

平成6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

技術開発推進事業報告書

複合梁開発

平成7年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

目 次

1. スギ材を用いた鉄筋補強梁	1
2. メカニカルファスナーによる重ね梁の曲げ性能	1 5
3. 接着重ね梁用接着剤の性能試験方法（平成6年度版）	5 0
4. ポリウレタン系接着剤の性能試験結果	5 5
5. ボルト締め接着重ね梁及び機械圧縮接着重ね梁の製造の手引き （平成6年度版）	6 4
6. 接着重ね梁の使い方の手引き（平成6年度版）	8 7

平成6年度農林水産省補助事業 技術開発研究推進事業

複合ばり開発委員会 委員名簿

委員長	平嶋 義彦	静岡大学農学部森林資源科学科 助教授
委員	徳田 迪夫	三重大学生物資源学部森林資源学コース 教授
委員	宮澤 健二	工学院大学工学部建築学科 助教授
委員	佐藤 雅俊	建築研究所第二研究部有機材料研究室 主任研究員
委員	井上 明生	森林総合研究所木材化工部接着研究室 主任研究官
委員	鴫田 文男	殖産住宅相互(株)技術開発部係長 日本木造住宅産業協会
委員	荒木 五郎	大鹿振興(株)部長 全国LVL協会
協力委員	臼井 浩一	林野庁林産課 課長補佐
事務局	牧 勉	(財)日本住宅・木材技術センター 試験研究部長
事務局	鴛海 四郎	(財)日本住宅・木材技術センター 主任研究員
事務局	後藤 隆洋	(財)日本住宅・木材技術センター 研究員

1. スギ材を用いた鉄筋補強梁

1.1 スギ材を用いた鉄筋複合梁の実用化実験

1.1.1 目的

年々蓄積量が増えているスギを有効に利用する試みとして、異形鉄筋を挿入接着した実大梁について実験を行ってきた。しかし実大梁の作製はかなりの時間と労力を必要とするので、鉄筋複合梁の最適断面設計のために、模型実験が使えれば、好都合である。そこで本年度は、1/2スケールのモデル実験を行い、実大実験の代わりに利用できるかどうか検討してみた。

異形鉄筋複合梁の理念は次の通りである。

- 1) スギは梁材としてはたわみの面で問題があるが、異形鉄筋挿入により、曲げ剛性の大幅な増大が見込める。
- 2) スギ小径木は断面が小さく、しかも節が多いので、単独では梁として使いづらいが、接着接合すれば、この点が解消される。
- 3) 断面の大きな平角材は乾燥が難しいが、正角材は乾燥が比較的容易である。
- 4) 現場接着用の優良な接着剤が開発されている。

1.1.2 実験

1) 実験材料

スギ : 長さ2m、断面45mmx45mm,45x18mm、比重0.29-0.43、含水率14-22%

異形鉄筋 : D6 (外径6mm)

接着剤 : 一液性ポリウレタン系樹脂接着剤 (日本ポリウレタン (株) 商品名ウッドロック)

エポキシ樹脂接着剤

2) 試験体の作製

4種類の断面の試験体を作製した(図1)。S-0は鉄筋のないもの。S-4は引っ張り側と圧縮側にそれぞれ2本ずつ計4本、S-6はそれぞれ3本ずつ、計6本の鉄筋を挿入した。

S'-4は正割材側に溝を切って、鉄筋を挿入した。なおS'-4タイプでエポキシ樹脂接着剤を用いた試験体(S'4-E)をポリウレタンとの比較のために製造した。

表1に全試験体を構成するスギのMOEと比重を示した。

鉄筋複合梁は鉄筋を内蔵しているため、施工時の加工が木材のみの場合のように自由にはいかない。しかし、梁として在来工法に使う場合には、端部の大入れ加工ができると好都合である。それには端部まで鉄筋が入っていない方が好ましい。そこで、本実験に先立ち、どの程度まで鉄筋が挿入されていれば剛性と強度に影響がないかを、埋め込み長さを2000mm,1500mm,1200mm,900mmの4種類に変化させて実験してみた。結果で示すように、鉄筋の挿入長さは1500mmとした。

木材同士、ならびに木材と鉄筋の接着にはウッドロックを用いた。

3) 試験方法

スパン1800mmの3等分2点荷重方式で行った。たわみをスパン中央および荷重点下の3点で測定した。

1.1.3 結果および考察

鉄筋の埋め込み長さを変化させた時のMOEとMORを図3に示した。MOE,MORとも1200mm以上ではほぼ一定になった。安全を見ると、1500mmが適当と考えられる。これなら両端に模型で150mmずつの、実大梁では300mmの開きができ、プレカットなどの細工に支障がない。

曲げ試験における荷重-たわみ（スパン中央）の関係を図4に示した。図5は鉄筋数とMOEの関係である。曲げヤング係数の実験値と計算値はほぼ一致し、等価断面式によってヤング係数の推定が可能である。鉄筋なしのときのMOEをスギのヤング係数を用いて計算し、この値と補強梁の値との比をとってヤング係数の上昇率を求めた。その結果鉄筋を4本入れた場合50-80%の上昇が、また6本では100%以上の上昇が見られた（図6）。実大実験の場合が4本挿入で30-50%であったので模型実験の方が上昇率が大きく、結果をそのまま実大に適用することは難しい。

エポキシ樹脂接着剤は木材への浸透が過剰で、接着不良を生じ、思うような鉄筋補強効果が見られなかった。

図7は鉄筋の付着力の関係である。D6とD10を比べると、 $D6 > D10$ と、径が大きい方がむしろ鉄筋長さ1cm当りの付着力は小さくなった。付着力の解析では、実大の複合梁の場合、最大20kgf/cm²（宮澤）であったので、D6、D10とも付着力不足の心配はない。

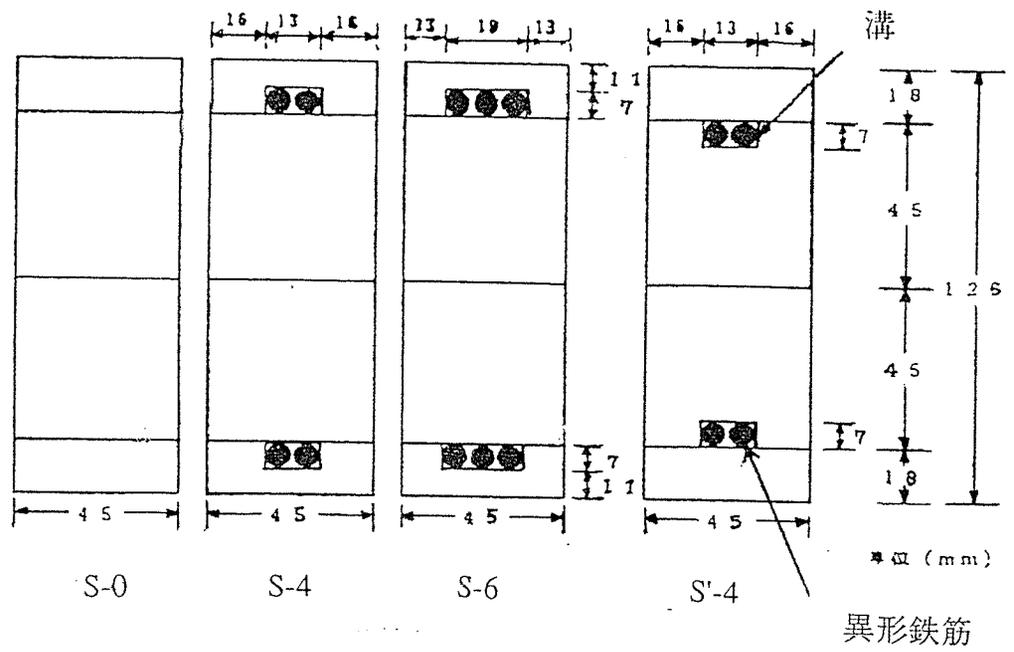


図1. 鉄筋補強木質複合梁の断面

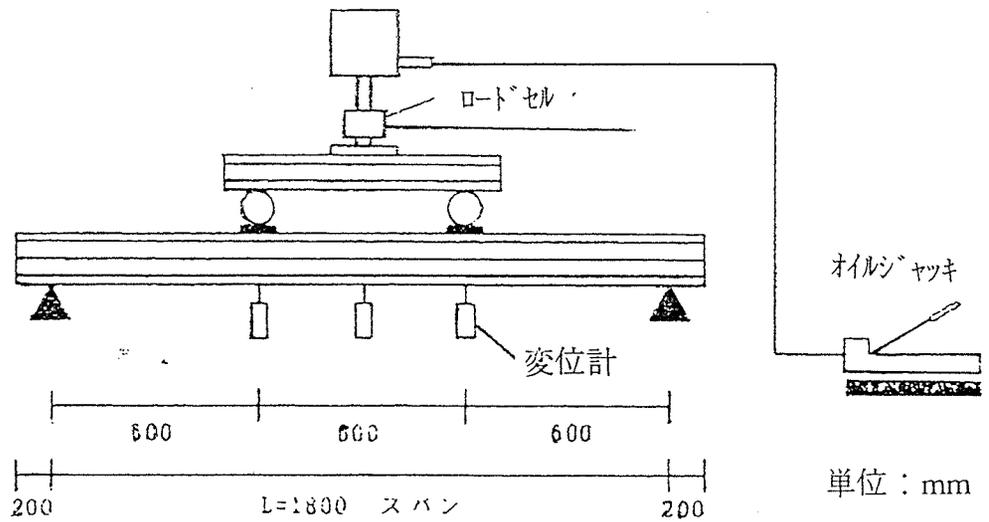


図2. 試験方法

表1-1. 鉄筋補強木質複合梁を構成するスギのヤング係数と比重
 および複合梁全体の重量と比重 (S-0 試験体).

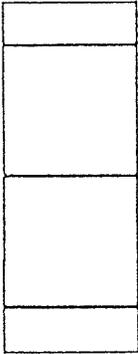
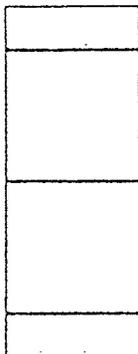
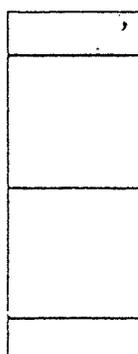
		MOE ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)	比重	複合梁のみかけの比重
No.1		63.9	0.30	0.37
		63.8	0.36	
		67.3	0.38	
		79.8	0.32	
No.2		68.8	0.40	0.37
		65.1	0.32	
		69.4	0.34	
		79.1	0.40	
No.3		77.2	0.35	0.41
		62.5	0.41	
		70.1	0.40	
		77.3	0.34	

表1-2. 鉄筋補強木質複合梁を構成するスギのヤング係数と比重
 および複合梁全体の重量と比重 (S-4 試験体)

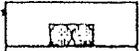
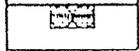
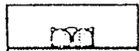
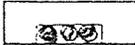
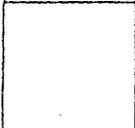
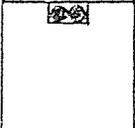
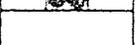
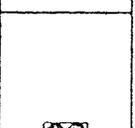
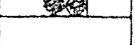
		ヤング率 (*10 ³ kgf/cm ²)	比重	複合梁のみかけの比重
No.1		67.9	0.33	0.53
		64.7	0.37	
		67.8	0.40	
		68.3	0.35	
No.2		73.4	0.35	0.50
		68.6	0.35	
		71.1	0.33	
		76.8	0.36	

表1-3. 鉄筋補強木質複合梁を構成するスギのヤング係数と比重
 および複合梁全体の重量と比重 (S-6,S'-4 およびS'-4E 試験体)

		MOE ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)	比重	複合梁のみかけの比重
S-6		73.5	0.32	0.53
		76.1	0.38	
		68.0	0.40	
		74.0	0.32	
S'-4		81.5	0.31	0.49
		69.1	0.32	
		76.0	0.34	
		83.9	0.32	
S'-4-E		78.0	0.43	0.48
		75.3	0.36	
		70.3	0.31	
		84.6	0.40	

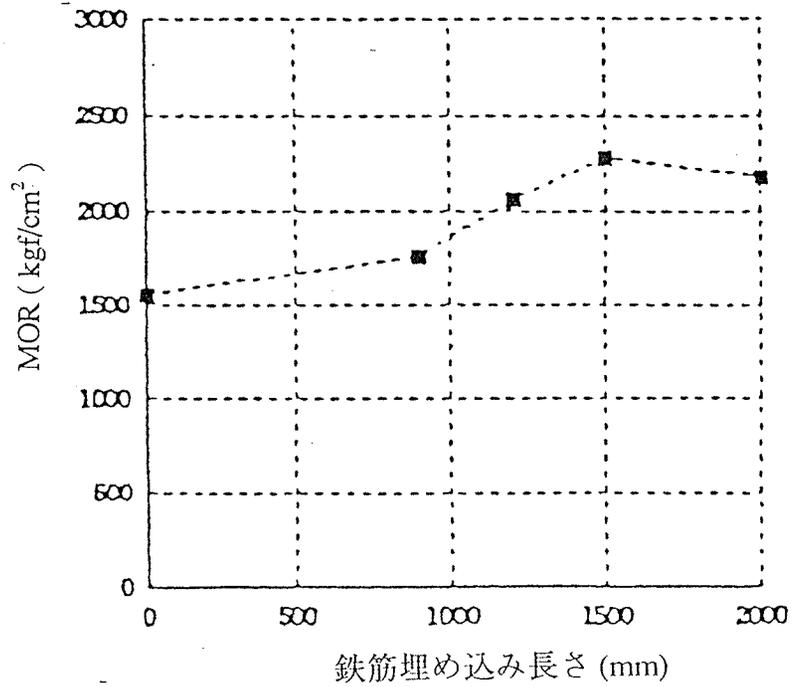
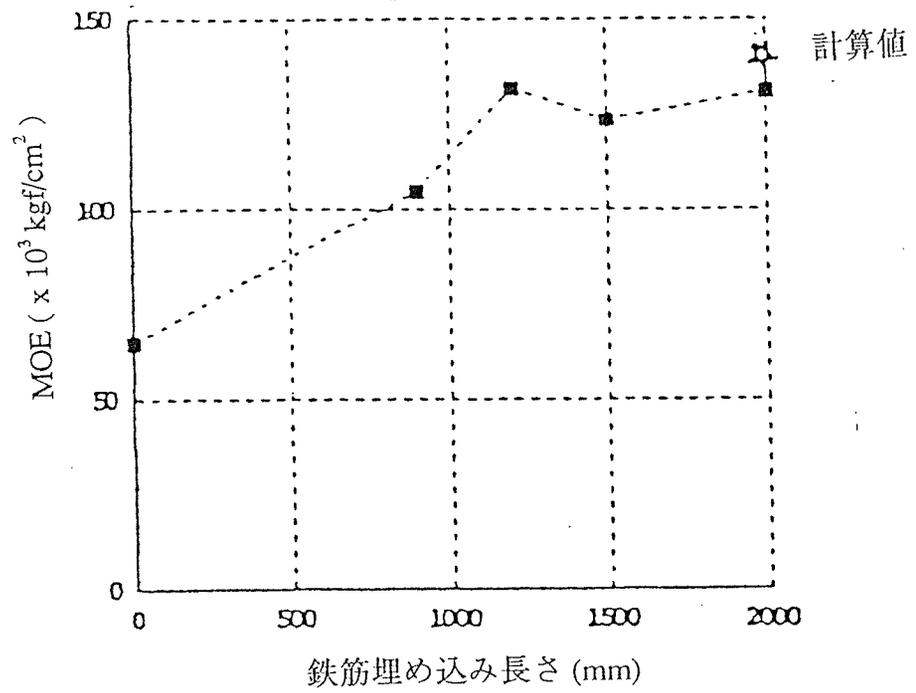


図3. 鉄筋の埋め込み長さがMOEとMORに及ぼす影響

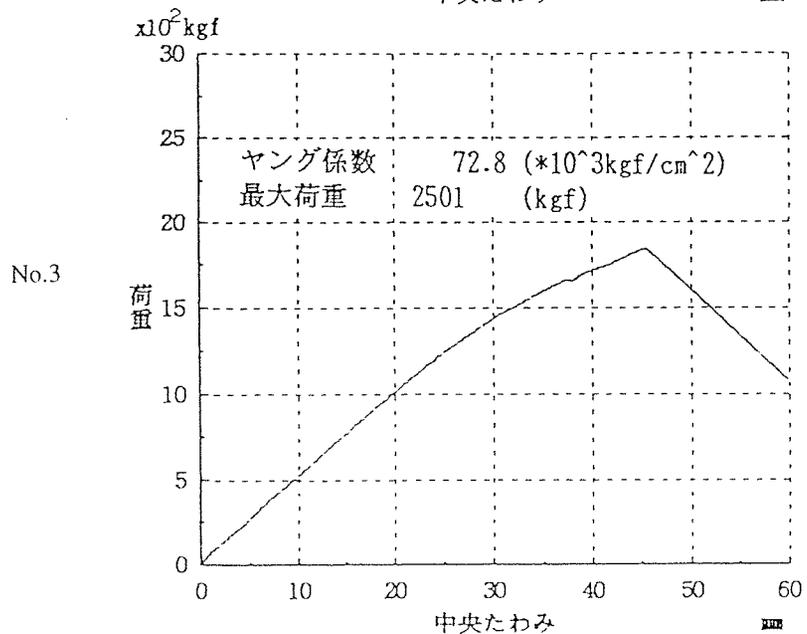
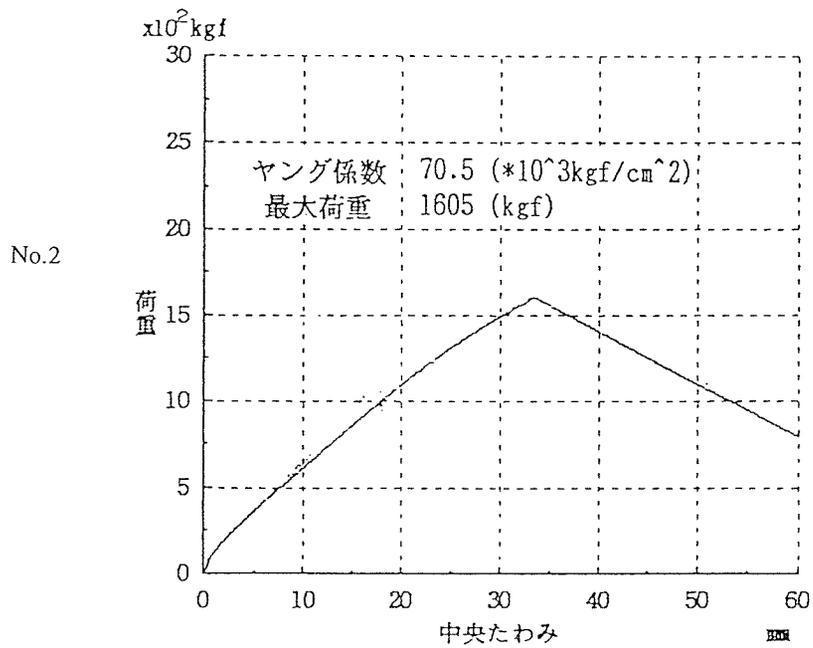
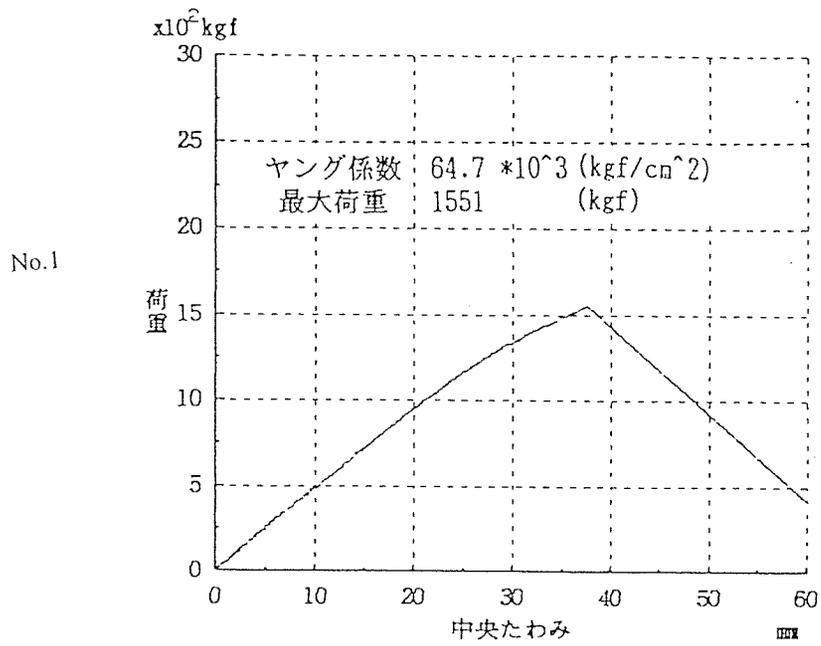


図4-1. 荷重-変位曲線 (S-0)

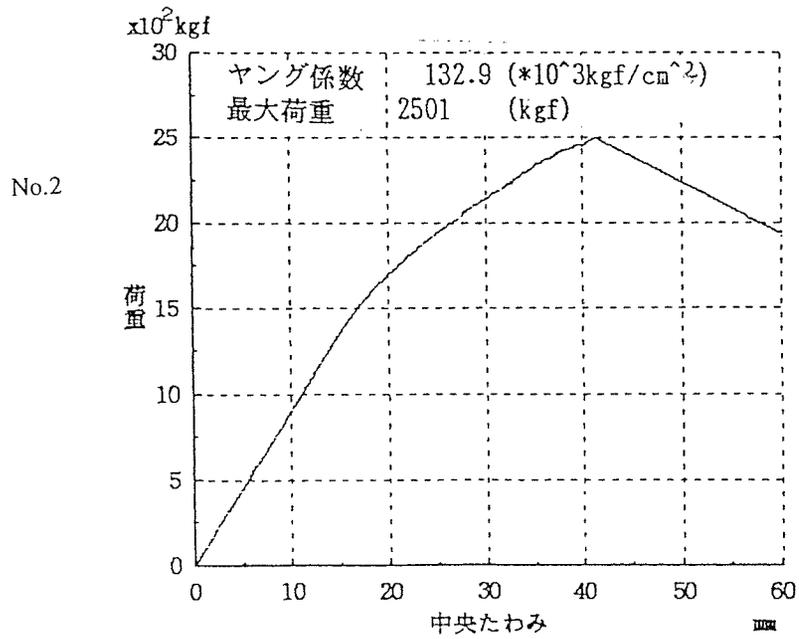
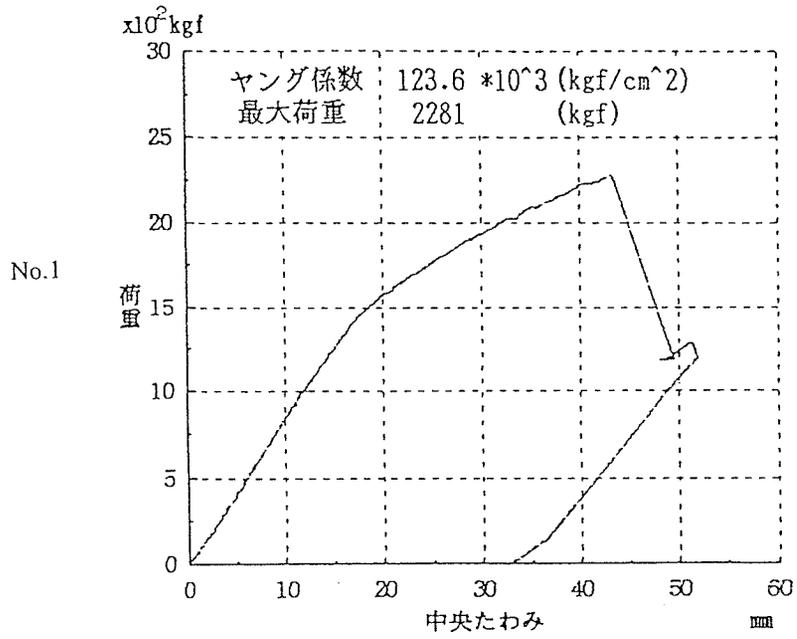


図4-2. 荷重-変位曲線 (S-4)

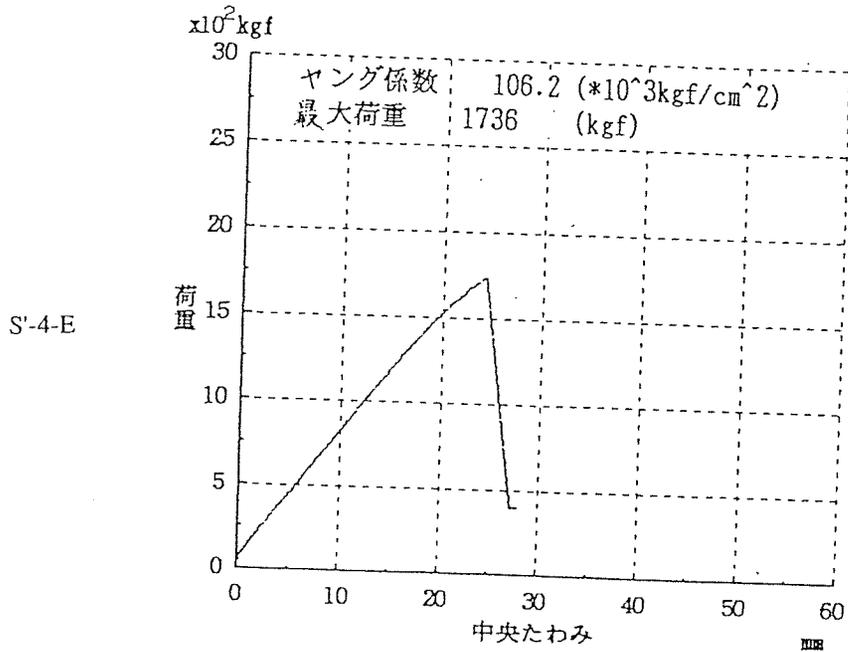
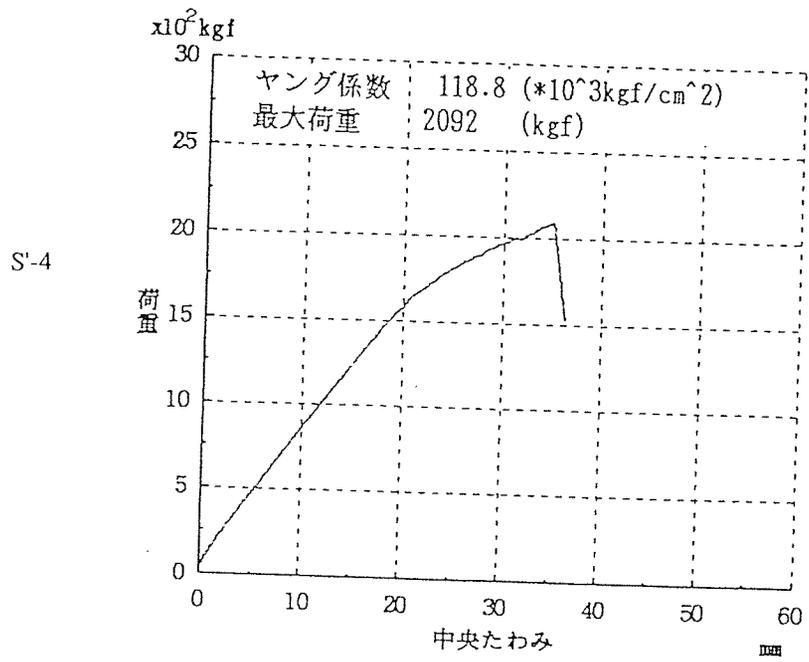


図4-3. 荷重-変位曲線 (S'-4 と S'-4-E)

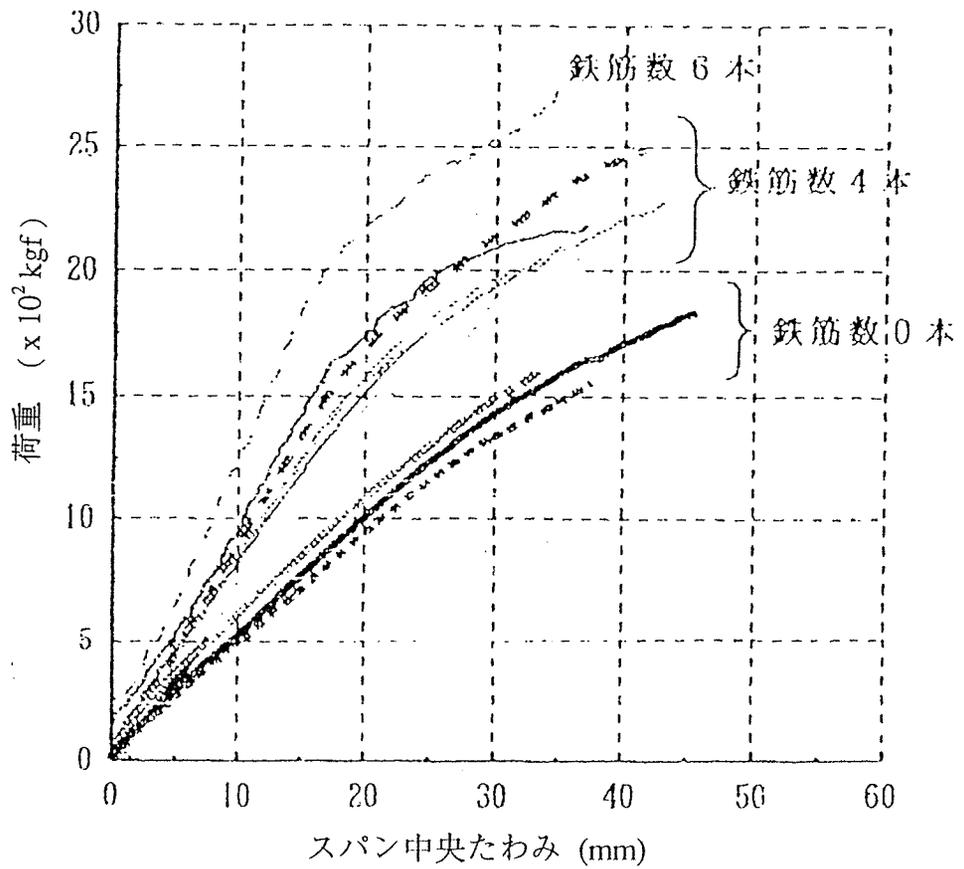


図5. 鉄筋数ごとの全試験体の荷重-変位曲線

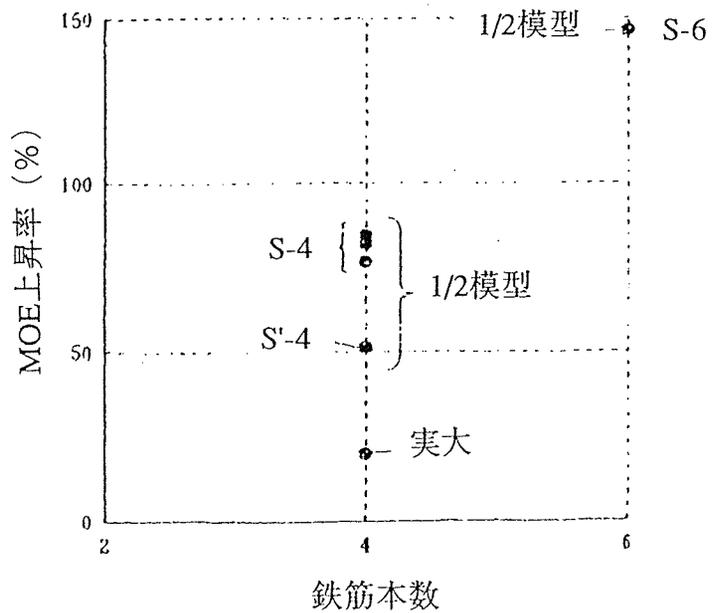


図6. 鉄筋数とMOE上昇率の関係

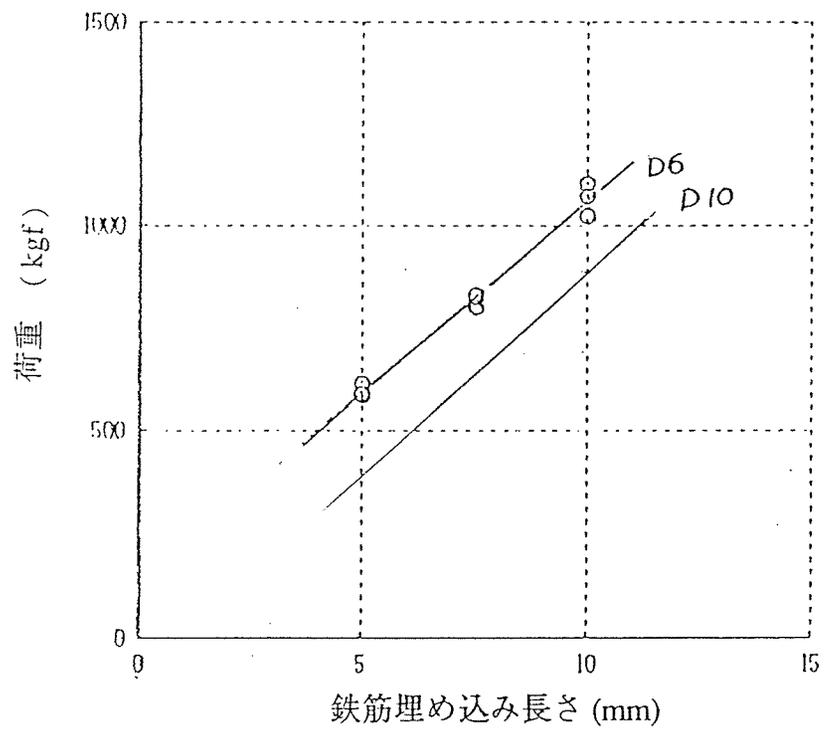


図7. 鉄筋の埋め込み長さ と鉄筋付着力の関係

1.2 鉄筋補強木質複合梁（仮称RWB）の製造方法

製造方法は接着重ね梁と基本的に同様である。以下接着重ね梁と異なる点について記す。具体的には鉄筋と溝加工の部分である。

1.2.1 総則

1) 目的

この手引書は、正角材とその2つ割材を接着積層し、さらに鉄筋を挿入した梁または足場板を接着積層し鉄筋を挿入した梁の製作に関するガイドラインを示す。

接着重ね梁は長スパンの横架材として利用されるが、さらに長いスパンが必要であったり、施工上梁せいを大きくとれない場合や、ヤング係数の低いスギを梁として用いる場合には、異種材料による補強が有効である。ここでは経済性も考慮し、異形鉄筋を用いる梁についての製作マニュアルについて示す。

2) 適用範囲

本手引書は正角接着重ね梁または足場板積層梁に鉄筋を挿入して製作された長さ6m、梁せい270mmから315mmの梁で、住宅用の床梁に適用する。

本手引書で扱う鉄筋補強木造梁（RWB）は図1のA，B2タイプである。Aは正角材を基本としたもので、半割材を上下の表板に用いる。この理由はクリープの防止のためである。鉄筋は正角材に溝を切って上下2-3本を挿入する。Bタイプは足場板を3枚接着したタイプで。鉄筋は外層の2枚に溝を切って1本ずつ計4本を挿入する。

3) 用語

異形鉄筋 異形棒鋼のこと。deformed bar コンクリート用棒鋼のうち、表面にリブや節などの突起を付けたものをいう。

1.2.2 使用材料

1) 鉄筋

JIS G 3112,3117 の異径鉄筋 D10を用いる。表面の油や汚れを有機溶剤で拭き取る。鉄筋の長さは梁スパンの4/5とする。

2) 木材

同

1.2.3 鉄筋補強木造梁の製造

1) 溝加工

溝は工場内で加工し、加工表面性状はプレカットほぞ程度とする。溝の断面は長方形とし、幅は鉄筋径の2mm増し（複数本を横に並べる場合には直径の和の2mm増し）深さは1mm増しとする。

2) 木材の接着面の調整 接着重ね梁に同じ

3) 接着の塗布

溝のある面の接着については、まず溝内に木材表面まで接着剤を流し込む。そこに鉄筋を梁のスパン中央に関して対象の位置に入れ込む。この時、接着剤があふれて盛り上がるが、これはそのままにしておく。次に、溝と端部との間に各1筋、計2筋接着剤を塗布する。

4) 圧縮と養生

圧縮は簡易機械圧縮とする。

1.2.4 製品検査

接着重ね梁と同様。鉄筋と木材の接着は、溝に十分接着剤が充填されていれば、確保されていると判断する。この部分の接着力については、実験で確認済みである。

1.2.5 使用上の注意点

基本的には接着重ね梁と同様の使い方であるが、木材内部に鉄筋が挿入されていて、これが力学的に重要な働きをしているので、梁の切り欠き等は鉄筋の入っていない材端の部分に限る。その際もせん断等のチェックを必ず行うこと。

2. メカニカルファスナーによる重ね梁の曲げ性能

1 緒言

これまで本委員会では、接着による複合梁を検討してきたが、複合梁としては古くからジベルなどのメカニカルファスナーによるものも使われてきた歴史がある。そこで、本年度はメカニカルファスナー（鋼管を切断したジベルとメタルプレートコネクター）による複合梁をとりあげ、その可能性について検討することとした。

2 理論解析

本研究では、正角材3材を接合金物（ジベルまたはメタルプレートコネクター）を用いて接合した重ね梁について検討するが、このようなメカニカルファスナーによるものは層間にすべりが起き、一体化しているものに比べて、剛性・強度が低下する。層間にすべりが存在する3層の合成梁についての理論的検討はいくつかあるが、ここでは松本芳紀等の、鋼板補強木造ばりの挙動に関する理論的研究¹⁾を参考に、正角材3材を接合金物で接合した際の構成木材の軸力に関する微分方程式を誘導し、さらに重ね梁のたわみ曲線式を求めた。

2-1 層間すべりのある重ね梁に関する微分方程式

まず、重ね梁の断面形状・寸法および接合金物の配置を図-1に示す。重ね梁は、幅 b 、せいがそれぞれ d_1 、 d_m 、 d_2 の断面を持つ正角材3材（上部木材、中間部木材、および下部木材とする）を重ね合わせたもので、接合は金物（ジベルまたはメタルプレートコネクター）によっている。金物は、梁の材軸方向に一定間隔で配置されており、上部木材と中間部木材の接合間隔を s_1 、中間部木材と下部木材の接合間隔を s_2 とする。また、上部木材と中間部木材の図心間の距離を h_1 、中間部木材と下部木材の図心間の距離を h_2 、上部木材と下部木材の図心間の距離を h とする。

この重ね梁における部材断面の応力を、図-2に示す。この梁の材軸方向を x 軸とし、任意の位置 x と、それに続く微小長さ dx を設ける。

F_1 および F_2 は任意の位置 x における上部木材および下部木材の軸力である。接合金物は材軸方向に均等に配置されており、その間隔は梁の材長に比較して十分に細かいものと仮定すると、木材間に作用するせん断力は連続であるとみなすことができる。いま、上部木材と中間部木材および中間部木材と下部木材との間に作用する材軸方向単位長さ当たりのせん断力を、 q_1 および q_2 とすると、上部木材側および下部木材側の接合金物に作用するせん断力 S_1 および S_2 は次のように表される。

$$S_1 = q_1 \cdot s_1 = \frac{d F_1}{d x} \cdot s_1 \quad (1)$$

$$S_2 = q_2 \cdot s_2 = \frac{d F_2}{d x} \cdot s_2$$

上部木材側および下部木材側の接合金物のせん断剛性を K_1 、および K_2 とすると、上部木材側および下部木材側の接合金物のずれ量 r_1 、および r_2 は次のように表される。

$$r_1 = \frac{S_1}{K_1} = \frac{s_1}{K_1} \cdot \frac{d}{d} \frac{F_1}{x}$$

$$r_2 = \frac{S_2}{K_2} = \frac{s_2}{K_2} \cdot \frac{d}{d} \frac{F_2}{x}$$
(2)

ここで、中間部木材の曲げモーメントおよび軸力を M_m および N_m 、上部木材および下部木材の曲げモーメントを M_1 および M_2 とし、中間部木材、上部木材および下部木材のヤング係数をそれぞれ E_m 、 E_1 、 E_2 とすると、任意の位置 x での中間部木材断面の最外縁における木材のひずみ度（中間部木材、上部木材、下部木材のひずみ度をそれぞれ ε_m 、 ε_1 、 ε_2 とする）は、上部木材側および下部木材側において次のように表される。

上部木材側において

$$\varepsilon_m = -\frac{M_m}{E_m I_m} \cdot \frac{d}{2} - \frac{N_m}{E_m A_m}$$
(3)

$$\varepsilon_1 = \frac{M_1}{E_1 I_1} \cdot \frac{d}{2} - \frac{F_1}{E_1 A_1}$$
(4)

下部木材側において

$$\varepsilon_m = \frac{M_m}{E_m I_m} \cdot \frac{d}{2} - \frac{N_m}{E_m A_m}$$
(5)

$$\varepsilon_2 = -\frac{M_2}{E_2 I_2} \cdot \frac{d}{2} + \frac{F_2}{E_2 A_2}$$
(6)

ここで

$$A_m = b \cdot d_m, \quad I_m = \frac{b d_m^3}{12}$$

$$A_1 = b \cdot d_1, \quad I_1 = \frac{b d_1^3}{12}$$

$$A_2 = b \cdot d_2, \quad I_2 = \frac{b d_2^3}{12}$$
(7)

この断面に作用している曲げモーメントを M 、軸力を N とすると、梁の場合には軸力が作用していないから、断面の力の釣り合いより次のように表される。

$$N = -F_1 + F_2 - N_m = 0 \quad (8)$$

$$M = M_m + M_1 + M_2 + F_1 h_1 + F_2 h_2$$

また、曲率は 3 材とも同じであるから

$$\begin{aligned} \frac{M_m}{E_m I_m} &= \frac{M_1}{E_1 I_1} = \frac{M_2}{E_2 I_2} = \frac{M_m + M_1 + M_2}{E_m I_m + E_1 I_1 + E_2 I_2} \\ &= \frac{M - (F_1 h_1 + F_2 h_2)}{E I} \end{aligned} \quad (9)$$

ここに

$$E I = E_m I_m + E_1 I_1 + E_2 I_2 \quad (10)$$

ここで、接合金物の材軸方向単位長さ当たりのずれ量は中間部木材断面の最外縁における木材間のひずみ度の差に等しいから、この断面の上部木材側および下部木材側において次の関係が成立する。

$$\begin{aligned} \frac{d r_1}{d x} &= \left(-\frac{M_m}{E_m I_m} \cdot \frac{d_m}{2} - \frac{N_m}{E_m A_m} \right) \\ &\quad - \left(\frac{M_1}{E_1 I_1} \cdot \frac{d_1}{2} - \frac{F_1}{E_1 A_1} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{d r_2}{d x} &= - \left(\frac{M_m}{E_m I_m} \cdot \frac{d_m}{2} - \frac{N_m}{E_m A_m} \right) \\ &\quad + \left(-\frac{M_2}{E_2 I_2} \cdot \frac{d_2}{2} + \frac{F_2}{E_2 A_2} \right) \end{aligned}$$

式(11)に式(2)、式(8) および式(9) を代入すると次のようになる。

$$\frac{s_1}{K_1} \cdot \frac{d^2 F_1}{dx^2} = -\frac{h_1}{E I} M + \left(\frac{h_1^2}{E I^2} + \frac{1}{E_m A_m} + \frac{1}{E_1 A_1} \right) F_1$$

$$+ \left(\frac{h_1 h_2}{E I} - \frac{1}{E_m A_m} \right) F_2$$

$$\frac{s_2}{K_2} \cdot \frac{d^2 F_2}{dx^2} = -\frac{h_2}{E I} M + \left(\frac{h_2^2}{E I^2} + \frac{1}{E_m A_m} + \frac{1}{E_2 A_2} \right) F_1$$

$$+ \left(\frac{h_1 h_2}{E I} - \frac{1}{E_m A_m} \right) F_2$$

これらの式をさらに整理して

$$\frac{d^2 F_1}{dx^2} - \alpha_1 F_1 - \beta_1 F_2 = -\gamma_1 M \tag{12}$$

$$\frac{d^2 F_2}{dx^2} - \alpha_2 F_2 - \beta_2 F_1 = -\gamma_2 M$$

ここに

$$\alpha_1 = \frac{K_1}{s_1} \left(\frac{h_1^2}{E I^2} + \frac{1}{E_m A_m} + \frac{1}{E_1 A_1} \right)$$

$$\alpha_2 = \frac{K_2}{s_2} \left(\frac{h_2^2}{E I^2} + \frac{1}{E_m A_m} + \frac{1}{E_2 A_2} \right)$$

$$\beta_1 = \frac{K_1}{s_1} \left(\frac{h_1 h_2}{E I} - \frac{1}{E_m A_m} \right)$$

$$\beta_2 = \frac{K_2}{s_2} \left(\frac{h_1 h_2}{E I} - \frac{1}{E_m A_m} \right)$$

$$\gamma_1 = \frac{K_1}{s_1} \cdot \frac{h_1}{E I}$$

$$\gamma_2 = \frac{K_2}{s_2} \cdot \frac{h_2}{E I}$$

式(12)において F_1 、あるいは F_2 を消去すると、 F_1 および F_2 に関する次の微分方程式が誘導される。

$$\frac{d^4 F_1}{d x^4} - (\alpha_1 + \alpha_2) \frac{d^2 F_1}{d x^2} + (\alpha_1 \alpha_2 - \beta_1 \beta_2) F_1$$

$$= (\alpha_2 \gamma_1 - \beta_1 \gamma_2) M - \gamma_1 \frac{d^2 M}{d x^2}$$

$$\frac{d^4 F_2}{d x^4} - (\alpha_1 + \alpha_2) \frac{d^2 F_2}{d x^2} + (\alpha_1 \alpha_2 - \beta_1 \beta_2) F_2$$

$$= (\alpha_1 \gamma_2 - \beta_2 \gamma_1) M - \gamma_2 \frac{d^2 M}{d x^2}$$

(14)

式(14)において、梁の上部木材と下部木材の条件が同じ ($E_1 = E_2$, $A_1 = A_2$) で、 $s_1 = s_2$ かつ $K_1 = K_2$ のときは上部木材および下部木材の軸力も同じ値 F となり、式(12)は次のように表される。

$$\frac{d^2 F}{dx^2} - \alpha F = -\gamma M \quad (15)$$

ここに

$$s_1 = s_2 = s$$

$$K_1 = K_2 = K$$

$$h_1 = h_2 = \frac{h}{2} = \frac{d_1 + d_2}{2} = d_m$$

$$A_1 = A_2 = A_m$$

$$I_1 = I_2 = I_m \quad (16)$$

$$F_1 = F_2 = F$$

$$EI = E_m I_m + 2 E_m I_m = 3 E_m I_m$$

$$\alpha = \frac{K}{s} \left(\frac{h^2}{2EI} + \frac{1}{E_m A_m} \right)$$

$$\gamma = \frac{K}{s} \cdot \frac{h}{2EI}$$

以上の各式において、接合金物のせん断力、重ね梁の応力およびたわみ等が、梁の作用荷重によって異なるのは当然である。作用荷重としては種々考えられるが、ここでは等分布荷重の場合について考えることとする。

2-2 等分布荷重を受ける場合の解

等分布荷重 ω を受ける重ね梁の場合には、梁のスパンを L とし、 x 軸の原点を材端にとると、はりの曲げモーメントは次のように表される。

$$M = \frac{\omega}{2} (L - x) x \quad \left(0 \leq x \leq \frac{L}{2} \right) \quad (17)$$

これを式(15)に適用すると次のようになる。

$$\frac{d^2 F}{dx^2} - \alpha F = -\gamma \cdot \frac{\omega}{2} (L - x) x \quad (18)$$

これを境界条件

$$\left\{ \begin{array}{ll} x = 0 & F = 0 \\ x = \frac{L}{2} & \frac{dF}{dx} = 0 \end{array} \right. \quad (19)$$

を満足するように解くと次のようになる。

$$F = \frac{\gamma \omega L^2}{2 \alpha} \left(\left(1 - \frac{x}{L} \right) \frac{x}{L} - \frac{2}{\alpha L^2} \left(1 + \tanh \frac{\sqrt{\alpha} L}{2} \cdot \sinh \sqrt{\alpha} x - \cosh \sqrt{\alpha} x \right) \right) \quad (20)$$

次に、等分布荷重を受ける重ね梁のたわみを y とすると、曲げに関する微分方程式および境界条件は次のように表される。

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M - (F_1 h_1 + F_2 h_2)}{E I} = -\frac{M - F h}{E I} \quad (21)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} x = 0 & y = 0 \\ x = \frac{L}{2} & \frac{dy}{dx} = 0 \end{array} \right. \quad (22)$$

式(20)に式(17)、式(19)を代入して積分し、(21)の境界条件を満足するように解くと、たわみ曲線式は次のように求められる。

$$\begin{aligned}
 y = & \frac{\omega L^4}{2EI} \left\{ \frac{1}{6} \left(1 - \frac{\gamma h}{\alpha} \right) \left(\frac{1}{2} - \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right) \frac{x}{L} \right. \\
 & + \frac{1}{\alpha L^2} \cdot \frac{\gamma h}{\alpha} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \frac{x}{L} \\
 & \left. - \frac{2}{\alpha^2 L^4} \cdot \frac{\gamma h}{\alpha} \left(1 + \tanh \frac{\sqrt{\alpha} L}{2} \cdot \sinh \sqrt{\alpha} x - \cosh \sqrt{\alpha} x \right) \right\}
 \end{aligned}$$

(23)

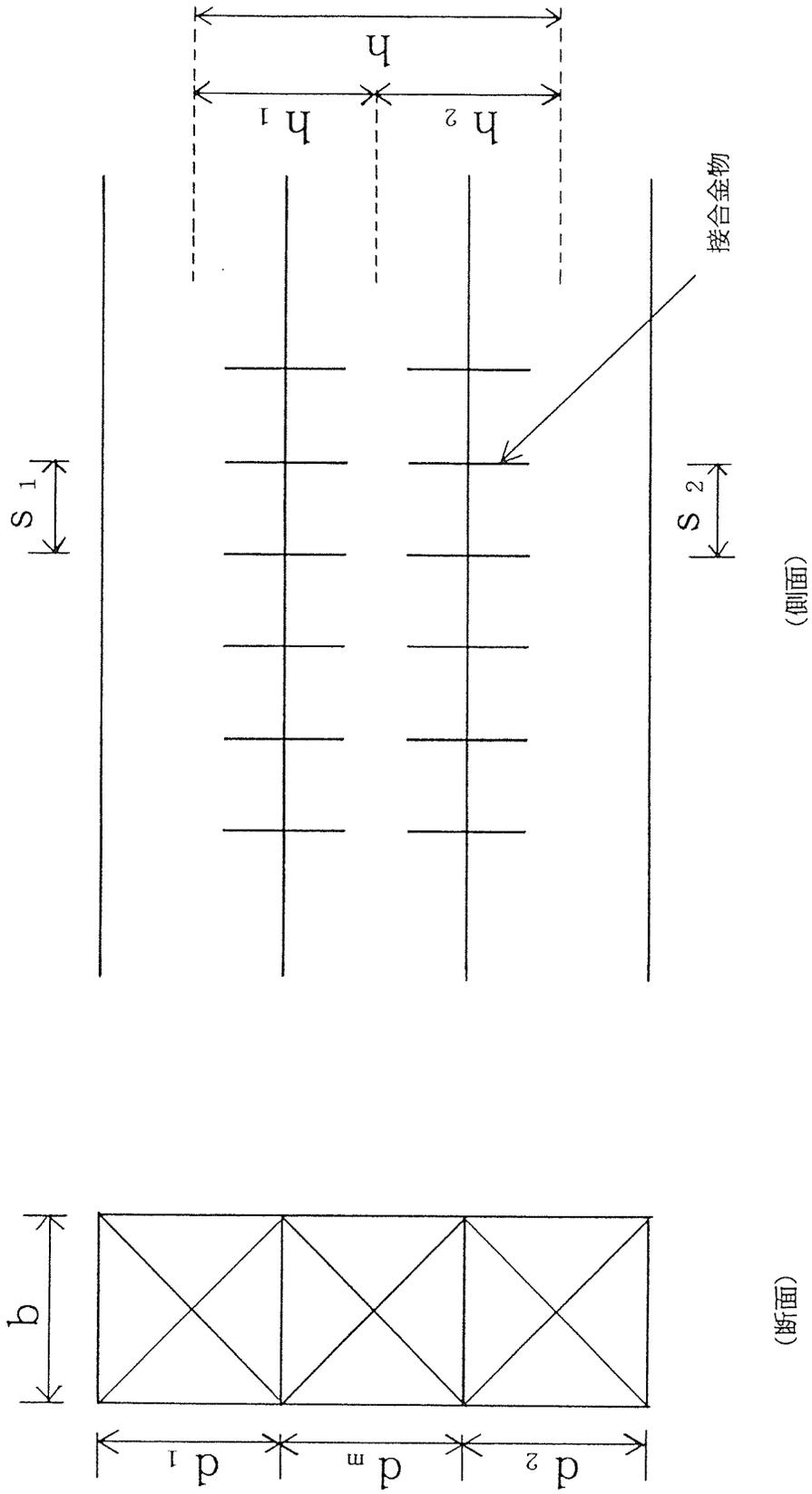


図-1 断面の形状・寸法および接合金物の配置

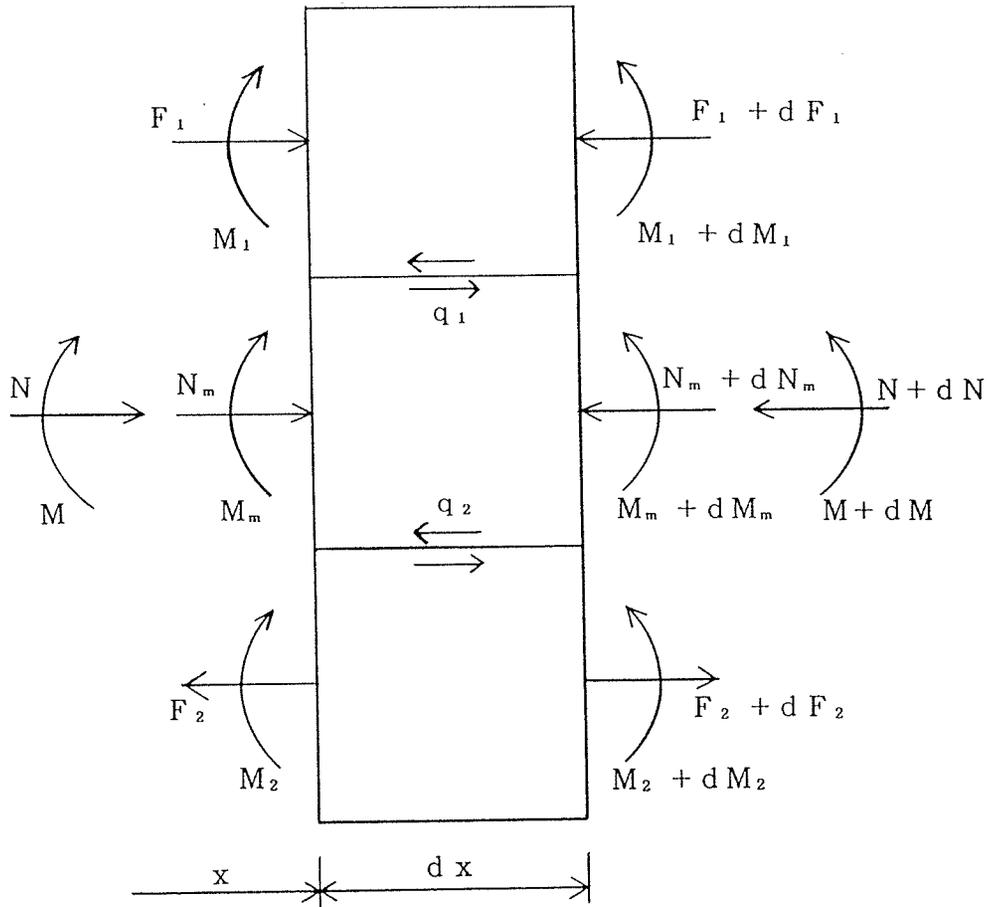


図-2 断面の応力

3 試験

3-1 メカニカルファスナーの形状

試験に用いたメカニカルファスナーは2種類（ジベルとメタルプレートコネクター）である。

ジベルおよびメタルプレートコネクターの形状を、図-3、4に示す。ジベルは、外径76mm、肉厚3mmの鋼管を、長さ38mmに切ったものである。メタルプレートコネクターは外径寸法70mm×70mm、材質はSUS430（フェライト系）で、厚さ1mmのプレートを釘のような形に打ち抜き、これらを折りまげて歯としている。この歯の長さは同一プレートに10mmと12mmの2種類、交互に配置されており、歯数は、プレート1枚当たり40である。

3-2 重ね梁曲げ試験

3-2-1 試験体

重ね梁曲げ試験体図を図-5、6に示す。

被接合材には、長さ4m、断面寸法10.5cm×10.5cmのスギ正角材を用い、これらを3段重ね合わせて作製した。ジベルで接合したもの3体、メタルプレートコネクターで接合したもの3体、合計6体作製した。

重ね梁の作製に先立ち、正角材の比重、含水率およびヤング係数を測定した。表-1にこれを示す。ここでヤング係数は、ジベル試験体については3等分4点荷重の曲げ試験により、またメタルプレートコネクター試験体については縦振動法によりそれぞれ測定した。

ジベル試験体は、材の合わせ面に溝彫加工を施し、一定間隔で合計12個のジベルを入れ込み、12φのボルトで締め付けて接合した。メタルプレートコネクター試験体は、ヤング係数の小さい材を中央材とし、両側面から一定間隔で、合計24枚のメタルプレートコネクターを押し込んで接合した。ファスナー間隔は、重ね梁が等分布荷重を受ける場合のたわみ曲線式(23)に、重ね梁を実際に使用する際の条件（住宅床梁、梁間隔1.82m）を代入し、そのたわみがスパン364cmの1/300（約1.21cm）程度になるように計算した結果、70cmとすることとした。

3-2-2 試験方法

重ね梁の曲げ試験方法を、図-7に示す。

試験は、スパン364cmの3等分4点荷重方式で行い、片方の支持点にはローラーを用いた。荷重は、設計荷重までかけて、固定荷重分までもどす繰り返し負荷とし、これを5回繰り返した後、さらに重ね梁が破壊するまで荷重をかけた。

重ね梁の使用条件を、固定荷重65kgf/m²、積載荷重130kgf/m²、梁の間隔(負担幅)1.82mとして計算した結果、

$$\text{設計荷重} : (130 + 65) \times 3.64 \times 1.82 = 1292 \text{ kgf}$$

$$\text{固定荷重} : 65 \times 3.64 \times 1.82 = 431 \text{ kgf}$$

となったため、ここでは設計荷重1300kgf、固定荷重430kgfとした。

中央と3等分点の3ヵ所でたわみを測定し、さらにジベル試験体1体、メタルプレートコネクター試験体1体については、中央から左右に91cmと182cmの合計8ヵ所において、接合木材の相対すべりを測定した。

3-3 接合部せん断試験

3-3-1 試験体

接合部せん断試験体図を、図-8、9に示す。

被接合材には、長さ40cm、断面寸法10.5cm×10.5cmのスギ正角材を用い、これらを3材合わせて試験体を作製した。ジベルで接合したもの6体、メタルプレートコネクターで接合したもの6体、合計12体作製した。正角材は、あらかじめ比重、含水率について測定しており、メタルプレートコネクター試験体においては縦振動法によりヤング係数も測定した。これらを、表-2に示す。

ジベル試験体は、合わせ面に溝彫加工を施して各々2個のジベルを入れ込み、12φのボルトで締め付けて接合した。メタルプレートコネクター試験体は、プレートを釘の形に打ち抜きそれを折りまげて歯としており、この打ち抜いたあなの長手方向と木材の繊維走行方向とが直角となるように、各々片面2枚、合計4枚を用いて接合した。

3-3-2 試験方法

接合部せん断試験方法を、図-10に示す。

加力はインストロン型材料試験機を用い、中央材を加力する圧縮型で行った。荷重速度は2mm/min、単調増加で、変位は接合木材の相対すべり30mm前後まで測定した。中央材の加力位置には加力プレートを置いて荷重を均等につけ、また、試験体の脚部には開き止め治具を用いて、材の開きを抑えるようにした。

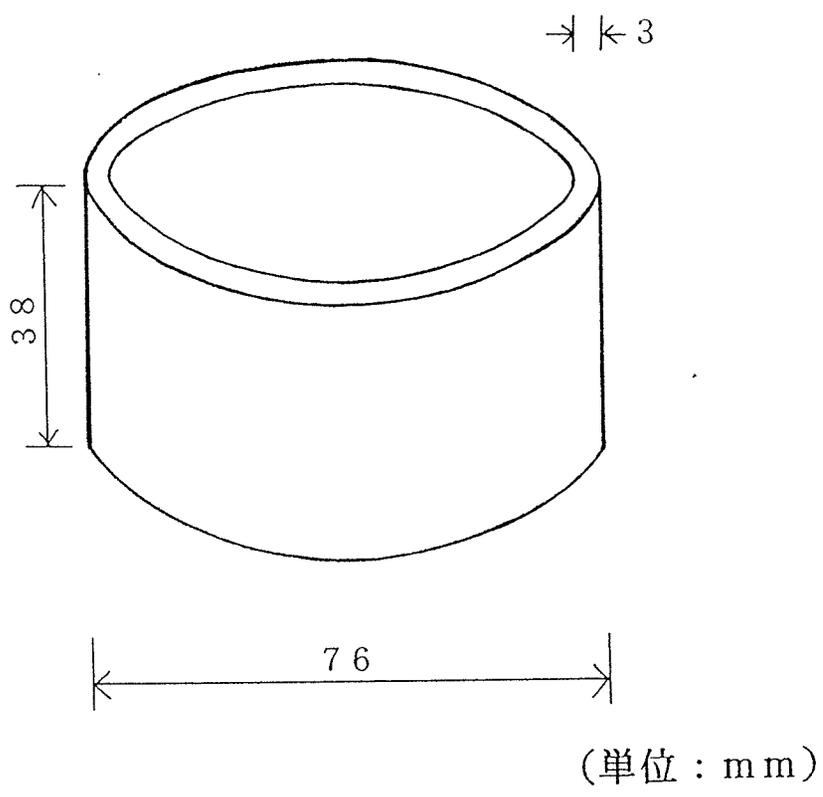


図-3 ジベルの形状

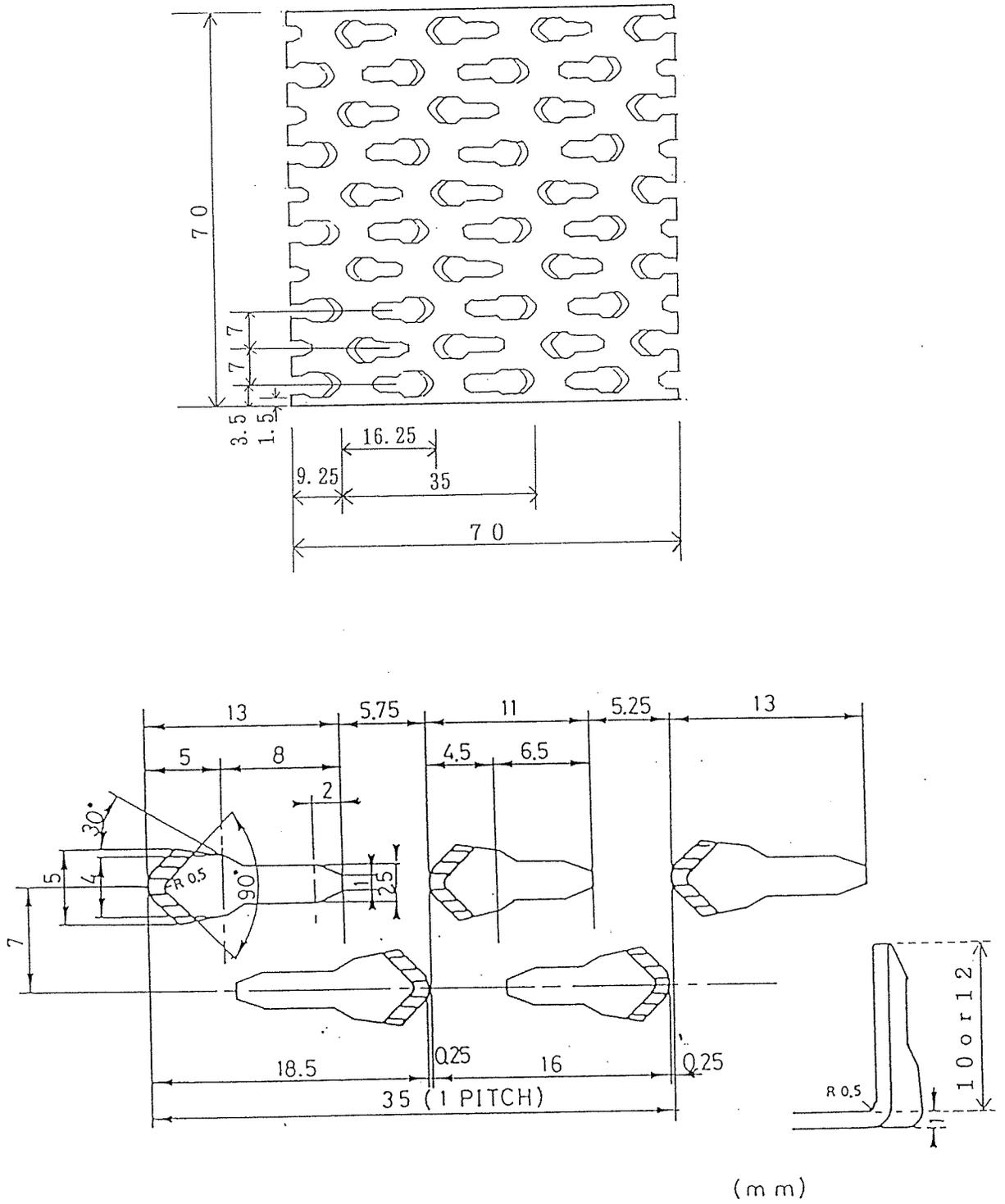
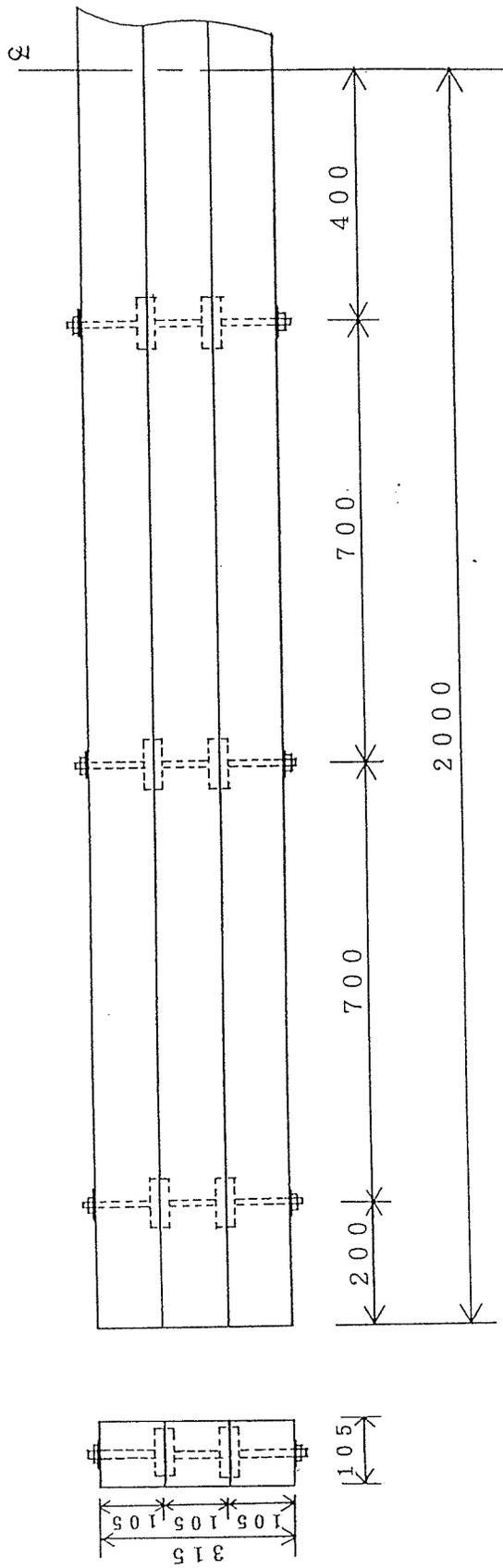


図-4 メタルプレートコネクタの形状

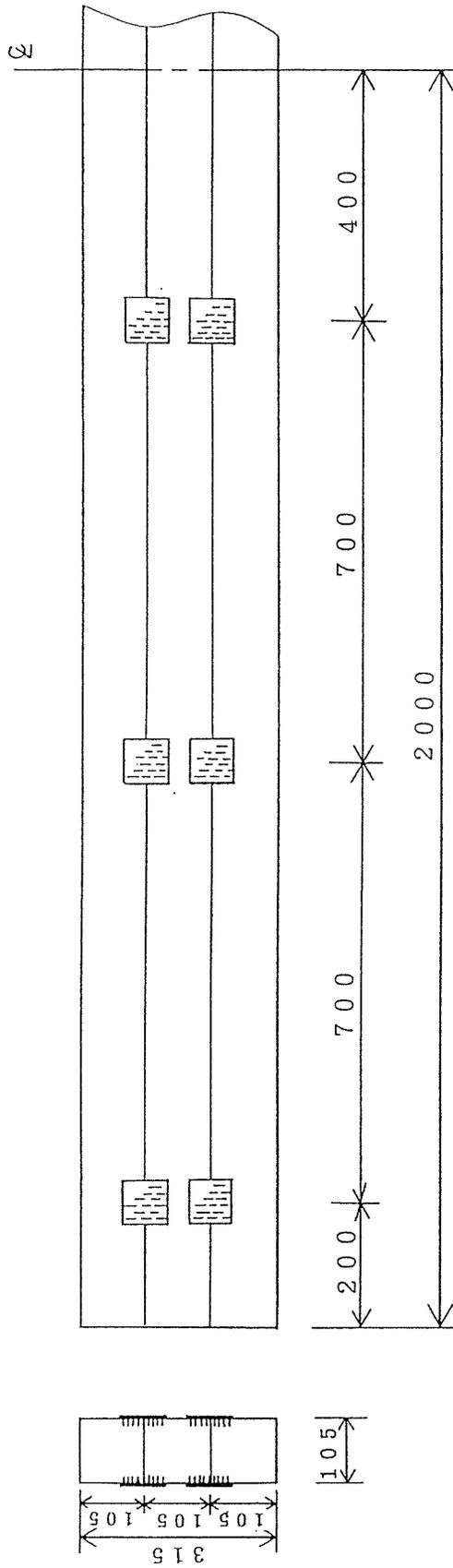


(断面)

(側面)

(単位: mm)

図-5 重ね梁曲げ試験体の断面および側面 (ジベル)



(断面)

(側面)

(単位：mm)

図-6 重ね梁曲げ試験体の断面および側面
(メタルプレートコネクター)

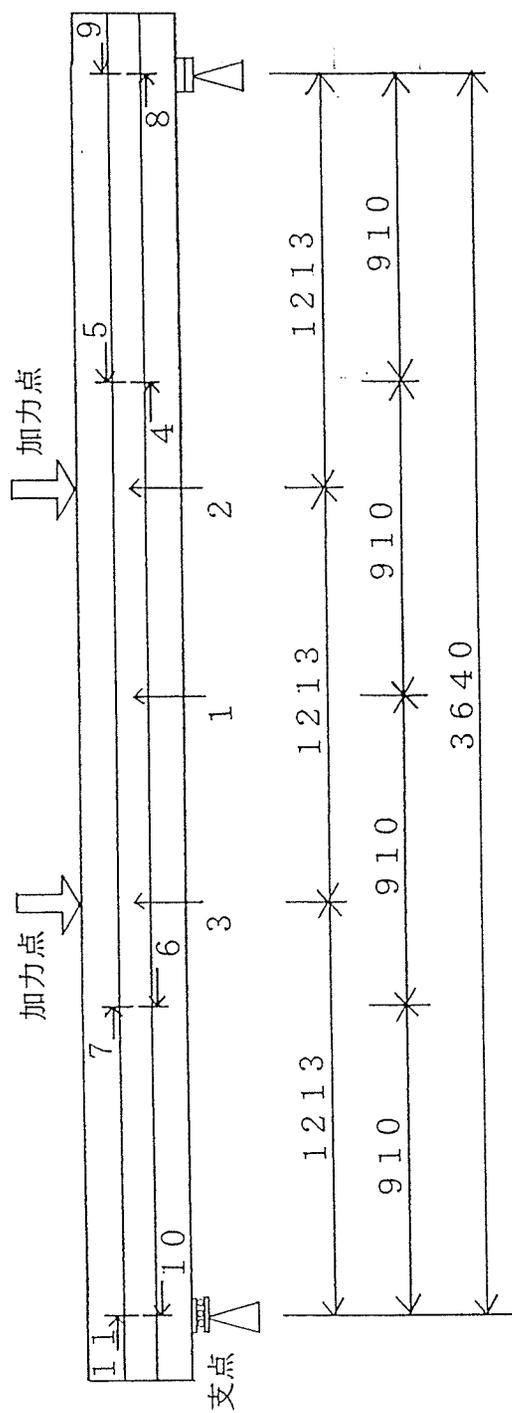
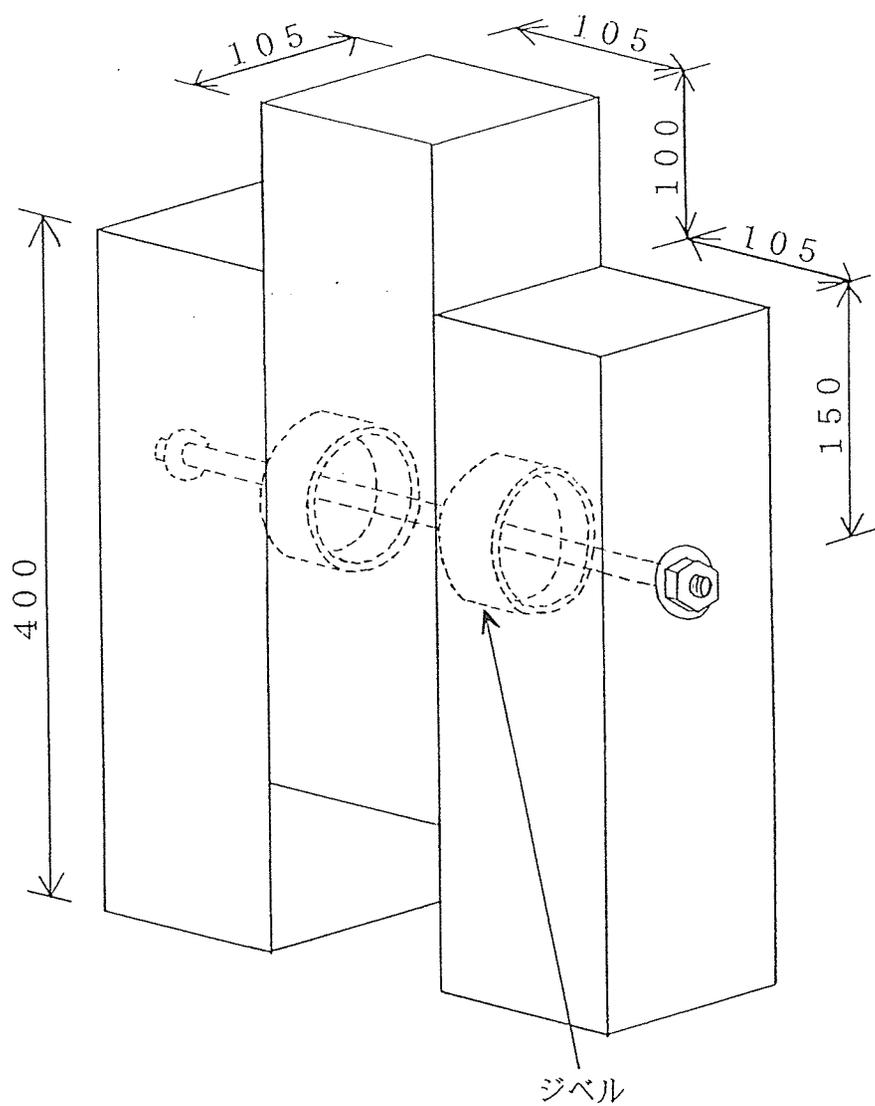
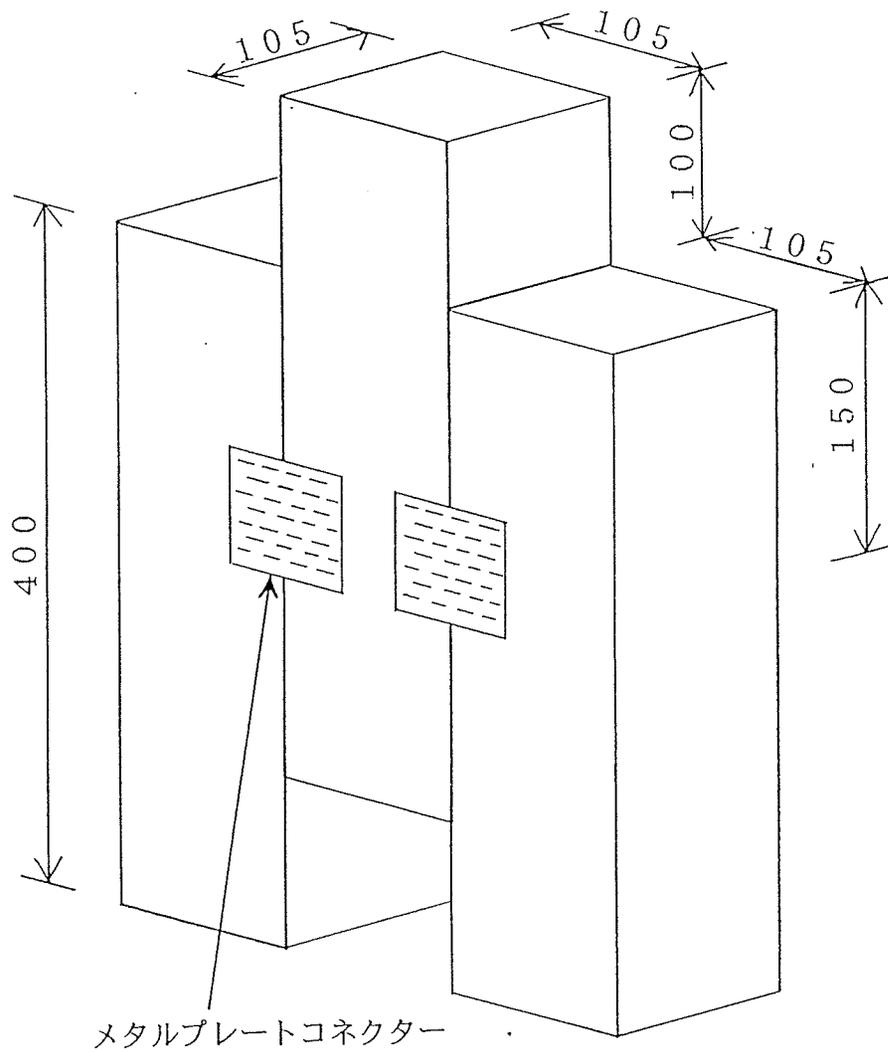


図-7 重ね梁の曲げ試験方法



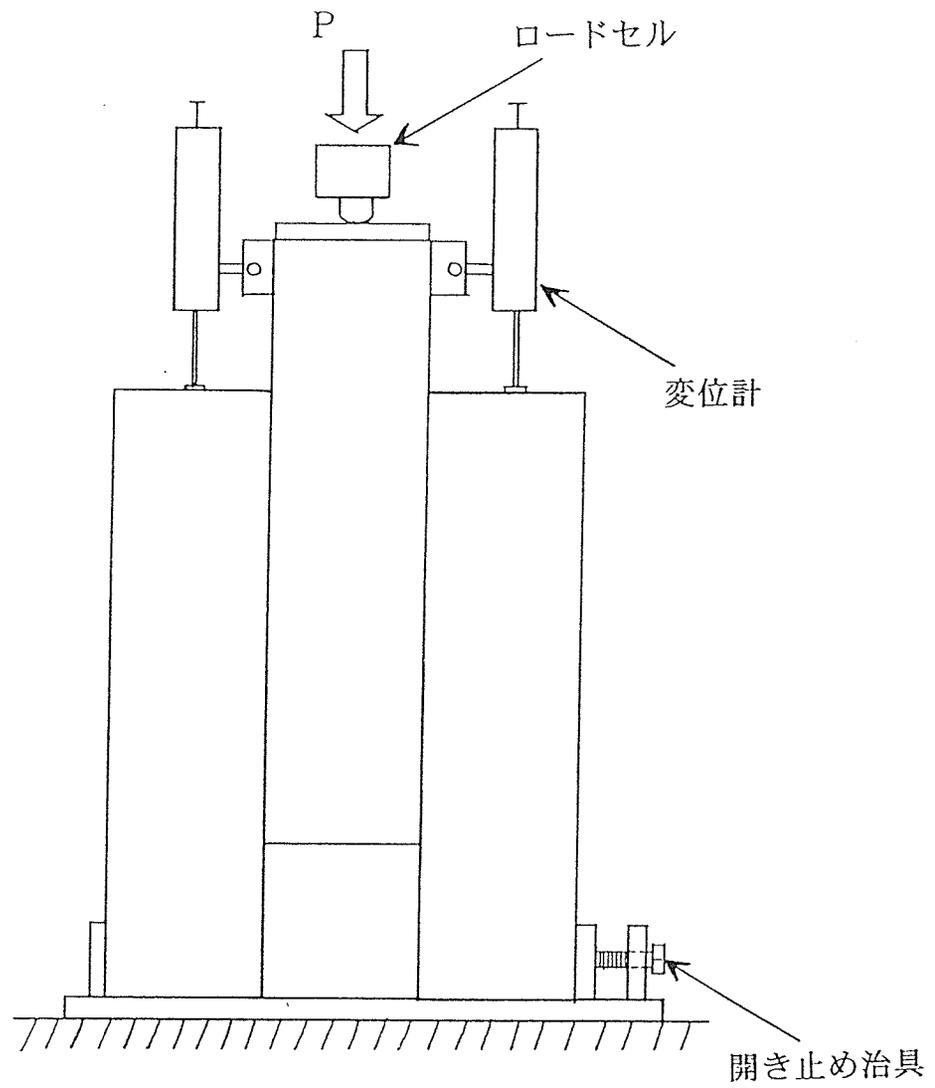
(単位 : mm)

図-8 接合部せん断試験片 (ジベル)



(単位：mm)

図-9 接合部せん断試験片
(メタルプレートコネクター)



図一10 接合部せん断試験方法

表-1 重ね梁試験体 (試験体番号および比重など)

	試験体番号	構成材番号	比重	含水率 (%)	ヤング係数 (tonf/cm ²)
ジベル	K-1	A-1	0.447	28.8	80.7
		A-2	0.452	22.2	54.8
		A-3	0.396	22.5	51.1
	K-2	B-1	0.383	17.2	77.3
		B-2	0.395	20.3	48.0
		B-3	0.404	18.8	60.7
	K-3	C-1	0.442	27.7	68.3
		C-2	0.380	23.0	53.5
		C-3	0.710	44.5	66.4
メタルプレート コネクター	K-4	1	0.483	17.1	47.9
		2	0.478	14.2	39.3
		3	0.506	19.0	45.2
	K-5	4	0.557	16.6	58.1
		5	0.464	13.8	34.0
		6	0.572	15.3	52.5
	K-6	7	0.486	13.9	62.8
		8	0.498	19.7	49.4
		9	0.656	19.9	73.7

表-2 接合部せん断試験体 (試験体番号および比重など)

	試験体番号	比重	含水率 (%)	ヤング係数 (tonf/cm ²)
ジベル	D-1	0.372	13.4	—
	D-2	0.362	13.1	
	D-3	0.370	9.1	
	D-4	0.369	13.7	
	D-5	0.377	13.3	
	D-6	0.389	13.2	
メタルプレート コネクター	M-1	0.491	18.4	32.7
	M-2			
	M-3			
	M-4	0.442	20.5	49.7
	M-5			
	M-6			

4 結果と考察

4-1 接合部せん断試験

接合部せん断試験結果を表-3に示す。

最大荷重とスリップ係数は、メカニカルファスナー1個当たりの値である。スリップ係数は、荷重-たわみ曲線の平均傾きから算出した値であり、この値（ジベル：9416 kgf/cm、メタルプレートコネクター：7462 kgf/cm）を後述の重ね梁のたわみを求める式に代入する場合、ジベルはそのまま9416 kgf/cm、メタルプレートコネクターについては、1つの接合箇所にも両側面から合計2枚のプレートを使用しているため、 $7462 \times 2 = 14924$ kgf/cmの値を用いることとする。

最大荷重を比較してみると、ジベルはメタルプレートコネクターの601 kgfの約5.5倍の値で、3299 kgfとなっているが、この値は、木材の相対変位30 mm前後の測定終了時には最大荷重まで達しておらず、確実にどの程度の差があったということとはできない。

また、スリップ係数について比較してみると、ジベルで9416 kgf/cm、メタルプレートコネクターで7462 kgf/cmで、最大荷重の場合とは異なり、その差はそれほど大きなものではないといえる。

4-2 重ね梁曲げ試験

表-4に重ね梁曲げ試験結果を示す。

ここで曲げ破壊係数および等価ヤング係数は、重ね梁の断面が一体化しているものと仮定して計算した、見かけの値である。

まず、重ね梁の破壊状態について見てみると、ジベルを用いたK1からK3は上部材のボルト付近から圧縮破壊（もめ）が見られ、最終的に下部材の破壊が起こった。メタルプレートコネクターを用いたK4は、たわんだだけで破壊は起こらず、K5、K6については下部材の破壊が起こった。また、K4、K5では設計荷重の段階で、プレートの一部のうき上がりが見られた。

曲げ破壊係数を建築基準法施行令（第95条）のスギの材料強度と比較してみると、施行令のスギ材料強度が 225 kgf/cm^2 であるのに対して、実験値は $101\sim 147\text{ kgf/cm}^2$ の範囲で、いずれも下回っていることが分かる。しかし梁としての強度は、曲げ試験から得られた最大荷重と、設計荷重とを比べて、安全余裕がどれ程であるかをみればよい。図-11に、曲げ試験で得られた最大荷重を示した。

これによると、K1(4217 kgf)、K3(3984 kgf) でそれぞれ設計荷重 1300 kgf の3.2倍、3.1倍である他は、最大で2.8倍、最小で2.2倍となっている。短期許容応力度は長期許容応力度の2倍であることと、安全域は1.5以上必要であることから、設計荷重に対する安全余裕は、3.0倍以上必要とされている。したがって、K1、K3以外の重ね梁4体については、強度不足といえる。これらの梁を実際に使用するためには、メカニカルファスナーをさらに密に配置するか、または梁と梁の間隔条件を、ここで考えた 1.82 m よりも小さくする必要がある。最大荷重の最も小さいK2(2883 kgf)を使用すると考えた場合、梁と梁の間隔を 1.35 m まで狭くすれば、設計荷重も小さくなり、したがって設計荷重の3倍の荷重に耐え得ることになる。表-5に、重ね梁のたわみについて、実験値と計算値を比較したものを示す。スパン中央のたわみ計算は、重ね梁のたわみ曲線式(23)に、接合部せん断試験から求められたスリップ係数（ジベル： 9416 kgf 、メタルプレートコネクター： $7462\times 2=14924\text{ kgf}$ ）等を用いて行った。設計荷重時におけるスパン中央のたわみについて比べてみると、すべての試験体において、実験たわみが計算たわみの2倍以上の値を示しており、梁としての剛性が不足していることが分かる。原因としては、メカニカルファスナーの配置間隔の広さが考えられる。理論式を導く際に、仮定として接合金物の配置間隔を梁の材長と比較して十分に細かいものとしたが、計算結果から実際の接合間隔を 70 cm と広くとったために、理論式が成り立たなくなっている可能性が考えられる。また、図-12で、スパン中央における荷重-たわみ曲線を見ても、K-1については測定途中で変位計の故障が起きている。ここではメタルプレートコネクター試験体の方が、ジベル試験体よりもその線が曲線的であり、破壊時のたわみについてもメタルプレートコネクターの方が大きいことから、ジベルを用いた梁よりも粘りのある梁であるといえる。

図-13、14に、重ね梁曲げ試験における荷重-スリップ曲線を示した。重ね梁2体とも、梁の端部に向かうほどややスリップが大きくなっていることが見て取れる。図-14では、設計荷重までの荷重負荷で各チャンネルの曲線形に大きな差はないが、設計荷重を越えた段階で梁の左右での変位に変化が起きている。4ch、5ch、8ch、9chは、設計荷重以上でも変位がそれほど大きく増加していない。

これらの重ね梁を実際に使用する場合を考える。

接合間隔70cmでメカニカルファスナーを使用した場合、この重ね梁は強度、剛性とも不十分であると言えるが、前述したように、理論式が成り立たなくなっている可能性も考えられる。そこで、以前に、接合金物として波釘（スリップ係数：155kgf/cm）を用いた重ね梁については、ファスナー間隔15cmのとき、ここで用いた理論式が成り立つことが分かっているため、今回作製した重ね梁を、ファスナー間隔15cmで接合した場合を考えることにする。図-15に、この時のスパンと中央たわみの関係を示した。スパンLが大きくなるにつれて、たわみ $L/300$ も大きくなり、したがって所要曲げ剛性も増加する。この試験では、スパンを364cmとしたが、曲げ剛性を満たしながらスパンをさらに大きくとることを考えると、ジベルを用いたもので450cm、メタルプレートコネクターを用いたもので470cmまで長くとれること等がこの図から読み取れる。

表-3 接合部せん断試験結果

	試験体番号	最大荷重 (kgf)	スリップ係数 (kgf/cm)
ジバル	D-1	3369	8750
	D-2	3044	9091
	D-3	3090	9211
	D-4	3374	7778
	D-5	3299	10000
	D-6	3620	11667
	平均	3299	9416
メタルプレート コネクター	M-1	723	6757
	M-2	758	6757
	M-3	685	9036
	M-4	455	6757
	M-5	513	7732
	M-6	471	7732
	平均	601	7462

表-4 重ね梁曲げ試験結果

	試験体番号	最大荷重 (kgf)	曲げ破壊係数 (kgf/cm ²)	等価ヤング係数 (tonf/cm ²)
ジバル	K-1	4217	147.3	9.3
	K-2	2883	100.7	15.4
	K-3	3984	139.2	12.3
メタルプレート コネクター	K-4	3217	112.4	16.3
	K-5	3233	113.0	18.4
	K-6	3617	126.4	19.3

表-5 重ね梁のたわみ比較

	試験体番号	計算たわみ (cm)	実験たわみ (cm)	対スパン比
ジベル	K-1	1.602	4.268	1 / 85
	K-2	1.605	4.346	1 / 84
	K-3	1.596	3.637	1 / 100
メタルプレート コネクター	K-4	1.518	3.097	1 / 118
	K-5	1.449	3.202	1 / 114
	K-6	1.274	2.826	1 / 129

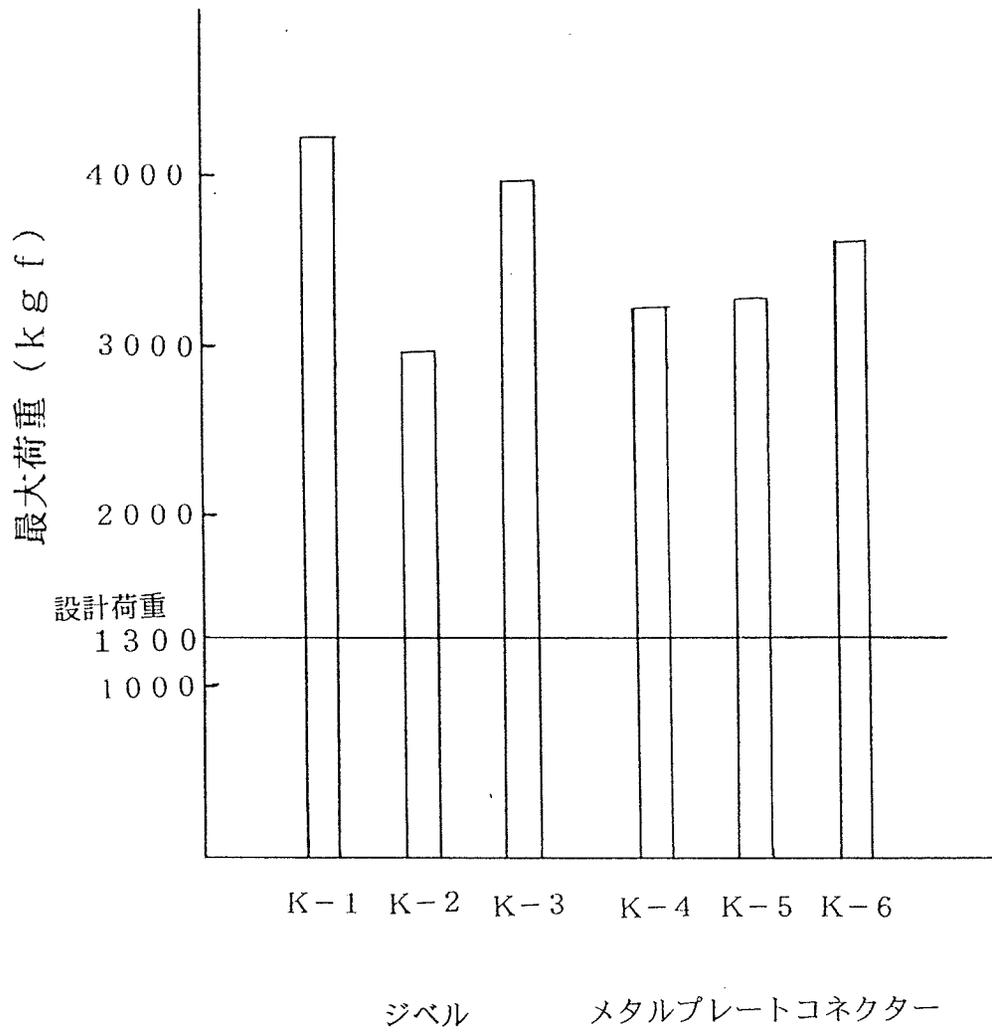


図-11 重ね梁曲げ試験結果 (最大荷重)

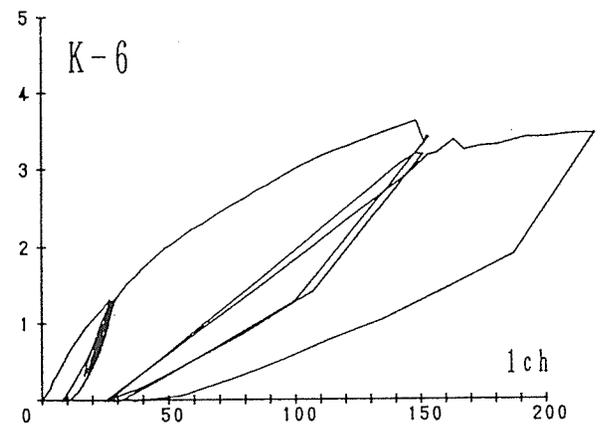
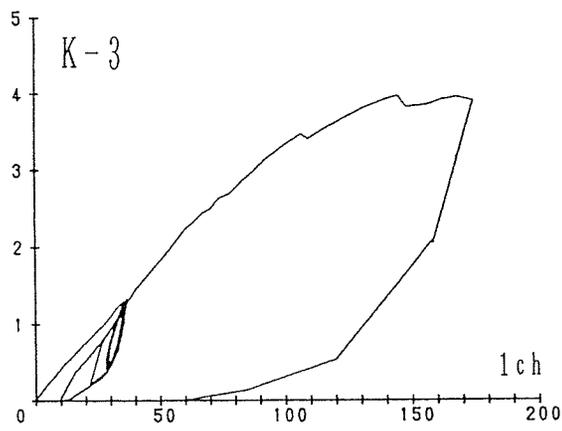
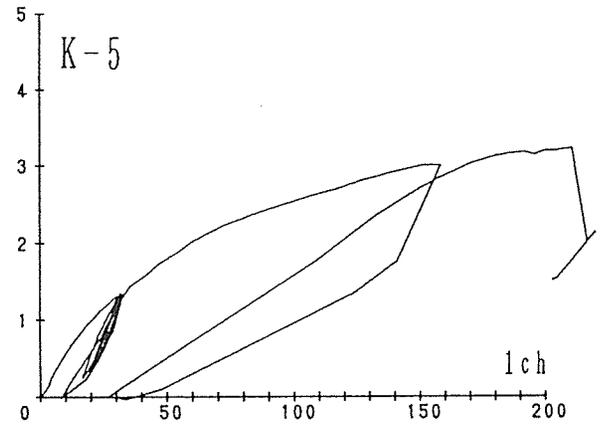
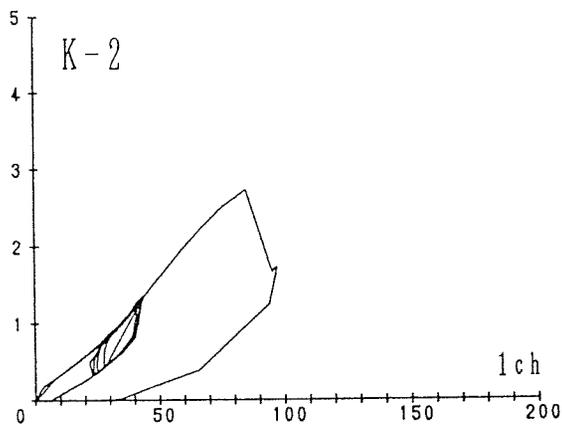
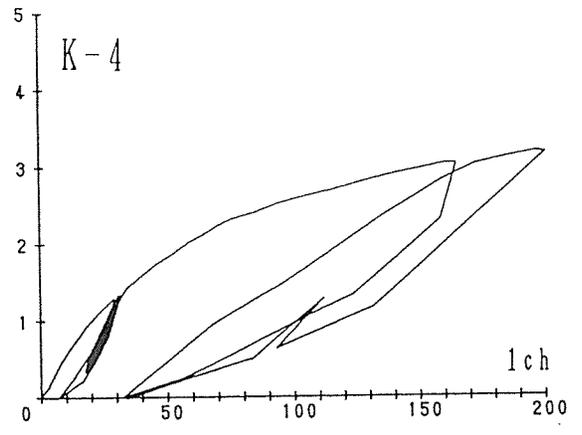
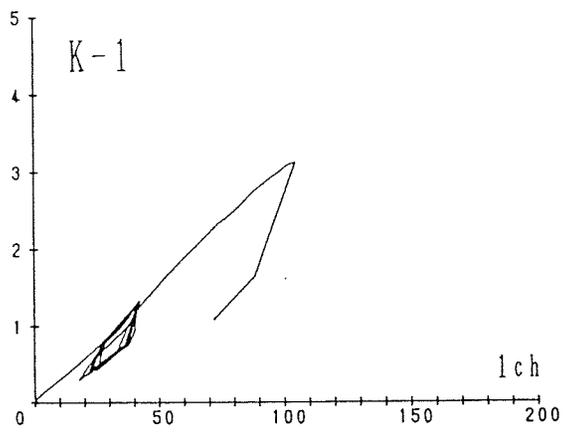


図-12 荷重-中央たわみ曲線

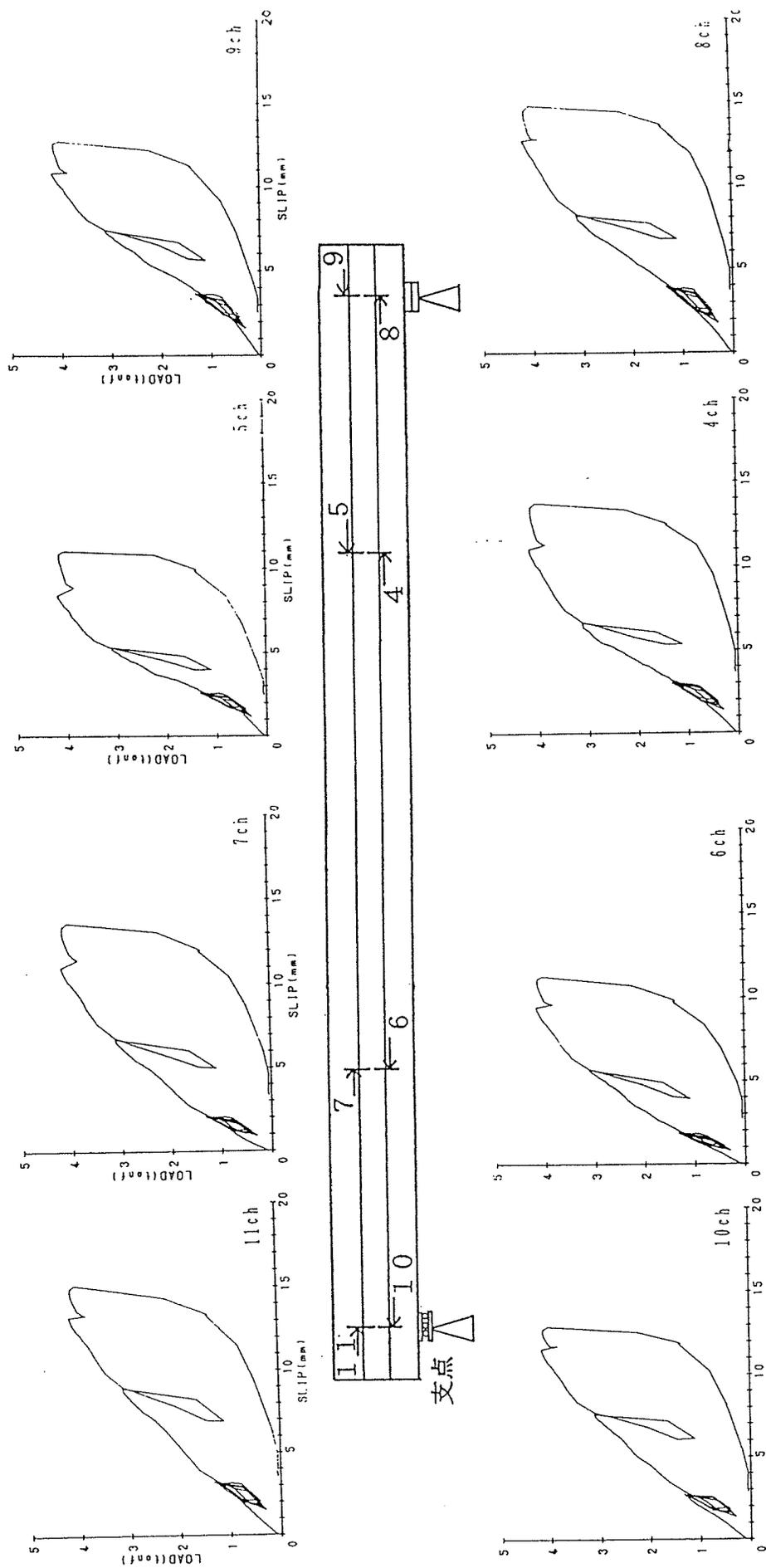


図-13 重ね梁曲げ試験における荷重-スリップ曲線 (K-1)

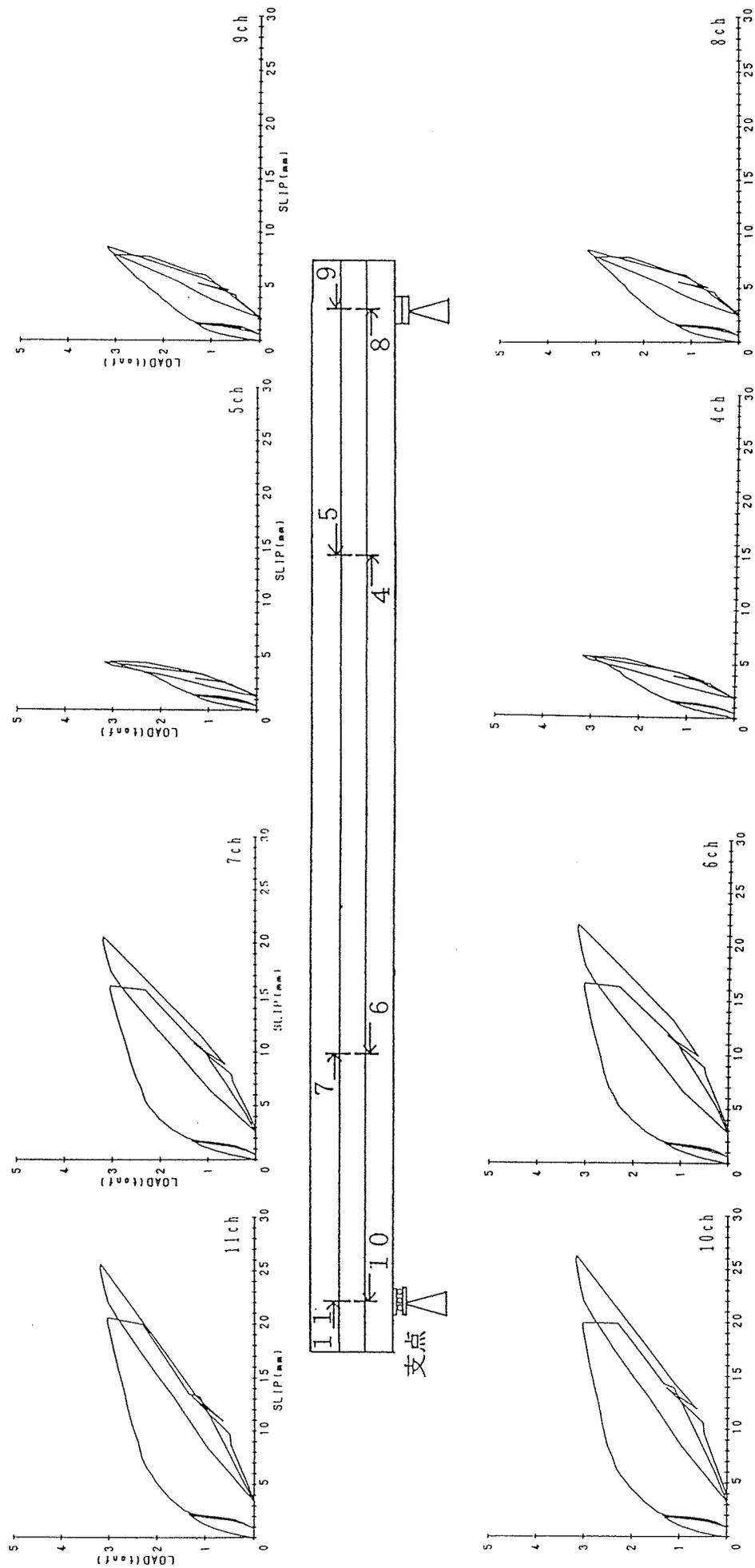


図-1.4 重ね梁曲げ試験における荷重-スリップ曲線 (K-4)

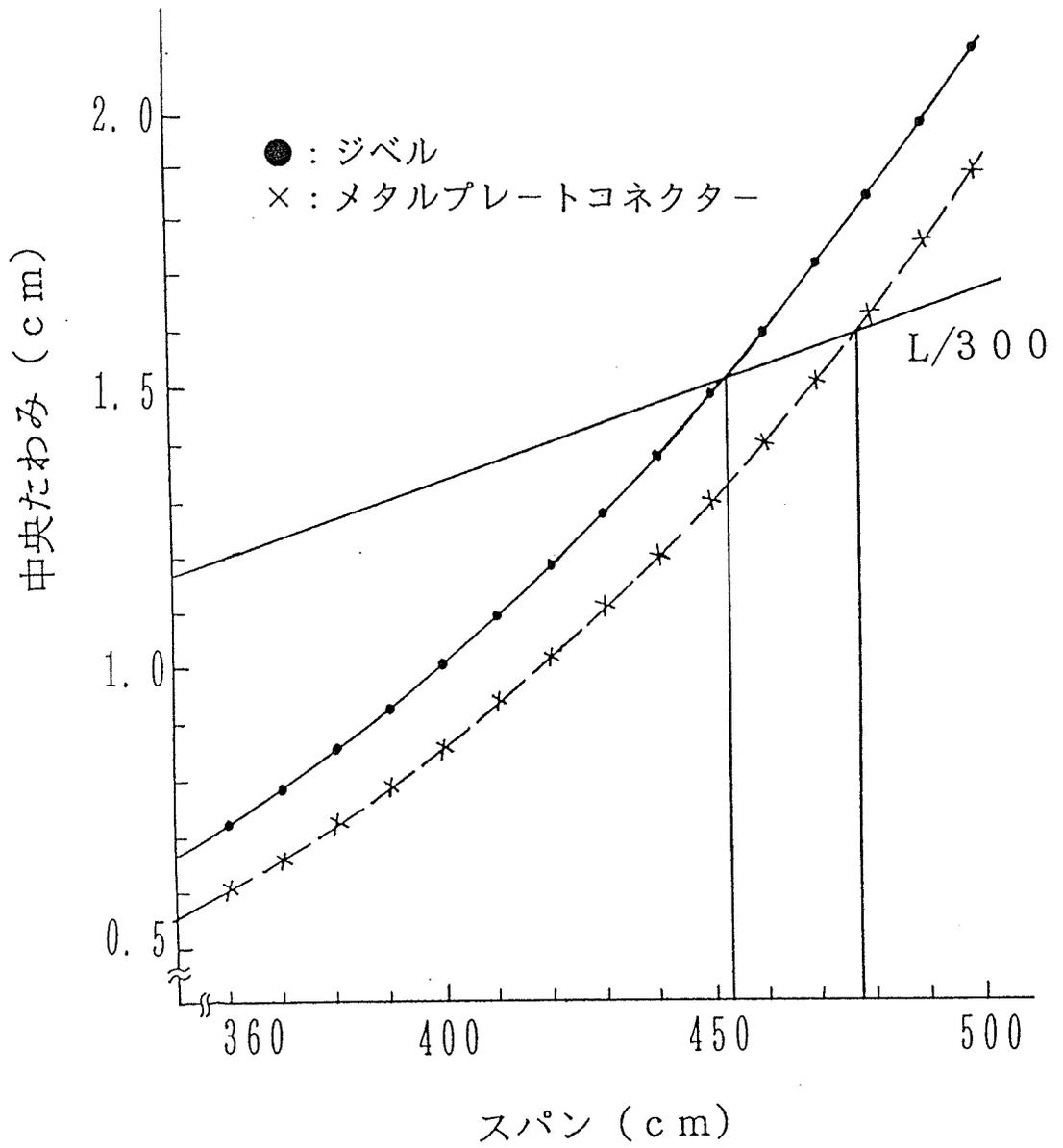


図-15 スパンと中央たわみの関係
 (ファスナー間隔15 cm)

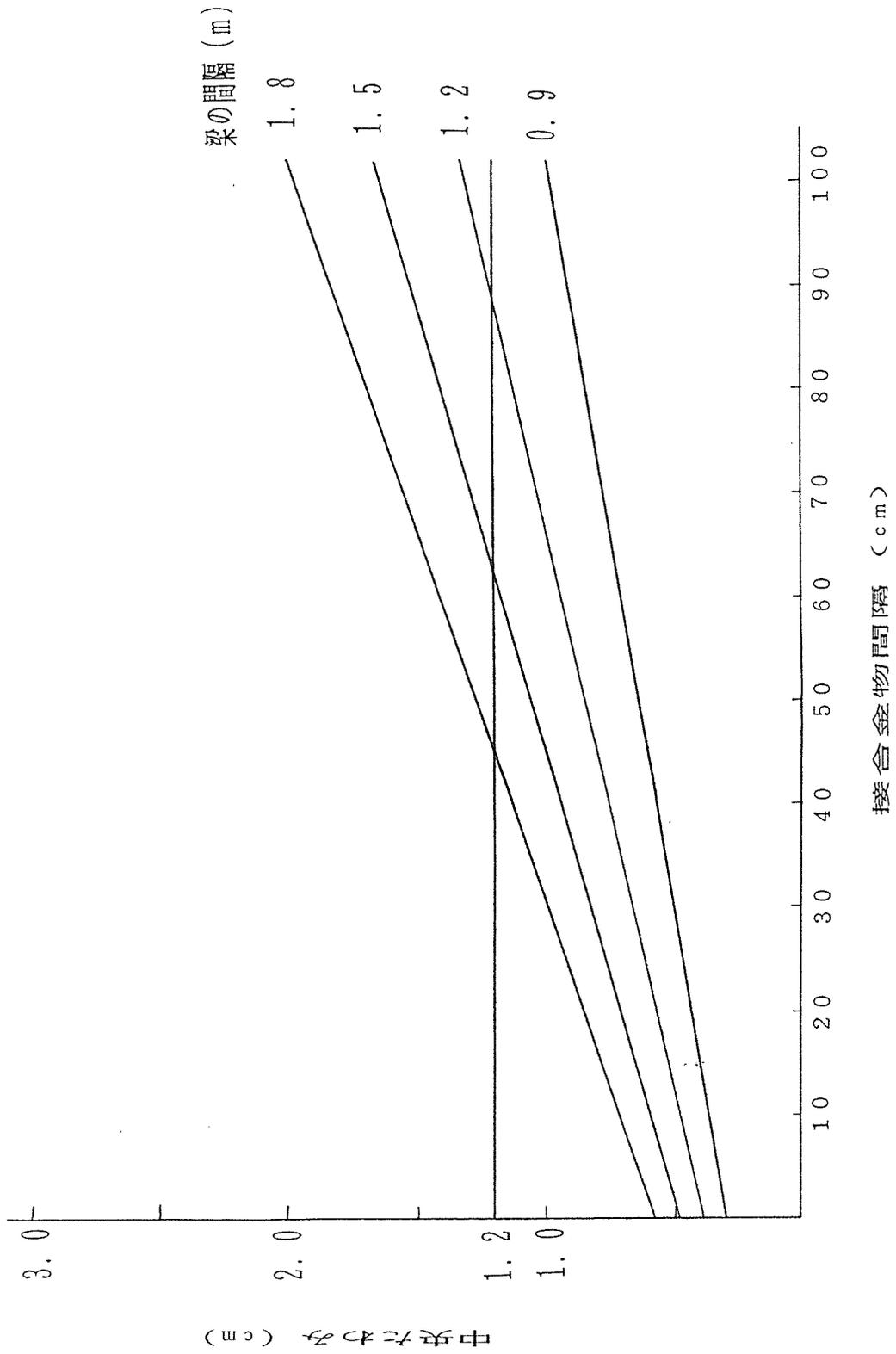


図-16 接合金物間隔と中央たわみの関係 (メタルプレートトコネクター)

まとめ

- 1 剛性については、ジベルよりもメタルプレートコネクターを用いた重ね梁の方が、粘りのある梁であったが、これらの重ね梁は全体として強度・剛性がともに不十分なものであった。
- 2 この試験で用いたファスナー間隔70cmの重ね梁を実際に使用するには、梁間隔を、ジベルの場合0.9m、メタルプレートコネクターの場合1.2mまで狭める必要がある。
- 3 梁間隔1.8mの使用条件のもとでは、ファスナー間隔をジベルの場合で30cm、メタルプレートコネクターの場合で40cm以下にする必要がある。

参考文献

- 1) 松本芳紀、山田孝一郎、上嶋賢治：鋼板補強木造ばりの挙動に関する理論的研究（その1 鋼板補強木造ばりの弾性挙動）

3. 接着重ね梁用接着剤の性能試験方法（平成6年度版）

1. 範囲及び目的

この試験方法は、接着重ね梁を製作するための接着剤について、最小限の性能基準と試験条件を設定することにより、接着重ね梁の構造安全性の確保に資することを目的とする。

2. 接着剤に要求される性能と試験項目

接着重ね梁用接着剤には下記の性能が要求され、それらの性能は該当するテストA～Fにより確認される。

- ① 予め均一に混合され、加圧式カートリッジに入っていること。
- ② フェノール樹脂木材接着剤（J I S K 6802）と同等の性能及び耐久性を有すること。
テストA 及び テストB：カバ材の常態及び煮沸繰り返し試験
- ③ 低温条件でも良好な接着力が得られること。
テストC：低温試験
- ④ 高含水材でも満足な接着力が得られること。
テストD：高含水材試験
- ⑤ 空隙充填性を有すること。
テストE：空隙充填性試験
- ⑥ 開放堆積時間が長くても満足な接着力が得られること。
テストF：オープンタイム試験

3. 試料の採取

試験に供する接着剤は生産単位を代表するものであること。

4. 試験方法

4.1 テストA 及び テストB

テストA及びテストBは J I S K 6802 に従って、カバ材目材を用い、常態及び煮沸繰り返し処理後の圧縮せん断接着強さを測定する。ただし、材料の調湿条件と硬化条件は表1に示すとおりとし、試験片数は各条件について30個とする。

4.2 その他のテスト

4.2.1 材料

テストC、D、E及びFには、アカマツ、クロマツ、又はダグラスファーの無欠点乾燥材で、表面に皮、節、割れ、ヤニ等が無く、含水率が全乾法で12～20%のものを使用する。

4.2.2 試験体の数

各テストごとに、試験体 3 個を作製する。

4.2.3 材料の調湿

材料は図 1 に従い必要とする寸法に切り、表 1 によって調湿後、試験体を作製する。

テスト D では、調湿後、余分な水分を乾いた布で拭き取り、表面が乾く前に試験体を作製する。

4.2.4 試験片の作製

材料表面の中心線に沿い、接着剤をビーズ状(帯状)に塗布する。この操作中に材料の温度が変化しないように注意する。接着剤を塗布した材料を表 1 に示した温度に 10 分間(テスト F では 30 分間)放置し、次に接着剤を塗布していない材料を重ね、図 1 に示す位置に釘 CN50 を釘打ちする。テスト E (空隙充填性試験)では、材料を重ねる前に 1.6mm の針金をスペーサとして図 1 に示す位置に入れる。

表 1 により硬化後、余分な部分を切り取り、各試験体から図 2 及び図 3 に示すブロックせん断試験片を 10 個ずつ作製する。

4.2.5 せん断試験

せん断試験はすべて $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度(RH) $50 \pm 5\%$ で行う。試験片は硬化完了後、上記の常態に保ち、8 時間以内に試験を行う。

4.2.6 接着強さ

ブロックせん断用治具を用いて、5 mm/min の速度で荷重をかけ、破壊荷重を測定する。次式により接着強さを計算する。

$$A = L / (2.5 \times 2.5)$$

A : 接着強さ(kgf/cm²)

L : 破壊荷重(kgf)

各試験についての接着強さと平均値を記録する。

4.3 比重

J I S K 6833 の 6.1 のメスシリンダー法による。

4.4 粘度

J I S K 6833 の 6.3 による。

4.5 不揮発分

J I S K 6833 の 6.4 による。

5. 判定基準

5.1 テストA、B及びCの判定基準

接着強さの平均値が表2に示す数値以上である場合、当該テストに合格とする。

5.2 テストD、E及びFの判定基準

5.2.1 各試験片についての基準

各試験片の接着強さ及び木部破断率が表2の数値以上である場合、適合とする。

5.2.2 テストの判定基準

各試験片の基準に適合するものの数が27個以上の場合、当該テストに合格とする。

5.3 接着剤の品質

比重は1.3～1.4、粘度は20～150万cP、不揮発分は85±2%の場合、合格とする。

参考規格

1. 木構造計算規準・同解説（日本建築学会）
2. J I S K 6802（フェノール樹脂木材接着剤）
3. J I S K 6833（接着剤の一般試験方法）
4. 集成材のJ A S
5. 床用現場接着剤の性能試験方法（日本住宅・木材技術センター）

表1 材料の調湿条件と接着剤の硬化条件

試験区分	材料の調湿条件	接着剤の硬化条件	供試木材
テストA 常態試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中に7日間以上	カバ
テストB 煮沸繰返し試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中で7日間以上	カバ
テストC 低温試験	23 ± 2℃の水に4.8時間浸せきし、2 ± 2℃の空気中で4.8時間	2 ± 2℃の空気中に7日間	ベイマツ
テストD 高含水率材	23 ± 2℃の水中に4.8時間浸せき、23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中で3時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中に4.2日間以上 ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中に2.8日間以上 ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中に7日間、60℃の空気中で2.4時間の乾燥 	ベイマツ
テストE 空隙充填性試験	23 ± 2℃、50% ± RHの空気中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空気中に7日間以上	ベイマツ
テストF オープンタイム試験	23 ± 2℃の空気中で4.8時間	23 ± 2℃の空気中に7日間以上	ベイマツ

表2 試験結果の判定基準

試験項目	せん断強さ (kgf/cm ²)	木部破断率 (%)
テストA 常態試験	100	
テストB 煮沸繰返し試験	60	
テストC 低温試験	30	
テストD 高含水率材	75	(65)
テストE 空隙充填性試験	75	(65)
テストF オープンタイム試験	75	(65)

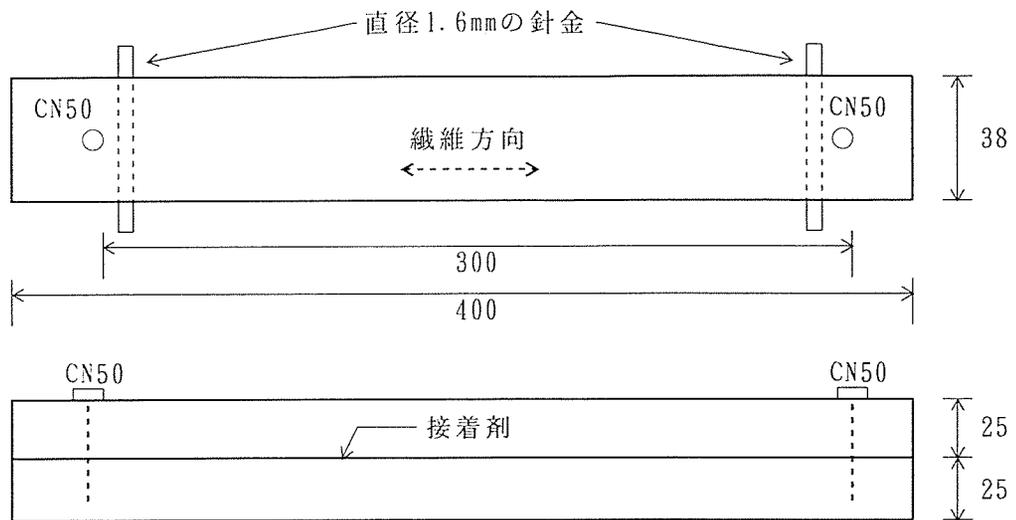


図1 試験体寸法 (単位:mm)



図2 試験体の切断、試験片の番号 (単位:mm)

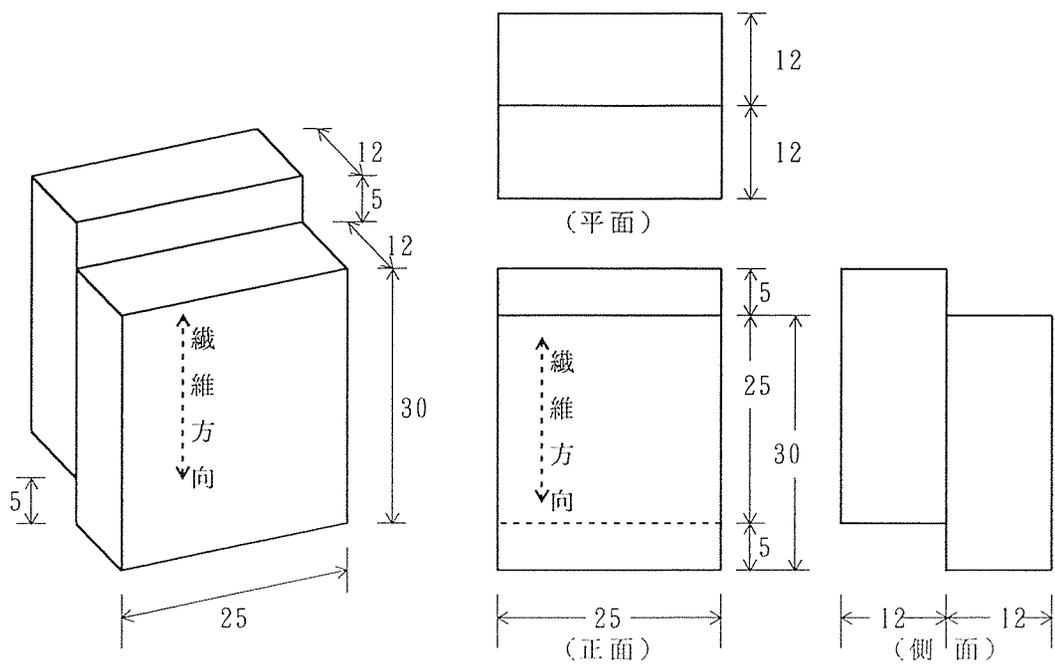


図3 ブロックせん断試験片 (単位:mm)

4. ポリウレタン系接着剤の性能試験結果

4. 1 性能試験結果

ポリウレタン系接着剤の接着性能を確認するため、接着工業会のメンバーに呼びかけ、参加メンバー各社のポリウレタン系接着剤の性能試験を実施した。試験は前年度に提案した接着重ね梁用接着剤の性能試験方法に従って、第1回目の試験を行った。試験方法の詳細は前章の性能試験を参考とする。1回目の試験は、表1に示す調湿条件と接着剤の硬化条件で接着力試験を行った。その結果は、表3～8に示す。2段に値が入っているのは、上の値が1回目の結果を示す。

表1 材料の調湿条件と接着剤の硬化条件

試験区分	材料の調湿条件	接着剤の硬化条件	供試木材
テストA 常態試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間	ベイマツ 他
テストB 煮沸繰返し試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で7日間	ベイマツ 他
テストC 低温試験	23 ± 2℃の水に4.8時間浸せきし、2 ± 2℃の空气中で4.8時間	2 ± 2℃の空气中に7日間	ベイマツ 他
テストD 高含水率材	23 ± 2℃の水中に4.8時間浸せき	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に2.8日間	ベイマツ 他
テストE 空隙充填性試験	23 ± 2℃、50%RHの空气中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間	ベイマツ 他
テストF オープнтаイム試験	38 ± 3℃の空气中で4.8時間	38 ± 3℃の空气中に7日間	ベイマツ 他

表2は1回目の結果を検討し、表の太字部分を改訂した条件で性能試験を行った結果である。硬化条件の結果については次の5. 2に示す。

表2 材料の調湿条件と接着剤の硬化条件

試験区分	材料の調湿条件	接着剤の硬化条件	供試木材
テストA 常態試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間以上	カバ
テストB 煮沸繰返し試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で7日間以上	カバ
テストC 低温試験	23 ± 2℃の水に4.8時間浸せきし、2 ± 2℃の空气中で4.8時間	2 ± 2℃の空气中に7日間	ベイマツ
テストD 高含水率材	23 ± 2℃の水中に4.8時間浸せき、23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で3時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に4.2日間以上 ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に2.8日間以上 ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間、60℃の空气中で2.4時間の乾燥 	ベイマツ
テストE 空隙充填性試験	23 ± 2℃、50%RHの空气中で4.8時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間以上	ベイマツ
テストF オープнтаイム試験	23 ± 2℃の空气中で4.8時間	23 ± 2℃の空气中に7日間以上	ベイマツ

[表中の注記]

Ave-SD-WF：せん断力の平均値－せん断力の標準偏差－木部破断率の平均値
 ウッドロック：各社で日本ポリウレタン工業のウッドロックを用いた試験結果。

表3 テストA 常態試験の結果

会社名	接着剤名	カバ	ベイマツ	カラマツ	ベイツガ	スギ
		Ave-SD-WF	Ave-SD-WF	Ave-SD-WF	Ave-SD-WF	Ave-SD-WF
アイカ工業		215--84 191--31				
	ウッドロック	230--35				
大鹿振興	TU-176	194-17-73 186-27-75				
	ウッドロック	186-16-84				
日立化成 ポリマー	4600B	180-32-66	87-8-32	100-11-1	111-17-34	79-8-48
	ウッドロック	182-23-57				
ホーネン コーポレーション	IW-310	156-28-2	99-23-27			106-10-59
	ウッドロック	157-31-1				
コニシ	KU	169-43-25	121-7-0	121-14-100	130-8-80	108-8-100
	ウッドロック	166-44-35				
タイルメント	UK-4	110-8				
	n=5 EXU101	79-4-100				
	ウッドロック	101-14-				
日本ポリ ウレタン 工業	ウッドロック	146--60 155-12-70	125-9-00	128-8-100	140-8-100	115-9-100

注1：タイルメント社の温湿度条件は全て20±2℃、60±5%で実施。

表4 テストB 煮沸繰返し試験の結果

会社名	接着剤名	カバ	ベイマツ	カラマツ	ベイツガ	スギ
		Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF
アイカ		37--0 163--39				
	ウツドロック	147--61				
大鹿	TU-176	64-18-4 103-23-32				
	ウツドロック	71-13-5				
日立	4600B	51-8-79 115-29-23	60-4-37	64-4-17	57-3-0	57-6-43
	ウツドロック	56-16-86				
ホーネン	IW-310	51-11-4 167-69-25	54-12-0			52-5-98
	ウツドロック	51-22-0				
コニシ	KU	37-13-0	51-12-0	62-14-0	65-5-55	62-10-80
	ウツドロック	38-13-0				
タイルメント	UK4 n=5	48-11-				
	ウツドロック					
ポリウレタン	ウツドロック	66-14-50 94-33-20	24-3-5	22-4-10	27-1-42	23-2-99

表5 テストC 低温試験の結果

会社名	接着剤名	ベイマツ	カラマツ	ベイツガ	スギ
		Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF
アイカ		76--7 111--100			74--80 85--100
	ウツド [®] ロック	114--100			88--100
大鹿 n=4	TU-176	49-3-15			75-33-15
	ウツド [®] ロック	50-13-23			78-6-0
日立	4600B	86-10-41 72-15-21	105-23-24	99-14-65	60-6-96 62-96-13
	ウツド [®] ロック	67-25-80			63-6-86
ホーネン	IW-310	97-22-9			78-17-29
	ウツド [®] ロック				
コニシ	KU	101-7-60 93-20-20	107-23-55	124-6-80	86-4-80 64-12-60
	ウツド [®] ロック	93-6-20			75-14-60
タイルメント	Uk4 n=5	124-41-			
	ウツド [®] ロック				
ポリウレタン	ウツド [®] ロック	32-3-100 87-18-30	34-4-94	38-3-99	30-5-100 68-6-90

表6 テストD 高含水率材試験の結果

会社名	接着剤名	ベイマツ	カラマツ	ベイツガ	スギ
		Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF
アイカ		58—0 127—100			41—0 76—100
	ウッドロック	135—100			112—100
大鹿 n=4	TU-176	147—14—100			69—4—84
	ウッドロック	157—37—76			65—7—64
日立	4600B	71—10—0 81—18—84 90—17—92	58—5—0	69—6—1	65—7—1 58—8—98
	ウッドロック	86—12—21			55—7—90
ホーネン	IW-310				87—26—21
	ウッドロック				
コニシ	KU	8—3—0 126—24—80	18—9—0	43—16—0	22—10—0 80—13—100
	ウッドロック	142—18—70			96—16—100
タイルメント	UK4 n=5	105—32—			
	ウッドロック				
ポリウレタン	ウッドロック	44—7—89 67—11—10	42—8—38	43—9—37	38—7—98 84—15—70

注：網掛は、木材調湿で水に48時間浸せき後、48時間乾燥を行う。

表7 テストE 充填性試験の結果

会社名	接着剤名	ベイマツ	カラマツ	ベイツガ	スギ
		Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF
アイカ		84--53 83--100			81--86 80--85
	ウツドロック	80--100			86--90
大鹿 n=5	TU-176	100-32-40			51-10-6
	ウツドロック	117-14-40			63-13-82
日立	4600B	75-5-1 64-4-4	75-3-1	78-7-0	70-5-21 62-4-8
	ウツドロック	116-12-80			88-12-94
ホーネン	IW-310	90-22-22			73-14-76
	ウツドロック				
コニシ n=7	KU	37-13-0	45-12-0	61-11-0	60-16-5
	ウツドロック				
タイルメント n=5	UK4	76-9-			
	ウツドロック				
ポリウレタン	ウツドロック	47-6-100 110-18-86	57-4-98	60-3-98	35-2-100 59-10-71

表8 テストF オープンタイム試験の結果

会社名	接着剤名	ベイマツ	カラマツ	ベイツガ	スギ
		Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF	Avc-SD-WF
アイカ		114—40 124—100			87—98 88—100
	ウツドロック	135—100			86—100
大鹿 n=5	TU-176	105—12—100			114—18—78
	ウツドロック	89—9—72			77—4—34
日立	4600B	112—11—99			59—7—97
	ウツドロック	89—9—72			60—10—100
ホーネン	IW-310	112—14—34			111—11—74
	ウツドロック				
コニシ					
	ウツドロック				
タイルメント	UK4 n=5	121—15—			
	ウツドロック				
ポリウレタン	ウツドロック	99—24—80			74—7—100

4. 2 高含水率材試験テストDの変更について

テストDは、以下の結果に基づき木材の湿潤条件と硬化条件をつぎのように変更する。

1. 木材の湿潤条件

木材の湿潤条件は、表1の根拠により、48時間水に浸せき後、接着剤を塗布するまでの乾燥時間を3時間とした。表1から明らかなように浸せき後早い段階でせん断試験を行うと十分な接着力を発揮していない。

表1 48時間水に浸せき後の乾燥時間とせん断強度の関係

乾燥時間	0分	90分	180分
含水率	30%	25%	20%
せん断強度(木破) kgf/cm ²	8(0)	43(5)	92(80)
判定	不合格	不合格	合格

コニシ(株)若菜氏のデータ概要(樹種ベイマツ)

2. 接着の硬化条件

接着剤の硬化条件は、つぎの3条件で接着力実験を行い、そのデータを比較して、最良のものを選択する。

接着剤の硬化条件は、以下のとおりである。

- 1) 23±2℃、50±5%RHで42日間(6週)
- 2) 23±2℃、50±5%RHで28日間(4週)
- 3) 23±2℃、50±5%RHで7日間乾燥後、60℃24時間乾燥

以上の3条件のせん断試験結果は、表2に示す。

- 1) 養生時間が長いほどせん断耐力は高い傾向を示し、その値のバラツキも小さい。
- 2) 7日+60℃DRYは、せん断力も小さく、バラツキが大きい傾向を示す。
- 3) 3社4種類のどの硬化条件でも、実験結果の平均値は、基準値75kg/cm²を満足する値を示した。
- 4) 個々のデータが基準値75kg/cm²を満足しているかを確認するとポリウレタン工業で実験を行ったもので28日間で1体、7日間で3体の不合格が確認できた。
- 5) 以上のことより、硬化条件として上記の3条件より選択して行うことを提案する。

表2 硬化条件によるせん断耐力の比較

硬化条件	ウッドブロック(ポリアリタン工業) (n=10)			TU-176(大鹿振興) (n=7~8)			ウッドブロック(アキ工業) (n=10)			(アキ工業)(n=10)		
	平均せん断力 kgf/cm ²	標準偏差	木部破断率(%)	平均せん断力 kgf/cm ²	標準偏差	木部破断率(%)	平均せん断力 kgf/cm ²	木部破断率(%)	平均せん断力 kgf/cm ²	木部破断率(%)	平均せん断力 kgf/cm ²	木部破断率(%)
42日間23±2℃ 50%RH min-max	143	12	100	136	17	64	146	100	140		90	
	126-154		0-100	123-155		60-100	135-156		126-153			
28日間23±2℃ 50%RH min-max	125	30	90	137	10	81	117	87	126		100	
	51-154		0-100	123-155		60-100	101-143		112-150			
7日間23±2℃ 50%RH 1160℃DRY min-max	102	46	60	123	23	90	149	97	154		100	
	43-156		20-100	86-146		80-100	117-163		126-168			

5. ボルト締め接着重ね梁及び機械圧縮接着重ね梁の製造の手引き (平成6年度版)

日本住宅・木材技術センター
複合梁委員会

目次

- 1 総則
 - 1.1 目的
 - 1.2 適用範囲
 - 1.3 用語
- 2 使用材料
 - 2.1 接着剤
 - 2.2 木材
- 3 接着重ね梁の製造
 - 3.1 木材接着面の調整
 - 3.2 接着剤の塗布
 - 3.3 圧縮と養生
 - 3.4 接着重ね梁の仕上げ
- 4 製品検査
 - 4.1 検査の目的
 - 4.2 接着検査と合否の判定
 - 4.3 接着剤の広がり検査と合否の判定
 - 4.4 接着重ね梁の合否の総合判定
- 5 接着重ね梁用接着剤の性能試験
 - 5.1 範囲及び目的
 - 5.2 接着剤に要求される性能と試験項目
 - 5.3 試料の採取
 - 5.4 試験方法
 - 5.5 判定基準
- 6 接着重ね梁の使用上の注意

1 総則

1.1 目的

この手引は、正角材を用いたボルト締め接着重ね梁および機械圧縮接着重ね梁の製造に関するガイドラインを示す。

住宅の質の向上と多様化により、間取りの大型化や広い空間の要望が顕在化してきているが、それにともない長尺の横架材の需要が増加している。しかし、製材品による長尺材は高価なものとなり、また入手も難しくなっている。我が国の森林で今後生産される木材は、戦後植林した針葉樹が主力となると予想されるが、その活用が重大な問題となつてこよう。

この手引は、これら針葉樹材を利用して、比較的安価で、製造も容易であるボルト締め接着重ね梁および機械圧縮接着重ね梁に関する製造及びその使い方についてのガイドラインを示すものである。なお、ここでいうボルト締め接着重ね梁は、構成材を相互に接着し構成材を貫通するボルトで締めて、あるいはラグスクリューで構成材をつづって圧縮圧力を与えて製造する重ね梁をいう。以後、機械圧縮接着重ね梁もあわせてこれら三者を総称して接着重ね梁という。

接着製品の製造は従来、品質管理のゆきとどいた工場で行うというのが一般的であったが、この手引で取り扱う接着剤は従来のもものと異なり、主材と硬化剤を調合する必要がない一液型で、扱いが簡単なものである。接着重ね梁の製造は上記のような工場にのみ限定してはいない。しかし、接着剤による接合は、接着不良を起こすとその部分は強度が極端に低い状態になることも考えられるので、扱が簡単なものといえどもその接着剤に適った品質管理が必要である。

この手引は本委員会でも継続的に行ってきた接着重ね梁の実験とその検討に基づいて、接着重ね梁の製造に必要な接着の品質管理やその使用方法についての情報を提供するものである。

1.2 適用範囲

本手引は、正角材を用いて工場または建設現場の下小屋程度の加工場で製造する2段又は3段重ねの接着重ね梁で、長さ6 m以下の住宅用の横架材に適用する。

本手引で取り扱う重ね梁は、貫通ボルトまたはラグスクリューで圧縮しあるいは機械で圧縮して接着剤で接着した2又は3段重ねの梁を対象としており、これに用いる木材は、9 cm角以上の正角材とする。接着重ね梁の製造は、工場または建設現場の下小屋程度の加工場で行うことを想定している。10.5～15 cmの正角材で製作した3段重ね梁は、梁せいにすると30～45 cm程度であり、単材梁でいう尺または尺五寸程度の梁せいに対応している。用途としては住宅用の横架材、例えば床梁、桁、屋根梁、母屋などを考えているが、荷重条件等を考慮すれば他の用途も考えられる。樹種は特に限定していないが、国産材としてはスギなどが一般的であろう。また、スパンが大きい場合には、剛性の高い

材料を利用したり、あるいは床梁間隔を狭くするなどして荷重レベルを低く抑えるなどの検討が必要であろう。長さを6 m以下と限定したのは、重ね梁の実験が3間(5.46 m)までであったこと、一般的に入手可能な材料の長さが6 m以下であってかつ構成材の継手はここでは考えていないことなどの理由による。

1. 3 用語

- ・接着重ね梁：製材の正角材を接着剤を用いて2段または3段重ね合わせ、適当な間隔で配置した構成材を貫通するボルト又はラグスクリューで圧縮して、あるいは機械により圧縮して製造した梁をいう。
- ・正角材：厚さ、幅が75 mm以上でその断面が正方形の木材をいう。一般には柱、土台材などに用いる。
- ・一液型ウレタン系合成樹脂接着剤：ウレタン系合成樹脂接着剤で、主剤と硬化剤を調合する必要がなく、通常小型のカートリッジに入っている。
- ・接着剤の塗付：接着剤を被着材である木材に塗ること。
- ・圧縮：接着剤の硬化に際し、接着剤を塗布した被着材相互に均一な圧力を加えて密着させる操作をいう。熱を加えて圧縮することを加熱圧縮または熱圧といい、常温の場合を冷圧という。
- ・オープンアッセンブリタイム：接着剤を被着材に塗ってからもう一方の被着材に接着するまでの時間。最適なオープンアッセンブリタイムは接着剤、被着材料、気温、作業状況などにより異なる。開放堆積時間ともいう。
- ・ナイフテスト：木材などの接着力を測定するための試験方法の1つで、ナイフを接着層に挿入して接着層を破壊し、破壊面の状況から接着状況を判断する。
- ・凝集破壊：接着接合部の破壊形態のひとつで、みかけ上接着剤層内部が破壊すること。この場合破断面の両方に接着剤が付着している。
- ・界面破壊：接着接合部の破壊形態のひとつで、みかけ上接着剤と被着材(木材)の界面が破壊すること。この場合、破断面の片方にだけ接着剤が付着している。
- ・木部破断：接着接合部の破壊形態のひとつで、みかけ上被着材(木材)が破壊すること。この場合、破断面の両方ともに接着剤が付着していない。
- ・隙間ゲージ：隙間の厚さを測定するケージで厚さに応じていろいろな種類がある。
- ・背割材：乾燥に伴う割れを防ぐ目的で、断面の一片の中央に鋸目を入れた木材をいう。
- ・ねじれ：木材の四隅が同一平面上にないものを

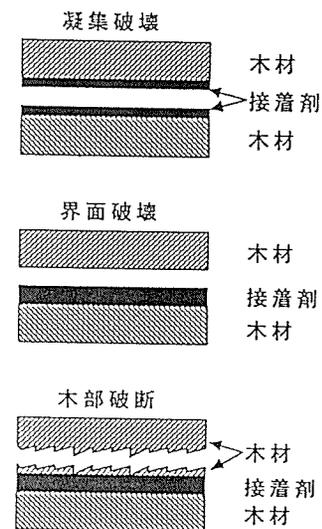


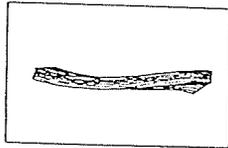
図1 接着接合部の破壊形態

いい、木理の不整または不適當な乾燥によって生じる。

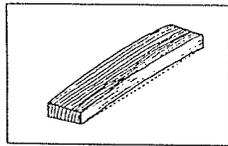
・曲がり：厚さの材面（側面）の長さ方向の湾曲をいい、製材の際の挽曲がり、木理の不整または乾燥が不適當であるために生ずる。曲がりの程度は厚さの材面の長さに沿う内曲面の最大矢高で表す。

・そり：幅の材面（表面）が材の長さ方向に湾曲したものをいう。正角材の場合には、曲がりと同じである。

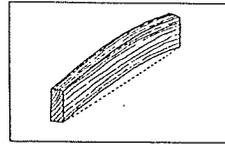
・幅そり：木材の材幅方向に湾曲したものをいう。



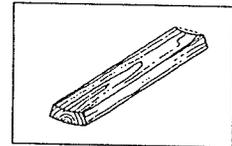
ねじれ



曲がり



そり



幅そり

図2 木材の狂い

2 使用材料

2.1 接着剤

- a. 種類：接着重ね梁の製造に使用する接着剤はカートリッジタイプの一液型ウレタン系合成樹脂接着剤とする。
- b. 品質：5に定める接着重ね梁用接着剤の性能試験に合格するもの。
- c. 保管と取扱：直射日光や雨水を避け、冷暗で温度変化の少ない場所に保管する。保管期間は指定期間内とするが、指定がないものでも通常6か月程度が限度であり、それを過ぎたものは使用を避ける。また、一たん開封したカートリッジは短時間のうちに使用するものとする。

a. 一液型ウレタン系合成樹脂接着剤（以下ウレタン系合成樹脂接着剤という）は、1960年代より使用されだした比較的新しい接着剤で、我が国では現在のところJIS等の品質基準はない。ウレタン系合成樹脂接着剤の、長所は剥離、曲げ、ねじり、衝撃に強く、低温でも使えるということにある。しかし剪断、クリープにやや問題があり、対紫外線性、耐熱性、対アルカリ性なども比較的弱いとされている。しかし、航空機や自動車などにも利用されており、今後が期待される接着剤である。現在数社からカートリッジタイプの一液型ウレタン系合成樹脂接着剤が市販されている。ウレタン系合成樹脂接着剤は、接着操作の点において従来の接着剤と比較して大きな特徴を持っている。従来の木材接着剤は、被着材の接着面の平滑さ、接着層の薄さ、接着剤の広がりのための圧縮圧などを必要とした。しかし、ウレタン系合成樹脂接着剤は、接着面の平滑さはハンドプレーナ程度の仕上げで十分であり、接着層の厚さが1mm以上、圧縮圧が1kgf/cm²以下でも十分な

接着性能を示している。また、この接着剤は、一液型であるため、主剤と硬化剤の混合といった調整の必要がなく、接着剤に関する専門的な知識がなくても十分に扱える接着剤である。

b. 現在のところ J I S 等の品質に関する基準や試験法はないが、当委員会で接着重ね梁に要求される性能を考慮した接着剤の性能試験を定めた。

c. 接着剤の保管は、他の接着剤と同様な一般的な対応で十分である。取扱上特に注意することは、一旦開封したカートリッジは、短時間のうちに使いきることであり、何時間も経過したカートリッジは表面が硬化してきているので使用しないこと。

2. 2 木材

a. 樹種：スギ、ヒノキ等の針葉樹とする。

b. 品質：製材の日本農林規格で定める製材の 1 等もしくはそれと同等以上の品質を有するもの、あるいは針葉樹の構造用製材の日本農林規格で定める甲種構造材のうちの 1 級あるいは 2 級、または機械等級区分製材もしくはそれと同等以上の品質を有するものとする。

c. 断面寸法：使用する木材の最小断面は、90 mm (3 寸) 角以上とする。

d. 含水率：使用上支障を来さない含水率とする。

e. 保管と取扱：木材は、含水率の著しい変化、劣化、汚染、凍結、霜の付着などを防ぐため、直射日光や雨水、風、雪等が直接当たらない場所で保管する。

a. 梁材に用いる木材の樹種は、市販の柱材を用いることを前提としたため、使用頻度の高い針葉樹とした。スギ、ヒノキより比重の高い樹種を使用する場合、あるいは異樹種を混用する場合は、試験によって接着力が十分であることを予め確認しておくこと。

b. 梁材に用いる木材は、製材の日本農林規格で定める 1 等または特等もしくはそれと同等以上の品質のものとする。あるいは針葉樹の構造用製材の日本農林規格で定める甲種構造材のうちの 1 級または 2 級、または機械等級区分製材もしくはそれと同等以上の品質を有するものとする。

c. 断面寸法は、柱材として入手が容易な正角材とした。なお、90 mm 角未満の正角材は、木材の市場での流通や梁材としての用途を考慮してこの手引では扱わないこととした。

d. 2. 1 で規定したウレタン系合成樹脂接着剤は、木材含水率が高い (20% 以上) 状態でも、梁材としての曲げ性能を保証するだけの十分な接着強さを発揮することが、接着性能試験や接着重ね梁の曲げ試験の結果から認められている。しかし、接着が十分であっても、接着後の木材の含水率が高いと、材の割れを生じやすく、乾燥によるクリープ変形も進むので、このことが不都合となるような場合には、相応の含水率となった材を使用するのが望ましい。接着重ね梁のクリープ実験から以下のような知見が得られているのでそれを参考にして、使用する木材の含水率を調整するのがよいであろう。含水率 15% 以下ではクリープによるたわみは初期たわみの 1.5 倍程度と考えられる。含水率 20% 以下では、クリープたわみは 1.5 ~ 2.0 倍、含水率 20% を超える場合には 3.0 ~ 5.0 倍程度が考えられる。ここでいう含水率は高周波型の含水率計で測定したものをいう。

e. 製作に用いる木材の曲がりや反りなどの狂いが著しいものは、重ね合わせて接着する場合に、圧縮圧が均一に伝わらず、塗布した接着剤が十分に広がらないこともあるため、使用は避ける。幅反りは、プレーナ加工で除く。

f. 製作するまでの木材の保管、管理が十分でないと、狂いが発生したり、冬季には凍結したりする場合もあるので、十分な管理が必要である。特に長期間保管する場合には、木材の乾燥により狂いを生じやすくなるので、十分な管理のもとで保管するのが望ましい。

3 接着重ね梁の製造

3. 1 木材接着面の調整

a. 平滑性：挽き立て材はプレーナ加工により接着しようとする面（接着面）を平滑にする。木材に著しいそり、曲がりおよびねじれがないことを確認する。接着面の幅ぞりは軽微であってもプレーナ加工により除去する。

b. 汚染：接着面の汚れは布またはブラシ等で取り除く。汚れのとれないものについては、使用を避ける。

c. 水分：接着面が濡れていないことを確認する。濡れている場合は布等で水分を拭き取り、接着面が乾いた後（濡れによる表面の変色がなくなった後）、接着操作を行う。

d. 凍結および霜、氷：接着面が凍結している場合、または接着面に霜または氷等が付着している場合は、接着してはならない。

a. 挽き立て材では、帯状に塗布した接着剤はあまり広がらず、従って接着強さも著しく低いことが実験的に確認されている。また、木材のそり等が著しい場合は圧縮圧力が接着剤に伝わらず、塗布した接着剤が十分に広がらない事がある。特に幅ぞりは軽微でもその影響は大きいので接着剤を塗布する直前にプレーナ加工をしてとり除くことが必要である。

d. 接着面が凍結している場合または霜等が付着している場合は接着不良となる可能性が高い。この場合、接着した後も材料が低温状態におかれると、水分が融解しないため見かけ上十分な強度を示し、接着が良好とみなされるが、水分が融解すると接着力が極端に低下することがあり、危険である。接着面が凍結または霜等が付着している場合は接着してはならないし、またそういう状態にならないよう木材の保管状態を検討する必要がある。

3. 2 接着剤の塗布

3. 2. 1 塗布環境

a. 作業場所：接着作業は、直射日光、雨水等が材料にかからない環境で行う。

b. 作業場の保温：気温が氷点下となる場合は、暖房器具等により作業環境の温度を0℃以上に保ち、材料の凍結を防ぐ。

c. 塗布作業時の注意：接着剤の塗布作業中は、作業環境の通風をよく行い、火気の使用は十分注意する。

b. 温度が0℃以下になると、木材の凍結のおそれがある、接着剤の粘度増加により帯状に塗布した接着剤の広がりが悪くなる、硬化時間が長くなる等接着に悪影響を及ぼす現象が起きる可能性がある。従って、良好な接着を得るために、接着作業は0℃以上の環境で行うこととした。

c. 接着重ね梁に使われるウレタン系合成樹脂接着剤はトルエン等の有機溶剤を含むため、室内の換気をよく行い火気の使用は十分注意すること。また、作業者は、健康上、有機溶剤を多量に吸い込まないように注意する必要がある。

3. 2. 2 木材の重ね合わせ

a. 軽微な曲がり材：軽微な曲がりのある木材を用いて接着重ね梁を製作する場合は、凸面が接着面となるように木材を重ね合わせる（図3）。

b. 背割材：背割材を用いる場合、背割りの方向は梁の高さ方向と平行になるように重ねる（図4）。

a. 木材の曲がり等は、帯状に塗布した接着剤の広がりが悪くなる原因となるので好ましくないが、やむを得ず軽微な曲がりのある木材を用いる場合は、凸面を接着面とすると接着剤の広がりが良くなる（図3）。

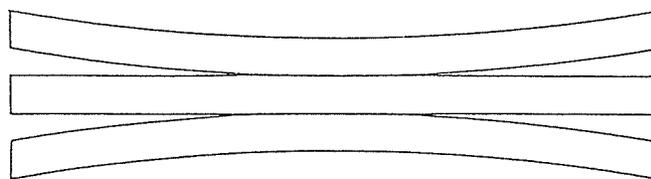


図3 曲がり材の重ね合わせ方

b. 正角材には背割りをいれてあるものが多いが、これらを使用する際には、剪断強度の低下を防ぐため、図4に示すような積層方法をとる。

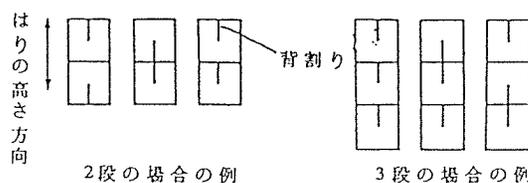


図4 背割り材の重ね合わせ方

3. 2. 3 塗布作業

塗布作業は次の手順で行う。

a. 接着剤の準備：接着剤のノズルをカットする。カットする位置はノズルの内径が9mm程度の位置とし、カッターナイフ等でノズルに直角にカットする（図5）。

その後、押し出しガンにカートリッジを装填する。

b. 塗布：接着剤を、木材の幅方向での中心位置に連続した帯状に塗布する。規定の塗布量に達するまで繰返し塗布する（図6）。塗布面は片面塗布とする。塗布した接着剤はへら等で広げてはならない。

c. 塗布量：各接着層の塗布量を測定する。1接着層の単位長さ当たりの塗布量が、表1の値以上であること。

d. オープンアッセンブリータイム：塗布後30分以内に重ね合わせ、圧縮を行う。

e. 作業記録：接着重ね梁の製作時に、表2に示すような作業記録を作成して、製品検査記録（4.4項）と共に保存する。

b. 接着剤を塗布する位置は、製品検査が正確に行われるよう、木材の幅方向のほぼ中心付近に行うこととした。接着剤の塗布量が不足して追加する場合も、木材の幅の中心付近に均一に塗布する。

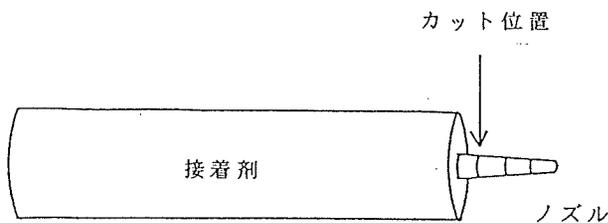


図5 接着剤のノズルのカット位置

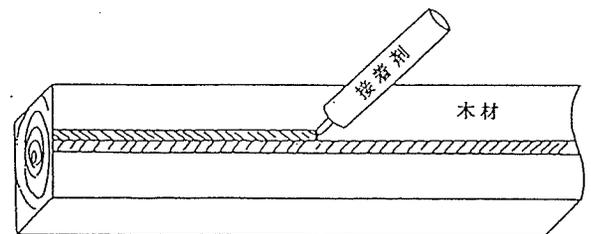


図6 接着剤の塗布方法 規定の塗布量に達するまで連続した帯状に2回以上材幅の中心付近に塗布する。

c. 接着剤の塗布量は接着重ね梁の性能に大きく影響する重要な因子である。塗布量が不足すると、製品検査において不合格となる可能性があり、また接着重ね梁としての性能が保証できなくなる。接着重ね梁を製作する場合、製造者、管理者または関係者等により、十分な接着剤が塗布されることに最大の注意が払われるようにしなければならない。

塗布量の測定：塗布前に押し出しガンに納められた接着剤の重さを1gの単位まで測定し、これを W_b (g)とする。塗布後に、同様に接着剤の重さを測定し、これを W_a (g)とする。塗布した長さが L (m)の時、長さ当たりの塗布量 G (g/m)は次式で計算

表1 材料の寸法および圧縮間隔別の単位長さ当たりの塗布量 (g/m)

圧縮間隔*	90 cm	60 cm
	重ね梁	
9 cm 角 3 材 合わせ	50	40
10.5 cm 角 3 材 合わせ	50	40
12 cm 角 3 材 合わせ	50	40
15 cm 角 3 材 合わせ	60	50
15 cm 角 2 材 合わせ	70	50

* 貫通ボルトまたはラグスクリューの間隔

される。

$$G = (W_b - W_a) / L$$

例えば、4 mの材の1接着層に200 gの接着剤を塗布した時の長さ当たりの塗布量は50 (g/m)となる。

d. 接着剤を塗布してから材料を重ね合わせ圧縮するまでの時間をオープンアッセンブリータイム（開放堆積時間）というが、オープンアッセンブリータイムが長くなると接着剤の粘度は増加し、接着剤の広がりや転写が悪くなる等接着性能を損なう可能性が高くなる。接着剤を塗布したら直ちに材料を重ね合わせ圧縮する事が望ましい。オープンアッセンブリータイムは長くても30分以内とする。

規定の塗布量に達するまで、接着剤を連続した帯状に、2回以上、材幅の中心付近に塗布する（図6）。

表2 接着重ね梁製作時の作業記録（例）

接着重ね梁記号			
製造日	平成	年	月 日
寸法および段数	cm角、		段重ね、 長さ m、
環境条件			
製造者名	都道府県		市町村
天候	晴れ	曇り	雨 雪
外気温度	℃		
作業場内温度	℃		
木材の状態			
曲がり	なし	軽微	
ねじれ	なし	軽微	
幅ぞり	なし	軽微	
汚れ	有	無	
濡れ	有	無	
凍結等	有	無	
含水率	%（測定機器）		
接着操作			
接着剤名			
塗布量	上段	g/m	
	下段	g/m	
圧縮方法	ボルト	ラグスクリュー	その他（ ）
圧縮間隔	cm		

3. 3 圧縮と養生

3. 3. 1 圧縮方法

圧縮はボルトあるいはラグスクリューないしは機械圧縮とする。

a. ボルト： 使用するボルト・ナットおよび座金の品質は、Zマーク表示金物（日本住宅・木材技術センター）の六角ボルト（M12）・六角ナット（M12）および角座金（W4.5 x 40）を用いるものとする。ボルトの長さは、圧縮した際にボルトのネジがナットより2mm以上出るものとする。圧縮間隔（ボルトの心心距離）は910mm以下とする。梁端部の圧縮位置は、端部から圧縮間隔の1/2以内とする。圧縮は座金が木材にめり込む程度とする。

b. ラグスクリュー： 12または16mm径のラグスクリューを使用し、角座金（12mm径のラグスクリューではW4.5 x 40，16mm径のラグスクリューにあっては十分な圧縮圧が得られる座金を適宜選択する）を併用する。圧縮間隔および圧縮はボルトに準ずる。

c. 機械圧縮

油圧ジャッキやクランプ等を用いる機械圧縮は、材料の平滑性や含水率が管理でき、かつ、接着作業の環境が工場生産に近い場合とする。

本手引では下小屋程度の環境の下での接着でも十分な接着力が期待できるとしているが、仮にこれが不足した場合でも、圧縮に用いたボルトやラグスクリューの機械的接合が期待できるものとする。

圧縮法として、ボルトやラグスクリューを用いる他に釘も考えられるが、釘圧縮は釘打ちの際の衝撃力により接着剤が広がり、その後の緩和で隙間を生ずる。このことが製品検査の正確さを低下させると考えられるので、接着重ね梁の圧縮方法から除いた。

a. ボルトによる圧縮： 孔あけは接着剤塗布前に行わなければならない。ボルト間隔は、梁の高さが300mm程度では910mmとし、それ以外の高さでは圧縮の際に材に隙間を生じないように間隔を狭める。孔の径は15mm程度とする。孔あけした後、仮組を行い、使用する全てのボルトが貫通することを確認する。梁にほぞ穴等の加工をする必要がある場合、ボルト位置を予め検討しておく。

接着剤を適量塗布した後、材を垂直に重ね、ボルトを全て通す。端より順次座金が木材にめり込む程度にボルトを締める。この際、接着剤が十分しみ出すことを確認する。ボルトの追い締めはよいが、圧縮の途中で圧縮を解除し再度圧縮しなおすことは接着不良の原因となるので避ける（図7）。

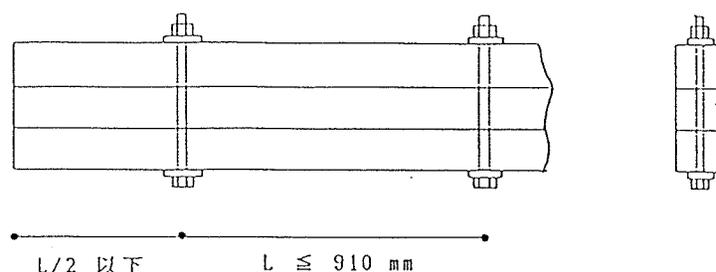


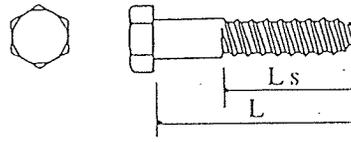
図7 ボルトによる接着重ね梁の圧縮

表3 ラグスクリユーの種類（日本住宅・木材技術センター規格（案）抜粋）

呼名	胴径	谷径	長さ L										
			90	100	125	130	140	150	160	170	180	190	200
LS 6	6	4.2											
LS 8	8	5.6	○	○									
LS10	10	7.0	○	○	○	○	○	○					
LS12	12	8.9		○	○	○	○	○					
LS16	16	12.0		○	○	○	○	○	○				

○：常備品
ネジ部の長さ $L_s = 3/5$

単位：mm



b. ラグスクリユーによる圧縮：

ラグスクリユーによる圧縮で製造した接着重ね梁についても、実験が行われ、その性能がほぼ明らかとなってきたので、圧縮法として採り上げた。ラグスクリユー（コーチスクリユーともいう）には、日本住宅・木材技術センターの規格（案）があり、その抜粋を

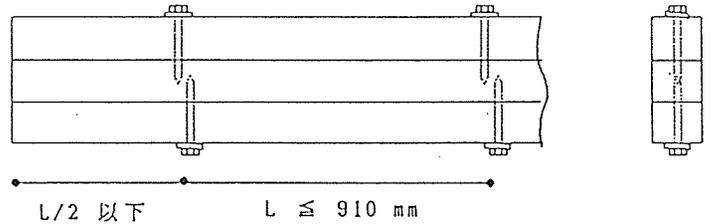


図8 ラグスクリユーによる圧縮

表3に示した。接着重ね梁の圧縮用には径12または16mmのラグスクリユーを角座金を併用して使用する。圧縮間隔はボルト圧縮の場合と同じとする。1本のラグスクリユーによる圧縮は2材までとする。したがって、3材合わせの重ね梁では上下両面から圧縮しなければならない。重ね梁の上下材の先穴は、ラグスクリユーの胴部と同寸とし、中央材の先穴の径はねじ径の40～70%とする。ラグスクリユーの長さは、2材目の中央に達するものでなければならない。圧縮圧分布を上下材で揃える目的から、上下のラグスクリユーを接近させて使用する。圧縮はボルト圧縮同様に座金がめり込む程度とし、接着剤がしみ出ることを確認する（図8）。

c. 機械による圧縮：ボルトやラグスクリユーなどのメカニカルな接合具を用いず接着のみで性能を維持する重ね梁を製造するためには、木材の品質管理および接着工程の管理を集成材工場と同程度に行い、かつ、製品の性能検査をする必要がある。

乾燥した木材を自動1面かんなどで平滑にし、接着剤を適量塗布する。材を垂直に重

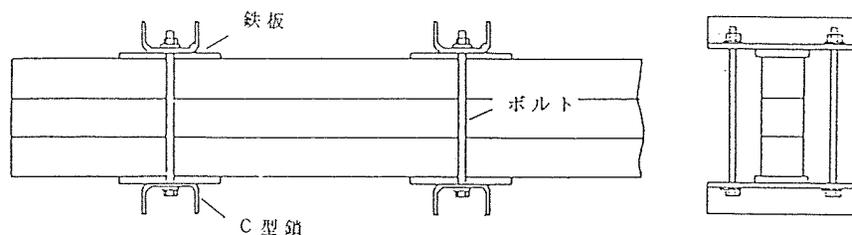


図9 クランプによる圧縮例

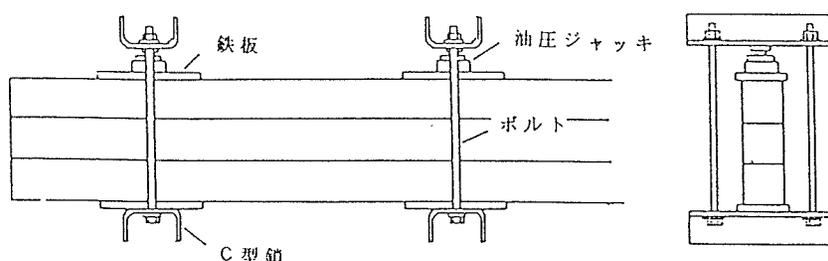


図 1 0 小型油圧ジャッキによる圧縮例

ね、端部より順次圧縮を行う。ジャッキあるいはクランプは、1トン以上の圧力を加えることが可能なものを使用し、フレームは圧縮に応じた反力を支えることができるものを用意する。圧縮圧が高いので、梁を傷めず、力を分散する目的から当て板を使用する。当て板は長さ200mm以上、梁幅以上の幅を持つ厚さ9mmの鉄板またはこれと同等以上の剛性を持つ硬木を梁の両側に当てる。圧縮間隔は910mm以下とする。圧縮圧は材を傷めない範囲で、接着剤がほぼ全面からしみ出る程度とする。粘性の高い接着剤ではしみ出すまでに多少の時間を要する。したがって、接着剤を十分に広げ、かつ、材を損傷しないよう段階的に圧縮圧を増すことが望ましい。圧縮の際、材が滑るのでカスガイ等適当な治具を用いて固定する必要がある。圧縮は10℃以上の温度環境で24時間以上行う（図9、図10）。

3. 3. 2 養生

養生は雨水がかからず、直射日光のあたらない場所で、適切な養生温度の下で1週間以上行う。

ボルトあるいはラグスクリューによる圧縮では、養生期間は0℃以下とならない温度環境で1週間を標準とする。圧縮に用いたボルトあるいはラグスクリューは、圧縮した状態で使用し、抜いてはならない。

油圧ジャッキ等の簡易機械圧縮にあっては、圧縮解除後も10℃以下とならない温度で1週間を標準として養生を行う。温度が下がった場合は養生期間を延長する。

3. 4 接着重ね梁の仕上げ

養生した接着重ね梁の仕上げは、圧縮によりはみ出した接着剤のバリを削り落とす程度とするか、または必要に応じて軽いプレーナ仕上げとする。

製品としての接着重ね梁は、見栄えをよくするために、接着時に生じた木材のバリなどを削り落として、きれいな面を作製しがちであるが、そのような削り落としにより構造上必要な梁断面が不足をきたし、構造的に安全でないような製品を製造する結果となるので、製品にプレーナ仕上げを必要とする場合には、予め削りしろを見込んだ断面設計が必要である。そのため、接着重ね梁の仕上げとしては接着剤のバリを落とす程度とし、どうしてもプレーナ仕上げが必要な場合は、プレーナ掛け1回程度の仕上げにとどめる。

4 製品検査

4.1 検査の目的

製作した接着重ね梁の接着接合部の接着が良好であることを確認するため、すべての重ね梁について製品検査を行う。製品検査には接着の検査、および接着剤の広がりの検査の2つがある。

本手引に示した接着重ね梁に適用する接着手法は、品質管理が十分行われている工場等で行われるだけでなく、建築現場の下小屋等で行われる、いわゆる現場接着に近い場合もある。近年接着剤メーカーは現場接着に適する接着剤、すなわち高含水率材、低温度、低圧力等の条件でも良好な接着が可能な接着剤を開発してきている。本手引で使用するウレタン系合成樹脂接着剤は、そのような過酷な条件においても十分な接着強さを発揮する優れた接着剤であることが実験的に確認されている。しかし、接着性能は接着剤の性能だけで決まるものではなく、接着操作、木材、および環境条件等の影響を受ける。そのため、現場接着に優れた接着剤を用いたからといって、直ちに現場接着接合部の接着信頼性が十分と言うことはできない。最近実施された枠組壁工法住宅における現場接着床組の実態調査および接着重ね梁の製造実験から、現場接着の接着信頼性を損なう大きな因子のひとつは、帯状に塗布した接着剤が十分広がらない場合があるということであることが分かってきている。

現場接着を構造用途に適用するためには接着信頼性を高める必要がある。そのためには、製作した全ての接着重ね梁を検査し、検査に合格した重ね梁を使用していくことが必要である。接着による強度は、接着面積（接着剤の広がった面積）と接着強さ（破壊荷重を接着面積で割った値）の積で決まるため、接着強さと接着面積の検査を行えばよいことになる。ここで行う接着強さの検査は、ナイフテストと呼ばれている試験法（例えば英国規格1455）に類似している。この試験法は接着強さが接着剤の凝集力、接着剤と被着材（木材）の界面の接着力および被着材の一番小さいもので決まるという考え方に基づいている。被着材である木材の強さは一定の範囲にあるため、接着されたものを破壊したとき被着材で破壊が生じたときは、接着剤の凝集力と界面の接着力は被着材の凝集力より大きく、接着が良好であることをしめす。本手引で採用した試験方法は、現場でも容易に行えることを考慮して、スキマゲージを用いる接着剤の広がり検査と前述のナイフテストに近い検査方法とした。

4.2 接着検査と合否の判定

a. 試験体の製作と保管：所定の養生（3.3.2項）を終えた後、接着重ね梁の端部から5cm以上離れた部分から、接着重ね梁の断面と同じ形状で長さ2cmの試験体採取する（図11）。採取した試験体は20℃以上の環境で24時間以上保管する。

b. 検査方法：試験体のすべての接着層に穂幅2cm以上の打ちのみ（たたきのみ）をあて、げん能でたたいて試験体を破壊する（図12）。

c. 合否の判定：接着剤が広がっている部分での破壊がおおむね木材の部分で生じた時は合格とし、完全な接着剤の凝集破壊または接着剤と木材の界面破壊の場合は不合格とする（図13）。

c. 試験体を破壊したとき、破壊した両面に木材が付着している場合を木材で破壊が生じたと言い（図13a）、合格とする。破壊した両面に接着剤が付着している場合を接着剤の凝集破壊と言い（図13b）、不合格とする。破壊した片面に接着剤が付着して他の片面に破壊されていない木材表面が現れる場合を界面破壊と言い（図13c）、不合格とする。

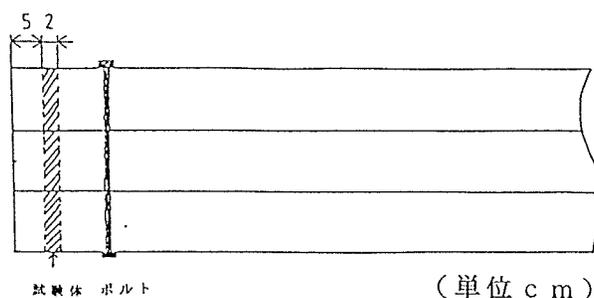


図11 接着検査試験体の採取位置

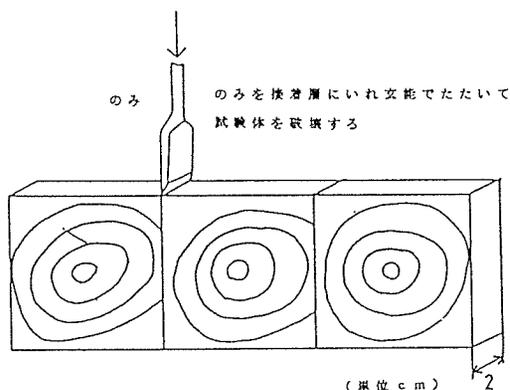
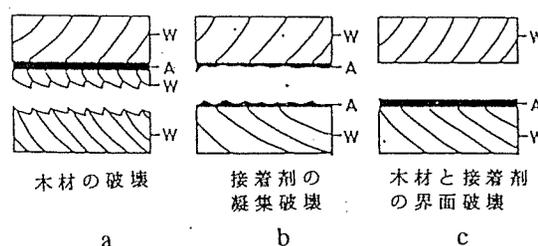


図12 接着検査方法



(A:接着剤, W:木材)

図13 接着接合部の破壊形態

4. 3 接着剤の広がり検査と合否の判定

- a. 検査に用いる器具：J I S B 7524で定める100A10型のスキマゲージ（長さ100mm）の中の厚さ0.05mm程度のものを用いる（図14）。
- b. 広がり検査の方法：本検査は所定の養生（3.3.2項）を終了した後に行う。
1. 接着重ね梁の両側面にあるすべての接着層の全域から接着剤がはみ出している時は合格とする。ここで合格しない場合は、2に示す検査を行う。
 2. ボルトなどによる圧縮点の中間部における両側面のすべての接着層にスキマゲージを挿入し、その侵入深さを測定する（図15）。測定した侵入深さの全てが表4に示す基準値未満の時は合格とする。ここで合格しない場合は、3に示す検査を行う。
 3. 接着重ね梁の両側面におけるすべての接着層に、10cm間隔にスキマゲージを挿入し、その侵入深さを測定する（図16）。測定した侵入深さの平均値が表4に示す基準値未満の時は合格とし、基準値以上の時は不合格とする。

c. 合否の判定：1～3の検査のいずれかで合格となった場合は合格とし、3の検査で不合格となった場合は不合格とする。

a. スキマゲージの侵入深さを測定する場合、
図14に示すようにスキマゲージに目盛りを入れておくと測定が容易になる。

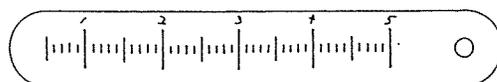


図14 隙間ゲージ

b. 3に示す検査は測定点が多いため時間を要するので、なるべく2に示す検査に合格するような条件で接着重ね梁を製作した方がよい。

c. 接着剤の広がりがある面積の60%以下となると、曲げ試験において接着重ね梁は接着層の剪断破壊を示す確率が高くなり、また曲げ強さが低下する傾向があることが実験的に示されている。ここに示した基準値はその結果を基に設定したものである。

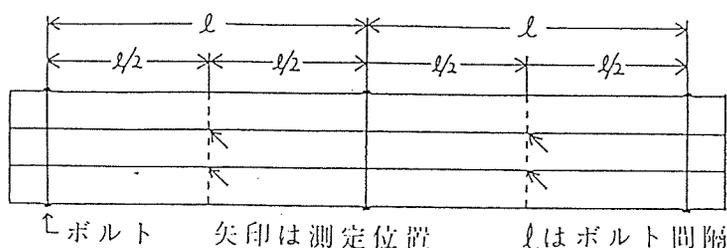


図15 接着剤の広がり検査位置
(4.3-b-2項)

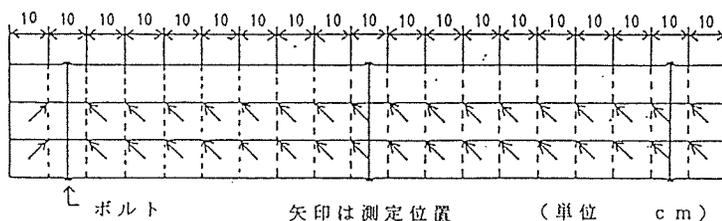


図16 接着剤の広がり検査位置
(4.3-b-3項)

表4 隙間ゲージの侵入深さの基準値(片側からの侵入深さ)

材料の寸法	9 cm角	10.5 cm角	12 cm角	15 cm角
基準値 (mm)	18	21	24	30

4.4 接着重ね梁の合否の総合判定

4.2項(接着の検査)および4.3項(接着剤の広がり検査)に定める検査の両方で合格となった製品は接着重ね梁として使用することができる。どちらか一つでも不合格となった製品は、接着重ね梁として使用してはならない。

なお、製品検査の記録(表5)は、作業記録と共に保存する。

一定条件で製造した接着重ね梁が不合格となった場合、その原因を調べ、塗布量を増やす、圧縮間隔を短くするまたは圧縮圧力を増加させる等の製造条件の変更を考慮する必要がある。不合格となった製品は、接着重ね梁として使用することはできない。すなわち、接着により3材または2材が完全に一体化したとみなした時の剛性を保証することはできない。

表5 製品検査記録

接着重ね梁記号	
寸法および段数	c m角、長さ m、 段重ね
接着の検査結果 合 否	木部破断
	接着剤の凝集破壊
	接着剤と木材の界面破壊
広がりの検査結果 合 否	接着層の全域から接着剤がはみ出している
	圧縮点間でのスキマゲージの侵入深さ mm、 mm、 mm、 mm
	10cm間隔のスキマゲージの侵入深さ mm、 mm、 mm、 mm
総合判定	合 否

5 接着重ね梁用接着剤の性能試験

5.1 適用範囲

この性能試験は、接着重ね梁を製作するための一液型ウレタン系合成樹脂接着剤に適用する。

ここでは、接着重ね梁を製作するための一液型ウレタン系合成樹脂接着剤に要求される性能に応じた試験方法とその評価方法を規定する。

5.2 接着剤に要求される性能と試験

接着剤に要求される性能とそれに対応する試験は次による。

- a. あらかじめ均一に混合され、加圧式カートリッジに入っていること。
- b. フェノール樹脂木材接着剤（J I S k 6802）と同等の性能及び耐久性を有すること。これに対してテストA（常態試験）及びテストB（煮沸繰り返し試験）を行う。
- c. 低温条件でも1週間で取り扱い可能な接着力が得られること。これに対してテストC（低温試験）を行う。
- d. 湿潤材でも満足な接着力が得られること。これに対してテストD（湿潤材試験）を行う。

- e. 接着層が厚くなっても満足な接着力が得られること。これに対してテストB（空隙充填性試験）を行う
- f. 開放堆積時間が長くても満足な接着力が得られること。これに対してテストD（オープンタイム試験）を行う。

・接着重ね梁に要求される性能

本手引では接着重ね梁が工場で行われる接着作業の他に、下小屋程度の環境条件、すなわち現場接着と呼ばれる手法に近い状態で製作されることも想定している。接着重ね梁はそのような現場接着的な条件で製作した場合でも、従来使われているその他の梁材と同等の強度と耐久性を有することが必要である。

・接着剤に要求される性能

接着重ね梁用接着剤に要求される性能は、耐久性と安定性である。

1 耐久性

接着重ね梁は木造住宅の構造部材として用いられることから、接着重ね梁用接着剤には耐久性が要求される。木質構造設計規準・同解説（日本建築学会）では、接着剤に接合耐力を期待する場合、接着剤はフェノール樹脂木材接着剤（JIS K 6802）と同等以上の性能を有すべきことを規定している。JIS K 6802では、耐久性に関する試験として煮沸繰り返し試験を課している。したがって、接着重ね梁用接着剤も煮沸繰り返し試験に耐えるか、もしくは、木造住宅の耐用年数に見合った接着耐久性を有することを明らかにしなければならない。

2 安定性

接着重ね梁用接着剤には、現場接着的な条件でも接着重ね梁が安定した満足な性能を発揮するよう求められる。このため、接着剤には以下の性能が要求される

a. 一液型接着剤であること

接着剤には、硬化剤及び充填剤等の添加剤を加える必要があるものが多いがこの場合、必要な添加剤を添加しなかったり、添加量が適切でない場合、接着不良を起こすことがある。このような危険性を少なくする上から、接着剤は一液型とする。

b. 低温でも一定時間で取り扱い可能な接着力が得られること

一般に接着剤が硬化するには室温以上の温度が必要である。しかし、現場接着的な条件下では温度の制御が困難な場合が多く、冬季では低温条件で接着作業が行われる場合がある。したがって接着剤は低温でも硬化し、良好な接着性能を発揮することが求められる。本手引では、0℃以上の温度で接着作業を行い、製作後1週間で接着重ね梁を使用できることとしている。そのため、接着重ね梁用接着剤は0℃程度の温度で硬化し、1週間で取り扱い可能な接着力が得られることが必要である。なお、取り扱い可能な接着力とは、実際に住宅に使用することが可能で、設計荷重に耐える接着力を意味する。

c. 湿潤材でも満足な接着力が得られること

一般に木材を接着する場合、十分に乾燥した木材を使用する。現場接着的な条件下では、木材の含水率の制御が困難であり、湿潤材でも十分な接着力が得られなければならない。ここでいう十分な接着力とは、接着重ね梁に要求される設計荷重に見合った接着力のみならず、木材の乾燥応力に打ち勝つ接着力を意味する。したがって、湿潤材を接着した後、

気乾状態になったら木部破断が生じる程度の接着力が必要である。なお、木部破断の生じる程度の接着力は比重によって異なり、一般に高い比重の木材のほうがより高い接着力が要求される。

d. 空隙充填性があること。

接着工程で圧縮は不可欠であるが、現場接着的な条件下では油圧プレス等の装置を使えない場合が多い。したがって、接着剤は、低い圧力の圧縮で接着層が厚くなった場合でも、満足な接着力を発揮することが必要である。接着重ね梁の製作においては、ボルトやラグスクリューによる圧縮が行われるが、この場合接着層の厚さは、部分的には1mmを超えることもある。

e. 開放堆積時間が長くても満足な接着力が得られること。

開放堆積時間とは、接着剤を塗布してから木材を重ね合わせるまでの時間のことであるが、現場接着的な条件下では、作業の都合上、開放堆積時間が長くなってしまう場合もある。そのため、接着剤は帯状塗布することが可能で、開放堆積時間が30分程度になった場合でも、著しい精度増加及び前硬化等がなく、十分な接着力が得られるものでなければならない。

5. 3 試料の採取

試料に供する接着剤は生産単位を代表するものであること。

5. 4 試験方法

5. 4. 1 テストA及びテストB

テストA及びテストBはJIS K 6802に従って、カバ柵目材を用い、常態及び煮沸繰り返し処理後の圧縮せん断接着強さを測定する。ただし、材料の調湿条件と接着剤の硬化条件は表6に示すとおりとし、試験体数は各条件につき12個とする。また、煮沸繰り返し処理は、煮沸4時間・60℃乾燥20時間・煮沸4時間・60℃乾燥20時間とし、試験片を室温で冷却した後、乾燥状態でせん断試験を行うものとする。

接着重ね梁用接着剤の性能試験方法は、上記の接着重ね梁用接着剤に要求される性能を接着剤が満足しているかどうか確認するためのものである。

テストA（常態試験）及びテストB（煮沸繰り返し試験）は、接着重ね梁用接着剤がフェノール樹脂接着剤と同等の性能を有しているかを調べるためのものである。したがって、JIS規格に従って、カバ材を使って試験することが必要であり、また、判定基準もJIS規格に従うことが必要である。ただし、煮沸繰り返し条件は、JIS規格では煮沸1時間・60℃乾燥20時間・煮沸4時間・室温水浸せきであり、湿润状態でせん断試験が行われるのに対して、接着重ね梁用接着剤では煮沸4時間・60℃乾燥20時間・煮沸4時間・60℃乾燥20時間とし、乾燥状態でせん断試験を行うこととした。

表6 材料の調湿条件と接着剤の硬化条件

試験区分	材料の調湿条件	接着剤の硬化条件	供試木材
テストA 常態試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で48時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間以上	カバ
テストB 煮沸繰返し試験	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で48時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で7日間以上	カバ
テストC 低温試験	23 ± 2℃の水に48時間浸せきし、2 ± 2℃の空气中で48時間	2 ± 2℃の空气中に7日間	ベイマツ
テストD 高含水率材	23 ± 2℃の水中に48時間浸せき、23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中で3時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に42日間以上 ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に28日間以上 ・ 23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間、60℃の空气中で24時間の乾燥 	ベイマツ
テストE 空隙充填性試験	23 ± 2℃、50%RHの空气中で48時間	23 ± 2℃、50 ± 5%RHの空气中に7日間以上	ベイマツ
テストF オープンタイム試験	23 ± 2℃の空气中で48時間	23 ± 2℃の空气中に7日間以上	ベイマツ

注：テストDの接着剤の硬化条件は3つの中から選択する。

5. 4. 2 その他のテスト

a. 材料

テストC、D、E及びFには、アカマツ、クロマツ又はベイマツで、表面に皮、節、割れ、やに等のない無欠点材で、含水率が全乾法で12~20%のものを使用する。

b. 試験体の数

各テストごとに、試験体を3体作製し、それぞれの試験体から10個のブロックせん断試験片を作製する。

c. 材料の調湿

材料は図17に従い必要とする寸法に切り、表6によって調湿後、試験体を作製する。

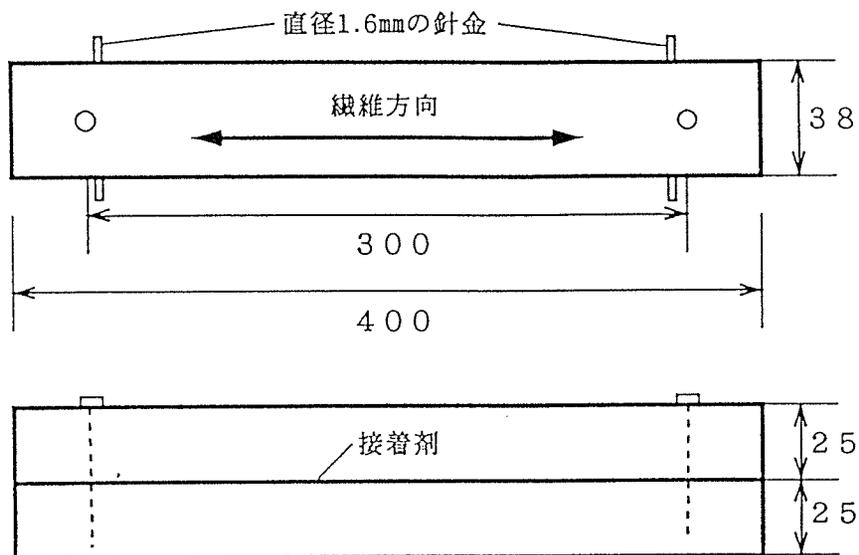


図 1 7 試験体寸法（単位：mm）

d. 試験片の作成

材料表面の中心線に沿い、接着剤をビーズ（帯）状に塗布する。この操作中に材料の温度が変化しないように注意する。接着剤を塗布した材料を表 6 に示した温度で 10 分間（テスト D では 30 分間）放置し、次に接着剤を塗布していない材料をのせ、図 1 7 に示す位置に C N 50（太め鉄丸釘）を釘打ちする。テスト E（空隙充填性試験）では、材料を重ねる前に、直径 1.6 mm の針金をスペーサとして図 1 7 に示す位置に入れる。表 6 に示す条件で硬化した後、余分な部分を切り取り、各試験体から図 1 8 及び図 1 9 に示すブロックせん断試験片を 10 個ずつ作成する。

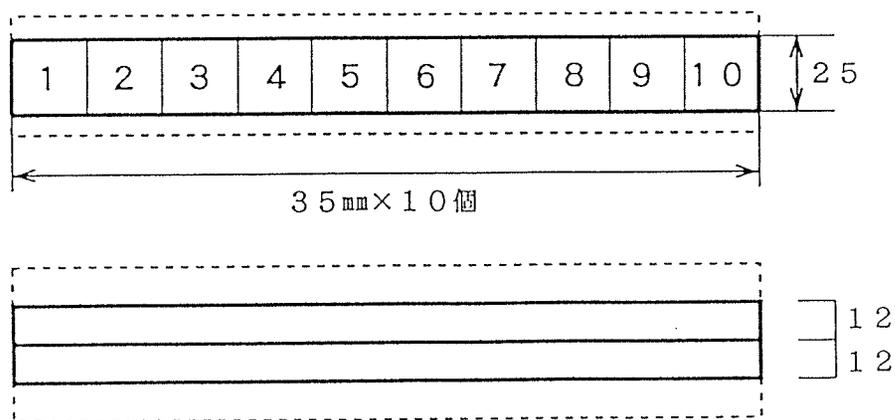


図 1 8 試験体の切断、試験片の番号（単位：mm）

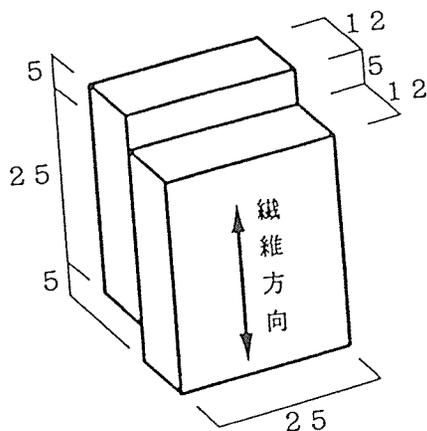


図 1.9 ブロックせん断試験片（単位：mm）

c. せん断試験

せん断試験はすべて $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度（RH）50・5%で行う。テストCでは、硬化完了後、上記の状態に保ち、8時間以内にせん断試験を行う。

f. 接着強さ

ブロックせん断用治具を用いて、5 mm/minの速度で荷重をかけ、破壊荷重を測定する。次式により接着強さを計算する。

$$A = L / (2.5 \times 2.5)$$

A：接着強さ（kgf/cm²）

L：破壊荷重（kgf）

各試験片についての接着強さと平均値を記録する。

テストC～テストDは、下小屋程度の環境で信頼性の高い接着重ね梁を製作するために必要な性能を確認するためのものである。

テストC（低温試験）は、設計荷重に耐える接着強さが低温条件かつ1週間で得られるか（接着強さの立ち上がり）を調べるためのものであり、この場合の判定基準は、接着重ね梁の曲げ試験で接着層に発生するせん断応力を基に設定した。

その他テストD（湿潤材試験）、テストE（空隙充填性試験）及びテストF（オープンタイム試験）は、各条件で満足な接着力が得られるかどうかを調べるためのものである。この場合の判定基準は集成材の日本農林規格（JAS）を参考としている。集成材のJAS規格は、集成材という材料の規格であり、接着剤の規格ではないため、樹種区分を行っており、各区分ごとに接着強さの判定基準をもうけている（表7）。接着重ね梁用接着剤の性能試験方法は接着剤の試験であり、集成材の規格における最も厳しい判定基準である針葉樹A-1の基準値を満たせば、すべての針葉樹についても満たされると考えることができる。したがって、テストD～テストFでは、針葉樹A-1の樹種を用いて試験し、そ

表7 集成材のJASが規定する樹種区分、接着強さと木破率

樹種区分の番号	樹種区分	せん断強さ (kgf/cm ²)	木部破断率(%)
1	イタヤカエデ、カハ、ブナ、ミズナラ、ケキ及びアヒトン	9.6	6.0
2	タモ、シロゾノ及びニレ	8.4	
3	ヒノキ、ヒバ、カラマツ、アカマツ、クロマツ、ハシバ、ダフリカカラマツ、サザンパイン及びハイマツ	7.2	6.5
4	ツカ、アラスカイエローシダー、ヘニマツ、ラジアタパイン及びハイツカ	6.6	
5	モミ、トドマツ、エゾマツ、ハイモミ、スプルース、ポンドローサパイン、オウシュウアカマツ及びラワン	6.0	
6	スギ及びハイスギ	5.4	7.0

の基準値を判定基準とした。ただし、集成材のJAS規格では、試験片の90%が各基準値を上回らなければならないのに対して、接着重ね梁では接着強さの平均値が基準値を上回ればよいこととし、木部破断率は参考値とした。これは、接着重ね梁では、集成材のように強度増加を期待するものではなく、あくまで剛性の増加を期待するものであるとの考え方からである。ただし、この接着重ね梁用接着剤の性能試験方法に合格した接着剤を用いれば、すべての樹種で満足な接着重ね梁が製作できることを保証できるというものではない。特に比重の高い樹種を用いる場合は、湿潤材を接着した後の乾燥応力に注意しなければならない。

参考規格を次に掲げておく。

1. 木質構造設計規準・同解説（日本建築学会）
2. JIS k 6802（フェノール樹脂木材接着剤）
3. JIS k 6833（接着剤の一般試験方法）
4. 集成材の日本農林規格
5. 床用現場接着剤の性能試験方法（日本住宅・木材技術センター）

5. 4. 3 比重

JIS k 6833の6.1のメスシリンダー法による。

5. 4. 4 精度

JIS k 6833の6.3による。

5. 4. 5 不揮発分

JIS k 6833の6.4による。

5. 5 判定基準

5. 5. 1 接着強さの判定基準

接着強さの平均値が表8に示す数値以上である場合、当該テストに合格とする。参考値として木部破断率を測定する。

表 8 試験結果の判定基準

試験項目	せん断強さ (kgf/cm ²)	木部破断率 参考値(%)
テストA 常態試験	100	
テストB 煮沸繰返し試験	60	
テストC 低温試験	30	
テストD 高含水率材	75	(65)
テストE 空隙充填性試験	75	(65)
テストF オープンタイム試験	75	(65)

5. 5. 2 接着剤の品質に関する判定基準

比重は1.3～1.4、粘度は20～150万cP、不揮発分は85±2%の場合、合格とする。

6 接着重ね梁の使用上の注意

a. 使用部位

接着重ね梁は、2階床ばり、胴差、軒桁等ごく一般的な横架材としての利用を考えているので、特殊な用途の場合には実験や構造計算等で安全性の確認を行うこと。

b. 接着重ね梁の加工

接着重ね梁の切断や切欠き等の加工は、できるだけ現場ではなく工場や作業所で行うこととし、現場での加工は、ボルトの孔明け程度とする。

c. 構造安全性

接着重ね梁の構造安全性は、本手引および「接着重ね梁の使い方の手引」により確保されるものと考えられるが、最終的には接着重ね梁の製作者が責任を負うものである。

6. 接着重ね梁の使い方の手引き（平成6年度版）

目次

1. 総則
 1. 1 適用範囲
 1. 2 接着重ね梁の構成
 1. 3 接着重ね梁の使用部位
 1. 4 使用上の留意点
2. 接着重ね梁の寸法等
 2. 1 接着重ね梁の断面寸法
 2. 2 接着重ね梁の長さ
 2. 3 接着重ね梁の所要断面
 2. 4 規格品と注文品
3. 加工・接合方法
 3. 1 切欠加工の原則
 3. 2 接合部のディテールの原則
 3. 3 接合部の標準ディテール
4. 施工管理
 4. 1 施工時の検査等
 4. 2 乾燥収縮に対する措置等
5. 接着重ね梁の所要断面の算定
 5. 1 断面表の作成

1. 総則

1. 1 適用範囲

本マニュアルで対象とする接着重ね梁は、木造軸組構法の住宅に適用するものとする。

ここで対象とする接着重ね梁は、建築基準法施行令3章3節でいう木造、すなわち在来軸組構法の建物のみを使うことにし、枠組壁工法（ツーバイフォー）やパネル式プレハブ工法に使うことは想定していない。

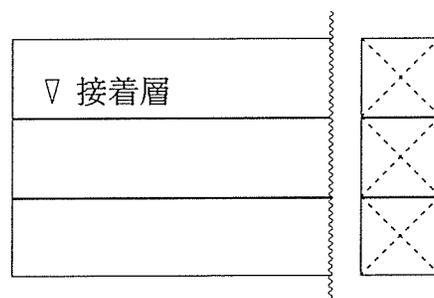
また、在来軸組構法の中でも用途としてはごく一般的な住宅で、かつ常識的な規模のものを念頭においており、事務所、学校等や、あるいは大きなスパン（例えば6mを超えるもの）には使用しない。

1. 2 接着重ね梁の構成

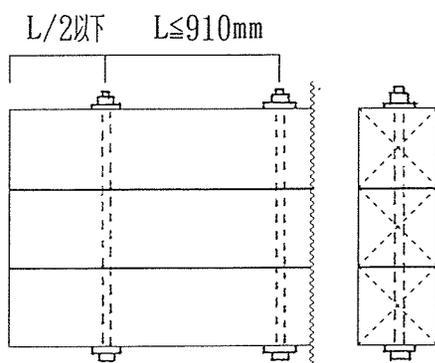
接着重ね梁の構成は、2段又は3段重ねの正角材を、ボルトまたはラグスクリューと接着剤で一体化したものと、接着剤で一体化したものとする。

接着重ね梁の作り方には種々の方法が考えられるが、ここでは9cm角以上の正角材をメカニカルとケミカルの複合的方法としてボルト又はラグスクリュー（コーチスクリューとも言う）と接着剤を用いて接着重ね梁としたものと、ケミカルな方法として接着剤だけを用いたものの3通りに限定した。

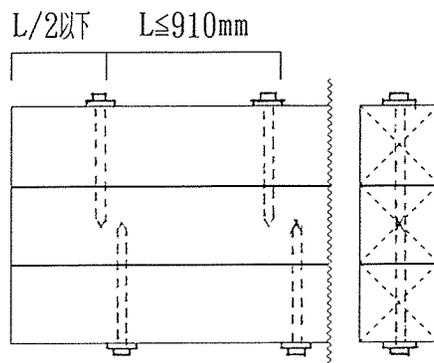
正角材の樹種としては杉・桧等の針葉樹。



《接着剤》タイプ



《ボルト+接着剤》タイプ



《ラグスクリュー+接着剤》タイプ

1. 3 接着重ね梁の使用部位

この接着重ね梁は、小屋梁、軒桁、床梁、胴差等の横架材として用いる。

この接着重ね梁は、在来構法の木造住宅に普通に使われている一般製材の横架材の代わりに使うことを意図している。従って、一般の梁と荷重条件や端部の接合部の形が異なるものや、トラスの弦材のように主として圧縮・引張をうけ、かつ端部接合部が引張に抵抗する必要のあるもの等には、用いてはならない。

1. 4 使用上の留意点

接着重ね梁は検査合格品を使用するとともに、クリープたわみや耐久性に対する十分な配慮を行うこと。

検査不合格品は決して使用してはならない。

接着重ね梁は初期剛性に関してはまず問題がないが、クリープに関しては実験的な検討が十二分とは言えないので慎重な配慮が必要である。

実験結果からも高含水率状態の接着重ね梁を使用した場合、木材が乾燥する過程で大きなクリープたわみが発生する。クリープたわみを抑えるためにも乾燥状態（含水率20%以下が望ましい）の接着重ね梁を使用することが必要である。

またクリープたわみと接着剤の耐久性を考慮して、湿度の高い部位への使用は十分注意し、特に1階床梁等に使用する場合は設計の時点で床下に防湿コンクリートを施工する等通気・換気に十分配慮し、常時湿潤状態にならないようにすること。

2. 接着重ね梁の寸法等

2. 1 接着重ね梁の断面寸法

接着重ね梁の断面寸法は、105mm×210～315mm程度を標準とする。
最小断面は仕上寸法で 90mm×180mm程度、最大断面は 120mm×360mm程度とする。

各構成材の正角材断面寸法は、105mm×105mm程度を基本とし、最小寸法は90mm×90mm、最大寸法は 120mm×120mm程度としている。また構成材の重ね段数は2～3段としている。

2. 2 接着重ね梁の長さ

接着重ね梁の長さは4 mを標準とし、最大6 mを限度とする。

接着重ね梁の長さは、2間程度を標準とする。これは接着重ね梁が一般製材の梁でごく常識的に使われているものの代用と想定しているためである。2.5間以上架け渡す場合は、使用部位・設計荷重・クリープ等について慎重に検討すること。また6 mを超えるものは接着重ね梁を構成する正角材の継手方法が確立していない等製造上の問題が有るので採用しないこと。

2. 3 接着重ね梁の所要断面

接着重ね梁の所要断面の算定は、一般製材の梁材の場合と同一とみなしてよい。ただしクリープたわみに対して梁施工時の含水率・使用部位等を十分配慮した断面とすること。

接着重ね梁は、同一断面をもつ一般製材と同じ断面性能をもつと考えてよい。ただし、この断面寸法はあくまで仕上寸法とする。

接着重ね梁は初期剛性に関してはまず問題がないが、クリープに関しては実験的な検討が十二分とは言えないので慎重な配慮が必要である。

所要断面の決定に当たってはクリープたわみの発生を念頭に、特に梁施工時の接着重ね梁の乾燥状態、施工後の使用部位における荷重の大きさと加わり方・荷重の存在期間・温湿度条件等を考慮し、断面を決定する事が重要である。

ピアノのような大きな積載荷重が長期間継続して載る梁や、1階床下等の常時湿潤状態又は高湿度環境下におかれ易い部位、柱等の集中荷重をうける梁等に用いる場合は特に慎重に検討し、ゆとりある断面設計・ピッチ等の配慮を行うこと。

クリープ変形は一般に梁が気乾状態（含水率30%程度）では初期変形の2倍、高湿度環境下で梁が湿潤状態になった場合では3倍程度に増加するものと考えられるので、荷重外力が長期間継続して作用する場合は変形を許容変形の1/2程度までとするように断面を設定することが必要である。

また梁施工時の接着重ね梁の乾燥状態によっては、初期のクリープ変形量もより大きいと考えられるので注意が必要である。

2. 4 規格品と注作品

接着重ね梁の製作時点で、使用部位等が決まっているか否かにより、規格品の梁と注作品の梁に区分することにしており、それぞれ適切に使用すること。

使用部位が特定されていないが、ある程度汎用性のある接着重ね梁を規格品の梁と呼ぶ。規格品の場合には、施工にあたって使用する接着重ね梁の荷重条件が、設計荷重条件に合致することを確認しなければならない。

他方、特定の建物の特定の部位に使用することがわかっている梁については、その使用条件に合致するように設計・製作をする。この場合の梁を、注作品の梁と呼ぶ。ボルト又はラグスクリューと接着剤を併用したタイプでは、使用部位によって柱・梁・火打梁・根太等他の軸組材料や接合補強金物と取り合う場合が発生するので、ボルト等の位置を指示し、製作することが必要である。

3. 加工・接合方法

3. 1 切欠加工の原則

継手・仕口等の加工は工場で行うこととする。
現場における加工は、原則として羽子板ボルト用の穴あけ程度にとどめる。

接着重ね梁の性能は一般製材の梁材と同一としているが、切欠加工に対しては慎重な配慮が必要である。特に接着重ね梁の場合、接着面と切欠加工の位置関係によっては、不測の破壊や不都合を生じるおそれがある。従って、管理が行き届きやすい工場で行うのが望ましい。

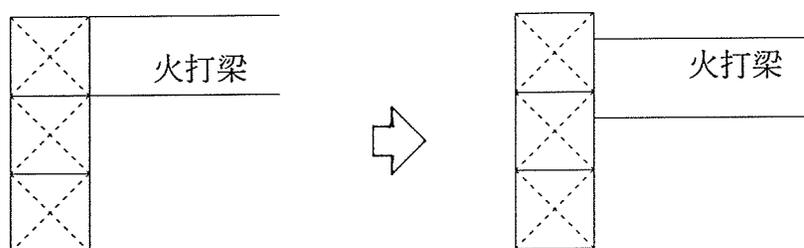
また接着重ね梁は本来、工場から出荷された時点でひとつの完成された部品と見るべきであり、現場搬入後に切断等の加工は極力避け、現場では最小限の軽微な加工にとどめるものとする。

3. 2 接合部のディテールの原則

接着重ね梁の継手・仕口等の形状は、一般製材の継手・仕口等に準ずるものとする。
ただし、重ね合せ面に不利な応力のかからないディテールとすること。

一般製材の接合部の形は様々である。よって全く同様に加工した場合、接着重ね梁の接着層やボルト・ラグスクリューの位置により局所的な応力が、これら肝心のところに生じるおそれがある。使用にあたっては力学的に無理がないか検討し、接合部のディテールを決定する必要がある。

例えば、火打梁と接着重ね梁の取合で、重ね梁の一層目及びその接合面に応力が集中する場合があるので注意が必要である。



3. 3 接合部の標準ディテール

接合部に関しては使用部位・断面等を標準化し、標準ディテール図を作成すること。

接合部の具体的なディテールは、設計者によって設計されなければならない。
一般製材の場合には、大工の経験にのっとったディテールでよい場合がほとんどであるが、接着重ね梁は工学的に考えられたものであるだけに、接合部の標準ディテールを設定し、それに従い施工することが必要である。

また接合部には、住宅金融公庫：木造住宅工事共通仕様書等を参考に、接合補強金物としてZマーク表示品又はこれと同等以上のものを使用することが望ましい。

4. 施工管理

4. 1 施工時の検査等

施工時、検査合格品であることの確認及び含水率を計測する。

使用にあたっては検査合格品を使用することが大前提である。またボルト又はラグスクリューを使用したタイプの接着重ね梁は、使用時にボルト又はラグスクリューに緩みがないことを確認して使用し、他の部材との取り合い等がある場合でもボルト又はラグスクリューを取り除いてはいけない。

また高含水率状態の接着重ね梁を使用した場合、木材が乾燥する過程で大きなクリープたわみが発生するので、所要断面を決定したときの梁の乾燥条件に従って含水率を確認することが必要である。クリープたわみを抑えるためにも乾燥状態（含水率20%以下が望ましい）の接着重ね梁を使用することが望ましい。

4. 2 乾燥収縮に対する措置等

内装仕上材を施工する時点で、ボルト等の増締めを行うとともに、各構成材のわれや接着面のはがれ等の有無を検査する。

一般製材の場合でも同様であるが、施工された梁に欠陥がないことを確認する必要がある。これに加えて、接着重ね梁では、ボルト等を締め直して、ゆるみをなくしておかなくてはならない。

5. 接着重ね梁の所要断面の算定

5. 1 断面表の作成

接着重ね梁の断面算定については、荷重条件等による断面表等を作成すること。

接着重ね梁の断面は、設計者が使用条件等により断面表リスト等を作成し、それに沿って決定することが望ましい。以下に参考例を示す。

《仮定条件》

①床荷重

* 190 kg/m² (固定荷重 60kg/m² 積載荷重 130kg/m²)

②許容応力度

材種	長期 (Kg/cm ²)			
	圧縮	引張	曲げ	剪断
杉	60	45	75	6
桧	70	55	90	7

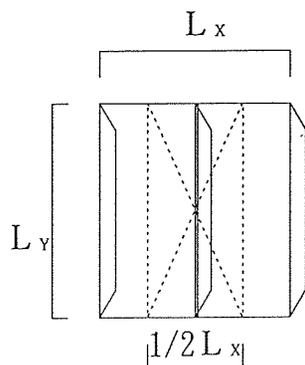
③ヤング係数

材種	ヤング係数 (kg/cm ²)
杉	70 × 10 ³
桧	90 × 10 ³

* 主要材もしくは単独で働きかつ変形がきわめて重視される部位に使用する場合は、上記の値の80%をとるものとする。

* 一定の荷重が長期にわたって作用する部位に使用する場合は、上記の値の50%をとるものとする。

④荷重負担域 (下図の点線内)



梁スパン : L_y (1820~5460)

梁間隔 : $1/2 L_x$ (910、1820)

⑤床梁の断面寸法は下記を満足すること。

1)梁に生ずる曲げ応力度が、許容応力度以下であること。

$$\sigma_b = M/z < f_b$$

2)梁に生ずるせん断応力度が、許容応力度以下であること。

$$\tau = \alpha Q/A_e < f_s$$

3)梁の初期変形における最大たわみがスパンの1/300以下であること。

$$\delta = 5 w L^4 / 384 E I < L/300$$

《断面性能表》

		$M_a(t \cdot cm)$	$Q_a(t)$	$E I (\times 10^8 kg \cdot cm^2)$		
		$\sigma_b \times z$	$\tau \times A_e / \alpha$	$E \times 1$	$E \times 0.8$	$E \times 0.5$
杉	1) 90×180	36.4	0.648	3.06	2.44	1.53
	2) 90×270	82.0	0.972	10.33	8.26	5.16
	3) 105×210	57.8	0.882	5.67	4.53	2.83
	4) 105×315	130.2	1.323	19.14	15.31	9.57
	5) 120×240	86.4	1.152	9.67	7.73	4.83
	6) 120×360	194.4	1.728	32.65	26.12	16.32
桧	1) 90×180	43.7	0.755	3.93	3.14	1.96
	2) 90×270	98.4	1.133	13.28	10.62	6.64
	3) 105×210	69.4	1.028	7.29	5.83	3.64
	4) 105×315	156.2	1.543	24.61	19.68	12.30
	5) 120×240	103.6	1.343	12.44	9.95	6.22
	6) 120×360	233.2	2.015	41.99	33.59	20.99

《使用条件による各応力の必要性能》

		梁 間 隔					
		910			1820		
		$M_n(t \cdot cm)$	$Q_n(t)$	$E I_n(\times 10^8 kg \cdot cm^2)$	$M_n(t \cdot cm)$	$Q_n(t)$	$E I_n(\times 10^8 kg \cdot cm^2)$
梁 ス パ ン	1820	7.15	0.157	0.40	14.31	0.314	0.8
	2730	16.10	0.236	1.37	32.20	0.472	2.74
	3640	28.63	0.314	3.25	57.26	0.628	6.50
	4550	44.74	0.393	6.36	89.48	0.786	12.72
	5460	64.43	0.472	10.99	128.8	0.944	21.98

M_n : 必要曲げ性能

Q_n : 必要せん断性能

$E I_n$: 必要たわみ性能。

《必要断面リスト》

		梁 間 隔						
		910			1820			
		90の場合	105の場合	120の場合	90の場合	105の場合	120の場合	
梁 ス パ ン	1820	杉	180	210	240	180	210	240
		桧	180	210	240	180	210	240
	2730	杉	180	210	240	*	210	240
		桧	180	210	240	270	210	240
	3640	杉	270	315	240	*	315	360
		桧	270	210	240	270	315	360
	4550	杉	*	315	360	*	*	360
		桧	270	315	360	*	*	360
	5460	杉	*	*	360	*	*	*
		桧	*	315	360	*	*	*

* Eは 50%を採用。