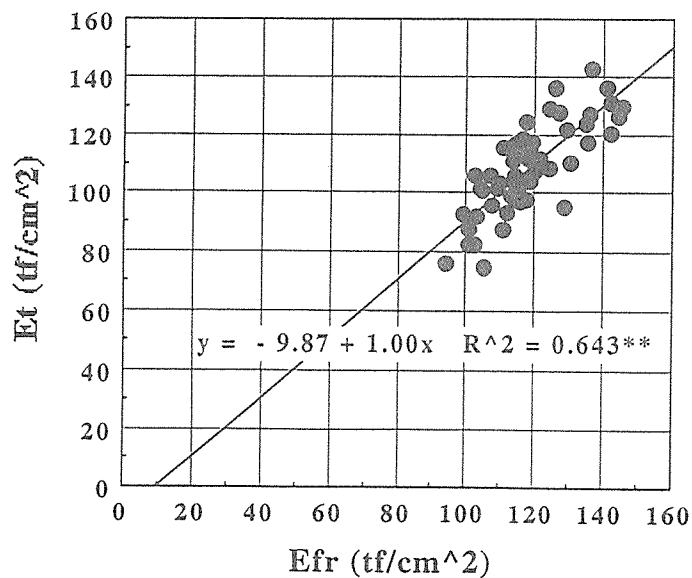
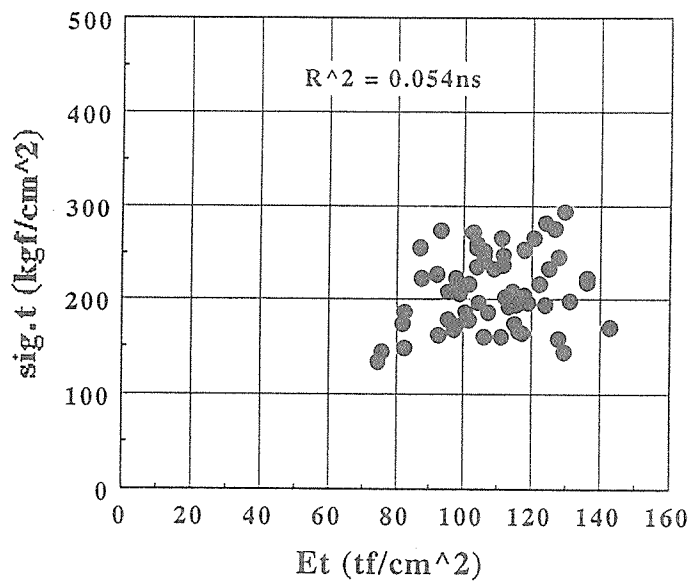
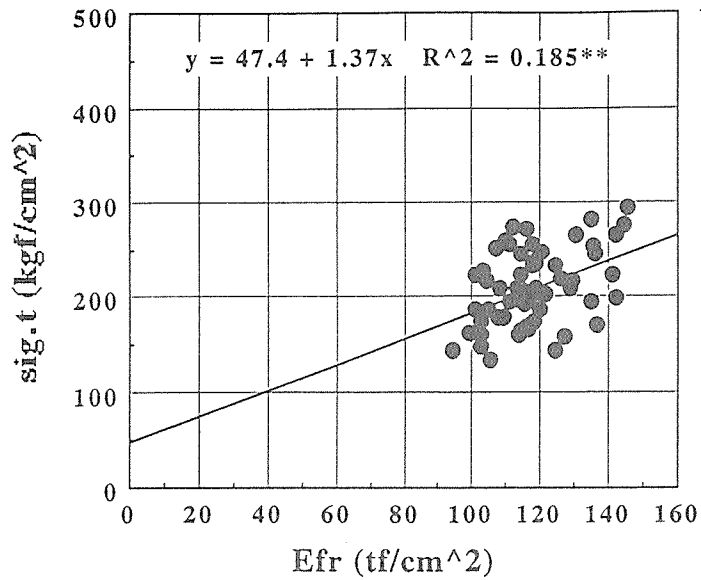


図2 引張強さとヤング係数相互の関係 (204材)

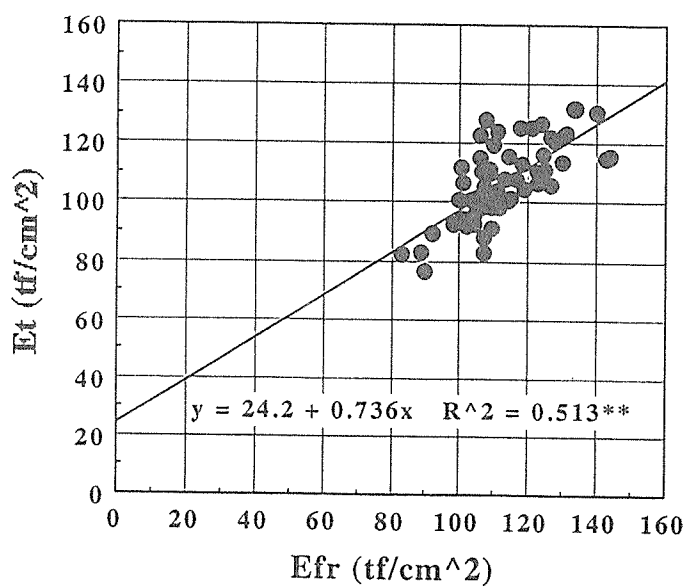
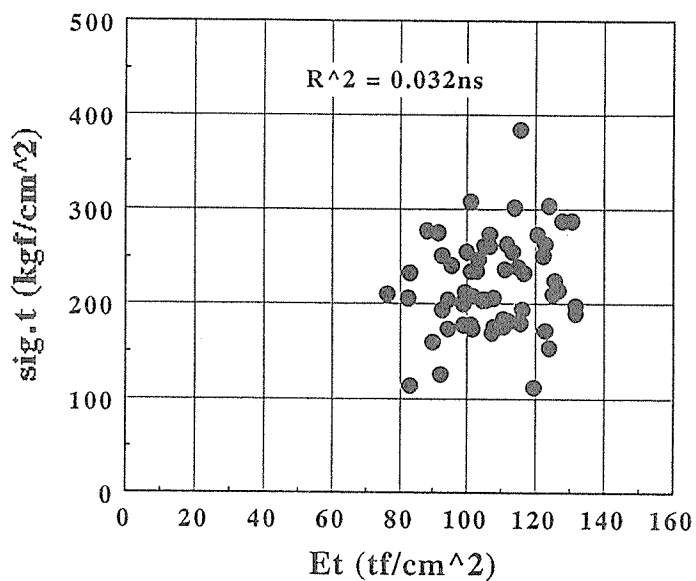
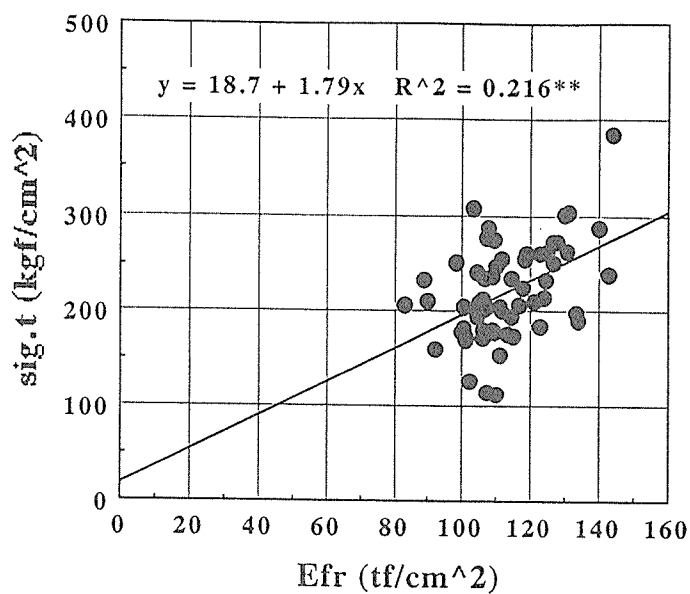


図3 引張強さとヤング係数相互の関係 (206材)

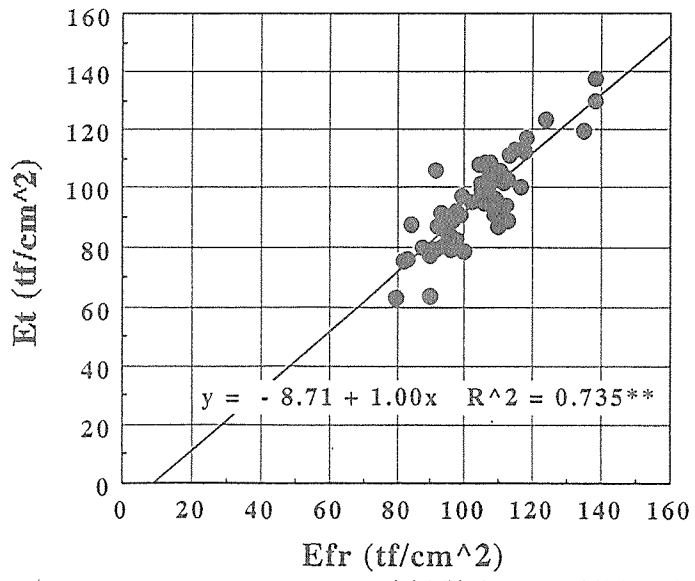
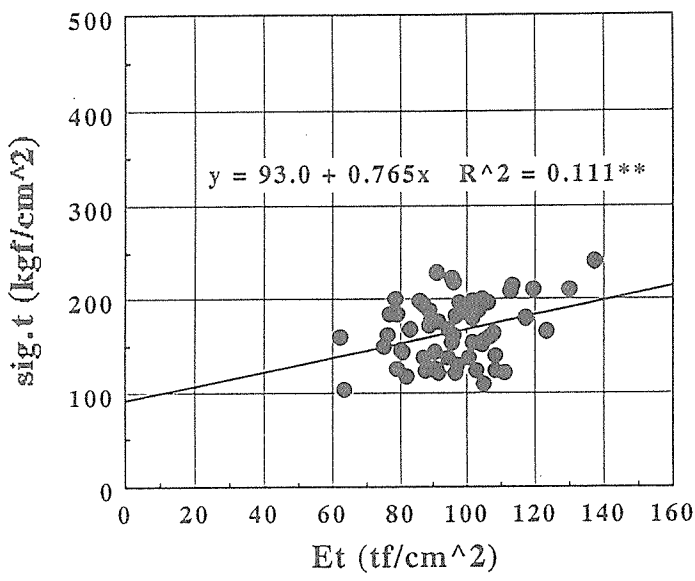
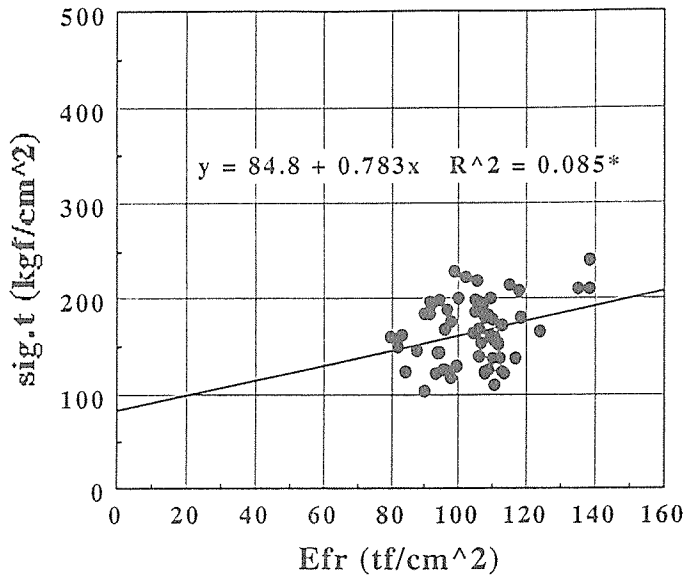


図4 引張強さとヤング係数相互の関係 (210材)

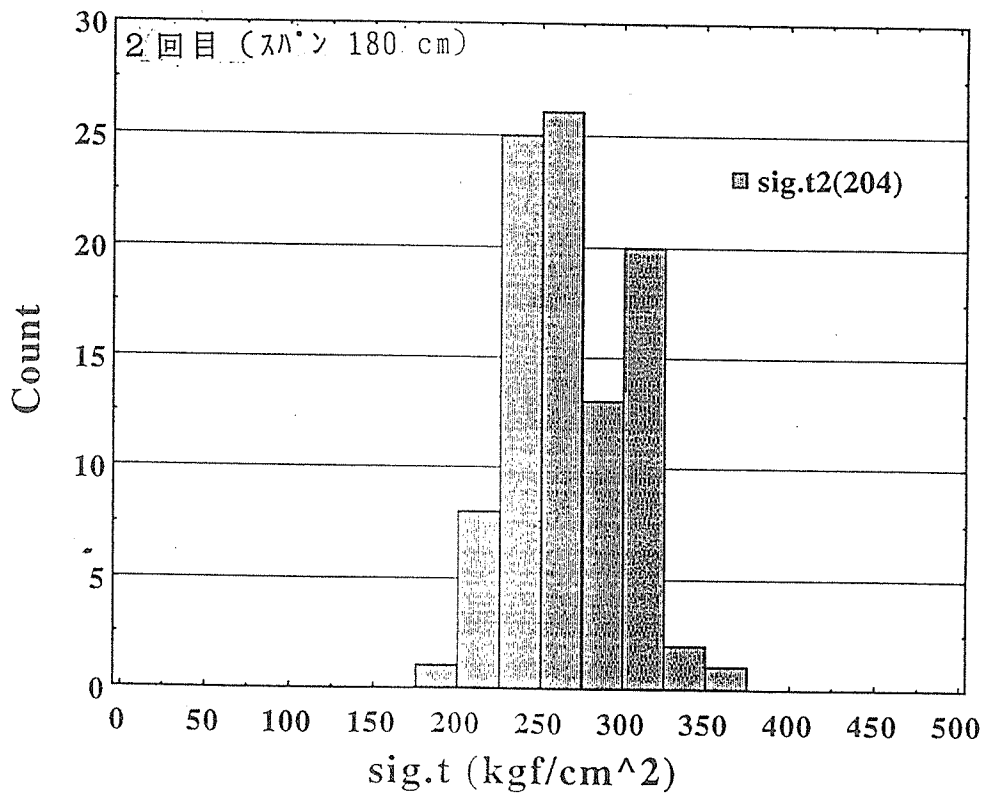
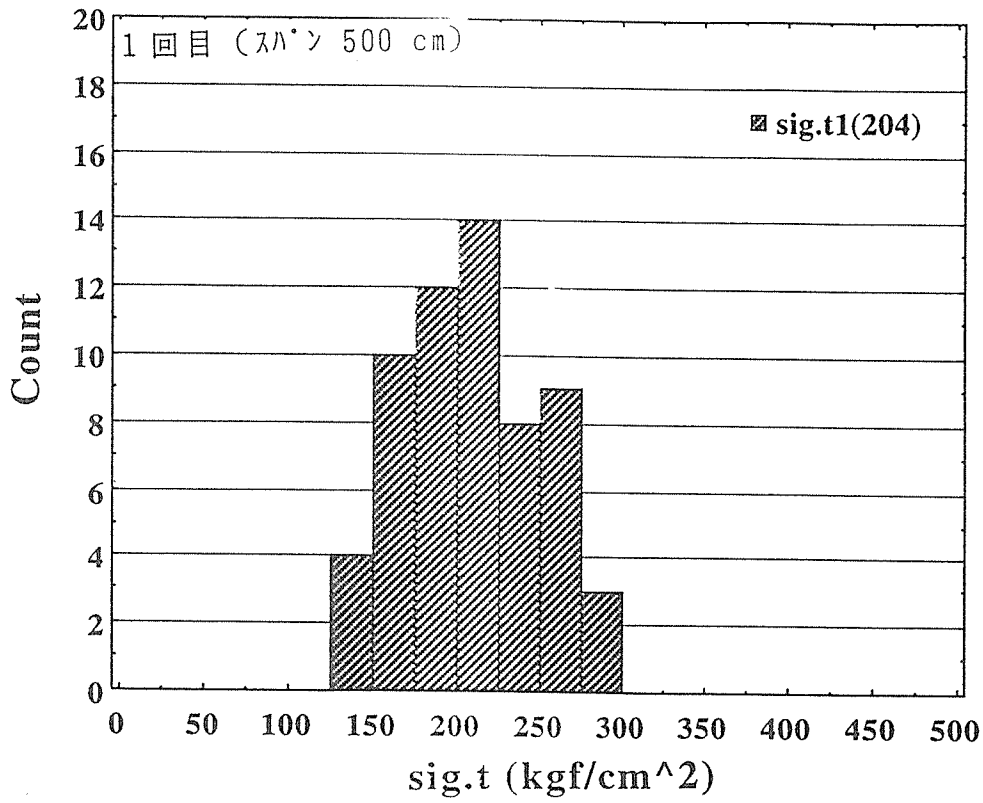


図5 引張強さの分布 (204材)

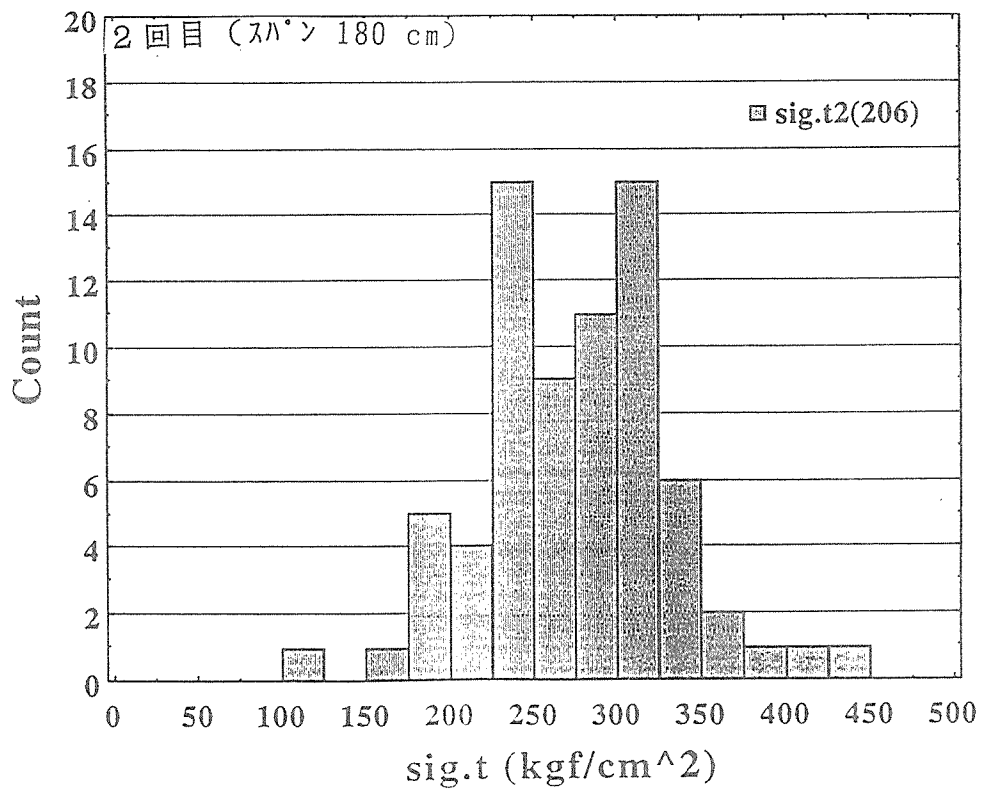
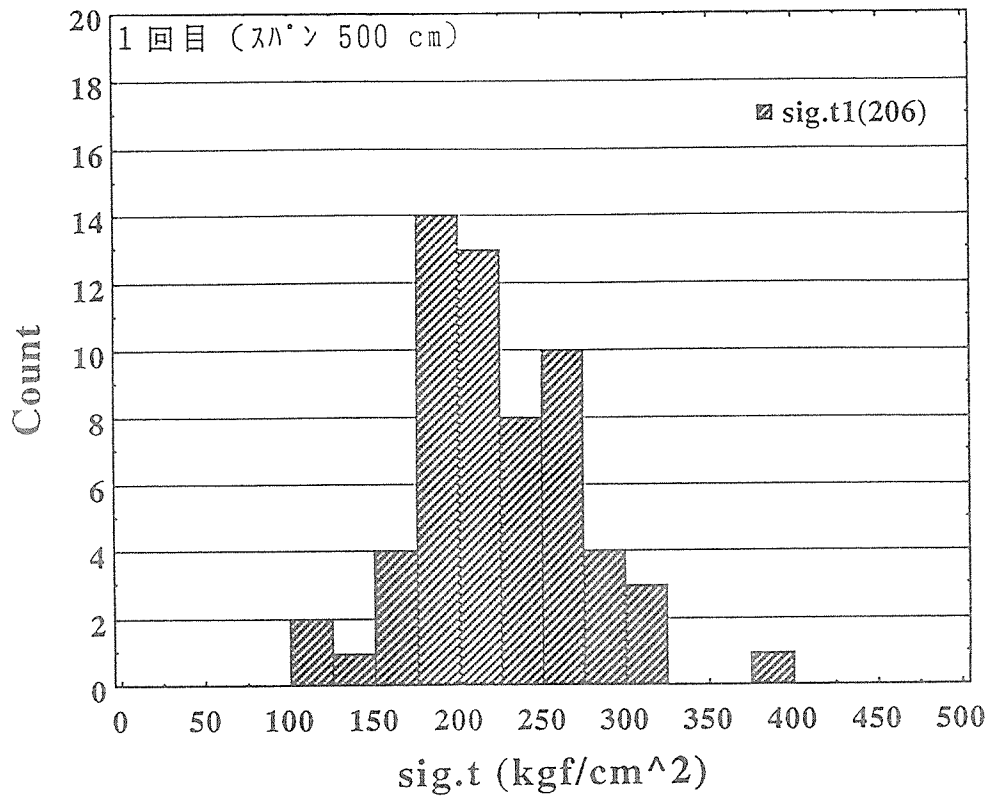


図6 引張強さの分布 (206材)

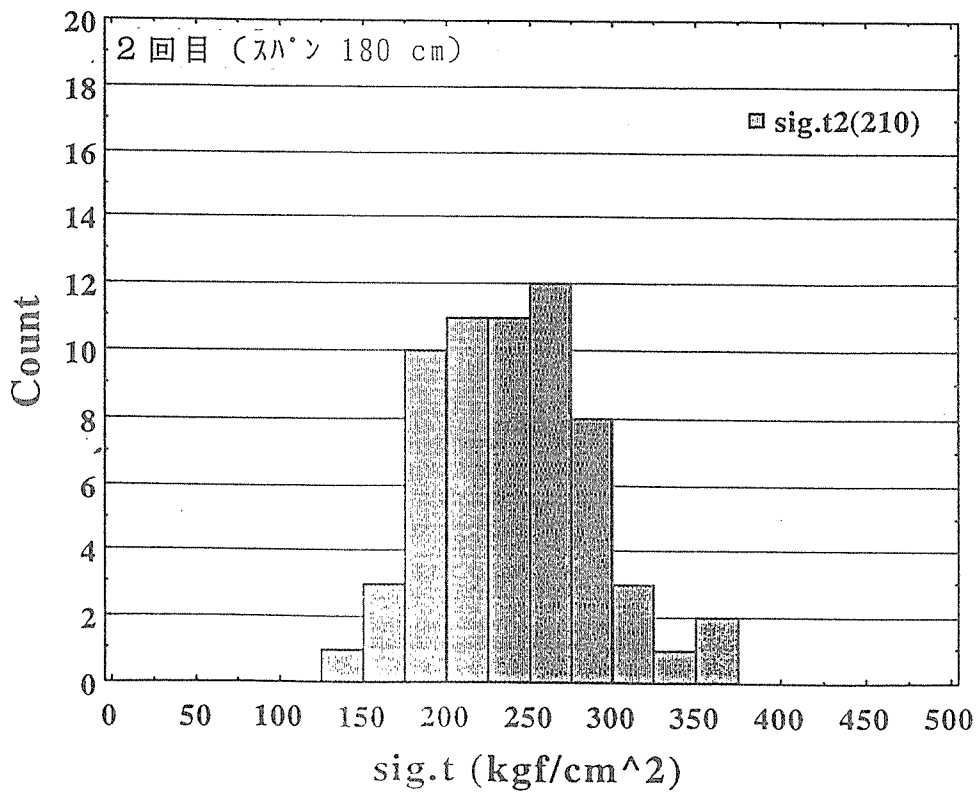
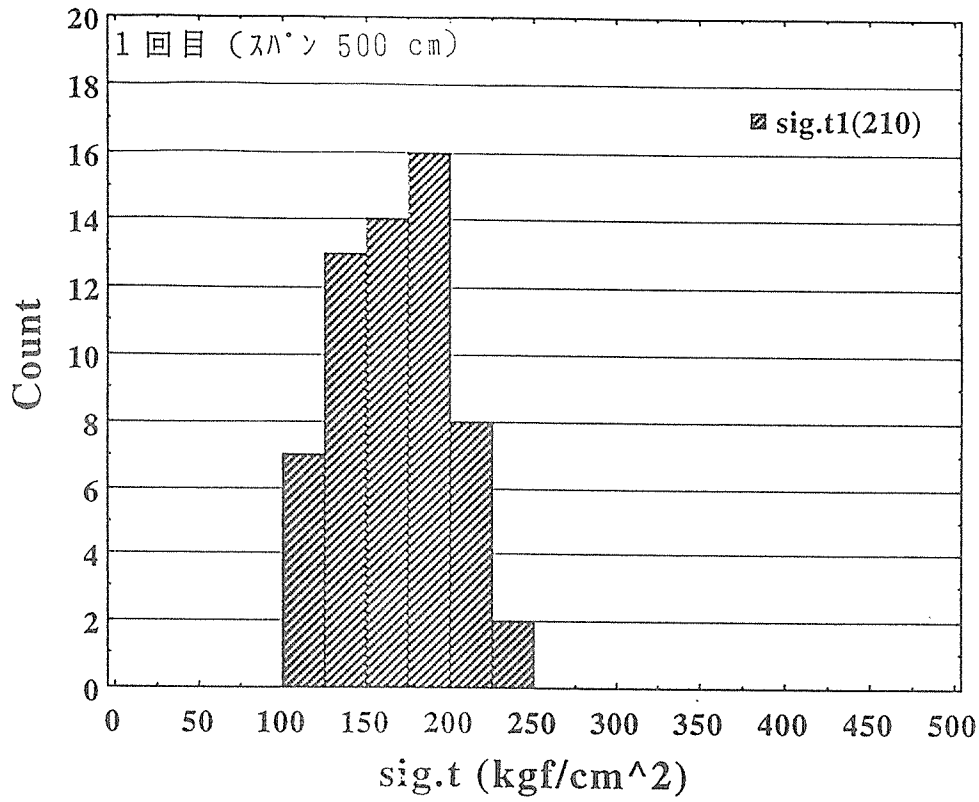


図7 引張強さの分布 (210材)

表 1 引張試験結果 (204材)

TP. No.	b (cm)	h (cm)	SG	MC (%)	Efr (tf/cm ²)	Et (tf/cm ²)	sig.t1 (kgf/cm ²)	sig.t2-1 (kgf/cm ²)	sig.t2-2 (kgf/cm ²)
4001	8.814	3.943	0.471	14.6	119.3	117.9	204	254	257
4002	8.795	3.789	0.475	14.4	120.3	111.6	247	301	
4003	8.825	3.871	0.485	14.1	114.0	97.4	223	274	
4004	8.848	3.831	0.484	14.4	111.1	115.6	194	222	234
4005	8.686	3.760	0.504	13.8	118.6	103.8	235	254	300
4006	8.792	3.829	0.508	14.5	141.3	136.3	222	231	263
4007	8.862	3.949	0.471	12.2	102.6	106.1	161	215	243
4008	8.826	3.800	0.504	14.2	136.8	142.6	171	324	324
4009	8.701	3.824	0.548	14.5	145.3	129.6	294	328	
4010	8.773	3.872	0.529	13.4	124.3	129.4	145	230	310
4011	8.799	3.858	0.481	14.1	118.7	114.2	209	274	
4012	8.878	3.918	0.477	14.7	117.7	97.8	172	302	230
4013	8.868	3.936	0.501	13.9	100.8	82.4	187	266	
4014	8.674	3.808	0.492	14.3	124.5	108.7	232	269	269
4015	8.796	3.921	0.506	13.9	116.1	102.5	271	280	253
4016	8.791	3.810	0.470	14.9	102.3	82.0	175	240	
4017	8.830	3.842	0.511	14.9	114.1	105.9	245	291	287
4018	8.829	3.979	0.468	13.5	104.6	100.6	187	298	248
4019	8.852	3.852	0.536	14.9	135.7	117.9	254	275	301
4020	8.831	3.850	0.490	14.2	136.1	127.4	245	243	
4101	8.772	3.840	0.512	15.2	142.3	131.1	198	259	316
4102	8.786	3.947	0.455	14.5	106.9	106.0	251	268	254
4103	8.827	3.840	0.513	14.4	114.7		205	313	283
4104	8.842	3.765	0.493	15.1	121.7	111.9	202	259	
4105	8.871	3.843	0.509	14.1	110.8	87.2	255	274	
4106	8.795	3.893	0.498	15.3	119.8	107.2	187	225	
4107	8.856	3.837	0.466	14.3	112.0	92.9	274	307	295
4108	8.812	3.876	0.524	14.4	125.9	136.1	219	313	
4109	8.758	3.770	0.498	14.4	129.0	95.2	208	239	
4110	8.846	3.834	0.505	15.2	104.3	101.7	216	247	
4111	8.848	3.882	0.468	14.2	118.4	114.7	174	271	282
4112	8.847	3.937	0.453	14.2	109.3	101.6	178	226	
4113	8.808	3.860	0.523	14.9	129.2	122.0	216	247	311
4114	8.849	3.900	0.482	14.2	94.4	75.7	144	207	258
4115	8.795	3.870	0.475	14.9	114.5	117.0	164	211	347
4116	8.810	3.891	0.480	15.0	107.4	95.6	178	230	324
4117	8.723	3.793	0.510	16.0	102.5	82.5	148	245	
4118	8.823	3.824	0.520	15.8	134.7	124.0	281	322	
4119	8.759	3.750	0.558	14.9	144.5	126.3	276	278	350
4120	8.862	3.774	0.528	15.2	130.3	110.8	266	269	
4201	8.710	3.862	0.500	15.3	103.3	91.9	226	202	
4202	8.823	3.847	0.488	15.4	117.6	103.8	256	291	305
4203	8.854	3.801	0.476	14.7	101.1	87.3	223	282	
4204	8.831	3.909	0.520	14.0	116.1	97.2	169	220	
4205	8.837	3.902	0.491	15.3	109.8	103.7	259	260	
4206	8.819	3.919	0.476	14.4	114.8	98.6	206	256	323
4207	8.860	3.901	0.437	15.4	113.2	98.9	208	279	237
4208	8.863	3.895	0.480	15.3	115.6	112.9	193	262	201
4209	8.829	3.882	0.498	15.3	105.5	74.7	134	244	207
4210	8.819	3.852	0.478	15.6	118.1	111.6	237	254	
4211	8.754	3.909	0.501	15.7	117.8	124.8	233	283	265
4212	8.847	3.869	0.509	15.1	108.0		208	195	
4213	8.815	3.906	0.461	15.2	116.6	115.8	167	248	250
4214	8.835	3.899	0.548	14.0	142.1	120.5	266	315	305
4215	8.799	3.842	0.514	14.9	126.9	127.6	158	264	303
4216	8.847	3.909	0.497	16.2	116.6	118.7	196	230	240
4217	8.792	3.768	0.561	15.2	135.0	124.0	194	251	229
4218	8.904	3.990	0.457	14.3	99.4	92.7	162	232	
4219	8.876	3.857	0.473	13.4	113.8	104.0	196	242	240
4220	8.855	3.874	0.484	15.5	113.6	110.9	160	317	226
n	60	60	60	60	60	58	30 / 60		72 / 96
Mean	8.815	3.863	0.496	14.7	118.0	108.4	209		266
S.D.	0.048	0.055	0.026	0.7	12.4	15.6	40		36
C.V. (%)	0.5	1.4	5.3	4.9	10.5	14.4	18.9		13.4
Min	8.674	3.750	0.437	12.2	94.4	74.7	134		195
Max	8.904	3.990	0.561	16.2	145.3	142.6	294		350

注) 1印はFJカパ破壊に因る引張試験体

表 2 引張試驗結果 (206材)

TP. No.	b (cm)	h (cm)	SG	MC (%)	Efr (tf/cm ²)	Et (tf/cm ²)	sig.t1 (kgf/cm ²)	sig.t2-1 (kgf/cm ²)	sig.t2-2 (kgf/cm ²)
Select 6001	13.922	3.836	0.451	16.2	100.5	94.1	✓ 205	243	
6002	13.887	3.875	0.509	15.6	110.8	104.3	205	216	
6003	13.876	3.781	0.517	14.9	127.4	120.6	✓ 274	✓ 387	
6004	13.994	3.847	0.493	14.9	104.5	95.6	✓ 241	✓ 271	✓ 240
6005	14.023	3.979	0.453	14.0	106.5	98.4	✓ 203	✓ 249	
6006	13.947	3.855	0.465	15.1	106.6	102.6	235	✓ 241	
6007	14.084	3.996	0.461	16.6	103.1	101.0	✓ 308	✓ 335	✓ 243
6008	14.043	3.881	0.488	15.1	100.8	106.9	171	✓ 283	✓ 268
6009	14.021	3.870	0.454	18.4	88.8	83.1	✓ 232	✓ 309	
6010	13.993	3.874	0.518	17.3	124.8	111.4	✓ 264	✓ 333	
6011	13.940	3.812	0.525	16.5	111.4	99.9	255	286	
6012	13.906	3.785	0.569	16.5	143.8	115.6	✓ 383	✓ 403	
6013	14.095	3.987	0.467	18.5	118.0	113.1	✓ 255	✓ 301	
6014	14.009	3.851	0.500	17.3	114.5	115.9	194	✓ 280	✓ 337
6015	14.013	3.812	0.532	17.6	110.0	103.3	246	✓ 300	
6016	13.887	3.843	0.553	16.8	126.7	106.3	273	✓ 309	
6017	14.158	3.890	0.496	17.1	91.9	89.6	160	198	
6018	13.966	3.868	0.558	18.1	131.1	123.6	✓ 303	✓ 329	
6019	13.971	3.978	0.450	16.7	98.0	92.6	252	✓ 282	
6020	13.924	3.793	0.508	18.4	105.0	101.4	209	✓ 284	
△b.2 6101	13.922	3.852	0.488	17.1	111.7	98.4	201	✓ 277	
6102	14.082	3.881	0.451	15.3	108.6	110.9	236	✓ 306	226
6103	13.928	3.779	0.527	15.6	106.0	115.2	180	234	
6104	13.989	3.793	0.485	17.1	122.8	106.5	✓ 262	257	
6105	14.025	3.841	0.541	15.3	133.4	131.7	199	296	
6106	13.978	3.850	0.486	16.8	114.1	101.1	235	✓ 317	
6107	14.011	3.868	0.495	15.1	116.4	107.7	✓ 207	295	
6108	14.033	3.874	0.486	16.3	89.9	76.6	211	✓ 196	
6109	13.989	3.824	0.490	15.6	101.1	94.4	175	258	✓ 262
6110	13.945	3.824	0.477	16.0	126.5	121.9	✓ 252	✓ 309	✓ 321
6111	13.934	3.887	0.481	15.6	107.4	127.8	288	✓ 311	
6112	14.020	3.879	0.493	14.7	104.5	92.3	195	195	✓ 221
6113	13.983	3.854	0.522	16.0	122.6	110.3	184	✓ 246	✓ 259
6114	14.030	3.909	0.526	17.8	108.5	110.2	181	181	
6115	13.999	3.904	0.461	14.8	100.2	112.1	182	231	
6116	13.990	3.856	0.516	15.2	121.2	125.0	211	278	
6117	14.011	3.828	0.492	14.9	130.3	122.6	✓ 263	✓ 273	
6118	13.940	3.839	0.496	15.3	110.8	123.9	154	✓ 318	
6119	13.996	3.878	0.458	13.9	99.7	100.9	178	228	
6120	13.981	3.890	0.468	14.9	107.1	105.6	204	✓ 215	276
△b.2 6201	13.980	3.803	0.492	15.9	109.9	119.3	113	✓ 320	✓ 322
6202	14.123	3.912	0.441	13.9	106.2	110.4	177	✓ 188	
6203	13.985	3.890	0.541	16.1	117.8	125.4	✓ 224	237	
6204	14.183	3.911	0.438	15.4	113.4	107.8	177	✓ 355	
6205	14.237	3.945	0.551	15.1	142.8	114.9	239	✓ 289	
6206	14.112	3.831	0.505	15.6	118.7	104.8	✓ 261	432	
6207	13.949	3.869	0.516	14.6	140.1	130.3	287	123	
6208	13.965	3.835	0.527	15.9	106.0	122.6	173	207	
6209	14.071	3.929	0.446	15.9	123.9	126.7	✓ 215	✓ 266	
6210	14.158	3.937	0.456	15.8	107.2	83.1	114	✓ 302	
6211	14.239	3.915	0.443	14.3	114.8	101.3	175	✓ 325	
6212	14.108	3.905	0.468	16.2	130.1	113.6	✓ 301	✓ 350	
6213	14.197	3.991	0.444	13.8	106.9	88.1	✓ 277	✓ 325	
6214	14.095	3.810	0.515	14.8	109.2	98.6	✓ 179	✓ 242	
6215	14.123	3.872	0.515	20.5	133.6	131.5	191	✓ 248	✓ 301
6216	14.061	3.940	0.477	16.0	109.3	91.3	276	✓ 242	
6217	14.184	3.899	0.493	16.6	101.8	92.0	✓ 126	245	
6218	14.227	3.957	0.516	14.9	124.3	116.3	232	263	
6219	14.208	4.074	0.403	14.4	83.3	82.5	207	✓ 166	
6220	14.105	3.985	0.452	16.8	106.1	99.3	213	✓ 308	
n	60	60	60	60	60	60	✓ 21 / 60		✓ 49 / 72
Mean	14.029	3.879	0.491	16.0	112.9	107.2	220		275
S.D.	0.094	0.061	0.035	1.3	13.1	13.4	50		54
C.V. (%)	0.7	1.6	7.1	8.2	11.6	12.5	22.8		19.8
Min	13.876	3.779	0.403	13.8	83.3	76.6	113		123
Max	14.239	4.074	0.569	20.5	143.8	131.7	383		432

注) 1. 0.01mm 以下は省略し、0.01mm 以上は、0.01mm 単位で示す。

表 8 引張試驗結果 (210材)

TP. No.	b (cm)	h (cm)	SG	MC (%)	Efr (tf/cm ²)	Et (tf/cm ²)	sig.t (kgf/cm ²)	sig.t2-1 (kgf/cm ²)	sig.t2-2 (kgf/cm ²)
Select									
1001	23.570	3.818	0.513	17.4	108.9	96.5	182	282	
1002	23.585	3.895	0.455	16.0	84.3	87.3	124	169	
1003	23.525	3.893	0.469	15.5	110.2	104.9	156	305	
1004	23.435	3.813	0.478	16.1	98.7	90.7	228	243	
1005	23.600	3.829	0.560	17.9	134.9	119.5	211	277	
1006	23.590	3.915	0.496	17.7	81.7	75.3	151	261	
1007	23.510	3.868	0.532	19.2	110.0	89.2	179	298	
1008	23.580	3.977	0.497	16.9	138.2	129.7	211	290	
1009	23.860	3.917	0.434	18.2	104.7	98.8	186	239	
1010	23.565	3.875	0.490	17.7	83.3	76.1	163	230	178
1011	23.430	3.822	0.520	17.0	138.1	137.3	240	271	
1012	23.560	3.870	0.493	18.2	110.1	106.3	160	256	
1013	23.595	3.890	0.458	18.2	104.9	101.3	198	311	
1014	23.700	3.920	0.479	18.0	99.0	96.9	130	195	212
1015	23.600	3.954	0.423	17.6	92.2	87.0	194	215	
1016	23.735	3.949	0.447	17.4	107.8	101.7	180	285	
1017	23.340	3.796	0.468	18.4	101.8	95.3	222	270	
1018	23.560	3.957	0.456	18.2	79.7	62.7	161	172	
1019	23.455	3.905	0.466	18.0	96.2	88.6	188	261	
1020	23.435	3.870	0.488	18.3	109.0	96.0	163	183	
No. 1									
1101	23.230	3.790	0.489	16.9	106.4	95.2	155	201	
1102	23.415	3.820	0.532	16.9	107.0	103.1	189	212	
1103	23.380	3.764	0.493	16.4	113.1	111.0	122	176	
1104	23.410	3.874	0.479	16.6	109.8	86.7	139	226	
1105	23.465	3.836	0.498	18.6	111.3	101.3	155	282	
1106	23.475	3.893	0.466	18.6	104.1	107.7	165	264	
1107	23.510	3.853	0.465	16.2	117.6	112.4	208	249	
1108	23.475	3.851	0.539	18.8	105.4	96.1	218	248	
1109	23.450	3.902	0.483	16.7	107.9	96.6	123	268	
1110	23.320	3.790	0.491	17.1	112.4	102.8	125	286	
1111	23.400	3.780	0.504	16.2	118.5	117.0	181	255	
1112	23.565	3.831	0.460	13.9	116.3	100.1	138	205	
1113	23.410	3.843	0.493	17.5	91.2	106.0	196	180	
1114	23.500	3.863	0.456	16.1	94.1	90.1	145	252	
1115	23.390	3.867	0.514	16.0	123.9	123.3	167	354	
1116	23.495	3.846	0.480	17.2	112.7	88.8	172	209	
1117	23.490	3.860	0.475	17.3	108.9	90.6	126	199	
1118	23.500	3.879	0.479	17.4	91.2	79.0	185	208	
1119	23.465	3.851	0.514	16.7	111.9	94.1	139	263	
1120	23.510	3.884	0.435	17.5	99.5	78.7	201	207	
No. 2									
1201	23.720	3.835	0.454	15.6	109.5	104.1	201	251	
1202	23.600	3.835	0.463	16.2	93.2	91.5	122	220	
1203	23.500	3.869	0.469	16.0	110.3	104.8	111	223	
1204	23.310	3.825	0.438	15.1	95.5	89.8	126	242	
1205	23.510	3.848	0.513	17.8	97.7	82.1	118	128	
1206	23.655	3.877	0.460	16.9	90.0	77.1	185	230	
1207	23.510	3.836	0.464	15.6	114.6	113.0	215	354	
1208	23.555	3.879	0.480	15.5	107.2	103.5	192	215	
1209	23.440	3.799	0.522	18.3	93.8	80.6	144	289	
1210	23.420	3.831	0.555	16.8	111.5	104.3	153	184	
1211	23.550	3.837	0.484	16.5	97.3	91.6	176	198	
1212	23.535	3.825	0.478	18.1	96.1	79.2	126	164	
1213	23.470	3.825	0.522	17.2	107.8	108.3	125	241	
1214	23.510	3.799	0.486	16.8	105.9	97.7	196	238	
1215	23.420	3.821	0.550	17.6	96.1	83.3	168	199	
1216	23.510	3.858	0.471	17.1	89.8	63.4	105	327	
1217	23.570	3.897	0.487	16.0	106.1	94.2	168	258	
1218	23.470	3.787	0.522	16.5	94.0	85.7	198	314	
1219	23.465	3.831	0.512	18.2	105.7	108.4	141	243	
1220	23.550	3.887	0.499	17.1	87.3	80.0	147	199	
n	60	60	60	60	60	60	26/60	60	36/62
Mean	23.506	3.857	0.487	17.1	104.4	96.1	167	240	240
S.D.	0.106	0.046	0.030	1.0	12.3	14.5	33	47	47
C.V. (%)	0.4	1.2	6.2	6.1	11.8	15.0	20.0	19.7	19.7
Min	23.230	3.764	0.423	13.9	79.7	62.7	105	128	128
Max	23.860	3.977	0.560	19.2	138.2	137.3	240	354	354

(注) 1行は丁字が破壊し、他は比試験体。

表4 F J材のヤング係数、引張強さの平均値

寸法形式	等級	N	E_{fr} (tonf/cm ²)	E_t (tonf/cm ²)	T. S. (kgf/cm ²)
204	Select	20	120.2 (9.7)	111.5 (14.4)	214 (16.2)
	No. 1	20	118.6 (10.3)	107.3 (15.1)	212 (16.1)
	No. 2	20	115.2 (9.2)	106.3 (13.3)	203 (18.3)
	全体	60	118.0 (10.5)	108.4 (14.4)	209 (18.9)
206	Select	20	111.2 (12.5)	104.0 (10.1)	243 (21.2)
	No. 1	20	112.2 (10.0)	109.8 (12.4)	210 (16.8)
	No. 2	20	115.3 (12.3)	108.0 (14.4)	208 (26.8)
	全体	60	112.9 (11.6)	107.2 (12.5)	220 (22.8)
210	Select	20	104.7 (16.4)	97.1 (18.1)	181 (17.2)
	No. 1	20	108.2 (8.1)	99.0 (12.0)	163 (18.7)
	No. 2	20	100.5 (8.3)	92.1 (14.3)	156 (21.9)
	全体	60	104.4 (11.8)	96.1 (15.0)	167 (20.0)

注1) ()内は変動係数 (%)

注2) E_{fr} :打撃により求めたヤング係数、 E_t :引張ヤング係数、
T. S.:引張強さ

表5 引張強さの比較 (スパン: 500 cm)

単位: kgf/cm²

寸法 形式	F J が破壊に関与したもの				節などの欠点で破壊したもの			
	N	Mean	C.V.	95 %下限値	N	Mean	C.V.	95 %下限値
204	30	225	16.2 %	165	30	194	19.1 %	133
206	21	249	21.5 %	161	39	205	20.2 %	137
210	26	179	17.9 %	126	34	157	20.0 %	105

N:試験体数、Mean:平均値、C.V.:変動係数

表6 引張強さの比較 (単位: kgf/cm²)

寸法 形式	1回目 (スパン 500 cm)				2回目 (スパン 180 cm)			
	N	Mean	C.V.	95 %下限値	N	Mean	C.V.	95 %下限値
204	60	209	18.9 %	144	96	266	13.4 %	207
206	60	220	22.8 %	138	72	275	19.8 %	185
210	60	167	20.0 %	112	62	240	19.7 %	162

N:試験体数、Mean:平均値、C.V.:変動係数

3. 構造用フィンガージョイント材の引張強度試験（その2）

カナダ国の「NLGA special Products Standard for Fingerjoined Structural Lumber SPS 1」によってカナダの一般工場で製造されたF J材の強度性能試験を実施した。

3-1 試験方法

カナダの一般工場で製造されたSPFの204、206、210 F J材（720 cm長、レゾルシノール樹脂接着剤使用）、S級、1級、2級各15本を用意し、これよりF J部が中央にくるように各等級約30本の210 cm長試験体を採取した。各試験体は幅、長さ、厚さ、重量、含水率を測定後、重錘法、共振法により弾性率を求め、その後引張試験に供した。

重錘法はスパン180 cmでその中央に5～6個の重錘を載せる3点曲げ荷重方式により荷重-ひずみ直線を求め弾性係数を算出した。なお、載荷は表裏両面から行いそれを平均して弾性係数とした。共振法は試験体の一端をハンマーによって叩きその共振周波数より次式により弾性係数を求めた。

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

E f : 弾性係数

f : 共振周波数

l : 材長

ρ : 材の比重

g : 重力加速度

引張試験は飯田工業製引張試験機NET-401型によりクランプ間距離60 cm、荷重速度毎分10,000kgf/cm²で行った。

3-2 試験結果と考察

試験結果を付表1～9に示した。

1) 各等級F J材の強度性能

第1表に供試したSPF 204、206、210-F J材の品質等級別強度性能を、第1図～第3図に引張強度累積度数百分率を示した。これらの図表から明らかなように、いずれの材種においても等級による引張強度の違いは認められず、また、

上位等級であっても変動係数が小さくなるといった傾向も認められない。

第2表は今回の試験結果からASTM-D2915によって求めた信頼水準75%における95%下限値である。この表にはJAS甲種枠組材及び乙種枠組材に見合った要求強度性能を示した(海老原の資料による)。

(1) 材種別強度性能

第2表に材種別にまとめた引張試験結果を示した。これによると材幅の最も大きい210材が若干低いようであるが、弾性係数も低く、供試した材そのものの強度が低かったことも考えれる。

(2) 引張試験におけるFJ材の破壊形態

引張試験におけるFJ材の破壊はフィンガーの引き抜け(A)、フィンガー根元部の破断(B)、(A)と(B)の混合(AB)、及び節部からの破断(C)によるものと分けられる。第4表はこれらFJ材の破壊形態とその割合を材種別に示したものである。

これによると、破断形態の等級による一定の傾向は認められないが、材種別にみると204→206→210材と材幅が増すにつれて節部で破断するものが多くなっている。これは材幅が大きくなるに従い相対的に許容され節も大きなものとなり、その結果節部からの破断割合が大きくなったものと考えられる。

第5表は、材種別に節部から破壊したものとFJ部から破壊したものの強度性能を見たものである。明らかに節部から破壊しているFJ材の性能は弾性係数においても強度性能においても、FJ部破断のものに比べてかなり劣っている。特に、最低強度値は顕著である。この意味では、FJ材は節多くを含む一般材よりは強度的に優れているといえようが、FJ部から破壊するものが50%以上はあり、やはり健全材に比べれば安定はしているが優れているとはいえない。

2) 重錘法と共振法による弾性係数の比較

重錘法による弾性係数と共振法による弾性係数との関係を第4図～第6図に示した。両者はディメンジョンランバーと同様に高い相関を示した。

3) FJ材における弾性係数及び比重と引張強度との相関

第7図～第9図は共振法による弾性係数と引張強度の関係を示したもので、これも、従来ディメンジョンランバーについて報告されている程度の相関は認められる。なお、比重と弾性係数及び引張強度とは相関係数も極めて低く、相関は認められなかった。

第1表 F J 材の等級別平均強度性能

G	204材			206材			210材					
	n	Ef	Et	St	n	Ef	Et	St	n	Ef	Et	St
	90	116.1 (12.2)	103.8 (12.4)	270.8 (15.7)	94	112.1 (12.4)	101.4 (12.0)	283.4 (19.6)	90	103.1 (15.0)	93.7 (13.3)	252.1 (22.5)
S	30	117.6 (11.1)	106.4 (11.4)	265.5 (14.1)	30	109.3 (11.0)	98.8 (11.2)	290.8 (21.1)	30	100.9 (16.8)	90.0 (13.6)	257.3 (21.6)
1	30	115.2 (13.4)	102.7 (14.0)	270.2 (18.8)	30	111.2 (12.1)	101.8 (11.8)	268.9 (21.0)	30	103.9 (16.4)	95.5 (12.6)	250.2 (21.9)
2	30	115.8 (11.9)	102.3 (11.4)	276.7 (13.4)	34	115.3 (13.1)	103.3 (12.5)	289.8 (15.9)	30	104.5 (10.9)	94.6 (13.1)	248.7 (23.9)

G : 等級 n:個数 () 内は変動係数 (%) Ef:共振法による弾性係数 (tonf/cm²)
 Eb:重錘法による弾性係数 (tonf/cm²) St:引張強さ (kgf/cm²)

第2表 F J 材引張強度の95%下限値¹⁾と基準値²⁾ (kgf/cm²)

		等級				
		# S	# 1	# 2	# 3	
下限値	204材	195	175	207		
	206材	176	163	204		
	210材	153	148	138		
基準値	甲種	①	371	320	253	152
		②	330	285	225	135
	乙種		コストラクツヨソ	スタツダート	1-ティリティ	
		①	202	169	101	
		②	180	150	90	

- 1) 下限値の信頼水準：75%
 2) ①は変動係数15%として計算した95%下限値
 ②は許容応力度の3倍として計算した値

第3表 全供試SPF-FJ材の引張試験結果

	S G	M C	E b	E f	S t
204材					
n	90	90	90	90	90
Mean	0.49	16.3	103.8	116.2	271
SD	0.03	3.2	12.9	14.1	42.5
CV(%)	5.9	19.8	12.4	12.2	15.7
Min.	0.43	5.6	63.2	79.5	145
Max.	0.57	23.9	141.8	163.0	385
206材					
n	94	94	94	94	94
Mean	0.48	16.3	101.4	112.1	283
SD	0.04	3.8	12.2	13.9	55.6
CV(%)	7.3	23.5	12.0	12.4	19.6
Min.	0.42	7.0	71.9	80.2	152
Max.	0.57	24.4	131.0	152.1	433
210材					
n	30	30	30	30	30
Mean	0.47	14.2	93.7	103.1	252
SD	0.04	3.0	12.4	15.4	56.7
CV(%)	8.2	21.4	13.3	15.0	22.5
Min.	0.40	7.6	62.9	52.8	101
Max.	0.56	23.1	123.8	134.6	359

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

S t : 引張強さ kgf/cm^2

第4表 引張試験におけるF J材の破壊形態その割合

材種	等級	n	A (1)	A B (2)	B (3)	(1+2+3)	C
204	#S	30	3 (10.0)	7 (23.3)	16 (53.3)	26 (86.7)	4 (13.3)
	#1	30	1 (3.3)	8 (26.7)	17 (56.7)	26 (86.7)	4 (13.3)
	#2	30	5 (16.7)	2 (6.7)	15 (50.0)	22 (73.3)	8 (26.7)
(小計)		90	9 (10.0)	17 (18.9)	48 (53.3)	74 (82.2)	16 (17.8)
206	#S	30	1 (3.3)	0 (0)	19 (63.3)	20 (66.7)	10 (33.3)
	#1	30	4 (13.3)	5 (16.7)	8 (26.7)	17 (56.7)	13 (43.3)
	#2	34	7 (20.6)	5 (14.7)	15 (44.1)	27 (79.4)	7 (20.6)
(小計)		94	12 (12.8)	10 (10.6)	42 (44.7)	64 (68.1)	30 (31.9)
210	#S	30	0 (0)	1 (3.3)	17 (56.7)	18 (60.0)	12 (40.0)
	#1	30	1 (3.3)	3 (10.0)	16 (53.3)	20 (66.7)	10 (33.3)
	#2	30	0 (0)	2 (6.7)	16 (53.3)	18 (60.0)	12 (40.0)
(小計)		90	1 (1.1)	6 (6.4)	49 (54.4)	56 (62.2)	34 (37.8)

A : フィンガーの引き抜け破壊

A B : フィンガーの根元及び引き抜けの混合破壊

B : フィンガーの根元破壊

C : 節部から破壊

第5表 F J材破壊形態別強度性能

	F J 部破壊			節部破壊		
	E b	E f	S t	E b	E f	S t
2 0 4 材						
n	74	74	74	16	16	16
Mean	106.4	118.5	278	92.0	105.4	237
SD	11.0	12.2	37.6	14.4	17.0	47.2
CV(%)	10.4	10.3	13.5	15.7	16.2	19.9
Min	84.3	95.5	204	63.2	79.5	145
Max	141.8	163.0	385	123.0	150.4	310
2 0 6 材						
n	64	64	64	30	30	30
Mean	104.3	115.5	302	95.2	104.7	245
SD	11.8	13.7	48.5	10.5	11.2	49.3
CV(%)	11.3	11.8	16.1	11.1	10.7	20.2
Min	78.7	83.5	199	71.9	80.2	152
Max	131.0	152.1	433	114.4	125.7	338
2 1 0 材						
n	56	56	56	34	34	34
Mean	95.1	106.1	267	91.2	98.2	228
SD	10.7	13.1	45.6	14.5	17.5	64.7
CV(%)	11.3	12.4	17.1	15.9	17.9	28.3
Min	68.9	72.5	157	62.9	52.8	100
Max	123.8	134.6	359	122.1	134.3	346

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-1 S P F-2 0 4 F J 材の引張試験結果 (その1 : # S)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
S01-1	0.52	15.2	116.4	132.4	293	AB
S01-2	0.47	16.3	101.0	114.9	211	B
S02-1	0.55	20.6	122.3	129.8	246	AB
S02-2	0.53	18.0	116.0	126.1	274	B
S03-1	0.50	16.3	84.3	102.1	248	B
S03-2	0.52	20.3	118.5	132.9	331	AB
S04-1	0.45	12.6	108.0	115.4	262	AB
S04-2	0.48	11.4	102.4	121.8	239	A
S05-1	0.51	16.1	128.9	143.2	292	A
S05-2	0.50	14.1	90.5	104.2	176	C
S06-1	0.51	14.5	113.8	117.0	298	B
S06-2	0.52	17.7	117.9	109.5	284	AB
S07-1	0.46	12.4	107.5	111.8	230	B
S07-2	0.50	15.6	101.4	115.2	247	B
S08-1	0.46	14.1	112.9	126.9	307	B
S08-2	0.50	15.8	116.3	131.8	275	B
S09-1	0.48	14.1	81.3	87.8	256	C
S09-2	0.44	11.3	111.5	124.5	217	B
S10-1	0.51	18.4	109.0	130.4	316	B
S10-2	0.50	15.1	107.4	117.7	287	B
S11-1	0.52	15.4	114.7	128.8	293	AB
S11-2	0.49	16.3	109.0	120.4	308	B
S12-1	0.49	17.0	105.2	113.7	332	B
S12-2	0.48	16.5	98.1	105.5	276	B
S13-1	0.51	22.0	102.2	118.0	268	B
S13-2	0.50	18.0	84.8	93.6	193	BC
S14-1	0.47	12.5	110.4	120.9	231	A
S14-2	0.45	10.5	103.0	116.7	261	B
S15-1	0.44	12.6	118.4	126.2	264	AB
S15-2	0.48	18.0	79.8	88.1	251	C
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.49	15.6	106.4	117.6	265	-
SD	0.03	2.8	12.1	13.0	37.4	-
CV(%)	5.4	17.7	11.4	11.1	14.1	-
Min.	0.44	10.5	79.8	87.8	176	-
Max.	0.55	22.0	128.9	143.2	332	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-2 S P F-2 0 4 F J 材の引張試験結果 (その 2 : # 1)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
101-1	0.50	14.5	90.4	102.9	288	B
101-2	0.50	15.4	99.2	106.8	247	B
102-1	0.51	12.1	107.2	118.0	322	AB
102-2	0.50	12.7	108.9	110.8	300	B
103-1	0.46	12.8	109.1	125.7	252	A
103-2	0.47	10.0	97.0	112.5	270	B
104-1	0.46	15.2	90.5	99.6	245	B
104-2	0.47	16.7	98.4	111.9	261	B
105-1	0.49	14.3	102.8	111.7	281	B
105-2	0.48	17.0	77.0	86.4	157	C
106-1	0.49	16.8	96.2	110.1	225	B
106-2	0.49	22.1	103.4	118.9	250	B
107-1	0.52	21.9	99.5	112.9	322	B
107-2	0.48	15.6	94.5	105.0	264	B
108-1	0.52	18.9	63.2	79.5	145	BC
108-2	0.51	17.2	113.7	128.4	245	AB
109-1	0.52	16.4	113.0	123.3	296	AB
109-2	0.53	17.7	117.7	128.7	307	AB
110-1	0.48	14.5	109.2	120.9	313	B
110-2	0.47	5.6	95.4	110.2	217	B
111-1	0.52	15.0	105.8	119.0	216	C
111-2	0.44	10.2	109.7	121.9	276	AB
112-1	0.51	19.4	94.4	107.3	255	AC
112-2	0.56	22.0	141.8	163.0	385	AB
113-1	0.48	17.9	113.9	130.5	341	B
113-2	0.50	16.1	91.0	105.4	273	B
114-1	0.48	15.7	110.5	122.7	295	AB
114-2	0.51	14.7	108.7	119.8	287	AB
115-1	0.47	16.1	91.3	99.1	224	B
115-2	0.50	18.2	128.9	141.6	349	B
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.49	15.8	102.7	115.1	270	-
SD	0.02	3.5	14.3	15.4	50.7	-
CV(%)	4.9	22.2	14.0	13.4	18.8	-
Min.	0.44	5.6	63.2	79.5	145	-
Max.	0.56	22.1	141.8	163.0	385	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-3 S P F-2 0 4 F J 材の引張試験結果 (その 3 : # 2)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
201-1	0.43	15.4	82.6	101.3	279	BC
201-2	0.47	15.6	108.4	127.2	204	B
202-1	0.46	19.6	95.3	108.4	257	AB
202-2	0.45	13.0	89.6	104.9	307	BC
203-1	0.46	15.7	100.9	111.9	272	B
203-2	0.47	18.4	95.2	105.5	227	AB
204-1	0.50	16.7	102.6	110.7	311	B
204-2	0.54	23.5	89.9	98.9	236	C
205-1	0.53	21.6	116.1	132.6	234	B
205-2	0.55	23.9	112.9	123.3	299	B
206-1	0.48	16.9	106.3	118.0	293	B
206-2	0.51	19.9	109.5	120.1	252	BC
207-1	0.57	23.5	138.3	152.8	307	A
207-2	0.48	17.0	92.2	102.0	248	B
208-1	0.47	15.8	102.0	116.4	334	A
208-2	0.46	18.7	97.8	112.7	277	C
209-1	0.53	20.5	123.0	150.4	241	C
209-2	0.44	13.3	91.6	95.5	298	B
210-1	0.46	14.1	93.0	101.3	238	B
210-2	0.47	15.7	92.3	108.2	310	C
211-1	0.44	13.3	109.5	119.9	317	B
211-2	0.48	19.3	100.5	110.3	272	AB
212-1	0.48	20.5	89.7	101.1	332	B
212-2	0.47	16.9	113.3	126.8	369	B
213-1	0.48	13.5	94.1	118.0	253	A
213-2	0.52	17.4	111.9	130.2	268	A
214-1	0.55	17.1	111.1	123.5	238	C
214-2	0.50	16.3	109.9	127.1	307	A
215-1	0.49	15.7	93.6	106.7	276	B
215-2	0.52	17.6	96.0	107.7	249	B
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.49	17.5	102.3	115.8	277	-
SD	0.03	3.0	11.7	13.8	37.2	-
CV(%)	7.1	17.1	11.4	11.9	13.4	-
Min.	0.43	13.0	82.6	95.5	204	-
Max.	0.57	23.9	138.4	152.8	369	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E t : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

E b : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-4 S P F - 2 0 6 F J 材の引張試験結果 (その1 : # S)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
S01-1	0.49	19.5	96.9	104.3	309	B
S01-2	0.54	24.4	110.7	121.9	294	B
S02-1	0.43	16.7	88.7	100.5	286	B
S02-2	0.43	10.1	102.0	111.4	338	C
S03-1	0.46	12.0	80.3	83.5	176	BC
S03-2	0.49	21.9	98.6	104.3	263	C
S04-1	0.43	14.5	81.3	91.2	185	C
S04-2	0.45	16.9	91.7	110.5	267	B
S05-1	0.49	22.1	94.8	106.8	268	B
S05-2	0.46	24.2	87.3	103.3	279	C
S06-1	0.51	20.6	110.7	122.9	287	AC
S06-2	0.49	16.9	96.3	108.2	168	ABC
S07-1	0.50	23.5	110.3	122.8	334	B
S07-2	0.47	19.5	114.1	123.9	365	B
S08-1	0.52	21.8	100.6	115.1	348	B
S08-2	0.50	21.1	100.7	107.1	247	B
S09-1	0.51	22.2	99.4	114.3	396	B
S09-2	0.52	19.3	109.9	122.0	433	B
S10-1	0.47	17.0	101.4	111.1	260	BC
S10-2	0.49	22.6	88.0	100.2	329	B
S11-1	0.45	17.1	93.7	105.9	308	C
S11-2	0.45	17.2	100.2	108.0	294	B
S12-1	0.51	21.2	115.9	111.5	227	A
S12-2	0.47	19.1	107.9	120.8	268	C
S13-1	0.51	22.5	92.3	95.8	274	B
S13-2	0.49	21.1	78.7	83.5	220	B
S14-1	0.48	18.1	80.7	94.5	267	B
S14-2	0.49	20.0	100.6	111.4	313	B
S15-1	0.57	23.4	120.6	133.2	385	B
S15-2	0.54	23.0	111.1	127.9	249	B
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.49	19.7	98.8	109.3	291	-
SD	0.03	3.4	11.1	12.0	61.3	-
CV(%)	7.1	17.4	11.2	11.0	21.1	-
Min.	0.43	10.1	78.7	83.5	168	-
Max.	0.57	24.4	120.6	133.2	432	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-5 S P F - 2 0 6 F J 材の引張試験結果 (その 2 : # 1)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
101-1	0.46	7.0	110.8	125.5	300	A
101-2	0.52	9.5	116.0	124.4	351	B
102-1	0.53	17.7	128.4	141.9	333	A
102-2	0.42	13.5	114.4	120.4	311	BC
103-1	0.48	20.8	108.3	120.6	332	A
103-2	0.50	19.7	110.5	129.7	309	B
104-1	0.47	17.1	108.0	117.7	267	AB
104-2	0.52	15.9	102.0	110.1	230	BC
105-1	0.42	13.2	107.8	118.2	256	AB
105-2	0.45	11.7	93.3	106.9	215	C
106-1	0.51	13.7	86.6	93.4	185	C
106-2	0.48	13.9	106.3	106.9	320	AC
107-1	0.46	13.9	101.2	111.1	349	B
107-2	0.49	16.6	101.5	109.1	269	BC
108-1	0.48	16.9	93.4	98.7	258	C
108-2	0.52	18.4	108.8	116.0	314	B
109-1	0.46	13.6	101.7	104.0	288	A
109-2	0.49	14.0	104.9	115.6	199	AB
110-1	0.47	15.0	81.5	89.2	229	B
110-2	0.42	15.6	71.9	80.2	152	C
111-1	0.53	20.7	109.5	118.0	251	AB
111-2	0.55	19.9	113.4	125.7	266	BC
112-1	0.44	12.8	93.4	101.9	236	B
112-2	0.49	17.6	101.8	114.9	249	C
113-1	0.45	16.4	78.9	86.5	178	C
113-2	0.45	15.3	96.1	107.4	278	B
114-1	0.54	19.2	99.3	105.5	239	C
114-2	0.53	20.1	84.7	99.1	313	C
115-1	0.52	18.0	114.3	128.8	342	B
115-2	0.46	15.8	101.4	108.0	371	AB
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.49	15.8	101.8	111.2	269	-
SD	0.03	3.2	12.0	13.5	56.5	-
CV(%)	7.0	20.3	11.2	12.1	21.0	-
Min.	0.42	7.0	71.9	80.2	152	-
Max.	0.55	20.8	128.4	141.9	371	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-6 S P F - 2 0 6 F J 材の引張試験結果 (その3 : # 2)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
201-1	0.45	15.2	93.4	101.8	293	AB
201-2	0.50	15.1	120.4	135.3	304	AB
202-1	0.44	14.2	87.4	94.4	236	B
202-2	0.52	14.2	111.4	130.0	232	A
203-1	0.45	12.8	98.1	114.9	288	A
203-2	0.50	12.3	94.1	108.6	268	B
204-1	0.43	10.4	86.2	99.1	180	C
204-2	0.53	19.9	98.6	111.7	217	C
205-1	0.48	15.8	114.5	118.9	296	B
205-2	0.43	11.3	109.0	120.3	380	A
206-1	0.42	12.2	99.7	99.6	266	C
206-2	0.44	11.1	116.5	121.8	300	AB
207-1	0.51	15.8	117.6	131.8	336	B
207-2	0.51	16.4	131.0	146.0	346	A
208-1	0.44	14.5	83.4	94.2	278	B
208-2	0.46	11.1	80.4	88.5	306	C
209-1	0.43	11.6	101.6	115.4	354	A
209-2	0.43	13.0	81.2	89.4	268	B
210-1	0.49	16.7	112.3	129.4	315	B
210-2	0.51	15.1	96.4	107.8	253	C
211-1	0.44	14.3	87.4	100.2	268	C
211-2	0.44	12.8	96.1	112.7	364	AB
212-1	0.48	14.8	117.1	129.2	331	B
212-2	0.50	13.7	100.4	119.2	282	B
213-1	0.52	15.6	105.1	119.2	279	B
213-2	0.51	15.7	107.9	121.3	242	B
214-1	0.54	15.5	130.8	152.1	340	A
214-2	0.49	13.8	119.3	133.5	328	A
215-1	0.52	13.5	100.9	113.0	210	B
215-2	0.45	11.5	103.3	112.1	273	B
216-1	0.49	9.9	95.9	113.3	319	B
216-2	0.50	14.4	99.0	113.3	253	C
217-1	0.44	12.9	108.7	99.6	298	AB
217-2	0.44	11.2	108.2	123.5	352	B
n	34	34	34	34	34	34
Mean	0.47	13.8	103.3	115.3	290	-
SD	0.04	2.1	12.9	15.1	46.1	-
CV(%)	7.4	15.3	12.5	13.1	15.9	-
Min.	0.42	9.9	80.4	88.5	180	-
Max.	0.54	19.9	131.0	152.1	380	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-7 S P F - 2 1 0 F J 材の引張試験結果 (その 1 : # S)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
S01-1	0.47	15.7	69.4	78.5	110	C
S01-2	0.48	23.1	62.9	73.4	150	BC
S02-1	0.54	17.2	113.2	121.2	299	BC
S02-2	0.49	15.0	88.8	106.4	232	B
S03-1	0.48	15.1	105.0	86.6	186	AC
S03-2	0.49	13.9	96.6	90.5	269	AC
S04-1	0.54	16.7	79.1	90.5	257	B
S04-2	0.49	14.8	94.5	111.7	273	C
S05-1	0.45	14.4	88.1	78.4	256	B
S05-2	0.49	14.3	105.2	125.7	340	B
S06-1	0.43	15.1	68.9	74.8	191	B
S06-2	0.41	8.8	78.4	92.6	235	B
S07-1	0.48	18.5	96.6	109.8	246	BC
S07-2	0.45	11.6	91.7	108.3	287	B
S08-1	0.47	15.6	91.8	102.7	248	B
S08-2	0.49	18.8	108.3	122.3	346	BC
S09-1	0.47	8.4	98.3	121.7	234	AB
S09-2	0.41	10.7	84.9	101.6	240	B
S10-1	0.45	14.7	75.6	90.9	198	C
S10-2	0.53	16.9	97.9	113.6	328	B
S11-1	0.51	15.3	80.1	88.4	273	B
S11-2	0.53	15.0	93.3	103.4	332	B
S12-1	0.51	12.7	97.8	115.3	295	B
S12-2	0.53	20.1	115.8	134.6	359	B
S13-1	0.45	16.2	92.1	99.7	216	B
S13-2	0.52	22.5	93.0	107.9	228	BC
S14-1	0.45	13.7	88.1	77.7	260	ABC
S14-2	0.44	13.0	92.1	72.5	292	B
215-1	0.47	12.4	96.9	114.3	273	B
S15-2	0.49	16.1	83.7	111.1	270	BC
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.48	15.2	90.9	100.9	257	-
SD	0.04	3.3	12.4	16.9	55.6	-
CV(%)	7.4	21.5	13.6	16.8	21.6	-
Min.	0.41	8.4	62.9	72.5	110	-
Max.	0.54	23.1	115.8	134.6	359	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-8 S P F-2 1 0 F J材の引張試験結果 (その2 : # 1)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
101-1	0.48	16.1	109.8	122.6	315	A
101-2	0.45	13.6	74.4	86.9	213	AC
102-1	0.47	12.9	97.9	108.6	283	B
102-2	0.49	14.7	109.9	87.8	294	B
103-1	0.50	15.8	80.0	52.8	173	C
103-2	0.44	15.2	81.9	91.4	265	B
104-1	0.46	14.3	102.0	113.8	271	B
104-2	0.41	8.8	85.7	101.5	163	C
105-1	0.44	11.9	96.1	112.5	269	B
105-2	0.44	12.0	118.0	63.0	101	C
106-1	0.48	12.1	115.4	131.0	318	AB
106-2	0.43	13.1	82.8	89.0	224	B
107-1	0.47	12.4	104.9	118.4	281	B
107-2	0.46	14.7	96.4	113.2	228	AB
108-1	0.50	8.1	94.3	110.2	273	B
108-2	0.56	21.0	108.1	122.1	255	AB
109-1	0.46	12.8	89.6	106.2	311	C
109-2	0.45	10.8	86.8	88.4	265	B
110-1	0.40	7.6	75.3	89.9	172	BC
110-2	0.43	12.1	95.0	110.6	254	B
111-1	0.52	12.6	94.7	112.0	241	B
111-2	0.47	18.3	88.8	99.6	297	B
112-1	0.47	15.6	99.9	107.3	210	B
112-2	0.48	11.5	103.0	112.0	269	B
113-1	0.55	19.1	122.1	134.3	309	BC
113-2	0.45	15.5	97.7	109.1	326	AC
114-1	0.48	14.7	83.7	92.2	210	BC
114-2	0.43	9.6	88.8	105.1	309	B
115-1	0.49	14.7	86.3	104.3	157	B
115-2	0.44	12.6	94.9	112.3	252	C
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.47	13.5	95.5	103.9	250	-
SD	0.04	3.0	12.1	17.1	54.7	-
CV(%)	7.6	22.1	12.6	16.4	21.9	-
Min.	0.40	7.6	74.4	52.8	101	-
Max.	0.56	21.0	122.1	134.3	326	-

S G : 比重

M C : 含水率 %

E b : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ S t : 引張強さ kgf/cm^2

付表-9 S P F-2 1 0 F J 材の引張試験結果 (その 3 : # 2)

N o .	S G	M C	E b	E f	S t	破壊形態
201-1	0.43	11.5	83.4	98.0	204	B
201-2	0.47	11.5	123.8	84.3	345	AB
202-1	0.42	10.5	109.8	117.5	325	AB
202-2	0.46	12.6	83.1	96.7	216	BC
203-1	0.49	18.2	105.3	118.8	239	B
203-2	0.42	14.0	90.0	98.5	346	B
204-1	0.51	14.3	87.4	112.2	267	C
204-2	0.48	13.6	77.8	87.1	221	C
205-1	0.41	11.3	79.6	95.8	245	B
205-2	0.45	14.0	81.2	90.1	244	BC
206-1	0.44	14.0	86.6	99.8	177	B
206-2	0.41	9.2	96.5	104.1	158	B
207-1	0.50	15.7	108.0	117.2	231	BC
207-2	0.46	14.9	99.4	109.5	296	B
208-1	0.48	16.2	67.1	75.6	100	C
208-2	0.40	8.1	81.7	93.6	235	B
209-1	0.47	12.9	97.8	107.5	178	BC
209-2	0.44	13.0	86.6	110.7	248	B
210-1	0.50	14.3	85.7	104.9	219	AC
210-2	0.56	18.8	114.3	100.9	302	BC
211-1	0.52	13.2	94.9	97.8	134	AC
211-2	0.41	13.0	106.2	112.8	258	B
212-1	0.45	16.2	95.0	110.9	288	B
212-2	0.46	17.0	96.6	105.7	271	B
213-1	0.49	16.2	111.1	119.5	339	B
213-2	0.46	13.4	90.5	108.0	285	B
214-1	0.46	11.5	92.3	100.0	305	C
214-2	0.53	13.5	97.0	115.8	225	B
215-1	0.55	17.8	104.2	119.6	275	BC
215-2	0.55	17.8	104.6	122.8	286	B
n	30	30	30	30	30	30
Mean	0.47	13.9	94.6	104.5	249	-
SD	0.04	2.6	12.4	11.4	59.5	-
CV (%)	9.2	18.5	13.1	10.9	23.9	-
Min.	0.40	8.1	67.1	75.6	101	-
Max.	0.56	18.8	123.9	122.8	346	-

S G : 比重

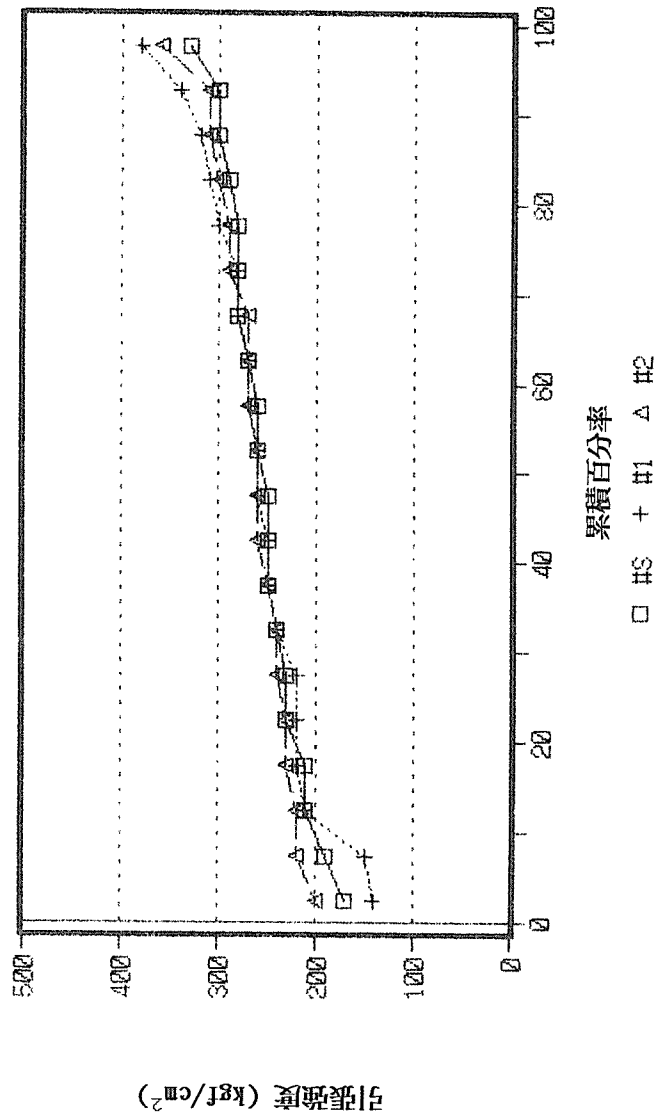
M C : 含水率 %

E t : 重錘法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

E f : 共振法による弾性係数 $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$

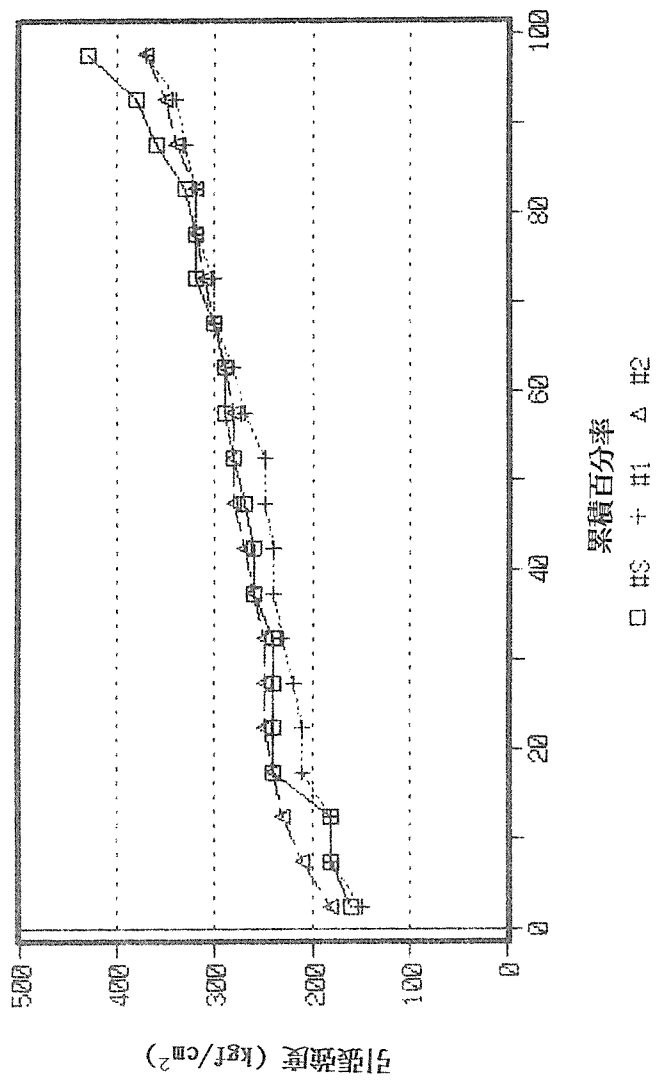
S t : 引張強さ kgf/cm^2

2x4



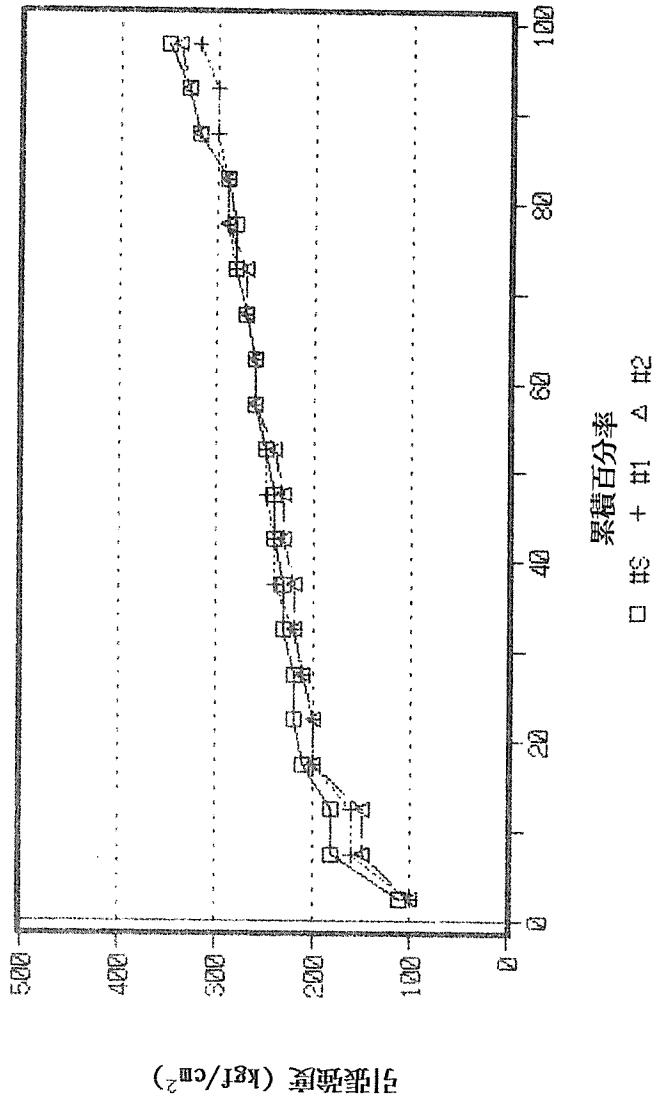
第1図 FJ204材の引張強度-累積度数百分率

2x6

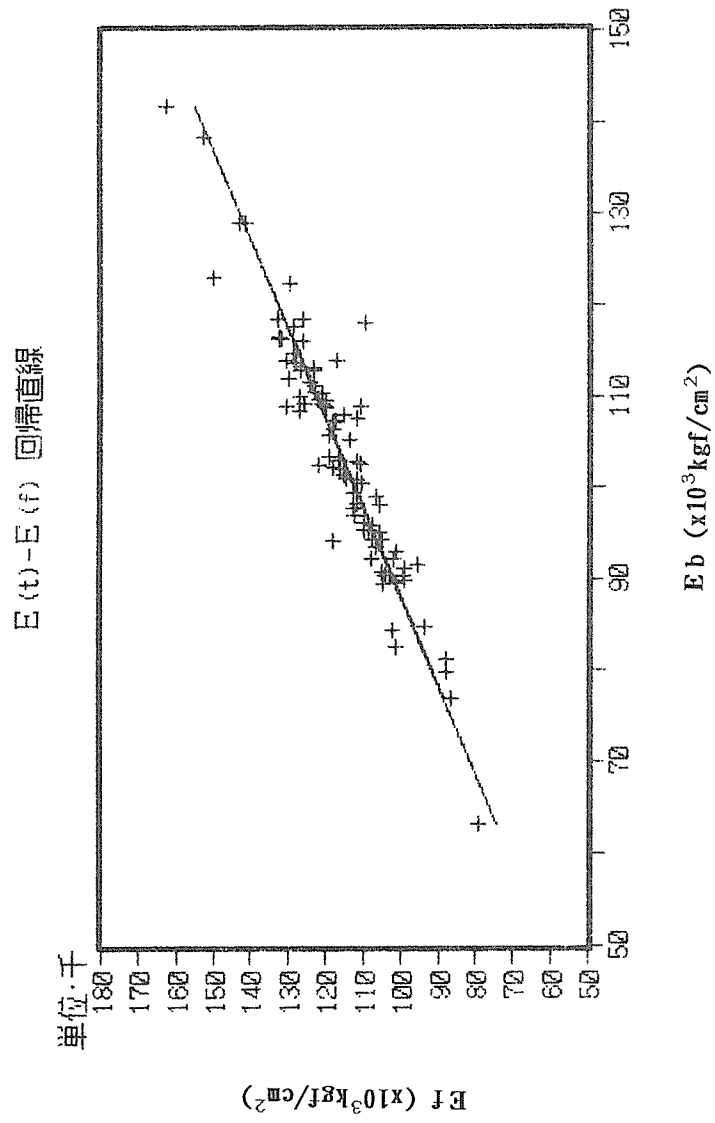


第2図 FJ206材の引張強度-累積度数百分率

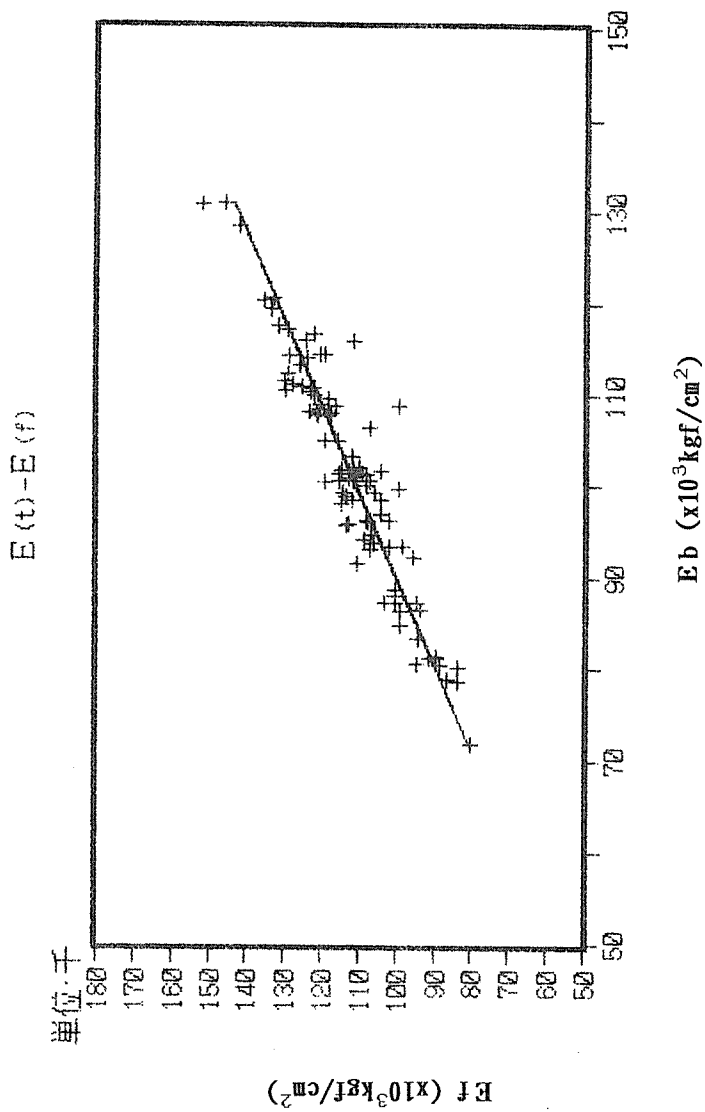
2x10



第3図 FJ210材の引張強度-累積度数百分率



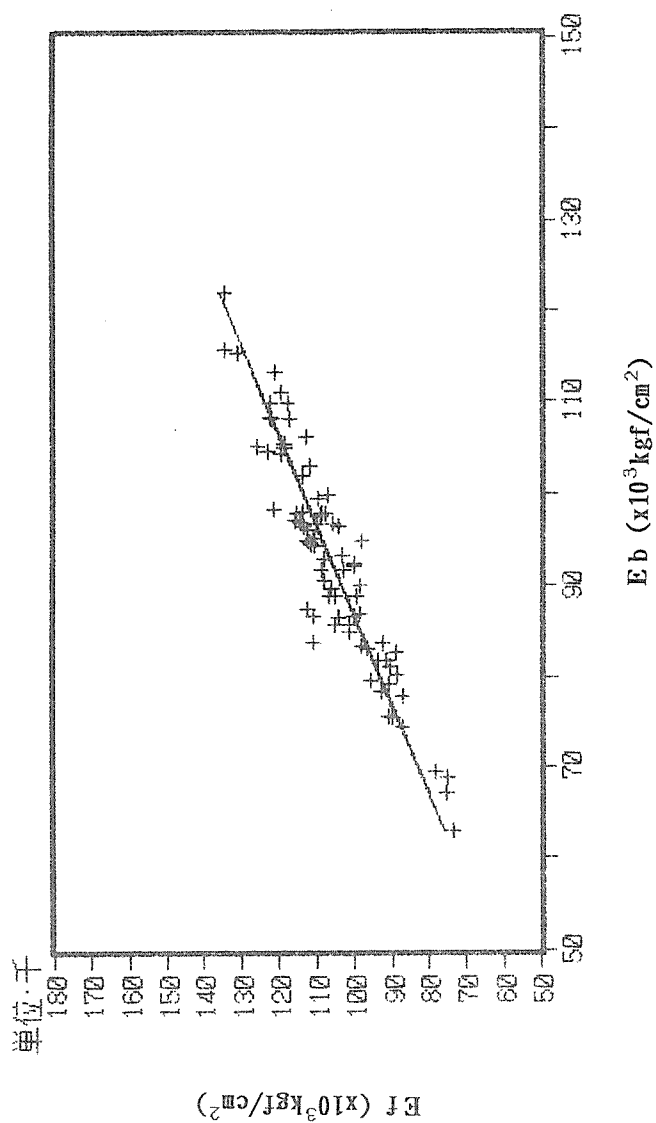
第4図 重錘法と共振法による弾性係数との相関 (F J 2 0 4 材)
 $y = 1.031x + 9102$ (n=90 $r=0.942$)



第5図 重錘法と共振法による弾性係数との相関 (F J 2 0 6 材)

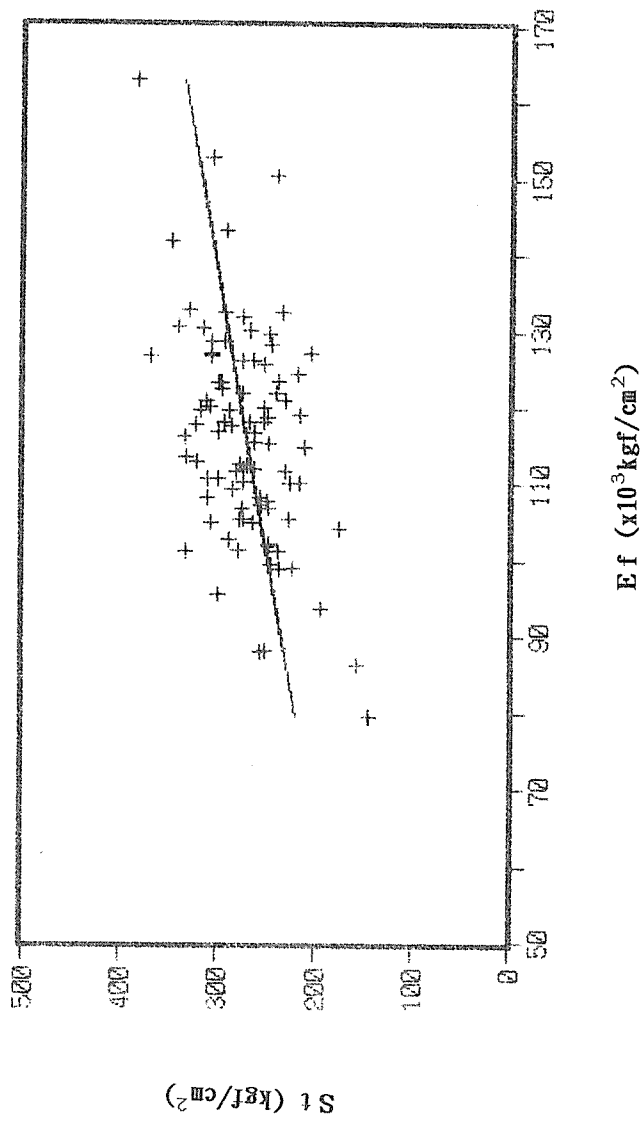
$$y = 1.065x + 4061 \quad (n=94 \quad r=0.936)$$

E(t) - E(f) 回歸直線

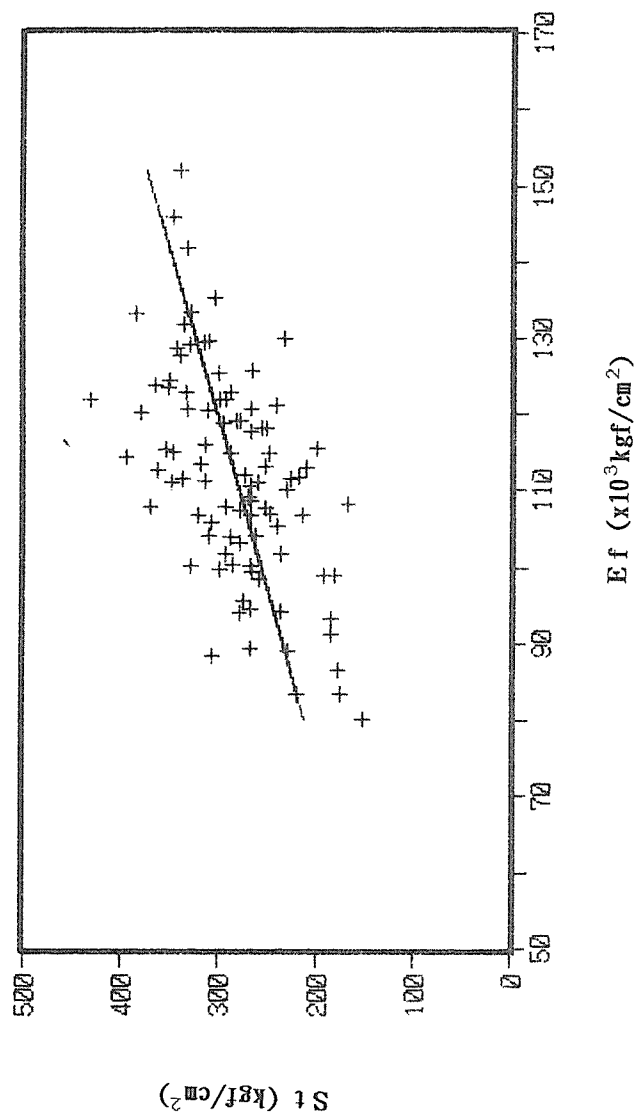


第6図 重錘法と共振法による弾性係数との相関 (F J 2 1 0材)

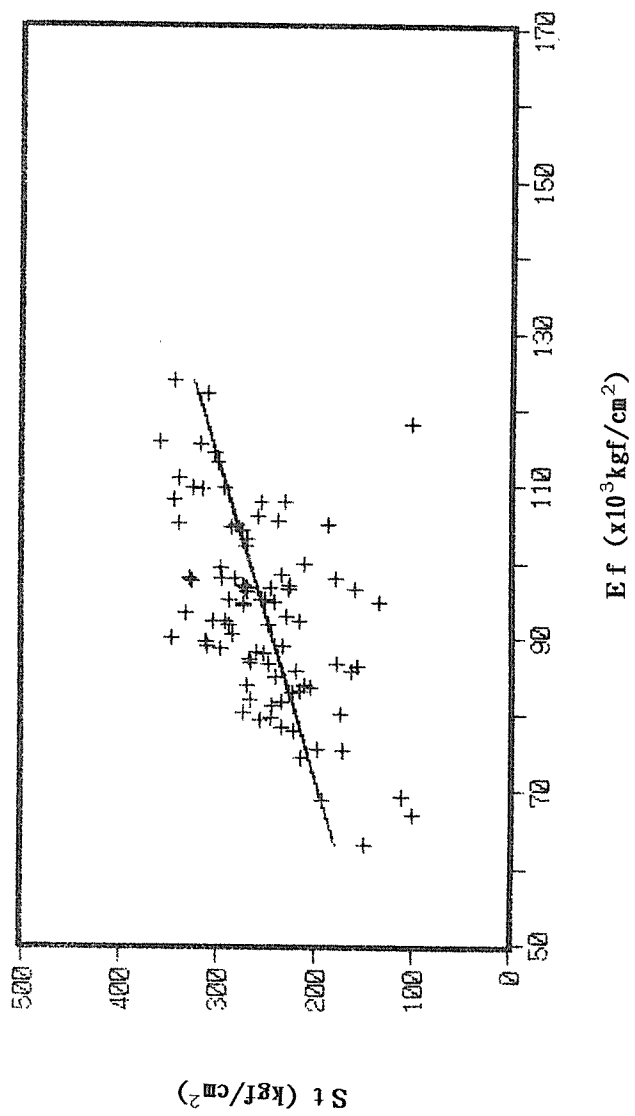
$$y = 1.019x + 11620 \quad (n=80 \quad r=0.933)$$



第7図 弾性係数 E_f と引張強度 S_t の相関 (204材)
 $y = 1.38 \times 10^{-3}x + 110$ (n=90 $r=0.461$)



第8図 弾性係数 $E f$ と引張強度 $S t$ の相関 (206材)



第9図 弾性係数 E_f と引張強度 S_t の相関 (210材)

$$y = 1.99 \times 10^{-3} x + 46 \quad (n=90 \quad r=0.543)$$

4. 構造用フィンガージョイント材の接着性能とクリープ性能

構造用F J材には枠組み壁工法のたて枠、すなわち圧縮応力のみが作用する箇所に使用が限定されているものと、それ以外の曲げあるいは引張応力が作用する箇所にも使用されるものがある。使用接着剤は前者にはいわゆる酸硬化型の変性酢ビ(M-P V A c)が、後者にはレゾルシノール樹脂(R F)あるいはフェノール・レゾルシノール共縮合樹脂(P R F)が多く用いられていると聞く。

R F、P R Fの耐久性、耐クリープ性については、その構造用としての実績からこれを用いたF J材についても適正に接着がなされていれば全く問題はないものと思われる。一方、M-P V A cは熱可塑性樹脂である酢酸ビニル樹脂エマルジョンにフェノールを添加し、これを酸性触媒で硬化・架橋させ、耐久性・耐クリープ性の改良を図ったものである。しかしながら、ベースとなっている樹脂は熱可塑性であり、第1図¹⁾に見るようにその耐久性はかなり高いものと考えられるが、実績に乏しい。また、耐クリープ性能については殆どデータが見あたらない。

このようなことから、本実験ではM-P V A cの物性と接着性能、M-P V A cで接着されたF J材の規格試験による接着性能の評価、耐クリープ性について検討した。

4-1 変性酢ビ(M-P V A c)の物性と接着性

4-1-1 試験方法

1) 供試接着剤

供試接着剤として第1表に示す4種を用いた。レジンA、B、CはカナダF Jの工場で実際に使用されているものであり、Dはわが国で市販されているものである。

2) 物性の測定

各供試接着剤に架橋剤を0.3部加え20、60及び120℃硬化させたフィルム及び取材のみのフィルムの動的粘弾性を、広い温度範囲に渡って測定した。フィルムは湿度の影響を避けるため十分乾燥した後測定に供した。なお、測定はレオログラフソリッド(東洋精機製作所製)を用い、測定周波数10Hz、昇温速度2℃/minで行った、冷却には液体窒素を用いた。

3) 接着性能試験

(1) 試験片の作成

供試材にレッドメラッチ（平均含水率 8.3%、気乾比重0.49）、エゾマツ（平均含水率 6.0%、気乾比重0.42）及びカラマツ（平均含水率 6.3%、気乾比重0.53）の挽板（10x120x240mm）を表面サーフェイサー仕上げして用い、第

第1表 供試接着剤

レジン	商品名	架橋剤	メーカー等
A	Duro-Lok 42-2107	#42-2302	常温接着用 National Starch & Chemica Corp.
B		#42-2301	
C		#42-2301	
D	Duro-lok 142-2150	#142-2301	高周波接着用 カネボウ NSC kk

1表に示した4種のM-P V A c接着剤の常温接着及び高周波接着により2枚合わせの供試体を作成し、これよりJ I S型のブロックせん断試験片を採取した。接着剤の配合・塗布量、圧縮条件等は下記に示す通りである。

a) 配合

主剤 100部
硬化剤 3部
塗布量 250g/m²

b) 圧縮条件

常温接着：8kgf/cm²-20℃-24時間
高周波接着：8kgf/cm²-印加時間1分10秒（接着層温度約70℃）
及び35秒（接着層温度約100℃）

高周波接着の解圧は材温が充分低下してから行った。

なお、高周波発信機はパール工業KK製のRH-04型、最大出力4kwを用いた。

(2) 接着試験

試験片に以下の処理を行い、ブロックせん断試験に供した。試験片個数は1条件12個とした。

a) 常態

b) 温冷水浸せき試験

60±3℃の温水に3時間浸せき→室温まで冷却、濡れたままで試験

c) V P S 処理試験

室温水に浸せき→減圧600mmHg/30分→加圧5kgf/cm²/30分、濡れたままで試験

4-1-2 試験結果と考察

1) M-P V A cフィルムの動的粘弾性

供試レジンA、B、C、Dを20、60、120℃で硬化させた架橋材無添加系及び0.3部添加系フィルムの動的粘弾性を第2図～第9図に示した。

これらの図から、架橋材無添加系であっても硬化温度を高めればレジンフィルムのガラス転移点温度（以下T_g: E''のピーク温度）が高温側へシフトし、また架橋剤を添加することによっても高温側へシフトするが、硬化温度の影響が大きく、第2表に示したように接着剤の種類によってはレジンAのように常温硬化では架橋剤を加えても、T_gの高温側へのシフト見られないものもある。

第2表 各種温度で硬化させた架橋材無添加及び添加系レジンフィルムのE''吸収ピーク温度 (T_g)

レジン	架橋剤	硬化温度		
		20℃	60℃	120℃
A	無添加	27	—	57
	添加	27	34	56
B	無添加	27	—	61
	添加	37	48	60
C	無添加	28	—	55
	添加	54	49	59
D	無添加	40	—	55
	添加	50	49	60

注) 架橋剤添加量は3phr。

M-P V A cはP V A cに苛性ソーダを加えてpHをほぼ中性に調整し、これにフェノール類とホルマリンの初期縮合物を混合し、パラトルエンスルホン酸などの有機酸を硬化剤として添加し常温硬化させるエマルジョン系接着剤であるが、上に述べたようにその種類によって性質が大きく異なる。すなわち、レジンAのような接着剤では架橋剤を添加しても常温硬化ではE”は変化せず、加温してはじめて高温側へシフトする。このような接着剤の常温接着では架橋構造が形成されているとは思われず、その性能は通常のP V A cとなんら変わらないものと考えられ、したがって、耐久性、耐クリープ性にも劣るものと考えられる。一方、レジンC、Dは常温でも架橋剤の添加によってE”が高温側へシフトし架橋構造の形成がうかがわれ、性能も大幅に向上するものと考えられる。ジレスピーらの屋外暴露試験結果¹⁾によると酸硬化タイプの変成酢ビはP Fに近い耐久性を示しているが、この実験は熱圧を用いた合板でなされており、熱圧すれば先に示したようにいずれのレジンでもE”は高温側へシフトするので良好な結果を示したものと考えられる。しかしながら、北米等のF J材の接着は専ら常温で行われているといわれ、レジンによっては従来の酢ビとほぼ同等の性能しか期待できないので充分注意する必要がある。

2) M-P V A cの接着性能

レッドメランチ、エゾマツ、カラマツ材のブロックせん断試験結果を第10図～第12図に示す。

図から明らかなように、常態ではいずれの樹種でも木破はほぼ100%を示しているが、温冷水処理、V P S処理ではある程度の接着力は確保されているものの木破は極端に低くなり、酢ビが変性・架橋構造が形成されているとはいえ耐水性はそれほど高くないことを示している。しかしながら、物性に見られたようなレジンによる差異は接着性については常態、温冷水浸せき、V P S処理試験いずれの場合にも認められず、また、常温接着、高周波接着のちがいも認められない。

樹種別にみるとカラマツが他の2樹種に較べて高い接着力を示したが、接着性に対する樹種特性も認められなかった。

第13図、14図はレジンA及びBでレッドメランチを高周波接着した2枚合わせ試験片の引張せん断接着力の温度依存性を見たものである。両者共に20℃付近で接着力は最大となり、その後緩やかに低下し150℃ではその約1/4、10kgf/cm²となる。一方、木破は50℃程度まではほぼ100%を示し、この程度の温度までは耐熱性を保持できることを示している。この結果は、先の物性の結果ともほぼ一致するものである。また高周波接着法によっているためレジンの差は生じていない。

4-2 変性酢ビFJ材の接着性能

4-2-1 試験方法

1) 供試FJ材の作成

断面寸法 37x85mmのエゾマツ（気乾比重0.47）及びカラマツ材を用意し、第1表に示した3種のカナダ製M-P V A c、レジンA、B、Cを用いてFJ材を作成し供試材とした。作成条件は以下の通りである。

フィンガー長 20mm

ピッチ 6mm

フィンガー先端厚さ 0.8~1.0mm

エンドプレッシャー 100kgf/cm²

なお、接着剤は両フィンガーに刷毛塗りし、塗付量は圧縮時にフィンガー部よりしみ出す程度とした。

2) 接着性能試験

作成した各FJ材を枠組み壁工法構造用たて継ぎ材のJASに基き煮沸繰り返し剥離試験（CB試験）及び減圧加圧乾燥繰り返し剥離試験（VPSD試験）に供した。すなわち、各5体の試験体をFJ部がその中央に来るように20cm長に裁断した後、接着層断面が木口断面に露出するようにフィンガー中央部でクロスカットし、一方の試験体をCB試験に、他の一方の試験体をVPSD試験に当てた。

処理条件は以下の通りである。

a) 煮沸繰り返し剥離試験（CB試験）

沸騰水中5時間侵せき→室温水中1時間侵せき→60±3℃乾燥18時間（含水率18%以下）の1、3、5、7、10回繰り返し処理

b) 減圧加圧乾燥繰り返し剥離試験（VPSD試験）

試験体水侵→減圧508~635mmHg-30分→加圧5.2±0.3kgf/cm²-2時間→71±3℃乾燥16~18時間（含水率19%以下）の1、3、5、7、10回繰り返し処理

これらの処理処理の前後で毎回試験体の重量を測定し、上記処理回数終了後、接着層の剥離長の測定を行った。木口断面に露出しているすべての接着層につきその剥離長が3mmを越えるものについて計測合計し、全接着層に対する百分率（剥離率）を求め、接着性能を評価した。

4-2-2 試験結果と考察

供試材のCB処理（図中BOILINGで表示）及びVPSD処理（図中VPS出表示）による剥離の進行状況を第15図～第20図に示した。

これらの図は個々の試験片につき処理サイクルごとに生じた剥離を図示したものである。第21図には平均剥離率を示した。また、第3表にはJAS基準

による合否を示した。

先ず、エゾマツ F J 材についてみると、両処理とも 1 サイクル後の平均剝離率は 5 % 以下で J A S の基準を満たすものであった。しかし、3 サイクル後では平均剝離率が 1 0 % 以下で、かつこ個々の試験片の剝離率が 1 5 % 以下の基準を満たすものは、V P S D 処理のレジン B、C B 処理のレジン B 及び C のみであった。3 サイクルを越えるとレジン C の V P S D 処理による剝離の発生が大きく、1 0 サイクル後の平均剝離率は 2 3 % に達した。これ以外のものは 1 0 サイクル後でも平均剝離率は 1 5 % であり、また、レジン A、B では処理による大きな違いはなかった。

カラマツ F J 材の 1 サイクル後の剝離についてみると、C B 処理ではすべてのレジンが平均剝離率 5 % 以下で基準を満たしているが、V P S 処理ではレジン

第 3 表 J A S による F J 材の接着性の評価

処 理	レジン	樹 種					
		エゾマツ			カラマツ		
		処 理 回 数					
		1	3		1	3	
		平 均 剝 離 率	平 均 剝 離 率	個々の 剝 離 率	平 均 剝 離 率	平 均 剝 離 率	個々の 剝 離 率
V P S D	A	○	○	×	○	×	○
	B	○	○	○	×	×	×
	C	○	×	×	×	×	×
C B	A	○	○	×	○	○	○
	B	○	○	○	○	○	○
	C	○	○	○	○	×	×

○：基準を満たす ×：基準を満たさない

ンAのみであった。3サイクル後の剥離率では、条件を満たすものはCB処理でレジンA及びBのみで、VPSD処理では基準を満たすものはなかった。10サイクル後の剥離を見ると、接着剤によって異なりレジンAでは両処理とも15%程の剥離率であるが、レジンBではVPSD処理による剥離の発生が大きく30%にも達する。しかし、CB処理では15%程度であった。レジンCでは処理による差はなく、両処理とも20～25%の平均剥離率であった。

接着剤による違いをまとめると、評価基準を万遍なく満たすのはレジンBであるが、10サイクル後の結果まで考慮すると、レジンAが両処理とも剥離の発生が最も少なく、接着性能は安定している。レジンCは両処理とも剥離の発生が最も著しかった。このように同じM-PVAcでもレジンにより耐久性にかなりの違いがあることに注意しなければならない。

また、処理による違いを見ると、CB処理よりもVPSD処理の方が剥離の発生が大きく、より厳しい条件といえよう。

4-3 構造用FJ材のクリープ性能試験

4-3-1 試験方法

1) 試験体

3種の変性酢ビ(M-PVAc)、2種の水性高分子イソシアネート系接着剤(API)及びレゾルシノール樹脂系接着剤(RF)で接着したSPFの204FJ材を用意した。M-PVAcで接着されたFJ材はカナダの一般工場で作成された規格品(SPS3)であり、API及びRFで接着したFJ材はSPF204材を用いてわが国の一般工場に依頼して作成したものである。材長はいずれも210cmで、その間に2～3箇所 of FJを含む。なお、フィンガーは水平フィンガーである。

2) 試験方法

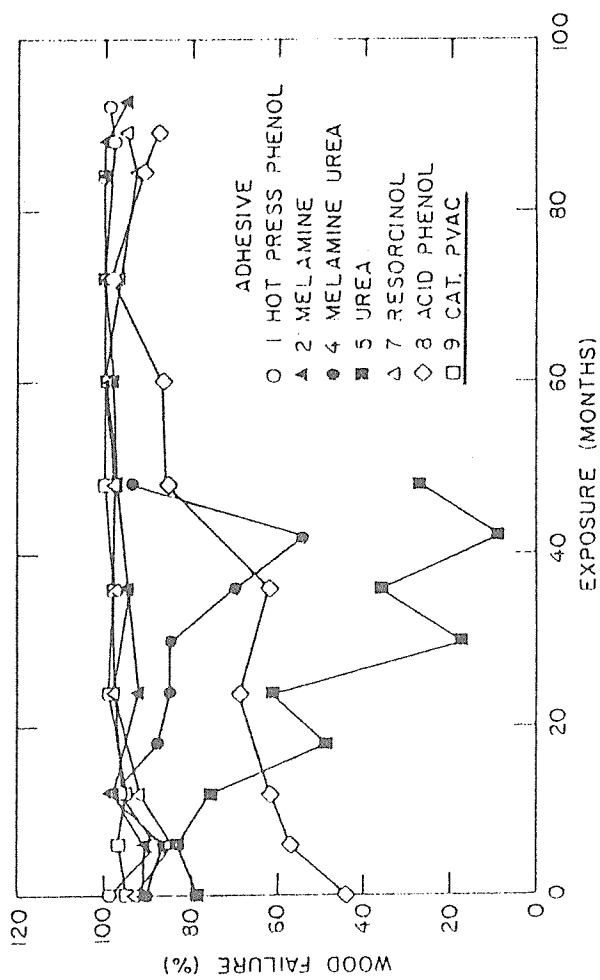
クリープ試験はスパン180cm、純曲げ区間60cmの3等分点荷重方式の曲げクリープ試験で行った。試験体は2～3カ所にFJを持つので、その内の1つが純曲げ区間に位置するようにし、広幅面にSPF長期許容応力度の2倍の荷重を載荷した。試験体数は1条件3～5体である。試験雰囲気は特にコントロールせず、一般室内に放置した。試験は4カ月経過し、現在なお続行中である。

4-3-2 試験結果と考察

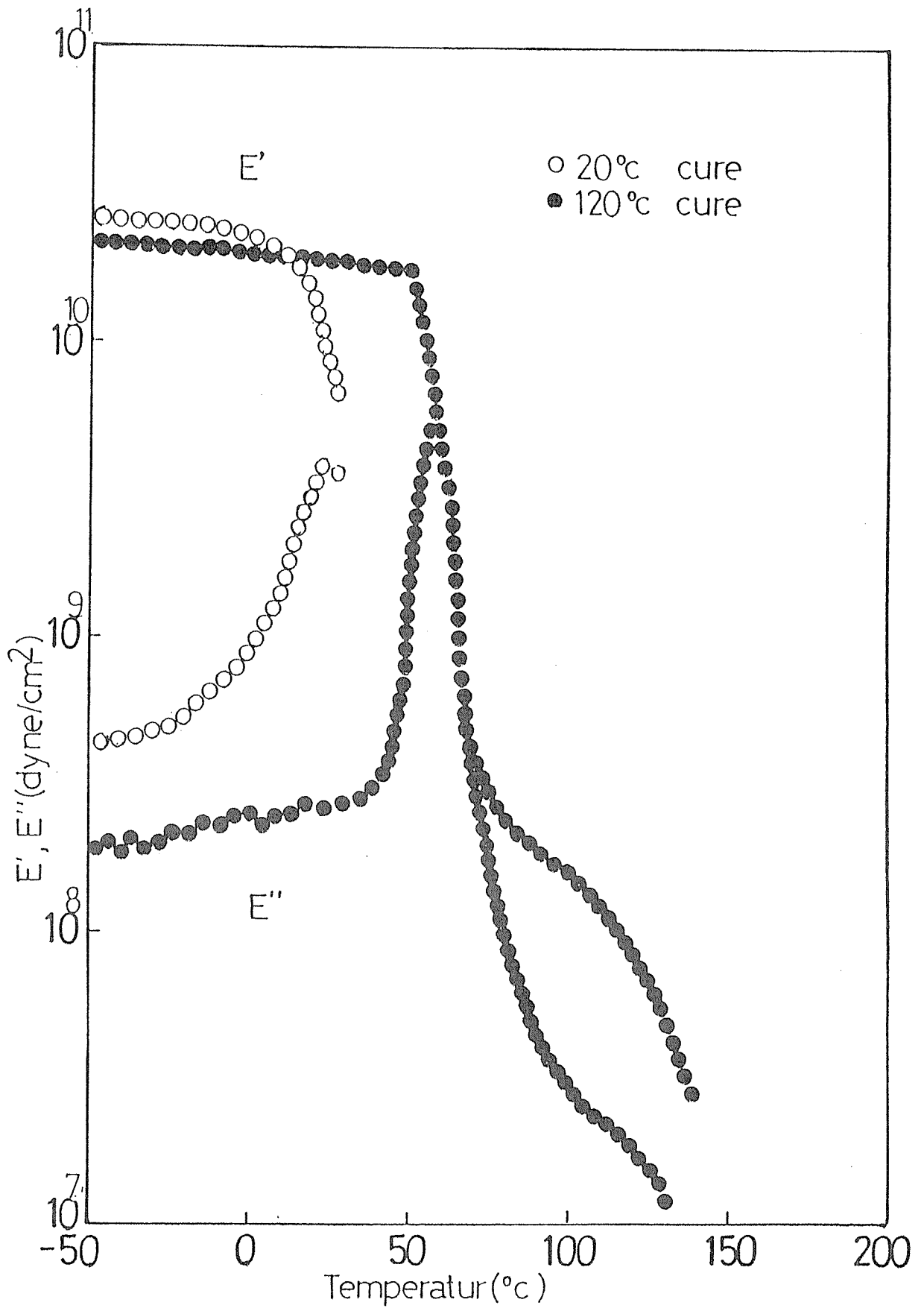
第22図～第25図に120日までの曲げクリープ試験結果を純曲げ区間中央部の相対クリープ比として示した。第22図はAPI(KR7800、KR120)、第23図はRF、第24、25図はM-PVAc(N、B、G)の個々のFJ材の結果である。図から明らかなように、APIとRFは同様のクリープ挙動を

示している。すなわち、載荷開始10日程は急速なクリープひずみを生じ、その後極めて緩やかにひずみが進行している。これに対してM-P V A cではレジンによって挙動が異なる。すなわち、NグループはR F、A P Iとほぼ同様の経過をたどっているが、Gグループではひずみの初期急速進進行期後のひずみの進行が大きく相対クリープ比はR F、A P Iの2倍に達し、100日前後でクリープ破壊に至っている。Bグループはこれらの中間的な挙動を示しており、クリープ破壊に至るか否かは更に経過を見なければ明確なことはいえない。これまでの実験結果からいえることは、初期のひずみの急速な立ち上がり点での相対クリープ比が0.4を越えるものはクリープ破壊に至っている。

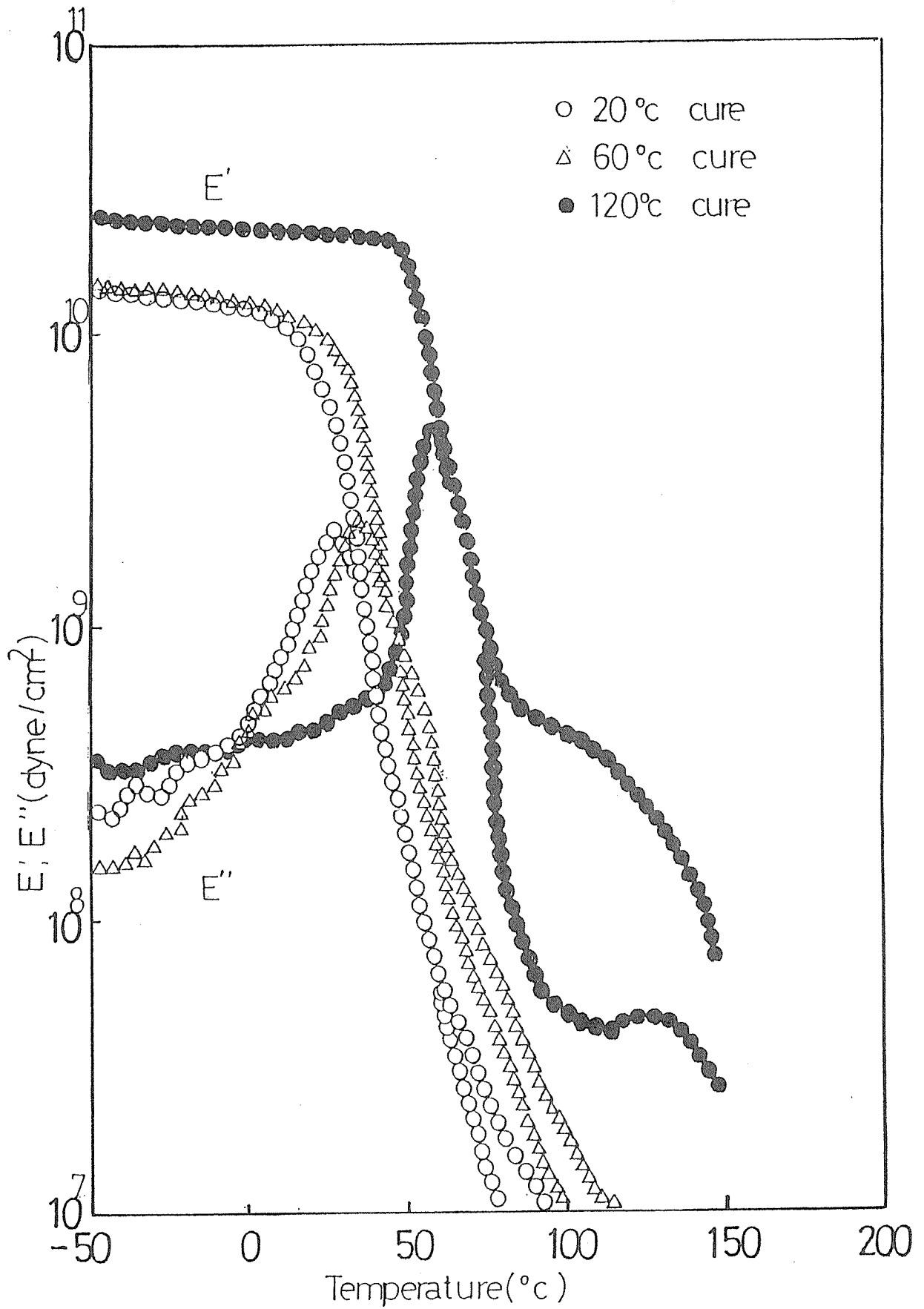
以上の結果から、M-P V A cのクリープ特性はレジンの種類によってその性質に大きな幅があり、一律に論じることができないが、耐クリープ性には問題があるものと思われる。



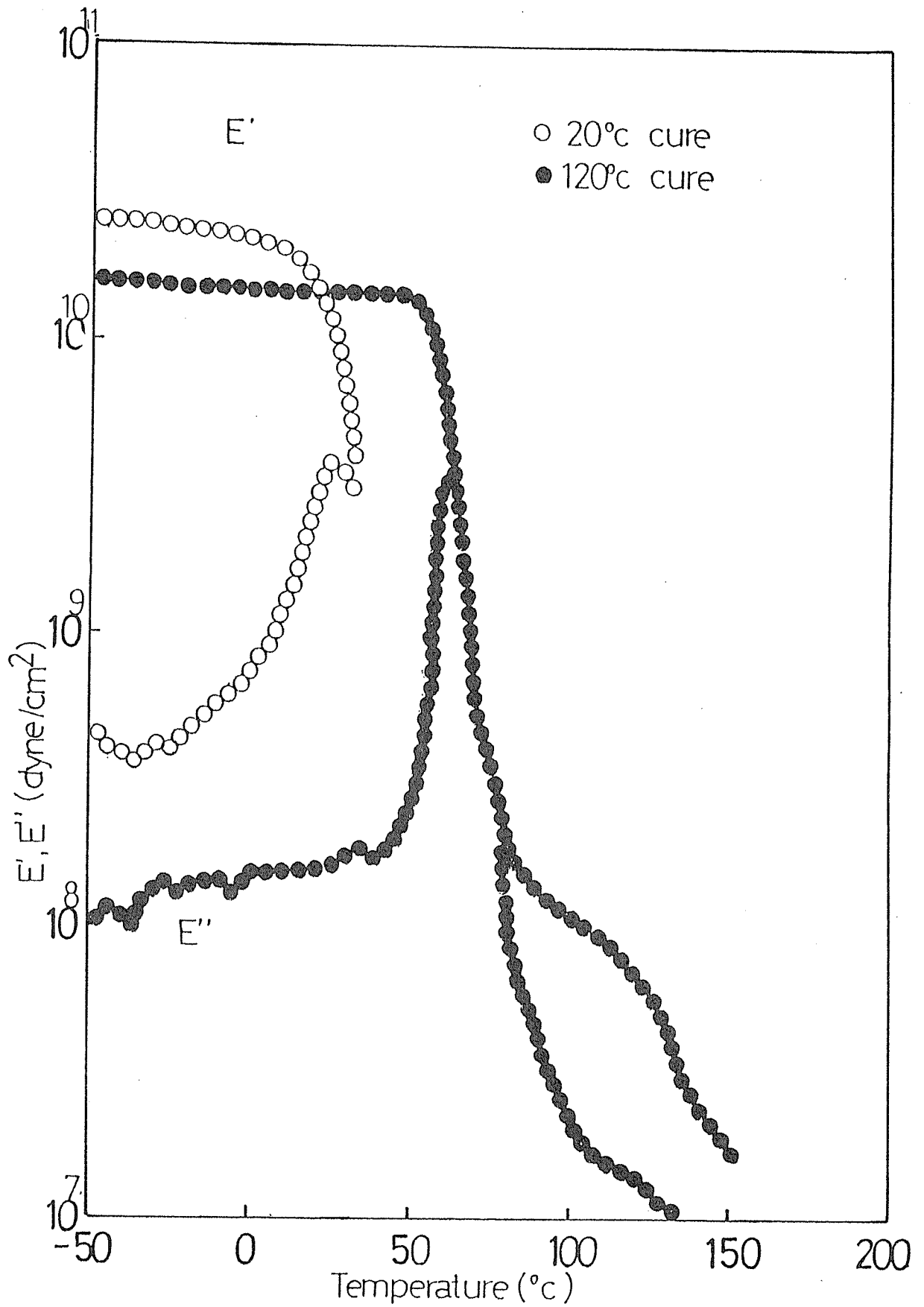
第1図 屋外暴露した変性酢ビ合板 (CAT. PVAC) の接着性能 (木破率)



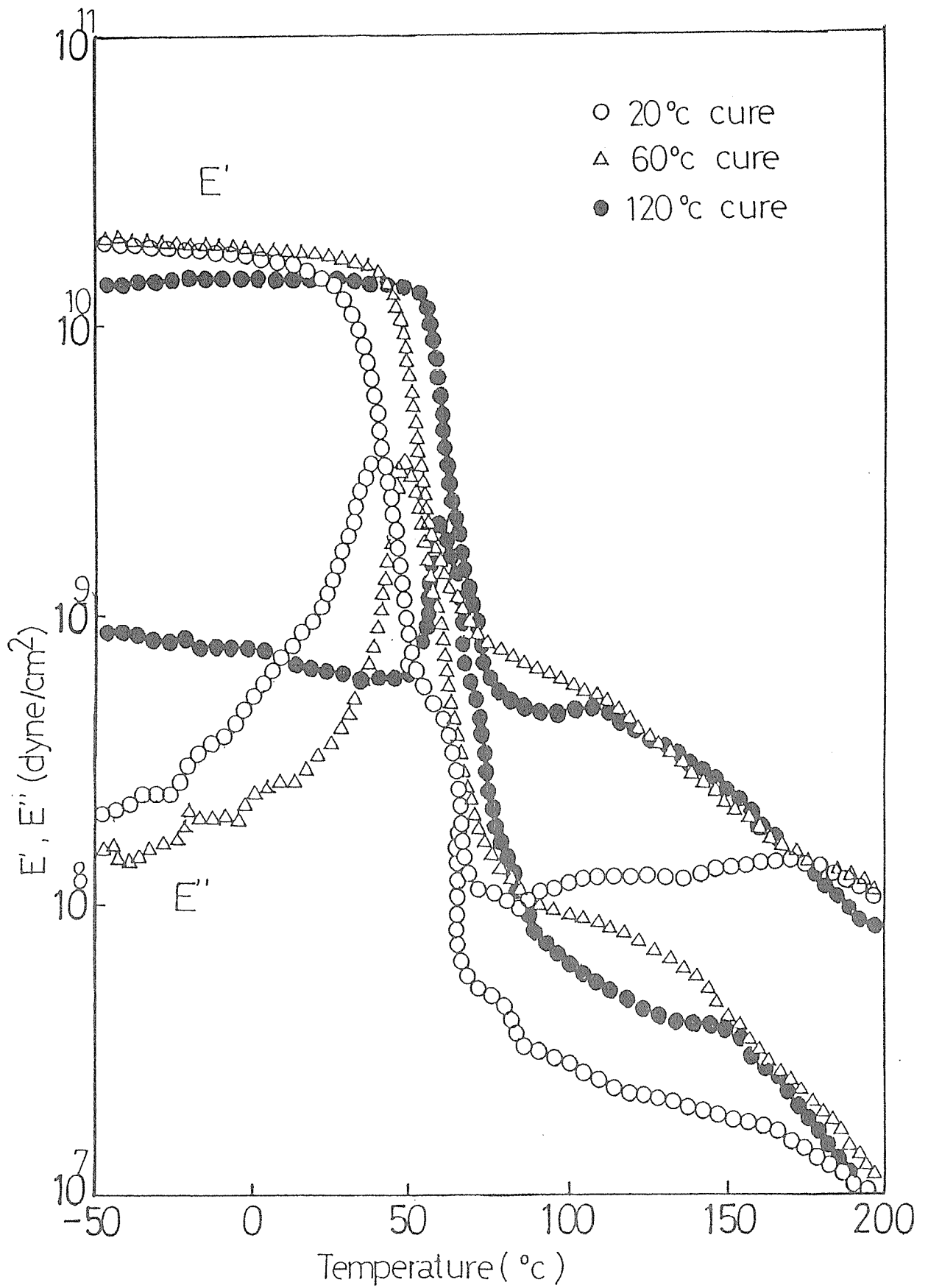
第2図 架橋剤無添加M-PVAc、レジジンAの動的粘弾性



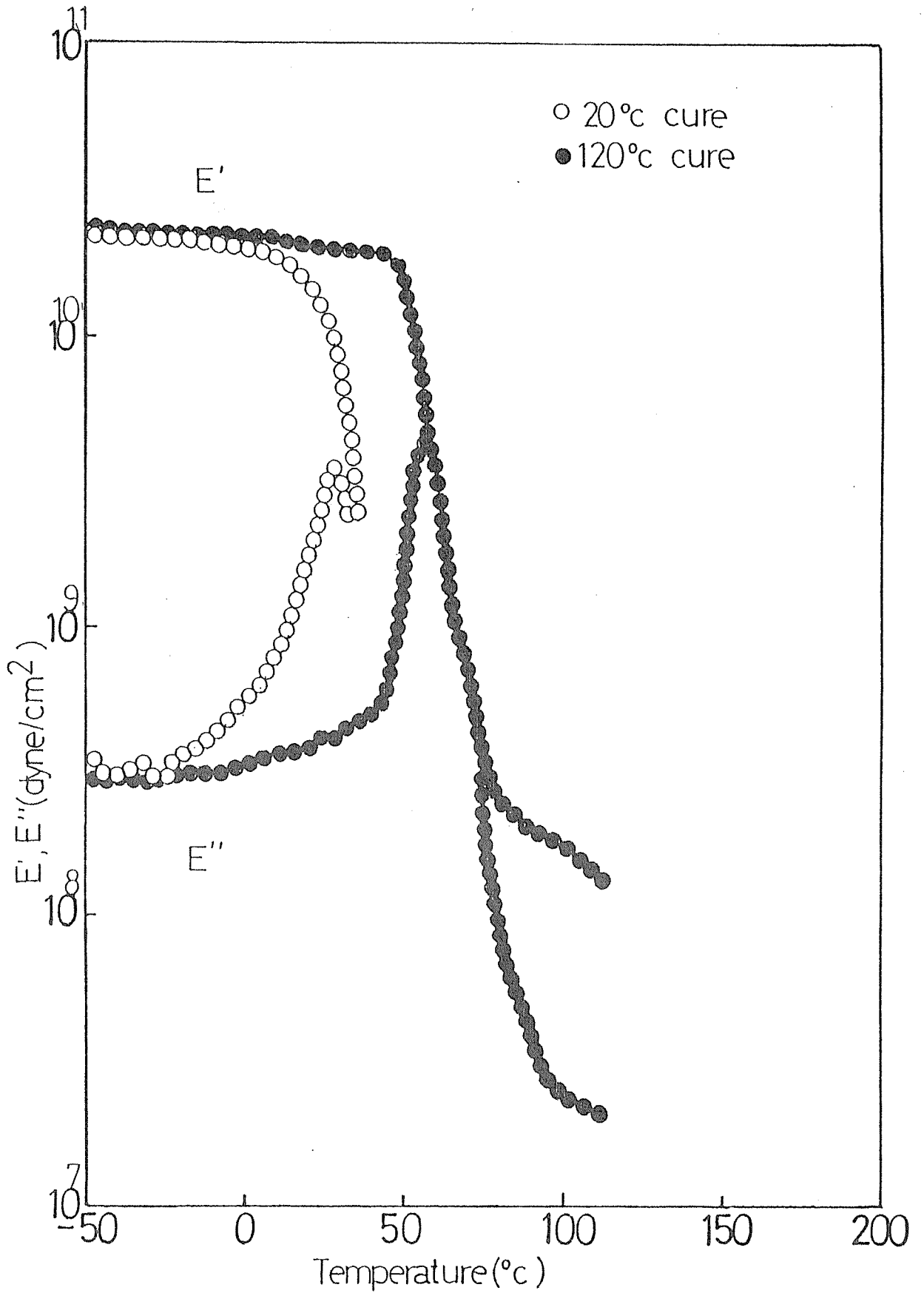
第3図 架橋剤添加M-P V A c、レジンAの動的粘弾性



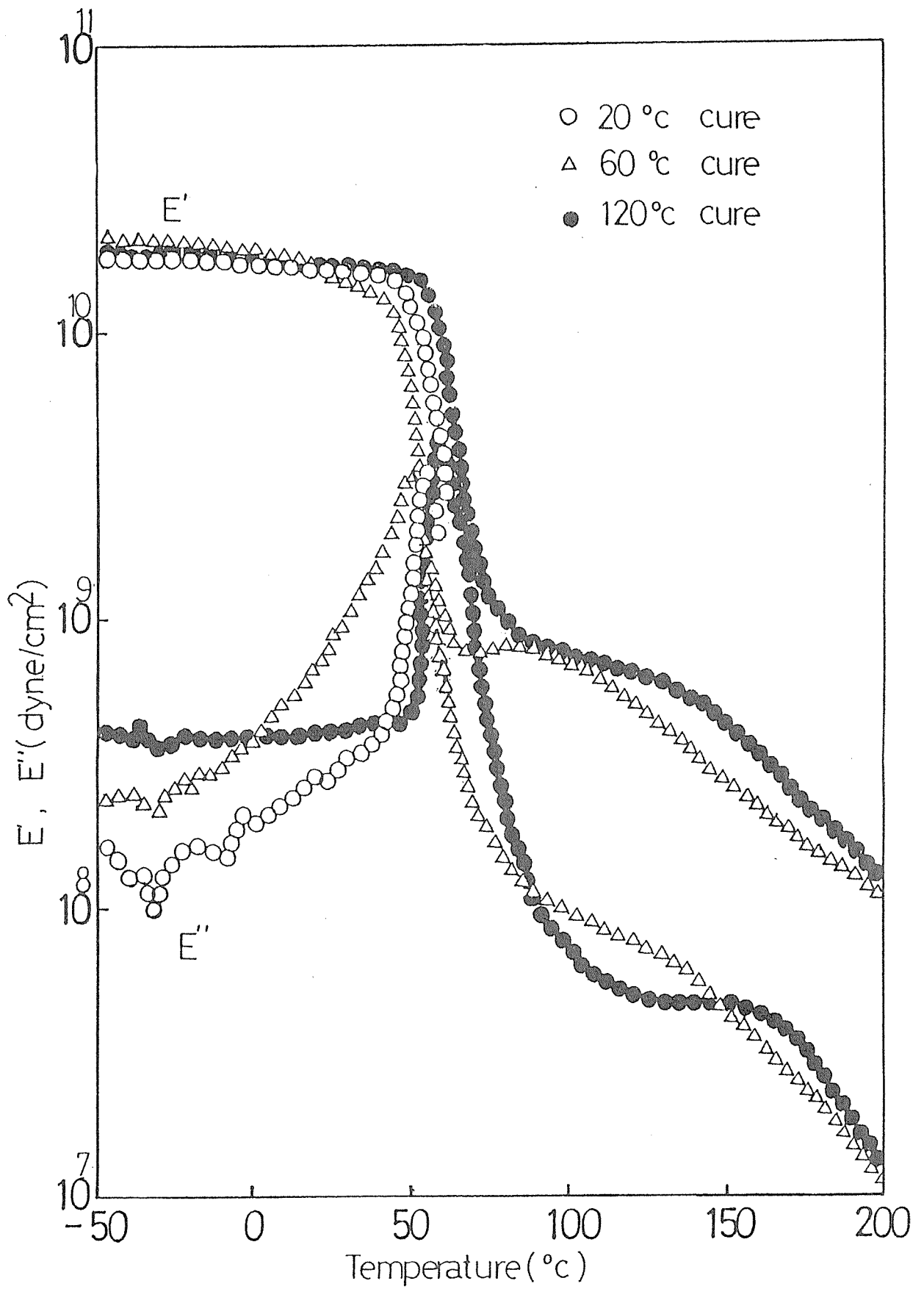
第4図 架橋剤無添加M-P VAc、レジジンBの動的粘弾性



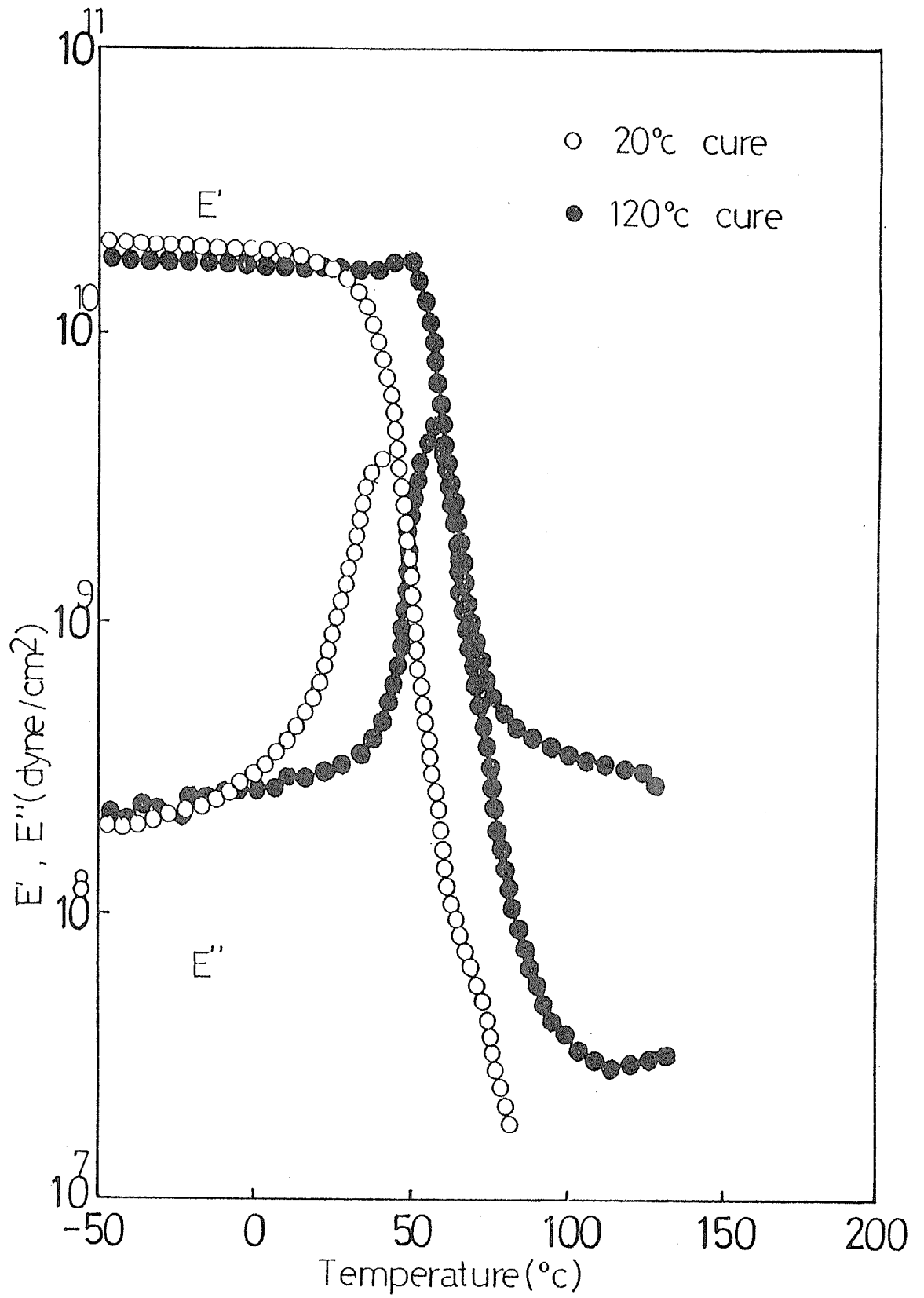
第5図 架橋剤添加M-PVAc、レジジンBの動的粘弾性



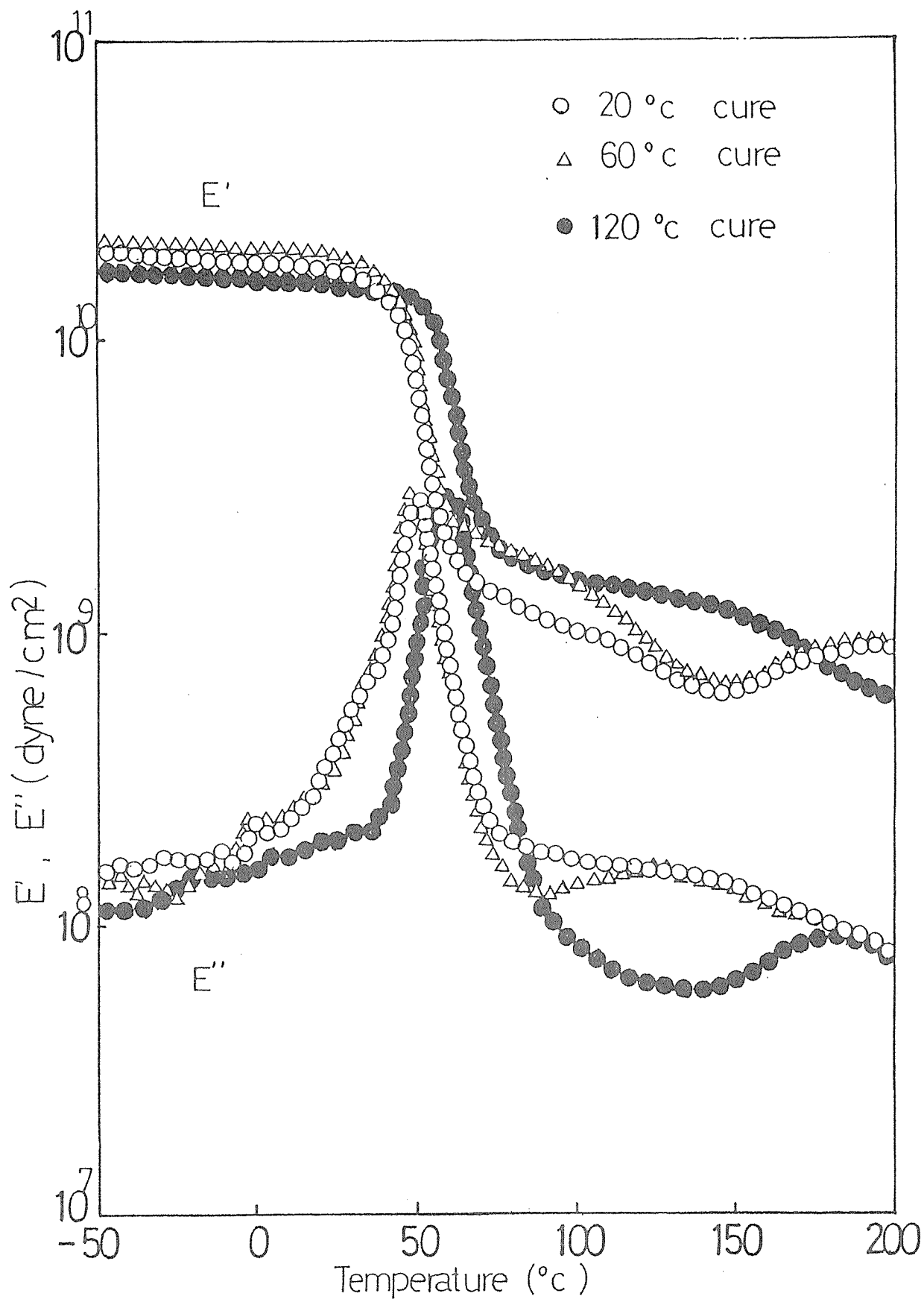
第6図 架橋剤無添加M-PVAc、レジジンCの動的粘弾性



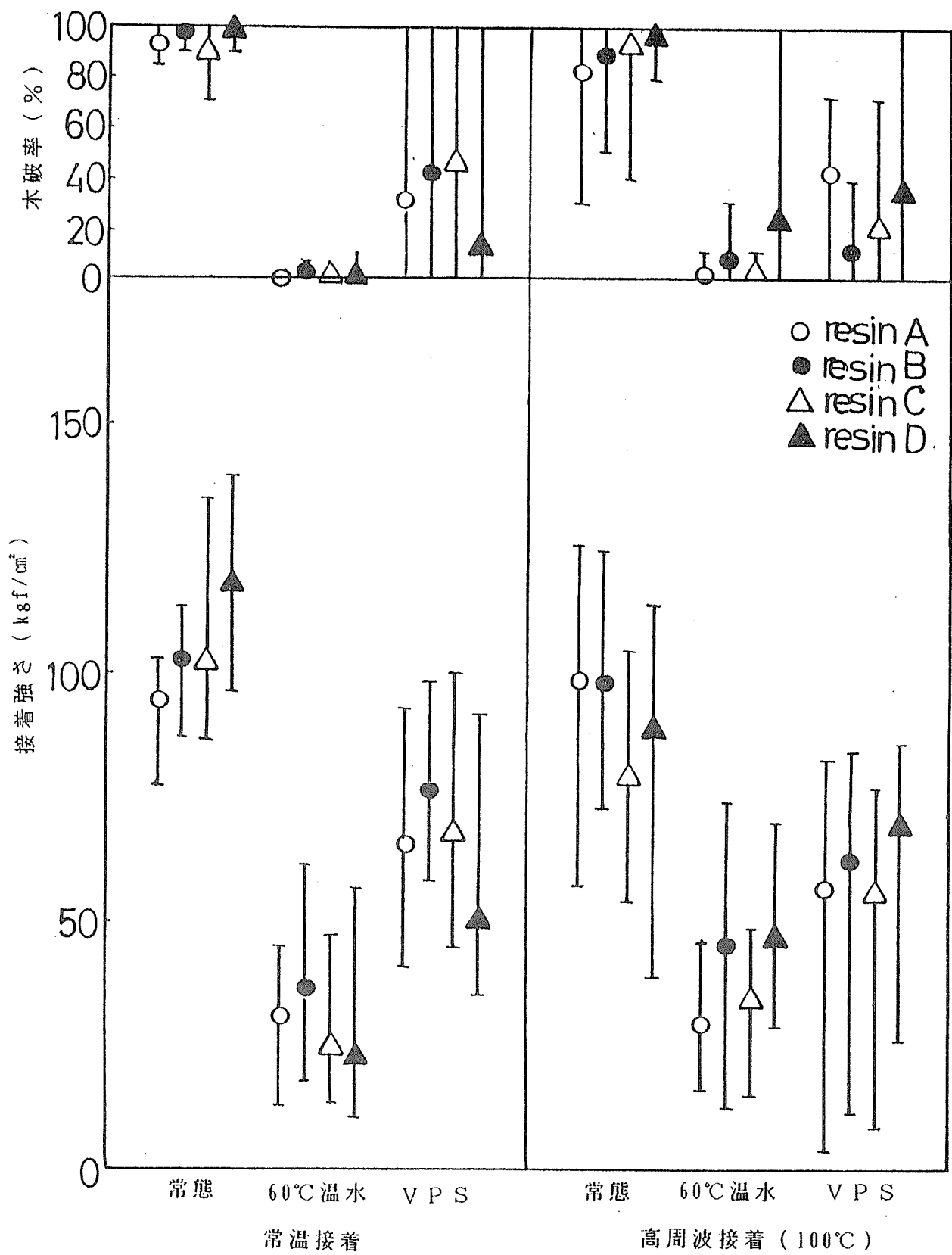
第7図 架橋剤添加M-PVAc、レジンの動的粘弾性



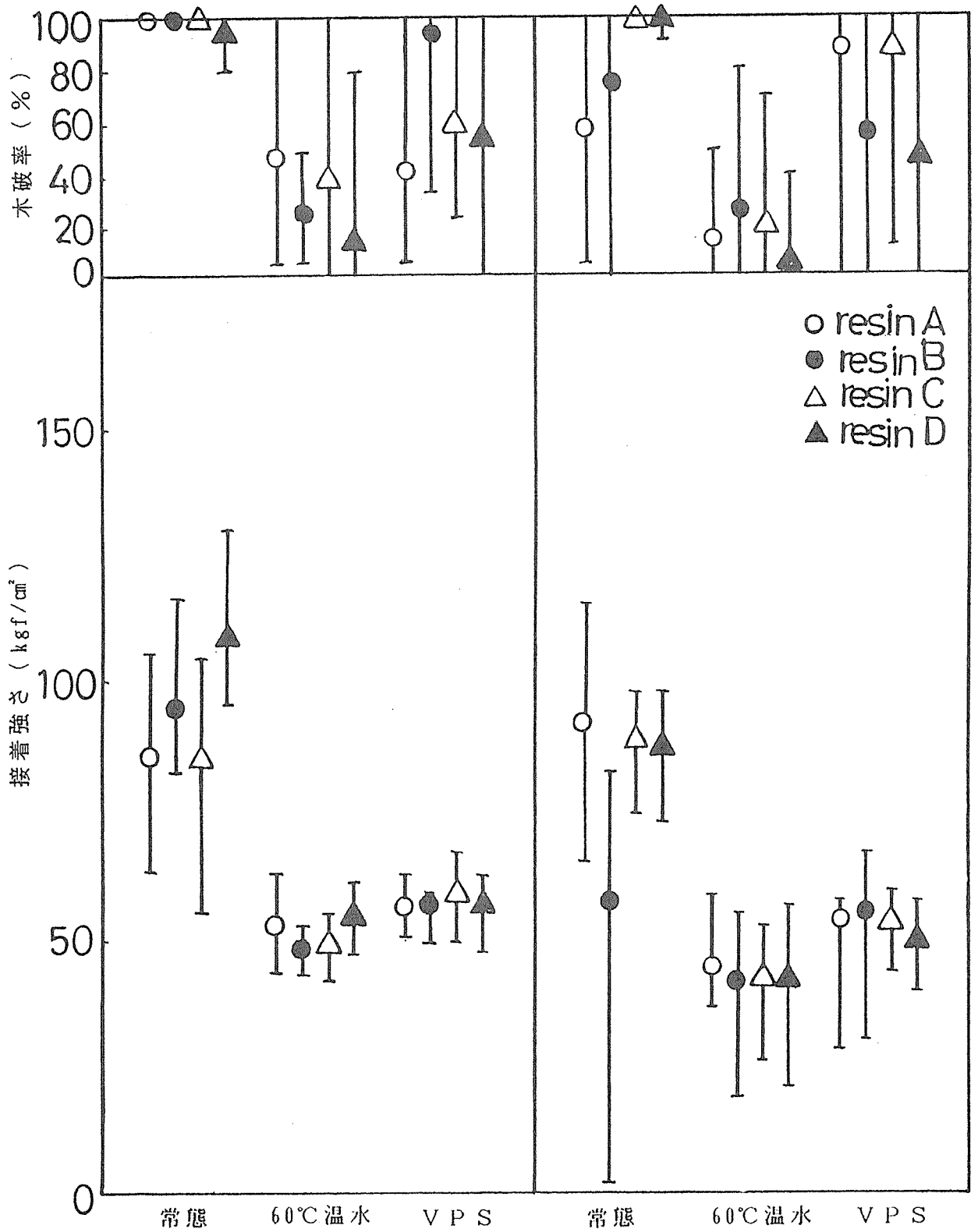
第 8 図 架橋剤無添加 M-PVAc、レジンドの動的粘弾性



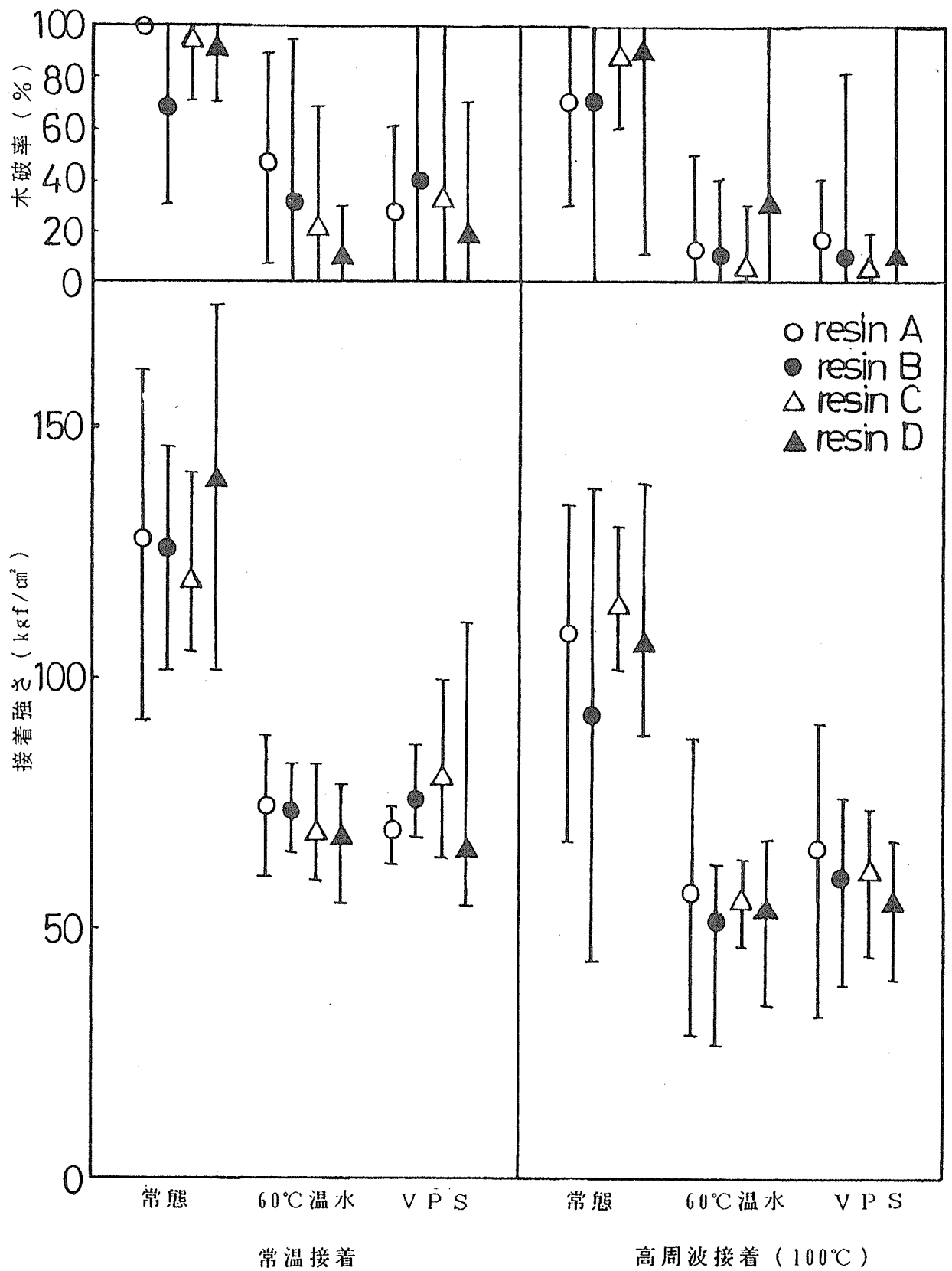
第 9 図 架橋剤添加 M-P V A c、レジジン D の動的粘弾性



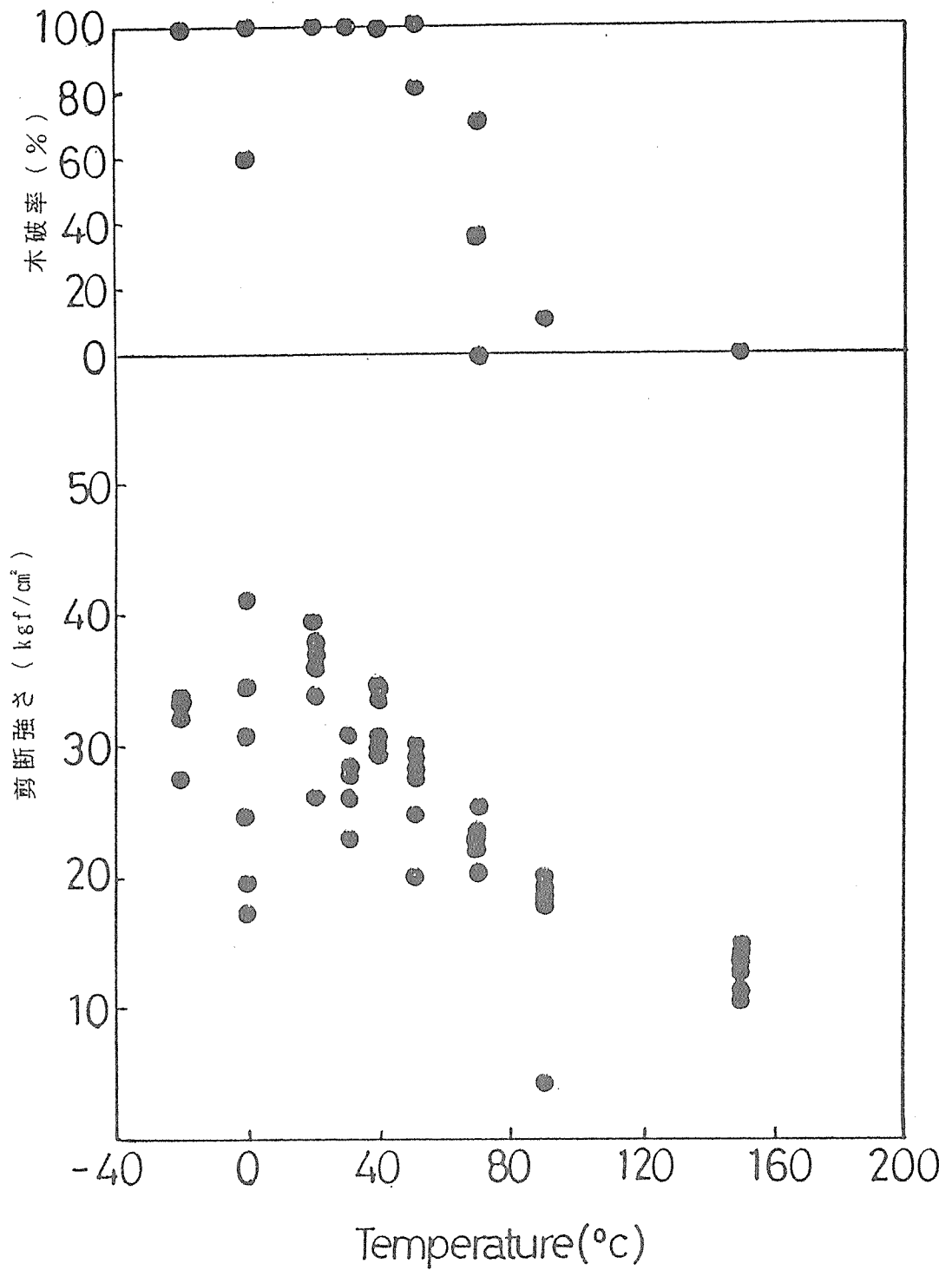
第10図 各処理後のM-PVAcの接着性能 (レッドメランチ)



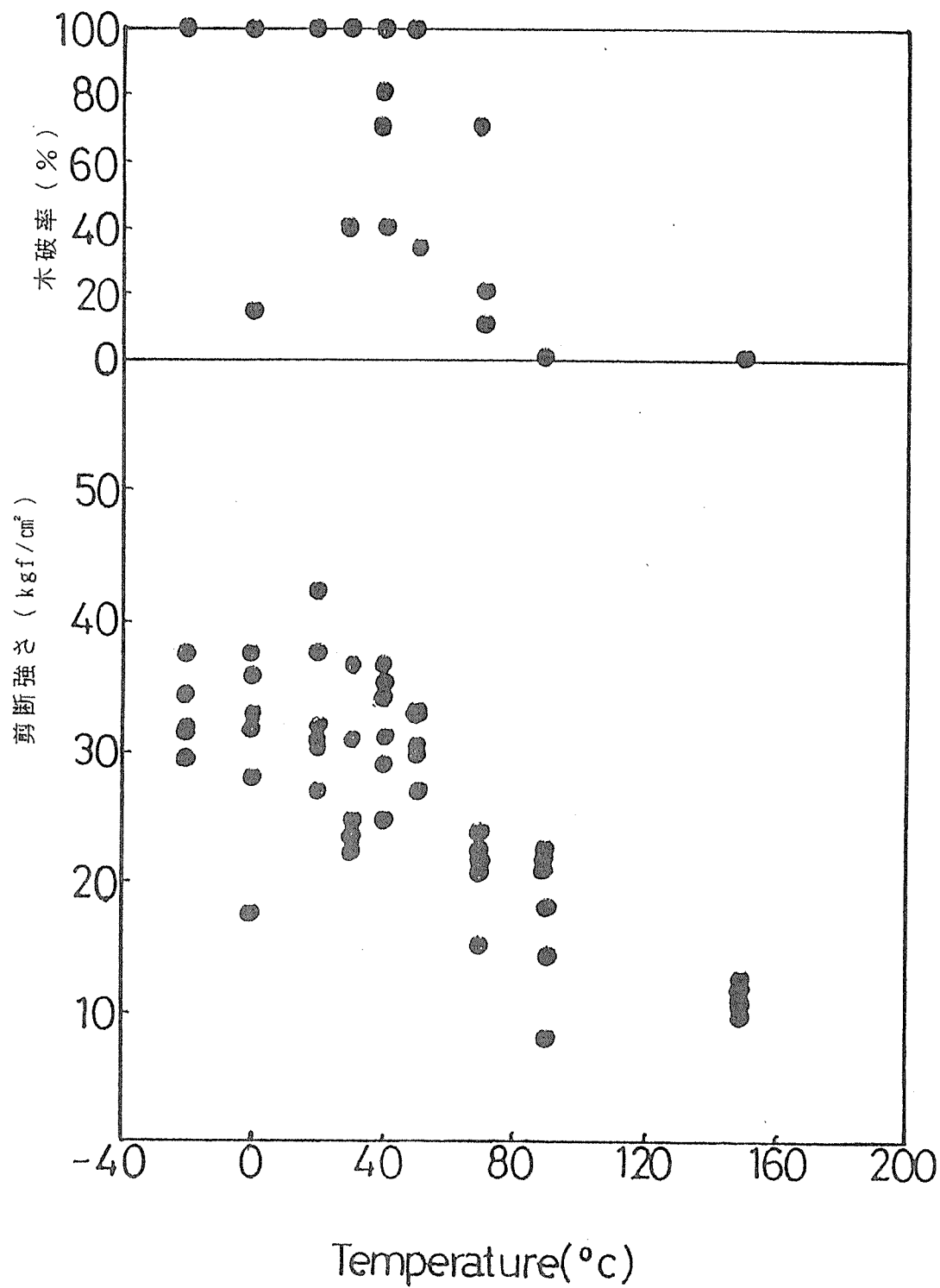
第 1 1 図 各処理後の M-P V A c の接着性能 (エゾマツ)



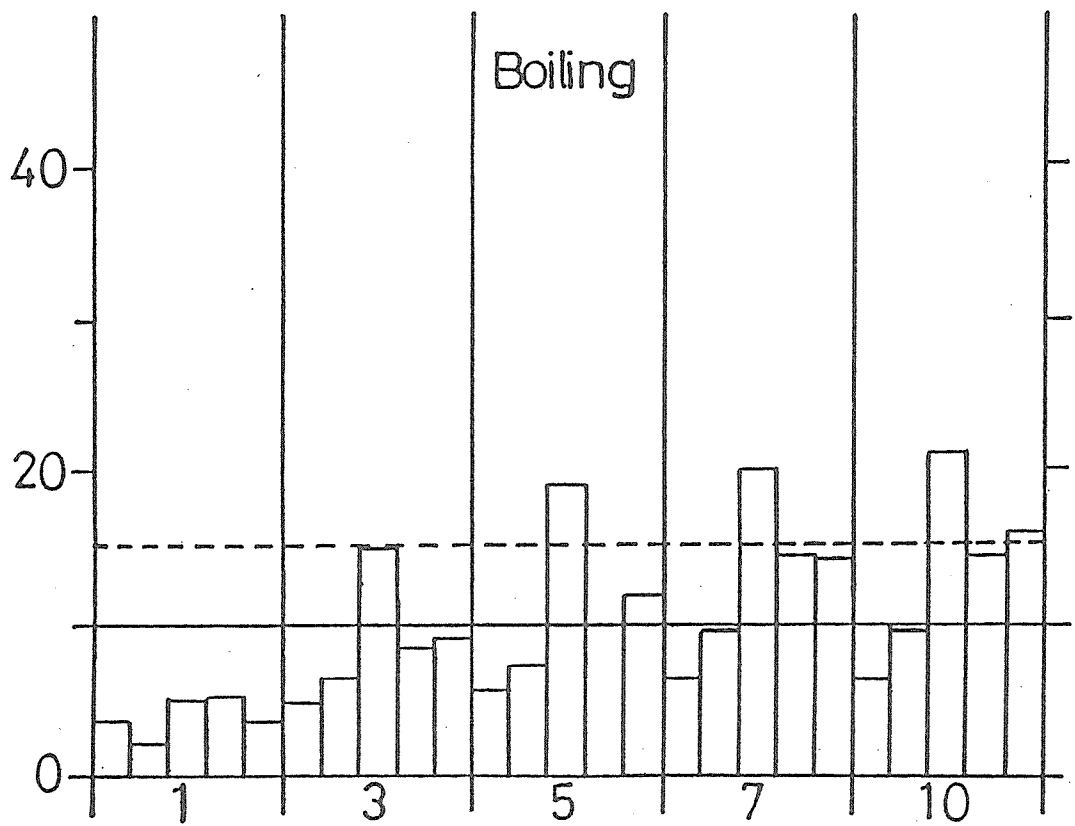
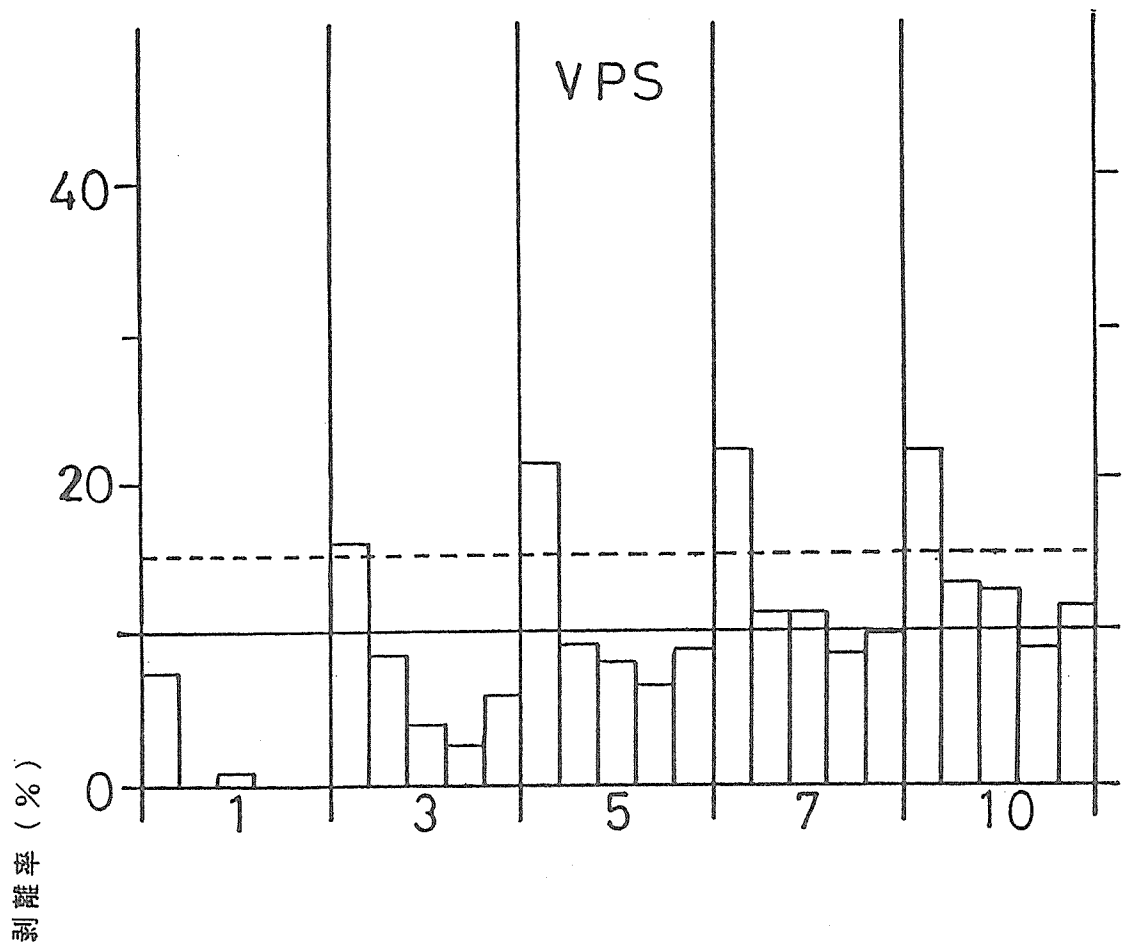
第12図 各処理後のM-P V A cの接着性能 (カラマツ)



第 1 3 図 高周波接着 M-P V A c の接着性能の温度依存性
(レジン A、架橋剤 3 p h r)

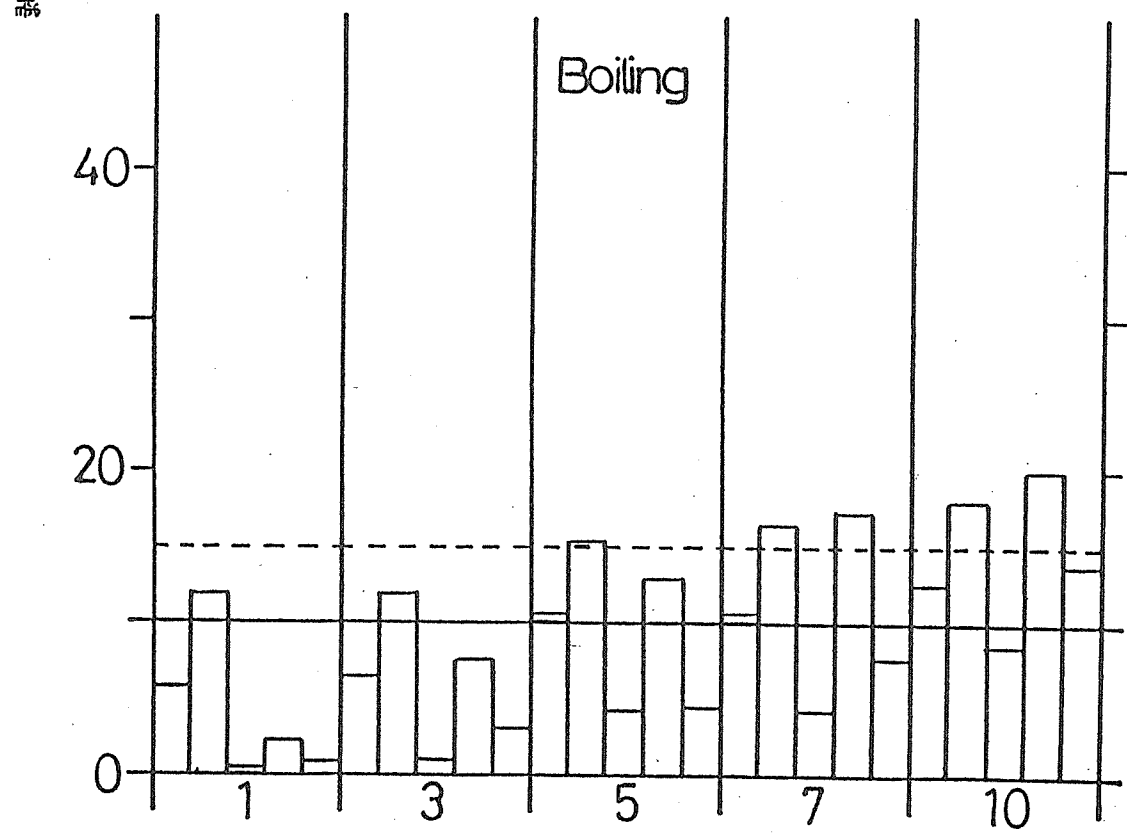
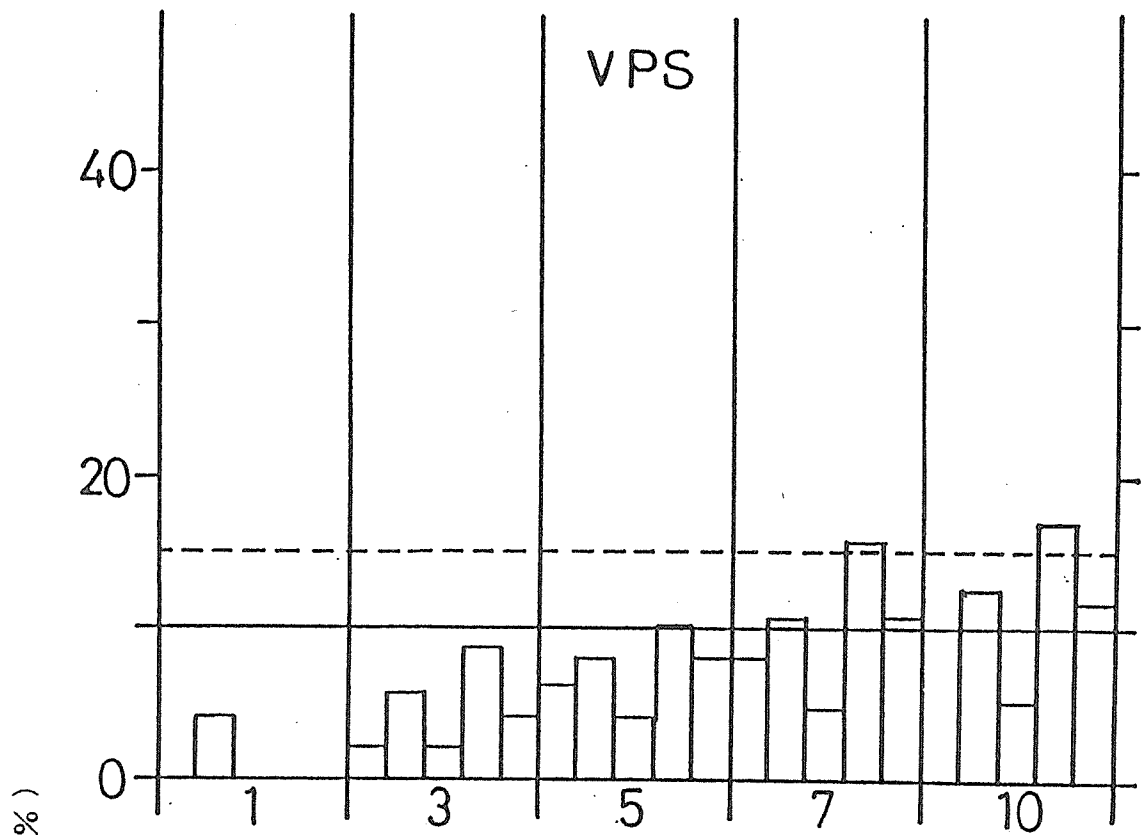


第14図 高周波接着M-PVAcの接着性能の温度依存性
(レジンド、架橋剤 3 p h r)



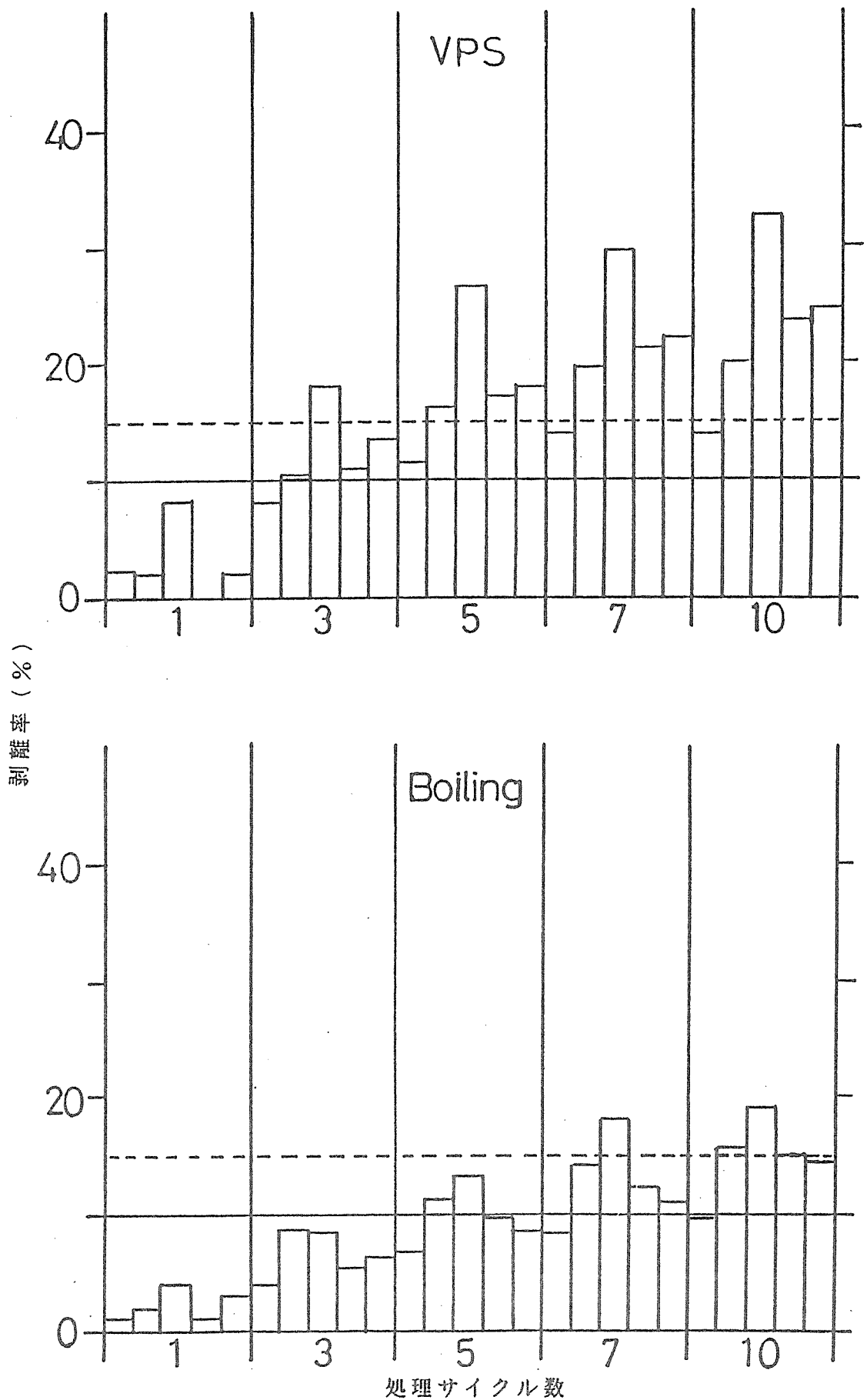
処理サイクル数

第15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FJ材の剥離の進行（エゾマツ、レジンA）

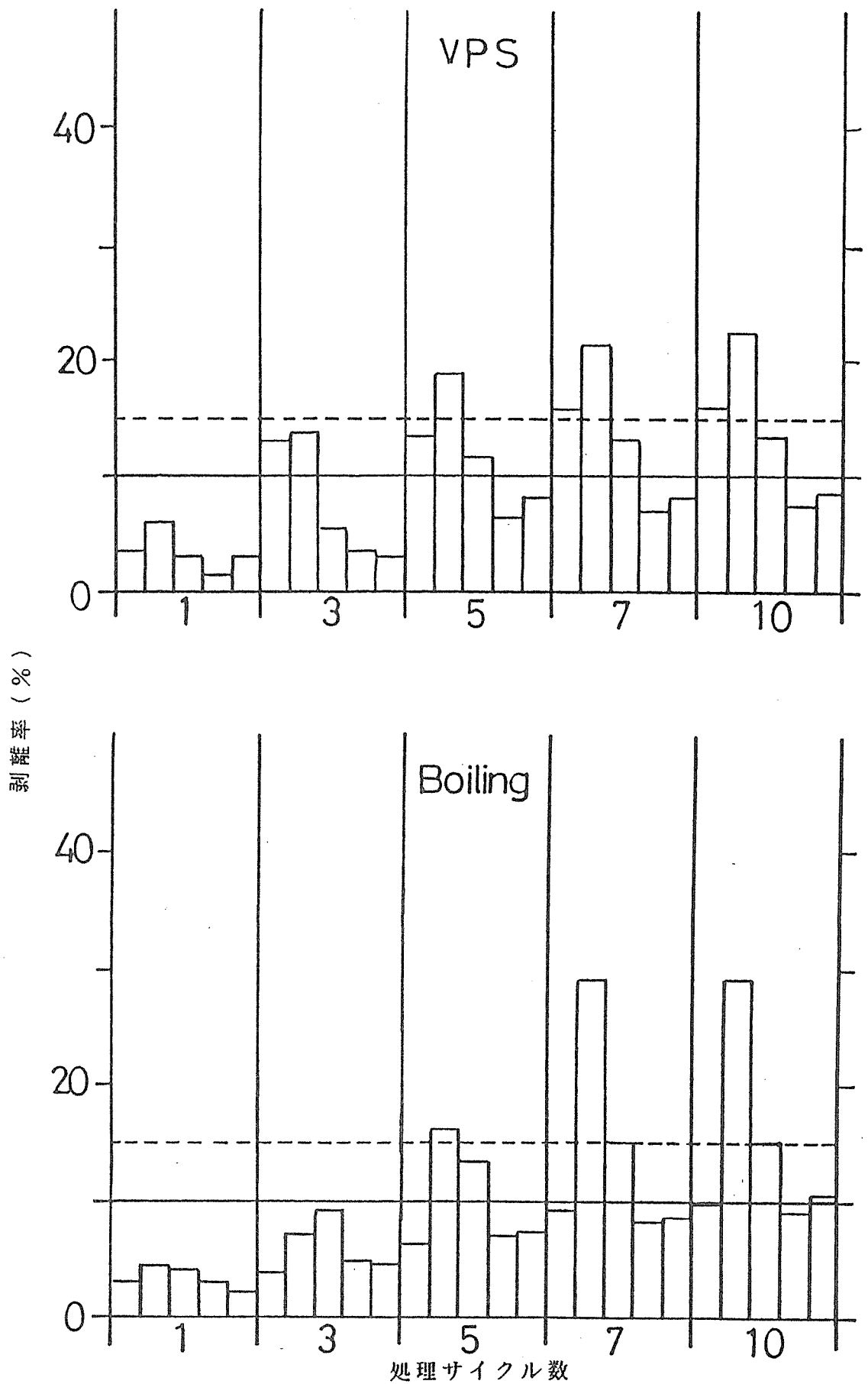


処理サイクル数

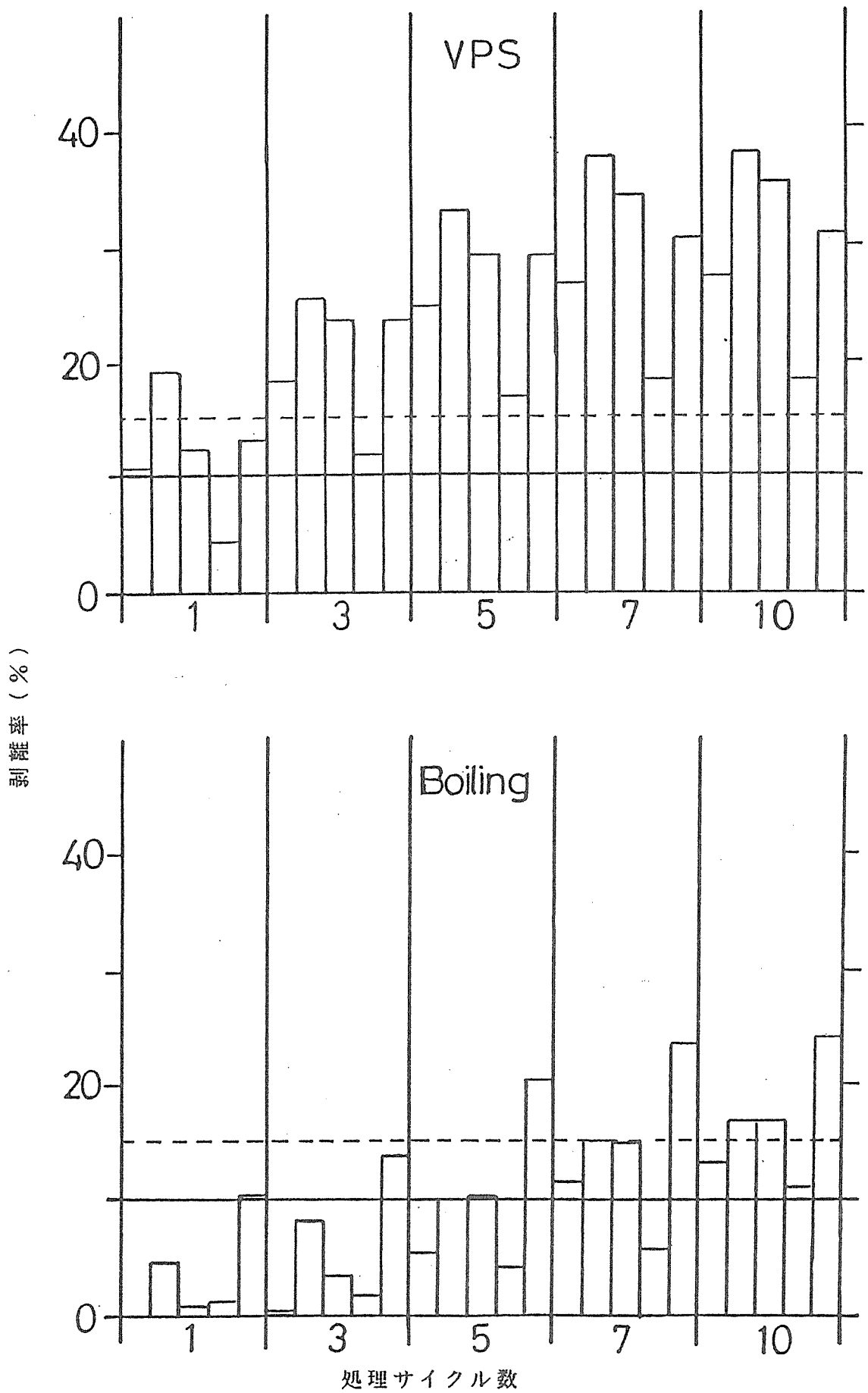
第16図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理（VPS）及び煮沸繰り返し処理（BOILING）によるFJ材の剥離の進行
（エゾマツ、レジンB）



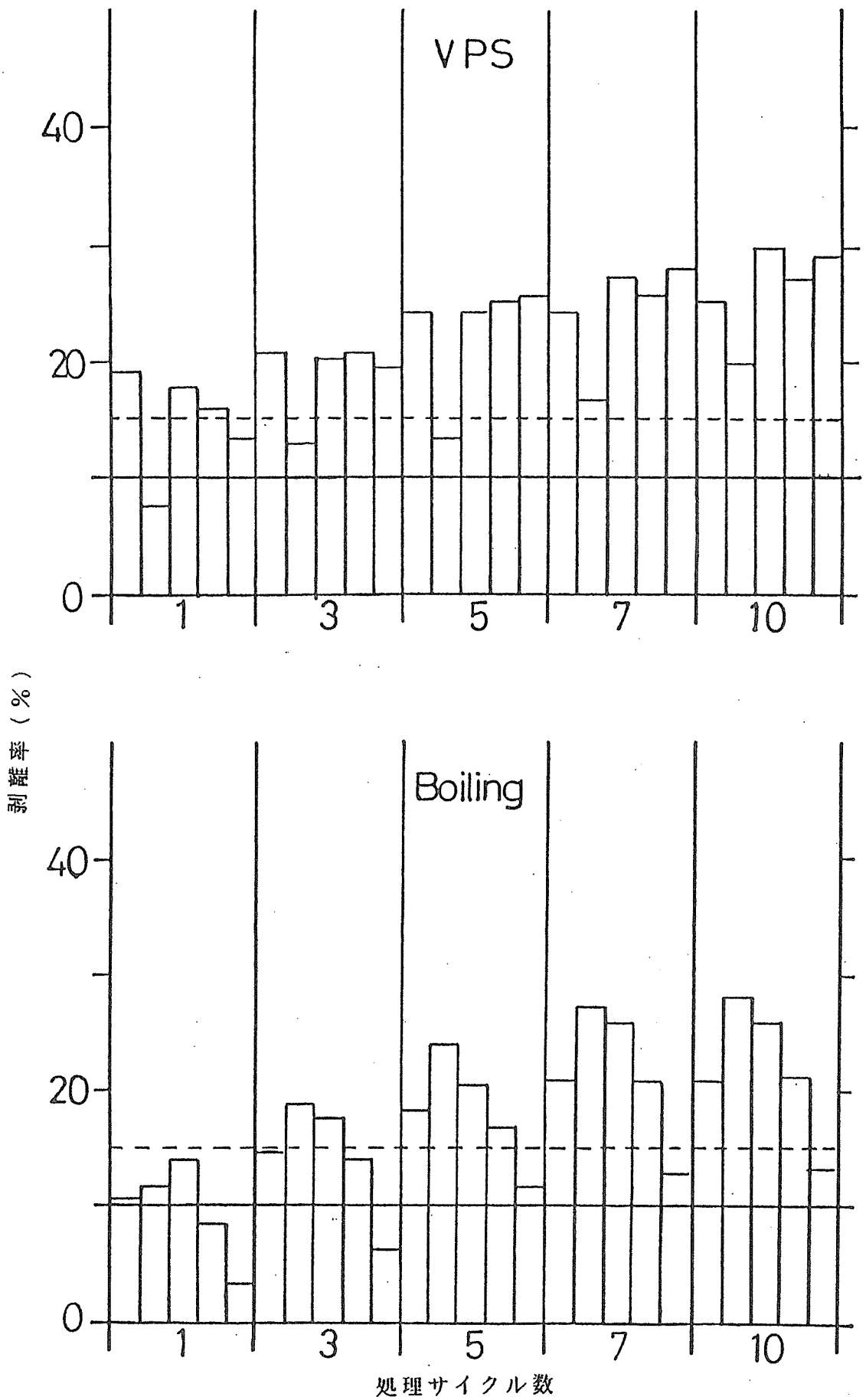
第17図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 (VPS) 及び煮沸繰り返し処理 (BOILING) によるFJ材の剥離の進行 (エゾマツ、レジンC)



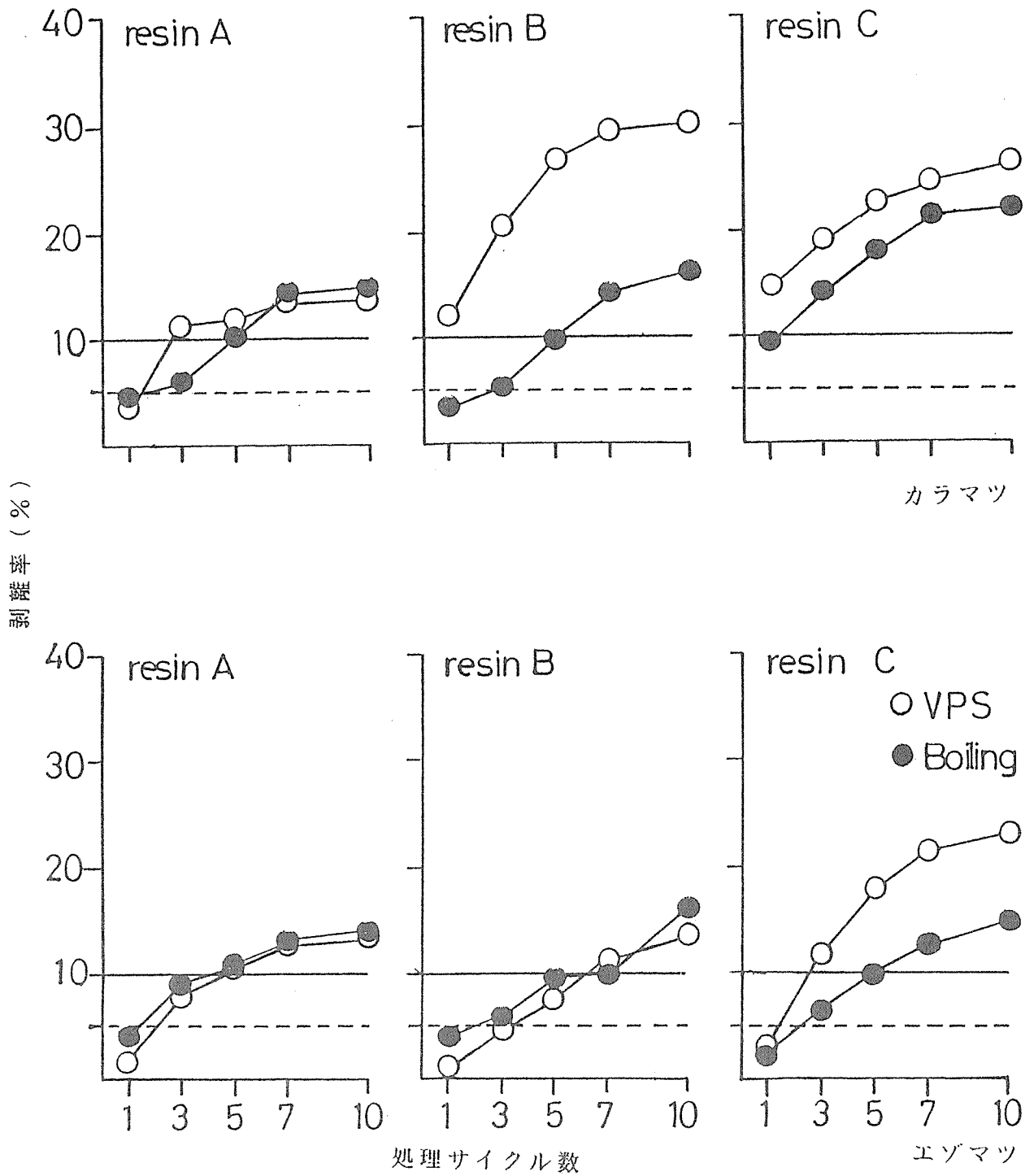
第18図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理（VPS）及び煮沸繰り返し処理（BOILING）によるFJ材の剥離の進行
（カラマツ、レジンA）



第19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FJ材の剥離の進行
(カラマツ、レジンB)

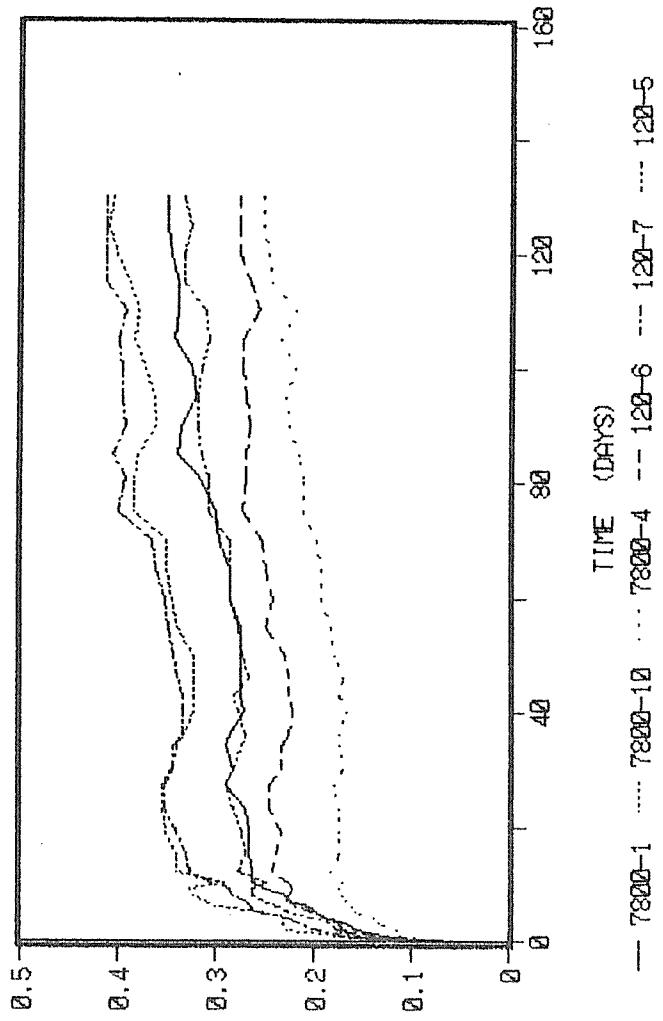


第20図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理（VPS）及び煮沸繰り返し処理（BOILING）によるFJ材の剥離の進行
（カラムツ、レジンC）



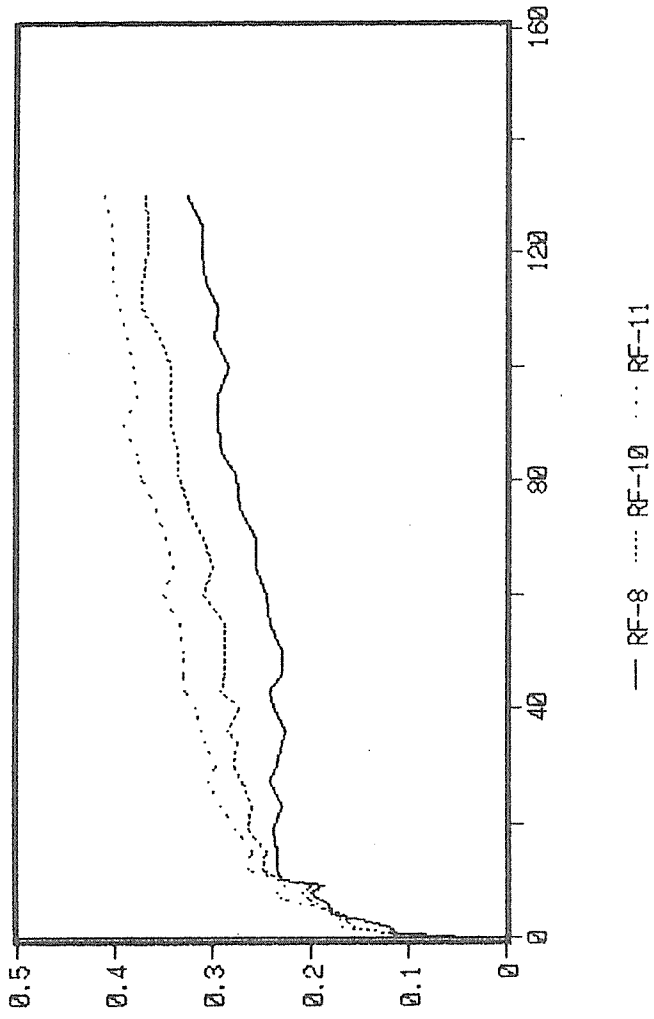
第 2 1 図 減圧加圧浸せき・乾燥繰り返し処理 (VPS) 及び煮沸繰り返し処理 (BOILING) による FJ 材の平均剥離率

相対クリープ比



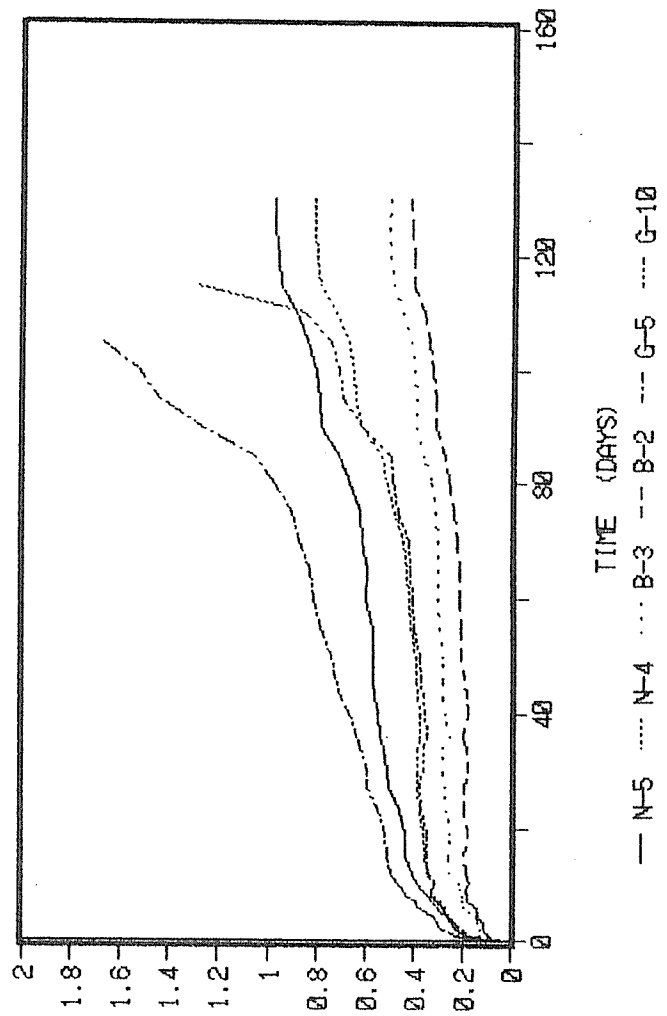
第22図 2種のAPIで接着したFJ材の相対クリープ比

相対クリープ比



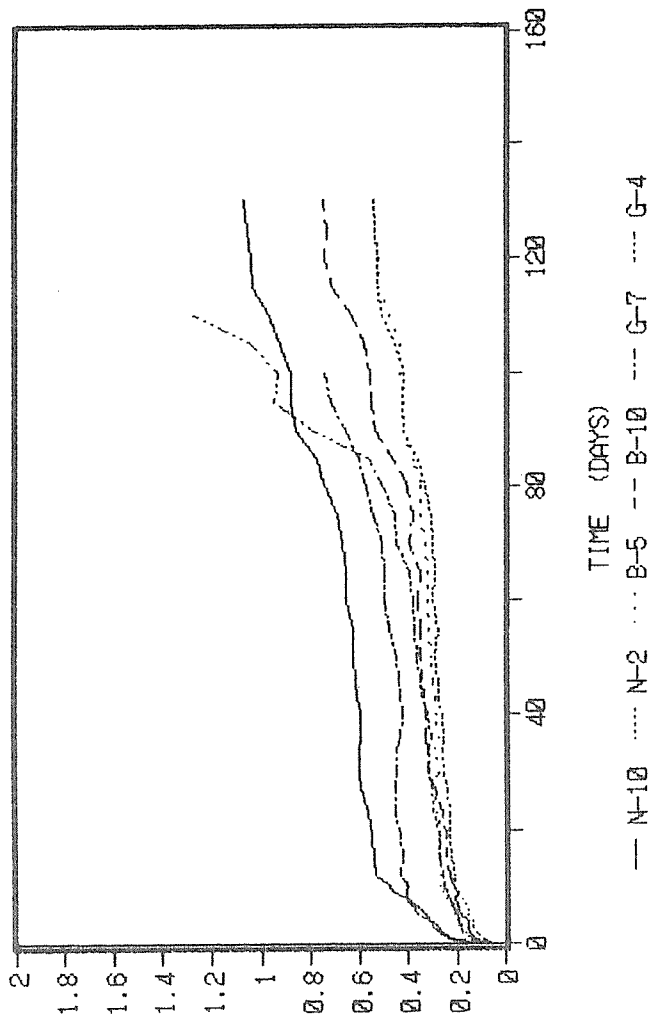
第23図 RFで接着したFJ材の相対クリープ比

相対クリープ比



第24図 M-P V A cで接着したF J材の相対クリープ比 (その1)

相対クリープ比



第25図 M-P V A cで接着したF J材の相対クリープ比 (その2)

5. 枠組壁工法構造用たてつぎ材の製造基準（案）

5-1 適用の範囲

この製造基準は、枠組壁工法構造用たてつぎ材の製造に適用する。

5-2 定義

この基準において次の各号に掲げる用語の定義はそれぞれ当該各号に定めるところによる。

1) 枠組壁工法構造用たてつぎ材

ひき板をフィンガージョイントによって長さ方向に接着した針葉樹材で、枠組壁工法建築物の構造耐力上主要な部分に使用するものをいい、用途により3種類に区分される。

2) 甲種たてつぎ材

枠組壁工法構造用たてつぎ材のうち、主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するものをいう。

3) 乙種たてつぎ材

甲種たてつぎ材及びたて枠用たてつぎ材以外の枠組壁工法構造用たてつぎ材をいう。

4) たて枠用たてつぎ材

枠組壁工法構造用たてつぎ材のうち、たて枠のみに使用が限定されるものをいう。

5-3 寸法型式

枠組壁工法構造用たてつぎ材の寸法型式は、次の表の左欄に掲げるとおりとし、その規定寸法は、それぞれ同表の右欄に掲げるとおりとする。

（単位：）

寸法型式	甲種たてつぎ材		乙種たてつぎ材		たて枠用たてつぎ材	
	厚さ	幅	厚さ	幅	厚さ	幅
203	38	64	38	64		
204	38	89	38	89	38	89
206	38	140			38	140
208	38	184				
210	38	235				
212	38	286				

5-4 材 料

1) 木材の樹種

たてつぎ木材に使用する樹種は、枠組壁工法構造用製材の日本農林規格（昭和49年7月8日農林省告示第600号）の別表2の樹種によるものとする。なお、一本のたてつぎ材は同一樹種群で構成するものとし、未乾燥材と乾燥材を混用してはならない。

2) たてつぎ部の木材の品質

(1) 甲種たてつぎ材

特級、1級、2級にあっては、やにつぼのない健全な材を用いてフィンガージョイントを行う。5-4、2) (3)の節及び5-4、2) (4)の丸身に関する制限を除く繊維走向の傾斜などの品質については、当該等級の品質基準に適合すること。

(2) 乙種たてつぎ材及びたて枠用たてつぎ材

甲種2級またはスタンダードの品質基準に適合する材を用いてフィンガージョイントを行う。ただし、木口面に投影したときの面積が木口面の面積の10%以下のやにつぼを含んでも良い。

(3) 節

(ア) 甲種及び乙種たてつぎ材

木口面に投影したときの面積が木口面の面積の10%以下であること。10%を越える節が存在する場合は、節及び繊維走行の乱れがフィンガー部に及ばないように離す。

(イ) たて枠用たてつぎ材

ジョイント部の節または穴は、25mm以下であること。

(4) 丸身

いかなる等級にあっても厚さの1/2を越えてはならない。ジョイントの両側の材の丸身は可能な限り同一コーナーにくるように配置すること。

注) たて継ぎ部とは、フィンガーの底部から75mm以内をいう。

3) 接着剤

(1) 甲種たてつぎ材及び乙種たてつぎ材

レゾルシノール系樹脂及びフェノール・レゾルシノール共縮合樹脂またはこれと同等以上の性能を有するものであること。

(2) たて枠用たてつぎ材

本製造基準に規定する曲げ試験及び接着性能試験に合格するものであること。

5-5 フィンガージョイントの形状など

1) フィンガールの長さ

12 mm 以上であること。

2) フィンガー間の隙間

一方のひき板のフィンガールの先端と他方のフィンガールの底部の隙間が1.5 mm以下であること。

3) 段差

フィンガールの両側の材面間の段差は、1.5 mm以下であること。ただし、甲種3級及び乙種ユティリティでは、片側のみ3 mm以下であってよい。

4) フィンガーは、水平型（Hタイプ）または垂直型（Vタイプ）のいずれであってもよい。

5-6 枠組壁工法構造用たてつぎ材の製造

1) 含水率

たてつぎされる木材の含水率は、19 %以下であること。また、たてつぎ木材を構成する木材相互間の含水率の差は5%以下であること。

2) 接着剤の塗布

接着剤は接着剤製造者の仕様に示された可使用時間以内に、フィンガールの被着面に適正量を均一に塗布するものとする。塗布方法は両面塗布あるいは片面塗布とするが、両面塗布が望ましい。塗布量はフィンガー部を圧縮したさいに接着剤が側面に若干はみだし、硬化後に完全な接着層が形成される程度とする。

3) 圧縮圧力

フィンガージョイントのスカート接着面が十分接着できる適正な圧縮圧力を加えること。フィンガールの底部に割れが生じるような過度の圧縮圧は避けること。

4) 硬化養生

高周波加熱などにより接着層を加熱する場合は、接着部が高温になり過ぎないように注意する。また、移動させながら加熱する場合は、接着部に無理な力が加わらないようにする。木材を予熱する場合は、過度の高温（175℃以上）は木材表面の劣化を招くので、避けること。

5-7 製品の品質（たてつぎ材の等級）

最終製品は、枠組壁工法構造用製材の日本農林規格（JAS 600）に規定される品質基準に従って等級区分される。ただし、たて枠用たてつぎ材にあっては、甲種2級または乙種スタンダード等級の品質基準を満足しなければならない。等級区分にさいし、フィンガージョイントは欠点とみなさない。

6. 桝組壁工法構造用たてつぎ材の検査及び試験

6-1 初期試験

新しい製造工程の始動時及び既存の工程の変更時（樹種、等級、寸法型式、接着剤の種類、フィンガーの形状の変更を含む）には、桝組壁工法構造用たてつぎ材の接着性能試験及び曲げ試験を行い、たてつぎ材の接着性能、強度性能等を確認するものとする。

1) 接着性能試験（はく離試験）

(1) 試料の採取

はく離試験用の試料を20体採取する。ただし、試料は曲げ試験用試料の曲げ応力のかからない部分から採取しても良い。

(2) 試験片の作製

試験片は、各試料たてつぎ材から中央部にフィンガージョイントを含む、木口断面寸法をそのままとした長さ180 mmのものを採取する。フィンガーの長さが16mm以下の場合、フィンガーの先端部を切断し、木口に接着層が露出した試験片を1個作成する。フィンガーの長さが16 mmを超える場合は、フィンガーの中央部を切断し、試験片を2個作成する。

(3) 試験の方法

煮沸繰返し試験または減圧加圧試験のいずれかの方法により行なう。

(7) 煮沸繰返し試験

試験片を沸騰水中に5時間浸せきし、更に室温水中に1時間浸せきした後、水中から取り出し、 60 ± 3 °Cの恒温乾燥器中で18時間以上乾燥し、含水率が19%以下となるようにする。上記の処理を1サイクルとし、平均はく離率が5%を超えた場合には、更に2サイクルの処理を行なう。

(1) 減圧加圧試験

試験片を室温水中に浸せきし、508 mmHgから635 mmHgの減圧を30分間行い、更に 5.2 ± 0.3 kgf/cm²の加圧を2時間行なった後、水中から取り出し、 70 ± 3 °Cの恒温乾燥器中で18時間以上乾燥し、含水率が19%以下となるようにする。上記の処理を1サイクルとし、平均はく離率が5%を超えた場合には、更に2サイクルの処理を行なう。

(4) 試験結果の適合基準

はく離は、試験片の木口面における接着層のはく離の長さが3 mm以上のものについて測定するものとし、1サイクル終了時の平均はく離率が5%以下であること、または、3サイクルの終了時において個々の試験片におけるはく離率が15%以下でありかつ平均はく離率が10%以下であること。平均はく離率は、2個の試験片を使用する

場合には各試験片のはく離率の平均とし、1個の試験片を使用する場合には当該試験片のはく離率を平均はく離率とする。なお、外側のフィンガーに隣接する接着層のはく離、節の境界面のはく離は、はく離とみなさないものとする。

(注) はく離率は次の式によって算出する。

$$\text{はく離率 (\%)} = \frac{\text{木口面のはく離の長さの合計}}{\text{木口面の接着層の長さの合計}} \times 100$$

2) 曲げ試験

(1) 試料の採取

曲げ試験時にフィンガーショットがスパン中央にくるようなジョイント部をもつ試料を無作為に40体採取する。

(2) 試験の方法

試験たてつぎ材の半数をフラットワイズ（幅の材面を上面にすることをいう。以下同じ。）にし、残りの半数をエッジワイズ（厚さの材面を上面にすることをいう。以下同じ。）にして、図（1）に示す方法により荷重し、最大荷重を測定する。この場合の平均荷重速度は毎分 300 kgf/cm²以下とし、ジョイント部を荷重スパンの中央にし、全スパンは {はり背×（15～20）+13}（単位cm）とする。

(3) 試験結果の適合基準

次の（ア）及び（イ）の条件を満たすこと。

（ア）採取された試験たてつぎ材の95%以上の曲げ強さが次の表の①の欄の値以上であること。

（イ）採取された試験たてつぎ材の全ての曲げ強さが次の表の②の欄の値以上であること。

表1 曲げ強さの適合基準値（甲種たてつぎ材）

樹種 グループ	樹種群	等級	曲げ強さ (kgf/cm ²)	
			①	②
S I	DFir-L	特級	472	420
		1級	405	360
		2級	337	300
		3級	185	165
	Hem-Tam	特級	438	390
		1級	371	330
		2級	303	270
		3級	169	150

S II	Hem-Fir	特 級	405	360
		1 級	337	300
		2 級	303	270
		3 級	169	150
	S-P-F	特 級	371	330
		1 級	320	285
		2 級	253	225
		3 級	152	135
	W-Cedar	特 級	337	300
		1 級	303	270
		2 級	253	225
		3 級	152	135

表2 曲げ強さの適合基準値（乙種たてつぎ材）

樹 種 グループ	樹 種 群	等 級	曲げ強さ (kgf/cm ²)	
			①	②
S I	DFir-L	コンストラクション	287	255
		スタンダート	236	210
		ユティリティ	152	135
	Hem-Tam	コンストラクション	253	225
		スタンダート	202	180
		ユティリティ	135	120
S II	Hem-Fir	コンストラクション	253	225
		スタンダート	202	180
		ユティリティ	135	120
	S-P-F	コンストラクション	202	180
		スタンダート	169	150
		ユティリティ	101	90
	W-Cedar	コンストラクション	202	180
		スタンダート	169	150
		ユティリティ	101	90

表3 曲げ強さの適合基準値（たて枠用たてつき材）

樹種 グループ	樹種群	曲げ強さ (kgf/cm ²)	
		①	②
S I	DFir-L	236	210
	Hem-Tam	202	180
S II	Hem-Fir	202	180
	S-P-F	169	150
	W-Cedar	169	150

6-2 品質管理

1) 概要

製造工程が適正であり、製品が必要な品質性能を保持しているかを確認するため、日常的に曲げ試験、接着性能試験、引張保証荷重試験を行い、その結果を各工場の品質管理担当者が点検し、記録を保存するものとする。

2) 工場基準

製造工程毎に機械・装置の仕様操作方法、チェック項目及び緊急時の処置、作業者の不在時の処置などを記載した工場基準を備えていなければならない。

3) 品質管理

(1) 機械・装置のキャリブレーション

曲げ試験機、はく離試験装置、保証荷重試験機キャリブレーションを少なくとも週1回行い、その記録を保存する。

(2) 試料のサンプリング

保証荷重試験を行わない場合は、製造作業2時間毎にフラットワイズ曲げ試験用1体、エッジワイズ曲げ試験用1体を採取する。

保証荷重試験を行う場合は、製造作業4時毎にフラットワイズ曲げ試験用1体、エッジワイズ曲げ試験用1体を採取する。

はく離試験用の試料は、製造作業1時間毎に最低1体または2000ジョイント製造毎に最低1体（頻度の多い方）を採取する。

(3) 試料の作成及び試験の方法

8.1.1のはく離試験及び8.1.2の曲げ試験の方法と同じとする。

(4) 試験結果の適合基準

(5) 保証荷重試験

甲種たてつき材の2級（No.2）以上の等級の全ての製品については、枠組壁工法構造用製材の当該等級の引張許容応力度の1.33倍以上がかかるような引張保証荷重試験を行う。

7. カナダの構造用フィンガージョイント材

7-1 構造用フィンガージョイント材

フィンガージョイントとは比較的短い製材の木口にフィンガー形状の接合部を作り加圧接着することにより長い材を生産する接合技術である。この接合技術を用いて生産された構造用フィンガージョイント材により、今まで余り使用されなかった短い材や大きな欠点を持つ製材でもその欠点を取り除くことにより有効に再利用されている。カナダでは十数年前から構造用フィンガージョイント材は長尺材の生産が可能であること、曲がりやくるいが少なく安定しており、また資源の有効利用の面からも関心が高まっている。

カナダでは構造用フィンガージョイント材は壁のたて枠、トラスの弦材、床根太、たる木などに好まれて使用されている。フィンガージョイント材はこのほかにも構造用集成材のラミナなどいろいろな木質構造材料を製造していく過程で使用されているが、ここではフィンガージョイント材の素材にディメンションランバー（ $2 \times 4 \sim 2 \times 12$ ）を使用した構造用フィンガージョイント材について述べる。フィンガージョイント接合することによって基本的にいくらかでも長く接合することが可能だが、カナダでは通常40フィート迄のものを生産している。

7-2 カナダの構造用フィンガージョイント材の規格

カナダの構造用フィンガージョイント材はNLGA（カナダ製材格付機構）のSPS-1（横架材として使用するもの）及びSPS-3（壁の縦枠として使用するもの）の規格に基づいて製造されている。これらの規格はカナダ製材規格委員会（CLSAB）で認められており、規格を遵守しているかどうかはCLSABやアメリカ製材規格調査委員会により監視されている。

7-3 現況

現在カナダでは5会社6工場が年間1億～1億1千万BM（約25万立方メートル）の構造用フィンガージョイント材を生産している。それ以外でもI-ビームや工業用材料として自社使用にフィンガージョイント材を生産しているところもある。6工場の内、5工場は 2×4 又は 2×6 の8～10フィートのSPS-3規格のものを壁の縦枠用として製造しており、1工場のみが現在40フィート、 2×12 までのSPS-1規格による構造用フィンガージョイント材を製造して

いる。生産量ではおおよそ55～60%ぐらいがSPS-3によるもので残りがSPS-1によるものである。

7-4 樹種

構造用フィンガージョイント材に使用される製材の樹種はNLGA規格に規定された特定の樹種、または同一樹種グループに含まれる樹種の組合せが可能である。最も一般に使用される樹種はホワイト・スプルース、エンゲルマン・スプルース、ロジポール・パイン、アルパイン・ファーを含むスプルース・パイン・ファー（SPF）である。ダグラス・ファー、ウエスタン・ラーチを含むダグラス・ファー・ラーチやウエスタン・ヘムロック、アマピリス・ファーを含むヘム・ファーはあまり生産されていない。

7-5 フィンガーの形状

フィンガーは材に対して水平、垂直でもまたどの角度でも加工することが出来るが、製材の長さ方向に対して直行する平面に加工することになっている。フィンガー接合の性能は継目の形状により大きく異なり、一般的にフィンガー部の傾斜が緩いほど強度性能は向上する。フィンガー部の強度は工場での品質管理によって試験体の平均曲げ強度が許容曲げ応力度の3.15倍以上になるよう管理されている。

7-6 接着剤

接着剤についてSPS-1ではレゾルシノールまたはフェノール・レゾルシノール接着剤に限定されている。これに対しSPS-3では使用接着剤は限定されていない。通常SPS-3に使用する接着剤は取扱が容易なことからホワイトグループと呼ばれる架橋タイプの酢酸ビニール接着剤が使用されている。これらの接着剤は接合部に圧力が加えられた際、余分な接着剤がはみ出す程度まで十分な量を接着面すべてに行き渡るようにし、接着剤はフィンガーの片側または両側に塗布することになっている。

7-7 性能及び品質管理

フィンガージョイントすることによって木材の持つ欠点を取り除き高い構造性能を持った材料を作ることが出来るが、優れた構造用フィンガージョイント材であるためには大きく3つの項目に注意しなければならない。第1に接合部の性能、第2にフィンガージョイント材としての強度性能、第3にグレードである。接合

部の性能ではジョイント部分の木材と接着性能を制限することによって達成している。例えば特級、1級、2級の構造用フィンガージョイント材はそれらの等級に要求されている製材の規格を満たすことは勿論だが、それと共にジョイント部分が少しの腐れもなく、ヤニのない繊維走行の良いものを使用することになっている。また、フィンガーされる樹種は同一の樹種グループの材を使用しなければならないことになっていると共に、フィンガー部の切削性能や接着剤の性能や品質なども細かく規定されている。2番目の強度性能ではサンプリングによる曲げ試験や、SPS-1においては強度上の一貫性を保つために全ての材に許容引張り応力度の1.33倍の引張り保証荷重により構造用フィンガージョイント材の性能が管理されている。グレードについては厳選された素材を使用し全ての材に格付け等級が押印されている。

7-8 製材としての構造用フィンガージョイント材

カナダの構造用フィンガージョイント製材の基本的な考え方は日本の考え方と異なりジョイント部の強度がいろいろな欠点を含む接合される比較的短い製材の強度より高いと言う前提条件からスタートする。

カナダの木構造設計規準(CSA 086)においてSPS-1で製造された構造用フィンガージョイント材はフィンガージョイントされていない同じ等級の製材と一つの例外を除きまったく同じ条件で使用できる。一例として2級のフィンガージョイントされた床根太は規準上2級の通常の製材とまったく同じ強度及び性能を持っている。ただ一つの例外としてはフィンガージョイントされた製材を接合して新たな構造用フィンガージョイント材を生産することだけは認められていない。数年前までフィンガー接合部上にトラスのプレートを使用することはできなかったが、実験により強度低下が認められなかったことから現在製材と同様に使用して良いことになっている。

7-9 等級スタンプ

カナダのSPS-1, SPS-2規格で生産された構造用フィンガージョイント材には次のような表示スタンプが、全ての材に押印されている。このスタンプには以下の内容が示されている。

- * 樹種または樹種グループ
- * 乾燥味乾燥の区別
- * 格付け機関
- * 工場番号

* 等級

* SPS-1 CERT FGR JNT, または SPS-3 CERT FGR JNT-VERTICAL USE ONLY

QFA® S-P-F
S-DRY
000 **STUD**
NLGA SPS - 3
CERT FGR JNT
VERTICAL USE ONLY

LMA® 00
STUD
S-DRY
S-P-F
NLGA SPS - 3
CERT FGR JNT
VERTICAL USE ONLY

7-10 日本における構造用フィンガージョイント材

日本では、平成2年5月27日カナダのSPS-3をベースにした『枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格』がJAS規格として制定された。平成3年10月5日、COFI（カナダブリティッシュコロンビア州林産業審議会）は農林水産大臣より構造用縦ぎ材の指定外国検査機関として指定された。現在、COFIを通じてカナダで構造用フィンガージョイント材のJAS工場認定の申請をしている。

8. フィンガージョイント材の今後の可能性

8-1 構造用フィンガージョイント材を取り上げる意義

フィンガージョイント材が住宅の部品として使われ始めて、既に15～16年経過している。戸建住宅の技術者がフィンガージョイントの住宅部品を知り、使われるようになったのは建築技術者の側からではなく洋室造作材のメーカーが提案し、最初は建売住宅の洋室部品として廻り縁・ケーシング幅木等のオイルステインなどで塗装仕上げをする材料から使われ始めた。従って、以前からユーザーの目に触れる部品として使われていたし、建築技術者にも抵抗無く受け入れられた部品であった。その後ツーバイフォー工法の梁材やマグサ材として構造用の集成材が建築技術者の側から使われ始め既に市民権を得ている。この点から見て構造用フィンガージョイント材も、今後日本で普及する可能性がある。

8-1-1 木材資源面からの必要性

1) 木材資源の有効利用

製材工程で発生した端材や、有欠点材から欠点部分を削除し、これらを接合して製品化することにより、木材資源の有効利用をはかることが出来る。

2) Jグレードのデイメンション・ランバーの調達

が将来数量面で限界となる国内のツーバイフォー住宅に用いるデイメンション・ランバーは、主に高品質の木材を所謂Jグレード基準でアメリカ・カナダから輸入している。アメリカ・カナダの森林が1次林から2次林に移行するなかで、高品質の製材品の比率が相対的に低下する傾向にあり、フィンガージョイント材は高品質のデイメンション・ランバーの一部代替の可能性が有る。

3) 幅広材や長尺材は将来素材調達の面で数量に限界がある

将来、2次林中心の伐採となると、大径木の丸太の割合が少なくなり、幅広材や長尺材のデイメンション・ランバーの生産量が低下する。フィンガージョイント材はこれらの代替の可能性が有る。

4) 国産材の活用之道

国産材からデイメンション・ランバーを生産することは、素材の制約等からコスト面で成り立たなかった。しかし、フィンガージョイントを含めて生産することで国産材からデイメンション・ランバーを生産することでコスト面で成り立つ可能性がでた。

8-1-2 現場施工面からの要請

日本の消費者・建て主は住宅の品質に関心を持つ人が多く、住宅メーカー・工務店も住宅の施工品質に強い関心を持っている。ツーバイフォー住宅に用いるデイメンション・ランバーに対しても曲がり・ねじれ等の少ない高い品質を要求している。フィンガージョイント材は製材品と比較して、一般に品質・強度が安定しているため普及する可能性がある。

8-2 フィンガージョイント材に対する材料メーカーの取り組み方

材料メーカーがフィンガージョイント材を調達及び自社工場で利用する立場で、その可能性と課題について述べる。

8-2-1 フィンガージョイント材の調達

1) 国外の製材工場からのフィンガージョイント材の輸入

北米では年間1億8200万BM(約30万M立方米)の構造用フィンガージョイント材が生産されている(1989年)。これらは、おもに北米で建築材料として使用されている。フィンガージョイント材の主な生産地はカナダのBC州であり、スタッド用フィンガージョイント材のJAS告示にともない既に、現地の生産工場ではJAS認定申請の動きが進んでいる。

所謂Jグレードのデイメンション・ランバーと較べて価格の割安感があれば導入可能である。

2) ツーバイフォー住宅資材のコンポーネント工場での生産

① JAS選別でハネた材や加工に用いた端材から欠点箇所を取り除いて、これらを加工してフィンガージョイント材を生産することは、木材資源を有効利用する面から有用である。

- ② 国内のツーバイフォー住宅は3×6モジュールのため、12フィート・14フィートの材料を多量するが、北米の製材工場ではこれらの生産量が少ない。フィンガージョイントすることにより、長さミックスの問題を解決することが可能である。
- ③ 各コンポーネント工場の規模によるが、自社内生産又は集成材工場への外注が考えられる。いずれにしろ、フィンガージョイント部の段差が寸法許容内に入っている必要がある。
- ④ コンポーネント工場がフィンガージョイント材を生産するには、フィンガージョイント材に関するJAS認定を得る必要がある。又、品質管理の体制や試験装置など、いままでにない組織や専任の技術者の育成が必要となる。

3) 国産材によるフィンガージョイント材の生産

乾燥を含めた生産コストが輸入品と同程度になれば、輸入フィンガージョイント材と同等に使用する事が出来る。

8-2-2 フィンガージョイント材のコンポーネント工場での利用

コンポーネント工場においては、フィンガージョイントの定尺材及びプレカット材をツーバイフォー住宅の構造用材料として、建築現場に出荷することに加え、工場でツーバイフォー住宅用のパネルやトラス等のコンポーネント部材の材料として利用することが考えられる。

何れの場合も消費者・建築主の理解と住宅メーカー・工務店の了承を得ることが前提となる。フィンガージョイント材の利用は下記の3点に大別できる。

- 1) 定尺材としての利用
- 2) プレカット材としての利用
- 3) コンポーネント部材としての利用
 - ① パネルへの利用
 - ② トラスへの利用

⑧ 出窓等のコンポネント部材への利用

8-3 フィンガージョイント材に対する住宅メーカーの取り組み方

住宅メーカーや工務店がフィンガージョイント材をツーバイフォー住宅の構造用部材として利用する際の可能性と課題について述べる。

8-3-1 構造用フィンガージョイント材が普及する可能性

その理由の1つは木造3階建てアパートが一般化すると、規模の大きな木造建築になり、現場ではクレーン等の建設機械を使う。現場に投入される2×4材は大きな建物を効率良く建設するために長尺材を使うこととなり、この長尺材はフィンガージョイント材が適している。施工効率を現場の建設機械類で向上させると、フィンガージョイント材の若干のコスト高は総合的には吸収しやすくなる。従って、長期的には大型の木造建築で今後フィンガージョイント材が使われる可能性を秘めている。

8-3-2 住宅の部位別のフィンガージョイント材の利用

フィンガージョイント材が住宅のどの部位に利用されるかは、以下のとおりである。

	(輸入品)	(国産)	(コンポーネント工場製)
1) 立て枠	○	○	△
2) 上下枠・頭つなぎ	○	○	○
3) 1階の床根太	○	○	○
4) 2階の床根太	○	△	△
5) 天井根太	○	○	○
6) 小屋垂木	○	○	○
7) その他の部位	○	○	○

(備考) ○印は材料の供給面及び利用面に支障がないと思料される。

△印は材料の供給面で若干支障がでると思料される。

8-3-3 建物種別によるフィンガージョイント材の利用

フィンガージョイント材が利用される場合に、建物の種別毎にその課題をあげれば、つぎのとおりである。

1) 注文住宅への利用

上棟式の慣習のある日本では、建築主に対しフィンガージョイント材についての正しい理解と啓蒙を図ることが必要である。

2) 建売住宅への利用

品質・コストの優位性が得られれば、建て売り住宅へのフィンガージョイント材の採用は比較的容易である。

3) アパート等への利用

3階建てアパートや大スパン建築物へのフィンガージョイント材の利用は幅広材や長尺材の利用と建築現場での機械化が前提で可能となる。

8-3-4 品質、寸法の問題

JASの規格に起因する寸法精度の問題がある。現在ツーバイフォー工法の梁材として比較的大きな断面の集成材を使う。JASの規格では寸法精度を断面の1.5%と規定しており、このため断面形状が大きな梁材になると4~5mmの伸びとなる。構造用大断面集成材の日本農林規格では寸法の許容値を、厚さ ± 1.5 mm、幅 $\pm 1.5\%$ (但し、 ± 5 mmを越えないこと)、長さ ± 5 mmと規定している。

枠組壁工法構造用製材の日本農林規格では品質寸法を厚さ ± 1.5 mm、長さプラス側は制限しない、マイナス側は0mmと規定している。それぞれの製品が生産される際の条件の違いを考えて品質寸法が決められている。しかし、これらの製品を組み合わせて使う側では、製品の寸法が統一されていることが重要である。

このため建設現場から構造用集成材とランバー部分に段差が生じ補正に時間がかかる、工業製品で大きな誤差が生じるのはおかしい、などのクレームが入ってくる。このため国産のフィンガージョイント材のメーカーは現場のクレームに的確に対処し、寸法精度をランバーに合わせて生産している。海外のメーカーはJASの基準の中で生産するため、現場の実情に的確に対処しにくい。

8-4 フィンガージョイント材普及への課題

1) 消費者・建築主への理解と啓蒙

限られた木材資源を有効に活用するには、フィンガージョイント材の利用が欠かせないことを、消費者・建築主へ働き掛けて、理解を得ることが必要である。又、品質、強度面においても通常の製材品と比べても同等かそれ以上であることを啓蒙する。

2) 設計・施工関係者への理解と啓蒙

ツーバイフォー住宅にかかわる設計者・工事管理者・大工等関係者に対して、次のことを重点に理解と啓蒙を図ることが必要である。

① フィンガージョイント材の品質・性能について

ツーバイフォー住宅の構造用材料としてのフィンガージョイント材は、必要とされる材料強度を十分満たしていることが実証されていること及び製材品と比較して性能・品質のバラツキが少ないこと。

② 限られた木材資源を有効に活用するには、フィンガージョイント材の利用が欠かせないこと。

3) フィンガージョイント材の価格について

北米においては、構造用のフィンガージョイント材の価格は、同等の製材品に対してプレミアムが付いて取引されている。これは製材品と比較して品質・強度がより安定していること、施工後のクレームが極めて少ないことが評価されているためである。

国内においては、所謂Jグレードのデイメンション・ランバーに比較して、コスト優位性をもたせることが、フィンガージョイント材の普及のためには必要である。

4) フィンガージョイント材の品質・性能について

一般のユーザーはフィンガージョイント材を天然材に加工を加えた工業製品として見ることとなる。住宅会社や設計者がフィンガージョイント材についてユーザーに説明し、ユーザーの理解を求めるとユーザーは現場で対面するフィンガージョイント材を工業製品として厳しい目で見ることとなる。その結果、フィンガージョイント材の接合部の段差やフィンガージョイントの雨漏れや設計上の使い方に対し厳しい指摘をすることが予想される。従って、設計上のルールや品質基準をユーザーに分かりやすい形で説明するマニュアルやカタログなどが必要である。

これらのカタログは今後協会などで作成することが求められる。

フィンガージョイント材を供給または生産する業者は、ユーザーが工業製品としてフィンガージョイント材を見ることを前提として段差の修正のためにプレーナーがけを行う必要がある。集成材と製材品の品質基準の違いから生ずる寸法違いが現場から指摘され国内の集成材メーカーが的確に対応していることから、フィンガージョイント材の生産あるいは供給会社に指摘されることが予想される。従って、生産上の基準とは異なる見え掛かり上の品質を、生産業者は心掛けて出荷することが求められる。

第4章 壁式工法住宅部材の提案

はじめに

戦後、大量に植林されたスギ、エゾ、トドマツ等は収穫期を間近に迎え、供給量の増大が見込まれる。しかしながら、我が国での木造住宅の主流をなす在来軸組構法住宅では、これらの樹種の中目材の需要が比較的少ない。

本事業は、これらの中目材を有効に利用する工法の住宅を研究開発することを目的としている。

検討に際しては、現行建築基準法における、いわゆる「在来構法」の範疇で建設可能な工法とすることを基本の方針として取り組んだ。これは、在来の軸組構法が、大工職人の中に永く定着しており、その技能の及ぶ範囲で建てられるような工法が最も受け入れ易いと考えたためである。同時に、我が国における建築現場での環境条件に配慮しながら、極力、合理性の追求を図り現場施工の簡素化に努めた。

そうした方針のもとに進められた提案は図らずも、現在の合理化が進んでいと言われる各種改良構法の延長線上にあるような内容となった。そこでは、比較的大きめの軸組部材と板状の材を組み立てたユニット部材が用いられており、いずれも中目材製品の応用を意図している。特に壁を構成する部品に特徴のある提案ができたと考えている。

また、将来に向けた木造建築物の合理化に資するため、各種タイプの耐力壁を試作し、耐力試験を行い解析を行っている。

これらは、構造的には、その実現性がほぼ確認できており、具体化が望まれ

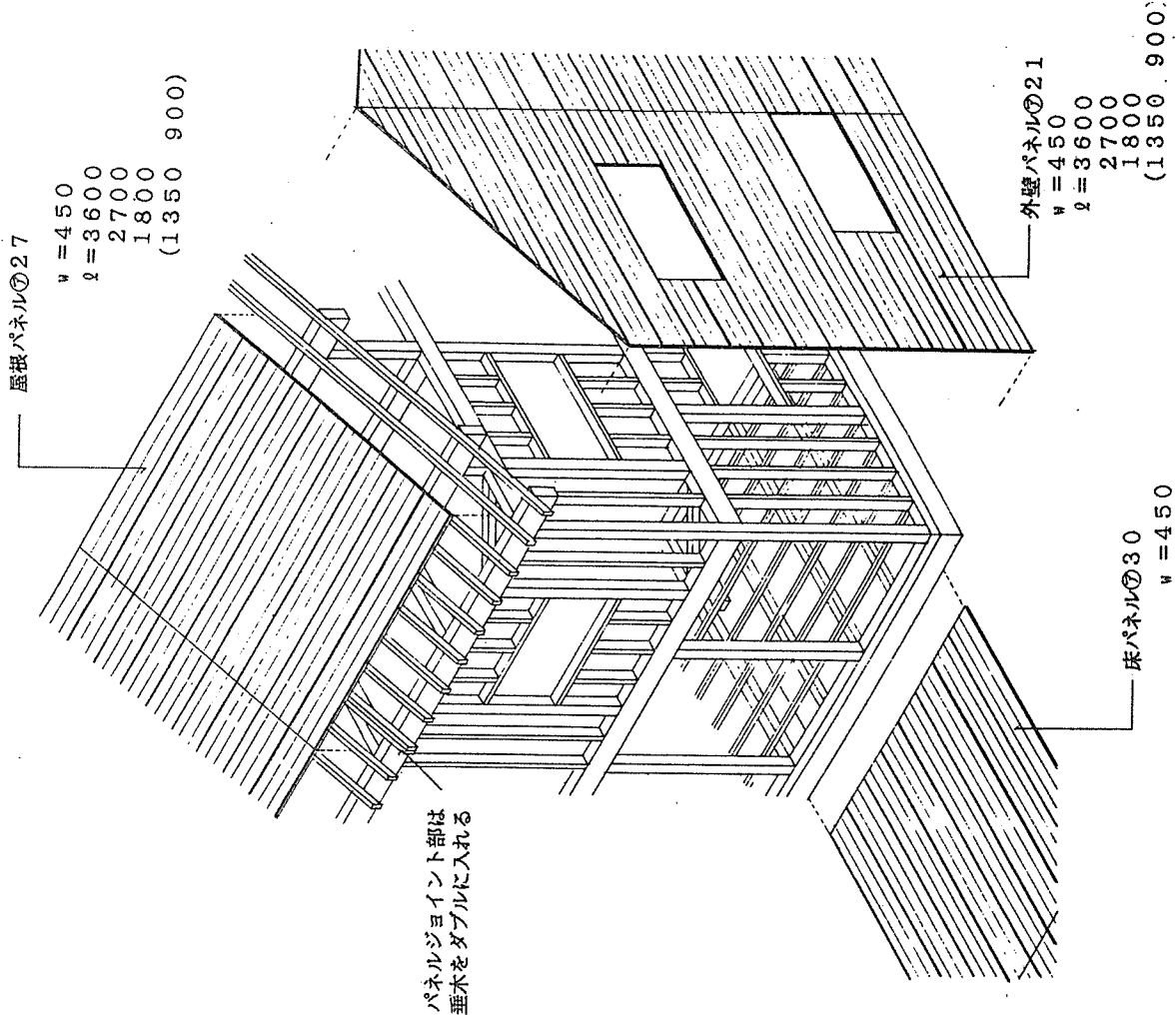
る。また、全体システムでなくとも、各種の部品として、軸組構法の中に取り入れていくことが可能なものをシート化して提案した。これらは、詳細な検討は残っているが、軸組構法の改良という点でも今後の展開が期待されるものである。

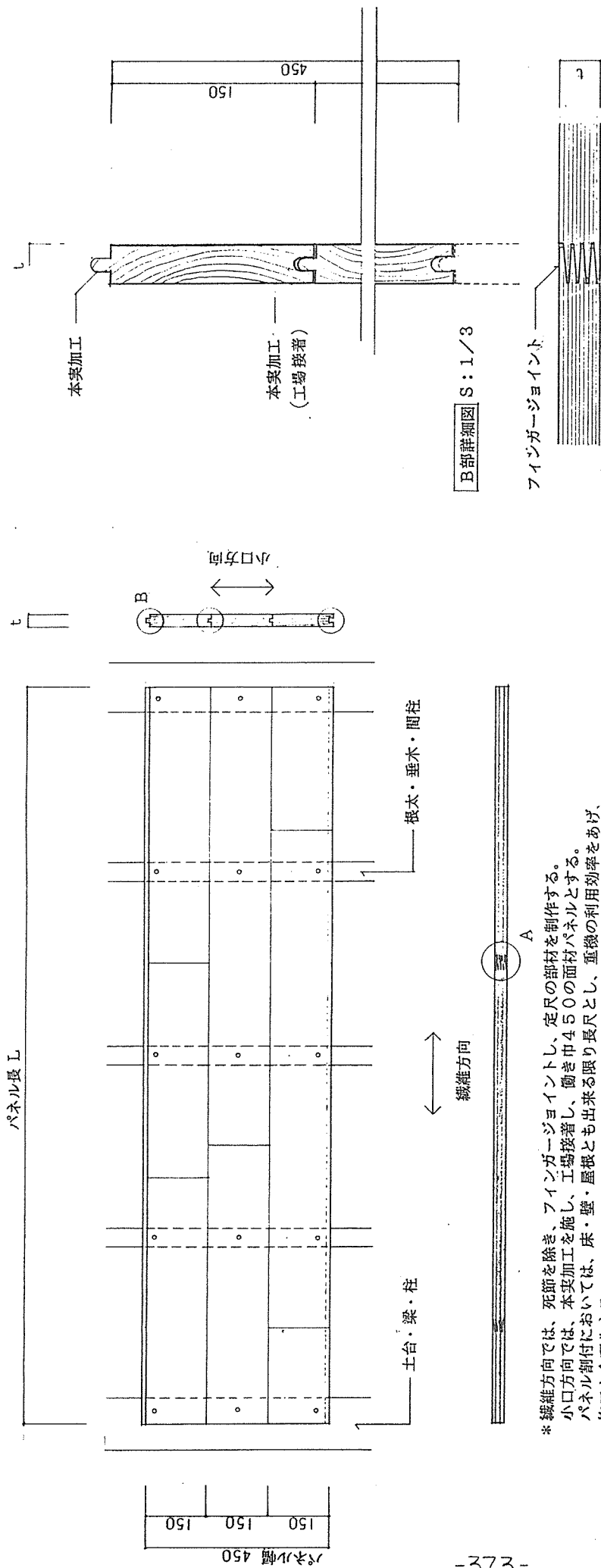
次項以下に検討の内容及びその結果を示す。

1. 国産板割材を用いた軸組＋パネル併用構法

事項	本提案の特徴	バリエーション
1. 軸組	<ul style="list-style-type: none"> 在来軸組（パネル併用構法） 柱120角程度、間柱見込、小屋・床束、梁巾は120に統一。ただし、梁せいは妻側は開口部が少なく柱を繋ぎ入れられぬことから考え統一はしない。 通し柱は地域のやり方に応じて入れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 間柱見込、小屋・床束寸法の統一は計らない。 梁せいを統一し、軸組のモジュール化を計り、パネルとの整合的関係を高める。
2. 耐力壁	<ul style="list-style-type: none"> 外周耐力壁式、面材は軸組及び間柱に直打し、壁倍率2.5倍の耐力壁とする。（稲田資料による） 内装面をプラスターボード等として壁耐力に計算するが、必要に応じて外周壁に筋違を入れる。 面材パネルは中目板3枚合わせとし、平衡調整機能も考慮し、板厚は21以上とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 内部耐力間仕切壁を位置可変筋違入りパネルとする。きは内装面内側にペーパーバリアを施す。
3. 外壁	<ul style="list-style-type: none"> 外周耐力壁（面材パネル）を壁下地として、その上に各種仕上げを行なう。 シージングペーパー、断熱材を施す。 	<ul style="list-style-type: none"> 地域によつては面材パネルに塗薬等を施し、そのまま仕上げとすることも良い。
4. 内壁（和室）	<ul style="list-style-type: none"> 大壁＋付柱式 	<ul style="list-style-type: none"> 120柱見込＋90間柱見込等とし、真壁にする。
5. 内壁（洋室）	<ul style="list-style-type: none"> 大壁：プラスターボード＋仕上 	
6. 床組/床	<ul style="list-style-type: none"> 床組は在来構法に準ずる。 面材は桁・梁上に直打し、床剛性を高めるが、必要に応じて火打を入れる。床は建方時には作業床と共に現場施工する。面材は根太と直交させる。 面材パネルは中目板3枚合わせとする。 w=450, l=900, 1350, 1800, 2700, 3600のモジュールとする。出来る限り長いものを使えることが理想的。 	<ul style="list-style-type: none"> 根太付き中目板面材パネルとする（面材と根太はWT型断面を形成する）。w=900, l=900, 1350, 1800とする。 設ける。大引は1800以下ごとに設ける。大引はやり越し金物で緊結し、2階以上は根太受けを設ける。 根太の転び止めを設ける。
7. 小屋組/屋根（野地）	<ul style="list-style-type: none"> 小屋組は在来構法に準ずる。 面材は垂木に直打し、場合により床と同様に剛性を高めることに利用しし必要に応じて火打ちを入れる。 面材パネルは中目板3枚合わせとし、剛性、防音を考慮し板厚は27以上とする。 l寸法については、床におけるl寸法と根太の工法に準ずる。 	<ul style="list-style-type: none"> 垂木付き中目板面材パネルとする（面材と垂木はWT型断面を形成する）。w=900, l寸法は受注生産。 母屋は1800以下ごとに設ける。 垂木受けを設け垂木と母屋は金物で緊結する。 垂木の転び止めを設ける。
8. 全体に亘る注意	<ul style="list-style-type: none"> 本構法は在来構法の枠内（建築基準法3章第3節の枠内）で在来構法の改良提案を今般出回るものがある。 本構法は杉中目材を主材料としてイメージしつつ検討した。 板割材を中心に、これによる断熱材の一般的流通の到来をイメージしつつ検討した。 この構法では、床に対する外力荷重を外周部に伝達するために火打を床パネルと組み合わせて用いる。しかし、吹き抜け部等では部分的に火打を設けずに済むように設計・計画的配慮をする。 	

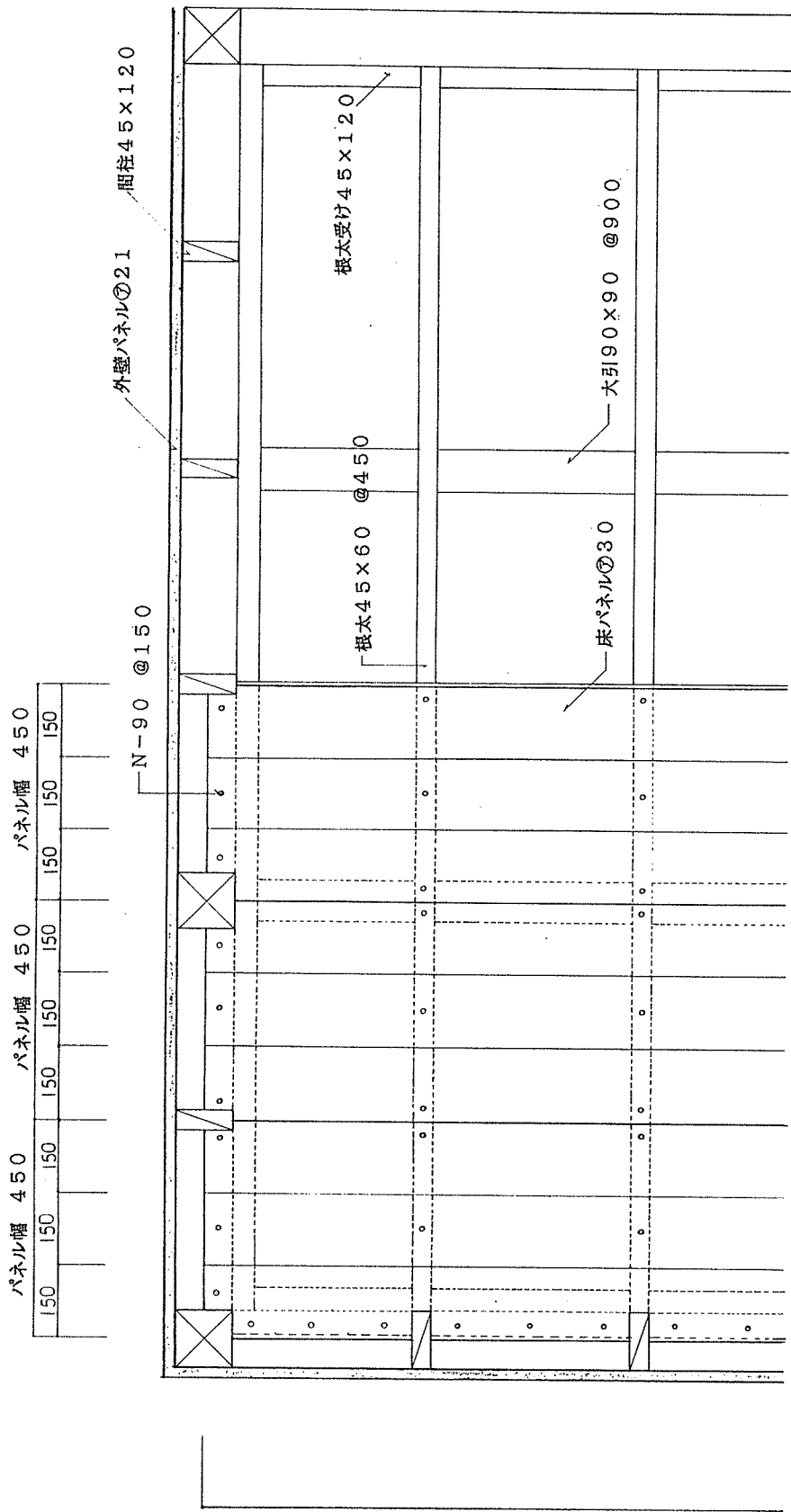
基本システム図



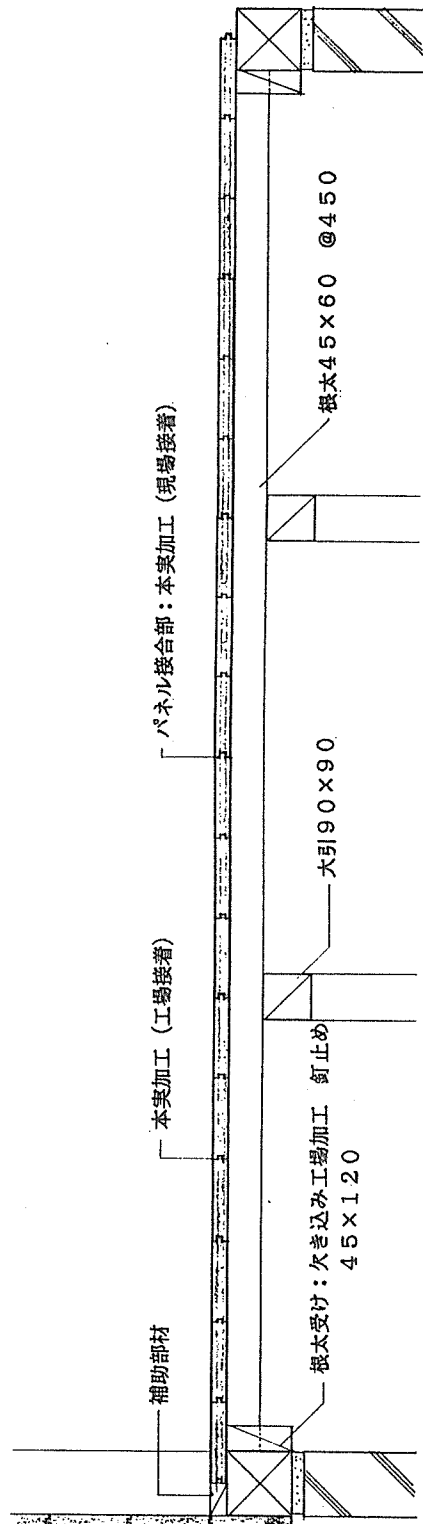


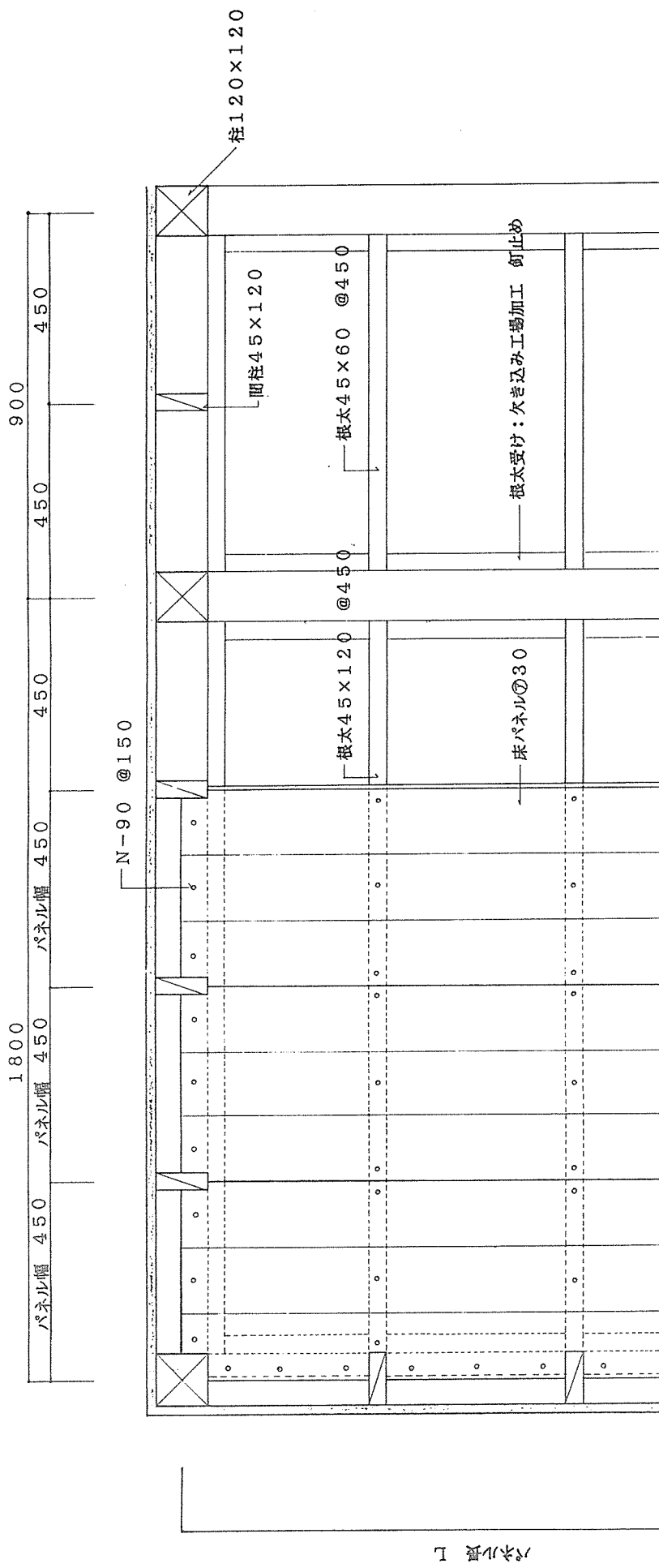
* 繊維方向では、死節を除き、フィンガージョイントし、定尺の部材を制作する。
 小口方向では、本実加工を施し、工場接着し、働き巾450の面材パネルとする。
 パネル割付においては、床・壁・屋根とも出来る限り長尺とし、重機の利用率をあげ、
 施工を合理化する。

		面材パネル重量 (kg)				備考
W=450 材長 L (mm)	900	1350	1800	2700	3600	材種 杉 含水率 15% 比重 0.38
床板パネル厚 t=30	4.62	6.93	9.24	13.86	18.48	釘 N-90 @150
屋根パネル厚 t=27	4.16	6.24	8.32	12.48	16.64	釘 N-90 @150
外壁パネル厚 t=21	3.24	4.86	6.48	9.72	12.96	釘 N-75 @150

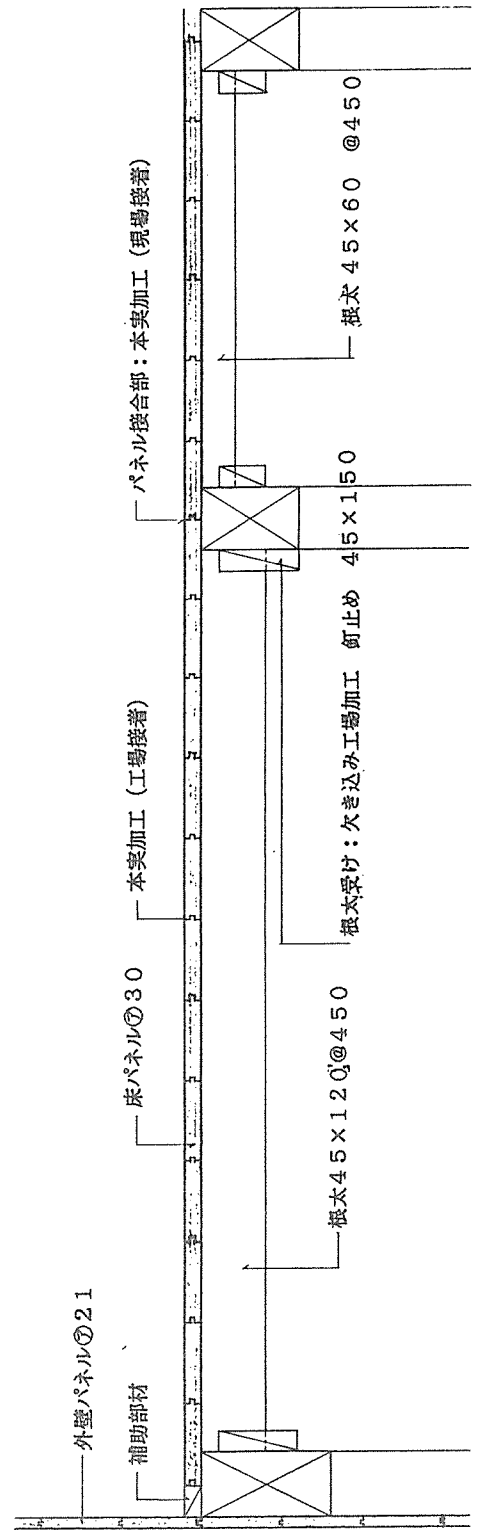


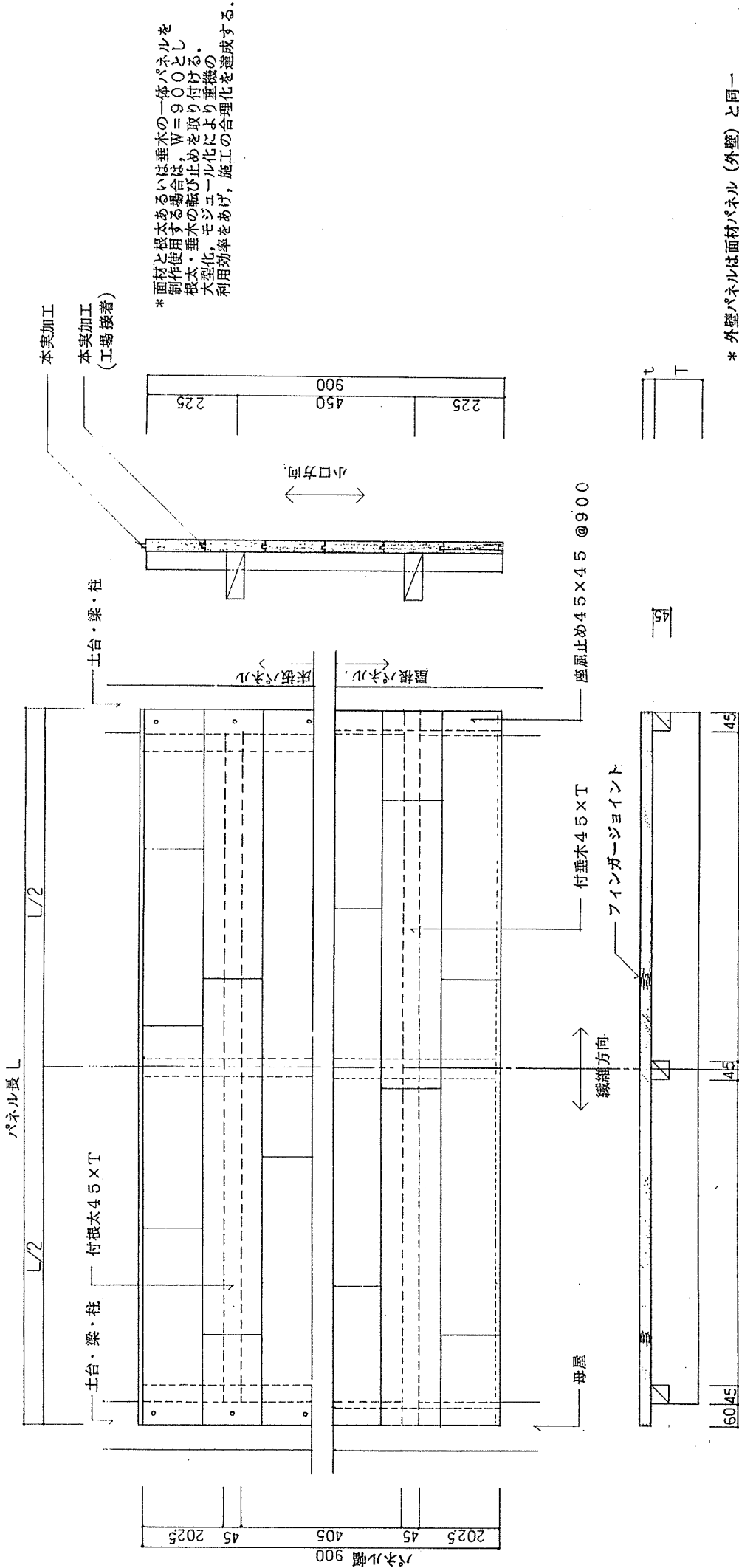
パネル幅 1





パネル 1

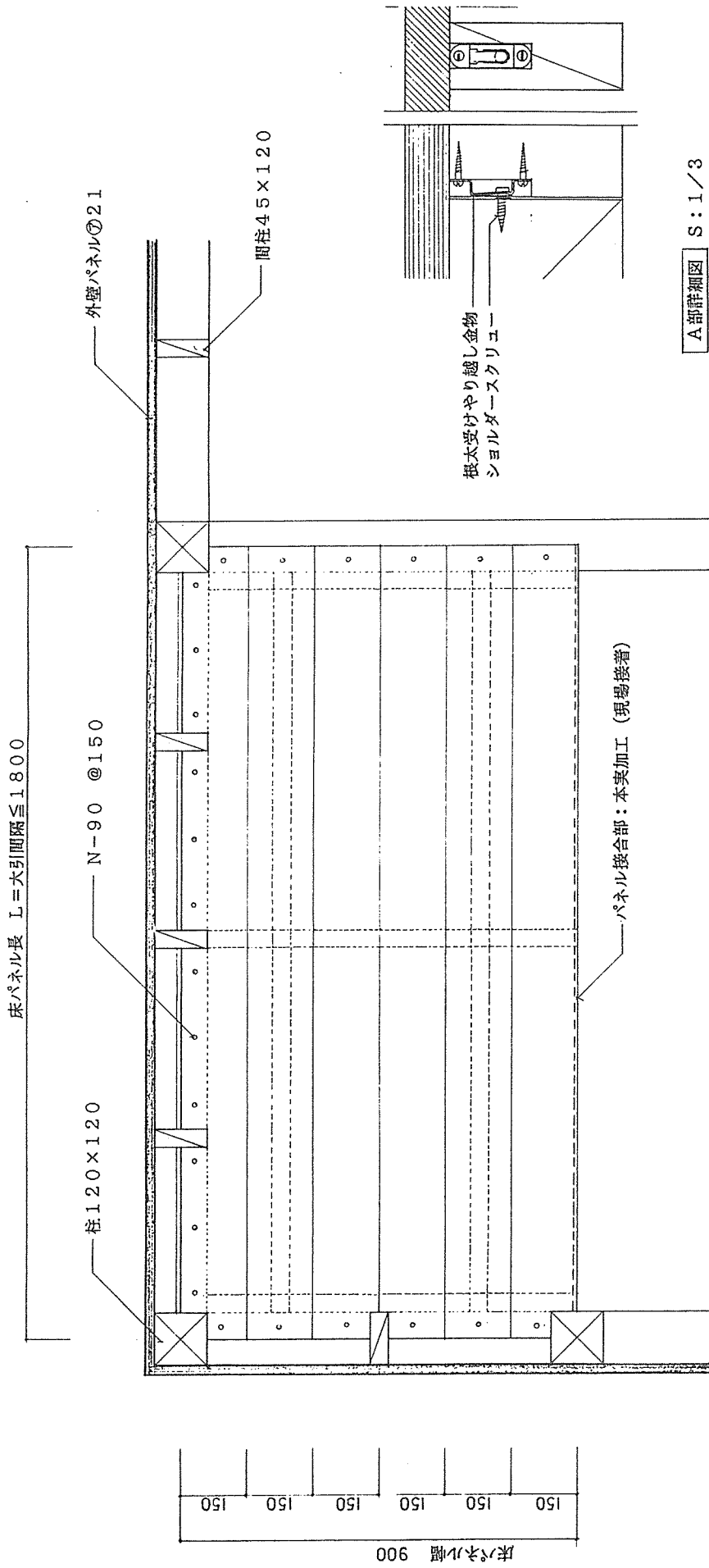




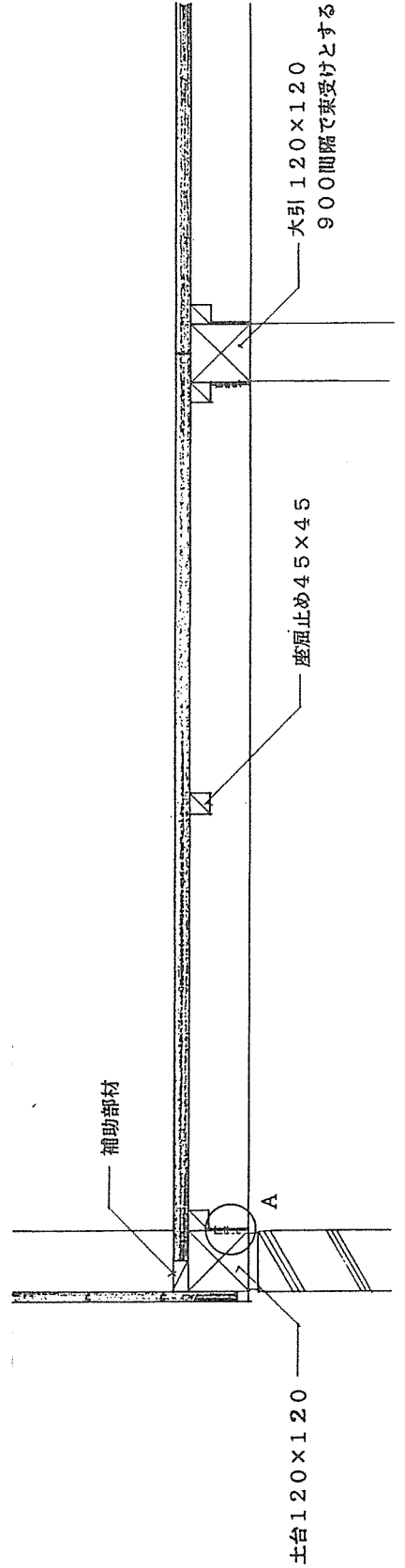
* 面材と椽本あるいは垂木の一体パネルを制作使用する場合は、 $W=900$ とし椽太・垂木の軸ひ止めを取り付ける。大型化、モジュール化により重機の利用率をあげ、施工の合理化を達成する。

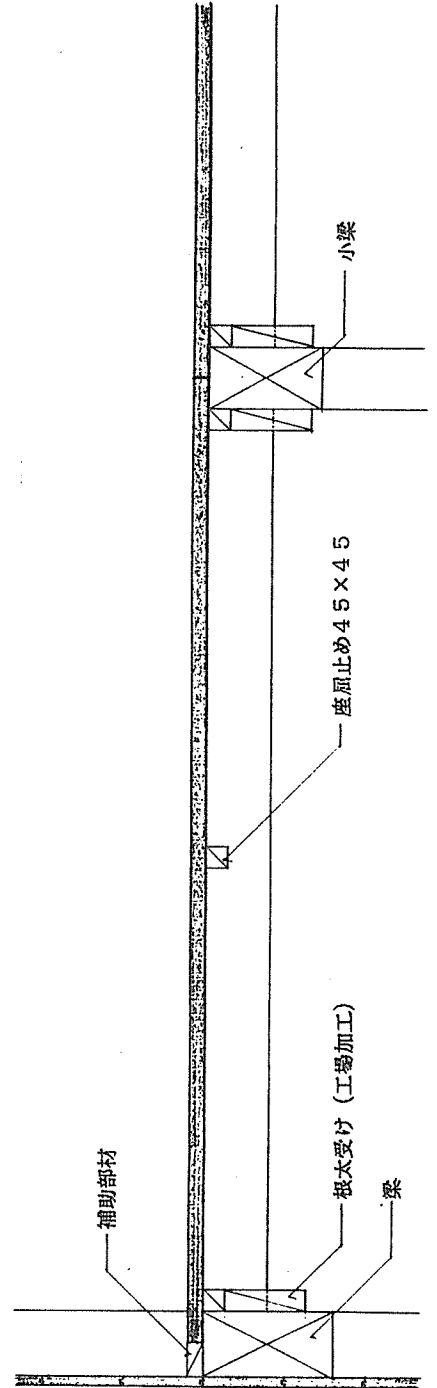
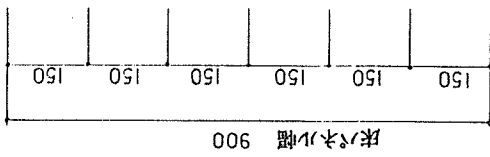
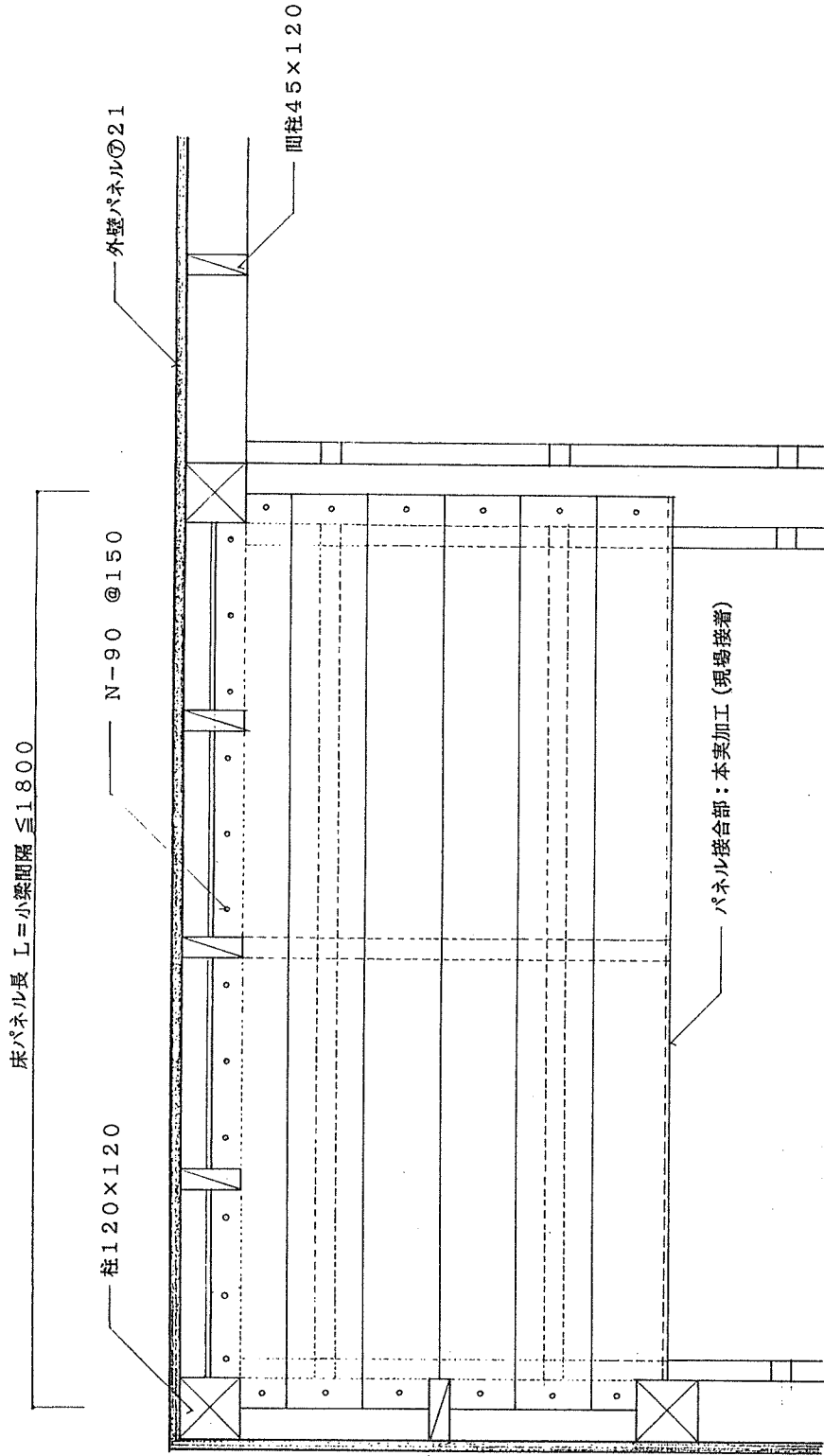
* 外壁パネルは面材パネル (外壁) と同一

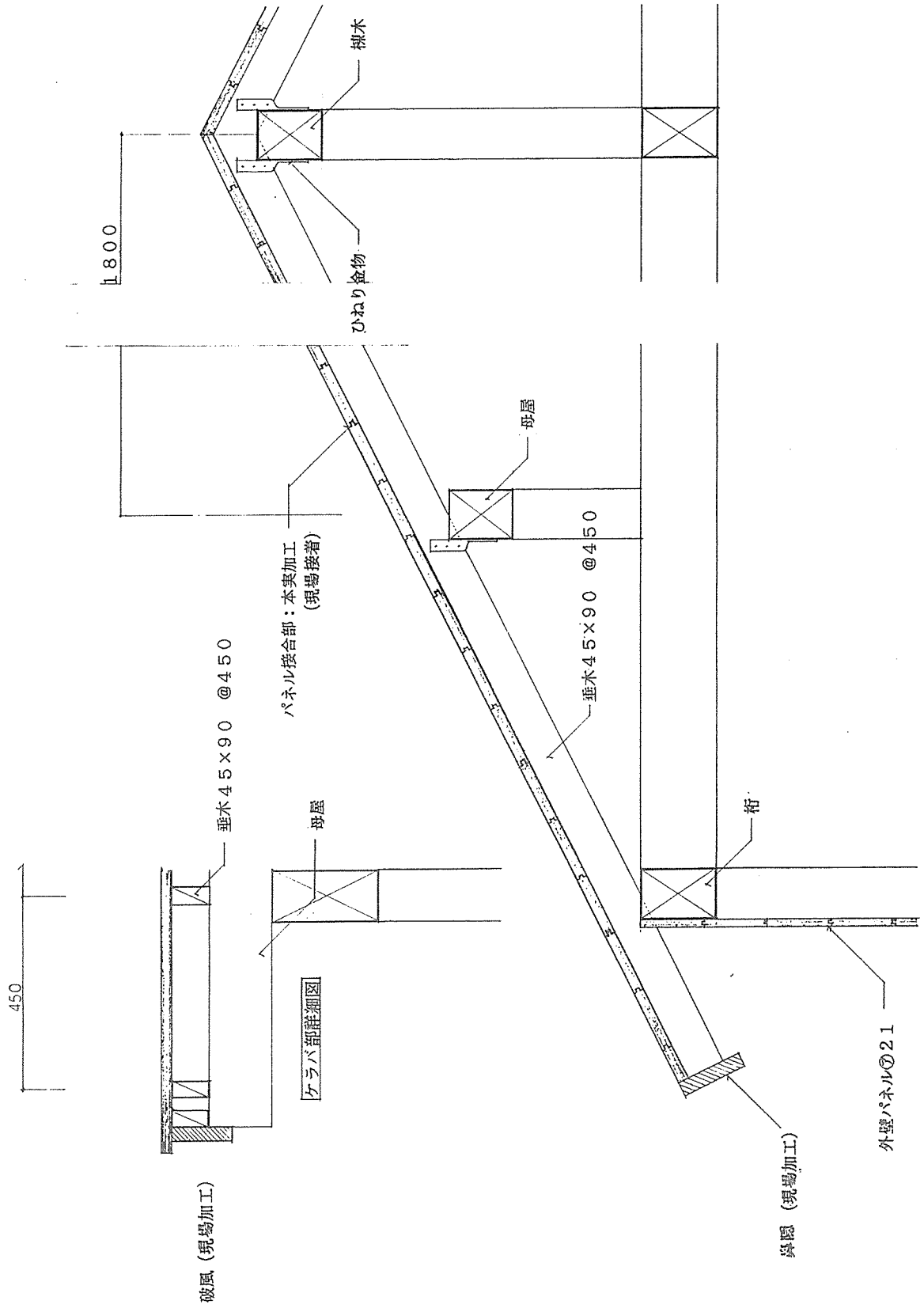
		面材パネル重量 (kg)				備考
W=900 材長 L (mm)	900	1350	1800	2700	3600	材種・杉 含水率 15% 比重 0.38 釘 N-90 @150
	12.14 床荷重=60kg/m ² 程度	18.26 T=90	27.73 T=120			
屋根パネル厚 t=27 屋根荷重=100kg/m ² 程度	10.94 T=45	16.48 T=60	24.03 T=90	38.51 T=120	54.83 T=150	釘 N-90 @150

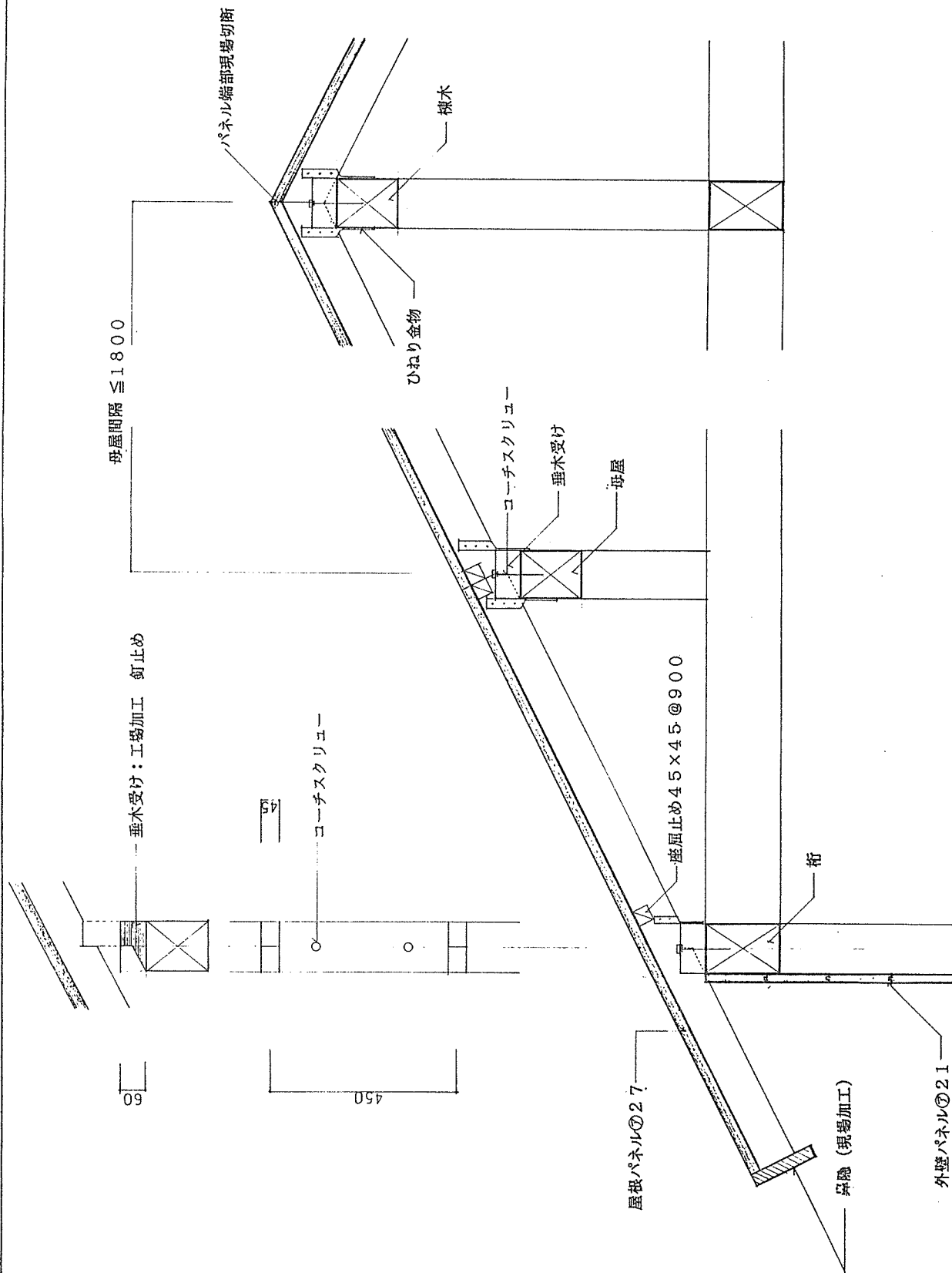


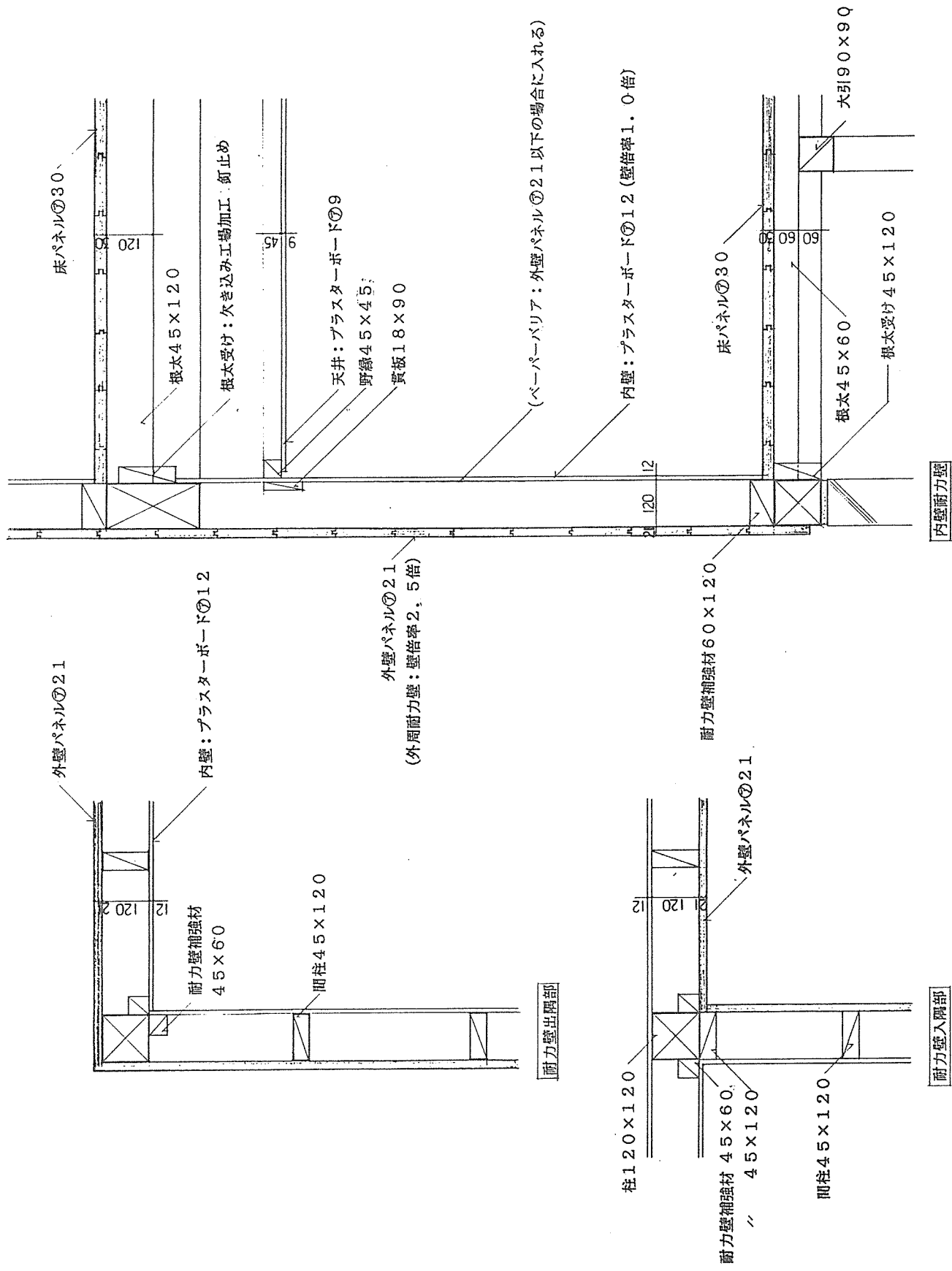
A部詳細図 S:1/3

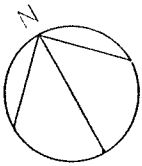




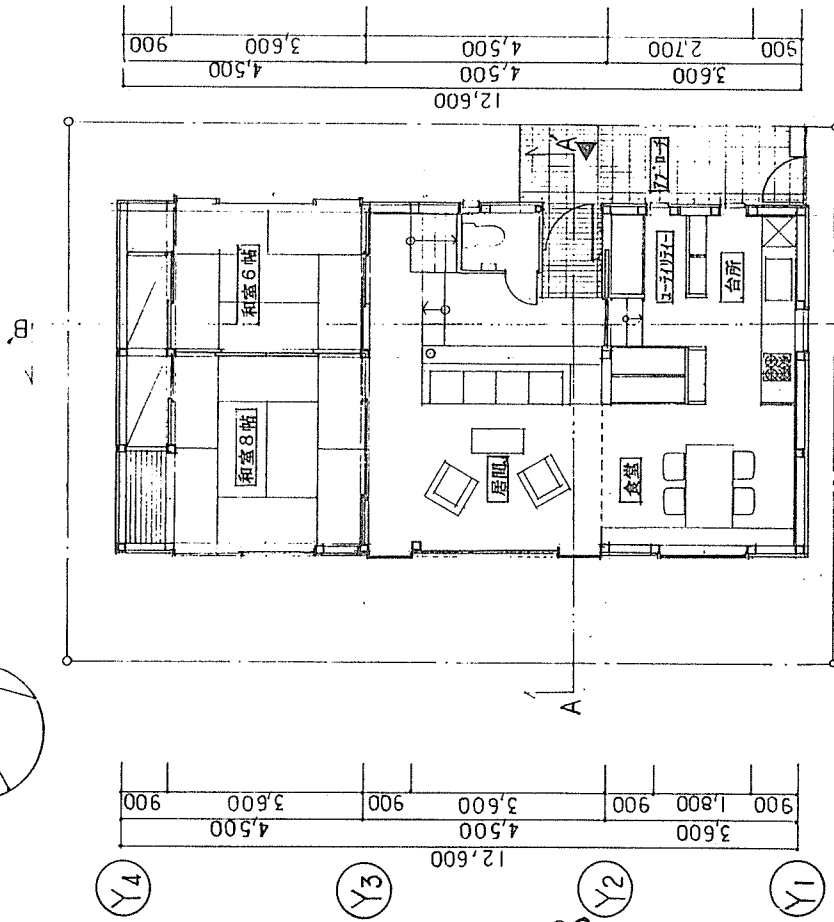








面積表			
1階	2階	小屋裏	延床面積
79.38㎡	63.18㎡	5.06㎡	142.56㎡
			建築面積
			79.38㎡



Y4

Y3

12,600

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

1,800

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

3,600

900

4,500

3,600

900

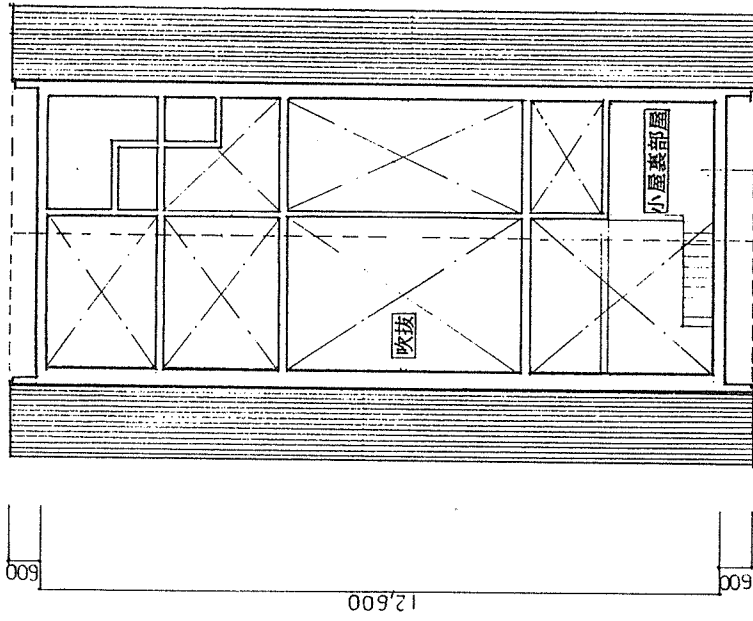
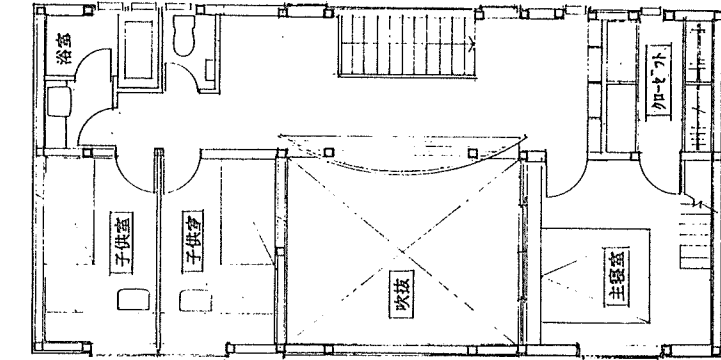
3,600

900

4,500

3,600

900



1階平面図

3,600

6,300

2,700

X1

X2

X3

2階平面図

3,600

6,300

2,700

X1

X2

X3

小屋裏平面図

1,100

6,300

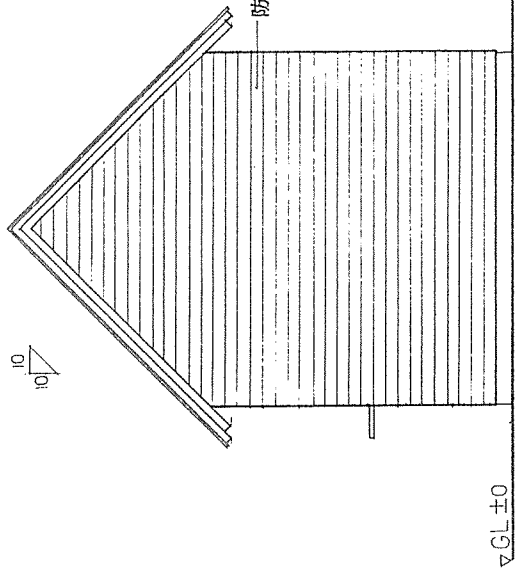
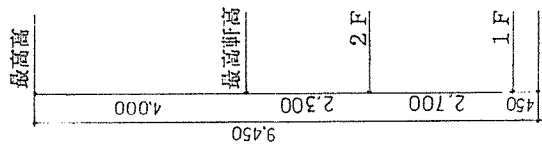
1,100

X1

X3

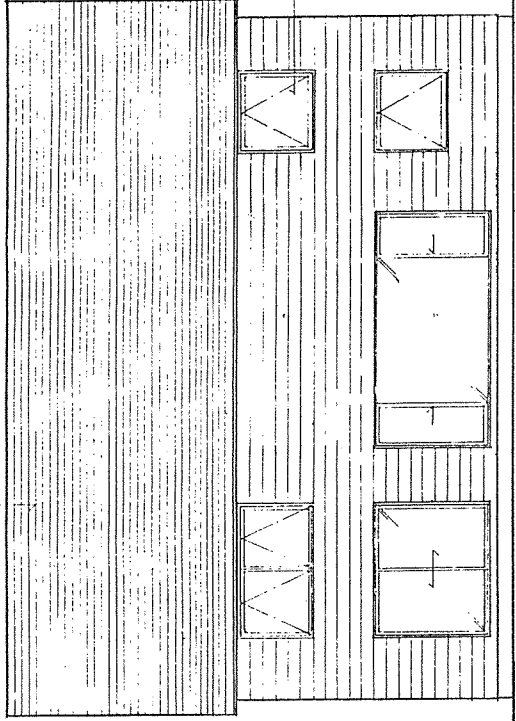
2階床面積 63,18㎡ × 1/8
= 7,90㎡ > 5,06㎡

— 化粧石綿スレート板貼



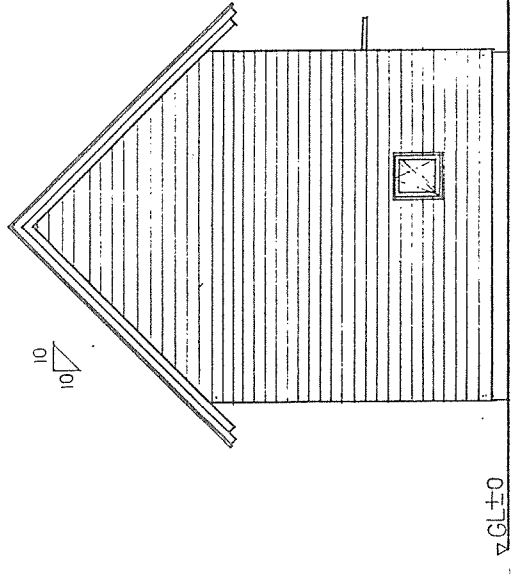
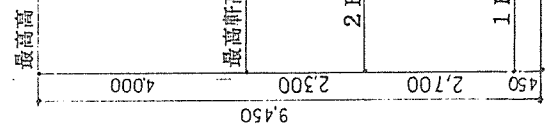
防水サイディング貼り

アルミサッシ
乙防



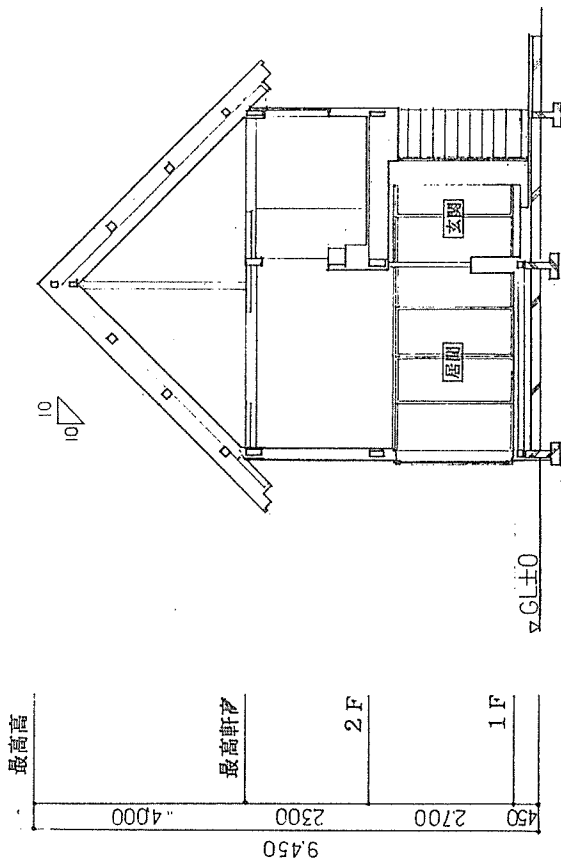
西側立面図

南側立面図

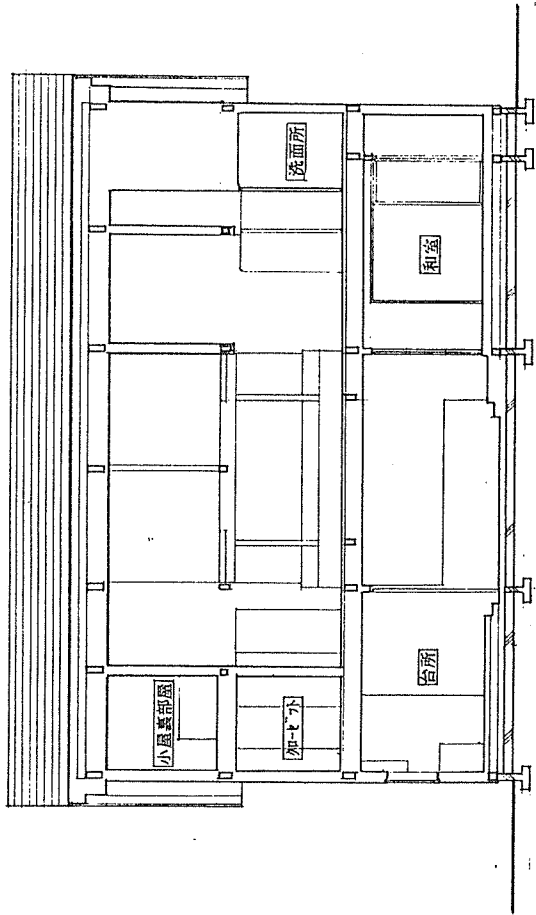
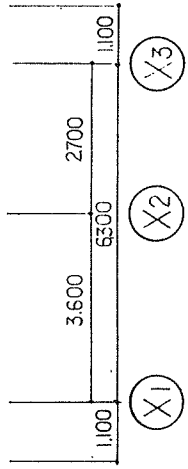


東側立面図

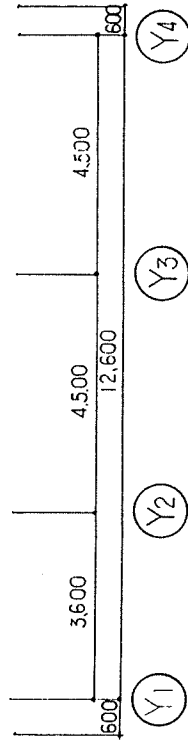
北側立面図

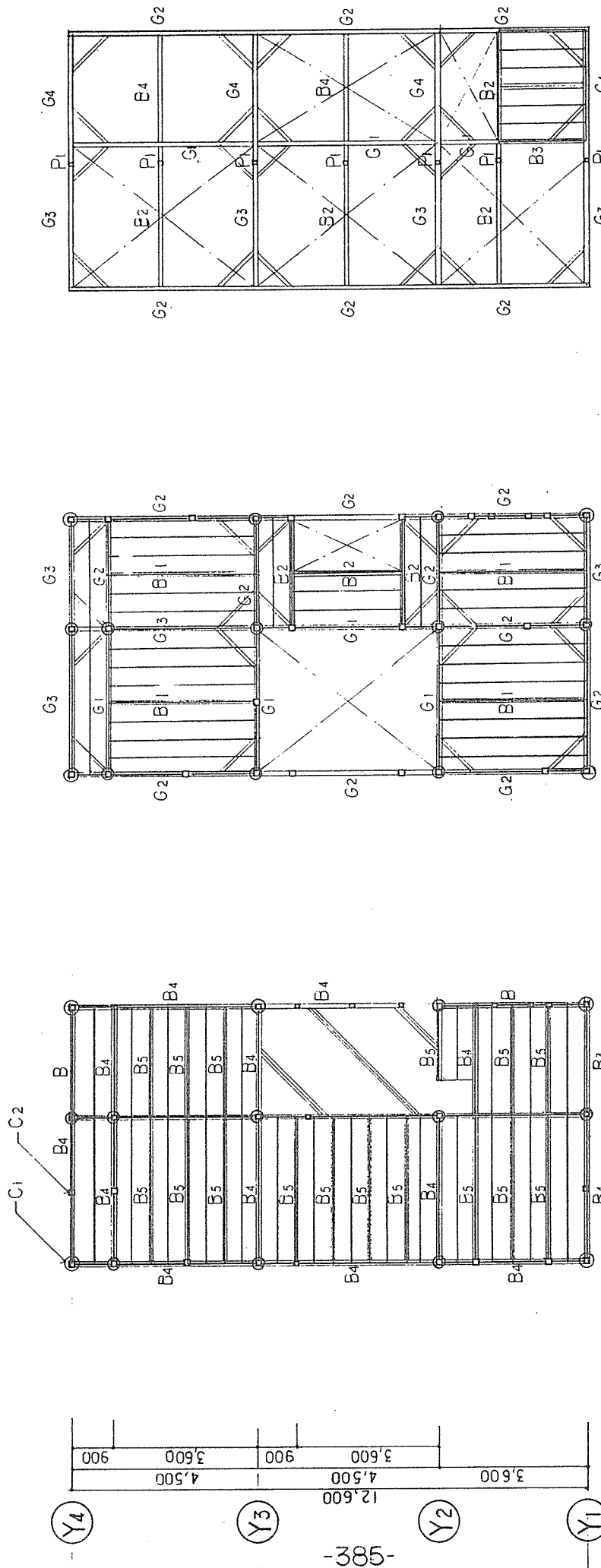


A-A' 断面図



B-B' 断面図





根太 B7 @450

根太 B6 @450

根太 B6 @450

Y4	900	3,600	900	4,500	3,600	12,600
Y3						
Y2						
Y1						

1階

	3,600	2,700	6,300
--	-------	-------	-------

(X1) (X2) (X3)

2階

	1,800	1,800	1,350	1,350	6,300
					2,700

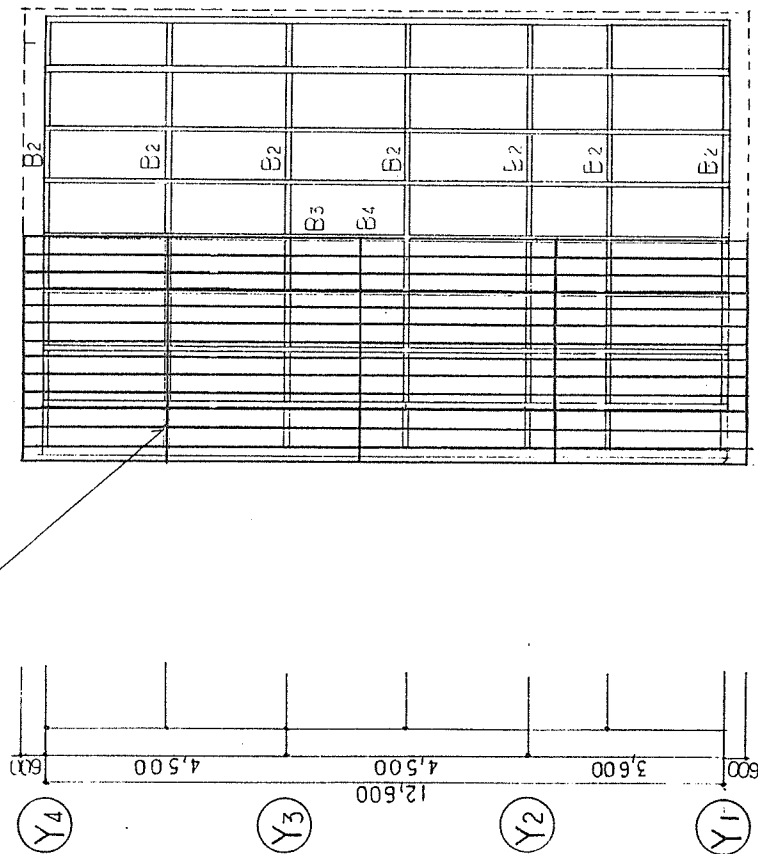
(X1) (X2) (X3)

小屋裏階

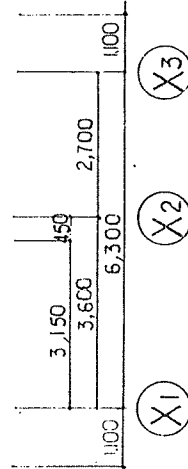
	3,150	450	2,700	6,300
--	-------	-----	-------	-------

(X1) (X2) (X3)

パネルジョイント部は垂木をダブルに入れる

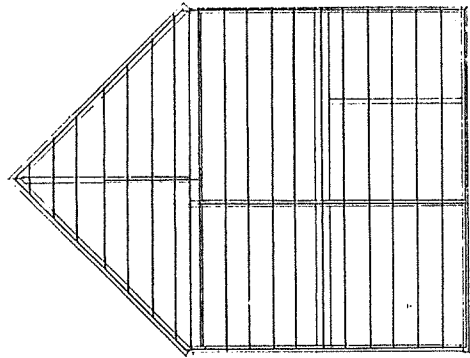
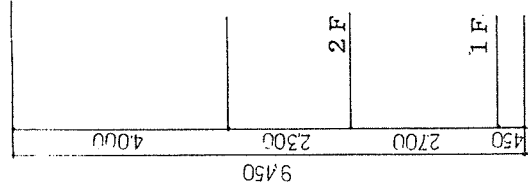


垂木 B7 @450

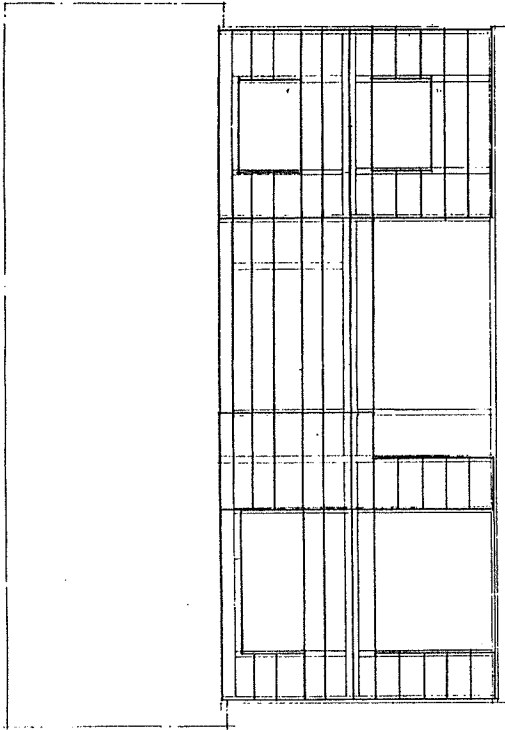
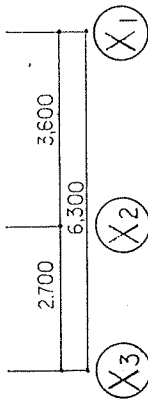


屋根

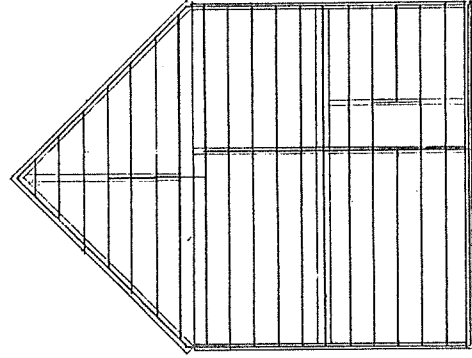
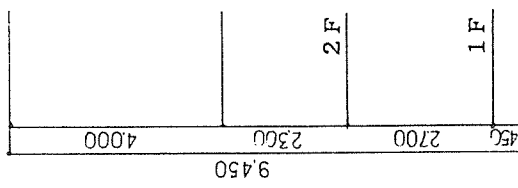
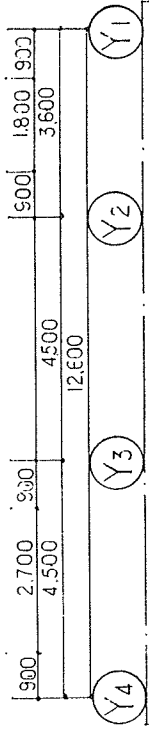
記号	寸法 W×H(㎜)		パネルモジュール W×H(㎜)	(枚)
C1	120×120	床	450×1800	2
C2	105×105		450×2700	31
G1	120×300		450×3600	58
G2	120×270	屋根	450×3600	48
G3	120×240			
G4	120×210	外壁	450×900	38
			450×1350	8
B1	120×240		450×1800	4
B2	120×210		450×2700	54
B3	120×150		450×3600	51
B4	120×120			
			材積 (㎡)	
大引B5	105×105 @900	軸組	12.45	
根太B6	45×120 @450	パネル	9.70	
根太B7	45×60 @450			
母屋	120×120			
垂木B9	45×90 @450			
束P1	120×120			
束P2	105×105 @900			



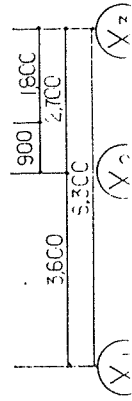
西面



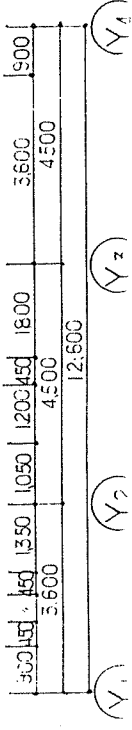
南面



東面



北面

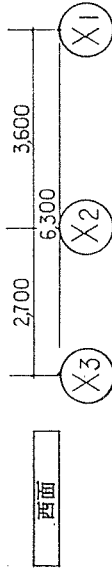
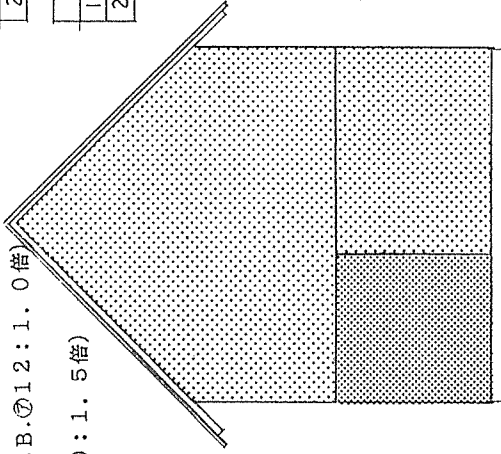


A 2.5倍 (外周耐力壁)

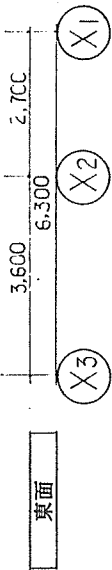
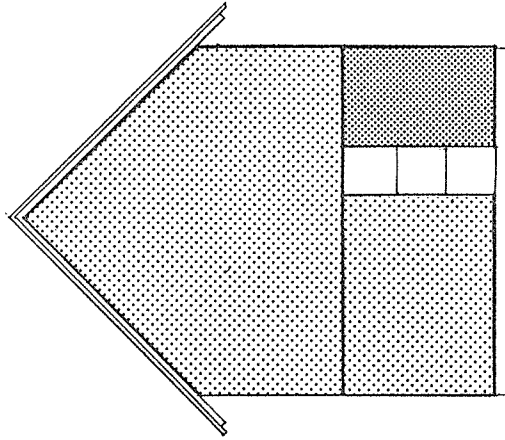
B 3.5倍 (A+内壁P.B.①12:1.0倍)

C 5.0倍
(B+筋違30×90:1.5倍)

軸組倍	1F	26.60 M
	2F	22.05 M
見付面積	1F	37.21 M ²
	2F	19.66 M ²



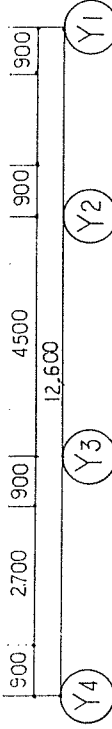
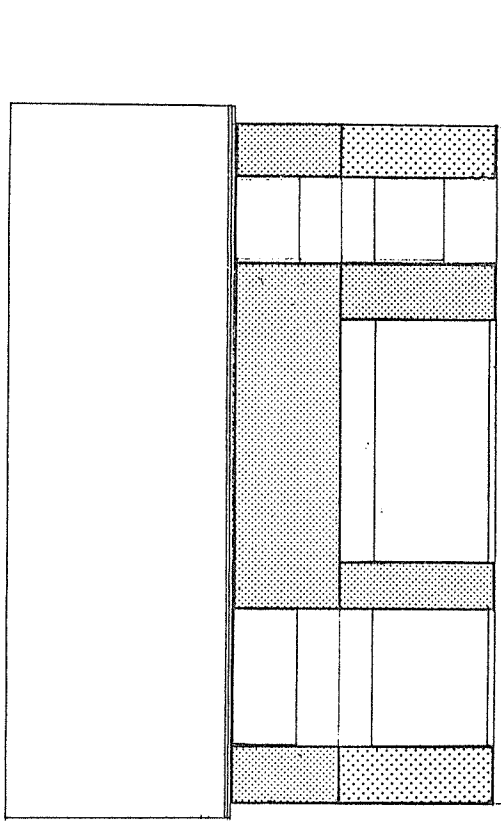
東立面図	1F	21.60 M
軸組値	2F	22.05 M
見付面積	1F	37.21 M ²
	2F	19.66 M ²



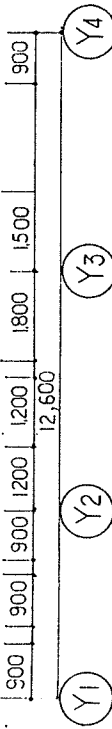
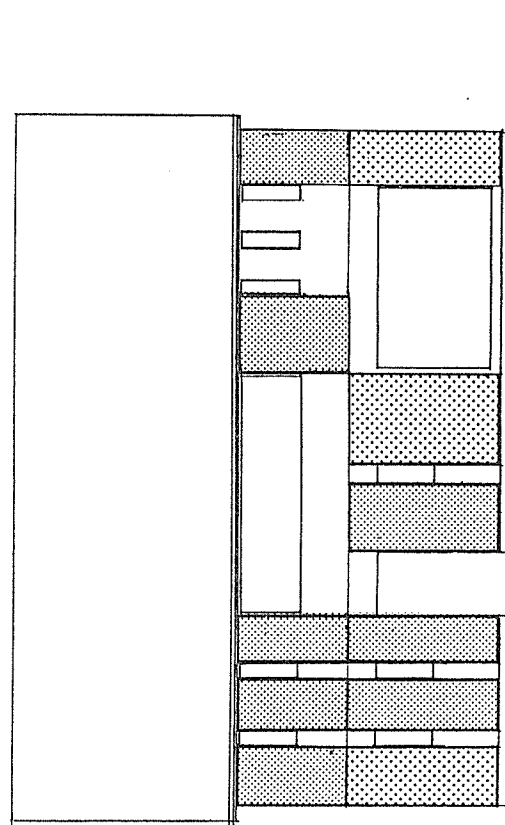
軸方向	軸組値	地震力	風圧力
1F 南北面	30.90 M	> 23.02	> 8.16
2F	28.50 M	> 9.48	> 9.83

軸方向	軸組値	地震力	風圧力
1F (東・西面)	47.7	> 23.02	> 43.13
2F	44.1	> 9.48	> 28.01

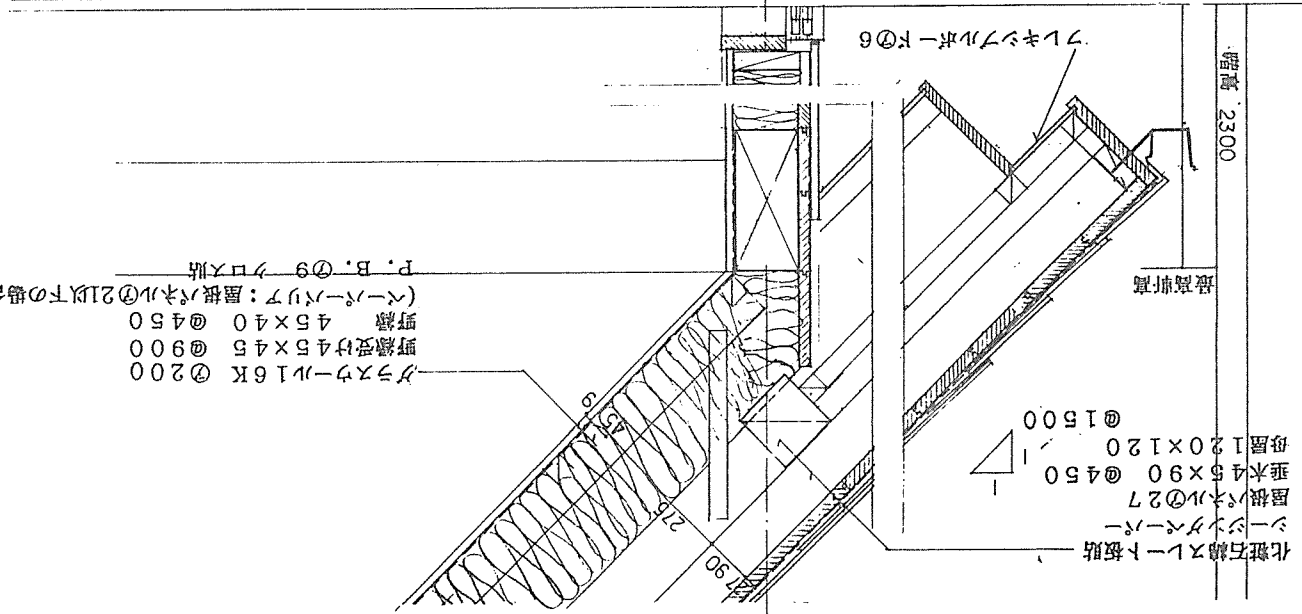
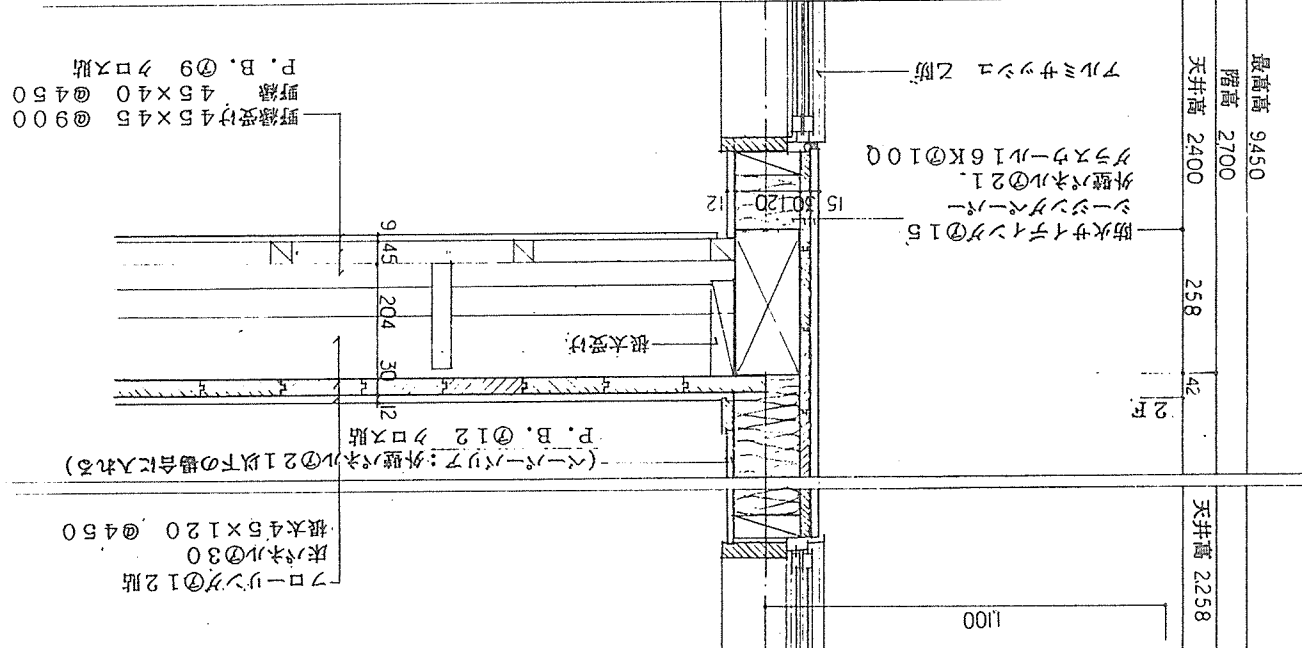
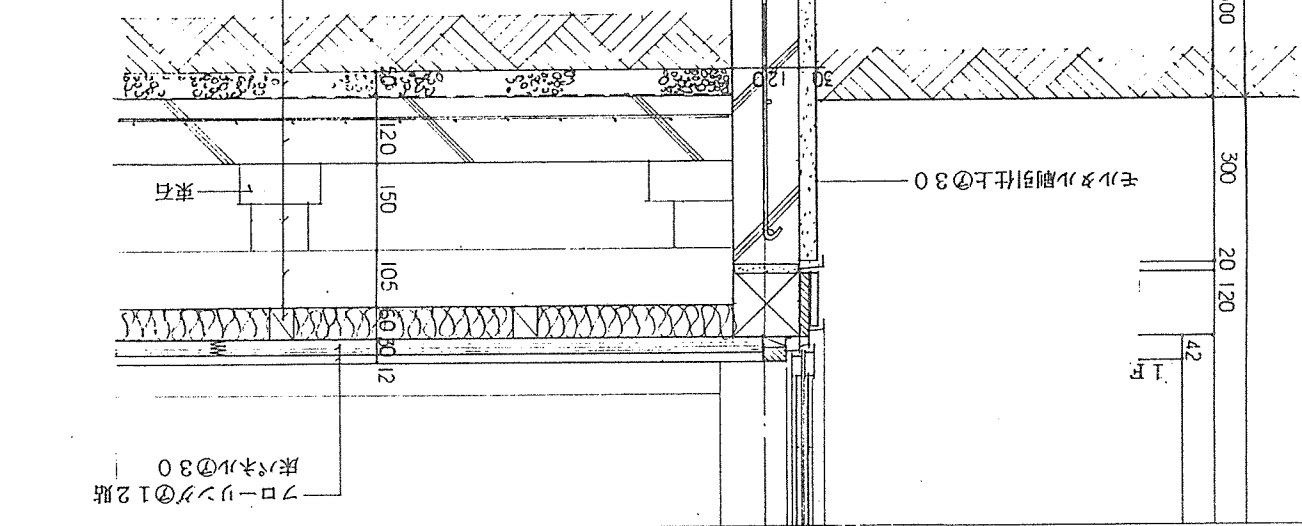
南立面図	1F	10.80 M
軸組値	2F	15.75 M
見付面積	1F	86.26 M ²
	2F	56.01 M ²



北立面図	1F	20.10 M
軸組値	2F	12.75 M
見付面積	1F	86.26 M ²
	2F	56.01 M ²

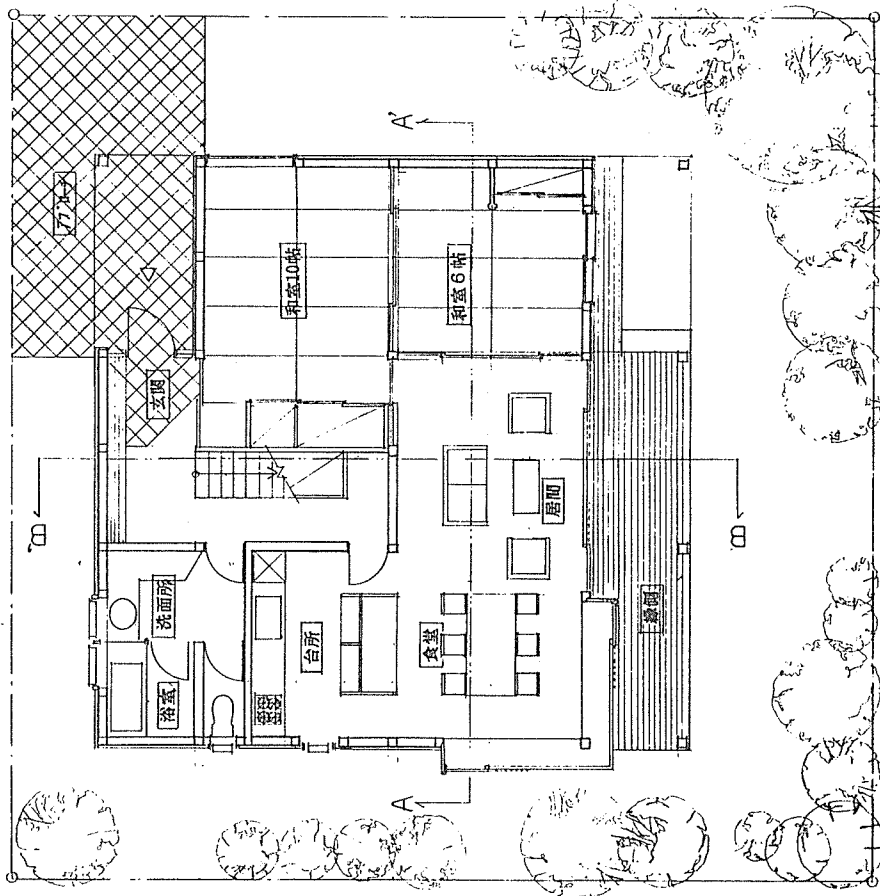
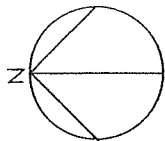


持コンクリート③30
 削栗①150
 砂利敷⑤50
 根太45×60 @450
 クラスール16K⑤50
 大引105×105 @900
 東105×105 @900
 土間コンクリート①120
 ワイヤメッシュ6φ @100
 床コンクリート②30
 床パネル③30



150	50	150	450	300	300	20	120	42	1F	最高高 9450	階高 2700	天井高 2400	258	42	2F	天井高 2258	階高 2300	最高軒高
-----	----	-----	-----	-----	-----	----	-----	----	----	----------	---------	----------	-----	----	----	----------	---------	------

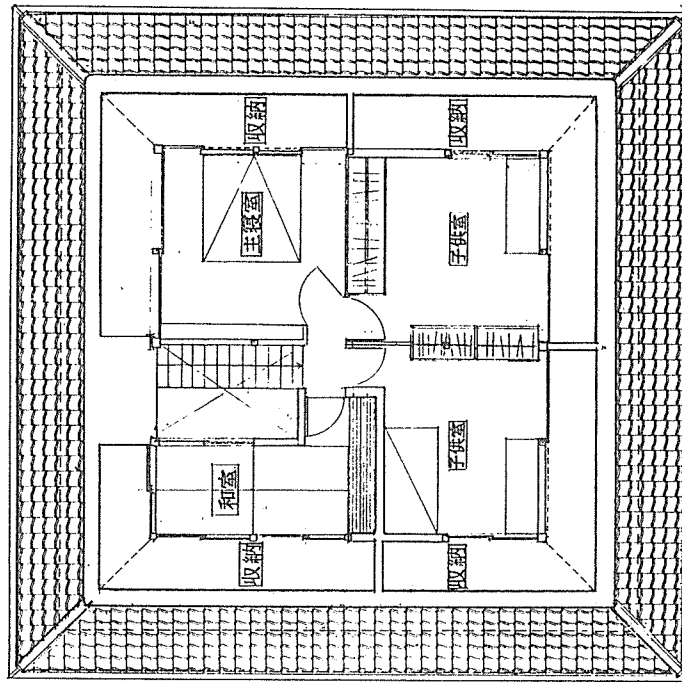
面積表		
1階	2階	延床面積
50.72㎡	46.99㎡	137.7㎡
		建築面積
		116.84㎡



900	1,800	900	900	1,800	900	500	1,800	500
3,600			3,600			3,600		
10,800								

1階平面図

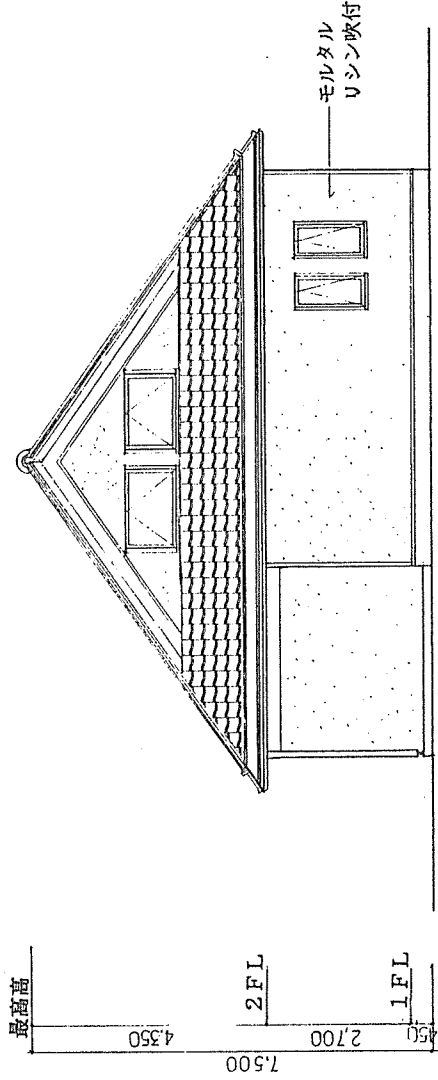
- (Y5)
- (Y4)
- (Y3)
- (Y2)
- (Y1)
- (X1)
- (X2)
- (X3)
- (X4)



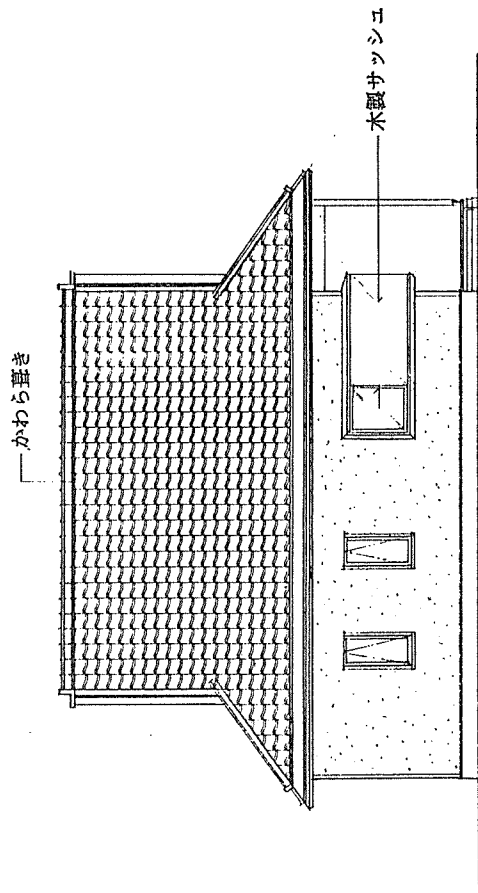
900	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	900	
3,600			3,600			3,600		
10,800								

2階平面図

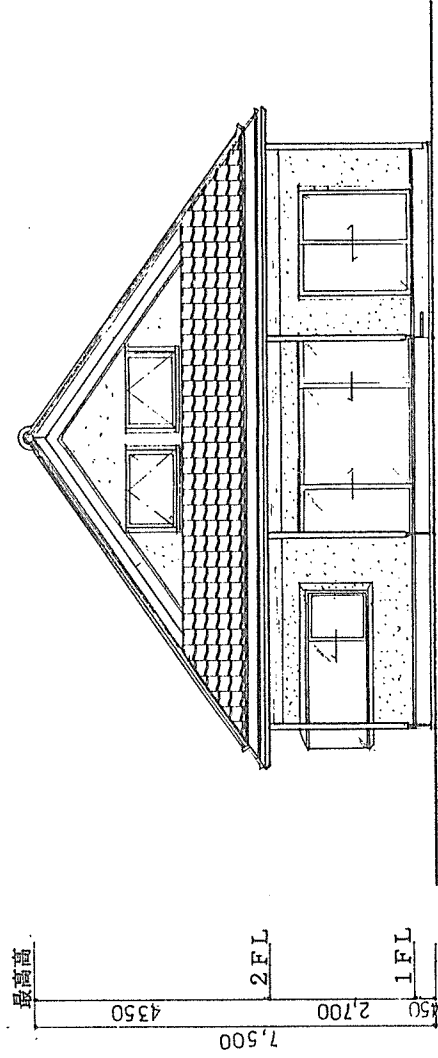
- (X1)
- (X2)
- (X3)
- (X4)



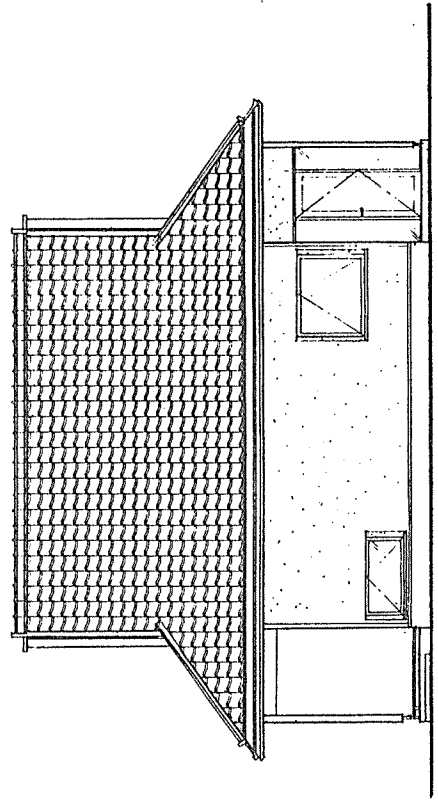
北立面図



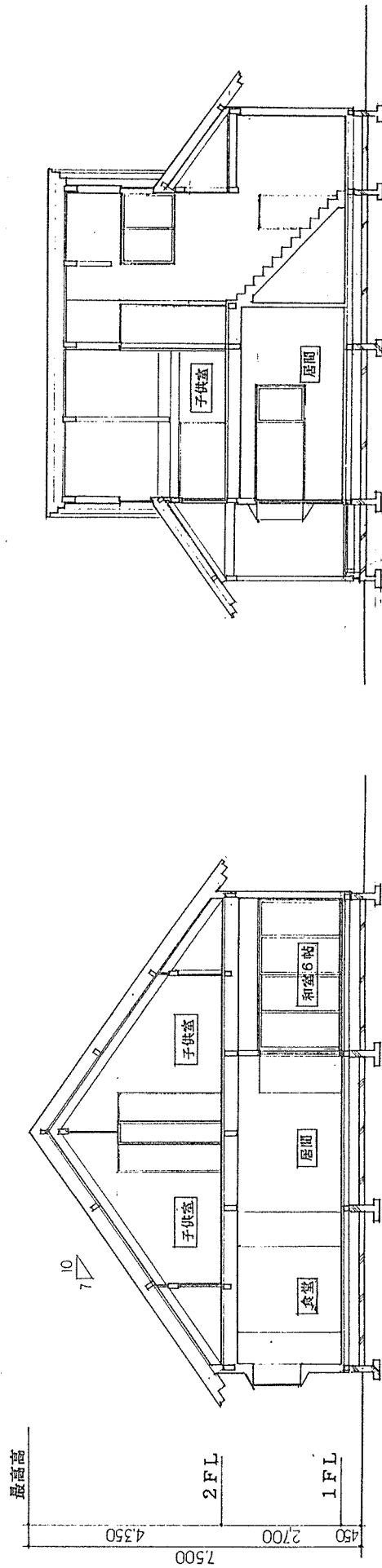
西立面図



南立面図



東立面図



最高高

7.500
4.350
2.700
450

2 FL
1 FL

A-A' 断面図

900 3,600 10,800 3,600 900

(X1)

(X2)

(X3)

(X4)

B-B' 断面図

900 1,800 3,600 10,800 3,600 1,800 900

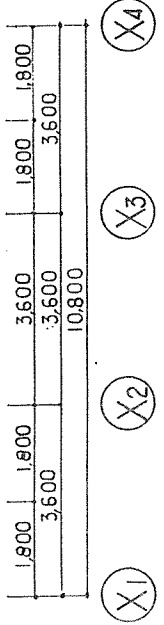
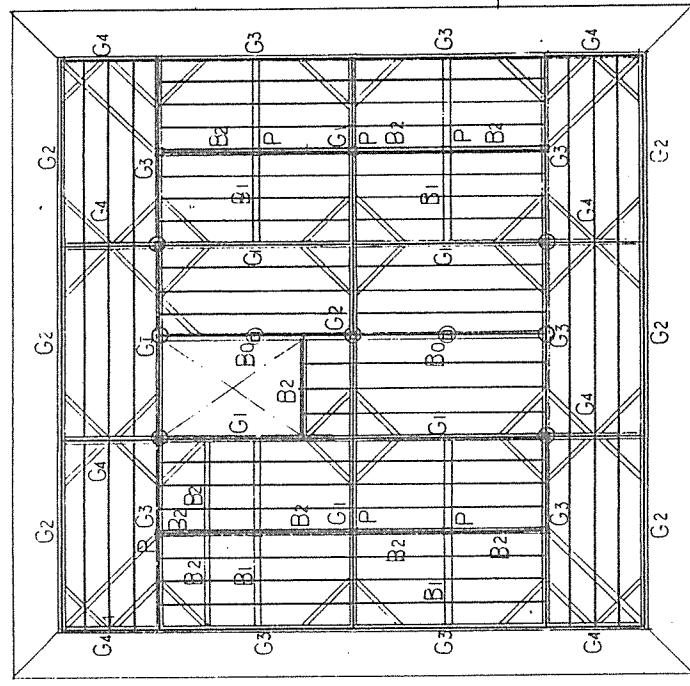
(Y1)

(Y2)

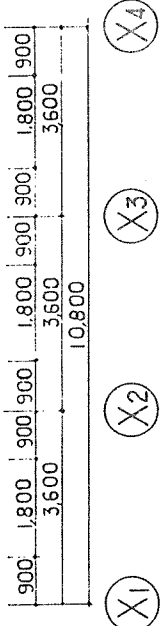
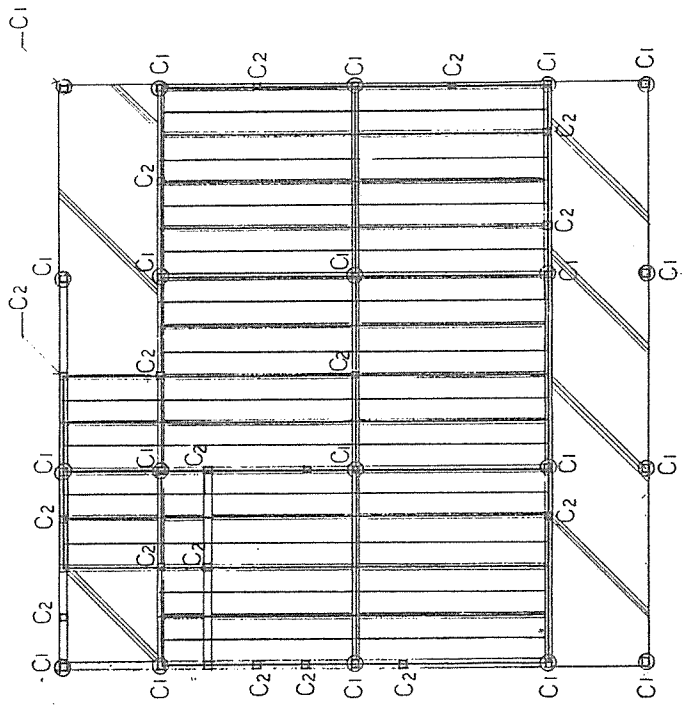
(Y3)

(Y4)

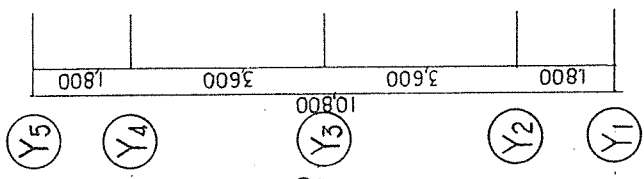
(Y5)



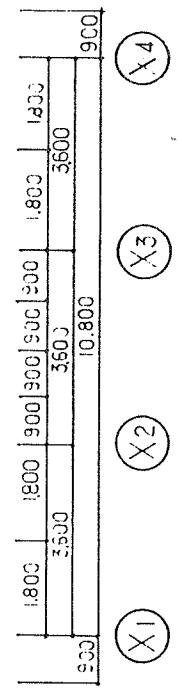
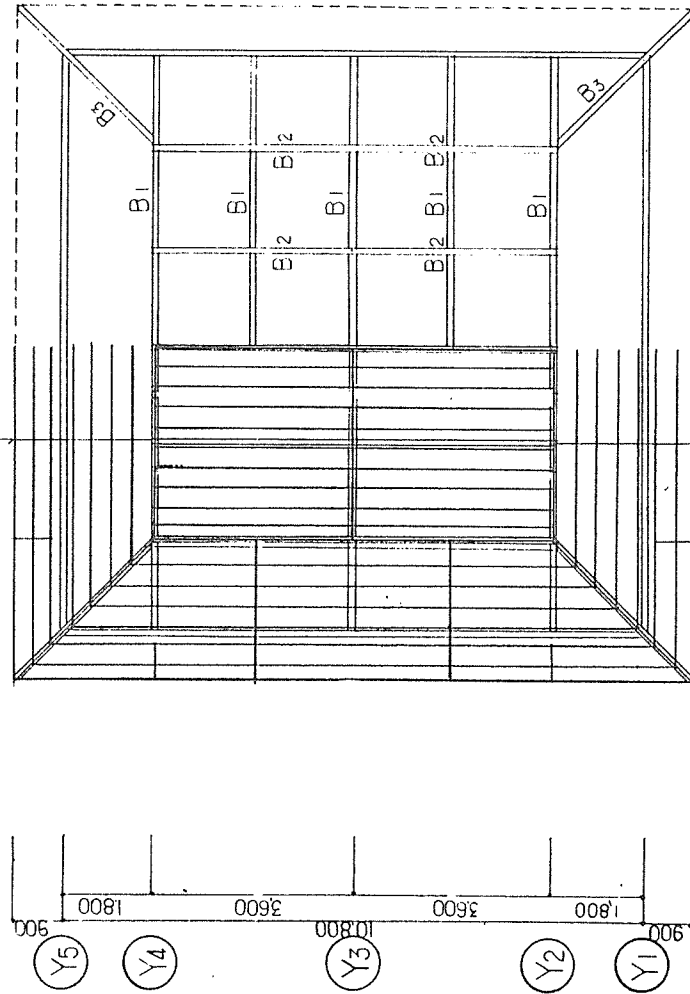
2階



1階

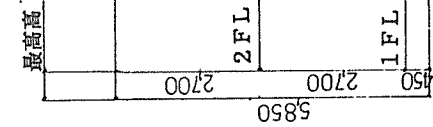
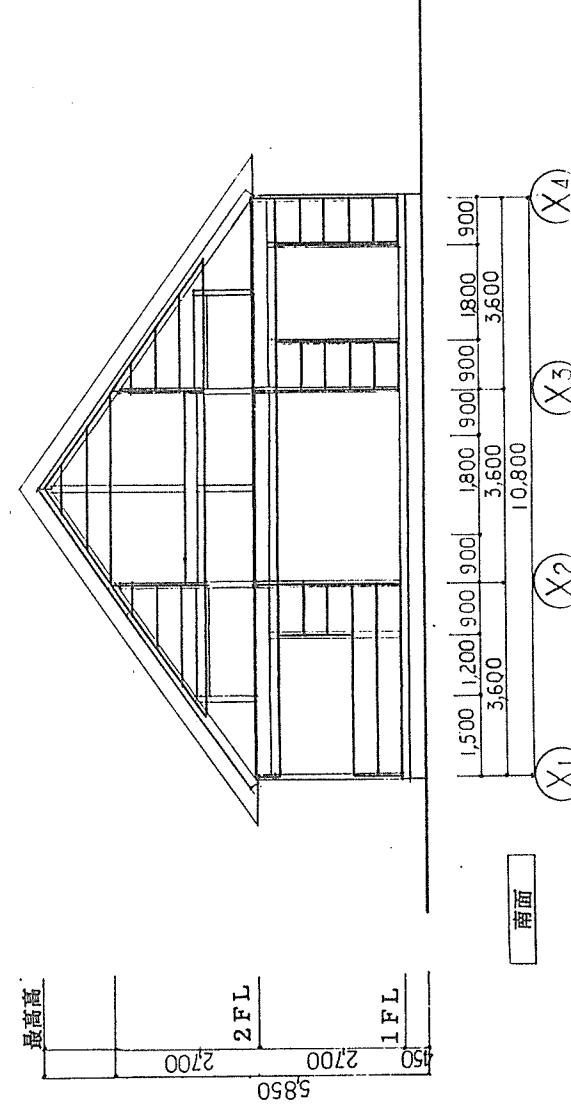
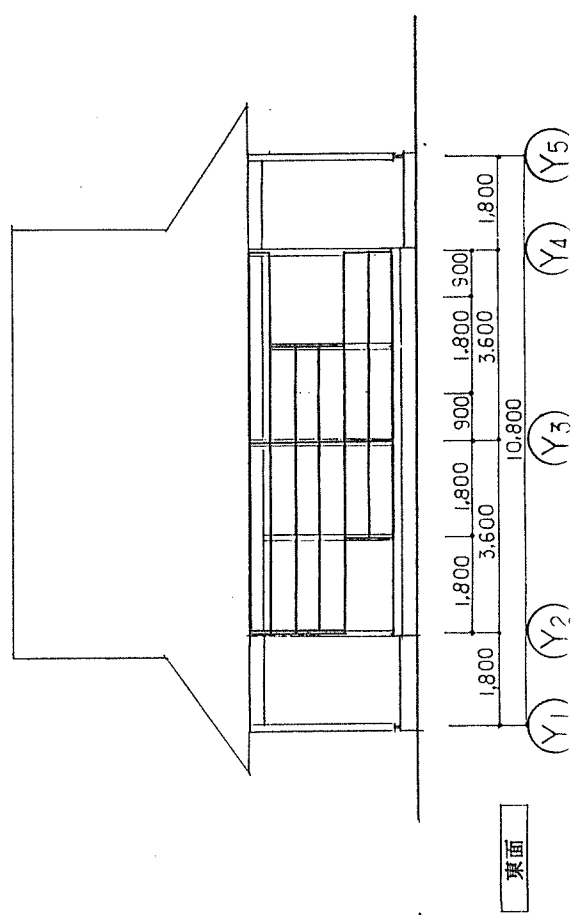
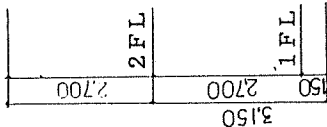
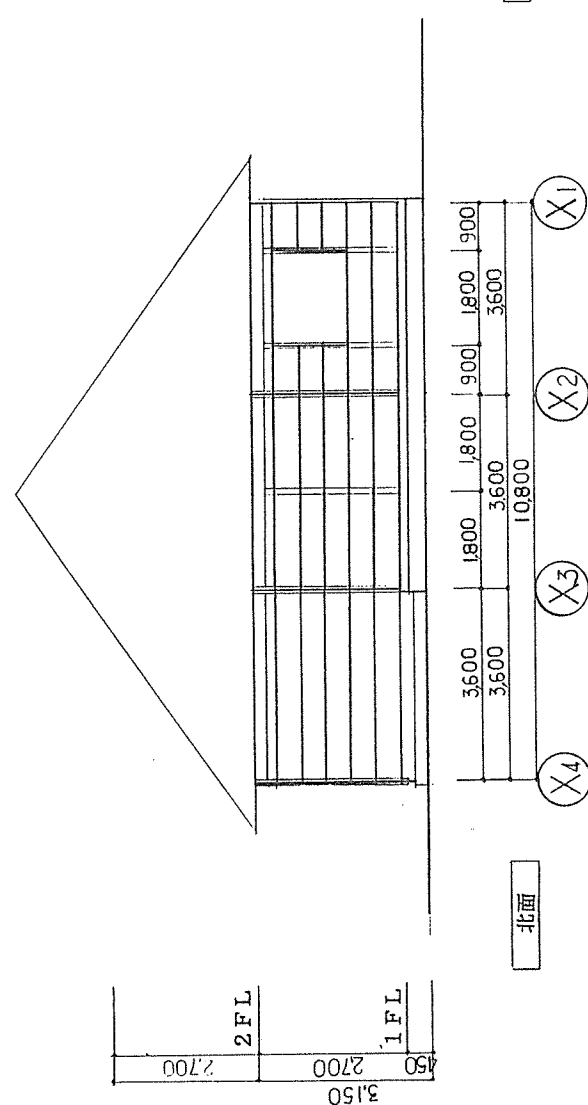
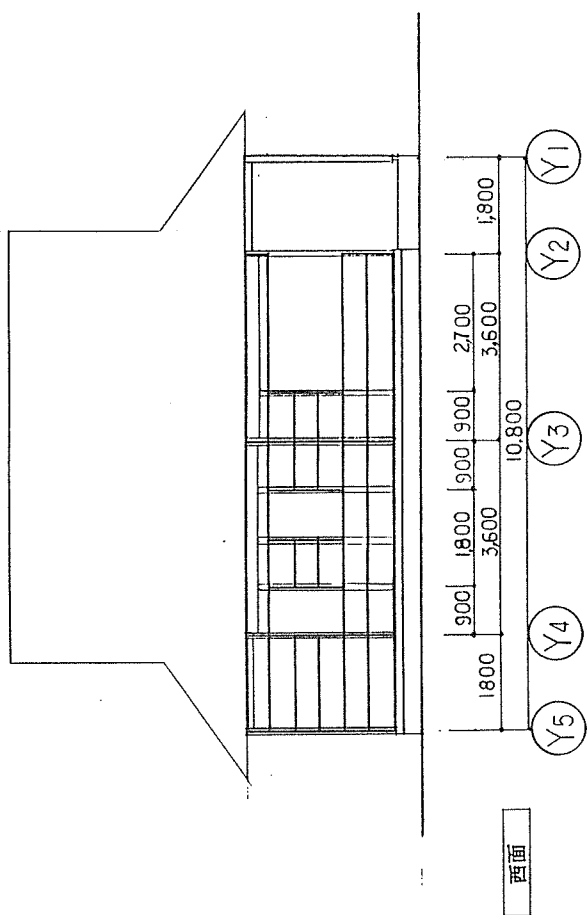





— パネルジョイント部は垂木をダブルに入れる



記号	寸法 W×H(mm)		パネルモジュール W×H(mm)	(枚)
C1	120×120	床	450×900	4
C2	105×105		450×1800	8
G1	120×300		450×3600	116
G2	120×270			
G3	120×240	屋根	450×3600	80
G4	120×150		450×2700	32
B0	120×300			
B1	120×270	外壁	450×900	20
B2	120×150		450×1350	6
B3	150×180		450×1800	18
土台B4	120×120		450×2700	2
大引B5	105×105		450×3600	29
根太B6	45×60 @450		材積 (m³)	
根太B7	45×120 @450	軸組	14.76	
垂木B8	45×120 @450	パネル	12.02	
P	105×105			

□ モデルプランB (郊外型) 壁パネル割付図



- A  2.5倍 (外周耐力壁)
- B  3.5倍 (A+内壁P.B.の1.0倍)
- C  5.0倍 (B+筋違30×90:1.5倍)

軸方向	軸組値	地震力	風圧力
1F	31.95	31.95 > 28.9	31.95 > 25.2
2F	24.0	24.0 > 15.3	25.0 > 12.2

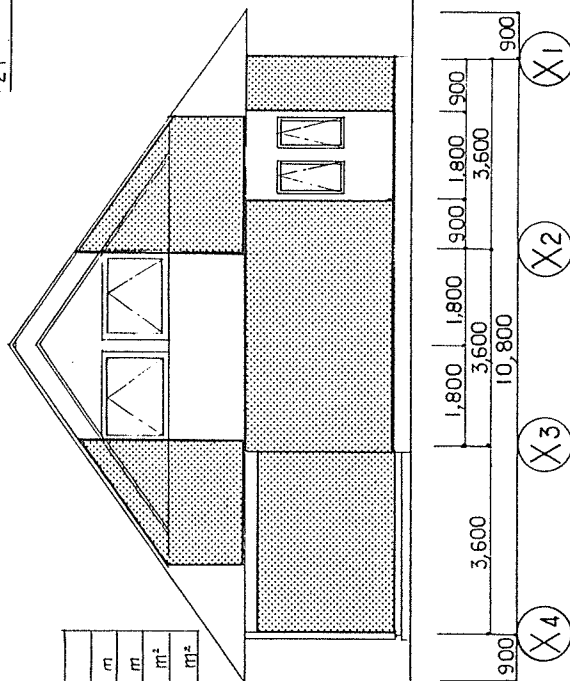
軸方向	軸組値	地震力	風圧力
1F	31.05	31.05 > 28.9	31.05 > 21.0
2F	40.5	40.5 > 15.3	40.5 > 6.3

北立面図

軸組値	1F	22.5 m
	2F	12.0 m
見付面積	1F	42.0 m ²
	2F	12.6 m ²

西立面図

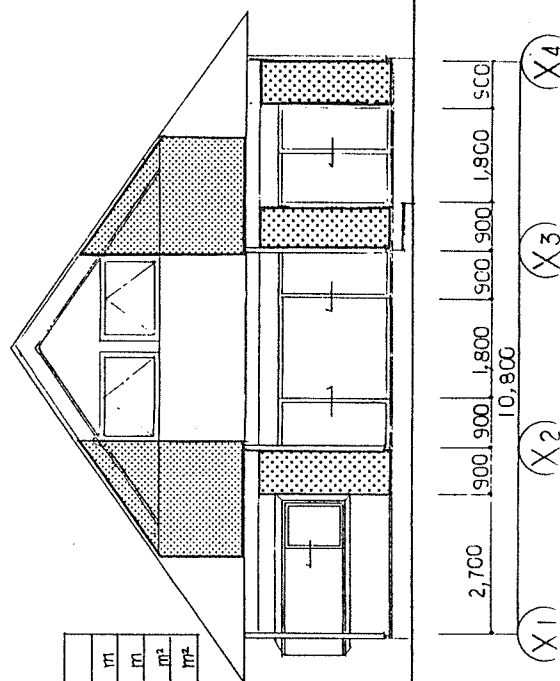
軸組値	1F	18.45 m
	2F	20.3 m
見付面積	1F	50.42 m ²
	2F	24.3 m ²



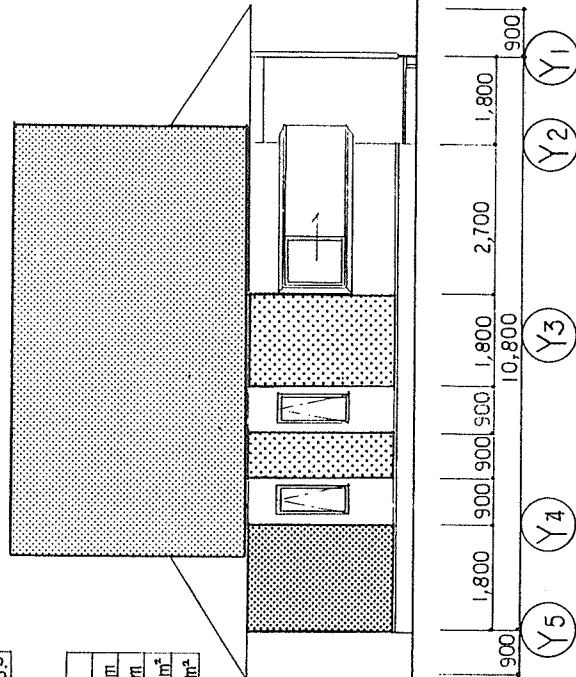
北面

南立面図

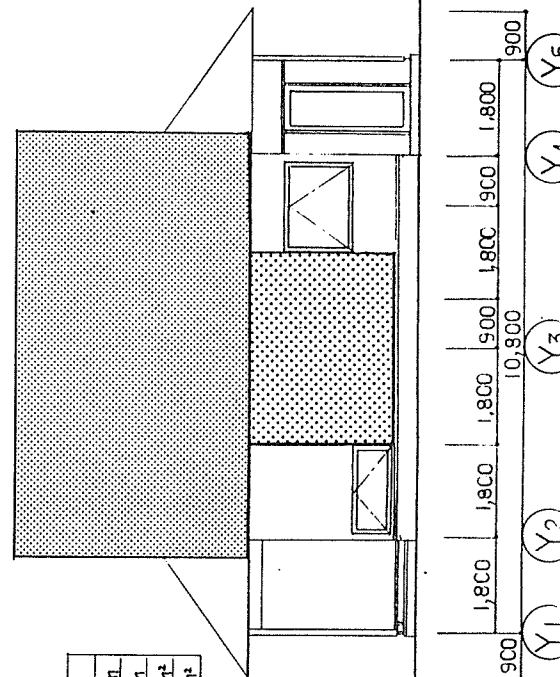
軸組値	1F	9.45 m
	2F	12.0 m
見付面積	1F	42.0 m ²
	2F	12.6 m ²



南面



西面



東面

2. 水平耐力の構造計算

軸組＋パネル構法の耐力壁として以下の2つの案が出された。

- ①半割材によりパネルの枠組み、および耐力要素となる筋違いを構成する軸組断面相当の厚みを持ったパネルで、このパネルを軸組内に真壁的に納める案（以下真壁案、図2.1）。
- ②合板、あるいは2倍程度の厚さの半割材を長手方向に積み重ね、パネル化した板材を大壁的に納める案（以下大壁案、図2.2）。

ここでは、真壁案については、構法的特徴、構造的な問題点を簡単に述べ、構造耐力の詳細は、実大実験を行ったので、そちらの項に譲ることとする。また、大壁案については、今回採用した杉半割材の釘せん断性能の挙動を予測できないため、半割り材のつかい方の違いによる耐力壁全体としての性能の差について一般論を述べることができず、そこで既往の研究より解析的にその性能について論じることとする。

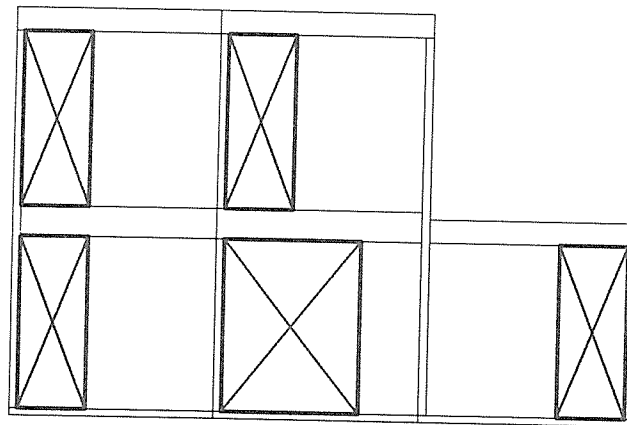


図2.1 真壁案

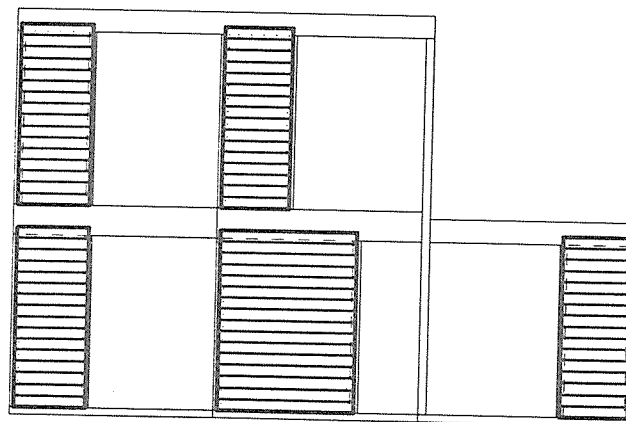


図2.2 大壁案

2. 1 真壁案

この耐力壁は在来の筋違いをパネル化したもので、考え方としてはほとんどそれを踏襲すれば良い。パネル化することによる問題点は、これまで軸組に合わせ筋違いの長さを現場加工により調節していたが、それをあらかじめ成形された耐力壁パネルとし、軸組に組み込む場合の軸組とパネルの製造精度である。この精度は木材の性質上高めることが困難、あるいは高めたとしても経時変化してしまうので、最初からクリアランスをとり、その後何らかの材料（湿式と乾式が考えられる）を用い埋める方法などについても検討を加える必要がある。

また、本案では非耐力壁のパネル化も考えているため、耐力壁パネルと非耐力壁パネルの間に柱を入れず、直接パネル同士が接することが生じる。このような場合、耐力壁パネルは柱から離れた位置に配置されることになる。筋違いはその端部を柱と梁その他の横架材との仕口に接近して、金物により緊結する必要があるが（建築基準法施行令第45条）、このパネルはここでいうところの梁その他の横架材としか結合されない状態となり、問題が生じる。

このような検討項目に対し、この案では実大実験を行っているので、水平耐力、壁倍率等の詳しい結果は参考文献*₁*₂及び”3. 構造耐力試験結果を参照された。概略としては、在来構法の場合とさほど違いはなく、横架材の断面によっては在来構法以上の強度を示すが、前述したようなパネルと軸組の”あそび”があると、初期すべりを起こし剛性が得られないという結果であった。

*₁：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2年3月 財団法人 日本住宅・木材技術センター

*₂：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

2. 2 大壁案

この耐力壁は在来構法または枠組壁工法の面材張り耐力壁に相当するものである。従って、考え方はそれを踏襲すれば良い。この構法については既往の研究も多く、釘単体の $P-\delta$ 関係、釘の位置、面材のせん断係数が既知であれば計算により構面全体の挙動を求めることができる段階に達している。

今回採用した杉板面材は、合板のように 3×6 あるいは 4×8 の広い面を覆う面材でなく、どちらかといえば木摺りに似た構成となることが予想される。これは前年度報告された「2. 杉中目材から得た厚板を用いた壁・床・天井材料」に対応しているともいえる。なお、以後製材された状態で接着されていないものを単材、この杉板単材が3枚程度集成されたものをユニット、そのユニットがさらに組み合わされて1層1スパンを覆うようなものをパネルという用語を用いて論議を進める。

この杉板については、板の厚さ、繊維方向による釘のせん断性能、およびフレーム材の各性能、フレーム相互の接合部の性能が未知であるため、精度の高い有限要素法等の解析法を用い、正確な剛性・強度を予測し、提案された各種の壁について個々の壁倍率を求めるといようなことは不可能である。そこでここではこの杉板ユニットの寸法による耐力性能の変化とパネルの使い方、つまりパネルの分割数と分割方向に主眼を置き、それらによって耐力壁全体の強度・剛性がどのように変化するかを検討する。

(1) 用いた解析法

軸組+面材耐力壁の解析法はかなり精度の高い有限要素法を用いたものから、略算的なものまでである。今回は前述したように不明な点が多いので、面材のせん断変形を考慮しない接合点のバネ要素のみで計算を行う比較的簡単な解析法を用いた。以下に計算方法を説明する。

解析に当たり次の5点の仮定を置いた。

- ① フレーム、およびフレームとパネルの接合部は、いずれも当該壁の中心線に関して、上下・左右とも対象とする。
- ② パネルが一枚の時はもとより、パネルが横方向（あるいは縦方向）に分割されたとしても、最外端部のパネル相互の力のつりあいにより個々のパネルはパネルの中心点まわりに回転する。しかし接触による影響は受けない。
- ③ フレーム自体は、平行四辺形状に変形するものとする。
- ④ フレームとパネル間の接合点の挙動は繊維方向によって変化しない。
- ⑤ パネルは面内に剛とする。

このような壁体が、層間変位 δ を受けた時を考える。なお、層間変位 δ は高さ H に比べ十分に小さいとし、従ってフレーム上の任意の点は水平方向のみに移動すると考え、上下方向の動きは無視する。また、上記の仮定①によってフレームとパネルの中心点は同じ変位量 ($\delta/2$) だけ移動する。この移動後の中心点を O_s とする。水平方向 (X 方向)、垂直方向 (Y 方向) の力のつりあいは、仮定②によって満たされるので、問題は回転モーメントのつりあいのみとなる。

ここで、層間変位 δ を高さ h に対する比、すなわち回転角 θ_f で表すことにすれば、フレーム上にある任意の接合点の移動は $P_s P_f$ であり、その水平成分は $\theta_f Y$ で表される。他方パネルの回転角を θ_p で表すことにすればパネル上の接合点の移動は $P_s P_p$ であり、その水平成分 ΔX_p は $\theta_p Y$ 、垂直成分 ΔY_p は $\theta_p X$ で表される。

従って、任意の接合点におけるフレーム上の点とパネル上の点の相対的な変位 $P_f P_p = d$ の水平成分 ΔX は $(\theta_f - \theta_p) Y$ 、垂直成分 ΔY は $\theta_p X$ で表される (図2.3、図2.4)。

次に、仮定④によって、各々の変位量に対する荷重 F_x 、 F_y が決まる。

結局、全ての接合点における復元力による O_s まわりの回転モーメント M は次式で表される。

$$M = \sum (F_x Y - F_y X)$$

この回転モーメント M が 0 になるまで θ_p を変化させる。この耐力壁の負担する水平力 (せん断力) P は、次式によって求められる。

$$P = \sum F_x \quad (F_x \text{ はプラスのみ、あるいはマイナスのみ})$$

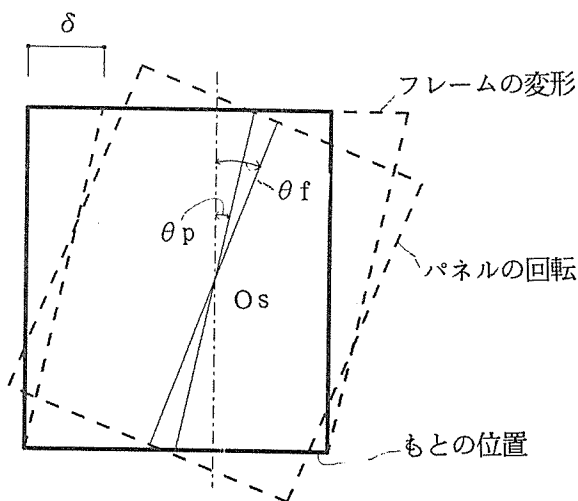


図2.3 フレームとパネルの動き

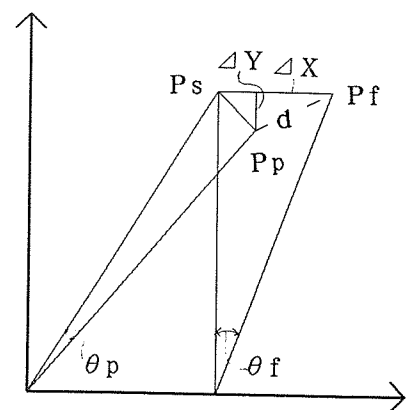


図2.4 接合点の動き

(2) 分割数と分割方法の影響－その1：間柱のない場合

上記の解析法により分割数と分割方向について検討する。検討に際し、外周部の軸組にパネルが一様に留めつけられている間柱のないモデルを想定した。なお、軸組の高さは2700mmと固定し、軸組の幅は900mm、1800mmの2種類、接合点のせん断に対する挙動は線形とした。

図2.5に1枚パネル（分割されていないもの）を100とした場合の、縦分割数、横分割数による耐力の比較を、図2.6に900mm幅の1枚パネルを100とした場合についてを示す。1枚パネルを100とした場合についてみると、幅900mmでは横張りで1/2に分割した場合が、幅1800mmでは分割しないものが最も効率が良い。つまり一様に留めつけられている場合には、分割された1枚のパネルの縦／横の比が1に近づくほど効率は上がるとみなせる。また、横張りに比べ縦張りの場合は急激に耐力の低下がみられ、縦に2分割されると1枚時に比べ耐力は40%に低下する。

900mm幅の1枚パネルを100とした場合についてみると、1枚パネルでは1800幅が線形範囲内で900幅の3倍強になることがわかる。しかし分割数が増えるに従って横分割、縦分割共に一定値に近づくという結果を示している。

表2.1は1750×450×36の杉板パネルをひとつのユニットとして耐力壁を形成した場合と、そのユニットを接着した場合の実験結果の一部を示した（前年度の実験より）。接着した試験体は分割していない1枚パネルのもの、接着していないものは横方向に約6分割したものと見なすことができる。1体の実験結果より定性的なことはいえないが、どの変形時にも6分割のものは1枚パネルの約1/2となっており、上記の結果を裏付ける結果となっている。

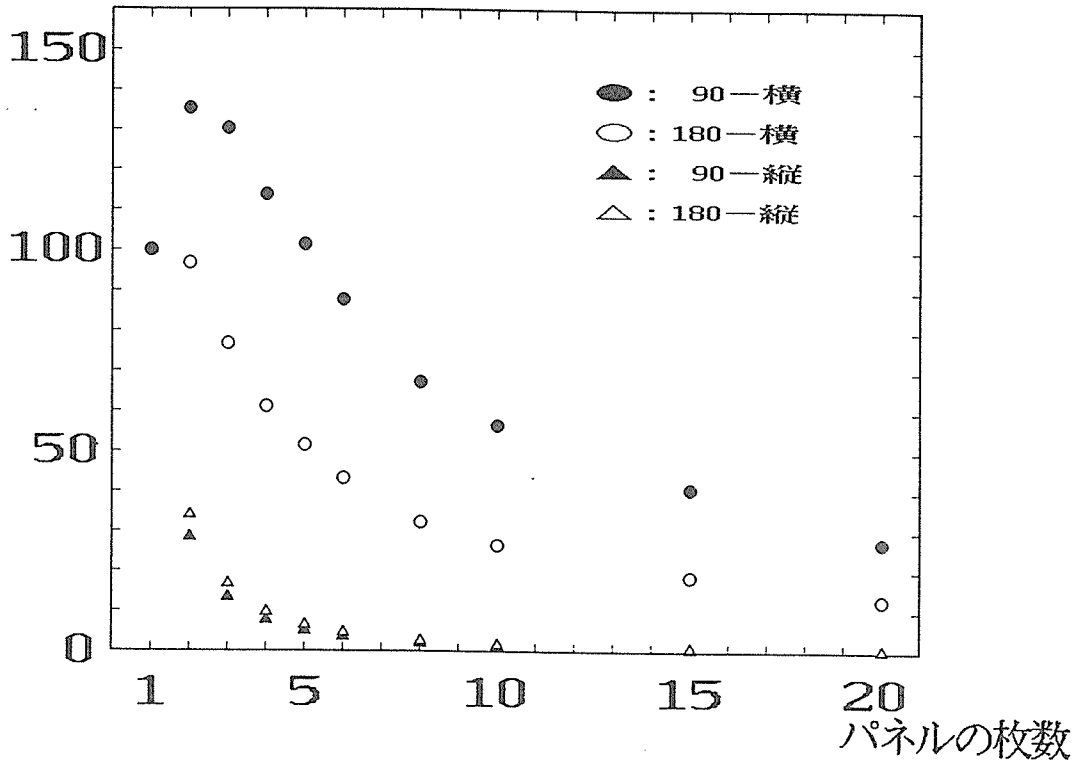


図2.5 分割数・分割方法と耐力の関係 (1枚パネルを100とした場合)

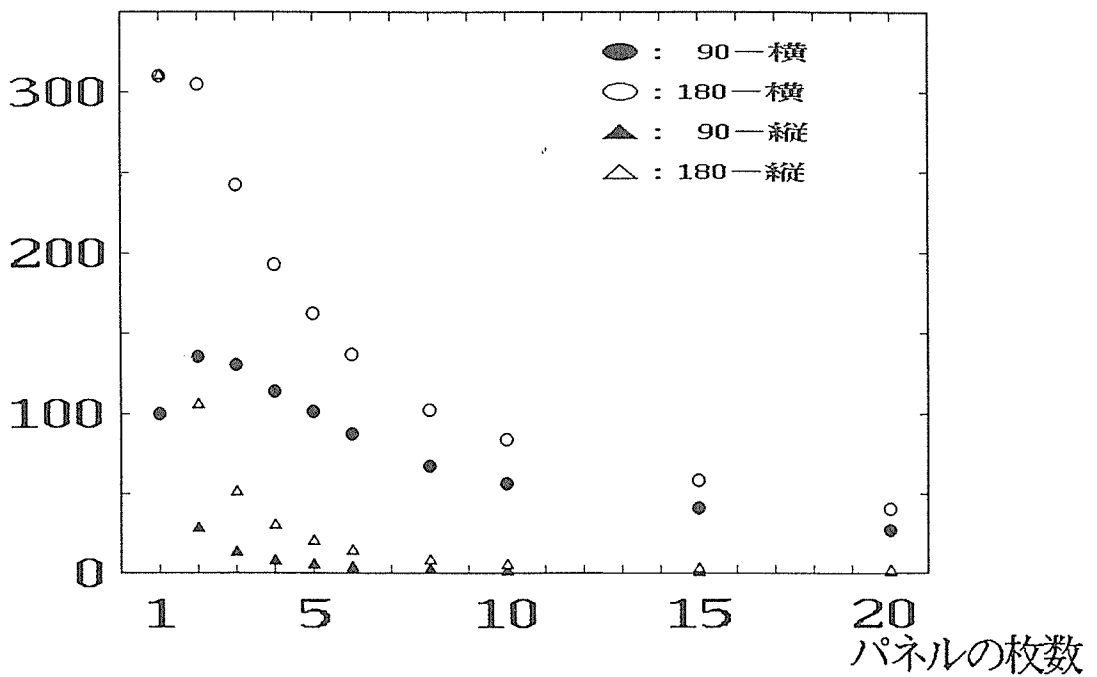
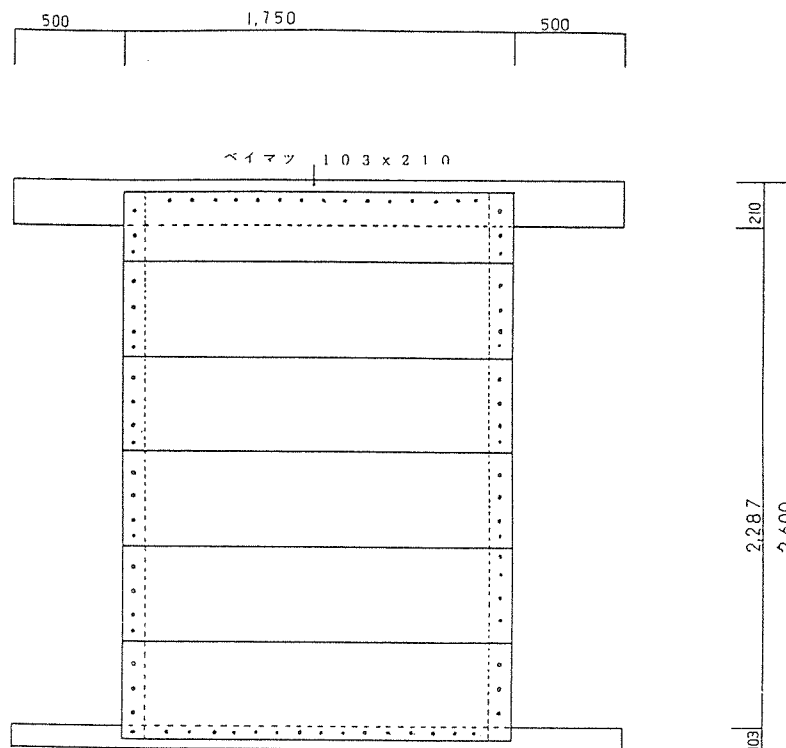


図2.6 分割数・分割方法と耐力の関係 (900幅1枚パネルを100とした場合)

表 2.1 杉板パネルの実験結果

		1/120 (倍率)	1/60	P max
W - C W - 1	+	603 (1.9)	662	>744
	-	-588 (1.9)	-635	(1/30.0)
	平均	596 (1.9)	649	
W - C W - 2	+	1326 (4.3)	1626	1662
	-	-1150 (3.7)	-1210	(1/44.1)
	平均	1238 (4.0)	1418	



W - C W - 1 W - C W - 2 試験体詳細図

(3) 分割数と分割方法の影響—その2：間柱・胴縁のある場合

次に間柱・胴縁のある1ユニットの外周に一様に接合点のあるモデルを想定する。間柱・胴縁のある場合には、1ユニット内で上下、左右の垂直方向、水平方向のつりあいを保つことができ、仮定②が明快なものとなる。

図2.7に1枚パネルを100とした場合の、縦分割数、横分割数による耐力の比較を示す(900幅のみ)。横分割の場合は、分割数10程度まで分割するほど耐力は上昇する。それに対し、縦分割は間柱の影響はほとんどみられず(2)の場合と同様に耐力は減少するのみである。

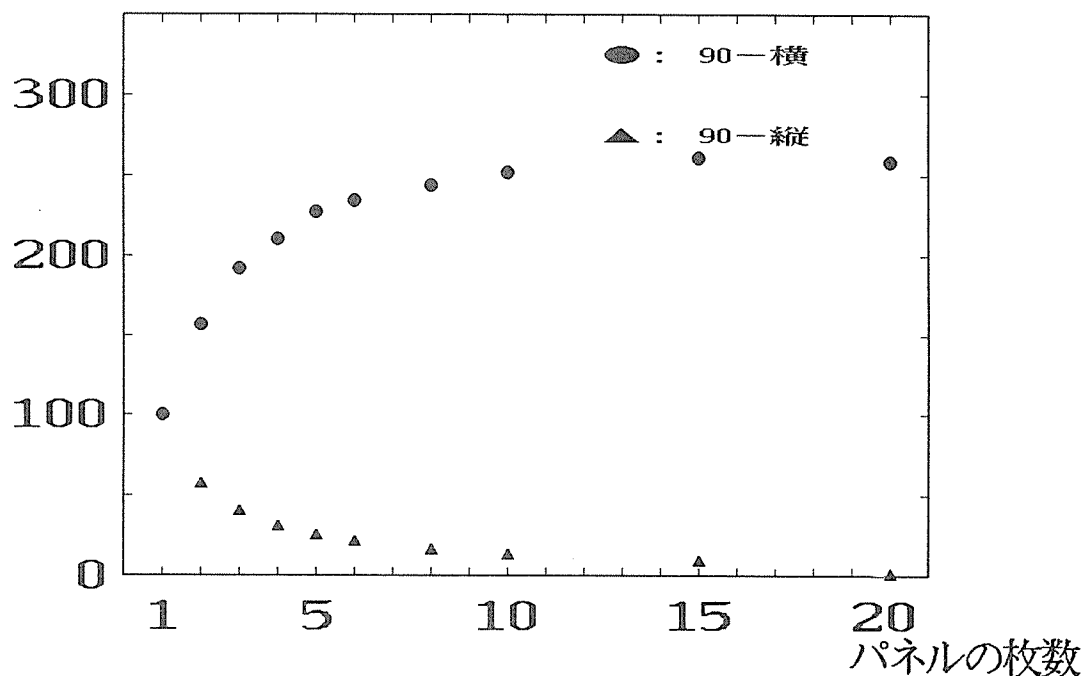


図2.7 分割数・分割方法と耐力の関係(1枚パネルを100とした場合)

(4) まとめ

結果は以下の3点に要約できる。

- ① 耐力壁を木摺り状と想定すれば、パネル幅が900幅はもとより1800幅になっても、横貼りの方が有利といえる。これは間柱・胴縁の有無に関わらない。
- ② 胴縁を入れ、ユニットの4周を釘打ちするとすれば、1ユニットの高さはあまり問題にはならない（高さ1500でも線形範囲内では1枚パネルとほとんど同じ耐力を示す。しかし釘本数はかなり違う。）。
- ③ パネルの外周のみ釘打ちするとすれば、1ユニットの大きさは縦／横の比が1に近い方が耐力が高い

前述したように、計算により壁倍率を求めようとするなら、接合点の挙動について単体実験を行い、より細密な解析法を用いて計算を進める必要がある。

3. 耐力壁をパネル化した構法に関する構造耐力試験と解析

3-1 はじめに

近年、建設業界全体で職人不足等の問題が深刻化・慢性化している。住宅産業も例外でなく、これまで以上に、改良構法・合理化構法による工期の短縮、作業量の低減が求められている。しかし、他の構法が生産性の向上や省力化をめざし、工業化・合理化に向かったのに比べ、在来構法が立ち遅れていることは否定できない。その原因としては

- ①技術者・技能者の不足
- ②技術者・技能者の質の低下
- ③現場の作業が多い
- ④現場の工程が複雑
- ⑤部材の種類が多い

などが挙げられる。

これらの問題を解決するには、技術者の育成などの様々な方法のほか、工業化するなどの構法の改良が考えられる。しかし、在来軸組構法は大工の勘や経験に頼るところが大きく、特に筋違いの処理には手間もかかり、工業化のネックとなっていた。その一つに筋違いの問題がある。これは、建築基準法施行令第45条の3「筋違いは、その端部を、柱と梁その他の横架材との仕口に接近して、ボルト、かすがい、釘その他の金物で緊結しなければならない。」という規定により、筋違いは現場で取り付けるものとされてきたのである。

本項は、この耐力壁部分をユニット化（パネル化）することによって工期の短縮を図る構法について、その実現性を力学的な面から探ったものである。

3-1-1 「耐力壁をパネル化した木造軸組構法」の基本的な考え方

この構法の基本的な考え方を次に示す。

1. 耐力壁をパネル化・ユニット化する。
2. 耐力壁の種類は基本的に筋違いタイプにする。
3. パネルの寸法の種類は極力少なくする。
4. 耐力壁と柱との関係は自由にする。
5. 目標とする性能は現在の軸組構法と同等以上とする。

基本的なスタンスとして、本構法はいわゆる在来構法の範疇で設計されるものとする。例えば、柱・梁の接合部分や、全体の架構、使用される材の寸法などは在来構法と同等なもので設計されることを想定している。

この構法の最終的なイメージは、図1.1に示すようなものである。

耐力壁パネルは工場生産されることを前提としている。耐力壁と柱との関係について、もしこれを自由にすることができれば、平面計画や増改築に際してのフレキシビリティを増すことができる。また、もし耐力壁も鉛直力を負担できると考えると、柱の本数を減らすことも可

能となり、よりフレキシビリティの高い空間を設計できることになろう。

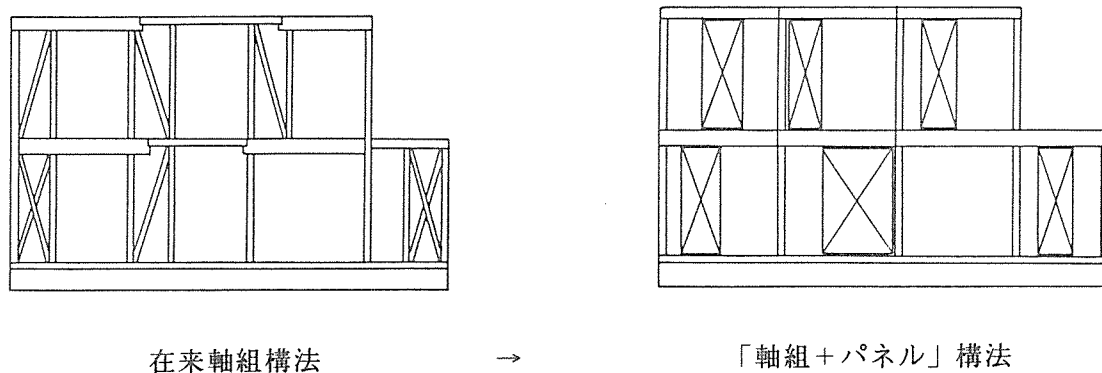


図1.1 「軸組+パネル」構法のイメージ

3-1-2 実験の概要

上記構法の構造特性を明らかにするため、本委員会では2年度に亘って、実験・解析を行ったが、そのうち本構法に関する実験の概要は以下の通りである。

I. 「軸組+パネル」の実大試験

試験体の種類

- | | |
|------------------|-------|
| 1: 在来型 (筋違いタイプ) | 2 体 |
| 2: パネル型 (筋違いタイプ) | 24 体 |
| | 合計26体 |

- | | | |
|--------|-------------|---------------|
| パラメーター | *パネル幅 | *桁せい |
| | *パネルと柱の位置関係 | *パネルと横架材の接合方法 |
| | *1階部分か2階部分か | |

II. 各部の要素実験

1) パネルと横架材の接合部分の引張試験

試験体の種類

パネル幅1820mmの筋違いタイプ

- | | | | |
|--------|--------------|-----|--------|
| パラメーター | パネルと横架材の接合方法 | A 1 | 1 体 |
| | | A 2 | 1 体 |
| | | | 合計 2 体 |

2) パネルのせん断試験

試験体の種類

パラメーター	パネル幅	1820mm	2体
		910mm	2体
			合計4体

3) 柱・梁接合部(T字金物)の引張試験

試験体の種類

パラメーター	横架材のせい	103mm	3体
		270mm	3体
			合計6体

3-2 「軸組+パネル」の実験

3-2-1 試験体の種類

「軸組+パネル」の1フレームの実験を行い、基礎的な強度性状、水平変位による挙動を調べた。試験体は、パラメーターの組み合わせで24体、また、比較のために在来構法タイプをパネル幅1820mmと910mmそれぞれ1体ずつ、合計26体の試験を行った。試験体全体の一覧表を表2.1に示す。試験体名の下に数字は壁倍率、()内は1/120rad.時の荷重である。また、それぞれの試験体の詳細及び一覧を図2.1、2.2に示す。

試験体は、次のようなパラメーターを変化させた。

◆パネル幅 (パネルの横寸法) ① 1820mm ② 910mm

◆梁・土台の断面寸法 (A) 梁 103×103 土台 103×103
(B) 梁 103×270 土台 103×103
(C) 梁 103×270 土台 103×270

◆柱間寸法とパネルの配置

- ・左右両柱がパネルに密着
- ・左右両柱がパネルから140mm離れている
- ・柱間1.5間、パネル中央 (パネル幅910)
- ・柱間2間、左柱にパネルが密着
- ・柱間2間、パネル中央
- ・柱間2間、パネル中央から左側 (パネル幅910)

◆パネルと横架材の接合方法 ・A1タイプ ・A2タイプ

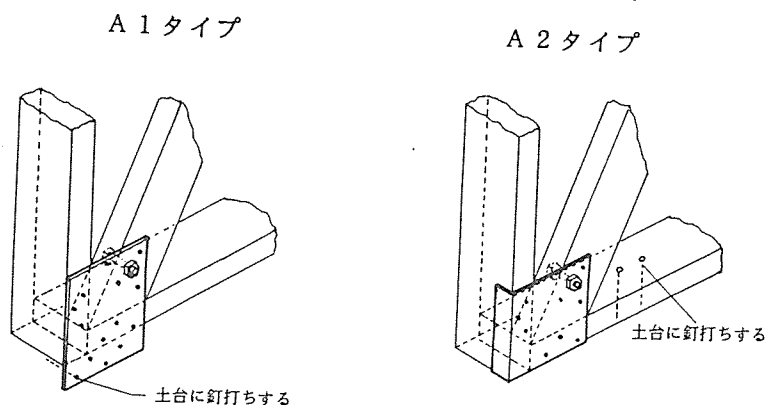


図2.3 パネルと横架材の接合方式

◆その他

- ・積載荷重 0 kg/m、400 kg/m (基本は200 kg/m)
- ・パネルと横架材間の隙間を埋めた試験体

パネル寸法	フレーム寸法 2100 ミリ		フレーム寸法 2730 ミリ		フレーム寸法 3640 ミリ		在来型	
	パネルとの距離 0 ミリ	パネルとの距離 100 ミリ	パネルとの距離 910 ミリ	パネルとの距離 0 ミリ	パネルとの距離 910 ミリ			
梁寸法 103*103	#A1-F0-2P 3.4(1126)	#A1-F1 4.2(1787)	#A2-F1 2.9(1411)	#A1-F2-L2 2.8(1250)	#A1-F2 3.2(1597) #A1-F2-4 3.3(1347) #A1-F2-0 2.2(1037)	#A2-F2 2.3(1391)	#A-2P 3.6(1302)	
土台寸法 103*103								
梁寸法 103*270				#A1-F3-L2 3.8(2538)	#A1-F3 6.1(3076) #A1-F3-C2W 5.0(2200)	#A2-F3 2.5(2491) #A2-F3-C2W 4.4(2038)		
土台寸法 103*103								
上梁寸法 103*270	例 *試験体名 壁倍率 (最大耐力)							
下梁寸法 103*270					#1F-2P-A1 4.0(2345)	#1F-2P-A2 4.5(2041)		
	#A1-F0-1P 2.2(882)						#A-1P 2.6(604)	
梁寸法 103*103	#A2-F0-1P 2.0(705)			#A1-F2-L1 1.7(640)	#A1-F2-C1 1.9(576)			
土台寸法 103*103				#A1-F3-L1 2.2(921)	#A1-F3-C1 2.7(801)			
梁寸法 103*270								
土台寸法 103*103				#1F-1P-A1 4.1(1138)	#1F-1P-A2 3.1(956)			
上梁寸法 103*270								
下梁寸法 103*270								
700・1000の接合方法	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2

「軸組+パネル」、及び在来タイプ試験体 合計26体

表 2. 1 試験体一覧

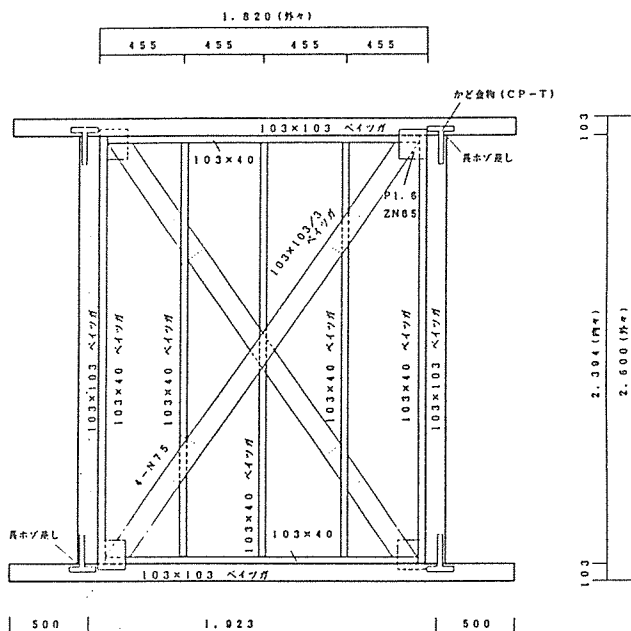
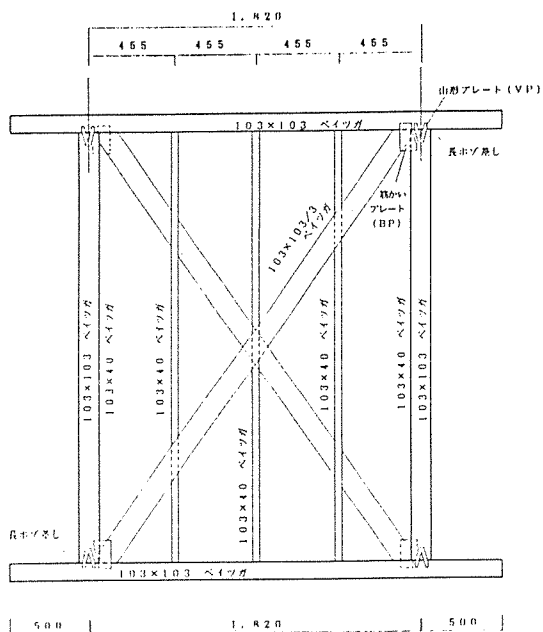
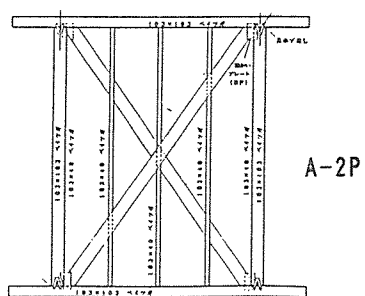
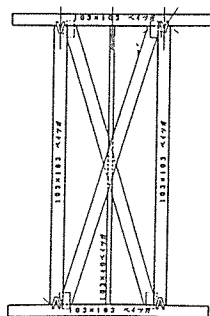


図 2. 1 (a) 試験体詳細例 (A-2P)

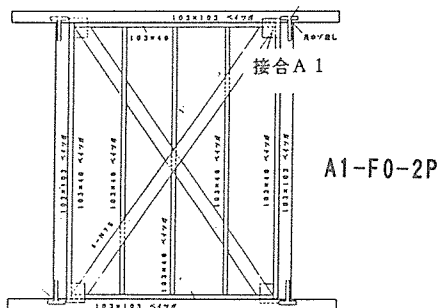
図 2. 1 (b) 試験体詳細例 (A1-F0-2P)



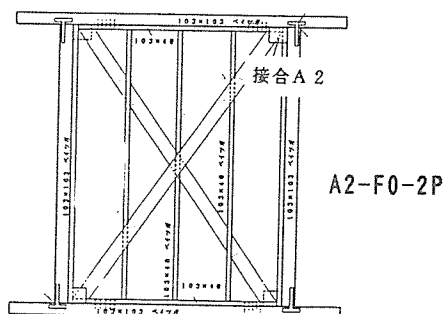
A-2P



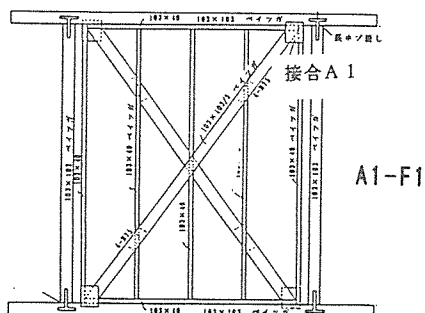
A-1P



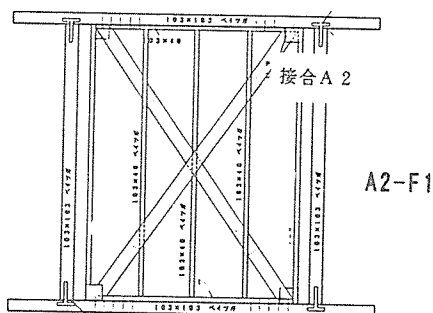
A1-F0-2P



A2-F0-2P



A1-F1



A2-F1

図 2. 2 (a) 試験体一覧 (その 1)

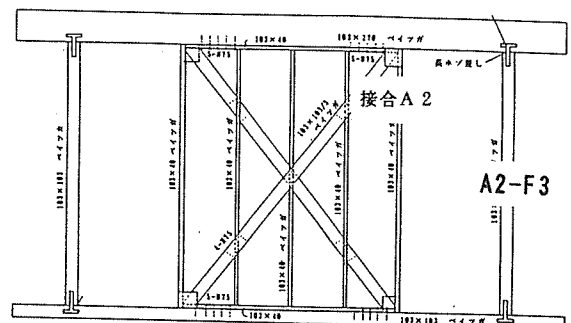
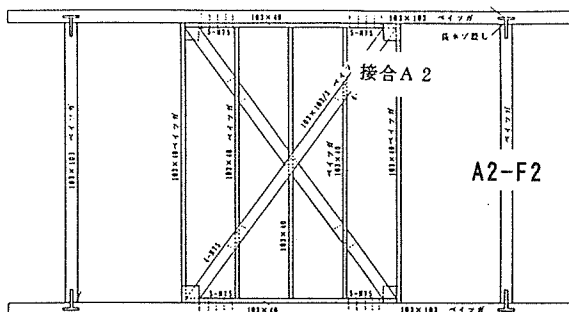
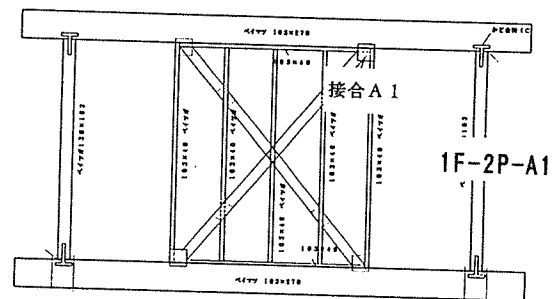
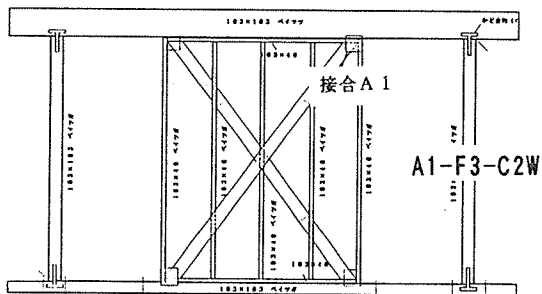
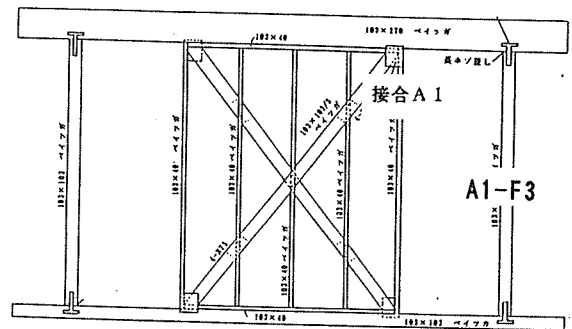
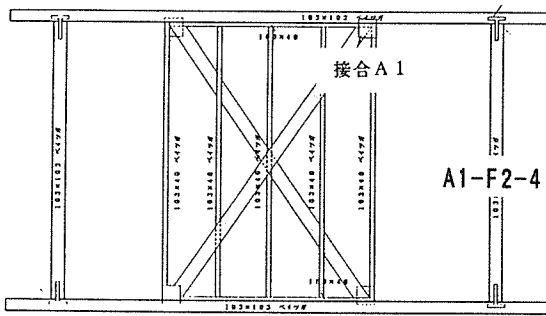
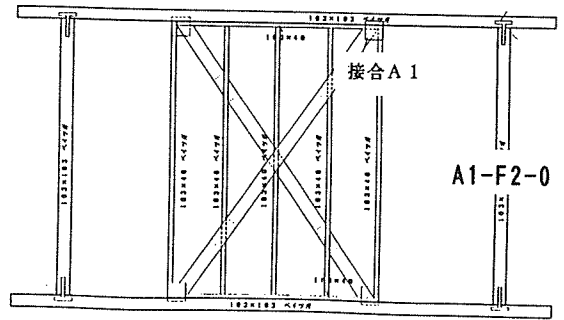
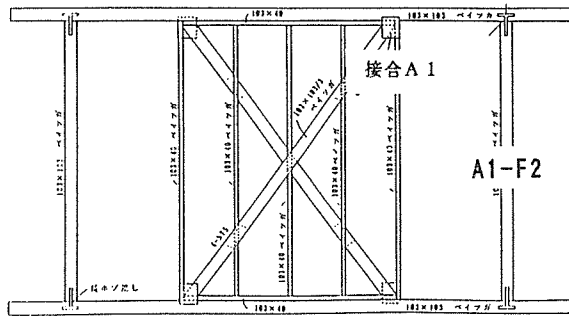
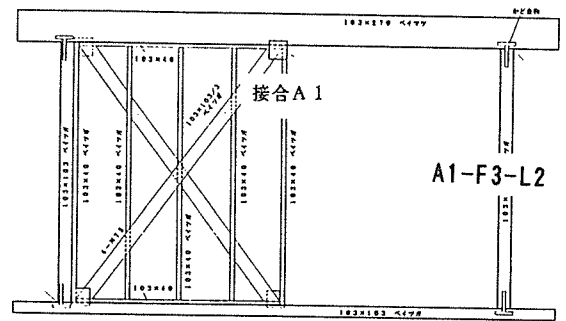
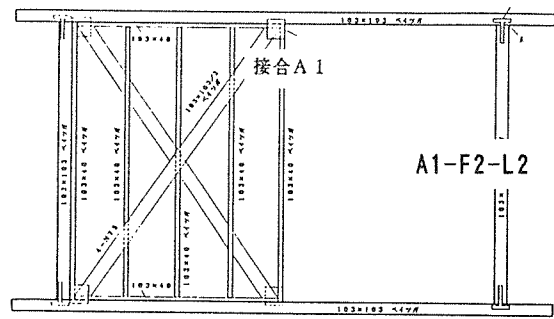


図 2. 2 (b) 試験体一覧 (その 2)

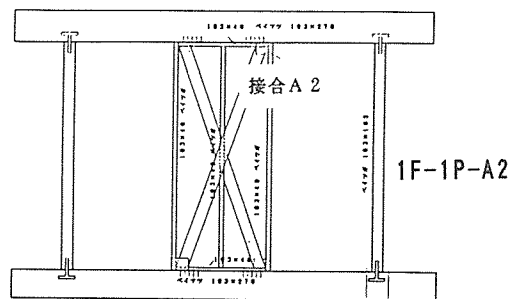
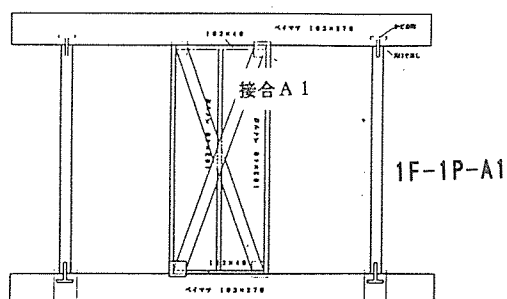
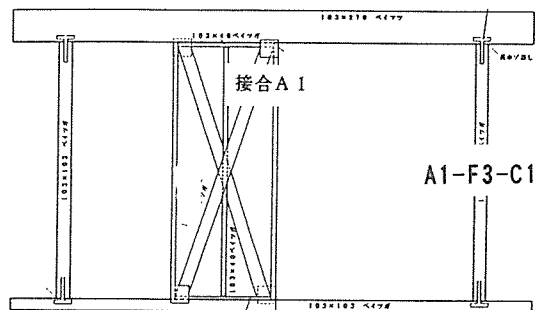
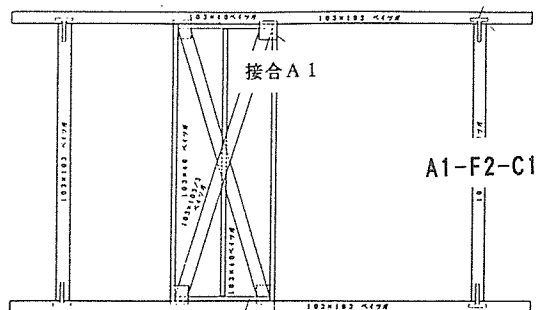
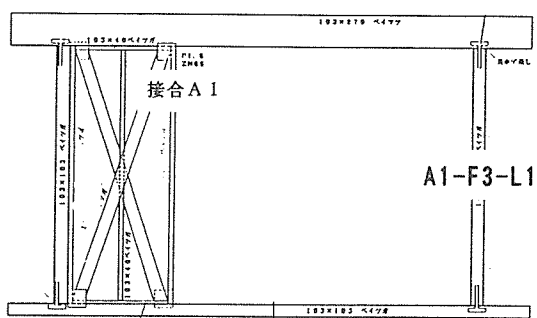
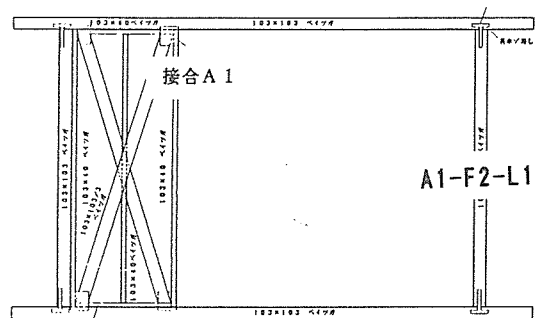
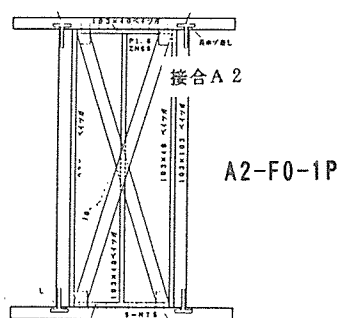
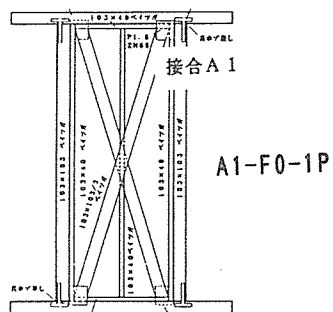
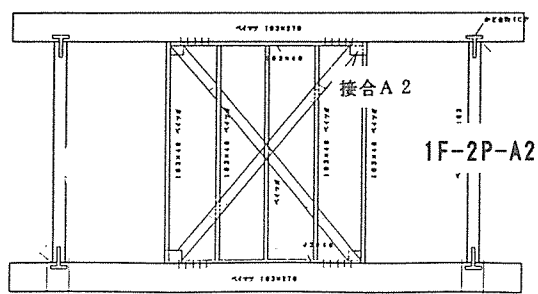
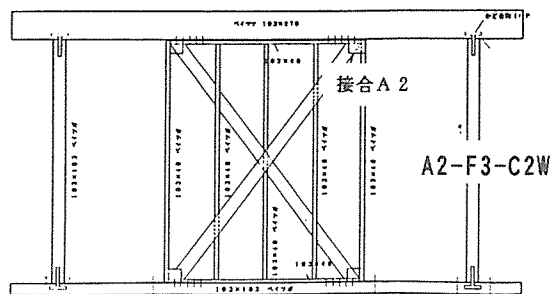


図 2. 2 (c) 試験体一覧 (その 3)

3-2-2 実験方法

実験装置を図 2.4 に示す。図のように加力フレームの中に試験体を設置し、試験体上部に取り付けたオイルジャッキにより強制的に水平変位を加えた。加力は図 2.5 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正負交番加力で、最終的には1/30rad. までを原則とした。荷重は、ジャッキと試験体の間に取り付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付けた電気式の変位計により計測した。

また、実際の建物の固定荷重、及び載荷荷重を考慮して、パネル部分の長さ1 mあたり200kg の鉛直荷重を鋼製のおもりで加えた(図 2.6)。また、一部の試験体については、比較のために、0 kg/m と400kg/m の鉛直荷重を加えた。

3-2-3 「軸組+パネル」実験の結果

ここでは、各試験体の実験結果を簡単に示し、パラメーター間の比較を行う。

試験体の数が26体と多く、また、パラメーターも多い。そこで、項目ごとに比較を行う。

- ① フレームの種類 1) パネルの位置、及び在来構法との違い 2) 桁せい
- ② パネルと横架材の接合方法
- ③ 積載荷重
- ④ 施工方法、精度
- ⑤ 2階建て以上になった場合

表 2.2 に、各試験体の主な変位における荷重及び破壊性状を示した。

(1) フレームの種類による比較

ア) パネル幅1820mmの桁せいが103mm、パネルと横架材との接合部分がA1の試験体

図 2.7 に荷重-変形曲線を、また、図 2.8 にその包絡線を示した。接合のA1タイプとは、金物を横架材の側面から釘打ちするもので、A2とは、金物はパネルの枠材に取り付けてあり、パネルの固定は枠材を横架材に釘打ちするものである。

在来タイプ(A-2P)と似た形のA1-F0-2Pを比較してみると、A1-F0-2Pの方が粘りがあり、最大耐力も高くなっている。しかし、それ以上にパネルと柱芯の距離が14cm離れているA1-F1が高い強度を示し、このタイプの最大値を示している。

パネルの位置が偏っているA1-F2-L2は、+と-サイクルが大きく異なっている。-サイクルが低い値を示しているのは、パネルの浮き上がりを拘束する力が、柱が離れているので小さくなっているためと考えられる。

剛性は、初期の段階では在来タイプが最も高い値を示している。

残留変形率は、A1-F1が常に高い値を示している。

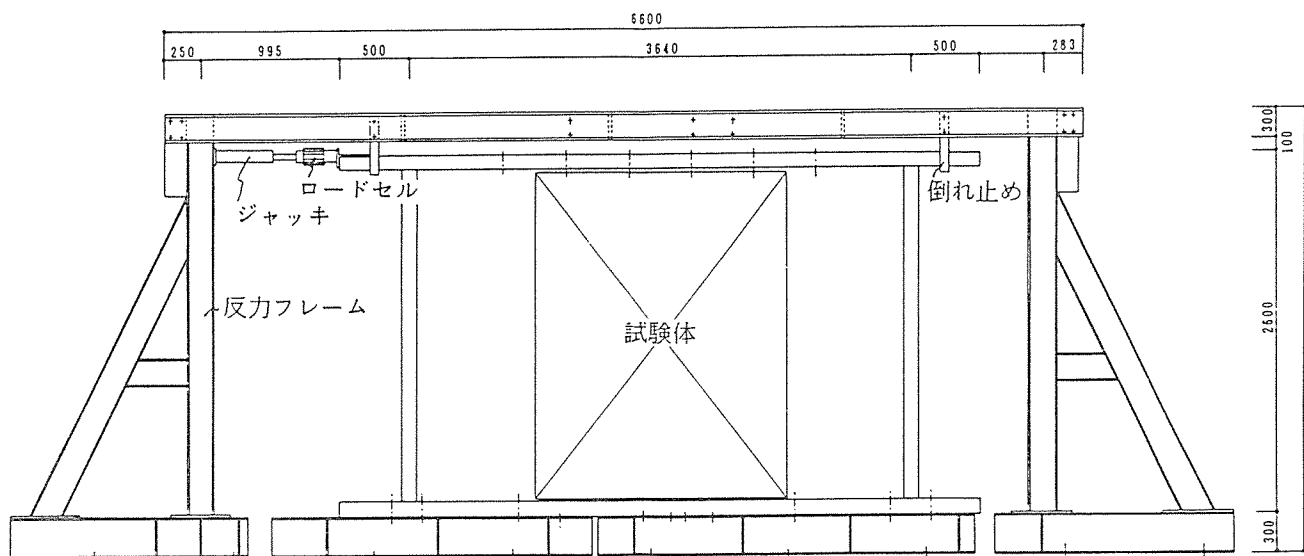


図 2. 4 実験装置

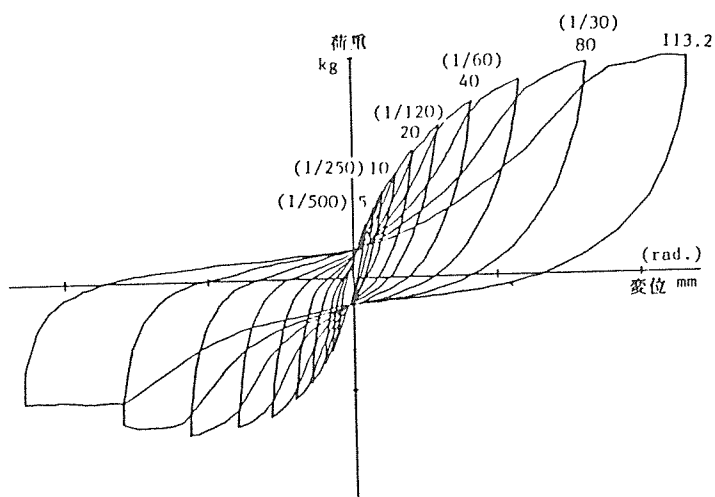


図 2. 5 加力サイクル

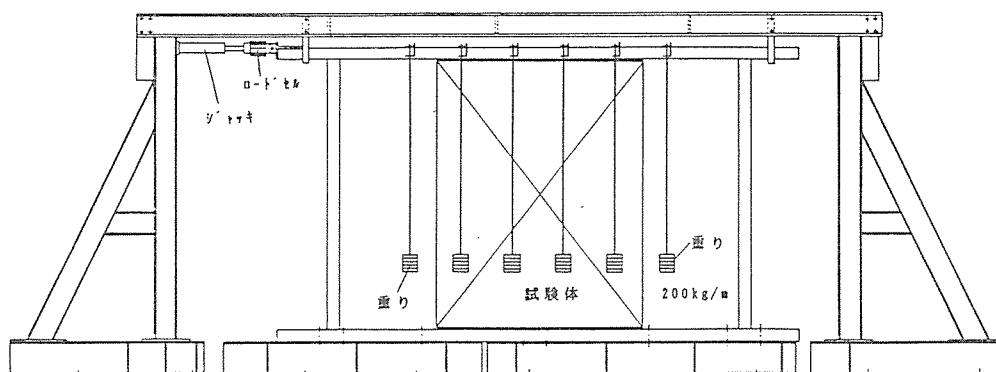


図 2. 6 おもりの配置

表 2. 2 実験結果一覧

試験体名	桁せい・A' 幅		1/120(壁倍率)	1/60	1/30	最大荷重(kg)	破壊性状
A-2P	103・1820	在来タイプ	1025 (3.3) -1235 (4.0) 1130 (3.6)	799 -790 795		-1302 (1/100.7)	柱左下、右下土台割れ
A-1P	103・910	在来タイプ	405 (2.6) -401 (2.6) 403 (2.6)	423 -598 511		-604 (1/60.4)	柱左下、右下土台割れ
A1-F0-2P	103・1820	パネルが 両柱と密着	1087 (3.5) -1030 (3.3) 1059 (3.4)	1123 -1492 1307	-1031	-1626 (-1/45.0)	柱左下、右下土台割れ 柱左上桁割れ
A2-F0-2P	103・1820	パネルが 両柱と密着	883 (2.8) -858 (2.7) 870 (2.8)	1201 -1207 1204		-1243 (1/44.5)	柱左上、右上桁割れ
A1-F1	103・1820		1281 (4.1) -1349 (4.3) 1315 (4.2)	1661 -1774 1717	-1176	1787 (1/58.8)	柱左下土台割れ 柱左上、右上桁割れ 柱左下土台割れ
A2-F1	103・1820		934 (3.0) -848 (2.7) 891 (2.9)	1227 -1304 1265	-666	1411 (1/48.8)	柱左上、右上桁割れ
A1-F2-L2	103・1820	パネルが 左柱と密着	892 (2.9) -833 (2.7) 863 (2.8)	1239 -734 987	-767	1250 (1/58.4)	柱左下、右下土台割れ 柱左下土台割れ
A1-F3-L2	270・1820	パネルが 左柱と密着	958 (3.0) -1421 (4.6) 1189 (3.8)	1711 -2052 1882		-2538 (1/-31.8)	左下土台割れ 柱左下土台割れ
A1-F2	103・1820		980 (3.1) -989 (3.2) 985 (3.2)	1227 -1482 1335	-1572	-1597 (1/-33.3)	柱左下土台割れ
A1-F2-0	103・1820	積載荷重 0	673 (2.2) -726 (2.3) 699 (2.2)	930 -940 935	-933	1037 (1/44.9)	柱左下、右下土台割れ 柱左下土台割れ 柱右上桁割れ
A1-F2-4	103・1820	積載荷重 4 0 0	929 (3.0) -1108 (3.6) 1018 (3.3)	1222 -1233 1227	-1221	-1347 (1/-44.1)	柱左下、右下土台割れ 柱左上桁割れ
A1-F3	270・1820		1871 (6.0) -1929 (6.2) 1899 (6.1)	2747 -2602 2674	2252	3076 (1/43.7)	柱左下土台割れ 柱左上、右上桁割れ
A1-F3-C2W	270・1820	施工精度	1547 (5.0) -1544 (4.9) 1546 (5.0)	2099 -1878 1989		2200 (1/45.9)	柱左下土台割れ 柱右上桁割れ 右柱上桁割れ
1F-2P-A1	270・1820	2階建てタイプ	1178 (3.8) -1330 (4.3) 1254 (4.0)	1844 -2001 1943	-961	2345 (1/31.0)	柱右上桁割れ 柱右下土台割れ 柱左上桁割れ
A2-F2	103・1820		697 (2.2) -741 (2.4) 719 (2.3)	1024 -1036 1030	-1274	1391 (1/30.3)	
A2-F3	270・1820		818 (2.6) -811 (2.6) 815 (2.6)	1745 -1506 1625	-2076	2419 (1/33.5)	
A2-F3-C2W	270・1820	施工精度	1418 (4.5) -1358 (4.4) 1388 (4.4)	2024 -1710 1867		2038 (1/59.2)	右柱下土台割れ
1F-2P-A2	270・1820	2階建タイプ	1462 (4.7) -1320 (4.2) 1391 (4.5)	1919 -1847 1881		2041 (1/63.9)	左柱上桁割れ 右柱上桁割れ
A1-F0-1P	103・910		437 (2.8) -262 (1.7) 350 (2.2)	597 -445 521	-679	-679 (1/-29.8)	柱左下、右下土台割れ 柱左下、右下土台割れ
A2-F0-1P	103・910		331 (2.1) -302 (1.9) 317 (2.0)	498 -516 507		-705 (1/-30.3)	
A1-F2-L1	103・910	パネルが 左柱と密着	289 (1.9) -252 (1.6) 270 (1.7)	464 -365 414		640 (1/30.2)	柱左下、右下土台割れ
A1-F3-L1	270・910	パネルが 左柱と密着	353 (2.3) -346 (2.2) 350 (2.2)	599 -614 607		-921 (1/-30.1)	柱左下、右下土台割れ 柱左下、右上桁割れ
A1-F2-C1	103・910		289 (1.9) -304 (2.0) 297 (1.9)	451 -418 434		576 (1/30.2)	柱左下、右下土台割れ 柱左上、右上桁割れ

試験体名	桁せい・パネル幅		1/120(壁倍率)	1/60	1/30	最大荷重(kg)	破壊性状
A1-F3-C1	270・910		454 (2.9) -389 (2.5) 421 (2.7)	653 -604 629	786 -849 818	801 (1/27.1)	枠左下、右下土台割れ 枠右上桁割れ
1F-1P-A1	270・910	2階建タイプ	616 (3.9) -671 (4.3) 643 (4.1)	862 -945 903	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
1F-1P-A2	270・910	2階建タイプ	466 (3.0) -496 (3.2) 481 (3.1)	715 -730 722		-956 (1/30.1)	右柱上桁割れ

イ) パネル幅910mmの桁せいが103mm、パネルと横架材との接合部分がA1の試験体

図 2.9に荷重-変形曲線を、また、図2.10にその包絡線を示した。これらは、パネル幅1820mmと比較すると全体に低い強度を示し、試験体間の差も小さい。ここでは、パネルと柱芯が14cm離れているタイプの試験体がないので、在来構法タイプの試験体が剛性、強度とも一番高くなっている。また、これら幅が910mmのものは、1820mmのものと違い、パネルと柱が密着しているタイプと十分離れているタイプ(A1-F2-L1, A1-F2-C1)の差は、強度、剛性両方ともほとんど見られない。ただし、残留変形率は、この2体は大きく異なっており、左柱とパネルが密着しているA1-F2-L1が大きな値を示している。

荷重-変形曲線の形状は、左右非対称の試験体(A1-F2-L1)は、+-のサイクルが大きく異なっている。

ウ) 梁せいの違いの影響

桁せいの寸法については103mmと270mmの2種類の実験を行った。

①パネル幅1820mmのパネルと横架材との接合部分がA1の試験体

図2.11に荷重-変形曲線を、また、図2.12にその包絡線を示した。図から、梁せい寸法が増加するだけでこれらが大きな値を示すようになることが分かる。また、残留変形率も桁せいが大きい方が大きくなっている。

A1-F2とA1-F3を比較すると、A1-F3が最大耐力、初期の剛性とも2倍以上の値を示している。靱性の点でも大きな差はないが、破壊性状は大きく異なっている。A1-F2はパネルと横架材の接合部分の割裂が生じた後、パネルの浮き上がりが著しくなり、梁が曲げ変形を起こしてしまう。しかし、A1-F3はパネルと横架材の接合部分の割裂は生じるが、梁の曲げ変形は進まず、パネルの浮き上がりを拘束し続ける。そして、最後に、柱・梁接合部が激しく割裂を起こし、強度が低下する。

A1-F2-L2とA1-F3-L2を比較すると、全体の傾向はA1-F2とA1-F3を比較した結果とほぼ同じである。この2体の試験体で特徴的なことは、±サイクルの差がA1-F3-L2ではA1-F2-L2ほど見られないことである。これは、梁せい寸法の増加によりパネルの浮き上がりの力に対する拘束力の差が現れたものと思われる。A1-F2-L2は、-サイクルでは梁が十分にパネルの浮き上がりを拘束できないが、+サイクルでは柱・梁の接合部分がパネルの浮き上がりを拘束している。A1-F3-L2では、-サイクルでも梁が十分にパネルの浮き上がりを拘束し、その力を柱に伝えるこ

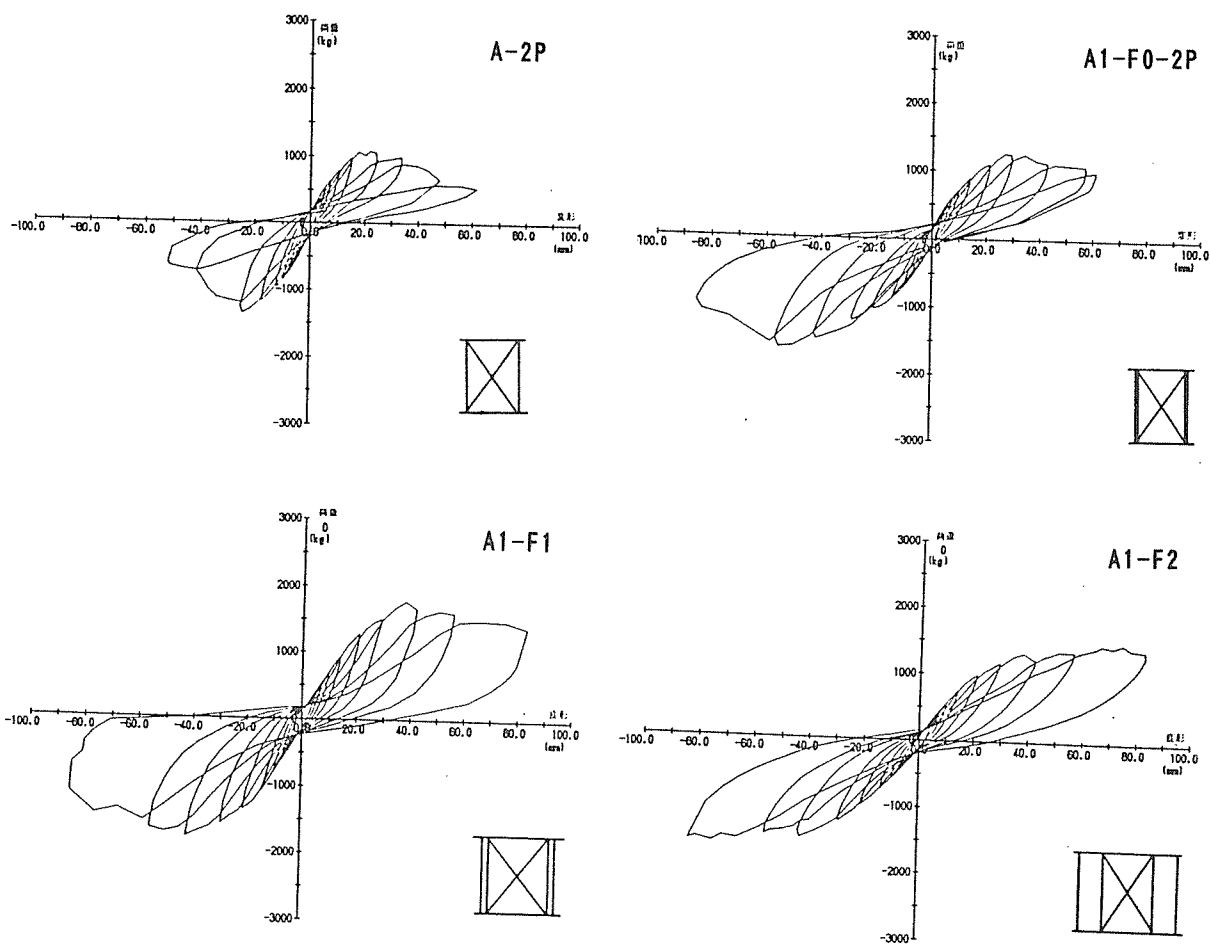


図 2. 7 荷重-変形曲線 (フレームの相違、パネル幅1820、桁せい103、接合 A 1)

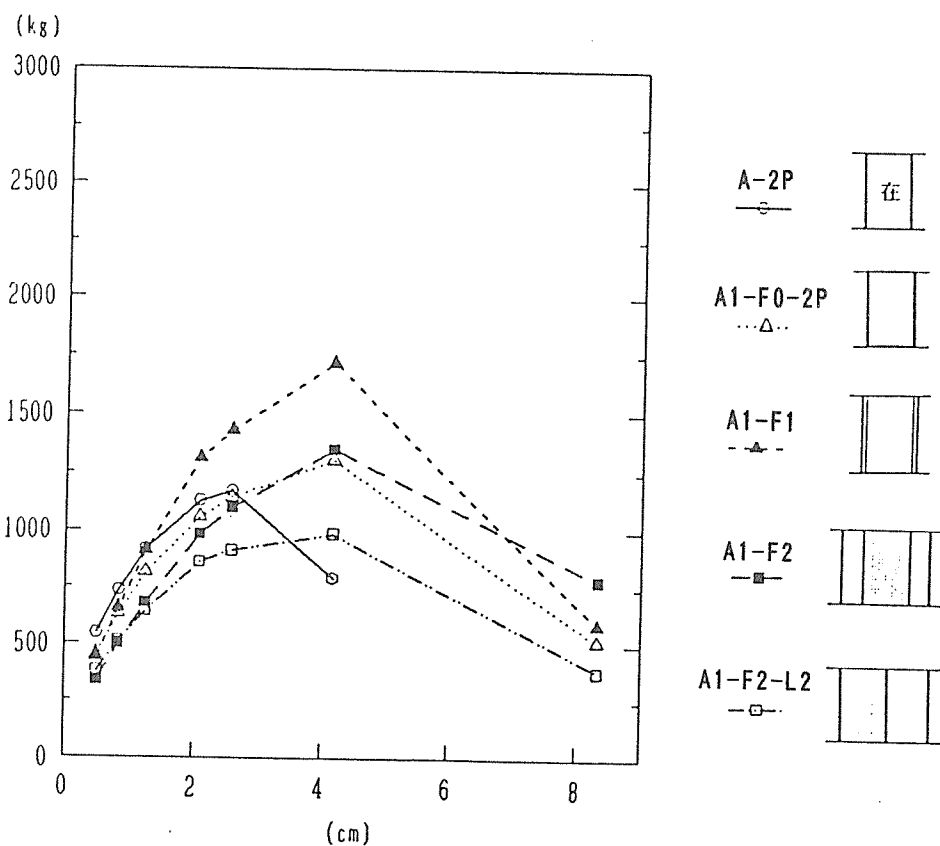


図 2. 8 荷重-変形曲線の包絡線 (フレームの相違、パネル幅1820、桁せい103、接合 A 1)

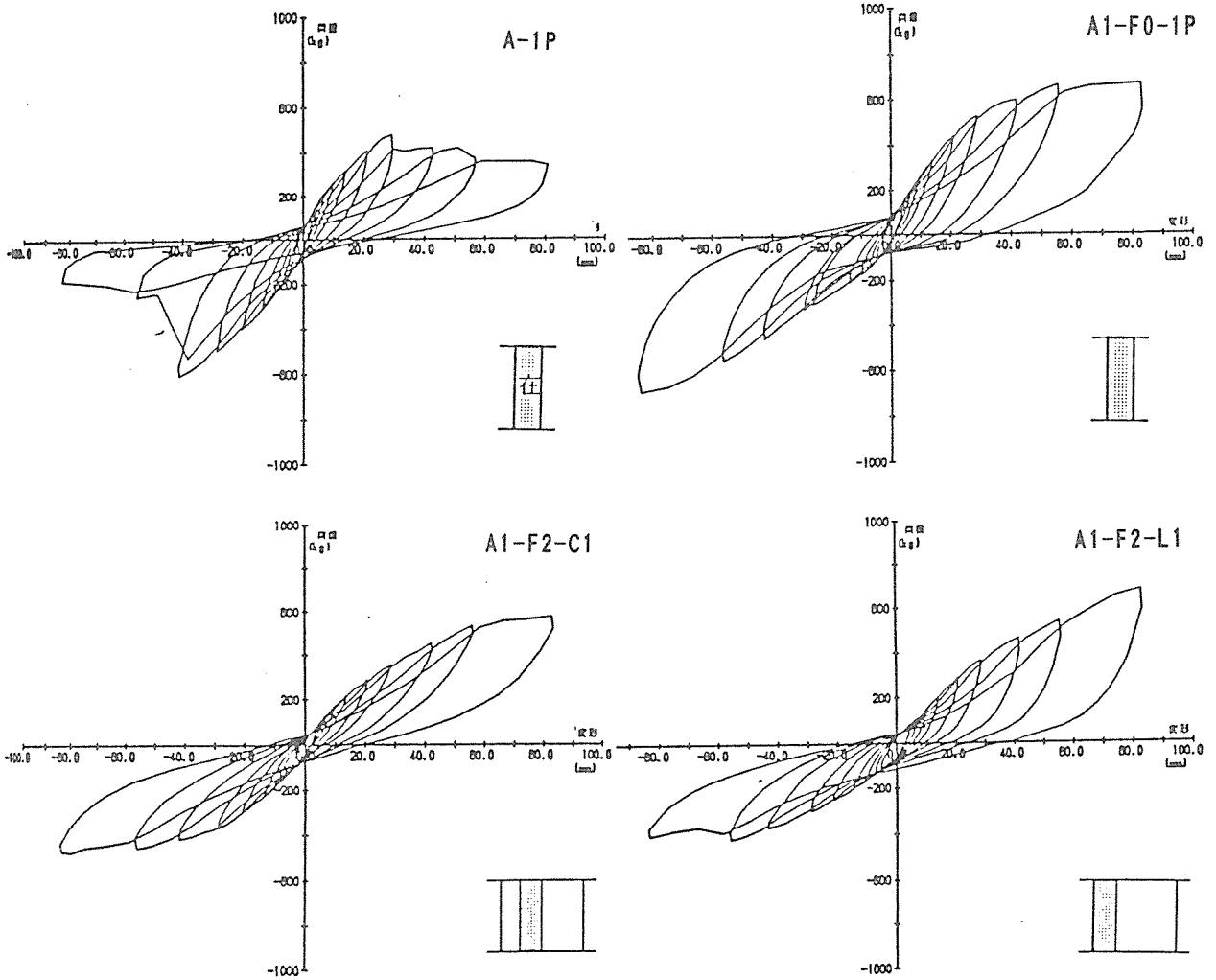


図 2. 9 荷重-変形曲線 (フレームの相違、パネル幅910、桁せい103、接合 A 1)

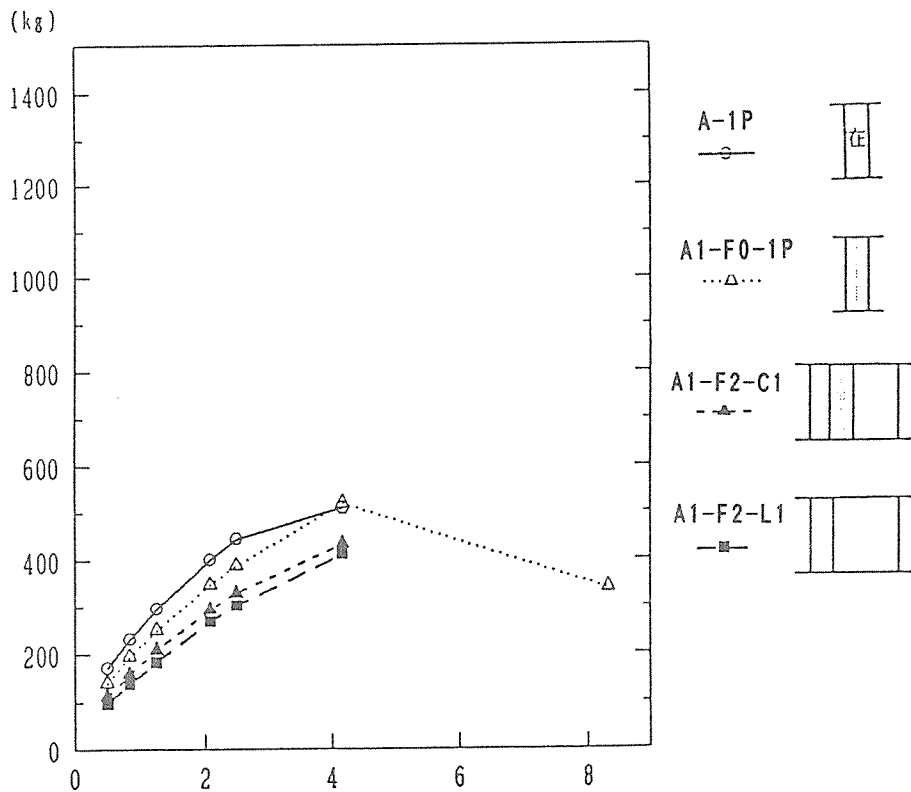


図 2. 10 荷重-変形曲線の包絡線 (フレームの相違、パネル幅910、桁せい103、接合 A 1)

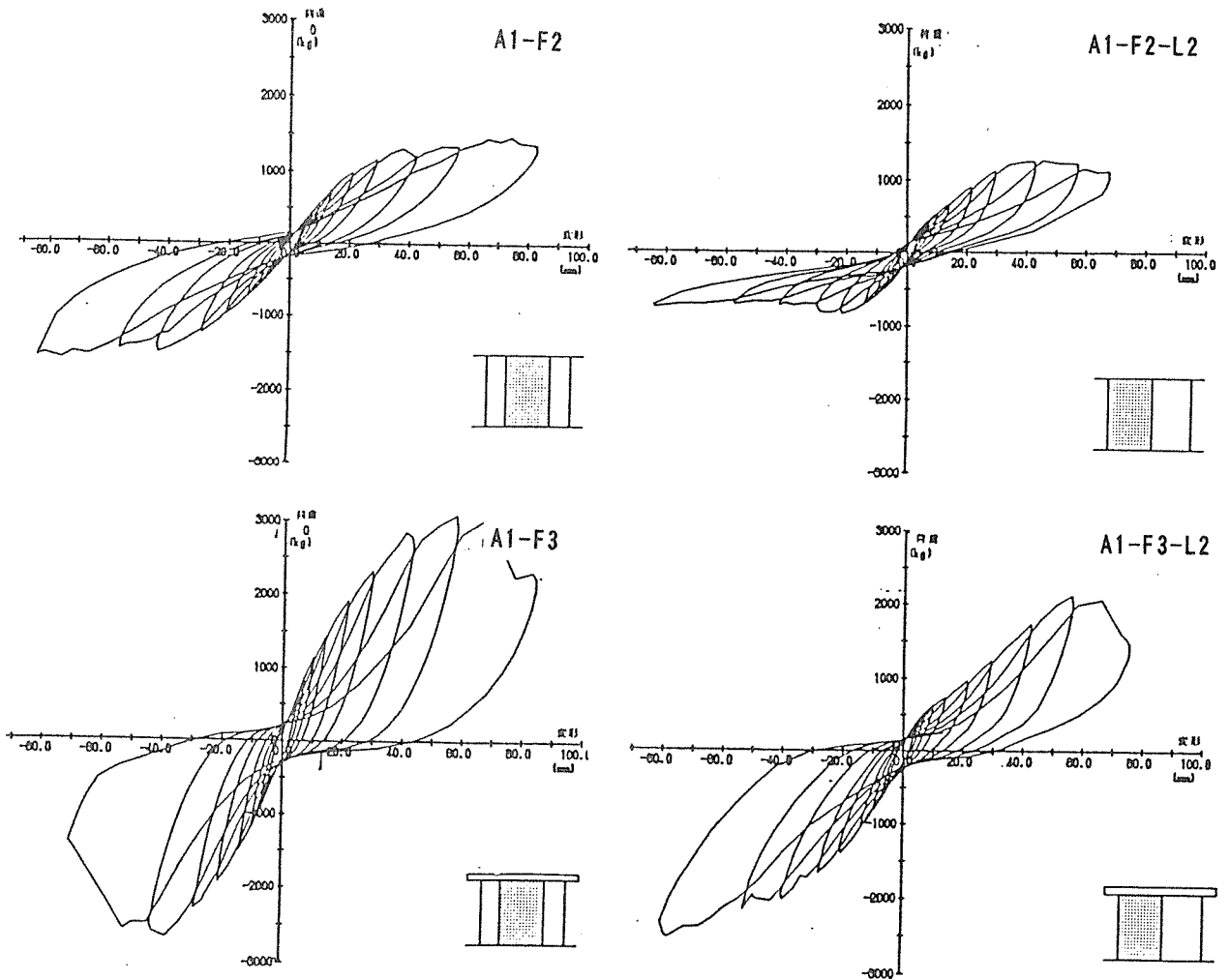


図2. 11 荷重-変形曲線 (梁せいの相違、パネル幅1820、接合A1)

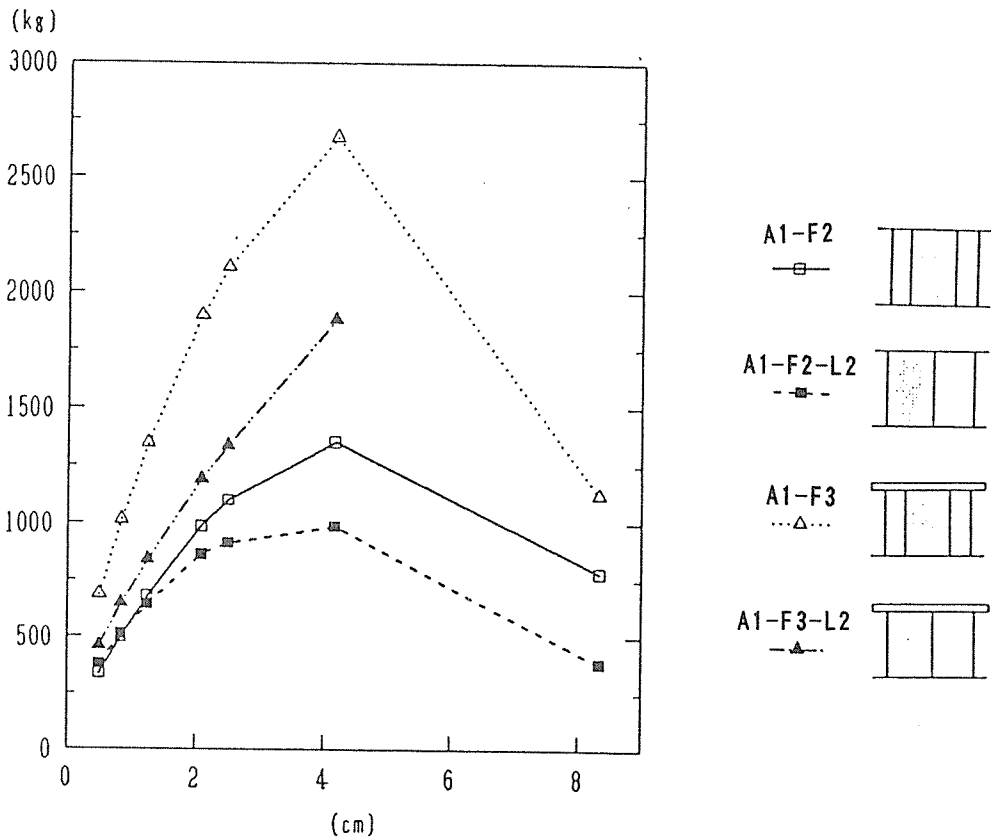


図2. 12 荷重-変形曲線の包絡線 (梁せいの相違、パネル幅1820、接合A1)

とができるため、±サイクルの差がなかったものと考えられる。

②パネル幅910mmのパネルと横架材との接合部分がA1の試験体

図2.13に荷重－変形曲線を、また、図2.14にその包絡線を示した。これらは、パネル幅1820mmと比較すると低い強度を示し、また強度、剛性とも試験体間の差も小さい。しかし、全体の傾向は、残留変形率を除き、パネル幅1820mmのものと同様である。

(2) パネルと横架材の接合方法の違いによる比較

図2.15に荷重－変形曲線を、また、図2.16にその包絡線を示した。ここでは試験体の形は全く同じで、パネルと横架材の接合部分だけが異なる試験体について、それぞれ比較する。比較する試験体はA1-F1とA2-F1、A1-F2とA2-F2である。A2-F3の実験結果が信頼できない値を示したので、A1-F3とA2-F3の組み合わせは比較から外した。

この組み合わせの比較の結果は次のようになる。

- ・強度はA1タイプが3割ほど大きな値を示す。粘りについてみても大きな差はない。
- ・剛性もA1タイプが大きい、変形が進むにつれて差は小さくなる。
- ・残留変形率はA1タイプが大きくなっている。ただし、F1タイプでは、変形が進むにつれてA2の方が大きくなっている。等価粘性減衰定数にはこの部分の差による傾向はない。

このような結果を見ると、A1の方が構造的に優れているように思えるが、破壊性状の違いを見ると一概にもそうとは言えない。A1タイプは横架材を引き裂くように破壊をするが、A2は釘の引き抜けが生じるだけである。実際の建物に適用された場合を考えると、地震後の復旧などに関して言えばA2タイプが優れているとも言える。その他に、この2つの接合部は施工方法や床面との取り合いなども異なるので、実用化するには構造特性以外でも十分な検討が必要であろう。

(3) 積載荷重の違いによる比較

図2.17に荷重－変形曲線を、また、図2.18にその包絡線を示した。ここでは、試験体は全く同じで積載荷重だけが異なる実験の結果を比較する。

今回の実験の基準はパネル1mあたり200kgで、比較の対象は、パネル1mあたり0kgと400kgである。

積載荷重が0kg/mのものは200kg/m、400kg/mのものに比べ強度が低い。これは、積載荷重によりパネルの浮き上がりを抑える力が働き、その結果水平荷重に対する強度が増すためと考えられる。剛性も積載荷重が大きい方が高い値を示している。残留変形率はおおむね積載荷重が小さいほど大きな値を示している。

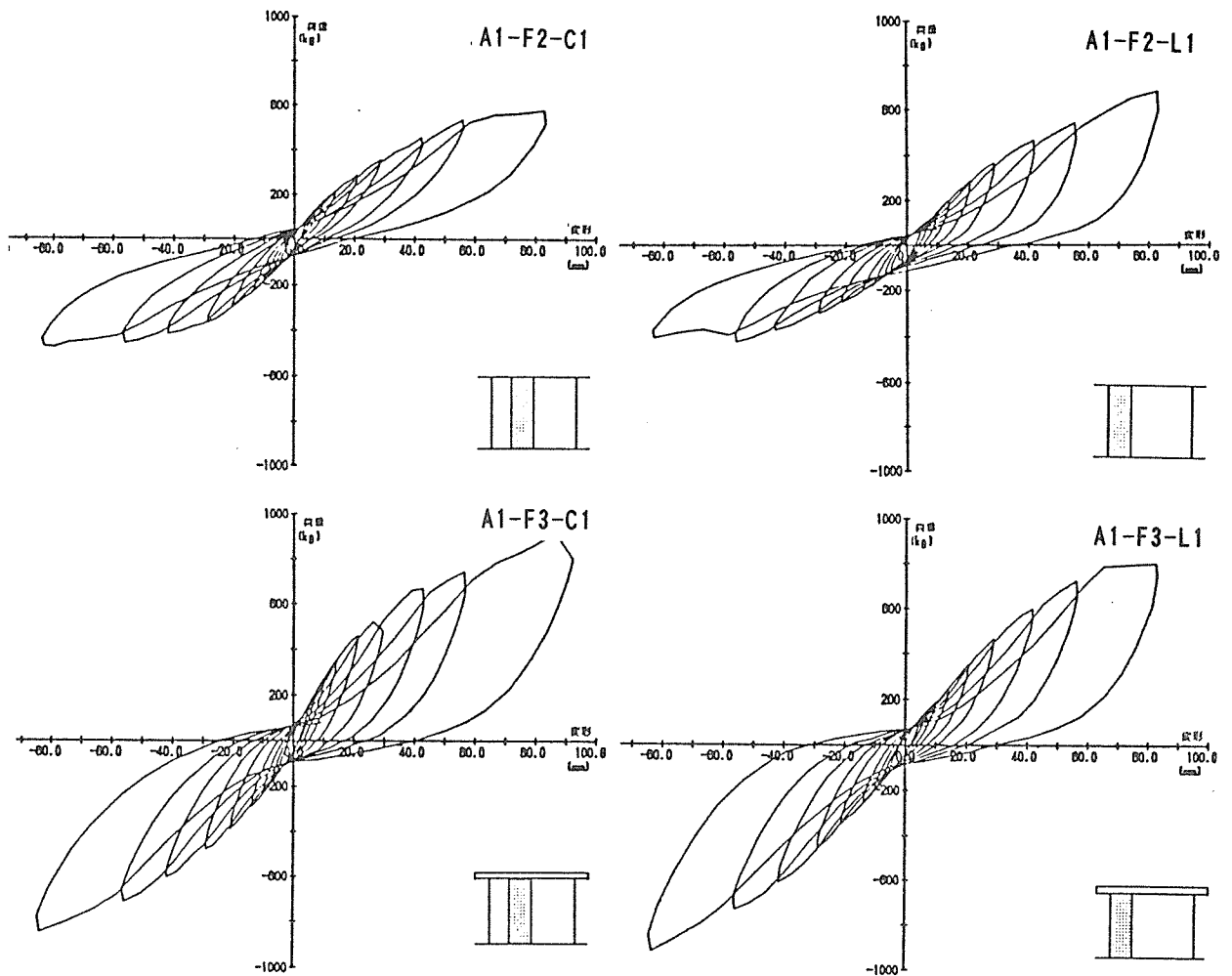


図 2. 1 3 荷重-変形曲線 (梁せいの相違、パネル幅910、接合 A 1)

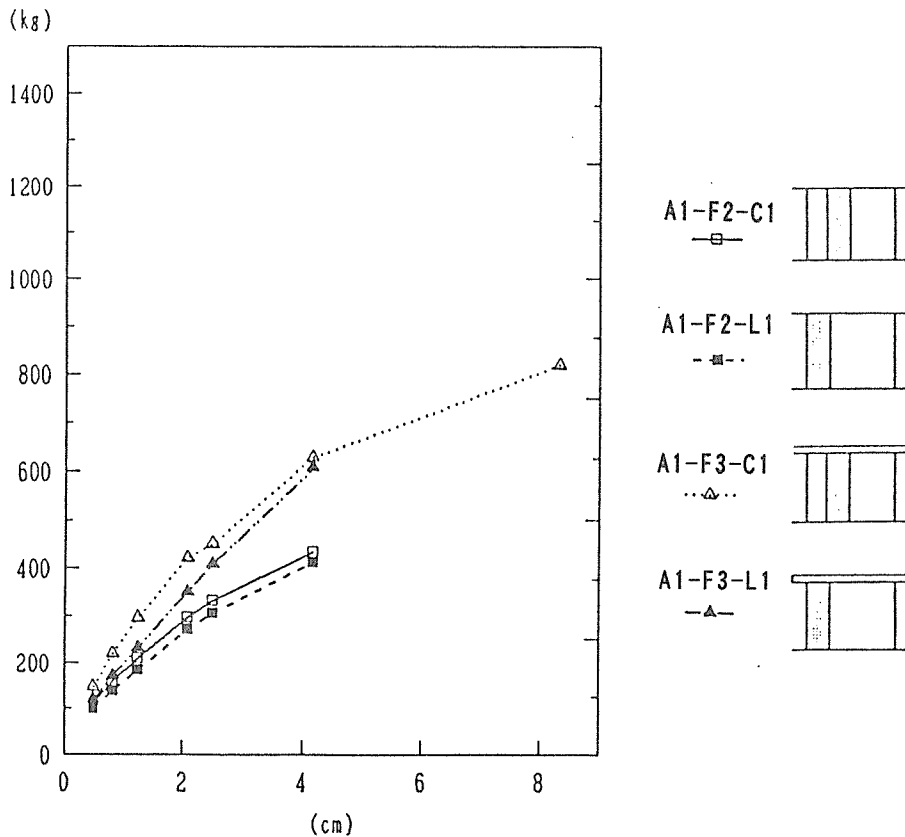


図 2. 1 4 荷重-変形曲線の包絡線 (梁せいの相違、パネル幅910、接合 A 1)

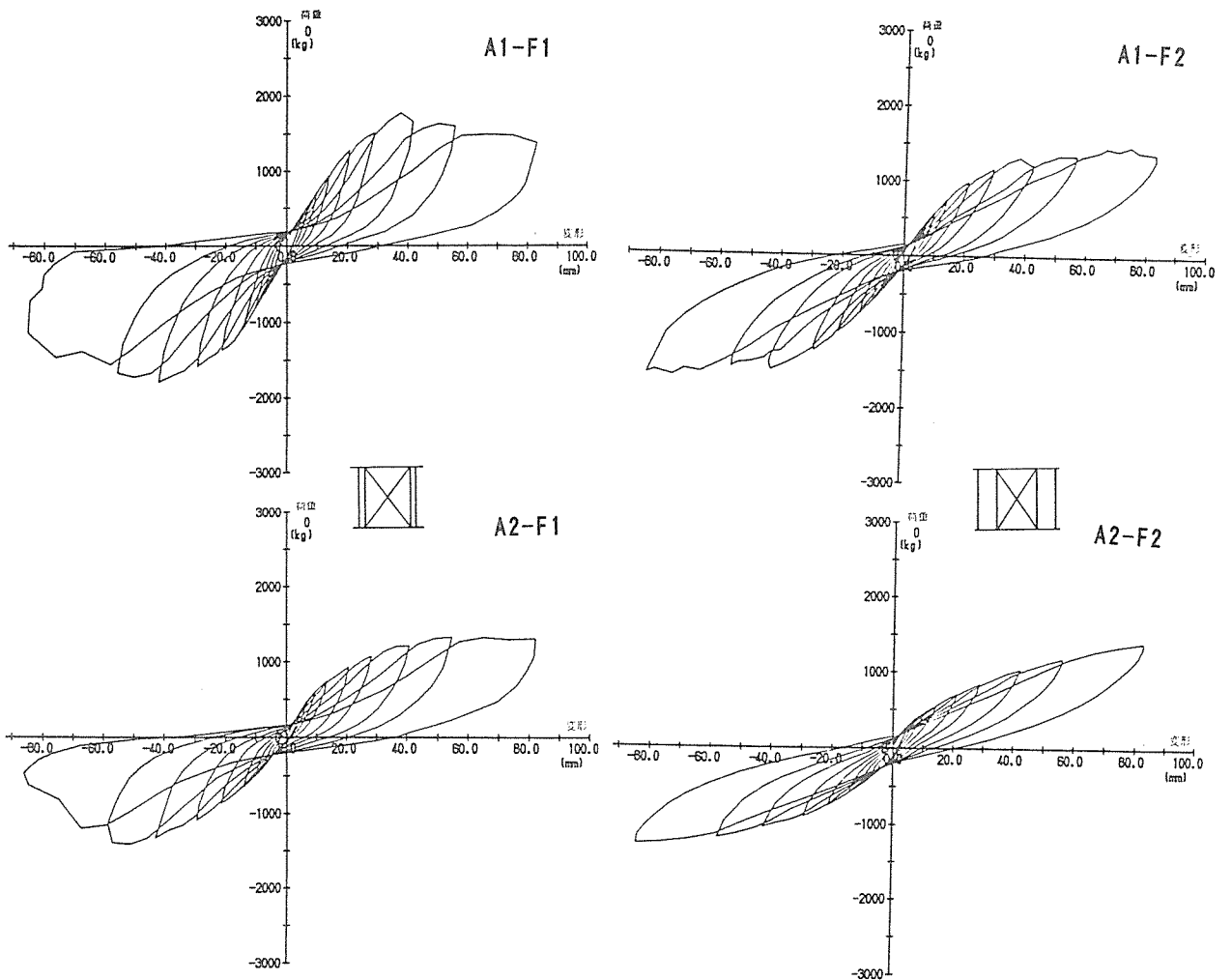


図 2. 15 荷重-変形曲線 (接合方法の相違、パネル幅1820)

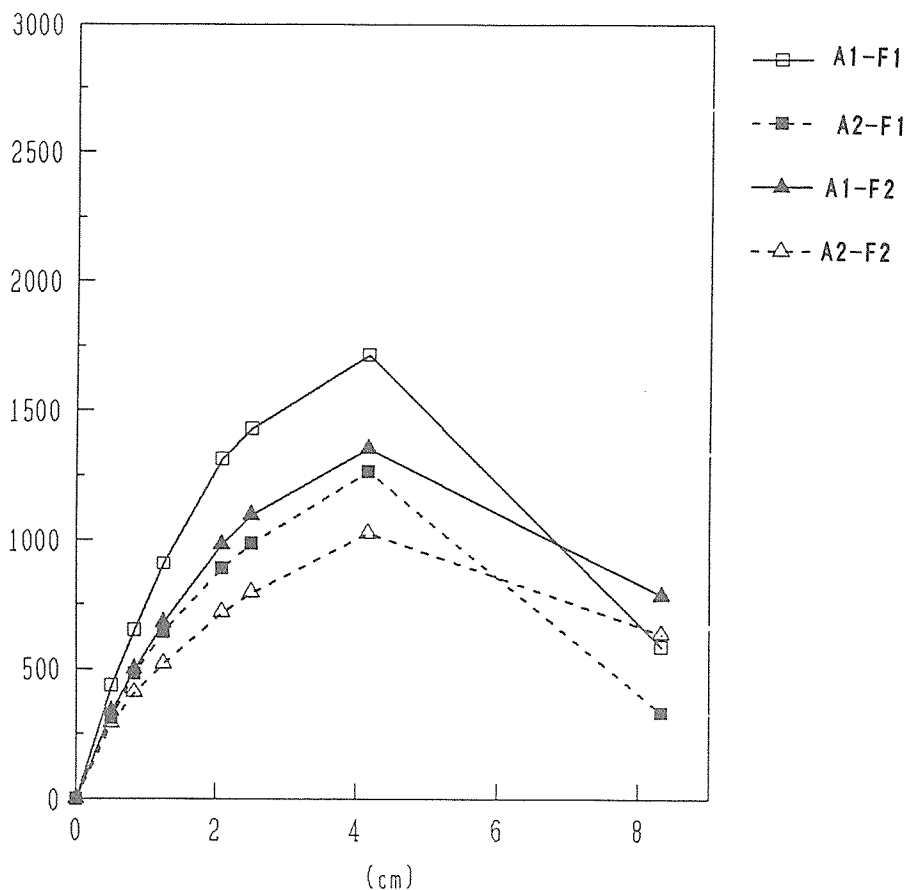


図 2. 16 荷重-変形曲線の包絡線 (接合方法の相違、パネル幅1820)

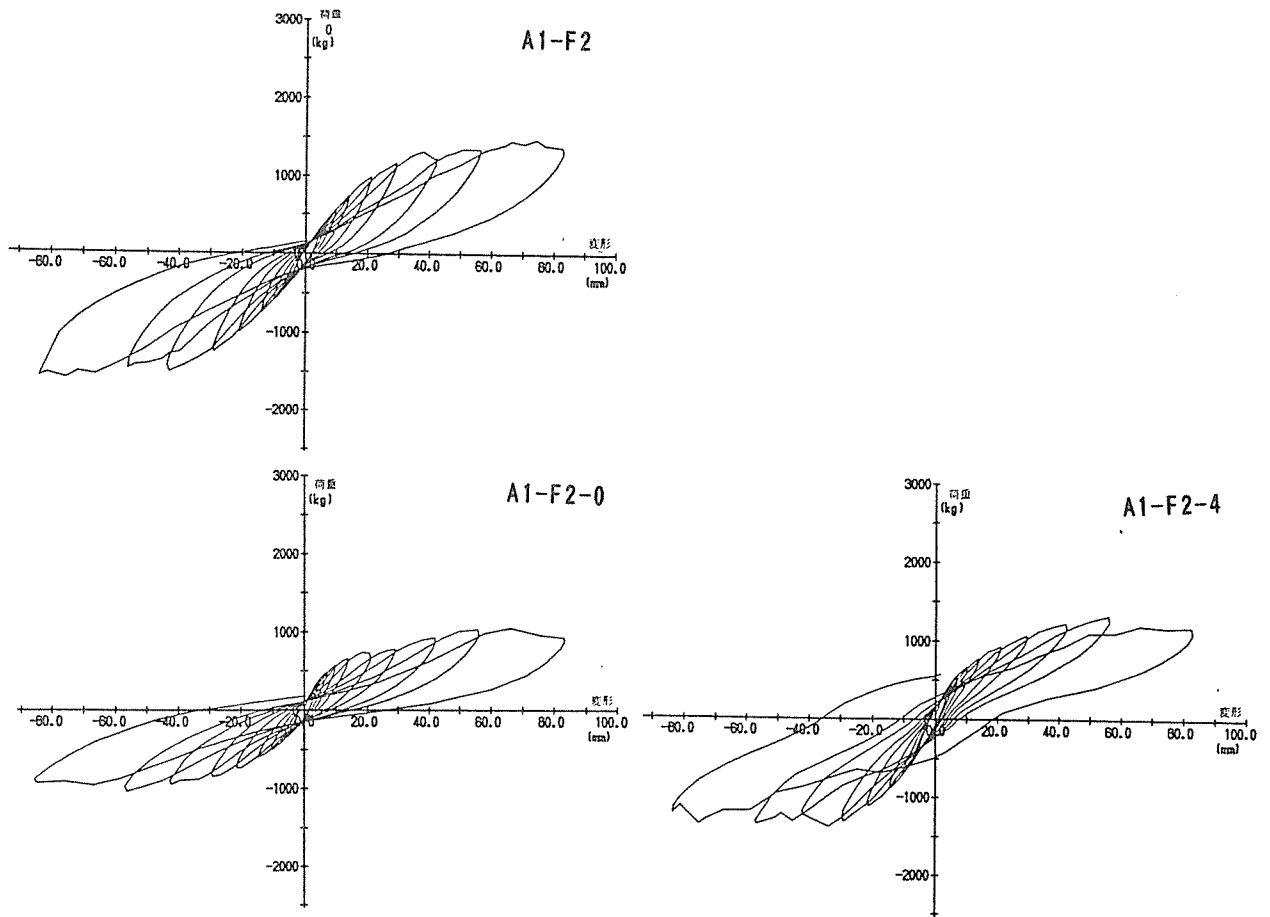


図 2. 17 荷重-変形曲線 (積載荷重の相違、パネル幅1820)

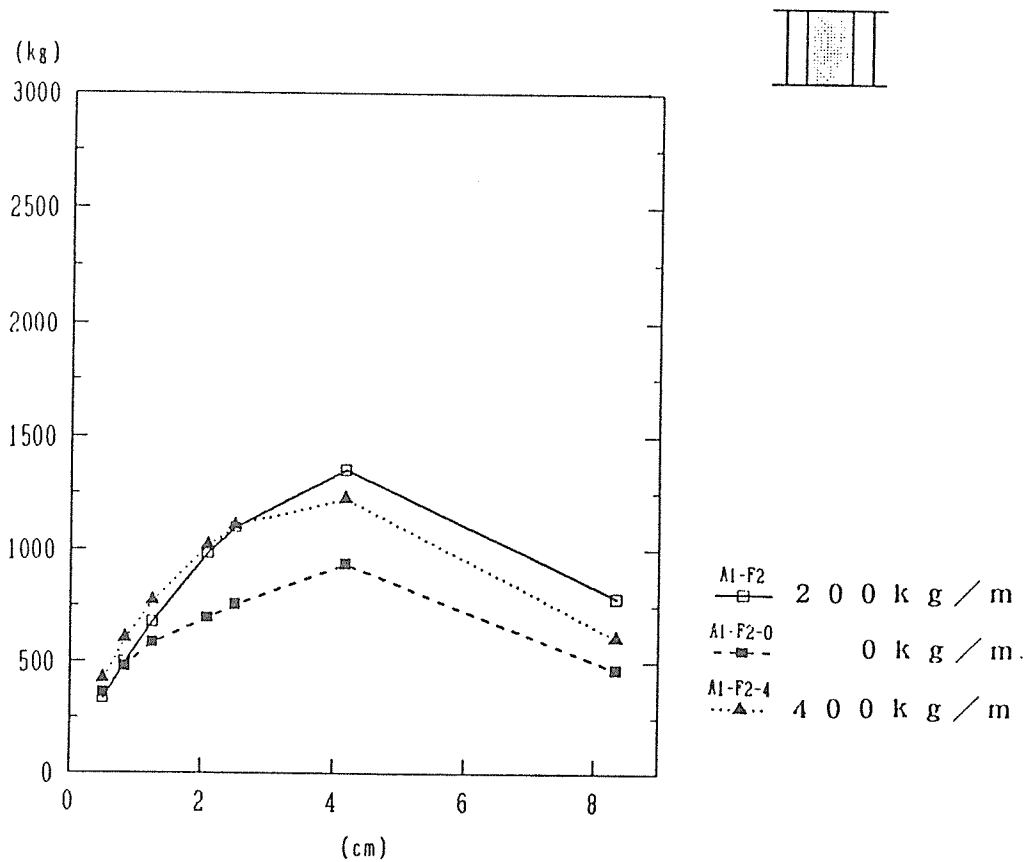


図 2. 18 荷重-変形曲線の包絡線 (積載荷重の相違、パネル幅1820)

(4) 施工方法、精度の違いによる比較

図2.19に荷重-変形曲線を、また、図2.20にその包絡線を示した。軸組が組み上がってからパネルをはめ込むことを仮定すると、パネルと横架材との間にいくらかのクリアランスは避けられない。この場合、そのクリアランスを何らかの方法で埋めないと、耐力の低下が予想される。この実験では硬木をくさびのように埋め込む方法を取り、それがパネルと軸組を同時に組み立てた試験体（他の試験体は全てこの方法で施工した）と比較してどのような特徴があるかを調べた。具体的には、パネル幅1820mm、梁せい270mmの試験体について、パネルと横架材接合方法（A1、A2）による違いを比較する。

パネルと横架材の隙間に硬木を埋め込むものは、強度、剛性とも隙間のないものに比べ、10～15%程低下した。また、残留変形率は、変形が小さいうちは、隙間のないものより低い傾向にある。しかし、これらは1体ずつの実験なので、実験結果の差がパラメーターの差なのか試験体の固体差なのかを判断するのは難しい。ただし、総じて、隙間を硬木で埋めたものと隙間のないものとで大きな差はないと考えて差し支えないであろう。

(5) 2階建て部分との比較

図2.21に荷重-変形曲線を、また、図2.22にその包絡線を示した。パネル幅1820mm、上下の梁せい270mmの試験体とパネル幅910mm、上下の梁せい270mmの試験体について、それぞれ2階建てになった場合を想定して実験を行った。

パネル幅が1820mmのものは910mmのものに比べ、2倍以上の強度がある。パネル幅1820mmのタイプを見てみると、パネルと横架材の接合部分のA1タイプがA2タイプよりも強度、剛性とも僅かだが高くなっている。これは、今までと逆の結果になっており、理由は明かでない。施工精度の影響とも考えられる。パネル幅910mmのものは、これまでの結果と同様、A1タイプが強度、剛性とも大きくなっている。

全体的に、2階建てタイプ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1階タイプの試験体より低くなる傾向が見られる。

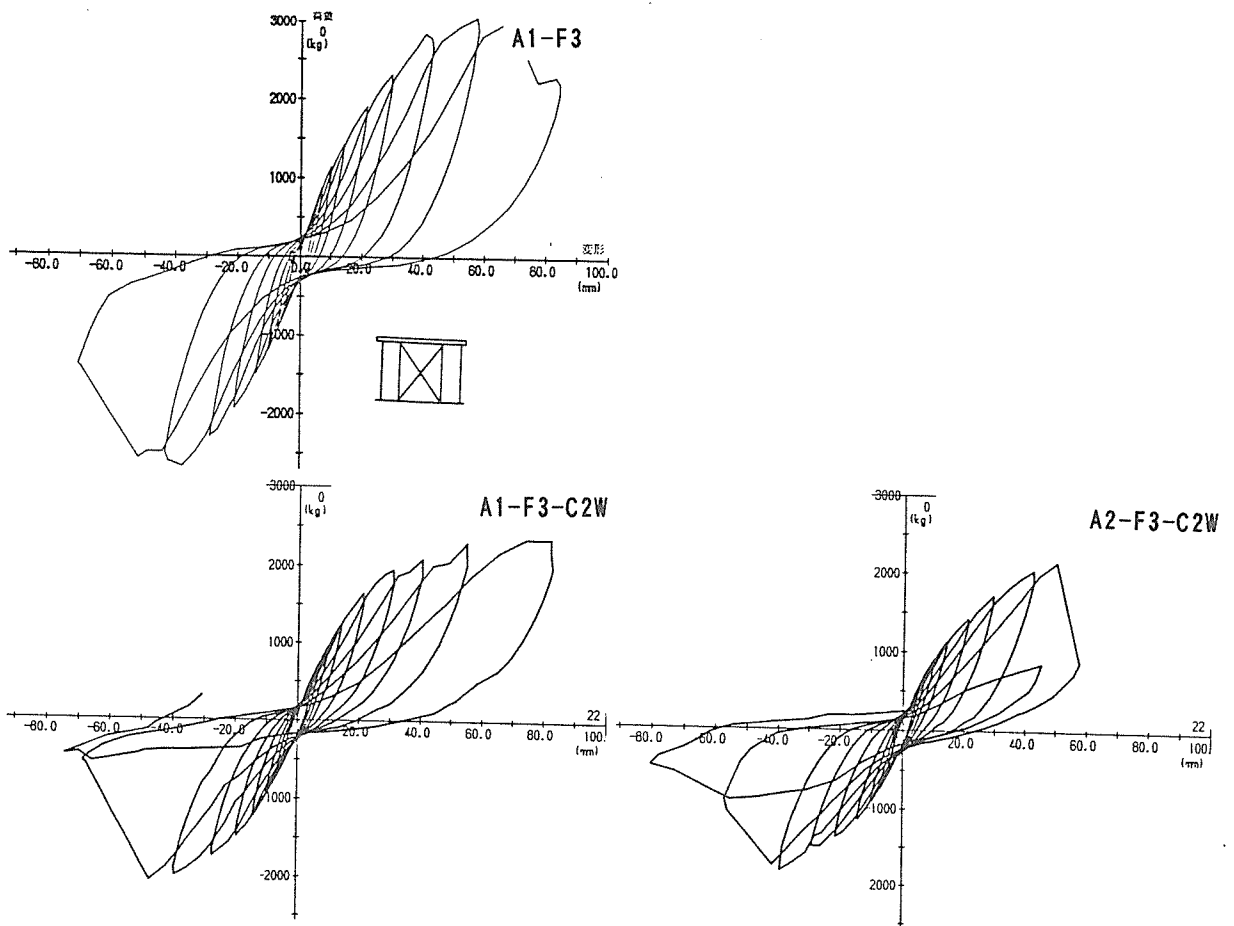


図2. 19 荷重-変形曲線（横架材との隙間の有無、パネル幅1820）

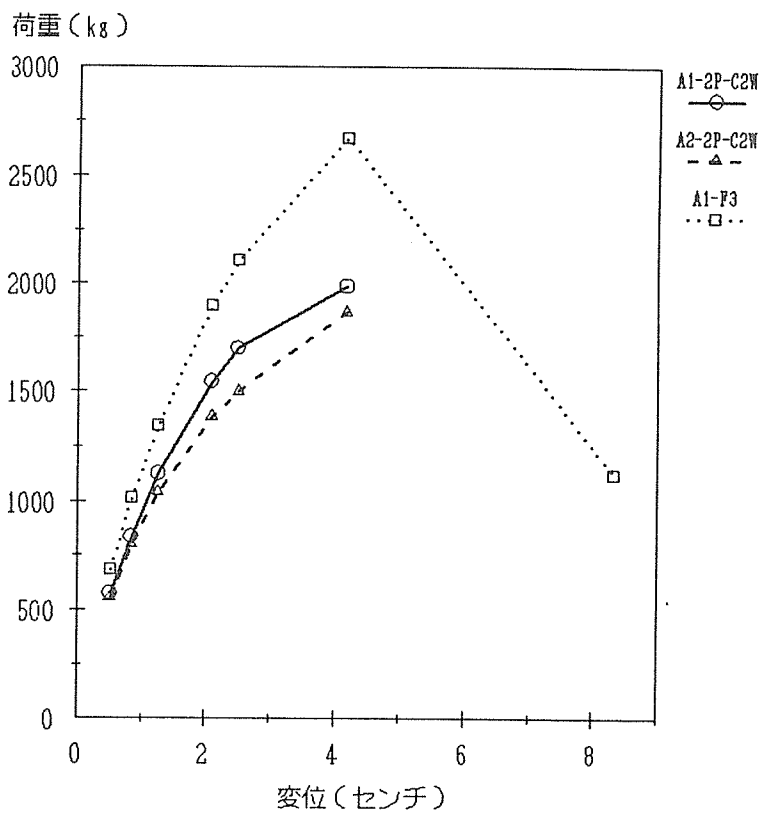


図2. 20 荷重-変形曲線の包絡線（横架材との隙間の有無、パネル幅1820）

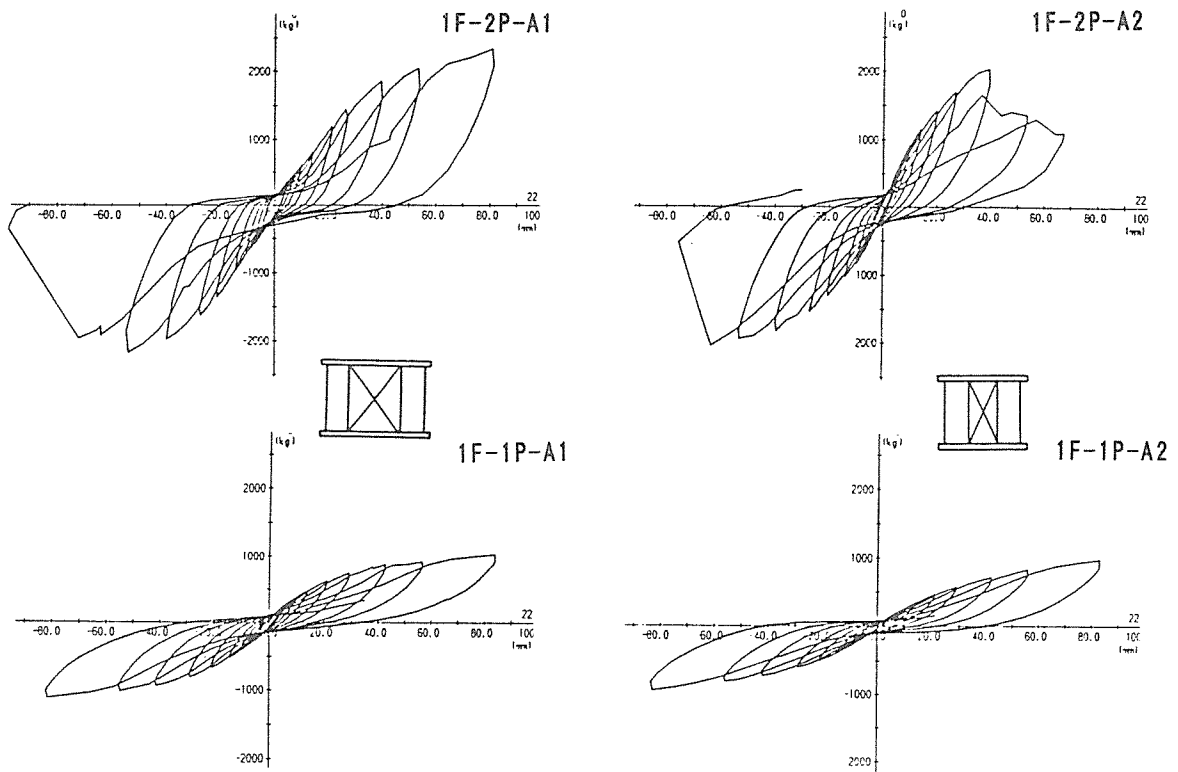


図 2. 2 1 荷重-変形曲線 (1階部分と2階部分、パネル幅1820)

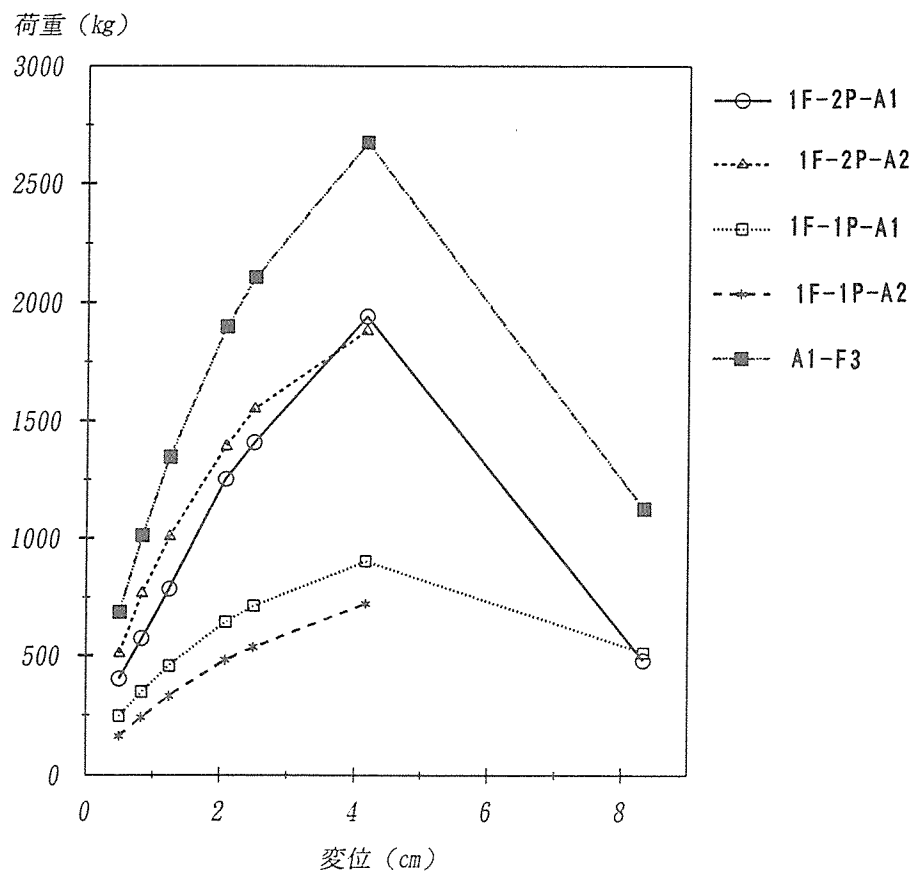


図 2. 2 2 荷重-変形曲線の包絡線 (1階部分と2階部分、パネル幅1820)

3-3 部分実験

3-3-1 パネルと横架材接合部の引張試験

(1) 試験の目的、試験方法、および試験体

『軸組+パネル構法』で構成された構造物の挙動を解析するために、各部位の強度や剛性を調べた。軸組+パネル実験（フレーム試験）でもパネルと横架材接合部分は、全体の耐力が低下を始める際に脆性的な破壊を起こしたのが見られた。また、この部位の接合部は2種類あり、その2つの間にも、軸組+パネル実験においては大きな差があるように見受けられる。

以上のような理由から、パネルと横架材の接合部の単体での強度、剛性、および破壊の状況を把握するために、この部位の単体試験を行った。

試験体を図 3.1 および図 3.2 に示した。試験体は2体である。横架材との接合部分の金物の形が異なるだけで、それ以外は全く同寸法である。接合部分の金物の詳細を、図 3.3 に示す。

試験装置は基本的に、軸組+パネルの実験と同じである。鋼製の加力フレームの中に試験体をセットし、試験体正面の左上部に取り付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。加力は、最初のサイクルを1/500rad. までとし、以後、各サイクルの変位を $\sqrt{2}$ 倍ずつ大きくしていく引きだけの片方向繰り返し加力である。最終的には1/30rad. までを原則としたが、治具の関係上、1/30rad. に達する前に試験を終了したものがある。

測定は、軸組+パネルのフレーム実験と同様である。

(2) 試験結果

図 3.4 に、荷重-変形曲線を示した。また、表 3.1 に主な変位の荷重、最大耐力、破壊状況を示した。

表3.1 主な変位の荷重・最大耐力・破壊状況

	1/120	1/60	1/30	最大荷重	破壊状況
T-2P A1	430	315	211	459	右下土台割れ
T-2P A2	371	251	213	387	右下釘抜け

金物を横架材の側面から釘打ちをするA1タイプの試験体（T-2P-A1）は、1/120rad. から土台に引き裂けが生じて、その後はどんどん引き裂けが進む。最大耐力は水平変位が1.8cm付近である。

横架材にパネル枠から釘うちするA2タイプの試験体（T-2P-A2）は、変形が大きくなるにし

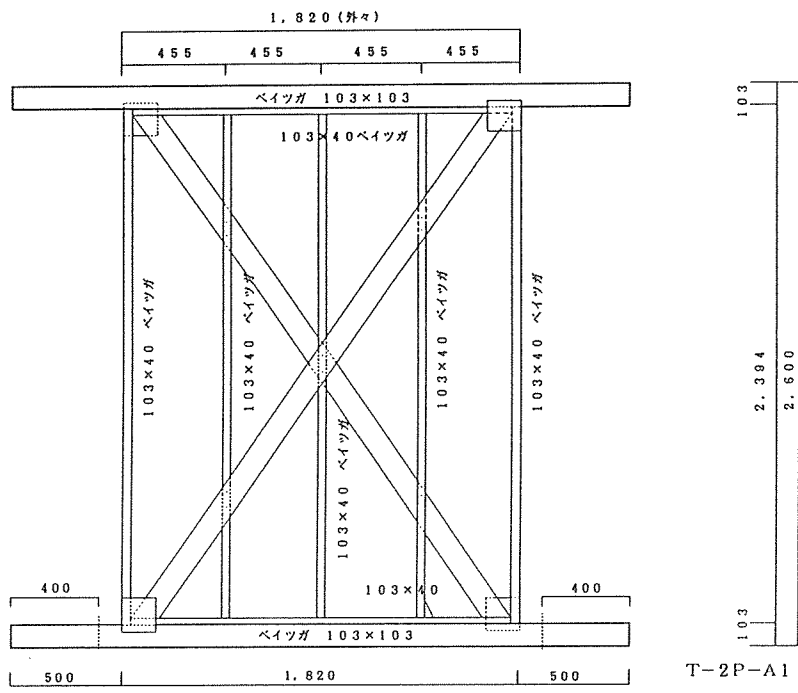


図 3. 1 試験体詳細図例 (T-2P-A1)

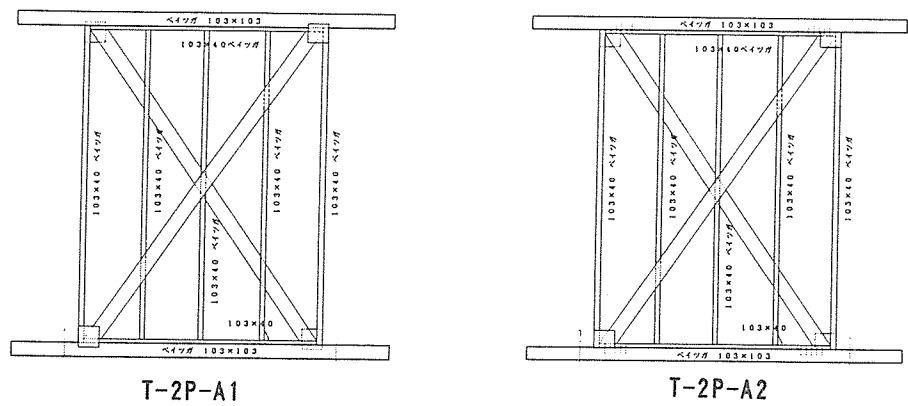


図 3. 2 試験体一覧

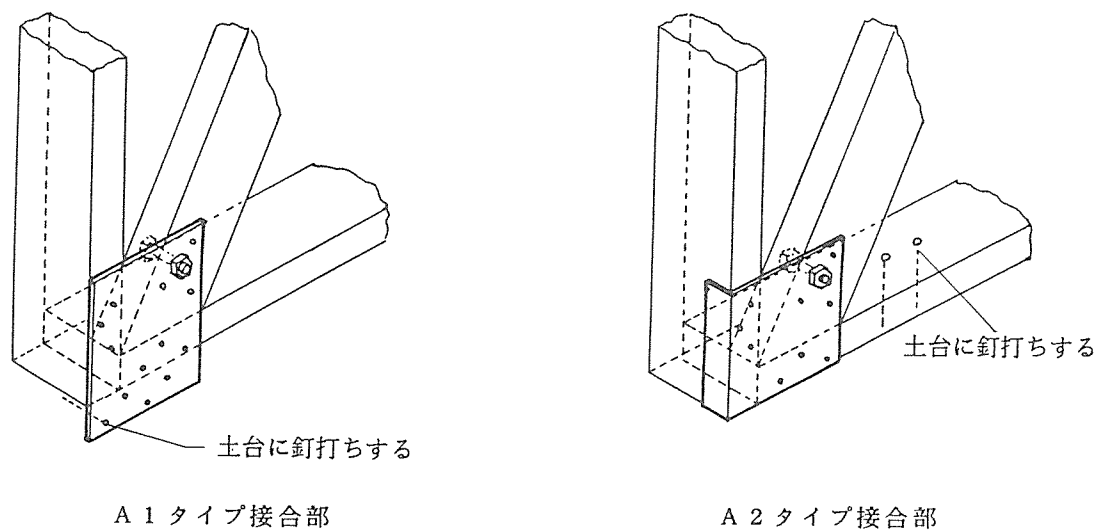


図 3. 3 接合部の種類

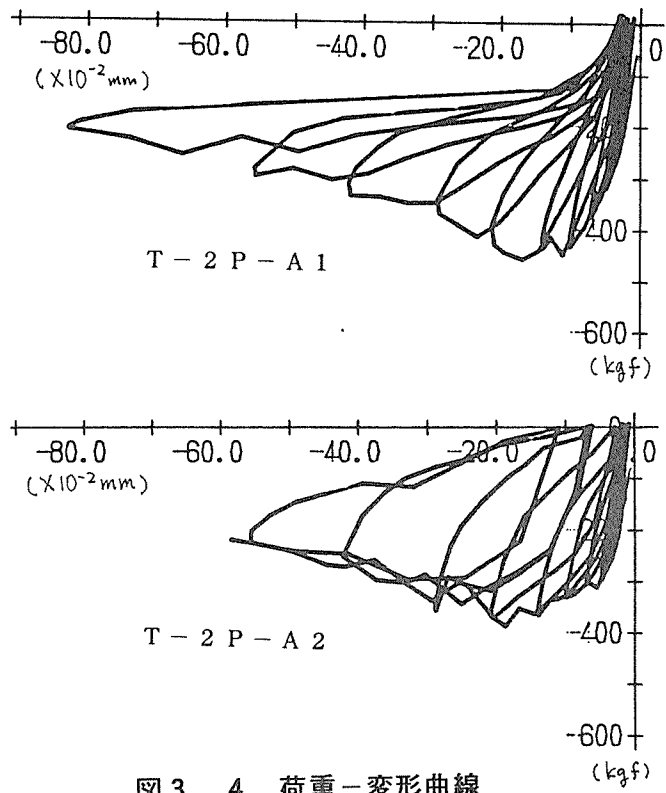


図 3. 4 荷重-変形曲線

水平荷重 $\times 1.43$ (kg)

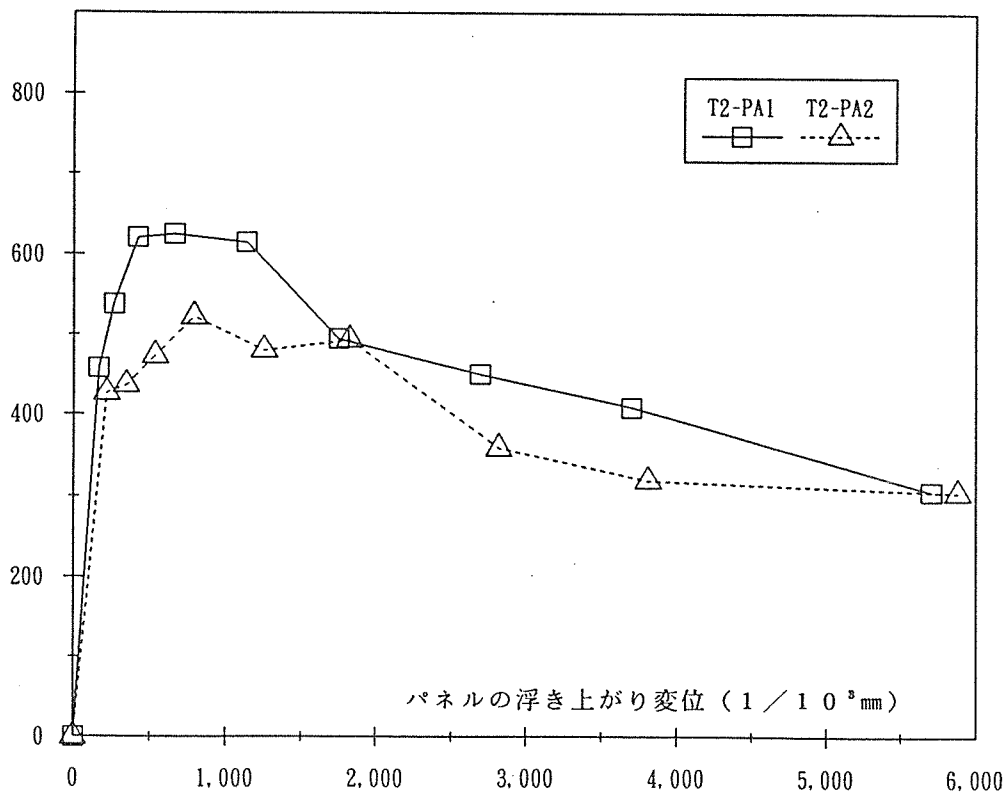


図 3. 5 荷重-変形曲線の包絡線 (水平荷重 $\times 1.43$ と浮き上がり変位)

たがって、釘が徐々に抜けていくだけで横架材の損傷はほとんど見られなかった。最大耐力に達するのは、水平変位が約2.0 cmである。

最大耐力は459 kgと387 kgで、大きな差は見られなかった。

ここで、パネルの右下部の浮き上がりについて調べる。

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。したがって、パネルの縦・横のプロポーシオンから、脚もとに生じた引き抜け力を算出すると、パネルの幅1820mm、ジャッキの高さ2600mmより、

$$2600 / 1820 = 1.43$$

実験で得られた水平荷重を1.43倍した値が、パネル端部に働いていることになる。水平荷重×1.43の値と右下部の浮き上がり変位の荷重-変形曲線の包絡線を図3.5に示す。これを見ると、3mm程度まではほぼ弾性とみなすことができる。以上から、解析時のモデルとしては、バイリニア型が適当と考えられる。

3-3-2 パネル単体のせん断加力試験

(1) 試験の目的、試験方法、および試験体

在来軸組構法で建てられた住宅は、基本的に筋違いが水平力を負担する。本研究における「軸組+パネル構法」も、従来の軸組構法と同じ筋違いパネル部分が水平力を負担すると想定している。実際の構造体全体の挙動の解析のためには、パネル単体の純粋なせん断耐力を明らかにしておく必要がある。そこで、パネル単体のせん断試験を行った。

試験体は、幅1820mmと910mmの2種類、またそれぞれパネルの角金物が2種類、計4体である。試験体を図3.6~7に示した。

試験装置を図3.8に示す。図のように、鋼製の固定されている加力フレームに、四隅がピン接合されている。水平方向にのみ変位可能な鋼製の中フレームに、筋違いパネルをセットし、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。加力サイクル及び測定方法は軸組+パネルのフレーム実験にほぼ同じである。

(2) 試験結果

図3.9に各試験体の荷重-変形曲線を示す。また、表3.2に主な変位の荷重、最大耐力、破損状況を示した。

この試験は、ASTM型の純せん断試験を目指したが、治具の設計ミスのため、完全なせん断実験とならずに、パネルの浮き上がりが生じてしまった。そこで、浮き上がりにより生じる水平変位を差し引いた値を実験値とするという、修正を加えた。なお、押しと引きのサイクル

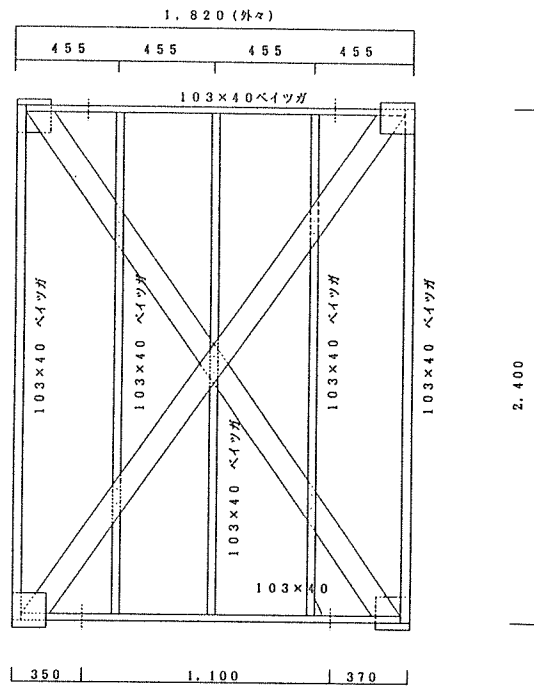


図 3. 6 試験体詳細例 (P-2P-A1)

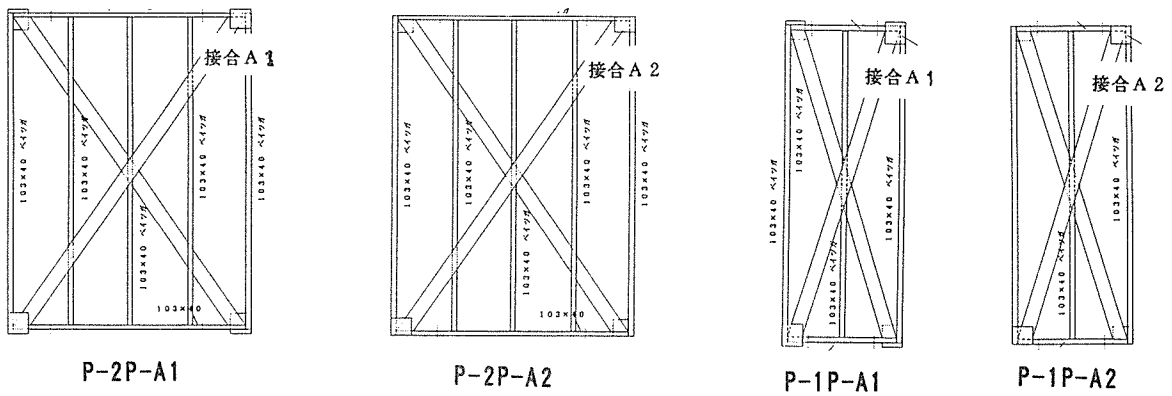


図 3. 7 試験体一覧

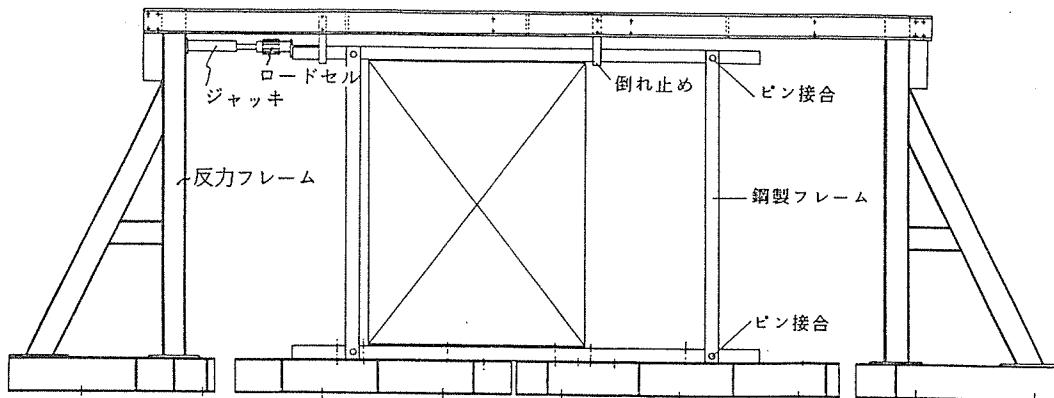


図 3. 8 実験装置

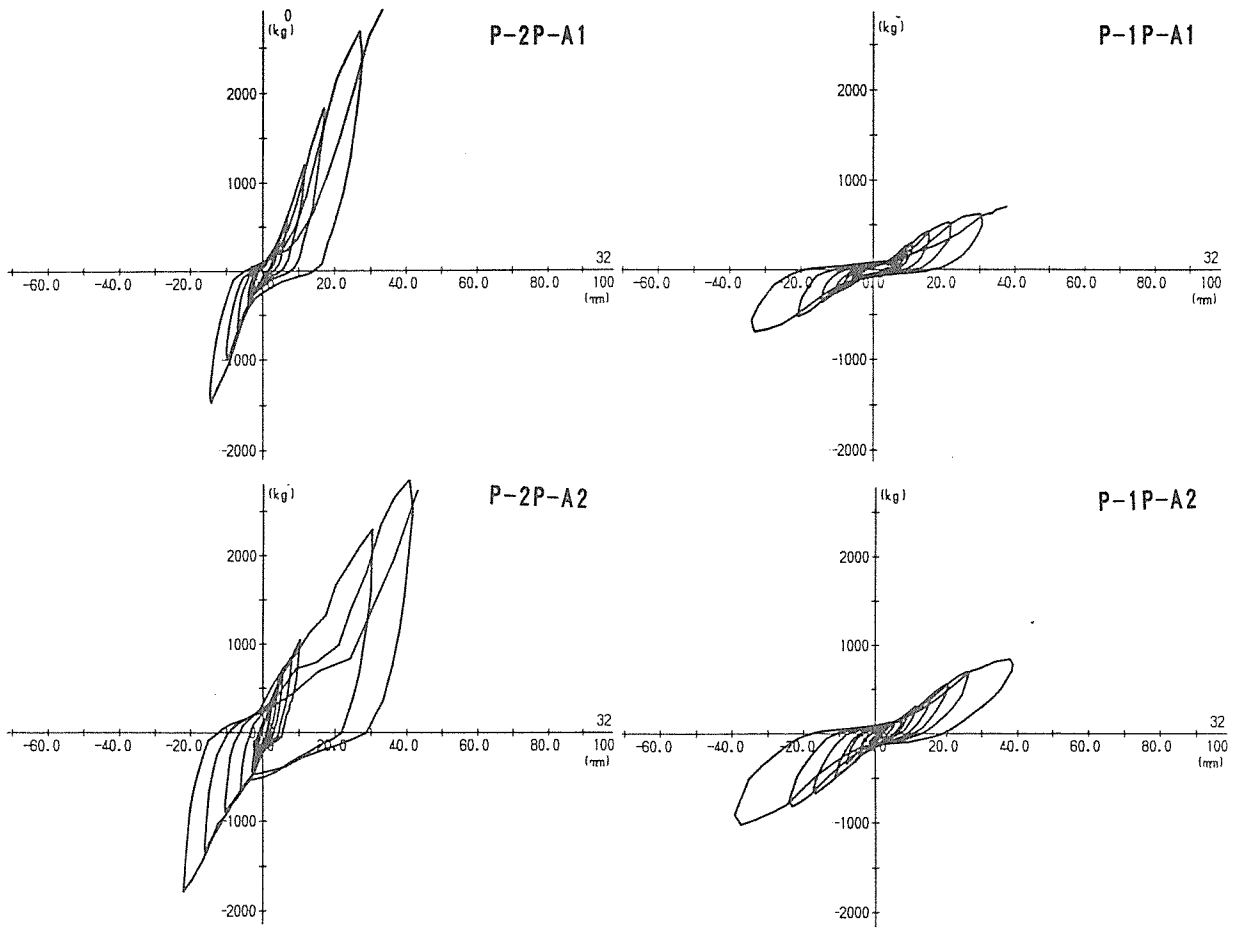


図 3. 9 荷重-変形曲線

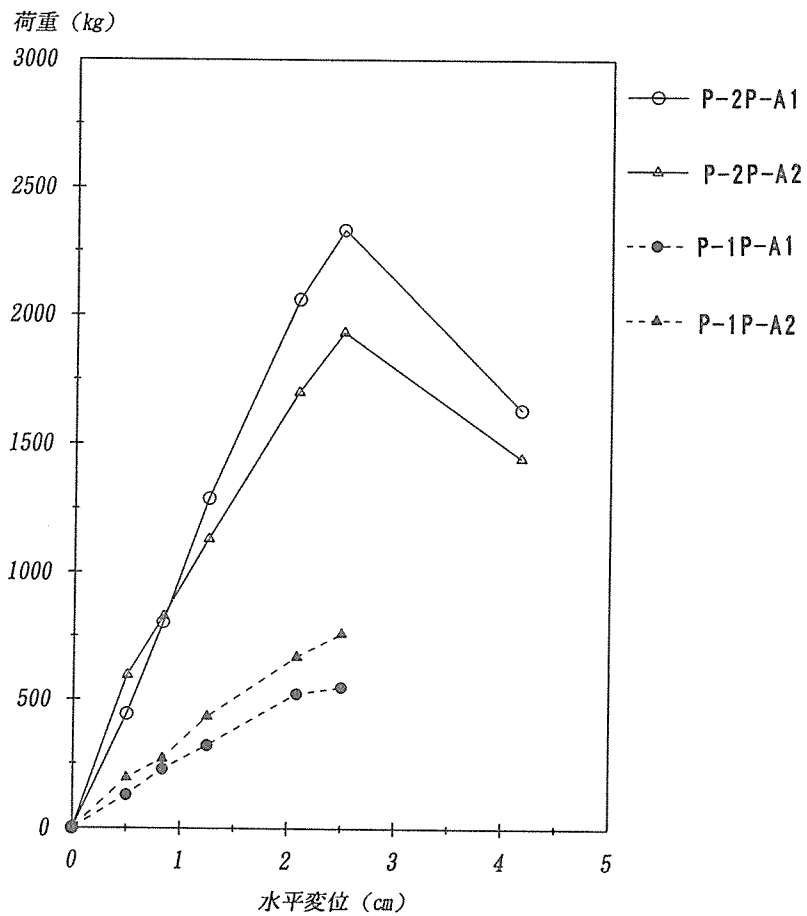


図 3. 10 荷重-変形曲線の包絡線

で実験値にばらつきがあり、荷重－変形曲線では押しのサイクルの方が、大きな値を示している。

パネルの破壊性状はどの試験体もほとんど同じで、破壊は、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材へのめり込みが顕著であった。一方、910mmタイプはめり込みよりも筋違い全体のはらみ出しが著しかった。浮き上がりを完全に拘束できれば、筋違いに座屈が生じた可能性がある。

図3.10に荷重－変形曲線の包絡線を示している。包絡線を見ると、パネル幅（横長さ）により、大きな違いを示している。1820mmのものが強度、剛性とも高い。筋違いパネルは鋼製の中フレームにボルトと座金で取り付けられているので、パネル端部の角金物の違い（A1タイプかA2タイプか）は、この実験では関係が少ないと考えられる。剛性におけるT-2P-A1とT-2P-A2の差は、試験体の誤差と考えるのが適当であろう。

3-3-3 柱梁部分接合部（T字金物）の実験

（1）試験の目的、試験方法及び試験体の種類

この試験で使用したT字金物は、在来軸組構法で普通に使用されている接合具であり、それは通常モーメント及びせん断力は負担しないとされている。本研究でも同様に考え、T字金物で接合された部分は軸力だけを負担すると仮定する。その軸力に対しての変形性能のデータを得るため、接合部の実大試験を行なった。

試験体を図3.11に示す。試験体は土台（または梁）部分が103×103のものと、103×270のもの2種類とし、それぞれ3体、合計6体である。

試験方法は土台（梁）部分を固定し、柱部分の上部に取り付けたボルトに引張力を加えた。なお、引っ張るボルトによって柱部分が割裂しないように、柱上部は断面を大きくした。

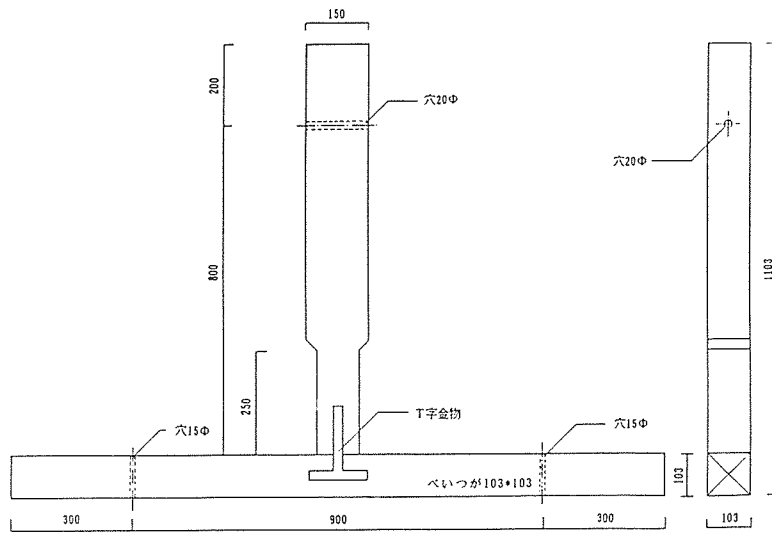
変位計は合計5個で、その位置を図3.12に示す。

加力は変位制御で、繰り返し加力である。最初のサイクルは3.5mmとし、その後1サイクルごとに $\sqrt{2}$ 倍ずつ大きくし、破壊に至るまで加力した。

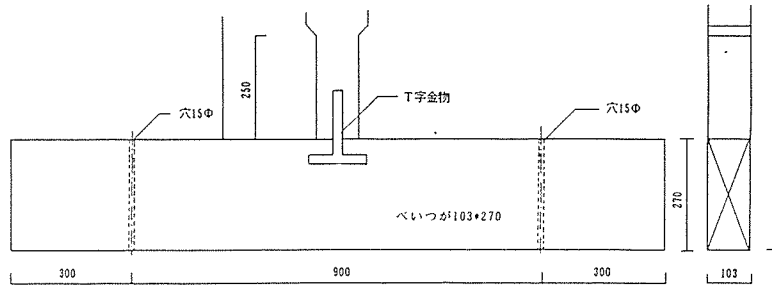
（2）試験結果

103タイプ及び270タイプの、土台（梁）からの柱の浮き上がり変位と引張荷重の関係を図3.13に、その包絡線を図3.14に示す。また、図3.15に、破壊のようすを示した。

103タイプは、103-1, 103-2の値はほとんど一致しているが、103-3だけが初期剛性が高く、耐力の急激な低下も水平変位が8mmのときとなっている。試験体の破壊性状を見てみると、103-3は、金物のズレも伸びも最も小さい。そして、割裂は最も大きくなっている。一方、270タイプは、103タイプに比べ、ばらつきが大きい。初期剛性の差も大きいですが、最大耐力も270-1と270-3では1.6倍になっている。



103



270

図 3. 1 1 試験体

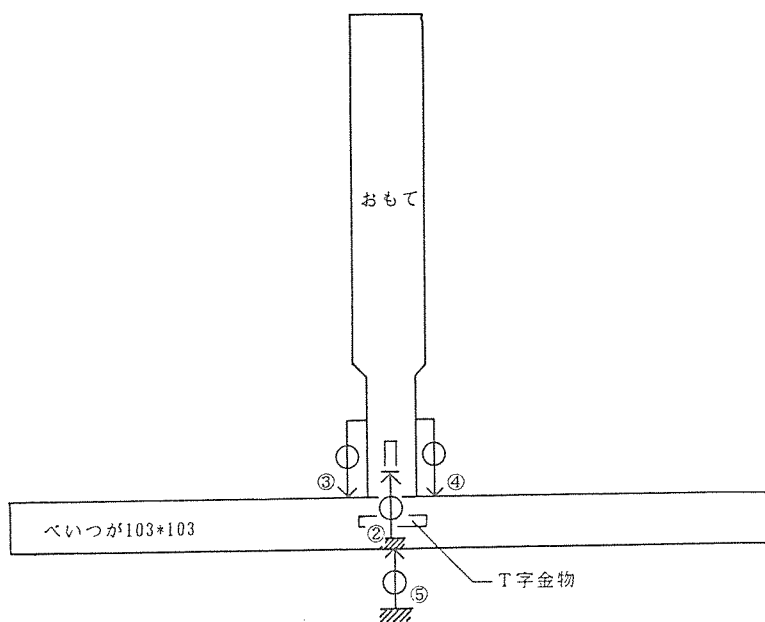


図 3. 1 2 測定装置 (103タイプの例)

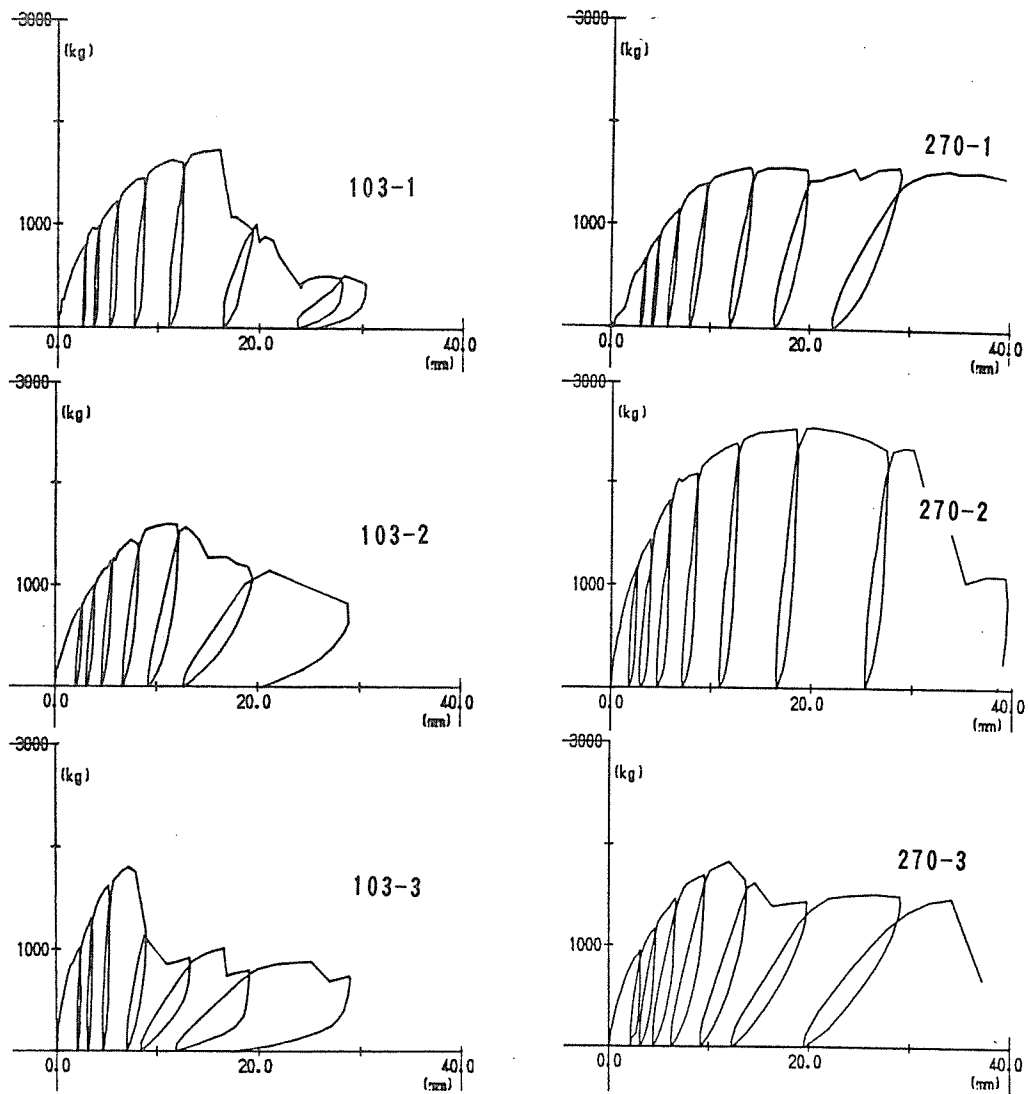


図 3. 13 荷重-変形曲線

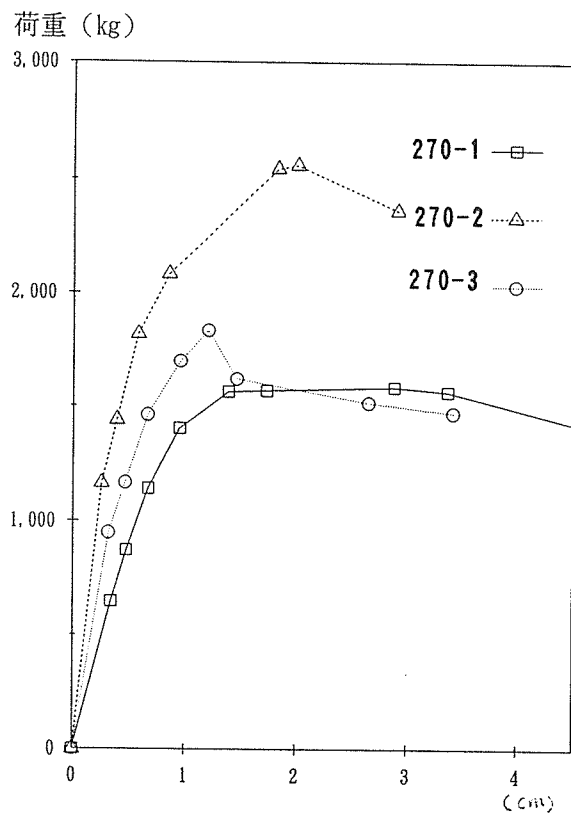
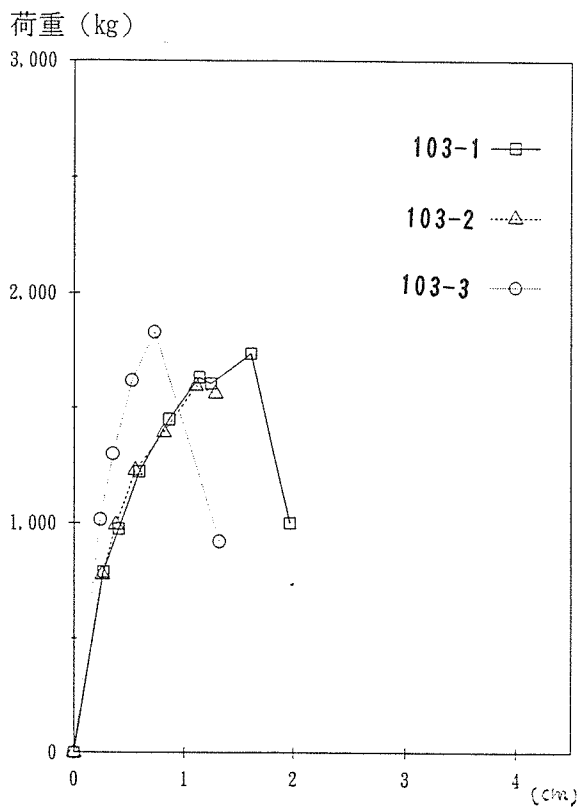


図 3. 14 荷重-変形曲線の包絡線

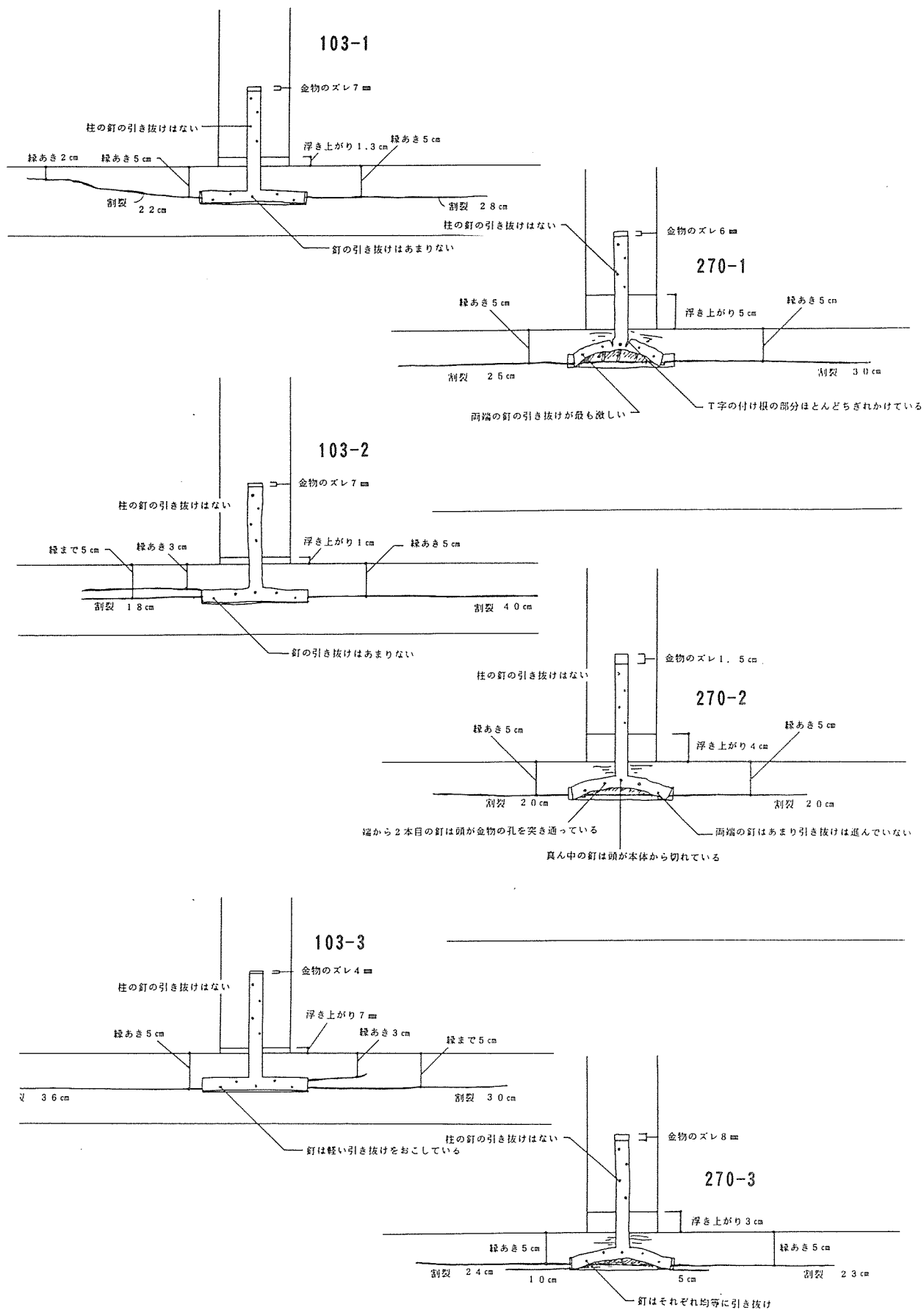


図 3. 15 破壊のスケッチ

これらの荷重－変形曲線の変位は、変位計①から、固定している土台の浮き上がりを計測している変位計⑤を差し引いたものである。これを見ると、103タイプと270タイプは明らかに異なる曲線を描いている。初期剛性についてはタイプによる差は見られないが、塑性域に達すると（変位が1 cm前後）変化がでてくる。103タイプは急激に耐力が低下するが、270タイプはそのような耐力の低下は見られず、変位が4 cmに達しても最大耐力に近い値を維持している。

また、103タイプと270タイプを比べると、釘の引き抜けのようすが全く異なっている。土台に割裂が起こったあと、103タイプは割裂部分が開いて変位が進む傾向があるが、270タイプでは、割裂部分は開くというより、釘の引き抜けと柱の引き抜けで変位が進むと考えられる。

3-4 構造解析

3-4-1 解析の方法

これまでに行った試験の結果から、「軸組+パネル」の耐力壁をモデル化しその挙動の解析を行った。モデル化に当たっては以下のような条件を設定した。

◇モデル化の条件

- ①柱梁接合部はピン（+鉛直方向バネ）とし、水平力は負担しない。
- ②水平力は、筋違いパネルのみで負担する。
- ③パネルは軸組（土台、梁）に対して、水平方向にはズレないこととする。

これらの条件設定の妥当性については、それぞれの実験データからも裏付けを得ている。

◇材木のヤング係数

材は、軸組+パネル試験・部分試験で使用したものと同種、同寸法のものとした。

繊維方向のヤング係数は、ベイツガ（普通構造材）は $80,000 \text{ kg f/cm}^2$ 、
ベイマツ（普通構造材）は $100,000 \text{ kg f/cm}^2$

解析は、フレームモデルを用いる。モデルの基本形を図 4.1 に示す。それぞれの接合部は非線形（バイリニア型）の挙動をするものとした。非線形として扱うのは、柱・梁（土台）接合部分、パネルと横架材（梁、土台）の接合部分、パネルの筋違い端部である。

なお、解析に当たっては、層間変形角が $1/120 \text{ rad}$ 時の耐力を基準として解析を進めた。

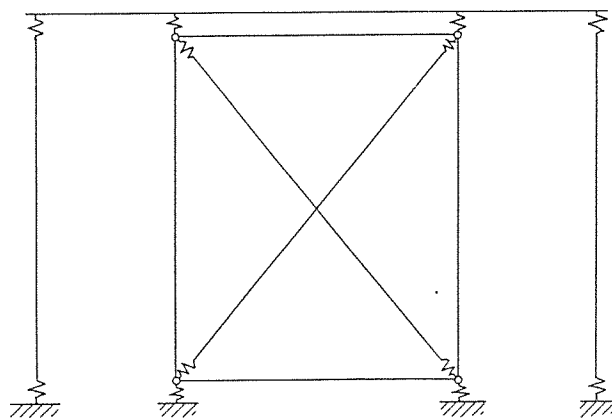


図 4.1 解析モデルの基本形

3-4-2 各接合部のモデル化について

(1) パネルと横架材の接合部分

パネルと横架材の接合部分のバネは、部分実験の結果に基づいて決定した。

軸組+パネル実験における、それぞれの試験体の1/120rad. 時のパネルと横架材の接合部分の変形量は、0.5 cm~1 cm程度であった。また、浮き上がり実験では変位3 mmまでは線形とみなせるが、それ以後は非線形になっている。そこで、1/120rad. 時の変形を合わせるために、上記の条件のもと、図 4.2に示すようなモデルを設定した。

解析に代入した数値は、以下の通りである。

初期剛性 A1 3, 000 kg/cm (変位0.15cmまで)、その後 545.45 kg/cm

初期剛性 A2 2, 000 kg/cm (変位0.21cmまで)、その後 183.67 kg/cm

このように設定すると、A1の場合は5 mm以上の変形の場合、接合部は実験値より高い耐力を有することになる。したがって、この部分が5 mm以上変形するものは、このモデルでは耐力が大きめに求まることになる。また、A2の場合には、この部分の変形が8 mm以上になるとこのモデルが実験値に合わなくなり、解析値の耐力が高くでてくることになる。

なお、破壊は、『軸組+パネル実験』では0.4 cm~1 cmの変位（ほとんどが1 cm付近）の時に生じている。この値は、浮き上がりの実験値とも一致しており、横架材（梁・土台）とパネルとの接合部分は、変位がほぼ1 cmになると横架材部分に割れが生じると設定した。

次に、圧縮による変位は、これはめり込みとパネルと横架材の間の隙間、またはパネル自身の枠・筋違いの間の隙間などによるものと考えられる。試験体A1-F2, A1-F3, A2-F2について、パネル下部の横架材への見かけのめり込み変位を図 4.3に示した。Y軸は水平荷重を示している。しかし、各試験体によって、水平荷重とめり込み部分に働いている力との関係はまちまちであるので、このグラフは折れ線の傾きの変化のみに意味があり、試験体間でこの傾きを比較することには意味はない。

この図を見ると、A1-F3.6とA2-F2.6は1 mmの、A1-F2.6とA1-F2.5、A2-F2.5は2 mm程度の何らかの隙間があったのではないかと想像される。このように、この部分の圧縮側の挙動は施工精度に左右されるので、モデル化することは非常に難しい。また、全体の変位に比べるとこの部分の変位は小さく、全体の挙動に対しての影響も小さいと思われる。そこで、パネルと横架材の接合部の圧縮側の変形モデルは、次のような値を全ての試験体について採用し、パラメータ間の違いは原則として無視した。

常に一定 30, 000 kg/cm

水平荷重 × 1.43 (kg)

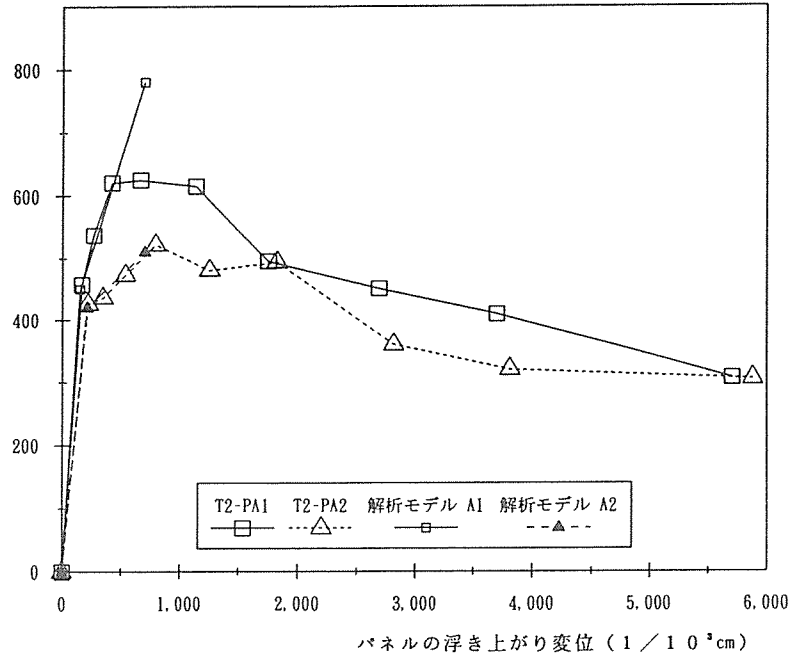


図 4. 2 パネルと横架材接続部分のモデル化

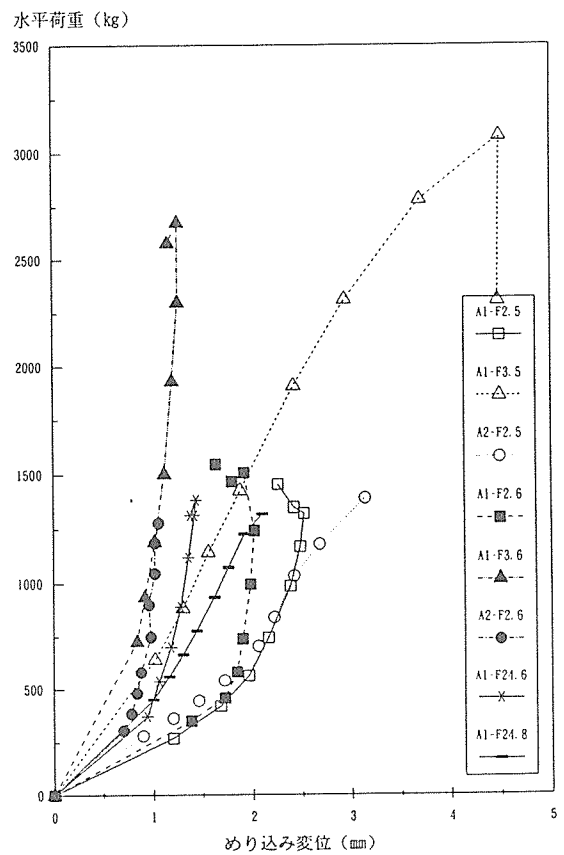
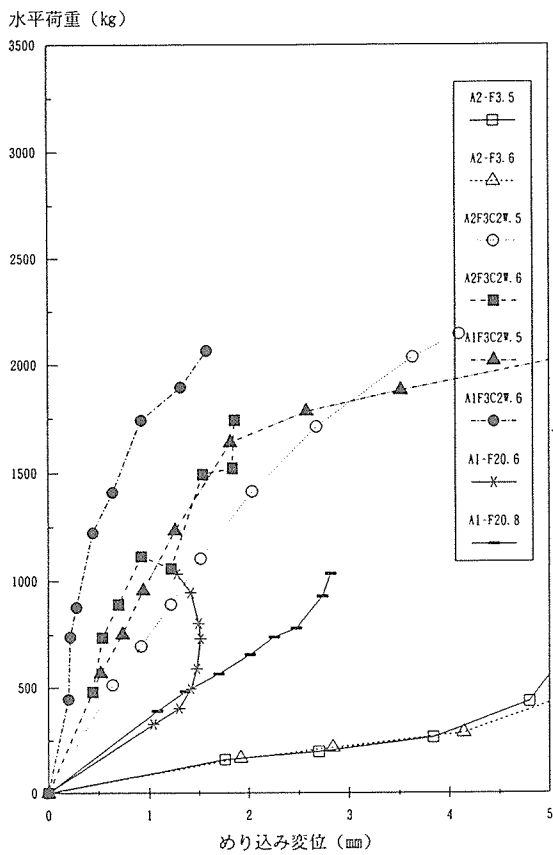


図 4. 3 パネル下部のめり込み変位

(2) 筋違いパネル

パネルの筋違いは、実際のパネル全体の挙動を筋違いの端部のバネに置き換え、モデル化したものである。従って、このバネは部材のめり込みや引張などの実験から得た値を使用しているのではなく、パネル全体の挙動がパネル全体の実験値に一致するように求めたバネである。

パネル全体のモデルが図 4.4 のようになるためには、筋違い端部のバネは次に示す値になった。

- パネル幅 1 8 2 0 mm の場合、引張・引張方向ともに、
 - 初期剛性 3, 9 0 0 kg/cm (変位 0. 4 5 cm まで)
 - その後 2, 2 0 0 kg/cm

□パネル幅 9 1 0 mm の場合

・引張方向

- 初期剛性 2, 2 0 0 kg/cm (変位 0. 1 8 cm まで)
- その後 1, 0 0 0 kg/cm

・圧縮方向

- 初期剛性 3, 7 0 0 kg/cm (変位 0. 3 5 cm まで)
- その後 1, 8 0 0 kg/cm

(3) 柱・梁接合部

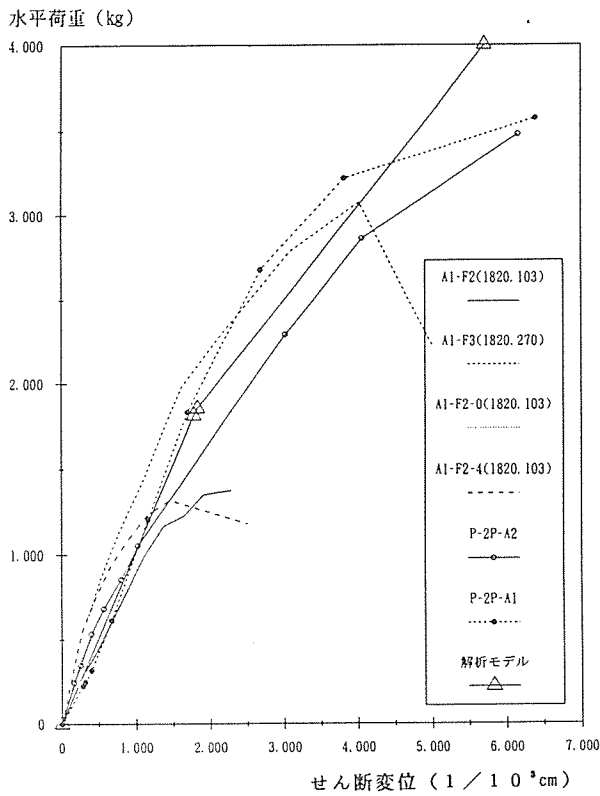
柱・梁（土台）接合部分の引張方向の包絡線モデルについては、試験に基づいて図 4.5 に示すように設定した。

- 初期剛性 3, 3 3 3 kg/cm (変位 0. 3 cm まで)
- その後 9 6 0 kg/cm

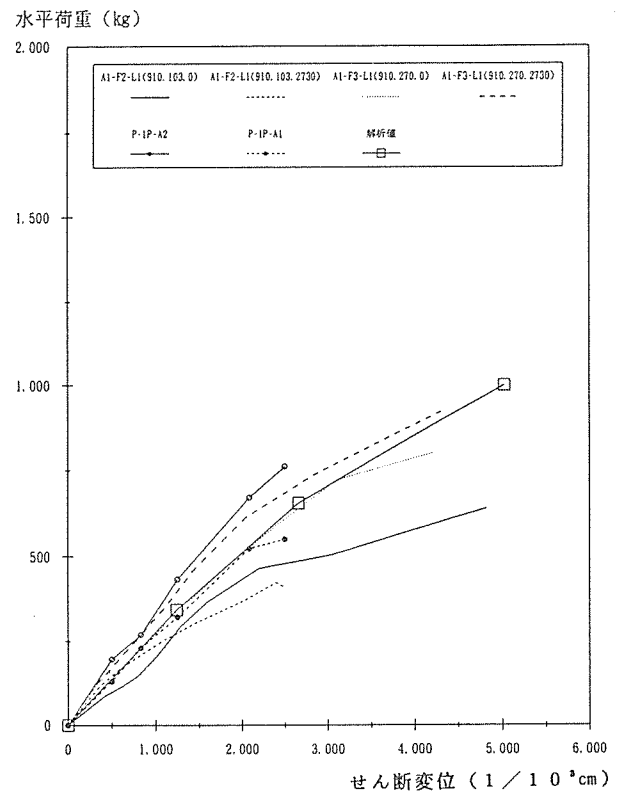
圧縮による変位については、詳しいデータはない。『軸組+パネル実験』での柱の見かけのめり込み変位によると、0. 4 ~ 0. 6 mm が最高値である。そして、水平荷重が 1 5 0 0 kg 程度のときにその値を示し、それ以上の水平荷重を加えても、見かけのめり込み変位は増加しない。試験時のようすと以上のような事実をあわせて考えると、変位計で計測した見かけのめり込み変位は、大部分が施工時の隙間によるものと思われる。この値は試験体の固体差が大きく、数値として表わすことはこの実験だけでは不可能である。

以上のようなことを考えて、柱・梁（土台）接合部分のめり込みの値は、次のような値を、すべての試験体に当てはめることとした。

- 常に一定 3 0, 0 0 0 kg/cm



(A) パネル幅 1 8 2 0 mm タイプ



(B) パネル 9 1 0 mm タイプ

図 4. 4 筋違いパネルの剛性の設定

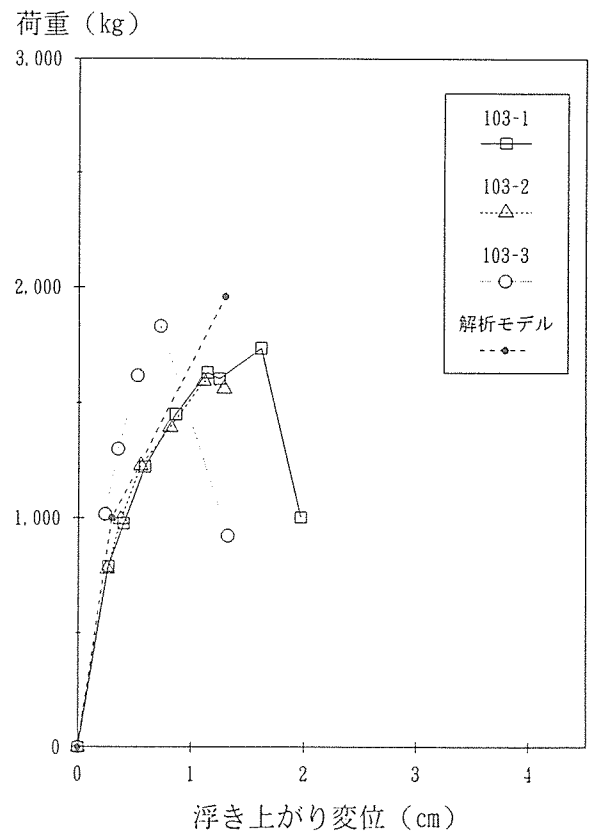
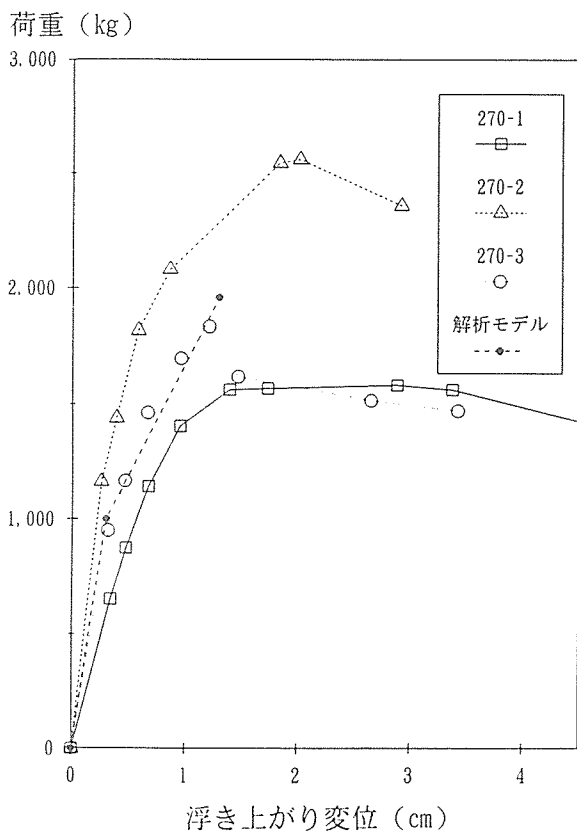


図 4. 5 柱-梁接合部のモデル化

(1) パネル幅 1820 mmの基本的な試験体について

パネル幅が1820mmの試験体で、パネルの配置が軸組の中心にあるものについて、荷重・変形曲線の包絡線、及び1/120rad. 時の各部の変形を次に示す。

まず、荷重-変形曲線の包絡線を図 4.6に示す。試験体A1-F2, A1-F3, A2-F2について実験値と解析値を比較した。目標は1/120rad. 時(水平変位2.1cmの時)の変形である。

A1-F2は初期は非常に実験値とかなり一致している。しかし、1/120rad. 時から以後は解析値の方が耐力が大きい。これには次の2つの理由が考えられる。第1は、これが最も大きな理由と考えられるが、横架材とパネルの接合部のモデルが、1/120rad. 以上になると耐力が大きくなるように設定されていることである。第2は、梁の曲げを弾性とみなしていることである。実験の時には1/120rad. 時を超えた頃から梁の曲げ変形が激しくなり、塑性域に入り始める。しかし、解析ではそのことは考慮されていないので、このような結果になったと考えられる。同様のことがA2-F2にも当てはまる。

また、A2タイプ金物の引張実験の結果では、A1タイプと初期剛性がほとんど変わらず、最大荷重も100kg程度しか違わなかったため、初期の値がA1-F2ほどは一致しなかったと考えられる。

A1-F3については、ほとんど同じ条件の試験体A1-F3-C2Wとも比較した。どちらも解析値とほぼ一致している。初期剛性については木片(堅木)をパネルと梁の間にはさんだA1-F3-C2Wが高い値を示している。パネルの見かけのめり込みを見ても、A1-F3-C2Wはほとんどすべりが見られないが、A1-F3は1mm程度のすべりがあった。しかし、おおむね一致していると言える。

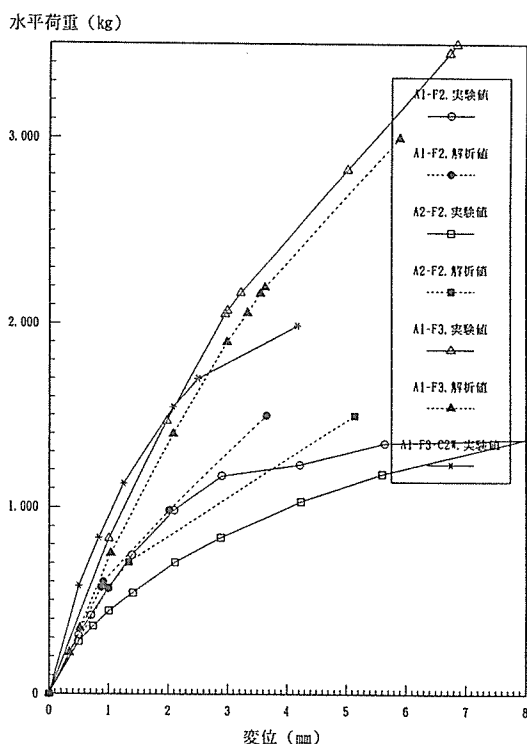
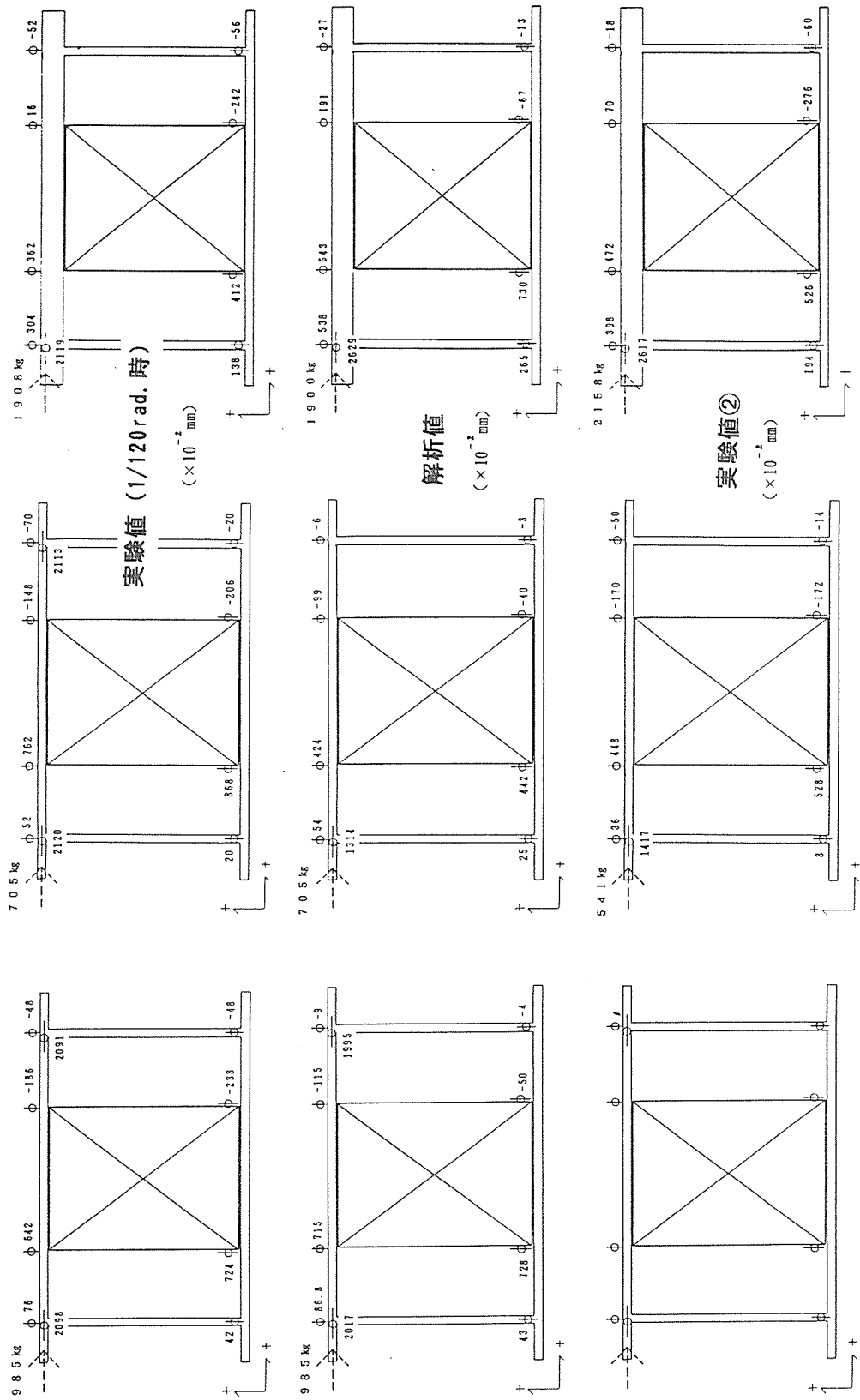


図 4.6 荷重-変形曲線の包絡線
(パネル幅1820)



A1-F3

A2-F2

A1-F2

図 4. 7 実験と解析の各部変位の比較 (パネル幅1820)

1/120rad. 時の試験体全体の各部変位を図 4.7に示す。

これらは上から順に、

- 1) 1/120rad. 時の実験値の各部の変位
- 2) 1)と同じ水平荷重を加えたときの各部変位の解析結果
- 3) 1)と2)が一致していない場合は、2)で生じた水平変位と同じ水平変位を実験値から拾った各部の変位

を示している。(以下同様)

これによると、A1-F2は見かけのめり込み部分以外は非常によく一致しているが、A2-F2はパネルと横架材部分の接合部の浮き上がり拘束力が、実験値よりも高すぎる事が分かる。A1-F3については、一見すると、パネルと横架材部分の接合部の浮き上がり拘束力が低いようにも思えるが、左部分の柱の浮き上がり拘束力が実験値より弱いために全体の耐力も、少し弱くでているのであろう。

(2) パネル幅910mmの主な試験体について

パネル幅が910mmの試験体で、パネルの配置が軸組の左寄りにあるもの(左の柱からは910mm間隔がある)について、荷重・変形曲線の包絡線、及び1/120rad. 時の各部の変形を次に述べる。

荷重変形曲線を図 4.8に示す。全体の形状はかなり一致していると言えよう。各部の変位を図 4.9に示した。これを見ると、A1-F2-C1はパネルの浮き上がりが、A1-F3-C1では梁全体の変位の様子が実験値と異なっている。これより、梁の曲げ剛性がやや高すぎるようである。

パネルと横架材の接合部分の実験は、パネル幅1820mmの試験体を使用して行い、その値を接合部の耐力としたが、これまでの結果を見る限り、大きな問題はなさそうである。

(3) パネルが柱に密着している試験体について

解析の結果、パネルと柱が密着している試験体では、実験値と合わないことが分かった。パネル幅1820mmタイプの包絡線を図4.10に、910mmタイプの包絡線を図4.11に示す。このタイプの試験体は、プラスサイクルとマイナスサイクルで耐力が大きく異なってくるので、解析結果に合わせて実験値もプラスサイクルの値だけを示している。

これを見ると、水平変位が1cm位までは一致しているが、それ以後は合わなくなっている。

このタイプの解析値の特徴は、梁せいの差(103mmか270mmか)がほとんど現れないことである。柱・梁接合部とパネル・横架材接合部が5cmの間隔で並んでいるモデルになるため、梁の曲げ変形の影響がほとんど表れてこない。荷重が上がるにつれて少しずつ影響がでてくる。

実験値と解析値が、変位が進むにつれて開いていくのは次のような理由が考えられる。実際の試験体は2つの接合部分が近いと、応力的にせん断力が卓越してくるために、破壊のモードが変わってしまうと考えられる。土台と柱の接合部分と、土台とパネルの接合部分では土台を引き裂く力が生じてしまう。梁と柱の接合部分では、パネルの突き上げ力が、そのまま柱の引

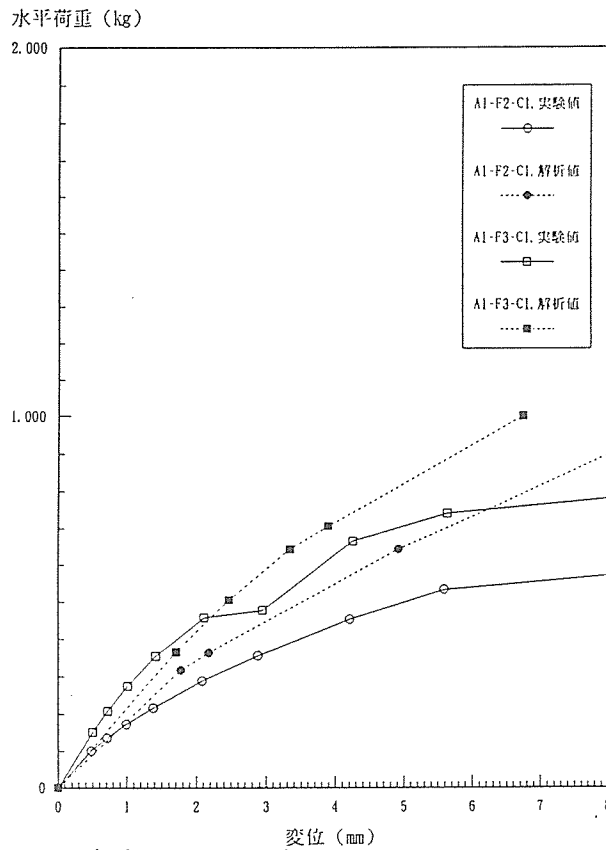


図 4. 8 解析による荷重-変形曲線の包絡線 (パネル幅910)

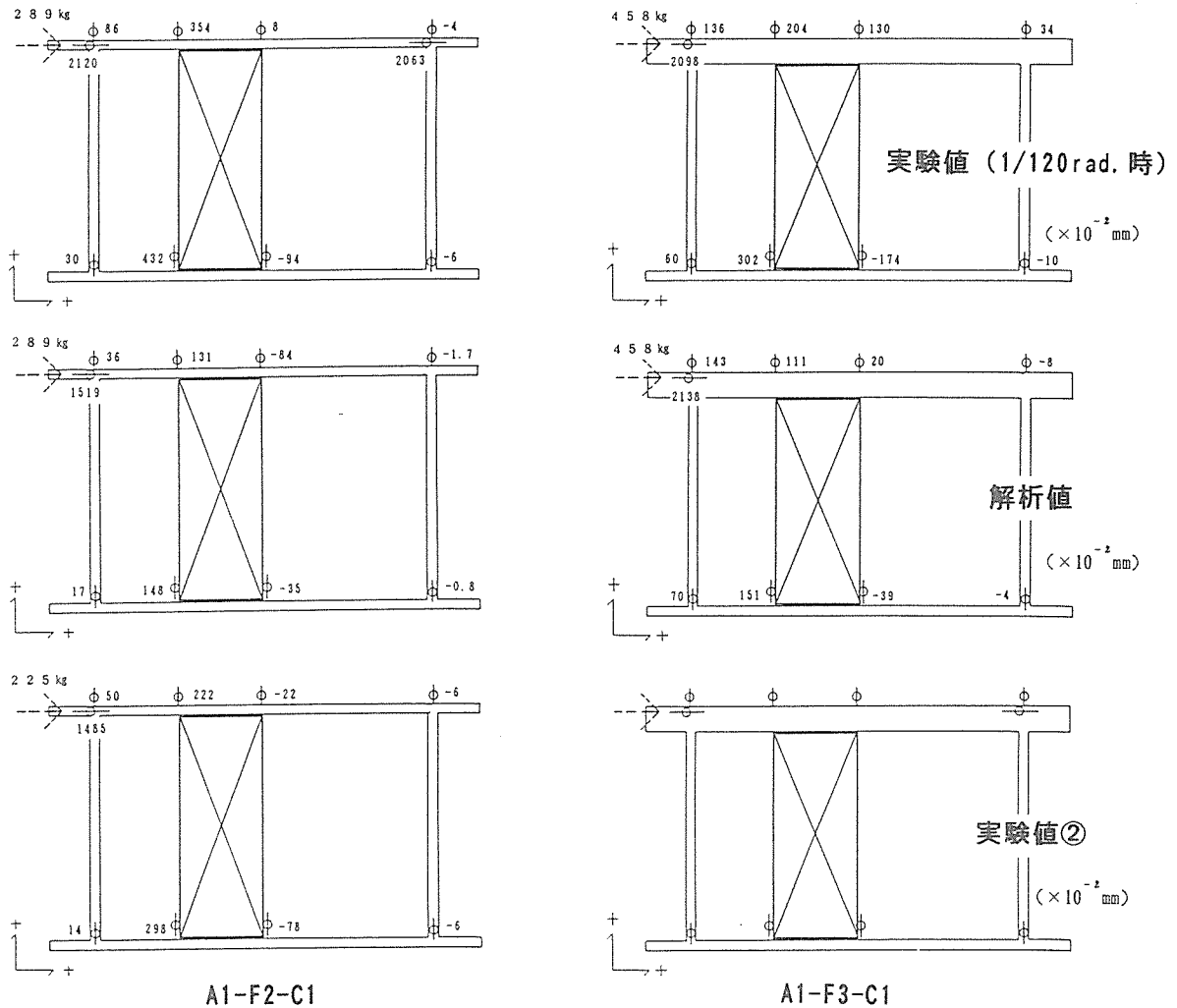


図 4. 9 実験と解析の各部変位の比較 (パネル幅910)

き抜け力として働いている。これらは、脆性的に破壊する危険性がある。実際の試験体ではこのような挙動を示すにの比べて、解析では、こうした影響は考慮されていない。図4.12に示した各部の変位にもそれは現れている。

なお、マイナスサイクルの解析は、プラスサイクルよりも荷重や変形の性状が一致している。

以上のように、2つの接合部が近いとそれぞれの接合部が耐力を発揮できずに、脆性的な破壊に至ってしまうとすれば、「一体、どの程度距離を取るといいのか？」が問題となる。そのための実験は行っていないので、明確に述べることでできないが、今回行った実験の中から、利用できる試験体を用いて、若干の考察を加える。

ここで利用できる試験体は以下のとおりである。いずれも、パネル幅は1820mmである。

在来構法タイプの試験体 (A-2P)

左右両方の柱とパネルが密着した試験体 (A1-F0-2P)

左右両方の柱芯から14cm離れた試験体 (A1-F1)

幅3640mmのフレームに左柱を密着させたパネルがある試験体 (A1-F2-L2)

幅3640mmのフレームの真ん中にパネルがある試験体 (A1-F2)

図4.13に実験値の包絡線を示す。この値は全てプラスサイクルのみの値である。これをみると、最も高い耐力を示すのはA1-F1である。しかも、水平変位8cm近くまで、脆性的な破壊を起こさずに粘っていることが分かる。A1-F2, A1-F2-L2, A1-F0-2Pも同様である。また、これらは、破壊性状も異なる。A1-F2-L2, A1-F0-2Pは接合部分が大きく破壊して耐力の低下を招くが、A2-F2は接合部というよりも梁の曲げ変形がすすみ、耐力が低下していく。この結果を見る限り、梁せいが、パネルの突き上げの影響で容易に曲げ変形を起こしてしまう程度の寸法では、柱とパネルの位置は14cm程度が最も耐力を発揮する位置であるといえる。しかし、梁せいが十分大きくなると、これは当てはまらない。A1-F3などの実験結果がこれを示している。

柱とパネルが14cm離れている試験体 (A1-F1, A2-F1) についての解析値を図4.14に示す。これを見るとA1-F1については、1/120rad. (2.1cm変形時) までは非常によく一致しているが、A2についてはかなり異なっている。また、図4.15に各部の変位を示した。

(4) 2階建タイプの試験体について

2階部分の梁と梁の間にパネルが配置されているような場合の解析を行った。解析モデルを図4.16に示す。荷重-変形曲線の包絡線を図4.17に、各部の変位を図4.18に示す。

まず、包絡線であるが、全体としてはよく一致しているといえよう。ただし、実験値のA1F-2P-A2がA1よりも初期剛性が高くなっている理由は不明である。1/120rad. 時の各部の変位は実験値と解析値の間に大きな差はなく、比較的一致しているといえる。

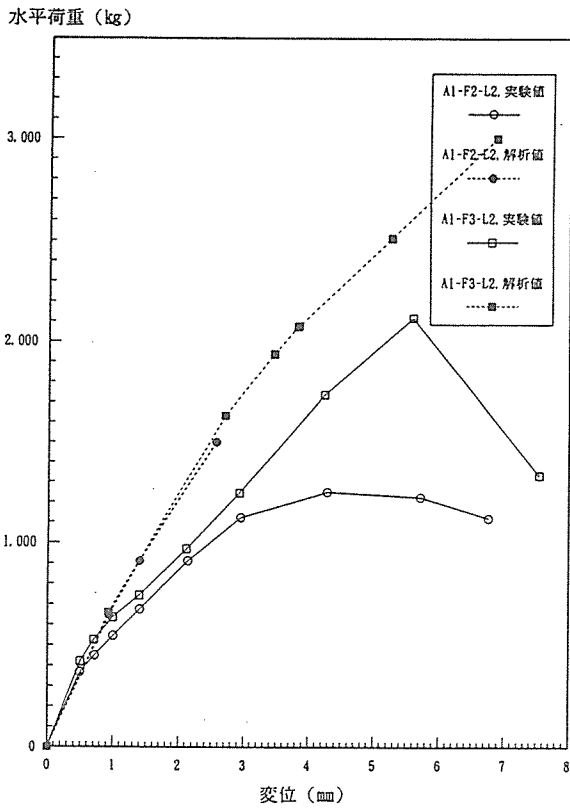


図 4. 10 解析による荷重-変形曲線の包絡線 (パネル幅1820)

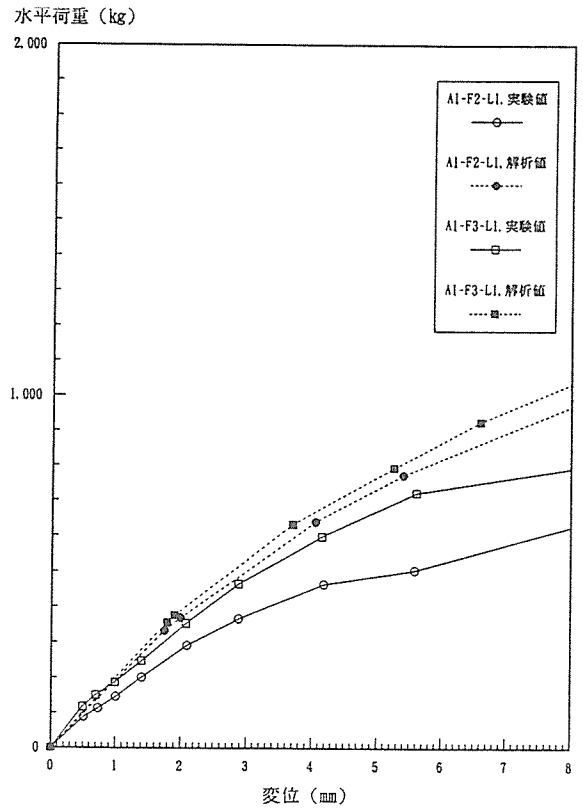
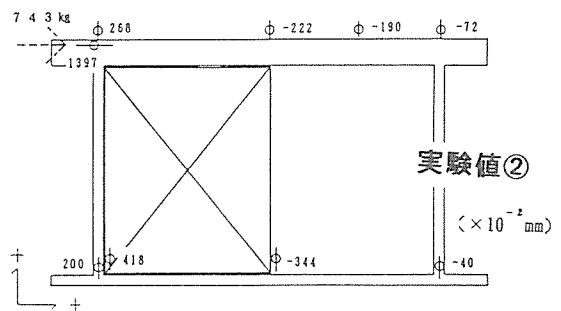
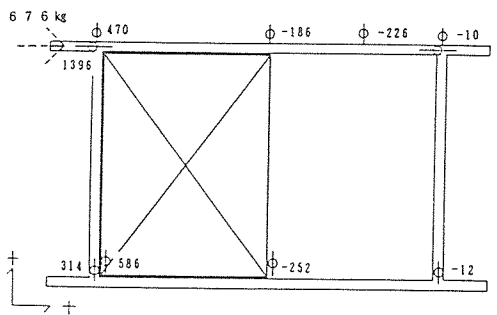
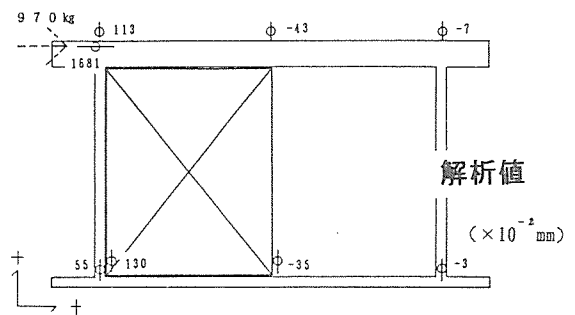
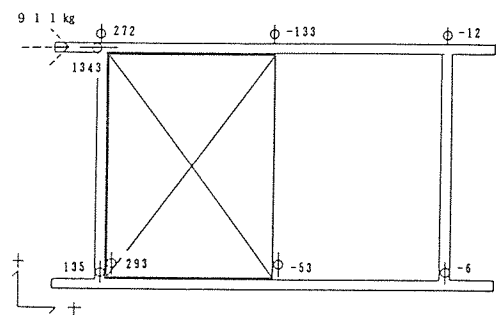
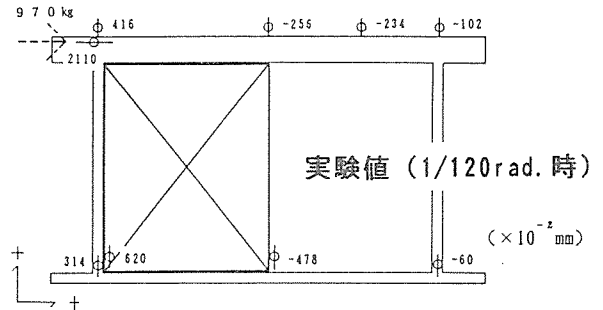
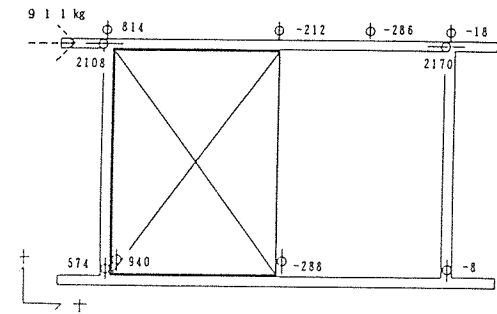


図 4. 11 解析による荷重-変形曲線の包絡線 (パネル幅910)



A1-F2-L2

A1-F3-L2

図 4. 12 実験と解析の各部変位の比較

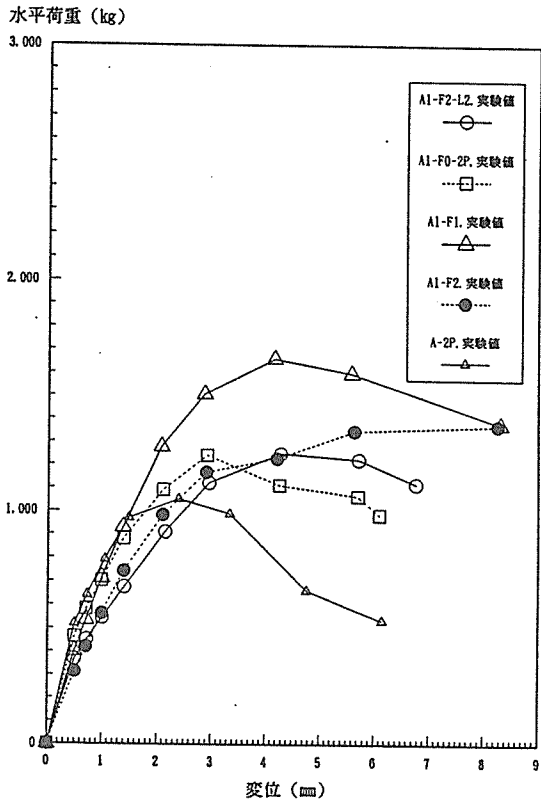


図 4. 13 実験による荷重-変形曲線の包絡線

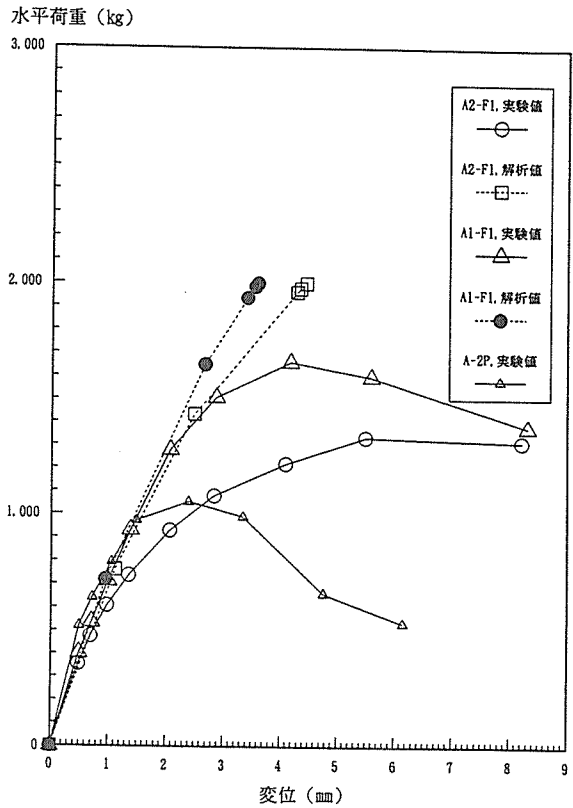
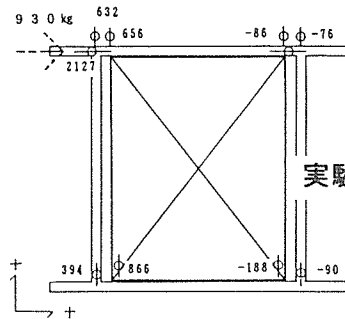
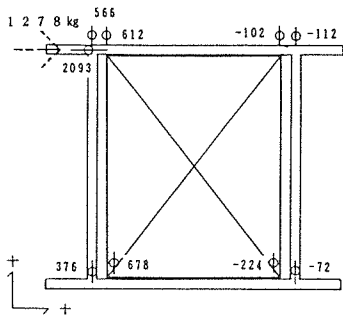
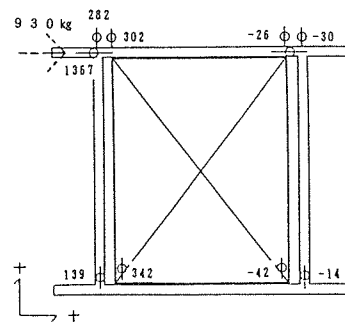
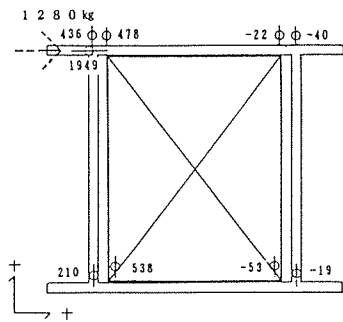


図 4. 14 解析による荷重-変形曲線の包絡線
(パネルが柱から 1.4 cm 離れ)



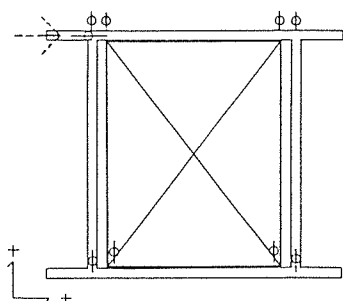
実験値 (1/120rad. 時)

($\times 10^{-2}$ mm)

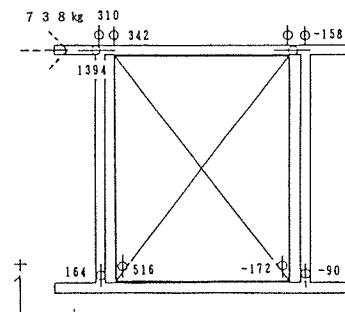


解析値

($\times 10^{-2}$ mm)



A1-F1



A2-F1

実験値②

($\times 10^{-2}$ mm)

図 4. 15 実験と解析の各部変位の比較

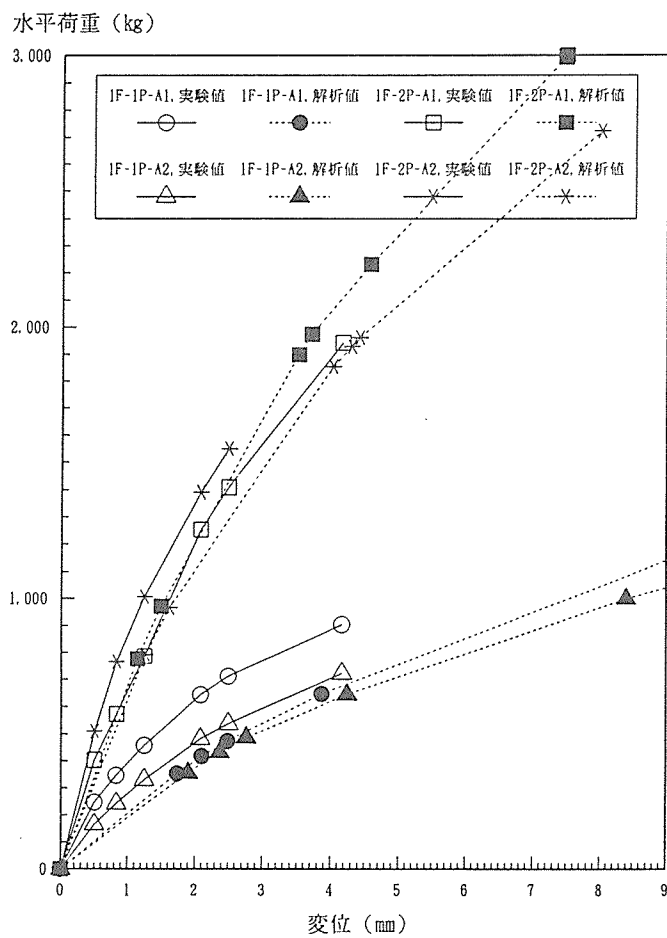


図 4. 17 解析による荷重－変形曲線の包絡線（2 階部分）

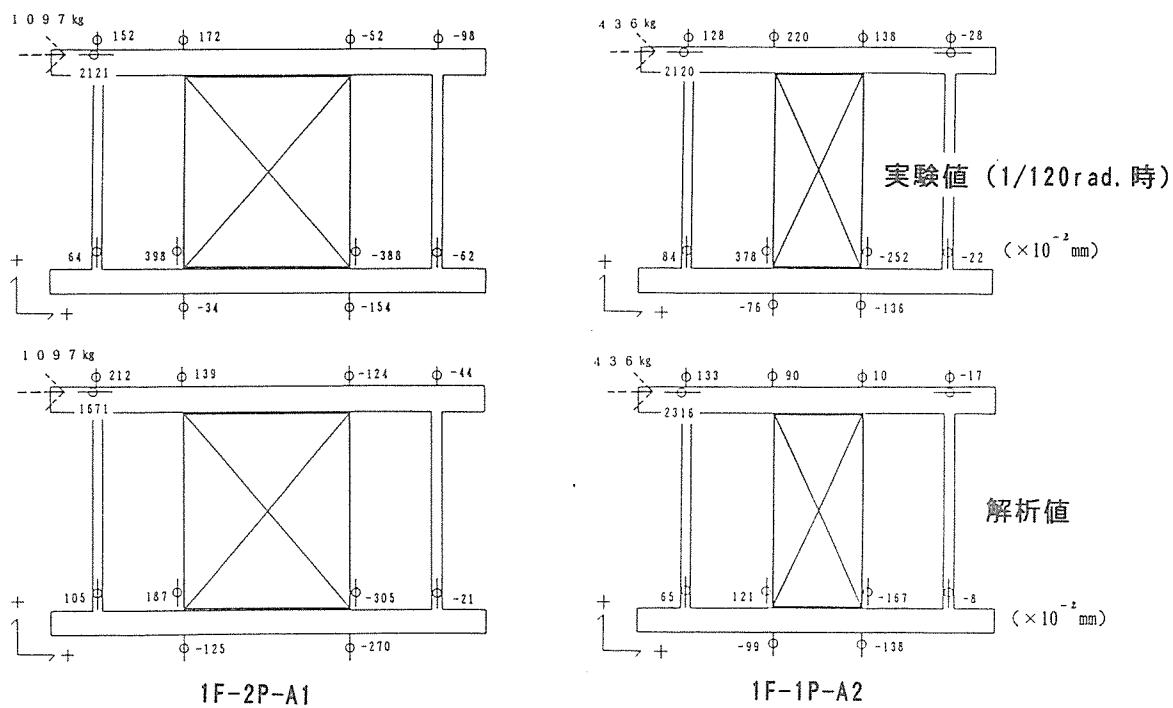


図 4. 18 実験と解析の各部変位の比較（2 階部分）

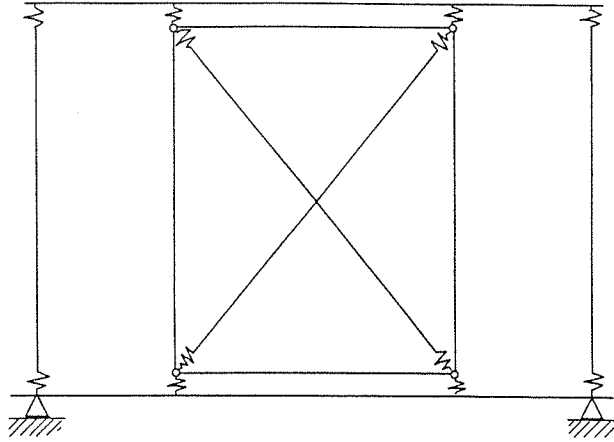


図4.16 2階部分の解析モデル

(5) まとめ

1 フレームの試験体を比較してきたが、ここで解析モデルの問題点や特徴をまとめると次のようになる。

このモデルの大きな特徴は次の4点である。

- ①このモデルは $1/120\text{rad}$. 時の値を目標にしている。
- ②各接合部の隙間（あそび）については考慮していない。
- ③梁の曲げ変形については、弾性として扱っている。
- ④2つの接合部の距離についてはなんら考慮していない。

解析結果は実験値に概ね一致しており、今回の建物の解析にこのモデルを適用して差し支えないことが分かった。また、具体的には、次のような特徴、及び問題点が明らかになった。

- ①パネルと横架材の接合部分のタイプA 1がA 2より解析値と実験値に近い値を示す。
- ②パネルと柱が密着しているモデルは解析値が実験値と一致しない。

3-5 まとめ

「軸組+パネル」の実大実験は、全ての試験体がそれぞれ1体ずつであったので、実験結果の差がパラメーターによるものなのか、試験体の固体差によるものなのかを特定することが難しいこともあった。しかし、その中でも分かったことをまとめると次のようになる。

- 1) 在来構法の試験体と「軸組+パネル」構法の試験体を比較すると、最大耐力は後者の方が高い値を示した。また、耐力の低下が始まる段階も「軸組+パネル」構法の試験体の方が遅い。ただし、初期剛性については「軸組+パネル」構法は施工のばらつきの影響を受けやすいこともあり、全体としては（パネルの左右に柱がある試験体は）在来構法の試験体がやや高い値を示した。
- 2) パネルの耐力を十分に発揮するには、梁せいを大きくし、パネルの浮き上がりを拘束することが、最も有効な手段である。
- 3) パネルと横架材の接合部は、金物プレートを介して横架材の側面に釘で打付けたタイプ（A1）が、パネル枠を直接横架材に釘で打付けたタイプ（A2）よりも、初期剛性、最大耐力とも高い値を示した。しかし、A1では、比較的早い段階で横架材の割裂が生じた。
- 4) 積載荷重は0 kg/mでは、（200 kg/m以上と比較すると）かなり耐力が低くなる。また、同時に残留変形率は大きくなる。
- 5) パネルと横架材の間に1 cmの隙間をあげ、そこに硬木を挟み込んだ試験体は、そうでない試験体に比べ、初期剛性は僅かながら高い値を示した。しかし、最大耐力は逆に小さめの値を示したが、その差は固体誤差の可能性もある。これは、パネルを後からはめ込む施工方法でも、大きな問題はないことを示している。
- 6) パネルの位置が偏った試験体は+、-（サイクル）の差が大きい。
- 7) 2階部分を想定して行った実験では、1階部分の実験の70%程の耐力を示した。

また、第4章では、部分実験の結果から有限要素法により解析を行った。その解析結果と実験結果を比較すると、次のようにまとめることができる。

- 1) 解析結果は実験値に概ね一致しており、今回の建物の解析にこのモデルを適用して差し支えないことが分かった。
- 2) パネルと横架材接合部分のモデルは、A1タイプはよく一致していたが、A2はA1に比べると適合の程度は良くない。
- 3) 今回のモデルでは、パネルと横架材間のおそびについて考慮されていない。これは初期剛性に非常に大きく関係する問題であるが、施工誤差によるものなので解析値に組み入れることは難しい。
- 4) 今回は梁の曲げ変形を弾性として扱っているが、梁せいが小さく曲げ破壊を起こす可能性がある場合には、弾塑性とする必要がある。
- 5) 2つ以上の接合部の距離が近すぎる場合には、それぞれの接合部を独立して扱うことはで

きない。この場合には、せん断破壊などの脆性な破壊に、破壊のモードが変わってしまう。今回の解析及び実験結果からは、2つの接合部の距離が10 cm以上離れた場合は、独立して扱えるようである。

4. 今後の展開に向けて

4. 1 枠組壁工法住宅の概要

日本型壁式工法の開発という目的のもとに、この事業は検討を進めてきた。また今後、供給の増大が見込まれる国産材中径木の利用拡大に向けて、建築の構造材にこれを利用して行こうとする提案である。

検討を進めるにあたってモデルとした枠組壁工法住宅とはどのような工法か改めて考えてみる。日本の枠組壁工法のもとになったプラットフォーム工法は、北米を中心に発達した工法で、その地方では一般的な工法となっている。我が国で言えば、在来軸組の住宅工法としてとらえることができる。そこには長い歴史が感じられる。設計者・施工者・流通・材料供給者がその工法に順応するように形成されてきた。

枠組壁工法住宅の注目すべき点は以下のようなものである。まず、材料は少ない断面数で構成され材料のロス部分も少ない。工法としては、床組・壁組で構成された建築物で、プラットフォーム構法が採用されている。上方の部材は下方の部材の上に乗せ、鉛直力は確実に下方に流れて行く。また、壁は、鉛直力と水平力の双方を負担するものである。水平力は、壁の枠材の両面に面材を張った耐力壁で支持する。部材その他の接合は、釘またはフレミングアンカーと言われる金物で取り付けられる。施工的には、熟練者を必要としない簡易なものである。

4. 2 提案住宅の普及と部材寸法

日本型壁式工法住宅が普及するためには、一般に流通している材料を使用し、また、工法等に対する知識も広く知れわたらなければならない。施工者も国内各地に存在することが必要である。また、工法は、単純明快なものがよい。

現在、国内で流通している建築部材の寸法型式は、大別して3種類である。一つは、在来軸組工法の住宅部材、二つは、枠組壁工法住宅部材、三つは、大断面工法の部材である。国産材は主に在来工法住宅部材に、外国産材は枠組壁工法住宅部材

及び在来軸組工法住宅部材に用いられるものが多い。

新たに提案される住宅部材の寸法型式も現在一般的に流通している寸法の部材であることが望ましい。新たな部材寸法が必要となる提案だと相当量の需要が見込めるものでない限り特注的な取扱いとなり、工法普及の足かせとなることが憂慮される。

特に、平成3年1月31日付け「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」が制定され、製材の生産、流通の合理化を図る観点から従来標準寸法から規定寸法に改め、その数が整理されたところである。新たな規格で定める規定寸法の部材を用いた工法提案が普及を図るうえでの必須条件となろう。

4. 3 今後の展開

大工等技能者の高齢化と若手後継者の不足に伴い建築現場における大工技能者は極度に不足するとともに技能のレベルも低下傾向にある。一方、経済の発展に伴って住環境の高度化、多様化を求める声も多い。

このような情勢をふまえて、木造建築業界では、工法の合理化による新たな住宅の開発提案がなされている。本事業を進めるにあたって委員各位から数多くの案が提出され検討を進めてきたところであるが、建築基準法の38条認定によらない、いわゆる在来工法の範疇で建築可能なものとするとの制約を置いたため、敢えてこれを踏み出すことなく前述の提案となったものである。

今後、現場建築技能者の不足に対応するには、部材のプレカット化は勿論のこと工場生産を可能とする部材の部品化は避けて通ることはできない。特に、床組、壁、屋根下地等においてパネルによる部品化を図る必要がある。これら、部品化を進めるにあたって今後解決しなければならない点を挙げれば次のとおりである。

(1) 住宅の部品類の規格化による整理統合

在来軸組工法における建築の実態を見ると注文住宅による自由設計が圧倒的に多い。これは、狭隘な住宅敷地を有効に活用するためと、一生に一度のマイホームの

建築は、精一杯凝ったものを造りたいとする国民性からと考えられる。しかし、住宅部材の部品化を進めるにあたっては、生産コストの面から住宅の規格化により部品を類型化し、特殊なものを除いては、注文生産を避けることを考えなければならない。

(2) 生産設備投資に見合う生産量の確保と需要開発

部品化にあたっては、生産設備の投資が問題となる。投資額は需要とのバランスのうえで可能となるものであるから、規格化される提案住宅にはユーザーを引き付ける魅力あるものでなければならない。

ユーザーにとって何が魅力かは、人により異なる部分もあるだろうが、先づは、コストであろう。しかしコストは、生産量の多少に左右されるため、設備が遊休化しない需要開発が望まれる。次いで性能が挙げられる。国民生活の高度化に伴い住宅に求められる各種性能もますます高度化、多様化の傾向を示している。特に新たに提案される住宅には、他の住宅に類のない特筆すべき性能を付与することが、需要開発上必須の条件となろう。近年の開発事例をみると、単に生産の合理化をめざした構法開発よりも、性能を高めるための開発が増えている。ただし、他の住宅との差別化と規格化は相反する面も持ち合わせており、それらをどのように満足していくかが、構法開発のポイントとなっている。

なお、生産者側にとっては、年間を通じて平準化された需要が望ましい。必要最小限の部品の在庫は止むを得ないとしても、在庫が時季により過大とならないような販売活動も考えなければならない。

(3) 部品化住宅の建て方

部品化住宅における問題点の1つに建て方がある。特に都市区域内における道路及び交通事情に対応した建て方計画は詳細に検討しておかななければならない。建築現場には住宅部材を野積み出来る空地は存在しないことを前提にすると、部材の搬入は建て方の当日ということになる。建て方の工程に合わせた部品搬入のための配車計画、荷卸し場所の確保、また、場合によっては建て方の進行に合わせるための

一時駐車場所の確保等々の綿密な計画がなければ建て方の円滑な作業は困難となり、ロスを生むことになる。

また、部品化された住宅の建て方には重機の使用は欠かすことが出来ない条件となることから、これの配置計画及び設置場所の検討も併せ必要である。

(4) 部品化に対応した耐力壁に関する技術開発

住宅部材の部品化を推進するにあたり、特に、技術開発の重点項目として取り上げなければならない項目に耐力壁の配置の問題がある。

建築基準法令が定める在来軸組工法の軸組にあっては、「すべての方向の水平力に対して安全であるように各階の張り間方向及びけた行方向に、それぞれ壁を設け又は筋かいを入れた軸組を釣り合い良く配置しなければならない。」こと及び「筋かいは、その端部を柱とはりその他の横架材との仕口に接近して、ボルト、かすがえ、くぎその他の金物で緊結しなければならない。」ことが規定されている。

また、軸組の種類別に倍率及び配置すべき壁量がそれぞれ定められている。

技術開発の方向としては、①筋かいを必要としない軸組の開発 ②壁量を軽減するための強耐力壁の開発 ③遮音又は断熱性能の高いパネルの開発 ④パネル化された耐力壁を精度良く納めるための技術開発 ⑤パネル化された耐力壁を配置していくための架構ルールの整備 ⑥パネル化された耐力壁のオープン部品化などをコスト面を加味しながら進める必要がある。

付1. 国産中目材の生産予測

板割的な製材木取りが中心となる中目材（末口径22cm～28cm）の生産量を予測するには、余りにも資料が乏しく的確に予測するには困難な状況にあるが、秋田県林務部が平成2年度に行った「秋田県スギ一般材振興対策」の一環として予測した数字及び（財）日本住宅・木材技術センターが平成3年度「スギ一般材利活用普及推進事業」で実施した福島県郡山地区におけるスギ・ヒノキ素材生産量の予測結果に基づいて全国的な数量を試算してみた。

表1. 「秋田県スギ一般材振興対策」における径級別素材生産量の比較(平成3年3月)

(単位：m³、%)

区 分	S 63			H 12			増 減			
	国	民	計	国	民	計	国	民	計	
実 数	～13	28,200	43,100	71,300	9,400	32,900	42,300	△18,800	△10,200	△29,000
	14～20	131,000	201,700	332,700	51,400	183,500	234,900	△79,600	△18,200	△97,800
	22～28	170,000	57,500	227,500	147,000	251,200	398,200	△23,000	193,700	170,700
	30～	212,700	37,800	250,500	160,200	84,700	244,900	△52,500	46,900	△ 5,600
	計	541,900	340,100	882,000	368,000	552,300	920,300	△173,900	212,200	38,300
構 成 比	～13	5.2	12.7	8.1	2.6	6.0	4.6			
	14～20	24.2	59.3	37.7	13.9	33.2	25.5			
	22～28	31.4	16.9	25.8	40.0	45.5	43.3			
	30～	39.2	11.1	28.4	43.5	15.3	26.6			
	計	100	100	100	100	100	100			

表2. 「スギ一般材利活用普及推進事業」における福島県郡山地区のスギ・ヒノキの生産量予測（平成4年3月）

単位：m³

	第一分期	第二分期	第三分期	第四分期	第五分期
～14cm	(41.9)	(42.6)	(37.8)	(31.9)	(27.6)
	443,290	499,086	501,706	453,796	451,529
16～20cm	(21.0)	(23.3)	(26.0)	(28.1)	(28.4)
	222,258	272,705	345,239	400,492	465,839
22～ cm	(37.1)	(34.1)	(36.2)	(40.0)	(44.0)
	391,785	399,804	480,254	570,451	721,338
合 計	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)
	1,057,333	1,171,595	1,327,199	1,424,739	1,638,706

(注) 各径級欄の上段は前分期の生産量を100とした比率
最上段の括弧内は4m材合計に対する構成比

秋田県におけるスギ中目材（22～28cm）の生産予測によると昭和63年生産量227.5千 m^3 に対し、平成12年の生産量は、398.2千 m^3 と予測しており昭和63年比175%となっている。一方福島県郡山地区におけるスギ・ヒノキ中目材（22cm上）をみると10年後の平成13年以降（第3分期）には123%、平成18年以降（第4分期）には146%、平成23年以降（第5分期）には184%に増加すると予測している。両者の数字には可成りの差がみられるも、これは予測にあたっての各種要因、例えば、現存林分の令級配置、施業方針、収穫表等の差異によるものと考えられる。

これ等を基に全国的な数字を試算すれば、平成3年度におけるスギ素材生産量8.443千 m^3 （木材需給と木材工業の現況による）のうち、中目材の生産比率を30%（秋田県の中目材比率25.7%、福島県郡山地区の比率37.1%）とすれば2.541千 m^3 となる。

これが10年後の平成13年には、平成3年比150%（秋田県平成12年175%、福島県郡山地区平成13年123%）が見込まれることから3.812千 m^3 に増加することになる。また、福島県郡山地区での予測では、その後も年々増加すると予測している。

付 2 パネル化された板材の収縮試験

2. 1 はじめに

スギ中目材を構造材料として需要拡大していくために本報告書に記述されたような提案が行われた。このなかで、スギ中目材から厚板を製材して構造部材要素として使うことが含まれている。これらの厚板の多くが板目材であり、接線方向の収縮による不都合が建築後に生じるのではないかとの問題点が指摘された。

そこで、スギ中目材をパネル化した板材を試作し、以下の目的を設定して試験を行うこととした。

- (1) スギ中目材から厚板を製材し、パネル化した板材そのものの収縮量の測定
- (2) パネル化した板材を柱又は間柱に釘打ちした場合、乾燥による収縮のためパネル化した板材に割れが発生するか否かの観察
- (3) パネル化した板材を柱、土台、桁に釘打ちし耐力壁とした場合、パネルを構成する厚板に幅ぞりが生じるか否か。さらに耐力壁全体として、その強度性能に影響を及ぼす割れ、その他の不都合が発生するか否かの観察

2. 2 供試材料

特に依頼して製作したスギ中目材を原料とするパネル化した板材の断面形状とその寸法を図1に示した。板材の長さは約2000mmであった。

このとき、2枚のスギ厚板をレゾルシノール樹脂接着剤を使って接着し約450mmの幅のパネルとしている。壁材として柱の間に落とし込んだ場合、収縮による隙間の発生と繊維方向の曲りの発生を防止するため本実加工を施している。乾燥条件としては含水率25%で依頼した。供試材料が搬入された直後スパンを1800mmにとり、中央集中荷重方式で30kgwの死荷重を積載し、スパン中央部のたわみを精度1/1000mmのダイヤルゲージで測定し、静的曲げヤング係数(E_b)を算出した。同時に基本振動周波数の計測を行い動的縦弾性係数(E_{f r})を参考のため

に算出した。

木口面における平均年輪幅及び辺材部、心材部を区別して測定した含水率（ケッ
ト社製タークを使用）の値と実測した寸法、 E_b 、 E_{fr} の値を表1にまとめて示
した。含水率に著しい差のあることがわかる。辺材部ではパネル番号2と6が繊維
飽和点付近を示したのを除き25%以下になっていたが、心材部ではパネル番号4
と5及び7以外のパネルで繊維飽和点を上廻っていた。平均年輪幅は2.5 mmから7.3
mmの範囲を示し、平均値として4.2 mmが得られている。静的曲げヤング係数（ E_b ）
の平均値は 85 tf/cm^2 であり、約 60 tf/cm^2 から 104 tf/cm^2 の範囲を示してい
た。

次に、これらのパネル化された板材から前述の目的を達成するため図2に示した
ような木取方法で試験体を調整した。

表1 パネル化された供試材料の概要

パネル 番 号	含水率(%)		重 量 (Kg)	長 さ (cm)	幅 (cm)	厚 さ (cm)	見かけ の密度	平 均 年輪幅 (mm)	E_{fr} (tf/cm^2)	E_b (tf/cm^2)
	辺材部	心材部								
1	22.1	32.5	19.058	203.1	43.80	3.780	0.567	3.5	100.3	103.9
2	27.3	44.0	18.004	203.0	44.00	3.825	0.527	3.2	107.3	93.7
3	19.7	43.6	14.348	203.1	43.85	3.810	0.422	2.5	64.1	62.0
4	18.6	20.3	14.618	203.2	43.80	3.845	0.427	4.9	83.9	91.2
5	18.0	27.0	14.779	203.1	43.75	3.810	0.437	4.7	89.0	88.2
6	29.6	46.8	19.369	202.8	43.90	3.860	0.564	3.8	94.7	88.1
7	17.5	24.6	13.401	203.2	43.80	3.800	0.396	3.8	55.3	61.3
8	—	43.5	20.254	203.2	43.80	3.820	0.596	7.3	85.9	91.9

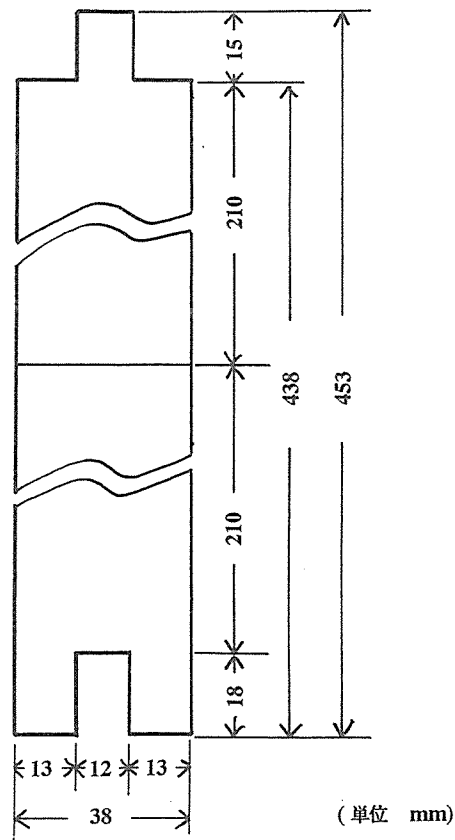
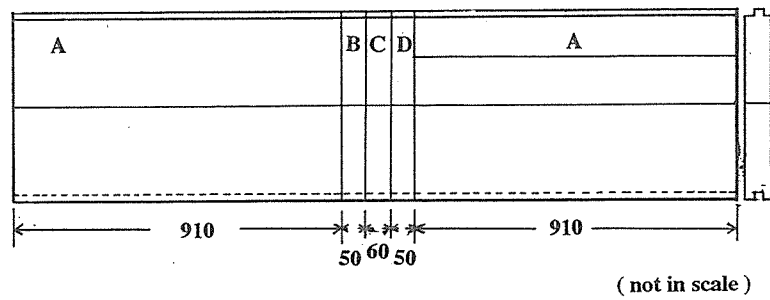


図1 パネル化された板材の断面形状と寸法



- A: 耐力壁モデル用部材
- B: 含水率測定用試験体
- C: 釘打ちした状態での割れの観察用試験体
- D: 拘束なしの状態での収縮量測定用試験体

図2 試験体木取図

2. 3 試験体寸法と試験方法

(1) 拘束なしの状態での収縮量測定試験

パネル化された板材を繊維方向に50mmの幅で木取った。断面寸法、長さ等をそれぞれ1/100mm精度のデジタルノギスおよび1mm精度のスチール製スケールで測定し、さらに重量を1/100g単位まで求めた。収縮量の測定を拘束なしで行うために図3に示したような装置を考案した。鋼板上の直径14mmのガラス棒は試験体下部が鋼板と密着して収縮時の水分傾斜や、摩擦を除くために配置した。スギの心材色が赤色のものと黒色のもので含水率が異なっていたことを考慮して、それぞれ2体ずつ計4体の試験体について測定を行うこととした。測定装置の全景を図4に示した。収縮量の測定は、東京測器社製変位計(CDP-10)を使い同社の記録計TDS-601にサンプリングタイムをプログラムして行った。測定開始後2時間おきに35点、その後4時間おきに20点、さらにその後は6時間おきに10点、12時間おきに6点、24時間おきに110点、合計181点の計測を約4ヶ月にわたって継続した。

この試験をはじめ、これ以後に述べる試験はすべて20℃、75%を目標とした恒温恒湿室で行っており、この室内温度および湿度をACRシステム社製STICK-ONLOGGERS(モデルXT-102)でモニターした。

(2) 釘打ちした状態での割れの観察試験

板目板の接線方向の収縮量は他の方向に比較して著しく大きいことから、パネル化された板材を釘で止めた後に割れが発生するとの考えが示され、このことを実験的に確かめる目的で試験体を準備した。木構造設計規準により釘打ちの位置から材縁までの距離を釘径(d)の8倍にとるとN90の場合釘径は3.76mmであるので約30mmとなる。したがって、この試験体の繊維方向の幅は60mmとした。パネル化された板材を3本のN90で軸材に固定する場合を想定し、図5のような取付架台を作成した。いずれも釘打ち箇所周辺以外は、試験体下面が

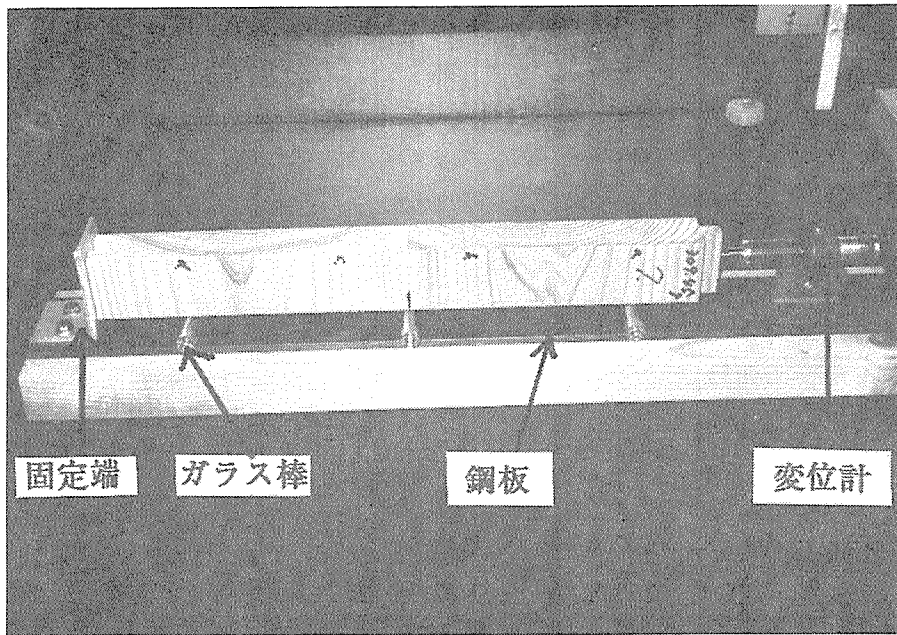


図3 拘束なしの状態での収縮量測定方法

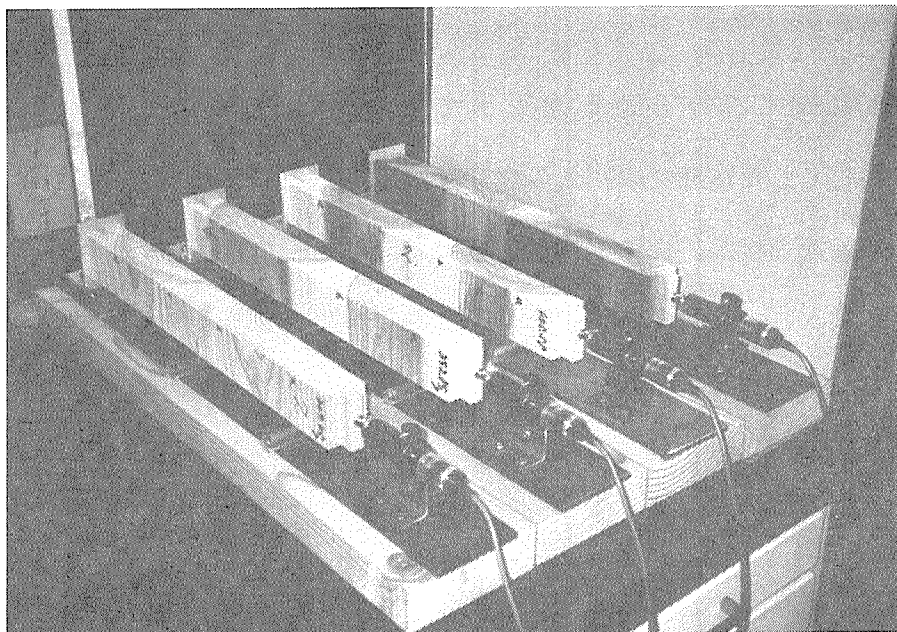


図4 収縮量測定方法全景

外気にふれるようにしている。パネル番号1, 2, 3, 4, 6, 7から木取った試験体を取付架台に釘を打って恒温恒湿室に設置した。

(3) 耐力壁モデルによる割れ等の観察試験

図6に示したように幅910mm、高さ1820mmの寸法にパネル化した板材を釘打ちした。軸組には100mm×100mmのスギ正角で乾燥材を使用した。釘打ちは、3mmの先穴をドリルであけて行い、釘ピッチは土台、桁では繊維方向に244mmとし土台、桁の稜線から26mm離れた線上に5本のN90を打った。

柱に対しては、パネル化された板材1枚について本実加工した材端から30mm離れた箇所と、その中央に計3本のN90を柱の稜線から26mm離して打った。パネル化した板材と板材との間には、ポリウレタン系構造用接着剤を塗布した。

耐力壁モデルとしては、心材色が赤色のパネルと黒色のパネルを区別して、それぞれ1体計2体を作成し、恒温恒湿室に設置した。

2. 4 結果と考察

3種類の試験体を設置した 20 ± 1 ℃、 75 ± 5 %の恒温恒湿室の温湿度環境を図7に示した。温度の平均値として21.1℃が得られており極めて短時間24℃付近まで上がった他は ± 0.5 ℃の範囲におさまっていた。

湿度は、平均値として73.3%、最大値、最小値として79.6%、63.7%の範囲を示していた。

(1) 拘束なしの状態での収縮量測定結果

図8に経過時間に対する収縮量の関係を示した。試験体番号2と6は黒心材、4と7は赤心材であった。500時間を越えたところで試験体番号4のデータが一定値をとる結果となっているが、このデータは異常である。測定回路的な異常と考えられるが、正確な原因は不明である。

図8より、黒心材の収縮量の絶対値が赤心材のそれよりも大きいこと、その

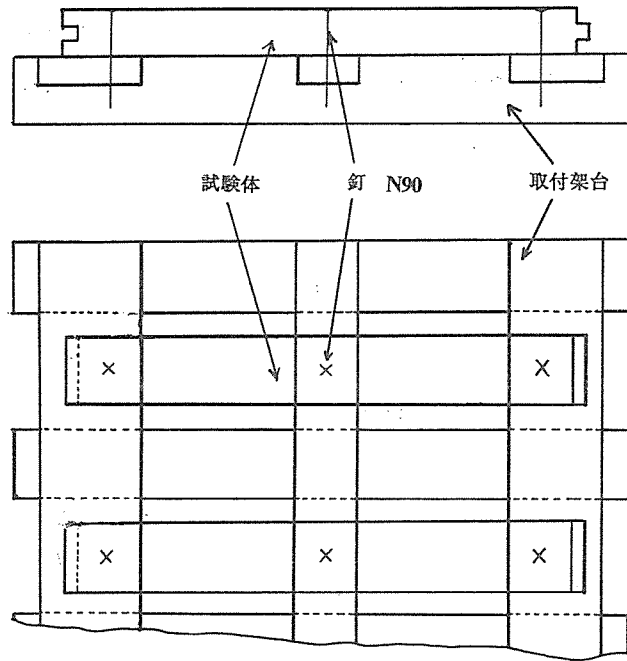


図5 釘打ちした状態での割れの観察用試験体セット状況

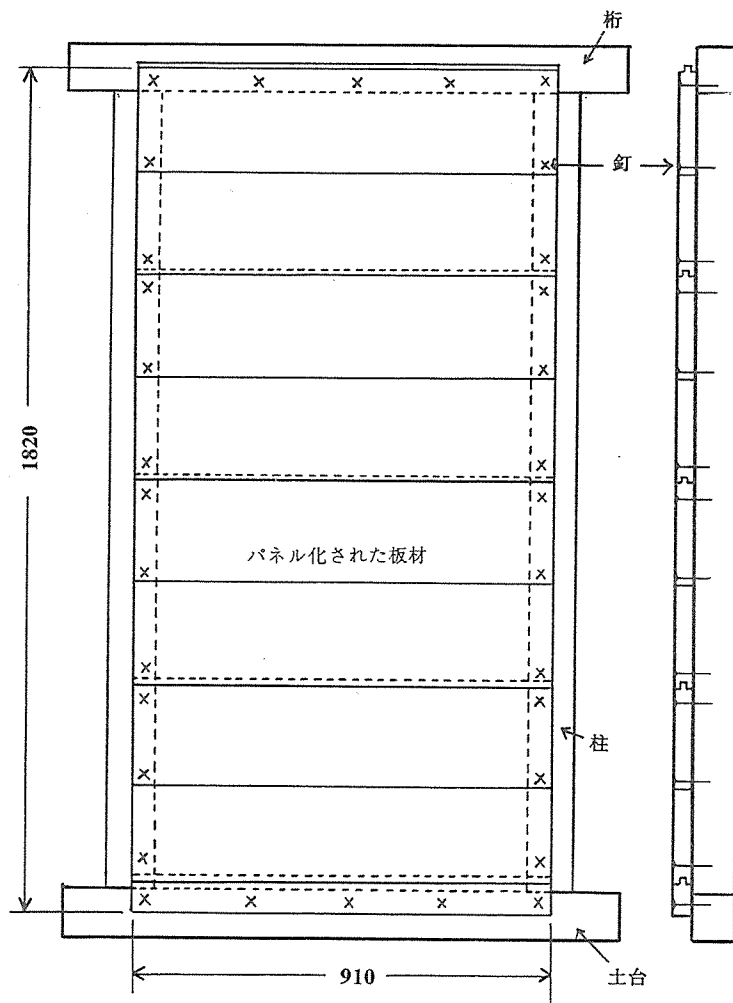


図6 耐力壁モデル概要

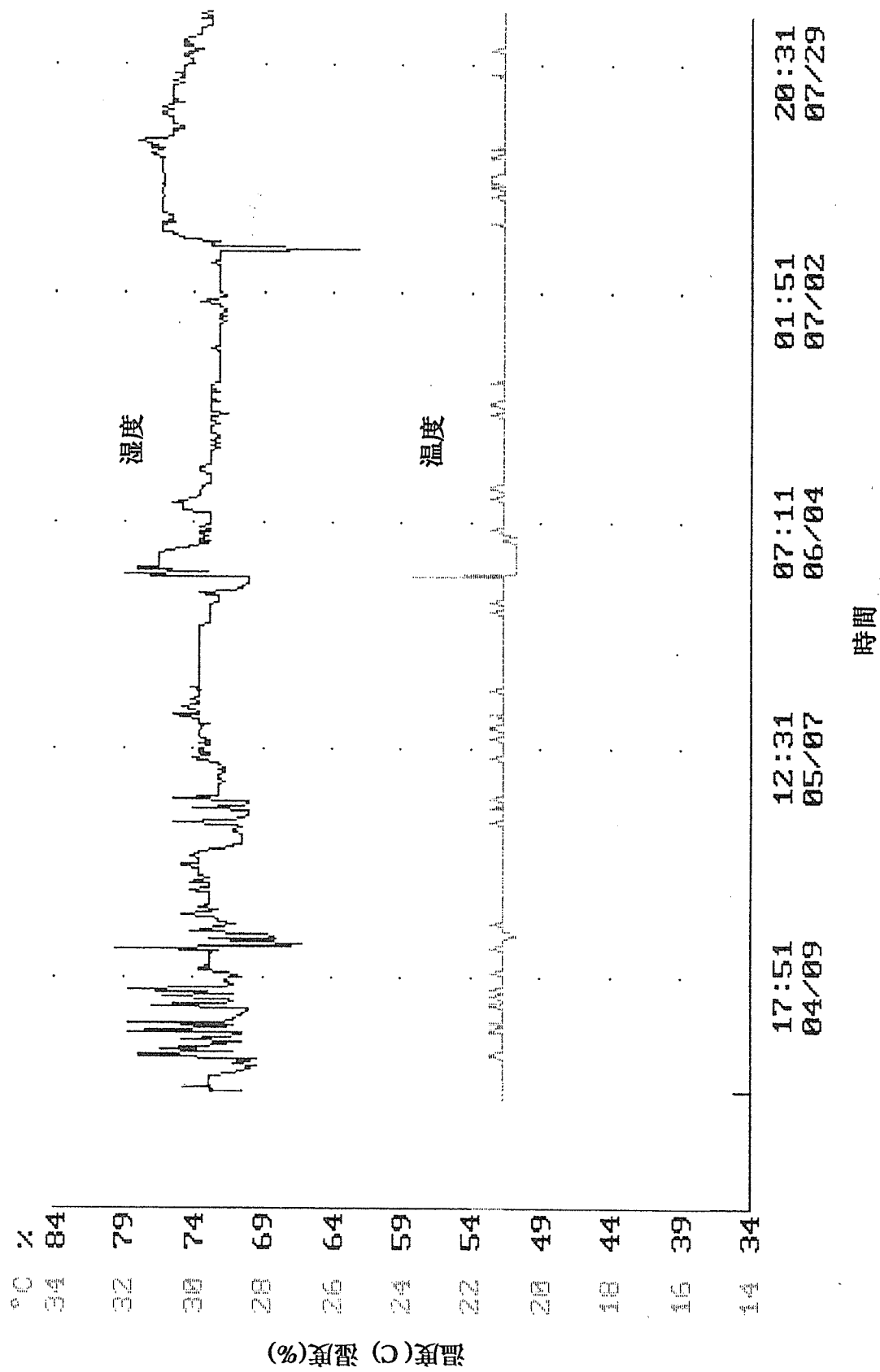


図7 試験中の温・湿度変化

差は約2倍程度とみなされることがわかる。この収縮量を測定開始時の試験体の全長に対する割合として表現し、収縮率で表した結果を図9に示した。さらに木取図に示した含水率測定用試験体の重量測定結果より算出した絶乾法による含水率と経過時間との関係を図10に示した。これらの結果より黒心材（No. 2, 6）の初期含水率は約57%で、赤心材（No. 4, 7）のそれが27%、25%であったのに対し2倍以上高かったことが判明するとともに、経過時間に対する含水率の低減は約500時間（3週間）で両者とも、ほとんど同一になっていたことが明らかである。測定終了時の含水率は、4体の試験体の平均で16.5%であった。

収縮率の値としては、黒心材のNo. 6で2.1%、赤心材のNo. 7で1.2%が得られた。この値は生材状態から気乾状態になる間の収縮率であり、気乾収縮率といえる。無欠点小試験体のJISによる接線方向の含水率1%あたりに対する収縮率（平均収縮率）は0.25%とされている。仮にスギの繊維飽和点を28%と考えると、接線方向の収縮率としては2.9%が算出され、断面が約50mm×38mm、長さが約450mm程度の試験体で得た上記の値よりも大きい値となった。

（2） 釘打ちした状態での割れの観察試験結果

目視で確認できる割れの発生は認められなかった。板目材であるため幅ぞりが認められた。幅ぞりの量を基準線210mm（1枚の板幅に相当する）にとって1/1000mm精度のダイヤルゲージで測定した結果、赤心の試験体で0.9～1.6mmを示し、幅ぞり率で示すと平均で0.61%であった。黒心の試験体では、同様に1.5～2.1mm、0.82%の結果で赤心の場合より、やや大きい幅ぞりを示す傾向が認められた。

また、試験体の全長を試験開始直前と直後に1mm精度のスチールスケールで測定した結果からは、収縮量は1.0～2.5mmで収縮率として0.22%～0.56%が得られた。これらの値は拘束なしの状態での収縮量と比較すると約1/5～

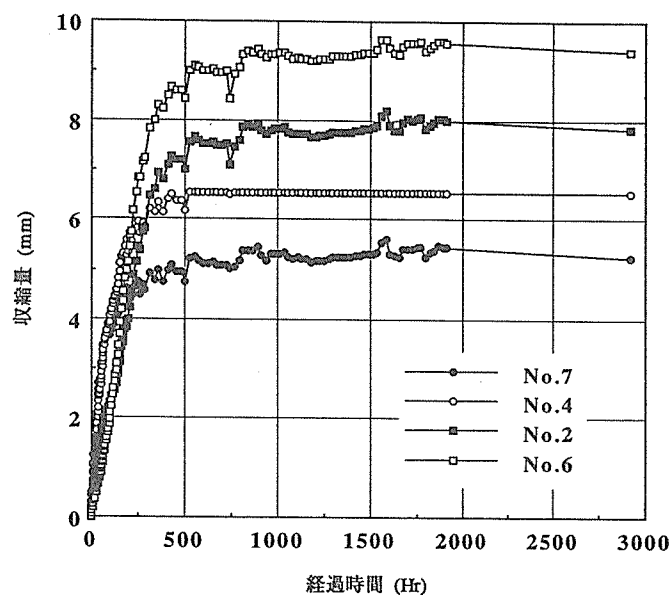


図8 拘束なしの状態での収縮量の変化

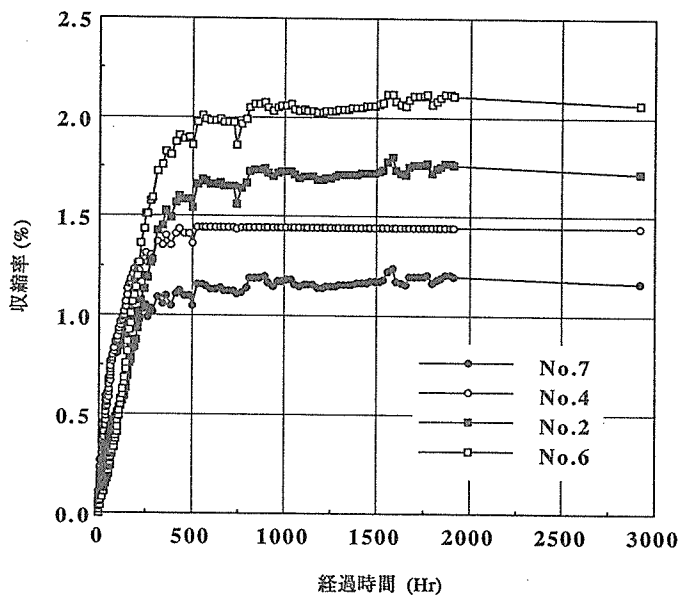


図9 拘束なしの状態での収縮率の変化

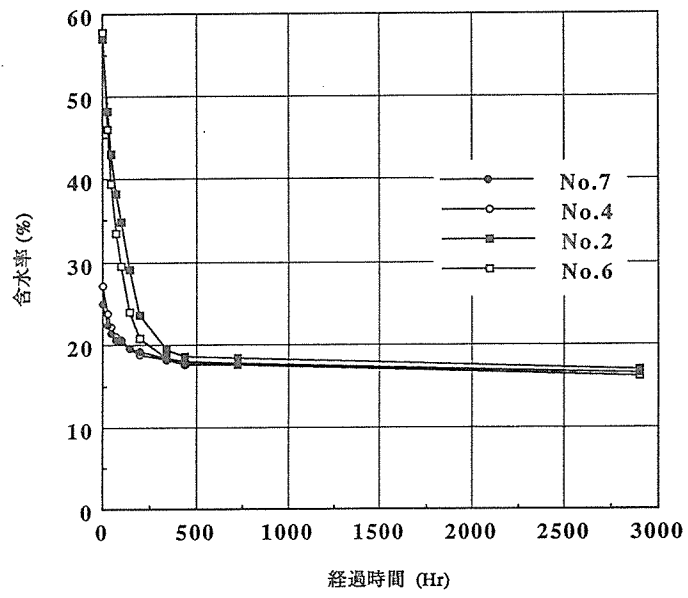


図10 収縮試験体の含水率変化

1/3程度と小さい。ここで、3本の釘で固定された部分に収縮が生じないと仮定し、釘の外側の拘束されていない部分の長さ約88mmを基準長にとって気乾収縮率を算出すると、1.2～2.9%となりオーダとしては(1)の結果とよく合致する。このことから釘を打つことにより、釘で固定されている部分では収縮量が極めて小さいか、無視できるかもしれないことが考えられよう。

(3) 耐力壁モデルによる割れ等の観察試験結果

試験開始後、約1週間で一部の板材にヘアークラック状の割れが長さ約60mm程度木口面より発達した以外は、目視で認められる割れの発生はなかった。

(2)の方法と同様にパネル化した材の幅ぞりを柱と柱の間、壁モデルの中央部分で測定したところ、赤心、黒心で構成した2枚のモデルでそれぞれ0.70mm、0.72mmであり著しい差はなかった。幅ぞり率では、0.34%であり(2)の結果の約1/2となっていた。これは面材としての拘束が働いたためと推定される。

2.5 まとめ

スギ中目材から製材した厚板2枚をパネル化したものについての収縮量を、全く拘束なしの場合、実際に軸組みに釘打ちする条件下の場合で測定し、さらに耐力壁モデルを作成して乾燥による割れ、くると等の発生がないかを観察した。すべての試験体は、 20 ± 1 ℃、 75 ± 5 %の恒温恒湿内に設置して測定を約4ヶ月間行った。試験体の初期含水率は赤心で25～27%、黒心で57%であり、4ヶ月後の含水率はすべての平均で、16.5%であった。

この試験の結果、次のことが結論として得られよう。

- (1) 拘束なしの状態での気乾収縮率は、赤心で1.2%、黒心で2.1%であった。この値は、JISによる試験結果から得られている値2.9%よりも小さかった。
- (2) 釘打ちした状態での気乾収縮率は、拘束なしの場合の1/5～1/3程度と小さかった。釘と釘との間で拘束されている部分の収縮は極めて小

さいか、又は無視できると思われた。釘による拘束のない部分での気乾収縮率が(1)の結果と合致していたためである。

- (3) 耐力壁モデルの状態では、耐力壁の性能に影響を及ぼすような割れの発生は認められなかった。また幅ぞりが認められたが、210 mmの基準線に対し0.7 mmの矢高であり、特に問題になるとは考えられない。このことは、赤心、黒心の間で著しい差異がなかった。

付3. 中目材を用いた工法のアイデア集

中目材を用いた工法として、本報告書に収載のような工法に最終的にまとめられた。しかし、委員会では、最終案以外にもいくつかの工法が提案された。また、建物全体の一貫した工法にはならなくても、部分的な工法もいくつか提案された。そこで、これらを含めて、中目材を利用した工法のアイデア集を作成して、今後の利用の便を計ることとした。

各アイデアは、前述のように、建物全体に及ぶような提案から、部位・部分工法まで含まれている。そこで、必ずしも体系的な分類ではないが、以下のように利用可能な部位毎に分類・収録した。また、それらには、『特徴』『メリット』『問題点』『検討課題』などを併せて記した。

屋根に利用可能なアイデア	:	R
躯体に利用可能なアイデア	:	S K
壁 に利用可能なアイデア	:	W
床 に利用可能なアイデア	:	F
柱 に利用可能なアイデア	:	C
梁 に利用可能なアイデア	:	B

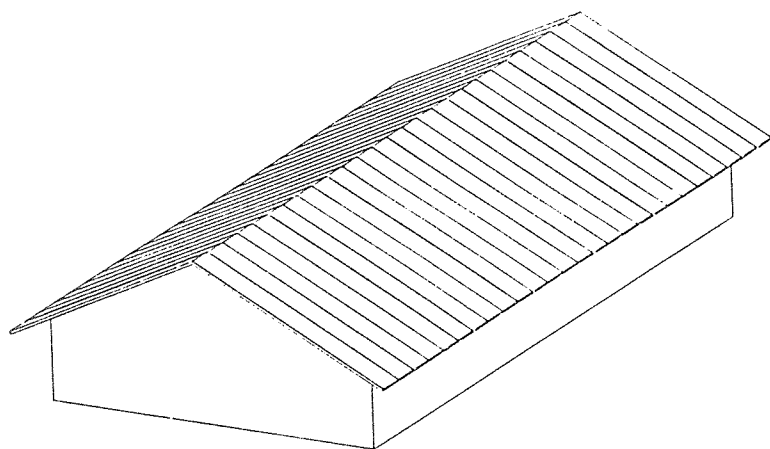
R-1

野地板として張る

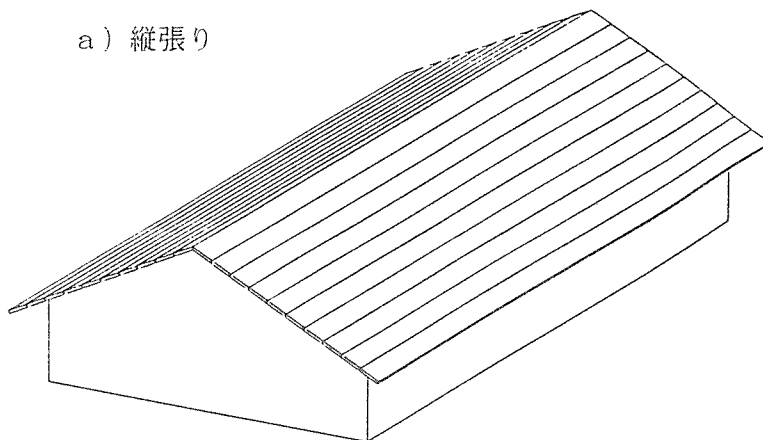
【特徴】 板材にして野地板に使用する。
厚さ18mm、21mmの場合は普段と同じように使用する。

【メリット】 厚さ30mm、33mm、36mmの場合は広幅板にしてさねを付ければ仕上げにもなる。
厚さ30mm、33mm、36mmの場合は垂木なしで使用できる。

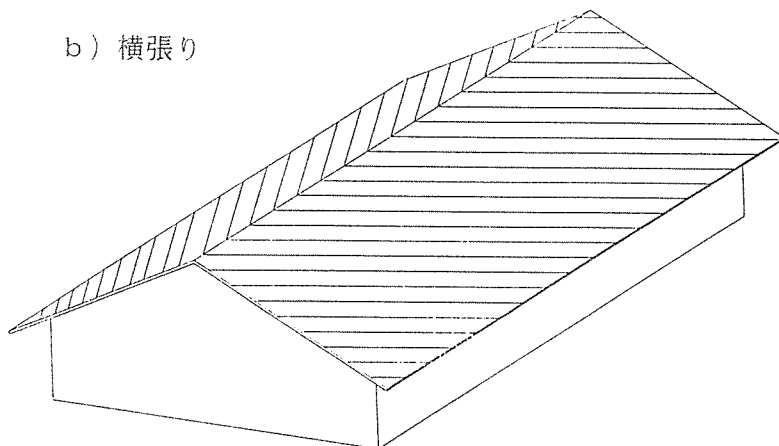
【問題点】 材料が厚いとき釘の長さが問題である。
斜め張りの場合、端部の取り付けに問題がある。



a) 縦張り



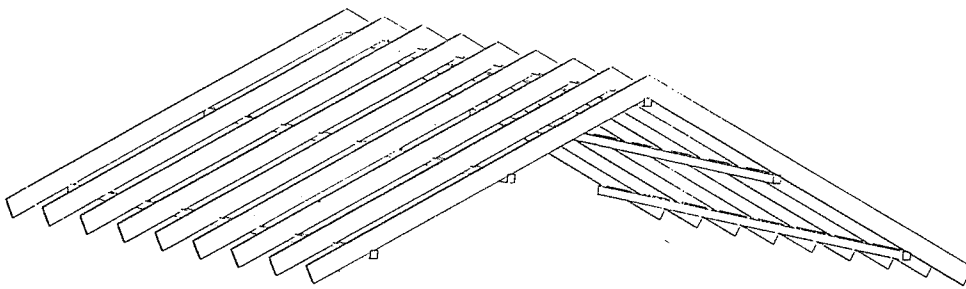
b) 横張り



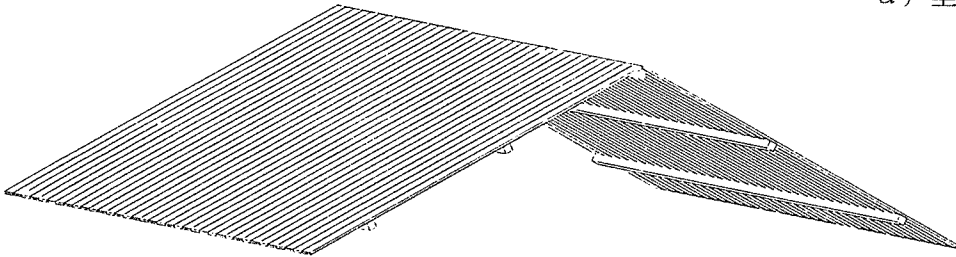
c) 斜め張り

【特徴】

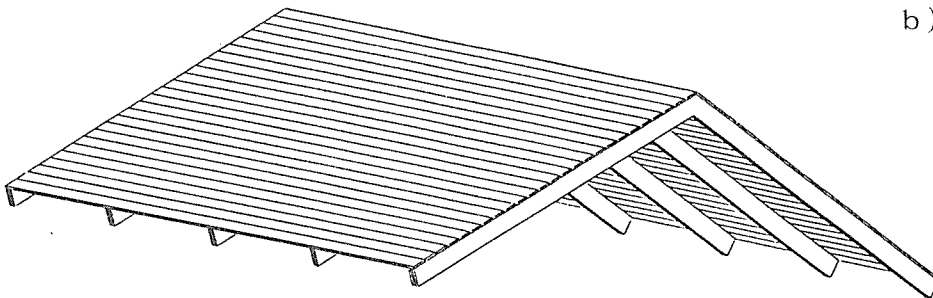
- a) 板を縦使いし、垂木として用いる。これにより母屋のピッチを大きくすることができる。ただし、垂木の転び止めが必要。
- b) 厚板を野地として用いることによる垂木の省略。
軒先のあばれ考慮しなければならない。
- c) 3枚合わせにして登り梁として用いる。
- d) 206材、208材などを使用した垂木小屋。
垂木に開き止めが必要となる場合がある。



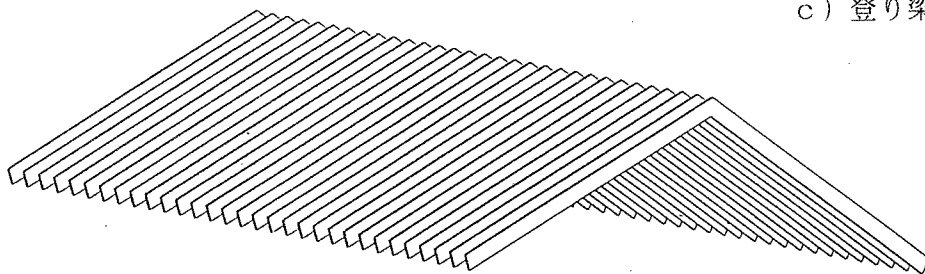
a) 垂木の代わり



b) 垂木省略



c) 登り梁として



d) 繁垂木構造

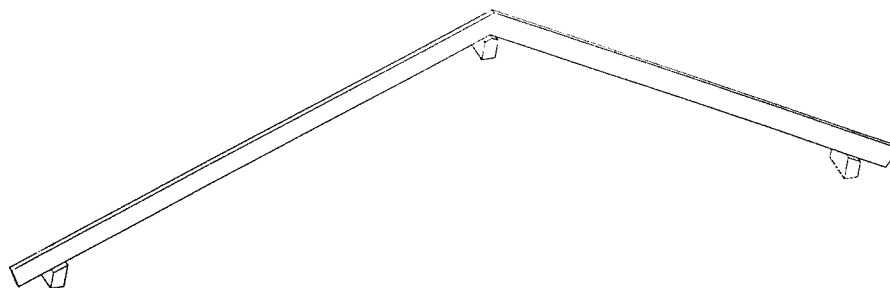
【特徴】

垂木として使用し、頂部の接合方法を考える。

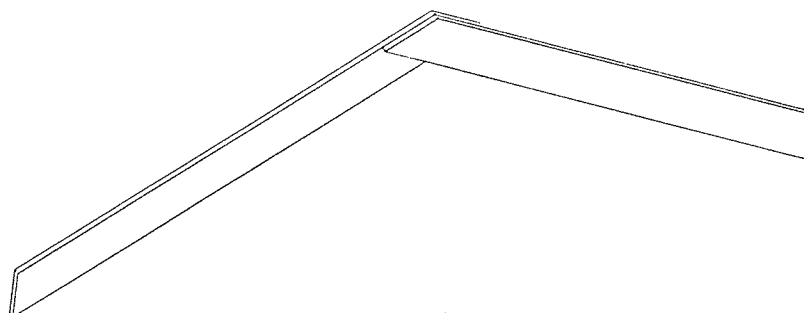
- a) 頂部を重ねて釘打ちする。
- b) 頂部を合板ガセットで接続する。
- c) 垂木を2枚合わせにし、互いに挟んで釘打ちする。

【メリット】

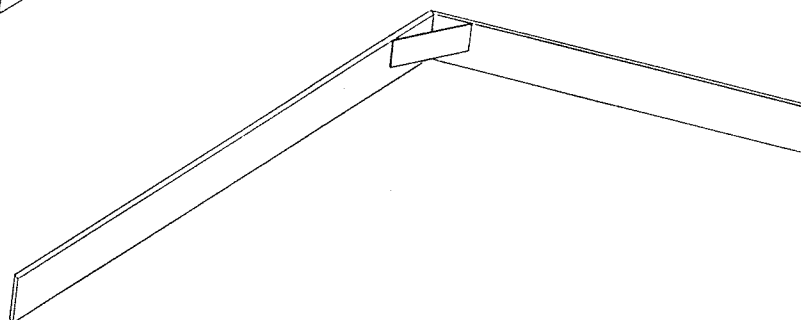
○檜や松の場合には、ネイルプレートが使える。



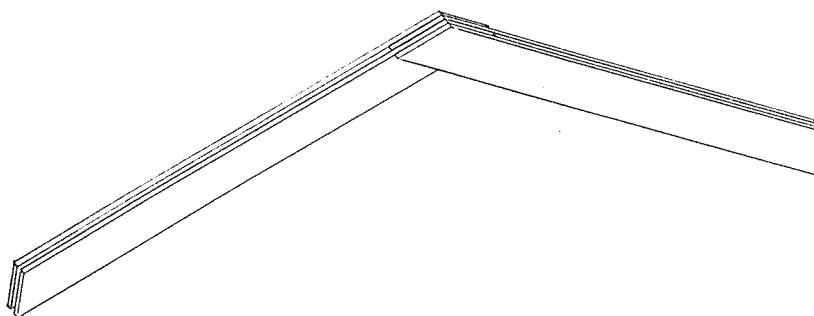
垂木構造



a) 重ね合わせ



b) 合板ガセット



c) 2枚合わせ方式

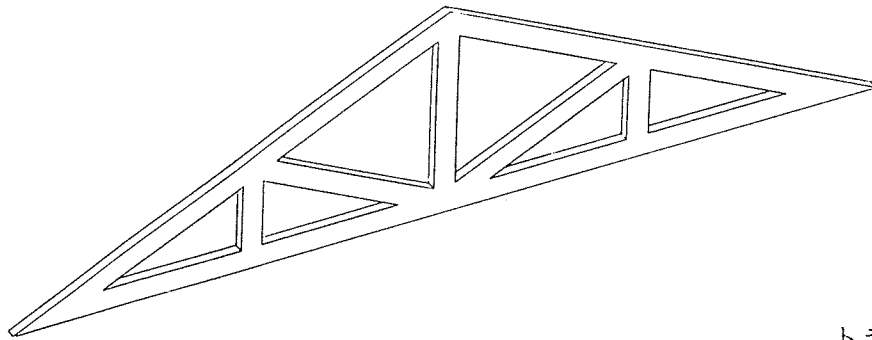
【特徴】

板物を使用してトラスを作る。

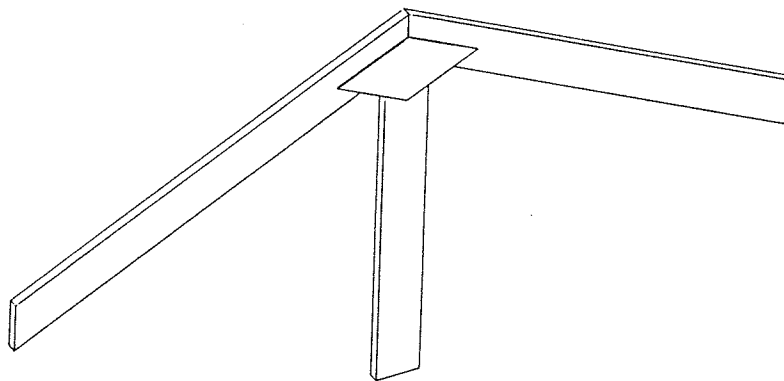
- a) 接合部を合板ガセットで繋ぐ。
- b) 2枚合わせで1枚の部分で挟んで作る接合部。

【検討課題】

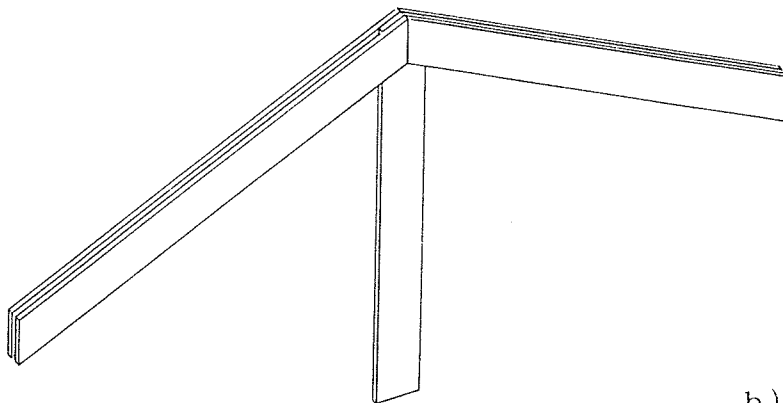
- b) どの材を1枚とするか、2枚とするかを考え、組むことが難しい。
- b) a) を併用しなければならない接合部が生じる。



トラス構造

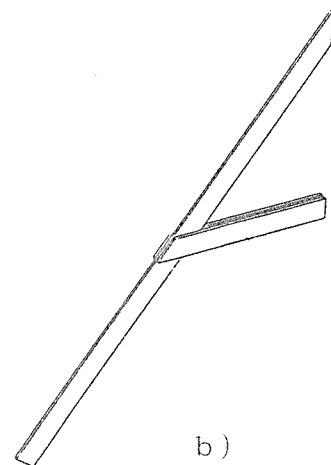
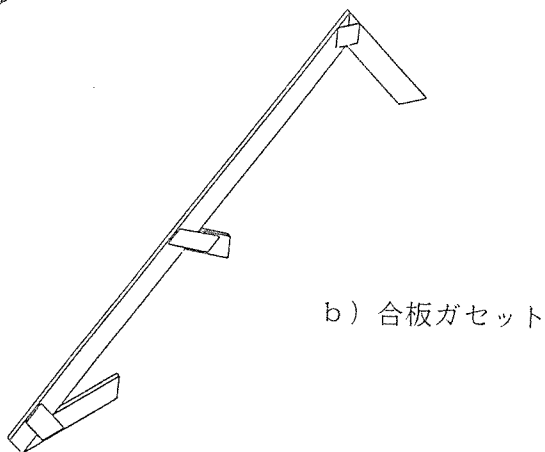
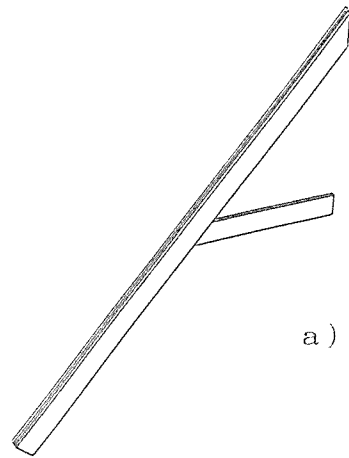
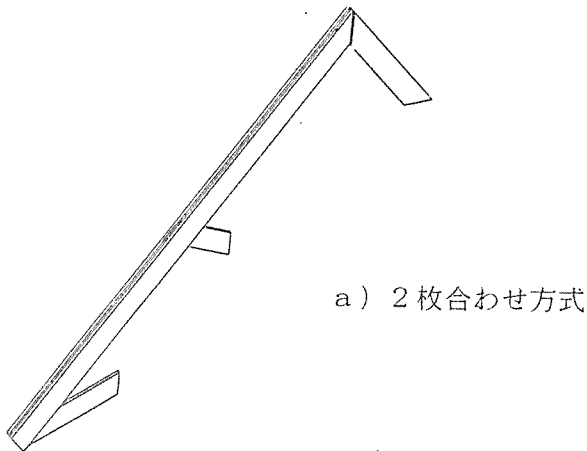
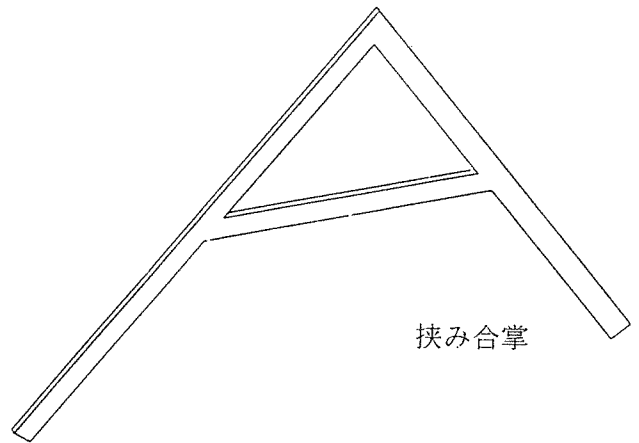
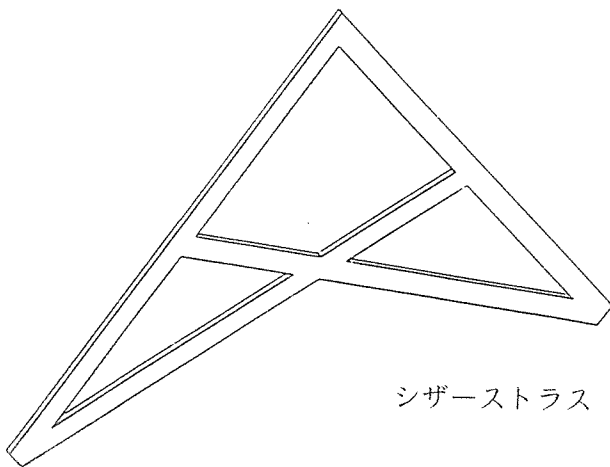


a) 合板ガセット



b) 2枚合わせ方式

- 【特徴】 急勾配の屋根を作るときにシザーストラスや挟み合掌として用いる。
- 【メリット】 シザーストラス：小屋裏をあらわしにして、意匠的に変化をつけられる。
挟み合掌：小屋裏利用に向いている。
- 【問題点】 ○シザーストラスは作るのが難しく、組み方をうまく考えないと使用しにくい。
○杉板にはネイルプレートが効かないので、合板ガセットを使用する。

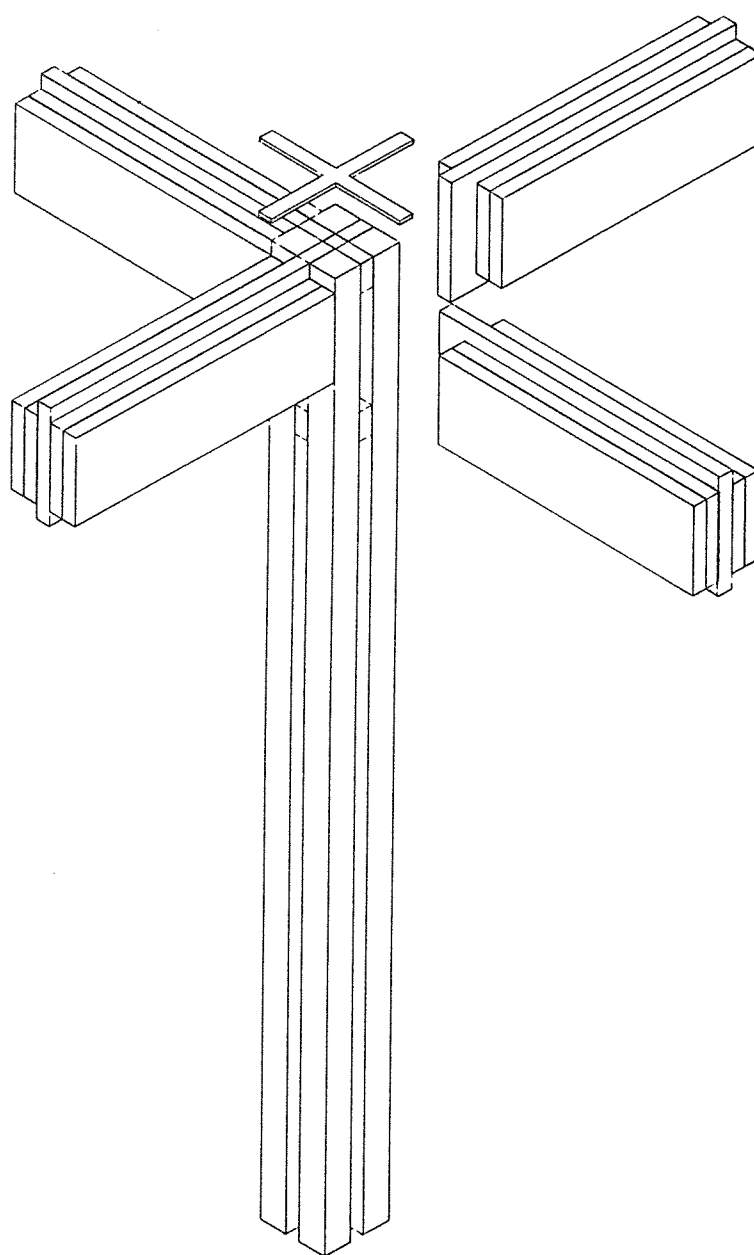


SK-5

4本合わせ柱+合成梁

【特徴】

梁と柱は金物を用いて留める。

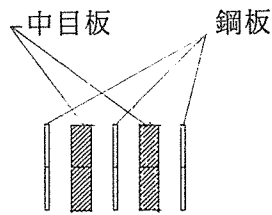


R-6

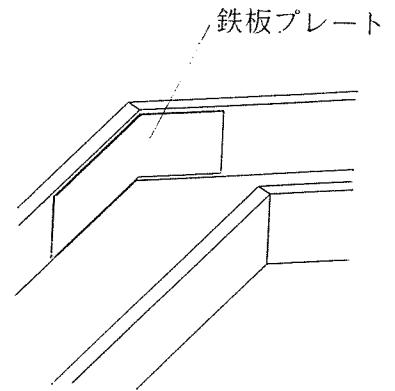
組み立てアーチ構造

- 【特徴】 板を合わせ、繋げてアーチを作る。
- 【メリット】 板材をうまくつなぐ事でアーチが作れる。
- 【検討課題】 剛にするために接合部に鉄板を入れボルトで締める。
2枚合わせの板の内と外に3枚の鉄板で挟みボルトで締める方法もある。

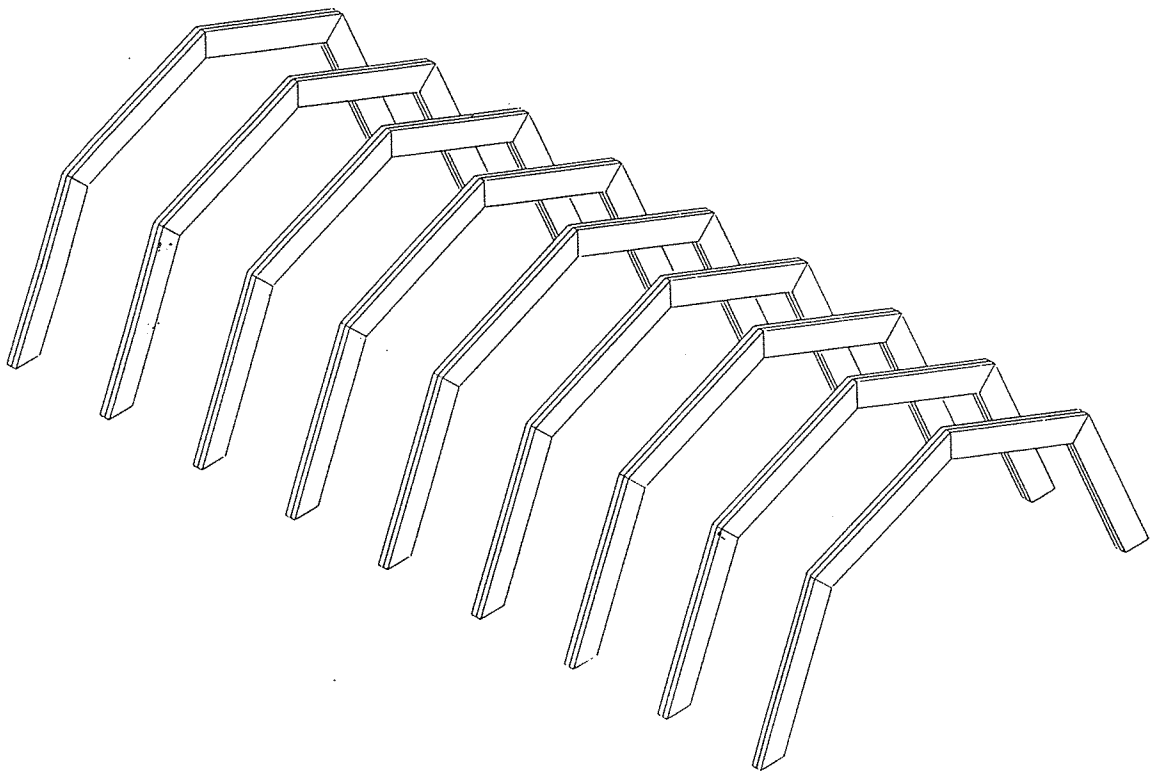
ボルト締めでなく、鉄板ごと釘で打ち抜く方法もある。



参考ディテール



ディテール

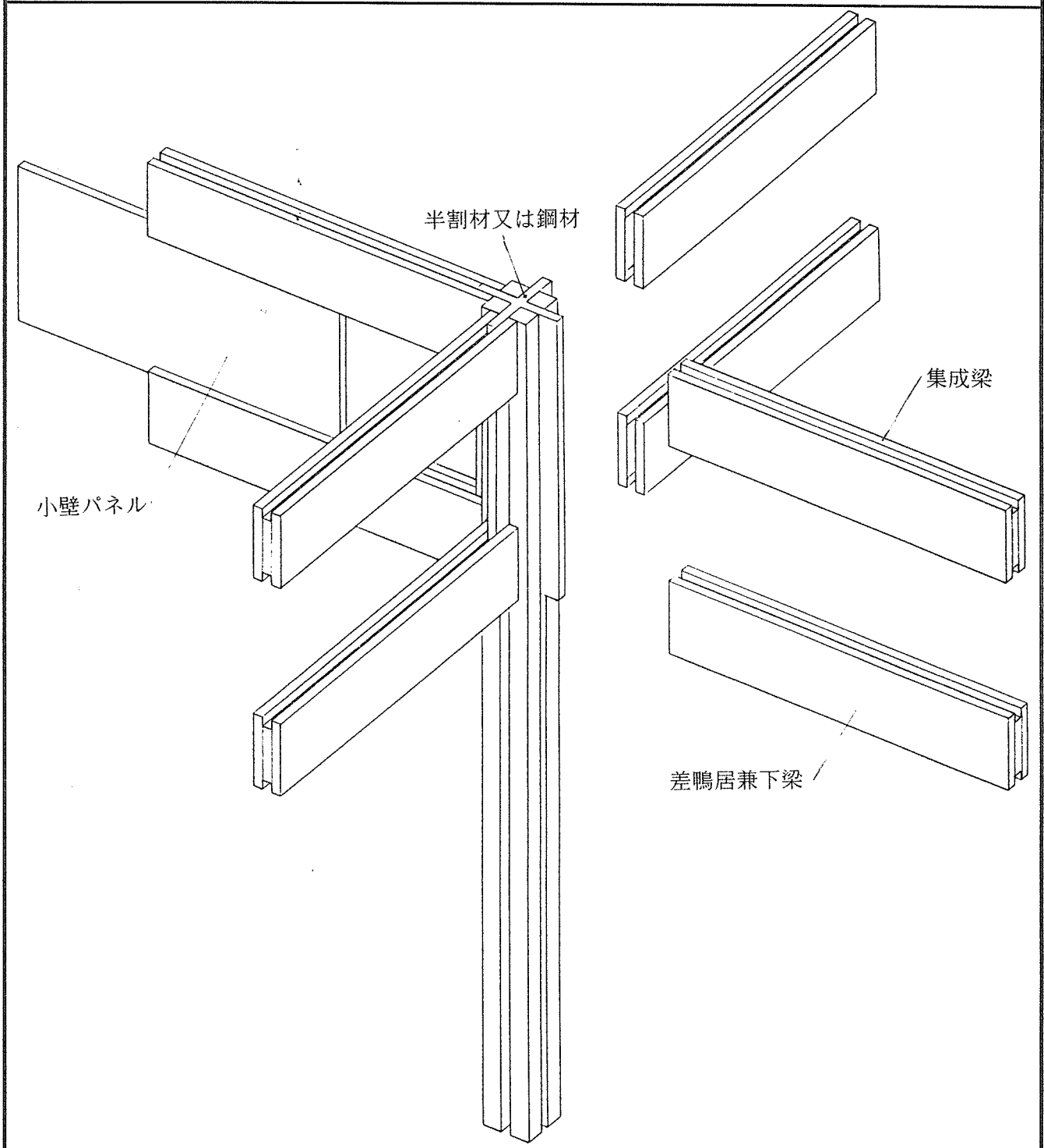


SK-1

4本合わせ柱+2段梁

【特徴】 中目材から切りだした正角材を、4本合わせて柱にする。梁は、中目板を組み合わせた集成梁を上下2段に取り付け、これを小壁板で一体化する。柱-梁の接合部には、半割材または鋼材の接合用部材を合わせ柱に取り付ける。

【検討課題】 柱-梁の接合部



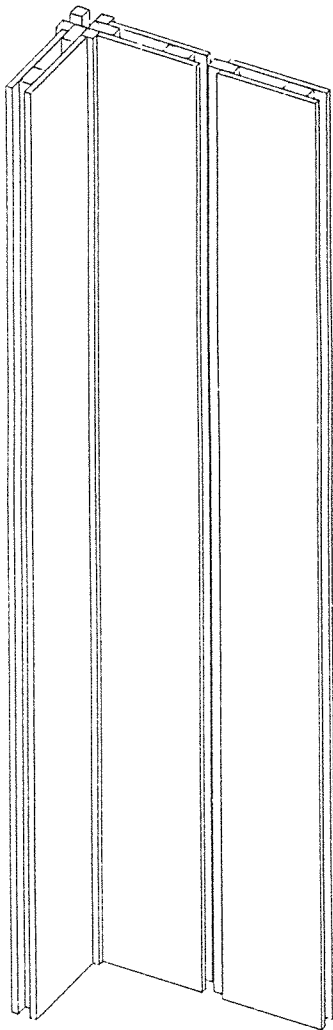
SK-2

4本合わせ柱+壁パネル

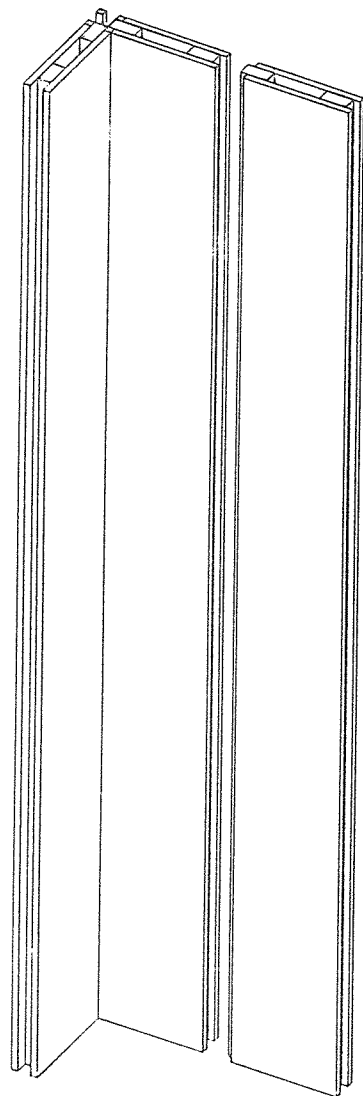
【特徴】 パネルを作り、壁構造にする。

【検討課題】 ○パネルの交差する部分の材を細くしてパネルと同一面にしてもよい。
○パネルの幅は450mmくらいがよい。

a) 柱材断面大



b) 柱材断面小

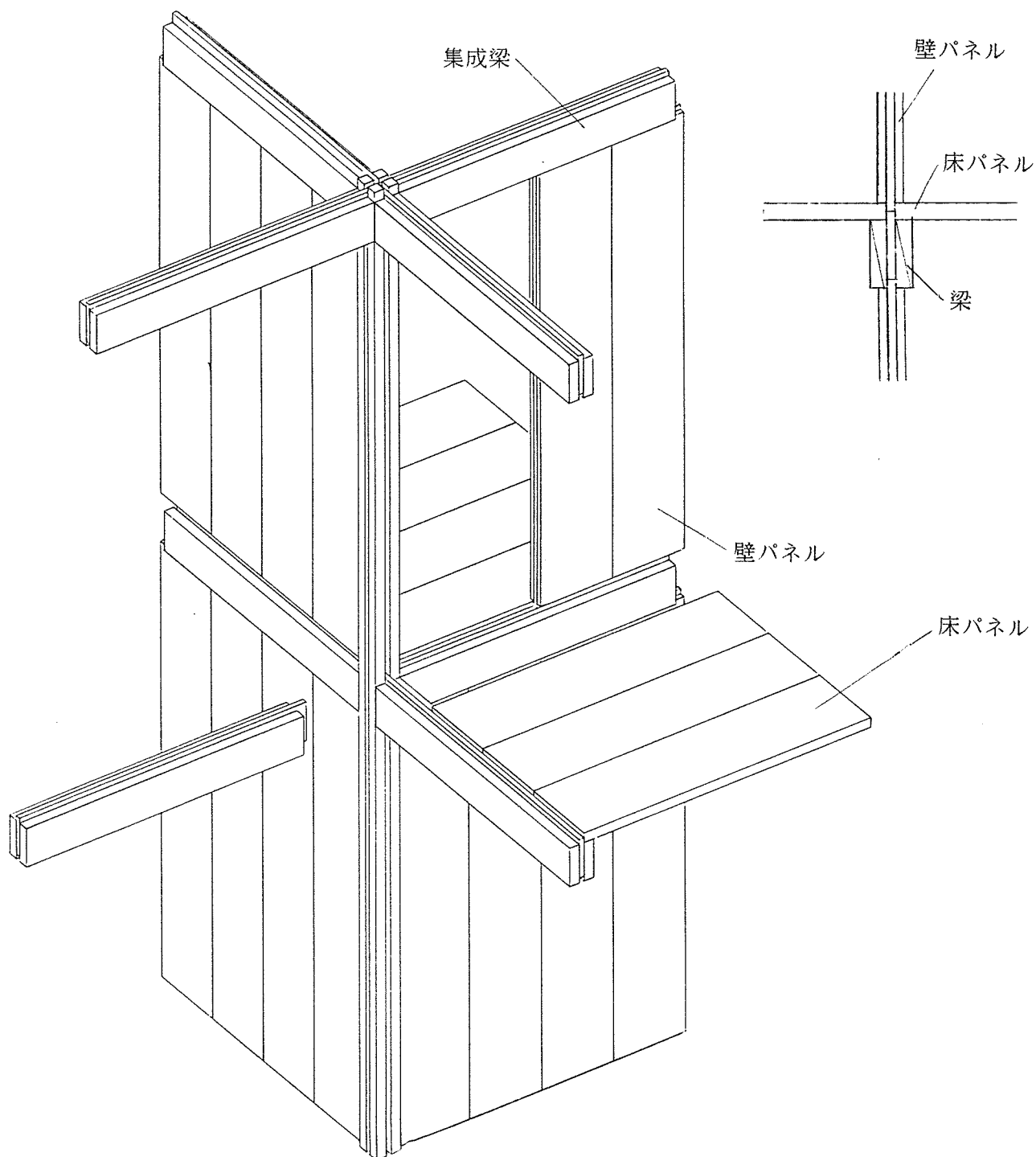


SK-3

4本合わせ柱+壁パネル+床パネル

【特徴】

【検討課題】 単一材の4面に溝をつけた柱でも同じシステムができる。



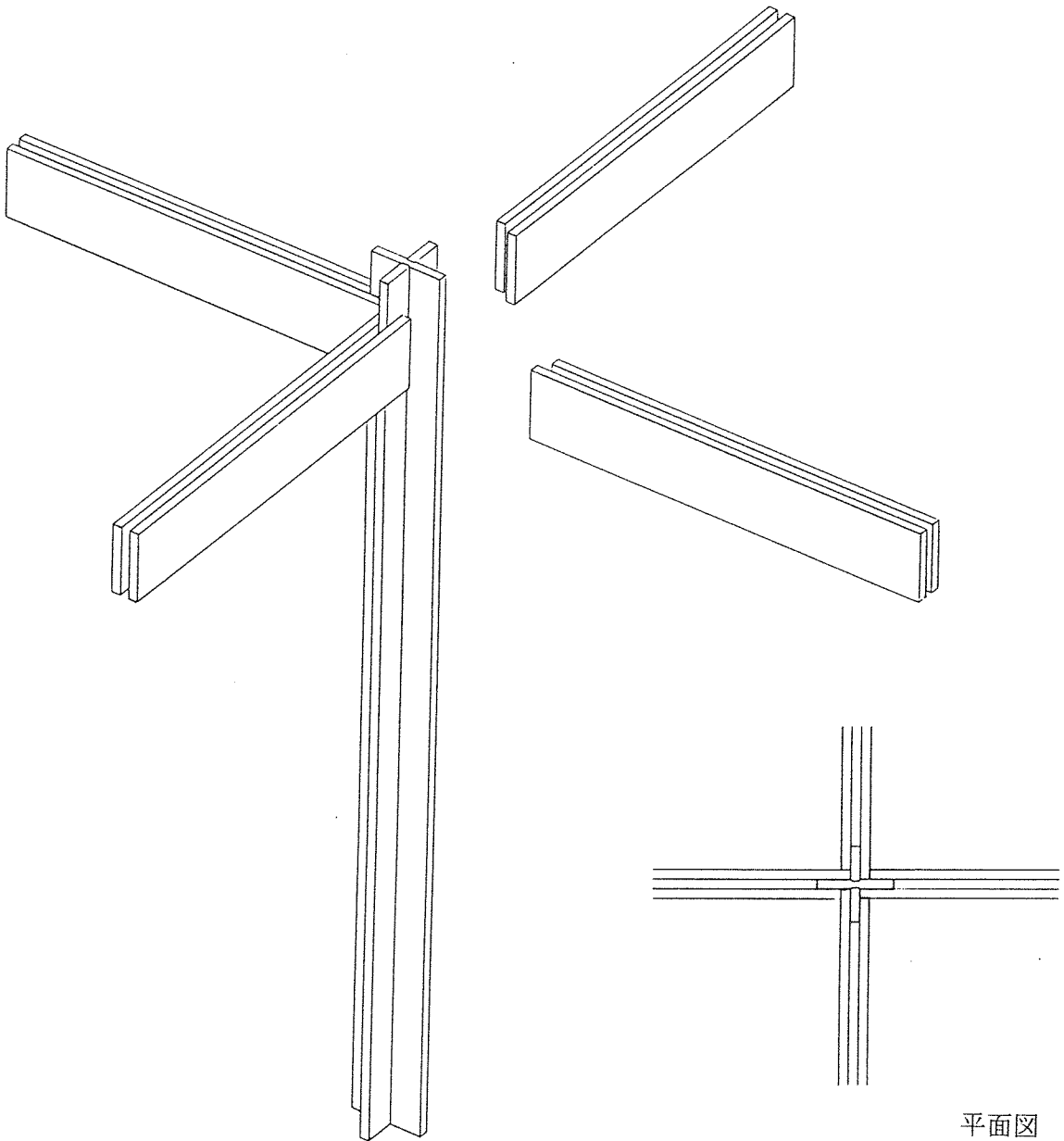
SK-4

十字柱+合わせ梁

【メリット】 SK-8との組み合わせがよい。

【問題点】 十字柱自体の作り方が難しい。

【検討課題】 壁にパネルを用いる場合。
 ○2枚のパネルで柱を挟む。
 ○1枚のパネルを合わせ梁の間に入れて柱とは突きつけとする。

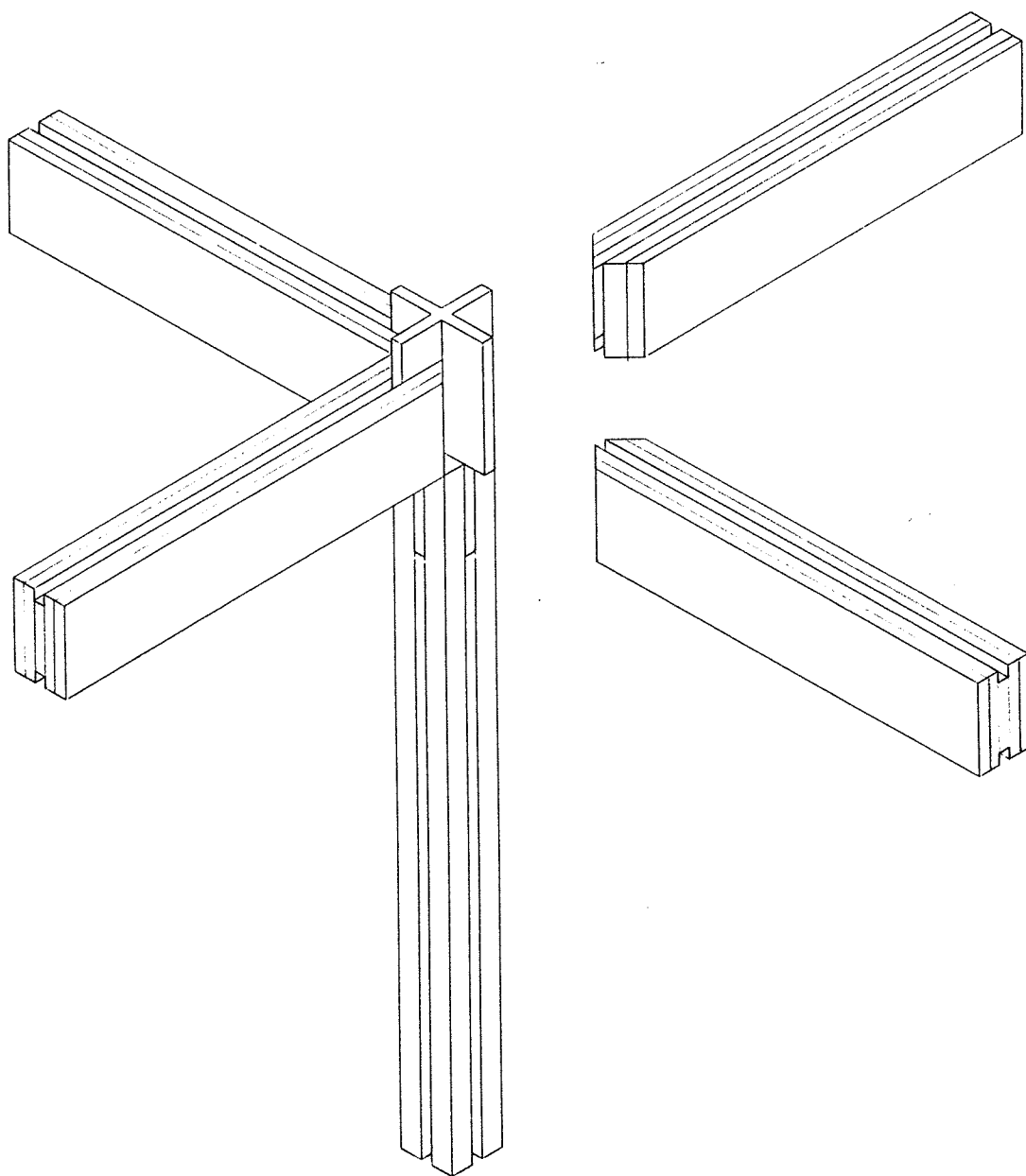


SK-6

4本合わせ柱+合成梁

【特徴】 SK-5の変形。

【検討課題】 十字の金具を延ばして、合わせ柱との納まりを考える。



SK-7

相欠き合わせ梁

【問題点】

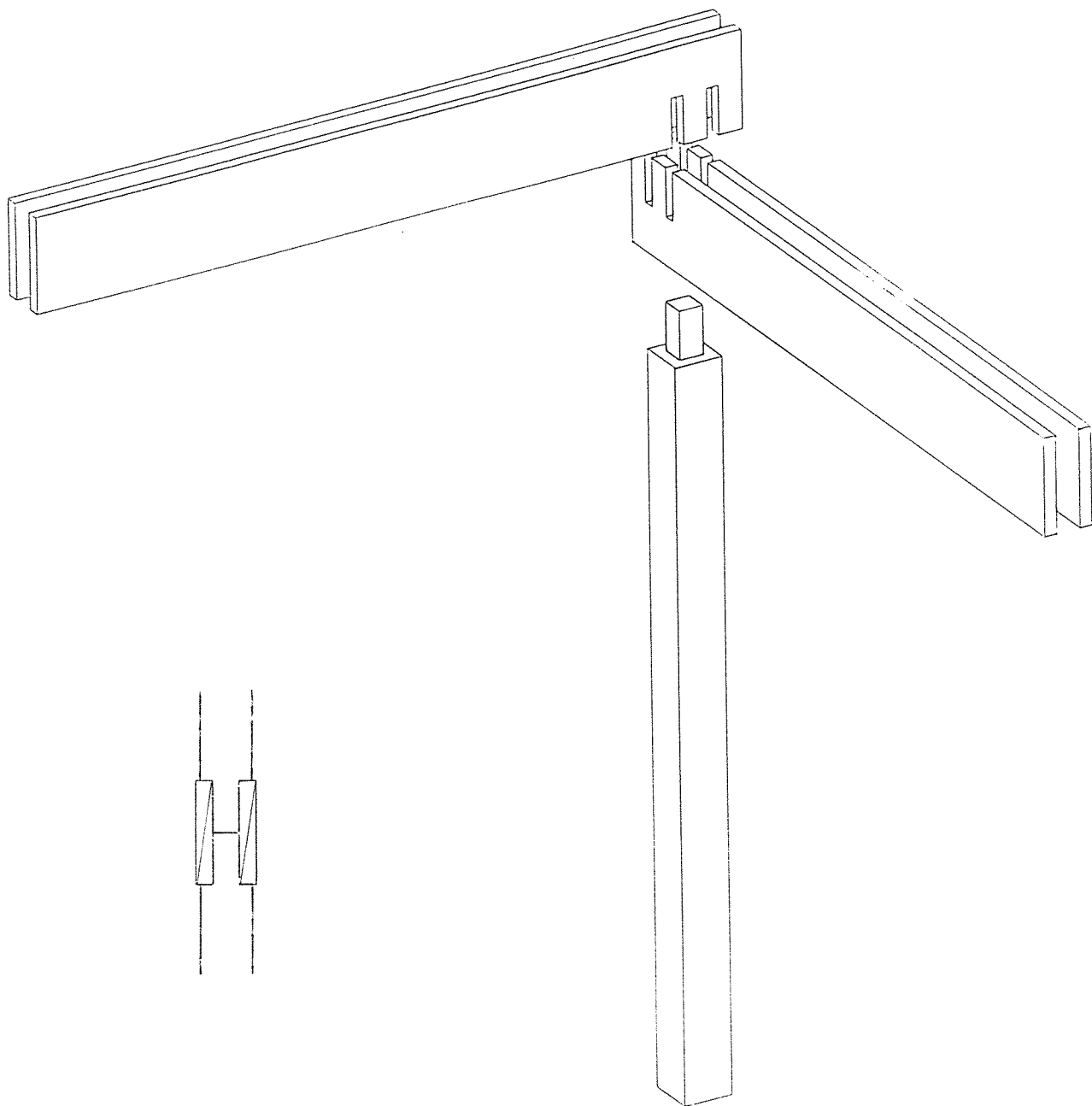
梁材の断面欠損が大きい。



- 金物で補強する。
- X方向とY方向で高さを変える。

【検討課題】

・壁など他との納まりをどのようにするか考える。



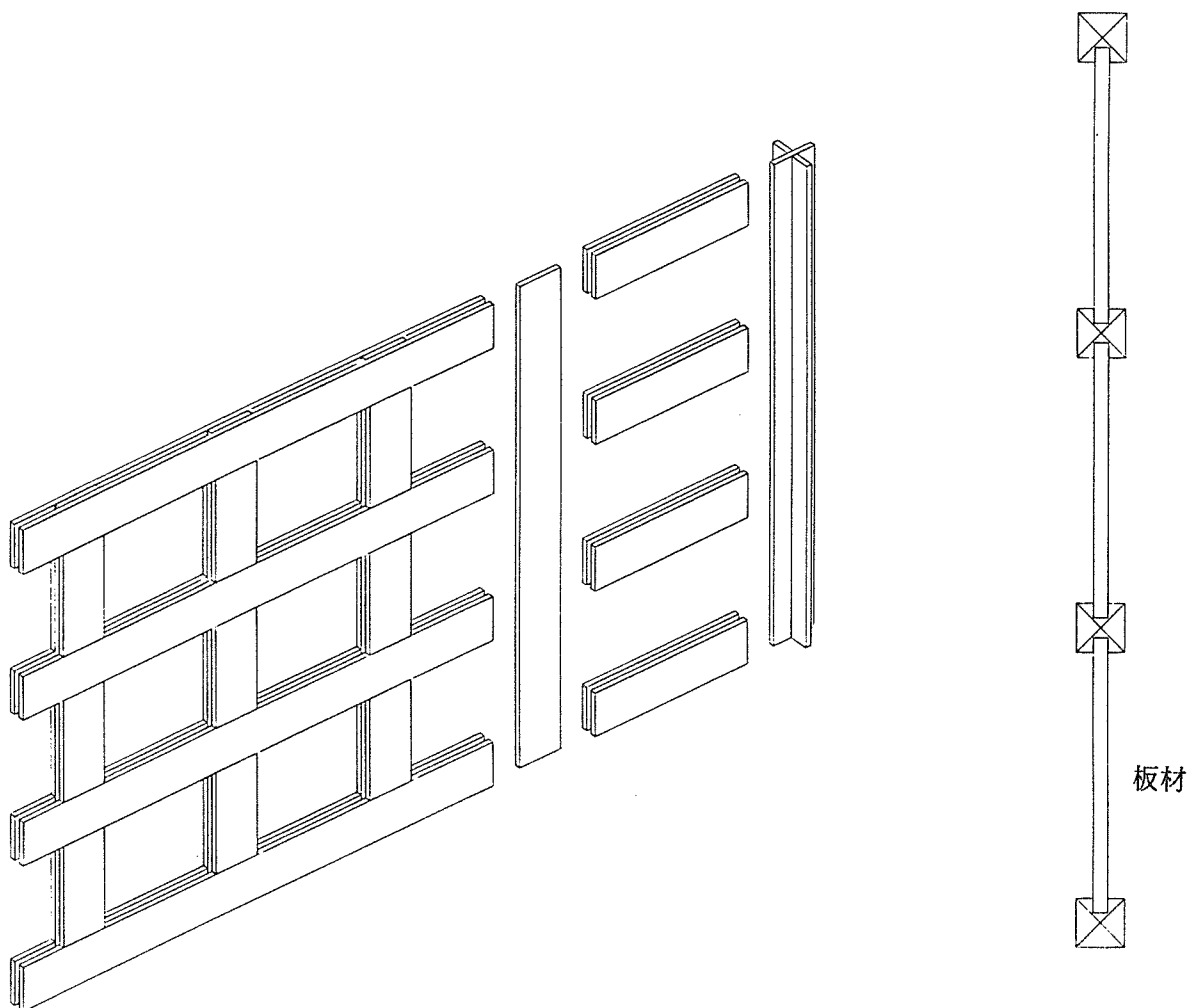
SK-8

格子壁 (1)

【問題点】 床梁の載せ方をどのようにするかで問題が大きい。
太くて短い釘が必要である。

【検討課題】 開口の設け方。
小壁の埋め方。

小壁を入れれば壁構造になる。



沖縄ハウスの参考例
(立断面)

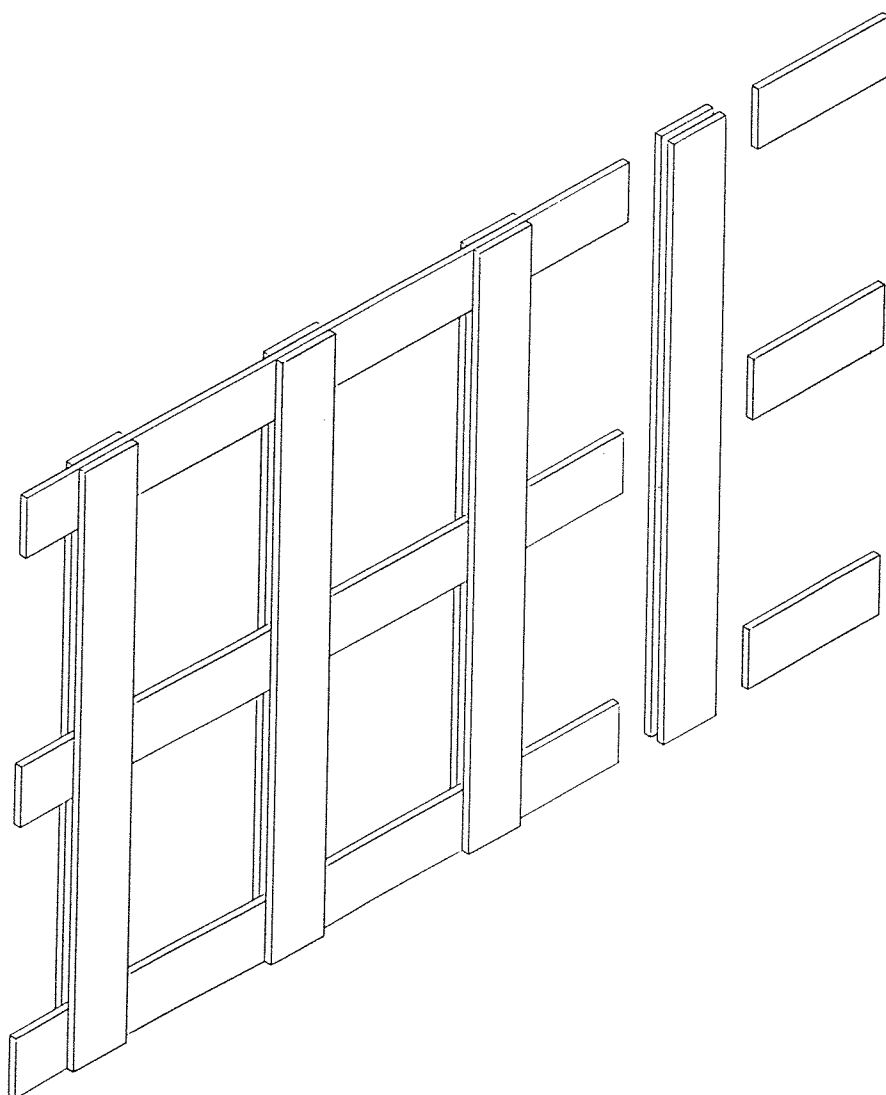
SK-9

格子壁 (2)

【特徴】 格子壁 (1) とは縦横が逆。
貫構造に近い。

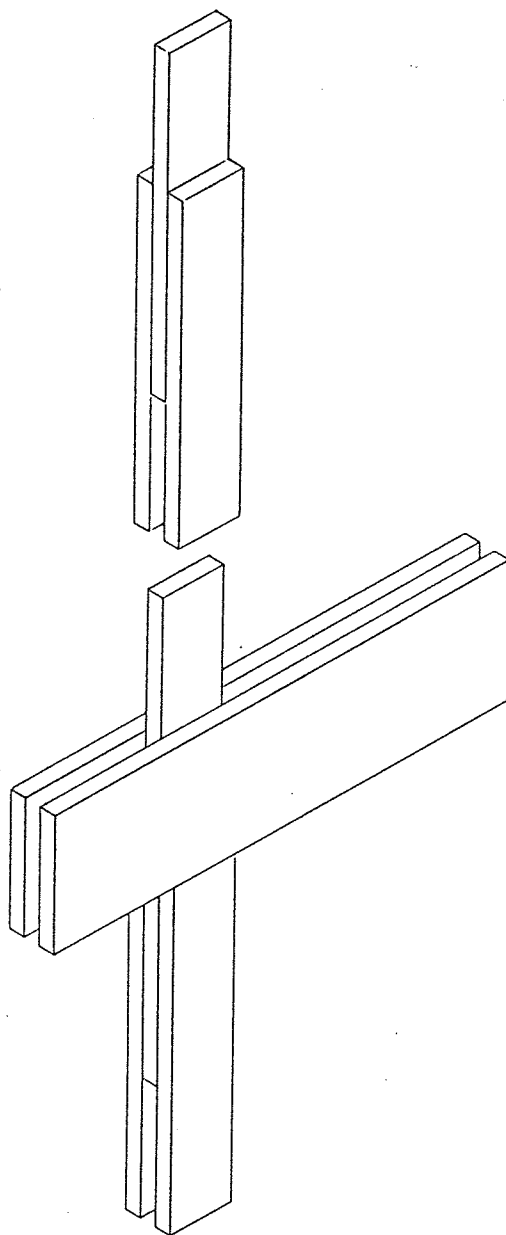
【メリット】 柱の間に筋違いを入れることができる。

【検討課題】 土台とのアンカーをどのようにするか。



SK-10 柱の縦継ぎ

- 【特徴】 SK8の変形である。
間柱としての使用ならば考えられる。
- 【メリット】 落とし壁のガイドとして利用できる。
- 【検討課題】 構造柱としては力学的な検討が必要。

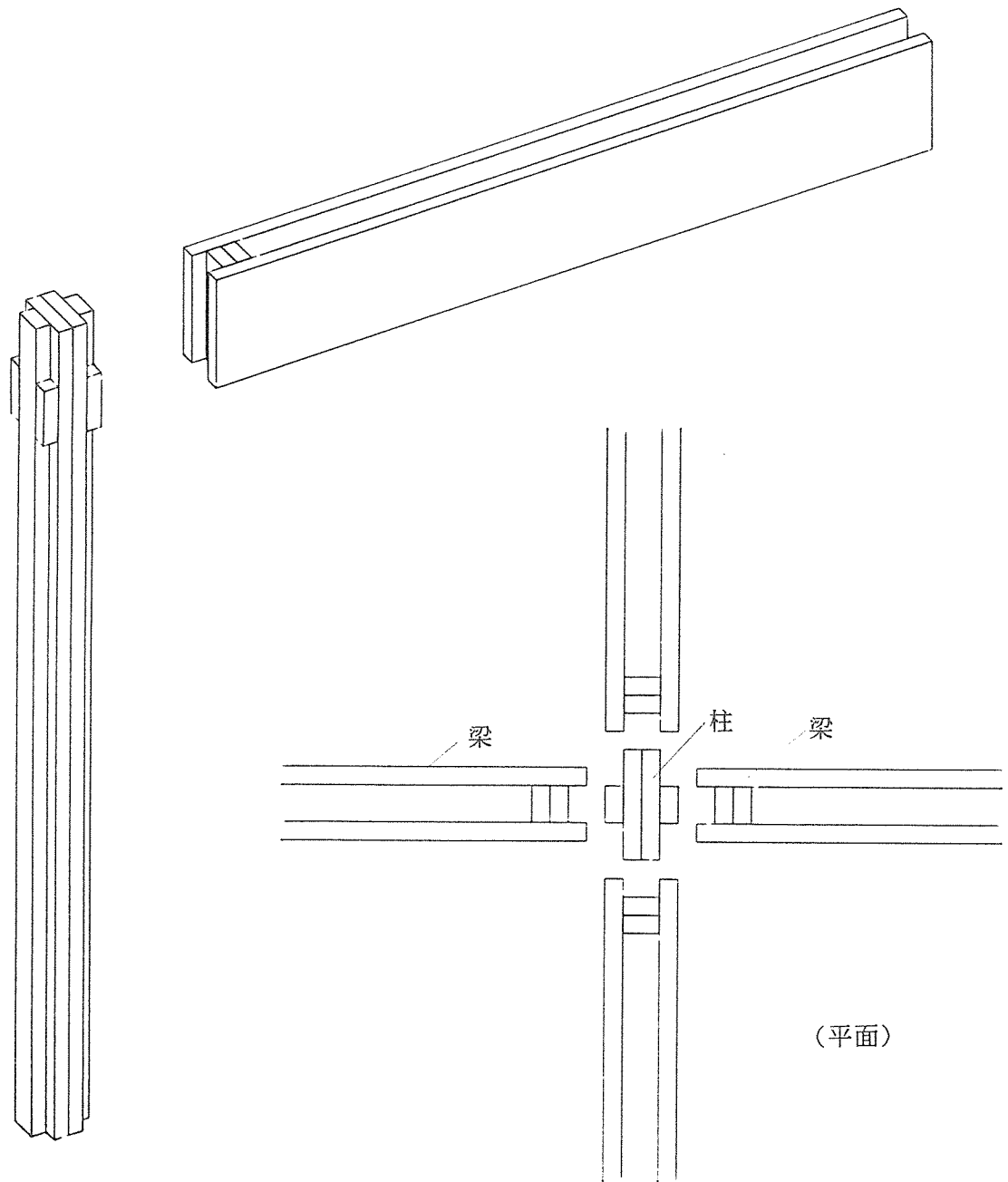


SK-11 集成十字柱+合わせ梁

【検討課題】 柱と梁の接合方法をどのようにするか。
釘打ちにより現場で施工するのか。

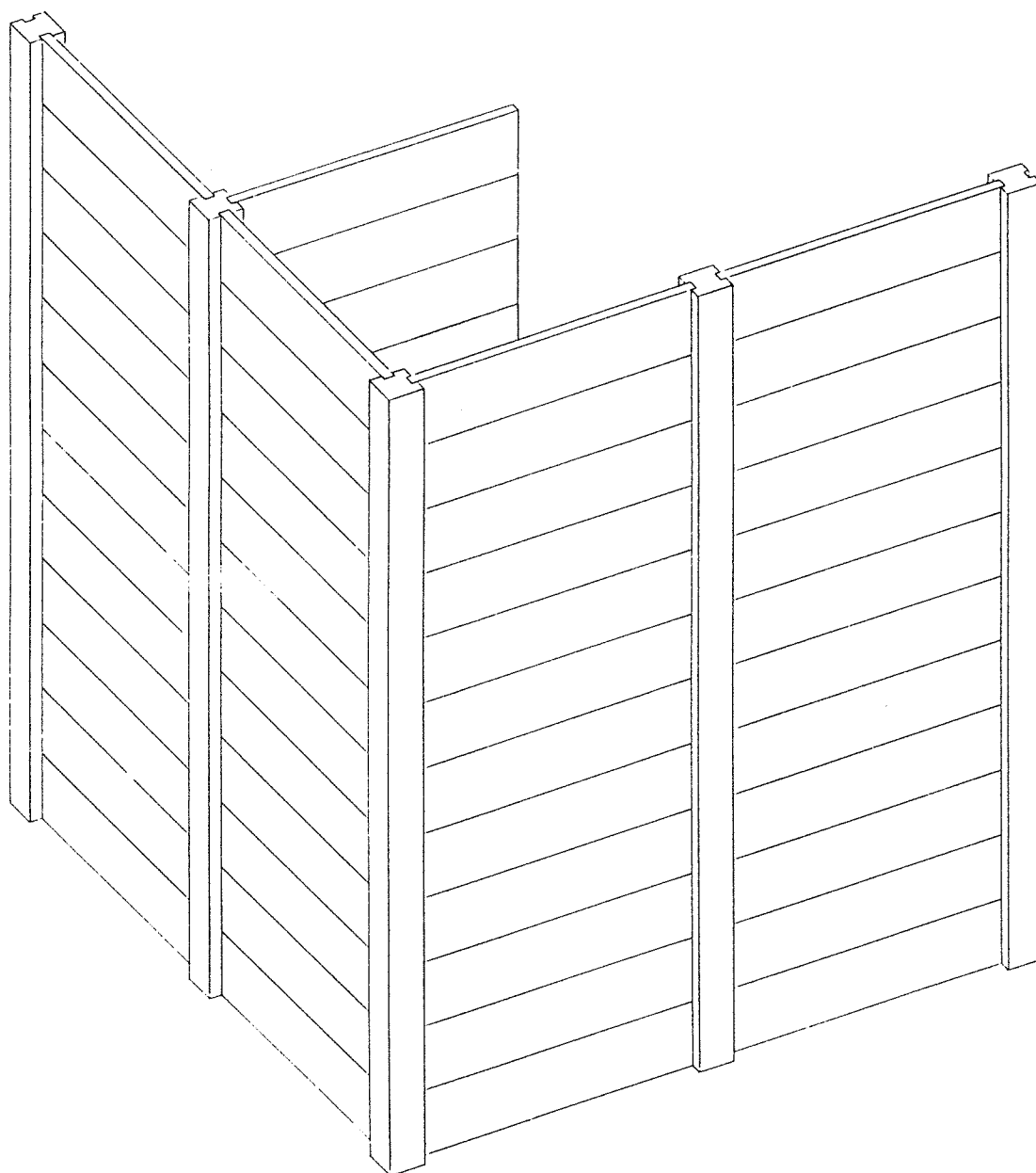
せん断受けを付ける。

別図のような断面も考えられる。



SK-12 落とし板壁

- 【特徴】 柱に設けた溝に、板を落とすことによる耐力壁構造。
- 【問題点】 落とし板を十分に乾燥させておく必要がある。
歪み直しが困難。
- 【検討課題】 梁との接合方法。
溝と板とのクリアランス（許容範囲の問題）の関係。
水平剛性を発生させる機構（釘、だぼ、車知、さねなど）。



SK-13

壁パネルと軸組

【特徴】

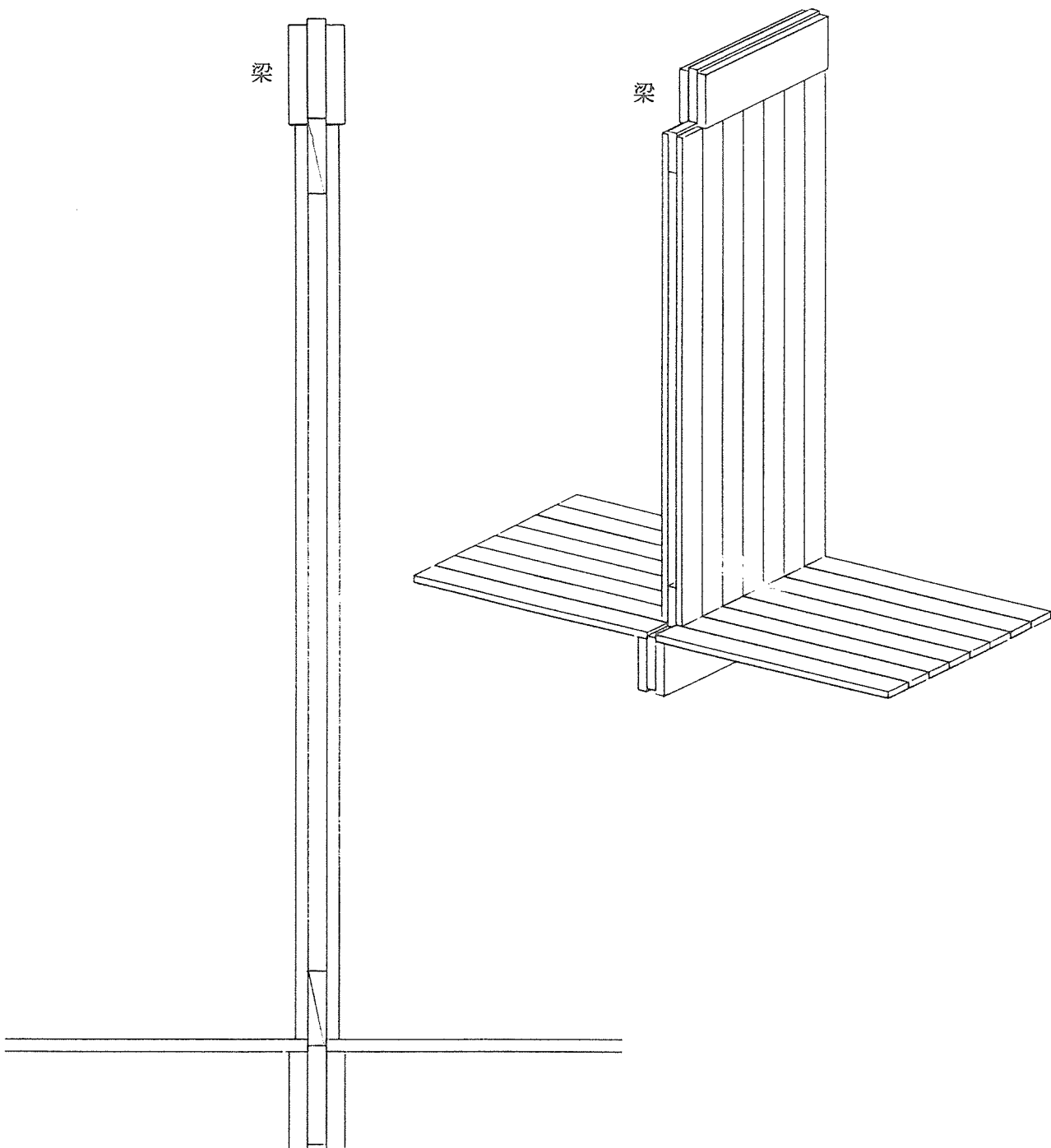
集成梁を用いた軸組に、壁パネルを取り付ける。壁パネルは、上下の水平材両面に中目板を打ちつけたもの。パネルの上下の形状は、集成梁に取り付けられるように、調整しておく。

【検討課題】

建方。パネルは、軸組を建て上げてからでは取り付けることができない。

梁

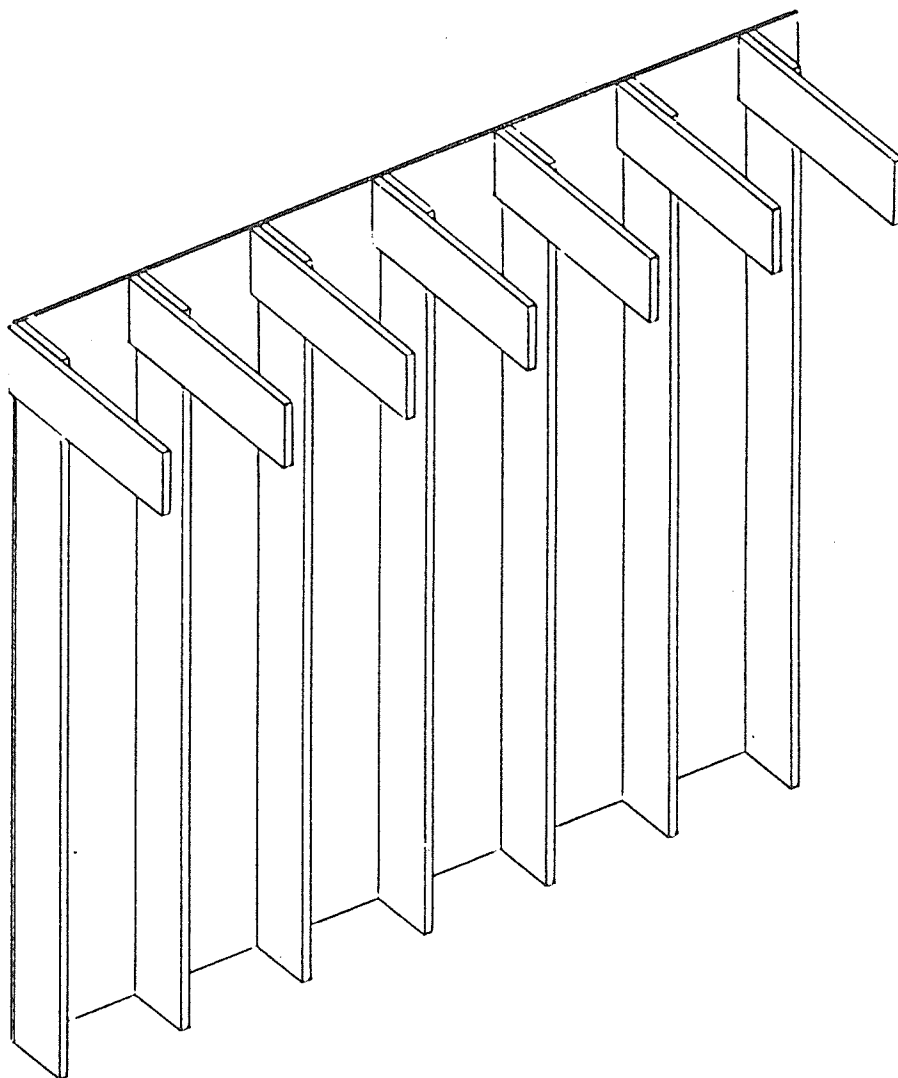
梁



W-1

バルーン構法

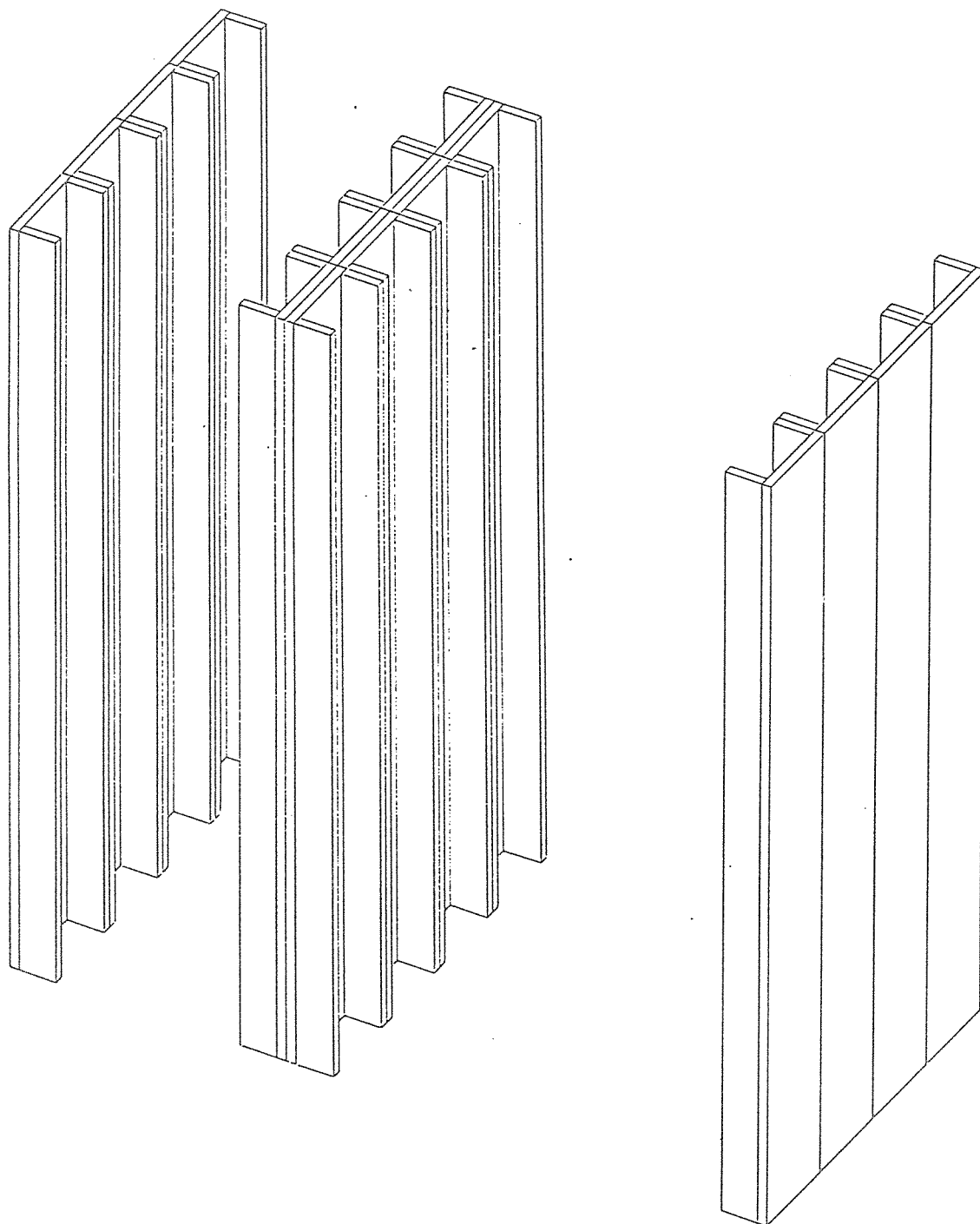
- 【特徴】 バルーン構法の一つ。床根太は縦枠材に直に打ち付ける。
板をなるべく密に入れる。
- 【メリット】 R-6との組み合わせがよい。
- 【検討課題】 合板の継ぎ目の受け材をどうするか。
プラットフォームにしないと小屋組ができるかどうか問題。



【特徴】 コ字型壁パネルを詰めて並べて構成される耐力壁。
1方向壁式。

【メリット】 懐に断熱材を入れることができる。

【検討課題】 床組の納め方。プラットフォームを想定。



【特徴】 半割柱を予め壁パネルに取り付けておき、これを並べて軸組構造を構成する。パネルを内々のモジュールとして用いるため、ダブルグリッドとなる。

【問題点】 現場での組立は大変である。

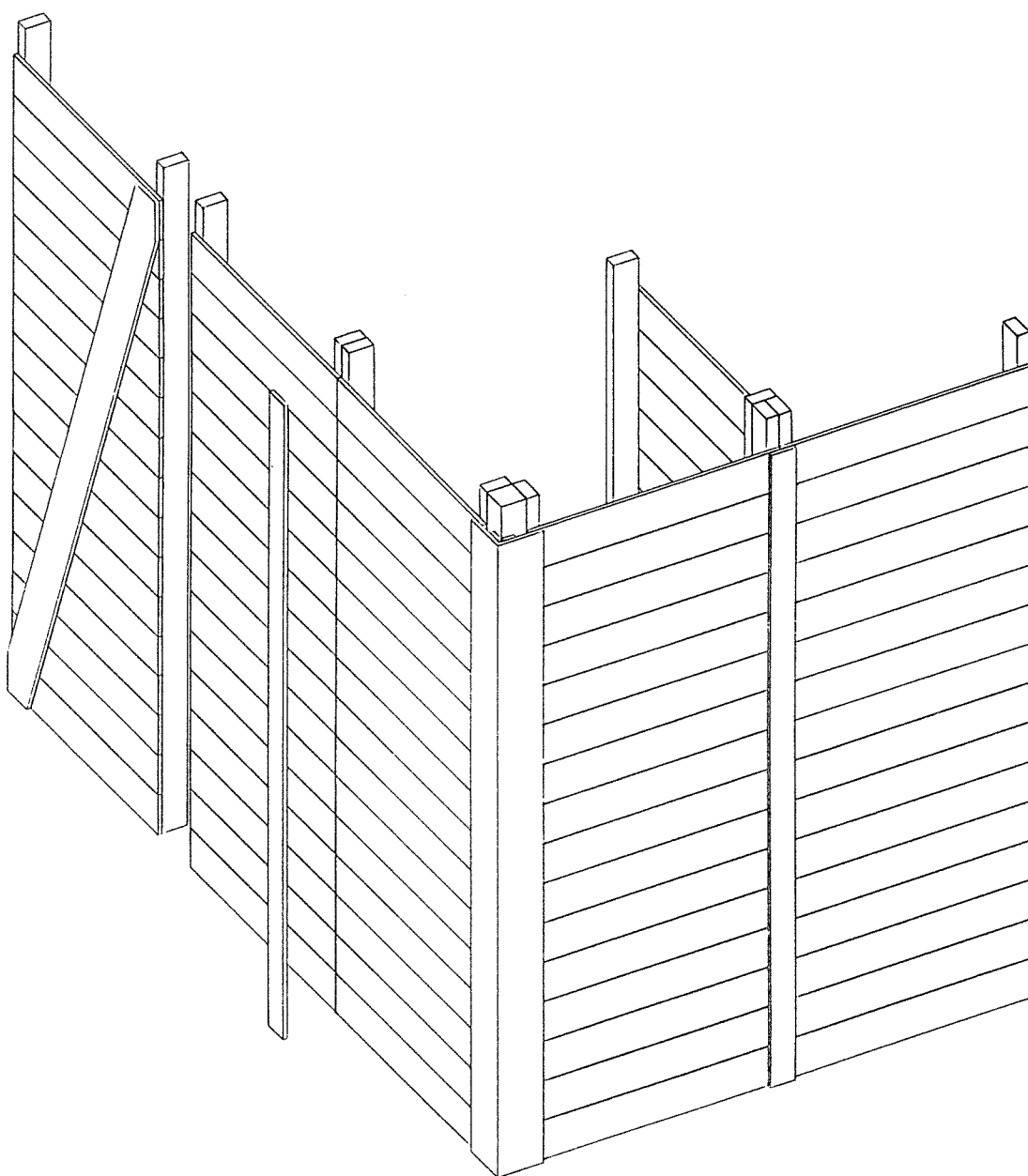
【検討課題】 耐力壁として水平剛性が不足する場合は、筋違いを併用する。

パネルの幅を6尺にしてもよい。

仕上げをどのようにするか。

パレットを作る自動機械で作成はできないか。

パネルは、シングルグリッドでの応用も可能である。

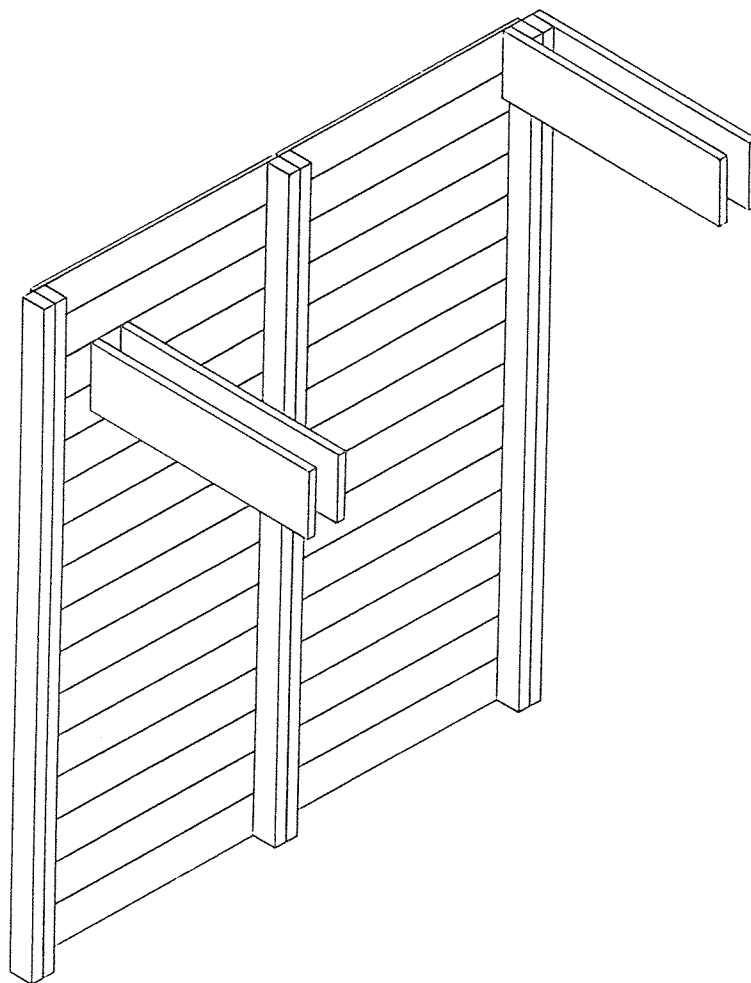


W-4

耐力壁パネル+合わせ梁

【特徴】 耐力壁の枠材を挟んで合わせ梁を取り付ける。

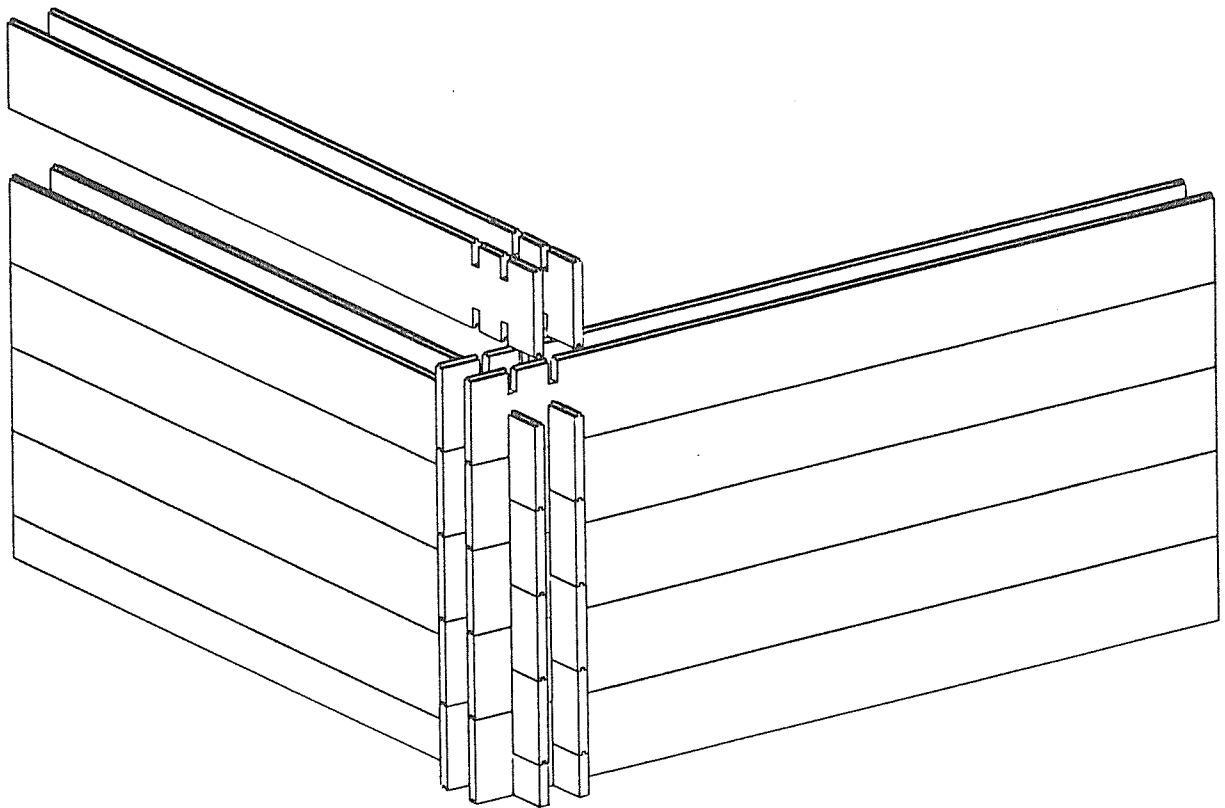
【検討課題】 パネルと横架材の納まりをどのようにするのか。
せん断力をどのようにするのか。



W-5

2重板倉

- 【特徴】 壁構造としての板倉を2重に構成する。
一番下は幅が半分の物を使用する。
- 【メリット】 板の間にパイプや配線を組み込むことができ、また断熱材も入れられる。
軽いのでセルフビルドにも適している。
- 【検討課題】 開口部をどのようにするかが問題（開口部周りには間柱が必要である）。



【特徴】

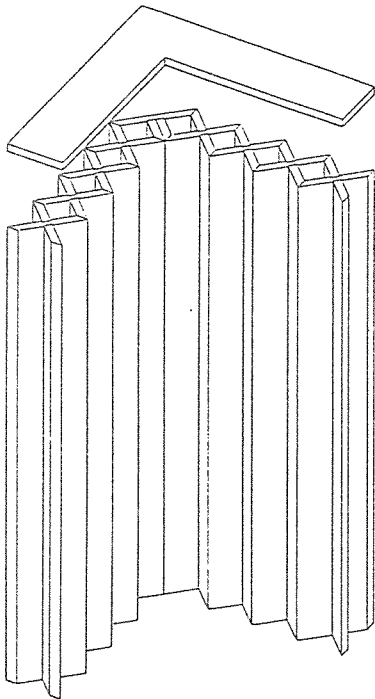
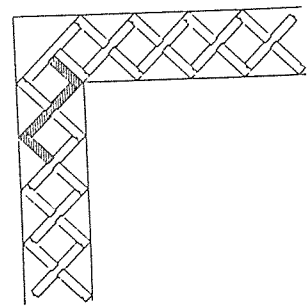
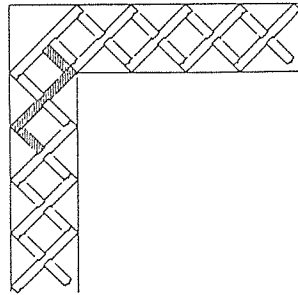
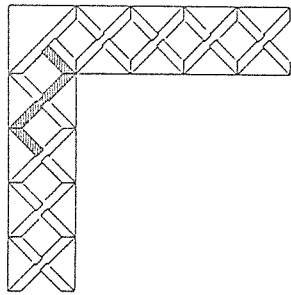
屏風状の耐力壁。

Z字型同一ユニットの組み合わせで壁を構成する。

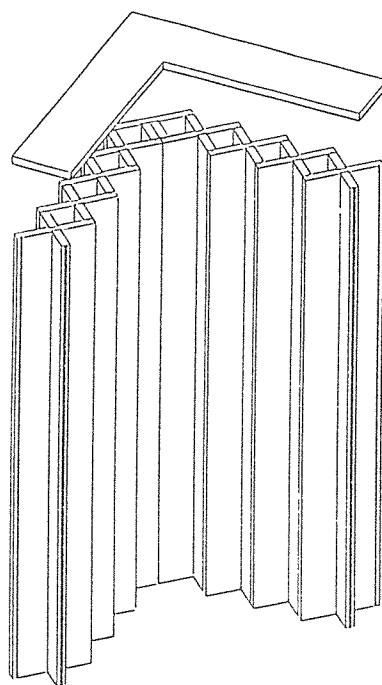
床は、幅広の頭繋ぎを介してプラットフォームとする。

【メリット】

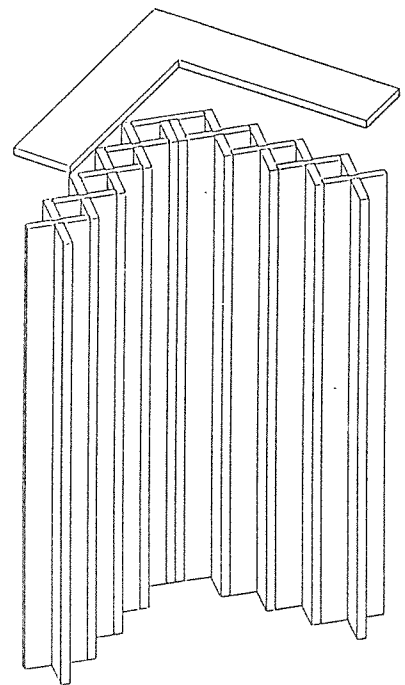
意匠的に特長がある。



a)



b)



c)

W-7

屏風状耐力壁 (2)

【特徴】

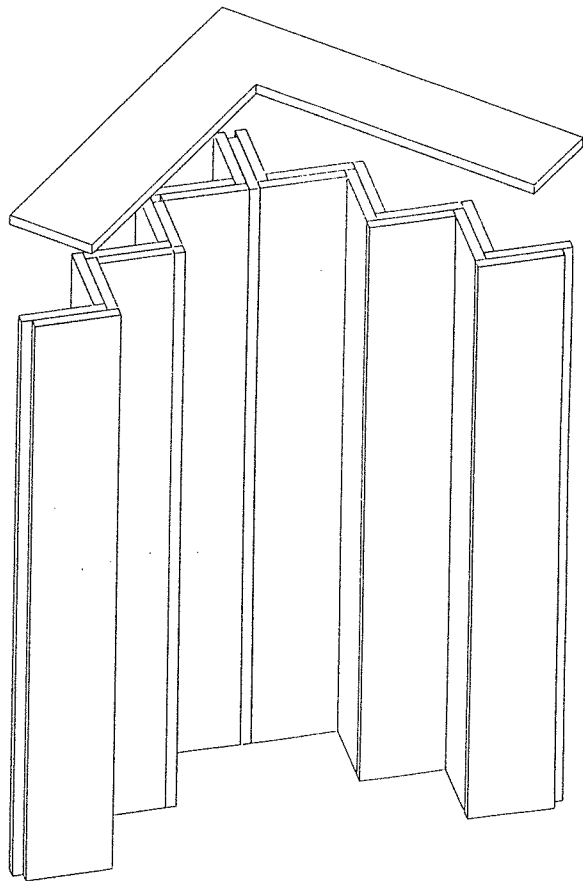
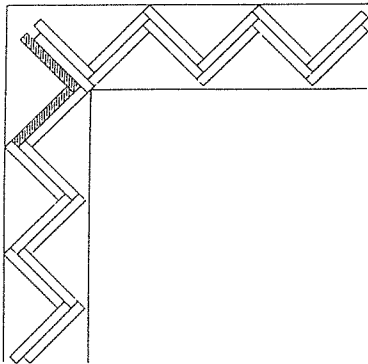
屏風状の耐力壁。

L字型同一ユニットの組み合わせで壁を構成する。

床は、幅広の頭繋ぎを介してプラットフォームとする。

【メリット】

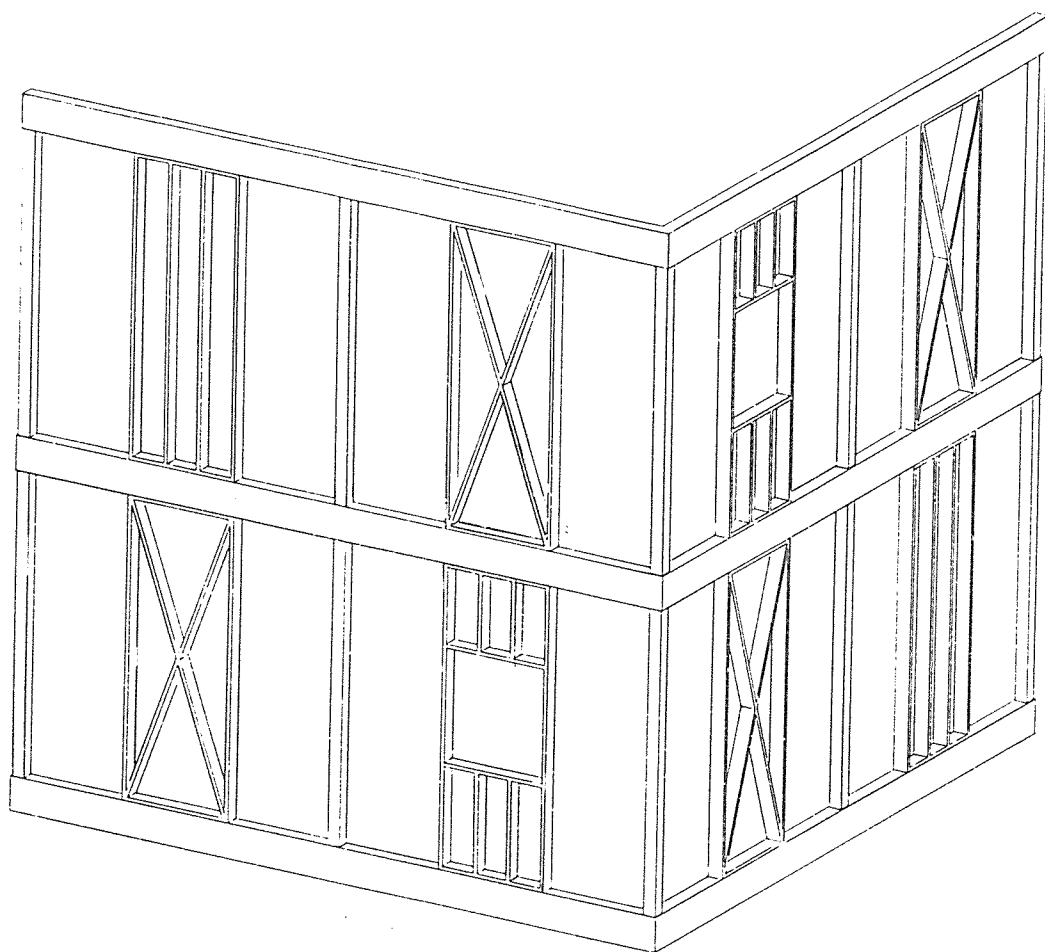
意匠的に特長がある。



W-8

軸組+壁パネル

委員会で別に検討された案。
報告書を参照。

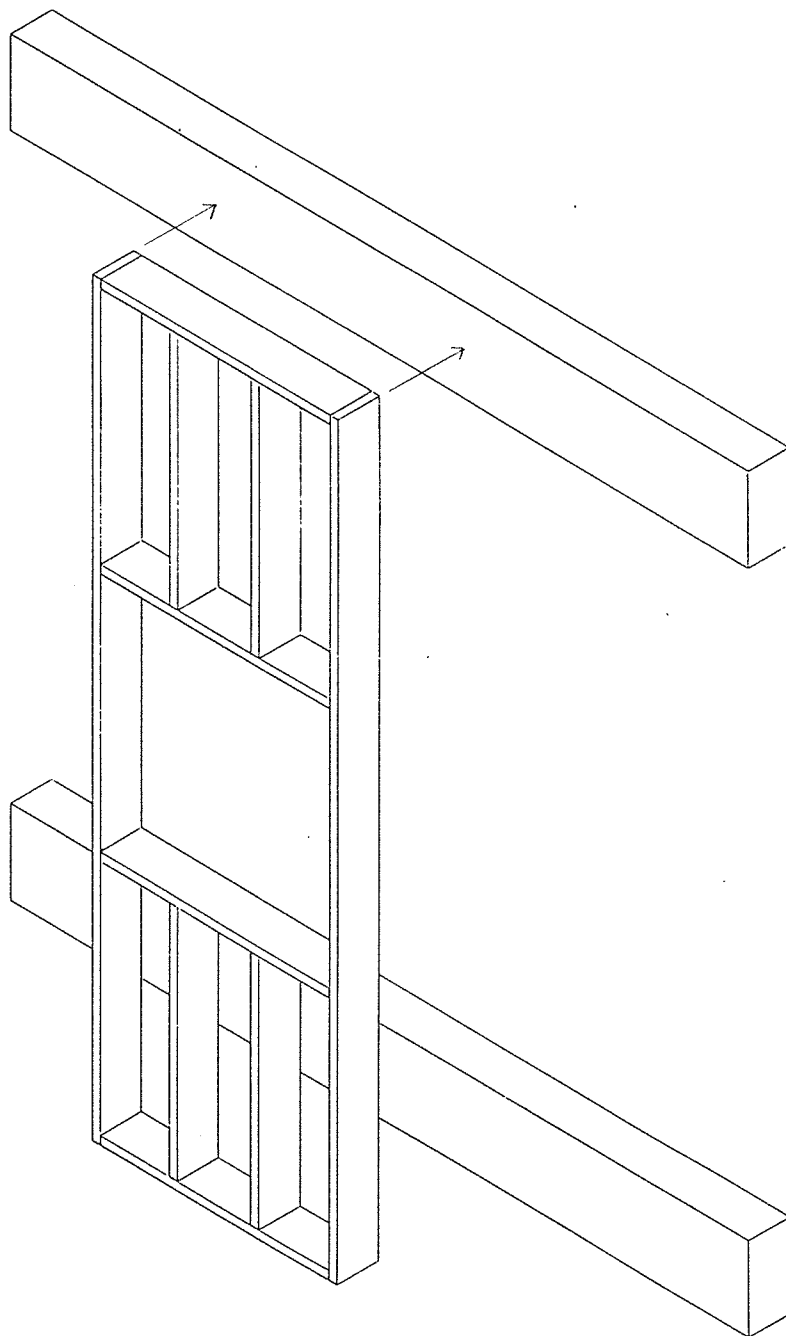


W-9

木製カーテンウォール

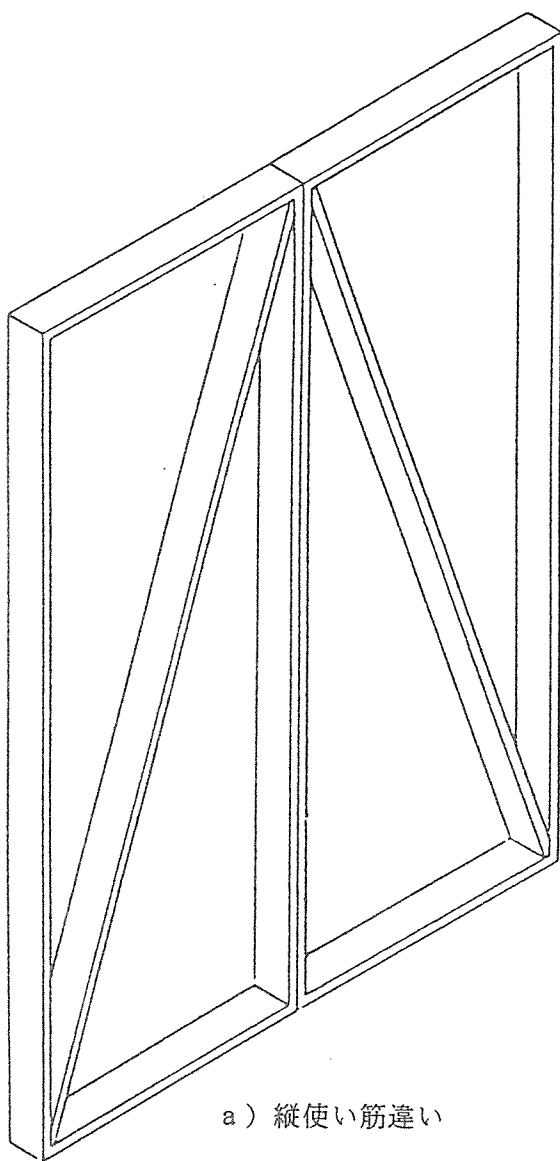
【特長】 木造軸組に、工場生産したパネルをカーテンウォールとして取り付ける。
軸組の外に取り付ける。

【検討課題】 取り付け方法。
引っかけて落とす。ホイトコを用いる。
変形追従性はどのようにするか。

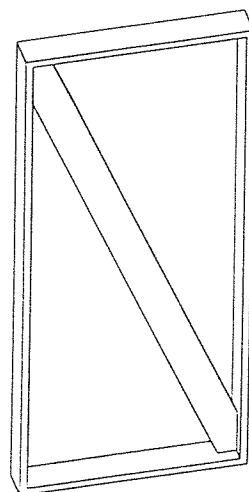


【特徴】 W-8や在来構法軸組などに組み込むための壁部品。

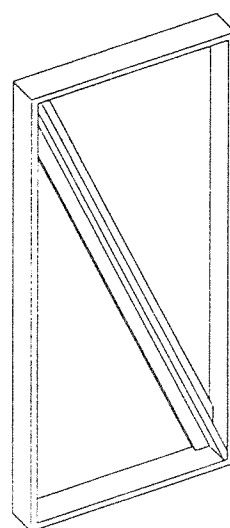
【検討課題】 筋違いを平使いすることも考えられる。
筋違いの断面の形をT字型にしてもよいのではないか。
軸組への取り付け方法。



a) 縦使い筋違い



b) 平使い筋違い



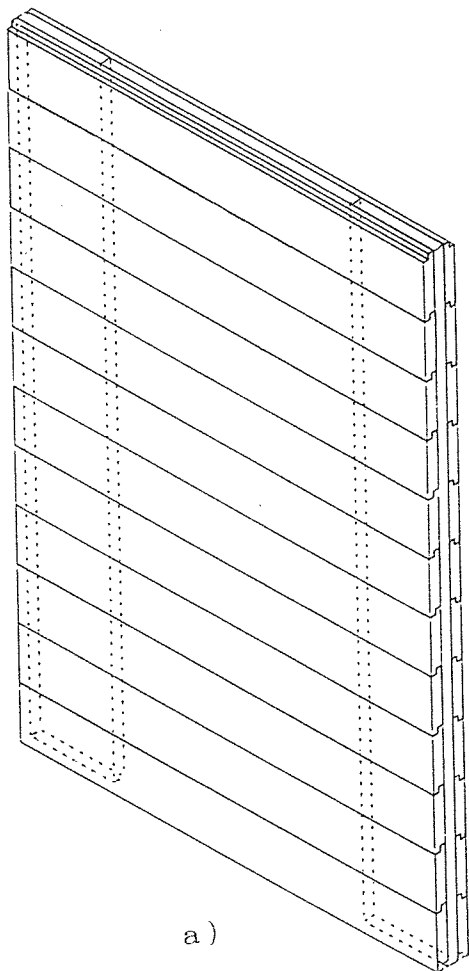
c) T字型断面筋違い

W-11

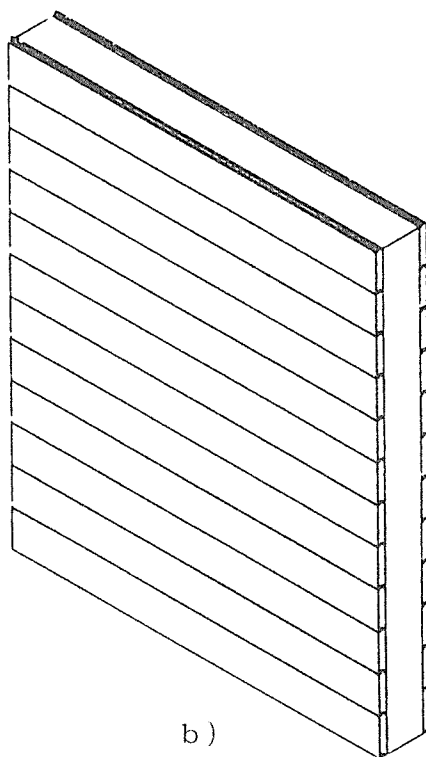
壁パネル

【特徴】

- a) 3層構成の壁パネル。真ん中の層は、板材を平・縦に使う。
- b) スタイロフォームなどの両面に、板材を接着して構成した壁パネル。
(R-CONのようなもの)



a)

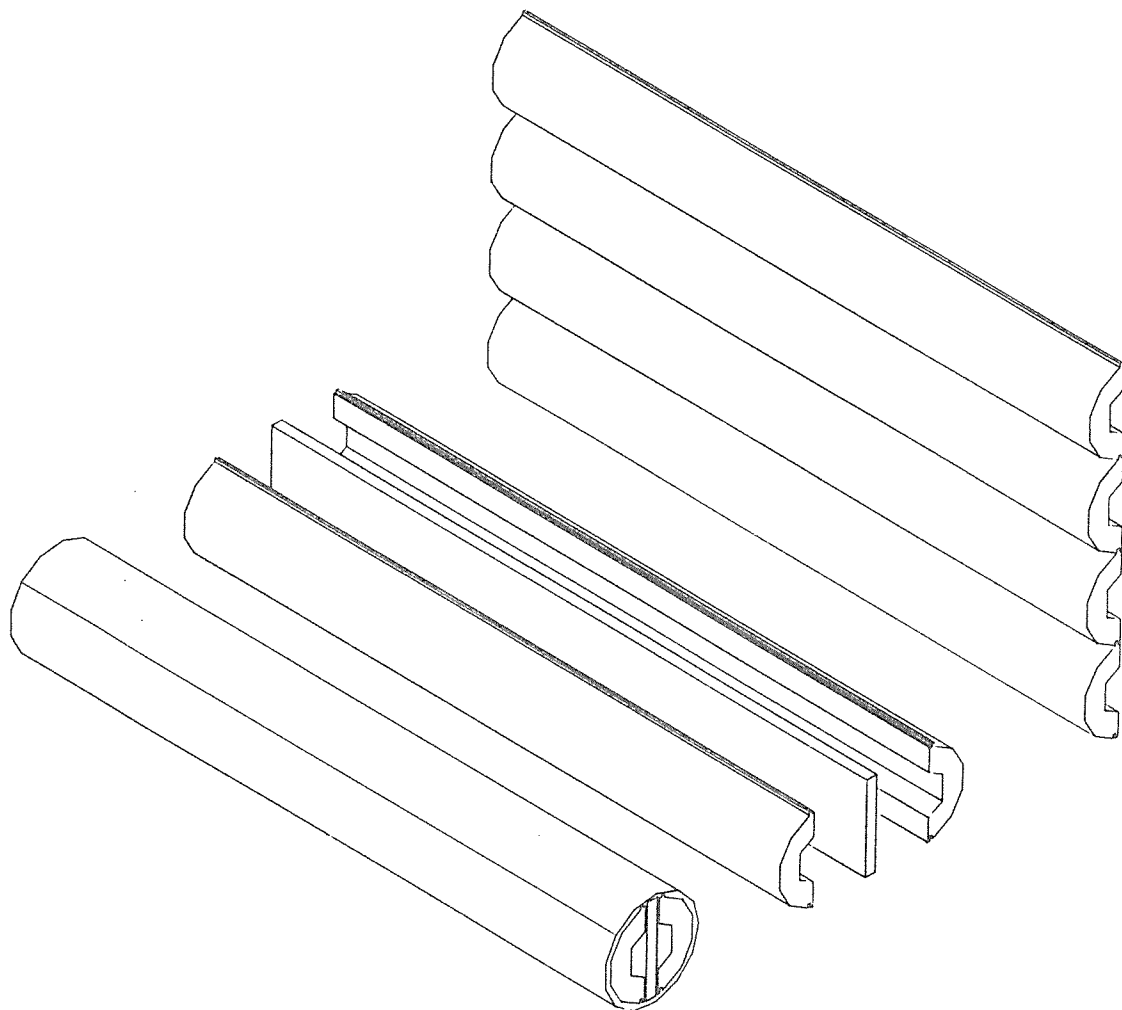


b)

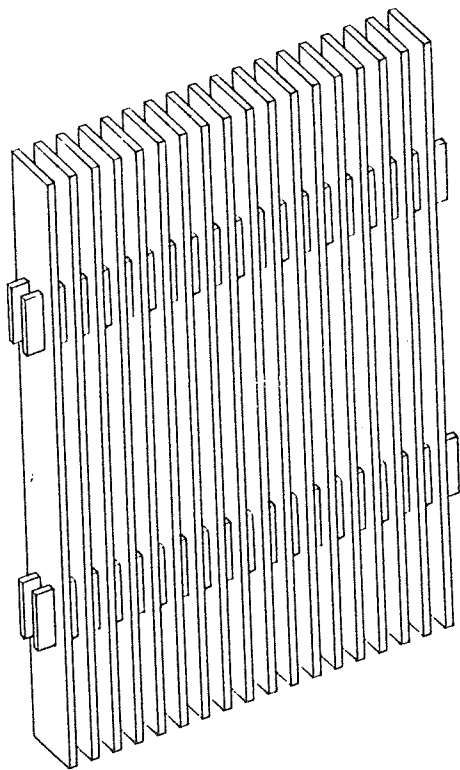
W-12

ログ風壁仕上げ材

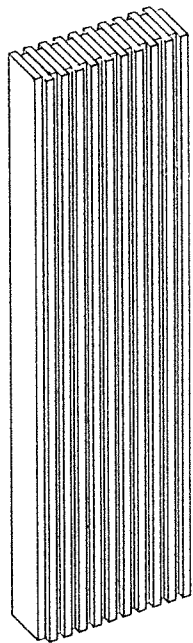
- 【特徴】 丸太から柂目をとったあとの半割状材に、芯去り、本ざね加工し、壁装材として用いる。
- 【メリット】 歩留まりのよい木取りができる。



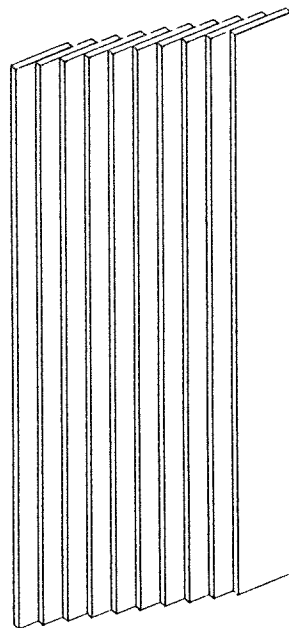
- a) 板をたくさん並べて、貫を通したものの。
- b) 板を凹凸にずらして積層集成したもの。
- c) 板を斜めにずらして積層集成したもの。



a)



b)



c)

W-14

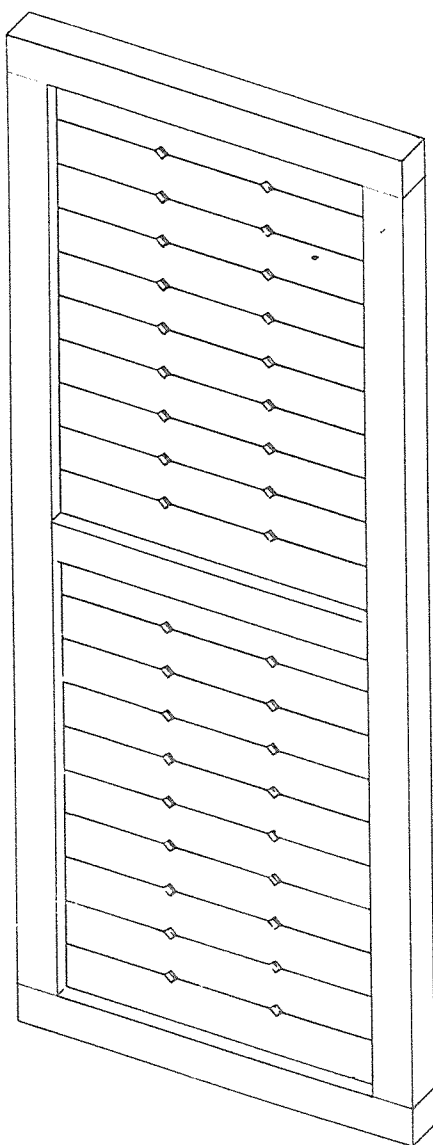
柱組み込み型耐力壁パネル

【特徴】

溝付きの柱に予め板を落とし込んだ耐力壁パネル。
だぼなどは用いず、柱で挟んで締め付けることにより耐力を得る。

【検討課題】

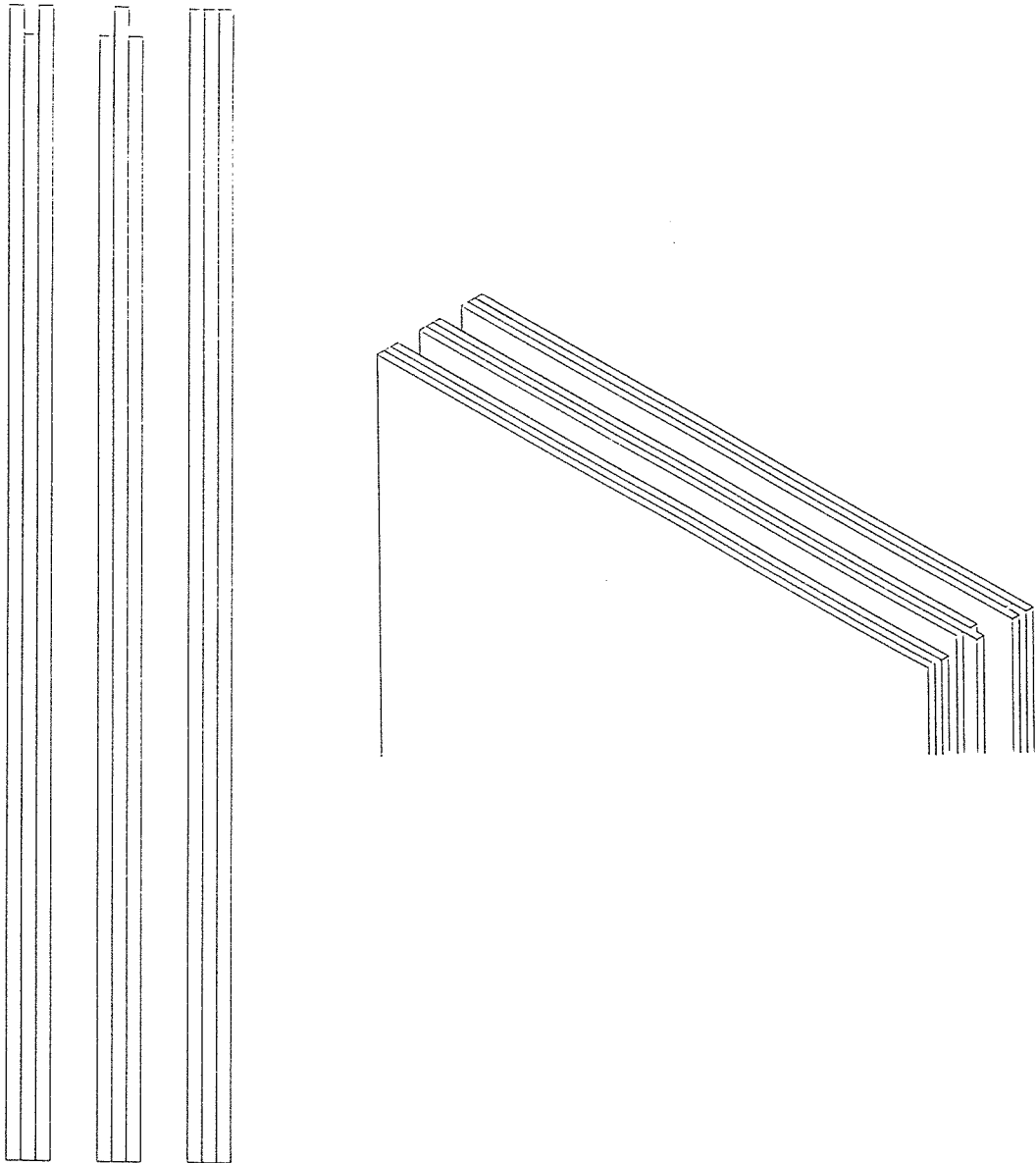
引き付けの方法。



W-15

壁パネルの形状

柱や梁との組み合わせによって、壁端部の形状を工夫する。

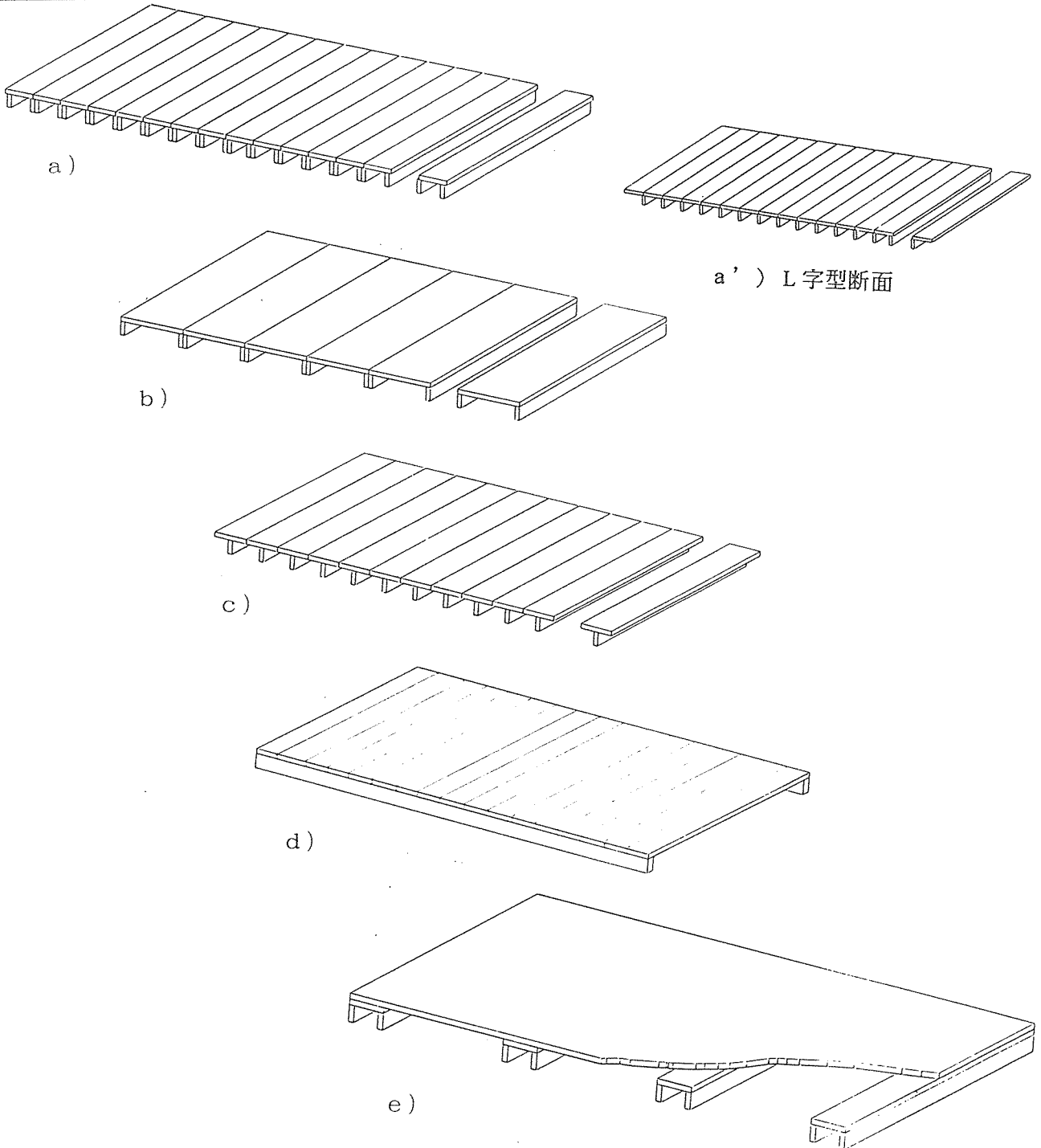


【特徴】

- a) コ字型ユニット。表面材は隣のユニットの根太材にもかかる。根太材がダブルになるので、スパンが大きくとれる。
- b) コ字型ユニット。隣のユニットとは突き合わせ。
- c) T字型ユニット。断面性能に優れているが、倒れ止めが必要。
- d) コ字型床パネル。壁用部材と兼用する。
- e) コ字型の根太。上に合板を張る。

【メリット】

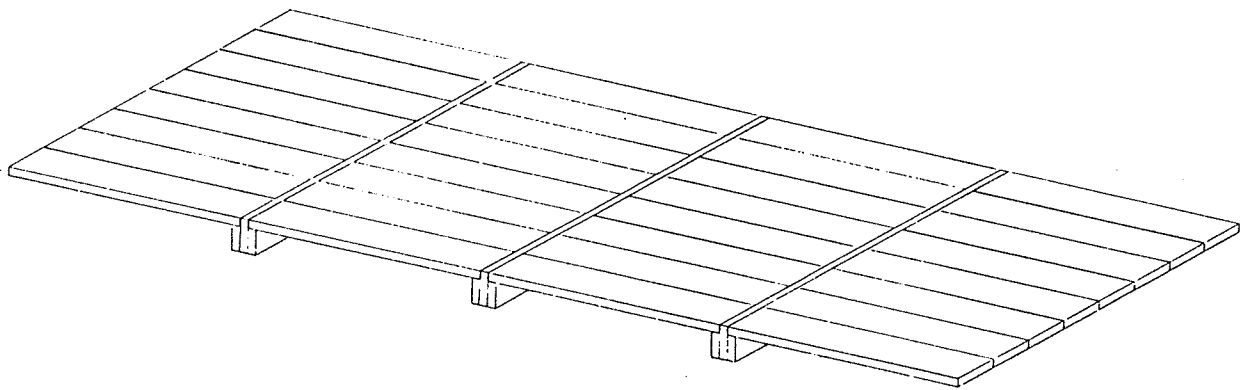
- a) ~d) は、床仕上げを兼ねる。
- a) と c) は、参考図のように、L字型ユニットでもよい。



F-2

床システム

- 【特徴】 集成の凸型小梁に、厚めの板を落とし込んだ床システム。根太を省略する。
- 【メリット】 小梁の製作は接着でなく、CN75程度の釘打ちで可能。
- 【検討課題】 大梁への取り付け方。
落とし込むことに意味があるか。

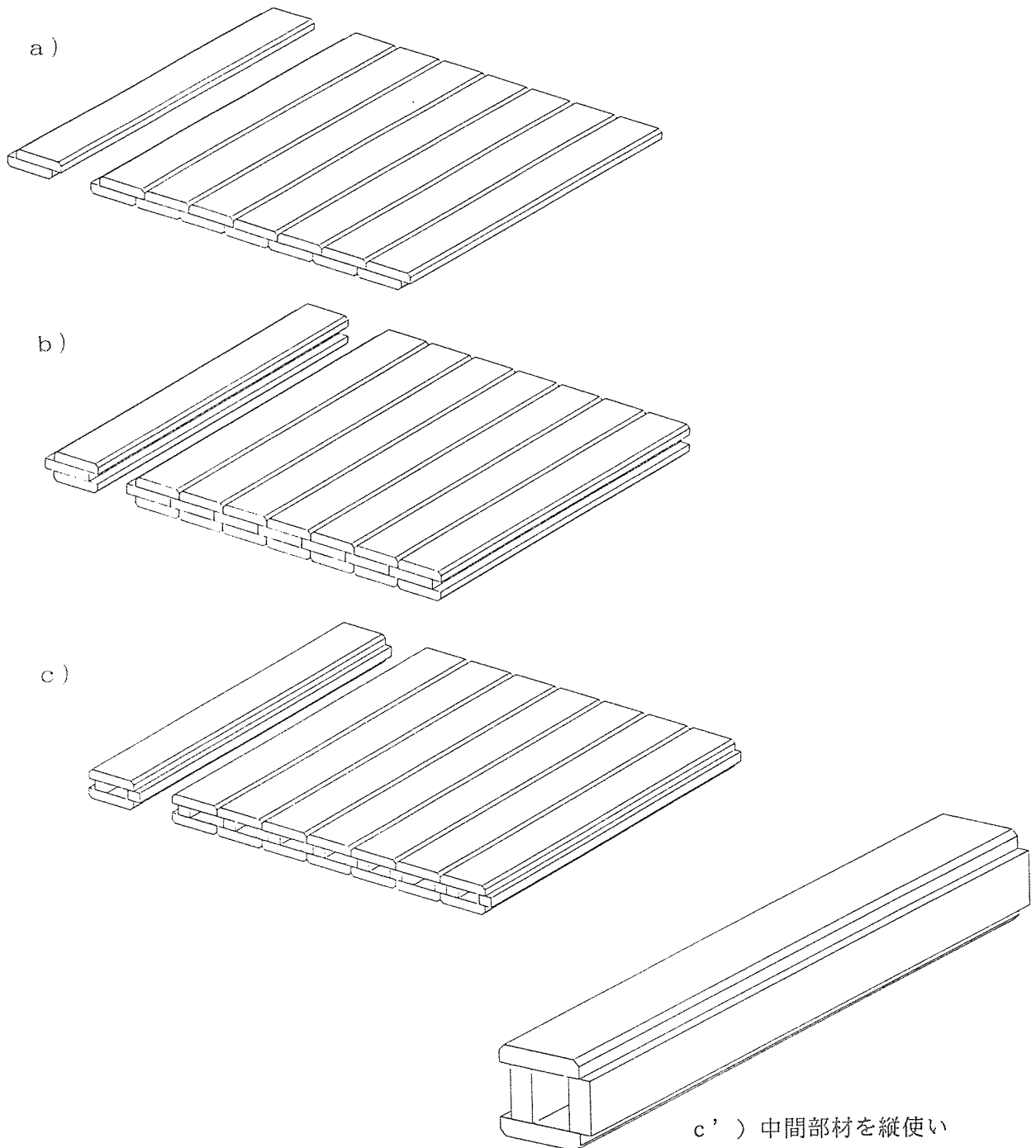


【特徴】

- a) 厚板2枚を少しずらして積層。
 - b) 厚板3枚を本ざね状に積層。(米国のポートルッチと同じもの)。
 - c) b) の真ん中の層の材を、さねの部分のみとし、中空としたもの。
- 材はいずれも面取りしておく。

【メリット】

厚板なので、断熱性、遮音性が高い。
根太が不要であるため、施工性に優れている。
天井の仕上げを兼ねることができる。

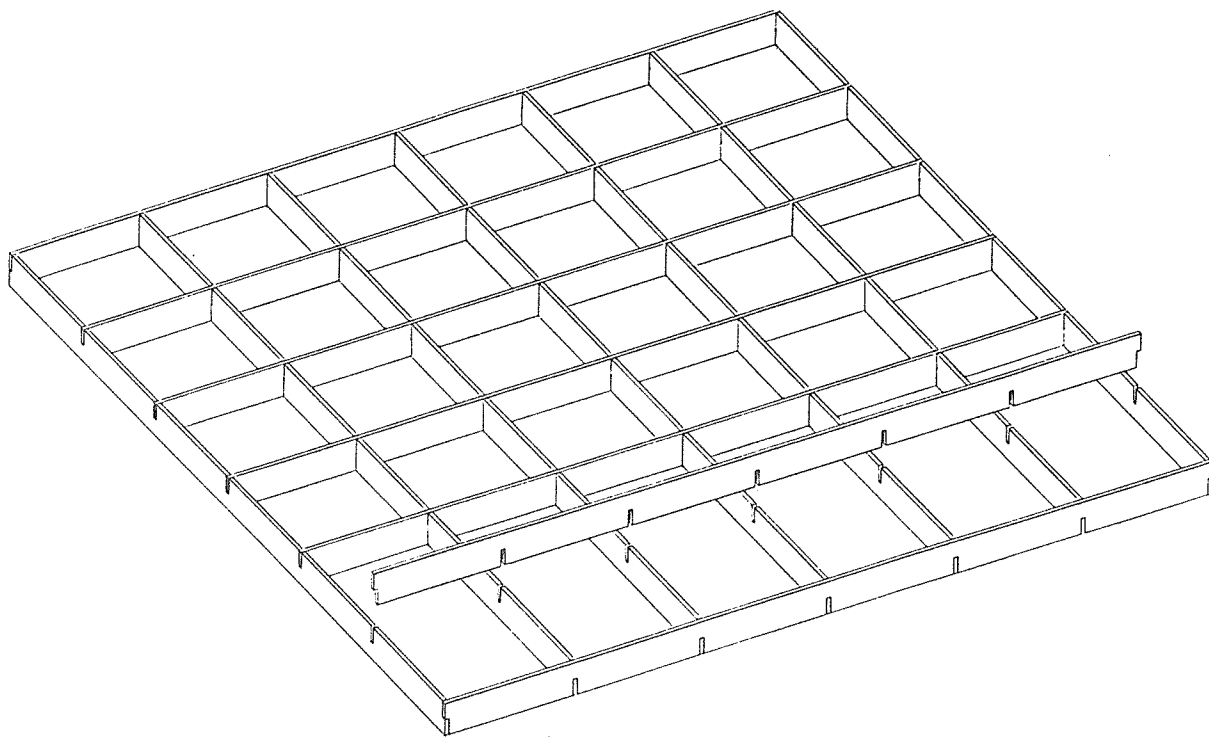


F-4

格子状天井パネル

【特徴】

板を相欠きで格子に組んで、天井に用いる。
下地として用い天井板を下に張ってもよいし、上に張って格天井としてもよい。



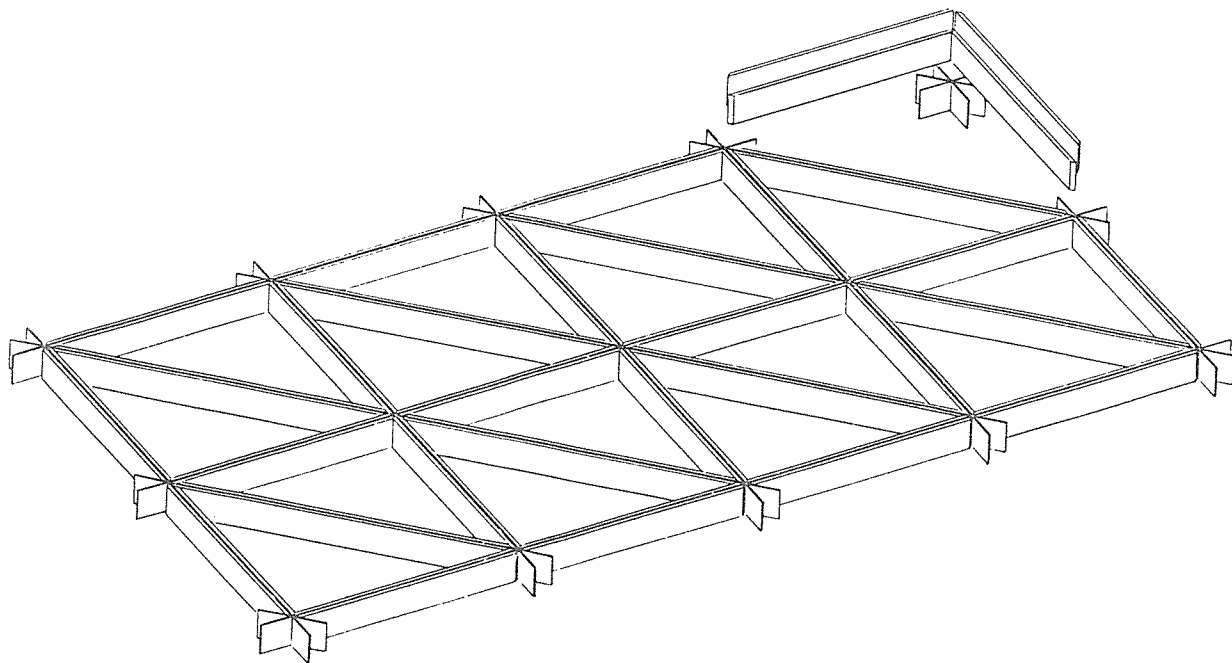
F-5

格子梁 (1)

【特徴】 板材2枚合わせにして、格子梁として用いる。
接合部は、金物を梁材で挟む。

【メリット】 住宅程度の規模であれば、板材だけで床組が構成できる。

【検討課題】 接合金物。



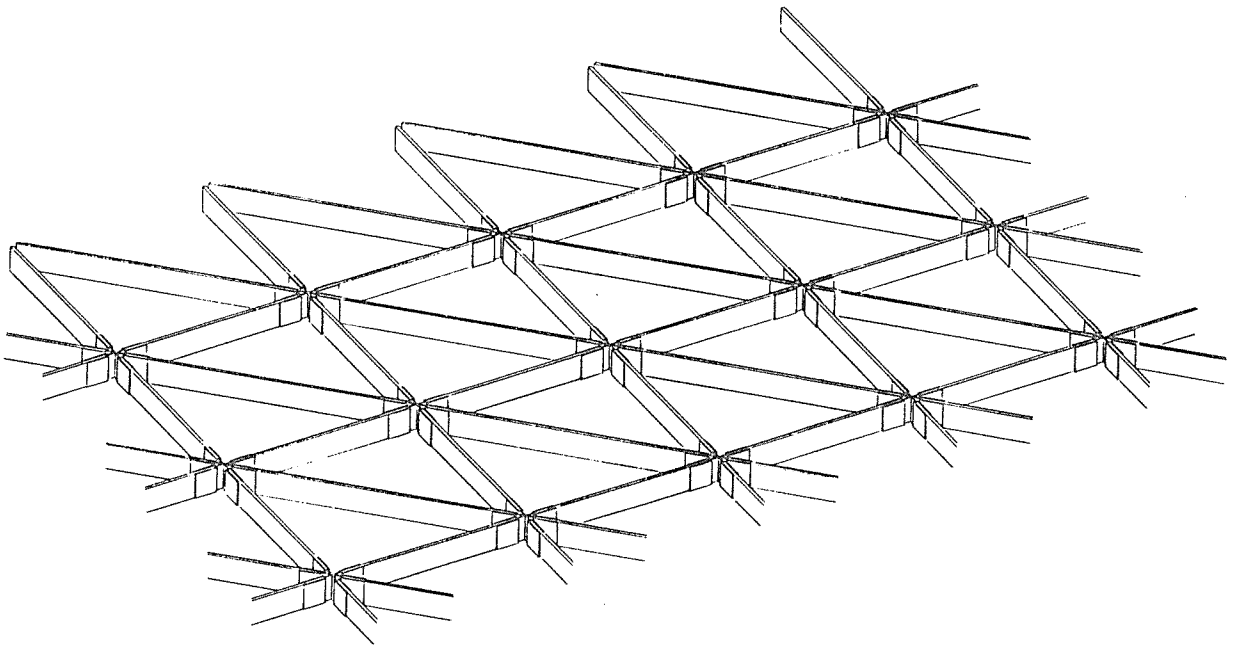
F-6

格子梁 (2)

【特徴】 板材を格子梁として用いる。
接合部は、金物で板材を挟む。

【メリット】 住宅程度の規模であれば、板材だけで床組が構成できる。

【問題点】 (1) に比べると、材と金物のバランスがよくない。

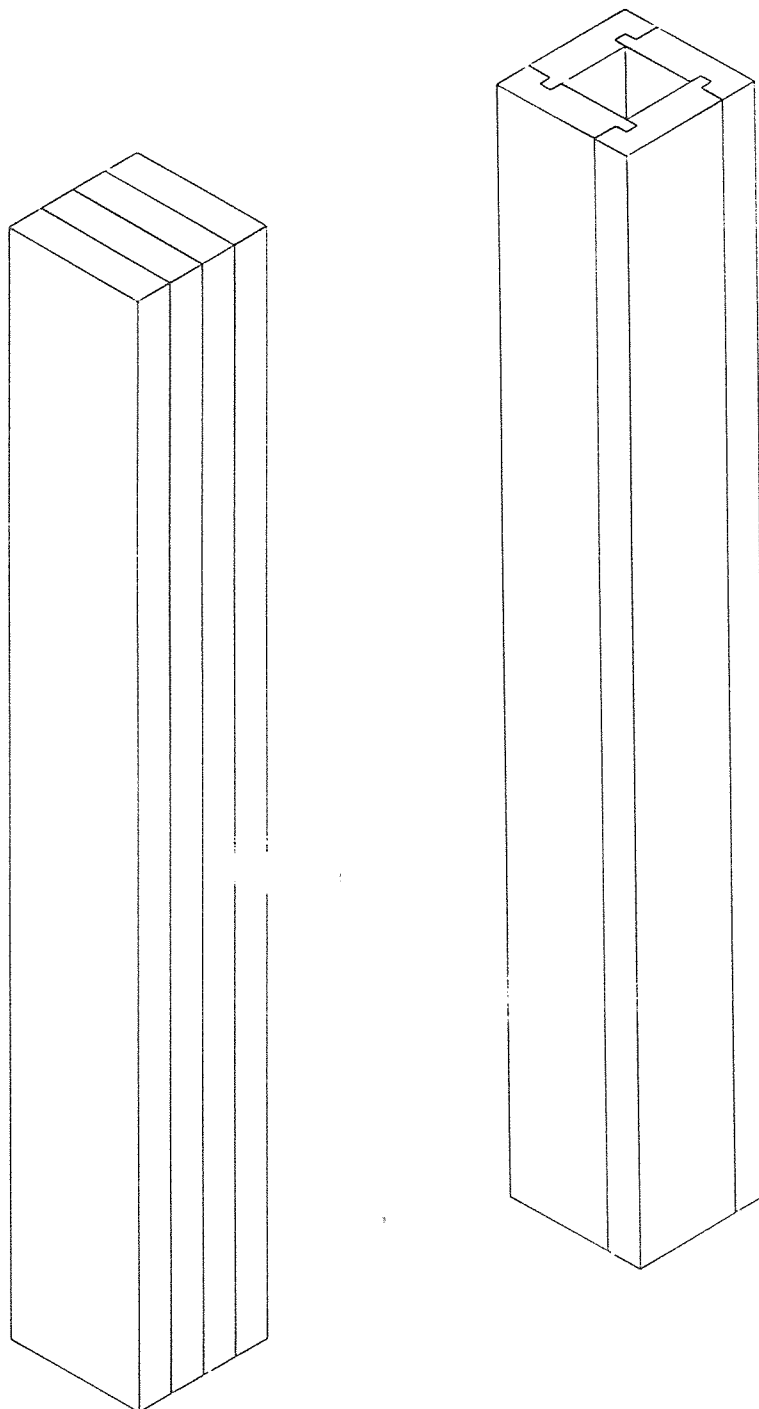


C-1

集成柱

【特徴】 中目板を集成して、柱やボックス柱を作る。

【検討課題】 接合方法。接着剤と釘の併用か。



C-2

合わせ柱

【特徴】 中目材から切りだした角材を4本合わせて柱にする。d) は接着剤で集成したもの。

【検討課題】 柱の座屈強度。梁、壁との納まり。



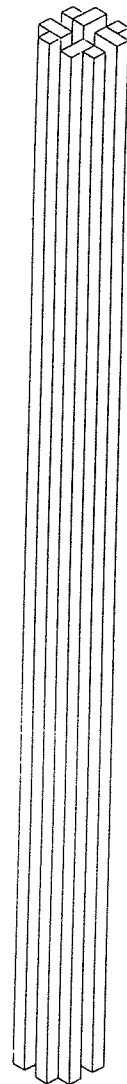
a)



b)



c)



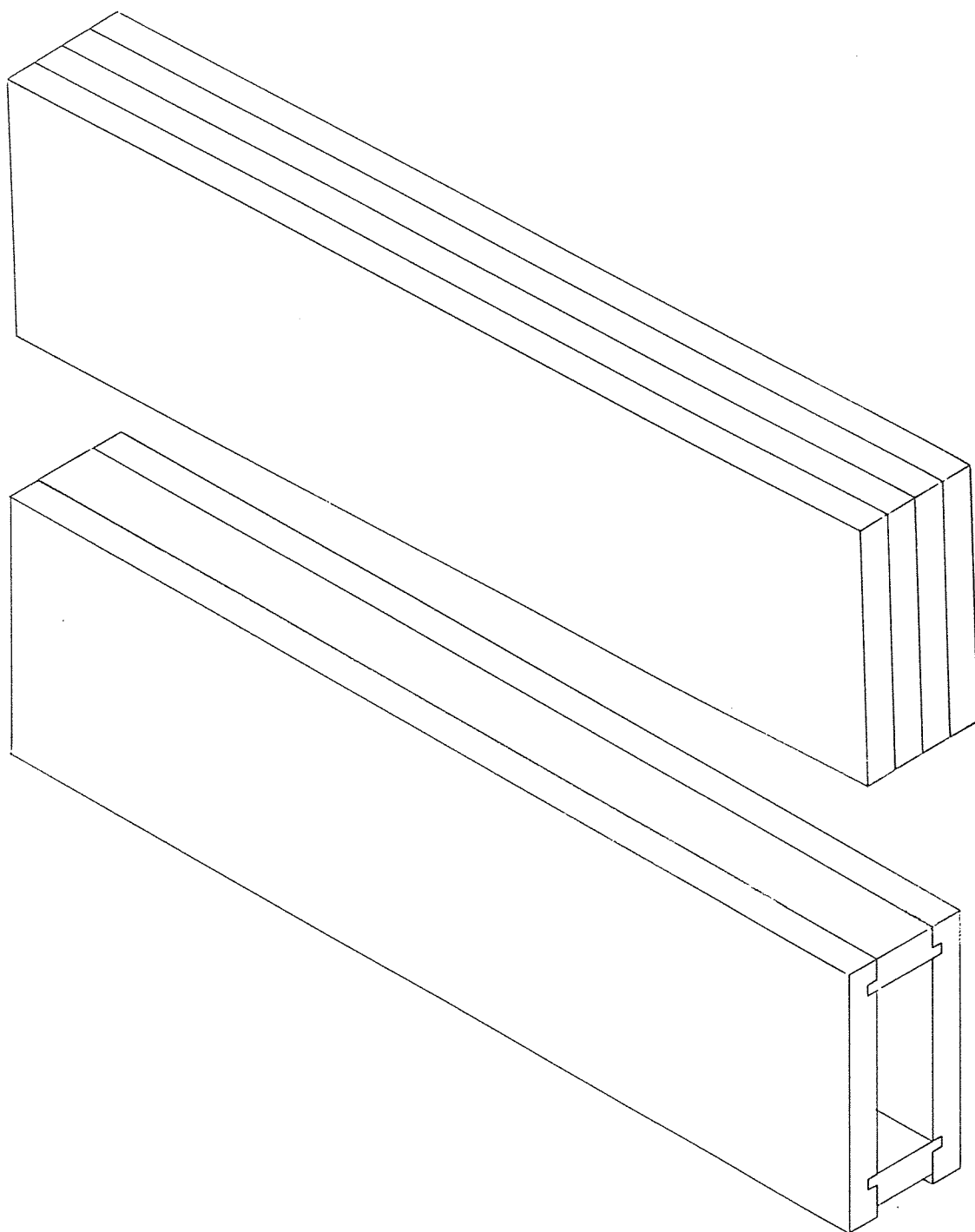
d)

B-1

集成梁

【特徴】 中目板を集成して、梁やボックス梁を作る。

【検討課題】 接合方法。接着剤と釘の併用か。

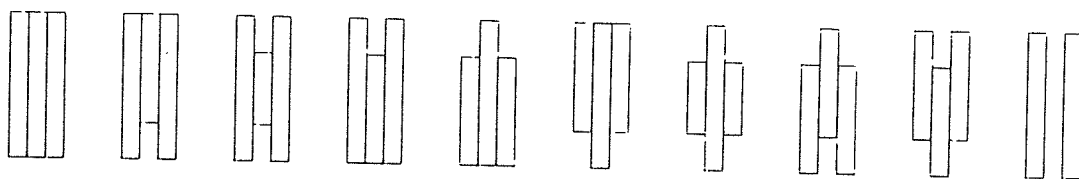


B-2

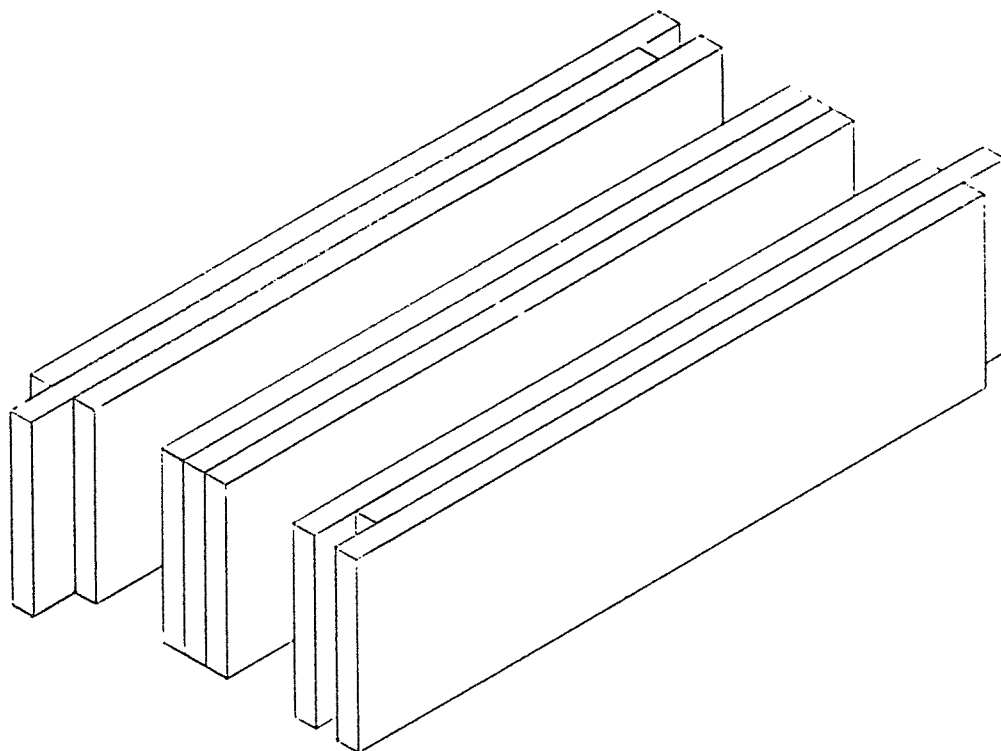
集成梁の断面形状

【特徴】 集成梁の断面や端部を、壁および柱との納まりを考慮した形状とする。

【検討課題】 集成の方法（接着か、釘か）。



断面形状



梁端形状

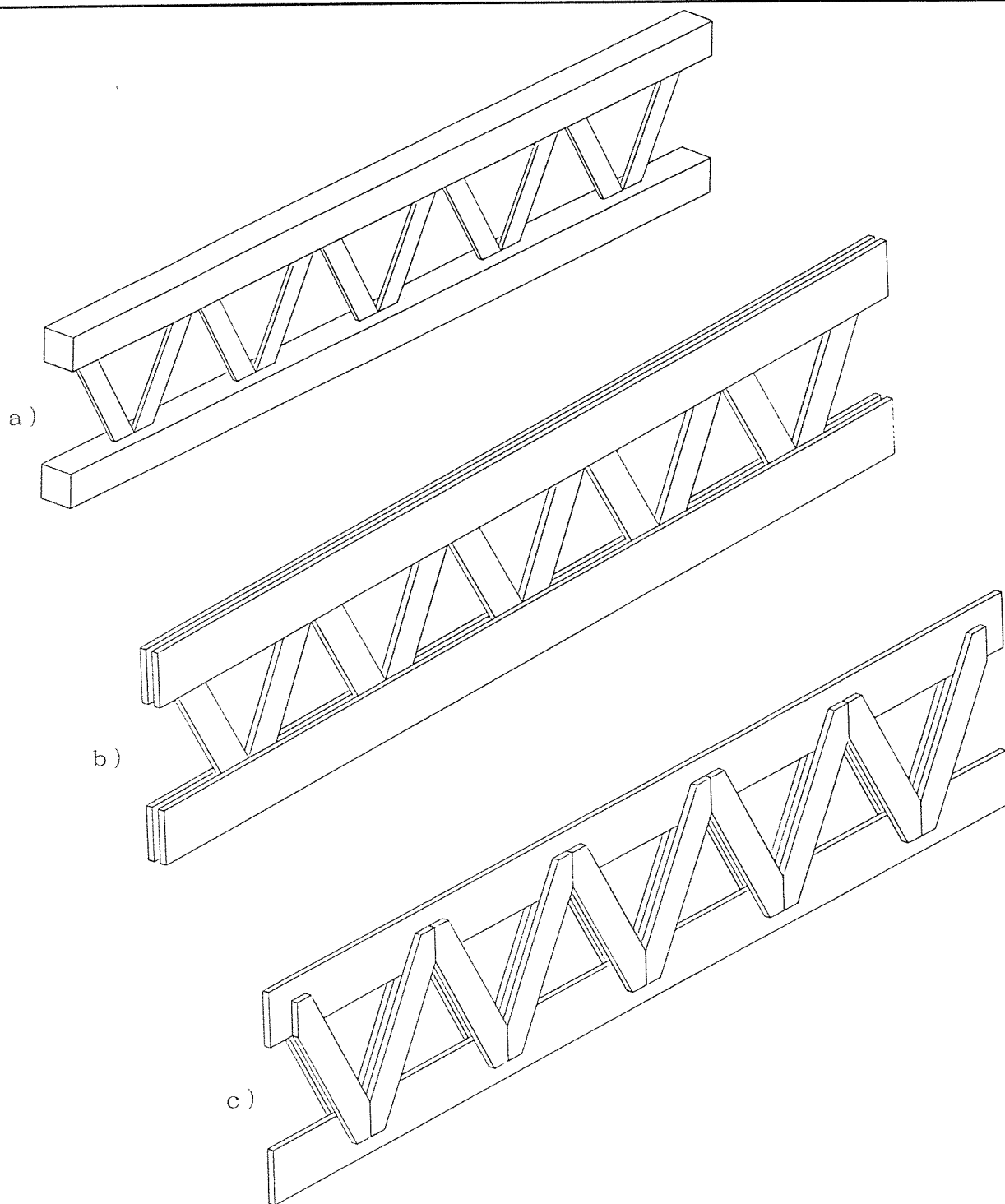
B-3

組み立て梁

【特徴】 大スパン（成が600mm以上の時）用に向いていると思われる。

【問題点】 成が600mmはないと、実用には向かない。

【検討課題】 斜材と弦材の接合方法。



B-4

Iビーム状差し鴨居

【特徴】 Iビーム状のものを、差し鴨居的に利用する仕上げを考慮し、フランジ材にちりが切つてある。長押風の仕上がりとなる。

【メリット】 住宅用としては現実的。差し鴨居的に用いるため、小壁、鴨居などに在来的な仕上げを応用できる。

【検討課題】 ウェブの部分は合板でもよい。

