

- 研 究 -

## カラマツ釘着ラチス梁の製造と性能 (第5報)

- 生材時に製造した梁の乾燥後の曲げ性能 -

小 松 幸 平 倉 田 久 敬\*

### Lattice Girders from Small Larch Logs ( )

- The flexural properties of lattice girders  
of green timber after drying -

Kohei KOMATSU

Hisayoshi KURATA

Lattice girders were designed for residential floor beams which had a 364-centimeter span and a 182-centimeter spacing. Specimens were made of green larch timber and four-point bending tests were made on them after eight-month indoor seasoning. The results are summarized as follows :

- (1) The flexural rigidity of the tested girders satisfied the design value.
- (2) The shear rigidity of the girders, whose panel points were connected only with nails, had 70 percent of the design value on the average. On the other hand, the girders whose panel points were reinforced with metal wares, possessed a sufficient shear rigidity.
- (3) The overall stiffness of the tested girders barely satisfied the design value, thanks to the high M.O.E. value of the materials used.
- (4) Of the sixteen specimens, thirteen reached the safety factor value, which is described as 4, the rate of a maximum load to a design load for long-term service, by the internal bylaw of BCJ (The Building Center of Japan).
- (5) It must be admitted, however, that the tested lattice girders were on the whole not strong and stiff enough to satisfy all the design values with ease.

スパン364cm, 間隔182cmの住宅用床梁としてラチス梁を設計した。試験体は生のカラマツ製材で作り, 8カ月間の屋内乾燥を経て, 4点曲げ試験を実施した。

得られた結果は次のように要約される。

- (1) 供試梁は, 曲げ剛性に関しては, 設計値を満足した。
- (2) 節点を釘のみで結合した梁のせん断剛性は, 平均で設計値の70%であった。一方, 節点を金物で補強した梁は十分なせん断剛性を有した。
- (3) 供試梁の全体としての剛性は設計値をかろうじて満足した。これは, 大部分の供試材のM.O.E.が(設計値より)高かったことによる。
- (4) 日本建築センターの内部規程による安全係数4(最大荷重と長期設計荷重の比)を満足したのは16体中13体であった。
- (5) しかしながら, 結論として, 供試梁は設計値を楽々と満足できる程強じんであったとは言えない。

## 1. はじめに

我々は、カラマツ未乾燥製材を用いたラチス梁の製造<sup>1)</sup>とその乾燥後の狂い<sup>2)</sup>について、これまで一連の実験を重ねて来た。

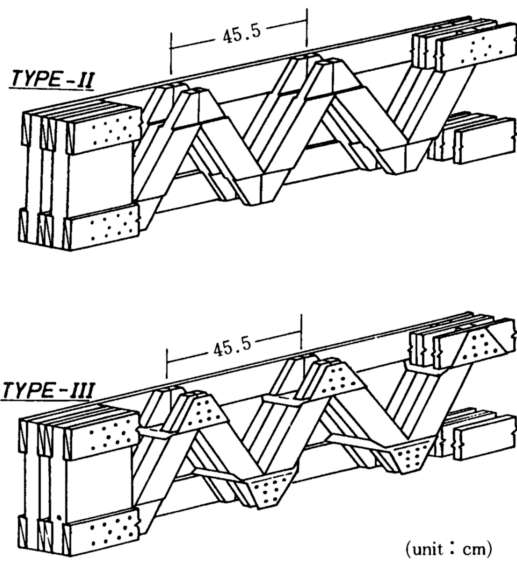
本研究報告で取り上げる内容は、この一連の実験に続くもので、一定の自然乾燥期間を経たラチス梁が、当初の設計計算通りの曲げ性能を発揮するか否かについて、実験的検討を加えたものである。

なお、本研究の一部を第31回日本木材学会大会(昭和56年4月、府中市)で報告した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試梁の型式

供試梁の型式とその構造上の特徴を第1図に示す。TYPE - I と II は基本的には同じ構造であるが、TYPE - I においては、節点に特殊な金物を用いて、せん断性能の向上を計った。両タイプの梁とも、断面3.8×7.8cmの斜材を二重に使用し、釘が2面せん断釘として機能することを意図した。弦材については、狂いの拘束を考慮して、厚さ2.3cm、材せい17.8cm又は9.6cmの板を4枚合わせて使用した。



第1図 供試梁の型式とその構造的な特徴  
Figure 1 Types and structural characteristics of lattice girders tested

TYPE - I には、釘打ち機専用のCN90相当釘を各節点の片面あたり8本使用した。また、TYPE - II には、同じ本数のN100釘を手打ちした。

### 2.2 供試材

#### 2.2.1 弦材

末口径13~14cmのカラマツ原木から、寸法2.5×10.0cmの板を製材し、それらをその丸身に依じて、断面2.3×7.8cm(梁No. I-1~4用)と、2.3×9.6cm(残りの梁用)に仕上げた。そして、生材の状態では、スパン308cm、中央集中エッジワイズ負荷方式による曲げ剛性試験を行い、ヤング係数を測定した。その場合、板の横倒れ座屈を防止するため、2枚の208材で試験体をはさみ込み、材と材の接触面にはフラットクレーンをそう入して試験を行った。荷重は3kgづつ、最大9kgまで加えた。

#### 2.2.2 腹材

末口径9~11cmの原木から、一辺8cmの心持ち直角を採材し、断面7.8×7.8cmに仕上げた。弦材の場合と同じスパンで曲げ剛性試験を行い、ヤング係数を測定した。その後、直角材をリッパーで3.8×7.8cmに挽き割り、腹材として使用した。

第1表に供試材材料のヤング係数を示した。

### 2.3 組み立てたラチス梁の概要

梁の組み立てに際しては、梁としての曲げ剛性が順次変化するよう、ヤング係数の大きい順に弦材用の板を各梁に割り当てた。したがって、ある梁は最もヤング係数の大きい材料ばかりで構成されており、また、

第1表 供試材材料のヤング係数

Table 1 Modulus of elasticity of materials used

項目 Items	弦材 chord	腹材 Web
平均値 Mean	73.2	72.9
最小値 Minimum	50	50
最大値 Maximum	147	95
標準偏差 Standard deviation	15	10
測定数 Number of data	264	80

ある梁はヤング係数の小さい材料ばかりで構成されていることになる。

第2表に組み立てられたラチス梁の概要を示す。ここで、弦材のヤング係数とは、上下弦材を構成している4枚づつの板のヤング係数の平均値を意味する。

なお、数値計算に際しては、第1表に示した腹材のヤング係数の平均値を各ラチス梁の腹材のヤング係数とみなした。

2.4 曲げ試験要項

本研究では、4点曲げ荷重方式を採用した。第2図に試験の方法と測定機器類の取り付け位置を示す。ここで、

$\delta_0$ はスパン中央部のたわみを意味し、感度100  $\mu$  / mmの撓動抵抗型変位計2台を試験体の表裏にセットして測定した。 $\delta_H$ は一定モーメント区間の相対たわみを意味し、感度200  $\mu$  / mmの撓動抵抗型変位計を用いて測定した。

$\delta_s$ は一定せん断力領域での上下弦材間の相対ずれ変位を意味し、 $\delta_s$ の測定に用いたのと同じ変位計を梁の表裏にセットし、合計4台で測定した。

剛性・破壊試験は以下に示す繰り返し荷重方式で行った。

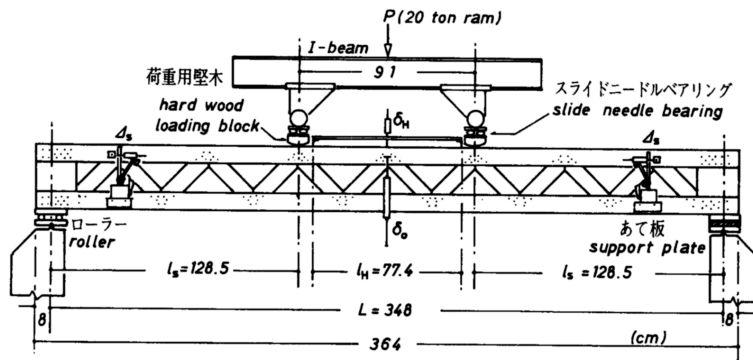
- 1回目: 0  $\rightarrow$  600kg
- 2回目: 0  $\rightarrow$  1, 100kg
- 3回目: 0  $\rightarrow$  1, 700kg
- 4回目: 0 破壊

すべての変位は、負荷時には荷重刻み50kgおきに、除荷時には100kgおきに、多点歪計測装置を通して印字集録した。4回目のP=2, 000kg時にすべての電気式測定機器類を取りはずし、その後は最小

第2表 組み立てられたラチス梁の概要  
Table 2 Outline of lattice girders built up

No.	$E_T^a)$	$E_B^b)$	$W^c)$	$H^d)$	$h_c^e)$	$h_w^f)$	使用釘(本数)
	(10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )		(kg)	(cm)	(cm)	(cm)	Nail (number)
II-1	74	75	38.46	30.0	7.7	7.6	CN 90 (16)
II-2	84	81	40.18	30.0	7.8	7.6	〃
II-3	81	86	40.14	29.9	7.7	7.7	〃
II-4	91	90	40.42	29.7	7.7	7.6	〃
II-5	55	56	43.38	33.0	9.5	7.6	CN 90 (16)
II-6	61	72	41.50	33.0	9.2	7.7	〃
II-7	62	62	42.18	32.9	9.4	7.6	〃
II-8	63	61	42.78	33.0	9.3	7.8	〃
II-9	65	67	42.24	33.0	9.4	7.8	〃
II-10	68	67	42.05	33.0	9.4	7.7	〃
II-11	68	68	43.65	33.0	9.2	7.7	〃
II-12	78	81	43.00	33.2	9.3	7.6	〃
II-13	84	80	44.44	33.0	9.4	7.6	〃
II-14	83	81	44.30	33.0	9.3	7.6	〃
II-15	86	90	44.00	33.0	9.4	7.6	〃
II-16	93	94	46.50	33.0	9.5	7.6	〃
II-17	93	96	46.75	33.3	9.5	7.6	〃
III-1	76	85	50.65	33.5	9.4	7.6	N 100 (16)
III-2	74	72	51.25	33.5	9.4	7.6	〃
III-3	70	74	50.95	33.5	9.4	7.6	〃

- a) 上弦材ヤング係数 Modulus of elasticity of top chord
- b) 下弦材ヤング係数 Modulus of elasticity of bottom chord
- c) 重量 Weight
- d) 梁せい Depth of lattice girder
- e) 弦材せい Depth of chord member
- f) 腹材せい Depth of web member
- その他の寸法 Another dimensions common to all specimens
- 弦材材幅 Width of chord member  $b_c = 4 \times 2.2 = 8.8$  cm
- 腹材材幅 Width of web member  $b_w = 2 \times 3.8 = 7.6$  cm
- 節点間距離 Panel distance  $a = 45.5$  cm
- 斜材角度 Angle of diagonal  $\varphi = 45^\circ$



第2図 ラチス梁の4点曲げ試験方法と変位計の取り付け位置  
Figure 2 Four-point bending test on lattice girder and location of deflection measuring device

目盛1mm物差しの動きを望遠鏡で読んで、スパン中央のたわみを破壊直前まで測定した。

実験に使用した試験機は、曲げ最大容量20tonの堅型油圧式材料試験機である。荷重速度は試験体によって若干異なるが、幾つかの平均をとると、大体1,200kg/分であった。

### 3. 曲げ性能の評価方法

供試梁は在来軸組工法における2階床梁もしくは、地下室を有する住宅の一階床梁のような使用状況を想定して設計・製造された。

材料側の許容値としては、カラマツのヤング係数を  $60 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 、使用釘 (CN90) の長期1面せん断耐力を総プロ方式<sup>3)</sup>及び木構造設計規準の方式<sup>4)</sup>より算定される値に0.8を掛けたものとした。この0.8という値は、未乾燥材に打たれた釘が、乾燥後に力を受ける場合の低減係数である。更に、長期荷重を受けて間もなくの釘のとり量は、木構造設計規準の推奨値0.2

mmを採用した。したがって、設計用のとり係数 $k_s$ は、釘の1面せん断耐力  $LP=30\text{kg}$ と、釘のとり量 $0.02\text{cm}$ との比として、 $K_s=30\text{kg}/0.02\text{cm}=1.5\text{ton/cm}$ となった。また、材料の許容応力度は、木構造設計規準に示されている針葉樹 類普通構造材の諸数値を充当した。第3表に今回想定した設計条件を示す。

想定した荷重条件は、等分布荷重が根太を通じて多点集中荷重として梁に作用するというものであるが、採用した実験条件は4点曲げ荷重である。したがって、実験条件と設計条件とでは、当然、応力・変形状態が異なる。本研究では、予備的な検討の結果、試験体にとって、最も弱点であろうと考えられる「釘に作用するせん断力」において、実験条件と設計条件とが一致するような荷重を設計荷重に相当するもの

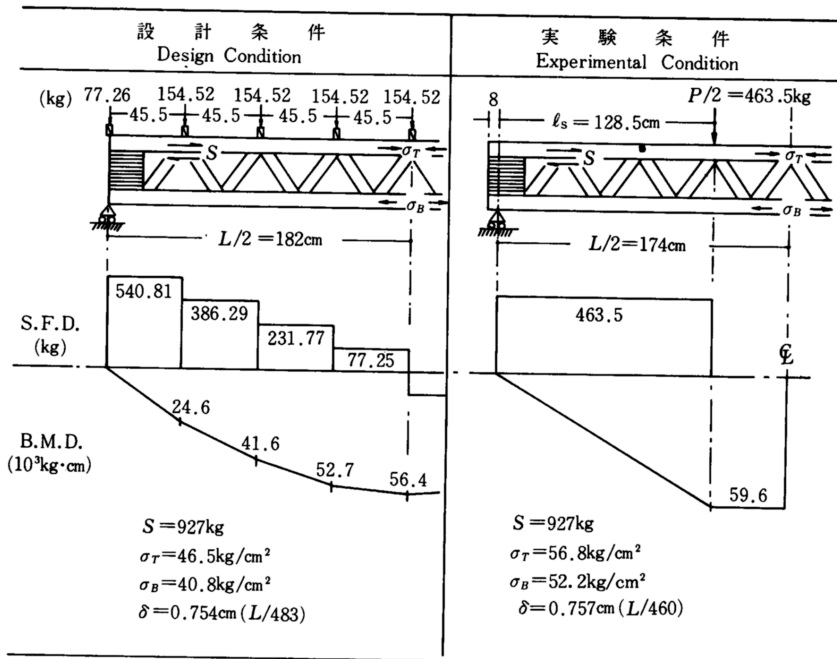
と考え、これを相当設計荷重 $P_d$ と定義した。既往の論文<sup>5)</sup>で提案した計算法に基づいて $P_d$ を求めたところ、ラチス梁の探せいを $H=33\text{cm}$ と仮定すると、4点曲げ荷重の合力が $927\text{kg}$ の時に、「釘に作用するせん断力」の値が設計条件における値と一致した。したがって、以後、 $P_d=927\text{kg}$ を本実験における相当設計荷重として取り扱う。

第3図に設計条件における応力・変形状態と、実験条件 ( $P_d=927\text{kg}$ ) におけるそれらとの対比を示す。これによると、実験条件の場合 (第2図参照)、上弦材最外皮応力度は  $T=56.8\text{kg/cm}^2$ 、下弦材最外皮応力度は  $B=52.2\text{kg/cm}^2$  となつて、設計条件における場合 ( $T=46.5\text{kg/cm}^2$ ,  $B=40.8\text{kg/cm}^2$ ) より若干厳しい状態を与える。

一方、スパン中央のたわみ  $\delta$  は、実験条件の場合、 $L/460$  ( $L$ はスパン) であるのに対し、設計条件の場合、 $L/483$  となり、設計条件の方が若干厳しい。このように、詳細に見れば若干の過不足は否めないが、全

第3表 本研究で想定した設計条件  
Table 3 Design conditions supposed in this study

ラチス梁 Lattice girder	スパン Span $L=364\text{cm}$ 梁せい Depth $H=33\text{cm}$ 斜材角度 Angle of diagonal $\phi=45^\circ$ 節点間隔 Panel distance $a=45.5\text{cm}$
弦材 Chord	材せい Depth $h_T=h_B=9.6\text{cm}$ 総幅 Total width $b_T=b_B=2.3 \times 4=9.2\text{cm}$ 断面積 Cross sectional area $A_T=A_B=88.32\text{cm}^2$ 断面2次モーメント Moment of inertia $I_T=I_B=678.30\text{cm}^4$
腹材 Web	材せい Depth $h_w=7.8\text{cm}$ 総幅 Total width $b_w=$ $3.8 \times 2=7.6\text{cm}$ 有効断面積 Effective cross sectional area $A_w=47.4\text{cm}^2$
その他 Others	心々梁せい Center to center distance between chords $g=23.4\text{cm}$ 釘 Nail=CN90 釘本数/節点 Number of nails per panel point $m=34$ (1面せん 断釘として as single-shear nails) 設計荷重 Design load $w=3.396\text{kg/cm}$ 設計用とり係数 Slip modulus for design $K_s=1500$ $\text{kg/cm}$ 設計用ヤング係数 M. O. E. for design $E=60 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 許容応力度 Allowable stress for long term loading; $Lf_a=Lf_b=70$ , $Lf_c=60$ ( $\text{kg/cm}^2$ )



第3図 応力、変位に関する実験条件と設計条件との対比  
 Figure 3 Comparison between design condition and experimental condition in respect of stresses and deflection

体的なバランスから判断すると、Pd = 927kgという値は、一応妥当な相当設計荷重であると判断されよう。

次に、曲げ性能を評価するための諸式を以下に示す。

(実測せん断たわみ)  $s = s(l_s/g) \dots \dots (1)$

(実測全体たわみ)  $o \dots \dots (2)$

(実測曲げたわみ)  $b = o - s \dots \dots (3)$

式(1)において、sは第2図に示した上下弦材間のせん断ずれ変位の実測値で、式(1)の誘導を脚注\*に示した。

一般に、曲げたわみ bは、一定モーメント領域において測定されるたわみ Hを介して算定し得るものである。しかし、今回の実測 Hを吟味したところ、その値に疑問を感じざるを得ない程大きな変動があり、Hを使って bを算定することは無意味であると判断

された。そのため、式(3)の方式によって bを算定した。

一方、設計用の諸式には既報<sup>5)</sup>で提案した以下の式を用いた。

(曲げたわみ)

$$\delta_b = \frac{P\beta}{48(EI)_{des}} \dots \dots (4)$$

$$\beta = 3l_s L^2 - 4l_s^3 \dots \dots (5)$$

(せん断たわみ)

$$\delta_s = \frac{Pl_s}{2(GA)_{des}} \dots \dots (6)$$

$$\frac{1}{(GA)_{des}} = \frac{a}{g^2} \left( \frac{1}{2\eta} + \frac{2}{mK_s} \right) \dots \dots (7)$$

$$\eta = \frac{E_d d w h w}{g} \cos^2 \varphi \cdot \sin \varphi \dots \dots (8)$$

(全体たわみ)

$$\delta_o = \delta_b + \delta_s \dots \dots (9)$$

$$(EI)_{des} = 2E_d \left( \frac{h^3 b c}{12} + \frac{h c b c}{4} g^2 \right) \dots \dots (10)$$

以上の諸式に使われている記号の意味については、第4表にまとめて示した。また、使用した設計用の数値については、第3表に示した。

\* せん断たわみ:  $\delta_s = \int_0^L \frac{Q_x \bar{Q}_x}{(GA)_L} dx = \frac{Q_x l_s}{(GA)_L} \dots (a)$

せん断歪:  $\tau_s = \Delta_s/g = \tau_s/G = \left( \frac{Q_x}{A} \right) / G = \frac{Q_x}{(GA)_L}$   
 $\therefore \Delta_s = \frac{Q_x g}{(GA)_L} \dots \dots (b)$

(a),(b)  $\rightarrow \delta_s = \Delta_s (l_s/g)$

第4表 式に使われている記号の説明  
Table 4 Explanation of symbols used in equations

記号 Symbol	説明 又は 定義 Explanation or Definition	
$\delta$	スパン中央でのたわみ	Deflection at midspan (cm)
$\Delta s$	上下弦材間の相対ずれ	Relative slip between top and bottom chord (cm)
$l_s$	一定せん断力長さ	Distance from reaction point to the nearest loading point (cm)
$L$	ラチス梁のスパン	Span length of lattice girder (cm)
$a$	節点間距離	Distance between panel point (cm)
$H$	ラチス梁梁せい	Depth of lattice girder (cm)
$g$	ラチス梁心々間隔	Center to center distance between chords (cm)
$h_i$	部材材せい (i=c,w)	Depth of members (cm)
$b_i$	部材総幅 (i=c,w)	Total width of members (cm)
$(EI)$	ラチス梁の曲げ剛性	Flexural rigidity of lattice girder (kg·cm <sup>2</sup> )
$(GA)$	ラチス梁のせん断剛性	Shear rigidity of lattice girder (kg)
$K_s$	釘の入り係数	Slip modulus of nail (kg/cm)
$m$	節点あたりの一面せん断釘の本数	Number of single-shear nail per panel point
$E$	ヤング係数	Modulus of elasticity (10 <sup>9</sup> kg/cm <sup>2</sup> )
$Q_x$	せん断力	External shear force (kg)
$M_{max}$	破壊時モーメント	Moment at failure (kg·cm)
$P$	4点曲げ試験の合力	Resultant load on a beam in four-point bending test (kg)

添字

Subscript	
( ) <sub>c</sub>	弦材 (総称) Chord (generally)
( ) <sub>T</sub>	上弦材 Top chord
( ) <sub>B</sub>	下弦材 Bottom chord
( ) <sub>w</sub>	腹材 Web (diagonal member)
( ) <sub>b</sub>	曲げ Bending
( ) <sub>s</sub>	せん断、すべり Shear or slip
( ) <sub>d, des</sub>	設計用 (設計値) For design (design value)

4. 結果および考察

4.1 剛性試験結果

第5表に相当設計荷重時 (Pd=927kg) の梁のたわみの実測値と、設計値との比較を示す。実測値は、荷重P=900kgとP=950kg時の値から、直線補間によって得られたものである。

供試梁の曲げたわみ  $b_l$  は、一部の例外を除いて、ほぼ設計条件のそれより小さく、曲げ剛性に関しては満足すべきものであった。しかし、せん断たわみ  $s$  は、金物で補強したTYPE - 以外、ほとんどの梁において設計値を上回った。TYPE - の平均値で見ると、設計値の約7割のせん断剛性しか発揮されていなかったことが分かる。

梁の見掛けの剛性 (曲げとせん断を加えたもの) は、材料の実際のヤング係数が設計値の60ton/cm<sup>2</sup>を上回っていたため、曲げ剛性の余剰によってかろうじて設計条件を満足したものの、その内容は決して満足すべきものであったとは言えない。

せん断剛性が設計値よりも小さかった理由は幾つか考えられる。第1に考えられる点は、釘打ち間隔が狭すぎたということである。供試梁においては、釘を両面から打っており、特に中央材における釘相互の間隔が非常に密となって、釘の2面せん断性能が十分に発揮されなかったものと考えられる。第2の点は、板厚がいわゆる適正材厚よりも薄かったこと。更に、乾燥収縮による釘穴のゆるみ等も多少はあったのではない

第5表 相当設計荷重時のスパン中央のたわみ (P=927kg)  
Table 5 Midspan deflections at equivalent design load (P=927kg)

試験体 No.	設計値 Design value			実測値 Observed value			実測/設計 Comparison		
	$\delta_b$ (1) (cm)	$\delta_s$ (2) (cm)	$\delta_{b+s}$ (3) (cm)	$\delta_b$ (4) (cm)	$\delta_s$ (5) (cm)	$\delta_{b+s}$ (6) (cm)	(4) (1)	(5) (2)	(6) (3)
II-1	0.702	0.255	0.956	0.595	0.354	0.949	0.85	1.39	0.99
II-2	0.698	0.257	0.955	0.473	0.440	0.913	0.68	1.71	0.96
II-3	0.708	0.256	0.964	0.513	0.376	0.889	0.72	1.47	0.92
II-4	0.720	0.261	0.981	0.497	0.397	0.894	0.69	1.52	0.91
II-5	0.505	0.231	0.736	0.510	0.325	0.835	1.01	1.41	1.13
II-6	0.511	0.225	0.736	0.496	0.302	0.798	0.97	1.34	1.08
II-7	0.511	0.231	0.742	0.485	0.372	0.857	0.95	1.61	1.16
II-8	0.509	0.227	0.735	0.539	0.344	0.883	1.06	1.52	1.20
II-9	0.507	0.229	0.736	0.453	0.297	0.750	0.89	1.30	1.02
II-10	0.507	0.229	0.736	0.589	0.180	0.769	1.16	0.79	1.05
II-11	0.511	0.225	0.736	0.424	0.308	0.732	0.83	1.37	0.99
II-12	0.501	0.224	0.725	0.392	0.339	0.731	0.78	1.51	1.01
II-13	0.507	0.229	0.736	0.433	0.286	0.719	0.85	1.25	0.98
II-14	0.509	0.228	0.736	0.367	0.363	0.730	0.72	1.60	0.99
II-15	0.507	0.229	0.736	0.450	0.204	0.654	0.89	0.89	0.89
II-16	0.505	0.231	0.736	0.319	0.309	0.628	0.63	1.34	0.85
II-17	0.493	0.226	0.719	0.344	0.292	0.636	0.70	1.29	0.89
(平均: II-5 ~ II-17) (Mean: II-5 ~ II-17)							<b>0.90</b>	<b>1.33</b>	<b>1.03</b>
III-1	0.487	0.221	0.708	0.436	0.157	0.593	0.89	0.71	0.84
III-2	0.487	0.221	0.708	0.483	0.205	0.688	0.99	0.93	0.97
III-3	0.487	0.221	0.708	0.460	0.160	0.620	0.94	0.73	0.88
(総平均: II-1 ~ III-3) (Total Mean: II-1 ~ III-3)							<b>0.86</b>	<b>1.28</b>	<b>0.99</b>

備考	Remarks
(1)設計曲げたわみ	Bending deflection designed with Eq. (4)
(2)設計剪断たわみ	Shearing deflection designed with Eq. (6)
(3)合計たわみ	Total deflection designed with Eq. (9)
(4)実測曲げたわみ	Bending deflection estimated with Eq. (3)
(5)実測剪断たわみ	Shearing deflection estimated with Eq. (1)
(6)実測合計たわみ	Observed midspan deflection

かと考えられる。

一方、金物で接合部を補強したTYPE - の場合、そのせん断剛性はTYPE - の約1.9倍で、予想通りの補強効果が認められた。

梁の材料に生材を使うということを前提とする限り、弦材と腹材との接合には機械的接合方式を採用せざるを得ない。その場合、単に釘のみで接合する方法では本実験の結果が示すように、梁として十分なせん断性能を与えることは非常に困難である。接合金物を併用するか、節点をガセットで補強する等の根本的な改良以外、これ以上のせん断剛性向上を計ることはむずかしいものと判断される。

#### 4.2 破壊試験結果

第6表に破壊試験の結果を示す。

日本建築センターの低層建築物の構造耐力の性能評定に関する内部規程<sup>3)</sup>によると、木質系横架材の長期許容設計耐力は、実験によって得られる最大耐力の1/4を採用することとなっている。したがって、逆に言えば、実験における最大耐力Pmaxと長期設計荷重Pdとの比は、少なくとも4倍以上は必要であると言えよう。第3節で述べた相当設計荷重Pd = 927kgは梁せいH = 33cmの場合について求めたものであるので、議論をこの条件に合致する供試梁のみに限定すると、今回の供試梁でPmax / Pdの値が4以上であったもの

は16体中13体であった。この結果をどう評価すべきかはむずかしいところであるが、少なくとも、住宅用大梁を目標とする組み立て梁である以上、すべての供試梁が4倍以上の値を示すことが望ましい。結論的に言えば、供試ラチス梁は、やや耐力不足の傾向があると言えよう。

供試梁の破損の形態は、第4図 (a), (b), (c) に示したように; (a) 接合部のせん断破損, (b) 下弦材の引張破断, (c) 上弦材の座屈, の3種類に大別された。

(a) の接合部のせん断破損は、釘による圧縮斜材の割裂きを伴うものが一般的で、供試ラチス梁において比較的起こり易い破損の形態であった (45%)。 (b) 引張破断も起こり易い破損形態で (40%)、多くの場合、節や目切れ部分からの突然の破壊がその特色と言える。

(c) の上弦材座屈は、4点曲げ試験において、一定モーメント区間の上弦材がちょうど両端固定に近い圧縮材の状態になるため、局所的な座屈が起こるものである。この座屈現象は梁の狂いとも関係しているように思われ、座屈荷重を定量的に予測することはかなり困難と思われる。

梁の破損形態と耐力との間に定性的な関係を見出すことはできないが、接合部のせん断耐力がラチス梁の弱点であろうという当初の予想は実験によって確認された。

次に、梁の耐力とその構成材料の材質との関係について若干の考察を加える。

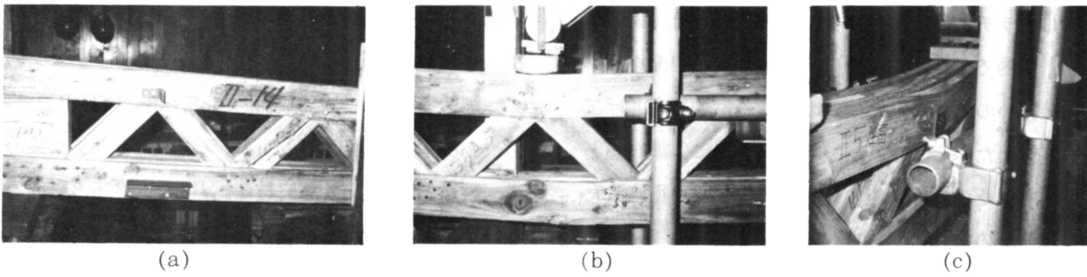
第5図は供試梁の見掛けの最大曲げ応力と弦材の平均ヤング係数  $E_m$  の関係を示したものである。ここ

第6表 破壊試験結果  
Table 6 Results of destroying test

No.	(EI) des <sup>a)</sup> (10 <sup>6</sup> kg·cm <sup>2</sup> )	$E_m$ <sup>b)</sup> (t/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ <sup>c)</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	3.5P <sub>p</sub> <sup>d)</sup> (kg)	P <sub>max</sub> (kg)	破壊形態 <sup>f)</sup> Type of failure
II-1	1051	75	228	8647	3340	Shear — (a)
II-2	1057	83	251	8463	3340	Tension — (b)
II-3	1042	84	254	8337	3300	Shear — (a)
II-4	1024	91	287	8205	3400	Shear — (a)
II-5	1460	56	155	7237	3850	Buckling — (c)
II-6	1444	67	167	7870	3430	Tension — (b)
II-7	1444	62	188	7917	4140	Tension — (b)
II-8	1450	62	170	7854	3760	Tension — (b)
II-9	1455	66	184	8220	3830	Tension — (b)
II-10	1455	68	165	8409	3350	Tension — (b)
II-11	1444	68	194	8538	3890	Shear — (a)
II-12	1473	79	221	8779	3840	Buckling — (c)
II-13	1455	82	212	8752	3550	Shear — (a)
II-14	1450	82	230	8743	3840	Shear — (a)
II-15	1455	88	247	8498	3850	Shear — (a)
II-16	1460	84	276	8389	4070	Shear — (a)
II-17	1496	95	297	8397	4400	Buckling — (c)
III-1	1514	81	257	9085	4500	Buckling — (c)
III-2	1514	83	210	9353	4050	Tension — (b)
III-3	1514	72	240	9157	4700	Shear — (a)

- a) ラチス梁の設計用曲げ剛性 Flexural rigidity of lattice girder for design [Eq. (10)]
- b) 弦材の平均ヤング係数 Mean M. O. E. of chords [Eq. (12)]
- c) 見掛けの曲げ破壊係数 Apparent M. O. R. of lattice girder [Eqs. (11), (12)]
- d) 弾性床理論に基づいて推定された最大耐力  
[詳しくは文献5), 7)] Ultimate load predicted on the basis of theory of nail on the elastic foundation [Refer to references 5) or 7) for further details]
- e) 最大荷重 Maximum load
- f) カッコ内の英字は第4図の写真を示す English character in parenthesis indicates photographs shown in figure 4





第4図 供試梁の破損の形態

Figure 4 Photographs showing types of failure of lattice girders tested  
 (a) Shear failure at joint accompanying with cleavage fracture in compressive diagonal  
 (b) Tensile failure at bottom chord  
 (c) Buckling at top chord

で見掛けの最大曲げ応力  $\sigma$  とは、素材梁における曲げ破壊係数に相当するもので、以下のように定義した。

$$\sigma = M_{\max} / Z_g \quad \dots\dots(11)$$

$$Z_g = \frac{(EI)_{\text{des}}}{E_m} \cdot \left( \frac{2}{H} \right) \quad \dots\dots(12)$$

ここに、

(EI) des : 設計用曲げ剛性 [式(10)参照]

$E_m = (E_t + E_b) / 2$  : 弦材実測ヤング係数の平均値

H : ラチス梁梁せい

$Z_g$  : ラチス梁見掛けの断面係数

$M_{\max}$  : 破壊時モーメント

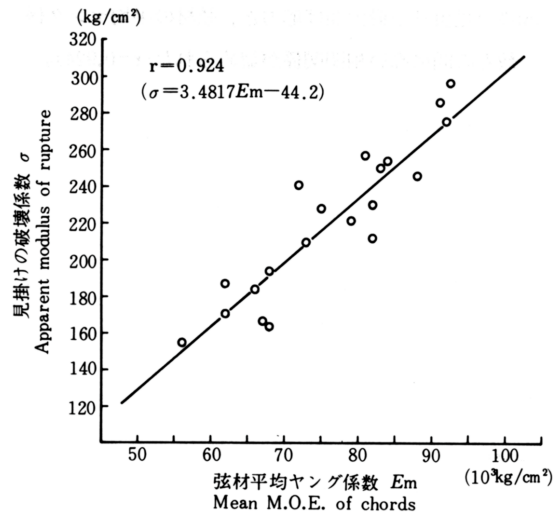
上式から分かる様に、 $\sigma$  はラチス梁断面内のひずみ分布が直線的であると仮定した場合の見掛けの応力度で、実際に、破壊時に弦材に発生していた応力を意味するものではない。しかし、各供試梁の強さを、寸法の影響を除いて相対的に比較する場合には、計算が容易で、便利な指標と言える。図から看取されるようにこの  $\sigma$  と  $E_m$  の間には非常に高い相関関係が認められた ( $r=0.924$ )。素材梁において認められることの多いこの  $\sigma$  と  $E_m$  の関係が、ラチス梁のような組み立て梁においても認められたということは興味深いことである。

なお、これまでの幾つかの実験においては、ラチス梁の最大耐力は釘の短期1面せん断耐力を基に、弾性床理論式<sup>7)</sup>によって、かなり高い精度で推定できることを確認してきた。しかし、本実験においては、この推定は第6表に示したように全く成立しなかった。こ

の理由としては、せん断剛性不足に対して考えられた理由がそのままあてはまるものと考えられる。すなわち、釘は2面せん断釘として働くと仮定したものの、第3の材中での釘間隔が狭すぎて、最大耐力を発揮するはるか手前の段階で、材の破損が始まったものと考えられる。したがって、耐力の向上を図るためには、第3の弦材(中央の弦材)を更に厚くする必要がある。

### 5. まとめ

スパン364cm、荷重負担幅182cmの住宅用床梁を



第5図 供試梁の見掛けの曲げ破壊係数と弦材平均ヤング係数の関係

Figure 5 Relationship between apparent modulus of rupture of lattice girder (defined in equations (11), (12)) and mean modulus of elasticity of chords

想定したラチス梁をカラマツ生材で製造した。約8カ月間、屋内で自然乾燥を行い、狂いの発現状況を観察した。狂いの少なかった型式の梁について4点曲げ試験を実施した。そして、試験結果を、主に、設計値と比較して、その曲げ性能の優劣を評価した。得られた結果は以下のように要約される。

- (1) 供試梁の曲げ剛性は概ね設計値を上回り、満足すべきものであった。
- (2) 釘だけで接合したTYPE - の梁の場合、そのせん断剛性は設計値の7割であった。一方、金物で接合部を強化したTYPE - のせん断剛性は設計値の約1.3倍で、満足すべきものであった。
- (3) 曲げとせん断を加味した全体としての剛性は一応確保されていた。これは、材料の実際のヤング係数が設計用のヤング係数(60ton/cm<sup>2</sup>)を上回っていたことに起因する。
- (4) 設計荷重と最大荷重の比が4以上ものを強度的に合格と考えた場合、この条件に合致する供試体は、16体中13体であった。この種の性能は全供試体が合格すべきものであるので、供試梁の強度性能は「やや耐力不足」と評価された。
- (5) 梁の見掛けの最大曲げ応力と、弦材の平均ヤング係数との間に高い相関関係が認められた( $r=0.924$ )。

## 文 献

- 1) 小松幸平, 倉田久敬: “カラマツ釘着ラチス梁の製造実験”, 林産試月報, 355, P. 8 (1981)
- 2) 小松幸平, 倉田久敬: “カラマツ釘着ラチス梁の製造と性能(第4報)”, 林産試月報, 368, P. 8 (1982)
- 3) 小住宅構造委員会(杉山英男委員長): “枠組壁工法住宅の構造耐力の研究”, 昭和50年度総合技術開発プロジェクト, 小規模住宅の新施工法の開発, 報告書( ), PP. 204~232, 国土開発技術研究センター, (1976)
- 4) 日本建築学会: 木構造設計規準・同解説, 丸善(1973)
- 5) 小松幸平: “カラマツ釘着ラチス梁の構造計算”, 林産試研報, 第70号, PP. 131~197 (1981)
- 6) 日本建築センター: “低層建築物の構造耐力の性能評定に関する内部規程”, (1979)
- 7) 沢田 稔: “釘着材の許容剪断耐力について”, 木材学会北海道支部講演集. 第8号, PP. 33~35 (1976)

- 試験部 複合材試験科 -

- \*木材部長 -

(原稿受理 昭57.12.14)