

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 藤田 克則

本研究は、伝統的木造における接合部や耐力壁など構造要素の特徴や力学特性、あるいは力学性能推定の際の課題や特徴的な破壊性状等の問題点を明らかにし、接合部等の寸法や仕様の変化に追従できる設計法についての提案を行ったものであり、7章構成である。

1章(序論)では、伝統的木造の構造評価における現行設計法の問題点と本研究の位置づけを述べた。そして伝統的な接合部の力学特性を概観するため、代表的な接合部をその基本形と、接合する行為によって分類し、引張・圧縮・曲げ・せん断など、各接合部の6自由度における構造評価を行った。また、それら接合部はT字型と十字型に分解できるとし、各章で検証する構造要素と具体的な建物(想定プラン)部位との対照を示した。

2章では中目材を用いた伝統要素によるラーメンの可能性を探る視点を持ちながら、引きボルト、長ほぞ込栓、雇いほぞ車知栓、雇い鎌継を接合部上下の抵抗要素とする、5種類の通し柱-横架材十字型接合部の曲げ性能を検証した。試験より、せん断長さを確保した引きボルトの靱性、長ほぞ差しの粘り、堅木栓類の横圧縮やたて圧縮で軸力を伝達する雇い車知・鎌継の剛性の高さを、また上下仕口の抵抗による曲げ性能の増大や終局時の崩壊防止効果等を示した。柱を介した左右横架材(梁)は、回転に対し独立ではないため、片側の梁を短い片持梁とする「片持ち梁モデル」により接合部の曲げ性能を推定した。弾性域では算定値は各タイプとも試験結果と符合し、各要素の剛性を初期の1/6とした塑性域の $M-\theta$ 関係推定値は、接合部挙動の傾向を把握できた。

3章では、柱-横架材等のT字型接合部における伝統的な、ほぞ込栓、ほぞ割楔、兜蟻、寄蟻の引張性能を検証した。試験の観察から以下のような各接合部の力学モデルを提案した。すなわちほぞ割楔は女木剛体仮定、男木等変位めり込み仮定に基づく力学モデルから、相対的に女木の損傷が多かった寄蟻では女木の早材部のみがめり込むとするモデルによって $P-\delta$ 関係を算定した。他方兜蟻はめり込み変形だけでは説明がつかないため、男木・女木のせん断変形を考慮したモデルとする必要があるとした。各接合部の最大耐力は、割楔ではくさび外側の男木ほぞ両端部の引張強度で、兜蟻・寄蟻では女木の割裂強度で決定すると判断し、割楔ではくさび打込み位置が、兜蟻・寄蟻では女木の割裂防止対策が、引張性能を発揮するための鍵となることを示した。

4章では120mm角以下の小径材だけで建物を構成することを前提に、基本的な接合要素である「ほぞ」単体の、一般的な場合に比して、ほぞを厚く長くした場合の曲げ性能を検証した。一般的な場合に比べ3倍強の曲げ性能が期待できる一方、ほぞ穴間隔を狭くし過ぎると脆性破壊が生ずる。「掘立モデル」を援用して接合部の三角形変位めり込み抵抗による $M-\theta$ 関係を算定し、塑性域に関しては簡便な推定法を提案した。

その方法で求めた塑性域の  $M-\theta$  関係は試験結果とよく一致したが、 $1/30\text{rad}$  以降では曲げ抵抗における摩擦の割合が増大することが示唆された。

5章では、ヒノキ柱 (150mm) を含むフレームに、 $60 \times 180$  の6段貫、その直交方向にたて貫3本 (タモ)、貫を含む横架材間にダボで補剛した厚板を挿入し、さらに回転拘束を図るために貫/たて貫交点をダブル込栓 ( $\phi 24$ : カシ) 打ちとする等、7つの伝統的な構造要素から成る耐力壁のせん断性能を検証した。要素毎に曲げ性能を算定し、並列バネとして加算し壁全体の  $M-\theta$  関係を推定した。算定値は試験結果とよく符合し、短期許容せん断耐力  $25.47\text{kN}$  (壁倍率: 7倍相当) を達成した。伝統要素によりながらも寸法仕様を吟味し節点数を増やすことで、粘り強く剛性・耐力の高い壁が実現できること、接合具材以外への広葉樹材利用による構造性能増大の可能性を示した。

6章では、伝統的な接合部の接合具材に用いられる、国産広葉樹材のめり込み性能を検証した。供試材はシラカシ (放射孔材)、イタヤカエデ (散孔材)、ケヤキ、ミズナラ (環孔材) の4種であり、各樹種とも年輪傾角毎のめり込み性能には  $LR > LTR \geq LT$  の明確な傾向が見られ、年輪傾角  $LT$  の値によって各樹種のめり込み性能を安全側で簡便に代表できるとした。環孔材とその他では特性が異なること、めり込み性能と最も相関の高い物性は密度であり、密度と目視、加えて年輪幅を基準とする選別によりばらつきが低減でき、基準強度を現行告示の1.5倍程度に引き上げられる可能性があること等を示した。4種を通し密度  $\rho$  と降伏応力  $\sigma_y$  の関係について、 $\sigma_y = 25.82\rho - 6.62$  の回帰式を得、さらに針葉樹が適用範囲の既存のめり込み算定式による計算値と試験結果を比較検討し、既存式を広葉樹材に適用するための具体的なめり込み特性値を提案する等、既往研究の少ない広葉樹材のめり込み性能について明らかにした。

7章では6章までの知見に基づき、構造設計法に適用する際の方向性や方法についての考察や提案を行い、併せて適用範囲や適用の際の課題を示した。伝統的な要素による建築物の水平力に対する性能評価のため、接合部の脆性破壊の防止、大地震時における鉛直荷重支持能力の確保、修繕の容易性を条件に、安全限界変形角を現行の  $1/30$  から  $1/15\text{rad}$  にすることを提案し、接合部の短期基準耐力を求める方法を  $\min.\{P_y, P_u 0.2\sqrt{2\mu - 1}\}$  とする等、具体的な特性値の評価法を示した。最後に、本研究で試験を行い構造性能を推定した接合部や耐力壁によって構成した想定プランの構造解析を行い、伝統的な構造要素を用いた木造建築物の、許容応力度設計法への適用の現実性と、構造デザインの可能性を明示した。

以上、本研究は伝統的な木造建築における主要な構造要素について実験と理論解析の両面から力学特性の解明を行い構造設計法に適用する方法の提案まで行ったものであり、伝統木構造分野に新たな知見を加えたものであり、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。