

平成5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6年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

## 目 次

序章	平成5年度複合梁開発委員会の目的と委員構成	1
第1章	鉄筋補強スギ梁の実用化のための開発研究	2
第2章	鉄筋補強木質複合梁の解析的研究	18
第3章	接着重ね梁用接着剤に要求される性能 及びその試験方法の提案	38
第4章	ボルト締め接着重ね梁及び機械圧縮接着重ね梁 の製造手引き（平成5年度版）	47
第5章	接着重ね梁の使い方の手引き（平成5年度版）	63

# 序章 平成5年度複合梁開発委員会の目的と委員構成

## 1. 目的

本委員会は、木材および木質材料を主材料に構成された梁材を開発するための技術資料や技術データを整備することを目的にしている。特に今後増加する国産材の用途開発及びユーザーの多様化に対応できる技術開発に重点をおいて運営する。

本年度は、新しい技術であるスギ梁材に鉄筋補強して高性能な梁材の実用化のための強度実験及びその裏付けとなる理論解析を行う。

また、数年来検討されてきている接着重ね梁が現実に利用されだしおり、機械的接合による重ね梁も含めて、その実用化のための接着剤、製造マニュアル、使い方などについての中間的検討を行う。

## 2. 委員の構成

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 勉夫	三重大学生物資源学科森林資源コース教授
〃	宮澤 健二	工学院大学工学部建築学科助教授
〃	佐藤 雅俊	建築研究所第2研究部有機材研究室主任研究員
〃	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
〃	本田喜美登	殖産住宅相互(株) 日本木造住宅産業協会
〃	荒木 五郎	大鹿振興(株) 全国LVL協会
協力委員	塚田 市朗	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
〃	鴛海 四郎	(財)日本住宅・木材技術センター主任研究員

# 第1章 鉄筋補強スギ梁の実用化のための開発研究

## 1.1 緒言

森林資源の保護のため、大径の木材を得ることは、世界的に年々難しくなっている。住宅の梁材として使えるようなベイマツ材も例外ではない。その上、二次林の材が大半で、これは年輪幅が大きく、天然林のものに比べると曲げヤング係数が低く、梁材としての性能が劣る。すなわち、スギとベイマツの剛性と強度の差が縮まったことになる。そのスギであるが、ストックは着実に増えており、特に、中目材の有効利用は重要な課題となっている。一部は足場板として使われているが、建築施工の合理化によって、合板や鋼鈑が主流となっており、これ以上の需要拡大は望めそうにない。それに、足場板としての価格は、30年生以上のスギに見合うものではない。

これらの諸事情を考え、本研究では、スギ足場板とスギ正角材を用いた重ね梁に異形鉄筋を木材内部に埋め込んだ複合梁の設計を行った。今回は足場板を用いた場合について報告する。

本研究は次の4点を念頭において計画された。

- 1) スギは梁材としては、たわみの面で問題があるが、鉄筋挿入により、曲げ剛性の大幅な向上が望める。
- 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、足場板や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おり、建築現場でも製造が可能である。

以上の設計理念を模式的に表すと図1のようになる。

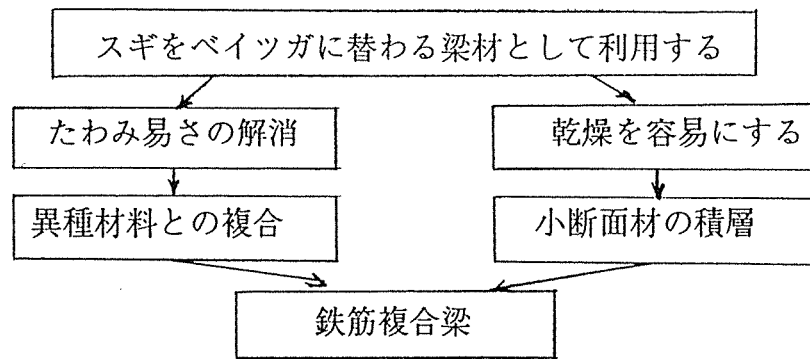


図1. 鉄筋補強梁の開発の意義

## 1.2 試験体および試験方法

試験体は図2に示した4種類である。製造方法の模式図を図3に示した。タイプBについては2体、その他は1体ずつ試験を行った。スギ同士ならびにスギと異形鉄筋の接着には一液性のポリウレタン樹脂接着剤を使用した。塗布量は圧縮したときに隅から接着剤が少しはみ出る程度とした。圧縮後1週間の養生期間をおき、曲げ試験に供した。複合した異形鉄筋の径は10mmである。

タイプAは足場板を3枚合わせたもので鉄筋は入っていない。タイプBは中央の足場板に、圧縮側と引張り側に2箇所ずつ12mm角の溝を長手方向に切って、ここに鉄筋を挿入した。タイプCは圧縮側に4本集中して挿入した。タイプDは圧縮側と引張り側に3本ずつ挿入した。いずれも、鉄筋と木材との間の空隙には接着剤を十分に充填した。

搬入したスギ足場板27枚の比重、含水率、MOEの分布を図4に、またそのうち、試験体用として使った足場板の曲げヤング係数と含水率を表1に示した。

曲げ試験はスパン3600mm、3等分点2点曲げで行った。たわみをスパン中央と荷重点下の3点で測定した(図5)。また、一部の試験体については、鉄筋と木材のひずみをストレインゲージをはって、測定した。一方、鉄筋と木材との付着力を調べるために、図6のような試験体を作成した。埋め込み長さを、60mm、80mm、100mmの3段階に変化させ、梁作成のときと同じ方法で、鉄筋と木材を接着した。

### 1.3 結果および考察

曲げ試験における荷重-たわみ曲線を図7に示した。表2に、曲げヤング係数 (MOE) と曲げ破壊係数 (MOR) の実験値を示した。ここでMOEとEIは見かけの値で、複合梁の正味の断面を用いた。

表3は曲げ剛性の実験値と計算値である。計算値は等価断面式を用いて求めた。これを眺めると、計算値がやや大きいものの、計算値と実験値はよく一致した。等価断面式で曲げ剛性の予測がつくことがわかる。図8は挿入した鉄筋の数とEIの上昇率の関係である。基準になるEIは、鉄筋がはいっていない場合のもので、用いたスギのEIから計算で求めた。鉄筋補強をした梁のEIの値は、実験値である。上昇率は鉄筋の本数にほぼ比例したが、同じ本数で引張り側に集中させた場合は、引張り側と圧縮側にバランスよく入れた場合より、EIの上昇率が低かった。

表4は鉄筋を挿入したことによるMORの変化で、推定値は中井の報告した「直角のMOEとMORの間の回帰式を利用した。引張り側に鉄筋を3本以上入れると (CとD)、MORが上昇する傾向にある。

図9はスパン中央における木材にかかる応力分布である。同じ荷重で比べると、BCタイプの応力は低く、鉄筋挿入の効果がでていいる。図10はスパン中央ならびに、荷重点と支点の中央点における鉄筋に生じた応力である。引張り側と圧縮側ではほぼ対象になっており、またせん断領域の部分の応力はスパン中央の約1/2になった。このことは、鉄筋と木材の間にすべりがなく、鉄筋に一様な力が流れたことを示唆している。

タイプBとタイプCについて、鉄筋と木材にかかる応力の実験値と計算値の比較した (図10)。計算値は等価断面式を用いた。初等的な計算によって応力が求まることわかる。

一方、鉄筋と木材との付着力は、埋め込み長さに比例し、埋め込み長さ1cm当り、7.7kgf/cmであった (図11)。

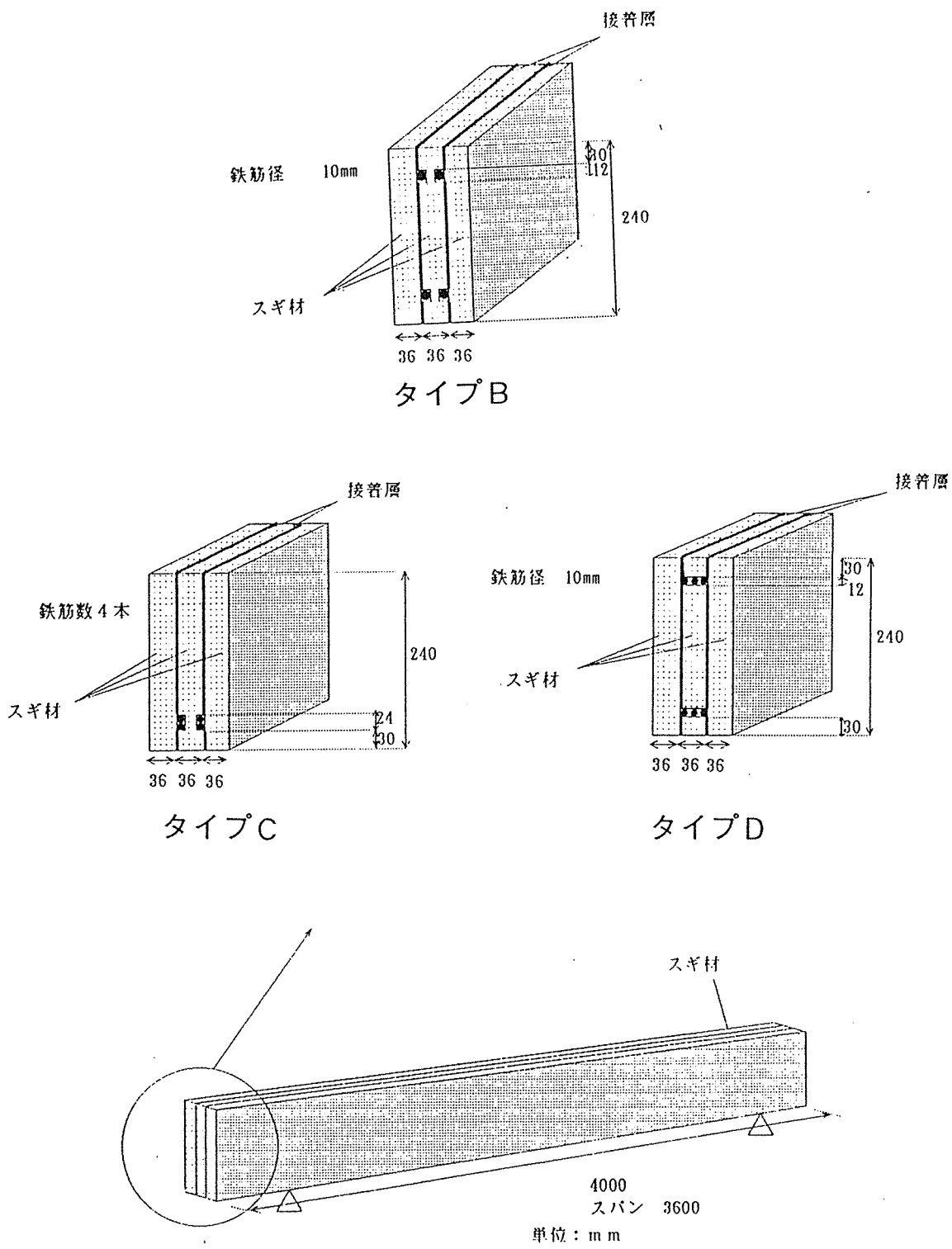


図2. 鉄筋補強梁の形状  
 タイプAは鉄筋なし

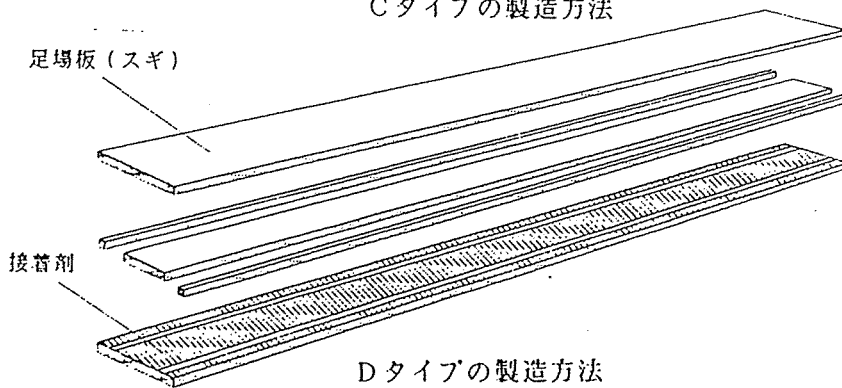
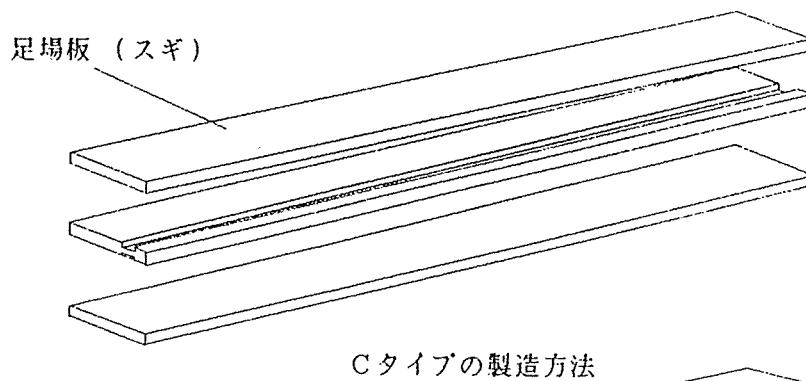
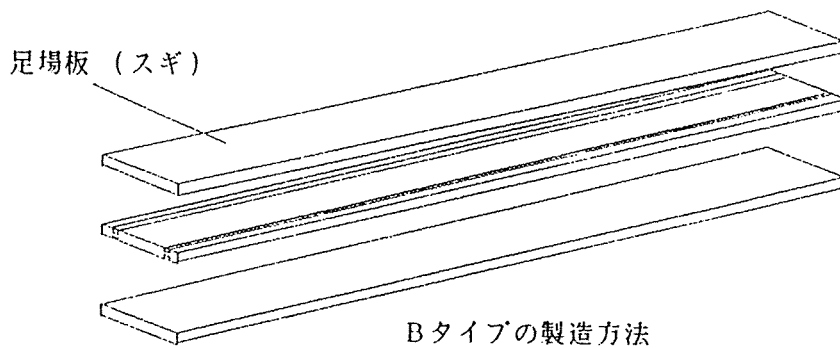
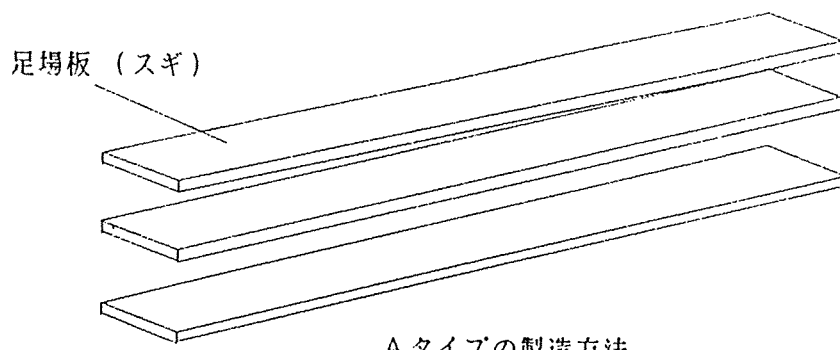


図3. 鉄筋補強梁の製造過程における足場板の組み方



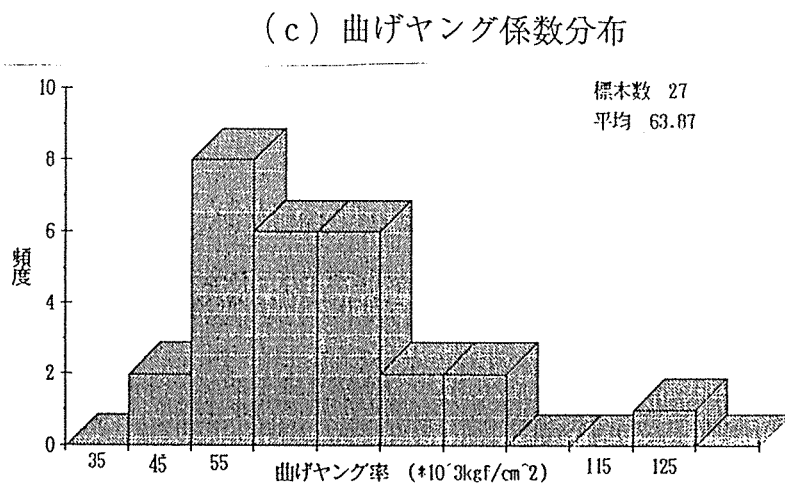
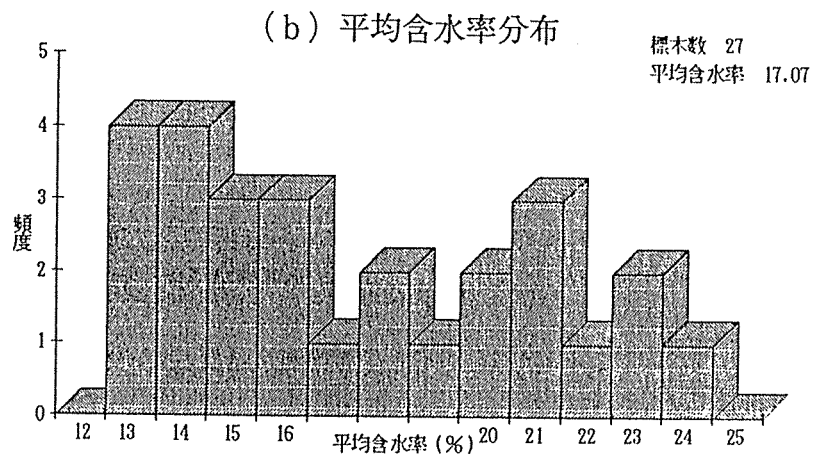
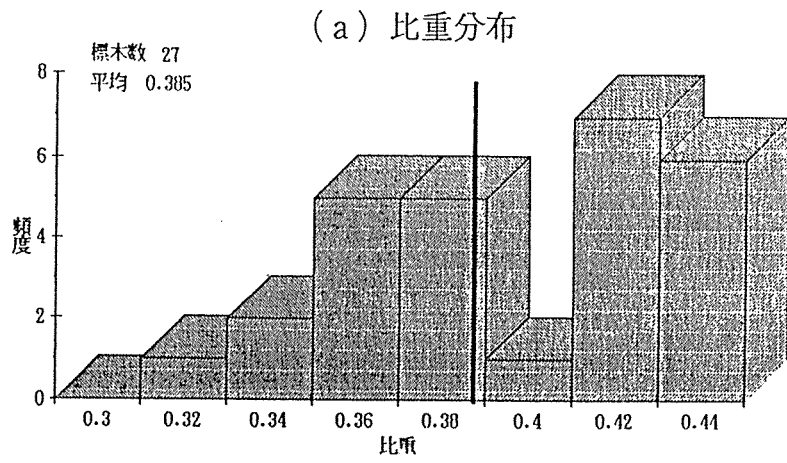


図4. 搬入したスギ足場板の比重、平均含水率、曲げヤング係数の分布

表1. 鉄筋補強梁に用いたスギ足場板の比重、  
平均含水率、曲げヤング係数

試験体	比重	含水率 (%)	MOE(kg/cm <sup>2</sup> )
A	0.35	12.5	49.6
	0.4	13.7	49.7
	0.37	14.8	50.9
B1	0.37	14.8	66.2
	0.33	12.3	67.9
	0.43	22.8	70.8
B2	0.35	12.5	61.1
	0.37	17.2	61.6
	0.44	18.5	62.1
C	0.35	15.8	76.1
	0.43	20.5	77.6
	0.42	20.3	73.6
D	0.38	14.3	69.9
	0.41	22	112.3
	0.41	19.2	70.1

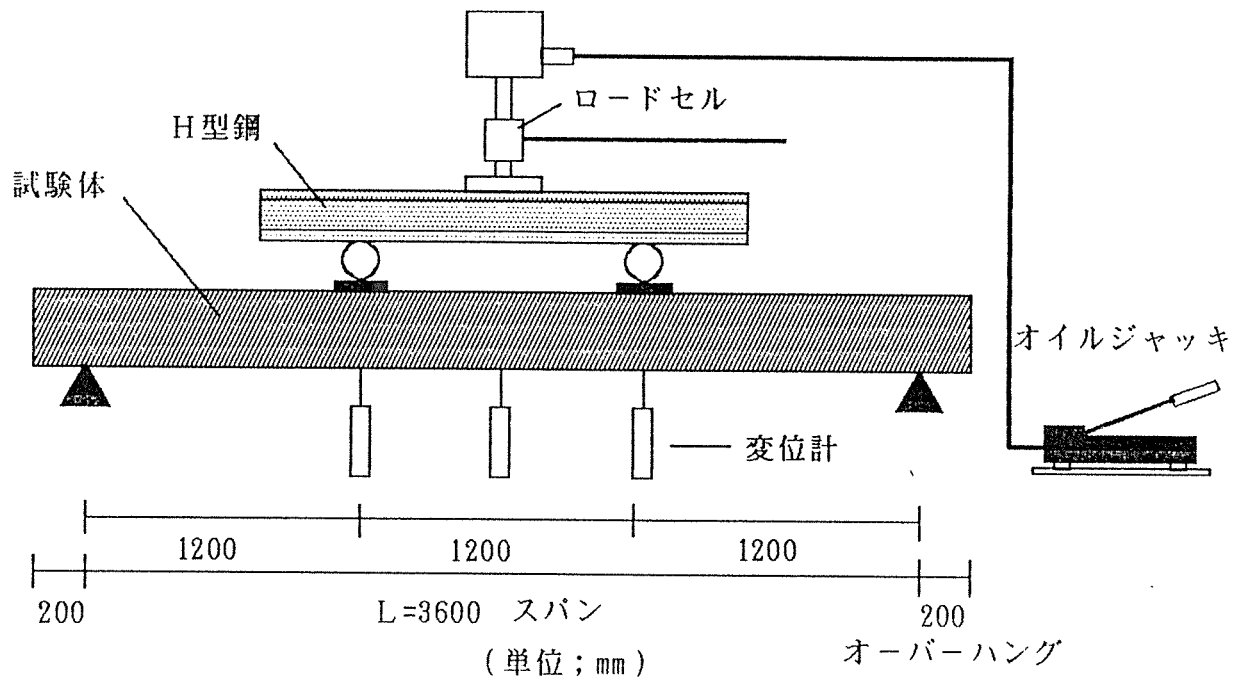


図5. 曲げ試験方法

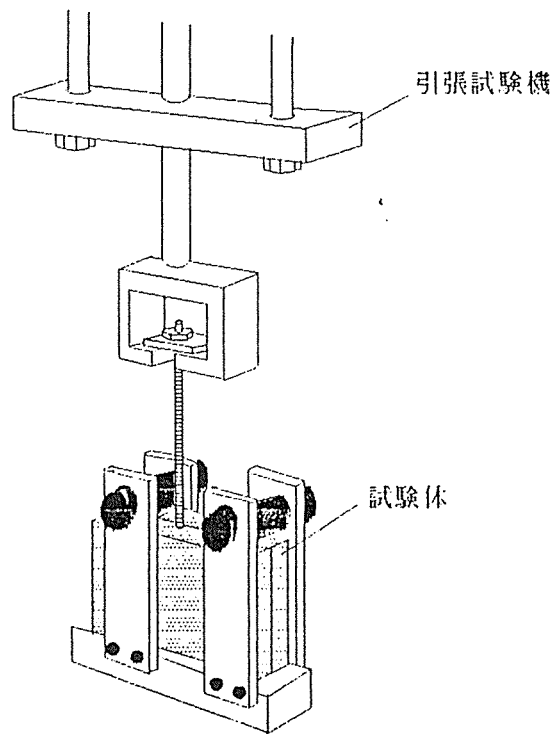
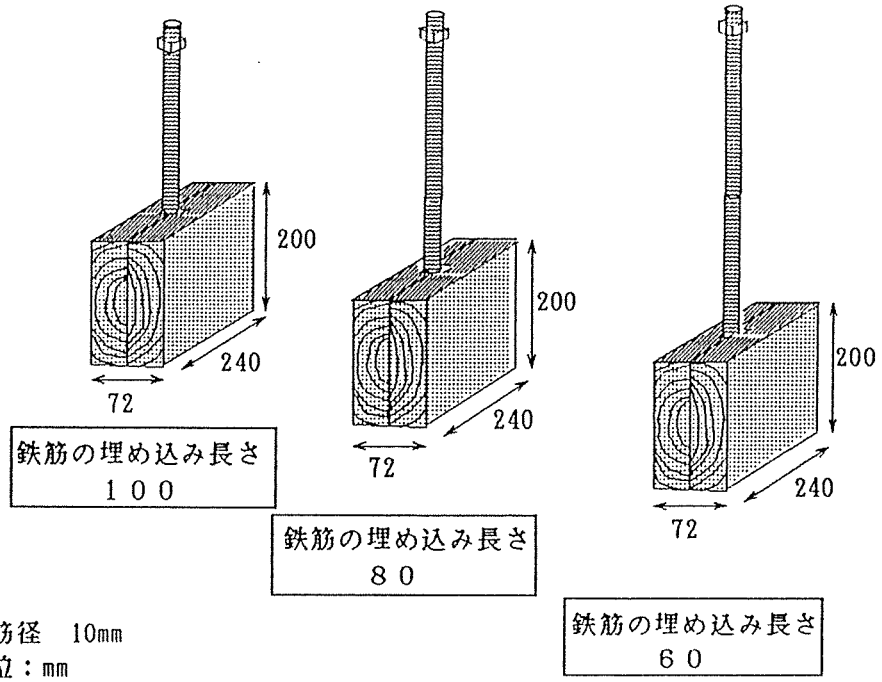


図6. 鉄筋と木材との付着力を調べるための試験体の形状  
および試験方法

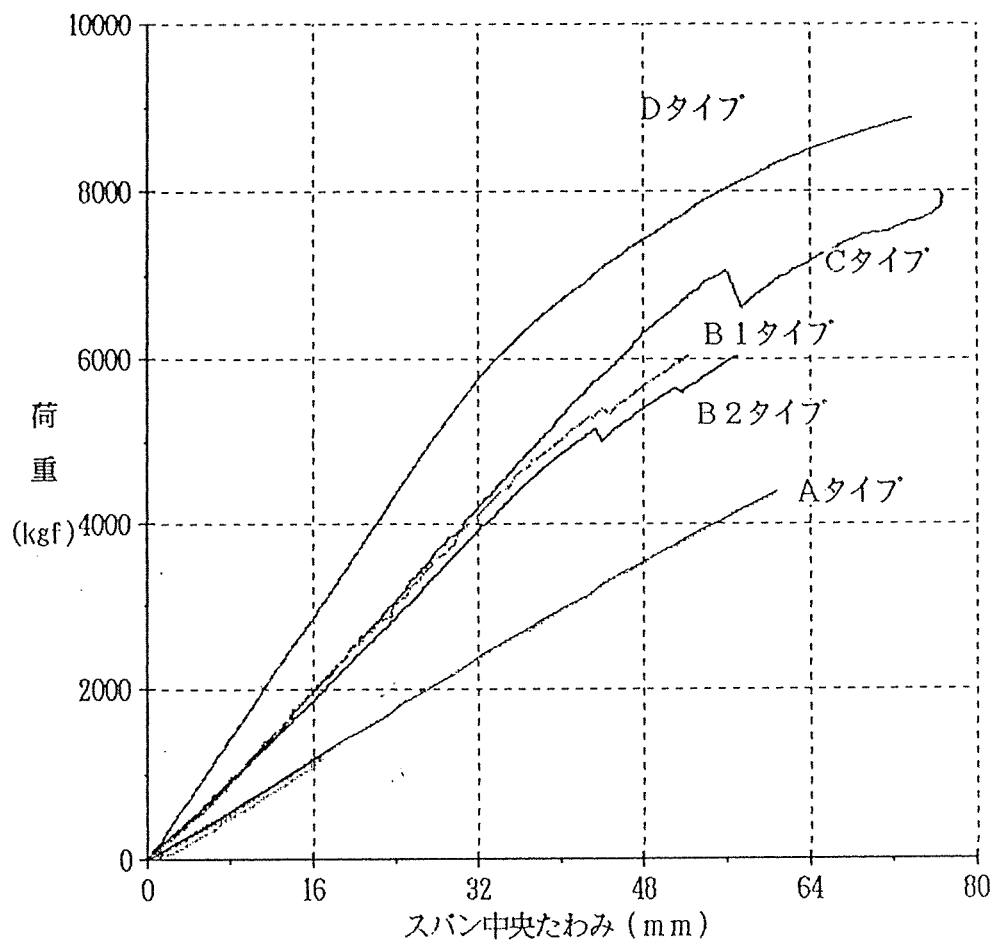


図7. 鉄筋補強梁の荷重-たわみ曲線 (スパン中央)

表2. 鉄筋補強梁のMOEとMORの実験値

試験体	Pmax (kgf)	MOE ( $\times 10^3 \text{kg/cm}^2$ )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	4380	48.4	254
B 1	6035	85.8	349
B 2	6030	81.3	349
C	7970	88.2	461
D	8885	120.7	514

表3. 曲げ剛性の実験値と計算値の比較

単位 (  $\times 10^9 \text{kgf/cm}^2$  )

試験体	実験値	計算値	計/実
A	0.56	0.62	1.11
B1	1.13	1.35	1.19
B2	1.15	1.27	1.10
C	1.14	1.18	1.04
D	1.71	1.84	1.08

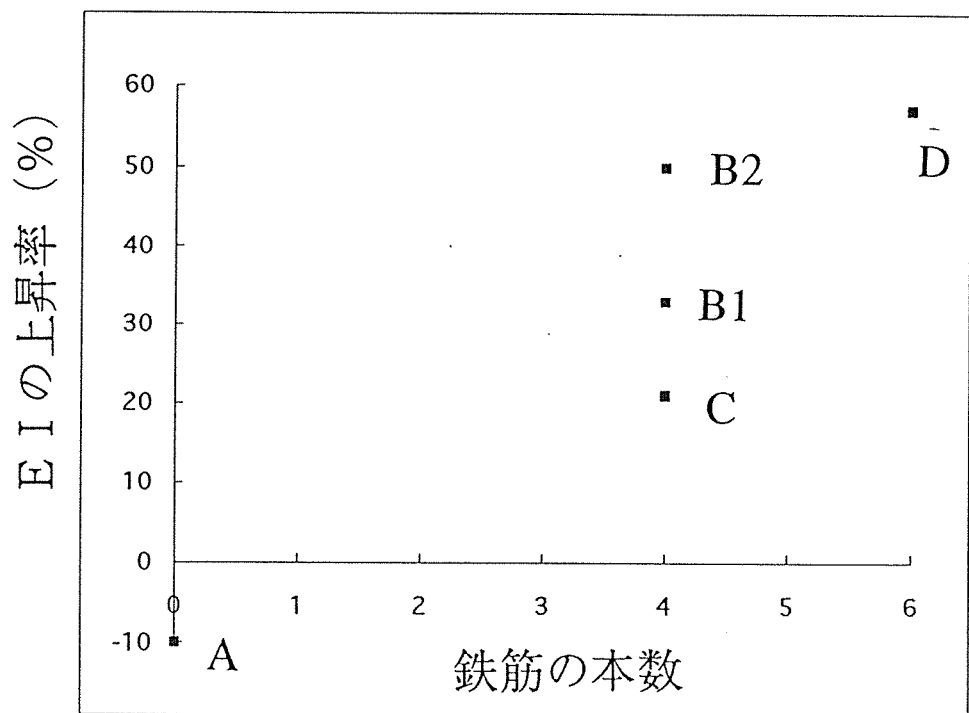
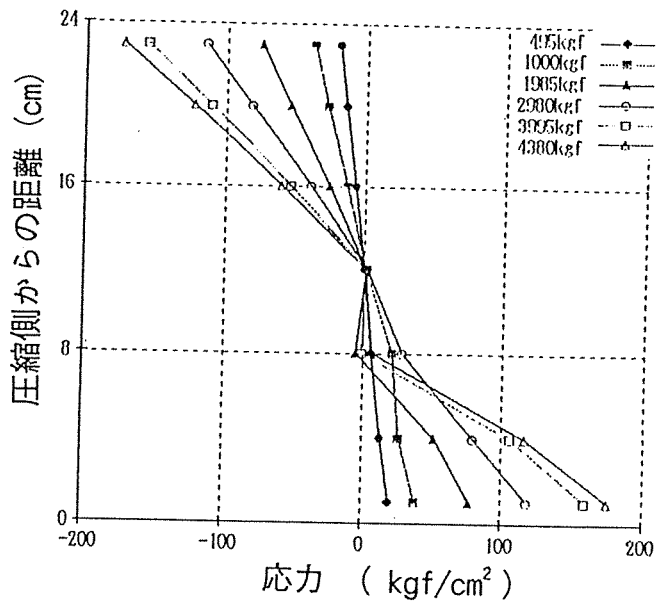


図8. 鉄筋本数と曲げ剛性E I の上昇率との関係

### タイプA



### タイプC

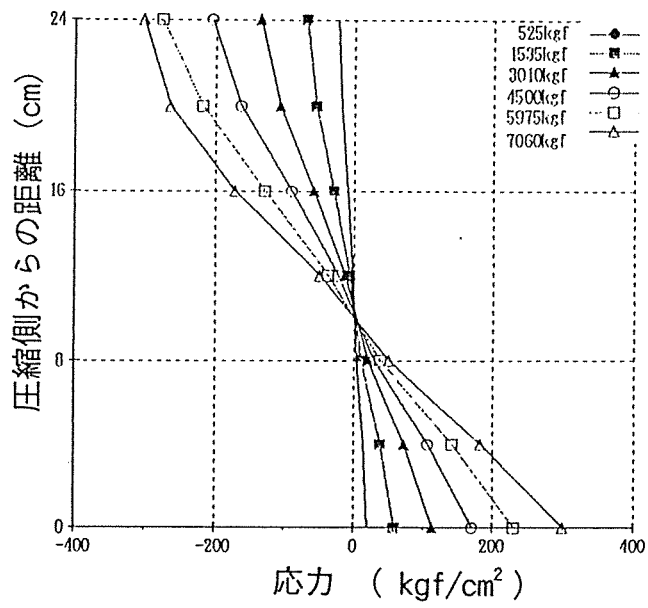
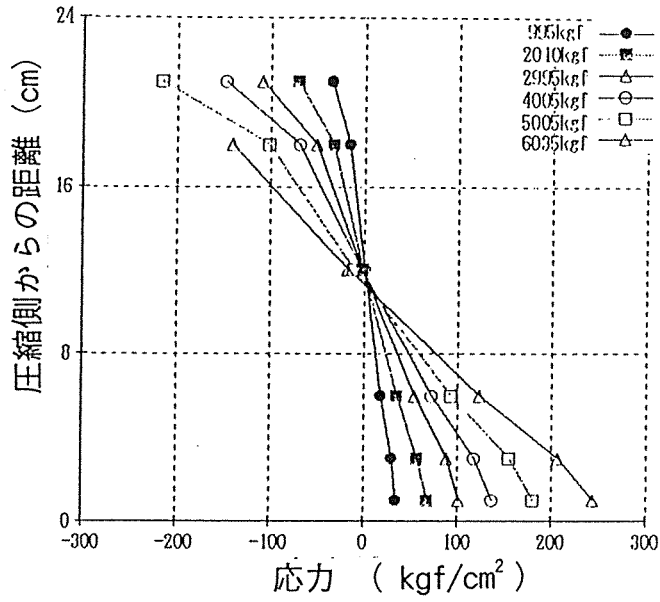


図9-1 木材および鉄筋に生じる応力



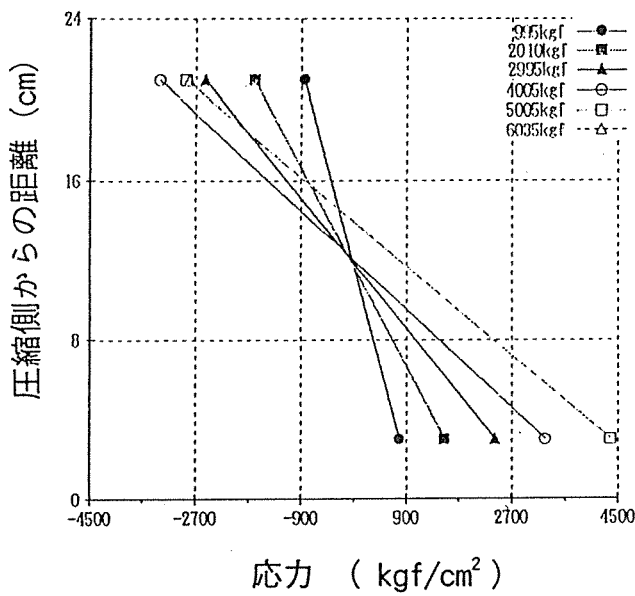
タイプB (B1)

木材面



タイプB (B1)

鉄筋 (スパン中央)



タイプB (B1)

鉄筋 (せん断領域の中央点)

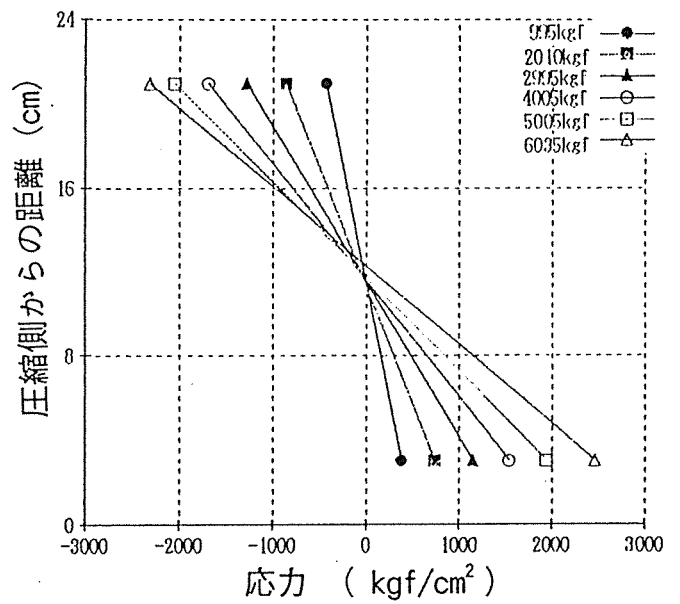
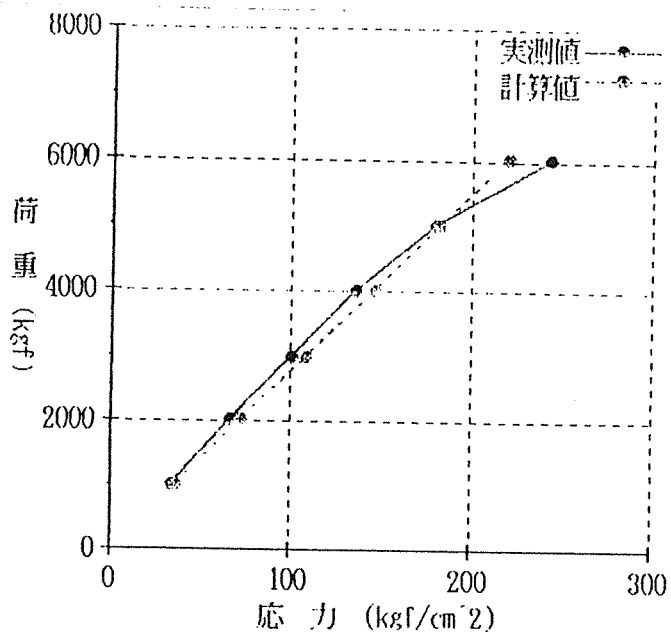
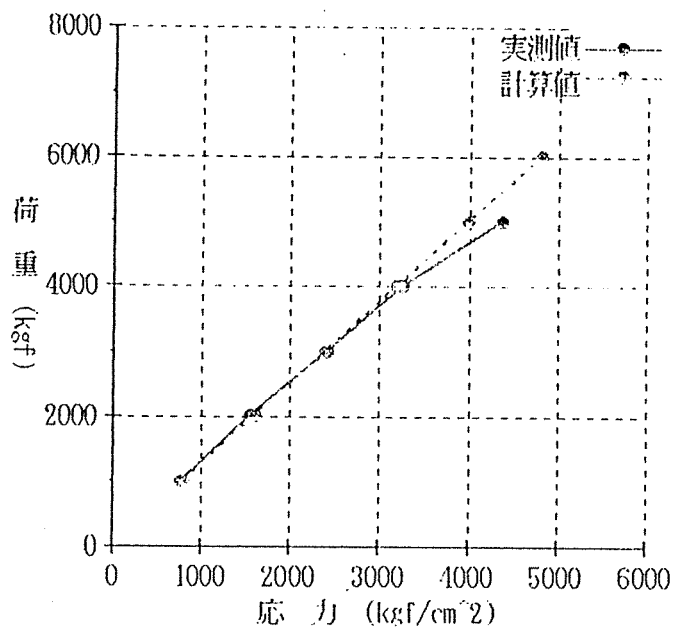


図9-2 木材および鉄筋に生じる応力

タイプB (B1)  
木材面



タイプB (B1)  
鉄筋



タイプC  
木材面

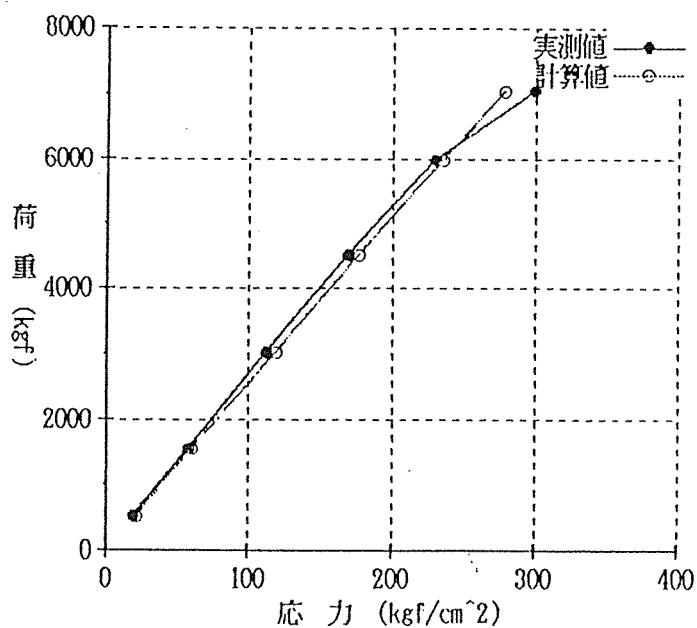


図10. 木材および鉄筋に生じる応力の実験値と計算値の比較

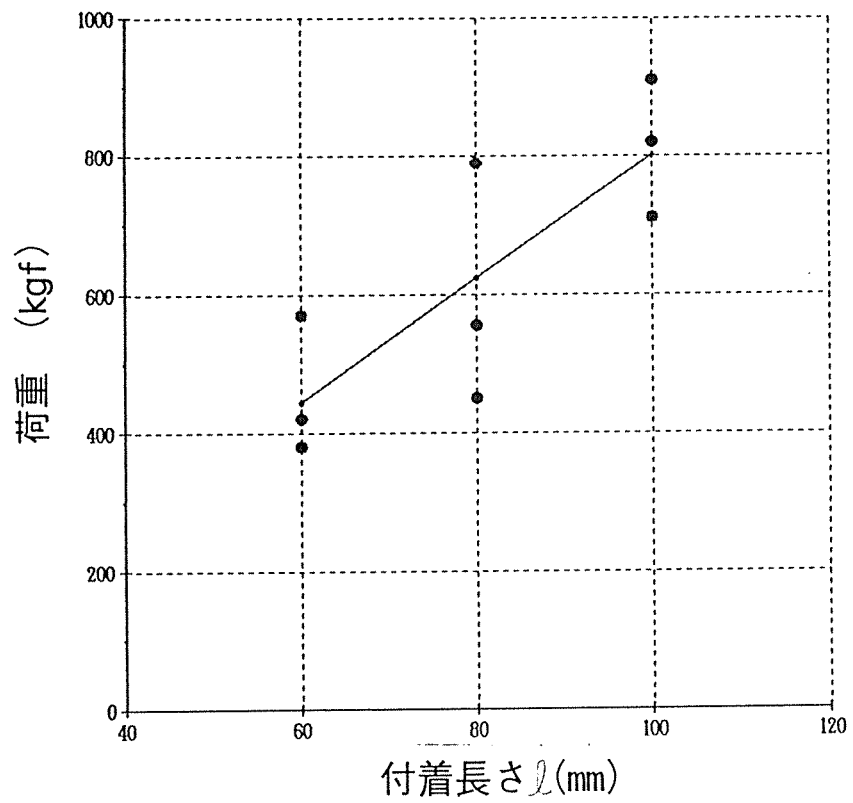


図11. 異形鉄筋と木材との付着長さと荷重との関係

$$P_w = 8.92 l - 90.6$$

$$r = 0.649$$

# 第2章 鉄筋補強木質複合梁の解析的研究

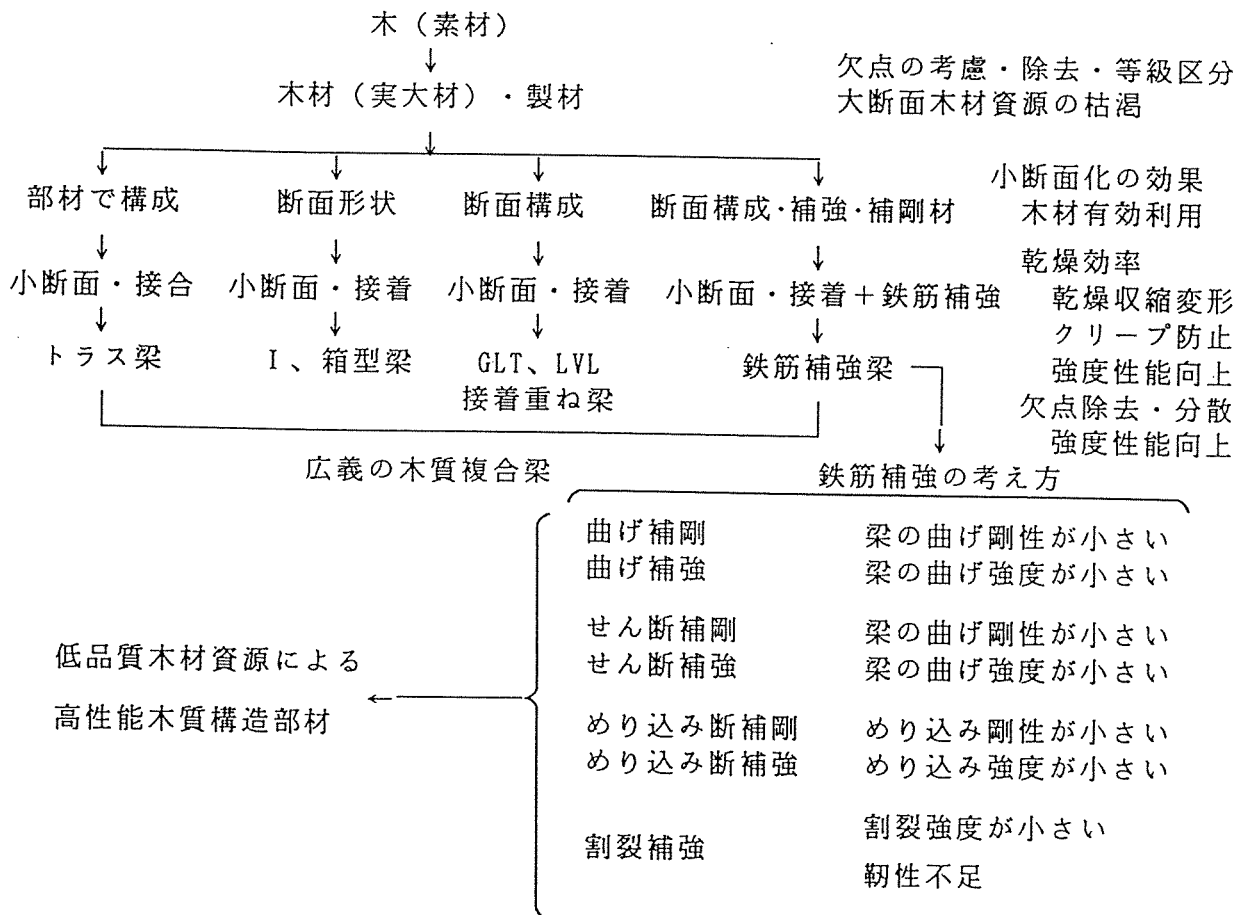
## 1. 緒言

建築構造部材として見たとき、木造梁自体多くの構造的特徴を持っている。しかしながら、木材の構造性能の追求、社会的情勢や構造技術が発展した現状に立脚して、再度この木造梁を見たとき多くの問題や改良すべきまたは改善し得る問題が多く見られる。その一部は、既に集成材やLVL、Iビーム、箱型断面やトラス構造及び他の複合材料との合成梁が考案され実用化されている。

ここでは、その内の一つと考えられる鉄筋曲げ補強梁及びその応用（せん断、めり込み）等について、解析的検討を行う。

### (1) 補強梁の考え方

この補強方法には次のような構造的な狙いがある。



### (2) 問題解決の方法

問題解決の方法として、次の二つの方法が考えられる。

- ・実験研究
- ・解析研究

また検討項目としては、

- ・静力学的問題
- ・耐久性
- ・熱応力問題
- ・製作、施工上の問題とコストの問題

などがある。

ここでは、静力学的問題について解析的手法により検討するものである。

## 2. 研究方法

前項の観点から、住宅規模に多用される木造梁を対象に、静力学的問題について有限要素法にて検討する。

### (1) 対象構造

検討対象構造は、昨年度の検討及び、今年度の三重大学（徳田）の実験供試体を念頭に、実験に直接対応する供試体と各種パラメータの検討を行う標準供試体を設定する。

- ・実験供試体対応解析モデル —— 断面構成と材料定数は、三重大学（徳田）の実験に合わせる。
- ・標準解析モデル —— 上記と同じ形状で等質標準材料定数、各種鉄筋補強とする。

### (2) 検討項目

解析概要とパラメータについては、Table 1 に示す。

Table 1 解析概要とパラメータ

	解 析 概 要	パ ラ メ ー タ	検 討 の 狙 い
実 験 供 試 体	3 等分 2 点加力 線形 F E M 解析 線形理論解	断面構成法 補強筋配置 (木材、鉄筋)	荷重-たわみ(補強効果) F E M、理論解の適用性 実験値との比較検討
標 準 構 造	3 等分 2 点加力 線形 F E M 解析	(標準補強筋について) 鉄筋比(補強筋上=下) (下/上比) 定着長(補強筋上=下) せん断補強	荷重-たわみ、応力分布 補強効果、補剛効果 最適補強法 必要補強長さ、付着応力 せん断補強効果

### (3) 解析及び理論

解析には、汎用有限要素法ソフトである M A R C / M E N T A T を用い、線形応力解析を行う。なお、解析に用いる材料は全て線形弾性とする。

理論値の算定にあたっては、線材曲げ理論により曲げ応力度分布、せん断応力度分布、たわみを求める。またたわみについては、せん断変形も求める。

はじめに有限要素法と理論解を比較検討し、せん断変形を含め有限要素法の適用性を確認した後、実験供試体及び標準構造を解析し、その構造特性の検討を行う。

### 3. 材料の基本的性質

主たる構造材料の基本的性質をTable 2 に、又主たる木材の材料性質をTable 3に示す。

Table 2 構造材料の基本的性質

材料	密度 (20°C) g/cm <sup>3</sup>	比熱 (20°C) cal/°C	線膨張係数 (20°C付近) ×10 <sup>-5</sup> cm/°C	熱伝導率 (20°C付近) cal/cm s °C	縦弾性 係数 ×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>	その他の特徴		
						耐久 性	建築材料としての 施 工 性	耐 火 性
木材	0.3 ~ 1.0	0.298	$\alpha_L=0.3\sim0.5$ $\alpha_R=2.0\sim4.0$ $\alpha_T=3.0\sim5.0$	$\lambda_L=0.2\sim0.3$ $\lambda_R=0.1$ ~0.15	40~160	生物的攻撃が なければ、か なり高い。	加工性、安全性に 優れているが、接 合性には劣る。	強度の低下 は緩慢。
鋼材	7.87	0.11	1.20	2.99	2100.0	錆びやすい	加工性、接合性に 優れている。	強度の低下 は迅速。
コンクリート	2.2~ 2.35	0.22~ 0.4	1.2~1.5	1.4~2	210.0	密実であれば かなり高い。	接合性に優れてい る。	強度の低下 は緩慢。
アルミニウム	2.699	0.215	2.90	0.53	722.0	錆びにくい	加工性、接合性に 優れている。	強度の低下 は迅速。

Table 3 主たる木材の材料性質

	比 重		含水率変化1%当りの 平均吸収率 (%)			引 張 強 さ (kg/cm <sup>2</sup> )			曲げヤング係数 (10 <sup>3</sup> Kg/cm <sup>2</sup> )
	$\gamma_0$	$\gamma_{15}$	T	R	L	T	R	L	L*
あかまつ	0.55	0.58	0.27	0.13	0.01	40	95	1,300	115
す ぎ	0.36	0.40	0.24	0.09	0.01	25	70	560	75
ぶ な	0.64	0.68	0.33	0.18	0.02	90	185	1,100	120
みずなら	0.65	0.70	0.30	0.16	0.02	100	140	1,370	100
アビトン	0.68	0.72	0.34	0.20	0.01	50	85	1,670	200

$\gamma_0$  : 全乾比重

$\gamma_{15}$  : 気乾比重 (含水率15%)

T : 接線方向

R : 半径方向

L : 繊維方向

\* : 曲げにおけるスパン方向

#### 4. 研究対象構造

##### (1) 実験供試体対応解析モデル

形状とモデル図：解析の対象とする供試体は、三重大学（徳田）で行われた5タイプの供試体とする。供試体の形状はFig 1、Fig 2 に示す。

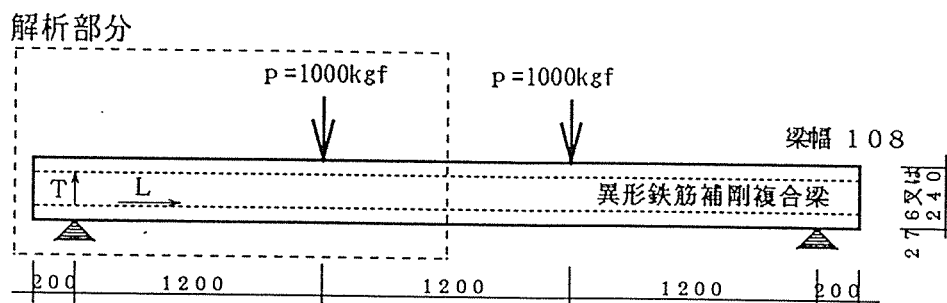


Fig 1 研究对象供試体 (TYPE B, C, D, F, G 側面部)

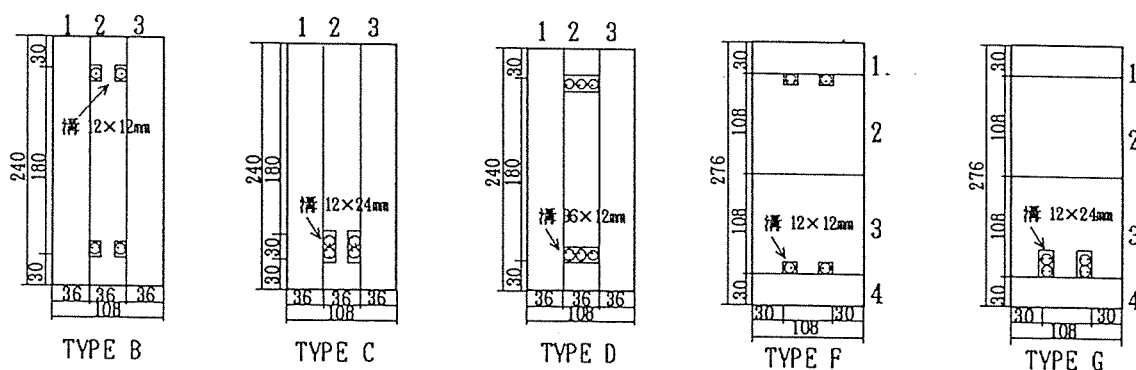


Fig 2 研究对象供試体 (○は異形鉄筋 D10を示す。TYPE A は無筋とする。)

材料定数：各材料特性についてTable 4 にまとめる。すぎ材の材料特性については  $E_L$  (三重大学 徳田、実験値)、 $E_T/E_L=0.04$ 、 $G_{LT}/E_L=0.047$  (沢田、実験値) をもとにして、曲げヤング係数および、せん断弾性係数を求めた。

Table 4 木材及び鋼材の材料定数

	TYPE	解析に用いる材料定数			
		$E_L$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	$E_T$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	$G_{LT}$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	
すぎ材	B1	68,300	2,732	3,210	
	B2	61,600	2,464	2,895	
	C	75,800	3,032	3,563	
	D	90,700	3,628	4,263	
	F	1	78,100	3,124	3,671
		2	75,300	3,012	3,539
		3	75,300	3,012	3,539
		4	81,900	3,276	3,849
	G	1	85,600	3,424	4,023
		2	72,900	2,916	3,426
3		65,200	2,608	3,064	
4		89,500	3,580	4,207	
鉄筋	SD295	2,100,000	-----	-----	

$E_L$  : 繊維方向の  
ヤング係数

$E_T$  : 接線方向の  
ヤング係数

$G_{LT}$  : 繊維-接線方向の  
せん断弾性係数

注) TYPE B~D の  $E_L$  については、1, 2, 3 各部材の実験値の平均をとる。また、鉄筋の材料特性 (曲げヤング係数) については、SD295 の材料特性を採用した。

(2) 標準構造解析モデル

形状とモデル図：解析モデルは、108×240×3600の複合梁を単純梁とし、3等分2点加力するものである (Fig 3)。そして、鉄筋の断面積、上下鉄筋比及び定着長さをパラメータとする (Table 5)。

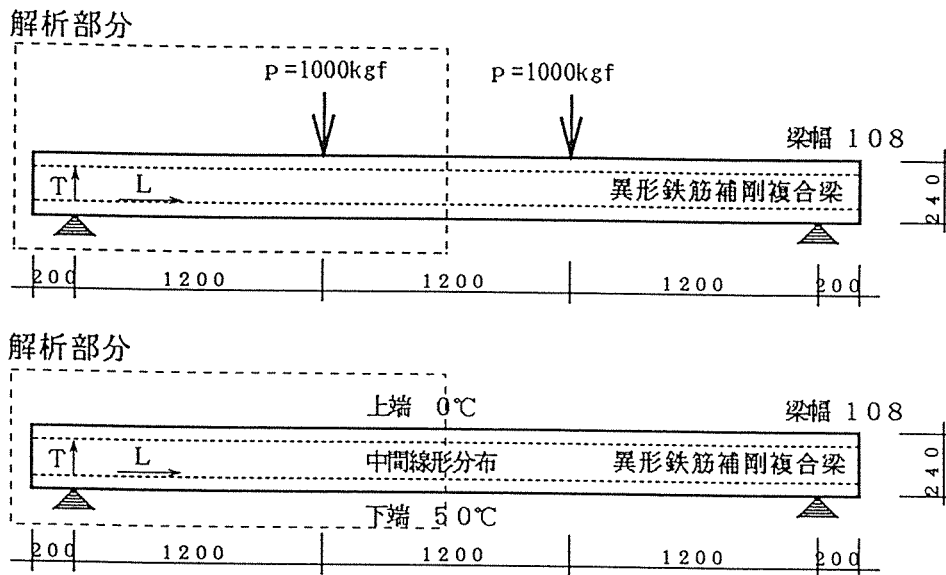


Fig 3 解析モデル形状 (標準構造)

Table 5 解析モデル名と各パラメータ  
 解析モデル名 = N P 2 2 Q - 0  
 (標準構造) (荷重) (上端筋の数) (下端筋の数) (せん断補強) (無筋部長さ)

解析モデル名	上端筋本数 (D10)	下端筋本数 (D10)	支点より無筋部の長さ (cm)	荷重
NP00-0	0	0	0	3等分2点荷重
NP11-0	1	1	0	3等分2点荷重
NP22-0	2	2	0	3等分2点荷重
NP33-0	3	3	0	3等分2点荷重
NP31-0	3	1	0	3等分2点荷重
NP13-0	1	3	0	3等分2点荷重
NP04-0	0	4	0	3等分2点荷重
NP22-25	2	2	25	3等分2点荷重
NP22-50	2	2	50	3等分2点荷重
NP22-75	2	2	75	3等分2点荷重
NP22-100	2	2	75	3等分2点荷重
NP22Q-0	2	2	0	3等分2点荷重

注) P : 3等分2点荷重  
 無筋部長さ: - 0 以外は支点からの無筋部分の長さ (両端同じ)  
 Q : せん断補強



材料定数：各材料特性についてTable 6 に示す。すぎ材の材料特性については $E_L$ （木構造計算規準）、 $E_T/E_L=0.04$ 、 $G_{LT}/E_L=0.047$ （沢田、実験値）をもとにして、曲げヤング係数およびせん断弾性係数を求めた。

Table 6 各材料常数

	ヤング係数 (kg/cm <sup>2</sup> )		せん断弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
	$E_L$	$E_T$	$G_{LT}$
木材 (すぎ)	70,000	2,800	3,290
鉄筋 (SD295)	2,100,000		-----

補強方法：木材の補強方法を、Table 7 に示す。

Table 7 補強方法

曲げ補強		せん断補強
上端筋	下端筋	
n - D 10 n : 0 ~ 3	n - D 10 n : 0 ~ 4	2 - D 10 45° @ 100

### 5. 解析方法

対称性を利用し全体の1/2を解析の対称とする。又木材（すぎ材）は4辺形平面応力要素、補剛材はトラス要素として線形応力解析する (Fig 4)。加力は3等分2点加力とし、大きさは1点で1000 (kgf)とした。要素分割と節点数は次のようにする。

・実験供試体対応解析モデル

TYPE B, C, D : 節点数 1189

TYPE F, G : 節点数 1353

要素数 1120 (木材)、80 (鉄筋)

要素数 1280 (木材)、80 (鉄筋)

・標準解析モデル

全解析モデル : 節点数 1189 要素数 1120 (木材)、80 (鉄筋)

せん断補強の場合は : 節点数 1189 要素数 1120 (木材)、80+48 (鉄筋)

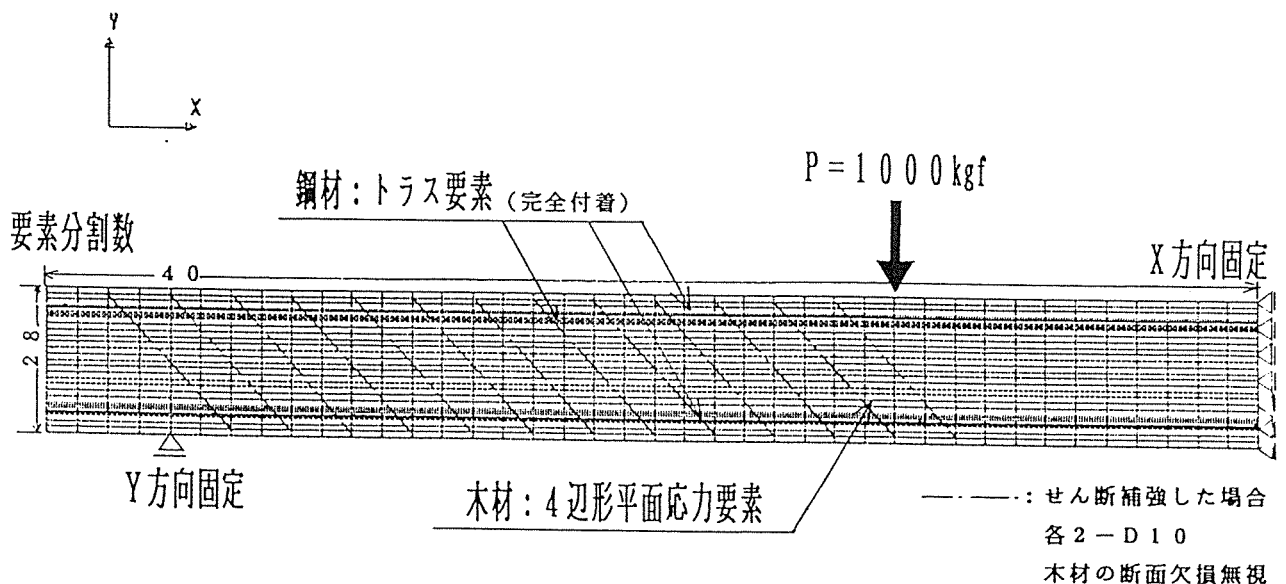


Fig 4 解析モデル図 (TYPE B, C, D)

解析及び結果表示には、汎用有限要素法ソフトのMARC/MENTATを用いた。

## 6. 静力学的問題

### (1) 実験供試体解析モデルの解析結果

実験値、解析値及び理論解に於ける、最大曲げたわみをTable 8 に示す。またその関係をFig 5に示す。

Table 8 最大曲げたわみ

	最大曲げたわみ					
	実験値 たわみ (cm)	解析値 (cm)		理論解 (cm)		
		せん断弾性係数 G×1(無補強との比)	G×10	曲げ たわみ	せん断 たわみ	曲げ+ せん断
TYPE B1	1.61	1.536 (0.692)	1.344	1.322	0.216	1.538
B2	1.73	1.651 (0.671)	1.439	1.412	0.240	1.652
TYPE C	1.59	1.539 (0.770)	1.372	1.356	0.195	1.551
TYPE D	1.10	1.107 (0.651)	0.980	0.964	0.163	1.127
TYPE F	0.95	0.963 (0.736)	0.896	0.808	0.171	0.979
TYPE G	0.85	1.038 (0.797)	0.879	0.866	0.186	1.052

注) 理論解の曲げとせん断たわみの算定に用いる弾性係数は、次に示すものを採用した。

B～D : ヤング係数、せん断弾性係数とも断面構成部材 1～3 の平均値

F、G : ヤング係数は構成部材 1～4 の平均値、せん断弾性は 2 と 3 の平均

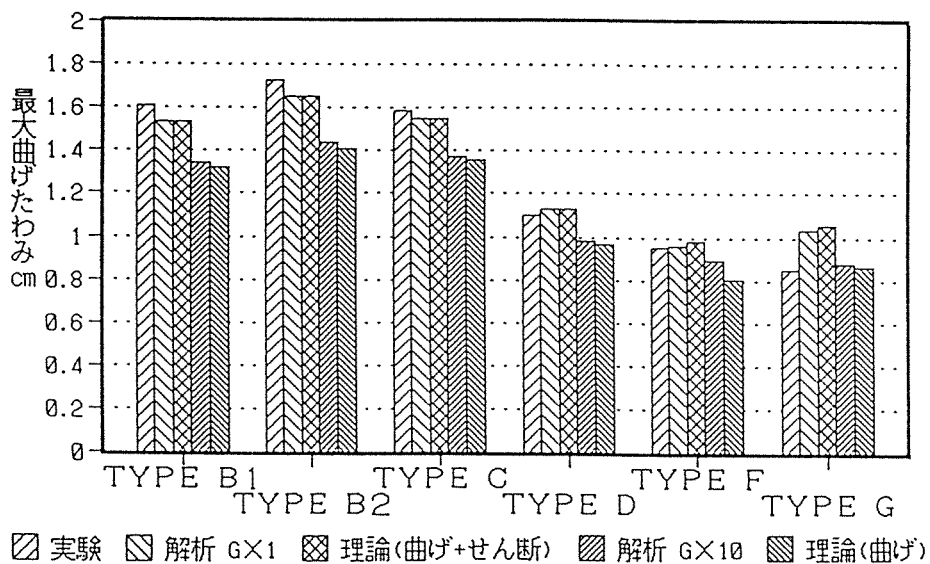


Fig 5 最大曲げたわみの関係

### (2) 標準構造解析モデルの解析結果

NP22-0の曲げ応力度分布、せん断応力度分布、鉄筋の軸応力度分布、付着応力度分布を、Fig 6.1, Fig 6.2, Fig 6.3 に示す。補強長さによる、鉄筋の軸力の分布状況を Fig 7.1, Fig 7.2, Fig 7.3, Fig 7.4 に示す。補強鉄筋の本数をパラメータに複合梁の最大曲げたわみ、曲げ応力度の関係をFig 8.1, Fig 8.2, Table 9に示す。また、補強鉄筋の全本数(上端筋+下端筋)が4本で引張鉄筋比をパラメータとしたときの、最大曲げたわみ、最大曲げ応力度の関係をFig 9.1, Fig 9.2, Table 10 に示す。Fig 10.1, Fig 10.2, Table 11には、鉄筋の定着長さが変化したときの、最大曲げたわみ、最大曲げ応力度を示す。Fig 11.1, Fig 11.2, Table 12 には、せん断補強筋の効果したときの、最大曲げたわみ、最大曲げ応力度、せん断補強筋の応力度を示す。

1) 標準構造(NP22-0)の応力分布特性

Fig 3 のように加力点及び支持点を集力点加力と集中点支持とすると、この部分には大きな応力集中が生ずる。これは全体のたわみや応力分布には殆ど影響しない。しかしながら応力分布図を描くと、この応力集中は大きく、図は見にくくなる。このため、ここでは断面高さ方向の分散荷重と分散支持とした。

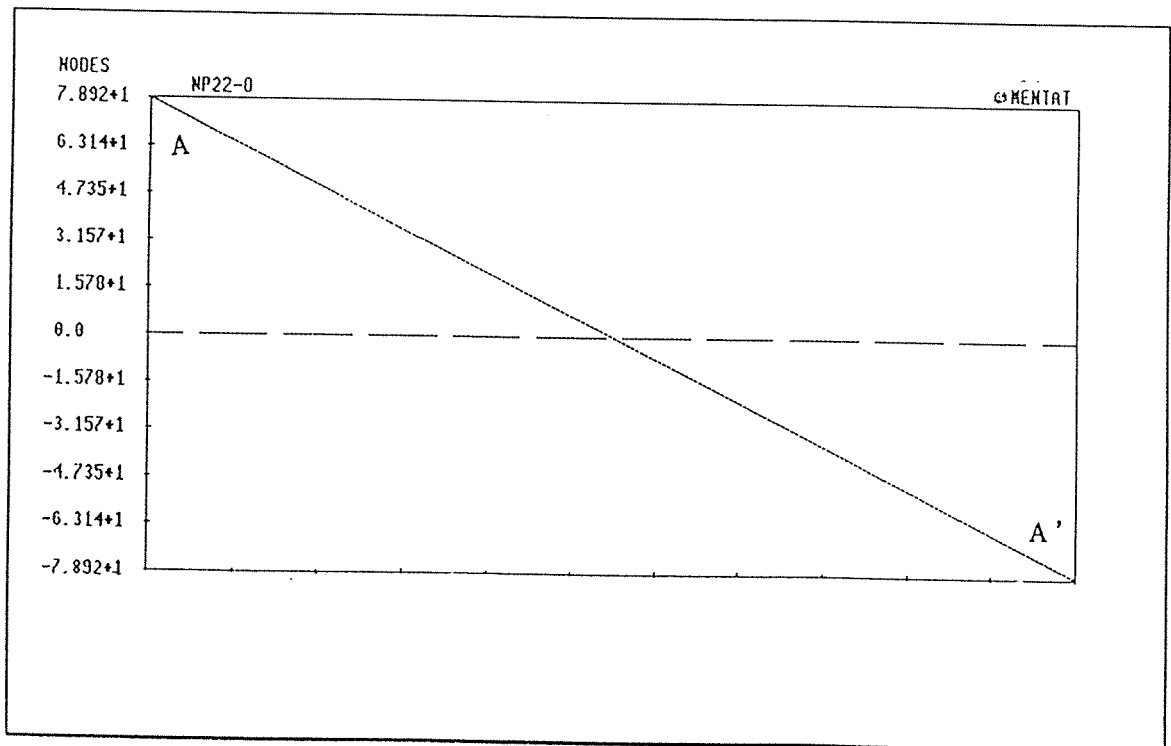
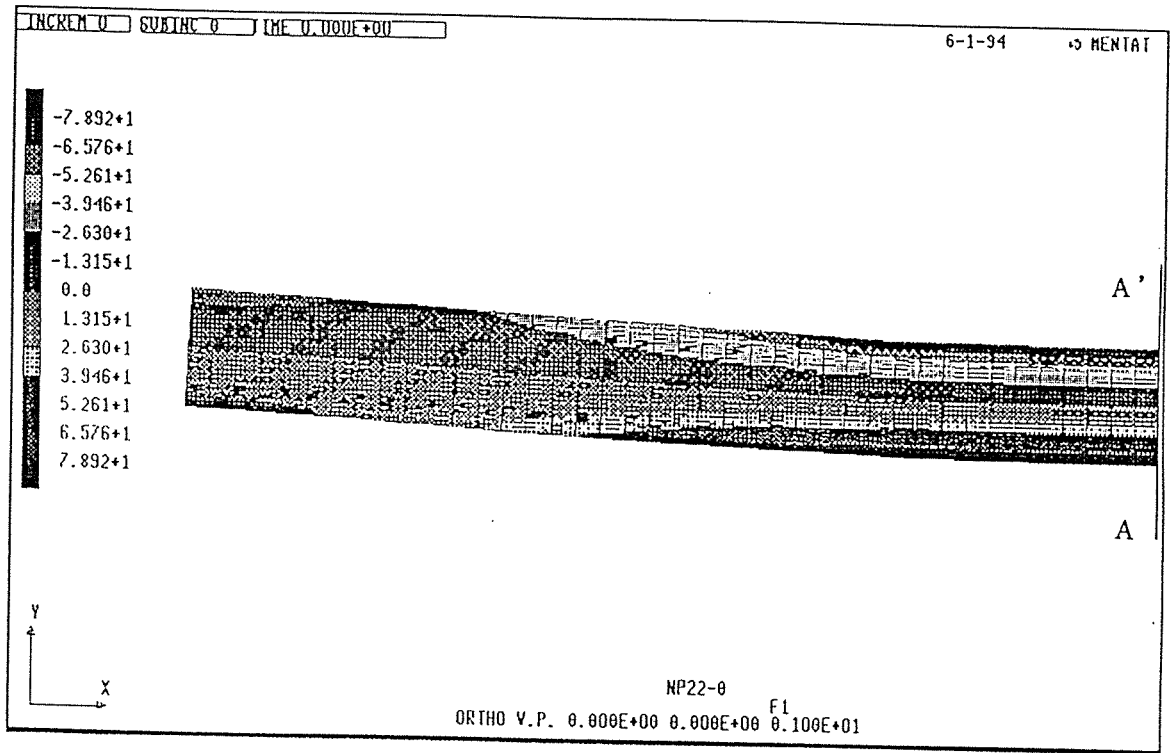


Fig 6.1 標準構造(NP22-0)の曲げ応力度分布

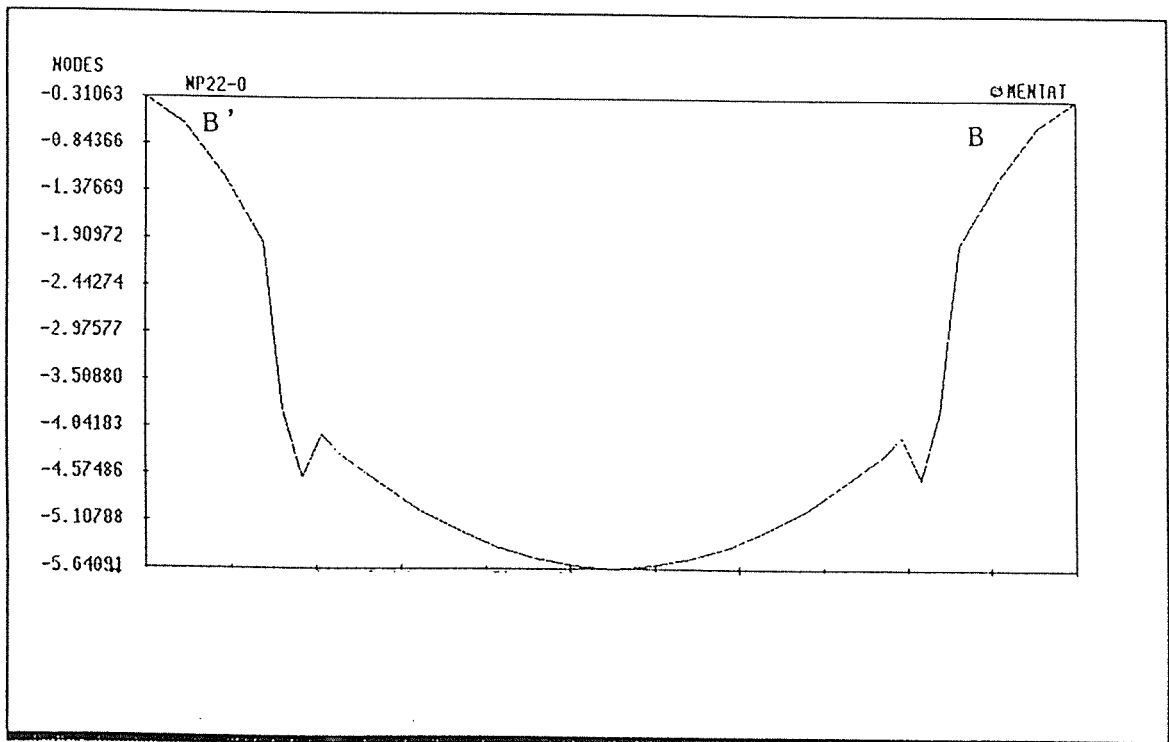
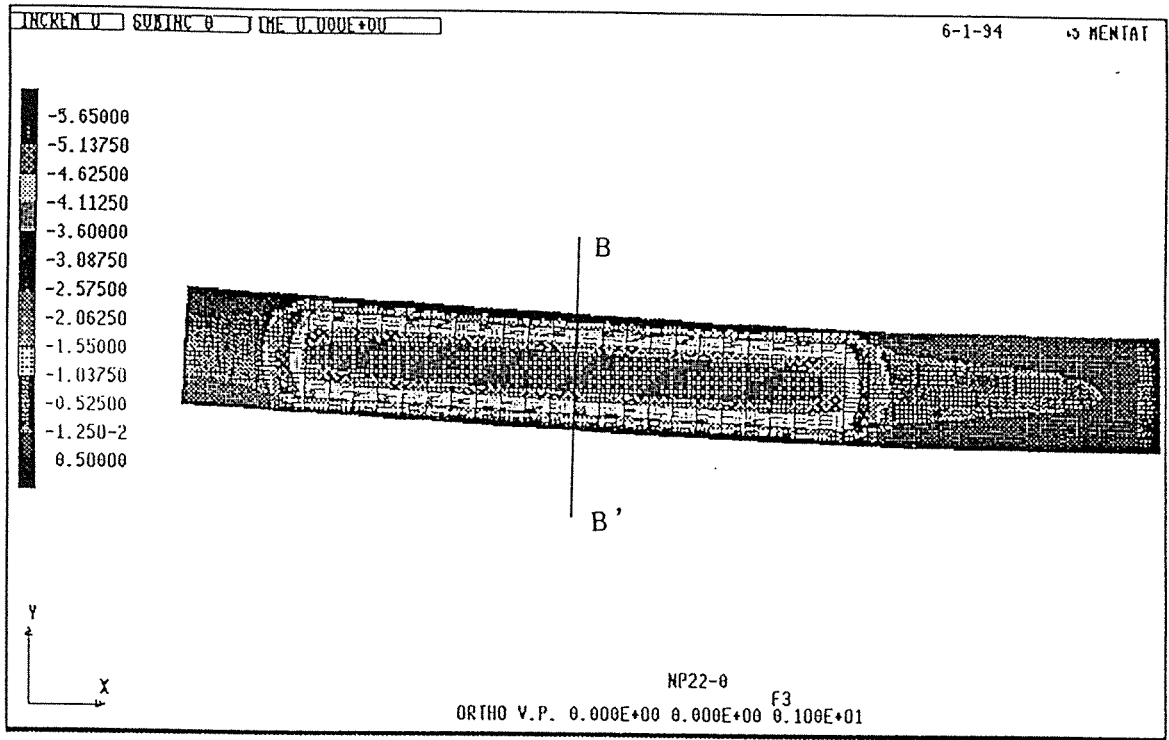
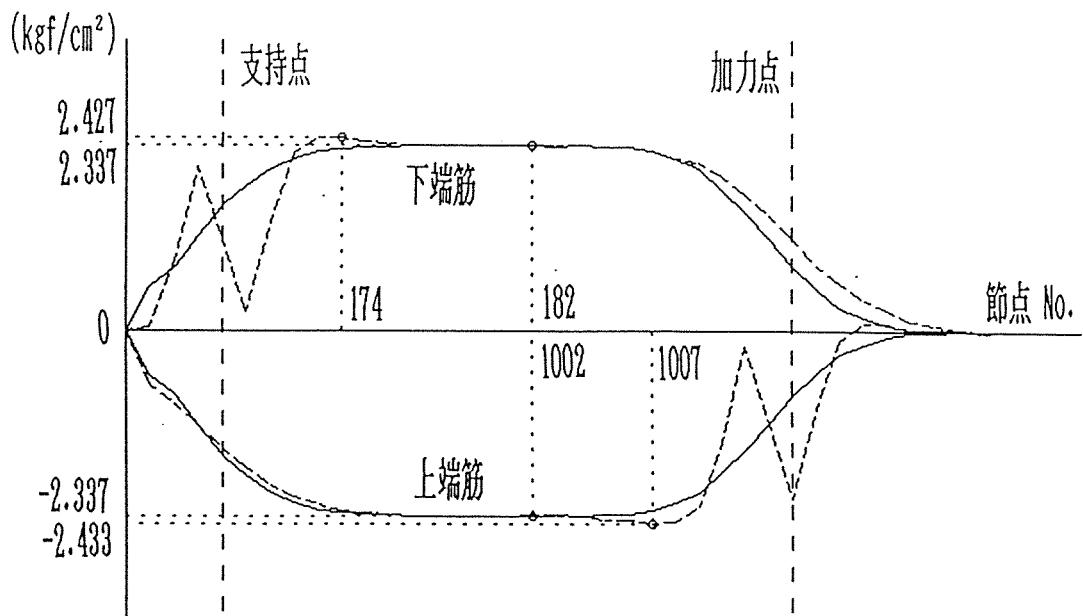
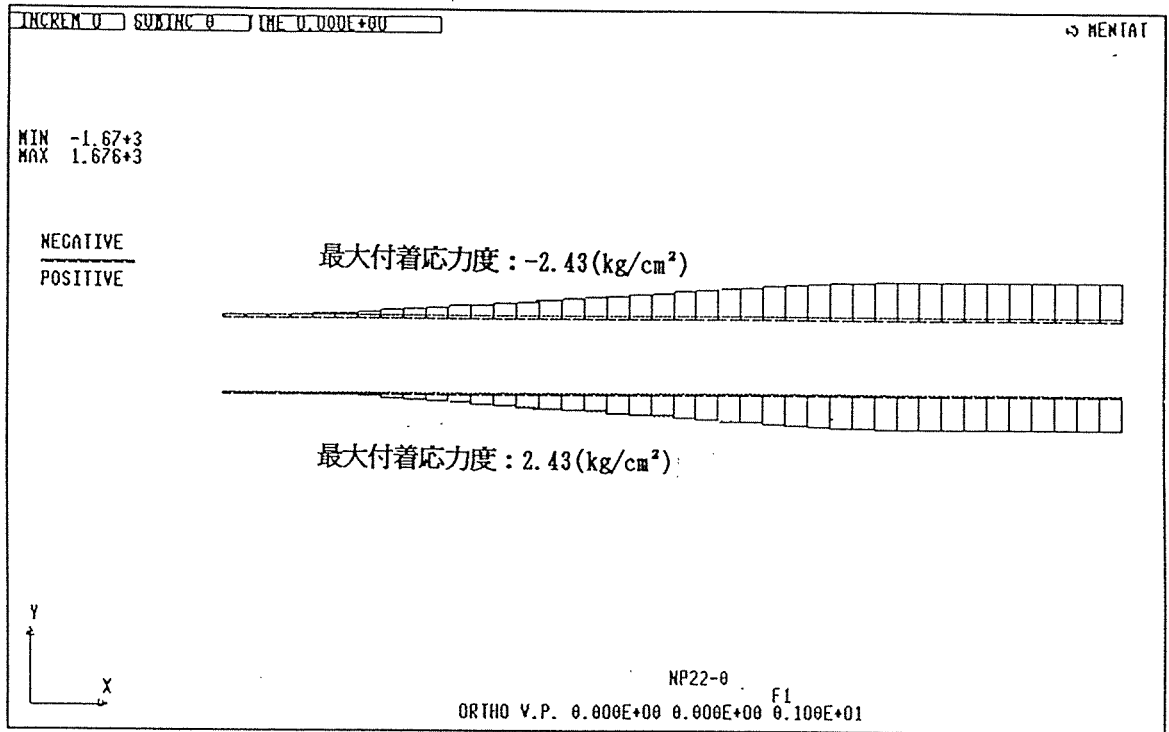


Fig 6.2 標準構造(NP22-0)のせん断応力度分布



----- : 加力点、支持点は1節点  
 \_\_\_\_\_ : 加力点、支持点は断面の高さ方向に分散

Fig 6.3 標準構造(NP22-0)の補強筋軸応力度と付着応力度分布

2) 補強長さによる鉄筋の軸応力度分布特性

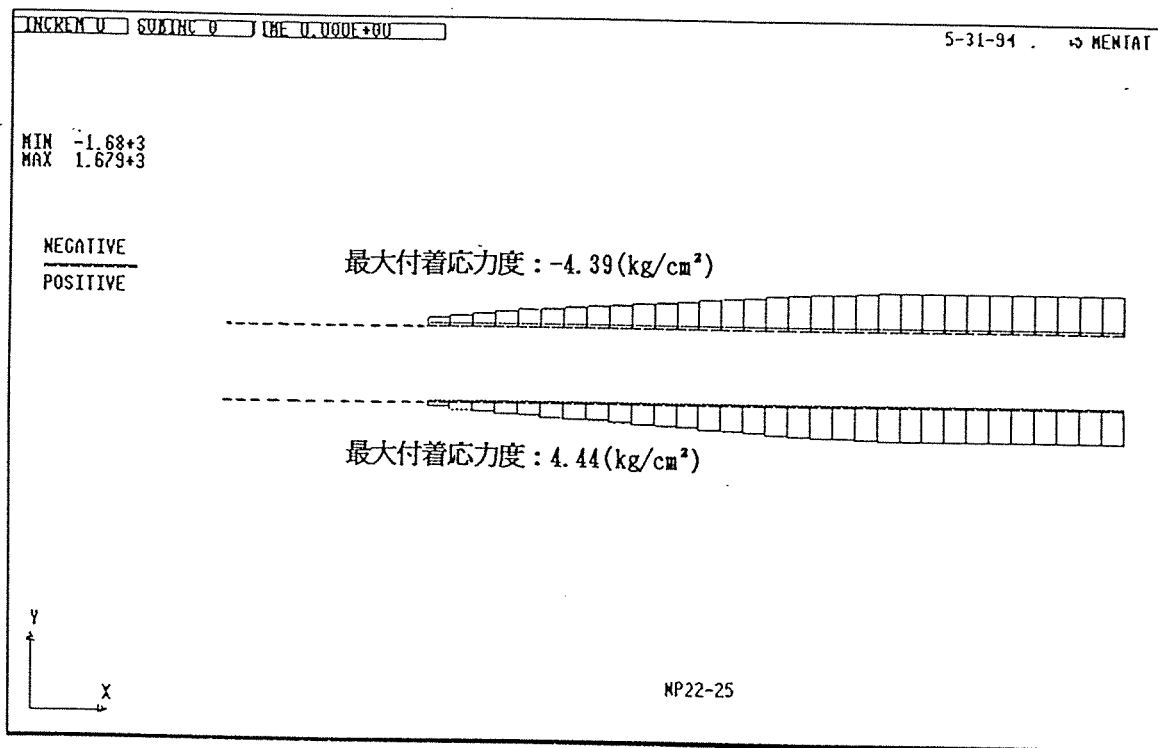


Fig 7.1 鉄筋の軸応力度の分布状況 (NP22-25)

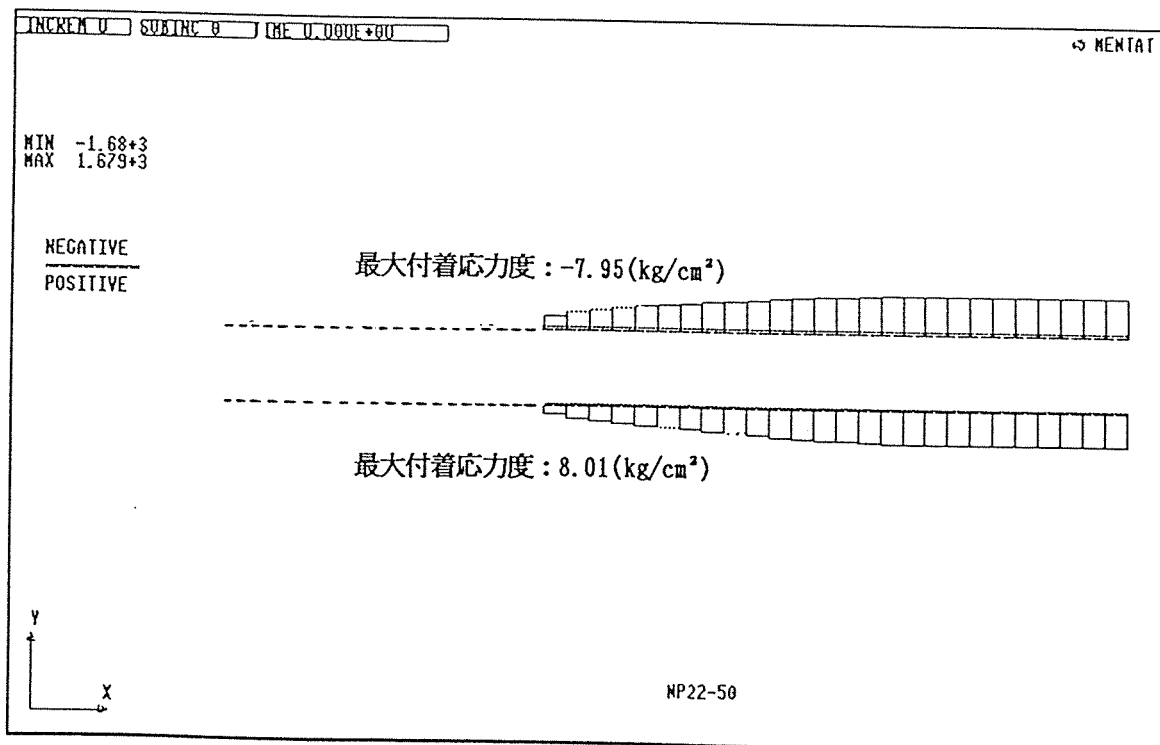


Fig 7.2 鉄筋の軸応力度の分布状況 (NP22-50)

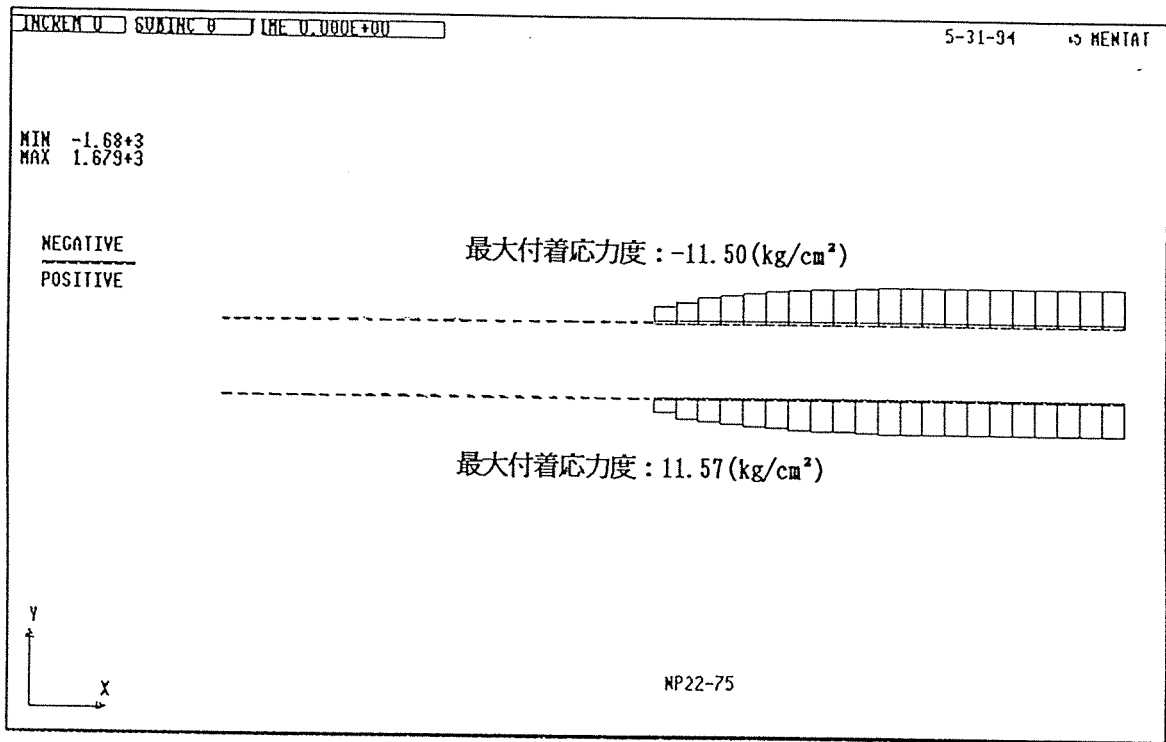


Fig 7.3 鉄筋の軸応力度の分布状況 (NP22-75)

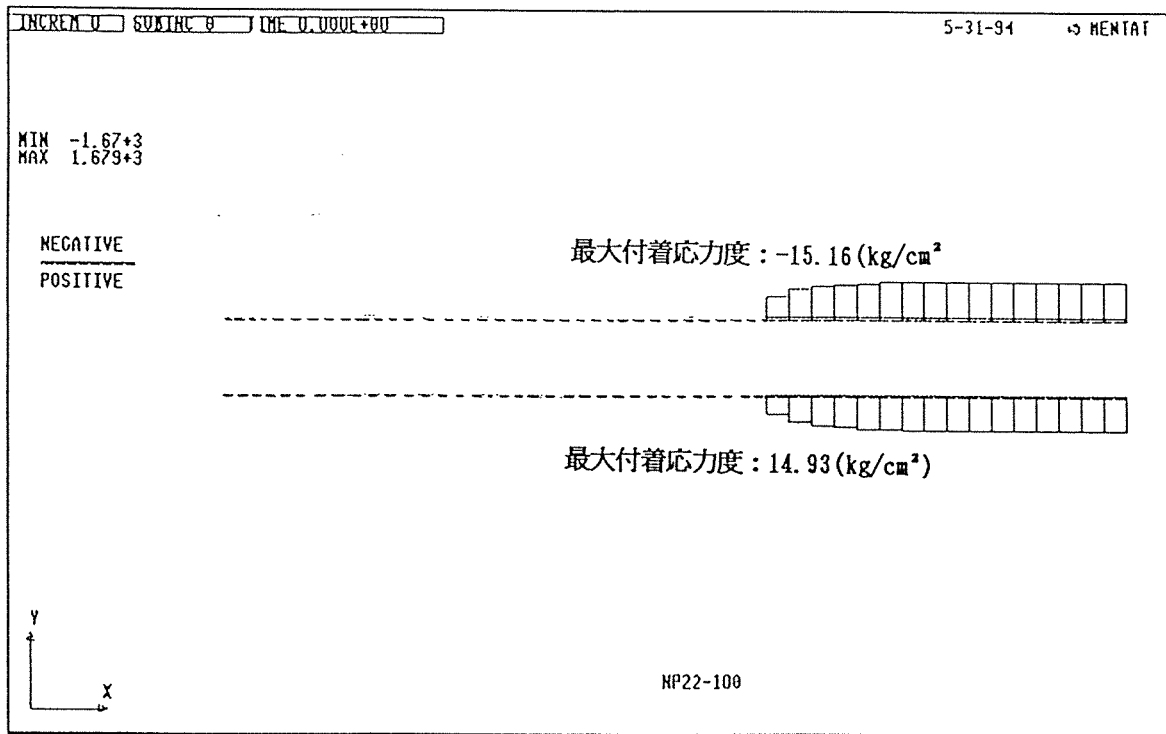


Fig 7.4 鉄筋の軸応力度の分布状況 (NP22-100)

3) 補強筋本数の影響について

Table 9 鉄筋本数による比較

	最大たわみ (cm)	木材最大曲げ応力度		鉄筋最大軸応力度		最大せん断 応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		引張応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	圧縮応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	圧縮応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	
NP00-0	2.10	115.70	115.70	—	—	5.74
NP11-0	1.75	94.15	94.15	1999	2007	5.69
NP22-0	1.51	79.12	79.12	1679	1681	5.65
NP33-0	1.34	68.40	68.40	1451	1449	5.62

注) 最大応力度は加力点、支持点での応力集中を取り除いたものとする。

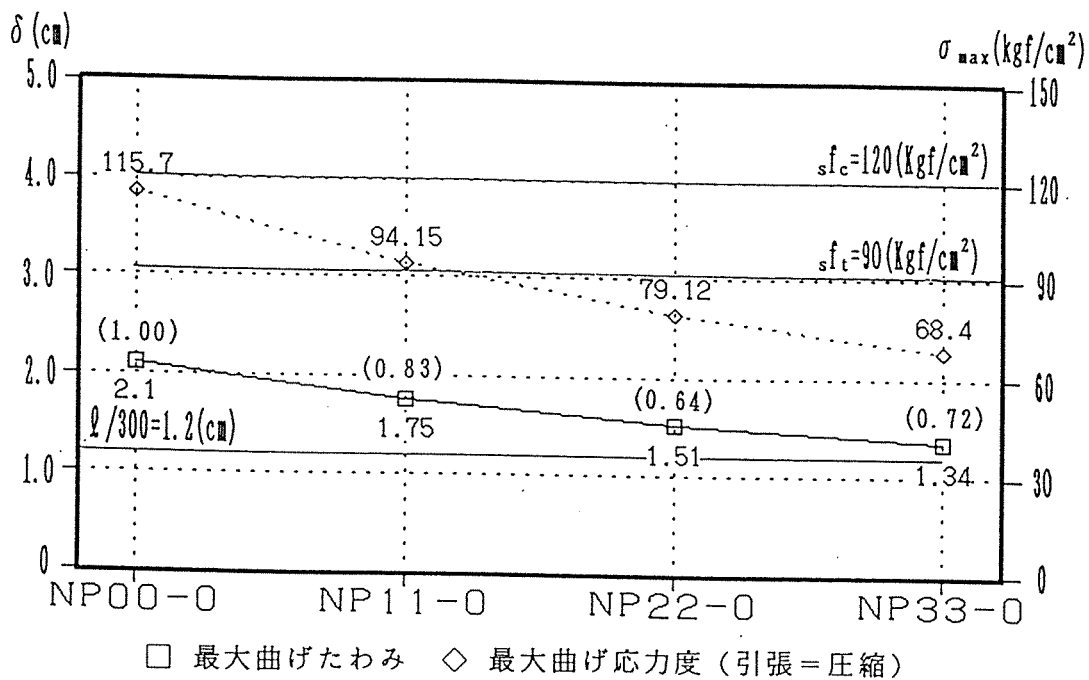


Fig 8.1 鉄筋本数の木材最大曲げ応力度への影響

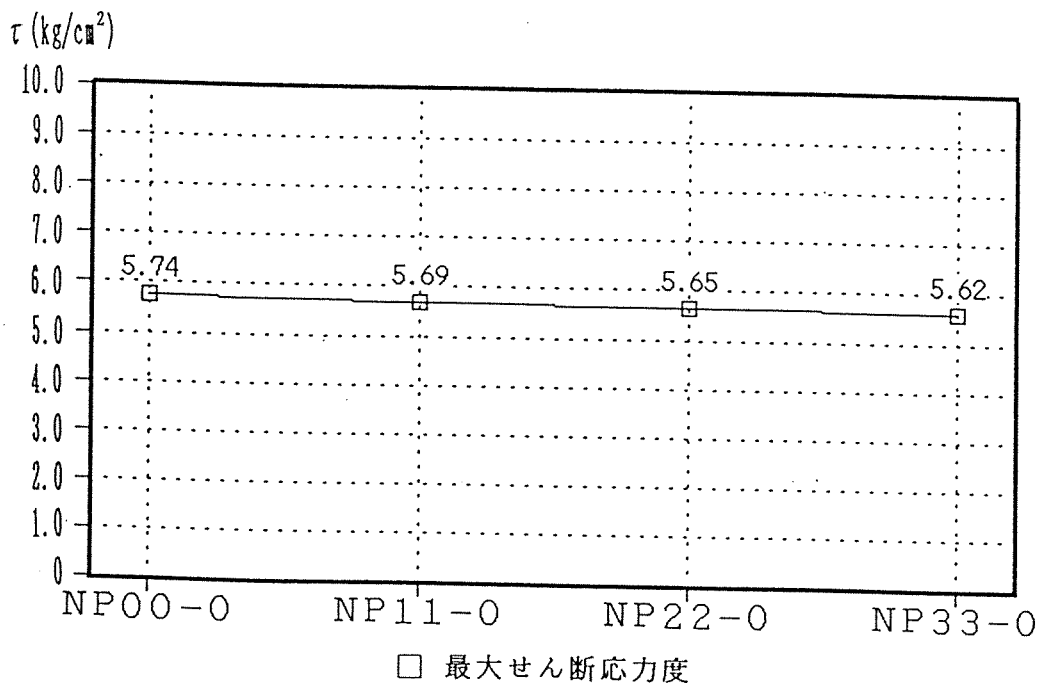
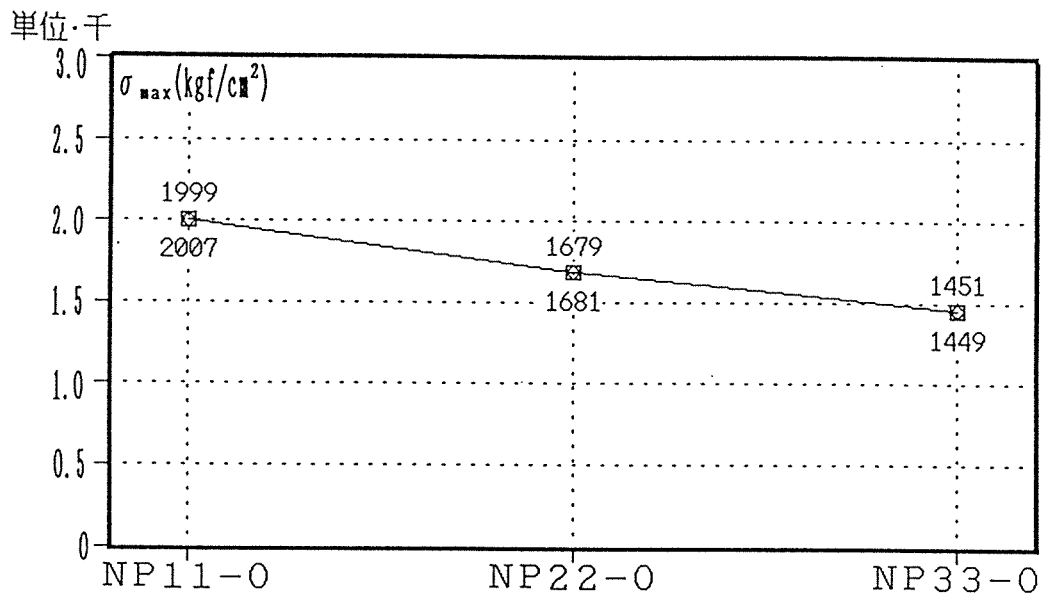


Fig 8.2 鉄筋本数の木材最大せん断応力度への影響





□ 最大曲げ応力度 (引張)    ◇ 最大曲げ応力度 (圧縮)

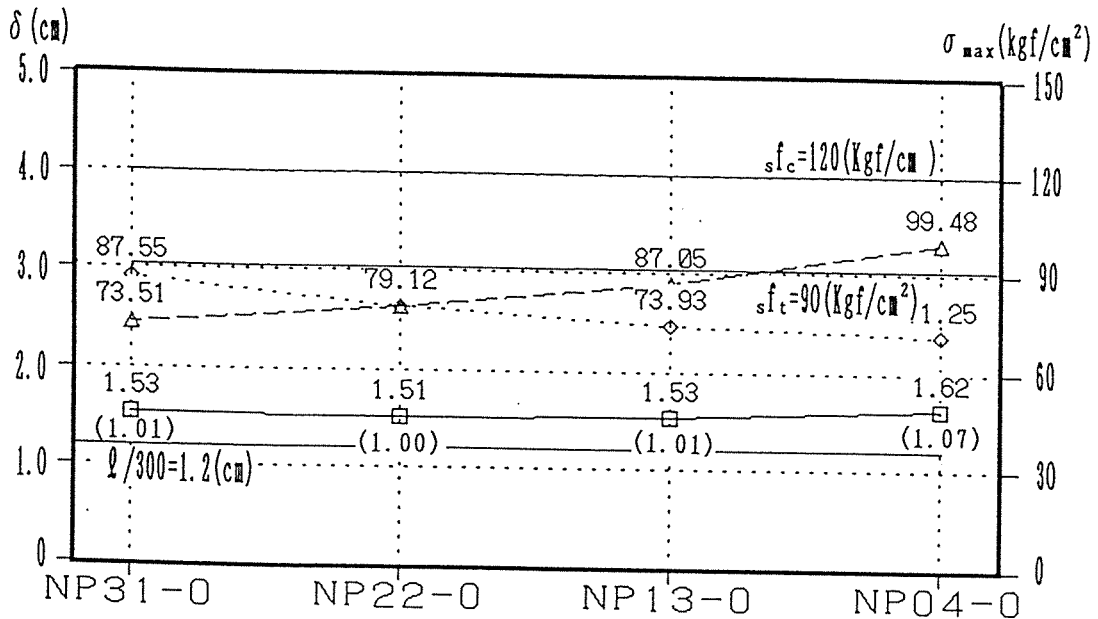
Fig 8.3 鉄筋本数の鉄筋最大軸応力度への影響

3) 上下鉄筋比の影響について

Table 10 上下鉄筋比鉄筋による比較

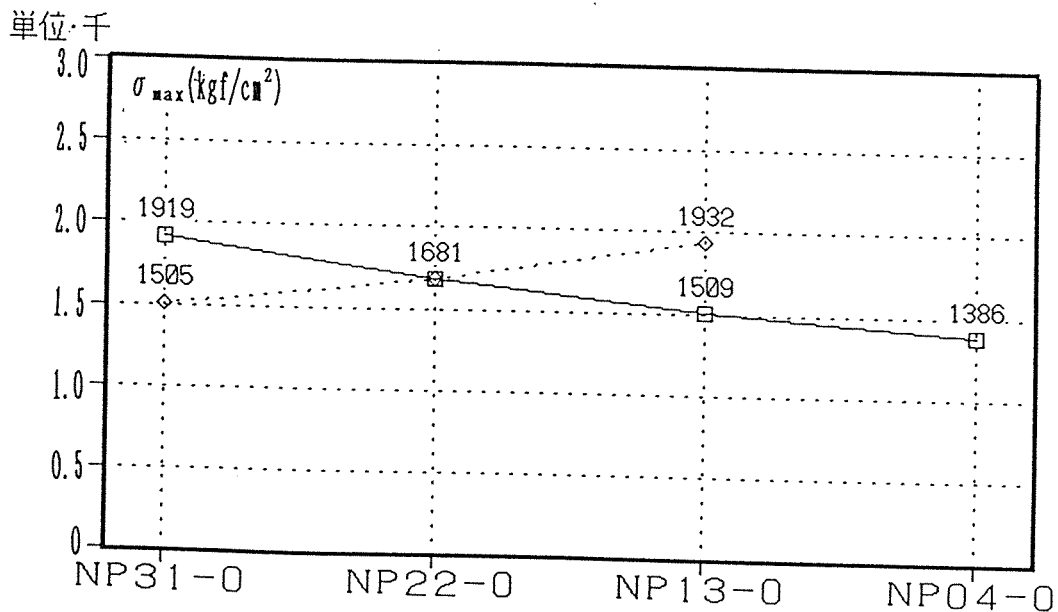
	最大たわみ (cm)	木材最大曲げ応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		鉄筋最大軸応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		最大せん断応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		引張応力度	圧縮応力度	引張応力度	圧縮応力度	
NP31-0	1.53	87.55	73.51	1919	1505	5.72
NP22-0	1.51	79.12	79.12	1679	1681	5.65
NP13-0	1.53	73.93	87.05	1509	1932	5.73
NP04-0	1.62	71.25	99.48	1386	—	7.34

注) 最大応力度は加力点、支持点での応力集中を取り除いたものとする。



□ 最大曲げたわみ ◇ 最大曲げ応力度 (引張) △ 最大曲げ応力度 (圧縮)

Fig 9.1 上下鉄筋比の木材最大曲げ応力度への影響



□ 最大曲げ応力度 (引張) ◇ 最大曲げ応力度 (圧縮)

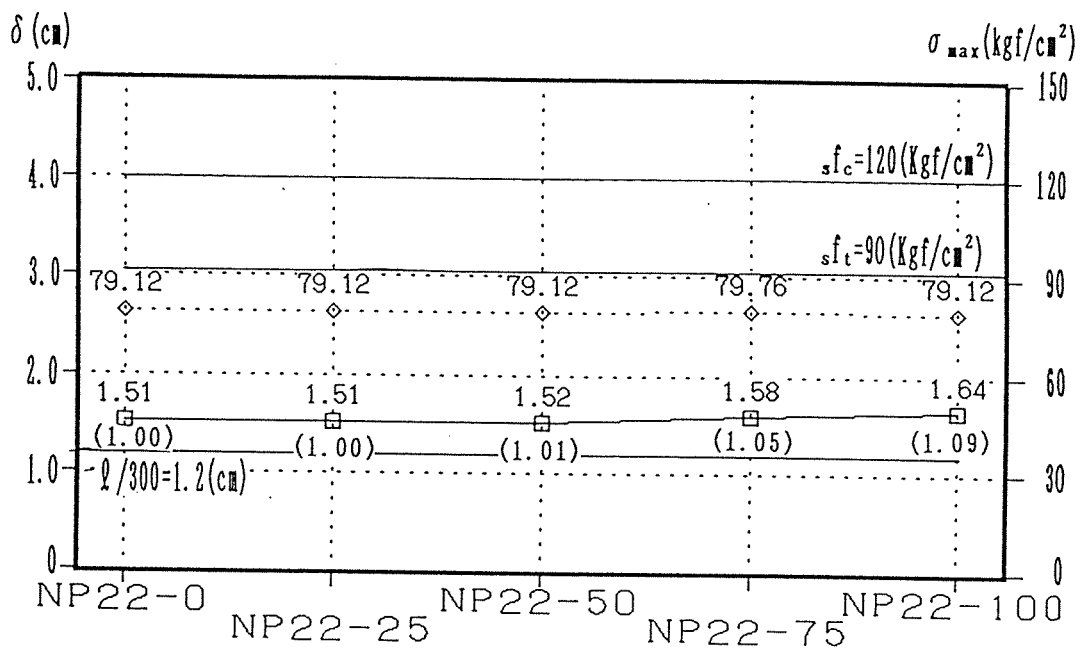
Fig 9.2 上下鉄筋比の鉄筋最大軸応力度への影響

4) 補強長さの影響

Table 11 補強長さの影響

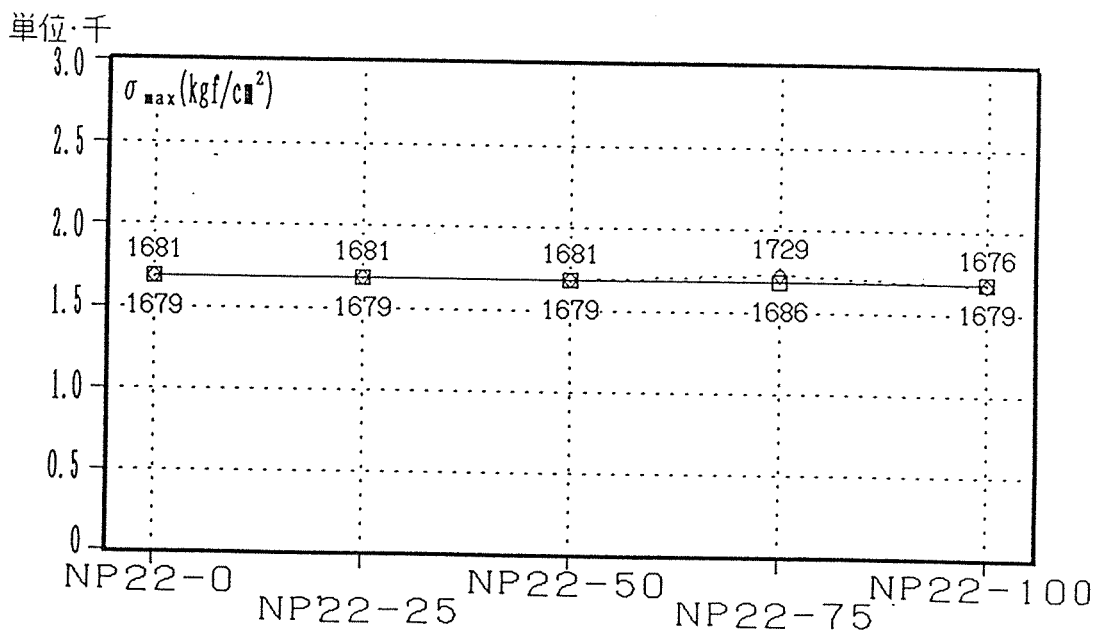
	最大たわみ (cm)	木材最大曲げ応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		鉄筋最大軸応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		最大せん断応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		引張応力度	圧縮応力度	引張応力度	圧縮応力度	
NP22-0	1.51	79.12	79.12	1679	1681	5.65
NP22-25	1.51	79.12	79.12	1679	1681	5.65
NP22-50	1.52	79.12	79.12	1679	1681	5.58
NP22-75	1.56	79.76	79.76	1679	1680	5.64
NP22-100	1.64	79.12	79.12	1679	1676	5.73

注) 最大応力度は加力点、支持点での応力集中を取り除いたものとする。



□ 最大曲げたわみ ◇ 最大曲げ応力度 (引張 = 圧縮)

Fig 10.1 補強長さの木材最大曲げ応力度への影響



□ 最大曲げ応力度 (引張) ◇ 最大曲げ応力度 (圧縮)

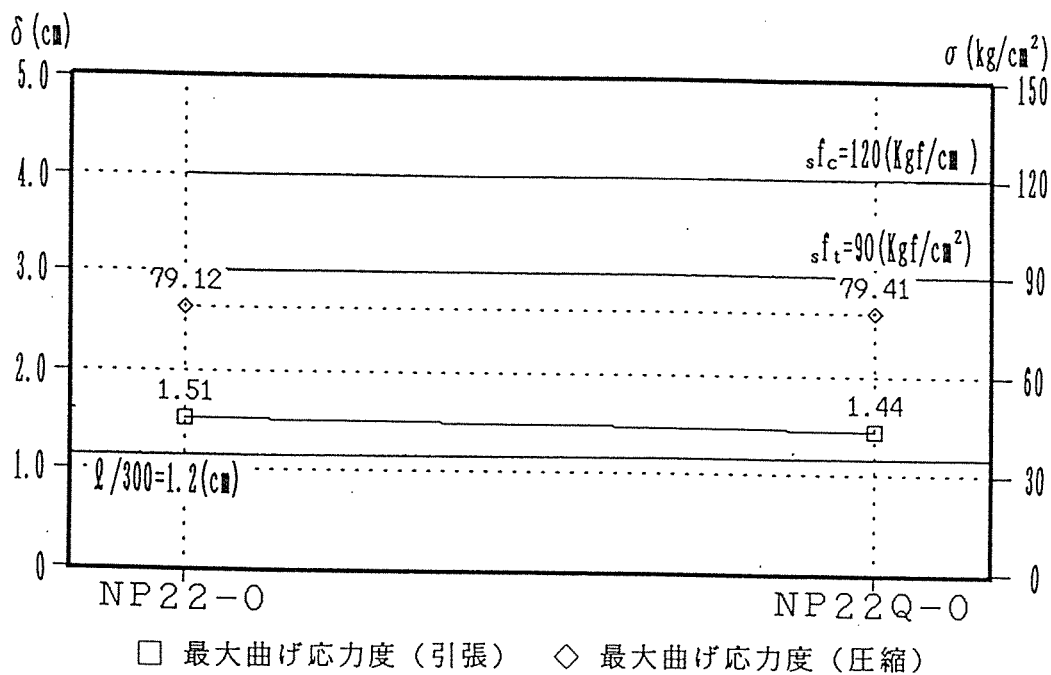
Fig 10.2 補強長さの鉄筋最大軸応力度への影響

5) せん断補強筋の効果について

Table 12 せん断補強筋の影響

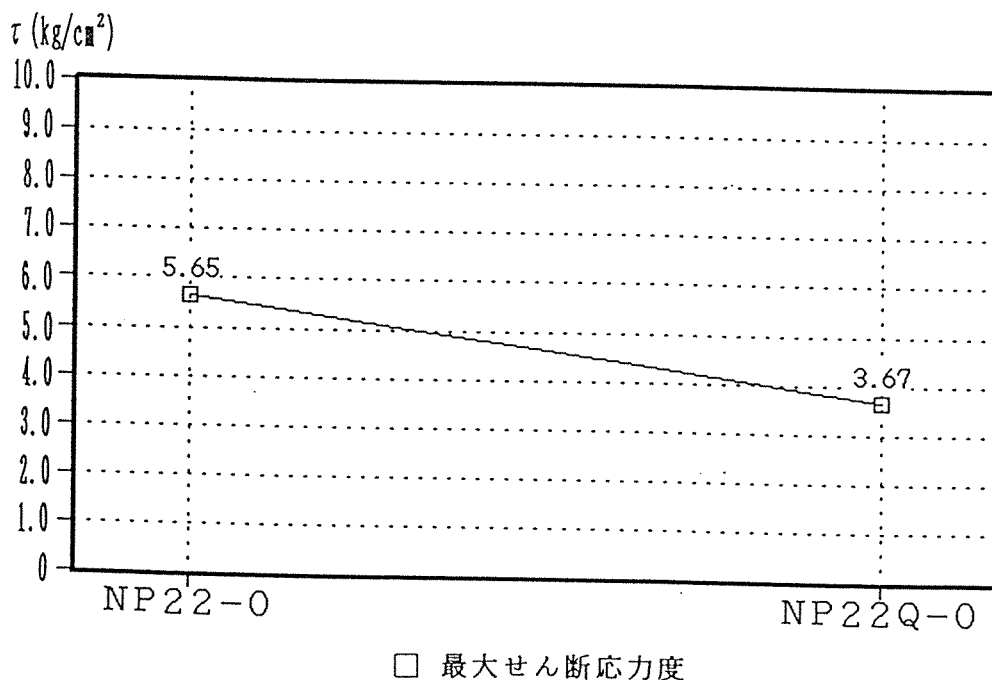
	最大たわみ (cm)	木材最大曲げ応力度		鉄筋最大軸応力度 引=圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	せん断補強筋引張応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	最大せん断応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		引張応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	圧縮応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
NP22-0	1.51	79.12	79.12	1680	-----	5.65
NP22Q-0	1.44	79.41	79.41	1673	128.1	3.67

注) 最大応力度は加力点、支持点での応力集中を取り除いたものとする。



□ 最大曲げ応力度 (引張)    ◇ 最大曲げ応力度 (圧縮)

Fig 11.1 せん断補強筋の木材最大曲げ応力度への影響



□ 最大せん断応力度

Fig 11.2 せん断補強筋の木材最大せん断応力度への影響

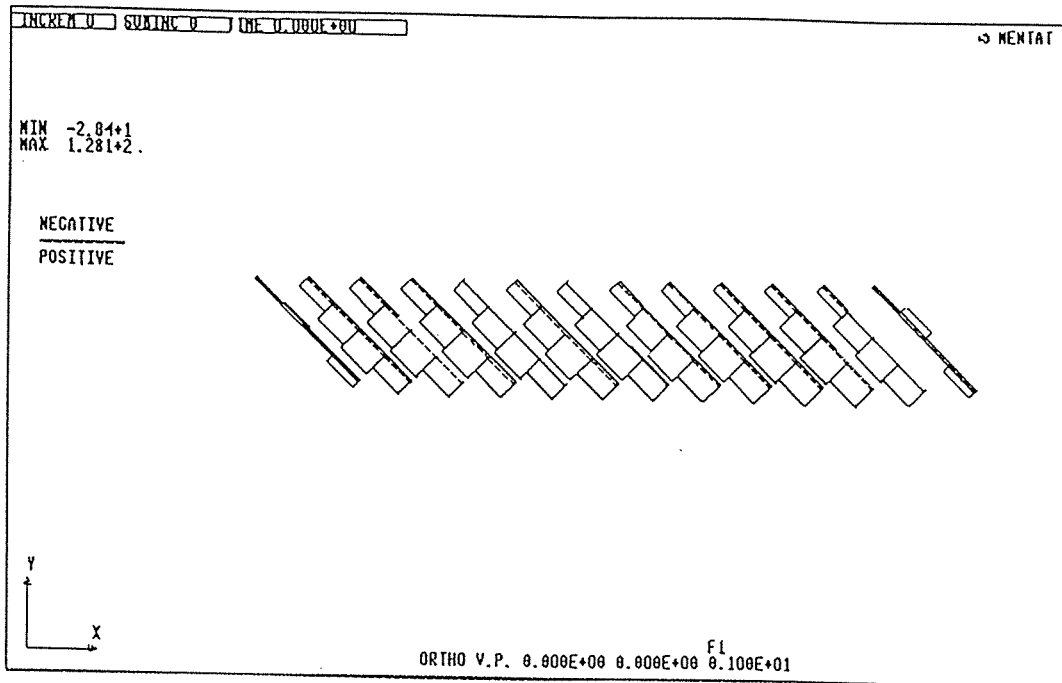


Fig 11.3 せん断補強筋の鉄筋最大軸応力度への影響

## 7. 考察

### (1) 有限要素法解析値と理論解について

- ・有限要素法の解析結果とせん断変形を含む梁理論解の誤差は2%以内で、極めて良い一致を示す。
- ・せん断変形は、無補強時には曲げ変形の約10%、また補強時は16~21%程度である。

### (2) 実験値と有限要素法解析解の比較検討

Gタイプをの除き誤差は5%以内である。Gタイプは解析値の方が22%大きい。

### (3) 応力分布について

- ・木材断面の曲げ応力分布は、補強時にも完全に直線分布となる。
- ・木材断面のせん断応力度分布は概略放物線分布であるが、補強筋の影響を受け補強筋の内側では均等に近づき、外側では応力分布勾配が大きい。最大せん断応力度は、平均せん断応力度の1.46倍であった。
- ・いずれも理論解で把握可能である。

### (4) 補強区間の影響について

- ・施工性を考慮し、梁のスパンに比較し補強筋を短くした解析によれば、スパン3.6 m に対し、補強区間を1.6 m (両端各1 mを無補強)としても最大たわみは、全域補強の場合より9%程度大きくなるだけである。
- ・またこの時、木材と補強筋の最大応力は変わらない。しかしながら、付着応力は大きくなる(全域補強の場合の約6.2倍)。許容付着応力度についてはまだ信頼できる値が示されていないが、この値により必要定着長さが決まることになる。

### (5) 配筋効果、配筋による違い及び最適配筋について

#### ・鉄筋の本数による比較

上下同配筋の場合、鉄筋(D10)を上下各1本とすると無筋状態に比べたわみは約83%に、各2本挿入すると約72%に、各3本挿入すると約64%に抑えることが可能である。

- ・木材の最大曲げ引張と曲げ圧縮応力度は無筋状態に比べ、上下に1本挿入すると約81%に、2本挿入すると約68%に、3本挿入すると約59%に抑えることが可能である。

#### ・上下の鉄筋比による比較

木材は短期許容引張応力度が短期許容圧縮応力度に比べ低いいため、引張側に鉄筋を多く入れる方が応力的には若干効果的である。しかし、引張側に多く入れるとNP44-0のように、たわみが大きくなり補剛効果が若干減少する。従って補剛材がたわみと曲げ応力度に及ぼす影響からNP13-0が最も適切であると考えられる。

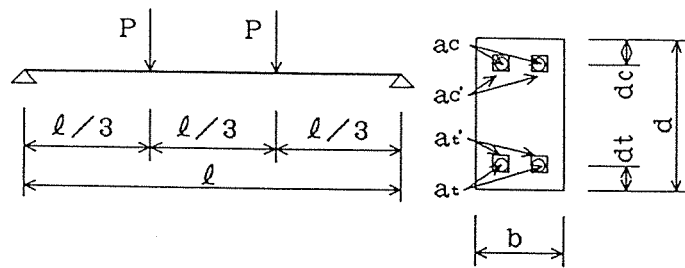
- ・配筋の度合いによって、曲げ許容値は木材と補強筋それぞれの引張り側及び圧縮側の4つのいずれで決まる場合もある(詳細検討必要)。

### (6) せん断補強について

- ・斜め配筋によるせん断補強で、木材のせん断応力は小さく出来る(計算例ではせん断無補強の65%、但しせん断補強のための断面欠損考えると実際にはもう少し大きくなる)が、たわみの低減効果は小さく殆ど期待できない。

付録 1

梁の曲げ理論



$E_w$  : 木材のヤング係数 (Kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $I_w$  : 木材の断面二次モーメント (cm<sup>4</sup>)  
 $E_s$  : 鋼材のヤング係数 (Kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $I_s$  : 鋼材の断面二次モーメント (cm<sup>4</sup>)  
 $E_F$  : 複合梁のヤング係数 (Kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $I_F$  : 複合梁の断面二次モーメント (cm<sup>4</sup>)

$a_c, a_t$  : 鉄筋の断面積     $a_c', a_t'$  : 穴の断面積

・等価断面二次モーメント

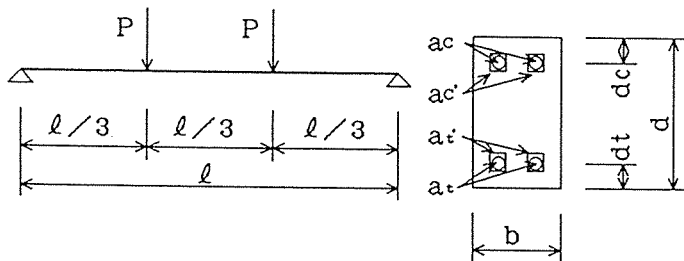
- 木材の剛性見掛け断面 :  $E_w I_w = E_w \times (b \cdot d^3 / 12)$  (kgf/cm)
- 補剛材の剛性 :  $d_c = d_t, a_c = a_t, E_s I_s = E_s \times (d - d_c) / 2 \times a_c$  (kgf/cm)
- 木材の断面欠損部の剛性 :  $d_c = d_t, a_c' = a_t', E_w I_s = E_w \times (d - d_c) / 2 \times a_c'$  (kgf/cm)
- 複合梁 :  $E_F I_F = E_w I_w + E_s I_s - E_w I_s$  (kgf/cm)

・曲げたわみ

曲げたわみ :  $\delta = \frac{23}{648} \times \frac{P \times L^3}{E_F \times I_F}$  (cm)

付録 2

梁のせん断理論



$G$  : 木材のせん断弾性係数 (Kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $\tau$  : 木材のせん断応力度 (Kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $\gamma$  : 木材のせん断ひずみ  
 $l_a$  : せん断力が働いている区間 (cm)  
 $\delta_a$  :  $\Delta X$ の区間にずれた量 (cm)

・せん断変形量

複合梁に働くせん断応力度 :  $\tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{(b \times d)} = \frac{3}{2} \frac{P}{(b \times d)}$  (kgf/cm)

せん断変形量

$\gamma = \frac{\tau}{G}$   
 $\frac{\delta_a}{l_a} = \frac{\tau}{G}$   
 $\delta_a = \frac{3}{2} \frac{Q}{b \times d} \frac{l_a}{G}$  (cm)

# 第3章 接着重ね梁用接着剤に要求される性能 及びその試験方法の提案

## (1) 接着重ね梁用接着剤に要求される性能について

### 1. ミサワホーム現場接着品質

ミサワホーム現場接着システムにおいて、現場用接着剤には以下の性能が要求されている。

- 1) J I S k 6802「フェノール樹脂木材接着剤」と同等以上の性能を持ち、耐久性がある。
- 2) 釘打ち程度の圧力で十分な接着力が得られる。
- 3) 多少の隙間があっても十分な接着力が得られる。
- 4) 冬季でも作業性が低下しない。
- 5) 現場での混合の必要性がなく、垂直面に塗布してもタレが少ない、また、パネル接合を精度良く行えるだけの作業時間を確保できる等の建築現場での作業性に優れている。

これらの性能は、「接着剤品質」及び「各種使用条件における接着試験」により確認されている。「接着剤品質」及び「各種使用条件における接着試験」は以下の通りである。

#### 「接着剤品質」

- |             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| 1) 外観       |                                      |
| 2) 固形分      | 85±2%                                |
| 3) N C O 含量 | 7.0~8.0%                             |
| 4) 比重       | 1.3~1.4                              |
| 5) 粘度       | 20万~150万cP                           |
| 6) スランプ(タレ) | 50mm/分以下                             |
| 7) 押し出し性    | 30秒以下                                |
| 8) タックフリー   | 30分以上                                |
| 9) 展伸性      | 30cm <sup>2</sup> 以上                 |
| 10) 可使時間    | 6カ月間                                 |
| 11) 接着強さ    | 常態100、煮沸繰り返し60kgf/cm <sup>2</sup> 以上 |



「各種使用条件における接着試験」	樹種	接着強さ		木破
		常態	煮沸	
1) J I S k 6 8 0 2 「フェノール樹脂 木材接着剤」に準じた試験	カバ	141	65	(50)
2) 90℃熱劣化による促進劣化試験	スプルース	82		
3) 低温時の接着強さ立ち上がり試験	ベイツガ	80		
4) 接着時のオープンタイム試験	スプルース	96	43	(20)
5) 被着材の含水率試験	スプルース	87	43	(35)
6) 低い圧力での圧縮圧試験	スプルース	88	45	(25)
7) 接着剤の空隙充填性試験	スプルース	92	49	(20)
8) 実際にパネルを組み立てた場合の試験	ベイマツ	73	36	(55)

## 2. 床用現場接着剤認定規定

床用現場接着剤の認定に関しては、以下の四つの規定又は基準等が定められている。

- 1) 床用現場接着剤認定規定
- 2) 床用現場接着剤認定基準
- 3) 床用現場接着剤検査実施方法
- 4) 床用現場接着剤の性能試験方法

床用現場接着剤の性能試験方法には、以下の試験項目が含まれている。

- ① 湿潤材
- ② 凍結材
- ③ 乾燥剤
- ④ すきま充填性
- ⑤ 耐水性
- ⑥ 酸素老化性

## 3. 接着重ね梁用接着剤に要求される性能

接着重ね梁は、下小屋程度の環境で製作されることをも想定している。そのような環境で、安定した満足な性能を有する接着重ね梁が製作できることが、接着重ね梁用接着剤に要求される。

ミサワホームの現場接着システム、床用現場接着剤の性能試験方法並びに複合梁委員会で行ってきた研究成果から、接着重ね梁用接着剤に要求される性能及び必要な試験項目をまとめれば、以下のようになる。

- ① 1 液型接着剤であること。  
硬化剤等を添加する必要がなく、加圧式カートリッジに入っていること。  
1 液型ウレタン系合成樹脂接着剤。
- ② フェノール樹脂接着剤と同等の性能及び耐久性を有すること。  
煮沸繰り返し試験に合格すること。  
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。  
0 °C 以下の温度で、1 週間以内に取り扱い可能な接着力が得られること。  
テスト C : 低温試験
- ④ 高含水率材でも満足な接着力が得られること。  
高含水率材を接着した後、気乾状態になったら木部破断が生じること。  
テスト D : 高含水率材試験
- ⑤ 空隙充填性を有すること。  
低圧力の圧縮で満足な接着力が得られること。  
接着層が厚くなっても接着力が低下しないこと。  
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。  
開放堆積時間が 30 分以上でも、著しい粘度増加がないこと。  
テスト F : オープンタイム試験
- ⑦ その他接着剤の品質  
粘度  
比重  
固形分  
N C O 含量

#### 4. 接着重ね梁用接着剤の性能試験方法の考え方

接着重ね梁用接着剤の性能試験方法は、上記（第 3 項）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できればよいわけである。

木構造計算規準・同解説は、接着剤に接合耐力を期待する場合、使用できる接着はフェノール樹脂木材接着剤（J I S k 6802）と同等以上の性能を有することを規定している。テスト A 及びテスト B は、このことを確認するための試験であるため、J I S 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 J I S 規格に従うことが必要である。この試験に合格すれば、規格上は、フェノール樹脂接着剤と同等とみなすことができる。しかし、実用条件における長期間の接着耐久性に関してまでも、この試験だけでフェノール樹脂接着剤

と同等とみなすことはできない。実用条件を考慮しての新しい接着剤の接着耐久性に関して合理的な評価方法の開発が必要である。

テストC～テストF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。これらの試験における判定基準は集成材のJASを参考に行っている。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（下表）。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、ここでは、テストD～テストFにおいては針葉樹A-1の樹種を用いて試験し、その樹種区分における基準値を判定基準とすることとした。ただし、高含水率材を接着した場合、特に比重の大きな材では、乾燥に伴い大きな乾燥応力が接着層に加わることが予想される。接着重ね梁は低比重のスギ材で検討されてきたが、この接着技術が他の比重の高い樹種に適用できるかどうかについては実験的な検討が必要である。

集成材のJASにおける樹種区分

樹種区分	接着強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	木破率 (%)
針葉樹A-1 アカマツ、クロマツ ベイマツ	75	50
針葉樹A-2 カラマツ、ヒバ、 ヒノキ、ベイヒ	70	50
針葉樹B-1 ツガ、ベイツガ	60	60
針葉樹B-2 モミ、エゾマツ トドマツ、ベニマツ スギ、ベイスギ スプルース、 ロジポールパイン ラジアータパイン	55	60

## (2) 接着重ね梁用接着剤の性能試験方法の提案

### 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以下の性能が要求され、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。
- 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：カバ材の状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高含水率材でも満足な接着力が得られること。

テストD：高含水率材試験

- 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。

### 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に示す通りとし、試験数は各条件につき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、やに等のないもので、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、試験体を3個作成する。

#### 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、試験体を作成する。テストDでは、調湿後、余分な水分を乾いた布でふきとり、表面が乾く前に試験体を作成する。

#### 4. 2. 4 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のせ、図1に示す位置にCN50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、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個ずつ作成する。

#### 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、上記の状態に保ち、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、5mm/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/cm<sup>2</sup>）

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。

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. 材料の調湿条件と硬化条件

試験	材料の調湿条件	硬化条件
テストA 常態試験	23±2℃、50±5%RHに48時間さらす	23±2℃、50±5%RHで7日間
テストB 煮沸繰り返し試験	23±2℃、50±5%RHに48時間さらす	23±2℃、50±5%RHで7日間
テストC 低温試験	23±2℃の水に48時間浸し、2±2℃で48時間冷却	2±2℃で7日間
テストD 高含水率材試験	23±2℃の水に48時間浸す	23±2℃、50±5%RHで28日間
テストE 空隙充填性試験	23±2℃、50±5%RHに48時間さらす	23±2℃、50±5%RHで7日間
テストF オープンタイム試験	38±3℃に48時間さらす	38±3℃で7日間

表 2. 試験結果の判定基準

試験	接着強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	木部破断率(%)
テストA	100	—
テストB	60	—
テストC	40	—
テストD	75	50
テストE	75	50
テストF	75	50

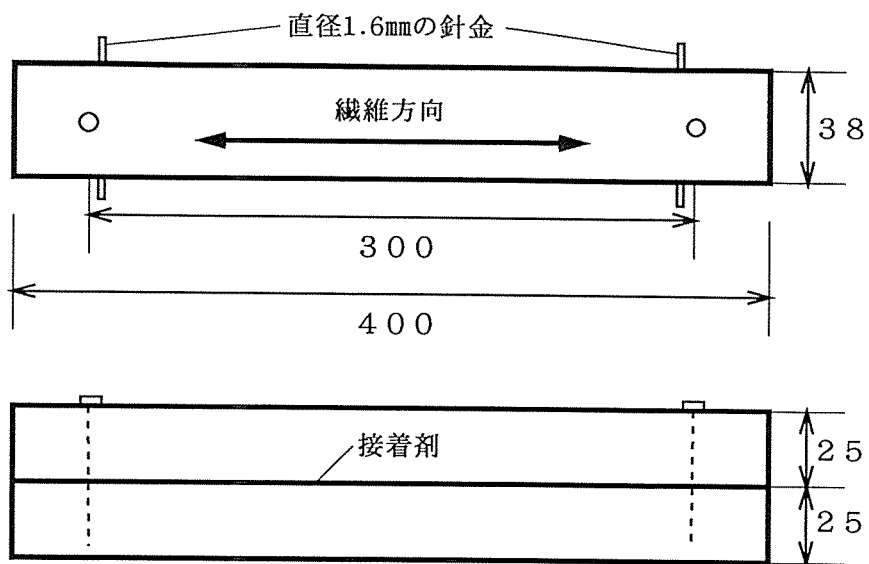


図 1. 試験体寸法 (単位: mm)

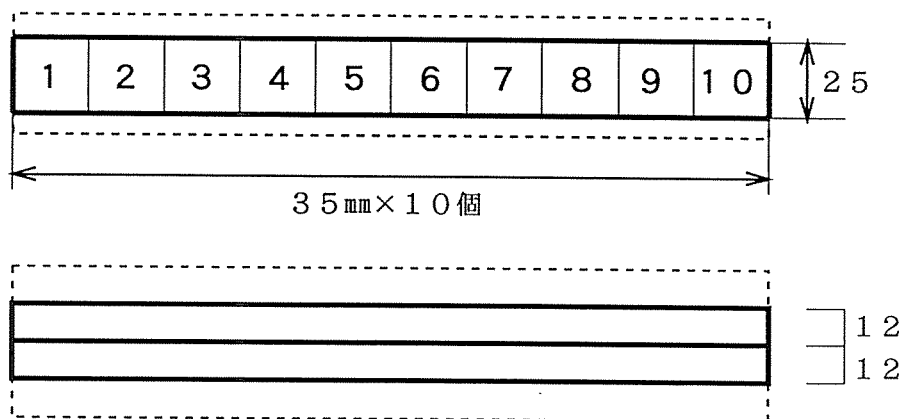


図 2. 試験体の切断、試験片の番号 (単位: mm)

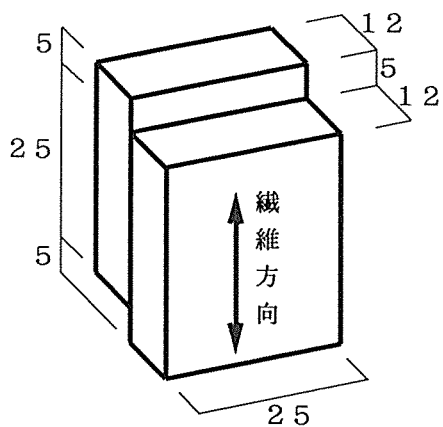


図 3. ブロックせん断試験片 (単位: mm)



## 第4章 ボルト締め接着重ね梁及び機械圧縮接着重ね梁の製造手引き（平成5年度版）

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自由設計が行われてきているが、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。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した重ね梁をいう。以後、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。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、扱い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、単材梁と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(5.46m)までであったこと、一般的に入手可能な材料の長さが6m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あるいはラグスクリューで締めて製造した梁をいう。
- ・正角材：厚さ、幅が75mm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。
- ・木材接着の場合、一般に木部破断は良好な接着の目安となる。
- ・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行い、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行い、製材の際の挽曲がり、木

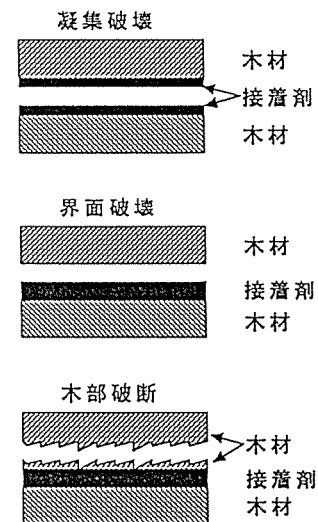
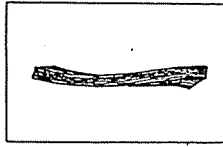


図1 接着接合部の破壊形態

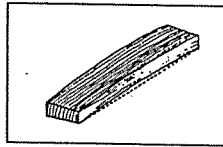
理の不整または乾燥が不適當であるために生ずる。曲がりの程度は厚さの材面の長さに沿う内曲面の最大矢高で表す。

・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。直角材の場合には、曲がりと同じである。

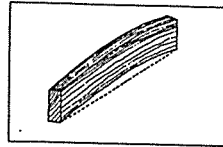
・幅そり：木材の材幅方向に湾曲したものをいう。



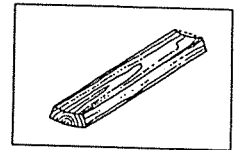
ねじれ



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：接着重ね梁の製造に適し要求性能に応える性能を有したものとする。
- 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品質基準等はまだない。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。現在市販されている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には、ウッドロック（日本ポリウレタン工業）や豊年グルーIW-310（ハウネン）、スミタックGA659（住友ジュレス）等がある。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/cm<sup>2</sup>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が定められていないが、当委員会で品質基準を確立すべく検討中である。

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必要がある。

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）。

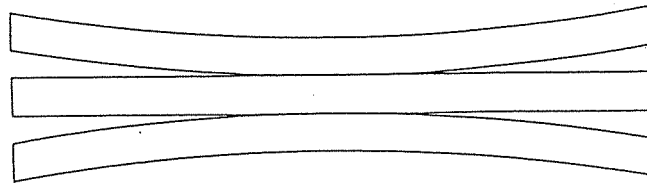


図3 曲がり材の重ね合わせ方

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。

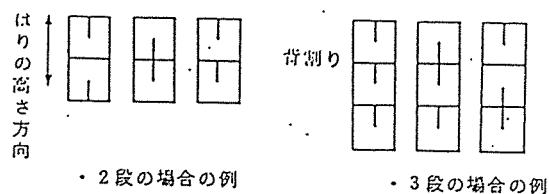


図4 背割り材の重ね合わせ方

### 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り返し塗布する（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。

c. 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。

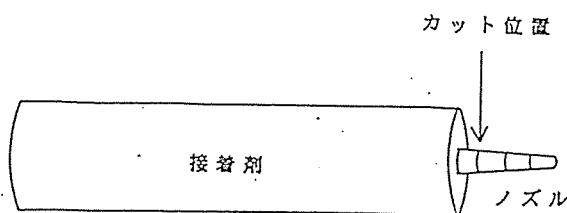


図5 接着剤のノズルのカット位置

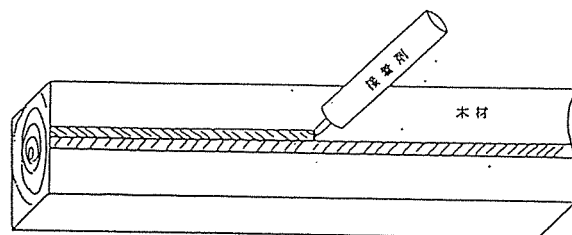


図6 接着剤の塗布方法 規定の塗布量に達するまで連続した帯状に2回以上材幅の中心付近に塗布する。

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*	90cm	60cm
	重ね梁	
9cm角3材合わせ	50	40
10.5cm角3材合わせ	50	40
12cm角3材合わせ	50	40
15cm角3材合わせ	60	50
15cm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	c m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	c m		

### 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2 mm以上出るものとする。圧縮間隔（ボルトの心心距離）は910 mm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16 mm径のラグスクリューを使用し、角座金（12 mm径のラグスクリューではW4.5 x 40, 16 mm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300 mm程度では910 mm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15 mm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。梁には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）。

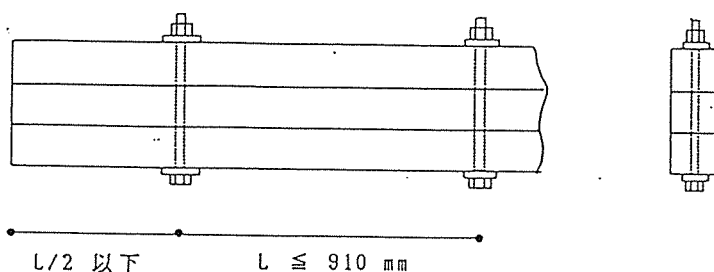


図7 ボルトによる接着重ね梁の圧縮

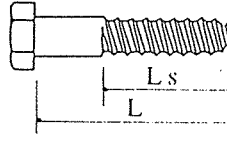
表3 ラグスクリユーの種類（日本住宅・木材技術センター規格（案）抜粋）

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		○	○	○	○	○	○							

単位：mm

○：常備品

ネジ部の長さ  $L_s = 3/5 L$



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、その抜粋を表3に

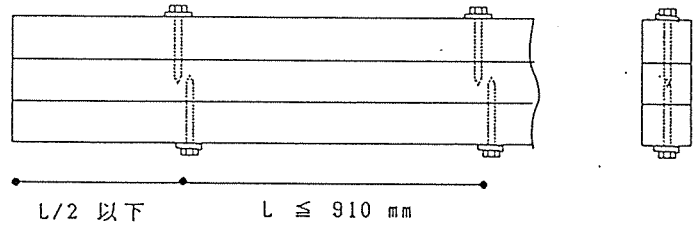


図8 ラグスクリユーによる圧縮

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面かんな等で平滑にし、接着剤を適量塗布する。材を垂直に重

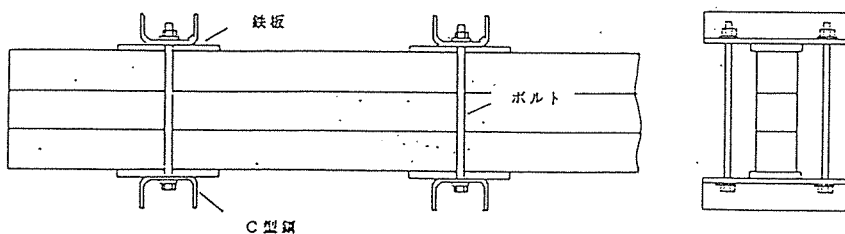


図9 クランプによる圧縮例

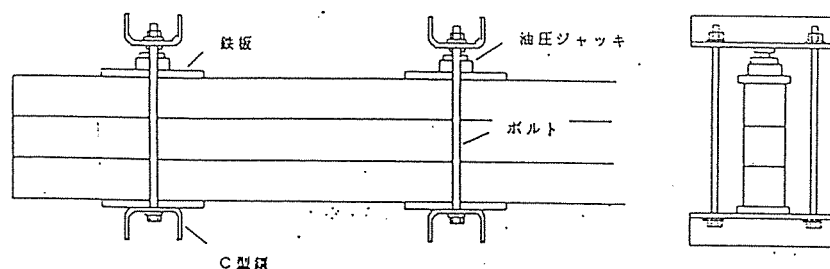


図10 小型油圧ジャッキによる圧縮例

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の試験体を採取する（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、破壊した画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ひ(図13a)、合格とする。破壊した画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ひ(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ひ(図13c)、不合格とする。

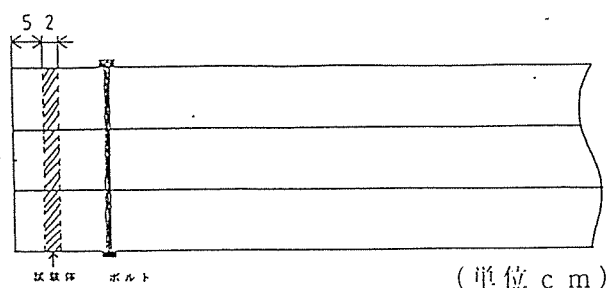


図11 接着検査試験体の採取位置

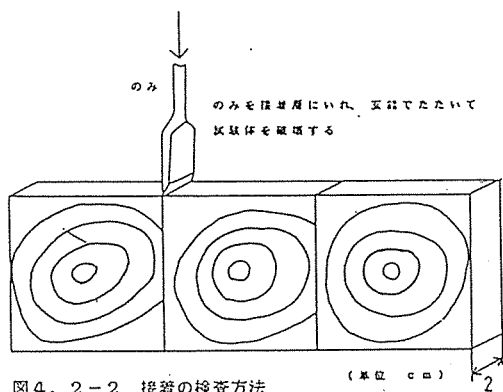
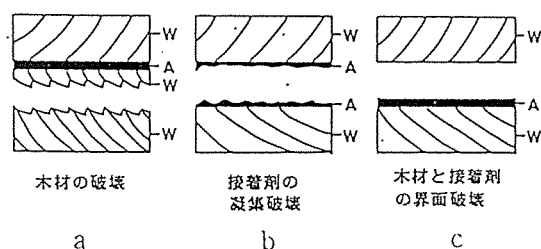


図12 接着検査方法



(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：JIS 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. 合格の判定：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。

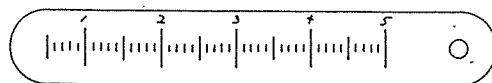


図14 隙間ゲージ

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ほうがよい。

c. 接着剤の広がり接着面の面積の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。

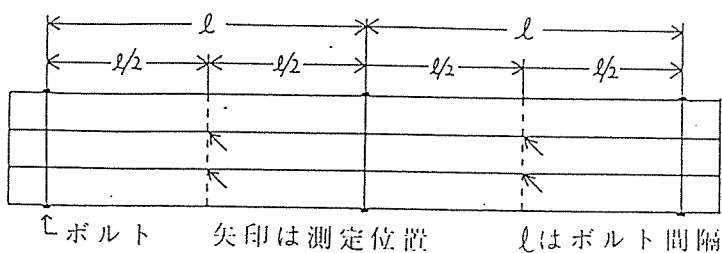


図15 接着剤の広がり検査位置  
(4.3-b-2項)

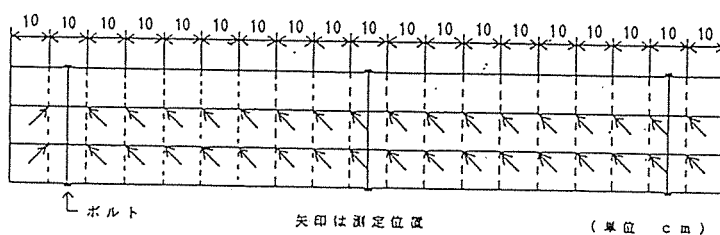


図16 接着剤の広がり検査位置  
(4.3-b-3項)

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	9cm角	10.5cm角	12cm角	15cm角
基準値 (mm)	18	21	24	30

#### 4.4 接着重ね梁の合格の総合判定

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。



# 第5章 重ね梁の使い方手引き（平成5年度版）

（平成5年度版）

## 目次

1. 総則
  1. 1 適用範囲
  1. 2 重ね梁の使用部位
  1. 3 重ね梁の構成
  1. 4 使用上の留意点
2. 重ね梁の寸法等
  2. 1 重ね梁の断面寸法
  2. 2 重ね梁の長さ
  2. 3 重ね梁の所要断面算定
  2. 4 規格品と注文品
3. 加工方法
  3. 1 切欠等の加工
  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

## 1. 総則

### 1. 1 適用範囲

本マニュアルで対象とする重ね梁は、木造軸組構法による住宅に適用するものとする。

ここで対象とする重ね梁は、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 重ね梁の使用部位

この重ね梁は、小屋梁、2階床梁、軒桁、胴差等の横架材として用いるものとする。

この重ね梁は、在来構法の木造住宅に普通に使われているムクの横架材の代わりに使うことを意図している。従って、例えば登り梁や火打梁のように、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. 3 重ね梁の構成

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。

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）と接着剤を用いて重ね梁としたものと、ケミカルな方法として接着剤を用いたものの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。

## 1. 4 使用上の留意点

重ね梁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が、特に初期剛性が要求される梁・大きな積載荷重が長期間継続して載る梁等に用いる場合、常時湿潤状態又は高湿度の環境下におかれる部位については、耐久性に対する十分な配慮をすること。

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、住宅内でもピアノのような大きな積載荷重が継続して載る可能性のある床梁等には使用しないことが望ましい。2階の柱からの荷重をうける梁に重ね梁を用いる場合等にも十分に慎重な配慮が必要である。例えば、2階床梁に関してはいくらかゆとりのある断面、ピッチ等にするのが望ましい。

また接着剤の耐久性の問題等を考慮して、湿度の高い部位への使用は十分配慮すること。具体的には、1階床梁等に使用する場合は通気・換気等に注意し、常時湿潤状態にならないようにすること。

## 2. 重ね梁の寸法等

### 2. 1 重ね梁の断面寸法

重ね梁の断面寸法は、105mm×210～315mm程度を標準とする。ただし最小断面は仕上寸法で、90mm×180mm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 重ね梁の長さ

重ね梁の長さは4mを標準とし、個別に検討する場合でも最大6mを限度とする。

重ね梁の長さは、2間程度を標準とする。これは重ね梁がムク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。もちろん、2.5間以上架けわたすもの  
用いてもよいが、その場合には、使用部位・設計荷重・クリープ等について個別に慎重な  
検討が必要である。

### 2. 3 重ね梁の所要断面算定

重ね梁の標準的な断面は、ムクの材の場合と同一とみなしてよい。

重ね梁は、同一断面をもつムクの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、あくまで仕上寸法をとる必要があり、製作上必要なプレーナーがけによる削  
り代等による断面の減少を考慮しなければならない。

### 2. 4 規格品と注文品

重ね梁の製作時点で、使用部位が決まっているか否かにより、規格品の梁と注文品の  
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。

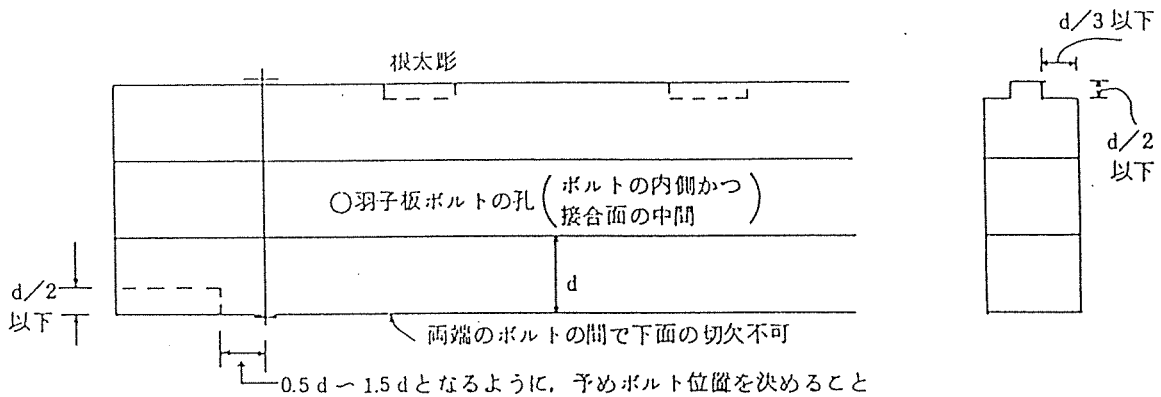
使用部位が特定されていないが、ある程度汎用性のある重ね梁を規格品の梁と呼ぶ。規  
格品の場合には、施工にあたって使用する重ね梁の荷重条件が、設計荷重条件に合致する  
ことを確かめなければならない。

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、注文品の梁と呼ぶ。

### 3. 加工方法

#### 3. 1 切欠等の加工

切欠等の加工は原則として工場等で行う。材端接合部等の切欠は、以下の規定による。現場における加工は、原則として根太等の彫込、羽子板ボルト用の穴あけ程度にとどめる。



木材は、ムクの材であっても、切欠に対しては十分に慎重な配慮が必要である。特に重ね梁の場合、接着面等不連続な部分がありこれらと切欠部分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、切欠にはムクの材以上の配慮が必要である。

切欠の位置寸法が予めわかっている場合には、加工の管理が行き届きやすい工場等で行うのが望ましい。重ね梁は本来、工場等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をしないのがのぞましい。従って、最小限の軽微な加工のみを許すことにしている。

### 3. 2 接合部のディテールの原則

重ね梁が他材に支持される部分、重ね梁で他材を支持する部分等の接合部は、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。

ムクの材であっても、接合部の形は様々である。まして重ね梁の場合ボルト・ラグスクリューの位置・寸法関係によっては局部的な応力が、これら肝心のところに生じるおそれがある。3-1で述べた切欠の規定等と考え合わせ、力学的に無理のない接合部のディテールを考案する必要がある。

### 3. 3 接合部の標準ディテール

重ね梁を設計・使用する場合には、接合部の標準的なディテール図を作成するものとする。

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。ムクの材の場合には、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、重ね梁は工学的に考えられたものであるだけに、ムクの材と全く同じ扱いをすると、危険な場合がありうる。

## 4. 施工管理

### 4. 1 施工時の検査等

重ね梁を施工した後、仕上材でふさがれるまでの間でなるべく遅い時期に、ボルト等の増し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。

ムクの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、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。