

[ 別 紙 2 ]

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者氏名 小谷 竜城

本研究は、集成材の繊維平行方向に埋め込まれたラグスクリューボルト接合部について、引抜抵抗メカニズムを明らかにし、新たな引抜性能算定式の提案を行ったものであり、5章で構成される。

1 章では、ラグスクリューボルト接合部の特徴を述べ、現状の設計体系の問題点や課題の提示と、現状の設計体系に対して既往の研究成果がどのように反映されているかを纏めている。また、現状の設計体系の問題点や課題に対して本研究の位置付けを明確にし、実務設計での有用性や合理性を考慮して、実験値や実験から求まる調整係数を用いず、基準強度等の既知の値からラグスクリューボルト接合部の設計が可能な新たな設計式の提案することを目的としている。

2 章では、新たな設計法の前提条件となる接合部のモデル化を示し、これに対応した標点間距離で接合部変位を定義することで、モデル化と矛盾が生じないようにしている。この定義に基づき、既存のラグスクリューボルト接合部の引抜抵抗理論式で計算した値と接合部実験結果を比較することで、既存の設計法の問題点や課題を検討している。接合部実験結果を用いた検討の他に FEM 解析を用いて検討を行うことで、既存の設計法においてラグスクリューボルトと木材の境界領域の材料特性を評価するための試験法である薄板試験の境界条件は、接合部実験におけるラグスクリューボルトと木材の境界領域のせん断性状を完全に再現できていない可能性を示している。合わせて、既存の設計法の課題の 1 つである木材の有効断面積の評価方法について、FEM 解析結果から力学的に評価する手法を提案することで、現状の設計法の課題の解決を図っている。この手法を用いると、既存の設計法では、実験結果から工学的に判断してラグスクリューボルトの埋め込み深さによらず木材の有効断面積は一定としているが、埋め込み深さ毎に設定する必要性が見出された。

3 章では、ラグスクリューボルト接合部の引抜耐力発現メカニズムと弾性範囲における接合部変形の発生メカニズムを仮定し、数値解析を用いて検証を行っている。引抜耐力発現メカニズムは、ラグスクリューボルトの先端側もしくは根元側でラグスクリューボルトと木材の境界領域のせん断応力度が最大となり、せん断応力が最大となる位置が境界領域の降伏点に達した時点が接合部の降伏耐力となる。その後、ラグスクリューボルトの埋め込み深さ方向の中央に向けて順次塑性化が進行し、境界領域全域が塑性状態に達した時点が最大耐力となると推察し、数値解析で証明している。そのため、境界領域のせん断性状に十分な塑性変形能力がある場合は、境界領域全域が塑性状態に達した時点が接合部の最大耐力となり、塑性変形能力が小さい場合には、接合部の最大耐力は全塑性状態よりも低くなり、接合部の破

壊モードは脆性的となることが知見として得られた。弾性範囲における接合部変形の発生メカニズムは、2 章冒頭で示した接合部のモデル化の場合、接合部の変形はラグスクリーボルトの伸び量とラグスクリーボルト先端位置での境界領域のせん断変位の合計値であると仮定し、数値解析で検証を行うことで、上記の考えが適切であることを確認している。その結果、ラグスクリーボルトの伸び量は埋め込み深さに比例するが、ラグスクリーボルト先端位置での境界領域のせん断変位は応力分布と関係しているので埋め込み深さに比例しない。そのため、ラグスクリーボルトの伸び量と境界領域のせん断変位の割合によって、初期剛性と埋め込み深さの関係性が変わることが知見として得られた。

4 章では、2 章及び 3 章で得られた知見を基に、新たな設計式の提案を行っている。設計式は、既往の研究で示されたラグスクリーボルトと木材の境界領域のせん断応力分布関数を基に構築されている。また、幾何学的な物理量と材料特性に分離して定式化し、応力分布を無次元化することで任意の材料定数に対して計算の簡素化を図っている。設計式の妥当性は、異なる 2 種類のラグスクリーボルトで、埋め込み深さ及び木材の樹種を変数とした接合部実験結果と比較することで検討を行っている。その結果、提案した設計式は、最大耐力及び降伏耐力は既知の値であるせん断の基準強度を、初期剛性は、繊維平行方向のヤング係数から求まる見かけのせん断弾性係数を用いて計算することで、接合部実験結果に対して概ね妥当な結果になることを示している。これにより、実験値や実験から求まる調整係数を用いず、既知の値を用いる設計式を提案する目的を達成している。

5 章では、全体を通して得られた知見をまとめ、これらがどのように提案した設計式に反映されているかを述べている。また、本研究で残された課題を纏めることで、本研究が今後に繋がるように配慮している。

以上、本研究は集成材の繊維平行方向に埋め込まれたラグスクリーボルト接合部について、引抜抵抗メカニズムを明らかにし、新たな引抜性能算定式の提案を行ったものであり、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。