

# 耐震化促進のための社寺建築倒壊の実験模型の開発

正会員 石井 渉\* 正会員 魚津忠弘\*\*  
 正会員 福本有希\*\*\* 正会員 花井 勉\*\*\*\*  
 正会員 福和伸夫\*\*\*\*\*

木造建物 社寺建築 模型実験  
 倒壊 耐震化 教材

## 1. はじめに

大地震の襲来が懸念される中、一般建物の耐震化が叫ばれているが、社寺建築もまた耐震性確保、耐震補強は進んでいないのが現状である。耐震性の不足した社寺は大地震時に大きな被害を受ける可能性があり、兵庫県南部地震<sup>1)</sup>及び新潟県中越地震においても多くの被害例が報告されている。耐震補強の促進のためには、被害例と補強効果を関連づけて簡明に示すことが必要であり、著者らはこれまでも木造軸組構法住宅を想定した模型を作成し、耐震化教材としての活用を見ている<sup>2)</sup>。本論では社寺を想定した立体模型実験により、被害形態及び補強効果の再現・確認をおこなった。図 1 に本研究の流れを示す。

## 2. 被害形態の分類・補強メニューの決定

過去の地震被害調査及び既往の実験をもとに社寺の地震被害形態を、構造仕様の違いに基づき表 1 のように分類した。また一般的な補強方法として表 2 に示すものを検討対象とした。

## 3. 立体模型の概要

本立体模型(試験体)は、複数回の実演実験による利用を前提としている。このため、人力による実演加振が可能、補強の有無 2 体を並べた同時加振が可能、軽トラック等で運搬が可能な大きさ、大振幅加振に対して、壊れ方が自然である、模型は短時間の補修により複数回の再利用が可能である、ことを目標に模型の大きさ・仕様を決定した。想定年代は江戸時代、縮尺は 1/10 である。概要を図 2 に示す。

## 3. 構面静的加力実験

接合部仕様の詳細を決定する目的で構面の静的加力試験を実施し、破壊形態の確認及び強度の把握をおこなった(写真 1)。試験結果を図 3 に示すが、各構面が想定した破壊形態により終局に至ることを確認した。立体模型の大振幅加振時周期を 0.5sec.と設定したうえで、本構面実験結果(無補強構面の初期剛性 0.25kgf/mm)に基づき、屋根積載重量を 35kgfと設定する。この建物規模で重い瓦屋根を模した重量<sup>3)</sup>としてほぼ妥当な数値である。

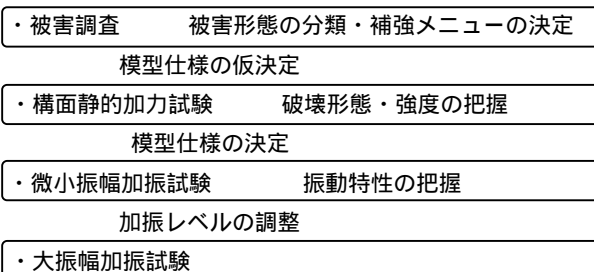


図 1 本研究の全体像

表 1 被害形態の分類

・柱の折損	(細径柱・壁量寡少)
・柱脚の礎石からの移動	(柱脚固定無し)
・擦れ・貫ぼぞの損傷	(平面壁配置の不均等、壁量寡少)

表 2 耐震補強メニュー

・屋根の軽量化	(慣性力の軽減)
・合板の増設	(壁量増大)
・亀壁の増設	(壁量増大及び制震効果)
・小壁、床下の補強	(強度増大)
・免震層の設置	(免震化)

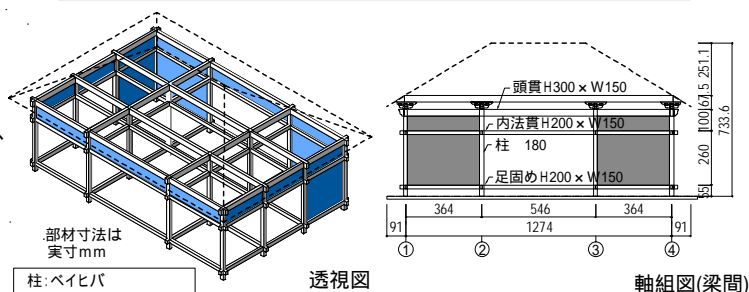


図 2 立体模型(試験体)

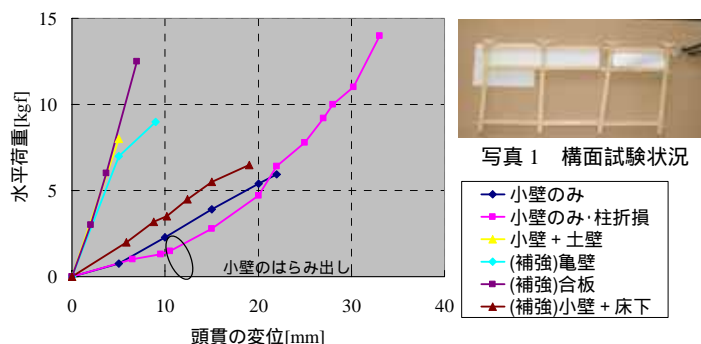


図 3 構面試験結果

## 5. 振動特性の把握

各立体模型の基本的な振動特性を把握する目的で微小振幅加振試験を行い、入力/応答加速度から固有振動数を把握した。試験結果を表 3 に示す。無補強試験体の固有振動数は社寺のものとしては高めである。宮大工製作の立体模型は接合部のガタが少なかった為と思われる。壁などで補強した試験体の固有振動数は無補強試験体に比べて高く、微小振幅レベルでも補強効果が確認された。

表 3 微小振幅加振 固有振動数一覧 (単位: Hz)

パターン	柱の折損	合板	亀壁
固有振動数	4.0	5.5	5.9

## 6. 大振幅加振試験

本試験体を用いて大地震時を想定した大振幅加振試験を実施した。試験体への入力の実験の主旨及び模型の振動特性に基づき、模型の共振を狙った加振とした。試験体一覧と破壊形態を表 4 に示す。無補強試験体では被害

形態をビデオにより再現し、各部位の損傷過程を把握した。また補強前後の試験体と同時加振する事で補強効果が視覚的に確認できたほか、計測結果より応答低減を定量的に把握することが出来た(図 4)。免震試験体では入力動の違いによる応答の変化も確認された(図 5)。

## 7. まとめ

社寺建築の仕様の違いによる壊れ方の違いに着目し、1/10 模型を用いて大地震を想定した加振をおこなった。各試験体で地震被害と同様の被害形態の再現でき、また補強効果も視覚的に表現することができて、耐震化教材としての有効性を確認した。今後より詳細な計測・評価により、模型実験としての有効性も確認していきたい。

<謝辞> 免震台は、THK よりご提供いただいた。ここに記して謝意を表する。  
<参考文献> 1)木造住宅等震災調査委員会:「平成 7 年阪神・淡路大震災木造住宅等調査報告書」,1995 2)福和伸夫ほか:「耐震化促進のための木造建物倒壊実験教材の開発」,日本建築学会技術報告書第 22 号, 2005.12 3)文化庁建造物課:「重要文化財(建築物)耐震診断指針」,2001

表 4 実験パターン / 実験結果

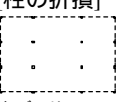

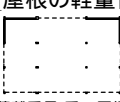

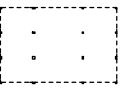

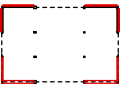

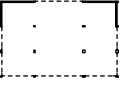



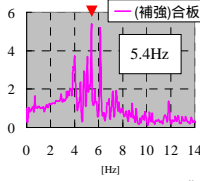
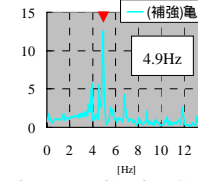
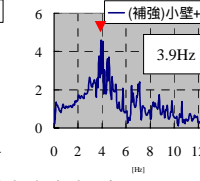


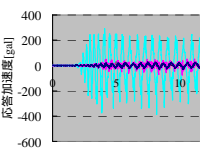
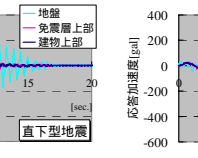
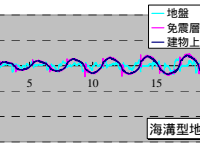
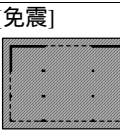

無補強試験体			補強試験体		
平面構成	加振状況	内容	平面構成	加振状況	内容
[柱の折損]  柱:バalsa 小壁:スチレンボード		柱が内法貫、足固貫との接合部で折損	[屋根の軽量化]  積載重量(重い屋根): 35kg (軽い屋根): 17kg		重い屋根の場合: 前面側に抜け、倒壊 軽い屋根の場合: 抜けが少なく、振幅は小さい 損傷無し
[礎石からの移動]  柱脚を礎石に固定せず		加振序盤、上部構造の変形が進まぬうちに全体がほぼ同時に横滑り	[合板の増設]  合板付設(足固め・頭貫間)		剛性が向上、応答振幅は小さい
[抜け・貫の折損]  壁配置の不均等、壁量減少		前面貫ほぞの抜け、折損 背面の土壁がせん断破壊、全体が抜けて倒壊	[亀壁の増設]  亀壁付設(足固め・頭貫間)		亀壁が回転することによる制震効果により、応答振幅が小さく揺れの収束も早い
 6 4 2 0 0 2 4 6 8 10 12 14 [Hz]	 15 10 5 0 0 2 4 6 8 10 12 14 [Hz]	 6 4 2 0 0 2 4 6 8 10 12 14 [Hz]	[小壁・床下補強]  小壁補強(重ね貼) +床下補強(礎石-足固め間)		補強により偏心が小さくなり、貫ほぞの損傷がおさえられる
 400 200 0 -200 -400 -600 0 5 10 15 20 [sec] 直下型地震	 400 200 0 -200 -400 -600 0 5 10 15 20 [sec] 直下型地震	 400 200 0 -200 -400 -600 0 5 10 15 20 [sec] 直下型地震	[免震]  免震装置上に設置		免震装置 免震層が揺れを遮断し、上部架構の補強無くとも損傷無し

図 4 補強パターン別伝達関数(大振幅加振時)

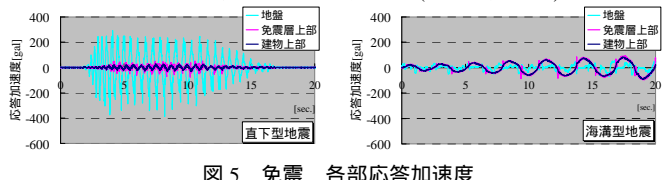


図 5 免震 各部応答加速度

\*日本システム設計

\*\*魚津社寺工務店

\*\*\*東京大学大学院工学系研究科 修士(工学)

\*\*\*\*日本システム設計 取締役・博士(工学)

\*\*\*\*\*名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

\*Nihon System Sekkei

\*\*Uotsu Shaji Corporation

\*\*\*Grad. Student, Grad. School of Eng., The Univ. of Tokyo, M. Eng.

\*\*\*\*Director, Nihon System Sekkei, Dr. Eng.

\*\*\*\*\*Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.