

制振装置を含む木造軸組架構の構造性能評価

その1 粘弾性制振装置を含む軸組架構の応力解析

木造住宅 制振構造 粘弾性ダンパー

1. はじめに

既報^{1), 2), 3)}では、木造住宅用に開発した粘弾性制振装置の動的挙動を実験と解析の両面から検討した他、その特性を構造計算に反映させるため、装置を含む軸組架構の静的解析モデルに関する検討を行った。本報では、既報の静的解析モデルで適切に評価できなかった、柱 - 横架材接合部の鉛直変形を考慮できるようにモデルを改良し、その妥当性を実験結果との比較によって検証した結果と、モデルを用いて行った数値実験の結果について述べる。

2. 加振実験のシミュレーション解析

2.1 粘弾性制振装置の概要 本研究で検討する粘弾性制振装置は、粘弾性体を内蔵した制振金物、ダイヤモンド形状の斜材、柱 - 斜材接合金物の合計3種類の部材で構成され、装置が付帯する柱にはホールダウン金物B-HD30が設置される。図1に装置の概要を示す。なお、の制振金物には、粘弾性体(180 mm×60 mm×5 mm)が2枚内蔵され、その可動範囲は左右それぞれ15 mmである。

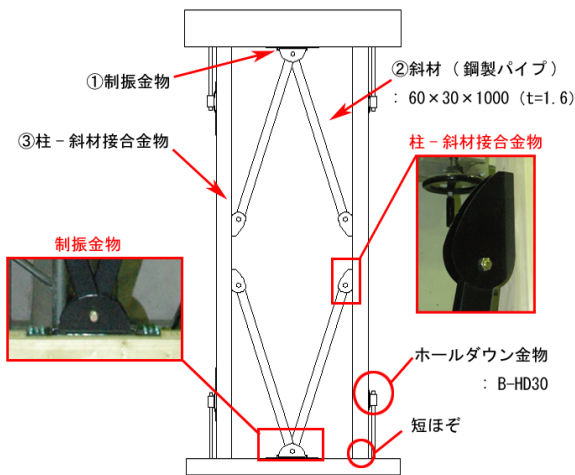


図1 粘弾性制振装置を組み込んだ架構の概要図

2.2 擬似動的加振実験 図1に示した粘弾性制振装置を含む1スパンの軸組架構を試験体とし、その頂部の横架材に高速アクチュエータを取り付け、擬似動的加振実験を実施した。試験体では、柱間隔: 910 mm, 横架材間内法高さ: 2600 mmとし、柱に105×105の同一等級構成集成材E95-F315を使用した。加振方法は、加振振動数と目標層間変形角を変化させた変位制御加振で、表1に加振スケジュールを、図2に表1の各試験と対応した加振履歴を示す。計測は、加振力と横架材の水平変位の外、粘弾性体のせん断変形量と柱脚部の鉛直変位も同時に計測した。

表1 加振振動数と目標層間変形角

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

正会員 青木拓哉*¹ 同 佐藤利昭*² 同 真崎雄一*³
同 井口道雄*⁴ 同 永野正行*⁵

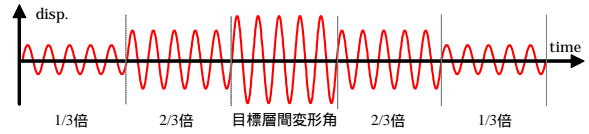
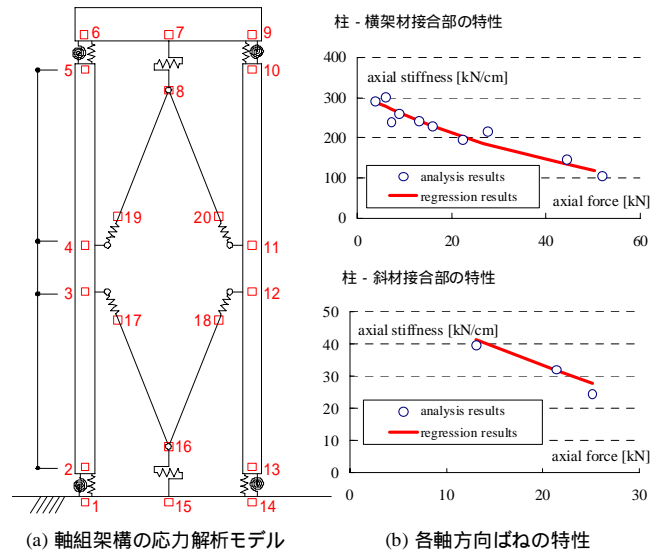


図2 加振履歴(表1の各試験と対応)

2.3 応力解析モデル 図3(a)に、粘弾性制振装置を含む軸組架構の応力解析モデルを示す。図中の1~20は節点番号、~は部材番号を表す。同図に示すように、本研究では、制振金物に内蔵された粘弾性体の特性を等価せん断ばねで、柱 - 横架材接合部の特性を回転ばねと軸方向ばねで評価し、さらに斜材接合部のボルト孔周辺に生じる損傷を表現するため、斜材の一端に軸方向ばねを設定した。



(a) 軸組架構の応力解析モデル (b) 各軸方向ばねの特性

図3 粘弾性制振装置を含む軸組架構の応力解析モデル

図3(b)には、柱 - 横架材接合部と柱 - 斜材接合部に設定した軸方向ばねの特性が示してある。これらの特性は、実験で計測された各部の変形量とモデルの計算結果が整合するように、収斂計算によって同定した。同図には、各計算結果を指数関数もしくは直線で回帰した結果も同時に示してあり、これらの回帰結果を以降の計算では用いる。

2.4 シミュレーション解析による検証 モデルの妥当性を検証するため、図4に加振実験の結果を基に算定した骨格曲線と計算結果を、図5に各部の計測結果と計算結果を比較した結果を示す。なお、図4には、各軸方向ばねを考慮していない場合の計算結果も、参考として示してある。

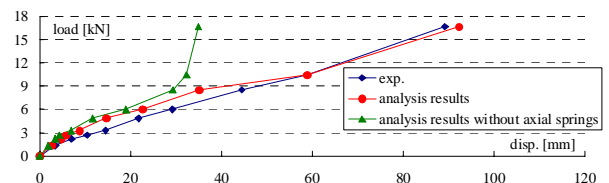


図4 骨格曲線による試験結果と計算結果の比較

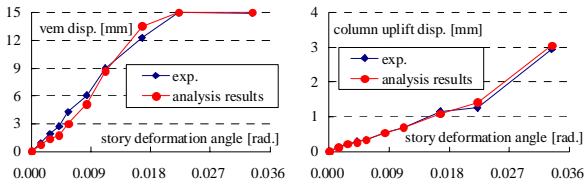


図5 粘弾性体の水平変位と柱の浮き上がり量の比較

図4, 5より, 計算結果は試験結果と概ねよく対応しており, 本モデルの妥当性が認められる。また図4より, 各接合部に設定した軸方向ばねは, 荷重 - 変形関係に大きな影響を与えることから, 軸組架構をモデル化する上で, これらを適切に評価することの重要性が示唆される。

3. 軸組架構の応力解析

3.1 検討内容 木造住宅は個別性が高く, その規模, 構成部材も様々であり, 制振装置が上記の試験と異なる条件下に設置されることも考慮しておく必要がある。本節では, 制振装置の設置に関して二種類の変動条件を設定し, 個々の条件下における制振装置の性能を検討する。

3.2 斜材の取り付け位置による違い 階高や部材せい等の変動に伴い, 制振装置の柱 - 斜材接合部の位置に差異が生じることを想定し, 試験時における斜材の取り付け位置 (± 0 cm) を基準に, その間隔を 10 cm, 20 cm 上げた解析モデルを作成して検討を行った。図6に各モデルの骨格曲線を, 図7に最大荷重 (16.72 kN) を入力した時の各モデルの曲げモーメント分布を比較した結果を示す。

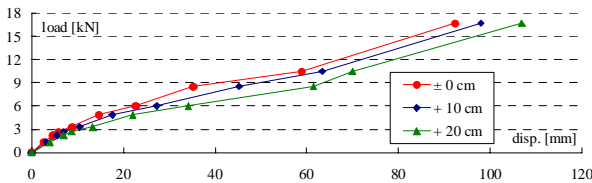


図6 斜材の取り付け位置による骨格曲線の違い

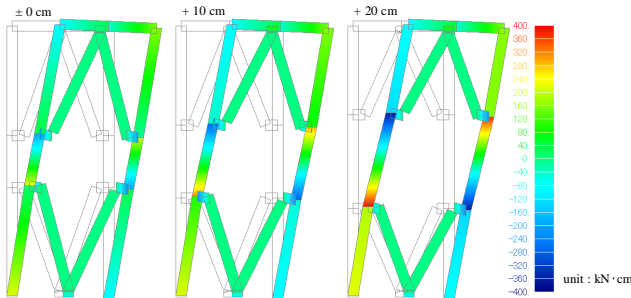


図7 斜材の取り付け位置による曲げモーメント分布の違い

図6より, 本制振装置は, 柱 - 斜材接合部の間隔の拡大に伴い, 負担水平力が低下する傾向にある。この要因は, 図7に示す曲げモーメント分布に, 柱 - 斜材接合部の距離が離れるほど, 柱の接合部周辺に生じる曲げモーメントの増加が認められることから, 柱の曲げ剛性の影響が履歴特性に現れた結果と推察される。

- *1: 東京理科大学大学院 修士課程
- *2: 東京大学大学院 博士課程, 工修
日本学術振興会 特別研究員 (DC)
- *3: (有) MASA 建築構造設計室 代表取締役
- *4: 東京理科大学 名誉教授, 工博
- *5: 東京理科大学 教授, 工博

3.2 周辺温度の変動による違い 制振金物に内蔵された粘弾性体は, 温度の影響を強く受けるため, 温度の変動に伴う応力状態の変化を検討する。ここでは, 試験時の周辺温度 (13) を基準に, 0 と 26 に周辺温度を設定した。図8に各設定温度時の骨格曲線を, 図9に層間変形角 1/120 rad. 時の曲げモーメント分布を比較した結果を示す。なお, 温度の影響は, 既報³⁾と同様に粘弾性体の特性を表す等価せん断ばねの剛性を変化させて評価している。

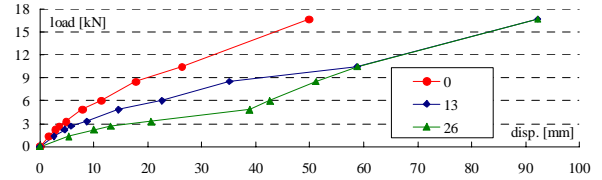


図8 周辺温度の影響による骨格曲線の違い

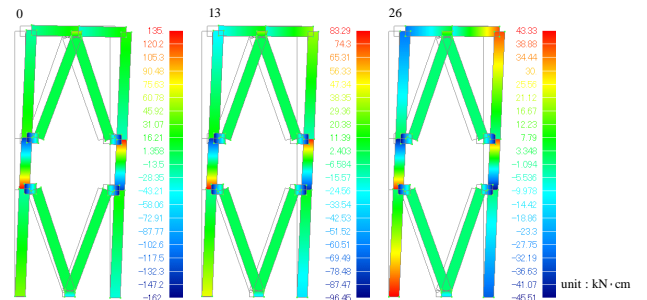


図9 周辺温度の影響による曲げモーメント分布の違い

図8, 9より, 周辺温度の変動により, 負担水平力と応力分布に大きな相違が認められる。したがって, 各部の設計において, これらの条件を考慮する必要性が示唆される。

4. まとめ

本研究では, 粘弾性制振装置を含む軸組架構の静的解析モデルを作成し, その妥当性を検証した他, そのモデルによる数値実験を行った。得られた知見は次の通りである。

- 1) 制振装置を含む軸組架構は, 制振金物の特性を等価せん断ばねで, 柱 - 横架材接合部の特性を回転ばねと軸方向ばねで評価することで, 精度の良い解析モデルが構築できることを示した。
- 2) 斜材の取り付け位置と周辺温度を変化させた数値実験の結果より, 個々の条件下における軸組架構の応力分布に差異が認められたため, 各部の設計において, これらの条件を適切に考慮する必要があることを確認した。

- 参考文献 -

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 佐藤利昭他: 木造軸組構法における制振構造の研究 - 粘弾性制振装置を含む架構の静的解析モデル その2 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), C-1 (22238), PP475-476, 2009. 9

Graduate Student, Tokyo University of Science
Graduate Student, The University of Tokyo, M. Eng.
JSPS Research Fellow
Director, Masa Architectural Design Bureau
Prof. Emeritus, Tokyo University of Science, Dr. Eng.
Prof., Tokyo University of Science, Dr. Eng.