

## 伝統木造建築物の構造ディテールに基づく設計法の構築に関する研究

Study on Development of Design Method for Traditional Wooden Buildings Based on Structural Details

鈴木 祥之 (Suzuki Yoshiyuki)

立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・教授



### 研究の概要

本研究では、伝統的な木組み仕口・接合部、土塗り壁や差鴨居など伝統軸組構造のディテールを実験的、解析的に解明したうえで、木組み仕口・接合部などの構造ディテールの設計法を開発するとともに、伝統構法に特有な柱脚仕様である礎石建てにおける注脚の滑りや水平構面の変形など構造力学的に解明し、伝統木造建築物の構造解析法および構造設計法を開発する。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料 5301

キーワード：木構造, 耐震工学, 建築構造・材料, 構造工学, 伝統構法

### 1. 研究開始当初の背景

伝統構法木造建築物では、木材特有の材料特性のばらつきや木組み接合部の複雑さなどから、柱に貫、差鴨居など横架材を組み合わせた軸組、仕口・接合部などディテールを含めた総合的、統一的な構造設計法は、いまだ確立されていないため、伝統木造建築物の新築や改修などが難しい状況におかれている。また、大地震の発生が予想される状況において伝統構法に適した耐震設計法・耐震補強法の開発が急務となっている。

### 2. 研究の目的

伝統構法木造建築物では仕口・接合部などディテールを含めた総合的、統一的な構造設計法はいまだ確立されていないため、本研究では、伝統構法の技法、技術の良さを生かし、木組み仕口・接合部などのめり込みや耐力発現のメカニズムを実験的、解析的に解明したうえで、構造ディテールの解析手法を導き、構造ディテールの設計法とともに伝統構法木造建築物に高い耐震性能を与える構造設計法を構築することを目的としている。

### 3. 研究の方法

本研究では、伝統的な仕口・接合部、土塗り壁や差鴨居などを構造力学的に解明したうえで、仕口・接合部などの構造ディテールの設計法とともに伝統木造建築物に高い耐震性能を与える構造設計法を構築するために、①構造ディテールの構法と力学的解明、②構造ディテールの設計法、③伝統木造建

物の構造解析法、④伝統木造建築物の構造設計法、の分担課題に分類し、相互関連をもって実施した。また、研究機関の研究者のみならず、伝統木造建築物の施工、設計に係わる大工職人、設計者などの団体等の協力を得て、試験体の製作や設計事例などを実施した。

### 4. これまでの成果

本研究では、①構造ディテールの構法と力学的解明、②構造ディテールの設計法、③伝統木造建築物の構造解析法、④伝統木造建築物の構造設計法、の分担課題に分類して実施しており、以下の成果が得られた。

#### ①構造ディテールの構法と力学的解明

<仕口接合部の力学的解明>

伝統構法の仕口のめり込みによる復元力特性が主要な役割を果たすことから、基本的なめり込み特性を解明するために、パステルナーク・モデルを弾塑性域に拡張して回転めり込みの復元力特性を定式し、貫仕口を持つ架構の復元力特性を明らかにした。また最も基本的な仕口である長ほぞ込栓打ちの構造性能と想定される破壊モードを明らかにし、仕口耐力の推定式を提案した。

#### ②構造ディテールの設計法

<壁土材料と土壁の性能評価法の確立>

壁土を構成する粘土、砂、スサの配合と強度の定性的傾向から理想的な壁土作成の指針が得られた。また、定温乾燥機による壁土材料試験体の早期乾燥法を検討した結果、自然乾燥による壁土材料試験体の強度特性と

同等の試験体が作成可能になった。

土塗り壁の数値解析手法を汎用化し、土塗り壁の挙動推定の解析を行った。繰り返し履歴の形状も含めて良好な推定が可能であることが分かった。壁土材料の試験方法や地域の土を用いた土壁の耐震性能の評価法を確立できたことは、今後の展開が図り得る。

＜耐震補強方法・設計法の開発＞

発展させてきた大変形にも耐えられる「はしご型フレーム」耐震補強材は、木材に特有なめり込みと摩擦を応用したもので、実際の建物に適用され、実用性も高く評価されている。

③伝統木造建築物の構造解析法

＜柔な水平構面の解明＞

伝統構法の木造建築物では、床等の水平構面は、剛ではなく比較的柔であるため、水平構面の変形は重要な課題であるが、水平構面の変形の影響を解析的に評価した。

＜礎石建てによる柱脚の滑り＞

実大振動台実験から、柱脚の滑りの挙動は、せん断変形、柱脚の浮き上がり、滑りが組み合わさった複雑なものであることも示された。柱と礎石間の摩擦係数について調べた。

柱脚の滑りを解析的に把握するため、解析法を開発し、実大振動台実験に基づいて、柱脚の滑りやロッキング挙動について明らかにするとともに解析法の妥当性を検証した。

④伝統木造建築物の構造設計法

＜伝統的な建物の構造詳細調査＞

伝統木造建物の耐震性能を検証するために、金沢市域や京都府北部における伝統的な建物の構造詳細調査を実施し、構造特性を把握した。また、新潟県中越地震の被害調査では、同様な構造調査を実施した。これら建物の耐震性能を限界耐力計算により評価し、今後の設計法構築のデータとして集積した。

＜伝統的な建物のシミュレーション解析＞

弾塑性パステルナーク・モデルによる伝統木造柱貫仕口の回転めり込みの復元力特性を用いて門型架構のシミュレーション解析を行い、伝統構法木造建築物の変形能力が大きいことと崩壊のメカニズムを解明した。

今後、伝統構法木造建築物の事例研究をもとに、構造ディテールに基づく構造設計法、特に耐震設計法の構築を図る。

5. 今後の計画

①構造ディテールの構法と力学的解明

伝統構法の仕口接合部など構造ディテールの要素実験等を実施して仕口接合部の力学的に解明する。伝統構法木造軸組が大変形に至るまでの弾塑性解析が可能な仕口接合部など構造ディテールの解析モデルと解析法を構築する。

②構造ディテールの設計法

伝統構法の復元力特性の評価法を発展させて仕口部の構造設計法を開発する。土壁、小壁の詳細な数値解析法を改良・発展させて土壁、小壁の設計法に展開する。

③伝統木造建築物の構造解析法

伝統構法木造軸組の立体的な力学モデルを基に静的および動的構造解析法を導き、水平構面の変形や柱脚の滑りの効果などを調べる。また実大振動台実験によって、構造解析法を検証する。

④伝統木造建築物の構造設計法

具体的に伝統構法木造建物を想定した事例設計を行い、本方法の問題点の検出と改良を重ねて、最終的に設計マニュアルの提案につなげる。

6. これまでの発表論文等

1) Masato Nakao, Masami Gotho, Yoshiyuki Suzuki: Experimental Study on Pull-out Strength of Mortise-Tenon Joint with Pin Subjected to Bending Moment, Proc. of 11th World Conference on Timber Engineering, June 2010, Trentino, Italy.

2) Hiroyuki Nakaji, Koji Yamada, Masato Nakao, Yoshiyuki Suzuki: Seismic Capacity Evaluation of Mud-Plastered Walls Considering Strength of Mud, Proc. of 11th World Conference on Timber Engineering, June 2010, Trentino, Italy.

3) S. Matsumoto and Y. Suzuki: Earthquake response analysis for traditional wooden buildings using semi-rigid frame model, Safety, Reliability and Risk of Structures, Infrastructures and Engineering Systems, CRC Press, pp. 683-687, 2009.

4) H. Tanahashi and Y. Suzuki: Seismic Resisting Mechanism and Formulation of Traditional Timber Joints in Japan, Safety, Reliability and Risk of Structures, Infrastructures and Engineering Systems, CRC Press, pp.3275-3282, 2009.

5) 鈴木祥之: 伝統的建造物の防災, 特集記事「文化遺産を自然災害から守るために」, 自然災害科学, Vol.28, No.1, 2009, pp. 22-27.

6) Mukaibo, Kyosuke; Kawakami, Takuma; Suzuki, Yoshiyuki: Experimental and Analytical Study on Seismic Behavior of Traditional Wooden Frames Considering Horizontal Diaphragm Deformation and Column Slippage, Proc. of 14th World Conference on Earthquake Engineering, Oct., 2008, Beijing, Paper ID: 05-04-0071

7) 山田耕司, 清水秀丸, 中治弘行, 鈴木祥之: 土塗り小壁付き木造軸組耐力特性評価への数値解析の適用, 日本建築学会構造系論文集, No.621, pp.81-89, 2007年11月.

ホームページ等

<http://aster-ritsumei.com/wp-content/uploads/2010/04/index.html>