

木造耐雪構造の研究 (3)  
はり材と受け材の接触応力分布についての実験研究

江 上 外 人

**Study on the Wooden Construction  
Bearing Heavy Snow Load (3)  
Experimental Study of the Contact Stress Distribution  
between Beam and Girder on the Connection**

Hokato EGAMI

The heavy snowfall case paralytic symptoms of the city, because the fallen snow unloaded from the loofs of the wooden buildings obstruct the traffic.

This paper is presented for the purpose of clarifying how the heavy snow load effect on the roof construction and the roof construction are composed in order to bear the heavy snow load.

In accordance with this purpose, the contact stress distribution between beam and girder on the connection are investigated by way of experiment.

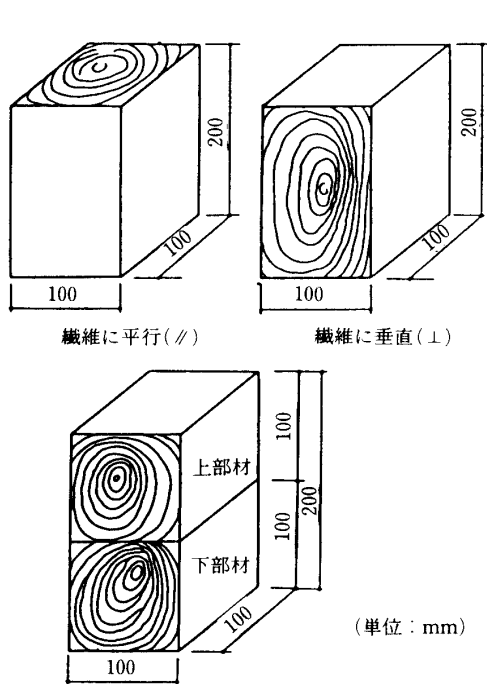
The following conclusions were drawn from the study :

- (1) Both strength and young's modulus of the composition are lower than that of the component materials.
- (2) The contact stress distribution between beam and girder on the connection change according to both load and young's modulus of the component materials.

1. 前 が き

筆者はさきに<sup>1)</sup>木造建築構造においては、合掌間に架けられたもや・敷げたなどの横架材間に架けられたはりなどのように受け材を支点として支えられる連続ばりでは、それぞれの受け材を回転支持と見なして求めたたわみ・曲げモーメント分布の理論値は実状と相違することを実験で確かめた。そこで、連続ばりの変形及び破壊個所が理論値と一致するような解析をおこなうには支点である受け材とはり材との接触面部の応力分布を調べなければならないことを提案した。

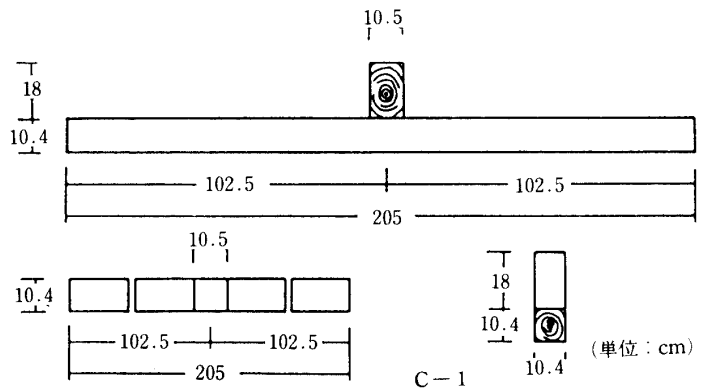
本論文では、先ずはり材と受け材部の接触応力分布を求める目的で重ね材の全面圧縮状態の実験をおこない、その接触面部の応力とひずみ関係の実験値を受け材で支えられたはりの曲げ実験



図一 1 全面圧縮(単体A・重ね合せB)の供試体

表一 1 単体の1軸供試体

記号	材種	寸法(公称)	
		断面 cm×cm	
		長さ cm	
杉一// 1	杉	10 × 10	20
一// 3	杉	10 × 10	20
松一// 1	松	10 × 10	20
一// 2	松	10 × 10	20
一// 3	松	10 × 10	20
杉一⊥ 2	杉	10 × 10	20
一⊥ 3	杉	10 × 10	20
松一⊥ 1	松	10 × 10	20
一⊥ 2	松	10 × 10	20
一⊥ 3	松	10 × 10	20



図一 2 2軸供試体

表一 2 重ね合せ材の1軸供試体

記号	材種 (上部材) (下部材)	寸法(公称)	
		断面 cm×cm	
		長さ cm	
杉・杉一⊥ 1	上 杉 下 杉	10 × 10	10
一⊥ 2	上 杉 下 杉	10 × 10	10
一⊥ 3	上 杉 下 杉	10 × 10	10
松・松一⊥ 1	上 松 下 松	10 × 10	10
一⊥ 2	上 松 下 松	10 × 10	10
一⊥ 3	上 松 下 松	10 × 10	10
杉・松一⊥ 1	上 杉 下 松	10 × 10	10
一⊥ 2	上 杉 下 松	10 × 10	10
一⊥ 3	上 杉 下 松	10 × 10	10

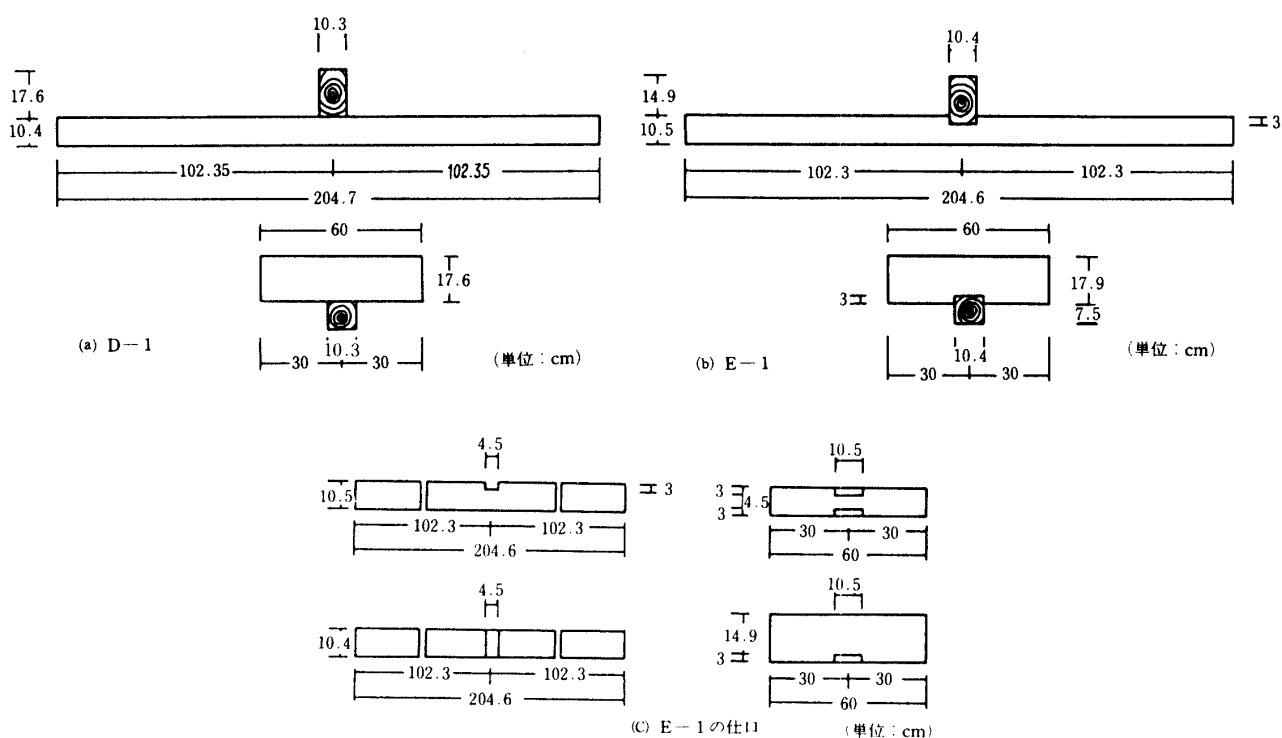
におけるはり材と受け材の接触部のひずみの実験値に導入する方法で接触応力分布を求めた。更に杉と米松を使ってはり材と受け材の組合せを変化させて接触面部の応力分布を実験から調べた。

## 2. 供 試 体

杉と米松の物理的性質を調べる目的で図一 1 及び表一 1 の単体(A)に示した杉・米松の供試体をそれぞれ 3 個ずつ作り、また接合面部分の接触応力分布を調べる目的で図一 1 及び表一 2 の重ね合せ(B)に示した杉と米松の組合せ 3 種の供試体をそれぞれ 3 個ずつ作り、これらを 1 軸供試体とした。

表一 3 2・3軸供試体

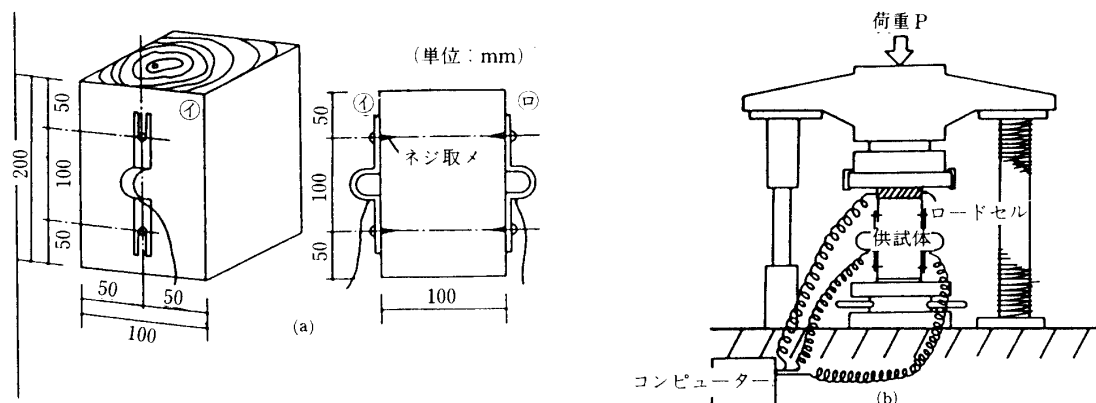
	供 試 体		は り 材			受 材		
	組み方	記 号	材種	断面 (cm×cm)	長さ (cm)	材種	断面 (cm×cm)	長さ (cm)
2 軸	めり込み(C)	C-1	杉	10.4 × 10.4	205.0	杉	10.5 × 10.5	18.0
		C-2	杉	10.3 × 10.4	204.6	松	10.2 × 10.5	17.5
		C-3	松	10.4 × 10.2	204.9	松	10.4 × 15.0	17.4
		C-4	松	10.4 × 10.4	204.9	杉	10.4 × 10.5	17.3
3 軸	置き渡し(D)	D-1	杉	10.3 × 10.4	204.7	杉	10.3 × 17.6	60.0
		D-2	杉	10.4 × 10.4	204.6	松	10.4 × 17.9	59.0
		D-3	松	10.4 × 10.3	204.6	松	10.4 × 17.9	59.0
		D-4	松	10.4 × 10.4	204.7	杉	10.4 × 17.8	60.0
	渡りあご(E)	E-1	杉	10.4 × 10.5	204.6	杉	10.4 × 17.9	60.0
		E-2	杉	10.5 × 10.5	205.1	松	10.5 × 18.0	60.2
		E-3	松	10.5 × 10.4	204.7	松	10.4 × 17.9	59.0
		E-4	松	10.4 × 10.5	204.8	杉	10.5 × 17.9	60.0



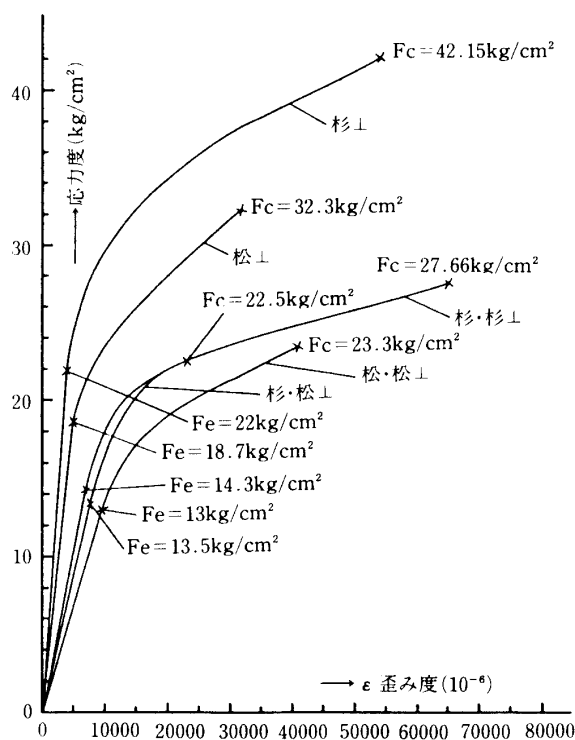
図一 3 3軸供試体

連続はりの中間受け材とはり材との接合面部分の接触応力分布を調べる目的で図一 2 及び表一 3 のめり込み(C)に示したごとく杉と米松との組合せで受け材の巾をはり材の巾に等しくした 4 種の供試体をそれぞれ 1 個ずつ作り、これらを 2 軸供試体とした。

また図一 3 及び表一 3 の置き渡し(D)・渡りあご(E)に示したごとく杉と米松との組合せで受け材の巾をはり材の巾より長くした(D)・(E)それぞれ 4 種の供試体をそれぞれ 1 個ずつ作り、これらを 3 軸供試体とした。



図一 4 1 軸実験法



図一 5 応力度ひずみ度曲線

表一 4 力学的性質 (単体 A)

種別	供試体	圧縮強度 $F_c$	ヤング係数 $E \times 10^3$	比例限度 $F_e$
実 験 値	杉 // 1	217	75	145
	杉 // 3	256	62.5	170
	平 均	236.5	68.8	157.5
	松 // 1	287	107	180
	松 // 2	280	100	190
	松 // 3	290	103	193
	平 均	285.7	103.3	187.7
	杉 ⊥ 1	42	6.7	20
	杉 ⊥ 3	42.3	5.0	24
	平 均	42.2	5.8	22
	松 ⊥ 1	32	4.6	18
	松 ⊥ 2	30	4.0	19
	松 ⊥ 3	35	3.0	19
	平 均	32.3	3.9	18.7
学 会 値	杉 //	250~350 ~450	50~70 ~100	$\left(\frac{2F_c}{3}\right) 158$
	松 //	350~450 ~550	65~80 ~120	$\left(\frac{2F_c}{3}\right) 190$
	杉 ⊥	$(0.125F_c)$ 30	3~4 ~6	$\left(\frac{2F_c}{3}\right) 28$
	松 ⊥	$(0.125F_c)$ 36	3~4 ~6	$\left(\frac{2F_c}{3}\right) 22$

単位:  $\text{kg}/\text{cm}^2$

### 3. 1 軸 実 験

#### A 実験及び実験結果

図一 1 及び表一 1・表一 2 に示す単体(A)・重ね合せ(B)の供試体を図一 4 のように、供試体の材軸方向中央部の両面に標間100mm の  $\Omega$  型ひずみ計を取付け、アムスラー試験機で全面圧縮試験をおこなった結果を図一 5 に示す。図一 5 により全面圧縮から求めた杉材と米松材のそれぞれ力学的性質を表一 4 に示し、同じく杉材と米松材との組合せによるそれぞれ見掛けの力学的性質を計算して表一 5 に示す。

表一 5 力学的性質 (重ね合せ B)

供 試 体	圧縮強度 (Fc)	ヤング係数 ( $E \times 10^3$ )	比例限度 (Fe)
杉・杉⊥-1	28	2.2	14
杉・杉⊥-2	28	2.0	14
杉・杉⊥-3	27	2.0	15
平 均	27.7	2.1	14.3
松・松⊥-1	* 26	* 1.5	* 15
松・松⊥-2	22	1.36	12
松・松⊥-3	22	1.33	12
平 均	22	1.35	12
杉・松⊥-1	* 27	* 0.78	* 13
杉・松⊥-2	22	1.7	13
杉・松⊥-3	23	1.8	14
平 均	22.5	1.75	13.5

E : みかけのヤング係数  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Fe : みかけの比例限度  
(kg/cm<sup>2</sup>)

\* は平均値に採用せず

## B 実験結果についての考察

表一 4 より杉材及び米松材の力学的性質を求め、これを学会値と比較すると次ことがわかる。

### (1) 圧縮強度 (Fc) について

- i 繊維に平行方向の圧縮強度は杉・米松共学会値 (平均) に比べて杉で68%, 米松で63%とそれぞれやや小さい。
- ii 繊維に垂直方向の圧縮強度は杉・米松共学会値 ( $0.12Fc$ ) に比べて杉で143%と大きい、米松で91%とほぼ等しい。
- iii 繊維に平行方向の圧縮強度は米松は杉の1.2倍と大きい、繊維に垂直方向の圧縮強度は米松は杉の0.77倍と小さい。

### (2) ヤング係数 (E) について

- i 繊維に平行方向のヤング係数では杉は学会値 (平均) の98%とほぼ等しい、米松は129%と大きい。
- ii 繊維に垂直方向のヤング係数では杉は学会値 (平均) の145%と大きい、米松は98%とほぼ等しい。
- iii 繊維に平行方向のヤング係数では米松は杉の150%と大きい、繊維に垂直方向では米松は杉の67%と小さい。

### (3) 比例限度 (Fe) について

繊維に平行方向及び垂直方向において杉・米松はそれぞれ学会値にほぼ等しい。

杉材と米松材との3種の組合せ(B)について表一 5 より見掛けの圧縮強度 (Fc)・ヤング係数 (E)・比例限度 (Fe) を比較すると次のことがわかる。

#### ① 見掛けの圧縮強度 (Fc) について

杉・杉⊥ : 杉・松⊥ : 松・松⊥ = 1 : 0.81 : 0.80となるので、重ね材で米松 (Fc の低い材) を

表一 6 単体Aと重ね合せBとの比較

種 別		Fc	E		Fc	E		Fc	E		Fc	E
実験値	A 杉 ⊥	42.2	5.8	松 ⊥	32.3	3.9	杉 ⊥	42.2	5.8	松 ⊥	32.3	3.9
	B 杉・杉⊥	27.7	2.1	松・松⊥	22	1.3	杉・松⊥	22.5	1.8	杉・松⊥	22.5	1.8
	B/A	0.66	0.36	B/A	0.68	0.33	B/A	0.53	0.31	B/A	0.70	0.46
理論値	B′ 杉・杉⊥	42.2	5.8	松・松⊥	32.3	3.9	杉・松⊥	32.3	4.9	杉・松⊥	32.3	4.9
	B′/B	1.52	2.75	B′/B	1.47	3.0	B′/B	1.44	2.72	B′/B	1.44	2.72

Fc : kg/cm<sup>2</sup> E : 10<sup>3</sup>kg/cm<sup>2</sup>

使用するものは米松 (Fc の低い材) で破壊する。

## ② 見掛けのヤング係数 (E) について

杉・杉⊥ : 杉・松⊥ : 松・松⊥ = 1 : 0.85 : 0.65となるが、それらの比は単体の杉⊥ : 松⊥ = 1 : 0.67であることから杉・松⊥は杉と米松の平均値として算定したそれらの比 1 : 0.84 : 0.67 とほぼ等しいので、重ね材のヤング係数はそれぞれの値の平均値を採用して算定した値 (表一 6 の理論値杉・杉⊥ =  $5.8 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ , 杉・松⊥ =  $4.9 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ , 松・松⊥ =  $3.9 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ ) に比例する値とみなせる。

## ③ 初期剛性

重ね材の全面圧縮実験ではいずれも初期の迂り剛性が表われたが、この大きさは接触面の平滑度とヤング係数とに関係する。

単体(A)と重ね合せ(B)とについて繊維に垂直方向の Fc と E とを比較すると表一 6 となる。表一 6 より次のことがわかる。

- i 重ね材の圧縮強度は杉・杉⊥では単体の66%に低下し、松・松⊥では単体の68%に低下し、杉 (Fc の大きい材) の圧縮強度の低下が米松 (Fc の小さい材) よりやや大きいが大差はない。
- ii 重ね材の見掛けのヤング係数は杉・杉⊥では単体の36%に低下し、松・松⊥では33%に低下し、杉 (E の大きい材) の見掛けのヤング係数の低下が米松 (E の小さい材) よりやや小さいが大差はない。
- iii 理論値は実験値とかなりの差があるのは接合面の平滑さと剛性及び実験誤差などによるものと考えられる。それらの係数をB'/Bとして表一 6 に示す。

## 4. 2 軸 実 験

### A 実験及び実験結果

図一 2 及び表一 3 に示すめり込み(C)の供試体を図一 6 のように、アムスラー試験器に反転して鉄板を介して両端で単純支持し、スパン中央の受け材にロードセルを介して集中荷重 P を加え、図一 7 に示すとおりはりと受け材の接触面を中心に 5 cm ずつ離れた両材の側面の点 (標間 100 mm) に  $\Omega$  型ひずみ計を等間隔に 1・2・3・4・5 の 5 個を取付け、それぞれに対応する両材の他の側面にそれぞれ 6・7・8・9・10 の 5 個を同様に取付けて各荷重段階にひずみを計測した。

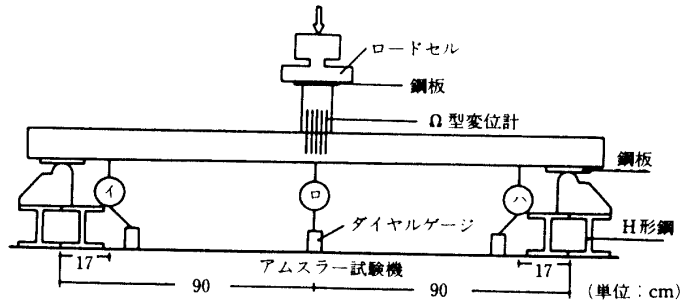


図-6 2軸実験法

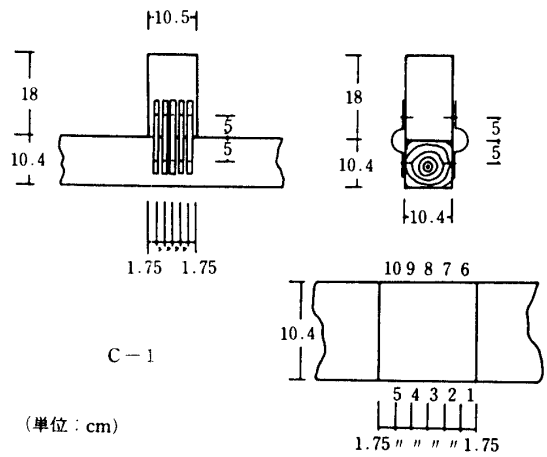


図7-1 2軸実験法のひずみ測定位置

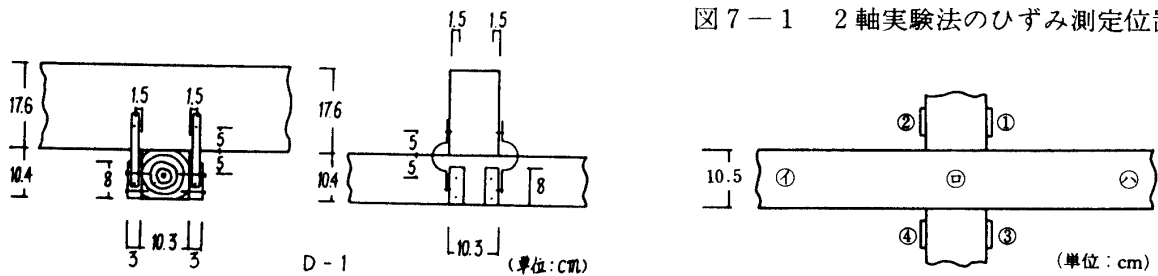


図7-2 3軸実験法のひずみ測定位置

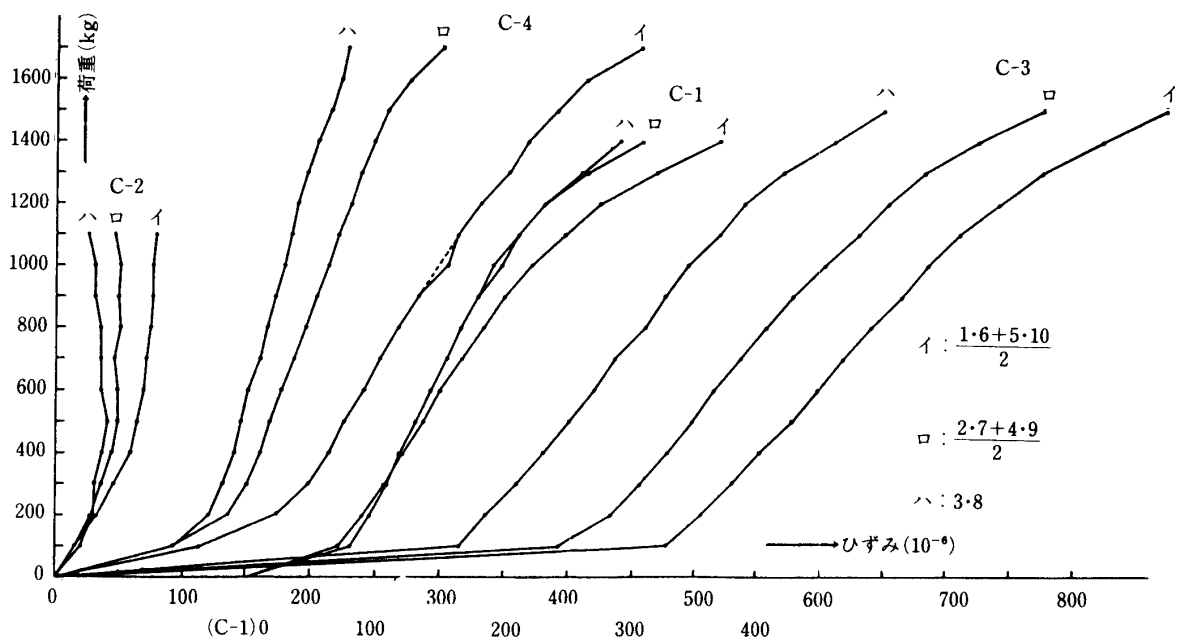


図-8 荷重ひずみ度曲線

相対する2点の平均値をそれぞれ1・6, 2・7, 3・8, 4・9, 5・10点の値として表し、受け材巾方向のひずみ分布を荷重Pの変化に応じて図示するとその分布が3・8点を中心に対称とならないので、3・8点をハ、対称点の平均値をロ、イとして荷重ひずみ度曲線を作れば図8となる。

## B 実験結果についての考察

図-8 から荷重を400kg → 900kg に変化させる時における500kg の増分に応ずるイ・ロ・ハ点の

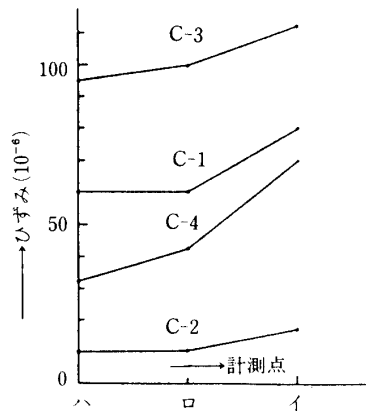


図-9 荷重400kg→900kg  
に應ずるひずみ分布

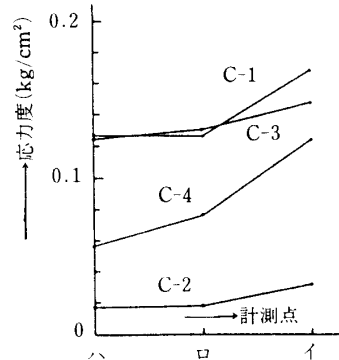


図-10 荷重400kg→900kg  
に應ずる応力分布

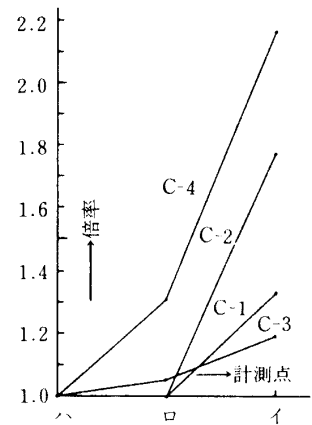


図-11 荷重400kg→900kg  
に應ずる応力分布  
の無次元化

ひずみ度の増分を図-9に示す。また図-9を表-5に示すEの値を用いて応力度分布に直して表せば図-10となり、図-10を無次元化して図-11に示す。これから次のことがわかる。

- i 図-9によればひずみ量の大きさの順は松・松 $\perp$  (C-3) > 杉・杉 $\perp$  (C-1) > 松・杉 $\perp$  (C-4) > 杉・松 $\perp$  (C-2) となっている。即ち、ひずみ量の大きさは表-5のヤング係数の大きさに逆比例しているが、松・杉 $\perp$ 、杉・松 $\perp$ が杉・杉 $\perp$ より小さいのは接合面の平滑さと実験誤差などによるものとする。それは応力度で示した図-10でわかるごとく、C-4及びC-2の応力面積がC-1及びC-3に比べて小さいことから理解できる。
- ii 図-10, 11によればハロの傾斜の大きさの順は松・杉 $\perp$  (C-4) > 松・松 $\perp$  (C-3) > 杉・松 $\perp$  (C-2)  $\approx$  杉・杉 $\perp$  (C-1) となっている。即ち、ハロの傾斜ははりが米松（ヤング係数が小さい材）のものは杉（ヤング係数が大きい材）のものより大きく、然も受け材が米松（ヤング係数が小さい材）のものは受け材が杉（ヤング係数が大きい材）のものより小さいことを示している。  
はりが杉の場合はハロはほとんど傾斜がなく、然も受け材が米松（ヤング係数が小さい材）のものは杉（ヤング係数が大きい材）のものより絶対値が大きいのは実験誤差を示している。
- iii 図-11によれば杉・杉 $\perp$  (C-1 ヤング係数が大きい材) と杉・松 $\perp$  (C-2 ヤング係数が小さい材) が示すごとく、はり材が杉の場合は両者のハロ間の応力分布は一定であるが、ロイ間の応力分布では杉・杉 $\perp$  (C-1 ヤング係数が大きい材) の方が杉・松 $\perp$  (C-2 ヤング係数が小さい材) よりイ部の増加率は小さい応力分布となる。

## 5. む す び

木造建築構造において、横架材間に架け渡すはりとその支点となる受け材との接合面部分の局部応力の分布がはり材と受け材のそれぞれヤング係数の変化により異なり、通常おこなう理論値は実際と相違する。このため床・屋根の変形及び建物の剛性強度が設計値と相違してくる。本研

究では杉と米松を使って繊維に直角方向の全面圧縮実験をおこなって、杉・米松とも同種材を重ね合せたものはその単材に比べて圧縮強度で67%位、ヤング係数は34%位に低下するが、異種の材を重ねたものは圧縮強度で杉の単材の53%（米松の単材の70%）に低下し、ヤング係数では杉の単材の31%（米松の単材の46%）に低下することを確かめた。また、はりと受け材の材料の組合せを杉と米松を使って変化させて接合部分の変形・応力分布を実験で求めて、その部のひずみ及び応力分布は杉と米松による組合せ及びはりの剛性と荷重により相違することを確かめた。

#### 参 考 文 献

- 1) 江上外人：木造耐雪構造の研究(1) 屋根下地構造の実験研究 福井工業大学研究紀要第15号 1985  
江上外人：木造耐雪構造の研究(2) 軒先構造の実験研究 日本建築学会北陸支部研究講演梗概集第28号  
1985年 6 月