

# メタルプレート接合トラスの性能

伊藤 勝彦 丸山 武 宮野 博  
倉田 久敬 山本 宏 工藤 修

## 1. はじめに

北米の木造建築工法である杵組壁工法が我が国に導入され、この工法による住宅建設が自由化されているが、この工法では小屋組にトラスを使うばあいも多いトラスは通常工場であらかじめ組立てられており、住宅の小屋組に工場生産トラス (trussed rafter) を用いると、1) 屋根工事が迅速である - 短時間で建てあげ、野地板を張れる、2) 間仕切が全く自由である - 屋根にかかる荷重はすべて外壁によって支持されているので間仕切壁はどこへもっていてもよい、3) 建あげに対する熟練労働が少なくすむ - 杵組、レイアウト、たる木の切断加工などの仕事がない、4) 木材が節約できる - トラスを用いない小屋組のばあいより小さな断面の材料ですむ、などの特徴があげられている<sup>1)</sup>。

このようなトラスの組立てにはいくつかの方法があり、主なものは、メタルプレート、合板ガセットを用いて部材を接合する方法である。いずれも、部材を所定の長さに切断し、つき合わせて、その両側面にメタルプレート又は合板ガセットを添えて接合する。

メタルプレートには、釘打ちメタルプレート、スパイク付きメタルプレート、釘打ちかかり付きメタルプレートなどがある。

合板ガセットは、釘打ちのばあいと釘打ち接着のばあいがある。釘打ち接着のばあい、釘は圧縮のために用いる。

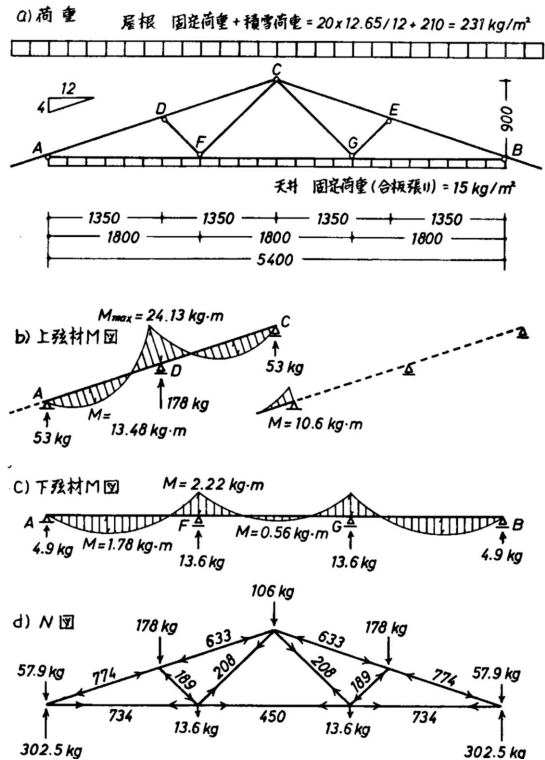
我が国においては、この種トラスに関する資料が少なく、我が国における杵組壁工法の技術規準を示す日本住宅金融公庫融資住宅杵組壁工法住宅工事共通仕様書<sup>2)</sup>にはトラスとして合板ガセット釘打ちトラスについて規準が示れさせているにすぎ

ず、かつ積雪1m以下の地域にしか適用できないものである。

そこで、各種接合法によるトラスが積雪地域である本道で使用に適しているか否かを検討するとともに、これらのトラスの合理的設計に必要な資料を得る手掛りとして、各種接合法によるトラスの実大に近い大きさでの耐力試験を計画した。

ここでは、その一部として実施したメタルプレートを用いて接合したトラスの試験結果について述べる。

なお、本報告は第9回日本木材学会北海道支部会員研究発表(和和51年11月5日)で報告したものである。



第1図 設計条件

## 2. 設計条件及び供試体

### 2.1 設計条件

第1図に示すように試験に供したトラスはスパンが5.4m, 勾配が4:12のW型トラスである。

荷重は屋根及び天井に加わる荷重を考慮して、つぎのように設定した。

屋根は薄鉄板ぶきとして、固完荷重は屋根面に対して20kg/m<sup>2</sup> (下地を含む), 積雪荷重は最大積雪量1m地方 (札幌, 旭川など) における値210kg/m<sup>2</sup> (最大積雪量の0.7が屋根に載り, 比重を0.3とする) を用いた。天井は合板張りとして、固定荷重は15kg/m<sup>2</sup>とした。

まず, 上弦材 (合掌) について屋根荷重の固定荷重 + 積雪荷重 = 231kg/m<sup>2</sup>により曲げモーメントMを求めると第1図b) のようになる。これは頂点をピン接合と仮定し, 上弦材はD点で連続していることから連続梁として求めた。このA, D及びC点の反力を上弦材についてその節点にかかる荷重とする。つぎに下弦材に対しては同図c) に示すようになる。b) とc) の各支点反力を合わせてトラスの各節点にかかる荷重とし, 軸方向力を求めると同図d) に示す値となる。

### 2.2 部材断面の決定

木構造設計規準<sup>3)</sup>により部材断面の検討をおこなえばつぎのようになる。

上弦材: 上弦材を針葉樹 類上級構造材 (長期応力に対する許容応力度, 曲げ $f_b = 90\text{kg/cm}^2$ , 縦圧縮 $f_c = 80\text{kg/cm}^2$ ) の204乾燥材 (断面38 × 89mm) とする。このばあい, 曲げを伴う圧縮材であり, トラスの面外への座屈は野地板, 天井材によって拘束され, 座屈は面内にのみ生ずると仮定し, さらに, D点において, 部材は連続しているので, 座屈の検討においてはA点がピン, D点が固定として考えると,

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 2.569\text{cm}, \quad \lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{99.6}{2.569} = 38.8$$

$$\omega = \frac{1}{1 - 0.007\lambda} = 1.373$$

$$\frac{\omega N}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{1.373 \times 774}{3.8 \times 8.9} + \frac{2413 \times 6}{3.8 \times 8.9^2} \times \frac{80}{90}$$

$$= 74.2 < Lf_c = 80\text{kg/cm}^2$$

ここに,  $i$ : 座屈方向の断面二次半径 (cm),  $I$ : 同断面二次モーメント (cm<sup>4</sup>),  $A$ : 断面積 (cm<sup>2</sup>),  $l_k$ : 細長比,  $l_k$ : 座屈長さ (cm),  $\lambda$ : 座屈係数,  $N$ : 軸方向力 (kg),  $M$ : 曲げモーメント (kg · cm),  $Z$ : 断面係数 (cm<sup>3</sup>) である。

この結果, 断面は充分でありO.K.である。

下弦材: 下弦材を針葉樹 類普通構造材 (1等材) (長期応力に対する許容応力度, 引張 $f_t =$  曲げ $f_b = 70\text{kg/cm}^2$ ) の204乾燥材とすると,

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{734}{3.8 \times 8.9} + \frac{222 \times 6}{3.8 \times 8.9^2}$$

$$= 26.1 < Lf_t = 70\text{kg/cm}^2$$

によりO.K.である。

斜材: 斜材の応力を求めるとつぎのようになる  
D F材  $i = 2.569\text{cm}$ ,  $l_k = 64\text{cm}$ ,  $\lambda = 24.91$ ,  
 $\omega = 1.211$

$$\frac{\omega N}{A} = \frac{1.211 \times 189}{3.8 \times 8.9} = 6.77\text{kg/cm}^2$$

$$\text{C F材} \quad \frac{N}{A} = \frac{208}{3.8 \times 8.9} = 6.15\text{kg/cm}^2$$

以上のことから, 上弦材は針葉樹 類上級構造材の204材, 下弦材は針葉樹 類普通構造材 (1等材) の204材, 斜材は2等材を用いればよいことになる。

なお, 前出の住宅金融公庫共通仕様書<sup>2)</sup>では, 積雪1m以下の地域で, スパン5.4mの小屋組のばあい, たるきによる切妻屋根では合掌材を208材, 天井根太を206材, トラスでは上弦材を206材, その他204材を用いるよう規定している。

### 2.3 供試トラスの製作

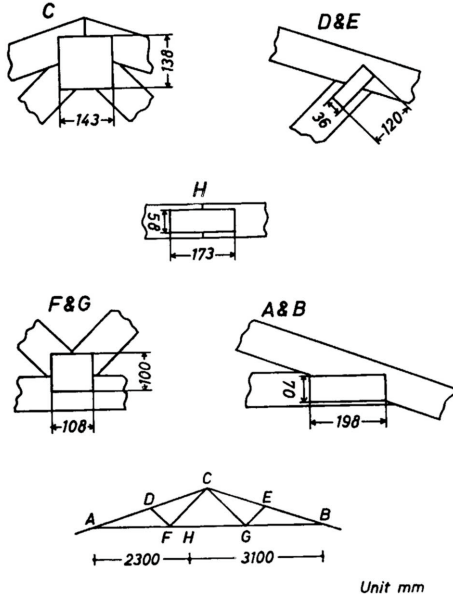
部材は人工乾燥をして, 含水率15~18%にした後, プレーナで所定の断面寸法に仕上げた。組立て前に曲げヤソグ係数Eを測定した。その値を第1表に示す。部材は全てエゾマツ上級構造材である。

使用したメタルプレートはオーストラリア製の商品名 "ギャングネイル" と呼ばれるもので, 寸法は第2図に示した。メタルプレートは油圧材料試験機を用いて圧入した。圧入圧力は第2図のD & Eで3ton, Cで約9tonを要した。

製作したトラスは2体で, その重量はNo.1 22.65

第1表 トラス部材の性

トラス No.	材幅 b(cm)	材せい h(cm)	ヤング係数 E (t/cm <sup>2</sup> )
1	3,806	8,884	112
	3,800~3,820	8,875~8,900	106~119
2	3,807	8,886	113
	3,800~3,815	8,875~8,900	101~124



第2図 メタルプレートの形状および大きさ

kg, No.2 24.65kgであった。

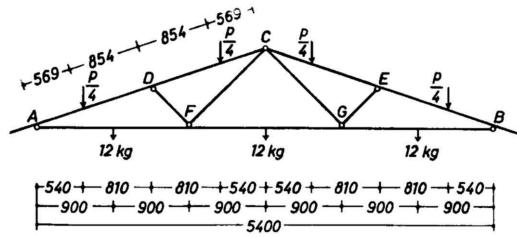
### 3. 試験方法

#### 3.1 負荷方式

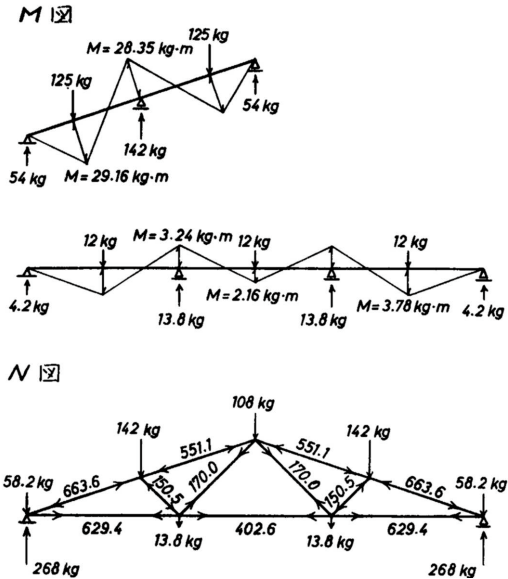
設計条件に等しい負荷方式が望ましいが、等分布荷重方式では荷重を一定条件のもとで増減させることが困難であるため何点かの集中荷重により負荷することになる。このばあい、荷重点の数及び位置によって曲げモーメント及び軸方向力が変化する。

本試験では負荷装置の関係でP/4ずつ負荷することとして荷重点の位置について検討した。P/4ずつ負荷するばあいは荷重点を多少動かしても曲げモーメントは等分布荷重のばあいに比べてかなり高くなるが、第3図に示すような位置に荷重をかけることにした。

このような負荷方式で荷重をかけたばあいP=500kgのときの曲げモーメントM及び軸方向力Nは第4



第3図 負荷方法



第4図 試験荷重500kgにおけるMおよびN図

図のようになる。このときの部材応力値を計算するとつぎのようになる。

上弦材ADでは

$$\sigma = \frac{\omega N}{A} + \frac{M}{Z} \frac{L_f c}{L_f b} = \frac{1.373 \times 663.6}{3.8 \times 8.9} + \frac{2916 \times 6}{3.8 \times 8.9^2} \times \frac{80}{90}$$

$$= 78.6 \text{ kg/cm}^2$$

となり、設計応力値74.2kg/cm<sup>2</sup>より若干大きい。

下弦材AFでは

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{Z} = \frac{629.4}{3.8 \times 8.9} + \frac{378 \times 6}{3.8 \times 8.9^2}$$

$$= 26.1 \text{ kg/cm}^2$$

となり、設計応力値26.7kg/cm<sup>2</sup>とほぼ等しい値になる。

このように、第3図に示すような負荷方式のばあいP=500kgでの部材応力値が設計応力値にほぼ等しく

なるので、 $P = 500\text{kg}$ を設計荷重として試験を進めた。

### 3.2 試験方法

供試体2体を芯々間隔45cmでナイフェッチ支点上にたて、横倒れを防ぐために供試体を芯々間隔45cmに支持するための母屋(5×5cm)を8カ所に、また供試体の外側に上下を固定した柱(10×10cm)を片側4カ所ずつとりつけた。

上弦材に対する荷重は荷重点に母屋を渡し2体の供試体に均等に荷重がかかるようにし、頂点の左右の母屋2本ごとにそれぞれ荷重ビームを吊り下げ、この荷重ビームに10トン油圧ジャッキ2台で負荷した。荷重は油圧ジャッキと荷重ビームの間に入れた5トンロードセルとデジタルひずみ計により読んだ。下弦材には各節点間中央に鉛のブロックと鋼砂により12kgの固定荷重をかけた。

上弦材に対する荷重はトラス1体あたり260kg、及び500kgまでそれぞれ5回、750kg及び1000kgまでそれぞれ3回の負荷 - 除荷を繰返し、さらに1500kgまでの負荷 - 除荷をした後、破壊まで負荷した。

変位は、1500kgまでの剛性試験では摺動抵抗型変位変換器(ストローク180mm)をとりつけ、デジタルひずみ測定器により1/100mm読みで記録させた。破壊試験では頂点と下弦材中央にダイヤルゲージ(1/100mm読み)をとりつけて測定した。頂点の変位のみ破壊直前まで測定した。

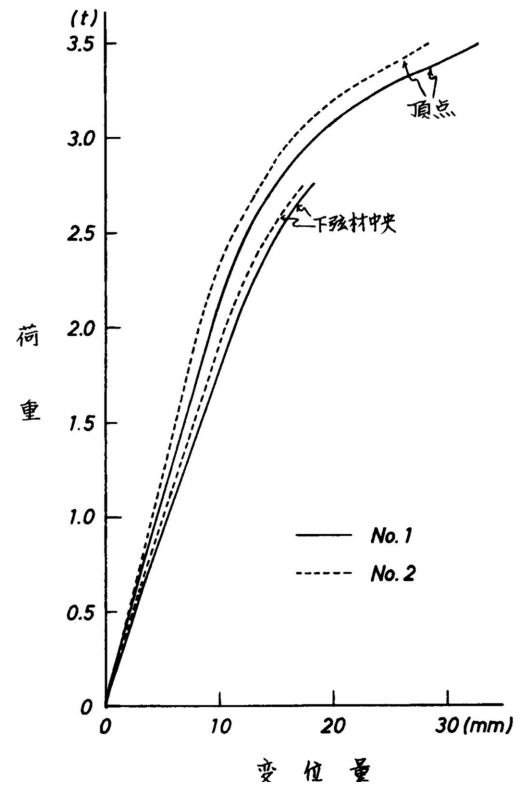
## 4. 結果と考察

### 4.1 剛性試験

剛性試験における各荷重階ごとの最終荷重時の鉛直方向変位と除荷後の残留変位を主な測定点について第2表に示す。

荷重500kg負荷5回目の下弦材中央撓み 1, 2はそれぞれ3.25, 3.45mmこれはスパンの1/1500以下の値であり、1500kg負荷時の同点の撓みは1/370以下の値である。このことから剛性は充分であると判断される。

### 4.2 破壊試験



第5図 荷重 - 変位曲線(破壊試験)

第2表 剛性試験結果

荷重 kg	変位量 ( $10^{-8}\text{cm}$ )							
	下弦材中央		頂点		荷重点(CD)		荷重点(CE)	
	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\delta_7$	$\delta_8$
260	184(32)	217(62)	148(58)	147(48)	212(58)	198(50)	202(30)	202(35)
500	325(57)	345(89)	275(89)	254(65)	393(88)	352(75)	402(71)	371(82)
750	485(85)	477(121)	419(109)	368(92)	599(116)	537(103)	95(101)	547(114)
1000	627(98)	625(130)	532(130)	479(111)	774(137)	694(130)	800(122)	725(132)
1500	935(151)	899(192)	794(191)	697(176)	1162(196)	1025(186)	1211(181)	1083(188)

(注) ( ) 内の数値は残留変位

$\delta$  の添字は奇数がNo.1トラス、偶数がNo.2トラス

破壊試験では上弦材荷重3570kgでNo.1トラスの上弦材CE部材が荷重点で曲げ破壊した。このとき、No.1トラスのA点のメタルプレート1枚に不明瞭ではあるが、接合部に沿ってせん断によ

第3表 破壊試験結果

トラス No.	最大荷重 P <sub>max</sub> kg	最大曲げモーメント M <sub>max</sub> kg·m	最大軸方向力 N <sub>max</sub> kg	M <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	M <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	P <sub>max</sub> 500
				Z kg/cm <sup>2</sup>	A kg/cm <sup>2</sup>	Z kg/cm <sup>2</sup>	A	
1	3570	208	4470 (3667)	415	132 (108)	547 (523)		7.1

(注) ( ) 中の数値は破壊したCE部材について求めた値

る「しわ」が観察された。

破壊試験における荷重-変位図を第5図に示した。荷重2000kgまでは荷重に対して変位は直線的に増大するが、以後しだいに変位は増大する。

破壊荷重、最大曲げモーメント、最大軸方向力などは第3表に示した。

破壊荷重は設計荷重500kgの7.1倍であり、十分な耐力をもつといえる。上弦材に対する最大曲げモーメントM<sub>max</sub>及び最大軸方向力N<sub>max</sub>から部材応力値を求めると両者の合計は547kg/cm<sup>2</sup>、破壊部位では523kg/cm<sup>2</sup>となり、部材としての耐力を充分発揮したことになり、接合は充分であったと思われる。

### 5. まとめ

エゾマツ204材をメタルプレート(ギヤングネール)により接合した、スパン5.4m、勾配4:12のトラスを積雪1m地域の条件で設計し、その条件に近い部材応力を与えるような荷重を負荷して試験を行った。

その結果、剛性、耐力とも充分であることを確認した。

この結果を積雪量1.5mの地域の条件で検討すると、設計荷重に相当する荷重は700kgとなり、このときの下弦材中央の鉛

直変位はスパン5.4mの1/1100以下であり、破壊荷重は設計荷重の5.1倍となる。

このことから、本供試体のばあいは、積雪1.5m地域での条件をも充分満足するものであるといえよう。

### 文献

- 1) Wilkinson, T. L. (1973) U. S. For. Serv. Res., Paper FPL 204
- 2) 住宅金融公庫：住宅金融公庫融資住宅・枠組壁工法住宅工事共通仕様書(1974)
- 3) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説

— 木材部強度科 —  
— \* 試験部複合材試験科 —  
— \*\* 木材部材質科 —  
(原稿受理昭51.12.13)