

仕口形状を考慮した柱 - 貫接合部のモーメント抵抗機構

その1. 十字型接合部における仕口形状が耐力に与える影響

伝統木造 柱 - 貫接合部 モーメント抵抗
 楔 貫 実大実験

正会員 ○ 羽生田善将*1 同 小島 崇徳*2
 同 井戸田秀樹*3 同 小野 徹郎*4
 同 石原 由美子*5

1. はじめに

伝統木造建築に用いられている柱 - 貫接合部は、最も簡潔な仕口形状である通し貫をはじめ、楔、胴つき、込栓などの要素が組合わさった複雑なものまで多様に存在する。これらは、めり込み位置の違いから、異なった抵抗メカニズムを有しているため、現行の限界耐力計算や仕様規定による簡易法では、接合部の仕様変更に対応することが困難である。

そこで、本研究では柱 - 貫接合部のメカニズム解明への様々な課題の中から、楔の形状や渡りあごなどの仕口形状に着目する。これらの仕口形状が接合部の力学特性に与える影響を十字型の試験体を用いた実験により比較検証し、めり込みの弾塑性特性および仕口形状の違いを考慮した単位仕口のモデルを提案する。さらに、架構に組み込んだ場合について考察し、柱 - 貫接合部のメカニズム解明への基礎データを得ることを目的とする。

2. 十字型フレームによる柱 - 貫接合部実験の概要

2.1 試験体概要

本研究で扱った試験体一覧および仕口形状を表1に示す。実験パラメータは、柱・貫寸法と楔形状、楔せい、渡りあごの有無等の仕口形状とした。柱・貫寸法は現実的に社寺建築で用いられている寸法を参考に3種類を対象とした。仕口形状は、楔の有無により大きく分けられ、楔のない通し貫(J1)、楔の有る重ね楔(J2)、普通楔(J4)、斜め楔(J5)の4種類とし、試験体一覧網掛けの重ね楔と斜め楔の試験体には、渡りあごを用意した。その中で重ね楔においては、渡りあごせいを変えた3種類を用意した。また、各楔形状で楔せいを3種類用意した。各楔共通して柱表面から楔端部までの距離 x_k を75(mm)とした。樹種については、柱にケヤキ、貫および楔にベイヒバを用いた。試験体数は各1体とした。

2.2 実験装置および荷重方法

図1に実験装置および十字型試験体を示す。仕口のみを水平抵抗要素とするため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。また、貫材端はピンローラ支持とした。荷重は柱頭を水平につないだH形鋼の載荷梁にオイルジャッキを用いて作用させた。荷重方法は、層間変形角1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/15、1/10(rad)で正負交番各3回の加力を行った。

3. 十字型フレームによる柱 - 貫接合部実験の結果

3.1 はじめに

実験結果を整理するに当たり、本実験装置載荷梁の重量が比較的大きいため水平変形に伴うP-Δ効果は無視できな

表1 十字型試験体一覧および仕口形状

試験体名	柱寸法 (mm)	貫寸法 (mm)	柱樹種	貫・楔樹種	楔タイプ
NF-J1	φ363.6	78.8×224.2	ケヤキ	ベイヒバ	無
NM-J1	φ303.0	66.7×197.0			
NM-J1-2		66.7×197.0			
NS-J1	φ242.4	54.5×181.8	ケヤキ	ベイヒバ	重ね楔
NF-J2-24	φ363.6	78.8×224.2			
NF-J2-12-42		78.8×224.2			
NM-J2-24	φ303.0	66.7×197.0	ケヤキ	ベイヒバ	重ね楔
NM-J2-12-24		66.7×197.0			
NM-J2-33	φ303.0	66.7×197.0	ケヤキ	ベイヒバ	重ね楔(固定)
NM-J2-42		66.7×197.0			
NM-J2-12-42	φ303.0	66.7×197.0	ケヤキ	ベイヒバ	普通楔
NM-J2-24-42		66.7×197.0			
NM-J2-36-42	φ303.0	66.7×197.0	ケヤキ	ベイヒバ	斜め楔
NS-J2-24		66.7×197.0			
NS-J2-12-42	φ242.4	54.5×181.8	ケヤキ	ベイヒバ	普通楔
NM-J3-24	φ303.0	66.7×197.0			
NM-J4-33		66.7×197.0			
NF-J4-33	φ363.6	78.8×224.2	ケヤキ	ベイヒバ	普通楔
NM-J4-42	φ303.0	66.7×197.0			
NM-J4-51		66.7×197.0			
NS-J4-33	φ242.4	54.5×181.8	ケヤキ	ベイヒバ	斜め楔
NF-J5-33	φ363.6	78.8×224.2			
NM-J5-33		78.8×224.2			
NM-J5-12-33	φ303.0	66.7×197.0	ケヤキ	ベイヒバ	斜め楔
NM-J5-42		66.7×197.0			
NM-J5-51	φ303.0	66.7×197.0	ケヤキ	ベイヒバ	斜め楔
NS-J5-33		66.7×197.0			

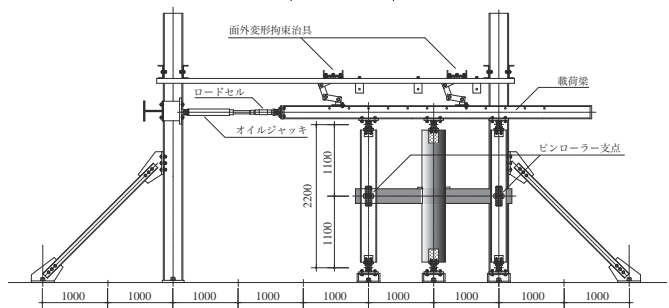


図1 実験装置および十字型試験体

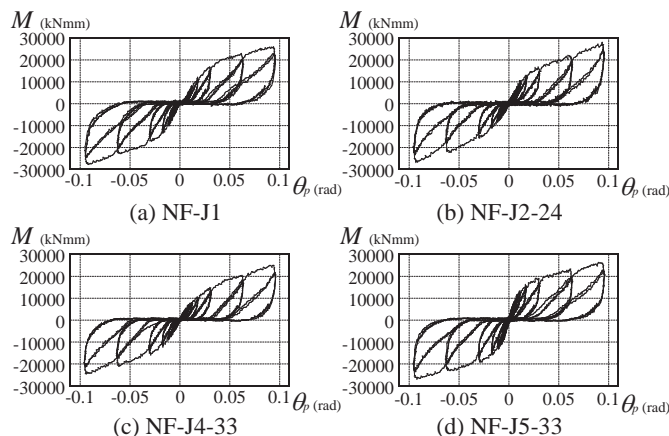


図2 M-θ_p 関係

いため補正を行っている。また、仕口のモーメント M をめり込み回転角 θ_p で表わすため、層間変形角 θ から式 (2)、式 (3) により求めた柱および貫の曲げ変形分 θ_b 、 θ_c を引いている。この計算値 θ_p と実験値 θ_p が概ね良い対応を示すことから計算値 θ_p により実験結果を整理する。なお、実験に用いた木材の含水率は、ベイヒバ 18%、変動係数 0.098、ケヤキが 24%、変動係数 0.24、絶乾密度は、ベイヒバ 0.424(g/cm³)、ケヤキ 0.606(g/cm³) である。

3.2 仕口のモーメント - 回転角関係 (履歴)

図 2 に仕口形状を比較できるように代表的な 4 体の M - θ_p 関係を示す。いずれの仕口形状でも、大きなスリップ特性を持つ木造接合部特有の履歴特性を示した。1/10(rad) における耐力は、渡りあごの有る試験体を除いて各仕口形状でほとんど差がないのに対し、初期剛性は斜め楔 (J5) が最も高く、普通楔 (J4) が最も低くなった。普通楔の初期剛性が他の仕口形状と比較して低いのは、微小変形時において柱が楔にめり込む位置が柱端部の一点であり、めり込み長さが小さいためと考えられる。

通し貫 (J1) において、明瞭な初期すべりが見られた。これは、楔の有る仕口では、楔を打ちつけることにより柱と貫および楔との間にできる隙間を小さく出来るのに対し、通し貫では、初期寸法の誤差による影響を大きく受け、微小変形時には、柱が貫に接触しないためである。

3.3 仕口のモーメント - 回転角関係 (包絡線)

包絡線による各パラメータごとの M - θ_p 関係の比較を図 3 に示す。

楔せいによる比較 (図 3 (a)(c)(d)) では、重ね楔 (J2) と普通楔 (J4) で楔せいが低い試験体ほど最大耐力、初期剛性ともに高くなった。また、斜め楔 (J5) では楔せいによる差はほとんど見られなかった。

渡りあごせいによる比較 (図 3 (b)) では、渡りあごせいが低い試験体ほど最大耐力、初期剛性ともに高くなった。これは、貫断面の欠損による貫の曲げ変形量の増加により、めり込み回転角 θ_p が減少したためと考えられる。

渡りあごの有無による比較 (図 3 (a)(d)) では、渡りあごがある方が最大耐力、初期剛性ともに高くなった。

柱・貫寸法による比較 (図 3 (e)~(i)) では、いずれの仕口形状においても、柱・貫寸法が大きくなるほど最大耐力、初期剛性ともに高くなった。

楔の抜け出し拘束の有無による比較を図 3 (j) に示す。重ね楔 (J2) の楔せい 24(mm) の試験体に楔の抜け出しを拘束した試験体 (J3) を作成し実験を行った。渡りあごの有る試験体では、重ね楔の下側楔が大きく抜け出す傾向が見られたため、渡りあごのある試験体では拘束の効果があるものと考えられる。

4. 結

本稿では、仕口形状に着目して十字型フレームの試験体を用いた柱 - 貫接合部の実験を行い、仕口形状の違いが耐力に与える影響を考察した。次稿では、各仕口形状の破壊状況、貫および楔の水平変位量等の考察を行う。

$$\theta = \theta_b + \theta_c + \theta_p \quad (1) \quad \theta: \text{層間変形角}, \theta_p: \text{仕口の回転角}$$

$$\theta_b = \frac{ML}{6E_b I_b} = \frac{4PHL}{E_b b h^3} \quad (2) \quad \theta_b, \theta_c: \text{貫及び柱の曲げによる回転角}$$

$$\theta_c = \frac{MH}{6E_c I_c} = \frac{4PH^2}{3\pi E_c x_p^4} \quad (3) \quad L, H: \text{反曲点から仕口中心までの距離}$$

$E_b, E_c: \text{貫及び柱の曲げヤング係数}$
 $I_b, I_c: \text{貫及び柱の断面 2 次モーメント}$
 $b: \text{貫の幅}, h: \text{貫のせい}, x_p: \text{柱半径}$

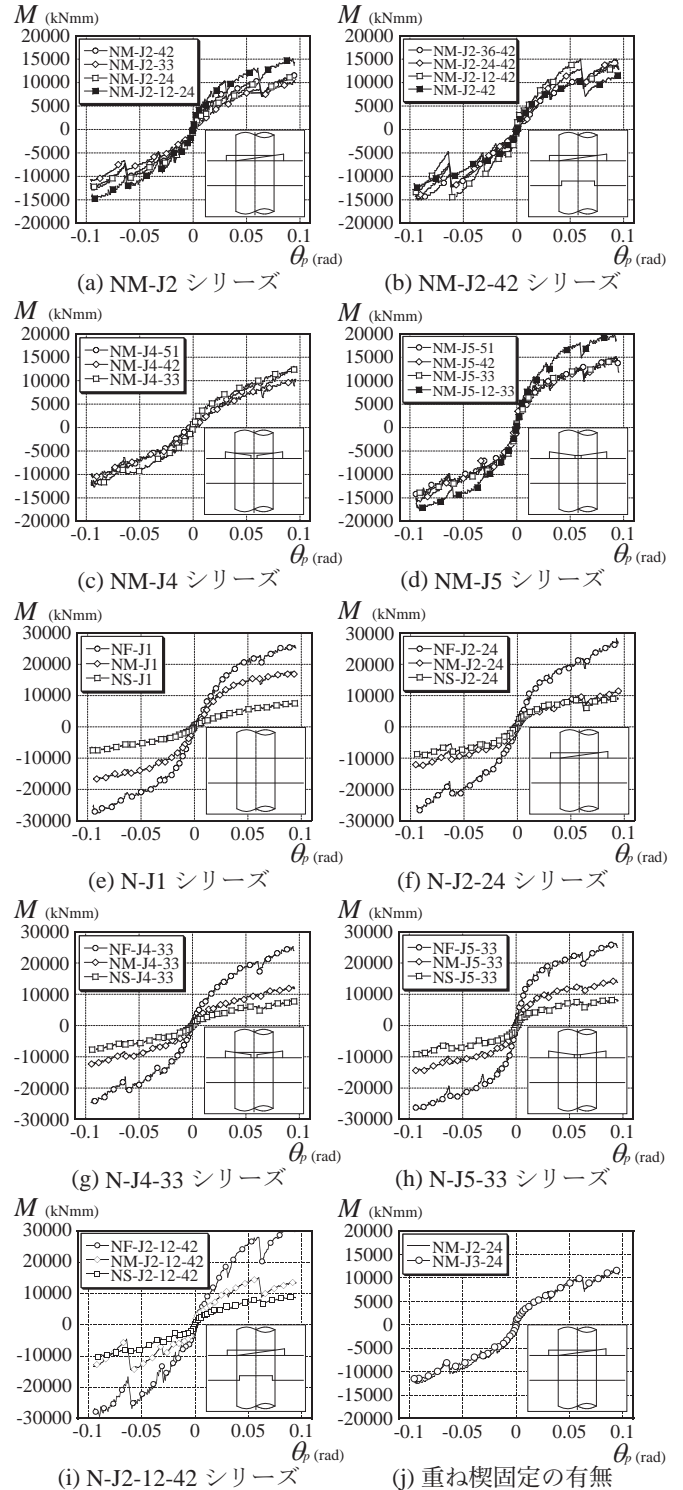


図 3 M - θ_p 関係 (包絡線による比較)

*1 亀山建設株式会社 常務取締役
 *2 愛知県庁
 *3 名古屋工業大学大学院 教授・工博
 *4 椋山女学園大学 教授・工博
 *5 九尺設計株式会社

*1 Kameyama Construction.
 *2 Aichi Prefectural Office.
 *3 Prof., Nagoya Inst. of Tech., Dr. Eng.
 *4 Prof., Sugiyama Jogakuen Univ., Dr. Eng.
 *5 Kujyaku Sekkei