

木造軸組構法における制振構造の研究

一粘弾性制振装置を含む架構の静的解析モデル (その1) -
木造住宅 制振構造 粘弾性ダンパー

正会員 ○真崎雄一*1 同 佐藤利昭*2
同 井口道雄*3

1. はじめに

既報^{1)~4)}では、木造住宅用に開発した粘弾性制振装置の動的挙動に焦点をあて、実験と解析の両面からその性能を検証してきた。これに対し、制振装置を含む架構の耐震安全性を許容応力度計算によって確認しようとする場合、軸組架構と制振装置それぞれの静的解析モデルを適切に構築し、それを基に安全性の検討を行う必要がある。

本報 (その1) では、柱-梁の軸組架構の静的解析モデルを構築するため、まずホールダウン金物を含む接合部のみの要素実験を行い、接合部の力学特性を求める。つぎに、その特性を基に軸組架構の応力解析モデルを作成し、応力解析結果と軸組架構に対する擬似動的加振試験の結果を比較し、その妥当性を検証した結果について述べる。

2. 柱-梁接合部の回転ばね特性

2.1 接合部の要素実験 接合金物を含めた柱-梁接合部に関する研究は少なく^(例えば 5)、短期許容耐力が異なるホールダウン金物の回転剛性について論じた研究は殆どない。そこで本研究では、制振装置の標準仕様であるホールダウン金物 B-HD30 を片側に取り付けた柱-梁接合部に対する擬似動的加振試験を行い、その特性を実験的に求めることにした。実験の概要と試験体図を図1に示す。

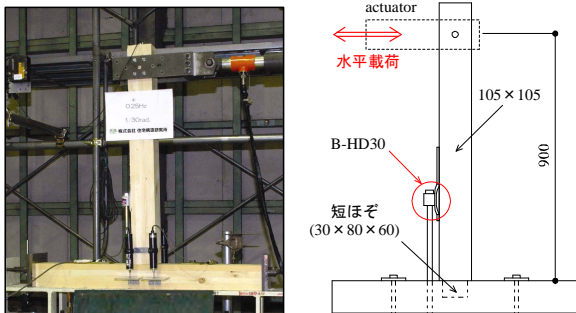


図1 接合部要素実験の実験写真と試験体

試験は、試験体頂部に取り付けた高速アクチュエータにより水平方向に変位制御加振を行い、柱の四隅の鉛直変位と加振位置における水平変位および加振力を計測した。表1に強制的に与えた目標層間変形角と加振振動数を、図2に表1の各試験に対応する加振履歴を示す。

表1 加振振動数と目標層間変形角

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

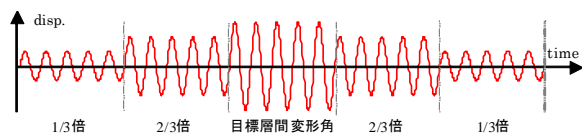


図2 加振履歴 (表1の各試験と対応)

2.2 接合部の履歴特性とそのモデル化 試験結果として得られた各目標層間変形角における履歴曲線 (M-θ 関係) とそれを基に抽出した骨格曲線を図3(a), (b)に示す。

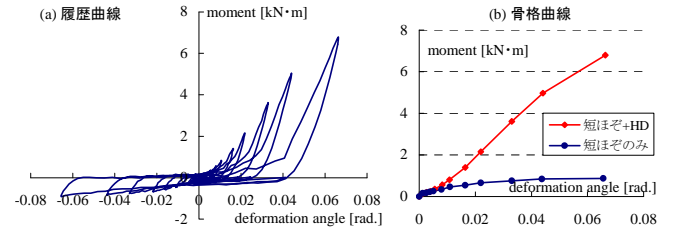


図3 接合部要素実験結果

図3(a)右側の正側履歴は、図1の試験体に対して右方向に力を作用させた時の特性を表し、短ほぞとホールダウン金物両者の特性が現れる。これに対し、図3(a)左側の負側履歴は、短ほぞのみの特性を表す。図3(b)は、それぞれの結果をまとめたものである。

図3(b)より、短ほぞのみの回転剛性は、回転角の増加に対して低下傾向を示すのに対し、ホールダウン金物が引張力を負担する場合のモーメント-回転角関係はほぼ線形で、回転剛性の低下は認められない。

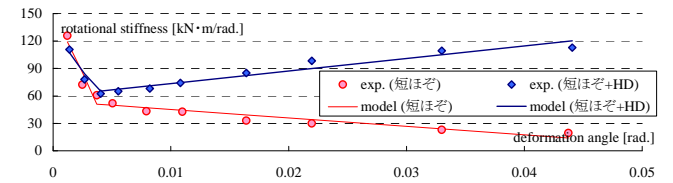


図4 柱-梁接合部の回転ばね特性

図4は、図3(b)に示す試験結果を、割線剛性と回転角の関係に表現し直したもので、折れ線で直線回帰した結果も同時に示してある。後述する軸組架構の静的解析では、この回帰した結果を用いている。

3. 軸組架構の擬似動的加振実験

ホールダウン金物 B-HD30 を配した軸組架構に対する擬似動的加振実験を実施した。試験体概要を図5に示す。

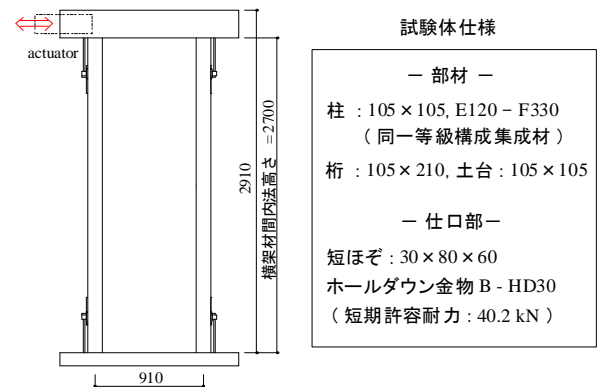


図5 架構の擬似動的加振実験概要

加振方法は、前述の柱-梁接合部に対する要素実験と同一で、表 1 に示す目標層間変形角に横架材間内法高さ 2700 mm を乗じた変形量を架構頂部の水平変位とした。試験結果として得られた骨格曲線を図 6 に示す。

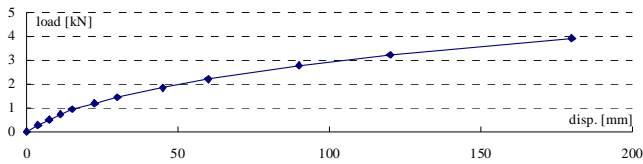


図 6 骨格曲線 (1 スパンの軸組架構)

実験ではこの他、左右柱脚の鉛直変位を計測した。図 7 に左方向に加力した際の試験体写真と、計測結果を基に作図した架構の変形状態を示す。

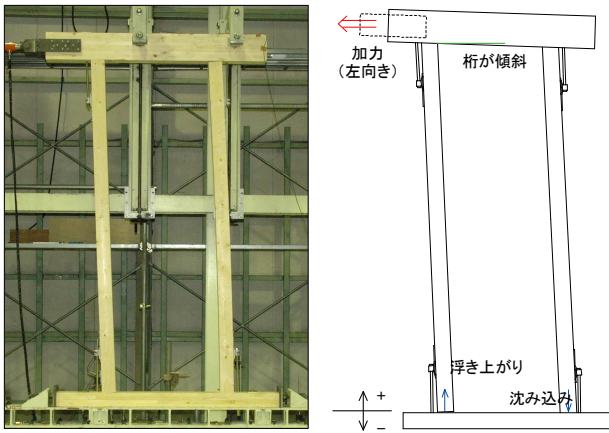


図 7 架構の試験体写真と柱脚部の変形状態

図 7 に示すように、試験体を左方向に加力した時、わずかであるが、圧縮側柱の脚部が浮き上がり、引張側に沈み込みの変位が生じるという不自然な挙動を示した。この理由は明確ではないが、加力方向が水平でなかった可能性がある。表 2 に、各層間変形角における右柱中心軸での鉛直変位の計測結果を示す。

表 2 層間変形角と右柱中央の鉛直変位

層間変形角 [rad.]	1/720	1/360	1/240	1/180	1/120	1/90
鉛直変位 [mm]	-0.1	-0.2	-0.3	-0.35	-0.4	-0.45
層間変形角 [rad.]	1/60	1/45	1/30	1/22.5	1/15	
鉛直変位 [mm]	-0.45	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	

以上の結果から、図 6 の試験結果には、柱脚部の浮き上がり・沈み込みの影響が含まれていると考えられる。したがって、次節に示す軸組架構の静的解析と実験結果との照査では、架構の水平変位の計算値に対し、柱脚部の鉛直変位の影響分を補正して比較している。

4. 軸組架構のモデル化と静的解析

上記の加振実験を実施した軸組架構に対応する静的解析モデルとして、図 8 に示す力学モデルを作成した。図 8 に示すように、このモデルでは柱-梁接合部の特性を非線形回転ばねで、柱を弾性体で表現した。仕口部の回転剛

性には、要素実験の結果より算定した図 4 の各特性を与え、柱の定数にはヤング係数 $E = 12 \text{ kN/mm}^2$ 、断面 2 次モーメント $I = (105)^4 / 12 \text{ mm}^4$ を採用した。

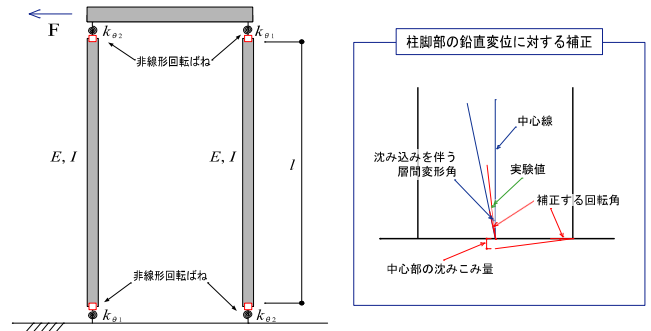


図 8 応力解析モデルと計算結果の補正方法

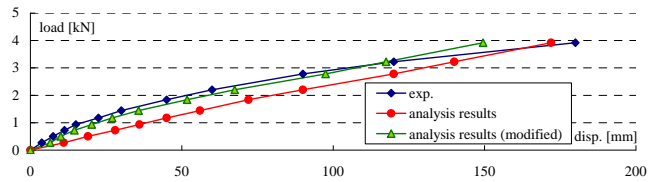


図 9 実験値と計算結果の比較

図 9 には、加振実験の各荷重レベルを入力として、図 8 の力学モデルによって架構頂部の水平変位を計算した結果が示してある。また同図には、図 8 に示した補正方法に従い、柱脚部の鉛直変位を考慮した結果も同時に示してある。図 9 より、補正結果と実験値は概ね良く対応しており、力学モデルの妥当性が認められたといえる。

5. まとめ

本研究では、軸組架構の静的解析モデルを構築するため、柱-梁接合部の要素実験および軸組架構の擬似動的加振実験を行い、それらを基に力学モデルの妥当性を検証した。特に、軸組架構の荷重-変形曲線は、柱-梁接合部のみの特性に支配され、接合金物の影響を含めて回転剛性を適切に評価することにより、全体架構の変形状態を精度良く推定できることを示した。

—謝辞— 本研究は GVA 友の会関係各位の多大な協力のもとに実施された。また、実験の実施にあたり、(株) 住宅構造研究所より多くの便宜を戴いた。記して謝意を表します。

—参考文献—

- 1) 佐藤利昭他：木造軸組構法における制振構造の研究—実大試験結果に基づく構造要素特性の抽出—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), C1 (22154), PP307~308, 2006.9
- 2) 佐藤利昭他：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
- 3) 佐藤利昭他：木造軸組構法における制振構造の研究—粘弾性制振装置のモデル化に関する検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), C1 (22096), PP191~192, 2008.9
- 4) SATO, T., et al. : Progressive Construction of Hysteresis Models for Woodframe Houses with Visco-Elastic Structural Control Devices, 10th World Conference on Timber Engineering, CD-R, 2008. 6
- 5) 鈴木久美子他：木造住宅軸組仕口部の繰り返し曲げ実験と履歴曲線のモデル化, 日本建築学会近畿支部研究報告集(2029), PP113~116, 2002. 5

*1: (有) MASA 建築構造設計室, 代表取締役
 *2: (有) MASA 建築構造設計室, 技術主任
 東京大学大学院, 博士課程, 工修
 *3: 東京理科大学 名誉教授, 工博

Director, Masa Architectural Design Bureau
 Technological Chief, Masa Architectural Design Bureau,
 Graduate Student, The University of Tokyo M. Eng.
 Prof. Emeritus, Tokyo University of Science Dr. Eng.