

同一の切り欠き加工を施した6本組木に関する研究
(その1) 接合部の静的载荷試験について

Study on Wooden Frame Composed of Six Members with Same Notch
(Part 1) About Static Loading Test of Joints

○松本幸起³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 桑田幹也³
*Koki Matsumoto³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Mikiya Kuwada³

Abstract : “Kumiki (Wodden Frame)” is a Japanese traditional technique of combining notched wood pieces without hardware at the joint. Wooden Frame has been applied to architecture because members can be extended in three axial directions. And the wooden frame composed of six members consist of two members for each axis, so high yield strength is expected. However, not only the notched shape of each member different and complicated, but it is also difficult to construct a lattice frame depending on the assembly. In this report, for applying to structure, wodden frame with improved workability was proposed, and the static loading test of the joint using the member assuming the actual scale was conducted.

1. はじめに

組木(Fig.1-a)とは、切り込みを加えた木材同士を金物を使用せずに組み合わせる伝統技術である。例えば、「3本組木」は格子架構を構成することで建築へも適用されている。一方、「6本組木」は、3本組木と同様に三軸に延長可能であり、各軸が2部材で構成されるため、高い耐力が期待される。しかし、各部材の加工形状が異なり複雑になるだけでなく、組み方の関係から格子架構を構成することが困難である。以上を踏まえ、既報^[1]において加工性、施工性を改善した、同一の切り欠きで構成される6本組木(Fig.1-b)(以下、「提案組木」と称す)を提案し、小断面部材を用いた実験により、提案組木が靱性に優れ、十分な保有耐力を有することを報告した。

本報では、提案組木の構造体への適用を目指し、実規模を想定した接合部を対象に静的载荷試験を行った。

2. 接合部の静的曲げ試験

2-1. 試験概要

提案組木の接合部における力学性状の把握を目的として、接合部の曲げ試験を行った。試験概要をFig.2に示す。試験治具はピン接合された鉄骨フラットバーで試験体を挟み込むように設置し、変形に関わらず純粋な水平力が加わるものとした。加力は治具両端にチェーンブロックを取りつけ、各端部を引き込むことで行った。载荷サイクルは接合部の回転角 $\theta=1/240, 1/120, 1/60, 1/30, 1/15, 1/10$ radの変形角制御とし、各変形角につき3回の繰り返し正負交番载荷を行った。測定は高感度変位計を用いて図に示す2ヶ所を測定し、回転角を算出した。また、各試験体の組立精度を把握するため、隣接する2部材の離間距離をノギスを用いて計測した(Fig.3)。なお、試験では杉の無等級材を使用し、パラメータは部材断面(60, 45 mm)とし、ばらつき係数^[2]を考慮して、各パラメータにつき10体の試験を行った。

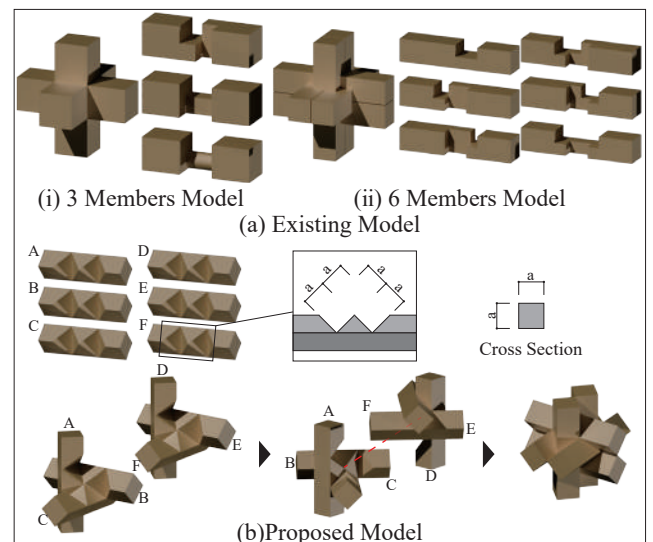


Fig.1 Outline of Wooden Frame

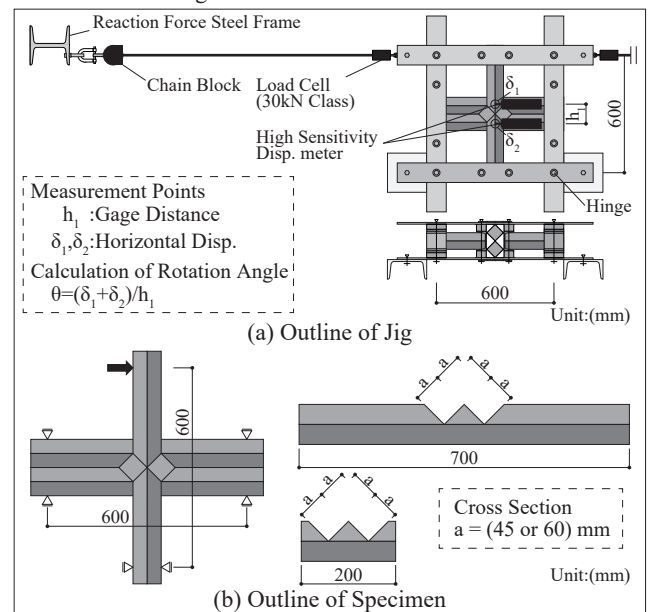


Fig.2 Outline of Experiment

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院(前)・建築

2-2. 試験結果に関する考察

各試験結果の包絡線をFig.4に示す. 一部の試験体を除き, 初期スリップが生じ, その後に剛性が向上する傾向が確認された. この要因として, 载荷に伴う部材間の間隙の減少と, 部材同士の接触が挙げられる. 一方, 断面60mmの一部の試験において, 弾塑性型の包絡線形状となることが確認された. これは, 初期状態で部材間の間隙が微小で初期スリップを生じず, 载荷に伴い接合部でめり込み降伏が生じたことが要因と推測できる.

3. 接合部の各特性値の評価

各試験の包絡線を木質構造接合設計マニュアル^[3]に基づきバイリニア型に置換し, 特性値を算出した. バイリニア型への置換結果をFig.5に示す. 各モデルを比較すると, 一部の結果を除き, 初期スリップの影響から2次剛性が向上するモデルが確認された.

特性値の算出結果をTable 1に示す. なお, 各特性値は, 試験結果の標準偏差に試験体数に応じた低減係数を乗じ, この値を各平均値から減じた値とする(以下, 「ばらつき補正值」と称す). 初期剛性及び2次剛性は, ばらつき補正值が平均値より減少が多少生じるものの, 60mm, 45mmともに大きな差異が生じていない.

降伏モーメントは, 平均値に対してばらつき補正值が60mmで0.09倍, 45mmで0.60倍と大きく減少している. また, 1/10rad時のモーメントも同様に60mmで0.48倍, 45mmで0.73倍に減少している. これは, ばらつき補正時, 剛性より耐力の評価時の方が低減係数が大きくなることに加えて, 剛性よりもモーメントのばらつきが大きいことが要因と考えられる.

4. 試験体のばらつきが及ぼす影響

接合部の離間距離と1/10rad時のモーメントの関係をFig.6に示す. なお, 加工精度がよい部材を用いた際, 部材同士の摩擦や微小なずれの影響で, 接合が堅固である一方, 接合部の離間距離が大きくなる傾向がある. モーメントは, 60mm, 45mmともに離間距離が大きいく程, 大きくなる傾向が確認された. この要因として, 離間距離が小さい試験体は加工精度の問題から接合が緩く, 接合部内で部材間の間隙が大きくなることや見掛けの断面せいが変化することが挙げられる. また, 外れ値に関しては, 離間距離が小さいものの, 接触面同士の隙間が小さく, 堅固に接合されたため生じたと推測される.

接合部の離間距離と初期剛性の関係をFig.7に示す. 初期剛性もモーメントと同様に離間距離が大きいく程, 大きくなる傾向が確認された. これらより, 組立精度による試験体のばらつきが剛性, 耐力に大きな影響を与えることが把握された.

5. まとめ

本報では, 組木接合部の力学性状を把握するために, 接合部の曲げ試験を行った. その2では, 実験により得られた回転剛性を用いて, フィーレンディールトラスを対象とした数値解析的検討について報告する.

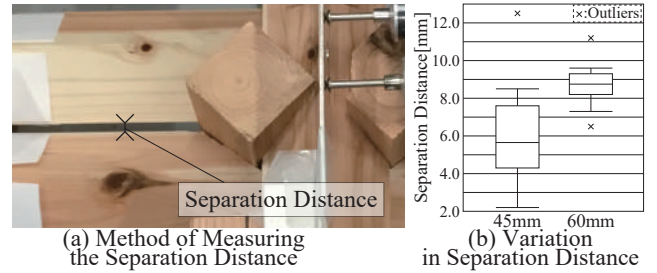


Fig.3 Separation Distance of Joints

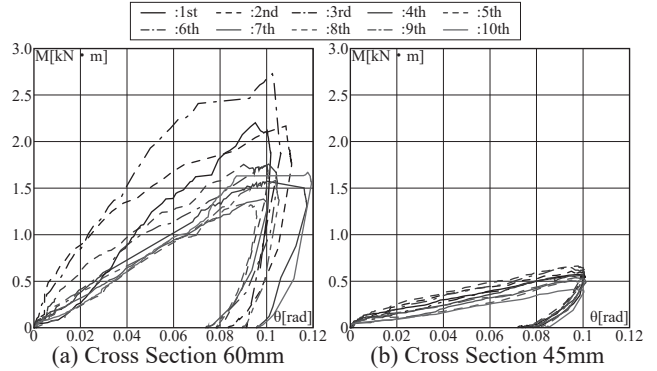


Fig.4 Experimental Result (Several Envelopes)

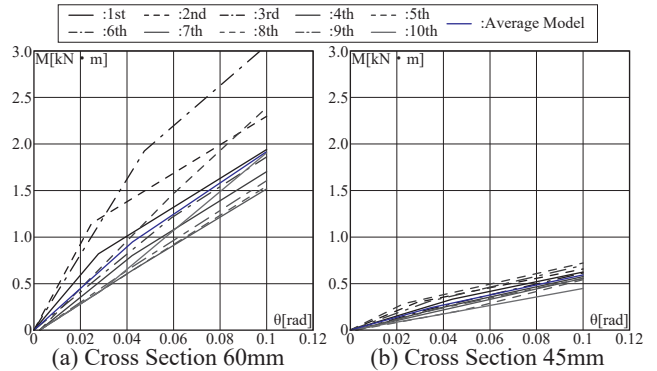


Fig.5 Replacement with Bilinear Model

Table 1 Calculation of Characteristic Values of Joints

		Initial Rigidity [kN·m/rad]	Secondary Rigidity [kN·m/rad]	Yield Moment M[kN·m]	Moment(1/10rad) M[kN·m]
60mm	Average	24.68	17.49	0.985	2.002
	Standard Deviation	10.38	2.91	0.425	0.495
	Variation Correction Value	22.37	16.84	0.090	0.961
45mm	Average	7.47	5.49	0.240	0.582
	Standard Deviation	2.35	0.48	0.060	0.076
	Variation Correction Value	6.95	5.39	0.114	0.422

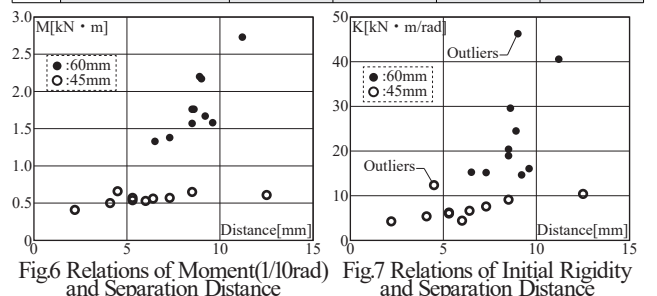


Fig.6 Relations of Moment(1/10rad) and Separation Distance Fig.7 Relations of Initial Rigidity and Separation Distance

参考文献
 [1] 桑田幹也, 他: 「単一の切り欠き加工を施した6本組木に関する実験的研究」, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 構造III, pp.955-958, 2019.09
 [2] 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説, 2006.12
 [3] 日本建築学会: 木質構造接合部設計マニュアル第1版, 2009.11