

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

# 木造化推進標準設計施工マニュアル作成等事業報告書

3

## 「現場接着による集成材梁継手の開発報告書」

平成4年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



# 序

多くの国民の木造住宅に対する根強い愛着は、我が国が「木」の文化圏である証であろう。この数年来、木造建築物に対する社会的関心は確実に高まりつつある。特に、地域における町おこし、村おこしの象徴として公共的な集会施設、学校施設、スポーツ施設、博覧会施設などが建設され、デザインや技術的な問題にも新しい試みを取り入れ、積極的に大規模木造建築の可能性を求める動きが盛んである。

また、最近の建設省の総合技術開発プロジェクト「新木造建築技術の開発」での各分野の木造建築技術の開発成果の積み重ねとそれらの結果を踏まえた積極的な法令改正が、また木造建築物の普及に大きな弾みをつけている。

しかし、我国の木造建築に対する戦後の40年近くの空白期間は大きく、世界の木造先進国に技術的に取り残されており、構造的技術に関してもまだまだ開発すべき問題が残されている。このような状況の中で今回、集成材梁を長さ方向につなぐ接合方法の開発として、現場接着を取り入れた技術開発に取り組んだことは非常に有意義であり、大規模木造建築にも接着工法を取り込むという新しい展開が開かれる。接着工法では、まだ非破壊的な検査方法が確立されていないが、今後の木造建築物の需要拡大を増進する上で大きな一歩であろう。

本事業は昭和63年度に始まり、3ヶ年の実験とそのデータの積み重ねの後、平成3年度に建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント設計施工点検基準案を作成した。本事業の推進にあたっては当センター内に現場接着接合研究開発委員会を組織し、室田委員長をはじめとし、諸委員の熱意と御努力により、本報告書を取りまとめることができた。プロジェクトに参画いただいた諸委員ならびに関係者諸氏に深甚の謝意を表すものである。本報告書が大断面木造建築物の健全な普及と発展に寄与することを念願する。

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



# 現場接着による集成材梁継手の開発報告書

## 目 次

序	
第1編 研究の概要	1
第2編 建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント設計施工点検基準案	9
第3編 建築構造用現場組立スカーフジョイント設計施工点検基準案	46
第4編 接着結合部の耐熱性及び耐火性	54
第5編 集中荷重を加えて圧縮する場合における圧縮圧の分布と圧縮効果	69
第6編 圧縮効果に及ぼす圧縮圧、被着材の曲げ剛性に及び接着剤の種類の影響	96
第7編 スカーフジョイントの力学特性	248
第8編 ビッグフィンガージョイントの力学特性	274
8-1 平成2年度 BFJ力学性状把握実験	274
8-2 平成3年度 BFJ力学性状把握実験	358
第9編 ビッグフィンガージョイントを有する集成材の曲げ耐力	430
第10編 Glued Boltによる集成材の接合に関する基礎実験	442
第11編 接着接合の非破壊検査と強度評価の基礎実験	480
第12編 付録	487



# 「現場接着による集成材梁継手の開発」

## 第1編 研究の概要

### 1. まえがき

集成材を使った木造建築物において、梁の継手及び柱はり仕口を現場接着によって作ることができれば、道路交通法上輸送が許される長さの範囲内の短い通直材等によって大スパン建築物や剛接架構などを建設することが可能になり、集成材建築物の普及発展に多大の寄与をすることが確実である。継手や仕口は構造耐力上極めて重要な部分であるから、それを現場接着によって作る場合には、その構造耐力性能が確実に得られることが保証されなければならない。

鉄骨造や鉄筋コンクリート造の分野で用いられている鉄骨の現場溶接あるいは鉄筋の現場圧接は、重要な部位に用いられる場合には全数非破壊検査によって不良施工を排除している。集成材の現場接着に関しては、確実な非破壊検査法が未だ知られておらず、そのため現場接着接合部の構造耐力性能を100%保証することは現在の技術では不可能である。したがって、当面の策としては、確認はできなくとも100%近い確率で所期の性能を期待できるような接合部の加工方法及び現場接着の方法を開発すること、さらに万一不良接着があった場合でも建物の急激な倒壊、屋根の突然の落下などの危険を招かないような架構計画の義務付けを検討するのが適切であると考えられる。

急激な破壊を生じないような架構を計画することは、既往の技術の応用によって容易に解決可能な問題であり、したがって研究開発の焦点は高い信頼性をもつ接着工法の開発に向けられるべきである。

本研究開発は、以上のような観点から高い信頼性をもつ現場接着工法を創出するための基礎資料を収集するとともに、それを実際に作るに当たっての技術指針案を作成することを目的とする。

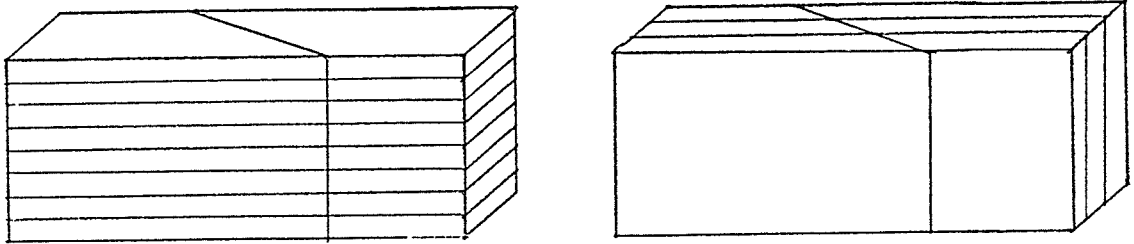
### 2. 研究開発の対象範囲

この研究においては、以下の形式の継手及び接着剤を研究の対象とする。

#### 1) スカーフジョイント形式の梁継手

継手、仕口の形式は多種多様であるが、ここでは、それらのうちの一つとして最も

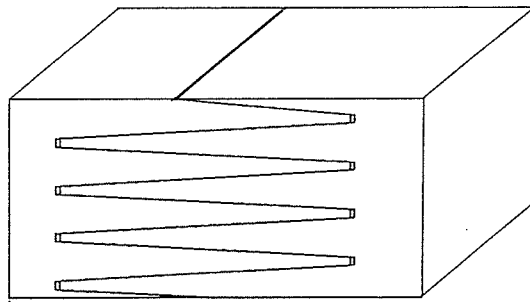
力学的に単純な機構をもち、そのため現場接合に関する問題点を抽出し易いスカーフジョイント形式の梁継手を研究対象の一つとする。なお、既に日立造船(株)及び日本鋼管(株)が50m級自衛艦(掃海艇)の竜骨の現場接着をスカーフジョイントとしている実績がある。また、集成材の加工工場においては、スカーフジョイントは精度の確保が困難で、コストのかかる継手であるといわれている。



## 2) ビッグフィンガージョイント形式の梁継手

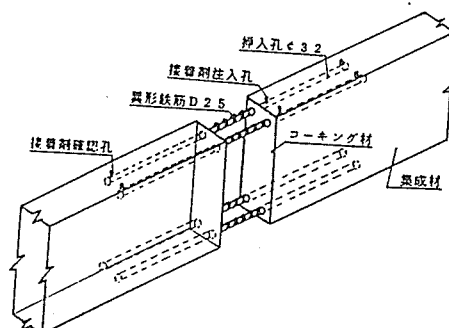
スカーフジョイントはフィンガの長さが大きいために輸送に不都合であり、また現場での取扱いが難しいなどの欠点がある。フィンガージョイントはこのような欠点がないので、フィンガーの寸法を大きくすれば現場継手として実用に供し得る。

ドイツでは60mm程度の寸法のビッグフィンガージョイントが既に実用化されている。



## 3) グルードボルト形式の梁継手

こては、突合せ継手部の部材断面に材軸方向の穴をあけ、それにボルト等の棒状の引張材を挿入し、それを接着剤で固定する形式の継手である。この形式は現場での施工性は優れているものの、設計技術上の難点が多いといわれている。





#### 4) 接着剤

接着剤は次の3種類とする。

- i. レゾルシノール
- ii. イソシアネート/ウレタン系
- iii. エポキシ系

### 3. 研究方法

#### 3.1 研究項目

##### 3.1.1 接着接合部の耐熱性及び耐火性

現場接着に用いる接着剤は常温硬化型の接着剤に限られるので、接着剤の種類によっては火災時に急激に強度が低下し、構造上危険なものもあると考えられる。この問題について実験的に検討する。

##### 3.1.2 圧縮方法

スカーフジョイントを作るには、曲げ剛性が大で、かつ場所によってそれが変化する材を圧縮することが必要である。確実な接着を期待するためには、圧縮の方法を具体的にどうすべきであるかを検討する。圧縮方法に関する研究成果は、スカーフ以外の形式の継手、仕口を考える上でも参考になる。

##### 3.1.3 スカーフジョイントの力学特性

実大スカーフジョイントについて曲げ試験を行い、曲げ強度などの力学特性に関するデータを収集する。

##### 3.1.4 ビッグフィンガージョイントの力学特性

各種寸法のビッグフィンガージョイントについて曲げ試験を行い、曲げ強度などの力学特性に関するデータを収集する。また、それに基づいて曲げ強度等の推定方法を検討する。

##### 3.1.5 グルードボルトの力学特性

各種グルードボルトの引抜き試験を行い、その引抜き特性に関するデータを収集する。

##### 3.1.6 現場接着継手設計施工点検基準

以上の研究成果に基づき現場接着継手の設計施工点検基準案を作成する。

### 3. 2 研究組織

この研究の実施にあたっては、(財)日本住宅・木材技術センターに現場接着接合研究開発委員会を組織し、以下のような委員構成で研究の推進にあたった。

#### 現場接着接合研究開発委員会

委員長	室田 達郎	建設省建築研究所第三研究部長
委員	佐々木 光	京都大学木質科学研究所教授
〃	有馬 孝禮	東京大学農学部林産学科助教授
〃	小松 幸平	農林水産省森林総合研究所木材利用部接合研究室長
〃	本橋 健司	建設省建築研究所第二研究部主任研究員
〃	安村 基	建設省建築研究所第三研究部主任研究員
〃	小西 信	小西技術士事務所長(前大鹿振興(株))
〃	木村 衛	(株)竹中工務店技術研究所主任研究員
〃	杉田 恵資	大成建設(株)設計本部設計第三部設計室長
〃	山田 利行	清水建設(株)設計本部構造設計部第二部副部長
〃	楠 寿博	(株)竹中工務店技術研究所
〃	池田 則正	日立造船(株)防衛事業本部神奈川艦船工場設計課 (S63、H1年度)
協力委員	保立 透	林野庁林政部林産課課長補佐(S63年度)
	春川 真一	林野庁林政部林産課課長補佐(H1～H3年度)
事務局	小倉 高槻	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究部長 (S63年度)
	倉田 久敬	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究部長 (H1～H2年度)
	牧 勉	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究部長 (H3年度)
	鴛海 四郎	(財)日本住宅・木材技術センター主任研究員

## 4. 研究成果の概要

### 4. 1 接着接合部の耐熱性及び耐火性

現場接着用接着剤3種（エポキシ樹脂、レゾルシノール樹脂、水性ビニルウレタン樹脂）で接着された厚さの異なる木材接着試験体を載荷状態で火災に暴露し、耐火時間を比較した結果、次の結論を得た。

- ①耐火時間は被着材の厚さと共に長くなるが幅の影響で飽和する。
- ②同じ被着材の厚さでは、レゾルシノール樹脂の耐火時間が最も長く、水性ビニルウレタン樹脂もそれもほぼ同様である、エポキシ樹脂のそれはこれらの約1/2に過ぎない。（第4編研究担当者：佐々木光、京都大学木質科学研究所教授）

### 4. 2 圧縮方法

現場接着をボルトクランプ法で行う場合について、各種の接着条件の変化が接着層の圧縮応力に及ぼす影響を数値解析及び実験で明らかにした結果、次の結論を得た。

- ①当て板を用いない場合圧縮圧は、圧縮点から被着材の厚さの約1.5倍離れると計算上は0となるが、水溶性の接着剤を用いる場合は被着材のそりで2次的な圧縮圧が生じ接着に効果的である。
- ②当て板の剛性とクッション材のフレキシビリティが高い程、圧縮圧は均一になる。（第5編研究担当者：佐々木光、京都大学木質科学研究所教授）  
（第6編研究担当者：小西 信、小西技術士事務所長）

### 4. 3 スカーフジョイント

幅15cm、梁せい90cmのベイマツ集成梁をスカーフ傾斜比1:10、圧縮圧3種類（5kgf/cm<sup>2</sup>、10kgf/cm<sup>2</sup>、15kgf/cm<sup>2</sup>）で接着接合し、実大及び分割試験体で曲げ試験を行った結果次のことが明らかになった。

- ①分割試験体では、大部分がラミナの節やフィンガージョイントで破壊し、曲げ強度は集成材の材料強度の67%～104%で平均81%であった。
- ②実大試験体では、2体ともラミナのフィンガージョイントの引張破断により破壊したが割れが接着層に走り、一部に接着層に剝離が見られた。曲げ強度は、材料強度は86%と89%であった。スカーフジョイントには剝離は認められない。（第7編研究担当者：安村 基、建築研究所主任研究員）

#### 4. 4 ビッグフィンガージョイント

形状の大きいフィンガージョイント（BFJ）を対象として、その力学性状を確認するため、次のような加力実験を実施した。研究の第1段階として、BFJの曲げ耐力を調べるために実大試験体を用いた曲げ破壊実験を行った。その結果、BFJの曲げ耐力は通直材の曲げ耐力に概ね近い値となることが確認された。第2段階では、BFJの耐力評価法を策定することを目的にフィンガークラス（4種類）、フィンガークラス（2種類）、圧縮方法（2種類）の3項目をパラメーターとする曲げ試験を行い、次の結論を得た。

①加工精度の劣る帯鋸を使用した場合を除き、BFJの曲げ耐力は算定値に概ね近い値となることが確認できた。

②BFJで接着された集成材からBFJを含むラミナを再度切り出し、引張試験を行って引張強度の下限5%値を求めた結果、この値とBFJ耐力評価手法による強度算定値とは良い一致を示した。

（第8編研究担当者：木村 衛、楠 博寿、(株)竹中技術研究所）

（第9編研究担当者：小松幸平、森林総合研究所研究室長）

#### 4. 5 グルードボルト

木材に孔加工を施し、それにネジボルトまたは異形鉄筋を挿入し接着剤で固定するグルードボルト接合について、引張試験を実施した結果次のようなことが確認できた。

①挿入するロッド（ボルト）の表面に凹凸があるものほうが高い引抜き耐力を示すことが確認できた。

②ロッドの埋め込み長さ $l/d$ は、10～15倍程度が適切で、長く埋め込んでも引抜き耐力は概ね一定化する傾向が確認できた。

③ロッド直径が大きくなるに従い引抜き強度は、増加傾向を示すことが確認できた。

④加工孔径は、ロッドの直径に比べ大きくしても引抜き耐力は、ほぼ一定の傾向が確認できた。

⑤縁距離が2.5d以降では、引抜き耐力は概ね一定傾向を示し、破壊形態も2d以下では木材の破壊が伴うが、3d以降では木材の割裂を伴うロッドの抜けが一般的である。

（第10編研究担当者：鴛海四郎、(財)日本住宅・木材技術センター主任研究員）

#### 4. 6 接着接合の非破壊検査と強度評価の基礎実験

接着接合部を非破壊的に検査する基礎実験として、打撃による応力波、超音波の伝達時間等と接着部の欠損、接着せん断力の関係を実験的に検討した。その結果、トドマツのラミナ2枚を各種条件で接着し、超音波の伝播時間を接着面に直角（厚さ方向）

と接着面を斜めにクロスする方向（幅方向）に計測した結果、欠損部があると完全な場合に比べ、超音波の伝播時間が大きくなり、数値のばらつきも大きくなり、伝播時間差で区分すると接着部のせん断強度の区分も可能になり、大まかに接着状態を定量的に比較区分できる示唆が得られた。

（第11編研究担当者：東京大学農学部助教授）

#### 4.7 設計施工点検基準案（第2編、第3編）

第2編は、第1章の建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント設計施工点検基準案と第2章の同解説より構成されている。また、第3編は、建築構造用現場組立スカーフジョイント設計施工点検基準案よりなる。

#### 4.8 発表論文

本研究の成果の一部は、研究期間の途中で学会誌等に発表した。以下にそれらを一覧する。内容の詳細は、第12編の4に掲載する。

##### 1) 接着面の圧縮圧分布と接着性（第1報）

揚、秦正徳、佐々木光、小西信、鴛海四郎：木材学会誌、Vol37、No7、p611～618(1991)

##### 2) 接着面の圧縮圧分布と接着性（第2報）

揚、秦正徳、佐々木光、：木材学会誌、Vol37、No7、p619～624(1991)

##### 3) 部分圧縮による木材接着

小西信、鴛海四郎、揚、佐々木光：日本木材加工技術協会第8回年次大会要旨集、P42、43(1990、9)

##### 4) 部分圧縮による木材接着

小西信、鴛海四郎、揚、佐々木光、小松幸平：第29回日本接着学会年次大会講演要旨集、P109、110(1991、6)

##### 5) 集成材BFJ（ビッグフィンガージョイント）の曲げ破壊実験

楠寿博、木村衛、室田達郎、小松幸平、鴛海四郎：日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）(1991、9)

##### 6) ベイマツ集成材BFJの曲げ破壊実験と強度評価

楠寿博、木村衛、室田達郎、小松幸平、鴛海四郎：日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）(1992、8)

##### 7) Big Finger Jointによる大断面集成材の現場接着に関する研究

小松幸平、原田真樹、川元紀雄、海本一、木村衛、楠樹博、鴛海四郎、室田達郎、小西信：第42回日本木材学会大会研究発表要旨集、p215(1992)

- 8) 接着剤充填による棒鋼－集成材接合部の接合耐力に関する研究（その1）  
 鴛海四郎、第41回日本木材学会大会研究発表要旨集、(1991)
- 9) 接着剤充填による棒鋼－集成材接合部の接合耐力に関する研究（その2）  
 鴛海四郎、第42回日本木材学会大会研究発表要旨集、p217(1992)

#### 謝辞

研究の推進にあたっては、御尽力いただいた林野庁の担当官に深く感謝申し上げます。また、試験体の作製にあたり快く御協力いただいたセブン工業株式会社、斉藤木材工業株式会社、日立造船株式会社ならびに大鹿振興株式会社に対して厚く御礼申し上げます

## 第2編 建築構造用現場組立ビッグフィン ガージョイント設計施工点検基準案

### 第1章 建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント設計施工点検基準案

#### 1. 適用範囲

この基準は、以下に掲げる継手に用いる建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント（以下、BFJという）に適用する。

- (1) 曲げ材の継手
- (2) 圧縮材の継手
- (3) 引張材の継手
- (4) 曲げ圧縮材の継手
- (5) 曲げ引張材の継手

#### 2. 構造設計

##### 2.1 一般

BFJを含む構造部材ならびに構造架構は、建築基準法施行令第3章の規定に準じた構造計算によって、安全性を確かめること

##### 2.2 BFJの力学性能

前項の構造計算は、以下による

- (1) BFJを含む構造部材の曲げ、圧縮、引張、せん断及びねじれに関する剛性は、BFJを含まないものと仮定して算出することができる。
- (2) BFJ部分の曲げ、圧縮、引張及びせん断耐力は、4章の規定により算出する。
- (3) 上記以外のBFJ部分の耐力は、母材のそれと同じとする。

##### 2.3 常時荷重に対する安全性の確保

任意の1ヶ所のBFJの接合耐力が所期の耐力の1/5に低下した状態を仮想し、その状態において常時荷重が作用する場合にあって、その周辺部の床、屋根又は架構に急激な落下や崩壊が予測されるときは、そのBFJ部分には下式を満足する耐力を有するメカニカルファスナーを併設しなければならない。

$$S_s \geq F_L \quad (1)$$

ここに、

$S_s$  : メカニカルファスナーの短期許容耐力

$F_L$  : B F J 部分に生じる長期の応力

## 2. 4 交叉部材の接続の禁止

B F J 部分には、他の構造部材をその部分を交叉するように接続してはならない。

## 3. 母材ならびに B F J の形状及び加工

### 3. 1 母材

(1) B F J によって接合される母材の品質は、以下のものとする。

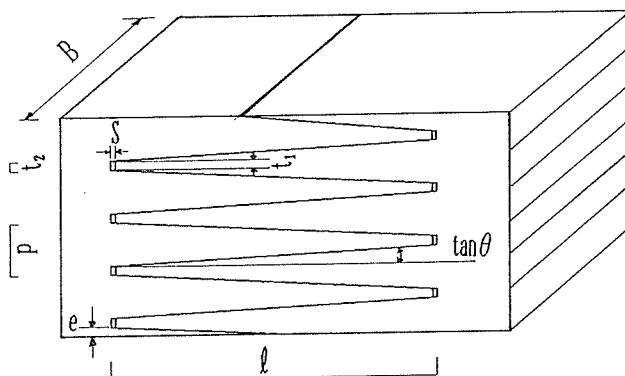
- 1) J A S 構造用大断面集成材の特級, 1 級又は 2 級
- 2) J A S 構造用集成材の 1 級又は 2 級
- 3) J A S 化粧張り構造用集成材の 1 等又は 2 等
- 4) 上記と同等以上の品質を有する集成材

(2) B F J によって接合される材の断面形状及び寸法, 樹種ならびに品質は同一でなければならない。

### 3. 2 B F J の形状

(1) 各部の名称及び記号

B F J 各部の名称及び記号は下記のとおりとする。



$B$  : フィンガーの厚さ

$l$  : フィンガーの長さ

$p$  : フィンガーのピッチ

$s$  : のりだめ

$t_1$  : フィンガー先端の厚さ

$t_2$  : フィンガー底部の幅

$\tan \theta$  : スカーフ傾斜比

$e$  : のりだめのへりあき

(2) 形状

B F J の形状は以下を満足しなければならない。

- 1) フィンガーの長さ  $l$  は、50 mm 以上であること
- 2) スカーフ傾斜比  $\tan \theta$  は、1/8 以下であること



3)  $t_1 > t_2$  であること

4) B F J の最外縁部にはのりだめを設けないこと

5) 曲げ引張側にあるのりだめのへりあきは、 $(p/2 - t_1)$  を大きく下回らないこと

### 3. 3 B F J の加工

(1) フィンガー各部分は、組み上がった状態において以下の条件を満たすように、精度よく加工しなければならない。

1) フィンガー傾斜面相互の間隙は、1 mm 以下であること

2) フィンガーの先端は、相手方フィンガーの底部に接触しないこと

(2) 接着接合面は平滑に加工しなければならない。

### 4. B F J の許容耐力

B F J の許容耐力は以下の各項による（記号の説明は各項共通）。

#### 4. 1 許容引張耐力

B F J の短期許容引張耐力は、〔1〕式により算定する。長期許容引張耐力はその  $1/2$  とする。

$$P_{tj} = \text{Min} (P_{tj1}, P_{tj2}) \quad [1]$$

$$P_{tj1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad [2]$$

$$P_{tj2} = 2 \cdot f_t \cdot A_e \quad [3]$$

記号  $P_{tj}$  : 短期許容引張耐力 (kgf)

$P_{tj1}$  : 短期接着引張耐力 (kgf)

$P_{tj2}$  : 母材の短期許容引張耐力 (kgf)

$\alpha$  : 接着部の強度低減係数。実験により求める場合を除き、0.8 とする。

$\sigma_{gt}$  : 接着部の引張の 5% 下限値 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )。被着材がベイマツの場合は、 $50 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  とする。

$A_b$  : 接着部の部材断面への投影面積 ( $\text{cm}^2$ )

$\theta$  : 接着面の材軸に対する傾斜角 ( $^\circ$ )

$f_t$  : 母材の長期許容引張応力度 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

$A_e$  : 継手部の有効断面積 ( $\text{cm}^2$ )

#### 4. 2 許容圧縮耐力

B F Jの短期許容圧縮耐力は、〔4〕式により算定する。長期許容圧縮耐力はその1/2とする。

$$P_{cj} = \text{Min} (P_{cj1}, P_{cj2}) \quad (4)$$

$$P_{cj1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad (5)$$

$$P_{cj2} = 2 \cdot f_c \cdot A_e \quad (6)$$

記号  $P_{cj}$  : 短期許容圧縮耐力 (kgf)  
 $P_{cj1}$  : 短期接着圧縮耐力 (kgf)  
 $P_{cj2}$  : 母材の短期許容圧縮耐力 (kgf)  
 $f_c$  : 母材の長期許容圧縮応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $A_e$  : 継手部の有効断面積 (cm<sup>2</sup>)

#### 4. 3 許容曲げ耐力

B F Jの短期許容曲げ耐力は、〔7〕式により算定する。長期許容曲げ耐力はその1/2とする。

$$M_j = \text{Min} (M_{j1}, M_{j2}) \quad (7)$$

$$M_{j1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \cdot \frac{Z_e}{A_e} \quad (8)$$

$$M_{j2} = 2 \cdot f_b \cdot Z_e \quad (9)$$

記号  $M_j$  : 短期許容曲げ耐力 (kgf)  
 $M_{j1}$  : 短期接着曲げ耐力 (kgf)  
 $M_{j2}$  : 母材の短期許容曲げ耐力 (kgf)  
 $f_b$  : 母材の長期許容曲げ応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $Z_e$  : 継手部の有効断面係数 (cm<sup>2</sup>)

#### 4. 4 許容せん断耐力

(1) せん断力の作用方向がフィンガーの厚さ方向に直交する場合

B F Jの短期許容せん断耐力は、〔10〕式により算定する。長期許容せん断耐力はその1/2とする。

$$Q_j = \frac{2}{\beta} \cdot f_s \cdot A_e \quad (10)$$

記号  $Q_j$  : 接着継手の短期許容せん断耐力 (kgf)

$\beta$  : 断面に生ずる最大せん断応力度の平均せん断応力度に対する比  
(矩形断面の場合は1.5)

$f_s$  : 母材の長期許容せん断応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

(2) せん断力の作用方向がフィンガーの厚さ方向に平行する場合

B F J の短期許容せん断耐力は、〔11〕式により算定する。長期許容せん断耐力はその1/2とする。

$$Q_j = \text{Min} (Q_{j1}, Q_{j2}) \quad (11)$$

$$Q_{j1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad (12)$$

$$Q_{j2} = \frac{2}{\beta} \cdot f_s \cdot A_e \quad (13)$$

記号  $Q_j$  : 接着継手の短期許容せん断耐力 (kgf)

$Q_{j1}$  : 接着部の短期接着せん断耐力 (kgf)

$Q_{j2}$  : 接着部の母材短期せん断耐力 (kgf)

#### 4. 5 軸方向力と曲げモーメントが同時に作用する場合の許容耐力

継手部に軸方向力と曲げモーメントが同時に作用する場合は、軸方向力及び曲げモーメントの各々は〔14〕式を満足しなければならない。

$$\left| \frac{P}{P_j} \right| + \left| \frac{M}{M_j} \right| \leq 1 \quad (14)$$

記号  $P$  : 継手部に作用する軸方向力 (kgf)

$M$  : 継手部に作用する曲げモーメント (kgf · cm)

$P_j$  : 〔1〕式又は〔4〕式により求められる継手部の  
許容軸方向耐力 (kgf)

$M_j$  : 〔7〕式により求められる継手部の  
許容曲げ耐力 (kgf · cm)

### 5. 現場接着

#### 5. 1 接着剤

接着剤は、レゾルシノール樹脂木材接着剤 (共縮合の場合はレゾルシノールが7以上、フェノール等共縮合組成物が3以下の割合のもの) とする。

#### 5. 2 被着材の含水率

接着作業時の被着材の含水率は、平均値が15%以下であり、かつ被着断面内各位置の含水率の値のばらつきが5%以下であること。また、接着される2材の平均含水率の差は5%以下とする。

### 5.3 被着材の温度

接着作業時の継手部及びその周辺部における被着材の温度は20℃以上としなければならない。

### 5.4 接着剤の塗布

接着剤は接着される2材の各接着面に150～250g/m<sup>2</sup>を塗布すること。

### 5.5 開放推積時間

接着剤塗布後の開放推積時間は30分以下とする。

### 5.6 圧縮作業

- (1) 圧縮は予め用意された適切な治具を用いて行う。
- (2) 圧縮圧力は接着面に対し5kgf/cm<sup>2</sup>以上とする。
- (3) 圧縮持続時間は6時間以上とする。

### 5.7 圧縮後の養生

圧縮圧解除後は、20℃以上の温度環境中に24時間以上静置すること。

### 5.8 接着作業環境

被着材の現場搬入から圧縮後の養生終了までの一連の作業は、雨水、埃などがかからず直射日光に曝されない場所で、20℃以上の温度環境下で行うこと。

### 5.9 接着性能の確認

- (1) 製作された継手部の形状が、3.3(1)の規定を満たしていることを確認しなければならない。
- (2) 被着材の製造に用いたラミナから厚さ10mmの板を作り、それをBFJの接着と同条件で接着する。BFJの養生終了後速やかに、それからBFJ継手1箇所につき10個の試験片を切り出してJIS K6852に定める圧縮せん断接着強さ試験を行い、試験結果が以下の基準を満たすことを確認する。

1) 接着強さ及び木部破断率の各平均値が下表の数値以上であること

樹種区分	せん断強さkgf/cm <sup>2</sup>	木部破断率%
針葉樹A-1 アカマツ、クロマツ、バイマツ	75	50

針葉樹A-2	カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ	70	50
針葉樹B-1	ツガ、ベイツガ	60	60
針葉樹B-2	モミ、エゾマツ、トドマツ、 ベニマツ、スギ、スプルース	55	60
広葉樹 A	ミズナラ、ブナ、ケヤキ、シオジ、 タモ、カバ、イタヤカエデ、ニレ、 アピトン	75	40
広葉樹 B	ラワン	60	60

2) 接着強さ試験値の変動係数が30%以下であること

#### 5. 10 接着管理者

接着作業は、接着管理者の資格を持った者が管理しなければならない。

#### 5. 11 作業管理記録の作成と保管

接着管理者は、BFJの施工に関する作業管理記録を作成し、建物管理者はそれを保管しなければならない。

### 6. 保守点検

#### 6. 1 保守点検項目

保守点検作業は次に述べる4項目について行う。点検の結果、不具合が発見された場合、係員は速やかに設計者、発注者及び施工業者と協議を行い、必要な対策を講じるものとする。

##### (1) 接着面の剥離

継手の接着部及び継手近辺のラミナの接着面における接着剥離の有無

##### (2) 継手部分の割れ

継手近辺のラミナにおけるひび割れの有無

##### (3) 部材のたわみ

BFJを含む部材のたわみに関する異常の有無

##### (4) 継手部分の音

接着継手部分における異常音の発生の有無

#### 6. 2 保守点検の時期

保守点検は以下の各時期に行う。

(1) 竣工後1年を経過した時

(2) 以下の自然現象のうち最初のものを経験した時

- 1) 震度Ⅴ以上の地震
  - 2) 平均風速 20 m/sec以上の強風
  - 3) 設計積雪深の35%以上の深さの積雪
- (3) 建物管理者から異常の発生が伝えられた時

## 第2章 建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント設計施工点検基準案解説

### 1. 適用範囲

この基準は、以下に掲げる継手に用いる建築構造用現場組立ビッグフィンガージョイント（以下、BFJという）に適用する。

- (1) 曲げ材の継手
- (2) 圧縮材の継手
- (3) 引張材の継手
- (4) 曲げ圧縮材の継手
- (5) 曲げ引張材の継手

本基準でいうビッグフィンガージョイントとは、図1に示すようなフィンガージョイントのうち、フィンガーの長さ $l$ が50mm以上のものを指す。本基準はこの継手が図2に示すような各種応力を受ける場合に適用する。

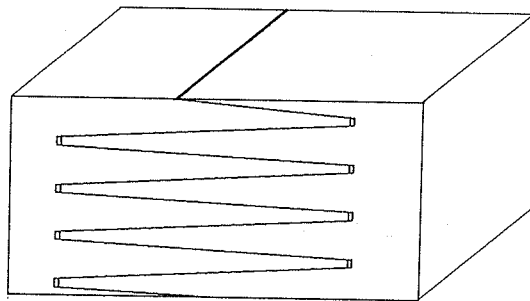
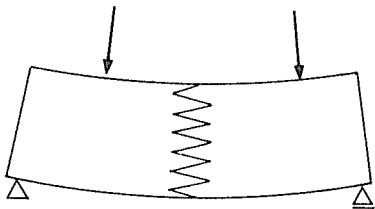
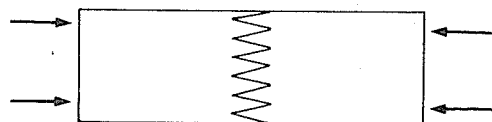


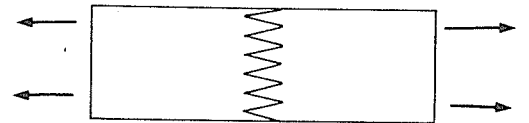
図1 ビッグフィンガージョイント



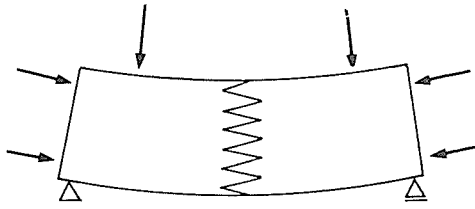
a. 曲げ継手



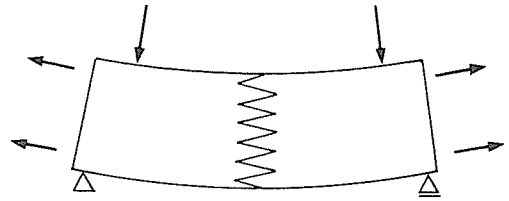
b. 圧縮継手



c. 引張継手



d. 曲げ圧縮継手



e. 曲げ引張継手

図2 B F Jに作用する応力

## 2. 構造設計

### 2. 1 一般

B F Jを含む構造部材ならびに構造架構は、建築基準法施行令第3章の規定に準じた構造計算によって、安全性を確かめること

建築基準法施行令第3章は、建築物及びその部分が満足しなければならない構造耐力性能を規定している。本項は、この規定に適合するような建築物等を設計するために、同規定に準じた構造計算を建築物全体について行ない、その結果B F J部分に生じる応力を計算し、それに対するB F Jの安全性を確かめることを要求している。

### 2. 2 B F Jの力学性能

前項の構造計算は、以下による

- (1) B F Jを含む構造部材の曲げ、圧縮、引張、せん断及びねじれに関する剛性は、B F Jを含まないものと仮定して算出することができる。
- (2) B F J部分の曲げ、圧縮、引張及びせん断耐力は、4章の規定により算出する。
- (3) 上記以外のB F J部分の耐力は、母材のそれと同じとする。



B F Jを含む架構の構造計算を行なうにあたっては、B F Jを含む構造部材の荷重—変形関係を知ることが必要となる。本項はこの点に関して以下のように規定している。

- (1) B F Jを含む構造部材の曲げ剛性、圧縮剛性、引張剛性、せん断剛性及びねじれ剛性は、母材それと同じであると仮定してよい。
- (2) B F J部分の曲げ、圧縮、引張及びせん断耐力は、母材と同等あるいはそれ以下であるので、4に定める耐力によらねばならない。
- (3) 座屈耐力、めり込み耐力等はB F Jを含まない母材と等しいと仮定することができる。

### 2. 3 常時荷重に対する安全性の確保

任意の1ヶ所のB F Jの接合耐力が所期の耐力の1/5に低下した状態を仮想し、その状態において常時荷重が作用する場合にあって、その周辺部の床、屋根又は架構に急激な落下や崩壊が予測されるときは、そのB F J部分には下式を満足する耐力を有するメカニカルファスナーを併設しなければならない。

$$S_s \geq F_L \quad (1)$$

ここに、

$S_s$  : メカニカルファスナーの短期許容耐力

$F_L$  : B F J部分に生じる長期の応力

- (1) B F Jの完成状態の構造耐力性能を非破壊で検査することは、現状の技術では不可能である。したがって、3. 3の規定に適合するようにフィンガー各部を精度よく加工すること及び5章の規定に準じてフィンガーの接着を入念に行うことが、十分な構造耐力性能を確保する上で必須である。このような入念な加工や施工をしても、非破壊検査の方法がない限り、十分な接着性能が得られたという保証はない。

本基準はこの問題に対して以下の二つの対策を講じることとしている。

- 1) B F J部に接着不良が発生した場合にあって、それによって日常的な状態にお

において屋根や床が突然崩落したり、架構が倒壊したりすることがないことを設計によって保証する。

2) 地震、強風あるいは積雪に対しては、構造設計において想定されるこれら荷重、外力の1/3程度の大きさのものを最初に経験した時にBFJ部分における異常の発生の有無を点検し、必要があれば事故の発生を未然に防止する処置を講じる。

前者の対策に関する具体の規定が本項の規定であり、後者に関する規定は6.に示されている。

(2) 本項においては、接着不良という状態を接着強度が予定した強度の1/5以下に低下した状態であるとしている。本基準に準じて加工接着したBFJは、そのすべてが同時にこのような接着不良を生じることはないので、ここではある1個所のBFJにのみ接着不良が発生し、その他のBFJは健全であるような状態を仮想することとしている(図3参照)。

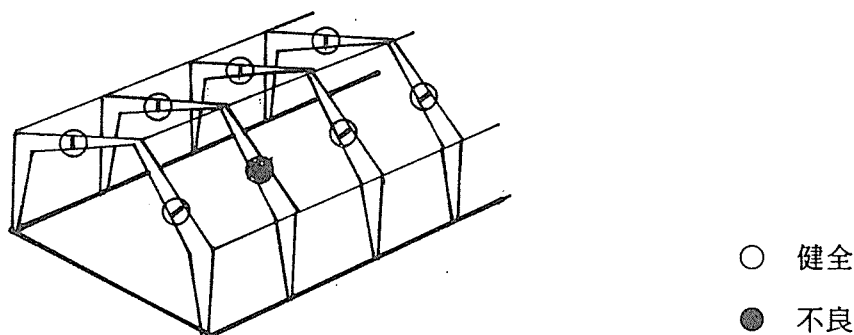


図3 仮想する状態の例

この状態で常時荷重(固定荷重、積載荷重及び多雪区域にあっては常時積雪荷重の和)によって屋根や床が落下したり、架構が倒壊したりすることが予測される場合には、〔1〕式を満足するような接合金物をBFJ部に併設しなければならない。

(3) 屋根や床が落下するか否か、あるいは架構が崩壊するか否かは、図3の例の場合は次のようにして判定する。

イ. 4章に述べるBFJの許容耐力の算定において、 $\sigma_{gt}$ が1/5になったとしてBFJの短期許容耐力を算出する。BFJ部に生じる長期の応力が、この短期許容耐力を超えない場合は架構の崩壊等は生じない。

ロ. 上記を満足できない場合であっても、接着不良のBFJを含む架構の両側に隣接する架構に母屋が架け渡してあって、その母屋が接着不良のBFJを含む架構が負担すべき常時荷重を代りに負担できる（母屋に生じる曲げ応力が短期許容曲げ耐力を超えない）場合は、架構の崩壊等は生じない。

(4) メカニカルファスナーを設ける場合は、BFJの接着部に断面欠損を生じないように計画しなければならない。

## 2. 4 交叉部材の接続の禁止

BFJ部分には、他の構造部材をその部分を交叉するように接続してはならない。

BFJ部分を他の部材が交叉すると、部材の緊結に伴ってBFJ部に断面欠損が生じたり、またBFJ部の異常の点検がし難くなるので、交叉部材はBFJ部を避けて設けなければならない。

## 3. 母材ならびにBFJの形状及び加工

### 3. 1 母材

(1) BFJによって接合される母材の品質は、以下のものとする。

- 1) JAS構造用大断面集成材の特級、1級又は2級
- 2) JAS構造用集成材の1級又は2級
- 3) JAS化粧張り構造用集成材の1等又は2等
- 4) 上記と同等以上の品質を有する集成材

(2) BFJによって接合される材の断面形状及び寸法、樹種ならびに品質は同一でなければならない。

(1) 現場組立BFJは、大断面木造建築物に使用されることを想定しているので、建設省告示第1898号に準じた材料を使用する。

(2) B F Jによって結合される2材の間には大きな品質の差があってはならない。これは接着の信頼性を高めるためと異種材を接合したB F Jの力学的挙動に関する技術データがないためである。

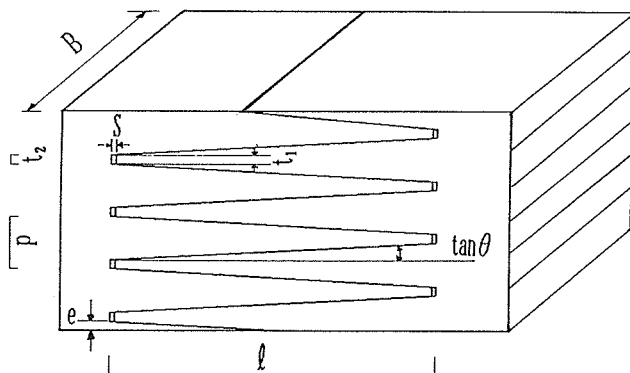
したがって、本基準においては接着される2つの材は以下の条件を満足することを前提とする。

- イ. 被着材のB F J部分の断面形状及び寸法が同一であること
- ロ. 被着材の樹種が同じであること
- ハ. 被着材の適合する規格及び等級区分が同一であること

### 3. 2 B F Jの形状

#### (1) 各部の名称及び記号

B F J各部の名称及び記号は下記のとおりとする。



- B : フィンガーの厚さ
- $l$  : フィンガーの長さ
- p : フィンガーのピッチ
- s : のりだめ
- $t_1$  : フィンガー先端の厚さ
- $t_2$  : フィンガー底部の幅
- $\tan \theta$  : スカーフ傾斜比
- e : のりだめのへりあき

B F Jの表示記号は、J A S規格の構造用大断面集成材用ラミナのフィンガージョイントの技術基準に準じている。

#### (2) 形状

B F Jの形状は以下を満足しなければならない。

- 1) フィンガーの長さ $l$ は、50mm以上であること
- 2) スカーフ傾斜比 $\tan \theta$ は、1/8以下であること

- 3)  $t_1 > t_2$ であること
- 4) B F Jの最外縁部にはのりだめを設けないこと
- 5) 曲げ引張側にあるのりだめのへりあきは、 $(p/2 - t_1)$ を大きく下回らないこと

本項はB F Jの形状についての規定である。B F Jは、原理的には材軸に対して一定の角度をもって傾斜スカーフ面の接着接合である。フィンガー先端部にはバットジョイントがあり、この部分には接着耐力を期待できない。B F Jに安定した耐力を期待するためには、このスカーフ面の接着が確実に行なわれることが必要であり、本項の規定は、この観点から定められている。

- 1) フィンガーの長さ $l$ は、50mm以上であること。

フィンガー長さ $l$ は、B F Jの曲げ試験結果から、 $l$ が小さくても加工精度の良好なものは十分高い耐力が得られることが確認できている。しかし、集成材ラミナなどの縦接合に使用されているフィンガージョイントと区分するためにフィンガー長さの下限を定めている。D I N 68140 では縦継材のフィンガー長さの最大長を50mmとしてあり、本基準ではそれに合わせて50mmを採用した。

- 2) スカーフ傾斜比  $\tan \theta$ は、1/8以下であること。

スカーフ傾斜比は、その比率が小さいほど高い接着耐力が期待できるが、現場等における取扱いの容易さ及び加工の容易さを考慮して、本基準ではD I N 68140 に規定する傾斜比1 : 8 ( $\tan \theta = 7.1^\circ$ )以下を採用した。このプロジェクトの実験結果からもこの傾斜比で十分な接着耐力が得られている。なお、J A S集成材のラミナの縦つぎのフィンガージョイントでは、傾斜比を1/7.5以下としている。

- 3) フィンガーの先端厚さ $t_1 >$ フィンガーの底部の幅 $t_2$

フィンガーのスカーフ面を互いに密着させるためには、山側フィンガーを谷側フィンガーよりわずかに大きくする必要がある。J A S規格のラミナでは、フィンガー長さが20mm程度で、 $t_1 > t_2$ が0.1mm以上であることがよいとされている。山側フィンガー先端が谷側フィンガー底部に接触した場合、接着剤を溜める部分がなくなり接着剤の排

出が悪くなったり、フィンガー先端が底部にめり込みかつ裂を生じる可能性が大きく、結果的にはそれらが接合部の耐力低下の原因となる。そのため、 $t_1 > t_2$ とし、スカーフ面が十分密着する程度まで押し込み、先端にのりだめが確保できる程度がもっともよい接合である。

4) B F Jの外縁部にはのりだめを設けないこと。

図4のような状態で接着すると、外縁部ののりだめがノッチとなって、その部分が引張られたときに脆性的な破壊を起こして不都合である。

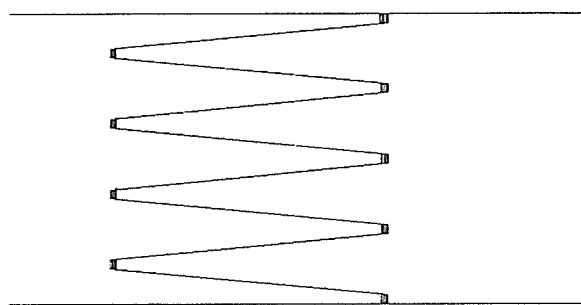


図4 外縁部ののりだめ

5) 曲げ引張側にあるのりだめのへりあきは、 $(p/2 - t_1)$ を大きく下回らないこと。

前述のように、外縁部には、のりだめを作らないようにすることが必要であるが、そのために外縁部を削りすぎるとのりだめのへりあきが小さくなり過ぎて好ましくない。本規定は、外縁の切削をのりだめがちょうどなくなる程度に止めることを要求している。

### 3. 3 B F Jの加工

(1) フィンガー各部は、組み上がった状態において以下の条件を満たすように、精度よく加工しなければならない。

- 1) フィンガー傾斜面相互の間隙は、1 mm以下であること
- 2) フィンガーの先端は、相手方フィンガーの底部に接触しないこと

(2) 接着接合面は平滑に加工しなければならない。

(1) フィンガー傾斜面相互の隙間は、1 mm以下であること。

接着面であるスカーフ面は、組み上がった状態において互いに密着するように加工することが望ましい。しかしながら、接着剤には隙間充填性があるので、ある程度の隙間があっても接着強度を期待することができる。本基準においては1 mm以下の隙間は許容することとした。

(2) フィンガーの先端は、相手方フィンガーの底部に接触しないこと。

3. 2の(2)において $t_1 > t_2$ であることを要求した。この要求を満たしていても、左右のフィンガーを組み合わせた状態で圧縮圧を加えるとフィンガー先端部が相手方のフィンガー底部に接触することがありうる。フィンガーの先端と底部が接触すると、圧縮圧がスカーフ面に作用しなくなり、それにより接着不良が発生し易くなる。本規定はそのようなことがないように $t_1$ と $t_2$ の差を適切に設定することを要求している。

(3) スカーフ面の加工

接着接合面であるスカーフ面の表面に鋸目などの凸凹があると、スカーフ面相互の隙間が局部的に1 mmを超えることがありうる。したがって、スカーフ面はできるだけ平滑に（少なくとも0.5 mm以下の誤差にすることが必要）仕上げるのが大切である。スカーフ面の平滑度の管理にあたっては、原寸のフィンガージョイントの型板を作成し、それをフィンガーにあてて加工精度、すなわち加工寸法誤差を測定する。型板に使う材料は加工がしやすく、温湿度による伸び縮みが少ないものが良く、例えば、合板や合成樹脂板のように比較的厚みのあるものがよい。型板の加工精度は、寸法誤差測定に大きな影響を及ぼすので、±0で仕上げる必要がある。

一般に、スカーフ面の加工の平滑性は切削時の毛羽などのないマイターソー切断表面程度以上であればよい。サンダーで接着面を加工した場合にはサンダー切削屑が残らないように特に十分な清掃を行なう。汚染、水濡れ等はない。又、加工したフィンガーは、損傷しないように運搬、移動、保管、作業時に適切な養生をしなければならない。

#### 4. B F Jの許容耐力

B F Jの許容耐力は以下の各項による（記号の説明は各項共通）。

本章では、B F Jの各種応力に対する許容耐力を規定している。許容耐力を与える式の中の記号の意味は、それが最初に出てくる所で説明してある。2度目以降は説明が省略してあるので、初出の所の説明を参照されたい。

##### 4. 1 許容引張耐力

B F Jの短期許容引張耐力は、〔1〕式により算定する。長期許容引張耐力はその1/2とする。

$$P_{tj} = \text{Min} ( P_{tj1} , P_{tj2} ) \quad [1]$$

$$P_{tj1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad [2]$$

$$P_{tj2} = 2 \cdot f_t \cdot A_e \quad [3]$$

記号	$P_{tj}$	: 短期許容引張耐力 (kgf)
	$P_{tj1}$	: 短期接着引張耐力 (kgf)
	$P_{tj2}$	: 母材の短期許容引張耐力 (kgf)
	$\alpha$	: 接着部の強度低減係数。実験により求める場合を除き、0.8 とする。
	$\sigma_{gt}$	: 接着部の引張の5%下限値 (kgf/cm <sup>2</sup> )。被着材がベイマツの場合は、50 kgf/cm <sup>2</sup> とする。
	$A_b$	: 接着部の部材断面への投影面積 (cm <sup>2</sup> )
	$\theta$	: 接着面の材軸に対する傾斜角 (°)
	$f_t$	: 母材の長期許容引張応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
	$A_e$	: 継手部の有効断面積 (cm <sup>2</sup> )



(1) 算定式中、接着部の引張強度 $\sigma_{gt}$ とは、引張方向に対する実接着面の単位接着面積当たりの引張耐力をさす。接着部の引張強度と接着面の引張方向に対する傾斜角との関係をベイマツの小試験体を用いて調べた実験（文献1参照）がある。この実験は、接着面傾斜角をパラメーターとし、3種類の接着剤を用いて接着部断面が $5 \times 20$  mmの試験体を作り、引張耐力実験を行なったものである。図-5は、その結果である。これによれば、被着材がベイマツで、接着剤がレゾルシノール樹脂の場合、傾斜角の違いによらず引張方向の強度として単位接着面積当たり $50$  kgf の強度下限値が得られ、しかもほぼ一定であることがわかる。このことは、上記の被着材と接着剤の組み合わせの場合、接着面傾斜角とは無関係に接着接合部分の引張耐力が評価できることを示している。即ち、接着面積に一定の値 $\sigma_{gt}$ （接着部の引張強度）を乗じることにより接着引張耐力が求められるわけである。しかし、 $\sigma_{gt}$ は接着剤または被着材の違いによって値が異なると考えられるため、原則として対象とする接着継手と同じ素材、同じ接着剤、同じ接着面傾斜角とした小試験体を用いて引張耐力実験を行ない、その結果をもとに適切に値を定めるものとする。

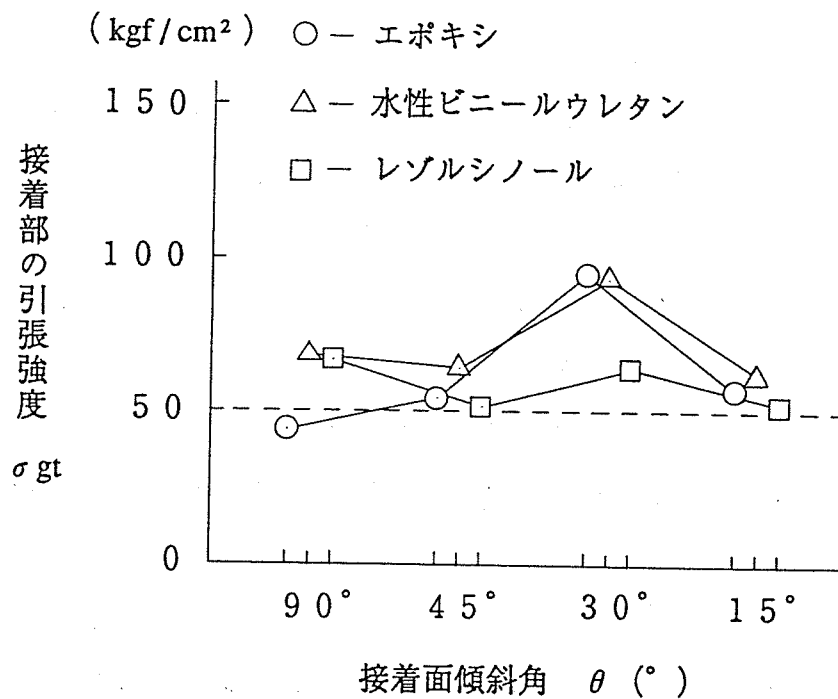


図-5 接着面傾斜角と引張強度との関係

(2) 算定式中 $A_b$ とは、非接着部分を除いた実接着部分の部材断面上への投影面積である。BFJ接合の場合、 $A_b$ は図-6に示すようにフィンガー部左右両端の欠損部分を除いた投影面積ということになる。 $A_e$ は部材自身の耐力算定のために必要な断面積であり、同一断面上最小断面積となる部分の断面積を与えればよく、図-6ではフィンガー片側の欠損部分を除いた断面積である。

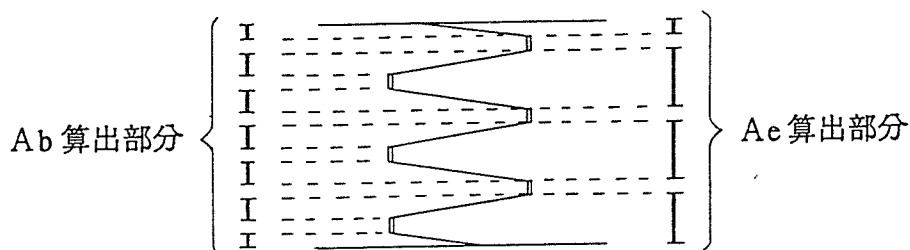


図-6 BFJ接合に於ける $A_b$ と $A_e$

一方、種々の状況により施工方法に差が生じ、引張耐力が低下することは十分予想されることである。さらに、木材そのものに元来存在する節や割れなどの欠陥によっても引張耐力は低下する。これらの不確定要素により、実際の引張耐力が計算値を下回る場合もありうる。そこで、これらの欠陥が原因となって生じる接着部の引張強度の低下を見込んだ低減係数、即ち強度低減係数 $\alpha$ を設けることとした。接着強度は、特に継手部分の加工精度、即ち形状精度に左右される。本算定方法では十分な形状精度が得られていれば、施工方法の違い、節、割れなどを考慮した強度の低減は20%をみればよいとした。但し引張実験によりこの接着効率の確認が可能である場合には、実験結果をもとに接着効率を求めるものとする。特に加工精度が良くない場合には、引張実験を実施して適切な接着効率を求めることが必要である。

(3) 小松、室田らは、BFJ接合部を設けたベイマツの大断面集成材梁から、積層接着層に沿ってBFJ接合部を含むラミナを再度切り出し、接着部の引張強度を求めるための実験(文献2参照)を行なっている。試験体は、スカーフの長さが、60、120、200、480mmの4種類のBFJ接合部を設けた集成材から切り出されたものであるが、480mmのものを除いてBFJ部分の接着時の圧縮を油圧ジャッキに

よる機械締めと、人力によるボルト締めの2通りの方法で行なっている（480mmのものは、油圧ジャッキによる機械締めのみ）。図-7に実験結果を示す。

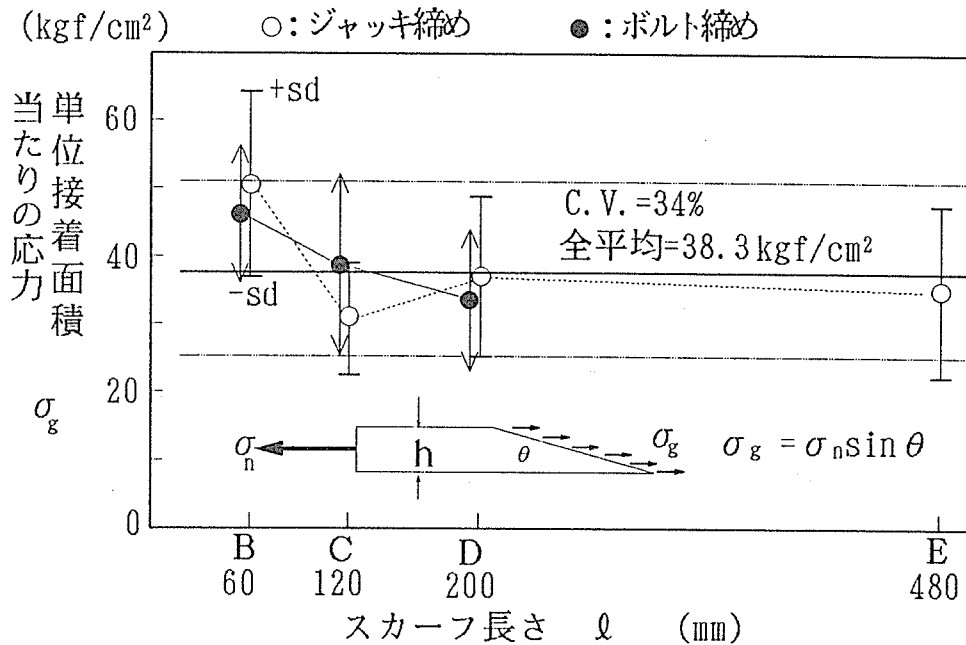


図-7 ラミナ接着部強度とスカーフ長さとの関係

本算定方法によれば接着部引張強度 $\sigma_{gt}$ は、単位接着面積当たり50 kgf/cm<sup>2</sup>の引張強度に低減率0.8を乗じて40 kgf/cm<sup>2</sup>となるが、この実験では図-7に示すように、スカーフ長さや圧縮方法によらず $\sigma_{gt}$ は概ね一定であることがわかる。但し、いずれの試験体もフィンガーの加工精度があまり良くなく、Bタイプ以外の試験体では、引張強度が上記の計算値を若干下回っている。3.3BFJの加工に準じた精度を条件にすれば、強度低減率0.8の値は妥当であろう。

(文献1) 「集成材の継手に関する研究」(その1:接着強度について)

昭和63年度 日本建築学会大会梗概集 木村、渡辺 他

(文献2) 「Big Finger Jointによる大断面集成材の現場接着に関する研究」

平成4年度 日本木材学会大会要旨集 小松、室田 他

#### 4. 2 許容圧縮耐力

B F Jの短期許容圧縮耐力は、〔4〕式により算定する。長期許容圧縮耐力はその1/2とする。

$$P_{cj} = \text{Min} ( P_{cj1}, P_{cj2} ) \quad [4]$$

$$P_{cj1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad [5]$$

$$P_{cj2} = 2 \cdot f_c \cdot A_e \quad [6]$$

記号	$P_{cj}$	: 短期許容圧縮耐力 (kgf)
	$P_{cj1}$	: 短期接着圧縮耐力 (kgf)
	$P_{cj2}$	: 母材の短期許容圧縮耐力 (kgf)
	$f_c$	: 母材の長期許容圧縮応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
	$A_e$	: 継手部の有効断面積 (cm <sup>2</sup> )

圧縮耐力の算定方法は引張耐力の算定方法と基本的には同一である。即ち、接着面積に一定の値（接着部の圧縮強度）を乗じることにより接着圧縮耐力を求めるというものである。耐力算定上、接着部の圧縮強度は、引張強度 $\sigma_{gt}$ と同値とした。

加工精度が良くない場合には、圧縮破壊実験を実施して圧縮に対する強度低減率を求めることが必要である。

#### 4. 3 許容曲げ耐力

B F Jの短期許容曲げ耐力は、〔7〕式により算定する。長期許容曲げ耐力はその1/2とする。

$$M_j = \text{Min} ( M_{j1}, M_{j2} ) \quad [7]$$

$$M_{j1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \cdot \frac{Z_e}{A_e} \quad [8]$$

$$M_{j2} = 2 \cdot f_b \cdot Z_e \quad [9]$$

記号	Mj	: 短期許容曲げ耐力 (kgf)
	Mj1	: 短期接着曲げ耐力 (kgf)
	Mj2	: 母材の短期許容曲げ耐力 (kgf)
	f b	: 母材の長期許容曲げ応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Z e	: 継手部の有効断係数 (cm <sup>2</sup> )

曲げ耐力の算定方法は引張耐力の算定方法に準じている。曲げ破壊は一般に引張側最外縁部分の引張破断によって生じるが、ここでは接着部の曲げ強度を引張強度 $\sigma_{gt}$ と同値として継手部の曲げ耐力を算定することとした。

加工精度が良くない場合には、曲げ破壊実験を実施して曲げに対する強度低減率を求める必要がある。

#### 4. 4 許容せん断耐力

(1) せん断力の作用方向がフィンガーの厚さ方向に直交する場合

B F Jの短期許容せん断耐力は、[10]式により算定する。長期許容せん断耐力はその1/2とする。

$$Q_j = \frac{2}{\beta} \cdot f_s \cdot A_e \quad [10]$$

記号	Qj	: 接着継手の短期許容せん断耐力 (kgf)
	$\beta$	: 断面に生ずる最大せん断応力度の平均せん断応力度に対する比 (矩形断面の場合は1.5)
	f s	: 母材の長期許容せん断応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )

(2) せん断力の作用方向がフィンガーの厚さ方向に平行する場合

B F Jの短期許容せん断耐力は、[11]式により算定する。長期許容せん断耐力はその1/2とする。

$$Q_j = \text{Min} (Q_{j1}, Q_{j2}) \quad [11]$$

$$Q_{j1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad [12]$$

$$Q_{j2} = \frac{2}{\beta} \cdot f_s \cdot A_e \quad [13]$$

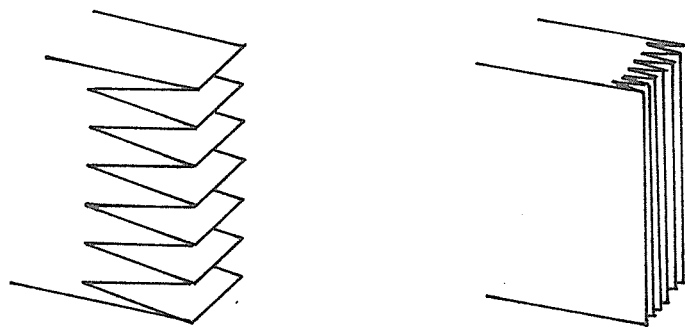
記号  $Q_j$  : 接着継手の短期許容せん断耐力 (kgf)  
 $Q_{j1}$  : 接着部の短期接着せん断耐力 (kgf)  
 $Q_{j2}$  : 接着部の母材短期せん断耐力 (kgf)

(1) せん断耐力の算定方法も引張耐力の算定方法に準じている。この場合も接着部のせん断強度は、引張強度  $\sigma_{gt}$  と同値として継手部のせん断耐力を算定する。

加工精度が良くない場合には、せん断破壊実験を実施してせん断に対する強度低減率を求めることが必要である。

(2) 基準本文の(1)項に示す許容せん断耐力は、図8の(a)の場合に適用し、同(2)項の許容せん断耐力は同図(b)の場合に適用する。

(a)の場合の許容せん断耐力に接着部のせん断強度が関係しないのは、母材のせん断強度に比べて  $\sigma_{gt}/\sin \theta$  の値が十分大きいからである。



(a)

(b)

図-8 BFJの形状とせん断力の作用方向

#### 4. 5 軸方向力と曲げモーメントが同時に作用する場合の許容耐力

継手部に軸方向力と曲げモーメントが同時に作用する場合は、軸方向及び曲げモーメントの各々は〔14〕式を満足しなければならない。

$$\left| \frac{P}{P_j} \right| + \left| \frac{M}{M_j} \right| \leq 1 \quad [14]$$

記号	P	: 継手部に作用する軸方向力 (kgf)
	M	: 継手部に作用する曲げモーメント ( kgf・cm )
	P <sub>j</sub>	: 〔1〕式又は〔4〕式により求められる継手部の許容軸方向耐力 (kgf)
	M <sub>j</sub>	: 〔7〕式により求められる継手部の許容曲げ耐力 ( kgf・cm )

継手部に作用する荷重の組み合わせとしては、一般には軸力と曲げが考えられる。ここでは軸力と曲げの破壊相関関係が線形であると仮定して〔14〕式のような耐力算定式とした。詳細な実験によって実際の破壊相関関係が得られた場合には、それに基づいて変更することができる。

#### 5. 現場接着

従来建築構造用組立接着接合が認められなかったのは、接着操作や環境などに影響されやすい建築現場の接着信頼性に問題があった。近年、現場施工用の構造用接着剤が出現して、その実現が可能になった。しかしながら、建築現場において現場接着接合を実施するに当たっては、被着材や接着剤の品質、調製また接着作業、接着環境、接着の検査などを適切に管理しなければ接合部の耐力は確保できない。特に接着接合性能を非破壊試験で確認する手段方法がない現状では、以下に述べる条件や基準が厳密に守られることが信頼性の高い現場接着接合を得るための必須条件である。

## 5. 1 接着剤

接着剤は、レゾルシノール樹脂木材接着剤（共縮合の場合はレゾルシノールが7以上、フェノール等共縮合組成物が3以下の割合のもの）とする。

- (1) 現場接着接合は、工場内での接着接合と異なり、接着圧縮に十分な設備が使用できないなど圧縮操作に種々の制約を受けることから、使用接着剤は低圧力での接着性、空隙充填性が要求される。この性能を期待できる接着剤としてはレゾルシノール樹脂木材接着剤、エポキシ樹脂接着剤、水性高分子イソシアネート系木材接着剤などがあるが、接着性能、常温硬化性、高温下クリープ耐性などを総合的に検討した結果、当面レゾルシノール樹脂木材接着剤が最適である。しかし、市販のレゾルシノール樹脂接着剤には、フェノール等を共縮合したものがあり、この共縮合率が高くなるほど常温硬化性が劣るので、現場の環境下では完全硬化が期待できない場合が起こることが心配される。したがって、本基準では共縮合率を制限した。
- (2) 現在、レゾルシノール樹脂木材接着剤についてはJIS等の規格はない。したがって、接着剤の品質を特定することが困難であり、接着剤の役割の重大性を考慮して、接着剤メーカーと十分検討協議の上、使用条件に適した品質のものを選定することが重要である。
- (3) 接着剤の保管は、高温を避け密閉して保管するが、長期保管によって劣化することがあるので、製造後6ヶ月以内のより新しいものを使用するように心掛ける。

## 5. 2 被着材の含水率

接着作業時の被着材の含水率は、平均値が15%以下であり、かつ被着断面内各位置の含水率の値のばらつきが5%以下であること。また、接着される2材の平均含水率の差は5%以下とする。



(1) 被着材の接合部分には節や目切れの無いものとする。

(2) 被着材の含水率の制限は、大断面構造用集成材の日本農林規格で定めている基準に準じて、平均含水率で15%以下とするよう規定している。一つの被着材の平均含水率が基準内であっても、測定位置によって含水率のばらつきが5%以上あるものは20%以上の含水率部分を含んでいる可能性があり、それによって竣工後乾燥して剥離や材の割れ、狂い、変形等の発生が懸念されるので使用してはならない。

また、基準内といえども接合するする2材の含水率の差が5%を超えてはならない。

(3) 加工済の被着材は手順よく速やかに接着接合作業を実施する。加工後長期にわたって接着作業に着手しないで放置するというようなことにならないように工程を計画する。

### 5.3 被着材の温度

接着作業の継手部及びその周辺における被着材の温度は20℃以上としなければならない。

レゾルシノール樹脂木材接着剤は常温硬化接着剤というよりはむしろ中間温硬化接着剤という方が適切である。この接着剤は、硬化時の温度条件が20℃を下回ると急激にその硬化速度が遅くなり、相当の長時間を経過しても十分に硬化しない。レゾルシノールに熱硬化依存度の高いフェノールを共縮合したものではこの傾向が更に強くなる。従って適切な接着剤を採用した場合でも、環境温度が20℃以下の現場では保温養生に特に慎重な配慮が必要である。保温養生は接着作業の間だけでは不十分で、硬化反応の間すなわち圧縮、養生の全期間にわたって必要である。さらに、被着材の断面が大きい場合は、それが低温に長時間曝されていたものであると、保温養生をしても接着層の内部に至るまで温度を20℃以上にすることは極めて難しい。したがって、このような場合には、待機の時点から接着部分及びその周辺部を広く保温養生して被着材を適温に保っておくことが必要で

ある。設備がある場合は接着層を選択加熱できる高周波加熱法を採用すれば、この問題は解消され、接着の信頼性は飛躍的に高くなる。

#### 5.4 接着剤の塗布

接着剤は一接着層あたり150～250g/m<sup>2</sup>を塗布すること。

(1) 構造用集成材製造基準では塗布量を一接着層あたり150～250g/m<sup>2</sup>を標準としている。多孔質の樹種るとき、被着面の面粗さが大きいとき、堆積時間が長いとき、塗布面が複雑で面積が広いときなどには、標準塗布量の範囲で多めに塗布するのがよい。

(2) フィンガーやスカーフの接着面には木材の導管が多数露出しているため、これへ接着剤が十分に浸透湿潤することが必要であるが、過度な浸透で接着層の接着剤が不足することのないように配慮しなければならない。被着材の含水率の高い場合、あるいは低粘度接着剤を使用してスプレー塗布する場合などには特に注意が必要である。

(3) また、BFJの接着面は複雑で面積も広いので、欠膠部が発生しないように被着材の両方に塗布するのがよい。したがって、塗布作業を行なうときの各塗布面では上記基準塗布量の半分の75～125g/m<sup>2</sup>を塗布することとなるが、少ない塗布量を平均に塗布することはむつかしく成るから、この場合の塗布量は一接着層あたり両面合わせて、200～350g/m<sup>2</sup>となる。

実際の被着材の塗布量は測定できないことが多いから、予め別の同樹種の板などで計量塗布して視覚的に塗布量を推定できるようにする。

#### 5.5 開放堆積時間

接着剤の塗布後の開放堆積時間は30分以下とする。

塗布後30分以内に被着体の接合部を合わせて閉鎖堆積状態にする。薄く延展された接着剤の表面は乾きやすく接着不良の原因となるので、開放堆積時間を極力短縮する段取りと工夫が必要である。塗布接着作業の環境が乾燥していたり、風があるときなど止むを得ない時は塗布量を標準より多くして対応する。また、気温の高い時は接着剤の可使用時間が短くなるので、配合接着剤のその時の温度条件でのゲル化時間を知って作業管理をしなければならない。

## 5. 6 圧縮作業

- (1) 圧縮は予め用意された適切な治具を用いて行なう。
- (2) 圧縮圧力は接着面に対し  $5 \text{ kgf/cm}^2$  以上とする。
- (3) 圧縮持続時間は6時間以上とする。

(1) 圧縮作業はスカーフ各面に偏りなく一様に圧力がかかるようにすることが必要である。限られた開放堆積時間内に滞りなく圧縮圧を加えるためには、適切な圧縮治具と圧縮方法を前もって準備しておかなければならない。BFJは形状が複雑であるので、本番の前に加圧テストをして、採用する方法の妥当性を確認するとよい。なお、圧縮治具の一部を母材に緊結固定する場合、それに伴って母材の断面を欠損することがある。断面欠損による母材の断面耐力の低下は必ず計算によって推定し、構造耐力上支障がないことを確かめねばならない。また、この断面欠損部がBFJに近すぎるとBFJの強度に悪影響を与えることがあるので、断面欠損部はBFJから十分離れた位置に設けることが必要である。

(2) レゾルシノール樹脂で接着する場合は、接着面に  $5 \text{ kg/cm}^2$ 以上の圧力を加えれば十分な接着強度が得られる。したがって、スカーフ面にそれだけの圧力が確実に加わるように圧縮力の大きさを管理しなければならない。

圧縮力の管理に当っては

- イ. 圧縮圧と圧縮力の関係を求めておくこと
- ロ. 圧縮力は数段階に分けて徐々に加えること
- ハ. 加力中は、接着される断面の全体にわたって均等に圧力が加わるように注意すること

が必要である。

(3) 圧縮は、圧縮圧を除いても自重や被着材の内部応力等によって接着面の剥離が生じず、かつ接着強度の増大が損なわれることがない程度に、接着剤の硬化が進んでいる状態まで持続することが必要である。

本基準においては、圧縮持続時間を6時間としている。これは、20℃以上の温度環境下での接着剤のゲル化時間がおよそ2時間であり、その3倍の時間を経過すると、接着強度がほぼ最終値に達するからである。

圧縮持続時間を経過すれば圧縮治具は取り外してよいことになるが、環境の温度条件や接着時の被着材の温度が十分でない場合は、当然この時間は延引するから、万全を期するためにはより長い圧縮時間が望まれる。一方、接着状態において生じる被着材の内部応力が平衡して安定するまでは、圧縮を続けることが好ましい。内部応力の安全に要する時間は、確実な把握が難しいので、圧縮持続時間は許せる限り十分に長い時間を取るよう配慮すべきである。

なお、硬化が充分でないと思われる場合には6時間を経過していても圧縮を解いてはならない。

#### 5.7 圧縮後の養生

圧縮圧解除後は、20℃以上の温度環境中に24時間以上静置すること。

十分な圧縮時間を経過すれば圧縮治具を取り外すことができる。しかしながら、接合した被着構造材を動かすことは、接着接合した継手に大きな集中応力が掛って接合を破壊したり弱めたりするから、環境温度が20℃以上の場合は48～72時間静置して、十分な硬化と平衡安定を待ちながら養生する。養生中は、環境温度条件が20℃以下にならないように適当な保温養生を行なう必要がある。養生は雨水等がかからず、直射日光に曝されない場所で行なう。

#### 5.8 接着作業環境

被着材の現場搬入から圧縮後の養生終了までの一連の作業は、雨水、埃などがかからず、直射日光に曝されない場所で、20℃以上の温度環境下で行なうこと。

- (1) 埃や雨水などのかかる環境は接着作業の全てに不適当な環境である。直射日光は薄く延長塗布された接着剤を乾燥させ、硬化を早めて接着不良を起こす危険があるので

遮光対策が必要である。

(2) 外気温が20℃以下となる場合には、特別な保温加熱ができない限り接着作業を行なってはならない。接着作業にあたっては、テント、シートなどによって接着部を保温するとともに、電気毛布、電子線加熱、高周波加熱などで保温加熱を行なう。

(3) 通風も接着剤の表面を乾燥させるため、それが著しい場合は接着不良の原因になる。

#### 5.9 接着性能の確認

(1) 製作された継手部の形状が、3.3(1)の規定を満たしていることを確認しなければならない。

(2) 被着材の製造に用いたラミナから厚さ10mmの板を作り、それをBFJの接着と同一条件で接着する。BFJの養生終了後速やかに、それから継手1箇所につき10個の試験片を切り出してJIS K6852に定める圧縮せん断接着強さ試験を行い、試験結果が以下の基準を満たすことを確認する。

1) 接着強さ及び木部破断の各平均値が下表の数値以上であること

樹種区分		せん断強さ kg/cm <sup>2</sup>	木部破断率%
針葉樹A-1	アカマツ、クロマツ、ベイマツ	75	50
針葉樹A-2	カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ	70	50
針葉樹B-1	ツガ、ベイツガ	60	60
針葉樹B-2	モミ、エゾマツ、トドマツ、 ベニマツ、スギ、スプルース	55	60

広葉樹 A	ミズナラ、ブナ、ケヤキ、シオジ、 タモ、カバ、イタヤカエデ、 ニレ、アビトン	75	40
広葉樹 B	ラワン	60	60

2) 接着強さ試験値の変動係数が30%以下であること

(1) 第1項は接着完了後のBFJが、所期の形状に仕上がっているかどうかを目視で点検することを要求している。即ち、本基準3.3の(1)項の要求が満たされていることの確認である。

確認事項の一つは、スカーフ面の密着度合である。これはスカーフ面の間に挟まれている接着層の厚さを側面から測定すれば良い。厚さが1mmを超えている場合は、加工精度の不良、圧縮圧の不均一などの不具合があったと考えられるので、不合格とする。

第2点目は、のりだめが適正に保持されたか否かの確認である。フィンガーの底部と先端部が接触し、のりだめがつぶれてしまっているような状態がみられる場合は、加工精度の不良あるいは圧縮圧不足などの不具合があったと考えられるので、不合格とする。

なお、不合格となったBFJに、短期許容曲げ耐力の1/2相当の正及び負の曲げモーメントを加え(プルーフ・ローディング)、異常が観察されないときは、合格としてよい。

(2) 第2項の試験は、現場組立の接着接合部が適正な水準の接合強度を保持しているか否かを検証する手段である。したがって、施工される全接着接合部の各々について接着試験片を作成する。試験片の作成及び試験は以下のように行なう。

イ. 接着試験片用の被着材は、本体被着材と同じ品質のものとし、これは本体の製造時に工場で採取しておけば容易に調達できる。この接着試験用被着材は、本体と同一の環境曝露履歴を持つように本体被着材のBFJ部分にくくりつけておく。

- ロ．本試験は、現場接着接合部のレプリカとしてBFJの接着の程度を確認するのであるから、試験板の作成はそれのための特別の作業をしてはならない。あくまで現場作業の一環として本体に関する作業と同時進行で、現場作業を写し取りながら行なう必要がある。
- ハ．接着試験片用被着材は本体の被着材と同一の材料から挽き出す。両面をプレーナー掛けして厚さ10mm、幅10cm、長さ20cmの板上に加工する。個数は、継手1箇所当たり4個とする。
- ニ．試験片用被着材の接着は、BFJの現場接着接合作業と同じ場所で、同じ時刻に、同じ作業者が行う。接着剤は、そのBFJの接着に使用した接着剤の一部を用いる。塗布量、開放堆積時間、圧縮圧力、圧縮持続時間及び養生時間は本体のそれと同じとする。接着試験片は継手1箇所当たり2組作成する。
- ホ．2組の接着試験片は、圧縮持続時間中及び静置養生時間中は本体と同じ温度環境下に置く必要があり、そのため本体の極く近傍で、温度の最も低くなる場所に置く。
- ヘ．接着された試験板は、静置養生時間を経過した後、直ちにそれを切断して、各試験片からJIS K6852圧縮せん断接着強さ試験片5個ずつを切り出す。
- ト．試験片の作成と圧縮せん断試験が現場近傍で手早くできるときは、むしろこの接着試験を先に行なって、その結果によって本体の養生終了や釣り込み開始の時期を判断するほうがよい。
- チ．試験は、継手1箇所あたり10個の試験片の常態圧縮せん断接着強さを測定する。
- リ．判定の基準は、10個の試験片の接着強さと木部破断率の平均値が構造用大断面集成材の日本農林規格に定めるブロックせん断試験の試験片の適合基準の数値以上であり、10個の試験片の接着強さ試験値の変動係数が30%以下であることである。
- 10個の試験片の平均値の他に、変動係数の値を制限しているのは、平均値の信頼性を確認するためである。

## 5. 1 0 接着管理者

接着作業は、接着管理者の資格を持った者が管理しなければならない。

現場接着接合の作業は定められた接着管理者の資格を持った者の指揮、監督、管理の下に行なわねばならない。

その場合、接着管理者はその現場接着接合の作業全般について唯一の決定権を持ち、全責任をもつ。

接着管理者とは、(財)日本木材加工技術協会が監理する「木材接着士」及び「大断面集成材管理士」の資格者のうち、(材)日本住宅・木材技術センターが行なう「現場接着接合技術研修」を終了した者である。

## 5. 1 1 作業管理記録の作成と保管

接着管理者は、BFJの施工に関する作業管理記録を作成し、建物管理者はそれを保管しなければならない。

現場接着によるBFJは、非破壊でその構造耐力性能を検査する方法がないため、その品質信頼性を確実に知ることができない。本基準では、品質信頼性の不確実性を、設計上の配慮によって補っている(2.3の解説参照)。BFJの品質不良の主原因は、フィンガーの加工精度の不良と接着作業の不良である。前者は、加工機械の開発によって解決できる。後者は、接着作業を慎重に管理して、品質の適正を期すること以外に解決の方法はない。

接着作業において管理すべき要素は多数あり、それらをどのように管理すべきであるかがわからなければ適正な管理は望むべくもない。本基準ではこの点について一応の基準を定めているが、その必要十分性に関しては未だ多くの検討の余地を残している。

したがって、現場接着によるBFJの技術の将来の発展のためには、接着管理の方法をより合理化することが必要である。本基準ではそのような観点から、接着管理の記録を残し、将来の検討に役立てることとした。

なお、接着の施工及び管理は一定の基準に従って行うことが必要である。本章の付録は



その見本であり、それはスカーフジョイントの施工にも適用できる。作業管理記録の内容をどうするかについての詳細は、この施工基準を参照されたい。

## 6. 保守点検

### 6. 1 保守点検項目

保守点検作業は次に述べる4項目について行う。点検の結果、不具合が発見された場合、係員は速やかに設計者、発注者及び施工業者と協議を行い、必要な対策を講じるものとする。

#### (1) 接着面の剥離

継手の接着部及び継手近辺のラミナの接着面における接着剥離の有無

#### (2) 継手部分の割れ

継手近辺のラミナにおけるひび割れの有無

#### (3) 部材のたわみ

B F Jを含む部材のたわみに関する異常の有無

#### (4) 継手部分の音

接着継手部分における異常音の発生の有無

点検作業は主に次に述べる4点について行なう。点検の結果、不具合が発見された場合、係員は速やかに設計者や発注者及び製造業者と協議し、その善後策を講じるものとする。

#### (1) 接着面の剥離

ここでいう接着面とはB F Jの接着部及び継手付近のラミナの接着面をいう。集成材を構成するラミナは、吸湿して含水率が増すと膨張し、放湿して含水率を減ずると収縮する。この際、隣接するラミナの膨張収縮量が違えば継手接着面に応力が生じ、これが局部的に大きくなったときに継手接着面の剥離が生じる場合がある。引張力が作用する継手、曲げが作用する継手の引張側最外縁部などでこのような接着剥離が生じている場合には、B F Jの急激な破断を引き起こす危険性があるため、早急に適切な措置（エポキシ樹脂の圧入など）を講じる必要がある。

## (2) 継手部分の割れ

集成材は乾燥材であるラミナを集成接着したものなので、木材単材にありがちな干し割れ、ひずみ、狂いなどが少ないとされているが、含水率の変動等により局所的に割れが発生することはある。この局所的な割れが継手部分に生じた場合、近傍の接着面の剥離につながる可能性が高いため注意が必要である。

## (3) 部材のたわみ

B F Jを含む部材に設計で予測した量を超える異常なたわみが生じた場合は、何らかの不具合が発生しつつある可能性がある。

## (4) 継手部分の音

建物の管理者から継手部分などに異常音の発生があることが報告されている場合は、その原因を調べる必要がある。

## 6. 2 保守点検の時期

保守点検は以下の各時期に行なう。

- (1) 竣工後1年を経過した時
- (2) 以下の自然現象のうち最初のものを経験した時
  - 1) 震度V以上の地震
  - 2) 平均風速20m/sec以上の強風
  - 3) 設計積雪深の35%以上の深さの積雪
- (3) 建物管理者から異常の発生が伝えられた時

(1) 本項では保守点検を行なうべき時期を指定している。

一つは竣工後1年目、二つ目は相当の大きさの地震、風、雪などの自然現象を経験した時、三つ目は建物管理者から何らかの異常の発生が報告された時である。

(2) 最初に経験する自然現象としては、震度V以上の地震、平均風速20m/sec以上の強風及び設計積雪深の35%以上の深さの積雪のいずれかとしている。

これらはいずれも、BFJ部分に相当大きな応力を発生させる程度のものであり、この程度の外力を経験すれば接合不良等の存在の有無を確かめることが十分にできると考えられる。但し、多雪区域に指定されていない地域、いわゆる一般地域に建つ建物の場合、設計積雪深の35%の積雪があっても、それほど大きな応力の発生はない場合が多いので、震度V以上の地震あるいは平均風速20m/sec以上の強風を経験した場合に点検することが必要である。

なお、気象官署の発表する風速が20m/sec以上であっても、風速計の設置高度が高い場合には、地上付近の風速はそれをはるかに下回ることがある。したがって、最寄りの気象官署の風速と建物近傍の地上風速との関係を前もって調査し、建物が十分に大きな風圧を受けたことを確認した上で、点検をすることが必要である。

- (3) 建物管理者からの以上発生への報告とは、継手部分の接着剥離や割れの発生、異常なたわみの発生、異常音の発生などの報告である。このような報告に対しては、迅速に対応することが重要である。

# 第3編 建築構造用現場組立スカーフジョイント設計施工点検基準案

## 第1章 建築構造用現場組立スカーフジョイント設計施工点検基準案

### 1. 適用範囲

この基準は、以下に掲げる継手に用いる建築構造用現場組立スカーフジョイント（以下、S Jという）に適用する。

- (1) 曲げ材の継手
- (2) 圧縮材の継手
- (3) 引張材の継手
- (4) 曲げ圧縮材の継手
- (5) 曲げ引張材の継手

### 2. 構造設計

#### 2.1 一般

S Jを含む構造部材ならびに構造架構は、建築基準法施行令第3章の規定に準じた構造計算によって、安全性を確かめること

#### 2.2 S Jの力学性能

前項の構造計算は、以下による

- (1) S Jを含む構造部材の曲げ、圧縮、引張、せん断及びねじれに関する剛性は、S Jを含まないものと仮定して算出することができる。
- (2) S J部分の曲げ、圧縮、引張及びせん断耐力は、4章の規定により算出する。
- (3) 上記以外のS J部分の耐力は、母材のそれと同じとする。

#### 2.3 常時荷重に対する安全性の確保

任意の1ヶ所のS Jの接合耐力が所期の耐力の1/5に低下した状態を仮想し、その状態において常時荷重が作用する場合にあって、その周辺部の床、屋根又は架構に急激な落下や崩壊が予測されるときは、そのS J部分には下式を満足する耐力を有するメカニカルファスナーを併設しなければならない。

$$S_s \geq F_L \quad (1)$$

ここに、

$S_s$  : メカニカルファスナーの短期許容耐力

$F_L$  : S J 部分に生じる長期の応力

## 2. 4 交叉部材の接続の禁止

S J 部分には、他の構造部材をその部分を交叉するように接続してはならない。

## 3. 母材ならびに S J の形状及び加工

### 3. 1 母材

(1) S J によって接合される母材の品質は、以下のものとする。

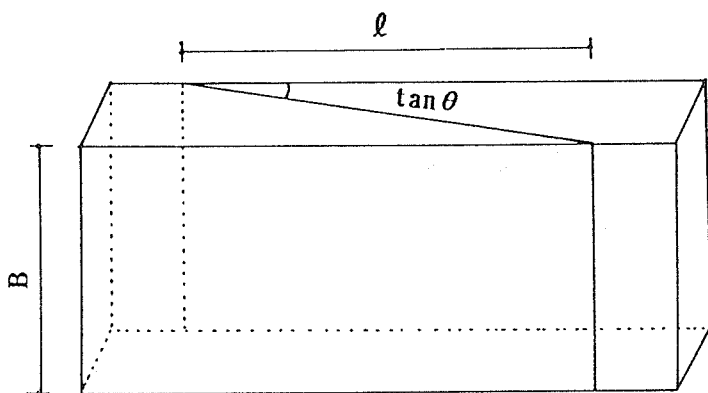
- 1) J A S 構造用大断面集成材の特級、1 級又は 2 級
- 2) J A S 構造用集成材の 1 級又は 2 級
- 3) J A S 化粧張り構造用集成材の 1 等又は 2 等
- 4) 上記と同等以上の品質を有する集成材

(2) S J によって接合される材の断面形状及び寸法、樹種ならびに品質は同一でなければならない。

### 3. 2 S J の形状

(1) 各部の名称及び記号

S J 各部の名称及び記号は下記のとおりとする。



$B$  : スカーフの厚さ

$\ell$  : スカーフの長さ

$\tan \theta$  : スカーフ傾斜比

(2) 形状

S J の形状は以下を満足しなければならない。

- 1) スカーフの長さ  $\ell$  は、50 mm 以上であること
- 2) スカーフ傾斜比  $\tan \theta$  は、1/8 以下であること

### 3. 3 S Jの加工

- (1) スカーフ各部は、組み上がった状態においてスカーフ面相互の間隙が1 mm以下となるように、精度よく加工しなければならない。
- (2) 接着接合面は平滑に加工しなければならない。

### 4. S Jの許容耐力

S Jの許容耐力は以下の各項による（記号の説明は各項共通）。

#### 4. 1 許容引張耐力

S Jの短期許容引張耐力は、〔1〕式により算定する。長期許容引張耐力はその1/2とする。

$$P_{tj} = \text{Min} (P_{tj1}, P_{tj2}) \quad [1]$$

$$P_{tj1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad [2]$$

$$P_{tj2} = 2 \cdot f_t \cdot A \quad [3]$$

記号  $P_{tj}$  : 短期許容引張耐力 (kgf)

$P_{tj1}$  : 短期接着引張耐力 (kgf)

$P_{tj2}$  : 母材の短期許容引張耐力 (kgf)

$\alpha$  : 接着部の強度低減係数。実験により求める場合を除き、0.8 とする。

$\sigma_{gt}$  : 接着部の引張の5%下限値 (kgf/cm<sup>2</sup>)。被着材がベイマツの場合は、50 kgf/cm<sup>2</sup> とする。

$A_b$  : 接着部の部材断面への投影面積 (cm<sup>2</sup>)

$\theta$  : 接着面の材軸に対する傾斜角 (°)

$f_t$  : 母材の長期許容引張応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$A$  : 継手部の断面積 (cm<sup>2</sup>)

#### 4. 2 許容圧縮耐力

S Jの短期許容圧縮耐力は、〔4〕式により算定する。長期許容圧縮耐力はその1/2とする。

$$P_{cj} = \text{Min} (P_{cj1}, P_{cj2}) \quad [4]$$

$$P_{cj1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \quad [5]$$

$$P_{cj2} = 2 \cdot f_c \cdot A \quad (6)$$

- 記号  $P_{cj}$  : 短期許容圧縮耐力 (kgf)  
 $P_{cj1}$  : 短期接着圧縮耐力 (kgf)  
 $P_{cj2}$  : 母材の短期許容圧縮耐力 (kgf)  
 $f_c$  : 母材の長期許容圧縮応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

#### 4. 3 許容曲げ耐力

S Jの短期許容曲げ耐力は、〔7〕式により算定する。長期許容曲げ耐力はその1/2とする。

$$M_j = \text{Min} (M_{j1}, M_{j2}) \quad (7)$$

$$M_{j1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{A_b}{\sin \theta} \cdot \frac{Z}{A} \quad (8)$$

$$M_{j2} = 2 \cdot f_b \cdot Z \quad (9)$$

- 記号  $M_j$  : 短期許容曲げ耐力 (kgf)  
 $M_{j1}$  : 短期接着曲げ耐力 (kgf)  
 $M_{j2}$  : 母材の短期許容曲げ耐力 (kgf)  
 $f_b$  : 母材の長期許容曲げ応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $Z$  : 継手部の断面係数 (cm<sup>2</sup>)

#### 4. 4 許容せん断耐力

##### (1) せん断力の作用方向がスカーフの厚さ方向に直交する場合

S Jの短期せん断耐力は、〔10〕式により算定する。長期許容せん断耐力はその1/2とする。

$$Q_j = \frac{2}{\beta} \cdot f_s \cdot A \quad (10)$$

- 記号  $M_j$  : 接着継手の短期許容せん断耐力 (kgf)  
 $\beta$  : 断面に生ずる最大せん断応力度の平均せん断応力度に対する比  
(矩形断面の場合は1.5)  
 $f_s$  : 母材の長期許容せん断応力度 (kgf / cm<sup>2</sup>)

##### (2) せん断力の作用方向がスカーフの厚さ方向に平行する場合

S Jの短期許容せん断耐力は、〔11〕式により算定する。長期許容せん断耐力はその1/2とする。

$$Q_j = \text{Min} (Q_{j1}, Q_{j2}) \quad (11)$$

$$Q_{j1} = \frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot \sigma_{gt} \cdot \frac{Ab}{\sin \theta} \quad (12)$$

$$Q_{j2} = \frac{2}{\beta} \cdot f_s \cdot A \quad (13)$$

記号       $Q_j$     : 接着継手の短期許容せん断耐力 (kgf)  
              $Q_{j1}$    : 接着部の短期接着せん断耐力 (kgf)  
              $Q_{j2}$    : 接着部の母材の短期せん断耐力 (kgf)

#### 4. 5 軸方向力と曲げモーメントが同時に作用する場合の許容耐力

継手部に軸方向力と曲げモーメントが同時に作用する場合は、軸方向力及び曲げモーメントの各々は〔14〕式を満足しなければならない。

$$\left| \frac{P}{P_j} \right| + \left| \frac{M}{M_j} \right| \leq 1 \quad (14)$$

記号       $P$     : 継手部に作用する軸方向力 (kgf)  
              $M$     : 継手部に作用する曲げモーメント ( kgf · cm )  
              $P_j$  : 〔1〕式又は〔4〕式により求められる継手部の  
                     許容軸方向耐力 (kgf)  
              $M_j$  : 〔7〕式により求められる継手部の  
                     許容曲げ耐力 ( kgf · cm )

### 5. 現場接着

#### 5. 1 接着剤

接着剤は、レゾルシノール樹脂木材接着剤（共縮合の場合はレゾルシノールが7以上、フェノール等共縮合組成物が3以下の割合のもの）とする。

#### 5. 2 被着材の含水率

接着作業時の被着材の含水率は、平均値が15%以下であり、かつ被着断面内各位置の含水率の値のばらつきが5%以下であること。また、接着される2材の平均含水率の差は5%以下とする。

#### 5. 3 被着材の温度

接着作業時の継手部及びその周辺部における被着材の温度は20℃以上としなければならない。



#### 5. 4 接着剤の塗布

接着剤は接着される2材の各接着面に150~250g/m<sup>2</sup>を塗布すること。

#### 5. 5 開放推積時間

接着剤塗布後の開放推積時間は30分以下とする。

#### 5. 6 圧縮作業

(1) 圧縮は予め用意された適切な治具を用いて行う。

(2) 圧縮圧力は接着面に対し5kgf/cm<sup>2</sup>以上とする。

(3) 圧縮持続時間は6時間以上とする。

#### 5. 7 圧縮後の養生

圧縮圧解除後は、20℃以上の温度環境中に24時間以上静置すること。

#### 5. 8 接着作業環境

被着材の現場搬入から圧縮後の養生終了までの一連の作業は、雨水、埃などがかからず直射日光に曝されない場所で、20℃以上の温度環境下で行うこと。

#### 5. 9 接着性能の確認

(1) 製作された継手部の形状が、3.3(1)の規定を満たしていることを確認しなければならない。

(2) 被着材の製造に用いたラミナから厚さ10mmの板を作り、それをS Jの接着と同条件で接着する。S Jの養生終了後速やかに、それからS J継手1箇所につき10個の試験片を切り出してJIS K 6852に定める圧縮せん断接着強さ試験を行い、試験結果が以下の基準を満たすことを確認する。

1) 接着強さ及び木部破断率の各平均値が下表の数値以上であること

樹種区分	せん断強さ kgf/cm <sup>2</sup>	木部破断率%
針葉樹A-1 アカマツ、クロマツ、ベイマツ	75	50
針葉樹A-2 カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ	70	50
針葉樹B-1 ツガ、ベイツガ	60	60
針葉樹B-2 モミ、エゾマツ、トドマツ ベニマツ、スギ、スプルース	55	60
広葉樹 A ミズナラ、ブナ、ケヤキ、シオジ、 タモ、カバ、イタヤカエデ、ニレ、 アピトン	75	40
広葉樹 B ラワン	60	60

#### 5. 4 接着剤の塗布

接着剤は接着される2材の各接着面に150～250g/m<sup>2</sup>を塗布すること。

#### 5. 5 開放推積時間

接着剤塗布後の開放推積時間は30分以下とする。

#### 5. 6 圧縮作業

- (1) 圧縮は予め用意された適切な治具を用いて行う。
- (2) 圧縮圧力は接着面に対し5kgf/cm<sup>2</sup>以上とする。
- (3) 圧縮持続時間は6時間以上とする。

#### 5. 7 圧縮後の養生

圧縮圧解除後は、20℃以上の温度環境中に24時間以上静置すること。

#### 5. 8 接着作業環境

被着材の現場搬入から圧縮後の養生終了までの一連の作業は、雨水、埃などがかからず直射日光に曝されない場所で、20℃以上の温度環境下で行うこと。

#### 5. 9 接着性能の確認

- (1) 製作された継手部の形状が、3.3(1)の規定を満たしていることを確認しなければならない。
- (2) 被着材の製造に用いたラミナから厚さ10mmの板を作り、それをS Jの接着と同条件で接着する。S Jの養生終了後速やかに、それからS J継手1箇所につき10個の試験片を切り出してJ I S K 6 8 5 2に定める圧縮せん断接着強さ試験を行い、試験結果が以下の基準を満たすことを確認する。

1) 接着強さ及び木部破断率の各平均値が下表の数値以上であること

樹種区分	せん断強さkgf/cm <sup>2</sup>	木部破断率%
針葉樹A-1 アカマツ、クロマツ、ベイマツ	75	50
針葉樹A-2 カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ	70	50
針葉樹B-1 ツガ、ベイツガ	60	60
針葉樹B-2 モミ、エゾマツ、トドマツ ベニマツ、スギ、スプルース	55	60
広葉樹 A ミズナラ、ブナ、ケヤキ、シオジ、 タモ、カバ、イタヤカエデ、ニレ、 アピトン	75	40
広葉樹 B ラワン	60	60

2) 接着強さ試験値の変動係数が30%以下であること

#### 5. 10 接着管理者

接着作業は、接着管理者の資格を持った者が管理しなければならない。

#### 5. 11 作業管理記録の作成と保管

接着管理者は、S Jの施工に関する作業管理記録を作成し、建物管理者はそれを保管しなければならない。

### 6. 保守点検

#### 6. 1 保守点検項目

保守点検作業は次に述べる4項目について行う。点検の結果、不具合が発見された場合、係員は速やかに設計者、発注者及び施工業者と協議を行い、必要な対策を講じるものとする。

##### (1) 接着面の剥離

継手の接着部及び継手近辺のラミナの接着面における接着剥離の有無

##### (2) 継手部分の割れ

継手近辺のラミナにおけるひび割れの有無

##### (3) 部材のたわみ

S Jを含む部材のたわみに関する異常の有無

##### (4) 継手部分の音

接着継手部分における異常音の発生の有無

#### 6. 2 保守点検の時期

保守点検は以下の各時期に行う。

(1) 竣工後1年を経過した時

(2) 以下の自然現象のうち最初のものを経験した時

1) 震度V以上の地震

2) 平均風速20 m/sec以上の強風

3) 設計積雪深の35%以上の深さの積雪

(3) 建物管理者から異常の発生が伝えられた時

## 第4編 接着結合部の耐熱性及び耐火性

本編では火炎下における現場接着結合部の耐力について検討した。

接着結合部はその接着剤の種類によって耐火性能が異なると考えられる。ここでは、各種の常温硬化型接着剤を用いて現場施工時によって接着した接着層の耐火性能を評価するために、エポキシ樹脂、水性ビニルウレタン樹脂およびレゾルシノール樹脂の3種類の接着剤を用いて接着結合試験体を作製し、その火炎下における接着層の耐力継続時間を調べた。

### 4.1 接着結合試験体の作製

5種類の異なる厚さの被着材を用意した。すなわち、集成材からラミナに垂直な方向の厚さを20, 40, 60, 80及び100 mmの5段階で、幅120 mm、長さ(繊維方向)290 mmの被着材ブロックを切り出した。これらから同じ厚さのもの各2枚を長さ方向に10 mmずらして接着し、イス型接着試験片を作製した。接着面の中央部のみを残してサランラップで覆い、中央部の長さ方向40 mmの部分だけ接着剤を塗布し、接着した(図1)。接着剤の塗布量は、一接着層当たり $200 \text{ g/m}^2$ とした。それぞれの接着剤について、被接着の厚さ5段階のそれぞれについて、試験体を2個ずつ作製した。接着条件は、室温(約 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ )、圧縮圧力約 $10 \text{ kgf/cm}^2$ 、圧縮時間24時間とした。写真1は接着剤の塗布状況、写真2は解圧直後、写真3は5種類の厚さの試験片の姿である。

写真4及び図2に示すように、試験体の接着層( $4 \times 12 \text{ cm}^2$ )にせん断許容応力度( $10.5 \text{ kgf/cm}^2$ )より約20%程大きい $12.5 \text{ kgf/cm}^2$ のせん断応力がかかるように、上から600 kgfの荷重をかけた。正面から複数のガスバーナーで火炎を噴射し、試験体の両側面を炎が包むような形で燃焼試験を行なった。試験体を下から支持するための鉄板と背後から転びを支えるためのローラー付きの支持鉄板を一体になるように固く固定し、クロスバーの上にセットした。また、試験体の周辺と接着層内に熱電対を配置して、環境温度と接着層内の温度の分布を経時的に測定すると同時に、せん断破壊が起こるまでの時

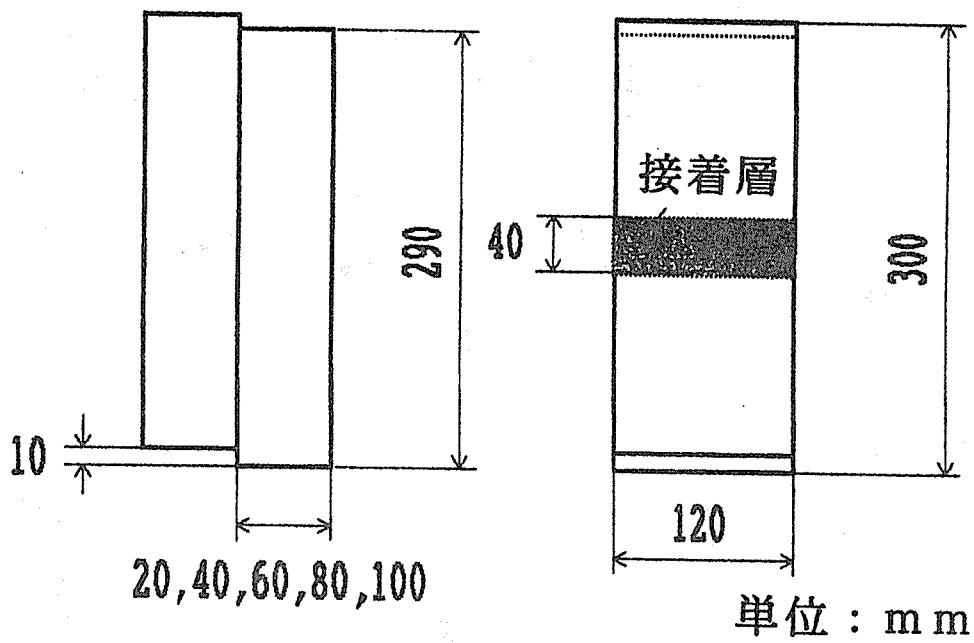


図 1 接着接合部耐火試験の試験体

写真1. 中央の  
40 × 120 mmの  
部分以外をテフ  
ロンで覆い、接  
着剤を塗布。

EP:エポキシ樹脂

VU:水性ビニルウ  
レタン樹脂

RF:レゾルシノー  
ル樹脂

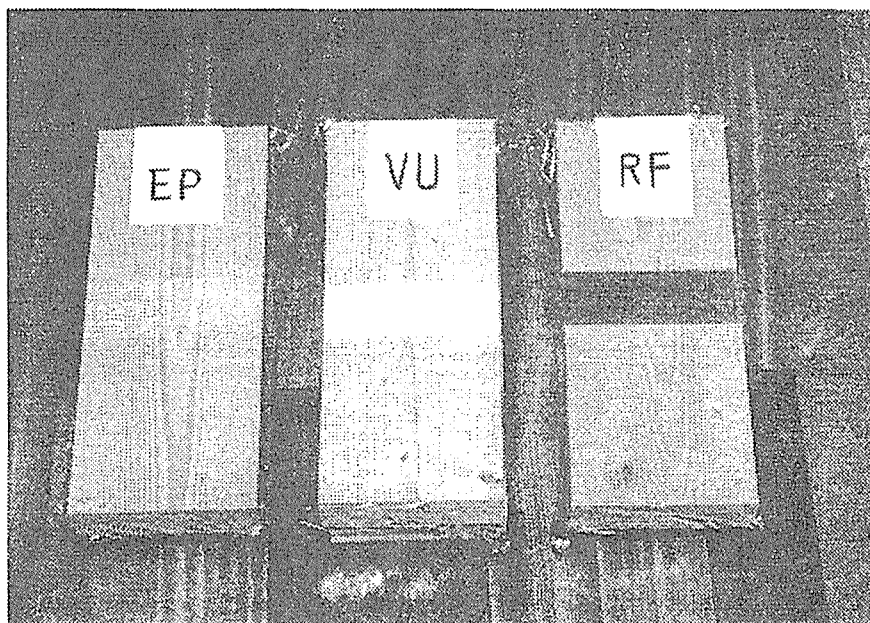


写真2. 圧縮24  
時間後の様子。

接着剤のはみ出し  
具合は良好であ  
る。

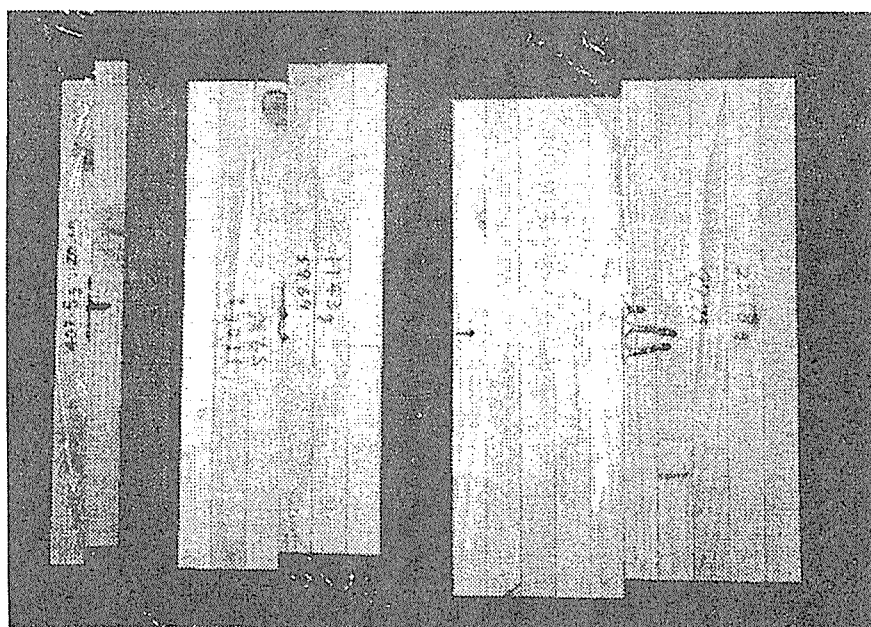
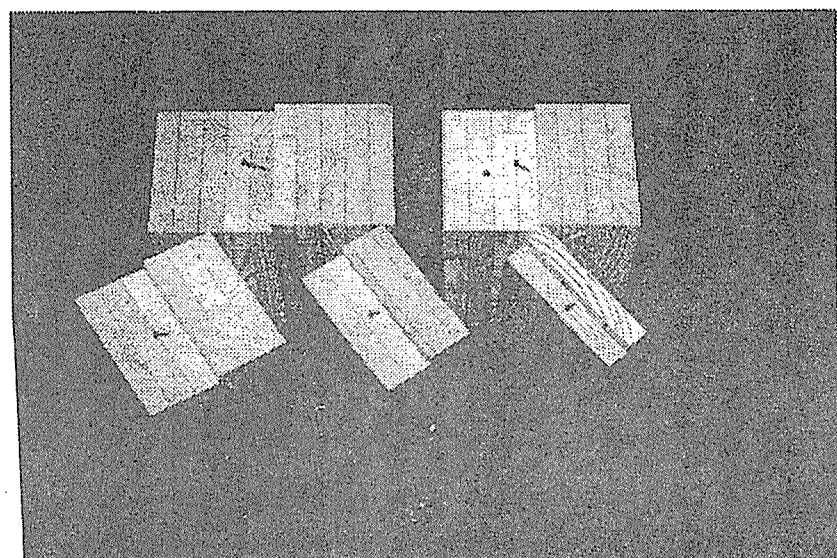


写真3. 出来上が  
った試験片、  
釘は被着材の位置  
がずれないため  
のもので、抜き去  
って耐火試験に供  
する。



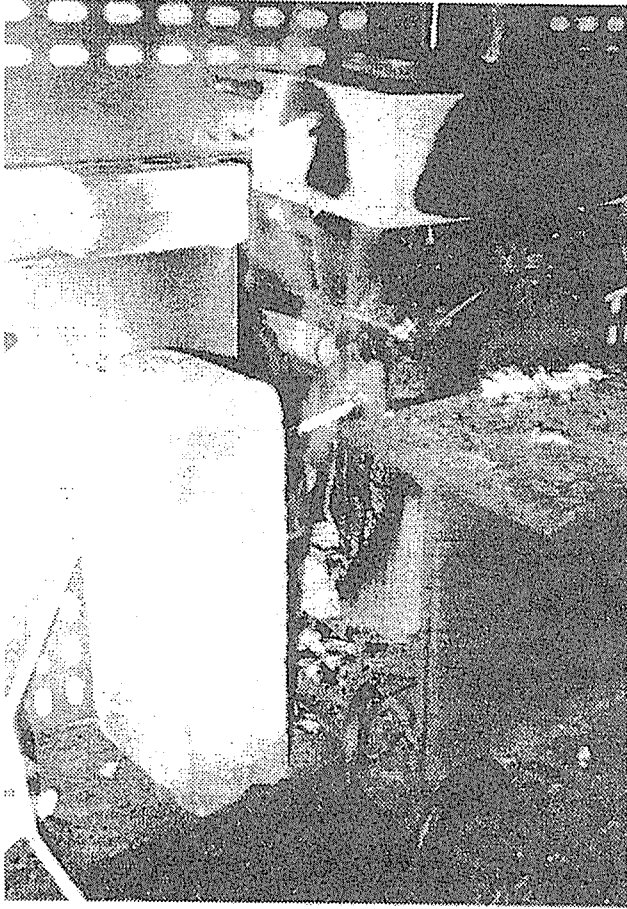
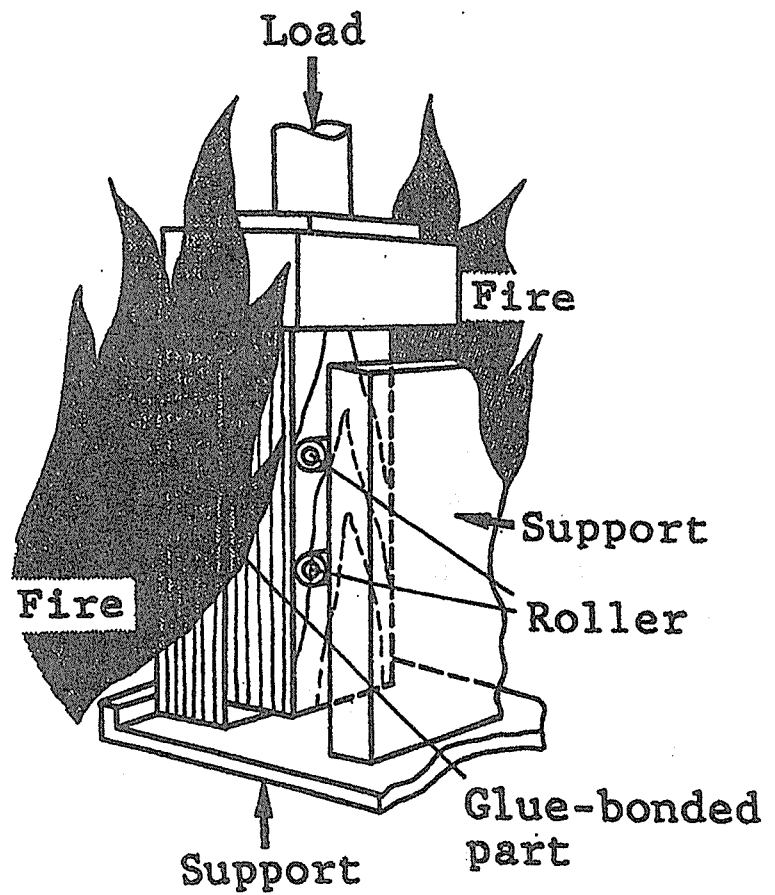


写真4. 接着接合試験体の荷重耐火実況。

図2. 接着接合試験体の荷重耐火実験のイラスト。



間すなわち耐火時間を測定した。写真4は破壊寸前の状況である。炎が試験体の側面を包んでいる様子はよく分かる。

#### 4.2 試験結果と考察

図3は燃焼過程における加熱温度変化の一例である。一番上の曲線は試験体の正面温度で、火をつけるとすぐ1000℃近くに達していることがわかる。中央部の2本の曲線は試験体両側面の接着層付近の加熱温度で、最初の10分程度の温度上昇は着火によって急速に上がるが、400℃ぐらいからは外部空気の流入で上昇速度はゆるやかとなり、60分程度で前面温度と同じレベルになっている。一番下の曲線は接着層の温度を示しており、木材の熱伝導率が低いので、接着層中央部の温度はゆっくり上昇することがわかる。

図4は水性ビニルウレタン樹脂接着剤を用いた試験体の火炎暴露時間と接着層中央部の温度変化の関係を示したものである。被着材が薄い試験体(20mm)では接着層中央部の温度は着火後数分後から急に上昇するが、被着材が厚くなるにしたがって温度の立ち上がりが段々遅くなっていることがわかる。図中の星印は試験片の破壊点である。

図5は被着材の厚さが共に60mmの3種類の接着剤を用いたそれぞれの試験片の接着層中央部の温度変化と火炎暴露時間の関係を示したものである。この図に示すように、接着層中央部の温度は接着剤の種類と関係なしに、火炎暴露時間の経過とともにほとんど同じ推移をたどって上昇することがわかる。エポキシ樹脂では接着層中央部が60℃に達するあたりで試験片が破壊するのに対し、水性ビニルウレタン樹脂とレゾルシノール樹脂ではそれぞれ110℃及び120℃程度まで持ち堪えている。

図6は被着材の厚さと破壊時の接着層中央部の温度との関係を示したものである。試験の中には荷重点に火が廻り、荷重点が先に炭化して崩れたために、接着層の破壊に至らなかったものが2体あった(図中に※印で示した)。これらを除くと破壊時接着層中央部の温度は被着材の厚さとほとんど関係なく、大体一定の値を示している。その中では、レゾールシノール樹脂接着剤が一番高く、平均120℃程度に達しており、水性ビニルウレタン樹脂接着剤



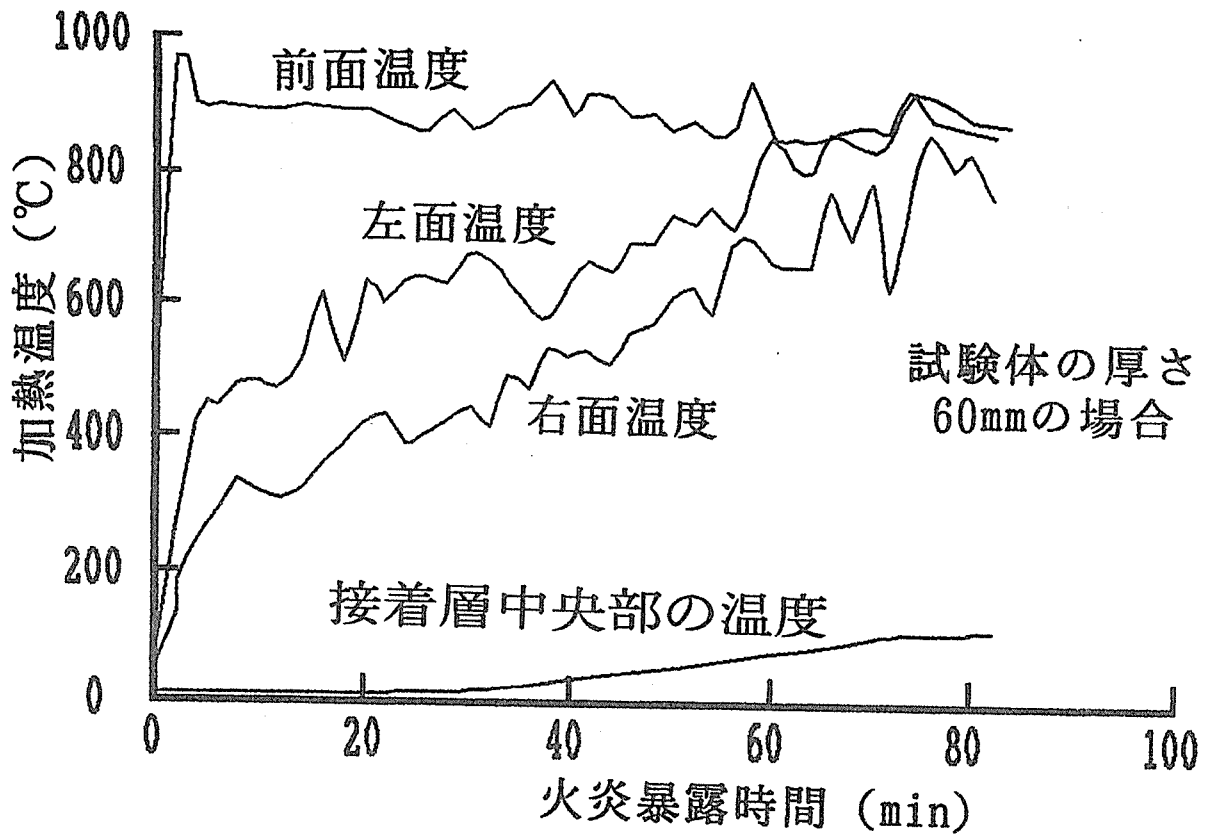


図3 燃烧時の加熱温度変化の実例

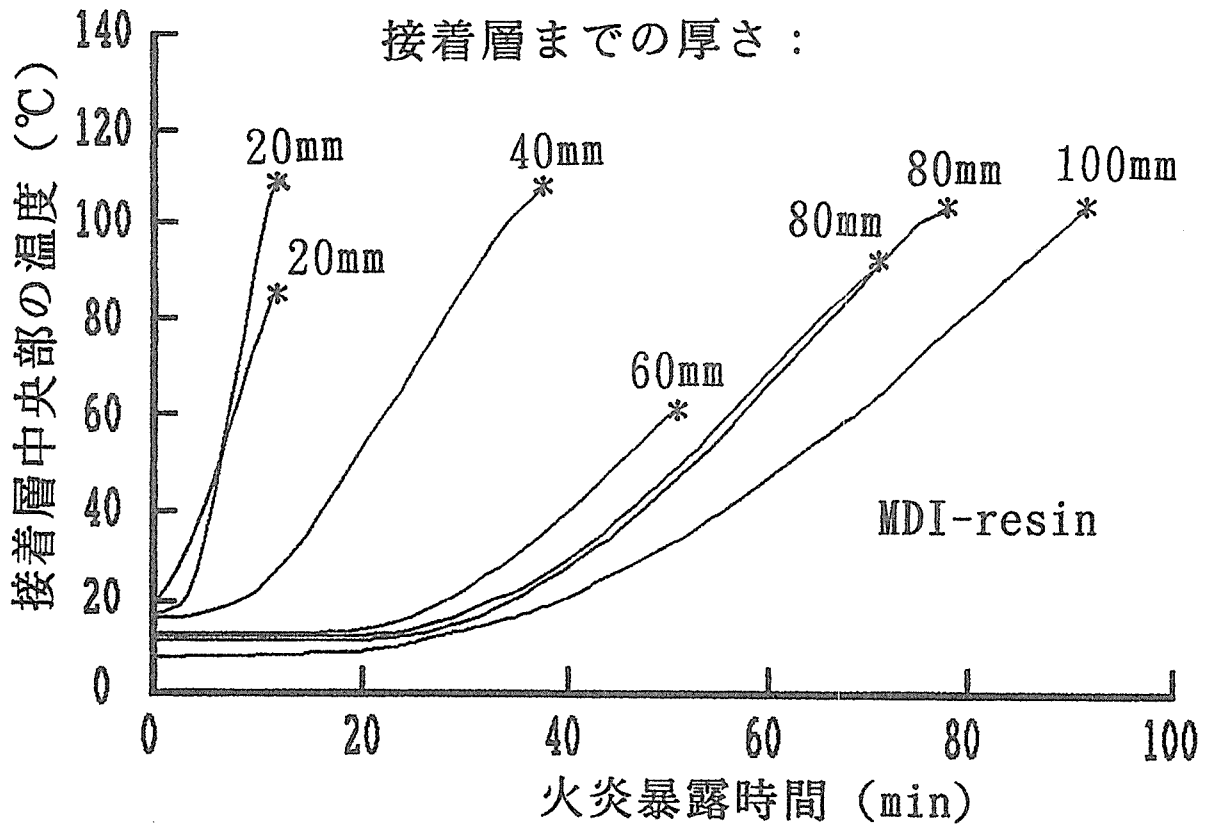


図4 水性ビニルウレタン樹脂接着剤を用いた試験体の火炎暴露時間と接着層中央部の温度との関係

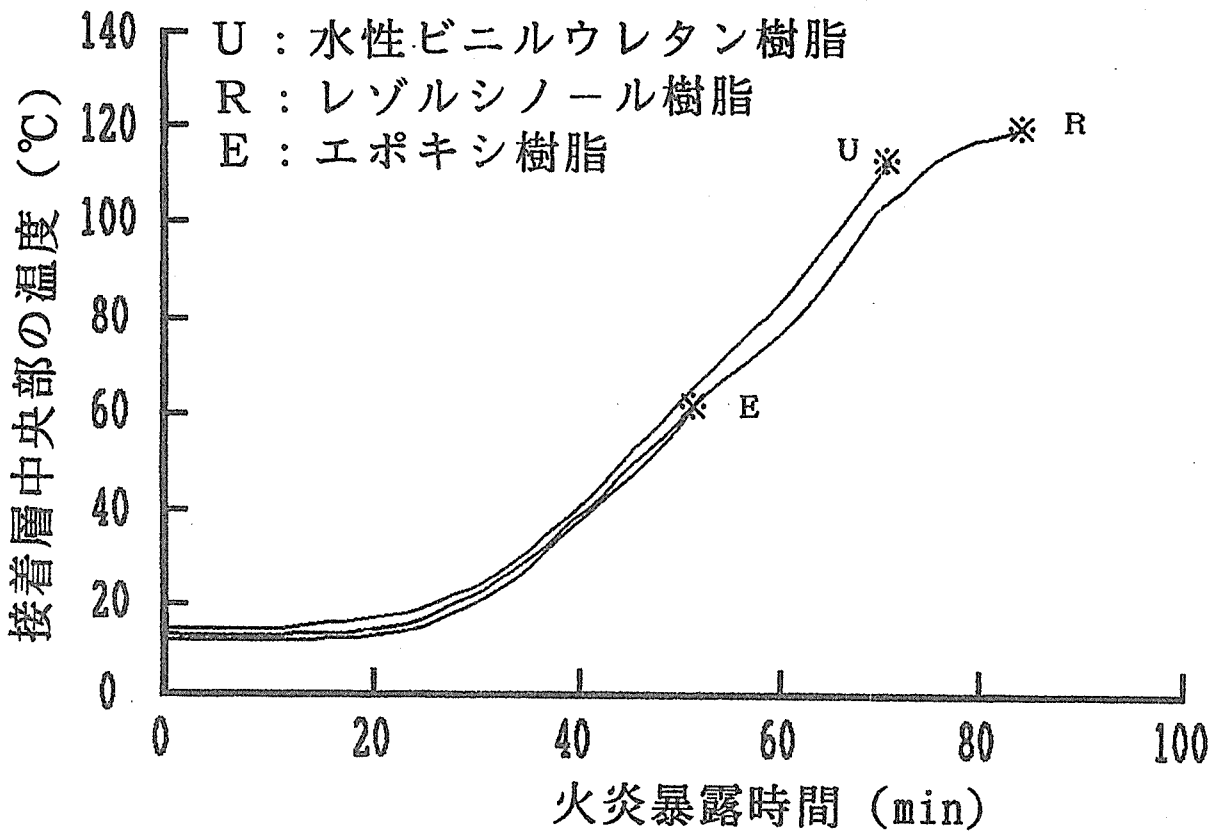


図5 接着層までの厚さ60mmの試験体の火炎暴露時間と接着層中央部の温度との関係

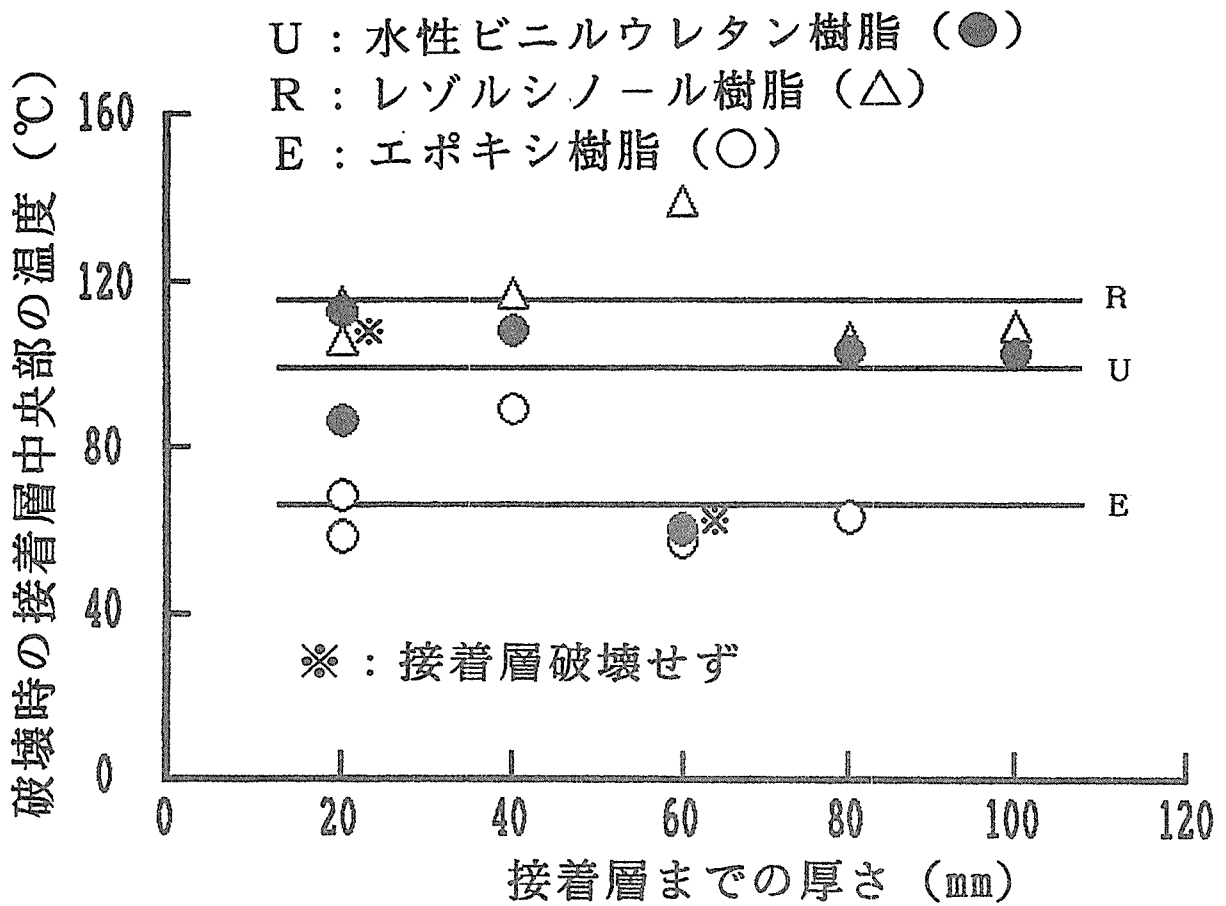


図6 試験体の接着層までの厚さと破壊時の接着層中央部の温度との関係

では 100℃程度、エポキシ樹脂接着剤では 60℃程度となっている。

図 7 は接着層幅方向の温度分布を示したものである。縦軸は温度で、横軸は試験体の幅方向の位置を中央を原点として示している。時間の増加とともに熱が試験体の内部へ伝わっていく様子が分かる。

図 8 は試験体の耐火時間と被着材の厚さとの関係を示したものである。同じ被着材の厚さで比較すると、レゾルシノール樹脂接着剤を用いた接着層の耐火時間は、3者の中でもっとも長く、水性ビニルウレタン樹脂接着剤もほぼこれに匹敵する耐火時間を持つが、エポキシ樹脂接着剤のそれはレゾルシノール樹脂接着剤のその約半分に過ぎないことがわかる。また、どの接着剤でも初めは被着材の厚さが厚くなるにつれて耐火時間は長くなる傾向が見られるが、エポキシ樹脂の場合は 60 mm 以上で飽和している。レゾルシノール樹脂でも同じ傾向がうかがえるが、試験体の数が少ないので、断定できない。この傾向は恐らく、側面からの燃焼による耐力面積の減少と関係があると考えられるが、現在なお検討中である。

上の傾向を傍証するために、これら 3 種類の接着剤の温度と接着強度の関係を調べた。実験では長さ 150 mm、幅 10 mm、厚さ 1 mm のベイマツソードベニヤを用いて、上述の 3 種類の接着剤で上の実験と同じ条件でラップジョイントを行い、写真 5 に示すような小さい接着層の引張せん断試験片をそれぞれ 10 本作製した。接着面積は 1 cm<sup>2</sup> である。試験片の表面には写真に示すように熱電対をつけて、試験体の表面温度を測定し、予め求めておいた接着層の温度と試験片の表面温度の関係から試験時の接着層の温度を推定した。

写真 6 は試験装置の全景である。加熱部分の前面にも保温壁があるが写真撮影のために外してある。加熱は壁面内部に貼られた面状発熱体で与え、ファンで温度を均一に保った。試験片はこの加熱箱の中央に上から差し込み、箱の外で上下をチャックで固定した。写真下のレコーダーで接着層の温度を経時的に測定し、設定温度に達したら、引張りせん断接着試験を行ない、異なる温度における接着強度を測定した。

図 9 は試験の結果である。横軸は試験時の接着層の温度で、縦軸は接着強度である。室温では、レゾルシノール樹脂接着剤よりも、水性ビニルウレタ

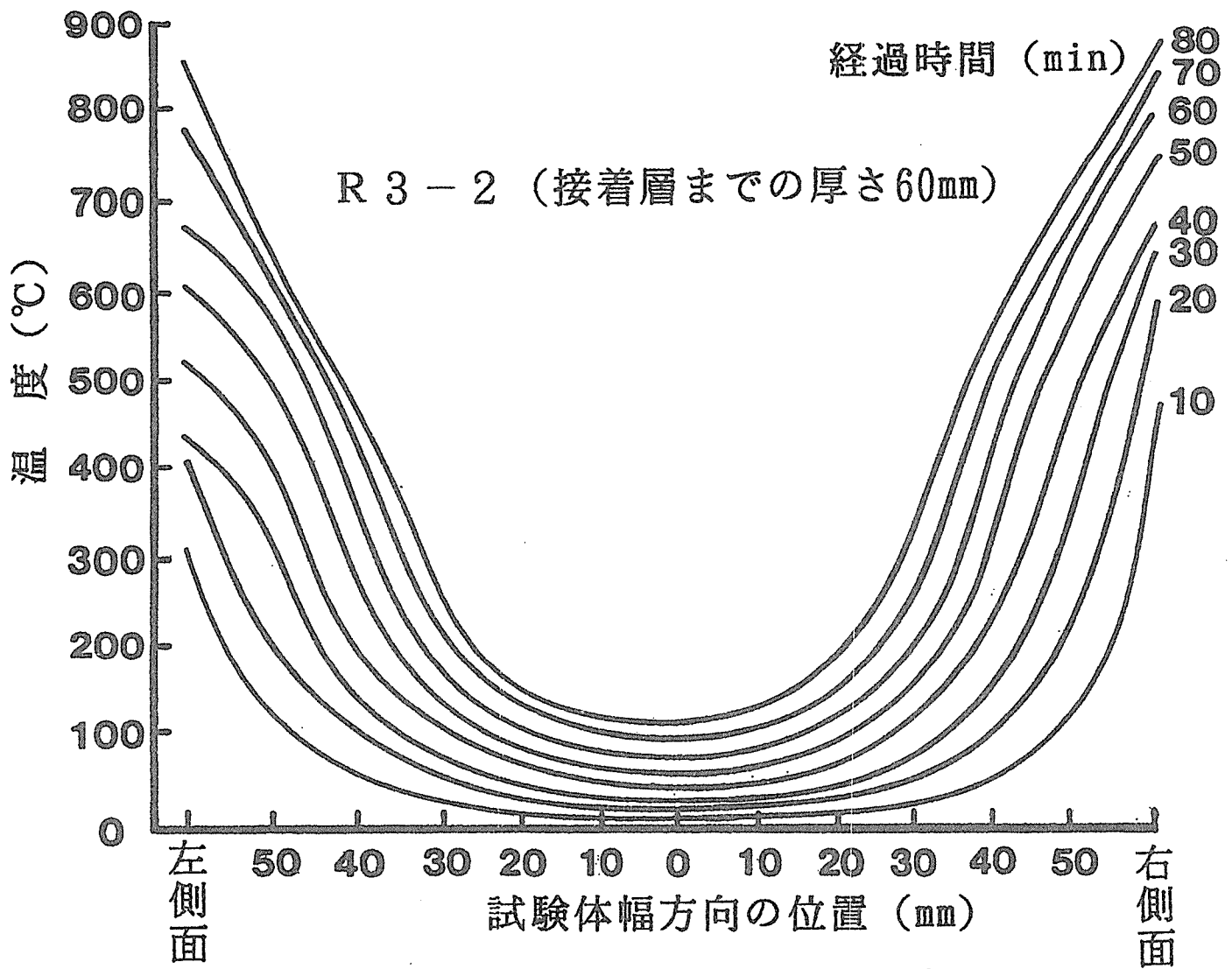


図 7 経過時間別の試験体幅方向の温度分布

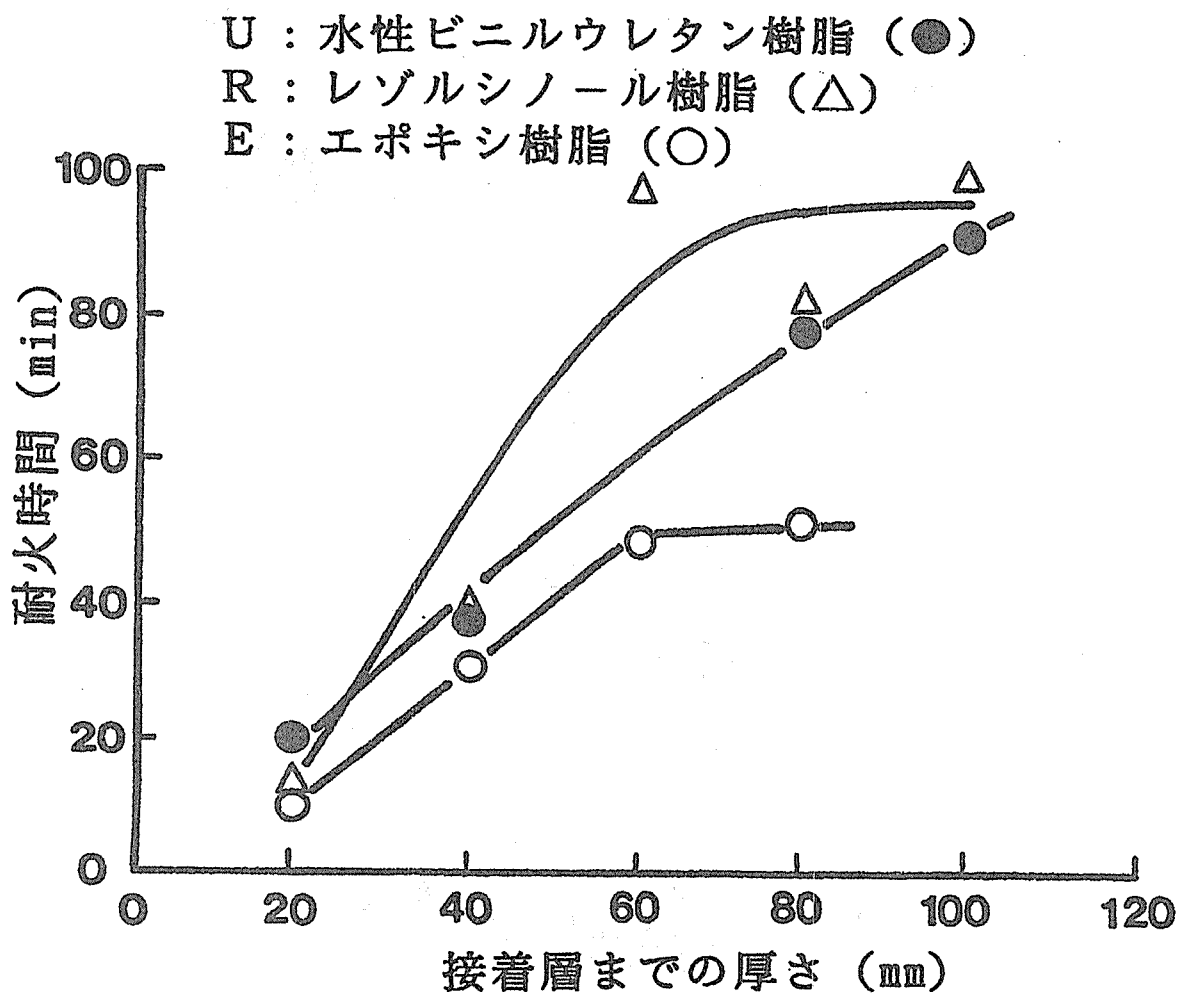


図 8 試験体の接着層までの厚さと破壊時の接着層中央部の温度との関係

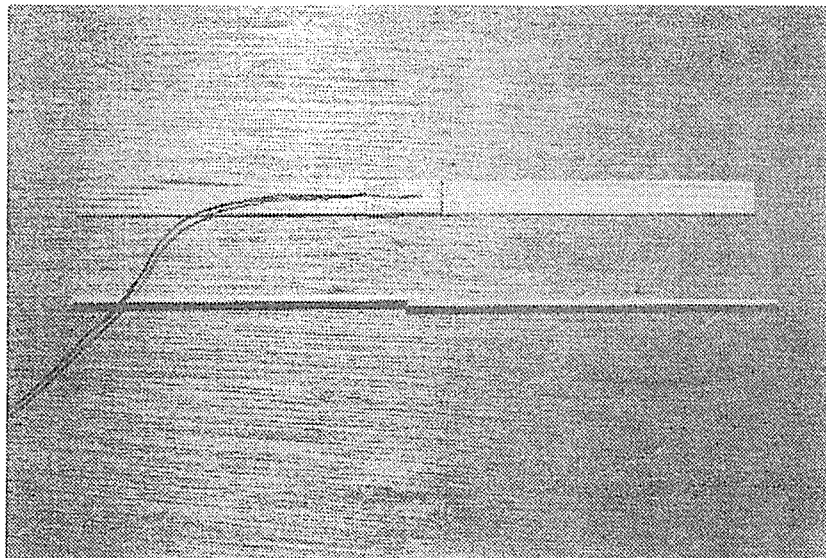


写真5. 小型引張せん断接着試験体

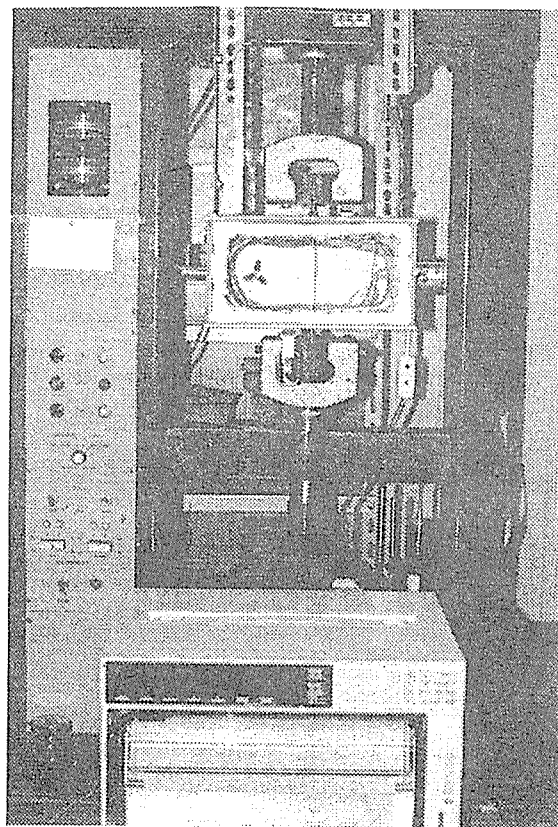


写真6. 小型引張せん断接着試験体の  
高温における接着力の試験状況



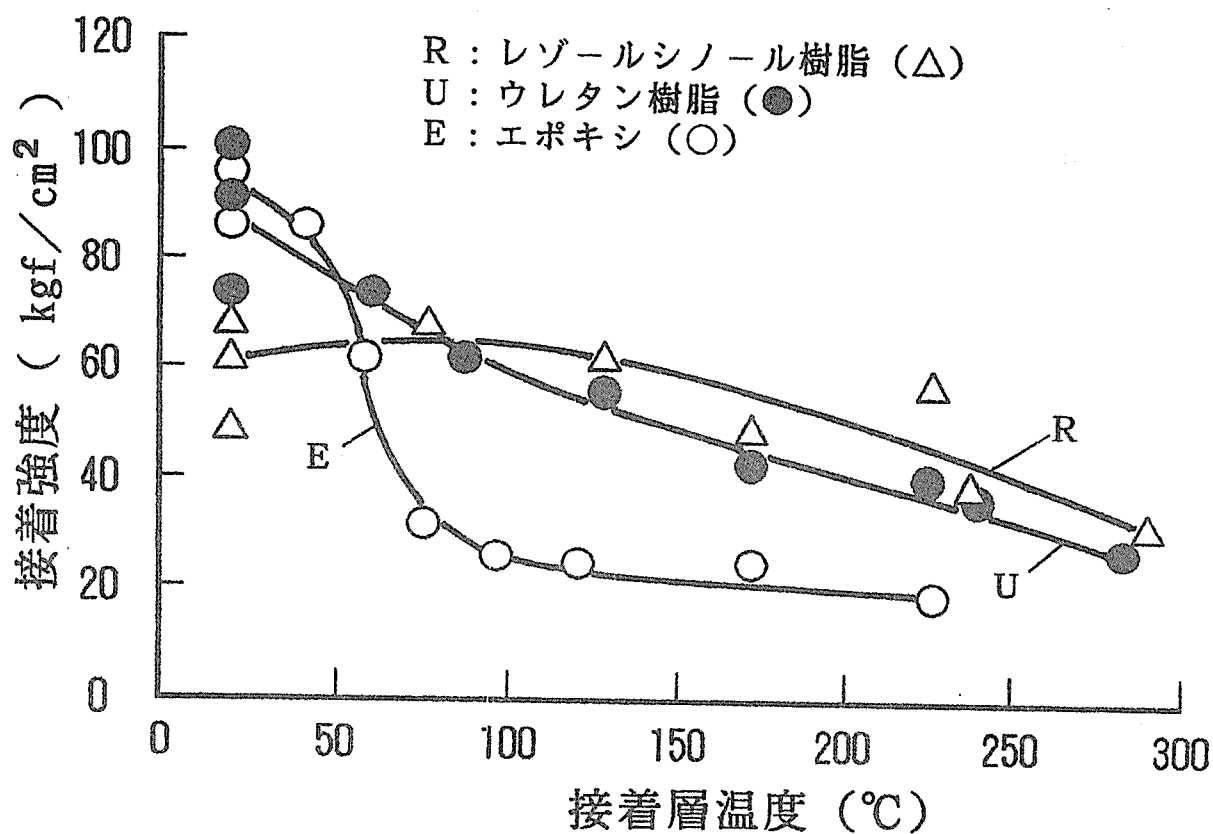


図9 小試験片における接着強度と接着層温度との関係

ン樹脂接着剤及びエポキシ樹脂接着剤の接着強度は高い値を示しているが、50℃を越えると、エポキシ樹脂接着剤の接着強度は急激に下がり、100℃以上になると、接着強度は室温のその約1/4程度まで低下してしまう。これは恐らくこの樹脂の軟化点に達したことによるものと考えられる。また、レゾルシノール樹脂接着剤と水性ビニルウレタン樹脂接着剤の場合は100℃以下では多少傾向は異なるが、100℃以上では共に温度の上昇に伴って、接着強度は徐々に低下しており、エポキシ樹脂接着剤のような急激な軟化は見られない。強度低下の曲線はレゾルシノール樹脂の方が水性ビニルウレタン樹脂より幾分高い位置を保っているが、接着層の温度が250℃を越えても、両者共30 kgf/cm<sup>2</sup>以上の接着強度を維持している。

#### 4.3 結論

1. 破壊時の接着層中央部の温度は被着材の厚さとほとんど関係なしに、各接着剤で固有の一定の値を示す。また、幅方向の温度分布曲線は火炎暴露初期にUの形をしているが、側面からの燃焼が進むので、次第にVの形に変化してゆく。

2. 同じ被着材の厚さで比較すると、レゾルシノール樹脂接着剤を用いた接着層の耐火時間は、他の2接着剤のそれよりも最も長く、水性ビニルウレタン樹脂接着剤のそれは多少短い傾向があるものの、ほぼ同レベルの値を持っている。しかし、エポキシ樹脂接着剤のそれはレゾルシノール樹脂接着剤のそのの半分に過ぎない。

3. 室温におけるレゾルシノール樹脂接着剤の接着強度は水性ビニルウレタン樹脂接着剤やエポキシ樹脂接着剤のそれより低いが、130℃程度までは接着強度の変化が見られない。しかし、エポキシ樹脂接着剤の接着強度は、50～70℃近くで急激な低下を示し、それ以上の温度では室温接着強度の1/4以下に低下してしまう。これに対してレゾルシノール樹脂接着剤と水性ビニルウレタン樹脂接着剤の接着強度はこのような急激な低下は見られず、共に温度の上昇に伴いゆるやかな強度低下をたどるため、250℃を越えても、なお、30 kgf/cm<sup>2</sup>程度の接着強度を維持している。

## 第5編 集中荷重を加えて圧縮する場合 における圧縮圧の分布と圧縮効果

近年、新しい材料、新しい施工法が次々と開発され、構造物が大型化してきたが、それに伴って種々の問題が生起している。たとえば、大断面集成材の施工においては、道路交通法により、運搬できる集成材の長さは制限を受けるので、大スパン建築物や、湾曲集成材などは一度切断して運び現場で接着その他の方法で接合しなければならない。しかし、海老原<sup>1)</sup>が指摘したように、被着材の含水率が高いこと、温度条件が不安定なこと、十分な加圧圧縮が困難なことなど、現場では適正な接着条件が確保できないため、接着工程の信頼性が欠けるという理由で、現場接着に対しては金具等の補助手段を用いない限り耐力が認められないのが現状である。勿論接着力は数多くの因子<sup>2)</sup>たとえば、被着材の含水率や、温度条件などが影響することは言うまでもないが、その最も基本的な条件として塗布された接着剤が被着面間で、均一で一様な接着層を形成するための適正な圧縮圧が不可欠である。本章はその圧縮圧の分布を注目し、まず、基本になる2枚の被着材をボルト・クランプで圧縮接着する場合を取り上げ、被着材の厚さとの関係を明らかにした。引き続き、集成材をクランピングで圧縮する適切な方法を検討した。

### 5. 1 ボルト・クランプ法による2枚の被着材圧縮接着における圧縮圧分布と接着性

2枚の被着材の釘による圧縮効果についていろいろな研究が見られ、古くはKolb<sup>3)</sup>によって取り上げられている。すなわち、被着材間には挟み込んだ弾性体のひずみから接着面にかかる圧力を推定し、圧縮圧の分布を報告している。また、Bellosillo<sup>4)</sup>は釘の引抜き抵抗に相当する引張力がその釘の圧縮圧となって材を保持していると考え、釘の大きさ、合板の厚さ、被着材の比重などの組み合わせにより釘の圧縮圧を推定する図を作成している。しかし、ボルト・クランプによる圧縮圧に関する詳細な研究は見られない。本節は現場接着における圧縮方法の最も現実的なものとしてボルト・クランプによる圧縮接着を取り上げ、その機構を有限要素法を用いてモデル化し、コンピューターにより、接着面の圧縮圧の分布を数値的に解析した。またこの結果を実験的に検証するために感圧フィルムを用いた接着面の圧力分布の測定

を行い、その結果と対比した上で、解析法の有効性を評価した。さらに、接着に影響する他の因子、すなわち、接着剤の種類、圧縮荷重及び被着材の厚さなどを変え、木材の接着実験を行い上で求めた接着剤の種類や被着材の厚さによる圧縮圧と接着力の関係の違いを考察した。

## 5. 1. 1 解析及び実験方法

### 5. 1. 1. 1 圧縮面の圧縮圧分布の数値解析の方法

まず、問題を単純化するため、図5-1に示すように、当て板を用いなくて、2枚の被着材を2ヶ所でボルト・クランプによって圧縮接着する場合を取り上げた。ここでは、まず、接着面の圧縮圧分布と変形状態および接着層の開口状態などをコンピュータを用いて数値解析で求めた。ここでは被着材である木材を直交異方性弾性体と考え、接着層は極めて薄く、接着系全体の力学的挙動に全く影響しないと仮定し、試験条件の対称性を利用して二次元直交異方性弾性問題として解いた。

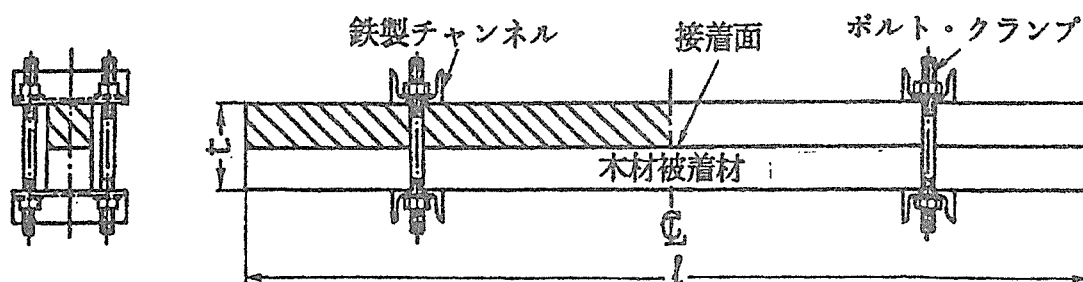
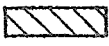


図5-1 ボルト・クランプによる2枚の被着材の圧縮  
注：t：試験片の厚さ；l：試験片の長さ；：有限要素法による応力解析部分

解析面は試験体の接着層に垂直で試験体の長軸を含む面のうち図5-1の左上1/4の部分（斜線部）とした。図5-2はその部分を三角形平面要素に分割したもので、節点総数は505、要素総数は800である。

圧縮治具の被着材に接する部分には、しばしばクッション材が挿入されるのでここでは簡単のため被着面への荷重条件は等分布荷重Pとし、5、10、15kgf/cm<sup>2</sup>の3段階で計算した。また、右端は被着材の長さ方向（x）の中央部で、被着材の厚さ（t/2）の方向（y）にのみ自由に動くことができる滑接の条件を与えた。

図の下辺は接着層で、計算の初期には上下の被着材の対称性から平面に保たれてい

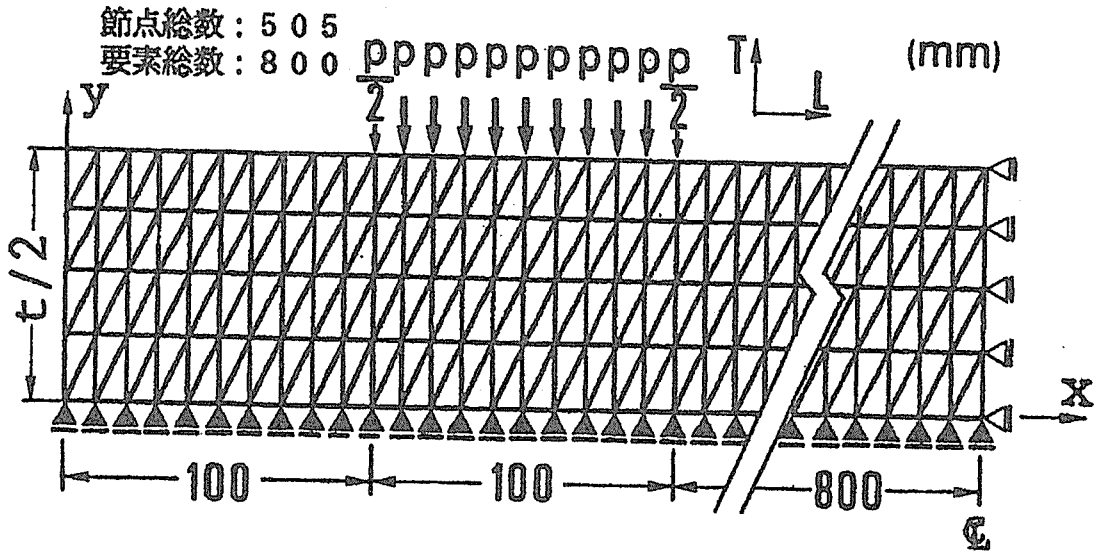


図5-2 応力解析部分(圧縮系の1/4の部分)の要素分割  
注: p: 分布荷重; t/2: 木材被着材の厚さ。

るものとし、x方向(図の左右方向)のみ自由に動くことのできる滑接の条件を与えた。しかし、この条件では接着層に圧縮圧が存在する点では上下の被着材同士が密着しているから問題はないが、圧縮圧がゼロより小さくなった点での被着材のy方向の変位(浮き上がり、すなわち接着層の開口)を抑止していることになる。このことを考慮して、平面構造解析の計算を繰り返し行うことにし、一回毎に底辺の滑接点の支点反力が正(圧縮)かどうかを検定し、正以外の点(ゼロ又は負の点)では次の回の計算でその点の拘束を解放し、フリーの支点として扱うことにした。計算の終了はこの繰り返し計算で解放されずに残った底辺の拘束点が次の計算ですべて正の支点反力を持つようになる時点とした。

計算に用いた被着材はダグラスファー(Douglas-fir)で、繊維方向のヤング率  $E_L = 160 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、繊維に直交方向のヤング率  $E_T = 8.0 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、剛性率  $G_{LT} = 9.9 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比  $\mu_{LT} = 0.45$  とした<sup>5)</sup>。被着材の厚さ(t/2)を20~100mmの5段階に変化させ、単位幅で計算した。

### 5. 1. 1. 2 接着面の圧縮圧分布の測定

前項の数値解析方法の妥当性を検証するために接着面における圧縮圧分布を感圧フィルムで測定する実験を行った。感圧フィルムは、富士写真フィルム株式会社製の富士フィルムプレスケール(超低圧用、圧力の測定範囲は5~30 kgf/cm<sup>2</sup>)を

採用した。それは厚さ $105\mu\text{m}$ の軟質のプラスチックフィルムでマイクロカプセル化した発色剤が塗布されているもの（Aフィルム）と厚さ $95\mu\text{m}$ で、顕色剤が塗布されているもの（Cフィルム）の両者を積層した複合シートである。圧力によってAフィルムのマイクロカプセルが破壊し、その中の無色染料がCフィルムの顕色剤に吸収されて化学反応で発色する。また、発色剤のマイクロカプセルの破壊応力は種々の段階に調整されたものが正確な比率で混合されているため、高圧を受けている所は濃く赤変し、低圧を受けている所は薄く赤変するので、圧力分布に応じた色濃度分布が得られる。このような感圧フィルム（AフィルムおよびCフィルム）を厚さ $20\text{mm}$ 、長さ $600\text{mm}$ 、幅 $30\text{mm}$ のダグラスファー素材 $10$ 枚を重ね、上から $5$ 層の接触面の全面に挿入し、インストロントタイプの万能試験機でその中央の長さ $100\text{mm}$ 幅 $30\text{mm}$ の部分に圧縮治具（木材）を介して $5$ 秒で $1800\text{kgf}$ （接着面の平均圧縮圧は $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）まで加圧し、 $5$ 秒間圧力を保持した後、赤変した感圧フィルム（図5-3）を取り出し、富士フィルム・プレ

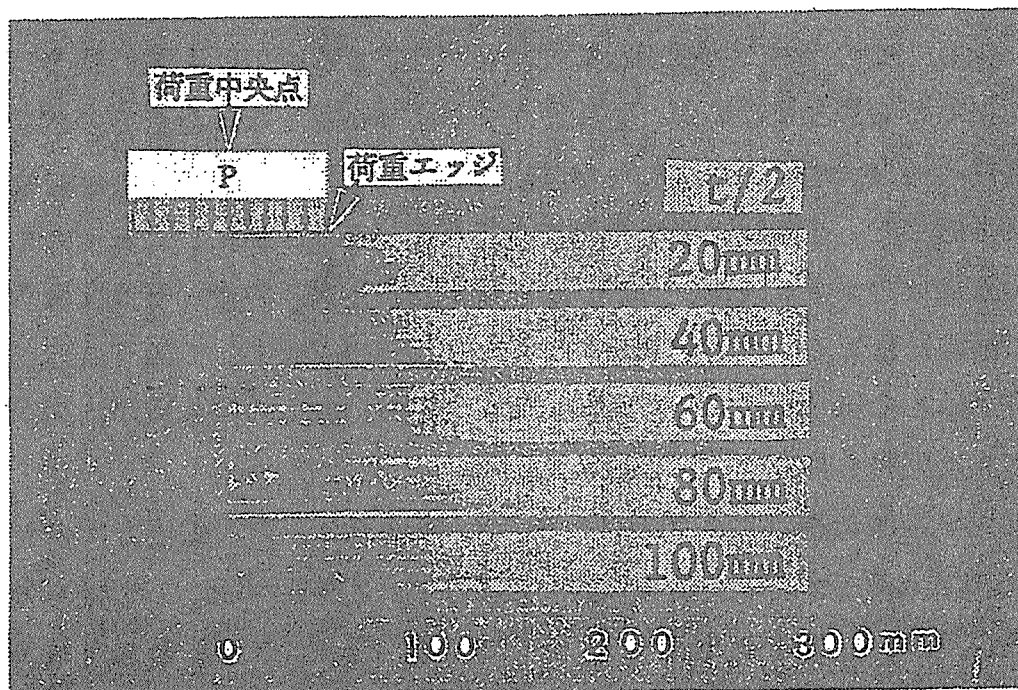


図5-3 被着材の厚さが異なる場合の感圧フィルムによる接着面の圧縮圧分布の測定結果。  
（荷重中央点から右の部分）

注： $t/2$ ：被着材の厚さ； $P$ ：平均圧縮圧を $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ に達するための所要荷重。

スケル専用濃度計（FPD101）を用い、Cフィルムの色濃度をクランプ中央か

ら10mm毎に幅方向3ヶ所について測定し、標準色見本と比較して圧力を求めた。しかし、専用濃度計の検出面積は直径3mmφの円形であるから、測定誤差を小さくするために、幅方向の3ヶ所で測定した濃度値の平均値に対応する圧力値を用い、接着面内の長さ方向の圧縮分布を調べた。実験環境は温度18℃、相対湿度は72%であった。

### 5. 1. 1. 3 接着性能の試験

接着面の圧縮分布の解析で例として取り上げた図5-1のボルト・クランプによる木材の圧縮接着例にならって実験を行った。

被着材はダグラスファーで、気乾（含水率12.7%）比重は0.52である。被着材の長さ（ $l$ ）は2,000mm、幅120mm、厚さを20, 40, 60, 80, 100mmの5段階（基本となっている20mmのラミナを除いたほかは同種類による集成材である）とした。各厚さについて6枚ずつ用意し3体ずつの試験体を貼り合わせた。被着面プレーはナー仕上げされ、接着される各ペアの被着材には予め測定された曲げ剛性（EI）の値が近接しているものを組み合わせ、また接着条件の同一の3組のものはEI値が比較的小さいもの、中庸なもの、大きいものからの組み合わせとなるようにした。

接着剤はレゾルシノール樹脂（以下略号RF、商品名デアノール35、固形分65%、主剤100部に対し、硬化剤パラホルムアルデヒド15部、充填剤ヤシ粉5部添加）、エポキシ樹脂（以下略号EP、商品名オーシカダインTE-126、固形分100%、主剤ビスフェノール型エポキシ100部に対し、硬化剤変性ポリアミドアミン50部添加）、水性高分子イソシアネート系樹脂（以下略号VU、商品名PIボンド120、固形分50%、主剤ポリビニールアルコールエマルジョン100部に対し、硬化剤ジイソシアネート15部添加）、ユリア樹脂（以下略号UF、商品名大鹿レヂン105、固形分65%、主剤100部に対し、硬化剤20%塩化アンモン5部、充填剤小麦粉5部添加）の4種類の接着剤を用いた。

接着剤の塗布量はハンドゴムローラーで一接着層について300g/m<sup>2</sup>とし、被着材の片面にのみ均一に塗布した。

接着剤が塗布された被着材を2枚に合わせて20分以内に堆積した後圧縮した。圧縮はボルトナット形式のクランプを用いて、被着材の両端から150mm入った

2点を100mm幅の鉄製チャンネルで圧縮（クランプ間隔1,700mm）した。すなわち、合わされた被着材の上部と下部に、対向して同じ寸法の鉄製チャンネルをゴムクッションを介して圧縮治具として当て、上下に貫通するようにボルトを通し締めつけた。加圧力はスパナーを用いて、ボルト・クランプを締めることにより与えたが、最終的にはトルクレンチで調整して平均圧縮圧力Pが10kgf/cm<sup>2</sup>加わるように8時間以上圧縮し、3日間養生した（環境温度15～20℃）。貼り合わせられた供試材は2週間恒温、恒湿室（20℃、65%RH）内で含水率を調整した後、試験体を作成した。

供試材は左右対称なので、左の半分のみから、図5-4に示すような形の試験体を長さ方向に9つ、幅方向に3つずつ、合計27個採取した。試験体の厚さは貼り合わせた厚さのままとし、せん断面の接着面積が30×30mmとなるように切り込みを入れた。接着試験は図5-5に示すように特別な試験治具装置を用いて圧縮せん断荷重を与え、常態のブロックせん断試験を行った。

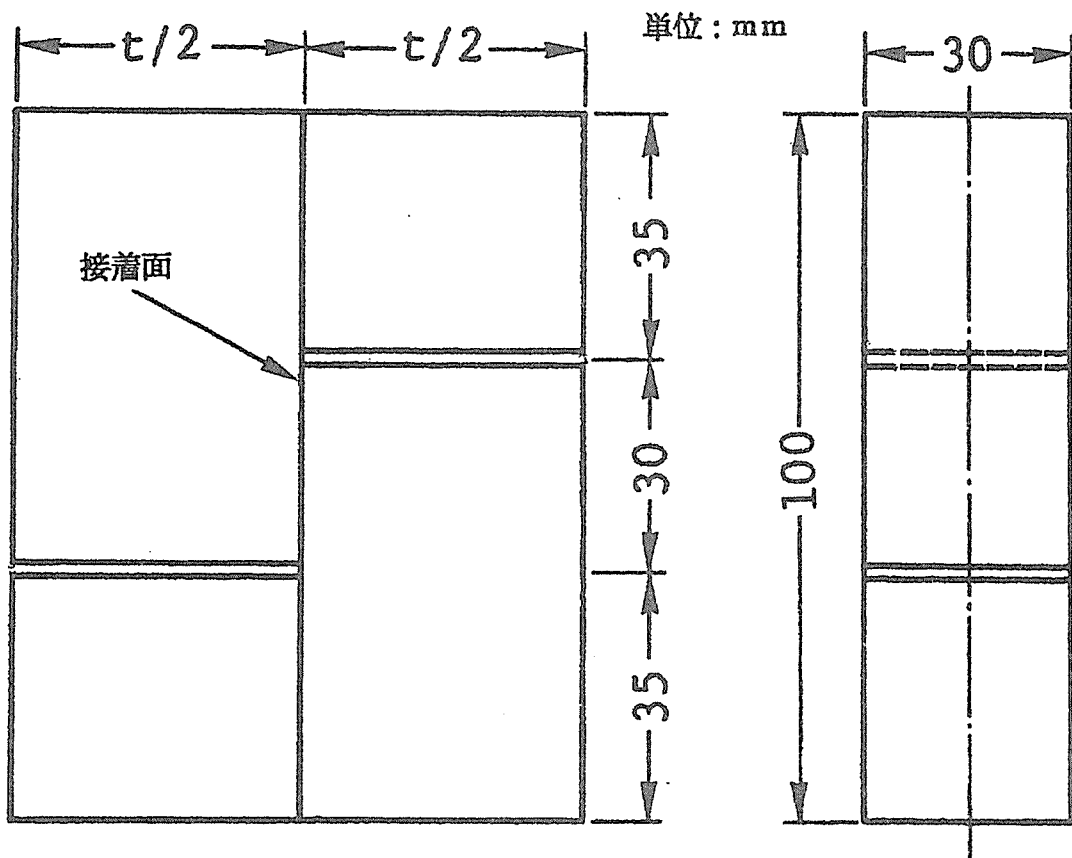


図5-4 接着強さの試験体  
注：t/2：木材被着材の厚さ。



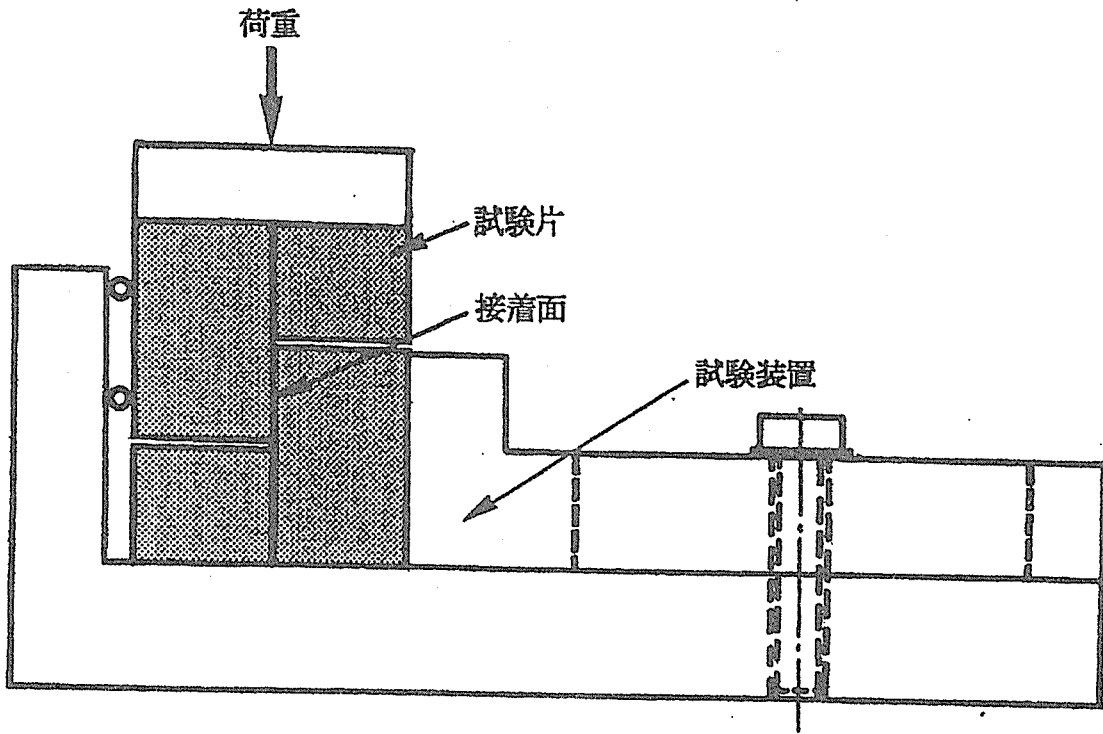


図 5-5 ブロックせん断試験方法

5. 1. 2 解析及び実験結果と考察

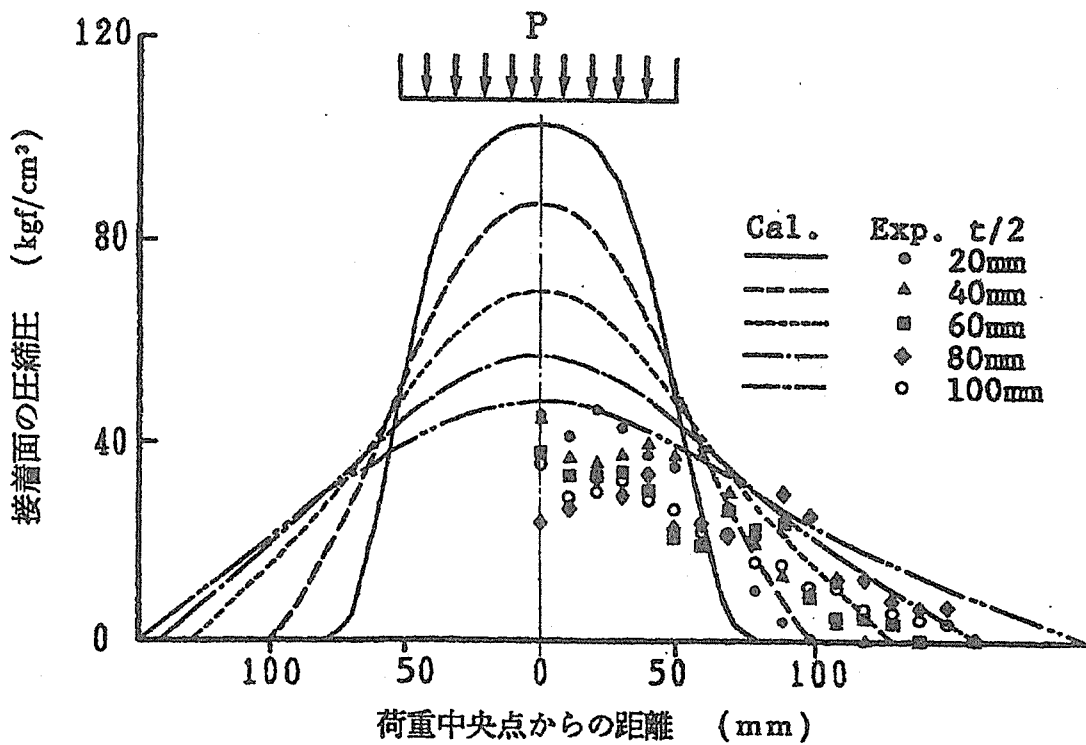


図 5-6 接着面の圧縮圧の計算結果と実験結果の比較

注：Cal.：計算結果；Exp.：実験結果； $t/2$ ：被着材の厚さ。

P：平均圧縮圧を  $10 \text{ kgf/cm}^2$  に達するための所要荷重。

### 5. 1. 2. 1 被着材の厚さと接着面の圧縮圧分布の関係

図5-6は種々の厚さの被着材の一部に10kgf/cm<sup>2</sup>の圧縮を行った場合の圧縮位置からの距離と接着面の圧縮圧の分布を5.1.1.1項の数値解析の方法で算出した結果と5.1.1.2項の感圧フィルムによる測定値を比較したものである。ただし、前者は各厚さの被着材に対する2層圧縮の場合の接着面の圧縮圧分布であり、後者は厚さ20mmのラミナを10枚重ねた場合の各接着面の圧縮圧分布であるから、荷重点からの深さが同じでも両者の応力分布は厳密には異なる。しかし、応力分布の傾向には両者の間に類似性があると考えられるので、その分布の形を比較することによって、計算方法の妥当性を推定する程度のことには役に立つものと思われる。

この結果から次のことがわかる：

被着材が薄いほど、クランプの直下に高い圧力が集中し、この位置から離れるにしたがいに急激に低下するようになり、圧縮圧の分布の幅が狭くなり、不均一になる傾向が見られる。また、実験値と計算値は定性的に似た結果を示しており、この解析方法が接着面の圧縮圧分布の推定に妥当性をもつものと考えられる。しかし、高い圧力が分布するあたりでは計算値より実測値の方がかなり低くなっている。その原因として被着材の表面の平滑度の影響および使用した感圧フィルムの測定信頼範囲の上限が30kgf/cm<sup>2</sup>程度であることなどが考えられる。

一方、圧縮治具の右端の点（たとえば、図5-6では横軸の0から右へ50mmの点）を基準点にとると、接着面の圧縮圧は右へ遠ざかるに従って低下し、遂に0になっている。この基準点から0になる点までの距離を $l_e$ とすると、 $l_e$ は被着材の厚さが増すと大きくなっている。その値は被着材の厚さ（ $t/2$ ）の1.2～1.5倍となっている。この傾向は当然であるが、弾性解析の範囲では、 $P$ を変化させても変わらない。

図より $l_e$ が被着材の厚さとこのような関係をもつことから、2個の相隣合う圧縮治具の間隔は大きくとも $l_e$ の2倍（すなわち、被着材の厚さの2.4～3倍）以下に取らなければ圧縮圧ゼロの点が生じることが予測される。接着剤の種類によっては圧縮圧を要しないものや、高い圧縮圧を要するものがあるので、接着剤毎に許容クランプ間隔が被着材の厚さの何倍程度が実験で明らかにする必要がある。

### 5. 1. 2. 2 被着材の変形と応力分布

図5-7は例として被着材の厚さが20mmと100mmの場合の荷重点付近の被着材の変形の計算結果を100倍に拡大したものである。図からクランプ圧縮による変形量は被着材が厚い程大きいことがわかる。それらに対応して図5-8に被着材内部の圧縮応力の分布を等高線で示した。この図から薄い被着材ほど、圧縮応力が狭い範囲に大きく集中していることがわかる。

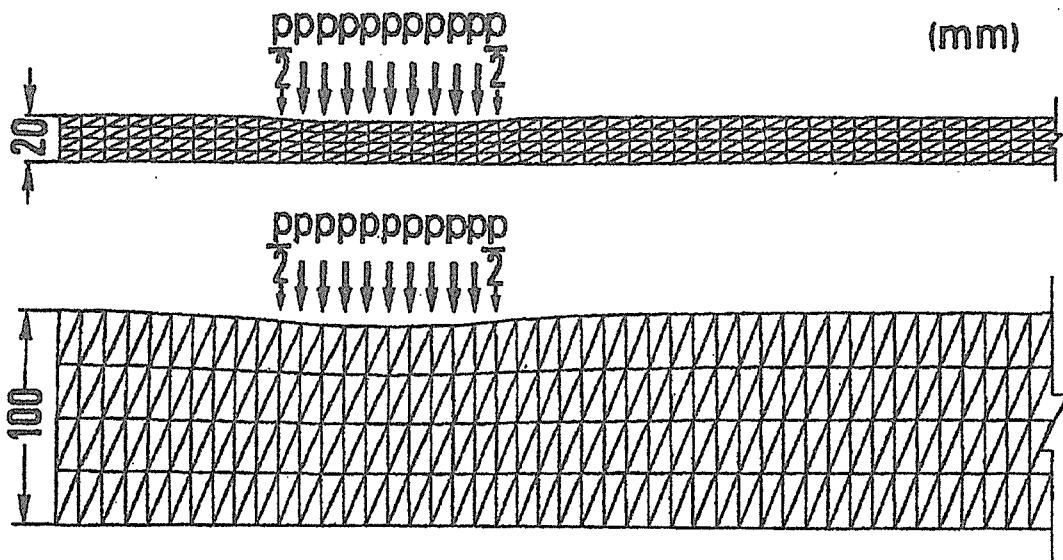


図5-7 荷重点付近の被着材の変形

注：線分布荷重  $p = 10 \text{ kgf/cm}$ ；すべての節点変位は100倍に拡大した。

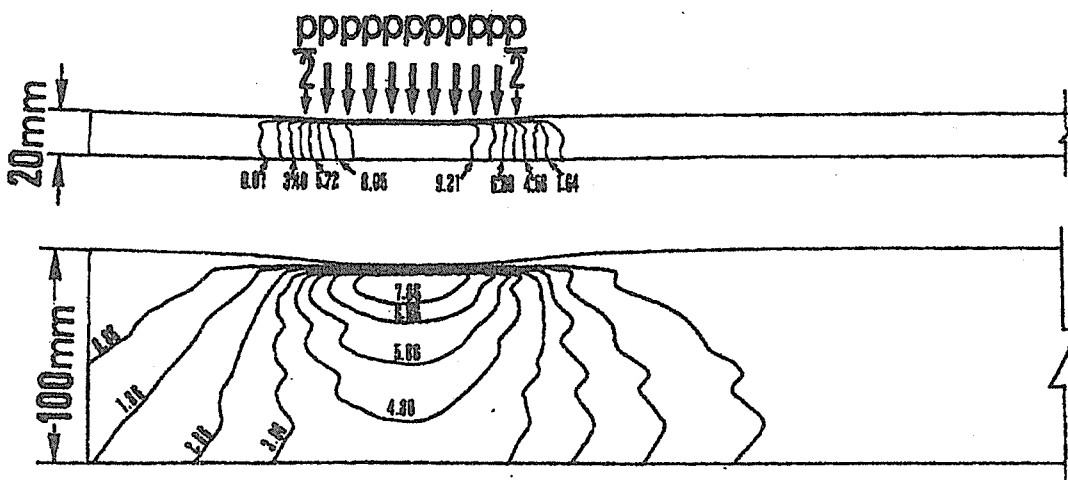


図5-8 被着材内部の垂直応力の等高線図。

注：線分布荷重  $p = 10 \text{ kgf/cm}$ ；応力単位： $\text{kgf/cm}^2$ 。

図5-9はクランプ間隔が1,700mmの場合において圧縮時に被着材の中央部(圧縮治具から最も遠い位置)で接着面にどの程度のギャップが生じるかを示したものである。図から被着材が極端に薄い場合を除き被着材の曲げ剛性が大きくなると、圧縮クランプ間の中央の接着層の開口が小さくなる傾向が伺える。

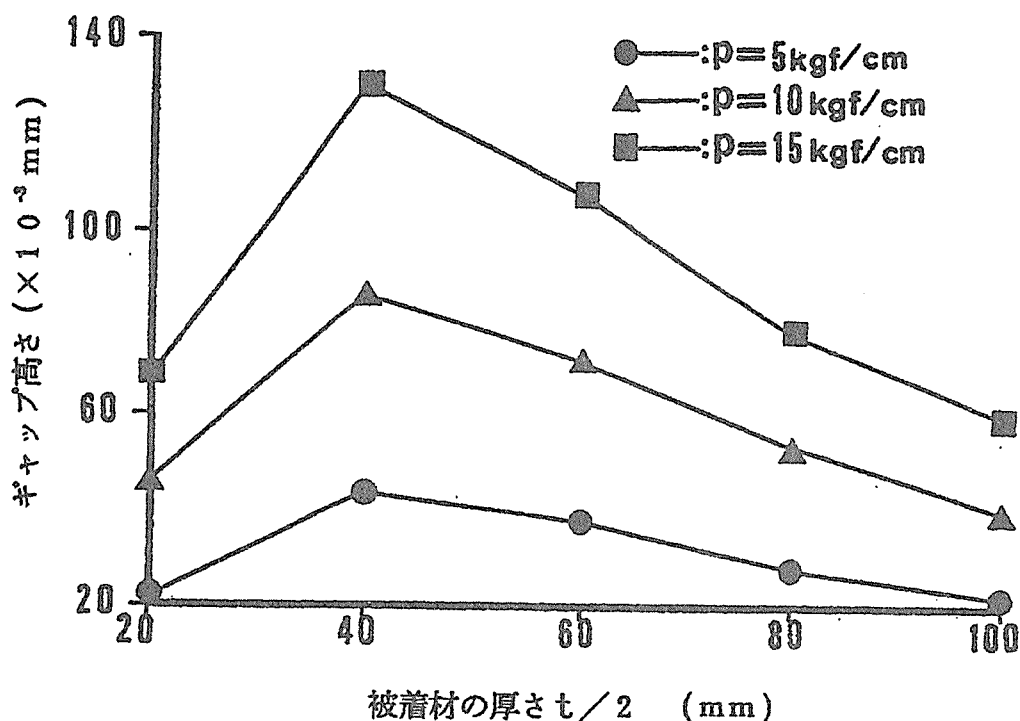


図5-9 クランプ間の中央点の被着材の間のギャップ

### 5. 1. 2. 3 圧縮位置からの距離と接着力の関係

図5-10～図5-13はそれぞれレゾルシノール樹脂(RF)、エポキシ樹脂(EP)、水性高分子イソシアネート系樹脂(VU)及びユリア樹脂(UF)の4種類の接着剤を用いた場合の接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心心距離の関係を、被着材の厚さをパラメーターとして示したものである。接着強さの図には同一条件で接着した3体の試験体の同じクランプ間位置において幅方向に採取した各3個計9個の圧縮せん断試験片(図5-4)の試験結果の平均値及び標準偏差を記入してある。

これらの結果を5.1.2.1項の数値計算及び感圧フィルムで測定した接着面の圧縮圧分布に関連して考察すると：

ユリア樹脂接着剤(UF)による平均接着力はクランプ直下でも10～40kgf/

cm<sup>2</sup>程度であり、木破率は大きくバラツキ、少し離れると急激に0%のものが多い  
 になっている。したがって、この接着剤は現場接着での安全性が低いと思われる。

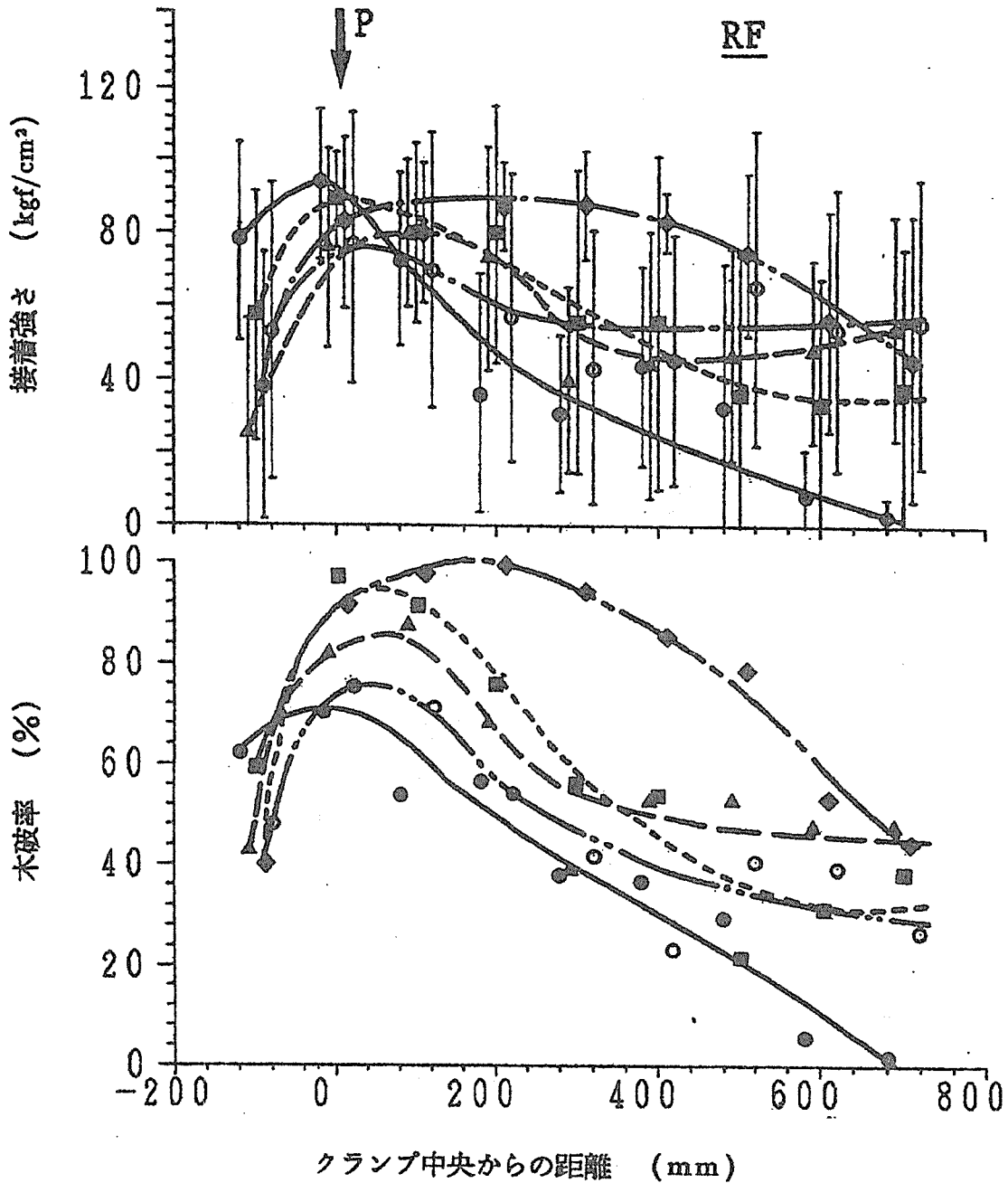


図 5-10 接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心中心距離の関係  
 (レゾルシノール樹脂接着剤)

注:  $t/2$ : 被着材の厚さ; P: 接着面の平均圧縮圧を  
 10 kgf/cm<sup>2</sup>になるために加えた荷重

記号: ●—:  $t/2$ : 20 mm; ▲—:  $t/2$ : 40 mm;  
 ■---:  $t/2$ : 60 mm; ◆—:  $t/2$ : 80 mm;  
 ○---:  $t/2$ : 100 mm

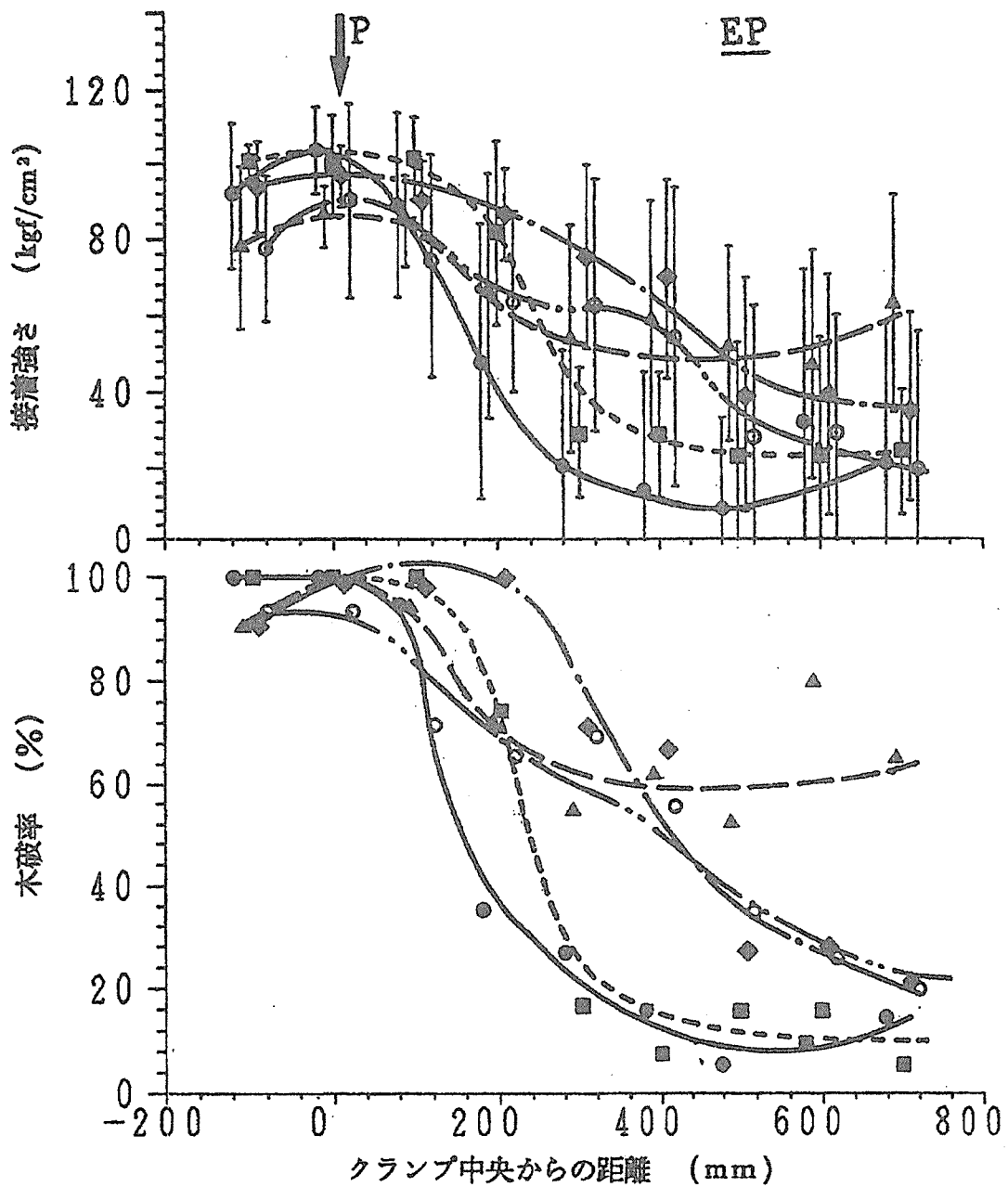


図 5-11 接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心距離の関係  
(エポキシ樹脂接着剤)

注:  $t/2$ : 被着材の厚さ;  $P$ : 接着面の平均圧縮圧を  
10 kgf/cm<sup>2</sup>になるために加えた荷重

記号: ●—:  $t/2$ : 20 mm; ▲—:  $t/2$ : 40 mm;  
 ■—:  $t/2$ : 60 mm; ◆—:  $t/2$ : 80 mm;  
 ○—:  $t/2$ : 100 mm

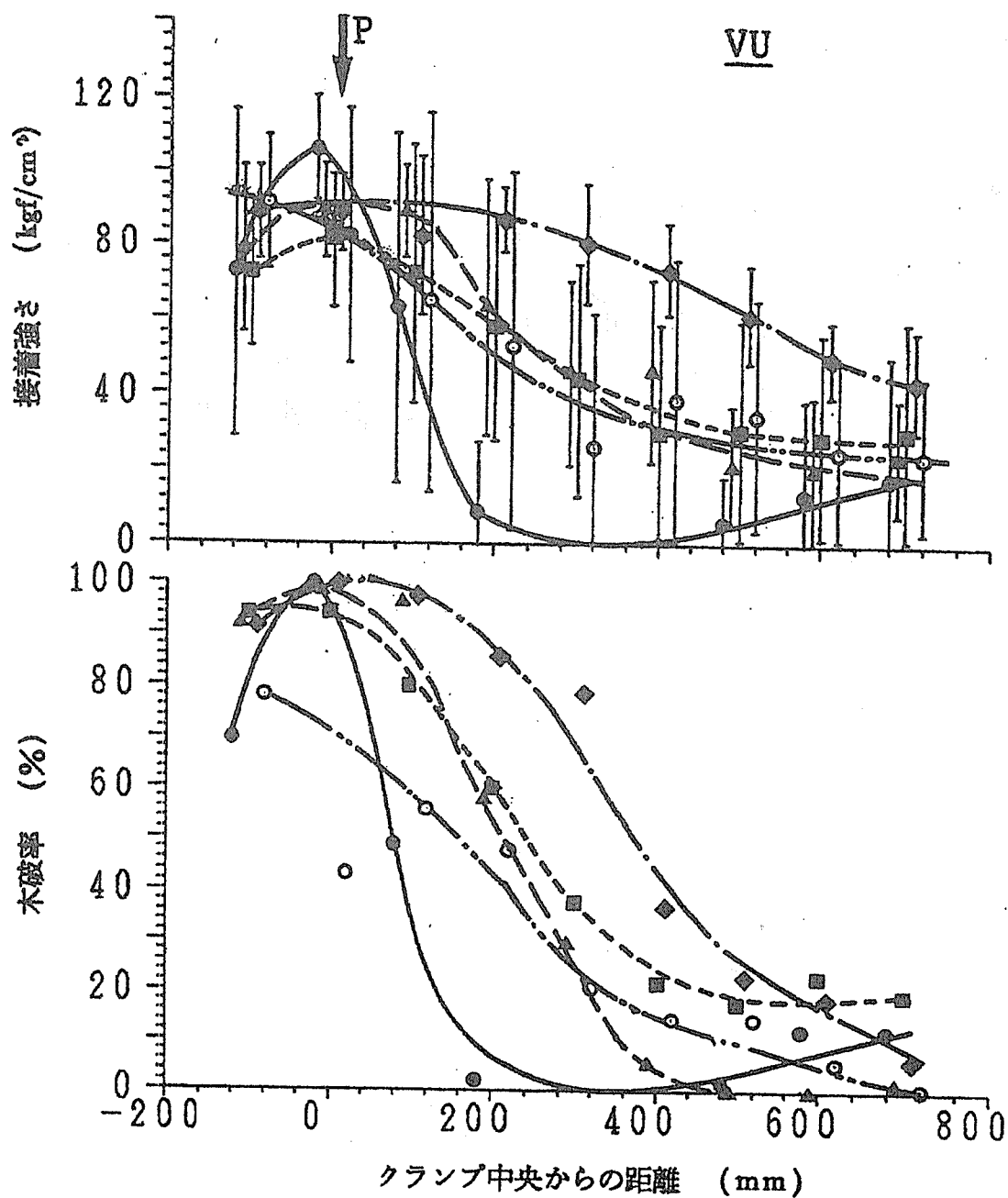


図5-12 接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心距離の関係  
(水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤)

注:  $t/2$ : 被着材の厚さ; P: 接着面の平均圧縮圧を  
10 kgf/cm<sup>2</sup>になるために加えた荷重

記号: ●—:  $t/2$ : 20 mm; ▲---:  $t/2$ : 40 mm;  
■----:  $t/2$ : 60 mm; ◆-.-:  $t/2$ : 80 mm;  
○- - - -:  $t/2$ : 100 mm

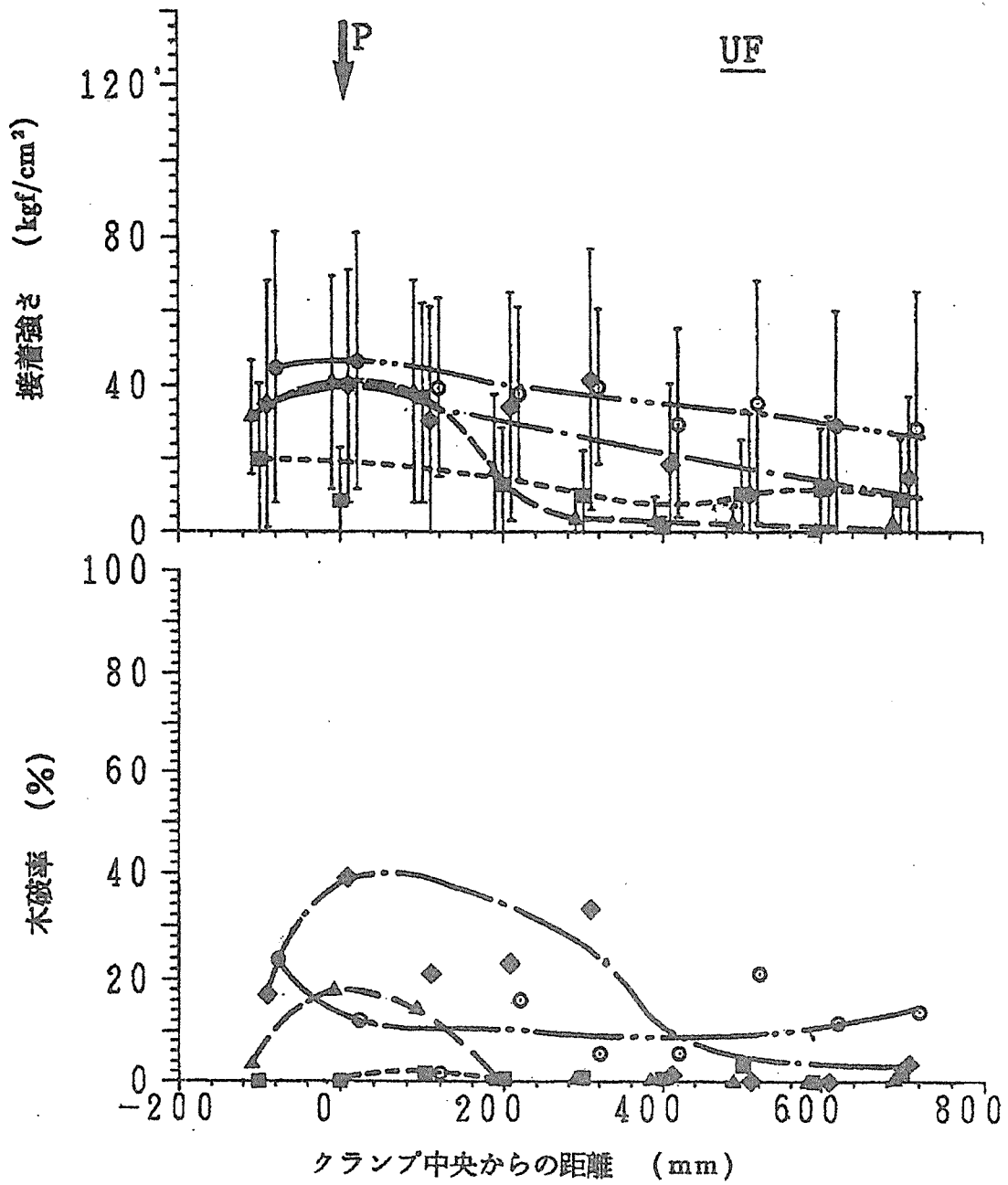


図5-13 接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心距離の関係  
(ユリア樹脂接着剤)

注:  $t/2$ : 被着材の厚さ;  $P$ : 接着面の平均圧縮圧を  
10 kgf/cm<sup>2</sup>になるために加えた荷重

記号: ●—:  $t/2$ : 20 mm; ▲---:  $t/2$ : 40 mm;  
■----:  $t/2$ : 60 mm; ◆-·-:  $t/2$ : 80 mm;  
○- - - -:  $t/2$ : 100 mm



一方、空隙充填性をもつ他の3種類の接着剤では接着力の平均値はUFよりも一般に高く、クランプ位置ではRFでは80kgf/cm<sup>2</sup>、EPでは90kgf/cm<sup>2</sup>、VUでは85kgf/cm<sup>2</sup>に達している。しかも、これらの接着剤では、圧縮位置に近い所での木破率が100%のものが多く見られ、圧縮圧の低い所でもかなりの接着性が得られている。

実験結果では、水分応力による被着材の反りの影響が見られる。RFでは、被着材の厚さが40mm及び80mmの場合、クランプ圧縮位置の左右で接着力に有意差が現れ、クランプ間（圧縮位置から右側）の方が高く、クランプ外（圧縮位置から左側）の方が低くなっている。これは被着材が塗布された接着剤の水分によって吸水膨潤し、接着面を凸側として弓なりに曲がって長手方向の反りを引き起こすため、接着面は凸面対凸面の状態になっており、クランプ間では良い接触が得られ、クランプ外では接触不良になったためと考えられる。しかし、VUの場合は水分応力の影響よりも、発泡による空隙充填性がより効果を発揮しているようで、被着材の反りによるクランプ外とクランプ間で接着力に有意差が現れなかった。一方、固形分100%のEPでは、被着材を膨潤させる恐れがないため、クランプ外かクランプ間かに係わらず、接着力は圧縮位置からの距離に依存し、5.1.2.1節で述べた圧縮圧分布の傾向に良く似ている。UFの場合では、接着力がすべて低位にあって、クランプの左右で接着力の平均値の間に有意差がないが、クランプ外（左）側ではクランプ内（右）よりも接着力ゼロになっている所が多く現れており、これも被着材の水分応力による反りの影響ではないかと思われる。従って、圧縮圧の一番低いと思われる所（クランプ間の中央点）での接着力は必ずしも一番低いとは限らず、被着材同士の接触状態が塗布された接着剤中の水分の影響を受けて改善されると、接着力が高められる傾向があり、特に厚い被着材の場合にこの傾向が強い。この種の水分応力を加味した接着面の圧縮圧分布の問題は時間の関数であるから、解を求めるのが大変であるが、実用性が高いので今後は数値解析などによって、試みてみたいと考えている。

この実験ではどの接着剤でも一般に加圧クランプの位置から離れるほど、接着性能が低下し、バラツキも大きくなっている。特に、被着材が極端に薄いと、低下が急になる。また、EPを使った場合では、圧縮圧の高い所の接着力のバラツキは特に少なく、木破率はRFの場合は全般的に安定している。このように、接着剤の種

類によって、圧締圧と接着力の関係が異なるから、被着製品の信頼性を保証するには十分な圧締装置と接着剤の選択が重要である。

### 5. 1. 3 要約

当て板を用いずに2枚の板を重ねて接着する場合、ボルト・クランプの間隔が極端に大きいと、接着面の圧締圧が非常に不均一になる。その分布を数値解析と感圧フィルムによる実験で明らかにした。また、実際に、ダグラスファーを用い、板の厚さ、接着剤の種類を変えて接着試験を行い、クランプ位置からの距離と接着強度の関係を調べた。結果を要約すると以下の通りである：

1) 感圧フィルムで測定された圧締圧の分布は数値解析結果と定性的によい一致を示した。

2) 水分応力が存在しない状態では、接着面の圧締圧はクランプ位置からの距離とともに低下し、被着材の厚さの1.2～1.5倍程度離れると圧締圧はほとんど存在しなくなる。

3) 同じく水分応力が存在しない状態では、クランプ間隔が極端に大きいと、その中間点近傍の接着層は開口する。その大きさは被着材の曲げ剛性とクランプ間隔に関係する。

4) 圧締圧の一番低いと思われる所(クランプ間の中央点)での接着力は必ずしも一番低いとは限らなかった。その理由は接着剤の空隙充填性と塗布された接着剤の水分によって被着材が反る効果によるものと思われる。

## 5. 2 クランプ圧縮集成接着における圧縮条件と圧縮圧分布<sup>17)</sup>

本節は前節の数値解析も適用できるボルトナット形式の静的クランプで集成材を圧縮接着するシステム<sup>6, 7)</sup>と接着面の圧縮圧分布について検討を行った。これまでに、ローラ・ベルトによる集成材の連続圧縮機構についてはDoan-Themらによる一連の研究が見られる<sup>8-14)</sup>。そこではラミナに生ずる応力分布と曲げ変形およびそれにかかわる要因を明らかにしている。また、サンドイッチベルトおよび分割平盤当て板を用いる場合のそれぞれについて、それらの機械的挙動とその効果を、ローラ間におけるラミナの力学的挙動や接着面の圧縮圧分布などを比較し検討しているが、従来より行われてきたボルト・クランプ法による集成材の圧縮接着工程はこのような研究は殆ど行われず、生産現場における圧縮条件の選択は経験に頼るところが多く、全圧力によって行われている。勿論、使う接着剤の種類、被着面の性質によって違うが、一般に7~18kgf/cm<sup>2</sup>程度の平均圧縮圧が望まれる<sup>15)</sup>。しかし、圧縮システムによって、各接着面の圧縮圧の分布がさまざまになるが、たとえ全圧力あるいは平均圧力を一定値になるような操作で圧縮しても、接着面にある部分の圧縮圧は要求されるものより低く、圧縮圧力不足で不良接着を起こし、また、高すぎる圧力を受けている部分は材質を破壊される可能性がある。そこで本節は集成材生産での最も多く用いられており、また、将来現場接着への適用が考えられるクランプによる圧縮接着について、特に、この方法で作られた製品の力学的安全性を保証するために、圧縮条件と圧縮圧の分布の関係及び適正な圧縮システムを明らかにすることを目的として、クランプ間隔、当て板の厚さ、クッション材ゴムシートの弾性等を変えた場合にそれらがどのように集成材各接着面の圧縮圧の分布に影響するかを数値解析と感圧フィルムによる実験で究明した。

### 5. 2. 1 圧縮系における応力と変位の数値解析方法

ここでは図5-14に示すように、最も一般的な場合としてボルトナット形式のクランプを用いて、集成材を接着圧縮する場合を取り上げた。すなわち、一例として厚さが等しい16枚の被着材から構成される集成材の上部と下部に、対向して同じ寸法の鉄製当て板を置き、当て板の両側にボルトを立て、チャンネルを渡してそ

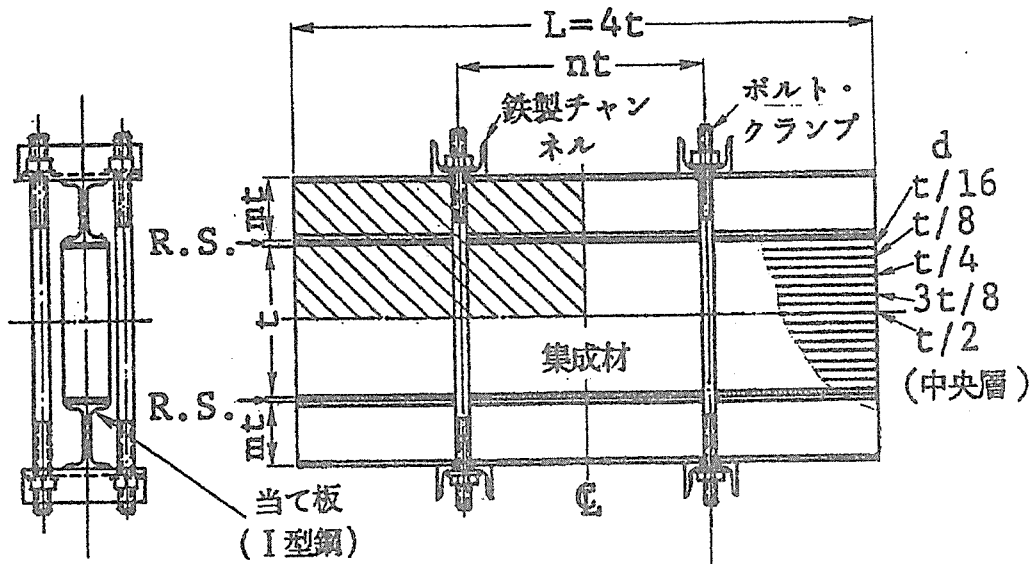



図5-14 集成材（16層）の圧縮接着システム

注：d：集成材表面からの深さ；t：集成材の厚さ320mm；  
 L：集成材の長さ；R.S.：クッション材ゴムシート，厚さ  
 $t/32$ ；n，m：集成材の厚さ（t）の倍数で表現する  
 クランプ間隔係数，当て板寸法係数；：応力解析部分

れにボルトを通した。加圧力はスパナーを用いて、ボルトクランプを締めることにより与えたが、最終的には一定の圧縮圧力が加わるようにトルクレンチで圧力調整を行なった。

この圧縮系において、接着面の圧縮圧分布に及ぼすクランプ間隔の影響、当て板寸法（厚さ）の影響および当て板と被着材の間に挿入されるクッション材ゴムシートの弾性定数の影響などについて、数値解析を行った。

解析には、2次元有限要素法を用い、平面数値解析を行った。図5-14正面図に示すように上下、左右ともに対称であるため、その1/4の部分（斜線部）だけを取り上げ、三角形有限要素に分割し、図5-15のようにモデル化した。ここに、節点総数は527、要素総数は960である。

境界条件については：

左右対称軸（センターライン）上にある節点はy方向（図の上下方向）に自由に動くことのできる sliding hingeの支点とし、x方向（図の左右方向）の変位を拘束した。

上下対称面（中央接着層）の節点は計算の初期段階では、x方向のみ自由な sliding hingeの支点とし、y方向の変位を拘束しておく。しかし、実際には荷

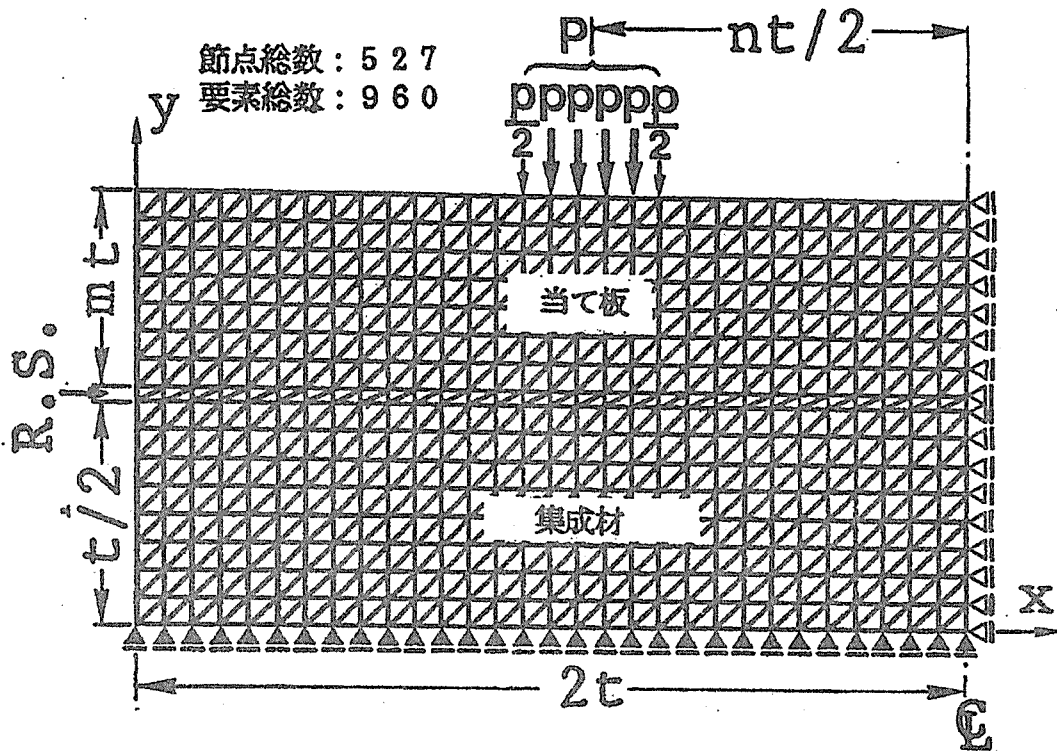


図 5-15 応力解析部分 (圧縮系の 1/4 の部分) の要素分割  
 注: P: 接着面の平均圧縮圧を 10 kgf/cm<sup>2</sup> になるように加えた荷重;  
 他は図 5-14 を参照

重点から離れた点では圧縮に伴ってラミナが浮き上がり、接着層が開く可能性がある。この点を考慮して、繰り返し計算を行い、その過程でこれらの点の支点反力  $R_y$  の正負をチェックして、 $R_y < 0$  (引張) となった点は次の計算段階で支持条件を解放し、自由とした。このような操作を繰り返し、 $R_y < 0$  の節点が現れなくなったとき、計算を終了した。なお、いずれの接着層も開口するような応力は生じなかった。

ラミナとしてはダグラスファー (Douglas-fir) の柾目板を仮定した。既往の文献を参照して繊維方向のヤング率  $E_L$  を  $160 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、繊維に直交方向のヤング率  $E_T$  を  $8.0 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、剛性率  $G_{LT}$  を  $9.9 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比  $\mu_{LT}$  を 0.45 とした<sup>5)</sup>。

圧縮条件に関するファクターを圧縮接着される集成材の厚さ ( $t$ ) の倍数  $n$  (クランプ間隔係数)、及び  $m$  (当て板寸法係数) で表現した。

クランプ間隔を 4 段階に変化させ、間隔係数  $n$  をそれぞれに 0.81, 1.69, 2.56, 3.44 とした。当て板は I 型鋼を想定し、各部の弾性定数については、

ヤング率 $E$ を $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\mu$ を0.3と仮定し、ウェブの部分は等断面として計算し、ヤング率を幅の比率で低下させた。また厚さは寸法係数 $m$ を0（当て板なし）、0.11および0.44の3段階に変化させた。

クッション材ゴムシートの硬度は、主にヤング率 $E_R$ で代表される。ここでは $E_R$ を20、200、2000及び20000 $\text{ kgf/cm}^2$ の4段階にとって計算した。ポアソン比 $\mu$ はいずれの場合も0.5で計算した。

計算ではこの圧縮系の平均圧縮圧 $\sigma_p$ を10 $\text{ kgf/cm}^2$ となるように圧力 $P$ を与えた。

## 5. 2. 2 感圧フィルム実験による解析の妥当性の検討

### 5. 2. 2. 1 測定の方法

接着面の圧縮圧の分布を調べるために、前項の図5-14の圧縮システムに対しての実験装置を作り、感圧フィルムを用いて接着面の圧縮圧力の分布を測定した。すなわち、厚さ20mmのダグラスファー（Douglas-fir、気乾比重0.52、含水率12.7%）ラミナ16枚を積層（ $t=320\text{ mm}$ ）圧縮した。各接着面内の圧縮圧の分布は圧力によって赤変するフィルム（富士フィルムプレスケール、測定範囲5～30 $\text{ kgf/cm}^2$ ）を用いて測定した。測定原理は5.1.1.2項<sup>16)</sup>と同様である。実験では、表面から $t/16$ の層の接着面全面に感圧フィルムを挿入し、インストロンタイプの万能試験機で5秒で平均圧縮圧力が10 $\text{ kgf/cm}^2$ になるように加圧した。ラミナの長さは1,000mm、幅は50mmであったので、全荷重は5,000 $\text{ kgf}$ となった。5秒間圧力保持をした後、荷重を除いて各接着面の感圧フィルムを取り出し、圧縮面にかかった圧力を数値化するために、富士フィルムプレスケール用濃度計FPD101を用い、スパン中央から10mm毎に幅方向5ヶ所について感圧フィルムの赤変濃度を測った。しかし、専用濃度計の検出面積は直径3mm $\phi$ の円形であるから、測定精度を高めるために、幅方向の5ヶ所で測定した濃度値を平均し、標準色見本と比較して圧力値を求め、接着面内の長さ方向の圧縮圧分布を求めた。実験環境は温度18 $^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度72%であった。実験は当て板の寸法（厚さ）が圧縮圧に及ぼす影響を比較するために、3種類の当て板：1）当て板なし（寸法係数 $m=0$ ）、2）溝形鋼（寸法係数 $m=0.11$ ）および3）I型鋼（寸法係数 $m=0.44$ ）を用いて行った。その際、クランプ間隔を

一定にし、(間隔係数  $n = 2$ )、クッション材ゴムシートを用いずに行った。

### 5. 2. 2. 2 実験結果と計算結果の比較

解析方法が妥当かどうかを検討するために、当て板寸法の違う場合の集成材の最外接着面(表面から  $t/16$  の層、この層の圧縮圧分布は最も大きな変化をもっている。)内の圧縮圧分布を実験と計算で求めた結果を図5-16に示した。計算結

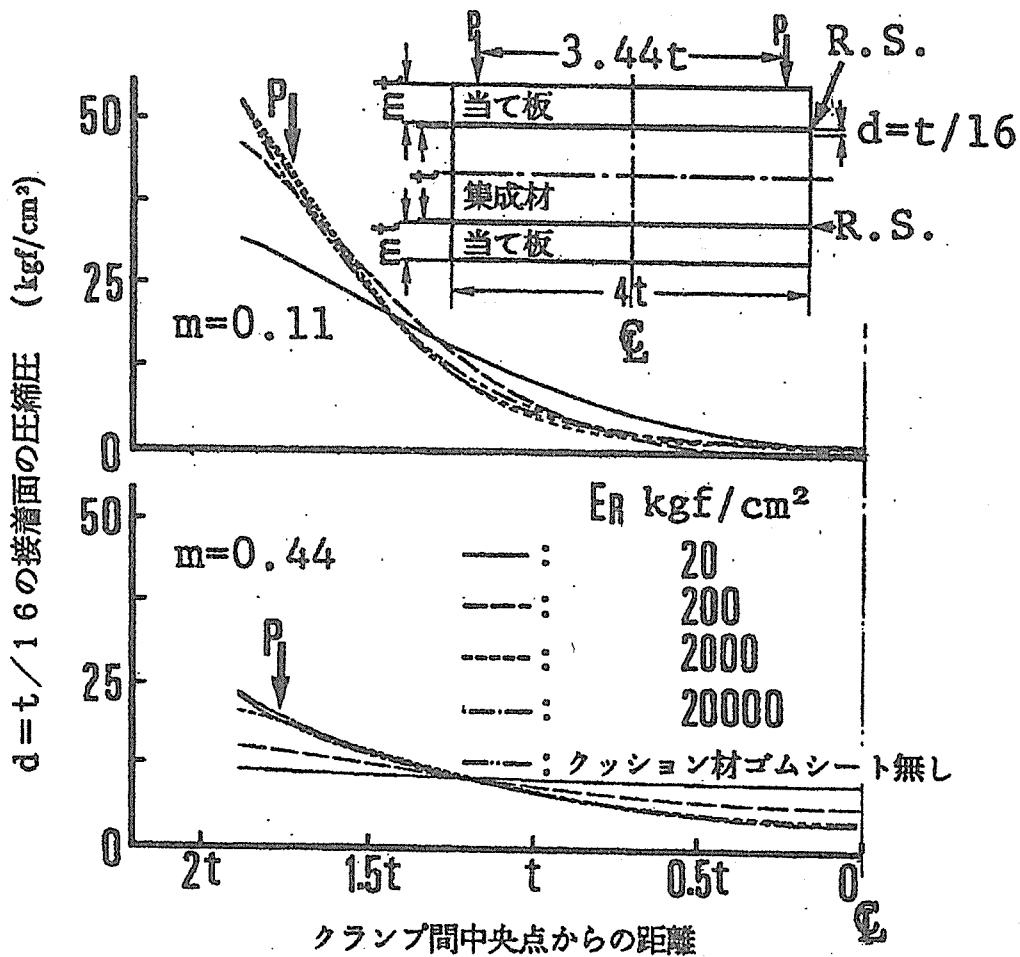


図5-18 当て板の寸法およびクッション材ゴムシートのヤング率の異なる場合の接着面の圧縮圧分布 ( $d = t/16$  の接着面)

注: 図5-14および図5-15を参照

果と実験結果比較すると次のことが分かる:

$m = 0$ 、すなわち、当て板なしの場合では、両方の結果とも高い圧力が荷重点に集中し、圧縮圧力の波及範囲はおおよそ  $0.5t$  (集成材の全体厚さ  $t$  の半分の距離) 程度となっている。ただ最大圧力が実験値の  $35 \text{ kgf/cm}^2$  と計算値の  $52 \text{ kgf/cm}^2$

に比べてかなり低かった。これは感圧フィルムの測定信頼範囲が $30\text{kgf/cm}^2$ 程度であるため、それ以上の圧力の測定が不正確で常に低く現れたためと考えられる。

$m = 0.11$  に関しては、実験で求めた値は計算値より少し低い傾向がうかがえるが、実験値と計算値は傾向がかなり良く一致しており、当て板の効果がかなり明確にとらえられている。この場合、圧縮圧力の波及範囲は2 t程度に広がっている。

$m = 0.44$  の場合の計算と測定結果は、加圧点を離れると多少ずれているが、ともに圧縮圧力の分布が接着面全長に渡ってなだらかになっている様子を示している。特に最大圧力の値は実験値も計算値も共に約 $12\text{kgf/cm}^2$ となっており、よい一致性が見られる。

以上の結果によって、有限要素法によるこの計算方法が接着面の圧縮圧分布の算出に十分実用的であることが検証できたと考えられる。したがって以下の部分では、さらに、この計算方法を用いて、各接着面の圧縮圧の分布状況に及ぼすクランプ間隔の影響およびクッション材ゴムシートの効果などについて考察を進めた。

### 5. 2. 3 解析結果と考察

#### 5. 2. 3. 1 各接着面内の圧縮圧の分布に及ぼす加圧力クランプ間隔の影響

図5-17はゴムシートの弾性を $20000\text{kgf/cm}^2$ 、当て板の厚さを $0.44\text{t}$ 、平均圧縮圧 $\sigma_0$ を $10\text{kgf/cm}^2$ とそれぞれ一定とし、クランプ間隔が違う場合の各接着面における圧縮圧の分布を比較したものである。図から分かるように、圧縮表面から離れるほど、圧縮圧の変動範囲が幾分狭く、均一化される傾向が見られる。また、小さいクランプ間隔を取ると、クランプ間圧力はクランプ外圧力よりも高く、クランプ間隔を広く取るとその逆になる。ここでは、当然のことながら、 $n = 2$ 、つまり、4分点を圧縮すると接着面の圧力は均一化されることがわかる。



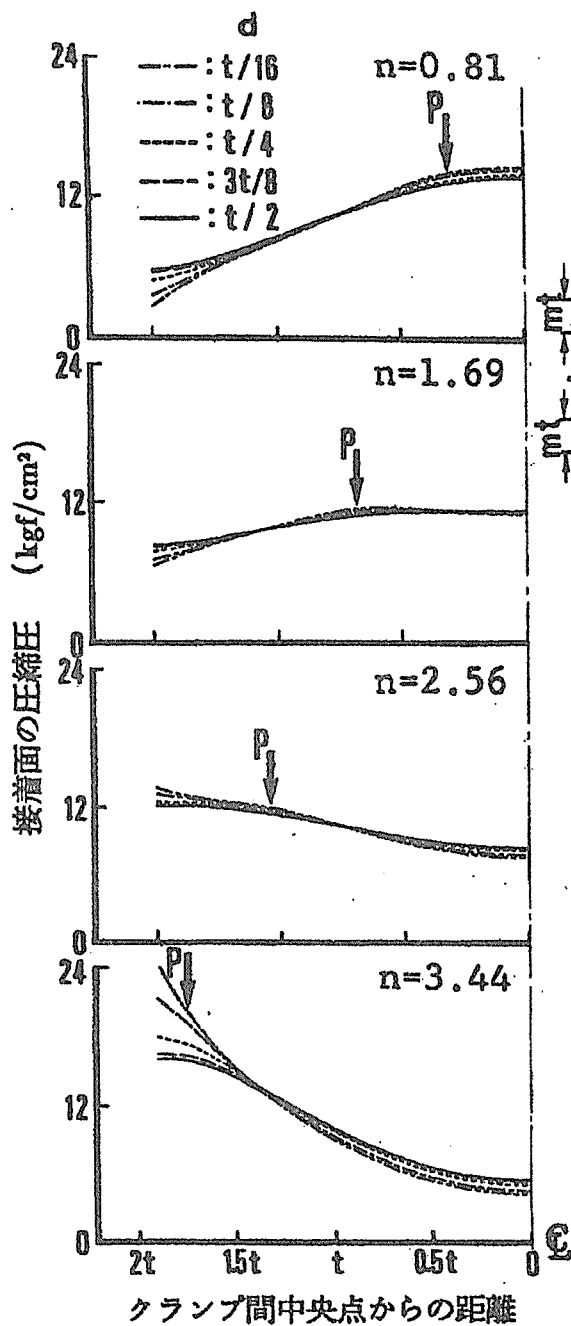


図5-17 クランプ間隔の  
違う場合の各接  
着面の圧縮圧  
分布。

注：m：0.44；クッション  
ゴムシートのヤング率 $E_R$   
20000kgf/cm<sup>2</sup>。他は図5-  
14および図5-15を  
参照。

### 5. 2. 3. 2 クッション材ゴムシートのヤング率および当て板寸法が接着面内の の圧縮圧分布に及ぼす効果

図5-18は異なる厚さの2種類の当て板 ( $m=0.11$  及び  $0.44$ ) を用い、  
同じ平均圧縮圧を与えた場合のクッション材ゴムシートの硬度が圧縮圧の分布に及  
ぼす影響を比較したものである。集成材表面から  $t/16$  離れている接着面内の圧  
縮圧の分布は、当て板と集成材との間に柔らかいクッション材ゴムシートを敷くと、  
加圧力点近傍の高圧力集中が和らぎ、圧縮圧の分布がより均一になっている。これ

に反して、硬いクッション材ゴムシートを使うと、圧縮圧分布の均一化が起こらない。また、柔らかいクッション材ゴムシートを使うと、大きいクランプ間隔で加圧しても、当て板の剛性が或る程度高ければ、比較的均等な圧縮圧の分布を得ることができる。しかし、当て板の厚さが薄くなると、柔らかいゴムシートを敷いても、もはやその効果はほとんど見られなくなってしまう。

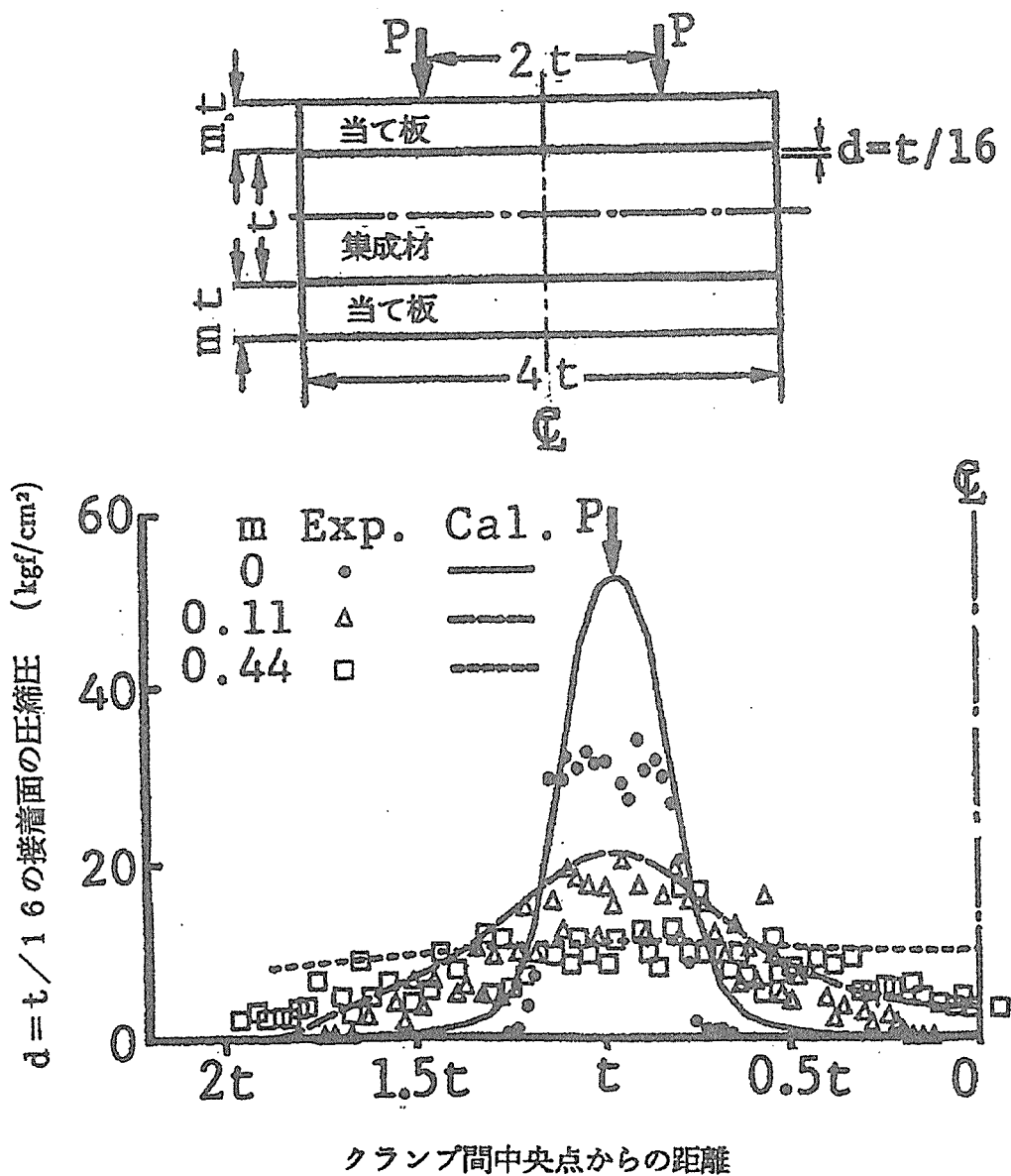


図5-16 当て板の寸法が異なる場合の接着面の圧縮圧分布 (クッション材ゴムシートなし,  $d = t/16$  の接着面)

注: Exp.: 実験値; Cal.: 計算値; 他は図5-14および図5-15を参照.

### 5. 2. 3. 3 各接着面のクランプ間中央点の圧縮圧に及ぼすクランプ間隔の影響

図5-19に示すように、集成材表面に近い接着面ほど、クランプ間隔の影響が大きくなっており、また、クランプ間隔係数  $n = 1.4$  あたりでは、各接着面の加圧力クランプ間中央点の圧縮圧が同じになり、適切な圧縮条件を選ぶのに参考することができると思われる。一方  $n$  が  $1.4$  より小さければ、集成材表面に近い接着面ほど、圧縮圧が大きい、 $1.4$  より大きくなると、集成材表面に近い接着面ほど、圧縮圧が小さくなることが明らかとなった。

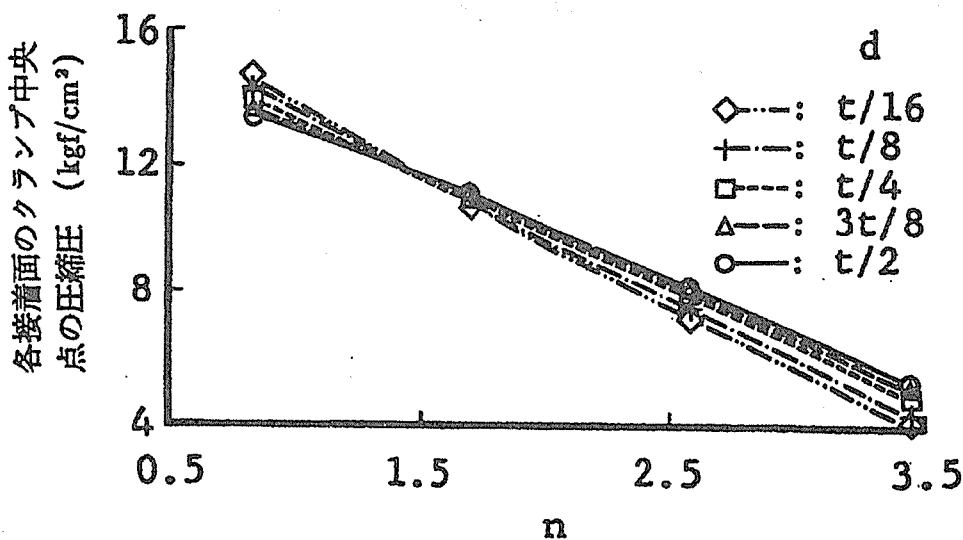


図5-19 各接着面のクランプ間の中央点の圧縮圧の比較。  
注：図5-14および図5-15を参照。

### 5. 2. 4 要約

集成材の接着工程をボルト・クランプで行う場合について、まず、接着面内の圧縮圧の分布を数値的に解析する方法の妥当性を実験により検討し、続いて、クランプ間隔、当て板の厚さ、クッション材ゴムシートの弾性等を変えて集成材を圧縮接着する際の各接着面の圧縮圧分布を計算し、適正な圧縮システムを究明した。おもな結果を要約すると、つぎのようになる。

- 1) 当て板が厚い場合は、当て板の曲げ剛性が高いので、圧縮圧が広範囲に伝達され、クランプ間隔が広くても、接着面全長に圧縮圧力が平均的に分布している。
- 2) 集成材の表面から離れた層ほど、接着面内の圧縮圧力の変動範囲が狭く、圧

締圧分布が均一になっている。

3) クランプ間隔が小さいほど、クランプ間の圧締圧はクランプ外のそれより高く、クランプ間隔が大きいと、その逆になり、丁度4分点をクランプすると均一な圧締圧分布が得られる。

4) 集成材の接着圧締系の当て板と集成材との間に柔らかいクッション材ゴムシートを敷くと、圧締圧の集中が軽減され、接着面の圧締圧分布が均一となる。特に大きいクランプ間隔の場合では、その効果が顕著であった。

5) 集成材表面に近い接着面ほど、クランプ間隔の影響が大きくなっているが、平均加圧力が一定の場合では、クランプ間隔係数  $n = 1.4$  のあたりに、各接着面内のクランプ間中央点の圧締圧力が同じになることがわかった。これは適切な圧締条件を選ぶのに参考になるであろう。

## 文 献

1) 海老原徹, 木口三郎: "現場接着に関する基礎的研究(第1報)" 木材学会誌, 24(6), 400-405(1978).

2) 中戸莞二: "新編木材工学", 養賢堂, 1985, p.372-376.

3) Kolb, H: "Versuche über die Verwendung von Nägeln zur Erzeugung eines ausreichenden PreBdrucks bei der Bauholzleimung", Holz als Roh-und Werkstoff, 16(1), 28-35(1958).

4) Bellosillo, S.B.: "Nail-Gluing of Lumber-Plywood Assemblies: A Literature Review", FPL Information Report OP-X-29, 33(1970).

5) Hearmon, R. F. S: "The Elasticity of Wood and Plywood", Dept. of Sci. and Ind'l Research F. P. R Special Rept. No.7. London: His Majesty's Stationery Office, p. 7, (1948).

6) 中戸莞二: "新編木材工学", 養賢堂, 1985, p.406-407.

7) Forest Products Laboratory: "Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Agric. Handb. 72.", U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1987, p.10-6.

8) Doan-Them and Mataka, Y.: "A study on mechanism of continuous lamina-

tion of lumber in pressing by roller-belt. I.", Mokuzaï Gakkaishi, 22(3), 152-163(1976).

9) Doan-Them and Matakaï, Y.:"A study on mechanism of continuous lamination of lumber in pressing by roller-belt. II.", Mokuzaï Gakkaishi, 22(3), 164-172 (1976).

10) Doan-Them and Matakaï, Y.:"A study on mechanism of continuous lamination of lumber in pressing by roller-belt. III.", Mokuzaï Gakkaishi, 22(4), 223-231 (1976).

11) Doan-Them and Matakaï, Y.:"A study on mechanism of continuous lamination of lumber in pressing by roller-belt. IV.", Mokuzaï Gakkaishi, 22(11), 599-605 (1976).

12) Doan-Them and Matakaï, Y.:"A study on mechanism of continuous lamination of lumber in pressing by roller-belt. V.", Mokuzaï Gakkaishi, 23(9), 440-445 (1977).

13) Doan-Them and Matakaï, Y.:"A study on mechanism of continuous lamination of lumber in pressing by roller-belt. VI.", Mokuzaï Gakkaishi, 24(9), 619-624 (1978).

14) Doan-Them and Matakaï, Y.:"A study on mechanism of continuous lamination of lumber in pressing by roller-belt. VII.", Mokuzaï Gakkaishi, 25(1), 30-35 (1979).

15) 半井勇三 : " 木材の接着と接着剤" , 森北出版株式会社, 1961, p.192.

16) 楊萍ら : " 接着面の圧縮圧分布と接着性 (第1報)" , 木材学会誌, 37(7), 611-618(1991)

17) 楊萍ら : " 接着面の圧縮圧分布と接着性 (第2報)" , 木材学会誌, 37(7), 619-625(1991)

## 第6編 圧縮効果に及ぼす圧縮圧、被着材の 曲げ剛性及び接着剤の種類の影響

- 6. 1 圧縮せん断接着強さ試験片寸法形状の予備試験
  - 6. 1. 1 木材接着強さ試験の方法
  - 6. 1. 2 J I SとA S T Mの圧縮せん断試験方法
  - 6. 1. 3 今回採用した圧縮せん断試験
  - 6. 1. 4 予備試験1 試験片の厚みと剔ぎ欠き省略の影響
    - 6. 1. 4. 1 試験の方法と試験治具
    - 6. 1. 4. 2 予備試験1の試験結果と考察
  - 6. 1. 5 予備試験2 試験接着面の形状・寸法の影響
    - 6. 1. 5. 1 試験材料とその品質
    - 6. 1. 5. 2 試験片の形状・寸法
    - 6. 1. 5. 3 試験片の製造
    - 6. 1. 5. 4 予備試験2の試験結果と考察
- 6. 2 接着試験体を部分的集中荷重で圧縮して作成する試験の為の予備試験
  - 6. 2. 1 接着試験体の全数曲げ試験の測定荷重決定の予備試験
    - 6. 2. 1. 1 試験材料
    - 6. 2. 1. 2 試験方法
    - 6. 2. 1. 3 試験の結果
  - 6. 2. 2 接着試験体の全数曲げ試験
- 6. 3 圧縮方法の研究
  - 6. 3. 1 試験方法
    - 6. 3. 1. 1 試験体
      - 1) 被着材
      - 2) 被着材の曲げ剛性
      - 3) 被着面の表面粗さ
    - 6. 3. 1. 2 試験条件
      - 1) 圧縮荷重(圧力)
      - 2) 部分集中圧縮荷重の位置と数
    - 6. 3. 1. 3 接着剤の選定

- 6.3.1.4 被着木材の含水率
- 6.3.1.5 その他
- 6.3.2 圧縮荷重決定のための予備試験
  - 6.3.2.1 試験方法
    - 1) 圧縮治具
    - 2) 圧縮する被着体の配置
    - 3) 荷重方法
    - 4) 荷重の決定
  - 6.3.2.2 試験結果
- 6.3.3 接着試験体の作成
  - 6.3.3.1 被着材
  - 6.3.3.2 接着剤
  - 6.3.3.3 塗布
  - 6.3.3.4 圧縮方法
  - 6.3.3.5 圧縮荷重（圧力）
  - 6.3.3.6 各接着試験体の作成作業条件
- 6.3.4 接着強さ試験方法
  - 6.3.4.1 試験片の採取方法とその形状
    - 1) 圧縮せん断接着試験片の形状
    - 2) 試験片の採取
  - 6.3.4.2 試験方法
- 6.3.5 部分集中荷重圧縮による接着試験体の各部分の接着強さ試験結果
  - 6.3.5.1 結果の図表の記号等
    - 1) 表に用いた記号
    - 2) 図の記号
  - 6.3.5.2 試験の結果
    - 1) 試験結果（01R05 ～05N15 までの60水準）
    - 2) 評価の基準
    - 3) 試験の結果の評価と考察
    - 4) 各因子別の評価

- 4) - 1 接着剤について
  - I レゾルシノール樹脂接着剤
  - II エポキシ樹脂接着剤
  - III 水性高分子イソシアネート系接着剤
  - IV ユリア樹脂接着剤
- 4) - 2 荷重圧縮圧力について
- 4) - 3 被着木材について
- 4) - 4 荷重圧縮部位からの距離と圧縮効果



## はじめに

木材接着の条件因子は、被着材料である木材そのものの性質・状態に関わる因子、接着剤の種類やそれに起因する性能・性状に関わる因子の外、接着が行なわれる状況での装置・設備や工程からの各種因子の三種類に大別される。そのうち被着材料と接着剤は接着して造られる製品の品質性能要求から所与の因子として定まっていることが多い。それに反して第三の条件因子の接着条件は、人為的に選定出来るものであることから接着にとって適切な条件に整えられるのが通常である。

然るに、本研究の課題では現場接着作業である上に、想定される主な被着材は大型で接着面の形状も複雑である大断面構造用集成材等の接着であり、設備の整った工場内作業と比べて接着の為の加圧圧縮が理想的に確保されることがむづかしい状況となることが考えられる。従って接着加圧圧縮は部分的な集中荷重を与えて行なわざるをえない場合に、その圧縮効果が、圧縮圧力、被着材の曲げ剛性の違いで長さ方向にどのように変化するか、また接着剤の種類でその効果をどこまで期待出来るかを実験により検討した。

これらの検討に当たり、接着性能を評価する方法として圧縮せん断接着強さ試験法を採用したが、密度が際立って高い部分の年輪密度が相異なる針葉樹材の場合被試験接着面が25mm×25mmと小さいJ I S法試験では年輪密度のバラツキが影響して正しい評価が出来にくいことを心配して、予めこの試験片の寸法形状について被試験接着面の面積と繊維方向の影響、試験片の作り方からくる形状について予備試験を行なった。

### 6. 1 圧縮せん断接着強さ試験片寸法形状の予備試験

#### 6. 1. 1 木材接着強さ試験の方法

接着によつて製造された木材製品の接着強さの測定の方法は種々あるが、被着木材が5mm以上の厚みがあるもの場合は2枚合わせの木材引張りせん断接着強さ試験方法(J I S K 6851)か圧縮せん断接着強さ試験方法(J I S K 6852)に拠るのが常法である。特に圧縮せん断接着強さ試験方法は試験時の荷重応力が目的の剪断として得やすいことから多用されている。

例えばJ I S K 6801ユリア樹脂木材接着剤、J I S K 6802フェノール樹脂木材接着剤、

J I S K 6804 酢酸ビニル樹脂エマルジョン木材接着剤などのほか農林省告示第1374号（昭44）集成材の日本農林規格などで採用している。

### 6. 1. 2 J I S と A S T M の圧縮せん断試験方法

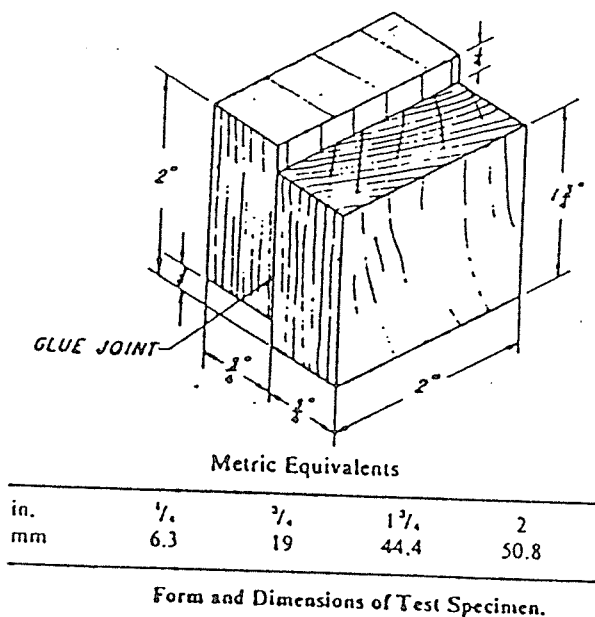
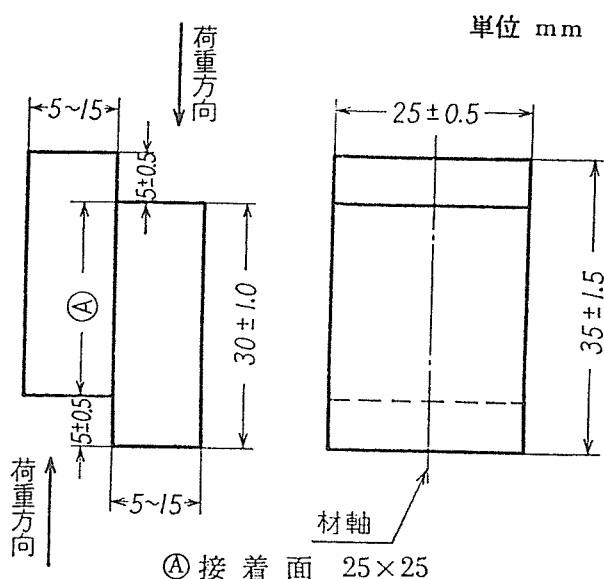
然し、これらの規格が採用している圧縮せん断接着強さ試験の試験片の形状寸法は図6-1に示したJ I S法のものでは試験される被接着面が25 mm×25 mmの面積である。この形状から所謂腰掛け型と呼ばれる圧縮せん断接着強さ試験の方法はA S T MでもD-905に定められているが、この場合は図6-2に示す寸法で、試験される被接着面は50.8 mm×38.1 mmの面積をもっていて試験片の寸法が大きくなっている。

この相違はJ I S法は、接着剤の試験方法として定められたもので、接着剤の接着性能を評価する為に、被着材の影響を極力少なくして接着剤の比較評価を行うよう設計されていて、その被着材もその容積密度の幅も指定された「まかば」柾目材が好ましいとしている。一方A S T M法は集成材のような木材接着製品の接合性能の検定を主な目的としていて、被着材の品質には規定がなくむしろ被着材の品質共々接着接合の程度を検査する接着木材製品の評価にあると考えてよい。

事実集成材のような工業製品で然も使用樹種が針葉樹になると、早材部と晩材部の密度差が非常に大きく、またその年輪密度が大径木と中小径木また天然木と植林木で大きく異なり、そのほか繊維の走行方向、材の欠点など様々な条件に個々の試験片が影響を受けやすくなるので、J I S法の小面積の試験被着面の試験片ではバラツキが大きくなってしまいう例に遭遇する。

図6-1 J I S 試験片の寸法形状

図6-2 A S T M 試験片の寸法形状



### 6. 1. 3 今回採用した圧縮せん断試験

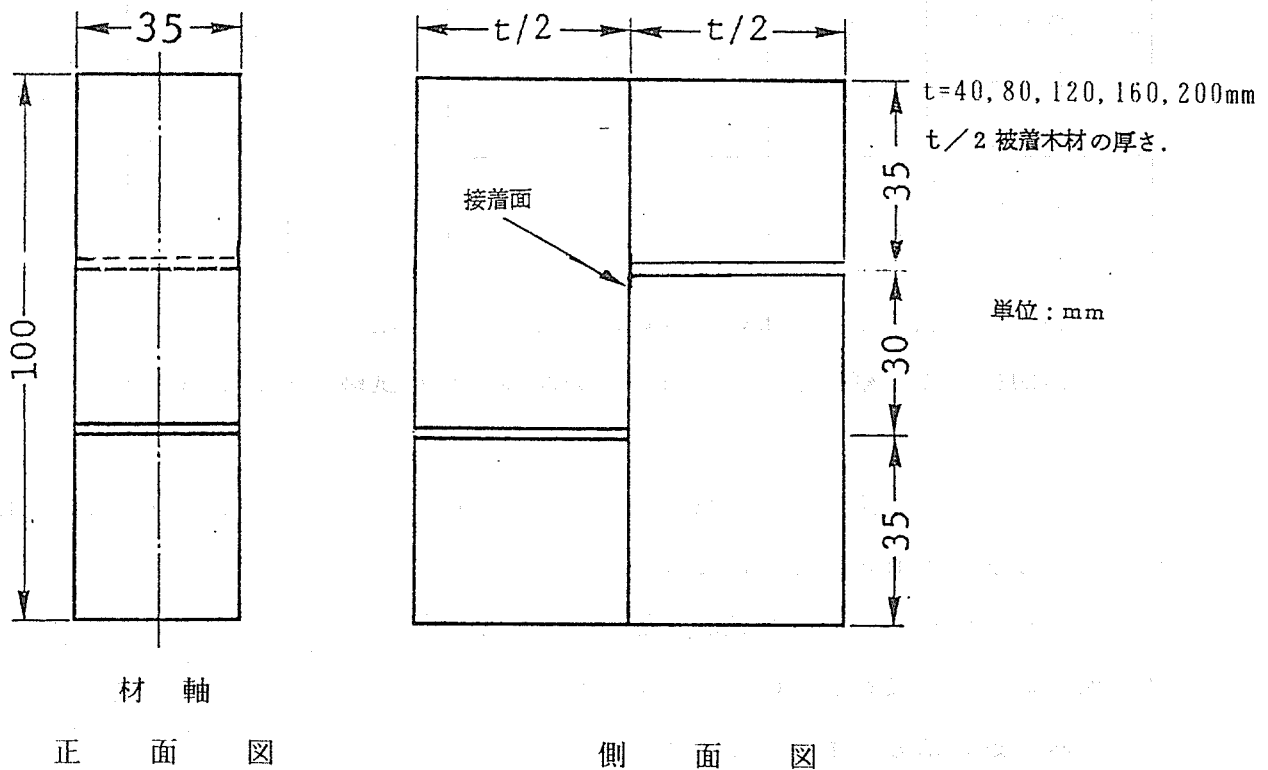
今回の試験研究の目的が被着材の剛性と接着の為の圧縮箇所と圧力が接着された材料の接着強さにどのように影響するかを求めているので、小接着面での試験から来るバラツキの影響は好ましくないため、出来るだけ大きな試験被着面を敢えて取ることとした。

そこで、今回の試験で接着する被着材の寸法が、幅12cmで長さが200cmであることから、種々検討の結果試験被接着面は材軸の方向に30mm、直交方向に35mm、両端の部分を鋸目幅を加えて35mmとし両端部を剔ぎ欠き腰掛け型に加工せずそのままとした図6-3に示す寸法形状とした。

この主な理由は

- 1) 試験被着面を少しでも大きくして米松被着材のバラツキの影響を極力少なくしたい
- 2) 被着材の寸法から出来るだけ効率よく試験片を切り出したい
- 3) 試験片の寸法が既往のものと異なるので腰掛け型の治具を作りにくかったなどにあつた。

図6-3 予備試験で採用した圧縮せん断試験試験片の寸法形状



### 6. 1. 4 予備試験の1 試験片の厚みと剔ぎ欠き省略の影響

試験片の形状は図6-3に示された通り試験接着面は35mmX30mmで、両端部を35mm X35

mmとして端部の剔ぎ欠きを省略してもその面積から試験接着部が最弱部となるように考えられた。然し試験片の厚みは被着材の厚みの2倍あるので今回の場合は夫々 40mm, 80mm, 160mm, 200mm ある。試験ではこれをそのまま上方から荷重を懸けるが試験片の厚みが大きいものでは接着層の反対の表層側にモーメントが働いてしまう心配もある。またこの方法では試験片の厚みが薄いと転んでしまい適当な厚みを必要とすることになるとも考えられるので、厚いものでは試験片の厚みを40mmまで夫々の厚みに剔ぎ落してから切込加工をした試験片で圧縮せん断試験を行って、その影響の程度を確認しておくこととした。即ち予備試験1では次のような形状の試験片の圧縮せん断試験を行うこととなった。

表6-1 剔ぎ欠きの有無による試験片の厚み

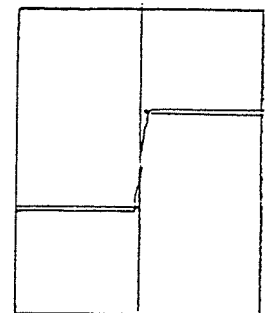
試験時の厚み	厚さを剔いだもの					
試験片の厚み	20mm	40mm	80mm	120mm	160mm	200mm
40mm	○	◎				
80mm	○	○	◎			
120mm	○	○	○	◎		
160mm	○	○	○	○	◎	
200mm	○	○	○	○	○	◎

注 ◎印は試験体そのままの厚みの試験片で試験実施  
 ○印は厚みを剔ぎ落してそれぞれの厚みにした試験片として試験実施

6.1.4.1 試験の方法と試験治具

図6-4 切込不足試験片の破断

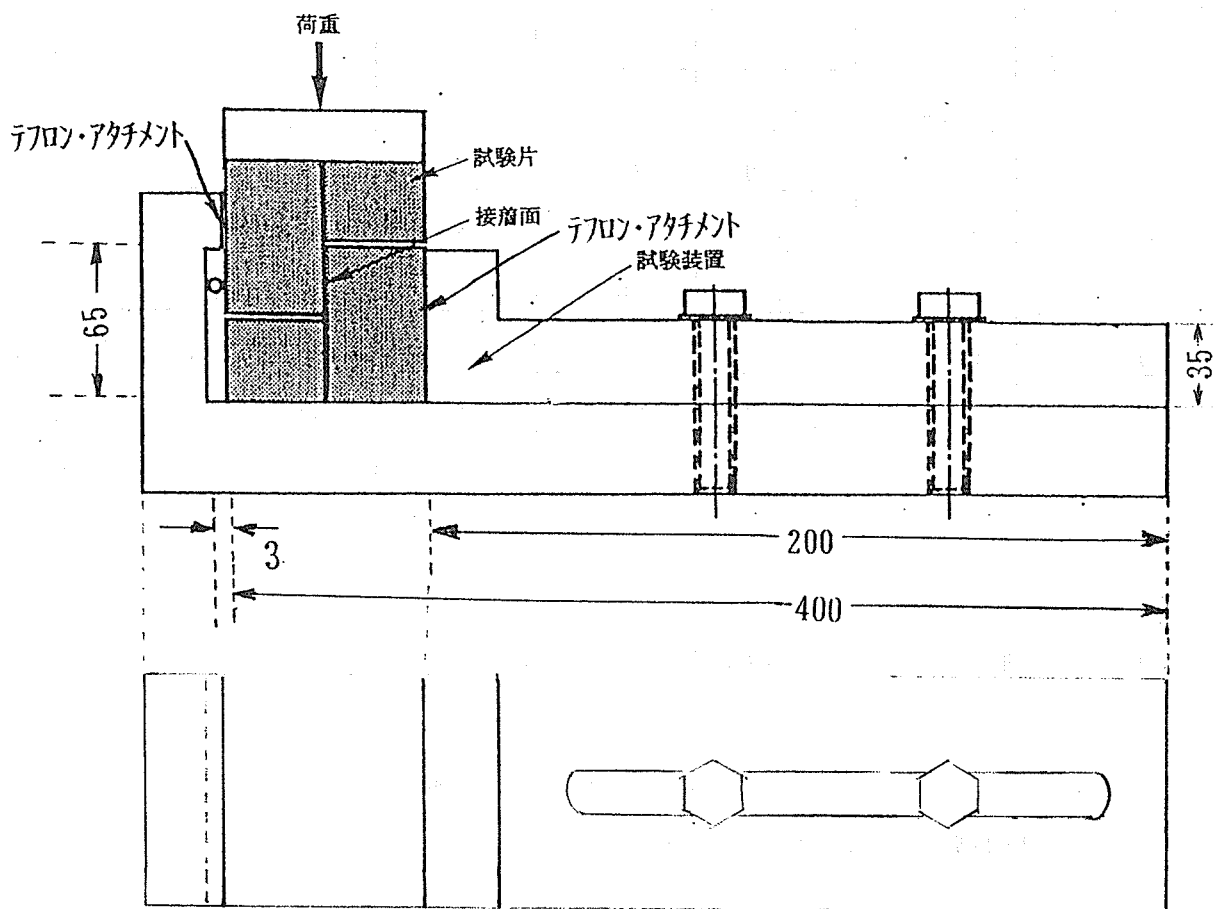
試験片の作成は前項の形状・寸法に従ったが、切込が接着層に到達していない試験片を試験に懸けると、図6-4の如く例外なく接着層でのせん断ではなく、被着材の接着層に近い部分で木材がせん断を起こすことが試行試験で確認された。従って切り込の加工には注意をして確実に接着層まで切り込んだ。



試験は全て常態接着強さ試験とした。

またこの時本試験のために図6-5の如き治具を作成し使用した。

図6-5 試作した治具



#### 6. 1. 4. 2 予備試験1の試験結果と考察

試験接着面の大きさを幅35mm繊維方向の縦の長さ30mmに一定し、試験片の厚みが種々な圧縮せん断接着強さ試験の結果を一括して表6-2、表6-3に示す。各数値は、試験片数20片の平均値、標準偏差、変動係数である。

剔ぎ欠きを行なわない被着材厚み20mmで試験片厚み40mm、同じく夫々被着材厚み40mm、60mm、80mm、100mmで接着された試験片厚みが80mm、120mm、160mm、200mmのままの試験片の圧縮せん断接着強さの平均値が最も小さいもので160mmの87.3 kgf/cm<sup>2</sup>、最も大きいものが120mmの100.7 kgf/cm<sup>2</sup>、平均で93.5 kgf/cm<sup>2</sup>、標準偏差6.5、変動係数6.9%であり、全試験の総平均が93.5であることから、厚みの厚い試験片の場合も剔ぎ欠きを特に行なわなくてもよいと判断した。

表6-2 剔ぎ欠きで厚みの異なった試験片の圧縮せん断接着強さ (kgf/cm<sup>2</sup>)

試験時の厚み	20mm	40mm	80mm	120mm	160mm	200mm	Ave
接着時の厚み							
40 mm	74.4	(90.7)					82.6
80 mm	76.5	106.0	(86.9)				89.8
120 mm	81.9	108.8	93.6	(100.7)			96.3
160 mm	90.9	109.7	90.7	89.7	(87.3)		93.7
200 mm	92.5	96.0	77.2	92.3	101.3	(101.8)	93.5
Ave.	83.2	102.2	87.1	94.2	94.3	101.8	92.4

剔ぎ欠きのないそのままの厚みの試験片のみの総平均 (93.5)

註 ( ) は剔ぎ欠きのないそのままの厚みの試験片

表6-3 剔ぎ欠きで厚みの異なった試験片の圧縮せん断接着強さ試験の接着強さの標準偏差 ( $\sigma$ ) と変動係数 (CV)

試験時の厚み	20mm	40mm	80mm	120mm	160mm	200mm
接着時の厚み						
40 mm $\sigma$	4.7	8.4				
CV	6.4	9.2				
80 mm $\sigma$	2.8	10.8	9.7			
CV	3.6	10.2	11.2			
120 mm $\sigma$	10.4	8.0	23.0	9.1		
CV	12.7	7.7	25.8	9.0		
160 mm $\sigma$	6.5	9.9	12.1	22.0	22.1	
CV	7.1	9.0	13.4	24.6	25.4	
200 mm $\sigma$	7.7	8.6	10.8	12.9	10.7	11.3
CV	8.3	8.9	14.0	14.0	10.5	11.1

### 6. 1. 5 予備試験の2 試験接着面の形状・寸法の影響

今回の試験では被着材の寸法等から試験接着面の形状・寸法は、繊維方向でもある材軸方向に30mm、それと直交方向に幅を35mmとしたが、JIS法ではこれが夫々25mm、25mmでありASTM法では38.1mm、50.8mmである。

この予備試験では試験接着面の高さ寸法に従来の試験法にある最も短い25mmから最も大きい50mmまで、25mm、30mm、35mm、40mm、45mm、50mmの6水準を選び、この組み合わせの各種寸法の試験接着面36種類のうち影響がより顕著と考えられる試験片の幅方向で繊維方向に直角の方向即ち材軸に直交方向の寸法の広いものに重点を置いて下表6-4の○印に当たる形状・寸法のものを試験することとした。

表6-4 試験片の試験接着面の寸法

材 軸 方 向	幅 方 向					
	25mm	30mm	35mm	40mm	45mm	50mm
25mm	JIS ○	○	○	○	○	○
30mm	○	○	○		○	
35mm		○	○	○		
40mm			○	○	○	ASTM○
45mm		○		○	○	○
50mm	○	○	○	○	○	○

#### 6. 1. 5. 1 試験材料とその品質

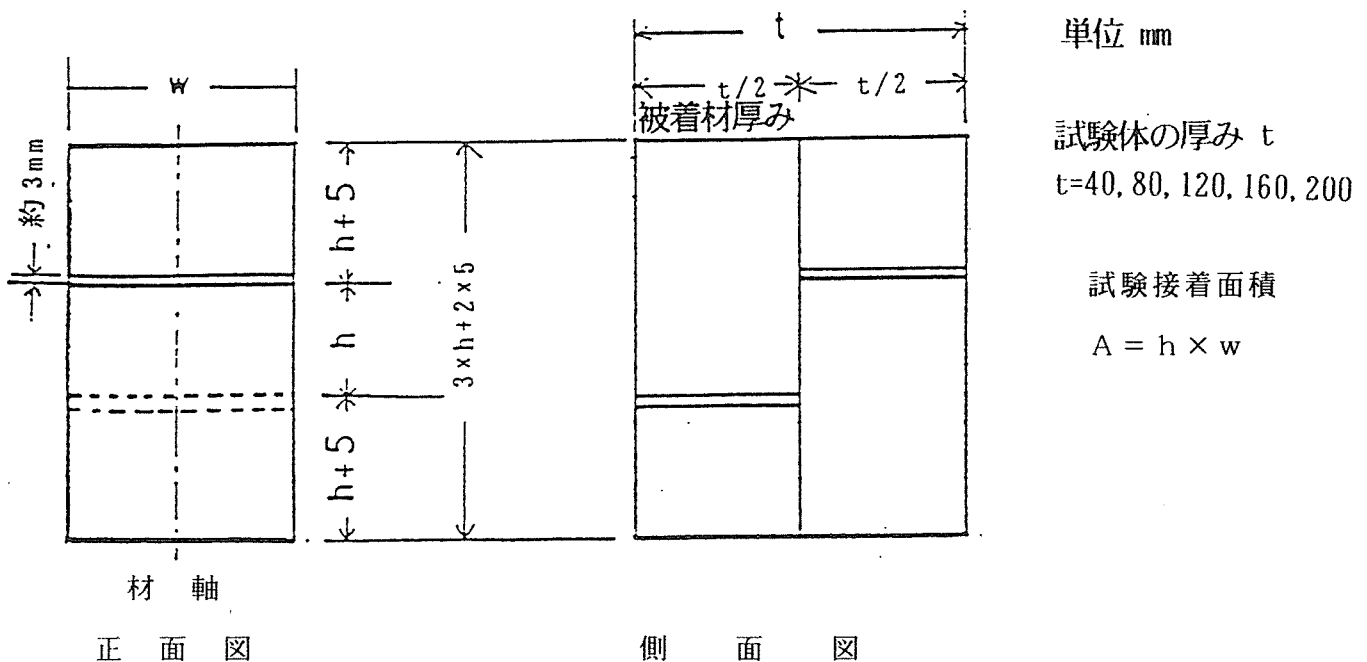
試験片を切り出す試験材料は全て米松集成材で、基本となっているラミナの厚みが20mmのもので構成されている。製造は斎藤木材工業株式会社で行われ、構造用集成材の製造基準に従って製造され、試験材料の厚みは全て40mmで製造したので、試験接着面はその両表面から同じ厚み20mmだけ内側の中央に位置している。接着剤はレゾルシノール樹脂木材接着剤を使用し、また試験に使用する被着材料の木材は全て大断面構造用集成材の日本農林規格(JAS)に適合したものを使用した。

### 6. 1. 5. 2 試験片の形状・寸法

試験片の形状・寸法では、試験接着面の材軸（繊維）方向の寸法  $h$  と材軸と直交（幅）方向の寸法  $w$  が 6 水準定められているので、夫々の試験片の形状寸法は試験接着面の寸法  $h \times w$  を基準として図 6-6 の正面図と試験体の厚み  $t$  のままの側面図の形となる。

試験接着面が  $h \text{ mm} \times w \text{ mm}$  のとき試験片の両端部の長さは鋸目幅も加えて  $h \text{ mm}$  より  $5 \text{ mm}$  大きく  $h + 5 \text{ mm}$  として、試験接着面の面積より常に試験片両端部の面積が大きくこの部分を剔ぎ落さずに試験しても荷重時に試験接着面が最弱部となるようにする。従つて試験片の外測寸法は、幅  $w \text{ mm}$ 、長さ  $(3 \times h + 2 \times 5) \text{ mm}$ 、厚み  $40 \text{ mm}$  と成る。

図 6-6 試験接着面の寸法形状を変える接着試験片の形状



### 6. 1. 5. 3 試験片の製造

試験接着面の材軸方向の寸法が  $25 \text{ mm}$  から  $50 \text{ mm}$  まで、また横幅方向の寸法が  $25 \text{ mm}$  から  $50 \text{ mm}$  までの大きさを持つ試験片を製作すると、上下の加圧部を加えて夫々の試験片の外りの寸法は結局次の表 6-5 のようになる。

これらを採用製造するに当たって、幅  $12 \text{ cm}$ 、長さ  $200 \text{ cm}$  の試験材料から  $h$  の同じ長さの試験片をまとめて効率よく製造した。即ち、試験材料の一方の端からその繊維方向材長に従つて  $(3 \times h + 2 \times 5)$  の長さに順次横切りする。次いでそのブロックから幅  $w$  に縦割り



表6-5 試験片の外のり寸法

試験接着面の材軸方向の長さ h mm	試験片端部の長さ h+5mm	試験片の材軸方向の長さ 3×h+2×5mm	試験片の幅 w mm
25	30	85	各25, 30, 35, 40, 45, 50 mm
30	35	100	
35	40	115	
40	45	130	
45	50	145	
50	55	160	

すると外のりが必要な試験片となつているから、これに材軸の両端部から (h+5) の距離に切込を入れれば良い。ブロックからの縦割りは幅 w が 25 mm の時 4 枚、30 mm の時 3 枚、35 mm の時同じく 3 枚、40 mm、45 mm、50 mm の時何れも 2 枚切り出すことができる。

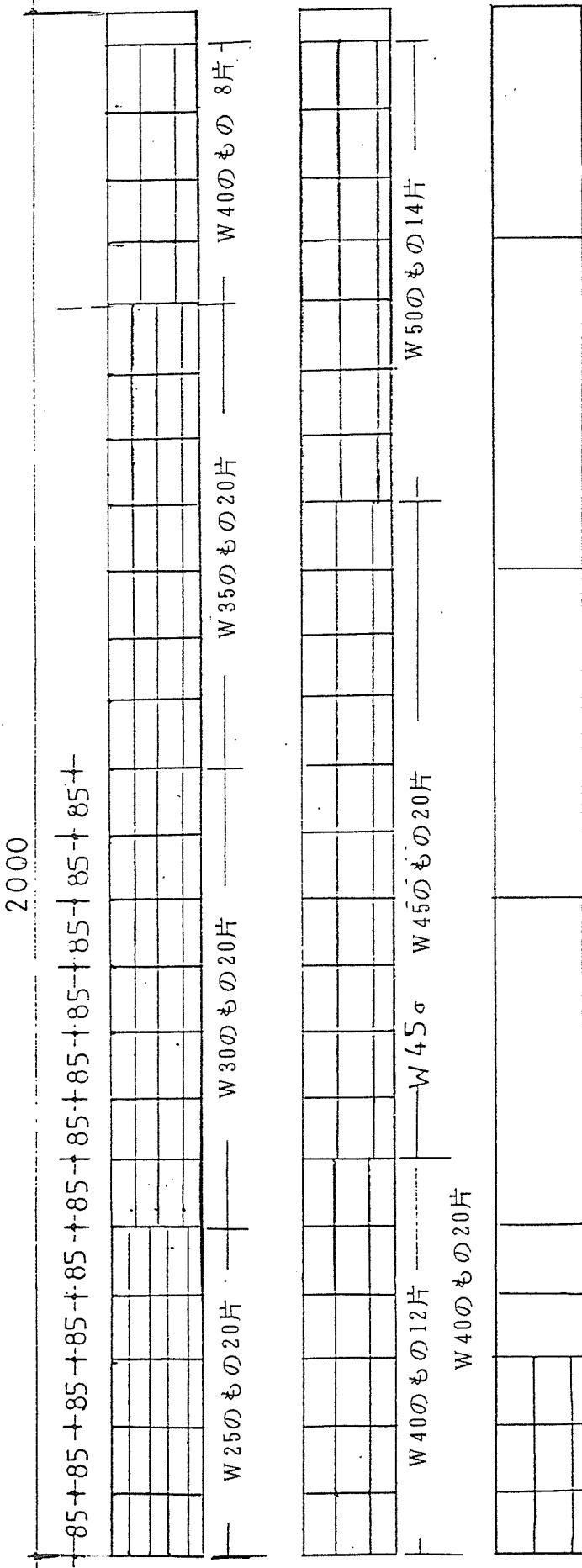
幅 12 cm 長さ 200 cm の接着試験体からのこれら試験片夫々各 20 片の切り出しは、図 6-7 の計画に従って製作された。

#### 6. 1. 5. 4 予備試験 2 の試験結果と考察

試験接着面の形状・寸法の影響を調べるために、試験接着面の繊維材軸方向の長さとしてと直交する幅方向の長さを夫々 25mm から 50mm までの 6 通りを設定し、その内から 27 通りの組み合わせ寸法の試験片と、これとは重複するか極近く類似した寸法になるが J I S 法と A S T M 法の寸法を直接切り出したもの 2 通りを合わせて 29 通りの寸法形状の試験片を各 20 片ずつ図 6-5 の治具を用いて圧縮せん断接着強さ試験を行ない、その結果を一括して表 6-6、表 6-7 に示す。各数値はいずれも試験片 20 片の平均値である。

試験片の圧縮せん断試験を行なった時、荷重を受けた試験片の試験接着面の材軸方向の上下辺縁部に大きく中央部に小さい応力が分布して、瞬時の現象ではあるが破壊は大きな応力を受ける上下辺縁部から順次起り切断する。従って、試験片の幅即ち試験接着面の幅が広いものほど辺縁部の応力集中が大きいことと、試験接着面の高さが同じであれば試験接着面積は大きくなり単位面積当たりの破断荷重とした接着強さでは小さくなり不利とな

例 1 試験片の材軸方向の長さが85mmで幅が25mm, 30mm, 35mm, 40mm, 45mm, 50mmの試験片各20片の採取の仕方



例 2 試験片の材軸方向の長さが100mmで幅が各種の試験片の採取の仕方 (以下これらに倣って同じように採取する)

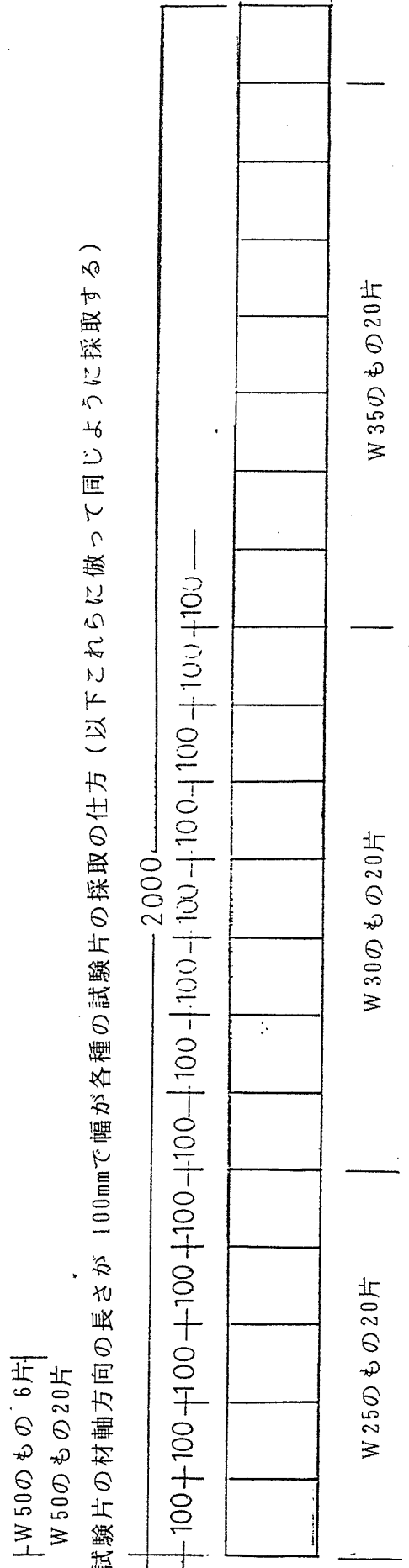


表 6 - 6 試験接着面の寸法形状と圧縮せん断接着強さ (kgf/cm<sup>2</sup>)

試験接着面の材 軸方向高さ hmm	試験接着面の幅 w mm						
	25mm	30mm	35mm	40mm	45mm	50mm	Ave.
J I S	115.4						115.4
25mm	100.0	90.0	103.7	104.2	98.1	80.3	96.1
30mm	92.6	85.6	85.2		84.5		87.0
35mm		90.8	88.0	86.6			88.5
40mm			83.6	82.8	92.7	89.5	87.2
45mm		79.7		75.7	96.1	82.3	83.5
50mm	85.6	116.5	121.8	122.4	102.0	122.7	112.0
A S T M						109.3	109.3
A v e .	98.4	92.5	96.5	94.3	94.7	97.0	95.5

表 6 - 7 試験接着面の寸法形状と圧縮せん断接着強さの標準偏差

試験接着面の材 軸方向高さ hmm	試験接着面の幅 w mm						
	25mm	30mm	35mm	40mm	45mm	50mm	Ave.
J I S	8.5						8.5
25mm	8.3	6.8	9.0	13.6	7.4	10.8	9.3
30mm	6.1	9.0	8.1	5.8	11.7		8.1
35mm		10.4	18.9				14.7
40mm		25.7	6.4	5.4	8.6	10.9	11.4
45mm				38.4	42.7	38.3	39.8
50mm	26.9	47.4	63.4	61.2	41.5	70.4	51.8
A S T M						12.5	12.5
A v e .	12.5	19.9	21.2	24.9	22.4	28.6	

## 6.2 接着試験体を部分的集中荷重で圧縮して作成する試験の為の予備試験

部分的な集中荷重の接着加圧圧縮の違いが目的の接着接合の接着強さにどのように影響するかを試験する際、明確に設定されなければならない因子として部分的集中荷重による圧縮圧力、被着材木材の曲げ剛性である。

被着材木材の曲げ剛性については、ベイマツ20mm厚のラミナを単体あるいは複数枚集成接着した構造用集成材を被着材木材とし、この全数について曲げ剛性を測定して接着試験体は曲げ剛性を明確にした被着材を使用した。この全数検査に当たり曲げ剛性を測定する為の荷重の大きさを定めるために、それら被着材集成木材から抜き取りしたサンプルについて予め曲げ強さ、比例限強度、ヤング率を測定した。

また、部分的圧縮圧力は現場接着接合の場合に多用されると推測されるクランプに依ることとした。この時の接着圧縮圧力はSelbo, M. L. (F. P. 1. Ret. 1635(1948))によれば次式で推定されるとされているが、試験体作成に実際使用されるネジ等治具を用い、ネジを締め込むトルクの大きさと荷重の大きさの関係を予め実験を行なって確認した。

$$F L = W R \frac{(\pi f D + K)}{(\pi D - f K)} = \frac{W D}{2} \cdot \frac{(\pi f D + K)}{(\pi D - f K)}$$

F : レバーにかかる力 (lb)  
L : レバーアームの長さ (in)

W : 全荷重 (lb)

D : ネジの平均直径 (in) = 1/2 (ネジの内径 + ネジの外径)

R : ネジの平均半径 (in) = D / 2

K : ネジのピッチ (in)

f : 摩擦係数 (ほぼ 0.20)

$\pi \approx 3.1416 \approx 22/7$

### 6.2.1 接着試験体の全数曲げ試験の測定荷重決定の予備試験

この試験は被着材集成材の剛性の全数測定の場合に使用する平均的な測定荷重を決定するために行った。

#### 6.2.1.1 試験材料

被着材として調製された幅12cm、長さ2mの夫々の厚みの集成材から任意に以下の数のサンプルを抜き取った。

表6-8 測定荷重決定のため抜き取りした試験材

被着材集成材の厚み	試験番号	被着材の全数	任意に抜き取った数
20 mm	01	90本	3本
40 mm	02	120本	3本
60 mm	03	90本	3本
80 mm	04	90本	3本
100 mm	05	90本	3本

### 6.2.1.2 試験方法

試験に当つて与えられた以外の条件はJIS K2113によることとし、幅12cm、長さ2mの試料をそのままスパンを試料厚みの1.4倍とした支点に乗せ、中央集中荷重で曲げ剛性を比例限度を越えるまで測定する。万能試験機でロードセルを用いて荷重を測定しX-Yレコーダーを使用して記録した。なお、支点部には120mm×100mm×10mmの支持鋼板を使用した。この時各資料の厚み、幅をノギスで正確に測定する。

また、この試験を終えた厚み20mmと40mmのものについては、その両端から20mm厚では500mm、40mm厚については800mmの長さのJIS法の小試験片を作成して結果を比較検討した。

試料集成材に中立軸に対称でない積層接着層があるときは、表面により近い接着層のある表面側を下面（引張り側）として、また表層ラミナにフィンガージョイントのある場合には、そのフィンガージョイントのある表層を下面に、両面にフィンガージョイントのある時は中央荷重点により近いフィンガージョイントのある表面を下面として測定する。

また試験終了後全資料から絶乾重量法による含水率試験片を取り含水率を測定する。

### 6.2.1.3 試験の結果

自記記録によつて荷重とその時の歪量を記録させた当該チャートの荷重-歪線図によつて、その比例限度その中央値を読み取り、試験番号（各厚み）毎の中央値荷重の平均を算出した。

表 6 - 9 抜き取り試験材料の曲げ剛性予備試験の結果

試験用木材 No	同厚み mm	比例限度		中央値		寸法		含水率
		荷重 kgf	たわみ mm	荷重 kgf	たわみ mm	厚み cm	幅 cm	
01001	20	679	4.62	450	3.32	2.006	12.018	12.23
01002	20	585	4.1	406	3.37	2.012	12.068	11.51
01003	20	486	3.75	362	2.93	2.006	12.016	13.2
平均		583	4.16	406	3.21			12.313333
02001	40	1051	5.99	817	4.61	4.034	12.002	14.06
02002	40	928	5.68	601	7.77	4.003	12.003	13.49
02003	40	967	6.01	724	4.67	4.005	12.002	13.71
平均		982	5.89	714	3.88			13.753333
03001	60	969	5.55	745	4.31	5.993	12.012	13.63
03002	60	1397	7.21	1099	5.67	6.021	12.007	13.64
03003	60	1066	6.33	790	4.73	6.035	12.021	13.48
平均		1144	6.36	878	4.9			13.583333
04001	80							
04002	80							
04003	80							
平均								
05001	100							
05002	100							
05003	100							
平均								

表 2

試験体 No	比例限度上限		比例限度下限		最大荷重	曲げ強さ	比例限度	ヤング係数
	荷重	たわみ	荷重	たわみ				
1001	679	0.462	221	0.203	1027	898.625	594.125	101090.09
1002	585	0.41	227	0.265	995	870.625	511.875	141142.52
1003	486	0.375	239	0.212	790	691.25	425.25	86626.789
2001	1051	0.599	584	0.323	1867	816.8125	459.8125	86727.657
2002	928	0.568	274	0.209	1601	700.4375	406	104142.06
2003	967	0.601	482	0.334	1678	734.125	423.0625	103842.07
3001	969	0.555	522	0.308	1488	434	282.625	103455.46
3002	1397	0.721	802	0.414	2618	763.58333	407.45833	110795.33
3003	1066	0.633	514	0.314	1803	525.875	310.91666	88921.630

備考

- ・試験体 No 01003 は荷重点より 60 mm の所に直径約 60 mm の節があり端から約 30 mm の所まで幅約 15 mm の割れがあった。
- ・試験体 No 02001~02003 までの 40 mm 厚のものは 3 枚板を張り合わせたもので、引張側が約 3 mm の板が 接着されていた。
- ・試験体 No 03001 は荷重点より 100 mm の所の引張側にフィンガージョイントがあった。

表6-10 JIS法による曲げ剛性の確認試験の結果

試験用木材 No	同厚み mm	比例限度		中央値	
		荷重 kgf	たわみ cm	荷重 kgf	たわみ cm
01002-1	20	769	0.396	302	0.255
01002-2	20	635	0.306	379.5	0.195
01003-1	20	402	0.274	236.5	0.164
01003-2	20	609	0.308	357	0.188
平均	20	603.75	0.321	318.75	0.2005
02002-1	40	1106	0.529	844.5	0.366
02002-2	40	1135	0.58	688	0.354
02003-1	40	927	0.489	603	0.323
02003-2	40	678	0.398	422.5	0.249
平均	40	961.5	0.499	639.5	0.323

木材 No	比例限度上限		比例限度下限		最大荷重 kgf	曲げ強さ kgf/cm <sup>2</sup>	比例限度 kgf/cm <sup>2</sup>	ヤング係数 kgf/cm <sup>2</sup>
	荷重 kgf	たわみ cm	荷重 kgf	たわみ cm				
01002-1	796	0.396	165	0.115	1080	945	696.5	128370.69
01002-2	635	0.306	124	0.083	1000	875	555.625	130996.26
01003-1	402	0.274	78	0.054	748	654.5	351.75	84190.909
01003-2	609	0.308	105	0.068	909	795.375	532.875	120050
02002-1	1106	0.529	582	0.203	2035	890.3125	483.875	91887.525
02002-2	1135	0.58	241	0.127	1820	796.25	496.5625	112818.98
02003-1	927	0.489	279	0.157	1240	542.5	405.5625	111578.31
02003-2	678	0.398	167	0.1	994	434.875	296.625	98027.404

試験体中厚み20mmの試験体は素材の挽き材であるので、試験体No.1003は比較的弱く、No.1002は特に強い個体で、この2つを除けば、2mそのままの接着試験体を測定した結果ならびにJIS法の小試験片の測定結果は、表層部分にフィンガージョイントや厚みの薄い積層材があるなど難点が無かったとはいえないにも関わらずヤング率で97,000 kg/cm<sup>2</sup> から110,000 kg/cm<sup>2</sup>に納まっていておおむねよく一致しているといえる。

### 6. 2. 2 接着試験体の全数曲げ試験

幅12cm長さ200cmで厚みが20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mmの5種類の接着試験体の各84~99本のベイマツ挽き板、集成材の曲げ剛性を図6-8に示す中央集中荷重方式3点曲げ試験によって測定した。

表6-11 接着試験体の公称寸法

項目	A	B	C	D	E
資料番号	01	02	03	04	05
試験体数(本)	84	99	86	87	87
材背(厚み)(cm)	2	4	6	8	10
積層数(枚)	1	2	3	4	5
材幅(cm)	12	12	12	12	12
材長(m)	2	2	2	2	2

図6-8 中央集中荷重3点曲げ試験による接着試験体の曲げ剛性試験

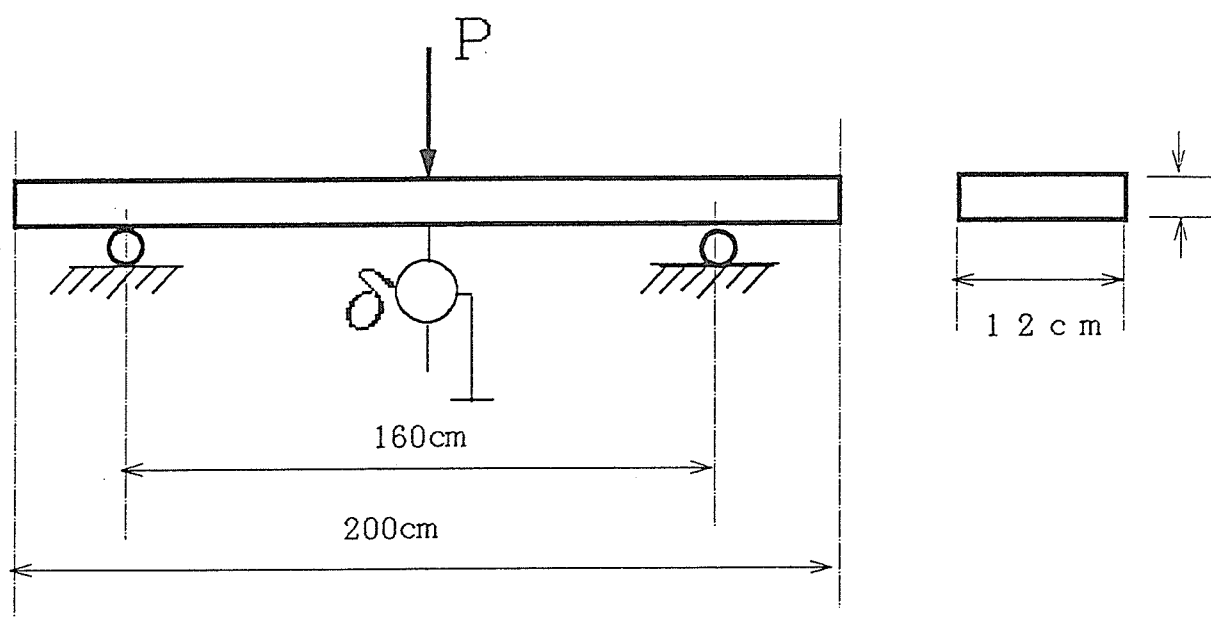




表6-12 接着試験体の密度\* に関するまとめ (単位: kg/cm<sup>3</sup>)

項目	A	B	C	D	E
試験体数	84	99	86	87	87
【正規分布】					
平均値	521	549	546	544	549
標準偏差	51	30	24	16	21
C. V. (%)	9.8	5.5	4.3	3.0	3.8
最大値	580	646	609	602	624
最小値	392	487	504	509	507
下限5%値	436	499	507	517	514
【3パラメタ Weibull 分布】					
$\theta$ : 尺度パラメタ	227	102	59	51	59
$m$ : 形状パラメタ	4.61	3.30	2.40	2.97	2.60
$\gamma$ : 位置パラメタ	314	458	494	499	497
下限5%値	433	499	511	518	516
【順位統計: ノンパラメトリック法】					
下限5%値	453	497	511	517	515

\*: 密度 = 試験時重量 (kg) / 試験時体積 (m<sup>3</sup>)

表6-13 接着試験体の曲げヤング係数M O E\* に関するまとめ (単位: tf/cm<sup>2</sup>)

項 目	A	B	C	D	E
試験体数	84	99	86	87	87
【正規分布】					
平均値	110	124	122	122	122
標準偏差	18	14	16	10	11
C. V. (%)	16.3	10.9	13.5	8.5	8.6
最大値	159	154	154	160	148
最小値	70	91	79	95	99
下限5%値	80	102	94	105	104
【3パラメタ Weibull 分布】					
$\theta$ : 尺度パラメタ	63	59	102	42	37
$m$ : 形状パラメタ	3.52	4.36	6.51	4.15	3.28
$\gamma$ : 位置パラメタ	53	71	27	84	89
下限5%値	81	101	91	104	104
【順位統計: ノンパラメトリック法】					
下限5%値	81	100	93	107	104

\*: M O E の算定にせん断変形の影響は考えていない。

表6-12、6-13の試験結果を図化したものが以下の図6-9のヒストグラムである。左側のA～Eが密度に関するもの、右側のA～Eまでの図がMOEに関するものである。

いずれの場合も、材背が $h = 2\text{ cm}$ から大きくなるにつれて、バラツキが小さくなる傾向にある。これは材背我増加し、ラミナの積層数が増加することによってバラツキが減少する「積層効果」に基づくものである。同様の現象は集成材の強度に対しても期待できる。

なお、全ての試験データを表6-14、6-15、6-16、6-17、6-18に示す。

図6-9 密度およびMOEに関するヒストグラム

左側は密度、右側はMOEを示す。一点鎖線が正規分布の平均値、細線が正規分布、太線が3パラメータWeibull分布を示す。

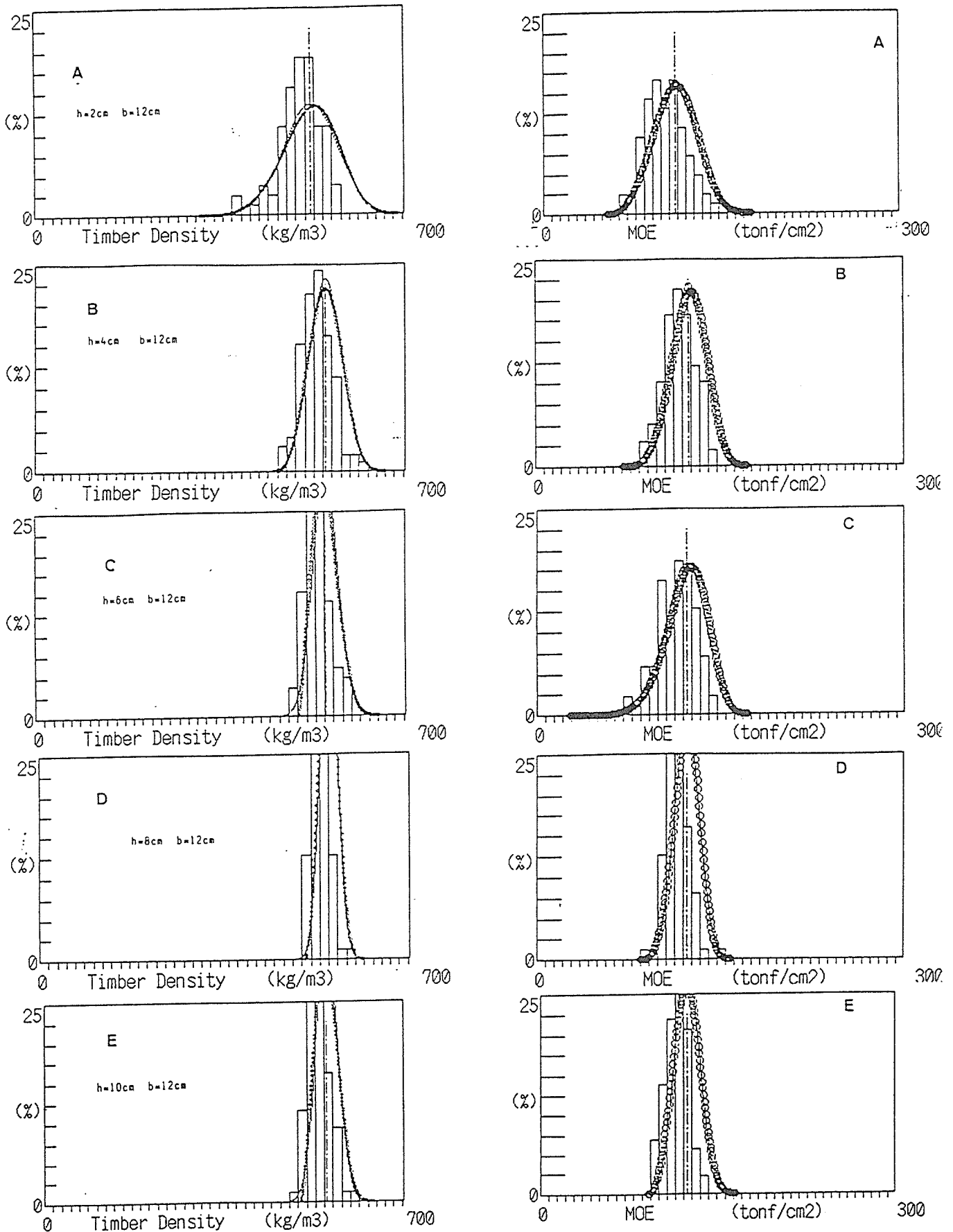


表6-1401 Aシリーズ(資料番号01)、材背(厚み)2cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧 (序列)	771名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
1	49	B:A049.DAT	574	2.01	12.01	2	2600	538	70.3	226	68.2
2	24	B:A024.DAT	601	2.02	12.04	2	2200	453	72.8	245	69.3
3	82	B:A082.DAT	676	2.00	12.04	2	1900	394	83.9	249	61.6
4	6	B:A006.DAT	690	2.01	12.01	2	2800	579	84.6	255	64.0
5	43	B:A043.DAT	693	2.01	12.03	2	2300	477	85.7	248	62.1
6	55	B:A055.DAT	696	2.01	11.99	2	2400	498	85.8	248	62.1
7	26	B:A026.DAT	713	2.01	12.02	2	2300	477	88.0	248	59.2
8	23	B:A023.DAT	718	2.01	12.05	2	2200	454	87.8	250	59.0
9	64	B:A064.DAT	721	2.00	12.02	2	2400	498	89.4	253	60.6
10	76	B:A076.DAT	733	2.01	12.01	2	2100	435	90.3	248	53.9
11	46	B:A046.DAT	733	2.02	12.01	2	1900	392	89.3	246	55.4
12	51	B:A051.DAT	733	2.00	12.01	2	2500	520	91.3	253	57.4
13	81	B:A081.DAT	745	2.01	12.01	2	2300	477	92.1	248	55.7
14	9	B:A009.DAT	749	2.00	12.03	2	2200	456	92.8	253	57.8
15	28	B:A028.DAT	749	2.01	12.02	2	2600	539	92.2	247	56.5
16	75	B:A075.DAT	763	2.01	12.02	2	2700	560	94.2	252	57.3
17	36	B:A036.DAT	772	2.01	12.04	2	2400	496	95.0	247	54.1
18	13	B:A013.DAT	775	2.01	12.01	2	2500	519	95.8	248	56.4
19	78	B:A078.DAT	775	2.01	12.04	2	2300	475	95.1	251	54.9
20	48	B:A048.DAT	784	2.03	12.04	2	2500	512	93.8	247	54.3
21	39	B:A039.DAT	796	2.02	12.01	2	2700	558	97.1	250	53.4
22	61	B:A061.DAT	799	2.02	12.03	2	2300	474	97.4	246	53.3
23	77	B:A077.DAT	801	2.00	12.00	2	2300	479	99.7	253	54.9
24	34	B:A034.DAT	803	2.01	12.01	2	2600	538	98.2	255	54.6
25	37	B:A037.DAT	807	2.00	11.98	2	2400	500	100.6	254	55.2
26	27	B:A027.DAT	809	2.01	12.01	2	2800	580	99.4	247	53.0
27	56	B:A056.DAT	813	2.01	12.03	2	2600	538	99.9	251	52.3
28	15	B:A015.DAT	823	2.01	11.89	2	2400	504	103.1	251	52.4
29	67	B:A067.DAT	825	2.01	12.00	2	2400	498	101.7	248	52.5
30	40	B:A040.DAT	826	2.00	12.00	2	2700	561	102.6	253	53.8
31	80	B:A080.DAT	827	2.01	12.00	2	2400	497	101.8	252	51.9
32	32	B:A032.DAT	828	2.01	12.02	2	2500	518	102.4	248	51.0
33	18	B:A018.DAT	836	2.01	12.01	2	2200	455	102.6	255	52.3
34	30	B:A030.DAT	842	2.00	11.98	2	2300	479	104.8	249	52.6
35	70	B:A070.DAT	850	2.01	12.01	2	2400	497	104.5	251	50.8
36	66	B:A066.DAT	852	2.01	11.99	2	2700	560	105.1	252	50.9
37	25	B:A025.DAT	860	2.00	11.82	2	2400	507	108.5	253	49.9
38	20	B:A020.DAT	862	2.01	12.02	2	2600	538	106.2	247	49.0
39	31	B:A031.DAT	862	2.00	11.96	2	2300	480	107.5	250	50.8
40	54	B:A054.DAT	871	2.01	12.00	2	2300	478	107.8	253	50.4
41	84	B:A085.DAT	883	2.01	11.97	2	2600	540	108.5	256	51.1
42	63	B:A063.DAT	891	2.01	12.03	2	2700	559	109.9	247	49.0
43	59	B:A059.DAT	897	2.06	11.98	2	2600	526	102.3	212	42.1
44	3	B:A003.DAT	902	2.02	12.01	2	2700	557	109.6	245	47.2
45	4	B:A004.DAT	910	2.01	12.05	2	2200	455	112.0	251	47.8

表6-1402 Aシリーズ(資料番号01)、材背(厚み)2cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
46	57	B:A057.DAT	915	2.01	12.05	2	2400	495	111.5	246	49.8
47	5	B:A005.DAT	921	2.01	12.05	2	2400	496	113.4	247	46.7
48	1	B:A001.DAT	924	2.01	12.04	2	2700	558	113.6	457	85.4
49	69	B:A069.DAT	928	2.01	12.02	2	2500	518	114.1	251	47.5
50	14	B:A014.DAT	928	2.01	12.01	2	2500	518	114.2	247	48.3
51	11	B:A011.DAT	932	2.01	12.05	2	2400	495	114.0	254	48.7
52	60	B:A060.DAT	933	2.02	12.03	2	2500	513	112.3	248	48.7
53	16	B:A016.DAT	934	2.02	12.02	2	2500	515	113.6	245	46.0
54	52	B:A052.DAT	948	2.01	12.00	2	2600	540	117.7	253	46.7
55	35	B:A035.DAT	949	2.01	12.04	2	2500	517	116.5	251	46.5
56	74	B:A074.DAT	952	2.02	12.06	2	2700	555	115.8	245	45.2
57	10	B:A010.DAT	960	2.02	12.02	2	2700	557	117.1	246	45.9
58	22	B:A022.DAT	966	2.00	11.98	2	2500	521	120.6	254	47.3
59	83	B:A084.DAT	971	2.01	12.01	2	2700	560	119.9	252	45.9
60	17	B:A017.DAT	976	2.00	11.94	2	2500	523	122.3	255	46.4
61	2	B:A002.DAT	982	2.03	12.01	2	2600	533	116.9	460	79.3
62	29	B:A029.DAT	983	2.02	12.03	2	2600	536	119.9	246	45.3
63	73	B:A073.DAT	988	2.00	12.03	2	2400	498	122.9	249	45.4
64	7	B:A007.DAT	990	2.02	12.02	2	2500	515	119.9	245	45.8
65	38	B:A038.DAT	990	2.01	12.00	2	2400	499	122.7	249	44.6
66	72	B:A072.DAT	1003	2.01	12.02	2	2700	560	124.1	252	44.6
67	42	B:A042.DAT	1020	2.01	11.98	2	2700	561	126.2	248	43.7
68	79	B:A079.DAT	1029	2.00	11.98	2	2500	521	128.4	258	43.3
69	41	B:A041.DAT	1031	2.01	12.02	2	2600	538	126.5	247	43.2
70	47	B:A047.DAT	1035	2.01	12.05	2	2600	536	126.6	246	42.5
71	45	B:A045.DAT	1049	2.01	12.00	2	2500	518	129.1	256	44.2
72	53	B:A053.DAT	1051	2.05	12.00	2	2800	569	121.7	238	41.6
73	21	B:A021.DAT	1065	2.01	12.03	2	2600	538	130.9	247	41.2
74	8	B:A008.DAT	1079	2.01	12.03	2	2800	580	133.2	252	42.6
75	62	B:A062.DAT	1085	2.01	12.01	2	2700	561	134.5	249	42.7
76	58	B:A058.DAT	1092	2.01	11.97	2	2500	520	134.9	252	40.8
77	71	B:A071.DAT	1098	2.01	12.02	2	2600	539	135.5	252	42.6
78	65	B:A065.DAT	1108	2.01	12.03	2	2500	516	135.7	246	40.2
79	33	B:A033.DAT	1143	2.01	11.99	2	2600	540	141.3	252	38.7
80	68	B:A068.DAT	1156	2.02	12.06	2	2700	554	139.6	244	38.8
81	19	B:A019.DAT	1165	2.00	12.00	2	2700	561	144.7	249	37.8
82	44	B:A044.DAT	1205	2.01	12.00	2	2700	560	148.7	248	36.9
83	12	B:A012.DAT	1231	2.00	11.98	2	2600	542	153.5	250	37.2
84	50	B:A050.DAT	1279	2.01	11.92	2	2600	543	159.1	250	34.5

表6-1501 Bシリーズ(資料番号02)、材背(厚み)4cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
1	11	B:B011.DAT	5850	4.01	12.01	2	5000	519	90.8	306	36.2
2	90	B:B090.DAT	6147	4.01	11.99	2	5300	551	95.3	306	35.2
3	47	B:B047.DAT	6205	4.01	12.00	2	4800	499	96.5	306	35.3
4	62	B:B062.DAT	6331	4.01	11.99	2	5100	530	98.2	305	33.2
5	46	B:B046.DAT	6498	4.02	11.97	2	5300	550	100.0	301	33.1
6	59	B:B059.DAT	6662	4.01	12.02	2	5100	529	103.3	301	31.8
7	83	B:B083.DAT	6698	4.02	12.04	2	4800	497	103.1	301	31.1
8	89	B:B089.DAT	6781	4.02	12.01	2	4800	497	104.4	299	30.6
9	64	B:B064.DAT	6800	4.00	12.00	2	5100	531	106.3	304	31.0
10	86	B:B086.DAT	6869	4.01	11.99	2	5300	551	106.8	310	31.5
11	60	B:B060.DAT	6995	4.01	12.00	2	5200	541	108.7	301	30.4
12	43	B:B043.DAT	7001	4.02	12.00	2	4700	487	107.9	310	30.9
13	65	B:B065.DAT	7063	4.02	11.99	2	5300	550	109.1	300	29.9
14	97	B:B097.DAT	7092	4.02	12.00	2	4700	487	109.1	305	30.3
15	40	B:B040.DAT	7122	4.02	12.00	2	4800	498	109.9	301	29.7
16	35	B:B035.DAT	7166	4.02	11.99	2	5000	519	110.5	299	28.7
17	53	B:B053.DAT	7179	4.01	11.98	2	5200	541	111.6	305	29.7
18	56	B:B056.DAT	7225	4.01	12.00	2	5300	551	112.1	304	29.2
19	91	B:B091.DAT	7268	4.01	12.00	2	6000	623	112.5	310	29.7
20	34	B:B034.DAT	7291	4.01	11.99	2	5000	520	113.1	302	28.5
21	54	B:B054.DAT	7309	4.01	12.00	2	5600	583	113.6	302	28.8
22	88	B:B088.DAT	7393	4.01	12.02	2	5000	519	114.4	305	28.8
23	33	B:B033.DAT	7394	4.01	12.00	2	5000	519	114.5	311	29.1
24	92	B:B092.DAT	7459	4.02	12.00	2	5000	518	114.5	303	28.1
25	85	B:B085.DAT	7476	4.01	12.00	2	4700	489	116.2	307	28.7
26	82	B:B082.DAT	7479	4.01	12.04	2	5200	538	115.5	303	28.2
27	87	B:B087.DAT	7488	4.00	12.00	2	6200	646	116.9	305	28.5
28	1	B:B001.DAT	7531	4.01	11.99	2	5100	530	116.5	307	28.3
29	7	B:B007.DAT	7552	4.02	11.99	2	5000	519	116.3	299	28.7
30	84	B:B084.DAT	7554	4.01	12.00	2	5300	551	117.0	306	28.0
31	73	B:B073.DAT	7556	4.02	11.99	2	5200	540	116.7	302	27.7
32	13	B:B013.DAT	7558	4.01	12.00	2	5200	541	117.5	301	27.4
33	78	B:B078.DAT	7574	4.01	12.00	2	5300	550	117.2	304	27.9
34	79	B:B079.DAT	7588	4.00	12.03	2	5600	583	118.7	314	28.5
35	44	B:B044.DAT	7646	4.02	12.00	2	5300	550	118.1	303	28.1
36	19	B:B019.DAT	7650	4.02	12.00	2	5300	550	118.0	298	27.1
37	52	B:B052.DAT	7746	4.01	12.00	2	5600	582	120.2	301	26.7
38	69	B:B069.DAT	7759	3.98	11.97	2	5000	524	123.1	295	25.9
39	30	B:B030.DAT	7773	4.01	12.00	2	5100	529	120.3	301	26.8
40	93	B:B093.DAT	7782	4.01	11.98	2	4900	510	121.0	307	27.3
41	32	B:B032.DAT	7799	4.01	11.98	2	5300	552	121.4	305	27.0
42	71	B:B071.DAT	7812	4.02	12.01	2	5100	529	120.6	304	27.0
43	96	B:B096.DAT	7815	4.01	11.99	2	5000	519	121.0	304	26.9
44	58	B:B058.DAT	7870	4.01	12.00	2	5200	541	122.5	300	26.2
45	23	B:B023.DAT	7942	4.01	12.01	2	5300	551	123.5	307	26.8
46	26	B:B026.DAT	7953	4.01	12.03	2	5400	560	123.2	305	26.6

表6-1502 Bシリーズ(資料番号02)、材背(厚み)4cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	名称	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\delta$ mm
47	61	B:B061.DAT	7962	4.01	12.00	2	5200	541	123.9	305	26.4
48	29	B:B029.DAT	7988	4.01	12.00	2	5200	541	124.0	306	26.8
49	14	B:B014.DAT	7999	4.01	12.00	2	5000	520	124.0	309	26.7
50	21	B:B021.DAT	8005	4.02	12.00	2	5400	560	123.3	298	25.8
51	51	B:B051.DAT	8050	4.02	12.00	2	5100	529	124.2	300	25.8
52	8	B:B008.DAT	8072	4.01	12.00	2	5400	561	125.0	303	26.1
53	37	B:B037.DAT	8156	4.03	12.00	2	5300	549	125.1	299	25.4
54	18	B:B018.DAT	8161	4.01	12.00	2	5500	571	126.5	302	25.5
55	41	B:B041.DAT	8162	4.01	11.97	2	5300	552	126.6	298	25.4
56	39	B:B039.DAT	8178	4.01	12.00	2	5500	571	126.8	304	25.9
57	36	B:B036.DAT	8241	4.02	12.01	2	5200	539	127.1	304	25.3
58	24	B:B024.DAT	8244	4.01	12.01	2	5100	530	127.9	305	25.8
59	12	B:B012.DAT	8267	4.00	12.02	2	5300	551	128.8	302	25.2
60	50	B:B050.DAT	8276	4.01	12.02	2	5200	540	128.5	303	25.2
61	72	B:B072.DAT	8282	4.02	12.00	2	5000	519	127.7	300	25.3
62	6	B:B006.DAT	8310	4.02	11.98	2	5700	592	128.0	305	25.4
63	27	B:B027.DAT	8328	4.01	11.93	2	5200	543	129.6	305	25.3
64	55	B:B055.DAT	8339	4.01	11.98	2	5300	552	129.9	300	24.8
65	77	B:B077.DAT	8365	4.01	11.98	2	5500	573	130.3	305	25.2
66	25	B:B025.DAT	8372	4.01	12.01	2	5300	550	129.5	302	25.1
67	99	B:B099.DAT	8390	4.03	11.99	2	5400	559	128.7	303	25.1
68	48	B:B048.DAT	8420	4.00	12.01	2	5000	520	131.3	315	26.0
69	5	B:B005.DAT	8443	4.02	12.00	2	5300	549	129.9	301	24.8
70	10	B:B010.DAT	8447	4.00	12.01	2	4900	511	132.2	315	25.8
71	28	B:B028.DAT	8460	4.02	12.00	2	5500	570	130.4	304	25.9
72	17	B:B017.DAT	8465	4.01	12.00	2	5200	540	131.1	304	24.8
73	4	B:B004.DAT	8549	4.01	12.00	2	5700	592	132.4	255	22.4
74	81	B:B081.DAT	8700	4.02	12.02	2	5200	538	133.5	304	24.5
75	66	B:B066.DAT	8729	4.02	12.00	2	5400	560	134.3	303	24.3
76	68	B:B068.DAT	8740	4.01	11.99	2	5500	572	135.7	307	25.0
77	67	B:B067.DAT	8763	4.01	12.00	2	6000	623	135.9	306	24.1
78	74	B:B074.DAT	8818	4.01	11.99	2	5000	519	136.4	304	24.0
79	49	B:B049.DAT	8821	4.02	12.02	2	5400	559	135.9	302	23.8
80	38	B:B038.DAT	8821	4.01	11.99	2	5500	572	136.5	299	23.6
81	9	B:B009.DAT	8852	4.01	11.98	2	5400	562	137.3	310	24.0
82	80	B:B080.DAT	8889	4.02	12.01	2	5300	550	137.1	303	23.6
83	75	B:B075.DAT	8891	4.01	12.01	2	5100	529	137.6	302	23.5
84	42	B:B042.DAT	8907	4.01	11.98	2	5500	572	138.1	307	24.0
85	3	B:B003.DAT	8971	4.02	11.95	2	5400	562	139.0	307	23.5
86	16	B:B016.DAT	9030	4.01	11.99	2	5600	582	140.0	301	22.9
87	76	B:B076.DAT	9068	4.02	12.04	2	5400	558	139.4	304	23.5
88	70	B:B070.DAT	9149	4.00	11.98	2	5300	552	142.8	309	23.4
89	20	B:B020.DAT	9307	4.02	12.01	2	5600	580	143.4	307	23.2
90	98	B:B098.DAT	9337	4.01	12.00	2	5800	603	145.1	301	22.2
91	22	B:B022.DAT	9353	4.02	12.00	2	5700	591	144.4	308	22.9
92	45	B:B045.DAT	9399	4.01	12.00	2	5700	593	146.2	307	22.8



表6-1503 Bシリーズ (資料番号02)、材背(厚み)4cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	7711名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	$\frac{h}{cm}$	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\delta$ mm
93	57	B:B057.DAT	9431	4.01	11.98	2	5700	593	146.2	316	23.4
94	63	B:B063.DAT	9467	4.01	11.97	2	5500	573	147.0	313	22.6
95	31	B:B031.DAT	9497	4.01	12.01	2	5400	560	146.9	304	22.0
96	94	B:B094.DAT	9606	4.03	12.00	2	5500	569	147.3	314	22.7
97	15	B:B015.DAT	9628	4.02	11.99	2	5500	571	148.9	315	22.6
98	95	B:B095.DAT	9789	4.02	12.00	2	5600	581	150.9	308	21.8
99	2	B:B002.DAT	9961	4.01	11.99	2	5800	603	154.3	303	21.1

表6-1601 Cシリーズ(資料番号03)、材背(厚み)6cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	$\frac{h}{cm}$	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\delta$ mm
1	3	B:C003.DAT	17019	6.00	11.99	2	7600	528	78.8	284	26.5
2	83	B:C083.DAT	17803	6.00	12.00	2	7300	507	82.3	276	25.0
3	31	B:C031.DAT	19262	6.02	12.03	2	7800	538	88.0	278	22.8
4	27	B:C027.DAT	20029	6.02	12.01	2	8800	609	91.8	279	21.8
5	85	B:C085.DAT	20512	6.00	12.01	2	7800	541	95.1	287	22.3
6	26	B:C026.DAT	20765	6.02	12.03	2	7400	510	94.7	275	20.8
7	35	B:C035.DAT	20786	6.02	12.04	2	7300	504	95.0	276	20.8
8	74	B:C074.DAT	20794	6.01	12.01	2	7900	547	95.5	294	22.2
9	79	B:C079.DAT	21993	6.01	11.99	2	7300	507	101.5	290	20.8
10	50	B:C050.DAT	22141	6.01	12.02	2	7500	519	101.7	278	19.6
11	15	B:C015.DAT	22194	6.03	12.01	2	7800	538	101.0	293	21.0
12	42	B:C042.DAT	22228	6.02	12.01	2	8000	554	102.0	284	20.1
13	59	B:C059.DAT	22456	6.01	12.02	2	7600	526	103.3	282	20.1
14	10	B:C010.DAT	23037	6.01	12.01	2	8000	554	106.2	291	21.7
15	9	B:C009.DAT	23140	6.01	12.03	2	8200	567	106.2	300	20.6
16	70	B:C070.DAT	23146	6.02	12.01	2	8500	588	106.2	292	19.8
17	1	B:C001.DAT	23536	6.04	12.01	2	7900	545	106.9	281	19.8
18	20	B:C020.DAT	23911	6.01	12.01	2	7700	533	110.1	280	18.3
19	80	B:C080.DAT	23925	6.02	12.03	2	8000	552	109.4	281	18.6
20	18	B:C018.DAT	23980	6.01	12.01	2	7900	547	110.2	285	18.6
21	23	B:C023.DAT	24108	6.01	12.02	2	7700	533	110.7	281	18.6
22	17	B:C017.DAT	24124	6.01	12.02	2	7500	519	110.9	303	19.5
23	19	B:C019.DAT	24176	6.01	12.01	2	7800	540	111.4	285	18.3
24	43	B:C043.DAT	24190	6.02	12.01	2	7800	539	110.8	296	19.2
25	77	B:C077.DAT	24260	6.02	12.02	2	7900	546	111.0	287	18.6
26	62	B:C062.DAT	24375	6.01	12.02	2	8000	554	112.4	198	17.3
27	44	B:C044.DAT	24383	6.02	12.01	2	8800	609	111.9	278	17.9
28	16	B:C016.DAT	24391	6.00	12.01	2	7500	520	112.8	290	18.6
29	49	B:C049.DAT	24697	6.01	12.02	2	7900	547	113.9	290	18.3
30	14	B:C014.DAT	24758	6.02	12.02	2	7500	518	113.2	290	18.4
31	5	B:C005.DAT	24800	6.01	12.02	2	7500	519	113.9	290	18.3
32	33	B:C033.DAT	25035	6.02	12.02	2	7600	526	114.8	283	17.7
33	6	B:C006.DAT	25096	6.02	12.03	2	7500	518	115.1	277	17.6
34	78	B:C078.DAT	25333	6.01	12.02	2	7500	519	116.5	285	17.6
35	61	B:C061.DAT	25396	6.02	12.01	2	7900	546	116.2	280	17.4
36	57	B:C057.DAT	25634	6.00	12.01	2	7800	541	118.6	291	17.8
37	38	B:C038.DAT	26140	6.02	11.99	2	8000	555	120.2	285	17.0
38	65	B:C065.DAT	26155	6.01	12.01	2	7800	540	120.5	287	17.3
39	13	B:C013.DAT	26319	6.01	12.03	2	7400	512	121.0	304	18.1
40	73	B:C073.DAT	26349	6.00	12.02	2	7800	541	121.8	325	19.3
41	76	B:C076.DAT	26367	6.00	12.00	2	7800	542	122.1	291	17.2
42	4	B:C004.DAT	26904	5.98	11.98	2	8400	586	126.0	288	16.7
43	82	B:C082.DAT	27071	6.02	12.04	2	8100	559	123.7	296	17.2
44	34	B:C034.DAT	27110	6.01	12.02	2	7900	547	124.6	280	16.0
45	52	B:C052.DAT	27146	6.01	12.04	2	7600	525	124.5	310	17.8
46	30	B:C030.DAT	27166	6.01	12.01	2	7900	547	125.2	284	16.4

表6-16の2 Cシリーズ(資料番号03)、材背(厚み)6cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
47	40	B:C040.DAT	27179	6.00	12.01	2	8000	555	125.6	283	16.3
48	72	B:C072.DAT	27299	6.01	12.00	2	8400	582	125.7	286	16.3
49	8	B:C008.DAT	27428	5.98	12.05	2	7700	535	128.0	319	18.2
50	37	B:C037.DAT	27523	6.01	12.03	2	8100	560	126.6	280	16.0
51	84	B:C084.DAT	27682	6.01	12.03	2	7600	526	127.3	306	17.4
52	55	B:C055.DAT	27700	6.01	12.01	2	7900	547	127.5	304	17.2
53	25	B:C025.DAT	27774	6.00	12.00	2	7900	548	128.4	287	16.1
54	46	B:C046.DAT	27822	6.02	12.03	2	7600	525	127.4	296	16.6
55	11	B:C011.DAT	27923	6.00	12.00	2	7400	514	129.2	288	16.0
56	53	B:C053.DAT	27958	6.01	12.02	2	7600	526	128.5	285	15.9
57	68	B:C068.DAT	28209	6.01	12.01	2	8200	568	129.7	285	15.8
58	24	B:C024.DAT	28277	6.00	11.99	2	7800	542	131.2	288	15.9
59	58	B:C058.DAT	28311	6.01	12.00	2	8300	575	130.3	283	15.7
60	22	B:C022.DAT	28363	6.01	12.02	2	8000	554	130.8	285	15.8
61	48	B:C048.DAT	28376	6.01	12.01	2	8300	575	130.5	302	16.7
62	67	B:C067.DAT	28689	6.00	12.02	2	7600	527	132.5	295	16.2
63	2	B:C002.DAT	28758	6.01	12.01	2	8300	575	132.6	282	15.4
64	69	B:C069.DAT	28815	6.01	12.01	2	8600	596	132.8	288	15.7
65	60	B:C060.DAT	28963	5.99	11.91	2	7700	540	136.0	299	15.9
66	7	B:C007.DAT	29042	5.99	12.00	2	7800	543	135.5	283	15.1
67	12	B:C012.DAT	29043	6.00	12.00	2	7800	542	134.4	290	15.6
68	39	B:C039.DAT	29045	6.02	12.01	2	8300	574	133.3	284	15.4
69	54	B:C054.DAT	29229	6.02	12.03	2	7700	532	133.9	303	16.4
70	36	B:C036.DAT	29516	6.01	12.02	2	7800	540	135.5	279	14.9
71	81	B:C081.DAT	29791	6.01	12.00	2	7600	527	137.2	299	15.8
72	86	B:C086.DAT	29864	6.02	12.01	2	8100	560	136.8	304	16.0
73	71	B:C071.DAT	29930	6.01	12.01	2	8200	568	137.6	281	14.8
74	75	B:C075.DAT	30000	5.98	11.99	2	8100	565	140.2	292	15.0
75	28	B:C028.DAT	30463	5.99	12.01	2	7800	543	141.9	291	14.8
76	41	B:C041.DAT	30733	6.01	12.03	2	8100	560	141.1	280	14.3
77	47	B:C047.DAT	30892	6.02	12.03	2	7600	525	141.1	302	15.4
78	51	B:C051.DAT	31122	6.00	12.01	2	7500	521	144.0	289	16.7
79	32	B:C032.DAT	31140	6.01	12.02	2	7700	533	143.2	316	15.8
80	21	B:C021.DAT	31148	6.02	12.03	2	8600	594	142.4	282	14.2
81	64	B:C064.DAT	31255	6.01	12.02	2	8100	561	143.8	306	15.3
82	63	B:C063.DAT	31355	6.00	12.02	2	7900	548	145.0	92	4.7
83	66	B:C066.DAT	31741	5.98	12.00	2	8000	557	148.4	307	15.0
84	45	B:C045.DAT	31792	6.00	12.02	2	7900	548	147.0	283	13.9
85	29	B:C029.DAT	32747	6.02	12.01	2	8600	595	150.4	288	13.8
86	56	B:C056.DAT	33964	6.04	12.04	2	8400	578	153.9	302	14.1

表6-1701 Dシリーズ(資料番号04)、材背(厚み)8cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
1	11	B:D011.DAT	49027	8.01	12.02	2	9800	509	95.2	268	15.4
2	15	B:D015.DAT	52187	7.99	12.01	2	10000	521	102.2	284	15.1
3	40	B:D040.DAT	54414	8.01	12.00	2	10300	536	105.8	283	14.5
4	41	B:D041.DAT	54742	8.01	12.02	2	10200	530	106.5	297	15.2
5	35	B:D035.DAT	55039	7.99	12.01	2	10000	521	107.8	282	14.3
6	42	B:D042.DAT	55452	8.00	12.04	2	10300	535	108.1	289	14.6
7	84	B:D084.DAT	55650	8.02	12.04	2	10400	539	107.7	291	14.6
8	13	B:D013.DAT	56744	8.01	12.00	2	10100	525	110.3	285	13.9
9	65	B:D065.DAT	56854	8.03	12.02	2	10200	528	109.6	279	13.8
10	32	B:D032.DAT	57044	7.99	11.99	2	10300	537	111.8	287	14.1
11	63	B:D063.DAT	57075	8.02	12.01	2	10300	534	110.5	285	14.0
12	55	B:D055.DAT	57343	8.00	12.02	2	10500	546	111.7	289	14.1
13	48	B:D048.DAT	57737	8.00	12.02	2	10100	526	112.7	283	13.7
14	67	B:D067.DAT	57837	8.02	12.03	2	10000	518	111.9	293	14.3
15	12	B:D012.DAT	57883	7.97	12.02	2	10800	564	114.0	290	13.9
16	62	B:D062.DAT	58211	8.01	12.01	2	10300	535	113.1	283	13.6
17	68	B:D068.DAT	58341	8.01	12.03	2	10300	534	113.2	294	14.2
18	75	B:D075.DAT	58489	8.01	12.02	2	10400	541	113.9	280	13.3
19	14	B:D014.DAT	58501	8.00	12.05	2	10400	540	113.9	283	13.5
20	4	B:D004.DAT	58547	8.01	12.01	2	10300	535	113.7	289	13.8
21	39	B:D039.DAT	58560	8.00	12.05	2	10600	550	113.8	286	13.7
22	37	B:D037.DAT	58783	8.00	12.01	2	10400	541	114.7	288	13.6
23	33	B:D033.DAT	58912	7.98	12.02	2	9900	516	115.6	285	13.4
24	27	B:D027.DAT	59018	7.99	12.02	2	10600	552	115.6	281	13.3
25	74	B:D074.DAT	59040	7.98	12.01	2	10000	522	116.1	283	13.3
26	34	B:D034.DAT	59714	8.00	12.02	2	10100	525	116.3	289	13.5
27	1	B:D001.DAT	59748	8.01	12.01	2	9900	515	116.3	280	13.1
28	87	B:D087.DAT	59881	8.02	12.05	2	10400	538	115.7	288	13.5
29	2	B:D002.DAT	59918	8.01	12.01	2	10300	536	116.6	288	13.4
30	58	B:D058.DAT	60009	8.00	12.01	2	10300	536	117.2	282	13.1
31	82	B:D082.DAT	60168	8.03	12.03	2	10300	533	116.0	276	12.8
32	10	B:D010.DAT	60301	7.99	12.03	2	10400	541	117.9	287	13.3
33	5	B:D005.DAT	60447	8.02	12.01	2	10700	556	117.3	282	13.1
34	69	B:D069.DAT	60543	8.02	12.01	2	10900	566	117.3	288	13.3
35	17	B:D017.DAT	60622	7.99	12.00	2	10400	542	118.9	287	13.2
36	56	B:D056.DAT	60797	8.01	12.00	2	10800	562	118.4	285	13.1
37	70	B:D070.DAT	60983	8.01	12.01	2	10600	551	118.7	290	13.4
38	9	B:D009.DAT	61011	8.02	12.02	2	10600	550	118.3	277	12.7
39	19	B:D19.DAT	61223	8.00	12.02	2	10400	541	119.4	294	13.4
40	85	B:D085.DAT	61494	8.01	12.04	2	10700	555	119.4	292	13.3
41	22	B:D022.DAT	61598	8.00	12.00	2	10500	547	120.3	282	12.8
42	52	B:D052.DAT	61669	8.00	12.02	2	10200	530	120.1	291	13.2
43	28	B:D028.DAT	61700	8.01	12.02	2	10700	556	119.8	293	13.3
44	30	B:D030.DAT	61745	7.97	12.00	2	10000	523	121.9	270	12.8
45	7	B:D007.DAT	61858	7.99	12.00	2	10700	558	121.2	295	13.3
46	49	B:D049.DAT	61880	8.01	11.98	2	10500	547	120.6	275	12.4

表6-1702 Dシリーズ(資料番号04)、材背(厚み)8cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
47	24	B:D024.DAT	62079	8.01	12.00	2	10400	541	121.0	316	14.1
48	23	B:D023.DAT	62693	7.98	12.00	2	10000	522	123.5	286	12.7
49	79	B:D079.DAT	62736	8.00	12.04	2	11000	571	122.3	299	13.3
50	54	B:D054.DAT	62916	8.00	12.01	2	10600	552	122.8	286	12.8
51	51	B:D051.DAT	62962	8.00	12.04	2	10500	545	122.8	288	12.8
52	50	B:D050.DAT	62966	7.98	12.01	2	10700	558	123.7	310	13.7
53	64	B:D064.DAT	63084	7.99	12.01	2	10600	552	123.5	284	12.6
54	60	B:D060.DAT	63445	8.01	12.01	2	10200	530	123.3	286	12.7
55	78	B:D078.DAT	63459	7.98	12.02	2	10200	532	124.6	293	12.9
56	26	B:D026.DAT	63562	7.99	12.04	2	10500	546	124.4	287	12.6
57	25	B:D025.DAT	63737	8.00	12.01	2	10500	546	124.5	287	12.7
58	46	B:D046.DAT	63776	8.01	12.02	2	10500	546	124.1	285	12.5
59	57	B:D057.DAT	64751	8.01	12.01	2	10700	556	125.9	291	12.5
60	77	B:D077.DAT	64880	8.00	12.03	2	10800	561	126.4	283	12.3
61	16	B:D016.DAT	64903	7.99	12.00	2	10600	553	127.3	298	12.8
62	83	B:D083.DAT	65081	8.05	12.04	2	10600	547	124.6	273	11.8
63	18	B:D018.DAT	65179	8.00	12.01	2	9900	515	127.3	288	12.4
64	71	B:D071.DAT	65271	7.99	12.02	2	10700	557	127.7	299	12.8
65	44	B:D044.DAT	65415	8.00	12.02	2	10700	557	127.8	287	12.2
66	6	B:D006.DAT	65526	8.00	12.02	2	10500	546	127.8	279	11.8
67	43	B:D043.DAT	65558	8.01	12.03	2	10400	540	127.5	285	12.2
68	20	B:D020.DAT	66047	8.02	12.01	2	10700	555	127.9	323	13.5
69	31	B:D031.DAT	66621	8.01	11.99	2	10300	536	129.8	279	11.7
70	53	B:D053.DAT	67870	7.99	12.01	2	10800	563	133.0	285	11.8
71	36	B:D036.DAT	68112	8.01	12.01	2	10500	546	132.3	292	12.0
72	66	B:D066.DAT	68187	8.01	12.06	2	11000	570	132.2	292	12.1
73	86	B:D086.DAT	68220	8.02	12.06	2	11000	568	131.5	285	11.8
74	61	B:D061.DAT	68272	8.01	12.03	2	10600	550	132.5	280	11.5
75	47	B:D047.DAT	68552	8.01	12.02	2	11200	582	133.3	290	11.9
76	38	B:D038.DAT	68572	8.02	12.01	2	10600	550	133.0	287	11.8
77	45	B:D045.DAT	68597	8.00	12.02	2	10600	551	133.6	295	12.0
78	3	B:D003.DAT	68968	8.00	12.01	2	10300	536	134.4	289	11.7
79	72	B:D072.DAT	69778	8.00	12.02	2	10700	556	136.1	283	11.3
80	8	B:D008.DAT	69792	8.00	12.01	2	10800	562	136.4	294	11.8
81	21	B:D021.DAT	69868	7.99	12.02	2	10600	552	136.8	286	11.4
82	76	B:D076.DAT	70612	8.03	12.02	2	10900	565	136.2	283	11.3
83	59	B:D059.DAT	70690	8.01	12.03	2	10600	550	137.4	285	11.3
84	29	B:D029.DAT	72329	7.99	12.00	2	10000	521	141.7	334	12.6
85	73	B:D073.DAT	72448	8.01	12.03	2	10400	540	140.9	306	11.8
86	80	B:D080.DAT	75192	8.01	12.01	2	10800	562	146.4	301	11.2
87	81	B:D081.DAT	82809	8.02	12.02	2	11600	602	160.4	290	9.8

表6-1801 Eシリーズ(資料番号05)、材背(厚み)10cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	σ kgf/cm <sup>2</sup>	δ mm
1	39	B:E039.DAT	99321	10.01	12.00	2	13100	546	99.1	283	12.4
2	38	B:E038.DAT	103140	10.00	12.01	2	13300	554	103.0	287	12.1
3	44	B:E044.DAT	103337	10.01	12.00	2	13000	541	103.1	287	12.1
4	43	B:E043.DAT	103651	10.01	12.01	2	13200	549	103.3	271	11.4
5	31	B:E031.DAT	104657	10.01	12.00	2	13100	545	104.4	280	11.6
6	2	B:E002.DAT	104793	9.99	12.00	2	12600	525	105.0	288	11.9
7	21	B:E021.DAT	105305	10.01	12.02	2	12600	524	105.0	285	11.8
8	69	B:E069.DAT	105939	10.00	12.02	2	12900	537	105.7	288	11.9
9	45	B:E045.DAT	106815	10.02	11.99	2	12900	537	106.4	288	11.8
10	5	B:E005.DAT	108476	9.99	12.02	2	12800	533	108.8	281	11.2
11	16	B:E016.DAT	108769	10.02	12.00	2	12200	507	108.2	284	11.4
12	49	B:E049.DAT	108798	10.02	12.01	2	12400	515	108.1	287	11.6
13	32	B:E032.DAT	109527	10.02	12.02	2	13100	544	108.8	229	9.1
14	50	B:E050.DAT	109612	10.03	12.00	2	12400	515	108.6	280	11.2
15	70	B:E070.DAT	109732	10.01	12.02	2	12400	515	109.2	271	10.8
16	71	B:E071.DAT	110486	10.00	12.01	2	12500	520	110.2	286	11.3
17	40	B:E040.DAT	110901	10.00	12.00	2	13200	550	110.8	292	11.4
18	84	B:E084.DAT	111784	10.01	12.01	2	13700	570	111.3	284	11.0
19	87	B:E087.DAT	113792	10.01	11.99	2	13000	541	113.5	284	10.9
20	80	B:E080.DAT	115211	10.02	12.01	2	13400	557	114.4	281	10.7
21	23	B:E023.DAT	115318	10.02	12.02	2	12600	523	114.6	287	10.9
22	4	B:E004.DAT	115425	10.02	12.00	2	12800	532	114.7	268	10.1
23	48	B:E048.DAT	115494	10.01	12.01	2	13600	566	115.1	291	11.0
24	22	B:E022.DAT	116454	10.01	12.02	2	13000	540	115.9	298	11.1
25	9	B:E009.DAT	116576	9.89	12.01	2	12800	539	120.3	295	10.8
26	14	B:E014.DAT	116843	10.00	12.01	2	13300	554	116.8	289	10.7
27	76	B:E076.DAT	117276	10.01	12.01	2	12300	512	117.0	281	10.4
28	81	B:E081.DAT	117308	10.01	12.02	2	13500	561	116.7	269	10.0
29	55	B:E055.DAT	117446	9.97	12.03	2	13800	575	118.2	287	10.6
30	68	B:E068.DAT	117822	10.00	12.02	2	12700	528	117.6	284	10.5
31	75	B:E075.DAT	117824	10.01	12.01	2	12300	512	117.4	285	10.6
32	77	B:E077.DAT	118036	10.00	12.01	2	12800	533	118.0	285	10.5
33	78	B:E078.DAT	118899	10.01	12.00	2	12800	533	118.6	324	11.7
34	57	B:E057.DAT	119063	9.99	12.01	2	13200	550	119.3	292	10.7
35	26	B:E026.DAT	119069	10.01	12.01	2	13000	541	118.5	290	10.6
36	65	B:E065.DAT	119574	10.02	12.01	2	13200	548	118.8	285	10.4
37	41	B:E041.DAT	119664	10.01	12.00	2	13100	546	119.5	291	10.6
38	82	B:E082.DAT	119780	10.03	12.03	2	13400	556	118.5	283	10.3
39	35	B:E035.DAT	120269	10.00	12.00	2	13000	542	120.2	302	10.9
40	36	B:E036.DAT	120577	10.01	12.01	2	12900	537	120.2	290	10.5
41	3	B:E003.DAT	121252	9.99	11.92	2	12800	537	122.3	297	10.6
42	47	B:E047.DAT	121865	9.99	12.00	2	13700	571	122.1	284	10.1
43	63	B:E063.DAT	122995	10.01	12.01	2	13100	545	122.4	292	10.4
44	64	B:E064.DAT	123009	10.00	12.01	2	13000	541	122.9	286	10.1
45	60	B:E060.DAT	123045	10.02	12.02	2	12800	532	122.2	282	10.1

表6-1802 Eシリーズ(資料番号05)、材背(厚み)10cm 曲げ剛性試験結果一覧表

新 (序列)	旧	ファイル名	EI kgfcm <sup>2</sup> x10 <sup>-3</sup>	h cm	b	L m	w g	TD kg/m <sup>3</sup>	MOE tf/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\delta$ mm
46	1	B:E001.DAT	124096	9.99	12.02	2	12800	533	124.3	289	10.1
47	66	B:E066.DAT	124242	10.01	12.01	2	14000	582	123.9	286	10.0
48	83	B:E083.DAT	124423	10.03	12.01	2	13600	565	123.3	280	9.7
49	85	B:E085.DAT	124737	10.01	12.01	2	13000	541	124.2	284	9.9
50	24	B:E024.DAT	125087	10.00	12.01	2	13000	541	125.1	286	9.9
51	37	B:E037.DAT	125529	10.00	12.00	2	14000	583	125.4	281	9.7
52	8	B:E008.DAT	125743	10.00	11.99	2	13400	559	126.0	311	10.7
53	15	B:E015.DAT	126236	10.00	12.00	2	13300	554	126.2	286	9.8
54	29	B:E029.DAT	126316	9.98	12.02	2	13200	550	126.8	285	9.8
55	10	B:E010.DAT	126463	10.00	12.02	2	13100	545	126.3	281	9.7
56	67	B:E067.DAT	126607	10.02	12.02	2	12500	519	125.8	281	9.7
57	30	B:E030.DAT	126730	10.01	12.01	2	13800	574	126.4	288	10.0
58	19	B:E019.DAT	126780	10.01	12.02	2	13500	561	126.1	291	10.0
59	79	B:E079.DAT	126969	10.01	12.01	2	13000	541	126.4	306	10.5
60	27	B:E027.DAT	127057	10.00	12.00	2	13500	563	127.1	313	10.6
61	33	B:E033.DAT	127193	10.01	12.01	2	13900	578	126.8	289	9.9
62	61	B:E061.DAT	127665	10.02	12.02	2	13100	544	126.9	287	9.8
63	11	B:E011.DAT	129130	10.01	12.00	2	13200	549	128.8	285	9.6
64	51	B:E051.DAT	129946	10.01	12.02	2	12600	524	129.3	288	9.7
65	46	B:E046.DAT	130057	10.03	12.01	2	13500	560	128.8	289	9.7
66	62	B:E062.DAT	130238	9.99	12.01	2	13300	555	130.7	296	9.8
67	6	B:E006.DAT	130402	9.96	12.02	2	12800	535	131.8	296	9.8
68	59	B:E059.DAT	130576	10.01	12.00	2	14000	583	130.2	283	9.4
69	20	B:E020.DAT	130610	10.02	12.02	2	13400	557	129.8	281	9.4
70	34	B:E034.DAT	131744	10.01	12.02	2	13600	565	131.2	296	9.8
71	42	B:E042.DAT	132029	10.01	12.01	2	14000	583	131.8	294	9.8
72	12	B:E012.DAT	132530	10.01	12.01	2	12900	536	131.9	272	9.0
73	58	B:E058.DAT	132876	10.01	12.01	2	13200	549	132.3	295	9.7
74	13	B:E013.DAT	132914	10.01	12.01	2	13200	549	132.5	275	9.0
75	17	B:E017.DAT	133044	10.00	11.99	2	13400	559	133.3	292	9.5
76	7	B:E007.DAT	133323	9.99	12.00	2	14000	584	133.9	298	9.7
77	54	B:E054.DAT	133423	10.00	12.01	2	13200	550	133.5	281	9.2
78	18	B:E018.DAT	133542	10.00	12.01	2	13900	579	133.5	283	9.2
79	28	B:E028.DAT	134010	10.01	12.01	2	13100	545	133.5	290	9.5
80	72	B:E072.DAT	135087	10.00	12.01	2	14000	583	134.9	280	9.0
81	74	B:E074.DAT	135600	10.01	12.00	2	14500	604	135.3	285	9.1
82	25	B:E025.DAT	137399	10.02	12.00	2	13300	553	136.8	293	9.3
83	52	B:E052.DAT	139598	10.00	12.03	2	13300	553	139.1	288	9.0
84	53	B:E053.DAT	141455	10.01	12.00	2	13700	570	141.0	284	8.8
85	86	B:E086.DAT	142231	10.01	12.01	2	13600	565	141.6	286	8.8
86	56	B:E056.DAT	142656	9.99	12.01	2	13500	563	143.0	285	8.7
87	73	B:E073.DAT	148346	10.01	12.00	2	15000	624	147.8	277	8.1

### 6.3 圧縮方法の研究

工場内の圧縮装置など設備の整った場所で行われる接着接合は条件をいかようにも定めることができるが、現場接着接合の作業実施には様々な悪条件が発生することが予想される。なかでも圧縮装置・治具・方法には大きな制約が生ずることが考えられ、工場内でほど十分な加圧圧縮が期待出来ない。

そこで、現場接着接合で十分な接着を確保し得る圧縮方法とはどの程度の圧力と圧縮密度の圧縮が必要かを検討する。具体的には2mの被着材の接着にあたり、通常の接着のように被着材全表面に万遍なく圧縮圧力を掛けるのではなく、1ないし2個所の部分的集中荷重で圧縮してこの被着材の各部分の接着性能が材軸方向にどのように変わるか、圧力と接着強さの分布状況を測定し、信頼性が期待出来るのはどの条件のどの部分までであるのかを推定する資とする。

#### 6.3.1 試験方法

##### 6.3.1.1 試験体

1) 被着材 部分的集中荷重での圧縮で全体の圧縮効果の分布を見ようとするとき、その圧縮効果に直接影響する被着材の厚みを当初20mm, 30mm, 40mm, 50mm, 70mm, 100mmの5水準と考えたが、実質曲げ剛性であるEI値をパラメーターとすると小さい側に偏り過ぎるので、20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mmの5種類のベイマツの単体板材或は集成材から各厚みに挽き出され表面をプレーナー仕上げした幅12cm、長さ200cmの板状材とした。

表6-19 被着材の材背(厚み)の決定

厚み	mm	20	30	40	50	60	70	80	100
EI比	原案	1	4	8	16	—	45	—	125
	変更案	1	—	8	—	27	—	64	125

2) 被着材の曲げ剛性 接着される1組2本の被着材は曲げ剛性のほぼ等しいものを互いに組み合わせる。また接着される夫々の面は、曲げ剛性試験で引っ張り側(下側)にした面を接着層とする。



3) 被着面の表面粗さ プレーナー仕上げの $40\mu$ の前後3水準も検討したが、一般に構造用大断面集成材は表面をプレーナーで仕上げられていることや定められた粗さの表面にバラツキ少なく製造することの困難さから、表面粗さの水準はプレーナー仕上げの1水準のみとした。

#### 6.3.1.2 試験条件

1) 圧縮荷重(圧力) 被着材のめり込み降伏応力度を基準として、これの $1/4$ から $1.5$ 倍までの5水準で検討したが、基準の圧縮強さを板目、柃目の何れにするか、通常の圧縮か部分圧縮かなどと色々考えられるので、木材接着の一般的水準である $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ を中心に前後 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $15\text{kgf}/\text{cm}^2$ の3水準とし、これらの圧縮圧力が別途行う予備試験の当該被着材米松のめり込み降伏応力度と比較検討できるようにした。またこれらの圧縮は、クランプで締めて行うが、使用クランプの圧縮力を正しく決められた大きさにするために、予めトルクレンチの読みと真圧縮力を測定した。

追い締め圧縮 圧縮初期に所定荷重を掛けても長時間の圧縮期間中に木材の応力緩和で荷重の低下が起こる。常法はこれをそのまま自然に任せるが、圧縮ネジの間に $1\text{t}$ 当り $10\text{mm}$ 位の伸び縮みのある $2\sim 5\text{t}$ 用のコイルバネを入れて緩和分を補って荷重変動を極力少なくすることが考えられたが、圧縮 $30$ 分毎にトルクレンチで確認・追い締めを行なった。この場合一度に圧縮する試験材料の数はせいぜい $3$ 体とし応力緩和の累積の影響を排除する。なお、当該試験体は $t = 40\text{mm}$ のみで行う。

2) 部分集中圧縮荷重の位置と数  $2\text{m}$ の被着材料の中央一点荷重と両端 $2$ 点荷重を検討したが次の理由で図6-10の如く両端 $200\text{mm}$ の点を中心として、厚み $9\text{mm}$ 、幅 $100\text{mm}$ 、長さは被着材の幅に合わせて $120\text{mm}$ とした鋼板製荷重当て板を介して荷重を掛けた。従って $2$ 荷重点の心心距離は $1600\text{mm}$ と成る。

①接着用木材の通直度が心配されるので、中央 $1$ 点荷重では密着しない部分が出る心配がある。

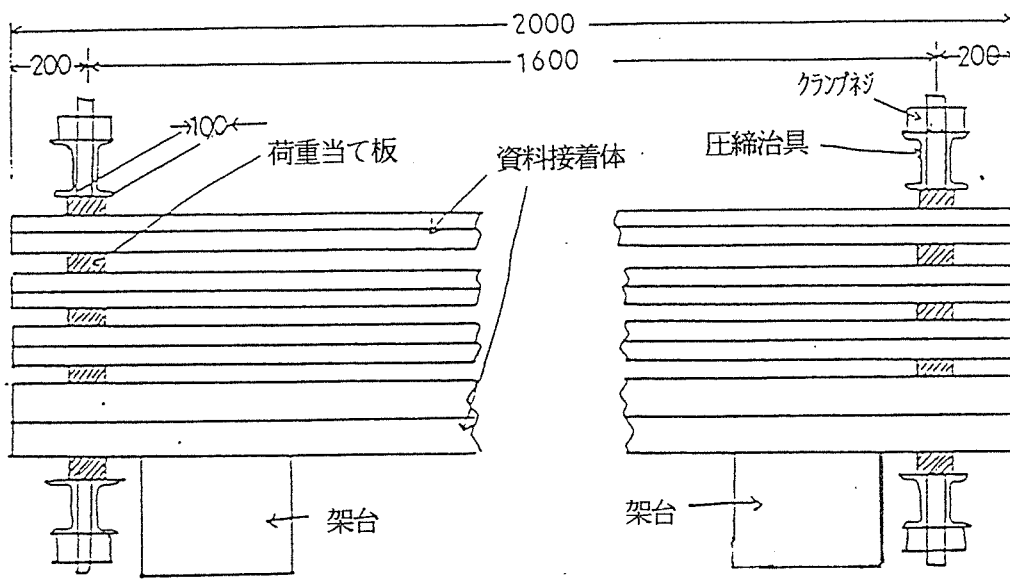
②水系接着剤から持ち込まれる接着層付近の含水率増加で接着面を凸にした反りが起こるので、中央 $1$ 点荷重では両端の密着が心配される。

③両端 $2$ 点荷重としても荷重間の距離が $1600\text{mm}$ と離れていれば充分本研のの目的を満たすことはできる。

④構造用集成材の製造基準によれば、クランプ圧縮で製造する場合のクランプの間隔は

圧縮ブロック，当て板及び外側ラミナの各厚さの合計の2倍を越えないものとしている。これから推定するに、荷重当て板と接着用木材の厚みの合計の2倍以上荷重点が離れていると、荷重は十分行き渡らず接着に影響が現われると考えてよい。最つとも厚い100mmの場合でも研究目的には十分な距離と考えられる。

図6-10 クランプによる部分的集中荷重をかける被着材の圧縮方法



### 6.3.1.3 接着剤の選定

接着剤は構造用木材接着剤の性能をもつもので、将来現場接着接合用として使用できるものと思われる次の3種類を選定した。

表6-20 選定した接着剤の種類

接着剤の種類	空隙充填性	硬化の温度依存性	不揮発分
レゾルシノール樹脂接着剤	良い	15℃以上	65%
エポキシ樹脂接着剤	最つとも良い	20℃以上	100
水性高分子イソシアネート接着剤	良い	10℃以上	50
塗布量	1接着層当り 300g/m <sup>2</sup>		
塗布方法	ハンドローラーで接着面の片面のみに塗布する		
堆積時間	20分以内		
圧縮時間	8時間以上/15~20℃		

#### 6. 3. 1. 4 被着木材の含水率

接着剤の

塗布前に作業ロット毎に任意の1/4量の数抜き取り、高周波電気式水分計で含水率を測定記録する。接着許容含水率は $10 \pm 5\%$ とする。

#### 6. 3. 1. 5 その他

接着剤を塗布した被着木材は正しく重ね合わせ、加圧時の滑り防止の為、一方の端部から50mmの中央に釘頭を残して一本の釘を打ち、接着終了後抜き取る計画であったが、厚みの厚い被着材では釘打ち自体が困難であるので、むしろ正確な重ね合わせがむつかしく堆積時間も延引するので中止し、十分気を付けて加圧した。

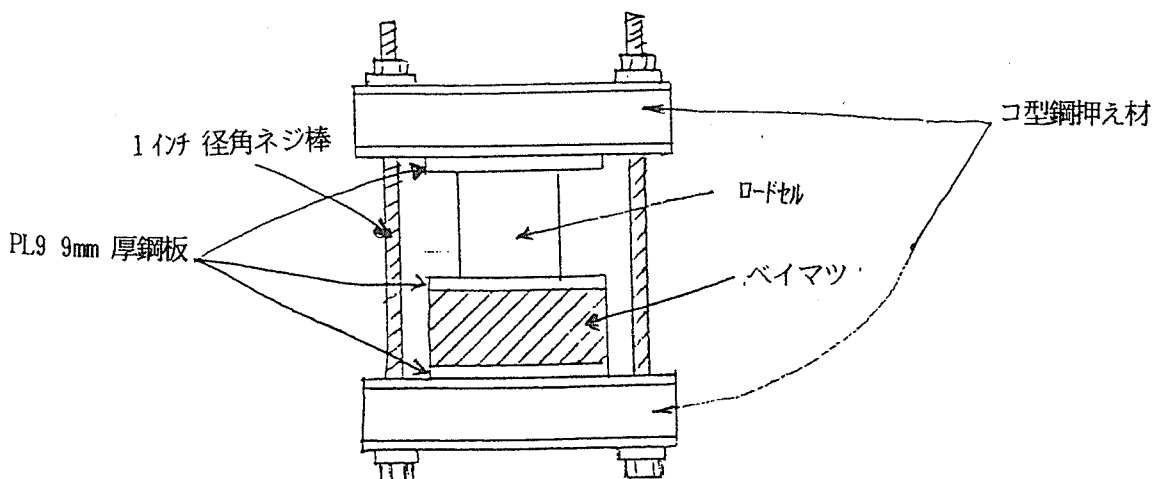
#### 6. 3. 2 圧縮荷重決定のための予備試験

被着材料の両端近くの2点に荷重当て板を介して所定の荷重を集中荷重として与えて接着試験体を圧縮接着するが、この時の圧縮はネジクランプに依るので此のネジを回転するトルクレンチのトルクの読みと圧縮力として働く荷重の大きさの関係を予備試験で確認した。

##### 6. 3. 2. 1 試験方法

1) 圧縮治具 コ型鋼材2本を背中合わせに溶接した押え材と角型ネジ溝を持つ直径1インチの加圧用ネジ棒を用いた。

図6-11 ネジクランプのトルクから圧縮荷重を測定する方法



2) 圧縮する被着体の配置 加圧試験体は厚み9mm、10cm×12cmの鋼板製の荷重当て板の間に20mmのベイマツ材(比重0.532～0.562 含水率9～10%)を挟んでクランプした。この時図6-11、図6-12A1のように1組の加圧試験体の場合、図6-12A2のように荷重当て板ををそれぞれの間に介した3組の場合、また図6-13に示す如くベイマツ材のみ3組で荷重当て板は上下1組のみのものの3種類を行った。

3) 荷重方法 最大1800kg-cm(最小400kg-cm)のトルクレンチ(東日1800CL)を用いてナットを締める。

4) 荷重の決定 荷重当て板とクランプ押え材の間にロードセル(5トン)を挿入して荷重時の真の荷重を測定する。

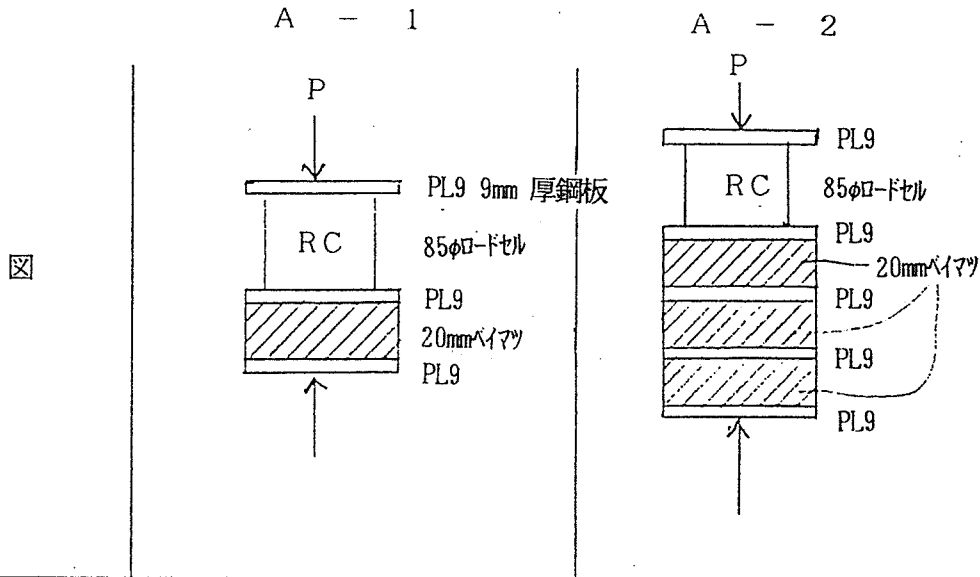
### 6.3.2.2 試験結果

結果はいずれの場合もトルクレンチの読みと荷重の大きさは正比例する。加圧試験体が1組の場合と3組の場合を比較しても測定のパラツキを考慮すると殆ど同じと考えてよく、実際の試験体作成で使用する読みは、比重の異なるベイマツを用いた3回の試験の双方を合わせて平均した値を使用した。3組のベイマツの各間に荷重当て板を入れない場合もやはり正比例の関係にあるが、ベイマツの間に夫々荷重当て板を入れたものより僅かであるが比例直線の傾斜は緩い。

それらの結果を図6-12に荷重当て板を各木材試験片の荷重両面に介した場合(Aタイプ)の木材試験片の1組のものと3組のものを木材の比重別に記録した。また、図6-13では前の試験と同じく厚み20mmの木材試験片を荷重当て板無しに3組重ねて60mmとした時(Bタイプ)の繰り返し5回の試験結果である。

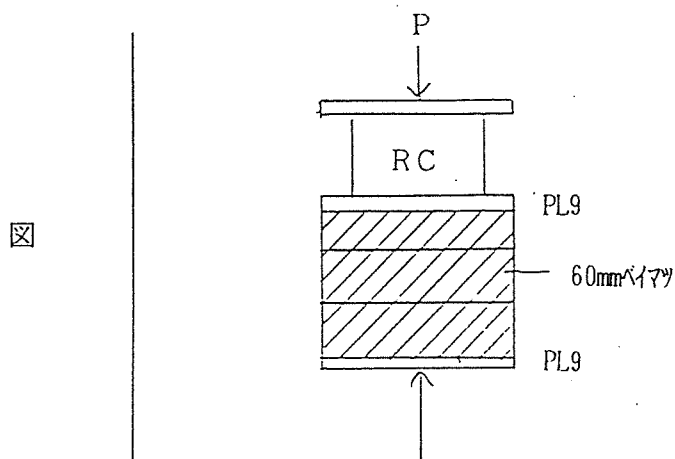
図6-14では、Aタイプの場合の木材試験片の比重の違い、圧縮組数の違い等の結果を同じトルク値全てを平均した値との関係をグラフ△で表示している。また、Bタイプでは繰り返し5回の平均値を+印でプロットしてある。何れもほぼ近い直線で表わすことが出来、正比例の関係にあることが確認された。従って、試験体の接着での圧縮圧力はこのグラフから読み取った必要なトルクで作業出来る。

図6-12 Aタイプのトルクと荷重の試験結果



トルク値 (kg-cm)	ロードセルの読み (kg)			ロードセルの読み (kg)			Ave. (kg)	S.D.	
	No.	1	2	3	1	2			3
	M.C.	9 ~ 10 %			9 ~ 10 %				
	比重	0.532	0.545	0.562	0.532	0.545	0.562		
200		494	572	480	544	492	494	513	37
		610	648	632	576	582	590	606	29
300		644	716	796	714	714	670	709	52
		764	832	871	846	870	832	836	39
400		844	1072	1074	1096	1024	972	1014	94
		892	1232	1262	1268	1164	1100	1153	143
500		1206	1396	1342	1452	1292	1274	1327	89
		1292	1628	1532	1564	1472	1414	1484	119
600		1330	1716	1772	1812	1614	1506	1625	182
		1572	2014	1846	1946	1734	1724	1806	162
700		1770	2118	2114	2118	1964	1812	1983	160
		1970	2324	2176	2202	2192	2084	2158	120
800		2321	2582	2380	2520	2406	2262	2412	120

図6-13 Bタイプのトルクと荷重の試験結果

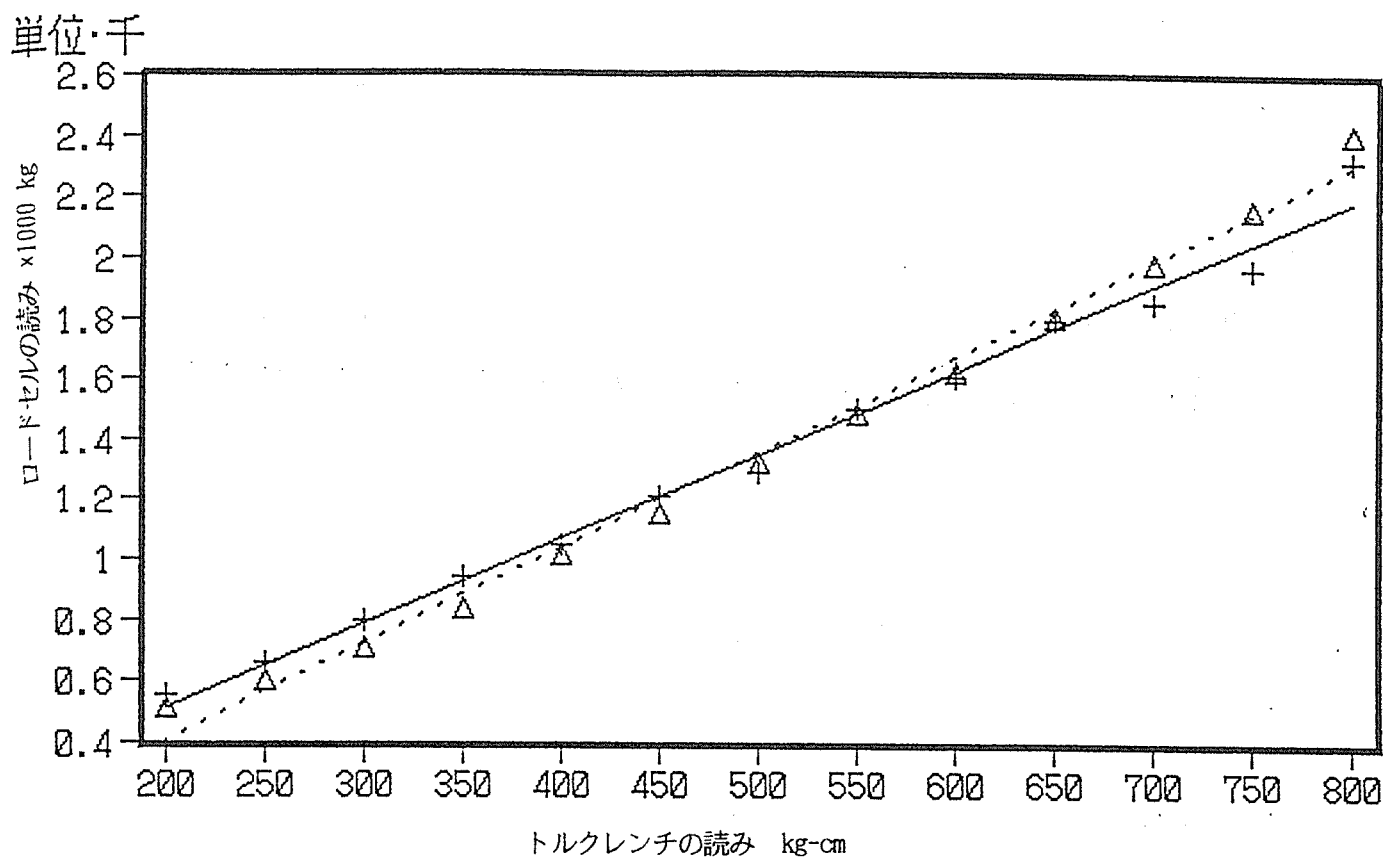


トルク値 (kg-cm)	ロードセルの読み (kg)					Ave. (kg)	S. D.
	1	2	3	4	5		
	M.C. 10 ~ 9.1%						
	比重 0.546						
200	472	506	632	606	552	554	67
	556	529	764	786	652	657	117
300	678	734	902	854	816	797	91
	842	902	986	1050	930	942	80
400	964	1026	1130	1094	1024	1048	65
	1092	1294	1144	1354	1190	1215	108
500	1130	1302	1190	1444	1392	1292	132
	1460	1384	1466	1660	1552	1504	105
600	1530	1424	1610	1804	1670	1608	143
	1616	1920	1802	1872	1792	1800	116
700	1660	1974	1844	1960	1844	1856	126
	1904	2074	2036	2236	2168	1970	169
800	2266	2180	2456	2310	2416	2326	112

図6-14 ネジクランプと圧縮荷重の関係図表

△ : Aタイプのトルクレンチの読みとロードセルの読み

+ : Bタイプのトルクレンチの読みとロードセルの読み



### 6.3.3 接着試験体験体の作成

#### 6.3.3.1 被着材

用意された厚み20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm の米松集成材を使用した。互いに接着される2本の被着材は、予め測定したEI値が近接したものを組み合わせ、また接着条件の同一な3組は同一被着材のなかでEI値が比較的小さいもの、中庸なもの、大きいものに属するものとなるようにした。

#### 6.3.3.2 接着剤

使用した接着剤はレゾルシノール樹脂木材接着剤、エポキシ樹脂接着剤、水性高分子イソシアネート系木材接着剤で主な性状等は次表の通りである。

表6-20 使用する接着剤の配合等

項目	レゾルシノール樹脂		エポキシ樹脂		水性高分子イソシアネート	
	主 剤	硬化剤	主 剤	硬化剤	主 剤	硬化剤
主 成 分	レゾルシノール樹脂	パラホルムアルデヒド・やし粉	ビスフェノール変性ホリ型エポキシ	アミドアミン	PVAエマルジョン	イソシアネート
外 観	褐色粘稠液	淡褐色粉末・褐色充填剤	白色グリス状	淡黄色グリス状	白色エマルジョン	赤褐色液体
粘度 (ps/25℃)	4	粉末	84	650	70	0.75
不揮発分	58		97	93	43	—
配合 (重量比)	100	15+5	100	50	100	15
商 品 名	テアノール35	同硬化剤 ホットP-2	オニカグイン TE-126	同硬化剤	PIボンド120	H 3



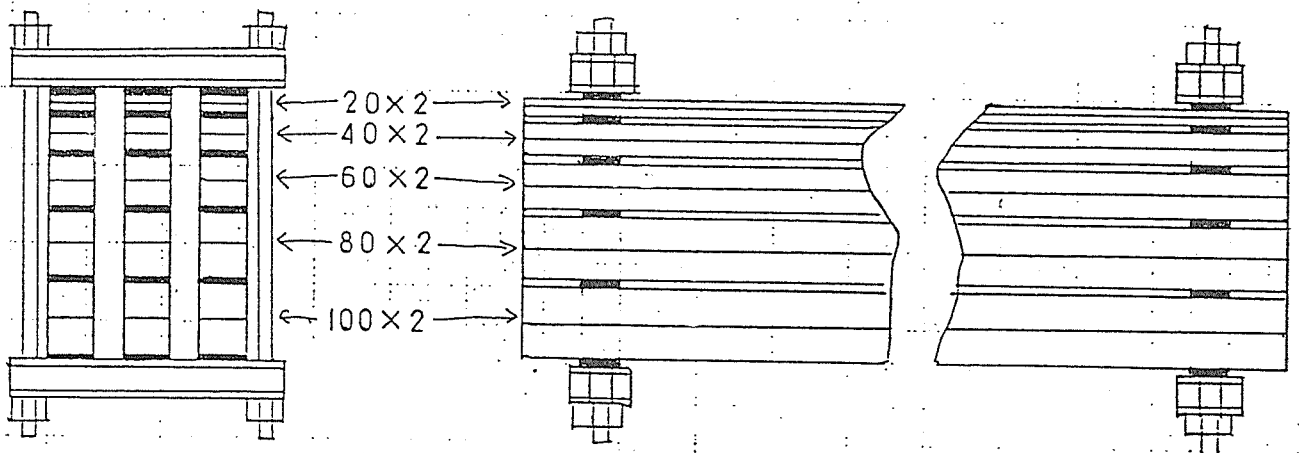
### 6. 3. 3. 3 塗布

塗布はローラー塗布で、一接着層について片面塗布。塗布量は各接着剤とも $300\text{g}/\text{m}^2$ と成るように被着材の表面 $12\text{cm}\times 200\text{cm}$ ( $0.24\text{m}^2$ )に $72\text{g}$ 計量してゴムローラーで均一に延展して行つた。

### 6. 3. 3. 4 圧縮方法

1) クランプ圧縮の仕方 圧縮荷重(圧力)の大きさの同じ被着材で、使用接着剤も同一な試験体、すなわち厚み $100\text{mm}\times 2$ 、 $80\text{mm}\times 2$ 、 $60\text{mm}\times 2$ 、 $40\text{mm}\times 2$ 、 $20\text{mm}\times 2$ を所定の位置に設定された荷重当て板を介して積み重ね、一水準所定の3体分を3列に並べて同時に圧縮した。圧縮時の荷重はコ型綱を2本溶接した一对の圧縮バーを角ネジをもつた大型ボルト・ナットで所定位置の両端2か所でクランプして行つた。

図6-15 クランプ圧縮の仕方



### 6. 3. 3. 5 圧縮荷重(圧力)

接着試験体作成時には、予備試験で確認した真荷重とナットを締めるトルクレンチの読みによつて所定の単位荷重 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ を加えた。

表6-21 所定荷重となるトルクレンチの読み

荷重当て板面積	単位荷重	全荷重	ネジ1本分荷重	トルクレンチの読み
10cm×12cm×3列	5kg/cm <sup>2</sup>	1800kg	900kg	400kg-cm
〃	10kg/cm <sup>2</sup>	3600kg	1800kg	650kg-cm
〃	15kg/cm <sup>2</sup>	5400kg	2700kg	900kg-cm

なお、被着材同志のずれ防止のため被着材の一端を釘止めする計画であつたが、被着材が割れること、釘打作業時に精度良く上下を合わせることも案外困難なこと、被着材の厚みが大きくなると釘も大きく太くなるので案内の予備穴を開けるにしても相当大きな穴となること等から加圧時に十分注意してずれを防止しこれを省略した。

#### 6.3.3.6 各接着試験体の作成作業条件

また、各接着試験体の作成時の作業条件は、次の表6-22から表6-27までの作業記録にその詳細を記録する。

表6-22 接着試験体 材背(ラミナ厚み)20mmの作成条件作業記録

試料番号 厚み接圧縮個 着荷重体 剤 No.	パラメータ			試料 接着 体No.	接着用集成木材片のNo.と剛性			接着 の 日時	当時 の気 温℃	張り上げ時間 圧縮時間 その他
	厚み	接着剤	圧縮 荷重		上層	下層	EI			
01R051	20	RF	05	1	(1)A049	(2)A024	574	8/12 (1)	37℃	張り上げ 11.30 ~12.10 圧縮 12.10 ~16.00
01R052	20	RF	05	2	(19)A078	(20)A048	775			
01R053	20	RF	05	3	(56)A074	(55)A035	949			
01R054	20	RF	05	4						
01E051	20	EPX	05	1	(33)A018	(34)A030	836	8/16 (9)	30~ 35 ℃	9.35 ~10.05 8/1610.10 ~8/179.00
01E052	20	EPX	05	2	(49)A069	(50)A014	928			
01E053	20	EPX	05	3	(67)A042	(68)A079	1003			
01E054	20	EPX	05	4						
01U051	20	UTN	05	#1	(6)A055	(5)A043	693	8/13 (4)	37℃	15.15 ~15.40 8/1315.40 ~8/147.30 #ツイスト *曲り
2	20	UTN	05	*2	(23)A077	(24)A034	801			
3	20	UTN	05	*3	(42)A063	(41)A085	883			
4	20	UTN	05	4						
01R101	20	RF	10	※1	(38)A020	(37)A025	860	8/12 (2)	37℃	16.30 ~17.05 8/1217.05 ~8/139.30 ※反り
2				※2	(58)A022	(57)A010	960			
3				3	(73)A021	(74)A008	1065			
4				4						
01E101	20	EPX	10	#1	(29)A067	(30)A040	825	8/15 (8)	29.5 ℃	9.40~10.14 8/1510.14 ~8/169.00 #ツイスト
2				2	(47)A005	(48)A001	921			
3				3	(77)A071	(78)A065	1098			
4				4						
01U101	20	UTN	10	1	(9)A064	(10)A076	721	8/14 (5)	32~ 35 ℃	9.15~9.30 9.30~12.30
2				2	(46)A057	(45)A004	910			
3				3	(60)A017	(59)A084	971			
4				4						
01R151	20	RF	15	1	(3)A082	(4)A006	676	8/13 (3)	34℃	10.00 ~10.35 10.35 ~14.30
2				2	(21)A039	(22)A061	796			
3				3	(39)A031	(40)A054	862			
4				4						
01E151	20	EPX	15	1	(25)A037	(26)A027	807	8/14 (7)	33℃	17.00 ~17.30 8/1417.30 ~8/159.00
2				2	(44)A003	(43)A059	897			
3				3	(62)A029	(61)A002	982			
4				4						
01U151	20	UYN	15	1	(7)A026	(8)A023	713	8/14 (6)	36.5 ℃	13.10 ~13.30 13.30 ~16.30
2				2	(28)A015	(27)A056	813			
3				3	(75)A062	(76)A058	1085			
4				4						

註) 上層下層は積層時の上下, EIは上下の内小さい方のEI, 接着月日欄の(番号)は同一圧縮の組番号

RF: レゾルシノール樹脂接着剤

EPX: エポキシ樹脂接着剤

UTN: 水性高分子イソシアネート

表6-23 接着試験体 材背(ラミナ厚み)40mmの作成条件作業記録

試料番号 厚み接圧締個 着荷重体 剤 No.	パラメータ			試料 接着 体No.	接着用集成木材片のNo.と剛性			接着 の 月日	当日 の気 温℃	張り上げ時間 圧締時間 その他、
	厚み	接着剤	圧締 荷重		上側	下側	E I			
02R051	40	RF	05	※1	(1)B011	(2)B090	5850			11.30~12.10
02R052	40	RF	05	※2	(21)B054	(22)B088	7309	8/12	37	12.10~16.00
02R053	40	RF	05	3	(41)B032	(42)B071	7799	(1)		※1 反り中央透き
02R054	40	RF	05	4						※反り
02E051	40	EPX	05	1	(20)B034	(19)B091	7268		30	9.35~10.05
02E052	40	EPX	05	2	(55)B041	(56)B039	8162	8/16	~	8/1610.05~8/179.00
02E053	40	EPX	05	3	(95)B031	(94)B063	9467	(9)	35	
02E054	40	EPX	05	4						
02U051	40	UTN	05	1	(83)B075	(84)B042	8891			15.15~15.40
2	40	UTN	05	2	(65)B077	(66)B025	8365	8/13	37	8/1315.40~8/147.30
3	40	UTN	05	3	(46)B026	(45)B023	7942	(4)		
4	40	UTN	05	4						
02R101	40	RF	10	※1	(4)B062	(3)B047	6205			16.30~17.05
2				2	(62)B006	(61)B072	8282	8/12	37	8/1217.05~8/139.30
3				3	(81)B009	(82)B080	8852	(2)		※反り
4				4						
02E101	40	EPX	10	1	(13)B065	(14)B097	7063			9.40~10.14
2				※2	(35)B044	(36)B019	7646	8/15	29.5	8/1510.14~8/169.00
3				3	(91)B022	(93)B057	9353	(8)		※反り
4				4						
02U101	40	UTN	10	1	(9)B064	(10)B086	6800		32	9.15~9.30
2				2	(29)B007	(30)B084	7552	8/14	~	9.30~12.30
3				3	(86)B016	(89)B020	9030	(5)	35	
4				4						
02R151	40	RF	15	1	(64)B055	(63)B027	8328			10.00~10.35
2				2	(43)B096	(44)B058	7815	8/13	34	10.35~14.30
3				3	(23)B033	(24)B092	7394	(3)		
4				4						
02E151	40	EPX	15	1	(27)B087	(28)B001	7488			17.00~17.30
2				2	(54)B018	(53)B037	8156	8/14	33	8/1417.30~8/159.00
3				3	(33)B078	(34)B079	7574	(7)		
4				4						
02U151	40	UYN	15	1	(12)B043	(11)B060	6995			13.10~13.30
2				2	(49)B014	(50)B021	7999	8/14	36.5	13.30~16.30
3				※3	(70)B010	(69)B005	8443	(6)		※反り
4				4						

注) はNo.1/6 に同じ、以下のページも同様

表6-24 接着試験体 材背(ラミナ厚み)60mmの作成条件作業記録

試料番号 厚み接圧締個 着荷重体 剤 No.	パラメータ		試料 接着 体No.	接着用集成木材片のNo.と剛性			接着 の 月日	当時 の気 温℃	張り上げ時間 圧締時間 その他	
	厚み	接着剤		圧締 荷重	上層	下層				E I
03R051 2 3 4	60	RF	05	1 2 3 4	(1)C003 (20)C018 (38)C065	(2)C083 (19)C080 (37)C038	17019 23925 26140	8/12 (1)	37	11.30 ~12.10 12.10 ~16.00
03E051	60	EPX	05	1 2 3 4	(18)C020 (32)C033 (68)C039	(17)C001 (33)C006 (69)C054	23536 25035 29045	8/16 (9)	30 ~ 35	9.35~10.05 8/1610.05 ~8/179.00
03U051 2 3 4	60	UTN	05	1 2 3 4	(6)C026 (23)C019 (42)C004	(5)C085 (24)C043 (41)C076	20512 24176 26367	8/13 (4)	37	13.15 ~15.40 8/1315.40 ~8/147.30
03R101 2 3 4	60	RF	10	1 2 3 4	(3)C031 (56)C053 (73)C071	(4)C027 (55)C011 (74)C075	19262 27923 29930	8/12 (2)	37	16.30 ~17.05 8/1217.05 ~8/139.30
03E101 2 3 4	60	EPX	10	1 2 3 4	(12)C042 (47)C040 (79)C032	(11)C015 (48)C072 (80)C021	22194 27299 31140	8/15 (8)	29.5	9.40~10.14 8/1510.14 ~8/169.00
03U101 2 3 4	60	UTN	10	1 2 3 4	(7)C035 (27)C044 (59)C058	(8)C074 (28)C016 (60)C022	20786 24383 28311	8/14 (5)	32 ~ 35	9.15~9.30 9.30~12.30
03R151 2 3 4	60	RF	15	1 2 3 4	(22)C017 (39)C013 (57)C068	(21)C023 (40)C073 (58)C024	24108 26319 28209	8/13 (3)	34	10.00 ~10.35 10.35 ~14.30
03E151 2 3 4	60	EPX	15	1 2 3 4	(10)C050 (46)C030 (61)C048	(9)C079 (45)C052 (63)C002	21993 27146 28376	8/14 (7)	33	17.00 ~17.30 8/1417.30 ~8/159.00
03U151 2 3 4	60	UYN	15	1 2 ※3 4	(25)C077 (44)C034 (78)C051	(29)C049 (43)C082 (77)C047	24260 27071 30892	8/14 (6)	36.5	13.10 ~13.30 13.30 ~16.30 ※反り

表6-25 接着試験体 材背(ラミナ厚み)80mmの作成条件作業記録

試料番号 厚み接圧締個 着荷重体 剤 No.	パラメータ			試料 接着 体No.	接着用集成木材片のNo.と剛性			接着 の 月日	当時 の気 温℃	張り上げ時間 圧締時間 その他
	厚み	接着剤	圧締 荷重		上層	下層	E I			
04R051 2 3 4	80	RF	05	1 2 3 4	(1)D011 (20)D004 (38)D009	(2)D015 (19)D014 (37)D070	49027 58501 60983	8/12 (1)	37	11.30 ~12.10 12.10 ~16.00
04E051	80	EPX	05	1 2 3 4	(29)D002 (63)D018 (82)D076	(30)D058 (64)D071 (80)D008	60009 65179 69792	8/16 (9)	30 ~ 35	9.35~10.05 8/1610.05 ~8/179.00
04U051 2 3 4	80	UTN	05	1 2 3 4	(6)D042 (23)D033 (41)D022	(5)D035 (24)D027 (42)D052	55039 58912 61598	8/13 (4)	37	15.15 ~15.40 8/1315.40 ~8/147.30
04R101 2 3 4	80	RF	10	1 2 3 4	(3)D040 (21)D039 (55)D078	(4)D041 (22)D037 (56)D026	54414 58560 63459	8/12 (2)	37	16.30 ~17.05 8/1217.05 ~8/139.30
04E101 2 3 4	80	EPX	10	1 2 3 4	(11)D063 (46)D049 (79)D072	(12)D055 (45)D007 (81)D021	57075 61858 69778	8/15 (8)	29.5	9.40~10.15 8/1510.15 ~8/169.00
04U101 2 3 4	80	UTN	10	1 2 3 4	(7)D084 (25)D074 (60)D077	(8)D013 (26)D034 (59)D057	55650 59040 64751	8/14 (5)	32 ~ 35	9.15~9.30 9.30~12.30
04R151 2 3 4	80	RF	15	1 2 3 4	(39)D019 (58)D046 (73)D086	(40)D085 (57)D025 (75)D047	61223 63737 68220	8/13 (3)	34	10.00 ~10.35 10.35 ~14.30
04E151 2 3 4	80	EPX	15	1 2 3 4	(28)D087 (9)D065 (77)D045	(27)D001 (10)D032 (78)D003	59748 56854 68597	8/14 (7)	33	17.00 ~17.30 8/1417.30 ~8/159.00
04U151 2 3 4	80	UYN	15	1 2 3 4	(74)D061 (61)D016 (44)D030	(76)D038 (62)D083 (43)D028	68272 64903 61700	8/14 (6)	36.5	13.10 ~13.30 13.30 ~16.30

表6-26 接着試験体 材背(ラミナ厚み) 100mmの作成条件作業記録

試料番号 厚み接圧締個 着荷重体 剤 No.	パラメータ			試料 接着 体No.	接着用集成木材片のNo.と剛性			接着 の 月日	当時 の気 温℃	張り上げ時間 圧締時間 その他
	厚み	接着剤	圧締 荷重		上層	下層	EI			
05R051 2 3 4	100	RF	05	1 2 3 4	(2)E038 (19)E087 (37)E041	(1)E039 (20)E080 (38)E082	99321 113792 119664	8/12 (1)	37	11.30 ~12.30 12.10 ~16.00
05E051	100	EPX	05	1 2 3 4	(12)E049 (29)E055 (47)E066	(11)E016 (30)E068 (48)E083	108769 117446 124242	8/16 (9)	30~ 35	9.35~10.05 8/1610.05 ~8/179.00
05U051 2 3 4	100	UTN	05	1 2 3 4	(6)E002 (23)E048 (42)E047	(5)E031 (24)E022 (41)E003	104657 115494 121252	8/13 (4)	37	15.15 ~15.40 8/1315.40 ~8/147.30
05R101 2 3 4	100	RF	10	1 2 3 4	(56)E067 (4)E043 (74)E013	(55)E010 (3)E044 (73)E058	126463 103337 132876	8/12 (2)	37	16.30 ~17.05 8/1217.05 ~8/139.30
05E101 2 3 4	100	EPX	10	1 2 3 4	(9)E045 (27)E076 (78)E018	(10)E005 (28)E081 (81)E074	106815 117276 133542	8/15 (8)	29.5	9.40~10.14 8/1510.14 ~8/169.00
05U101 2 3 4	100	UTN	10	1 2 3 4	(8)E069 (26)E014 (60)E027	(7)E021 (25)E009 (59)E079	105305 116576 126969	8/14 (5)	32~ 35	9.15~9.30 9.30~12.30
05R151 2 3 4	100	RF	15	1 2 ※3 4	(22)E004 (39)E035 (58)E019	(21)E023 (40)E036 (57)E030	115318 120269 126730	8/13 (3)	34	10.00 ~10.35 10.35 ~14.30 ※反り
05E151 2 3 4	100	EPX	15	1 2 3 4	(46)E001 (64)E051 (77)E054	(45)E060 (63)E011 (79)E028	123045 129130 133423	8/14 (7)	33	17.00 ~17.30 8/1417.30 ~8/159.00
05U151 2 3 4	100	UYN	15	1 2 3 4	(75)E017 (43)E063 (61)E033	(76)E007 (44)E064 (62)E061	133044 122995 127193	8/14 (6)	36.5	13.10 ~13.30 13.30 ~16.30

表6-27 接着試験体 材背（ラミナ厚み）40mmで圧縮中に

追い締めを行なった作成条件作業記録

試料番号 厚み接圧締個 着荷重体 剤 No.	パラメーター			試料 接着 体No.	接着用集成木材片のNo.と剛性			接着 の 月日	当時 の気 温℃	張り上げ時間 圧縮時間（追い締めは 30分おきに全時間） その他
	厚み	接着剤	圧縮 荷重		上層	下層	EI			
02R1X1 2 3 4	40	RF	10X	1 2 3 4	(32)B013 (51)B051 (71)B028	(31)B073 (52)B008 (72)B017	7556 8050 8460	8/14 (11)	36	13.55～14.05 14.05～17.30 その間 30分おき7回追い締め
02E1X1	40	EPX	10X	1 2 3 4	(17)B053 (39)B030 (78)B074	(18)B056 (40)B093 (77)B067	7179 7773 8763	8/15 (12)	31	10.10～10.30 10.30～18.00の間30 分おきに追い締め、以 降8/169.15そのまま
02U1X1 2 3 4	40	UTN	10X	1 2 3 4	(5)B046 (26)B082 (85)B003	(6)B059 (25)B085 (87)B076	6498 7476 8971	8/14 (10)	33	9.35～9.45 9.45～13.30 その間30 分おき7回追い締め

註) 10Xは圧縮圧10kg/cm<sup>2</sup>で追い締めを行つたもの

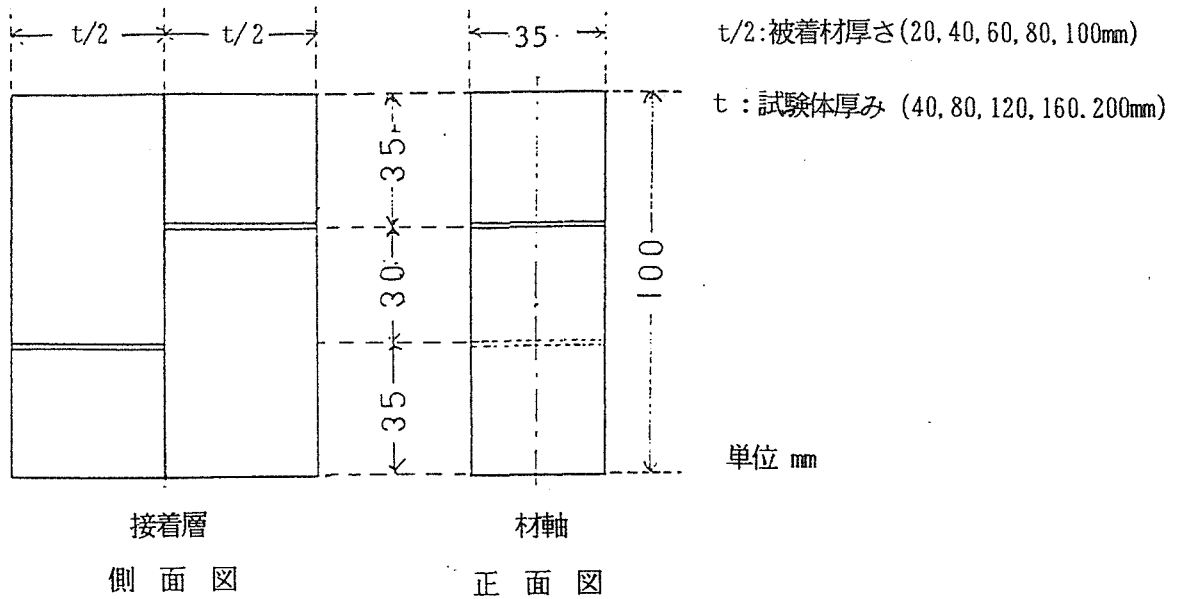


### 6. 3. 4 接着強さ試験方法

#### 6. 3. 4. 1 試験片の採取方法とその形状

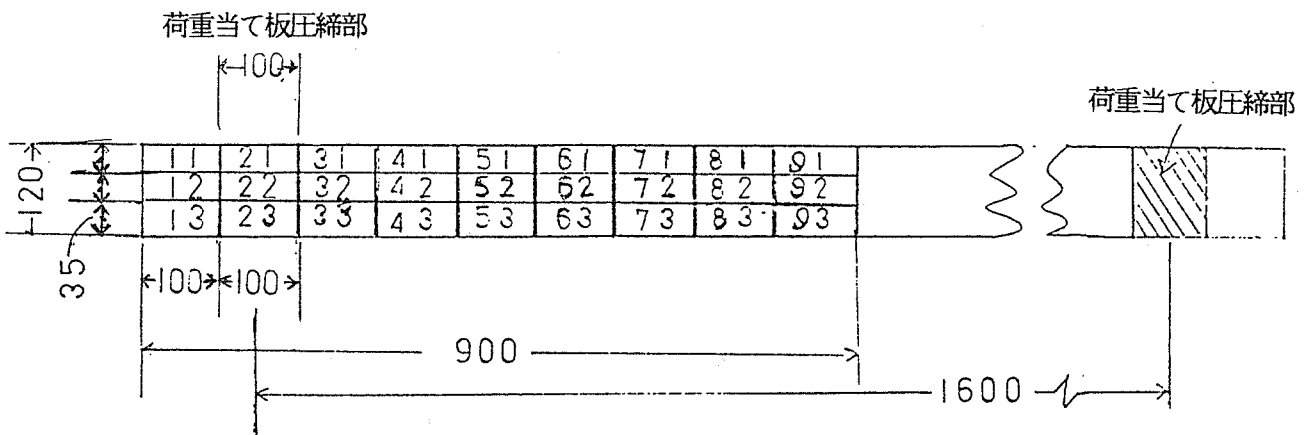
1) 圧縮せん断接着試験片の形状 試験片の形状は、予備試験1及び2の結果より、貼り合わせた被着木材の厚みはそのままとし、せん断面（試験接着面）の接着面積が $30 \times 35\text{mm}$ となるように切込を入れた試験片とした。図6-16にその形状を示す。

図6-16 圧縮せん断接着強さ試験試験片の形状



2) 試験片の採取 製作された各種の接着試験体より圧縮せん断試験片を作成した。圧縮せん断試験片の形状寸法から、2 mの接着試験体1本より採取出来る圧縮せん断接着強さ

図6-17 試験片の採取方法と位置番号



試験片は、左右対称と考えて、接着試験体の中央より切断した1/2を用いて、長さ方向に9部位9片、幅方向に3列3片、合計で27片となった。集中荷重が掛り圧縮された部分は位置番号2、位置番号1はオーバーハング部分、位置番号9は閉鎖された側の荷重部分から最も遠く端部から90cm、荷重部分から70cmの位置となる。この状況の説明図が図6-17である。

#### 6.3.4.2 試験方法

圧縮せん断接着強さ試験は、予備試験と同様に図6-5に示した特製の試験治具を用いて圧縮せん断試験を行なった。

試験は全て前処理を行なわない常態試験とし、破壊荷重からのせん断接着強さと木部破断率を測定した。

別途、適当な前処理条件を選んで促進劣化試験を残り半分の試験体で行なう。

#### 6.3.5 部分集中荷重圧縮による接着試験体の各部分の接着強さ試験結果

被着木材材背（厚み）、接着剤種類、圧縮荷重の大きさの各条件が同一な3本の接着試験体の同一位置3片合計9片の接着強さと木部破断率を同一条件同一位置の一組の資料として、位置別に接着強さならびに木部破断率の平均値と標準偏差及び変動係数を求めた。

##### 6.3.5.1 結果の図表の記号等

###### 1) 表に用いた記号

被着材の厚み・・・接着試験に用いた被着木材の材背（厚さ）	t/2は
	20mm :(01), 40mm :(02), 60mm :(03), 80mm :(04), 100mm :(05)
	と表示してある。
接着剤・・・・・・・・・・	レゾルシノール樹脂接着剤・・・・・・・・・・記号 R
	エポキシ樹脂接着剤・・・・・・・・・・記号 E
	水性高分子イソシアネート系接着剤・・・・記号 U
	ユリア樹脂接着剤・・・・・・・・・・記号 N
圧縮荷重・・・・・・・・	荷重当て板表面の単位面積当たりに掛る圧縮圧力
	5 kgf/cm <sup>2</sup> ・・・・・・・・・・ 05

10 kgf/cm<sup>2</sup> . . . . . 10

15 kgf/cm<sup>2</sup> . . . . . 15

試験片番号 . . . . . 図6-18 試験片の採取方法と位置番号に示すNo.11,12,13No.21..93  
で、十位は荷重位置を2とするそれとの関連位置番号であり、一位  
桁の数は同一位置での横並び位置を示す

表示例 . . . . . 例えば02E05・2・13は被着材の材背が40mmで、接着剤は  
エポキシ樹脂接着剤、接着時の荷重が5 kgf/cm<sup>2</sup> であり、同じ条件  
の接着試験体が3本あるうちの2本目試験体番号2の接着試験体か  
ら位置番号1即ちオーバーハング部の一方の端の3の位置に当たる  
試験片である。

Ave. . . . . 同一条件の3本の接着試験体の位置番号の同じ試験片、例えば02  
E05の1、2、3の接着試験体の11,12,13の9片の平均である

σ . . . . . 上記の9片の試験片の値の標準偏差

C.V. . . . . 同じくその変動係数 (%)

## 2) 図の記号

縦軸目盛り . . . . . ○ : 圧縮せん断接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

× : 接着強さの変動係数 %

△ : 木部破断率 %

横軸目盛り . . . . . 1~9 : 試験片採取の位置番号

-10~80 : 圧縮位置からの心心距離、「-」はオーバーハング側

## 6.3.5.2 試験の結果

試験は接着条件である被着木材の材背20mm,40mm,60mm,80mm,100mm の5水準、接着剤の  
レゾルシノール樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤、水性高分子イソシアネート系接着剤、  
の3水準に参考値としてユリア樹脂接着剤を加え、部分集中荷重で加えられた圧縮荷重の  
5 kgf/cm<sup>2</sup>、10kgf/cm<sup>2</sup>、15kgf/cm<sup>2</sup> の3水準の組み合わせで総計60水準となった。こ  
のマトリックスを図6-28に示す。

図 6 - 2 8 部分集中荷重による接着試験体 6 0 水準のマトリックス

記号番号		被 着 木 材 の 材 背 (厚 み)				
		0 1	0 2	0 3	0 4	0 5
		2 0 mm	4 0 mm	6 0 mm	8 0 mm	1 0 0 mm
レ	5kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 R 0 5	0 2 R 0 5	0 3 R 0 5	0 4 R 0 5	0 5 R 0 5
	10kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 R 1 0	0 2 R 1 0	0 3 R 1 0	0 4 R 1 0	0 5 R 1 0
	15kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 R 1 5	0 2 R 1 5	0 3 R 1 5	0 4 R 1 5	0 5 R 1 5
エ	5kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 E 0 5	0 2 E 0 5	0 3 E 0 5	0 4 E 0 5	0 5 E 0 5
	10kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 E 1 0	0 2 E 1 0	0 3 E 1 0	0 4 E 1 0	0 5 E 1 0
	15kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 E 1 5	0 2 E 1 5	0 3 E 1 5	0 4 E 1 5	0 5 E 1 5
ソ	5kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 U 0 5	0 2 U 0 5	0 3 U 0 5	0 4 U 0 5	0 5 U 0 5
	10kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 U 1 0	0 2 U 1 0	0 3 U 1 0	0 4 U 1 0	0 5 U 1 0
	15kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 U 1 5	0 2 U 1 5	0 3 U 1 5	0 4 U 1 5	0 5 U 1 5
ポ	5kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 N 0 5	0 2 N 0 5	0 3 N 0 5	0 4 N 0 5	0 5 N 0 5
	10kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 N 1 0	0 2 N 1 0	0 3 N 1 0	0 4 N 1 0	0 5 N 1 0
	15kgf/cm <sup>2</sup>	0 1 N 1 5	0 2 N 1 5	0 3 N 1 5	0 4 N 1 5	0 5 N 1 5

1) 試験結果 被着材材背、接着剤、荷重圧力の3つの条件因子の組み合わせで決まる 0 1 R 0 5 ~ 0 5 N 1 5 の 6 0 通りの各位置部分の 1 ~ 9 までの接着強さ、木部破断率とそれらの標準偏差、変動係数の一覧表とそのグラフを示す。

資料番号 01R05 被着材厚み 20 mm 接着剤 レゾルソール 圧縮荷重 5 kg / cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01R051	01R052	01R053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	114(100)	93( 90)	91( 5)				
12	118(100)	111(100)	106( 10)	100.6	12.6	13%	
13	79( 80)	97(100)	96(100)	( 76.1)	( 39.5)	52	
21	107( 70)	64( 60)	104(100)				
22	122( 70)	99(100)	117(100)	99.1	17.0	17%	
23	88( 50)	95(100)	96( 30)	( 75.6)	( 26.0)	34	
31	96( 10)	79(100)	115(100)				
32	124(100)	94(100)	123( 40)	99.4	18.5	19%	
33	101(100)	71(100)	92(100)	( 83.3)	( 33.9)	41	
41	89(100)	0( 0)	95( 70)				
42	129(100)	22( 20)	136(100)	73.7	45.6	62%	
43	58( 80)	50(100)	84(100)	( 74.4)	( 38.4)	52	
51	54( 40)	0( 0)	39( 35)				
52	122(100)	0( 0)	100( 50)	42.3	46.8	111%	
53	66( 30)	0( 0)	0( 0)	( 28.3)	( 33.5)	119	
61	39( 20)	0( 0)	0( 0)				
62	126(100)	0( 0)	0( 0)	25.2	44.0	175%	
63	62( 20)	0( 0)	0( 0)	( 15.6)	( 32.8)	210	
71	13( 5)	10( 5)	0( 0)				
72	77( 30)	0( 0)	0( 0)	18.4	27.6	150%	
73	53( 20)	13( 15)	0( 0)	( 8.3)	( 10.9)	131	
81	12( 5)	42( 60)	0( 0)				
82	68( 10)	57( 30)	0( 0)	25.6	25.5	100%	
83	24( 5)	27( 50)	0( 0)	( 17.8)	( 23.2)	130	
91	25( 10)	19( 40)	0( 0)				
92	67( 60)	52( 50)	0( 0)	23.8	23.8	100%	
93	34( 60)	17( 25)	0( 0)	(27.2 )	( 25.9)	95	

資料番号 02R05 被着材厚み 40 mm 接着剤 レゾルソール 圧縮荷重 5 kg / cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02R051	02R052	02R053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	49( 85)	72( 90)	44( 50)	69.4 ( 82.8)	26.0 ( 22.8)	37% 28	
12	100(100)	98( 80)	23( 40)				
13	87(100)	73(100)	79(100)				
21	67( 75)	79( 90)	0( 0)	71.9 ( 74.4)	37.3 ( 41.6)	52% 56	
22	99(100)	114(100)	22( 5)				
23	93(100)	87(100)	86(100)				
31	0( 0)	69( 80)	71( 0)	68.3 ( 66.7)	32.9 ( 42.4)	48% 64	
32	105(100)	98( 80)	62(100)				
33	37( 40)	93(100)	80(100)				
41	0( 0)	13( 10)	101(100)	47.1 ( 47.8)	34.0 ( 41.8)	72% 88	
42	35( 35)	42( 40)	83(100)				
43	19( 5)	69( 40)	62(100)				
51	0( 0)	31( 30)	90( 70)	45.9 ( 44.4)	40.6 ( 38.4)	88% 87	
52	3( 0)	97( 80)	75( 70)				
53	0( 0)	34( 50)	83(100)				
61	0( 0)	11( 5)	113( 80)	32.9 ( 35.6)	40.2 ( 44.3)	122% 124	
62	0( 0)	33( 15)	76(100)				
63	0( 0)	10( 20)	53(100)				
71	0( 0)	0( 0)	67(100)	24.3 ( 32.2)	34.7 ( 48.4)	143% 150	
72	0( 0)	13( 0)	90(100)				
73	0( 0)	2( 0)	47( 90)				
81	0( 0)	0( 0)	84( 90)	26.7 ( 38.9)	33.4 ( 46.2)	125% 119	
82	0( 0)	42( 50)	74(100)				
83	0( 0)	9( 10)	31(100)				
91	0( 0)	0( 0)	29( 15)	15.9 ( 15.0)	17.7 ( 23.5)	112% 156	
92	0( 0)	24( 20)	34( 30)				
93	0( 0)	46( 70)	10( 0)				

資料番号 03R05 被着材厚み 60 mm 接着剤 レゾルソール 圧縮荷重 5 kg/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03R051	03R052	03R053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	41( 90)	104( 80)	111( 10)				
12	109(100)	85(100)	119(100)	84.4	29.2	35%	
13	74(100)	96(100)	100( 80)	( 84.4)	( 29.2)	35	
21	80(100)	90( 25)	111( 0)				
22	76(100)	103(100)	107(100)	89.3	15.6	17%	
23	71(100)	95(100)	71( 80)	( 78.3)	( 38.4)	49	
31	30( 55)	104(100)	114( 70)				
32	64( 80)	101(100)	107(100)	87.3	28.6	33%	
33	66(100)	86(100)	114(100)	( 89.4)	( 17.0)	19	
41	15( 10)	106(100)	111(100)				
42	80(100)	73(100)	114(100)	86.9	31.1	36%	
43	81(100)	91(100)	111( 20)	( 81.1)	( 37.6)	46	
51	17( 20)	82( 40)	62( 60)				
52	88( 90)	94( 90)	97(100)	67.2	31.0	46%	
53	21( 50)	91(100)	53( 75)	( 69.4)	( 28.6)	41	
61	1( 0)	73( 70)	19( 10)				
62	59( 50)	95(100)	112(100)	58.6	39.2	67%	
63	14( 15)	90( 40)	64( 65)	( 50.0)	( 37.2)	74	
71	19( 20)	3( 0)	2( 0)				
72	31( 25)	63( 70)	107( 90)	41.9	41.4	99%	
73	3( 40)	46( 5)	103( 70)	( 35.6)	( 33.9)	95	
81	5( 5)	11( 5)	35( 40)				
82	49( 50)	34( 5)	114(100)	34.4	34.9	101%	
83	5( 5)	8( 0)	49( 70)	( 31.1)	( 36.0)	116	
91	9( 5)	0( 0)	13( 10)				
92	7( 5)	35( 15)	113(100)	29.0	36.2	125%	
93	0( 0)	53( 5)	31( 50)	( 21.1)	( 33.3)	158	

資料番号 04R05 被着材厚み 80 mm 接着剤 レゾルシン-ル 圧縮荷重 5 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04R051	04R052	04R053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	101(100)	91( 45)	95(100)	92.6 ( 87.2)	9.5 21.1	10% 24	
12	104(100)	95(100)	74(100)				
13	85( 60)	87(100)	101( 80)				
21	88(100)	89( 5)	70( 25)	84.4 ( 75.0)	14.0 ( 38.8)	17% 52	
22	104(100)	84(100)	63(100)				
23	93(100)	70( 45)	99(100)				
31	81(100)	85( 20)	83(100)	86.8 ( 71.1)	9.4 ( 32.9)	11% 46	
32	99(100)	86( 65)	83(100)				
33	71( 80)	91( 50)	102( 25)				
41	96(100)	88( 25)	93(100)	92.0 ( 91.7)	9.7 ( 25.0)	11% 27	
42	111(100)	88(100)	77(100)				
43	90(100)	85(100)	100(100)				
51	94(100)	85(100)	84( 60)	89.4 ( 87.2)	10.6 ( 26.8)	12% 31	
52	110(100)	89(100)	71( 25)				
53	87(100)	88(100)	97(100)				
61	87(100)	79(100)	67( 70)	82.0 ( 61.7)	14.9 ( 39.0)	18% 63	
62	110(100)	72( 10)	67( 95)				
63	75( 15)	80( 35)	101( 30)				
71	97(100)	85( 40)	56( 80)	81.3 ( 61.7)	15.4 ( 36.1)	19% 58	
72	93( 50)	78( 10)	78( 95)				
73	58( 10)	93(100)	94( 70)				
81	81( 95)	84(100)	59( 30)	74.0 ( 38.9)	9.7 ( 37.4)	13% 96	
82	73( 30)	72( 5)	74( 15)				
83	62( 10)	89( 5)	72( 60)				
91	92( 95)	67( 5)	54( 40)	68.8 ( 45.6)	17.1 ( 41.7)	25% 91	
92	52( 15)	64( 5)	88(100)				
93	43( 40)	77( 10)	82(100)				



資料番号 05R05 被着材厚み 100 mm 接着剤 ギャルソール 圧縮荷重 5 kg / cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

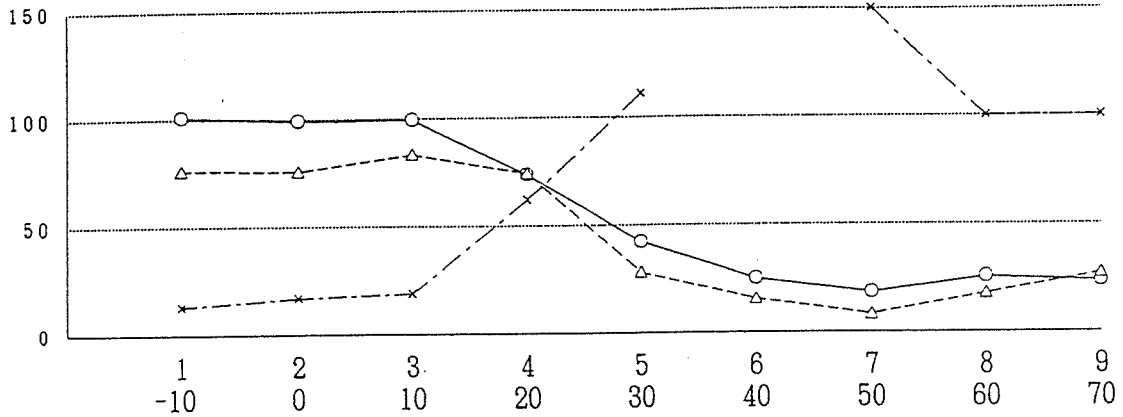
No	05R051	05R052	05R053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	78( 90)	74(100)	59( 10)	101. ( 76 )	12. ( 37. )	12% 49	
12	35( 49)	73( 75)	89( 65)				
13	22( 5)	76(100)	96(100)				
21	107( 70)	122( 70)	88( 50)	99. ( 76 )	16. ( 25 )	16% 32	
22	64( 60)	99(100)	95(100)				
23	104(100)	117(100)	96( 30)				
31	96( 10)	124(100)	101(100)	99. ( 83 )	17. ( 32 )	18% 38	
32	79(100)	94(100)	71(100)				
33	115(100)	123( 40)	92(100)				
41	89(100)	129(100)	58( 80)	74. ( 84 )	43. ( 26 )	58% 32	
42	0( 0)	22( 20)	50(100)				
43	95( 70)	136(100)	84(100)				
51	54( 40)	122(100)	66( 30)	42. ( 51 )	44. ( 25 )	104% 50	
52	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
53	39( 35)	100( 50)	0( 0)				
61	39( 20)	126(100)	62( 20)	25. ( 47 )	42. ( 38 )	164% 81	
62	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
71	13( 5)	77( 30)	53( 20)	18. ( 15 )	26. ( 9 )	141% 63	
72	10( 5)	0( 0)	13( 15)				
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
81	12( 5)	68( 10)	24( 5)	25. ( 27. )	24. ( 22. )	95% 82	
82	42( 60)	57( 30)	27( 50)				
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
91	25( 10)	67( 60)	34( 60)	24. ( 41. )	23. ( 18. )	95% 945	
92	19( 40)	52( 50)	17( 25)				
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)				

Resorcinol Resin Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

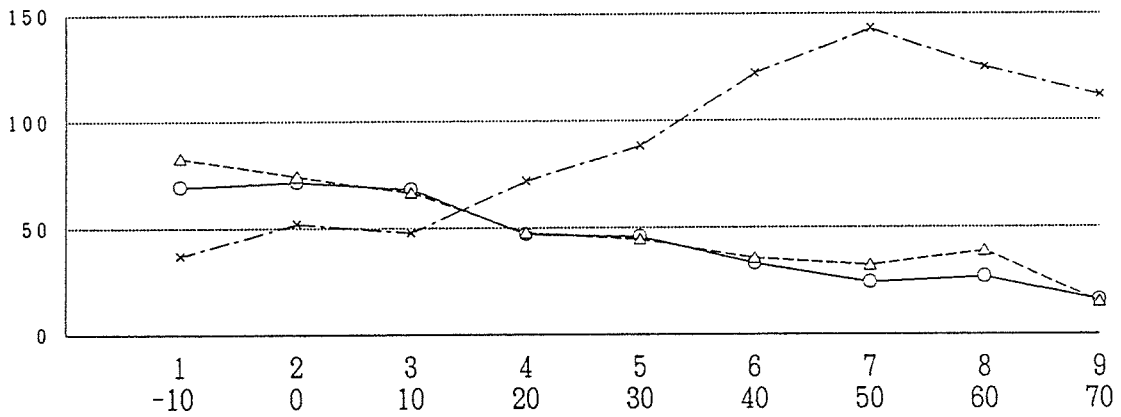
0 1 R 0 5

被着体厚み 20mm  
試験体厚み 40mm



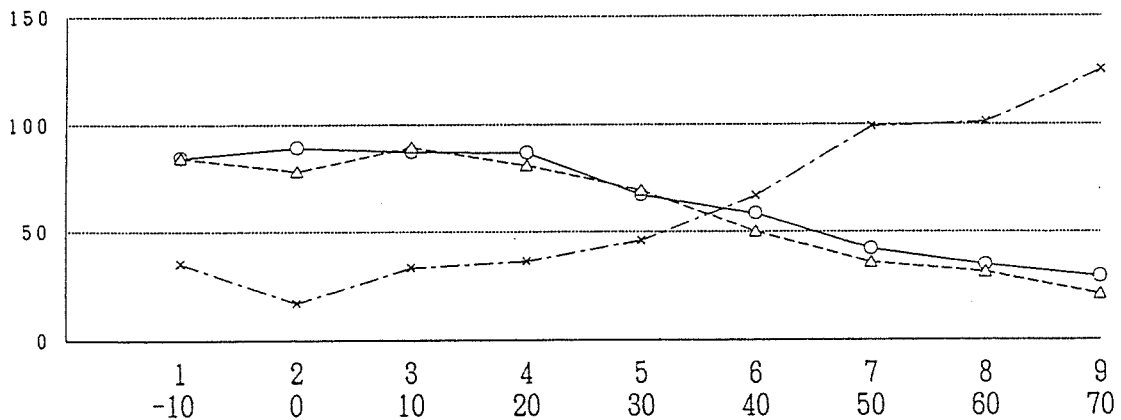
0 2 R 0 5

被着材厚み 40mm  
試験体厚み 80mm



0 3 R 0 5

被着材厚み 60mm  
試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>  
△--- 木部破断率 %  
\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
-10~70 圧縮位置からの心距離cm

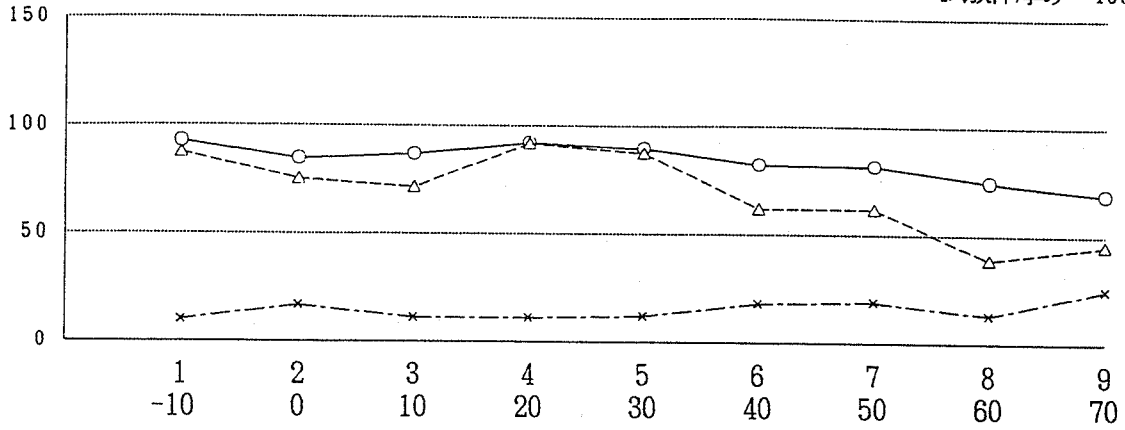
Resorcinol Resin Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

04R05

被着材厚み 80mm

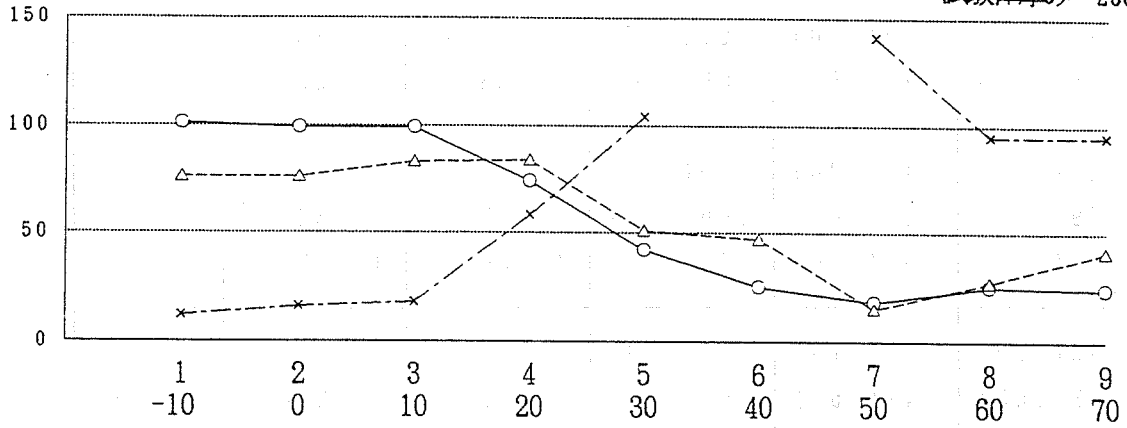
試験体厚み 160mm



05R05

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>  
 △--- 木部破断率 %  
 \*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
 -10 ~ 70 圧縮位置からの中心距離 cm

資料番号 01R10 被着材厚み 20 mm 接着剤 レゾルシン-ル 圧縮荷重 10 kg / cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01R101	01R102	01R103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	18( 70)	86( 50)	62( 20)				
12	109(100)	93(100)	70(100)	78.0	27.0	35%	
13	73( 10)	94( 90)	97( 20)	( 62.2)	( 38.0)	61	
21	78( 15)	54( 10)	84( 35)				
22	119(100)	112( 80)	95(100)	93.8	20.7	22%	
23	117(100)	92(100)	93(100)	( 71.1)	( 39.4)	55	
31	68( 85)	47( 70)	61( 5)				
32	113(100)	94( 50)	91( 5)	73.1	23.4	32%	
33	40( 95)	79( 50)	65( 25)	( 53.9)	( 36.6)	68	
41	28( 50)	13( 30)	0( 0)				
42	79(100)	19( 60)	100(100)	36.6	32.6	89%	
43	18( 70)	32( 40)	40( 60)	( 56.7)	( 32.0)	56	
51	33( 70)	12( 10)	0( 0)				
52	63(100)	47( 50)	52( 50)	31.0	21.2	68%	
53	17( 40)	15( 10)	40( 10)	( 37.8)	( 33.5)	89	
61	59( 95)	23( 20)	34( 15)				
62	72( 80)	33( 15)	91( 35)	44.0	27.1	61%	
63	38( 20)	0( 0)	46( 50)	( 36.7)	( 32.2)	88	
71	88( 85)	12( 10)	0( 0)				
72	37( 45)	35( 10)	106(100)	32.9	39.2	119%	
73	18( 15)	0( 0)	0( 0)	( 29.4)	( 38.5)	131	
81	32( 30)	0( 0)	0( 0)				
82	25( 10)	0( 0)	0( 0)	8.2	12.9	157%	
83	17( 10)	0( 0)	0( 0)	( 5.5)	( 10.1)	184	
91	10( 5)	0( 0)	0( 0)				
92	13( 10)	0( 0)	0( 0)	2.6	5.1	197%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 1.7 )	( 3.5)	208	

資料番号 02R10 被着材厚み 40 mm 接着剤 レゾルシン-ル 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02R101	02R102	02R103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	0( 0)	9( 70)	3( 5)				
12	0( 0)	78(100)	54( 65)	25.2	31.5	125%	
13	0( 0)	65(100)	18( 45)	( 42.8)	( 42.9)	100	
21	23( 50)	52( 80)	88(100)				
22	105( 80)	84(100)	99( 95)	76.4	27.2	39%	
23	54( 40)	89(100)	94(100)	( 82.8)	( 23.1)	28	
31	66( 75)	58( 95)	58( 95)				
32	98(100)	90(100)	90(100)	80.4	20.2	25%	
33	102(100)	94(100)	94(100)	( 87.8)	( 26.7)	30	
41	86( 5)	30( 40)	24( 30)				
42	90(100)	97( 75)	95( 90)	73.7	30.7	42%	
43	53( 80)	110(100)	78( 95)	( 68.3)	( 34.7)	51	
51	49( 5)	31( 40)	20( 30)				
52	77( 85)	48( 60)	73( 40)	40.4	25.1	62%	
53	15( 30)	4( 10)	47( 50)	( 38.9)	( 24.6)	63	
61	77( 5)	4( 5)	50( 60)				
62	96( -)	11( 30)	67( 55)	44.4	36.5	81%	
63	21( 60)	0( 0)	78( 45)	( 52.8)	( 26.1)	80	
71	77( 50)	6( 20)	27( 20)				
72	84(100)	57( 85)	58( 50)	47.4	29.0	61%	
73	37( 40)	9( 30)	72( 80)	( 52.9)	( 29.3)	55	
81	61( 20)	36( 65)	6( 5)				
82	63( 5)	92(100)	64( 60)	48.4	25.0	52%	
83	40( 65)	47( 70)	27( 40)	( 47.8)	( 32.5)	68	
91	53( 45)	30( 55)	19( 30)				
92	87( 40)	82( 50)	25( 15)	54.9	30.8	56%	
93	78( -)	95(100)	25( 40)	( 46.9)	( 24.8)	53	

資料番号 03R10 被着材厚み 60 mm 接着剤 レゾルシン-ル 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03R101	03R102	03R103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	20( 50)	32( 40)	27( 30)				
12	87( 70)	97( 70)	34( 35)	57.3	33.9	59%	
13	100(100)	33( 40)	86(100)	( 59.4)	( 27.0)	45	
21	83( 95)	65( 80)	82(100)				
22	94(100)	100(100)	108(100)	89.6	13.1	15%	
23	97(100)	97(100)	80(100)	( 97.2)	( 6.7)	7	
31	84(100)	103(100)	22( 35)				
32	104(100)	94(100)	79(100)	80.6	24.6	31%	
33	69( 95)	83(100)	87(100)	( 91.3)	( 22.8)	25	
41	90( 45)	94(100)	17( 15)				
42	105( 95)	106(100)	106(100)	80.6	35.5	44%	
43	89(100)	97(100)	21( 25)	( 75.6)	( 36.3)	48	
51	46( 40)	110(100)	1( 0)				
52	65( 80)	92( 95)	0( 0)	56.3	41.6	74%	
53	86( 90)	88( 90)	19( 10)	( 56.1)	( 43.3)	77	
61	39( 65)	94(100)	0( 0)				
62	91(100)	98( 70)	0( 0)	56.2	46.0	82%	
63	102( 50)	82(100)	0( 0)	( 53.9)	( 44.0)	82	
71	45( 30)	43( 20)	0( 0)				
72	89( 45)	57( 85)	0( 0)	36.3	38.4	106%	
73	104( 40)	27( 20)	0( 0)	( 21.7)	( 18.4)	85	
81	37( 60)	32( 40)	0( 0)				
82	65( 70)	60( 70)	0( 0)	33.2	34.9	105%	
83	97( 40)	8( 5)	0( 0)	( 31.7)	( 30.8)	97	
91	50( 70)	34( 45)	0( 0)				
92	91( 40)	76( 90)	0( 0)	38.6	38.0	98%	
93	84( 95)	12( 5)	0( 0)	( 38.3)	( 39.5)	103	

資料番号 04R10 被着材厚み 80 mm 接着剤 レゾルシン-ル 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (本部破断率) 被着材の状態など

No	04R101	04R102	04R103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	26( 5)	69( 85)	0( 0)				
12	24( 10)	93(100)	5( 10)	38.4	36.5	95%	
13	26( 15)	92(100)	11( 45)	( 41.1)	( 42.6)	104	
21	99(100)	99(100)	31( 40)				
22	98(100)	95(100)	90(100)	83.3	23.5	28%	
23	85(100)	95(100)	58( 95)	( 92.8)	( 19.9)	21	
31	99(100)	81(100)	69( 90)				
32	102(100)	90(100)	92(100)	80.4	19.2	24%	
33	73(100)	79(100)	39( 95)	( 98.3)	( 3.5)	4	
41	81(100)	90(100)	91(100)				
42	115(100)	80(100)	76(100)	88.0	11.9	13%	
43	95(100)	80(100)	84(100)	( 100.0)	( 0.0)	0	
51	70(100)	100(100)	62( 80)				
52	91(100)	105(100)	88( 80)	88.4	14.9	17%	
53	86(100)	106(100)	88(100)	( 95.6)	( 88.1)	9	
61	93(100)	78( 95)	79( 85)				
62	86( 25)	93( 90)	76( 95)	83.7	8.0	10%	
63	71( 95)	91( 95)	86(100)	( 86.7)	( 23.6)	27	
71	90(100)	27( 50)	61( 70)				
72	101(100)	74( 75)	73( 20)	75.4	21.7	29%	
73	89(100)	87(100)	77(100)	( 79.4)	( 28.8)	36	
81	68( 20)	11( 10)	40( 30)				
82	101( 90)	63( 50)	16( 40)	56.8	30.0	53%	
83	80( 80)	79( 75)	53( 85)	( 53.3)	( 30.1)	56	
91	62( 20)	0( 0)	44( 50)				
92	113(100)	0( 0)	41( 10)	46.7	39.2	84%	
93	92(100)	13( 80)	55( 35)	( 43.9)	( 40.8)	93	

資料番号 05R10 被着材厚み 100 mm 接着剤 レゾルソール 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05R101	05R102	05R103	Ave.	σ	c. v.	備考
11	8( 0)	70( 85)	33( 65)				
12	107( 10)	119(100)	19( 20)	53.2	40.5	76%	
13	12( 5)	67( 80)	44( 70)	( 48.3)	( 39.1)	81	
21	16( 5)	74(100)	75( )				
22	107( 10)	101(100)	108(100)	76.6	37.3	49%	
23	14( 5)	95(100)	93(100)	( 76.3)	( 44.0)	58	
31	33( 15)	81(100)	69( 90)				
32	118(100)	45( 95)	92(100)	70.6	37.8	54%	
33	19( 5)	96(100)	98(100)	( 72.2)	( 41.2)	57	
41	2( 0)	41( 50)	72( 80)				
42	36( 0)	85( 90)	106(100)	57.3	39.3	69%	
43	0( 0)	78( 70)	96(100)	( 54.4)	( 43.6)	80	
51	27( 20)	28( 45)	37( 40)				
52	0( 0)	55( 45)	112(100)	43.7	37.3	85%	
53	0( 0)	46( 30)	88( 70)	( 42.0)	( 31.8)	76	
61	103( 30)	0( 0)	48( 20)				
62	45( 40)	15( 30)	64( 40)	45.8	34.2	75%	
63	11( 0)	42( 40)	84( 20)	( 24.4)	( 15.9)	65	
71	109( 65)	0( 0)	43( 20)				
72	107(100)	6( 5)	88( 35)	66.1	43.4	66%	
73	109(100)	48( 0)	85( 40)	( 40.6)	( 39.8)	98	
81	18( 10)	0( 0)	78( 15)				
82	103( 70)	3( 5)	79( 60)	54.3	38.8	71%	
83	94(100)	56( 65)	58( 30)	( 39.4)	( 35.3)	90	
91	79( 30)	0( 0)	44( 20)				
92	99( 95)	9( 5)	79( 10)	56.2	39.7	71%	
93	114( 50)	27( 20)	55( 10)	( 26.7)	( 29.7)	11	



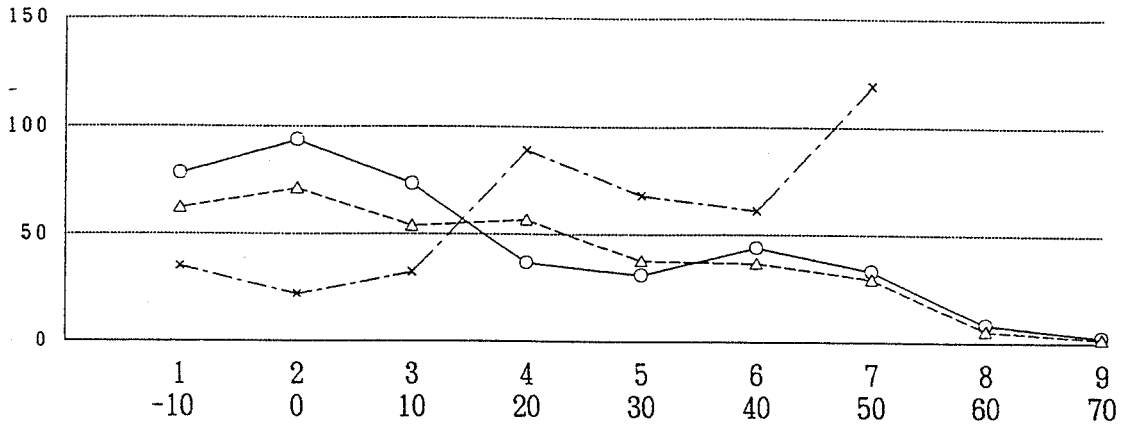
Resorcinol Resin Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 R 1 0

被着体厚み 20mm

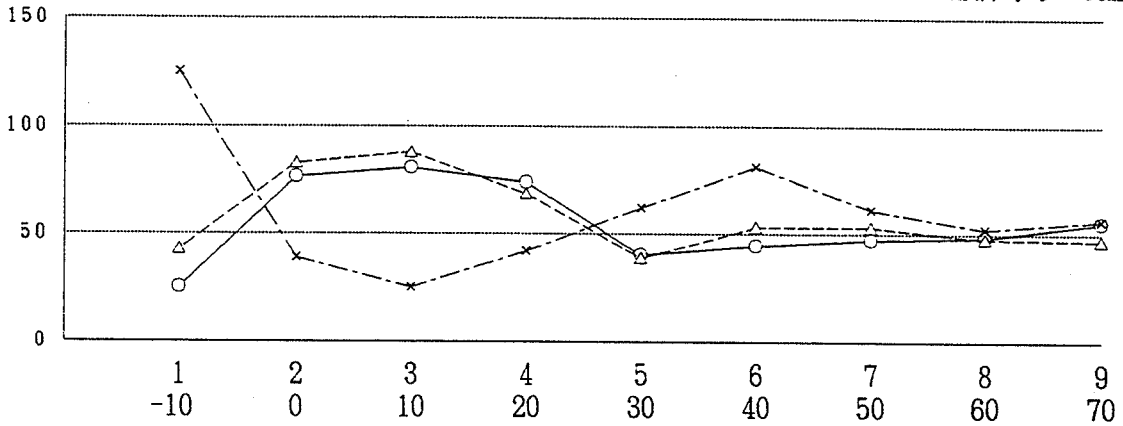
試験体厚み 40mm



0 2 R 1 0

被着材厚み 40mm

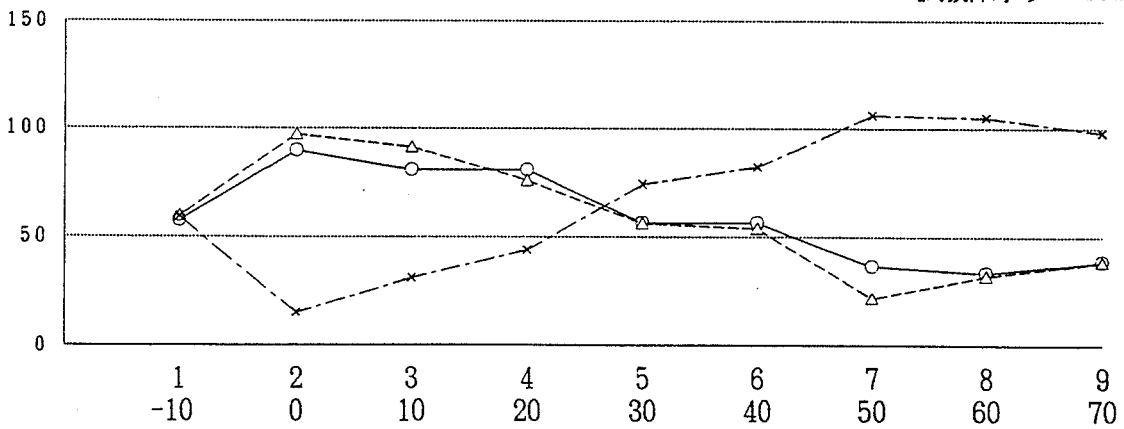
試験体厚み 80mm



0 3 R 1 0

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○—— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△----- 木部破断率 %

\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの中心距離cm

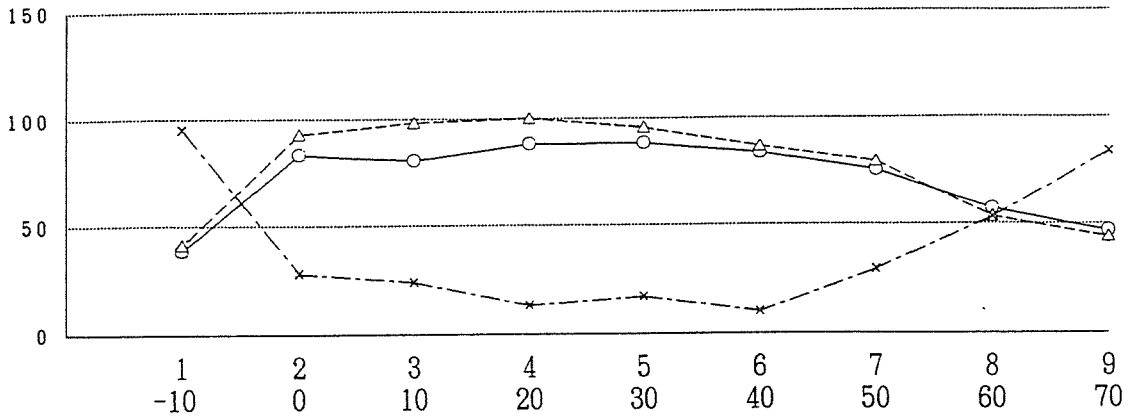
Resorcinoi Resin Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 R 1 0

被着材厚み 80mm

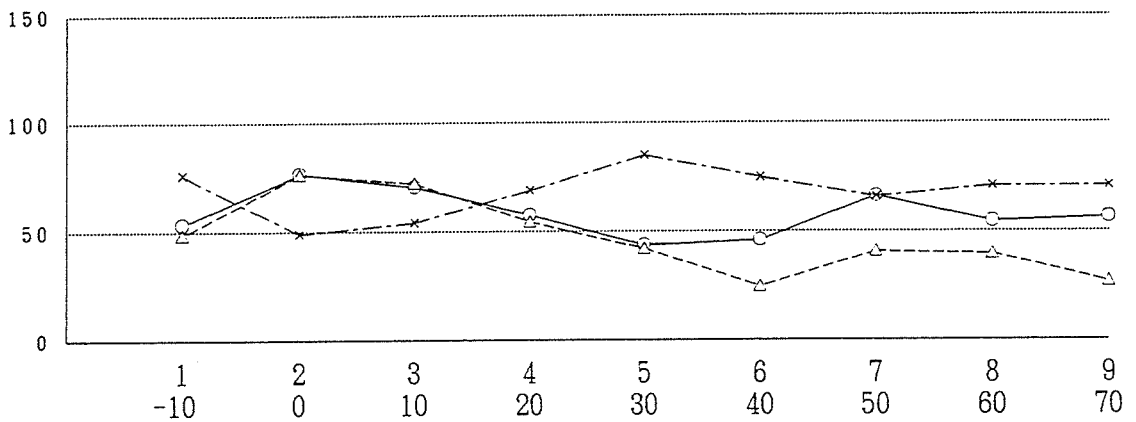
試験体厚み 160mm



0 5 R 1 0

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

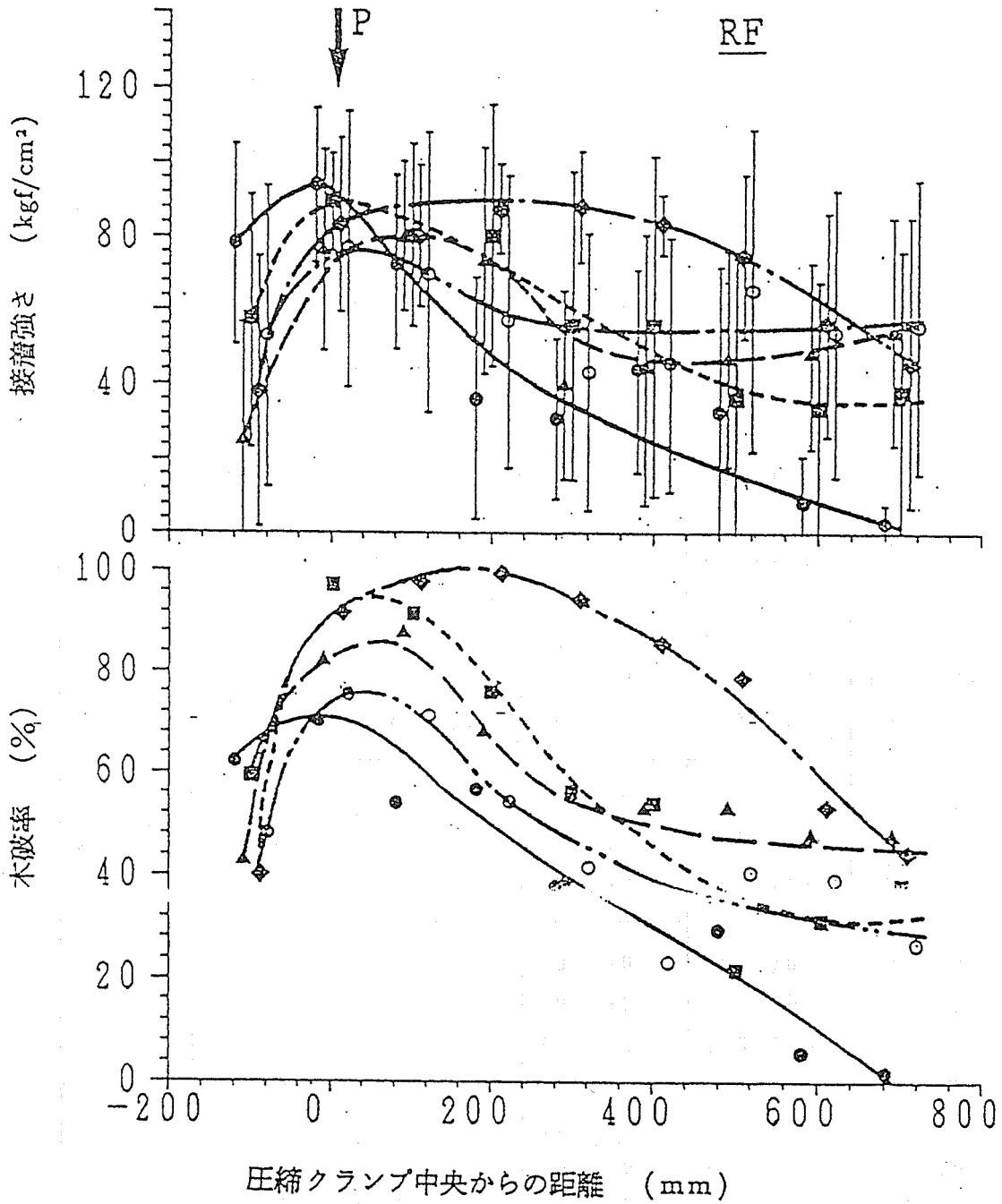
△--- 木部破断率 %

\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの心距離cm

接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心心距離の関係  
(レゾルシノール樹脂接着剤)



使用接着剤 レゾルシノール樹脂接着剤  
部分的な加圧部に加えられた圧縮荷重: 10 kg/cm<sup>2</sup>

記号: ●—: 0.1 R 1.0 ; ▲—: 0.2 R 1.0 ; ;  
 ■---: 0.3 R 1.0 ; ◆—: 0.4 R 1.0 ; ;  
 ○---: 0.5 R 1.0

資料番号 01R15 被着材厚み 20 mm 接着剤 レゾルシン-ル 圧縮荷重 15 kg / cm<sup>2</sup> No. 1

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01R151	01R152	01R153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	71( 50)	10( 40)	46( 30)				
12	117(100)	77( 70)	97(100)	75.	30.	41%	
13	107(100)	80(100)	72( 90)	( 76. )	( 27. )	36	
21	64( 90)	108( 40)	90(100)				
22	110(100)	108(100)	109(100)	97.	14.	14%	
23	97(100)	93(100)	90(100)	( 92. )	( 19. )	20	
31	48( 20)	68( 80)	56(100)				
32	108(100)	99(100)	104(100)	84.	22.	26%	
33	109(100)	77(100)	82( 60)	( 84. )	( 26. )	31	
41	8( 10)	0( 0)	0( 0)				
42	12( 5)	36( 40)	6( 0)	24.	24.	98%	
43	54( 20)	70( 80)	32( 10)	( 18.3)	( 24.9)	136	
51	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
52	4( 5)	76( 70)	0( 0)	21.	30.	147%	
53	34( 20)	72( 30)	0( 0)	( 13.9)	( 22.3)	159	
61	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
62	1( 0)	56( 70)	0( 0)	20.	28.	141%	
63	61( 30)	63( 30)	0( 0)	( 14.4)	( 23.1)	160	
71	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
72	0( 0)	72( 95)	0( 0)	20.	33.	169%	
73	15( 10)	88( 60)	0( 0)	( 18.3)	( 32.8)	85	
81	37( 60)	32( 40)	0( 0)				
82	65( 70)	60( 70)	0( 0)	33.2	34.9	105%	
83	97( 40)	8( 5)	0( 0)	( 31.7)	( 30.8)	97	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	

資料番号 02R15 被着材厚み 40 mm接着剤ゾルソール 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02R151	02R152	02R153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	0( 0)	8( 20)	27( 50)				
12	0( 0)	15( 10)	73( 80)	31.4	35.7	113%	
13	86(100)	1( 5)	0( 0)	( 33.1)	( 39.0)	118	
21	0( 0)	57( 70)	84( 30)				
22	0( 0)	92(100)	89( 75)	56.2	43.6	78%	
23	0( 0)	90(100)	94( 95)	( 52.2)	( 44.6)	85	
31	0( 0)	70(100)	91(100)				
32	0( 0)	94(100)	22( 40)	52.1	45.4	87%	
33	0( 0)	98(100)	94(100)	( 46.3)	( 43.7)	103	
41	0( 0)	30( 40)	90(100)				
42	0( 0)	94(100)	71( 95)	45.0	39.2	87%	
43	0( 0)	42( 60)	76(100)	( 56.7)	( 45.8)	81	
51	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
52	21( 10)	29( 50)	22( 50)	16.3	19.2	117%	
53	0( 0)	18( 20)	57( 30)	( 17.8)	( 21.1)	186	
61	1( 5)	0( 0)	17( 40)				
62	52( 70)	42( 40)	4( 5)	16.6	19.3	116%	
63	0( 0)	9( 20)	24( 35)	( 23.9)	( 24.1)	101	
71	57( 25)	0( 0)	0( 0)				
72	94(100)	26( 60)	24( 30)	28.0	30.8	110%	
73	0( 0)	25( 30)	26( 10)	( 28.3)	( 33.4)	118	
81	0( 0)	0( 0)	29( 10)				
82	54( 70)	6( 10)	27( 15)	22.3	23.9	107%	
83	0( 0)	21( 15)	64( 10)	( 14.4)	( 21.7)	150	
91	59( 30)	0( 0)	6( 5)				
92	76( 80)	22( 25)	22( 15)	25.8	25.9	101%	
93	1( 20)	27( 20)	19( 10)	( 22.8)	( 23.5)	103	

資料番号 03R15 被着材厚み 60 mm 接着剤 レゾルソール 圧縮荷重 15 kg / cm<sup>2</sup> No. 1

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03R151	03R152	03R153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	88( 90)	88(100)	92(100)				
12	106(100)	110(100)	110(100)	92.3	15.8	17%	
13	103( 50)	66(100)	68(100)	( 93.3)	( 15.6)	17	
21	106(100)	20( 10)	105(100)				
22	112( 90)	46( 30)	102(100)	79.7	29.1	37%	
23	75( 40)	77(100)	74(100)	( 74.4)	( 34.7)	47	
31	90( 70)	62(100)	85(100)				
32	107( 80)	92(100)	96(100)	80.9	23.0	28%	
33	92(100)	79(100)	25( 25)	( 84.4)	( 28.3)	34	
41	97( 90)	61(100)	1( 0)				
42	106(100)	120(100)	0( 0)	58.0	44.4	77%	
43	67(100)	69(100)	1( 0)	( 65.6)	( 46.5)	71	
51	96( 90)	84(100)	0( 0)				
52	90( 95)	101(100)	0( 0)	54.8	41.4	76%	
53	75( 90)	47(100)	0( 0)	( 63.9)	( 45.3)	71	
61	85( 80)	38( 80)	0( 0)				
62	104(100)	44( 50)	0( 0)	38.1	36.4	95%	
63	58( 90)	14( 0)	0( 0)	( 44.4)	( 41.7)	94	
71	49( 70)	10( 10)	0( 0)				
72	85(100)	0( 0)	0( 0)	24.2	33.2	137%	
73	74( 90)	0( 0)	0( 0)	( 30.0)	( 40.8)	136	
81	58( 70)	0( 0)	0( 0)				
82	88( 70)	0( 0)	0( 0)	20.4	31.3	153%	
83	38( 50)	0( 0)	0( 0)	( 21.1)	( 30.3)	144	
91	75( 60)	0( 0)	0( 0)				
92	111(100)	0( 0)	0( 0)	25.6	39.4	154%	
93	44( 50)	0( 0)	0( 0)	( 23.3)	( 35.3)	151	

資料番号 04R15 被着材厚み 80 mm 接着剤 レゾルソール 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04R151	04R152	04R153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	10( 5)	11( 10)	55( 50)				
12	69( 95)	95( 50)	81(100)	67.3	37.5	56%	
13	99( 95)	119(100)	67( 60)	( 62.8)	( 37.6)	60	
21	52( 90)	98( 95)	85(100)				
22	96(100)	92(100)	88( 85)	85.7	15.4	18%	
23	104(100)	76( 95)	80(100)	( 96.1)	( 5.5)	6%	
31	99( 95)	84( 95)	78( 95)				
32	96( 95)	90(100)	63( 55)	90.6	13.6	15%	
33	107(100)	100(100)	98(100)	( 92.8)	( 14.4)	16	
41	109(100)	81(100)	97(100)				
42	87(100)	103(100)	70( 80)	90.1	13.3	15%	
43	103(100)	81( 80)	80( 95)	( 95.0)	( 8.7)	9	
51	99(100)	93(100)	94(100)				
52	63( 90)	101(100)	64(100)	85.7	16.9	20%	
53	104(100)	65(100)	88( 95)	( 98.3)	( 3.5)	4	
61	80( 75)	62( 95)	84( 40)				
62	66(100)	82(100)	80( 70)	79.6	11.8	15%	
63	104(100)	78( 95)	80(100)	( 86.1)	( 20.7)	24	
71	101(100)	98( 80)	94( 60)				
72	74( 95)	68(100)	109( 80)	87.0	15.0	17%	
73	89(100)	67(100)	83( 95)	( 90.0)	( 13.9)	16	
81	88( 80)	94( 45)	93(100)				
82	56( 40)	59( 45)	70(100)	75.2	13.8	18%	
83	74( 20)	71( 85)	72( 50)	( 62.8)	( 29.0)	46	
91	61( 10)	13( 60)	71( 40)				
92	43( 20)	67( 80)	63( 30)	52.1	17.4	33%	
93	51( 5)	48( 30)	52( 20)	( 32.8)	( 24.1)	74	

資料番号 05R15 被着材厚み 100 mm 接着剤 ヴィルソール 圧締荷重 15 kg / cm<sup>2</sup> No. 1

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05R151	05R152	05R153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	40( 95)	41( 85)	0( 0)				
12	85(100)	100(100)	0( 0)	45.8	37.0	81%	
13	71(100)	75(100)	0( 0)	( 64.4)	( 45.8)	71	
21	88(100)	110(100)	49( 70)				
22	93(100)	112(100)	93(100)	85.8	20.2	24%	
23	60(100)	95(100)	72( 15)	( 87.2)	( 27.2)	31	
31	99(100)	60( 80)	81(100)				
32	90(100)	102(100)	83(100)	81.8	13.1	16%	
33	68(100)	81( 95)	72(100)	( 97.2)	( 6.3)	6	
41	76(100)	57( 65)	54( 25)				
42	92(100)	102( 95)	112(100)	82.4	19.7	24%	
43	62( 15)	93(100)	94(100)	( 77.8)	( 32.8)	42	
51	76(100)	43( 50)	11( 50)				
52	88( 80)	74(100)	88(100)	69.3	24.9	36%	
53	68(100)	85( 80)	91(100)	( 84.4)	( 20.1)	24	
61	72(100)	44( 80)	93(100)				
62	90(100)	88( 70)	79(100)	79.7	14.8	19%	
63	73( 90)	83( 70)	95(100)	( 91.1)	( 12.9)	14	
71	78( 90)	35( 40)	22( 5)				
72	74(100)	73( 75)	76(100)	66.9	22.9	34%	
73	59( 10)	89( 65)	96(100)	( 65.0)	( 36.0)	55	
81	83( 5)	25( 80)	9( 0)				
82	72( 70)	34( 50)	26( 40)	45.9	23.6	51%	
83	41( 20)	54( 45)	69(100)	( 45.6)	( 31.9)	70	
91	71(100)	24( 35)	7( 0)				
92	86(100)	66( 70)	18( 0)	42.6	27.0	64%	
93	63( 30)	26( 30)	22( 0)	( 40.6)	( 38.2)	94	

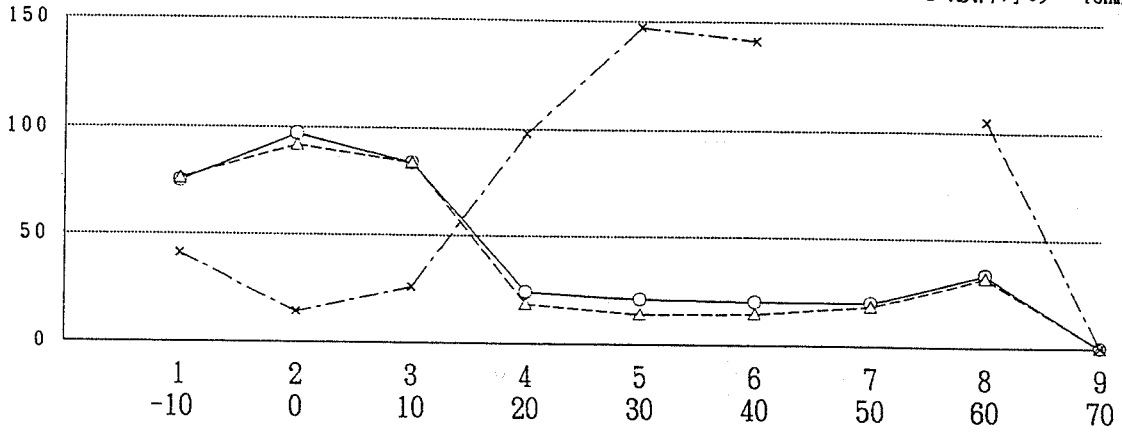


Resorcinol Resin Adhesive

Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

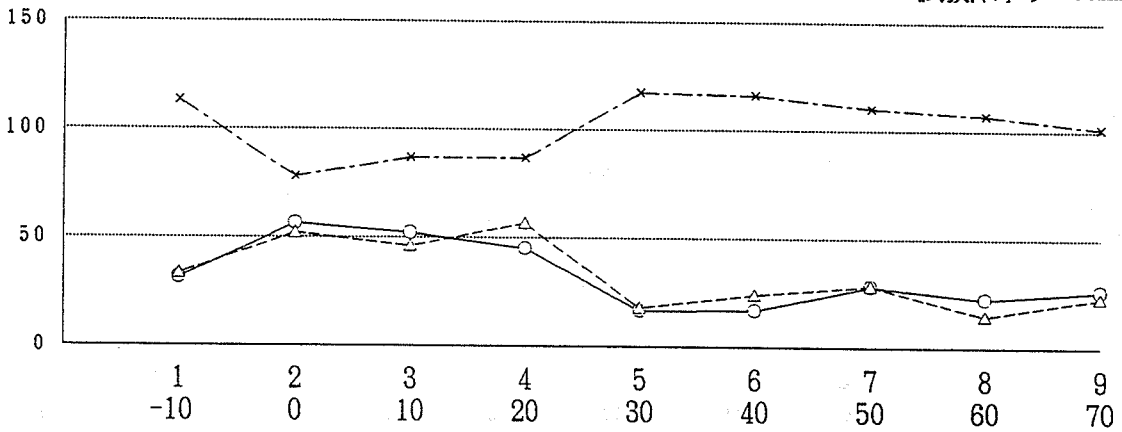
0 1 R 1 5

被着体厚み 20mm  
試験体厚み 40mm



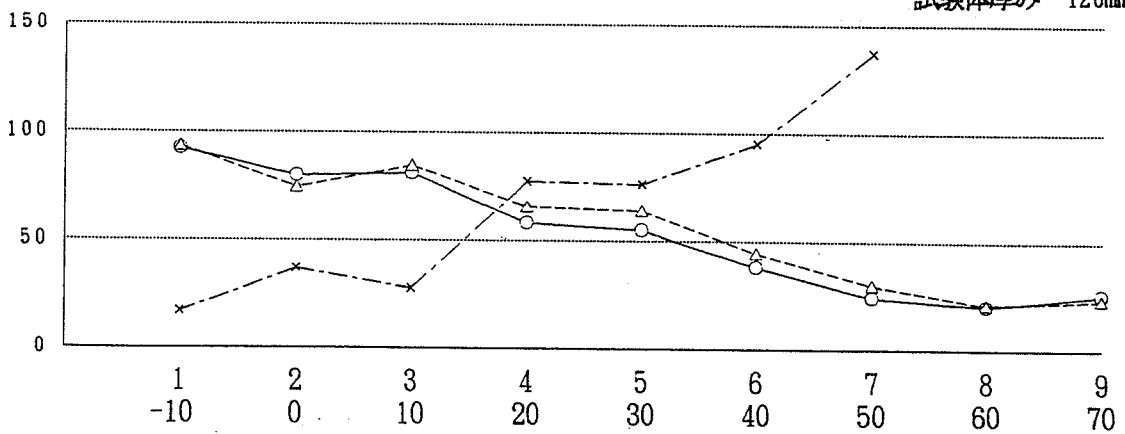
0 2 R 1 5

被着材厚み 40mm  
試験体厚み 80mm



0 3 R 1 5

被着材厚み 60mm  
試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率 %

\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

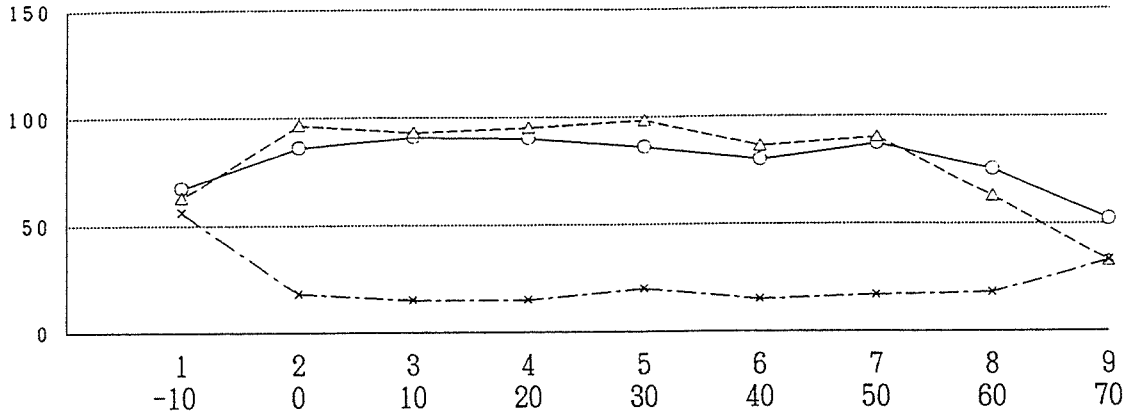
-10 ~ 70 圧締位置からの中心距離cm

Resorcinol Resin Adhesive

Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

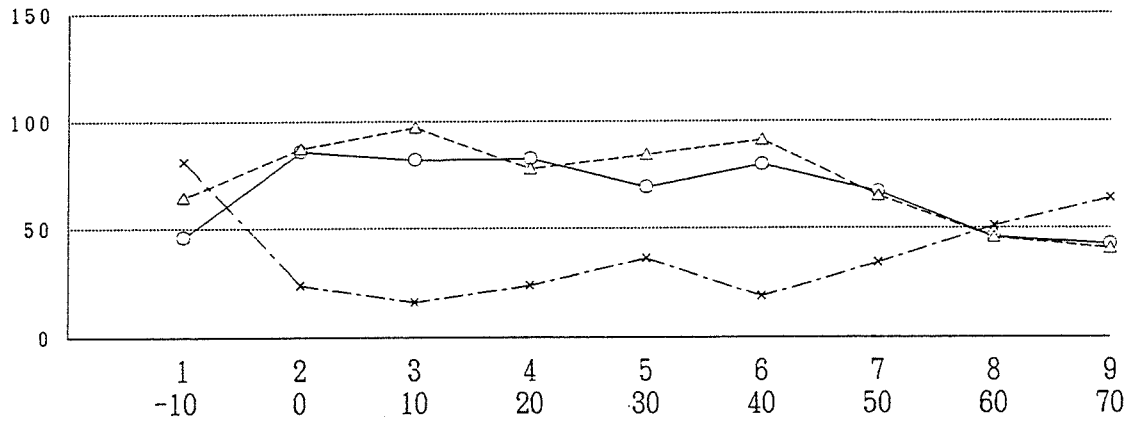
0 4 R 1 5

被着材厚み 80mm  
試験体厚み 160mm



0 5 R 1 5

被着材厚み 100mm  
試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○—接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>  
△---木部破断率 %  
\*---接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
-10~70 圧縮位置からの心v心距離cm

資料番号 01E05 被着材厚み 20 mm 接着剤 Iボキッ 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01E051	01E052	01E053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	54( 30)	108( 70)	102(100)				
12	96(100)	127( 30)	95(100)	97.	18.	19%	
13	92(100)	101(100)	95( 90)	( 80. )	( 28. )	35	
21	102(100)	98( 80)	93(100)				
22	99(100)	112(100)	90(100)	95.	11.	11%	
23	99(100)	88(100)	71(100)	( 98. )	( 6. )	6	
31	83(100)	103(100)	113( 95)				
32	99(100)	114(100)	65(100)	99.	17.	17%	
33	122(100)	102(100)	88(100)	( 99. )	( 2. )	2	
41	59( 55)	39( 10)	78(100)				
42	90(100)	94(100)	93(100)	63.	30.	48%	
43	20( 5)	83(100)	13( 25)	( 66. )	( 40. )	61	
51	31( 5)	0( 0)	0( 0)				
52	45( 40)	39( 10)	39( 30)	27.	23.	84%	
53	20( 0)	69( 15)	0( 0)	( 11.1)	( 13.9)	125	
61	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
62	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
71	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
72	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	

資料番号 02E05 被着材厚み 40 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02E051	02E052	02E053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	114(100)	112(100)	99(100)				
12	114(100)	109(100)	102(100)	108.	5.	5%	
13	109(100)	102( 90)	108(100)	( 99. )	( 3. )	3	
21	111(100)	90(100)	103(100)				
22	110(100)	113(100)	103(100)	104.	7.	7%	
23	108(100)	96(100)	99(100)	( 100.0)	( 0. )	0	
31	113(100)	103(100)	117(100)				
32	115(100)	110( 80)	99(100)	110.	6.	5%	
33	108( 95)	106( 50)	115(100)	( 92. )	( 16. )	17	
41	100( 95)	82(100)	56( 65)				
42	110(100)	108( 20)	106(100)	99.	18.	18%	
43	105(100)	104( 10)	118(100)	( 77. )	( 35. )	45	
51	44( 40)	75( 5)	46( 30)				
52	44( 20)	107(100)	96( 90)	67.	26.	39%	
53	46( 30)	103(100)	46( 40)	( 51. )	( 34. )	68	
61	42( 45)	76( 10)	21( 5)				
62	29( 5)	90( 20)	67( 35)	58.	27.	47%	
63	47( 15)	106( 25)	43( 20)	( 20. )	( 13. )	63	
71	78( 60)	48( 5)	30( 15)				
72	34( 10)	77( 5)	105( 80)	61.	23.	37%	
73	54( 25)	54( 5)	72( 35)	( 27. )	( 25. )	96	
81	79( 80)	42( 5)	15( 0)				
82	50( 30)	0( 0)	70( 45)	40.	27.	67%	
83	56( 30)	2( 0)	49( 70)	( 33. )	( 29. )	89	
91	37( 40)	25( 0)	24( 0)				
92	37( 5)	50( 10)	48( 15)	39.	13.	33%	
93	43( 30)	62( 15)	22( 5)	( 13. )	( 13. )	97	

資料番号 03E05 被着材厚み 60 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03E051	03E052	03E053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	96(100)	94(100)	76( 90)				
12	89(100)	91(100)	98(100)	88.	8.	9%	
13	94(100)	74( 95)	81(100)	( 98. )	3.	3	
21	85(100)	98(100)	73(100)				
22	91(100)	74( 95)	88( 80)	85.	11.	13%	
23	96(100)	66( 70)	89(100)	( 94. )	( 10. )	11	
31	103(100)	90(100)	98(100)				
32	90(100)	76(100)	85(100)	83.	17.	20%	
33	48( 80)	63(100)	94( 60)	( 93. )	( 13. )	14	
41	84(100)	36( 30)	40( 60)				
42	86(100)	104(100)	74( 60)	73.	22.	30%	
43	60( 65)	88(100)	82( 20)	( 71. )	( 30. )	42	
51	64( 70)	45( 25)	80( 80)				
52	80( 85)	102( 90)	73( 35)	76.	15.	20%	
53	87( 60)	84( 75)	71( 70)	( 66. )	( 21. )	32	
61	95(100)	14( 5)	61( 30)				
62	95(100)	61( 10)	65( 50)	64.	24.	37%	
63	48( 90)	81( 50)	61(100)	( 59. )	( 37. )	62	
71	104(100)	6( 5)	62( 30)				
72	95( 95)	91( 70)	61( 30)	74.	28.	38%	
73	93(100)	71( 90)	84( 50)	( 63. )	( 34. )	53	
81	6( 0)	7( 5)	21( 5)				
82	79(100)	98(100)	34( 5)	42.	32.	76%	
83	19( 30)	73(100)	37( 40)	( 43. )	( 42. )	99	
91	43( 30)	18( 10)	48( 5)				
92	88(100)	49( 15)	32( 20)	50.	23.	46%	
93	76( 95)	24( 10)	74(100)	( 43. )	( 40. )	93	

資料番号 04E05 被着材厚み 80 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04E051	04E052	04E053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	96( 90)	87( 95)	101(100)				
12	96(100)	106(100)	94(100)	97.	8.	8%	
13	89( 95)	113(100)	89(100)	( 98. )	3.	4	
21	97( 90)	92( 95)	89(100)				
22	93(100)	104(100)	78(100)	95.	8.	8%	
23	101(100)	104(100)	94(100)	( 98. )	( 3. )	3	
31	93( 85)	97(100)	92(100)				
32	95( 75)	100(100)	78(100)	93.	6.	7%	
33	91( 45)	99(100)	88(100)	( 89. )	( 19. )	21	
41	58( 10)	39( 10)	68( 70)				
42	85( 35)	97(100)	86(100)	77.	18.	24%	
43	74( 90)	99(100)	88( 95)	( 68. )	( 37. )	54	
51	7( 0)	29( 0)	76( 95)				
52	23( 5)	79( 40)	77(100)	57.	28.	50%	
53	56( 30)	64( 5)	97(100)	( 42. )	( 42. )	101	
61	18( 5)	28( 5)	43( 55)				
62	31( 5)	67( 5)	89(100)	51.	26.	51%	
63	41( 10)	45( 5)	98( 90)	( 31. )	( 37. )	120	
71	18( 5)	3( 0)	45( 40)				
72	30( 5)	44( 5)	78(100)	42.	30.	72%	
73	19( 0)	35( 5)	105(100)	( 29. )	( 40. )	137	
81	6( 0)	1( 0)	18( 10)				
82	8( 0)	33( 5)	92( 95)	28.	27.	97%	
83	10( 0)	47( 0)	37( 50)	( 18. )	( 31. )	176	
91	0( 0)	7( 0)	23( 10)				
92	12( 5)	50( 5)	68( 40)	35.	26.	76%	
93	20( 5)	66( 10)	66( 40)	( 13. )	( 15. )	117	

資料番号 05E05 被着材厚み 100 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05E051	05E052	05E053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	82(100)	32( 50)	90(100)				
12	92(100)	79(100)	97(100)	78.	22.	28%	
13	45( 60)	92(100)	94(100)	( 90. )	( 19. )	21	
21	95(100)	96(100)	101(100)				
22	96(100)	71(100)	110(100)	90.	12.	14%	
23	82(100)	72(100)	87(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	93(100)	38( 80)	17( 5)				
32	90(100)	84(100)	7( 0)	58.	34.	60%	
33	62(100)	102(100)	26( 5)	( 66. )	( 44. )	68	
41	78( 70)	16( 50)	96(100)				
42	99(100)	86(100)	94(100)	78.	26.	34%	
43	56(100)	74(100)	106(100)	( 91. )	( 17. )	19	
51	18( 0)	4( 5)	93(100)				
52	18( 0)	38( 30)	94(100)	40.	31.	77%	
53	15( 0)	35( 30)	50( 10)	( 31. )	( 39. )	127	
61	49( 10)	23( 10)	32( 5)				
62	63( 20)	85(100)	77( 30)	60.	30.	49%	
63	17( 0)	100(100)	97(100)	( 42. )	( 42. )	101	
71	19( 0)	20( 50)	30( 10)				
72	67(100)	91(100)	98( 95)	55.	31.	56%	
73	20( 5)	79(100)	70( 60)	( 58. )	( 41. )	71	
81	56(100)	1( 0)	19( 5)				
82	48(100)	36( 60)	0( 0)	27.	21.	77%	
83	24( 5)	54(100)	6( 0)	( 41.1)	( 45.3)	110	
91	60( 20)	63( 80)	16( 5)				
92	60(100)	90( 95)	0( 0)	46.	27.	58%	
93	50( 15)	55( 25)	19( 5)	( 38.3)	( 38.7)	101	

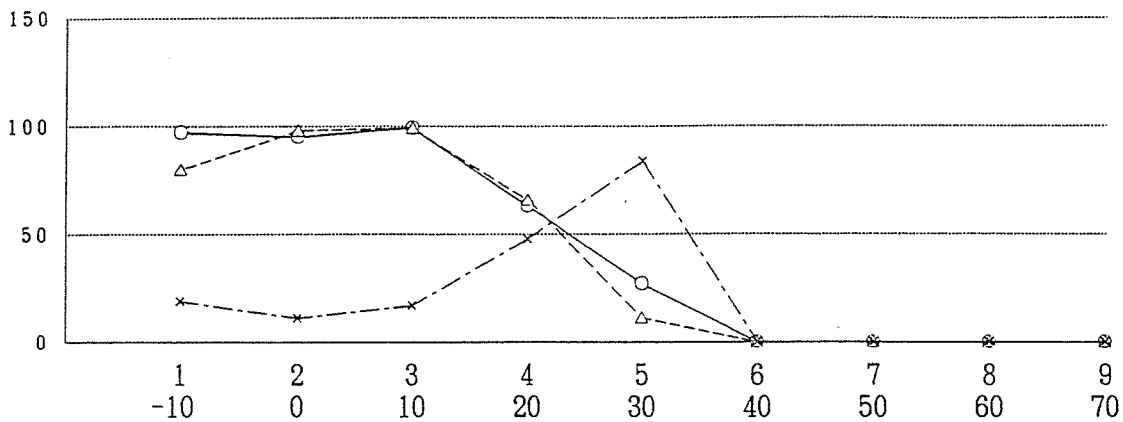
Epoxy Resin Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 E 0 5

被着体厚み 20mm

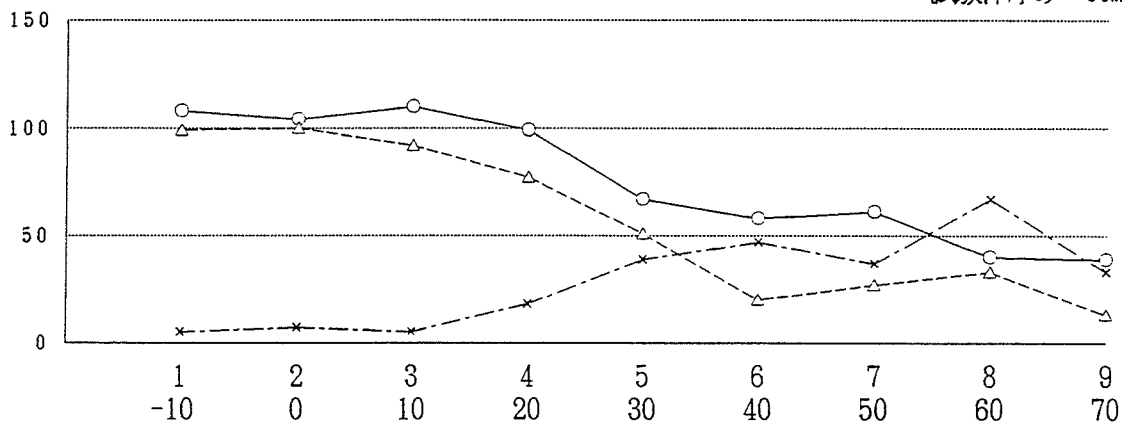
試験体厚み 40mm



0 2 E 0 5

被着材厚み 40mm

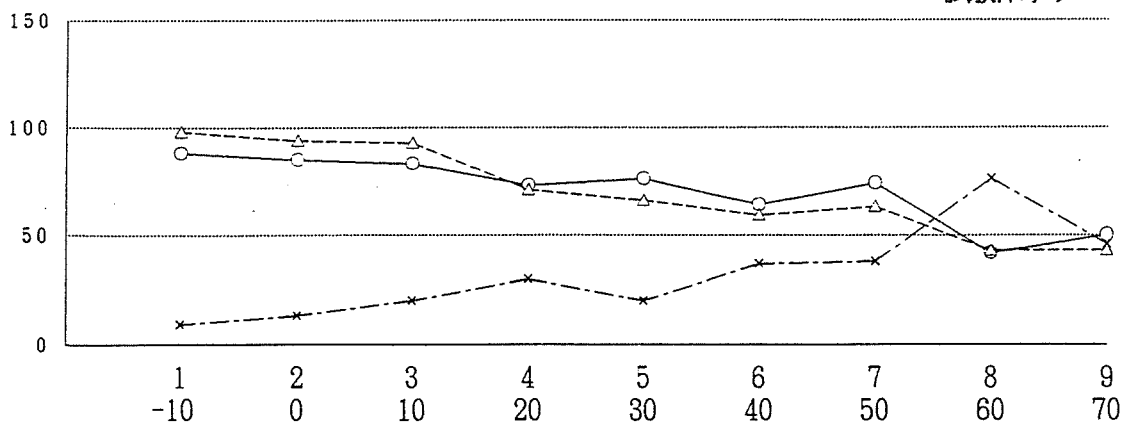
試験体厚み 80mm



0 3 E 0 5

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○—接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△---木部破断率 %

\*---接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1~9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの中心距離cm

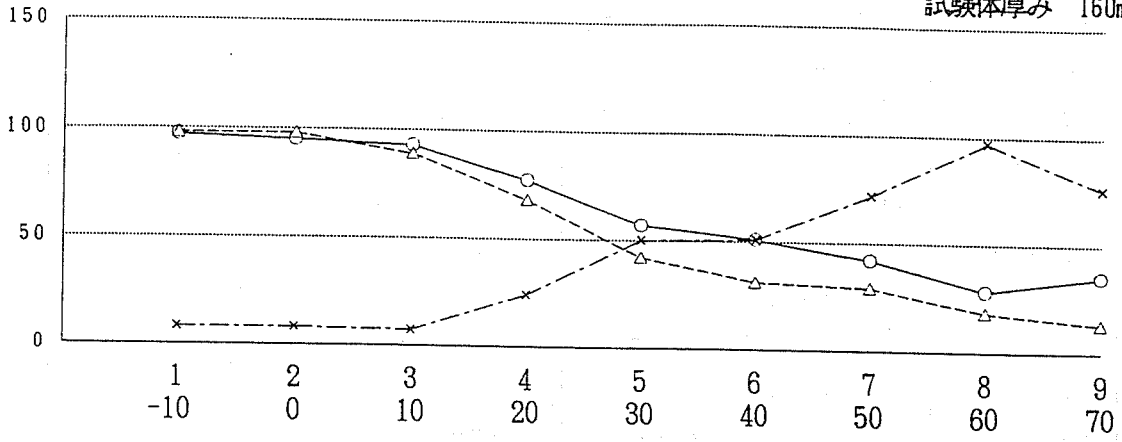


Epoxy Resin Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

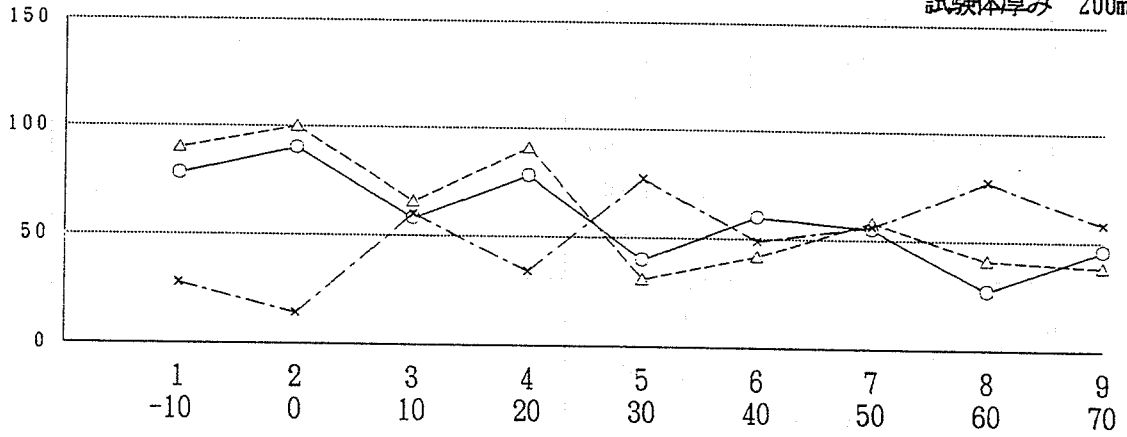
0 4 E 0 5

被着材厚み 80mm  
試験体厚み 160mm



0 5 E 0 5

被着材厚み 100mm  
試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>  
 △--- 木部破断率 %  
 \*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
 -10~70 圧縮位置からの心中心距離cm

資料番号 01E10 被着材厚み 20 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01E101	01E102	01E103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	51(100)	105(100)	83(100)	91.7 ( 100.0)	19.3 ( 0.0)	21% 0	
12	104(100)	100(100)	118(100)				
13	90(100)	80(100)	94(100)				
21	99(100)	116(100)	96(100)	103.9 ( 100.0)	11.7 ( 0.0)	11% 0	
22	105(100)	113(100)	104(100)				
23	88(100)	91(100)	123(100)				
31	124(100)	105(100)	79(100)	89.6 ( 94.4)	24.5 ( 16.7)	27% 18	
32	89(100)	117(100)	48( 50)				
33	65(100)	99(100)	80(100)				
41	51( 40)	29( 5)	98( 50)	48.0 ( 34.4)	36.2 ( 36.2)	75% 105	
42	0( 0)	31( 15)	94(100)				
43	0( 0)	58( 20)	71( 80)				
51	0( 0)	0( 0)	65( 95)	20.2 ( 26.1)	31.0 ( 42.6)	154% 163	
52	0( 0)	0( 0)	71(100)				
53	0( 0)	0( 0)	46( 40)				
61	0( 0)	0( 0)	93(100)	13.9 ( 15.0)	31.5 ( 33.9)	227% 226	
62	0( 0)	0( 0)	32( 35)				
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
71	0( 0)	0( 0)	75( 40)	8.3 ( 4.4)	25.0 ( 13.3)	301% 303	
72	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
81	0( 0)	61( 30)	58( 15)	32.0 ( 8.3)	40.3 ( 11.2)	126% 135	
82	0( 0)	64( 10)	0( 0)				
83	0( 0)	106( 20)	0( 0)				
91	0( 0)	33( 15)	0( 0)	20.7 ( 13.3)	37.4 ( 32.9)	181% 247	
92	0( 0)	43( 5)	0( 0)				
93	0( 0)	110(100)	0( 0)				

資料番号 02E10 被着材厚み 40 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02E101	02E102	02E103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	82(100)	27( 20)	96(100)				
12	90(100)	88(100)	92(100)	78.1	21.3	27%	
13	65(100)	86(100)	77(100)	( 91.1)	( 26.7)	29	
21	79(100)	94(100)	85(100)				
22	96(100)	90(100)	76(100)	86.1	8.0	9%	
23	76(100)	95(100)	84(100)	( 100.0)	( 0.0)	0	
31	72(100)	93(100)	97(100)				
32	98(100)	90(100)	91(100)	85.1	12.1	14%	
33	63(100)	76(100)	86( 50)	( 94.4)	( 16.7)	18	
41	19( 10)	28( 20)	65( 70)				
42	112(100)	82(100)	94(100)	65.6	32.1	49%	
43	33( 45)	74( 90)	83(100)	( 71.4)	( 35.3)	49	
51	33( 15)	17( 5)	37( 30)				
52	91(100)	78( 70)	98(100)	54.2	29.6	55%	
53	27( 50)	66( 90)	41( 30)	( 54.4)	( 36.9)	68	
61	34( 15)	16( 25)	42( 30)				
62	93(100)	81(100)	86( 80)	59.6	30.8	52%	
63	21( 15)	82( 95)	81( 95)	( 61.7)	( 39.1)	63	
71	31( 10)	18( 10)	37( 20)				
72	68( 60)	71( 95)	88(100)	52.9	25.5	48%	
73	31( 5)	84(100)	48( 70)	( 52.2)	( 41.2)	79	
81	53( 55)	15( 5)	45( 10)				
82	89( 95)	72(100)	0( 0)	47.8	29.6	62%	
83	41( 40)	81(100)	34( 10)	( 79.4)	( 126.0)	159	
91	46( 50)	57( 75)	32( 5)				
92	84( 90)	71(100)	95(100)	63.7	28.6	45%	
93	13( 10)	85( 95)	90( 60)	( 65.0)	( 37.0)	57	

資料番号 03E10 被着材厚み 60 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03E101	03E102	03E103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	91(100)	101(100)	103(100)				
12	101(100)	104(100)	103(100)	100.8	4.4	4%	
13	97(100)	106(100)	101(100)	( 100.0)	0.0	0	
21	89(100)	77(100)	114(100)				
22	114(100)	101(100)	111(100)	99.7	13.6	14%	
23	84(100)	99(100)	108(100)	( 100.0)	( 0.0)	0	
31	77(100)	105(100)	109(100)				
32	111(100)	101(100)	110(100)	101.9	10.9	11%	
33	93(100)	103(100)	108(100)	( 100.0)	( 0.0)	0	
41	63( 60)	109(100)	45( 40)				
42	99(100)	107(100)	88( 50)	82.2	24.2	29%	
43	96( 90)	84(100)	49( 30)	( 74.4)	( 29.2)	39	
51	20( 5)	46( 55)	2( 0)				
52	30( 5)	54( 65)	34( 5)	29.2	17.3	59%	
53	17( 0)	46( 20)	14( 0)	( 17.2)	( 25.1)	146	
61	3( 0)	38( 10)	38( 10)				
62	22( 0)	40( 10)	54( 25)	28.7	16.7	58%	
63	17( 5)	9( 5)	37( 5)	( 7.8)	( 7.5)	97	
71	0( 0)	10( 0)	17( 5)				
72	8( 0)	22( 5)	84( 95)	24.1	29.2	121%	
73	10( 5)	3( 0)	63( 35)	( 16.1)	( 31.6)	196	
81	0( 0)	6( 0)	14( 5)				
82	18( 0)	81( 80)	71( 35)	26.0	28.8	111%	
83	10( 0)	31( 20)	15( 5)	( 16.1)	( 26.8)	166	
91	0( 0)	14( 5)	15( 5)				
92	38( 5)	50( 15)	44( 10)	24.1	16.8	70%	
93	24( 0)	9( 5)	23( 5)	( 5.6)	( 4.6)	83	

資料番号 04E10 被着材厚み 80 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04E101	04E102	04E103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	91(100)	95(100)	100(100)				
12	101(100)	102( 95)	103(100)	94.	12.	13%	
13	82( 95)	68( 95)	103( 30)	( 91. )	22.	24	
21	89(100)	93(100)	97(100)				
22	110(100)	110(100)	99(100)	97.	8.	9%	
23	89(100)	86(100)	104(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	79(100)	88(100)	90(100)				
32	110(100)	102(100)	90( 90)	91.	10.	11%	
33	88(100)	78(100)	98(100)	( 99. )	( 3. )	3	
41	87(100)	92(100)	81(100)				
42	100(100)	65(100)	106(100)	87.	12.	13%	
43	81(100)	92(100)	77(100)	( 100. )	( 0. )	0	
51	97(100)	55( 10)	68( 90)				
52	94(100)	92( 90)	106(100)	76.	24.	32%	
53	66( 80)	24( 20)	86( 50)	( 71. )	( 33. )	47	
61	80( 80)	21( 5)	69( 70)				
62	105(100)	74( 75)	98(100)	70.	26.	38%	
63	89(100)	37( 60)	56( 10)	( 67. )	( 34. )	52	
71	12( 0)	9( 0)	14( 5)				
72	88( 70)	48( 45)	94( 85)	39.	31.	80%	
73	42( 25)	24( 5)	18( 10)	( 27. )	( 30. )	111	
81	6( 0)	9( 0)	44( 20)				
82	21( 5)	61( 40)	99( 80)	39.	32.	82%	
83	14( 5)	79( 95)	18( 10)	( 28. )	( 34. )	120	
91	17( 5)	32( 20)	18( 10)				
92	34( 10)	93( 95)	66( 10)	36.	25.	69%	
93	15( 5)	34( 30)	15( 5)	( 21. )	( 27. )	129	

資料番号 05E10 被着材厚み 100 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05E101	05E102	05E103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	61(100)	63( 90)	67(100)				
12	106( 80)	91(100)	51( 90)	77.8	19.1	25%	
13	102(100)	77(100)	82( 80)	( 93.3)	( 8.7)	9	
21	25(100)	98(100)	96(100)				
22	97(100)	99(100)	88(100)	90.8	25.8	28%	
23	108( 40)	113(100)	93(100)	( 93.3)	( 20.0)	21	
31	14( 5)	84( 90)	74(100)				
32	80( 10)	100(100)	103(100)	73.6	29.1	40%	
33	38( 30)	88(100)	81(100)	( 70.6)	( 42.3)	60	
41	66(100)	19( 5)	71( 50)				
42	89(100)	46( 50)	92(100)	64.0	23.5	37%	
43	74(100)	44( 10)	75( 70)	( 65.0)	( 38.7)	59	
51	64(100)	9( 0)	13( 15)				
52	98( 90)	90(100)	99(100)	63.1	33.1	52%	
53	71(100)	58( 70)	66( 40)	( 68.3)	( 40.0)	59	
61	89(100)	0( 0)	17( 0)				
62	87(100)	41( 0)	78( 90)	54.6	39.4	72%	
63	93(100)	2( 0)	84(100)	( 54.4)	( 51.7)	95	
71	51(100)	0( 0)	0( 0)				
72	76(100)	8( 0)	0( 0)	28.4	34.4	121%	
73	88(100)	13( 0)	20( 5)	( 33.9)	( 49.6)	146	
81	63( 60)	0( 0)	0( 0)				
82	83(100)	20( 0)	0( 0)	29.6	30.9	104%	
83	58( 60)	22( 0)	20( 5)	( 25.0)	( 38.1)	152	
91	15( 10)	0( 0)	0( 0)				
92	102(100)	0( 0)	0( 0)	19.6	36.5	186%	
93	59( 60)	0( 0)	0( 0)	( 18.9)	( 36.2)	192	

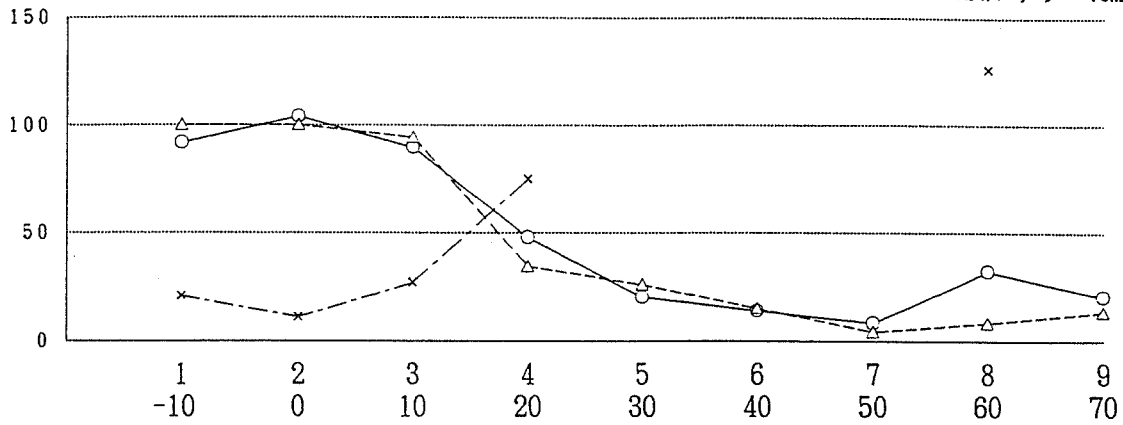
Epoxy Resin Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

01E10

被着体厚み 20mm

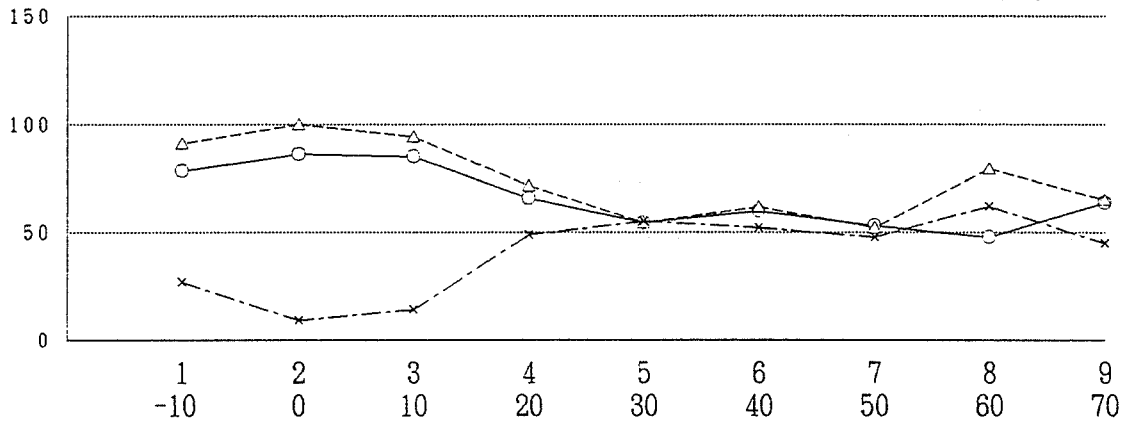
試験体厚み 40mm



02E10

被着材厚み 40mm

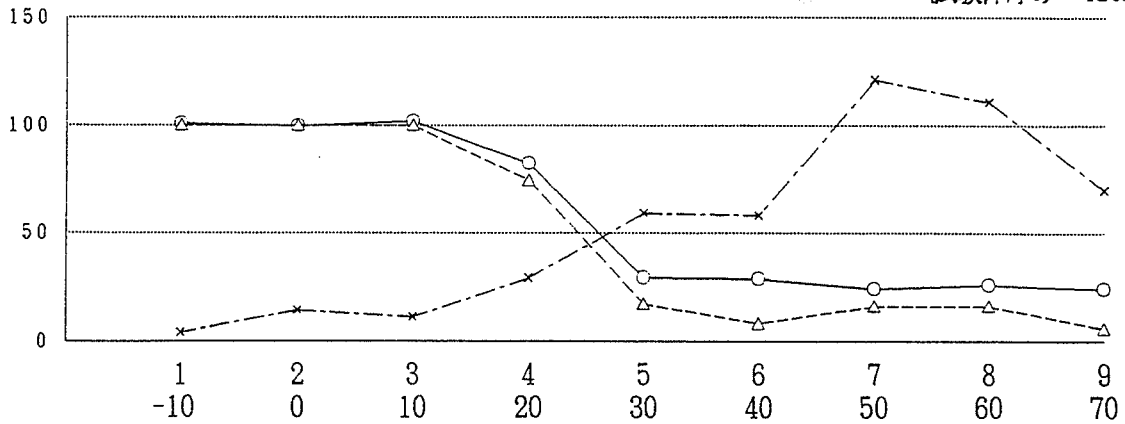
試験体厚み 80mm



03E10

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○—— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率 %

\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1~9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの心々距離cm

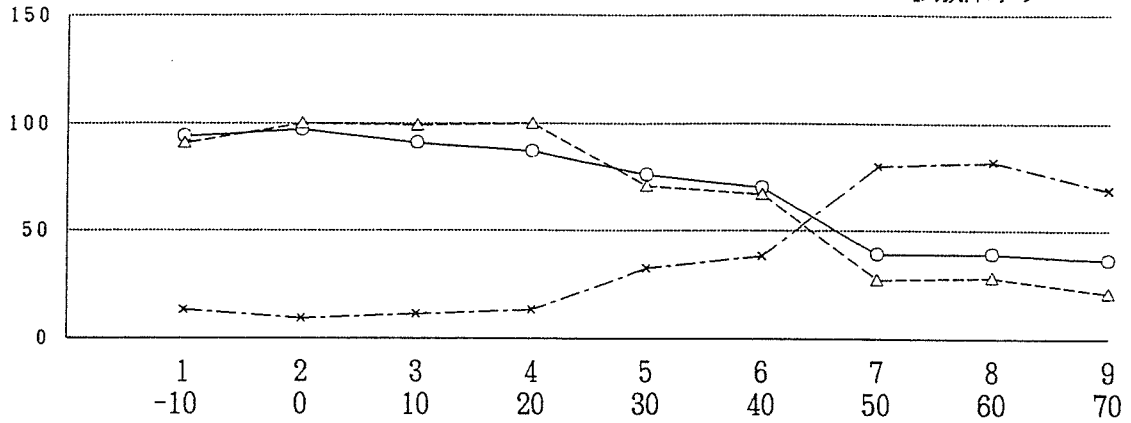
Epoxy Resin Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 E 1 0

被着材厚み 80mm

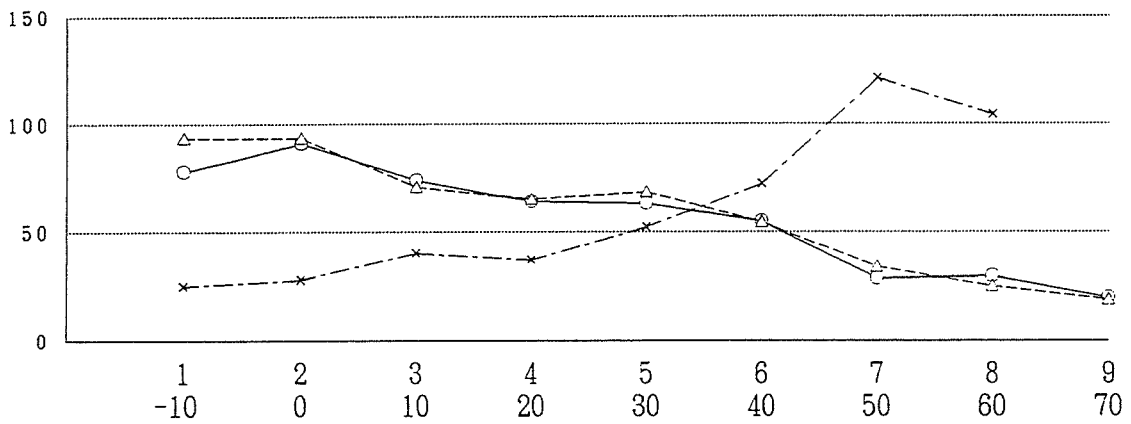
試験体厚み 160mm



0 5 E 1 0

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



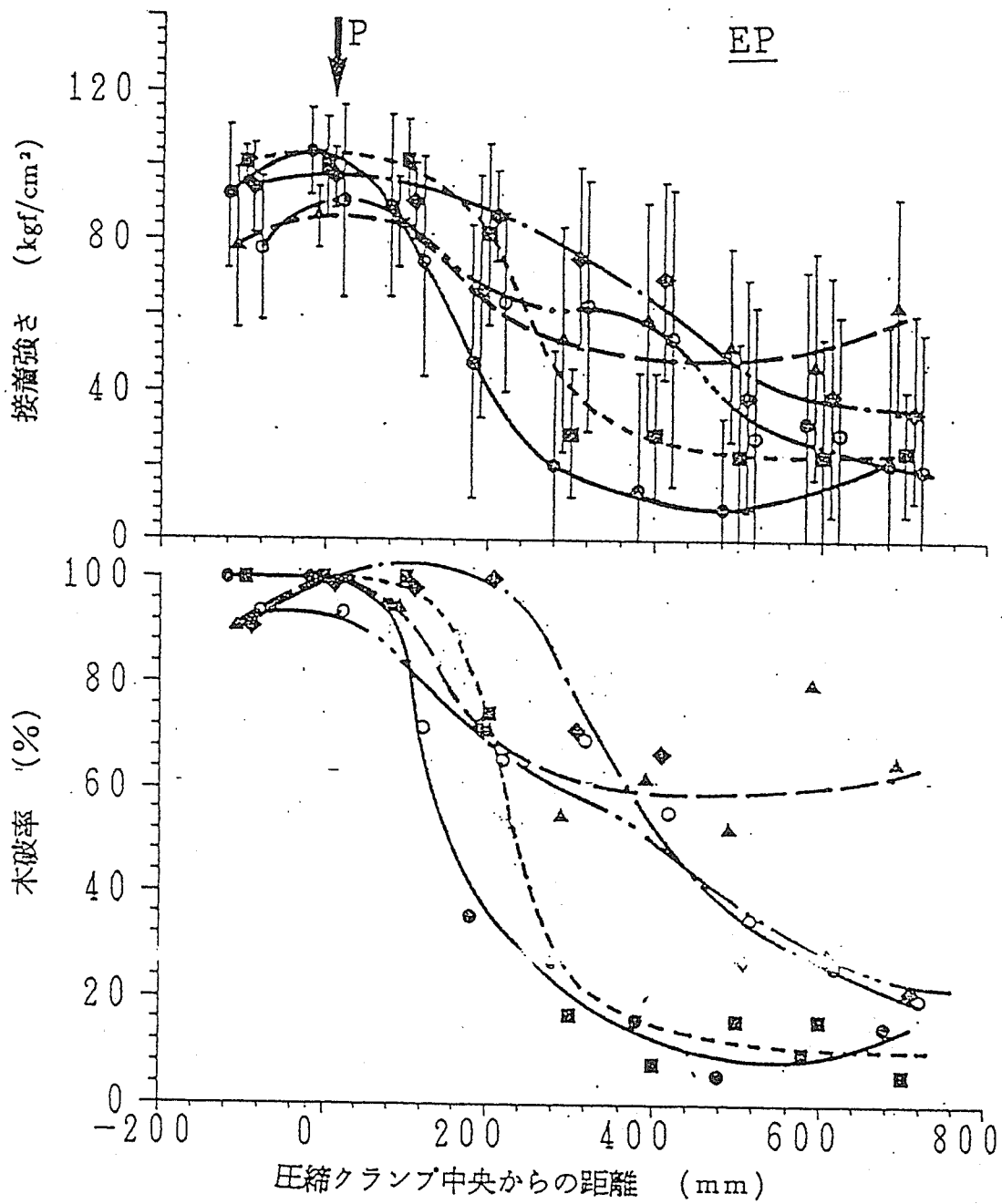
縦軸目盛 ○—接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>  
 △--- 木部破断率 %  
 \*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
 -10~70 圧縮位置からの心距離cm



接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心心距離の関係

(エポキシ樹脂接着剤)



使用接着剤 エポキシ樹脂接着剤

部分的な加圧部に加えられた圧縮荷重 10 kg/cm²

記号: ●—: 01 E 10 ; ▲--: 02 E 10 ;  
 ■---: 03 E 10 ; ◆-·-: 04 E 10 ;  
 ○-·-: 05 E 10

資料番号 01E15 被着材厚み 20 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01E151	01E152	01E153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	81(100)	136( 50)	66(100)				
12	105(100)	110(100)	104(100)	94.	26.	28%	
13	109( 80)	42( 10)	93(100)	( 82. )	( 30. )	37	
21	68(100)	115(100)	68(100)				
22	97(100)	121(100)	94(100)	93.	17.	18%	
23	86(100)	92(100)	96(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	85(100)	98(100)	80(100)				
32	124(100)	96(100)	111(100)	91.	17.	19%	
33	64(100)	81( 70)	80(100)	( 97. )	( 9. )	10	
41	0( 0)	24( 5)	16( 5)				
42	0( 0)	10( 0)	16( 0)	10.	9.	96%	
43	0( 0)	0( 0)	20( 5)	( 1.7 )	( 2.4 )	137	
51	0( 0)	23( 5)	0( 0)				
52	0( 0)	2( 2)	0( 0)	3.	7.	259%	
53	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.6 )	( 1.6 )	285	
61	0( 0)	4( 0)	0( 0)				
62	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	1.	283%	
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
71	0( 0)	38( 10)	0( 0)				
72	0( 0)	42( 5)	0( 0)	9.	17.	187%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 1.7 )	( 3.3 )	195	
81	0( 0)	15( 5)	0( 0)				
82	0( 0)	11( 0)	0( 0)	3.	6.	190%	
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.6 )	( 1.6 )	285	
91	0( 0)	108(100)	0( 0)				
92	0( 0)	42( 40)	0( 0)	17.	35.	209%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 15.6 )	( 32.4 )	207	

資料番号 02E15 被着材厚み 40 mm 接着剤 Iボキシ 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02E151	02E152	02E153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	102(100)	66(100)	78(100)				
12	111( 30)	95(100)	90(100)	92.	13.	14%	
13	107(100)	88( 5)	93(100)	( 83. )	( 32. )	39	
21	105(100)	86( 45)	78(100)				
22	113( 20)	107(100)	100(100)	102.	11.	11%	
23	109(100)	107(100)	112(100)	( 85. )	( 29. )	34	
31	108(100)	100(100)	66( 40)				
32	105( 30)	106(100)	103(100)	98.	19.	19%	
33	126(100)	105(100)	66(100)	( 86. )	( 27. )	32	
41	39( 5)	106(100)	24( 60)				
42	112( 80)	103(100)	94( 70)	86.	30.	35%	
43	110(100)	104( 95)	84( 90)	( 78. )	( 29. )	37	
51	25( 5)	0( 0)	92(100)				
52	105(100)	27( 0)	97( 40)	54.	37.	69%	
53	80( 20)	41( 5)	20( 10)	( 31.1)	( 38.6)	124	
61	6( 0)	0( 0)	63( 15)				
62	69( 25)	9( 0)	101( 15)	41.	34.	83%	
63	75( 10)	30( 5)	18( 0)	( 7.8)	( 8.5)	109	
71	4( 0)	0( 0)	18( 0)				
72	112(100)	7( 0)	48( 10)	36.	34.	94%	
73	62( 40)	45( 10)	29( 0)	( 17.8)	( 31.5)	177	
81	16( 0)	0( 0)	2( 0)				
82	106( 80)	2( 0)	4( 0)	23.	33.	145%	
83	49( 10)	27( 5)	0( 0)	( 10.6)	( 24.8)	233	
91	1( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	42( 5)	28( 0)	1( 0)	19.	21.	112%	
93	61( 15)	27( 0)	8( 0)	( 2.2)	( 4.8)	217	

資料番号 03E15 被着材厚み 60 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03E151	03E152	03E153	Ave.	σ	c.v.	備考
11	78(100)	114(100)	97(100)				
12	102(100)	99(100)	88(100)	100.	11.	11%	
13	116(100)	110(100)	98(100)	( 100. )	( 0. )	0	
21	87(100)	108(100)	77(100)				
22	96(100)	114(100)	86(100)	97.	11.	11%	
23	97(100)	105(100)	100(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	103(100)	117(100)	92(100)				
32	111(100)	103(100)	82(100)	101.	10.	10%	
33	106(100)	91(100)	102(100)	( 100. )	( 0. )	0	
41	92(100)	109(100)	57( 70)				
42	99(100)	100(100)	74(100)	94.	17.	18%	
43	107(100)	110(100)	100(100)	( 97. )	( 9. )	10	
51	35( 0)	113(100)	10( 10)				
52	88(100)	110(100)	68(100)	75.	34.	45%	
53	65( 10)	114(100)	75( 70)	( 66. )	( 43. )	65	
61	48( 5)	100( 90)	7( 5)				
62	67( 5)	112(100)	88(100)	70.	30.	43%	
63	67( 20)	87(100)	54( 60)	( 54. )	( 42. )	78	
71	0( 0)	61( 50)	3( 5)				
72	47( 5)	69( 70)	74(100)	49.	28.	58%	
73	70( 20)	36( 10)	77(100)	( 40. )	( 39. )	97	
81	29( 0)	9( 0)	39( 20)				
82	69( 10)	116(100)	91(100)	60.	35.	59%	
83	107( 15)	46( 40)	35( 10)	( 33. )	( 38. )	115	
91	24( 5)	82(100)	22( 15)				
92	82( 80)	111(100)	22( 60)	64.	33.	51%	
93	103(100)	62( 80)	72( 70)	( 68. )	( 34. )	50	

資料番号 04E15 被着材厚み 80 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04E151	04E152	04E153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	87(100)	87(100)	90(100)				
12	93(100)	77(100)	95(100)	88.	10.	11%	
13	99(100)	66( 50)	94(100)	( 94. )	( 16. )	17	
21	79(100)	80( 80)	93(100)				
22	89(100)	97(100)	96(100)	86.	12.	14%	
23	93(100)	56( 15)	91(100)	( 88. )	( 27. )	30	
31	80(100)	90(100)	90(100)				
32	77(100)	74(100)	92(100)	84.	8.	10%	
33	90(100)	68( 90)	90(100)	( 99. )	( 3. )	3	
41	90(100)	94(100)	99(100)				
42	75(100)	105(100)	88(100)	90.	10.	12%	
43	90(100)	72( 95)	98(100)	( 99. )	( 2. )	2	
51	59( 85)	25( 10)	28( 50)				
52	85(100)	74(100)	91(100)	52.	29.	55%	
53	78(100)	19( 0)	14( 5)	( 61. )	( 42. )	70	
61	48( 30)	19( 5)	43( 50)				
62	86( 90)	101(100)	91(100)	62.	27.	43%	
63	41( 20)	49( 5)	81( 70)	( 52. )	( 37. )	71	
71	6( 0)	10( 0)	42( 50)				
72	51( 10)	7( 0)	84(100)	36.	27.	75%	
73	31( 10)	23( 0)	75( 70)	( 27. )	( 35. )	132	
81	17( 5)	24( 60)	20( 0)				
82	76( 55)	80(100)	63( 40)	47.	28.	60%	
83	54( 30)	82(100)	9( 5)	( 44. )	( 36. )	83	
91	20( 10)	28( 40)	16( 5)				
92	61(100)	79(100)	57( 70)	42.	25.	60%	
93	77( 40)	32( 30)	9( 0)	( 44. )	( 36. )	82	

資料番号 05E15 被着材厚み 100 mm 接着剤 エポキシ 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05E151	05E152	05E153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	87(100)	0( 0)	9( 0)				
12	92(100)	0( 0)	40( 10)	31.	36.	117%	
13	47(100)	0( 0)	0( 0)	( 34.4)	( 46.5)	135	
21	90(100)	90(100)	15( 0)				
22	94(100)	95(100)	28( 45)	62.	37.	59%	
23	52( 90)	93( 0)	0( 0)	( 78. )	( 34. )	44	
31	90(100)	85( 85)	39( 10)				
32	68(100)	67( 75)	30( 15)	57.	27.	48%	
33	76( 50)	57( 70)	0( 0)	( 63. )	( 33. )	52	
41	60( 95)	82(100)	8( 0)				
42	83(100)	83(100)	30( 0)	55.	30.	55%	
43	71(100)	73(100)	5( 0)	( 66. )	( 47. )	71	
51	31( 5)	88(100)	33( 5)				
52	81(100)	80(100)	78( 90)	61.	27.	44%	
53	85( 90)	65(100)	10( 0)	( 66. )	( 44. )	67	
61	78( 80)	53( 50)	63( 70)				
62	83( 70)	95(100)	92(100)	75.	22.	30%	
63	83( 70)	26( 10)	97(100)	( 72. )	( 27. )	38	
71	79( 5)	54(130)	82( 90)				
72	57( 40)	59( 50)	94( 90)	68.	19.	28%	
73	63( 40)	32( 40)	93( 70)	( 51. )	( 27. )	52	
81	50( 5)	32( 10)	105(100)				
82	85(100)	62( 80)	95(100)	67.	25.	38%	
83	37( 5)	49( 40)	88(100)	( 60. )	( 42. )	70	
91	79( 40)	56( 30)	80(100)				
92	79(100)	68( 25)	103(100)	72.	20.	28%	
93	64(100)	27( 0)	88(100)	( 66. )	( 39. )	59	

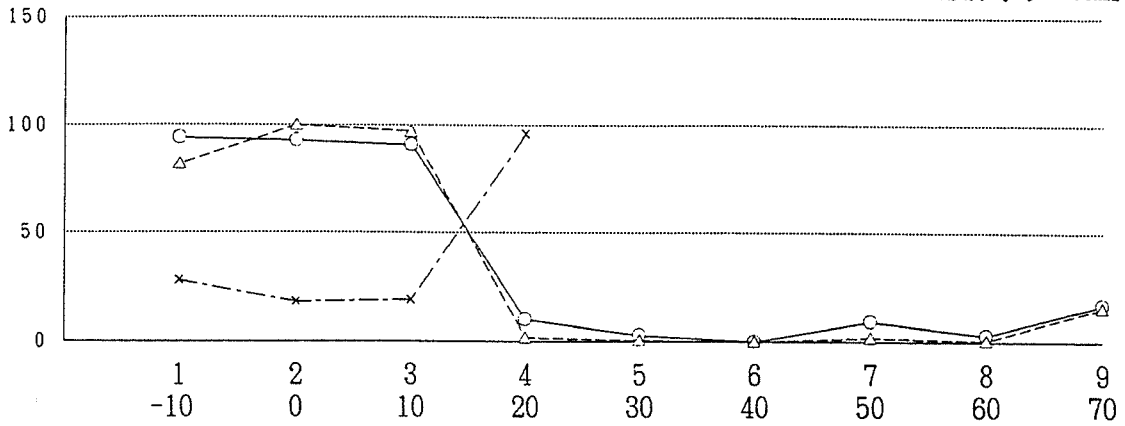
Epoxy Resin Adhesive

Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 E 1 5

被着体厚み 20mm

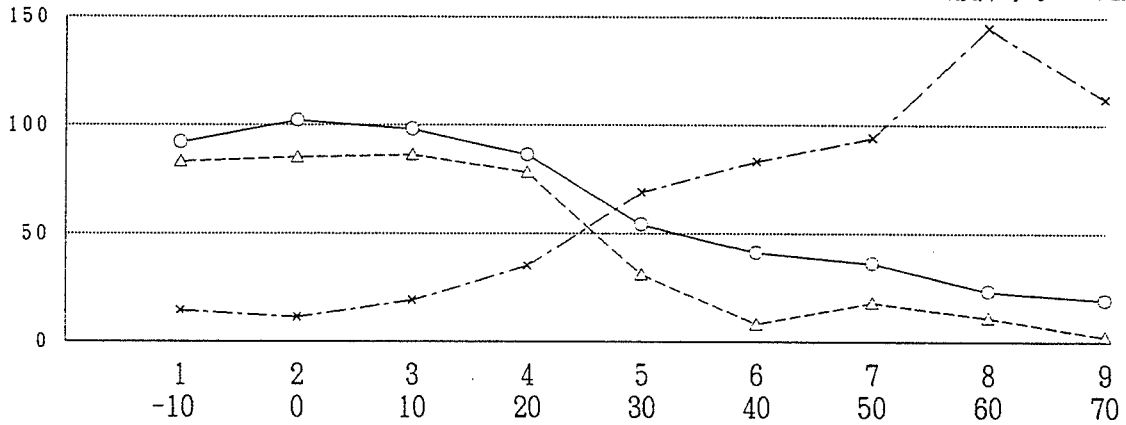
試験体厚み 40mm



0 2 E 1 5

被着材厚み 40mm

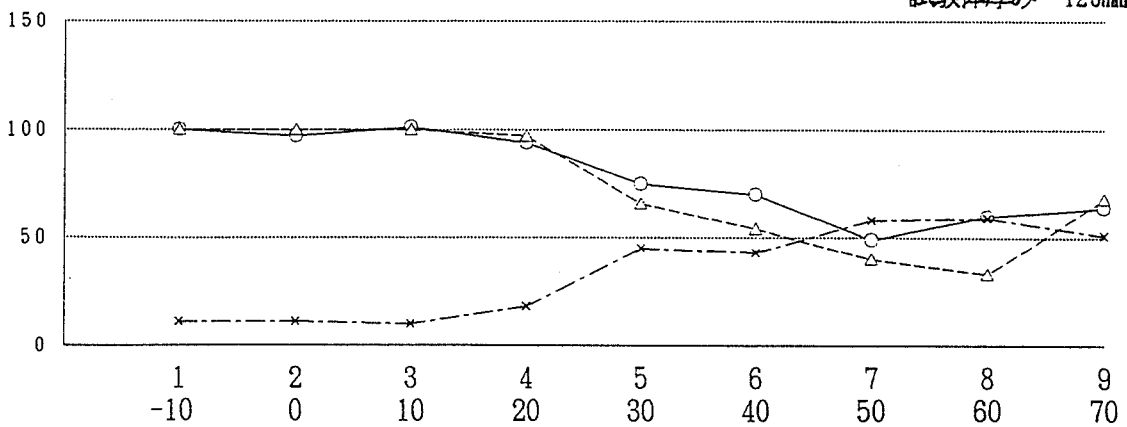
試験体厚み 80mm



0 3 E 1 5

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○ — 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△ --- 木部破断率 %

\* --- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10 ~ 70 圧縮位置からの心距離 cm

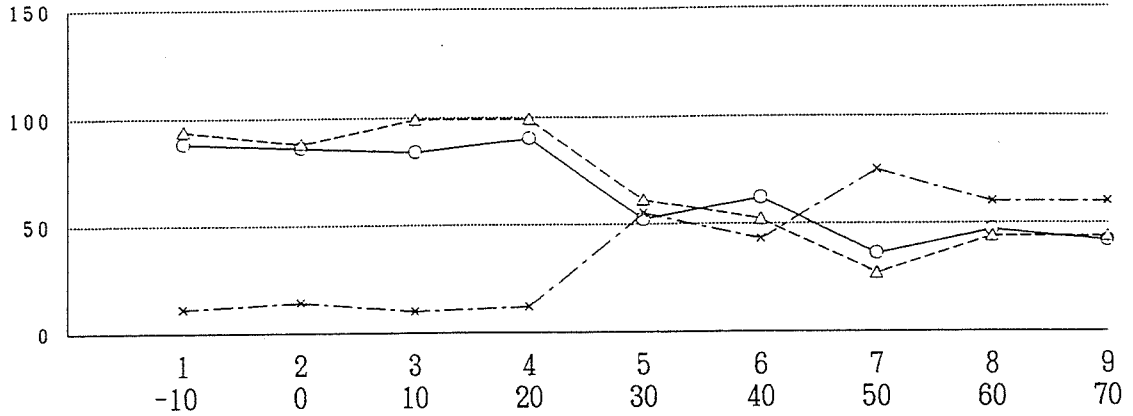
Epoxy Resin Adhesive

Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 E 1 5

被着材厚み 80mm

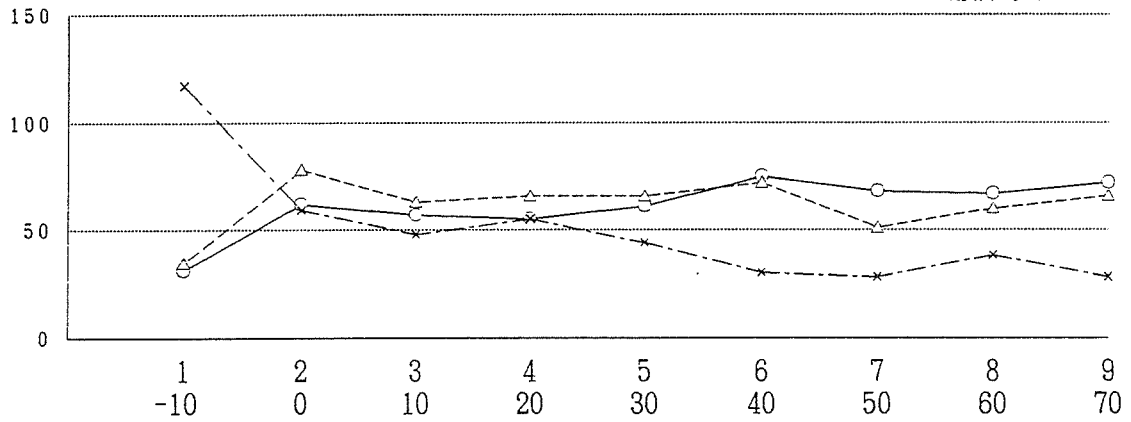
試験体厚み 160mm



0 5 E 1 5

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○ — 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△ - - - 木部破断率 %

\* - · - 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10 ~ 70 圧縮位置からの中心距離 cm



資料番号 01U05 被着材厚み 20 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01U051	01U052	01U053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	39( 10)	42( 50)	91(100)				
12	54(100)	101(100)	106(100)	69.	32.	47%	
13	32( 10)	36( 30)	118(100)	( 67. )	( 39. )	58	
21	97(100)	91(100)	114(100)				
22	70(100)	97(100)	110(100)	91.	21.	24%	
23	63(100)	58(100)	120(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	82( 50)	45( 15)	81( 50)				
32	74(100)	80(100)	98(100)	68.	24.	35%	
33	35( 30)	29( 20)	87( 30)	( 55. )	( 34. )	61	
41	30( 5)	0( 0)	0( 0)				
42	52( 50)	0( 0)	0( 0)	9.	18.	195%	
43	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 6.1)	( 15.6)	255	
51	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
52	33( 0)	0( 0)	0( 0)	4.	10.	283%	
53	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
61	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
62	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
71	0( 0)	0( 0)	43( 0)				
72	0( 0)	0( 0)	128( 30)	23.	40.	179%	
73	0( 0)	0( 0)	33( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
81	0( 0)	0( 0)	43( 0)				
82	0( 0)	0( 0)	128( 30)	23.	40.	179%	
83	0( 0)	0( 0)	33( 0)	( 3.3)	( 9.4)	285	
91	0( 0)	0( 0)	9( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	81( 80)	14.	26.	189%	
93	0( 0)	0( 0)	34( 0)	( 8.9)	( 25.1)	282	

資料番号 02U05 被着材厚み 40 mm 接着剤 ビニルケン 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02U051	02U052	02U053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	35( 10)	83(100)	90(100)				
12	86(100)	94(100)	103(100)	76.	23.	30%	
13	55( 50)	89(100)	45( 75)	( 82. )	( 30. )	37	
21	46( 10)	89(100)	106(100)				
22	93( 90)	98(100)	98(100)	80.	22.	27%	
23	42( 60)	78(100)	72(100)	( 84. )	( 29. )	34	
31	25( 5)	78(100)	97(100)				
32	84(100)	99(100)	97(100)	77.	24.	31%	
33	56(100)	97(100)	60(100)	( 89. )	( 30. )	33	
41	0( 0)	62( 10)	0( 0)				
42	11( 0)	96(100)	66(100)	34.	33.	98%	
43	0( 0)	23( 5)	48( 40)	( 28.3)	( 40.1)	142	
51	0( 0)	44( 0)	4( 0)				
52	0( 0)	57( 5)	78(100)	24.	27.	115%	
53	0( 0)	7( 0)	25( 5)	( 12.2)	( 31.1)	259	
61	0( 0)	41( 0)	18( 0)				
62	0( 0)	58( 5)	73( 40)	26.	25.	98%	
63	0( 0)	18( 0)	22( 0)	( 5.0)	( 12.5)	249	
71	0( 0)	30( 0)	5( 0)				
72	0( 0)	56( 0)	62( 5)	22.	23.	102%	
73	0( 0)	20( 0)	26( 5)	( 1.1)	( 2.1)	187	
81	0( 0)	34( 0)	13( 0)				
82	0( 0)	57( 0)	58( 0)	23.	22.	97%	
83	0( 0)	13( 0)	30( 0)	( 0.6)	( 1.6)	286	
91	0( 0)	23( 0)	33( 5)				
92	0( 0)	30( 0)	67( 10)	19.	21.	109%	
93	0( 0)	0( 0)	22( 0)	( 1.7)	( 3.3)	196	

資料番号 03U05 被着材厚み 60 mm 接着剤 ビニルケン 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03U051	03U052	03U053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	42( 70)	99(100)	105(100)				
12	119(100)	98(100)	102(100)	94.	21.	23%	
13	77( 95)	104(100)	103(100)	( 96. )	( 9. )	10	
21	103(100)	110(100)	105( 70)				
22	111(100)	98(100)	99(100)	92.	19.	21%	
23	61(100)	82(100)	56( 80)	( 94. )	( 11. )	11	
31	87( 70)	104( 70)	33( 10)				
32	108(100)	91(100)	95(100)	80.	32.	40%	
33	81(100)	107(100)	13( 15)	( 74. )	( 35. )	47	
41	49( 20)	86( 40)	3( 0)				
42	103(100)	99( 50)	55( 60)	61.	35.	58%	
43	56( 50)	89( 15)	6( 0)	( 37. )	( 30. )	82	
51	18( 0)	53( 10)	0( 0)				
52	82( 10)	60( 5)	0( 0)	33.	29.	90%	
53	23( 0)	58( 0)	0( 0)	( 2.8)	( 4.2)	150	
61	20( 0)	43( 0)	0( 0)				
62	66( 0)	45( 0)	0( 0)	25.	22.	88%	
63	31( 0)	20( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
71	30( 0)	40( 0)	0( 0)				
72	51( 0)	46( 0)	0( 0)	28.	21.	75%	
73	55(100)	36( 0)	0( 0)	( 11.1)	( 31.4)	255	
81	25( 0)	38( 0)	0( 0)				
82	57( 0)	44( 0)	0( 0)	26.	21.	80%	
83	24( 0)	46( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
91	31( 0)	39( 0)	0( 0)				
92	64( 0)	39( 0)	0( 0)	30.	24.	78%	
93	61(100)	38( 5)	0( 0)	( 11.7)	( 31.3)	267	

資料番号 04U05 被着材厚み 80 mm 接着剤 ビルウタン 圧縮荷重 5 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04U051	04U052	04U053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	73( 40)	53( 35)	49( 45)				
12	97(100)	91(100)	53(100)	71.8	19.0	26%	
13	57( 70)	19(100)	89( 95)	( 76.1)	( 28.8)	37	
21	89( 70)	30( 85)	39( 30)				
22	85( 60)	87(100)	84(100)	70.2	21.9	31%	
23	63( 75)	73( 40)	82(100)	( 73.3)	( 26.1)	35%	
31	94(100)	67( 40)	52( 70)				
32	91(100)	90(100)	99( 90)	79.3	21.1	26%	
33	40( 25)	87(100)	94(100)	( 80.6)	( 29.2)	36	
41	95( 30)	40( 5)	40( 45)				
42	112(100)	74(100)	70( 90)	72.9	25.6	35%	
43	49( 25)	90(100)	86(100)	( 66.1)	( 39.3)	59	
51	29( 10)	5( 0)	0( 0)				
52	63( 10)	91(100)	18( 15)	33.1	28.2	85%	
53	21( 5)	36( 20)	39( 10)	( 18.9)	( 31.1)	164	
61	46( 10)	17( 20)	22( 15)				
62	89( 35)	97(100)	88( 95)	58.7	30.9	52%	
63	42( 0)	84( 5)	43( 10)	( 32.2)	( 38.3)	118	
71	01( 15)	34( 40)	6( 0)				
72	85( 25)	93( 85)	74( 5)	59.2	29.2	49%	
73	48( 0)	67( 40)	42( 5)	( 23.9)	( 27.8)	116	
81	56( 5)	36( 15)	74( 25)				
82	74( 40)	93(100)	62( 25)	62.6	20.0	31%	
83	50( 0)	82(100)	36( 5)	( 35.0)	( 38.9)	111	
91	52( 0)	38( 10)	48( 5)				
92	65( 10)	69( 20)	43( 0)	50.7	15.7	30%	
93	49( 0)	70( 10)	22( 0)	( 6.1)	( 7.0)	114	

資料番号 05U05 被着材厚み 100 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 5 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05U051	05U052	05U053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	6( 5)	4( 5)	103( 90)				
12	2( 0)	27( 0)	78( 60)	28.1	37.5	134%	
13	1( 5)	2( 0)	30( 10)	( 19.4)	( 32.5)	168	
21	0( 0)	29( 50)	89( 80)				
22	0( 0)	94(100)	96(100)	44.3	41.9	95%	
23	0( 0)	26( 10)	65( 20)	( 40.0)	( 43.3)	108%	
31	0( 0)	19( 30)	81( 50)				
32	0( 0)	92(100)	80(100)	40.0	38.8	97%	
33	0( 0)	64( 5)	24( 30)	( 35.0)	( 40.8)	116	
41	36( 35)	11( 15)	0( 0)				
42	91( 95)	94(100)	14( 15)	35.4	37.1	105%	
43	58( 70)	15( 25)	0( 0)	( 39.4)	( 39.1)	99	
51	6( 5)	18( 15)	0( 0)				
52	57( 15)	95( 35)	0( 0)	27.9	32.5	116%	
53	38( 10)	37( 45)	0( 0)	( 13.9)	( 16.2)	116	
61	0( 0)	26( 50)	0( 0)				
62	0( 0)	83( 25)	0( 0)	20.1	33.7	168%	
63	0( 0)	72( 5)	0( 0)	( 8.9)	( 17.5)	196	
71	0( 0)	40( 5)	0( 0)				
72	0( 0)	67( 5)	0( 0)	16.2	25.6	158%	
73	0( 0)	39( 0)	0( 0)	( 1.1)	( 2.2)	200	
81	0( 0)	38( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	44( 0)	0( 0)	12.1	18.7	154%	
83	0( 0)	27( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	35( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	44( 0)	0( 0)	11.8	18.2	154%	
93	0( 0)	27( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

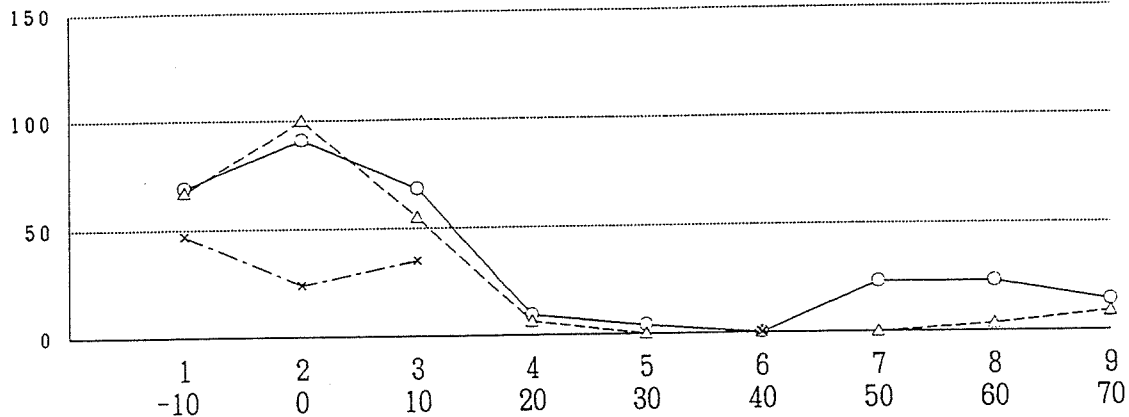
Water Based Polymer-Isocyanate Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 U 0 5

被着体厚み 20mm

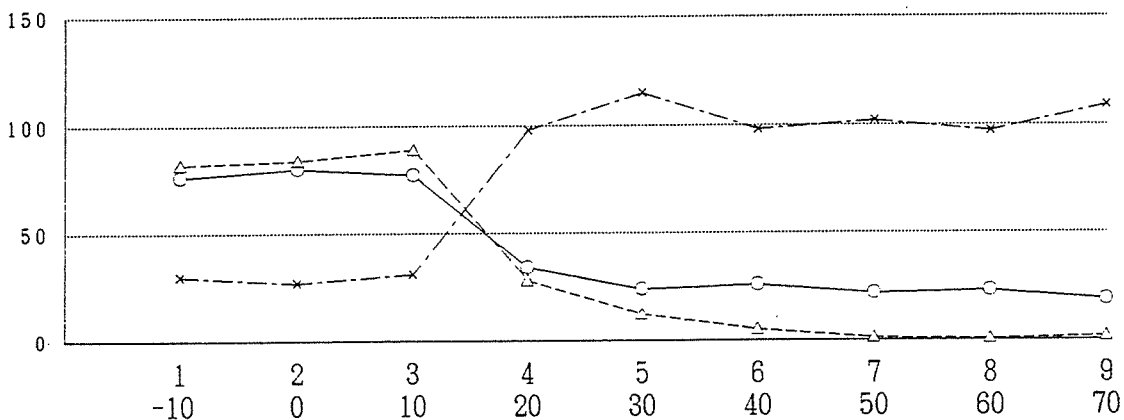
試験体厚み 40mm



0 2 U 0 5

被着材厚み 40mm

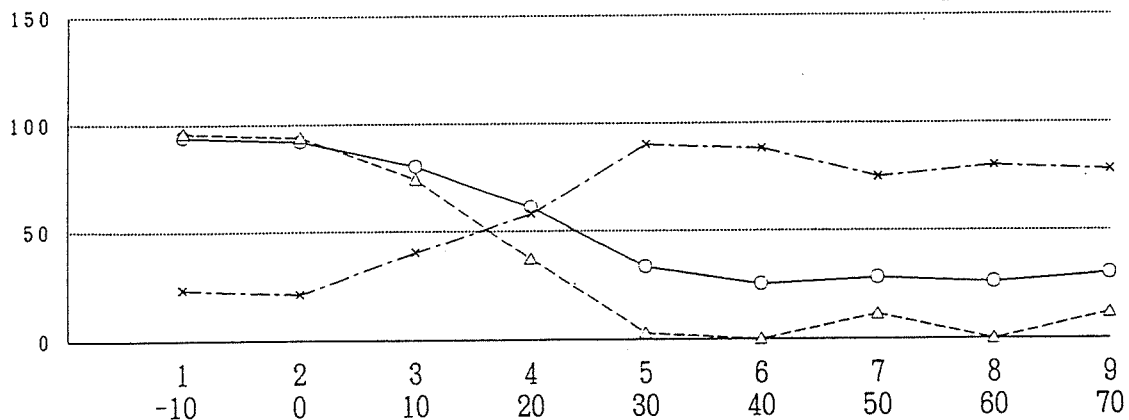
試験体厚み 80mm



0 3 U 0 5

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○—接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△---木部破断率 %

\*---接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1~9 試験片採取位置番号

-10~70 圧締位置からの中心距離cm

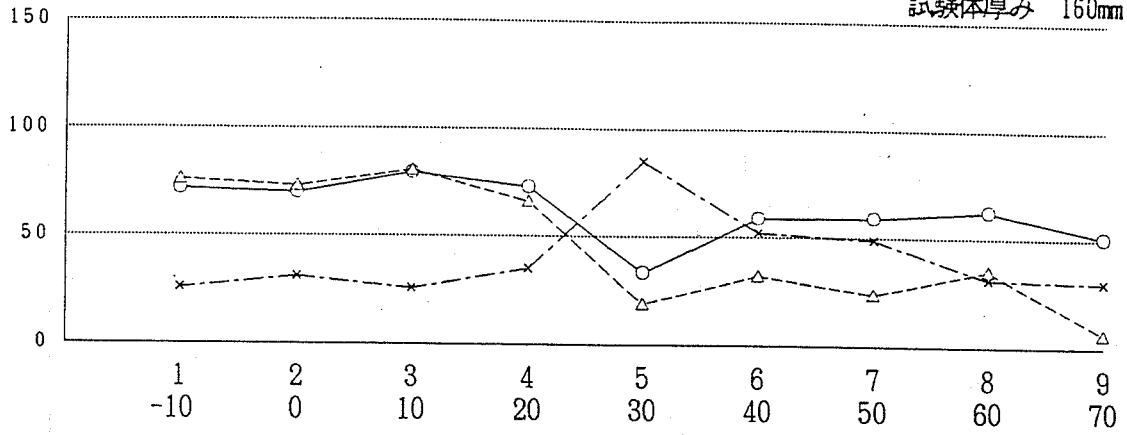
Water Based Polymer-Isocyanate Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 U 0 5

被着材厚み 80mm

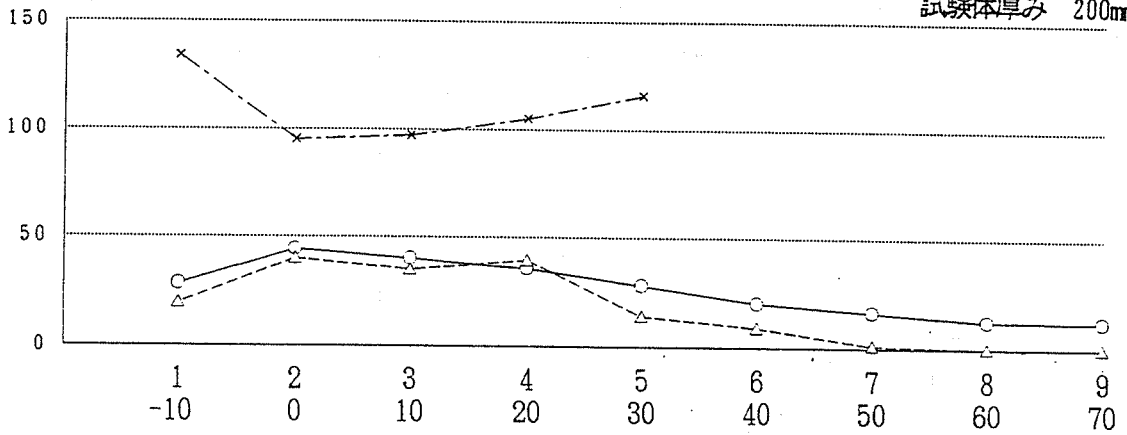
試験体厚み 160mm



0 5 U 0 5

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○——接着強さ      kgf/cm<sup>2</sup>  
 △--- 木部破断率      %  
 ×--- 接着強さ変動係数      %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
 -10~70 圧締位置からの中心距離cm

資料番号 01U10 被着材厚み 20 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01U101	01U102	01U103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	2( 0)	57( 70)	99(100)				
12	62( 60)	100(100)	129(100)	72.7	43.9	60%	
13	10( 0)	109(100)	86(100)	( 70.0)	( 42.4)	61	
21	79(100)	95(100)	116(100)				
22	101(100)	107(100)	123(100)	106.6	14.0	13%	
23	117(100)	102(100)	119(100)	( 100.0)	( 0.0)	0	
31	0( 0)	95( 70)	74( 30)				
32	7( 0)	95( 90)	106( 50)	63.7	46.9	74%	
33	0( 0)	102(100)	94(100)	( 48.9)	( 43.1)	88	
41	0( 0)	29( 0)	0( 0)				
42	0( 0)	51( 20)	0( 0)	8.9	18.5	208%	
43	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 2.2)	( 6.7)	303	
51	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
52	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
53	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
61	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
62	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	0( 0)	30( 15)	0( 0)				
72	0( 0)	24( 0)	0( 0)	6.0	12.0	200%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 1.6)	( 5.0)	313	
81	0( 0)	31( 10)	0( 0)				
82	0( 0)	75(100)	0( 0)	13.3	25.5	191%	
83	0( 0)	14( 0)	0( 0)	( 12.2)	( 33.1)	271	
91	0( 0)	33( 10)	0( 0)				
92	0( 0)	97(100)	0( 0)	17.6	32.6	185%	
93	0( 0)	28( 0)	0( 0)	( 12.2)	( 33.1)	271	



資料番号 02U10 被着材厚み 40 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02U101	02U102	02U103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	28( 30)	88(100)	76(100)				
12	99(100)	83(100)	73(100)	79.0	22.5	28%	
13	105(100)	90(100)	69(100)	( 92.2)	( 23.3)	25	
21	103(100)	93(100)	82(100)				
22	105(100)	84( 90)	87(100)	89.7	12.7	14%	
23	95(100)	95(100)	63(100)	( 98.9)	( 3.3)	3	
31	104(100)	93( 70)	67(100)				
32	102(100)	90(100)	78(100)	89.6	12.4	14%	
33	97(100)	96(100)	79(100)	( 96.7)	( 10.0)	10	
41	45( 0)	26( 10)	87(100)				
42	110(100)	88(100)	91(100)	63.9	34.4	54%	
43	40( 10)	10( 5)	78(100)	( 58.3)	( 49.5)	85	
51	46( 0)	25( 0)	51( 5)				
52	65( 50)	51( 10)	74(100)	45.8	24.6	54%	
53	24( 0)	2( 0)	74(100)	( 29.4)	( 43.0)	146	
61	69( 15)	35( 0)	25( 0)				
62	68( 10)	38( 5)	66( 0)	46.7	24.1	52%	
63	68( 20)	0( 0)	51( 0)	( 5.6)	( 7.7)	137	
71	38( 0)	31( 0)	11( 0)				
72	27( 0)	18( 0)	44( 0)	21.6	15.6	72%	
73	0( 0)	0( 0)	25( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	18( 0)	30( 0)	11( 0)				
82	6( 0)	16( 0)	54( 0)	20.1	19.5	97%	
83	0( 0)	0( 0)	46( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	33( 5)	24( 5)	24( 0)				
92	27( 5)	24( 0)	42( 0)	23.9	15.2	64%	
93	0( 0)	0( 0)	41( 0)	( 1.6)	( 2.5)	156	

資料番号 03U10 被着材厚み 60 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03U101	03U102	03U103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	38( 65)	90( 80)	64(100)				
12	81(100)	98(100)	69(100)	72.7	20.3	28%	
13	59(100)	97(100)	58(100)	( 93.9)	( 12.7)	14	
21	87(100)	97(100)	47( 50)				
22	93(100)	103(100)	66(100)	81.8	17.5	21%	
23	86(100)	86(100)	71(100)	( 94.4)	( 16.7)	18	
31	80(100)	82( 70)	3( 0)				
32	113(100)	105(100)	58( 90)	72.7	34.8	48%	
33	85(100)	91(100)	37( 60)	( 80.0)	( 33.5)	42	
41	29( 20)	55(100)	15( 10)				
42	92(100)	94( 50)	76( 70)	58.1	30.0	52%	
43	75(100)	66( 50)	21( 40)	( 60.0)	( 34.6)	58	
51	13( 5)	38( 20)	3( 0)				
52	87(100)	75( 0)	54( 80)	44.0	31.2	71%	
53	80(100)	25( 5)	21( 25)	( 37.2)	( 43.3)	116	
61	0( 0)	37( 0)	4( 0)				
62	51( 5)	42( 0)	40( 80)	30.3	28.5	94%	
63	85(100)	0( 0)	14( 5)	( 21.1)	( 39.4)	187	
71	15( 5)	0( 0)	12( 5)				
72	70( 10)	27( 50)	59( 30)	30.6	29.1	95%	
73	73( 40)	0( 0)	19( 20)	( 17.8)	( 18.4)	103	
81	24( 0)	6( 0)	13( 0)				
82	65( 60)	15( 0)	50( 80)	28.9	27.1	94%	
83	74( 40)	0( 0)	13( 20)	( 22.2)	( 30.7)	138	
91	19( 0)	0( 5)	46( 35)				
92	60( 5)	0( 0)	54( 40)	30.6	29.1	95%	
93	76( 70)	0( 0)	20( 20)	( 19.4)	( 24.4)	126	

資料番号 04U10 被着材厚み 80 mm 接着剤ビニルウレタン 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04U101	04U102	04U103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	91(100)	78( 80)	73( 50)				
12	77(100)	95( 95)	114(100)	89.0	12.6	14%	
13	96(100)	93(100)	84(100)	( 91.7)	( 17.0)	18	
21	93(100)	78(100)	92(100)				
22	93(100)	89(100)	108(100)	89.0	10.3	12%	
23	93(100)	82(100)	73(100)	( 100.0)	( 0.0)	0	
31	30(100)	76(100)	88( 80)				
32	86(100)	94(100)	106(100)	83.0	21.4	26%	
33	89(100)	92(100)	86(100)	( 97.8)	( 6.7)	7	
41	82( 50)	74( 80)	90(100)				
42	87(100)	77( 95)	101(100)	87.4	8.6	10%	
43	91( 60)	96(100)	89( 90)	( 86.1)	( 19.0)	22	
51	82( 20)	91(100)	61( 80)				
52	96(100)	103(100)	91( 95)	81.2	16.0	20%	
53	83(100)	62( 80)	62( 30)	( 78.3)	( 31.4)	40	
61	75( 5)	81( 80)	49( 40)				
62	75( 10)	88( 20)	80(100)	74.2	12.1	16%	
63	70( 10)	64( 5)	86( 60)	( 36.7)	( 35.6)	97	
71	61( 0)	53( 5)	55( 60)				
72	70( 0)	63( 0)	75(100)	62.1	12.9	21%	
73	60( 0)	39( 0)	83( 40)	( 22.8)	( 36.3)	159	
81	57( 0)	43( 5)	50( 50)				
82	54( 0)	47( 0)	62( 95)	50.3	9.5	19%	
83	42( 0)	35( 0)	63( 20)	( 18.9)	( 33.1)	175	
91	64( 0)	28( 0)	33( 30)				
92	46( 5)	54( 0)	52( 20)	44.0	13.0	29%	
93	44( 0)	25( 0)	50( 0)	( 6.1)	( 11.1)	182	

資料番号 05U10 被着材厚み 100 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 10 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05U101	05U102	05U103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	79(100)	51( 30)	94( 45)				
12	100(100)	102(100)	102(100)	91.7	17.9	20%	
13	109(100)	85(100)	103( 30)	( 78.3)	( 32.8)	42	
21	44( 0)	101( 30)	52( 30)				
22	98( 80)	115(100)	104( 10)	82.7	34.4	42%	
23	20( 20)	107(100)	103( 20)	( 43.3)	( 39.1)	90	
31	0( 0)	70( 70)	86( 50)				
32	0( 0)	117(100)	99(100)	65.4	51.1	78%	
33	0( 0)	116(100)	101( 80)	( 55.6)	( 44.8)	80	
41	87(100)	13( 0)	1( 0)				
42	100(100)	120( 40)	0( 0)	52.7	48.6	92%	
43	81(100)	72( 90)	0( 0)	( 47.8)	( 48.9)	102	
51	4( 0)	0( 0)	0( 0)				
52	89(100)	69( 5)	0( 0)	26.2	35.7	136%	
53	59( 80)	15( 0)	0( 0)	( 20.6)	( 39.7)	193	
61	20( 0)	40( 5)	0( 0)				
62	79(100)	96( 5)	0( 0)	39.0	37.6	96%	
63	38( 10)	78( 10)	0( 0)	( 14.4)	( 32.4)	225	
71	90(100)	39( 0)	0( 0)				
72	60( 30)	46( 0)	0( 0)	34.8	30.9	89%	
73	48( 0)	30( 0)	0( 0)	( 14.4)	( 33.6)	233	
81	72( 40)	21( 0)	0( 0)				
82	41( 10)	39( 0)	0( 0)	25.3	24.0	95%	
83	23( 0)	32( 0)	0( 0)	( 5.6)	( 13.3)	238	
91	50( 0)	32( 0)	0( 0)				
92	49( 5)	40( 0)	0( 0)	24.0	20.5	85%	
93	24( 0)	21( 0)	0( 0)	( 0.6)	( 1.7)	278	

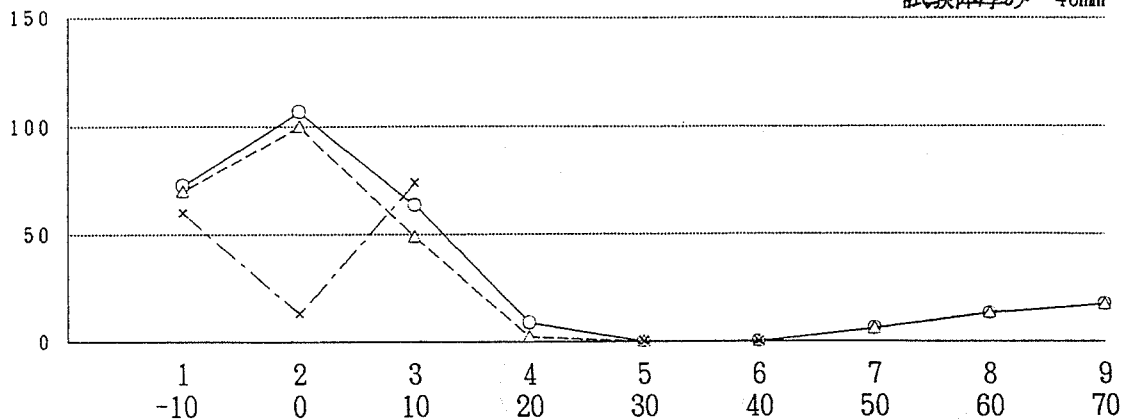
Water Based Polymer-Isocyanate Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 U 1 0

被着体厚み 20mm

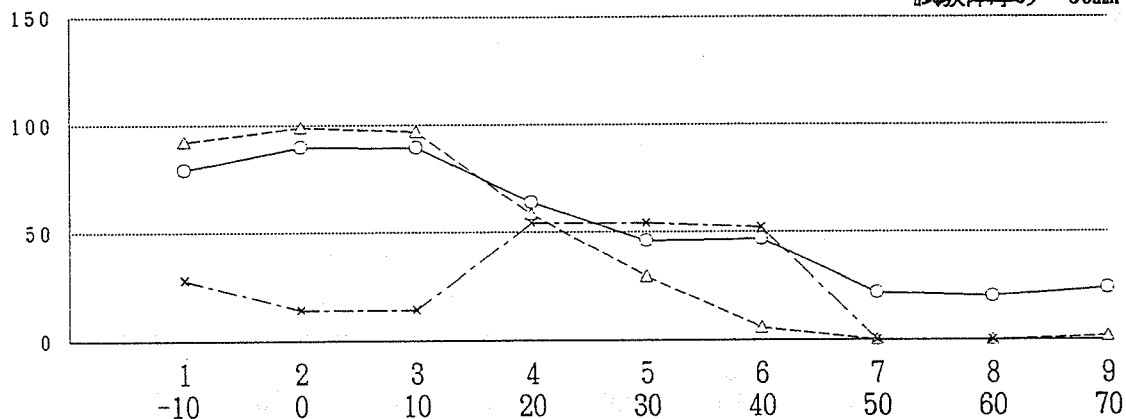
試験体厚み 40mm



0 2 U 1 0

被着材厚み 40mm

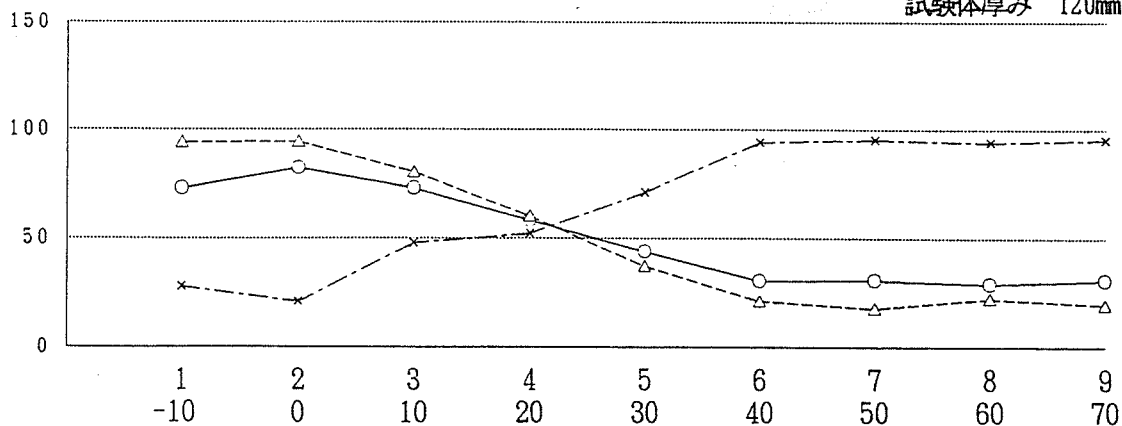
試験体厚み 80mm



0 3 U 1 0

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○——接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

横軸目盛 1~9 試験片採取位置番号

△----木部破断率 %

-10~70 圧縮位置からの中心距離cm

\*---接着強さ変動係数 %

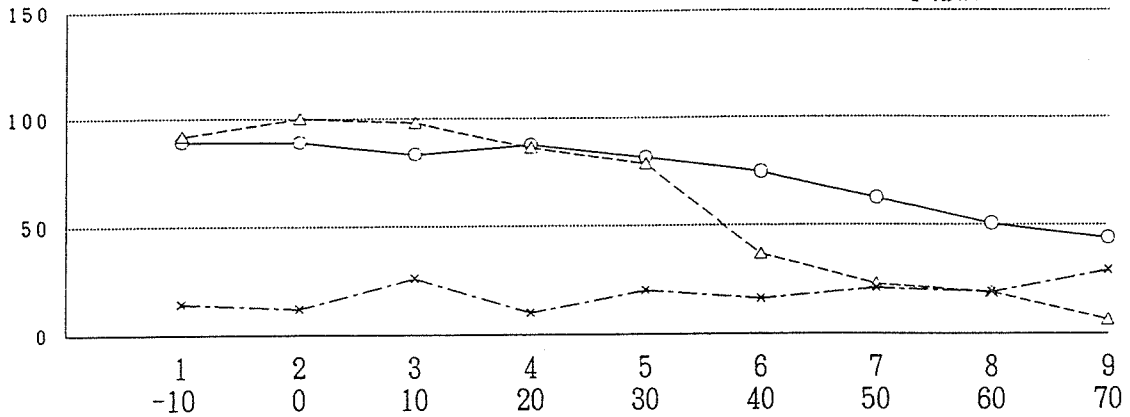
Water Based Polymer-Isocyanate Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 U 1 0

被着材厚み 80mm

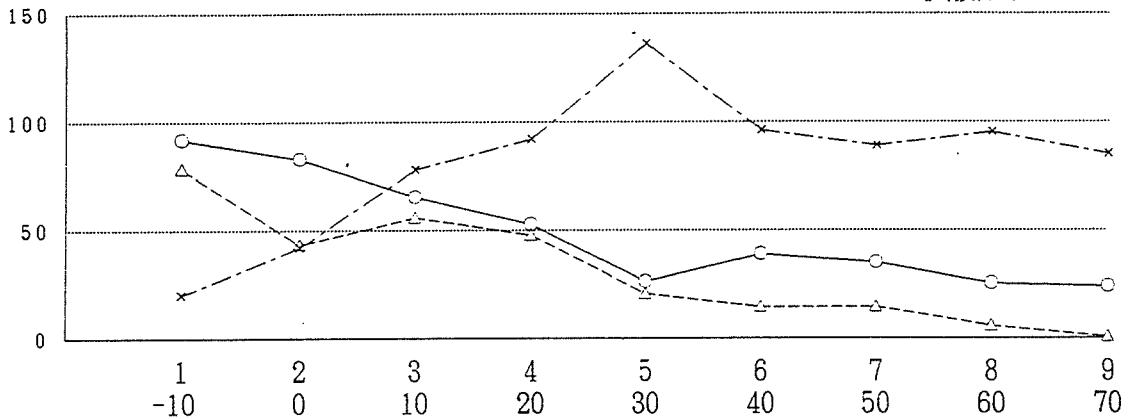
試験体厚み 160mm



0 5 U 1 0

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

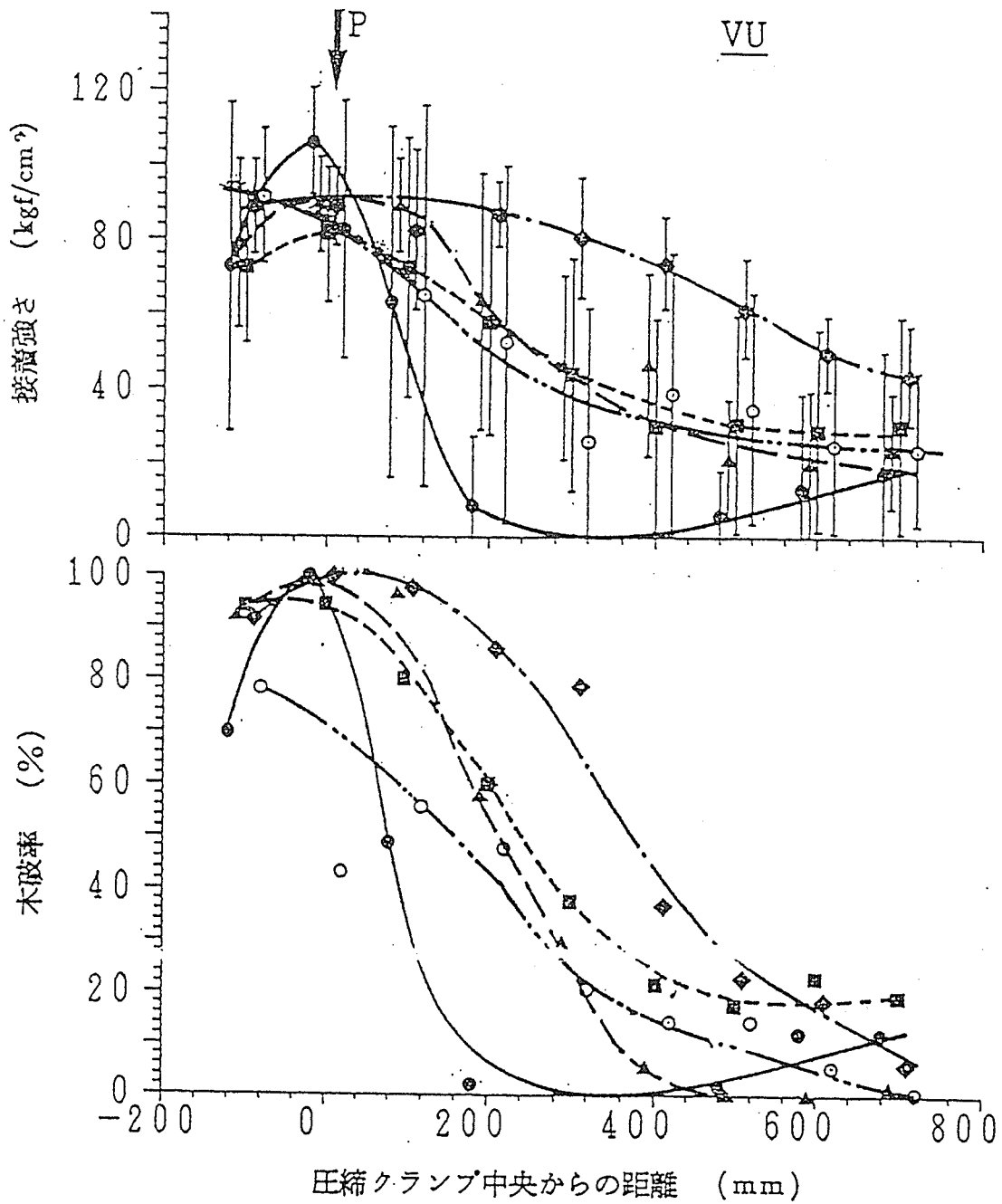
△--- 木部破断率 %

×--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの心距離cm

接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心心距離の関係  
 (水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤)



使用接着剤 水性高分子イソシアネート系接着剤  
 部分的な加圧部に加えられた圧縮荷重 10 kg/cm<sup>2</sup>

記号: ●—: 01U10 ; ▲—: 02U10 ;  
 ■---: 03U10 ; ◆—: 04U10 ;  
 ○—: 05U10

資料番号 01U15 被着材厚み 20 mm 接着剤 ビニルタフ 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01U151	01U152	01U153	Ave.	σ	c. v.	備考
11	25( 90)	87(100)	99(100)				
12	27(100)	75( 60)	100( 60)	69.	33.	47%	
13	20(100)	97(100)	100( 90)	( 90. )	( 16. )	18	
21	103(100)	83(100)	96(100)				
22	104(100)	108(100)	96(100)	95.	14.	14%	
23	87(100)	65(100)	110(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	93(100)	61(100)	71( 35)				
32	87(100)	124(100)	103(100)	86.	19.	22%	
33	90( 65)	70( 5)	72( 50)	( 73. )	( 34. )	46	
41	70( 10)	0( 0)	37( 0)				
42	101(100)	0( 0)	94( 80)	43.	37.	86%	
43	53( 0)	0( 0)	32( 0)	( 21.1)	( 37.3)	177	
51	56( 15)	0( 0)	6( 0)				
52	24( 15)	0( 0)	35( 0)	13.	19.	144%	
53	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 3.3)	( 6.3)	189	
61	0( 0)	0( 0)	11( 0)				
62	25( 25)	0( 0)	11( 0)	5.	8.	159%	
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 2.8)	( 7.9)	280	
71	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
72	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.	0.	0%	
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	20( 0)	16( 0)	6.	8.	143%	
93	0( <del>100</del> )	15( 0)	0( 0)	( 0. )	( 0. )	0	



資料番号 02U15 被着材厚み 40 mm 接着剤 ビニルウレタン 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02U151	02U152	02U153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	80(100)	101(100)	69( 5)	85. ( 68. )	11. ( 38. )	13% 56	
12	78( 40)	100(100)	74(100)				
13	80( 60)	96( 10)	87(100)				
21	77(100)	115(100)	77( 40)	86. ( 90. )	15. ( 20. )	18% 22	
22	88(100)	97(100)	73(100)				
23	76(100)	106( 70)	68(100)				
31	90( 65)	116(100)	70( 15)	79. ( 77. )	24. ( 35. )	30% 45	
32	51(100)	110(100)	74(100)				
33	42(100)	97( 15)	65(100)				
41	67( 0)	91( 5)	42( 0)	75. ( 33. )	17. ( 37. )	23% 110	
42	90( 70)	103(100)	76( 60)				
43	58( 0)	75( 5)	76( 60)				
51	37( 0)	52( 0)	10( 0)	47. ( 8. )	17. ( 14. )	36% 177	
52	61( 0)	75( 5)	51( 25)				
53	41( 40)	53( 0)	42( 0)				
61	21( 0)	39( 0)	0( 0)	28. ( 0. )	16. ( 0. )	59% 0	
62	39( 0)	54( 0)	26( 0)				
63	6( 0)	43( 0)	24( 0)				
71	19( 0)	37( 0)	0( 0)	22. ( 0. )	18. ( 0. )	84% 0	
72	38( 0)	49( 0)	0( 0)				
73	15( 0)	39( 0)	0( 0)				
81	27( 0)	40( 0)	0( 0)	25. ( 0. )	20. ( 0. )	81% 0	
82	45( 0)	56( 0)	0( 0)				
83	18( 0)	37( 0)	0( 0)				
91	31( 0)	44( 0)	0( 0)	25. ( 0. )	19. ( 0. )	75% 0	
92	44( 0)	47( 0)	0( 0)				
93	27( 0)	32( 0)	0( 0)				

資料番号 03U15 被着材厚み 60 mm 接着剤 ビニルエタン 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03U151	03U152	03U153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	90( 10)	54(100)	66(100)				
12	84(100)	74( 55)	85(100)	81.	14.	18%	
13	99(100)	100(100)	77(100)	( 79. )	( 31. )	39	
21	93(100)	82(100)	85(100)				
22	94(100)	94(100)	92(100)	91.	7.	7%	
23	105(100)	84(100)	89(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	106(100)	93(100)	78(100)				
32	111(100)	99(100)	94(100)	95.	11.	11%	
33	106(100)	81(100)	89(100)	( 100. )	( 0. )	0	
41	93(100)	67( 20)	87(100)				
42	79(100)	83( 90)	98(100)	85.	9.	11%	
43	97( 90)	82(100)	81(100)	( 89. )	( 25. )	28	
51	0( 0)	52( 0)	74( 0)				
52	53( 50)	61( 80)	74(100)	56.	22.	39%	
53	55( 0)	59( 10)	78(100)	( 38. )	( 42. )	112	
61	0( 0)	31( 0)	8( 0)				
62	29( 0)	49( 0)	14( 0)	24.	16.	69%	
63	19( 0)	49( 0)	14( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
71	0( 0)	11( 0)	49( 0)				
72	5( 0)	46( 5)	46( 0)	22.	19.	88%	
73	5( 0)	6( 0)	31( 0)	( 1. )	( 2. )	265	
81	14( 0)	1( 0)	36( 0)				
82	22( 0)	36( 0)	33( 0)	20.	12.	58%	
83	15( 0)	16( 0)	9( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
91	25( 0)	8( 0)	31( 0)				
92	26( 0)	35(100)	28( 0)	20.	11.	55%	
93	4( 0)	9( 0)	11( 0)	( 11. )	( 31. )	283	

資料番号 04U15 被着材厚み 80 mm 接着剤 ビニルケン 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04U151	04U152	04U153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	79(100)	75( 5)	97( 70)				
12	80(100)	112(100)	89(100)	87.	13.	15%	
13	69(100)	99(100)	84(100)	( 86. )	( 30. )	35	
21	90(100)	76(100)	85(100)				
22	95(100)	89(100)	91(100)	90.	12.	13%	
23	69(100)	100(100)	112(100)	( 100. )	( 0. )	0	
31	81(100)	93( 40)	109(100)				
32	89(100)	87(100)	101(100)	95.	11.	12%	
33	78(100)	110(100)	104(100)	( 93. )	( 19. )	20	
41	59( 80)	92(100)	101( 80)				
42	89(100)	104(100)	99(100)	92.	16.	17%	
43	100( 70)	101(100)	69( 50)	( 87. )	( 17. )	20	
51	68( 50)	83( 10)	98( 40)				
52	73(100)	88(100)	106( 30)	80.	20.	24%	
53	66(100)	100(100)	40( 10)	( 60. )	( 38. )	63	
61	34( 5)	65( 0)	35( 0)				
62	64( 0)	89( 95)	84( 40)	64.	21.	33%	
63	60( 0)	95(100)	49( 0)	( 27. )	( 40. )	149	
71	4( 0)	56( 0)	59( 0)				
72	16( 0)	90( 30)	73( 20)	54.	33.	61%	
73	13( 0)	77( 5)	96( 5)	( 7. )	( 10. )	154	
81	2( 0)	39( 0)	49( 0)				
82	28( 0)	63( 0)	73( 5)	43.	23.	52%	
83	17( 0)	53( 0)	65( 0)	( 1. )	( 2. )	283	
91	12( 0)	45( 0)	30( 0)				
92	38( 50)	74( 0)	59( 0)	41.	19.	46%	
93	18( 0)	58( 5)	37( 0)	( 6. )	( 16. )	255	

資料番号 05U15 被着材厚み 100 mm 接着剤 ビニルレタン 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05U151	05U152	05U153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	83(100)	50( 70)	95(100)				
12	92(100)	100(100)	98(100)	84.	17.	20%	
13	60( 95)	101( 90)	78(100)	( 95. )	( 9. )	10	
21	102(100)	53( 60)	96(100)				
22	91(100)	77(100)	106(100)	82.	17.	21%	
23	65(100)	69( 70)	79(100)	( 92. )	( 15. )	16	
31	87( 90)	68( 50)	98( 80)				
32	88(100)	89(100)	92(100)	78.	24.	30%	
33	32( 50)	102(100)	42( 20)	( 77. )	( 28. )	36	
41	42( 50)	90( 60)	85( 0)				
42	90(100)	93(100)	85(100)	74.	21.	29%	
43	40( 50)	88( 50)	51( 25)	( 59. )	( 33. )	56	
51	0( 0)	69( 10)	43( 10)				
52	51( 40)	75(100)	53( 20)	48.	25.	52%	
53	12( 0)	76( 10)	52( 0)	( 21. )	( 30. )	144	
61	0( 0)	53( 0)	22( 0)				
62	2( 0)	56( 10)	47( 0)	30.	23.	75%	
63	0( 0)	48( 10)	44( 0)	( 3.9)	( 5.7)	145	
71	0( 0)	29( 0)	16( 0)				
72	0( 0)	39( 5)	20( 0)	18.	15.	81%	
73	0( 0)	37( 0)	22( 0)	( 0.6)	( 1.6)	285	
81	0( 0)	36( 0)	15( 0)				
82	0( 0)	42( 0)	12( 5)	19.	17.	89%	
83	0( 0)	44( 0)	23( 0)	( 0. )	( 0. )	0	
91	0( 0)	36( 0)	34( 0)				
92	0( 0)	41( 5)	16( 0)	18.	16.	91%	
93	0( 0)	32( 20)	4( 0)	( 2.8)	( 6.3)	227	



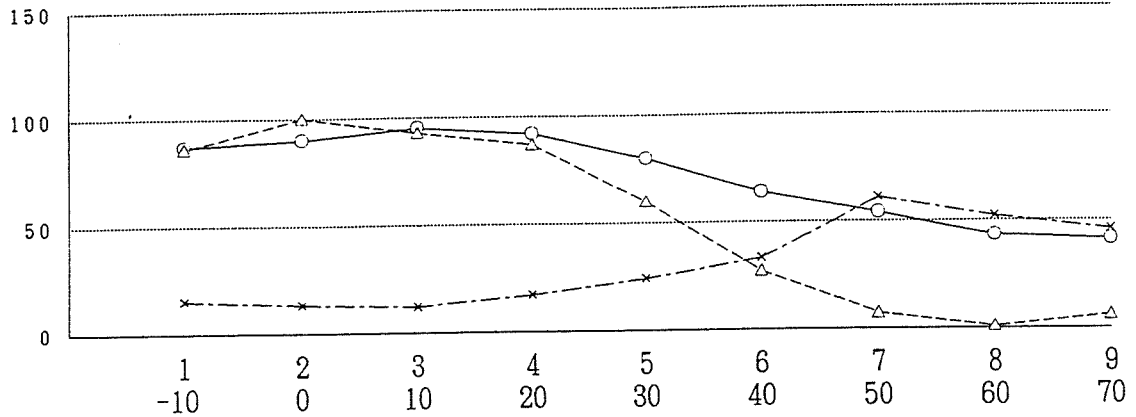
Water Based Polymer-Isocyanate Adhesive

Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 U 1 5

被着材厚み 80mm

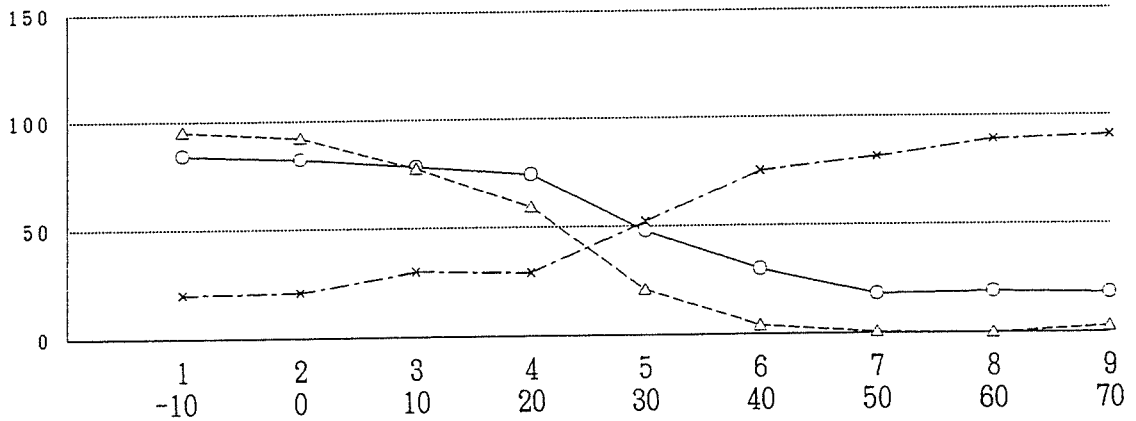
試験体厚み 160mm



0 5 U 1 5

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○—— 接着強さ      kgf/cm<sup>2</sup>  
 △----- 木部破断率      %  
 ×----- 接着強さ変動係数    %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号  
 -10~70 圧縮位置からの心距離cm

資料番号 01N05 被着材厚み 20 mm 接着剤 117 圧締荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01N051	01N052	01N053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	36( -)	32( 0)	65( 20)				
12	50( -)	77( 50)	57( 0)	50.1	16.6	33%	
13	26( -)	48( 0)	60( 0)	( *11.7)	( *20.4)	174	
21	88(100)	99( 80)	78( 50)				
22	84( 80)	98(100)	65( 0)	84.2	10.4	12%	
23	79( 40)	84( 0)	83( 0)	( 50.0)	( 42.4)	85	
31	69( 60)	50( 0)	41( 10)				
32	69( 50)	60( 50)	40( 0)	53.8	12.2	23%	
33	50( 0)	65( 0)	40( 0)	( 18.9)	( 26.2)	139	
41	50( 0)	43( 0)	38( 0)				
42	36( 0)	47( 0)	36( 0)	43.6	11.6	27%	
43	65( 30)	52( 20)	25( 0)	( 5.6)	( 11.3)	202	
51	46( 0)	32( 0)	37( 0)				
52	29( 0)	36( 0)	21( 0)	31.1	8.8	28%	
53	25( 0)	36( 0)	18( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
61	30( 0)	10( 0)	14( 0)				
62	27( 0)	17( 0)	13( 0)	18.6	6.6	35%	
63	22( 0)	16( 0)	18( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	23( 0)	0( 0)	9( 0)				
72	24( 0)	0( 0)	10( 0)	8.2	9.6	117%	
73	0( 0)	0( 0)	8( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	0( 0)	0( 0)	7( 0)				
82	0( 0)	0( 0)	9( 0)	2.3	3.6	158%	
83	0( 0)	0( 0)	5( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	0( 0)	7( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	8( 0)	2.0	3.3	164%	
93	0( 0)	0( 0)	3( 0)	( 13.3)	( 32.9)	247	

資料番号 02N05 被着材厚み 40mm 接着剤 117 圧縮荷重 5 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02N051	02N052	02N053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	44( 50)	58( 50)	39( 30)				
12	48( 80)	61( 80)	73( 30)	54.2	14.4	27%	
13	45(100)	79( 30)	41( 0)	( 50.0)	( 31.6)	63	
21	92( 90)	110( 30)	82( 80)				
22	76(100)	112( 80)	88( 60)	86.0	16.2	19%	
23	77(100)	68( 0)	69( 0)	( 60.0)	( 40.3)	67	
31	84( 60)	91( 0)	57( 80)				
32	85( 80)	82( 80)	72( 40)	74.8	15.7	21%	
33	64( 0)	91( 80)	47( 0)	( 46.7)	( 37.4)	80	
41	54( 0)	93( 40)	80( 0)				
42	61( 40)	62( 70)	74( 50)	67.0	13.9	21%	
43	48( 0)	71( 0)	60( 0)	( 22.2)	( 27.7)	125	
51	54( 50)	98( 30)	65( 30)				
52	48( 0)	60( 20)	50( 0)	59.6	18.8	32%	
53	42( 10)	79( 20)	40( 0)	( 17.8)	( 17.2)	96	
61	51( 0)	89( 0)	20( 0)				
62	35( 10)	28( 80)	33( 0)	34.8	24.0	69%	
63	35( 0)	11( 0)	11( 10)	( 11.1)	( 26.2)	236	
71	32( 0)	58( 0)	10( 0)				
72	21( 0)	10( 0)	14( 0)	18.4	18.0	98%	
73	21( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	33( 0)	30( 0)	0( 0)				
82	17( 20)	22( 0)	0( 0)	12.1	13.7	113%	
83	7( 0)	0( 0)	0( 0)	( 2.2)	( 6.7)	303	
91	35( 0)	42( 0)	0( 0)				
92	15( 0)	30( 0)	0( 0)	17.6	15.8	90%	
93	15( 0)	21( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	



資料番号 03N05 被着材厚み 60mm 接着剤 117 圧縮荷重 5 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03N051	03N052	03N053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	48( 50)	51( 50)	39( 60)				
12	30( 80)	40( 80)	40( 0)	38.4	8.0	21%	
13	29( 0)	29( 30)	40( 0)	( 38.9)	( 33.0)	85	
21	67( 80)	69( 30)	60( 30)				
22	68( 10)	61( 20)	80( 10)	67.4	5.8	9%	
23	65( 30)	67( 80)	70( 50)	( 37.8)	( 26.8)	71	
31	46( 0)	58( 80)	30( 10)				
32	52( 60)	55( 40)	47( 20)	47.7	8.2	17%	
33	48( 0)	51( 30)	42( 0)	( 26.7)	( 28.7)	108	
41	29( 50)	44( 30)	25( 20)				
42	44( 0)	38( 50)	30( 0)	34.0	7.5	22%	
43	29( 0)	40( 0)	27( 40)	( 21.1)	( 22.0)	104	
51	20( 30)	20( 10)	13( 50)				
52	15( 80)	30( 0)	10( 0)	18.7	7.8	42%	
53	23( 10)	29( 0)	8( 0)	( 20.0)	( 28.3)	141	
61	14( 80)	6( 0)	50( 0)				
62	8( 10)	17( 10)	38( 0)	20.8	14.4	69%	
63	13( 0)	18( 0)	23( 0)	( 11.1)	( 26.2)	236	
71	8( 0)	0( 0)	0( 0)				
72	10( 0)	7( 0)	7( 0)	3.6	4.3	120%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	9( 0)	0( 0)	0( 0)	2.0	4.0	397%	
83	9( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

資料番号 04N05 被着材厚み 80mm 接着剤 117 圧縮荷重 5 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04N051	04N052	04N053	Ave.	σ	c. v.	備考
11	48( - )	52( - )	49( - )	42.3 ( - )	25.6 ( - )	60% -	
12	0( - )	61( - )	65( - )				
13	39( - )	0( - )	67( - )				
21	67( - )	84( - )	74( - )	68.7 ( - )	10.4 ( - )	15% -	
22	74( - )	77( - )	63( - )				
23	62( - )	48( - )	69( - )				
31	60( - )	67( - )	69( - )	54.8 ( - )	12.2 ( - )	22% -	
32	62( - )	48( - )	56( - )				
33	33( - )	40( - )	58( - )				
41	54( - )	64( - )	48( - )	52.7 ( - )	6.8 ( - )	13% -	
42	56( - )	48( - )	56( - )				
43	49( - )	41( - )	58( - )				
51	46( - )	49( - )	29( - )	42.1 ( - )	8.6 ( - )	20% -	
52	58( - )	46( - )	38( - )				
53	41( - )	36( - )	36( - )				
61	48( - )	46( - )	20( - )	35.6 ( - )	11.2 ( - )	31% -	
62	54( - )	29( - )	29( - )				
63	34( - )	30( - )	30( - )				
71	6( - )	45( - )	0( - )	22.7 ( - )	18.1 ( - )	80% -	
72	38( - )	32( - )	0( - )				
73	37( - )	35( - )	11( - )				
81	6( - )	0( - )	10( - )	15.7 ( - )	15.0 ( - )	96% -	
82	38( - )	29( - )	0( - )				
83	37( - )	10( - )	11( - )				
91	51( - )	57( - )	67( - )	65.8 ( - )	7.8 ( - )	12% -	
92	76( - )	69( - )	65( - )				
93	74( - )	67( - )	66( - )				

資料番号 05N05 被着材厚み 100mm 接着剤 117 圧縮荷重 5 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05N051	05N052	05N053	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	30( 0)	84( 0)	42( 0)				
12	83( 0)	59( 0)	21( 0)	45.9	26.2	57%	
13	12( 0)	27( 0)	55( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
21	51( 30)	34( 0)	57( 0)				
22	92(100)	118(100)	91(100)	68.3	26.8	39%	
23	52( 60)	70( 0)	50( 0)	( 43.3)	( 46.9)	108	
31	40( 0)	80( 30)	50( 0)				
32	101(100)	80( 80)	95(100)	72.7	23.2	32%	
33	77(100)	90(100)	41( 0)	( 56.7)	( 48.0)	85	
41	94(100)	24( 0)	53( 0)				
42	103(100)	104(100)	70( 50)	69.7	36.9	53%	
43	89(100)	90( 0)	0( 0)	( 50.0)	( 50.0)	100	
51	56(100)	30( 0)	36( 0)				
52	42(100)	77(100)	55( 0)	50.4	13.9	28%	
53	57( 0)	46( 0)	55( 0)	( 33.3)	( 50.0)	150	
61	34( 0)	37( 0)	0( 0)				
62	27( 0)	31( 0)	25( 0)	26.6	14.8	56%	
63	48( 0)	7( 0)	30( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	20( 0)	28( 0)	30( 0)				
72	18( 0)	28( 0)	27( 0)	27.9	14.1	52%	
73	61( 0)	10( 0)	29( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	14( 0)	26( 0)	27( 10)				
82	38( 0)	26( 10)	15( 0)	23.0	9.2	40%	
83	32( 0)	19( 0)	10( 0)	( 2.2)	( 4.4)	200	
91	26( 0)	-( -)	30( 0)				
92	42( 10)	-( -)	19( 0)	38.0	27.3	72%	
93	91( 30)	-( -)	20( 0)	( 6.7)	( 12.1)	181	

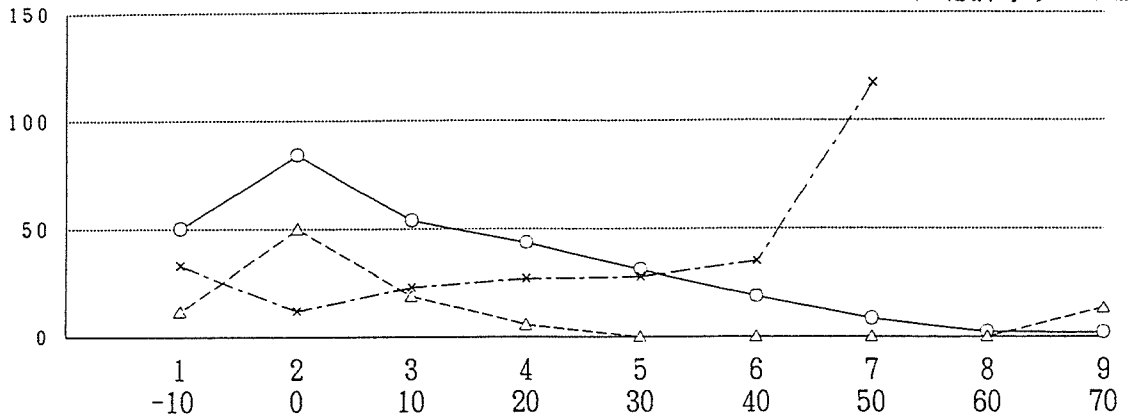
Urea Resin Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 N 0 5

被着体厚み 20mm

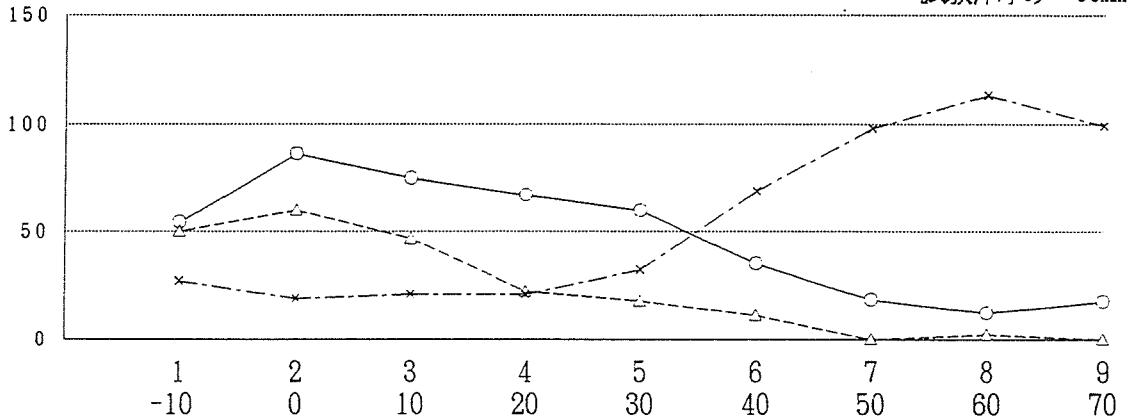
試験体厚み 40mm



0 2 N 0 5

被着材厚み 40mm

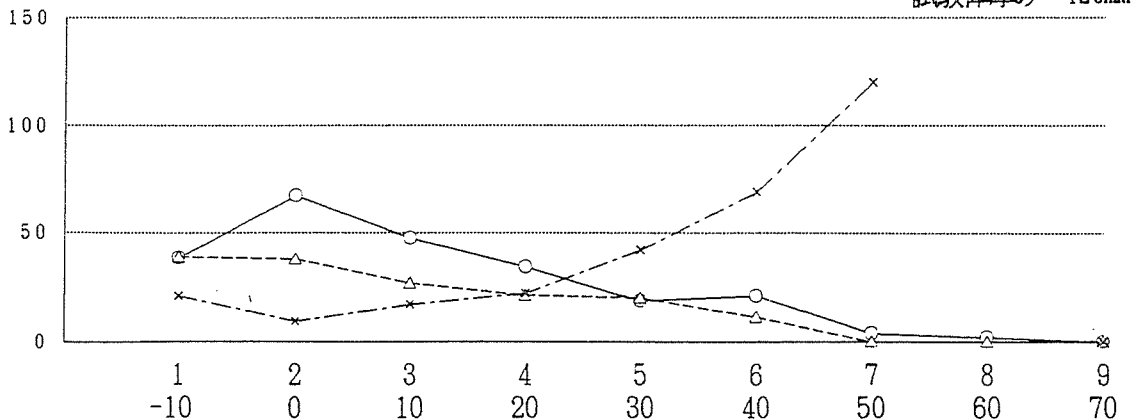
試験体厚み 80mm



0 3 N 0 5

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率 %

\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの心中心距離cm

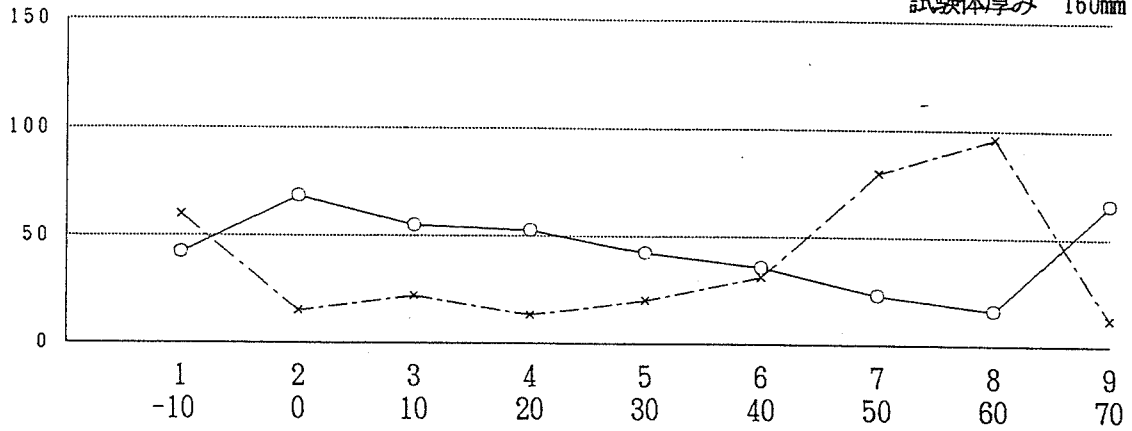
Urea Resin Adhesive

Pressure 5 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 N 0 5

被着材厚み 80mm

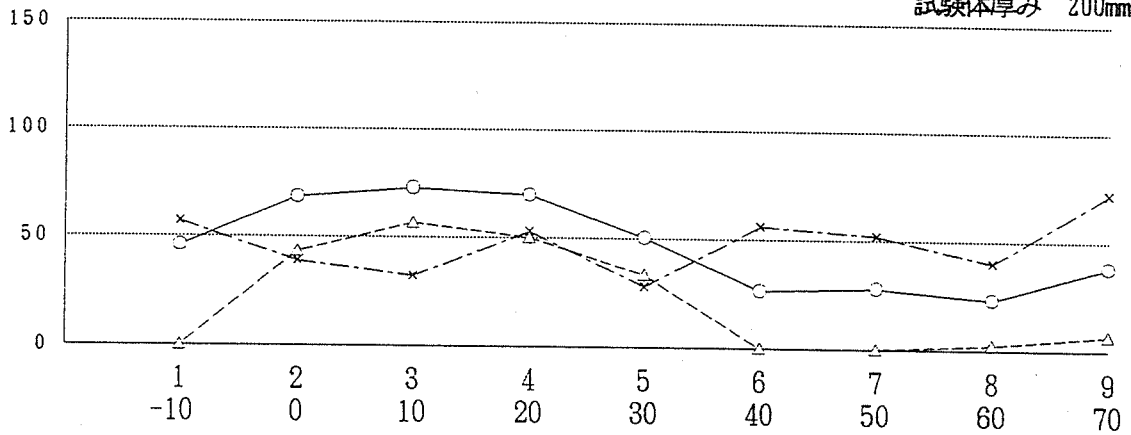
試験体厚み 160mm



0 5 N 0 5

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率 %

\*--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10 ~ 70 圧締位置からの中心距離 cm

資料番号 01N10 被着材厚み 20mm 接着剤 117 圧縮荷重 10kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01N101	01N102	01N103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	65( 60)	78( 60)	86( 80)				
12	80( 80)	94( 10)	95(100)	82.2	12.6	15%	
13	86( 80)	95(100)	61( 0)	( 63.3)	( 36.1)	57	
21	114(100)	109(100)	88( 5)				
22	131(100)	105(100)	100(100)	105.0	16.1	15%	
23	93(100)	123(100)	82( 90)	( 88.3)	( 31.4)	36	
31	88( 50)	89( 90)	67( 60)				
32	98(100)	85( 60)	72( 50)	77.1	19.9	26%	
33	100(100)	49( 0)	46( 0)	( 56.7)	( 37.7)	67	
41	55( 5)	55( 5)	62( 40)				
42	54( 0)	59( 30)	42( 0)	52.6	7.5	14%	
43	53( 0)	41( 0)	--( -)	( 10.0)	( 15.8)	158	
51	31( 0)	38( 0)	44( 0)				
52	30( 0)	31( 0)	43( 0)	33.3	7.7	23%	
53	36( 0)	27( 0)	20( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
61	20( 0)	34( 0)	17( 0)				
62	18( 0)	0( 0)	20( 0)	15.4	10.9	71%	
63	21( 0)	0( 0)	9( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
72	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

資料番号 02N10 被着材厚み 40mm 接着剤 177 圧縮荷重 10kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02N101	02N102	02N103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	60( 60)	65( 50)	59( 40)				
12	59( 0)	78( 30)	62( 80)	65.4	9.6	15%	
13	67( 90)	84( 30)	55( 0)	( 42.2)	( 31.5)	75	
21	89(100)	94( 0)	81( 50)				
22	95(100)	95( 0)	88( 80)	90.8	5.6	6%	
23	97( 90)	94( 80)	84( 30)	( 58.9)	( 40.4)	69	
31	74( 80)	83( 40)	69( 10)				
32	91( 0)	67( 20)	74( 60)	75.1	7.6	10%	
33	77( 0)	71( 0)	70( 0)	( 23.3)	( 30.0)	129	
41	69( 40)	60( 0)	50( 0)				
42	72( 0)	61( 80)	50( 20)	60.3	9.6	16%	
43	68( 0)	67( 0)	46( 0)	( 15.6)	( 27.9)	179	
51	55( 30)	59( 0)	37( 40)				
52	40( 30)	46( 10)	36( 0)	45.3	9.3	20%	
53	55( 0)	46( 0)	34( 0)	( 12.2)	( 16.4)	135	
61	47( 0)	40( 10)	29( 20)				
62	40( 0)	39( 0)	27( 0)	36.2	7.2	20%	
63	38( 0)	40( 0)	26( 0)	( 3.3)	( 7.1)	214	
71	29( 0)	0( 0)	10( 0)				
72	27( 10)	26( 0)	14( 0)	11.8	12.7	108%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 1.1)	( 3.3)	303	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	25( 0)	0( 0)	2.8	8.3	298%	
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

資料番号 03N10 被着材厚み 60mm 接着剤 117 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03N101	03N102	03N103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	40( 30)	48( 50)	53( 30)				
12	29( 60)	53( 50)	56( 80)	45.6	9.2	20%	
13	40( 10)	38( 10)	53( 0)	( 35.6)	( 26.5)	74	
21	74( 70)	84( 30)	80( 10)				
22	78( 60)	100( 0)	72( 10)	81.6	10.6	13%	
23	66( 60)	92( 80)	88( 0)	( 35.6)	( 32.1)	90	
31	59( 60)	35( 40)	50( 80)				
32	32( 50)	40( 0)	60( 10)	43.8	13.0	30%	
33	30( 30)	30( 0)	58( 0)	( 30.0)	( 29.6)	99	
41	23( 50)	32( 50)	36( 0)				
42	27( 0)	38( 30)	35( 10)	33.1	6.1	19%	
43	32( 10)	44( 0)	31( 0)	( 16.7)	( 21.2)	127	
51	20( 30)	0( 0)	0( 0)				
52	29( 30)	39( 10)	27( 0)	16.0	15.9	100%	
53	29( 10)	0( 0)	0( 0)	( 8.9)	( 12.7)	143	
61	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
62	0( 0)	0( 0)	10( 0)	1.1	3.3	303%	
63	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
72	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
73	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
83	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	0( 0)	0( 0)	0.0	0.0	0%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	



資料番号 04N10 被着材厚み 80mm 接着剤 117 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04N101	04N102	04N103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	32( 0)	38( 80)	49( 0)				
12	40( 0)	84( 0)	84( 0)	54.9	21.9	40%	
13	38( 0)	82( 50)	47( 0)	( 14.4)	( 29.6)	206	
21	68( 0)	76( 0)	82( 0)				
22	73( 0)	74( 0)	84(100)	75.6	7.5	10%	
23	74( 0)	86( 0)	63( 0)	( 11.1)	( 33.3)	300	
31	28( 0)	57( 0)	67( 0)				
32	52( 0)	59( 0)	77(100)	56.6	14.0	25%	
33	54( 0)	67( 0)	48( 0)	( 11.1)	( 33.3)	300	
41	60( 0)	39( 0)	37( 10)				
42	33( 0)	51( 0)	56( 80)	46.8	10.0	21%	
43	47( 0)	58( 0)	40( 80)	( 18.9)	( 34.8)	184	
51	50( 0)	48( 0)	44( 0)				
52	46( 0)	47( 0)	50( 60)	48.2	4.7	10%	
53	40( 0)	54( 0)	55( 0)	( 6.7)	( 20.0)	299	
61	48( 30)	46( 20)	41( 0)				
62	55(100)	55( 0)	38( 0)	43.6	9.8	22%	
63	23(100)	40( 0)	46( 10)	( 28.9)	( 41.7)	144	
71	70( 0)	18( 0)	29( 0)				
72	38( 0)	19( 0)	59( 0)	36.8	21.0	57%	
73	58( 0)	30( 0)	10( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	18( 0)	0( 0)	21( 0)				
82	54( 0)	8( 0)	39( 0)	22.8	16.2	71%	
83	17( 0)	19( 0)	29( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	19( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	53( 0)	0( 0)	0( 0)	15.0	20.9	139%	
93	45( 0)	0( 0)	18( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

資料番号 05N10 被着材厚み 100mm 接着剤 117 圧縮荷重 10 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05N101	05N102	05N103	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	86(100)	11( 0)	50( 0)				
12	-( -)	13( 0)	40( 0)	37.0	25.6	69%	
13	-( -)	29( 0)	30( 0)	( 14.3)	( 37.8)	264	
21	39( 0)	50( 0)	79( 0)				
22	39( 0)	46( 0)	58( 0)	52.4	12.4	24%	
23	61( 0)	48( 0)	52( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
31	40( 0)	39( 0)	58( 0)				
32	33( 0)	40( 0)	51( 0)	41.9	9.9	24%	
33	-( -)	27( 0)	47( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
41	30( 0)	35( 0)	-( -)				
42	33( 0)	45( 0)	36( 0)	34.3	5.3	16%	
43	32( 0)	29( 0)	-( -)	( 0.0)	( 0.0)	0	
51	-( -)	10( 0)	-( -)				
52	26( 0)	15( 0)	0( 0)	19.7	15.0	76%	
53	18( 0)	21( 0)	48( 10)	( 1.4)	( 3.8)	270	
61	-( -)	-( -)	-( -)				
62	-( -)	-( -)	30( 0)	23.3	19.0	82%	
63	6( 0)	10( 0)	47( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	-( -)	4( 0)	30( 0)				
72	8( 0)	-( -)	23( 0)	16.3	10.4	64%	
73	-( -)	23( 0)	10( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	-( -)	-( -)	-( -)				
82	-( -)	57( 0)	29( 0)	42.0	14.1	34%	
83	-( -)	40( 0)	-( -)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	-( -)	-( -)	-( -)				
92	-( -)	-( -)	-( -)	-	-	-%	
93	-( -)	-( -)	-( -)	( -)	( -)	-	

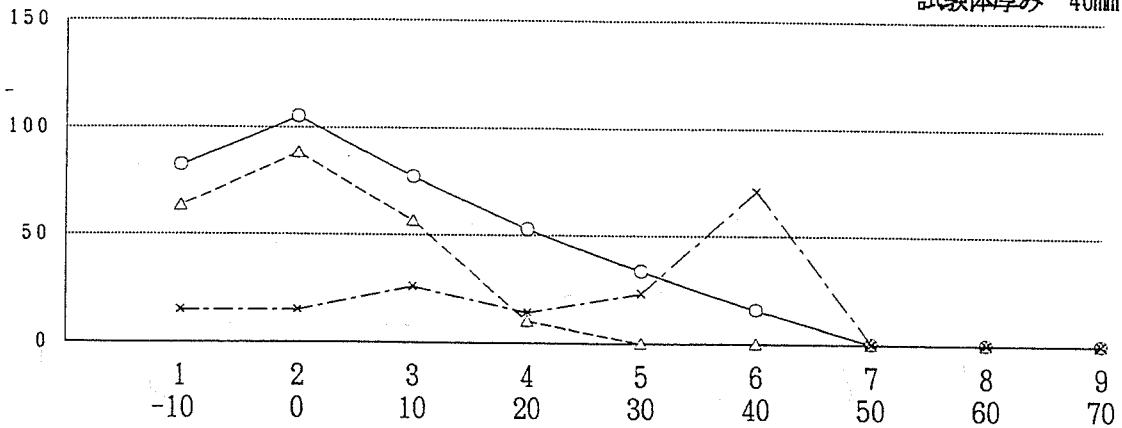
Urea Resin Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 N 1 0

被着体厚み 20mm

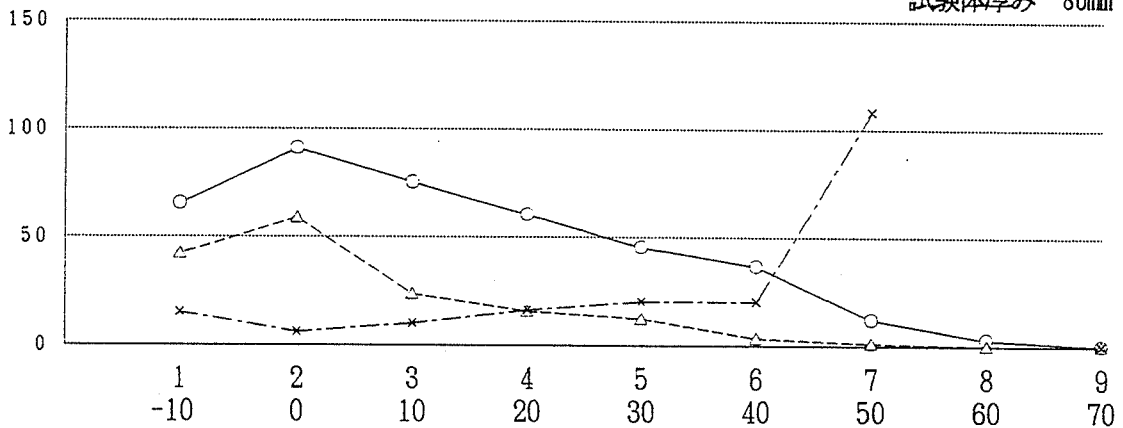
試験体厚み 40mm



0 2 N 1 0

被着材厚み 40mm

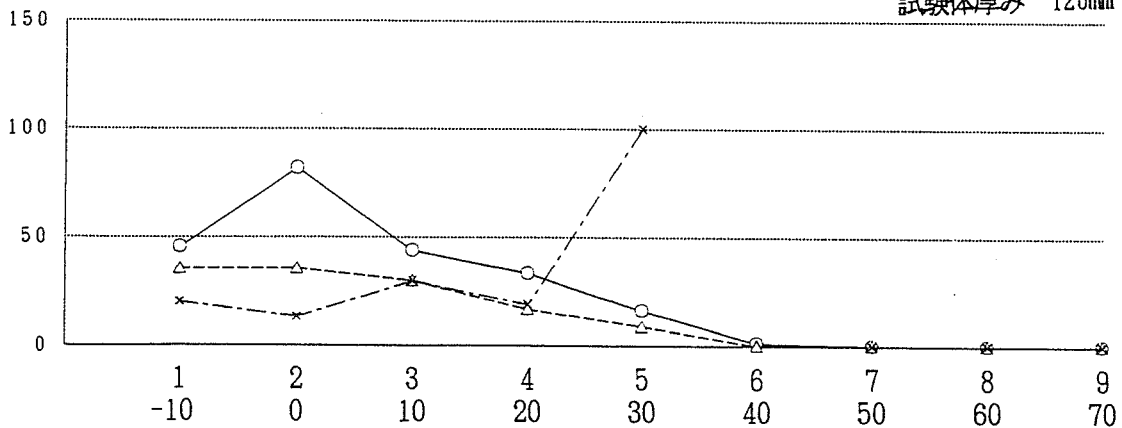
試験体厚み 80mm



0 3 N 1 0

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○—— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率 %

\*-- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧縮位置からの心距離cm

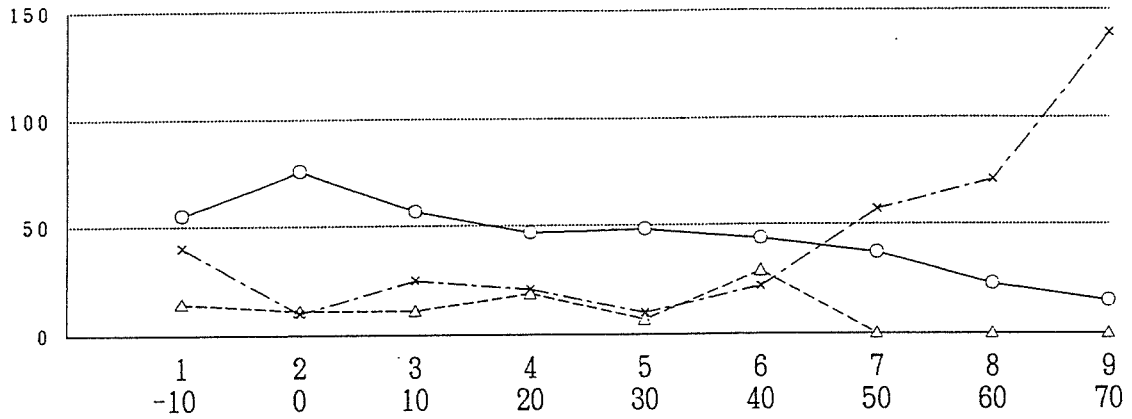
Urea Resin Adhesive

Pressure 10 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 N 1 0

被着材厚み 80mm

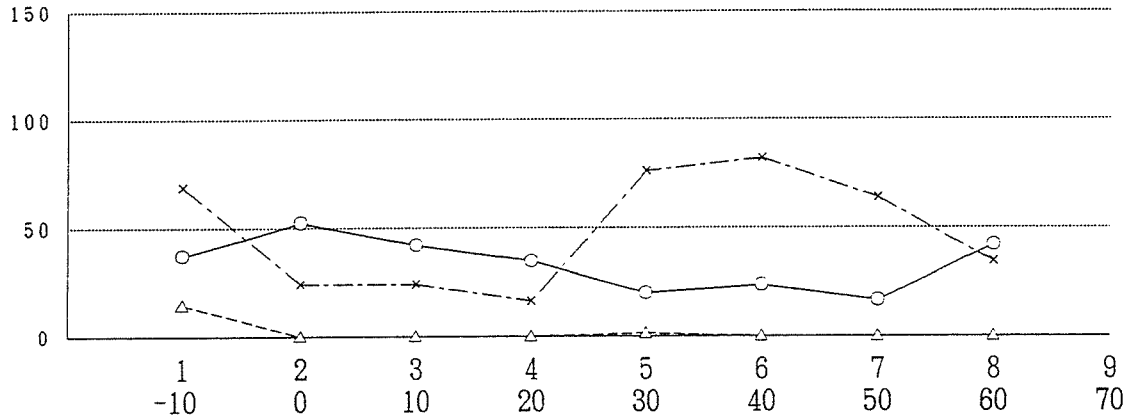
試験体厚み 160mm



0 5 N 1 0

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

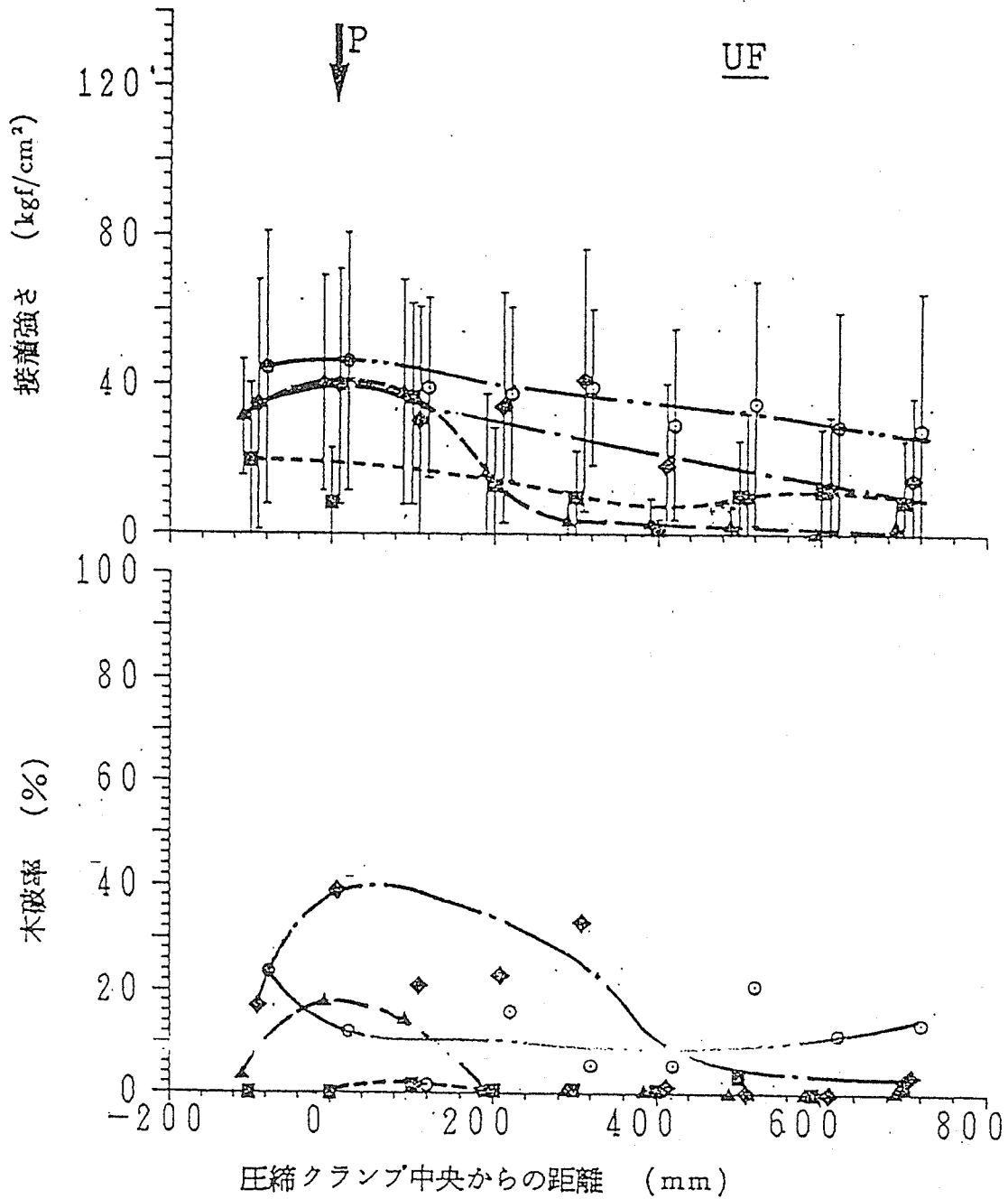
△--- 木部破断率 %

\*- - 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧締位置からの中心距離cm

接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心心距離の関係  
(ユリア樹脂接着剤)



使用接着剤 ユリア樹脂接着剤

部分的な加圧部に加えられた圧縮荷重 10 kg/cm<sup>2</sup>

記号：●——： 0.1N10 ; ▲——： 0.2N10 ;  
 ■——： 0.3N10 ; ◆——： 0.4N10 ;  
 ○——： 0.5N10

資料番号 01N15 被着材厚み 20mm 接着剤 117 圧縮荷重 15 kg f/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	01N151	01N152	01N153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	40( 50)	68( 30)	30( 70)				
12	47( 30)	58( 60)	48( 30)	50.2	15.9	32%	
13	49( 10)	79( 80)	33( 50)	( 45.6)	( 22.4)	49	
21	55( 80)	78( 80)	41(100)				
22	58( 80)	83( 0)	71(100)	64.9	14.9	23%	
23	66(100)	82( 0)	50( 40)	( 64.4)	( 41.0)	64	
31	43( 10)	61( 40)	50( 80)				
32	48( 40)	79(100)	51( 30)	57.0	15.2	27%	
33	64( 30)	81( 0)	36( 80)	( 45.6)	( 34.0)	74	
41	27( 0)	21( 30)	16( 30)				
42	38( 10)	65( 0)	17( 0)	27.7	17.2	62%	
43	39( 0)	15( 0)	11( 0)	( 7.8)	( 13.0)	167	
51	10( 6)	14( 0)	6( 0)				
52	19( 10)	30( 0)	9( 0)	13.3	8.6	65%	
53	18( 0)	14( 10)	0( 0)	( 2.9)	( 4.5)	155	
61	0( 0)	12( 0)	0( 0)				
62	14( 0)	13( 0)	0( 0)	7.6	7.2	95%	
63	16( 10)	13( 0)	0( 0)	( 1.1)	( 3.3)	303	
71	0( 0)	10( 10)	0( 0)				
72	0( 0)	11( 0)	0( 0)	4.9	5.9	120%	
73	10( 0)	13( 0)	0( 0)	( 1.1)	( 3.3)	303	
81	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
82	0( 0)	9( 0)	0( 0)	2.1	4.2	200%	
83	0( 0)	10( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
91	0( 0)	0( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	4( 0)	0( 0)	0.4	1.3	333%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

資料番号 02N15 被着材厚み 40mm 接着剤 117 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	02N151	02N152	02N153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	67( 30)	76( 40)	93( 0)				
12	93( 50)	88( 80)	101( 50)	74.0	30.1	41%	
13	68( 0)	0( 0)	80( 0)	( 27.8)	( 29.5)	106	
21	119( 80)	139( 90)	135( 30)				
22	122( 0)	96( 40)	126( 0)	124.6	13.5	11%	
23	118( 50)	126( 0)	140( 0)	( 32.2)	( 35.6)	111	
31	80( 0)	93( 0)	112( 10)				
32	100( 60)	94( 60)	148( 20)	99.0	24.4	25%	
33	67( 80)	117( 0)	78( 0)	( 25.6)	( 32.1)	125	
41	77( 0)	73( 50)	78( 0)				
42	100( 0)	123( 0)	54( 0)	73.1	26.9	37%	
43	67( 50)	56( 10)	30( 0)	( 12.2)	( 21.7)	178	
51	75( 0)	50( 0)	59( 10)				
52	98( 10)	56( 30)	32( 10)	56.8	21.3	37%	
53	61( 0)	53( 0)	27( 0)	( 6.7)	( 10.0)	149	
61	70( 40)	48( 30)	50( 0)				
62	97( 0)	43( 0)	38( 0)	53.0	20.9	39%	
63	55( 0)	53( 0)	23( 0)	( 7.8)	( 15.6)	200	
71	68( 0)	44( 80)	13( 0)				
72	81( 0)	27( 0)	30( 0)	40.1	22.1	55%	
73	40( 50)	39( 30)	19( 0)	( 17.8)	( 29.5)	166	
81	44( 0)	45( 0)	17( 10)				
82	50( 10)	26( 0)	10( 0)	26.1	18.5	71%	
83	36( 10)	0( 0)	7( 0)	( 3.3)	( 5.0)	152	
91	27( 30)	41( 0)	0( 0)				
92	0( 0)	5( 0)	0( 0)	8.1	15.2	187%	
93	0( 0)	0( 0)	0( 0)	( 3.3)	( 10.0)	303	

資料番号 03N15 被着材厚み 60mm 接着剤 177 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	03N151	03N152	03N153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	79( 80)	78( 90)	75( 30)				
12	80( 50)	82(100)	78( 50)	78.7	2.0	3%	
13	79( 80)	80(100)	77( 10)	( 65.6)	( 32.1)	49	
21	103(100)	107(100)	95( 80)				
22	102(100)	98( 90)	105( 0)	102.8	5.2	5%	
23	102( 80)	100(100)	113( 0)	( 72.2)	( 41.8)	58	
31	98( 60)	96( 0)	94( 6)				
32	102( 30)	96( 80)	103( 10)	98.3	4.0	4%	
33	96( 0)	105( 0)	95( 0)	( 20.7)	( 30.0)	145	
41	96( 0)	88( 10)	85( 0)				
42	96( 80)	95( 30)	86( 0)	92.2	4.5	5%	
43	95( 0)	94( 20)	95( 0)	( 15.6)	( 26.5)	170	
51	85( 0)	85( 30)	78( 50)				
52	87( 0)	86( 0)	84( 0)	84.4	2.6	3%	
53	85( 0)	84( 10)	86( 0)	( 10.0)	( 18.0)	180	
61	82( 0)	78( 0)	76( 0)				
62	83( 0)	78( 0)	80( 30)	79.7	3.4	4%	
63	86( 0)	76( 0)	78( 0)	( 3.3)	( 10.0)	303	
71	72( 10)	69( 0)	75( 0)				
72	72( 0)	74( 0)	76( 80)	73.4	3.1	4%	
73	79( 0)	70( 30)	74( 0)	( 13.3)	( 26.9)	202	
81	67( 10)	67( 0)	73( 0)				
82	67( 10)	67( 0)	70( 0)	69.7	3.7	5%	
83	78( 0)	69( 0)	69( 0)	( 2.2)	( 4.4)	200	
91	51( 0)	57( 0)	67( 0)				
92	76( 0)	69( 0)	65( 0)	65.8	7.8	12%	
93	74( 0)	67( 0)	66( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	



資料番号 04N15 被着材厚み 80mm 接着剤 117 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	04N151	04N152	04N153	Ave.	$\sigma$	c.v.	備考
11	54( 50)	0( 0)	0( 0)				
12	87(100)	58( 30)	72( 60)	56.8	34.5	61%	
13	87(100)	66( 30)	87(100)	( 52.2)	( 40.9)	78	
21	68( 70)	69( 0)	80( 0)				
22	82( 0)	51( 0)	82(100)	77.8	16.4	21%	
23	86( 0)	71( 0)	111(100)	( 30.0)	( 45.8)	153	
31	78(100)	51( 50)	66( 0)				
32	92(100)	63( 50)	114(100)	54.8	12.2	22%	
33	81( 0)	98(100)	123( 20)	( 85.1)	( 23.9)	28	
41	82(100)	46( 0)	46( 0)				
42	91(100)	36( 0)	36( 0)	55.3	19.8	36%	
43	65( 0)	51( 0)	45( 0)	( 22.2)	( 44.1)	199	
51	55( 0)	30( 0)	11( 0)				
52	48( 30)	66( 0)	67( 0)	43.2	19.6	45%	
53	48( 0)	45( 0)	19( 0)	( 3.3)	( 10.0)	303	
61	22( 0)	19( 0)	58( 0)				
62	40( 0)	39( 0)	48( 0)	32.4	17.4	54%	
63	27( 0)	0( 0)	39( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
71	49( 0)	-( -)	49( 0)				
72	48( 0)	-( -)	49( 0)	47.3	7.0	15%	
73	34( 0)	-( -)	55( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	
81	16( 0)	44( 0)	38( 10)				
82	62( 0)	25( 0)	47( 0)	33.3	19.8	59%	
83	50( 0)	18( 0)	0( 0)	( 1.1)	( 3.3)	303	
91	0( 0)	20( 0)	30( 0)				
92	48( 0)	9( 0)	15( 0)	22.8	20.1	88%	
93	58( 0)	25( 0)	0( 0)	( 0.0)	( 0.0)	0	

資料番号 05N15 被着材厚み 100mm 接着剤 117 圧縮荷重 15 kgf/cm<sup>2</sup>

接着強さ (木部破断率) 被着材の状態など

No	05N151	05N152	05N153	Ave.	$\sigma$	c. v.	備考
11	86( 30)	56( 0)	77(100)				
12	58( 0)	103(100)	76( 0)	77.0	17.2	22%	
13	77( 0)	60( 0)	100( 50)	( 31.1)	( 42.8)	138	
21	94( 0)	88( 0)	94(100)				
22	108(100)	141(100)	104( 60)	100.1	18.7	19%	
23	109(100)	86(100)	77(100)	( 73.3)	( 43.6)	59	
31	66( 0)	138( 30)	109(100)				
32	97(100)	48( 0)	94(100)	85.8	27.2	32%	
33	79(100)	79(100)	62( 50)	( 64.4)	( 44.8)	69	
41	82( 0)	58( 0)	85( 20)				
42	79( 0)	58( 0)	94( 0)	77.8	13.2	17%	
43	87( 90)	88(100)	69( 0)	( 23.3)	( 41.2)	177	
51	52( 0)	74( 0)	57( 0)				
52	96(100)	48( 0)	77(100)	67.3	26.7	40%	
53	40( 0)	43( 20)	119(100)	( 35.6)	( 48.8)	137	
61	29( 0)	60( 0)	76(100)				
62	77( 0)	0( 0)	42( 0)	47.4	24.5	52%	
63	60( 0)	49( 0)	34( 0)	( 11.1)	( 33.3)	300	
71	18( 0)	44( 0)	51( 0)				
72	58( 10)	82( 90)	10( 0)	40.0	22.0	55%	
73	40( 0)	27( 0)	30( 0)	( 11.1)	( 29.8)	268	
81	15( 0)	30( 0)	48( 10)				
82	32( 0)	89(100)	69( 10)	46.2	25.2	55%	
83	67( 30)	49( 20)	17( 0)	( 18.9)	( 32.2)	170	
91	13( 0)	46( 0)	67( 20)				
92	10( 0)	69(100)	37( 0)	37.9	25.1	66%	
93	-( -)	53( 0)	8( 0)	( 15.0)	( 35.1)	234	

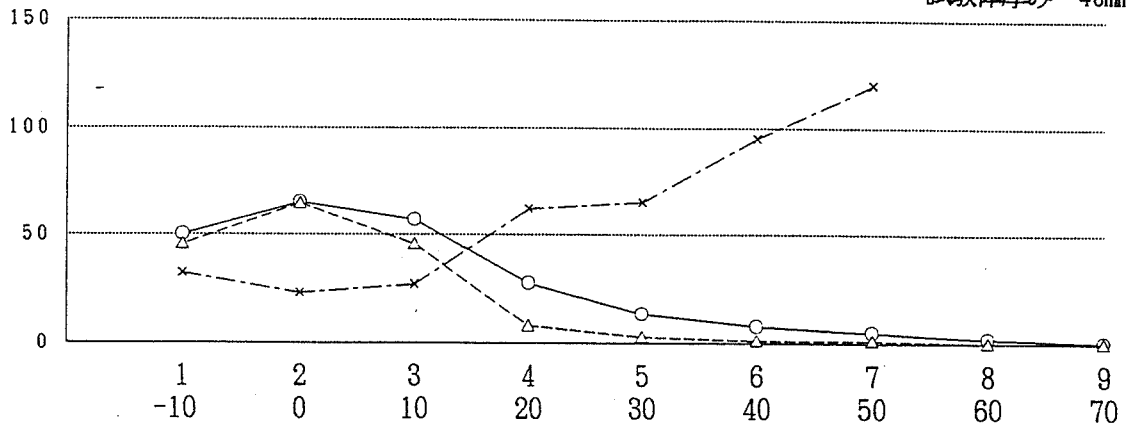
Urea Resin Adhesive

Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

0 1 N 1 5

被着体厚み 20mm

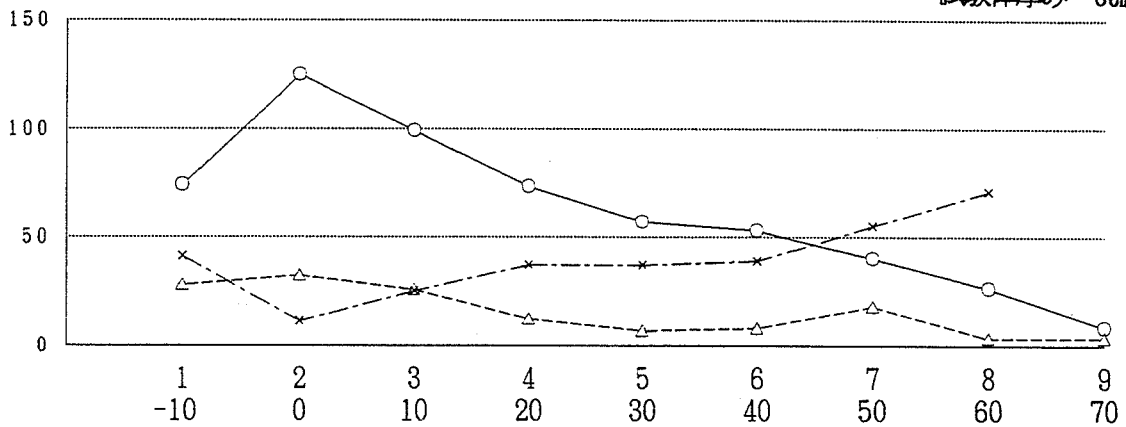
試験体厚み 40mm



0 2 N 1 5

被着材厚み 40mm

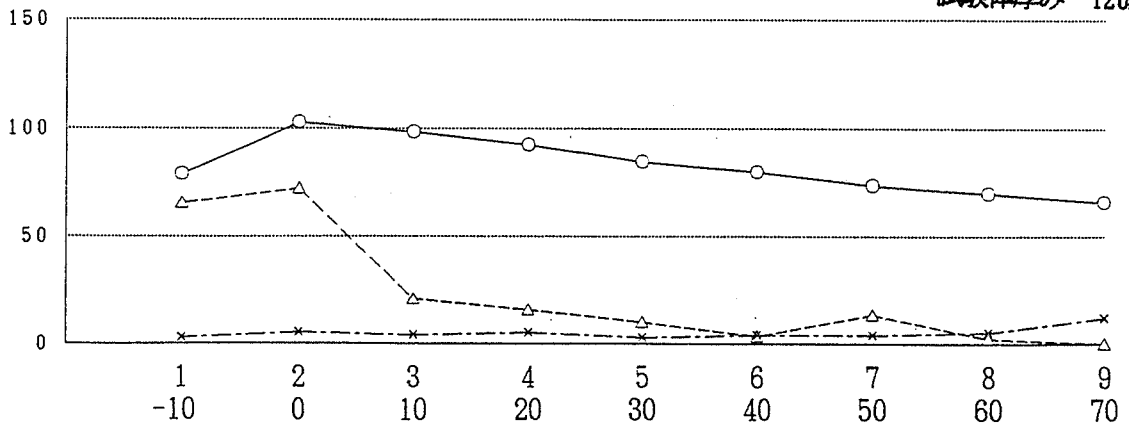
試験体厚み 80mm



0 3 N 1 5

被着材厚み 60mm

試験体厚み 120mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率 %

×--- 接着強さ変動係数 %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

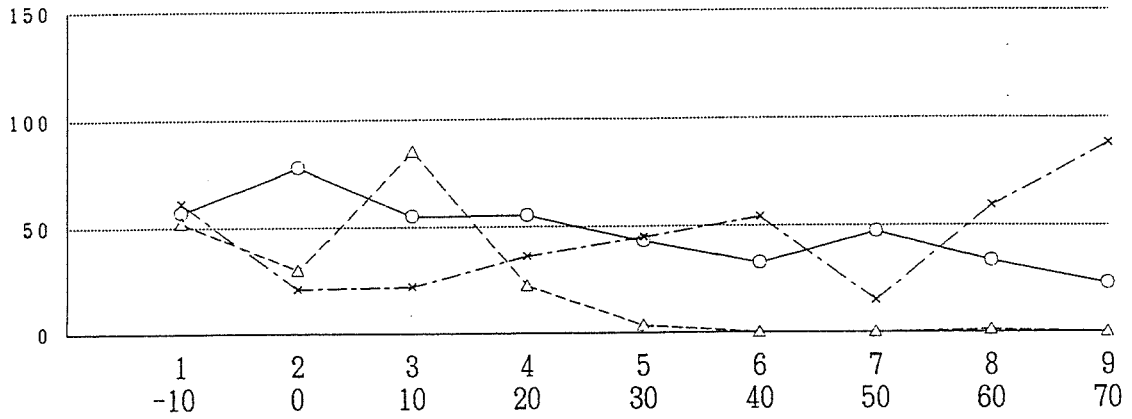
-10~70 圧縮位置からの心中心距離cm

Urea Resin Adhesive  
 Pressure 15 kgf/cm<sup>2</sup>

0 4 N 1 5

被着材厚み 80mm

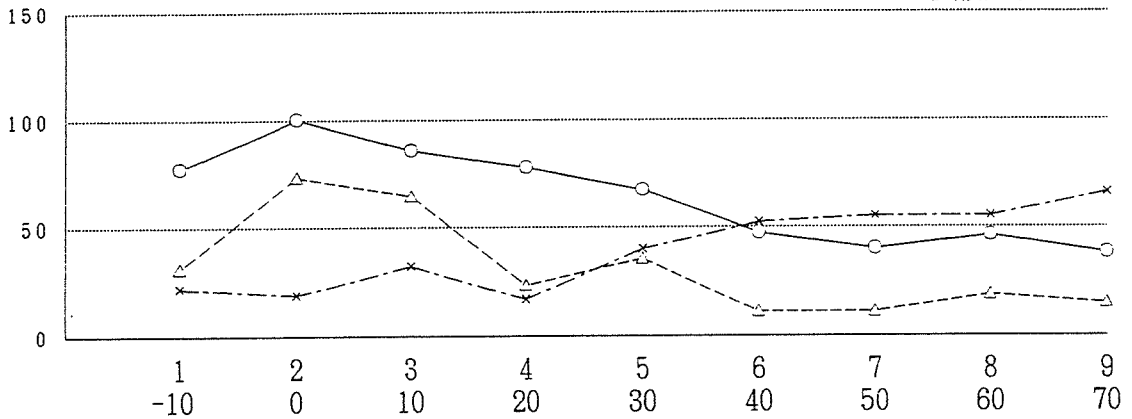
試験体厚み 160mm



0 5 N 1 5

被着材厚み 100mm

試験体厚み 200mm



縦軸目盛 ○— 接着強さ      kgf/cm<sup>2</sup>

△--- 木部破断率      %

\*--- 接着強さ変動係数      %

横軸目盛 1 ~ 9 試験片採取位置番号

-10~70 圧締位置からの中心距離cm

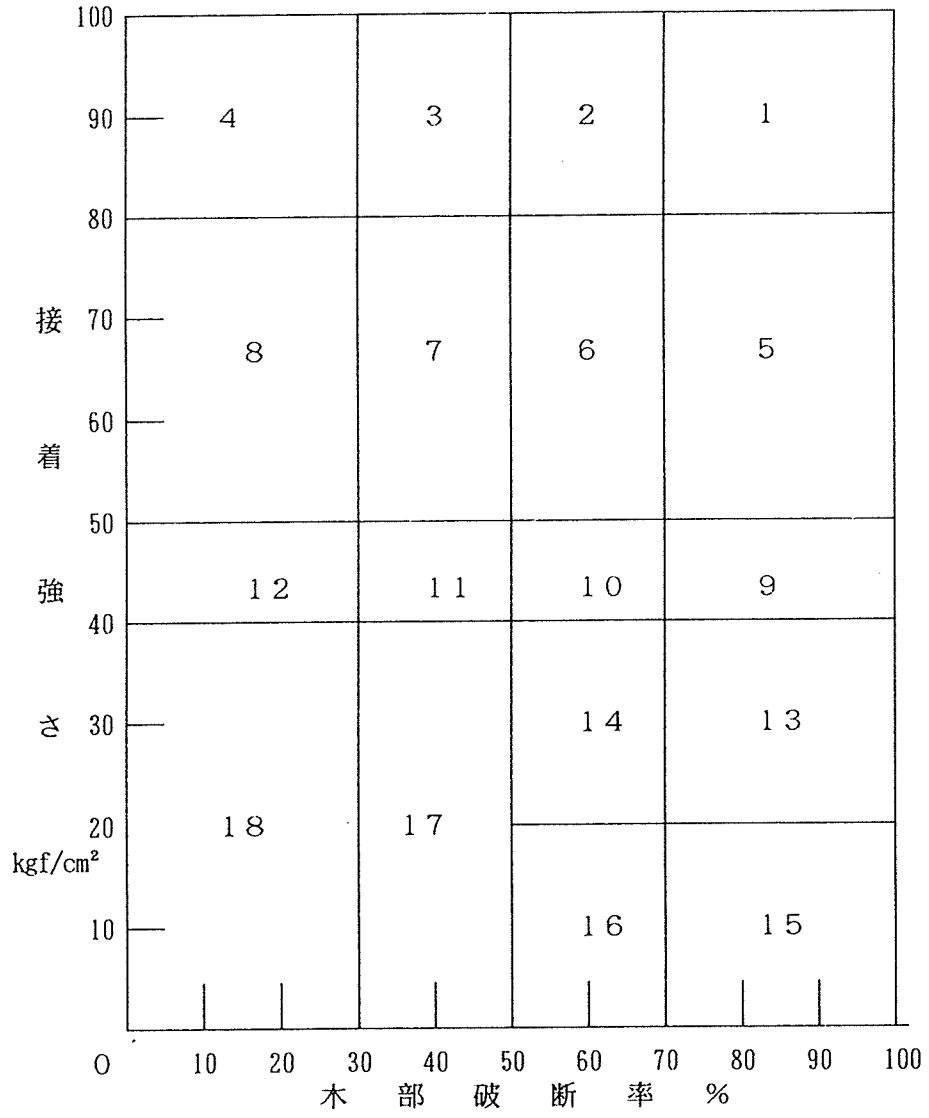
2) 評価の基準 種々の条件での各部分の接着性能の総体的評価の為に、その部分の接着強さ、木部破断率、接着強さの変動係数の3個の因子を取り、それらの値から大別して5種、全10種類の評価基準を設けて評価した。その10種類の評価基準は表6-29に示す通りで、その評価体系を分かり易くするために総体の概念を図6-18として図示した。

表6-29 接着性能の評価基準

No.	接着強さ kgf/cm <sup>2</sup> の範囲	木部破断率% の範囲	変 動 係 数 の 範 囲			
			20>	20~30	30~50	>50
1	>80	>70	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
2		69~50	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
3		49~30	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
4		30	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
5	80~50	>70	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
6		69~50	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
7		49~30	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>
8		30<	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D	E
9	50~40	>70	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
10		69~50	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
11		49~30	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D
12		30<	D	D	E	E
13	40~20	>70	B	B	C	C
14		69~50	C	C	C	D
15	20>	>70	C	C	D	E
16		69~50	D	D	E	E
17	40>	49~30	D	D	E	E
18		30>	E	E	E	E

図6-18 部分圧縮による接着試験片の評価基準の概念図

(接着強さと木部破断率からの評価)



ここに

Aの評価群にはA<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>が含まれるが、何れも十分な性能で接着は信頼出来る

A<sub>1</sub>：接着強さ、木部破断率とも十二分である。

A<sub>2</sub>：A<sub>1</sub>に比べて多少劣るが問題にはならない。

Bの評価群はA群程でないとしても大断面構造用集成材の接着の水準内であり、実用上問題はない水準であると考えられる。従ってAとB群の評価を得たものは合格水準に達しているものである。

B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>：接着強さあるいは木部破断率が漸次小さくなるに従い、また変動係数が大きく成るに従い、下付け数字を大きくして言えば信頼度の低下を表わしている。

C評価群は評価因子の少なくとも1つが信頼性を欠く水準なので、このままでは容認出来ないものである。

C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>：木部破断率が高いが接着強さの値が小さいもの等、実用上構造部材として不十分な性能しか持っていないなど、また変動係数が大きく平均値の水準はともかくとして信頼性が心配な時などで、下付け数値の大きいもの程信頼度が劣る。

D群は接着性能が大断面構造用集成材にも達しない低い水準の組である。

E群は接着接合として期待出来ない水準。

### 3) 試験の結果の評価と考察

第5編において既に集中荷重位置と他の部分の位置の関係、被着材の剛性(厚み)との関係、接着剤との関係についてまとめられている。

ここでは、今回実施した部分集中荷重圧縮による接着試験の結果の評価を行なう。全試験の全位置部位の接着強さ評価に1)の評価基準を適用した一覧表が図6-19である。このマトリックスを概観して次のことが言える。

a) 接合性能ありと評価されるA評価とB評価を得た位置部位は、レゾルシノール樹脂接着剤とエポキシ樹脂接着剤はほぼ同じ範囲で拡がり、水性高分子イソシアネート系接着剤はそれよりも加圧部側に狭く、ユリア樹脂接着剤のA B評価位置部位は極く狭い。

b) ユリア樹脂接着剤を使用した試験を除き、材背(被着材の厚み)が60~80mmが最も

図 6 - 1 9 部分集中荷重による各部位の  
接着強さ試験の結果の評価

圧縮荷重 位置番号		5 kgf/cm <sup>2</sup>			10 kgf/cm <sup>2</sup>			15 kgf/cm <sup>2</sup>			
		1 2 3	4 5 6	7 8 9	1 2 3	4 5 6	7 8 9	1 2 3	4 5 6	7 8 9	
レ ゾ ル ノ シ ル	材	20mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> E E	E E E	B <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	D E D	E E E	B <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	E E E	E E E
		40mm	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	D D E	E E E	E B <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D C <sub>1</sub>	E B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> E E	E E E
		60mm	B <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	D E E	C <sub>2</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	E E E	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> B <sub>3</sub> E	E E E
		80mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	E A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> D	B <sub>3</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>
		100mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> E	E E E	C <sub>1</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> D E	C <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E	C <sub>2</sub> A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D D
エ ポ キ シ	材	20mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> E E	E E E	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	D E E	E E E	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	E E E	E E E
		40mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> D	D D E	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> E	E E E
		60mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> E E	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	D C <sub>1</sub> B <sub>3</sub>
		80mm	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	E D D
		100mm	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> E D	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	E E E	E B <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
水 性 ウ レ タ ル ン	材	20mm	B <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	E E E	E E E	B <sub>2</sub> A <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	E E E	E E E	B <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	E E E	E E E
		40mm	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	E E E	E E E	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> E E	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> E E	E E E
		60mm	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> E E	E E E	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> D E	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> E	E E E
		80mm	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> E C <sub>1</sub>	D B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	C <sub>3</sub> C <sub>2</sub> D	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> D	E E E
		100mm	E E E	E E E	E E E	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> E E	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> E E	E E E
ユ リ ア	材	20mm	D A <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	D E E	E E E	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> E E	E E E	B <sub>3</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	E E E	E E E
		40mm	B <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> D E	E E E	B <sub>1</sub> A <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D E	E E E	D A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	D D D	E E E
		60mm	D B <sub>1</sub> D	E E E	E E E	C <sub>1</sub> A <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	E E E	E E E	A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> C <sub>2</sub> C <sub>2</sub>
		80mm				D C <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	D D D	E E E	B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	D E E	D E E
		100mm	E B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> E	E E E	E C <sub>3</sub> D	E E E	E E E	B <sub>2</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> B <sub>3</sub> E	E E E

註：評価は前出表 6 - 2 9 「接着性能の評価基準」のランク付けによる。



遠くまで効果が到達していてピークをなしており、それよりも材背が大きくとも小さくとも接着性能は低下する山型分布を形成する。

c) ユリア樹脂の場合を除き、他の接着剤では荷重点2とその両側1、2、3位置は当然ながら十分な接着性能が得られる。

d) レゾルシノール樹脂、エポキシ樹脂では、条件で効果に多少の違いがあるがおおむね位置番号5まで実用の出来る。

e) 圧縮外側のオーバーハング部位置番号1は、水性接着剤では接着層の吸水膨張で接着層を凸に反ることで接着強さの低下が内側の位置番号2より大きい。溶剤をほとんど含まないエポキシ樹脂ではこの傾向がない。

f) 材背（厚み）の小さい場合は、圧縮荷重は材背（被着材厚み、被着材剛性）が小さいほど荷重点近くに集中するから、被着材剛性に対して荷重が大きいと荷重圧縮の内側の中央部に接着層に圧力が掛らなくなり接着性能は急激に低下する。

g) 材背が100mmの場合は剛性が大きい為、被着材が接着作業前に長期に放置されると含水率の変動での少々の狂いも接着圧縮に大きな障害となる。

#### 4) 各因子別の評価

##### 4) - 1 接着剤について

###### I レゾルシノール樹脂接着剤

- ① 60mm以上の材背でよい性能を示した。80mmで最も高い。
- ② 圧縮効果の遠距離到達性はどの接着剤と比べても最も安定して優れる。
- ③ 圧縮荷重圧力の大きさの影響は少ない。
- ④ オーバーハング部の低下が大きい。
- ⑤ 耐熱性、耐久性も定評があり信頼できる。

###### II エポキシ樹脂接着剤

- ① 平均的に高水準の接着性が得られる。
- ② 被着材材背（厚み）、圧縮荷重圧力の大きさに影響されにくい。
- ③ 遠距離到達性は位置番号で5まで、荷重位置より20cmまでで、それを越えると急激に低下する。
- ④ 荷重部の外側オーバーハング部の影響がほとんど無い。
- ⑤ 火災時を想定する高温下での荷重耐力が劣ることで使用に躊躇する。これを改善すると、ただでさえ難点である低温硬化性が更に悪くなる。

### Ⅲ 水性高分子イソシアネート系接着剤

- ① 荷重圧縮圧力が大きくなるほど接着性能がよい。
- ② 遠距離到達性は位置番号4の20cmで、15kgf/cm<sup>2</sup>の高い圧縮圧で30cm。
- ③ 総体的にレゾルシノール樹脂、エポキシ樹脂には及ばないが、低温硬化性に優れているので現場接着接合に捨て難い。

### Ⅳ ユリア樹脂接着剤

- ① 樹種がベイマツであることも原因して総体的に期待できない。
- ② 遠距離到達性、接着強さも低く、湿潤の恐れがない部位でも使用を進められない。

#### 4) - 2 荷重圧縮圧力について

- ① 水性高分子イソシアネート系接着剤を除き 5~10/cm<sup>2</sup>が接着面に掛けられれば充分である。
- ② 被着木材が薄くまた剛性が小さい時は、大き過ぎる荷重圧力は被着材の離れた部分の跳ね上がり現象で有害であり、接着剤の性能も含めて適切な圧力を選ぶ必要がある。

#### 4) - 3 被着木材について

- ① 材背（厚み）が80mmの場合があらゆる条件で安定して接着性能がよい。
- ② 20mm厚など厚みの薄い被着木材の接着は注意が必要である。
- ③ 被着木材の集成材が経日で乾燥・吸湿で反りなどの狂いが発生する。
- ④ 100mm厚の被着材の場合が全般的に悪い性能であった。③の狂いが部材の剛性が高いために圧縮で矯正出来なかった為と見られる。
- ⑤ 圧縮による跳ね上がりが最も大きいのは40mm厚である。

#### 4) - 4 荷重圧縮部位からの距離と圧縮効果

- ① 位置番号4の20cmまでを可能範囲とすると圧縮治具は心車で50cm迄離れてよいので充分実用性が確認出来た。
- ② 治具下の荷重当て板に適当な材料・大きさを選べば圧縮の不足の心配はない。
- ③ オーバーハングは避けたほうがよい。

## 6.4 BFG実大試験体の接合状況目視検査

### 6.4.1 試験の目的

剛性試験を行なう為のBFGの実大接合試験体の接合状況を曲げ破壊試験の前に、外周から接合部の状態を目視検査することで、その接合が適切か、さも無くも少なくとも不良接合であることが判断出来ないかが、この試験の目的である。

### 6.4.2 試験の方法

そこで、5種類、20体のBFGによる実大試験体の梁材の両側面に現われている個々の接合部の接合線の密着の状態を目視により測定した。

1) 糊溜めの長さ 糊溜め長さは一見零であるのが良いようであるが、嵌合が緩くて先端部が突き当たっている場合には、フィンガーの側面は密着することが出来ず接着接合に最も悪い条件になる。むしろ断面欠損とはなっても適当な糊溜め分を残してフィンガーの側面の密着が確保されることが望ましい。が余りにも空き過ぎるのはフィンガーの切削の精度や接合剛性に問題があると言える。

そこで、フィンガー先端部の糊溜めの各長さを測定して、片側分の平均値と最大値、最小値更に糊溜め長さの全累積長さ（おおむね平均空隙長さ×ピッチ数×2に近い）を記録した。

2) フィンガー側面の接着層の厚み、測定箇所数、累計長さ フィンガージョイントの接合性能は、フィンガーの側面密着部の接着強さにあるから、接着層ラインの厚みを測定してこの厚みが厚い物ほど接着が阻害されていて接着強さが小さくなっているであろうと推定しようとした。フィンガーの接着層ラインに沿って順次目視検査をして行き、接着層の厚みが観測された部分の接着層厚みを1/10mm拡大鏡で読み取りその側面での最大の厚みと測定箇所数、その対象となる接着層の長さの累計長さを測定した。1側面の全接着層の長さはフィンガーピッチの違いに関わらず約303cmである。

3) 不安部接着層長さ比率 接着層の厚みが目視で観測された部分を測定対象とした。この測定対象になった接着層長さ累計の全接着層長さに対する百分率である。目視観測できるような接着層部分の接着性が劣っているとすれば、この比率の高い接合は剛性がより小

さくなると考えられた。

4) 密着接着層長さ フィンガー側面長さ(約303cm)から不安接着層長さと糊溜め長さ累計を差し引いた、目視観測で接着層がヘヤーラインとしてよく密着している部分の長さの累計である。密着して確かな接着をしていると思われる接着層長さが長いほどこの結合の強さは大きくなると考えたからである。

5) 密着接着層長さ比率 密着接着層長さの全接着層長さに対する百分率である。この比率が大きいほど接着接合は向上して剛性も高くなると思われる。

BFG試験体の接合状況一覧のBFGタイプは実大試験体の試験体番号であり、表中の試験体番号は接合した2体の試験材料の番号である。反りは接合された試験体の両端の上縁に水系をはり中央部の矢高を測定した。この時水系に対し凹に即ち圧縮側がへこんでいる時が「+」で、反の反対に凸になった時の矢高は「-」として記録した。

#### 6.4.3 評価

測定因子、測定方法などの選定も必ずしも適切であったとは言われないこと、また実際に大型大断面の接合大部材の接合部の両側面の接着層の測定は、想像より相当困難な作業であったことなどから、目視観測検査で曲げ破壊検査の結果を適格に推定するような因子を見付けることが出来なかった。

BFJ 試験体 外付 番号	試験体実測寸法		BFG設計寸法		先端空隙長さ		Max. Ave. 累計	Max. 測定数	長さ	長さ比率%	不安部接着層 長さ	長さ比率%	密着接着層 長さ	密着接着層 長さ比率%	備考
	全長	幅	背H	反り	mm	mm									
3-24	7,003	151	481	上-4.0	0	0	0	0	F1				209	69	
A1				下 1.5					F1		24				
2-24	7,002	151	481	上 0.0					F1				246	81	
A2				下 1.0					F2		16				
1-25	7,000	151	482	上					F1						
A3				下					F2		9		195	64	
1	7,440	149	480	上 5.0	60	25	5	1:8	F1 3.5	0.5	1.2	46	1.8	17	58
B1-3				下-2.0					F2 2.0	0.3	0.8	31	2.0	9	46
3	7,444	149	481	上 1.5					F1 4.0	1.5	2.8	108	0.0	0	20
B1-1				下 1.0					F2 4.0	1.5	2.7	104	0.5	5	27
5	7,442	150	482	上 7.0					F1 6.0	0.5	2.4	92	2.0	27	88
B2-1				下-6.5					F2 5.5	1.0	2.9	111	1.6	26	82
8	7,444	151	483	上10.5					F1 7.0	1.0	3.0	115	1.2	3	20
B1-2				下-8.5					F2 6.5	1.0	3.0	115	1.2	6	22
9	7,047	150	481	上-1.4					F1 4.5	1.5	2.7	104	1.1	12	44
B2-2				下 1.6					F2 5.0	1.0	3.0	115	0.0	0	0
11	7,383	151	480	上10.0	120	40	5	1:8	F1 5.0	0.0	2.9	70	0.8	12	86
C3				下-7.5					F2 5.0	0.5	2.6	62	2.1	14	102
15	7,384	148	480	上11.0					F1 6.5	2.5	3.9	94	0.0	0	0
C2-1				下-8.0					F2 4.5	1.0	2.8	67	1.4	10	54
17	7,364	149	482	上 8.0					F1 1.5	0.0	0.6	14	0.9	2	12
C2-2				下-0.5					F2 3.0	0.5	1.3	31	0.6	5	25
19	7,385	150	481	上 4.5					F1 3.5	0.5	1.9	46	1.0	10	80
C1-1				下 2.0					F2 4.0	0.5	2.4	58	0.9	7	56
21	7,306	150	481	上-3.0	200	60	5	1:8	F1 4.0	0.5	1.1	18	1.0	6	66
D1-3				下 4.5					F2 3.5	0.5	1.7	27	0.8	6	70
24	7,306	150	480	上 2.5					F1 4.0	2.0	2.7	43	0.7	14	123
D1-1				下 5.0					F2 3.0	2.0	2.7	43	0.7	12	145
25	7,308	150	480	上-4.0					F1 3.5	0.0	1.7	27	0.8	6	70
D1-2				下 4.0					F2 2.5	0.0	1.4	22	0.7	11	136
27	7,000	150	481	上-4.0					F1 2.5	0.0	1.2	19	0.9	6	58
D2-1				下 5.0					F2 2.5	0.0	1.2	19	0.8	7	100
31	7,304	151	481	上 9.0					F1 1.1	0.0	0.7	11	0.8	11	100
D2-2				下-8.5					F2 2.4	1.3	1.6	26	1.8	18	107
29	7,020	149	477	上-3.0	480	130	5	1:8	F1 10.0	0.5	3.3	24	1.7	7	183
E2				下 3.0					F2			1.1	1.4	334	
34	7,022	149	480	上-4.5					F1 9.0	0.5	3.4	25	2.2	9	73
E1				下 5.5					F2 12.0	0.0	5.4	40	0.6	9	180
36	7,022	149	477	上 5.5					F1 3.5	0.0	0.9	7	2.7	11	77
E3				下 0.0					F2 3.0	0.0	0.7	5	1.6	9	137

## 第7編 スカーフジョイントの力学特性

### 1. 研究の目的

本研究は、スカーフジョイントにより接着接合した集成材の梁継ぎ手について曲げ実験を行い、圧縮方法及び圧縮圧が継ぎ手の強度特性に及ぼす影響を調べ、現場接着接合構法確立のための基礎資料とすることを目的とする。

### 2. 試験体

試験体は、幅15 cm、せい90 cmのベイマツ集成材（JAS 1級）のはりを傾斜比1/10のスカーフジョイントにより接着接合したものと及びこれを長さ方向に切断したもので、試験体の形状及び圧縮条件により以下の種類に分類された。

供試体Aは、幅15 cm、せい90 cmのはり（継ぎ手を有するもの）をせいが30 cmになるように3つに切断したもので（図1参照）、各試験体の寸法は、幅145 mm、せい285 mm、長さ6.5 mであった。切断前のはり継ぎ手の圧縮は図3に示す方法で行い、スカーフ部の圧縮圧は5 kg/cm<sup>2</sup>、10 kg/cm<sup>2</sup>及び15 kg/cm<sup>2</sup>の3種類であった。なお、試験体番号のCは切断前の部材における中央部、R及びLは上下の部分を表す。

供試体Bは、上記の幅15 cm、せい90 cmのはりの両端に、図2に示す長さ2650 mmの鋼材を縦継ぎした曲げ試験体で、スカーフジョイント製造時の圧縮は図4に示す方法で行い、平均圧縮圧が5 kg/cm<sup>2</sup>のB05と10 kg/cm<sup>2</sup>のB10に分けられた。

### 3. 実験方法

供試体A及びBにおける試験方法を図5及び図6に示す。供試体Aでは、図5に示すように3等分点に載荷し、荷重を単調に増加し破壊に至らしめた。供試体Bでは、部材の長期許容応力時及び短期許容応力時に一旦除荷し、3回目の加力で破壊に至らしめた。供試体A及び供試体Bにおける試験装置の外観を写真1及び写真2に、変位の測定位置を図7及び図8に示す。

#### 4. 実験結果

供試体 A 及び供試体 B における破壊性状を写真 4～写真 8 及び写真 9～写真 10 にそれぞれ示す。また、供試体 A 及び B における最大荷重、曲げ強度及び見かけのヤング係数を表 1 に示す。ここに、供試体 A における見かけのヤング係数は供試体の全スパンより、供試体 B におけるヤング係数はスパン中央部の曲げモーメント一定区間の歪より算出した。供試体 A では、A 1 0 R を除き部材が節又はフィンガージョイントの存在により曲げ破壊した。供試体 A 1 0 R では、フィンガージョイントの引張破断により破壊したが、割れが接着層に沿って走り、接着層における剥離が一部で見られた。供試体 B では、B 0 5、B 1 0 共にフィンガージョイントの引張破断がもとで破壊したが、曲げ区間全面でせん断亀裂が見られた。供試体 A における曲げ強度は材料強度の 6 7 %～1 0 4 % で、平均 8 1 % であったが、これは切断前の集成材が日本農林規格によるひき板構成を取っているため、低い等級のひき板が引張り側に配置されたものでは曲げ強度が低下したものと考えられる。また、供試体 B 0 5 及び B 1 0 における曲げ強度は、材料強度（材料強度に曲げによる低減係数 0. 8 9 を掛けたもの）の 8 6 % 及び 8 9 % であった。

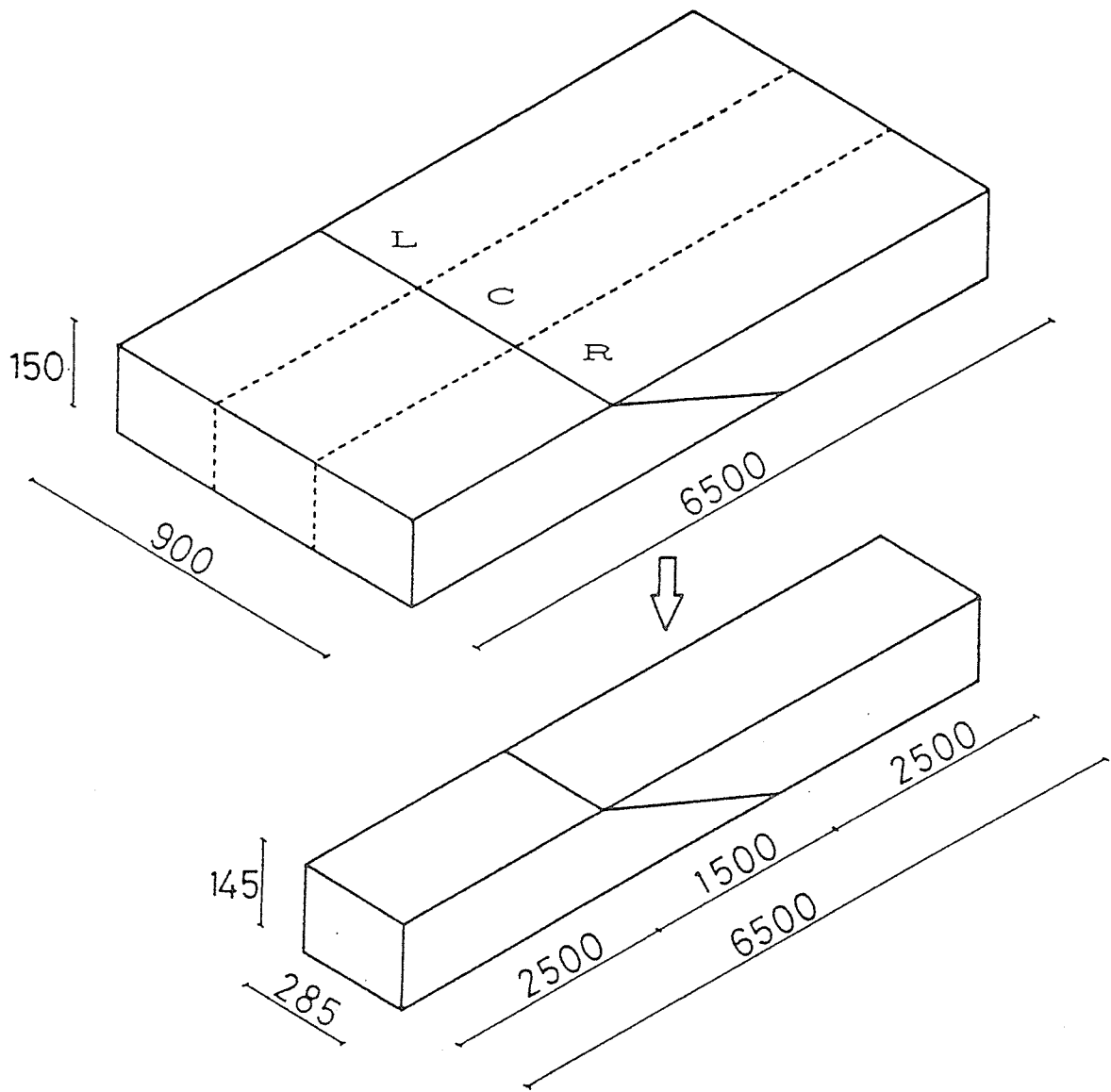


図 1. 供試体 A



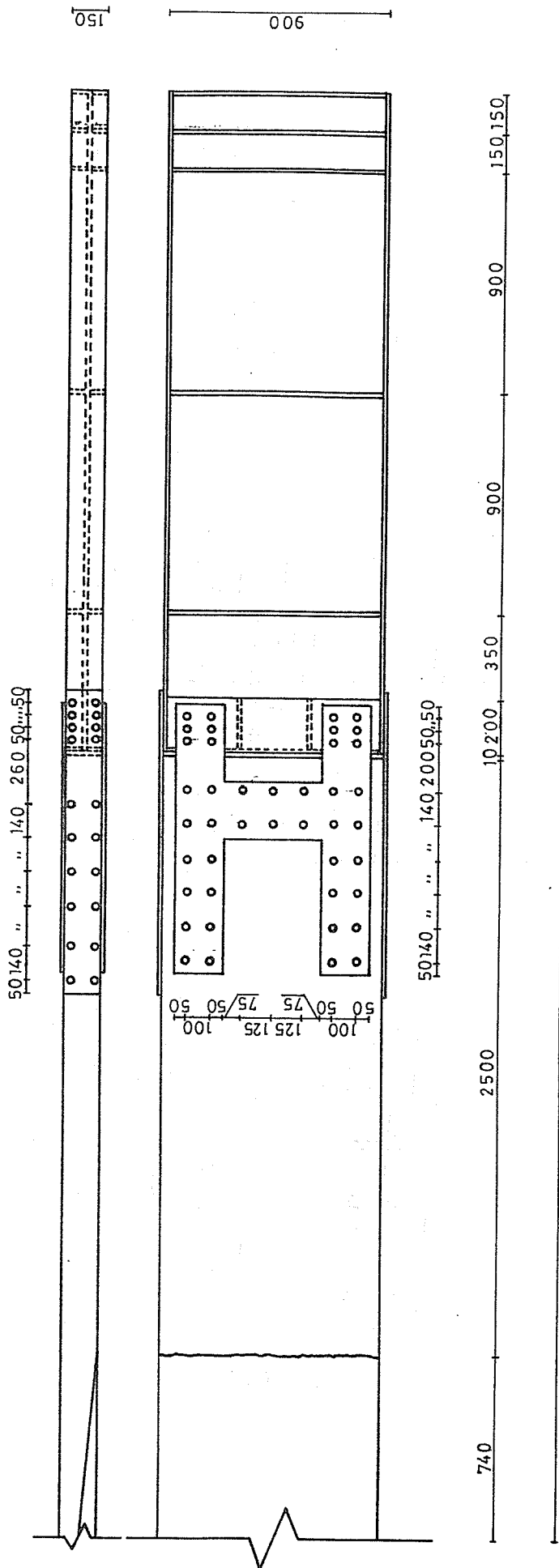
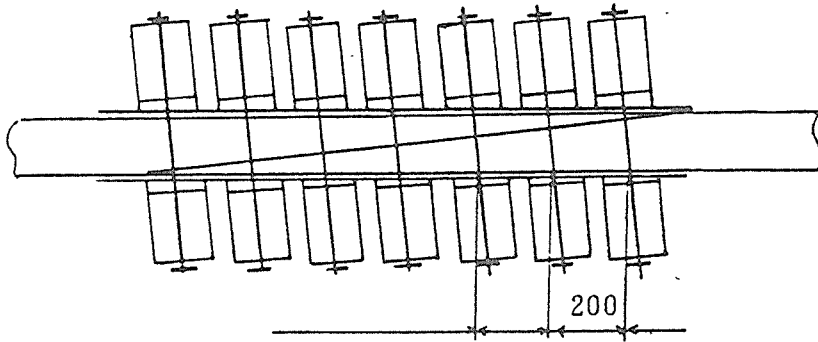


図2. 供試体B

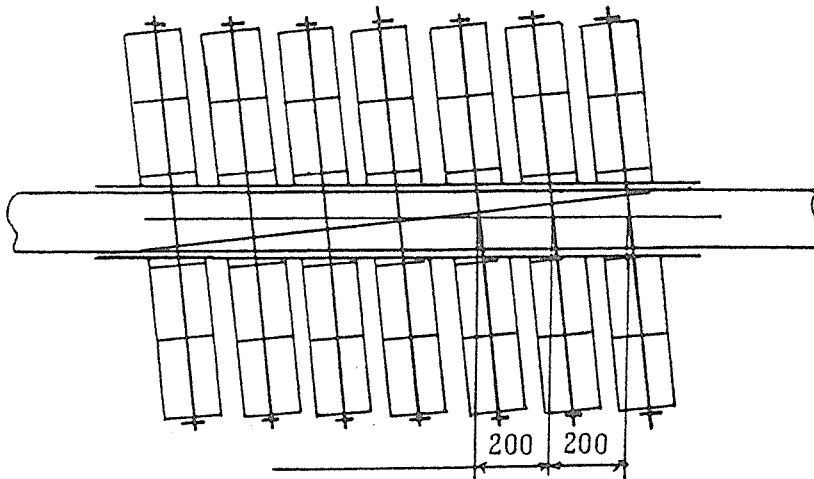
圧縮圧力  $5 \text{ kg f/cm}^2$  トルク  $47 \text{ kg f-m}$  たわみ  $1.0 \text{ mm}$

A 05



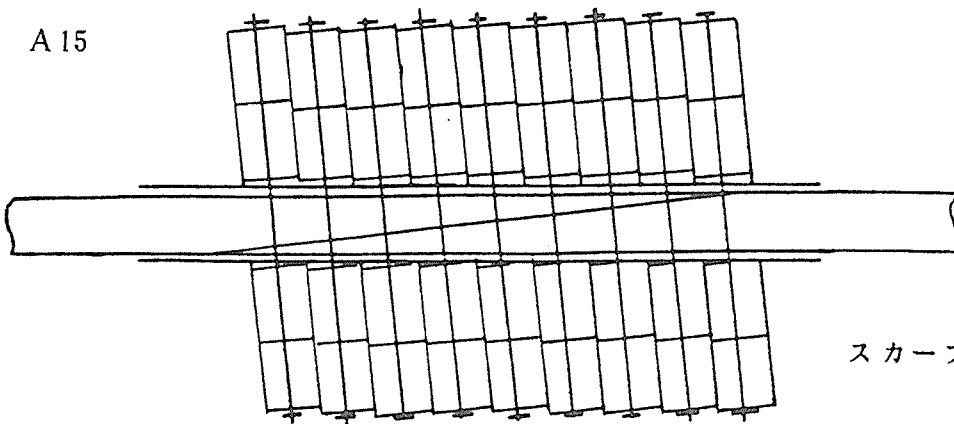
圧縮圧力  $10 \text{ kg f/cm}^2$  トルク  $93 \text{ kg f-m}$  たわみ  $1.0 \text{ mm}$

A 10



圧縮圧力  $15 \text{ kg f/cm}^2$  トルク  $105 \text{ kg f-m}$  たわみ  $1.1 \text{ mm}$

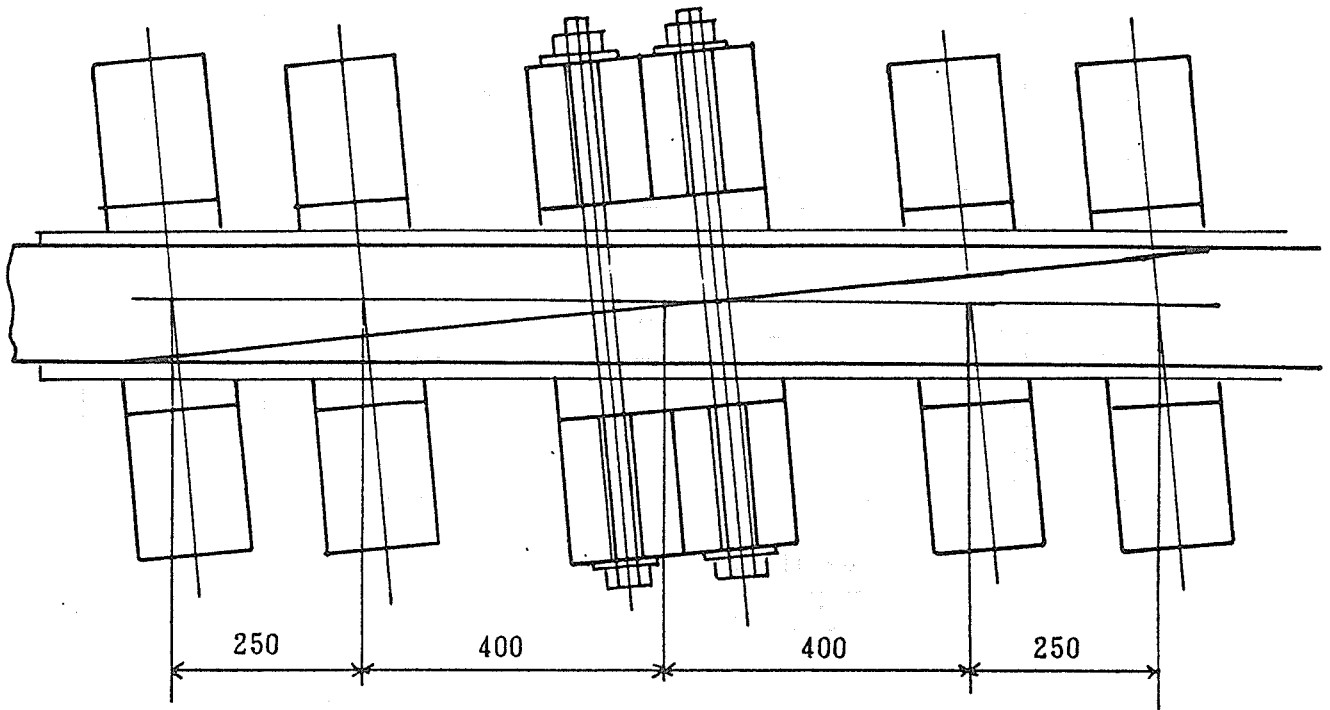
A 15



スカーフ傾斜比  $1/10$

図 3. 供試体 A の圧縮方法 (等間隔の圧縮)

圧縮圧力 5kg f/cm<sup>2</sup> B 05



圧縮トルク

5kg f/cm <sup>2</sup>	47	70kg-m	58kgf-m + 58kgf-m	70	47
10kg f/cm <sup>2</sup>	93	140kg-m	116kgf-m + 116kgf-m	140	93

圧縮圧力 10kg f/cm<sup>2</sup> B 10

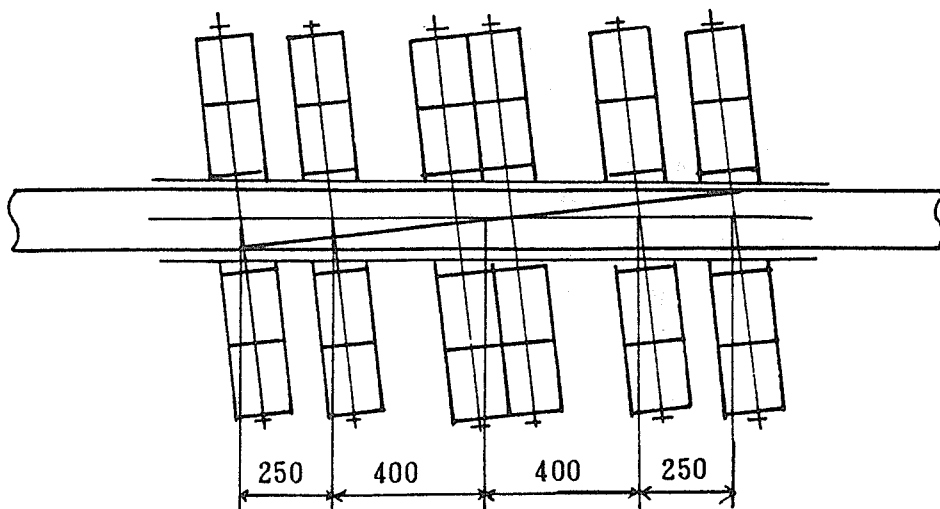
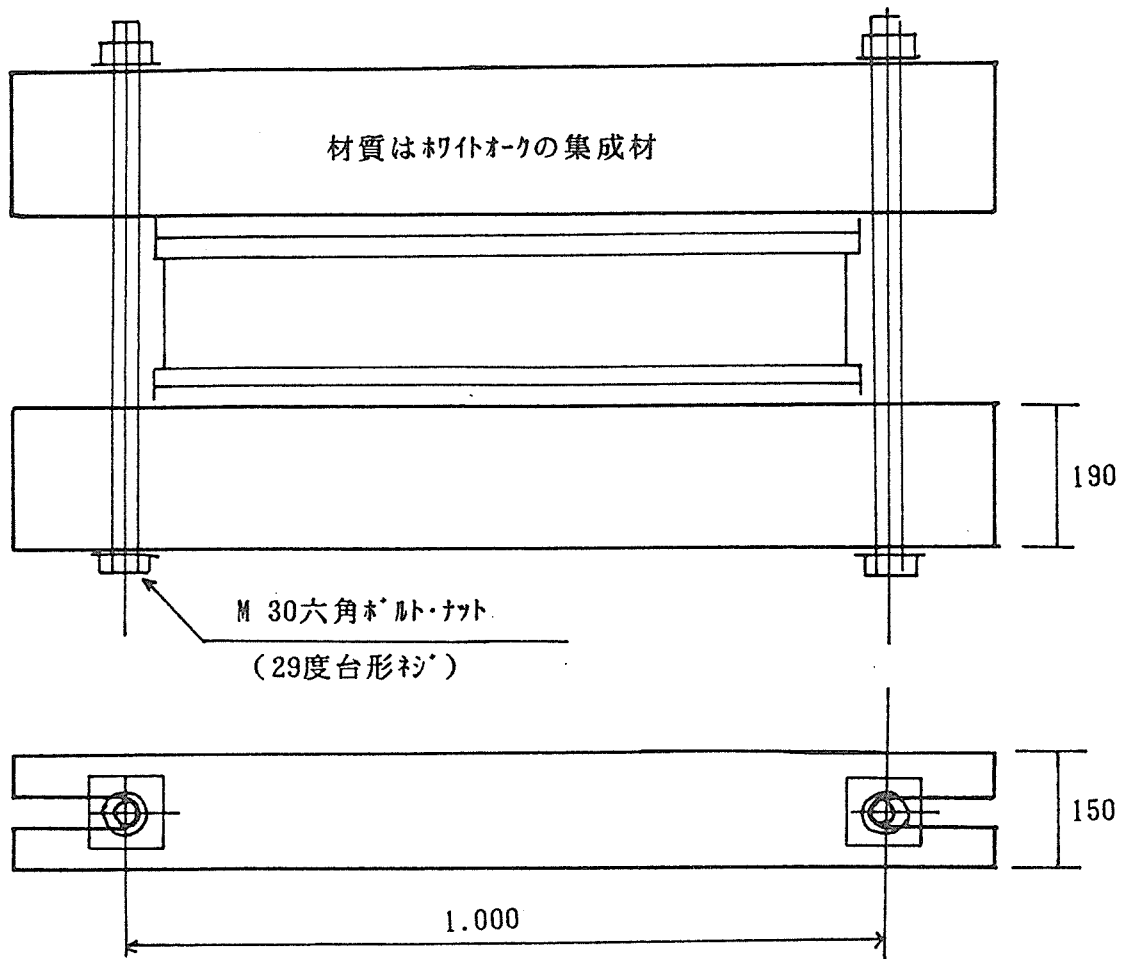


図 4. 供試体 B の圧縮方法 (圧縮間隔を変化)

圧縮治具



締付トルク

$$\text{トルク} = F L = W R \frac{(\pi f D + k)}{(\pi D - f k)}$$

W = 圧縮力 = フランジ 間隔 × 幅 × 圧縮圧力

R = ネジ の 平均半径 (1.35 cm)

D = ネジ の 平均直径 (2.7 cm)

f = 摩擦係数 (0.3)

k = ネジ 山のピッチ (2.54/4 = 0.635 cm)

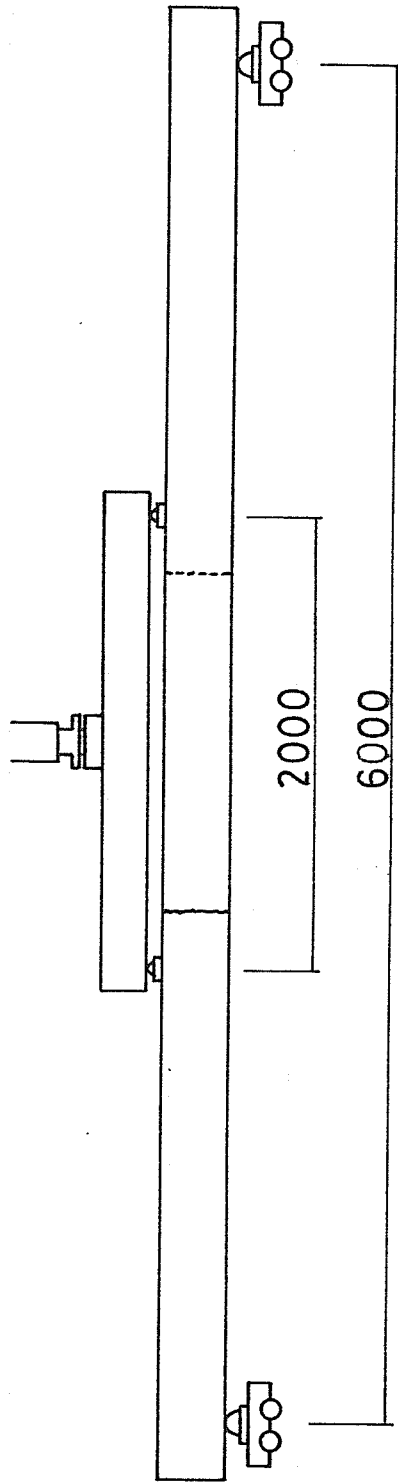


図5. 試験装置外觀 (供試体A)

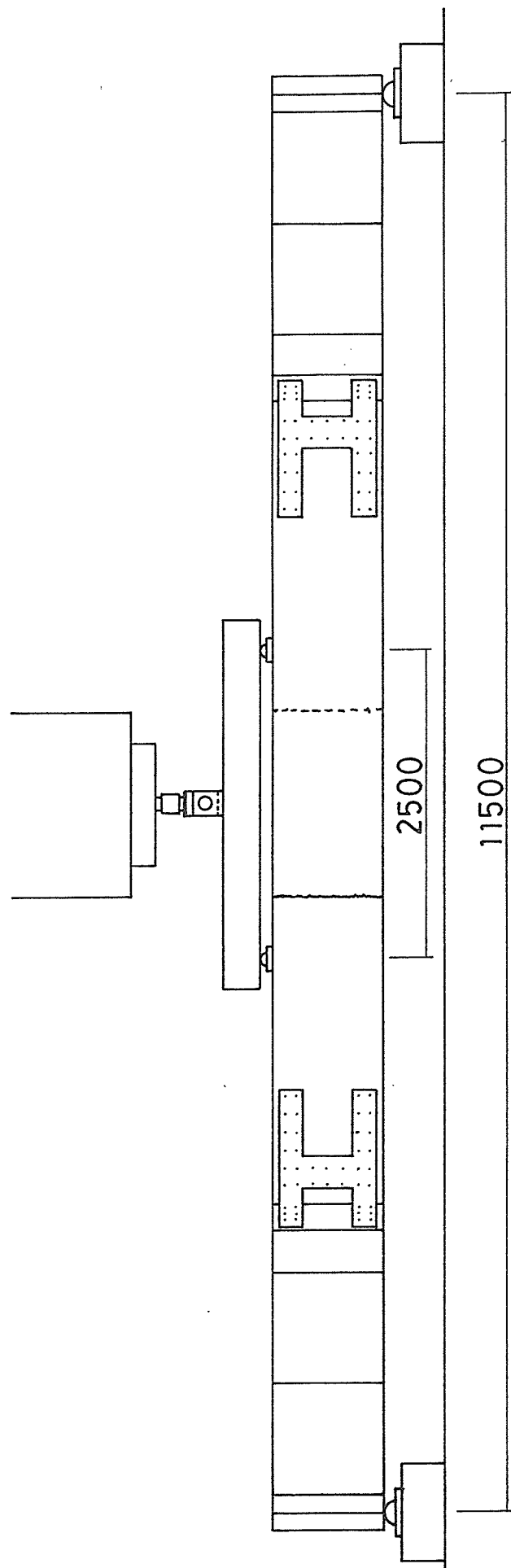


図6. 試験装置外觀 (供試体B)

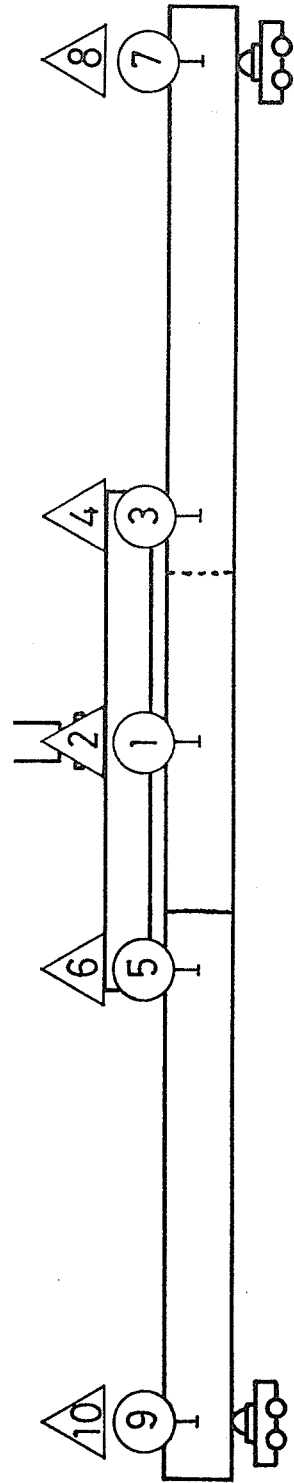


图7. 变位测定位置 (供试体A)

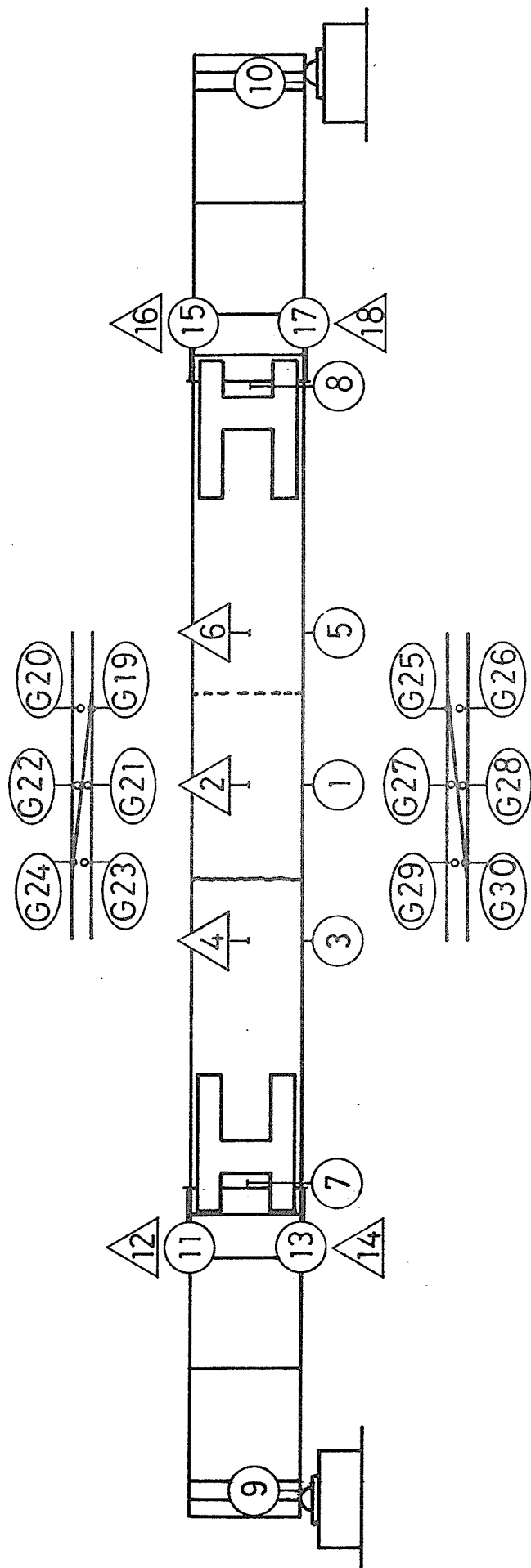


图8. 变形测定位置 (供试体B)



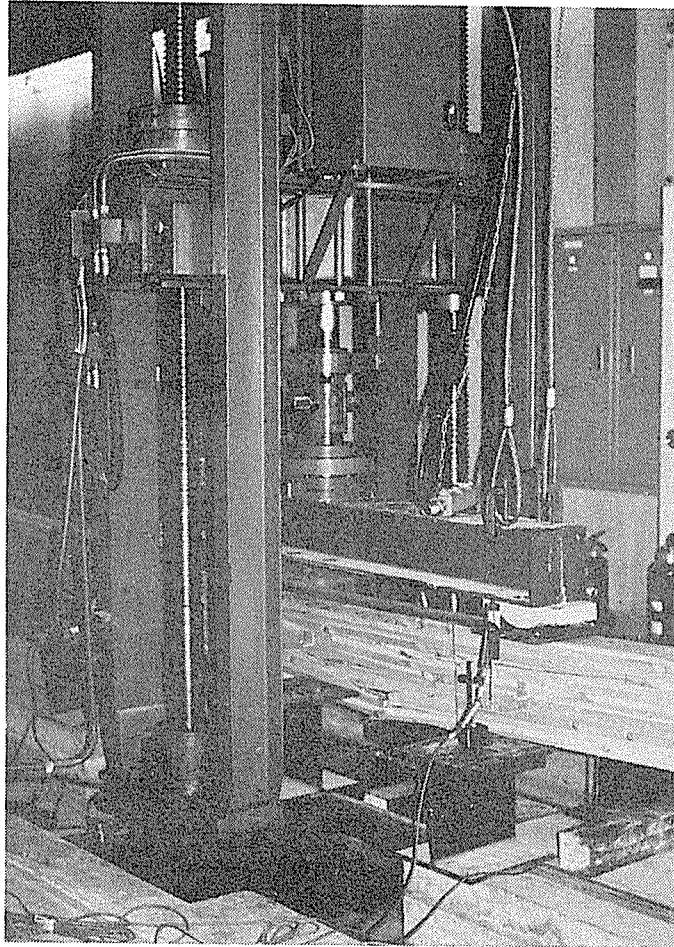


写真1. 供試体A試験装置外観

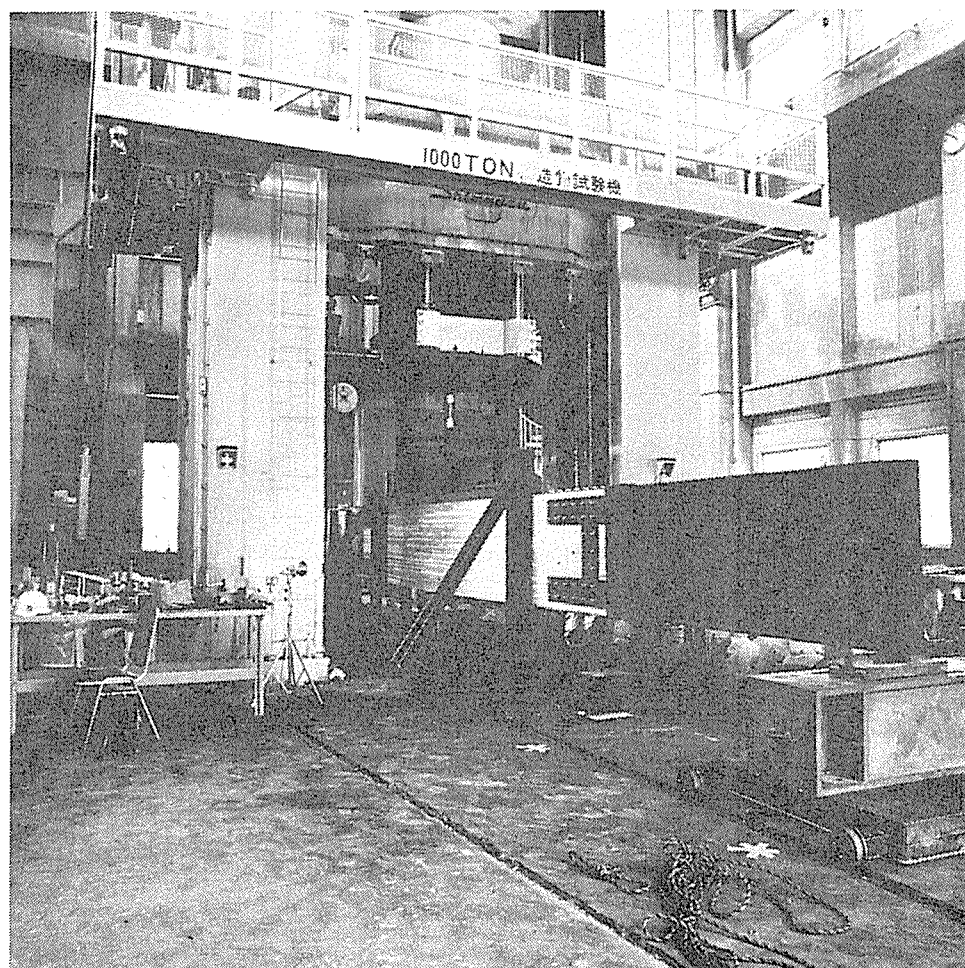


写真2. 供試体B試験装置外観

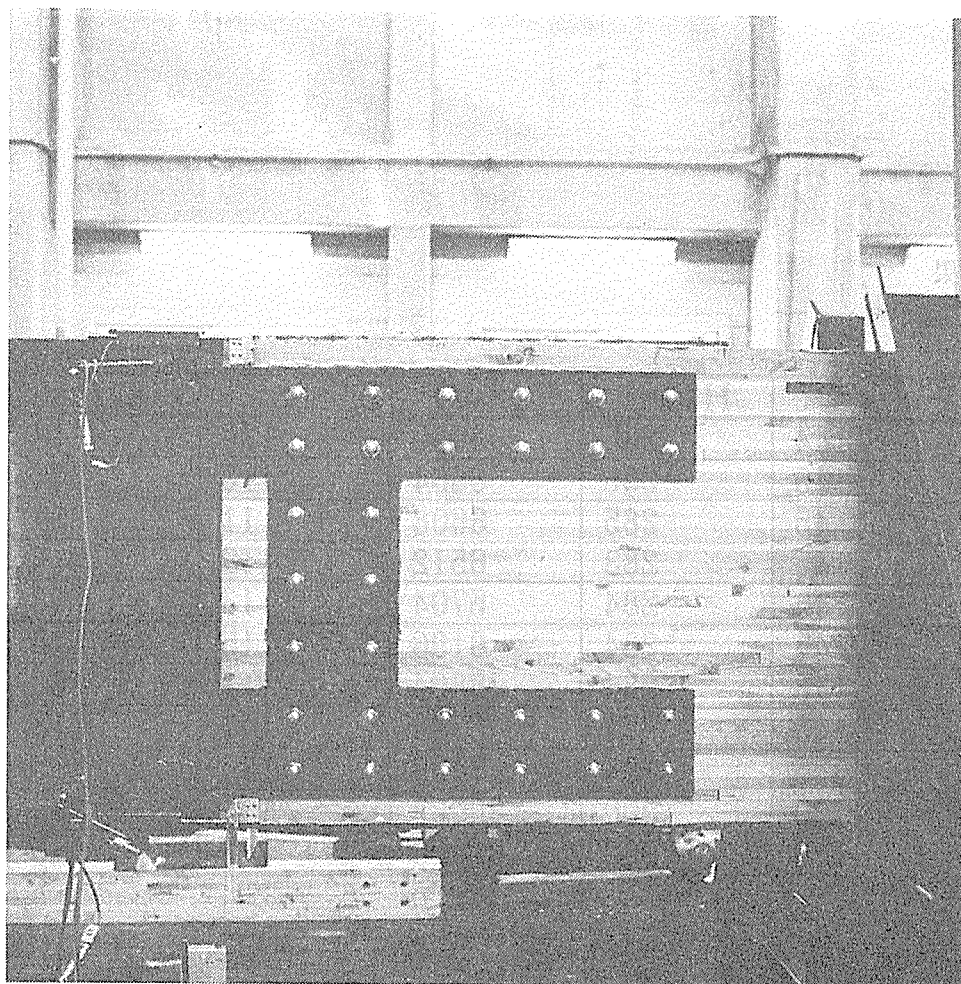


写真3. 供試体B端部接合部

表 1. 試験結果

試験体名	W(mm)	H(mm)	P(kgf)	E(t/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	比( $\sigma/\sigma_a$ )
A05R	144	285	8060	120	413	0.95
A05C	145	285	6564	113	334	0.77
A05L	145	285	6608	111	337	0.77
A10R	145	283	6512	119	336	0.77
A10C	145	284	5704	113	293	0.67
A10L	145	284	6196	115	318	0.73
A15R	145	284	8804	111	452	1.04
A15C	145	284	6196	107	318	0.73
A15L	145	284	7108	114	365	0.84
B05	150	900	30032	113	334	0.86
B10	150	902	31006	124	343	0.89

※  $\sigma_a = 435$  (供試体 A)

※  $\sigma_a = 435 \times 0.89$  (供試体 B)

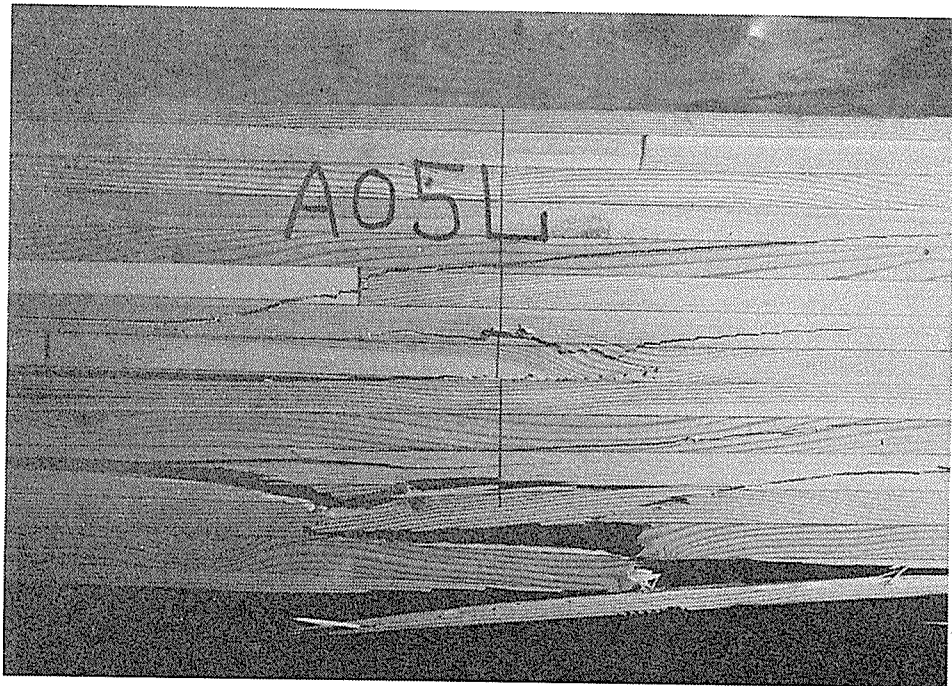
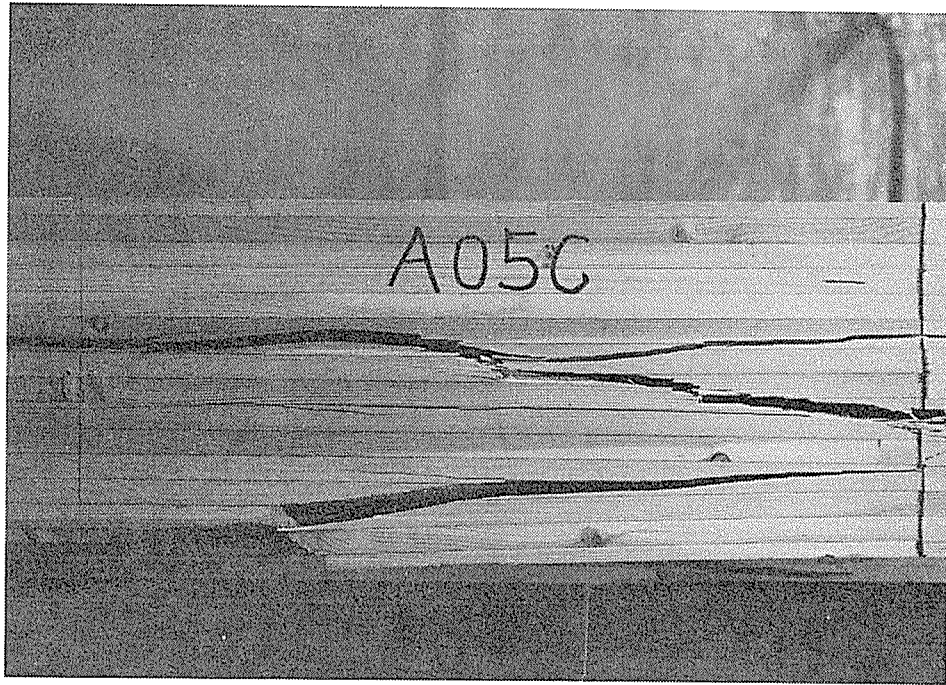


写真4. 供試体A (圧縮圧 $5\text{ kg/cm}^2$ ) 破壊性状

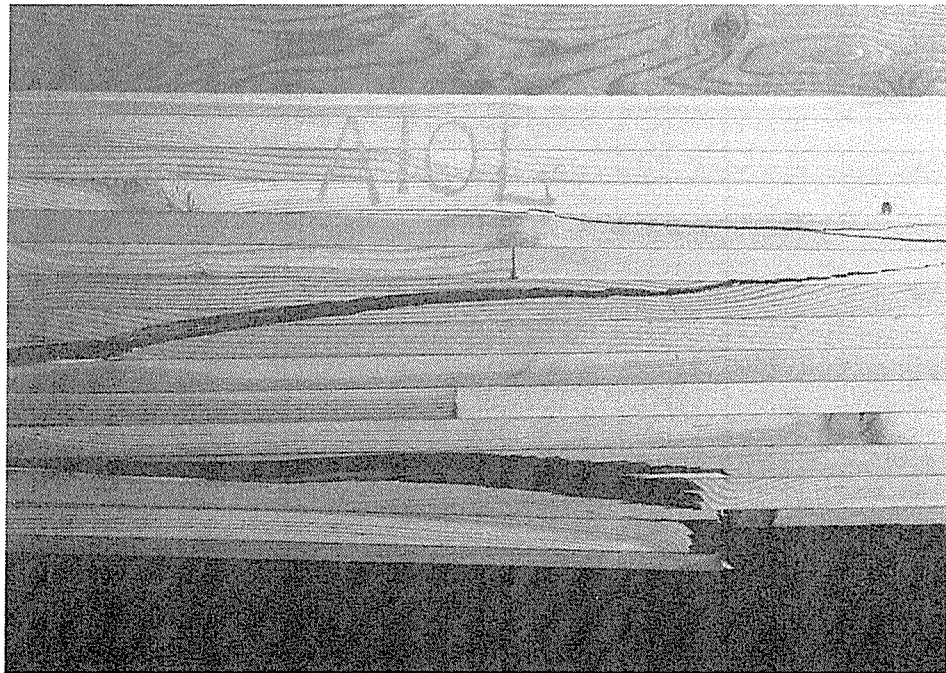


写真5. 供試体A (圧縮圧 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 破壊性状

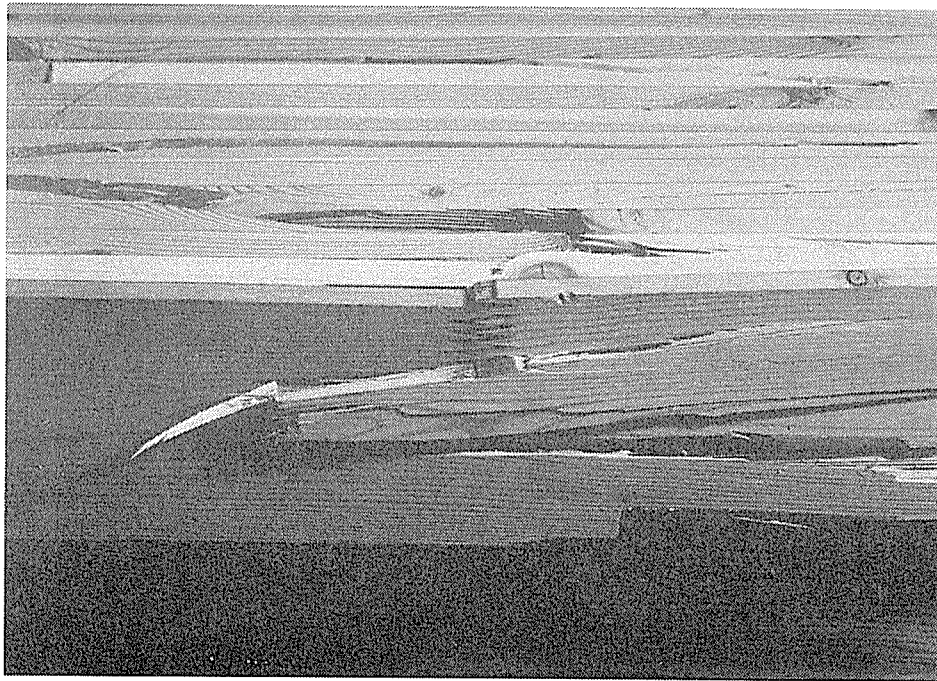
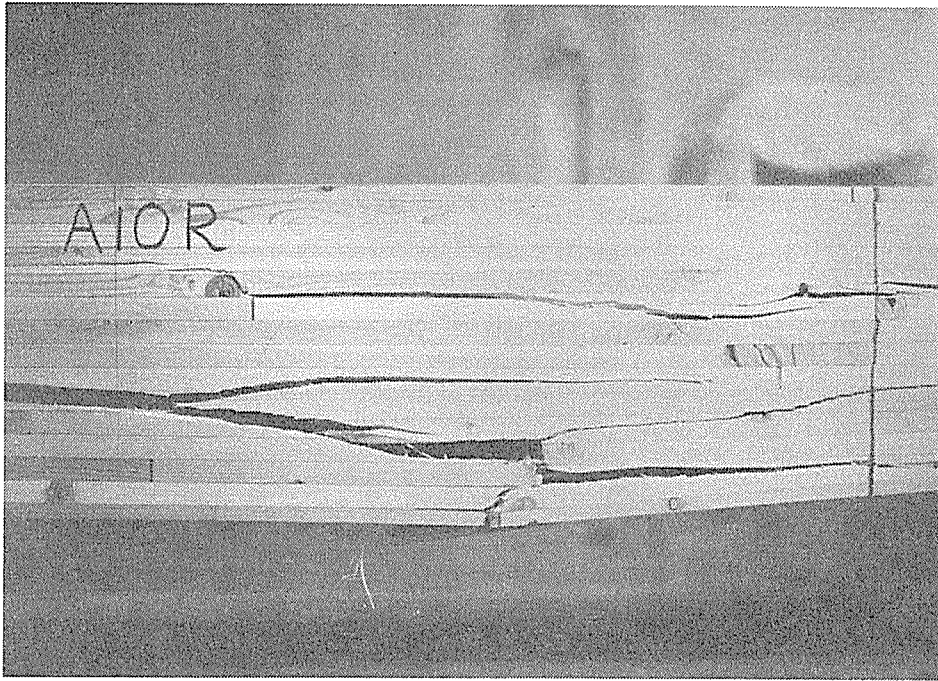


写真6. 供試体A (圧縮圧 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 破壊性状

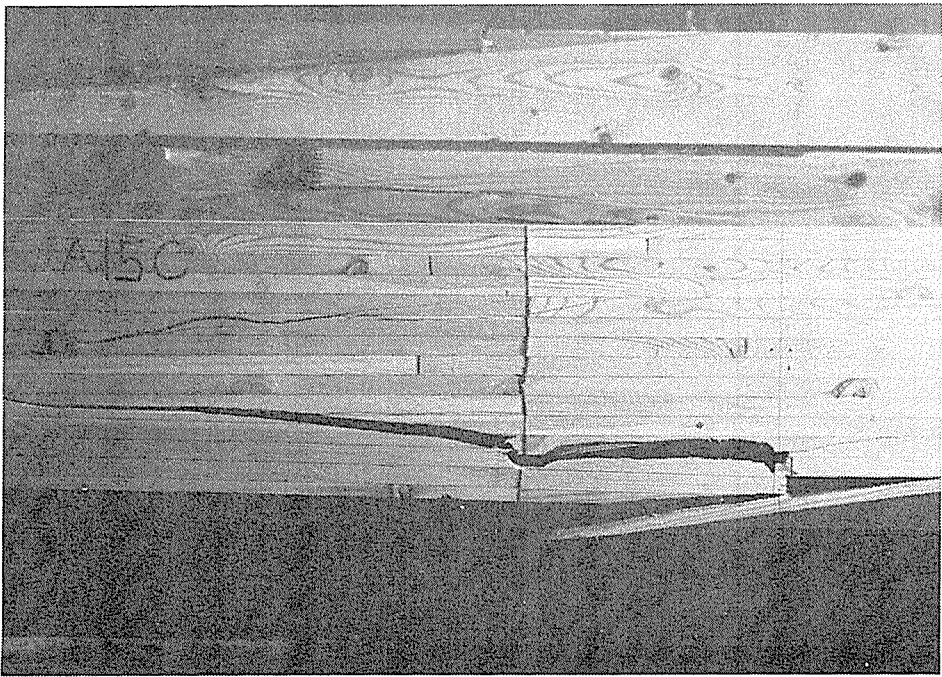
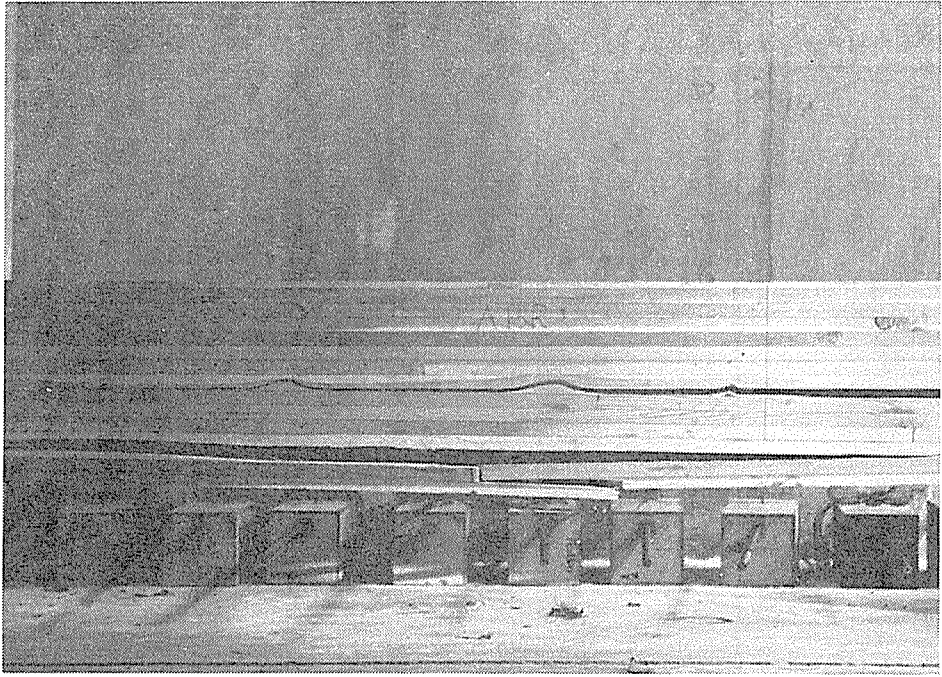


写真7. 供試体A (圧縮圧 $15\text{ kg/cm}^2$ ) 破壊性状



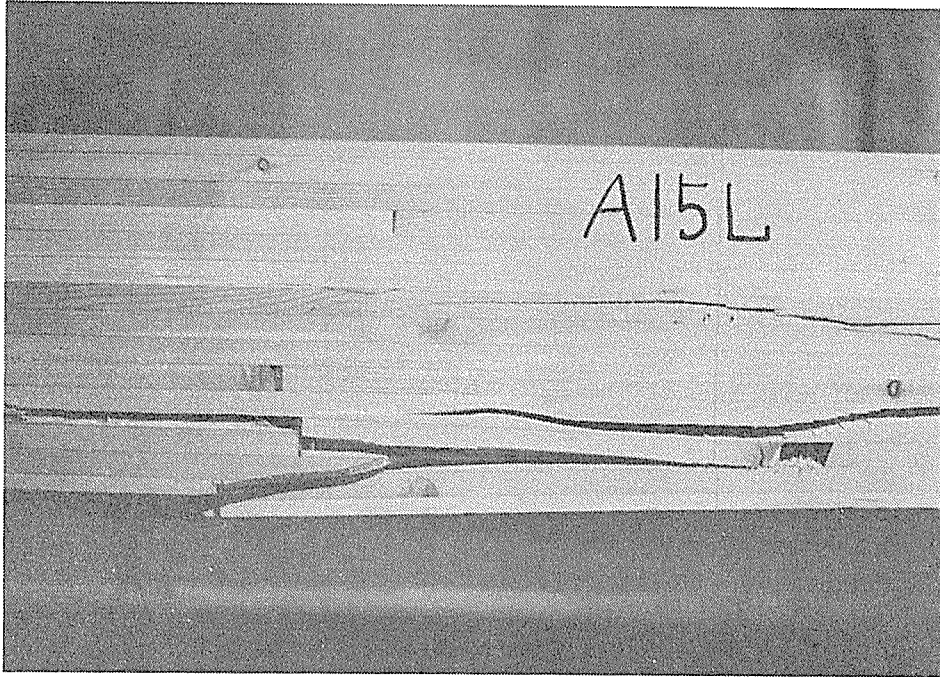


写真8. 供試体A (圧縮圧 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 破壊性状

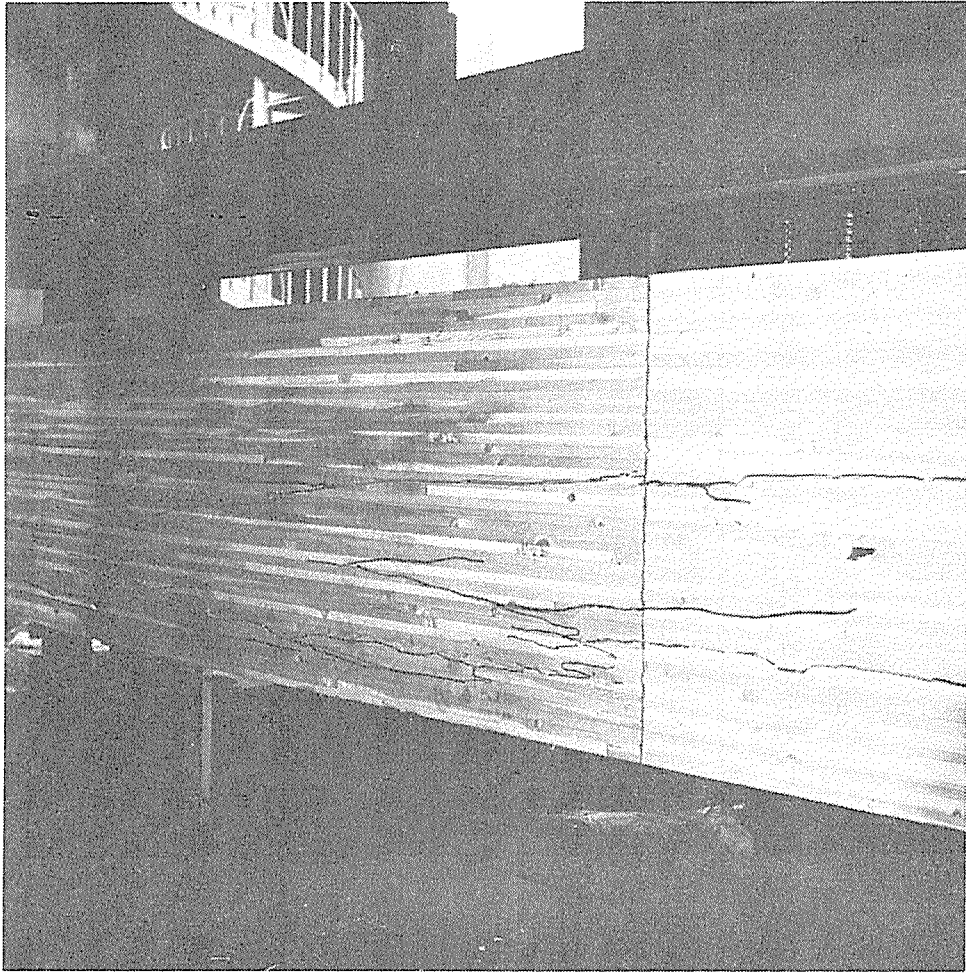


写真9. 供試体B05 (平均圧縮圧 $5 \text{ kg/cm}^2$ ) 破壊性状

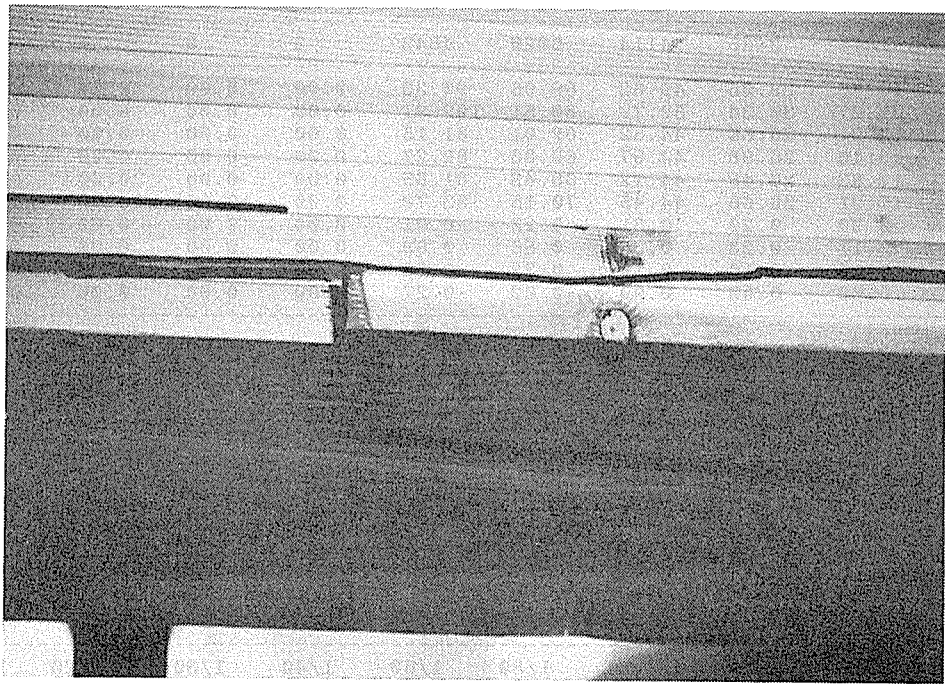
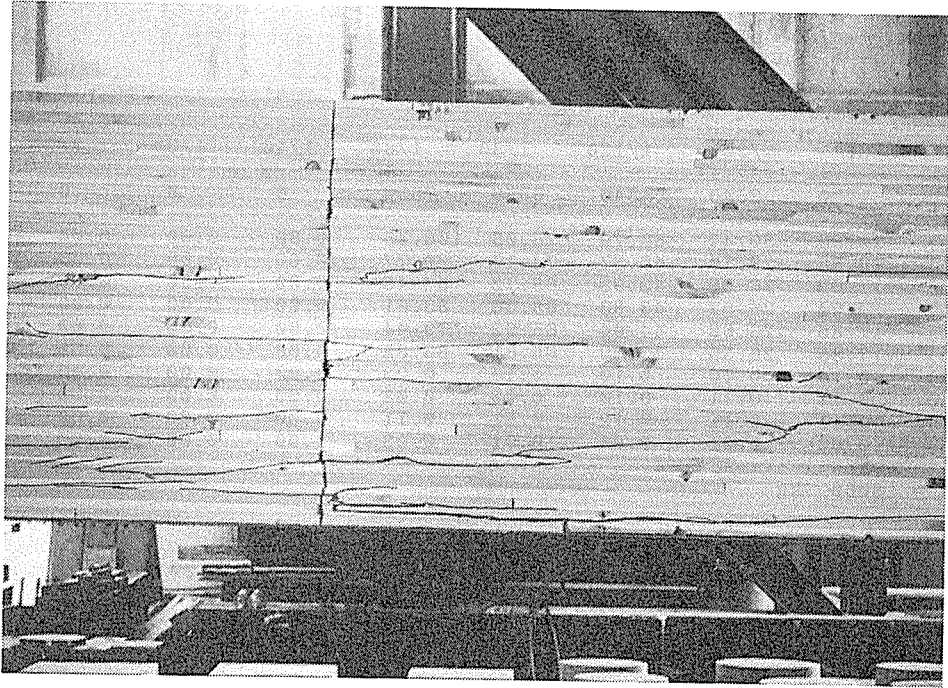


写真10. 供試体B10 (平均圧縮圧 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 破壊性状

=== A05R === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1780	2640	4340	6399	7550	0	0	0	0
( 1ch)	20.30	30.47	50.79	76.06	100.45	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.86	29.70	49.37	74.10	99.77	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.62	26.36	43.93	65.72	84.45	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.94	26.57	43.83	65.38	83.61	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.85	26.62	44.04	65.92	79.44	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.85	26.55	43.89	65.61	83.82	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 8060 kg

=== A05C === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1675	2485	4114	6020	4642	0	0	0	0
( 1ch)	19.96	29.95	49.62	69.98	90.33	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	20.27	30.34	50.79	80.51	109.91	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.91	26.66	44.52	69.01	81.15	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	18.16	26.98	44.97	69.83	82.27	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.83	26.46	44.12	69.43	81.85	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.91	26.66	44.45	70.15	83.78	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.20	0.20	0.31	0.22	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	0.11	0.23	0.34	0.56	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.16	0.16	0.16	0.22	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.27	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 6564 kg

=== A5L === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1654	2462	4057	6001	2089	0	0	0	0
( 1ch)	20.32	30.37	50.69	75.84	99.14	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.87	29.87	49.67	74.58	100.73	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.83	26.57	44.24	66.41	76.54	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.63	26.27	43.66	65.19	48.29	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	18.02	23.27	-5.51	-5.50	-5.52	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.86	26.73	44.46	66.52	76.59	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.21	0.21	0.21	0.20	-0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	-0.09	-0.07	-0.07	-0.16	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.13	0.11	0.23	0.33	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.12	0.23	0.35	0.47	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 6608 kg

=== A10R === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1738	2588	4257	6488	614	0	0	0	0
( 1ch)	20.36	30.44	50.69	73.16	96.76	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.69	29.61	49.25	76.63	101.25	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.79	26.70	44.50	69.16	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.77	26.43	43.63	67.49	74.02	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.48	26.51	44.26	68.67	92.93	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.47	26.15	43.37	67.33	84.57	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.10	0.11	0.10	0.20	-1.17	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	-0.01	-0.10	-0.20	-0.40	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.11	0.21	0.32	0.42	2.69	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	-0.10	-0.11	-0.33	-0.64	-5.72	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 6528 kg

=== A10C === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1684	2489	4067	2855	0	0	0	0	0
( 1ch)	20.11	30.20	50.38	75.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.88	29.79	49.61	74.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.99	26.85	44.57	77.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.82	26.62	44.02	72.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.99	26.74	43.97	58.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.69	26.48	43.75	58.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.22	0.21	0.21	-0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	-0.23	-0.23	-0.22	-0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.00	0.01	0.01	-0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 5704 kg

=== A10L === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1686	2492	3534	5973	1200	0	0	0	0
( 1ch)	20.17	30.30	43.34	75.57	98.04	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.97	29.96	56.98	74.64	101.68	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.84	26.73	38.10	65.99	45.58	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.80	26.60	37.77	65.42	5.36	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.76	26.46	37.72	65.32	68.84	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.87	26.74	38.06	65.91	70.77	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.10	0.11	0.10	-0.34	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	-0.13	-0.12	-0.23	-0.46	-0.91	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.10	0.20	0.32	0.54	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.22	0.33	0.44	0.67	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 6196 kg

=== A15R === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1613	2405	3999	5935	7720	0	0	0	0
( 1ch)	20.19	30.18	50.08	75.28	100.35	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.69	29.84	50.09	75.00	99.91	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.30	25.89	43.48	65.31	87.05	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.39	26.46	44.30	65.95	87.68	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	18.10	26.98	44.70	66.87	88.96	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	16.45	25.24	42.77	64.28	85.53	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.20	0.21	0.17	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	-0.09	0.04	0.20	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.22	0.36	0.43	0.63	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	-0.56	-0.58	-0.45	-0.55	-0.69	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 8804 kg

=== A15C === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1576	2336	3846	5678	0	0	0	0	0
( 1ch)	20.08	30.16	50.35	75.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	20.05	30.05	49.98	74.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	17.71	26.45	44.14	66.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	18.04	26.79	44.43	66.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.91	26.67	44.15	65.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.82	26.61	44.25	66.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.13	0.16	0.22	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	0.11	0.22	0.34	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	0.03	0.05	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 6196 kg

=== A15L === No. of ch.( 10 )  
 === LENGTH= 6000

STRAIN	1/300	1/200	1/120	1/80	1/60	1/40	1/30	1/20	1/15
LOAD	1677	2491	4113	6022	4613	0	0	0	0
( 1ch)	20.28	30.33	50.36	75.43	98.95	0.00	0.00	0.00	0.00
( 2ch)	19.75	29.82	49.96	75.03	101.63	0.00	0.00	0.00	0.00
( 3ch)	18.36	27.42	45.33	67.58	81.91	0.00	0.00	0.00	0.00
( 4ch)	17.17	25.92	43.62	65.36	80.21	0.00	0.00	0.00	0.00
( 5ch)	17.76	26.37	43.71	65.28	80.87	0.00	0.00	0.00	0.00
( 6ch)	17.32	26.36	44.22	66.06	81.69	0.00	0.00	0.00	0.00
( 7ch)	0.31	0.42	0.53	0.63	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00
( 8ch)	-0.19	-0.11	0.02	0.12	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
( 9ch)	-0.08	-0.12	-0.23	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
(10ch)	0.00	0.11	0.33	0.56	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00

Pmax = 7108 kg

=== B05 === No. of ch.( 30 )  
 === LENGTH= 11500

STRAIN	1/600	1/300	1/200	1/150	1/120	1/100	1/75	1/60	1/40
LOAD	7861	15434	22687	29600	27874	25545	20889	16232	4591
( 1ch)	19.81	39.36	58.87	78.30	113.75	150.44	223.82	297.20	480.65
( 2ch)	18.80	37.73	56.67	75.66	78.50	80.18	83.44	86.69	94.82
( 3ch)	18.61	36.79	54.74	72.28	74.70	75.95	78.46	80.96	87.22
( 4ch)	17.54	35.11	52.80	70.54	72.79	73.83	75.90	77.97	83.15
( 5ch)	18.46	35.55	53.40	70.56	72.60	73.53	75.38	77.23	81.87
( 6ch)	17.40	34.95	52.62	70.26	72.47	73.46	75.44	77.42	82.38
( 7ch)	11.38	22.47	33.84	45.16	46.26	46.54	47.09	47.65	49.04
( 8ch)	11.03	21.87	33.12	44.04	44.90	45.01	45.22	45.44	45.98
( 9ch)	0.42	0.74	1.02	1.27	1.29	1.28	1.25	1.22	1.16
(10ch)	-0.15	-0.31	-0.48	-0.64	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.69
(11ch)	0.00	-0.11	-0.23	-0.31	-0.33	-0.32	-0.30	-0.28	-0.24
(12ch)	-0.12	-0.18	-0.34	-0.49	-0.63	-0.77	-1.05	-1.33	-2.03
(13ch)	0.00	0.00	0.00	0.15	0.49	0.74	1.25	1.75	3.01
(14ch)	0.05	0.14	0.27	0.43	2.30	4.32	8.34	12.36	22.42
(15ch)	0.00	-0.08	-0.15	-0.25	-0.44	-0.60	-0.93	-1.25	-2.06
(16ch)	0.00	-0.10	-0.09	-0.23	-0.27	-0.29	-0.33	-0.37	-0.47
(17ch)	0.00	0.08	0.29	0.43	1.62	2.87	5.37	7.87	14.12
(18ch)	0.00	0.05	0.16	0.32	0.59	0.83	1.31	1.80	3.02
(19ch)	-833.27	-1639.90	-2405.61	-3151.31	-3107.69	-3005.96	-2802.49	-2599.03	-2090.30
(20ch)	-991.43	-1947.52	-2896.60	-3884.49	-3824.51	-3680.51	-3392.50	-3104.50	-2384.50
(21ch)	-838.68	-1639.90	-2441.75	-3274.67	-3241.61	-3134.40	-2919.99	-2705.57	-2169.53
(22ch)	-754.71	-1477.89	-2175.17	-2857.99	-2811.42	-2708.32	-2502.11	-2295.01	-1780.40
(23ch)	-896.15	-1744.11	-2576.88	-3427.05	-3375.15	-3251.25	-3003.47	-2755.08	-2136.21
(24ch)	-689.73	-1329.68	-1959.65	-2580.49	-2534.45	-2437.85	-2244.65	-2051.45	-1568.46
(25ch)	809.94	1593.10	2347.37	3037.83	2832.95	2592.35	2111.16	1629.96	426.96
(26ch)	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%	%-999999.00%
(27ch)	680.99	1333.68	1962.65	1564.55	799.42	731.91	596.89	461.88	124.34
(28ch)	679.73	1339.88	1965.90	2624.58	2507.76	2296.08	1872.73	1449.37	390.97
(29ch)	700.22	1384.48	2048.72	2176.86	1745.91	1610.98	1341.12	1071.26	396.61
(30ch)	689.73	1360.48	2000.65	2620.25	2463.62	2255.02	1837.82	1420.62	377.63

Pmax = 30032 kg

=== B10 === No. of ch.( 30 )  
 === LENGTH= 11500

STRAIN	1/600	1/300	1/200	1/150	1/120	1/100	1/75	1/60	1/40
LOAD	7751	15307	19256	28666	29529	27087	22203	17318	5106
( 1ch)	19.59	38.73	49.28	76.84	105.62	140.83	211.25	281.67	457.73
( 2ch)	18.55	37.50	65.20	75.95	85.52	88.57	94.67	100.77	116.01
( 3ch)	18.09	35.72	45.46	71.44	98.47	131.77	198.38	264.98	431.50
( 4ch)	17.40	35.15	45.09	71.28	80.04	82.45	87.27	92.09	104.15
( 5ch)	17.80	35.12	44.99	69.98	97.44	131.69	200.18	268.68	439.93
( 6ch)	16.84	34.24	44.19	69.98	77.97	79.22	81.72	84.22	90.48
( 7ch)	11.72	22.58	28.89	45.70	50.82	51.52	52.93	54.33	57.85
( 8ch)	11.13	21.99	28.22	44.71	49.34	49.58	50.06	50.54	51.74
( 9ch)	-0.09	-0.15	-0.20	-0.34	-0.41	-0.45	-0.54	-0.64	-0.86
(10ch)	-0.11	-0.29	-0.32	-0.20	-0.12	-0.15	-0.20	-0.26	-0.40
(11ch)	-0.01	-0.10	-0.20	-0.44	-0.50	-0.60	-0.79	-0.98	-1.47
(12ch)	0.05	-0.04	-0.04	-0.23	-0.30	-0.22	-0.08	0.07	0.44
(13ch)	0.04	0.04	0.14	0.35	2.79	6.64	14.35	22.00	41.33
(14ch)	0.04	0.11	0.17	0.33	0.39	0.43	0.50	0.57	0.75
(15ch)	-0.09	-0.18	-0.21	-0.43	-0.72	-0.99	-1.54	-2.08	-3.45
(16ch)	0.01	-0.09	-0.09	-0.30	-0.45	-0.51	-0.62	-0.73	-1.01
(17ch)	0.10	0.10	0.21	0.42	3.03	7.18	15.46	23.75	44.46
(18ch)	0.10	0.11	0.21	0.52	0.79	1.02	1.49	1.96	3.12
(19ch)	-642.62	-1256.12	-1578.22	-2358.98	-2448.53	-2328.68	-2088.97	-1849.25	-1249.97
(20ch)	-554.67	-1068.52	-1340.62	-1994.24	-2063.30	-1954.63	-1737.28	-1519.04	-976.59
(21ch)	-687.60	-1313.90	-1629.88	-2335.49	-2406.48	-2271.65	-2002.00	-1732.34	-1050.21
(22ch)	-670.54	-1308.33	-1649.62	-2474.36	-2605.00	-2471.04	-2203.10	-1935.17	-1265.33
(23ch)	-607.07	-1187.50	-1494.14	-2215.80	-2316.13	-2193.95	-1949.59	-1705.23	-1094.34
(24ch)	-675.01	-1287.50	-1601.51	-2320.49	-2414.06	-2285.08	-2025.92	-1766.76	-1118.87
(25ch)	760.74	1508.20	1913.48	2796.30	2895.33	2677.56	2242.02	1806.47	717.62
(26ch)	792.74	1550.80	1958.85	2920.55	3024.02	2784.22	2304.62	1825.02	620.03
(27ch)	794.74	1562.80	1983.85	2961.55	3077.38	2853.07	2404.45	1955.83	834.27
(28ch)	743.85	1462.98	1857.11	2703.24	2797.40	2607.85	2228.75	1849.65	901.90
(29ch)	735.85	1444.37	1830.36	2826.68	2968.52	2813.90	2504.67	2195.43	1422.35
(30ch)	799.21	1570.20	1990.59	497.79	370.90	340.95	281.07	221.18	71.47

Pmax = 31006 kg

## 第 8 編

# ビッグフィンガージョイントの力学特性

### 8-1 平成 2 年度 B F J 力学性状把握実験

1. はじめに
2. 試験体の概要
  - 2-1. 試験体形状
  - 2-2. 継手形状
  - 2-3. 圧 縮
3. 加力・測定方法
4. 試験片抜取強度試験の概要
5. グレーディング結果
6. B F J 実験結果
  - 6-1. 最大荷重、最大荷重時たわみ、  
最大曲げ応力度一覧
  - 6-2. 接着破断面状況 (A-2、A-3)
  - 6-3. 荷重-変位関係
  - 6-4. モーメント-曲率関係
  - 6-5. 継手部近傍の荷重-変形関係
  - 6-6. 最大荷重時のひずみ分布
7. 抜取試験片 試験結果
  - 7-1. 圧縮試験片 試験結果一覧
  - 7-2. 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係
  - 7-3. 引張試験片 試験結果一覧
  - 7-4. 引張試験片 荷重-ひずみ関係
8. まとめ



## 1. はじめに

集成材接着継手をビッグフィンガージョイント (BFJ) とした場合の継手部分の力学特性を調べるため、実大集成材試験体を用いた曲げ破壊実験を行う。

## 2. 試験体の概要

### 2-1. 試験体形状

試験体形状を下図に示す。

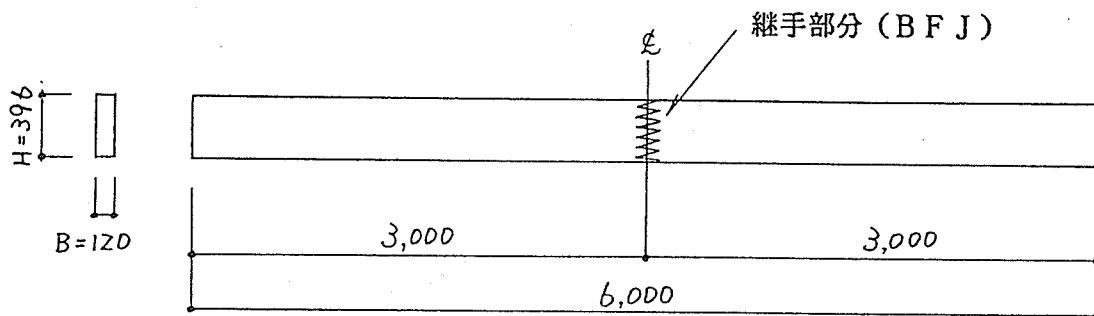


図 8-1 試験体形状

集成材は、ベイマツ JAS 1 級構造用集成材とする。

ラミナ厚は33mmをめどとし、積層数12とする (梁せい=396mm)

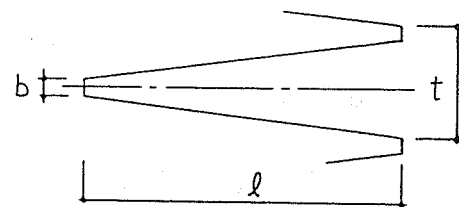
ラミナのMOEは製造前に全数測定を行うものとする。

### 2-2. 継手形状

フィンガージョイントの形状は、表8-1に示す3タイプとする。

表 8-1 フィンガージョイント形状

タイプ	t	l	b	(t/2):l
A	15mm	60mm	3mm	1:8
B	30	120	3	1:8
C	60	240	3	1:8



(フィンガージョイント部詳細)

試験体は、A~Cの各タイプ毎に3体ずつ製作し、これに継手のない試験体1体を含めた合計10体とする。

フィンガージョイントの接着にはレゾルシノール樹脂接着剤を用いる。  
 参考までにDINによるフィンガージョイント形状を表8-2に示す。

表8-2 DINによるフィンガージョイント形状

t	l	b	(t/2):l
2.5	7.5	0.2	1 : 6
3.7	10	0.6	1 : 5.4
6.2	20	1	1 : 6.5
12	50	2	1 : 8.3
15	60	2.7	1 : 8

### 2-3. 圧縮

圧縮は下図に示すような装置構成で行うものとする。

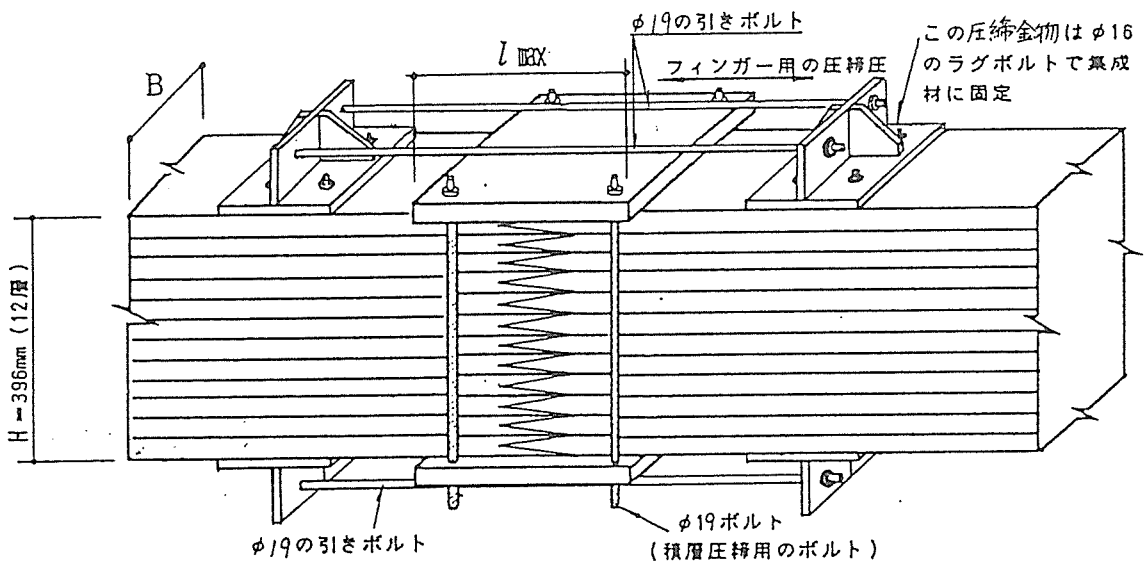


図8-2 圧縮装置

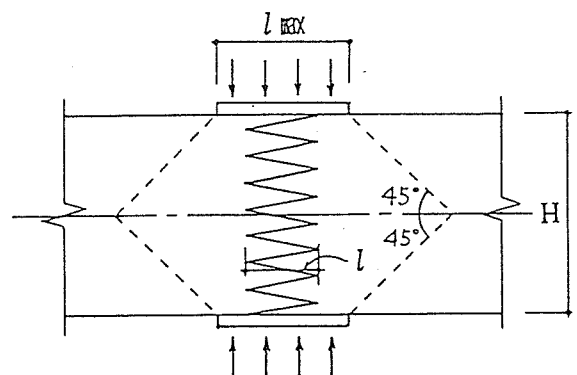
(ボルト耐力のチェック)

$$4-M18 : P_y = 6.0 \times 4 = 24.0 \text{ TON}$$

圧縮力 f は、

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{P_y}{B \cdot (l_{MAX} + H)} \\
 &= \frac{24,000}{12.0 \times (24.0 + 39.6)} \\
 &= 31.4 \text{ kg/cm}^2 > 10 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

よって、圧縮圧を10 kg/cm<sup>2</sup>とした場合、  
 ボルト応力は1/3 σ<sub>y</sub>程度である。



(圧縮力の算出)

### 3. 加力・測定方法

加力は1000TON 万能試験機を使用し、下図のような装置構成とする。

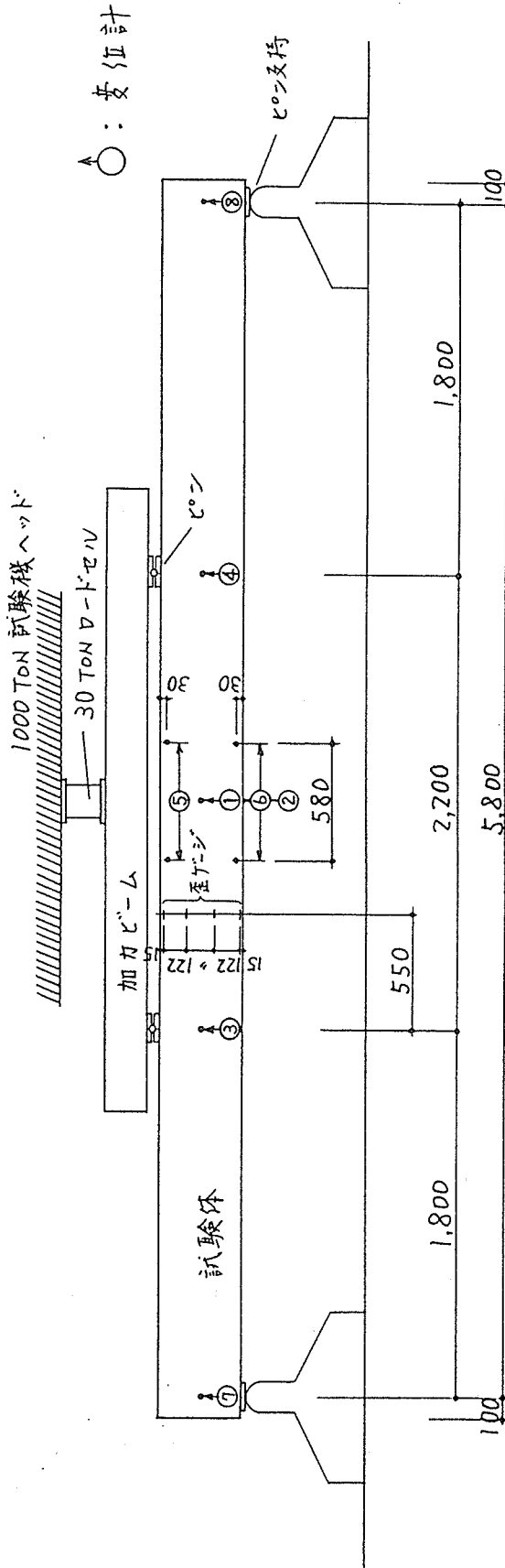


図 8-3 装置構成

測定は、荷重については試験機のヘッドと加力ビームの間にセットしたロードセルにより検出する。変形は試験体中央部（梁せい中央①と下面②）及び加力点のたわみ③④と継手部分の局部変形⑤⑥について行う。変位計⑦⑧は反力位置の支圧に伴う変形に対する補正として用いる。変位計②以外は試験体片側にのみ取付ける。

加力点と継手部間中央に、縦に4ヶ所（試験体片側のみ）ゲージを貼付し、梁の曲げ性状を調べる（図8-3参照）。

継手無しの試験体では、下図のような荷重-変位関係となる。

（ヤング係数  $E = 110 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$  : ベイマツ1級）

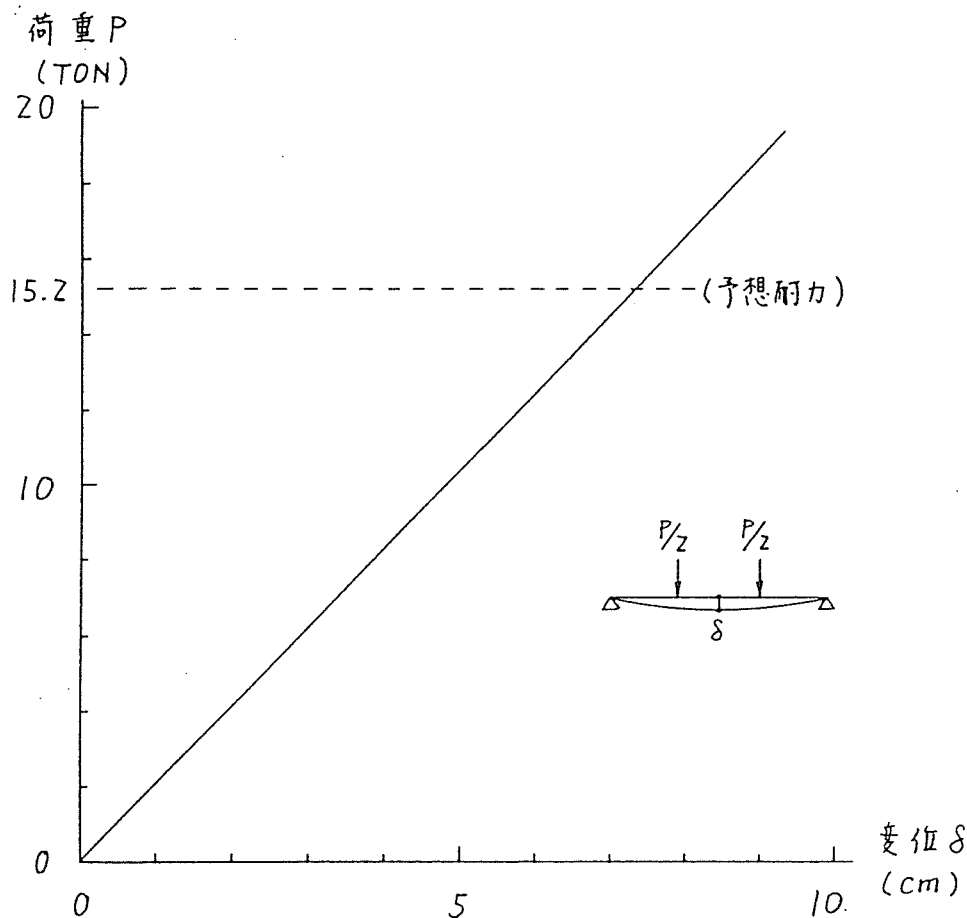


図8-4 荷重-変位関係（継手無しの試験体）

いま、長期許容応力度の3倍の値を強度とすると、曲げ耐力  $P_{\max}$  は次式より求まる。

$$f_b \times 3 = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{180 \times P_{\max}}{Z \times 2}$$

ここで  $f_b = 145 \text{ kg/cm}^2$ （ベイマツ1級）， $Z = 3136.3 \text{ cm}^3$ であるから

$$P_{\max} = 15.2 \text{ TON}$$

となる（図8-4中に点線で示した）。

このとき、せん断応力度  $\tau$  は  $24.0 \text{ kg/cm}^2$  となるが、せん断強度  $\tau_u = 36.0 \text{ kg/cm}^2$  以下である。  
 最大

接着継手部分の曲げ強度 $\sigma_u$ は、断面最外縁近傍の接着角度を $\theta$ 、単位接着面積当たりの強度を $50 \text{ kg/cm}^2$ として次式で与えられる。

$$\sigma_u = \frac{50}{\sin\theta} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

本実験の試験体では、

$$\text{タイプA} : \sigma_u = 503 \text{ kg/cm}^2 \quad (\theta = 5.7^\circ)$$

$$\text{タイプB} : \sigma_u = 447 \text{ kg/cm}^2 \quad (\theta = 6.4^\circ)$$

$$\text{タイプC} : \sigma_u = 424 \text{ kg/cm}^2 \quad (\theta = 6.8^\circ)$$

曲げ耐力 $P_{\text{max}}$ は次式より求まる。

$$\sigma_u \times 0.8^* = \frac{180 \times P_{\text{max}}}{Z \times 2}$$

\*：接着に伴う強度の低下を一律20%とする。

よって、接着継手部破断時の耐力 $P_{\text{max}}$ は次の如く求まる。

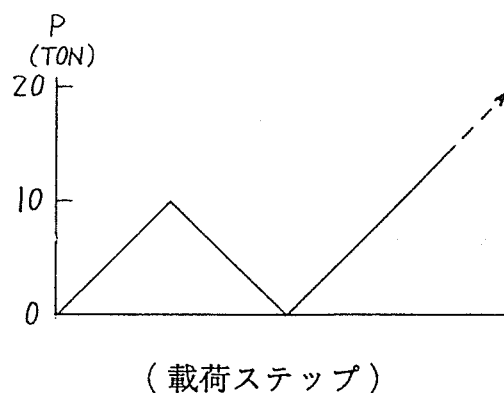
$$\text{タイプA} : P_{\text{max}} = 14.0 \text{ TON} \quad (17.5 \text{ TON})$$

$$\text{タイプB} : P_{\text{max}} = 12.5 \text{ TON} \quad (15.6 \text{ TON})$$

$$\text{タイプC} : P_{\text{max}} = 11.8 \text{ TON} \quad (14.8 \text{ TON}) \quad ( ) \text{内は強度低下を無視した場合}$$

加力は単調載荷形式とし、短期許容応力度レベルである10TON まで1TONピッチで行い、ここで一度除荷する。

次のステップとして同様に10TON まで1TONピッチで加力し、その後破壊に至るまで0.5TONピッチで加力する。



## 断面欠損を考慮した曲げ耐力 $P_{max}$ の算出

右図に於て、断面欠損部を除いた有効断面  
2次モーメント  $I_e$  は、

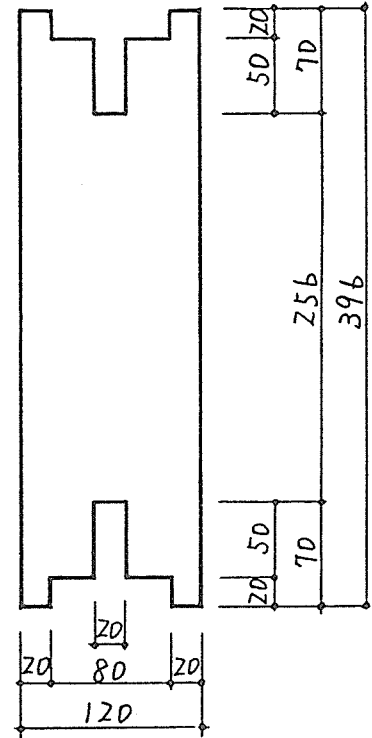
$$I_e = 62099.1 - 8022.1 \times 2 = 46054.9 \text{ cm}^4$$

断面係数  $Z_e$  は、

$$Z_e = 46054.9 \div 19.8 = 2326.0 \text{ cm}^3$$

これより曲げ耐力  $P_{max}$  は、次の如く求まる。

$$\begin{aligned} P_{max} &= \frac{M_{max}}{1} \times 2 = \frac{\sigma_{cr} \times Z_e}{1} \times 2 \\ &= \frac{435.0 \times 2326.0}{180.0} \times 2 \\ &= 11242 \text{ kg} \approx \underline{11.2 \text{ ton}} \end{aligned}$$



(注) 上記欠損部はせん断スパン部内にあるが、純曲げ部分に近いため、  
あえて曲げ耐力として算出した。

8-2. 及び 8-3. の抜取試験片加力試験によれば、ラミナの最大圧縮応力度  
 $\sigma_{cmax}$  及び最大引張応力度  $\sigma_{tmax}$  は次の値となる。

$$\sigma_{cmax} = 366.5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{19体の平均})$$

$$\sigma_{tmax} = 459.0 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{9体の平均})$$

これらを上記の式の  $\sigma_{cr}$  に代入して  $P_{max}$  を求めると、次の如くなる。

$$P_{max} = 9.5 \text{ ton} \quad (\sigma_{cmax} \text{ より})$$

$$= 11.9 \text{ ton} \quad (\sigma_{tmax} \text{ より})$$

[ 荷重点変更後 ] ..... 試験体 A-2, A-3

1. 曲げ耐力 P<sub>max</sub>

せん断スパンが180から240に変わったので、

$$P_{\max} = \frac{2\sigma_{cr}Z}{l} = \frac{2 \times 435.0 \times 3136.3}{240.0}$$
$$= 11.369 \text{ kg} \approx \underline{11.4 \text{ ton}} < \text{接着継手部耐力 } P_{\max}' = 13.1 \text{ ton}^{*1}$$

一方、圧縮治具取付穴位置に於ける曲げモーメント M は、

$$M = \frac{11,369}{2} \times 170.0 = 966,365 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

圧縮治具取付穴位置に於ける曲げ応力度  $\sigma$  は、

$$\sigma = \frac{M}{Z_e} = \frac{966,365}{2326} = 415 \text{ kg/cm}^2 < f_b \times 3 = 435 \quad \text{O.K.}$$

2. 最大たわみの算出

梁中央に於ける最大たわみ  $\delta_{\max}$  は、

$$\delta_{\max} = \frac{Pa}{24EI} \cdot (3L^2 - 4a^2)$$
$$= \frac{5.68 \times 240.0}{24 \times 110.0 \times 62099} \times (3 \times 580^2 - 4 \times 240^2)$$
$$= \underline{6.5 \text{ cm}}$$

\*1: 接着に伴う強度低下 (耐力  $\times 0.8$ ) を考慮すると

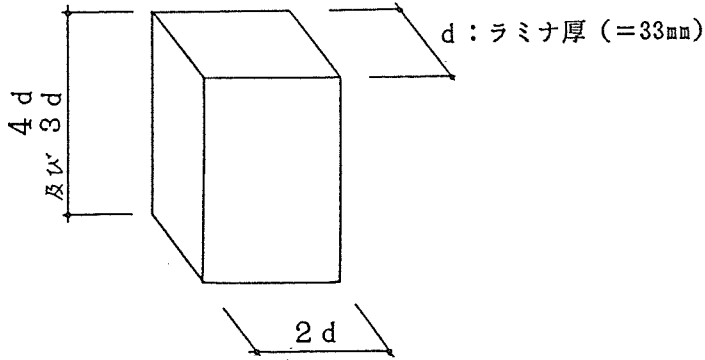
$$P_{\max}' = 13.1 \times 0.8 = 10.5 \text{ ton}$$

となり、P<sub>max</sub>を下回るため、F J 部の破断破壊となる。

#### 4. 試験片抜取強度試験の概要

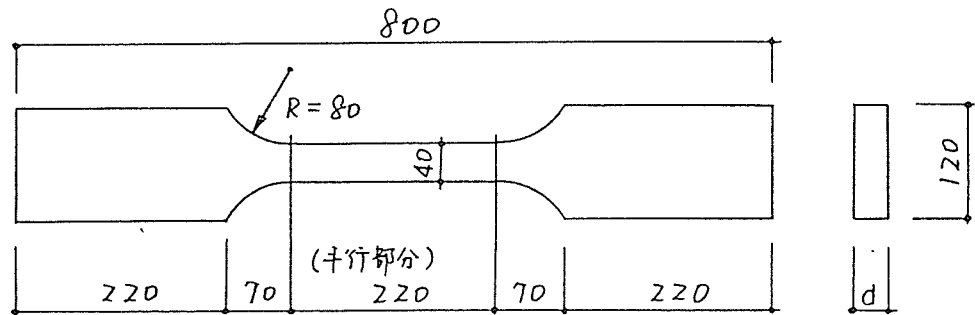
ラミナのヤング率と強度の対応を確認するため、次に示す試験片による強度試験を実施する。

(圧縮試験片)

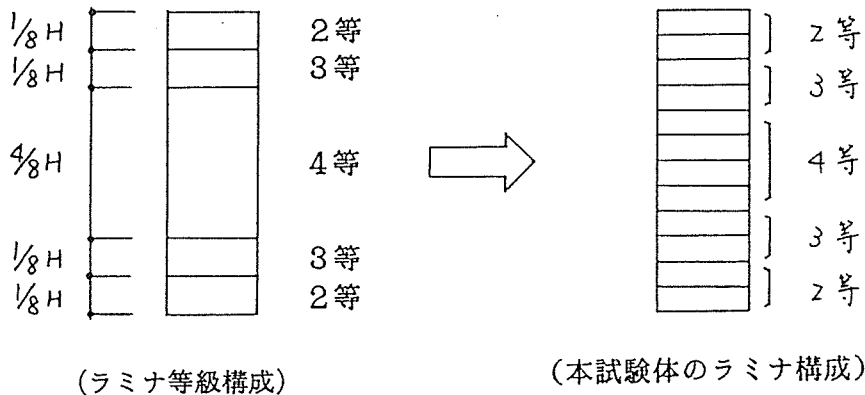


なお、試験片と加力ビーム又は台盤との間隙(ガタ)を埋めるためにゾーストンを充填するものとする。

(引張試験片)



上記試験片は、ヤング率を測定したラミナと対応させ、2等、3等、4等の3種類のものを製作する。ばらつきを考慮し、圧縮、引張試験片ともに各等級毎に5個ずつ試験片を製作する。(圧縮、引張試験片ともに合計15個)



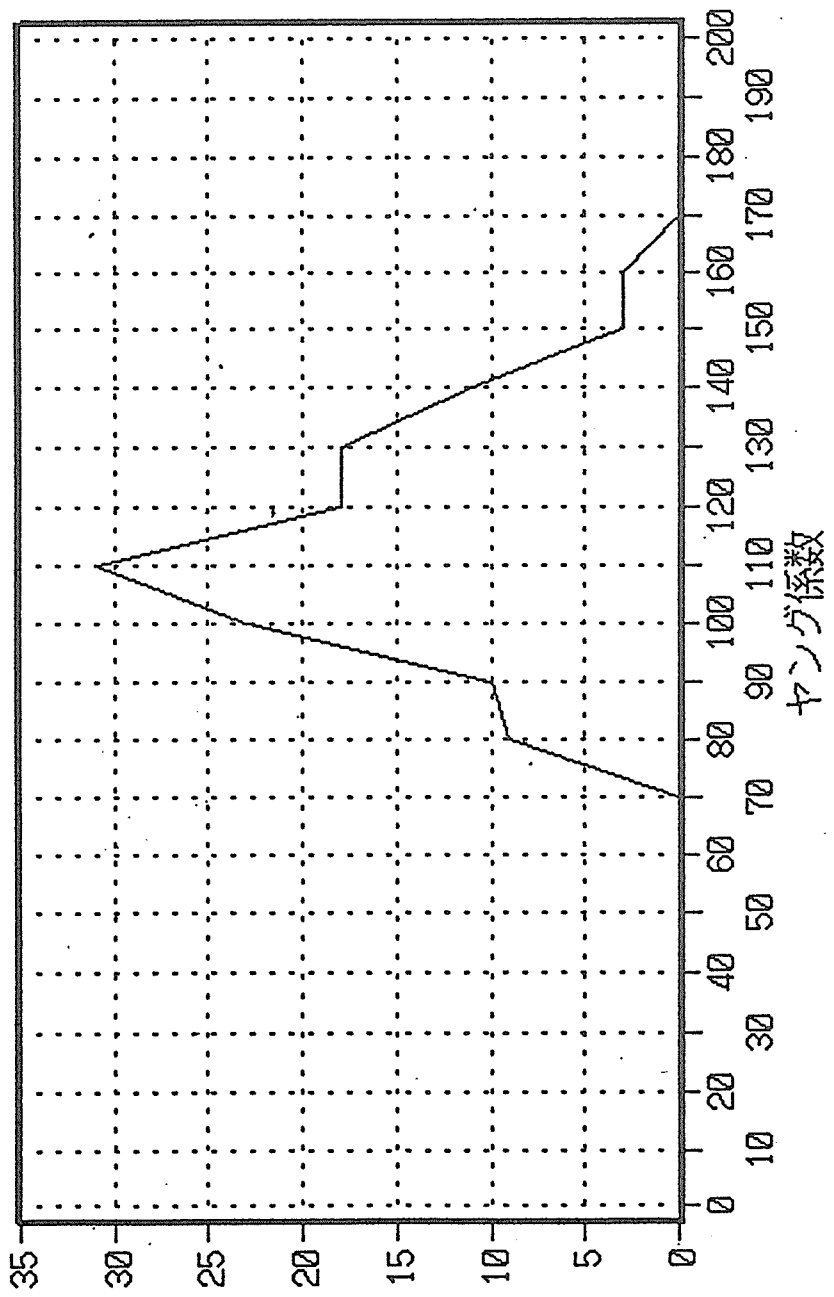


## 5. グレーディング結果

図8-5は、ラミナのグレーディング結果である。このグレーディングは切り出した総てのラミナについて実施したもので、この結果から集成材の製作に使用する2等から4等までのラミナを選定した。

図8-6は、選定したラミナの等級別度数分布である。

日本住木センター  
 接着接合実験材料グレードイングデータ



(注) 本図は切り出しした総てのラ  
 ミナの結果であり、不採用  
 のものも含まれている。

図 8-5 ラミナグレードイングデータ

度数分布

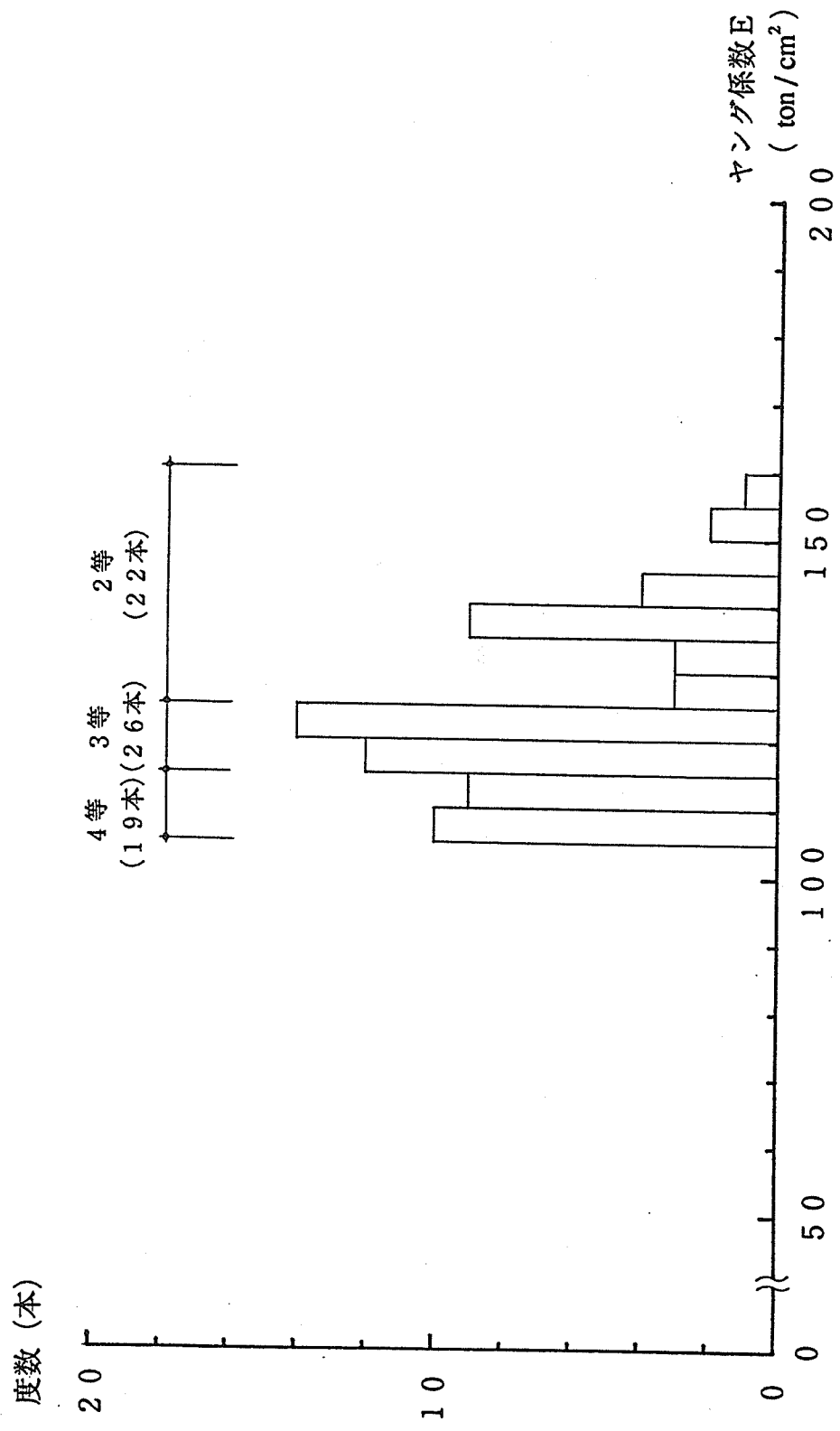


図 8-6 集成材接着接合試験体ラミナグレードデータ (等級別)

## 6. B F J 実験結果

### 6-1. 最大荷重、最大荷重時たわみ、最大曲げ応力度一覧

実験結果の一覧を表 8-3 に示す。最大荷重時の試験体中央のたわみと、最大曲げ応力度及び破壊状況を併せて示した。圧縮治具のうち、ラグボルトで取り付ける金物の底板の裏側には、滑り防止のための円筒状のリングが付いており、これと噛み合わせるため、集成材の取り付け位置には断面にして約  $20\text{ cm}^2$  の欠き込みが設けてある。9体の B F J 試験体中、5体がこの位置に生じた亀裂により破壊した。A-2、A-3の2体の試験体については、この欠き込み部分からの破壊を避けるため、載荷点を  $60\text{ cm}$  ずつ中央側にずらし、せん断スパンを  $1.8\text{ m}$  から  $2.4\text{ m}$  とした。

図 8-7 は、各試験体の最大曲げ応力度をまとめて示したものである。併せて素材（ラミナ）引張及び圧縮強度試験結果の平均値を示し、両者間を斜線部で示した。圧縮治具取り付け位置から破壊したものは、B F J 強度がその破壊点よりも高いことを示しており、素材強度試験の結果から得られる破壊強度に近い値となることがわかる。載荷点位置を変更した2体のタイプ A 試験体については、B F J 曲げ強度算定値に実験後の調査から得られた接着有効部分（6-2. にデータ掲載）の比率を乗じた値を示した。これは実験結果にほぼ等しい値となった。また、タイプ別に平均値をみると、加工精度に優れるタイプ C が最も高い強度を示し、この曲げ強度は継手の無い試験体に近い値となることがわかる。

表 8-3 集成材 B F J 曲げ破壊実験結果

タイプ	NO.	最大荷重 (TON)	最大荷重平均 (TON)	最大荷重時 たわみ (mm)	最大曲げ応力 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
A	1	8.6	8.8	47.8	332.8	圧締治具取付穴位置からのひび割れ 破壊
	2	8.7 *1 (6.5)		45.9 *1 (38.9)	248.7	F.J. 破断による曲げ破壊 (加力位置変更)
	3	9.2 *1 (6.9)		49.6 *1 (42.0)	264.0	同 上
B	1	9.6	8.7	50.1	371.5	圧締治具取付穴位置からのひび割れ 破壊
	2	7.5		39.1	215.2	最下端ラミナの節からのひび割れ曲げ 破壊
	3	9.0		48.0	348.2	圧締治具取付穴位置からのひび割れ 破壊
C	1	10.4	10.2	52.5	298.4	最下端ラミナ F.J. 破断による曲げ破壊
	2	9.7		49.6	375.3	圧締治具取付穴位置からのひび割れ 破壊
	3	10.5		52.5	406.3	同 上
継手なし		15.5		78.3	444.8	最大荷重ほぼ計算値と一致 最下端ラミナ F.J. 破断による曲げ破壊

\*1: せん断スパンを变更前の1.8mとした時の換算値 (カッコ内は実験値)

最大曲げ応力度  
 $\sigma_{max}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

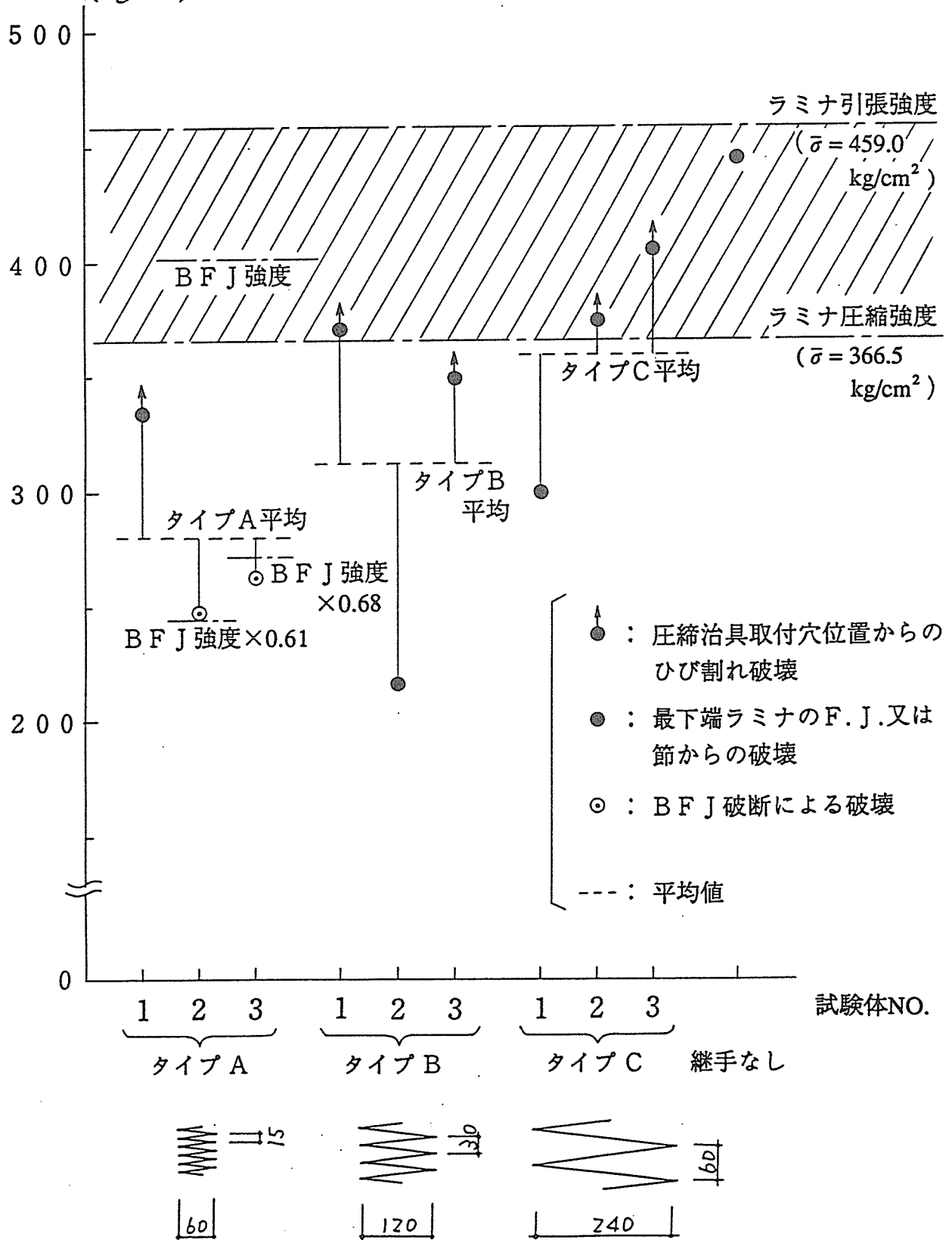


図8-7 集成材BFJ曲げ破壊実験結果(9体)

## 6-2. 接着破断面状況 (A-2、A-3)

BFJ部分で破壊するように載荷点を変更したA-2、A-3の2体の試験体につき、実験後接着部分の調査を行ない、接着が不完全であった部分の全接着面に対する面積比率を求めた。

表8-4～表8-5に試験体A-2、表8-6～表8-7に試験体A-3の調査結果を示す。表中、フィンガー番号とは下図に示すように、試験体下端(引張側)のフィンガーから順に付けた番号で、上面、下面とは各々のフィンガーの下側の接着面及び上側の接着面をさす。

不完全接着部分の面積比率はA-2で39%、A-3で32%に達した。

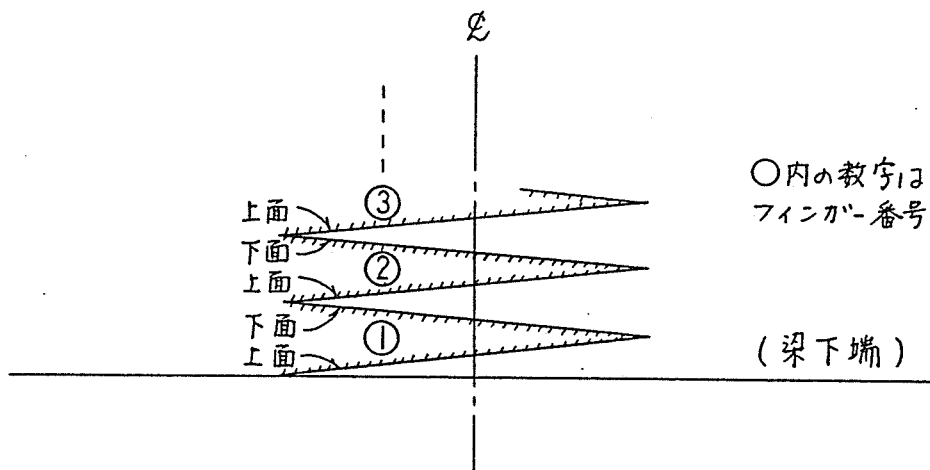


表 8-4 試験体 (A-2) F J 部破断面状況 (その 1)

フィンガ- 番号	面	接着面積 S : cm <sup>2</sup>	破片残存部 A (接着有効部): cm <sup>2</sup>	木破部 B : cm <sup>2</sup>	非接着部 C*1: cm <sup>2</sup>	$\frac{A+B}{S}$ (%)	備考
1	上	72.0	25.0	8.0	39.0	45.8	
	下	"	15.0	20.0	37.0	48.6	
2	上	"	—	23.0	49.0	31.9	
	下	"	—	19.0	53.0	26.4	
3	上	"	16.0	10.0	46.0	36.1	
	下	"	22.0	28.0	22.0	69.4	
4	上	"	18.0	15.0	39.0	45.8	
	下	"	20.0	4.0	48.0	33.3	
5	上	"	18.0	12.0	42.0	41.7	
	下	"	22.0	35.0	15.0	79.2	
6	上	"	—	24.0	48.0	33.3	
	下	"	—	42.0	30.0	58.3	
7	上	"	13.0	24.0	35.0	51.4	
	下	"	18.0	1.0	53.0	26.3	
8	上	"	—	16.0	56.0	22.2	
	下	"	—	25.0	47.0	34.7	
9	上	"	—	51.0	21.0	70.8	
	下	"	17.0	48.0	7.0	90.3	
10	上	"	11.0	53.0	8.0	88.9	
	下	"	9.0	58.0	5.0	93.1	
11	上	"	4.0	51.0	17.0	76.4	
	下	"	5.0	43.0	24.0	66.7	
12	上	"	12.0	50.0	10.0	86.1	
	下	"	—	55.0	17.0	76.4	
13	上	"	—	13.0	59.0	18.1	
	下	"	—	25.0	47.0	34.7	
14	上	"	—	36.0	36.0	50.0	
	下	"	—	47.0	25.0	65.3	
15	上	"	7.0	60.0	5.0	93.1	
	下	"	20.0	48.0	4.0	94.4	



表 8-5 試験体 (A-2) F J 部破断面状況 (その 2)

フィンガー 番号	面	接着面積 S : cm <sup>2</sup>	破片残存部 A (接着有効部): cm <sup>2</sup>	未破部 B : cm <sup>2</sup>	非接着部 C*1: cm <sup>2</sup>	$\frac{A+B}{S}$ (%)	備考
16	上	72.0	20.0	42.0	10.0	86.1	
	下	"	21.0	48.0	3.0	95.8	
17	上	"	3.0	31.0	38.0	47.2	
	下	"	5.0	42.0	25.0	65.3	
18	上	"	7.0	45.0	20.0	72.2	
	下	"	24.0	30.0	18.0	75.0	
19	上	"	27.0	29.0	16.0	77.8	
	下	"	39.0	12.0	21.0	70.8	
20	上	"	41.0	7.0	24.0	66.7	
	下	"	43.0	15.0	14.0	80.6	
21	上						以下 26 まで F.J. は非破断
	下						
22	上						
	下						
23	上						
	下						
24	上						
	下						
25	上						
	下						
26	上						
	下						
合計		2880.0 (100%)	502.0 (18%)	1245.0 (43%)	1133.0 (39%)	60.7	

\*1: ここでは、(A+B) 以外はすべて非接着部とした。

表8-6 試験体 (A-3) F J部破断面状況 (その1)

フィンガー 番号	面	接着面積 S : cm <sup>2</sup>	破片残存部A (接着有効部): cm <sup>2</sup>	未破部B : cm <sup>2</sup>	非接着部 C*1: cm <sup>2</sup>	$\frac{A+B}{S}$ (%)	備考
1	上	72.0	24.0	43.0	5.0	93.1	梁下端部F.J.
	下	〃	18.0	46.0	8.0	88.9	
2	上	〃	—	22.0	50.0	30.6	
	下	〃	—	29.0	43.0	40.3	
3	上	〃	43.0	12.0	17.0	76.4	
	下	〃	50.0	11.0	11.0	84.7	
4	上	〃	2.0	28.0	42.0	41.7	
	下	〃	—	25.0	47.0	34.7	
5	上	〃	—	20.0	52.0	27.8	
	下	〃	—	6.0	66.0	8.3	
6	上	〃	30.0	11.0	31.0	56.9	
	下	〃	33.0	31.0	8.0	88.9	
7	上	〃	36.0	18.0	18.0	75.0	
	下	〃	36.0	9.0	27.0	62.5	
8	上	〃	25.0	28.0	19.0	73.6	
	下	〃	24.0	19.0	29.0	59.7	
9	上	〃	—	36.0	36.0	50.0	
	下	〃	—	22.0	50.0	30.6	
10	上	〃	38.0	22.0	12.0	83.3	
	下	〃	28.0	7.0	37.0	48.6	
11	上	〃	—	36.0	36.0	50.0	外見上、破壊時の 破断部はニマテ
	下	〃	—	47.0	25.0	65.3	
12	上	〃	—	50.0	22.0	69.4	
	下	〃	—	58.0	14.0	80.6	
13	上	〃	—	29.0	43.0	40.3	
	下	〃	—	65.0	7.0	90.3	
14	上	〃	—	64.0	8.0	88.9	
	下	〃	—	65.0	7.0	90.3	
15	上	〃	3.0	66.0	3.0	95.8	
	下	〃	2.0	25.0	45.0	37.5	

表8-7 試験体 (A-3) F J 部破断面状況 (その2)

フィンガ- 番号	面	接着面積 S : cm <sup>2</sup>	破片残存部 A (接着有効部): cm <sup>2</sup>	不破部 B : cm <sup>2</sup>	非接着部 C*1: cm <sup>2</sup>	$\frac{A+B}{S}$ (%)	備考
16	上	72.0	12.0	18.0	42.0	41.7	
	下	〃	12.0	42.0	18.0	75.0	
17	上	〃	33.0	33.0	6.0	91.7	
	下	〃	30.0	25.0	17.0	76.4	
18	上	〃	10.0	50.0	12.0	83.3	
	下	〃	1.0	25.0	46.0	36.1	
19	上	〃	—	61.0	11.0	84.7	
	下	〃	—	58.0	14.0	80.6	
20	上	〃	—	68.0	4.0	94.4	
	下	〃	—	61.0	11.0	84.7	
21	上	〃	32.0	24.0	16.0	77.8	
	下	〃	29.0	37.0	6.0	91.7	
22	上	〃	18.0	30.0	24.0	66.7	
	下	〃	18.0	32.0	22.0	69.4	
23	上	〃	—	58.0	14.0	80.6	
	下	〃	—	32.0	40.0	44.4	
24	上	〃	—	25.0	47.0	34.7	
	下	〃	—	43.0	29.0	59.7	
25	上	〃	2.0	63.0	7.0	90.3	
	下	〃	2.0	67.0	3.0	95.8	
26	上	〃	12.0	57.0	3.0	〃	
	下	〃	11.0	58.0	3.0	〃	
合計		3744.0 (100%)	614.0 (17%)	1917.0 (51%)	1213.0 (32%)	67.6	

\*1: ここでは、(A+B)以外はすべて非接着部とした。

### 6-3. 荷重-変位関係

図8-8～図8-16にBFJ試験体、図8-17に継手の無い通直試験体の荷重-変位（試験体中央たわみ）関係を示す。

図の左脇に斜線で示した範囲は、素材強度試験により得られた引張強度及び圧縮強度（平均値）を用いて算出した断面欠損の無い場合の曲げ耐力である。一点鎖線は、圧縮治具取り付けのための欠き込みを考慮した断面係数を用いて算出した曲げ耐力である。圧縮治具取り付け位置に於ける断面係数は、完全断面より約25%小さくなる。なお、試験体（ベイマツ1級）のヤング係数公称値（110 tonf/cm<sup>2</sup>）を用いた場合の計算値を併せて示した。

A-2、A-3の2体の試験体については、BFJ部分の曲げ耐力計算値と、それに接着破断面の調査から得られた接着有効面積比率を乗じた値の両方を示した。

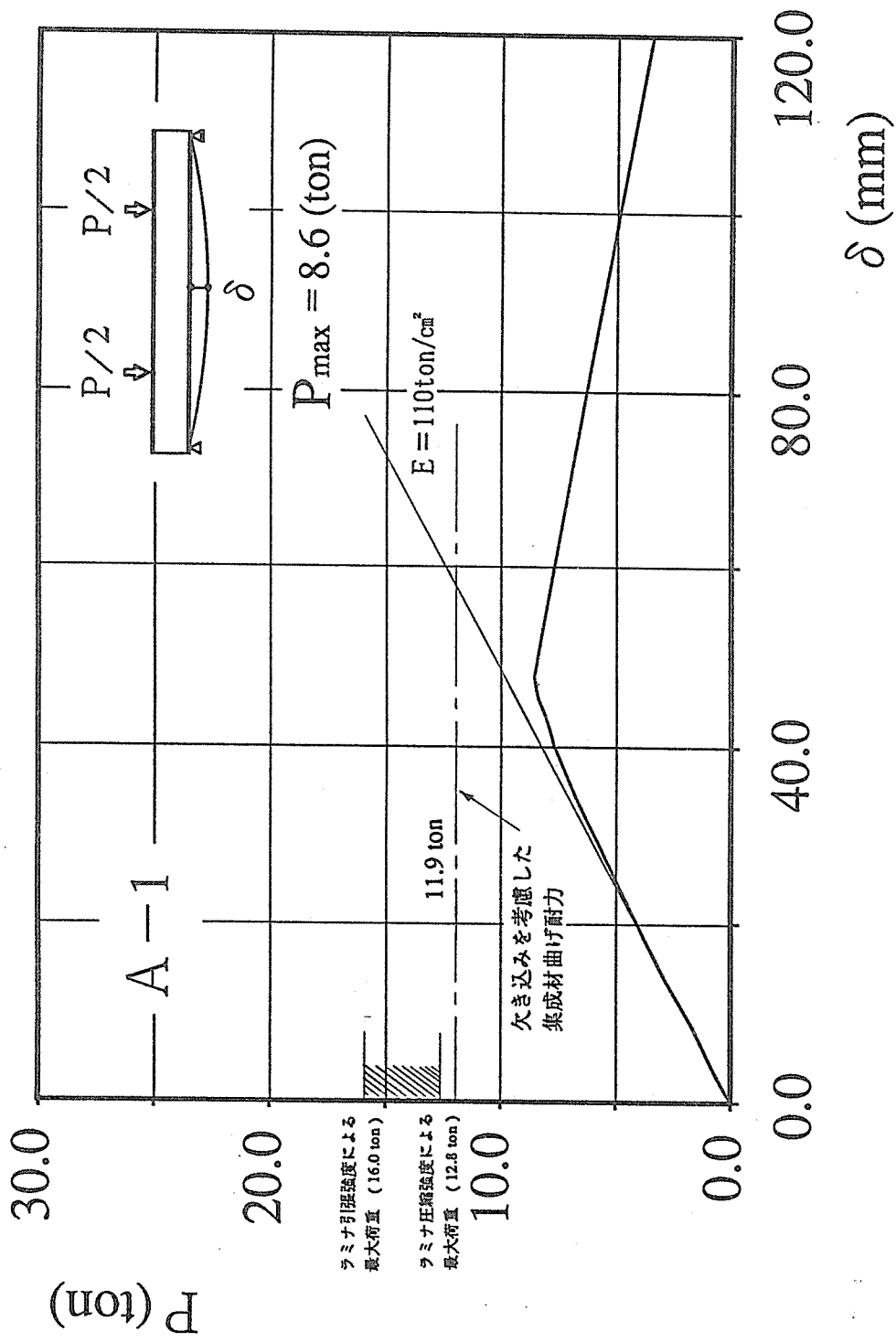


図 8-8 荷重-変位関係 (A-1)

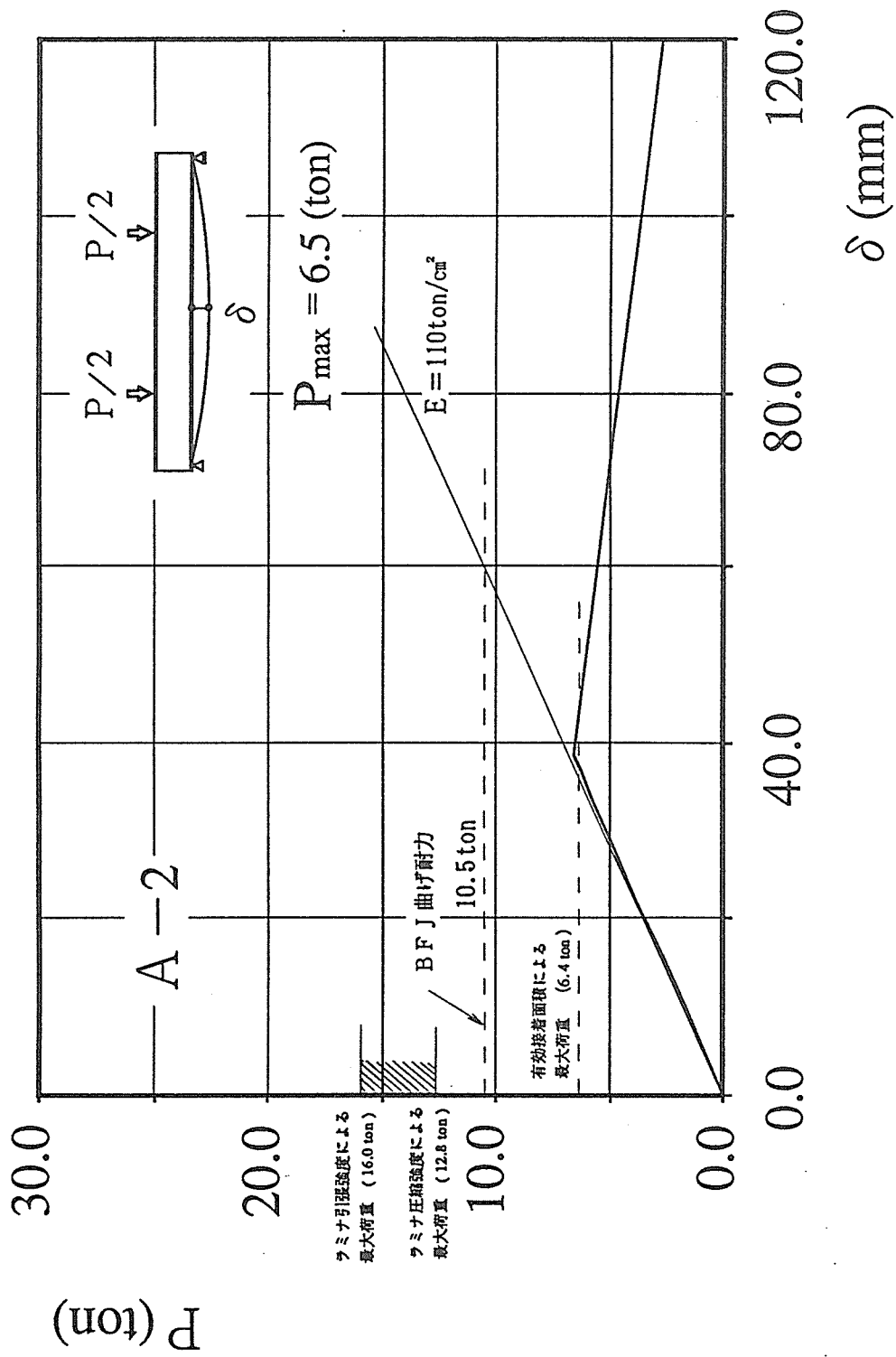


図 8-9 荷重-変位関係 (A-2)

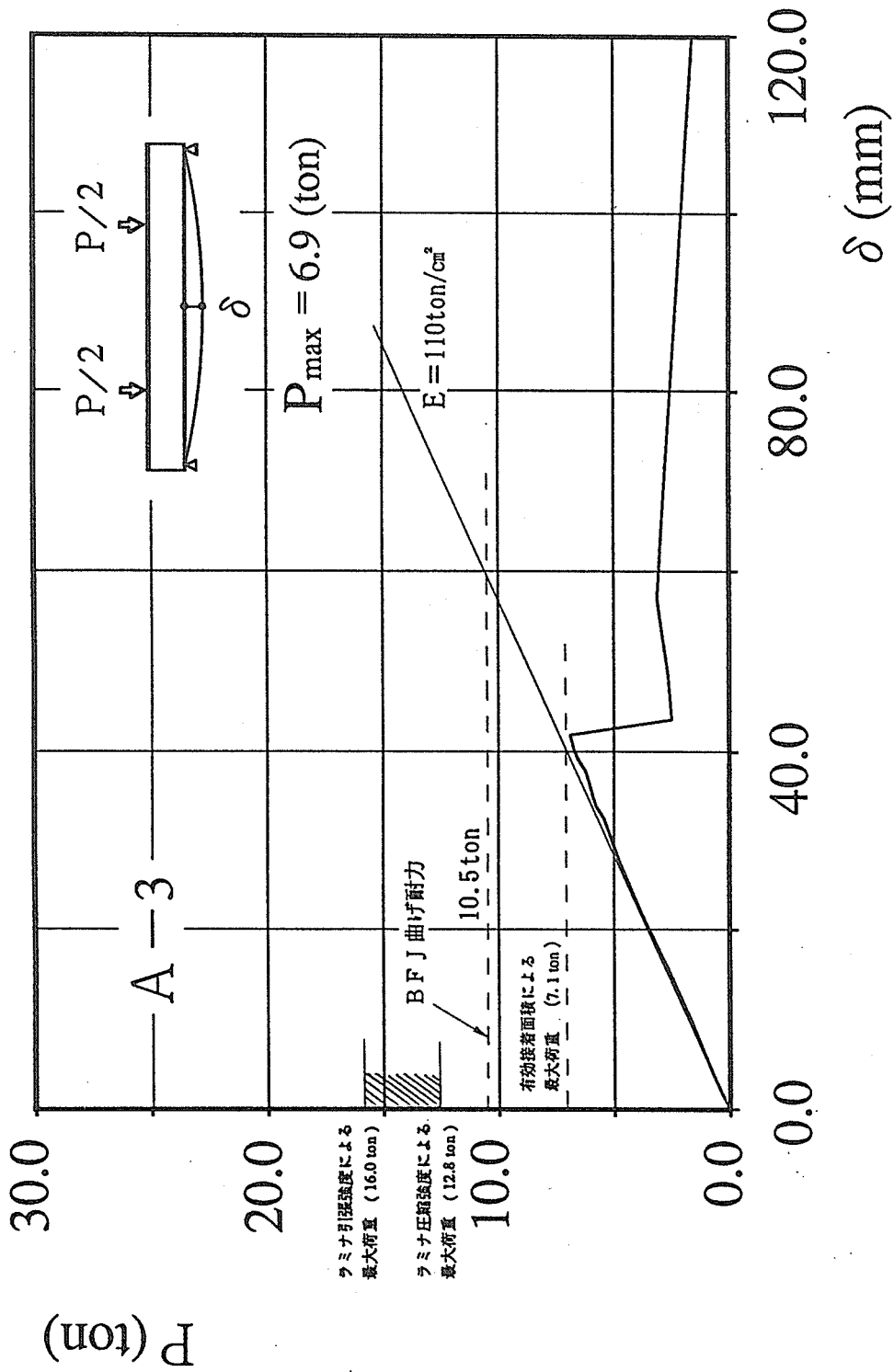


図 8-10 荷重-変位関係 (A-3)

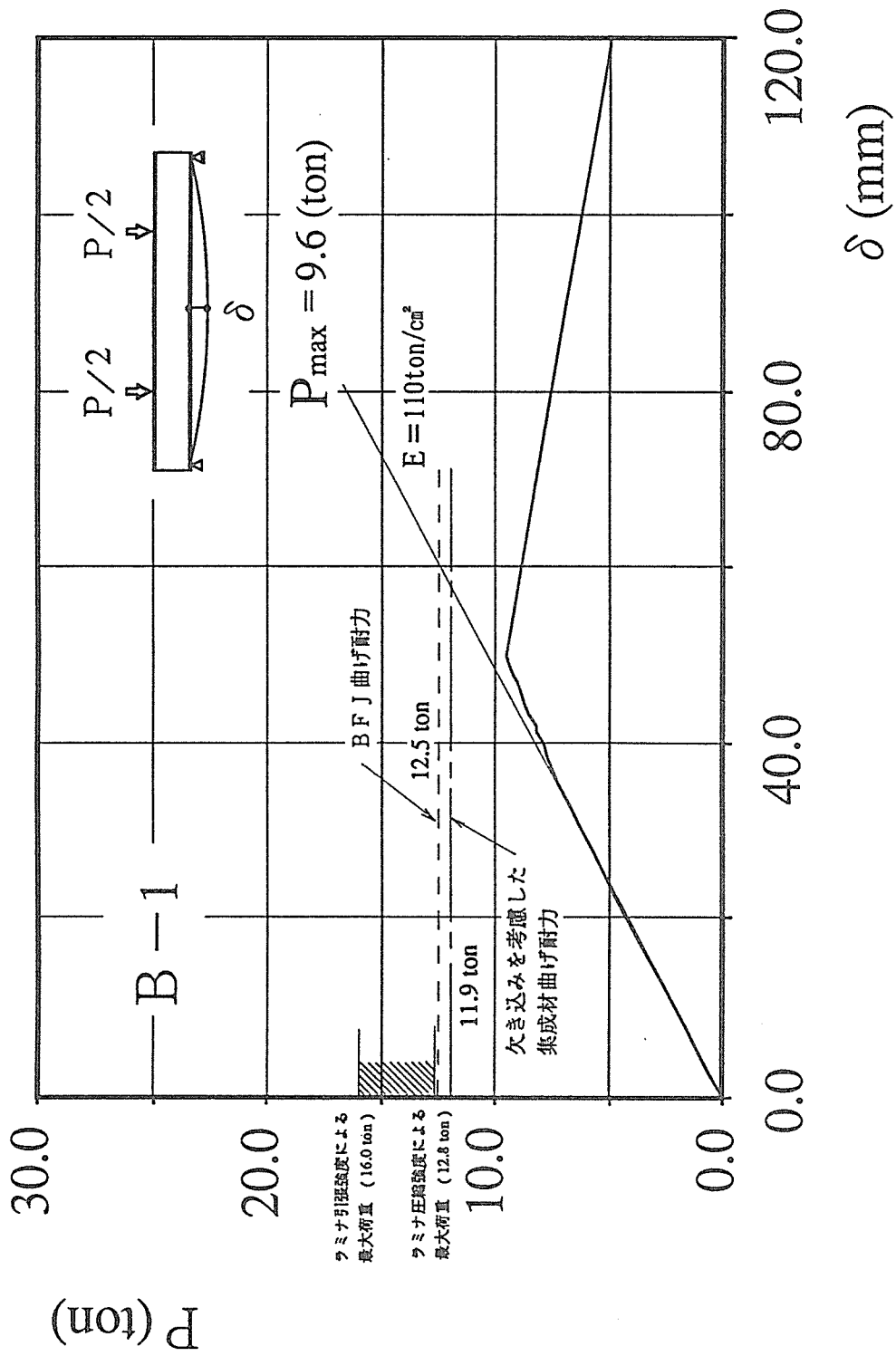


図 8-11 荷重-変位関係 (B-1)



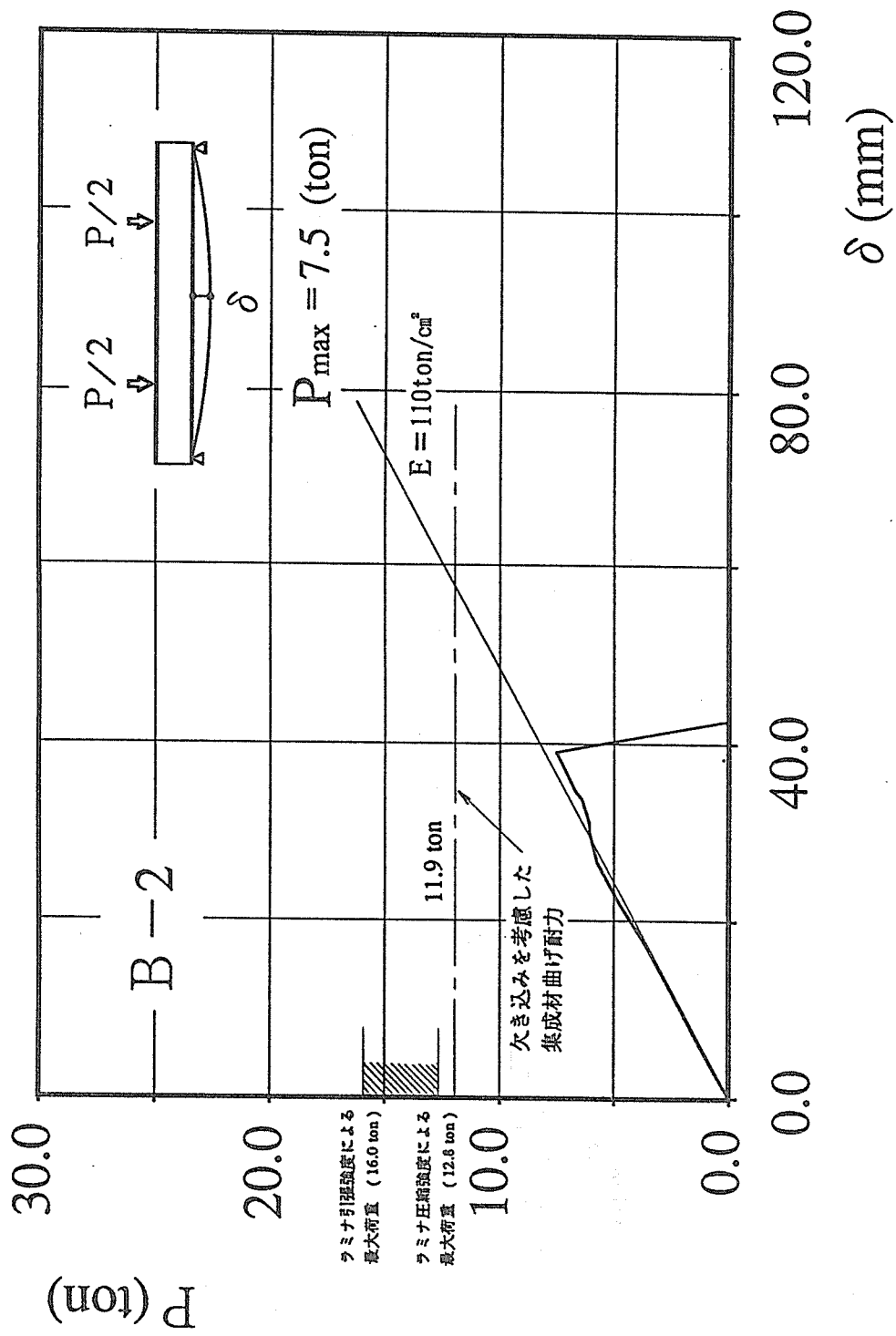


図 8-12 荷重-変位関係 (B-2)

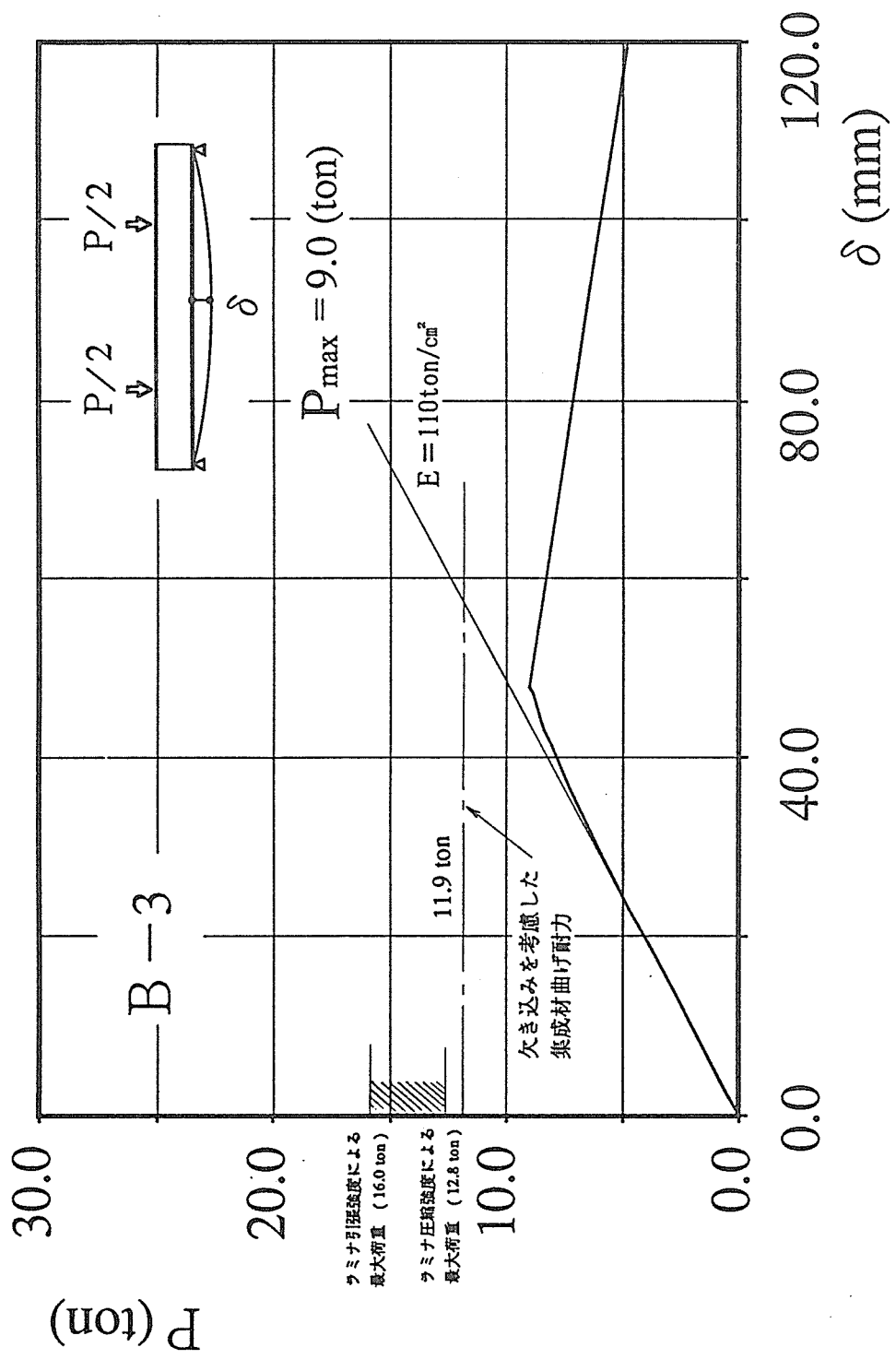


図 8-13 荷重-変位関係 (B-3)

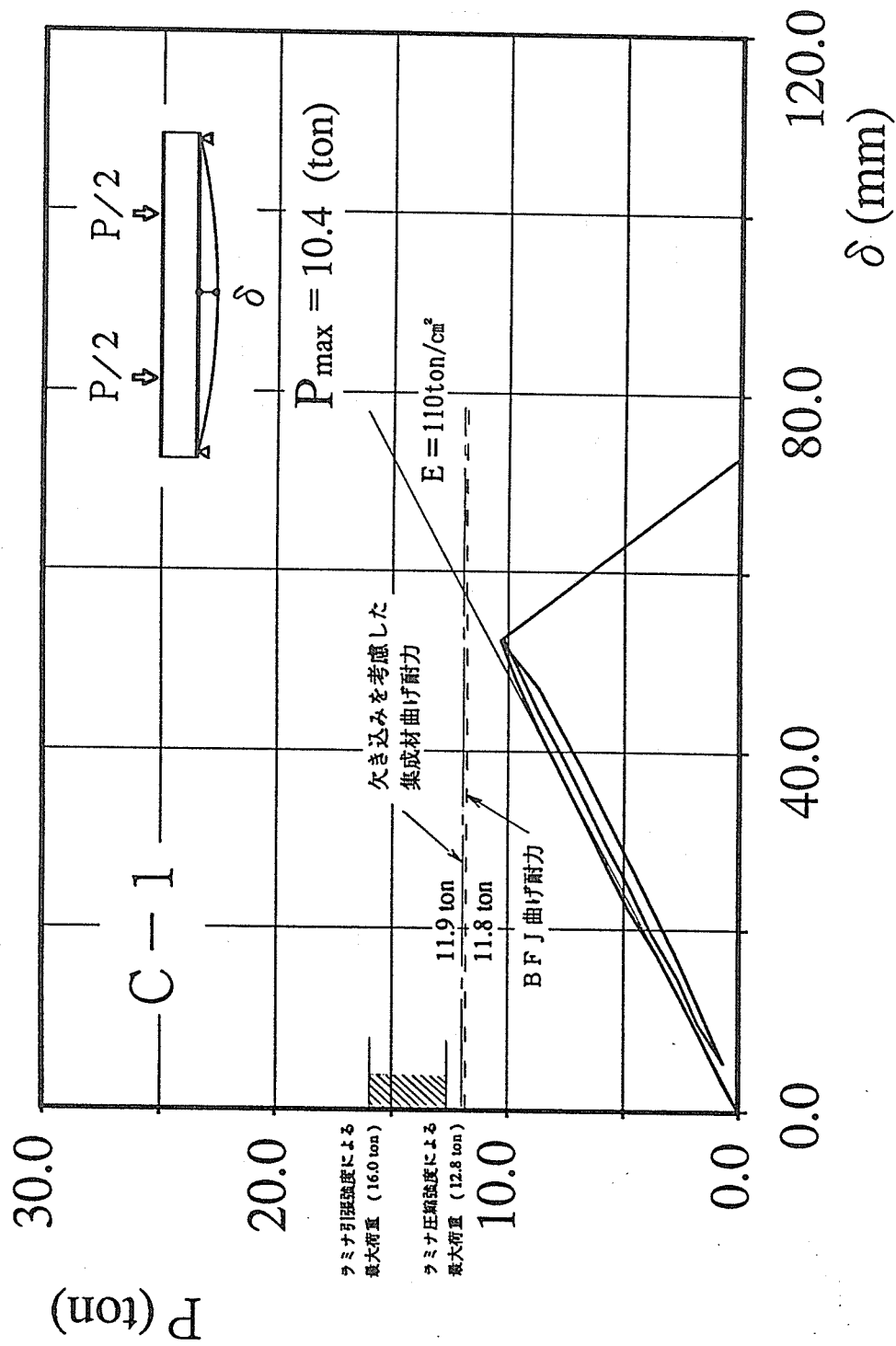


図 8-14 荷重-変位関係 (C-1)

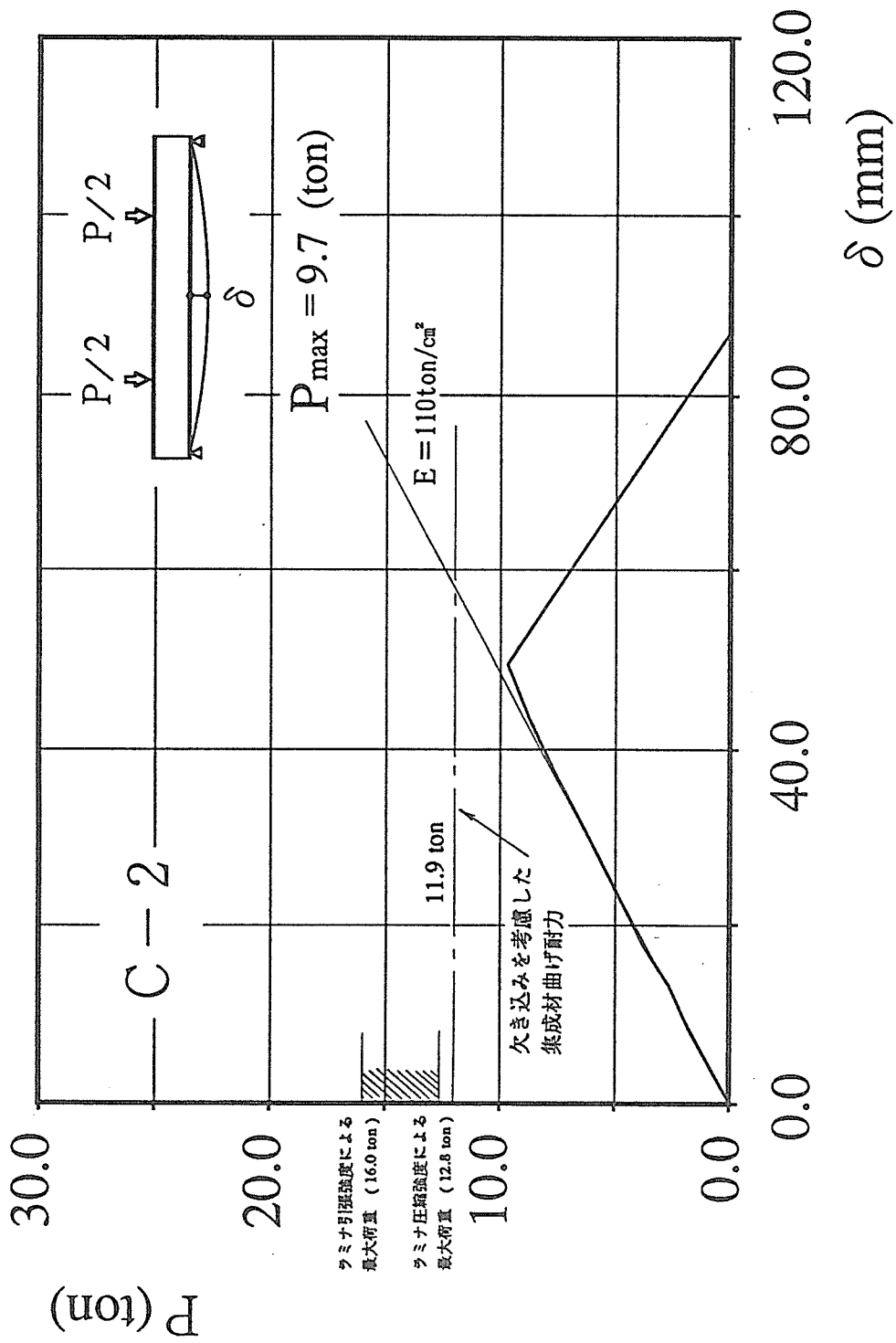


図 8-15 荷重-変位関係 (C-2)

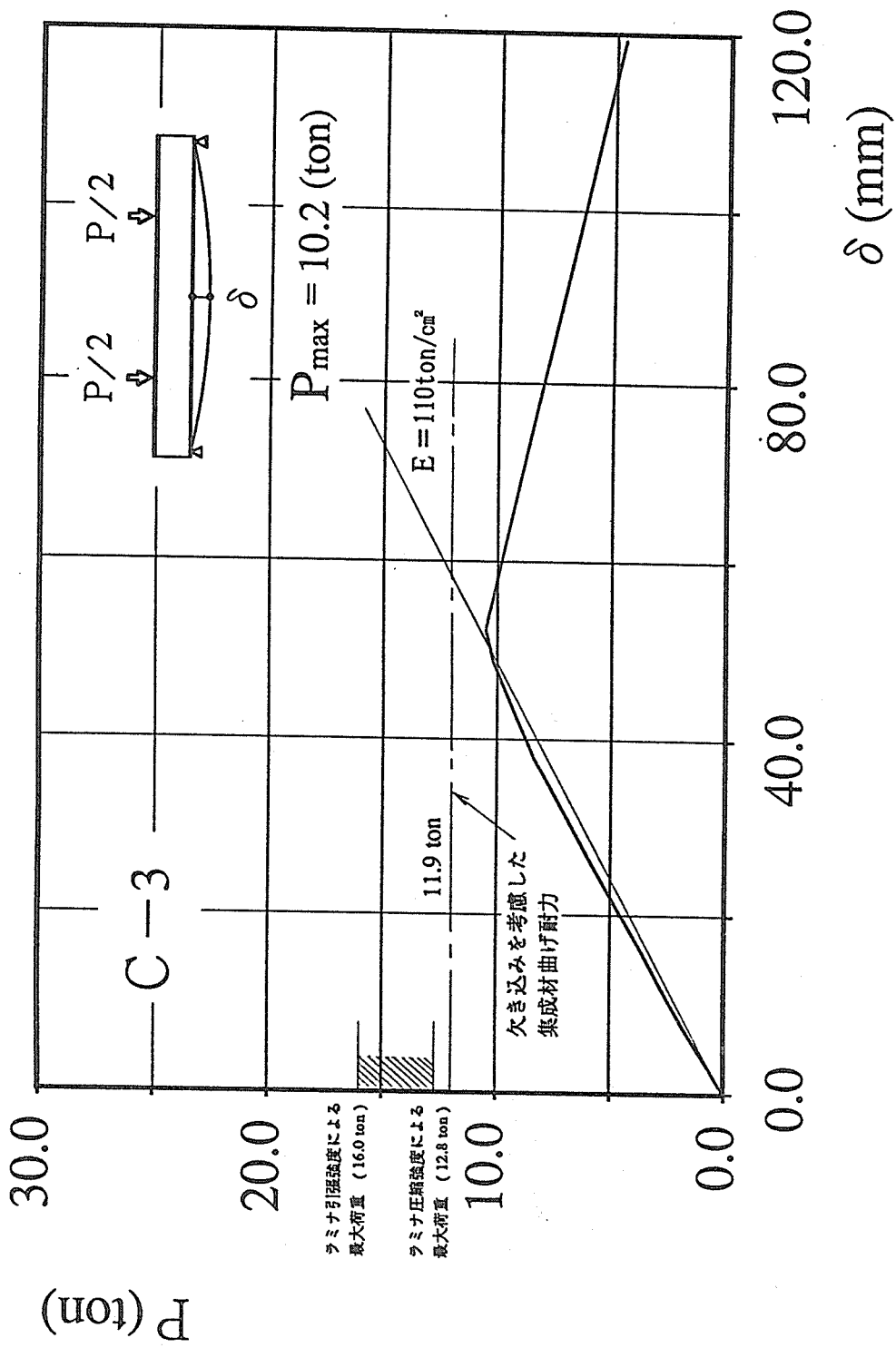


図 8-16 荷重-変位関係 (C-3)

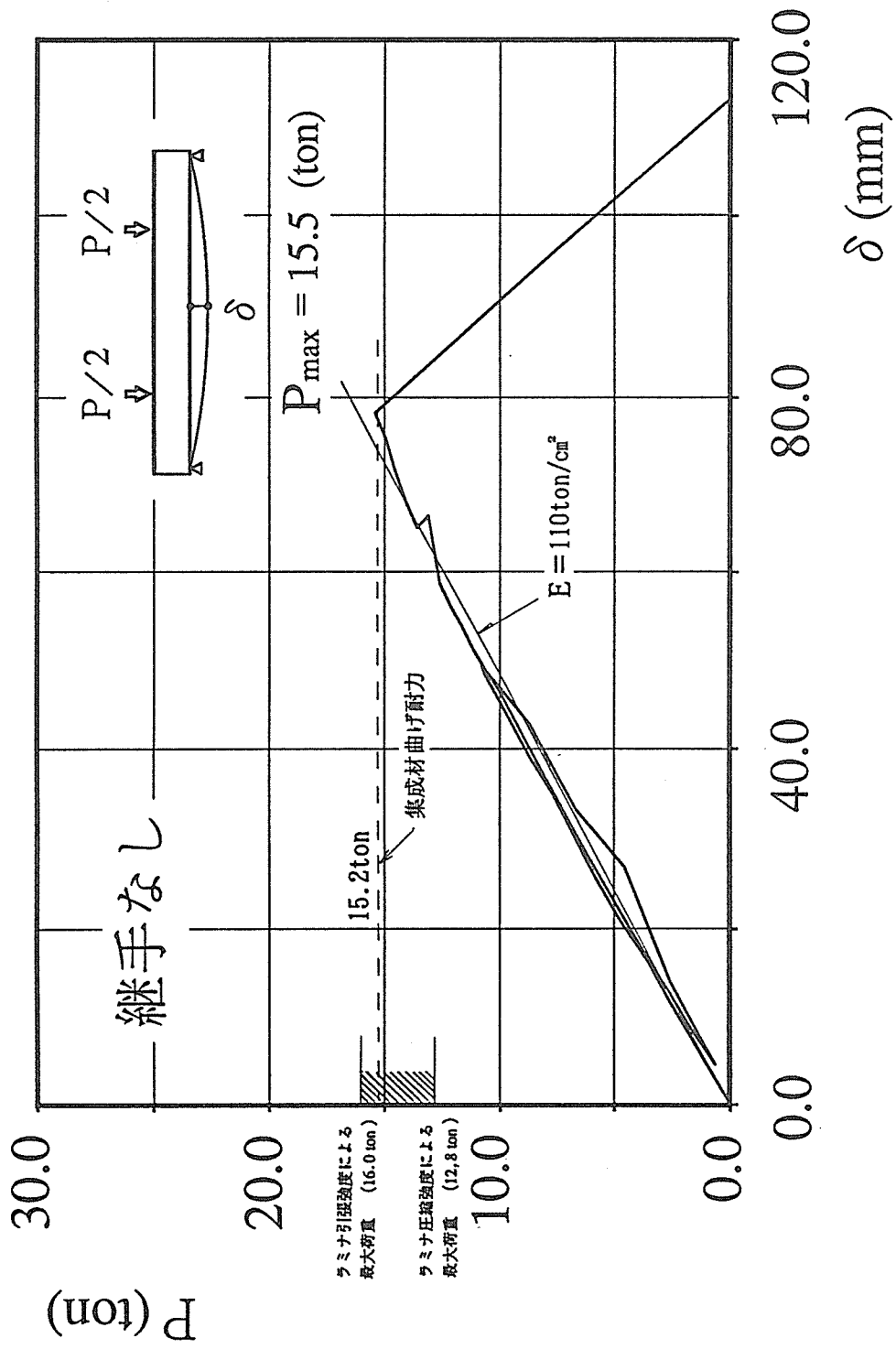


図 8-17 荷重-変位関係 (継手なし)

#### 6-4. モーメント-曲率関係

図8-18～図8-26にBFJ試験体、図8-27に継手の無い通直試験体の曲げモーメント-曲率関係を示す。曲率は、載荷点（2点）と試験体中央の計3点に於ける変位により求めた。図中にはそれぞれ、ヤング係数を公称値（110 tonf/cm<sup>2</sup>）とした時の計算値を示した。

BFJ部分で破壊したA-2、A-3の2体の試験体を除き、計算値にほぼ近い値となっていることがわかる。

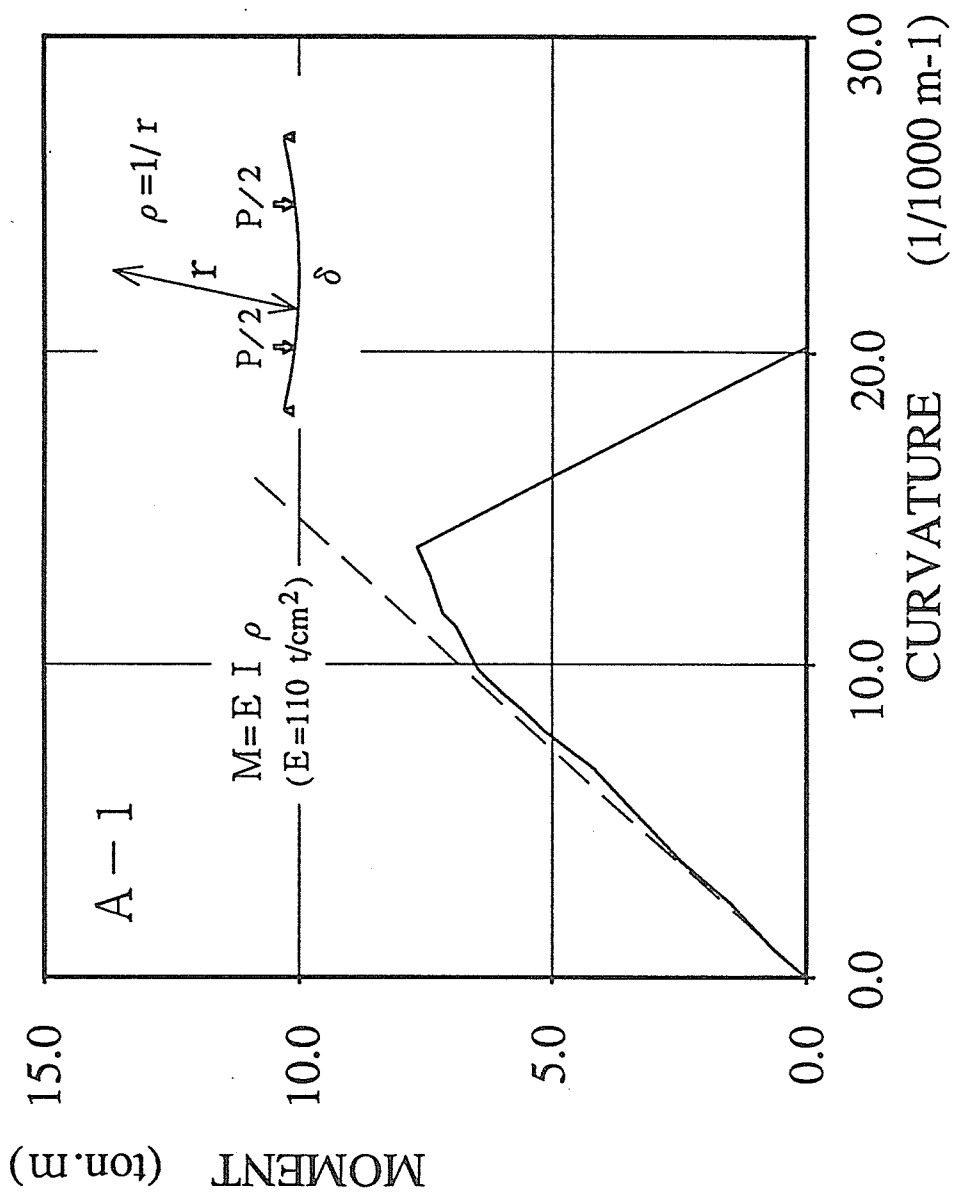


図 8-18 曲げモーメント-曲率関係 (A-1)



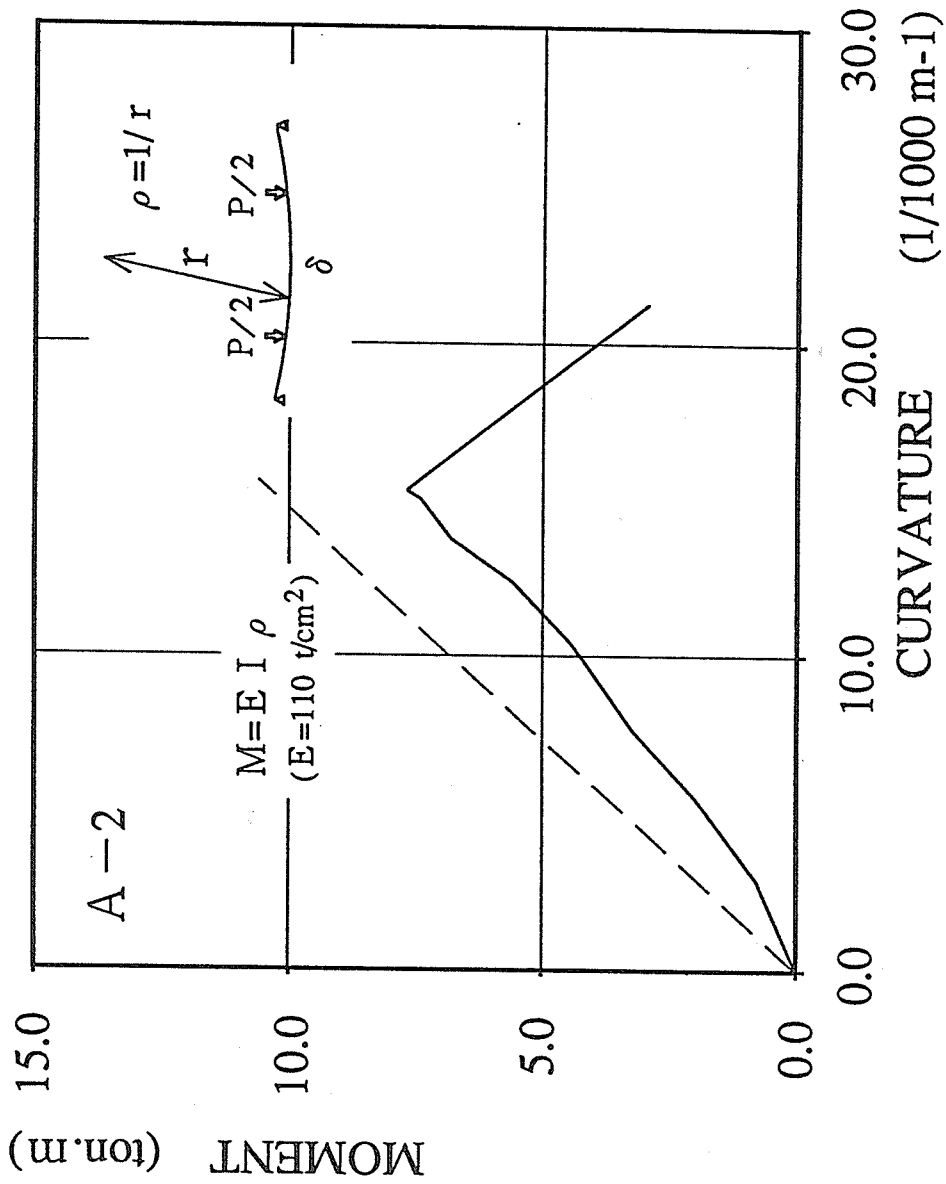


図 8-19 曲げモーメント-曲率関係 (A-2)

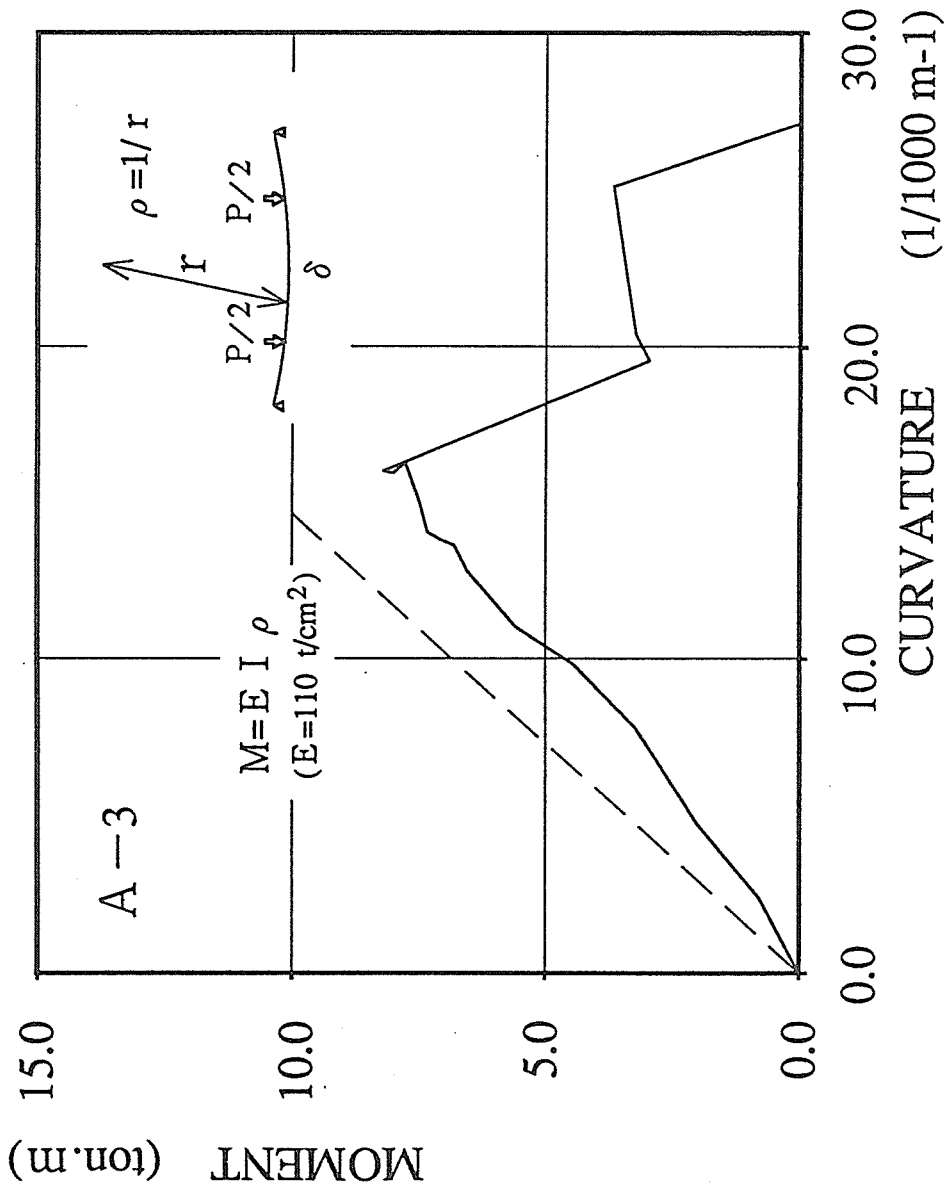


図 8 - 20 曲げモーメント - 曲率関係 (A - 3)

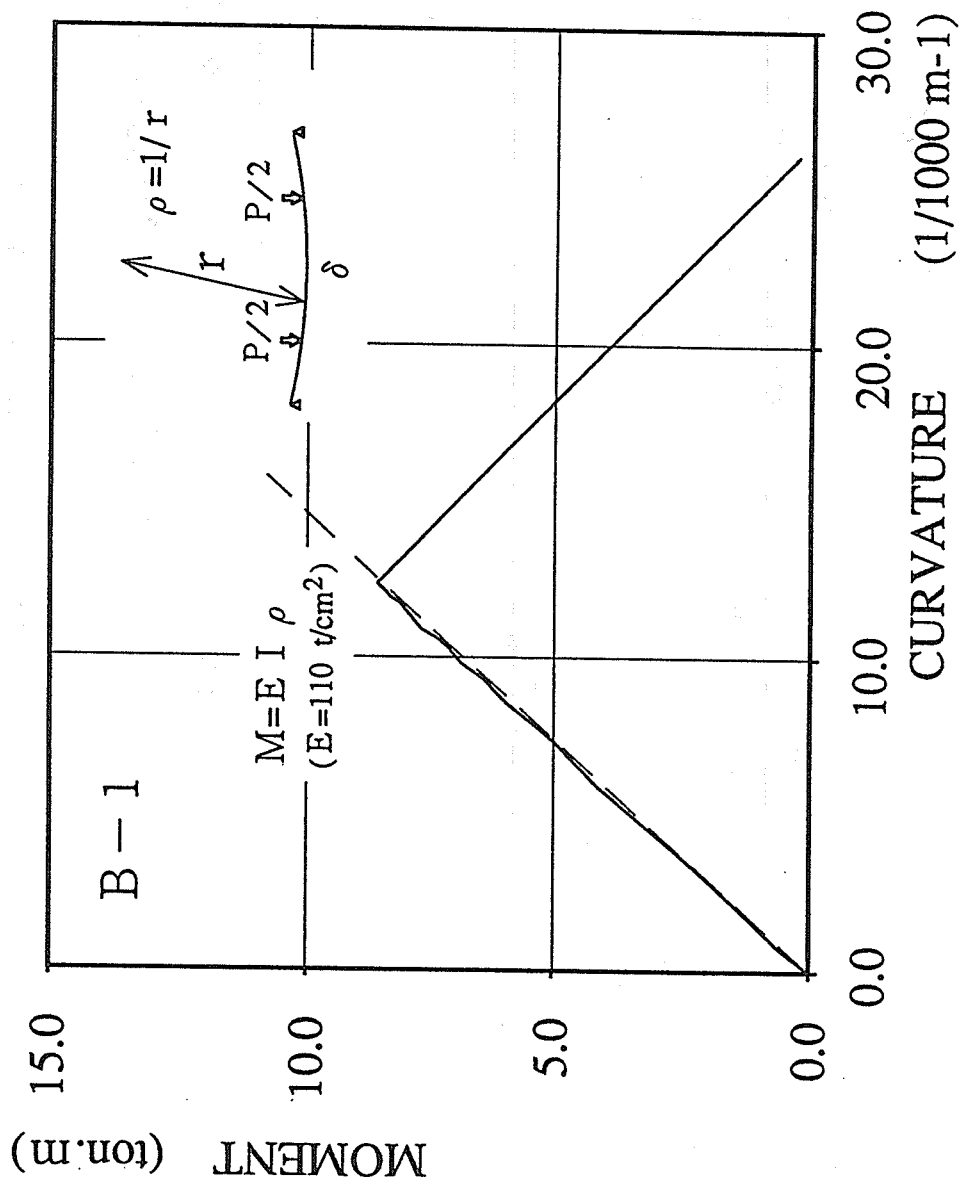


図 8-21 曲げモーメント-曲率関係 (B-1)

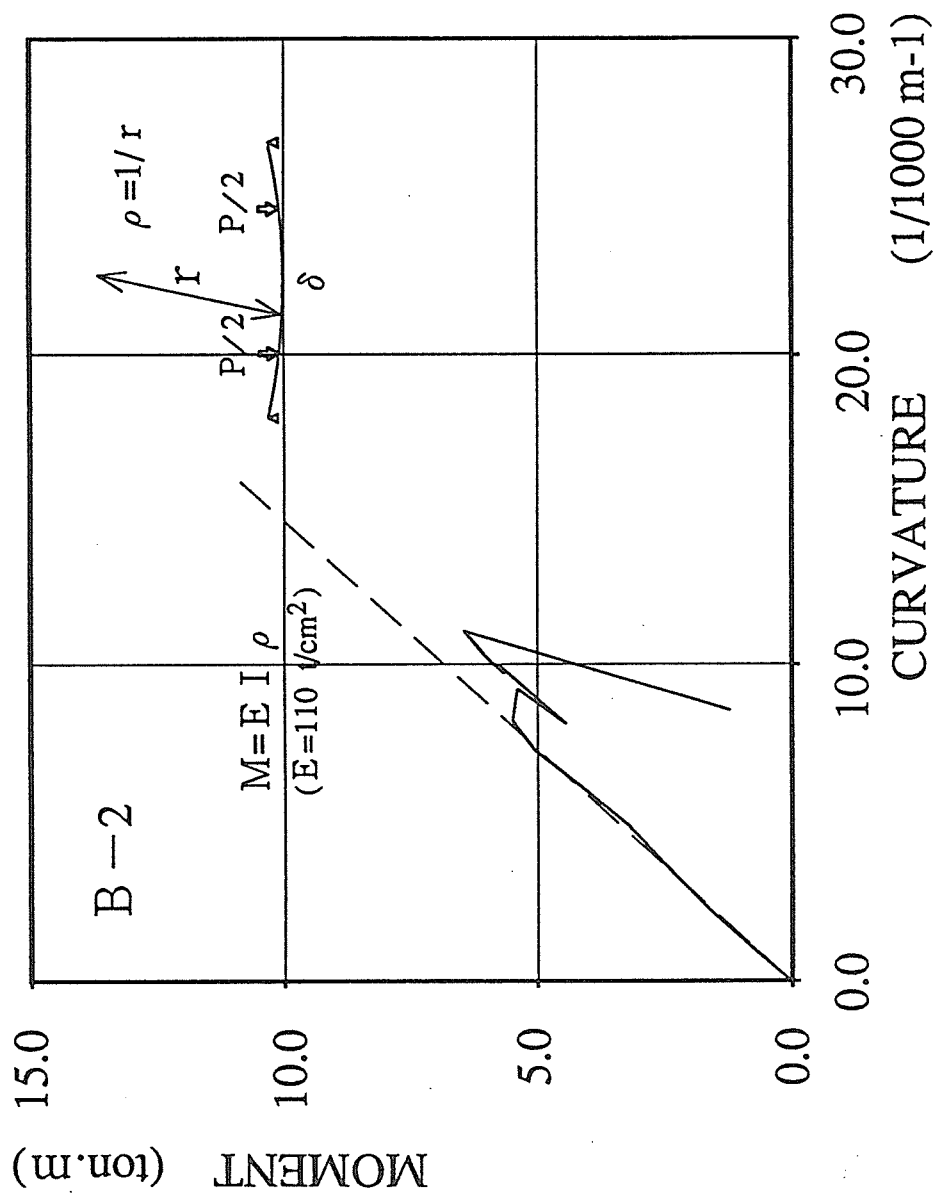


図 8-22 曲げモーメント-曲率関係 (B-2)

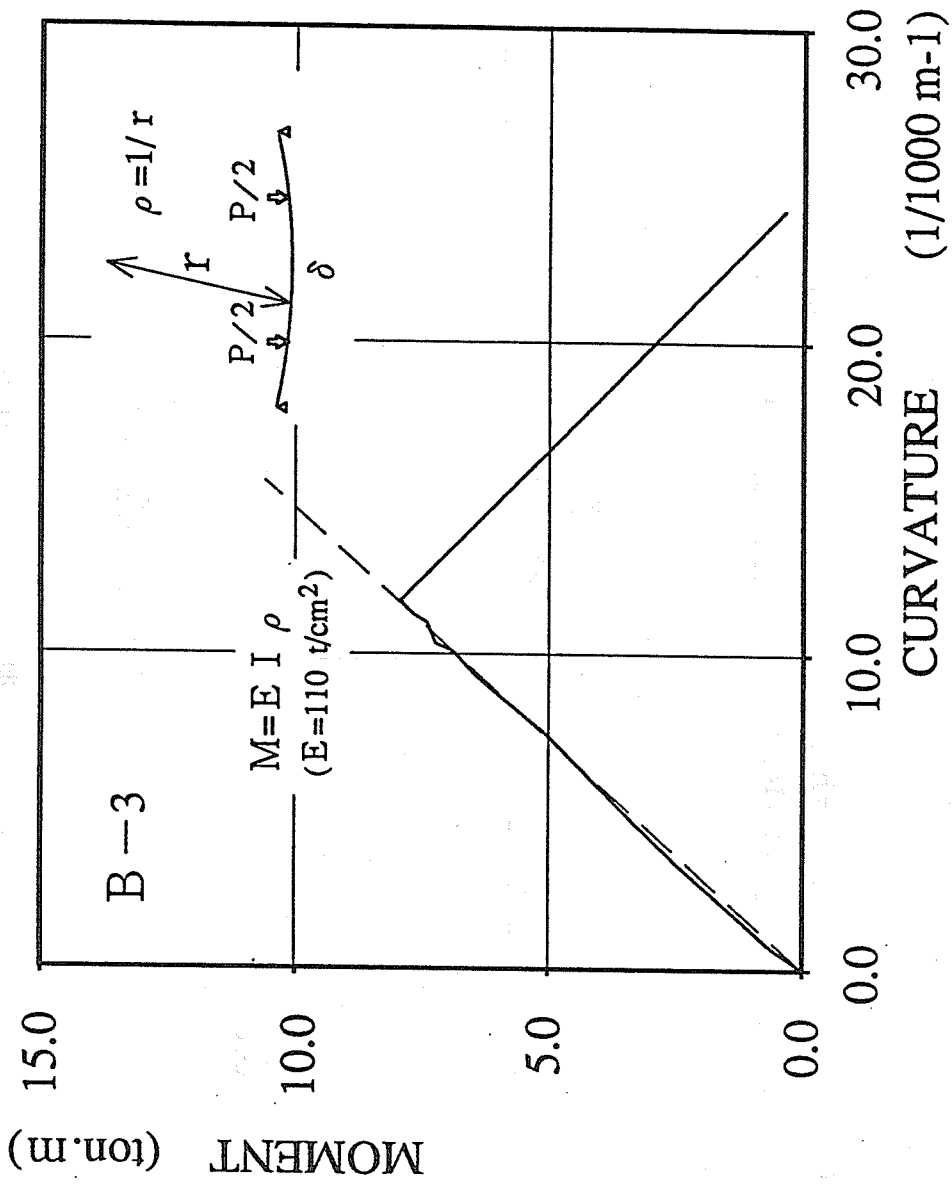


図 8-23 曲げモーメント-曲率関係 (B-3)

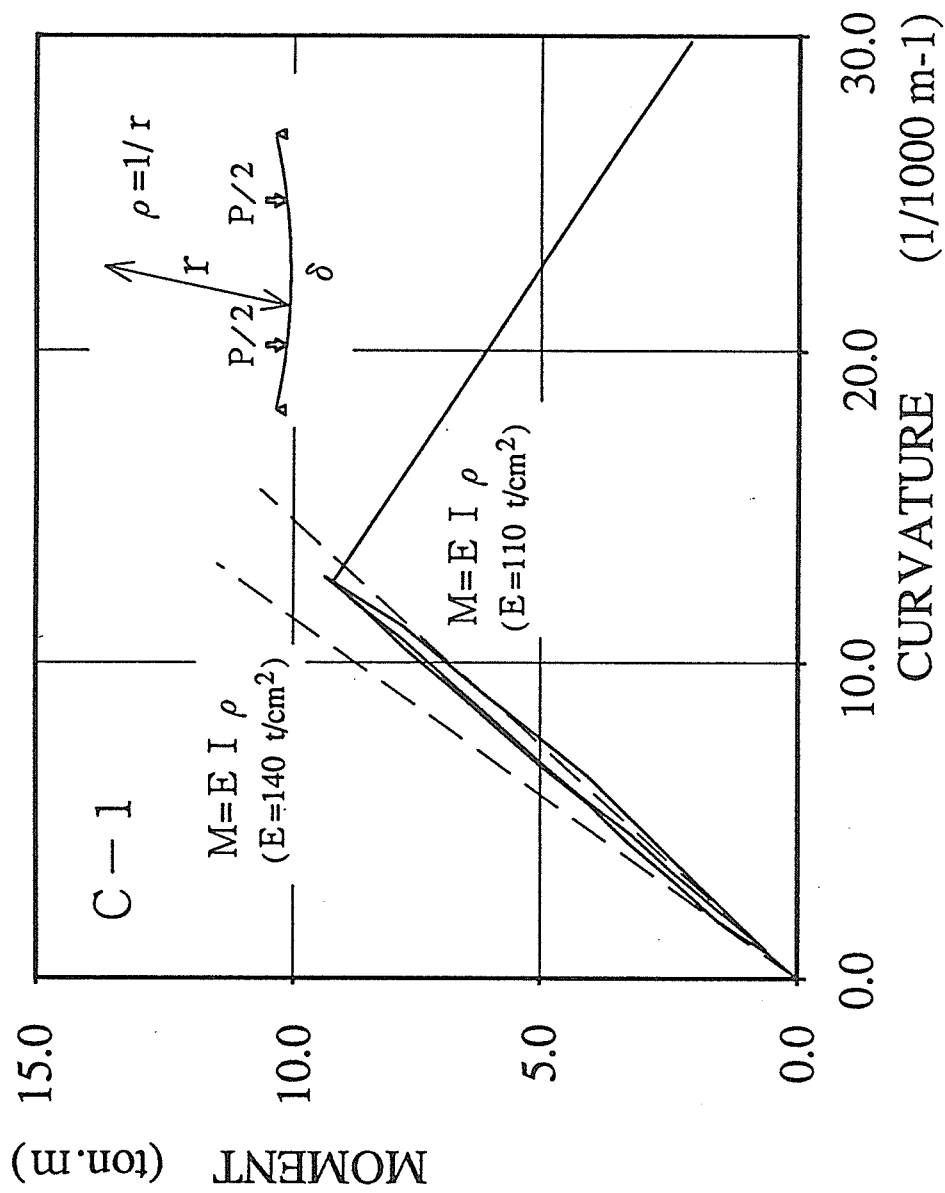


図 8-24 曲げモーメント-曲率関係 (C-1)

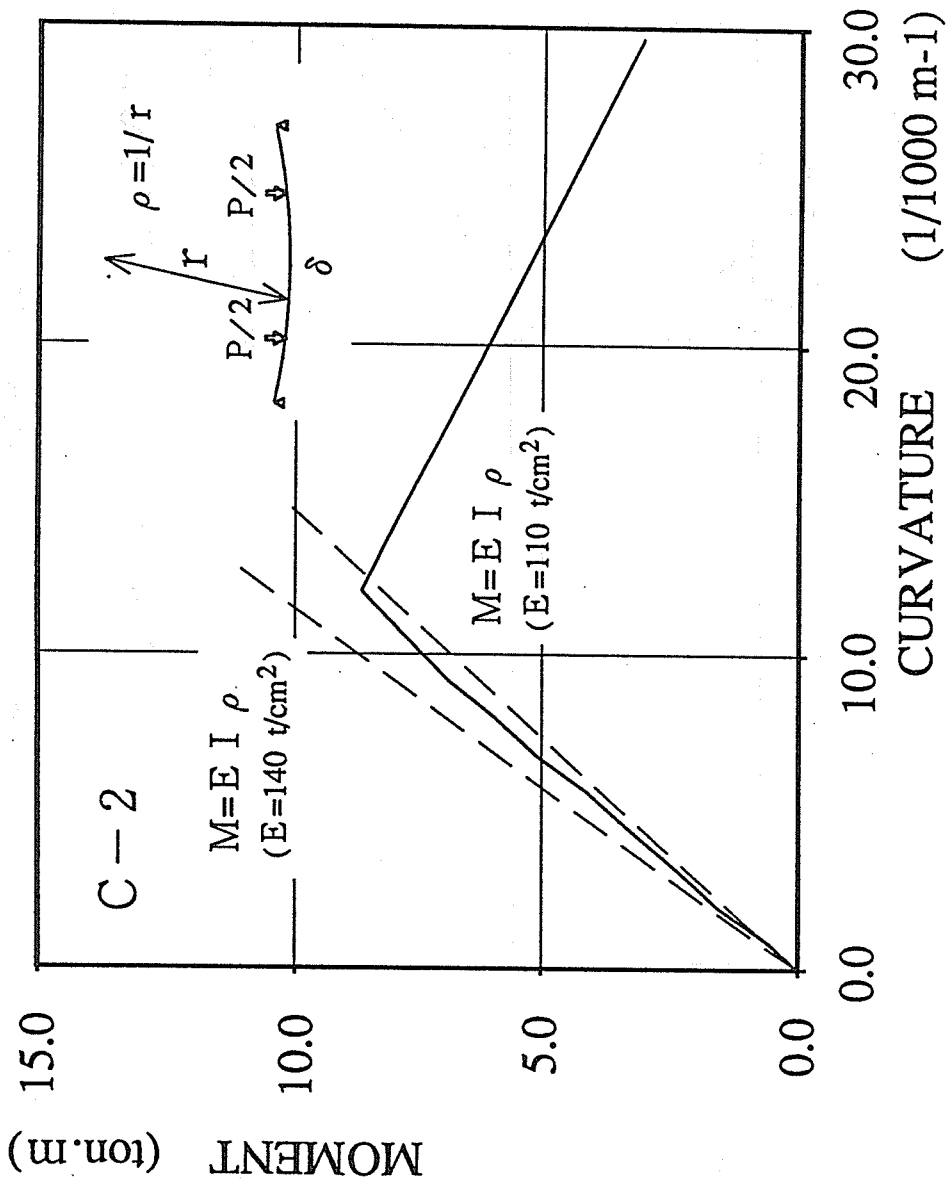


図 8-25 曲げモーメント-曲率関係 (C-2)

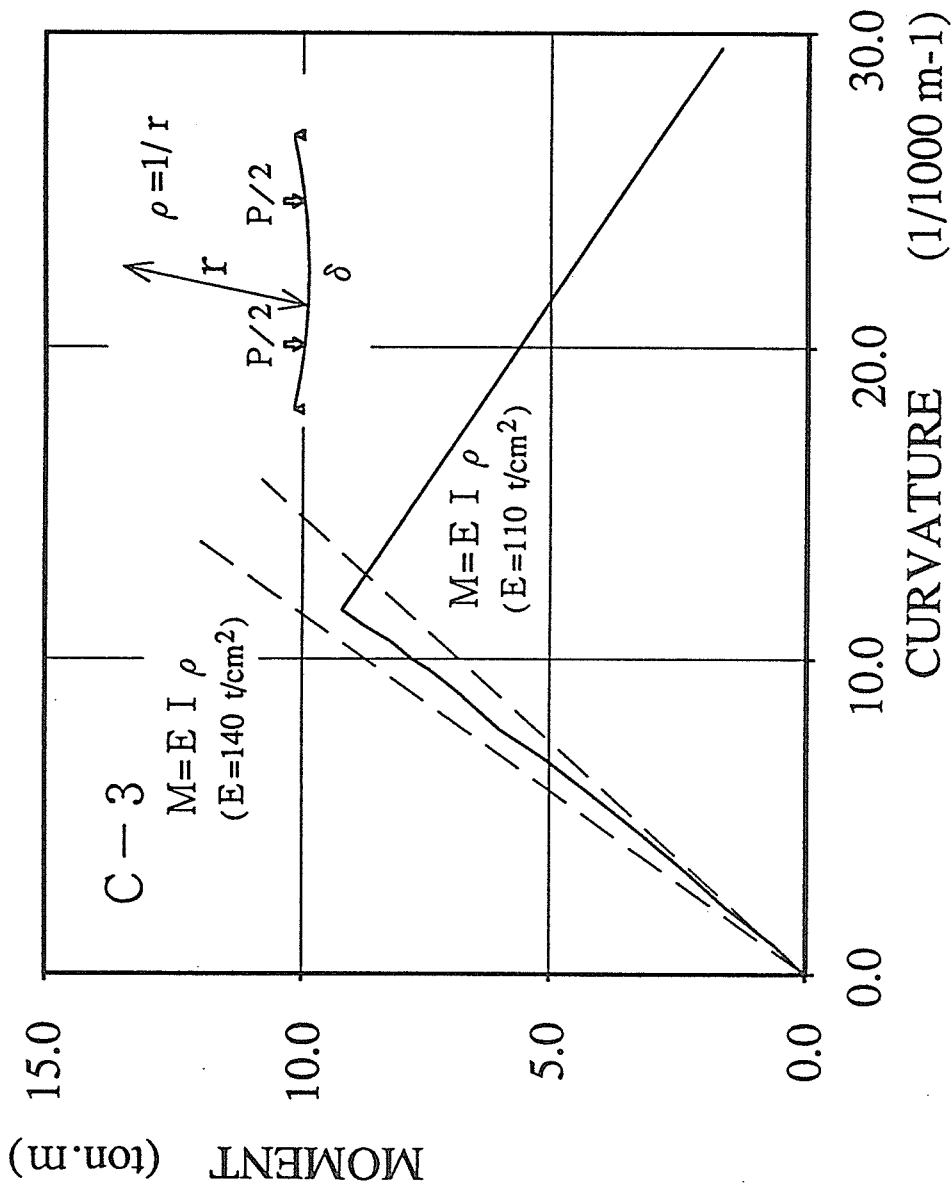


図 8 - 26 曲げモーメント - 曲率関係 (C-3)



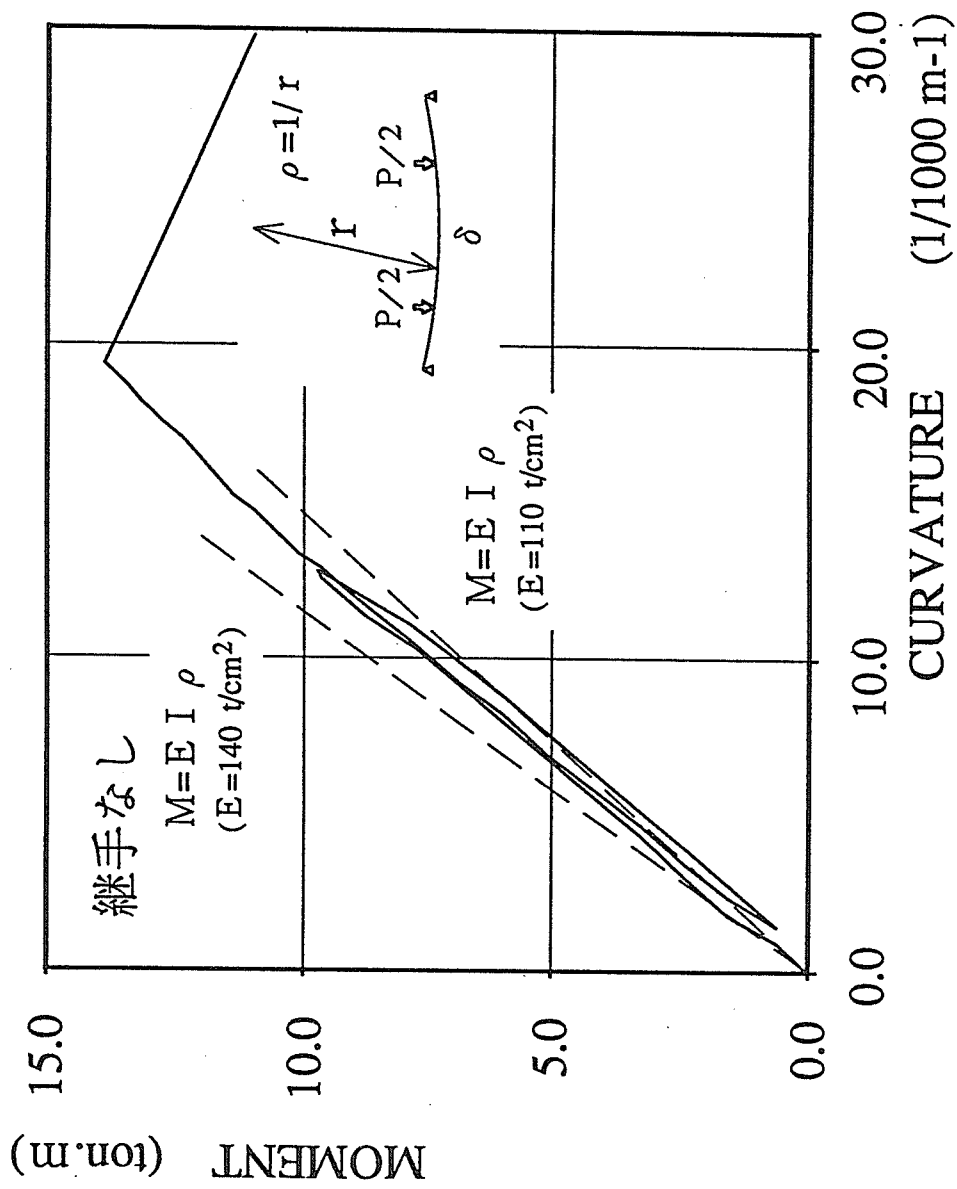


図 8-27 曲げモーメント-曲率関係 (継手なし)

## 6-5. 継手部近傍の荷重-変形関係

B F J 継手部の上端部及び下端部の材軸方向の動きを把握し、継手部の曲げ変形性状を調べるためにセットした2本の変位計による測定結果を示す。

図8-28～図8-36にB F J 試験体、図8-37に通直試験体（継手は無いが、B F J 試験体と同じ位置に変位計をセットした。）の荷重-変形関係を示す。

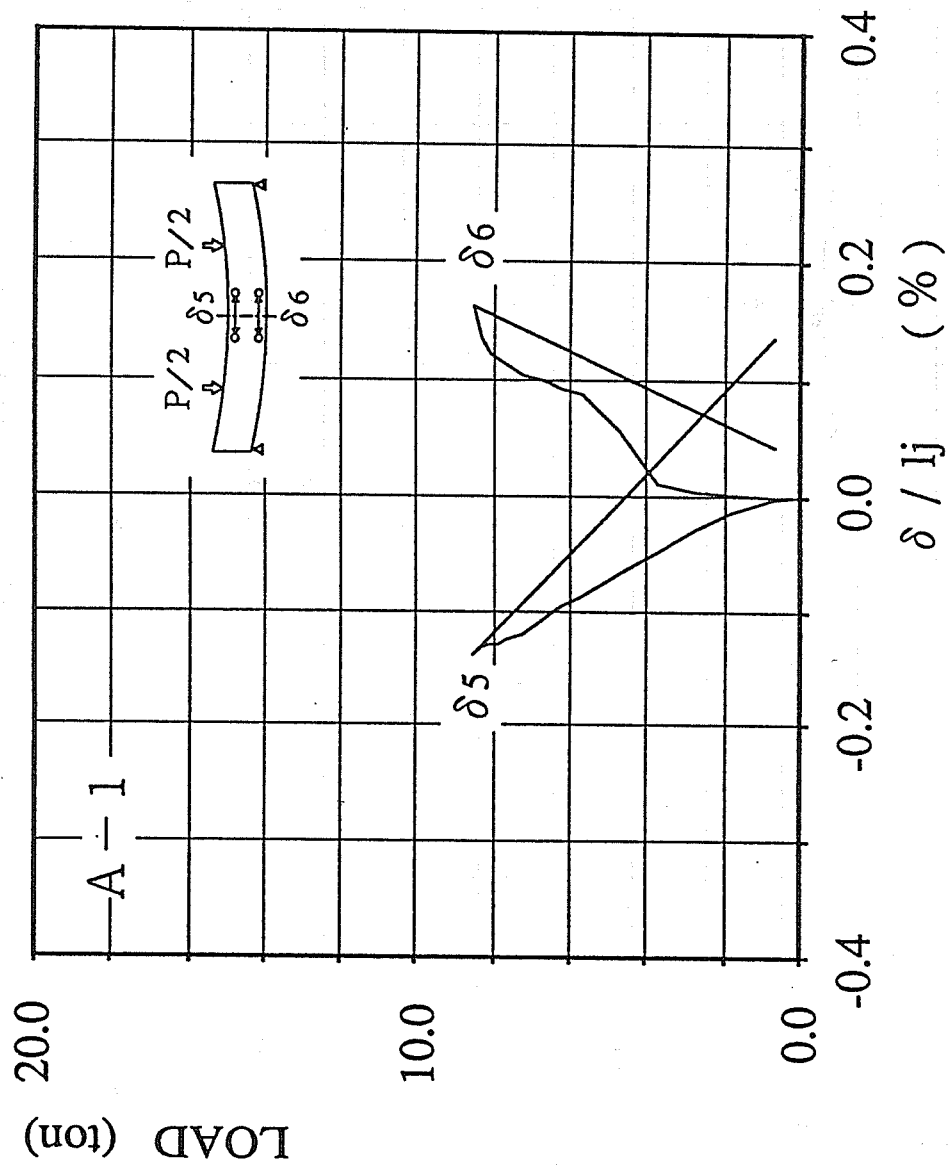


図 8 - 28 継手部近傍の荷重 - 変形関係 (A - 1)

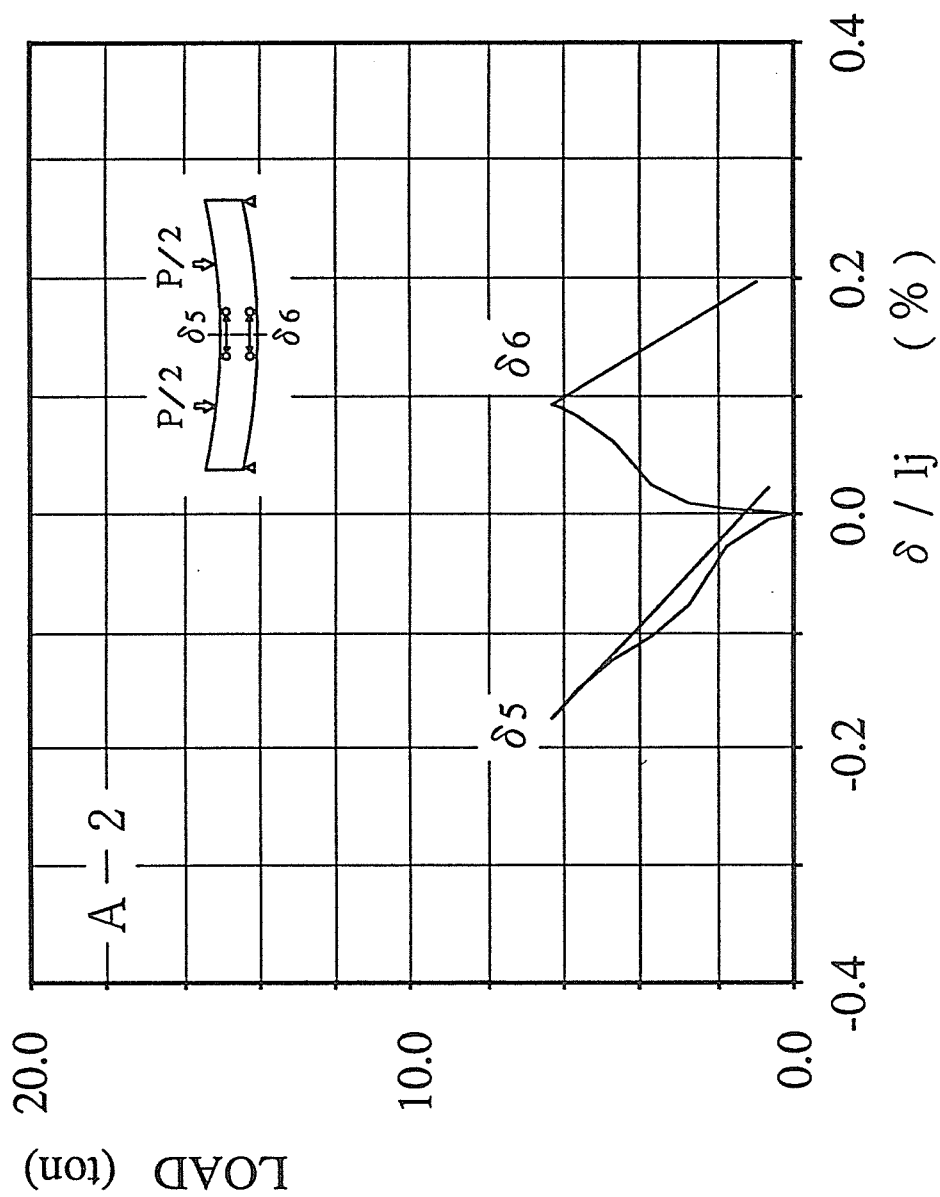


図 8-29 継手部近傍の荷重-変形関係 (A-2)

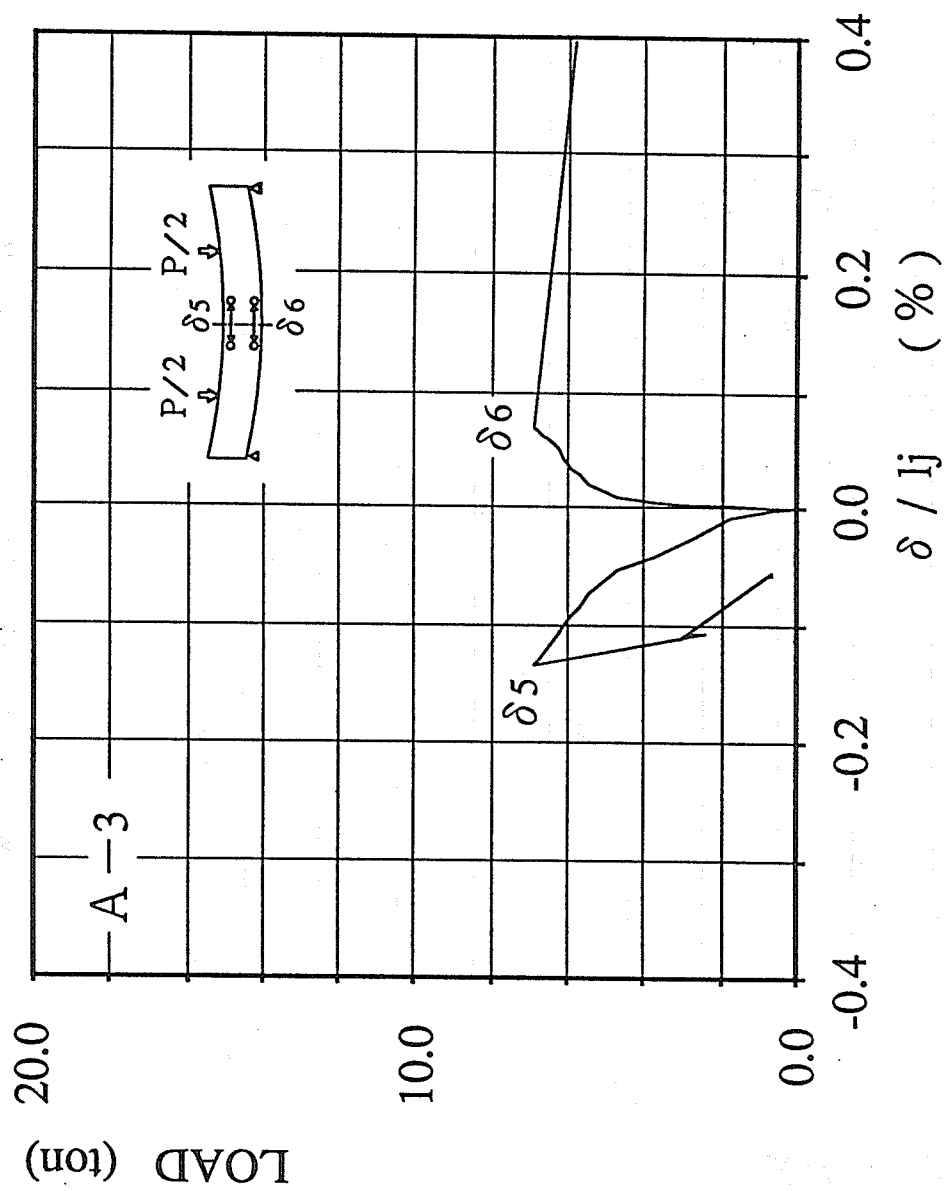


図 8 - 30 継手部近傍の荷重 - 変形関係 (A - 3)

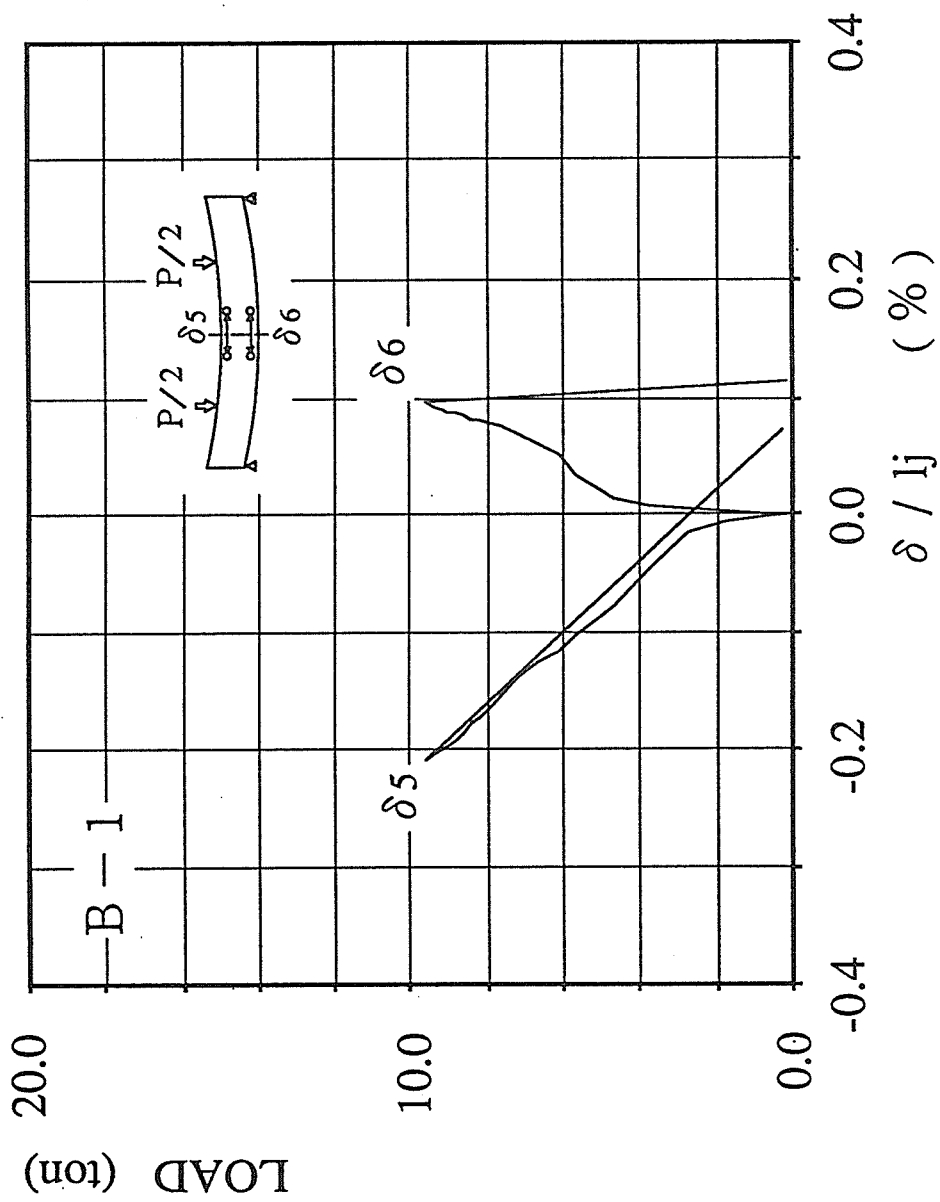


図 8-31 継手部近傍の荷重-変形関係 (B-1)

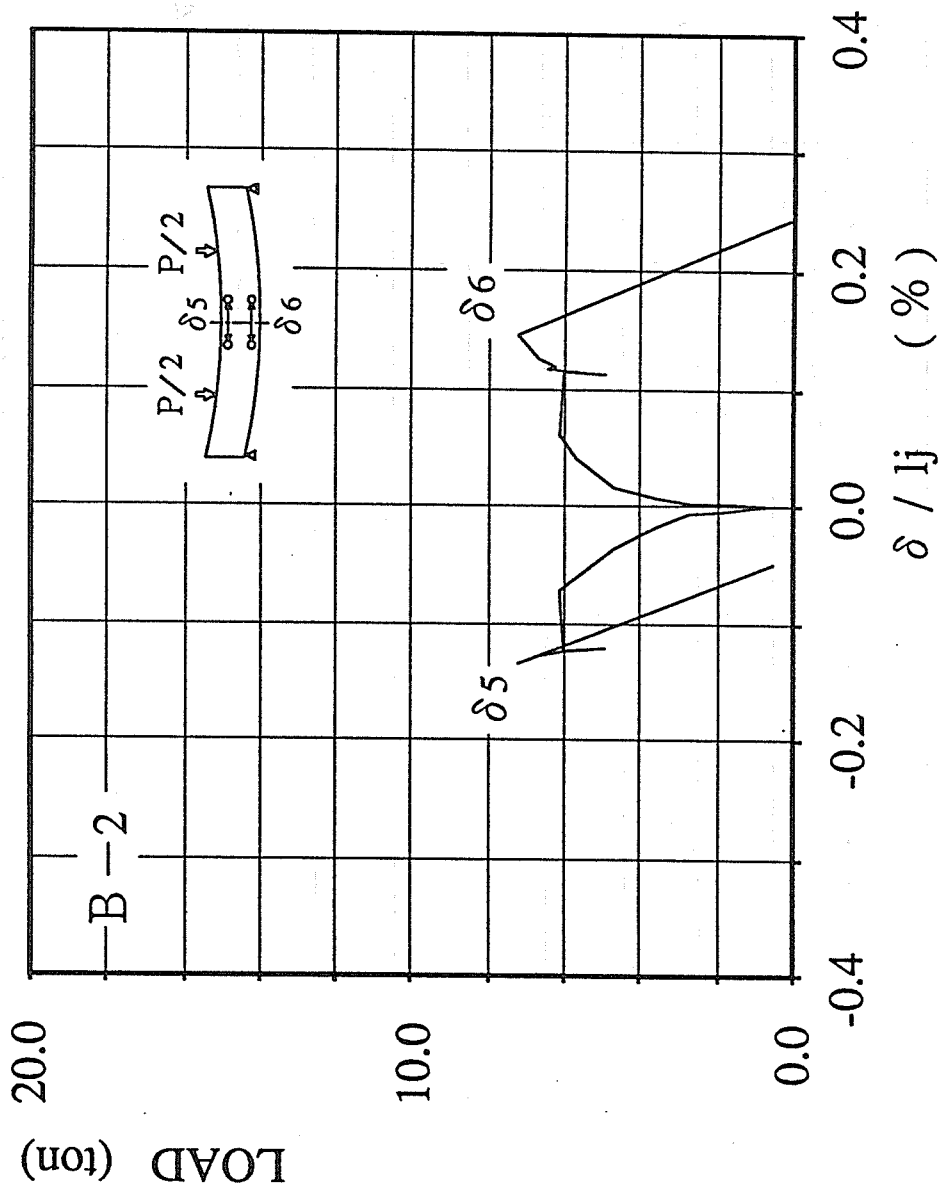


図 8 - 32 継手部近傍の荷重—変形関係 (B - 2)

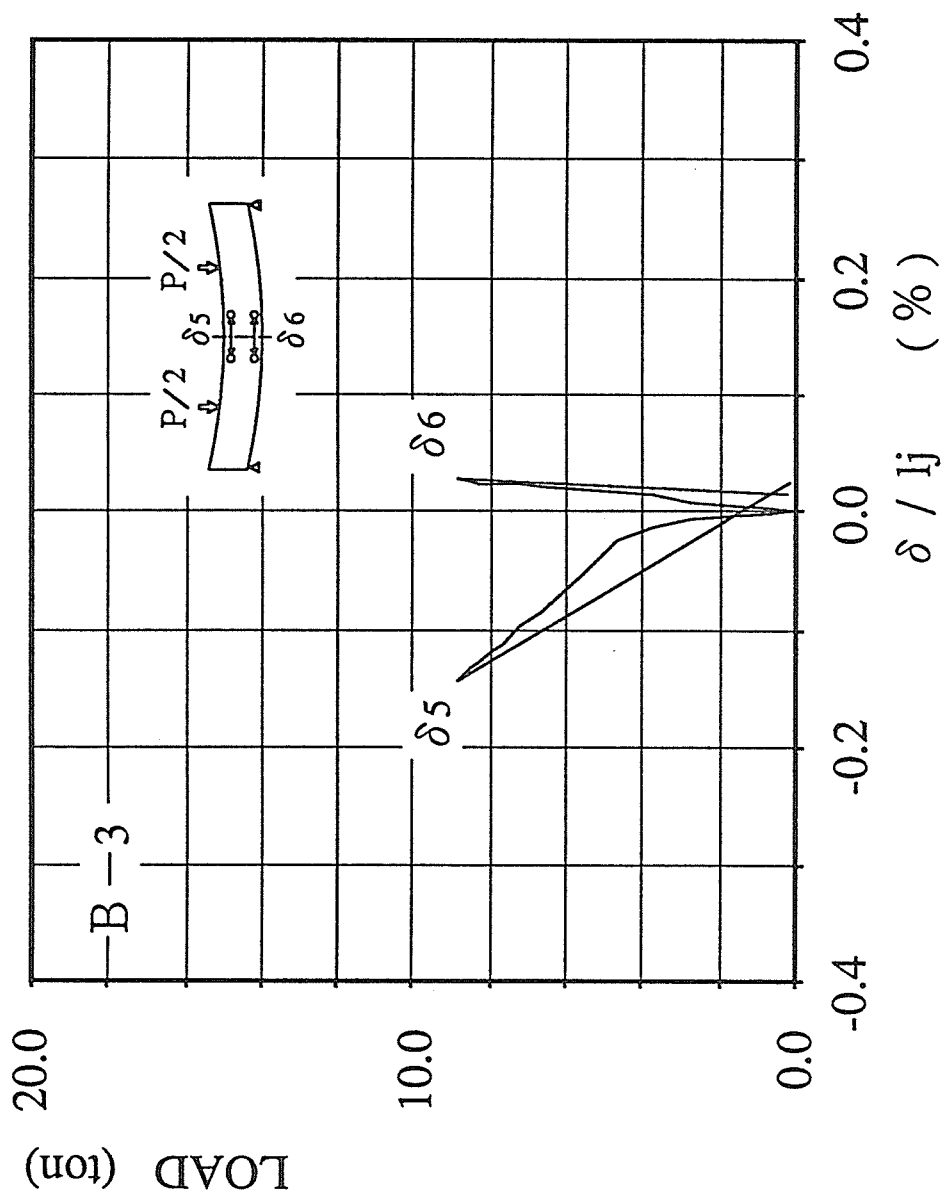


図 8 - 33 継手部近傍の荷重 - 変形関係 (B - 3)



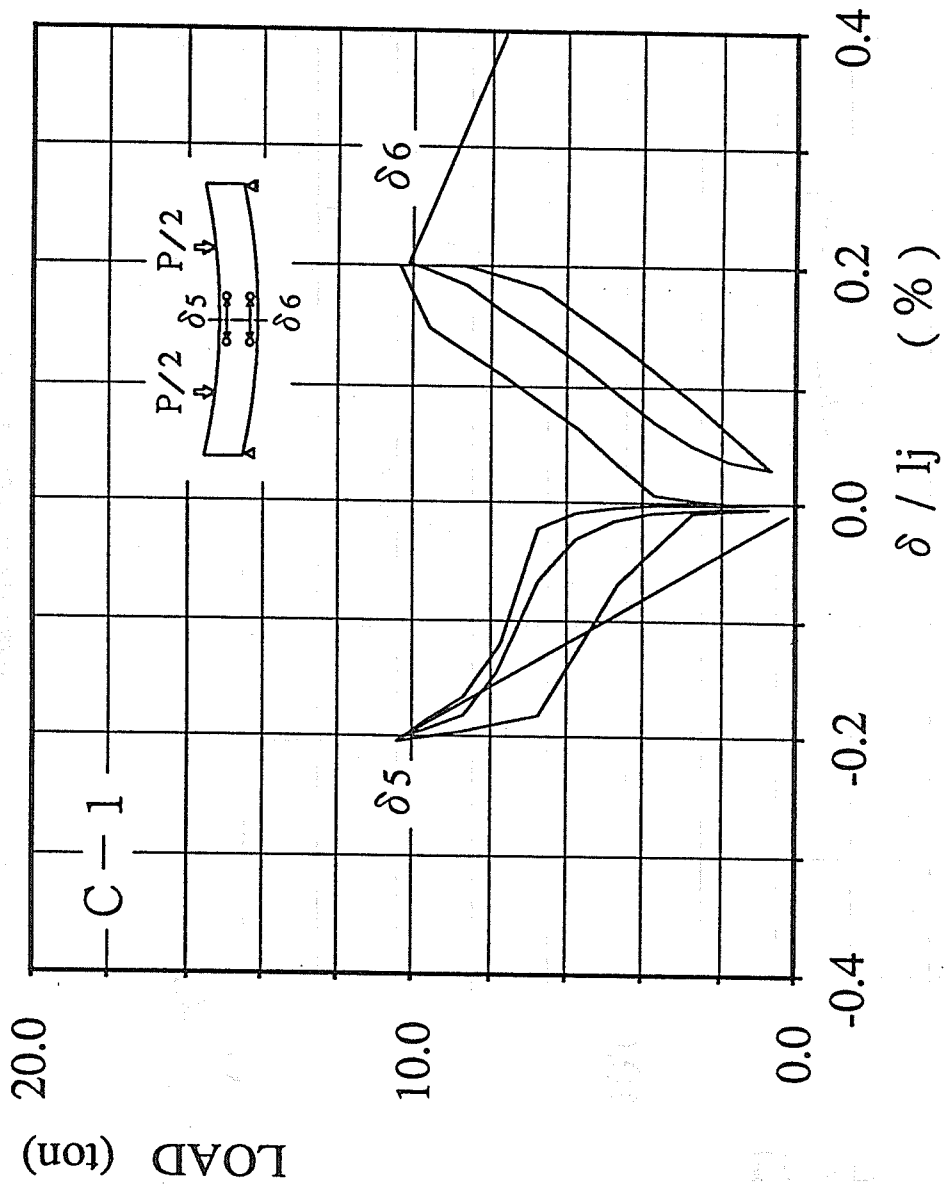


図 8-34 継手部近傍の荷重-変形関係 (C-1)

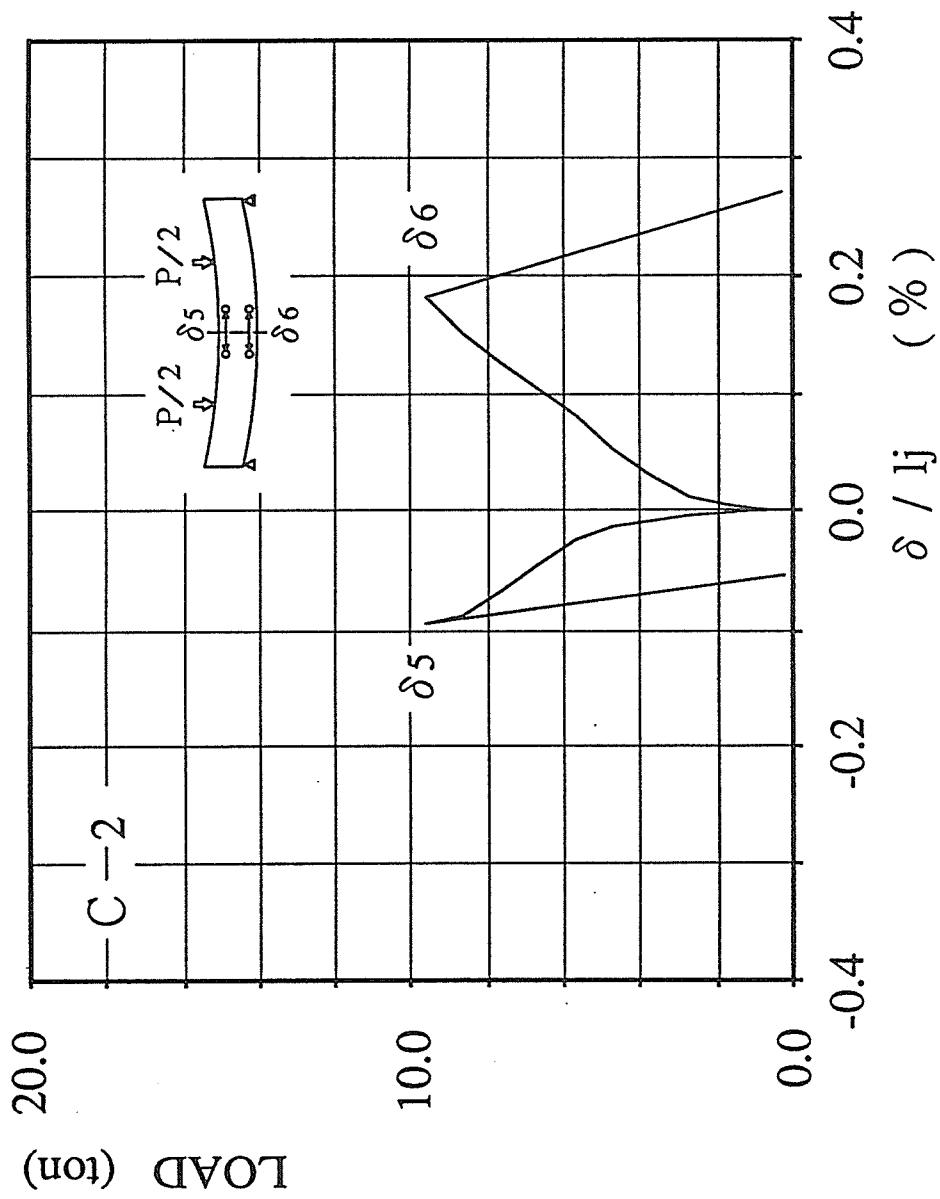


図 8 - 35 継手部近傍の荷重 - 変形関係 (C - 2)

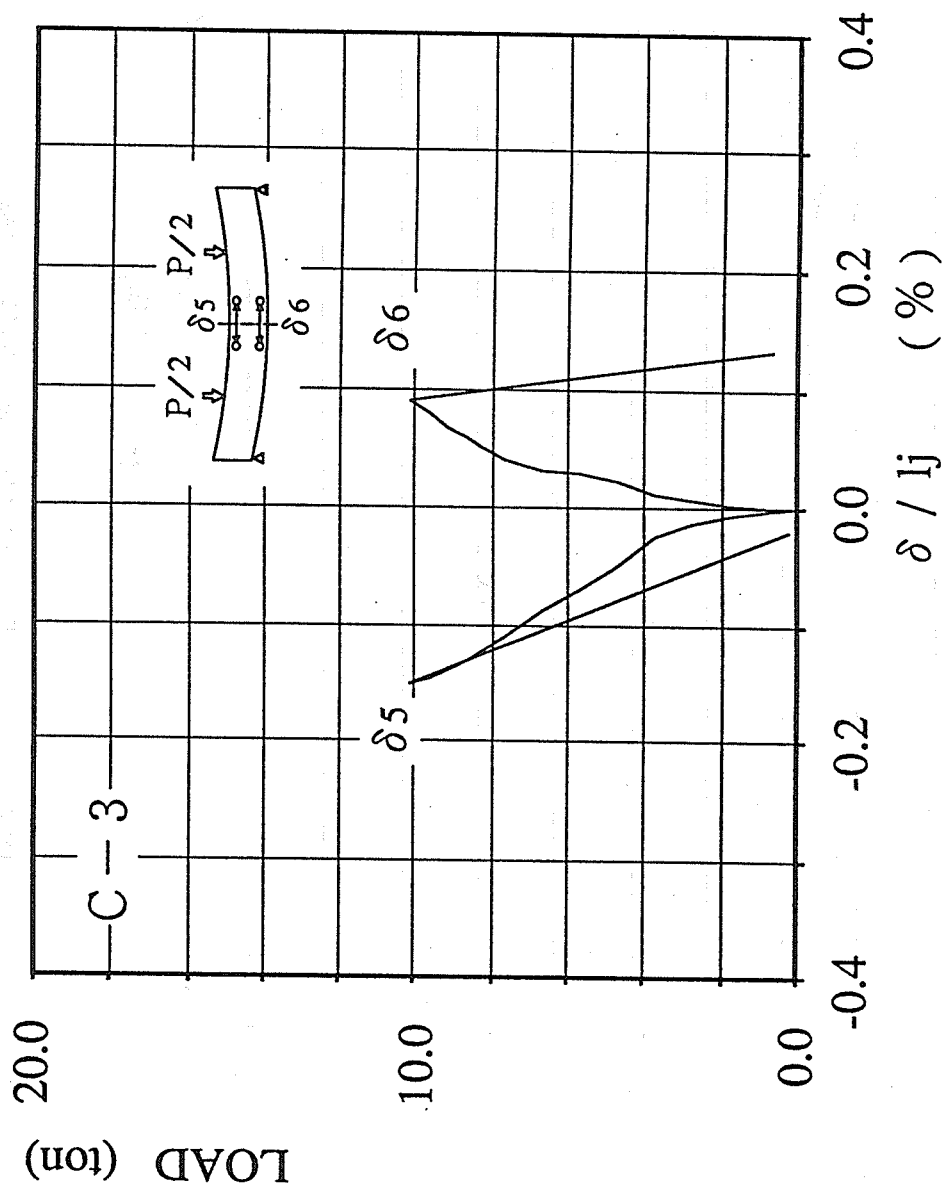


図 8 - 36 継手部近傍の荷重 - 変形関係 (C - 3)

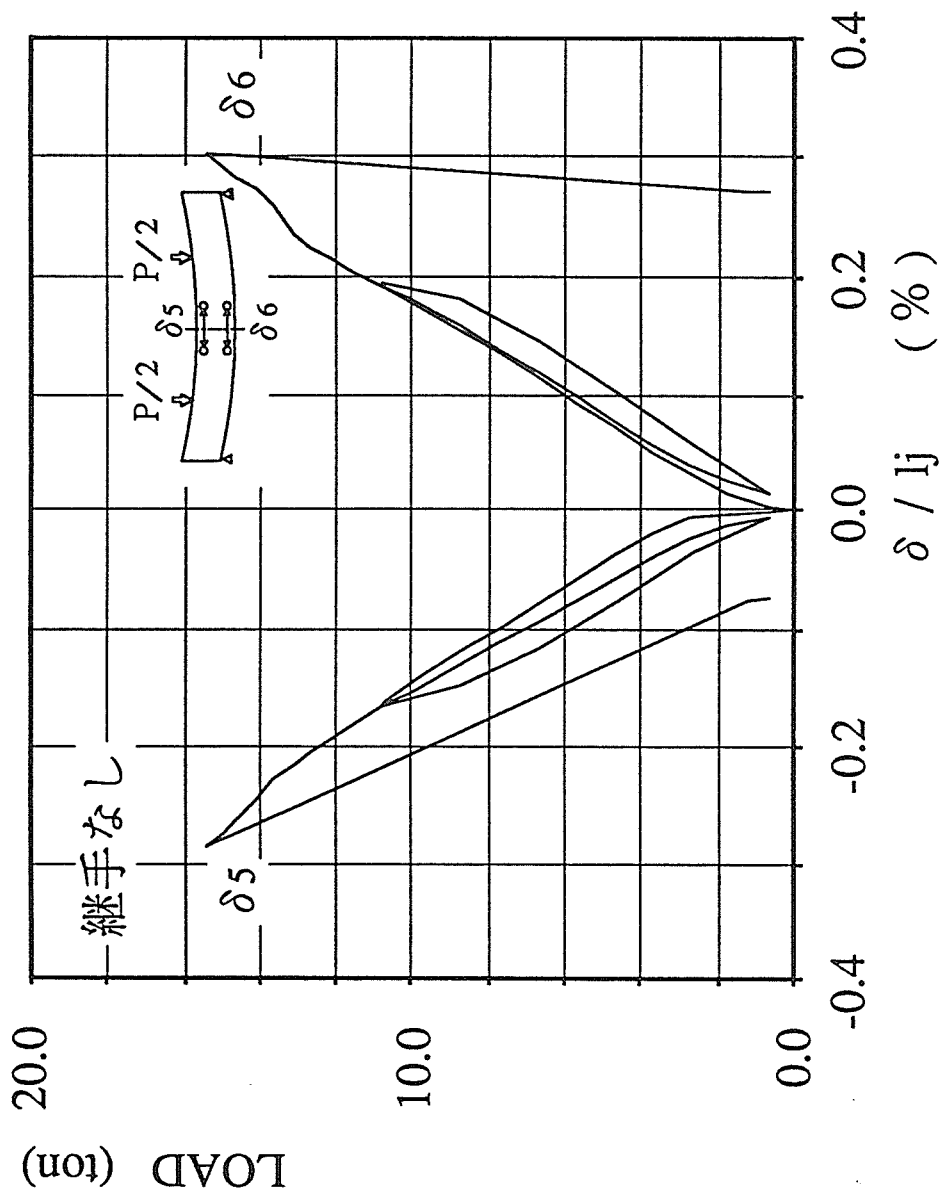
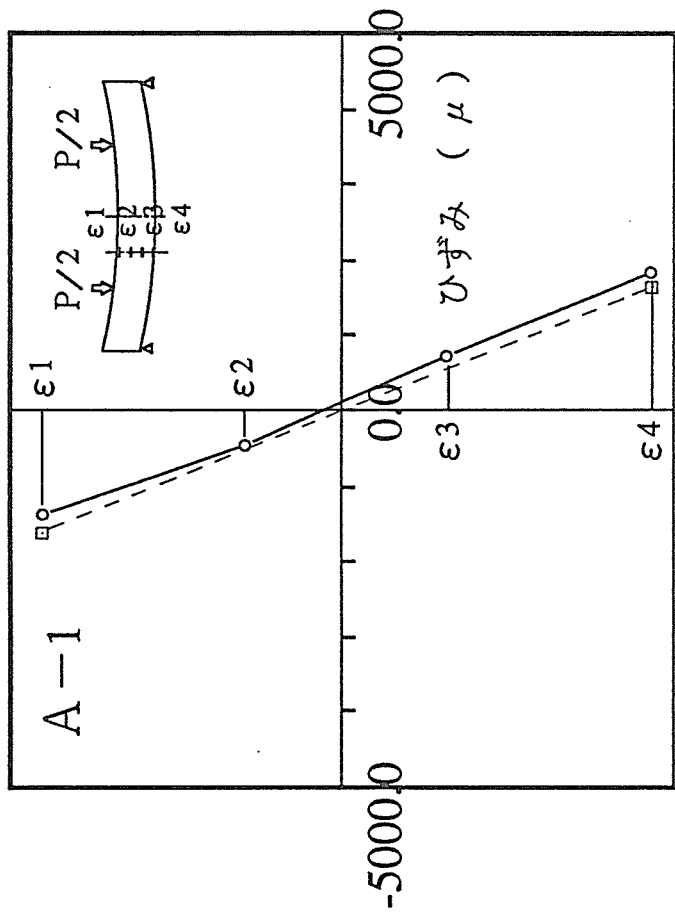


図 8 - 37 継手部近傍の荷重-変形関係 (継手なし)

## 6-6. 最大荷重時のひずみ分布

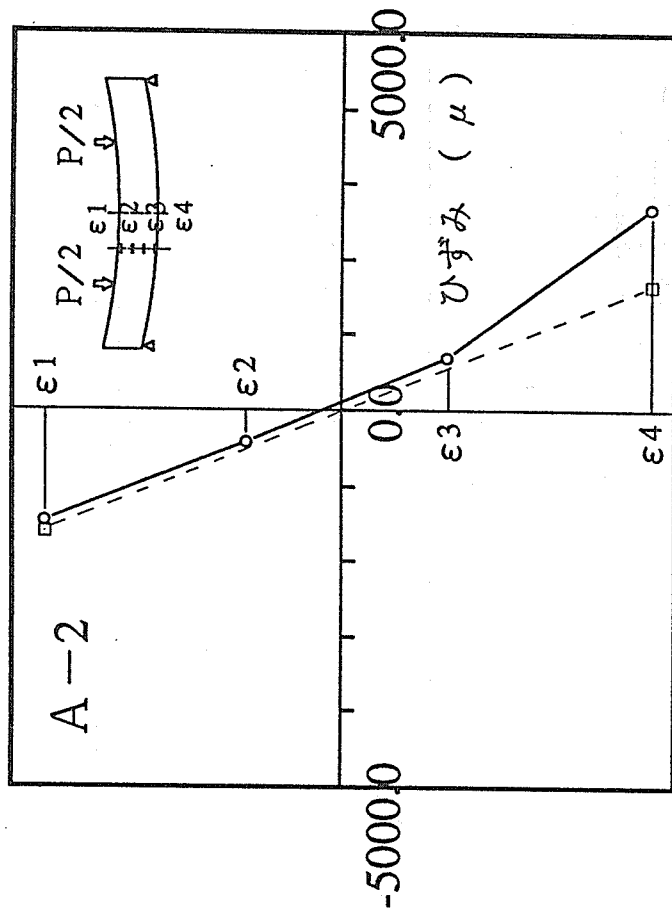
BFJ継手部の曲げ変形性状をひずみ分布により調べるため、継手部近傍に貼付したひずみゲージ（試験体片側に4枚貼付）により測定した最大荷重時のひずみ値を示す。

図8-38～図8-46にBFJ試験体、図8-47に通直試験体（継手は無いが、BFJ試験体と同じ位置にひずみゲージを貼付した。）の最大荷重時曲げひずみ分布を示す。 図中にはそれぞれ、ヤング係数を公称値（ $110 \text{ tonf/cm}^2$ ）とした時の計算値を点線で示した。



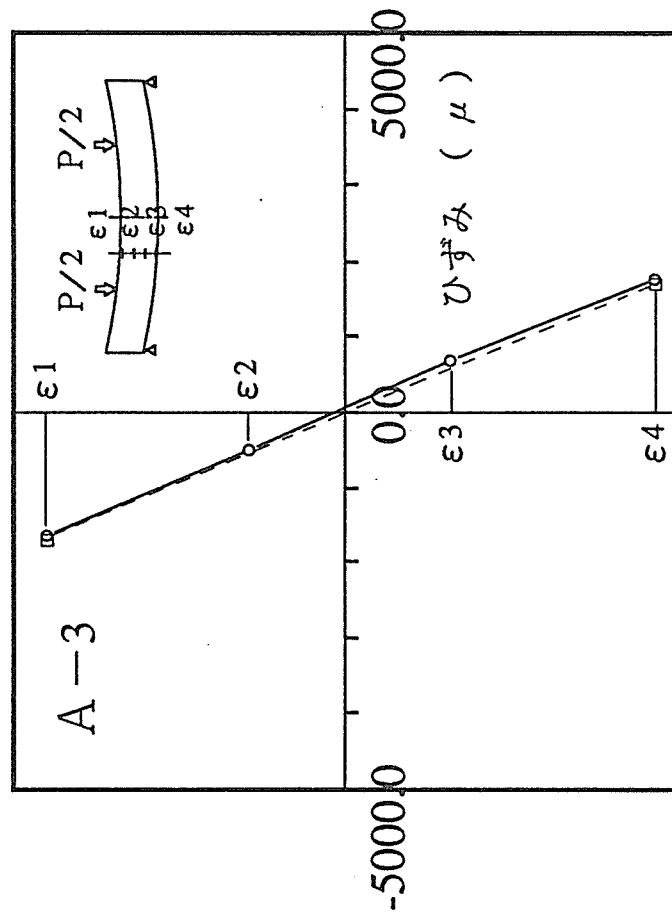
○---□ : E = 140 ton/cm<sup>2</sup>とした時の理論値

図 8-38 曲げひずみ分布 (A-1)



□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$ とした時の理論値

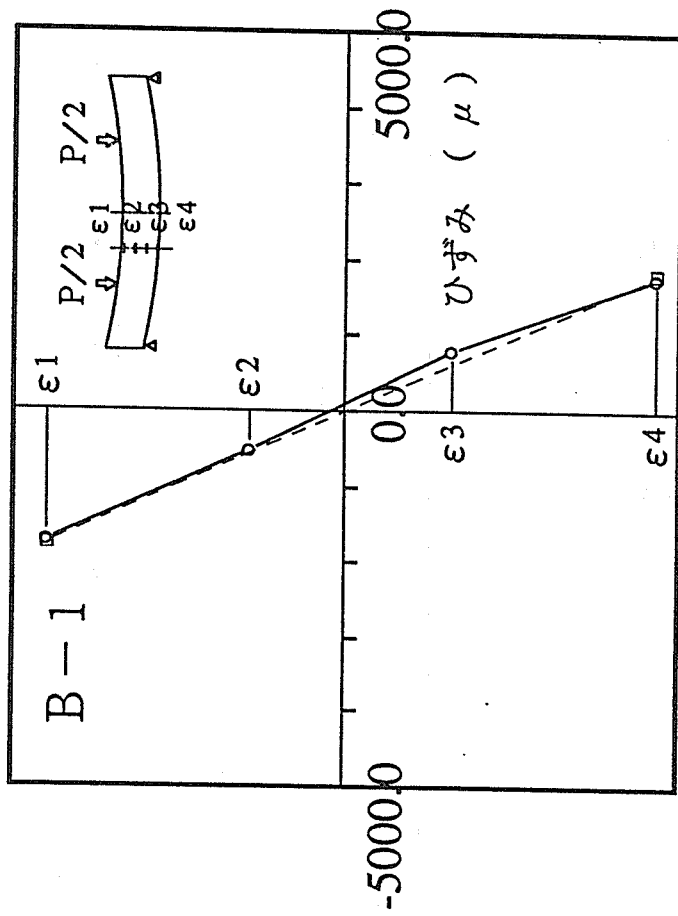
図 8-39 曲げひずみ分布 (A-2)



□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$ とした時の理論値

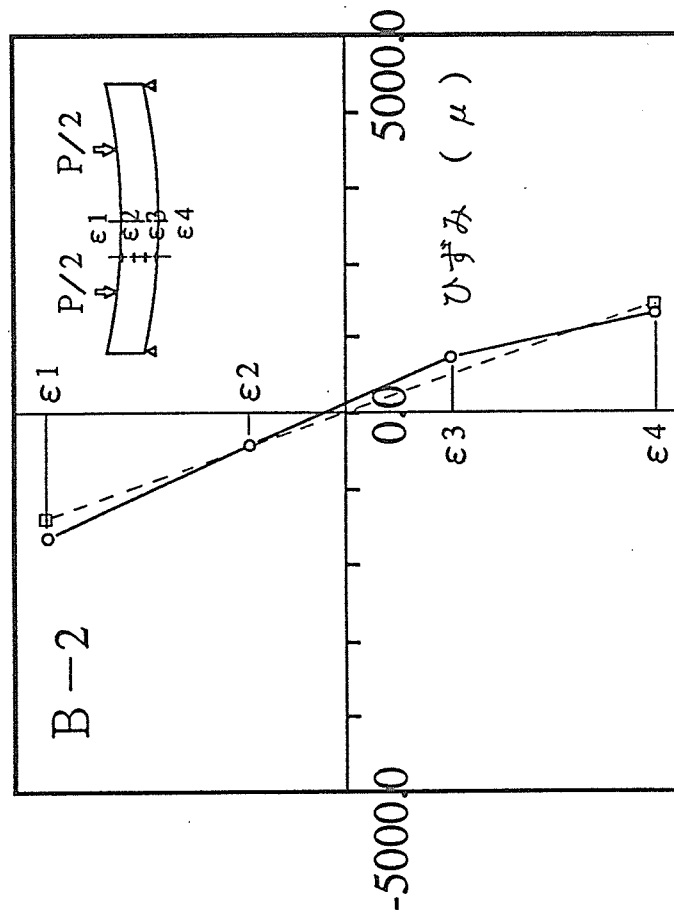
図 8 - 40 曲げひずみ分布 (A - 3)





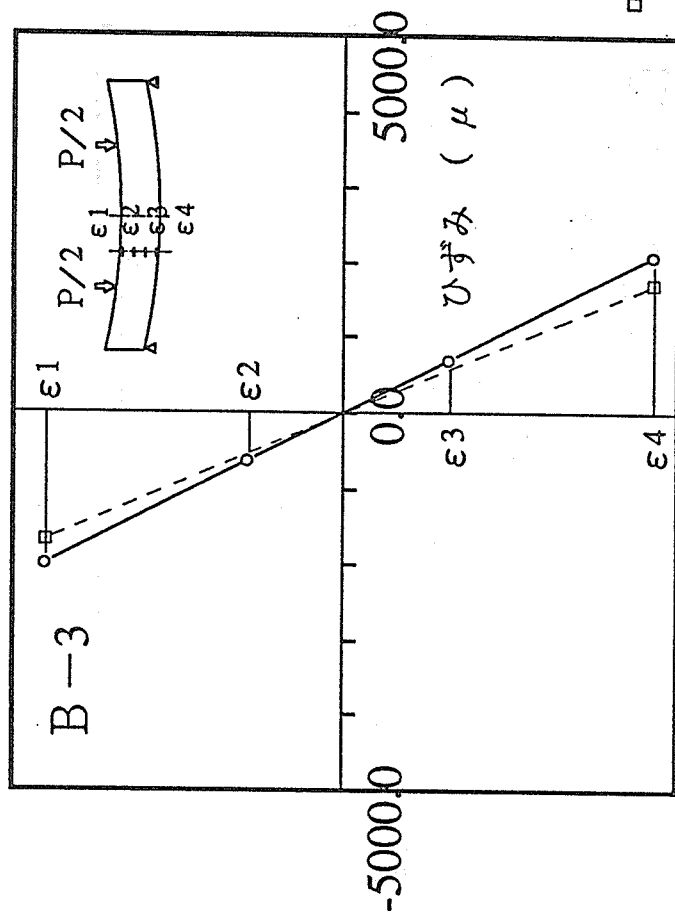
□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$ とした時の理論値

図8-41 曲げひずみ分布 (B-1)



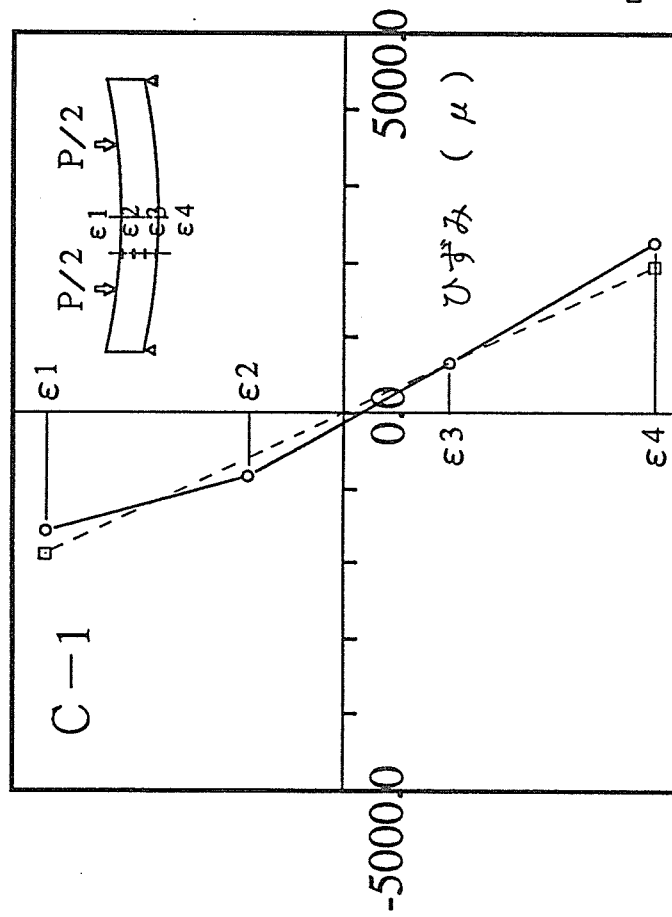
○---○ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$ とした時の理論値

図 8 - 42 曲げひずみ分布 (B - 2)



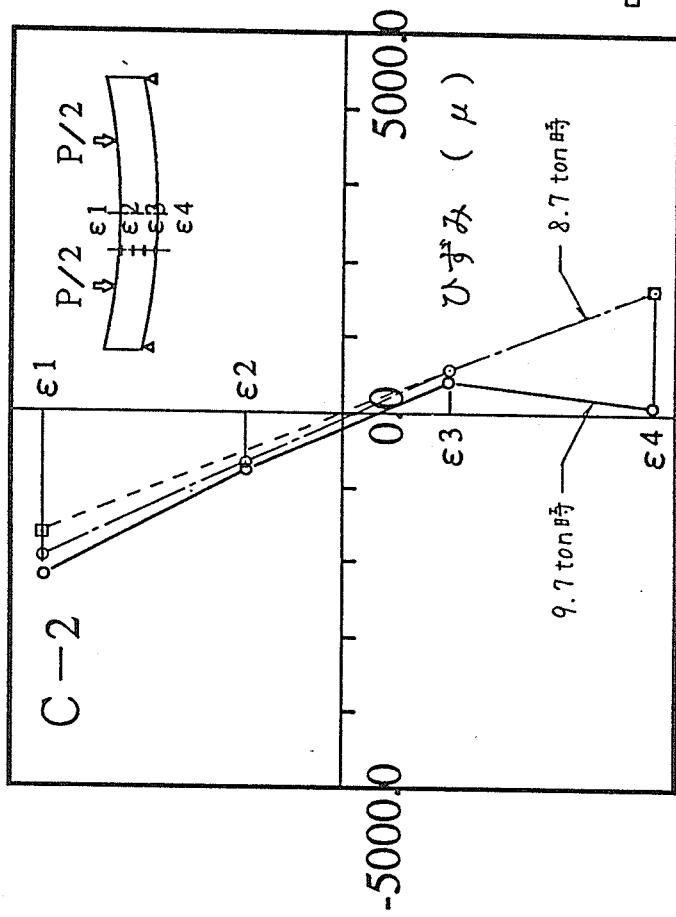
□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$  とした時の理論値

図 8-43 曲げひずみ分布 (B-3)



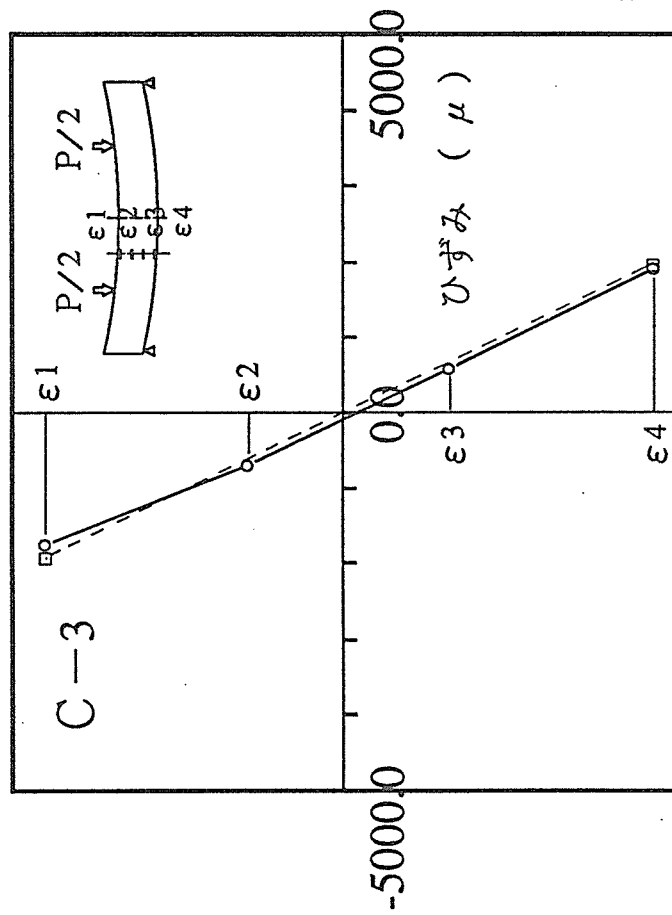
□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$ とした時の理論値

図 8-44 曲げひずみ分布 (C-1)



□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$ とした時の  
理論値 (8.7 ton時)

図 8-45 曲げひずみ分布 (C-2)



□---□ :  $E = 140 \text{ ton/cm}^2$  としての理論値

図 8-46 曲げひずみ分布 (C-3)

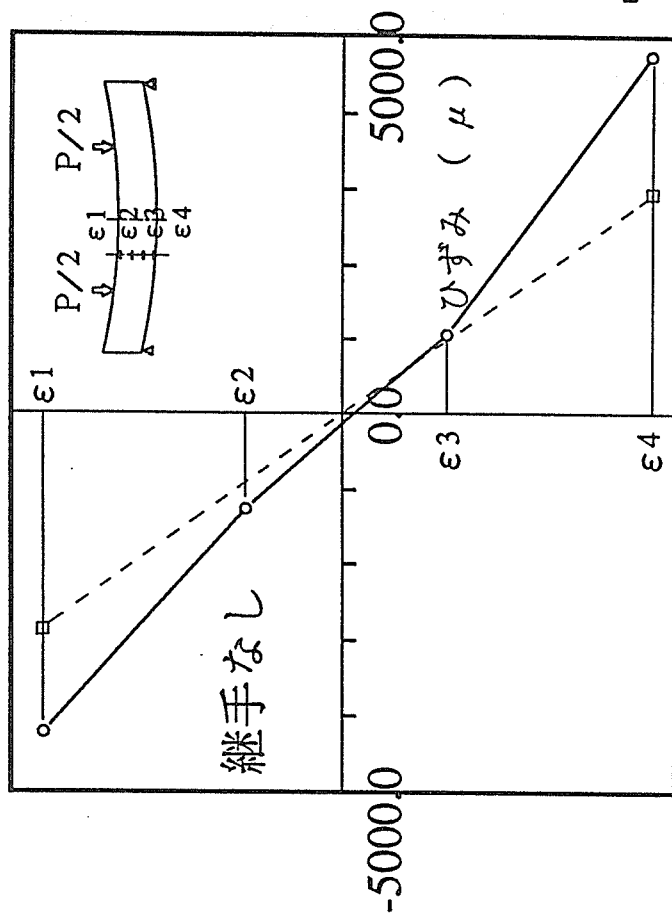


図 8-47 曲げひずみ分布 (継手なし)

## 7. 抜取試験片 試験結果

### 7-1. 圧縮試験片 試験結果一覧

試験結果の一覧を試験片の等級別に表 8-8 ～ 表 8-10 に示す。表中、最大荷重等が記入されていないものは、試験未実施のものである。図 8-48 は試験結果のうち、最大荷重時圧縮応力度（圧縮強度）を取り上げ、試験片の等級別にまとめてグラフ化したものである。

試験結果の平均値を等級別にみると、その大小が必ずしも等級順になっていないことがわかる。これは小試験片内の節や割れといった欠陥の存在が影響したためと考えられる。



表 8-8 抜取試験片 圧縮試験結果 (その 1)

試験片 番号	JASに よる等級	各部寸法 *1 (cm)			受圧面積 (cm <sup>2</sup> )	最大荷重 (TON)	最大荷重時 ひずみ (μ) *2	最大荷重時圧縮 応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
		幅	厚さ	長さ					
2-1	2	5.99	2.99	9.01	17.91	6.33	3913	353.4	h = 3 d
2-2	2	5.99	2.97	9.00	17.79	5.93	2186	333.3	h = 3 d
2-3	2	5.99	2.97	8.99	17.79	6.50	3235	365.4	h = 3 d
2-4	2	5.99	2.98	9.03	17.85	7.58	3088	424.6	h = 3 d ゾーン無しで加力
2-5	2	5.98	2.99	9.00	17.88				
平 均		5.99	2.98	9.01	17.84	(6.59)	(3106)	(369.2)	
2-6	2	6.00	2.99	12.01	17.94	6.93	3002	386.3	h = 4 d
2-7	2	6.00	2.98	12.01	17.88	6.41	3656	358.5	h = 4 d 縦方向にひび割れ
2-8	2	6.00	2.98	12.00	17.88	7.00	2901	391.5	h = 4 d
2-9	2	6.01	2.98	12.00	17.91				h = 4 d
2-10	2	5.99	2.98	12.00	17.85				h = 4 d
平 均		6.00	2.98	12.00	17.89	(6.78)	(3186)	(378.8)	

\*1: 試験片上中下3ヶ所の計測値の平均

\*2: 表裏両面のひずみの平均

表 8-9 抜取試験片 圧縮試験結果 (その 2)

試験片 番号	JASに よる等級	各部寸法 *1 (cm)			受圧面積 (cm <sup>2</sup> )	最大荷重 (TON)	最大荷重時 *2 ひずみ (μ)	最大荷重時圧縮 応力度(kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
		幅	厚さ	長さ					
3-1	3	5.99	2.96	9.03	17.73	6.85	3345	386.4	h=3 d
3-2	3	5.98	2.99	9.02	17.88	6.12	2500	342.3	h=3 d
3-3	3	6.00	2.98	9.00	17.88	6.59	2060	368.6	h=3 d
3-4	3	5.96	2.97	8.97	17.70				h=3 d
3-5	3	5.98	2.97	9.01	17.76				h=3 d
平 均		5.98	2.97	9.01	17.79	(6.52)	(2635)	(365.8)	
3-6	3	5.97	2.99	12.00	17.85	8.19	3215	458.8	h=4 d
3-7	3	5.98	2.99	12.03	17.88	8.31	3301	464.8	h=4 d
3-8	3	5.99	2.99	11.99	17.91	7.49	2710	418.2	h=4 d
3-9	3	5.96	2.98	12.00	17.76				h=4 d
3-10	3	5.98	2.99	12.01	17.88				h=4 d
平 均		5.98	2.99	12.01	17.86	(8.00)	(3075)	(447.3)	

\*1: 試験片上中下3ヶ所の計測値の平均

\*2: 表裏両面のひずみの平均

表 8-10 抜取試験片 圧縮試験結果 (その 3)

試験片 番号	JASに よる等級	各部寸法 *1 (cm)			受圧面積 (cm <sup>2</sup> )	最大荷重 (TON)	最大荷重時 *2 ひずみ (μ)	最大荷重時圧縮 応力度(kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
		幅	厚さ	長さ					
4-1	4	6.02	2.99	9.04	18.00	6.59	3284	366.1	h = 3 d
4-2	4	6.02	2.99	9.03	18.00	5.56	2740	308.9	h = 3 d
4-3	4	6.00	2.99	9.03	17.94	6.03	2988	336.1	h = 3 d
4-4	4	6.01	2.99	9.02	17.97				h = 3 d
4-5	4	6.01	2.98	9.01	17.91				h = 3 d
平 均		6.01	2.99	9.03	17.96	(6.06)	(3004)	(337.0)	
4-6	4	6.04	3.00	12.01	18.12	5.80	2827	320.1	h = 4 d
4-7	4	6.03	2.99	12.01	18.03	5.13	4385	284.5	h = 4 d 貫通節からのひび割れ
4-8	4	6.03	2.99	12.00	18.03	5.38	3084	298.4	h = 4 d 端部の節に沿うひび割れ
4-9	4	6.02	3.00	12.00	18.06				h = 4 d
4-10	4	6.03	2.99	12.00	18.03				h = 4 d
平 均		6.03	2.99	12.00	18.05	(5.44)	(3432)	(301.0)	

\*1: 試験片上中下3ヶ所の計測値の平均

\*2: 表裏両面のひずみの平均

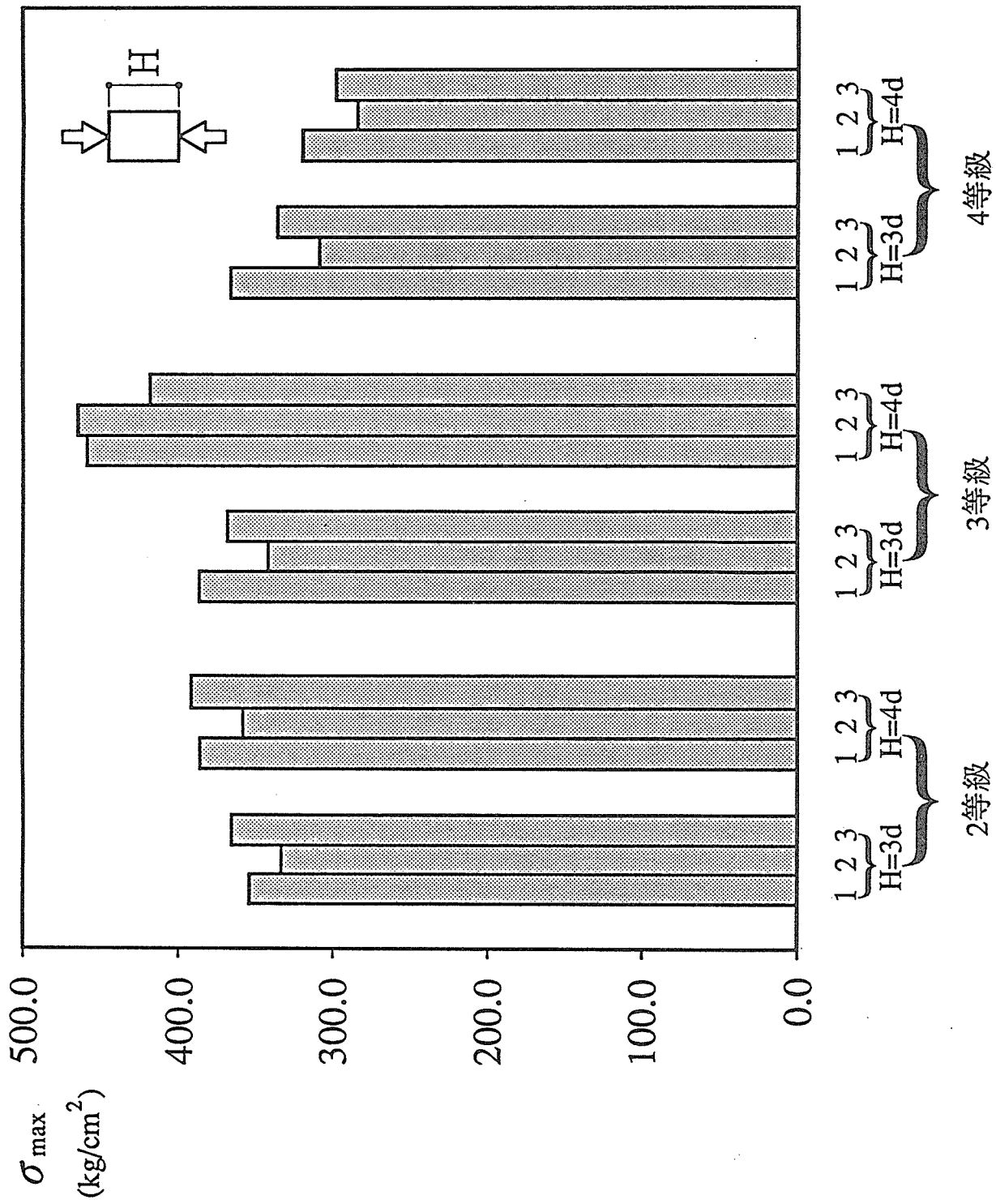


图 8 - 48 拔取試驗片 压缩試驗結果

## 7-2. 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係

図8-49～図8-54に荷重-ひずみ関係を等級別に示す。

試験結果による弾性勾配は、ヤング係数を公称値（110 tonf/cm<sup>2</sup>）とした場合よりも140 tonf/cm<sup>2</sup>とした場合の計算値に近いケースが多い。

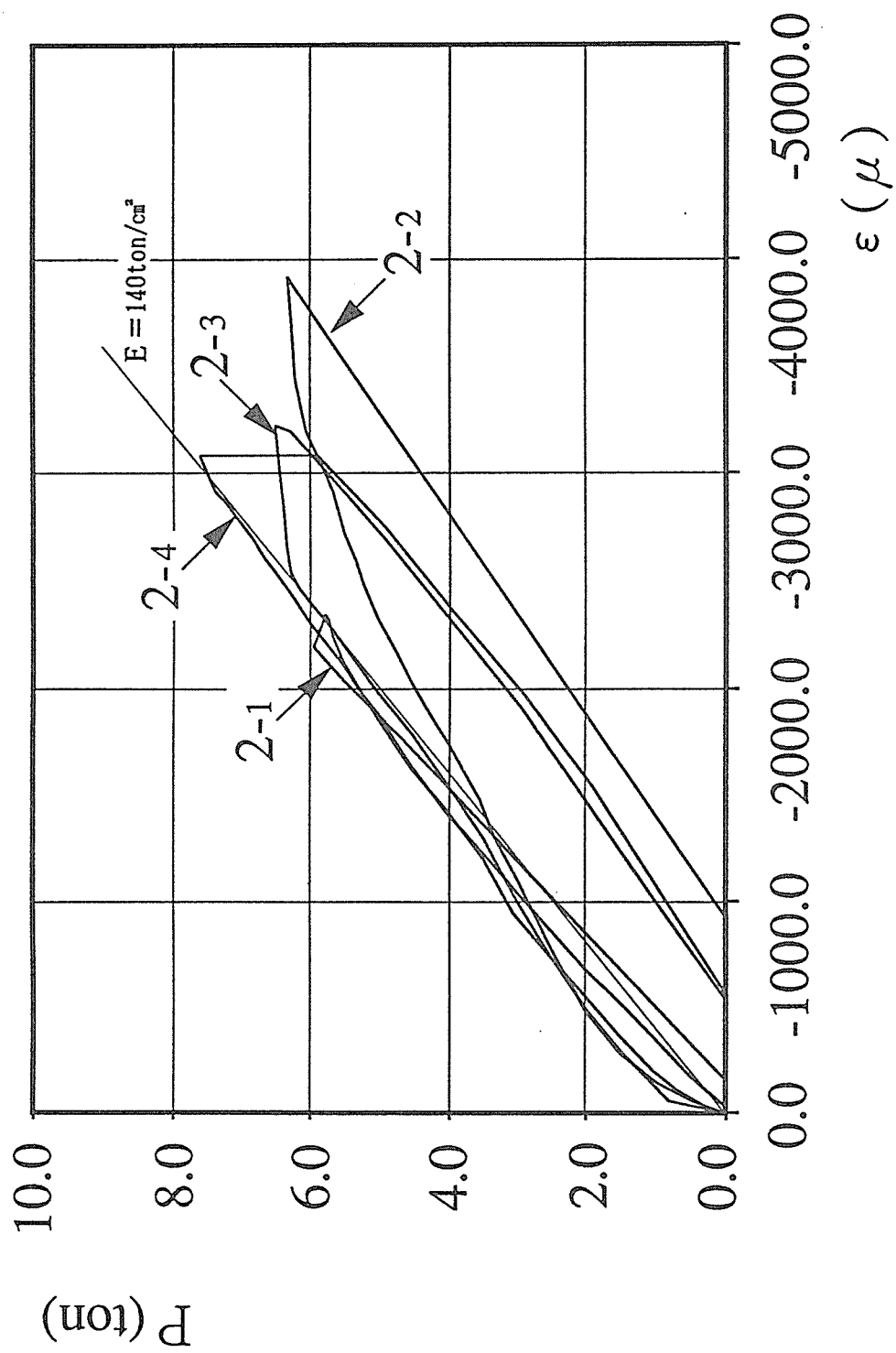


図 8-49 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係 (2等ラミナ: その1)

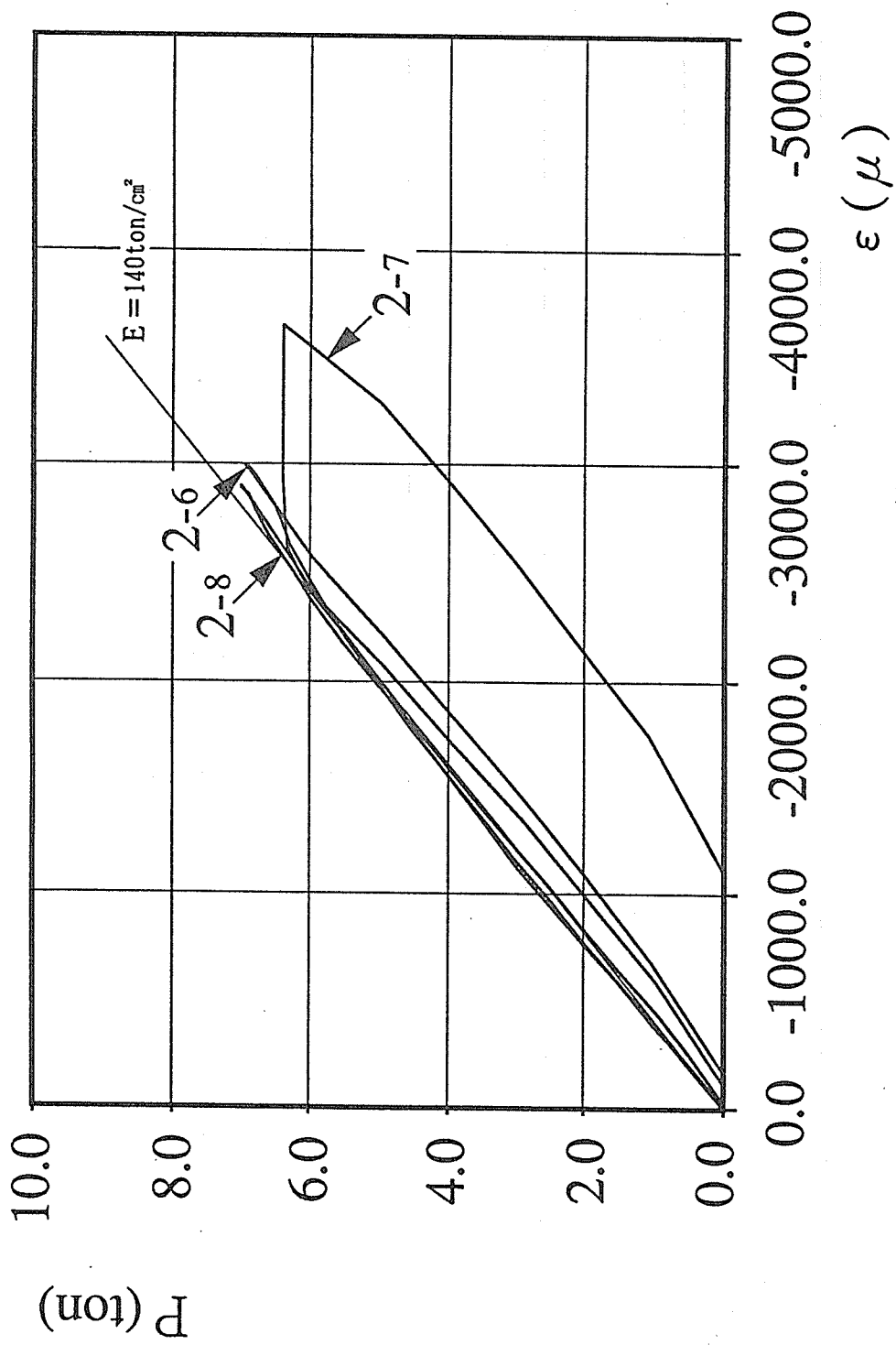


図 8 - 50 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係 (2等ラミナ : その2)

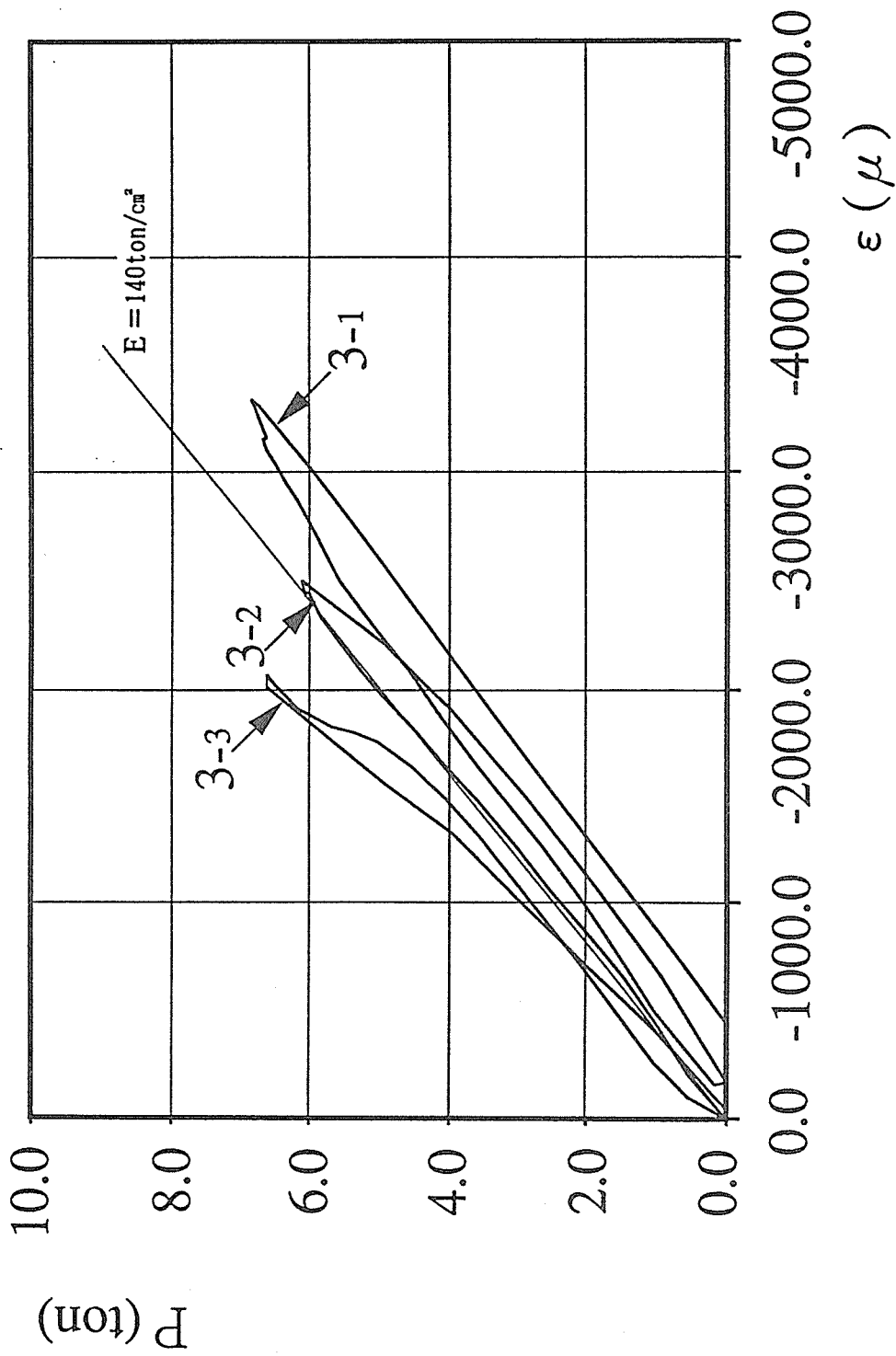


図 8 - 51 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係 (3等ラミナ: その1)



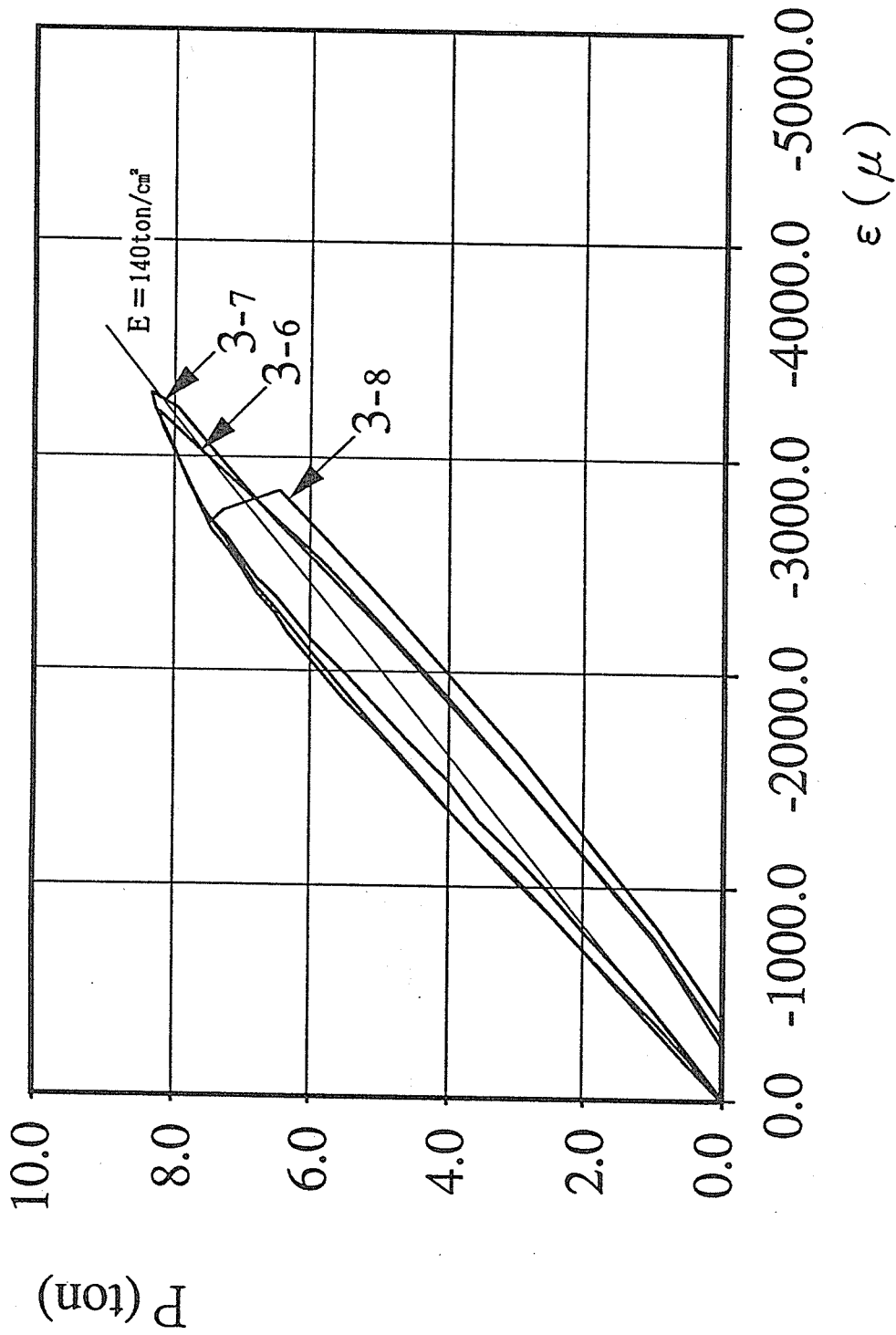


図 8-52 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係 (3等ラミナ: その2)

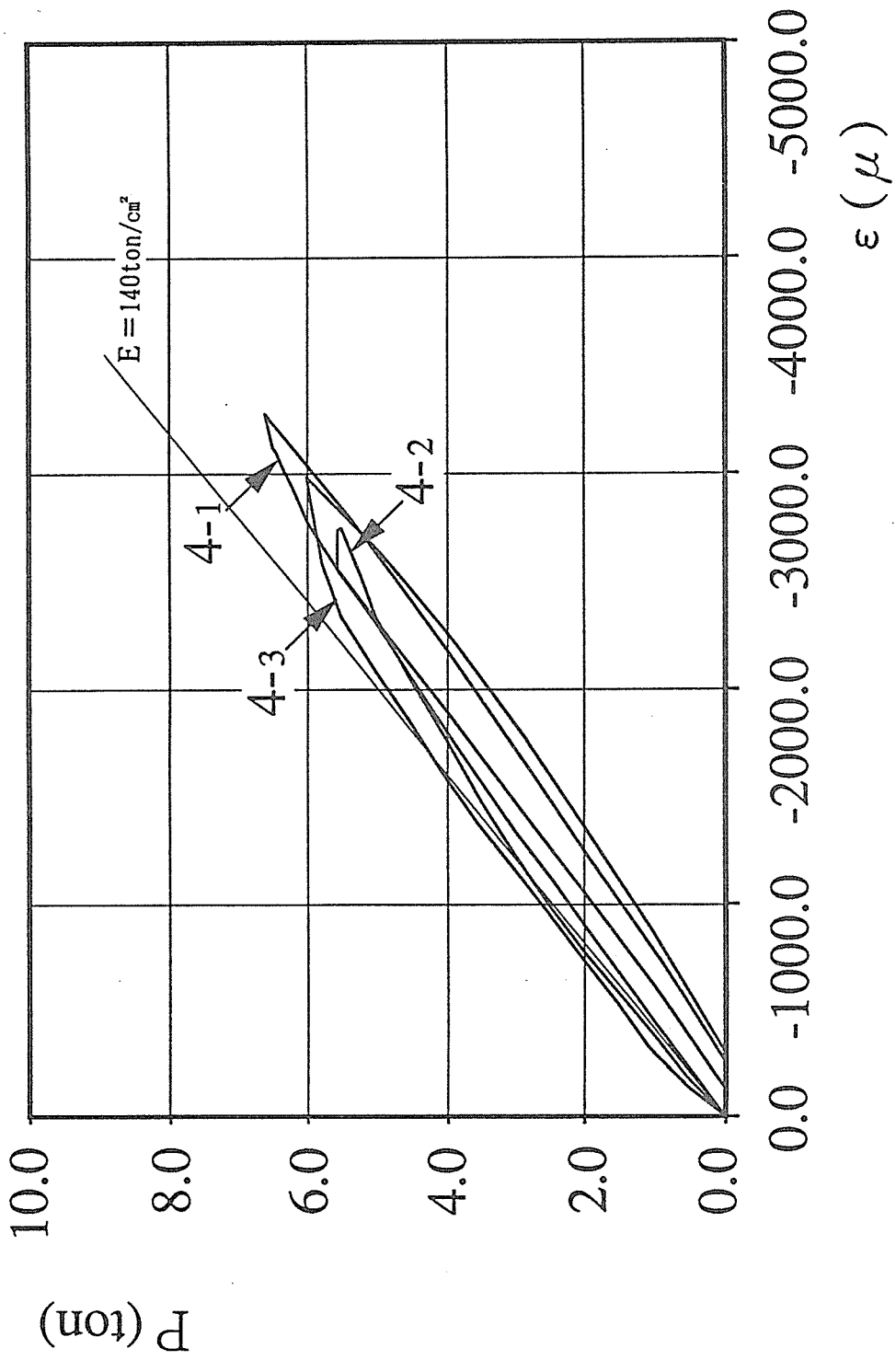


図 8-53 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係 (4等ラミナ: その1)

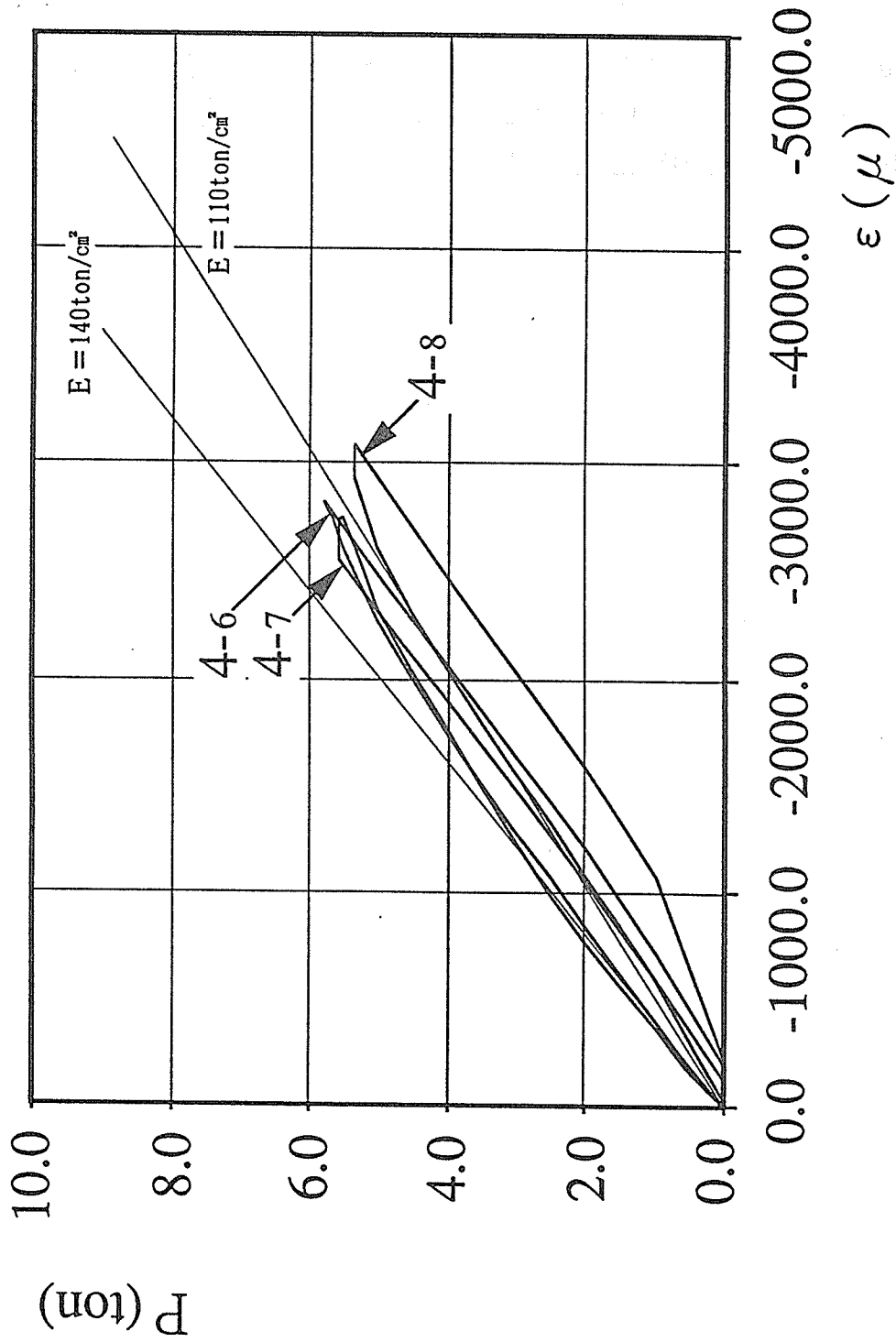


図 8 - 54 圧縮試験片 荷重-ひずみ関係 (4等ラミナ : その2)

### 7-3. 引張試験片 試験結果一覧

試験結果の一覧を試験片の等級別に表 8-11 に示す。 図 8-55 は試験結果のうち、最大荷重時引張応力度（引張強度）を取り上げ、試験片の等級別にまとめてグラフ化したものである。

試験結果の平均値を等級別にみると、圧縮試験片の場合と同様に、その大小が必ずしも等級順になっていないことがわかる。 これも同様に小試験片内の節や割れといった欠陥の存在が影響したためと考えられる。

表 8-11 抜取試験片 引張試験結果 (その 1)

試験片 番号	JASに よる等級	平行部分寸法 (cm)			平行部 断面積 ( $\text{cm}^2$ )	最大荷重 (TON)	最大荷重 時ひずみ*3 ( $\mu$ )	最大荷重時 引張応力度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	節の有無	備考
		幅*1	厚さ*1	長さ*2						
2-1	2	4.05	2.98	19.74	12.07	4.60	2252	381.1	径2~3cm:ここから破断	合板添え板(t=12mm) 接着
2-2	2	4.07	2.96	19.88	12.05	5.62	3159	466.4	径6mm	同上
2-3	2	4.09	2.96	19.01	12.11	4.92	2579	406.3	無し	パーテイクルボード 添え板(t=15mm)接着
平	平均	4.07	2.97	19.54	12.08	5.05	2663	417.9	—	—
3-1	3	4.10	2.96	18.62	12.14	6.16	3782	507.4	径6mm	合板添え板(t=12mm) 接着
3-2	3	4.09	2.97	19.25	12.15	6.70	4060	551.4	径4mm	同上
3-3	3	4.05	2.95	19.09	11.95	4.20	3090	351.5	径1.5~3cm:ここから破断	パーテイクルボード 添え板(t=15mm)接着
平	平均	4.08	2.96	18.99	12.08	5.69	3644	470.1	—	—
4-1	4	4.07	2.97	19.31	12.09	5.12	3325	423.5	径5mm:ここから破断	合板添え板(t=12mm) 接着
4-2	4	4.11	2.96	19.21	12.17	5.62	3465	461.8	径5mm及びび2~3cm (添え板内:ここから破断)	同上
4-3	4	4.10	2.97	19.09	12.18	7.08	4692	581.3	径5mm	パーテイクルボード 添え板(t=15mm)接着
平	平均	4.09	2.97	19.20	12.15	5.94	3827	488.9	—	—

\*1: 上中下3ヶ所の計測値の平均

\*2: 表裏2ヶ所の計測値(上下の添え板間距離)の平均

\*3: 表裏2ヶ所のひずみ量の平均(最大荷重以前に片方が断線した場合は、残りのひずみゲージによるひずみ量)

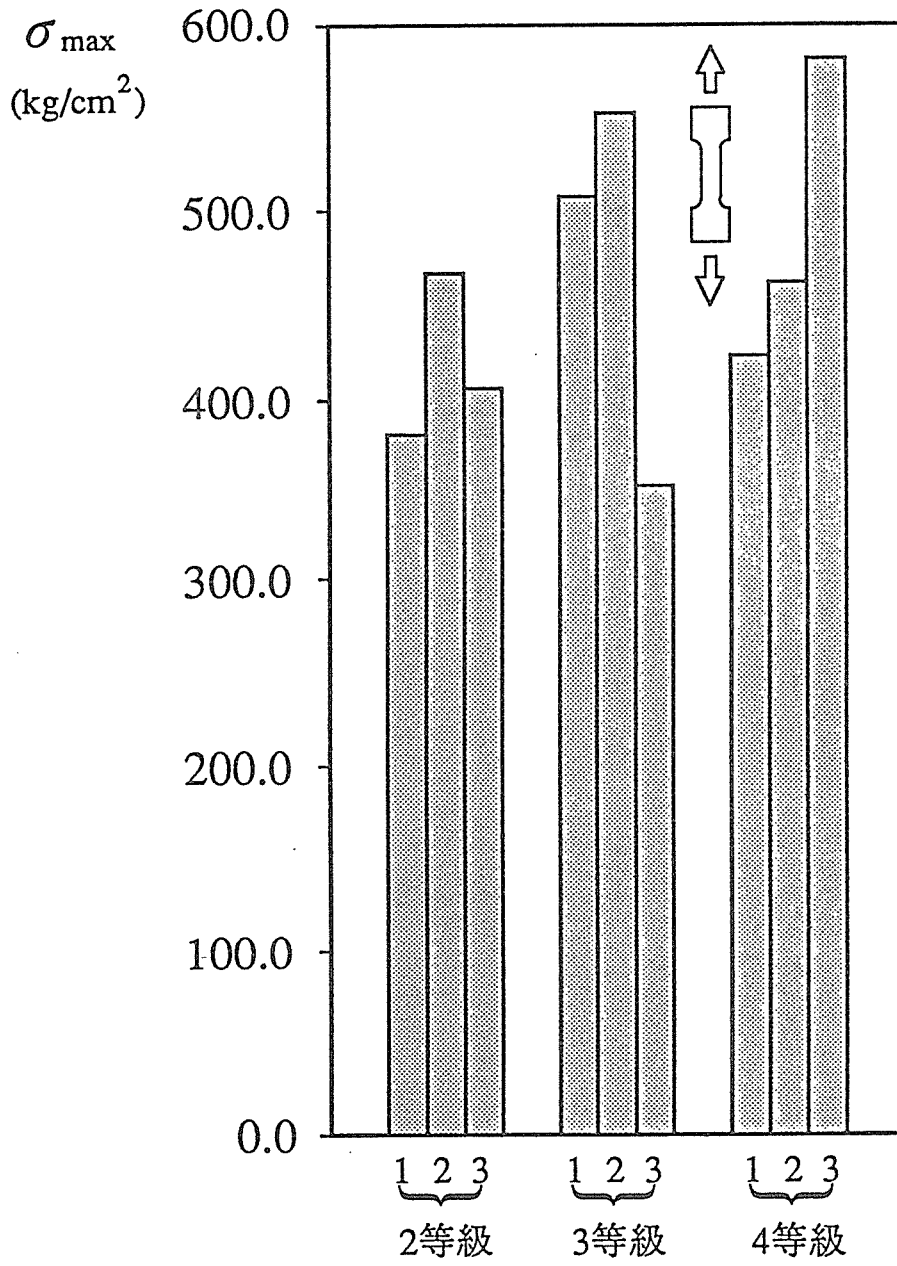


図 8 - 55 拔取試験片 引張試験結果

#### 7-4. 引張試験片 荷重-ひずみ関係

図8-56～図8-58に荷重-ひずみ関係を等級別に示す。

試験結果による弾性勾配は、圧縮試験片の場合と同様、ヤング係数を公称値（ $110 \text{ tonf/cm}^2$ ）とした場合よりも $140 \text{ tonf/cm}^2$ とした場合の計算値に近いケースが多い。

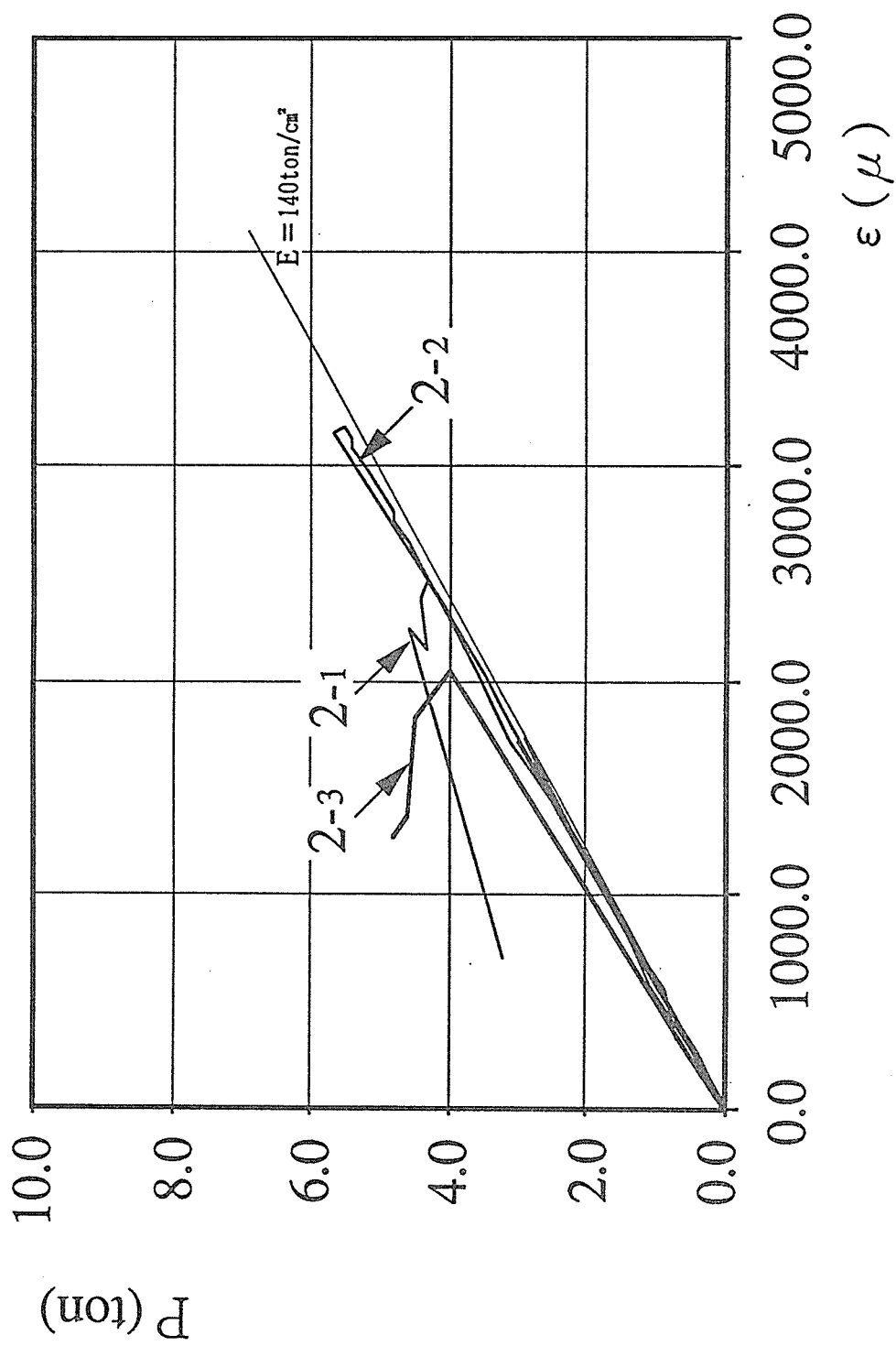


図 8 - 56 引張試験片 荷重-ひずみ関係 (2等ラミナ)



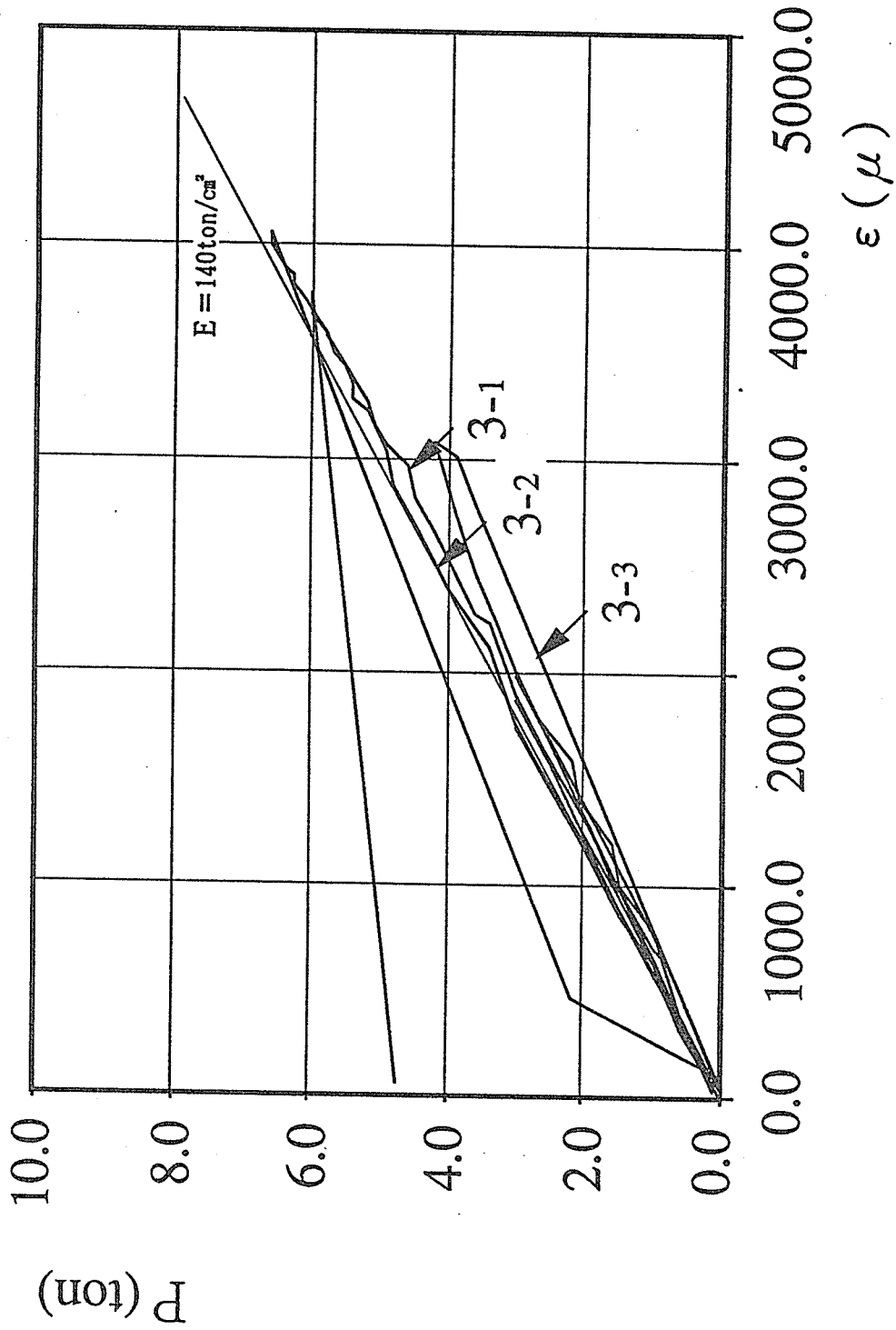


図 8-57 引張試験片 荷重-ひずみ関係 (3等ラミナ)

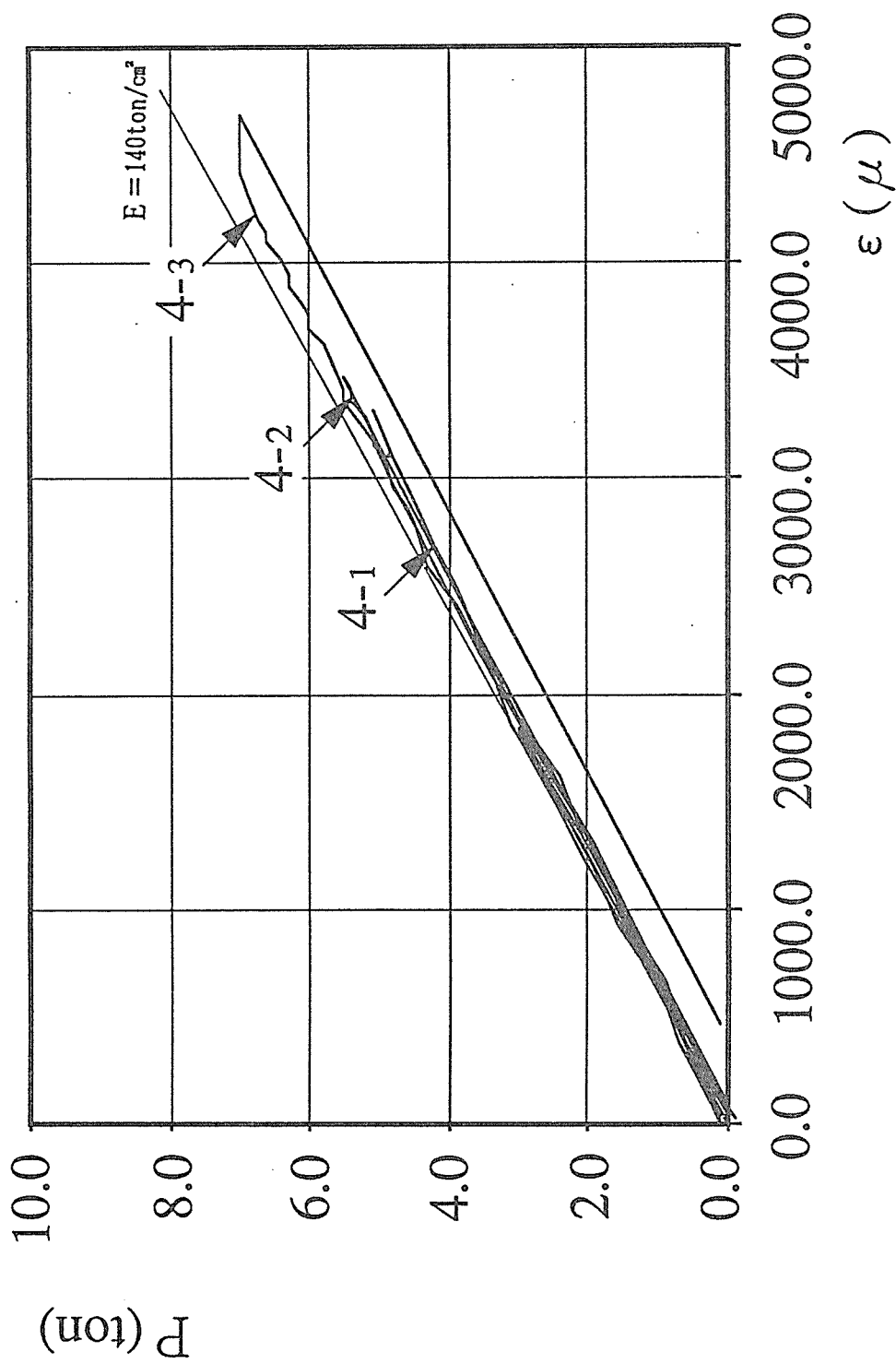


図 8 - 58 引張試験片 荷重-ひずみ関係 (4等ラミナ)

## 8. まとめ

試験体製作の際、圧縮治具を取り付ける位置に断面にして約 $20\text{ cm}^2$ の欠き込みを設けた。これは、圧縮治具の底板の裏側にあるすべり防止のための円筒状のリングと噛み合わせるためのものである。結果として、9体のBFJ試験体中5体がこの欠き込み部分に生じた亀裂によって破壊した。但し、9体のうち2体（いずれも最も形状の小さいAタイプ）は欠き込み部分からの破壊を避けるため、載荷点を中央側にずらし、せん断スパンを $1.8\text{ m}$ から $2.4\text{ m}$ とした。

圧縮治具取り付け位置から破壊したものは、BFJの曲げ強度はその破壊点よりも高いことになるが、実験結果より最大曲げ応力度を求めてみると、素材強度試験（引張及び圧縮試験）の結果から得られる破壊強度に近い値となることが確認された。また、試験体のタイプ別に最大曲げ応力度の平均値をみると、施工精度に優れるタイプC（最も形状の大きいもの）が最も高い強度を示し、この曲げ強度は継手の無い通直試験体に近い値となることがわかった。

BFJの曲げ耐力の算定では、接着継手部分の曲げ強度 $\sigma_u$ を断面最外縁近傍の接着角度 $\theta$ をもとに算出し、これに施工のばらつきによる強度低下 $20\%$ を見込んで評価した。

BFJの接着部分の破断により破壊した2体のAタイプ試験体について、実験後、接着面部分の調査を行ない、接着が不完全であった部分の全接着面積に対する面積比率を求めた。比率はいずれも $30\%$ を越えたが、BFJの計算曲げ耐力にこの比率を乗じたところ、2体ともほぼ実験値に等しい値となった。

以上、本実験により集成材のBFJ接合構法は、母材に近い曲げ強度を期待できることが明らかになった。

## 8-2 平成3年度 BFJ力学性状把握実験

1. はじめに
2. 試験体の概要
  - 2-1. 試験体形状
  - 2-2. 継手形状
  - 2-3. 圧 縮
3. 加力・測定方法
4. 実験結果
  - 4-1. 最大荷重実験値と計算値との比較
  - 4-2. 最大曲げ及びせん断応力度一覧
  - 4-3. 荷重-変位関係
  - 4-4. モーメント-曲率関係
  - 4-5. 最大荷重時のひずみ分布
5. まとめ

## 1. はじめに

ビッグフィンガージョイント（以下BFJと記す）の基本的な強度性能を把握し、BFJによって現場接着された大断面集成材梁（ $h \geq 30\text{cm}$ ）の曲げ終局耐力がBFJ各部の強度に基づいて推定できるかを検討する。

最終的には、BFJ現場接着集成材の曲げ許容耐力の誘導を目指す。

## 2. 試験体の概要

### 2-1. 試験体形状

試験体形状を下図に示す。

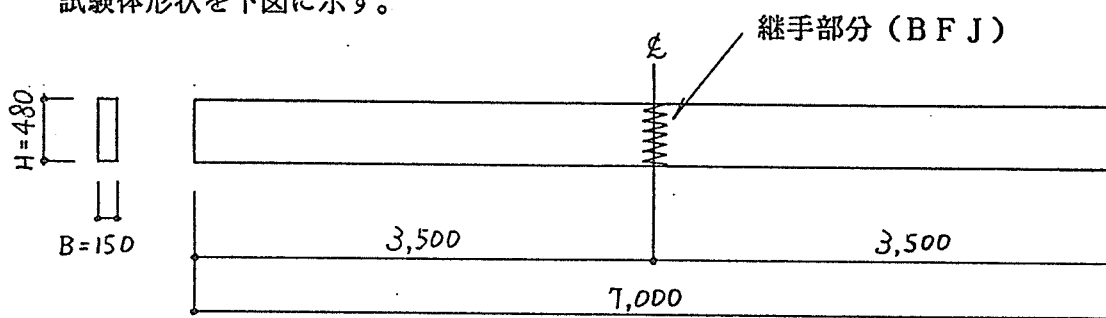


図 8-59 試験体形状

集成材は、ベイマツ JAS 1 級構造用集成材とする。

ラミナ厚は20mmをめどとし、積層数24とする（梁せい=480mm）。

ラミナのMDEは、全数測定する。なお、ラミナの等級構成は、下図に示す通りである。

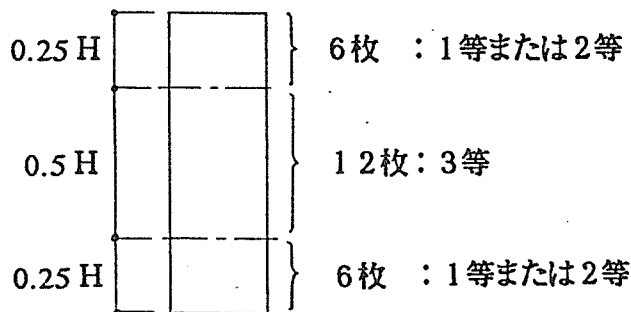


図 8-60 ラミナ等級構成

BFJの接着にはレゾルシノール樹脂接着剤を用いる。

2-2. 継手形状

B F J の形状及び各試験体数を表 8-12 に示す。

表 8-12 試験体一覧

タイプ	間 隔 t mm	F J 長さ l mm	先端幅 b mm	傾斜比	圧縮力 kg/cm <sup>2</sup>	圧縮方法	加工法	試験体数
A	ジョイント無しの通直梁							3
B 1	25	60	5	1:8	10	ジャッキ	丸鋸	3
B 2	25	60	5	1:8	10	ボルト	丸鋸	2
C 1	40	120	5	1:8	10	ジャッキ	丸鋸	3
C 2	40	120	5	1:8	10	ボルト	丸鋸	2
D 1	60	200	5	1:8	10	ジャッキ	丸鋸	3
D 2	60	200	5	1:8	10	ボルト	丸鋸	2
E	130	480	5	1:8	10	ジャッキ	帯鋸	3

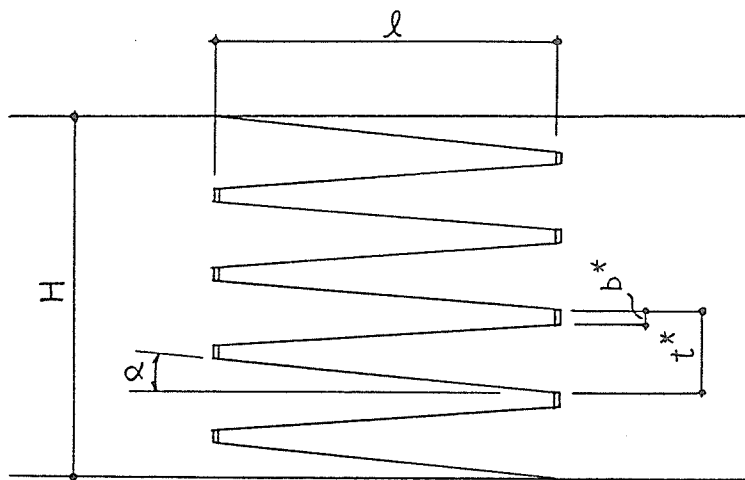


図 8-61 ビッグフィンガー  
ジョイント部詳細

\* : 歯の先端側の寸法

P. ~P. に C~E タイプ試験体 B F J 部詳細を示す。

B F J はこの詳細図通りに製作するものとする。

タイプC試験体

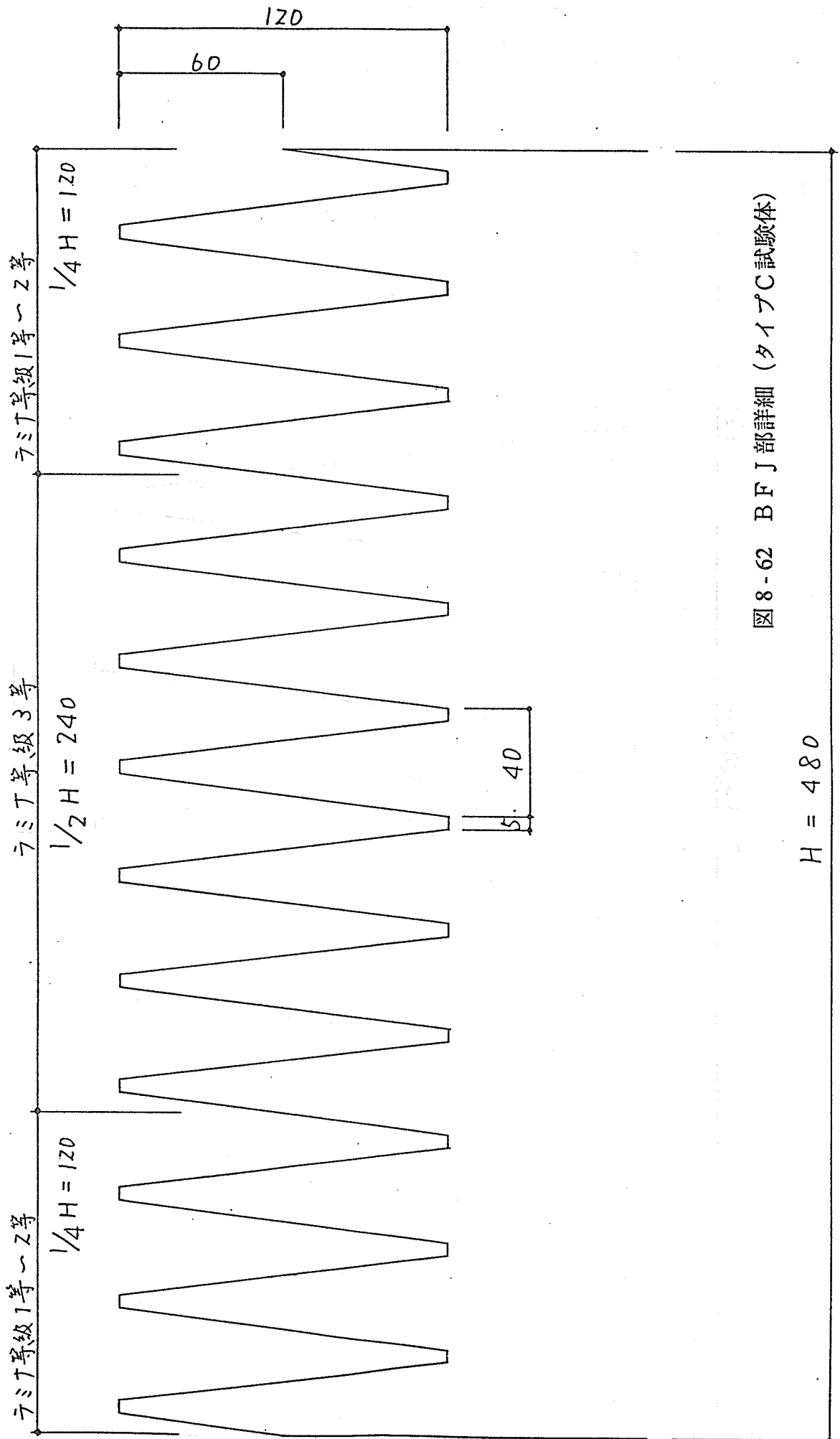


図 8-62 B F J 部詳細 (タイプC試験体)

タイプD試験体

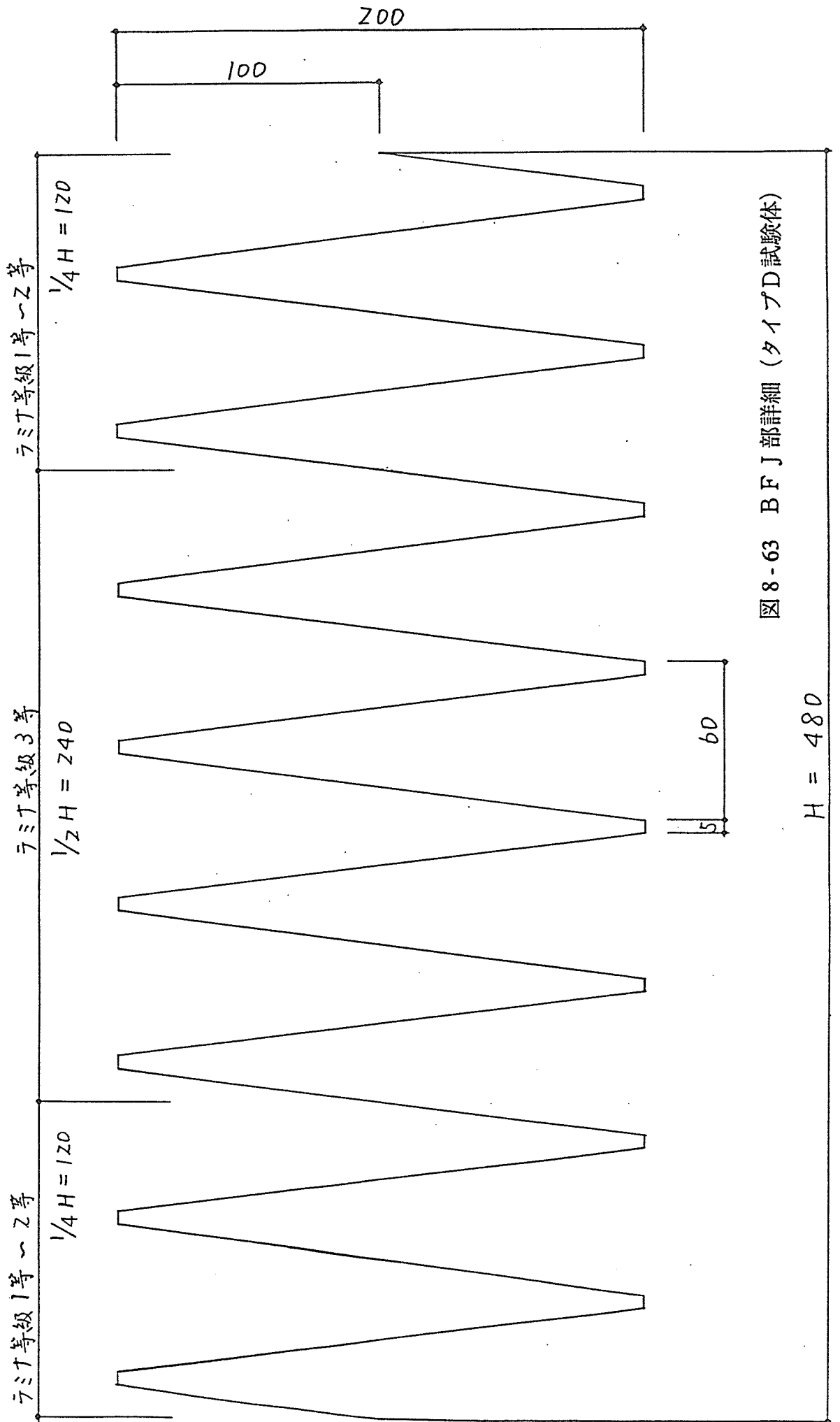


図8-63 B F J部詳細 (タイプD試験体)



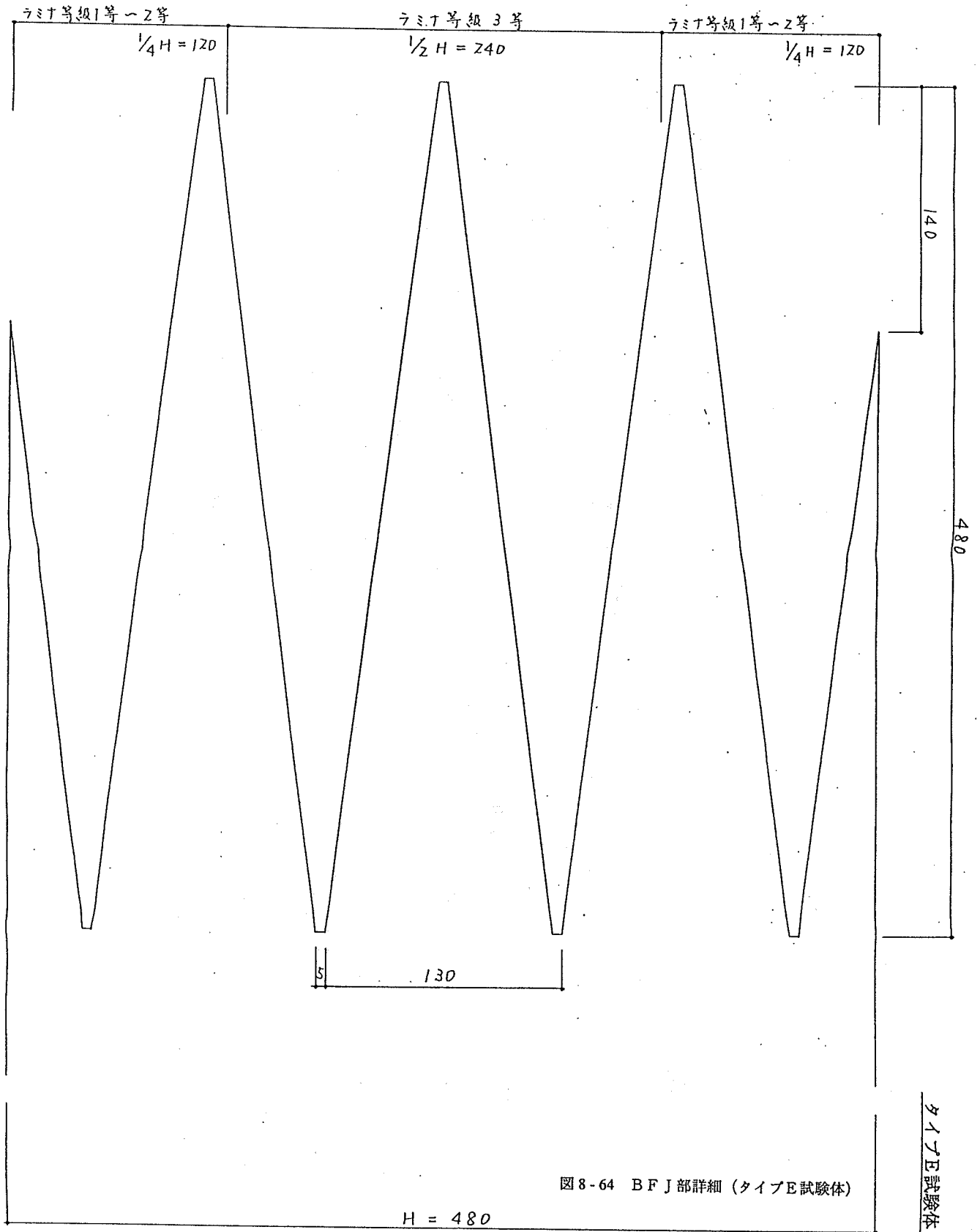


図8-64 BFJ部詳細 (タイプE試験体)

### 2-3. 圧 縮

BFJの圧縮は、工場生産を想定した油圧ジャッキによる圧縮と現場施工を想定したボルト締込みによる圧縮の2通りの方法で行うこととする。

#### 〔油圧ジャッキによる圧縮〕

下の写真に示す装置構成で圧縮を行う。

加圧力については、P. に示す必要圧縮力が得られるようにする。

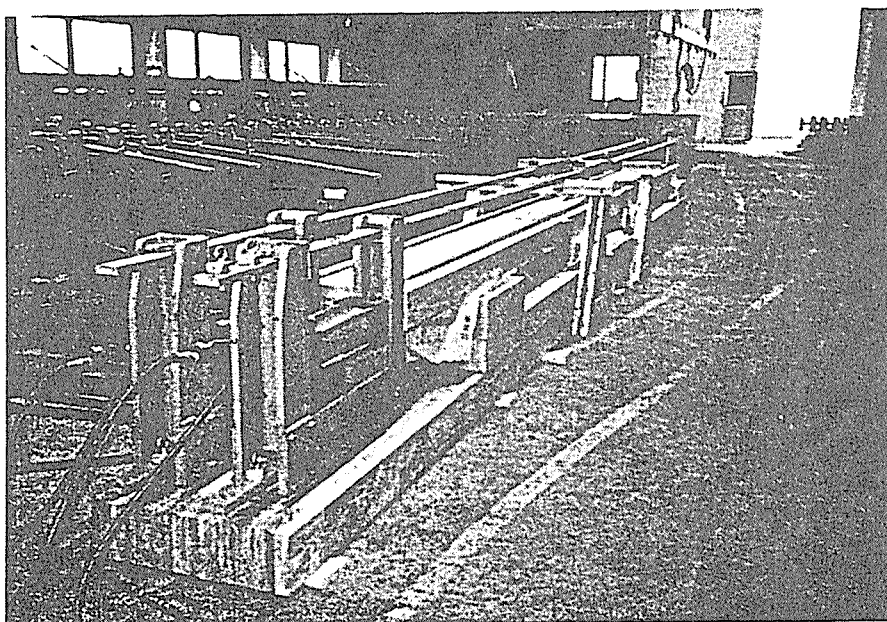


写真8-1 油圧ジャッキによる圧縮 (1)

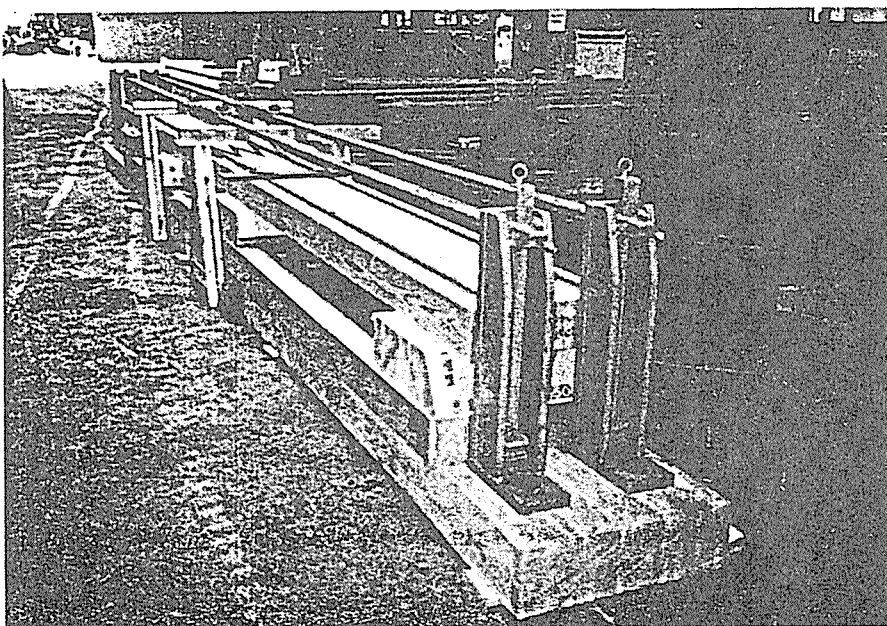


写真8-2 油圧ジャッキによる圧縮 (2)

〔ボルトによる圧縮〕

圧縮は、下図に示すように歯型に切った後の試験体のフィンガー中央より40cmの位置の上、下面にブロック（集成材）を接着し、この後でBFJの接着接合を行う。この際、ブロックに引きボルト（M20）を通し、所定の圧縮力を加えるものとする。

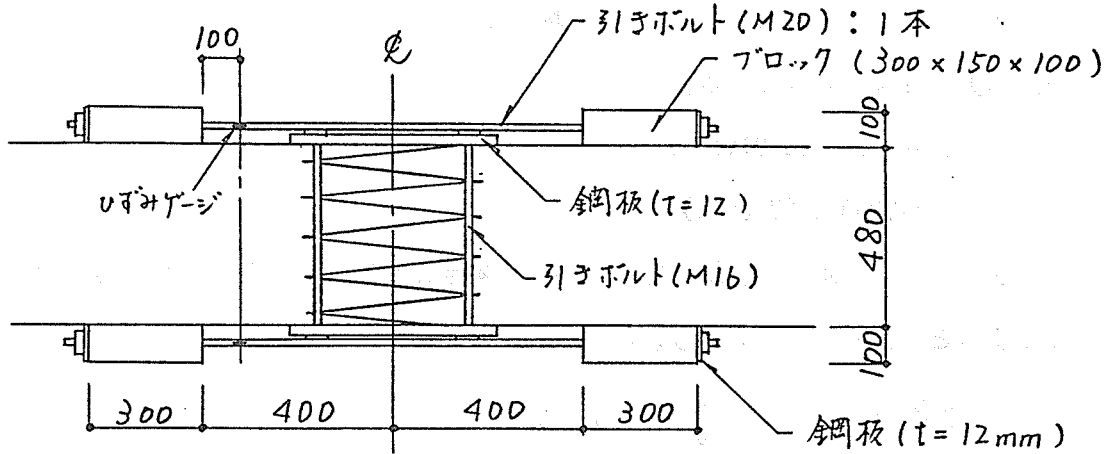


図 8-65 ボルト締めによる圧縮

引きボルト端部には2枚のゲージを対にして貼り、圧縮力のチェックを行う。圧縮を行う際、ゲージは下図に示すように各々のゲージを水平にしてひずみを計測する。

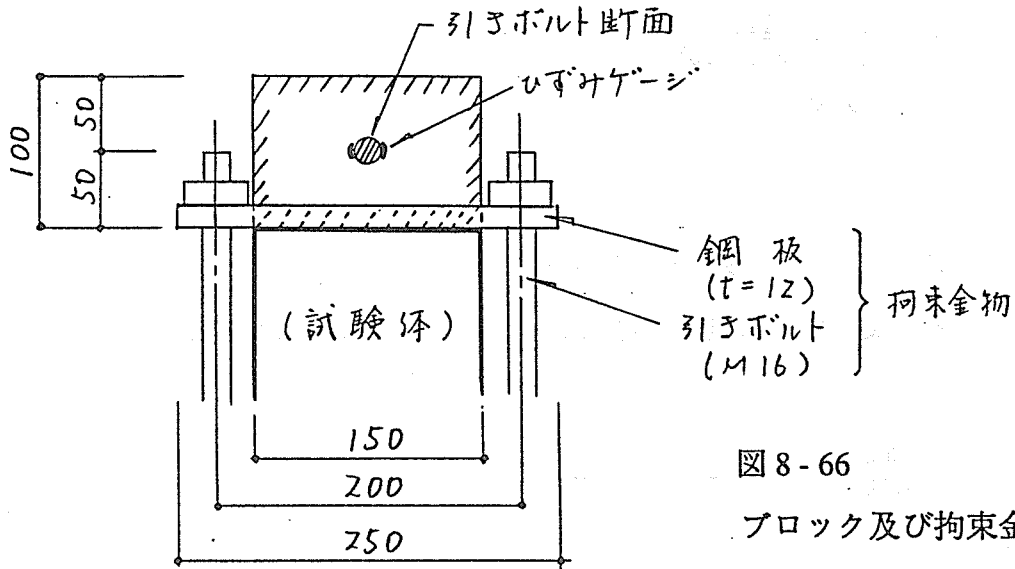


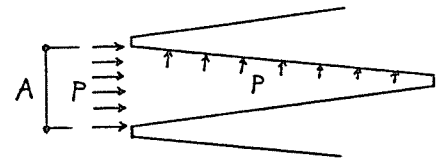
図 8-66

ブロック及び拘束金物

拘束金物は、圧縮時に最外縁切片が破断するのを防止するために取り付けるもので、圧縮直前に軽く手締めする。

(必要圧縮力の計算)

力の釣り合いよりA部にP(kg/cm<sup>2</sup>)の圧力が作用していれば、フィンガー面にも同じP(kg/cm<sup>2</sup>)の圧力が作用する。



必要圧縮圧を10kg/cm<sup>2</sup>とした場合、各試験体の必要圧縮力Fは次のようになる。

$$F \approx 10.0 \times 48.0 \times 15.0 \\ = 7200 \text{ kg (7.2 ton)}$$

上下2本の引きボルトで圧縮を行うため、1本当たり3.6tonとなる。M20のボルトを使用すると、P<sub>y</sub> = 75ton より、

$$\frac{3.6}{7.5} = 0.48 < \frac{2}{3} = 0.67 \quad \text{O.K.}$$

このときの引きボルトのひずみεは、

$$\sigma = \frac{P}{E} = \frac{3600}{3.14} \\ = 1146.5 \text{ kg/cm}^2$$

より、

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{1146.5}{2.1 \times 10^6} \\ = 546 \mu$$

(ボルト圧縮におけるブロックのせん断耐力のチェック)

ブロックの長期せん断許容応力度は12kg/cm<sup>2</sup>、ブロックに作用するせん断力は3.6tonであるから、

$$\frac{3600}{15 \times 30} = 8.0 \text{ kg/cm}^2 < 12 \quad \text{O.K.}$$

### 3. 加力・測定方法

加力は1000TON 万能試験機を使用し、下図のような装置構成とする。

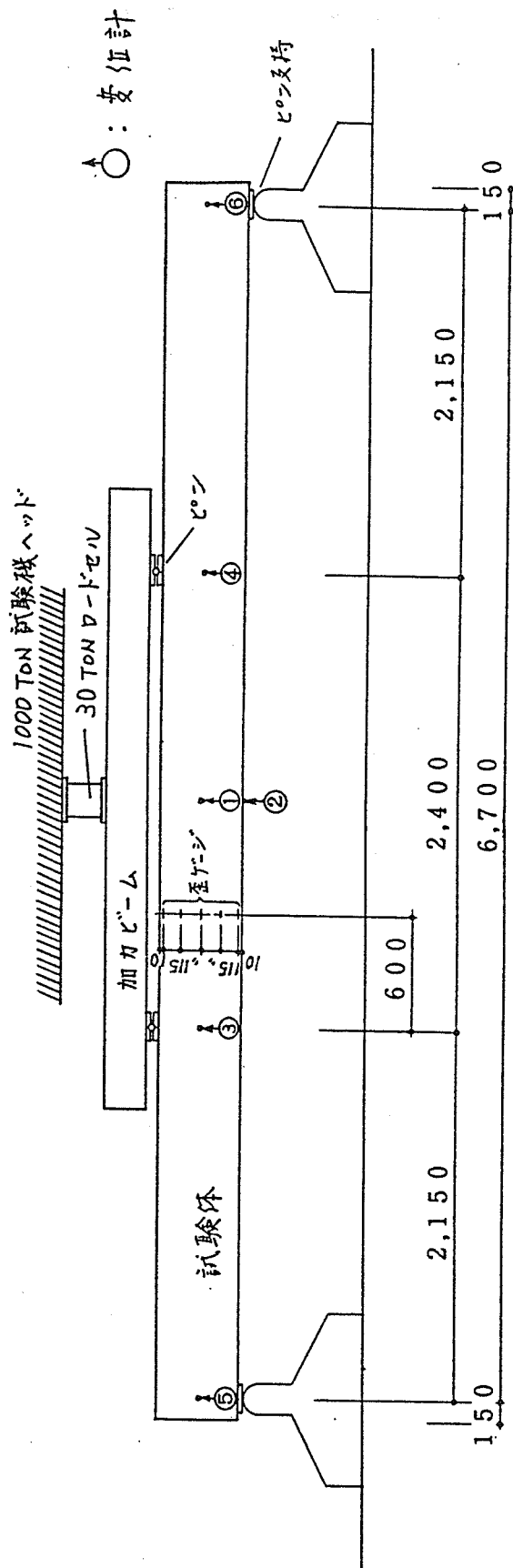


図 8-67 装置構成

測定は、荷重については試験機のヘッドと加力ビームの間にセットしたロードセルにより検出する。変形については試験体中央部（梁せい中央①と下面②）及び加力点部分のたわみ③と④について行なう。変位計⑤と⑥は支持点部分の支圧に伴う変形に対する補正のためにセットする。変位計②以外は試験体片側側面に取付ける。

加力点と継手部間中央に、縦に5ヶ所（試験体片側のみ）ゲージを貼付し、梁の曲げ性状を調べる（図8-67参照）。

継手無し試験体では、下図のような荷重-変位関係となる。

（ヤング係数  $E = 110 \text{ ton/cm}^2$  : ベイマツ1級）

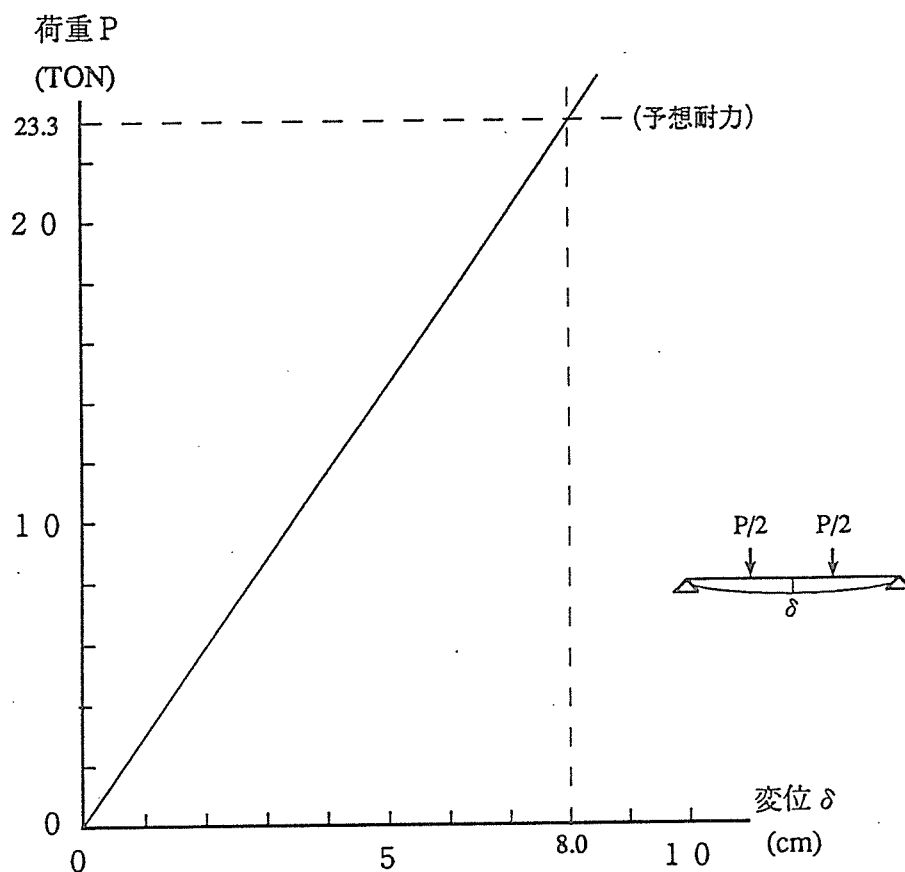


図8-68 荷重-変位関係（継手なしの試験体）

いま、長期許容応力度の3倍の値を強度とすると、曲げ耐力  $P_{max}$  は次式より求まる。

$$fb \times 3 = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{215 \times P_{max}}{Z \times 2}$$

ここで  $fb = 145 \text{ kg/cm}^2$ （ベイマツ1級）、 $Z = 5760.0 \text{ cm}^3$ であるから、

$$P_{max} = 23.3 \text{ ton}$$

となる（図8-68中に点線で示した）。

このとき、最大せん断応力度  $\tau$  は  $24.3 \text{ kg/cm}^2$  となるが、せん断強度  $\tau_u = 36.0 \text{ kg/cm}^2$  以下である。

接着継手部分の曲げ強度 $\sigma_u$ は、断面最外縁近傍の接着角度を $\theta$ 、単位接着面積当たりの強度を $50\text{kg/cm}^2$ として次式で与えられる。

$$\sigma_u = \frac{50}{\sin\theta} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

本実験の試験体では、

$$\text{タイプB} : \sigma_u = 405\text{kg/cm}^2 \quad (\theta = 7.1^\circ)$$

$$\text{タイプC} : \sigma_u = 405\text{kg/cm}^2 \quad (\theta = 7.1^\circ)$$

$$\text{タイプD} : \sigma_u = 405\text{kg/cm}^2 \quad (\theta = 7.1^\circ)$$

曲げ耐力 $P_{\text{max}}$ は次式より求まる。

$$\sigma_u \times 0.8^* = \frac{215 \times P_{\text{max}}}{Z \times 2}$$

\*：接着に伴う強度低下を一律20%とする。

よって、接着継手部破壊時の耐力 $P_{\text{max}}$ は次の如く求まる。

$$\text{タイプB} : P_{\text{max}} = 14.0 \text{ ton} \quad (17.5 \text{ ton})$$

$$\text{タイプC} : P_{\text{max}} = 15.2 \text{ ton} \quad (19.0 \text{ ton})$$

$$\text{タイプD} : P_{\text{max}} = 15.9 \text{ ton} \quad (19.9 \text{ ton})$$

$$\text{タイプE} : P_{\text{max}} = 16.6 \text{ ton} \quad (20.8 \text{ ton}) \quad ( ) \text{内は強度低下を無視した場合}$$

加力は単調载荷形式とし、短期許容応力度レベルである15ton まで1tonピッチで行い、ここで一度除荷する。

次のステップとして同様に15ton まで1tonピッチで加力し、その後破壊に至るまで0.5tonピッチで加力する。

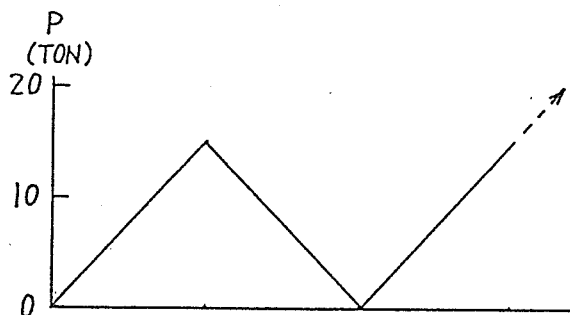


図 8-69 载荷ステップ

## 4. 実験結果

### 4-1. 最大荷重実験値と計算値との比較

表8-12に各試験体の最大荷重実験値と計算値を示す。BFJの耐力は、集成材引張破壊等の母材部分の破断により決まる $P_{om}$ と、接着剥離等の接着部分の破断により決まる $P_{oj}$ のうち、小さいほうの値で与えられる。

ここで $P_{om}$ は、木構造計算規準によるベイマツの長期許容曲げ応力度の3倍を母材曲げ強度として求めた曲げ耐力であり、BFJ試験体の場合、断面欠損を考慮した断面係数を用いて算出した。表中には寸法調整係数（本試験体の場合、0.94）を乗じた値を併せて示した。

一方、BFJ接着部耐力 $P_{oj}$ は、接着面傾斜角をパラメーターとしたベイマツ接着試験体を用いた引張接着強度実験<sup>1)</sup>の結果をもとに算出した。この実験では、レゾルシノール樹脂接着剤を用いた場合、傾斜角の違いによらず引張方向の強度として単位接着面積当たり50kgの強度下限値が得られ、しかもほぼ一定であることが確認されている。 $P_{oj}$ 算出の際、加工精度の違いや、母材の節や割れなどの欠点により生じると予想される接着部強度低下を20%見込み、低減率として0.8を強度に乗じた。

表中、備考欄に破壊性状を簡単に示したが、BFJ試験体の破壊性状はいずれの試験体もほぼ同様に、引張側の接着面が破断して破壊に至っており、加工精度の劣るタイプE試験体を除き、耐力は計算値に概ね近い値となっている。

(注1) 「集成材の継手に関する研究」(その1:接着強度について)  
昭和63年度 日本建築学会大会梗概集 木村、渡辺 他



表 8-12 最大荷重実験値と計算値との比較

試験体	最大荷重実験値 P max (ton)	最大荷重計算値 (ton)*1		P max P om	P max P oj	備 考
		母材 P om *2	接着部 P oj			
A-1	18.5	23.3 (21.9)	—	0.79 (0.84)	—	ラミナF.J.破断
A-2	23.1	23.3 (21.9)	—	0.99 (1.05)	—	ラミナF.J.破断
A-3	18.8	23.3 (21.9)	—	0.81 (0.86)	—	ラミナF.J.破断 → BFJ破断
平均	20.1			0.86 (0.92)	—	
B1-1	16.5	18.8 (17.6)	14.0	0.88 (0.94)	1.18	BFJ破断
B1-2	15.4	18.8 (17.6)	14.0	0.82 (0.88)	1.10	ラミナF.J.破断 → BFJ破断
B1-3	12.2	18.8 (17.6)	14.0	0.65 (0.69)	0.87	下端より20cm位置に水平ひび割れ発生 → BFJ破断
平均	14.7			0.78 (0.84)	1.05	
B2-1	15.5	18.8 (17.6)	14.0	0.82 (0.88)	1.11	BFJ破断
B2-2	15.9	18.8 (17.6)	14.0	0.85 (0.90)	1.14	BFJ破断
平均	15.7			0.84 (0.89)	1.13	
C1-1	11.1	20.4 (19.2)	15.2	0.54 (0.58)	0.73	BFJ破断 (最外部接着面隙間有り)
C1-2	14.9	20.4 (19.2)	15.2	0.73 (0.78)	0.98	ラミナF.J.破断 → BFJ破断
C1-3						試験機故障により試験体破損
平均	13.0			0.64 (0.68)	0.86	
C2-1	11.3	20.4 (19.2)	15.2	0.55 (0.59)	0.74	下端より15cm位置に水平ひび割れ発生 → BFJ破断
C2-2	17.7	20.4 (19.2)	15.2	0.87 (0.92)	1.16	ラミナF.J.破断 → BFJ破断
平均	14.5			0.71 (0.76)	0.95	
D1-1	22.6	21.4 (20.1)	15.9	1.06 (1.12)	1.42	BFJ破断
D1-2	15.5	21.4 (20.1)	15.9	0.72 (0.77)	0.97	BFJ破断
D1-3	14.4	21.4 (20.1)	15.9	0.67 (0.72)	0.91	ラミナF.J.破断 → BFJ破断
平均	17.5			0.82 (0.87)	1.10	
D2-1	12.9	21.4 (20.1)	15.9	0.60 (0.64)	0.81	BFJ破断
D2-2	17.5	21.4 (20.1)	15.9	0.82 (0.87)	1.10	BFJ破断
平均	15.2			0.71 (0.76)	0.96	
E-1	13.5	22.3 (20.9)	16.6	0.61 (0.65)	0.81	BFJ破断 (最外部接着面隙間有り)
E-2	11.3	22.3 (20.9)	16.6	0.51 (0.54)	0.68	BFJ破断
E-3	11.5	22.3 (20.9)	16.6	0.52 (0.55)	0.69	BFJ破断 (最外部接着面に無塗布部分有り)
平均	12.1			0.55 (0.58)	0.73	

\*1: Aタイプの試験体では全断面による断面係数をB~Eタイプの試験体ではBFJ先端の断面欠損を考慮した断面係数を用いた。

\*2: カッコ内は寸法調整係数(本実験の場合0.94)を乗じた値である。

#### 4-2. 最大曲げ及びせん断応力度一覧

表 8-13 に各試験体の最大荷重時の最大曲げ応力度と、最大せん断応力度を示す。BFJ 試験体については、全断面による断面係数を用いてそれぞれの最大応力度を求めた。

表 8 - 13 最大曲げ及びせん断応力度一覧

試験体	最大荷重 Pmax (ton)	最大曲げ 応力度 $\sigma_b$ max (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ max 平均	最大せん断 応力度 $\tau$ max (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau$ max 平均	備 考
A-1	18.5	345.3	375.8	19.3	21.0	
A-2	23.1	431.1		24.1		
A-3	18.8	350.9		19.6		
B1-1	16.5	307.9	281.8	17.2	15.7	
B1-2	15.4	287.4		16.0		
B1-3	12.2	227.7		12.7		
B2-1	15.5	289.3		16.1		
B2-2	15.9	296.7		16.6		
C1-1	11.1	207.2		256.6		11.6
C1-2	14.9	278.1	15.5			
C2-1	11.3	210.9	11.8			
C2-2	17.7	330.3	18.4			
D1-1	22.6	421.8	309.5	23.5	17.2	
D1-2	15.5	289.3		16.1		
D1-3	14.4	268.8		15.0		
D2-1	12.9	240.8		13.4		
D2-2	17.5	326.6		18.2		
E-1	13.5	252.0		225.8		14.1
E-2	11.3	210.9	11.8			
E-3	11.5	214.6	12.0			

(注)  $\sigma_b \text{ max} = \frac{P_{\text{max}} \cdot l_s}{2 \cdot Z}$

$l_s = 215\text{cm}$

$Z = 5760\text{cm}^3$

$\tau \text{ max} = 1.5 \cdot \frac{P_{\text{max}}}{2 \cdot A}$

$A = 720\text{cm}^2$

#### 4 - 3. 荷重-変位関係

図 8 - 70 ~ 図 8 - 89 に各試験体の荷重-変位（試験体中央たわみ）関係を示す。

本研究では、個々の試験体の製作に使用したラミナのヤング係数の平均値を求め、これを試験体のヤング係数として荷重-変位関係を求めた。各図中の直線がその計算値である。計算の際、せん断変形も求め、曲げ変形に加えている。通直材のタイプA試験体を除き、実験結果は計算値にほぼ近いことがわかる。

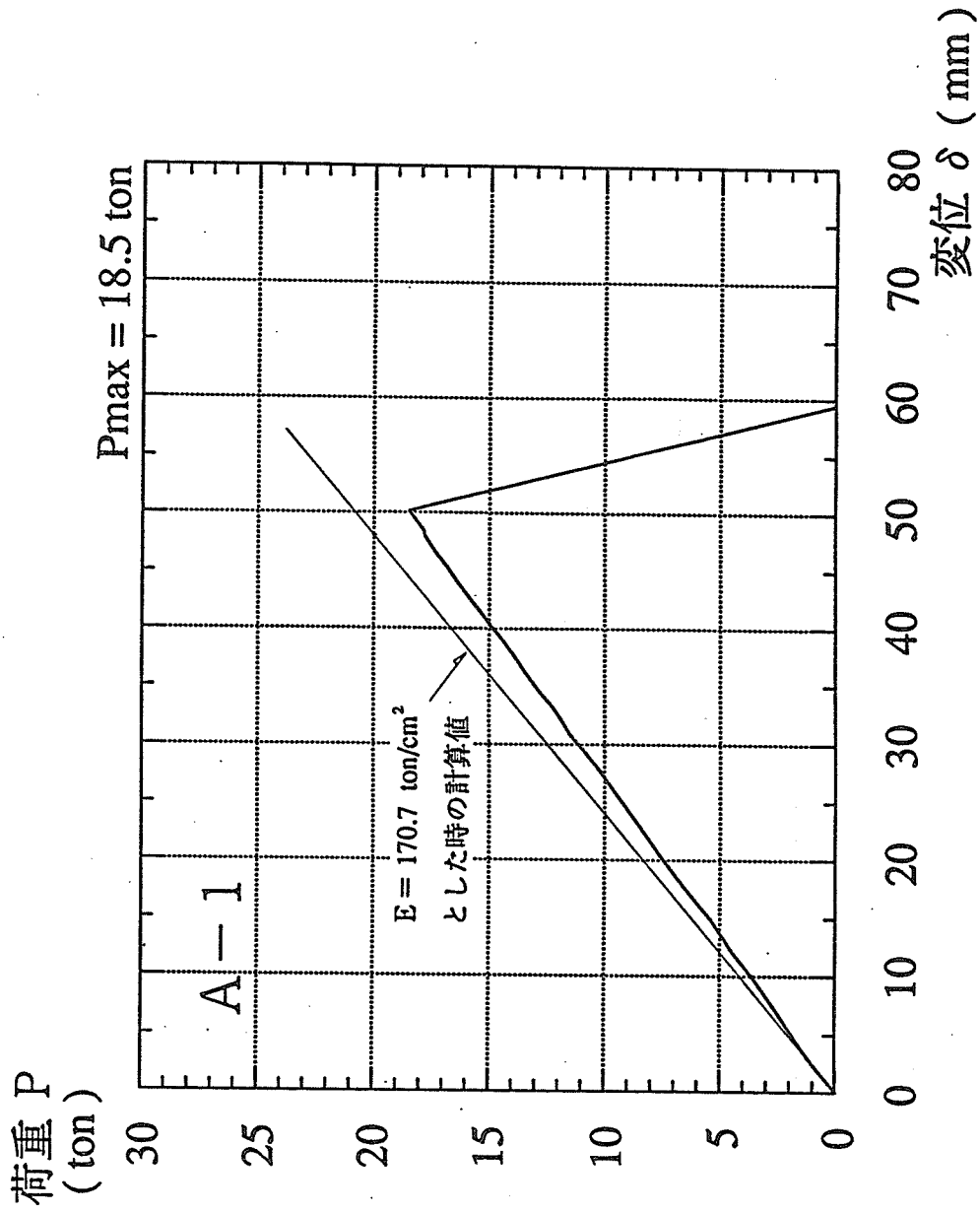


図 8-70 荷重-変位関係 (A-1)

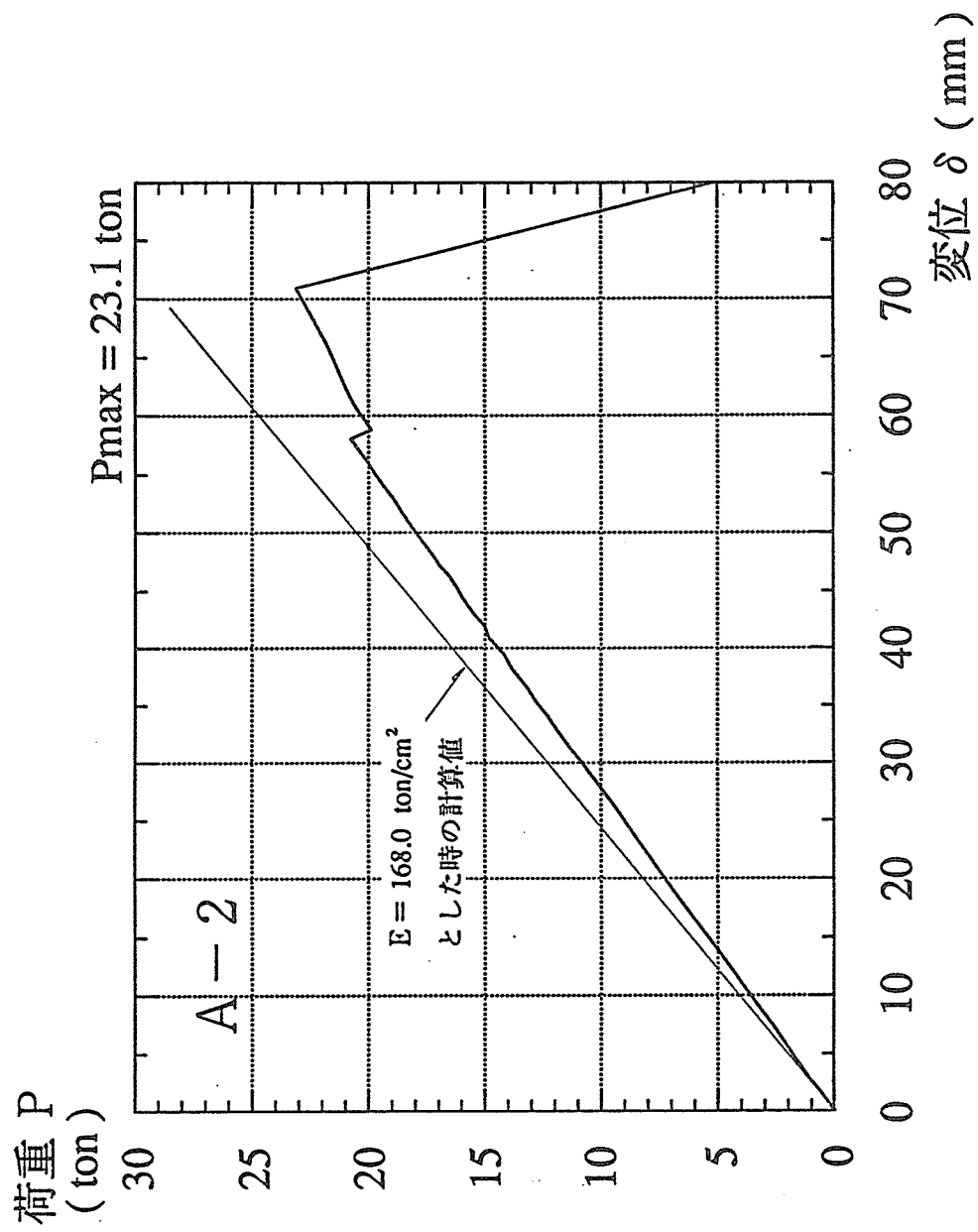


図 8-71 荷重-変位関係 (A-2)

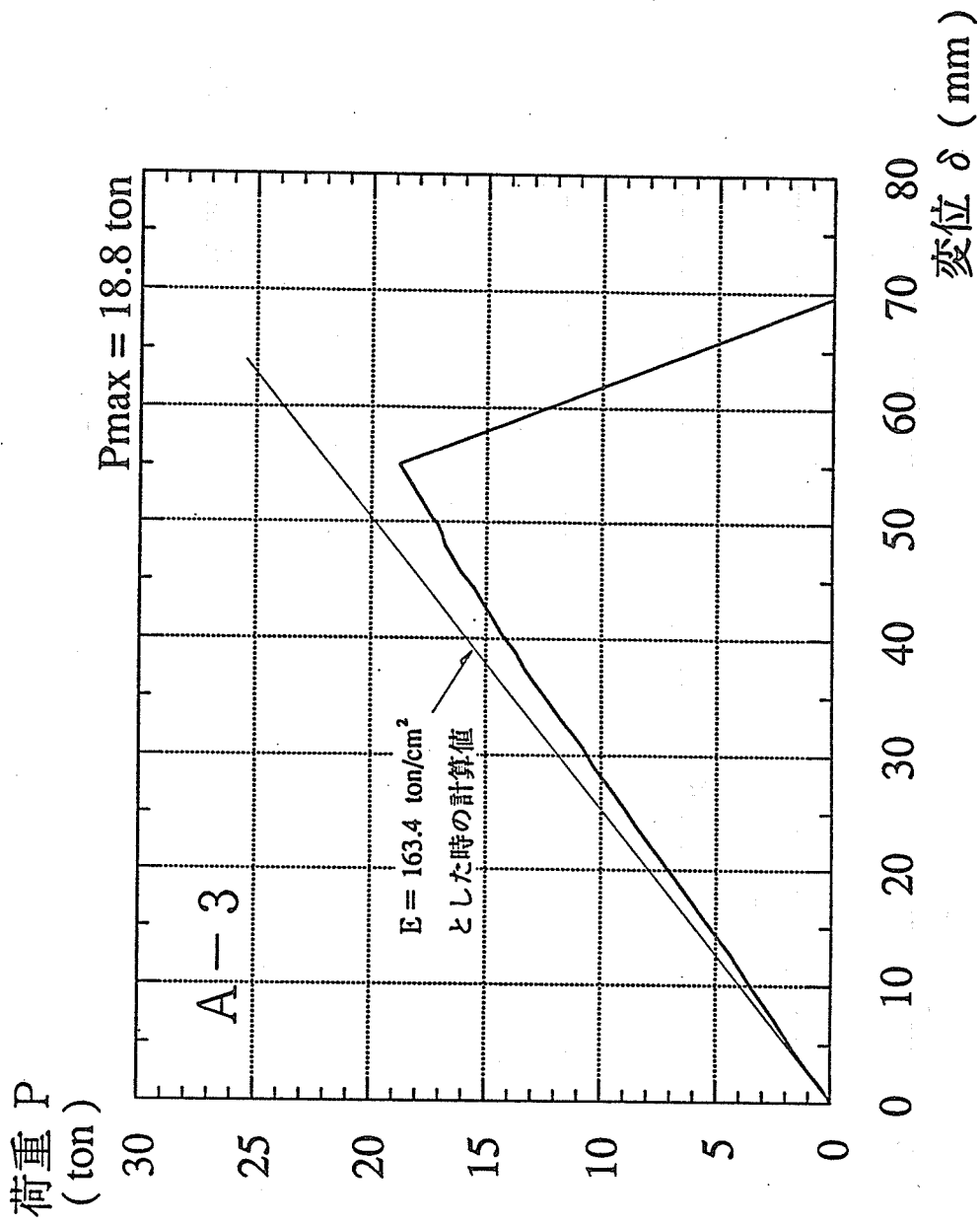


図 8-72 荷重-変位関係 (A-3)

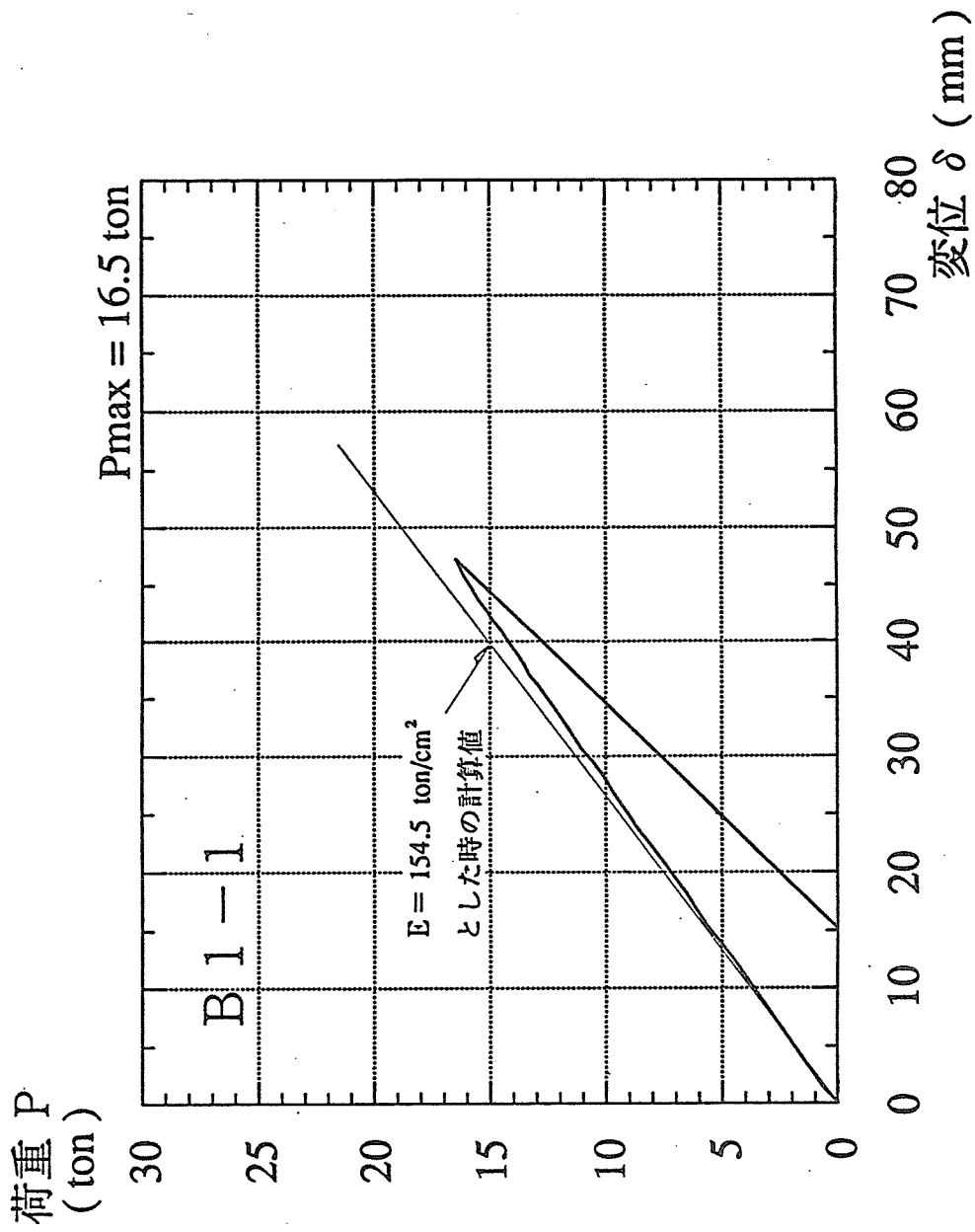


図 8-73 荷重—変位関係 (B1-1)



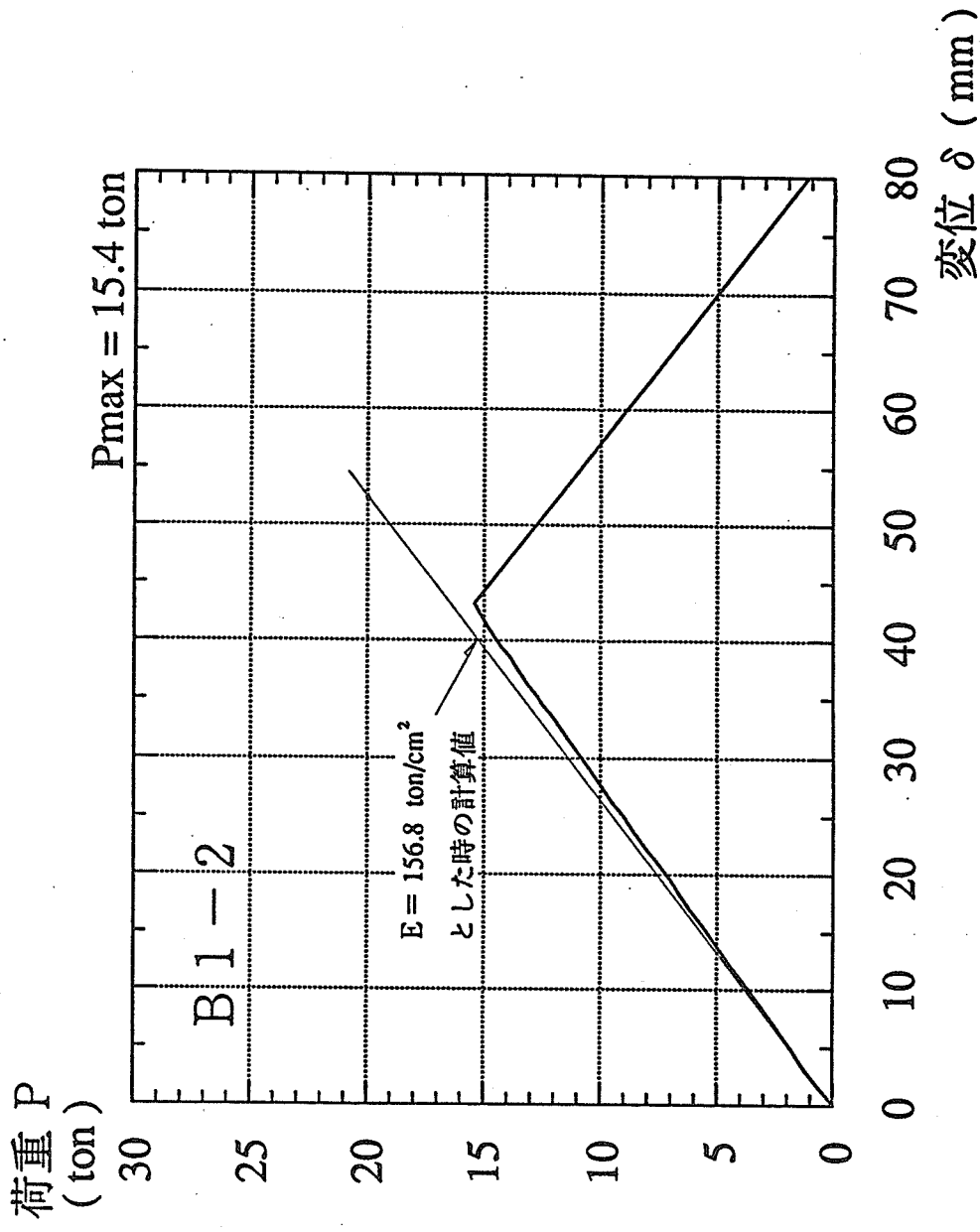


図 8-74 荷重-変位関係 (B1-2)

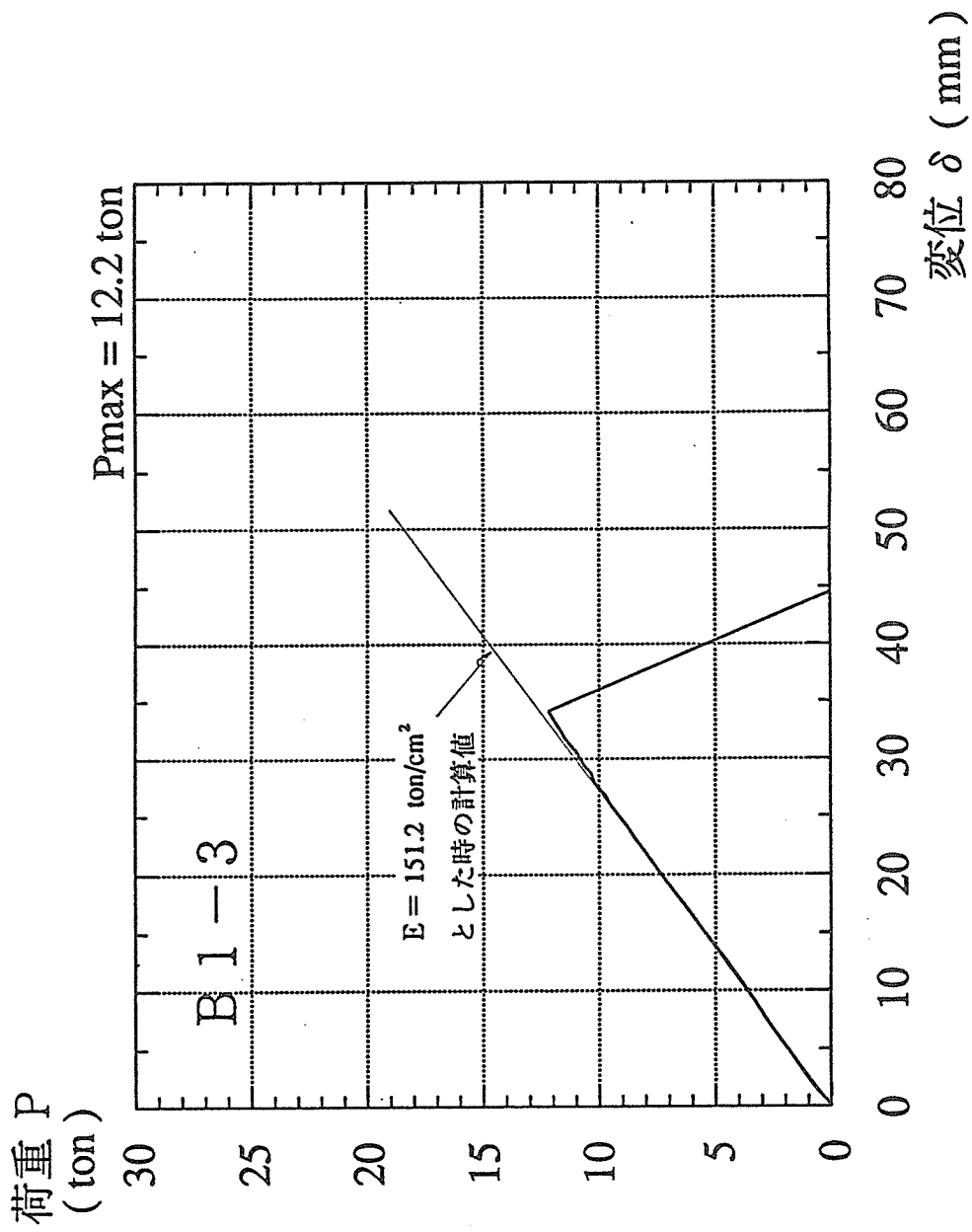


図 8 - 75 荷重—変位関係 (B 1 - 3)

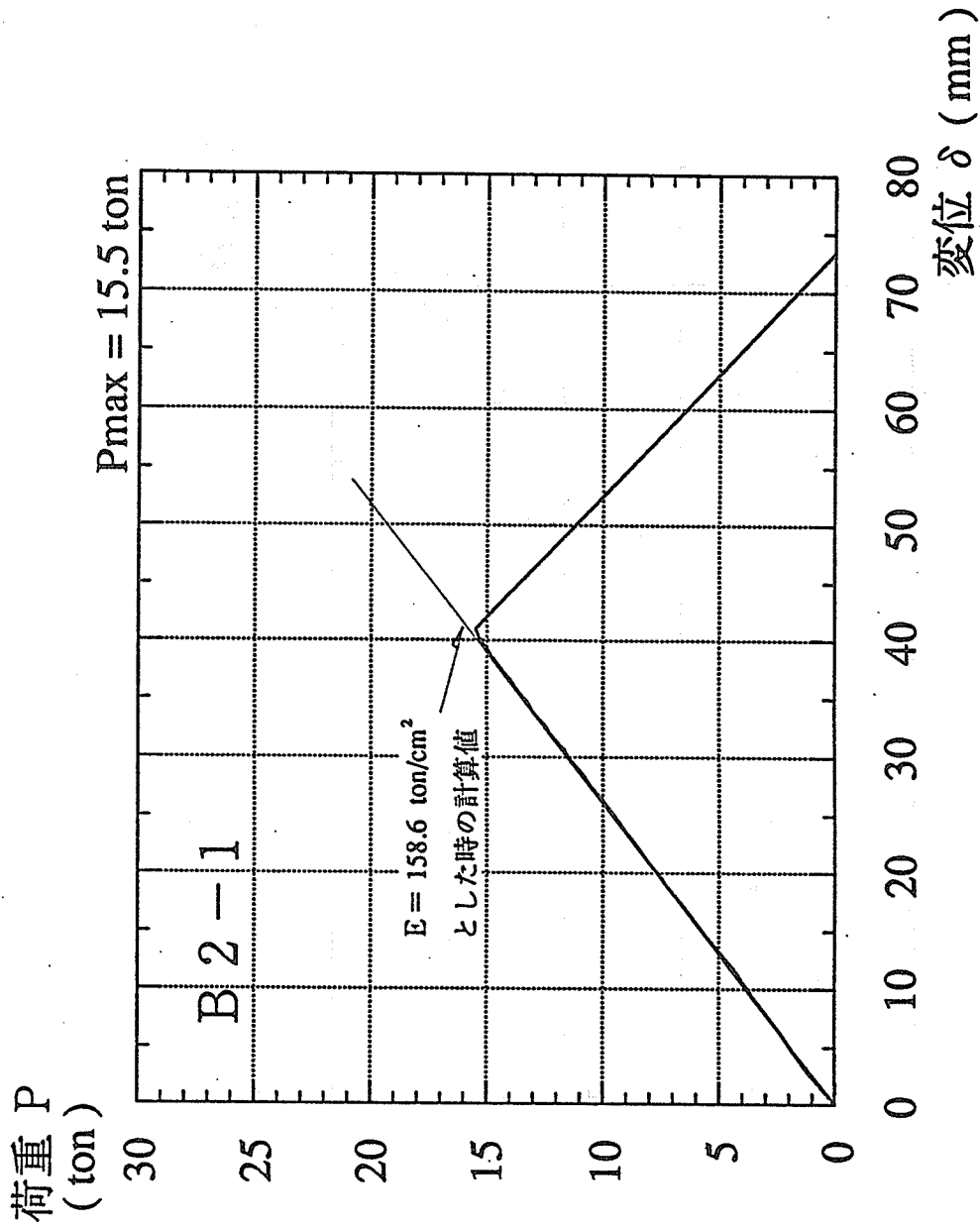


図 8-76 荷重—変位関係 (B2-1)

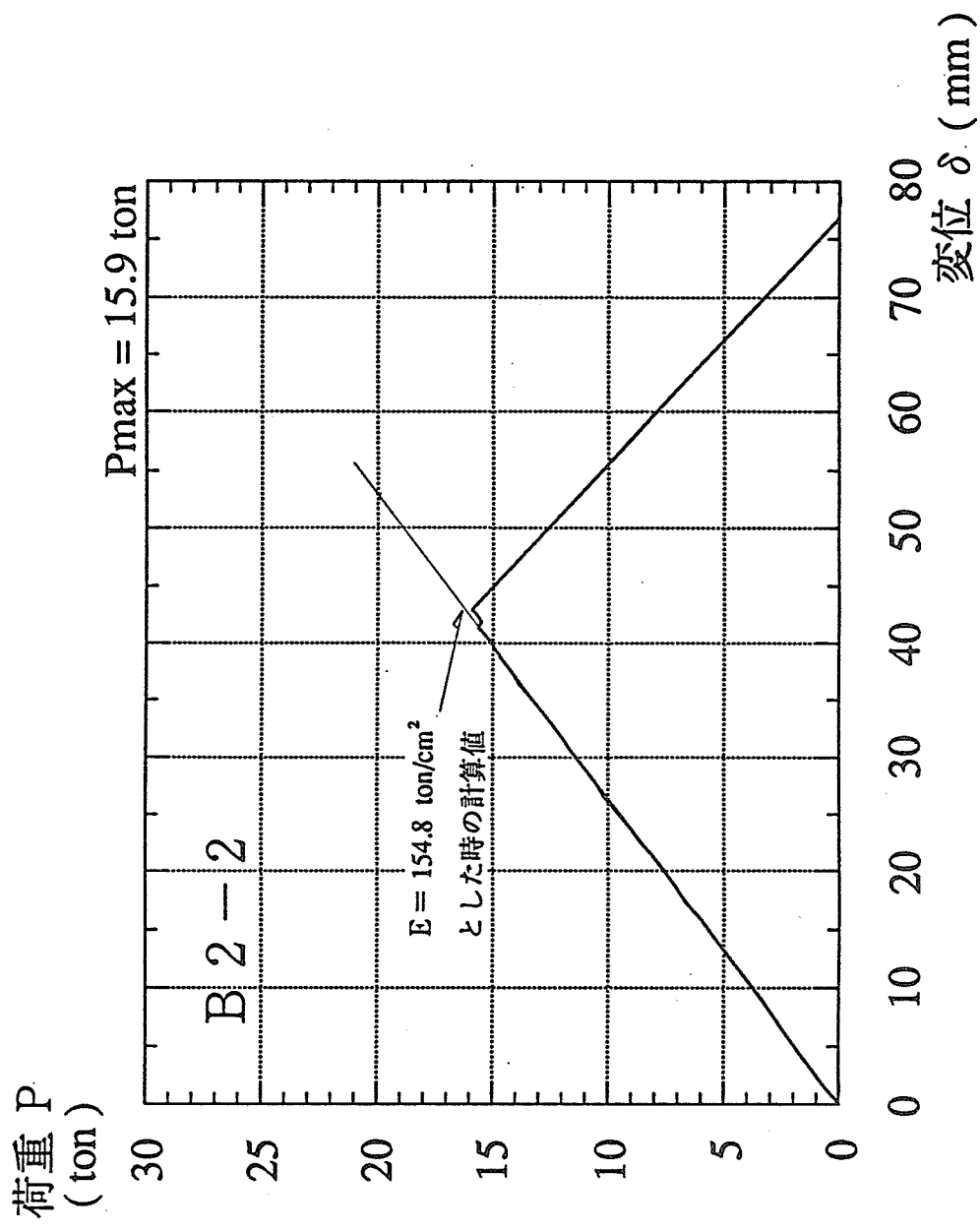


図 8 - 77 荷重 - 変位関係 ( B 2 - 2 )

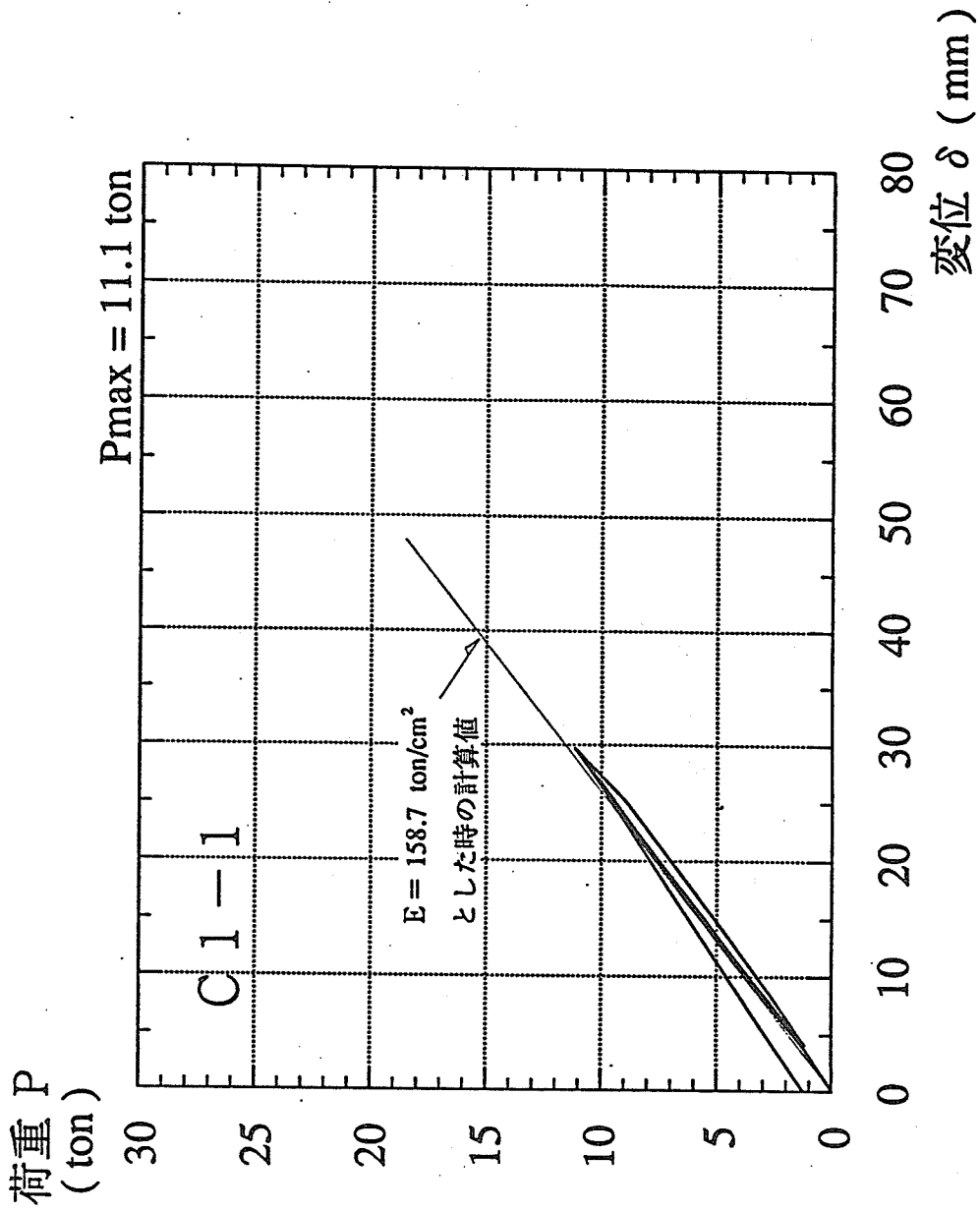


図 8-78 荷重—変位関係 (C1-1)

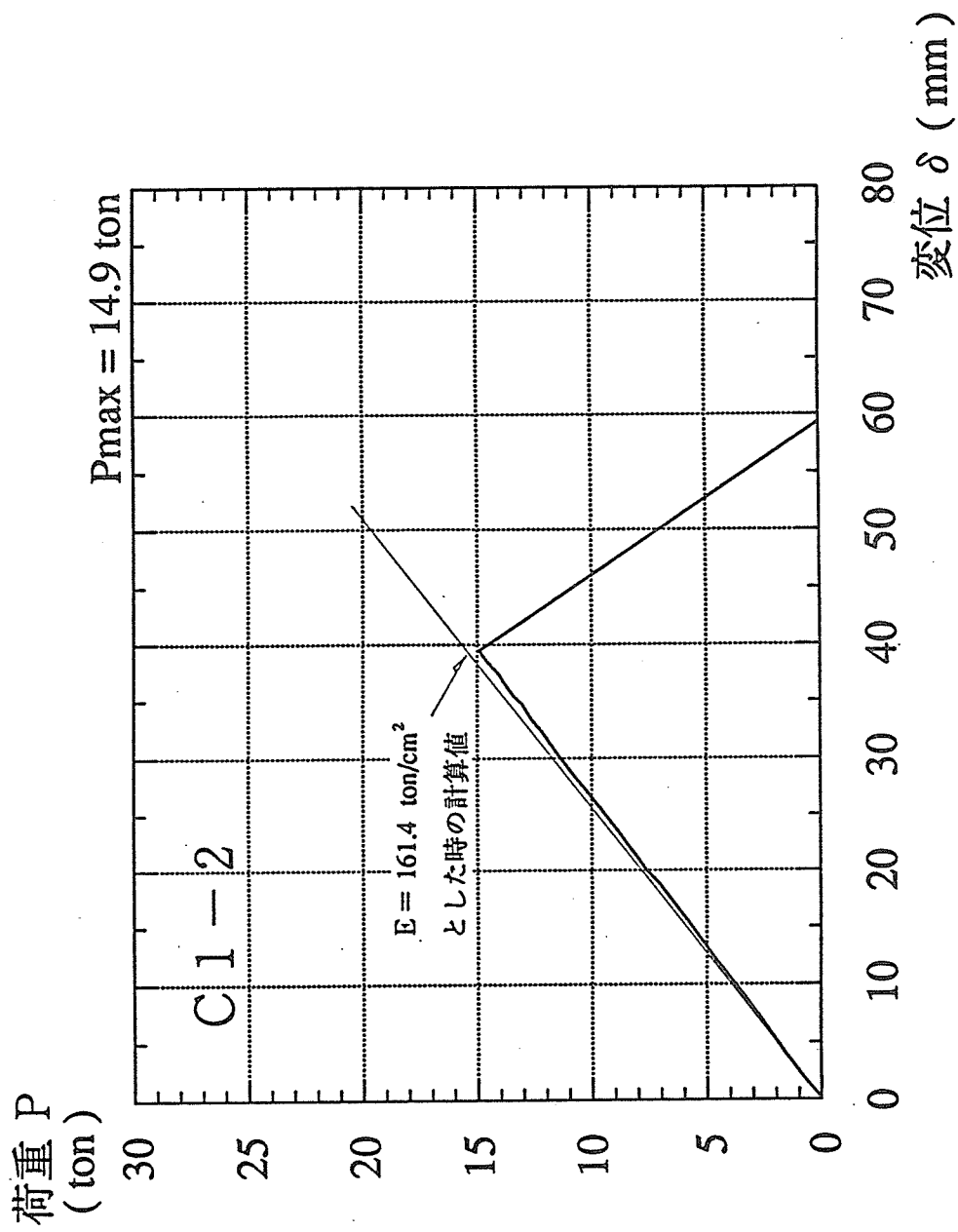


図 8-79 荷重-変位関係 (C1-2)

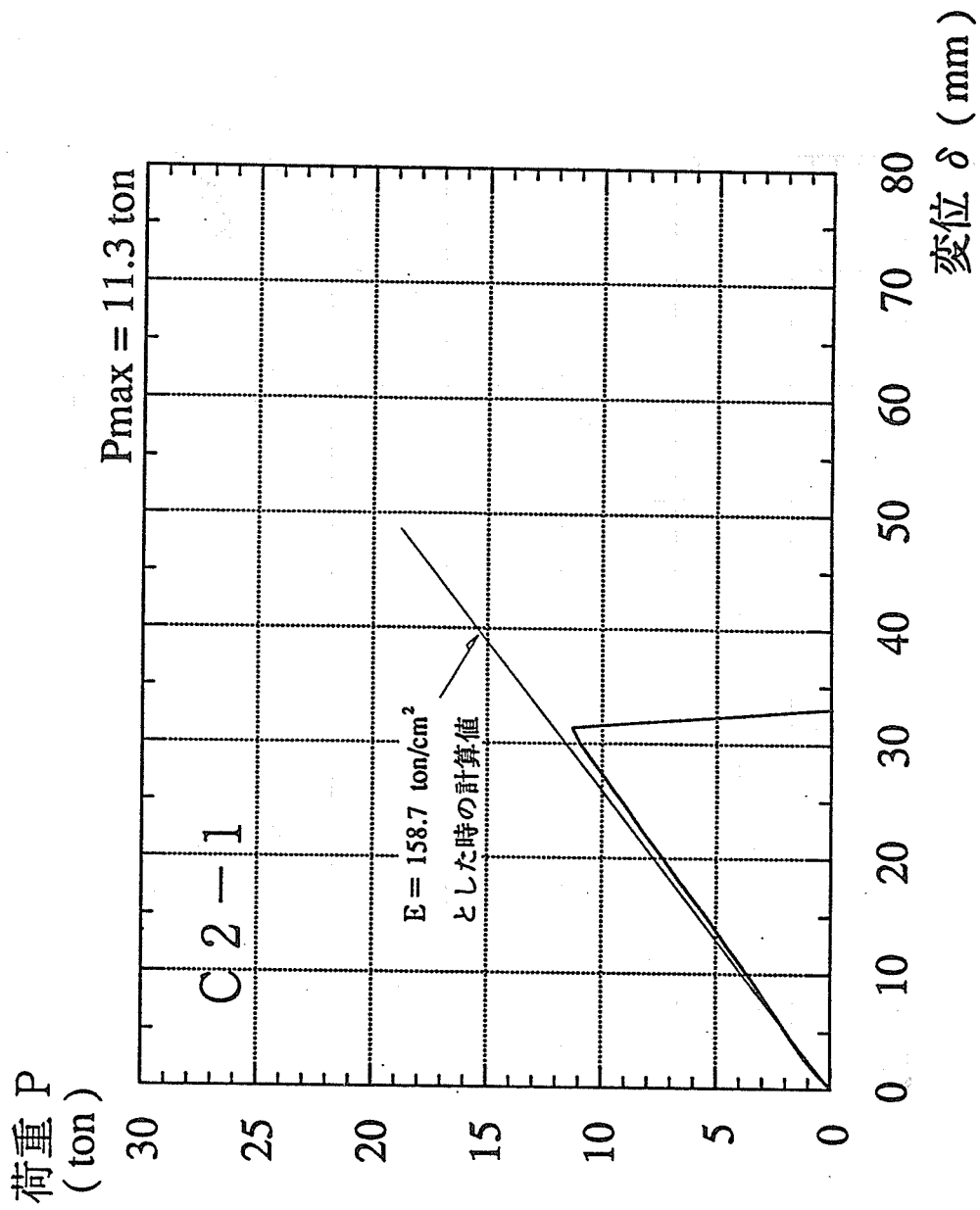


図 8-80 荷重-変位関係 (C2-1)

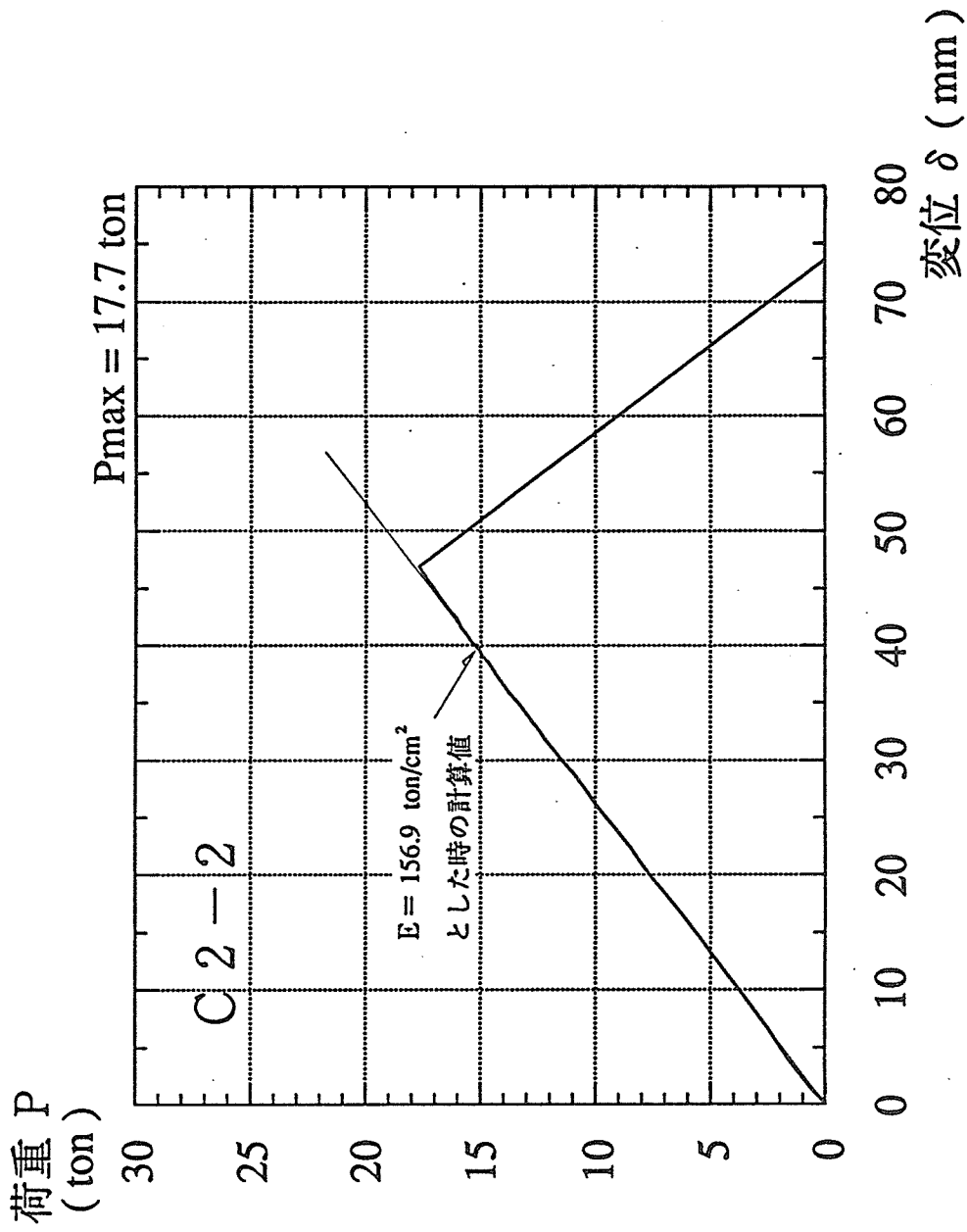


図 8-81 荷重-変位関係 (C2-2)



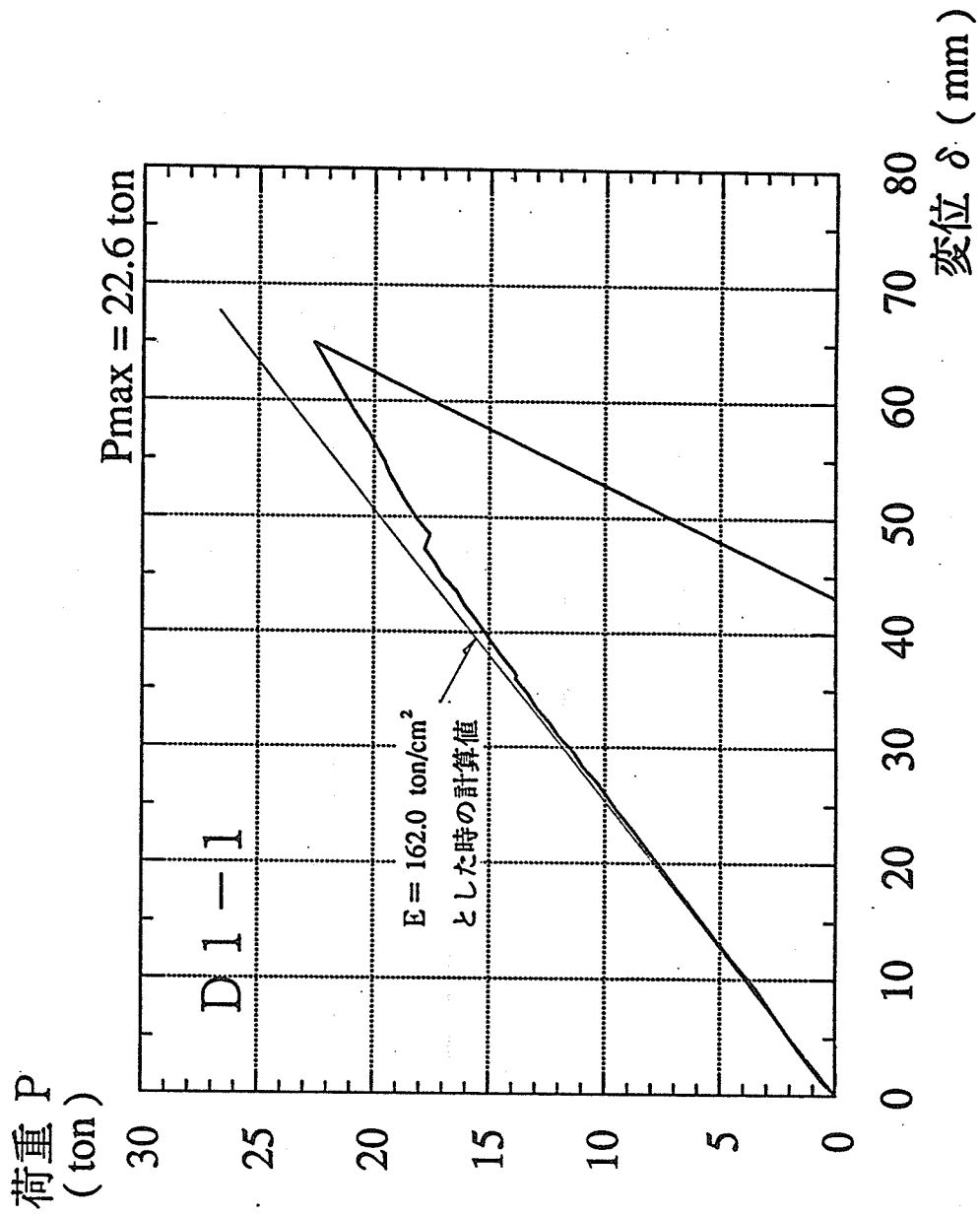


図 8-82 荷重-変位関係 (D1-1)

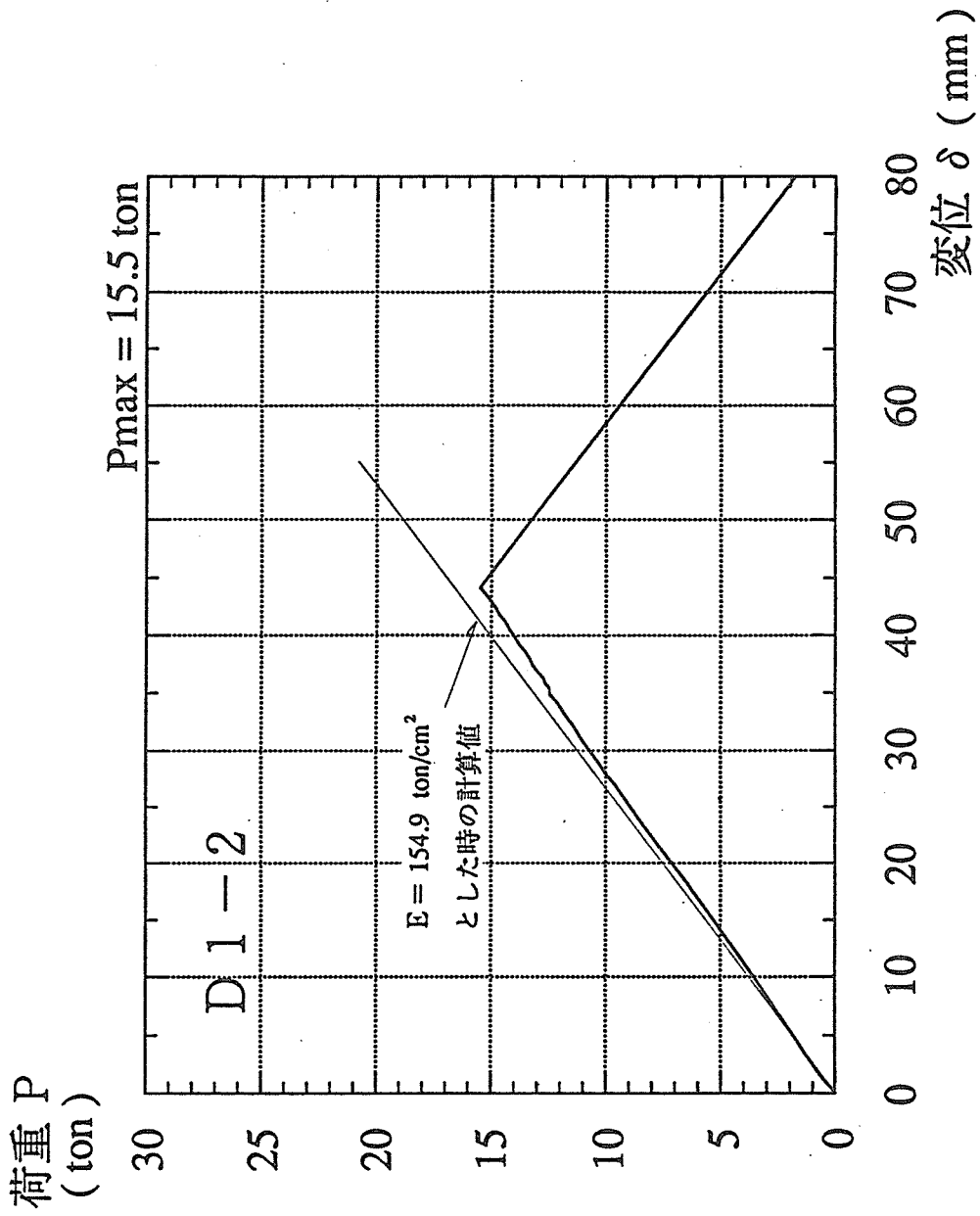


図 8-83 荷重—変位関係 (D1-2)

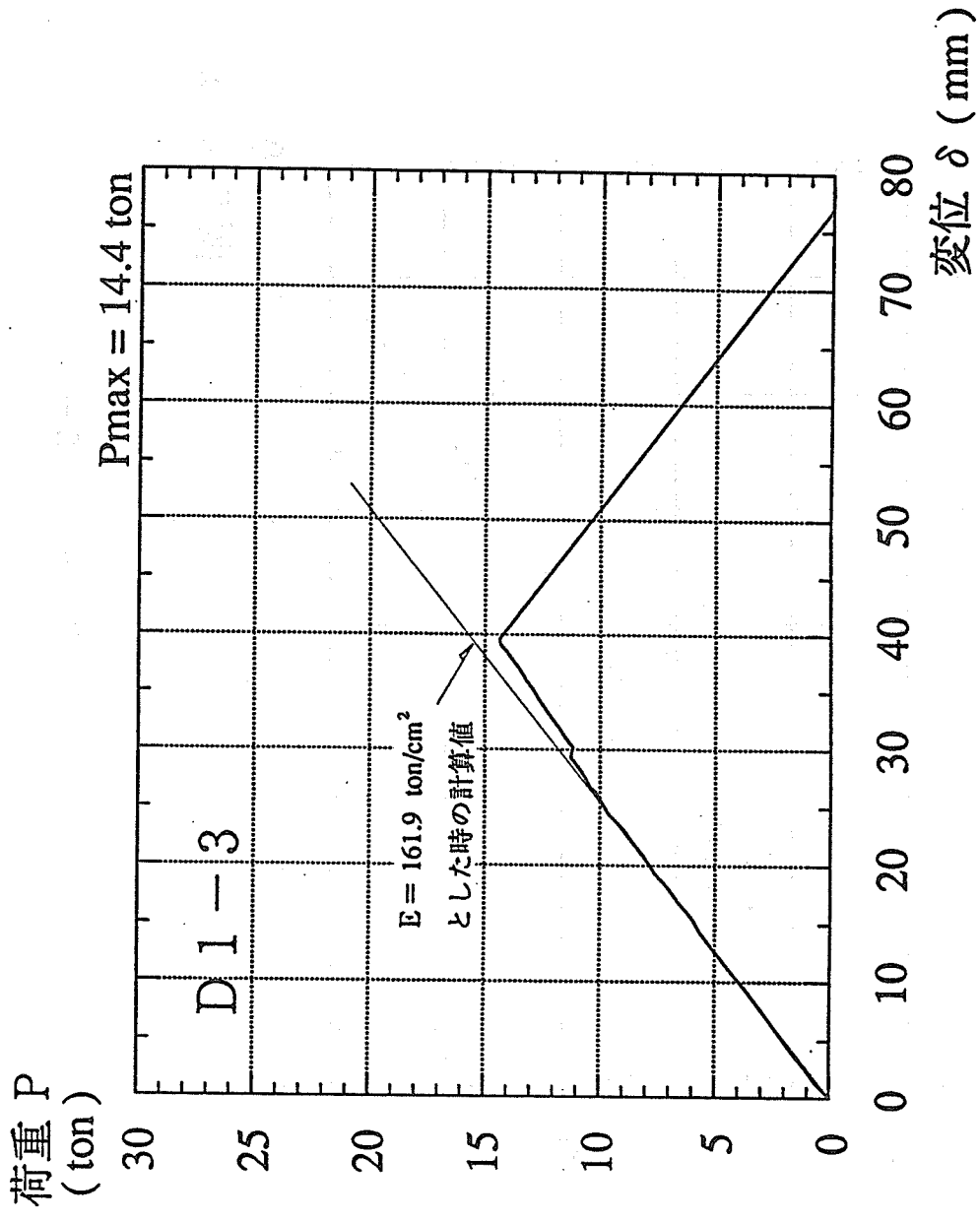


図 8 - 84 荷重 - 変位関係 (D 1 - 3)

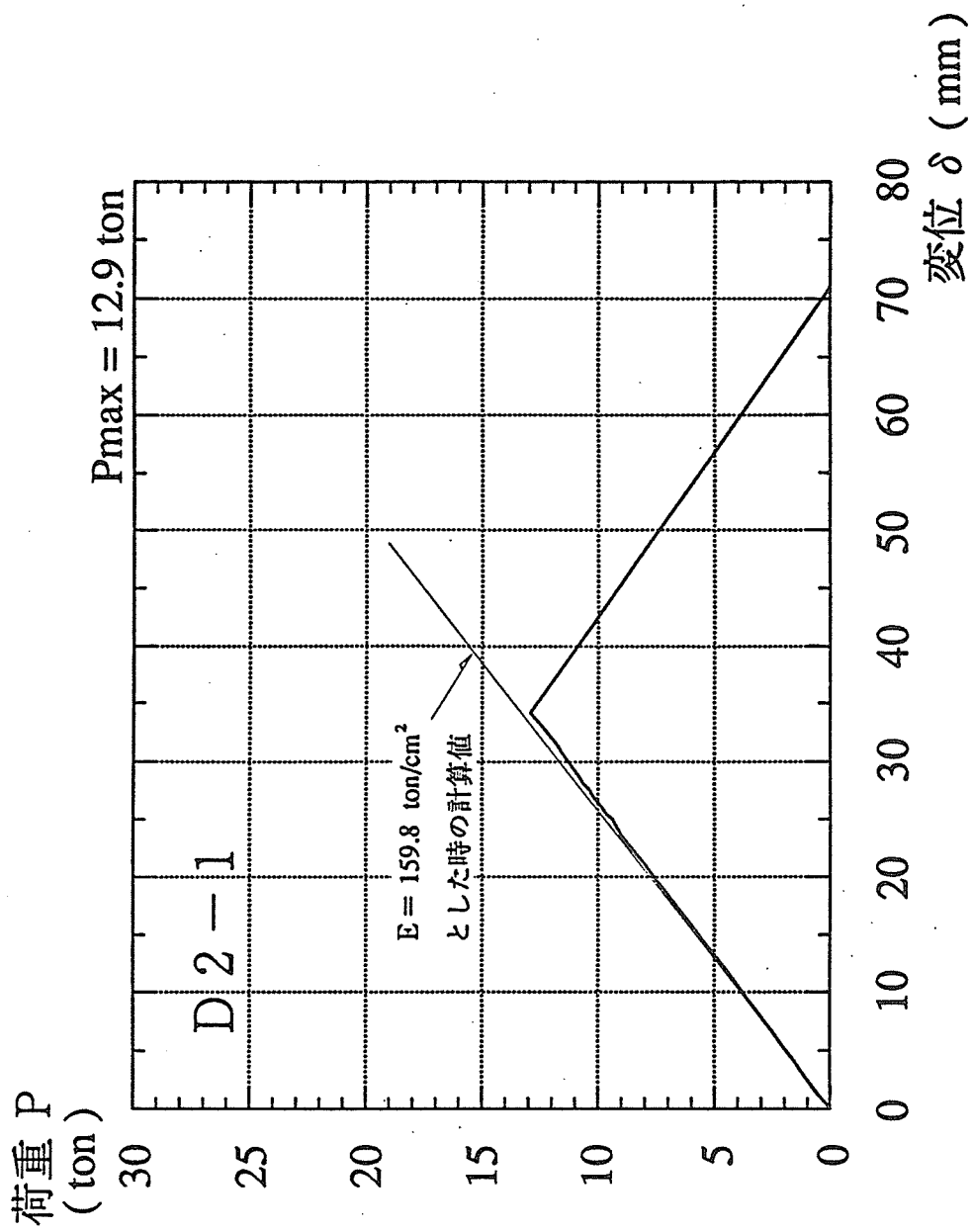


図 8 - 85 荷重 - 変位関係 (D 2 - 1)

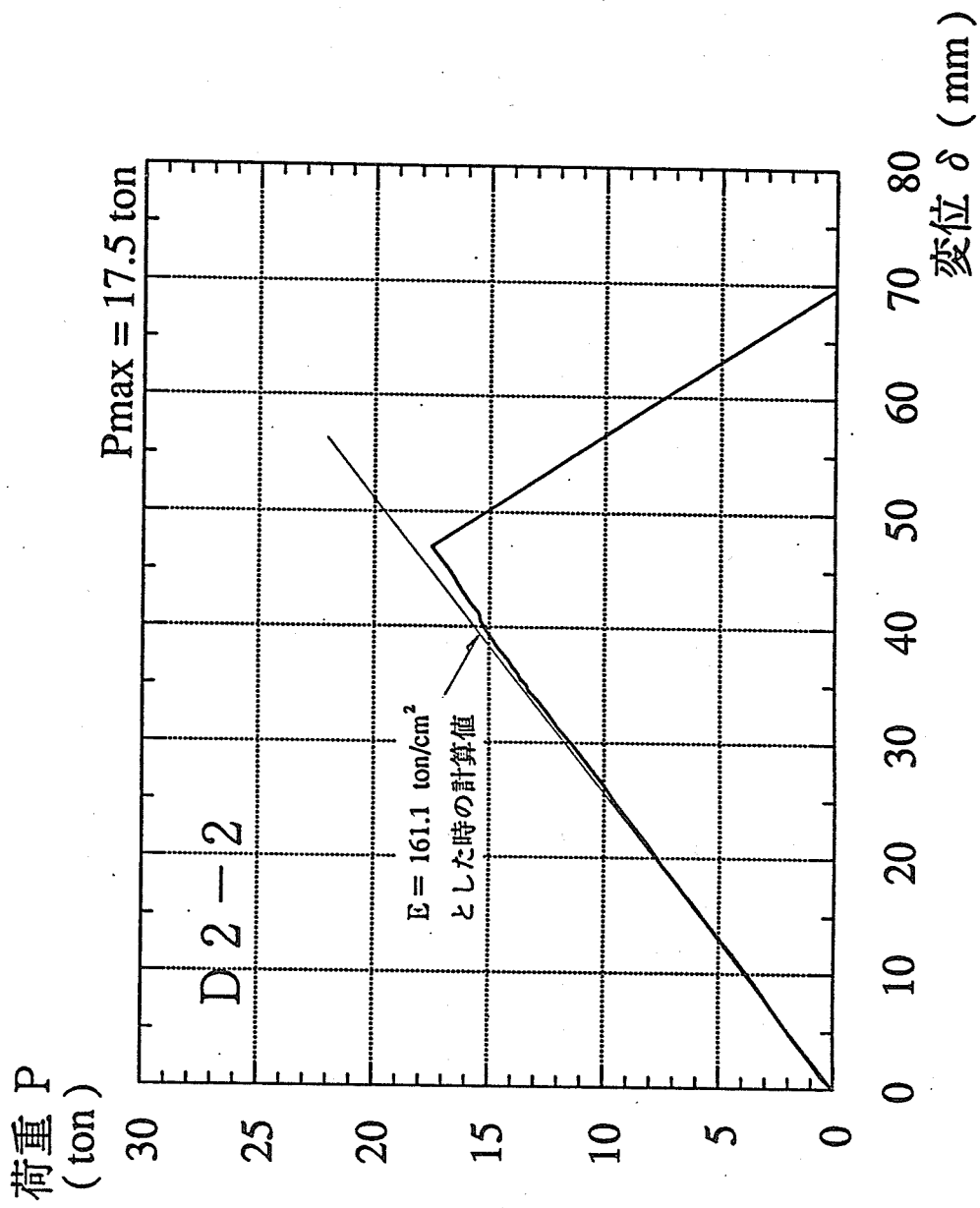


図 8-86 荷重-変位関係 (D2-2)

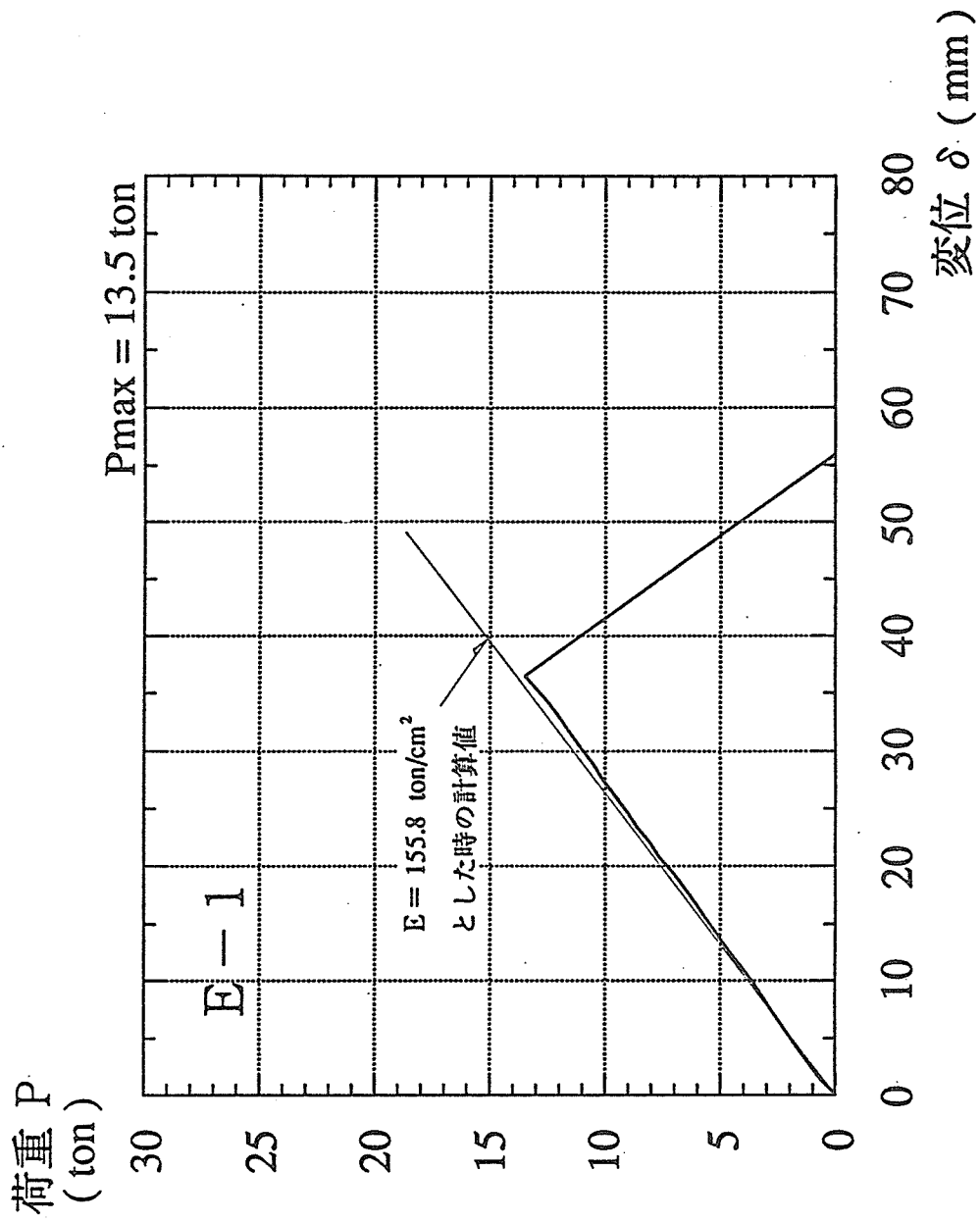


図 8-87 荷重-変位関係 (E-1)

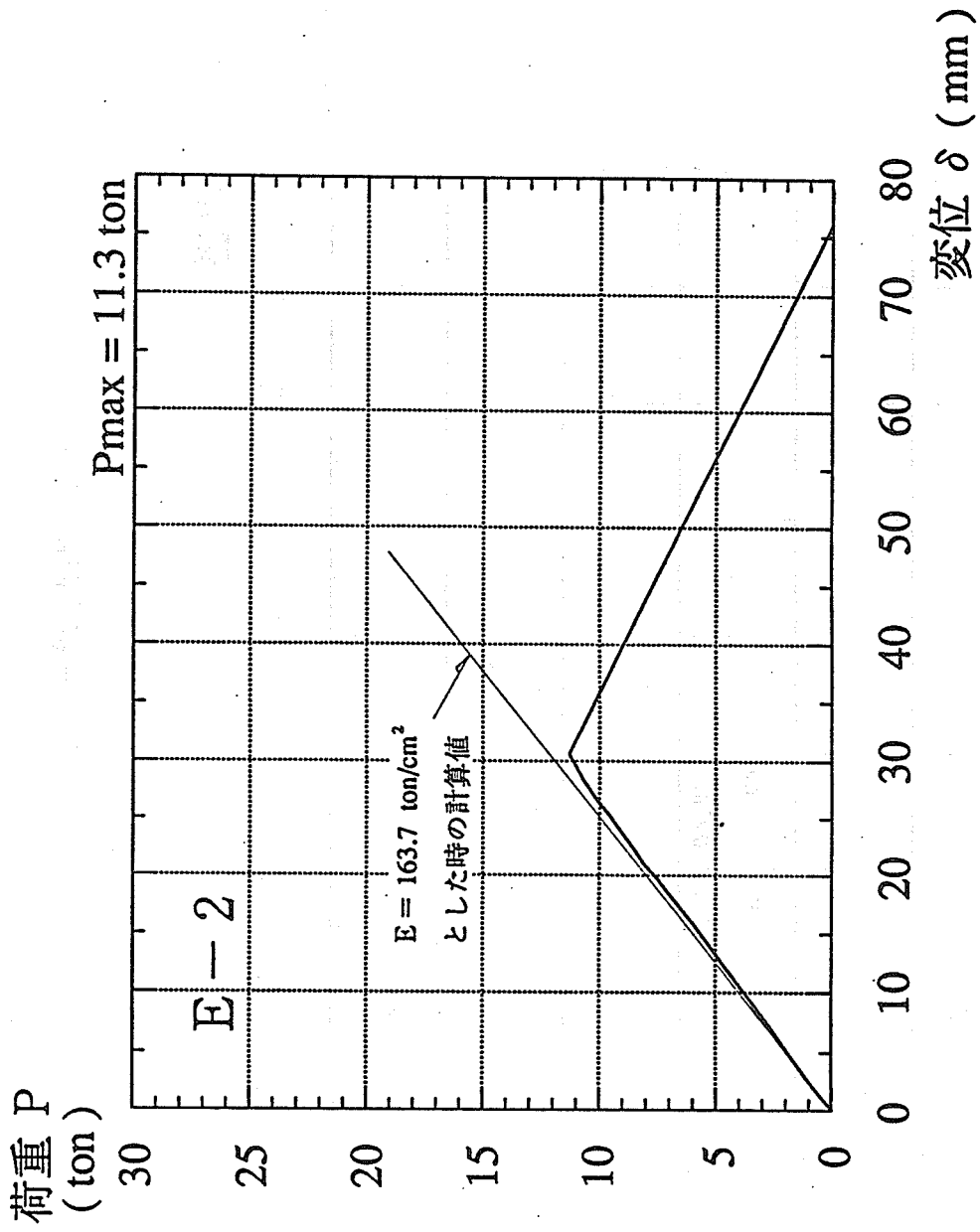


図 8-88 荷重-変位関係 (E-2)

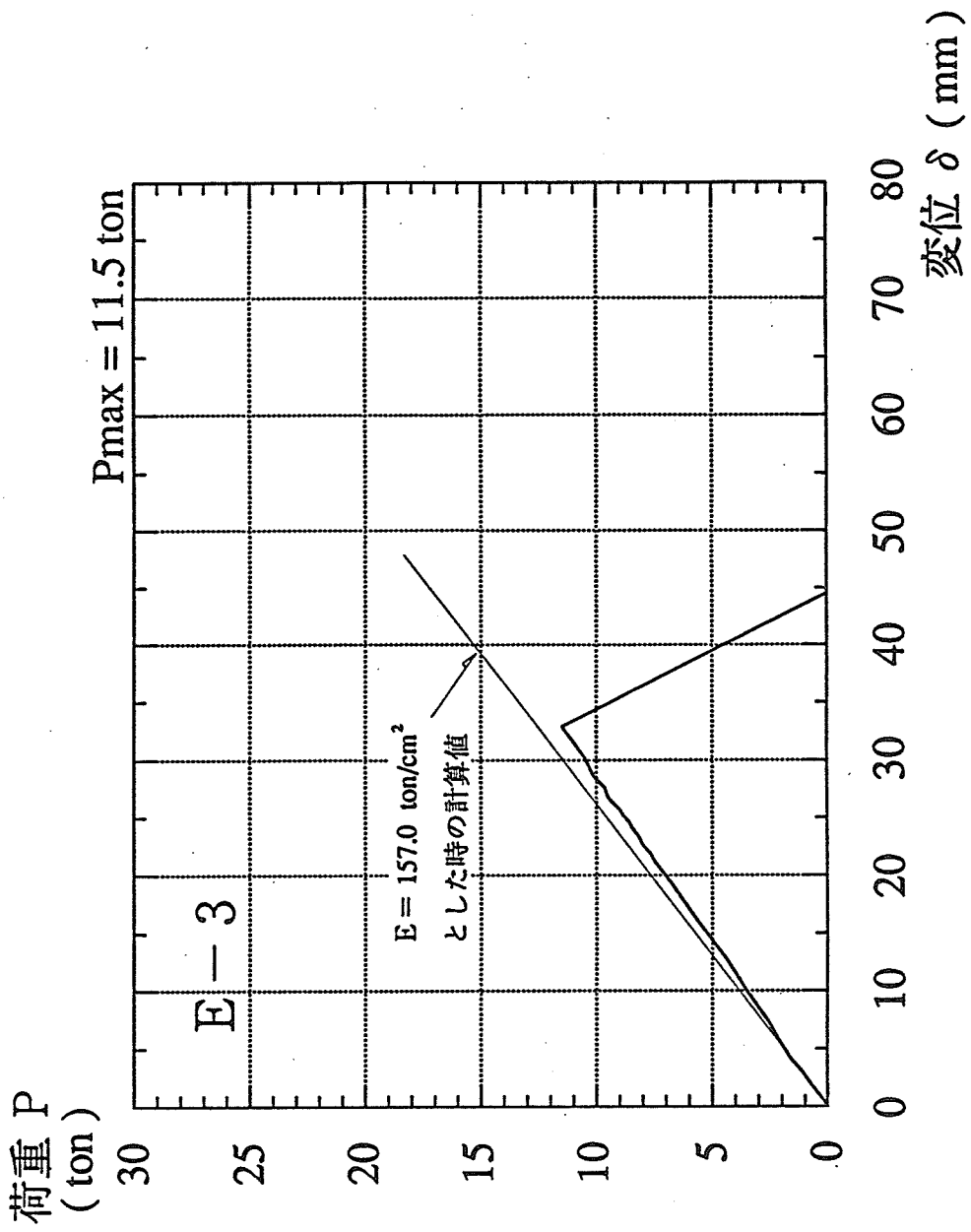


図 8-89 荷重-変位関係 (E-3)



#### 4-4. モーメント-曲率関係

図8-90～図8-109に各試験体の曲げモーメント-曲率関係を示す。曲率は、載荷点（2点）と試験体中央の計3点に於ける変位により求めた。図中にはそれぞれ、試験体を構成するラミナのヤング係数の平均値を用いて求めた計算値を示した。

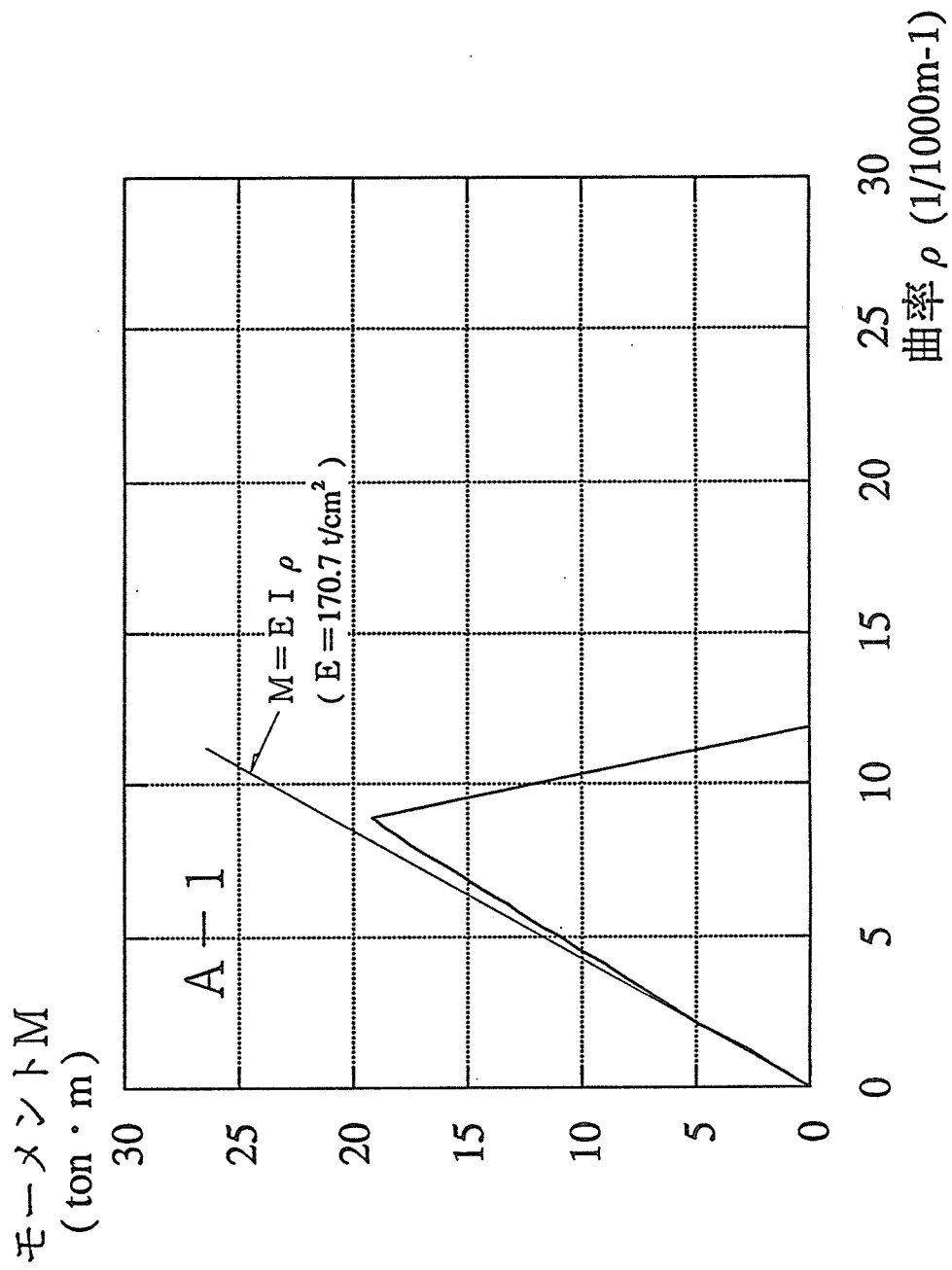


図 8-90 曲げモーメント—曲率関係 (A-1)

モーメントM  
(ton · m)

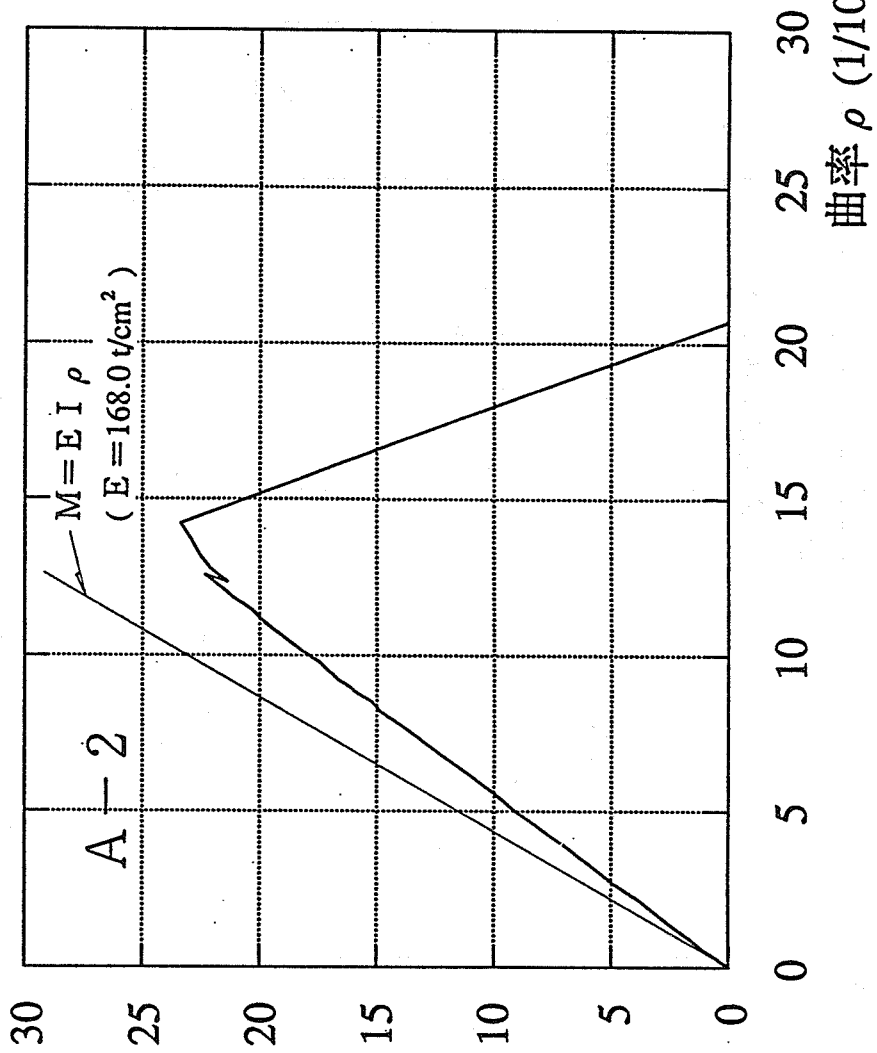


図8-91 曲げモーメント-曲率関係 (A-2)

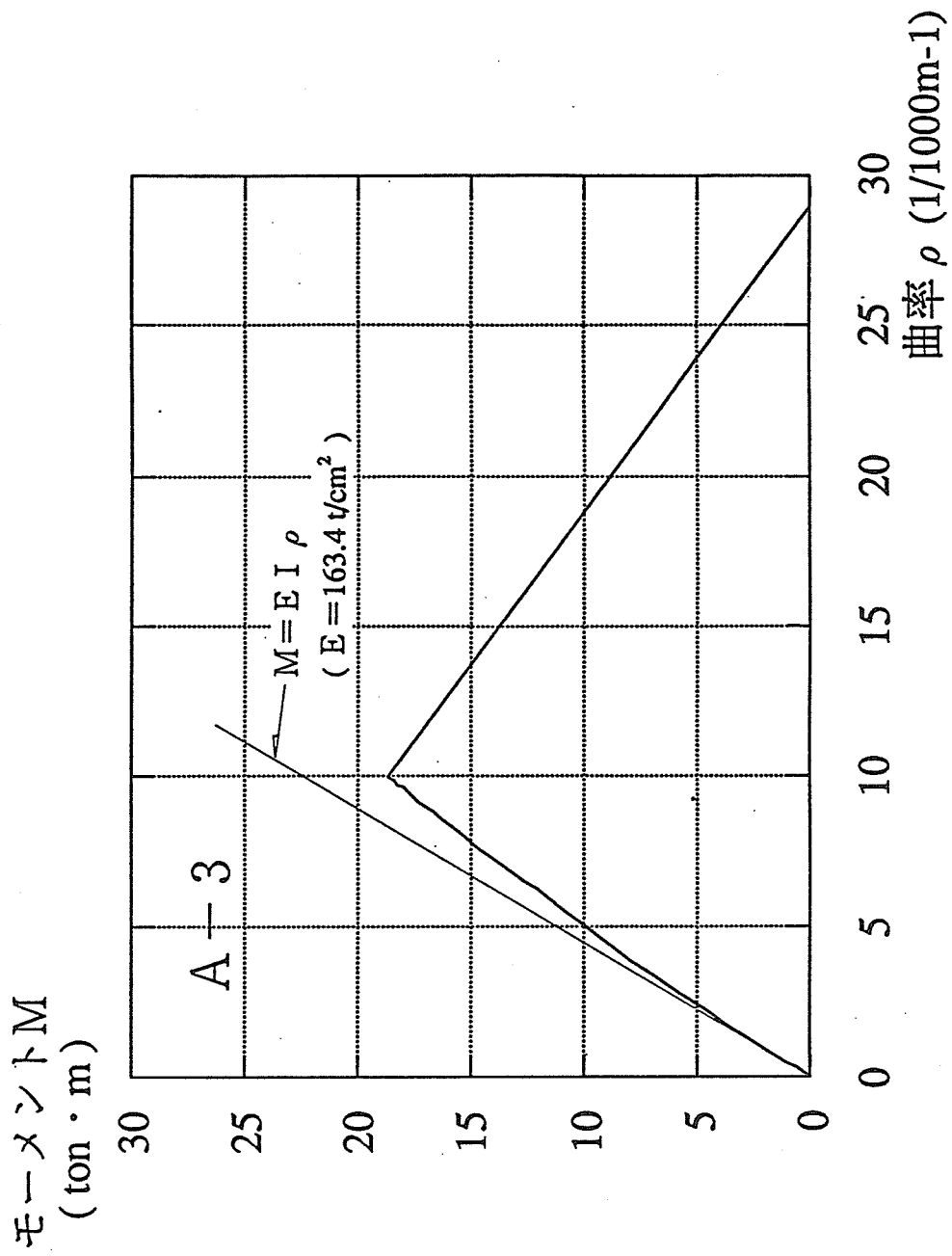


図 8-92 曲げモーメント-曲率関係 (A-3)

モーメントM  
(ton·m)

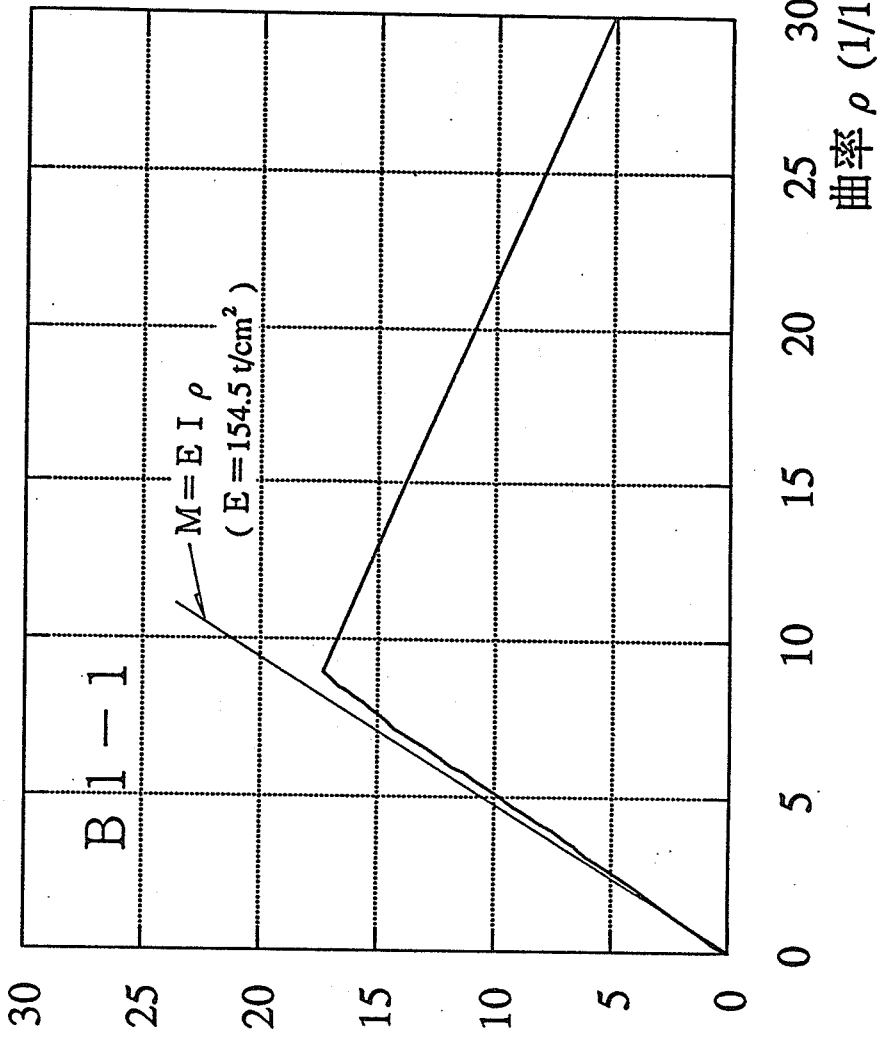


図8-93 曲げモーメント-曲率関係 (B1-1)

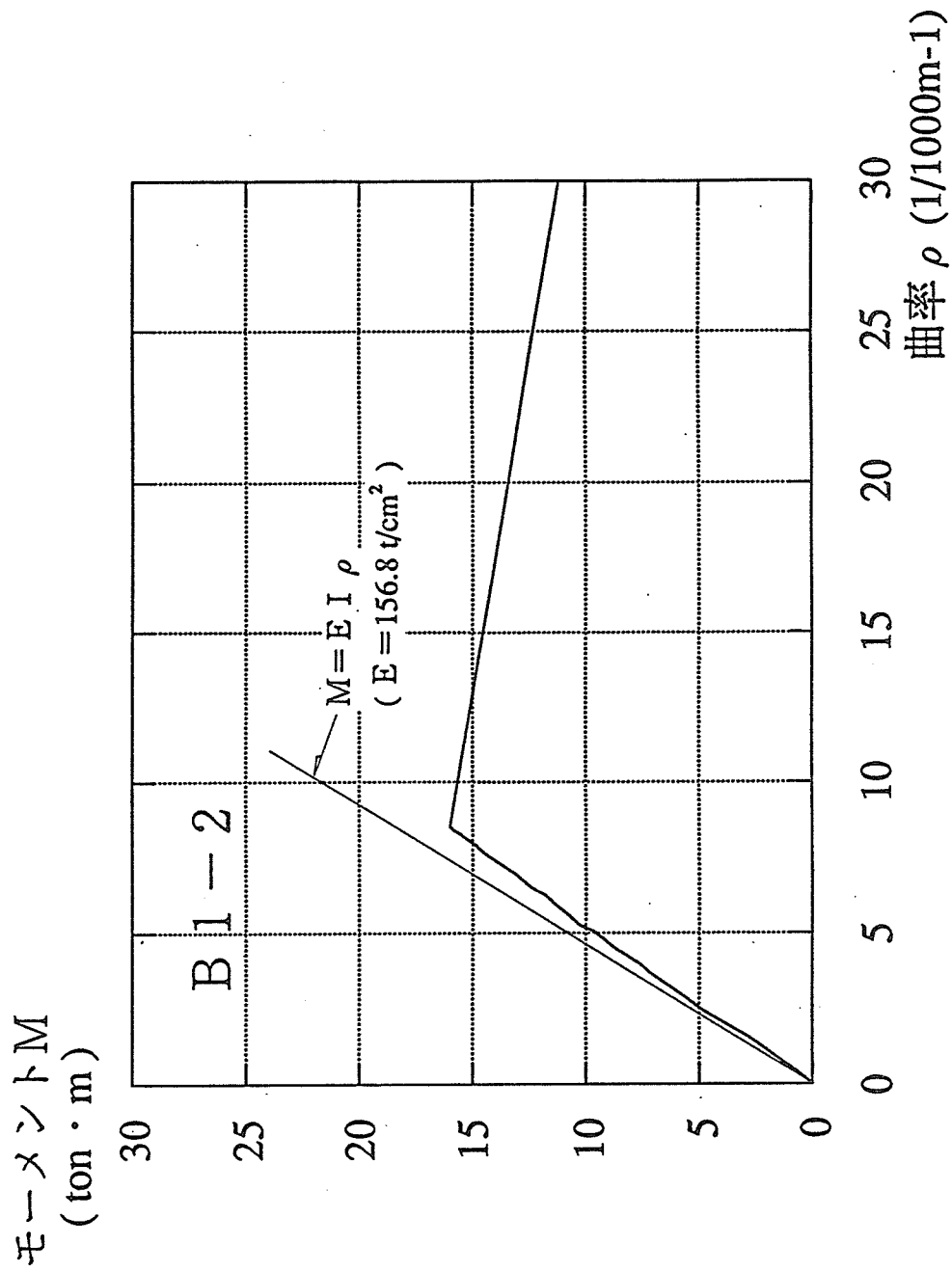


図 8-94 曲げモーメント-曲率関係 (B1-2)

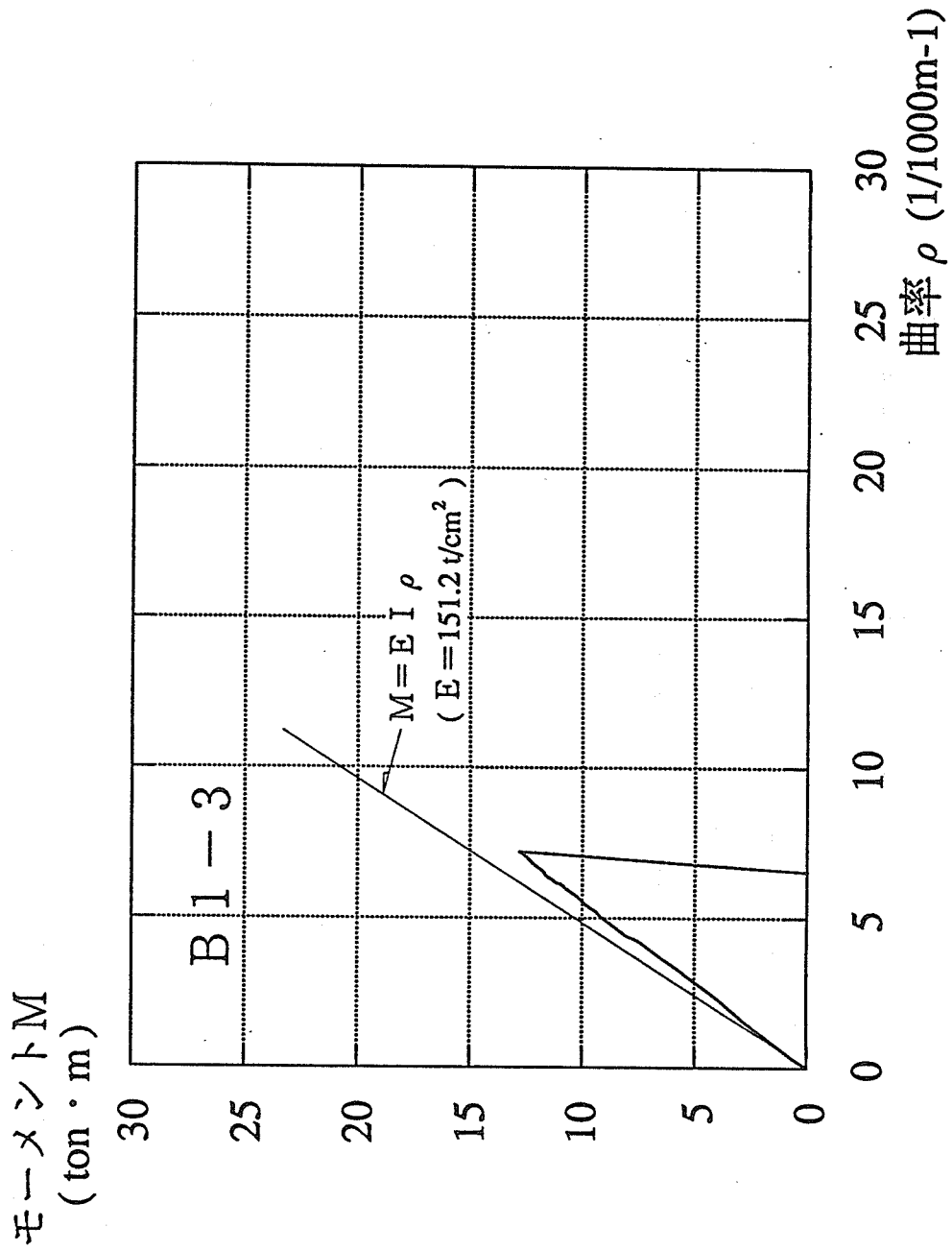


図8-95 曲げモーメント-曲率関係 (B1-3)

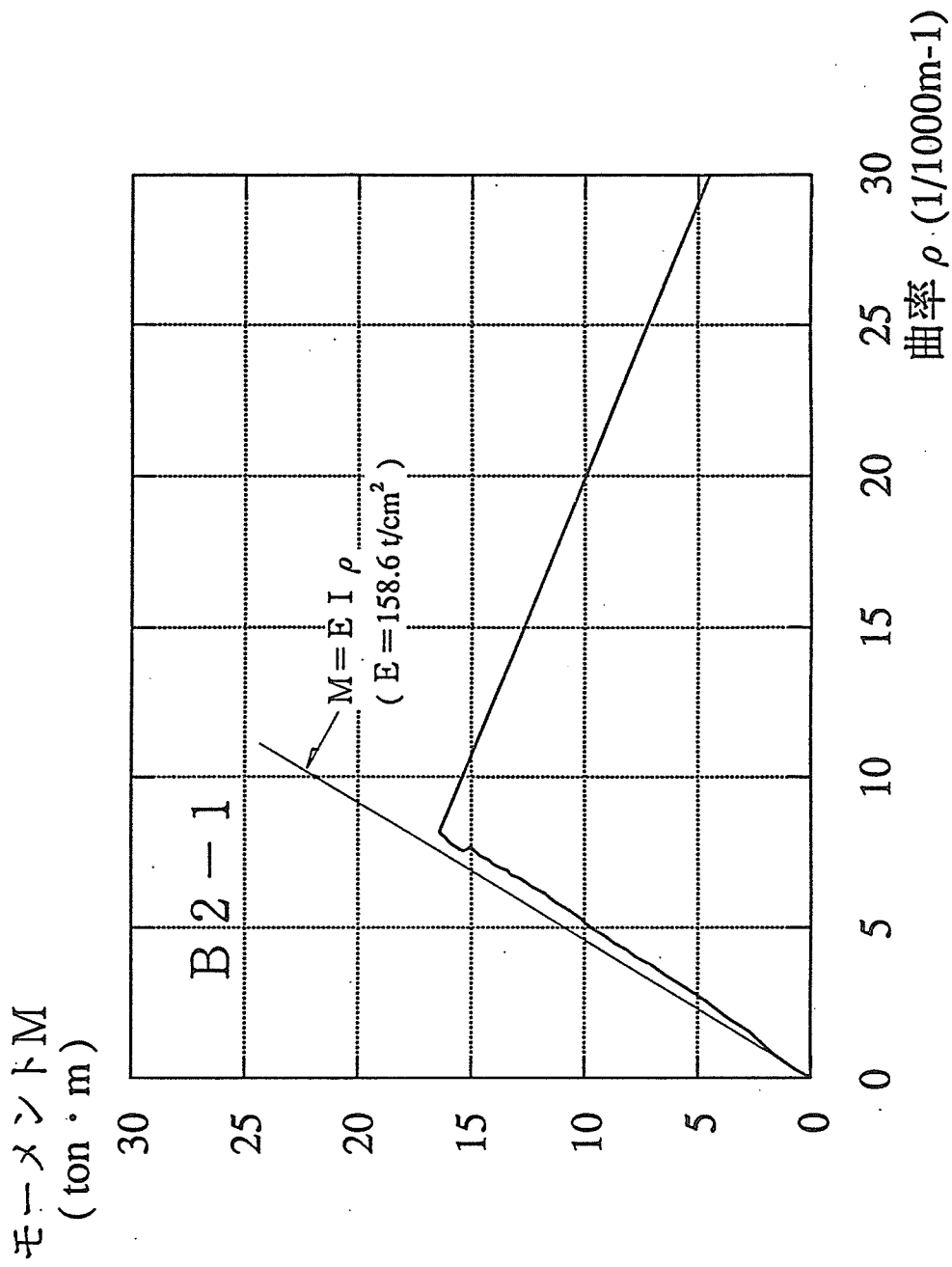


図 8-96 曲げモーメント-曲率関係 (B2-1)



モーメントM  
(ton · m)

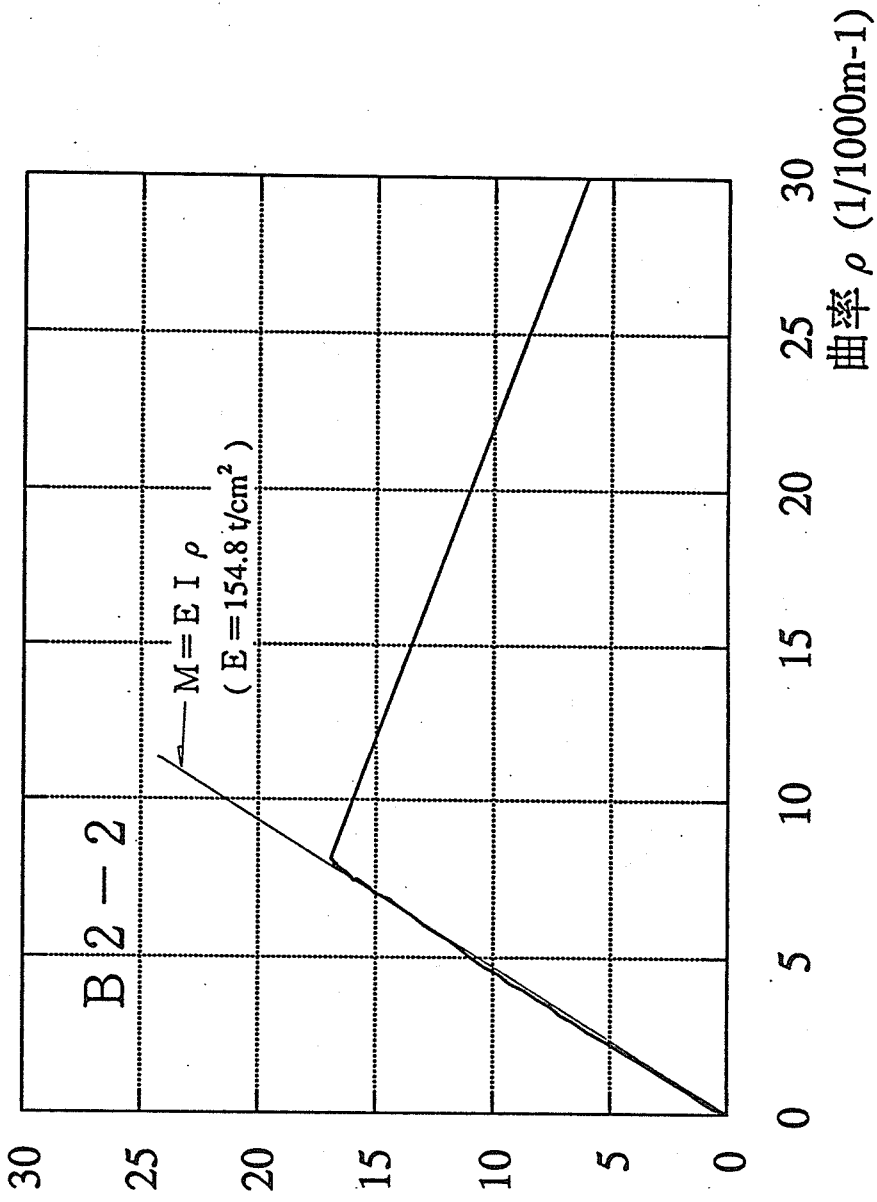


図8-97 曲げモーメント-曲率関係 (B2-2)

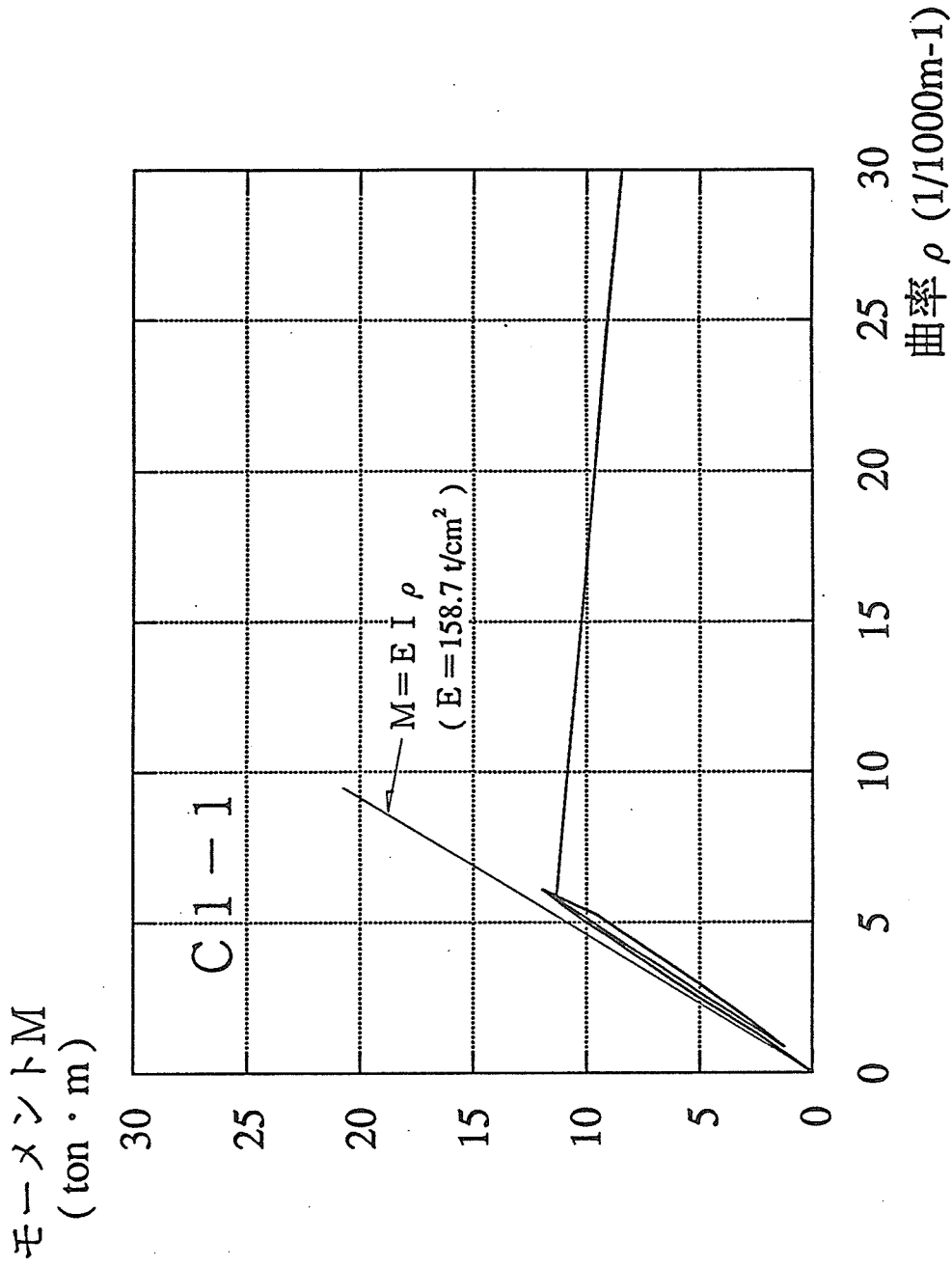


図 8-98 曲げモーメント-曲率関係 (C1-1)

モーメントM  
(ton · m)

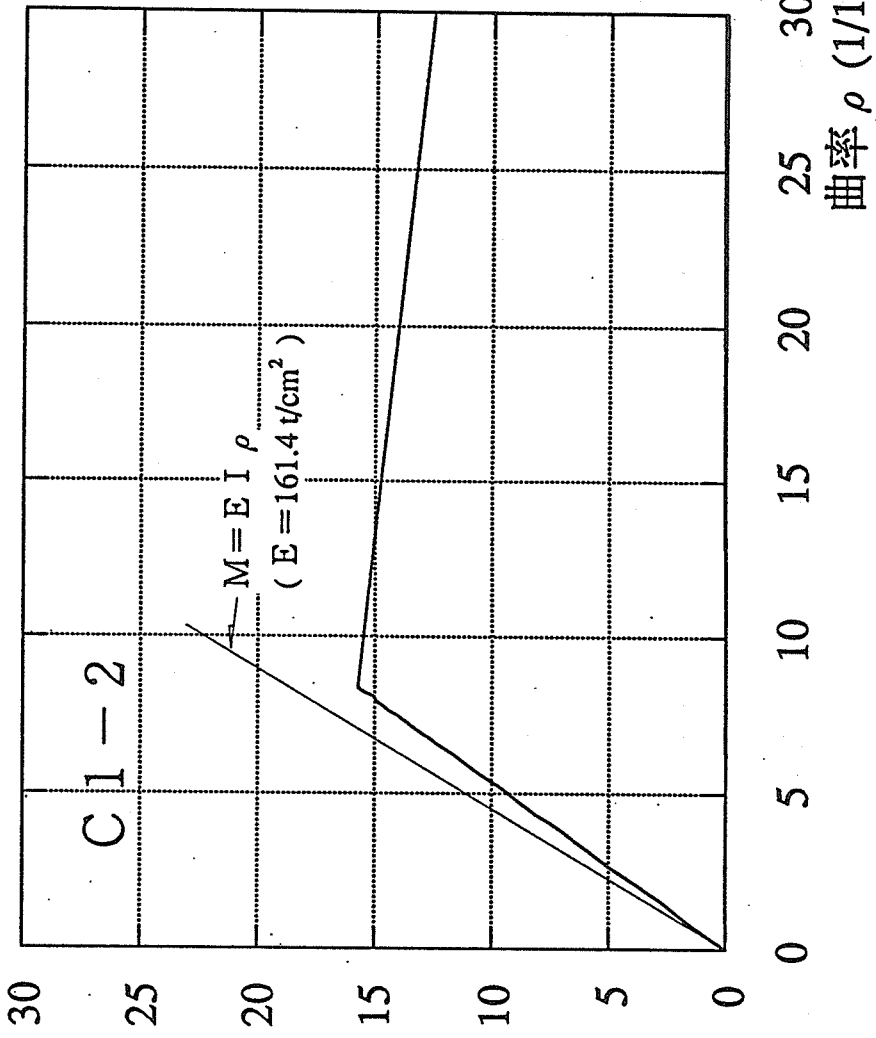


図 8-99 曲げモーメント-曲率関係 (C1-2)

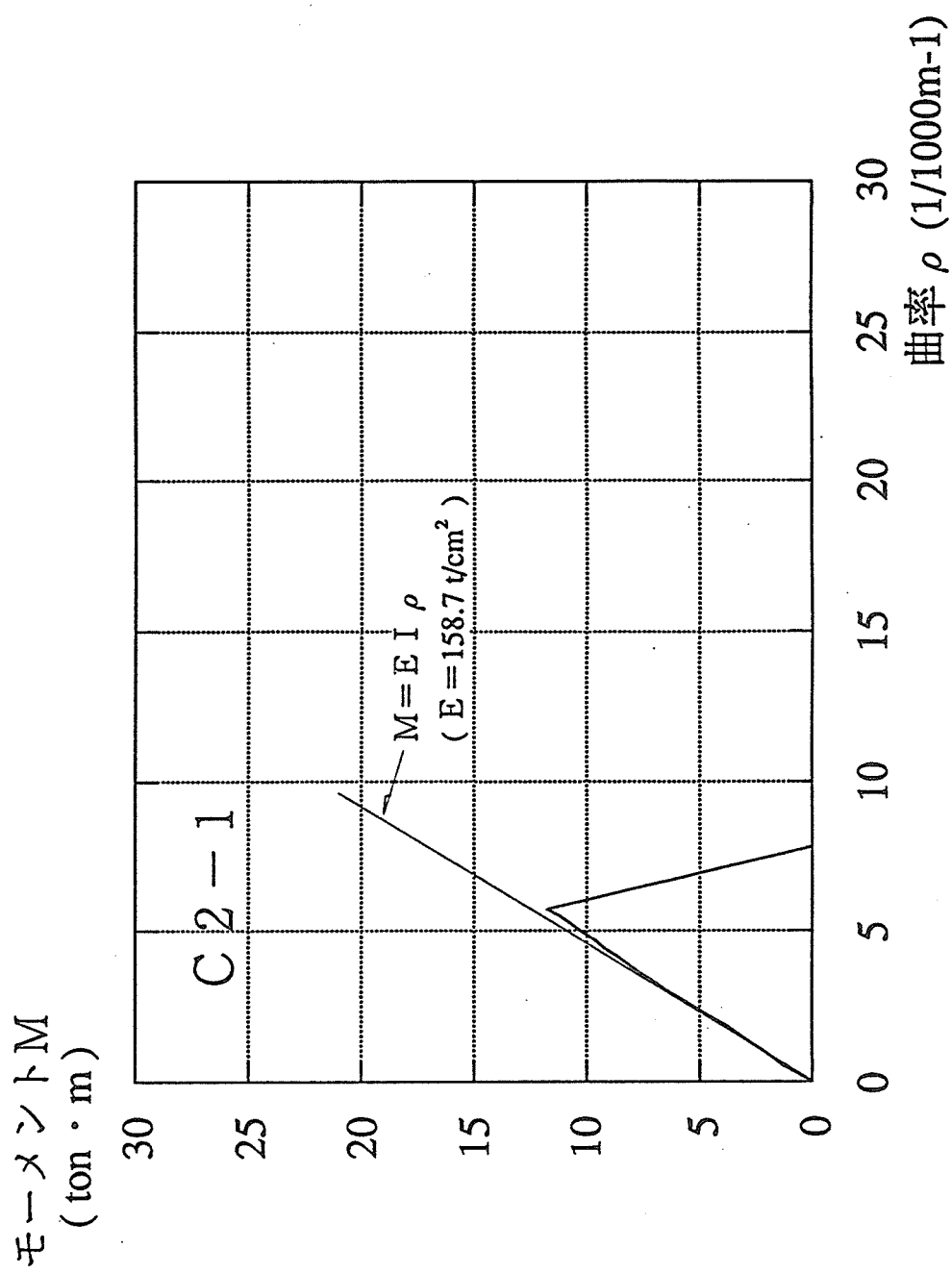


図 8 - 100 曲げモーメント—曲率関係 (C2-1)

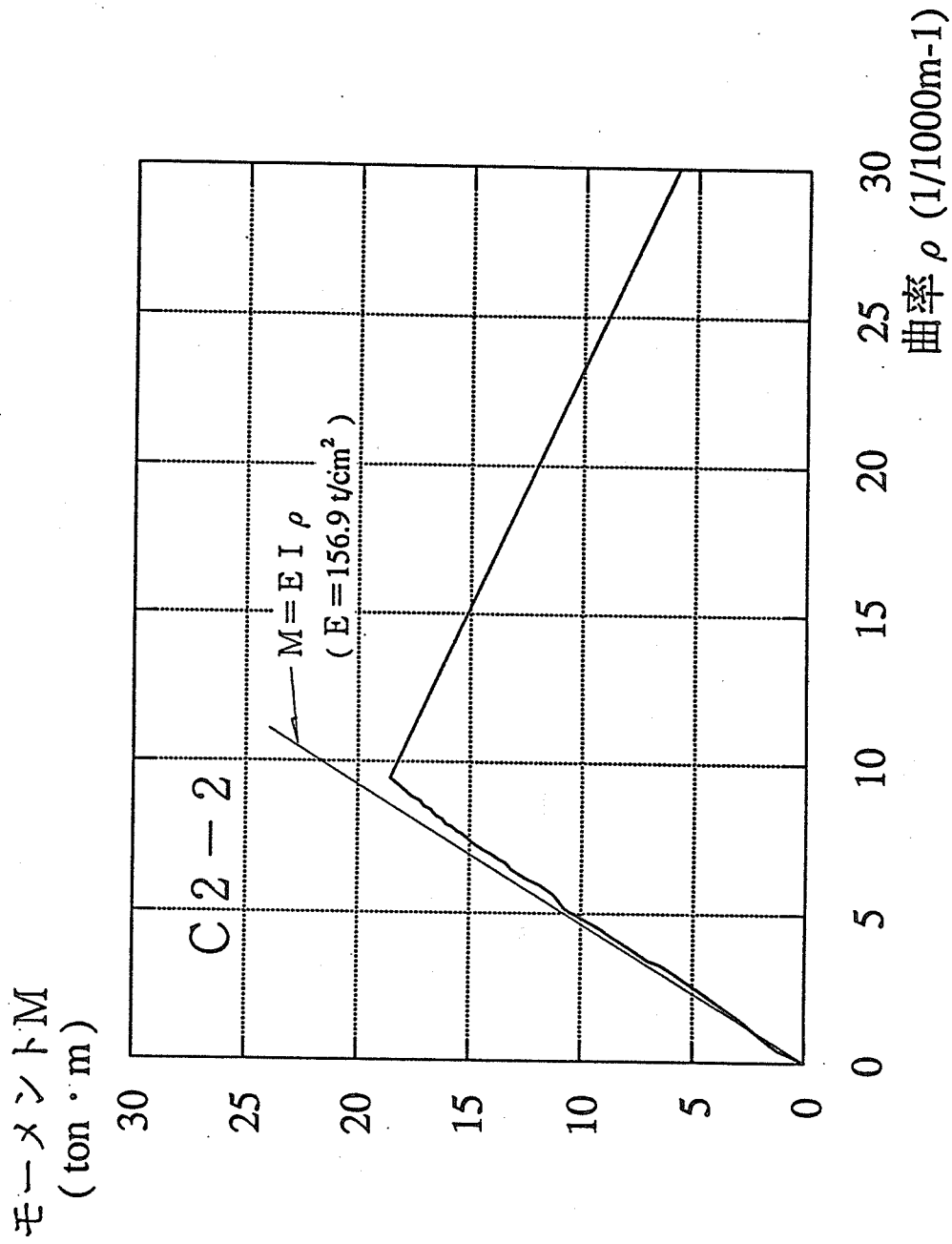


図 8 - 101 曲げモーメント—曲率関係 (C2-2)

モーメントM  
(ton · m)

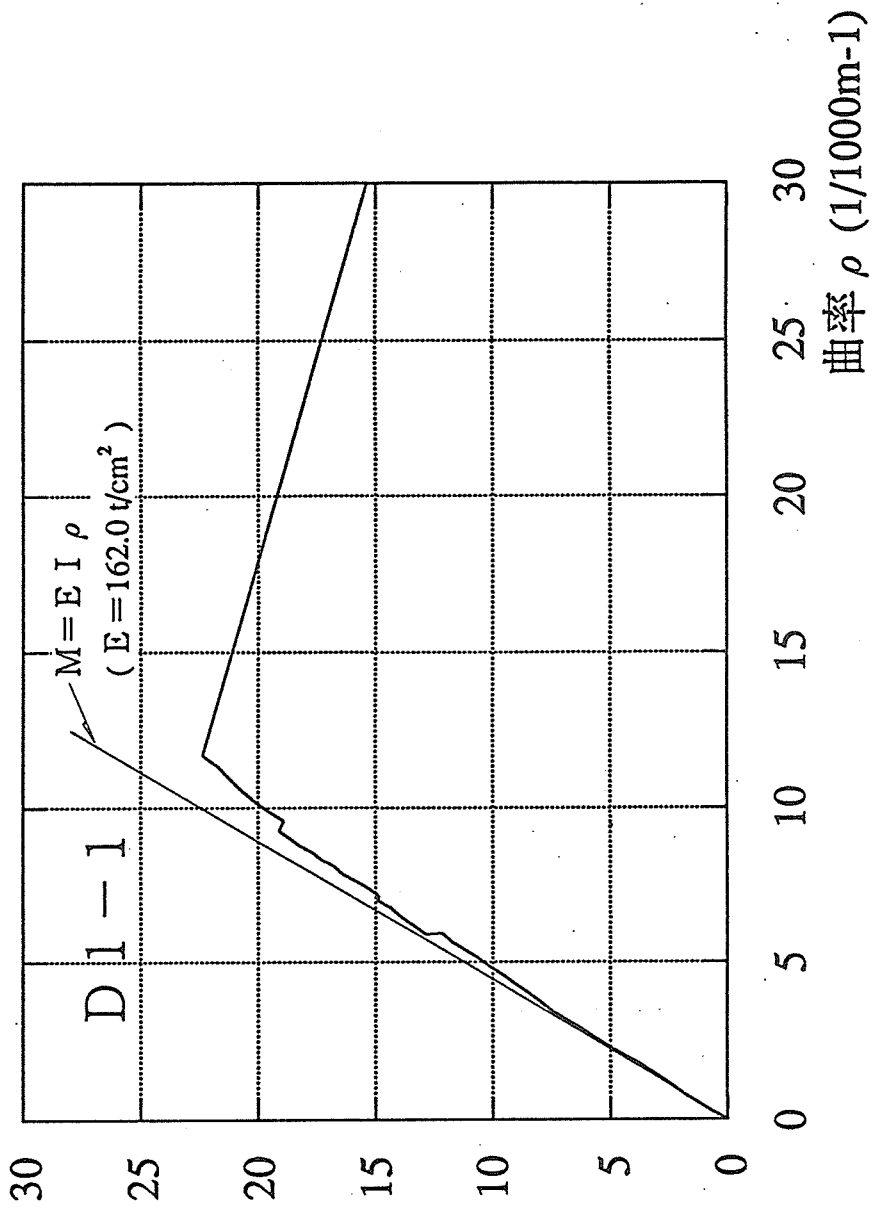


図 8 - 102 曲げモーメント - 曲率関係 (D 1 - 1)

モーメントM  
(ton · m)

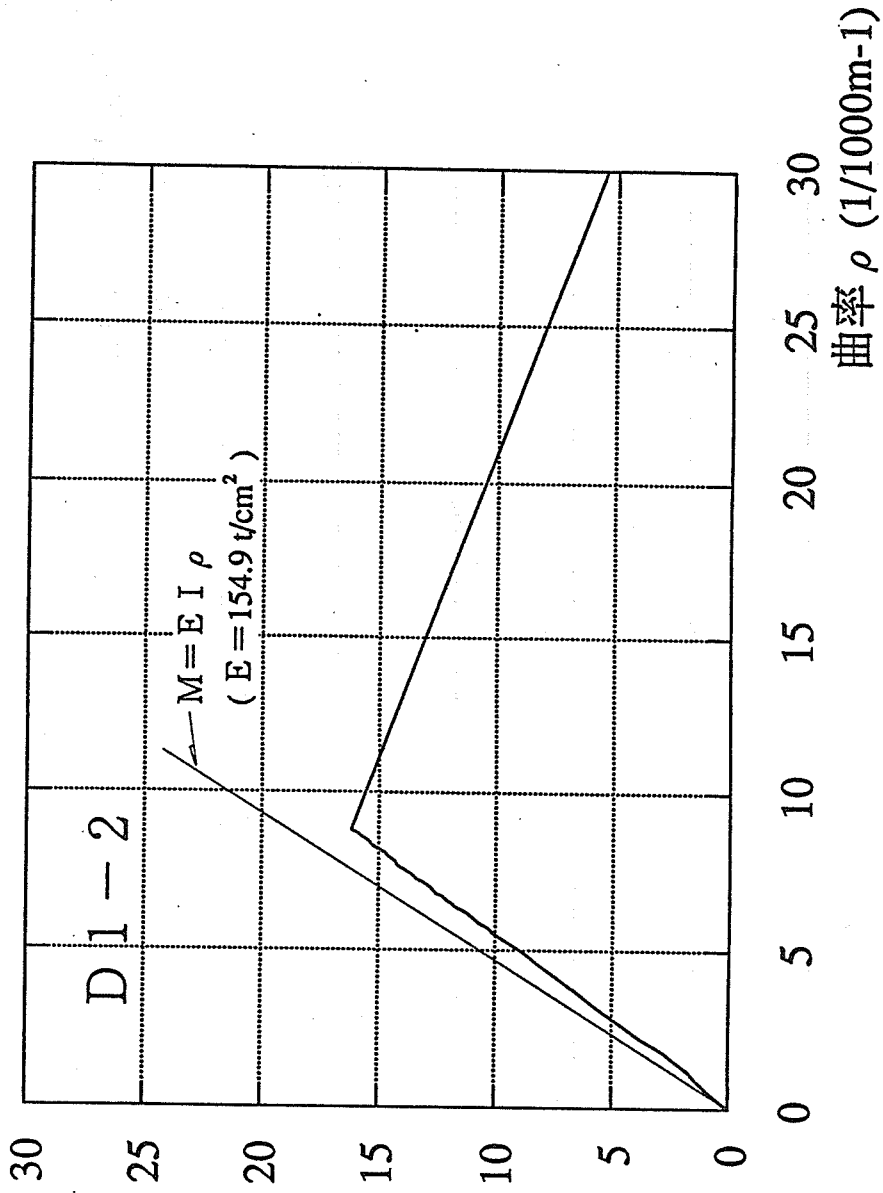


図 8 - 103 曲げモーメント - 曲率関係 (D 1 - 2)

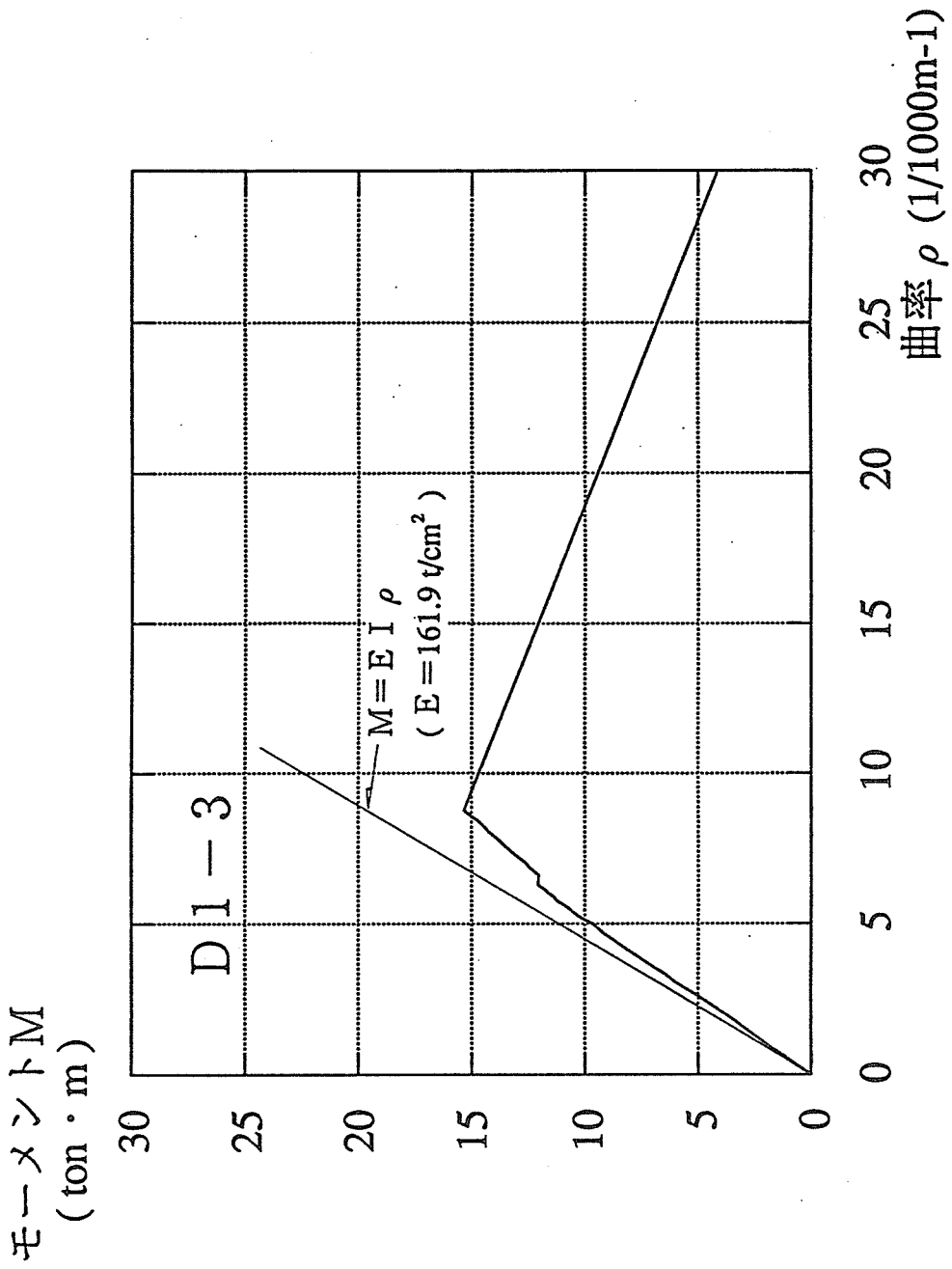


図8-104 曲げモーメント-曲率関係 (D1-3)



モーメントM  
(ton・m)

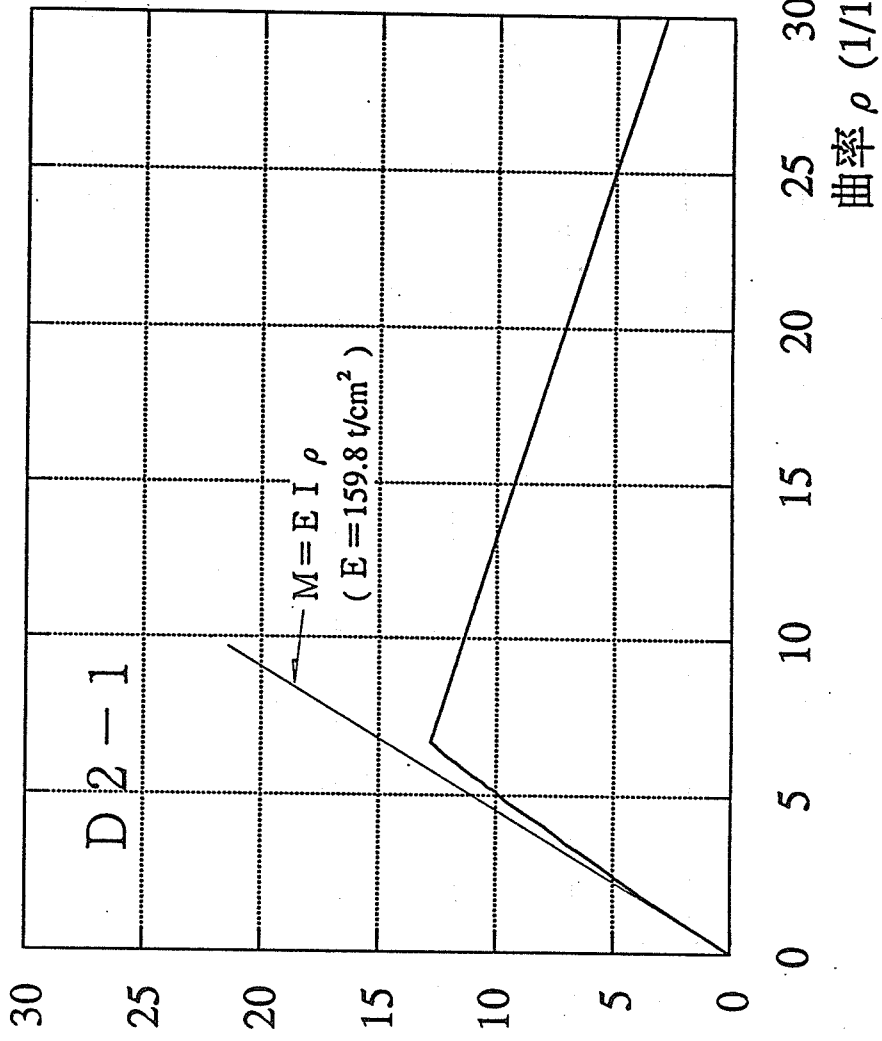


図 8 - 105 曲げモーメント-曲率関係 (D 2 - 1)

モーメントM  
(ton · m)

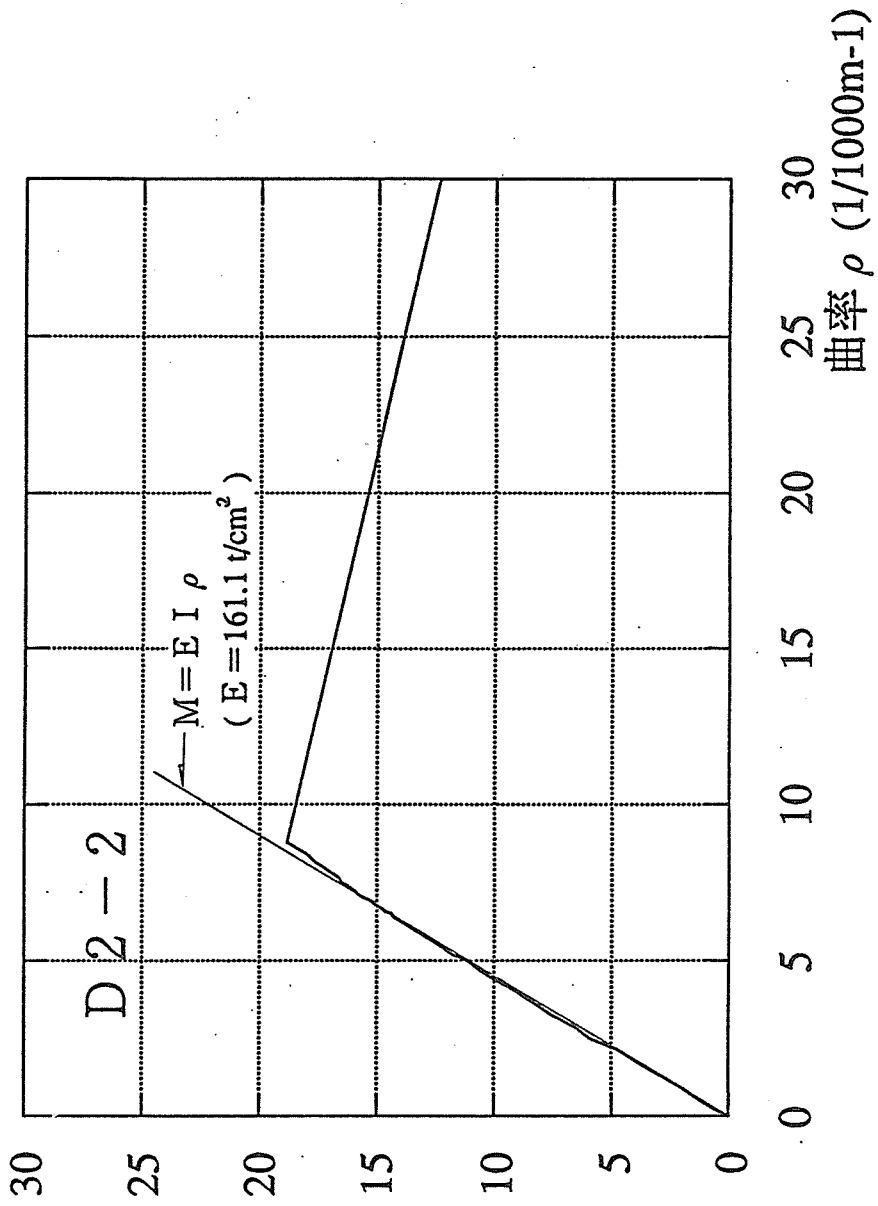


図 8 - 106 曲げモーメント - 曲率関係 (D 2 - 2)

モーメントM  
(ton · m)

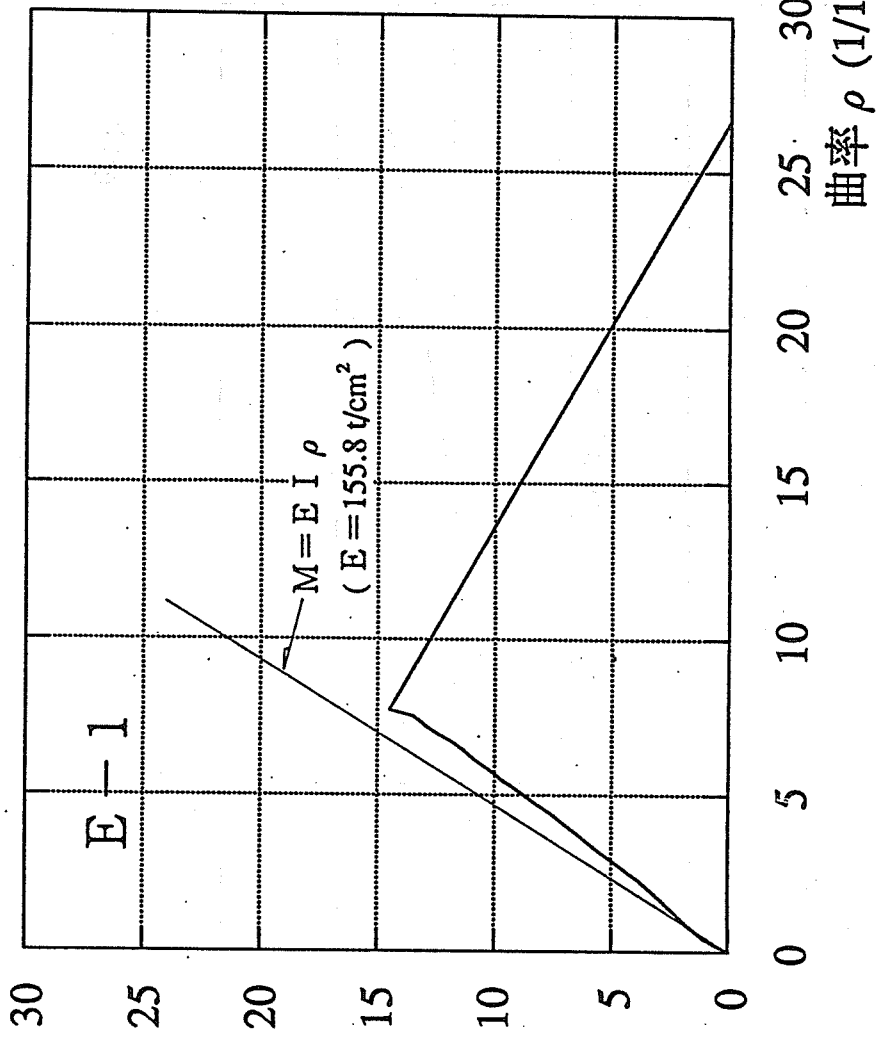


図 8-107 曲げモーメント-曲率関係 (E-1)

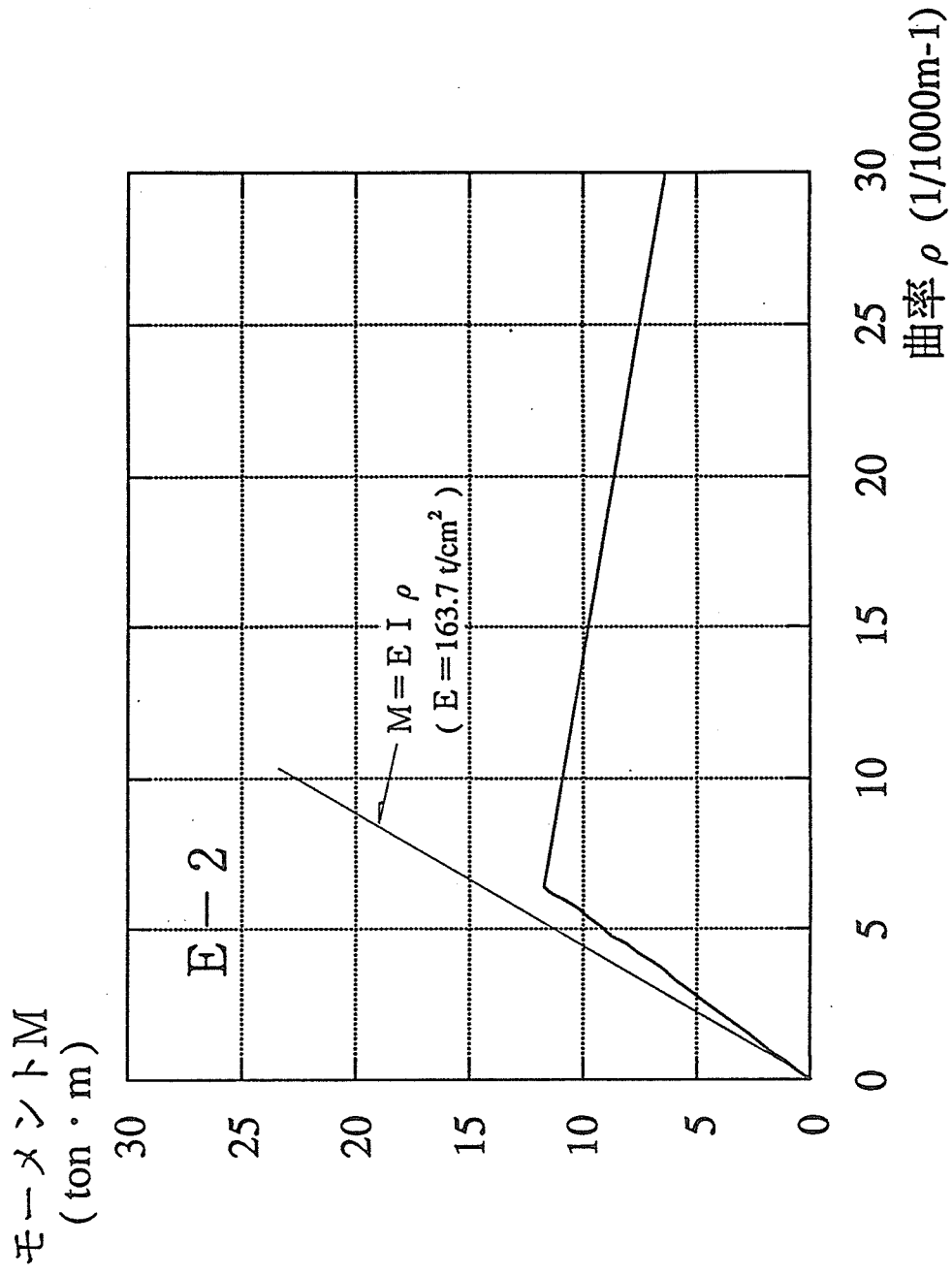


図 8-108 曲げモーメント-曲率関係 (E-2)

モーメントM  
(ton · m)

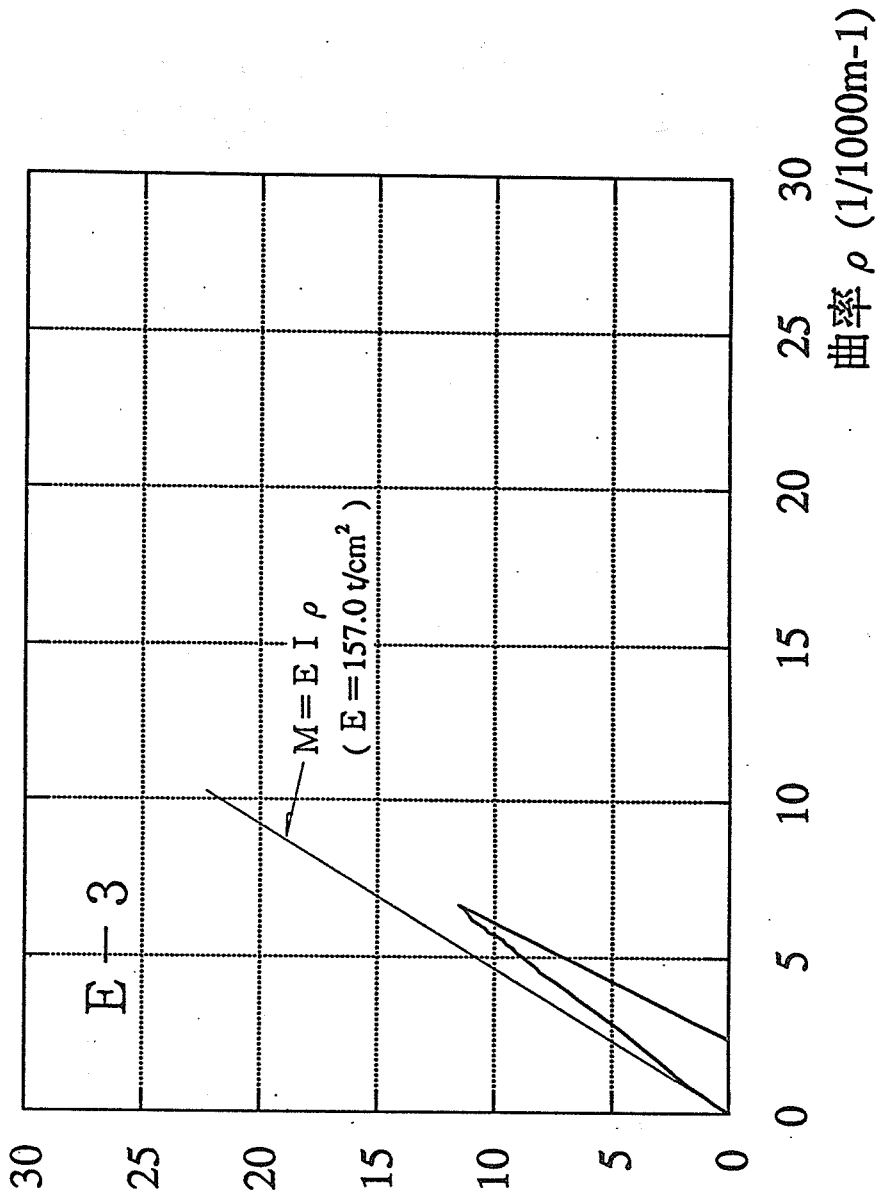


図 8 - 109 曲げモーメント - 曲率関係 (E - 3)

#### 4-5. 最大荷重時のひずみ分布

BFJ継手部の曲げ変形性状をひずみ分布により調べるため、継手部近傍に貼付したひずみゲージ（試験体片側に5枚貼付）により測定した最大荷重時のひずみ値を示す。

図8-110～図8-129に各試験体の最大荷重時曲げひずみ分布を示す。図中にはそれぞれ、試験体を構成するラミナのヤング係数の平均値を用いて求めた計算値を示した。

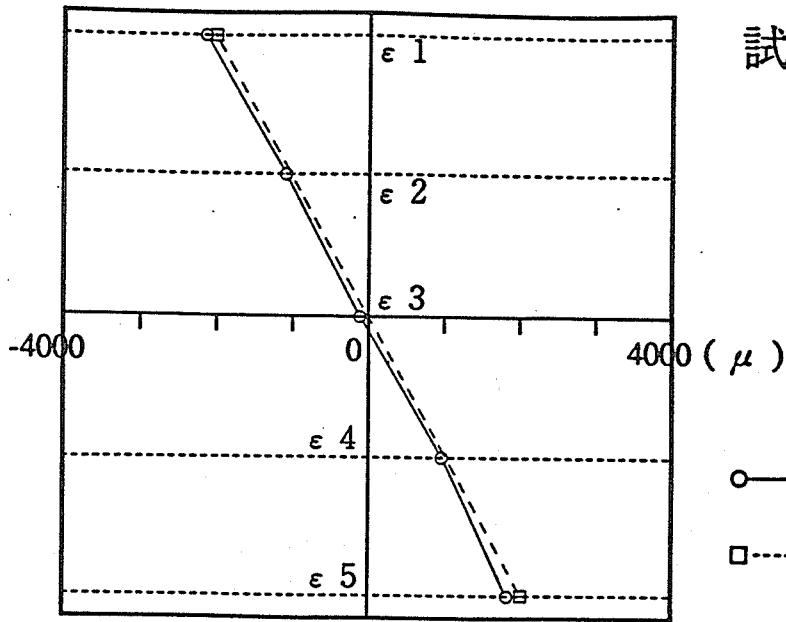


図 8 - 110 曲げひずみ分布 (A - 1)

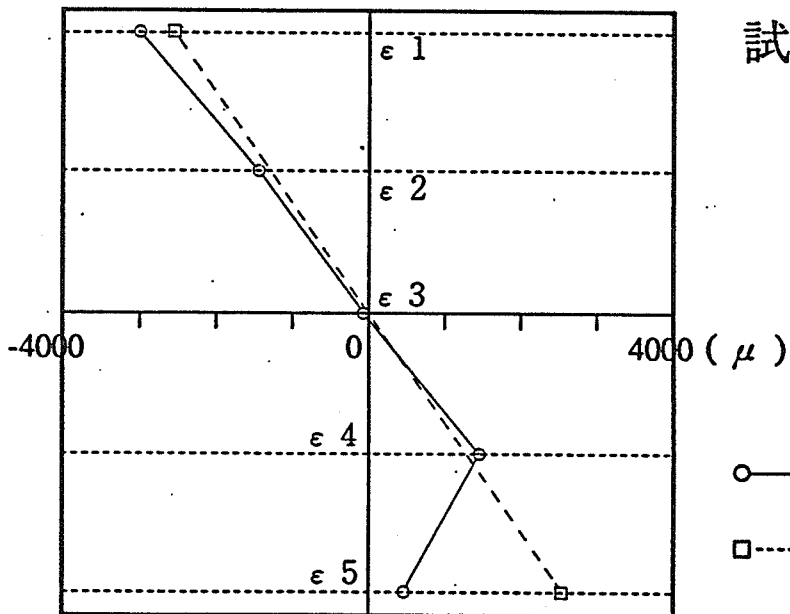
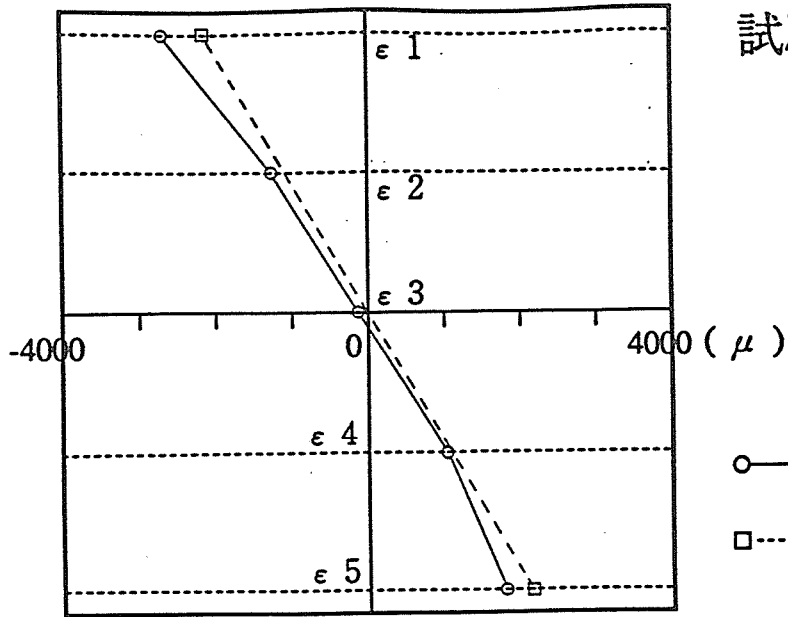


図 8 - 111 曲げひずみ分布 (A - 2)



試験体：A-3

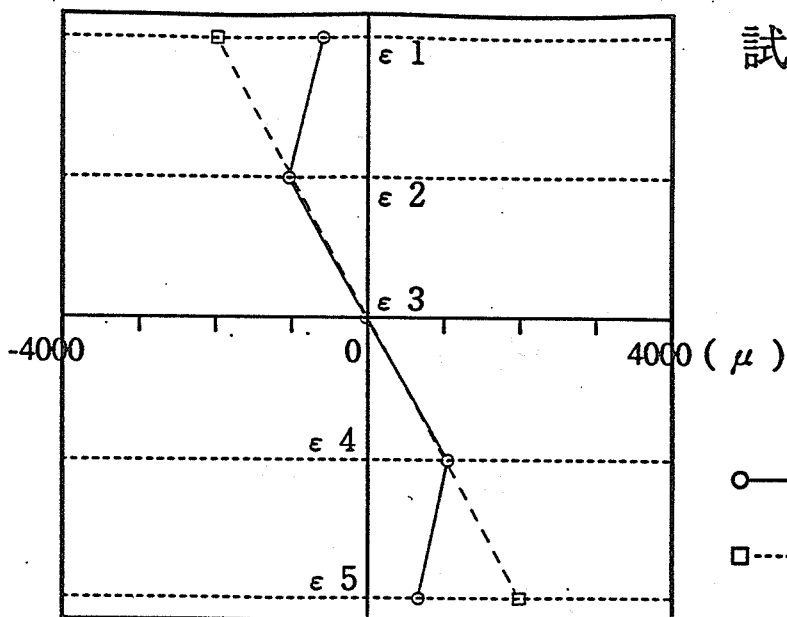
(P = 18.8 ton 時)

○—○：実験結果

□-----□：E = 163.4 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 112 曲げひずみ分布 (A - 3)





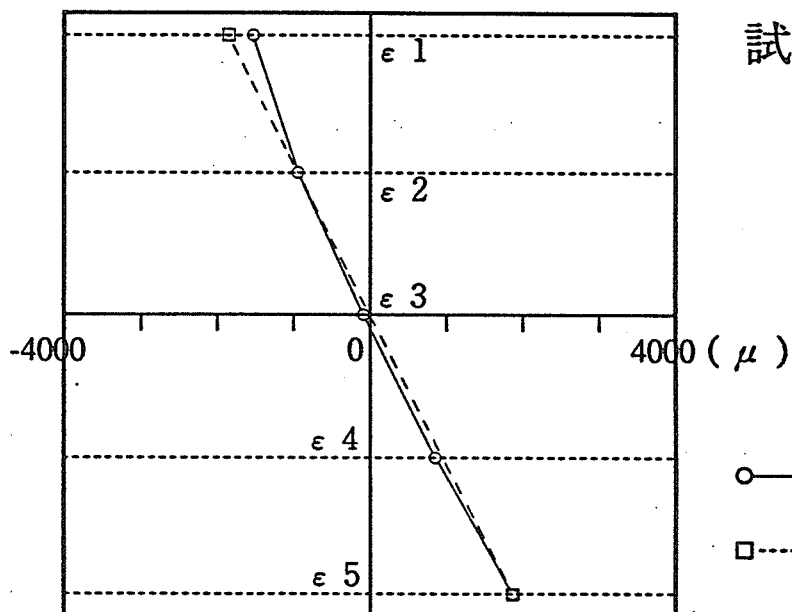
試験体：B 1 - 1

( P = 16.5 ton 時 )

○—○ : 実験結果

□-----□ : E = 154.5 ton/cm<sup>2</sup>とした時の計算値

図 8 - 113 曲げひずみ分布 ( B 1 - 1 )



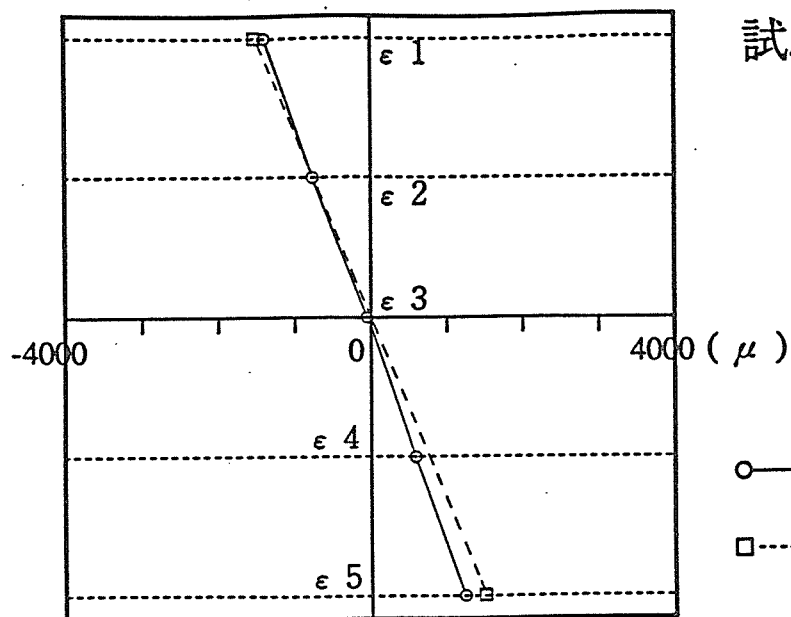
試験体：B 1 - 2

( P = 15.4 ton 時 )

○—○ : 実験結果

□-----□ : E = 156.8 ton/cm<sup>2</sup>とした時の計算値

図 8 - 114 曲げひずみ分布 ( B 1 - 2 )



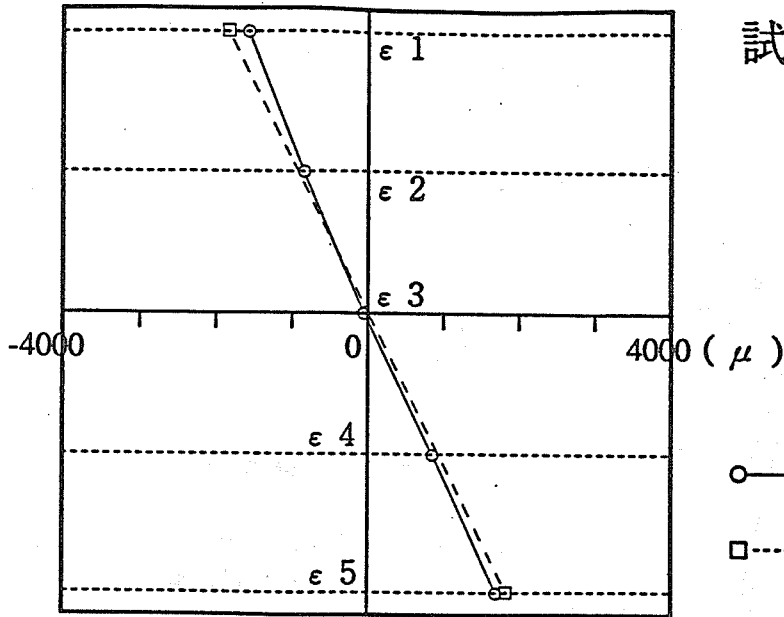
試験体：B 1 - 3

( P = 12.2 ton 時 )

○—○ : 実験結果

□-----□ : E = 151.2 ton/cm<sup>2</sup> とした  
時の計算値

図 8 - 115 曲げひずみ分布 ( B 1 - 3 )



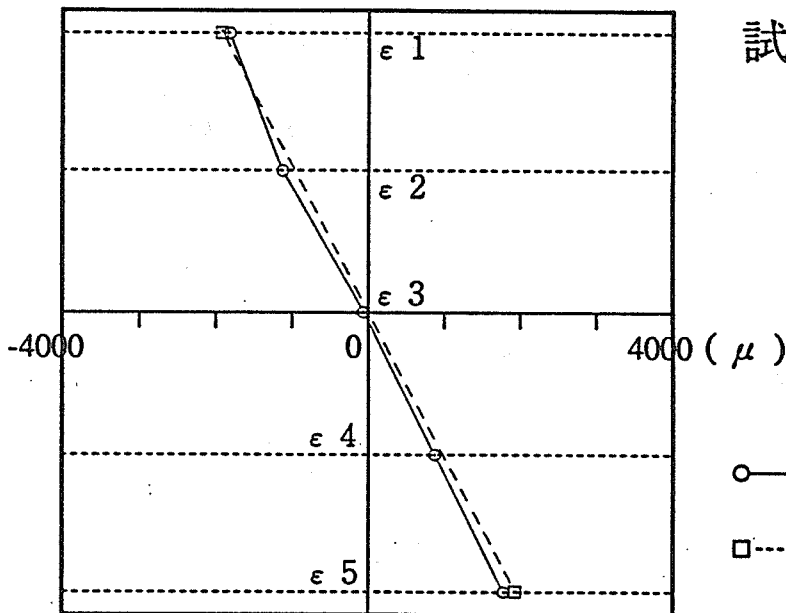
試験体：B 2 - 1

( P = 15.5 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 158.6 ton/cm<sup>2</sup>とした時の計算値

図 8 - 116 曲げひずみ分布 ( B 2 - 1 )



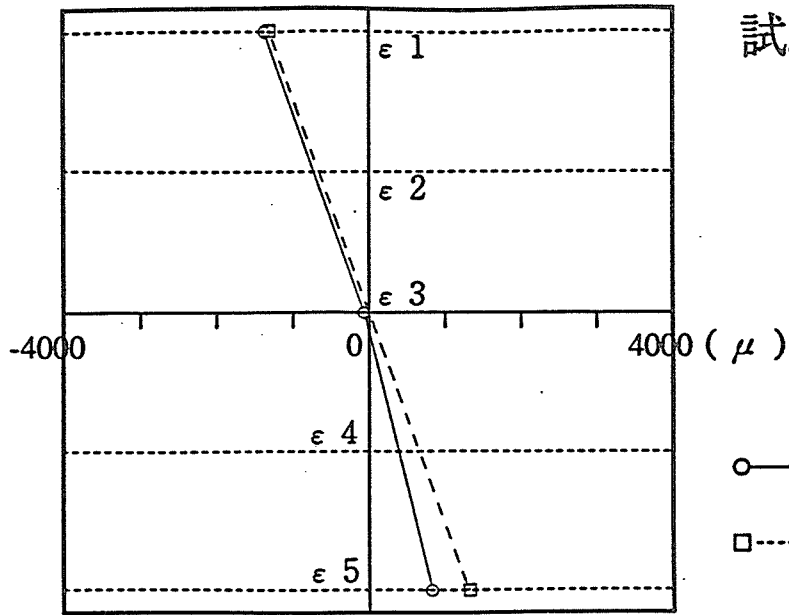
試験体：B 2 - 2

( P = 15.9 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 154.8 ton/cm<sup>2</sup>とした時の計算値

図 8 - 117 曲げひずみ分布 ( B 2 - 2 )



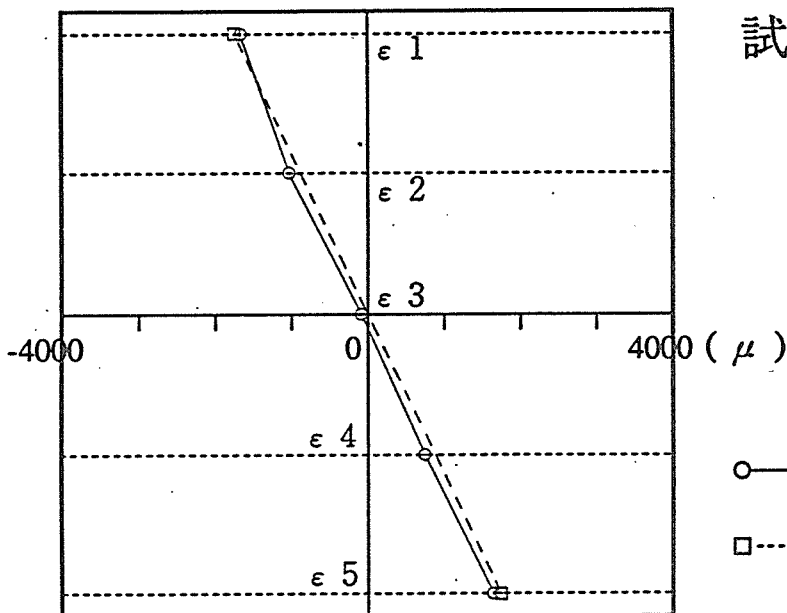
試験体：C 1 - 1

( P = 11.1 ton 時 )

○—○ : 実験結果

□-----□ : E = 158.7 ton/cm<sup>2</sup> とした  
時の計算値

図 8 - 118 曲げひずみ分布 ( C 1 - 1 )



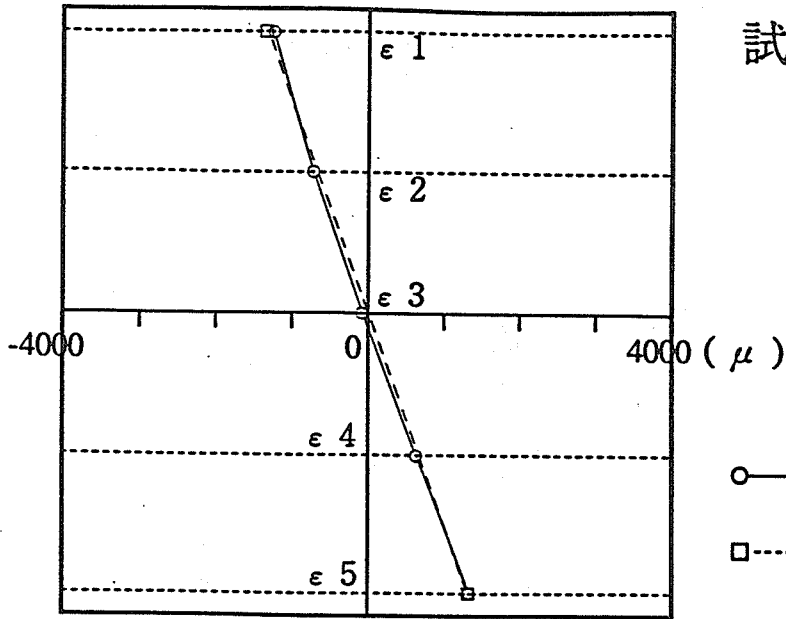
試験体：C 1 - 2

( P = 14.9 ton 時 )

○—○ : 実験結果

□-----□ : E = 161.4 ton/cm<sup>2</sup> とした  
時の計算値

図 8 - 119 曲げひずみ分布 ( C 1 - 2 )



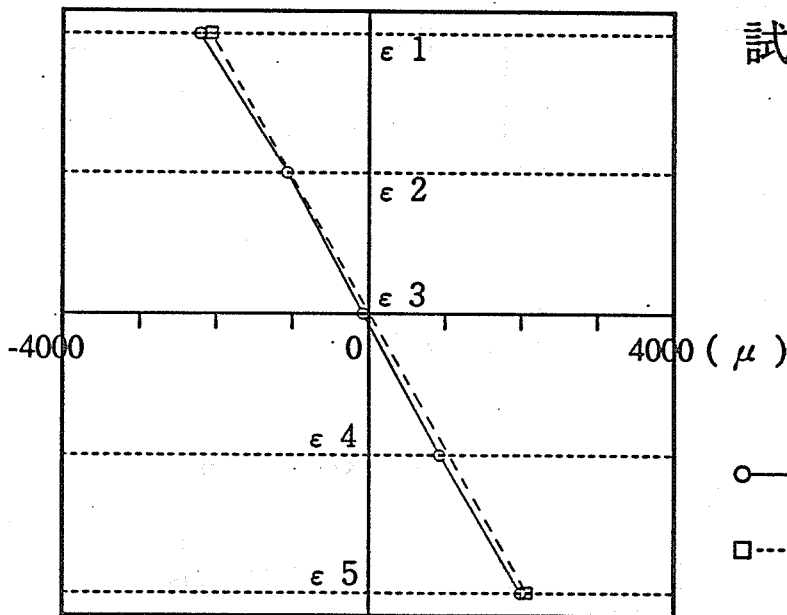
試験体：C 2 - 1

( P = 11.3 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 158.7 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 120 曲げひずみ分布 ( C 2 - 1 )



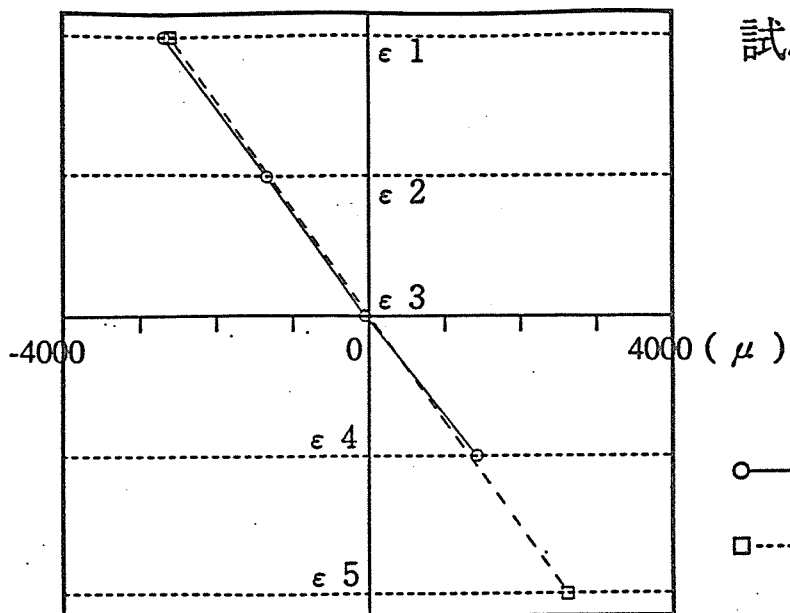
試験体：C 2 - 2

( P = 17.7 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 156.9 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 121 曲げひずみ分布 ( C 2 - 2 )



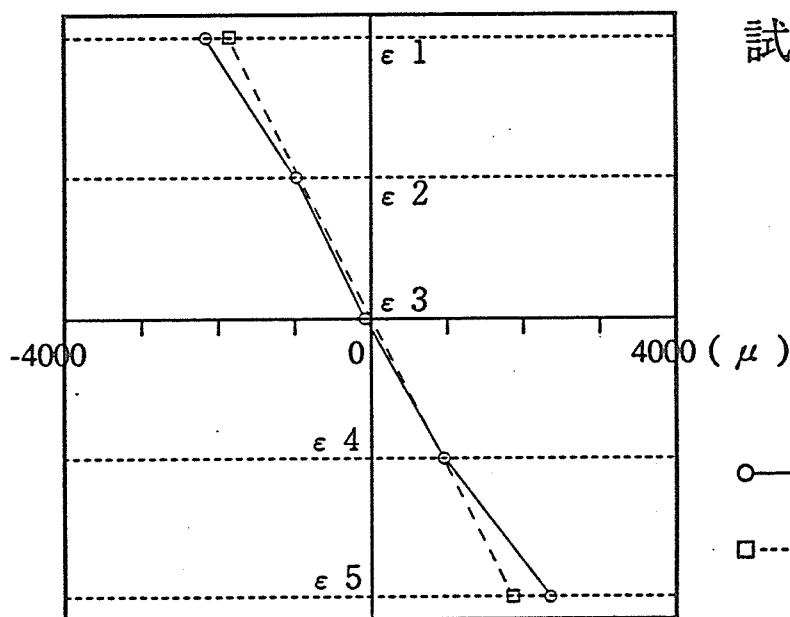
試験体：D 1 - 1

( P = 22.6 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 162.0 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 122 曲げひずみ分布 (D 1 - 1)



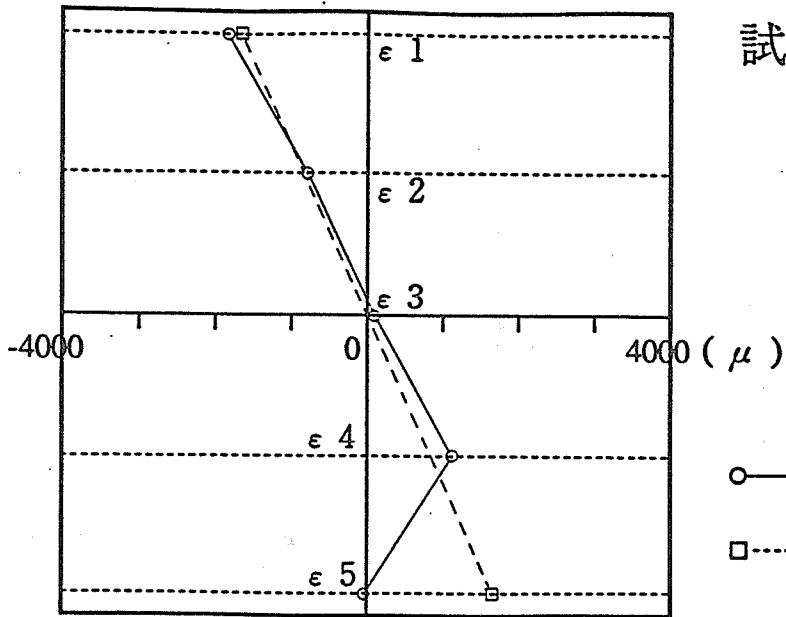
試験体：D 1 - 2

( P = 15.5 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 154.9 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 123 曲げひずみ分布 (D 1 - 2)



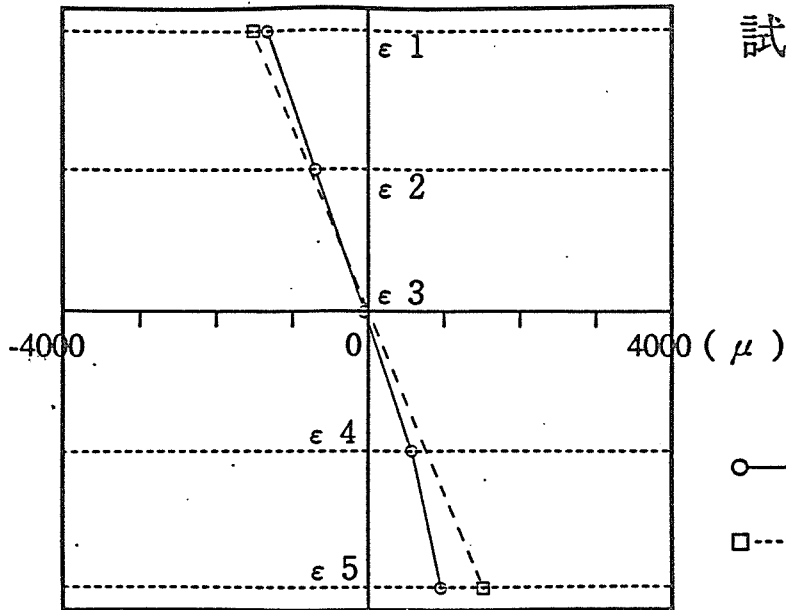
試験体：D 1 - 3

( P = 14.4 ton 時 )

○—○ : 実験結果

□-----□ : E = 161.9 ton/cm<sup>2</sup> とした  
時の計算値

図 8 - 124 曲げひずみ分布 ( D 1 - 3 )



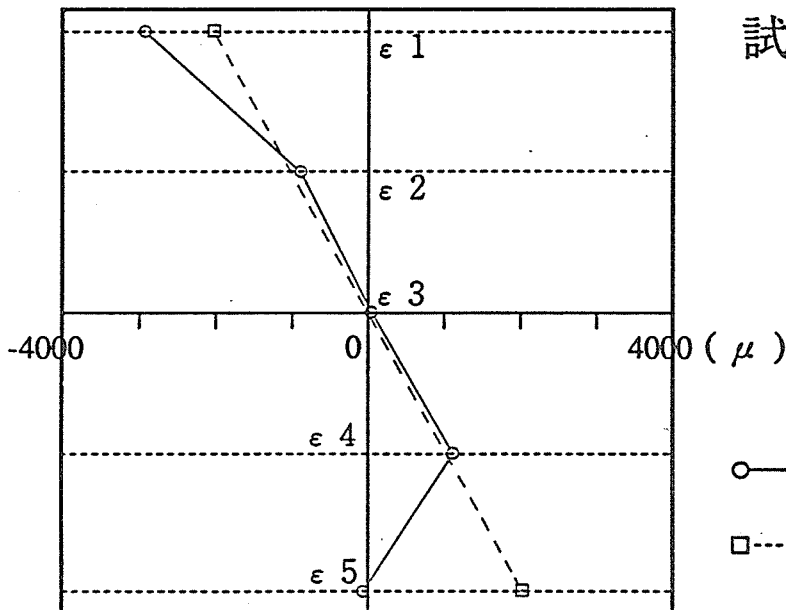
試験体：D 2 - 1

( P = 12.9 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 159.8 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 125 曲げひずみ分布 (D 2 - 1)



試験体：D 2 - 2

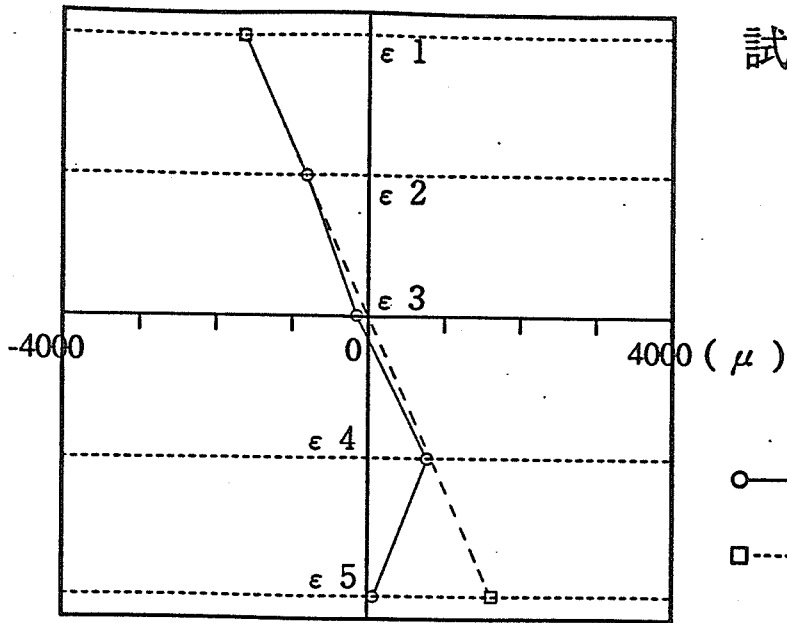
( P = 17.5 ton 時 )

○—○：実験結果

□-----□：E = 161.1 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 126 曲げひずみ分布 (D 2 - 2)





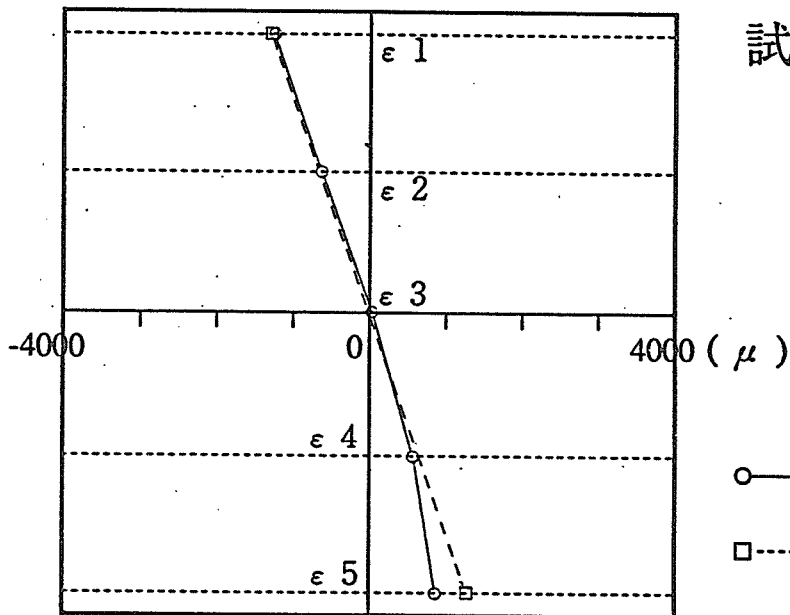
試験体：E-1

(P = 13.5 ton 時)

○—○：実験結果

□-----□：E = 155.8 ton/cm<sup>2</sup>とした時の計算値

図 8 - 127 曲げひずみ分布 (E-1)



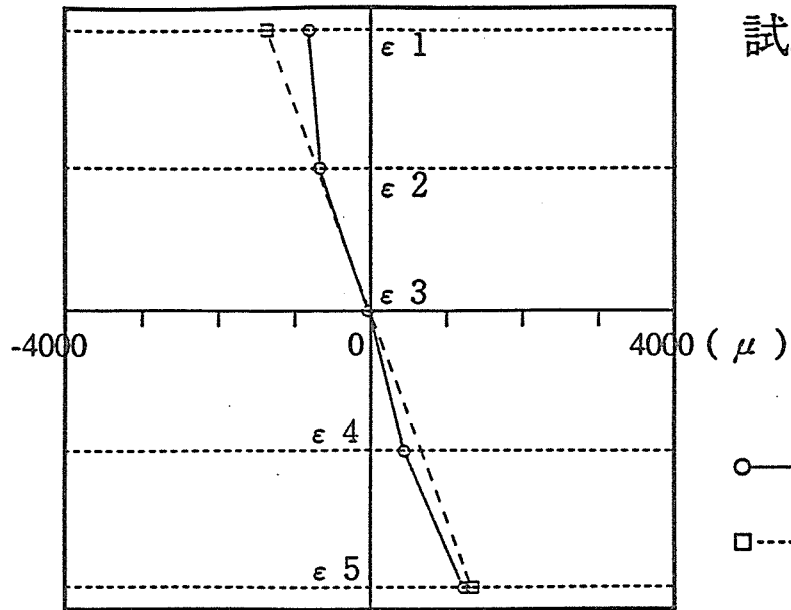
試験体：E-2

(P = 11.3 ton 時)

○—○：実験結果

□-----□：E = 163.7 ton/cm<sup>2</sup>とした時の計算値

図 8 - 128 曲げひずみ分布 (E-2)



試験体：E-3

(P = 11.5 ton 時)

○—○：実験結果

□-----□：E = 157.0 ton/cm<sup>2</sup>とした  
時の計算値

図 8 - 129 曲げひずみ分布 (E - 3)

## 5. まとめ

昨年度の実験では、実大試験体を用いてBFJの曲げ耐力を調べ、ほぼ母材に近い曲げ耐力が得られることを確認した。本研究では、昨年に関続き実施した全数20に及ぶ曲げ破壊実験の結果をもとに、BFJの強度評価手法の策定を試みた。

本研究では、BFJの曲げ耐力は集成材引張破壊等の母材部分の破断により決まる $P_{om}$ と、接着面剥離等の接着部分の破断により決まる $P_{oj}$ のうち、小さい方の値で与えられるとした。ここで $P_{om}$ は、木構造計算規準によるベイマツの長期許容曲げ応力度の3倍を母材曲げ強度として求めた曲げ耐力に寸法調整係数(本研究の試験体の場合、0.94)を乗じた値であり、BFJののりだめ部分の断面欠損を考慮した断面係数を用いて算出した。一方、BFJ接着部耐力 $P_{oj}$ は、接着面傾斜角をパラメーターとしたベイマツ接着試験体を用いた引張接着強度実験<sup>1)</sup>の結果をもとに算出した値である。この実験では、レゾルシノール樹脂接着剤を用いた場合、接着面傾斜角の違いによらず引張方向の強度として単位接着面積あたり50kgfの強度下限値が得られ、しかもほぼ一定であることが確認されている。 $P_{oj}$ 算出の際、施工方法の違いや、母材の節や割れなどの欠点により生じると予想される接着部強度低下を20%見込み、強度低減率として0.8を強度に乘じることとした。

試験体の破壊状況はいずれの試験体もほぼ同様で、引張側の接着面が破断して破壊に至っており、帯鋸を用いたため加工精度の劣る最もBFJ形状の大きな試験体を除き、曲げ耐力は計算値にほぼ近い値(対計算値比で0.92~1.08)となることがわかった。

以上、本研究により、BFJ製作の際、丸鋸を使用するなど加工精度をある程度確保できれば、本研究で試みた評価手法によりBFJの強度算定が可能であることが確認された。

# 第9編 ビッグフィンガージョイントを有する集成梁の曲げ耐力

－ラミナの引張強度に基づいた試算－

## 1. はじめに

フィンガージョイントを大型化した接合をBig Finger Joint (BFJ)と仮称する。現場接着委員会の最終目的は、このBFJによって大断面の構造用集成材を現場で接着し、強度的性能の安定した審美性の高い継手を実現することにある。

これまでの経験から、BFJは比較的厚みのある丸鋸で加工される場合が多い。このため、BFJの先端には鋸の厚みに起因する公称5mm幅(厚)のバットジョイント(以下BJと記す)が規則的に出現し、これが応力集中源となって集成材の曲げ耐力を低減させる懸念がある。従って、BFJで現場接合された大断面集成材の曲げ許容耐力は、この耐力低減を定量的に考慮に入れた算定式によって評価する必要がある。

大断面集成材の曲げ耐力は、ラミナの引張強度および曲げ強度とその断面内配置から力学計算によって推定し得るものであるが、たとえラミナにBJのような欠点が含まれていても、欠点を含むラミナの引張強度分布がそれなりに実験的に十分把握されておれば、同様に大断面集成材の曲げ耐力の推定は可能であると考えられる。

そこで本節では、BFJで接着された大断面集成材から積層接着層に沿って再度ラミナを切り出し、引張強度試験を行ってBJを含むラミナの強度を求め、BFJ接合によって大断面集成材を現場接着する場合のラミナの引張許容応力度を、BJによる耐力低減を考慮に入れた形で誘導した。最終的にBJを含むラミナから構成される大断面集成梁の許容曲げ耐力を計算する手順を示し、既往の実大BFJ継手試験の結果との比較を通じて計算法の妥当性を検証した。

## 2. BFJラミナの引張試験

### 2.1 短尺集成材の製造

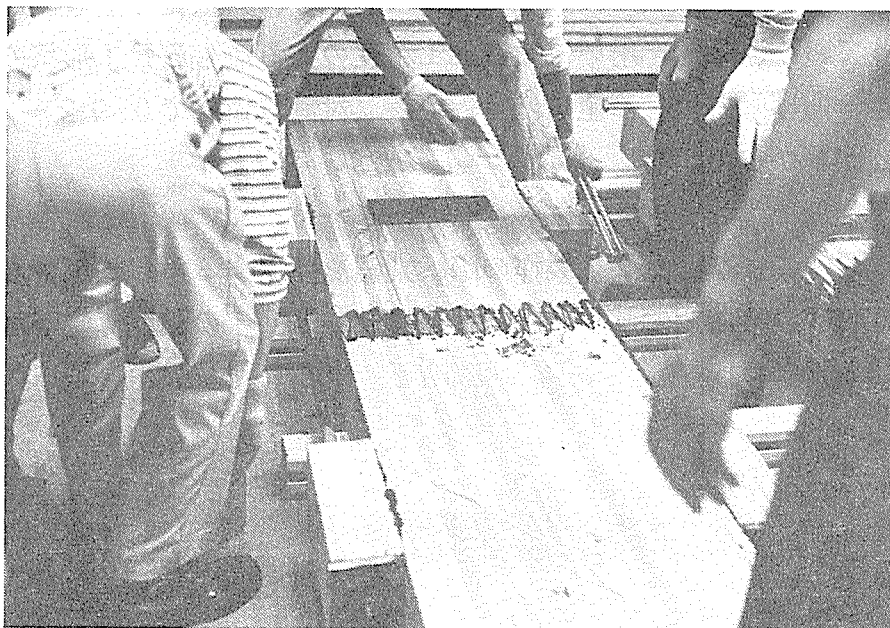


写真1 ボルト締め仕様による現場接着の様子

表1に示す7種類の仕様で、ベイマツ集成材（JAS1級）をBFJによって現場接着し全長2mの短尺集成材を制作した。写真1はボルト締め仕様による現場接着の様子を示す。

表1 BFJで接着された短尺集成材の仕様

試験体 呼称	FJピッチ P(mm)	FJ長さ ℓ(mm)	圧縮方法	FJ 加工法	個数	共通項目
B1	25	60	ジャッキ締め	丸鋸	1	フィンガー底部の幅(t)=5mm
B2	25	60	ボルト締め	丸鋸	1	(公称値)
C1	40	120	ジャッキ締め	丸鋸	2	スカーフ傾斜角(θ)=1:8
C2	40	120	ボルト締め	丸鋸	2	現場接着圧縮圧=10kgf/cm <sup>2</sup>
D1	60	200	ジャッキ締め	丸鋸	2	接着剤=レゾルシノール樹脂接着剤
D2	60	200	ボルト締め	丸鋸	2	
E	130	480	ジャッキ締め	帯鋸	2	

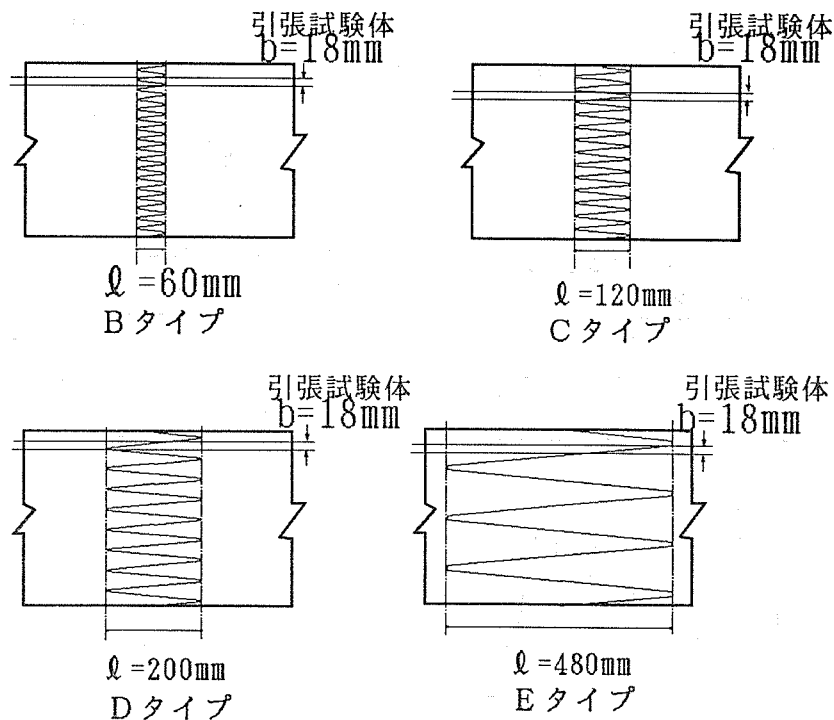
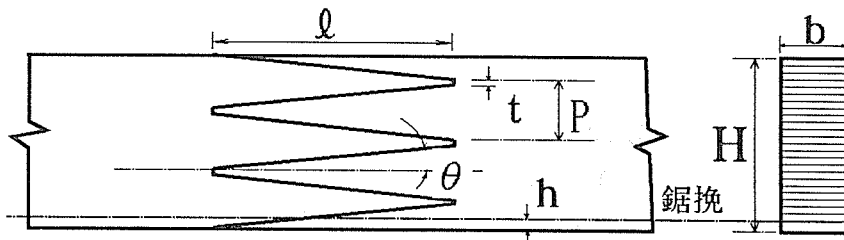


図1 4つの異なるBFJ仕様

## 2. 2 ラミナの引張試験

### 2. 2. 1 有効接着面積あたりの引張強度 $\sigma_{\kappa}$

図1に示すように、B、C、D、Eの4つの異なるBFJ仕様で接合された集成材（長さ2m、断面150mm x 480mm）から接着層に沿って元のラミナとほぼ同じ厚さの引張試験体（仕上がり厚さ=18mm）を採取した。すると、試験体の側面には図2に示す5種類のいずれかのBJのパターンが出現した。

引張試験の結果（引張強度）は、当然このBJの形状に左右される。一般的には、BJの先端（幅t）が一本の試験体中に沢山出現するほど引張強度は低下し、その影響を厳密に評価するにはさすが、破壊力学によって実験結果を解析すべきである。しかし、ここでは、実務設計を考慮して、このBJのパターンに左右されず、接着層の真の強度を普遍的に評価できる指標として式1)で定義されるBJ部の面積を差し引いた「有効接着面積当たりの強度  $\sigma_{\kappa}$ 」に着目し、これによって接着ラミナの強度を評価した。

$$\sigma_{\kappa} = P_{\max} \cdot \sin \theta / \{ A_0 (1 - \Sigma t_i / h) \} \quad \dots\dots\dots 1)$$

ただし、

$P_{\max}$  = 最大引張荷重 (kgf)

$A_0$  = 引張試験体の公称断面積 (= b h)

$\Sigma t_i$  = 厚さ h の試験体中に含まれるBJの総長さ

h = BFJパターン出現面の材厚 (図2参照)

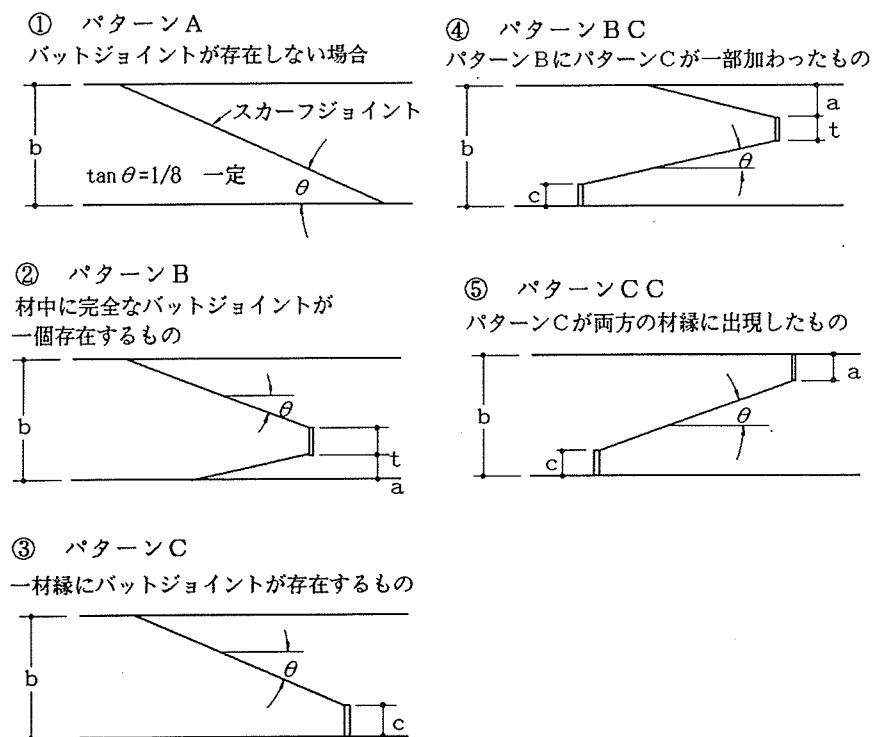


図2 引張試験体中出现するバットジョイントのパターンとその定義

## 2. 2. 2 引張試験法

図3に示すセットで、最大容量40 tonfの引張保証荷重試験装置を用いて、ラミナの引張試験を行った。BJによる局所的な剛性の低下を調べるために、すべての試験体のBFJ部にゲージ長12 cmの高精度伸び形を試験体の両面にセットして、静的単調増加型の引張力と伸びの関係をデータロガーに収録した。

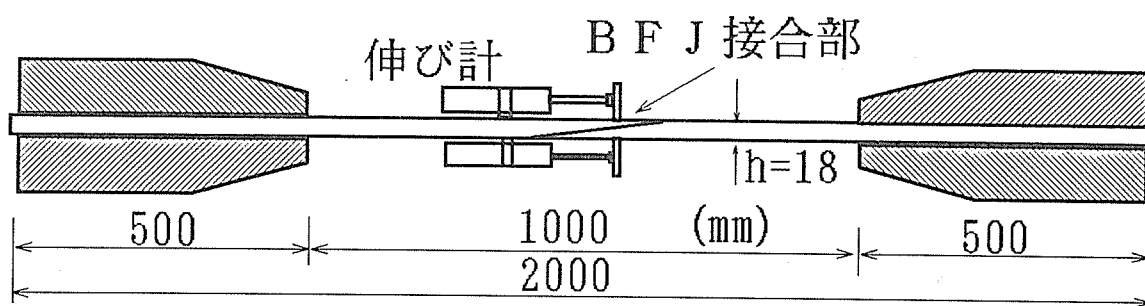


図3 引張試験体と引張試験法（概要）

## 2. 3 引張試験の結果

### 2. 3. 1 引張応力 ( $\sigma$ ) - ひずみ ( $\epsilon$ ) 関係

図4-a~gに表1に示す7種類のブロック別の $\sigma - \epsilon$ 関係図を示す。

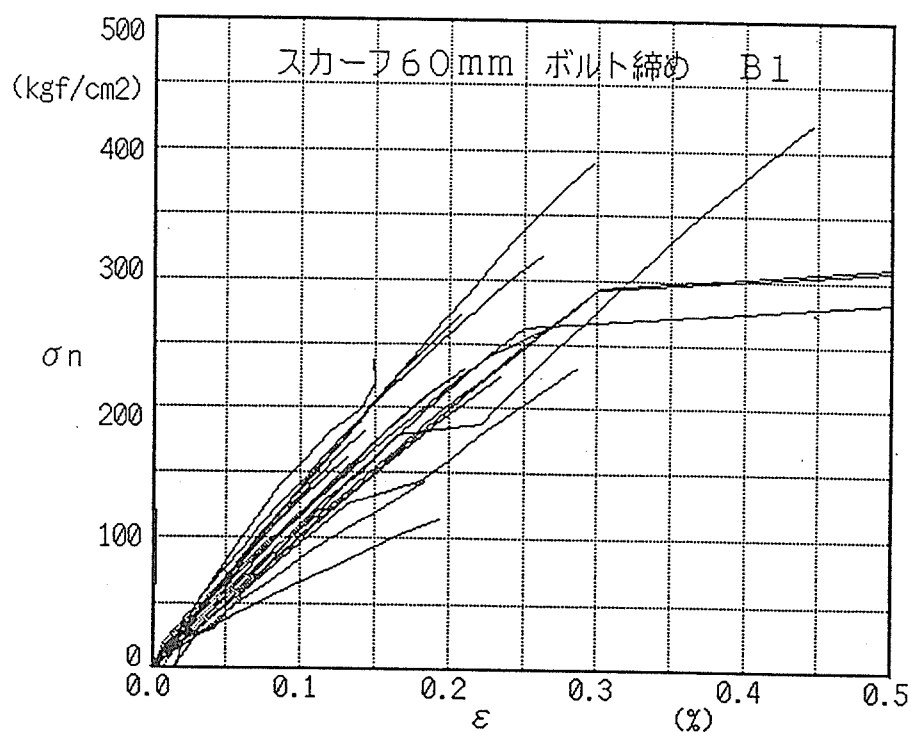


図4-a ブロックB1から採材したラミナの応力 ( $\sigma$ ) - ひずみ ( $\epsilon$ ) 関係

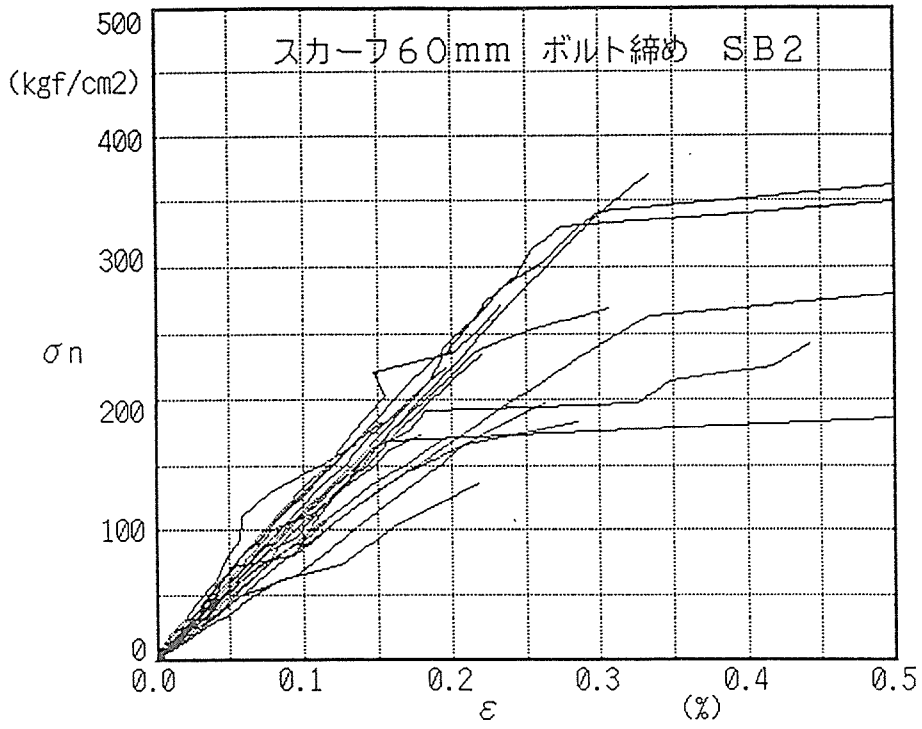


図4-b ブロックB2から採材したラミナの応力( $\sigma$ ) - ひずみ( $\epsilon$ )関係

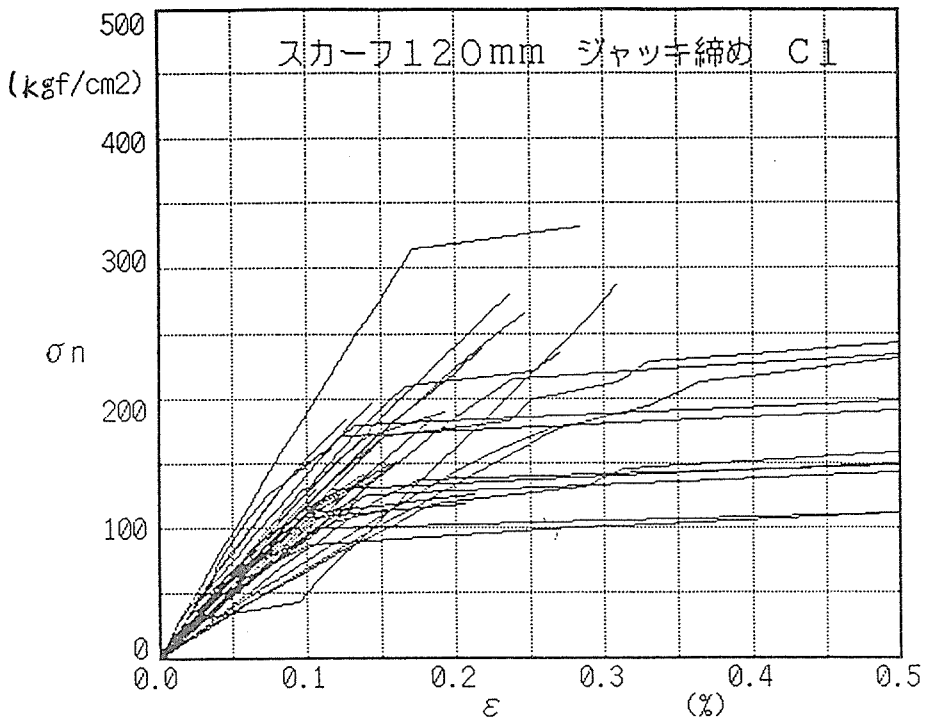


図4-c ブロックC1から採材したラミナの応力( $\sigma$ ) - ひずみ( $\epsilon$ )関係



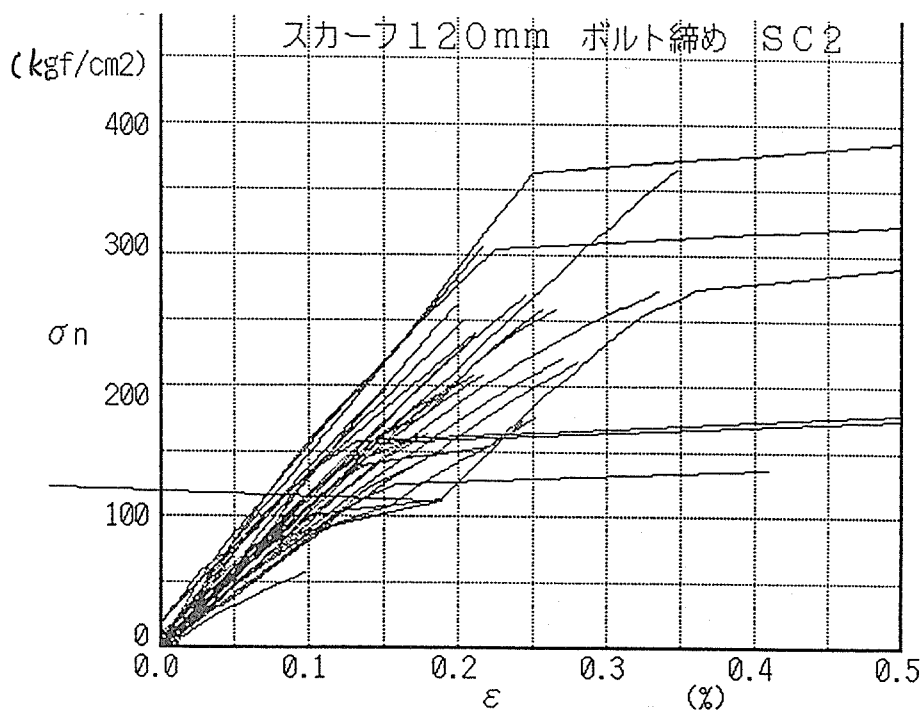


図4-d ブロックC2から採材したラミナの応力(σ) - ひずみ(ε)関係

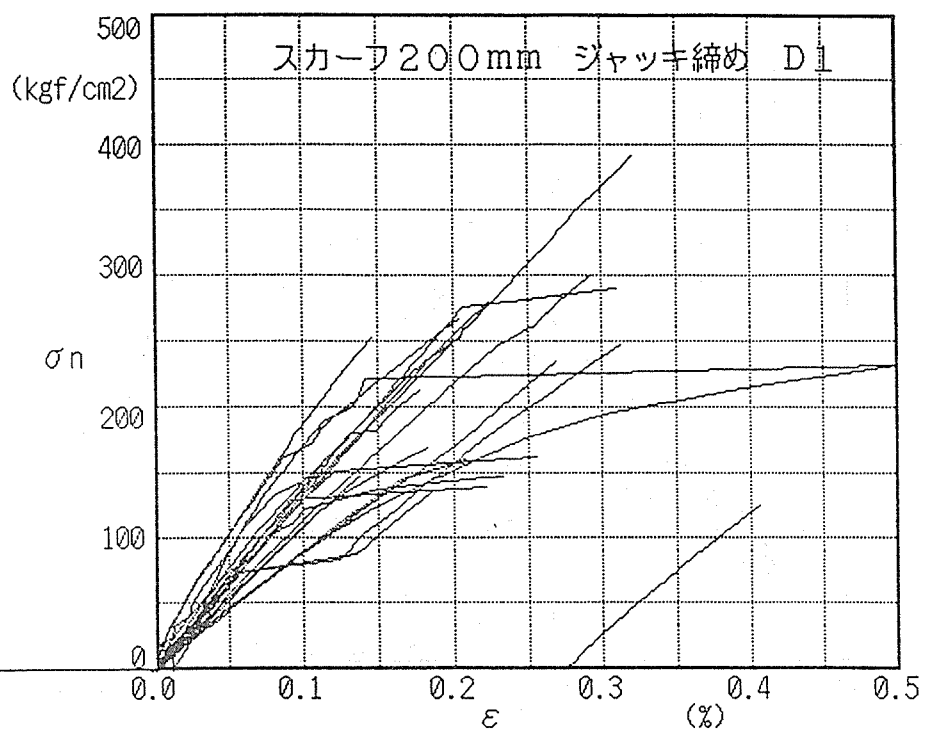


図4-e ブロックD1から採材したラミナの応力(σ) - ひずみ(ε)関係

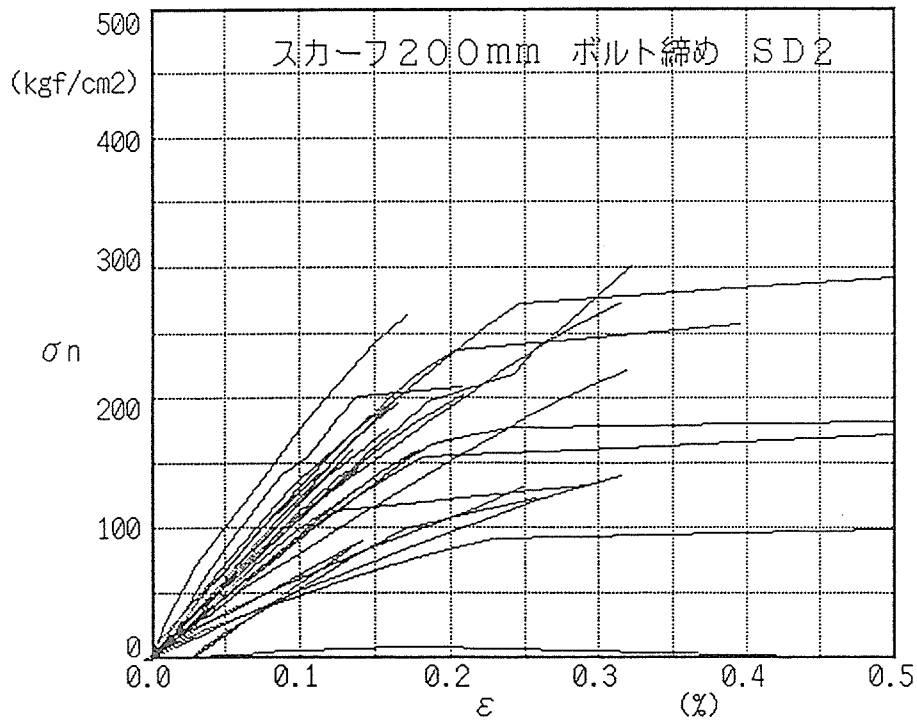


図4-f ブロックD2から採材したラミナの応力 ( $\sigma$ ) - ひずみ ( $\varepsilon$ ) 関係

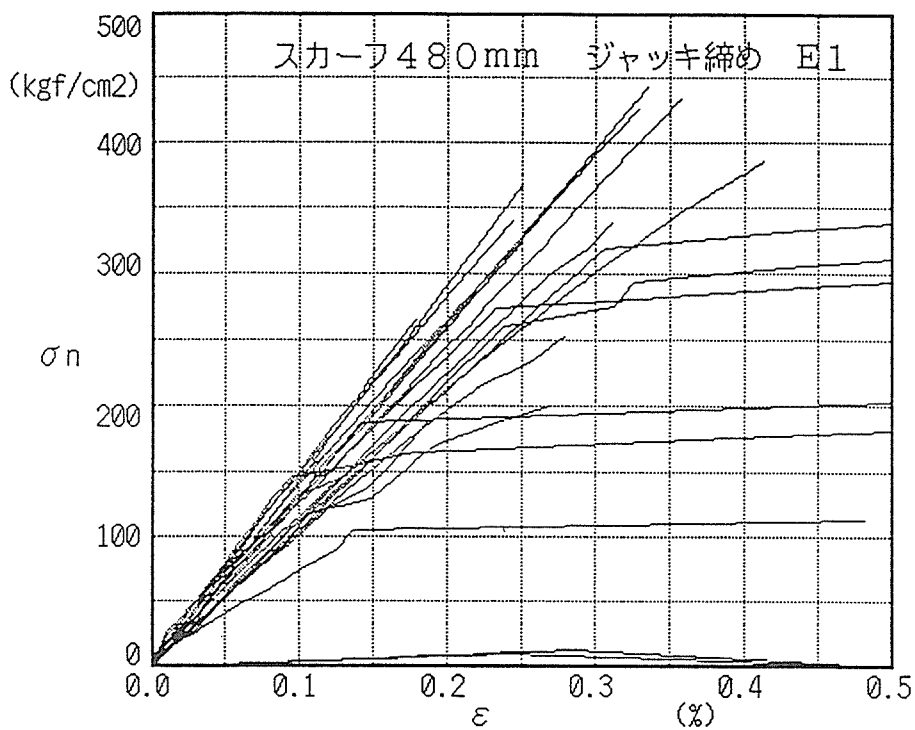


図4-g ブロックEから採材したラミナの応力 ( $\sigma$ ) - ひずみ ( $\varepsilon$ ) 関係

### 2. 3. 2 引張試験結果の統計処理

図5にBFJ仕様別の引張強度 $\sigma_g$ の平均値と標準偏差の範囲を示す。BJの出現確率の高い仕様-B ( $l = 60\text{mm}$ )で $\sigma_g$ はやや過大評価気味であるが、他の仕様ではスカーフ長さや圧縮方法によらず概ね一定であると見なすことができる。なお、仕様-Bで $\sigma_g$ がやや過大評価気味であった理由は、BJ先端幅 $t_1$ を0.5mm刻みの物差しで測定したため、切り上げ誤差が集積して、式1)中の $\Sigma t_1$ が過大評価され、逆に有効接着面積が過小評価となったためと考えられる。

他方、BJの出現頻度の少なかった他の仕様ではこの測定誤差が少なかったため、 $\sigma_g$ の値はBFJの仕様に関係なくほぼ一定値となったと考えられる。なお、図5は圧縮法を区別せずスカーフ長さ別に $\sigma_g$ の分布形を比較したものである。

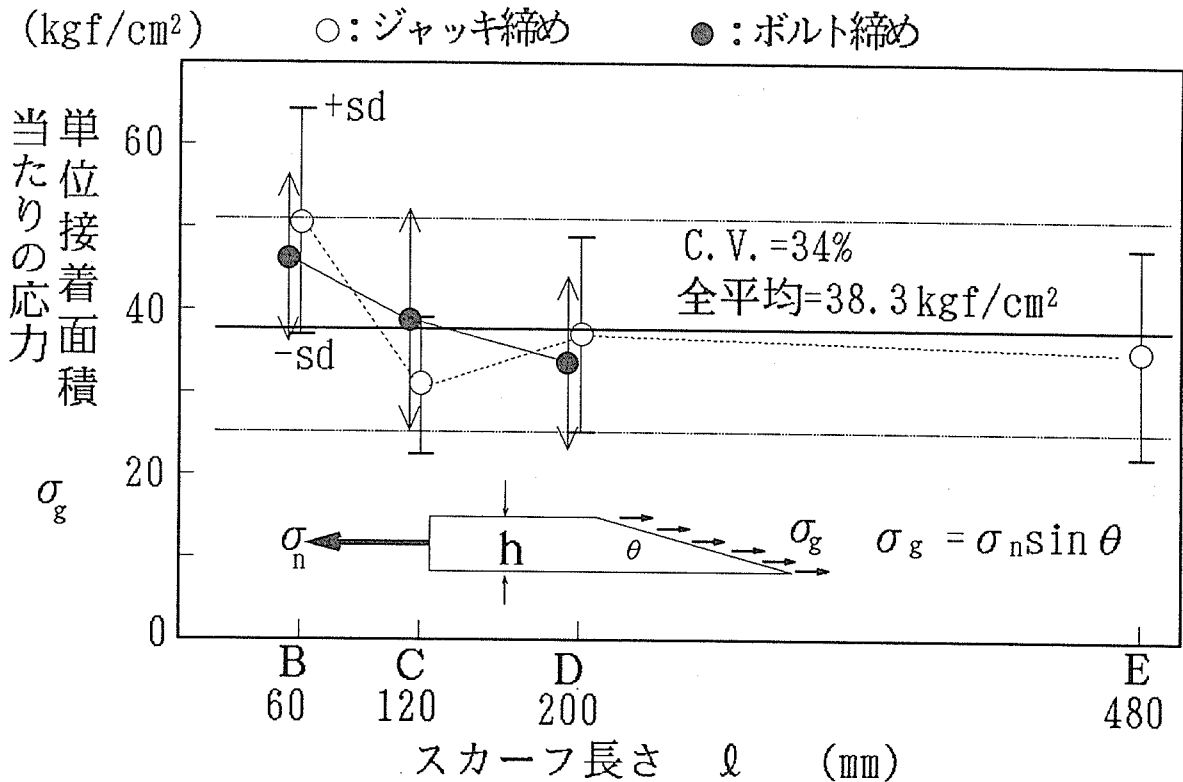
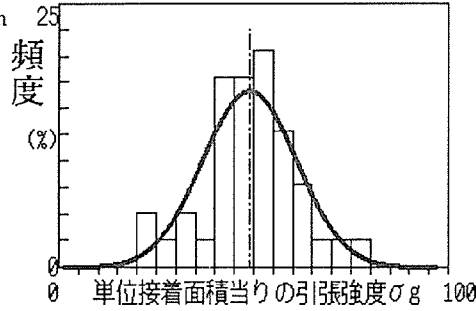
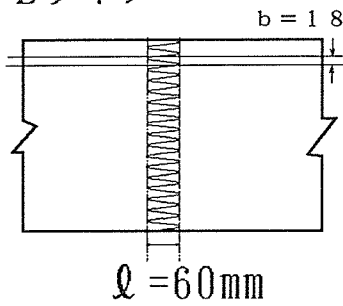


図5 BFJ仕様と $\sigma_g$ の関係

仕様-Bの $\sigma_g$ が、上述の理由から、実際よりやや過大評価であったと考えれば、有効接着面積あたりの強度 $\sigma_g$ はBFJの仕様に関係なくほぼ一定の値をとると見なすことができ、強度特性値はBFJの仕様に関係なく全データ混みで決定することが妥当であると考えられた。

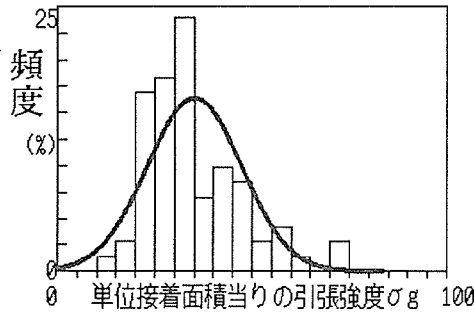
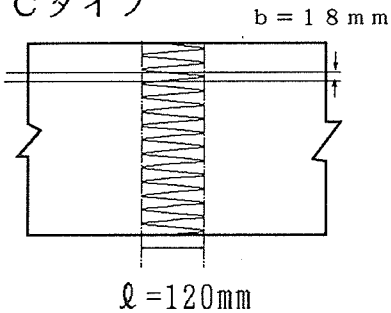
図6はBFJの仕様別に集計した「有効接着面積あたりの引張強度 $\sigma_g$ 」のヒストグラムと特性値を、また、図7はBFJの仕様に関係なく、全てのデータ混みで $\sigma_g$ の分布形と特性値を示したものである。これらのヒストグラムを見ると、 $\sigma_g$ の分布形は正規分布とは言い難く、下限5%値等の特性値は「ノンパラメトリックな順位法」によって評価するのが妥当であることが判る。

Bタイプ



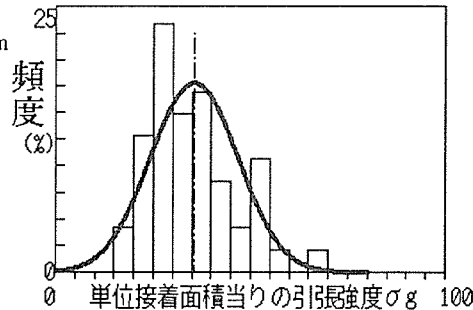
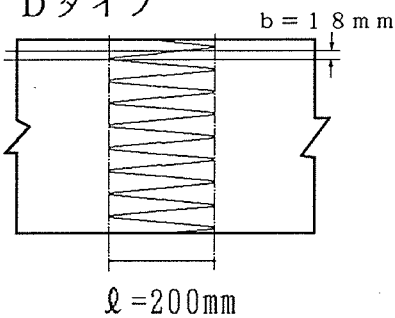
Bタイプ  
データ数=39  
平均値=49.0  
標準偏差=12.0  
C V=25%  
下限5%値=22.2  
(単位:  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

Cタイプ



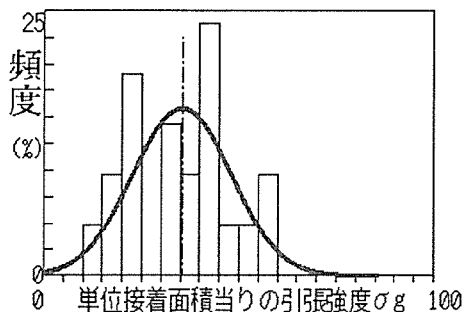
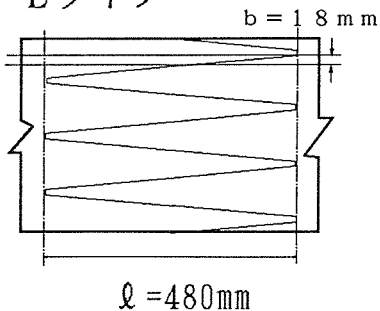
Cタイプ  
データ数=71  
平均値=35.1  
標準偏差=12.2  
C V=35%  
下限5%値=20.0  
(単位:  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

Dタイプ



Dタイプ  
データ数=47  
平均値=35.5  
標準偏差=11.2  
C V=32%  
下限5%値=20.3  
(単位:  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

Eタイプ



Eタイプ  
データ数=21  
平均値=35.4  
標準偏差=12.6  
C V=36%  
下限5%値=15.0  
(単位:  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

図6 B F J仕様別の  $\sigma_g$  の分布形の比較

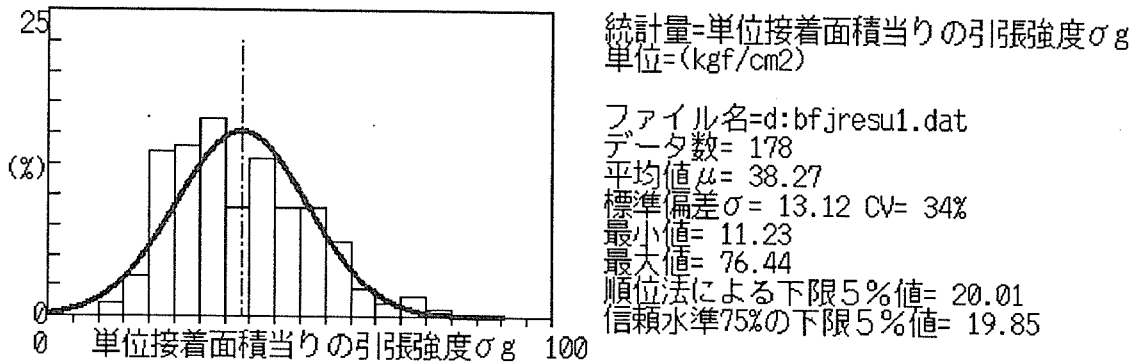


図7 全データ混みの $\sigma_g$ 分布

以上、今回のBFJを有するベイマツ集成材から採材したラミナ（有効試験体数178体）の引張試験の結果から、BFJラミナの有効接着面積あたりの引張強度 $\sigma_g$ として、平均値が38.3kgf/cm<sup>2</sup>、標準偏差が13.1kgf/cm<sup>2</sup>、下限5%値が20kgf/cm<sup>2</sup>という統計値が得られた。

以下においては、これらの統計値に基づいて、BFJで現場接着された大断面集成梁の曲げ耐力の推定法について述べる。

### 3. BFJで現場接着された集成材梁の曲げ耐力

BFJで現場接着された大断面集成材の最大モーメント $M_{max}$ を次式で計算することを提案する。

$$M_{max} = Z_e \cdot \sigma_g / \sin \theta \quad \dots\dots\dots 2)$$

ただし、

$$Z_e = \text{BFJ接合された集成材の有効断面係数} = (I_0 - \Sigma I_{BJ}) \times (2/H)$$

$$I_0 = \text{集成材の見かけの断面2次モーメント} = BH^3/12$$

$\Sigma I_{BJ}$  = 集成材の中立軸に関する各BJの断面2次モーメントの和

$$= \sum_{i=1}^{J_{BJ}} \{g_i^2 t B + B t^3 / 12\}$$

$g_i$  = 集成材の中立軸からi番目のBJの中心線までの距離

$$= H/2 - \{i l \tan \theta + (2i - 1) t / 2\}$$

$\sigma_g$  = 有効接着面積あたりの引張強度

$\theta$  = BFJのスカーフ傾斜角

$t$  = BJ先端の幅（公称5mm）、 $B$  = 集成材の幅

$H$  = 集成材のせい、 $l$  = スカーフ長さ

$p$  = スカーフピッチ（各部詳細は表1の付図、及び図8を参照）

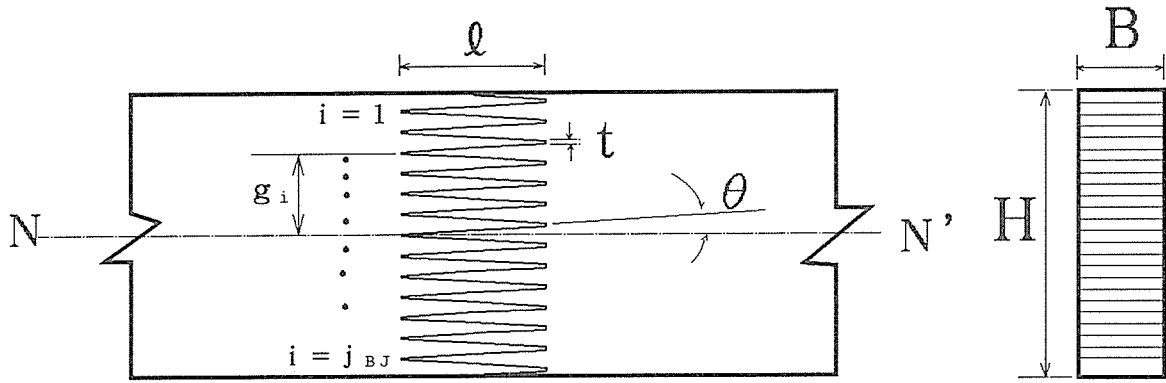


図8 BFJを有する集成材の有効断面係数 $Z_e$ を計算するための参考図

#### 4. 実大集成梁の実験結果（竹中技研）との対比

BFJラミナの引張試験で得られた「有効接着面積当たりの強度 $\sigma_{\text{a}}$ 」を式2)に代入して予測される実大集成梁（図9参照）の計算最大荷重 $P_{\text{ca}}$ と先に竹中技研で行われた実験値 $P_{\text{ob}}$ （試験体数は各3体、詳細は本報告書の第8編参照）との対比を表2に示す。

計算予測と実験値との適合度は $P_{\text{ca}}/P_{\text{ob}}$ （平均値同士） $=0.88\sim 1.33$ となった。材料のバラツキを考慮すれば、ラミナの引張試験のデータからでもある程度の耐力予測は可能であることが分かる。

表2 実大BFJ集成梁の実験値と計算予測値との対比

BFJ仕様			計算予測③				実験値			
メーカー	$l$	$j_{\text{BJ}}$	$Z_e$	$Z_e/Z_0$	$P_{\text{ca}}$			$P_{\text{ob}}$		
		①	②	有効率	平均	平均	平均	最小	平均	最大
	(mm)		( $\text{cm}^3$ )		- sd	(tonf)	+ sd	(tonf)		
B	60	19	4662	0.81	9.2	~ 13.4	~ 17.6	12.2	~ 15.1	~ 16.5
C	120	12	5107	0.89	10.1	~ 14.7	~ 19.3	11.1	~ 13.8	~ 17.7
D	200	8	5353	0.93	10.6	~ 15.4	~ 20.2	12.9	~ 16.6	~ 22.6
E	480	4	5615	0.97	11.1	~ 16.1	~ 21.2	11.3	~ 12.1	~ 13.5

①：集成材危険断面に存在するBJの数（片側一列について）

②：有効断面係数  $Z_e = (I_0 - \sum I_{\text{BJ}}) \times (2/H)$ 、  $Z_0 = BH^3/6$

$I_0$  = 集成材の見かけの断面2次モーメント  $= BH^3/12$

$t$  = BJ先端の幅（公称5mm）

$B$  = 集成材の幅（公称150mm）

$H$  = 集成材のせい（公称480mm）

③：  $P_{\text{ca}} = 2M_{\text{ca}}/L_s$ 、  $L_s$  = せん断半スパン（公称2150mm）、  $M_{\text{ca}}$  = 式2)

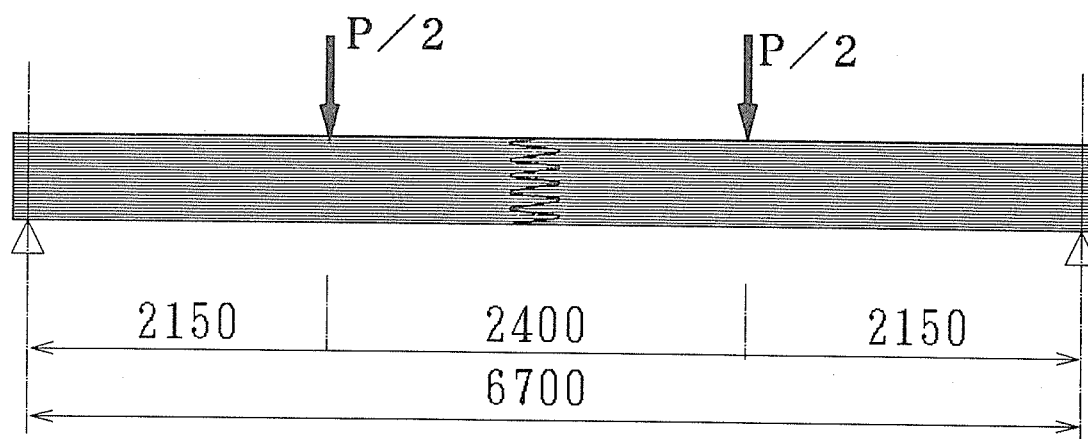


図9 実大集成梁（実験は竹中技研）参考図

### 5. 結論

全てのデータ（N=178）混みで、順位法により  $\sigma_g$  の下限5%値を求めると、次の結果が得られた。

$$\sigma_{g-0.05} = 20 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots 3)$$

長期許容応力度は下限5%値の1/3であると仮定すれば；

$$L f_g = 20/3 \approx 7 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots 4)$$

これを、スカーフ角度  $\theta$  のBFJで現場接着された集成材の引張側最外層ラミナの許容引張応力度  $L f_{t-BFJ}$  に換算すると、

$$L f_{t-BFJ} = L f_g / \sin \theta = 7 / \sin \theta \text{ (kgf/cm}^2) \quad \dots\dots 5)$$

$\tan \theta = 1/8$  の本実験の場合、 $L f_{t-BFJ} = 57 \text{ kgf/cm}^2$  が得られた。以上より、本報告第9編の執筆担当者の結論として、

べいまつ集成材の許容引張応力度  $L f_t$  は1級で  $105 \text{ kgf/cm}^2$  であるから、強度接合効率率は約 0.54 となる。一般に機械的接合法の強度接合効率は0.5に達しないことが多いことを考えれば、BFJ接合法は剛性接合効率が1.0であることと合わせて、初期剛性と審美性、防耐火性が特に要求される箇所には十分実用可能であると考えられる。

# 第10編 Glued Boltによる集成材接合に関する基礎実験

## 10.1 目的

木材に孔加工を施し、それにネジボルトまたは異形鉄筋を挿入し接着剤で固定する接合方法を本編ではGlued Bolt（以下グルードボルトという。）接合という。この接合方法の特徴は、構造的には初期変形が非常に小さく、初期剛性が高いことである。また、接合部は木材中に隠ぺいされるため防火性やデザインの的にも優れている。デンマーク<sup>1)</sup>やニュージーランド<sup>2)</sup>では、すでに研究がなされ、すでに1部ではこの構法による建築物も建てられている。わが国でも建設省のコンペである新都市型ハウジングシステムの中で提案されているが、基礎的なデータが不足しているのが実状である。本研究ではそれらの基礎的データを蓄積するため、グルードボルトの基礎実験を実施した。

## 10.2 予備実験

木材と接着剤の仲介材（以下ロッドという。）であるロッドの材質や形状が接合耐力に与える影響を確認するため予備試験を行った。ロッドの材質は鋼材（普通鋼、PC鋼）、ガラス繊維、カーボン繊維、アラミド繊維を、ロッドの断面形状は円形とした。また、ロッドの表面の状態（平滑、凹凸：ネジ、異形）、埋め込み長さ等を対象因子として、引張耐力試験を行った。

### 10.2.1 予備実験の試験体

#### 1) 材料

実験に用いた材料を表10.2-1に示す。ロッドの直径は、異形鉄筋では有効径、全ネジボルトでは外径を示す。備考のAは、各ロッドの断面積を示す。



表 10. 2 - 1 試験体の構成材料

ロッド mm		孔径 d h mm	埋込長 $\ell$ mm	$\ell / d$	集成材 mm	接着剤	備考 (mm <sup>2</sup> )
種類	直径 d						
アラミド繊維	8	10	300	37.5	ベイマツ 集成材 断面 100x120 縁距離 6.25~ 5.25 比重 0.48~ 0.53	エポキシ 樹脂	
カーボン繊維	8	10	300	37.5			
〃	8	10	200	25		ウレタン	
ガラス繊維	8	10	300	37.5		エポキシ 樹脂	
P C 丸鋼	9.2	10	100	10.9			A=66.48
〃	9.2	10	200	21.7			
〃	9.2	10	300	32.6			
P C 異形丸鋼	9.2	10	100	10.9		A=64.0	
〃	9.2	10	200	21.7			
〃	9.2	10	300	32.6			
磨き丸鋼	9	10	300	33.3		A=63.58	
〃	9	10	300	33.3		ウレタン	
異形鉄筋	9.53	11	300	31.5		エポキシ 樹脂	D10, A=71.33
全ネジボルト	9	10	300	33.3			M9x0.75A=56.89

試験に用いた接着剤の諸性能は、表 10. 2 - 2 に示す。製造は大鹿振興(株)である。

表 10. 2 - 2 接着剤の諸性能

項目	TE - 134	TU - 95
主剤	エポキシ樹脂	ポリオール
硬化剤	ポリイミドアミン	ポリイソネート
混合割合	10 : 4	3 : 2
初期硬化時間	24時間	24時間
完全硬化時間	7日	7日
可使時間	30分以内	10分以内

## 2) 試験体の作成

試験体は、集成材の木口断面の中央に木工用ドリル刃により必要直径の孔を埋込長さだけ加工した。孔径は、表 10. 2 - 1 に示すように異形鉄筋は $\phi 11\text{mm}$ としたが、その他は全て $\phi 10\text{mm}$ である。孔加工された集成材は、孔を上にしてならべ、表 10. 2 - 2 に従って調整した接着剤を孔に流し込み、その後ロッドを挿入して、ロッドが孔の中央に来るように調整した。鋼材系のロッドは、引張治具を取り付けるため接着と反対側にネジ加工を施した。

また、アラミド、ガラス、カーボンの新素材系は、ネジ加工ができないため、埋込長の2倍の長さのロッドを用意し、ロッドの両側に集成材を接着した。接着剤の注入は、集成材の突き合わせ部をシールして、両側の集成材にあけた先孔より接着剤を注入し、接着剤がロッド端部の確認孔より流出するのを確認してから養生した。接着の養生は、7日間室温状態で放置した後、実験を行った。

## 10. 2. 2 試験方法

引張試験は、10トン油圧式材料試験機により単調増大方式で行った。変位の測定は、ロッドと集成材の相対変位を2本の変位計により測定し、X-Yレコーダに記録した。鋼材系の片側を接着した場合の試験方法を図 10. 2 - 1、新素材系の両側を接着した場合の試験方法を図 10. 2 - 2 に示した。変位の測定は、片側接着の場合はロッドと集成材の相対変位、両側接着の場合は両側の集成材の相対変位を測定し、その $1/2$ をロッドと集成材の相対変位とした。

Direction of Load

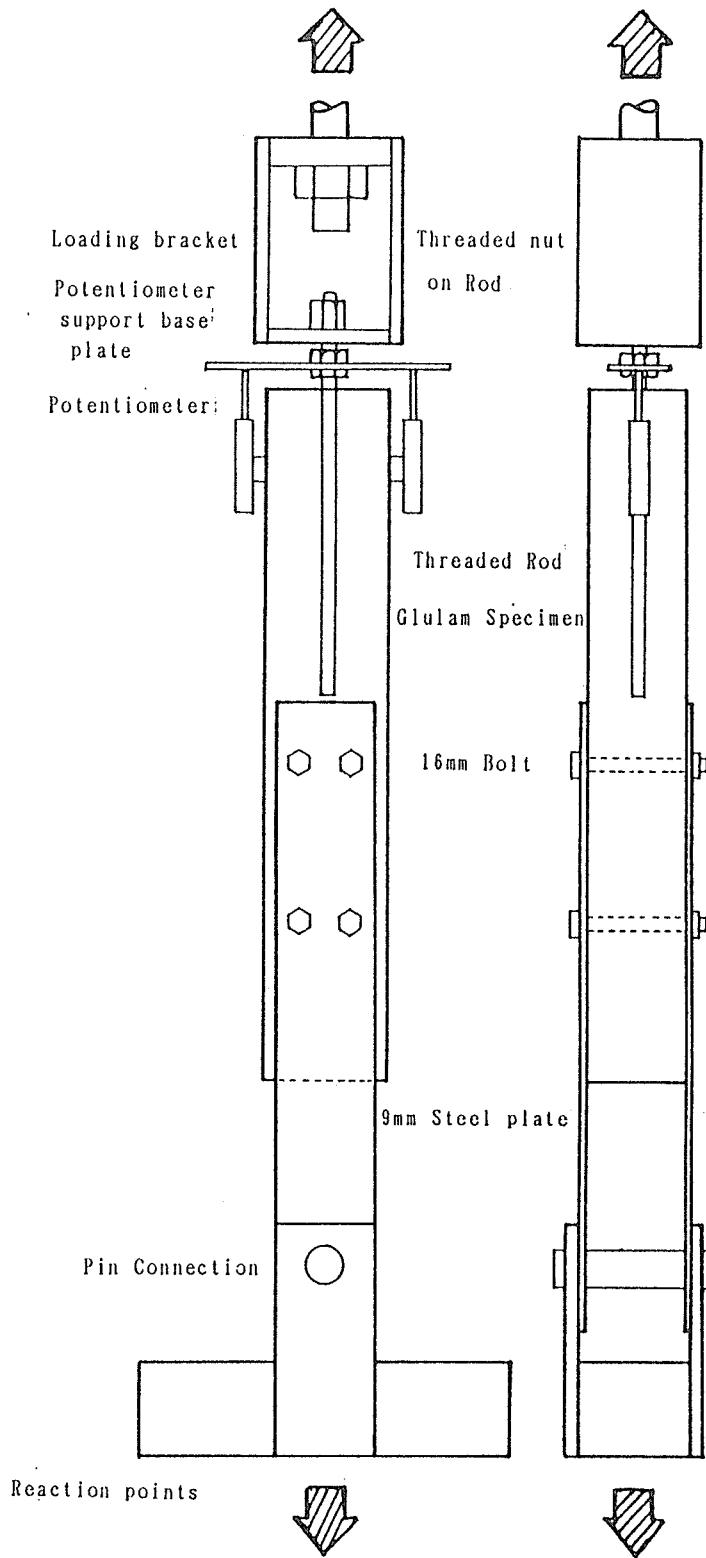


図10.2-1 引張試験方法 (片引き法)

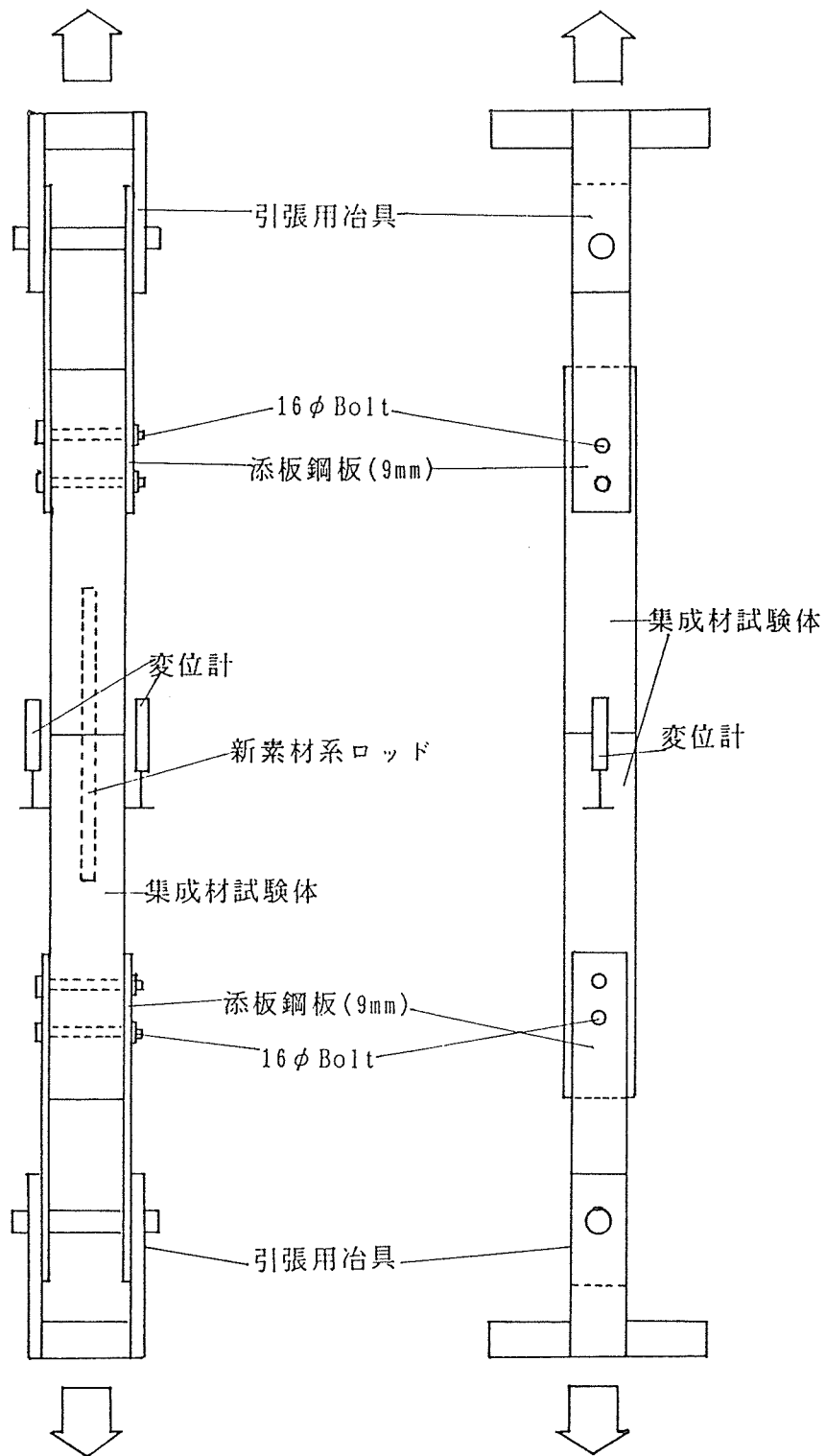
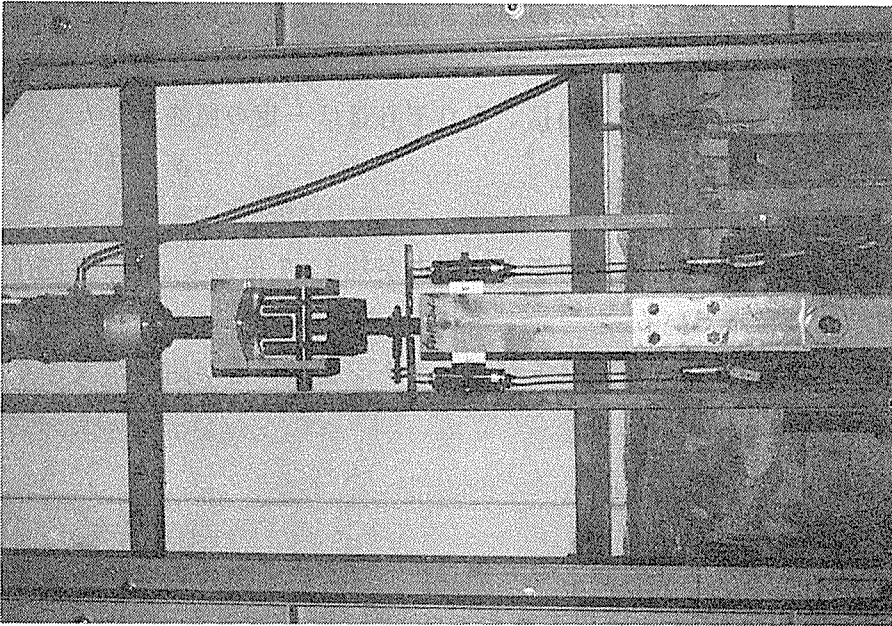
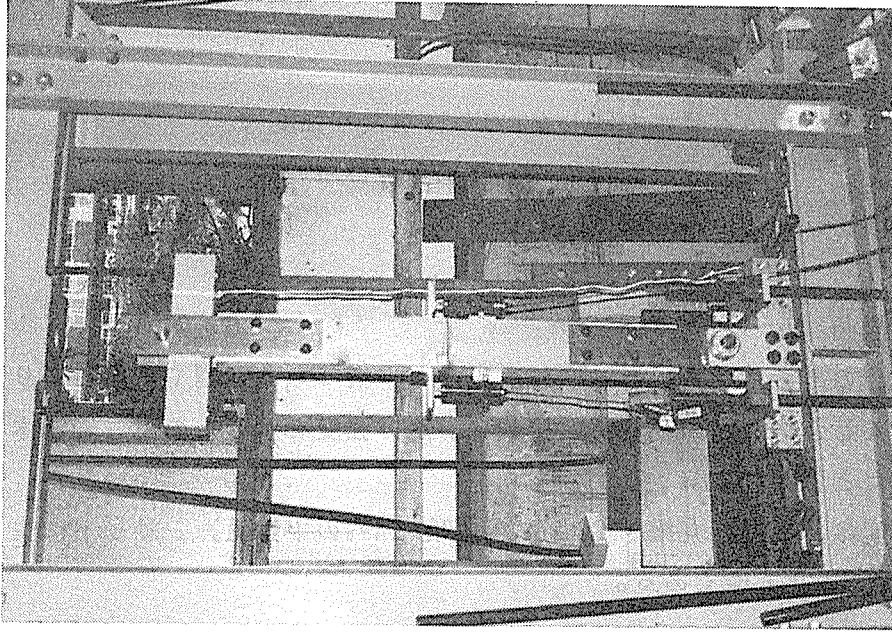


図10.2-2 引張試験方法 (両引き法)



片引きの引張試験方法（鋼材系）



両引きの引張試験方法（新素材系）

### 10.2.3 実験結果および考察

実験結果は、表10.2-3～表10.2-6及び図10.2-3～図10.2-6に示す。実験より確認できたことは次のとおりである。なお、以下で用いた最大強度、長さ強度、面積強度、引張応力は次のことを意味している。

最大強度：試験体1体当たりの最大引抜き強度

長さ強度：最大強度を埋め込み長さで除したセンチメートル当たり強度

面積強度：最大強度をロッドの周長面積で除した平方センチメートル当たりの強度

引張応力：最大強度をロッドの断面積で除したもの。

#### 1) ロッド表面の凹凸

①ロッド表面に凹凸のあるネジや異形鉄筋は、表面が平滑である丸鋼や新素材より高い引抜き強度を示した。ただし、磨き鋼のウレタン接着は、高い強度を示したので、鋼と木材の間が十分接着されていたと思われる。

②PC鋼の最大強度は、異形／丸鋼＝1.22倍程度（n=9の平均値）、ロッドに生じた引張応力も異形／丸鋼＝1.27倍である。

#### 2) 埋め込み長さ

PC丸鋼およびPC異形の埋め込み長さと引抜き耐力の関係はつぎのとおりである。ここで、埋め込み長さは、ロッドの埋込長／直径＝ $l/d$ の比で示す。

①1体当たりの最大強度は $l/d$ が大きくなっても大きな増加傾向を示さない。

従って、ロッドの長さ強度は、 $l/d$ が大きくなるに従い小さくなり、 $l/d=30$ 、 $l/d=20$ は $l/d=10$ の概ね $1/3$ 、 $1/2$ の引抜き強度であり、この実験の範囲内では、 $l/d$ は10倍程度で十分である。

②PC丸鋼、PC異形鋼に生じた引張応力は、それぞれほぼ一定の値を示した。

#### 3) 接着剤

①磨き鋼では、ウレタン樹脂はエポキシ樹脂より耐力が約1.7倍高く、最大荷重時の変位も約2.6倍大きく変形能に富んでいる。

②カーボン繊維では、埋め込み長さが異なるが、エポキシ樹脂の方が耐力が大きく磨き鋼とは逆の結果となった。

#### 4) 新素材

①新素材のアラミド繊維、ガラス繊維は、PC鋼に比べて最大荷重時の変位が大きい。PC鋼は、概ね最大荷重時の変位が0.4mm以下であるのに対して、アラミド繊維では約4mm、ガラス繊維では約2mmの相対変位を示す。これは新素材の比重がPC鋼に比べて小さくそのため剛性が低いためである。

## 5) 破壊状況

- ①破壊状況は、ロッドの表面が平滑なものは、新素材系、鋼材系に関わらずロッドの引き抜  
けで最大強度を示した。
- ②それに対して表面凹凸のあるものは最大強度が大きいいため、引張用のネジ部の切断破壊ま  
たは、木部破断が認められた。但し、P C 鋼の異形は溝の傾斜がロッドの軸方向に対して緩  
やかであるため、回転しながら抜け出した。

ロッドの種類とグルーボルトの引抜き強度

ロッドの最大引抜き強度(kgf/本)

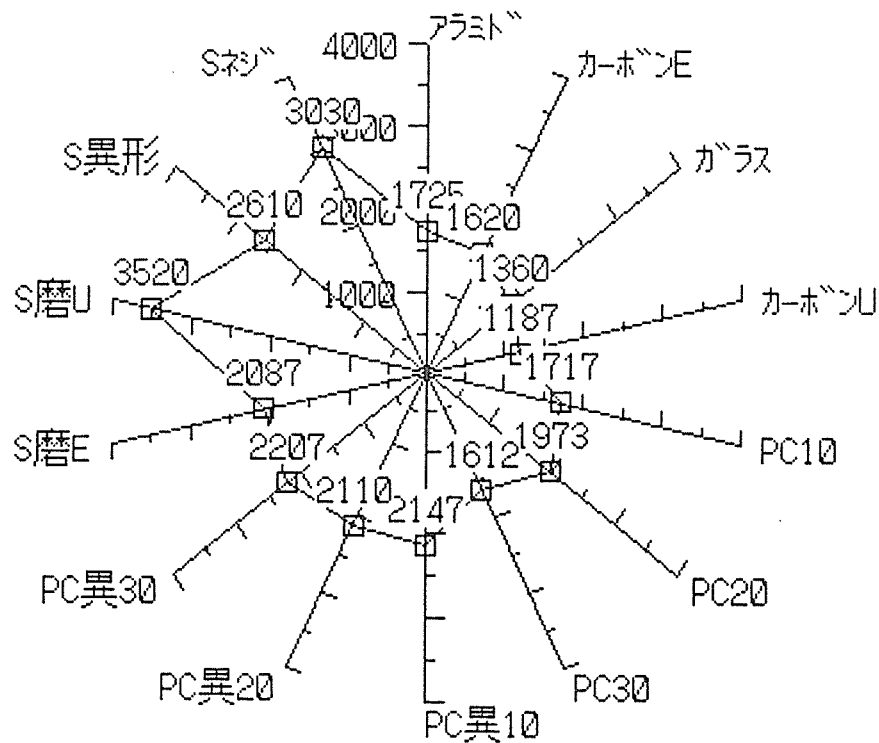


図10.2-3 ロッドの種類と最大強度(kgf/本)

ロッドの種類とグルーボルトの引抜き強度

ロッドの長さ当り(kgf/cm)

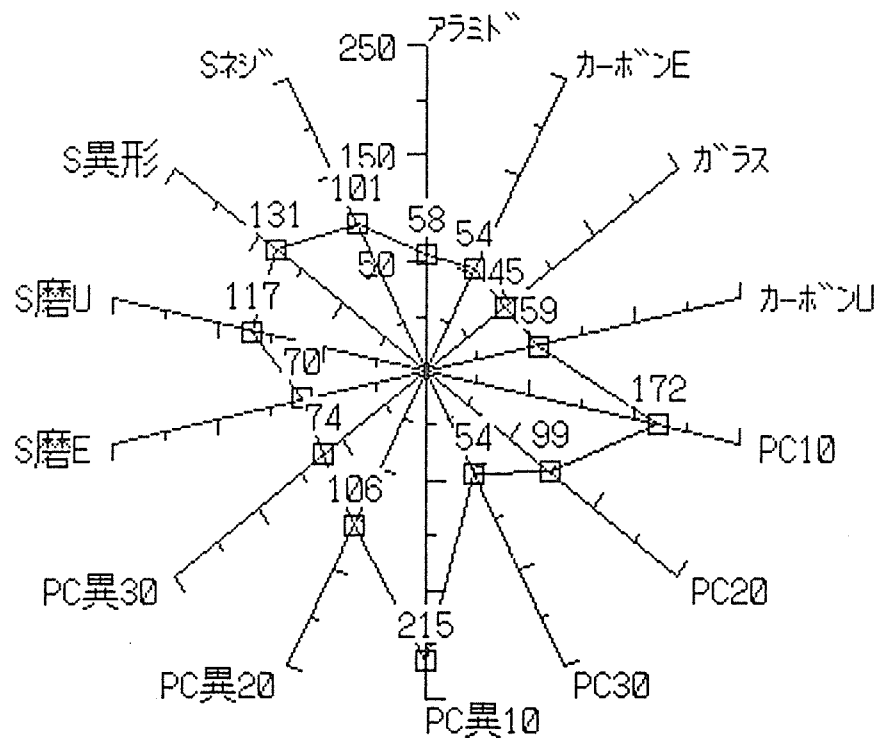


図10.2-4 ロッドの種類と長さ強度(kgf/cm)



ロッドの種類と引抜き強度  
 ロッドの周長面積当り (kgf/cm<sup>2</sup>)

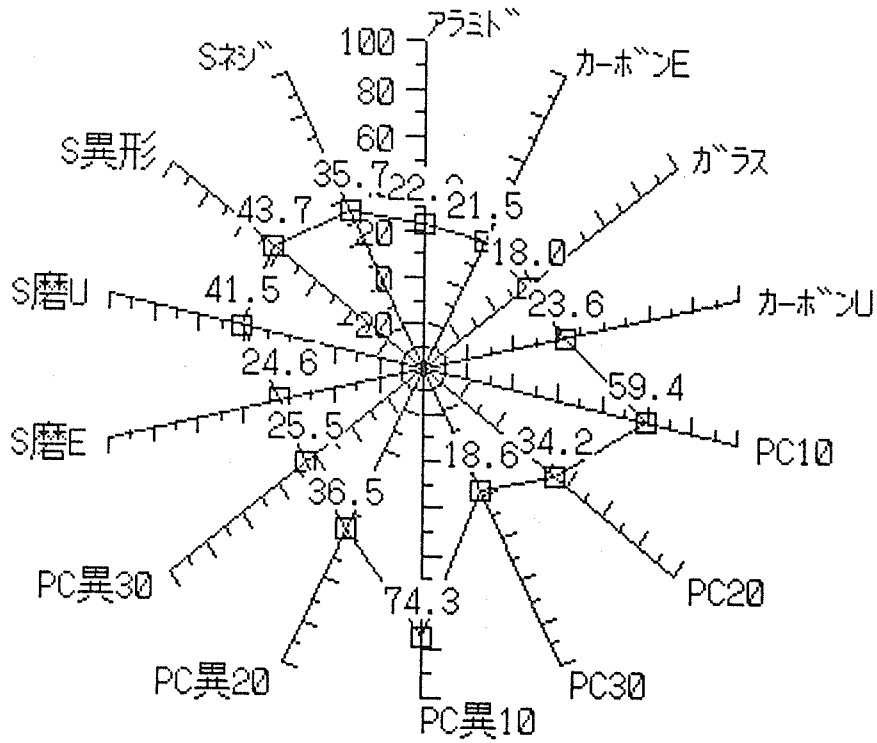


図10.2-5 ロッドの種類と面積強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

ロッドの種類と引張応力  
 ロッド断面に生じる引張応力 (kgf/mm<sup>2</sup>)

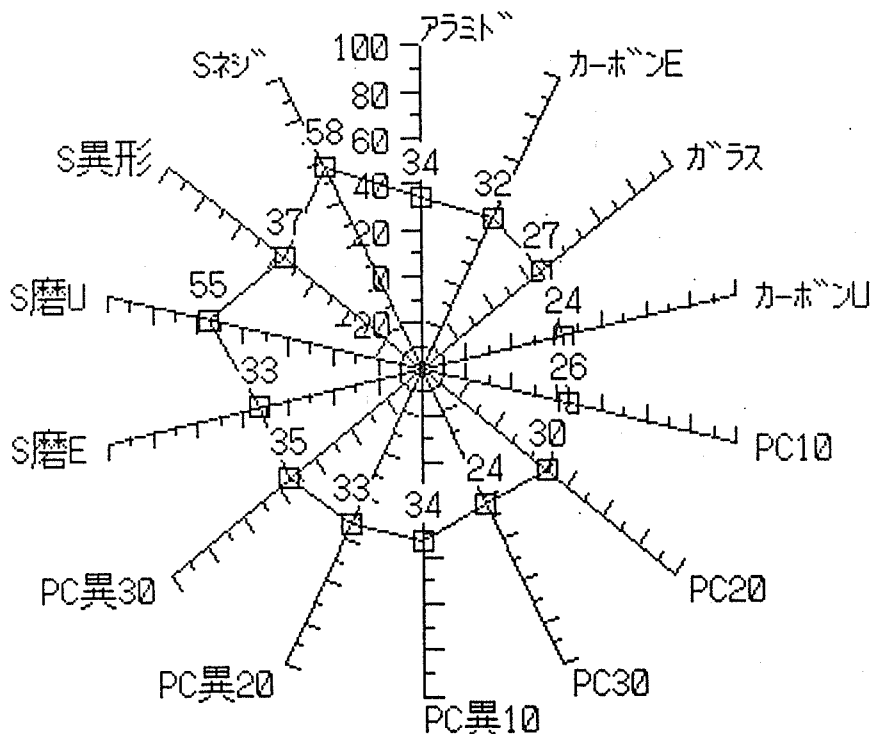


図10.2-6 ロッドの種類と引張応力 (kgf/mm<sup>2</sup>)

表10.2-3 接着接合した各種ロッドの引張試験結果の一覧

試験体 記号	試験体の種類(mm)				最大強度 *2 kgf/体	最大荷 重時変 位(mm)	長さ強 度 *3 kgf/cm	面積強 度kgf/ cm <sup>2</sup> *4	引張応 力kgf/ mm <sup>2</sup> *5
	ロッド	直径/埋込長	ℓ/d	接着剤					
A30d*1	アラミド	8/300	37.5	エポキシ	1725	4.01	57.5	22.9	34.3
C30d	カーボン	8/300	37.5	エポキシ	1620	0.62	54.0	21.5	32.2
G30d*1	ガラス	8/300	37.5	エポキシ	1360	1.98	45.3	18.0	27.1
C20dU	カーボン	8/200	25	ウレタン	1187	1.75	59.4	23.6	23.6
P10d	PC丸鋼	9.2/100	10.9	エポキシ	1717	0.23	171.7	59.4	25.8
P20d	PC丸鋼	9.2/200	21.7	エポキシ	1973	0.24	98.7	34.2	29.7
P30d	PC丸鋼	9.2/300	32.6	エポキシ	1612	0.11	53.7	18.6	24.2
PI10d	PC異形	9.2/100	10.9	エポキシ	2147	0.31	214.7	74.3	33.5
PI20d	PC異形	9.2/200	21.7	エポキシ	2110	0.32	105.5	36.5	33.0
PI30d	PC異形	9.2/300	32.6	エポキシ	2207	0.30	73.6	25.5	34.5
S30d	磨き丸鋼	9/300	33.3	エポキシ	2087	0.38	69.6	24.6	32.8
S30dU	磨き丸鋼	9/300	33.3	ウレタン	3520	0.98	117.3	41.5	55.4
SI20d	異形鉄筋	9.5/200	31.5	エポキシ	2610	3.10	130.5	43.7	36.6
SB30d	セメント	9/300	33.3	エポキシ	3030	0.91	101.0	35.7	57.6

\*1: 2体の平均値、その他は3体の平均値

\*2: 試験体1体当たりの最大強度 \*3: 長さ強度=最大強度/ロッドの埋め込み長さ

\*4: 面積強度=最大強度/ロッドの周長面積 \*5: 引張応力=最大強度/ロッドの断面積

表10. 2-4 接着接合した鋼材系ロッドの引張試験結果(その1) PC丸鋼及びPC異形鋼

試験体 記号	試験体の種類(mm)				最大強度 kgf/体	最大荷重 時変位 mm	破壊状況
	ロッド	孔径	埋込長	接着剤			
P10d-1 2 3 Ave. S.D.	PC丸鋼 φ9.2	φ10	100	エポキシ 樹脂接 着剤	1950	0.25	鋼棒の抜 け
					1460	0.20	
					1740	0.25	
					1717	0.23	
					246	0.03	
P20d-1 2 3 Ave. S.D.			200		1770	0.22	鋼棒の抜 け
					2040	0.26	
					2110	0.23	
					1973	0.24	
					180	0.02	
P30d-1 2 3 Ave. S.D.	300	1670	0.11	鋼棒の抜 け			
		1530	0.05				
		1635	0.17				
		1612	0.11				
		73	0.06				
PI10d-1 2 3 Ave. S.D.	PC異形 φ9.2	φ10	100	2060	0.28	鋼棒が回 転して抜 ける	
				2220	0.30		
				2160	0.36		
				2147	0.31		
				81	0.04		
PI20d-1 2 3 Ave. S.D.			200	2510	0.35	鋼棒が回 転して抜 ける	
				2100	0.30		
				1720	0.30		
				2110	0.32		
				395	0.03		
PI30d-1 2 3 Ave. S.D.	300	1940	0.39	鋼棒が回 転して抜 ける			
		2110	0.25				
		2570	0.27				
		2207	0.30				
		326	0.08				

試験体の作製は、予備試験と同じ方法により作製した。具体的な作製方法は図10.3-1に示す。

### 10.3.3 試験方法

引張試験は、2つの方法により実施した。1つは、集成材の木口の一方にロッドを埋め込み、反対側のロッドにとりつけたナットにより引張用冶具に取付け直接引張する方法（A法）である。もう1つは、集成材の両木口にロッドを埋め込み、両側のロッドを引張する方法（B法）である。A法とB法の相違は、B法は両側のロッドのうちどちらか耐力の小さい方で破壊し、常に小さい方が試験体の耐力となる。また、変位については、A法では集成材とロッドの相対変位を変位とするが、B法では両側のロッドと集成材の相対変位の平均値を試験体の変位とした。試験方法の詳細は図10.3-2に示す。なお、B法で試験を実施したのは、縁距離の影響を確認する試験でその他はすべてA法により試験を実施した。

### 10.3.4 試験結果と考察

#### 1) 埋込長

埋込長  $l/d$  と引抜き強度の関係を図10.3-3～図10.3-6に示す。

結果より次のようなことを確認した。

- ①最大強度は、 $l/d$  の増加にともない直線的に上昇するが、 $l/d$  が概ね10～15倍のあたりで一定傾向となる。（図10.3-3）
  - ②長さ強度、面積強度は、 $l/d$  が10程度までは、概ね一定傾向を示すが、それ以降  $l/d$  が大きくなるに従い漸減傾向を示した。（図10.3-4、10.3-5）
  - ③図10.3-7に集成材の繊維方向と繊維直交方向にPCネジを埋め込んだ場合の結果を示す。 $l/d$  20を除くと直交方向は概ね繊維方向より強度が12～25%低い。ただし、直交方向では  $l/d$  10以上でも引抜き強度は漸増傾向を示している。
- 以上の結果、本実験の範囲では  $l/d$  が概ね10程度が適当であり、それ以上埋め込み長さを長くしても、引抜き強度の大幅な増加は認められないことが明らかになった。

#### 2) ロッドの直径

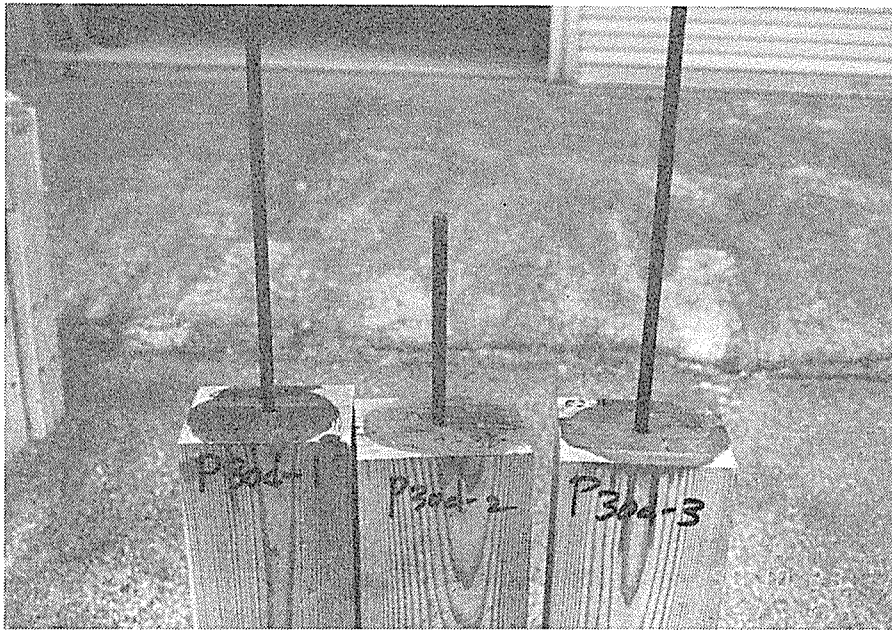
- ①PCネジの最大強度、長さ強度は、直径が大きくなるに従い増加傾向を示した。
- ②直径比2:1である径20mmと10mmを比較すると断面積比が4.2倍になっているのに対して、 $l/d$  10では最大強度が2.6倍、 $l/d$  20で3.0倍であり、ロッドの断面積に応じて引抜き強度が増加している。
- ③面積強度、引張応力は直径が大きくなるにしたがい漸減傾向を示した。
- ④埋込長20と10の強度比は、最大強度、長さ強度では1.08～1.40、面積強度、引張応力では0.54～0.70を示し、直径の大きさに関わらずほぼ一定の値を示した。

表10.2-5 接着接合した鋼材系ロッドの引張試験結果(その2) 磨き丸鋼及び異形鉄筋

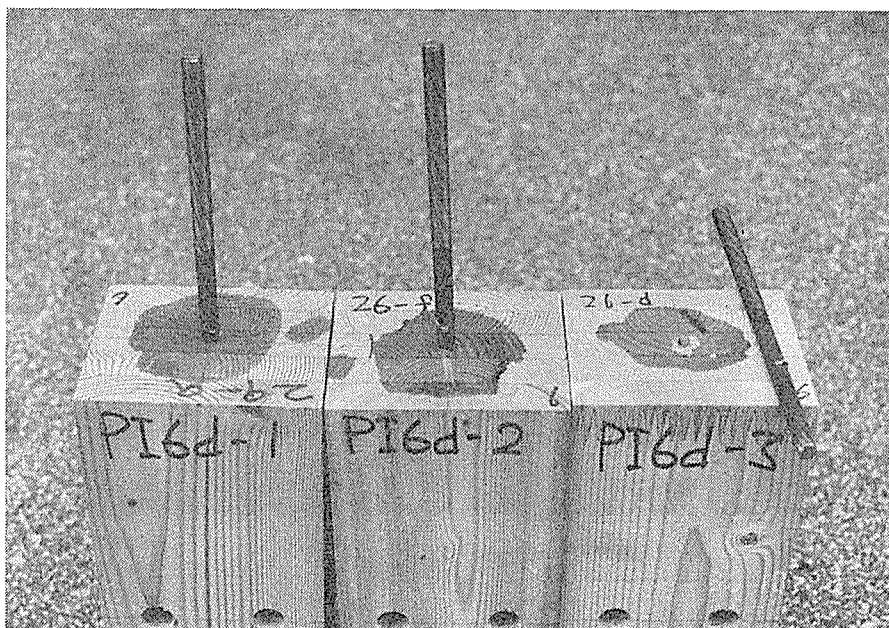
試験体 記号	試験体の種類(mm)				最大強度 kgf/体	最大荷重 時変位 mm	破壊状況
	ロッド	孔 径	埋込長	接着剤			
S30d-1 2 3 Ave. S.D.	磨き丸 鋼 φ9	φ10	300	エポキシ	1760	0.33	鋼棒抜け 鋼棒抜け 鋼棒抜け
2700					0.65		
1800					0.16		
2087					0.38		
532					0.25		
S30dU-1 2 3 Ave. S.D.	磨き丸 鋼 φ9	φ10	300	ウレタン	3640	1.15	ネジ破断 鋼棒抜け 鋼棒抜け
3670					0.93		
3250					0.86		
3520					0.98		
234					0.15		
SI20d-1 2 3 Ave. S.D.	異形鉄 筋 φ9.5	φ11	200	エポキシ	2630	4.85	ネジ破断 ネジ破断 ネジ破断
2640					1.70		
2560					2.75		
2610					3.10		
44					1.60		
SB30d-1 2 3 Ave. S.D.	全ネジ ボルト φ9	φ10	300	エポキシ	3120	1.65	木部破断 ネジ破断 ネジ破断
2720					0.53		
3250					3.55		
3030					1.91		
276					1.53		

表10.2-6 接着接合した新素材系ロッドの引張試験結果(その3)

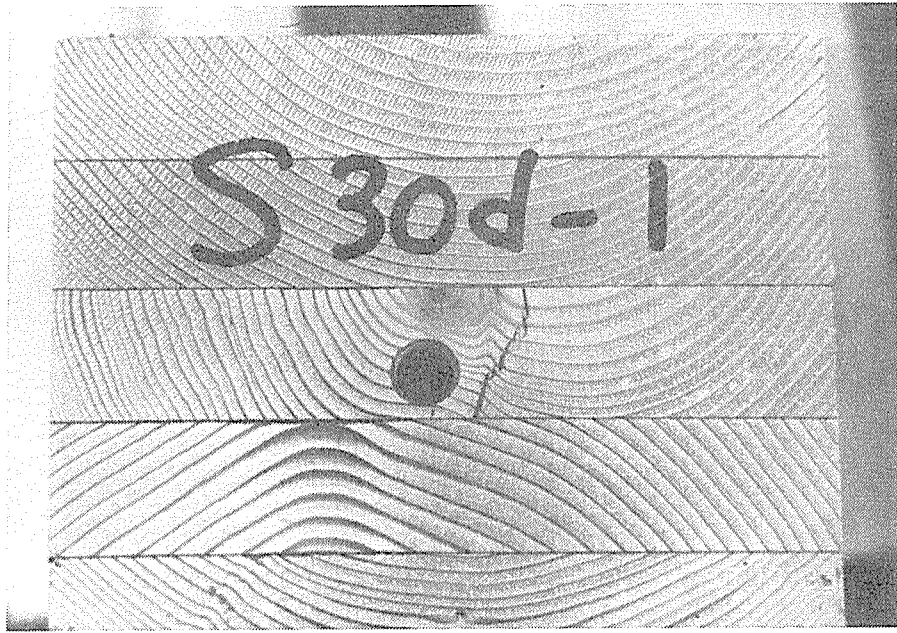
試験体 記号	試験体の種類(mm)				最大強度 kgf/体	最大荷重 時変位 mm	破壊状況
	ロッド	孔径	埋込長	接着剤			
A30d-1 2 3	アラミド 繊維 φ8	φ10	300	エポキシ	1770	4.36	抜け 木口接着 抜け
					2940	0.06	
Ave. S.D.					1680	3.66	
					1725 (2除外)	4.01 (2除外)	
C30d-1 2 3	カーボン 繊維 φ8	φ10	300	エポキシ	1460	0.51	抜け 抜け 抜け
					1840	0.80	
Ave. S.D.					1560	0.55	
					1620 197	0.62 0.16	
G30d-1 2 3	ガラス繊維 φ8	φ10	300	エポキシ	1290	2.30	抜け 木口接着 抜け
					3420	0.05	
Ave. S.D.					1430	1.65	
					1360 (2除外)	1.98 (2除外)	
C20dU-1 2 3	カーボン 繊維 φ8	φ10	200	ウレタン	1060	1.55	抜け 抜け 抜け
					1070	1.70	
Ave. S.D.					1430	2.00	
					1187 211	1.75 0.23	



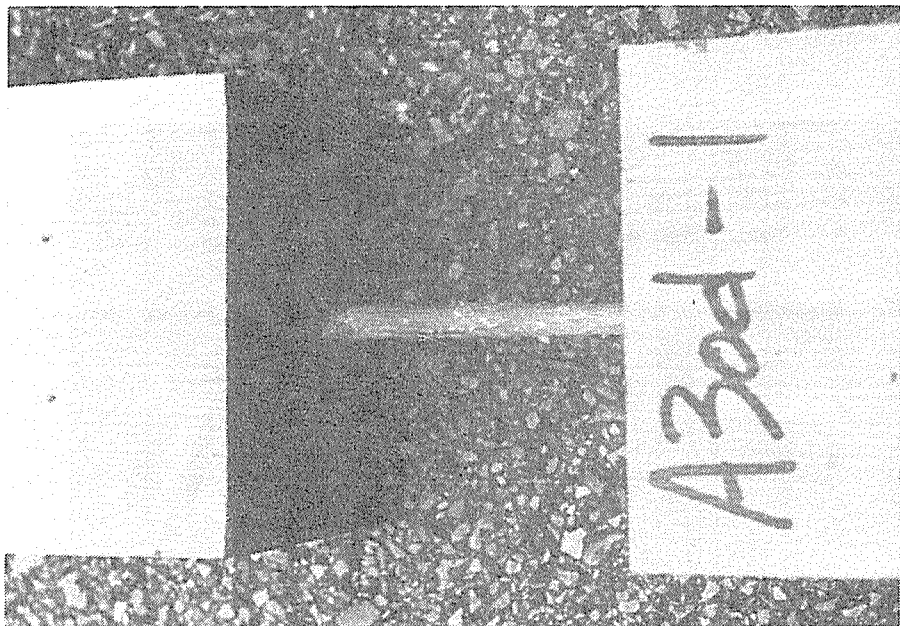
P C 丸棒の引き抜け破壊



P C 異形丸棒の引き抜け破壊



磨き丸鋼の抜けあと



アラミドの引き抜け破壊



### 10.3 PCネジを用いたグールドボルトの引張耐力

#### 10.3.1 目的

本章では、グールドボルトの引張耐力に及ぼす縁距離、埋込長、直径等の影響を実験的に明らかにするためにグールドボルトの引張試験を行った。

予備試験によりロッドの表面に凹凸がある方が高い耐力を確保することが確認できたため、この実験では、PC鋼の表面にネジ加工をしたPCネジを用いることとした。通常の鋼材であるSD30やSS41では、耐力が大きくなった場合、鋼材の方で破断することが予測できるため、本実験ではPC鋼のネジを採用した。本実験ではあくまで木部の破壊状況や応力状態を確認することを第一義としているため、引張強度の大きいPCネジを採用した。

#### 10.3.2 実験材料及び試験体の作製

実験に用いた材料を、表10.3-1に示す。ロッドはPC鋼にネジ加工をしたもので、ネジ加工することにより外径がPC鋼棒の基本径より大きくなる。

表10.3-1 試験体の構成材料

PCネジ mm					主 材 mm	接 着 剤
PC鋼の基本径	外直径	谷 径	有効径	ネジピッチ		
9.2	10	8.647	9.188	1.25	ベイマツ集成材 比重0.48~0.53	エポキシ樹脂 接着剤  TE-134 (大鹿振興株 )  諸性能は表10 .2-1に同じ
11.0	12	10.376	11.026	1.50		
13.0	14	12.376	13.026			
15.0	16	14.376	15.026			
17.0	18	16.376	17.026			
19.0	20	18.376	19.026			
備 考	PC鋼 JISG 3109 PC丸鋼C種1号 SBPR 110/125相当 ネジ JISB 0211 メートル細目ネジ3級					

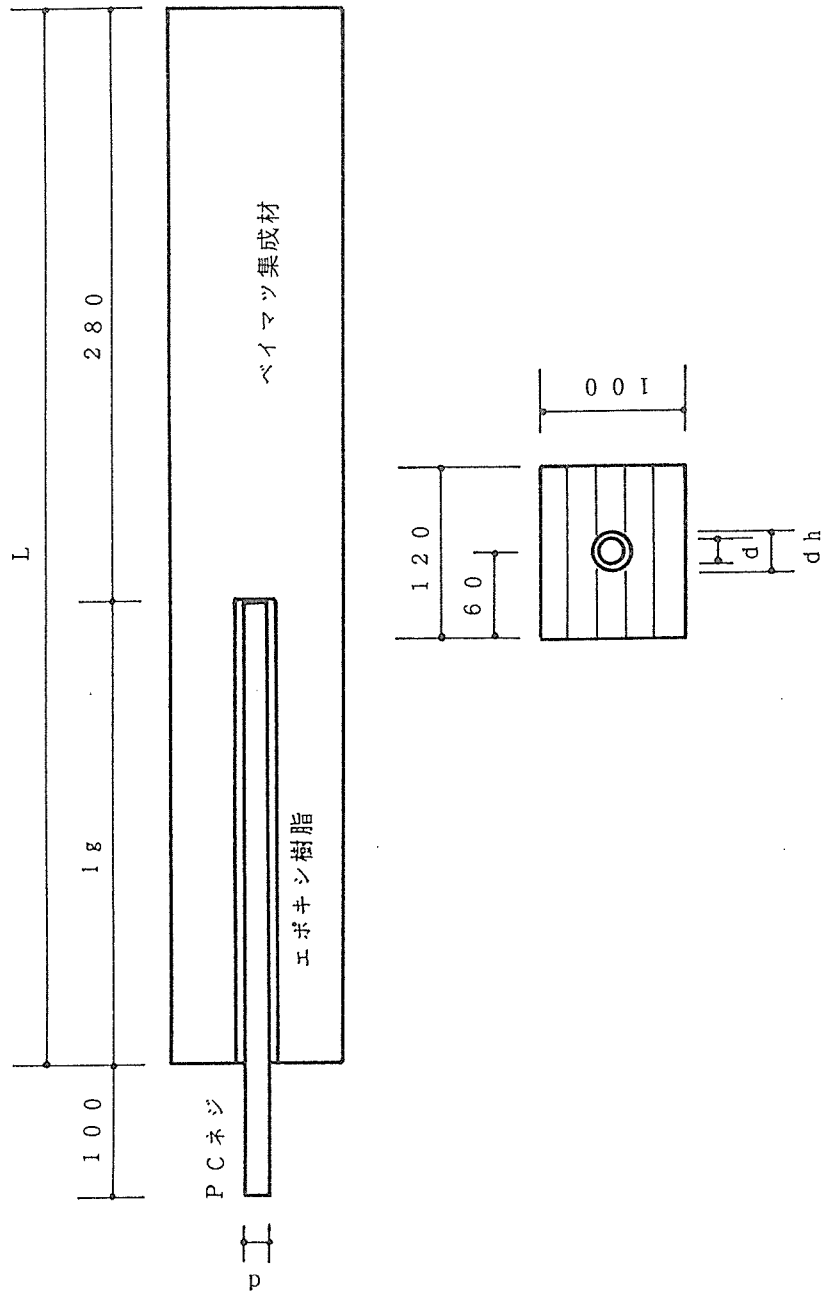


図10.3-1-1 試験体の作製方法 (繊維方向)

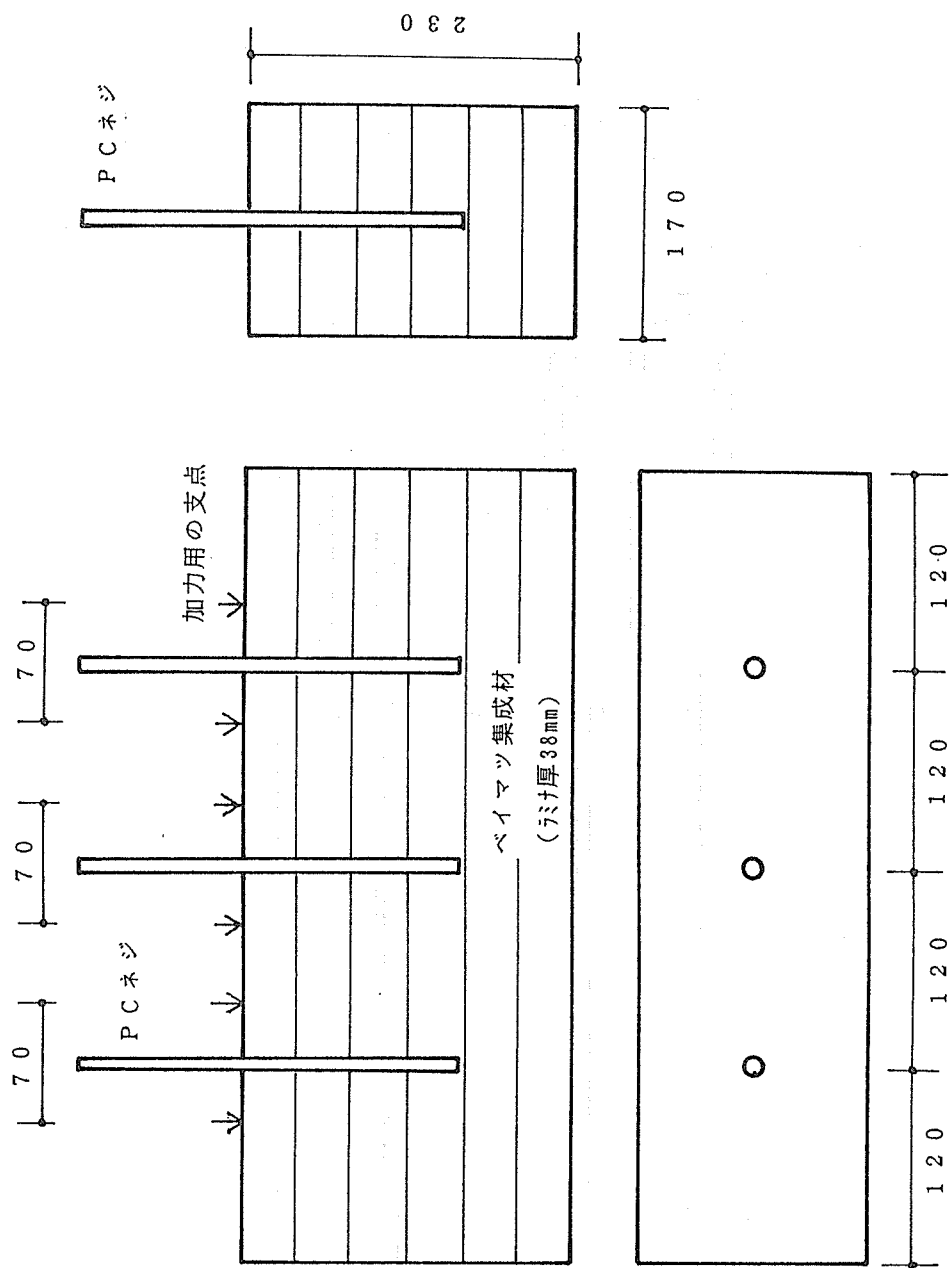


図10.3-1-2 試験体の作製方法 (繊維直交方向)

Direction of Load

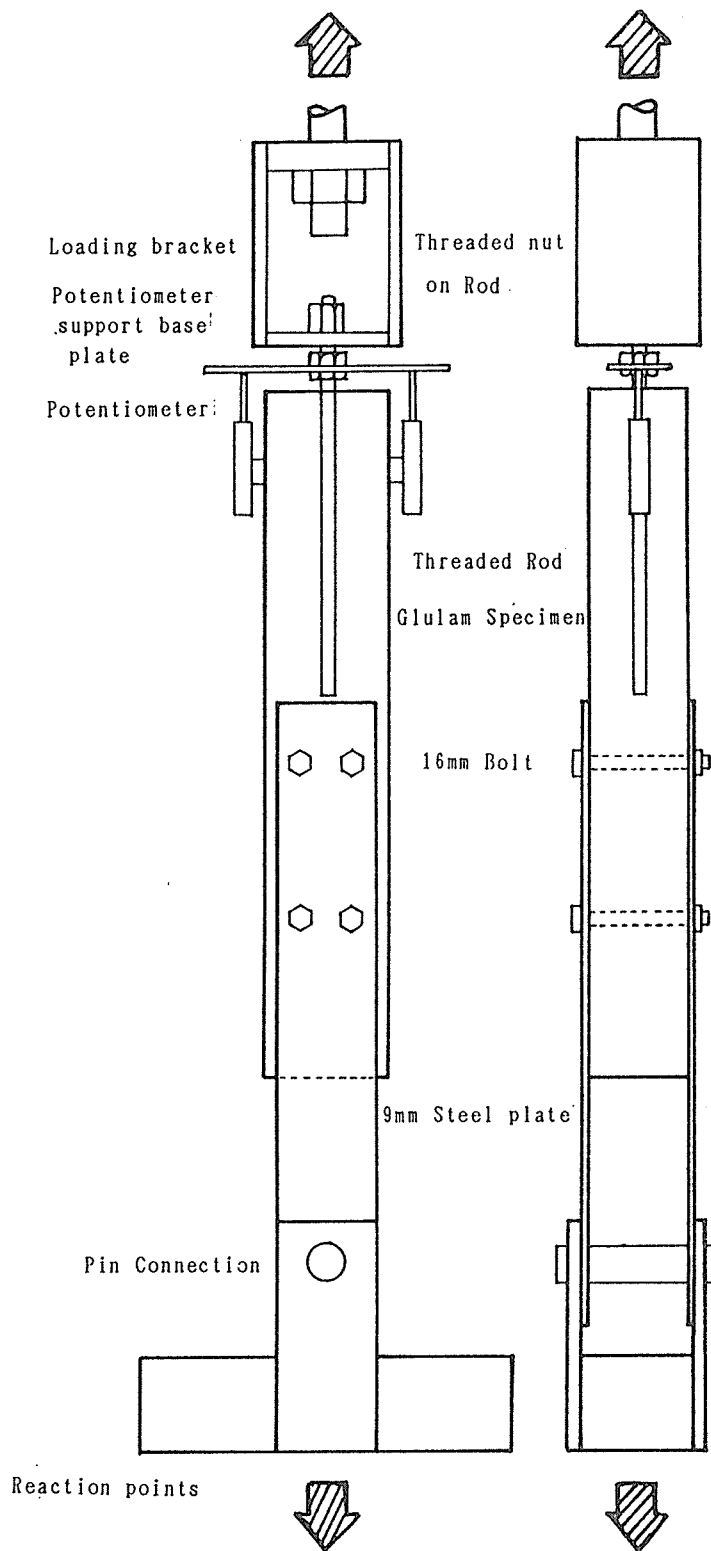


図10.3-2-1 A法引張試験方法

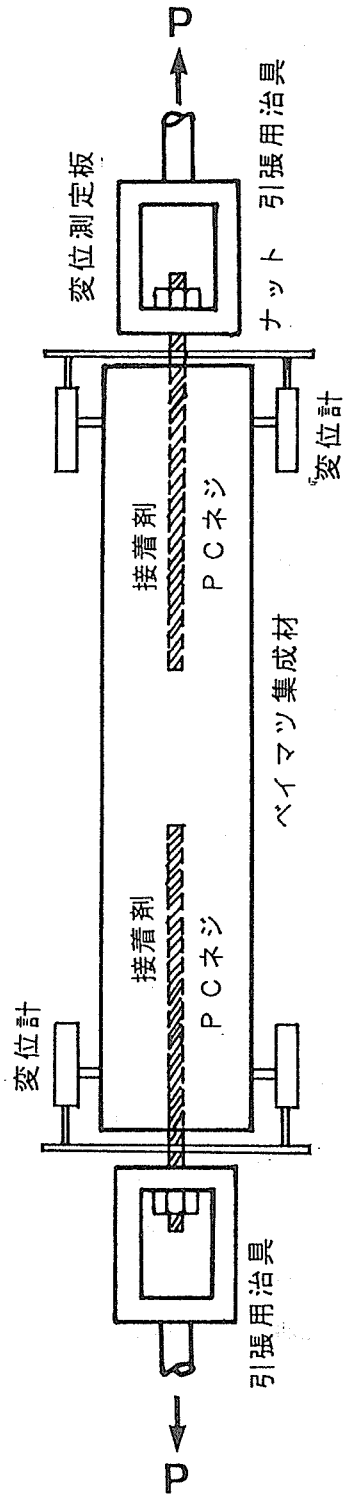


図10.3-2-2 B法引張試験方法

### 3) 孔の直径

PCネジの直径=10mm、埋込長を $\ell/d=1.4$ 一定として、孔径を増加させた場合の引抜き強度の関係を以下に示す。

①孔径11mm(ネジ直径10mm+1mm)の最大強度を「1.0」とした場合の強度比を図10.3-13に示す。孔径が約2倍の21mmまで増加しても引抜き強度はほぼ一定で、孔直径の増加に伴う引抜き強度の増加傾向は認められない。

②周長面積(孔径)と面積強度関係を図10.3-14に示す。概ね直線的な関係が認められ、周長面積の増加にともない面積強度は減少傾向を示す。

以上のことよりネジ径に対する孔径比を大きくしても(孔径の2倍)引抜き強度に影響を及ぼさないことが確認された。

### 4) 縁距離

直径20mmのロッドについては縁距離が $2.5d$ ( $d$ :ロッドの直径)まで $0.25d$ きざみで、直径10mmについては $5d$ まで $0.5d$ きざみで引張試験を行った。

① $\ell/d$ が10、20とも縁距離が $2.5d$ あたりから最大強度が一定化傾向を示す。これは破壊形態と関連しており、 $\ell/d=10$ の $2.5d$ 以降は、破壊がほとんど鋼棒の抜けであるのに対して、 $1d$ では木材の引張破壊である。また、 $\ell/d=20$ でも $3d$ 以降は鋼棒の抜けであるのに対して $1.5d$ 、 $2d$ では木材で破壊している。すなわち、縁距離が十分でない場合は木材部で破壊し、縁距離が十分ある場合は木部の破壊が伴うことが少ないことが確認できる。

②直径20mmでは、 $2.5d$ までのため一定傾向は認められないが、破壊状況は $\ell/d=10$ では $1.75d$ 以降は木材の割裂を伴う鋼棒の抜け、 $\ell/d=20$ では、 $2.5d$ あたりで鋼棒の抜けを生じている。すなわち、埋め込み長さで破壊形態が多少異なることが確認できる。

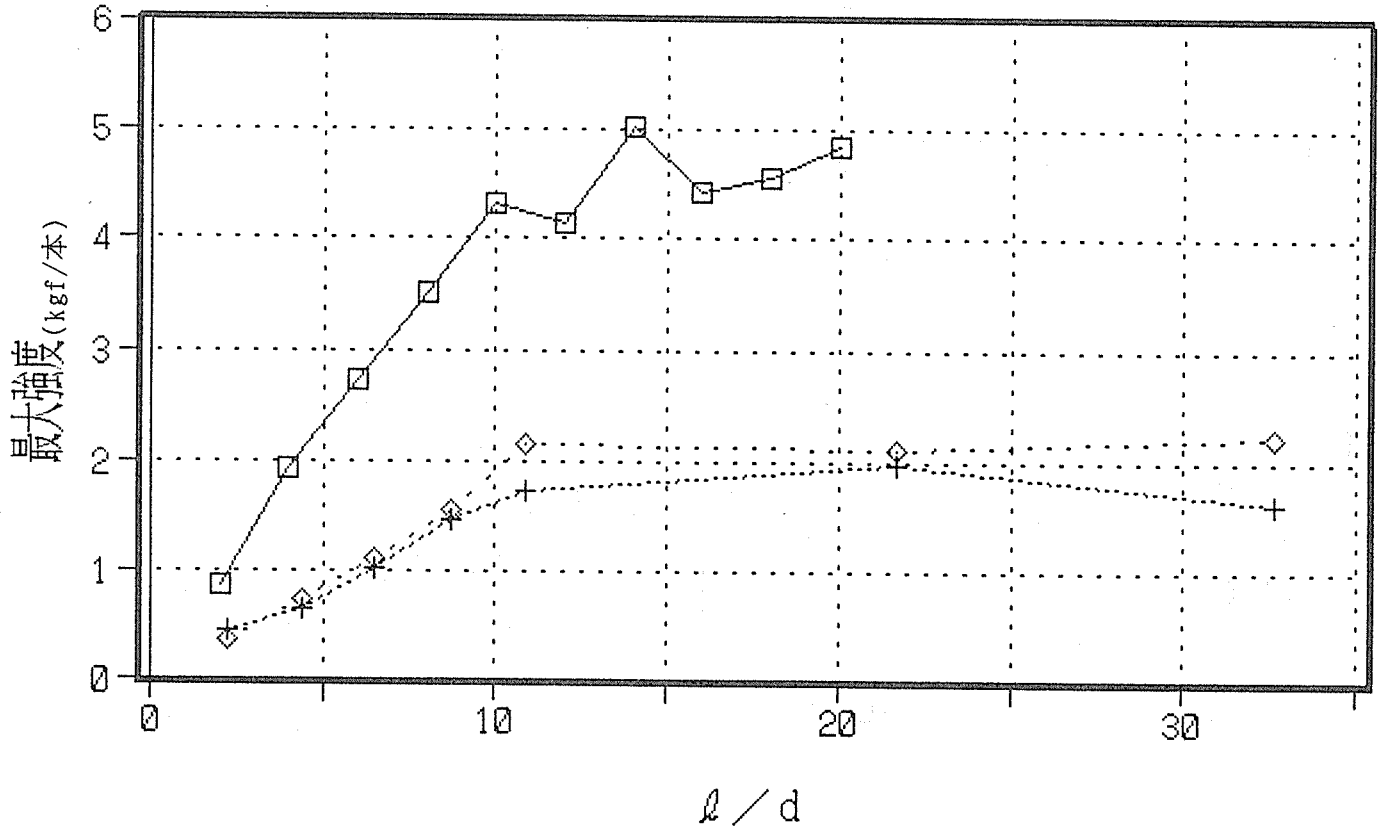
### 5) 鋼棒の応力分布について

直径10mm、 $\ell/d=20$ のPC鋼棒の表面にストレインゲージを貼り鋼棒に生じるひずみを測定した。鋼棒の埋め込み側より20mmごとに互生に表面にストレインゲージをはりつけ引張試験を行った。そのときの荷重とひずみの関係を図10.3-18、19に示す。

①No.0が最深部、No.21が埋め込み際に貼ったストレインゲージのひずみであるが、荷重が一定である場合、概ね深い部分より浅い部分に貼られたものの方がひずみ量が多い。すなわち、引張治具に近い部分の鋼棒の方が引張応力の負担割合が大きいことを示している。

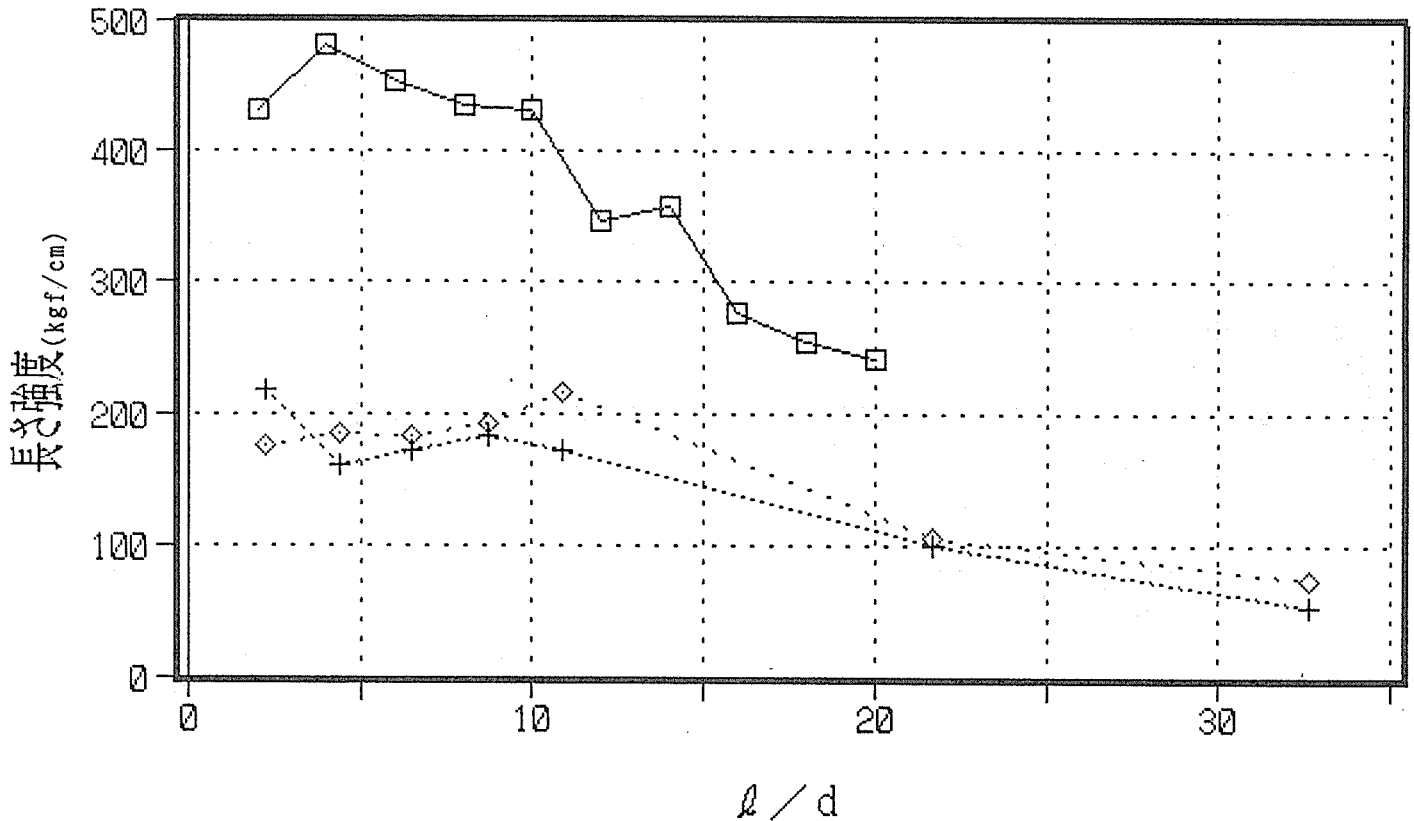
埋込長  $l/d$  と引抜き強度  
最大引抜き強度 (kgf/本)

単位・千



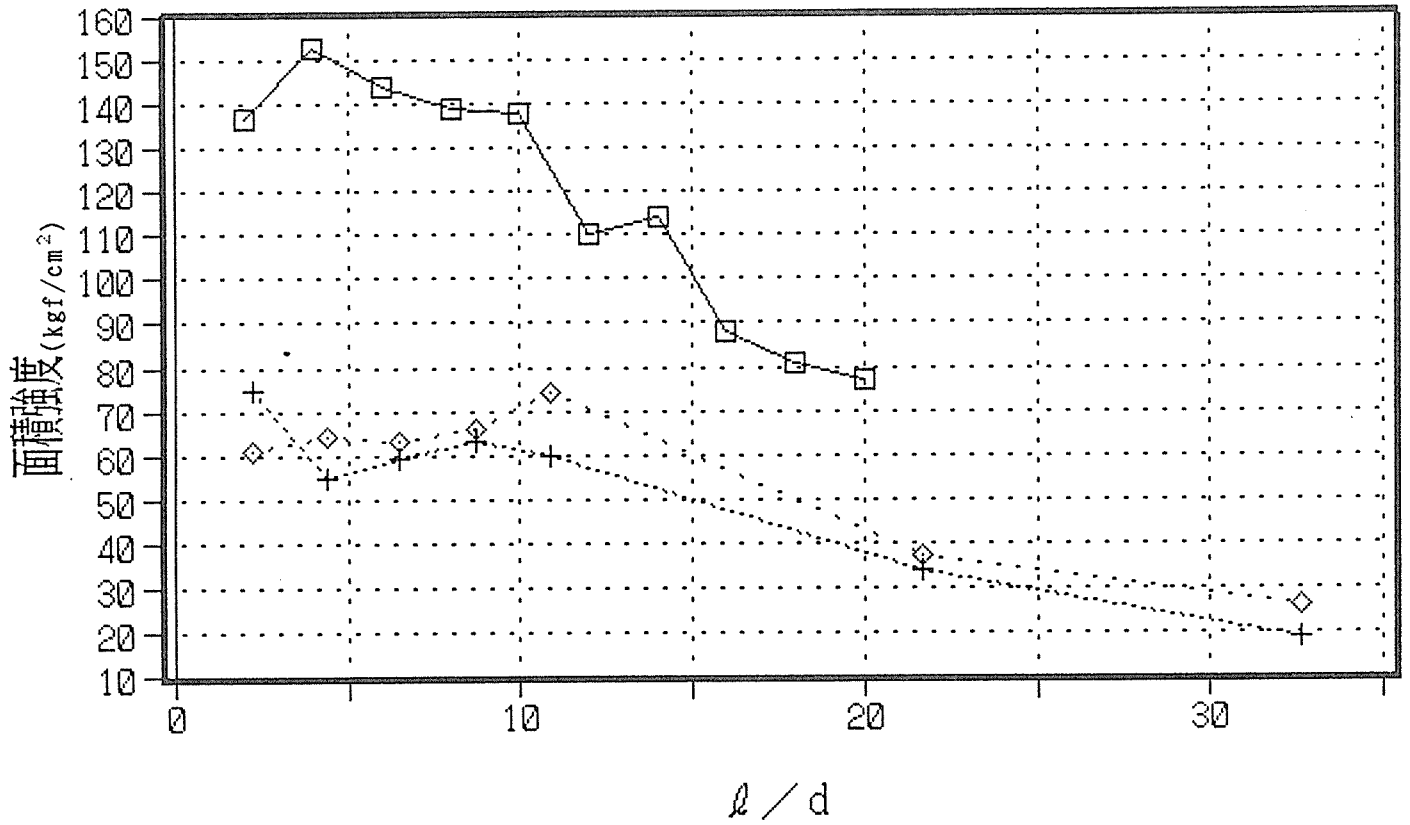
$l/d$   
□ PCネジ + PC丸鋼 ◇ PC異形鋼  
図10.3-3 最大強度と  $l/d$  (kgf/本)

埋込長  $l/d$  と引抜き強度  
長さ当り引抜き強度 (kgf/cm)



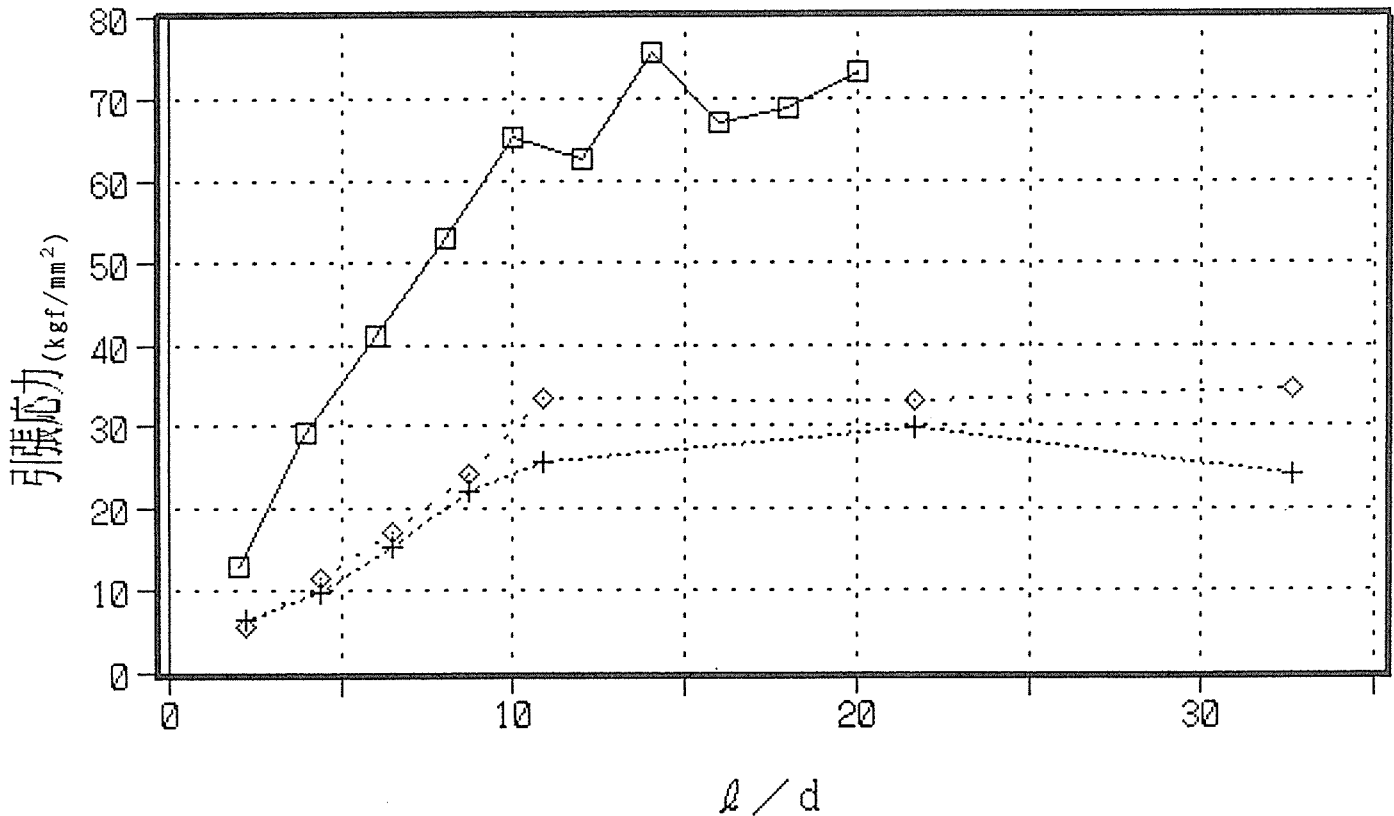
$l/d$   
□ PCネジ + PC丸鋼 ◇ PC異形鋼  
図10.3-4 長さ強度と  $l/d$  (kgf/cm)

埋込長  $l/d$  と引抜き強度  
 周長面積当り引抜き強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)



$l/d$   
 □ PCネジ + PC丸鋼    ◇ PC異形鋼  
 図10.3-5 面積強度と  $l/d$  (kgf/cm<sup>2</sup>)

埋込長  $l/d$  と引張強度  
 □ ッド断面の引張強度 (kgf/mm<sup>2</sup>)

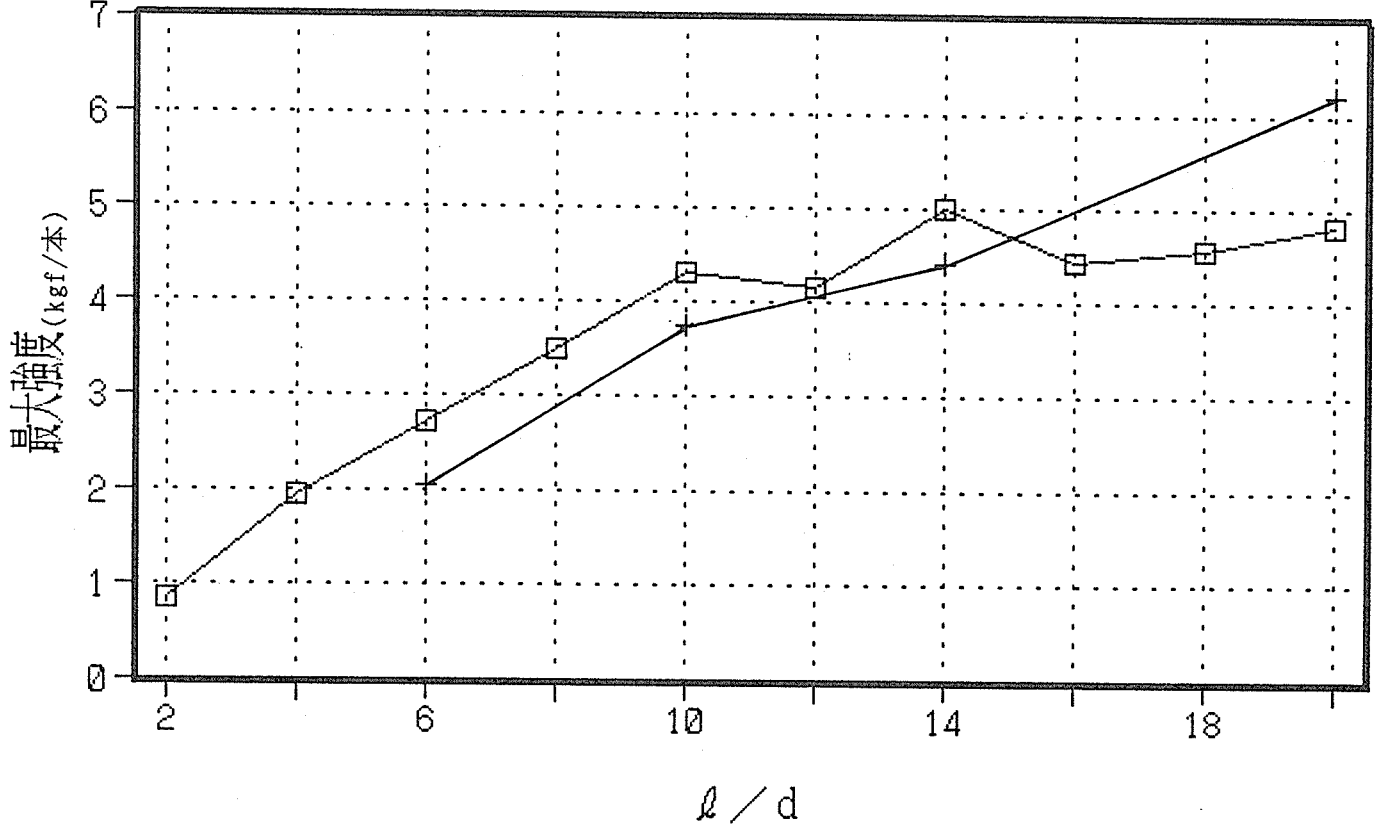


$l/d$   
 □ PCネジ + PC丸鋼    ◇ PC異形鋼  
 図10.3-6 引張応力と  $l/d$  (kgf/mm<sup>2</sup>)



埋込長  $l/d$  と最大引抜強度  
 最大引抜強度 (kgf/本)

単位・千

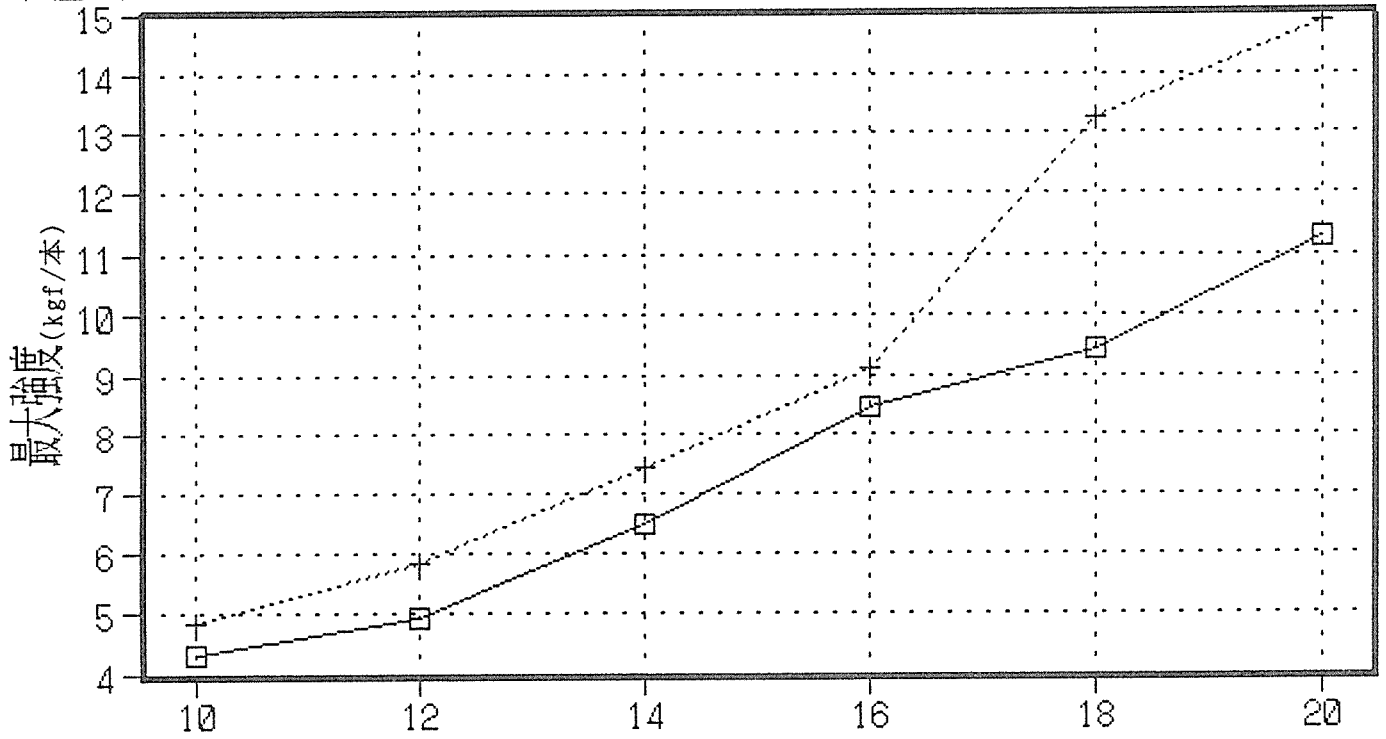


□ PCネット繊維方向 + PCネット繊維直交

図10.3-7 繊維直交方向の最大強度と  $l/d$  (kgf/本)

引抜強度とPCネジの直径  
PCネジ1本当りの引抜強度(kgf/本)

単位・千



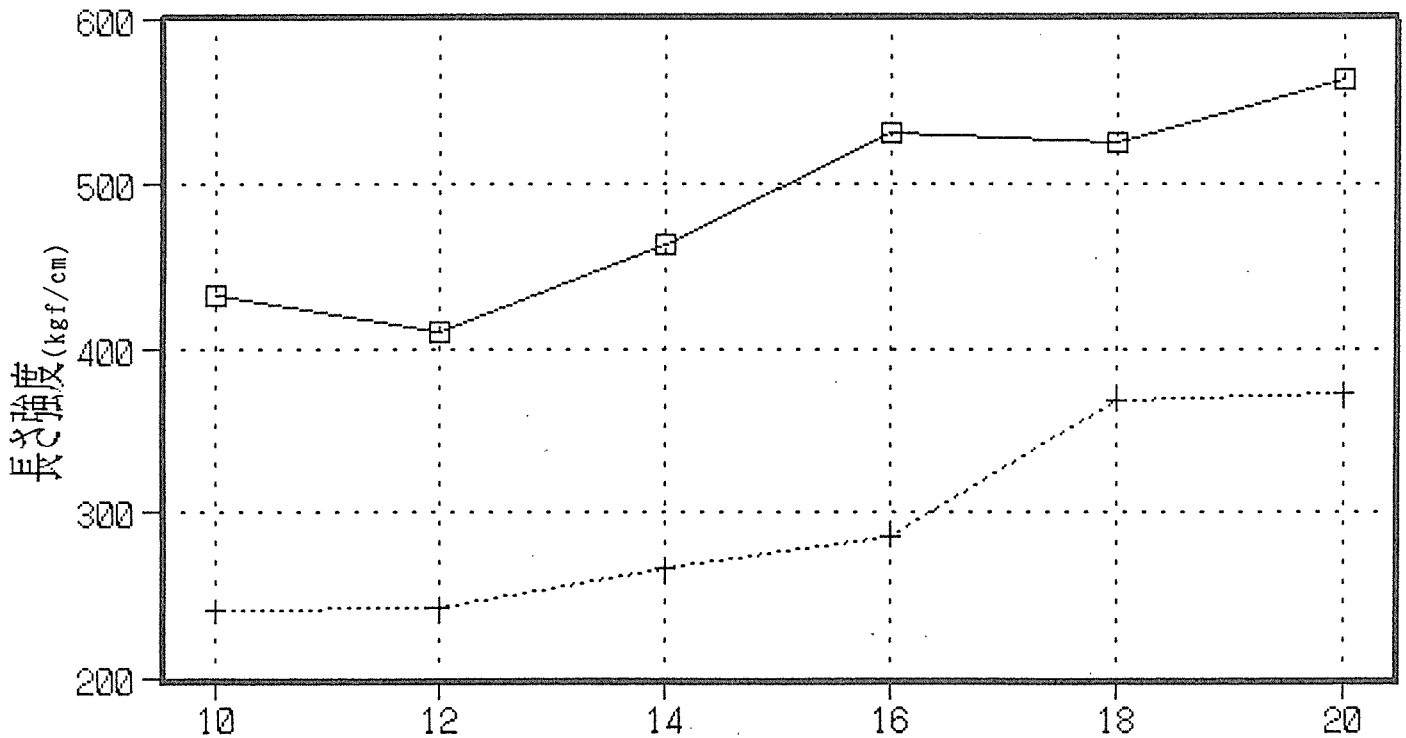
PCネジの直径(mm)

□  $l/d10d + l/d20d$

図10.3-8 最大強度とロッドの直径(kgf/本)

鋼棒径と引抜耐力

ネジの長さ当りの引抜耐力

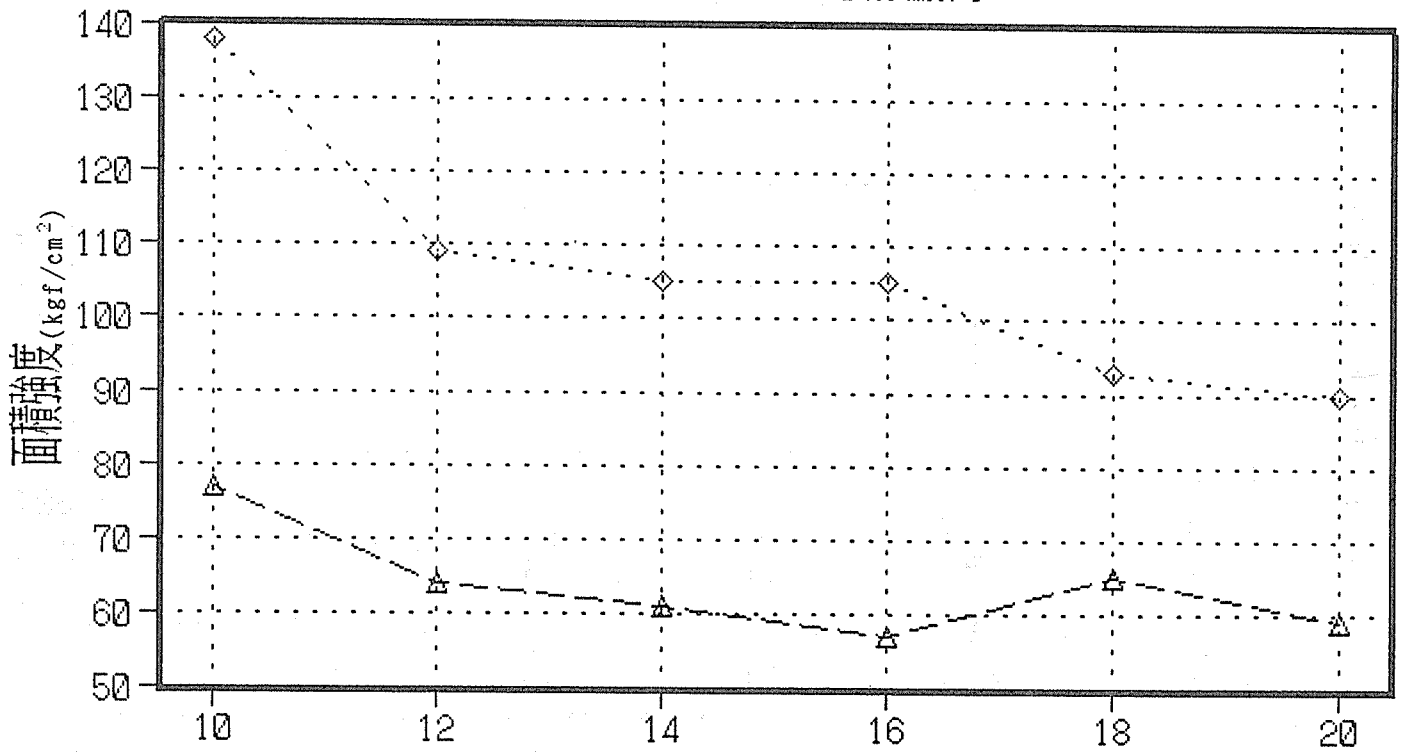


PCネジの直径(mm)

□ 埋込長10d + 埋込長20d

図10.3-9 長さ強度とロッドの直径(kgf/cm)

鋼棒径と引抜耐力  
周長面積当りの引抜耐力

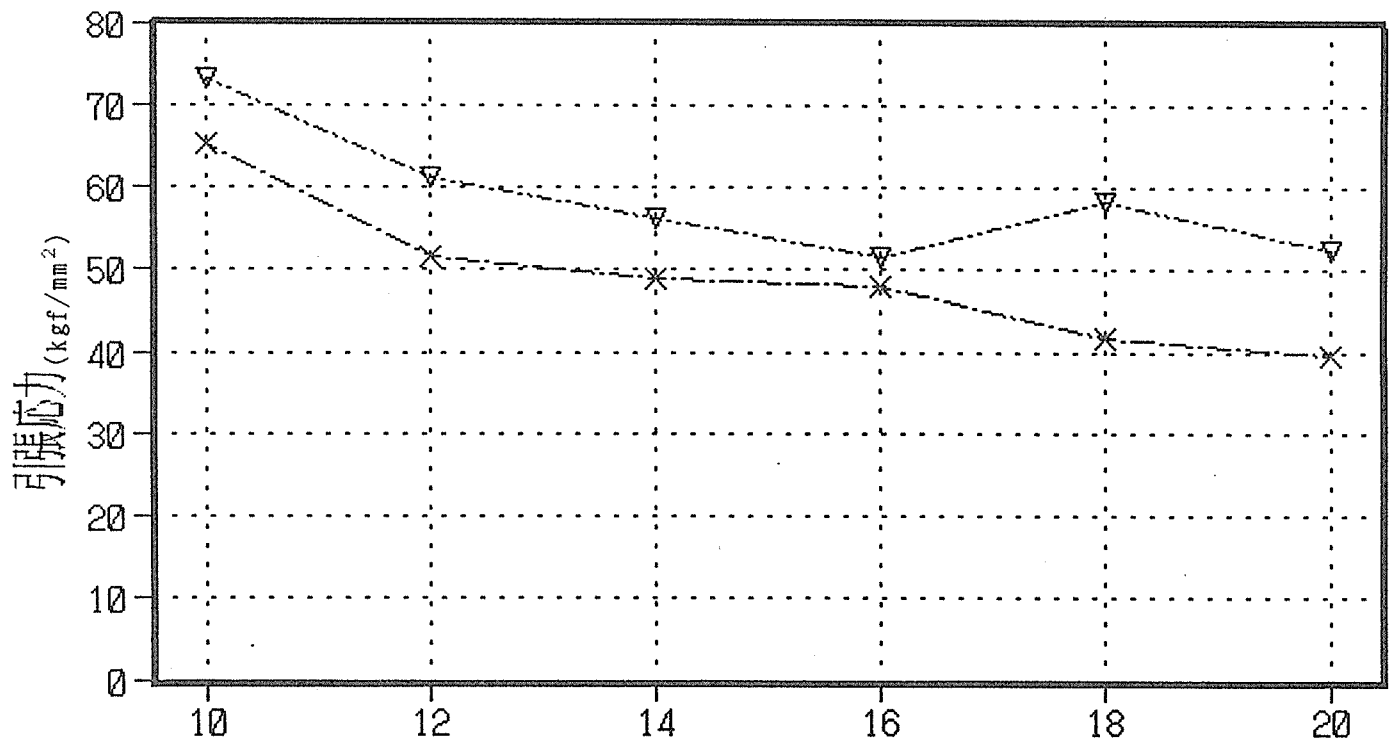


PCネジの直径 (mm)

◇ 埋込長10d    △ 埋込長20d

図10.3-10 面積強度とロッドの直径 (kgf/cm²)

鋼棒径と引張応力  
PCネジ断面に生じる応力



PCネジの直径 (mm)

× 埋込長10d    ▽ 埋込長20d

図10.3-11 引張応力とロッドの直径 (kgf/mm²)

引抜強度比とPCネジの直径  
埋込長20d/10dの強度比

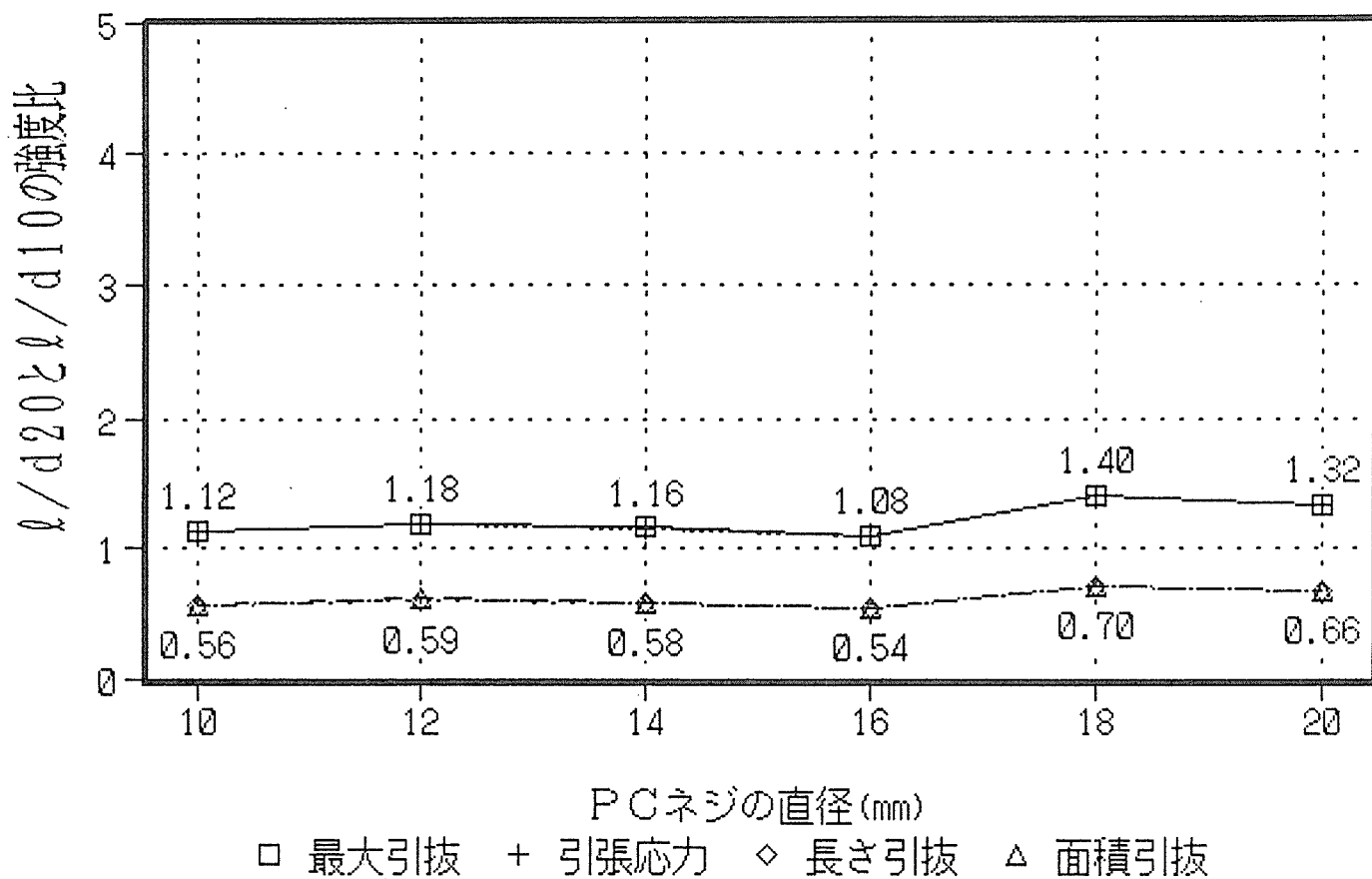


図10.3-12  $l/d20$ と $l/d10$ の強度比とロッドの直径

孔径と引抜き強度比  
 ネジ径、埋込長が一定時の強度比( $\phi 11=1$ )

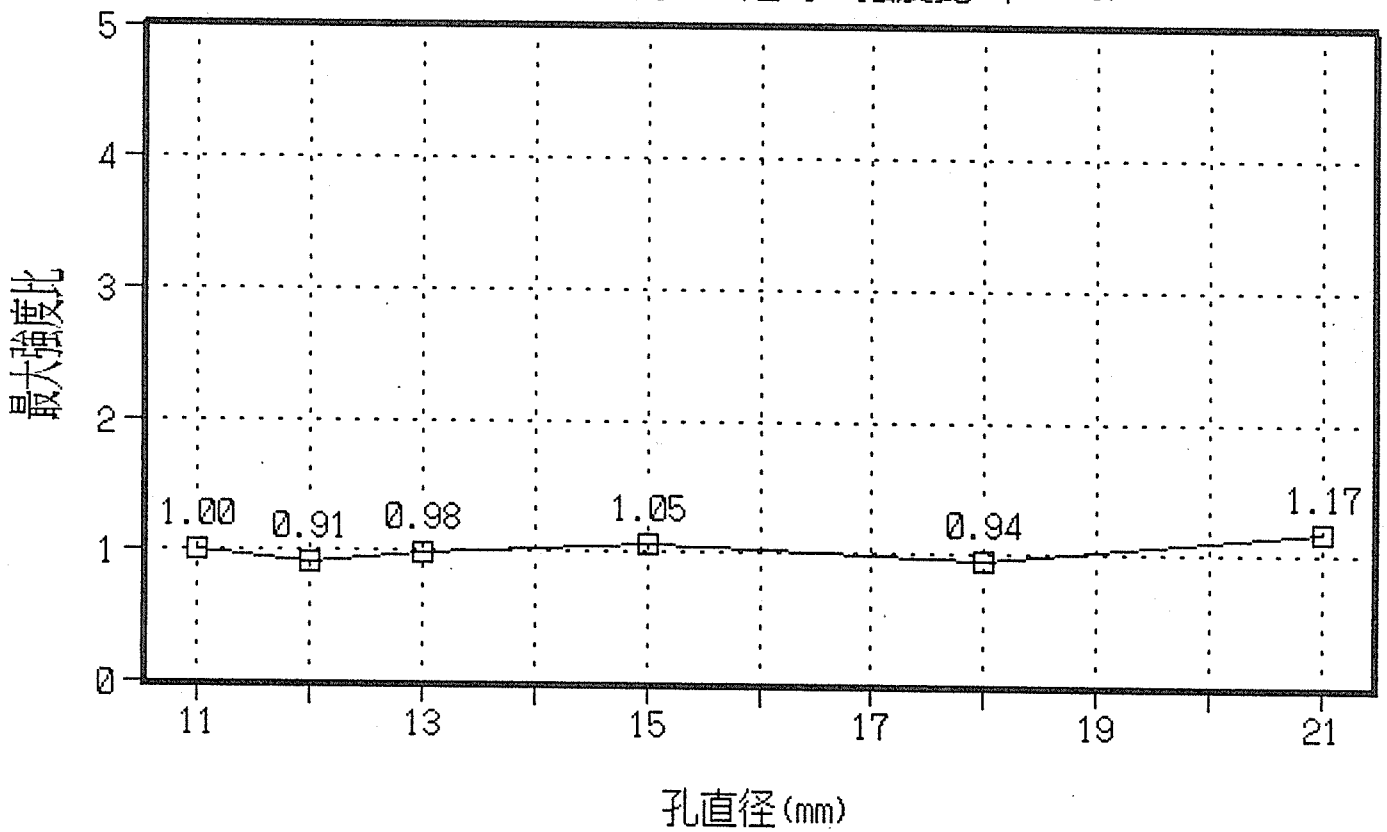


図10.3-13 孔直径と最大強度比 (孔直径11mmの最大強度を1.0、ボルト直径10mm)

孔径と面積当り引抜き強度  
 周長面積と引抜き強度

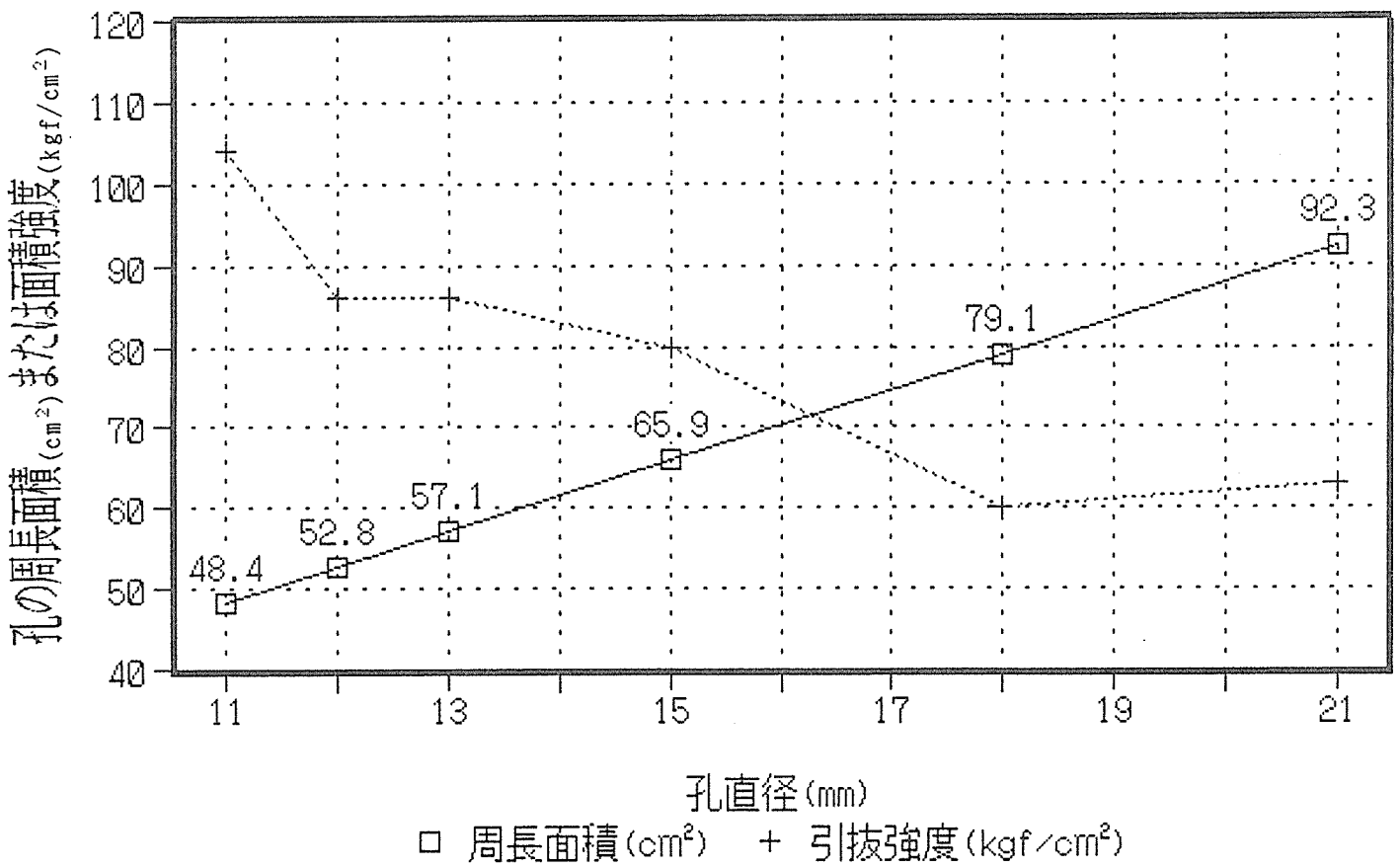


図10.3-14 孔の周長面積(cm<sup>2</sup>)と面積強度(kgf/cm<sup>2</sup>)

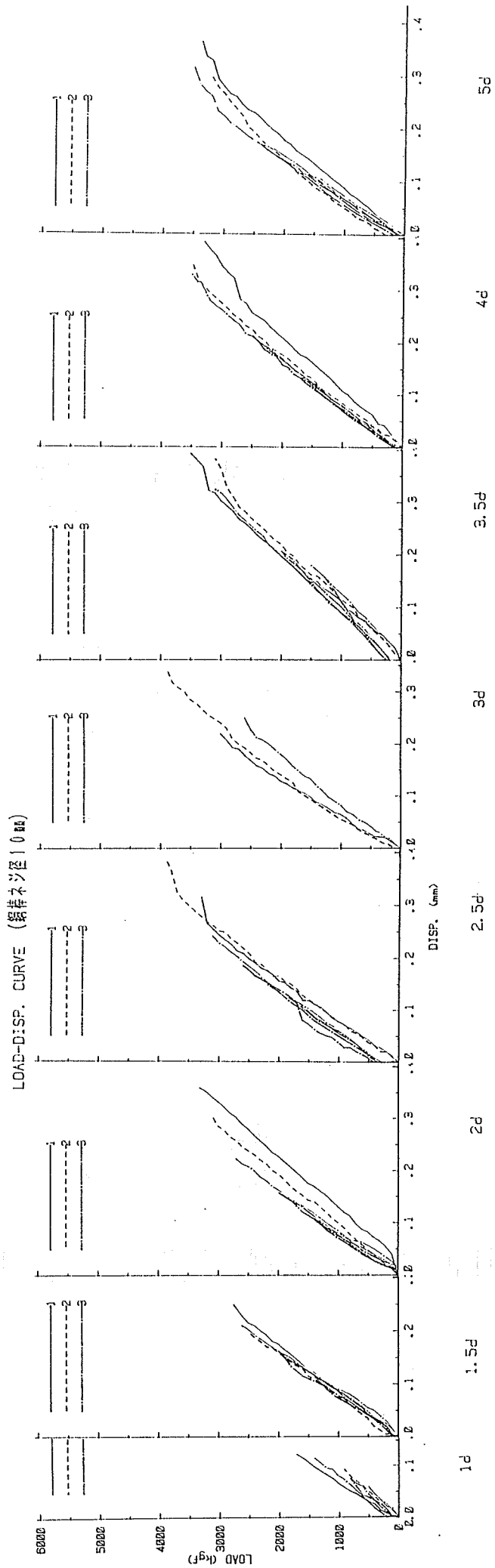


図10.3-15 縁距離の変化による荷重-変位曲線図(kgf/本) (P<sub>1</sub>ト直径10mm)

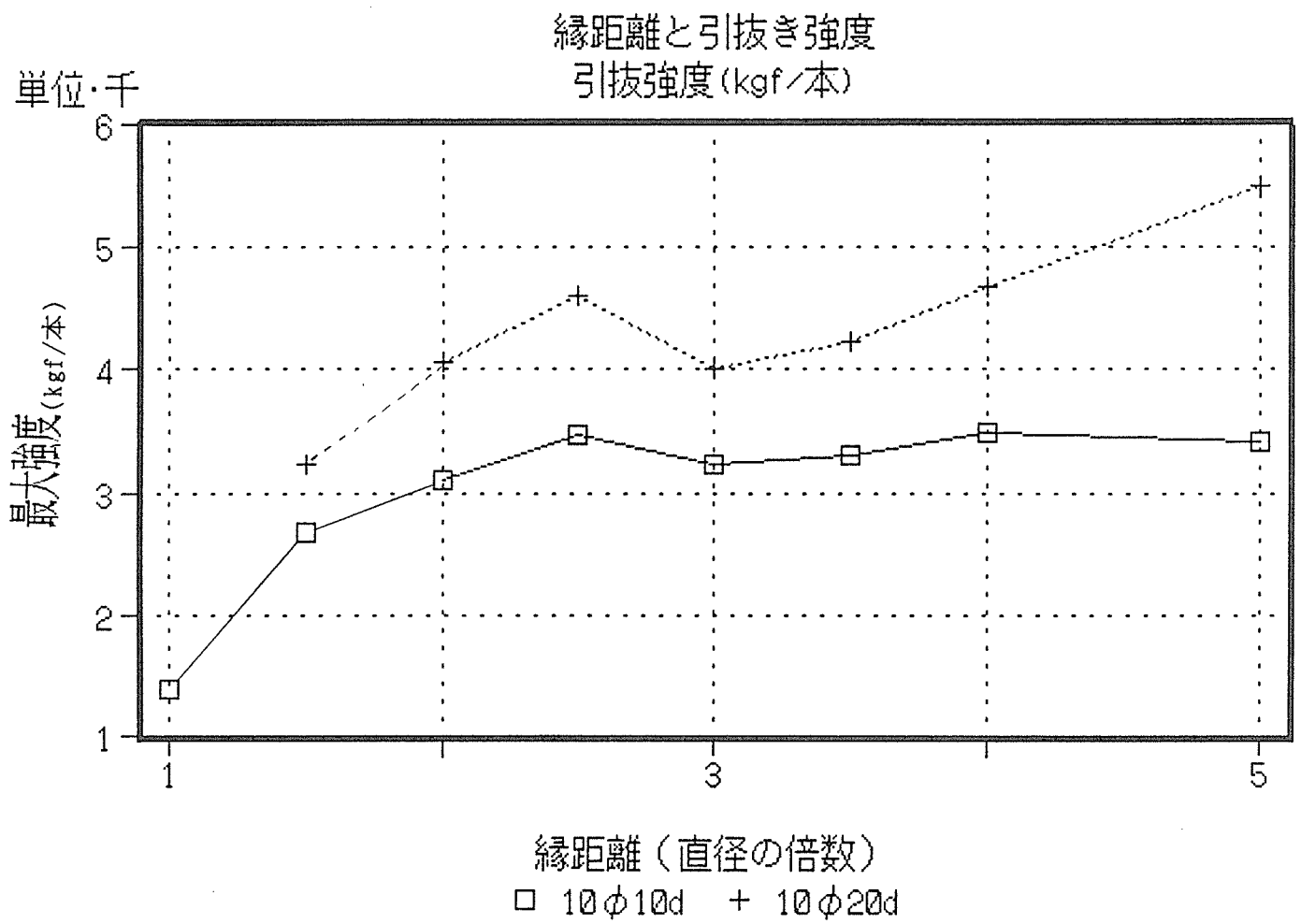


図10.3-16 最大強度と縁距離(kgf/本) (10φ"直径10mm)



縁距離と引抜き強度  
引抜き強度 (kgf/本)

単位・千

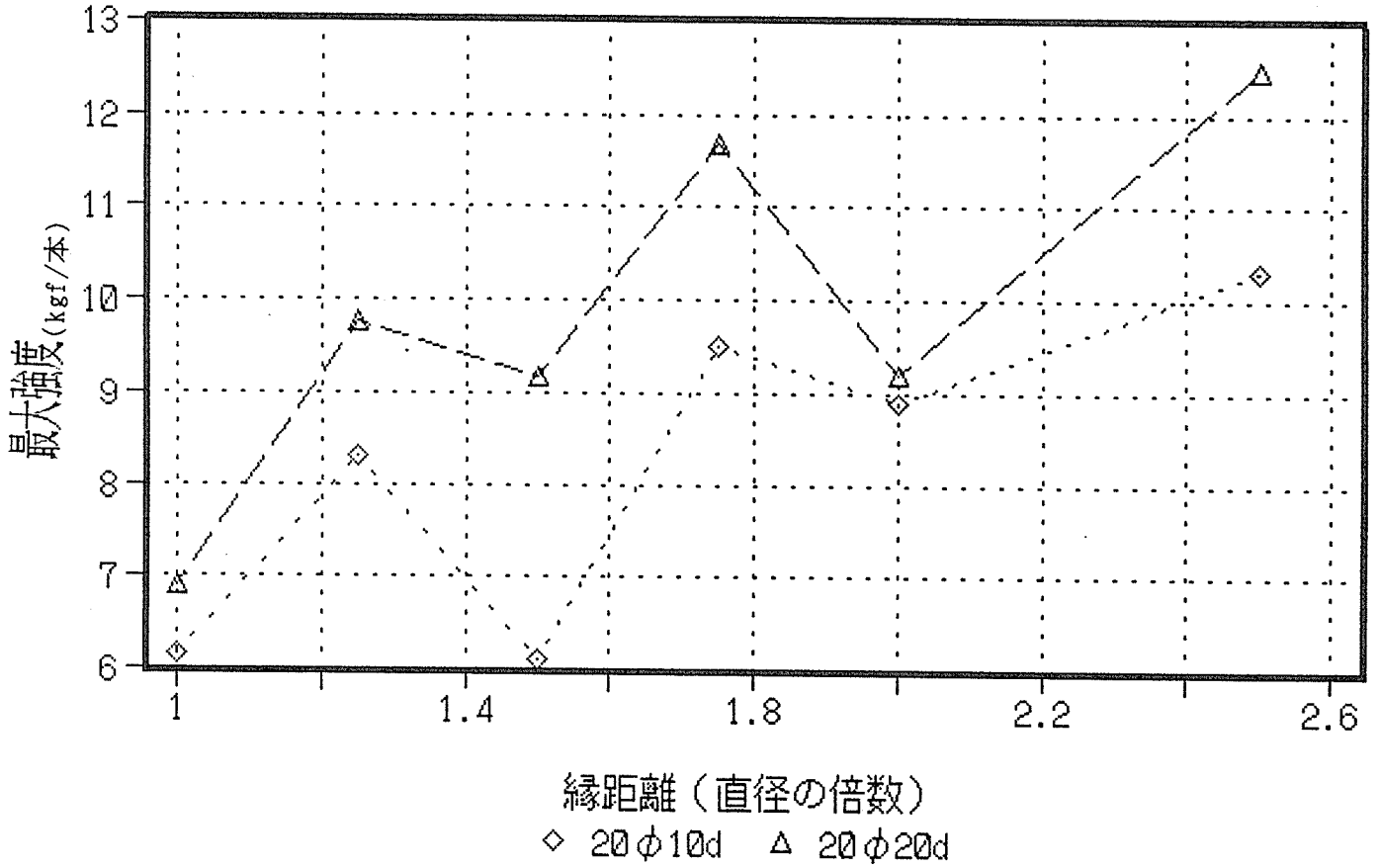


図10.3-17 最大強度と縁距離(kgf/本) (引抜き直径20mm)

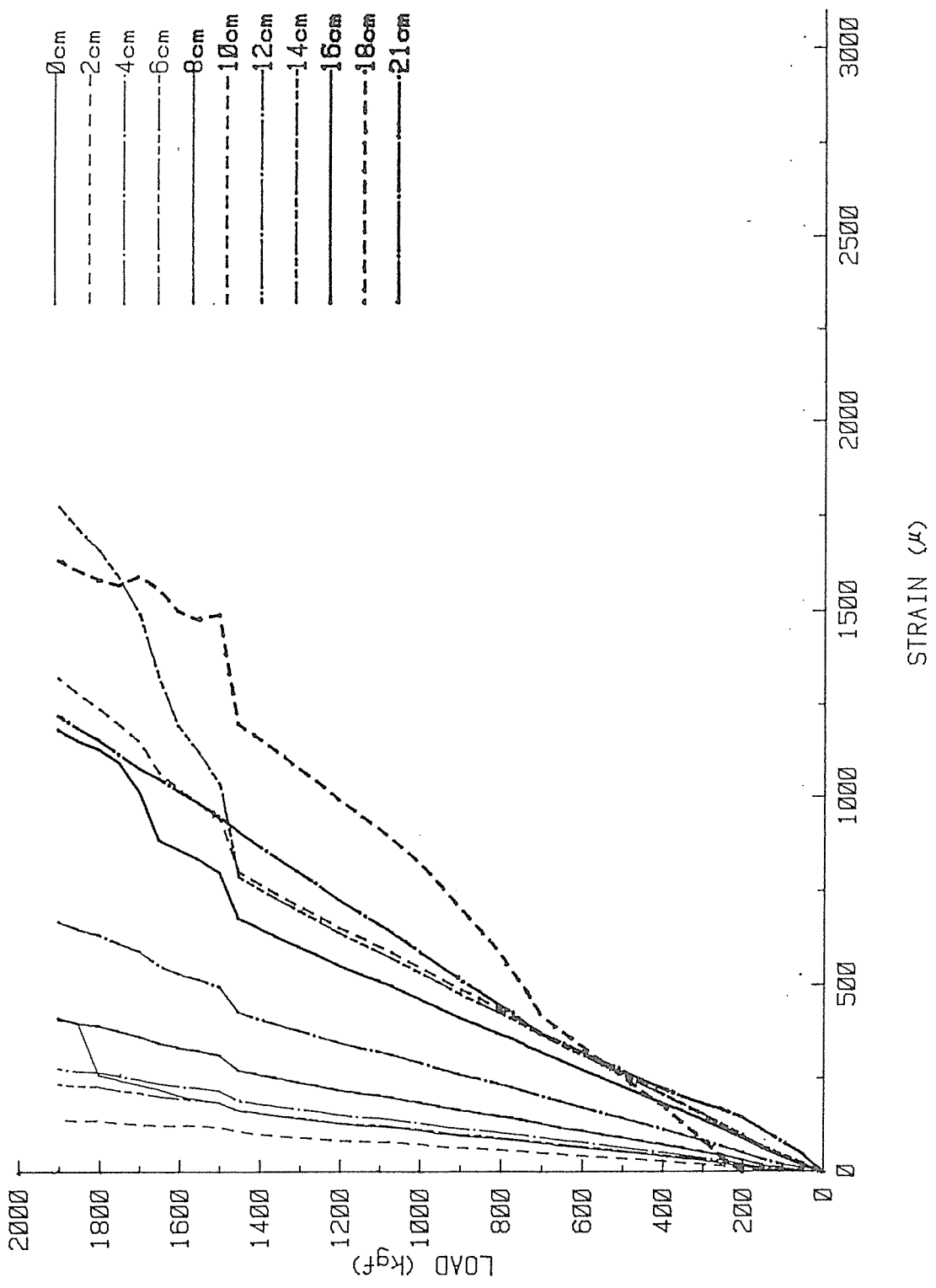
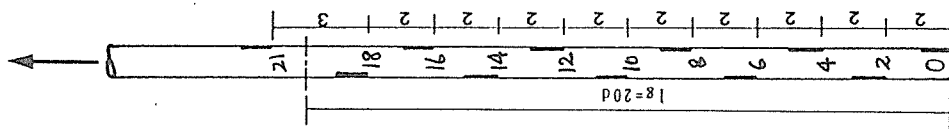


図10. 3-18 ロッドに生じる応力とひずみ (丸鋼直径10mm、 $l/d20$ )

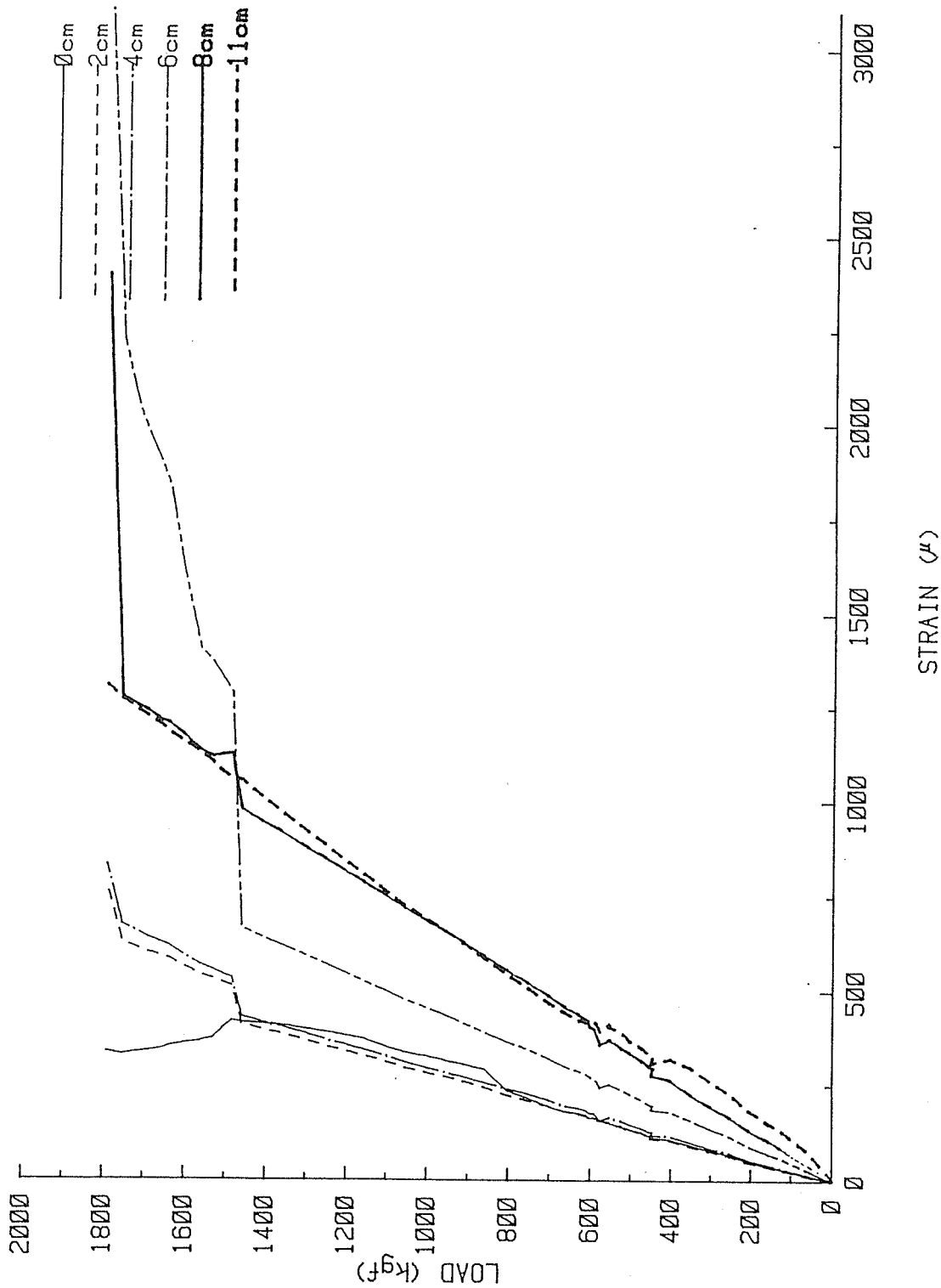
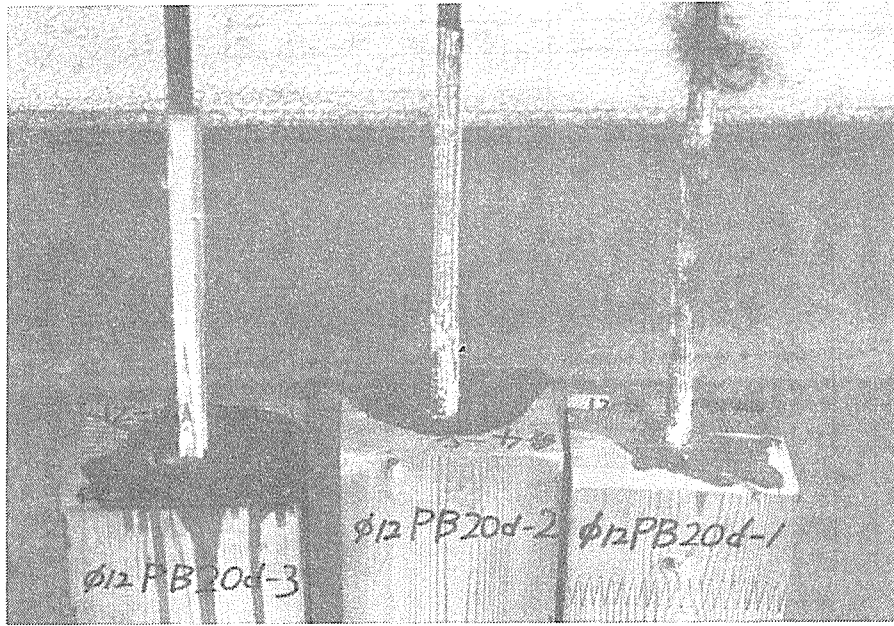
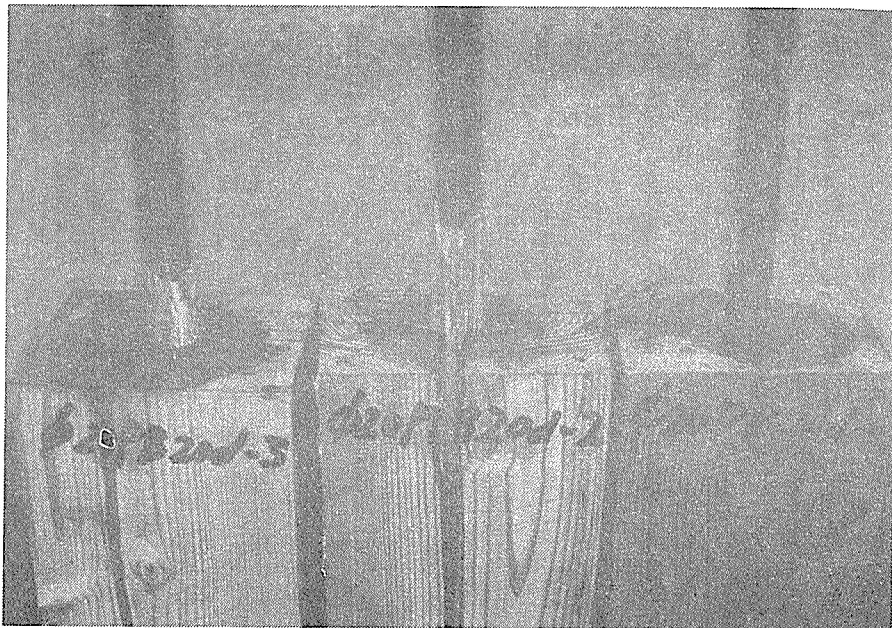


図10.3-19 ロッドに生じる応力とひずみ (丸鋼直径10mm、 $l/d10$ )



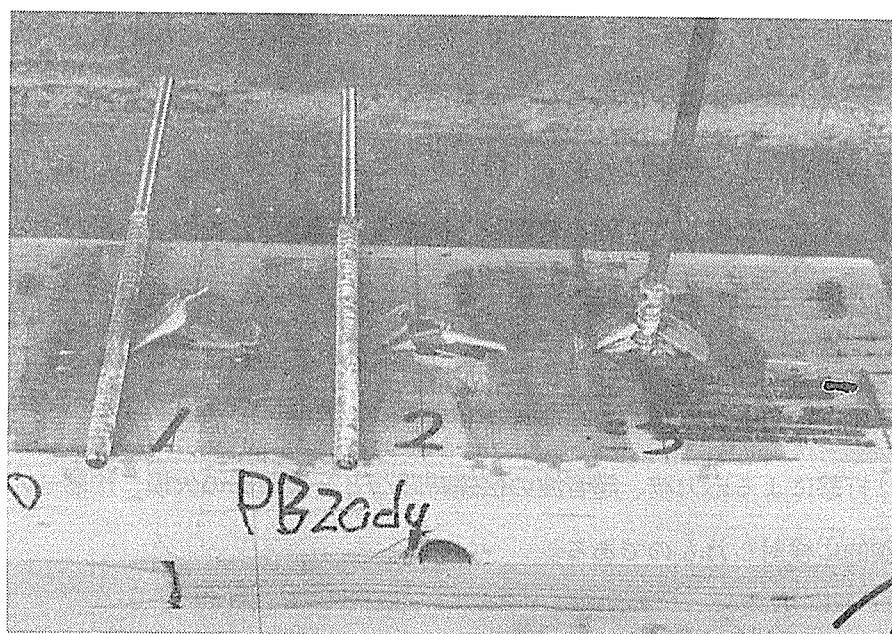
PCネジの破壊状況  
ネジ径φ12mm



PCネジの破壊状況  
ネジ径φ20mm  
材割れが生じている



PCネジの破壊状況  
ネジ径 $\phi$ 10mm  
孔径が $\phi$ 21mmの場合



PCネジの破壊状況  
ネジ径 $\phi$ 10mm  
繊維方向に直交

## 第11編 接着接合の非破壊検査と強度評価の基礎実験

非破壊的な方法で接着欠損や強度を直接評価するため応力波、超音波の伝達時間などと接着部の欠損、接着せん断耐力の関係を実験的に検討した。トドマツのラミナ2枚を各種条件で接着し、超音波の伝播時間を接着面に直角（厚さ方向）と接着面を斜めにクロスする方向（幅方向）について計測した。接着欠損部があると完全な部分に比較して超音波の伝播時間差が大きくなり、数値のバラツキも大きくなる傾向がある。せん断強度の分布は大きく2つに区分されるが、超音波の厚さ方向および幅方向の伝播時間差で区分すると接着部分のせん断強度の区分が可能となった。

### 1. はじめに

集成材などの木質構造用接着は管理された工場での製造を原則にしており、現場における接着工法は釘との併用や、多くの実績から現場における管理が信頼おけると認められた一部の工業化住宅で使用されているのみである。しかしながら、多様化した建築物の構造設計上から接合の剛性の確保や、我が国の資材運搬に関する道路事情などから建設現場に近いところで接着接合をしたいという希望は多い。

現場接着が工場接着と異なる点は接着現場の環境が広範囲で複雑であり、管理しうる領域と許容される施工条件の範囲によって生じる接着力のバラツキの程度が大きいのではないかと危惧からきており、したがって、現在までに現場接着は枠組壁工法の床に釘との併用、一部の工業化住宅で使用されているのみである。もちろん、最近の接着技術からするならば構造耐力上の評価は今後十分考えうるであろうが、担保の仕方は大きく区分すると、（1）仕様書に準じて工程を管理し、抜き取り試験などで検査を徹底する（2）非破壊的な方法で欠損や強度を直接評価する となるであろう。前者は施工現場での条件を想定した実験と結果の評価を検査にどのように取り入れるかが重要である。また、後者については状況に応じた各種試験法を組み合わせることが必要かと思われる。

本研究は打撃による応力波、超音波の伝達時間などと接着部の欠損、接着せん断耐力の関係を実験的に検討したものである。

## 2. 試験方法

試験体は図1のようにトドマツのラミナを2枚合わせしたもので、接着剤として水性高分子イソシアネート樹脂、レゾルシノール樹脂を用いた。接着の方法として接合部に意識的に欠損部、あるいは点接着とし、接着面積を変化させた。また、接着条件として、圧縮圧、圧縮時間などを変化させ接着状態が変化するようにした。

接着後、図2のように端部打撃による応力波の伝播時間差、超音波伝播時間差を計測した。応力波の測定は同一ラミナ上の2点間の時間差と接着層を挟んだ2点間の時間差で比較し、両者の差に注目した。超音波はNTTの木材腐朽診断装置によって接着面に直角（厚さ方向）と接着面を斜めにクロスする方向（幅方向）について計測した。その他中央集中静的曲げよる撓み、曲げ自由振動による固有振動数、縦振動による固有振動数を計測した。

超音波を計測した箇所から3×3×4cmの試験片を切り出し、接着せん断強度を図3のように求めた。

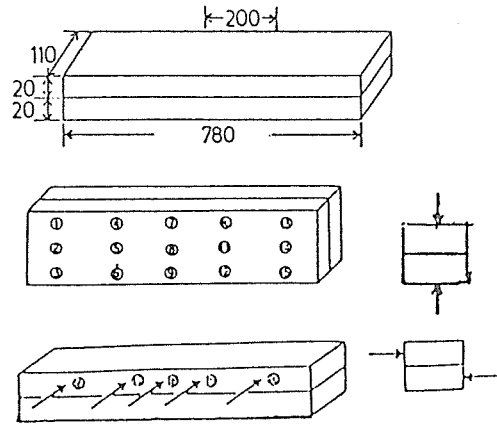


図1 試験体と超音波伝播時間の計測方法

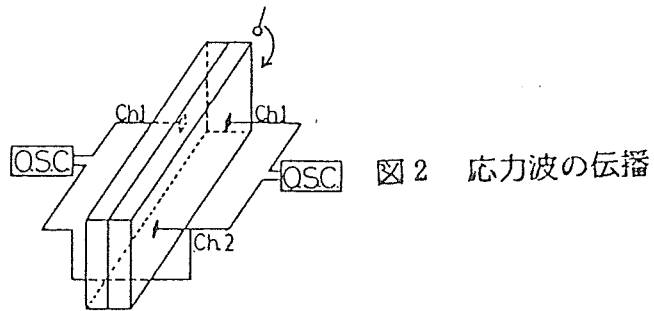


図2 応力波の伝播

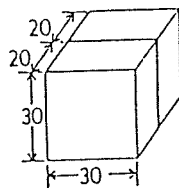
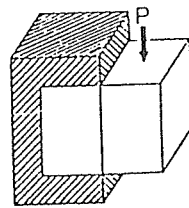


図3 接着せん断強度方法



### 3. 試験結果

えられた主な知見<sup>1) 2) 3) 4)</sup>は以下の通りである。

(1) 一般に接着が完全に行われれば組み合せ梁としての曲げヤング係数が計算できることが認められている。したがって単純な方法として接着前後のヤング係数を計測すると判定がつく。たとえば、接着条件の良好とおもわれたものでも、組合わせ梁の計算値から求めた曲げヤング係数と実測のヤング係数を比較すると後者が低い値を示すことがあるので、一体化が不十分であることが認められる(図4)。したがって前もってヤング係数が求めておけば計算値と実測値のずれから基本的な判断ができる。これは曲げによるのがもっとも簡易であり、評価しやすい。縦振動では評価しにくく、不十分である。

(2) 接着欠損部があると完全な部分に比較して超音波の時間差が大きくなり、数値のバラツキも大きくなる傾向がある。顕着なときは検知できなくなる。応力波の伝播時間から接着硬化状況が判断できるが、接着欠損判定には伝播経路の検討を要する。(図5)

(3) 超音波の時間差(厚さ方向および幅方向)とせん断強度の関係は大きくばらついているが、負の傾向であり、時間差がある数値以上になると強度がきわめて低くなることが認められる。(図6)

(4) 全試験体のせん断強度の分布は値の低い領域と100 kgf/cm<sup>2</sup>付近の領域に大きく2つに区分される。(図7)

(5) 厚さ方向の時間差で30 μs以上と未満で区分し、各々の強度分布を求めると、30 μs以上では強度の低い部分が検出できる。しかしながら、30 μs未満では2つの区分が存在している。(図8)

(6) 厚さ方向の時間差の30 μs未満のものについて、幅方向の時間差で85 μs以上と未満で区分すると85 μs以上で強度の低い部分が検出できる。85 μs未満では強度の低い部分がきわめて少なくなり、判定の精度はかなり高くなった(図9)。

このように厚さと幅の2方向の超音波の伝播時間を計測することで、大まかに接着状態を定量的に比較できる可能性を示唆した結果がえられた。この時間差は接着欠こう部の存在に依存していると考えられるが、上記した時間差の数値そのものは重要な意味はなく、連続的な数字としての意味の根拠はない。すなわち、接着部分の接着強さを支配する接着面積の大小を間接的に評価していると考えた方がよい。言葉を代えれば欠こうの程度、接着されているかどうかを区分している。これは最近の報告<sup>5)</sup>にみられる超音波の透過で欠

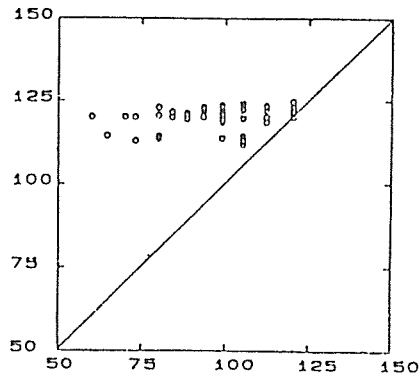


図4 ヤング係数の組合わせ梁の計算値と実測値

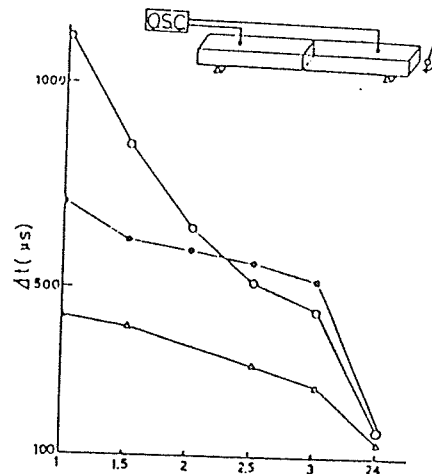


図5 接着剤硬化過程の応力波の時間差の変化

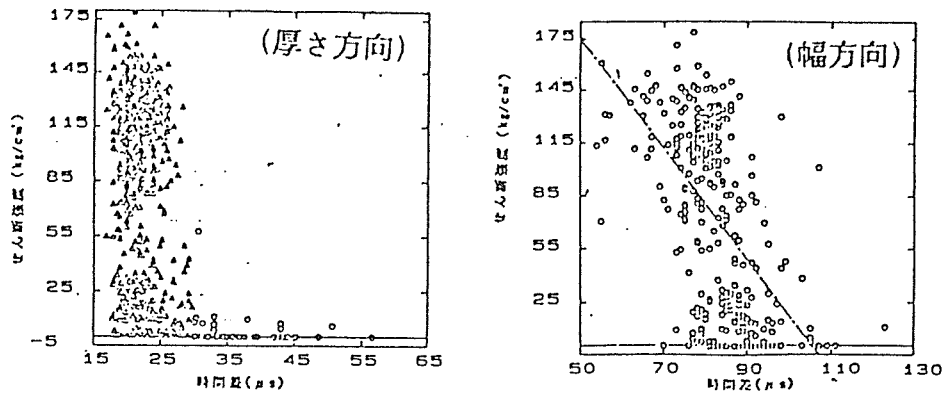


図6 超音波の時間差 とせん断強度の関係

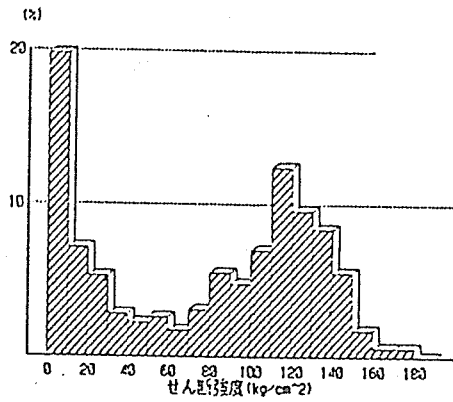


図7 全試験体のせん断強度の分布

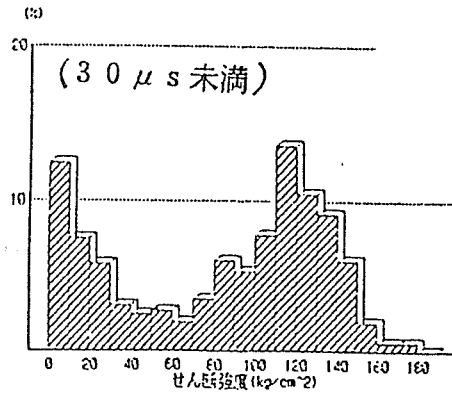
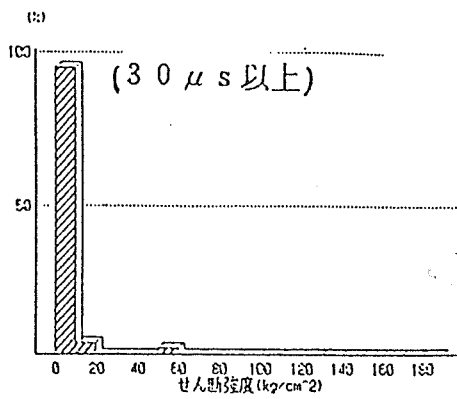


図8 厚さ方向の時間差の強度分布

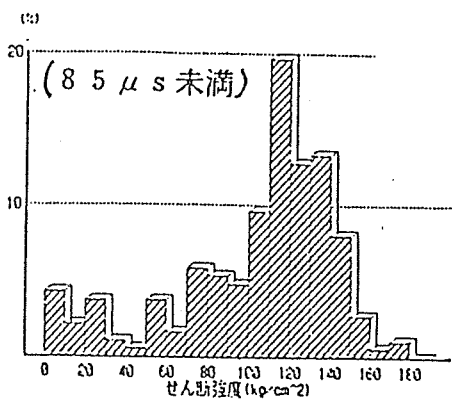
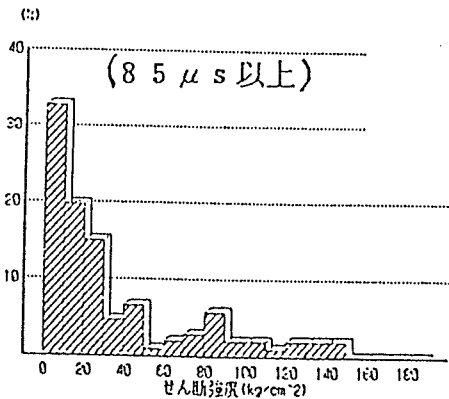


図9 幅方向の時間差の強度分布 (厚さ方向 30 μs 未満)

陥部がある程度判定できると言う結果と類似しているといえよう。

これらは接着のある一定の評価を与えると考えられるが、要求される状況によっては不十分とおもわれるので、実大部材の耐力評価とあわせて今後さらに検討していく必要があるろう。

本研究は横沢章夫君（元東京大学大学院生、現大成建設（株））との共同研究である。

#### 文献

- (1) 横沢、中村、有馬、大熊：第39回日本木材学会大会研究発表要旨集 p68 (1989)
- (2) 中村、安藤：同 p69 (1989)
- (3) 横沢、中村、有馬、大熊：第40回日本木材学会大会研究発表要旨集 p386 (1990)
- (4) 中村、有馬、大熊：日本建築学会大会学術講演梗概集 p137-138 (1990)
- (5) 小塚裕一、木村 衛、楠寿博、太田道彦、畑中公樹、伊東洋路：日本建築学会大会学術講演梗概集 p135-136 (1990)

## 第12章 付 録

1. スロープフィンガージョイント材の曲げ及び引張強度に及ぼすスロープ比及び接着剤の影響
2. フィンガージョイントに関するドイツ工業規格 (D I N 6 8 1 4 0 1971)
3. フィンガージョイントに関する英国規格 (B S 5 2 9 1 1984)
4. 発表論文

# スロープ・フィンガージョイント材の曲げおよび引張強度性能に及ぼすスロープ比および接着剤の影響\*

森 光正<sup>1</sup>・川原重明<sup>2</sup>・伏谷賢美<sup>2</sup>・佐藤敬一<sup>2</sup>  
久保隆文<sup>2</sup>・高津正治<sup>3</sup>・山田哲夫<sup>4</sup>・山田範彦<sup>5</sup>

## Effect of Slope Ratio and Adhesive on the Bending and Tensile Strength Performances of Sloped Finger-Joints\*

MITSUMASA MORI<sup>1</sup>, SHIGEAKI KAWAHARA<sup>2</sup>, MASAMI FUSHITANI<sup>2</sup>,  
KEIICHI SATO<sup>2</sup>, TAKAFUMI KUBO<sup>2</sup>, SHOJI TAKATSU<sup>3</sup>,  
TETSUO YAMADA<sup>4</sup>, NORIHIKO YAMADA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Hyogo Prefectural Institute of Industrial Research  
<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology  
<sup>3</sup>Cemedain Co. <sup>4</sup>Honen Cooperation  
<sup>5</sup>Hyogo Prefectural Forest Experiment Station

In order to improve the strength properties of conventional finger-joints, "sloped finger-joints" (Fig.1) which have sloped base parts of fingers has been developed. In a previous paper<sup>1</sup>, we reported that the sloped finger-joints could have high impact bending performances as compared with conventional finger-joints. In this report, the effects of slope ratios (cotangent of the slope angle) and adhesives on the static strength performances of the joints were discussed.

Bending and tensile tests were made on the solid wood specimens (western hemlock), as well as on the specimens composed of sloped-finger-cut wood pieces. Five kinds of slope ratios (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0) and three kinds of adhesives (resorcinol-phenol, epoxy and urethane resin) were tested.

For all adhesives, the maximum specific bending strengths (bending strength divided by specific gravity) and the maximum specific tensile strengths (tensile strength divided by specific gravity) were obtained at the slope ratio of 1.0 and 2.0, respectively. These values were equivalent to 94-96% and 80-87% of the specific bending and tensile strength of the solid wood, respectively.

Above the slope ratio of 1.0, the urethane resin adhesive, in general, showed better strength performances than others.

Judging from these results, it can be concluded that the sloped finger-joints with the slope ratio of 1.0 or more have the excellent strength performances equivalent to well-prepared scarf-joints.

### はじめに

フィンガージョイントは、その優れた作業性と高い歩留まりから、家具・建具材および集成材ラミナの継ぎ法として広く用いられている。しかし、フィンガージョイントは、スカーフジョイントに比べて、強度の信頼性が低いという問題があり、フィンガージョイントを用いた部材、ラミナの構造強度の信頼性を高め

るためには、その接合性能を向上させる必要がある。さらに、フィンガージョイントの接合性能を向上させることにより、構造部材の建築施工現場での継ぎ法として、フィンガージョイントの使用が可能となる。

ジョイント材を構造用として用いるには、静的および衝撃的な荷重に対する接合性能の両方を同時に向上させる必要がある。フィンガージョイントの場合<sup>1,2)</sup>、スカーフジョイントの場合と同様<sup>3)</sup>、その接合性能が接着層のフレキシビリティに依存するため、接着剤樹脂の選択だけでは、静的および衝撃的な荷重に対する接合性能の両方を同時に向上させることが実用的には困難である。接着剤の選択以外に、フィンガージョイント材の接合性能を向上させる方法として、フィンガー形状の改良があり、フィンガー基部をスロープ比2傾斜させたスロープ・フィンガージョイントの場合<sup>4)</sup>、静的および衝撃的な荷重に対する接合性能の両方が同時に向上することが明らかになっている。これを受けて、スロープ比を変化させて、衝撃曲げ試験を行った前報<sup>5)</sup>では、スロープ比の増加とともに、衝撃的な荷重に対する接合性能が向上することを報告した。

スロープ・フィンガージョイントの特長をさらに明らかにし、このジョイント法を実用化するため、本研究では、スロープ・フィンガージョイント材の曲げ強さおよび引張強さに及ぼすスロープ比および接着剤の影響を調べた。続いて、静的な荷重に対する接合性能と衝撃的な荷重に対する接合性能とを対比し、最速スロープ比およびスロープ・フィンガージョイントに属する接着剤を検討した。

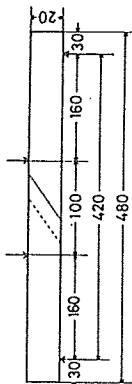
### 1. 実験方法

#### 1.1 試験片

使用した樹種、接着剤、フィンガーおよびスロープ・フィンガー一切削加工法、接着剤接合法は、前報<sup>5)</sup>と同様である。接着剤接合したフィンガージョイント材およびスロープ・フィンガージョイント材を、温度20℃、相対湿度65%の恒温恒湿室で7日間以上放置して養生させた後、ジョイント材の長柱状の曲げ試験片およびJIS Z 2112に規定する総引張試験片を製作した。なお、本報において、前報<sup>5)</sup>と同様、使用した接着剤名を、レゾルシノール・フェノール、エポキシ、ウレタンと略称する。

#### 1.2 曲げ試験

第1図に示すように、支点間距離420mm、荷重点間距離100mmの4点荷重方式により、荷重点降下速度7.5mm



第1図 曲げ試験片の形状、寸法および荷重点の位置

／mm、温度20℃、相対湿度70% (含水率: 13.8~17.1%)の条件下で、ジョイント材の曲げ試験を行った。なお、試験片数は、各条件につき10とし、荷重は、フィンガーが波状に現れる面から加え、スパン中央部のたわみを差動トランスを用いて測定した。また、素材(コントロール)についても、ジョイント材の場合と同様の試験を行った。

### 1.3 引張試験

温度20℃、相対湿度65%、引張速度0.025mm/mmの条件下で、ジョイント材および素材の引張試験を行った。なお、試験片数は各条件につき7~14とした。

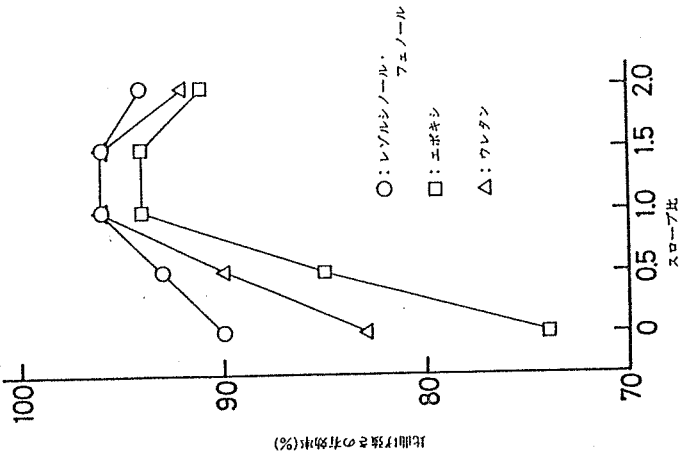
## 2. 結果および考察

### 2.1 曲げ試験

試験片の比重が、0.39~0.54とばらついたことから、比重の影響を取り除くため、曲げ強さを比重で割った曲げ強さを求め、この値を、曲げ荷重に対するジョイント材の接合性能の指標とした。また、フィンガージョイント材の破損たわみは、素材のそれに比べて小さいことから、破損たわみは、接合性能の指標の一つとした。さらに、ジョイント材の破損形状は、接合性能を推測する有力な手段であることから、構造用継ぎ材の製造基準(案)<sup>7)</sup>に規定する破損のタイプの区分法に準じて、破損形状を1~6までに数値化して、接合性能の指標に加えた(この数値を破損形状指数とし、数字が大きければ接合性能がよいと判断した)。なお、数値化に際し、ジョイント材と木部とが接合して破損したものを5、また、木部で破損したものおよび素材の場合を6とした。

素材の平均値を基準に求めた各ジョイント材の曲げ強さの有効率は、第2図に示すように、接着剤の種類にかかわらず、スロープ比1.0で94~96%になるまでは、スロープ比の増加とともにほぼ直線的に増大する。続いて、スロープ比1.5で一旦高原状態となった後、スロープ比2.0で2~4%低下する。また、前報<sup>5)</sup>で述べ

\*本研究は「フィンガージョイント材の接合性能向上に関する研究(第4報)」とする。本研究は、文部省科学研究費補助金(基礎研究1、課題番号62860019、代表者伏谷賢美)によった。  
<sup>1</sup>兵庫県立工業技術センター <sup>2</sup>東京農工大学農学部  
<sup>3</sup>セメダイン㈱ <sup>4</sup>朝ホーネーコンポレーション  
<sup>5</sup>兵庫県立林業試験場



第2図 比引強さの有効率とスカーフ比との関係

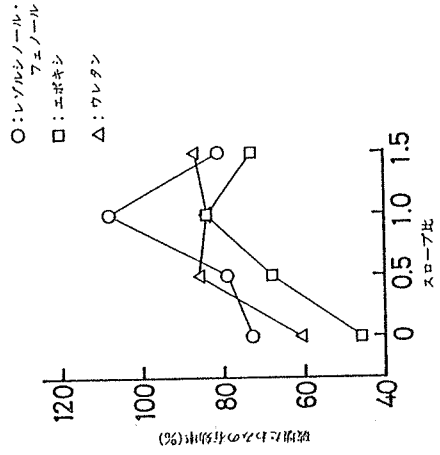
たように、衝撃曲げの場合、スカーフ比1.0で、フィンガー一基部の傾斜が最大せん断応力が生じる45°の角度となり、破壊強さの有効率が低下するが、静的曲げの場合、このような傾向は見られない。

スカーフ比1.0と1.5の場合で、比引強さの有効率が同じ値となったことから、スカーフ比2.0の場合の有効率は、スカーフ比1.0と1.5の場合の値以上となることと当然予測される。このことは、後述の引張試験の場合において、スカーフ比が1.0から2.0へと増加すること、比引強さが増大することからも支持できることである。しかしながら、スカーフ比2.0における比引強さの有効率は、スカーフ比1.0と1.5における値より小さい。これは、スカーフ比2.0の場合、接合部の長さ約70mmと長い場合、接合部の端部が荷重点に近づくことになり、この結果、直径20mmの曲げアタッチメントによって荷重点部分の木材が圧縮破壊される影響を、スカーフ比1.5までは、曲げアタッチメントの影響を接合部が受けていないと判断し、以下、スカーフ比1.5までのデータをともに論議を進める。

スカーフ比0において、比引強さの有効率が、エポキシ、ウレタン、レゾルシノール・フェノールの順に大きいのは、各接着剤樹脂の硬化後の引張ヤング係数が、エポキシで $21.4 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、ウレタンで $55 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、レゾルシノール・フェノールで $66.0 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ であり、引張ヤング係数の大きい順に接着層の単位面積あたりの強度が大きくなるためと考えられる。スカーフ比の増加にもなると、接着面積が増大することにより、接着層全体の強度が増加するため、接着層の単位面積あたりの強度差の影響が少なくなり、スカーフ比0.5では、接着剤の種類による比引強さの有効率の差が小さくなり、スカーフ比1.0以上では、比引強さの有効率が接着剤の種類にほとんど依存しなくなると思われる。

スカーフ比1.0および1.5で有効率が最大となった(1)図として、(1)フィンガー部のスカーフ傾斜比(tan $\theta$ )が、前章に示したように、1/12(スカーフジョイントにおいて最大の曲げ強さの有効率が得られる値<sup>(2)</sup>)以下に達したこと、(2)接着面積が、フィンガージョイントのそれに比べて、1.4倍以上に増加した結果、接合部全体の接着力が増大したこと、(3)接合部の長さが、フィンガージョイントのそれに比べて、3.1倍以上に増加した結果、応力が長い接合部分にわたって分散し、応力集中が生じにくくなったこと、(4)スカーフ比の増大に伴って、強度の欠陥となるジョイントスペースが、材の長軸に対する垂直断面から次第に大きな角度をもつて配列するため、ジョイントスペースが存在する部分の真の断面係数が増加したこと、が考えられる。

破壊たわみの有効率は、第3図に示すように、レゾ

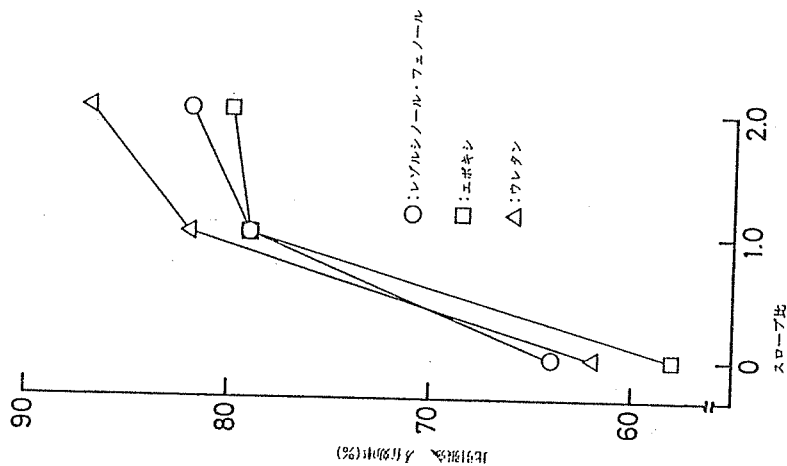


第3図 破壊たわみの有効率とスカーフ比との関係

ルシノール・フェノールおよびエポキシでは、スカーフ比の増加とともに増大し始め、スカーフ比1.0で、レゾルシノール・フェノールでは108%、また、エポキシでは84%とそれぞれ最大となる。一方、ウレタンでは、破壊たわみの有効率は、スカーフ比0.5で86%まで増加した後、スカーフ比1.0以上では、84~87%とほぼ高原状態となる。

破壊形状指数の有効率は、スカーフ比0、0.5、1.0、1.5で、レゾルシノール・フェノールでは、それぞれ53、72、87、87%、エポキシでは、それぞれ30、55、73、83%、ウレタンでは、それぞれ53、68、85、88%となり、各接着剤ともスカーフ比1.0以上で大きな値となった。

以上述べた比引強さ、破壊たわみおよび破壊形状の各有効率の結果から、3種類の接着剤の場合でも、スカーフ比1.0で、曲げ荷重に対する接合性能は最高状態に達していると考えられる。



第4図 比引強さの有効率とスカーフ比との関係

### 2.2 引張試験

試験片の比重が0.43~0.47とばらついたことから、曲げ試験の場合と同様、比引強さを求め、この値を、引張荷重に対するジョイント材の接合性能の指標とした。スカーフ比0における、各ジョイント材の比引強さの有効率は、第4図に示すように、58~64%となり、比引強さの場合の値74~90%に比べて、接着剤による差異は少ない。また、比引強さの有効率は、比引強さのそれに比べてかなり小さく、このことは規正率の報告と一致する。スカーフ比が0から1.0に増加すると、その有効率は79~82%と大きく増加する。スカーフ比が1.0から2.0にさらに増加すると、その有効率は80~87%とやや増加する程度となる。スカーフ比1.0で有効率が大きく増加する現象は、比引強さの場合と同様であり、その原因も、比引強さの場合と同様と考えられる。

レゾルシノール樹脂接着剤を用いたスカーフジョイントの場合、スカーフ傾斜比1/12で、引強さの有効率は最大に達し、その値は82~108%<sup>(2)</sup>となる。スカーフ比1.0のレゾルシノール・フェノール・フェノールの場合、フィンガー側面のスカーフ傾斜比は1/12で、その比引強さの有効率は約80%である。したがって、スカーフ・フィンガージョイントの場合、引張荷重に対する接合性能は、スカーフ比1.0で、スカーフジョイントのそれに近づくと考えてよい。

### 2.3 スカーフ・フィンガージョイントの接合性能評価

前述のように、スカーフ・フィンガージョイントの静的な荷重に対する接合性能は、スカーフ比1.0では最高に達し、その有効率は、比引強さで94~96%、比引強さで79~82%となる。これらの値は、レゾルシノール樹脂接着剤を用いたスカーフジョイントの場合の値にほぼ匹敵する。一方、フィンガーの形状を、スカーフ・フィンガーにする目的は、静的な荷重に対する接合性能を高めると同時に、衝撃的な荷重に対する接合性能を向上させることである。そこで、本研究で明らかにした静的な荷重に対する接合性能と、前報で明らかにした衝撃的な荷重に対する接合性能とを対比させて、スカーフ・フィンガージョイントの接合性能を総合的に評価する必要がある。

スカーフ比0から1.5における、比引強さの有効率と比衝撃曲げ吸収エネルギーの有効率との関係を第5図に示す。各接着剤とも、スカーフ比が0から1.0に増加すると、比引強さの有効率および比衝撃曲げ吸収エネルギーの有効率がともに増大する。スカーフ比が

スロープ比0から2.0にかけおる、比引張強さの有効率と比衝撃曲げ吸収エネルギーの有効率との関係を第6図に示す。各接着剤とも、スロープ比が0から1.0、2.0へと増加すると、比引張強さの有効率および比衝撃曲げ吸収エネルギーの有効率ともに増大する。スロープ比1.0以上では、ウレタンの比引張強さの有効率および比衝撃曲げ吸収エネルギーの有効率ともに最大となる。

以上述べたように、スロープ比の増加とともに、静的な荷重に対する接合性能および衝撃的な荷重に対する接合性能の両方が同時に向上することから、スロープ・フィンガー・ジョイントは構造用縦継ぎ法として有効と結論づけられる。

最速スロープ比について考える。静的な荷重に対する接合性能からは、スロープ比は、フィンガーのスカール傾斜比が1/12となる値1.0で十分である。しかし、衝撃的な荷重に対する接合性能を重視する場合は、1.0を越えるスロープ比が必要である。しかし、スロープ・フィンガー一切削加工の精度、歩留まりおよび接着作業性を考慮に入れれば、実用的なスロープ比は1.0と思われる。

次に、スロープ・フィンガー・ジョイントに通した接着剤について述べる。スロープ比1.0以上では、静的および衝撃的な荷重に対する接合性能は、ウレタンを用いた場合、最大となり、また、レゾルシノール・フェノールを用いた場合とエポキシを用いた場合とは、両者に大きな差はない。ウレタンの場合、一液硬化型であることから接着作業性がよく、また、低温でも硬化するという利点がある。反面、ウレタンは、水溶性でないことから、自動塗布装置の接着剤として用いることが難しい。これらのことだけをもとに言えば、スロープ・フィンガー・ジョイントを接着条件の管理が難しい建築施工現場で用いる場合は、ウレタンが最適であると思われる。今後、低温および低圧条件下での接着性能試験、また、接着層の耐久試験を行い、ウレタンの建築施工現場用の接着剤としての総合評価を行った上で、最終的な結論を出すことになろう。一方、温度、圧縮圧など接着条件の管理が十分できる工場において接着する場合は、水溶性で、自動塗布装置の接着剤として用いることができ、かつ、実績のあるレゾルシノール・フェノールが適していると思われる。

ま と め

フィンガー基部を傾斜させたスロープ・フィンガー・ジョイントの曲げおよび引張強度性能に及ぼすスロープ比および接着剤の影響を調べるため、レゾルシノール・フェノール共適合樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤およびポリウレタン樹脂接着剤を用いて、スロープ比0(フィンガー・ジョイント)、0.5、1.0、1.5、2.0の各スロープ・フィンガー・ジョイント材を製作し、その曲げおよび引張試験を行った。さらに、この静的強度試験結果と前報<sup>9)</sup>で求めた衝撃曲げ試験結果との対比を行い、スロープ・フィンガー・ジョイントの構造用縦継ぎ法としての評価を行った。得られた結果は、次の通りである。

1) 各接着剤について、スロープ比の増加とともに、スロープ・フィンガー・ジョイント材の比曲げ強さは増大し、フィンガー側面のスカール傾斜比が1/12となるスロープ比1.0で、その有効率は94-96%と最大値に達し、スカール・ジョイントで得られる最大有効率はほぼ同じとなった。

2) 比曲げ強さは、スロープ比0および0.5では、レゾルシノール・フェノール>ウレタン>エポキシとなったが、スロープ比1.0以上では接着剤の種類にほとんど依存しなかった。

3) 比曲げ強さ、破壊たわみおよび破壊形状指数の各有効率の結果から、3種類の接着剤の場合とも、スロープ比1.0で、曲げ荷重に対する接合性能は最高の状態に達していると結論づけられた。

4) 各接着剤について、スロープ比の増加とともに、スロープ・フィンガー・ジョイント材の比引張強さは増大し、その有効率は、スロープ比1.0で79-82%、スロープ比2.0で80-87%となり、スカール・ジョイントで得られる最大有効率に近づいた。

5) 比引張強さは、スロープ比1.0以上では、3種類の接着剤のうち、ウレタンを用いた場合に最大となった。

6) スロープ比を増加させることにより、静的および衝撃的な荷重に対する接合性能の両方を同時に向上させることができることから、スロープ・フィンガー・ジョイントは構造用縦継ぎ法として有効と結論づけられた。

7) 実用面から判断した最速スロープ比は、フィンガー側面のスカール傾斜比が1/12となる1.0と思われた。

8) スロープ比1.0以上で、静的および衝撃的な荷重に対するスロープ・フィンガー・ジョイントの接合性能は、3種類の接着剤のうち、ウレタンを用いた場合が一番優れていた。

文 献

- 1) 堀江秀夫, 倉田久敏: 林産試験場月報, No.356, 5 (1981)
- 2) 森 光正, 伏谷賢美, 佐藤敏一, 高津正治: 木材工業, 41, 513 (1986)
- 3) 伏谷賢美, 小林克太郎, 友松昭雄: 木材工業, 35, 461 (1980)
- 4) 森 光正, 伏谷賢美, 佐藤敏一, 高津正治, 山田哲夫: 木材工業, 43, 313 (1988)
- 5) 川原重明, 伏谷賢美, 森 光正, 佐藤敏一, 久保隆文, 山田哲夫, 高津正治, 山田範彦: 木材工業, 46, 165 (1991)
- 6) 小西 信: 木材の接着, 財団法人木材加工技術協会, p.151 (1982)
- 7) 財団法人住宅・木材技術センター総務委員会: 木材工業, 40, 175 (1985)
- 8) 星 通, 森 稔: 林業試験場研究報告, No.153, 73 (1963)
- 9) 沢田 稔, 柳下 正, 森 稔: 林業試験場研究報告, No.116, 85 (1959)
- 10) Luxford R. F. and Krone R. H.: Forest Products Laboratory, Rpt. RI622 (1946)





## Keilzinkenverbindung von Holz

DIN  
68 140

Wood Finger-Jointing

Maße in mm

## 1. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Keilzinkenverbindungen bei Bauteilen, die nach DIN 1052 berechnet werden müssen oder hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind (Beanspruchungsgruppe I) und bei Fenstern, Fußböden, Sitzmöbel u. ä. (auch Beanspruchungsgruppe II zulässig).

## 2. Begriff

Die Keilzinkenverbindung ist eine Verbindung zweier Vollhölzer, z. B. Bretter, Bohlen, Balken oder zweier zuvor verleimter Holzteile, z. B. Brettschichtholz, deren Enden mit keilförmigen Zinken gleicher Teilung und gleichen Profils ineinandergreifen und miteinander verleimt sind.

## 3. Zinkenprofile und Beanspruchungsgruppen

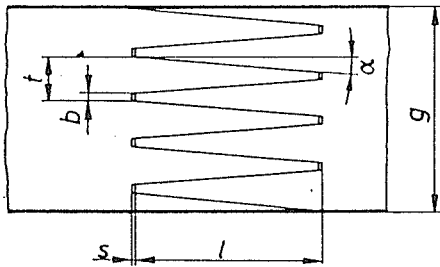


Bild 1.

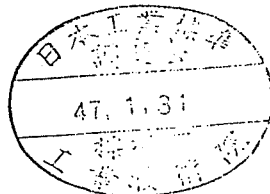
Es bedeuten:

 $l$  = Zinkenlänge $g$  = Gesamtbreite der Zinkenverbindung $t$  = Zinkenteilung $b$  = Breite des Zinkengrunds $s$  = Zinkenspiel $\alpha$  = Flankenwinkel $e = \frac{s}{l}$  = relatives Zinkenspiel $v = \frac{b}{t}$  = Verschwächungsgrad

Bezeichnung einer Keilzinkenverbindung der Beanspruchungsgruppe I mit  $l = 50$  mm Zinkenlänge:

Keilzinkenverbindung I-50 DIN 68 140

**Anmerkung:** Breite Randzinken nach Bild 6 sind besonders zu vereinbaren.



Fachnormenausschuß Holz (FNHOLZ) im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Tabelle 1. Flankenwinkel und Verschwächungsgrad

Beanspruchungsgruppe	$v$	$l$	$\alpha$
I	$\leq 0,18$	$\leq 10$	$\leq 7,5^\circ$ (1 : 7,6)
		$> 10$	$\leq 7,1^\circ$ (1 : 8)
II	$\leq 0,25$	$\leq 10$	$\leq 7,5^\circ$ (1 : 7,6)
		$> 10$	$\leq 7,1^\circ$ (1 : 8)

Tabelle 2. Zinkenprofile (Vorzugsprofile)

Beanspruchungsgruppe	$l$	$t$	$b$	$v$
I und II	7,5	2,5	0,2	0,08
	10	3,7	0,6	0,16
	20	6,2	1	0,16
	50	12	2	0,17
	60	15	2,7	0,18
II	4	1,6	0,4	0,25
	15	7	1,7	0,24
	30	10	2	0,2

Bei Beanspruchungsgruppe II sind Randzinken mit breitem Zinkengrund  $b$  bis 5 mm zulässig (siehe Bild 6); die Breite  $b$  darf jedoch 10 % der Gesamtbreite  $g$  der Zinkenverbindung nicht überschreiten.

Die einzelnen Größen müssen in folgendem Verhältnis zueinander stehen:

bei Zinkenlänge  $l \leq 10$  min.  $l = 3,6 t (1 - 2v)$

bei Zinkenlänge  $> 10$  min.  $l = 4 t (1 - 2v)$

## 4. Ausführung der Keilzinkenverbindung

## 4.1. Feuchtigkeitsgehalt der Hölzer im Zeitpunkt der Verleimung

Der Feuchtigkeitsgehalt der beiden miteinander zu verbindenden Hölzer soll möglichst gleich sein, der Feuchtigkeitsunterschied darf 5 % nicht überschreiten. Der Feuchtigkeitsgehalt soll dem mittleren Holzfeuchtigkeits-Gleichgewichtsgehalt am Verwendungsort entsprechen. Bei Hölzern für tragende Bauteile ist DIN 1052 zu beachten und bei Tischlerarbeiten DIN 18 355.

Fortsetzung Seite 2  
Erläuterungen Seite 3

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin 30, gestattet.

Änderung Oktober 1971:  
Inhalt vollständig überarbeitet. Siehe auch  
Erläuterungen.

#### 4.2. Herstellung der Keilzinken

Bei der Herstellung der Keilzinken ist auf einwandfreies Passen zu achten. Das ist nur mit Spezialwerkzeugen (Fräsern oder Sägen) und Spezialmaschinen zu erreichen. Die Fräsrichtung kann in einem beliebigen Winkel zur Oberfläche der Hölzer liegen.

Bei Keilzinkenverbindungen mit einer Zinkenlänge  $l$  ab 10 mm muß bei Beanspruchungsgruppe I nach dem Pressen noch ein relatives Zinkenspiel  $e \approx 0,03$  vorhanden sein.

Bei Vollholz, Beanspruchungsgruppe I, soll der Abstand des Zinkenrunds bis zum nächsten Ast mindestens 100 mm betragen. Punktäste bleiben unberücksichtigt.

Im Bereich zwischen Zinkenrund und 100 mm Abstand hiervon können ebenfalls Äste vorhanden sein, deren Durchmesser jedoch nicht größer sein darf als  $1/3$  des Abstandes Zinkenrund — Ast. Die Güteanforderungen der vorgeschriebenen Güteklasse sind unabhängig davon zu beachten.

#### 4.3. Verleimung der Keilzinken

Um Fehlpassungen infolge Zu- oder Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes des Holzes zu vermeiden, sind die Holzteile möglichst am gleichen Tag zu verleimen, an dem sie gezinkt wurden. Bei Beanspruchungsgruppe I darf der Zeitraum zwischen Herstellung des Zinken und Verleimung nicht mehr als 24 Stunden betragen, andernfalls muß eine Formänderung der Zinken durch Aufsetzen von Gegenstücken verhindert werden.

##### 4.3.1. Art der Leime

Zum Verleimen der Keilzinken können alle Leime mit fugenfüllenden Eigenschaften verwendet werden. Bei der Auswahl der Leime sind die Klimabedingungen zu beachten, denen die Keilzinkenverbindung später ausgesetzt ist. Verbindungen von Bauteilen nach DIN 1052 dürfen nur mit Leimen hergestellt werden, die die Prüfung nach DIN 68 141 bestanden haben. Beanspruchungsgruppen der Verleimung siehe DIN 68 602 (z. Z. noch Entwurf).

##### 4.3.2. Leimauftrag

Mehrkomponentenleime dürfen nur im Untermischverfahren verarbeitet werden. Zweiseitiger Leimauftrag ist erforderlich. Bei Beanspruchungsgruppe II ist einseitiger Leimauftrag zulässig, wenn der Leim die Fläche des Keilzinkens bis zum Zinkenrund vollständig bedeckt und vor dem Pressen ausreichend Zeit zur gegenseitigen Benetzung der miteinander zu verbindenden Keilzinken bleibt.

##### 4.3.3. Pressen

Die Keilzinkenverbindung wird grundsätzlich unter Längspreßdruck (Preßdruck in Zinkenrichtung) hergestellt. In bestimmten Fällen ist außerdem ein Querpreßdruck (Preßdruck senkrecht auf die außenliegenden Zinkenflanken) erforderlich.

##### 4.3.3.1. Längspressen

Im Regelfall reicht kurzzeitiges Pressen aus. Der volle Preßdruck muß mindestens 2 Sekunden aufrecht erhalten bleiben.

Bei Nadelholz muß der Preßdruck bei bis 10 mm langen Zinken etwa

$$12 \text{ N/mm}^2 (\approx 120 \text{ kp/cm}^2)$$

60 mm langen Zinken mindestens

$$2 \text{ N/mm}^2 (\approx 20 \text{ kp/cm}^2)$$

betragen. Zwischenwerte müssen entsprechend der Zinkenlänge gewählt werden.

Bei Laubholz sind um 30 % höhere Werte anzunehmen. Bei Keilzinkenverbindungen über den ganzen Querschnitt von Bauteilen aus Brettschichtholz muß der Preßdruck mindestens  $1 \text{ N/mm}^2 (\approx 10 \text{ kp/cm}^2)$  betragen.

Ist für das Längspressen ein seitliches Einspannen der zu verbindenden Hölzer erforderlich, dann darf der Festhaltedruck senkrecht zur Faserrichtung bei

$$\text{Nadelholz } 2 \text{ N/mm}^2 (\approx 20 \text{ kp/cm}^2)$$

$$\text{Laubholz } 3 \text{ N/mm}^2 (\approx 30 \text{ kp/cm}^2)$$

nicht überschreiten.

##### 4.3.3.2. Querpressen

Querpressen ist bei Beanspruchungsgruppe I erforderlich, wenn die Zinkenlänge  $l$  über 25 mm und die Gesamtbreite  $g$  unter 100 mm ist. Der Querpreßdruck von 1 bis  $2 \text{ N/mm}^2 (\approx 10 \text{ bis } 20 \text{ kp/cm}^2)$  ist so lange aufrecht zu erhalten, bis die Verleimung der Randzinken eine ausreichende Festigkeit erreicht hat.

##### 4.3.4. Aushärten

Keilzinkenverbindungen müssen bis zur vollständigen Aushärtung des Leimes bei mindestens  $18^\circ\text{C}$  Lufttemperatur lagern, wenn die Aushärtung nicht durch erhöhte Wärmezufuhr in kurzer Zeit erfolgen kann. Hochfrequenzenergie (Generatorleistung mindestens 3 kW) zur weitgehenden Aushärtung der Keilzinkenverleimung unter Preßdruck ist bei Beanspruchungsgruppe I zu empfehlen; sie ist bei Beanspruchungsgruppe I in allen Fällen notwendig, in denen keine stoßfrei arbeitende, mechanische Stapelanlage vorhanden ist oder bei rascher Taktfolge die Massenkkräfte der verleimten Holzteile die noch nicht ausreichend feste Keilzinkenverbindung auseinanderzureißen drohen.

## 5. Berechnung von Keilzinkenverbindungen der Beanspruchungsgruppe I

Bei Keilzinkenstößen über den ganzen Querschnitt einteiliger Hölzer oder von Bauteilen aus Brettschichtholz muß die Querschnittschwächung entsprechend berücksichtigt werden.

Sind bei Bauteilen aus Brettschichtholz die einzelnen Bretter für sich gezinkt, so ist bei der Berechnung von Querschnitt, Trägheits- und Widerstandsmoment keine Abminderung vorzunehmen. Dies gilt auch für einteilige Hölzer, sofern die Herstellung der Keilzinkenverbindung einer Güteüberwachung unterliegt (Eigen- und Fremdüberwachung).

Die beiden miteinander verzinkten Teile können auch einen beliebigen Winkel miteinander bilden. Es ist hierbei zu beachten, daß die zulässigen Druckspannungen entsprechend dem Winkel nach DIN 1052 abgemindert werden müssen. Dabei dürfen nur die zulässigen Spannungen für Bauholz Güteklasse II nach DIN 4074 eingesetzt werden.

### Erläuterungen

Der FNHOLZ-Arbeitsausschuß „Keilzinkenverbindung von Holz“ hat die Ausgabe Juni 1960 von DIN 68 140 vollständig überarbeitet.

Neu in die Beanspruchungsgruppe I, die für Bauteile gilt, welche nach DIN 1052 zu berechnen sind oder hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden, wurden kurze Keilzinken ab 7,5 mm Länge und für Beanspruchungsgruppe II ab 4 mm Länge aufgenommen (siehe Bilder 2 und 3).

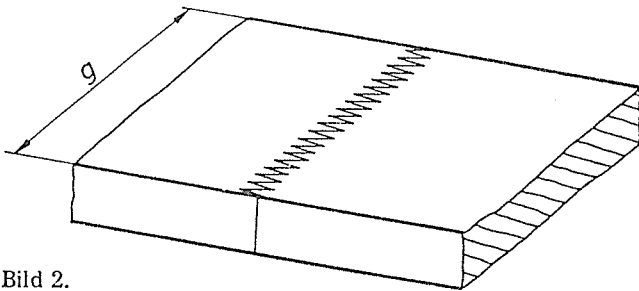


Bild 2.

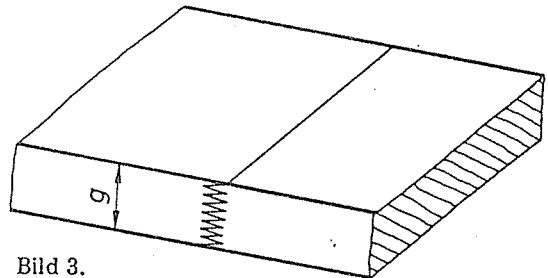


Bild 3.

Verbindungen mit längeren Zinken sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt.

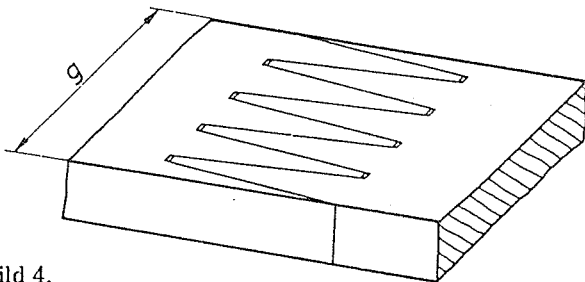


Bild 4.

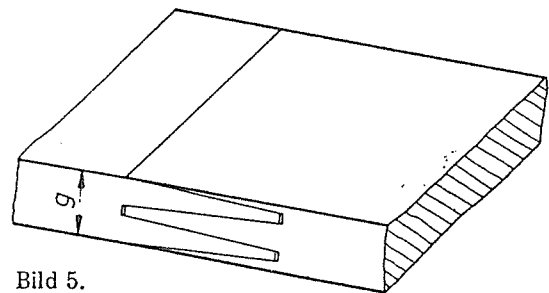


Bild 5.

Die Norm unterscheidet nicht mehr zwischen den Formen A und B. Keilzinkenverbindungen mit breiten Randzinken der bisherigen Form B (Bild 6) sind in der Beanspruchungsgruppe II weiterhin zulässig, die z. B. für Fenster, Türen, Fußböden und Sitzmöbel gilt. Die Beanspruchungsgruppe III wurde ersatzlos gestrichen.

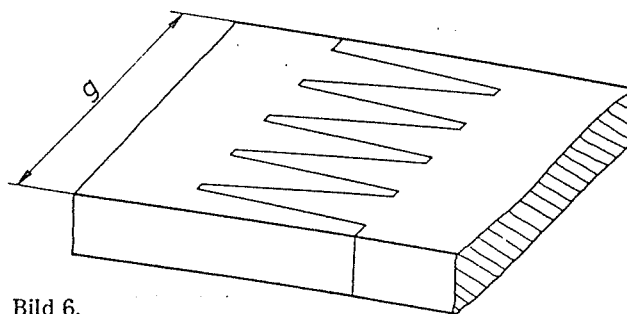


Bild 6.

© British Standards Institution. No part of this publication may be photocopied or otherwise reproduced without the prior permission in writing of BSI

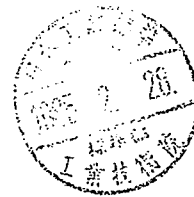
---

British Standard Specification for  
**Manufacture of finger joints  
of structural softwood**

---

Fabrication des joints à doigt dans le bois tendre de construction – Spécifications

Herstellung von Zinkenfugen in weichem Bauholz



## Foreword

This revision of this British Standard has been prepared under the direction of the Timber Standards Committee and supersedes BS 5291 : 1976 which is withdrawn.

This standard, which was first published in 1976, has been revised to take note of the recommendations for finger-jointing structural coniferous timber given in the United Nations Economic Commission for Europe's 'ECE recommended standards for stress grading and finger-jointing of structural coniferous sawn timber', and of further experience in the UK on the quality control of finger-jointed timber. It contains sections dealing with manufacturing requirements, quality control and joint efficiency ratings.

It is strongly recommended that both manufacturers and purchasers of finger-jointed structural timber obtain certification that joints have been manufactured in accordance with the requirements of this standard.

Imported finger-jointed timber may be able to comply with this standard. The requirements of NKB 13 'Nordic recommendations for timber construction, Chapter IX Finger-jointed structural timber', published in November 1970 by the Nordic Committee for Building Regulations, are similar to those of this standard. Finger joints in timber complying with the requirements of BS 4978, produced by a Nordic manufacturer authorized under NKB 13, may be assumed to have the same strength as joints of the same profile produced to this standard, providing that they comply with the requirements for knots given in 3.2 of this standard.

**Compliance with a British Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.**

## Contents

	Page		Page
Foreword	Inside front cover	<b>Appendices</b>	
Committees responsible	Back cover	A Names and species of structural softwoods	10
<b>Specification</b>		B Assessment of joint strength for quality control	11
<b>Section one. General</b>		C Glue mix slip test	14
0 Introduction	2	D Determination of joint efficiency rating	15
1 Scope	2	<b>Tables</b>	
2 Definitions	2	1 Minimum joint testing frequency during production	6
<b>Section two. Manufacturing requirements</b>		2 Minimum breaking stress for unjointed defect-free softwood	8
3 Timber	3	3 Guide to the efficiency ratings of some profiles in bending	9
4 Joint spacing	3	4 Names and botanical species of structural softwoods to be used for finger joints	10
5 Adhesives	3	5 Factor for depth	12
6 Moisture content	3	6 Factor for moisture content	12
7 Finger cutting	3	7 Factors for calculation of control limits for minimum and mean breaking loads	13
8 Gluing	3	8 Values of $\alpha$	16
9 Preservative and flame retardant treatments	5	9 Factor for density	16
10 Marking	5	<b>Figures</b>	
<b>Section three. Quality control</b>		1 Typical profile of a finger joint	2
11 General	6	2 Restrictions on knots	4
12 Records	6	3 Wane and cross section of wane and edge damage	4
13 Sampling	6	4 Arrangement of bending test apparatus on specimen with a finger joint at mid-span	11
14 Preparation of specimens	6	5 Close-contact joint	14
15 Testing	7		
16 Batch acceptance requirements	7		
<b>Section four. Joint efficiency rating</b>			
17 General	8		
18 Sampling	8		
19 Preparation of specimens	9		
20 Testing	9		

## Section one. General

### 0 Introduction

This standard is intended for use by manufacturers of finger joints and by test houses. It is a requirement of this standard that manufacture is carried out with purpose-made equipment in a temperature-controlled environment under the supervision of suitably-trained personnel.

The suitability in use of a particular joint profile is dependent upon its efficiency rating, values for which are given in BS 5268 : Part 2 for particular grades of timber. Therefore, this standard specifies a method of assessing efficiency rating values in order to determine suitability for use.

Satisfactory non-destructive testing methods are not yet available for assessing the strength of finger joints and it is therefore necessary to rely on destructive tests. In addition adequate control of the manufacturing process is required in relation to timber quality, moisture content, temperature, maintenance of cutters, end pressure, adhesives etc., to ensure that satisfactory joints are produced. Therefore to verify that finger joints are produced in accordance with this standard, requirements are included for an internal quality control programme supplemented by destructive tests on finger joints.

### 1 Scope

This British Standard specifies requirements for the manufacture of cut, interlocking, glued finger joints in structural softwood members, for quality control of their manufacture and for assessment of their efficiency ratings. Requirements are specified for timber, joint spacing,

adhesives, moisture content, cutting, gluing and preservative and flame retardant treatments.

It does not cover impressed (die-formed) joints and in the case of laminated timber it applies only to individual laminations.

NOTE. The titles of the publications referred to in this standard are listed on the inside back cover.

### 2 Definitions

For the purposes of this British Standard the definitions given in BS 6100 : Part 4\* apply, together with the following.

**2.1 finger joints.** Self-locating end joints formed by machining a number of similar tapered symmetrical fingers in the ends of timber members which are then glued together.

**2.2 finger joint profile.** View of the joint either on the two wide faces or, as is usually the case, on the two narrow edges of the timber, or on all four surfaces when the fingers are cut diagonally through the section. The profile is described by the shape of the fingers in terms of their length  $l$ , pitch  $p$  and tip width  $t$  (see figure 1). Either round or square tips are permitted.

**2.3 finger joint efficiency rating.** Ratio, expressed as a percentage, of the strength of a jointed section of timber to the strength of a similar unjointed section free from all visible defects.

NOTE. The efficiency rating depends on both the joint profile and the method of manufacturing the joint.

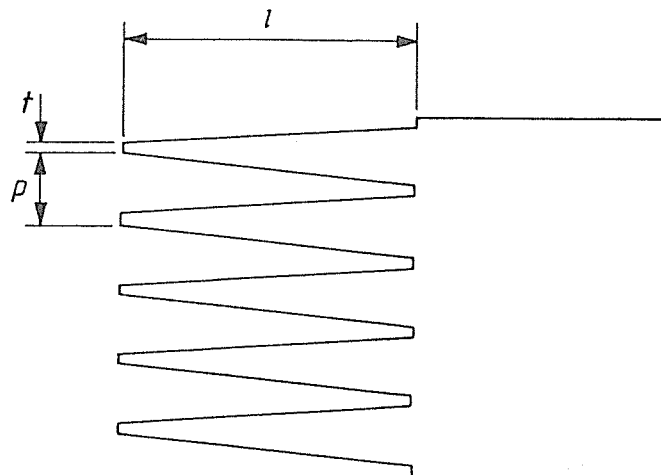


Figure 1. Typical profile of a finger joint

\*Currently being published in separate Sections. Revision of BS 565.

## Section two. Manufacturing requirements

### 3 Timber

#### 3.1 Species and grades

The species of timber used shall be one of those listed in appendix A and the pieces to be jointed shall be of a grade given in BS 5268 : Part 2, together with the requirements given in 3.2 to 3.4.

Species shall not be mixed at a joint.

#### 3.2 Knots

The maximum dimension of knots within the length of the fingers shall be not greater than 5 mm, or 0.5 x the pitch of the fingers (see figure 2) if this is smaller. Fingers shall not contain zones of localized grain disturbance as might be caused by knots. Outside the length of the fingers, no knot shall be closer to the roots of the fingers than three times its maximum dimension  $d$ , measured parallel to the grain (see figure 2).

Knots with dimension  $d$  of 5 mm or less shall be disregarded.

Where a member is cross-cut to remove a knot, the cut shall be made at a distance from the knot which is sufficient to also remove the associated disturbed grain.

#### 3.3 Wane

For joints with an efficiency rating of 60 % or less, the sum of dimensions  $a_1$ ,  $a_2$ , etc. (see figure 3) of wane or edge damage at a cross section within the finger length and within 75 mm of the roots of the fingers shall not exceed 10 % of the sum of the timber thickness plus the width; for joints having an efficiency rating of over 60 % it shall not exceed 5 %.

Rounded arrises may be used but shall not exceed 3 mm radius and shall occur at all four corners in each piece of timber joined.

#### 3.4 Fissures

If fissures occur at the fingers after jointing they shall not exceed 0.5 mm in width, nor penetrate the timber from one face to another.

For joints with efficiency ratings of 60 % or less, the total length of all fissures, starting at the roots of the fingers, in any 30 mm width of face shall not exceed 20 mm.

For joints with efficiency ratings of more than 60 %, the total length of all fissures, starting at the roots of the fingers, in any 30 mm width of face shall not exceed 10 mm.

In determining this total length, fissures less than 3 mm long shall be disregarded.

### 4 Joint spacing

The distance between the centres of any two finger joints shall be at least 1 m.

### 5 Adhesives

Structural finger joints shall be glued with an adhesive of one of the following types:

- (a) performance type WBP of BS 1204 : Part 1;
- (b) performance types permitted in any other relevant British Standard;
- (c) performance types other than (a) or (b) above where the service conditions, delivery and erection sequence permit, but only after proper consultation with the adhesive manufacturer has confirmed that the proposed performance type is acceptable.

### 6 Moisture content

The moisture content shall be measured either by the oven drying method or by the use of a regularly calibrated moisture meter.

Unjointed timber shall have a moisture content within the range specified by the adhesive manufacturer according to the formulation and method of application of the adhesive.

NOTE. The normal moisture content range is between 8 % and 20 %. The difference in moisture content between two pieces of timber to be joined shall not exceed 6 %.

### 7 Finger cutting

7.1 Cutters shall be sharpened as necessary to ensure clean cutting of the required profile and to give close contact between the abutting surfaces of a joint. The joint profile shall comply with the quality control requirements specified in section three. There may be a slight alteration in the joint profile produced by cutter sharpening providing that the quality control requirements in section three are satisfied.

7.2 In joints longer than 15 mm there shall be small gaps between the tips and opposing roots which shall be not greater than 5 % of the finger length, or 2.5 mm, whichever is the smaller.

NOTE. The presence of such gaps is necessary to permit the fingers to be tightly wedged.

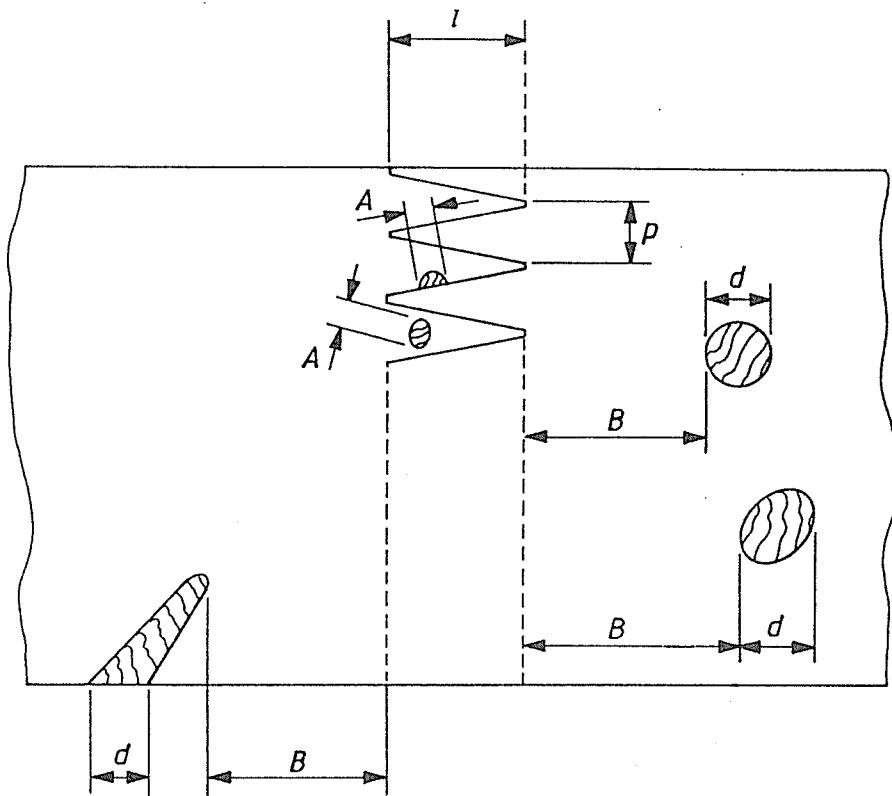
### 8 Gluing

8.1 Joints shall be glued as soon as possible, and not more than 24 h after being cut.

8.2 Between cutting and assembly the cut surfaces of the fingers shall be kept clean, and the timber shall be stored in conditions that will not lead to distortion.

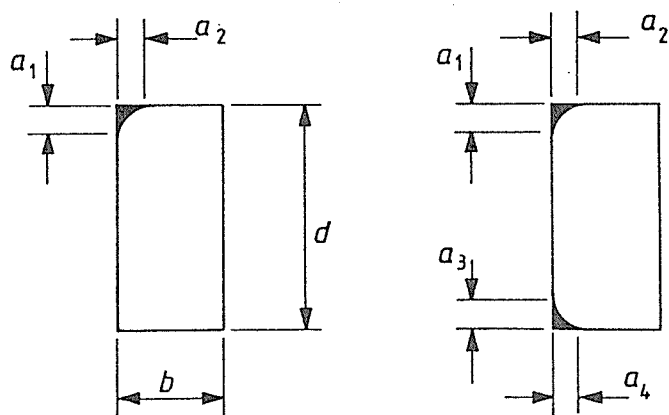
8.3 At assembly the temperature of the timber at the joint shall be not less than 15 °C and, until curing is completed, it shall not fall below 10 °C.





$p$  is as shown in figure 1;  
 $d$  is the dimension of a knot in the line of the fingers;  
 $A$  is the maximum dimension of knots in the fingers, i.e.  $p/2$  or 5 mm whichever is smaller;  
 $B$  is the minimum distance from knot to finger root,  $3 \times d$ .

Figure 2. Restrictions on knots



$a_1 + a_2 + a_3 + a_4$  (as applicable):  
 $< 10\% (b+d)$  for joints with efficiency ratings  $< 60\%$ ;  
 $< 5\% (b+d)$  for joints with efficiency ratings  $> 60\%$ .

Figure 3. Wane and cross section of wane and edge damage

8.4 The advice of the adhesive manufacturer shall be sought and followed with respect to the following:

- (a) mixing;
- (b) the use of fillers;
- (c) preheating of the timber (by radio frequency, infra-red or other methods);
- (d) application;
- (e) open and closed assembly times;
- (f) curing;
- (g) temperature of the air and the timber before and during curing;
- (h) end-use conditions (including moisture content).

8.5 Sufficient glue shall be applied to the fingers to ensure some surplus adhesive is squeezed out on all four surfaces at the joint when end pressure is applied. End pressure shall not cause splitting of the timber such that the requirements of 3.4 will not be met.

NOTE 1. The end pressure required will depend to some extent on the joint profile, species of timber and the cross section of the timber. End pressures of 1.5 N/mm<sup>2</sup> to 5.0 N/mm<sup>2</sup> are necessary for finger joints over 20 mm long, while for shorter joints, end pressures of 5.0 N/mm<sup>2</sup> to 15.0 N/mm<sup>2</sup> are needed.

NOTE 2. Short term application of pressure will generally be sufficient to allow the jointed timber to be moved to storage where complete curing can take place prior to any subsequent machining. Reasonable care in handling should be exercised during this move. If machining is required immediately after assembly, accelerated curing, e.g. by radio-frequency heating, is necessary.

## 9 Preservative and flame retardant treatments

9.1 Where preservative or flame retardant treatments are to be applied, only adhesives of type WBP of BS 1204 : Part 1 shall be used.

Preservative treatment shall comply with BS 5268 : Part 5.

Flame retardant treatment shall be carried out in accordance with the treatment manufacturer's instructions, but treatment with inorganic salt types shall only be carried out a minimum of 7 days after fabrication and never beforehand.

9.2 The preservative or flame retardant manufacturer and the adhesive manufacturer shall be consulted to ensure that there is compatibility between the materials in the

component, the treatment used and the adhesive.

9.3 Where treatment is to take place before gluing, the advice of the preservative and adhesive manufacturers shall be obtained. Any subsequent machining shall be carried out as soon as possible before gluing, up to a maximum period of 12 h beforehand. The timber shall at the time of gluing comply with the moisture content requirements of clause 6.

9.4 Treatment after fabrication shall not cause any damage or undue distortion and shall not be carried out until full cure of the glue-line has occurred.

Any surfaces left untreated because of machining or finishing operations carried out after treatment shall be given a liberal application of a suitable compatible preservative.

NOTE. Difficulties have been encountered when gluing boron treated timber. Not only should the advice of the adhesive manufacturer be sought but additional tests may also be required, to ensure that an adequate glue-bond has been achieved.

## 10 Marking

10.1 For finger joints that are not part of a structural component, each piece of jointed timber shall be marked on the face or edge with the following:

- (a) the manufacturer's identification;
- (b) the number of this British Standard, i.e. BS 5291\*;
- (c) the letters WBP, BR or MR, as appropriate, to identify the type of adhesive used.

10.2 Where finger jointing is one process in the production of structural components by the same manufacturer, each joint shall be marked in accordance with 10.1 unless either:

- (a) the component itself is marked as complying with an appropriate British Standard and that standard specifies the efficiency rating required for finger joints used and also refers to this British Standard; or
- (b) where there is no appropriate British Standard, at least one set of the marks specified in 10.1 are applied to each component.

10.3 Where marking has been lost from timber or components in subsequent processing or manufacture, re-marking may be carried out, in which case a mark identifying the company responsible and the prefix R shall be added to the mark.

\*Marking BS 5291 on or in relation to a product is a claim by the manufacturer that the product has been manufactured to the requirements of the standard. The accuracy of such a claim is therefore solely the manufacturers' responsibility. Enquiries as to the availability of third party certification to support such claims should be addressed to the Director, Quality Assurance Division, BSI, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts HP2 4SQ for certification marks administered by BSI or to the appropriate authority for other certification marks.

## Section three. Quality control

### 11 General

Compliance with the requirements of section two shall be checked by internal supervision of manufacture and by assessing the strength of samples of joints in accordance with this section and appendix B.

### 12 Records

The manufacturer shall record and retain the results of the destructive tests carried out in accordance with appendix B, e.g. on quality control charts, so as to obtain warning of any failure to control production at the required level, and to enable appropriate action to be taken if significant changes occur. In addition, manufacturing records shall be kept and retained so that all joints in an unacceptable production batch can be subsequently identified and rejected.

### 13 Sampling

A production batch shall consist of joints all having the same profile, manufactured from the same species of timber, having the same nominal cross section, glued with the same adhesive and made during a continuous run on one production line.

A minimum number of joints, as given in table 1, shall be selected from each production batch or shall be prepared during the production batch, for testing as follows:

- (a) the first in every batch production run;
- (b) the last in every batch production run exceeding 25 joints;
- (c) for batches exceeding 500, additional joints selected at intervals during the production.

In addition one extra joint shall be selected immediately if during the production of a batch either:

- (d) new or reground cutters are fitted; or
- (e) a freshly mixed charge of adhesive is used. In this case the extra joint shall either be tested in accordance with appendix B or, where a manufacturer's finger-joint production method necessitates the preparation of large numbers of small charges of adhesive, in accordance with appendix C.

NOTE. It is prudent to select extra joints from a production batch to be tested in the event of unacceptable failure of the sample joints (see 16.3).

Table 1. Minimum joint testing frequency during production

Number of joints made	Number of joints to be tested
25 or less	1
26 to 500	2
501 to 1000	3
1001 to 2000	4
2001 to 3000	5
3001 to 4000	6
4001 to 5000	7

### 14 Preparation of specimens

The test specimens shall be selected or produced so as to have the finger joint at their mid-lengths.

NOTE. To reduce the chances of failure, other than at the joints, the specimens should as far as possible be free from defects, such as knots and inclined grain, within the middle-half of their length, except where they occur within the finger profiles (see 3.2, 3.3 and 3.4).

Where possible the specimens shall be of the full cross section, but where this is not possible, smaller test specimens shall be used. Where only one smaller specimen per cross-section is taken, it shall be at least one-half of the original cross section. Where two specimens per cross section are taken they shall be not less than one-third of the original cross section, and on testing only the lower test result shall be used. All reduced specimens shall include an edge of the original cross section, which shall be on the tension side of the specimen in the bending test, where testing on edge is appropriate (see B.4.2).

Except where sections have to be reduced, the specimens shall be tested with the surface finish given by the manufacturer to the jointed material in the related production batch.

As far as possible the timber shall be kept at the same moisture condition as when the joints were made.

NOTE. The interval between manufacture and testing may be chosen to meet production requirements, but it should be noted that curing of the glue could take up to 72 h.

## 15 Testing

The specimens shall be tested in accordance with appendix B.

## 16 Batch acceptance requirements

**16.1** A production batch of joints shall be deemed acceptable providing that none of the specimen breaking loads is less than  $F$  and, if more than one joint is tested, the mean value of the breaking loads for all the tests is not less than  $F_m$ .

**16.2** If more than one joint is tested from a production batch and one of these has a breaking load less than  $F$ , the batch shall still be deemed acceptable providing that the one low value is not less than  $K_a \times F$ , and the mean breaking load for all the tests is not less than  $F_m$ , where

$F$  is the expected minimum breaking load;

$F_m$  is the expected mean breaking load;

$K_a = 0.85$  for group A (see table 2);

$K_a = 0.80$  for group B (see table 2);

$K_a = 0.75$  for group C (see table 2).

**16.3** If the mean breaking load is less than  $F_m$  tests shall be permitted on a further three joints from the same production batch. The production batch shall be deemed acceptable if the requirements of 16.1 are satisfied by the breaking loads for the original and supplementary tests combined. The expected values from B.7.1 and B.7.2 shall be recalculated for the total number of tests (see note 2 to B.7.2).

Where a production batch does not meet these acceptance requirements and where failure of a specimen is associated primarily with a defect in the timber clear of the joint, then the joint efficiency  $R$  in B.7.2 may be reduced to  $0.9 R$ , provided that this lower efficiency is acceptable for the intended purpose and is in accordance with BS 5268 : Part 2.

If the conditions of this clause are not satisfied then all the joints in the production batch shall be deemed not to comply with this standard.

## Section four. Joint efficiency rating

### 17 General

The efficiency ratings shall be determined in accordance with this section and appendix D for the following:

- (a) each finger joint profile used in each production line; and
- (b) each finger joint profile used in each production line, following any significant change to that line, e.g. a change in the method of glue application or the introduction of pre-heating or accelerated curing.

If timber is to be jointed in a range of cross sections, specimens shall be of at least two section sizes, including the largest size, and another size which is not more than one-third larger than the smallest size to be jointed in either thickness or width.

The test joints shall be made in either European whitewood (*Picea abies* or *Abies alba*) or European redwood (*Pinus sylvestris*) by the method that will be used in normal production.

Values of joint efficiency determined from edgewise bending tests shall be applicable to jointed timber used in either edgewise or flatwise bending.

Values determined from flatwise bending shall only be applied to jointed timber when on the flat.

NOTE 1. The efficiency rating determined for European whitewood and European redwood is also applicable to all the species listed in table 2. Sufficient information is not available to enable efficiency ratings to be determined directly for other species by the methods given in this standard.

NOTE 2. Table 3 gives guidance on the efficiency ratings for some finger joint profiles.

### 18 Sampling

The minimum number of joints to be tested in each of the section sizes shall be:

- (a) for a new joint profile or a new production line: 30 minimum;
- (b) for a joint profile whose efficiency has already been established for the same type of production line, or where a significant change has been made to a production line: 15 minimum.

NOTE. It is recommended that extra joints be produced for testing in the event of premature or unacceptable failure in the timber (see D.6).

Table 2. Minimum breaking stress for unjointed defect-free softwood

Timber species	Minimum breaking stress*	Control limit group (see table 7)
	N/mm <sup>2</sup>	
<i>(a) Imported</i>		
Parana pine	41.7	C
Redwood	40.9	B
Whitewood	40.3	A
Western red cedar	34.0	A
<i>Canadian species combinations</i>		
Douglas fir-larch	48.9	A
Hem-fir	38.6	C
Spruce-pine-fir	39.4	A
<i>USA species combinations</i>		
Douglas fir-larch	43.8	B
Hem-fir	36.7	B
Southern pine	46.6	B
Whitewoods	32.4	B
<i>(b) British-grown</i>		
Douglas fir	41.4	B
Larch	39.9	B
Corsican pine	36.7	B
Scots pine	41.4	B
European spruce	34.7	B
Sitka spruce	27.0	C

\*At 18 % moisture content.

NOTE. The values given for the Canadian species combinations of spruce-pine-fir, hem-fir and Douglas fir-larch may also be used for Canadian spruce, commercial western hemlock and Douglas fir respectively.

The pieces of timber to be jointed shall be selected at random from normal parcels. They shall be of sufficient length for each to provide two portions to be re-jointed to make one test specimen. In making a joint one of the portions shall be turned over to avoid alignment of the growth rings.

**Table 3. Guide to the efficiency ratings of some profiles in bending**

Length, <i>l</i>	Pitch, <i>p</i>	Tip width, <i>t</i>	Efficiency in bending, <i>R</i>
mm	mm	mm	%
55.0	12.5	1.5	75
50.0	12.0	2.0	75
40.0	9.0	1.0	65
32.0	6.2	0.5	75
30.0	6.5	1.5	55
30.0	11.0	2.7	50
20.0	6.2	1.0	65
15.0	3.8	0.5	75
12.5	4.0	0.7	65
12.5	3.0	0.5	65
10.0	3.7	0.6	65
10.0	3.8	0.6	65
7.5	2.5	0.2	65

## 19 Preparation of specimens

The test specimens shall be prepared so as to have the finger joint at their mid-lengths. The length of the specimens shall be in accordance with D.4.2.

NOTE. To reduce the chances of failure other than at the joints, the specimens should as far as possible be free from defects such as knots, inclined grain, wane or edge damage in their middle-half.

Generally sawn timber shall be used for the manufacture of the finger-jointed specimens and such specimens shall be tested in the sawn finish. Processing of the timber surfaces of the finger-jointed specimens shall be carried out only if it is intended always to use such processing in relation to finger joint production.

At the time the joints are assembled, the timber shall be at the moisture content at which production joints will normally be made (see clause 6).

Prior to testing, the specimens shall be conditioned to a moisture content of  $18 \pm 2\%$ , and at least 72 h shall elapse between assembly and testing.

## 20 Testing

The specimens shall be tested in accordance with appendix D.

## Appendix A. Names and species of structural softwoods

The names and botanical species of structural softwoods to be used in the manufacture of finger joints are given in table 4.

Table 4. Names and botanical species of structural softwoods to be used for finger joints		
Standard name or combination name	Botanical species	Other common names
(a) <i>Imported</i>		
Parana pine	<i>Araucaria angustifolia</i>	
Redwood	<i>Pinus sylvestris</i>	European redwood
Whitewood	<i>Picea abies</i> <i>Abies alba</i>	Baltic whitewood European whitewood
Western red cedar	<i>Thuja plicata</i>	British Columbia red cedar
<i>Canadian species combinations</i>		
Douglas fir-larch	<i>Pseudotsuga menziesii</i> <i>Larix occidentalis</i>	Douglas fir Western larch
Hem-fir	<i>Tsuga heterophylla</i> <i>Abies amabilis</i> <i>Abies grandis</i>	Western hemlock Amabilis fir Grand fir
Spruce-pine-fir	<i>Picea mariana</i> <i>Picea engelmannii</i> <i>Picea rubens</i> <i>Picea glauca</i> <i>Pinus banksiana</i> <i>Pinus contorta</i> <i>Pinus ponderosa</i> <i>Abies lasiocarpa</i> <i>Abies balsamea</i>	Black spruce Engelmann spruce Red spruce White spruce Jack pine Lodgepole pine Ponderosa pine Alpine fir Balsam fir
<i>USA species combinations</i>		
Douglas fir-larch	<i>Pseudotsuga menziesii</i> <i>Larix occidentalis</i>	Douglas fir (coast), (north) and (west) Western larch
Hem-fir	<i>Tsuga heterophylla</i> <i>Abies amabilis</i> <i>Abies magnifica</i> <i>Abies grandis</i> <i>Abies procera</i> <i>Abies concolor</i>	Amabilis fir California red fir Grand fir Noble fir White fir
Southern pine	<i>Pinus palustris</i> <i>Pinus elliotii</i> <i>Pinus echinata</i> <i>Pinus taeda</i>	Longleaf pine Slash pine Shortleaf pine Loblolly pine
Whitewoods	<i>Picea engelmannii</i> <i>Pinus monticola</i> <i>Pinus contorta</i> <i>Pinus ponderosa</i> <i>Pinus lambertiana</i> <i>Abies lasiocarpa</i> <i>Abies balsamea</i> <i>Tsuga mertensiana</i>	Engelmann spruce Western white pine Lodgepole pine Ponderosa pine Sugar pine Alpine fir Balsam fir Mountain hemlock
(b) <i>British-grown</i>		
Douglas fir	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	
Dunkeld larch	<i>Larix eurolepis</i>	Hybrid larch
European larch	<i>Larix decidua</i>	} Larch
Japanese larch	<i>Larix kaempferi</i>	
Corsican pine	<i>Pinus nigra</i>	
Scots pine	<i>Pinus sylvestris</i>	Scots fir
European spruce	<i>Picea abies</i>	Norway spruce
Sitka spruce	<i>Picea sitchensis</i>	

## Appendix B. Assessment of joint strength for quality control

### B.1 Introduction

This appendix describes the method of assessing the strength of a sample of joints by comparing the individual and mean breaking loads with the expected minimum and mean values for joints of the required efficiency rating, in timber of the same species, size and moisture content.

### B.2 Test specimens

Specimens shall be selected and prepared in accordance with section three.

### B.3 Testing machine

The testing machine shall, at the time of test, comply with the requirements for grade B of BS 1610.

### B.4 Test procedure

**B.4.1 Dimensions.** Measure and record the width and depth of each specimen within 75 mm of the joint.

**B.4.2 Support conditions.** Test the specimens, in normal circumstances, using edge-wise bending or test using flat-wise bending if it is more appropriate to the intended use and if the efficiency rating was initially determined by that method.

Simply support the specimens over a span equal to 12 x their nominal depth, except when this would give a span of less than 400 mm, in which case use a span of 400 mm or 16 x the nominal depth, whichever is the shorter. Ensure that the length of the specimens is such as to give an overhang at each support at least equal to the depth of the specimens.

Apply the load at the one-third points of the span through radiused loading shoes (see figure 4).

**B.4.3 Rate of loading.** Ensure that the rate of descent of the loading head is constant and is such as to fracture the specimen within  $300 \pm 120$  s.

NOTE. As a guide, an estimate of the required rate of descent,  $H$  (in mm/s), may be obtained from the equation:

$$H = 6L^2/h \cdot 10^6$$

where

$L$  is the span (in mm);

$h$  is the specimen nominal depth (in mm).

### B.5 Supplementary test

Determine the moisture content at the time of testing of the specimens either by the oven-drying method (see D.5) or by use of a moisture meter which has been regularly calibrated against oven-drying tests.

If a moisture meter is used, measure the moisture content not more than 75 mm from the joint using suitable probes having a length of not less than 12 mm, or one-third the thickness of the timber, if this is greater.

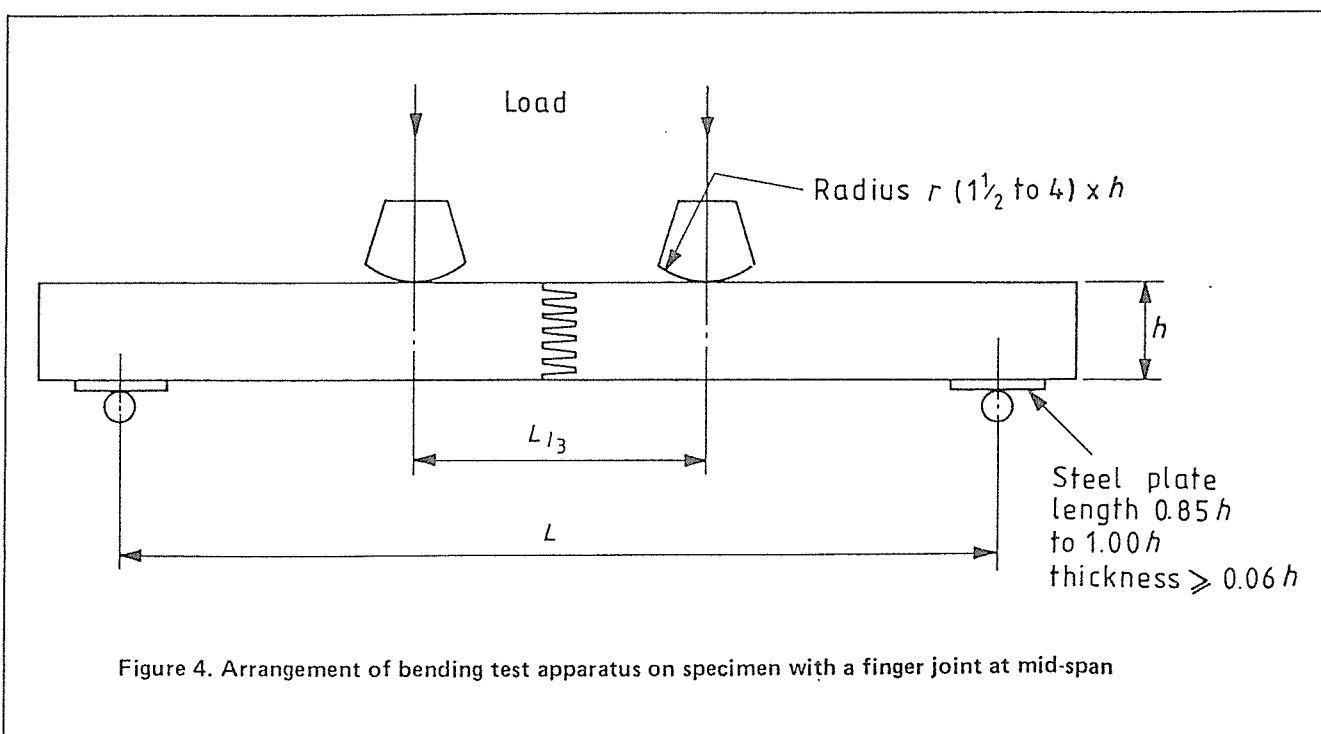


Figure 4. Arrangement of bending test apparatus on specimen with a finger joint at mid-span



## B.6 Test results

Record the maximum load, type of failure, influence of defects and the width, depth and moisture content of each specimen.

Where the moisture content of an individual specimen differs by 2 % or more from the mean value of moisture content for a group of specimens, then correct the breaking load for that specimen by multiplying it by the value of  $K_\omega$  for the mean moisture content, and dividing it by the value of  $K_\omega$  for the moisture content of the individual specimen, where  $K$  has the values given in table 6.

## B.7 Assessment of strength of specimens

**B.7.1 General.** Assess the strength of the sample of joints in accordance with clause 16 by comparing the individual and mean strengths of the tested sample with expected minimum and mean values calculated from the basic strength data for the particular species of timber.

**B.7.2 Expected minimum breaking load.** Calculate the expected minimum breaking load,  $F$  (in N), from the equation:

$$F = \sigma R b h^2 K_h K_\omega K_F / 100 L$$

where

- $\sigma$  is the minimum breaking stress from table 3 (in N/mm<sup>2</sup>);
- $R$  is the joint efficiency rating, as a percentage (determined in accordance with section four);
- $b$  is the mean width of the specimens (in mm);
- $h$  is the mean depth of the specimens (in mm);
- $L$  is the test span (in mm);
- $K_h$  is a correction factor for depth from table 5;
- $K_\omega$  is a correction factor for moisture content from table 6;
- $K_F$  is a control factor for minimum breaking load from table 7.

NOTE. The correction factors  $K_h$ ,  $K_\omega$  and  $K_F$  are obtained, respectively, from the appropriate tables for the mean values of depth and moisture content for the specimens, and for the number of specimens in the group of results being considered.

**B.7.3 Expected mean breaking load.** Calculate the expected mean breaking load,  $F_m$  (in N), from the equation:

$$F_m = F K_x$$

where

- $F$  is the expected minimum breaking load from B.7.2;
- $K_x$  is the control limit factor for mean breaking load from table 7.

NOTE 1. The value of  $K_x$  used is that corresponding to the number of specimens for which tests results are being considered.

NOTE 2. The frequency with which test values approach or fall below expected minimum values should be used to assess the longer term performance of a production line.

A test value should not be expected to fall below  $F$  more than once in every 10 production batches sampled, and mean values should not fall below  $F_m$  more than once in every 40 production batches sampled. A test value falling below  $F K_x$  (see 16.2) should not be expected to occur more than once for every 100 production batches sampled and should be taken as an indication that definite action is required to restore the standard of production unless, on examination, the low value can be attributed to an abnormality in the particular specimen or its test.

If the results of the quality control tests suggest that a higher efficiency rating than the value previously established may be justified, then a redetermination may be carried out in accordance with the procedures given in section four.

Table 5. Factor for depth

Depth of specimen	$K_h$
mm	
47	1.00
47 to 50	0.99
72 to 75	0.97
97 to 100	0.95
120 to 125	0.92
145 to 150	0.90
169 to 175	0.87
194 to 200	0.85

NOTE. Intermediate values may be determined by interpolation.

Table 6. Factor for moisture content

Moisture content	$K_\omega$
%	
8	1.49
9	1.43
10	1.37
11	1.32
12	1.27
13	1.22
14	1.17
15	1.12
16	1.08
17	1.04
18	1.00
19	0.96
20 or more	0.92

Table 7. Factors for calculation of control limits for minimum and mean breaking loads						
Number of joints tested	Control limit factor					
	Group A timbers		Group B timbers		Group C timbers	
	Min. $K_F$	Mean $K_X$	Min. $K_F$	Mean $K_X$	Min. $K_F$	Mean $K_X$
1	1.19	—	1.25	—	1.32	—
2	1.12	1.04	1.17	1.04	1.22	1.06
3	1.09	1.11	1.12	1.14	1.16	1.18
4	1.07	1.16	1.09	1.21	1.12	1.27
5	1.05	1.20	1.07	1.25	1.09	1.33
6	1.04	1.22	1.05	1.29	1.07	1.37
7	1.03	1.24	1.04	1.33	1.05	1.42
8	1.02	1.26	1.02	1.36	1.03	1.47
9	1.01	1.29	1.01	1.39	1.02	1.49
10	1.00	1.30	1.00	1.41	1.01	1.51
11	1.00	1.31	1.00	1.41	1.00	1.54
12 and over	1.00	1.31	1.00	1.42	1.00	1.55

NOTE. The values given in group A and C for the Canadian species combinations of spruce-pine-fir, hem-fir, and Douglas fir-larch (see table 2) may also be used for Canadian spruce, commercial western hemlock and Douglas fir respectively.

## Appendix C. Glue mix slip test

### C.1 Introduction

This appendix describes a method for assessing the performance of a glue mix.

### C.2 Test specimens

**C.2.1 Test slips.** Prepare two test slips of dimensions  $25 \pm 0.25 \times 3.2 \pm 0.15 \times 115 \pm 1.5$  mm from the batch of timber to be finger-jointed, as shown in figure 5. The moisture content of the slips at the time of gluing shall be  $16 \pm 2\%$  as measured using a moisture meter.

**C.2.2 Adhesive.** The adhesive to be used in making the test specimen shall be taken from the charge to be used for finger-jointing. If separate application of resin and hardener is used for the finger jointing process the same procedure should be used to make the test specimen.

**NOTE.** A record should be kept to enable identification of the batch of finger joints using the charge of adhesive used in the test specimen.

**C.2.3 Joint preparation.** Prepare joints under conditions similar to those in which the finger joints are manufactured. Apply the adhesive (or resin and hardener) to one or both slips to simulate the finger-jointing gluing process. Place the slips in contact with one another, with as little rubbing as possible, immediately after applying the adhesive, or after such period as is used in the finger-jointing process. Load the joint into a suitable clamp and adjust the slips to give an overlap of 25 mm, as shown in figure 5. Apply sufficient pressure to ensure good contact; normally a load of 2 kN is adequate. Cure the joint in the same way as the finger joints.

### C.3 Testing machine

The testing machine shall, at the time of the test, comply with the requirements for grade B of BS 1610.

### C.4 Test procedure

Load the test specimen in axial tension until failure occurs. Ensure that the rate of movement of the loading head is constant and is such as to fracture the specimen within  $300 \pm 120$  s (see B.4.3).

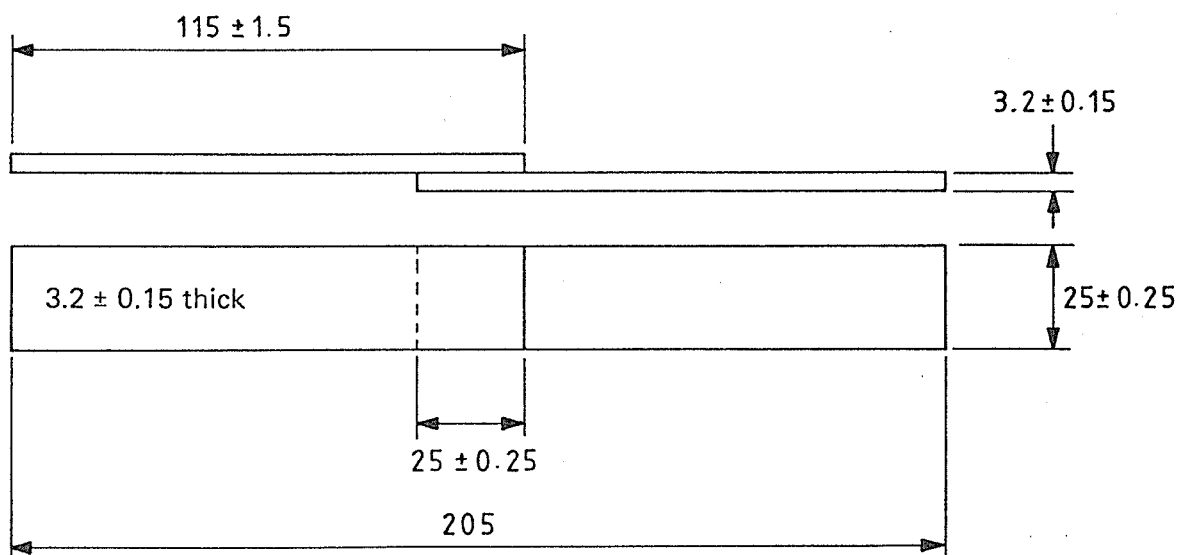
### C.5 Test results

Record the estimated percentage of wood failure at the joint.

### C.6 Assessment of the adhesive

The adhesive charge shall be deemed satisfactory if the percentage of wood failure at the joint is greater than 60 % or if a tensile failure of the specimen occurs.

If the joints fail to meet these acceptance criteria then all finger joints in the production batch that used that charge of adhesive shall be deemed not to comply with this standard.



All dimensions are in millimetres.

Figure 5. Close-contact joint

## Appendix D. Determination of the joint efficiency rating

### D.1 Introduction

This appendix describes the method of determining the joint efficiency rating of a finger joint profile. The joint efficiency rating is derived by a comparison of bending strength test results from jointed specimens with a calculated stress for timber of the same moisture content, species and section size.

### D.2 Test specimen

Test specimens shall be selected and prepared in accordance with section four.

### D.3 Testing machine

The testing machine shall, at the time of the test, comply with the requirements for grade A of BS 1610.

### D.4 Test procedure

**D.4.1 Dimensions.** Measure and record the width and depth of each specimen within 75 mm of the finger joint, at fabrication and at test.

**D.4.2 Support conditions.** Test the specimens in normal circumstances, using edge-wise bending or test using flat-wise bending if it is more appropriate to the intended use.

Simply support the specimens over a span of 12 × their nominal depth, except when this would give a span of less than 400 mm, in which case use a span of 400 mm or 16 × the specimen depth whichever is the shorter. Ensure that the length of the specimens is such as to give an overhang at each support at least equal to the depth of the specimens.

Apply the load at the one-third points of the span through radiused loading shoes (see figure 4).

**D.4.3 Rate of loading.** Ensure that the rate of descent of the loading head is constant and is such as to fracture the specimen within  $300 \pm 120$  s (see B.4.3).

### D.5 Supplementary tests

Immediately after the bending test determine the moisture content and the density of the specimens from a test piece of the full cross section of the specimen, cut as near the failure as possible, and from 25 mm to 35 mm long. Trim off splinters cleanly and weigh the test piece immediately

to determine the initial mass,  $M_1$ , to the nearest 0.5 g. After measuring the length, width and depth of the test piece to the nearest 0.1 mm, dry it in a ventilated oven at  $103 \pm 2$  °C until successive weighings at intervals of not less than 3 h do not differ by more than 0.1 % or 0.05 g, whichever is the greater.

NOTE. The final oven-dried mass,  $M_0$ , will normally be reached after about 24 h.

Calculate the percentage moisture content,  $\omega$ , from the equation:

$$\omega = 100 (M_1 - M_0) / M_0$$

Calculate the density,  $\rho$ , (in  $\text{kg/m}^3$ ), from the equation:

$$\rho = M_1 10^6 / Lbh$$

where

$L$  is the test piece length (in mm);

$b$  is the test piece width (in mm);

$h$  is the test piece depth (in mm).

### D.6 Test results

Record the moisture content at fabrication and at test, the maximum load, the density, the width, the depth and the type of failure for each specimen.

Where fracture of a specimen is primarily associated with a defect in the timber clear of the joint, omit the test results for that specimen and test additional specimens to ensure that the required minimum number of valid results are available.

### D.7 Calculation

**D.7.1 Mean modulus of rupture of specimens.** Calculate the modulus of rupture,  $f_j$  (in  $\text{N/mm}^2$ ), for each test specimen from the equation:

$$f_j = F_{\max} L / bh^2$$

where

$F_{\max}$  is the recorded maximum load (in N);

$L$  is the test span (in mm);

$b$  is the specimen width (in mm);

$h$  is the specimen depth (in mm).

The mean modulus of rupture of a sample of jointed specimens of the same cross section,  $f_{jm}$  (in  $\text{N/mm}^2$ ), is then calculated from the equation:

$$f_{jm} = \Sigma f_j / n$$

where

$n$  is the number of results.

**D.7.2 Minimum modulus of rupture of specimens.**

Calculate the 5 % minimum modulus of rupture,  $f_{jk}$  (in N/mm<sup>2</sup>), for the samples of jointed specimens from the equation:

$$f_{jk} = f_{jm} - \alpha s$$

where

$s$  is the standard deviation,  $\sqrt{\{(f_j - f_{jm})^2 / (n - 1)\}}$ ;

$\alpha$  is the statistical constant depending upon the number of tests ( $n$ ), as given in table 8.

$n$	$\alpha$
15	1.99
20	1.93
30	1.86
40	1.83
60	1.80
100	1.75

NOTE. The tabulated values of the statistical constant  $\alpha$  relate to the lower 5 % exclusion value estimated at the 75 % confidence level.

**D.7.3 Mean modulus of rupture of defect-free timber.**

Calculate the mean modulus of rupture for defect-free timber,  $f_m$  (in N/mm<sup>2</sup>), of the same size and density and at the same moisture content as that of the test specimens from the equation:

$$f_m = f K_\rho K_h K_\omega$$

where

$f$  is the assumed modulus of rupture for defect-free timber and has the value of 57 N/mm<sup>2</sup>;

$K_\rho$  is a correction factor for density from table 9;

$K_h$  is a correction factor for depth from table 5;

$K_\omega$  is a correction factor for moisture content from table 6.

NOTE. The values of  $K_\rho$ ,  $K_h$  and  $K_\omega$  are those corresponding to the mean values of density, depth and moisture content of the test specimens.

**D.7.4 Minimum modulus of rupture of defect-free timber.**

Calculate the 5 % minimum modulus of rupture for defect-free timber,  $f_k$  (in N/mm<sup>2</sup>), of the same size and density and at the same moisture content as that of the test specimens from the equation:

$$f_k = 0.78 f_m$$

**D.7.5 Joint efficiency rating.** Calculate the joint efficiency rating  $R$  for each cross section as follows:

(a) for mean modulus of rupture:

$$R = 100 f_{jm} / f_m \%$$

(b) for minimum modulus of rupture:

$$R = 100 f_{jk} / f_k \%$$

The lowest value of  $R$  obtained from (a) and (b) for the two or more cross sections tested shall be taken as the joint efficiency rating.

Density*	$K_\rho$
kg/m <sup>3</sup>	
410	0.89
430	0.95
450	1.00
470	1.06
490	1.11
510	1.17
530	1.22
550	1.28
570	1.34
590	1.39

\*Measured at 18 % moisture content.  
NOTE. Intermediate values may be determined by linear interpolation.

## Publications referred to

- BS 1204 Synthetic resin adhesives (phenolic and aminoplastic) for wood  
Part 1 Specification for gap-filling adhesives
- BS 1610 Methods for the load verification of testing machines
- BS 4978 Timber grades for structural use
- BS 5268 Structural use of timber  
Part 2 Code of practice for permissible stress design, materials and workmanship  
Part 5 Preservative treatments for constructional timber
- BS 6100 Glossary of building and civil engineering terms  
Part 4 Forest products
- NKB 13\* Nordic recommendations for timber construction  
Chapter IX Finger-jointed structural timber
- Timber bulletin for Europe, Volume XXXIV, Supplement 16 — ECE recommended standards for stress grading and finger-jointing of structural coniferous sawn timber, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, November 1982\*.

\*Referred to in the foreword only.

---

For information about BSI services relating to third party certification to suitable British Standard product specifications, schemes for the registration of firms of assessed capability, testing and inspection facilities, please contact the Director, Quality Assurance Division, BSI, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts HP2 4SQ. Tel. Hemel Hempstead 3111.

This British Standard, having been prepared under the direction of the Timber Standards Committee, was published under the authority of the Board of BSI and comes into effect on 28 September 1984.

© British Standards Institution, 1984

First published February 1976  
First revision September 1984

ISBN 0 580 14152 7

**British Standards Institution**  
Incorporated by Royal Charter, BSI is the independent national body for the preparation of British Standards. It is the UK member of the International Organization for Standardization and UK sponsor of the British National Committee of the International Electrotechnical Commission.

**Copyright**  
Users of British Standards are reminded that copyright subsists in all BSI publications. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior permission in writing of BSI. This does not preclude the free use, in the course of implementing the standard, of necessary details such as symbols and size, type or grade designations. Enquiries should be addressed to the

Publications Manager, British Standards Institution, Linford Wood, Milton Keynes MK14 6LE. The number for telephone enquiries is 0908 320033 and for telex 825777.

**Contract requirements**  
A British Standard does not purport to include all the necessary provisions of a contract. Users of British Standards are responsible for their correct application.

**Revision of British Standards**  
British Standards are revised, when necessary, by the issue either of amendments or of revised editions. It is important that users of British Standards should ascertain that they are in possession of the latest amendments or editions. Information on all BSI publications is in the *BSI Catalogue*, supplemented each month by *BSI News* which is available to subscribing members of the Institution and gives details of new publications, revisions, amendments and withdrawn standards. Any person who, when making use of a British Standard, encounters an inaccuracy or ambiguity, is requested to notify BSI without delay in order that the matter may be investigated and appropriate action taken.

The following BSI references relate to the work on this standard:  
Committee reference TIB/5 Draft for comment 79/11311 DC

## Committees responsible

The preparation of this British Standard was entrusted by the Timber Standards Committee (TIB/—) to Technical Committee TIB/5, upon which the following bodies were represented:

Association of Building Component Manufacturers Ltd.  
British Plastics Federation  
British Woodworking Federation  
Building Employers Confederation  
Department of the Environment  
Department of the Environment (Building Research Establishment, Princes Risborough Laboratory)  
Department of the Environment (Housing and Construction)  
Fibre Building Board Development Organization Ltd.  
Forestry Commission  
Institute of Wood Science  
Institution of Civil Engineers

Institution of Municipal Engineers  
Institution of Structural Engineers  
National Sawmilling Association  
Royal Institute of British Architects  
Royal Institution of Chartered Surveyors  
Timber Packaging and Pallet Confederation  
Timber Research and Development Association  
Timber Trade Federation

The following bodies were also represented in the drafting of the standard, through subcommittees and panels:

Agreement Board  
Greater London Council  
The Transmission and Distribution Association (BEAMA)

## Amendments issued since publication

Amd. No.	Date of issue	Text affected

#### 4. 発表論文

発表された論文の項目は、次のとおりである。次ページ以降に論文内容を示す。

##### 1) 接着面の圧縮圧分布と接着性 (第1報)

揚、秦正徳、佐々木光、小西信、鴛海四郎：木材学会誌、Vol37、No7、p611～618(1991)

##### 2) 接着面の圧縮圧分布と接着性 (第2報)

揚、秦正徳、佐々木光、：木材学会誌、Vol37、No7、p619～624(1991)

##### 3) 部分圧縮による木材接着

小西信、鴛海四郎、揚、佐々木光：日本木材加工技術協会第8回年次大会要旨集、P42、43(1990、9)

##### 4) 部分圧縮による木材接着

小西信、鴛海四郎、揚、佐々木光、小松幸平：第29回日本接着学会年次大会講演要旨集、P109、110(1991、6)

##### 5) 集成材BFJ (ビッグフィンガージョイント) の曲げ破壊実験

楠寿博、木村衛、室田達郎、小松幸平、鴛海四郎：日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)(1991、9)

##### 6) ベイマツ集成材BFJの曲げ破壊実験と強度評価

楠寿博、木村衛、室田達郎、小松幸平、鴛海四郎：日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)(1992、8)

##### 7) Big Finger Jointによる大断面集成材の現場接着に関する研究

小松幸平、原田真樹、川元紀雄、海本一、木村衛、楠樹博、鴛海四郎、室田達郎、小西信：第42回日本木材学会大会研究発表要旨集、p215(1992)

##### 8) 接着剤充填による棒鋼-集成材接合部の接合耐力に関する研究(その1)

鴛海四郎、第41回日本木材学会大会研究発表要旨集、(1991)

##### 9) 接着剤充填による棒鋼-集成材接合部の接合耐力に関する研究(その2)

鴛海四郎、第42回日本木材学会大会研究発表要旨集、p217(1992)



## 接着面の圧縮圧分布と接着性 (第1報)

ボルト・クランプ圧縮接着における圧縮圧分布と接着性<sup>\*1</sup>

楊 萍<sup>\*2</sup>, 秦 正徳<sup>\*3</sup>, 佐々木 光<sup>\*2</sup>, 小西 信<sup>\*4</sup>, 鷺海四郎<sup>\*5</sup>

## Pressure Distribution along Gluelines and Bonding Properties I.

In a glueline pressed by clamps<sup>\*1</sup>

Ping YANG<sup>\*2</sup>, Masanori HATA<sup>\*3</sup>, Hikaru SASAKI<sup>\*2</sup>,  
Makoto KONISHI<sup>\*4</sup> and Shiro OSHIUMI<sup>\*5</sup>

The pressure distribution in a glueline, of two-wood adherends pressed by bolt-clamps without caul-plates was calculated. When the distance between the clamps was extremely great compared to the thicknesses of the adherends, the distribution was non-uniform. The pressure distribution was calculated by means of the Finite Element Method of numerical analysis and was measured using pressure-sensitive film (Pressscale Fuji Film Co.). In a reference experiment, the relationship between the bond strength of gluelines and the distances from the clamp positions was investigated with varying thickness of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) adherends and kinds of resin adhesives. The results were as follows:

1. The pressure distribution in the glueline measured by a pressure-sensitive film was qualitatively in good agreement with the results of the numerical analysis using the Finite Element Method.
2. Pressure in the glueline decreased as the distance from the clamps became greater, and there was almost no pressure in the glueline distant by 1.2~1.5 times the adherend thickness from the clamping edge.
3. In the case where the distance between clamps was great, an opening occurred between the adherends at the midpoint between the clamps. The height of the opening depended on the bending stiffness of the adherends.
4. The bond strength at the place where the pressure was the least (at the midpoint between the clamps) was not necessarily the smallest. This tendency is attributed to the gap-filling properties of adhesives and the warp of the adherends due to additional moisture from the adhesive spread on the surfaces of the adherends.

*Keywords*: adhesion, clamp-pressing, pressure distribution, Finite Element Method, glueline pressure.

当て板を用いずに2枚の板を重ねて接着する場合、ボルト・クランプ間隔が極端に大きいと、接着面の圧縮圧が非常に不均一になる。その分布を数値解析と感圧フィルムによる実験で明らかにした。また、実際に、ダグラスファーを用い、板の厚さ、接着剤の種類を変えて接着試験を行

<sup>\*1</sup> Received December 25, 1990.

<sup>\*2</sup> 京都大学木質科学研究所 Wood Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 611

<sup>\*3</sup> 高岡短期大学 Takaoka National College, Takaoka, Toyama 933

<sup>\*4</sup> 小西技術士事務所 Konishi Technical Consulting, Tokyo 143

<sup>\*5</sup> 日本住宅・木材技術センター The Japan Housing and Wood Technology Center Foundation, Tokyo 100

- い、クランプ位置からの距離と接着強度の関係を調べた。結果を要約すると以下の通りである：
- 1) 感圧フィルムで測定された圧縮圧の分布は数値解析結果と定性的によい一致を示した。
  - 2) 水分応力が存在しない状態では、接着面の圧縮圧はクランプ位置からの距離とともに低下し、被着材の厚さの1.2~1.5倍程度離れると圧縮圧はほとんど存在しなくなる。
  - 3) 同じく水分応力が存在しない状態では、クランプ間隔が極端に大きいと、その中間点近傍の接着層は開口する。その大きさは被着材の曲げ剛性とクランプ間隔に関係する。
  - 4) 圧縮圧の一番低いと思われる所（クランプ間の中央点）での接着力は必ずしも一番低いとは限らなかった。その理由は接着剤の空隙充填性と塗布された接着剤の水分によって被着材が反る効果によるものと思われる。

## 1. 結 言

近年、新しい材料、新しい施工法が次々と開発され、構造物が大型化してきたが、それに伴って種々の問題が生起している。たとえば、大断面集成材の施工においては、道路交通法により、運搬できる集成材の長さは制限を受けるので、大スパン建築物や、湾曲集成材などは一度切断して運び現場で接着その他の方法で接合しなければならない。しかし、海老原<sup>1)</sup>が指摘したように、被着材の含水率が高いこと、温度条件が不安定なこと、十分な加圧圧縮が困難なことなど、現場では適正な接着条件が確保できないため、接着工程の信頼性が欠けるという理由で、現場接着に対しては金具等の補助手段を用いない限り耐力が認められないのが現状である。勿論接着力は数多くの因子<sup>2)</sup>たとえば、被着材の含水率や、温度条件などが影響することは言うまでもないが、その最も基本的な条件として塗布された接着剤が被着面間で、均一で様な接着層を形成するための適正な圧縮圧が不可欠である。この問題は古くは釘による圧縮効果について H. Kolb<sup>3)</sup>によって取り上げられている。すなわち、被着材間には挟み込んだ弾性体のひずみから接着面にかかる圧力を推定し、圧縮圧の分布を報告している。また、S.B. Bellosillo<sup>4)</sup>は釘の引抜き抵抗に相当する引張力がその釘の圧縮圧となって材を保持していると考え、釘の大きさ、合板の厚さ、被着材の比重などの組み合わせにより釘の圧縮圧を推定する図を作成している。このように釘の圧縮効果についてはいろいろな研究が行われてきたが、ボルト・クランプの圧縮圧の詳細な研究は見られない。本報は現場接着における圧縮方法の最も現実的なものとしてボルト・クランプによる圧縮接着を取り上げ、その機構を有限要素法を用いてモデル化し、コンピューターにより、接着面の圧縮圧の分布を数値的に解析した。またこの結果を実験的に検証するために感圧フィルムを用いた接着面の圧力分布の測定を行い、その結果と対比した上で、解析法の有効性を評価した。さらに、接着に影響する他の

因子、すなわち、接着剤の種類、圧縮荷重及び被着材の厚さなどを変え、木材の接着実験を行い上で求めた接着剤の種類や被着材の厚さによる圧縮圧と接着力の関係の違いを考察した。

## 2. 解析及び実験の方法

### 2.1 圧縮面の圧縮圧分布の数値解析の方法

まず、問題を単純化するため、Fig. 1 に示すように、当て板を用いないで、2枚の被着材を2ヶ所でボルト・クランプによって圧縮接着する場合を取り上げた。ここでは、まず、接着面の圧縮圧分布と変形状態および接着層の開口状態などをコンピューターを用いて数値解析で求めた。

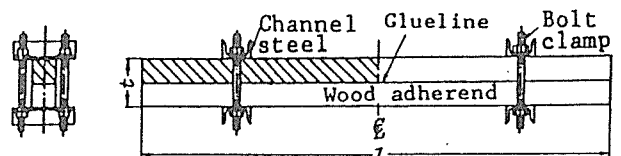


Fig. 1. Pressing system of two-wood adherends with bolt clamps.

Legend:  $t$ : Thickness of specimen,  $l$ : Length of specimen, Part for stress analysis by Finite Element Method.

ここでは被着材である木材を直交異方性弾性体と考え、接着層は極めて薄く、接着系全体の力学的挙動に全く影響しないと仮定し、試験条件の対称性を利用して二次元直交異方性弾性問題として解いた。

解析面は試験体の接着層に垂直で試験体の長軸を含む面のうち Fig. 1 の左上1/4の部分(斜線部)とした。Fig. 2 はその部分を三角形平面要素に分割したもので、節点総数は505、要素総数は800である。

圧縮治具の被着材に接する部分には、しばしばクッション材が挿入されるのでここでは簡単のため被着面への荷重条件は等分布荷重  $P$  とし、5, 10, 15 kgf/cm<sup>2</sup> の3段階で計算した。また、右端は被着材の長さ方向 ( $x$ ) の中央部で、被着材の厚さ ( $t/2$ ) の方向 ( $y$ ) にのみ自由に動くことができる滑接の条件を与えた。図の下辺は接着層で、計算の初期には

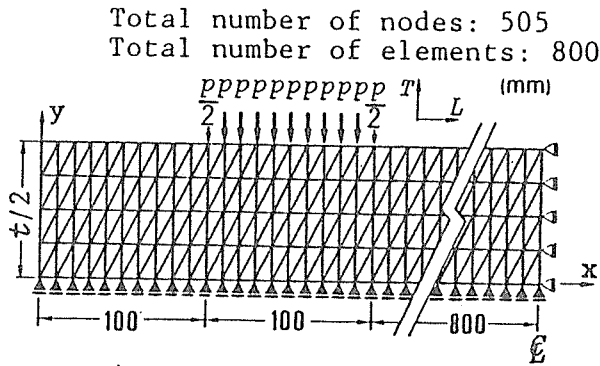


Fig. 2. Finite element idealization for 1/4 part of the pressing system.  
Legend:  $p$ : Linear load,  $t/2$ : Thickness of wood adherend.

上下の被着材の対称性から平面に保たれているものとし、 $x$ 方向(図の左右方向)のみ自由に動くことのできる滑接の条件を与えた。しかし、この条件では接着層に圧縮圧が存在する点では上下の被着材同士が密着しているから問題はないが、圧縮圧がゼロより小さくなった点での被着材の $y$ 方向の変位(浮き上がり、すなわち接着層の開口)を抑止していることになる。このことを考慮して、平面構造解析の計算を繰り返し行うことにし、一回毎に底辺の滑接点の支点反力が正(圧縮)かどうかを検定し、正以外の点(ゼロ又は負の点)では次の回の計算でその点の拘束を解放し、フリーの支点として扱うことにした。計算の終了はこの繰り返し計算で解放されずに残った底辺の拘束点が次の計算ですべて正の支点反力を持つようになる時点とした。

計算に用いた被着材はダグラスファー(Douglas-fir)で、繊維方向のヤング率  $E_L = 160 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、繊維に直交方向のヤング率  $E_T = 8.0 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、剛性率  $G_{L,T} = 9.9 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比  $\mu_{L,T} = 0.45$  とした<sup>5)</sup>。被着材の厚さ( $t/2$ )を20~100 mmの5段階に変化させ、単位幅で計算した。

### 2.2 接着面の圧縮圧分布の測定

2.1節の数値解析方法の妥当性を検証するために接着面における圧縮圧分布を感圧フィルムで測定する実験を行った。感圧フィルムには、富士写真フィルム株式会社産の富士フィルムプレスケール(超低圧用、圧力の測定範囲は5~30 kgf/cm<sup>2</sup>)を採用した。それは厚さ105  $\mu\text{m}$ の軟質のプラスチックフィルムでマイクロカプセル化した発色剤が塗布されているもの(Aフィルム)と厚さ95  $\mu\text{m}$ で、顕色剤が塗布されているもの(Cフィルム)の両者を積層した複合シートである。圧力によってAフィルムのマイクロカプセルが破壊し、その中の無色染料がCフ

イルムの顕色剤に吸収されて化学反応で発色する。また、発色剤のマイクロカプセルの破壊応力は種々の段階に調整されたものが正確な比率で混合されているため、高圧を受けている所は濃く赤変し、低圧を受けている所は薄く赤変するので、圧力分布に応じた色濃度分布が得られる。このような感圧フィルム(AフィルムおよびCフィルム)を厚さ20 mm、長さ600 mm、幅30 mmのダグラスファー素材10枚を重ね、上から5層の接触面の全面に挿入し、インストロンタイプの万能試験機でその中央の長さ100 mm幅30 mmの部分に圧縮治具(木材)を介して5秒で1800 kgf(接着面の平均圧縮圧は10 kgf/cm<sup>2</sup>)まで加圧し、5秒間圧力を保持した後、赤変した感圧フィルム(Fig. 3)を取り出し、富士フィルム・プレスケール専用濃度計(FPD101)を用い、Cフィルムの色濃度をクランプ中央から10 mm毎に幅方向3か所について測定し、標準色見本と比較して圧力を求めた。しかし、専用濃度計の検出面積は直径3 mm  $\phi$ の円形であるから、測定誤差を小さくするために、幅方向の3ヶ所で測定した濃度値の平均値に対応する圧力値を用い、接着面内の長さ方向の圧縮圧分布を調べた。実験環境は温度18°C、相対湿度は72%であった。

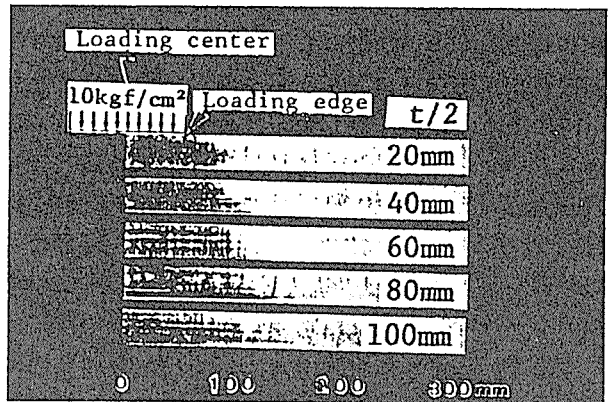


Fig. 3. Color changes in pressure-sensitive film used to measure the pressure distribution along gluelines with various thicknesses of adherends (Right half of picture from loading center).

Legend:  $t/2$ : Thickness of wood adherend.

### 2.3 接着性能の試験

接着面の圧縮圧分布の解析で例として取り上げたFig. 1のボルト・クランプによる木材の圧縮接着例にならって実験を行った。

被着材はダグラスファーで、気乾(含水率12.7%)比重は0.52である。被着材の長さ( $l$ )は2,000 mm、幅120 mm、厚さを20, 40, 60, 80, 100 mmの5段

階(基本となっている20 mmのラミナを除いたほかは同種類による集成材である)とした。各厚さについて6枚ずつ用意し3体ずつの試験体を貼り合わせた。被着面はプレーナー仕上げされ、接着される各ペアの被着材には予め測定された曲げ剛性  $EI$  の値が近接しているものを組み合わせ、また接着条件の同一の3組のものは  $EI$  値が比較的小さいもの、中庸なもの、大きいものからの組み合わせとなるようにした。

接着剤はレゾルシノール樹脂(以下略号 RF, 商品名デアノール35, 固形分65%, 主剤100部に対し, 硬化剤パラホルムアルデヒド15部, 充填剤ヤシ粉5部添加), エポキシ樹脂(以下略号 EP, 商品名オーシカダイン TE-126, 固形分100%, 主剤ビスフェノール型エポキシ100部に対し, 硬化剤変性ポリアミドアミン50部添加), 水性高分子イソシアネート系(以下略号 VU, 商品名 PI ボンド120, 固形分50%, 主剤ポリビニールアルコールエマルジョン100部に対し, 硬化剤ジイソシアネート15部添加), ユリア樹脂(以下略号 UF, 商品名大鹿レジン105, 固形分65%, 主剤100部に対し, 硬化剤20%塩化アンモン5部, 充填剤小麦粉5部添加)の4種類の接着剤を用いた。

接着剤の塗布量はハンドゴムローラーで一接着層について  $300 \text{ g/m}^2$  とし, 被着材の片面にのみ均一に塗布した。

接着剤が塗布された被着材を2枚に合わせて20分以内に堆積した後圧縮した。圧縮はボルトナット形式のクランプを用いて, 被着材の両端から150 mm 入った2点を100 mm 幅の鉄製チャンネルで圧縮(クランプ間隔1,700 mm)した。すなわち, 合わされた被着材の上部と下部に, 対向して同じ寸法の鉄製チャンネルをゴムクッションを介して圧縮器具として当て, 上下に貫通するようにボルトを通し締めつけた。加圧力はスパナを用いて, ボルト・クランプを締めることにより与えたが, 最終的にはトルクレンチで調整して平均圧縮圧力  $P$  が  $10 \text{ kgf/cm}^2$  加わるように8時間以上圧縮し, 3日間養生した(環境温度  $15 \sim 20^\circ\text{C}$ )。貼り合わせられた供試材は2週間恒温, 恒湿室 ( $20^\circ\text{C}$ , 65% R.H.) 内で含水率を調整した後, 試験体を作成した。

供試材は左右対称なので, 左の半分のみから, Fig. 4 に示すような形の試験体を長さ方向に9つ, 幅方向に3つずつ, 合計27個採取した。右半分は今後の実験に残した。試験体の厚さは貼り合わせた厚さのままとし, せん断面の接着面積が  $30 \times 30 \text{ mm}$  となるように切り込みを入れた。接着試験は Fig. 5 に示すように特別な試験器具装置を用いて圧縮せん断荷重

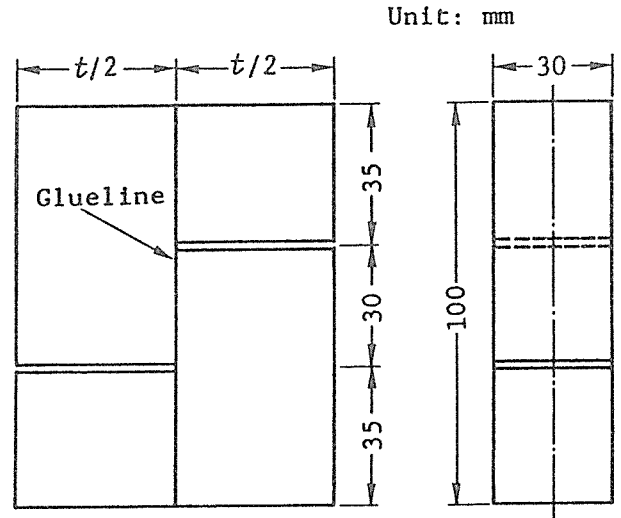


Fig. 4. Test specimen for shear strength.  
Legend:  $t/2$ : Thickness of wood adherend.

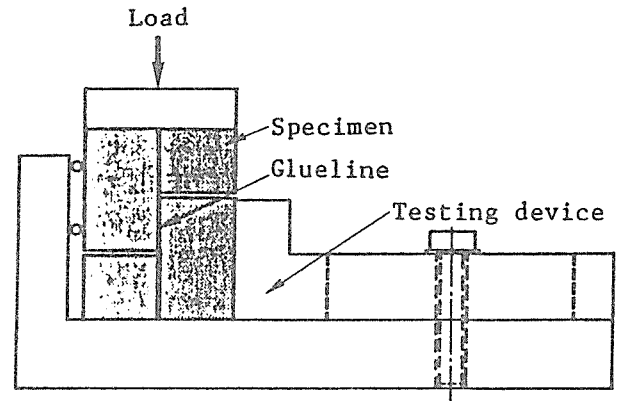


Fig. 5. Shear strength test.

を与え, 常態のブロックせん断試験を行った。

### 3. 解析及び実験結果と考察

#### 3.1 被着材の厚さと接着面の圧縮圧分布の関係

Fig. 6 は種々の厚さの被着材の一部に  $10 \text{ kgf/cm}^2$  の圧縮を行った場合の圧縮位置からの距離と接着面の圧縮圧の分布を2.1節の数値解析の方法で算出した結果と2.2節の感圧フィルムによる測定値を比較したものである。ただし, 前者は各厚さの被着材に対する2層圧縮の場合の接着面の圧縮圧分布であり, 後者は厚さ20 mmのラミナを10枚重ねた場合の各接着面の圧縮圧分布であるから, 荷重点からの深さが同じでも両者の応力分布は厳密には異なる。しかし, 応力分布の傾向には両者の間に類似性があると考えられるので, その分布の形を比較することによって, 計算方法の妥当性を推定する程度のことには役に立つものと思われる。この結果から次のことがわかる:

被着材が薄いほど, クランプの直下に高い圧力が

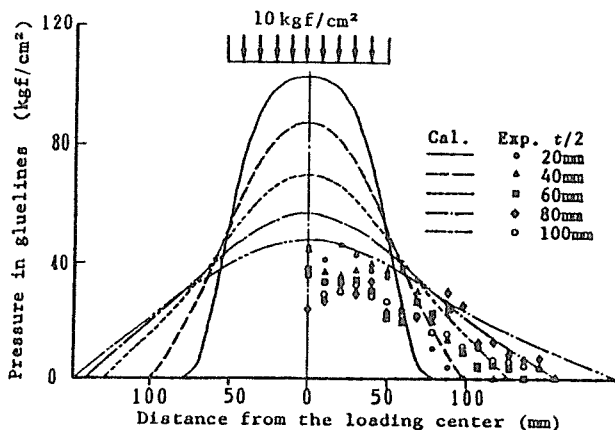


Fig. 6. Comparison between calculated values and experimental values of pressure distributions along glue-lines.

Legend: Cal.: Calculated values, Exp.: Experimental values,  $t/2$ : Thickness of adherend.

集中し、この位置から離れるにしたがい急激に低下するようになり、圧縮圧の分布の幅が狭くなり、不均一になる傾向が見られる。また、実験値と計算値は定性的に似た結果を示しており、この解析方法が接着面の圧縮圧分布の推定に妥当性をもつものと考えられる。しかし、高い圧力が分布するあたりでは計算値より測定値の方がかなり低くなっている。その原因として被着材の表面の平滑度の影響および使用した感圧フィルムの測定信頼範囲の上限が30 kgf/cm<sup>2</sup>程度であることなどが考えられる。

一方、圧縮治具の右端の点(たとえば、Fig. 6では横軸の0から右へ50 mmの点)を基準点にとると、接着面の圧縮圧は右へ遠ざかるに従って低下し、遂に0になっている。この基準点から0になる点までの距離を  $le$  とすると、 $le$  は被着材の厚さが増すと大きくなっている。その値は被着材の厚さ ( $t/2$ ) の1.2~1.5倍となっている。この傾向は当然であるが、弾性解析の範囲では、 $P$  を変化させても変わらない。

図より  $le$  が被着材の厚さとこのような関係をもつことから、2個の相隣り圧縮治具の間隔は大きくとも  $le$  の2倍(すなわち、被着材の厚さの2.4~3倍)以下に取らなければ圧縮圧ゼロの点が生じることが予測される。接着剤の種類によっては圧縮圧を要しないものや、高い圧縮圧を要するものがあるので、接着剤毎に許容クランプ間隔が被着材の厚さの何倍程度が実験で明らかにする必要がある。

3.2 被着材の変形と応力分布

Fig. 7は例として被着材の厚さが100 mmと20 mmの場合の荷重点付近の被着材の変形の計算結果を100倍に拡大したものである。図からクランプ圧縮

による変形量は被着材が厚い程大きいことがわかる。それらに対応して Fig. 8に被着材内部の圧縮応力の分布を等高線で示した。この図から薄い被着材ほど、圧縮応力が狭い範囲に大きく集中していることがわかる。

Fig. 9はクランプ間隔が1,700 mmの場合において圧縮時に被着材の中央部(圧縮治具から最も遠い位置)で接着面にどの程度のギャップが生じるかを示したものである。図から被着材が極端に薄い場合

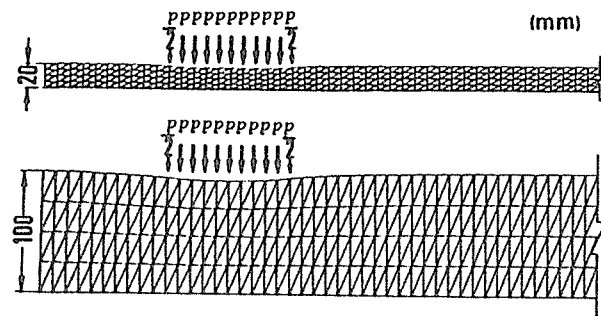


Fig. 7. Deformation of wood adherend near loading points in different thicknesses of specimens.

Notes: Linear load  $p=10$  kgf/cm. The displacement is expanded 100 times.

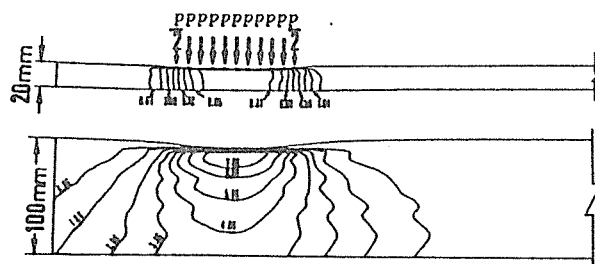


Fig. 8. Contour map of normal stress along the thickness direction of adherends ( $\sigma_y$ ) of various thicknesses.

Notes: Linear load  $p=10$  kgf/cm, Stress unit: kgf/cm<sup>2</sup>.

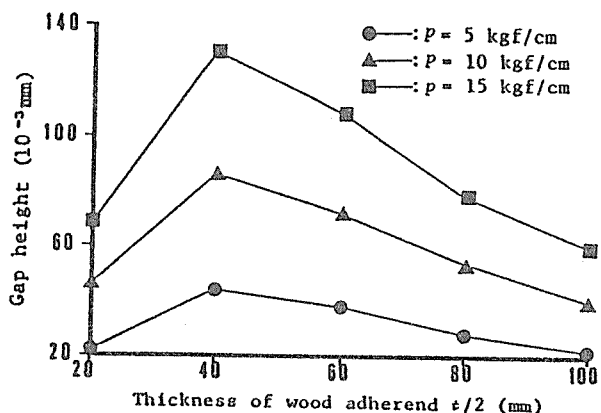


Fig. 9. Comparison of gaps between adherends at the midpoints between clamps.

Legend:  $p$ : Linear load.

を除き被着材の曲げ剛性が大きくなると、圧縮クランプ間の中央の接着層の開口が小さくなる傾向が伺

える。

### 3.3 圧縮位置からの距離と接着力の関係

Fig. 10~Fig. 13 はそれぞれレゾルシノール樹脂 (RF), エポキシ樹脂 (EP), 水性高分子イソシアネート系樹脂 (VU) 及びユリア樹脂 (UF) の4種類

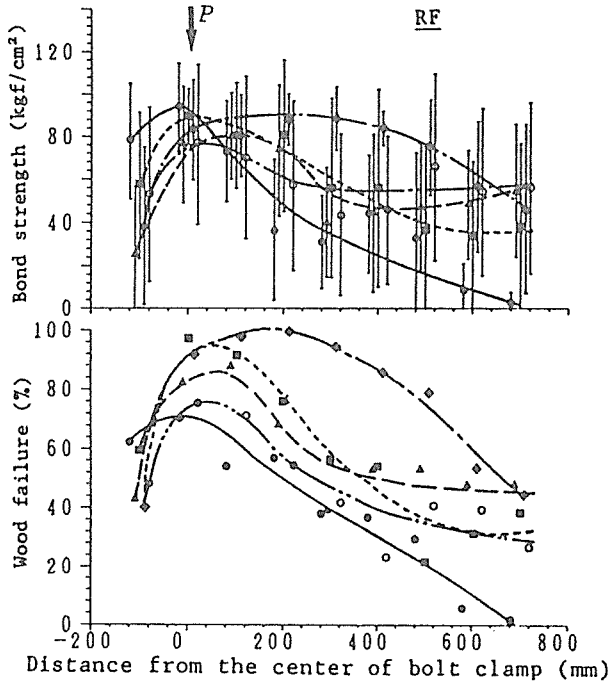


Fig. 10. Bonding property in gluelines of resorcinol resin adhesive.

Legends: ●—:  $l/2=20$  mm, ▲---:  $l/2=40$  mm, ■····:  $l/2=60$  mm, ◆---:  $l/2=80$  mm, ○---:  $l/2=100$  mm,  $l/2$ : Adherend thickness,  $P$ : Applied load so as to get average glueline pressure of 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

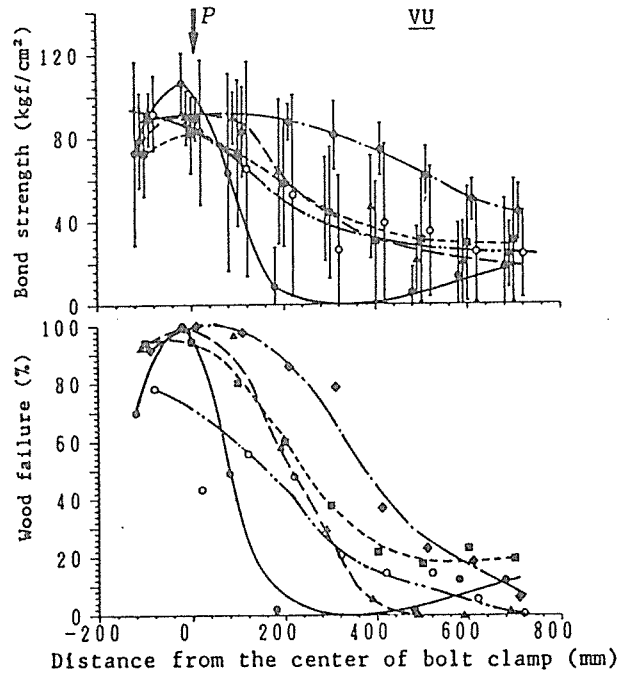


Fig. 12. Bonding property in gluelines of vinyl urethane resin adhesive.

Legend: See legend in Fig. 10.

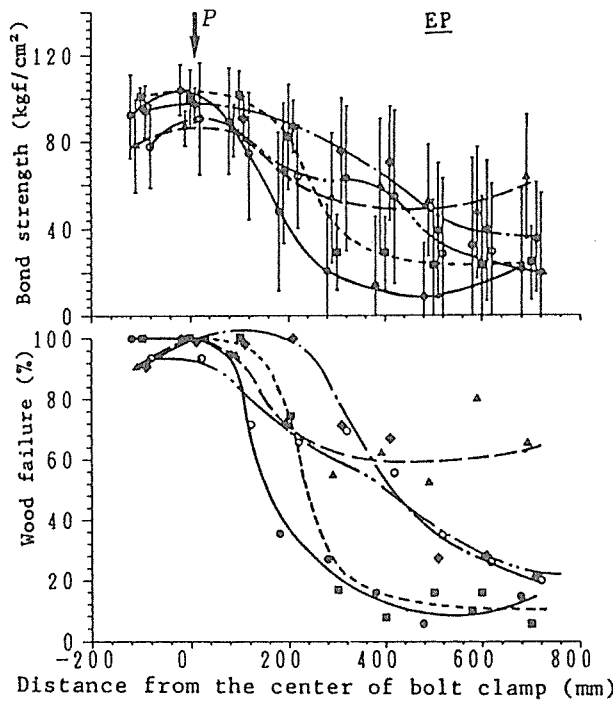


Fig. 11. Bonding property in gluelines of epoxy resin adhesive.

Legend: See legend in Fig. 10.

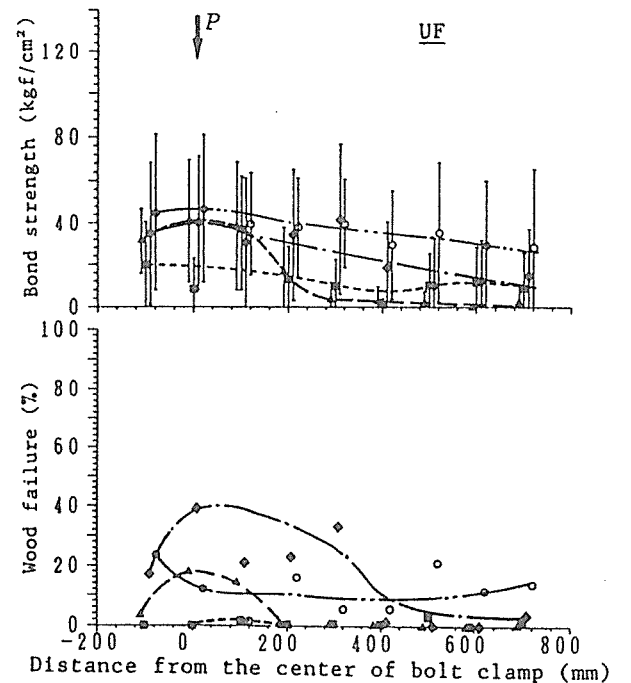


Fig. 13. Bonding property in gluelines of urea resin adhesive.

Legend: See legend in Fig. 10.

の接着剤を用いた場合の接着強さ及び木破率と圧縮位置からの心中心距離の関係を、被着材の厚さをパラメーターとして示したものである。接着強さの図には同一条件で接着した3体の試験体の同じクランプ間位置において幅方向に採取した各3個計9個の圧縮せん断試験片 (Fig. 4) の試験結果の平均値及び標準偏差を記入してある。

これらの結果を前節の数値計算及び感圧フィルムで測定した接着面の圧縮圧分布に関連して考察すると：

ユリア樹脂接着剤 (UF) による平均接着力はクランプ直下でも10~40 kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、木破率は大きくバラツキ、少し離れると急激に0%のものが多くなっている。したがって、この接着剤は現場接着での安全性が低いと思われる。一方、空隙充填性をもつ他の3種類の接着剤では接着力の平均値はUFよりも一般に高く、クランプ位置ではRFでは80 kgf/cm<sup>2</sup>、EPでは90 kgf/cm<sup>2</sup>、VUでは85 kgf/cm<sup>2</sup>に達している。しかも、これらの接着剤では、圧縮位置に近い所での木破率が100%のものが見られ、圧縮圧の低い所でもかなりの接着性が得られている。

実験結果では、水分応力による被着材の反りの影響が見られる。RFでは、被着材の厚さが40 mm及び80 mmの場合、クランプ圧縮位置の左右で接着力に有意差が現れ、クランプ間 (圧縮位置から右側) の方が高く、クランプ外 (圧縮位置から左側) の方が低くなっている。これは被着材が塗布された接着剤の水分によって吸水膨潤し、接着面を凸側として弓なりに曲がって長手方向の反りを引き起こすため、接着面は凸面対凸面の状態になっており、クランプ間では良い接触が得られ、クランプ外では接触不良になったためと考えられる。しかし、VUの場合は水分応力の影響よりも、発泡による空隙充填性がより効果を発揮しているようで、被着材の反りによるクランプ外とクランプ間で接着力に有意差が現れなかった。一方、固形分100%のEPでは、被着材を膨潤させる恐れがないため、クランプ外かクランプ間かに係わらず、接着力は圧縮位置からの距離に依存し、前節で述べた圧縮圧分布の傾向に良く似ている。UFの場合では、接着力がすべて低位にあって、クランプの左右で接着力の平均値の間に有意差がないが、クランプ外 (左) 側ではクランプ内 (右) よりも接着力ゼロになっている所が多く現れており、これも被着材の水分応力による反りの影響ではないかと思われる。従って、圧縮圧の一番低いと思われる所 (クランプ間の中央点) での接着力は必ずしも一番低いと

は限らず、被着材同士の接触状態が塗布された接着剤中の水分の影響を受けて改善されると、接着力が高められる傾向があり、特に厚い被着材の場合にこの傾向が強い。この種の水分応力を加味した接着面の圧縮圧分布の問題は時間の関数であるから、解を求めるのが大変であるが、実用性が高いので今後は数値解析などによって、試みてみたいと考えている。

この実験ではどの接着剤でも一般に加圧クランプの位置から離れるほど、接着性能が低下し、バラツキも大きくなっている。特に、被着材が極端に薄いと、低下が急になる。また、EPを使った場合では、圧縮圧の高い所の接着力のバラツキは特に少なく、木破率はRFの場合全般的に安定している。このように、接着剤の種類によって、圧縮圧と接着力の関係が異なるから、被着製品の信頼性を保証するには十分な圧縮装置と接着剤の選択が重要である。

接着力の耐久性に及ぼす影響については今後残りの半分の材料を用いて明らかにしたいと考えている。

#### 4. 結 言

当て板を用いずに2枚の板を重ねて接着する場合、ボルト・クランプの間隔が極端に大きいと、接着面の圧縮圧が非常に不均一になる。その分布を数値解析と感圧フィルムによる実験で明らかにした。また、実際に、ダグラスファーを用い、板の厚さ、接着剤の種類を変えて接着試験を行い、クランプ位置からの距離と接着強度の関係を調べた。結果を要約すると以下の通りである：

- 1) 感圧フィルムで測定された圧縮圧の分布は数値解析結果と定性的によい一致を示した。
- 2) 水分応力が存在しない状態では、接着面の圧縮圧はクランプ位置からの距離とともに低下し、被着材の厚さの1.2~1.5倍程度離れると圧縮圧はほとんど存在しなくなる。
- 3) 同じく水分応力が存在しない状態では、クランプ間隔が極端に大きいと、その中間点近傍の接着層は開口する。その大きさは被着材の曲げ剛性とクランプ間隔に関係する。
- 4) 圧縮圧の一番低いと思われる所 (クランプ間の中央点) での接着力は必ずしも一番低いとは限らなかった。その理由は接着剤の空隙充填性と塗布された接着剤の水分によって被着材が反る効果によるものと思われる。

#### 謝 辞

本報の計算は京都大学化学研究所のコンピュータ

—「FACOM M-760-10」を用いて行った。また、数々の助言をいただいた京都大学木質科学研究所木質材料機能部門の諸氏ならびに実験を行うにあたりご協力をいただいた同部門の王潜氏に深甚の謝意を表す。

#### 文 献

- 1) 海老原徹, 木口三郎: 木材学会誌, 24(6), 400-405 (1978).
- 2) 中戸莞二: “新編木材工学”, 養賢堂, 1985, p. 372-376.
- 3) Kolb, H.: *Holz Roh. Werkst.*, 16(1), 28-35 (1958).
- 4) Bellosillo, S. B.: FPL Ottawa, Ontario Information Report, OP-X-29, 33 (1970).
- 5) Hearmon, R. F. S.: Dept. of Sci. and Ind'l Research F. P. R. Special Report, No. 7, 7 (1948).



接着面の圧縮圧分布と接着性 (第2報)<sup>†</sup>  
 クランプ圧縮集成接着における圧縮条件と圧縮圧分布<sup>\*1</sup>

楊 萍<sup>\*2</sup>, 秦 正徳<sup>\*3</sup>, 佐々木 光<sup>\*2</sup>

Pressure Distribution along Gluelines and Bonding  
 Properties II.<sup>†</sup>

In glulam production with a system pressing with clamps<sup>\*1</sup>

Ping YANG<sup>\*2</sup>, Masanori HATA<sup>\*3</sup> and Hikaru SASAKI<sup>\*2</sup>

This paper deals with the relationship between the pressing system and the pressure distribution along the glueline in glulam pressed by clamps. The results of the numerical analysis using the two-dimensional Finite Element Method were in agreement with the experimental results measured with pressure-sensitive film (Pressscale Fuji Film Co.). The effects of the distance between two clamps, the thickness of the caul plates, and the elasticity of the rubber cushion sheet on the pressure distribution were investigated. Based on the results a reasonable pressing system for the manufacture of glulam was established. The results were as follows:

1) Pressure by clamps was transmitted to a wider region, and the variation of pressure along the glueline decreased with increases in the flexural rigidity of the cauls, even if the distance between clamps was long.

2) The variation of pressure in the layers of the glulam decreased and the pressure distribution also became more uniform as the distance from the surface layer increased.

3) The pressure distribution was uniform when the clamps were set-up at positions  $L/4$  ( $L$  = length of glulam) from both ends of the glulam, that is, the distance between clamps was one-half ( $L/2$ ) of the length of the glulam. The pressure was greater in the region between the clamps than in the outer regions beyond the clamps when this distance was shorter, but the opposite was true when this distance became longer.

4) Pressure distribution was more uniform and the pressure concentration was reduced when the elasticity of the rubber cushion sheet decreased (softer cushion). This effect became more significant when the distances between clamps became longer.

5) The effect of the distances between clamps on the outer gluelines was greater than on the center glueline. When the distances between clamps were about 1.4 times the thickness of the glulam, all gluelines showed same pressure at the midpoint between the clamps. This would be very helpful in the selection of a suitable pressing system for glulam production.

*Keywords*: glulam, clamp-pressing, pressure distribution, Finite Element Method, glueline pressure.

集成材の接着工程をボルトクランプで行う場合について、まず、接着面内の圧縮圧の分布を数値的に解析する方法の妥当性を実験により検討し、続いて、クランプ間隔、当て板の厚さ、クッション材ゴムシートの弾性等を変えて集成材を圧縮接着する際の各接着面の圧縮圧の分布を計算

<sup>†</sup> Report I: This Journal, 37(7), 611-618 (1991).

<sup>\*1</sup> Received December 25, 1990.

<sup>\*2</sup> 京都大学木質科学研究所 Wood Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 611

<sup>\*3</sup> 高岡短期大学 Takaoka National College, Takaoka, Toyama 933

し、適正な圧縮システムを究明した。おもな結果を要約すると、つぎのようになる。

- 1) 当て板が厚い場合は、当て板の曲げ剛性が高いので、圧縮圧が広範囲に伝達され、クランプ間隔が広い場合でも、接着面全長に圧縮圧力が平均的に分布している。
- 2) 集成材の表面から離れた層ほど、接着面内の圧縮圧力の変動範囲が狭く、圧縮圧分布が均一になっている。
- 3) クランプ間隔が小さいほど、クランプ間の圧縮圧はクランプ外のそれより高く、クランプ間隔が大きいと、その逆になり、丁度4分点をクランプすると均一な圧縮圧分布が得られる。
- 4) 集成材の接着圧縮系の当て板と集成材との間に柔らかいクッション材ゴムシートを敷くと、圧縮圧の集中が軽減され、接着面の圧縮圧分布が均一となる。特に大きいクランプ間隔の場合では、その効果が顕著であった。
- 5) 集成材表面に近い接着面ほど、クランプ間隔の影響が大きくなっているが、平均加圧力が一定の場合では、クランプ間隔係数  $n=1.4$  のあたりに、各接着面内のクランプ間中央点の圧縮圧力が同じになることがわかった。これは適切な圧縮条件を選ぶのに参考になるであろう。

## 1. 緒 言

これまでに、ローラ・ベルトによる集成材の連続圧縮機構については Doan-Them らによる一連の研究が見られる<sup>1-7)</sup>。そこではラミナに生ずる応力分布と曲げ変形およびそれにかかわる要因を明らかにしている。また、サンドイッチベルトおよび分割平盤当て板を用いる場合のそれぞれについて、それらの機械的挙動とその効果を、ローラ間におけるラミナの力学的挙動や接着面の圧縮圧分布などを比較し検討しているが、従来より行われてきたボルトナット形式の静的クランプで集成材を圧縮接着するシステム<sup>8-9)</sup>については、このような系統的な研究は殆ど見られず、生産現場における圧縮条件の選択は経験に頼るところが多く、全圧力によって行われている。勿論、使う接着剤の種類、被着面の性質によって違うが、一般に  $7\sim 18 \text{ kgf/cm}^2$  程度の平均圧縮圧が望まれる<sup>10)</sup>。しかし、圧縮方法によって、各接着面の圧縮圧の分布がさまざまになるが、たとえ全圧力あるいは平均圧力を一定値になるような操作で圧縮しても、接着面にある部分の圧縮圧は要求されるものより低く、圧縮圧力不足で不良接着を起し、また、高すぎる圧力を受けている部分は材質を破壊される可能性がある。そこで本研究は集成材生産での最も多く用いられており、また、将来現場接着への適用が考えられるクランプによる圧縮接着についてこの方法で作られた製品の接着性を保証するために、クランプ間隔、当て板の厚さ、クッション材ゴムシートの弾性等の圧縮条件を変えた場合にそれらがどのように集成材各接着面の圧縮圧の分布に影響するかを数値解析と感圧フィルムによる実験で究明した。

## 2. 圧縮系における応力と変位の数値解析方法

ここでは Fig. 1 に示すように、最も一般的な場合

としてボルトナット形式のクランプを用いて、集成材を接着圧縮する場合を取り上げた。すなわち、一例として厚さが等しい16枚の被着材から構成される集成材の上部と下部に、対向して同じ寸法の鉄製当て板を置き、当て板の両側にボルトを立て、チャンネルを渡してそれらにボルトを通した。加圧力はスパナを用いて、ボルトクランプを締めることにより与えたが、最終的には一定の圧縮圧力が加わるようにトルクレンチで圧力調整を行った。

この圧縮系において、接着面の圧縮圧分布に及ぼすクランプ間隔の影響、当て板寸法（厚さ）の影響および当て板と被着材の間に挿入されるクッション材ゴムシートの弾性定数の影響などについて、数値解析を行った。

解析には、2次元有限要素法を用い、平面数値解析を行った。Fig. 1 の正面図に示すように上下、左右ともに対称であるため、その1/4の部分（斜線部）だけを取り上げ、三角形有限要素に分割し、Fig. 2 のよ

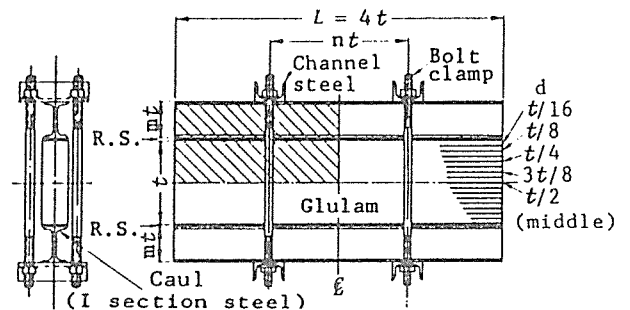


Fig. 1. Pressing system of glulam (16-ply).

Legend:  $d$ : Depth from the surface of the glulam,  $t$ : Total glulam thickness 320 mm,  $L$ : Length of glulam, R.S.: Rubber cushion sheet ( $t/32$  thick),  $n$  and  $m$ : Coefficients of distances and heights of cauls, respectively, with respect to the total thickness of glulam, : Part for stress analysis by Finite Element Method.

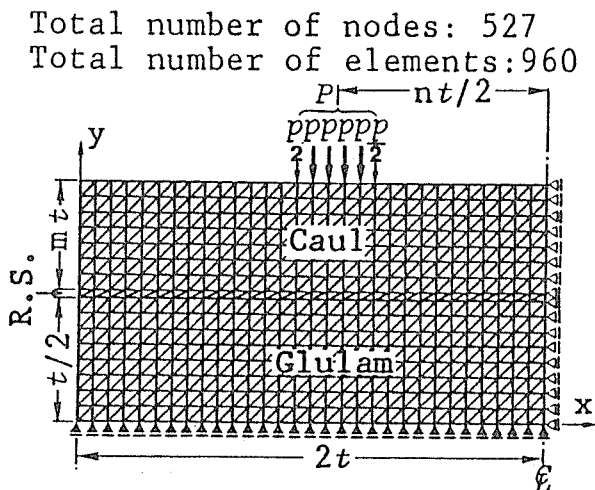


Fig. 2. Finite element idealization for 1/4 part of pressing system.

Legend: Refer to Fig. 1,  $P$ : Applied load so as to get average glue-line pressure of  $10 \text{ kgf/cm}^2$ .

うにモデル化した。ここに、節点総数は527、要素総数は960である。

境界条件については：

左右対称軸（センターライン）上にある節点は  $y$  方向（図の上下方向）に自由に動くことのできる sliding hinge の支点とし、 $x$  方向（図の左右方向）の変位を拘束した。

上下対称面（中央接着層）の節点は計算の初期段階では、 $x$  方向のみ自由な sliding hinge の支点とし、 $y$  方向の変位を拘束しておく。しかし、実際には荷重点から離れた点では圧縮に伴ってラミナが浮き上がり、接着層が開く可能性がある。この点を考慮して、繰り返し計算を行い、その過程でこれらの点の支点反力  $R_y$  の正負をチェックして、 $R_y < 0$ （引張）となった点は次の計算段階で支持条件を解放し、自由とした。このような操作を繰り返し、 $R_y < 0$  の節点が現れなくなったとき、計算を終了した。なお、いずれの接着層も開口するような応力は生じなかった。

ラミナとしてはダグラスファー（Douglas-fir）の柁目板を仮定した。既往の文献を参照して繊維方向のヤング率  $E_L$  を  $160 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、繊維に直交方向のヤング率  $E_T$  を  $8.0 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、剛性率  $G_{LT}$  を  $9.9 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比  $\mu_{LT}$  を 0.45 とした<sup>11)</sup>。

圧縮条件の関連するファクターを圧縮接着される集成材の厚さ ( $t$ ) の倍数  $n$ （クランプ間隔係数）および  $m$ （当て板寸法係数）で表現した。

クランプ間隔を4段階に変化させ、間隔係数  $n$  をそれぞれに0.81, 1.69, 2.56, 3.44とした。当て板

はI型鋼を想定し、各部の弾性定数については、ヤング率  $E$  を  $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比  $\mu$  を 0.3 と仮定し、ウェブの部分は等断面として計算し、ヤング率を幅の比率で低下させた。また厚さは寸法係数  $m$  を 0（当て板なし）、0.11および0.44の3段階に変化させた。

クッション材ゴムシートの硬度は、主にヤング率  $E$  で代表される。ここでは  $E$  を 20, 200, 2000 及び 20000  $\text{kgf/cm}^2$  の4段階にとって計算した。ポアソン比  $\mu$  はいずれの場合も 0.5 で計算した。

計算ではこの圧縮系の平均圧縮圧  $\sigma_p$  を  $10 \text{ kgf/cm}^2$  となるように圧力  $P$  を与えた。

### 3. 感圧フィルム実験による解析の妥当性の検討

#### 3.1 測定の方法

接着面の圧縮圧の分布を調べるために、前節の Fig. 1 の圧縮システムに対しての実験装置を作り、感圧フィルムを用いて接着面の圧縮圧力の分布を測定した。すなわち、厚さ 20 mm のダグラスファー（Douglas-fir、気乾比重 0.52、含水率 12.7%）ラミナ 16 枚を積層 ( $t=320 \text{ mm}$ ) 圧縮した。各接着面内の圧縮圧の分布は圧力によって赤変するフィルム（富士フィルムプレスケール、測定範囲 5～30  $\text{kgf/cm}^2$ ）を用いて測定した。測定原理は第 1 報<sup>12)</sup>と同様である。実験では、表面から  $t/16$  の層の接着面全面に感圧フィルムを挿入し、インストロンタイプの万能試験機で 5 秒で平均圧縮圧力が  $10 \text{ kgf/cm}^2$  になるように加圧した。ラミナの長さは 1,000 mm、幅は 50 mm であったので、全荷重は 5,000  $\text{kgf}$  となった。5 秒間圧力保持をした後、荷重を除いて各接着面の感圧フィルムを取り出し、圧縮面にかかった圧力を数値化するために、富士フィルムプレスケール用濃度計 FPD101 を用い、スパン中央から 10 mm 毎に幅方向 5 ケ所について感圧フィルムの赤変濃度を測った。しかし、専用濃度計の検出面積は直径 3 mm  $\phi$  の円形であるから、測定精度を高めるために、幅方向の 5 ケ所で測定した濃度値を平均し、標準色見本と比較して圧力値を求め、接着面内の長さ方向の圧縮圧分布を求めた。実験環境は温度  $18^\circ\text{C}$ 、相対湿度 72% であった。実験は当て板の寸法（高さ）が圧縮圧に及ぼす影響を比較するために、3 種類の当て板：1) 当て板なし（寸法係数  $m=0$ ）、2) 溝形鋼（寸法係数  $m=0.11$ ）および 3) I 型鋼（寸法係数  $m=0.44$ ）を用いて行った。その際、クランプ間隔を一定にし、（間隔係数  $n=2$ ）、クッション材ゴムシートを用いずに行った。

### 3.2 実験結果と計算結果比較

解析方法が妥当かどうかを検討するために、当て板寸法の違う場合の集成材の最外接着面（表面から  $t/16$  の層、この層の圧縮圧分布は最も大きな変化をもっている。）内の圧縮圧分布を実験と計算で求めた結果を Fig. 3 に示した。計算結果と実験結果比較すると次のことが分かる：

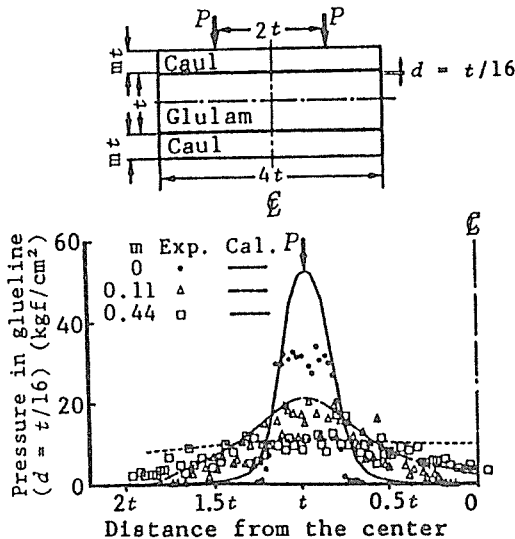


Fig. 3. Pressure distribution along gluelines at depth  $d = t/16$  using three cauls with different sizes.

Note: No rubber cushion sheet were used.

Legend: Refer to Figs. 1 and 2, Exp.: Experimental values, Cal.: Calculated values.

$m=0$ , すなわち、当て板なし場合では、両方の結果とも高い圧力が荷重点に集中し、圧縮圧力の波及範囲はおおよそ  $0.5l$ （集成材の全体厚さ  $l$  の半分の距離）程度となっている。ただ最大圧力が実験値の  $35 \text{ kgf/cm}^2$  と計算値の  $52 \text{ kgf/cm}^2$  に比べてかなり低かった。これは感圧フィルムの測定信頼範囲が  $30 \text{ kgf/cm}^2$  程度であるため、それ以上の圧力の測定が不正確で常に低く現れたためと考えられる。

$m=0.11$  に関しては、実験で求めた値は計算値より少し低い傾向がうかがえるが、実験値と計算値は傾向がかなり良く一致しており、当て板の効果はかなり明確にとらえられている。この場合、圧縮圧力の波及範囲は  $2l$  程度に広がっている。

$m=0.44$  の場合の計算と測定結果は、加圧点を離れると多少ずれているが、ともに圧縮圧力の分布が接着面全長に渡ってなだらかになっている様子を示している。特に最大圧力の値は実験値も計算値も共に約  $12 \text{ kgf/cm}^2$  となっており、よい一致性が見られる。

以上の結果によって、有限要素法によるこの計算

方法が接着面の圧縮圧分布の算出に十分実用的であることが検証できたと考えられる。したがって以下の節では、さらに、この計算方法を用いて、各接着面の圧縮圧の分布状況に及ぼすクランプ間隔の影響およびクッション材ゴムシートの効果などについて考察を進めた。

## 4. 解析結果および考察

### 4.1 各接着面内の圧縮圧の分布に及ぼす加圧クランプ間隔の影響

Fig. 4 はゴムシートの弾性を  $20000 \text{ kgf/cm}^2$ 、当て板の高さを  $0.44t$ 、平均圧縮圧  $\sigma_p$  を  $10 \text{ kgf/cm}^2$  とそれぞれ一定とし、クランプ間隔が違う場合の各接着面における圧縮圧の分布を比較したものである。図から分かるように、圧縮表面から離れるほど、圧縮圧の変動範囲が幾分狭く、均一化される傾向が見られる。また、小さいクランプ間隔を取ると、クランプ間圧力はクランプ外圧力よりも高く、クランプ間隔を広く取るとその逆になる。ここでは、当然のことながら、 $n=2$ 、つまり、4分点を圧縮すると接着

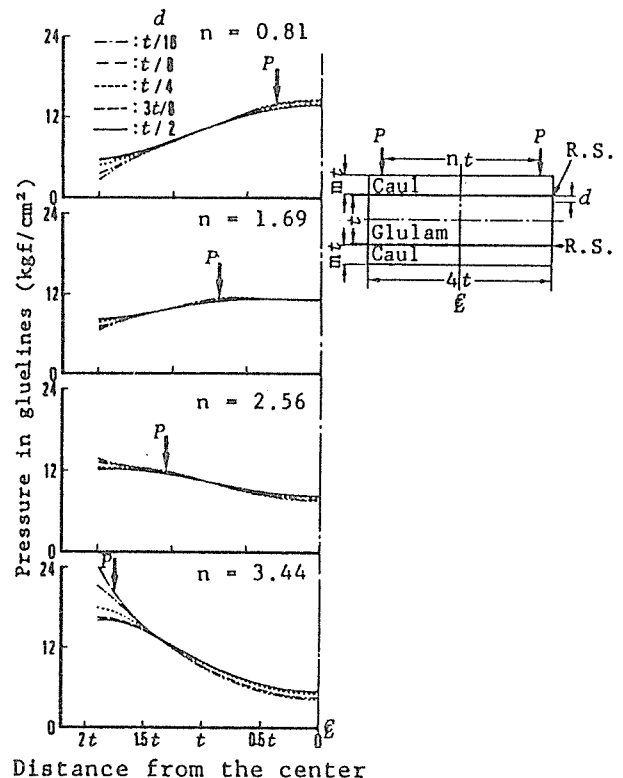


Fig. 4. Pressure distribution along gluelines at different depths, under different distances between clamps, and with rubber cushion sheets.

Legend: Refer to Figs. 1 and 2,  $m: 0.44$ ,  $E_R$ : Elastic constant of rubber cushion sheets,  $20,000 \text{ kgf/cm}^2$ .

面の圧力は均一化されることがわかる。

4.2 クッション材ゴムシートのヤング率および当て板寸法が接着面内の圧縮圧分布に及ぼす効果

Fig. 5 は異なる厚さの2種類の当て板 ( $m=0.11$  及び  $0.44$ ) を用い、同じ平均圧縮圧を与えたクッション材ゴムシートの硬度が圧縮圧の分布に及ぼす影響を比較したものである。集成材表面から  $1/16$  離れている接着面内の圧縮圧の分布は、当て板と集成材との間に柔らかいクッション材ゴムシートを敷くと、加圧力点近傍の高圧力集中が和らぎ、圧縮圧の分布がより均一になっている。これに反して、硬いクッション材ゴムシートを使うと、圧縮圧分布の均一化が起こらない。また、柔らかいクッション材ゴムシートを使うと、大きいクランプ間隔で加圧しても、当て板の剛性が或る程度高ければ、比較的均等な圧縮圧の分布を得ることができる。しかし、当て板の厚さが薄くなると、柔らかいゴムシートを敷いても、もはやその効果はほとんど見られなくなってしまう。

4.3 各接着面のクランプ間中央点の圧縮圧に及ぼすクランプ間隔の影響

Fig. 6 に示すように、集成材表面に近い接着面ほど、クランプ間隔の影響が大きくなっており、また、クランプ間隔係数  $n=1.4$  あたりでは、各接着面の加圧力クランプ間中央点の圧縮圧が同じになり、適切な圧縮条件を選ぶのに参考することができると思われる。一方  $n$  が  $1.4$  より小さければ、集成材表面に近い接着面ほど、圧縮圧が大きい、 $1.4$  より大きくなると、集成材表面に近い接着面ほど、圧縮圧が小さくなるのが明らかとなった。

5. 結 言

集成材の接着工程をボルトクランプで行う場合について、接着面内の圧縮圧力の分布を数値的に解析する方法の妥当性を実験により検証し、両方が良好な一致を見た。この結果、上記の数値解が一応正しい答を導くものであると推論された。したがってこの数値解法を用いて、さらに、クランプ間隔、当て板の厚さ、クッション材ゴムシートの弾性等を変えて圧縮条件と各接着面の圧縮圧分布との関係を計算で求め、適正な圧縮システムを究明した。おもな結果を要約すると、つぎのようになる。

1) 圧縮システムのうち、当て板が厚ければ、曲げ剛性が高いので、圧力の伝達がよくなり、接着面全長に平均的に圧縮圧力が及んで、理想的な圧力分布が得られることが計算結果と実験結果から明らかとなり、両者の良い一致から、この計算方法の妥当性

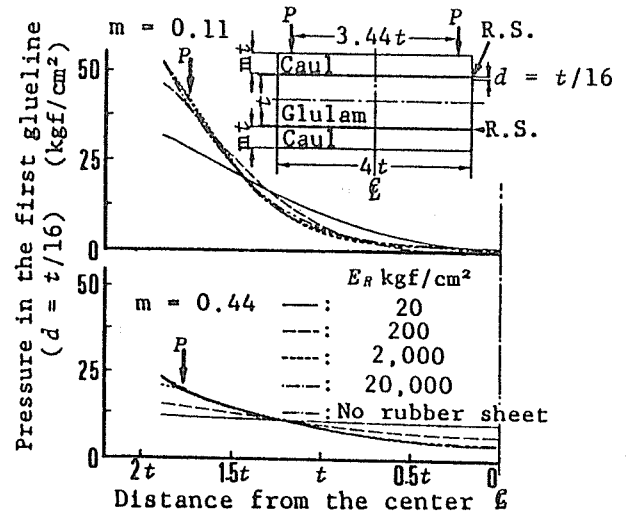


Fig. 5. Pressure distribution in the gluelines of the outer layers of glulam using the rubber cushion sheets with different elastic constants and different sizes of cauls.

Legend: Refer to Figs. 1 and 2.

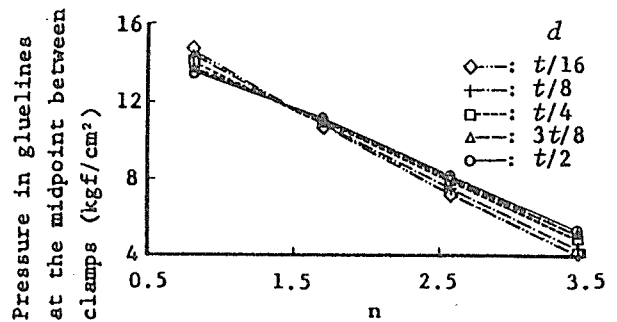


Fig. 6. Comparison of pressure in each glueline at the midpoint between clamps.

Legend: Refer to Figs. 1 and 4.  $m: 0.44, E_R: 20,000 \text{ kgf/cm}^2$ .

が保証された。

2) 集成材の表面から離れた層ほど、接着面内の圧縮圧力の変動範囲が狭く、いわゆる均一な圧縮圧分布が得られた。

3) クランプ間隔が小さくなると、クランプ間の圧縮圧はクランプ外のそれより高くなり、クランプ間隔が広くなると逆になる。そして、材料の長手方向4分点をクランプすれば、ほぼ均一な圧縮圧分布となる。

4) 圧縮系の当て板と集成材との間に柔らかいクッション材ゴムシートを敷くと、圧縮点近傍の応力集中がゆるやかになり、特に大きいクランプ間隔の場合では、その効果が顕著であった。

5) 集成材表面に近い接着面ほど、クランプ間隔の影響が大きくなっているが、平均加圧力が一定の場合では、クランプ間隔係数  $n=1.4$  のあたりに、各

接着面内の加圧力クランプ間中央点の圧縮圧力が同じになることがわかった。これは適切な圧縮条件を選ぶのに参考となるであろう。

### 謝 辞

本報の計算は京都大学化学研究所のコンピュータ「FACOM M-760/10」を用いて行った。また、考察に当って、京都大学木質科学研究所木質材料機能部門の諸氏に種々の助言を頂いた。ここに深甚の謝意を表す。

### 文 献

- 1) Doan-Them; Mataka, Y.: *Mokuzai Gakkaishi*, 22(3), 152-163 (1976).
- 2) Doan-Them; Mataka, Y.: *ibid.*, 22(3), 164-172 (1976).
- 3) Doan-Them; Mataka, Y.: *ibid.*, 22(4), 223-231 (1976).
- 4) Doan-Them; Mataka, Y.: *ibid.*, 22(11), 599-605 (1976).
- 5) Doan-Them; Mataka, Y.: *ibid.*, 23(9), 440-445 (1977).
- 6) Doan-Them; Mataka, Y.: *ibid.*, 24(9), 619-624 (1978).
- 7) Doan-Them; Mataka, Y.: *ibid.*, 25(1), 30-35 (1979).
- 8) 中戸莞二: “新編木材工学”, 養賢堂, 1985, p. 406-407.
- 9) Forest Products Laboratory: “Wood Handbook: Wood as an engineering material Agric. Handb. 72”, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1987, p. 10-6.
- 10) 半井勇三: “木材の接着と接着剤”, 森北出版, 1961, p. 192.
- 11) Hearmon, R. F. S.: Dept. of Sci. and Ind'l Research F. P. R. Special Report, No. 7, 7 (1948).
- 12) 楊 萍他 4 名: 木材学会誌, 37(7), 611-618 (1991).

第13回大阪木工機械展併催

日本木材加工技術協会

第8回年次大会

(大阪)

講演要旨集

1990年9月

社団法人 日本木材加工技術協会

東京農業大学 ○小西 信 日本住宅・木材技術センター 鴛海四郎  
 京都大学木材研究所 楊 萍 佐々木 光

### 1. 試験の背景

最近中・大規模の木構造建築が各地に建設計画されている。けれども輸送の制約から短い部材として、特に設計した金属継ぎ手を意匠防火性能経済性を犠牲にしても使用せざるを得ない。そこでこれらの梁継ぎ手や柱梁仕口を現場接着によって作ることが出来れば、短い通直材などによって大スパン建築や剛接架構が可能となり、木造建築の普及発展に多大の寄与をすることは確実である。

しかし、現場接着では要求されるその構造耐力性能を確実に得られることが保証されなければならない。一方で木材接着の非破壊検査法が鉄骨構造などのように確立していない。従って、当面の策として95%以上の確率で所期の性能を期待出来る現場接着工法を開発する必要がある。この試験は、それらに必要な条件水準を確認する目的で設けられた日本住宅・木材技術センター受託「現場接着による木材の梁継手の開発」で行っているものの一部である。

### 2. 試験体と実験方法

被着材：ベイマツ集成材の厚さ20mm( $t=20$ ), 40mm( $t=40$ ), 60mm( $t=60$ ), 80mm( $t=80$ ), 100mm

( $t=100$ ) 供試材全数のヤング率を測定し、同一厚みで近似のものを組み合わせる

接着剤：レゾルシノール樹脂 (R), エポキシ樹脂 (E), 水性高分子イソシアネート系 (U)

圧縮圧：10cm×12cm の鋼製の荷重当て板を介し、その表面に5kgf/cm<sup>2</sup>(5), 10kgf/cm<sup>2</sup>(10), 15kgf/cm<sup>2</sup>(15)

圧縮は図1に示すように、2mの材長の材端20cmの位置を中心点とし幅10cmの荷重当て板を介してその表面だけに夫々の圧力を加えた。常温でそれぞれの接着剤が十分硬化するまで圧縮を続けた。接着強さは常態で背が10cmの大型の圧縮せん断試験を、荷重当て板の直下の0位置から順次10cmずつ3列採取した試験片の3試験体同一個所計9個当たった

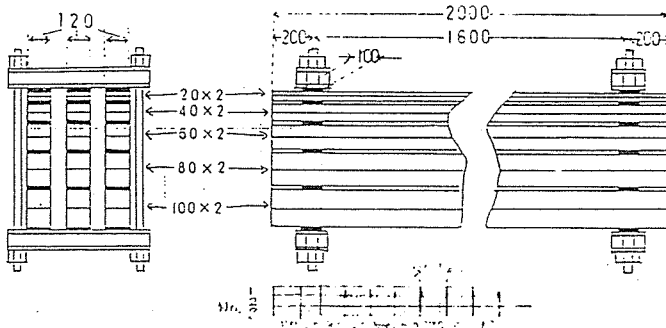


図1 試験体の接着方法と試験片の採取位置

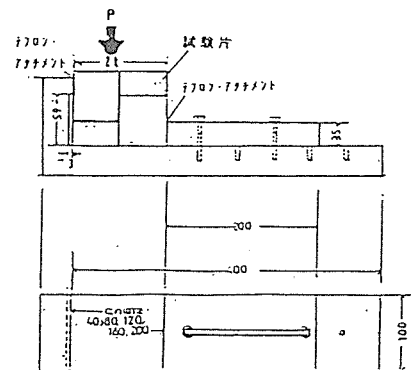


図2 圧縮せん断試験方法  
 日本木材加工技術協会第8回年次大会要旨集(1990)



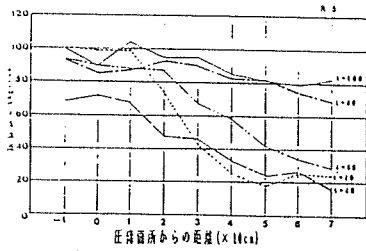


図3 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

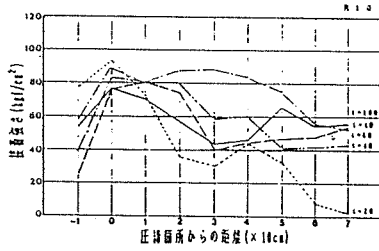


図4 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

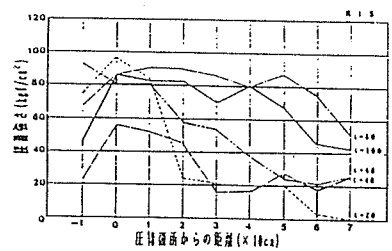


図5 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

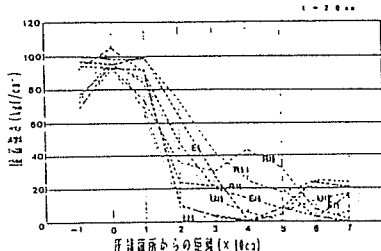


図6 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

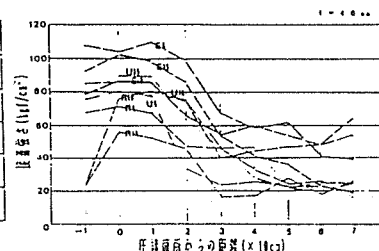


図7 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

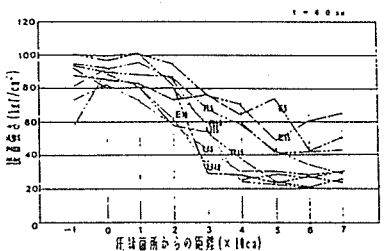


図8 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

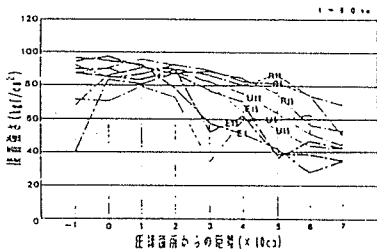


図9 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

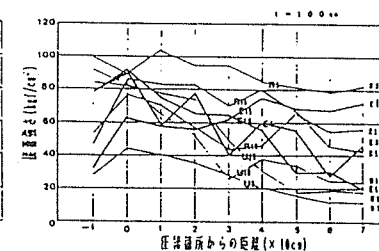


図10 接着強さと圧縮圧力、接着剤厚さ、接着剤の割合の関係

### 3. 試験結果と考察

図3～5は、レゾルシノール樹脂を用いた場合の圧縮圧ごとの結果を示す。

図6～10は、試験体の厚さごとの結果を示す。

図11は、これらの圧縮条件での圧力分布を二次元直交異方性弾性問題としてコンピュータ数値解析した結果で、図12はそれらを実験的に測定した結果である。

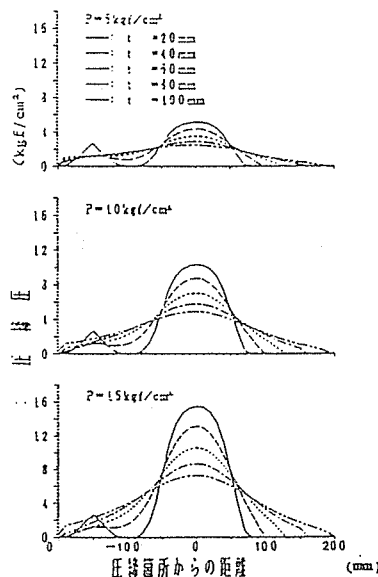


図11 圧縮圧力と材厚が材の長さ方向に及ぼす圧縮圧の分布状況

接着強さは圧縮圧や接着剤による影響は余り明瞭でない。材料厚さ（剛性）が増すに従って加圧部位から遠くまで効果が到達すが、20cm以内であれば大体の条件で一応の接着強さを得られている。

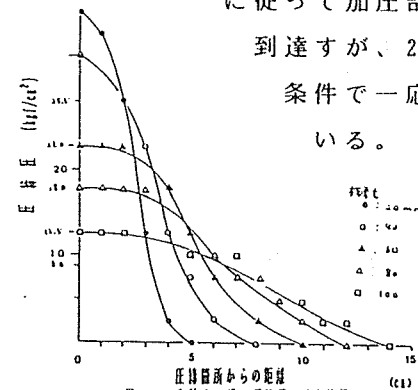


図12 実験より得た圧縮圧の分布状況

# 第29回 日本接着学会年次大会

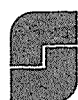
## 講演要旨集

会期：平成3年6月20日・21日

会場：名古屋市工業研究所

### 共催・協賛

応用物理学会	日本航空宇宙学会
強化プラスチック協会	日本ゴム協会
近畿化学協会	日本材料学会
高分子学会	日本電子材料技術協会
色材協会	日本複合材料学会
自動車技術会	日本木材学会
繊維学会	日本木材加工技術協会
精密工学会	日本レオロジー学会
電気学会	日本バイオマテリアル学会
土木学会	日本セラミックス協会
日本化学会	溶接学会
日本機械学会	名古屋市工業技術振興協会
日本建築学会	<u>協賛支援</u> 中部電力基礎技術研究所



日本接着学会

## 部分圧縮による木材接着

(東農大) ○小西信 (日本住木センター) 篤海四郎

(京大木研) 佐々木光・楊萍 (森林総研) 小松幸平

Wood Adhesion by partial press

(Tokyo agriculture university) Makoto Konishi

### 1. 緒言

環境の無機化が進むなかで居住環境として木質への期待が大きく、大型の木構造建築物が増加している。しかし、長大な木質構造材は運搬可能な長さにして建て込み現場で継手金物で接合している。この金物での接合は力学的・装飾的・防火性能的さらに経済的にさえ満足出来るものではなく、現行は建築法規上許されていないにもかかわらず接着接合が強く期待されている。

現場接着接合は工場内と異なり接着圧縮に十分な設備が使用出来ない等圧縮操作に大きな制約を避けることが出来ない。不十分な部分的圧縮でどのような接着強さを得ることが出来るか、被着木材の剛性、接着剤の種類、部分的に掛かる圧縮圧力の大きさ、圧縮位置からの距離の各因子の影響を検討した。

### 2. 試験体と実験方法

被着材としてベイマツ集成材の厚さ20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mmの同一厚みでヤング率の近似した長さ2m幅

12cmのラミナを組み合わせて、レゾルシノール樹脂(R)、エポキシ樹脂(E)、水性高分子イソシアネート系(U)、ユリア樹脂(N)で両端から20cmの部分に10cm×12cmの鋼製の荷重当て板を介し、その表面に5, 10, 15kgf/cm<sup>2</sup>の圧力を掛け、常温で接着剤が十分硬化するまで図1に示すように圧縮し、被着材の各部分(10cm間隔で端縁部の番号を

図1 試験体の部分圧縮の方法

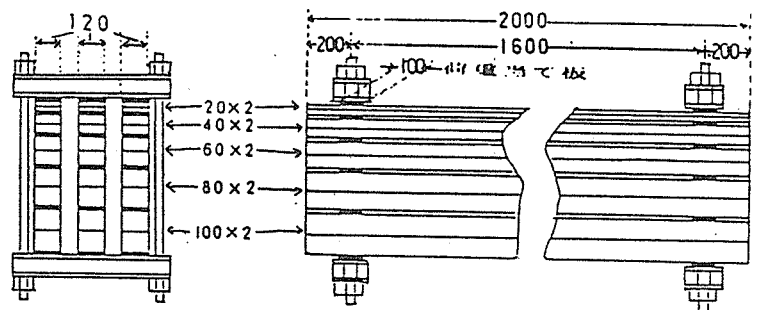
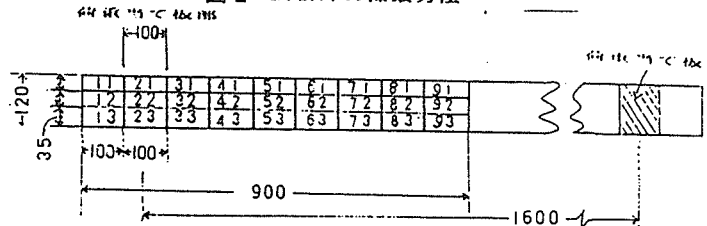


図2 試験片の採取方法



1、加圧部2、以下中央に向い9まで。同一部位で3列3個：図2)の接着強さを調べた。なお、接着強さは接着面が30mm×30mmの特別型の圧縮せん断試験によった。また、被着材集成材ラミナの曲げヤング係数MOEの正規分布は

厚み	20mm	40mm	60mm	80mm	100mm	
試験体数	84	99	86	87	87	(体)
平均値	110	124	122	122	122	(tf/cm <sup>2</sup> )
標準偏差	18	14	16	10	11	
C.V.	16.3	10.9	13.5	8.5	8.6	(%)

### 3. 結果の一部

圧力分布を二次元直交異方性弾性問題としてコンピュータ数値解析の結果は図3であり、感圧紙による実験的測定の結果は図4である。図5～7はレゾルシノール樹脂による被着材ラミナの厚み20mm、60mm、80mm、100mm

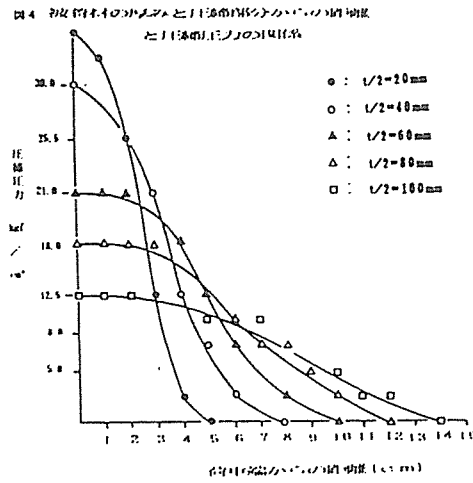
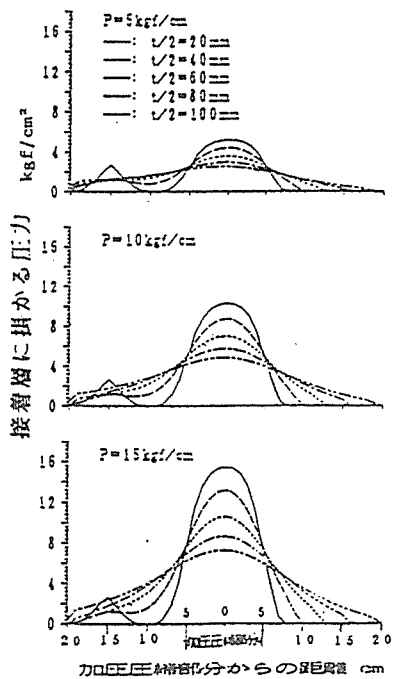


図3 コンピューター数値解析による圧力分布



の結果で、20mmでは2位置の周辺のみで、60mmでおよそ4位置まで接着強さが広がるがバラツキがあり、80mmで6～7位置まで相当な接着だが100mmでは条件によつてはバラツキが大きくなる。図9～11は圧力(5kgf/cm<sup>2</sup>、15kgf/cm<sup>2</sup>)と被着材厚み(40mm、80mm)の場合の各接着剤による接着強さの比較である。エ

ポキシ樹脂は4位置までは総じてよい接着を示し、レゾルシノール樹脂は厚い部に比較的高い圧力を掛けた時に広い範囲およそ7位置までよい結果を示した。

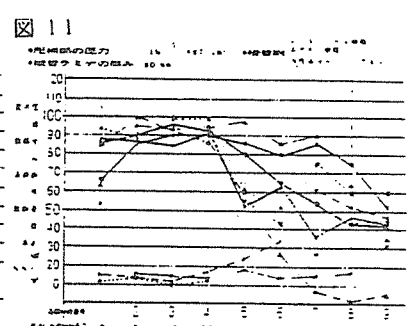
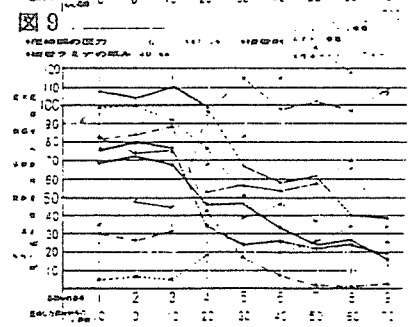
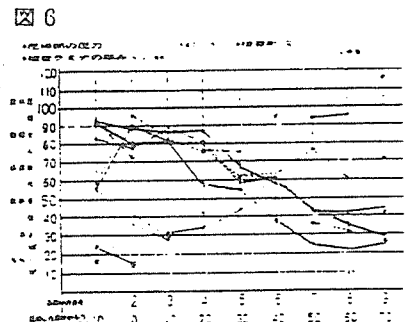
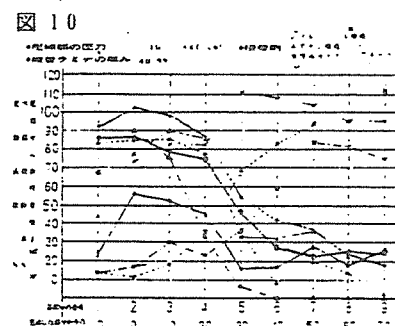
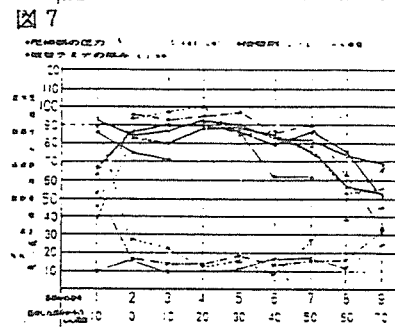
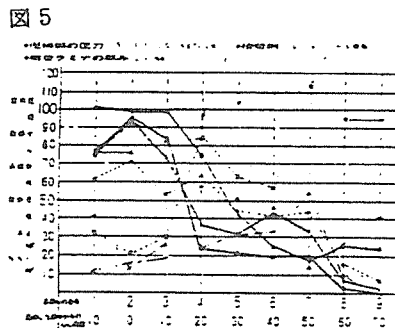
### 4. 考察

4.1 接着剤 小圧力の時エポキシ樹脂、圧力が期待出来ればレゾルシノール樹脂の安定性を買う。

4.2 圧力 被着材ラミナ剛性に適応した圧力がある。

### 5. おわりに

「現場接着による木材の梁継手の開発」研究委員会室田達郎委員長(建築研究所)をはじめ各委員の御支援と当時東京農業大学林学科尾崎章一、中山純、田口英昭氏の協力に感謝いたします。



集成材BFJ (ビッグフィンガージョイント) の曲げ破壊実験

正会員○楠 寿博\*1 同 木村 衛\*1

Y 8. 圧締方法

同 室田達郎\*2 同 小松幸平\*3

Z 2. 接着強度

同 鷺海四郎\*4

1. はじめに

集成材接着継手にフィンガージョイント (以降BFJ:ビッグフィンガージョイントと呼ぶ) を用いた場合の継手部分の曲げ耐力を評価するため、実大試験体を用いた曲げ破壊実験を行なった。

2. 実験概要

試験体はベイマツを素材とするJAS1級構造用集成材で、断面120×396mm、長さ6mである。ラミナ厚は33mmで、積層数12とした。BFJは試験体中央に設け、その形状は表-1に示す3タイプとする。結果のバラツキを考慮し、タイプ毎に3体ずつ同一試験体を製作した。これに継手の無い試験体1体を含めた10体につき実験を行なった。接着施工精度は大型のBFJほど優れ、タイプAでは突き合わせ部分に空隙が認められた。実験に先立ち、素材(ラミナ)の強度試験を等級別に行なった。試験は引張と圧縮について図-1に示すような試験片を用いて等級毎に3片ずつ行なった。表-2は等級毎の試験結果平均値である。結果の大小が必ずしも等級順になっていないのは、小試験片内の節や割れといった欠陥の存在が影響したためと思われる。BFJの接着に際しては、図-2に示すような圧締治具を用いた。接着面の圧締圧は10kg/cm<sup>2</sup>とし、総ての引きボルトに貼付したひずみゲージによりボルト張力を管理した。写真-1はBFJの一例である。図-3に荷重装置構成(2点集中単調荷重方式)を示す。

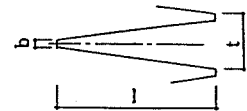


表-1 試験体継手形状

タイプ	t	l	b	(t/2):l	接着面実傾斜角
A	15mm	60mm	3mm	1:8	1:13.3
B	30mm	120mm	3mm	1:8	1:10.0
C	60mm	240mm	3mm	1:8	1:8.9

表-2 素材試験結果 (平均値)

ラミナ等級	圧縮試験 (kg/cm <sup>2</sup> )		引張試験 (kg/cm <sup>2</sup> )
	3d	4d	
2	369.2	378.8	417.9
3	365.8	447.3	470.1
4	337.0	301.0	488.9
平均	366.5		459.0

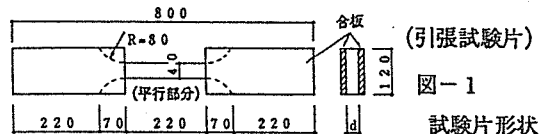
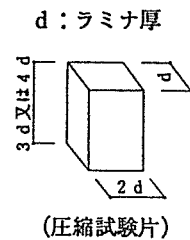


図-1 試験片形状

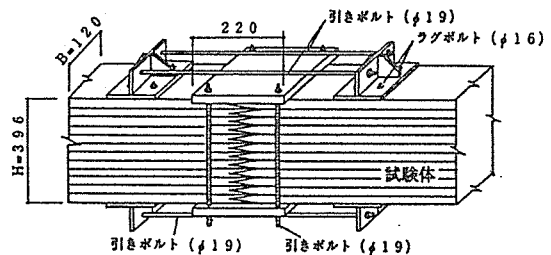


図-2 圧締治具

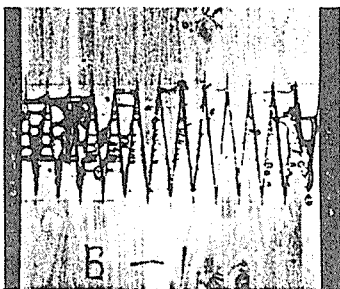


写真-1 BFJ部分 (B-1)

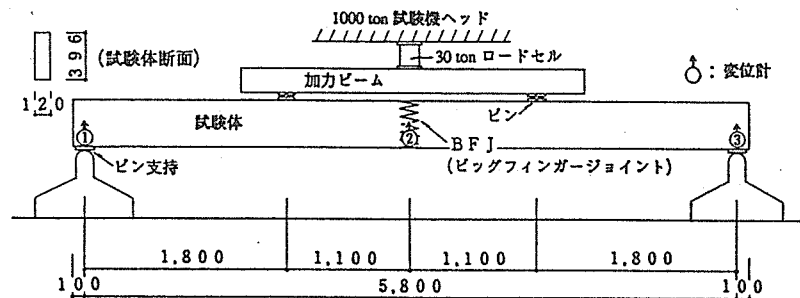


図-3 実験装置構成

Experimental Study on Flexural Strength of Big Finger Joint of Glulam

Kusunoki Toshihiro et al.

### 3. 実験結果

圧縮治具のうち、ラグボルトを取り付ける金物の底板の裏側には、すべり防止のための円筒状のリングが付いており、これとかみ合わせるため、集成材の取り付け位置には断面にして約 20cm<sup>2</sup>の欠き込みが設けてある。9体のBFJ試験体中5体がこの位置に生じた亀裂により破壊した。A-2及びA-3の2体は欠き込み部分からの破壊を避けるため、載荷点を60cmずつ中央側にずらし、せん断スパンを1.8mから2.4mとした。代表的な荷重-変形関係として、A-2、B-1、継手無ししの3体の結果を図-4~図-6に示す。図中の破線位置はBFJ試験体の継手部予測耐力である。接着継手部分の曲げ強度 $\sigma_c$ を断面最外縁近傍の接着角度 $\theta$ をもとに算出し<sup>1)</sup>、これに接着に伴う強度低下20%を見込んで評価した<sup>2)</sup>。斜線で示した範囲は、素材強度試験により得られた引張強度及び圧縮強度を用いて算出した耐力である。図-4のA-2はBFJ部分で破断したが、予測耐力の60%程度であった。図-5のB-1は前述の欠き込み部分から破壊した。圧縮治具

取り付け位置に於ける断面係数は完全断面より約25%小さくなる。これより求めた耐力(二点鎖線)はBFJ耐力(破線)にほぼ近い。BFJ部分が破断したA-2及びA-3につき接着破断面の調査を行ない、接着が不完全であった部分の全接着面に対する面積比率を求めた。比率はA-2で39%、A-3で32%に達した。図-4中、一点鎖線でその耐力を示した。図-7は各試験体の最大曲げ応力度をまとめて示したものである。圧縮治具取り付け位置から破壊したものは、BFJ強度がその破壊点よりも高いことを示しており、素材強度試験の結果から得られる破壊強度に近い値となることがわかる。また、タイプ別に平均値をみると、施工精度に優れるタイプCが最も高い強度を示し、この曲げ強度は継手の無い試験体に近い値となることがわかった。

### 4. 結び

形状の大きいBFJの方が施工誤差の吸収に有利となり、母材に近い曲げ強度が期待できることが明らかになった。

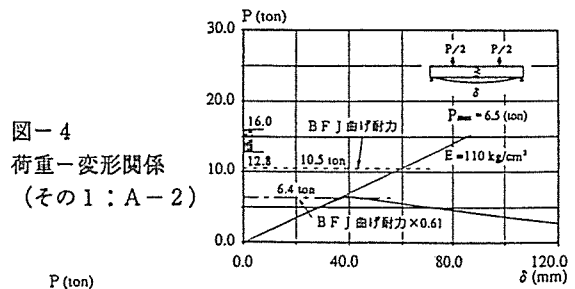


図-4  
荷重-変形関係  
(その1 : A-2)

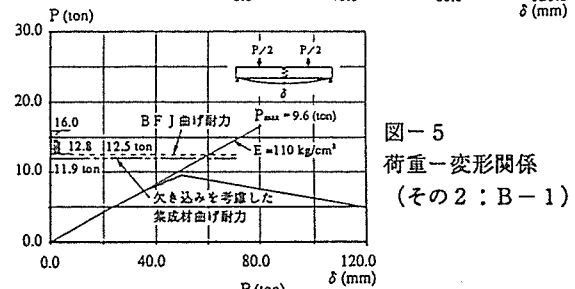


図-5  
荷重-変形関係  
(その2 : B-1)

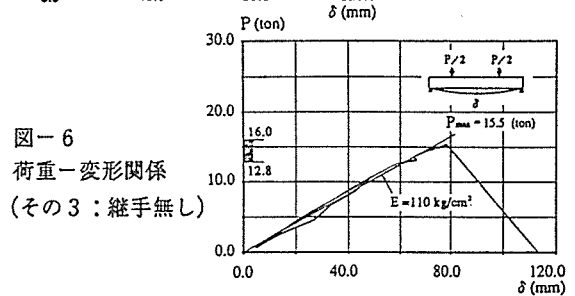


図-6  
荷重-変形関係  
(その3 : 継手無し)

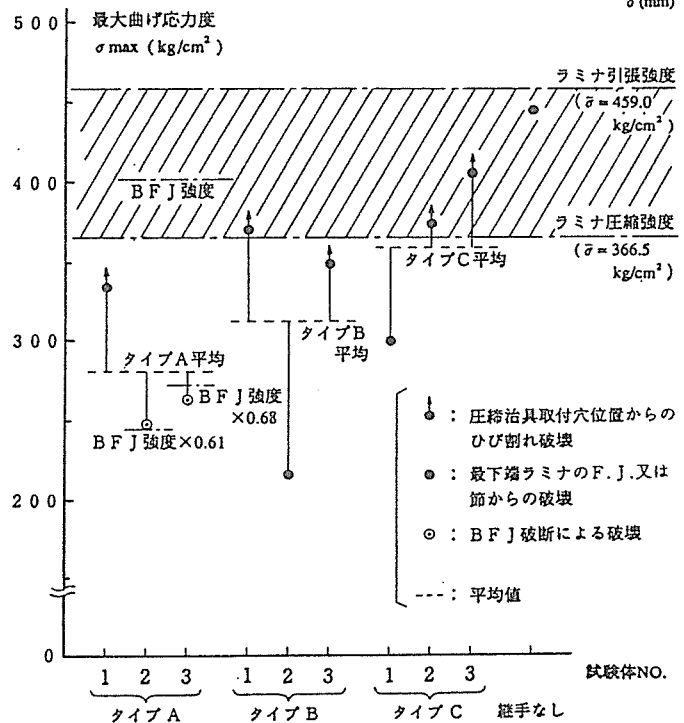


図-7 最大曲げ応力度の比較

【参考文献】 1.木村、渡辺他「集成材の継手に関する研究(その1)」  
：学会大会、昭和63年 2.菅野、今泉「集成材」：森北出版、昭和40年  
\*1：竹中工務店 技術研究所 \*2：建設省 建築研究所  
\*3：農林水産省 森林総合研究所 \*4：日本住宅木材技術センター

ベイマツ集成材BFJの曲げ破壊実験と強度評価

正会員○楠 寿博\*<sup>1</sup> 同 木村 衛\*<sup>1</sup>  
同 室田達郎\*<sup>2</sup> 同 小松幸平\*<sup>3</sup>  
同 駕海四郎\*<sup>4</sup>

Y 8. 圧縮方法  
Z 2. 接着強度

1. はじめに

前報<sup>1)</sup>では実大試験体を用いてBFJの曲げ耐力を調べ、ほぼ母材に近い曲げ強度が得られることを確認した。本報では、昨年に引き続いて実施した全数20体に及ぶ曲げ破壊実験の結果をもとに、BFJの強度評価手法を策定する。

2. 実験概要

2-1. 試験体 試験体はベイマツを素材とするJAS1級構造用集成材で、断面150×480mm、長さ7mである。ラミナ厚は20mmで、積層数は24である。BFJは試験体中央に設け、その形状は表-1に示すタイプBからタイプEまでの4タイプとする。接着面の傾斜比は1:8で統一した。フィンガー部の切削には丸鋸を用いたが、形状の最も大きいタイプEは丸

鋸の切削可能長さを越えているため、加工精度は落ちるが帯鋸で切削した。丸鋸で切削した試験体の場合、局部的に接着層に隙間が認められたが、帯鋸の場合は特に顕著に認められた。圧縮については、製造工場に於ける圧縮を想定した油圧ジャッキ使用の場合(写真-1参照)と、施工現場に於ける圧縮を想定した引きボルト使用(写真-2参照)の場合の2通りで行なった。引きボルト使用の場合は試験体上下面にブロックを接着し、これに張力管理用のひずみゲージを貼付した引きボルトを通して圧縮を行なった。ブロックは圧縮終了後、切断除去した。いずれの場合も接着面の圧縮圧が10kg/cm<sup>2</sup>となるように加力した。圧縮時に外側のフィンガー部が押し開かれるのを防止するために押さえ金物を取付けた。結果のバラツキを考慮し、タイプ毎に2体又は3体ずつ同一試験体を製作した。これにBFJを設けない通直試験体(タイプA)3体を含めた合計20体につき実験を行なった。BFJの接着にはレゾルシノール樹脂接着剤を用いた。なお、フィンガー切削の際、欠損部分(b部分)が引張側材端に現われないようにした。

2-2. 実験方法 実験装置の概要を図-2に示す。加力には1000トン万能試験機を使用し、単純梁の2点集中単調載荷形式とした。

表-1 試験体一覧

試験体タイプ	BFJ長さL (mm)	BFJ先端幅b (mm)	BFJ間隔t (mm)	接着面傾斜比	圧縮法	切削法	試験体数
A	BFJの無い通直試験体						3
B-1	60	5	25	1:8	ジャッキ	丸鋸	3
B-2	60	5	25	1:8	ボルト	丸鋸	2
C-1	120	5	40	1:8	ジャッキ	丸鋸	2
C-2	120	5	40	1:8	ボルト	丸鋸	2
D-1	200	5	60	1:8	ジャッキ	丸鋸	3
D-2	200	5	60	1:8	ボルト	丸鋸	2
E	480	5	130	1:8	ジャッキ	帯鋸	3
合計							20

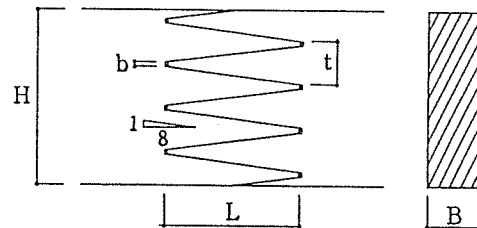


図-1  
BFJ各部記号  
H=480mm  
B=150mm

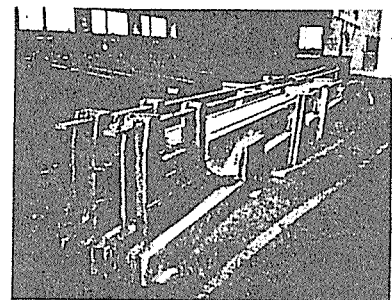


写真-1 圧縮状況(油圧ジャッキ)

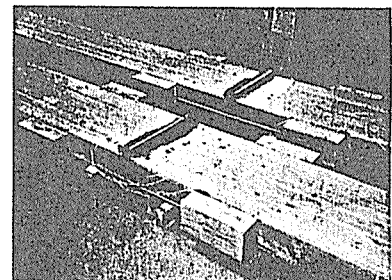


写真-2 圧縮状況(引きボルト)

Experimental Study on Flexural Strength of Big Finger Joint of  
Glulam and Strength Evaluation

Kusunoki Toshihiro et al.

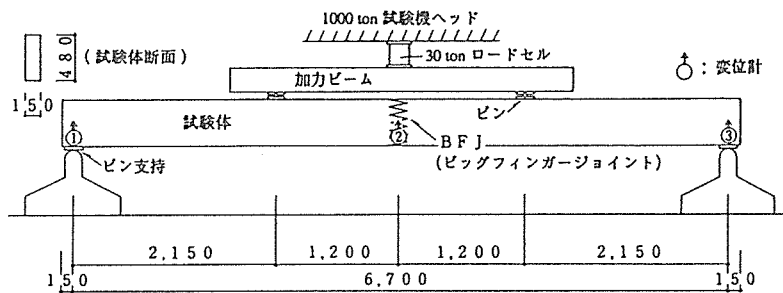


図-2 実験装置の概要

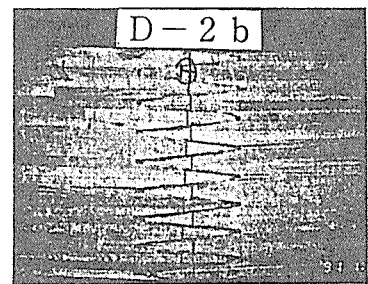


写真-3 破壊状況

### 3. 実験結果とBFJの強度評価

表-2に各試験体の最大荷重と最大荷重時の曲げ応力度を示す。BFJ試験体については、BFJの断面欠損を考慮した断面係数を用いて曲げ応力度を求めた。併せて各試験体の最大荷重計算値を示す。BFJの耐力は、集成材引張破壊等の母材部分の破断により決まる $P_{om}$ と、接着面剥離等の接着部分の破断により決まる $P_{oj}$ のうち、小さい方の値で与えられる。ここで $P_{om}$ は、木構造計算規準によるベイマツの長期許容曲げ応力度の3倍を母材曲げ強度として求めた曲げ耐力であり、BFJ試験体の場合、断面欠損を考慮した断面係数を用いて算出した。表中の値は寸法調整係数(本試験体の場合0.94)を乗じたものがある。一方、BFJ接着部耐力 $P_{oj}$ は、接着面傾斜角をパラメータとしたベイマツ接着試験体を用いた引張接着強度実験<sup>2)</sup>の結果をもとに算出した。この実験では、レゾルシノール樹脂接着剤を用いた場合、傾斜角の違いによらず引張方向の強度として単位接着面積当たり50kgの強度下限値が得られ、しかもほぼ一定であることが確認されている。 $P_{oj}$ 算出の際、施工方法の違いや母材の節や割れなどの欠点により生じると予想される接着部強度低下を20%見込み、接着効率として0.8を強度に乗じた。破壊状況の一例を写真-3に示す。破壊状況はいずれの試験体もほぼ同様で、引張側の接着面が破断して破壊に至っており、施工精度の劣るタイプEを除き耐力は計算値にほぼ近い値となっている。

### 4. 結び

施工精度をある程度確保できれば、本報に於て用いた算定方法によりBFJの強度評価が可能である。

#### [参考文献]

1. 楠、木村他「集成材BFJ(ビッグフィンガージョイント)の曲げ破壊実験」：学会大会、平成3年
2. 木村、渡辺他「集成材の継手に関する研究(その1)」：学会大会、昭和63年

表-2 実験結果及び計算値との比較

試験体	最大荷重 $P_{max}$ (ton)	最大曲げ応 力度 $\sigma_{max}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	最大荷重計算値		$\frac{P_{max}}{\text{min. } P_o}$
			母材 $P_{om}$ *	接着部 $P_{oj}$	
Aa	18.5	345.3	21.9	—	0.84
Ab	23.1	431.1			1.05
Ac	18.8	350.9			0.86
平均	20.1	375.8			0.92
B-1a	16.5	382.5	17.6	14.0	1.18
B-1b	15.4	357.0			1.10
B-1c	12.2	282.9			0.87
B-2a	15.5	359.4			1.11
B-2b	15.9	368.6			1.14
平均	15.1	350.1			1.08
C-1a	11.1	236.8	19.2	15.2	0.73
C-1b	14.9	317.8			0.98
C-2a	11.3	241.0			0.74
C-2b	17.7	377.5			1.16
平均	13.8	293.3			0.90
D-1a	22.6	460.0	20.1	15.9	1.42
D-1b	15.5	315.5			0.97
D-1c	14.4	293.1			0.91
D-2a	12.9	262.6			0.81
D-2'b	17.5	356.2			1.10
平均	16.6	337.5			
Ea	13.5	263.9	20.9	16.6	0.81
Eb	11.3	220.8			0.68
Ec	11.5	224.7			0.69
平均	12.1	236.5			0.73

[備考]

$$P_{om} = \frac{2 \cdot \sigma_{om} \cdot Z_c}{l_s} \quad P_{oj} = \frac{2 \cdot \sigma_{oj} \cdot Z_c}{l_s}$$

$\sigma_{om}$  : 母材曲げ強度 =  $f_b \times 3 = 435$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_b$  : 木構造計算規準による長期許容曲げ応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

$Z_c$  : 有効断面係数  $l_s$  : センズスパン = 215 cm

$\sigma_{oj}$  : 接着強度 =  $\alpha \times \frac{50}{\sin \theta} = 404$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 接着効率 = 0.8  $\theta$  : 接着面傾斜角 = 7.1°

\*1 : 竹中工務店技術研究所

\*2 : 建設省建築研究所

\*3 : 農林水産省森林総合研究所

\*4 : 日本住宅木材技術センター



(森林総研) ○小松幸平、原田真樹、川元紀雄 (奈良林試) 海本 一  
 (竹中技研) 木村 衛、楠 寿博 (住木セキ-) 篤海四郎  
 (小西事務所) 小西 信 (建研) 室田達郎

1. はじめに

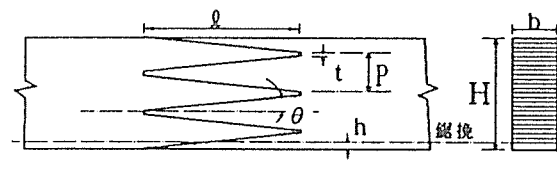
フィンガージョイントを大型化した接合をBig Finger Joint (BFJ) と仮称する。発表者らのグループは、このBFJ によって大断面集成材を現場接着することを最終目標として研究を進めている。本研究では、BFJで接着された大断面集成材から積層接着層に沿って再度ラミナを切り出し、引張強度試験を行ってBFJ接合部を含むラミナの強度を求めた。結果を統計処理し、BFJ接合によって大断面集成材を現場接着する場合の許容応力度を試算した。

2. 実験

【引張試験】 表1に示す7種類の仕様で接着されたベイマツ集成材(1級、長さ2m、断面150mmx480mm)からラミナを切り出し、厚さ18mmに仕上げて引張試験体とした。

表1 BFJで接着された短尺集成材の仕様

試験体呼称	FJピッチ P(mm)	FJ長さ ℓ(mm)	圧締方法	FJ加工法	個数
B1	25	60	ジャッキ締め	丸鋸	1
B2	25	60	ボルト締め	丸鋸	1
C1	40	120	ジャッキ締め	丸鋸	2
C2	40	120	ボルト締め	丸鋸	2
D1	60	200	ジャッキ締め	丸鋸	2
D2	60	200	ボルト締め	丸鋸	2
E	130	480	ジャッキ締め	帯鋸	2



(共通条件) : フィンガー底部の幅(t)=5mm(公称値)  
 スカーフ傾斜角(θ)=1:8、現場接着圧締圧=10kgf/cm<sup>2</sup>  
 接着剤=レゾルシノール樹脂接着剤

図2に引張試験法の概要を示す。全ての試験体で、ジョイント部の引張りずみεと引張応力σを測定した。

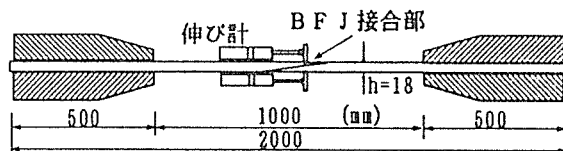


図2 引張試験法の概要

3. 結果と考察

【接着ラミナの強度の評価法】 BFJ接合には鋸の厚みに起因する公称5mm幅のバットジョイント(BJ)が含まれる。そのため、集成材から採材されたラミナの強度

はBJによる応力集中の影響を受ける。この影響を厳密に評価するには、破壊力学を取り入れるべきである。しかし、本論では、実務設計に馴染むことを第一に考え、1)式で示すBJ部の面積を差し引いた「有効接着面積当たりの強度σ<sub>g</sub>」によって接着ラミナの強度を評価した。

$$\sigma_g = P \cdot \sin \theta / A_0 \{1 - \Sigma t_i / h\} \dots \dots \dots 1)$$

ただし、A<sub>0</sub>: 試験体の公称断面積 (=bh) (cm<sup>2</sup>)  
 Σt<sub>i</sub>: 厚さhの中に含まれるBJの総長さ (cm)  
 h: BFJパターン出現面の材厚 (cm)  
 θ: スカーフ傾斜角 (今回はtanθ=1/8)

【スカーフ長さℓと接着ラミナの強度σ<sub>g</sub>の関係】  
 図3にℓとσ<sub>g</sub>の関係を示す。BJの出現確率の高いℓ=60mmでσ<sub>g</sub>はやや過大評価気味だが、スカーフ長さや圧締方法によらず概ね一定であると見なすことができる。

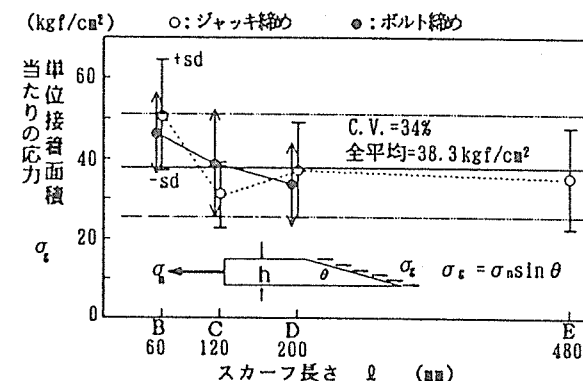


図3 スカーフ長さℓと接着ラミナの強度σ<sub>g</sub>の関係

【BFJ集成材の許容引張応力度σ<sub>f(BFJ)</sub>の試算】  
 全てのデータ(N=178)混みで、順位法によりσ<sub>g</sub>の下限5%値を求めた。その結果次の結果を得た。

$$\sigma_{g-0.05} = 20 \text{ kgf/cm}^2$$

長期許容応力度は下限5%値の1/3とすれば;

$$\sigma_{f(BFJ)} = 20/3 \approx 7 \text{ kgf/cm}^2$$

スカーフ角度θのBFJで接着された集成材の引張側最外層ラミナの許容引張応力度σ<sub>f(BFJ)</sub>に換算すると、

$$\sigma_{f(BFJ)} = \sigma_{f(BFJ)} / \sin \theta = 7 / \sin \theta \text{ (kgf/cm}^2) \dots \dots 2)$$

4. 結論

tanθ=1/8の本実験の場合、σ<sub>f(BFJ)</sub> = 57 kgf/cm<sup>2</sup>が得られる。ベイマツ集成材のσ<sub>f</sub>は1級で95 kgf/cm<sup>2</sup>であるから、強度接合効率は約0.6となる。今後の研究次第でBFJ接合が実用される可能性は十分考えられる。

# 接着剤充填による棒鋼-集成材接合部の接合耐力に関する研究

## その1 引張耐力

(住・木センター) ○ 駕海四郎

〔序〕 木構造の接合方法は、ボルトや釘を代表とするメカニカルな接合が主流であるが、剛な接合部を開発するには、接着接合が重要となろう。本研究は、木材と接着剤の間に棒鋼を介して接着接合する方法で、今回は、引張の接合耐力について報告する。

〔試験方法〕 試験に用いた材料は、木材:ベイマツ集成材(100×120mm)、棒鋼:全ネジPC鋼棒(以下PCとする)、接着剤:エポキシ樹脂(TE-134)である。試験体は、集成材の木口面または、板目面に必要に応じてドリル刃により孔加工を行い、接着剤を流し込み、棒鋼を定着して作成した。引張試験は、1週間の養生後行った。

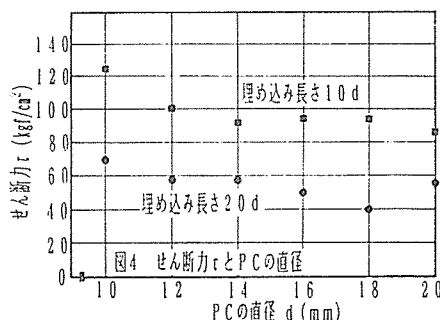
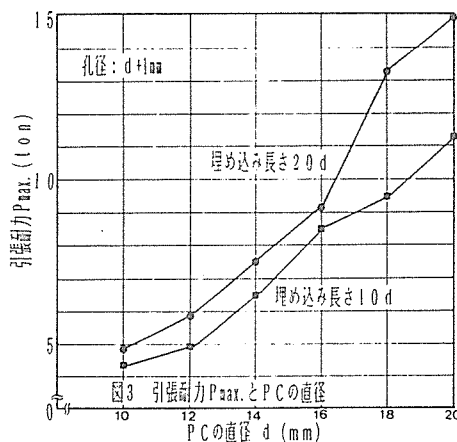
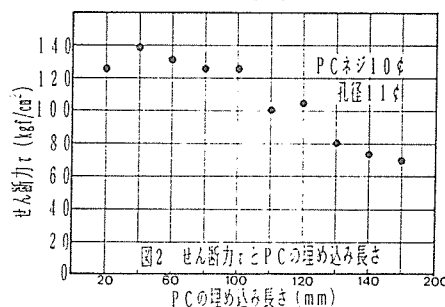
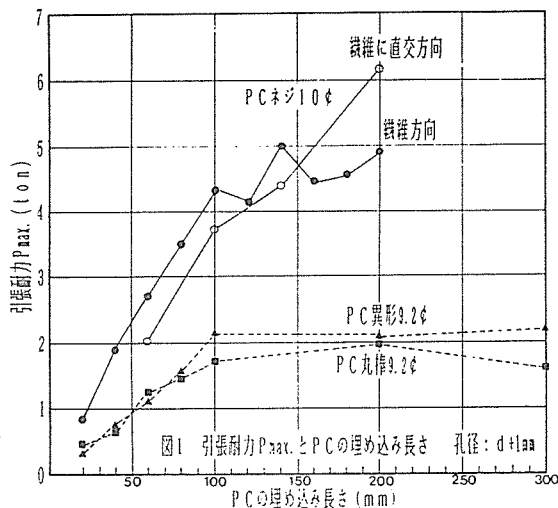
〔試験結果の概要〕 試験結果は、図1～4に示す。引張接合耐力と諸因子の関係について以下述べる。

1) PCの埋め込み長さ( $L_a$ ): 図1にPCの埋め込み長さ(埋め込み長さ)と引張耐力の関係を示す。埋め込み長さが $10d$ ( $d$ :PCの直径)までは、直線的に耐力増加認められるが、それ以降は漸増傾向となる。図2の接着面の単位面積当たりのせん断力 $\tau$ は、 $10d$ 以降では漸減傾向となり、直径 $d$ の増加に伴う直線的な大きい耐力増加は認められない。また、木材繊維に直交方向では、 $20d$ まで、直線的な増加傾向を示した。

2) PCの直径: 図3にPCの直径と引張耐力の関係を示す。実験は径20mmまでであるが、直線的な増加傾向を示す。 $L_a/d$ が一定であれば、 $d$ の大きさに係わらず、せん断力 $\tau$ は、ほぼ一定の値を示す。(図4)

3) 加工径: PC径を一定とし、加工孔を増加させた場合、引張耐力は径の大きさにかかわらず、ほぼ一定の傾向を示す。4) 破壊状況: 破壊は、接着部の抜け出しが大部分であり、木部が付着しているものもある。接着部に破壊を生じたのは、PC径の大きいもの、孔径の大きいもので木部にも割れを伴うことが多かった。謝意: 実験に協力いただいた、東京農業大学の横山哲雄、河口純両君に謝意を表します。

文献: H. Riberholt, Glued Bolts in Glulam, 1986



第41回 日本木研学会大会 研究発表要旨集 (1991)

1. はじめに

木構造の新しい接合方法として、木材中に鋼棒を埋め込み接着剤で固定することにより、耐力及び剛性を兼ね備えた接合部が形成できる。本研究では、この接着接合部の基礎的実験として、集成材端部から鋼棒中心までの縁距離が耐力に及ぼす影響について実験的に確認した。

2. 試験体および実験方法

試験に用いた実験材料を表-1に示す。試験体は、集成材の木口面にPC径+1mmの孔をドリル加工し、その孔に接着剤を流し込み、棒鋼を挿入定着して、1週間の養生後、試験を行った。試験は、図-1に示すようにPC鋼と集成材の接着部の引張試験およびせん断試験を行った。引張試験では、縁距離をPC径(d)の1d~5dとし、集成材断面は、縁距離の2倍の正方形とし、各3体ずつ作成した。せん断試験体は、縁距離を断面上部からの距離とし1d~12dまで各2体を作成した。

3. 試験結果の概要

試験結果の概要を以下に示す。

1) 縁距離：引張試験結果を図-2に示す。2.5d以降では耐力が概ね一定の傾向を示す。すなわち、これは破壊形態と関係しており、1~1.5dでは木材自体の引張破壊が確認されるのに対し、2.5d以降ではPCの引抜けが主な破壊で、最大荷重は、木材部と接着部のせん断応力に依存している。せん断試験結果を図-3に示す。縁距離の増加とともに耐力は漸増傾向を示し、7d以降では増加傾向が大きくなっている。5dまでの破壊がPC挿入部位からの集成材の割裂破壊であるのに対し、7d以降ではPCが集成材にめり込み、PCに曲げを生じている。また、1~5dまでの比例限度内の剛性係数(荷重/変位)は、ほぼ一定である。

2) 埋め込み長さ：引張試験では、埋め込み長さが倍(20d/10d)でも耐力は、ほぼ1.2~1.3倍であるのに対し、せん断試験では、埋め込み長さの影響は認めがたい。

表-1 試験体構成材料

集成材	P C ネジ			接着剤
	鋼棒径	外径	谷径	
構造用 ベイヤツ JAS1級 相当 密度0.5	9.2	10.00	8.65	主剤10部 硬化剤4部 Hc TE-134 大鹿板興製
	19.0	20.00	18.30	
	JIS G 3109 PC鋼棒 C種1号 SBPR 1080/1230			

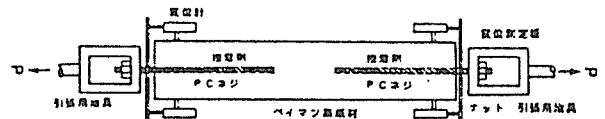


図-1-1 引張試験方法

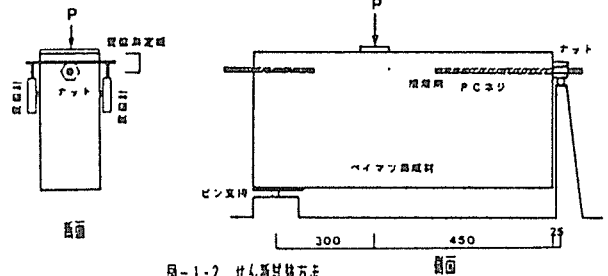


図-1-2 せん断試験方法

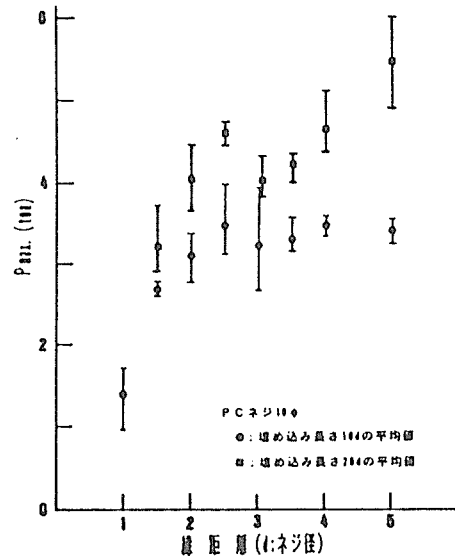


図-2 引張試験の縁距離とPmax.

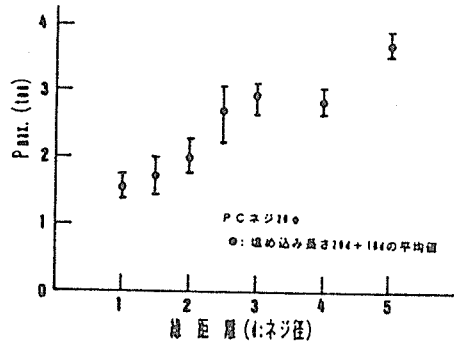


図-3 せん断試験の縁距離とPmax.