

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 原田真樹

本論文は木質構造物に用いられる接合具のうち、ボルト、ドリフトピンといった円形の断面をもつ鋼棒に着目し、接合部の変形挙動について検討したもので7章からなる。

近年木質構造は不可能な架構形式はないというほど、複雑化、多様化している。木質構造物が複雑になればなるほど、接合部に発生する応力も複雑になってくる。このように、接合部は種々の外力に対応して様々な変形挙動を呈するが、集約すれば、接合具が木材中にめり込んで、木材の細胞が潰れることによって耐力を発現している。従って、これら各因子とめり込み挙動との関係を明らかにすることは、複雑な木質構造物を安全かつ合理的に設計するための基礎データとして大変重要である。

第1章では本研究の位置付け、第2章は既往の研究を概観している。木材のめり込み挙動に影響をおよぼす因子として、接合部を構成する部材の *MOE*、接合具直径、荷重角度(加力方向)、接合具の位置(材端からの距離)、含水率、変形速度、応力レベルなどであるが、以下の章で実験的検証および解析を行っている。

第3章では *MOE* の異なるカラマツ、スギ集成材を用いて試験を行い、接合部の曲げを伴わない面圧特性と接合具直径との関係について検討した。5%オフセット応力 (ASTM による降伏応力の推定値) と接合具直径との関係は明確ではなかったが、初期剛性(応力-変形量曲線における、最大応力の10%と40%の2点を結んだ直線の勾配) と接合具直径との関係は、横圧縮タイプにおいて明確な傾向を示し、接合具直径の増加とともに値が減少することが明らかとなった。製材にドリフトピン1本を打ち込んだ接合部のモデル試験体で割裂長さ、荷重角度を変化させ、その影響について検討した。最大応力は荷重角度により逆S字形を示して減少し、その傾向はほぼハンキンソン式で表現できること、初期剛性は、荷重角度の増加とともに減少すること、最大応力時変計量は、荷重角度が45°あるいは60°の場合に最小値を示すような、下に凸の傾向を示すこと、また、その場合、割裂長さが $2d$ とそれ以上のものとは、傾向が異なること、割裂長さの影響は、最大応力時変計量にのみ見られ、割裂長さの増加とともに値が増加する傾向であることが明らかとなった。LVLを用いたドリフトピン接合部ではその力学特性におよぼす変形速度の影響について検討した結果、最大応力は、変形速度の増加に伴って値が増加すること、初期剛性は、ある変形速度で最小値を示すこと、最大応力時変形量は、ある変形速度に対して最大値をもつ、上に凸の傾向を示すこと、めり込みエネルギーは、最大応力時変位と同様に、ある変形速度に対して最大値を示すこと、が明らかとなった。

第4章では接合具の曲げを伴う接合部せん断試験として、*MOE* の異なる集成材を用いて鋼板挿入式ドリフトピン接合部を作成して2面せん断試験を行い、異方度に対する *MOE* の影響を検討した。その結果、5%オフセット応力、初期剛性ともに部材の *MOE* の増加とと

もに値が増加すること、繊維平行方向加力による5%オフセット応力および初期剛性と直交方向によるこれらの値の比（異方度）は、*MOE*の増加とともに値が増加することが明らかとなった。含水率の異なる製材を用いてボルト、釘接合部を作成し、接合部の強度性能におよぼす影響を検討した。その結果、最大応力は、ボルトについては明確ではなかったが、釘については、繊維飽和点以下の範囲において含水率が高いほど最大応力が低くなること、初期剛性は、ボルト、釘接合部ともに、部材含水率が高いほど、剛性が低くなることが明らかとなった。

第5章では素材にドリフトピン1本を打ち込んだ接合部のモデル試験体を作成し、割裂長さ、荷重角度、応力レベルを変化させ、これらのパラメータが木材のドリフトピンによるめり込みクリープ挙動に与える影響について検討した。クリープコンプライアンスは、荷重角度の増加とともに増加すること、Power則における時刻の係数は、荷重角度の増加とともに増加すること、粘弾性モデルの粘性係数は、応力レベルの増加に伴って減少することが明らかとなった。

第6章ではめり込み変形挙動を定量化するために変形エネルギーに着目した指標を導入し、結果への適用を試みた。木材のめり込み変形挙動を弾性挙動と非弾性挙動とに分けて考え、両者のエネルギー（応力-変形量曲線の面積）差を細胞の塑性化に要するエネルギーと考え、このエネルギーを弾性挙動で変形すると仮定した場合のエネルギー量で割ることにより、相対化した。この値は、細胞の潰れ等の塑性化によって消費されるエネルギーの量を示しており、値が大きいほど、塑性化の割合が強く、値が0に近づくほど脆性破壊の傾向が強いことを示している。この指標を塑性化指標と定義し、荷重角度、割裂長さ、*MOE*、接合具直径、変形速度を変化させた場合の試験結果に対して適用を試みた結果、導入した指標によってその挙動を説明することが可能となった。しかし割裂長さ、*MOE*および接合具直径の挙動は、塑性化指標では説明することができなかった。変形速度、接合具直径および*MOE*について、スプリングとダッシュポットを直列につないだ2要素粘弾性モデルであるMaxwellモデルの試験結果への適用を試みた結果、粘弾性モデルの係数から因子の効果を説明することができた。

以上本論文は木質構造物を安全かつ合理的に設計するため基礎的知見として貢献するところが大きい。よって審査員一同は博士（農学）の学位を授与する価値があると認めた。