

## 木造制振住宅のフレーム解析モデルの構築と振動台実験に基づく検証

## その 1 木材を斜材に利用した場合のフレーム解析モデルの構築

木造住宅      制振構造      粘弾性ダンパー  
斜材接合部    要素実験      フレームモデル

正会員 ○加藤 惇<sup>\*1</sup> 同 青木拓哉<sup>\*2</sup> 同 佐藤利昭<sup>\*3</sup>  
同 真崎雄一<sup>\*4</sup> 同 井口道雄<sup>\*5</sup> 同 肥田剛典<sup>\*6</sup>  
同 永野正行<sup>\*7</sup>

## 1. はじめに

筆者らは、木造住宅用に開発された粘弾性制振装置について、動的挙動の把握を目的としたフレーム解析モデルの構築と検証を行ってきた<sup>1), 2)</sup>。本報では鋼材パイプの代わりに、斜材に木材を利用した制振装置<sup>3)</sup>を対象に、接合部の要素実験に基づき解析モデルを構築し、擬似動的加振時のエネルギー吸収性能を評価した結果について述べる。

## 2. 既報の検討結果

## 2.1 粘弾性制振装置の概要

既報でモデル化した粘弾性制振装置は、図 1 に概要を示すような鋼材パイプをダイヤモンド形状に配し、それらの上下頂点に粘弾性体を組み込んだ制振金物を取り付けたもので、金物内部の粘弾性体にせん断変形を与えることにより、エネルギー吸収効果を期待したものである。

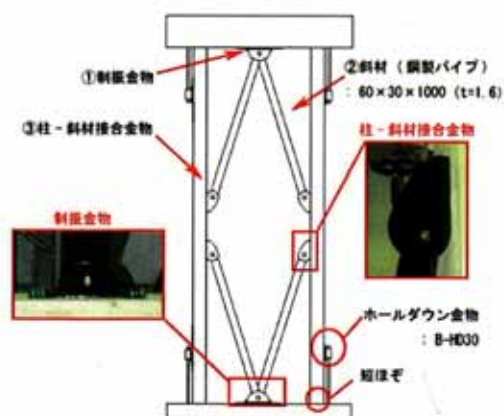


図 1 既報でモデル化した制振装置の概要

制振装置の基本的な性能は、擬似動的加振実験によって把握しており、表 1 に示すように、試験では最大で 1/15 rad. の大変形領域まで性能を確認している。

表 1 擬似動的加振実験の加振スケジュール

試験順	1	2	3	4	5
振動数 [Hz]	2.0	1.0	0.5	0.25	0.125
目標層間変形角 [rad.]	1/240	1/120	1/60	1/30	1/15

## 2.2 フレーム解析モデル

図 1 に示した 1 スパンの試験体と対応する解析モデルとして、図 2 に示すようなフレーム解析モデルを作成した。図 2 に示す解析モデルでは、各種の接合部の特性を、すべ

て要素実験の結果より定めている。以降では、制振装置の斜材が鋼材パイプではなく、木材である場合の性能を推定するため、類似の要素実験を木材との接合部に対して実施し、両者の差異を把握してモデル化を行う。

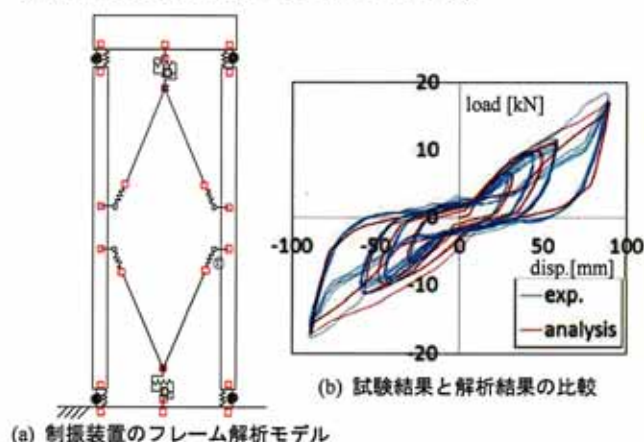


図 2 制振装置を含む木造組架構のフレーム解析の概要

## 3. 木材接合部の要素実験とモデル化

## 3.1 要素実験の概要

要素実験は、木材の集成材に 2 枚の鋼板を 1 枚あたり 7 本のビスで接合した試験体による一面せん断試験である。図 3 に実験の概要をまとめて示す。

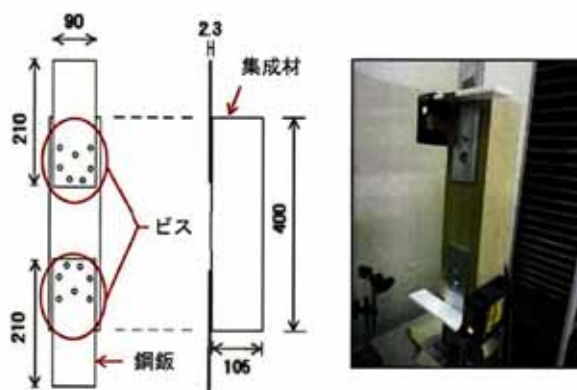


図 3 木材接合部の要素実験概要

要素実験に使用した材料は、その 2 で述べる振動台実験の試験体仕様と対応するもので、集成材：105×105 (E105-F300)、ビス：YD-N60、鋼板：亜鉛メッキ鋼板 (t=2.3)

である。試験は、変位制御の単調引張で、試験体両端の鋼板を治具で挟み込むことで実施した。目標変位は7段階設定し、各目標変位に到達した時点から除荷を行い、1つの目標変位に対して3サイクルの試験を実施した。

### 3.2 接合部のモデル化

これら要素実験で得られた接合部の荷重-変形関係は、処女載荷曲線を式(1)で補間した他、履歴則には Bouc-Wen モデル<sup>4)</sup>の規範を基に、式(2)で評価した。

$$f = -16.472x^2 + 42.143x + 1.2981 \quad (1)$$

$$\dot{f} = A\dot{x} - \gamma|f|\dot{x} \quad (2)$$

式(2)で、 $f$ ：荷重、 $x$ ：変位を意味し、 $A$ が初期剛性、 $\gamma$ が逆S字形状を表現するパラメタで、パラメタの同定には Nelder-Mead 法<sup>5)</sup>を用いた。図4に、式(1)および(2)によって作成したモデルを、実験結果と比較して示す。なお、式(2)のパラメタは、変形レベル毎に同定しており、以降の検討では、図5に示すように、変位を変数とした指数関数に回帰した結果を解析に用いている。

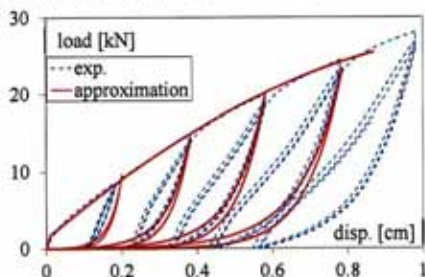


図4 斜材接合部の荷重-変形関係

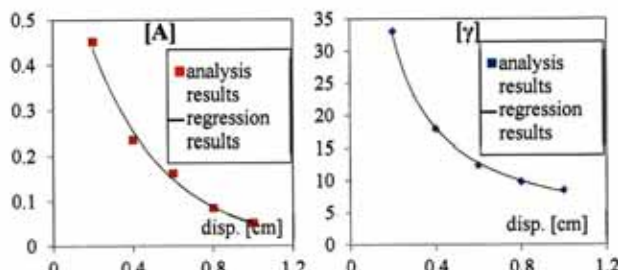


図5 パラメタの回帰結果

### 4. 鋼製パイプと木材の比較

以上に示した解析モデルの妥当性は、本報その2で振動台実験に対するシミュレーション解析を通して検討することとし、ここでは事前に実施した、鋼製パイプと木材の差異によるエネルギー吸収量の変化に着目する。図2(b)に結果を示した解析と同様の条件を用い、斜材を木材に、

斜材接合部を先のモデルに変更した解析結果として、図6に履歴曲線、図7にエネルギー吸収量によって鋼製パイプと木材の性能を比較した結果を示す。

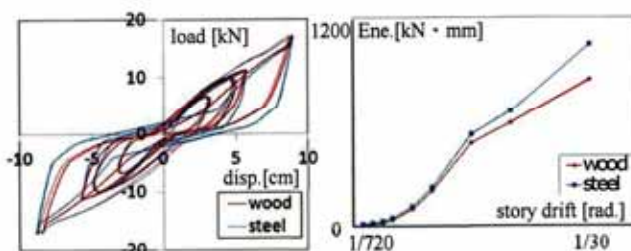


図6 履歴曲線による比較 図7 エネルギー吸収量の比較

図6および図7より、大変形時には、斜材を木材に変更した場合の方が、エネルギー吸収量が若干低下する様子が窺えるが、両者の性能は概ね等しいと考えられる。以上から、斜材接合部の特性がエネルギー吸収性能に与える影響は小さいと判断される。

### 5. まとめ

本報では、既報で検討してきた粘弾性制振装置のフレーム解析モデルを基に、斜材を鋼製パイプから木材に変更したときの制振装置のモデル化に関する検討を行った。得られた知見は、次の通りである。

- 1) 制振装置を構成する斜材を、鋼製パイプから木材に変更した場合について検討し、新たに木材の接合部に対する要素実験の結果が、Bouc-Wenモデルを基に評価できることを確認した。
- 2) 要素実験の結果を基に作成したモデルによって、鋼製パイプと木材の差異を考慮した解析では、大変形領域を除き、概ね同程度の性能を保持していることを確認した。

### 謝辞

本研究(その1、その2)は、GVA 友の会会員各位の多大な協力の基に行われた。また、実験の実施にあたり、(株)住宅構造研究所に多くの便宜を頂いた。記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 青木拓哉, 永野正行, 佐藤利昭, 真崎雄一, 井口道雄: 粘弾性制振装置を付与した木造軸組架構の擬似動的解析による性能評価, 日本建築学会技術報告集, 第38号, pp165-170, 2012. 2
- 2) 青木拓哉, 佐藤利昭, 永野正行: 粘弾性制振装置を付与した木造軸組架構のフレームモデルによる応力解析, 日本建築学会関東支部研究報告, CD-R, 2012. 3
- 3) 佐藤利昭, 真崎雄一, 井口道雄: 振動台実験に基づく木造軸組構法用制振装置の性能評価, 日本建築学会技術報告集, 第26号, pp545-550, 2007. 12
- 4) Wen, Y. K.: Method for Random Vibration of Hysteretic Systems, Journal of The Engineering Mechanics Division, ASCE, 102(2), pp249-263, 1976
- 5) Nelder, J. A. and Mead, R.: A simplex method for function minimization, Oxford, Computer Journal, vol. 7, pp308-313, 1965.

\*1 東京理科大学大学院 修士課程  
\*2 日立機材(株), 修士(工学)  
\*3 東京理科大学 PD 研究員, 博士(工学)  
\*4 (有)MASA 建築構造設計室 代表取締役  
\*5 東京理科大学 名誉教授, 博士(工学)  
\*6 東京理科大学 助教, 博士(工学)  
\*7 東京理科大学 教授, 博士(工学)

\*1 Graduate Student, Tokyo University of Science  
\*2 Hitachi Metals Techno, Ltd., M. Eng.  
\*3 Postdoctoral Fellow, Tokyo University of Science, Dr. Eng.  
\*4 Director, MASA Architectural Design Bureau  
\*5 Prof. Emeritus, Tokyo University of Science, Dr. Eng.  
\*6 Assist. Prof., Tokyo University of science, Dr. Eng.  
\*7 Prof., Tokyo University of Science, Dr. Eng.