

(論文内容の要旨)

本論文は、靱性に優れる我が国の伝統的な木質嵌合接合部について、特に初期剛性の評価における課題を解決すべく、木材の材質・接合部・耐力要素のそれぞれの段階において問題点を指摘し、力学モデルの構築と実験的考察によって力学性質挙動を定量的に解明したものである。さらにその長期的な信頼性を高めるべく圧縮木材の導入を検討し、伝統的構法に基づく新たな耐力要素の開発を行った一連の研究成果を、論文として取り纏めたものである。

第1章では、本研究の意義と必要性を明確にすると共に、本論文に関連する既往の研究を調査し、本研究との関連性について論述した。

第2章では、木材の横圧縮に関わる諸力学物性値の再評価を行った。特に支持条件によってめりこみ余長効果が異なる点に対し、FEM解析に基づいた表面形状係数の導入を提案した。これを摩擦の影響を排除した形式での様々な支持条件・寸法条件をパラメータとした実験によって検証することで、特に上下面で三角めり込みが生じる場合において既往の算定式が過大評価であることを明らかとした。さらに横圧縮弾性係数に対し、既往式とは異なり、データブックにおける値である縦圧縮弾性係数の $1/50$ を用いるべきであること、摩擦係数は 0.33 程度を示すことを検証し、さらにめり込み降伏応力に対し全面横圧縮降伏応力度を用いた算定式を提案し、幅広い適用範囲で試験値と精度良く適合する結果を得た。すなわち、既往式中にこれまで存在したダブルスタンダードを解消した。

第3章では接合部レベルでの評価を行い、特に貫接合部を対象とし、実用上では顕著な影響があるにもかかわらず無視されてきた、楔使用の効果と、乾燥収縮の影響に注目した検討を行った。歪みゲージ測定による内部応力分布の考察から、楔打ち込みによる摩擦力が初期剛性に大きく寄与することを明らかとし、初期寸法をパラメータとした貫接合部回転試験の結果から、隙間の影響が見かけ滑り以外に初期剛性・降伏耐力に影響する事を定量的に評価した。これらをはじめて力学モデル中に取り込み、さらに降伏後までの挙動を予測可能な算定式を誘導した。算定値は試験結果と精度良く適合したことから、両者の影響が定量的に明らかとなった。

第4章では耐力要素レベルの検討項目として、面格子壁を対象に、その水平せん断挙動を長期的に予測する試みを行った。壁の耐力挙動において、2、3章で導いた力学モデルに基づき、この節点で発生する隙間の大きさを変数としたシミュレーション予測を行った。また耐力壁の1カ年にわたる定期的な水平せん断試験を行い、力学挙動の推移を明らかとすると共に、シミュレーション予測結果と比較することでその妥当性を検証した。このことから既往の設計式が、初期剛性を過大評価していることを明らかとした。

第5章では、嵌合接合部に圧縮木材を接合具として導入する事を意図した、材質的な検討を行った。圧縮率及び加力方向の異なる場合の圧縮木材の曲げ・圧縮・引張・せん断の性質について、力学材料試験及び細胞変形モデルから圧縮率に対応する力学性能算定式を誘導した。さらに異なる製造温度条件で作製された圧縮木材の、周期的な湿度変動下での連続的な寸法回復挙動を実験によって明らかとし、さらに高圧縮率の圧縮木材は通常の木材と重ねた状態でも、雰囲気湿度が変動する条件においては応力を維持する効果があることを見出した。結果として、圧縮木材の耐圧接合具としての活用可能性を検証した。

第6章では、前章までの結果を踏まえ、貫や相欠き面格子壁といった耐力要素に圧縮木材製楔を導入することで初期剛性の向上を図る、新たな接合部形式の開発を行った。面格子壁では一カ年にわたる定期的な水平せん断試験、貫接合部に対しては周期的湿度変動下における繰り返し回転試験を行うことで、面格子は通常仕様に対し長期的に3倍程度の初期剛性を維持する事を検証し、貫接合部においては応力緩和抑制効果により、回転に対する摩擦抵抗成分を長期的に維持する効果があることを明らかとした。

以上の様に、本研究では伝統木造建築の評価において重要である嵌合接合部における諸要素の影響を定量的に評価することで問題点を明らかとし、さらに圧縮木材に注目することでその改善策を提案し、長期的な影響を考慮に入れた算定式を誘導することで、嵌合接合法に依った建築物の設計信頼性をより高めた。

(論文審査の結果の要旨)

嵌合接合部は、木材の横圧縮変形と木材同士の摩擦抵抗に依存した抵抗挙動を持ち、非常に大きな靱性を示すため、木質構造の耐震性能における終局耐力を担保可能な接合形式として注目を集めている。また嵌合接合法は、我が国の文化・伝統の上に成り立つものであり、より発展的な活用が望まれるが、初期剛性の低さとその評価の困難さが問題であった。本論文は、材料から耐力要素レベルまで、段階的に系統だった嵌合接合部の定量評価を行った一連の研究成果を論文として取り纏めたものである。

得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1) 嵌合接合の本質的挙動であるめり込み性能に関し、既往設計式の諸係数値を再定義すると共に式中に表面形状係数なる概念を導入することを提案し、FEM及び摩擦の影響を排除した信頼性の高い検証実験によってその妥当性を確認した。その結果既往式の不合理的点が解消され、支持条件による影響を定量的に表現することが可能となった。
- (2) 最も実用的な嵌合接合部である貫接合部の回転挙動に関し、摩擦や隙間といったこれまで評価されていなかった要素に注目し、パラメータ試験や歪みゲージを用いた応力解析によって力学挙動に及ぼす影響の評価を行った。これを力学モデル中に取り入れ、かつ塑性域に至る算定式を誘導し、実際の挙動を精度良く表現した。
- (3) 実用的な耐震要素として注目される相欠き面格子壁を対象に、一カ年にわたる定期的水平せん断試験を行うことでその挙動の推移を明らかとした。また隙間の発生を考慮したシミュレーション結果は実際の力学挙動と精度良い一致を示し、既往設計式を修正する必要があることを明らかとした。
- (4) 圧縮木材の性質について、力学材料試験及び細胞変形モデルから圧縮率に対応する力学性能評価式を誘導した。さらに高圧縮率の圧縮木材が雰囲気湿度変化に晒された場合に応力維持効果があること、寸法回復効果を持つことを実験的に明らかとし、耐圧接合具としての活用可能性を検証した。
- (5) 嵌合接合部に圧縮木材製楔等を導入することで、長期的に安定した力学挙動を示す嵌合接合要素を新たに開発し、その力学性質を実験的に検証した。

以上のように、本論文は、嵌合接合部の力学挙動について、材料レベルから耐力要素レベルに及ぶそれぞれの段階において、数多くの実験と力学モデルの構築に基づいた定量的な分析・評価を行い、かつ圧縮木材の材料性質を取り入れることでその改善を図ったものである。本論文で得られた成果は嵌合抵抗機構を木造建築に応用するにおいて重要な資料となるものであり、木質構造機能学、木材工学、並びに関連する建築構造分野の発展に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成21年2月13日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。