

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 安田保二郎

本研究では、鋼板挿入式ドリフトピンのモーメント抵抗接合部を有する木質ラーメン架構の荷重増分解析を行う上で、接合部の構造性能について解析と実験結果との比較を行い、提案した接合部の解析モデルについて妥当性を確認し、木質ラーメン架構の一般的な設計法として利用できることを目的とするものであり、5章から構成される。

1章では、現在の木造建築物への要求と現状について述べ、必要となる終局強度設計を木質ラーメン架構に用いるための課題について述べた。

2章では、鋼板挿入式ドリフトピン接合部の既往文献についてまとめ、弾性床上の梁理論の工学分野での応用について述べ、木質ラーメン架構のモーメント抵抗接合部の形式による既往の研究についてまとめた。

3章では、木質構造で一般的な接合法の1つである鋼板挿入式ドリフトピン接合部の荷重-すべり（変形）関係（ $P-\delta$ 関係）の解析モデルについて、近似解モデルを提案し解析精度の確認を行った。弾性床上の梁理論の厳密解に対する近似解を梁線材モデルで示し、線形解析によるモデル化の精度について検証した結果、解析モデルの要素長さをドリフトピン径（ d ）に対して $0.5d$ 程度にすれば厳密解に対して高い精度が確認できた。

梁線材モデルの構成要素であるドリフトピンおよび $3P\text{-exp}$ 関数を用いた木材のめり込みバネに非線形性を考慮した解析精度について検証し、ドリフトピンの要素長さは $0.1d$ または基端部の $1d$ 程度の範囲を $0.05d$ その他を $0.15d$ 程度とすれば解析の精度は収束することを確認した。また、ドリフトピンの曲げ試験とヒノキとスギによるドリフトピン接合部の2面せん断試験（98体）を行い、近似モデルによる非線形解析結果の $P-\delta$ 関係について比較した。めり込みバネは4つの支圧強度式（AIJ 木質構造設計規準による）による比較を行い、ドリフトピン径（ d ）をパラメーターとした支圧強度式を用いることにした。実験結果の $P-\delta$ 関係に対して支圧強度式③が上側、 $d=26\text{mm}$ とした⑥式が下側を与え、中間は⑤式による結果が概ね対応することを確認した。

また、支圧強度式による解析結果は非線形解析の精度に比べバラツキが大きくなることから解析モデルの要素長さは $0.5d\sim 0.1d$ 程度であればよく、支圧強度式の選択が重要になる。

木質構造の許容応力度設計（ブレースの設計等）における、接合部の短期許容せん断耐力 P_a に対する損傷限界変位は、ドリフトピンに降伏ヒンジ M_p が生じる耐力 P_p より P_a が大きいと降伏ヒンジ後の変形が大きくなり、損傷限界変位を過小評価することになる。あらかじめ耐力 P_p を推測する式と方法について述べた。

4章では、ドリフトピンを用いた5体（オウシュウアカマツ1体、スギ4体）の鋼板挿入式モーメント抵抗接合部の実験と3章で検証した梁線材モデルによる複数のドリフトピンによる回転接合部の解析値との比較を行った。鋼板挿入式ドリフトピンによる柱梁接合部のM- θ 関係を、単体ドリフトピンによる接合部解析を利用して複数のドリフトピンによる回転接合部のM- θ 関係を求めた。

ドリフトピンのすべり方向角度 ϕ のめり込みバネ剛性の算出にハンキンソン式を利用する場合、非線形なめり込みバネ剛性について直交異方性を考慮し角度 ϕ 方向の変位に対して繊維、繊維直交方向に分割した変位に対するバネ剛性を考慮することでハンキンソン式の適合性を確認した。

接合部に作用するせん断力 Q （繊維直交方向）、軸力 N （繊維方向）を考慮した解析について検討した。 Q, N が作用しない場合について、M- θ 関係の実験結果と解析の比較は支圧強度式③、⑤、⑥を用いた結果を示し、各支圧強度式による結果は単体接合部の比較結果と同じ傾向を示した。

M, Q, N が回転接合部に作用する場合、接合部および各接合具のM- θ 関係を求め損傷限界時、安全限界時の変形と曲げ耐力を求めた。単体ドリフトピン接合部の許容耐力は、ヨーロッパ降伏理論に基づく式により降伏せん断耐力 P_y 、短期許容せん断耐力 P_a を求め、 P_a を損傷限界の耐力とし安全限界時の耐力は P_y とした。回転接合部では、損傷限界時はドリフトピン接合具が初めて P_a に達した時、安全限界時は全ての接合具が P_y に達した時とした。解析の結果、回転接合部のM- θ 関係はせん断力 Q 、軸力 N の存在による影響は小さいが、各接合具のM- θ 関係は Q, N の影響があり、曲げ耐力は Q （繊維方向）による影響は少ないが、 N （繊維方向）の影響により損傷限界時は減少し安全限界時は増加することが分かった。

5章では、4章で解析した回転接合部のM- θ 関係を有するラーメン架構の一例について、荷重増分解析を行い層のP- δ 関係を算出した。P- δ 関係は支圧強度式③、⑤、⑥を用いた場合について比較し、層間変形角が $1/50\text{rad}$ を超える辺りから支圧強度式による差が生じるのを確認した。このP- δ 関係を用いて架構の重量と地盤条件を考慮し、耐震性について限界耐力計算により安全限界時の検討を行った。各支圧強度式の影響は変位の応答値で層間変形角 $1/30\sim 1/20\text{rad}$ の範囲にあることが確認でき、接合部の耐力低下が生じる変形に対して余裕があることを確認した。

6章では、全体を通してのまとめを行い、本接合部を用いた木質ラーメン架構の設計について留意点などを示した。

以上、本研究は鋼板挿入式ドリフトピンのモーメント抵抗接合部の実用的な解析モデルを提案し、実験結果との比較を行って妥当性を確認し、同方式による接合部を有する木質ラーメン架構の一般的な設計法として利用できることを示したもので、木質構造分野において、学術上、応用上の貢献するところが少なくない。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値のあるものと認めた。