

# 木質構造の接合と評価技術

## — 集成材骨組み構造の非線形構造解析 —

木材工業部 福留重人

### 1. はじめに

集成材は大断面や長尺で品質の安定した材料が得られるため、大規模木造建築の構造用材としての需要拡大が期待されている。しかし、横引張、横圧縮ならびにせん断に対しての力学的性質は素材と変わらないので、構造設計の面で十分な検討が必要である。

そこで、今回は木質構造の設計を合理的に進めるために、集成材骨組み構造の実大実験を行い、接合部の荷重—変形特性を考慮に入れた構造解析について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 集成材骨組み構造の曲げ試験

供試材としてスギ及びカラマツの構造用集成材を用いた。試験体は図1に示すスパン9000mmの平行弦トラス梁で、トラス梁せい $j$ を600mm、750mmならびに900mmの3条件とした。トラスの接合方法を図2に示す。弦材は集成材を2本使用し、両部材とも内側に直径67mmのシアープレート（厚さ6mm）を埋め込んだ。斜材は集成材を用い、両端部のスリットに連結用の厚さ6mmの鋼板を挿入し、直径16mmのドリフトピン3本で緊結した。この斜材の鋼板と弦材のシアープレートとを直径20mmのボルトで緊結し、平行弦トラスを組立てた。

トラスの曲げ試験は図1に示す等分布荷重試験装置を用い、ワイヤーと滑車による荷重点間隔900mmごとの多点集中荷重方式で、上弦材に加力し、試験体の変形、破壊荷重ならびに部材のひずみ分布を測定した。

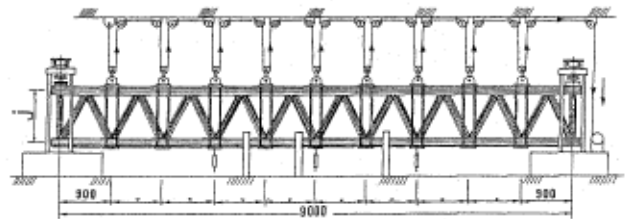


図1 試験体及び曲げ試験方法 (mm)

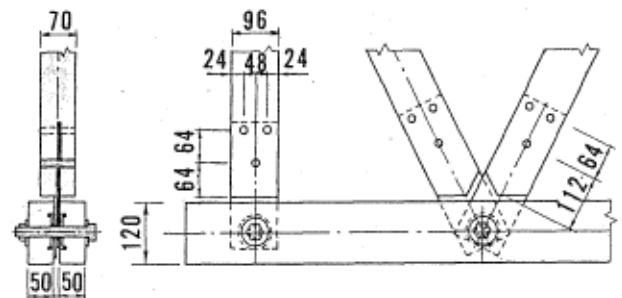


図2 接合方法 (mm)

## 2.2 接合部のせん断試験

接合部の非線形荷重-変形特性を決定するために、各接合具のせん断試験を行った。シアプレート接合は図3(a)(b)に示すように繊維に平行方向及び直角方向に圧縮型の加力で行い、ドリフトピン接合部は図4(a)(b)に示す方法で繊維に平行方向に圧縮型及び引張型の加力で行い、相対変位を測定した。

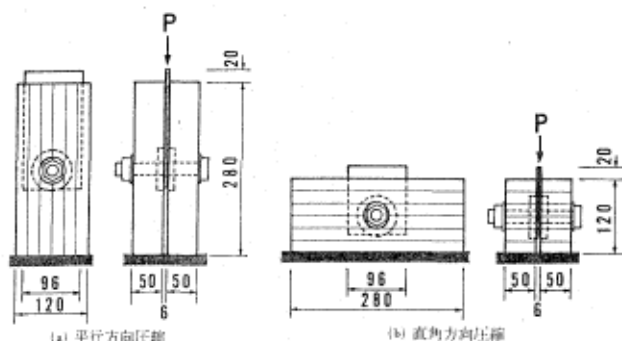


図3 シアプレートのせん断試験方法

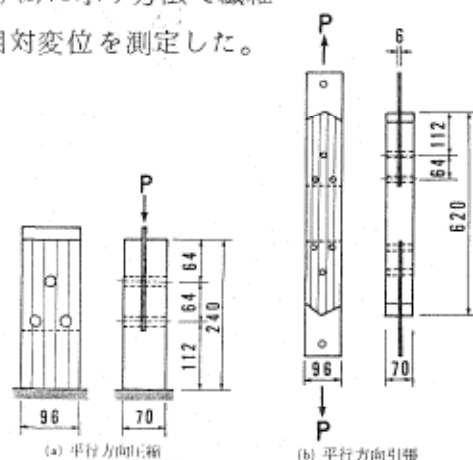


図4 ドリフトピンのせん断試験方法

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 接合部の荷重-変形特性

せん断試験における荷重-変形特性の実測値（黒丸）と計算値（実曲線）を、シアプレート接合部について図5(a)(b)に、ドリフトピン接合部について図6(a)(b)に示す。

なお、計算値は式(1)に示す3-パラメータのexp関数で荷重(P)とすべり(S)との関係が表現されるものと仮定し、実測値と適合するようにパラメータを決定した。

$$P = (P_0 + K_u S) \{ 1 - \exp(-K_s S / P_0) \} \quad (1)$$

ここで、 $K_s$  はP-S曲線の初期傾斜、 $K_u$  はP-S曲線の終期傾斜、 $P_0$  は終期傾斜 $K_u$ がP軸と交わる点の値である。式(1)の各係数の値をカラマツについて表1に示す。

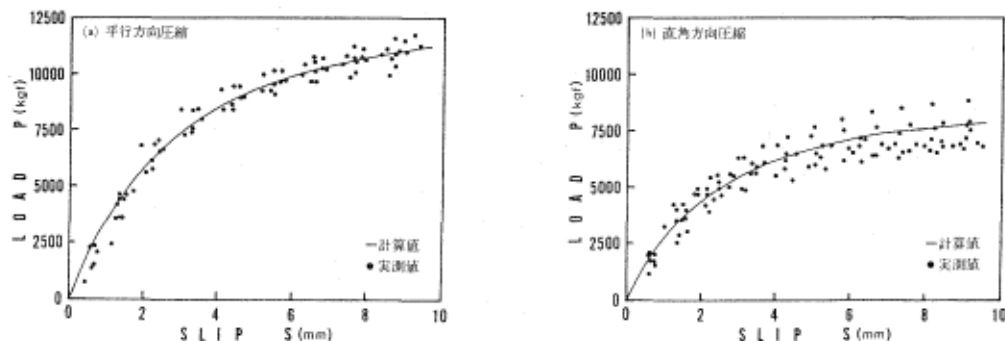


図5 シアプレートの荷重-変形特性

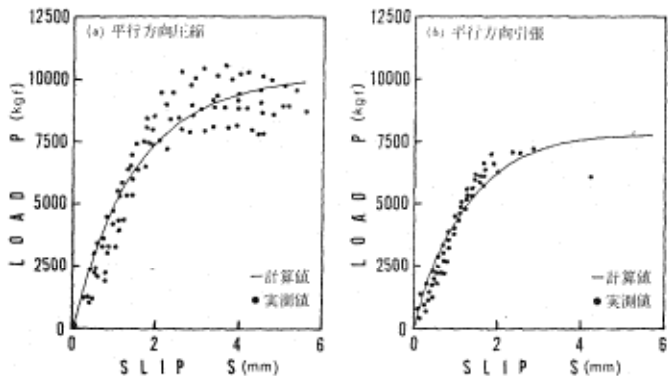


図6 ドリフトピンの荷重-変形特性

表1 式(1)の係数

接合	Ks	Ku	Po
シアプレート			
平行圧縮	42800	1700	9700
直角圧縮	34600	1700	5900
ドリフトピン			
平行圧縮	73800	0	10100
平行引張	65500	0	7800

単位: Ks(kgf/cm), Ku(kgf/cm)  
Po(kgf)

### 3.2 集成材骨組み構造荷重-変形関係

図7-(a)(b)(c)に、上材のスパン中央部における荷重PとたわみSとの関係を示す。たわみは実測値を黒丸、線形有限要素法による計算値を実線、非線形の計算値を白丸でそれぞれ示す。

ここで、非線形の計算値とは線形有限要素法による構造解析によって得られた部材の応力計算値によって生じた接合部のすべり量を、有限要素法により算出した節点の変位量に加えた値である。この計算は、線形有限要素法による平面骨組み構造解析プログラムに接合部の変形計算部を加えて作成したプログラムを用いて行い、構造、部材ならびに接合部の各条件を入力し、任意の荷重間隔で変形及び応力のデータ出力を行う。

破壊時に弱軸方向への面外座屈を生じており、その影響による変形の増加を考慮すると解析結果と実測値との適合性はおおむね良好である。

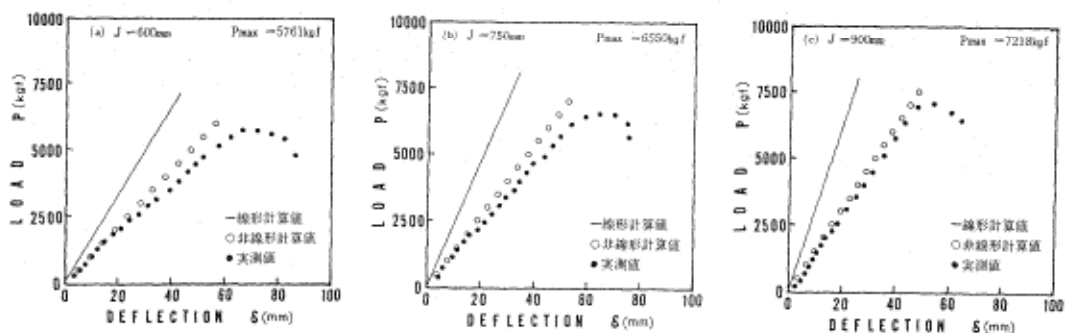


図7 集成材骨組み構造の荷重-変形関係 (スパン中央)

### 3.3 部材の応力分布

上弦材及び下弦材の中央部の応力分布を図8-(a)(b)(c)に示す。ここで、縦軸は弦材の材せい方向の測定位置、横軸に応力を示し、応力実測値を黒丸で、構造解析による応力計算値を実線（線形）及び白丸（非線形）で示す。

応力実測値はひずみ実測値及び各部材の曲げヤング係数実測値から算出した値である。応力計算値は、構造解析により求めた軸方向力  $N_e$  及び曲げモーメント  $M_1$  を用いて、圧縮応力  $\sigma_c$  及び引張応力  $\sigma_t$  を算出した。

非線形の構造解析では、応力の計算値と実測値とは比較的近似しており、曲げによるトラス梁部材の応力を推定する手段として、有限要素法を適用することが可能であると思われる。

### 4. おわりに

弦材にシアプレート、斜材にドリフトピンを用いて連結した集成材平行弦トラス梁の実大曲げ試験及び接合部のせん断試験を行い、トラスの荷重-変形特性、ひずみ分布ならびに接合部の挙動等に関するデータを得た。また、接合部の非線形特性を考慮に入れた構造解析を行い、集成材骨組み構造の変形及び部材の応力分布を予測することができた。

今後、木質構造におけるCAD/CAMシステム構築のために、接合方法や接合部の加工等についても併せて検討していきたい。

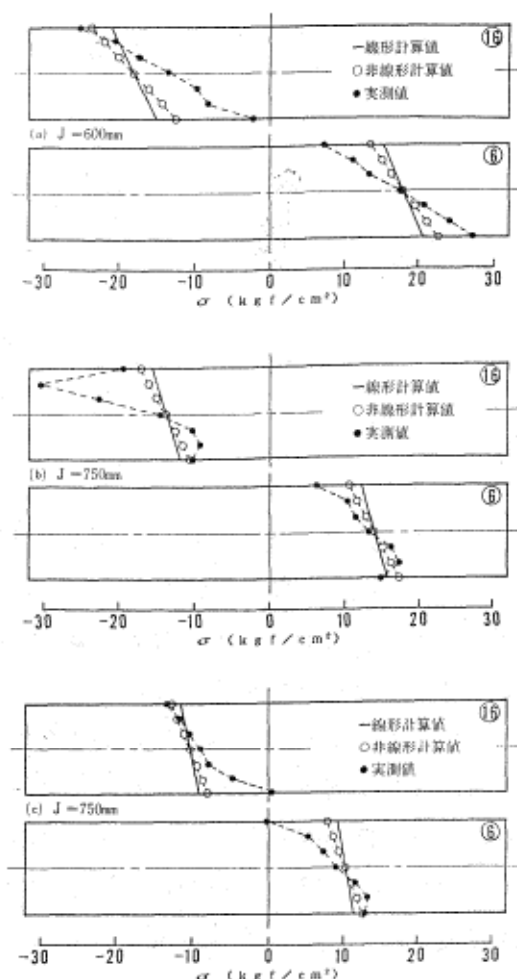


図8 材の応力分布