

## 修士論文要旨

木造建築物の精度のよい復元力モデルを基にした地震動的解析による機能性評価

- 旧善通寺偕行社耐震補強構造実験を例に -

高知工科大学大学院基盤工学専攻

社会システム工学コース 1085516

真島 心

### 1. はじめに

#### 1-1. 研究の背景

1995 年の兵庫県南部地震では、木造建築物において甚大なる被害が報告されている。また、社寺建築をはじめとし、多くの重要文化財木造建築が被害を受けた。周知のように日本は地震大国であり、重要文化財の木造建築については高い耐震性を持たせるようにしなければならない。そこで文化庁は重要文化財に対する耐震診断指針を示すなど耐震化に尽力している。しかし補強方法については依然確固たる方法は無く、新たな補強方法についても多く研究されている。

1903 年（明治 36 年）に旧陸軍第十一師団将校の社交場として建設された旧善通寺偕行社が 2001 年に国の重要文化財に指定されたことを受け、新たな補強方法が試みられることとなった。そこで上記の背景を考慮し、<sup>にかわ</sup>膠を用いた補強方法が提案された。その理由としては、使用するに当たり水と膠を混ぜるだけという簡便さと、硬化後、耐水性が無いという点から将来の根本的な修理の際に容易に撤去可能であるという点、ある程度の接着力があるということが中島顕三氏の著書「膠着剤」から得られたことなどが挙げられる。しかし膠を用いた補強工法は例が無く、その補強効果を構造実験により確認された。

#### 1-2. 研究の目的

以上の背景を受け、本研究では耐震補強構造実験より得られたデータに忠実な復元力モデルを提案（枠補強試験体モデル）し、そのモデルを用いて地震動的解析を行い、旧善通寺偕行社建物の機能性確保の評価を行うことを目的とした。

#### 1-3. 研究の方法

まず表・写真 1 に示す 3 試験体について静的加力実験を行い、それぞれの構造性能を把握した。

表 1 各試験体特徴

試験体名	試験体特徴
試験体 A	現状の骨組と同様に作成したもの
試験体 B	試験体 A に筋交主体でトラス枠を膠接着で補強したもの
試験体 C	試験体 A に筋交主体でトラス枠+板を膠接着で補強したもの



写真1 試験体A 試験体B 試験体C

試験体 A・B・C の静的加力実験結果を図1に示す。1 フレームあたりの必要水平耐力は壁量の少ない梁間方向で 36.1kN であった。そこで実験結果を見てみると、試験体 A では必要耐力には達せず、現状のままであれば倒壊することが考えられる。試験体 B では 1/30rad.時に、試験体 C では 1/40rad.時に必要耐力を発揮し、地震に対して十分な補強効果があることがわかった。

また、試験体 B・C では現況骨組 A 試験体の約 2 倍以上の耐力を発揮した。B 試験体の耐力は、C 試験体の約 0.8 倍程度発揮した。試験体 B・C とともに最大耐力は層間変形角 1/7 で約 50kN にも達した。この結果より、B 試験体よりも若干 C 試験体の方が補強による耐力上昇が高かったが、施工性、コスト、通気性等を考慮し B 試験体の補強方法が最もよいと判断された。

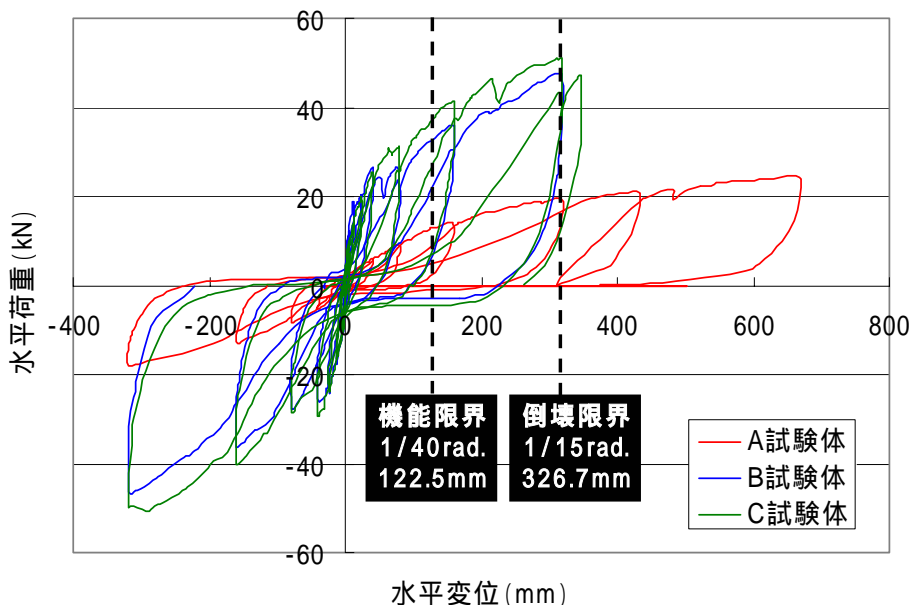


図1 各試験体実験結果 (荷重-変形曲線)

これらの結果をふまえて、修復限界、機能限界、倒壊限界をそれぞれ設定する。表2に設定した各層間変形角とその時の損傷状況を示す。地震動的解析では、この結果を基に機

能限界以内に収まるかを検討する。

表 2 損傷状況

	修復限界 (1/120rad)	<b>機能限界 (1/40rad)</b>	倒壊限界 (1/15rad)
	40.8mm	<b>122.5mm</b>	326.7mm
試験体 A	特になし	<b>圧縮側の筋交先端が柱 部材にめり込む</b>	胴差しおよび下枠のほぞ に顕著なひび割れ発生
試験体 B	胴差しほぞに ひび割れ発生	<b>胴差しにひび割れ発生</b>	補強材と土台間のエポキシ 樹脂で剥離が見られる
試験体 C	柱と補強材が 剥がれ始める	<b>胴差し部の膠接着面が 剥離</b>	胴差しほぞに顕著なひび 割れ

まず静的加力実験結果を基にして 2 通りの復元力モデルを設定する。1 つは参考までに日本建築学会より出されている「木質構造限界状態設計指針（案）・同解説」に記載されているバイリニアに置換するモデル（限界状態設計用学会モデル）を設定し（図 2）、もう 1 つは耐震補強構造実験データに忠実な復元力モデル（柱補強試験体用提案モデル）を設定する（図 3）。また柱補強試験体用提案モデルでは実験値との再現性を評価するために、荷重変形曲線・履歴エネルギー量・等価剛性について比較検討を行う。

木造の耐震性を動的解析より検討することはほとんどやられていないため、設定した両モデルの復元力特性をもとに、レベル 2 地震動を入力した地震動的解析を行い、耐震性能を検証する。その結果、設定した機能限界以内に収まるかということで機能性を評価する。

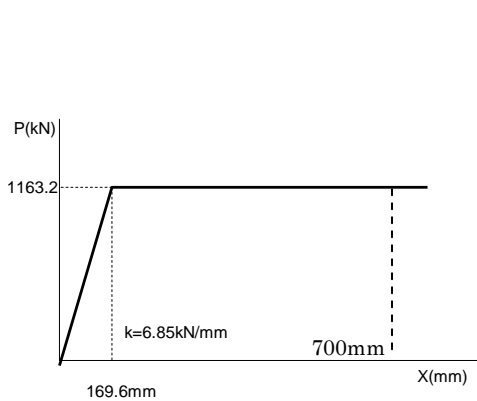


図 2 限界状態設計用学会モデル

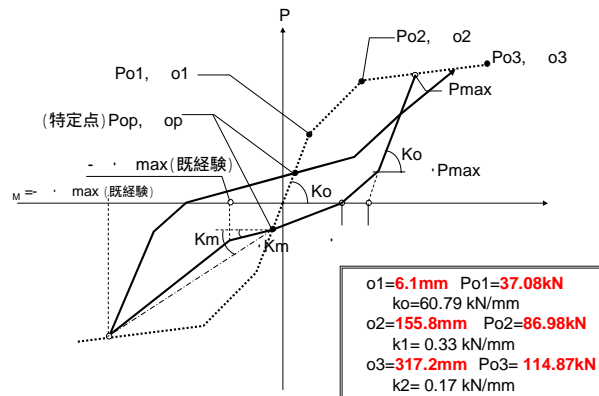


図 3 柱補強試験体用提案モデル

## 2. 地震動的解析結果

図 4、表 3 に地震動的解析結果を示す。参考までに限界状態設計用学会モデルによる動的解析応答結果によると、すべての地震波で機能限界を超えた。しかし柱補強試験体提案モデルで解析を行うとすべての地震波で機能限界以内に収まった。両モデルの応答結果を比較すると柱補強試験体提案モデルは限界状態設計用学会モデルの 0.72 倍程度であった。

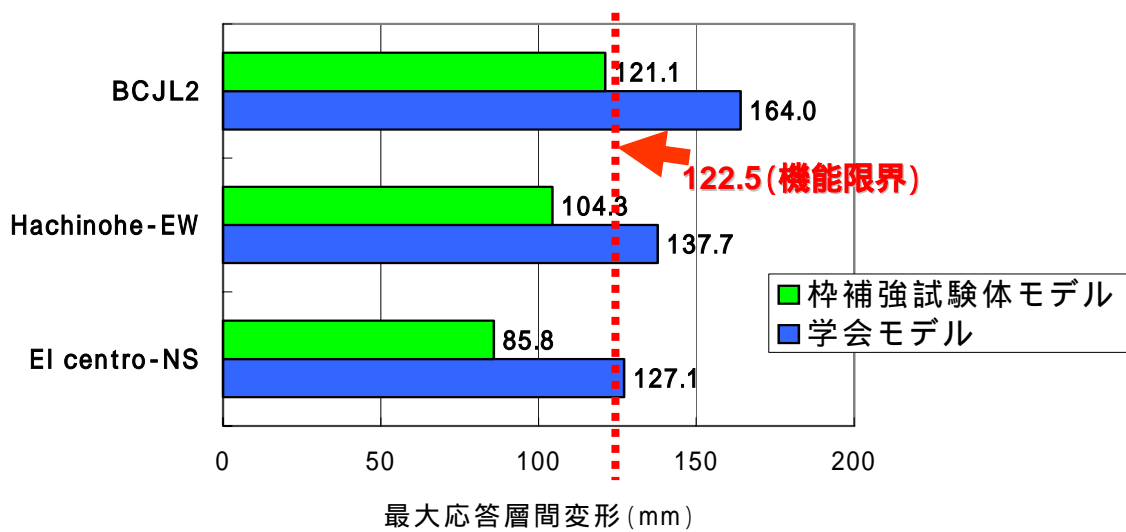


図4 解析結果

表3 解析結果まとめ (単位: mm)

地震波名	学会モデル	枠補強試験体モデル	/
El centro-NS	127.1	85.8	0.68
Hachinohe-EW	137.7	104.3	0.76
BCJ-L2	164	121.1	0.74

Ave 0.72

### 3. 結論

構造実験結果に即した復元力特性(枠補強試験体提案モデル)を設定することができた。また復元力特性を設定できたことで、地震動的解析を行い、当該建物の耐震性能を検証することができた。その結果、参考までに限界状態設計用学会モデルによる動的解析応答結果は、すべてのレベル2地震波で機能限界を超えた。また枠補強試験体提案モデルで解析を行うと、すべての地震波で機能限界以内に収まった。両モデルの応答結果を比較すると枠補強試験体提案モデルは安全率を見ている限界状態設計用学会モデルの0.72倍程度であった。以上より現況の偕行社のフレームに、膠接着による枠補強を行うことで機能性を確保することが出来るのではないかと評価した。

**Abstract**  
**An Evaluation of Seismic Performance of the Old Wooden Building  
Due to Earthquake Response Analysis Using Developed Precise  
Mathematical Models from the Full Scale Planar Tests  
- from "Zentsuji Kaikosha" Full Scale Planar Tests -**

1085516  
Kokoro Mashima

Infrastructure Systems Engineering Course  
Department of Engineering  
Graduate School of Engineering  
Kochi University of Technology

In the past earthquakes, especially in Hyogo-ken Nanbu earthquake, many people died due to the collapse of wooden buildings. Also wooden buildings and important wooden building such as temples, were collapsed. So it is important to prevent the collapse of wooden buildings. Cultural affairs agency Japanese government tries to support the system for seismic retrofitting for the important wooden buildings. However such design guidelines were not established. In 2001, Zentsuji Kaikosha constructed 1903 is specified as one of the most important buildings by Japanese Government. So this important building was to be designed its strengthening. For such strengthening design, full scale model planar frames were devised as strengthening methodology.

In the joint parts of wooden frames the glue was adopted considering as Japanese traditional manner. And static loading tests were done for full scale wooden frame test specimens in order to improve the seismic performance. Three test specimens were constructed. one was the prototype specimen without retrofitting and the others were specimens with two types of retrofitting. The structural test of these specimens reveals that the proposed seismic retrofitting technique was very effective in terms of strength and energy dissipations.

This paper proposes the mathematical modeling of restoring force characteristics based on the test results of utilizing "Zentsuji Kaikosha" full scale model tests. Further the dynamic response analysis was discussed for the suitability of the proposed mathematical modeling to the existing evaluation method on the point of estimated response story drift due to the giant level earthquake inputs. Through this discussion the bond performance of glue was also surveyed due to temperature conditions.

Existing evaluation methods showed larger story drift than that by the proposed method. It seemed to be clear that viscose damping factors and hysteretic damping actors should be carefully surveyed in details.