

論文の内容の要旨

生物材料科学	専攻
平成22年度博士課程	進学
氏名	秋山 信彦
指導教員名	稲山 正弘

論文題目 鋼板ビス留め式2材合せ木質ラーメン構造の設計法に関する研究

木質ラーメン構造の柱梁接合部・柱脚接合部は、骨組みの実挙動に大きく影響することが知られている。その力学的挙動は、機械接合を用いた場合、接合部の母材はその変形を無視できるものとして扱い、剛体回転に対応した局所的なめり込み変形や接合具の変形により生じる内力と外力のつりあいから推定できることが数多くの研究から明らかとなっている。一方、接着接合を用いた場合、母材間の局所的な変形は無視できるものとして扱い、母材に生じる内力と外力のつりあいから推定できることも示されている。この両者は変形の扱いにおいて対極にあると言えるが、機械接合による接合部の抵抗機構が高効率化した場合には、両者の中間に位置する接合となり、局所的な変形と母材変形の両方を考慮しなければならないことが問題となる。しかし、この問題について扱った研究はあまりない。そこで本研究では、接合効率が高い場合の機械接合されたモーメント抵抗接合部に対して母材変形を考慮した場合の力学的挙動の解明を目的とする。

本論文は、7つの章から構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、木質ラーメン構造の設計法に関して特に接合部の設計について現在までの問題点を提示し、本研究の位置づけを明確にした。

第2章では、モーメント伝達によってせん断力が卓越すること、母材である木質材料はせん断強度が相対的に低いということを踏まえ、せん断変形に着目し、母材のせん断変形を考慮したモーメント抵抗接合に対する実用的な解析モデルを提案し、初期剛性、比例限耐力の定式化を行い、その変形が接合部挙動に与える影響について解析的考察を加えた。Fig. 1に接合具配置が矩形で等間隔ピッチの鋼板ガセット板型接合部を対象として接合部領域を拡張し接合効率を上げた場合について、各特性値と材せいに対する接合部長さ(以下、細長比)との関係を母材のせん断変形を考慮する場合としない場合を比較した結果、(1)母材のせん断変形を考慮した場合、細長比の増加に対する初期剛性の増加率が低下するが、これはせん断変形の起因となる繊維直交方向成分の応力による伝達が相対的に増大しその影響が強くなるためであること、(2)ビス接合の比例限耐力についても細長比が大きい程増大するが、初期剛性と異なり両者にほとんど差が生じないが、これは、剛性が低下する一方で、せん断変形によって材軸直交方向変位が小さくなるためであること、(3)パネルシアによる比例限耐力は細長比が0付近において一旦減少した後増加するが、これは、0付近では繊維直交方向応力による伝達分のモーメントの減少に伴いせん断応力が急激に低下するためであること、などを明らかにした。比例限耐力以降の非線形領域に関しては、いくつかの仮定を設けることで、降伏耐力、終局耐力、2次剛性、終局変位を簡易的に算出する方法を提案した。この簡易解の適用性を確認するために数値計算を行い厳密解と比較した結果、良好な適合性を示しその有用性を確認した。更に、上記解析モデルにおいて無視した母材の曲げ変形を考慮できる解法を、2材合せ接合という仕様を限定した場合について例示した。

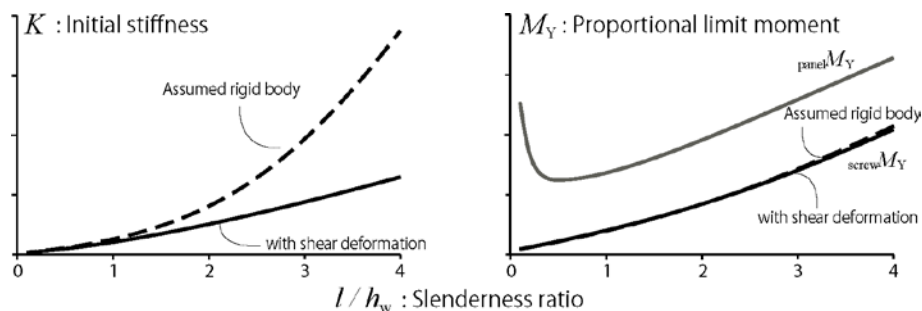


Fig. 1. Relationship between initial stiffness (K) and slenderness ratio (l/hw) (Left) and between proportional limit moment (M_Y) and slenderness ratio (l/hw) (Right)

Notes : l : joint length defined as distance of force perpendicular to grain,
 h_w : glulam height

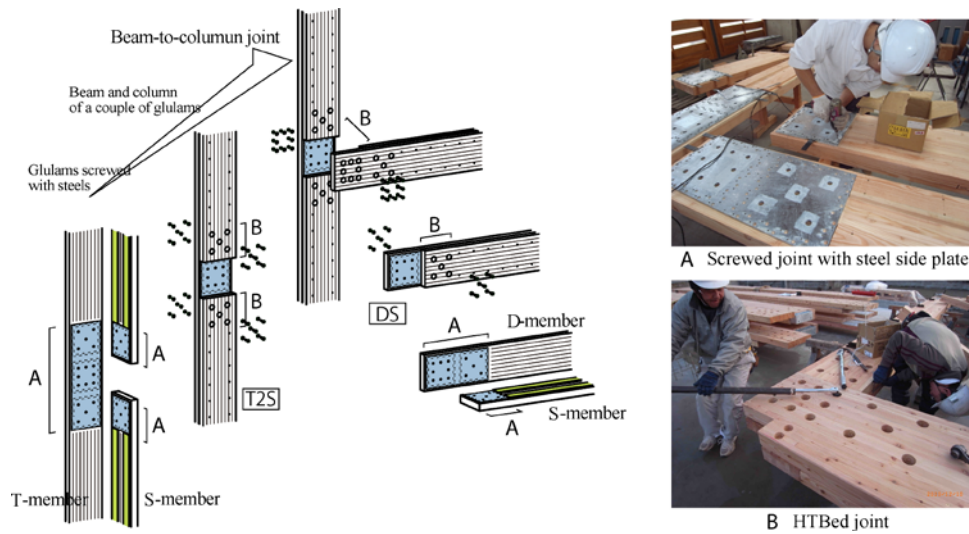


Fig. 2. Configuration of beam-to-column joints of the proposed semi-rigid timber frame

第3～5章では、前章に示した解析モデルの妥当性の検証を目的として、鋼板ガセット板型接合法を応用した鋼板ビス留め式2材合せ木質ラーメン構造(Fig. 2)を提案し、その柱梁接合部、柱脚接合部、1層門型架構に対して実験を行った。解析モデルの妥当性検証に併せて、接合部および門型架構の基本性能の把握と各設計クライテリアの整理を行った。以下では、柱梁接合部について述べる。尚、2材の接合部仕様が非対称であることから、負担モーメント負担の推定にあたり前章で提案した2材合せ接合の解法を用いた。

解析モデル検証対象である集成材 - 鋼板間のビス接合について、Fig. 3～Fig. 5に示す様に、(1)繊維平行方向および繊維直交方向の相対回転角 θ_x と θ_y に関して、測定値は θ_x の方が大きくなるが、これは接合部の母材を剛体とした従来の解析手法では説明できず提案する解析モデルでは説明可能であること、(2)その回転角比 θ_x / θ_y は純曲げの条件下に対する場合よりもせん断力複合条件下に対する場合の方が解析上小さくなる(接合部パネルに入力されるせん断力が小さくなるため)が、この条件を考慮すると解析値は実験値に良く対応すること、(3)細長比に対する剛性の増加傾向は解析モデルと良く一致すること、(4)パネルゾーンにおける高力ボルト締結用の座掘り孔外周にせん断割裂の発生を確認したが、これは脆性破壊を引き起こす破壊ではなかったこと、(5)孔の対角線上に発生した破壊性状は既往研究におけるせん断力が卓越した条件下での有孔集成材梁の破壊性状と類似し、その方向から推察されるせん断力方向がパネルシアアの方向と一致すること、などを示した。但し、終局までの検証ができていないことや座掘り孔外周の割裂発生時耐力と発生以降の剛性、耐力、終局変形の推定できていないことが課題と

して残った。また、設計クライテリアの整理として、鋼板 - 鋼板間の高力ボルト接合について、(1)すべり発生時の耐力をめり込みによる応力伝達を無視して既往の推定式から予測できること、(2)すべり発生後の靱性能を確保できること、(3)鋼板の曲げ降伏は既往の推定式を用いると過小評価となるが、集成材との応力負担によって鋼板の負担分が低減したことがその理由であること、などを示した。

第 6 章では、前章までに得られた知見に基づき、提案する木質ラーメン構造の設計式を構築した。例えば、集成材 - 鋼板間ビス接合の回転剛性に対してせん断力の割合によって変化する実験事実を反映させる、鋼板 - 鋼板間高力ボルト接合のすべり耐力以降の靱性能について実験結果に基づき評価したものを充当する、鋼板の曲げ降伏について測定結果に基づき仮定した集成材の応力分布における危険断面位置の応力分を外力から差し引いたものを設計応力とする、などを加えた。

第 7 章では、本研究によって得られた知見をまとめた。木質ラーメン構造におけるモーメント抵抗接合部の力学的挙動に関して、母材のせん断変形が与える影響を力学モデルを用いて示した。

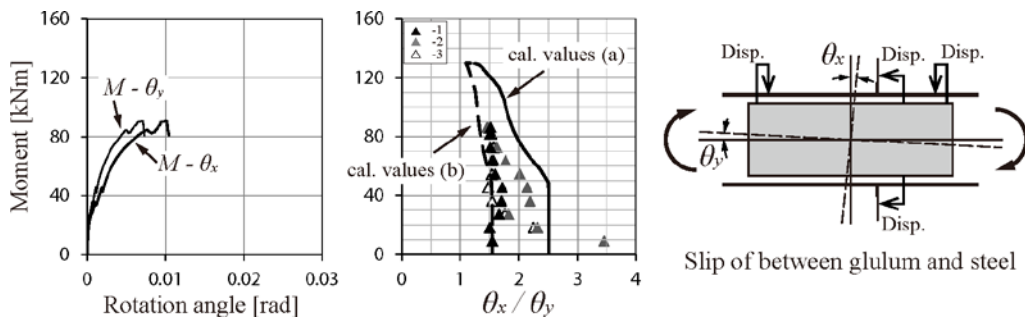


Fig. 3. Experimental results and calculation results of screwed joint
 Notes : Cal.values (a) : calculation values on the proposed analysis model on M only,
 Cal.values (b) : calculation values on the proposed analysis model on M and Q ,
 kI_p : calculation values under assumption of rigid body ,

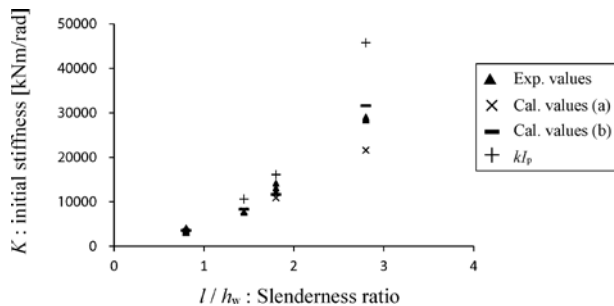


Fig. 4. Comparison between experimental results and calculation values of $h_w=450\text{mm}$

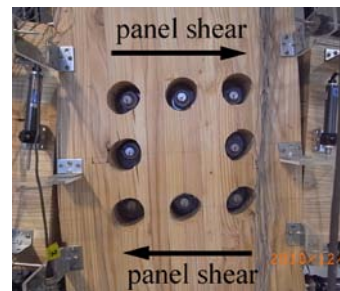


Fig. 5. Panel shear cracks around pre-drilled holes in glulam