

論文の内容の要旨

生物材料科学専攻
平成20年度博士課程 進学
氏名 山口和弘
指導教員名 稲山正弘

論文題目 引きボルト式木質ラーメン架構の挙動の解明と解析モデルの提案

序論

「公共建築物における木材の利用の促進に関する法律」が施行され、中・大規模建築物の木造化の流れのなかで、木質ラーメン構造に注目が集まっている。しかし、現在は木質ラーメン構造の設計規準が無く、新しい木質ラーメンのシステムを実務の設計において使おうとすると、特定の仕様における種々の試験を行ったうえで、任意評定などを受ける必要がある。そのため、一般に木質ラーメン構造の設計をすることが困難である。

本研究では、靱性に期待した木質ラーメン構造の設計法の基礎資料作成を目的として、引きボルト式モーメント抵抗接合部（図 1）の挙動を解明して、靱性を適切に評価することが可能な木質ラーメン架構の解析モデルの提案を行う。木質ラーメン構造の設計においては、フレームの各接合部の剛性の比率を適切に推定することが重要となる。降伏により接合部の剛性は大きく変化する。靱性に期待した設計を行うには、剛性配分が適切に行われるようなモデルとする必要がある。

引きボルト式モーメント抵抗接合部の挙動の解明

梁柱接合部試験 12 シリーズ（パラメータ：梁せい、せん断長さ、座金の大きさ、樹種、強度等級）、柱脚接合部試験 13 シリーズ（パラメータ：柱せい、柱幅、せん断長さ）の試験を行った。

靱性のある接合部を設計するためには、脆性的な木部のせん断破壊を防ぎ、靱性のある引きボルトの破断に破壊モードを誘導する必要がある。せん断長さをパラメータとした柱脚接合部試験の結果を用いて、せん断破壊についての検討を行った。せん断破壊には大きく分けて2つの種類があった(図2)。ひとつは、柱木口までブロック状に、せん断破壊するもの。もうひとつは、ボルトの曲げ変形のハネ戻しによりボルト穴が横方向にせん断破壊するものがあった。せん断長さの短い試験体は、せん断破壊(ブロック)が多かった。せん断長さが長くなるにしたがって、ボルト破断となるものが増えた。せん断長さが300mmの試験体ももっともボルト破断した試験体が多かった。さらにせん断長さが長くなると、せん断破壊(ボルト曲げ)となる試験体が増え始めた。本研究の柱脚接合部の仕様においては、せん断長さを300mmとした場合が、もっとも靱性のある接合部設計となると考えられる。

梁柱接合部試験は、引張側が①柱座金の繊維方向の等変位めりこみ、②引きボルトの伸び、③梁座金の繊維方向の等変位めり込みの3つの直列バネ、圧縮側が梁木口の三角形めり込みによるバネとなっている(図1)。力のつり合いから、引張側と圧縮側のバネにかかる力の大きさは等しいので、4つのバネは接合部の回転角に関して直列バネとなる。梁柱接合部試験12シリーズについて、4つの直列バネの降伏順序、変位の比率、応力中心間距離、荷重-変形関係の比較を行った。この比較により、引きボルト式梁柱接合部の挙動と応力状態の解明を行った。各シリーズを比較すると、応力中心間距離は大きくは変わらないが、中立軸位置の移動についてはシリーズ毎に異なる結果となった。

門型ラーメン架構の挙動の解明

6シリーズの門型フレーム試験(図3)を行い、スパンをパラメータとした比較(2P, 4P, 6P)、鉛直荷重の有無の比較(6P, 6P-DL)、層高をパラメータとした比較(4P, 4P-2H)、梁上耐力壁の有無の比較(4P, 4P-SW)の4つのパラメータの比較を行った。

門型フレーム試験においてシリーズ毎に異なる性質として、各接合部の複合応力の影響がある。ここでは、門型フレーム試験の各接合部の $M-\theta$ 関係に対して軸力 N がどのような影響を与えるか、門型フレーム試験の各接合部の $M-\theta$ 関係に対してせん断力 Q がどのような影響を与えるか、の2点について、2P, 4P, 6P, 4P-2H, の4シリーズで考察を行った。

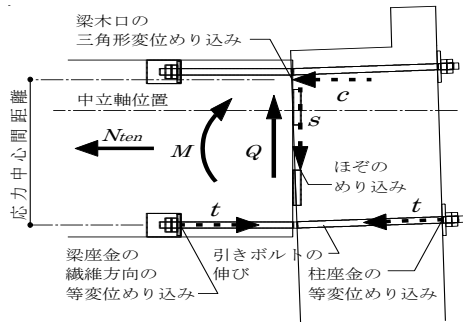
門型フレーム試験において全シリーズに共通する性質として、梁材と柱材の幾何学的関係による接合部の回転角の影響が考えられる。木質ラーメン構造は、一般に部材の剛性・強度に比べて、接合部の剛性・強度が低い。よって変形の大部

分は接合部の変形となる。部材を剛体，部材の回転中心を接合部の圧縮端と仮定して，門型フレームの変形状態を模式的に描くと，図 4 に示す通り，フレームの圧縮側（左側）の接合部の方が回転角が大きくなる。たとえば，4P の試験体寸法の場合，左柱の回転半径=2407mm（左柱の左下端から梁左下端の距離），右柱の回転半径=2825mm（右柱の左下端から梁右上端の距離）となり，各節点の水平移動距離はほぼ等しいので，接合部の回転角の比は回転半径の比の逆比で近似することができ，左側接合部の回転角/右側接合部の回転角 $\approx 2825/2407 \approx 1.17$ と，梁柱接合部，柱脚接合部ともに左側の回転角の方が大きくなる。圧縮側の方が接合部の回転角が大きいということは，負担するモーメントも大きくなるということである。本試験の門型フレームの場合は左側が圧縮側となるので，梁柱接合部，柱脚接合部ともに左側の接合部のモーメント負担が右側よりも大きくなると推察される。一般的な構造芯モデルによるフレームの数値計算だと圧縮側と引張側の負担モーメントの偏りは考慮されない。部材長さに対する部材せいの割合が大きい場合は，解析モデルの作成にあたって，部材せいを考慮する必要があると考えられる。

門型フレームの $P-\gamma$ 関係の試験値のバイリニア曲線についての比較をするために，2 種類の方法で数値計算を行った。解析モデル（図 5 左）は共通で，梁と柱を線材置換して，この構造芯の交点に回転バネを設けたモデルとした。構造芯モデルを用いた数値計算では，スパンの大小，鉛直荷重の有無，梁上耐力壁の有無にかかわらず，初期剛性，仮想降伏点，2 次剛性とも，ほぼ同じ値となった。特に塑性域においては試験値との相違が大きかった。材せい寸法の影響，複合応力の影響を適切に考慮できるような解析モデルを用いて数値計算を行う必要があると考えられる。

材せいを考慮した解析モデルの提案

靱性を適切に評価できる解析モデルとするためには，門型フレームの荷重-変形関係を塑性域まで適切に推定を行う必要がある。本研究では材せい考慮モデル（図 5 左）を提案する。部材は線材置換をした。接合部は材幅の剛域を設けて，引張バネ，圧縮バネ，せん断バネの 3 つのバネから構成した（図 6）。このモデルにより，材せい寸法の影響（図 4）を考慮した，荷重-変形関係の推定が可能になる。また，中立軸位置の移動に対応したモデルとなる。木質ラーメン構造では，特に塑性域において，部材の変形に比べて接合部の変形の割合が大きいので，このモデルが有効であると考えられる。門型フレーム試験の結果を用いて検証を行った。



外力 : M, N_{ten}, Q 内力 : t, c, s

図1 引きボルト式接合部



せん断破壊 (ブロック) せん断破壊 (ボルト曲げ)

図2 引きボルト式接合部のせん断破壊

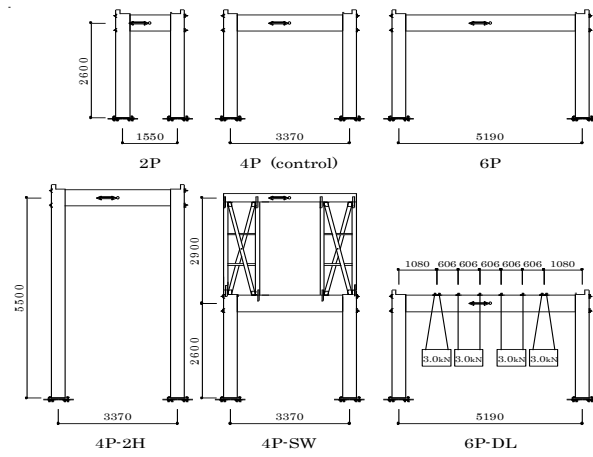


図3 門型フレーム試験の試験体 (6シリーズ)

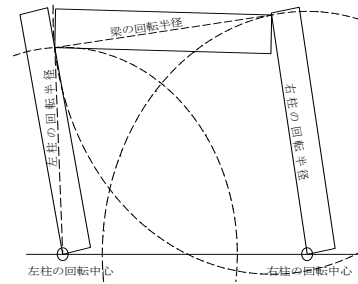


図4 材せい寸法の影響

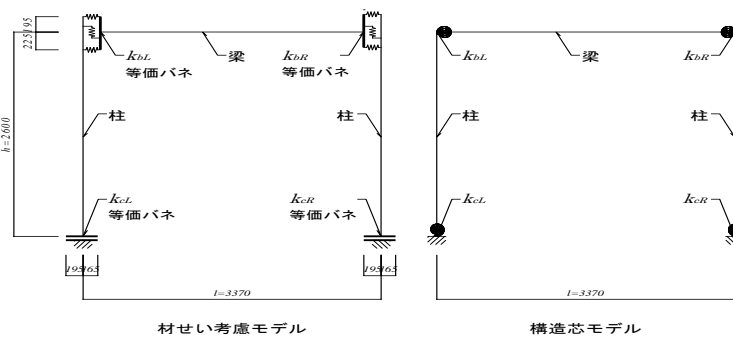


図5 門型フレームの解析モデル

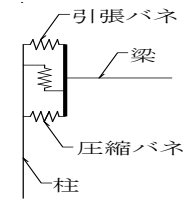


図6 接合部のバネ