

平成4年度 農林水産省補助事業

(財)日本住宅・木材技術センター事業

中層木造住宅部材開発事業報告書

大断面木造建築物接合部設計マニュアル作成

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

はじめに

大断面木造建築物は、国・民間の木質構造研究者により、防火性能、構造性能、住環境、耐久性等の様々な分野にわたり、熱心な研究開発が行われ、その性能は、非木造建築物に劣らないものであります。なかでも、木のあたたかみや、質感は木造建築物にしかにないもので、古くから人々に親しまれ求められてきました。大断面木造建築物は、ここ数年の間に各地の公共建築物やイベント会場のパビリオン等数多く建設され、人々にとって身近な建物となっています。

一方、大断面木造建築物を設計する設計者は、非木造建築物の設計者の数に比べると格段に少なく、その設計手法を解説する図書も少ないため、非木造建築物の設計者にとっては、とりつきにくい建物でもあります。

その理由として、挙げられるものの中に接合部の設計があります。接合部の設計は、大断面木造建築物にとってもっとも重要なことで、大断面木造建築物を設計することは接合部を設計するといっても過言ではありません。接合部の設計は、まさに接合金物の設計であり、これは、建物の規模や意匠、荷重や外力等の設計条件によって全て違う金物となります。つまり、金物を接合するボルトの本数や釘の本数、使用する金物の種類等が建物によって異なることになりす。

また、従来より大断面木造建築物に使用する金物の標準化を要望する声が設計者や業界には高まっています。接合金物を標準化すれば、一般の木造住宅のように、いちいち接合金物を設計することもなく、建物の設計に合わせて金物を選べばよいこととなります。

しかし、接合金物を標準化することは、建物を標準化するということにつながり、設計の自由度が失われ、画一的な建築物となってしまいうでしょう。建物の意匠があまり重要でない、工場や、倉庫といったものは、コスト的にはこれでいいのかも知れません。

では、意匠が重要である公共建築物やリクリエーション施設等の設計の自由度を求める建築物の接合部をより設計し易いものとするには、どうすればよいでしょうか。

当委員会では、接合部の設計の際に、設計する建物の設計条件から接合部に加わる耐力を算出し、それに見合うボルト本数や金物の種類が選択できるような「接合部設計マニュアル」を作成するものであります。

この事業は、平成4年度林野庁補助事業、中層木造住宅部材開発、接合等技術開発事業の一環として実施されるもので、日本集成材工業協同組合、木構造振興株式会社、木造住宅優良接合金物推進協議会の協力を得て、平成3年度から3年間でマニュアルを完成させるものであります。

平成5年3月 (財)日本住宅・木材技術センター

目 次

はじめに

第 1 章 大断面木造建築物接合部の技術開発について	1
1 - 1 技術開発の主旨	1
1 - 2 開発体制	1
1 - 3 調査研究の対象	1
1 - 4 調査手順	2
1 - 5 その他	2
第 2 章 委員会の構成	3
第 3 章 大断面木造建築物接合部設計マニュアル仕様書	4
3 - 1 接合マニュアルの内容	4
3 - 2 設計対象事項	4
第 4 章 大断面木造建築物接合部設計マニュアルの内容	6
4 - 1 接合マニュアルで設計できる建築物の想定	6
4 - 2 接合マニュアルの使い方	14
第 5 章 接合部等設計の解説	16
5 - 1 荷重外力の設定	16
5 - 2 架構のモデル化	17
5 - 3 応力計算	17
5 - 4 断面算定	19
5 - 5 接合部の詳細	19
5 - 6 基礎の設計	19
5 - 7 わん曲集成材の肩の設計	21
5 - 8 変形計算	23
5 - 9 施工上の注意	23

第6章	基本接合部形式図集及び解説	-----	24
6-1	柱脚部	-----	24
6-2	頂部	-----	25
6-3	梁の継手	-----	26
6-4	柱-梁モーメント抵抗接合	-----	27
6-5	筋かいの端部	-----	28
第7章	接合部耐力計算図表	-----	29
7-1	接合具の配置間隔	-----	29
7-2	各接合形式の接合具1本当たりの耐力	-----	31
7-3	接合具の許容耐力計算式について	-----	60
7-4	接合具単体の耐力推定の現状と問題点	-----	67
7-5	モーメント抵抗接合の設計法	-----	80
7-6	モーメント抵抗接合耐力表	-----	94
第8章	接合部剛性計算図表	-----	98
8-1	各接合形式の接合具1本当たりの剛性	-----	98
8-2	モーメント抵抗接合回転剛性表	-----	108
第9章	資料編	-----	109
9-1	ボルト、ドリフトピン、ラグスクリュー接合の履歴特性	-----	109
	森林総合研究所 木材利用部 構造性能研究室 神谷 文夫		
9-2	大断面木造建築物接合部の耐力試験報告書集	-----	158

第1章 大断面木造建築物接合部の技術開発について

1-1. 技術開発の主旨

大断面木造建築物は、昭和62年の建築基準法施行令の改正以来、多くの設計・施工実績をあげつつある。これらの建築物の架構の構造設計において、技術的に最も重要かつ難しい点は、接合部の設計である。

一般に接合部の設計は、

- 1) 設計意図に適した接合形式はどれか
- 2) その形式を採用する場合の金物や母材の寸法がどの程度になるか
- 3) 接合部の構造計算はどのようにしたらよいか

などの点についての知識に基づいて行われる。設計実務家が自在に実務をこなすためには、単に頭の中でこのような知識をもっているだけでは不十分で、設計経験等に基づいてその知識を直感的感覚の領域にまで高めておくことが必要である。

大断面木造建築物は設計実務が増加しつつあるとはいえ、その設計に関与した経験をもつ設計者は未だ極く少数であり、大多数の設計実務家は大断面木造建築物を設計したくとも、経験不足のために手を出し損ねている状態である。

かつて、鉄骨構造用としてH型鋼が製造販売され始めた頃、実務家におけるその接合方法に関する知識や経験の不足にどう対処するかが、その普及を図る上で問題になった。

当時鋼材メーカー等は、設計マニュアルや接合マニュアル等を作ってこれに対処した。現在の鉄骨造の普及はこのような実務家に対する技術的支援に負うところが大きい。

大断面木造の普及を図る上においても、建設実務の自然増を待っているだけでは実績の急増は望むべくもなく、上述のような技術支援を行うことが肝要であろう。

本技術開発は、このような観点から大断面木造部材接合部に関する設計マニュアルを作成することを意図するものである。

1-2. 開発体制

当財団に「大断面木造建築物接合部設計マニュアル作成委員会」を設置して、調査・研究を行う。

1-3. 調査研究の対象

以下の4種の接合部を対象にする。

- (1) 柱・梁接合部
- (2) 継手(梁、柱)
- (3) 梁端部接合部
- (4) 柱脚

1-4. 調査手順

平成3年度の調査実施項目は以下のとおりであった。

- (1) 集成材メーカーの接合部設計の実態調査を行った。
国内の集成材メーカー3社に対して、次項のヒアリングを実施した。
 - ①接合部の設計についての各社の特徴。
 - ②使用頻度の高い接合形式を各接合部ごとの調査。
 - ③集成材のラミナの樹種と断面寸法。
 - ④その他、接合部の設計に関する留意事項等。
- (2) 大断面木造建築物接合部の接合形式の収集。
マニュアル化し易い接合形式を既存の文献より調査収集した。
- (3) 部材断面寸法の現状と使用樹種について
ヒアリングの結果より、部材の断面寸法、ラミナの樹種をまとめた。
- (4) 接合部の構造計算の実態調査
国内実績の大断面木造建築物の接合部について構造計算がどのように行われているかを調査した。
また、木造用接合金物の構造計算の整理、接合に関する安全率の取り方を整理した。
- (5) 接合部に関する実験データの収集
国内の研究機関等における集成材の接合部に関する実験例をまとめた。

平成4年度は、次項についてまとめた。

- (1) 設計方法の標準化
接合部に関する構造計算の妥当な方法を検討した。
- (2) 部材断面寸法の範囲の確定
一般的に需要の高い建物規模を想定し、それに使われる部材の断面寸法のおよその範囲を絞った。
- (3) 接合形式の選択
マニュアル作成の対象とする接合形式を絞った。
- (4) 計算図表の作成
(2)及び(3)に対して、構造計算を行い、その結果を図表にしてとりまとめた。

平成5年度の実施内容。

接合マニュアルの作成

平成4年度にまとめた計算図表を使用して、大断面木造建築物を2例設計し、設計手順を示す大断面木造建築物接合部設計マニュアルを作成する。

1-5. その他

開発の期限は、平成5年度末を予定する。

第2章 委員会の構成

委員長	室田 達郎	建築研究所第3研究部長	
委員	河合 直人	建築研究所第3研究部耐風研究室研究員	
	山口 修由	建築研究所第3研究部耐風研究室研究員	
	川元 紀雄	森林総合研究所木材利用部接合研究室研究員	
	中田 捷夫	中田捷夫研究室代表	
	三橋 一彦	(株)三橋建築設計事務所代表	
	伊東 洋路	セブン工業株式会社	
	高木 和芳	トリスミ集成材株式会社	
	飯村 豊	三井木材工業株式会社	
協力	塚田 市朗	林野庁林産課課長補佐	
	淡野 博久	建設省住宅局住宅生産課係長	
	香山 幹	建設省住宅局建築指導課係長	
	金子 吉汪	日本集成材工業協同組合	
	岩井 治郎	木造住宅優良接合金物推進協議会	
	鶴田 郁男	木構造振興(株)	
事務局	野村 信之	(財)日本住宅・木材技術センター	専務理事
	本間 毅	同上	技術開発部長
	篤海 四郎	同上	試験研究部 主任研究員
	小野 泰	同上	技術開発部 技術主任

第3章 大断面木造建築物接合部設計マニュアル仕様書

前年度にヒアリング並びに資料収集した接合形式、部材断面寸法、集成材の樹種の調査結果から、大断面木造建築物接合部設計マニュアル（接合マニュアル）を作成するための各条件を選定し、仕様書を作成した。

3-1. 接合マニュアルの内容

設計者が大断面木造建築物の接合部を設計する場合、これを引用することによって簡便に簡便に行えるようなものとする。即ち、

- (1)使用頻度の高い接合形式の標準的ディテール
- (2)それらの許容耐力を求めるための計算図表
- (3)接合部の設計方法及び留意事項

を編集したものとする。

3-2. 設計対象事項

設計マニュアルで設計可能な大断面木造建築物の構造形式、規模、用途等を定める。

(1) 構造形式

梁間方向：通直集成材3ヒンジ山型架構又はわん曲集成材山型架構(スパン：30m以下)

桁行方向：筋かい架構

の建物を想定し、それを構成するの必要な以下の接合部の仕様を定めた。

① 柱-梁接合部

a) わん曲集成材仕様

わん曲の曲率半径は、ラミナ厚さの100以下とする。

b) モーメント抵抗接合

柱又は梁を2材合わせとし、ドリフトピン円形配置の接合部とする。

② 梁継手

上下鋼板添え板+ラグスクリュー接合とする。

③ 柱脚

ピン接合を基本とする。

④ 合掌部

ピン接合を基本とする。

⑤ 筋かい接合部

筋かいの種類、端部の納め方、交差部の納め方について解説する。

(2) 部材の条件

接合マニュアルで作成する各種の計算図表のための部材の寸法、品質、樹種を確定した。

① 部材寸法の標準化

部材の幅：9, 10.5, 12, 15, 17, 22 (cm)とする。

せい：30cmから120cmまで10cm刻みとする。

② 集成材の品質及び樹種

品質：構造用大断面集成材

樹種：針葉樹 A 1 類、A 2 類、B 2 類 それぞれ 1 級とする。

次章より、上記設計対象条件の内容について解説し、大断面接合マニュアルの計算図表を示す。

第4章 大断面木造建築物接合部設計マニュアルについて

本章以下の各章では、前章の接合マニュアル仕様書で決められた各事項についての基本的な考え方を示し、並びに現在の大断面木造建築物の設計、施工等での問題点等についても解説した。

4-1. 接合マニュアルで設計できる建築物の想定

大断面接合マニュアルで設計される大断面木造建築物は、次の各項目に示す構造形式、規模、地域、用途、材料を想定して書かれている。記載した内容のうち、部材断面性能、接合部耐力などは、これ以外の建物についても適用可能であるが、応力レベルの異なるもの、構造モデルの異なるものについては不適當な記述もあるので注意を要する。

(1) 構造形式

梁間方向：① 構造用集成材を使用した3ヒンジ山型架構（図4-1）

通直材を使用し柱又は梁を2材合わせとし、柱-梁接合部はドリフトピンによるモーメント抵抗接合とする。

② わん曲集成材を使用した山型架構（図4-2）

柱-梁接合部を湾曲集成材を用いて一体化としたもの。

桁行方向：筋かい架構

筋かいは鉄筋、平鋼、集成材、鋼管などを使用する。

(2) 建物の規模（図4-3）

スパンは最大30m以下とする。

多雪地域の場合は、長期雪荷重を考慮するためスパンは17m位にする。

架構の桁行間隔は4.5m～6で桁行長さを30m～40mとし、床面積を600～900m²の規模とする。

(3) 建設地域

① 一般地域

建築基準法施行例第86条より、積雪量はその地方における垂直最深積雪量に積雪の単位重量 2(kg/cm/m²) を乗じて計算する。

② 多雪地域

積雪荷重は1mとする。

この場合、積雪量は $100(\text{cm}) \times 3(\text{kg/cm/m}^2) \times 0.7(\text{長期係数}) = 210(\text{kg/m}^2)$ となる。

(4) 建物の用途

体育館、工場、倉庫の類とする。

なお、(2) で示した建物の規模範囲ならばこれ以外の用途も可能である。

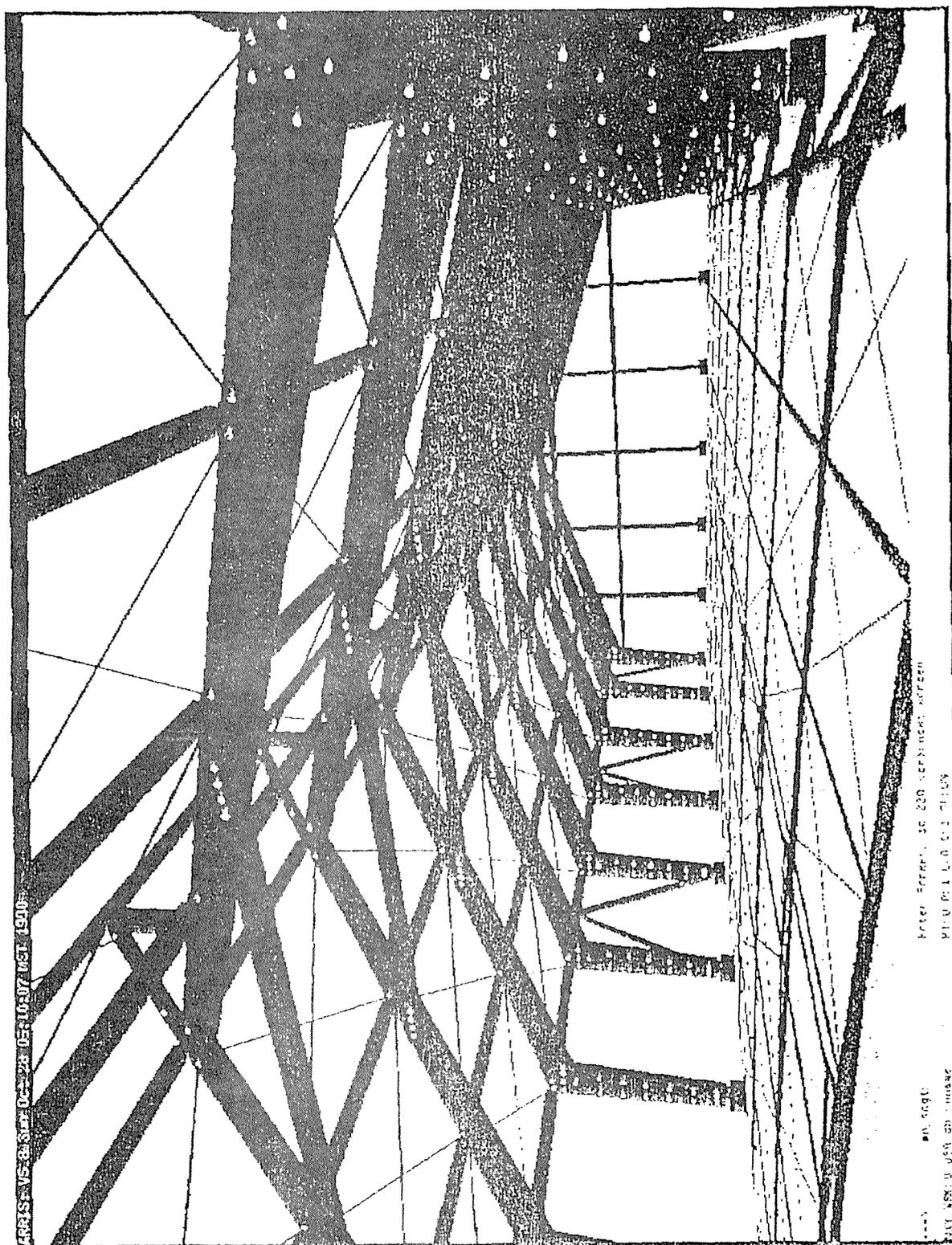


図4-1 通直集成材による3ヒンジ山形架構

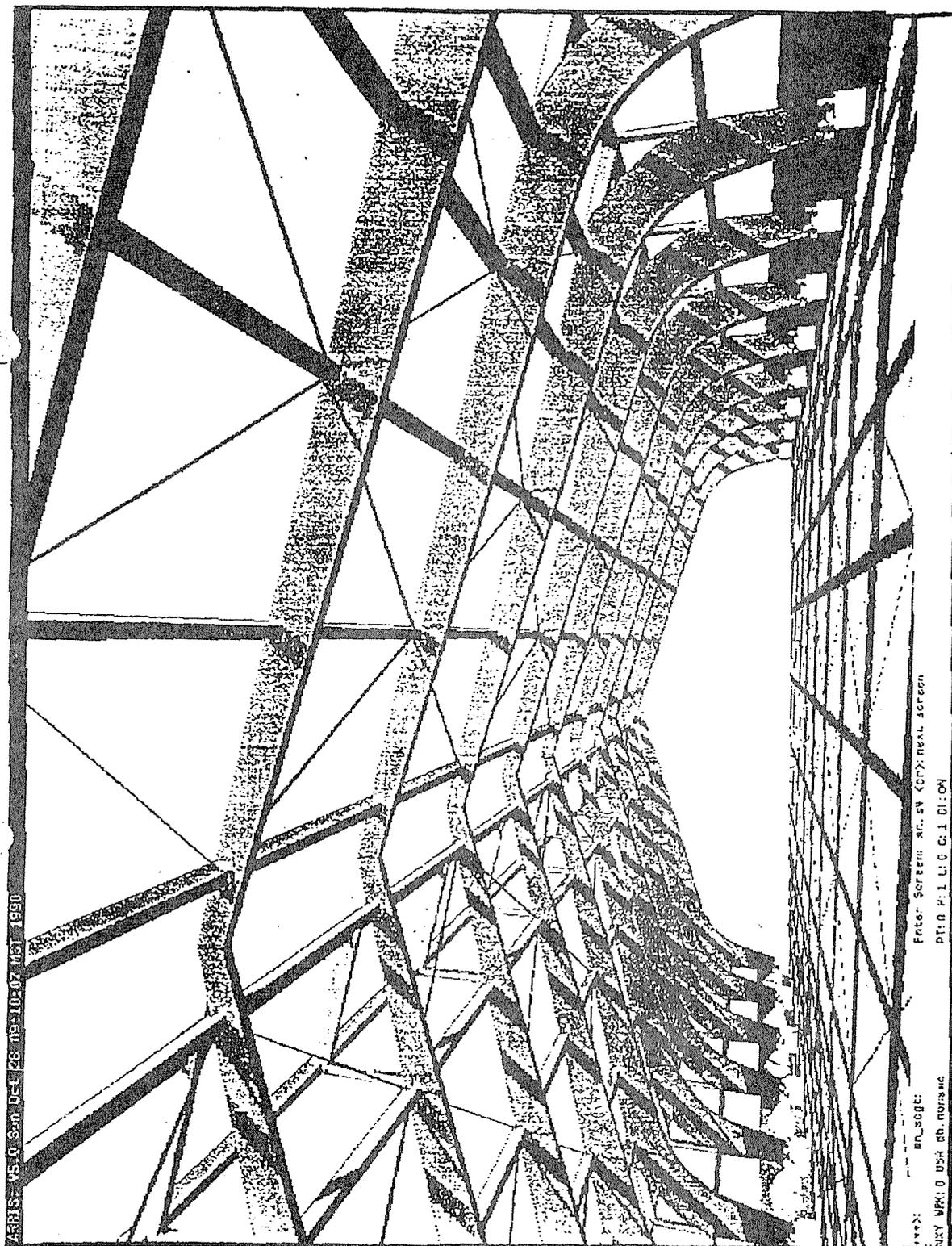


図4-2 わん曲集成材による3ヒンジ山形架構

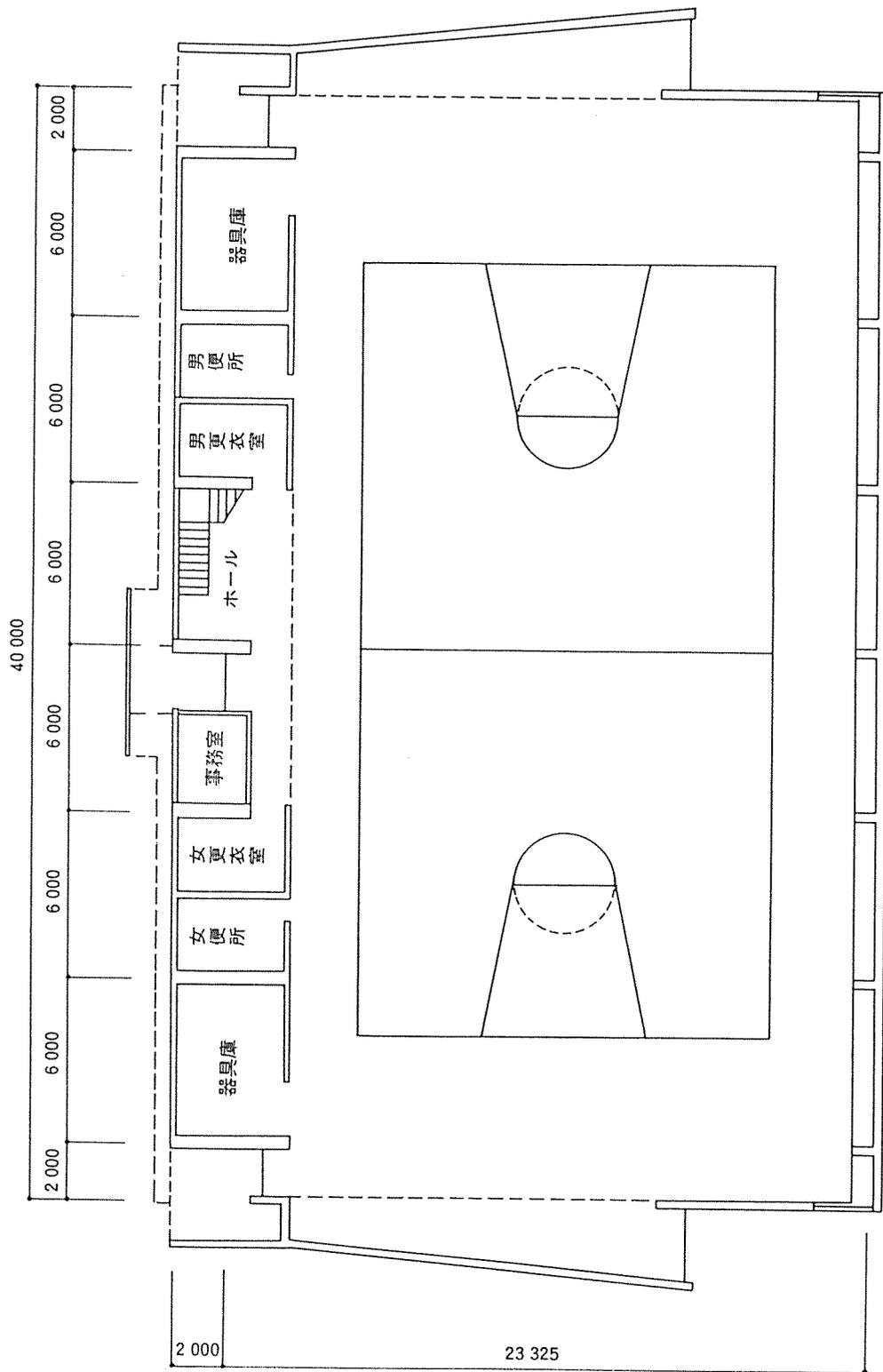


図 4 - 3 接合マニュアルによる建物の規模 (例: 体育館)

(5) 部材断面の標準化

集成材の断面寸法 材せい：30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 (cm)

材 幅：9, 10.5, 12, 15, 17, 22 (cm)

集成材の種類 構造用集成材、化粧梁構造用集成材、構造用大断面集成材

集成材の樹種 針葉樹 A 1 類, A 2 類, B 2 類

集成材の品質 1 級

建築基準法施行令第46条2.1.ハでは、柱及び横架材の基準を定めており、それによれば、「断面の小径が15cm以上」、「木材の繊維方向と直交する断面の面積が300cm²以上」とし、ただし書きで「2以上の部材を組み合わせるものであって、構造計算又は実験により構造耐力上安全であることが確かめられたのものについてはこの限りでない。」としている。

また、日本農林規格(JAS)では、構造用大断面集成材は「構造用集成材のうち、幅7.5cm以上で、かつ、積層厚が15cm以上のものであって、主として構造物の耐力部材として用いられているものをいう。」と定義している。さらに「幅・積層厚とも15cm以上かつ断面面積が300cm²以上を甲種、それ以外を乙種」として区分している。

これより、接合マニュアルで設計する大断面木造建築物の部材断面寸法は上記の寸法を採用するものとし、この部材寸法で断面性能表を作成することとした。

構造用大断面集成材に用いてよい樹種は、強度試験の結果や使用実績に基づいて、28種に制限され、各樹種固有の強度性能により、針葉樹4類、広葉樹2類に分類されている。

接合マニュアルでは、前年度の種調査結果に基づき、使用実績の多い樹種を採用することにした。表4-1に採用した樹種区分を示す。

表4-1 接合マニュアルの構造用大断面集成材に用いる樹種

区 分	樹 種
針葉樹 A-1	アカマツ、クロマツ、ベイマツ
針葉樹 A-2	カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒ
針葉樹 B-2	モミ、エゾマツ、トドマツ、ベニマツ、スギ、スプールス

集成材の各種許容応力度に採用する樹種の品質の等級についても、使用実績が多い1級を採用することとした。

部材の設計に必要な各種許容応力度等についての詳しい内容は、「大断面木造建築物設計施工マニュアル(日本建築センター)」や「木構造計算基準・同解説(日本建築学会)」を参考にされたい。ここでは各応力度表のみ記載する。

表 4 - 2 大断面集成材の許容応力度

集成材の樹種 及び品質	許容応力度		長期応力に対する許容 応力度 (単位kg/cm ²)		短期応力に対する許容 応力度 (単位kg/cm ²)	
	特級	1級	2級	特級	1級	2級
針 葉 樹	あかまつ、くろまつ及び べいまつ	165	145	120	12	
		105	90			
		90				
	からまつ、ひば、ひのき 及びべいひ	105	155		11	
		95	135			
		85	110			
つが及びべいつが	95	145		10		
	90	125				
	80	105				
	もみ、えぞまつ、とどま つ、べにまつ、すぎ、べ いすぎ及びスプルース	90	135		9	
		80	115			
		70	95			
広 葉 樹	みずなら、ぶな、けやき、 しおじ、たも、かば、い たやかかえで、にれ及びア ピトン	105	150		12	
		85	125			
		90	130		10	
	ラワン	80	112			

この表において、特級、1級及び2級は、それぞれ構造用大断面集成材の日本農林規格（昭和61年農林水産省告示第2054号）に規定する構造用大断面集成材の特級、1級及び2級又はこれらと同等以上の品質を有する集成材を表すものとする。

大断面構造用集成材の材料強度は、表 4 - 2 の数値の 3 倍とす。

表 4 - 3 構造用集成材の許容応力度

集成材の樹種 及び品質	許容応力度		長期応力に対する許容 応力度 (単位kg/cm ²)		短期応力に対する許容 応力度 (単位kg/cm ²)		
	1級	2級	1級	2級	1級	2級	
針 葉 樹	あかまつ、くろまつ及び べいまつ	145	120	105	90	12	
		135	110	95	85	11	
	つが及びべいつが	125	105	90	80	10	
		115	95	80	70	9	
	広 葉 樹	みずなら、ぶな、けやき、 しおじ、たも、かば、い たやかかえで、にれ及びア ピトン	150	125	105	85	12
			130	110	90	80	10
110							
ラワン		130	110	90	80	10	

この表において、1級は、集成材の日本農林規格（昭和49年農林省告示第601号（以下「告示」という。））に規定する構造用集成材の1級又は化粧ばり構造用集成材の1級及び2級又はこれらと同等以上の品質を有する集成材を表すものとする。また、この表において、2級は、告示に定める構造用集成材の2級又はこれと同等以上の品質を有する集成材を表すものとする。

構造用集成材の材料強度は、表 4 - 3 の数値の 3 倍とす。

表 4 - 4 木材の繊維に直角方向の許容応力度

集 成 材 の 樹 種	長期応力に対するめりこみの許容応力度 (単位kg/cm ²)	短期応力に対するめりこみの許容応力度 (単位kg/cm ²)
	針葉樹	30
広葉樹	25	長期応力に対するめりこみの許容応力度の数値の2倍とする。
	20	
針葉樹	30	長期応力に対するめりこみの許容応力度の数値の2倍とする。
	35	

集成材のめり込み許容応力度は、めり込み試験の結果に基づき定めるほか、その繊維方向とのなす角度に応じて次にあげる数値とする。

- (1) 10度以下の場合、表 4 - 2 及び表 4 - 3 における圧縮の許容応力度の数値
- (2) 10度を超え、70度未満の場合、(1)と(3)における数値を直線的に補間した数値
- (3) 70度以上90度以下の場合、表 4 - 4 の数値

表 4 - 5 製材の許容応力度

種類	許容応力度				長期応力に対する許容応力度 (単位kg/cm ²)				短期応力に対する許容応力度 (単位kg/cm ²)			
	圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断
あかまつ、くろまつ及びべいまつ	75	60	95	8	長期応力に対する圧縮、引張り、曲げ又はせん断の許容応力度のそれぞれの数値の2倍とする。							
からまつ、ひば、ひのき及びべいひ	70	55	90	7								
つが及びべいつが	65	50	85	7								
もみ、えぞまつ、とどまつ、べにまつ、すぎ、べいすぎ及びスプルース	60	45	75	6								
かし	90	80	130	14								
くり、なら、おな及びけやき	70	60	100	10								

表 4 - 6 製材の材料強度

種 類	材料強度 (単位kg/cm ²)				
	圧縮	引張り	曲げ	せん断	
針葉樹	あかまつ、くろまつ及びべいまつ	225	180	285	24
	からまつ、ひば、ひのき及びべいひ	210	165	270	21
	つが及びべいつが	195	150	255	21
広葉樹	もみ、えぞまつ、とどまつ、べにまつ、すぎ、べいすぎ及びスプルース	180	135	225	18
	かし	270	240	390	42
くり、なら、おな及びけやき	210	180	300	30	

表 4 - 7 構造用集成材の繊維方向のヤング係数

(単位: 10^3kg f/cm^2)

樹	種	等級	E_{x-x}	E_{y-y} **
針葉樹	あかまつ, くろまつ及びべいまつ	特級	120	110
		1級	110	105
		2級	100	100
	からまつ, ひば, ひのき及びべいひ	特級	110	100
		1級	100	95
		2級	90	90
広葉樹	つが及びべいつが	特級	100	90
		1級	90	85
		2級	80	80
	もみ, えぞまつ, とどまつ, べにまつ, すぎ, べいすぎ及びスプルス	特級	90	80
		1級	80	75
		2級	70	70
広葉樹	みずなら, ふな, けやき, しおじ, たも, かば, いたやかえで, にれ及びアピトン	1級	90	85
		2級	80	80
	ラワン	1級	80	75
		2級	70	70

(注) * べいすぎ, ロッジポールポイン, ポンデローサパインは大径が17.5cm以下の小断面の構造用集成材の場合にのみ使用できる。

** 荷重方向またはたわみ方向と, 積層面とが平行な曲げ及び引張り, 圧縮の場合のヤング係数である。

表 4 - 8 製材の繊維方向のヤング係数

(単位: 10^3kg f/cm^2)

樹	種	E
針葉樹	I類 あかまつ, くろまつ及びべいまつ	100
	II類 からまつ, ひば, ひのき及びべいひ	90
	III類 つが及びべいつが	80
広葉樹	IV類 もみ, えぞまつ, とどまつ, べにまつ, すぎ, べいすぎ及びスプルス	70
	I類 かし	100
	II類 くり, なら, ふな及びけやき	80
III類 ラワン	70	

(注) * 気乾比重0.3以下のすぎに対しては, 表記の値70%をとる。
** なら, けやきについては, 平均年輪幅1mm以上のものとする。

4-2. 接合マニュアルの使い方

(1) 接合マニュアルの構成

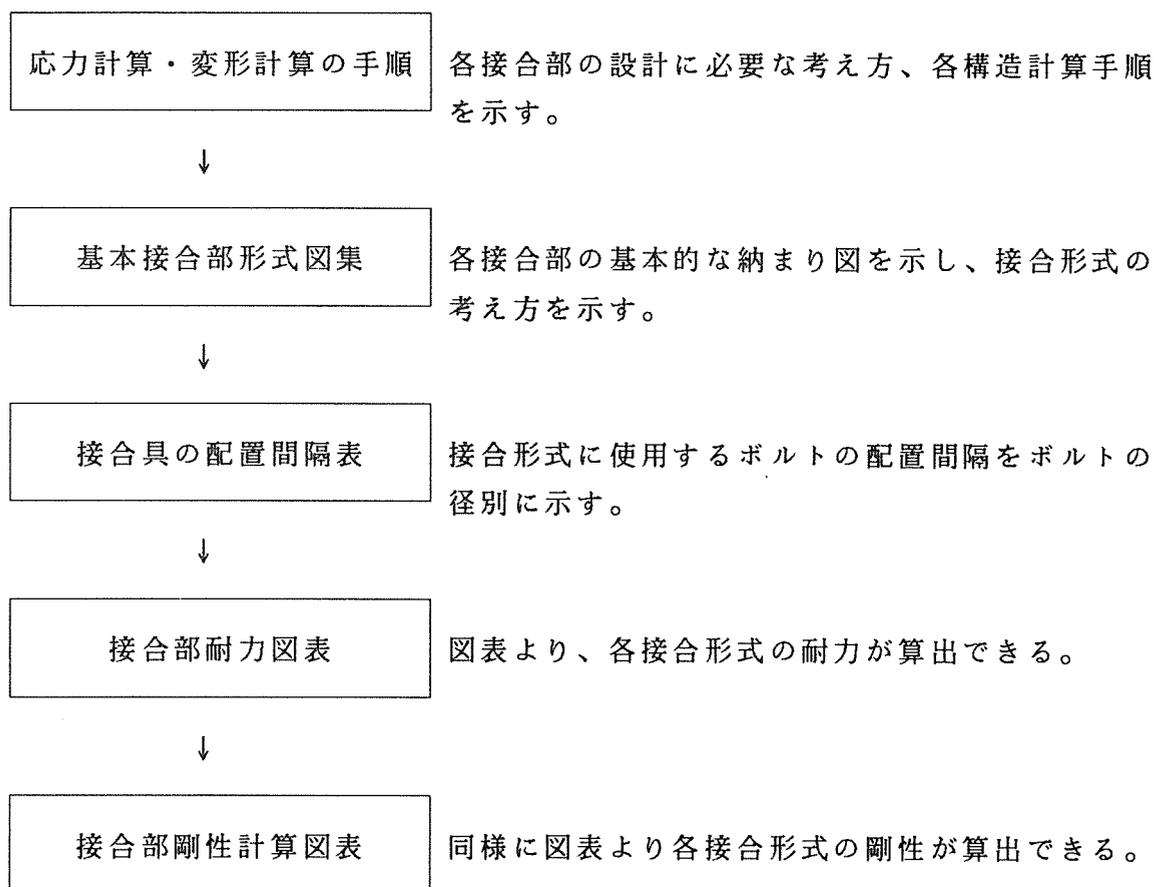
接合マニュアルは、前項で述べた条件に該当する大断面木造建築物を設計する場合、その接合部の設計に必要な構造計算の手順を解説し、その計算結果を図表に示したものである。

接合マニュアルでは、大断面木造建築物の応力計算、変形計算の手順は、「第5章 接合部の設計」に示し、計算手順の解説する。

接合部の基本的な納まりは、「第6章 基本接合部形式図集及び解説」に示し、接合部の形式を選択できる。

「第7章 接合部耐力及び剛性計算図表」では、第5章で解説した計算手法に基づいた計算結果を図表で示した。

接合マニュアルの構成を図示すると、次のとおりとなる。



このように、接合マニュアルは、設計した大断面木造建築物の各種の接合部の耐力及び応力を図表から容易に算出できることが可能となるものである。

(2) 当接合マニュアルを使用することで省略できる計算等

当接合マニュアルを使用することで省略できる計算および当マニュアルの該当箇所は以下の通りである。ただし、ここでいう接合具とは、ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューを指す。

①接合具の配置

接合部における接合具配置間隔（材端距離、縁端距離、繊維方向接合具間隔、列間隔）の最小値は、「7-1 接合具の配置間隔」の表から、接合具径、荷重角度に応じて求めることができる。

②接合具1本当りの許容せん断耐力

接合具1本当りの許容せん断耐力は、「7-2 各接合形式の接合具1本当りの耐力」の表から、接合形式、部材断面寸法、接合具径、荷重角度等に応じて求めることができる。この表では、接合具と鋼板の間の支圧を考慮してあるので、改めて検討する必要はない。複数本の接合具を用いた接合部では、原則として接合部のせん断力を本数で除した接合具1本当りのせん断力を算出し、許容耐力と比較すればよいが、接合部の断面欠損を考慮した木材および鋼板の各種応力に対する検討は、別途行う必要がある。

これにより、柱脚、登り梁継手、頂部ピン接合、筋違端部、その他における金物と木材の接合部の検討を行うことができる。

③柱-梁モーメント抵抗接合のドリフトピン配置

柱-梁モーメント抵抗接合のドリフトピン配置は、「6-4 柱-梁モーメント抵抗接合」により、ドリフトピンの径、材成に応じて選択することができる。

④柱-梁モーメント抵抗接合の許容耐力

柱-梁モーメント抵抗接合の許容耐力は、「7-6 モーメント抵抗接合耐力表」により、部材断面寸法、ドリフトピンの径、ドリフトピン配置に応じて、接合部応力（M、N、Q）の組合せとして求めることができる。この耐力表では、各ドリフトピンが負担する力の繊維直交方向成分に対して、割裂の検討を併せて行っているため、改めて割裂の検討をする必要はない。

⑤接合具1本当りのすべり剛性

接合具1本当りのすべり剛性は、「8-1 各接合形式の接合具1本当りの剛性」の表により、接合形式、部材断面寸法、接合具径、荷重角度等に応じて求めることができる。複数本の接合具を用いた接合部では、原則として接合具本数を乗じた値を接合部の剛性としてよい。これにより、筋違架構の変形計算における筋違端部の剛性、柱脚、頂部等における2次応力算出の際の接合部剛性等を求めることができる。

⑥モーメント抵抗接合回転剛性

モーメント抵抗接合の回転剛性は、「8-2 モーメント抵抗接合回転剛性表」により、部材断面寸法、ドリフトピンの径、ドリフトピン配置に応じて求めることができる。これにより、柱-梁接合部にモーメント抵抗接合を用いた3ヒンジアーチの変形計算に際しての接合部回転剛性が与えられる。

第5章 接合部等設計の解説

5-1 荷重外力の設定

荷重外力は、建築基準法施行令（以下、令と略す）第83条から第88条の規定に従って計算し、その荷重の組み合わせは令第82条による。

建築物の荷重に関しては、「建築物荷重指針・同解説(日本建築学会)」に詳しく解説されている。

(1) 荷重及び外力の種類(令第83条)

建築物に作用する荷重及び外力は、固定荷重(G)、積載荷重(P)、積雪荷重(S)、風圧力(W)、地震力(K)のほか、建築物の実況に応じて、土圧、水圧、振動及び衝撃による外力を採用する。

① 固定荷重(令第84条)

建物の各部の固定荷重は、令84条に示す表の数値によるか、又は当該建築物の実況に応じて計算する。

② 積載荷重(令第85条)

建築物の各部の積載荷重は、当該建築物の実況に応じて計算するか、令85条に示す数値によって計算する。

③ 積雪荷重(令第86条)

積雪荷重は、積雪の単位重量にその地方における垂直最深積雪量を乗じて計算する。

④ 風圧力(令第87条)

風圧力は、速度圧に風力係数を乗じて計算する。速度圧は、建築物の高さにより異なり、風力係数は建築物の形状によって異なる。

⑤ 地震力(令第88条)

建築物の地上部分の地震力については、当該建築物の各部分の高さに応じ、当該高さの部分に作用する全体の地震力として計算するものとし、その数値は、当該部分の固定荷重と積載荷重の和(多雪区域においては積雪荷重を加える)に当該高さにおける地震層せん断力係数を乗じて計算する。

以上の各荷重についての数値表、及び計算式は「建築基準法施行令」、又は「建築物荷重指針・同解説(日本建築学会)」を参考にされたい。

(2) 荷重の組み合わせ

建築物の構造計算を行う場合の荷重の組み合わせは、表5-1に示すように令第82条に規定されている。

ただし、防風時・地震時の荷重の組み合わせに用いる積載荷重(P)(S)は、建築物の転倒、柱の引抜きなどの検討をする場合において、建築物の実状に応じて減じたものとする。

表5-1 荷重の組み合わせ

応力の種類	荷重及び外力について想定する場合	一般の場合	多雪区域における場合
長期の応力	常時	$G + P$	$G + P + S$
短期の応力	積雪時	$G + P + S$	
	暴風時	$G + P + W$	$G + P + W$
			$G + P + S + W$
地震時	$G + P + K$	$G + P + S + K$	

5-2 架構のモデル化

架構のモデルは、梁間方向については3ヒンジアーチ、桁行方向は筋かいによるトラス構造とする。また、屋根面は筋かいによるトラス構造とする。

3ヒンジアーチについては、構造計算の仮定と実際の構造物の挙動に相違があってはならない。従って各接合部は以下のとおりとする

- ① 頂部は、ピン接合の金物を設けることとする。
- ② 柱脚部については、変形角が一定の範囲内に納まり、2次応力が生じないディテールとすること、又は2次応力の検討を行うことを前提として、ベースプレート状の金物でもピン接合として、モデル化ができるものとする。
- ③ 柱-梁のモーメント抵抗接合部及び登り梁の継手は、応力の算出に際しては剛接合と仮定してよいが、変形計算では、必要に応じてこれらの部分での変形を考慮する。

図5-1に3ヒンジアーチの例として、わん曲集成材を使用したディテールを示す。

これら接合部の詳細については、「6章 基本接合部形式図集及び解説」で解説する。

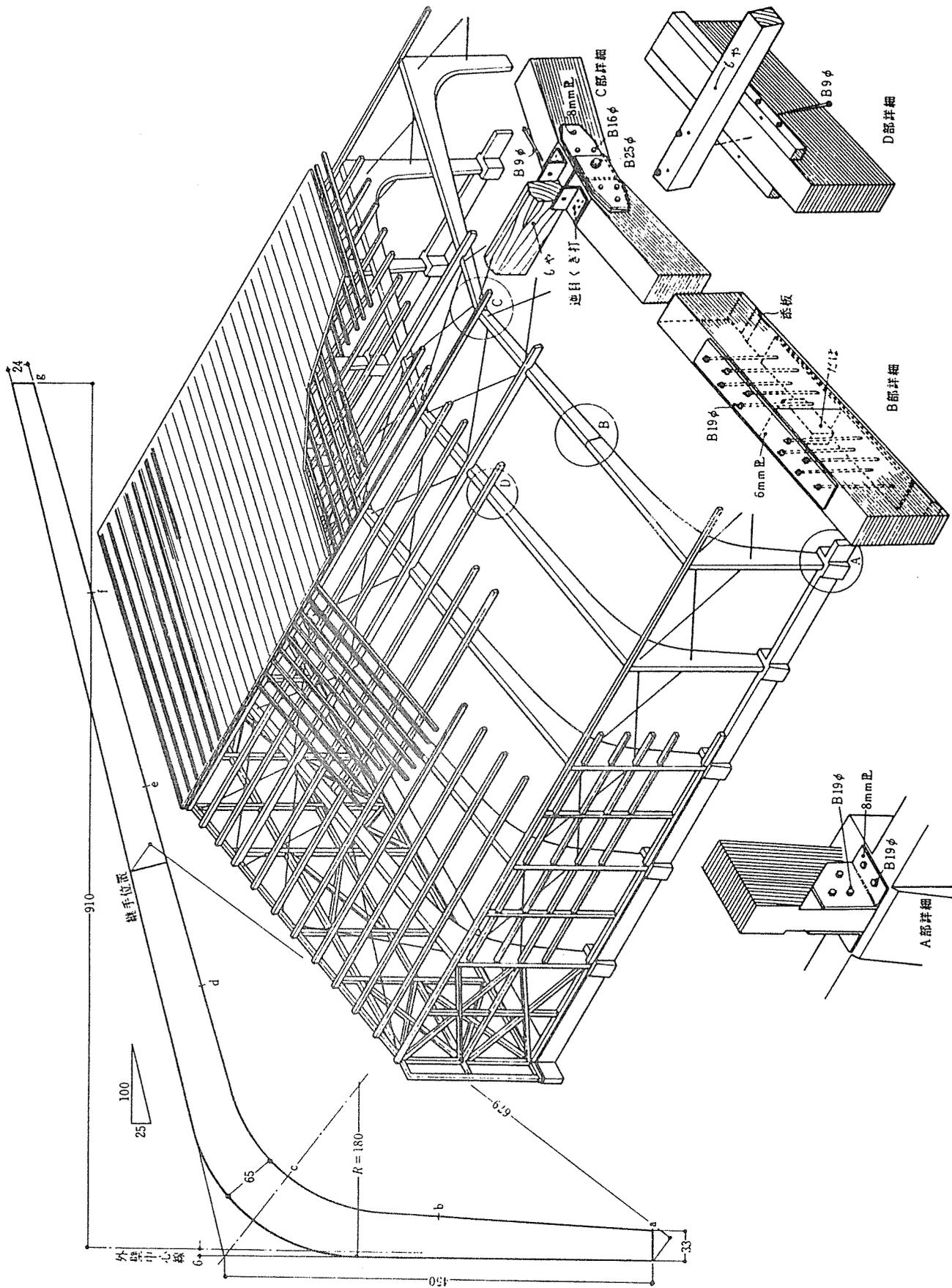
5-3 応力計算

梁間方向については、静定3ヒンジアーチとして想定される各種荷重外力の組み合わせに対して応力を計算する。

桁行方向については、筋かいによるトラスとして応力を求める。

3ヒンジアーチの頂部については、ピン接合からの距離に応じて金物と集成材の接合部に曲げモーメントが生じる。これらの応力についても併せて算出する。

屋根面筋かいについては、通常、風圧力による応力を算出し断面及び接合部の算定を行う。ただし、多雪区域においては、積雪によるアーチの鉛直変位にともなって、建築物の妻側に近い小屋筋かいに多大な応力が発生するので、注意が必要である。



ヒンジャーチの例(集成材建築編集委員会編)
 「集成材の造形とティール/建築設計技法の実際」
 エス・ピー・エス出版, 1981.9

図5-1 3ヒンジャーチの例(わん曲集成材)

5 - 4 断面算定

建築物の接合部の各部にかかる応力に対して、部材の全断面で応力度が許容応力度以下であることを確認する。

通直集成材を使用した柱-梁のモーメント抵抗接合部は、存在応力に対して、部材そのものの必要断面よりも接合部に用いるドリフトピンの配置間隔から断面が決まることが多い。集成材の許容応力度は、第4章で解説した。

部材の断面算定に必要な断面性能を表5-2に示す。

5 - 5 接合部の詳細

建築物の各接合部の設計は、以下のとおりである。

- ① 柱脚部は圧縮力を面タッチ(部材全断面の4分の1)で負担し、せん断を鋼板挿入又は、鋼板添え板金物で負担する。引抜きが生じる場合は金物で負担する。
- ② 3 ヒンジアーチの頂部は原則としてピンで金物を作り、せん断力と軸力を負担させる。
- ③ 登り梁の継手は、面タッチを期待せず、梁上下の鋼板添え板で曲げモーメントと軸力を、ダボでせん断力を負担するものとする。
- ④ 柱-梁のモーメント抵抗接合部は、ドリフトピンの円形配置とし、曲げ、せん断、軸力をドリフトピンで負担するものとする。

接合具(六角ボルト、ドリフトピン、ラグスクリュー)の配置間隔は、「木構造計算基準・同解説(日本建築学会)」による。

接合具の許容耐力は、「大断面木造建築物設計施工マニュアル(日本建築センター)」による。

接合具の配置間隔、及び許容耐力は「7章 接合部耐力及び剛性計算図表」で解説する。

5 - 6 基礎の設計

基礎は、柱が負担する鉛直荷重を支えるとともに、地震力、風圧力により生ずる柱の引抜きにも十分に対応できる設計とし、基礎と柱脚金物は直接緊結するのが有効である。

また、基礎ばりを設けて水平に開きに注意する。

表5-2 部材の断面性能表

部材の断面性能表

		X-X 軸			Y-Y 軸		
断面寸法 B×H(cm×cm)	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次 モーメント (cm ⁴)	断面2次 半径 (cm)	断面係数 (cm ³)	断面2次 モーメント (cm ⁴)	断面2次 半径 (cm)
9.0 × 30.0	270	1350	20250	8.7	405	1823	2.6
9.0 × 40.0	360	2400	48000	11.5	540	2430	2.6
9.0 × 50.0	450	3750	93750	14.4	675	3038	2.6
9.0 × 60.0	540	5400	162000	17.3	810	3645	2.6
9.0 × 70.0	630	7350	257250	20.2	945	4253	2.6
9.0 × 80.0	720	9600	384000	23.1	1080	4860	2.6
9.0 × 90.0	810	12150	546750	26.0	1215	5468	2.6
9.0 × 100.0	900	15000	750000	28.9	1350	6075	2.6
9.0 × 110.0	990	18150	998251	31.8	1485	6683	2.6
9.0 × 120.0	1080	21600	1296000	34.6	1620	7290	2.6
10.5 × 30.0	315	1575	23625	8.7	551	2894	3.0
10.5 × 40.0	420	2800	56000	11.5	735	3859	3.0
10.5 × 50.0	525	4375	109375	14.4	919	4823	3.0
10.5 × 60.0	630	6300	189000	17.3	1103	5788	3.0
10.5 × 70.0	735	8575	300125	20.2	1286	6753	3.0
10.5 × 80.0	840	11200	448000	23.1	1470	7718	3.0
10.5 × 90.0	945	14175	637875	26.0	1654	8682	3.0
10.5 × 100.0	1050	17500	875000	28.9	1838	9647	3.0
10.5 × 110.0	1155	21175	1164630	31.8	2021	10612	3.0
10.5 × 120.0	1260	25200	1512000	34.6	2205	11576	3.0
12.0 × 30.0	360	1800	27000	8.7	720	4320	3.5
12.0 × 40.0	480	3200	64000	11.5	960	5760	3.5
12.0 × 50.0	600	5000	125000	14.4	1200	7200	3.5
12.0 × 60.0	720	7200	216000	17.3	1440	8640	3.5
12.0 × 70.0	840	9800	343000	20.2	1680	10080	3.5
12.0 × 80.0	960	12800	512000	23.1	1920	11520	3.5
12.0 × 90.0	1080	16200	729000	26.0	2160	12960	3.5
12.0 × 100.0	1200	20000	1000000	28.9	2400	14400	3.5
12.0 × 110.0	1320	24200	1331000	31.8	2640	15840	3.5
12.0 × 120.0	1440	28800	1728000	34.6	2880	17280	3.5
13.0 × 30.0	390	1950	29250	8.7	845	5493	3.8
13.0 × 40.0	520	3467	69333	11.5	1127	7323	3.8
13.0 × 50.0	650	5417	135417	14.4	1408	9154	3.8
13.0 × 60.0	780	7800	234000	17.3	1690	10985	3.8
13.0 × 70.0	910	10617	371583	20.2	1972	12816	3.8
13.0 × 80.0	1040	13867	554667	23.1	2253	14647	3.8
13.0 × 90.0	1170	17550	789750	26.0	2535	16478	3.8
13.0 × 100.0	1300	21667	1083330	28.9	2817	18308	3.8
13.0 × 110.0	1430	26217	1441920	31.8	3098	20139	3.8
13.0 × 120.0	1560	31200	1872000	34.6	3380	21970	3.8
15.0 × 30.0	450	2250	33750	8.7	1125	8438	4.3
15.0 × 40.0	600	4000	80000	11.5	1500	11250	4.3
15.0 × 50.0	750	6250	156250	14.4	1875	14063	4.3
15.0 × 60.0	900	9000	270000	17.3	2250	16875	4.3
15.0 × 70.0	1050	12250	428750	20.2	2625	19688	4.3
15.0 × 80.0	1200	16000	640000	23.1	3000	22500	4.3
15.0 × 90.0	1350	20250	911250	26.0	3375	25313	4.3
15.0 × 100.0	1500	25000	1250000	28.9	3750	28125	4.3
15.0 × 110.0	1650	30250	1663750	31.8	4125	30938	4.3
15.0 × 120.0	1800	36000	2160000	34.6	4500	33750	4.3
17.0 × 30.0	510	2550	38250	8.7	1445	12283	4.9
17.0 × 40.0	680	4533	90667	11.5	1927	16377	4.9
17.0 × 50.0	850	7033	177033	14.4	2408	20471	4.9
17.0 × 60.0	1020	10200	306000	17.3	2890	24565	4.9
17.0 × 70.0	1190	13883	485916	20.2	3372	28659	4.9
17.0 × 80.0	1360	18133	725333	23.1	3853	32753	4.9
17.0 × 90.0	1530	22950	1032750	26.0	4335	36848	4.9
17.0 × 100.0	1700	28333	1416670	28.9	4817	40942	4.9
17.0 × 110.0	1870	34283	1885580	31.8	5298	45036	4.9
17.0 × 120.0	2040	40800	2448000	34.6	5780	49130	4.9
22.0 × 30.0	660	3300	49500	8.7	2420	26620	6.4
22.0 × 40.0	880	5667	117333	11.5	3227	35493	6.4
22.0 × 50.0	1100	9167	229167	14.4	4033	44367	6.4
22.0 × 60.0	1320	13200	396000	17.3	4840	53240	6.4
22.0 × 70.0	1540	17967	628833	20.2	5647	62113	6.4
22.0 × 80.0	1760	23467	938667	23.1	6453	70987	6.4
22.0 × 90.0	1980	29700	1336500	26.0	7260	79860	6.4
22.0 × 100.0	2200	36667	1833330	28.9	8067	88733	6.4
22.0 × 110.0	2420	44367	2440170	31.8	8873	97607	6.4
22.0 × 120.0	2640	52800	3168000	34.6	9680	106480	6.4

5-7 わん曲集成材の肩の設計

3ヒンジアーチにわん曲集成材を用いる場合の肩の部分の設計に際しては、日本建築学会「木構造計算規準」に従うこととする。

すなわち、成が一定の長方形断面わん曲材の場合は(式1)および(式2)（曲げモーメントが湾曲を減ずる方向に働くとき）、または(式1)および(式3)（曲げモーメントが湾曲を減ずる方向に働くとき）を満たすこととする。長方形変断面のわん曲材の場合は(式2)および(式3)の σ_R の算出に当たって(式4)を用いることとする。

$$\sigma_b < f'_b \quad (\text{式1})$$

ただし、 σ_b : 曲げ応力度

f'_b : 許容曲げ応力度

$$f'_b = k f_b$$

$$k = 1 - 2000 (t / \rho)^2$$

t : ラミナ厚 (cm)

ρ : わん曲の中心線における曲率半径 (cm)

$$\sigma_R < (1/3) f_s \quad (\text{式2})$$

$$\sigma_R < f_{\perp} \quad (\text{式3})$$

ただし、 σ_R : 曲げモーメントによる半径方向の最大応力度

$$\sigma_R = \frac{3M}{2\rho b h}$$

M : 曲げモーメント

ρ : わん曲の中心線における曲率半径 (cm)

b : 材幅 (cm)

h : 断面のせい (cm)

f_s : 許容せん断応力度

f_{\perp} : 繊維に直角方向の許容圧縮応力度

$$\sigma_R = K\rho \frac{6M}{b h} \quad (\text{式4})$$

ただし、 $K\rho$: 半径方向応力係数

$$K\rho = A + B \left(\frac{h}{\rho_m} \right) + C \left(\frac{h}{\rho_m} \right)^2$$

A, B, C : 表5-1に示す係数

ρ_m : わん曲部分中央の曲率半径 (図5-2参照)

(式1)で明らかのように、 (t/ρ) が大きいほど許容曲げ応力度は小さくなるが、構造用大断面集成材の日本農林規格によれば、わん曲の最も内側の最小曲率半径でもラミナ厚 t の100倍以上であるので、 (t/ρ) が1/100を超えることは考えられない。

表5-3 半径方向応力係数 $K\rho$ を計算するための係数

θ	A	B	C
(0.0)	(0.0)	(0.2500)	(0.0)
2.5	0.0079	0.1747	0.1284
5.0	0.0174	0.1251	0.1939
7.5	0.0279	0.0937	0.2162
10.0	0.0391	0.0754	0.2119
15.0	0.0629	0.0619	0.1722
20.0	0.0893	0.0608	0.1393
25.0	0.1214	0.0605	0.1238
30.0	0.1649	0.0603	0.1115

[注] θ はわん曲材と水平部材との勾配 (図5-2 参照)

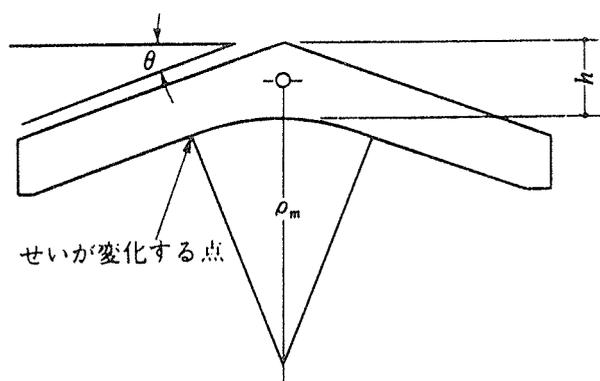


図5-2

5-8 変形計算

わん曲集成材を使用する梁間方向3ヒンジアーチの変形は部材の曲げ変形による。ただし、通直材を使用する柱-梁モーメント抵抗接合とする場合は、接合部の回転剛性を考慮して接合部の回転剛性を加算する。

桁行筋かい架構の変形計算で集成材の筋かいを用いる場合は、接合部変形を考慮して等価剛性を用いるか、接合部バネを含むモデルとする。

接合部の剛性は「7章 接合部耐力及び剛性計算図表」で解説する。

5-9 施工上の注意

施工現場での接合部のたて方時の注意事項は以下のとおりである。

(1) モーメント抵抗接合部

- ①ドリフトピンの縁距離、及び六角ボルトの間隔を確保すること。
- ②ドリフトピンは同列繊維方向に連続して配置すると、母材の割れを生じる場合があるので注意すること。
- ③ドリフトピンのモーメント抵抗接合は、穴とドリフトピンのガタがないことが理想である。このため、現場で穴をあけるなどして、穴のガタをなくすように注意する。

(2) 梁-梁の上下鋼板添え板+ラグスクリュー接合部

- ①軸力は全て、鋼板添え板による伝達とし、梁部材の面タッチは期待しない。
- ②せん断力は、だぼ材、又はジベル等で伝達する設計とする。だぼ材のウッドタッチの精度を確保するか、接着剤を併用する。

(3) 木口による軸力伝達接合

- ①木口は、プレート面に密着するように切断していますが、精度が十分でないのでM、軸力に対する計算は、安全率を考慮すること。

(4) センタースリット型の柱脚、頂部の接合部

センタースリット型の柱脚、頂部の接合部は、建て方時に施工応力が加わることがあり、割れが生じることがあるので注意する。

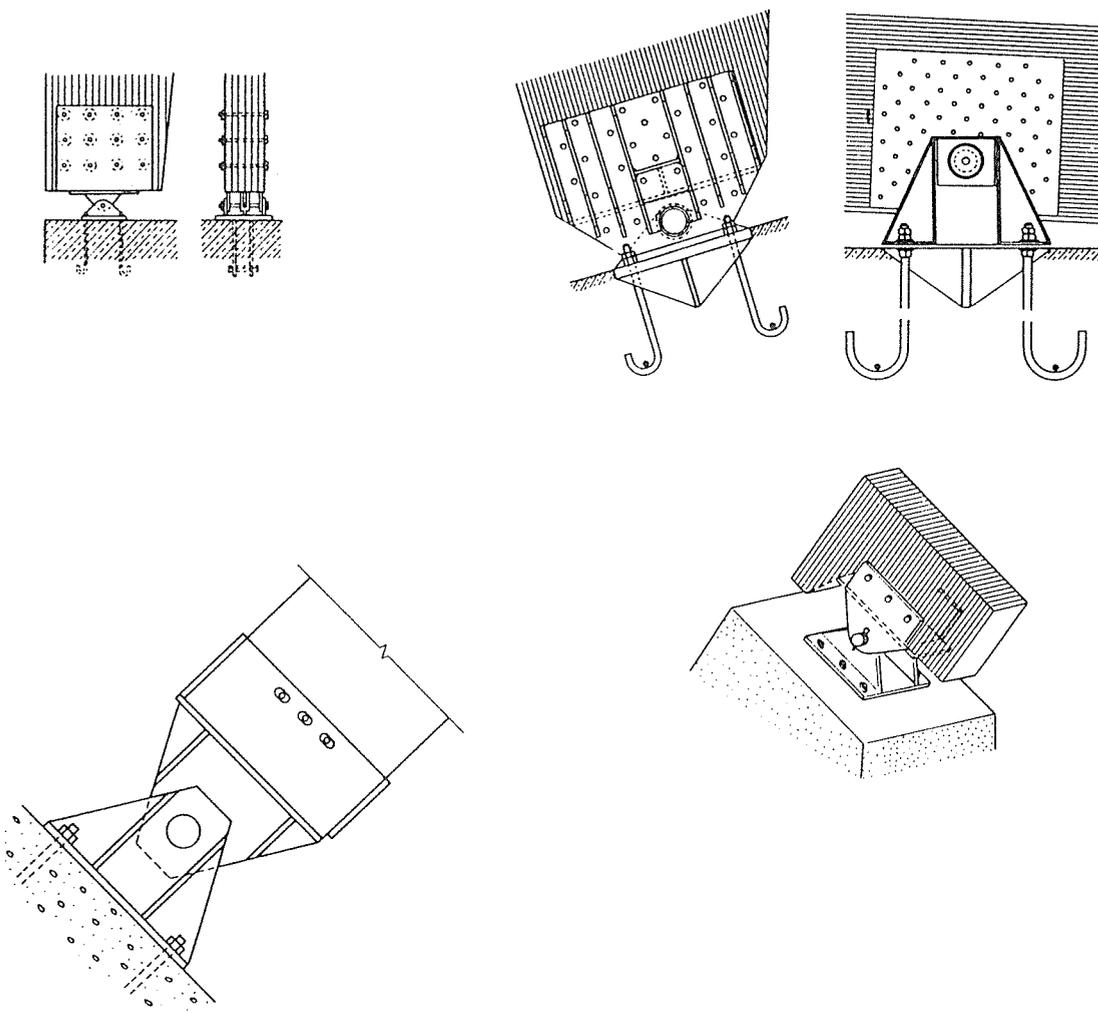
施工上の注意に注意については、「設計・施工を結ぶ集成材建築物施工のガイドライン(財)日本住宅・木材技術センター、日本集成材工業協同組合」に詳しく解説しあるので参考にされたい。

第6章 基本接合部形式図集及び解説

接合マニュアルで設計では、3ヒンジアーチの接合部をピン接合と仮定して構造計算を行うこととしている。そこで、本章では建築物の各接合部において、基本的なピン接合のディテールを紹介する。図は前年度の当報告書及び「大断面木造建築物設計施工マニュアル(日本建築センター)」より引用した。

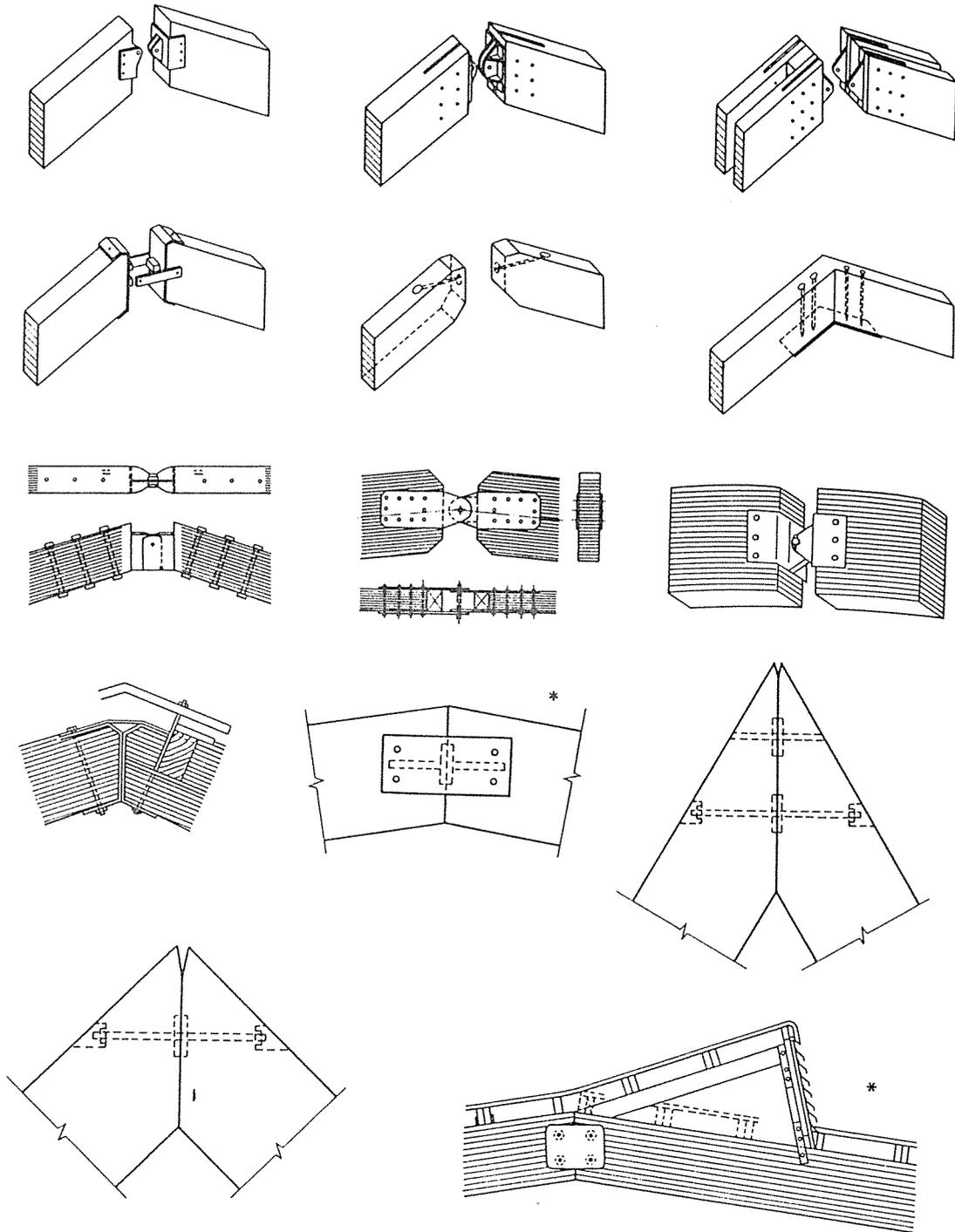
6-1 柱脚部

柱脚は、鉄板挿入式や鉄板添え板式の金物を用いて、直接基礎と緊結するのが有効である。柱脚部には、2次応力、偏心などにより不利な応力が生じない設計を行う必要がある。



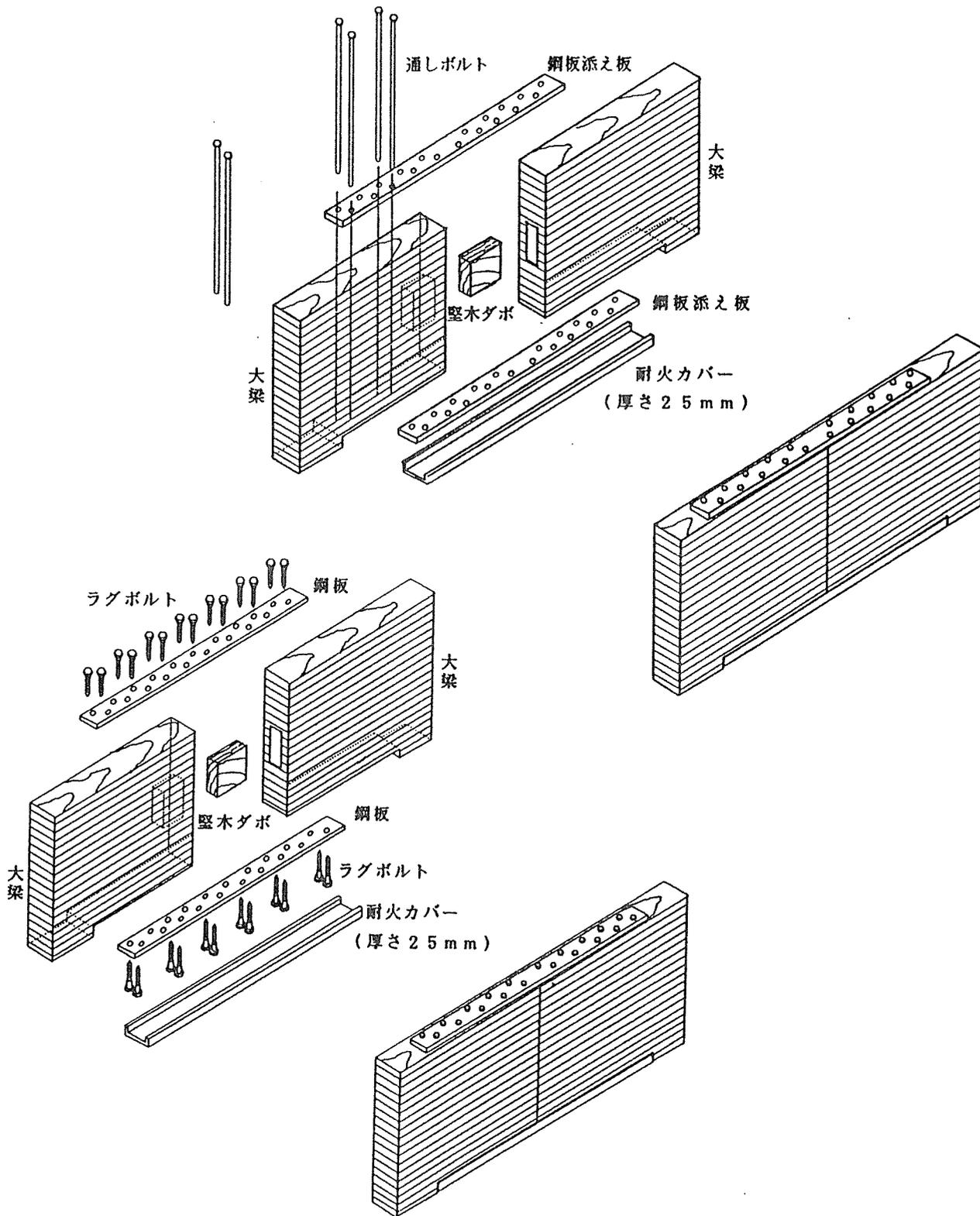
6 - 2 頂部

アーチの頂部は、軸力とせん断力を伝達させるように接合する。特に大きな力が作用する頂部の接合では、モーメントにより不要な2次応力が生じ、割裂きが生じないようにピン接合の設計を行う。



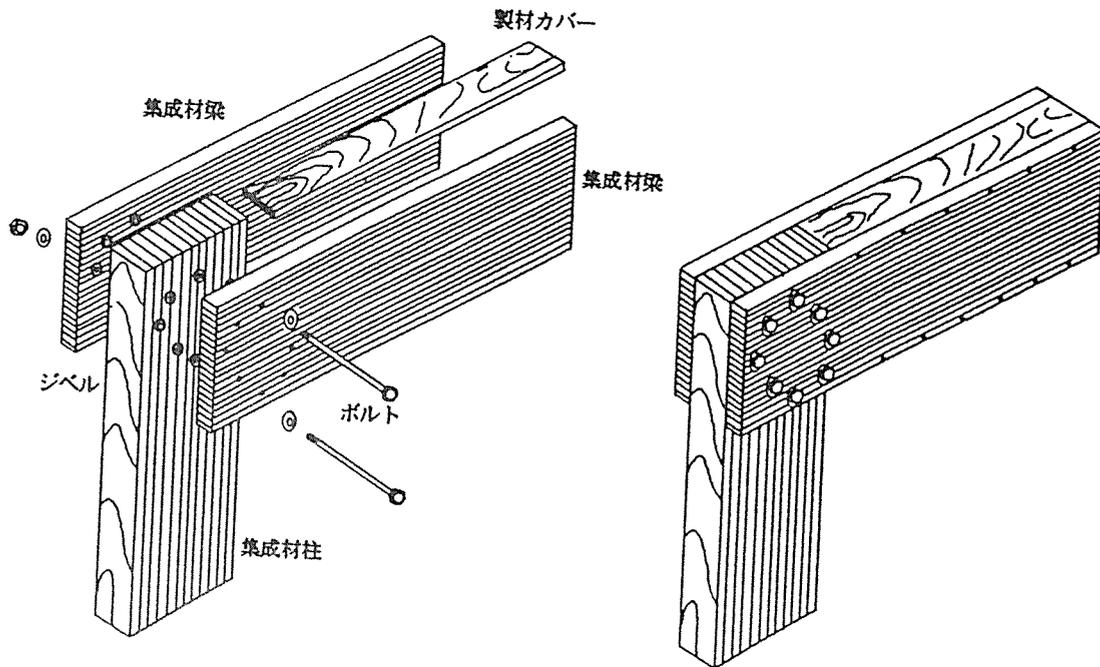
6-3 梁の継手

横架材は1本ものを使用する事が望ましいが、輸送上等の理由でたて継ぎを行う場合は、上下鋼板添え板+六角ボルト又はラグスクリュー接合とする。接合面には、ダボを入れてせん断力を負担させる。



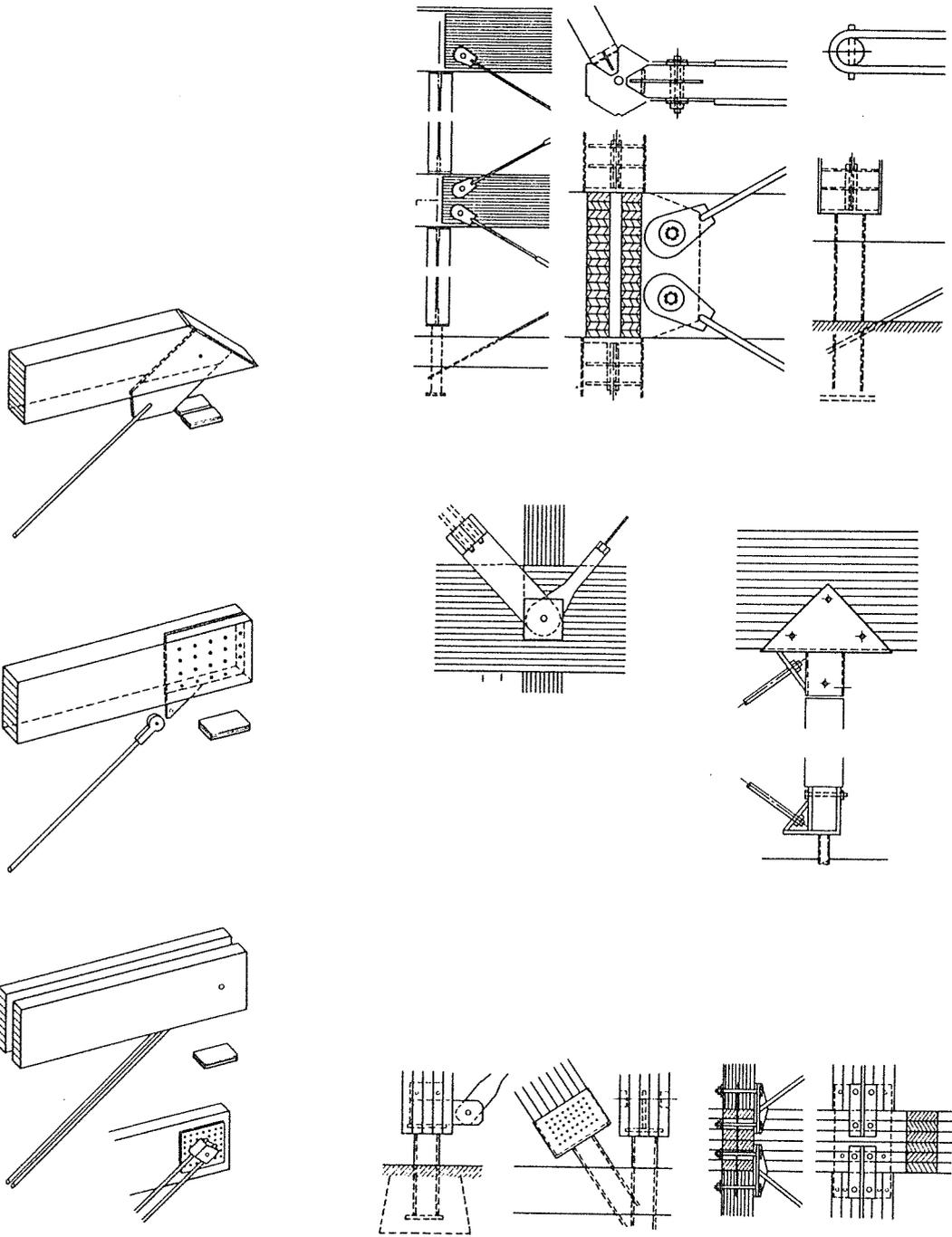
6-4 柱-梁モーメント抵抗接合

接合具(ドリフトピン等)の配置は円形配置とする。四角形配置は接合具がラミナ方向に1列に並び、接合具間での割れが生じ易く、その割れは柱脚まで大きく割れる恐れがある。円形配置でも2重円、3重縁とした場合は、接合具の間隔に注意して配置を決めることが大切である。



6-5 筋かいの端部

筋かいの端部はボルト、金物を使用して、基礎、柱、横架材等と接合する。この時、筋かいに生じる引張力、又は圧縮力が基礎、柱、横架材等に伝達されるようにし、柱脚、柱頭金物における接合部に有害な2次応力を生じないようにする。



第7章 接合部耐力計算図表

本章では、接合部に使用する接合具(六角ボルト、ドリフトピン等)の1本の耐力値と、接合具の配置間隔を「大断面木造建築物設計施工マニュアル(日本建築センター)」を参考して計算し、図表に示したものである。

7-1 接合具の配置間隔

接合具(六角ボルト、ドリフトピン等)の配置間隔は以下による。

(1) 木材の繊維方向の加力を受ける場合

- ①材端距離(e_1): ボルト径の7倍以上。ただし、材端部に応力が生じない場合はボルト径の4倍以上。
- ②縁端距離(e_2): ボルト径の1.5倍以上。
- ③木材の繊維方向の接合具間隔(s): ボルト径の7倍以上。
- ④ボルト列間隔(r): ボルト径の2.5倍以上。

(2) 木材の繊維に直角方向の加力を受ける場合

- ①材端距離(e_1): ボルト径の7倍以上。
- ②縁端距離(e_2): ボルト径の4倍以上。ただし、縁端部に応力が生じない場合はボルト径の1.5倍以上。
- ③木材の繊維方向の接合具間隔(s): ボルト径の5倍以上。
- ④ボルト列間隔(r): ボルト径の4倍以上。

(3) 木材の繊維に傾斜する方向の加力を受ける場合

- ①加力方向と繊維方向のなす角が10度以下の場合: (1)の数値。
- ②加力方向と繊維方向のなす角が10度を超え、70度未満の場合: (1)と(2)の数値を直線補完した値。

以上の条件を基に、接合具の径が12mm、16mm、20mm、24mmの場合の最小配置間隔を表7-1に示す。

表中の数値は、接合具の径別、加力方向の角度別に配置間隔を示したものである。

接合部を設計する場合は、この表を参考にして、ボルト等の配置を決めなければならない。

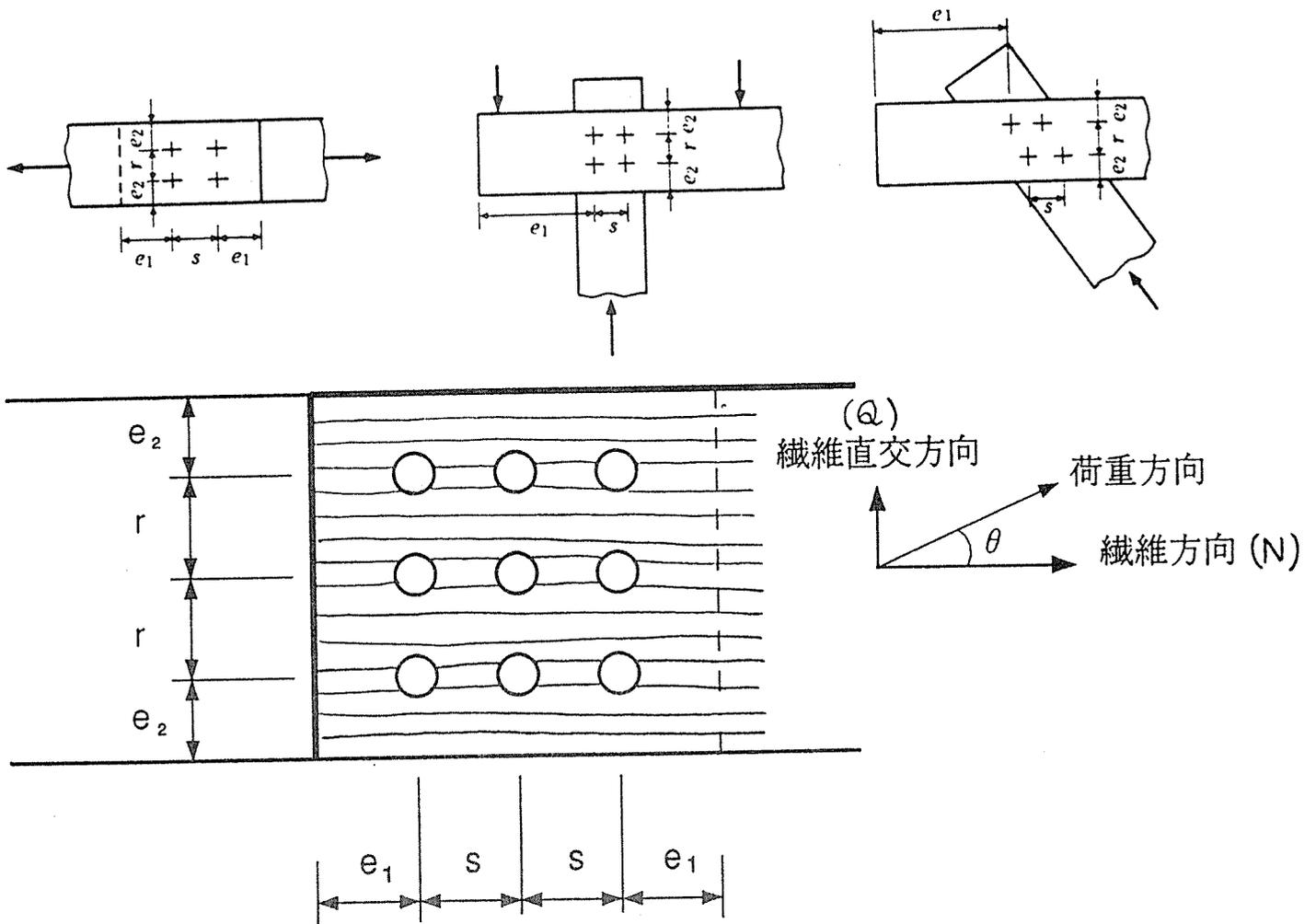


表 7 - 1 接合具の最小配置間隔表

ボルト径 (mm)	部位	寸法 (mm)									
		N, Q の組合せ荷重方向 (度) = θ									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
12	e1	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
	e2	18	18	23	28	33	38	43	48	48	48
	S	84	84	80	76	72	68	64	60	60	60
	r	30	30	33	36	39	42	45	48	48	48
16	e1	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
	e2	24	24	31	38	44	51	58	64	64	64
	S	112	112	107	102	96	91	86	80	80	80
	r	40	40	44	48	52	56	60	64	64	64
20	e1	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	e2	30	30	39	47	55	64	72	80	80	80
	S	140	140	134	127	120	114	107	100	100	100
	r	50	50	55	60	65	70	75	80	80	80
24	e1	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
	e2	36	36	46	56	66	76	86	96	96	96
	S	168	168	160	152	144	136	128	120	120	120
	r	60	60	66	72	78	84	90	96	96	96

7-2 各接合形式の接合具1本当たりの耐力

大断面木造建築物の接合部の接合具は、六角ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューが挙げられ、一般に、せん断力に期待するもの(アンカーボルト以外)として使用する。「大断面木造建築物設計施工マニュアル(日本建築センター)」では、径が同じであれば、これらの接合具の許容せん断耐力は全て同じ値としている。(ただし、ドリフトピン、及びラグスクリューは、接合形式の制限がある。)

ここでは、以下の条件の組み合わせでせん断耐力を計算し、表7-2に示す六角ボルトの長期許容せん断耐力表を作成した。

(1) 主材の種類

針葉樹：A1類、A2類、B1類(それぞれ1級とする)

主材幅：150mm, 170mm, 220mm

(2) 側材の種類

① 木材：針葉樹 A1類、A2類、B1類(それぞれ1級とする)

木材幅：90mm, 105mm, 130mm, 150mm, 170mm, 220mm

② 鋼材：一般構造用圧延鋼材(JIS G 3101)SS400相当

鋼材幅：6mm, 9mm, 12mm, 16mm

(3) 接合形式

接合形式の種類を図7-1に示す。

① 形式 A1, A2

木材-木材の二面せん断：(1)主材・側材とも繊維平行方向
(2)主材の繊維に直交方向
(3)側材の繊維に直交方向

② 形式 D

木材-木材の一面せん断：(1)主材・側材とも繊維平行方向
(2)主材の繊維に直交方向
(3)側材の繊維に直交方向

③ 形式 B

木材-鋼材の二面せん断：(1)主材の繊維に平行方向
(2)主材の繊維に直交方向

④ 形式 C

木材-鋼材の一面せん断：(1)主材の繊維に平行方向
(鋼板挿入式) (2)主材の繊維に直交方向

⑤ 形式 E

木材-鋼材の一面せん断：(1)主材の繊維に平行方向
(鋼板添え板式) (2)主材の繊維に直交方向

(4) 接合具の径

六角ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューの径：12mm, 16mm, 20mm, 24mm

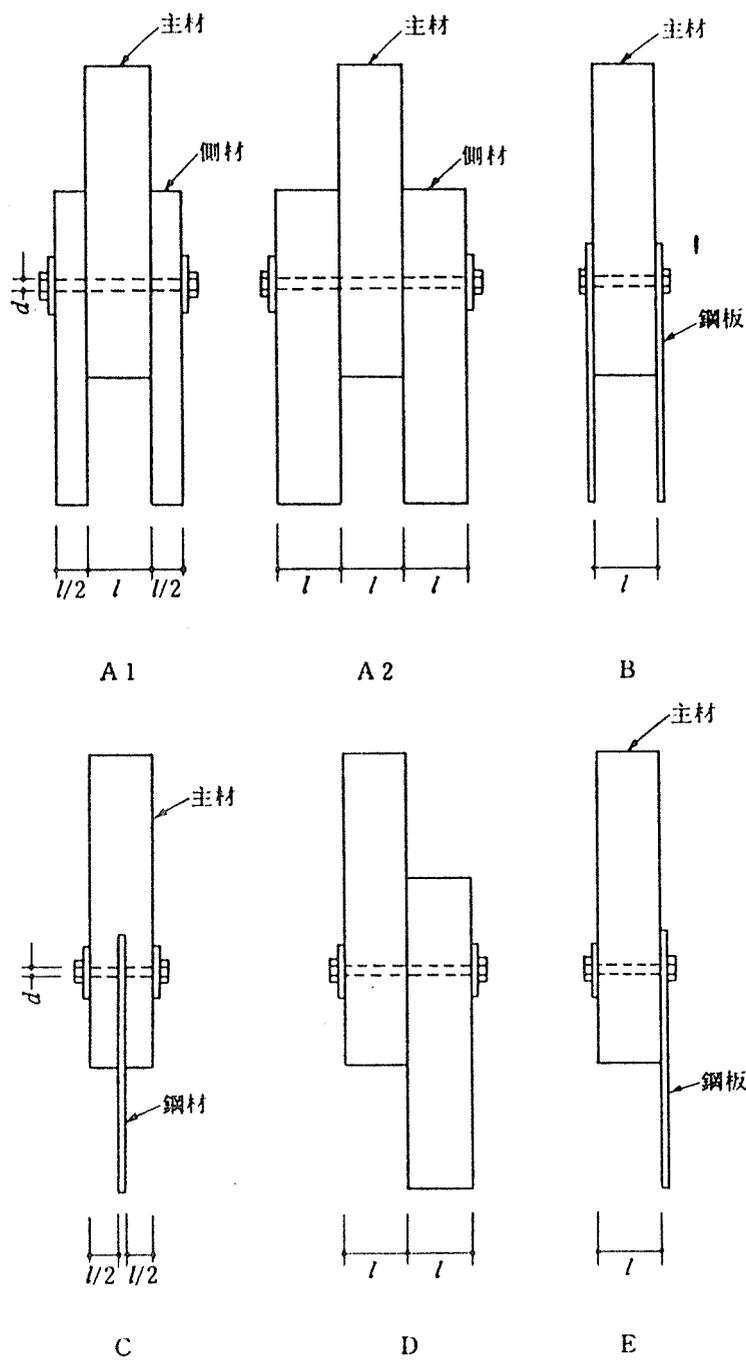


図7-1 接合形式の種類

図7-1に示す接合形式のうち、ドリフトピンを使用した場合の接合形式は、AタイプとCタイプのみとし、六角ボルト等による開き止めを設ける必要がある。

ラグスクリューの接合形式は、Eタイプのみとし、ボルトの有効挿入長さとボルト径の比(l/d)は8以上とする。

表7-2 六角ボルトの長期許容せん断耐力表

主材	側材	側材 接合形式	90			105			130			150			170			220					
			12	16	24	12	16	24	12	16	24	12	16	24	12	16	24	12	16	24			
A1 (米松)	側材厚 (mm)	ボルト径 (mm)	407	724	1457	407	724	1131	1590	407	724	1131	1629	407	724	1131	1629	407	724	1131	1629		
			308	547	1080	308	547	855	1080	308	547	855	1080	308	547	855	1080	308	547	855	1080		
			301	457	902	308	494	693	936	308	547	768	1011	308	547	835	1083	308	547	855	1162	308	547
	A1 (米松)	主・側 (縦維平行)	主材 (縦維直交)	204	362	728	204	362	566	795	204	362	566	815	204	362	566	815	204	362	566	815	
				154	274	418	528	154	274	418	541	154	274	418	541	154	274	418	541	154	274	418	541
				150	229	328	451	154	247	347	468	154	274	384	506	154	274	418	541	154	274	428	581
150mm厚 鋼板	側材厚 (mm)	ボルト径 (mm)	576	1024	1600	2304	576	1024	1600	2304	576	1024	1600	2304	576	1024	1600	2304	576	1024	1600	2304	
			364	648	900	1080	364	648	900	1080	364	648	900	1080	364	648	900	1080	364	648	900	1080	
			298	480	721	1022	296	477	720	1001	298	475	719	979	289	472	717	950	289	472	717	950	
	鋼板	主材 (縦維平行)	主材 (縦維直交)	545	914	1281	1731	534	904	1270	1720	522	893	1259	1711	507	879	1245	1698	507	879	1245	1698
				288	512	800	1152	288	512	800	1152	288	512	800	1152	288	512	800	1152	288	512	800	1152
				182	324	470	612	182	324	470	612	182	324	470	612	182	324	470	612	182	324	470	612

鋼板挿入式における鋼板と主材との隙間は、合計で2mmとした。

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= AI (べいまつ) 鋼材の樹種= AI (べいまつ)

主材巾 (cm)= 17

木-木、二面せん断

A型

鋼材巾 (cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径 (cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	407 724 1123 1457	407 724 1131 1590	407 724 1131 1629	407 724 1131 1629	407 724 1131 1629	407 724 1131 1629
主材が上	308 547 855 1171	308 547 855 1224	308 547 855 1224	308 547 855 1224	308 547 855 1224	308 547 855 1224
鋼材が上	301 457 656 902	308 494 693 936	308 547 768 1011	308 547 835 1083	308 547 855 1162	308 547 855 1232

木-木、一面せん断

D型

鋼材巾 (cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径 (cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	204 362 562 728	204 362 566 795	204 362 566 815	204 362 566 815	204 362 566 815	204 362 566 815
主材が上	154 274 428 562	154 274 428 581	154 274 428 581	154 274 428 581	154 274 428 581	154 274 428 581
鋼材が上	150 229 328 451	154 247 347 468	154 274 384 506	154 274 418 541	154 274 428 581	154 274 428 616

木-鉄、二面せん断

B型

鉄板厚 (cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径 (cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304
主材が上	364 648 1012 1224	364 648 1012 1224	364 648 1012 1224	364 648 1012 1224

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚 (cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径 (cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	549 976 1361 1808	589 958 1348 1795	529 940 1336 1783	515 916 1320 1767
主材が上	318 499 735 1035	315 496 732 1033	312 493 730 1032	308 489 727 1031

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚 (cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径 (cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152
主材が上	182 324 506 654	182 324 506 654	182 324 506 654	182 324 506 654

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= AI (べいまつ) 側材の樹種=AI (べいまつ)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・側II	407 724 1123 1457 407 724 1131 1590 407 724 1131 1629 407 724 1131 1629 407 724 1131 1629					
主材が上	308 547 855 1171 308 547 855 1232 308 547 855 1232 308 547 855 1232 308 547 855 1232					
側材が上	301 457 656 902 308 494 693 936 308 547 788 1011 308 547 835 1063 308 547 855 1162 308 547 855 1232					

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・側II	204 362 562 728 204 362 566 795 204 362 566 815 204 362 566 815 204 362 566 815					
主材が上	154 274 428 585 154 274 428 616 154 274 428 616 154 274 428 616 154 274 428 616					
側材が上	150 229 328 451 154 247 347 468 154 274 384 506 154 274 418 541 154 274 428 581 154 274 428 616					

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4	
主・側II	576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304	
主材が上	364 648 1012 1457 364 648 1012 1457 364 648 1012 1457 364 648 1012 1457 364 648 1012 1457	

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4	
主・側II	555 987 1542 2052 547 973 1520 2036 539 959 1498 2020 529 940 1469 1999 529 940 1469 1999	
主材が上	351 561 792 1078 346 556 788 1074 341 552 784 1071 334 547 778 1066 334 547 778 1066	

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4	
主・側II	288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152	
主材が上	182 324 506 729 182 324 506 729 182 324 506 729 182 324 506 729 182 324 506 729	

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種=A1 (べいまつ) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 15

木一木、二面せん断

A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	400	711	1076	1401	400	711	1112	1601	400	711	1112	1601
主材が上	305	542	847	1080	305	542	847	1080	305	542	847	1080
側材が上	264	409	596	829	288	438	623	852	288	438	623	852

木一木、一面せん断

D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	200	356	538	700	200	356	556	762	200	356	556	800
主材が上	152	271	415	512	152	271	415	537	152	271	415	537
側材が上	132	205	298	414	144	219	312	426	144	219	312	426

木一鉄、二面せん断

B型

鉄板厚(cm)	0.6		0.9		1.2		1.6	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	576	1024	1600	2304	576	1024	1600	2304
主材が上	364	648	900	1080	364	648	900	1080

木一鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6		0.9		1.2		1.6	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	545	914	1281	1731	534	904	1270	1720
主材が上	298	480	721	1022	296	477	720	1001

木一鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6		0.9		1.2		1.6	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	288	512	800	1152	288	512	800	1152
主材が上	182	324	470	612	182	324	470	612

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= A1 (べいまつ) 鋼材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・鋼	400 711 1076 1401 400 711 1112 1523 400 711 1112 1601 400 711 1112 1601 400 711 1112 1601					
主材が上	305 542 847 1132 305 542 847 1219 305 542 847 1219 305 542 847 1219 305 542 847 1219					
鋼材が上	264 409 596 829 288 438 623 852 288 493 681 907 288 512 735 963 288 512 793 1025 288 512 800 1152					

木-木、一面せん断 D型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・鋼	200 356 538 700 200 356 556 762 200 356 556 800 200 356 556 800 200 356 556 800					
主材が上	152 271 423 547 152 271 423 577 152 271 423 577 152 271 423 577 152 271 423 577					
鋼材が上	132 205 298 414 144 219 312 426 144 247 340 454 144 256 367 481 144 256 396 512 144 256 400 576					

木-鉄、二面せん断 B型

鋼材巾(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4			
主・鋼	576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304			
主材が上	364 648 1012 1224 364 648 1012 1224 364 648 1012 1224 364 648 1012 1224			

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鋼材巾(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4			
主・鋼	549 976 1361 1808 539 958 1348 1795 529 940 1336 1783 515 916 1320 1767			
主材が上	318 499 785 1035 315 496 732 1033 312 493 730 1032 308 489 727 1031			

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鋼材巾(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4			
主・鋼	288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152			
主材が上	182 324 506 654 182 324 506 654 182 324 506 654 182 324 506 654			

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= A1 (べいまつ) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	400 711 1076 1401	400 711 1112 1523	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601
主材が上	305 542 847 1132	305 542 847 1219	305 542 847 1219	305 542 847 1219	305 542 847 1219	305 542 847 1219
側材が上	264 409 596 829	288 438 623 852	288 493 681 907	288 512 735 963	288 512 793 1025	288 512 800 1152

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	200 356 538 700	200 356 556 762	200 356 556 800	200 356 556 800	200 356 556 800	200 356 556 800
主材が上	152 271 423 566	152 271 423 610	152 271 423 610	152 271 423 610	152 271 423 610	152 271 423 610
側材が上	132 205 298 414	144 219 312 426	144 247 340 454	144 256 367 481	144 256 396 512	144 256 400 576

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304
主材が上	364 648 1012 1457	364 648 1012 1457

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	555 987 1542 2052	547 973 1520 2036
主材が上	351 561 792 1078	346 556 788 1074

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	288 512 800 1152	288 512 800 1152
主材が上	182 324 506 729	182 324 506 729

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の樹種= A1 (べいまつ) 側材の樹種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 15

木一木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)	10.5($\alpha = 0.7$)	13.0($\alpha = 0.9$)	15.0($\alpha = 1.0$)	17.0($\alpha = 1.1$)	22.0($\alpha = 1.5$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・側II	384 683 978 1286 384 683 1067 1387 384 683 1067 1536 384 683 1067 1536 384 683 1067 1536					
主材が上	297 529 805 1051 297 529 826 1080 297 529 826 1080 297 529 826 1080 297 529 826 1080					
側材が上	227 359 532 751 247 380 550 763 264 421 591 799 264 458 630 838 264 470 675 883 264 470 734 1016					

木一木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)	10.5($\alpha = 0.7$)	13.0($\alpha = 0.9$)	15.0($\alpha = 1.0$)	17.0($\alpha = 1.1$)	22.0($\alpha = 1.5$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・側II	192 341 489 643 192 341 533 694 192 341 533 768 192 341 533 768 192 341 533 768					
主材が上	149 264 400 480 149 264 408 519 149 264 408 528 149 264 408 528 149 264 408 528					
側材が上	113 180 266 375 123 190 275 382 132 210 295 399 132 229 315 419 132 235 337 442 132 235 367 508					

木一鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4			
主・側II	576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304 576 1024 1600 2304			
主材が上	364 648 900 1080 364 648 900 1080 364 648 900 1080 364 648 900 1080			

木一鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4			
主・側II	545 914 1281 1731 534 904 1270 1720 522 893 1259 1711 507 879 1245 1698			
主材が上	298 480 721 1022 296 477 720 1001 293 475 719 979 289 472 717 950			

木一鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4			
主・側II	288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152 288 512 800 1152			
主材が上	182 324 470 612 182 324 470 612 182 324 470 612 182 324 470 612			

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の機種= A1 (べいまつ) 側材の機種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha=0.5$)	10.5($\alpha=0.6$)	13.0($\alpha=0.8$)	15.0($\alpha=0.9$)	17.0($\alpha=1.0$)	22.0($\alpha=1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	384 683 978 1286	384 683 1067 1387	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536
主材が上	297 529 805 1051	297 529 826 1140	297 529 826 1190	297 529 826 1190	297 529 826 1190	297 529 826 1190
側材が上	227 359 532 751	247 380 550 763	264 421 591 799	264 458 630 888	264 470 675 883	264 470 734 1016

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha=0.5$)	10.5($\alpha=0.6$)	13.0($\alpha=0.8$)	15.0($\alpha=0.9$)	17.0($\alpha=1.0$)	22.0($\alpha=1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	192 341 489 643	192 341 533 694	192 341 533 768	192 341 533 768	192 341 533 768	192 341 533 768
主材が上	149 264 402 517	149 264 413 552	149 264 413 567	149 264 413 567	149 264 413 567	149 264 413 567
側材が上	113 180 266 375	123 190 275 382	132 210 295 399	132 229 315 419	132 235 337 442	132 235 367 508

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304
主材が上	364 648 1012 1224	364 648 1012 1224	364 648 1012 1224	364 648 1012 1224

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	549 976 1361 1808	539 958 1348 1795	529 940 1336 1783	515 916 1320 1767
主材が上	318 499 735 1035	315 496 732 1033	312 493 730 1032	308 489 727 1031

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152
主材が上	182 324 506 654	182 324 506 654	182 324 506 654	182 324 506 654

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= AI (べいまつ) 鋼材の樹種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・鋼	384 683 978 1286	384 683 1067 1387	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536
主材が上	297 529 805 1051	297 529 826 1140	297 529 826 1190	297 529 826 1190	297 529 826 1190	297 529 826 1190
鋼材が上	227 359 532 751	247 380 550 763	264 421 591 799	264 458 630 838	264 470 675 883	264 470 734 1016

木-木、一面せん断 D型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・鋼	192 341 489 643	192 341 533 694	192 341 533 768	192 341 533 768	192 341 533 768	192 341 533 768
主材が上	149 264 402 525	149 264 413 570	149 264 413 595	149 264 413 595	149 264 413 595	149 264 413 595
鋼材が上	113 180 266 375	123 190 275 382	132 210 295 399	132 229 315 419	132 235 337 442	132 235 367 508

木-鉄、二面せん断 B型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・鋼	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304	576 1024 1600 2304
主材が上	364 648 1012 1457	364 648 1012 1457	364 648 1012 1457	364 648 1012 1457	364 648 1012 1457	364 648 1012 1457

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・鋼	555 987 1542 2052	547 973 1520 2036	539 959 1498 2020	529 940 1469 1999	529 940 1469 1999	529 940 1469 1999
主材が上	351 561 792 1078	346 556 788 1074	341 552 784 1071	334 547 778 1066	334 547 778 1066	334 547 778 1066

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

鋼材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・鋼	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152
主材が上	182 324 506 729	182 324 506 729	182 324 506 729	182 324 506 729	182 324 506 729	182 324 506 729

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= A2 (からまつ) 側材の樹種=A1 (べいまつ)

主材巾(cm)= 15

木-木、二面せん断

A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)	10.5($\alpha = 0.7$)	13.0($\alpha = 0.9$)	15.0($\alpha = 1.0$)	17.0($\alpha = 1.1$)	22.0($\alpha = 1.5$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	400 711 1109 1437	400 711 1112 1569	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601
主材が上	288 512 750 900	288 512 750 900	288 512 750 900	288 512 750 900	288 512 750 900	288 512 750 900
側材が上	299 454 650 894	305 490 688 929	305 542 762 1004	305 542 829 1075	305 542 847 1153	305 542 847 1219

木-木、一面せん断

D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)	10.5($\alpha = 0.7$)	13.0($\alpha = 0.9$)	15.0($\alpha = 1.0$)	17.0($\alpha = 1.1$)	22.0($\alpha = 1.5$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	200 356 554 719	200 356 556 784	200 356 556 800	200 356 556 800	200 356 556 800	200 356 556 800
主材が上	144 256 367 479	144 256 367 481	144 256 367 481	144 256 367 481	144 256 367 481	144 256 367 481
側材が上	149 227 325 447	152 245 344 464	152 271 381 502	152 271 415 537	152 271 423 577	152 271 423 610

木-鉄、二面せん断

B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226
主材が上	333 591 750 900	333 591 750 900	333 591 750 900	333 591 750 900	333 591 750 900	333 591 750 900

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	527 867 1220 1656	516 857 1210 1647	505 847 1201 1639	490 835 1188 1628	490 835 1188 1628	490 835 1188 1628
主材が上	262 429 654 852	260 428 654 834	258 426 653 816	255 424 653 792	255 424 653 792	255 424 653 792

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113
主材が上	166 296 407 536	166 296 407 536	166 296 407 536	166 296 407 536	166 296 407 536	166 296 407 536

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種=A2 (からまつ) 側材の樹種=A1 (べいまつ)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)			10.5($\alpha = 0.6$)			13.0($\alpha = 0.8$)			15.0($\alpha = 0.9$)			17.0($\alpha = 1.0$)			22.0($\alpha = 1.3$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	400	711	1109	1497	400	711	1112	1569	400	711	1112	1601	400	711	1112	1601	400	711	1112	1601
主材が上	288	512	800	1020	288	512	800	1020	288	512	800	1020	288	512	800	1020	288	512	800	1020
側材が上	299	454	650	894	305	490	688	929	305	542	762	1004	305	542	829	1075	305	542	847	1219

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)			10.5($\alpha = 0.6$)			13.0($\alpha = 0.8$)			15.0($\alpha = 0.9$)			17.0($\alpha = 1.0$)			22.0($\alpha = 1.3$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	200	356	554	719	200	356	556	784	200	356	556	800	200	356	556	800	200	356	556	800
主材が上	144	256	396	505	144	256	396	512	144	256	396	512	144	256	396	512	144	256	396	512
側材が上	149	227	325	447	152	245	344	464	152	271	381	502	152	271	415	537	152	271	423	610

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226
主材が上	333	591	850	1020	333	591	850	1020	333	591	850	1020	333	591	850	1020

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	530	936	1292	1725	520	925	1281	1713	511	908	1270	1703	498	885	1255	1689
主材が上	278	443	662	941	275	440	660	941	273	438	659	936	270	435	657	912

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	278	495	773	1113	278	495	773	1113	278	495	773	1113	278	495	773	1113
主材が上	166	296	438	568	166	296	438	568	166	296	438	568	166	296	438	568

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種=A2 (からまつ) 側材の樹種=A1 (べいまつ)

主材巾(cm)= 22

木一木、二面せん断

A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	400 711 1109 1437	400 711 1112 1569	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601	400 711 1112 1601
主材が上	288 512 800 1109	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152	288 512 800 1152
側材が上	299 454 650 894	305 490 688 929	305 542 762 1004	305 542 829 1075	305 542 847 1153	305 542 847 1219

木一木、一面せん断

D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	200 356 554 719	200 356 556 784	200 356 556 800	200 356 556 800	200 356 556 800	200 356 556 800
主材が上	144 256 400 555	144 256 400 576	144 256 400 576	144 256 400 576	144 256 400 576	144 256 400 576
側材が上	149 227 325 447	152 245 344 464	152 271 381 502	152 271 415 537	152 271 423 577	152 271 423 610

木一鉄、二面せん断

B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226
主材が上	333 591 924 1320	333 591 924 1320	333 591 924 1320	333 591 924 1320	333 591 924 1320	333 591 924 1320

木一鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)

ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	536 953 1490 1945	529 940 1468 1930	521 926 1447 1916	511 908 1419 1897	320 489 701 965	316 486 698 963	311 483 695 961	305 479 691 958

木一鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)

ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	166 296 462 662	166 296 462 662	166 296 462 662	166 296 462 662

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種=A2 (からまつ) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 15

木-木、二面せん断 A型

	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	393	700	1062	1383	393	700	1093	1504	393	700	1093	1574
主材が上	285	507	750	900	285	507	750	900	285	507	750	900
側材が上	263	406	591	822	285	485	619	846	285	490	676	901

木-木、一面せん断 D型

	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	197	350	531	691	197	350	547	752	197	350	547	787
主材が上	143	254	365	464	143	254	365	478	143	254	365	478
側材が上	131	203	296	411	143	217	309	423	143	245	338	451

木-鉄、二面せん断 B型

	0.6		0.9		1.2		1.6	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226
主材が上	333	591	750	900	333	591	750	900

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

	0.6		0.9		1.2		1.6	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	527	867	1220	1656	516	857	1210	1647
主材が上	262	429	654	852	260	428	654	834

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

	0.6		0.9		1.2		1.6	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	278	495	773	1113	278	495	773	1113
主材が上	166	296	407	536	166	296	407	536

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種=A2 (からまつ) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	393 700 1062 1383	393 700 1093 1504	393 700 1093 1574	393 700 1093 1574	393 700 1093 1574	393 700 1093 1574
主材が⊥	285 507 793 1020	285 507 793 1020	285 507 793 1020	285 507 793 1020	285 507 793 1020	285 507 793 1020
側材が⊥	263 406 591 822	285 435 619 846	285 490 676 901	285 507 730 956	285 507 788 1018	285 507 793 1142

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	197 350 531 691	197 350 547 752	197 350 547 787	197 350 547 787	197 350 547 787	197 350 547 787
主材が⊥	143 254 394 491	143 254 394 509	143 254 394 509	143 254 394 509	143 254 394 509	143 254 394 509
側材が⊥	131 203 296 411	143 217 309 423	143 245 338 451	143 254 365 478	143 254 394 509	143 254 396 571

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226
主材が⊥	333 591 850 1020	333 591 850 1020	333 591 850 1020	333 591 850 1020

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	530 936 1292 1725	520 925 1281 1713	511 908 1270 1703	498 885 1255 1689
主材が⊥	278 443 662 941	275 440 660 941	273 438 659 936	270 435 657 912

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113
主材が⊥	166 296 438 568	166 296 438 568	166 296 438 568	166 296 438 568

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の機種= A2 (からまつ) 側材の機種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	393 700 1062 1383	393 700 1093 1504	393 700 1093 1574	393 700 1093 1574	393 700 1093 1574	393 700 1093 1574
主材が上	285 507 793 1074	285 507 793 1142	285 507 793 1142	285 507 793 1142	285 507 793 1142	285 507 793 1142
側材が上	263 406 591 822	285 435 619 846	285 490 676 901	285 507 730 956	285 507 788 1018	285 507 793 1142

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	197 350 531 691	197 350 547 752	197 350 547 787	197 350 547 787	197 350 547 787	197 350 547 787
主材が上	143 254 396 537	143 254 396 571	143 254 396 571	143 254 396 571	143 254 396 571	143 254 396 571
側材が上	131 203 296 411	143 217 309 423	143 245 338 451	143 254 365 478	143 254 394 509	143 254 396 571

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226
主材が上	333 591 924 1320	333 591 924 1320

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	536 953 1490 1945	529 940 1468 1930
主材が上	320 489 701 965	316 486 698 963

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	278 495 773 1113	278 495 773 1113
主材が上	166 296 462 662	166 296 462 662

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の樹種= A2 (からまつ) 側材の樹種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 15

木一木、二面せん断

A型

	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	378	672	967	1270	378	672	1050	1371	378	672	1050	1512
主・側Ⅱ	279	497	750	900	279	497	750	900	279	497	750	900
主材が⊥	226	357	529	746	246	377	547	758	262	419	587	794
側材が⊥												

木一木、一面せん断

D型

	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)	
側材巾(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	189	336	483	635	189	336	525	685	189	336	525	756
主・側Ⅱ	140	248	359	432	140	248	359	470	140	248	359	470
主材が⊥	113	178	264	373	123	189	273	379	131	209	294	397
側材が⊥												

木一鉄、二面せん断

B型

	0.6		0.9		1.2		1.6	
鉄板厚(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226
主・側Ⅱ	333	591	750	900	333	591	750	900
主材が⊥								

木一鉄、一面せん断 (挿入式) C型

	0.6		0.9		1.2		1.6	
鉄板厚(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	527	867	1220	1656	516	857	1210	1647
主・側Ⅱ	262	429	654	852	260	428	654	834
主材が⊥								

木一鉄、一面せん断 (添板式) E型

	0.6		0.9		1.2		1.6	
鉄板厚(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
ボルト径(cm)	278	495	773	1113	278	495	773	1113
主・側Ⅱ	166	296	407	536	166	296	407	536
主材が⊥								

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= A2 (からまつ) 側材の樹種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	378 672 967 1270	378 672 1050 1371	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512
主材が上	279 497 766 999	279 497 776 1020	279 497 776 1020	279 497 776 1020	279 497 776 1020	279 497 776 1020
側材が上	226 357 529 746	246 377 547 758	262 419 587 794	262 419 587 833	262 419 587 878	262 419 587 1011

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	189 336 483 635	189 336 525 685	189 336 525 756	189 336 525 756	189 336 525 756	189 336 525 756
主材が上	140 248 383 461	140 248 388 498	140 248 388 501	140 248 388 501	140 248 388 501	140 248 388 501
側材が上	113 178 264 373	123 189 273 379	131 209 294 397	131 228 314 416	131 233 335 439	131 233 335 439

木-鉄、二面せん断 B型

側材巾(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226	556 989 1546 2226
主材が上	333 591 850 1020	333 591 850 1020	333 591 850 1020	333 591 850 1020

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

側材巾(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	530 936 1292 1725	520 925 1281 1713	511 908 1270 1703	498 885 1255 1689
主材が上	278 443 662 941	275 440 660 941	273 438 659 936	270 435 657 912

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

側材巾(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113	278 495 773 1113
主材が上	166 296 438 568	166 296 438 568	166 296 438 568	166 296 438 568

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の機種= A2 (からまつ) 側材の機種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)			10.5($\alpha = 0.5$)			13.0($\alpha = 0.6$)			15.0($\alpha = 0.7$)			17.0($\alpha = 0.8$)			22.0($\alpha = 1.0$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	378	672	987	1270	378	672	1050	1371	378	672	1050	1512	378	672	1050	1512	378	672	1050	1512
主材が上	279	497	766	999	279	497	776	1085	279	497	776	1118	279	497	776	1118	279	497	776	1118
側材が上	226	357	529	746	246	377	547	758	262	419	587	794	262	419	587	794	262	419	587	794

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)			10.5($\alpha = 0.5$)			13.0($\alpha = 0.6$)			15.0($\alpha = 0.7$)			17.0($\alpha = 0.8$)			22.0($\alpha = 1.0$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	189	336	483	635	189	336	525	685	189	336	525	756	189	336	525	756	189	336	525	756
主材が上	140	248	383	499	140	248	388	543	140	248	388	559	140	248	388	559	140	248	388	559
側材が上	113	178	284	373	123	189	273	379	131	209	294	397	131	209	294	397	131	209	294	397

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226	556	989	1546	2226
主材が上	333	591	924	1320	333	591	924	1320	333	591	924	1320	333	591	924	1320

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	536	953	1490	1945	529	940	1468	1930	521	926	1447	1916	511	908	1419	1897
主材が上	320	489	701	965	316	486	698	963	311	483	695	961	305	479	691	958

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	278	495	773	1113	278	495	773	1113	278	495	773	1113	278	495	773	1113
主材が上	166	296	462	662	166	296	462	662	166	296	462	662	166	296	462	662

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=A1 (べいまつ)

主材巾(cm)= 15

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)	10.5($\alpha = 0.7$)	13.0($\alpha = 0.9$)	15.0($\alpha = 1.0$)	17.0($\alpha = 1.1$)	22.0($\alpha = 1.5$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	384 683 1067 1392	384 683 1067 1521	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536	384 683 1067 1536
主材が⊥	264 470 600 720	264 470 600 720	264 470 600 720	264 470 600 720	264 470 600 720	264 470 600 720
側材が⊥	293 445 638 876	297 482 675 910	297 529 749 985	297 529 815 1056	297 529 826 1133	297 529 826 1190

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)	10.5($\alpha = 0.7$)	13.0($\alpha = 0.9$)	15.0($\alpha = 1.0$)	17.0($\alpha = 1.1$)	22.0($\alpha = 1.5$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	192 341 533 696	192 341 533 761	192 341 533 768	192 341 533 768	192 341 533 768	192 341 533 768
主材が⊥	132 229 315 419	132 229 315 419	132 229 315 419	132 229 315 419	132 229 315 419	132 229 315 419
側材が⊥	147 223 319 438	149 241 337 455	149 264 374 492	149 264 408 528	149 264 413 567	149 264 413 595

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061
主材が⊥	297 480 600 720	297 480 600 720	297 480 600 720	297 480 600 720

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	488 771 1099 1506	477 763 1091 1500	467 755 1084 1494	453 745 1074 1486
主材が⊥	226 378 568 682	224 377 556 667	223 376 544 653	221 375 528 634

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	258 458 716 1030	258 458 716 1030	258 458 716 1030	258 458 716 1030
主材が⊥	149 248 344 459	149 248 344 459	149 248 344 459	149 248 344 459

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=A1 (べいまつ)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha=0.5$)			10.5($\alpha=0.6$)			13.0($\alpha=0.8$)			15.0($\alpha=0.9$)			17.0($\alpha=1.0$)			22.0($\alpha=1.3$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	384	683	1087	1392	384	683	1067	1521	384	683	1067	1536	384	683	1067	1536	384	683	1067	1536
主材が上	264	470	680	816	264	470	680	816	264	470	680	816	264	470	680	816	264	470	680	816
側材が上	293	445	638	876	297	482	675	910	297	529	749	985	297	529	815	1056	297	529	826	1190

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha=0.5$)			10.5($\alpha=0.6$)			13.0($\alpha=0.8$)			15.0($\alpha=0.9$)			17.0($\alpha=1.0$)			22.0($\alpha=1.3$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	192	341	533	696	192	341	533	761	192	341	533	768	192	341	533	768	192	341	533	768
主材が上	132	235	337	442	132	235	337	442	132	235	337	442	132	235	337	442	132	235	337	442
側材が上	147	223	319	438	149	241	337	455	149	264	374	492	149	264	408	528	149	264	413	595

木-鉄、二面せん断 B型

側材巾(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6										
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061
主材が上	297	529	680	816	297	529	680	816	297	529	680	816	297	529	680	816	297	529	680	816

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

側材巾(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6										
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	491	827	1155	1557	482	819	1146	1549	473	810	1137	1540	461	799	1126	1530	461	799	1126	1530
主材が上	236	386	586	778	235	384	585	763	233	383	585	749	231	381	584	730	231	381	584	730

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

側材巾(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6										
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	258	458	716	1030	258	458	716	1030	258	458	716	1030	258	458	716	1030	258	458	716	1030
主材が上	149	264	367	482	149	264	367	482	149	264	367	482	149	264	367	482	149	264	367	482

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=A1 (べいまつ)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・側II	384 683 1067 1392 384 683 1067 1521 384 683 1067 1536 384 683 1067 1536 384 683 1067 1536					
主材が上	264 470 734 1035 264 470 734 1056 264 470 734 1056 264 470 734 1056 264 470 734 1056					
側材が上	293 445 638 876 297 482 675 910 297 529 749 985 297 529 815 1056 297 529 826 1133 297 529 826 1190					

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4					
主・側II	192 341 533 696 192 341 533 761 192 341 533 768 192 341 533 768 192 341 533 768					
主材が上	132 235 367 502 132 235 367 508 132 235 367 508 132 235 367 508 132 235 367 508					
側材が上	147 223 319 438 149 241 337 455 149 264 374 492 149 264 408 528 149 264 413 567 149 264 413 595					

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4	
主・側II	515 916 1431 2061 515 916 1431 2061 515 916 1431 2061 515 916 1431 2061 515 916 1431 2061	
主材が上	297 529 826 1056 297 529 826 1056 297 529 826 1056 297 529 826 1056 297 529 826 1056	

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4	
主・側II	496 883 1328 1731 489 870 1317 1719 482 858 1306 1708 473 841 1291 1692 466 826 1272 1673	
主材が上	270 417 608 850 268 415 606 848 265 413 605 847 263 410 602 846 261 408 600 844	

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4 1.2 1.6 2.0 2.4	
主・側II	258 458 716 1030 258 458 716 1030 258 458 716 1030 258 458 716 1030 258 458 716 1030	
主材が上	149 264 413 552 149 264 413 552 149 264 413 552 149 264 413 552 149 264 413 552	

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 15

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)					
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	378	672	1031	1341	378	672	1050	1460	378	672	1050	1512	378	672	1050	1512
主材が上	262	466	600	720	262	466	600	720	262	466	600	720	262	466	600	720
側材が上	259	400	581	807	279	428	608	830	279	483	666	886	279	497	719	941

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.6$)		10.5($\alpha = 0.7$)		13.0($\alpha = 0.9$)		15.0($\alpha = 1.0$)		17.0($\alpha = 1.1$)		22.0($\alpha = 1.5$)					
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	189	336	516	670	189	336	525	730	189	336	525	756	189	336	525	756
主材が上	131	228	314	413	131	228	314	416	131	228	314	416	131	228	314	416
側材が上	129	200	290	403	140	214	304	415	140	241	333	443	140	248	359	470

木-鉄、二面せん断 B型

側材巾(cm)	0.6		0.9		1.2		1.6	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061
主材が上	297	480	600	720	297	480	600	720

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

側材巾(cm)	0.6		0.9		1.2		1.6	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	488	771	1099	1506	477	763	1091	1500
主材が上	226	378	568	682	224	377	556	667

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

側材巾(cm)	0.6		0.9		1.2		1.6	
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側	258	458	716	1030	258	458	716	1030
主材が上	149	248	344	459	149	248	344	459

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	378 672 1031 1341	378 672 1050 1460	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512
主材が⊥	262 466 680 816	262 466 680 816	262 466 680 816	262 466 680 816	262 466 680 816	262 466 680 816
側材が⊥	259 400 581 807	279 428 608 830	279 483 666 886	279 497 719 941	279 497 776 1002	279 497 776 1118

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)	10.5($\alpha = 0.6$)	13.0($\alpha = 0.8$)	15.0($\alpha = 0.9$)	17.0($\alpha = 1.0$)	22.0($\alpha = 1.3$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	189 336 516 670	189 336 525 730	189 336 525 756	189 336 525 756	189 336 525 756	189 336 525 756
主材が⊥	131 233 335 432	131 233 335 439	131 233 335 439	131 233 335 439	131 233 335 439	131 233 335 439
側材が⊥	129 200 290 403	140 214 304 415	140 241 333 443	140 248 359 470	140 248 388 501	140 248 388 559

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061
主材が⊥	297 529 680 816	297 529 680 816	297 529 680 816	297 529 680 816

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	491 827 1155 1557	482 819 1146 1549	473 810 1137 1540	461 799 1126 1530
主材が⊥	236 386 586 778	235 384 585 783	233 383 585 749	231 381 584 730

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側II	258 458 716 1030	258 458 716 1030	258 458 716 1030	258 458 716 1030
主材が⊥	149 264 367 482	149 264 367 482	149 264 367 482	149 264 367 482

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=A2 (からまつ)

主材巾(cm)= 22

木一木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	378 672 1031 1341	378 672 1050 1460	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512	378 672 1050 1512
主材が上	262 466 729 1002	262 466 729 1049	262 466 729 1049	262 466 729 1049	262 466 729 1049	262 466 729 1049
側材が上	259 400 581 807	279 428 608 830	279 483 666 886	279 497 719 941	279 497 776 1002	279 497 776 1118

木一木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	189 336 516 670	189 336 525 730	189 336 525 756	189 336 525 756	189 336 525 756	189 336 525 756
主材が上	131 233 364 490	131 233 364 505	131 233 364 505	131 233 364 505	131 233 364 505	131 233 364 505
側材が上	129 200 290 403	140 214 304 415	140 241 333 443	140 248 359 470	140 248 388 501	140 248 388 559

木一鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061	515 916 1431 2061
主材が上	297 529 826 1056	297 529 826 1056	297 529 826 1056	297 529 826 1056

木一鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	496 883 1328 1731	489 870 1317 1719	482 858 1306 1708	473 841 1291 1692
主材が上	270 417 608 850	268 415 606 848	265 413 605 847	263 410 602 846

木一鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9	1.2	1.6
ボルト径(cm)	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4	1.2 1.6 2.0 2.4
主・側Ⅱ	258 458 716 1030	258 458 716 1030	258 458 716 1030	258 458 716 1030
主材が上	149 264 413 552	149 264 413 552	149 264 413 552	149 264 413 552

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****

主材の機種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の機種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 17

木-木、二面せん断

A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)			10.5($\alpha = 0.6$)			13.0($\alpha = 0.8$)			15.0($\alpha = 0.9$)			17.0($\alpha = 1.0$)			22.0($\alpha = 1.3$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	364	648	940	1234	364	648	1012	1333	364	648	1012	1457	364	648	1012	1457	364	648	1012	1457
主材が┌	258	458	680	816	258	458	680	816	258	458	680	816	258	458	680	816	258	458	680	816
側材が└	223	352	521	733	243	372	539	746	258	413	579	782	258	450	619	821	258	458	662	866

木-木、一面せん断

D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.5$)			10.5($\alpha = 0.6$)			13.0($\alpha = 0.8$)			15.0($\alpha = 0.9$)			17.0($\alpha = 1.0$)			22.0($\alpha = 1.3$)				
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	182	324	470	617	182	324	506	666	182	324	506	729	182	324	506	729	182	324	506	729
主材が┌	129	229	331	404	129	229	331	433	129	229	331	433	129	229	331	433	129	229	331	433
側材が└	111	176	260	366	121	186	269	373	129	207	290	391	129	225	309	411	129	229	331	433

木-鉄、二面せん断

B型

側材厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6			2.4			
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061
主材が┌	297	529	680	816	297	529	680	816	297	529	680	816	297	529	680	816

木-鉄、一面せん断(挿入式) C型

C型

側材厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6			2.4			
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	491	827	1155	1557	482	819	1146	1549	473	810	1137	1540	461	799	1126	1530
主材が┌	236	386	586	778	235	384	585	763	233	383	585	749	231	381	584	730

木-鉄、一面せん断(添板式) E型

E型

側材厚(cm)	0.6			0.9			1.2			1.6			2.4			
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側II	258	458	716	1030	258	458	716	1030	258	458	716	1030	258	458	716	1030
主材が┌	149	264	367	482	149	264	367	482	149	264	367	482	149	264	367	482

***** ボルト等接合部の長期許容耐力 (kgf/本) *****
 主材の樹種= B2 (えぞ、とど、杉) 側材の樹種=B2 (えぞ、とど、杉)

主材巾(cm)= 22

木-木、二面せん断 A型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側Ⅱ	364	648	940	1234	364	648	1012	1457	364	648	1012	1457
主材が⊥	258	458	716	935	258	458	716	1030	258	458	716	1030
側材が⊥	223	352	521	733	243	372	539	746	258	413	579	782

木-木、一面せん断 D型

側材巾(cm)	9.0($\alpha = 0.4$)	10.5($\alpha = 0.5$)	13.0($\alpha = 0.6$)	15.0($\alpha = 0.7$)	17.0($\alpha = 0.8$)	22.0($\alpha = 1.0$)						
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側Ⅱ	182	324	470	617	182	324	506	666	182	324	506	666
主材が⊥	129	229	358	466	129	229	358	499	129	229	358	499
側材が⊥	111	176	260	366	121	186	269	373	129	207	290	391

木-鉄、二面せん断 B型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9										
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側Ⅱ	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061	515	916	1431	2061
主材が⊥	297	529	826	1056	297	529	826	1056	297	529	826	1056

木-鉄、一面せん断 (挿入式) C型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9										
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側Ⅱ	496	883	1328	1731	489	870	1317	1719	482	858	1306	1708
主材が⊥	270	417	608	850	268	415	606	848	265	413	605	847

木-鉄、一面せん断 (添板式) E型

鉄板厚(cm)	0.6	0.9										
ボルト径(cm)	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4	1.2	1.6	2.0	2.4
主・側Ⅱ	258	458	716	1030	258	458	716	1030	258	458	716	1030
主材が⊥	149	264	413	552	149	264	413	552	149	264	413	552

7-3 接合具の許容耐力計算式について

現在、木構造接合部の許容耐力に関する規定は、建築学会の木構造計算規準（計算規準）および日本建築センターの大断面木質構造建築物設計施工マニュアル（大断面マニュアル）に規定されている。

このうち、ボルト接合のせん断許容耐力については、計算規準と大断面マニュアルは、式の表現方法は違うが、素材接合部に対して同一の許容耐力値を与える。一方、ドリフトピン接合部についてみると、接合形式が同じであれば大断面マニュアルはボルトと同じ許容値を与えているのに対し、計算規準におけるドリフトピン接合の許容耐力は、大断面マニュアルのドリフトピンやボルト、計算規準のボルトとは全く異なったものになっている。

そこで、このボルトおよびドリフトピン接合の許容耐力の誘導方法、および許容耐力値が最大耐力に対してどれくらい安全余裕をもつかについて概説するとともに、既往の実験結果をふまえ、現行の許容耐力計算法の問題点や改善すべき点についても触れる。

(1) 木構造計算規準ドリフトピン接合

木材の繊維平行方向に加力を受ける接合部の短期許容せん断耐力は、(1)式により得られる。長期せん断許容耐力は短期許容せん断耐力の 1/2 であり、繊維に直交方向に力を受ける場合の許容耐力は平行方向のその 1/2 と定められている。

$$\begin{aligned} \ell/d > 4 \text{ の場合} & \quad P = 1040 \cdot \alpha \cdot \rho \cdot d^2 \\ 2 \leq \ell/d \leq 4 \text{ の場合} & \quad P = 260 \cdot \alpha \cdot d \cdot \ell \end{aligned} \quad (1)$$

ここに

P : ドリフトピンの短期許容せん断耐力 (kgf)

α : 継手形式による係数 (2面せん断 1.0、1面せん断 0.5)

d : ドリフトピンの直径 (cm)

ℓ : 主材厚 (cm)

ρ : 気乾比重

具体例として、図1に示すように主材、側材ともにベイマツ集成材であり、主材厚

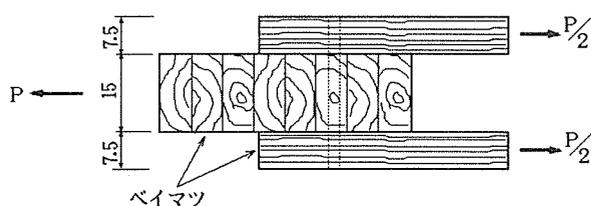


図1. 木-木2面せん断

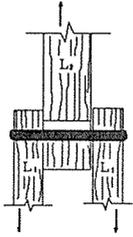
15cm、側材厚7.5cm×2枚、ドリフトピン直径が1.6cmでその長さが30cmの場合の木-木2面せん断ドリフトピン接合部において、主材が繊維直交方向、側材が繊維平行方向の荷重を受けた時の短期許容せん断耐力を求めてみる。ベイマツ集成材の気乾比重が0.50だとすると、 $\ell/d > 4$ であり、主材は繊維直交方向の荷重を受けるから、

$$P = 1040 \times 1.0 \times 0.50 \times 1.6^2 \times 1/2 = 666 \text{ kgf}$$

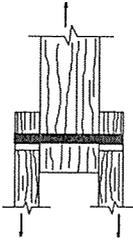
となる。

この式では、旧木構造設計規準のボルトの許容耐力式（針葉樹I類について、短期

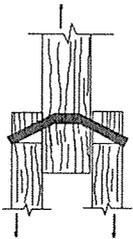
表 1. 木材を側材とした接合部降伏耐力 (木-木 2 面せん断)



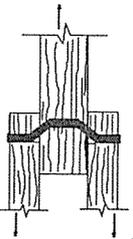
$$I a) F_y = dL_2S_2$$



$$I b) F_y = 2dL_1S_1$$



$$II) F_y = \frac{2dL_2S_2}{(1+2\beta)} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{2S_y(1+2\beta)}{3S_2\left(\frac{L_2}{d}\right)^2}} - 1 \right]$$



$$III) F_y = 2d^2S_2 \sqrt{\frac{2S_y}{3S_2(1+\beta)}}$$

F_y = 接合部降伏耐力 S_1 = 側材めり込み降伏応力 L_2 = 主材厚さ
 d = 接合具直径 S_2 = 主材めり込み降伏応力 $\alpha = L_2 / L_1$
 S_y = 接合具降伏応力 L_1 = 側材厚さ $\beta = S_2 / S_1$

許容耐力は $200d^2$ かつ $620d^2$ 以下。また針葉樹Ⅱ類について $140d^2$ かつ $460d^2$ 以下)の式に比重の項(旧規準の針葉樹Ⅰ類を 0.43、Ⅱ類を 0.35 と考える)を導入し、さらに NDS ではドリフトピンの許容耐力はボルトの 75% を上まわってはならない、という規定があることからこれに 0.75 をかけることにより、ドリフトピンの許容耐力が誘導されている。すなわち $620 \cdot d^2 \times 0.75 \doteq 1040 \times 0.43 \times d^2$ 、 $460 \cdot d^2 \times 0.75 \doteq 1040 \times 0.35 \times d^2$ と考えられる。

また、前田¹⁾のドリフトピンに関する実験結果では、繊維直交方向の最大耐力は平行方向のその 1/2 以下であったため、旧木構造設計規準ではボルトの直交方向の許容耐力は平行方向の 75% となっていたのに対し、新計算規準のドリフトピン接合では直交方向の許容耐力は平行方向のその 50% におさえられた。

(2) 木構造設計規準ボルト接合

木構造設計規準ボルト接合の許容耐力は、ヨーロッパ型の剛塑性降伏理論式から誘導されたものであり、表 1 に木-木 2 面せん断の場合の降伏荷重計算式を示した。降伏荷重はこの 4 式のうちの最少値として得られる。ただしこれらの式は、接合部の降伏荷重を推定する式であり、最大荷重を得るものではない、という点に注意する必要がある。

さて、木構造計算規準では、表 1 の主材、側材めり込み降伏応力 (S_1 、 S_2) として、主材(および側材)の長期許容圧縮応力度 (f_c) の 3 倍(材料の強度下限値とみなす)を用いることとしている。この長期許容圧縮応力度 (f_c) は、ベイマツ素材ならば繊維平行方向は 75 kgf/cm^2 であるのに対し、集成材ではベイマツ 1 級で 105 kgf/cm^2 であり、集成材では素材の 1.4 倍も高い値を計算に用いても良いことになる。一方、繊維直交方向は素材、集成材にかかわらず 30 kgf/cm^2 を用いることになる。また、接合具降伏応力には 2400 kgf/cm^2 が一般に用いられている。

図 1 に示す接合部について、これがボルト接合であるとする、ベイマツ集成材の長期許容圧縮応力度(平行方向 105 kgf/cm^2 、直交方向 30 kgf/cm^2)を用いてその短期許容せん断耐力を求めると 1143 kgf になる。

同じディテールの接合部であるのに、ドリフトピンがボルトに変わっただけで許容耐力は 1.7 倍になる。木構造計算規準では、ドリフトピンの許容耐力が実験的に求められたのに対し、ボルトはヨーロッパ型の降伏理論を用いて許容耐力が誘導されたため、このように両者に大きな差が生じたのであろう。

このボルト接合では、木材の長期許容圧縮応力度の 3 倍(材料強度の下限 5% 値に相当すると考えられる)を許容耐力の計算のために用いているが、接合部の降伏点を正確に把握するためには、木材に対する接合具のめり込み降伏応力 (S_1 、 S_2) として実測値を用いるべきである。この実測値の一例として直径 16mm のドリフトピンをベイマツ材にめり込ませた場合には、繊維平行方向の応力値として 349 kgf/cm^2 、直交方向の応力値として 173 kgf/cm^2 が得られており、特に繊維直交方向では、規準で用いられている値 ($3 \cdot f_c = 90 \text{ kgf/cm}^2$) と実測値のへだたりが 2 倍近い。また接合具自身の曲げ降伏応力としては、直径 16mm のドリフトピンで 5600 kgf/cm^2 という値が得られており、やはり規準で用いられている値 (2400 kgf/cm^2) とのへだたりが大きい。

(3) 大断面木造建築物設計施工マニュアルのドリフトピンおよびボルト接合

大断面マニュアルでは、ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューに対して、接合形式が同じであれば同一の許容耐力値を与えている。

この大断面マニュアルでは、せん断を受けるボルト、ドリフトピンの長期許容せん断耐力は、

$$P_L = C_0 \cdot d^2 \quad (2)$$

ここに P_L : 長期許容せん断耐力、

C_0 : 接合形式、材厚、ボルト径、樹種、加力方向により定まる定数

として得られ、 C_0 は強度実験および精算によるほかは、主材厚/接合具径、接合形式、樹種群をパラメータとする表の値を用いることとしている。また短期は長期の2倍である。この表を用いて図1に示すドリフトピン接合部の短期許容せん断耐力を求めると、主材が繊維直交方向、側材が平行方向の負荷を受ける接合部で、 $l/d=15/1.6 > 8$ であることから、 C_0 として 210 が得られ、短期は長期の2倍であるから、

$$P = 210 \times 1.6 \times 1.6 \times 2 = 1075 \text{ kgf}$$

となる。この値は木構造計算規準のボルト接合の許容耐力 (1123 kgf) より若干低い。これは木構造計算規準では繊維平行方向の長期許容圧縮応力度として集成材1級の値 (ベイマツでは 105 kgf/cm²) を用いたのに対し、大断面マニュアルの表はすべて素材の値 (ベイマツでは 75 kgf/cm²) を用いて作成されているためである。素材の値を用いれば、木構造計算規準のボルト接合と大断面マニュアルのボルト、ドリフトピン接合の許容耐力はほぼ一致する。

なお木-木2面せん断の接合形式は、大断面マニュアルでは側材厚さが素材厚さの1/2の場合と同寸の場合しか表に示されていないので、側材厚さがこれ以外の場合には木構造計算規準の式を用いて許容耐力を計算する必要がある。

(4) 接合具最大耐力に対する許容耐力の安全率

表2. 鋼板挿入式ドリフトピン接合の繊維平行方向加力時の最大荷重と安全率

ドリフトピン 直径 (mm)	ドリフトピン 有効長さ (mm)	実験による 最大荷重 (kgf)	大断面マニュアル 短期 (kgf)	マニュアル 安全率	学会ドリフトピン 短期 (kgf)	学会 安全率
10	50	2138	580	3.69	437	4.89
	150	2999	800	3.75	437	6.86
	200	3399	800	4.25	437	7.78
20	50	4064	1520	2.67	1092	3.72
	150	6721	2640	2.55	1747	3.85
	200	9550	3040	3.14	1747	5.47

注：ベイマツ集成材を使用した時の例

規準に定められた接合具許容耐力に対して実際の接合部の最大荷重はどれくらい安全率を見込めるか、は非常に重要な点であり、確かめておく必要がある。

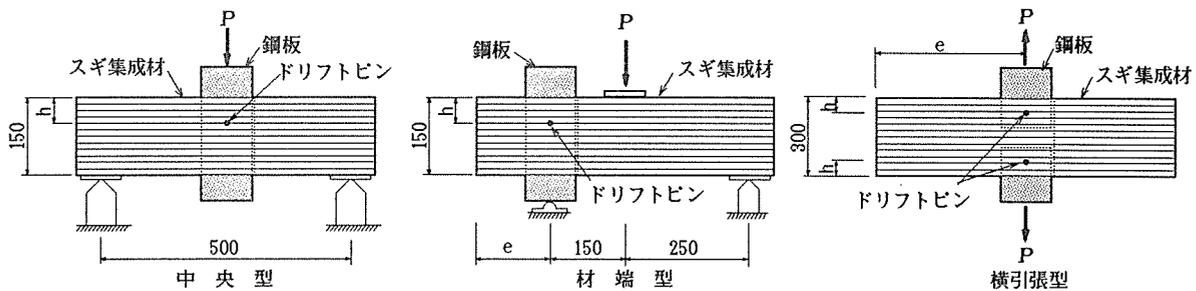
表2は鋼板挿入式ドリフトピン接合について、前田¹⁾が繊維平行方向のせん断耐力

試験を行って得た最大荷重と、大断面マニュアルおよび学会ドリフトピンの短期許容せん断耐力を比較したものである。ここに示されている最大荷重は平均値であり、下限値ではないが、仮に 5% 下限値がこの表に示す平均値の 75% であったとしても、大断面マニュアルでは 5% 下限値に対して最低 2 倍以上、 l/d が大きい場合には 3 倍以上の安全率が確保できていることになる。このことから大断面マニュアルでは、 l/d が大きい接合具についてはもう少し許容耐力を上げることも可能であろう。

一方木構造計算規準のドリフトピン接合では、特に l/d の大きい範囲において許容耐力を現行の 2 倍程度に引き上げてほしいと思われる。現行の規準は l/d が 4 倍以上であれば、いくらドリフトピンの長さを大きくしても許容耐力は一定となってしまうため、必然的に脆性破壊が生じやすい l/d の小さなピンの利用が増える設計体系になってしまっている。その点大断面マニュアルは、 l/d が 10 前後に達するまでは、 l の増大に従って許容耐力も大きくなっていくので、 l/d が大きくねばりのある接合部を実現するためには好ましい許容耐力体系であると考えられる。

さて次に表 3 は、鋼板挿入式ドリフトピン接合の繊維直交方向加力時の最大荷重と許容耐力を比較したものである。

表 3. 鋼板挿入式ドリフトピン接合の繊維直交方向加力時の加力形式、縁距離、端距離と最大荷重の関係および安全率



加力形式 と樹種	直径 d (mm)	全長 Lo (mm)	挿入 鋼板 (枚)	L/d	予測値の下限 5%信頼限界		マニュアル 短期安全率 (kgf)	学会ドリフトピン 短期安全率 (kgf)		
					回帰曲線式	4d, 7d時 (kgf)		短期安全率	短期安全率	
材端型 スギ	8	100	1	11.4	$P=47.40 \cdot h^{0.5696} \cdot e^{0.1451}$	612	196	3.12	126	4.86
	12	100	1	7.6	$P=38.03 \cdot h^{0.6261} \cdot e^{0.2257}$	1167	418	2.79	284	4.10
	16	100	1	5.7	$P=16.88 \cdot h^{0.6933} \cdot e^{0.3357}$	1471	579	2.54	505	2.91
	12	150	1	11.8	$P=31.43 \cdot h^{0.6792} \cdot e^{0.2673}$	1424	455	3.13	284	5.01
	16	150	1	8.8	$P=26.46 \cdot h^{0.7389} \cdot e^{0.2747}$	2090	768	2.72	505	4.14
	12	150	2	5.5	$P=31.99 \cdot h^{0.7172} \cdot e^{0.2727}$	1720	634	2.71	568	3.03
ベイマツ	16	150	2	4.1	$P=32.40 \cdot h^{0.7125} \cdot e^{0.2791}$	2341	840	2.79	1010	2.31
	12	150	1	11.8	$P=46.74 \cdot h^{0.6145} \cdot e^{0.2938}$	1854	599	3.10	374	4.96
横引張型 スギ	16	150	1	8.8	$P=49.43 \cdot h^{0.6153} \cdot e^{0.3166}$	2845	968	2.94	666	4.27
	8	100	1	11.4	$P=67.46 \cdot h^{0.2180} \cdot e^{0.3304}$	543	196	2.77	126	4.31
	12	100	1	7.6	$P=66.05 \cdot h^{0.2691} \cdot e^{0.3259}$	793	418	1.90	284	2.79
中央型 スギ	16	100	1	5.7	$P=60.57 \cdot h^{0.1820} \cdot e^{0.4346}$	1004	579	1.73	505	1.99
	8	100	1	11.4	$(P=293.8 \cdot h^{0.2619})$	728	196	3.71	126	(5.78)
	12	100	1	7.6	$P=76.33 \cdot h^{0.7158}$	1219	418	2.92	284	4.29
	16	100	1	5.7	$P=46.68 \cdot h^{0.8381}$	1524	579	2.63	505	3.02

注：圧縮型9体（縁距離 40, 70, 100mm）、他は 27 体（縁距離 40, 70, 100mm、端距離 50, 100, 175 または 200mm）の試験結果の回帰計算

P: 最大荷重 (kgf)、h: 縁距離 (mm)、e: 端距離 (mm)、学会ドリフトピンの許容耐力はベイマツ比重 0.5、スギ比重 0.38 としして計算

試験は主にスギ集成材について、加力形式、縁距離、端距離、 l/d を変えて試験を行ない、この結果をもとに、縁距離(h)、端距離(e)をパラメータとする最大荷重の予測値の下限 5% 信頼限界を統計的に求めている。なお、平均値は示していないが、この下限 5% 値より約 25% ほど大きい値である。

この表 3 の結果を見ると、繊維直交方向の負荷を受ける接合部では、加力形式および縁距離、端距離が、最大荷重を決める重要なパラメータとなっていることがわかる。また計算規準では縁距離を $4d$ 以上、端距離を $7d$ 以上とるよう定めているので、縁距離、端距離を規準ぎりぎりにとった場合の最大荷重の下限 5% 信頼限界値を回帰式より求め表中に示した。そして、この値と大断面マニュアル、計算規準のドリフトピンの短期許容せん断耐力を比較した。

繊維直交方向加力時でも、計算規準は接合具直径および l/d の大きな接合具に対してかなり高い安全率が期待できる。また大断面マニュアルでも接合具直径が小さくなるほど安全率は大きくなっている。横引張型加力を除けば、学会、大断面マニュアルともに 2.5 倍以上の安全率が見込めるので、繊維直交方向加力についても、許容耐力を現行値の 1.5~3 倍に引き上げることが可能であろう。

(5) 望ましい許容耐力体系

現在の木構造計算規準のドリフトピン接合許容耐力は、実験的に求められたものとはいえ、 l/d が 4 以上になると、それ以上いくらドリフトピン長さ（および材幅）が大きくなっても許容耐力は大きくならないため、結果として太くて短いドリフトピンの利用が増えてしまう。これでは地震などの外力が接合部に加わった時、脆性的に破壊してしまう危険性が高い。

実験的には、 l/d が 4 を越えても 10 前後までは、 l の 0.5 乗程度で最大荷重が増大していくため、たとえば

$$4 < l/d \leq 10 \text{ の範囲では } P = k \cdot \alpha \cdot \rho \cdot d \cdot l^{0.5}$$

という形の式を(1)式の中に加え、(1)式にかかる係数も、 l/d の大きい範囲では現行の 2 倍くらいになるように設定するべきであろう。こうすれば、ドリフトピン接合について l/d の大きい接合部が不利にならない許容耐力体系となり、 l/d が大きいためにねばりのある接合部が実現できよう。

一方、木構造計算規準ボルト接合および大断面マニュアルのボルト、ドリフトピン接合は、ヨーロッパ型の剛塑性降伏理論を用いて許容耐力を誘導しているが、この降伏理論は、降伏荷重を推定する方法としては比較的簡単で精度の良い方法である。ただ、この方法では最大荷重がわからないため、降伏理論により許容耐力を決定する場合には、接合部の縁距離、端距離を十分にとるか、割裂破壊が生じないような対策を施し、最大荷重が降伏点以降に記録されることを確実にしておかなければならない。接合具自身が曲げ変形するか、木材中へめり込むことにより降伏する前に木材が割裂やせん断により破壊してしまうような接合部では、別途この破壊に対する安全性の検討が必要である。

また、マニュアルでは表 1 の接合具めり込み降伏応力値 (S_1 , S_2)として木材の長期許容圧縮応力度の 3 倍を用いているが、この値はベイマツでは繊維平行方向 225k

gf/cm²、直交方向 90kgf/cm² となる。一方学会規準のボルト接合では、集成材の 1 級の許容応力度を用いても良いので、この場合繊維直交方向の値は変わらないものの、平行方向ではベイマツの場合 315kgf/cm²を用いても良いことになる。

これに対し、表 4 に示すようにアメリカの N D S では、S₁、S₂ の値として圧縮型の接合具めり込み試験により求めた実測値が用いられており、たとえば絶乾比重 0.50 のベイマツでは繊維平行方向で 393kgf/cm²、直交方向の d=16mm で 197kgf/cm² となる。この値は繊維平行方向では日本のベイマツ集成材 1 級の場合の 1.25 倍であり、直交方向では 2 倍になっている。また、N D S では繊維直交方向加力時のめり込み降伏応力は接合具直径が小さくなるほど大きくなっており、この結果日本の規準のように接合具の直径が小さくなるほど安全率が高くなる、という問題は解消できる。

ヨーロッパ型剛塑性降伏理論により許容耐力を誘導する場合には、N D S のように計算は接合具の木材へのめり込み降伏応力、接合具自身の曲げ降伏応力の実測値を用いて行い、あとで必要な安全率をとるのが最も適切であろう。計算は繁雑になるが、表 4 のように木材の比重、接合具の直径ごとにきめ細かくめり込み応力を設定すれば、きめ細かな接合具許容耐力体系が実現でき、いたずらに安全率を大きくとる、というような接合部設計上の無駄がなくなるであろう。

表 4. N D S ' 9 1 における接合具の木材中へのめり込み応力

樹 種	比 重		ダボめり込み耐力(kgf/cm ²)					
	気乾 (14%)	絶乾	繊維平行	繊維 直 交				
				d=12.7mm	d=15.9mm	d=19.1mm	d=22.2mm	d=25.4mm
Northern White Cedar	0.34	0.31	242.19	112.32	98.28	91.26	84.24	77.22
Spruce-Pine-Fir(south)	0.39	0.36	284.31	136.89	122.85	112.32	105.30	98.28
Engelmann Spruce	0.41	0.38	298.35	147.42	133.38	122.85	112.32	105.30
Eastern Hemlock	0.45	0.41	322.92	164.97	147.42	136.89	126.36	115.83
Spruce-Pine-Fir	0.46	0.42	329.94	171.99	154.44	140.40	129.87	122.85
Hem-Fir	0.47	0.43	336.96	179.01	157.95	143.91	133.38	126.36
Western Hemlock	0.51	0.47	368.55	203.58	182.52	164.97	154.44	143.91
Douglas Fir-Larch	0.54	0.50	393.12	221.13	196.56	182.52	168.48	157.95
Southern Pine	0.59	0.55	431.73	256.23	228.15	207.09	193.05	179.01

文献

- 1) 前田典昭：“木造化推進標準施工マニュアル作成等事業報告書（3）”、日本住宅・木材技術センター、1987、p. (V-215) - (V-249)。

7-4 接合具単体の耐力推定の現状と問題点

1. ヨーロッパ型降伏理論による降伏耐力の推定

ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューなどダボタイプの接合具を用いた接合部のせん断降伏耐力が、接合具および木材を剛塑性体とみなすヨーロッパ型の降伏理論を用いると、比較的精度よく推定できることは、ほぼ周知の事実となってきた。そしてこの理論は日本をはじめ、各国の木構造接合部の設計マニュアルの中にとり入れられている。

さて、せん断を受ける接合部の形式としては、木材を側材とした場合、鋼板を側材とした場合、鋼板を挿入した場合、木材相互の一面せん断、木材-鋼板間の一面せん断の各接合形式があり、それぞれについて2~6種の降伏パターンがある。このそれぞれについて、上記の降伏理論を用いて計算した降伏荷重推定式を表1-1、1-2、2-1、2-2に掲げた。

この降伏耐力の推定には、ボルト自身の曲げ降伏応力 S_y および木材に対するボルトのめり込み降伏応力 S_i をあらかじめ測定しておく必要があるが、逆にこの数値さえ把握しておけば、ダボタイプの接合具を用いたせん断を受ける接合部の降伏耐力を、実験によらなくても計算により推定することが可能となる。しかしながら、この S_y 、 S_i の値のとり方については、統一された基準値というものはなく、各マニュアル、各研究者によって若干違いがみられる。そこで、この章ではこの S_y 、 S_i のとり方について検討を加えた。

1. 1 ボルトの曲げ降伏応力

断面が円形のボルトの曲げ降伏モーメント M は

$$M = S_y \cdot \frac{D^3}{6} \quad (S_y: \text{ボルト曲げ降伏応力、} D: \text{ボルト直径})$$

で与えられる。この M を実測するのが接合部の降伏耐力の推定には最善の方法であるが、これにかわるものとして、たとえば木構造計算規準では鋼材の基準強度 $S_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ が用いられている。

Soltis は実測による各直径の鋼棒の降伏応力として、2.9mm 7593 kgf/cm^2 、4.9mm 5484 kgf/cm^2 、6.2mm 4008 kgf/cm^2 、9.5mm 5695 kgf/cm^2 、12.7mm 4359 kgf/cm^2 を得ている。また、川元は直径16mmの鋼棒の実測値として、 4688 kgf/cm^2 、12mmでは 5799 kgf/cm^2 を得ている。

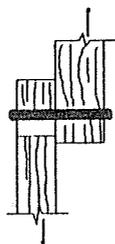
ボルトでの結果ではないが、釘程度(2~5mm)の直径の接合具については、その直径を D (mm)とすると、

$$S_y = 510(16-D) \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{Smith})$$

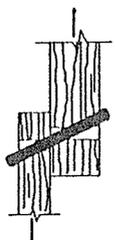
表 1 - 1 木 - 木 1 面せん断接合部の降伏耐力



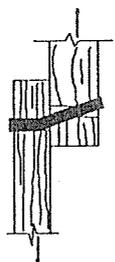
$$1) F_y = DL_2S_2$$



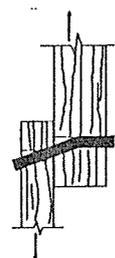
$$1A) F_y = \frac{DL_2S_2}{\alpha\beta}$$



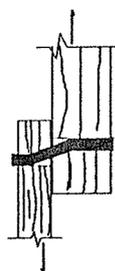
$$2) F_y = \frac{DL_2S_2}{\alpha\beta} \frac{\sqrt{\beta + 2\beta^2(1 + \alpha + \alpha^2) + \alpha^2\beta^3} - \beta(1 + \alpha)}{(1 + \beta)}$$



$$3) F_y = \frac{DL_2S_2}{\alpha(2 + \beta)} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{2S_y(2 + \beta)\alpha^2}{3S_2\left(\frac{L_2}{D}\right)^2} - 1} \right]$$

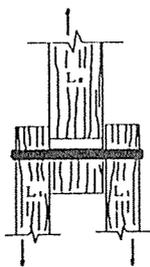


$$3A) F_y = \frac{DL_2S_2}{(1 + 2\beta)} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{2S_y(1 + 2\beta)}{3S_2\left(\frac{L_2}{D}\right)^2} - 1} \right]$$

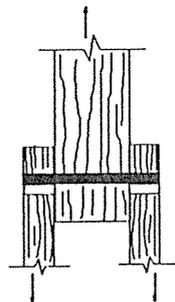


$$4) F_y = D^2 \sqrt{\frac{2S_2S_y}{3(1 + \beta)}}$$

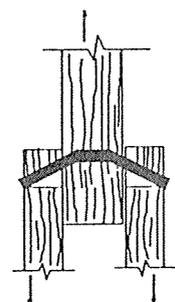
表 1 - 2 木材を側材とした接合部降伏耐力



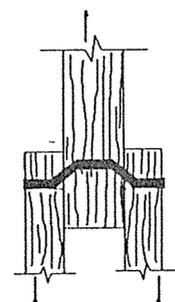
$$1a) F_y = DL_2S_2$$



$$1b) F_y = 2DL_1S_1$$



$$2) F_y = \frac{2DL_2S_2}{(1+2\beta)} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{2S_y(1+2\beta)}{3S_2\left(\frac{L_2}{D}\right)^2}} - 1 \right]$$



$$3) F_y = 2D^2S_2 \sqrt{\frac{2S_y}{3S_2(1+\beta)}}$$

F_y = 接合部降伏耐力

D = ボルト直径

S_y = ボルト降伏応力

S_1 = 側材めり込み降伏応力

S_2 = 主材めり込み降伏応力

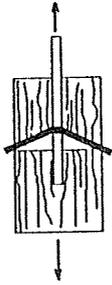
L_1 = 側材厚さ

L_2 = 主材厚さ

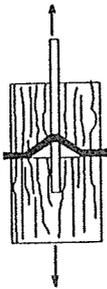
表 2 - 1 鋼板挿入接合部および鋼板添板接合部の降伏耐力



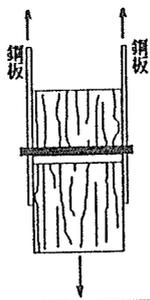
$$I) F_y = DLS$$



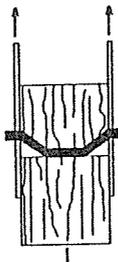
$$II) F_y = DLS \left(\sqrt{\frac{8S_y D^2}{3SL^2} + 2} - 1 \right)$$



$$III) F_y = 2D^2 S_y \sqrt{\frac{2S_y}{3S}}$$



$$I) F_y = DLS$$



$$III) F_y = 2D^2 S_y \sqrt{\frac{2S_y}{3S}}$$

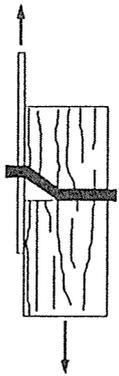
表 2 - 2 木材 - 鋼板 1 面せん断接合部の降伏耐力



$$I') F_y = DLS$$



$$II') F_y = DLS \left(\sqrt{\frac{2S_y D^2}{3SL^2} + 2} - 1 \right)$$



$$III') F_y = D^2 S \sqrt{\frac{2S_y}{3S}}$$

F_y = 接合部降伏耐力

D = ボルト直径

S_y = ボルト降伏応力

S = 木材めり込み降伏応力

L = 木材厚さ

$$S_y = 9139 - 592D \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{Loferski})$$

のように直径の増大に伴って降伏応力が小さくなっていく形の式が得られている。いずれにしても降伏応力 S_y は、直径の増大とともに小さくなるという結果が得られており、このように直径 D が S_y に及ぼす影響には十分注意する必要がある。

1. 2 木材に対するボルトのめり込み応力

1. 2. 1 繊維平行方向加力

図1は木材の比重(ρ)と、木材に対するボルトなど断面円形の鋼棒のめり込み応力(S)の関係を示したものである。

回帰式としては

$$S = 932.15\rho - 113.79 \quad (\text{平井})$$

$$S = (837 - 8.37D)\rho \quad (\text{ただし } D=12\text{mmとした}) \quad (\text{Smith})$$

を図中に示した。

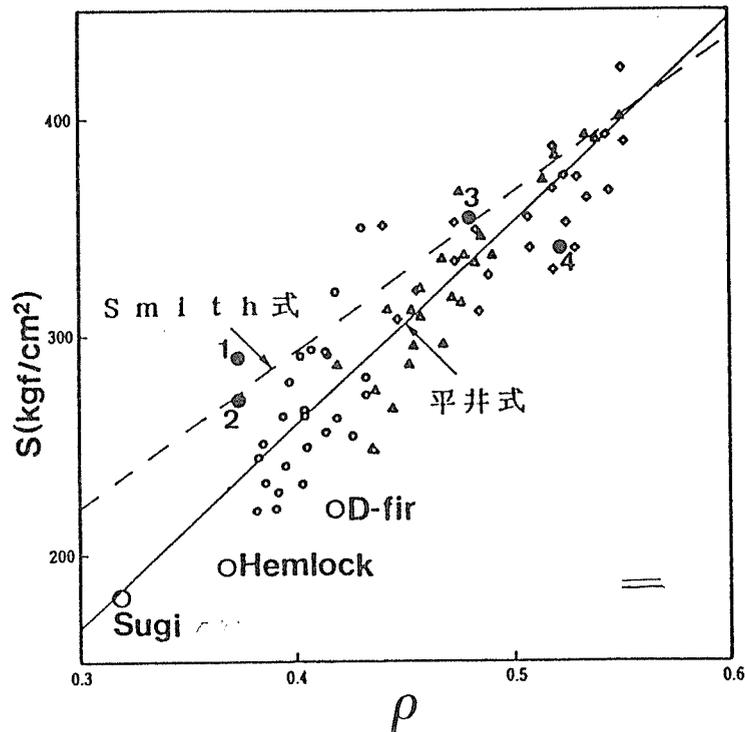


図1. 木材の比重とボルトめり込み応力の関係 (繊維平行加力)

————— 平井式 $S = 932.15\rho - 113.79$

----- Smith式 $S = (837 - 8.37D)\rho$ ($D=12\text{mm}$ とした)

1: スギ集成材16mmボルト圧縮型めり込み 288kgf/cm²

2: スギ集成材12mmボルト圧縮型めり込み 272kgf/cm²

3: ベイマツ集成材16mmボルト圧縮型めり込み 349kgf/cm²

4: ベイマツ集成材8~20mmボルト引張型めり込み 341.5kgf/cm² (藤田)

○: 木構造計算規準値

また、個別のプロットとしては、木構造計算規準で用いられている各樹種についての比重とSの値、川元がスギについて直径12mmと16mm、ベイマツについては直径16mmのピンを用い、圧縮型で測定したSの値、藤田が端距離を7dとし、ベイマツ材を用い引張型で求めたSの値を示した。

平井の回帰式は端距離を5dとした引張型の試験で求めた結果であり、Smithは引張型でも圧縮型でもほぼ同じ耐力が得られたために両者を統合して回帰式を計算している。またSmithは、繊維平行加力でもめり込み応力は接合具の直径が大きくなるほど小さくなる、としており、直径の影響はない、とする平井の結果とは異なっている。

この繊維平行加力については、直線の傾きは若干ちがうものの、直径12mm～20mmのボルトについて、めり込み応力は平井でもSmithでもあまり変わらない。川元の結果も若干高めではあるがSmithの式にほぼ一致する。一方、木構造計算規準で用いられている $3 \cdot f_c$ (f_c は長期許容圧縮応力度)の値は、これら実験で得られた値の約0.65倍前後である。

1. 2. 2 繊維直交方向加力

1. 2. 2. 1 比重の影響

図2は木材の比重(ρ)と繊維直交方向加力時のボルトめり込み応力(S)の関係を示したものである。なおこの図では、ボルトのめり込み応力が直径により変化するため、直径(D)10mmのボルトの結果を主に示した。

図中の回帰式は、平井が曲げ型の試験により、直径10mmのボルトについて得た

$$S = 255.22\rho + 13.81$$

およびSmithが横引張型の試験をもとに得た

$$S = (418 - 8.98 \cdot D)\rho$$

においてD=10mmとした場合、すなわち

$$S = 328.2\rho$$

を示した。

また、図中には、木構造計算規準に用いられている $3 \cdot f_c$ (f_c は木材の長期許容横圧縮応力度)の値、藤田がベイマツ材について横引張型の試験で得た $S = 294.2D^{-0.32}$ において、D=10mmとした時の値 141 kgf/cm^2 、直径は異なるが川元が12φのボルトについて圧縮型の試験を行い、その直径の5%オフセット変位値を始点として傾きがS-Sカーブに等しい直線とS-Sカーブの交点をとった時の応力 131.5 kgf/cm^2 を示した。

Smithの結果は平井よりも値が大きく、比重が高くなるほどその差がひらき、比重0.6の場合にはその差が20%に広がった。また、木構造計算規準とSmithの式との差はほぼ2倍近くになった。

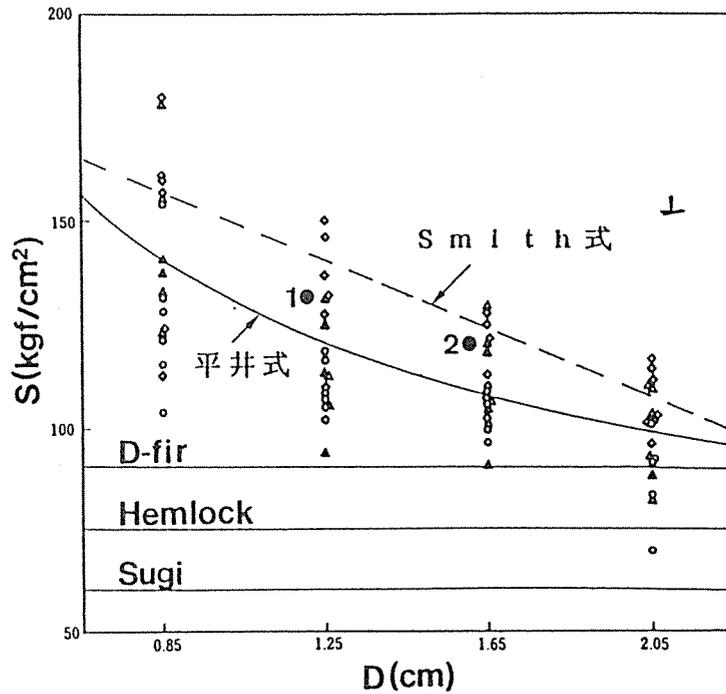


図 3. ボルト直径とボルトめり込み応力の関係 (繊維直交加力)

- 平井式 $S = 329.9 D^{-0.4}$ (D:mm)
- Smith式 $S = (418 - 8.98 D) \rho$ ($\rho = 0.46$ とした)
- 1: スギ集成材 12mm ボルト 圧縮型めり込み (直径の 5% オフセット値)
131.5 kgf/cm²
- 2: スギ集成材 16mm ボルト 圧縮型めり込み (直径の 5% オフセット値)
117 kgf/cm²

下方の 3 直線は木構造計算規準値

図中には木構造計算規準の値、および川元がスギ材の圧縮型試験により求めたボルト直径の 5% オフセット値 (16φ 117kgf/cm² 平均比重 0.37, 55体の結果、12φ 131.5kgf/cm² 平均比重 0.39, 39体の結果) も示した。

Smith の式を $\rho = 0.4$ として計算すれば、ほぼ平井の式に近くなる。直線、曲線の傾きは両者ほぼ同じとみて良いと思われる。

川元のプロットは比重の割には若干高めの数値になったが、圧縮型の試験は引張型に比べて容易であるため、この圧縮型の試験方法でめり込み応力の測定は十分と結論されれば、今後はデータの蓄積も容易となる。

木構造計算規準で用いられている値は、直径 20mm 以上のボルトについては、ほぼ実験値と等しくなるが、小径のボルトの場合には非常に小さくなってしまふ。

1. 3 ボルトめり込み応力の測定方法について

繊維平行方向加力時のボルトめり込み応力に関しては、Smith は試験法が圧縮型で

も引張型でも数値にほとんど差はない、としている。ただ引張型では、せん断や割裂による木材の破壊が生じやすく、端距離を十分にとる必要がある。

繊維直交方向加力の場合については、圧縮型、曲げ型、引張型で実験が行われているが、木材の割裂破壊のしやすさから考えると引張型が最も低い最大応力値を与え、圧縮型は割裂破壊を生じにくいために最も高い最大応力を与える。この圧縮型では明

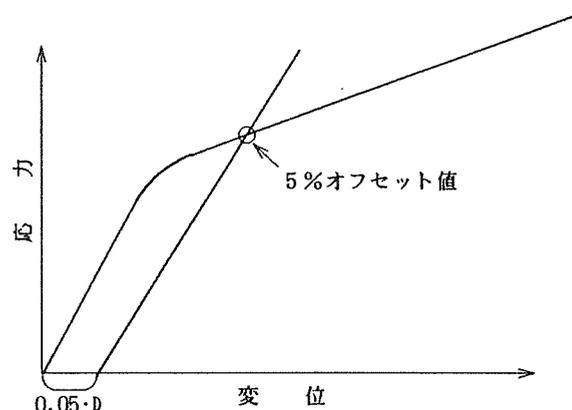


図4 ボルトめり込み降伏応力のとり方
(直径Dの5%オフセット値を用いる)

確な最大応力が記録できないため、図4に示すようにボルト直径の5%オフセット点から荷重-変位曲線の直線域に平行になるように引いた直線と荷重-変位曲線の交点を降伏応力とする、という考え方は役に立つ(アメリカNDS)。この方法により求めた降伏応力は、スギの比重が0.38と低かったことを考えるとSmith式より高い。なお、この応力値は、直径16mmのピンをスギ材にめり込ませた場合で1.74mm、12mmのピンをめり込ませた場合で1.43mmの変位時の応力に相当した。

実験の容易さから考えると圧縮型が優れているが、ボルト直径の0.5%オフセット値では、ボルト直径が大きいほど変形量が大い時の応力値を用いることになるため、試験体の寸法などの規定を含めこの方法を用いることの是非を考える必要がある。

2. 接合部の最大耐力について

1で述べた降伏理論は、鋼棒が曲げ降伏するか、あるいは木材中へめり込んでいくことによる降伏耐力を推定する方法であり、接合部の破壊などを伴う最大耐力を明らかにするものではない。この最大耐力は、縁距離、端距離、 L/D (L : ボルト長さ、 D : ボルト直径)の影響を顕著に受け、最大耐力が降伏理論により推定した降伏点以下になる場合もあるので注意が必要である。

以下では、繊維平行加力、直交方向加力それぞれについて、最大耐力に影響を及ぼす要因について触れる。

2. 1 繊維平行加力

2. 1. 1 端距離の影響

図5は鋼板挿入式ドリフトピンについて、端距離およびピン間隔が最大荷重に及ぼす影響を調べたものである。また図中の点線は降伏理論により推定した降伏荷重(木材に対するピンめり込み強度、ピンの曲げ降伏応力は実測値を用いた。)である。

木構造計算規準では、端距離は接合具の直径の7倍以上とるように定めており、ド

ドリフトピンについてはおおむね7倍以上とってれば、木材側が割裂あるいはせん断により破壊する前に接合部が降伏点に達し、ねばりのある接合部が期待できる。

端距離が十分でない場合には、直径の大きいボルトではせん断、小さいボルトでは割裂により破壊しやすく、安村はこの場合の端距離の影響の評価法を提案している。

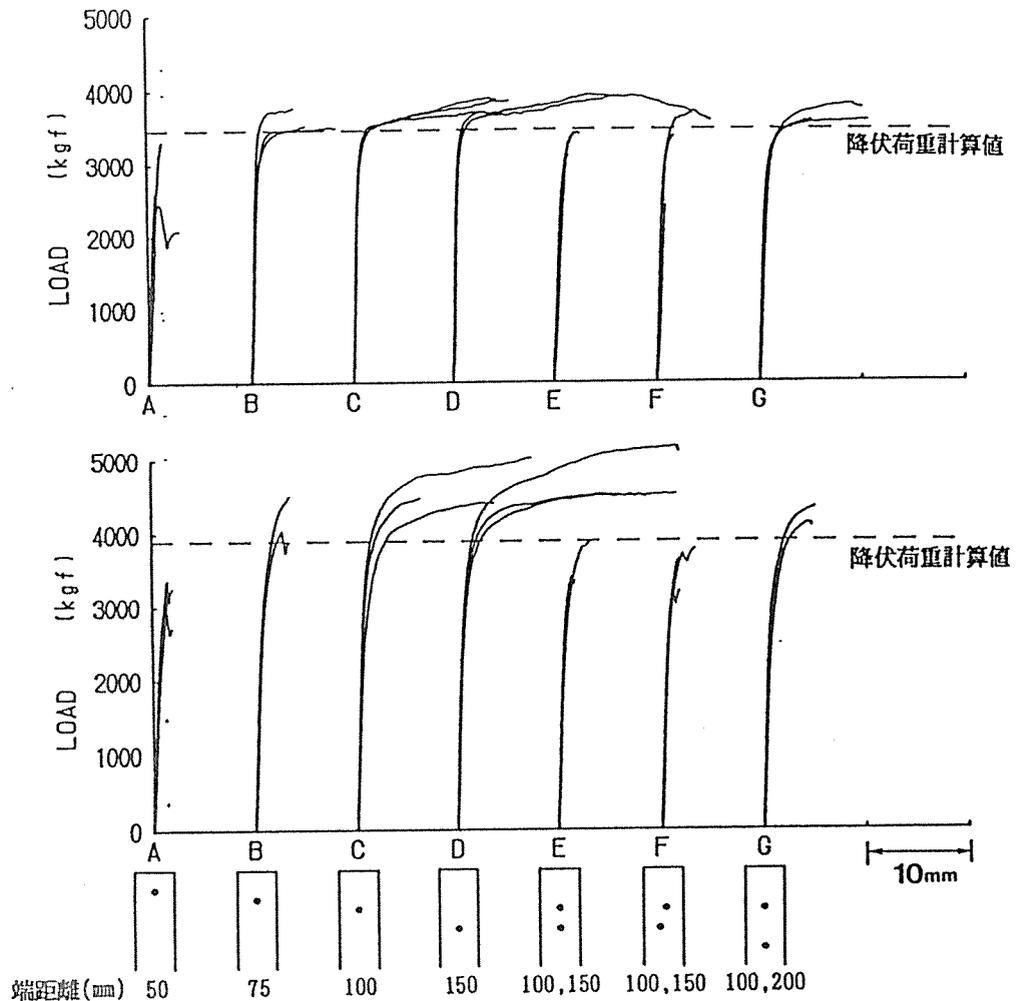


図5 繊維平行方向加力時の荷重-相対変位曲線
(ドリフトピン直径16mm、上：長さ100mm、下：長さ150mm)

2. 1. 2 接合具による最大耐力の違い

図6は同一形状の試験体を用い、接合部をボルトおよびドリフトピンとした鋼板挿入式接合部の荷重-相対変位曲線である。これをみると、ドリフトピンでは降伏点を過ぎたあと最大荷重はほとんど増大せず、荷重-相対変位曲線がほぼ水平になるのに対し、ボルトでは座金がボルトの変形や引き抜けを拘束し、降伏点を過ぎた後も荷重は変位の増大に伴って大きくなっていく。このため木材側が割裂やせん断により破壊しない限り、

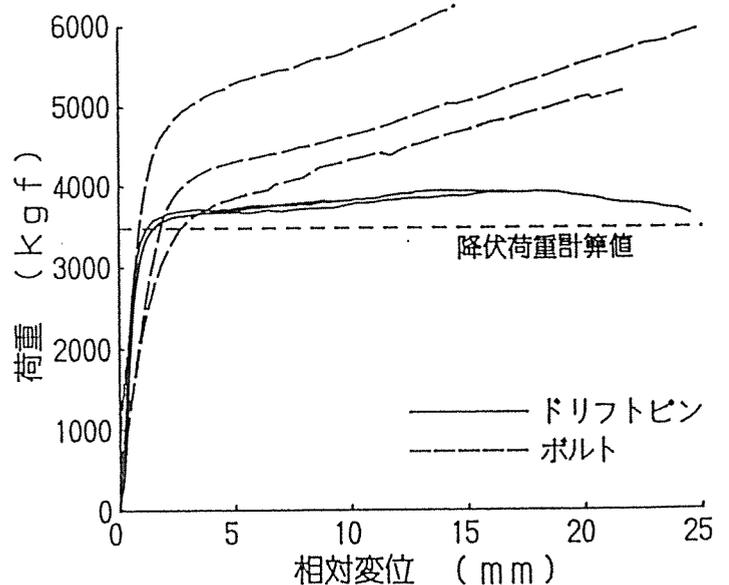


図6 ボルトとドリフトピンの強度性能の比較
接合具直径16mm、長さ100mm、端距離150mm

ボルトの最大荷重はドリフトピンを大きく上回ることになる。

このことから降伏理論により求めた降伏荷重は、ドリフトピンについてはほぼ最大荷重に近い値となるが、ボルトでは端距離を十分にとっていれば、最大荷重は降伏荷重を大きく上回る。ただし、このボルトとドリフトピンの最大耐力は、鋼板添板接合の場合や、木材中へのピンのめり込みにより降伏する場合には両者の差がほとんどない。

2. 2 繊維直交方向加力

繊維に直交する方向の加力を受ける接合部では、図7に示す曲げ型あるいは引張型などの加力形式が最大荷重に及ぼす影響

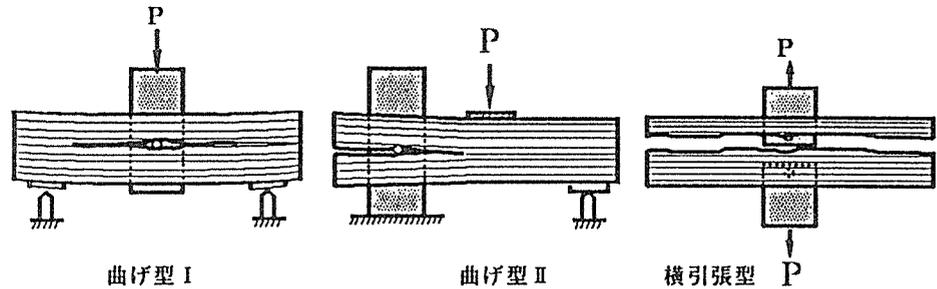


図7 繊維直交方向せん断試験の形式

が大きい。曲げ型 I は最も普通に用いられている試験法であるが、接合具近傍に生じた割れが左右の両支点で止まってしまう。曲げ型 II では木材の一端にのみ破壊が進展する。引張型は木材が完全な横引張力を受け、割裂破壊が生じやすい。

図8は曲げ型 II と横引張型の最大荷重を比較した一例であるが、横引張型の最大荷重は曲げ型に比べてかなり小さい。このため横引張型の加力を受ける接合部では許容耐力を下げるなどの対策が必要である。

2. 2. 2 縁距離、端距離が最大荷重に及ぼす影響

縁距離、端距離が最大荷重に及ぼす影響に関して、図7の曲げ型 II の加力を受ける鋼板挿入式ドリフトピン接合部について、ドリフトピン直径と長さが同じ時には、その最大荷重が縁距離 (h :mm)、端距離 (e :mm) をパラメータとする表3の式により推定できることがわかっている。木構造計算規準では、縁距離は直径の4倍以上、端距離は直径の7倍以上とるように定められているが、これより縁距離、端距離を大きくとればより高い最大荷重が期待できるため、4

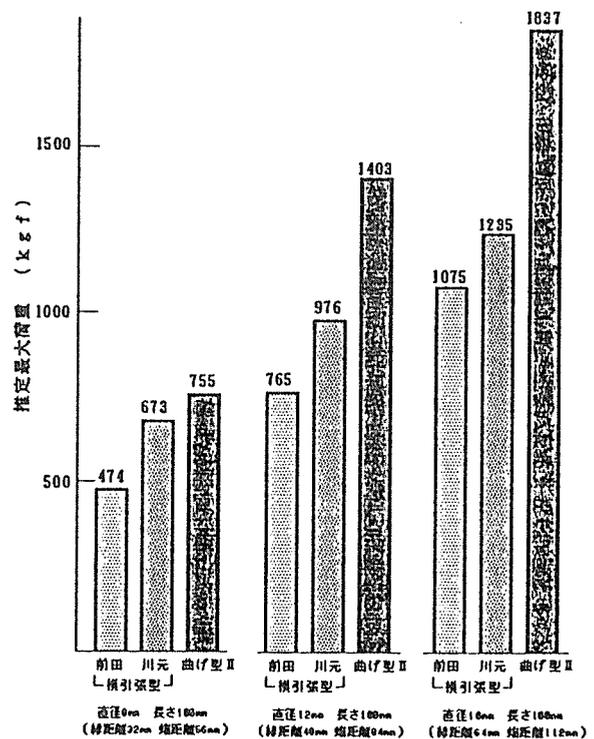


図8 ドリフトピン直径、長さ、縁距離、端距離を同一とした時の各試験体ごとの最大荷重推定例

倍、7倍にこだわらず、縁距離、端距離はできるだけ大きくとることが望ましい。

表3 繊維直交方向加力時の縁距離、端距離と最大荷重（破壊荷重）の関係
（スギ集成材、鋼板挿入式ドリフトピン）

鋼板枚数	ピン直径 (mm)	ピン長さ (mm)	重回帰式	重相関係数
1	16	100	$P_{max} = 21.40 \cdot h^{0.69} \cdot e^{0.33}$	0.94
	16	150	$P_{max} = 32.53 \cdot h^{0.74} \cdot e^{0.27}$	0.95
	12	100	$P_{max} = 46.94 \cdot h^{0.62} \cdot e^{0.22}$	0.94
	12	150	$P_{max} = 36.86 \cdot h^{0.68} \cdot e^{0.27}$	0.97
	8	100	$P_{max} = 59.21 \cdot h^{0.57} \cdot e^{0.14}$	0.90
2	16	150	$P_{max} = 39.63 \cdot h^{0.71} \cdot e^{0.28}$	0.95
	12	150	$P_{max} = 39.86 \cdot h^{0.71} \cdot e^{0.27}$	0.94

P_{max} : 最大荷重 (kgf) h : 縁距離 (mm) e : 端距離 (mm)

2. 3 繊維平行方向加力と直交方向加力の強度化

Soltis はボルト、釘、ドリフトピンなどのダボタイプ (dowel type) の接合具について、その繊維平行方向加力に対する直交方向加力時の最大耐力比は、接合具直径および比重をパラメータとする図9で表される、としている。これによれば、木材の比重は大きいほど、また接合具の直径は小さいほど、繊維平行加力と直交加力の最大耐力差は小さくなる。従って直径 2~5mm の釘程度の接合具では繊維平行方向と直交方向の耐力にほとんど差がなく、ボルト、ドリフトピンなど直径

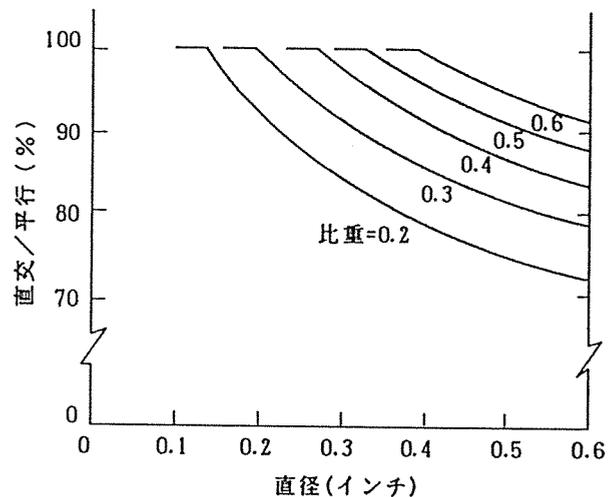


図9 繊維直交加力時と平行加力時の最大耐力比(Soltis)

が大きい接合具については、直径が大きくなるほど繊維直交方向加力時の最大耐力が繊維平行方向加力のそれに比べて小さくなる。

ただこの図9は、Soltis が実施した木-木の一面せん断試験で得られた結果であり、その接合形式、接合具直径(D)、L/D、接合具の降伏様式、縁距離、端距離が変わればその結果もかなり変わるものと考えられ、図9は普遍的なものではないことに注意する必要がある。

7-5 モーメント抵抗接合の設計法

1. 設計法の考え方と問題点
2. 実験（1991年理科大・建研）と計算の比較

参考文献

略称

大断面木造建築物設計施工マニュアル1988年度版（日本建築センター）：大断面マニュアル
木構造計算規準（日本建築学会）：計算規準

1. 設計法の考え方と問題点

1-1 設計法の考え方

基本的には、接合部のモーメントに対して、各接合具（ボルト、ドリフトピン）の荷重負担を求め、さらに接合部の軸力、せん断力に対する荷重負担を加算して、許容耐力と比較する。

$$\begin{array}{l} M \rightarrow P_{Mi} \\ N \rightarrow P_{Ni} \\ Q \rightarrow P_{Qi} \end{array} \quad | P_{Mi} + P_{Ni} + P_{Qi} | \leq P_{\omega i}$$

? ボルト等のせん断
集成材割裂

考え方の相違点

- (1) 接合具（周辺）の降伏
降伏後まで考えるか、すべて許容耐力以下に押さえるか。
- (2) 応力（特にM）の各接合具の負担
すべり剛性を考慮して応力配分するか、すべり剛性一定と見なして均等に割り振るか
- (3) 矩形配置の場合の応力配分
中心からの距離に比例するとするか、内接円の円形配置と見なすか
- (4) 接合具の許容耐力
繊維に対する荷重角度に応じて取るか、繊維直交方向の値（最小値）を用いるか。
- (5) 接合具の許容耐力の式として、何を用いるか。
計算規準 or 大断面マニュアル
- (6) 木材の割裂のチェックの有無。

参考（大断面マニュアルの場合）

すべり剛性一定（均等に振り分け）
矩形配置は内接円配置と見なす
繊維直交方向の許容耐力以下に収める
割裂は別途チェック

1 - 2 問題点

- (1) 接合具の降伏後まで考えると許容応力度設計とは言えない。
保有水平耐力の計算では当然必要となる。
- (2) すべり剛性を何によって求めるか。(比がわかれば荷重負担分の計算だけは可能だが、変形計算あるいは接合部回転剛性を考慮した骨組みの応力解析には具体的数値が必要)
 - ・ 繊維方向に対し0度と90度のすべり剛性 K_0 、 K_{90} からハンキンソン式を用いて求める(小松:資料参照)
 K_0 、 K_{90} は実験 or 弾性床上の梁理論
 - ・ 大断面マニュアル(P.219)の式(KUENZI, E.W.)による。
主材、側材のめり込み剛性はヤング係数に基づく
繊維と傾斜する場合は直線補完
 - ・ 実験による。
 - ・ 耐力に比例すると仮定する。円形配置に対しては耐力の加算が可能。変形計算はできない。
- (3) ・ すべり剛性一定(均等負担)と仮定した場合は90度で決まる。
・ 鋼板を側材とした場合は0度と90度で差が大きいが、合せ梁(合せ柱)では、(常に θ と $90^\circ - \theta$ の組合せになるので)差は小さい。
- (4) ① 計算規準 : ボルト 複雑
② 大断面マニュアル: ボルト $P_s = C_0 \cdot d^2$ (ほぼ①と同)
③ 計算規準 : ドリフトピン 従来のボルト耐力の75%
④ 大断面マニュアル: ドリフトピン ボルト②と同
- (5) 有効幅をどう取るか
 - ・ 荷重負担側の縁距離(大断面マニュアル)
 - ・ ボルト、ドリフトピン径の6倍

2. 実験と計算の比較

2-1 実験内容

ドリフトピンを用いたモーメント抵抗接合（1991年建築研究所にて実施）
 理科大修士論文、平塚正敏（1992年）による
 試験体：12種、各1体（別紙参照）
 樹種：スプルー集成材
 加力方法：T字形。正負交番繰り返し。（別紙参照）

2-2 計算方法

共通事項

- 円形配置の場合、全ての接合具が降伏すると仮定。

$$M = \sum (P_i \cdot r_i)$$

2重円、正方形配置の場合、内側の接合具は中心からの距離の比で低減。

$$M = \sum \left(\frac{r_i}{r_{max}} P_i \cdot r_i \right)$$

- 鋼板挿入式のものにはパネルゾーンのみ着目。

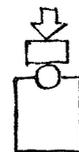
降伏荷重計算値の算出方法

接合具許容荷重の式	圧縮強度の比のとり方	安全率に相当する倍率	繊維方向に対する荷重角度の考慮	計算値
大断面マニュアルボルト(長期)	—	3	しない (90°の値を使用)	P_{y1}
			する (直線補完)	P_{y2}
計算規準ボルト(短期)	実験値*1 総プロ昭62	1.5	しない	P_{y3}
			する	P_{y4}
	許容応力度の比*2	1.5	しない	P_{y5}
			する	P_{y6}

*1 計算規準の式における圧縮強度の比の値 $\beta = f'_c / f_c$ の算出に際して総プロで行なった実験値を用いる。（下表参照）

（ただし、計算規準の式の中の長期許容圧縮応力度は、 $f_c(\theta=0)=80$ kg/cm^2 、 $f_c(\theta=90)=20 \text{ kg/cm}^2$ （めり込み許容応力度）。

ボルト径 (mm)	繊維方向圧縮強度 (kg/cm^2)	繊維直角方向圧縮強度 (kg/cm^2)
16	392	168
20	362	225



*2 計算規準の式における圧縮強度の比の値 $\beta = f'_c / f_c$ の算出に際して $f_c(\theta=0)=80 \text{ kg/cm}^2$ 、 $f_c(\theta=90)=20 \text{ kg/cm}^2$ （めり込み許容応力度）を用いる。

短期許容荷重計算値の算出方法

接合具短期許容荷重の式	圧縮強度の比のとり方	繊維方向に対する荷重角度の考慮	計算値
大断面マニュアル ボルト	-	しない (90°の値を使用)	$s P_1$
		する (直線補完)	$s P_2$
計算規準 ドリフトピン	-	しない	$s P_3$
		する	$s P_4$
計算規準 ボルト	許容応力度 の比	しない	$s P_5$
		する	$s P_6$

$$s P_5 = P_{y5} / 1.5, \quad s P_6 = P_{y6} / 1.5$$

割裂荷重の算出方法

- ・接合具両端に径の3倍（両側で6d）の有効幅を仮定。
- ・横引張強度はせん断強度の3分の1とする。（ $F_{t90} = 18.33 \text{ kg/cm}^2$ ）
- ・ある接合具のせん断応力の横引張成分が上記横引張強度に達したときの載荷点荷重を割裂荷重とする。

2-3 結果についてのコメント

降伏荷重の実験値と計算値の比較

- ・計算規準の式で、圧縮強度の比に総プロ実験結果（丸鋼めり込み実験結果）を用いた場合は計算値と実験値がかなりよく一致する。
- ・接合具の降伏せん断耐力を単純に加算する（すなわち、剛性が耐力に比例すると仮定する）方法は、今回の実験を見る限り妥当と考えられる。
- ・危険側になる試験体は、ドリフトピン間隔4d、角形配置、二重円配置、加力点距離が短いものの4タイプ。
- ・接合具せん断耐力の算出に荷重角度を考慮した計算値と、90度の値を用いた計算値とでは、（特に上記総プロの実験結果を用いた場合、）その差はわずかである。

短期許容荷重と最大荷重の比について

- ・上記総プロの値を用いない現行の短期許容荷重は、最大荷重に対して安全率3以上となる。特に学会ドリフトピンの計算値は、安全率4以上、最大8程度となる。

割裂荷重の実験値と計算値の比較および割裂の問題

- ・有効幅6dを考えると、実験と計算はよく一致する。
- ・危険側となるのは間隔4d、および二重円配置。
- ・割劣に有利な試験体は、鋼板挿入形、およびボルト。
- ・材厚がドリフトピン径の4倍（以下）の場合、降伏以前に割裂が生じ、好ましくない。

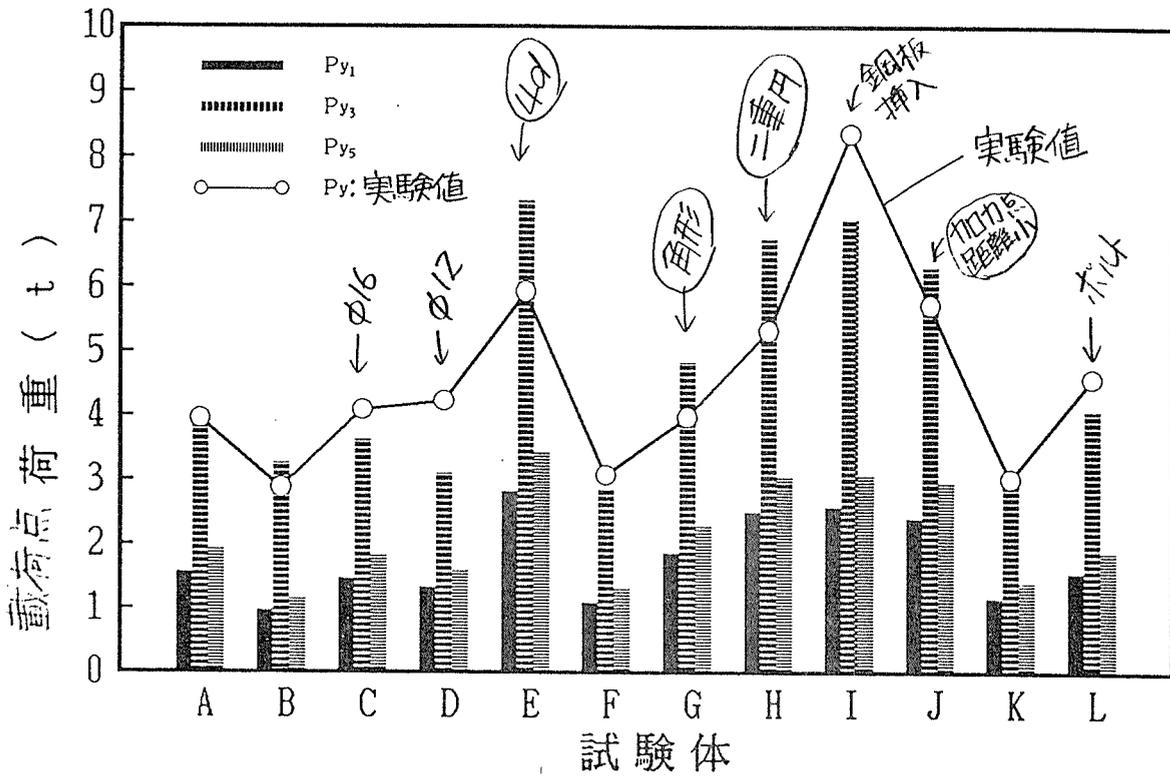


図2-4-3 側材の繊維に直角方向加力時のボルト許容せん断耐力を用いて求めた降伏荷重計算値と実験値

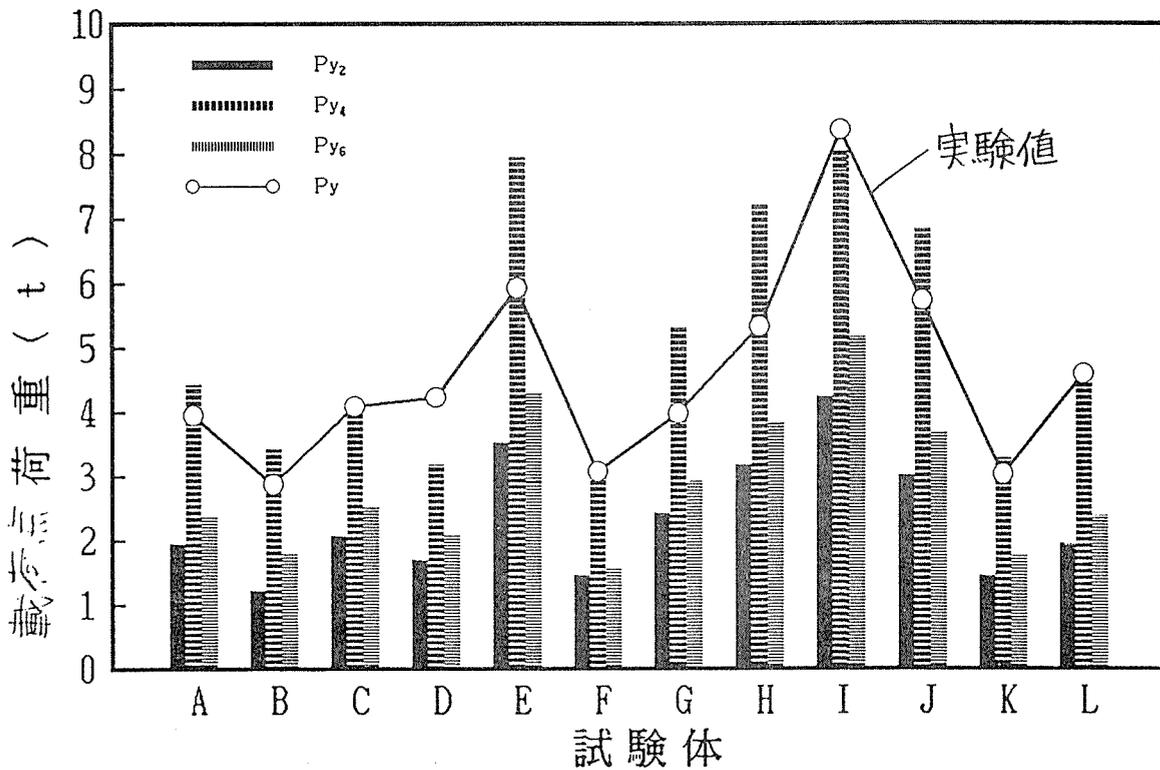


図2-4-4 加力角度を考慮した降伏荷重計算値と実験値

短期許容荷重と最大荷重の比

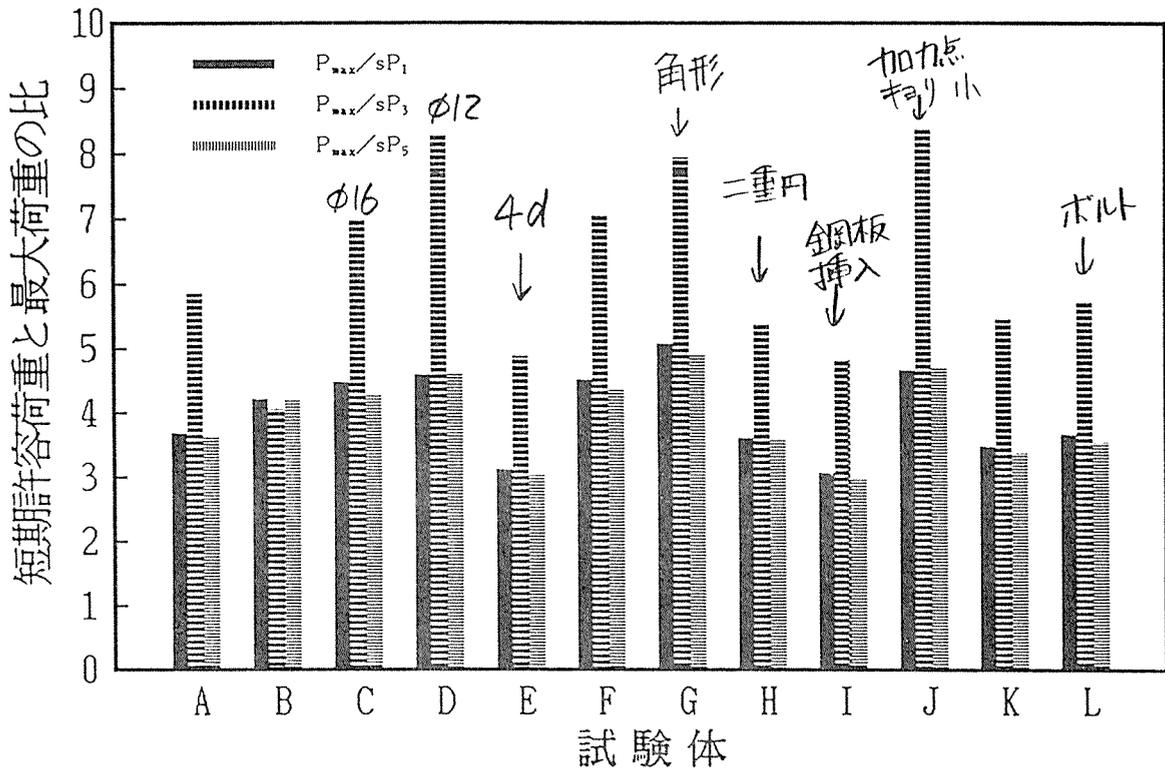


図2-4-8 側材の繊維に直角加力より求めた短期許容荷重と最大荷重

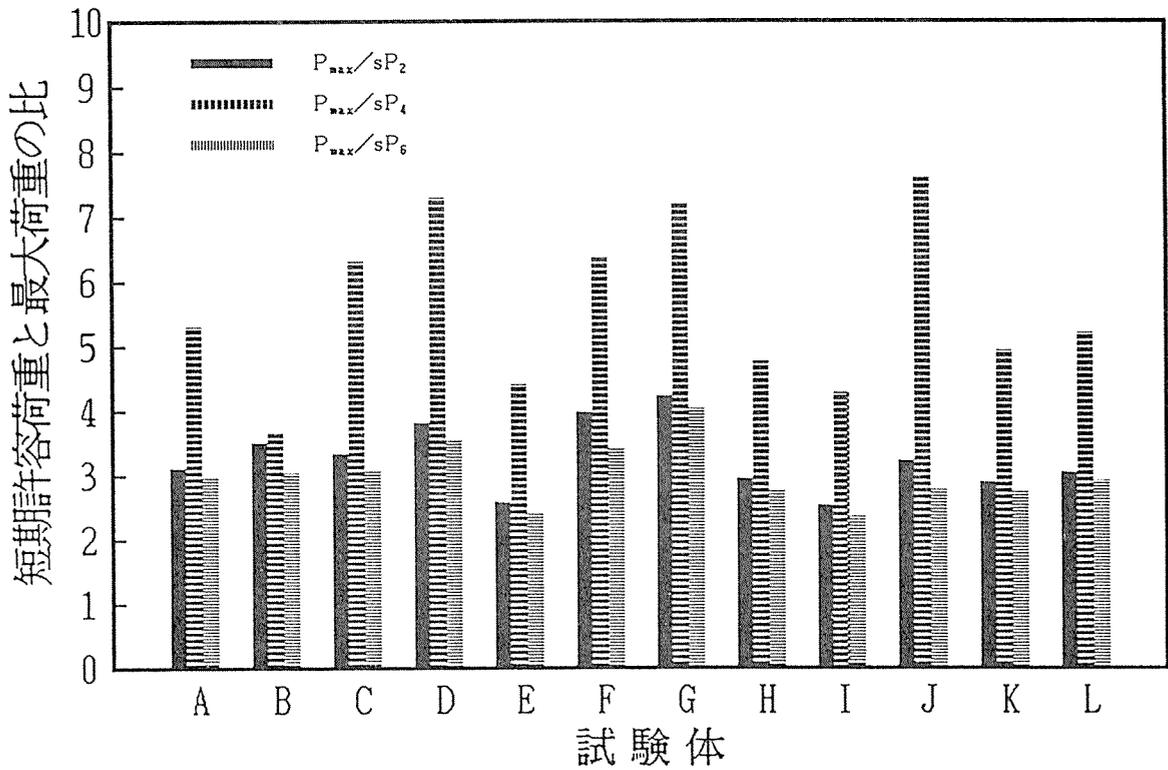


図2-4-9 加力角度を考慮した短期許容荷重と最大荷重

割裂荷重

実験値と計算値の比較

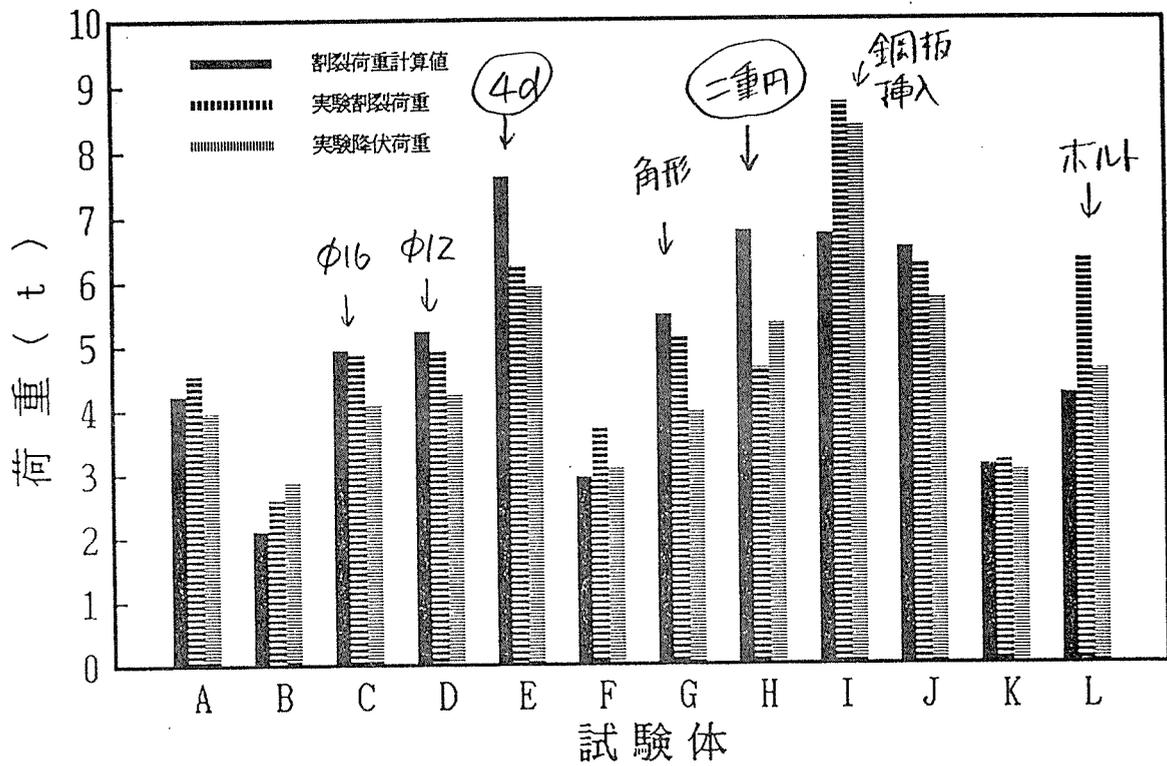
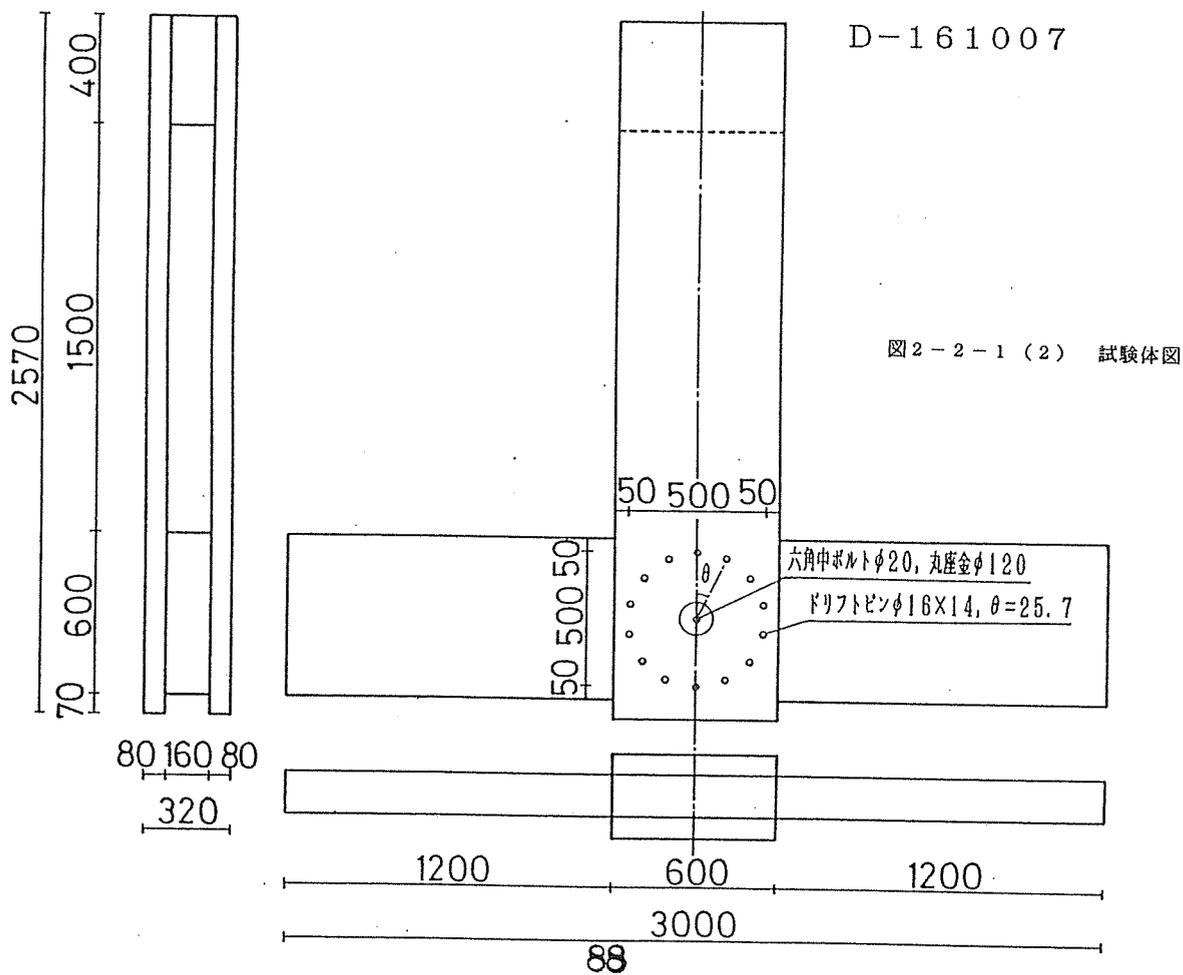
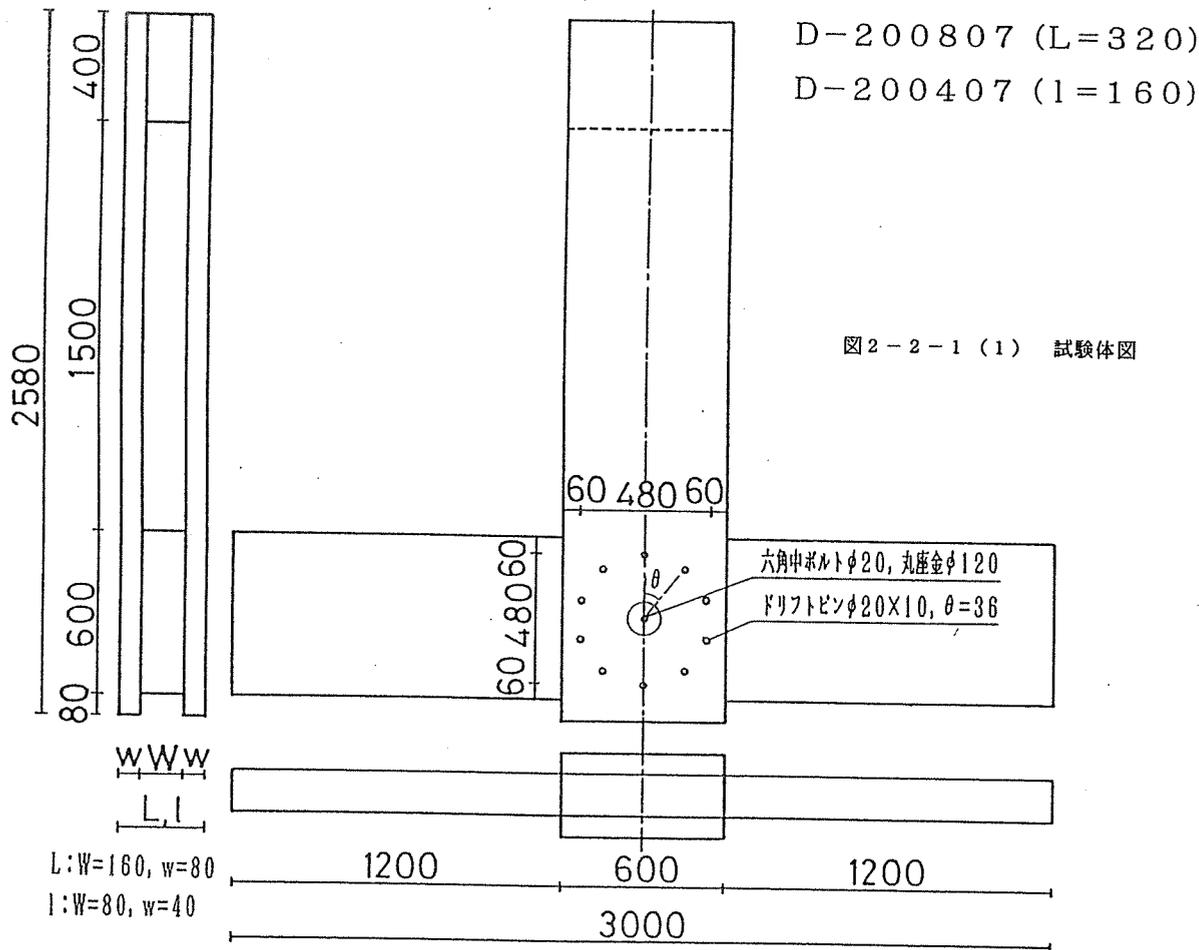


図 2 - 4 - 6 割裂荷重計算値と実験割裂荷重と実験降伏荷重の関係

表2-2-1 試験体一覧

記号	試験体名	接合配置	接 合 具	径 (mm)	本数	間隔	高さ (mm)	梁幅 (mm)	梁厚 (mm)
A	D-200807	円形	ドリフトピン	φ20	10	7d	2580	3000	160
B	D-200407	円形	ドリフトピン	φ20	10	7d	2580	3000	80
C	D-161007	円形	ドリフトピン	φ16	14	7d	2570	3000	160
D	D-121307	円形	ドリフトピン	φ12	19	7d	2550	3000	160
E	D-200804	円形	ドリフトピン	φ20	18	4d	2580	3000	160
F	D-200810	円形	ドリフトピン	φ20	7	10d	2580	3000	160
G	D-200807K	角形	ドリフトピン	φ20	12	7d	2580	3000	160
H	D-200807W	二重円形	ドリフトピン ドリフトピン	φ20 φ20	10 8	7d 7d	2580	3000	160
I	D-200807P	鋼板挿入	ドリフトピン ドリフトピン	φ20 φ20	10 10	7d 7d	2500	3000	170
J	D-200807S	円形	ドリフトピン	φ20	10	7d	1880	3000	160
K	D-200807L	円形	ドリフトピン	φ20	10	7d	3280	3000	160
L	B-200807	円形	中ボルト	φ20	10	7d	2580	3000	160



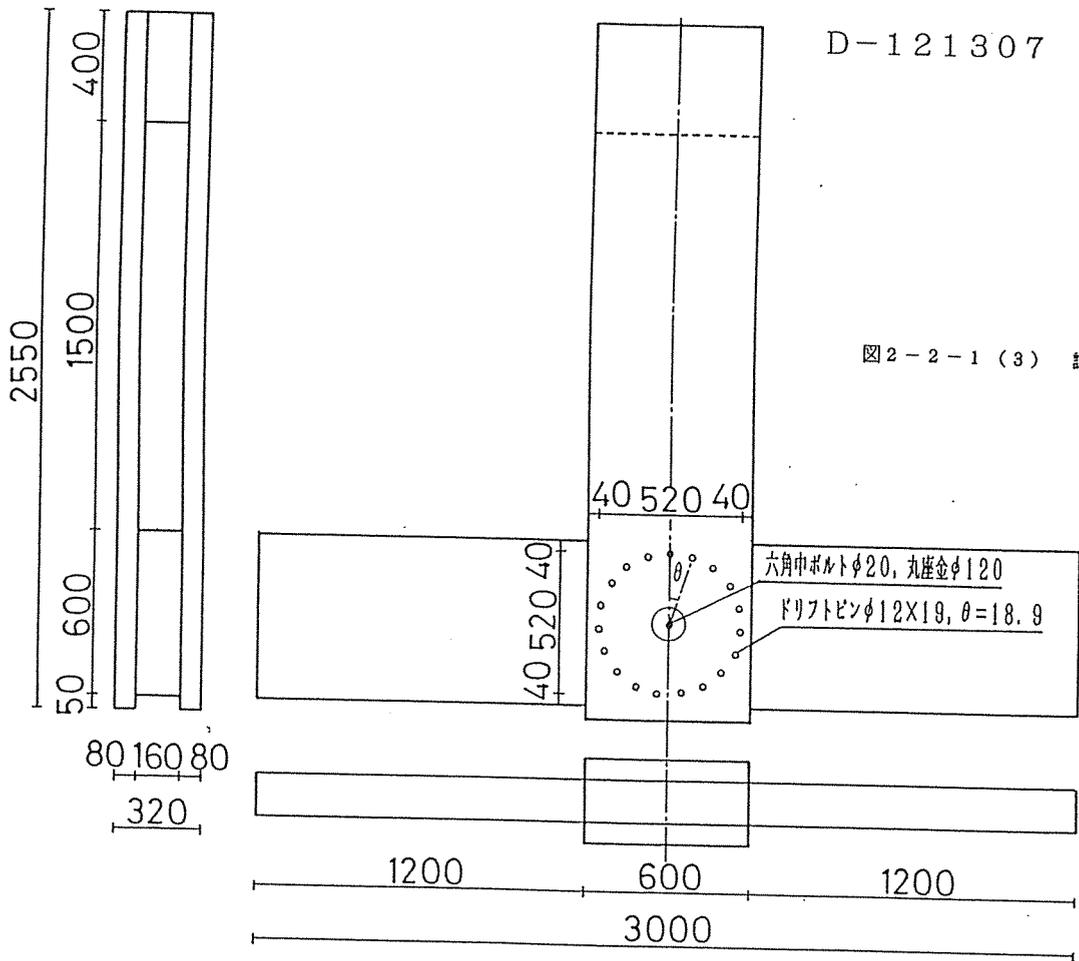


図2-2-1 (3) 試験体図

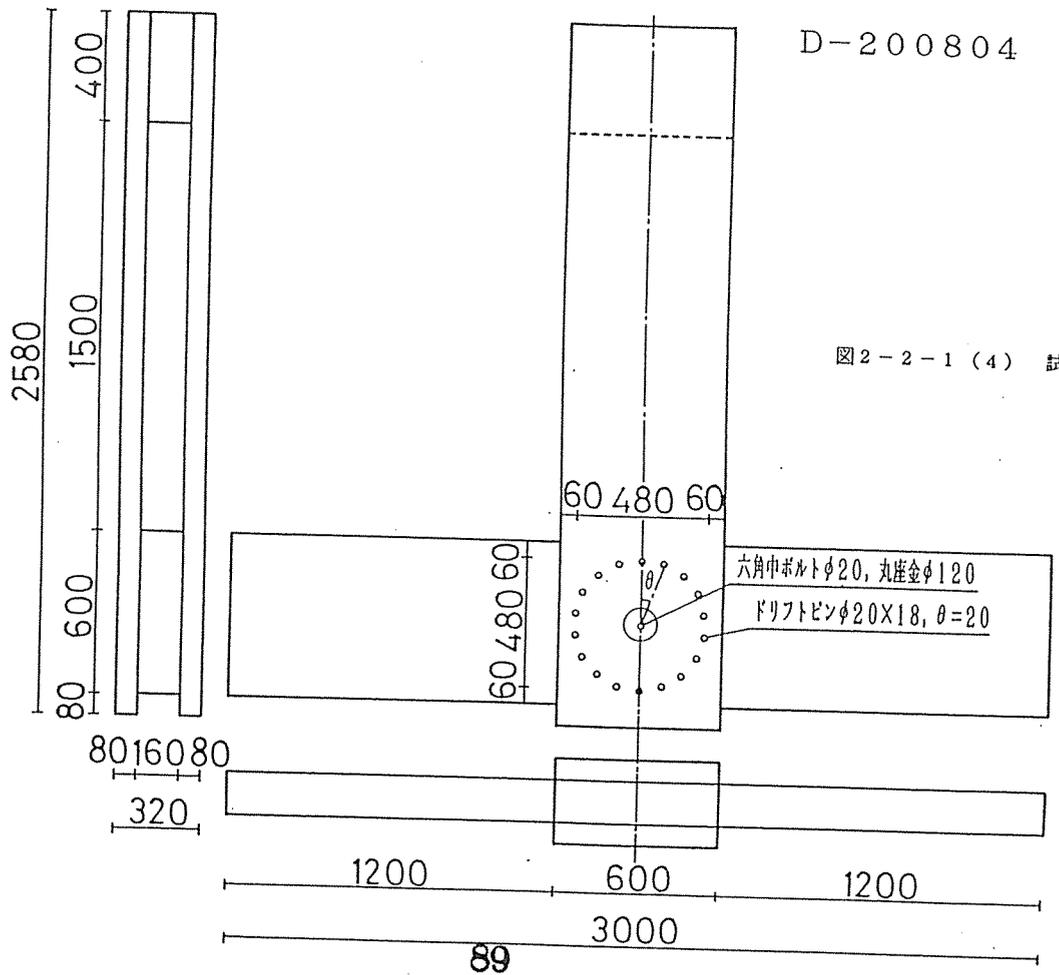
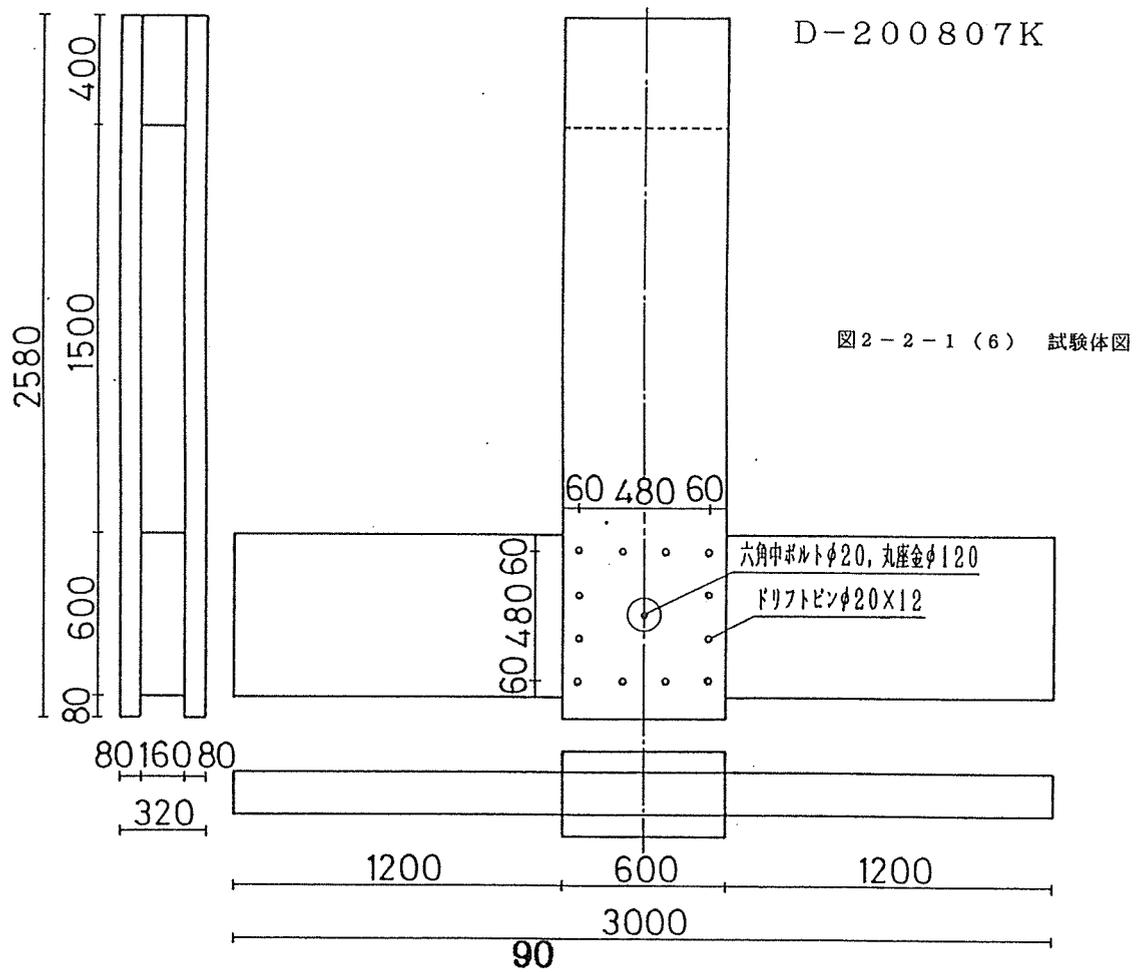
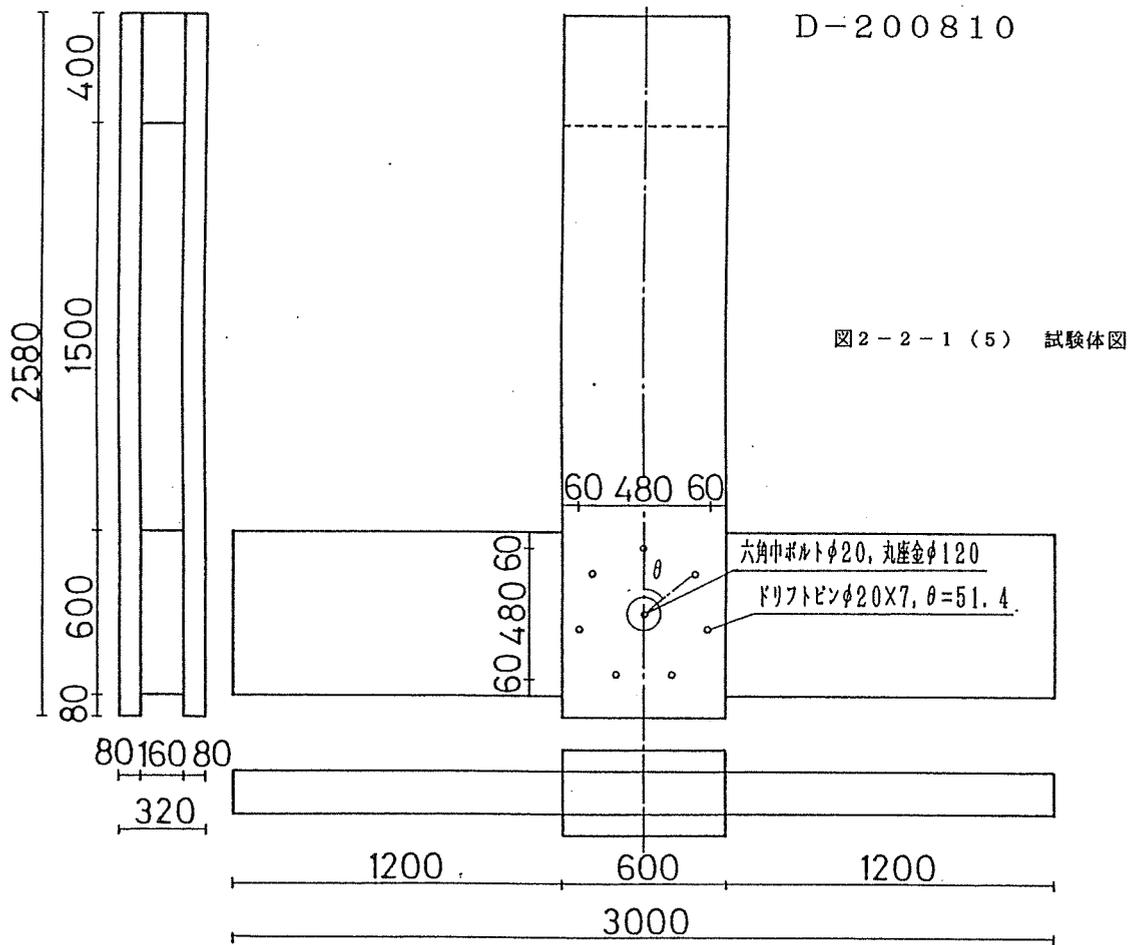


図2-2-1 (4) 試験体図



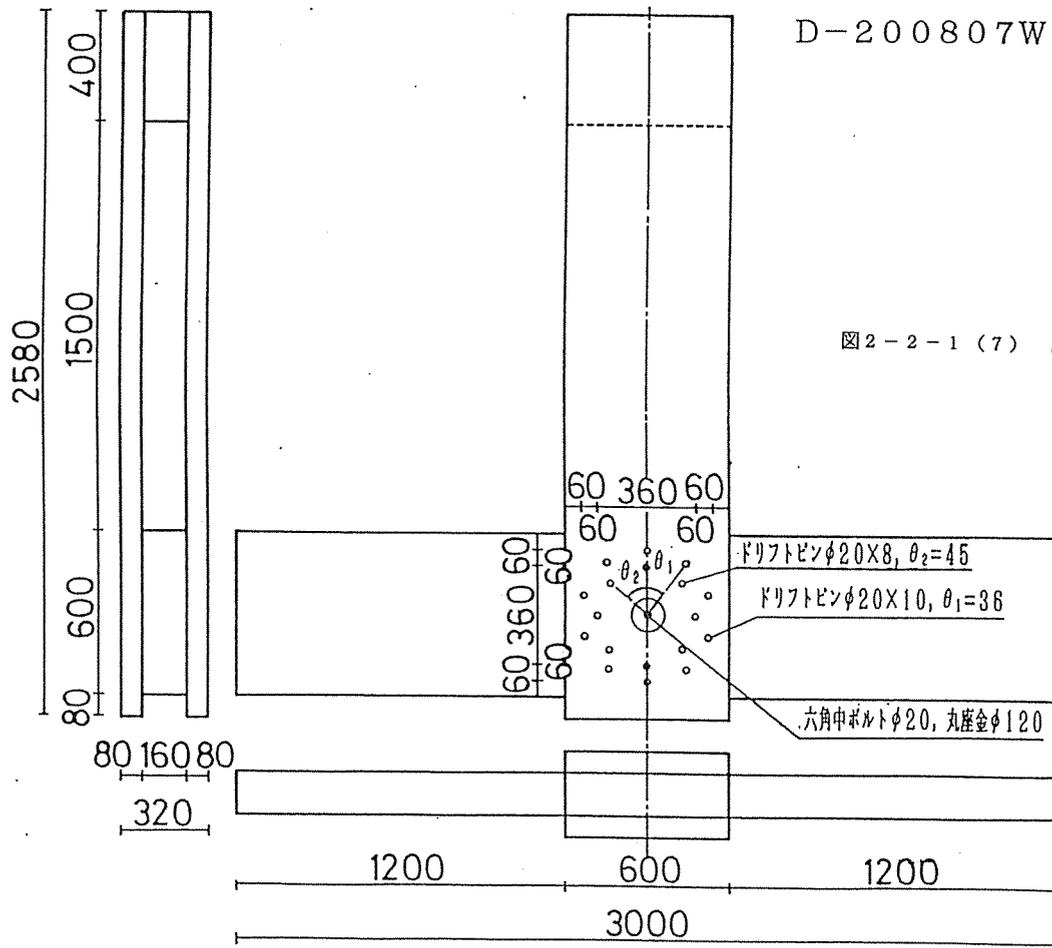


図2-2-1 (7) 試験体図

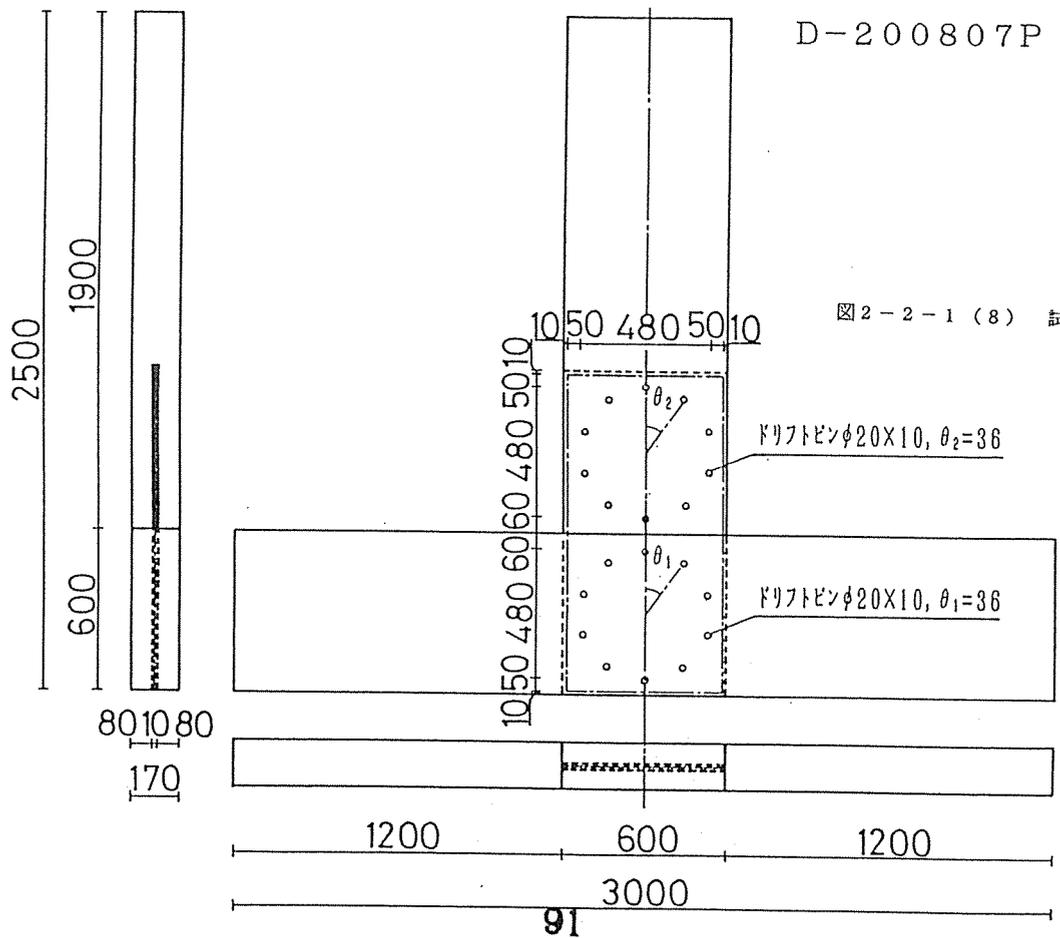
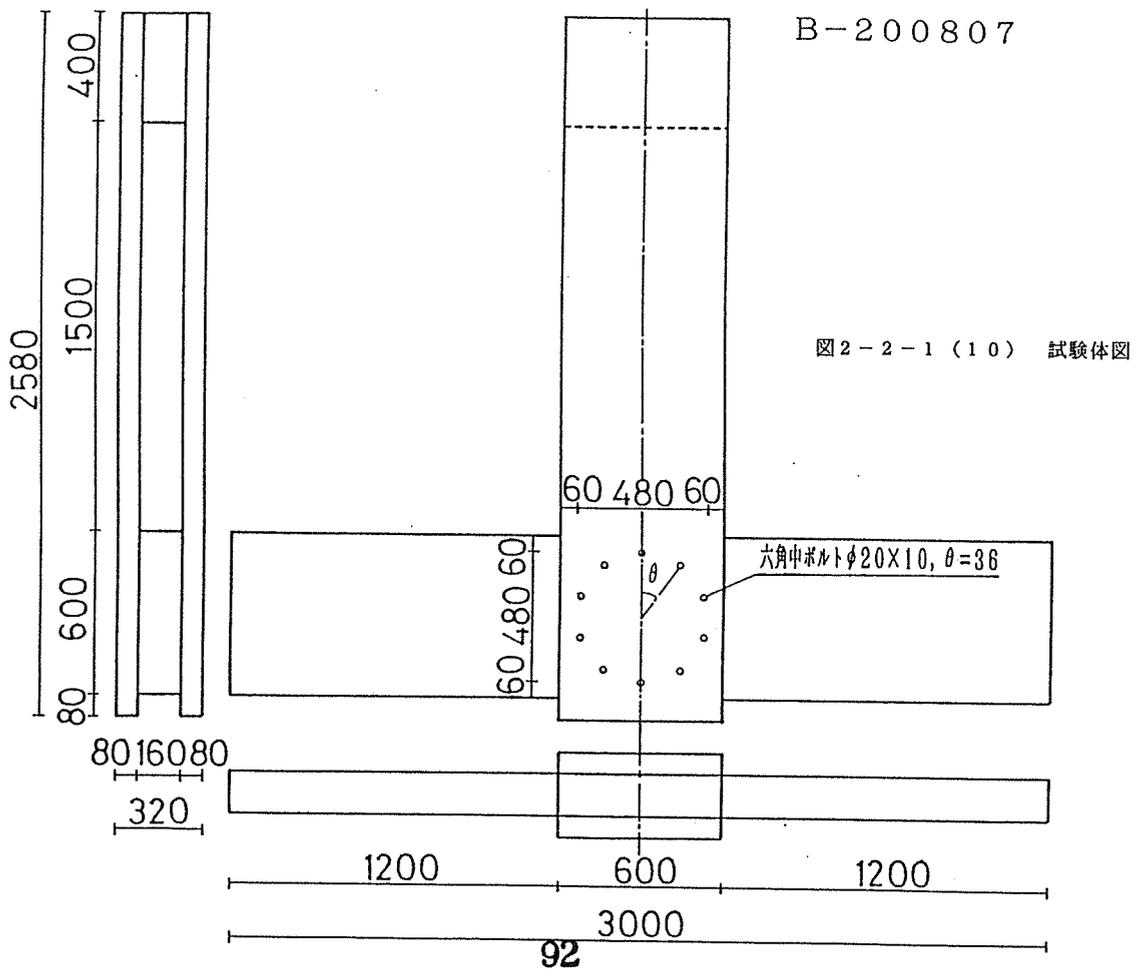
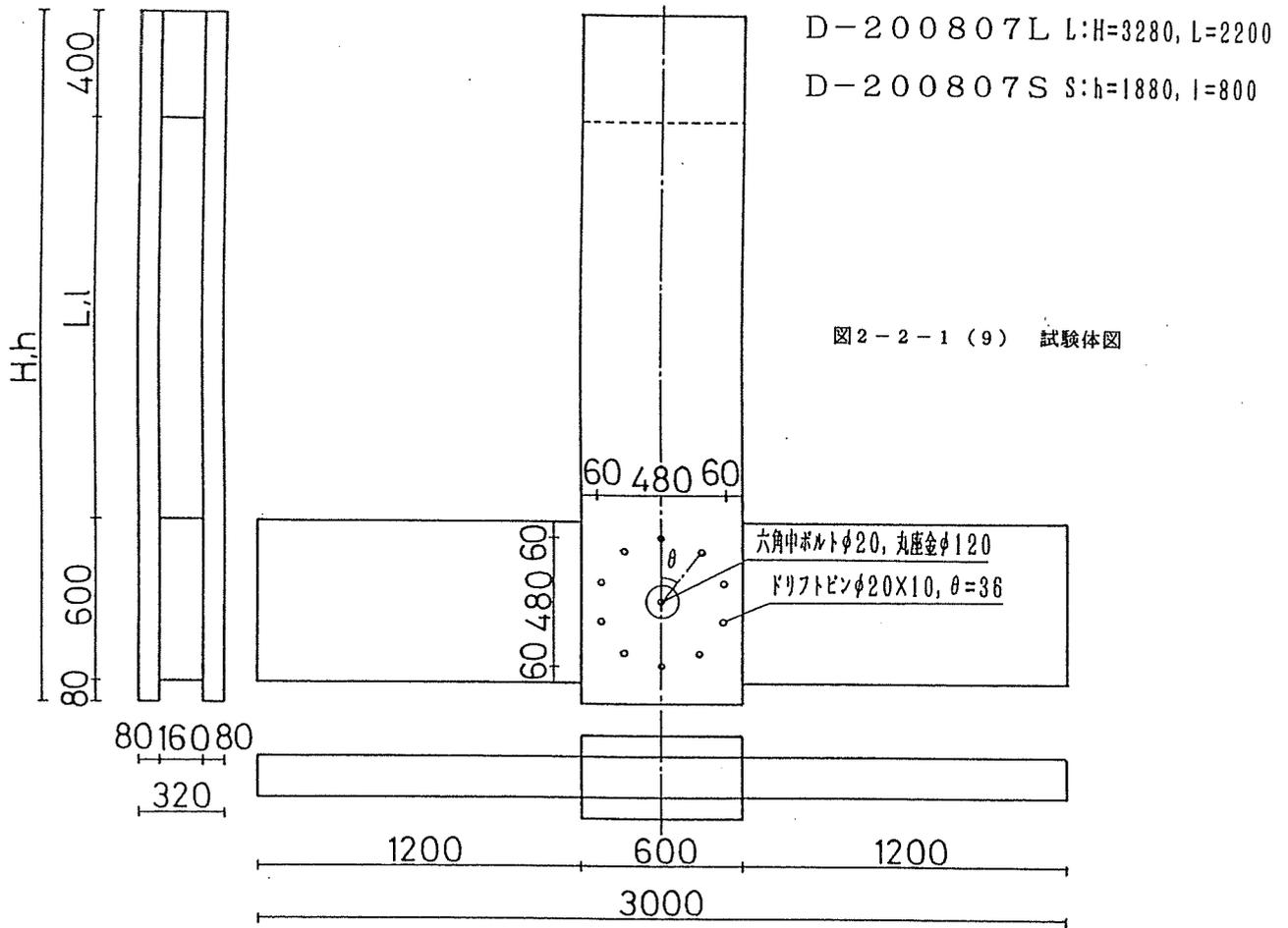


図2-2-1 (8) 試験体図



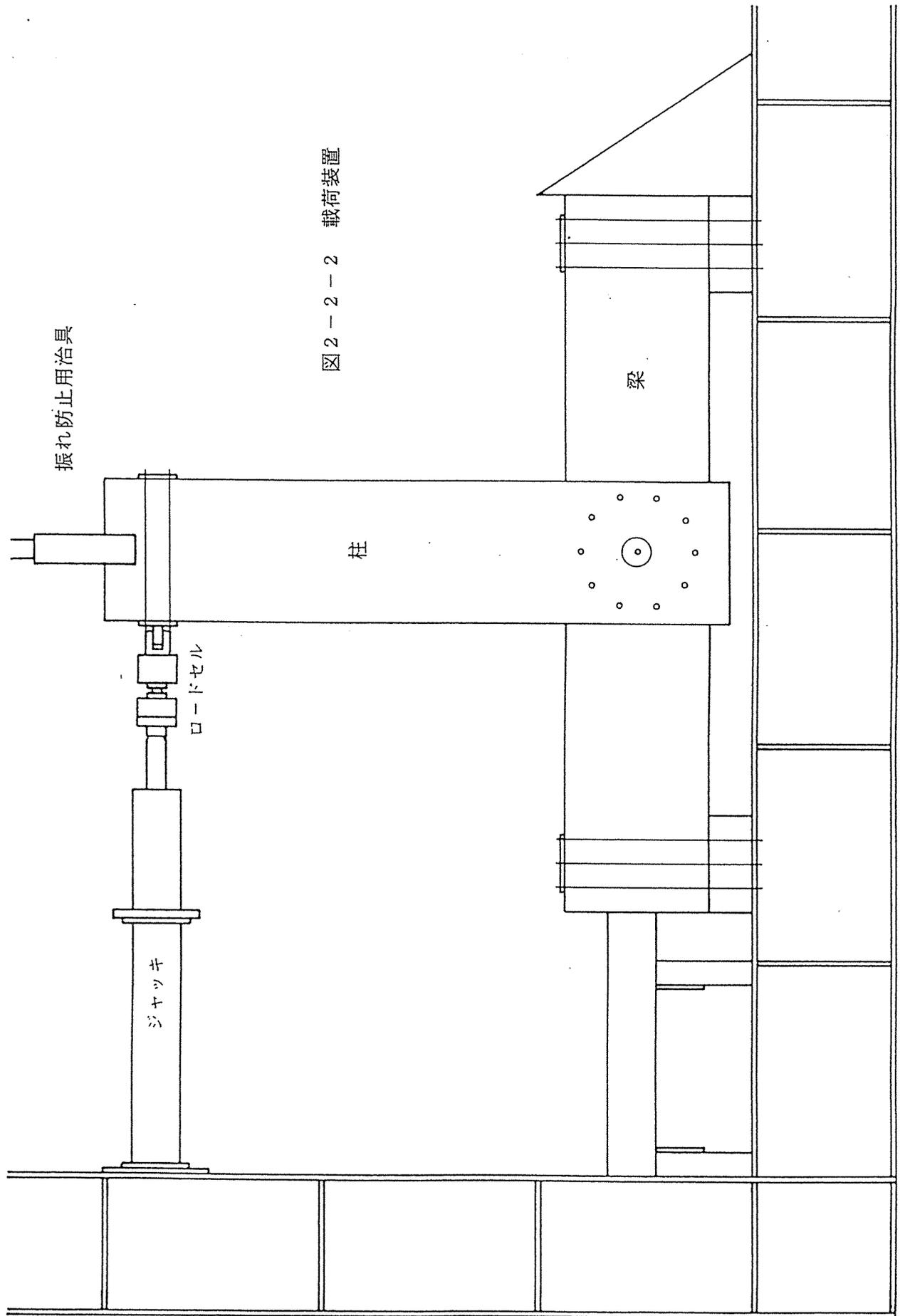


図 2 - 2 - 2 载荷装置

7-6 モーメント抵抗接合耐力表

モーメント抵抗接合の条件の組み合わせを列挙すれば以下に示すとおりとなる。これ以外の部材寸法では、この組み合わせの条件に近い耐力以下にチェックするか、別途計算が必要になる。

(1) 主材の種類

針葉樹：A1類、A2類、B1類（それぞれ1級とする）

主材幅：150mm, 170mm, 220mm

(2) 側材の種類

針葉樹：A1類、A2類、B1類（それぞれ1級とする）

側材幅：90mm, 105mm, 130mm, 150mm, 170mm, 220mm

(3) 接合形式

形式 A1, A2

(4) 接合具の径

六角ボルト、ドリフトピンの径：12mm, 16mm, 20mm, 24mm

(5) 接合具の間隔(7-1に従う)

(6) 円形配置の数と半径

円形配置の数：1重円、2重円

円形配置の半径：(5)より決定

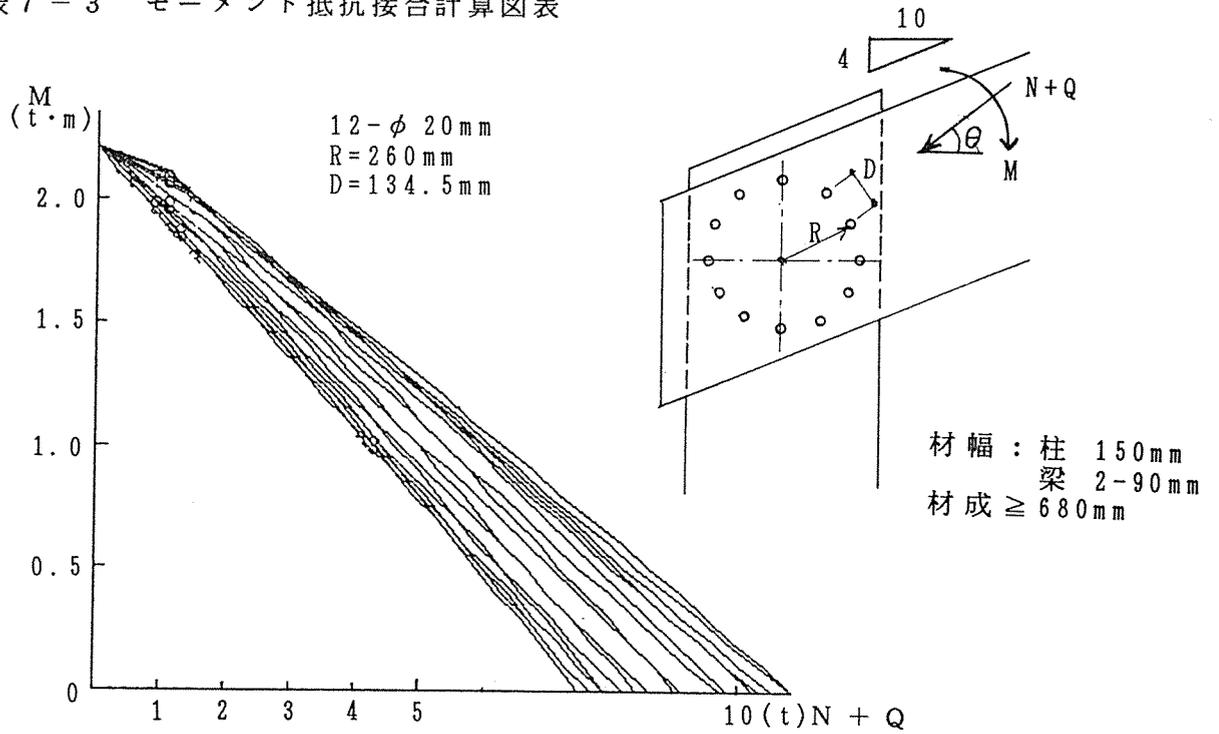
(7) 屋根勾配

0寸(直角)2寸、2.5寸、3寸、3.5寸、4寸勾配

以上の条件の組み合わせで、モーメント抵抗接合部の耐力計算図表を作成し、その1例を表7-3に示す。

全ての組み合わせの計算図表は、来年度報告する。

表 7 - 3 モーメント抵抗接合計算図表



M (t·m)	$\theta = 0^\circ$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
0.0	9.8	10.2	10.5	10.8	10.8	10.3	9.7	9.1	8.6
0.1	9.4	9.8	10.0	10.3	10.4	9.8	9.2	8.7	8.2
0.2	9.0	9.4	9.6	9.8	9.9	9.4	8.8	8.3	7.8
0.3	8.6	8.9	9.1	9.4	9.5	8.9	8.4	7.9	7.4
0.4	8.2	8.5	8.7	8.9	9.1	8.5	8.0	7.5	7.0
0.5	7.8	8.1	8.2	8.4	8.6	8.0	7.5	7.1	6.7
0.6	7.4	7.7	7.8	8.0	8.2	7.6	7.1	6.7	6.3
0.7	7.0	7.3	7.4	7.5	7.7	7.2	6.7	6.3	5.9
0.8	6.6	6.8	6.9	7.0	7.2	6.7	6.3	5.9	5.5
0.9	6.2	6.4	6.5	6.6	6.8	6.3	5.8	5.5	5.1
1.0	5.9	6.0	6.0	6.1	6.3	5.8	5.4	5.0	4.7
1.1	5.5	5.5	5.6	5.7	5.8	5.4	5.0	4.6	4.3
1.2	5.1	5.1	5.1	5.2	5.4	4.9	4.6	4.2	3.9
1.3	4.7	4.6	4.6	4.7	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5
1.4	4.3	4.2	4.2	4.3	4.4	4.0	3.7	3.4	3.1
1.5	3.8	3.8	3.7	3.8	3.9	3.6	3.3	3.0	2.7
1.6	3.4	3.3	3.3	3.3	3.4	3.1	2.8	2.5	2.3
1.7	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.6	2.4	2.1	1.9
1.8	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5
1.9	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.4	1.3	1.1
2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7
2.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3
2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

M (t·m)	$\theta = 90^\circ$	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
0.0	8.2	7.9	7.7	7.5	7.5	7.7	7.9	8.4	9.0
0.1	7.8	7.5	7.3	7.2	7.2	7.3	7.6	8.1	8.7
0.2	7.4	7.2	7.0	6.9	6.9	7.0	7.3	7.7	8.3
0.3	7.1	6.8	6.7	6.6	6.6	6.7	7.0	7.4	8.0
0.4	6.7	6.5	6.3	6.2	6.2	6.4	6.6	7.0	7.6
0.5	6.3	6.1	6.0	5.9	5.9	6.0	6.3	6.7	7.2
0.6	5.9	5.7	5.6	5.6	5.6	5.7	6.0	6.3	6.9
0.7	5.6	5.4	5.3	5.3	5.3	5.4	5.6	6.0	6.5
0.8	5.2	5.0	4.9	4.9	5.0	5.1	5.3	5.7	6.1
0.9	4.8	4.7	4.6	4.6	4.6	4.7	5.0	5.3	5.8
1.0	4.4	4.3	4.2	4.3	4.3	4.4	4.6	5.0	5.4
1.1	4.1	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.3	4.6	5.0
1.2	3.7	3.6	3.5	3.6	3.7	3.8	4.0	4.3	4.7
1.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.3	3.4	3.6	3.9	4.3
1.4	2.9	2.9	2.8	2.9	3.0	3.1	3.3	3.6	3.9
1.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.6	2.8	2.9	3.2	3.6
1.6	2.2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.8	3.2
1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.8
1.8	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3
1.9	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9
2.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.1	1.5
2.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

N + Q 合力の絶対値(最大値)(t)

1重円配置 $n = 12$ (本)

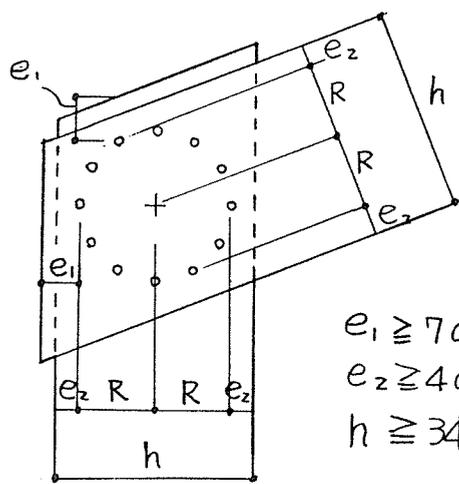
ボルト径 $\phi = 2.0$ (cm)

主材厚 $L_A = 15.0$ (cm)

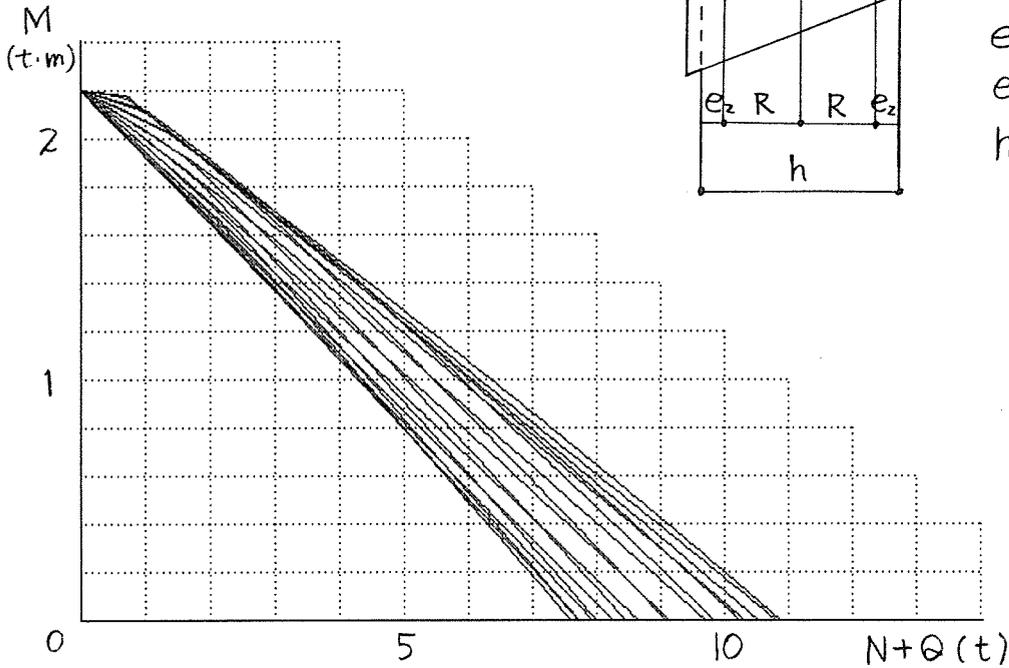
側材厚 $L_B = 27.0$ (cm)

樹種 A1 (ハイマツ)

$R = 13d = 26.0$ (cm)



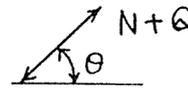
$e_1 \geq 7d = 14.0$ (cm)
 $e_2 \geq 4d = 8.0$ (cm)
 $h \geq 34d = 68.0$ (cm)



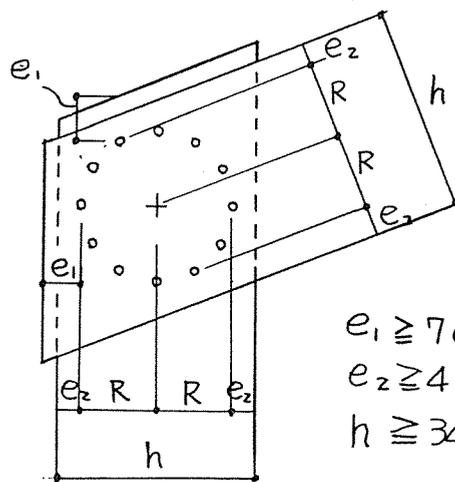
M (t.m)	N+Q (t)																	
	$\theta=0^\circ$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
0.0	9.83	10.23	10.52	10.80	10.87	10.31	9.70	9.13	8.64	8.24	7.93	7.71	7.59	7.59	7.72	7.99	8.45	9.07
0.1	9.44	9.82	10.08	10.34	10.43	9.87	9.27	8.73	8.25	7.87	7.57	7.37	7.27	7.27	7.39	7.67	8.10	8.72
0.2	9.05	9.41	9.63	9.88	9.99	9.42	8.85	8.34	7.86	7.49	7.22	7.04	6.94	6.94	7.07	7.34	7.78	8.36
0.3	8.65	8.99	9.19	9.41	9.55	8.98	8.43	7.94	7.48	7.12	6.86	6.70	6.62	6.62	6.74	7.01	7.42	8.00
0.4	8.26	8.57	8.74	8.95	9.10	8.54	8.00	7.54	7.09	6.74	6.50	6.36	6.29	6.29	6.42	6.69	7.08	7.64
0.5	7.87	8.15	8.29	8.48	8.65	8.09	7.58	7.13	6.70	6.37	6.14	6.01	5.96	5.97	6.09	6.35	6.74	7.28
0.6	7.47	7.72	7.85	8.02	8.20	7.64	7.16	6.73	6.30	5.99	5.78	5.67	5.64	5.65	5.77	6.02	6.39	6.92
0.7	7.08	7.30	7.40	7.55	7.74	7.20	6.73	6.32	5.91	5.62	5.42	5.33	5.31	5.32	5.44	5.69	6.05	6.55
0.8	6.68	6.87	6.95	7.09	7.28	6.75	6.31	5.92	5.52	5.24	5.06	4.98	4.99	5.00	5.11	5.35	5.71	6.19
0.9	6.29	6.44	6.50	6.63	6.82	6.30	5.89	5.51	5.13	4.87	4.70	4.63	4.65	4.67	4.79	5.02	5.36	5.82
1.0	5.90	6.00	6.05	6.16	6.34	5.85	5.46	5.09	4.74	4.49	4.34	4.28	4.31	4.35	4.46	4.68	5.02	5.46
1.1	5.50	5.57	5.60	5.70	5.87	5.40	5.04	4.68	4.34	4.12	3.98	3.93	3.97	4.02	4.13	4.34	4.68	5.09
1.2	5.11	5.13	5.14	5.23	5.40	4.95	4.61	4.26	3.95	3.74	3.62	3.58	3.62	3.70	3.80	4.00	4.32	4.72
1.3	4.72	4.69	4.69	4.77	4.92	4.50	4.19	3.85	3.56	3.37	3.26	3.23	3.27	3.37	3.46	3.65	3.96	4.35
1.4	4.32	4.24	4.24	4.31	4.45	4.05	3.77	3.43	3.16	2.99	2.90	2.88	2.92	3.03	3.13	3.31	3.60	3.98
1.5	3.88	3.80	3.78	3.84	3.96	3.60	3.34	3.00	2.77	2.62	2.54	2.52	2.56	2.67	2.80	2.96	3.23	3.61
1.6	3.43	3.35	3.33	3.38	3.47	3.15	2.89	2.58	2.37	2.24	2.17	2.16	2.21	2.31	2.47	2.61	2.85	3.22
1.7	2.98	2.90	2.87	2.91	2.98	2.69	2.43	2.16	1.98	1.87	1.81	1.80	1.85	1.94	2.09	2.26	2.48	2.81
1.8	2.52	2.44	2.42	2.45	2.48	2.24	1.95	1.73	1.58	1.49	1.45	1.45	1.48	1.56	1.70	1.91	2.10	2.39
1.9	2.06	1.99	1.96	1.99	1.98	1.75	1.47	1.30	1.18	1.12	1.09	1.08	1.11	1.18	1.29	1.46	1.71	1.96
2.0	1.59	1.53	1.50	1.52	1.48	1.18	0.99	0.86	0.79	0.74	0.72	0.74	0.79	0.87	0.99	1.19	1.52	1.52
2.1	1.11	1.06	1.05	1.06	0.78	0.60	0.49	0.43	0.39	0.37	0.36	0.36	0.37	0.39	0.44	0.50	0.61	0.81
2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1重円配置 $n = 12$ (本)

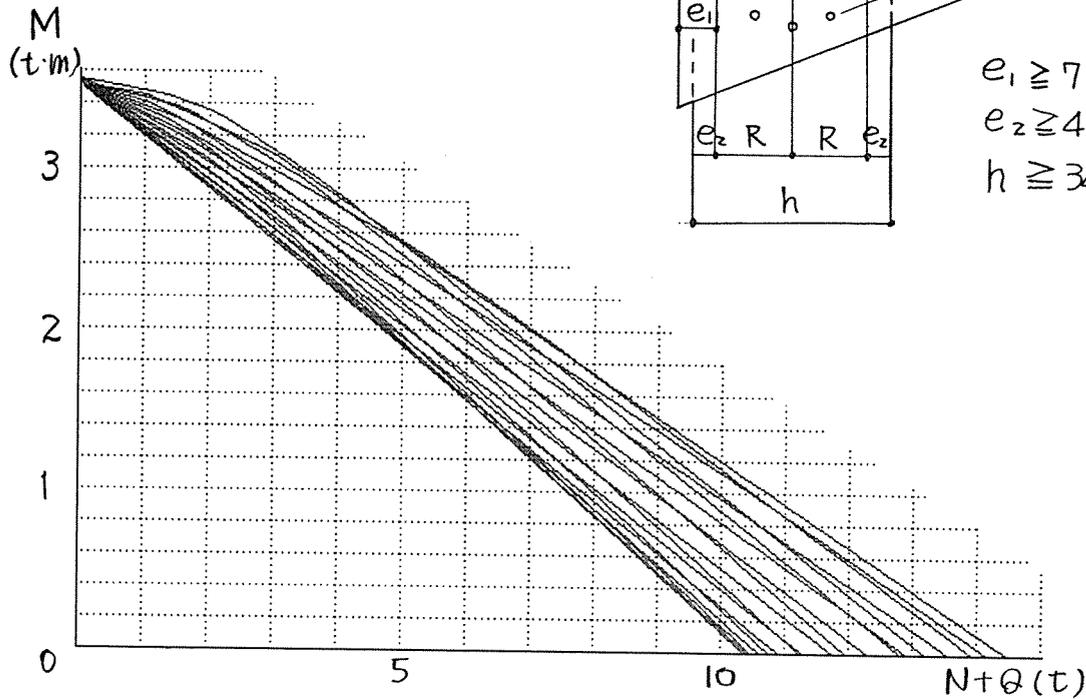
$R = 13d = 31.2$ (cm)



ボルト径 $\phi = 2.4$ (cm)
 主材厚 $L_A = 15.0$ (cm)
 側材厚 $L_B = 2-9.0$ (cm)
 樹種 A1 (ハイマツ)



$e_1 \geq 7d = 16.8$ (cm)
 $e_2 \geq 4d = 9.6$ (cm)
 $h \geq 34d = 81.6$ (cm)



M (tm)	N+Q (t)	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°
0.0	12.81	13.19	13.93	14.47	14.15	13.56	12.91	12.29	11.75	11.28	10.89	10.60	10.41	10.36	10.46	10.74	11.23	11.94	11.94
0.1	12.50	12.87	13.59	14.09	13.79	13.19	12.55	11.96	11.42	10.96	10.58	10.31	10.13	10.08	10.19	10.47	10.95	11.65	11.65
0.2	12.18	12.55	13.25	13.72	13.42	12.82	12.19	11.62	11.08	10.63	10.28	10.02	9.85	9.80	9.91	10.19	10.66	11.35	11.35
0.3	11.86	12.22	12.90	13.35	13.06	12.46	11.84	11.29	10.75	10.31	9.97	9.73	9.57	9.53	9.64	9.92	10.38	11.06	11.06
0.4	11.55	11.90	12.56	12.97	12.70	12.09	11.48	10.95	10.42	9.99	9.66	9.44	9.29	9.25	9.36	9.65	10.09	10.78	10.78
0.5	11.23	11.57	12.22	12.60	12.33	11.72	11.13	10.62	10.09	9.67	9.36	9.15	9.01	8.97	9.09	9.37	9.81	10.46	10.46
0.6	10.91	11.25	11.87	12.23	11.96	11.35	10.77	10.28	9.76	9.35	9.05	8.86	8.73	8.69	8.81	9.10	9.52	10.17	10.17
0.7	10.59	10.93	11.53	11.86	11.59	10.98	10.41	9.94	9.43	9.03	8.74	8.57	8.45	8.42	8.53	8.82	9.24	9.87	9.87
0.8	10.28	10.60	11.19	11.48	11.22	10.61	10.06	9.61	9.10	8.71	8.43	8.27	8.16	8.14	8.26	8.54	8.95	9.57	9.57
0.9	9.96	10.28	10.85	11.11	10.84	10.23	9.70	9.27	8.77	8.39	8.13	7.98	7.88	7.86	7.98	8.26	8.67	9.27	9.27
1.0	9.64	9.96	10.50	10.74	10.47	9.86	9.34	8.93	8.43	8.07	7.82	7.68	7.60	7.58	7.70	7.98	8.38	8.97	8.97
1.1	9.32	9.63	10.16	10.36	10.09	9.49	8.99	8.59	8.10	7.75	7.51	7.39	7.32	7.30	7.42	7.70	8.10	8.67	8.67
1.2	9.01	9.31	9.82	9.99	9.71	9.12	8.63	8.24	7.77	7.42	7.20	7.09	7.04	7.02	7.14	7.42	7.81	8.37	8.37
1.3	8.69	8.99	9.47	9.62	9.33	8.75	8.27	7.90	7.44	7.10	6.89	6.79	6.76	6.74	6.86	7.13	7.52	8.07	8.07
1.4	8.37	8.66	9.13	9.24	8.95	8.37	7.92	7.56	7.10	6.78	6.58	6.50	6.48	6.47	6.58	6.85	7.24	7.77	7.77
1.5	8.06	8.34	8.79	8.87	8.58	8.00	7.56	7.21	6.77	6.46	6.27	6.20	6.20	6.19	6.30	6.57	6.95	7.47	7.47
1.6	7.74	8.02	8.45	8.50	8.18	7.63	7.20	6.86	6.44	6.14	5.96	5.90	5.92	5.91	6.02	6.28	6.66	7.16	7.16
1.7	7.42	7.69	8.11	8.13	7.79	7.25	6.85	6.51	6.10	5.82	5.65	5.60	5.64	5.63	5.74	5.99	6.38	6.86	6.86
1.8	7.10	7.37	7.78	7.75	7.40	6.88	6.49	6.17	5.77	5.50	5.34	5.30	5.35	5.35	5.46	5.71	6.09	6.56	6.56
1.9	6.79	7.05	7.42	7.38	7.01	6.50	6.13	5.82	5.43	5.18	5.03	4.99	5.05	5.07	5.18	5.42	5.80	6.25	6.25
2.0	6.47	6.72	7.08	7.01	6.61	6.13	5.78	5.48	5.10	4.86	4.72	4.69	4.75	4.79	4.90	5.13	5.51	5.95	5.95
2.1	6.15	6.40	6.69	6.63	6.22	5.75	5.42	5.11	4.76	4.54	4.41	4.39	4.45	4.51	4.61	4.84	5.20	5.64	5.64
2.2	5.83	6.08	6.32	6.26	5.82	5.38	5.06	4.76	4.43	4.21	4.10	4.08	4.15	4.23	4.33	4.55	4.90	5.34	5.34
2.3	5.52	5.75	5.94	5.89	5.43	5.00	4.71	4.40	4.09	3.89	3.79	3.78	3.85	3.95	4.05	4.25	4.59	5.03	5.03
2.4	5.20	5.43	5.57	5.51	5.03	4.63	4.35	4.05	3.76	3.57	3.48	3.47	3.54	3.67	3.76	3.96	4.28	4.72	4.72
2.5	4.88	5.11	5.20	5.14	4.62	4.25	3.99	3.69	3.42	3.25	3.17	3.16	3.23	3.38	3.48	3.66	3.97	4.41	4.41
2.6	4.57	4.78	4.83	4.72	4.22	3.87	3.64	3.33	3.08	2.93	2.86	2.85	2.92	3.07	3.19	3.37	3.65	4.09	4.09
2.7	4.25	4.46	4.45	4.28	3.82	3.49	3.28	2.97	2.75	2.61	2.54	2.54	2.61	2.75	2.91	3.07	3.34	3.75	3.75
2.8	3.91	4.14	4.08	3.84	3.41	3.12	2.92	2.61	2.41	2.29	2.23	2.23	2.30	2.42	2.62	2.77	3.02	3.40	3.40
2.9	3.57	3.81	3.70	3.39	3.00	2.74	2.52	2.25	2.07	1.97	1.92	1.92	1.98	2.09	2.28	2.47	2.70	3.05	3.05
3.0	3.18	3.43	3.33	2.94	2.59	2.36	2.12	1.89	1.74	1.65	1.61	1.61	1.66	1.78	1.93	2.17	2.37	2.69	2.69
3.1	2.77	3.05	2.94	2.48	2.18	1.98	1.72	1.52	1.40	1.33	1.29	1.30	1.34	1.43	1.57	1.79	2.04	2.33	2.33
3.2	2.35	2.67	2.41	2.02	1.70	1.55	1.31	1.15	1.06	1.00	0.98	0.99	1.02	1.09	1.20	1.38	1.67	1.96	1.96
3.3	1.91	2.28	1.87	1.55	1.35	1.27	1.07	0.89	0.79	0.72	0.68	0.67	0.70	0.75	0.83	0.96	1.17	1.54	1.54
3.4	1.35	1.70	1.30	1.07	0.74	0.57	0.48	0.42	0.38	0.38	0.35	0.36	0.37	0.40	0.44	0.52	0.64	0.87	0.87

第8章 接合部剛性計算図表

8-1 各接合形式の接合具1本当たりの剛性

ボルト、ドリフトピン、ラグスクリューを用いた接合の接合具1つ当りのすべり剛性は、以下のように算出される。

弾性床上の梁理論によると、木材どうしのボルトまたはドリフトピン接合部の2面せん断すべり剛性は(式1)によって、鋼板を添え板とするボルト接合部の2面せん断すべり剛性は(式2)によって、木材の中央に鋼板を挿入したドリフトピン接合部の2面せん断剛性は(式3)によってそれぞれ得られる。

2面せん断剛性 (木の側材)

$$K_s = 1 / \left\{ L_1 + L_2 - \frac{(J_1 - J_2)^2}{2(K_1 + K_2)} \right\} \quad (式1)$$

2面せん断剛性 (鋼板添え板)

$$K_s = 1 / L_1 \quad (式2)$$

2面せん断剛性 (鋼板挿入)

$$K_s = 1 / \left(\frac{L_1}{2} + H \right) \quad (式3)$$

ここに、

$$L_1 = \frac{\lambda_1}{S_1} \frac{\cosh(\lambda_1 a) + \cos(\lambda_1 a)}{\sinh(\lambda_1 a) + \sin(\lambda_1 a)}$$

$$L_2 = \frac{\lambda_2}{S_2} \frac{\sinh(\lambda_2 b) \cosh(\lambda_2 b) - \sin(\lambda_2 b) \cos(\lambda_2 b)}{\sinh^2(\lambda_2 b) - \sin^2(\lambda_2 b)}$$

$$J_1 = \frac{\lambda_1^2}{S_1} \frac{\sinh(\lambda_1 a) - \sin(\lambda_1 a)}{\sinh(\lambda_1 a) + \sin(\lambda_1 a)}$$

$$J_2 = \frac{\lambda_2^2}{S_2} \frac{\sinh^2(\lambda_2 b) + \sin^2(\lambda_2 b)}{\sinh^2(\lambda_2 b) - \sin^2(\lambda_2 b)}$$

$$K_1 = \frac{\lambda_1^3}{S_1} \frac{\cosh(\lambda_1 a) - \cos(\lambda_1 a)}{\sinh(\lambda_1 a) + \sin(\lambda_1 a)}$$

$$K_2 = \frac{\lambda_2^3}{S_2} \frac{\sinh(\lambda_2 b) \cosh(\lambda_2 b) + \sin(\lambda_2 b) \cos(\lambda_2 b)}{\sinh^2(\lambda_2 b) - \sin^2(\lambda_2 b)}$$

$$H = \frac{\lambda_1}{S_1} \frac{1}{\sinh(\lambda_1 a) + \sin(\lambda_1 a)}$$

$$\lambda_1 = \left(\frac{S_1}{4 E I} \right)^{1/4}$$

$$\lambda_2 = \left(\frac{S_2}{4 E I} \right)^{1/4}$$

E : ボルトのヤング係数 ($2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)
 I : ボルトの断面2次モーメント ($I = \pi d^4 / 64$, dは直径(cm))
 a : 主材の厚さ (鋼板挿入の場合は後半の厚さを差し引いた値)
 (cm)

b : 側材の厚さ (cm)
 S_1, S_2 : 主材および側材のボルト単位長さ当りのめり込み剛性
 (kgf/cm^2)

$S = k d$ (dはボルト径(cm))
 k : 木材のめり込み剛性
 繊維方向 $k_{\theta} = E_{\theta} / (3.16 + 10.9 d)$

繊維直角方向 $k_{90} = k_{\theta} / 3.4$

E_{θ} : 木材の繊維方向のヤング係数

中間角度については次のハンキンソンの式による

$$K(\theta) = \frac{k_{\theta} \cdot k_{90}}{k_{\theta} \cdot \sin^2 \theta + k_{90} \cdot \cos^2 \theta}$$

また、木材どうしのボルト接合部の1面せん断すべり剛性は(式4)によって、鋼板を添え板とするボルトまたはラグスクリュー接合部の1面せん断すべり剛性は(式5)によってそれぞれ得られる。

1面せん断すべり剛性 (木の側材)

$$K_s = 1 / \left\{ 2(L_1 + L_2) - \frac{(J_1 - J_2)^2}{K_1 + K_2} \right\} \quad (\text{式4})$$

1面せん断すべり剛性 (鋼板添え板)

$$K_s = 1 / (2L_1) \quad (\text{式5})$$

ここに、

$$L_1 = \frac{\lambda_1}{S_1} \frac{\sinh(\lambda_1 a) \cosh(\lambda_1 a) - \sin(\lambda_1 a) \cos(\lambda_1 a)}{\sinh^2(\lambda_1 a) - \sin^2(\lambda_1 a)}$$

$$J_1 = \frac{\lambda_1^2}{S_1} \frac{\sinh^2(\lambda_1 a) + \sin^2(\lambda_1 a)}{\sinh^2(\lambda_1 a) - \sin^2(\lambda_1 a)}$$

$$K_1 = \frac{\lambda_1^3}{S_1} \frac{\sinh(\lambda_1 a) \cosh(\lambda_1 a) + \sin(\lambda_1 a) \cos(\lambda_1 a)}{\sinh^2(\lambda_1 a) - \sin^2(\lambda_1 a)}$$

その他の記号は2面せん断の場合と同じ。

ただし、上の式によるボルト接合のせん断剛性の値は、ボルト径とボルト穴径の差(ガタ)による加力初期のスリップを含まないので、変形計算に際しては実状に即した低減を行なう必要がある。

建設省総プロ「新木造建築技術の開発」報告書（昭和62年3月）によると、上式を用いた計算値は実験値に比べて大きめの値を与える。特に鋼板挿入型でその傾向が著しい。

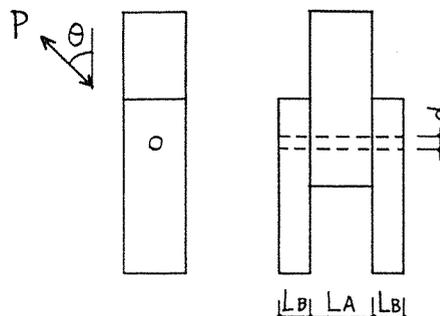
本マニュアルの計算表作成に当たっては、木材のヤング係数として、製材のヤング係数（表-8-1 参照）を用いた。集成材のラミナ構成において集成材の材成の中央部では、等級の低いラミナが用いられることを考慮した結果である。

また、計算式中の k （木材のめり込み剛性）として、繊維方向 $k_{\theta} = E_{\theta} / (3.16 + 10.9d)$ 、繊維直角方向 $k_{90} = k_{\theta} / 3.4$ としたのは、平井卓郎、沢田稔（木材学会誌 28（11）、pp.685-694、1982年）および小松幸平（木材学会誌 35（3）、pp.201-211、1989年）の提案による。

表 8-1 木材の繊維方向のヤング係数（単位： $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ ）

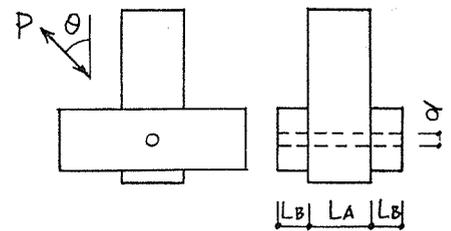
樹種			ヤング係数
針	A 1 類	あかまつ、くろまつ及びべいまつ	100
	A 2 類	からまつ、ひば、ひのき及びべいひ	90
葉	(B 1 類)	(つが及びべいつが)	(80)
樹	B 2 類	もみ、えぞまつ、とどまつ、べにまつ すぎ、べいすぎ及びスプルス	70

すべり剛性 (t / cm)
 木-木 (0°) 2面せん断
 樹種群 A 1 (べいまつ: E = 100 t / cm²)



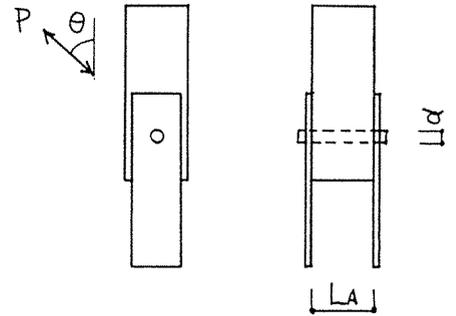
LA cm	LB cm	d cm	LOAD ANGLE									
			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
15.0	9.0	1.2	11.91	11.29	9.85	8.30	7.02	6.07	5.40	4.97	4.73	4.66
		1.6	16.17	15.33	13.38	11.29	9.56	8.28	7.40	6.83	6.51	6.41
		2.0	20.49	19.45	17.04	14.47	12.35	10.79	9.70	9.00	8.61	8.48
		2.4	25.26	24.03	21.19	18.15	15.61	13.71	12.37	11.49	10.99	10.83
	10.5	1.2	11.99	11.38	9.96	8.44	7.17	6.23	5.57	5.14	4.90	4.83
		1.6	16.71	15.87	13.91	11.79	10.02	8.69	7.77	7.17	6.83	6.72
		2.0	21.50	20.41	17.88	15.14	12.87	11.19	10.02	9.26	8.84	8.70
		2.4	26.32	24.99	21.93	18.65	15.93	13.90	12.49	11.57	11.06	10.89
	12.0	1.2	12.01	11.40	9.99	8.48	7.23	6.30	5.65	5.23	4.99	4.91
		1.6	16.97	16.13	14.20	12.10	10.33	9.00	8.06	7.44	7.10	6.99
		2.0	22.25	21.14	18.56	15.75	13.38	11.62	10.38	9.58	9.12	8.98
		2.4	27.36	25.97	22.75	19.27	16.37	14.22	12.73	11.76	11.21	11.04
13.0	1.2	12.01	11.40	9.99	8.48	7.24	6.31	5.67	5.25	5.02	4.94	
	1.6	17.04	16.22	14.30	12.22	10.46	9.14	8.20	7.58	7.23	7.12	
	2.0	22.59	21.48	18.90	16.07	13.68	11.87	10.61	9.78	9.32	9.17	
	2.4	27.96	26.55	23.26	19.68	16.69	14.47	12.92	11.92	11.35	11.17	
17.0	9.0	1.2	11.93	11.30	9.84	8.26	6.95	5.98	5.31	4.88	4.64	4.56
		1.6	15.87	15.02	13.06	10.96	9.24	7.98	7.11	6.55	6.24	6.14
		2.0	19.75	18.72	16.35	13.84	11.79	10.28	9.25	8.58	8.20	8.08
		2.4	24.11	22.92	20.20	17.29	14.89	13.10	11.84	11.02	10.56	10.41
	10.5	1.2	12.01	11.39	9.95	8.39	7.10	6.14	5.48	5.04	4.80	4.72
		1.6	16.39	15.54	13.57	11.45	9.69	8.39	7.48	6.89	6.56	6.46
		2.0	20.75	19.68	17.20	14.54	12.34	10.72	9.60	8.87	8.47	8.34
		2.4	25.23	23.95	21.01	17.87	15.27	13.35	12.01	11.15	10.66	10.50
	12.0	1.2	12.02	11.40	9.97	8.43	7.16	6.21	5.55	5.12	4.88	4.81
		1.6	16.64	15.80	13.86	11.76	10.00	8.69	7.77	7.17	6.83	6.72
		2.0	21.49	20.40	17.88	15.15	12.87	11.17	9.98	9.21	8.78	8.64
		2.4	26.31	24.97	21.87	18.54	15.77	13.72	12.30	11.37	10.86	10.69
13.0	1.2	12.02	11.40	9.97	8.44	7.17	6.23	5.57	5.15	4.91	4.83	
	1.6	16.72	15.88	13.95	11.87	10.13	8.82	7.90	7.31	6.97	6.86	
	2.0	21.81	20.73	18.21	15.47	13.17	11.44	10.22	9.43	8.99	8.85	
	2.4	26.92	25.56	22.40	18.98	16.13	14.00	12.52	11.57	11.03	10.86	
15.0	1.2	12.02	11.40	9.97	8.44	7.17	6.23	5.58	5.16	4.93	4.85	
	1.6	16.76	15.93	14.02	11.97	10.25	8.97	8.07	7.47	7.14	7.03	
	2.0	22.17	21.11	18.62	15.90	13.60	11.85	10.62	9.81	9.35	9.20	
	2.4	27.81	26.44	23.24	19.74	16.78	14.55	13.00	11.98	11.41	11.23	
22.0	9.0	1.2	12.01	11.38	9.90	8.31	6.97	5.98	5.29	4.84	4.59	4.51
		1.6	15.77	14.89	12.86	10.70	8.93	7.65	6.76	6.20	5.88	5.78
		2.0	18.93	17.88	15.49	12.96	10.92	9.44	8.44	7.79	7.43	7.32
		2.4	22.31	21.15	18.49	15.69	13.42	11.76	10.62	9.88	9.47	9.34
	10.5	1.2	12.09	11.47	10.02	8.44	7.12	6.14	5.45	5.00	4.75	4.67
		1.6	16.27	15.39	13.36	11.17	9.36	8.03	7.12	6.53	6.20	6.09
		2.0	19.89	18.80	16.30	13.65	11.48	9.90	8.82	8.12	7.74	7.61
		2.4	23.45	22.20	19.35	16.34	13.89	12.10	10.87	10.08	9.64	9.50
	12.0	1.2	12.11	11.48	10.04	8.48	7.18	6.20	5.52	5.08	4.83	4.75
		1.6	16.52	15.65	13.63	11.46	9.65	8.32	7.39	6.79	6.45	6.34
		2.0	20.58	19.48	16.95	14.24	12.00	10.35	9.22	8.48	8.08	7.94
		2.4	24.51	23.22	20.23	17.06	14.45	12.54	11.23	10.38	9.91	9.76
13.0	1.2	12.11	11.48	10.04	8.49	7.19	6.22	5.54	5.10	4.86	4.78	
	1.6	16.59	15.72	13.72	11.57	9.77	8.44	7.52	6.92	6.58	6.47	
	2.0	20.89	19.80	17.26	14.54	12.29	10.62	9.46	8.71	8.29	8.16	
	2.4	25.11	23.79	20.76	17.52	14.84	12.86	11.50	10.62	10.12	9.97	
15.0	1.2	12.11	11.49	10.04	8.49	7.19	6.22	5.55	5.12	4.87	4.79	
	1.6	16.63	15.77	13.79	11.66	9.89	8.58	7.67	7.07	6.74	6.63	
	2.0	21.22	20.14	17.64	14.95	12.70	11.02	9.85	9.08	8.66	8.52	
	2.4	25.96	24.64	21.58	18.28	15.52	13.46	12.03	11.09	10.57	10.40	
17.0	1.2	12.11	11.49	10.05	8.49	7.19	6.23	5.55	5.12	4.87	4.80	
	1.6	16.63	15.78	13.80	11.68	9.93	8.63	7.72	7.14	6.81	6.70	
	2.0	21.34	20.27	17.80	15.14	12.92	11.26	10.09	9.33	8.90	8.77	
	2.4	26.42	25.12	22.09	18.79	16.02	13.94	12.47	11.51	10.97	10.80	

すべり剛性 (t/cm)
 木-木 (90°) 2面せん断
 樹種群 A 1 (べいまつ: E = 100 t/cm²)



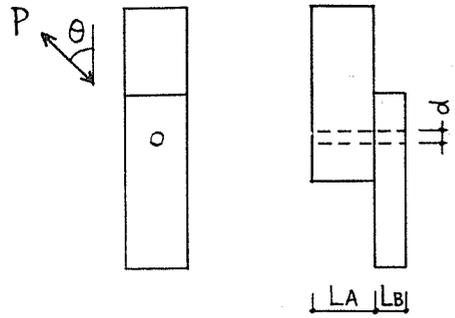
LA cm	LB cm	d cm	LOAD ANGLE									
			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
15.0	9.0	1.2	6.67	6.61	6.50	6.42	6.45	6.59	6.84	7.14	7.39	7.50
		1.6	8.65	8.61	8.53	8.54	8.71	9.07	9.57	10.14	10.61	10.80
		2.0	11.19	11.15	11.09	11.12	11.33	11.72	12.29	12.95	13.50	13.73
		2.4	14.44	14.40	14.33	14.33	14.46	14.75	15.19	15.73	16.21	16.41
	10.5	1.2	6.92	6.86	6.73	6.63	6.62	6.73	6.94	7.20	7.44	7.53
		1.6	9.03	8.99	8.93	8.96	9.14	9.50	9.98	10.50	10.93	11.10
		2.0	11.45	11.42	11.40	11.49	11.75	12.21	12.83	13.50	14.05	14.27
		2.4	14.50	14.47	14.43	14.48	14.67	15.04	15.57	16.18	16.71	16.92
	12.0	1.2	7.06	7.00	6.85	6.73	6.70	6.78	6.97	7.22	7.44	7.54
		1.6	9.39	9.35	9.29	9.30	9.47	9.79	10.22	10.69	11.08	11.23
		2.0	11.82	11.81	11.80	11.92	12.21	12.68	13.29	13.93	14.44	14.64
		2.4	14.71	14.69	14.68	14.77	15.01	15.44	16.02	16.66	17.18	17.39
13.0	1.2	7.11	7.04	6.89	6.76	6.72	6.79	6.97	7.22	7.44	7.54	
	1.6	9.59	9.54	9.47	9.47	9.62	9.91	10.31	10.75	11.12	11.27	
	2.0	12.09	12.08	12.08	12.20	12.49	12.95	13.53	14.14	14.62	14.80	
	2.4	14.91	14.89	14.90	15.01	15.29	15.73	16.32	16.95	17.46	17.66	
17.0	9.0	1.2	6.69	6.64	6.51	6.40	6.39	6.49	6.70	6.97	7.20	7.29
		1.6	8.56	8.49	8.37	8.31	8.43	8.73	9.21	9.76	10.22	10.41
		2.0	10.81	10.75	10.64	10.63	10.80	11.20	11.79	12.50	13.10	13.35
		2.4	13.76	13.71	13.62	13.61	13.77	14.12	14.67	15.33	15.91	16.15
	10.5	1.2	6.94	6.88	6.74	6.61	6.56	6.63	6.80	7.03	7.24	7.33
		1.6	8.93	8.87	8.76	8.73	8.86	9.16	9.61	10.12	10.54	10.71
		2.0	11.09	11.04	10.97	11.01	11.26	11.72	12.37	13.10	13.70	13.94
		2.4	13.85	13.81	13.75	13.79	14.03	14.48	15.13	15.88	16.52	16.77
	12.0	1.2	7.08	7.01	6.86	6.71	6.64	6.68	6.83	7.04	7.24	7.33
		1.6	9.28	9.22	9.11	9.07	9.17	9.44	9.85	10.31	10.69	10.84
		2.0	11.46	11.43	11.38	11.46	11.73	12.21	12.86	13.56	14.12	14.34
		2.4	14.08	14.05	14.02	14.13	14.43	14.95	15.65	16.43	17.07	17.33
13.0	1.2	7.13	7.06	6.90	6.74	6.65	6.69	6.83	7.04	7.24	7.33	
	1.6	9.47	9.41	9.29	9.23	9.32	9.56	9.94	10.36	10.73	10.87	
	2.0	11.73	11.70	11.66	11.74	12.02	12.49	13.11	13.77	14.30	14.51	
	2.4	14.30	14.27	14.27	14.40	14.73	15.27	15.99	16.76	17.39	17.63	
15.0	1.2	7.17	7.10	6.92	6.75	6.66	6.69	6.83	7.04	7.25	7.33	
	1.6	9.73	9.66	9.52	9.43	9.48	9.68	10.01	10.41	10.75	10.89	
	2.0	12.23	12.19	12.15	12.22	12.46	12.89	13.44	14.03	14.50	14.69	
	2.4	14.82	14.81	14.83	14.98	15.33	15.87	16.55	17.27	17.83	18.05	
22.0	9.0	1.2	6.74	6.68	6.56	6.45	6.42	6.48	6.64	6.86	7.05	7.13
		1.6	8.59	8.50	8.32	8.17	8.17	8.35	8.71	9.16	9.57	9.73
		2.0	10.52	10.40	10.17	9.99	10.01	10.29	10.80	11.47	12.07	12.31
		2.4	12.85	12.74	12.50	12.34	12.39	12.71	13.29	14.03	14.71	15.00
	10.5	1.2	6.99	6.93	6.79	6.65	6.59	6.62	6.74	6.92	7.09	7.17
		1.6	8.95	8.87	8.70	8.57	8.57	8.75	9.09	9.51	9.87	10.01
		2.0	10.78	10.69	10.49	10.38	10.48	10.83	11.40	12.10	12.70	12.94
		2.4	12.96	12.86	12.67	12.58	12.73	13.17	13.87	14.72	15.47	15.78
	12.0	1.2	7.13	7.06	6.91	6.75	6.66	6.66	6.76	6.93	7.10	7.17
		1.6	9.29	9.21	9.03	8.89	8.87	9.02	9.31	9.68	10.00	10.13
		2.0	11.14	11.06	10.89	10.82	10.95	11.32	11.90	12.57	13.13	13.36
		2.4	13.21	13.13	12.98	12.96	13.19	13.71	14.49	15.38	16.14	16.45
13.0	1.2	7.18	7.11	6.95	6.78	6.68	6.67	6.77	6.93	7.10	7.17	
	1.6	9.48	9.39	9.21	9.05	9.01	9.13	9.39	9.73	10.04	10.16	
	2.0	11.40	11.32	11.16	11.09	11.23	11.59	12.15	12.78	13.32	13.53	
	2.4	13.44	13.36	13.24	13.25	13.52	14.07	14.87	15.76	16.50	16.80	
15.0	1.2	7.22	7.15	6.98	6.80	6.69	6.67	6.77	6.93	7.10	7.17	
	1.6	9.73	9.64	9.43	9.24	9.16	9.24	9.46	9.77	10.06	10.18	
	2.0	11.88	11.80	11.63	11.55	11.66	11.97	12.47	13.03	13.51	13.70	
	2.4	13.97	13.90	13.81	13.86	14.15	14.71	15.48	16.32	17.01	17.28	
17.0	1.2	7.22	7.15	6.98	6.80	6.69	6.67	6.77	6.93	7.10	7.17	
	1.6	9.86	9.76	9.54	9.32	9.22	9.27	9.47	9.77	10.06	10.18	
	2.0	12.24	12.15	11.96	11.85	11.91	12.18	12.61	13.13	13.57	13.75	
	2.4	14.49	14.43	14.34	14.38	14.66	15.18	15.89	16.65	17.27	17.52	

すべり剛性 (t/cm)
 木-鋼 2面せん断
 樹種群 A 1 (べいまつ: $E = 100 \text{ t/cm}^2$)



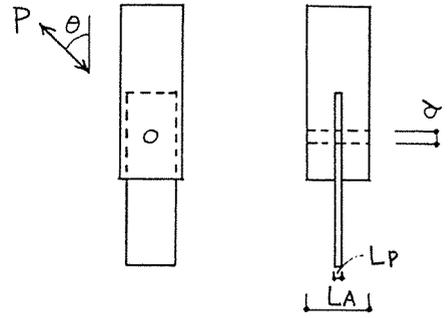
LA cm	d cm	LOAD ANGLE									
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
9.0	1.2	28.62	27.44	24.66	21.53	18.76	16.58	14.99	13.92	13.30	13.10
	1.6	45.11	42.97	37.87	32.12	27.12	23.29	20.57	18.79	17.79	17.46
	2.0	57.68	54.48	47.00	38.86	32.06	27.04	23.57	21.34	20.10	19.70
	2.4	65.37	61.41	52.30	42.62	34.74	29.03	25.15	22.68	21.31	20.87
10.5	1.2	26.16	25.06	22.49	19.67	17.26	15.39	14.04	13.13	12.61	12.44
	1.6	42.47	40.66	36.32	31.39	27.02	23.59	21.11	19.45	18.51	18.21
	2.0	58.34	55.44	48.55	40.85	34.24	29.23	25.71	23.41	22.12	21.71
	2.4	69.90	65.97	56.80	46.86	38.59	32.49	28.29	25.60	24.10	23.62
12.0	1.2	24.69	23.57	21.00	18.24	15.94	14.21	12.98	12.17	11.71	11.56
	1.6	39.31	37.70	33.89	29.60	25.82	22.84	20.67	19.20	18.36	18.09
	2.0	56.41	53.88	47.82	40.93	34.87	30.18	26.82	24.59	23.33	22.92
	2.4	71.29	67.63	58.97	49.35	41.16	35.00	30.70	27.90	26.34	25.83
13.0	1.2	24.17	23.02	20.39	17.59	15.29	13.58	12.38	11.59	11.15	11.01
	1.6	37.47	35.92	32.29	28.27	24.77	22.04	20.04	18.70	17.93	17.68
	2.0	54.39	52.07	46.51	40.18	34.58	30.19	27.01	24.89	23.68	23.29
	2.4	70.76	67.34	59.19	50.04	42.12	36.09	31.82	29.03	27.46	26.95
15.0	1.2	23.80	22.60	19.84	16.91	14.51	12.76	11.55	10.77	10.33	10.19
	1.6	34.85	33.31	29.77	25.95	22.74	20.29	18.54	17.38	16.71	16.49
	2.0	50.06	48.01	43.17	37.71	32.91	29.14	26.38	24.52	23.46	23.11
	2.4	67.44	64.50	57.47	49.46	42.39	36.88	32.90	30.25	28.74	28.26
17.0	1.2	23.87	22.63	19.78	16.73	14.23	12.40	11.14	10.33	9.88	9.74
	1.6	33.50	31.92	28.28	24.42	21.23	18.86	17.20	16.11	15.50	15.30
	2.0	46.54	44.59	40.03	35.03	30.73	27.40	24.98	23.36	22.43	22.13
	2.4	62.99	60.40	54.22	47.23	41.05	36.18	32.62	30.23	28.86	28.41
22.0	1.2	24.21	22.96	20.06	16.93	14.31	12.37	11.03	10.16	9.67	9.51
	1.6	33.01	31.30	27.36	23.16	19.72	17.21	15.48	14.36	13.74	13.54
	2.0	42.53	40.48	35.76	30.76	26.65	23.61	21.50	20.12	19.34	19.09
	2.4	54.58	52.19	46.68	40.71	35.67	31.84	29.09	27.26	26.21	25.87

すべり剛性 (t/cm)
 木-木 (0°) 1面せん断
 樹种群 A 1 (べいまつ: E = 100 t/cm²)



LA cm	LB cm	d cm	LOAD ANGLE									
			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
15.0	9.0	1.2	6.01	5.69	4.96	4.17	3.50	3.01	2.66	2.44	2.31	2.27
		1.6	7.94	7.50	6.49	5.39	4.49	3.83	3.37	3.07	2.91	2.85
		2.0	9.48	8.94	7.68	6.35	5.25	4.45	3.90	3.55	3.35	3.29
	10.5	1.2	6.05	5.74	5.01	4.23	3.58	3.09	2.74	2.52	2.39	2.35
		1.6	8.20	7.76	6.73	5.62	4.70	4.01	3.53	3.20	3.05	2.99
		2.0	9.94	9.37	8.06	6.66	5.51	4.66	4.08	3.70	3.49	3.42
	12.0	1.2	6.05	5.75	5.03	4.25	3.60	3.12	2.78	2.56	2.43	2.39
		1.6	8.32	7.88	6.87	5.77	4.84	4.15	3.68	3.35	3.17	3.11
		2.0	10.27	9.70	8.37	6.94	5.74	4.86	4.28	3.91	3.74	3.68
	13.0	1.2	6.05	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.79	2.57	2.45	2.41
		1.6	8.35	7.92	6.91	5.82	4.90	4.21	3.72	3.41	3.23	3.17
		2.0	10.42	9.85	8.52	7.08	5.88	4.98	4.37	3.97	3.74	3.67
15.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.80	2.58	2.46	2.42	
	1.6	8.38	7.95	6.95	5.87	4.96	4.28	3.80	3.48	3.31	3.25	
	2.0	10.58	10.02	8.70	7.27	6.06	5.16	4.54	4.13	3.90	3.83	
17.0	9.0	1.2	6.01	5.69	4.96	4.17	3.50	3.01	2.66	2.44	2.31	2.27
		1.6	7.94	7.51	6.49	5.40	4.49	3.85	3.39	3.10	2.93	2.88
		2.0	9.53	8.99	7.75	6.43	5.33	4.56	4.01	3.66	3.46	3.40
	10.5	1.2	6.05	5.74	5.02	4.23	3.58	3.09	2.74	2.52	2.39	2.35
		1.6	8.20	7.76	6.74	5.63	4.71	4.03	3.56	3.25	3.08	3.03
		2.0	9.99	9.43	8.13	6.75	5.60	4.76	4.18	3.81	3.60	3.53
	12.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.25	3.60	3.12	2.78	2.56	2.44	2.40
		1.6	8.32	7.89	6.87	5.78	4.86	4.17	3.69	3.38	3.20	3.14
		2.0	10.32	9.76	8.44	7.02	5.84	4.97	4.38	3.97	3.75	3.68
	13.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.79	2.57	2.45	2.41
		1.6	8.36	7.92	6.92	5.83	4.92	4.23	3.75	3.44	3.26	3.21
		2.0	10.48	9.91	8.59	7.17	5.97	5.09	4.47	4.07	3.85	3.78
15.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.80	2.58	2.46	2.42	
	1.6	8.38	7.95	6.95	5.88	4.98	4.30	3.82	3.51	3.34	3.28	
	2.0	10.64	10.08	8.78	7.36	6.16	5.27	4.65	4.24	4.01	3.94	
17.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.80	2.58	2.46	2.42	
	1.6	8.38	7.95	6.95	5.88	4.99	4.32	3.85	3.55	3.37	3.32	
	2.0	10.70	10.14	8.85	7.45	6.27	5.38	4.76	4.35	4.12	4.05	
22.0	9.0	1.2	6.01	5.69	4.96	4.17	3.50	3.01	2.66	2.44	2.31	2.27
		1.6	7.95	7.51	6.49	5.40	4.49	3.85	3.40	3.11	2.94	2.89
		2.0	9.54	9.00	7.77	6.46	5.36	4.62	4.09	3.75	3.54	3.49
	10.5	1.2	6.05	5.74	5.02	4.23	3.58	3.09	2.74	2.52	2.39	2.35
		1.6	8.20	7.76	6.74	5.63	4.72	4.04	3.57	3.26	3.09	3.04
		2.0	10.00	9.44	8.16	6.78	5.65	4.83	4.26	3.90	3.69	3.63
	12.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.25	3.61	3.12	2.78	2.56	2.44	2.40
		1.6	8.32	7.89	6.87	5.78	4.86	4.17	3.70	3.39	3.21	3.16
		2.0	10.34	9.77	8.47	7.06	5.90	5.04	4.44	4.06	3.85	3.78
	13.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.79	2.57	2.45	2.41
		1.6	8.36	7.93	6.92	5.83	4.92	4.24	3.76	3.45	3.28	3.22
		2.0	10.49	9.92	8.62	7.21	6.03	5.16	4.56	4.16	3.95	3.88
15.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.80	2.58	2.46	2.42	
	1.6	8.38	7.95	6.95	5.88	4.98	4.31	3.83	3.53	3.35	3.30	
	2.0	10.65	10.10	8.80	7.40	6.22	5.35	4.73	4.34	4.11	4.04	
17.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.80	2.58	2.46	2.42	
	1.6	8.38	7.95	6.95	5.89	5.00	4.33	3.86	3.56	3.39	3.33	
	2.0	10.71	10.16	8.86	7.49	6.33	5.46	4.85	4.45	4.22	4.15	
22.0	1.2	6.06	5.75	5.03	4.26	3.61	3.13	2.80	2.58	2.46	2.42	
	1.6	8.38	7.96	6.96	5.89	5.00	4.33	3.87	3.57	3.40	3.35	
	2.0	10.72	10.17	8.91	7.54	6.39	5.54	4.94	4.55	4.33	4.26	

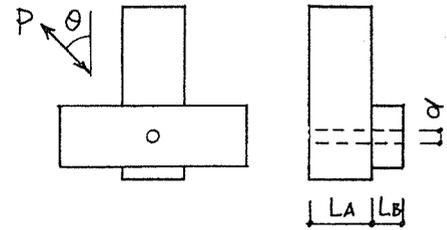
すべり剛性 (t/cm)
 木-鋼 挿入型
 樹種群 A 1 (べいまつ: $E = 100 \text{ t/cm}^2$)



LA cm	LP cm	d cm	LOAD ANGLE										
			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
15.0	0.6	1.2	47.74	45.37	39.95	34.20	29.49	26.04	23.64	22.09	21.22	20.94	
		1.6	71.44	68.39	61.31	53.59	47.01	41.95	38.30	35.85	34.45	33.99	
		2.0	103.50	99.24	89.09	77.58	67.40	59.39	53.53	49.60	47.35	46.62	
		2.4	138.03	131.80	116.87	99.92	85.05	73.54	65.29	59.85	56.76	55.76	
	0.9	1.2	47.84	45.49	40.11	34.40	29.72	26.28	23.89	22.34	21.46	21.18	
		1.6	72.22	69.16	62.06	54.28	47.62	42.48	38.76	36.26	34.82	34.36	
		2.0	104.81	100.47	90.11	78.34	67.92	59.72	53.74	49.73	47.43	46.68	
		2.4	139.07	132.70	117.43	100.12	84.99	73.32	64.98	59.49	56.39	55.38	
	1.2	1.2	47.96	45.64	40.30	34.63	29.97	26.54	24.15	22.60	21.73	21.44	
		1.6	73.06	70.00	62.86	55.01	48.25	43.01	39.21	36.66	35.19	34.71	
		2.0	106.14	101.71	91.12	79.07	68.40	60.00	53.89	49.80	47.46	46.70	
		2.4	140.01	133.48	117.87	100.22	84.84	73.02	64.61	59.07	55.95	54.94	
	1.6	1.2	48.19	45.89	40.60	34.98	30.36	26.93	24.55	22.98	22.10	21.82	
		1.6	74.28	71.20	63.99	56.01	49.10	43.72	39.80	37.16	35.65	35.15	
		2.0	107.90	103.34	92.41	79.96	68.94	60.29	54.01	49.81	47.42	46.65	
		2.4	141.07	134.34	118.28	100.18	84.49	72.50	63.99	58.42	55.28	54.27	
	17.0	0.6	1.2	47.64	45.18	39.53	33.52	28.60	25.00	22.53	20.93	20.05	19.76
			1.6	67.82	64.71	57.54	49.88	43.51	38.75	35.39	33.18	31.92	31.51
			2.0	95.62	91.67	82.40	72.13	63.21	56.26	51.18	47.77	45.80	45.16
			2.4	129.57	124.16	111.22	96.49	83.45	73.19	65.73	60.73	57.87	56.95
0.9		1.2	47.61	45.17	39.54	33.57	28.68	25.10	22.64	21.06	20.18	19.89	
		1.6	68.21	65.11	57.97	50.33	43.96	39.18	35.80	33.56	32.28	31.87	
		2.0	96.67	92.69	83.35	72.94	63.88	56.79	51.61	48.13	46.12	45.47	
		2.4	130.92	125.41	112.22	97.18	83.87	73.42	65.83	60.75	57.85	56.91	
1.2		1.2	47.59	45.16	39.57	33.63	28.77	25.22	22.78	21.20	20.32	20.04	
		1.6	68.65	65.56	58.45	50.82	44.44	39.63	36.21	33.95	32.66	32.24	
		2.0	97.77	93.76	84.32	73.77	64.54	57.31	52.02	48.46	46.42	45.75	
		2.4	132.27	126.64	113.18	97.83	84.24	73.59	65.87	60.72	57.78	56.83	
1.6		1.2	47.59	45.18	39.63	33.75	28.93	25.41	22.98	21.42	20.54	20.26	
		1.6	69.32	66.25	59.16	51.53	45.12	40.26	36.79	34.48	33.17	32.74	
		2.0	99.32	95.26	85.65	74.87	65.41	57.97	52.53	48.87	46.76	46.08	
		2.4	134.02	128.24	114.38	98.59	84.64	73.73	65.84	60.60	57.61	56.64	
22.0		0.6	1.2	48.35	45.85	40.04	33.77	28.56	24.69	22.02	20.29	19.32	19.01
			1.6	65.92	62.53	54.72	46.42	39.62	34.65	31.23	29.03	27.81	27.41
			2.0	85.63	81.58	72.26	62.35	54.18	48.12	43.88	41.11	39.54	39.03
			2.4	111.01	106.25	95.21	83.19	72.97	65.12	59.47	55.68	53.51	52.80
	0.9	1.2	48.32	45.82	40.01	33.74	28.53	24.68	22.00	20.28	19.32	19.01	
		1.6	65.90	62.51	54.74	46.47	39.71	34.76	31.36	29.17	27.95	27.55	
		2.0	85.90	81.86	72.59	62.71	54.56	48.50	44.24	41.46	39.88	39.37	
		2.4	111.79	107.03	95.97	83.90	73.60	65.68	59.95	56.11	53.91	53.19	
	1.2	1.2	48.29	45.78	39.98	33.71	28.51	24.66	22.00	20.28	19.32	19.01	
		1.6	65.88	62.51	54.77	46.54	39.81	34.88	31.50	29.32	28.10	27.71	
		2.0	86.20	82.18	72.94	63.10	54.95	48.89	44.62	41.82	40.23	39.71	
		2.4	112.61	107.85	96.77	84.64	74.25	66.24	60.43	56.54	54.30	53.58	
	1.6	1.2	48.24	45.74	39.93	33.67	28.48	24.64	21.99	20.28	19.32	19.02	
		1.6	65.87	62.52	54.82	46.65	39.96	35.07	31.71	29.53	28.32	27.93	
		2.0	86.65	82.66	73.47	63.66	55.52	49.43	45.14	42.32	40.71	40.19	
		2.4	113.78	109.01	97.88	85.65	75.13	66.99	61.07	57.10	54.82	54.07	

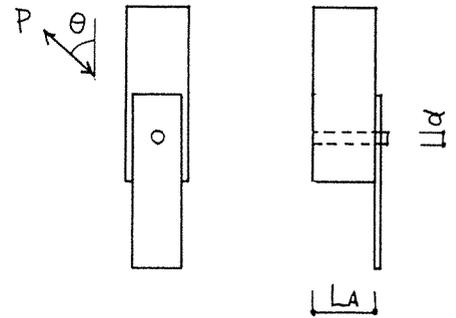
(計算上 LA を $LA - LP - 0.2$ (cm) とした。)

すべり剛性 (t/cm)
 木-木 (90°) 1面せん断
 樹种群 A 1 (べいまつ: E = 100 t/cm²)



LA cm	LB cm	d cm	LOAD ANGLE									
			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
15.0	9.0	1.2	3.37	3.34	3.28	3.23	3.22	3.26	3.34	3.45	3.55	3.59
		1.6	4.33	4.29	4.20	4.13	4.11	4.17	4.30	4.48	4.63	4.70
		2.0	5.32	5.26	5.10	4.94	4.84	4.83	4.93	5.12	5.30	5.38
	10.5	1.2	3.49	3.46	3.40	3.33	3.31	3.33	3.39	3.48	3.57	3.61
		1.6	4.51	4.47	4.39	4.32	4.31	4.36	4.48	4.63	4.77	4.82
		2.0	5.44	5.39	5.25	5.12	5.05	5.07	5.20	5.39	5.58	5.66
	12.0	1.2	3.56	3.53	3.46	3.38	3.34	3.35	3.41	3.49	3.57	3.61
		1.6	4.68	4.64	4.56	4.48	4.46	4.49	4.59	4.71	4.83	4.88
		2.0	5.62	5.56	5.44	5.32	5.26	5.30	5.42	5.60	5.76	5.83
	13.0	1.2	3.59	3.56	3.48	3.40	3.35	3.36	3.41	3.49	3.57	3.61
		1.6	4.77	4.73	4.64	4.56	4.52	4.54	4.62	4.74	4.85	4.89
		2.0	5.74	5.69	5.57	5.45	5.39	5.42	5.53	5.69	5.84	5.90
15.0	1.2	3.61	3.57	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.57	3.61	
	1.6	4.90	4.86	4.76	4.66	4.60	4.60	4.66	4.76	4.86	4.90	
	2.0	5.97	5.92	5.79	5.66	5.59	5.59	5.66	5.79	5.92	5.97	
17.0	9.0	1.2	3.37	3.34	3.28	3.23	3.22	3.26	3.35	3.46	3.55	3.59
		1.6	4.33	4.29	4.20	4.13	4.12	4.19	4.34	4.52	4.69	4.76
		2.0	5.34	5.28	5.14	4.99	4.92	4.94	5.07	5.27	5.47	5.55
	10.5	1.2	3.49	3.46	3.40	3.34	3.31	3.33	3.39	3.49	3.57	3.61
		1.6	4.51	4.47	4.39	4.33	4.32	4.39	4.52	4.68	4.83	4.89
		2.0	5.46	5.41	5.29	5.18	5.13	5.18	5.34	5.55	5.75	5.83
	12.0	1.2	3.57	3.53	3.46	3.38	3.34	3.35	3.41	3.49	3.58	3.61
		1.6	4.68	4.64	4.56	4.49	4.47	4.52	4.62	4.77	4.89	4.94
		2.0	5.63	5.59	5.48	5.38	5.35	5.41	5.56	5.75	5.93	6.00
	13.0	1.2	3.59	3.56	3.48	3.40	3.35	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61
		1.6	4.77	4.73	4.65	4.57	4.54	4.57	4.66	4.79	4.91	4.96
		2.0	5.76	5.71	5.61	5.52	5.48	5.53	5.67	5.85	6.01	6.08
15.0	1.2	3.61	3.57	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.90	4.86	4.76	4.66	4.61	4.62	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.99	5.94	5.83	5.73	5.68	5.70	5.81	5.95	6.09	6.15	
17.0	1.2	3.61	3.58	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.97	4.92	4.81	4.70	4.64	4.64	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.97	5.92	5.80	5.70	5.64	5.64	5.70	5.80	5.92	5.97	
22.0	9.0	1.2	3.37	3.34	3.28	3.23	3.22	3.26	3.35	3.46	3.55	3.59
		1.6	4.33	4.29	4.20	4.13	4.12	4.19	4.34	4.52	4.69	4.76
		2.0	5.34	5.28	5.15	4.99	4.92	4.94	5.07	5.27	5.47	5.55
	10.5	1.2	3.49	3.46	3.40	3.34	3.31	3.33	3.39	3.49	3.57	3.61
		1.6	4.44	4.41	4.33	4.26	4.25	4.33	4.45	4.61	4.76	4.82
		2.0	5.46	5.41	5.29	5.18	5.13	5.18	5.34	5.55	5.75	5.83
	12.0	1.2	3.57	3.53	3.46	3.38	3.34	3.35	3.41	3.49	3.58	3.61
		1.6	4.68	4.64	4.56	4.49	4.47	4.52	4.62	4.77	4.89	4.94
		2.0	5.63	5.59	5.48	5.38	5.35	5.41	5.56	5.75	5.93	6.00
	13.0	1.2	3.59	3.56	3.48	3.40	3.35	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61
		1.6	4.77	4.73	4.65	4.57	4.54	4.57	4.66	4.79	4.91	4.96
		2.0	5.76	5.71	5.61	5.52	5.48	5.53	5.67	5.85	6.01	6.08
15.0	1.2	3.61	3.57	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.90	4.86	4.76	4.66	4.61	4.62	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.99	5.94	5.83	5.73	5.68	5.70	5.81	5.95	6.09	6.15	
17.0	1.2	3.61	3.58	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.97	4.92	4.81	4.70	4.64	4.64	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.97	5.92	5.80	5.70	5.64	5.64	5.70	5.80	5.92	5.97	
22.0	9.0	1.2	3.37	3.34	3.28	3.23	3.22	3.26	3.35	3.46	3.55	3.59
		1.6	4.33	4.29	4.20	4.13	4.12	4.19	4.34	4.52	4.69	4.76
		2.0	5.34	5.28	5.15	4.99	4.92	4.94	5.07	5.27	5.47	5.55
	10.5	1.2	3.49	3.46	3.40	3.34	3.31	3.33	3.39	3.49	3.57	3.61
		1.6	4.44	4.41	4.33	4.26	4.25	4.33	4.45	4.61	4.76	4.82
		2.0	5.46	5.41	5.29	5.18	5.13	5.18	5.34	5.55	5.75	5.83
	12.0	1.2	3.57	3.53	3.46	3.38	3.34	3.35	3.41	3.49	3.58	3.61
		1.6	4.68	4.64	4.56	4.49	4.47	4.52	4.62	4.77	4.89	4.94
		2.0	5.63	5.59	5.48	5.38	5.35	5.41	5.56	5.75	5.93	6.00
	13.0	1.2	3.59	3.56	3.48	3.40	3.35	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61
		1.6	4.77	4.73	4.65	4.57	4.54	4.57	4.66	4.79	4.91	4.96
		2.0	5.76	5.71	5.61	5.52	5.48	5.53	5.67	5.85	6.01	6.08
15.0	1.2	3.61	3.57	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.90	4.86	4.76	4.66	4.61	4.62	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.99	5.94	5.83	5.73	5.68	5.70	5.81	5.95	6.09	6.15	
17.0	1.2	3.61	3.58	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.97	4.92	4.81	4.70	4.64	4.64	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.97	5.92	5.80	5.70	5.64	5.64	5.70	5.80	5.92	5.97	
22.0	1.2	3.61	3.58	3.49	3.41	3.36	3.36	3.41	3.49	3.58	3.61	
	1.6	4.97	4.92	4.81	4.70	4.64	4.64	4.70	4.81	4.92	4.97	
	2.0	5.97	5.92	5.80	5.70	5.64	5.64	5.70	5.80	5.92	5.97	

すべり剛性 (t/cm)
 木-鋼 1面せん断
 樹種群 A 1 (べいまつ: $E = 100 \text{ t/cm}^2$)



LA cm	d cm	LOAD ANGLE									
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
9.0	1.2	11.92	11.28	9.78	8.16	6.80	5.78	5.08	4.62	4.36	4.28
	1.6	15.07	14.17	12.10	9.89	8.09	6.78	5.88	5.31	4.99	4.89
	2.0	16.82	15.75	13.32	10.77	8.73	7.26	6.27	5.64	5.30	5.19
	2.4	17.77	16.61	13.98	11.25	9.08	7.53	6.49	5.84	5.47	5.36
10.5	1.2	12.08	11.46	10.00	8.42	7.09	6.09	5.38	4.93	4.67	4.58
	1.6	16.05	15.15	13.05	10.79	8.91	7.52	6.56	5.95	5.60	5.49
	2.0	18.65	17.51	14.90	12.14	9.90	8.27	7.16	6.46	6.07	5.95
	2.4	20.16	18.87	15.95	12.89	10.43	8.68	7.49	6.74	6.33	6.20
12.0	1.2	12.11	11.49	10.05	8.50	7.19	6.22	5.53	5.08	4.83	4.75
	1.6	16.53	15.64	13.58	11.33	9.45	8.05	7.07	6.43	6.08	5.96
	2.0	19.94	18.78	16.10	13.23	10.86	9.13	7.94	7.18	6.76	6.63
	2.4	22.14	20.78	17.65	14.34	11.67	9.73	8.43	7.59	7.13	6.99
13.0	1.2	12.11	11.49	10.06	8.51	7.22	6.25	5.57	5.13	4.88	4.80
	1.6	16.67	15.79	13.76	11.55	9.68	8.29	7.31	6.67	6.31	6.20
	2.0	20.52	19.37	16.69	13.79	11.38	9.61	8.39	7.60	7.16	7.02
	2.4	23.21	21.82	18.60	15.19	12.40	10.38	9.00	8.12	7.63	7.48
15.0	1.2	12.11	11.49	10.06	8.51	7.22	6.26	5.59	5.16	4.91	4.83
	1.6	16.75	15.89	13.90	11.74	9.92	8.55	7.59	6.97	6.61	6.50
	2.0	21.17	20.04	17.40	14.53	12.13	10.33	9.08	8.26	7.81	7.66
	2.4	24.75	23.34	20.06	16.54	13.62	11.48	10.00	9.05	8.53	8.36
17.0	1.2	12.11	11.50	10.06	8.51	7.22	6.26	5.59	5.16	4.91	4.84
	1.6	16.76	15.90	13.92	11.78	9.99	8.65	7.71	7.09	6.75	6.63
	2.0	21.39	20.28	17.70	14.90	12.53	10.76	9.51	8.70	8.24	8.10
	2.4	25.60	24.20	20.96	17.44	14.50	12.31	10.79	9.80	9.25	9.08
22.0	1.2	12.12	11.50	10.06	8.52	7.23	6.27	5.60	5.16	4.92	4.84
	1.6	16.77	15.91	13.93	11.78	10.00	8.67	7.74	7.14	6.80	6.69
	2.0	21.44	20.35	17.81	15.07	12.79	11.08	9.88	9.10	8.66	8.52
	2.4	26.14	24.80	21.68	18.30	15.46	13.33	11.83	10.85	10.29	10.12

8-2 モーメント抵抗接合回転剛性表

モーメント抵抗接合の回転剛性は、6-1に示した各接合具1個当りのすべり剛性を K_i として次式で与えられる。

$$M/\theta = \sum (K_i \cdot R_i^2)$$

ただし、 M/θ ：回転剛性

K_i ：接合具1個当りのすべり剛性

R_i ：接合具の回転中心（円形配置の円の中心）からの距離

上記の式より、標準配置に対する回転剛性の計算図表は、来年度報告する。

第9章 資料編

国内の研究期間等で行われた、大断面木造建築物の接合部に関する試験報告書を収集した。

9-1 ボルト、ドリフトピン、ラグスクリュー接合の履歴特性

森林総合研究所 木材利用部 構造性能研究室 神谷 文夫

1. はじめに

木造建築の耐震性は、接合部が地震エネルギーを吸収することによって確保されることが分かっている。木造建築では色々な接合具が用いられるので、木造建築の耐震性は使用する接合具によって異なることになる。接合具の強度や変形性能については広範な実験等を基に設計資料が整備されているが、実験の殆どは一方向に変形を与えたもので、繰り返し変形を与えたものは非常に少なく、そのエネルギー吸収能力などの履歴特性については殆ど分かっていない。

本研究の目的は、木造建築の耐震設計資料を整備するため、基本的な接合具の正負繰り返し加力実験を行い、その履歴特性を調べることにある。

本研究は3ヵ年を計画しており、今年度はその最終年度にあたる。これまでは、合板-製材釘接合、シアプレート接合、スプリットリング接合の実験を行っており、今年度はボルト接合、ドリフトピン接合、ラグスクリュー接合を対象とした。

2. 試験体

試験体の接合形式は、鋼板挿入型(図1)と鋼板添板型(図2)の2種類とした。鋼板挿入型ではボルト接合、ドリフトピン接合の試験を行い、接合具径は12, 16, 20mmの3種類、主材の厚さは75mmと150mmの2種類とした。鋼板添板型では主材の厚さを150mmとし、直径12, 16, 20mmのボルト接合、および12mmのラグスクリュー接合の試験を行った。

主材にはベイマツ集成材を用いた。鋼板は厚さ9mmのSS41である。主材および鋼板の接合具の穴は接合具と同寸のドリルであけた。主材の穴あけには木工用のオガーを使用した。ラグスクリューの穴あけは2段階に分けて行い、ねじ部の穴の直径は9mm(胴部径12mmの75%)とした。

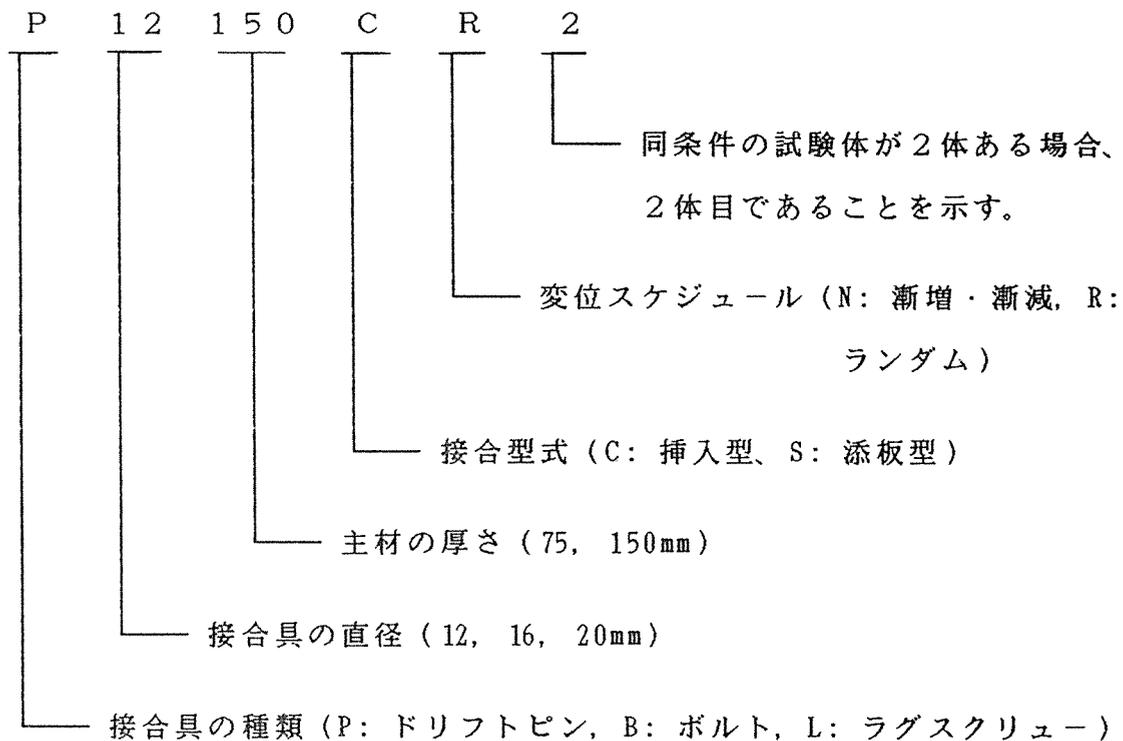
各試験体の端距離は、学会規準(建築学会「木構造計算規準・同解説」)に

従い、接合具径の7倍とした(図3)。

鋼板挿入型の場合のスリット幅は11mmとした。したがって、この場合の許容耐力算定用の主材の厚さは、主材厚150mmの試験体では139mm、主材厚75mmの試験体では64mmとなり、接合具の細長比(l/d)は11.6~3.2となる。

鋼板添板型の場合の細長比は12.5~7.5である。

試験体の記号を次のように定めた。



荷重は容量10tonfのロードセルで検出し、接合部のスリップ(鋼板と主材の相対変位)はストローク50mmの歪変換式変位計(200 μ 歪/mm)で測定した。荷重およびスリップの信号はA/Dコンバータを用いてコンピュータに記録した。

3. 試験方法

加力装置は反力床上に設置したアクチュエータ・ガイドローラ・反力用アングルからなる(写真1)。試験体の加力装置への取り付けは次の方法によった。

鋼板挿入型試験体の場合(図1)は、挿入鋼板をL型金物とボルト(2-M20)で反力用アングルに止め付け、主材を加力用ヘッドに添板とボルト(2-M20)で止め付けた。

鋼板添板型試験体の場合（図2）は、添板鋼板を加力ヘッドに止め付け、主材をL型金物とボルト（2-M20）で反力用アングルに止め付けた。

以上の止め付け部分のうち、鋼板と鋼板との止め付け部分は、繰り返し加力の途中でスリップを生じることが殆どなかったが、鋼板と主材との止め付け部分（試験部分を除く）はスリップを生じ、必ずしも所定の変位を試験体を与えることはできなかった。

加力用ヘッドはローラーでガイドし、ロードセルを介してアクチュエータに取り付けた。

加力スケジュールは、図4に示す変位漸増・漸減型繰り返し加力と、ランダム変位繰り返し加力の2種類である。

変位漸増・漸減スケジュールでは、変位±0.5mmを第1ステップとして、1ステップ毎に変位を $\sqrt{2}$ 倍ずつ増加させ、第7ステップの±4mmで折り返し、ついで±2.8、±4、±5.7mmで繰り返した後、破壊に至らしめた。

ランダム変位スケジュールでは、最大変位レベルを±5.7mmとし、適当に繰り返し変位レベルを定めた。

繰り返し変位の波形は、波長12.6秒の三角波とした。したがって、±0.5～±5.7mmの繰り返しサイクルにおける変位速度は0.16～1.81mm/秒（9.6～109mm/分）である。

変位スケジュールはコンピュータプログラム上で作成し、D/Aコンバータで電圧に変え、アクチュエータ・コントローラに送った。

4. 試験結果

試験結果の要約を表に示す。

先程述べたように試験体のチャッキングが不完全で、試験体には必ずしも所定の変位を与えることができなかった。このようなことのため、次の試験体では接合部の最大荷重が得られなかった。

・チャック部分のスリップのため破壊するまで変位を与えられなかった。

B16150SR、B20150SN、B20150SR

・主材のチャック側が割れた。

P20150CR、P20150CR2

・ 接合具穴が不良のため、ドリフトピンが8mmを残して完全に入らなかった。

P1675CN

(1) 破壊形態

全試験体37体の中で、上記の試験体（但しP1675Cを除く）、ボルトのねじ部分が破断したB12150SR、接合具が引き抜けたL12150SR2以外は、全て主材の割れで破壊した（写真2～11）。

(2) 処女変形時の剛性

処女変形部分の荷重－スリップ関係を図5～10に示した。これらを比較すると次のようになる。

①ドリフトピンとボルトとの比較（図5，6）

荷重－スリップ関係の中間部分の傾きを比べると、概ね両者の間に差はないが、主材厚が150mmで接合具径が12mm、16mmの場合に、ボルト接合の傾きがドリフトピン接合のそれより小さい傾向が見られる。しかしながら、直径12mmのボルト接合の試験体2体の中の1体は、ドリフトピン接合と同じ傾きであること、また、ボルト接合の剛性がドリフトピン接合の剛性より劣る理由が考えられないことから、差を生じたのは、試験体の製作精度（例えばボルト穴の加工）によるものと推察される。

②主材厚150mmの場合と75mmの場合の比較（図7，8）

荷重－スリップ関係の中間部分の傾きを比べると、全般的に主材厚75mmの場合の傾きは150mmの場合の傾きより大きい。しかしながら、荷重－スリップ関係の初期部分をみると、主材厚75mmの場合は初期ガタが大きく、そのため、接合具が主材に密着した後の傾きが相対的に高くなったとも考えられる。

③ラグスクリューとボルトとの比較（図9の最上図）

荷重－スリップ関係の中間部分の傾きを比べるとラグスクリュー接合はボルト接合よりやや小さい傾向がある。しかしながら、ラグスクリュー接合では初期ガタが殆どなく、スリップ1mm程度の耐力では差は見られない。

④鋼板挿入型と鋼板添板型との比較（図10）

荷重－スリップ関係の中間部分を比べると、両者の間には明確な違いは認められない。なお、試験体B20150Sの2体の内、1体のスリップが途中から急に大きくなっているが、これは変位計の取り付けに不都合があったためである。

(2) 最大荷重と荷重係数

全試験体の最大荷重と荷重係数（学会の短期許容耐力に対する最大荷重の比）を棒グラフで図1-1, 1-2に示した。これから次の知見が得られる。

- ・鋼板挿入型ではドリフトピン接合の最大荷重はボルト接合のそれと大差がない。主材厚150mmではドリフトピン接合の方がむしろ高い傾向さえ見られる。
- ・鋼板添板型（主材厚150mm）では、直径12mmのラグスクリュー接合の最大荷重はM12のボルト接合のそれと大差がない。
- ・ドリフトピン接合の荷重係数はボルト接合のそれと比べて高い。特に主材厚が150mmの場合は顕著である。
- ・ラグスクリュー接合の荷重係数もボルト接合のそれより高い。
- ・ボルト接合の場合、鋼板添板型の荷重係数は鋼板挿入型のそれより高い。

(3) 履歴ループの形

全試験体の荷重－スリップループを図A-1～A-8に示す。ループの形は接合具径と主材厚によって異なり、特にスリップがゼロの時の荷重（以下残留荷重とする）の大小に違いが良く現れている。

ループの形は、 l/d が最も大きい主材厚150mm、接合具径12mmのドリフトピン、ボルト、ラグスクリュー接合が最もふくらみが大きい。 l/d が最も小さい主材厚75mm、接合具径20mmのドリフトピン、ボルト接合では最もふくらみが小さく、残留荷重は殆どゼロである。

接合具径が同じなら主材厚75mmより主材厚150mmの方が残留荷重が大きい。 l/d が同じなら、ループの形はドリフトピン、ボルト、ラグスクリューで大きな違いは見られない。

以上のループの形は、昨年度までに行った他の接合具と比べると、 l/d が大きい場合は釘接合のループに、 l/d が小さい場合はシアプレートのループに酷似している。

(4) 等価粘性減衰定数

各サイクル毎に等価粘性減衰定数を求めた。そのサイクルのピークの荷重あるいはスリップ（いずれも正負2つの値の平均）と等価粘性減衰定数との関係を図A-9～A-20に示した。

ラグスクリュー接合では、等価粘性減衰定数は荷重あるいはスリップの増加

と共に減少する傾向がはっきりと見られる。しかし、その他の接合具では値にバラツキがあってはっきりとした傾向は見つけにくい。

各接合条件の等価粘性減衰定数を比較するために、少し乱暴であるが、各サイクルの等価粘性減衰定数の平均値を求め、図14に示した。これから次の知見が得られる。

・等価粘性減衰定数は、実験の範囲では、直径12mmのラグスクリュー接合の0.15～0.25が最大で、主材厚150mm、接合具径20mmの鋼板挿入型ドリフトピン接合、ボルト接合の約0.05が最小である。

・鋼板挿入型のドリフトピン接合、ボルト接合で接合具径が同じ場合、主材厚が違ってても（150mm又は75mm）等価粘性減衰定数に大きな違いは認められない。

・主材厚150mmのボルト接合で鋼板添板型と鋼板挿入型の等価粘性減衰定数を比べると、M20では鋼板挿入型の方が、また、M12では鋼板添板型の方が大きい傾向が見えないこともないが、大略、差はないと見る方が妥当であろう。

表. 試験結果の概要

試験体	短期許容耐力 (kgf)	最大荷重		荷重係数	等価粘性減衰定数の平均値	破壊形態
		荷重 (kgf)	スリップ° (mm)			
P12150CN P12150CR P12150CR2	629	3610	4.3	5.74	0.164	S
		3450	3.3	5.48	0.160	S
		3320	4.3	5.28	0.189	S
P16150CN P16150CR P16150CR2	1118	5850	3.5	5.23	0.105	S
		5180	3.1	4.63	0.080	S
		4430	1.6	3.96	0.129	S
P20150CN P20150CR P20150CR2	1747	8340	2.4	4.77	0.058	S
		8580	7.1	4.91	0.037	C
		8050	4.5	4.61	0.076	C
B12150CN B12150CR	1363	3880	3.2	2.85	0.118	S
		3430	3.6	2.52	0.169	S
B16150CN B16150CR	2365	4460	3.1	1.89	0.113	S
		4790	2.9	2.03	0.134	S
B20150CN B20150CR	3245	6340	1.7	1.95	0.067	S
		7890	3.0	2.43	0.048	S
P1275CN P1275CR	629	2460	1.2	3.91	0.147	S
		2440	2.0	3.88	0.144	S
P1675CN	1118	3180	1.6	2.84	0.124	S
P2075CN P2075CR	1398	4350	1.1	3.11	0.053	S
		5490	1.0	3.92	0.084	S
B1275CN B1275CN2	1044	3040	2.3	2.92	0.170	S
		2620	1.6	2.51	0.152	S
B1675CN B1675CN2	1738	4160	1.4	2.39	0.161	S
		5310	2.3	3.06	0.079	S
B2075CN B2075CN2	2677	5280	1.1	1.97	0.072	S
		4410	0.9	1.65	0.115	S
B12150SN1 B12150SN2 B12150SR	1363	4230	8.5	3.10	0.111	S
		4850	13.7	3.56	0.136	S
		5580	15.6	4.09	0.124	N
B16150SN B16150SR	2423	7980	12.5	3.29	0.114	S
		8220	13.2	3.39	0.099	F
B20150SN B20150SR	3786	10010	8.8	2.64	0.088	F
		10090	12.8	2.67	0.085	F
L12150SN1 L12150SN2 L12150SR L12150SR2	929	3980	14.5	4.28	0.202	S
		3880	7.0	4.18	0.252	S
		4310	3.3	4.64	0.185	S
		4820	3.1	5.19	0.145	W

S: 主材の割れ, C: チャック部分の割れ, N: ボルトねじ山部分の破断

F: チャック部分のスリップによる変位不足で破壊せず, W: 引き抜け

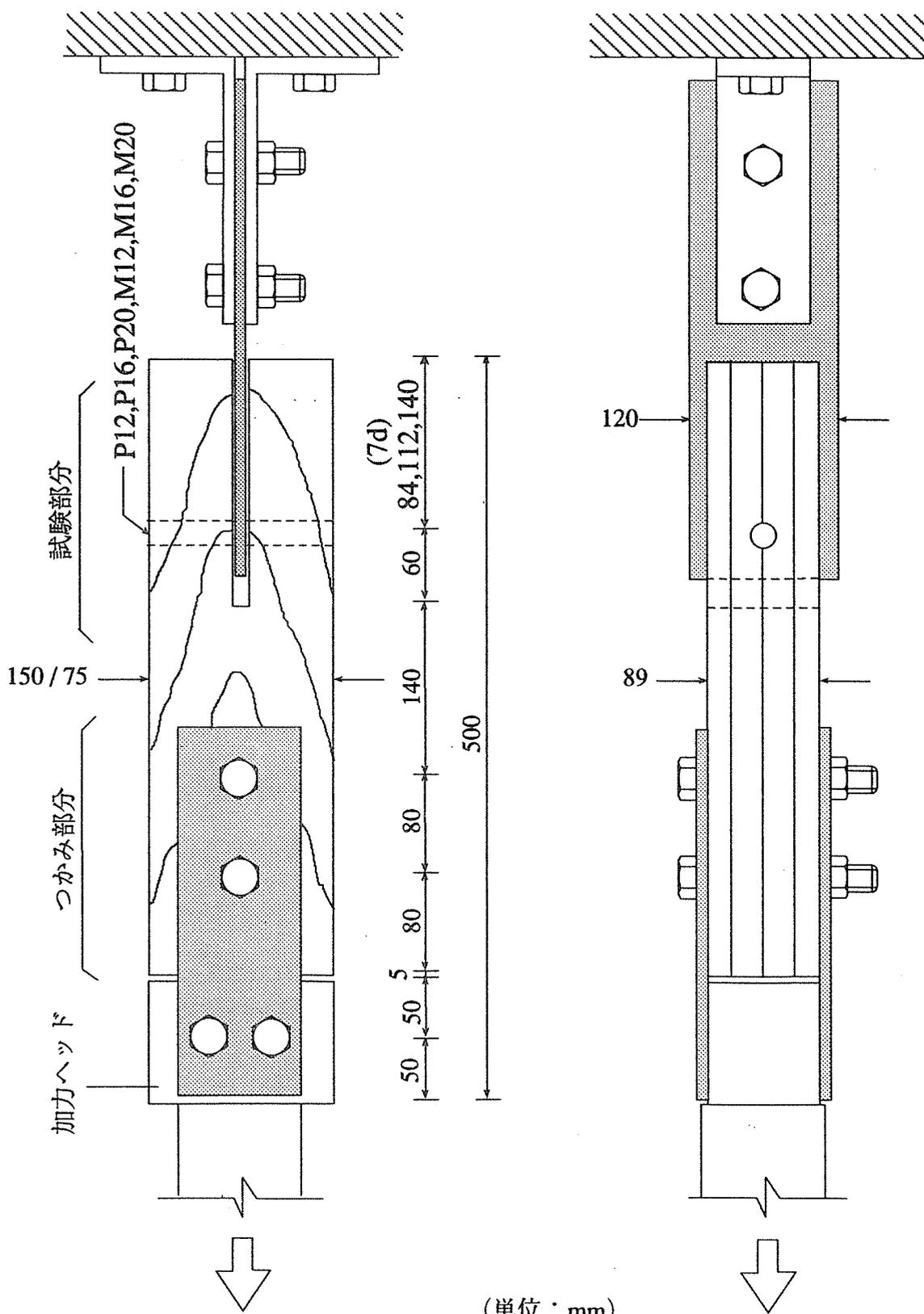


図1. 鋼板挿入型ドリフトピン/ボルト接合部試験体
($\phi=150/75\text{mm}$, $d=12/16/20\text{mm}$)

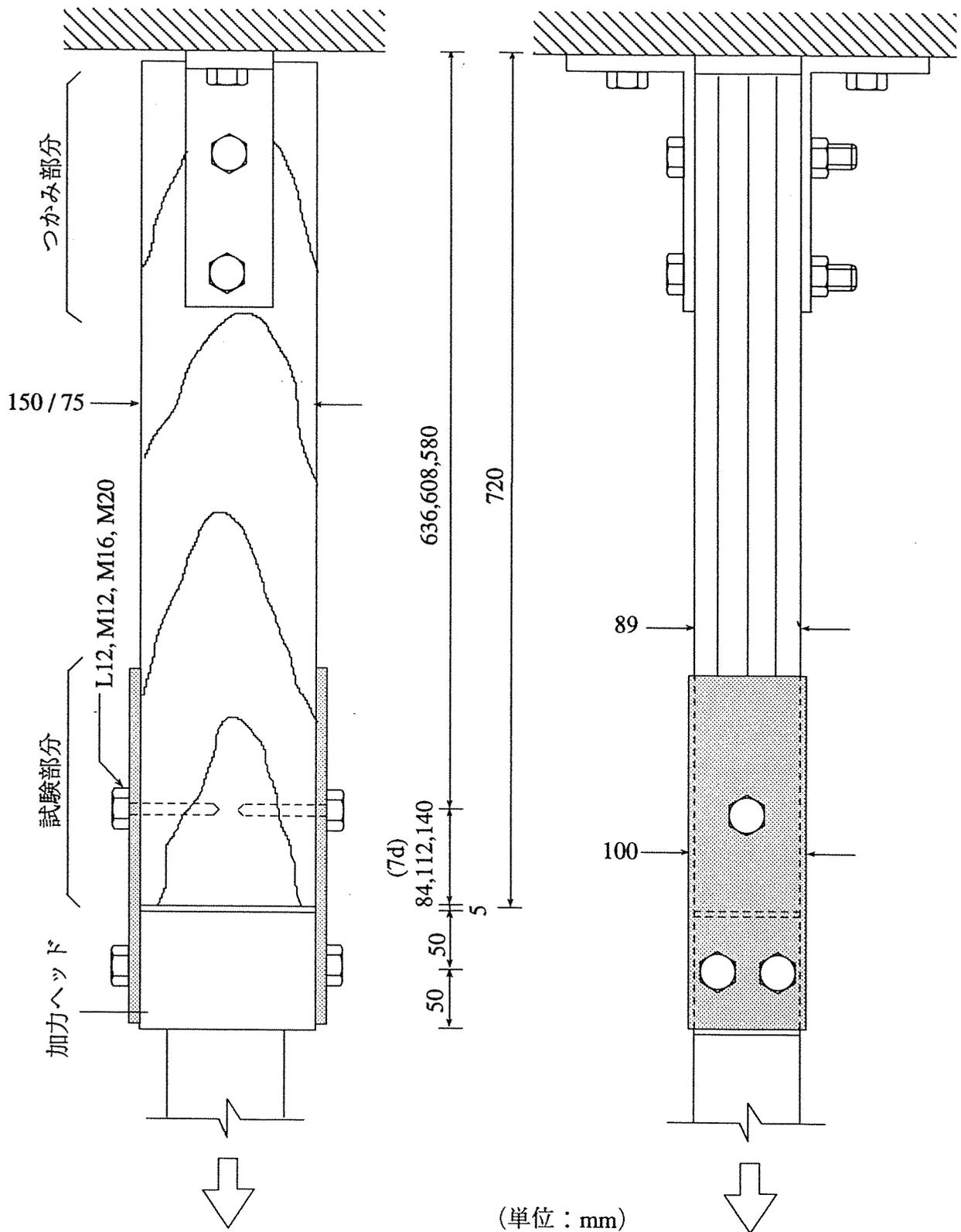
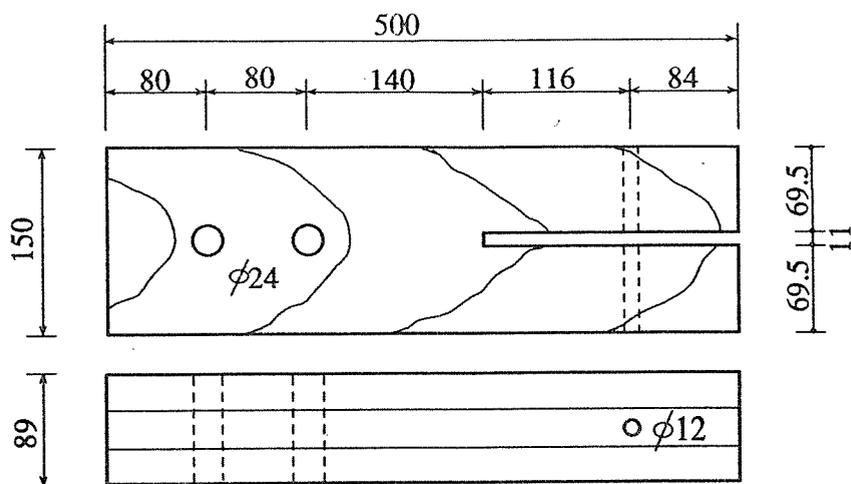
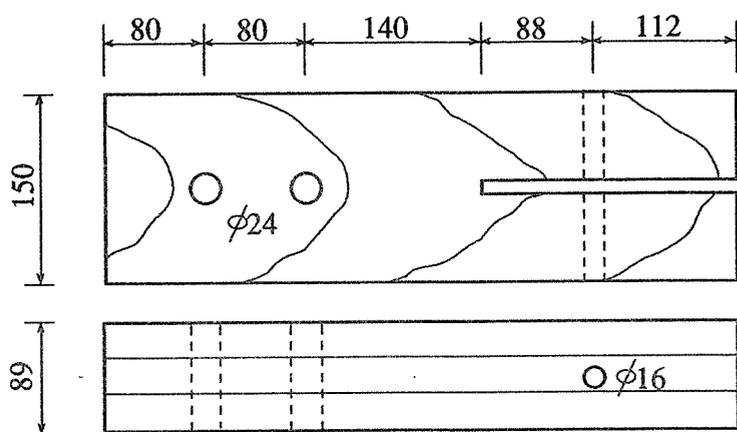


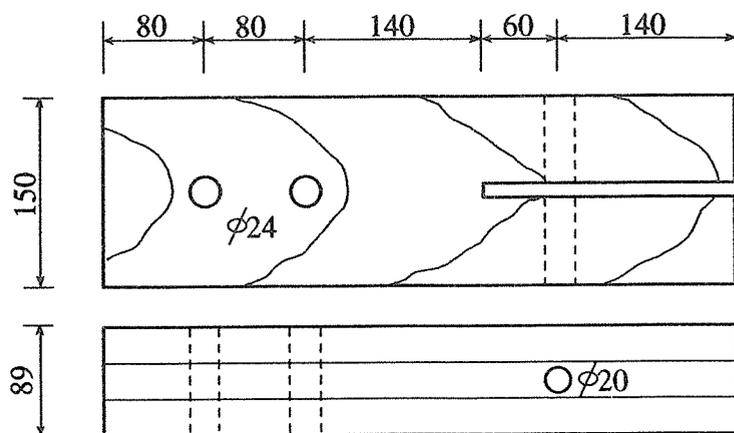
図2. 鋼板添え板型ボルト／ラグスクリュー接合部試験方法
 $(l=150/75\text{mm}, d=12/16/20\text{mm})$



P12-150C
B12-150C

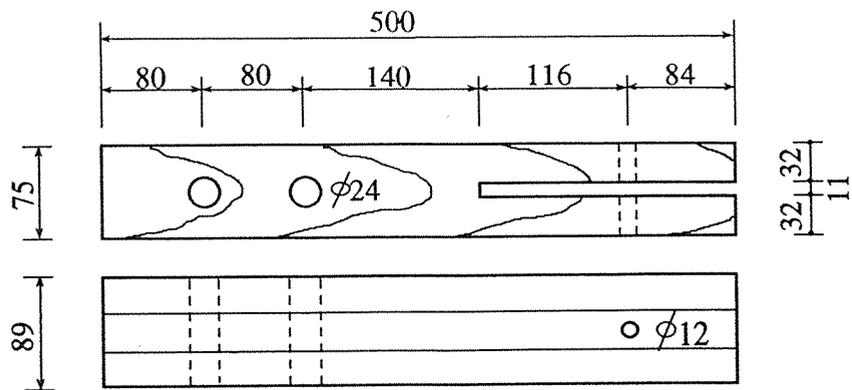


P16-150C
B16-150C

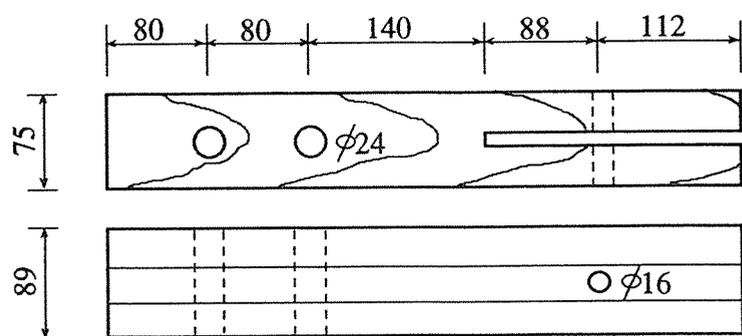


P20-150C
B20-150C

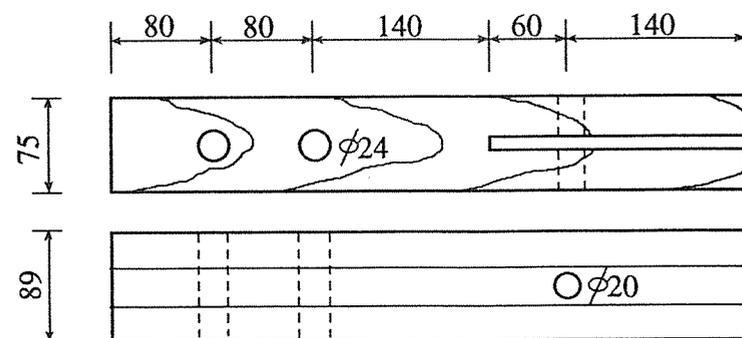
図3 a. 鋼板挿入型ドリフトピン／ボルト試験用主材 (厚さ150mm)



P12-75C
B12-75C

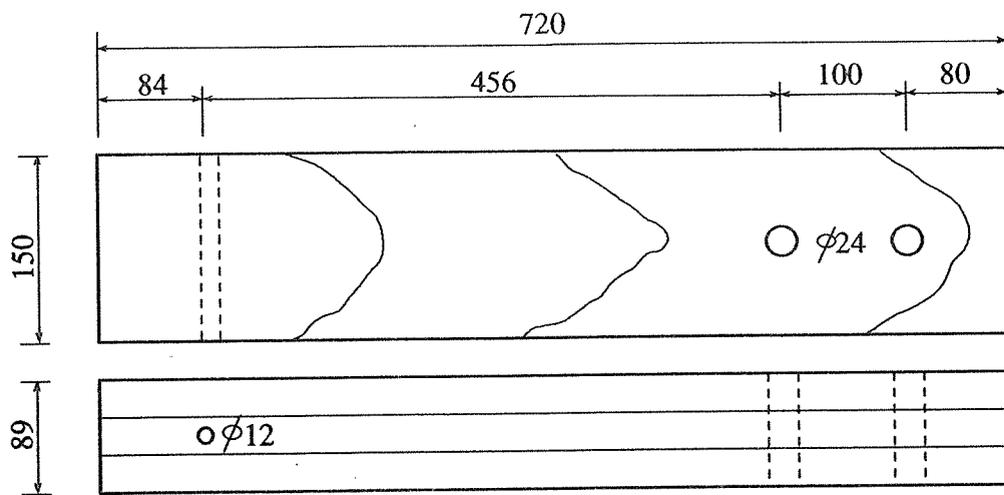


P16-75C
B12-75C

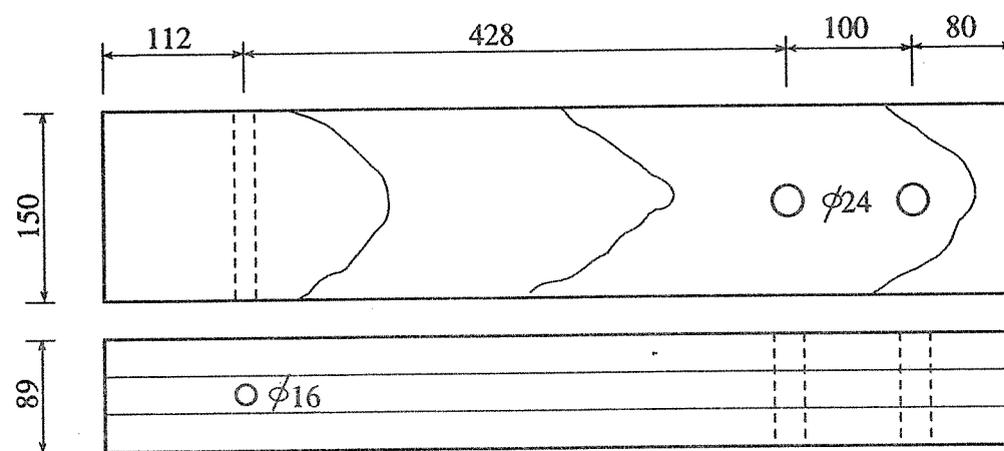


P20-75C
B20-75C

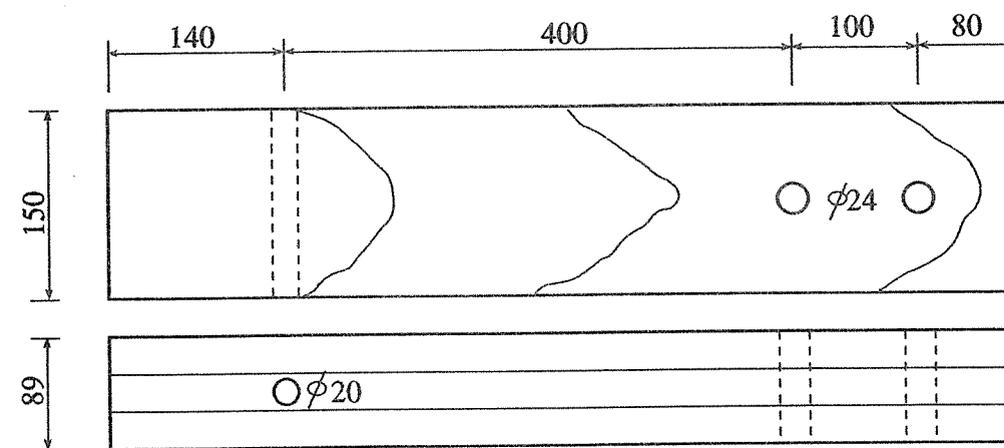
図3 b. 鋼板挿入型ドリフトピン／ボルト試験用主材 (厚さ75mm)



L12-150S
B12-150S



B16-150S



B20-150S

図3 c. 鋼板添板型ドリフトピン／ボルト接合用主材 (厚さ150mm)

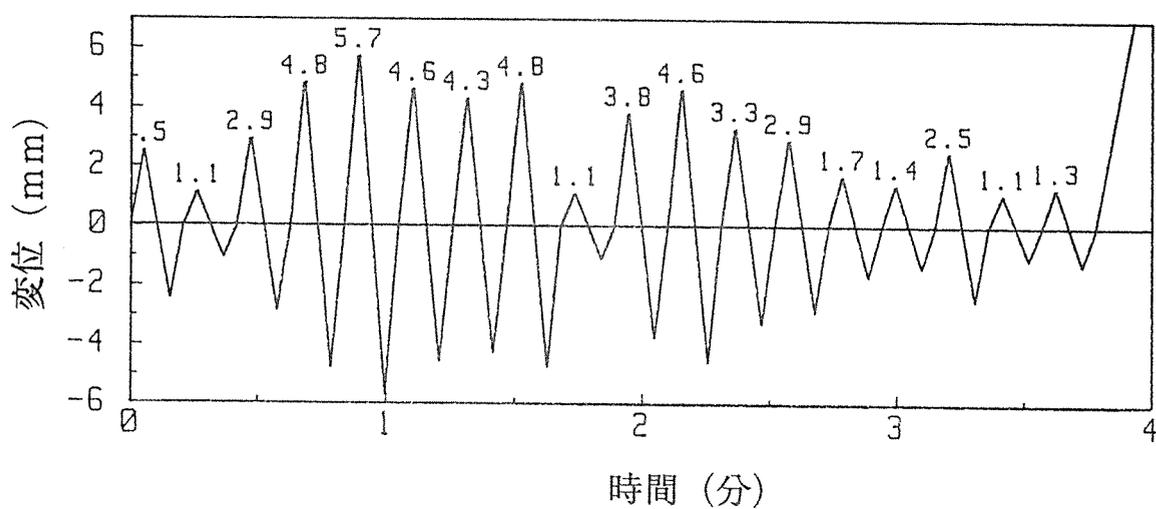
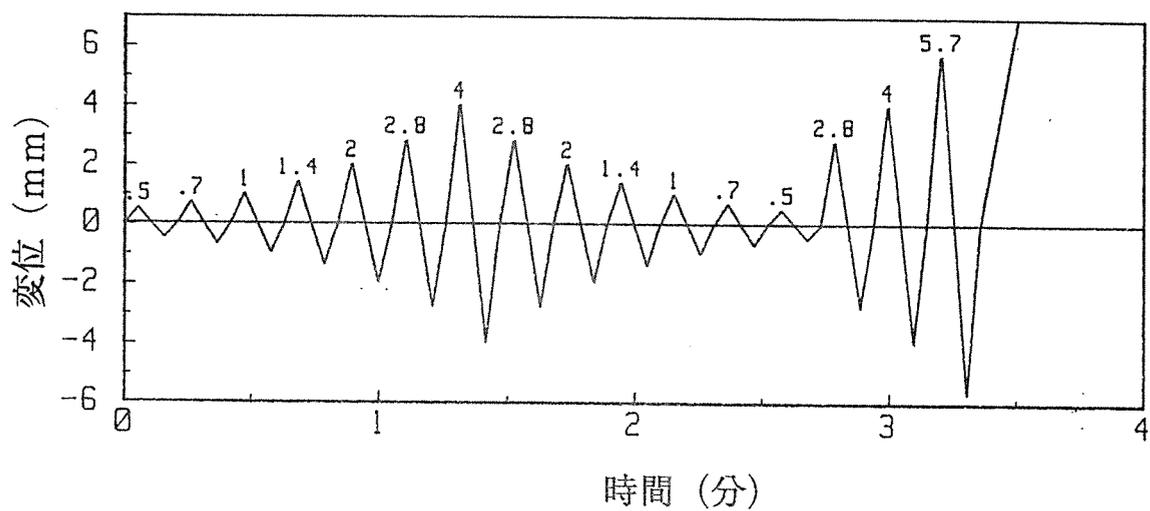
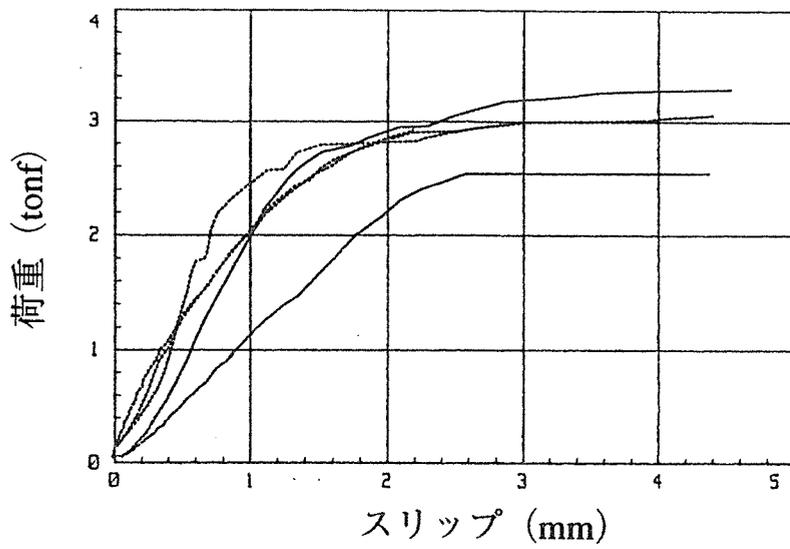
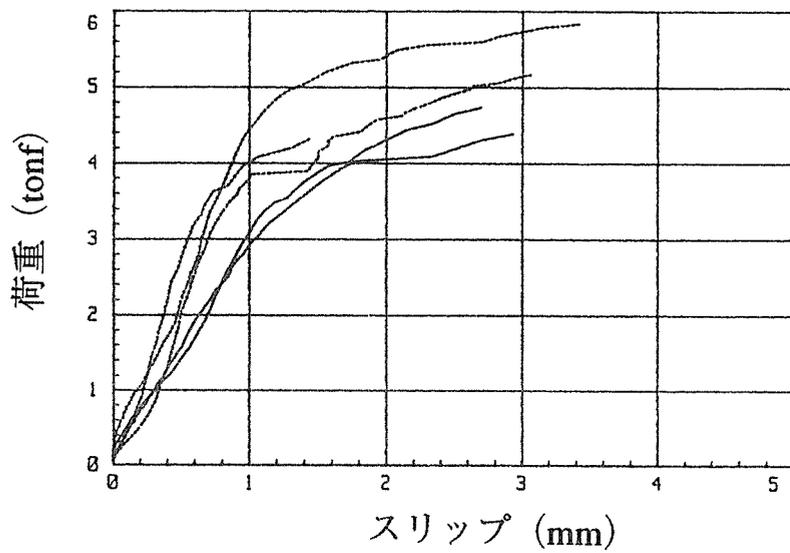


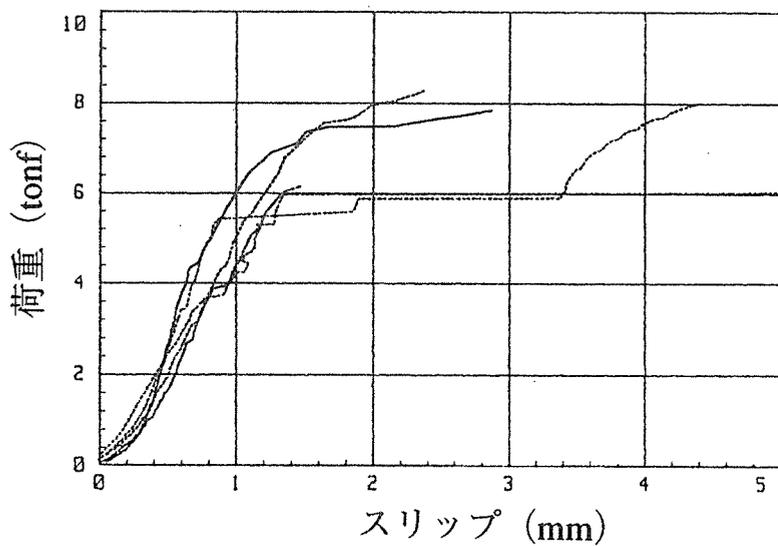
図4. 変位スケジュール
(上: 漸増・漸減, 下: ランダム)



接合具径 12mm
 P12 150C (点線)
 B12 150C (実線)
 $Q/d=11.6$

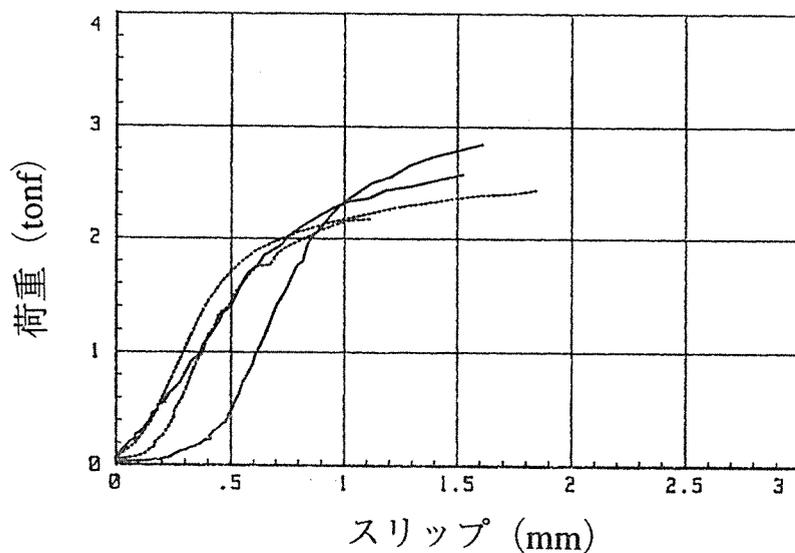


接合具径 16mm
 P16 150C (点線)
 B16 150C (実線)
 $Q/d=8.7$

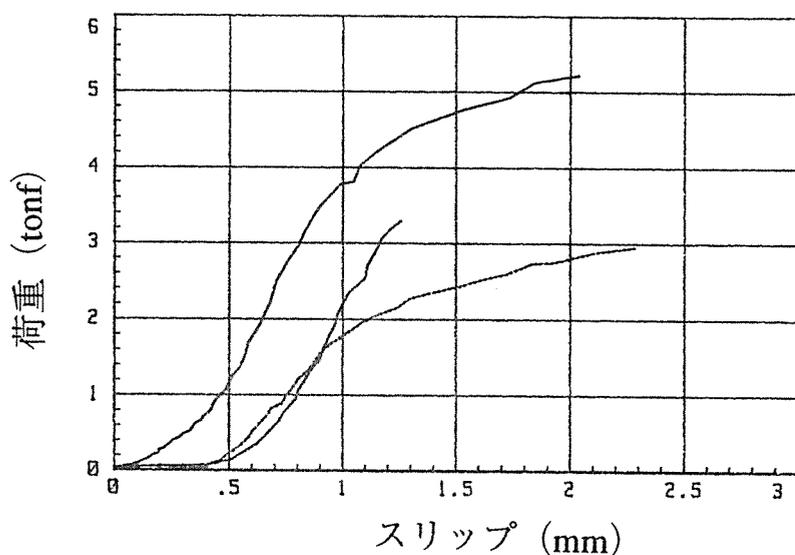


接合具径 20mm
 P20 150C (点線)
 B20 150C (実線)
 $Q/d=7.0$

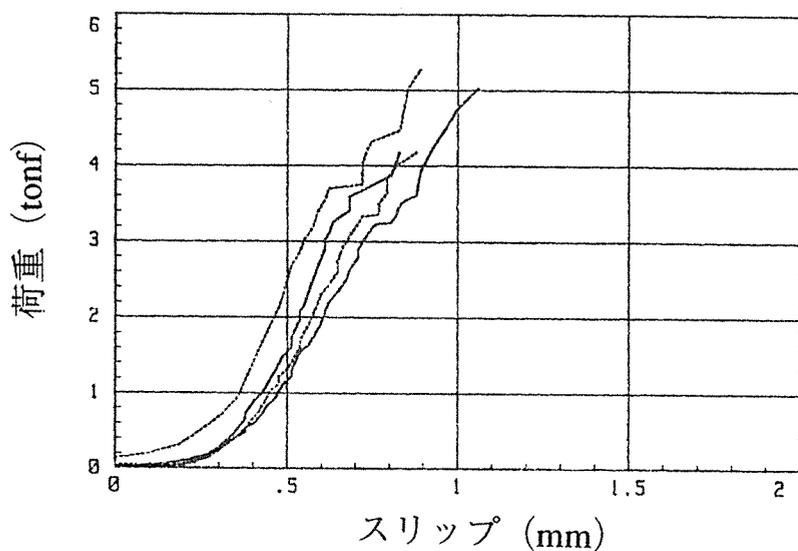
図5. ドリフトピン接合とボルト接合の処女変形曲線の比較。
 鋼板挿入型, 主材厚150mm



接合具径 12mm
 P12 75C (点線)
 B12 75C (実線)
 $l/d=5.3$

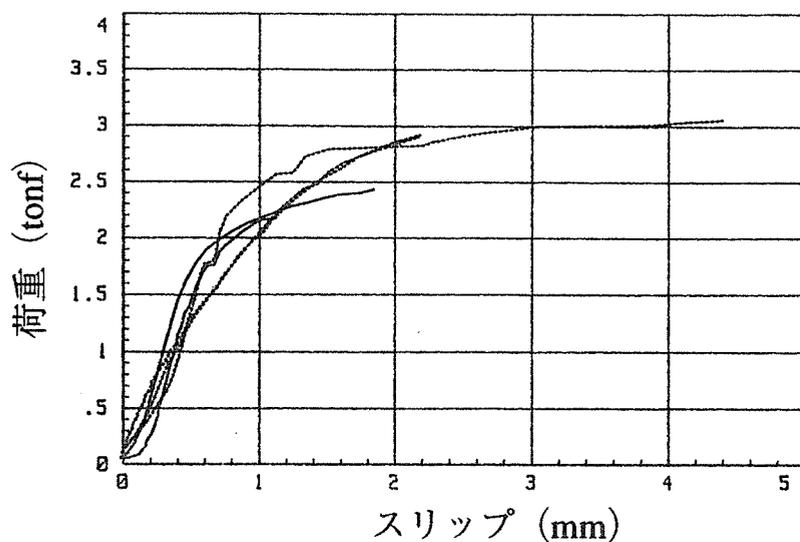


接合具径 16mm
 P16 75C (点線)
 B16 75C (実線)
 $l/d=4.0$

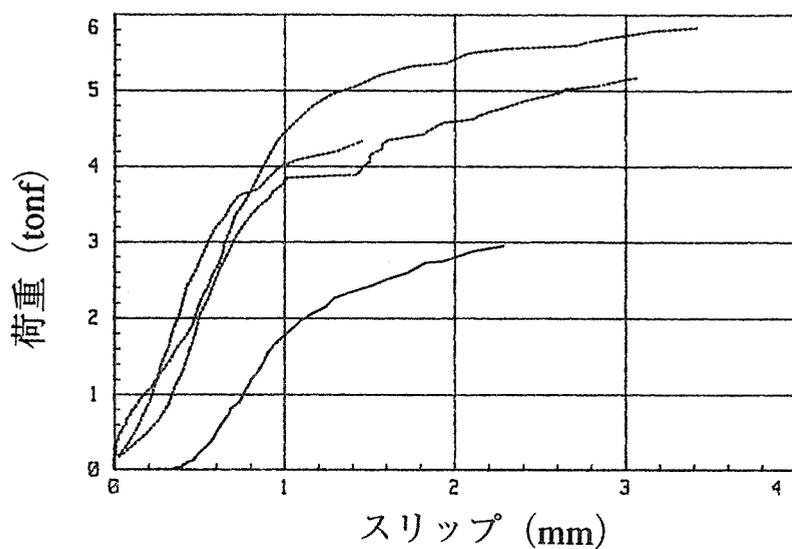


接合具径 20mm
 P20 75C (点線)
 B20 75C (実線)
 $l/d=3.2$

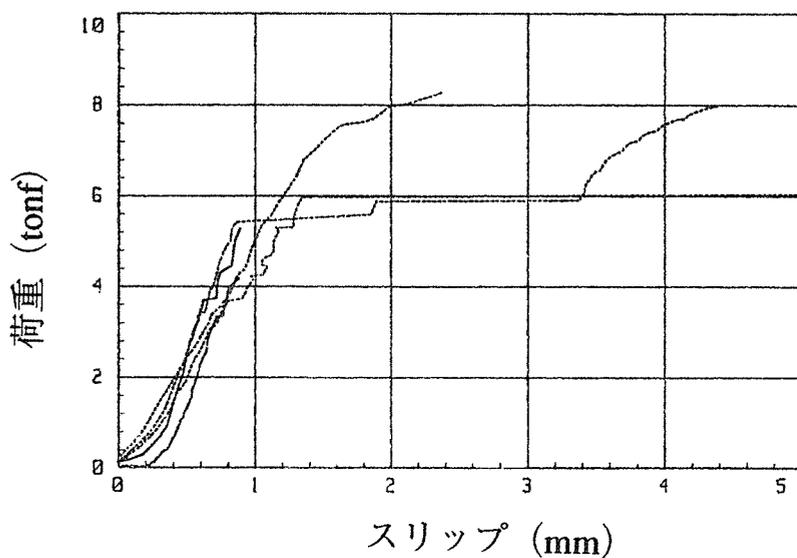
図6. ドリフトピン接合とボルト接合の処女変形曲線の比較。
 鋼板挿入型, 主材厚75mm



接合具径 12mm
 P12 150C (点線)
 P12 75C (実線)

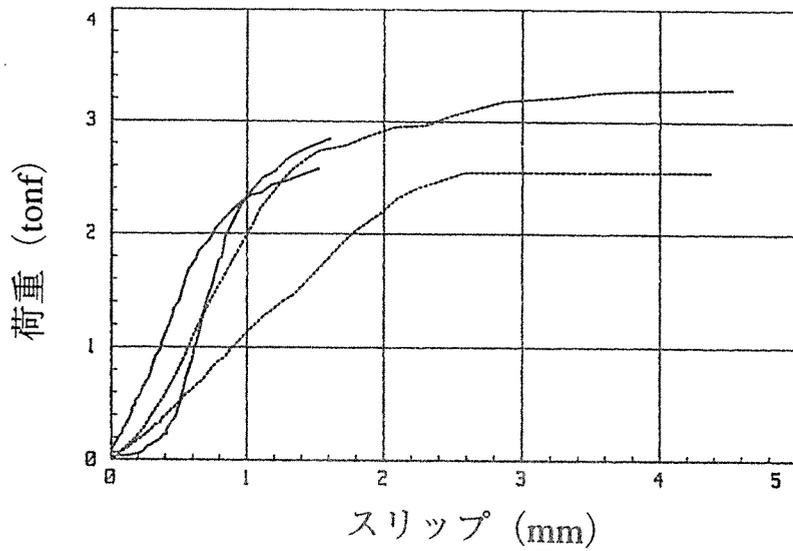


接合具径 16mm
 P16 150C (点線)
 P16 75C (実線)

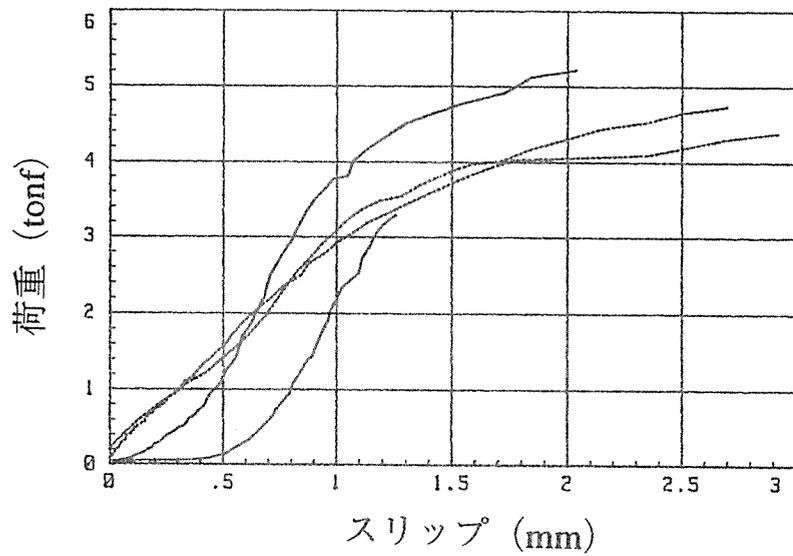


接合具径 20mm
 P20 150C (点線)
 P20 75C (実線)

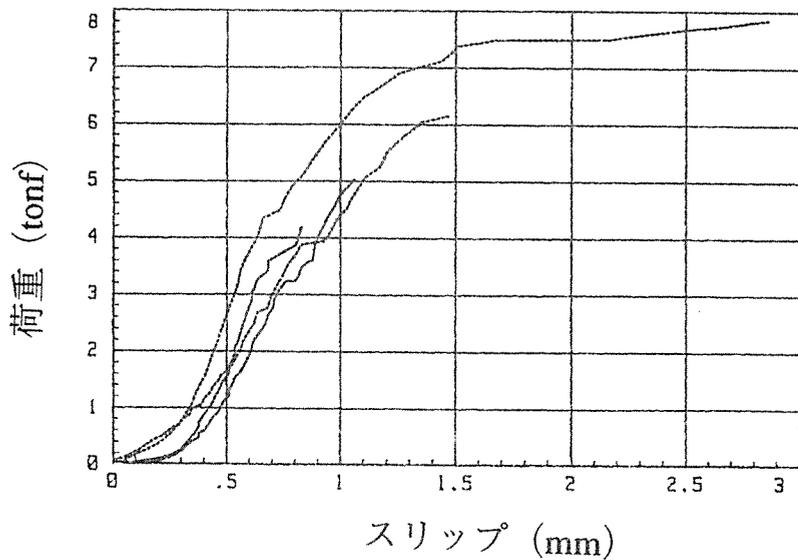
図 7. 主材厚の違いによる処女変形曲線の違い. 鋼板挿入型ドリフトピン接合



接合具径 12mm
 B12 150C (点線)
 B12 75C (実線)

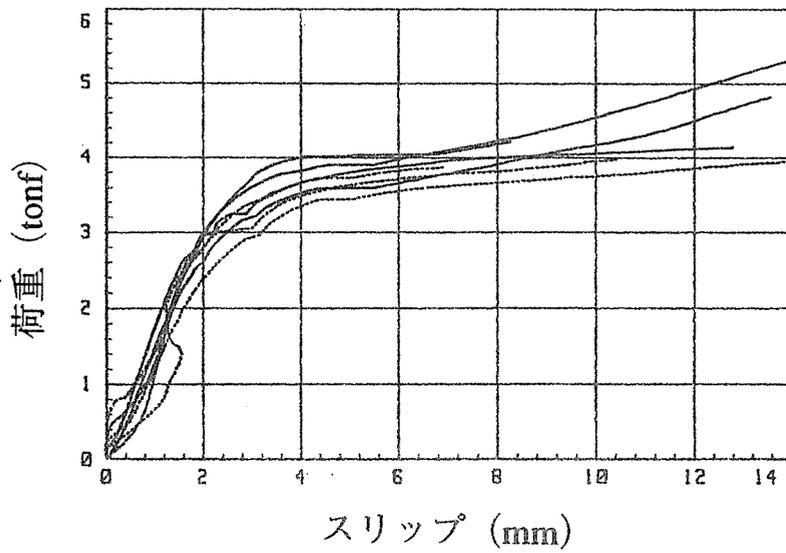


接合具径 16mm
 B16 150C (点線)
 B16 75C (実線)

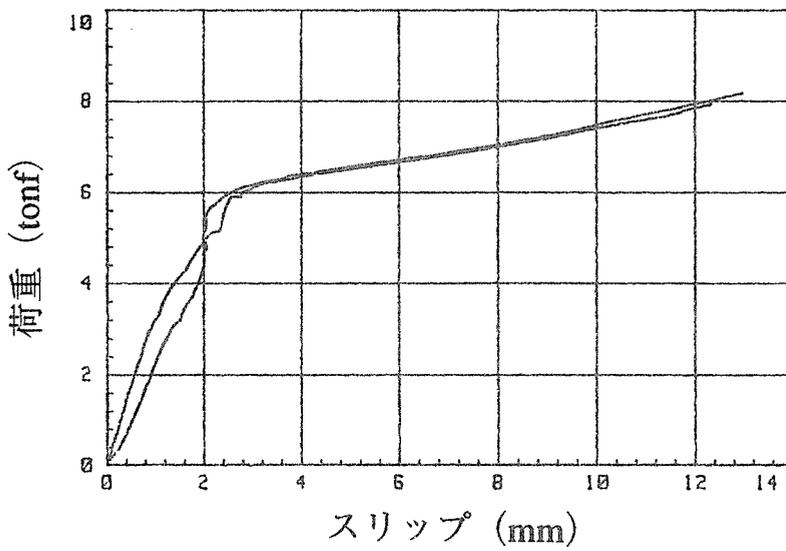


接合具径 20mm
 B20 150C (点線)
 B20 75C (実線)

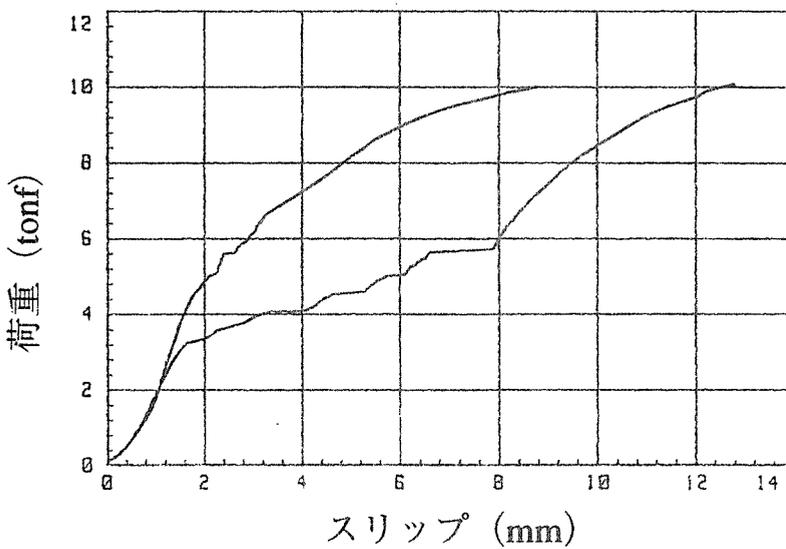
図8. 主材厚の違いによる処女変形曲線の違い. 鋼板挿入型ボルト接合



接合具径 12mm
 L12 150S (点線)
 B12 150S (実線)

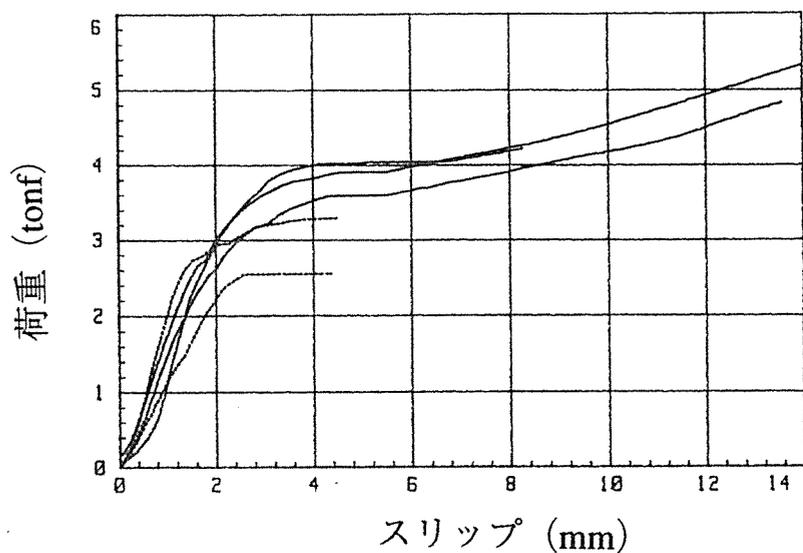


接合具径 16mm
 B16 150S

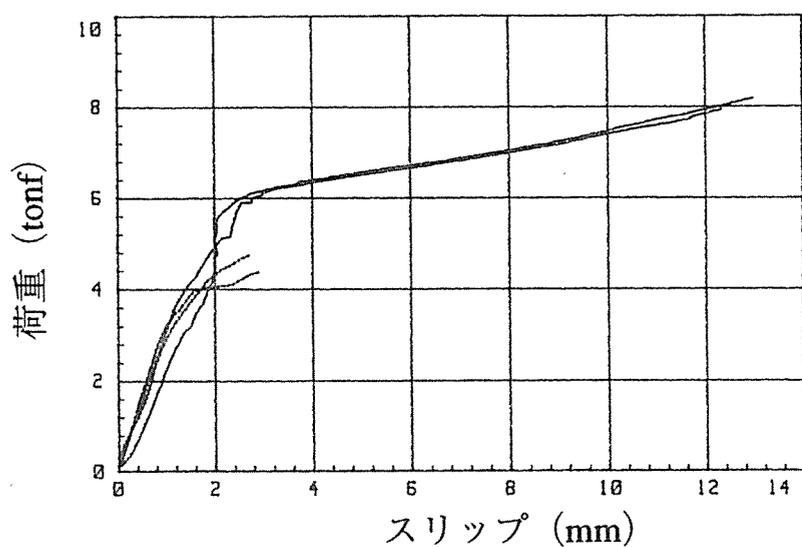


接合具径 20mm
 B20 150S

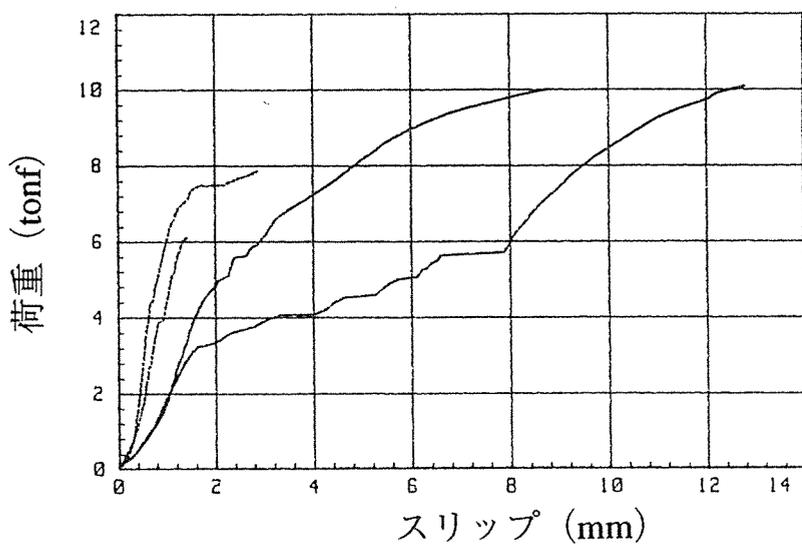
図9. 鋼板添板型ボルト接合の処女変形曲線およびラグスクリュー接合との比較



M12
 B12 150C (点線)
 B12 150S (実線)



M16
 B16 150C (点線)
 B16 150S (実線)



M20
 B20 150C (点線)
 B20 150S (実線)

図 10. 接合型式による処女変形曲線の違い. ボルト接合, 主材厚150mm

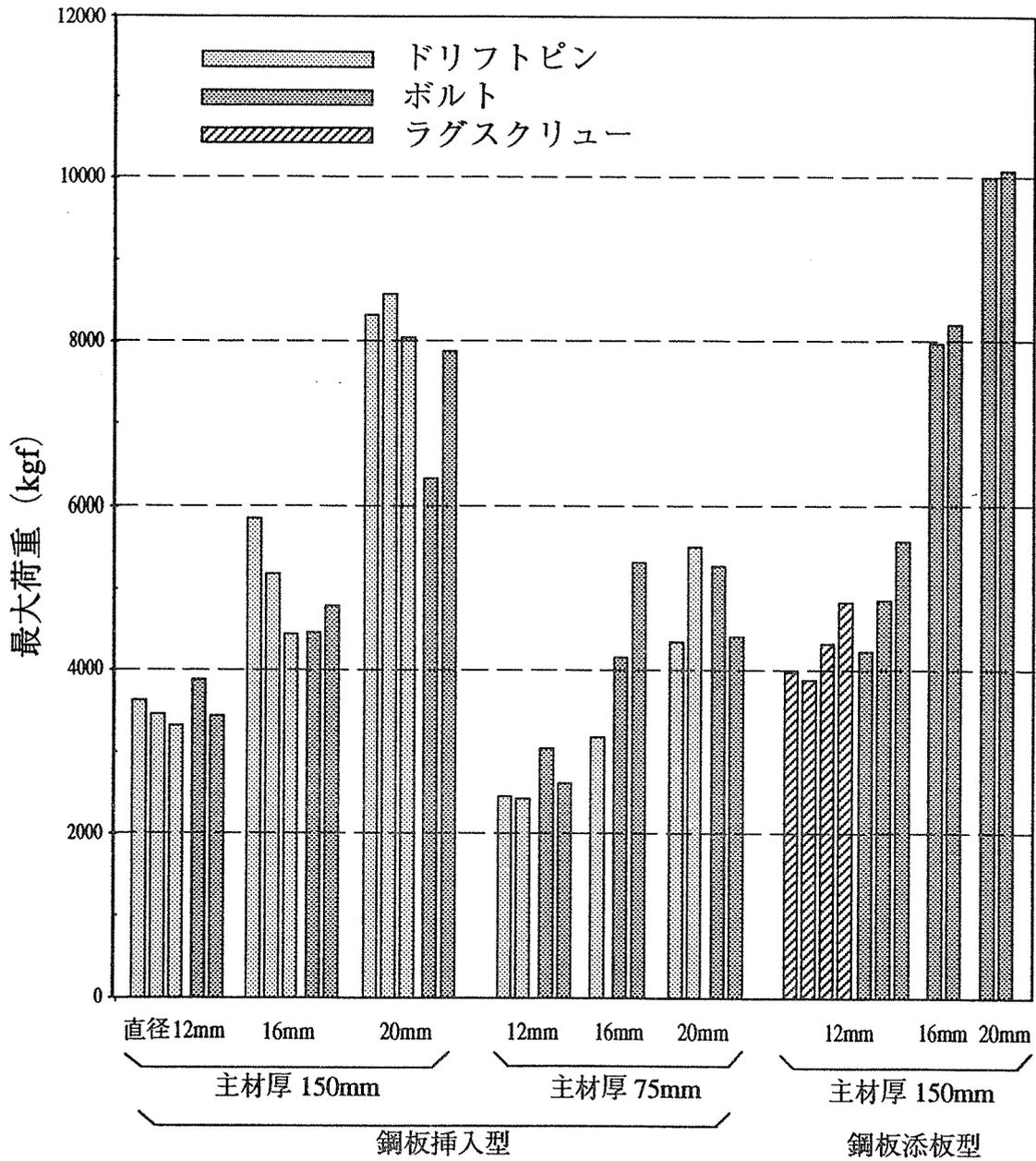


図 1 1. 各試験体の最大荷重の比較

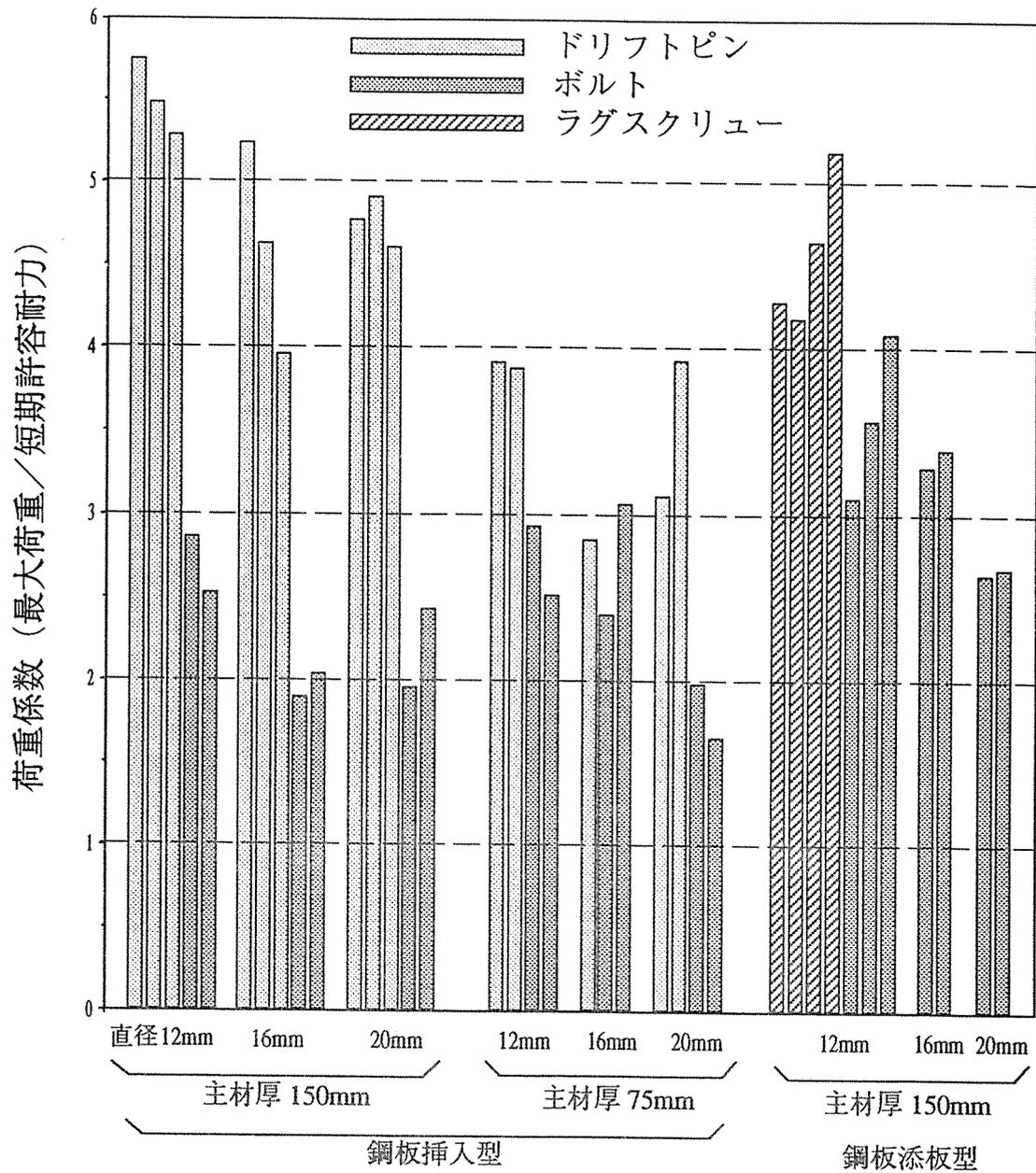


図 1 2. 各試験体の荷重係数の比較

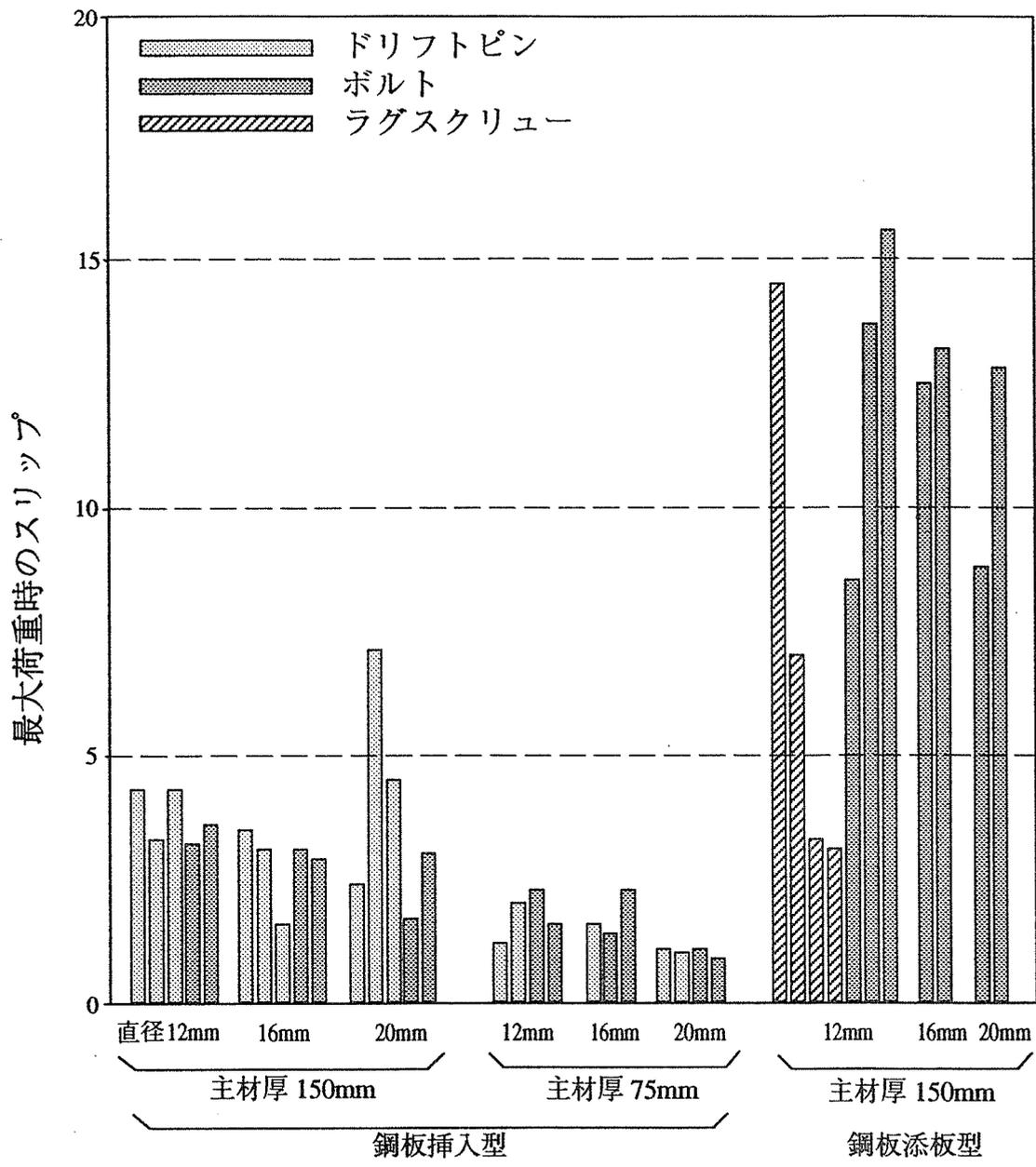


図 1 3 . 各試験体の最大荷重時のスリップの比較

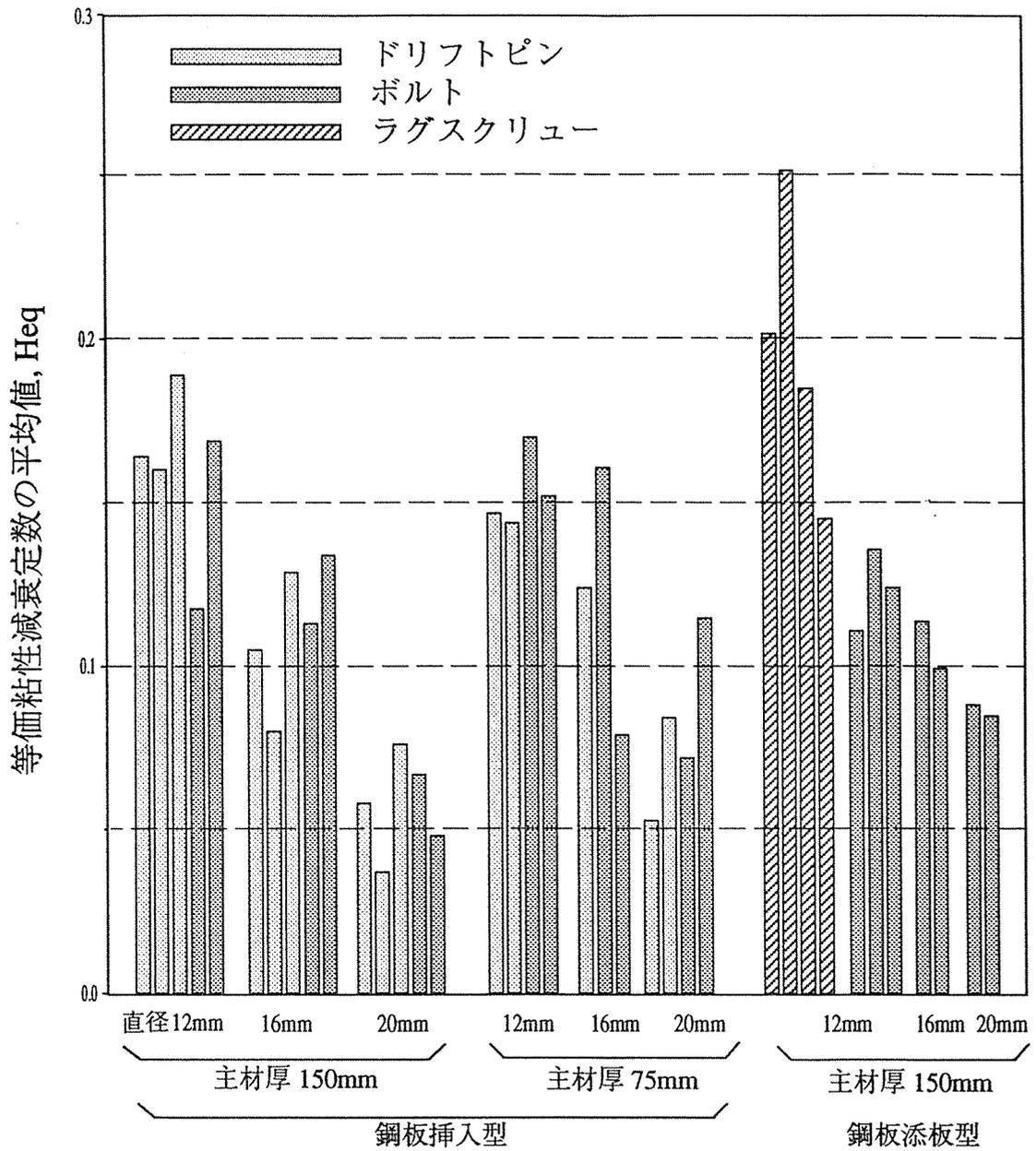


図 1 4 . 各試験体の等価粘性定数の平均値の比較

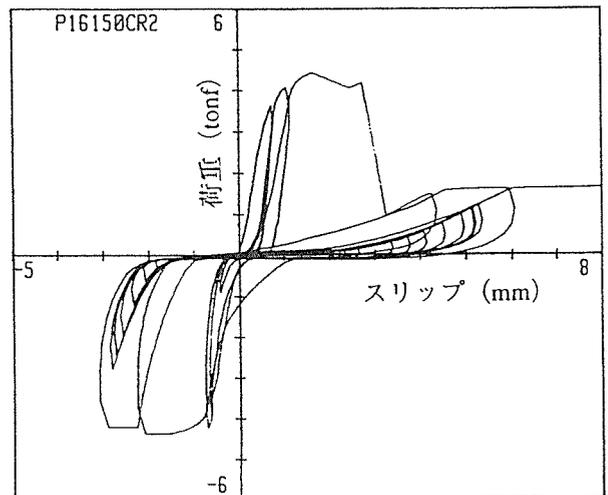
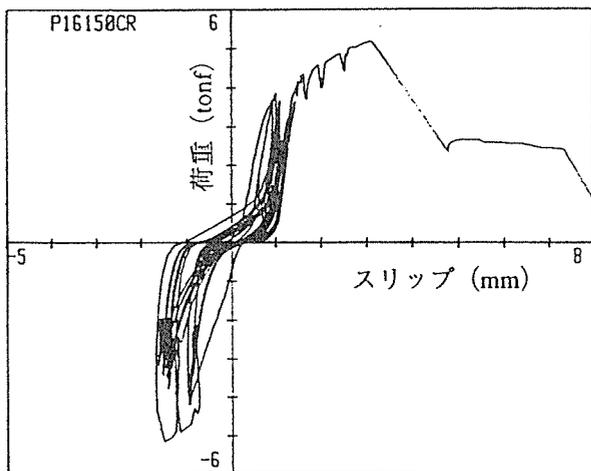
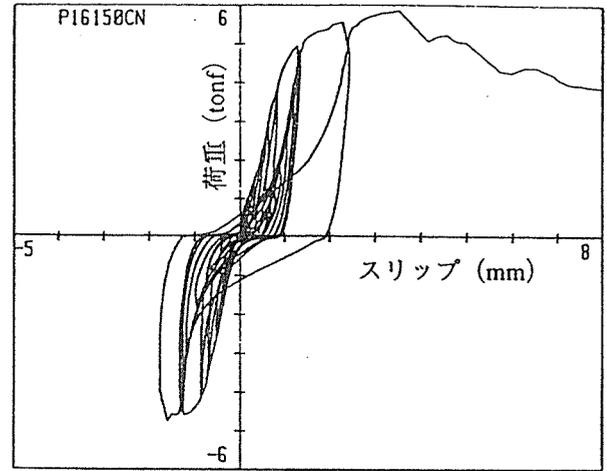
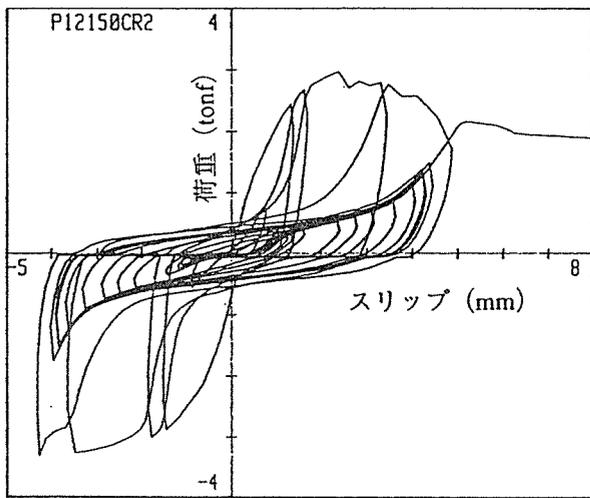
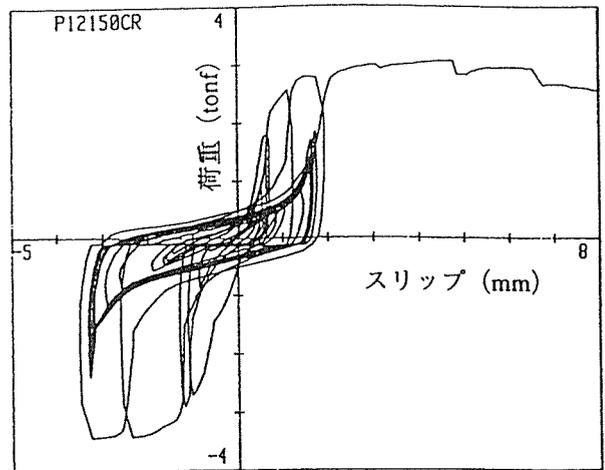
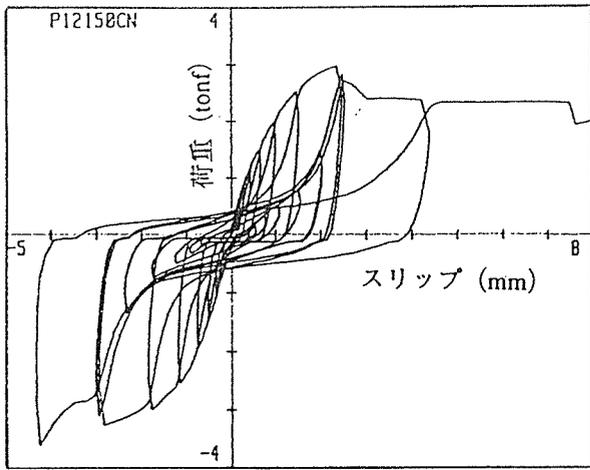
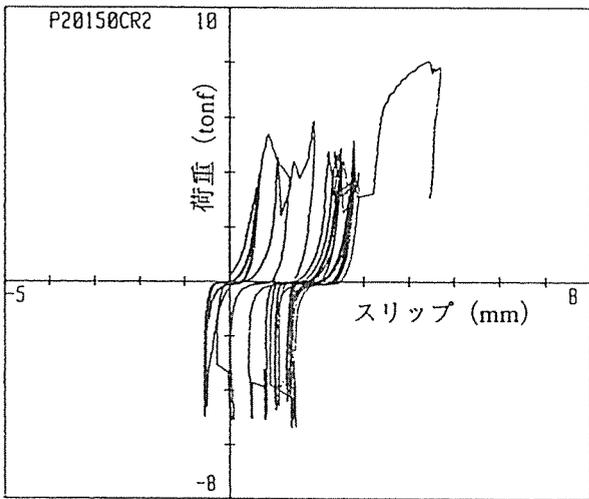
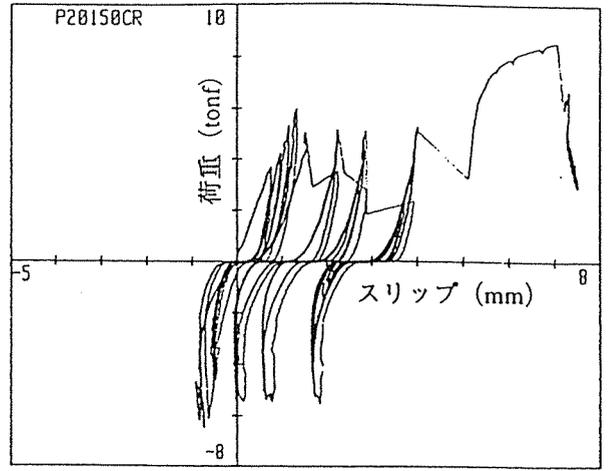
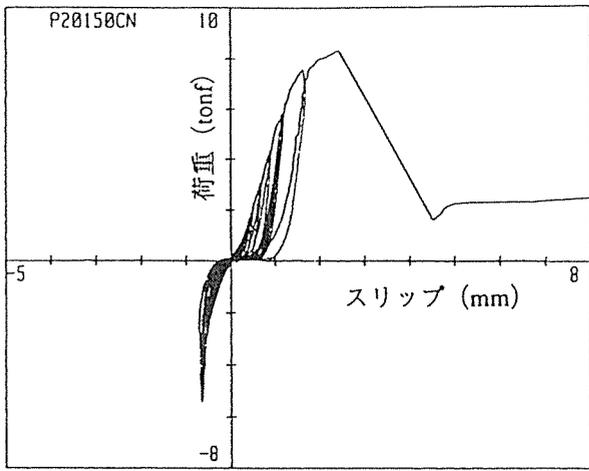
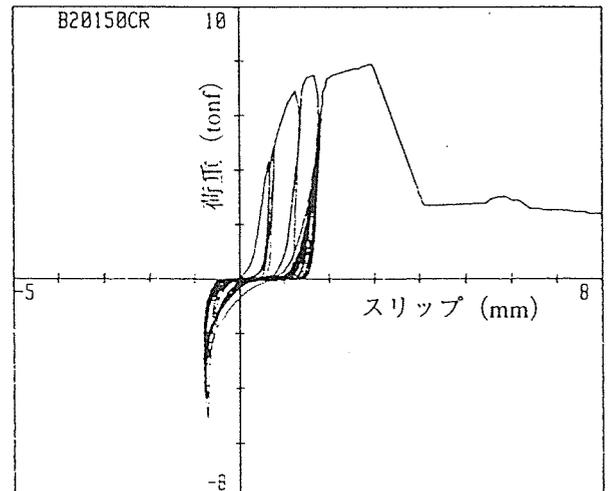
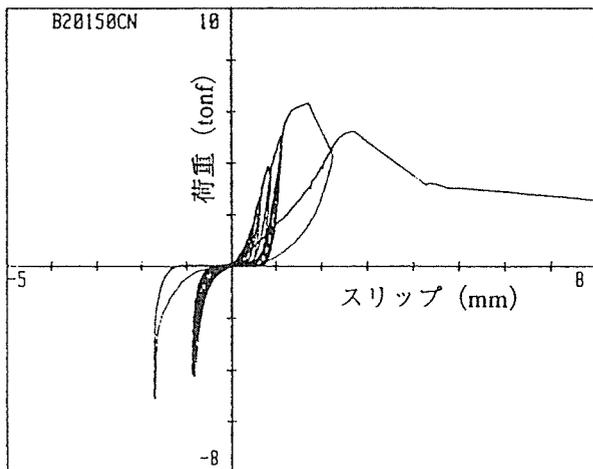
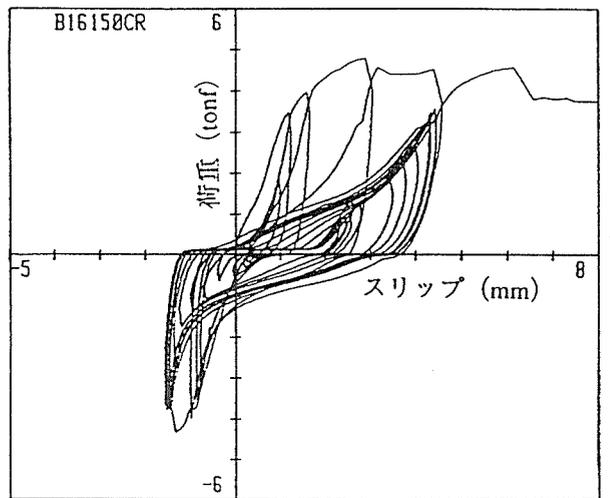
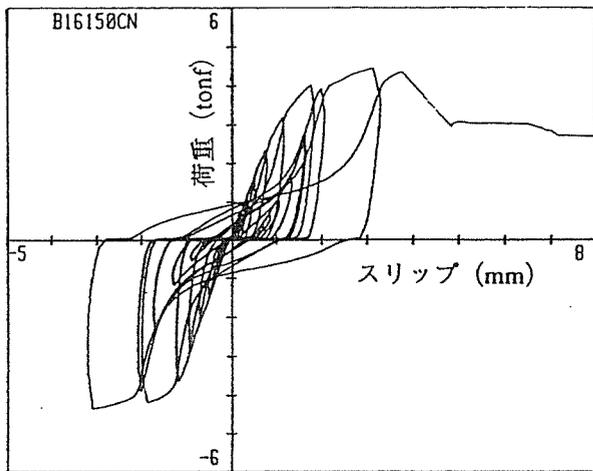
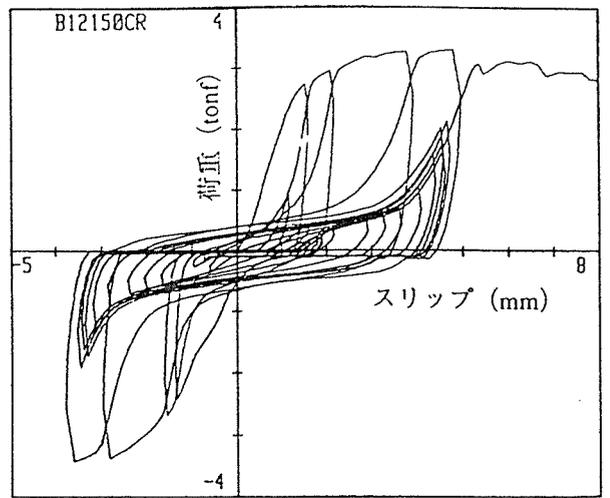
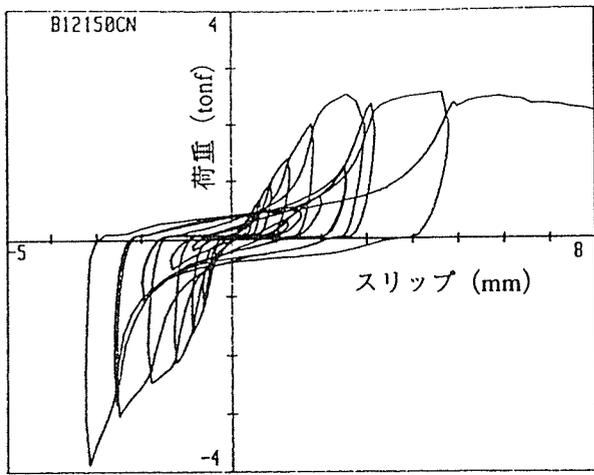


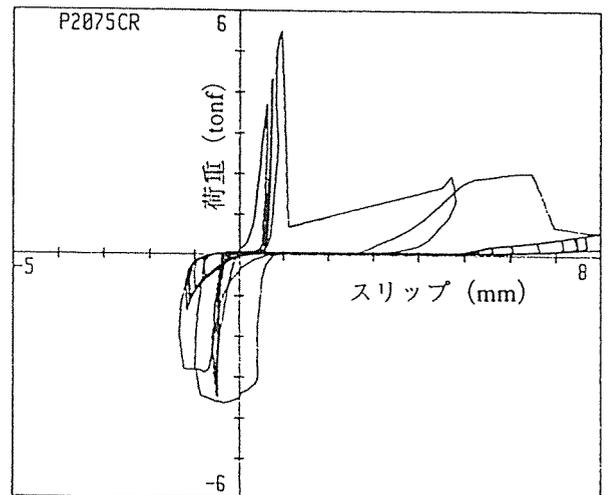
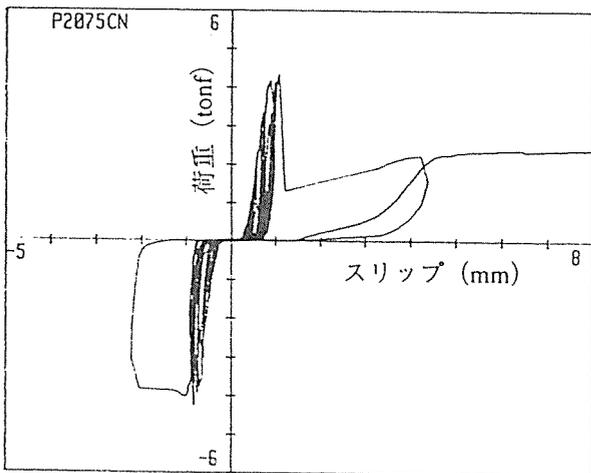
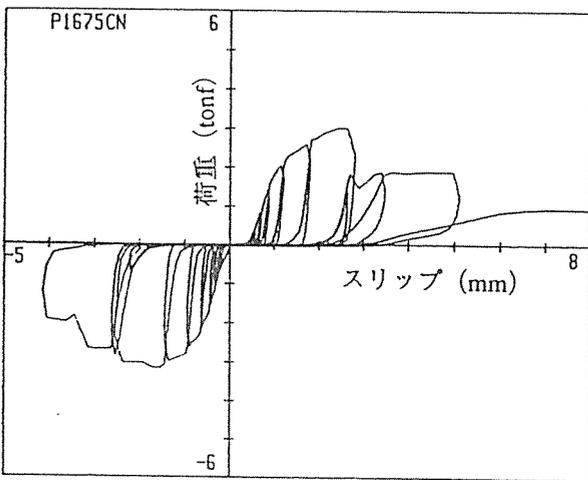
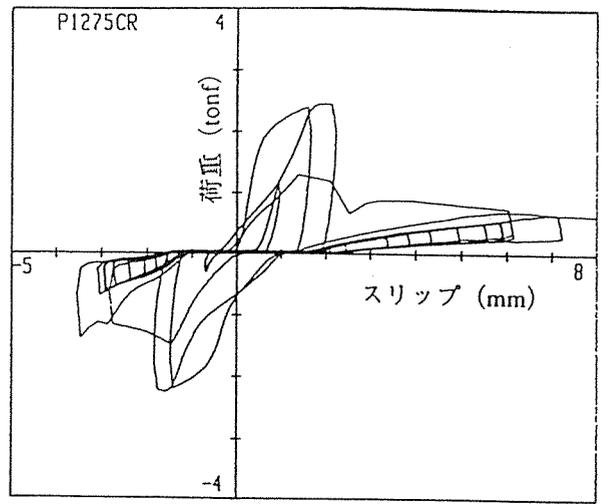
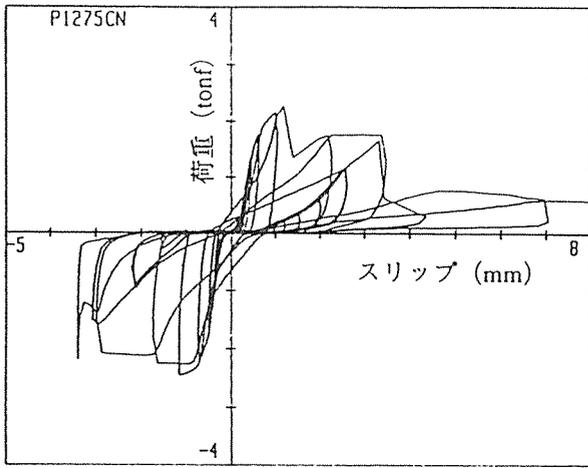
図 A 1. 荷重-変形ループ P150Cシリーズ (その1)



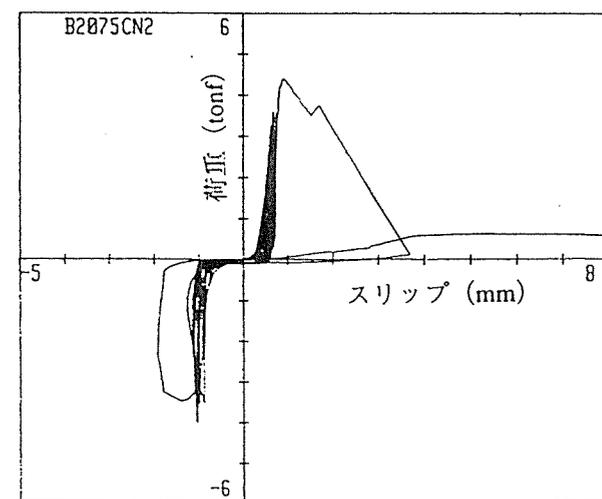
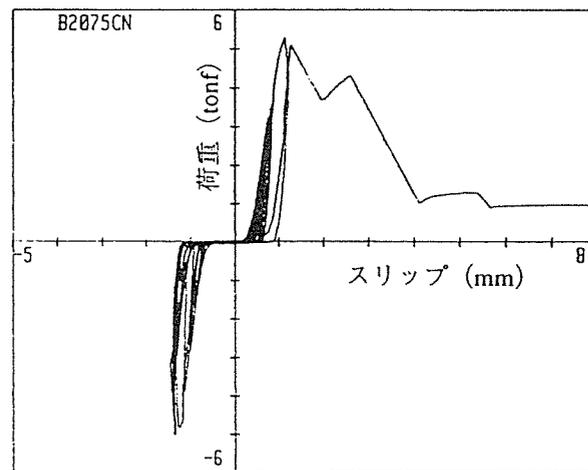
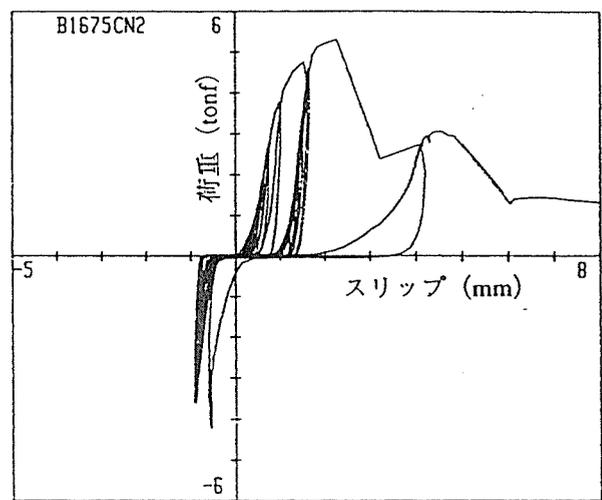
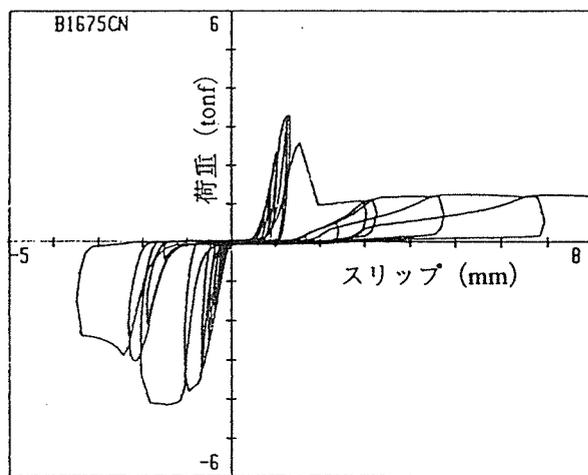
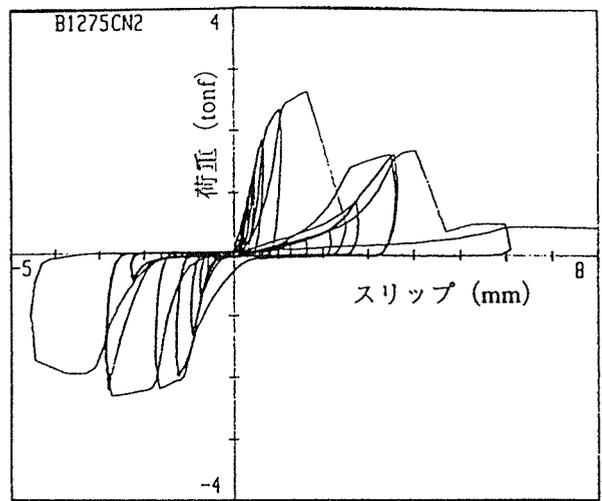
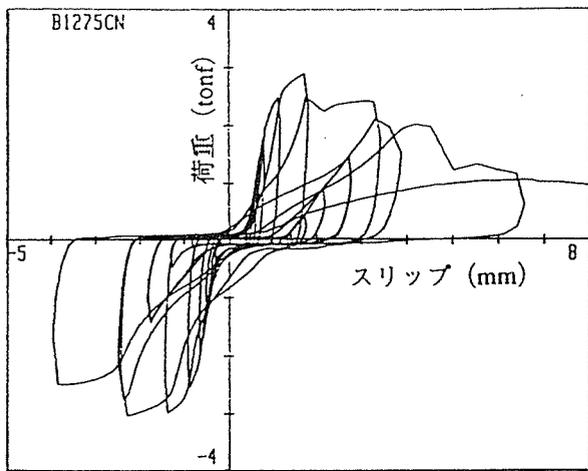
図A 2. 荷重-変形ループ P150Cシリーズ (その2)



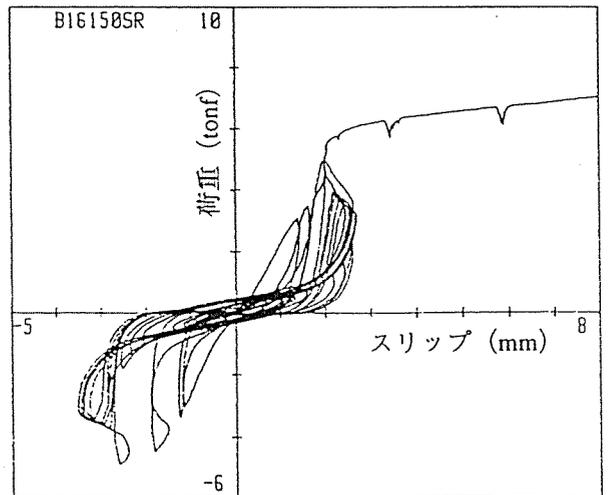
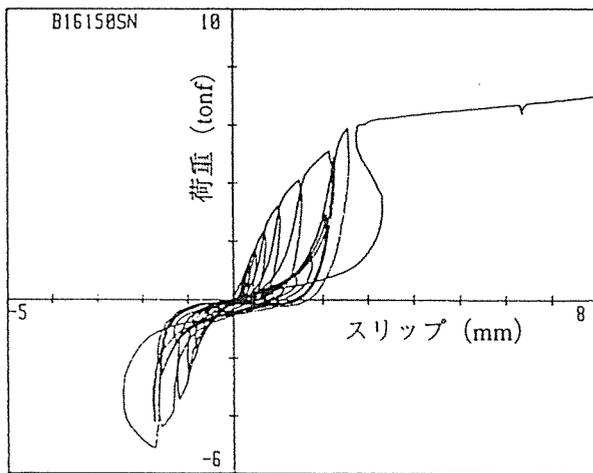
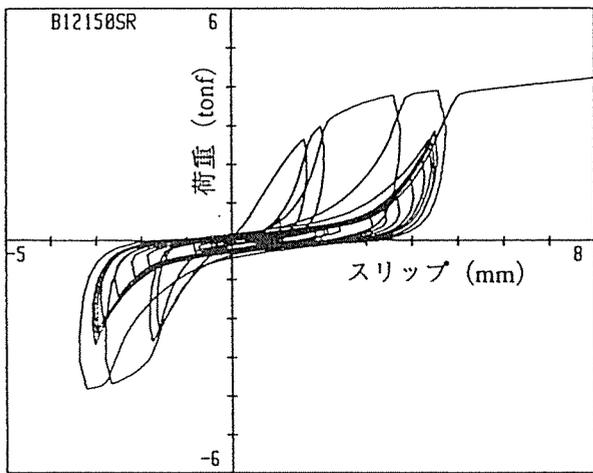
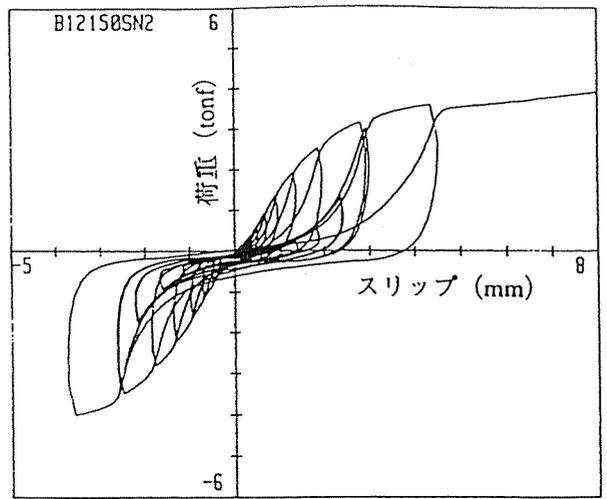
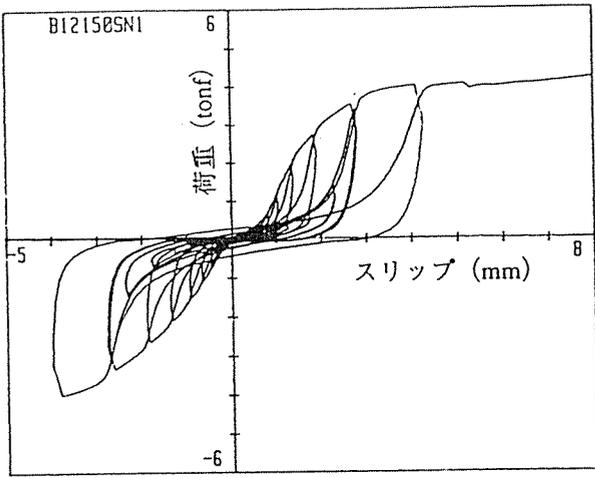
図A 3. 荷重-変形ループ B150Cシリーズ



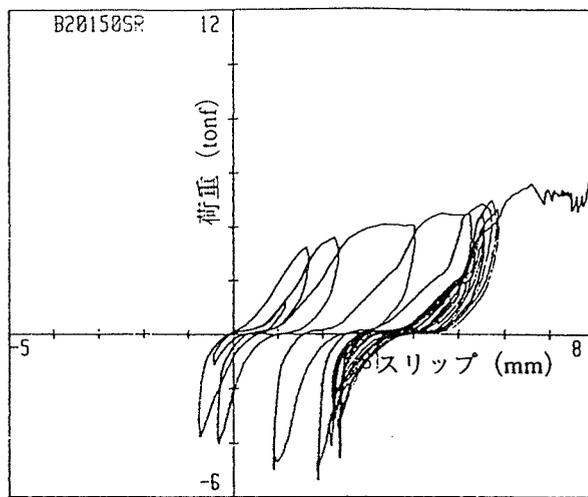
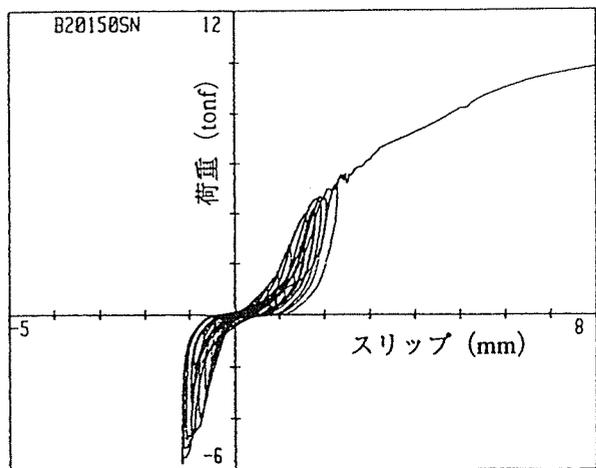
図A 4. 荷重-変形ループ P75Cシリーズ



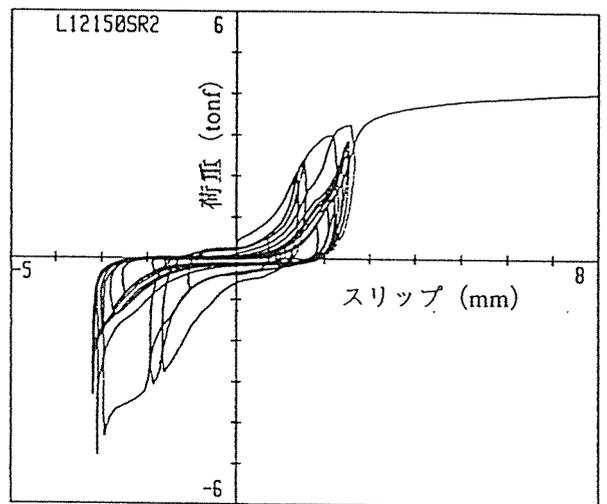
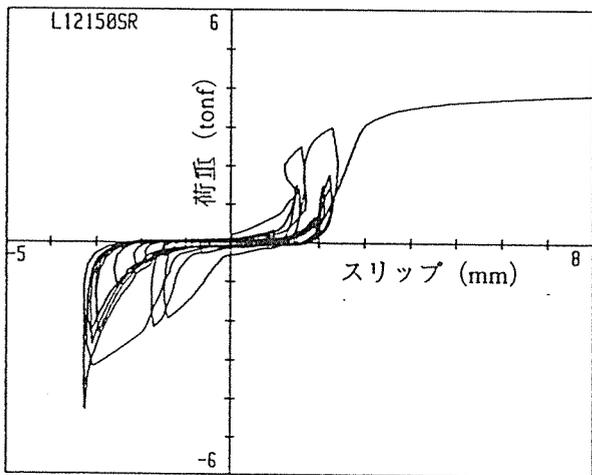
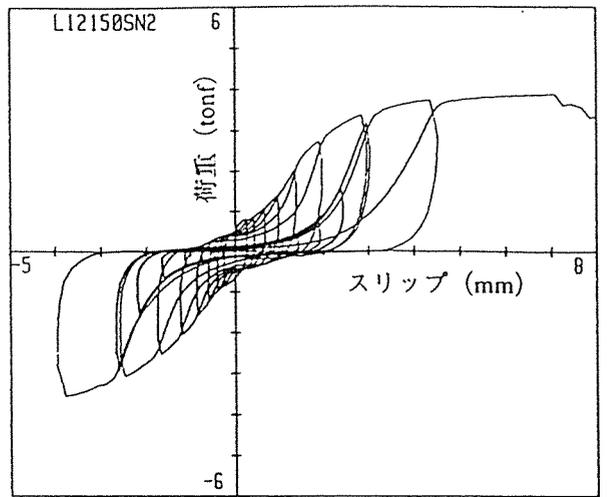
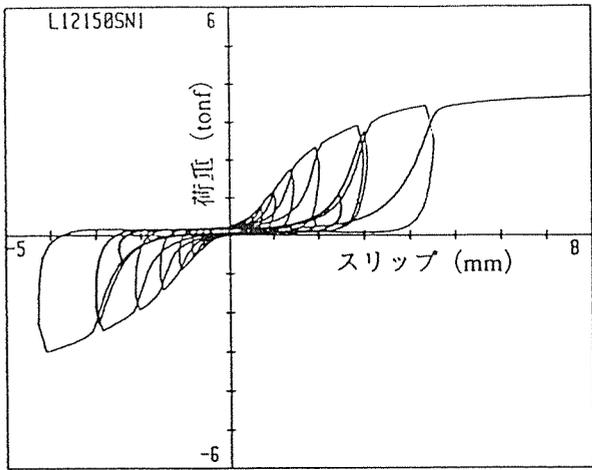
図A 5. 荷重-変形ループ B75Cシリーズ



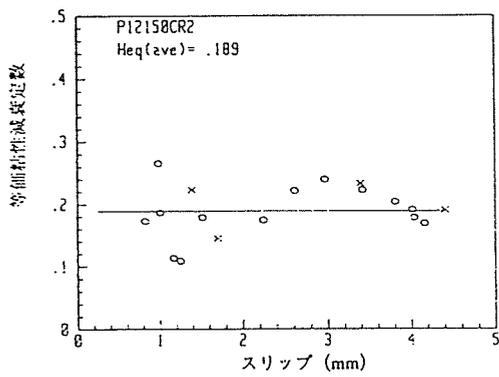
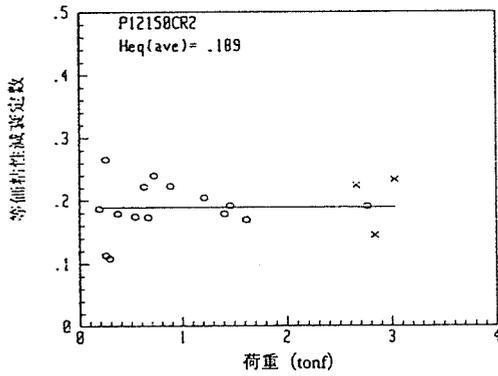
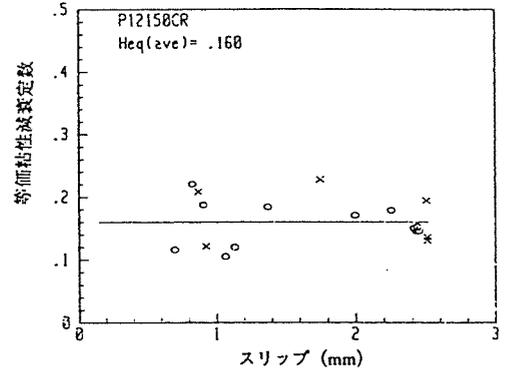
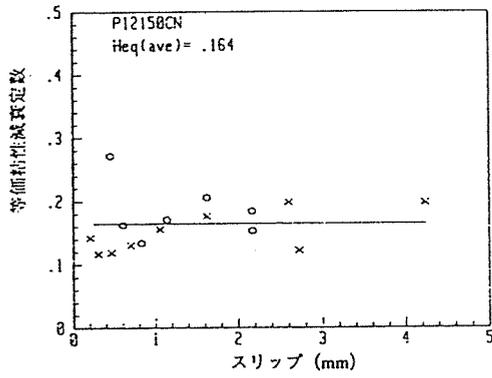
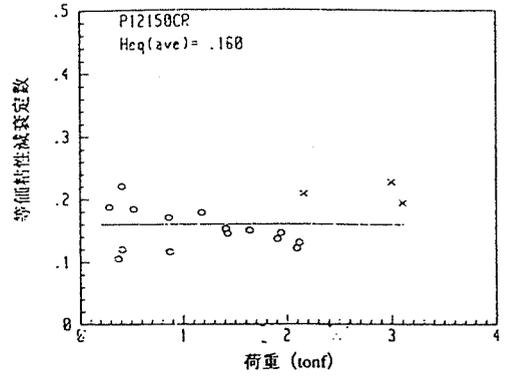
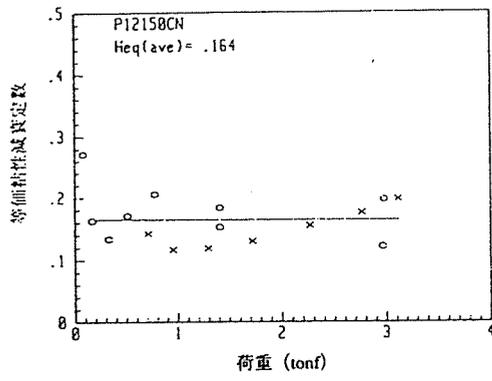
図A 6. 荷重-変形ループ B150Sシリーズ(その1)



図A 7. 荷重-変形ループ B150Sシリーズ (その2)



図A 8. 荷重-変形ループ L150Sシリーズ



図A9. 等価粘性減衰定数 P150Cシリーズ(その1)

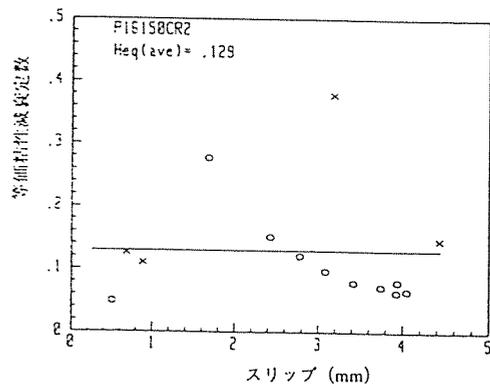
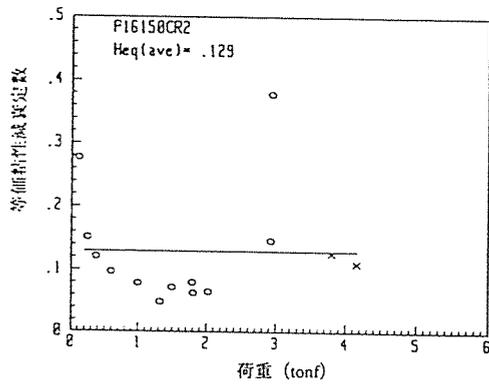
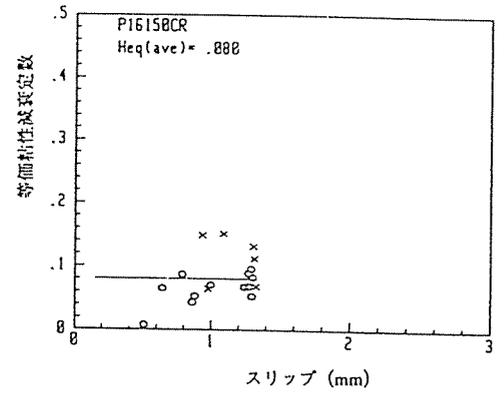
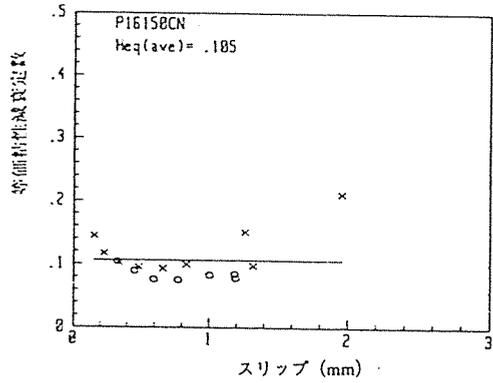
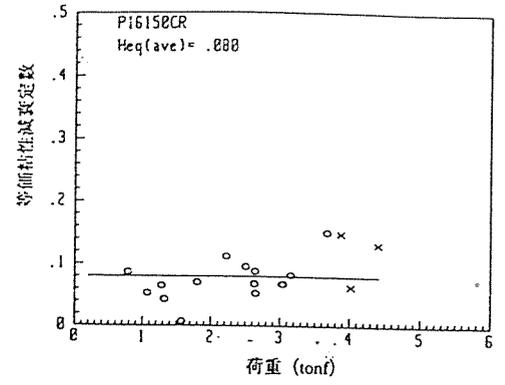
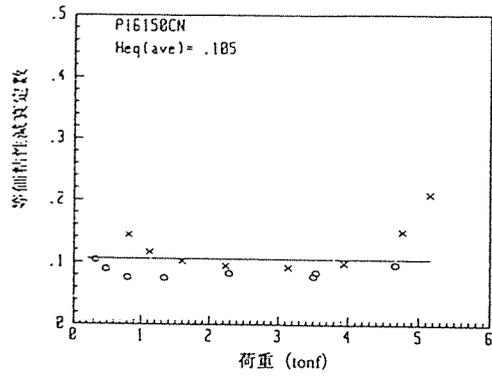
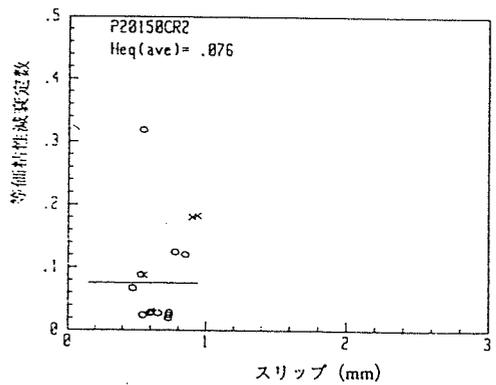
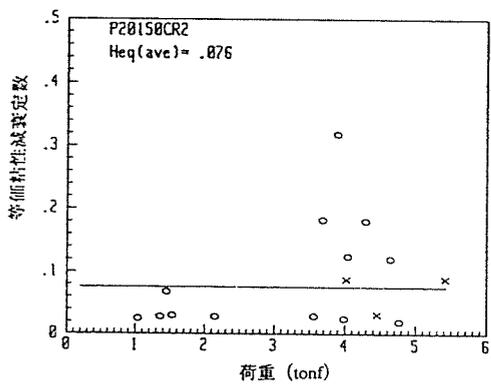
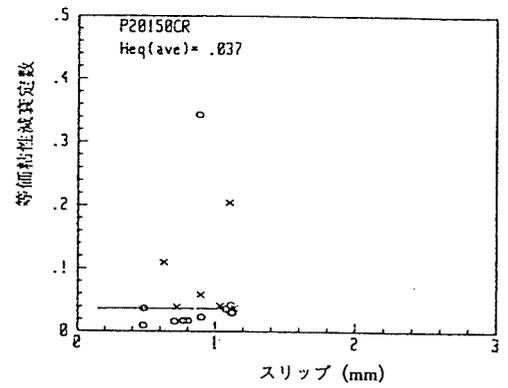
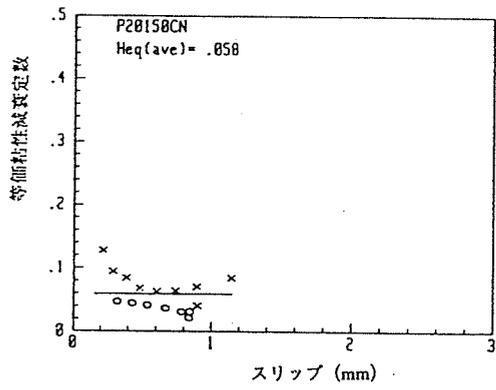
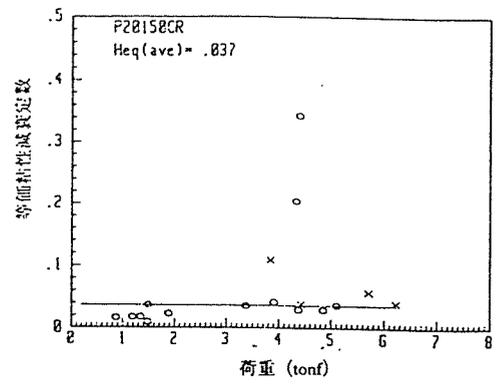
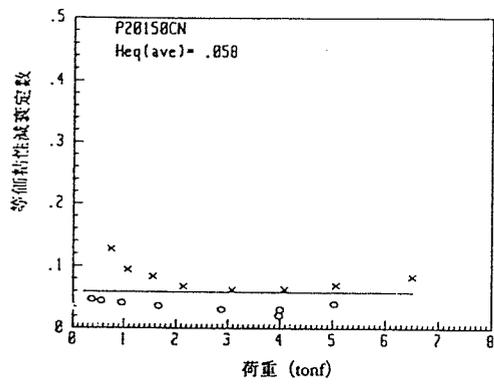
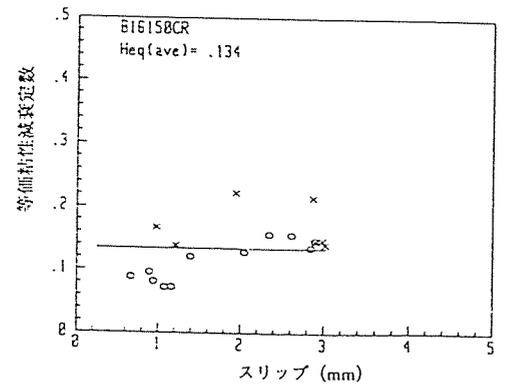
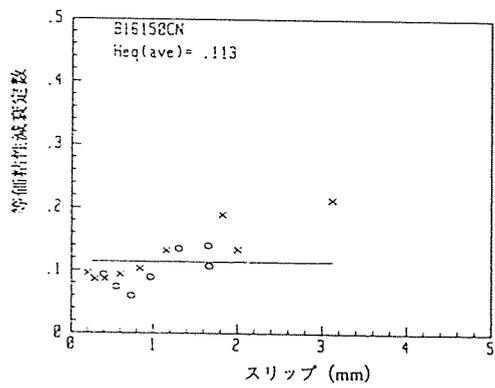
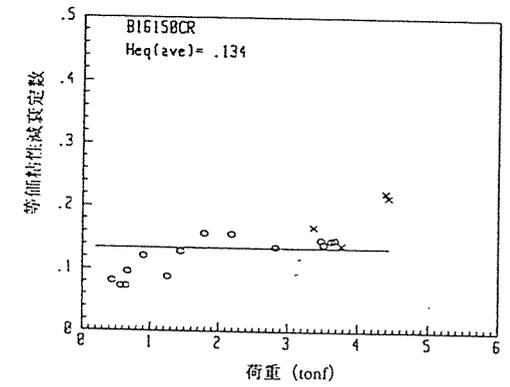
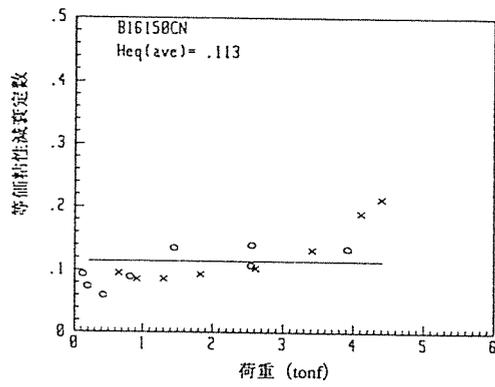
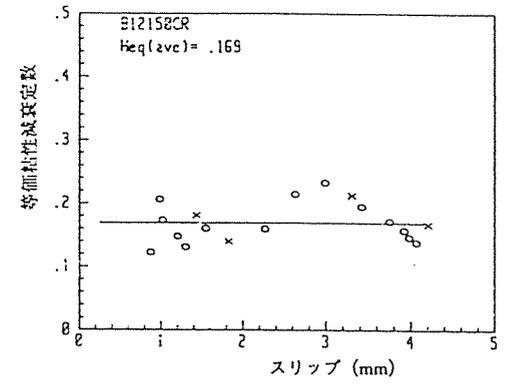
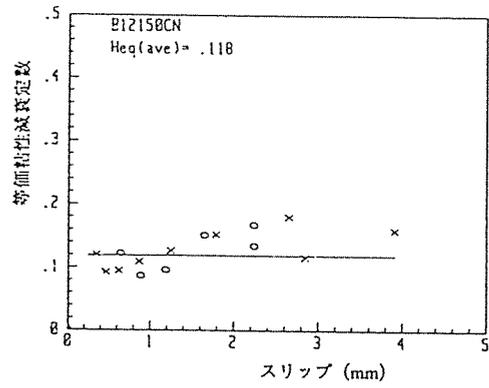
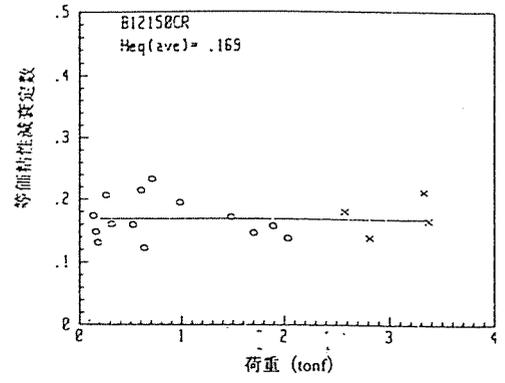
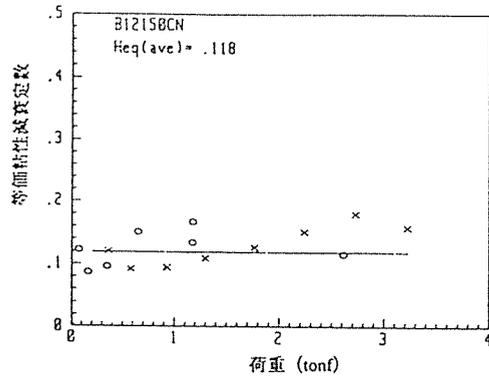


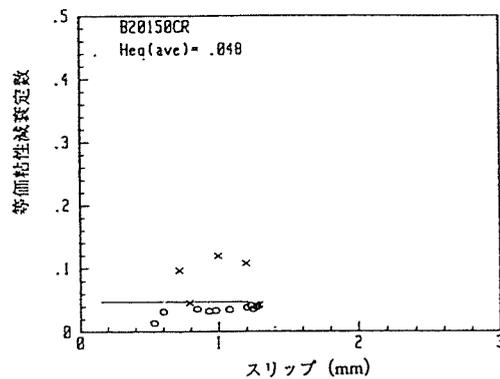
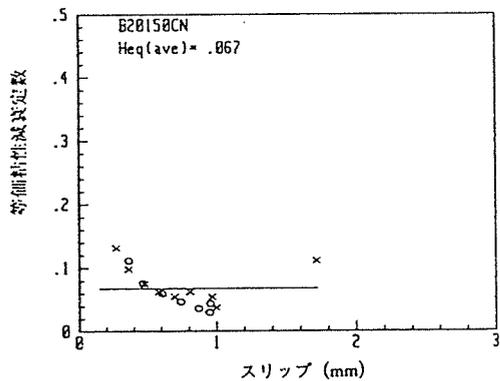
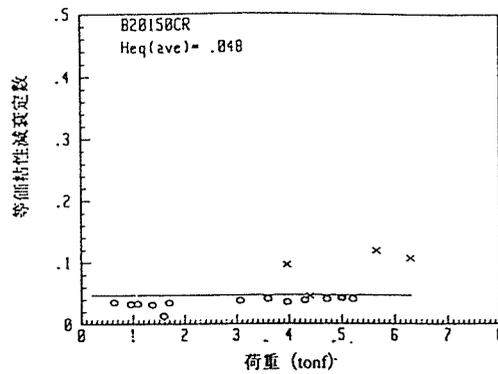
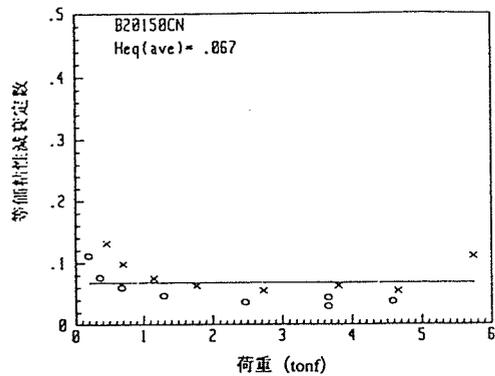
図 A 10. 等価粘性減衰定数 P150Cシリーズ (その2)



図A11. 等価粘性減衰定数 P150Cシリーズ (その3)



図A 1 2. 等価粘性減衰定数 B150Cシリーズ (その1)



図A13. 等価粘性減衰定数 B150Cシリーズ(その2)

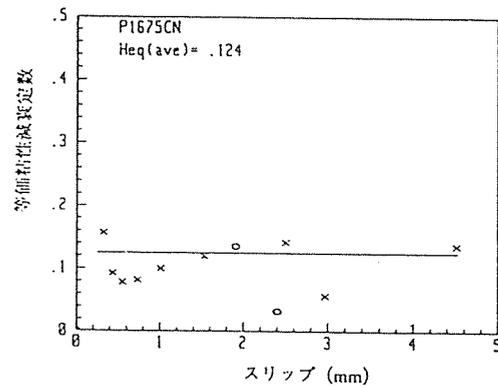
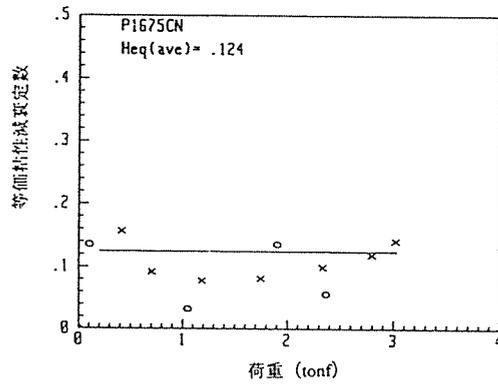
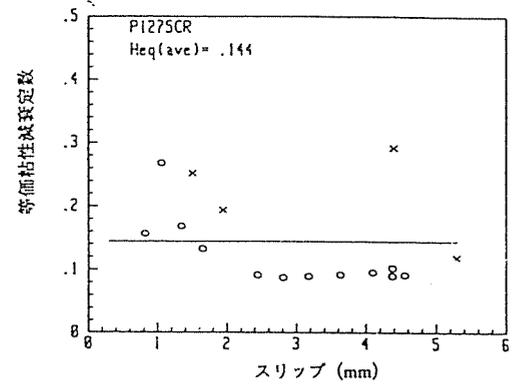
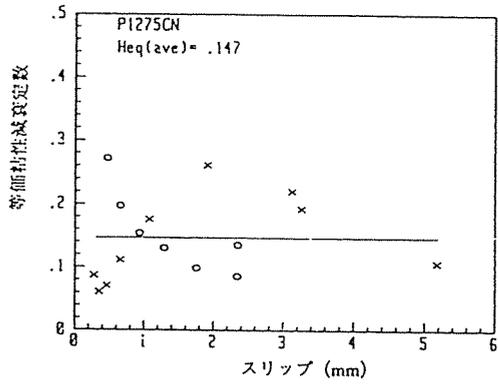
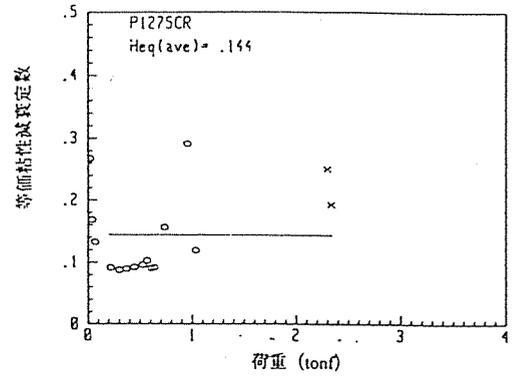
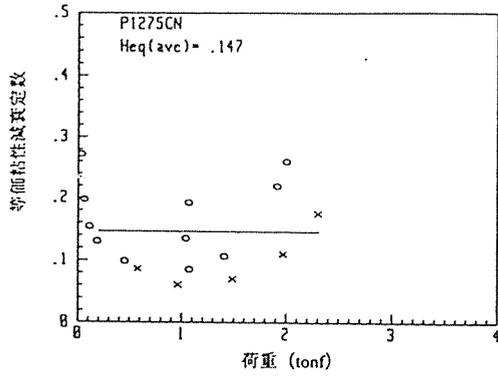


図 A 1 4. 等価粘性減衰定数 P75Cシリーズ (その1)

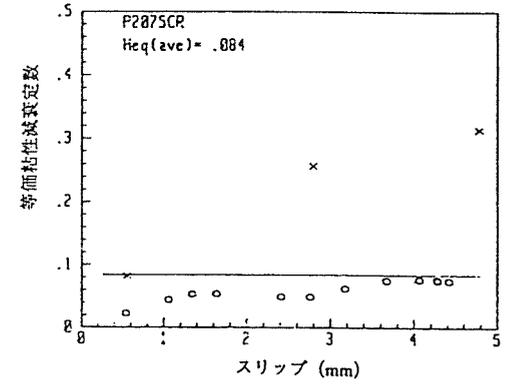
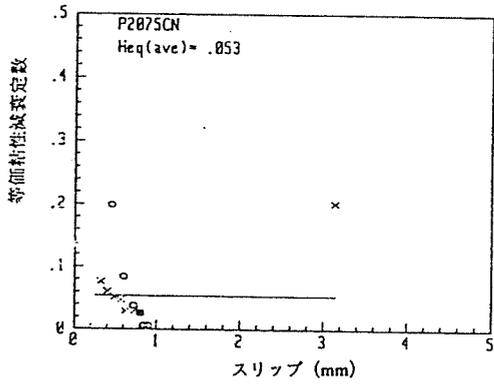
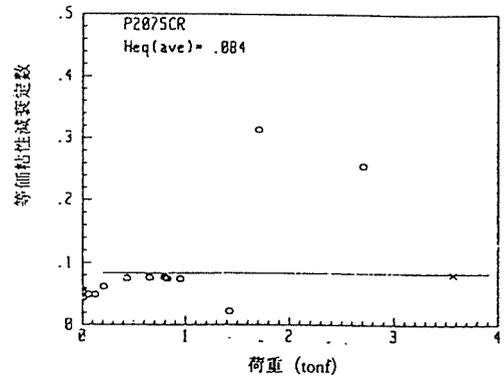
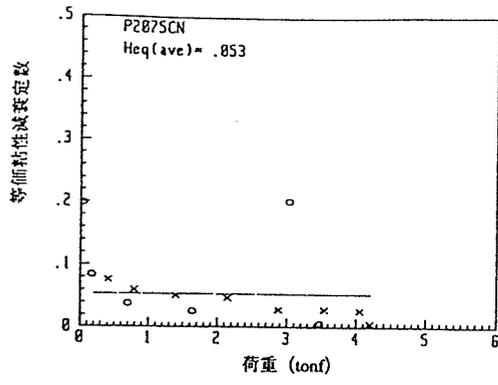


図 A 1 5. 等価粘性減衰定数 P75Cシリーズ (その 2)

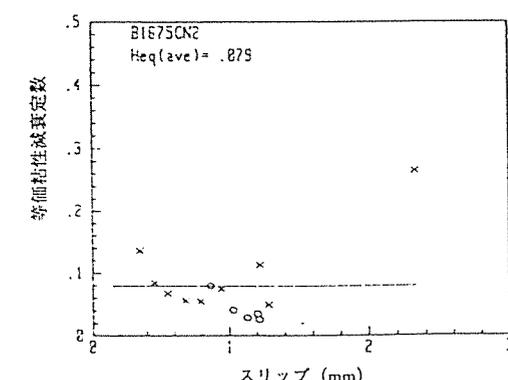
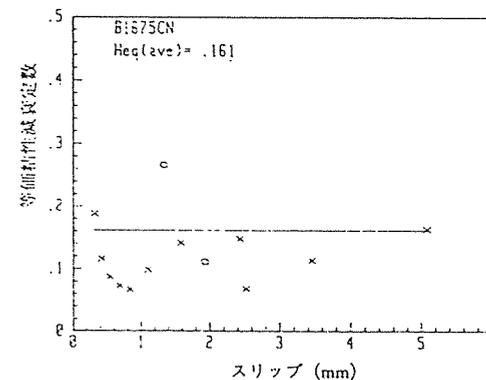
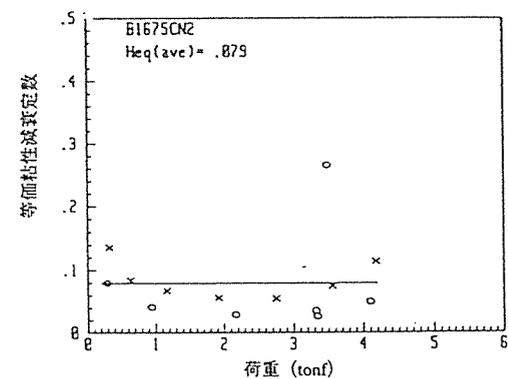
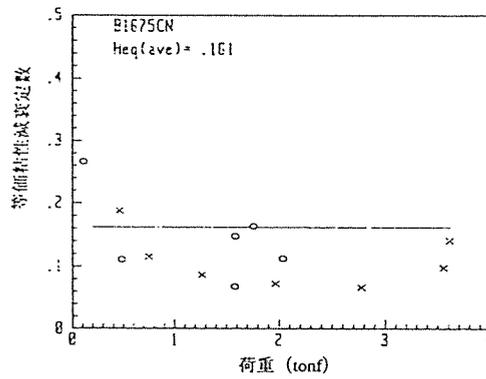
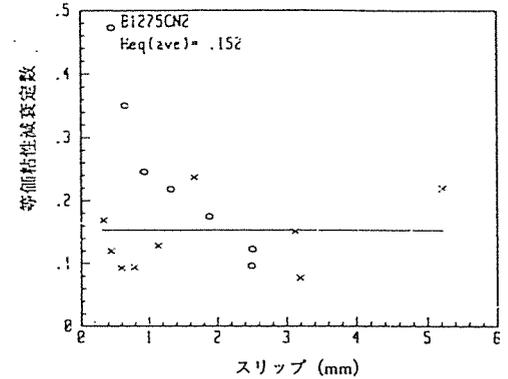
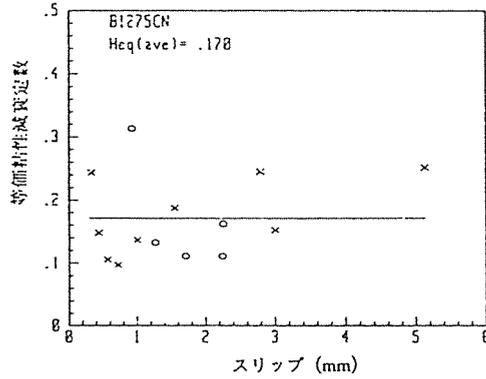
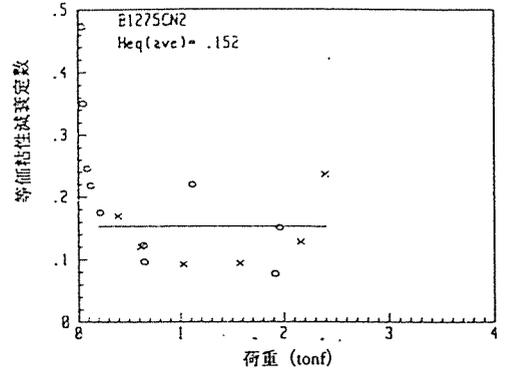
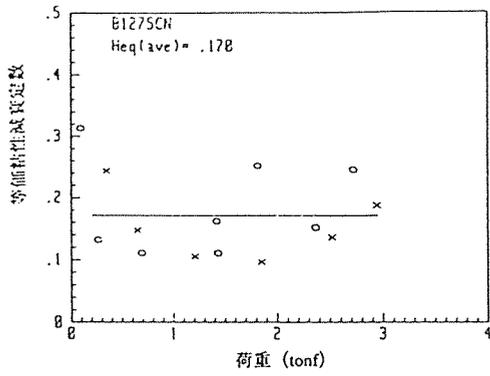
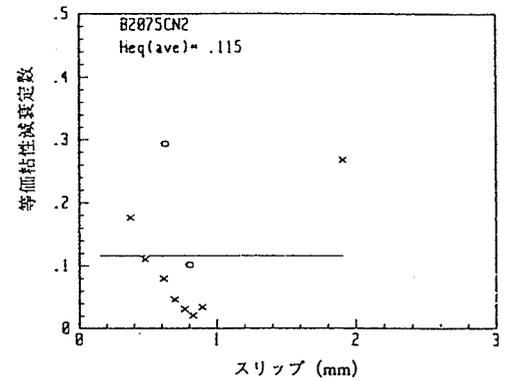
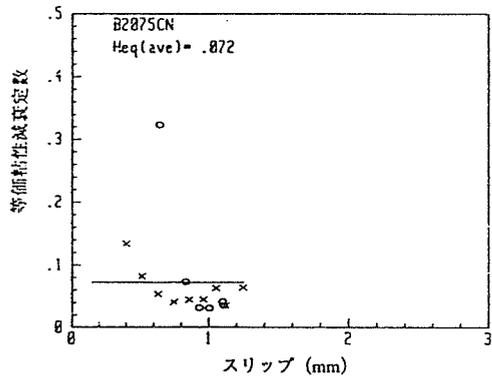
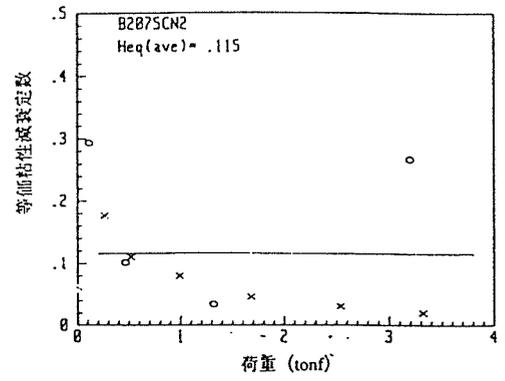
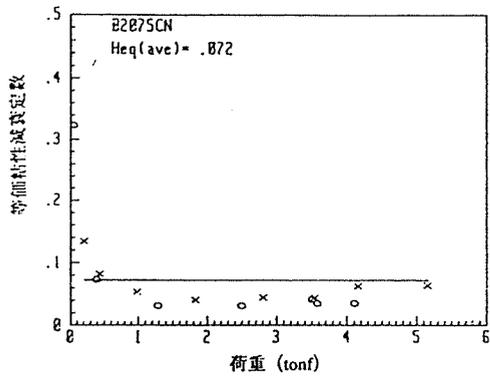
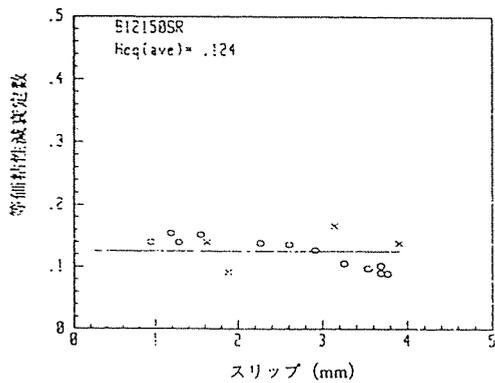
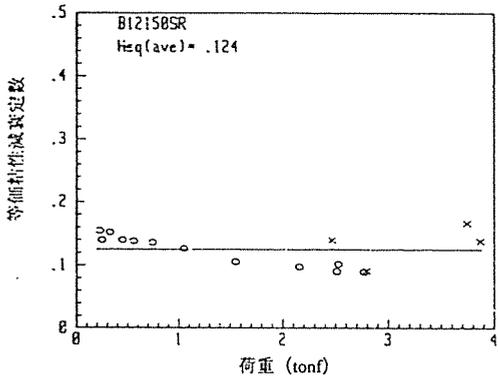
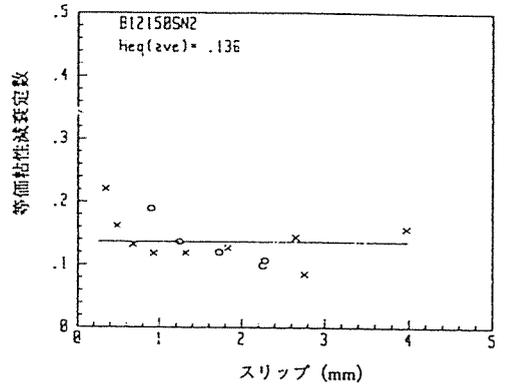
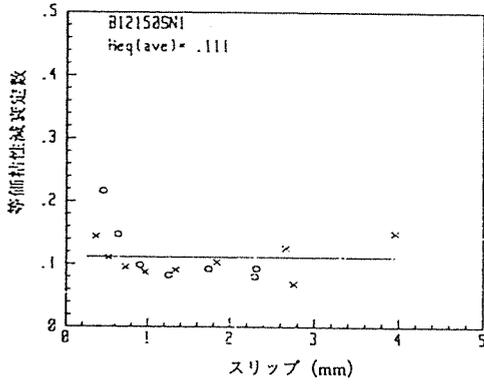
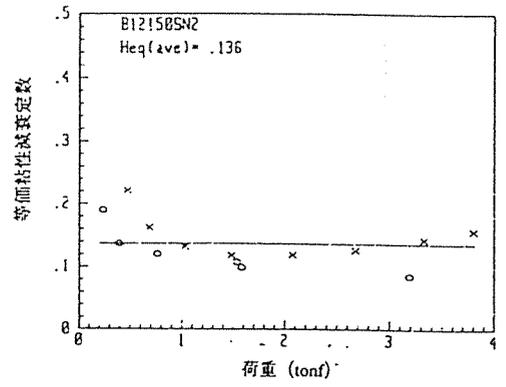
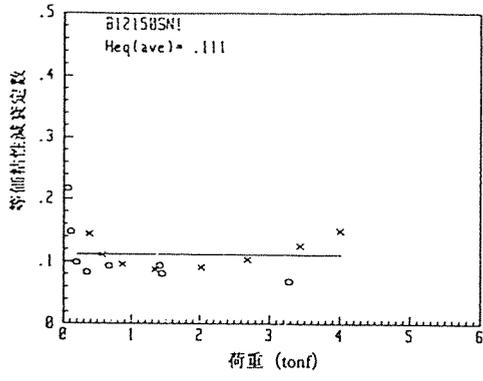


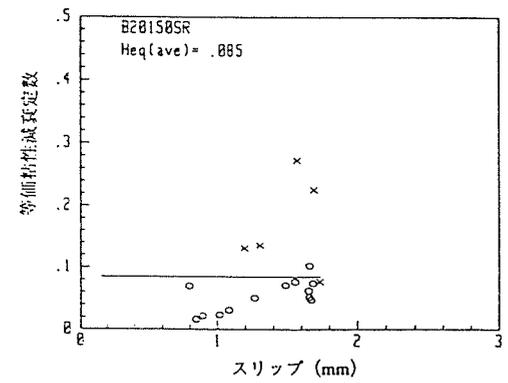
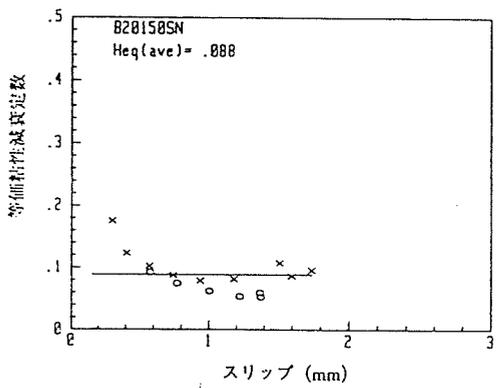
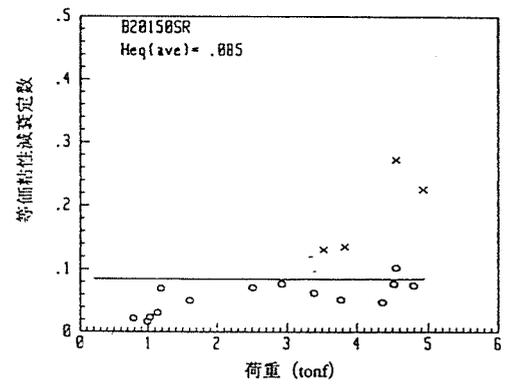
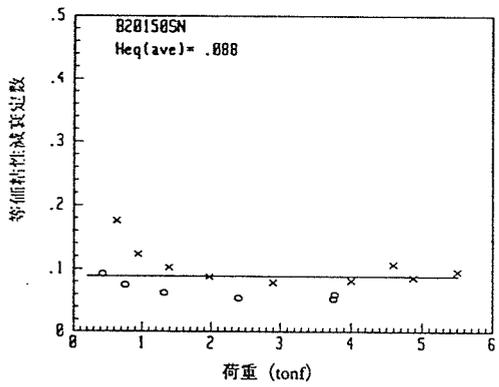
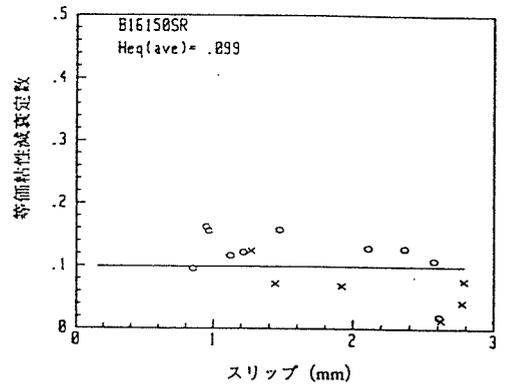
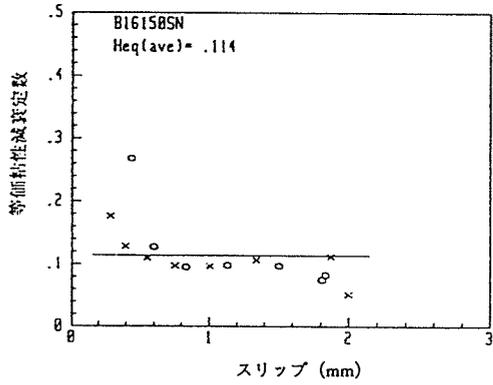
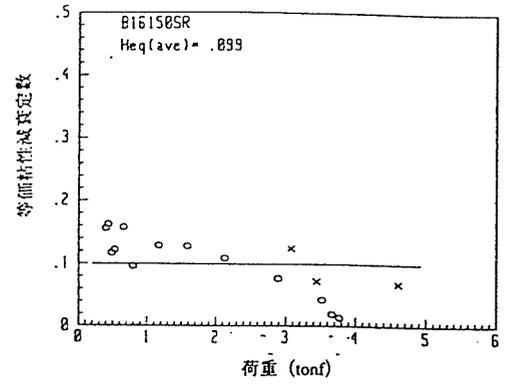
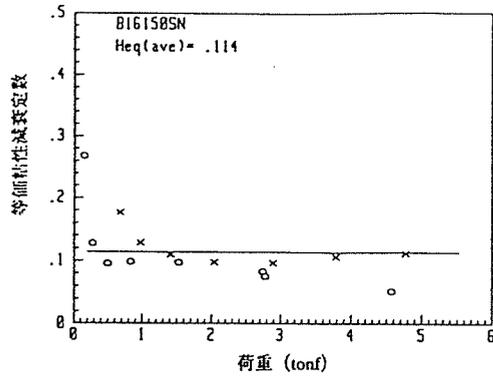
図 A 1 6. 等価粘性減衰定数 B75Cシリーズ (その 1)



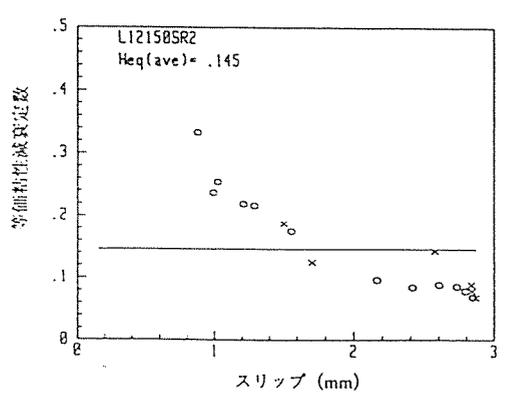
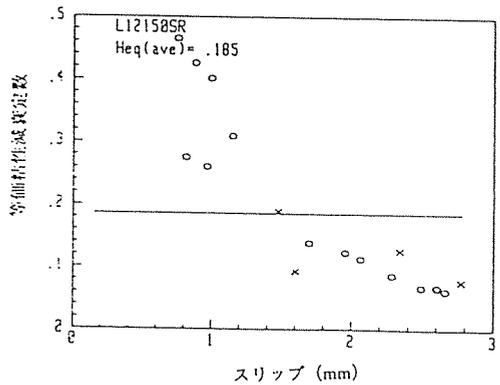
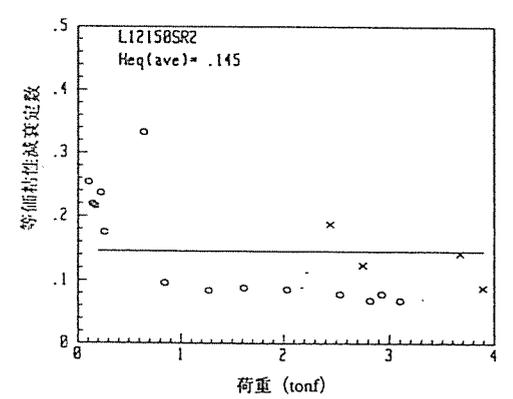
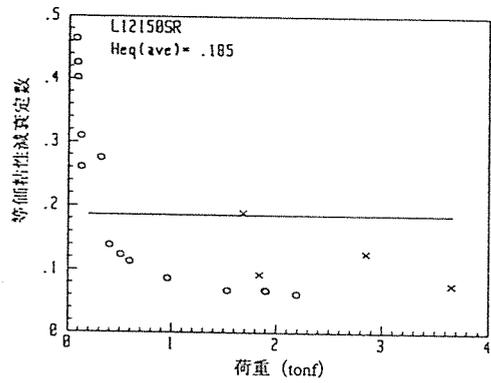
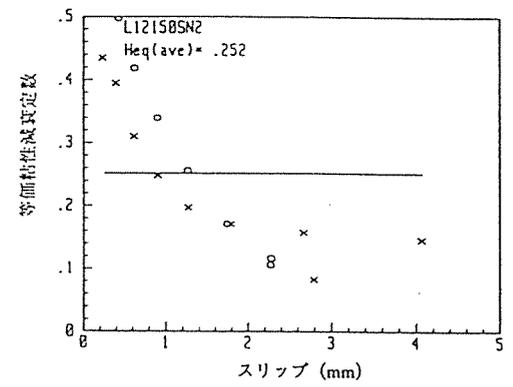
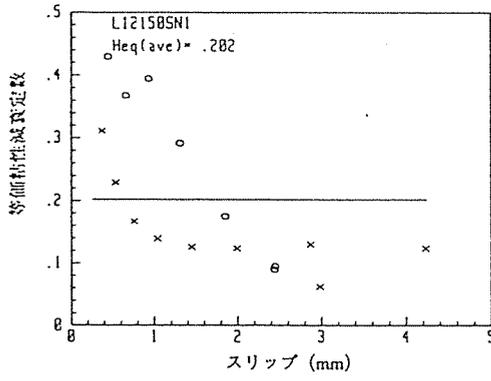
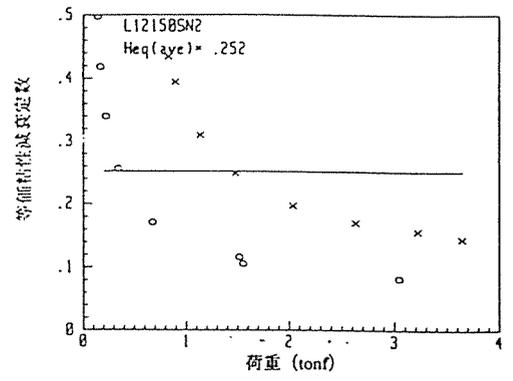
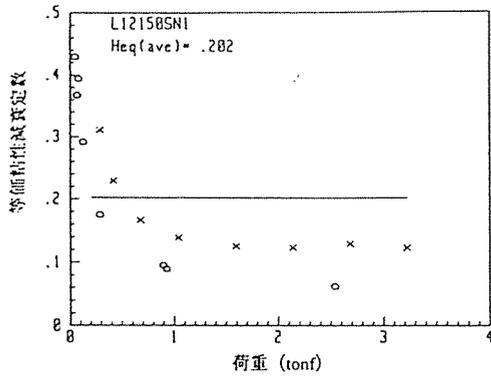
図A17. 等価粘性減衰定数 B75Cシリーズ (その2)



図A18. 等価粘性減衰定数 B150Sシリーズ(その1)



図A 19. 等価粘性減衰定数 B150Sシリーズ (その2)



図A20. 等価粘性減衰定数 L150Sシリーズ

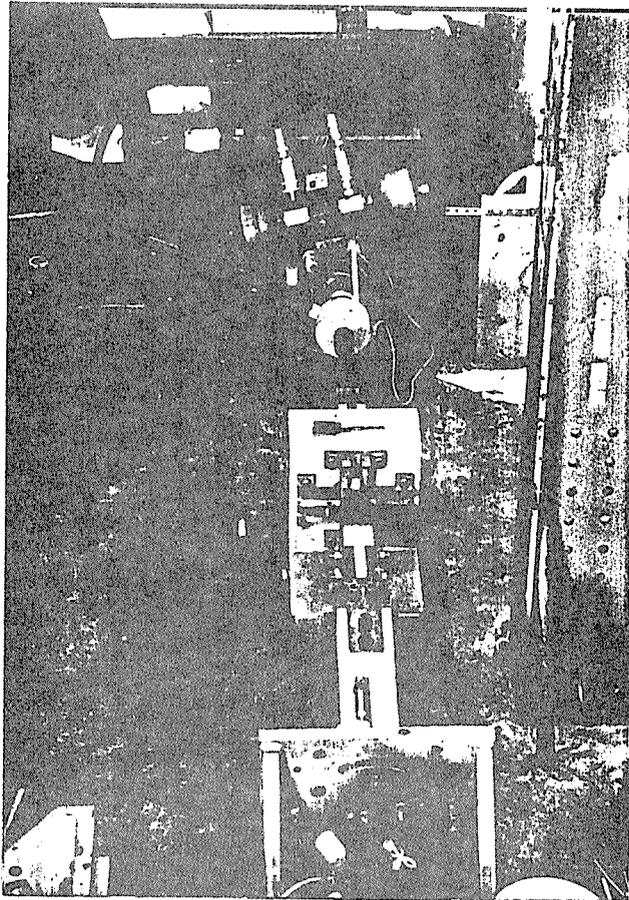


写真1. 試験装置全景

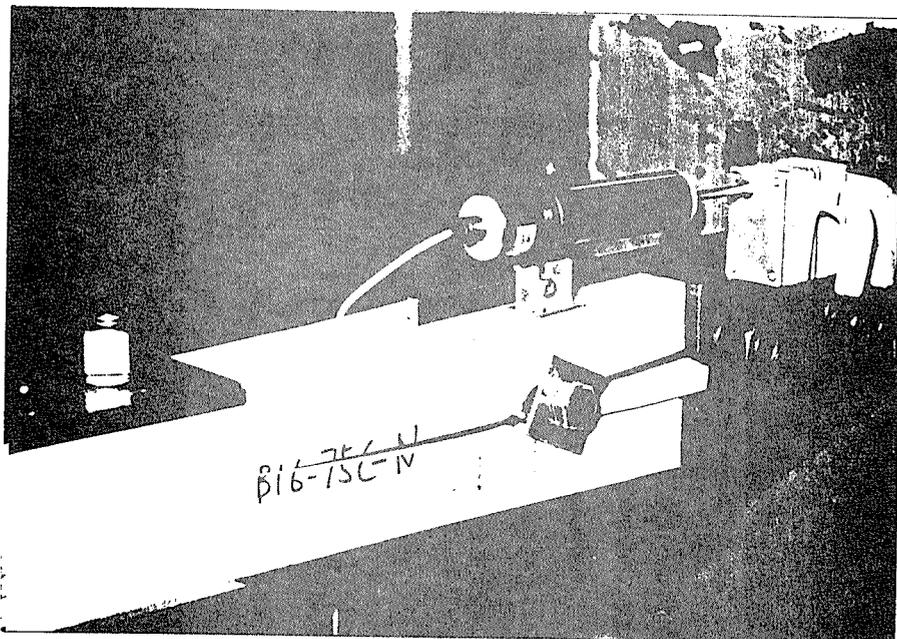


写真2. 典型的な破壊状況

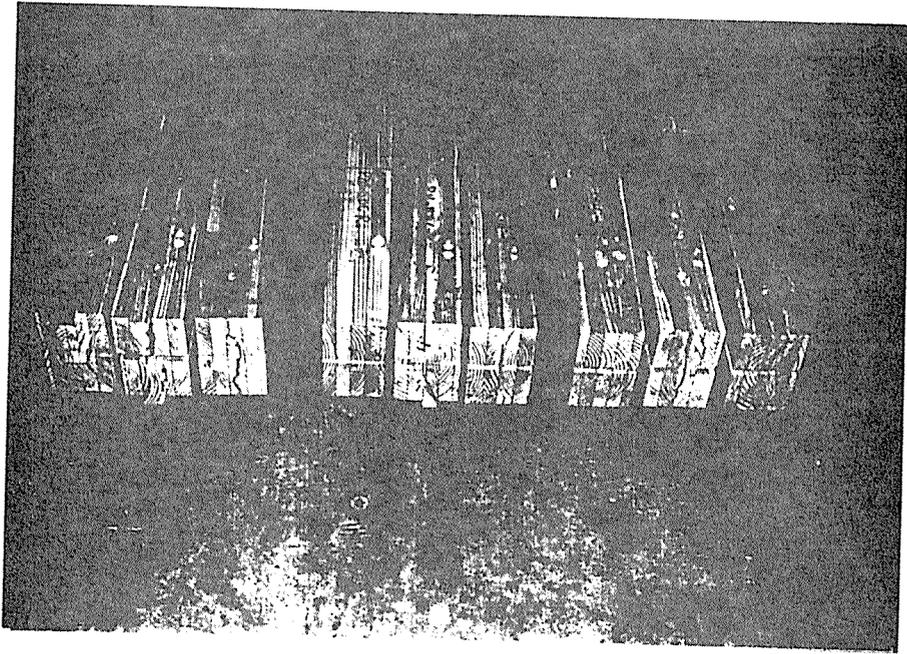


写真3. 破壊状況 (P150Cシリーズ)

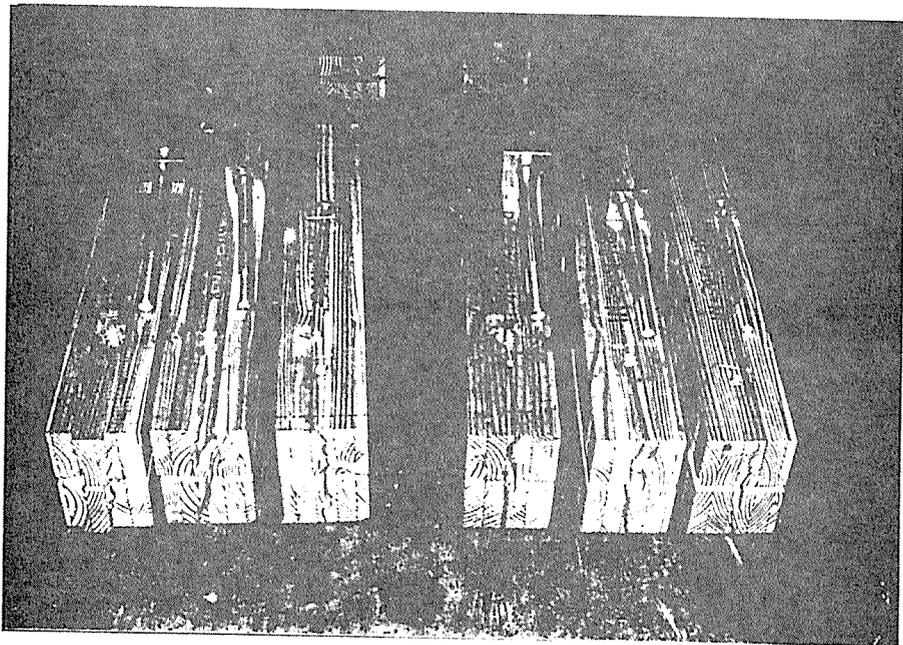


写真4. 破壊状況 (B150Cシリーズ)

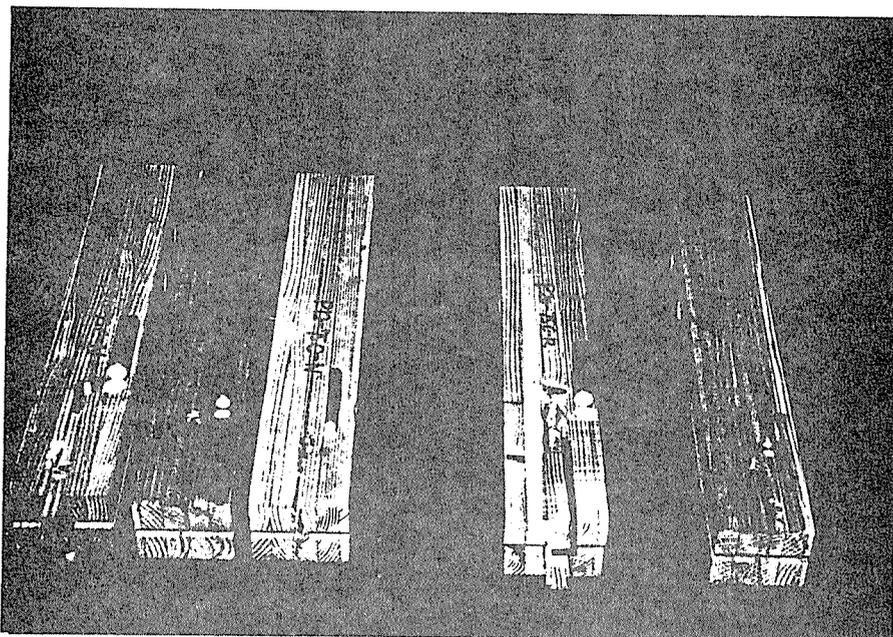


写真5. 破壊状況 (P75Cシリーズ)

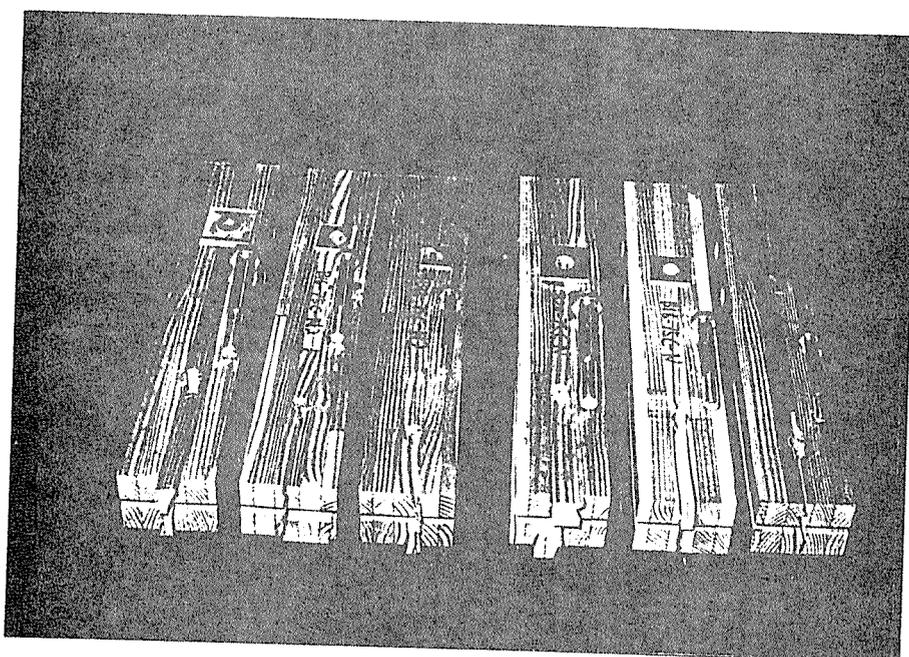


写真6. 破壊状況 (B75Cシリーズ)

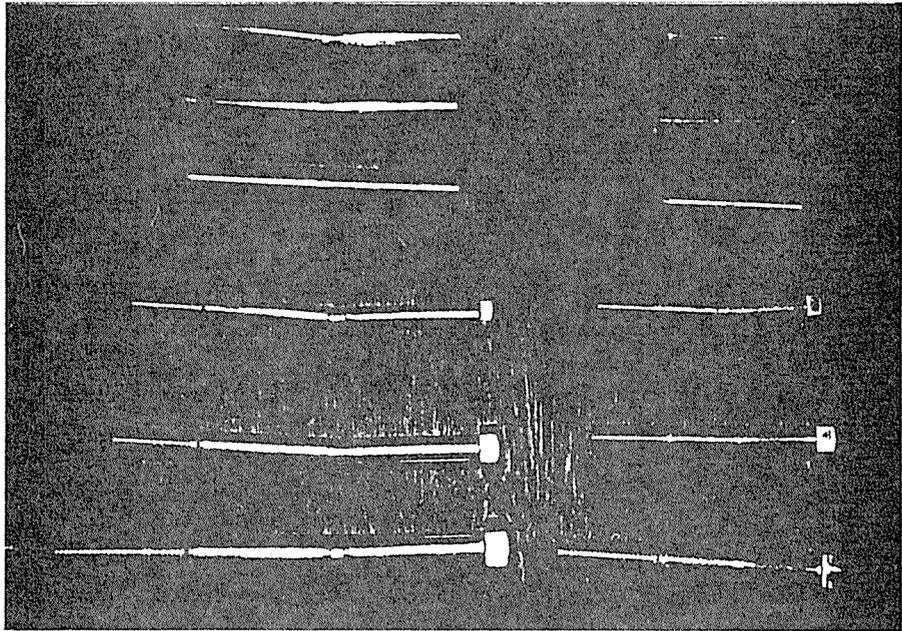


写真7. 接合具の曲がり（鋼板挿入型全シリーズ）

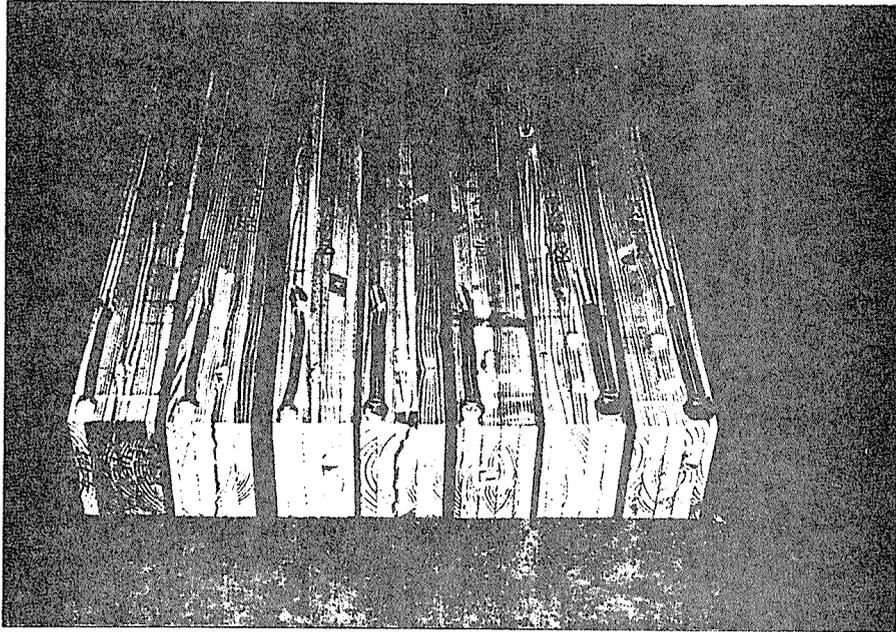


写真8. 破壊状況 (B150Sシリーズ)

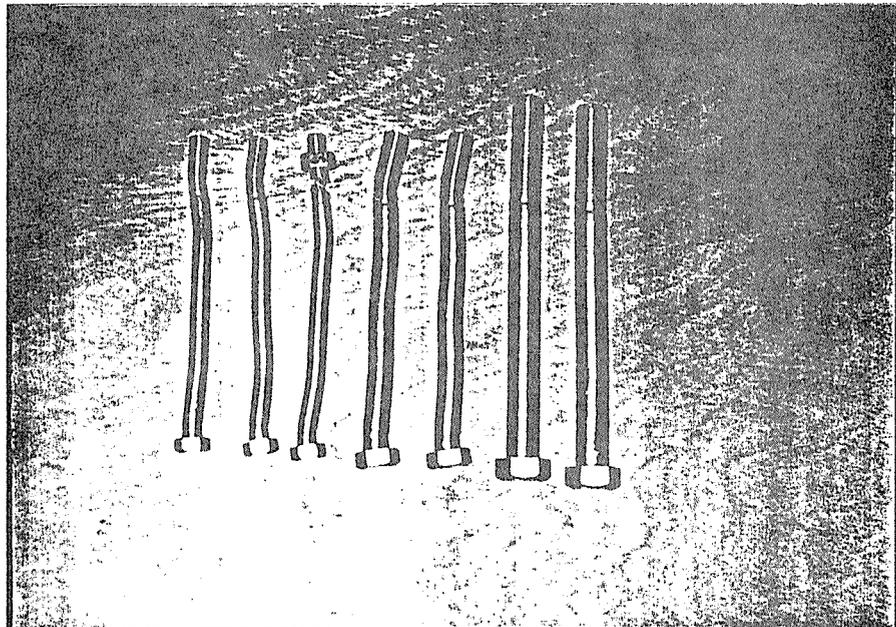


写真9. 接合具の曲がり (B150Sシリーズ)

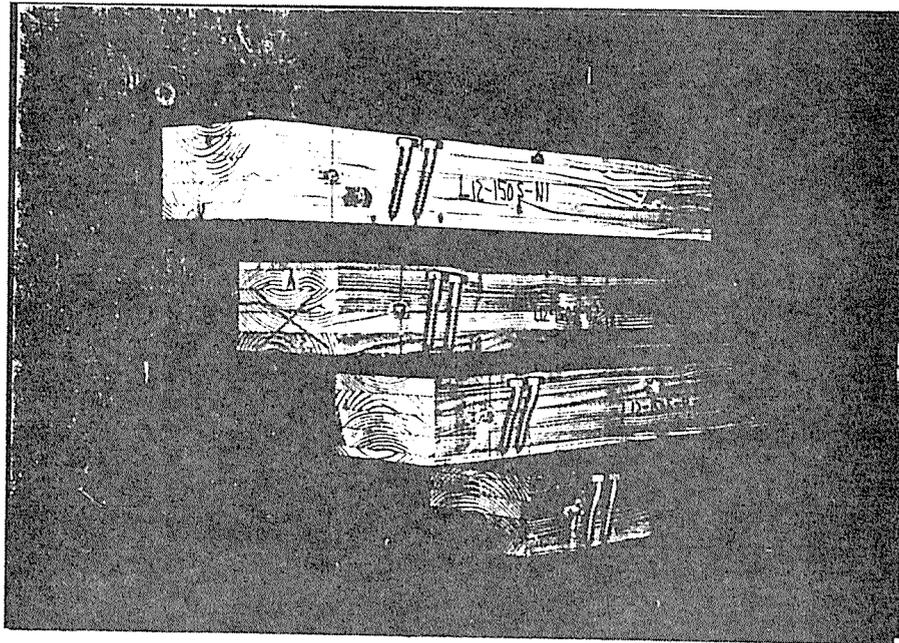


写真10. 破壊状況 (L12150S)

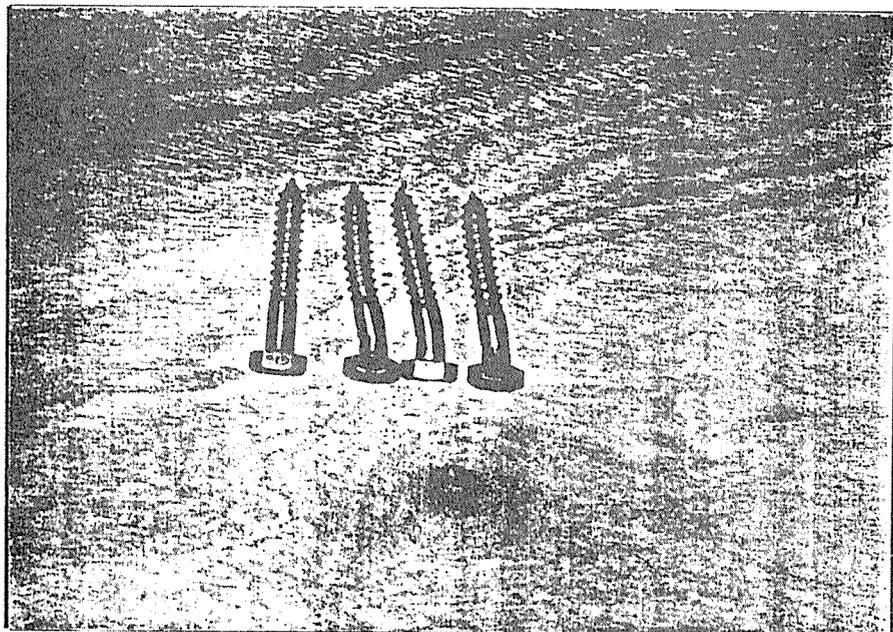


写真11. 接合具の曲がり (L12150S)

9 - 2 大断面木造建築物接合部の耐力試験報告書集

平成4年度 日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）の中から、大断面木造建築物の接合部に関する耐力試験についての報告を選出した。

報告の内容については、日本建築学会図書館（東京、三田）で確認されたい。

・西 暦（年号・月・開催地）

講演番号.

題 名

発表者

・ 1992年（平成4年8月・北陸）

- | | | |
|-------|---|---------|
| 2916. | テーパ一面を補強した変形断面集成材の曲げ耐力（その1）
－実験概要及び結果－ | 室田 達郎、他 |
| 2917. | テーパ一面を補強した変形断面集成材の曲げ耐力（その2）
－テーパ梁の曲げ評価－ | 宇佐美 徹、他 |
| 2932. | 有限要素補によるボルト接合部の応力度分 | 松澤 健志、他 |
| 2933. | ドリフトピンによる木材のめり込み挙動（Ⅱ） | 原田 真樹、他 |
| 2934. | 鋼板挿入式ドリフトピン接合部のせん断耐力 | 渡会 聡、他 |
| 2935. | 102mmシアプレートのせん断耐力試験
－繊維方向について－ | 大橋 好光、他 |
| 2937. | 鋼板添え板釘接合部のクリープ試験 | 川元 紀雄、他 |
| 2938. | 木質接合部の摩擦と”あそび” | 中島 俊光、他 |
| 2939. | 彫込みジベルのあそびに関する考察 | 五十田 博、他 |
| 2940. | ドリフトピン接合の先穴径が接合耐力・剛性に及ぼす影響について
－その1 ドリフトピンを使用した小試験体のせん断試験 | 鈴木 雄司、他 |
| 2941. | ドリフトピン接合の先穴径が接合耐力・剛性に及ぼす影響について
－その2 ドリフトピンを使用した剛接接合部の曲げ試験－ | 岡本 光洋、他 |

・西 暦（年号・月・開催地）

講演番号

題名

発表者

・ 1992年（平成4年8月・北陸）

2949. ラグスクリュー接合による鋼板補強木造梁の曲げ耐力実験
－その2 ラグスクリュー接合の剛性の変化による影響－
西本 直樹, 他
2950. ラグスクリュー接合による鋼板補強木造梁の曲げ耐力実験
－その3 ラグスクリューの長さの変化による影響－ 南部 滋之, 他
2951. 集成材の剛接合
－その2 鋼板添え板釘打ち接合の釘配置形状の影響について－
平野 晋, 他
2952. 集成材の剛接合
－その3 鋼板添え板釘ボルト接合と割裂防止方について－
田畑 健, 他
2953. 木質ラーメン構造の接合部に関する構造耐力実験
－その4 鉄筋接着接合による柱－はり接合部－ 小野 泰, 他
2954. 木質ラーメン構造の接合部に関する構造耐力実験
－その5 鉄筋接着接合による柱－はり接合部－ 鴛海 四郎, 他
2956. 木質ラーメン構造の地震応答計算例
坂本 功, 他
2957. 集成材アーチ架構の水平加力実験
鈴木 恒, 他