

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 2日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560561

研究課題名(和文) 土壁を有する伝統木造構法建物の崩壊挙動解析法の開発と限界耐力計算

研究課題名(英文) Development of numerical method for predicting the collapse behavior of traditional wooden frames with mud wall and the verification of limit strength calculation

研究代表者

森迫 清貴 (MORISAKO KIYOTAKA)

京都工芸繊維大学・法人本部・副学長

研究者番号：90127168

研究成果の概要(和文)：土壁を有する伝統木造構法建物の崩壊挙動を予測する解析法の開発を行い、柱の回転による傾斜復元力を的確に表現できるモデルによるプログラムを開発した。また、伝統木造構法建物の石場立て基礎で考えられる柱脚の浮き、滑り、回転の特性を考察する基礎となるロッキング挙動に関する小型振動台実験を行い、画像解析によるロッキングの変位時刻歴を得ることができた。さらに、伝統的構法により製作した土壁の耐力実験を行った。

研究成果の概要(英文)：For predicting the collapse behavior of traditional wooden frames with mud wall, a numerical analysis method is developed in this project. The numerical method is built by bar model with springs in both-ends. The column rocking resistance can be expressed with this model exactly. Rocking phenomena of wooden blocks are studied by the miniature vibration base device. Also, the traditional mud walls are tested.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：建築構造学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：(1) 建築構造・材料 (2) 木造 (3) 解析法

### 1. 研究開始当初の背景

伝統木造構法による建物の構造(耐震)評価は、唯一、限界耐力計算によるもののみであり、新に建築しようとする場合のみならず、耐震診断についても、基本的にそれによらなければならない。また文化庁によって示されている建造物の重要文化財における保有耐震性能の確認では、限界耐力計算あるいはそれを念頭においた評価が求められている。しかし、神社仏閣などの文化財建物や京町家・古民家などの建物では、基礎・土台の固定が

不十分であること、水平構面剛性の確保も十分とは言えないことなどから、壁など水平力抵抗要素の実大実験を基にした復元力特性を用いたとしても、その評価について信頼を得るのは容易ではない。既に、実大建物の振動台実験や、土壁などの実大載荷実験などの研究報告はかなり蓄積されてきているが、文化財レベルの建物の挙動把握や耐震補強方法の検証は未だ不十分である。それゆえ、わが国の伝統文化、歴史文化の一翼を担っている伝統木造構法の安全性を確保した上で、保

存・活用してゆくための基礎となる研究を充実させることは不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、主として、

- (1)木造の現行仕様規定に必ずしも合致しない文化財レベルの建物の保有水平耐力および地震時挙動を予測し、また実現可能な耐震補強を行った後の検証に使用できる解析法の開発を行うこと、
- (2)木造構造計算に使用できる限界耐力計算について、安全限界、損傷限界の意味するところを開発した予測解析法により検討、評価すること、
- (3)伝統木造構法における土壁の補修・補強方法について提案し、実験的に検討すること、であった。

## 3. 研究の方法

以下の手順・方法で行う予定であった；

- (1)土壁を有し、石場立ち基礎の伝統木造構法建物の崩壊挙動解析法を開発することであり、そのために土壁構面の履歴モデル等を作成し、その復元力特性を有するばねを、木造解析プログラムに組み込む。
- (2)基礎固定でない建物の地震時挙動を現有の小型振動台実験を用いて検討し、その力学特性を抽出する。この特性を考慮した基礎ばね要素を組み込んで、解析法を改良する。
- (3)土壁の補修・補強後実験を行い、その履歴モデルの作成も行う。
- (4)伝統木造建物の構造設計、耐震診断に用いられている限界耐力計算結果と開発した解析法による時刻歴応答解析結果との比較検証を行い、限界耐力計算における安全限界の評価を行う。最後に、現存の京町屋について、本研究成果を適用し、その効用を確認する。

## 4. 研究成果

本研究では、土壁を有する伝統木造構法建物の静的および動的崩壊挙動を予測する解析法を開発すること、および伝統木造構法建物の構造計算法である限界耐力計算の評価を行うことを目的とした。

研究は、主に次の3つの課題について進めた；

- (1)これまで研究開発してきた3次元梁・柱有限要素部材に材端ばねを連結する方法では、この種の建物解析が効果的に行えないことが判明してきたため、この方法での開発継続を一端見直し、より単純ではあるが大変位を考慮する幾何非線形性は保持することのできる解析法を基礎理論から改めて開発し直すこととし、柱脚が固定されていないことによる柱の回転による傾斜復元力を的確に表現できるモデルによるプログラムを開発した。このため、当初の目的を期間内に達成す

ることにはならなかったが、今後、短期間での開発の目途はたったと言える。

図1に解析モデルを、図2に解析結果の一部を示す（発表論文②）。

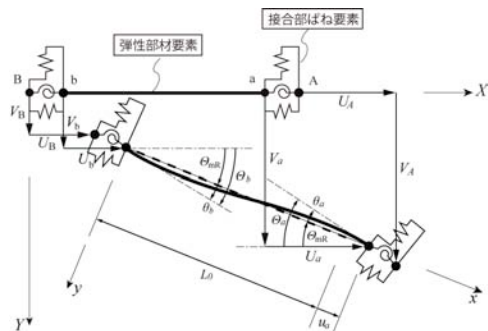
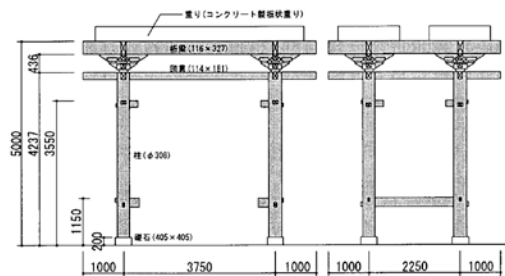
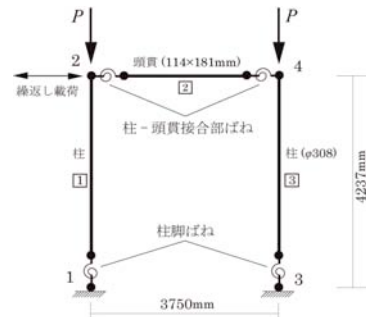


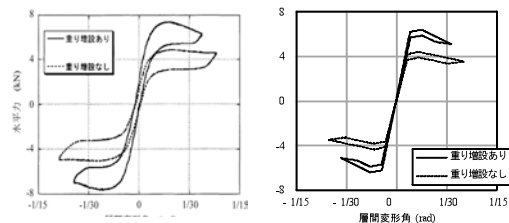
図1 接合部ばねをもつ解析モデル



(a) 解析対象とした実験架構



(b) 軸組モデル

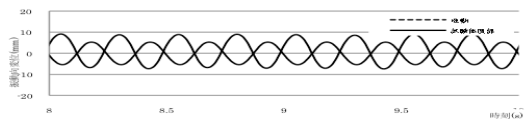


(c) 実験結果 (左) と解析結果 (右)

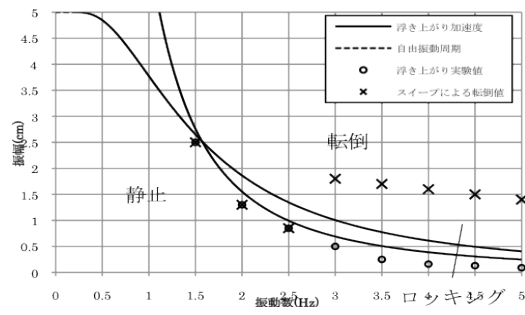
図2 伝統木造架構を対象とした解析例

(2)伝統木造構法建物の石場立て基礎で考えられる柱脚の浮き、滑り、回転の特性を考察する基礎となるロッキング挙動に関する小型振動台実験を行い、画像解析によるロッキングの変位時刻歴を得ることができた。これによってロッキング現象が生じる領域などを観察するとともに、数値シミュレーション法の検討を行った。

図3に実験から得られた変位時刻歴の一例と、外力振動数一定のもとで、変位振幅を漸増させたときの現象を領域化した図の一例を示す(発表論文⑥、⑦)。



(a) 逆位相振動の例



(b) ロッキング振動の現れる領域

図3 ロッキング振動実験

今後、(1)の解析法において、柱脚ばね特性として、早急に導入を図る。

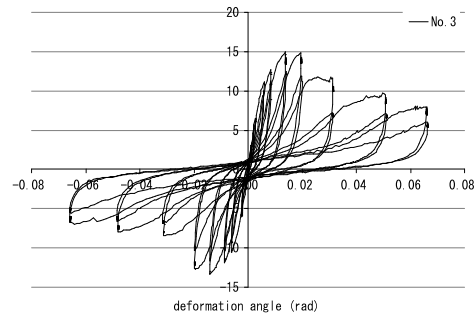
昨年度実験を行った飛騨高山土壁を、補修し再度実験を行った。補修後の耐力は、80%以上あることが確認され、以前に行った京土壁の実験と同様、通常の左官職人による補修で70~80%の耐力回復が見込めることが確認できた。履歴モデルの作成は、京土壁と同様に行えることも確認できたので、(1)の解析法に取り入れるために、現在継続して実施している。

図4に、萱小舞を下地とする飛騨高山土壁実験の結果の一部を示す(発表論文④)。また図5に、前年度に行った葦小舞下地の土壁と萱小舞下地の土壁の包絡線を示す。多少、萱小舞下地の土壁耐力が高いが有意な差とは言えない(発表論文①、⑤)。

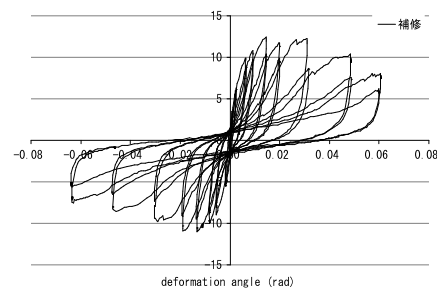
なお、限界耐力計算の評価については、(1)の解析法が未完成であったため、汎用の棒材解析アプリケーションソフトを用いて検討を実施したが、結論を出すには至っていない。



(a) 萱小舞下地



(b) 土壁試験体の荷重変形関係



(c) 補修土壁試験体の荷重変形関係

図4 飛騨高山土壁の繰り返し载荷実験

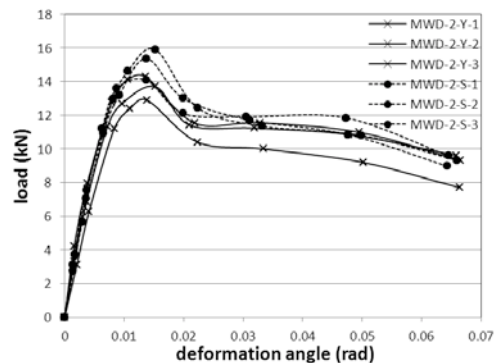


図5 小舞仕様の異なる土壁の包絡線比較

MWD-2-Y- : 葦仕様  
MWD-2-S- : 萱仕様

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① 寺西ゆう子、村石一明、青野弘和、森迫清貴、葦、萱(すすき)を小舞に用いた土壁の繰り返し載荷実験、構造工学論文集、査読有、Vol. 59B、2013、579-584
- ② 左近竜也、森迫清貴、接合部履歴ばねモデルを用いた伝統木造軸組の大変形挙動解析法、日本建築学会近畿支部研究報告集、査読無、第53号・構造系、2013、225-258
- ③ 乾 一樹、村石一明、森迫清貴、壁厚さをパラメータとした土壁の繰り返し載荷実験、日本建築学会近畿支部研究報告集、査読無、第53号・構造系、2013、237-240
- ④ 田中邦明、村石一明、森迫清貴、飛騨高山仕様の土壁の繰り返し載荷実験、日本建築学会近畿支部研究報告集、査読無、第53号・構造系、2013、241-244
- ⑤ 寺西ゆう子、青野弘和、森迫清貴、葦、萱(すすき)を小舞に用いた土壁の実験、日本建築学会近畿支部研究報告集、査読無、第52号・構造系、2012、269-272
- ⑥ 左近竜也、原 志伸、浅野清昭、森迫清貴、剛体ロッキング振動に関する基礎的研究(その1 自由振動実験)、日本建築学会近畿支部研究報告集、査読無、第52号・構造系、2012、185-188
- ⑦ 原 志伸、左近竜也、浅野清昭、森迫清貴、剛体ロッキング振動に関する基礎的研究(その2 強制振動実験)、日本建築学会近畿支部研究報告集、査読無、第52号・構造系、2012、189-192

[学会発表] (計3件)

- ① 寺西ゆう子、葦、萱(すすき)を小舞に用いた土壁の実験、日本建築学会大会、2012.9.13、名古屋大学
- ② 原 志伸、剛体ロッキング振動に関する基礎的研究 その1 自由振動実験、日本建築学会大会、2012.9.12、名古屋大学
- ③ 浅野清昭、剛体ロッキング振動に関する基礎的研究 その2 強制振動実験、日本建築学会大会、2012.9.12、名古屋大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森迫 清貴 (MORISAKO KIYOTAKA)  
京都工芸繊維大学・法人本部・副学長  
研究者番号：90127168

(2) 研究分担者 ( )

研究者番号：

(3) 連携研究者 ( )

研究者番号：