

伝統木造軸組の柱・貫接合部のモーメント抵抗要素に関する実験的研究  
その1 実験概要および結果

Experimental Study on Moment Resisting Joint of Column and Nuki for Japanese Traditional Wooden Frame  
Part.1 Experimental Outline and Results

2. 構造-7. 木質構造

伝統木造軸組 柱・貫接合部 楔  
実大実験 モーメント抵抗 荷重・変形関係

正会員 ○ 羽生田善将\* HANYUDA Yoshimasa  
同 小野 徹郎\*\* ONO Tetsuro  
同 井戸田秀樹\*\*\* IDOTA Hideki  
準会員 小島 崇徳\*\*\*\* KOJIMA Takanori

1. 序

伝統木造建築は、永年にわたる大工棟梁の知恵が積み重なって築かれてきた構法であり、構造メカニズムの複雑さから構造力学的にその特性を十分な精度で定量的に把握するに至っていない。しかし、近年の研究により伝統木造建築の耐震要素は柱・貫仕口のモーメント抵抗機構、小壁のせん断挙動、柱の傾斜復元力によって概ね評価できることが分かってきた。その中でも、柱・貫仕口のモーメント抵抗機構は、楔や柱木口が貫材にめり込むことにより地震力に抵抗する重要な耐震要素の一つである。

既往の研究により柱・貫接合部の解析モデルや定式化が行われている。坂、後藤、稲山らは、めり込み特性と柱・貫接合部の関係を論じ、接合部のモーメント・回転角関係を定式化した<sup>1) 2) 3)</sup>。前野と鈴木は架構全体の実大実験を行い、柱・貫接合部のモーメント・回転角関係をモデル化した<sup>4)</sup>。小松らは、楔の初期支圧力や形状がモーメント・回転角関係に及ぼす影響について述べている<sup>5) 6)</sup>。しかし、柱・貫仕口のモーメント抵抗機構は、柱と貫の接合詳細、寸法および柱スパン等に影響を受けると考えられるが、これらの影響因子が耐震性能に与える定量的な評価はまだなされていない。特にフレーム形状での、各柱の負担せん断力、柱・貫の曲げの効果など、フレームとしての特有の性質は仕口の実験からでは明らかにできない。

そこで本研究では、これらの影響因子が伝統木造建築の耐震性能に与える影響をフレーム形状の試験体を用いて実験により定量的に把握することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

本実験に用いた試験体一覧を表1に、貫試験体における楔詳細を図1に、表1内の仕口タイプの詳細を図2に、試験体全体の形状を図3にそれぞれ示す。実験のパラメータは仕口詳細、柱・貫サイズ、柱スパン数であり、

これらを評価できるように試験体を用意した。仕口は柱内での詳細を変えた貫タイプ2種類と虹梁タイプの計3タイプを対象とした。また、柱・貫サイズは現実的に用いられているサイズを考慮し、柱・貫それぞれ3タイプ用意した。柱スパンは2mとし、中柱と隅柱の特性をそれぞれ把握するため、1スパンタイプの試験体と2スパンの試験体をそれぞれ用意した。試験体に用いた樹種は、柱は樺を用い、貫・楔は表1に示すとおり1体を除いてベイヒバを用い、虹梁、込栓は樺を用いた。柱は、影響の来ない位置に次の試験体の貫穴をあけ、ひっくり返して再利用した。

表1 試験体一覧

試験体名	仕口タイプ	柱寸法 [mm]	貫寸法 [mm]	貫樹種	柱スパン [mm]	スパン数	試験体数
N1F-1	C1-C1	太(F) 363.6Φ	78 × 224.2	ベイヒバ	2,000	1	1
N2F-1	C2-C2						1
N1F-2	C1-I1-C1					2	1
N2F-2	C1-I2-C1						1
N1M-1	C1-C1	中(M) 303Φ	67 × 197	ケヤキ		1	1
N2M-1	C2-C2						1
N1M-2	C1-I1-C1					2	1
N2M-2	C1-I2-C1						1
N1M-1K	C1-C1				1	1	
N1S-1	C1-C1	細(S) 242.4Φ	54.5 × 181.8	ベイヒバ	1	1	
N2S-1	C2-C2					1	
N1S-2	C1-I1-C1				2	1	
N2S-2	C1-I2-C1					1	
KF-1	C3-C3	太(F) 363.6Φ	虹梁 212.1 × 393.9	ケヤキ	1	1	
KF-2	C3-I3-C3					2	1
KF-3	C4-C4					1	1

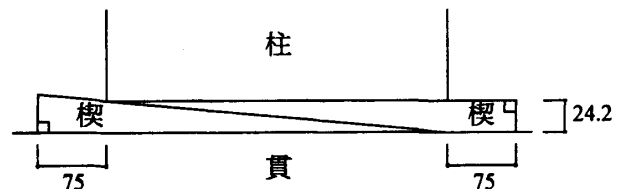


図1 楔詳細

\* 亀山建設株式会社 設計部門長  
\*\* 椋山女学園大学 教授・工博  
\*\*\* 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 教授・工博  
\*\*\*\* 名古屋工業大学建築・デザイン工学科 学部生

Kameyama Construction.  
Prof.,Sugiyama Jogakuen Univ.,Dr.Eng.  
Prof.,Nagoya Inst. of Tech.,Dr.Eng.  
Student, Dept. of Achitecture and Design,Nagoya Inst. of Tech.

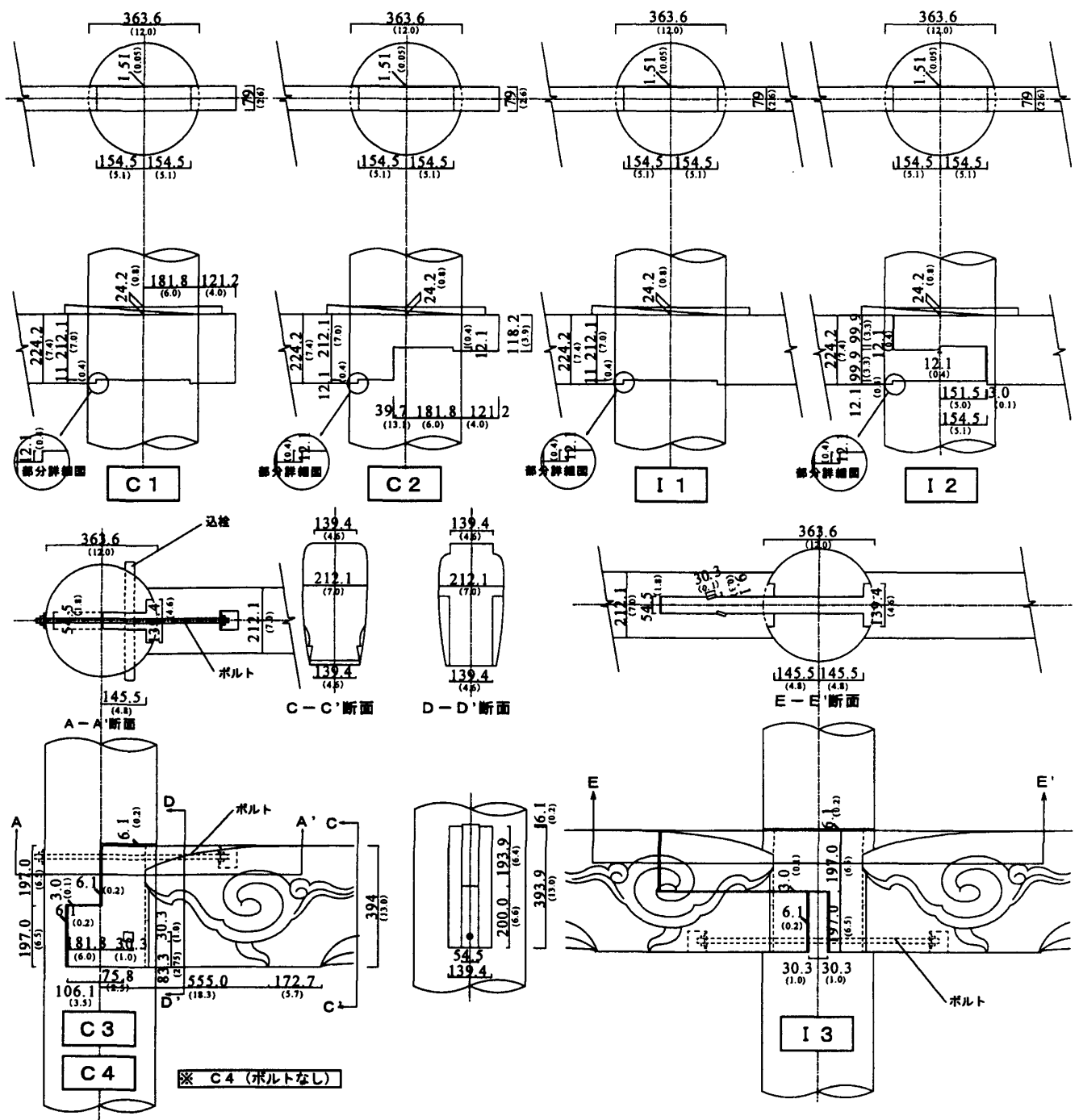


図2 仕口タイプ詳細図

## 2.2 実験装置

荷重装置を図4に示す。仕口のみを水平抵抗要素とするために、柱両端にビスで固定した治具をクレビスピンに固定し、柱頭と柱脚はメカニカルなピン接合とした。荷重は、柱頭を水平につないだH型鋼の荷重梁にオイルジャッキを用いて作用させた。

## 2.3 試験方法

荷重プログラムを図5に示す。各変形角ごとに3回ずつ

正負交番繰返し荷重を行い、層間変形角が $1/10[\text{rad}]$ に達しても荷重が経験最大荷重の80%を下回らなかった場合、 $1/5[\text{rad}]$ まで単調荷重を行った。

## 3. 実験結果

各試験体の内、各実験パラメータが比較できるように代表的な10体の荷重-変形角関係を図7に示す。なお、本実験装置は荷重梁および面外変形拘束治具の重量が比較的大きく、水平変形に伴うP- $\Delta$ 効果が無視できない

ため、貫を通さない柱のみの試験体で図6のようにP-θ関係を求め、計測された荷重変形関係を補正している。

試験体共通事項について考察する。いずれの試験体も大きなスリップ特性をもつ木造接合部特有の履歴特性を示している。貫タイプと虹梁タイプでは、最大耐力、初期剛性ともに虹梁タイプ方が高く、これは胴づきの有無、材種の違い、断面寸法の違いによるものと考えられる。また、(b)や(e)に見られるような耐力の急激な低下は貫仕口接合部において貫が折れたためである。

次に各パラメータごとに比較、考察する。

①柱・貫サイズによる比較

1スパン(a)・(e)・(g)、2スパンともに柱・貫サイズが太くなるにつれて最大耐力が高くなった。これは貫仕口タイプ、柱スパン数によらず同じ結果となった。

②貫仕口タイプによる比較(1スパン)

断面欠損のないC1タイプ(a)と本堂隅柱に用いられるC2タイプ(b)とを比較する。断面欠損のないC1タイプの方が1.5倍程最大耐力が高く、初期剛性も高いことが分かった。また、C2タイプでは、柱・貫サイズによらず、1/10[rad]付近で貫の折れによる耐力低下が見られた。

③貫仕口タイプによる比較(2スパン)

貫が中柱を貫通しているI1タイプ(c)と中柱内部で貫に継ぎ手があるI2タイプ(d)とを比較すると最

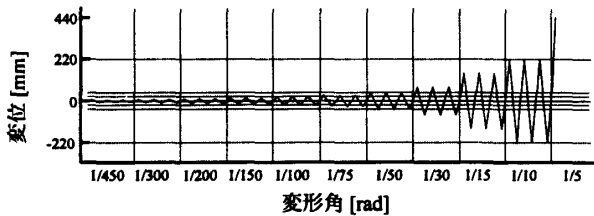
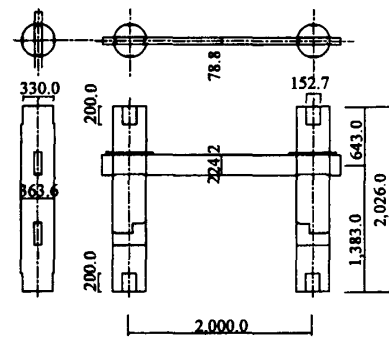
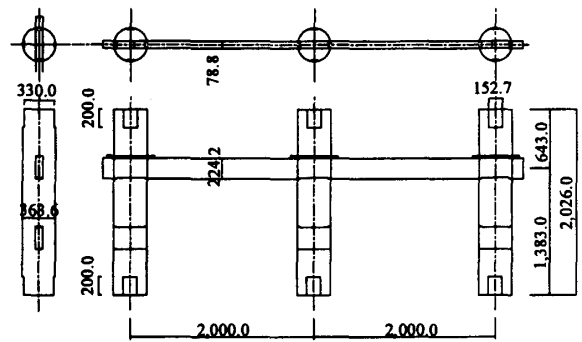


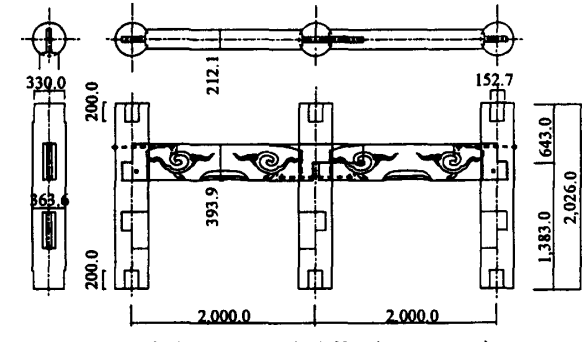
図5 荷重プログラム



(a) 貫タイプ試験体(1スパン)



(b) 貫タイプ試験体(2スパン)



(c) 虹梁タイプ試験体(2スパン)

図3 試験体形状

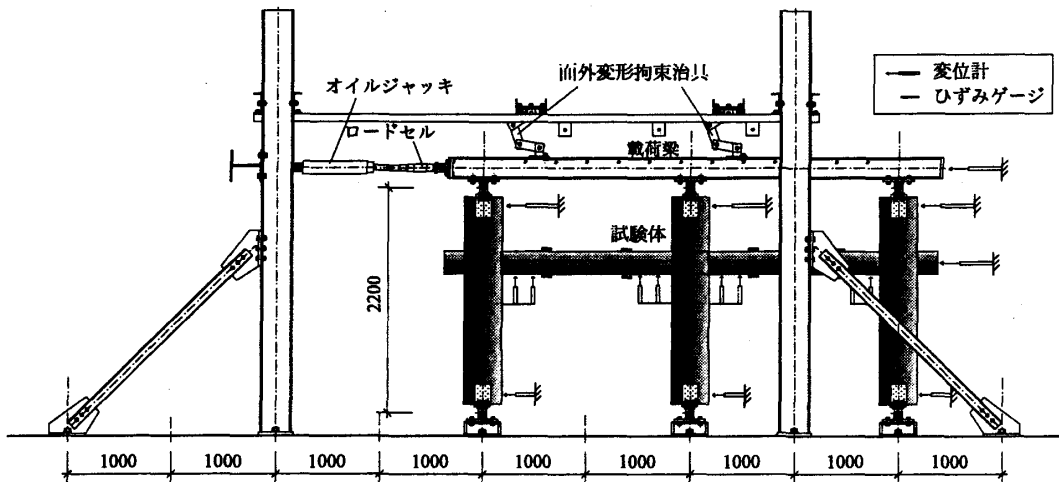


図4 実験装置

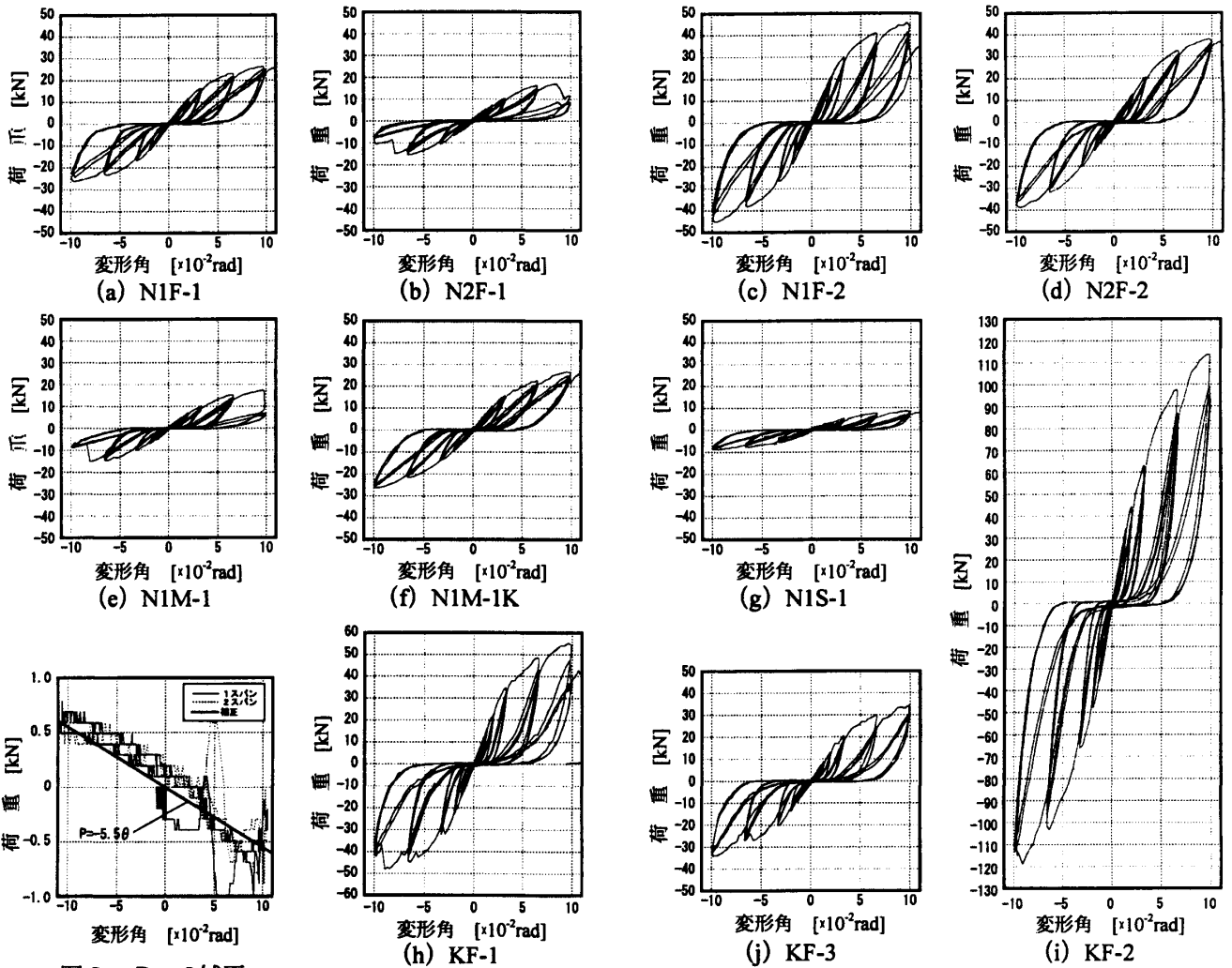


図6 P - δ補正

図7 荷重 - 変形関係

大耐力は貫通している I 1 タイプの方が高いものの 1.2 倍程であった。初期剛性は貫通している I 1 タイプの方が明らかに高い結果となった。

④柱スパン数による比較 (貫)

1 スパン (a)、2 スパン (c) を比較すると、最大耐力、初期剛性ともに 2 スパンの方が高い結果となった。

⑤樹種による比較

1 スパンの柱・貫サイズが中で、C 1 タイプの仕口形状を用いた試験体の貫と楔を樫とした試験体を作成し、比較した。ベイヒバを用いた試験体 (e) と樫を用いた試験体 (f) を比較すると、最大耐力、初期剛性ともに貫・楔を樫とした方が高くなった。最大耐力は 1.5 倍ほどになり、貫の折れはなく耐力低下は見られなかった。また、仕口部のめり込みは、貫・楔を樫とした試験体においてほとんど見られなかった。

⑥虹梁におけるボルト使用の有無による比較

ボルトあり (h) とボルトなし (j) を比較すると、

ボルトありの方が最大耐力、初期剛性ともに高くなり、ボルトを用いる方が、2 倍程初期剛性を上昇させる結果となった。荷重 - 変形関係に見られる凹凸は、ボルトの破断、込栓の折れによるもので、何度か耐力低下が見られた。

⑦柱スパン数による比較 (虹梁)

1 スパン (h) と 2 スパン (i) を比較すると最大耐力、初期剛性ともに 2 スパンタイプの方が高くなった。

4. 結

本研究では、柱・貫仕口のモーメント抵抗要素の実験を行い、実験結果として荷重 - 変形関係を示した。また、各パラメータごとに比較を行った。

その 2 ではその 1 の実験結果をふまえ、さらに詳しく実験結果を報告、耐力特性および柱の負担せん断力の考察を行う。

【参考文献】 その 2 にまとめて示す。