

粘弾性制振装置を付加した1層木造軸組架構の振動実験による性能評価

○ 渡邊藤一郎¹⁾・肥田剛典²⁾・佐藤利昭²⁾・加藤惇³⁾・真崎雄一⁴⁾・御子柴正⁵⁾・井口道雄⁶⁾・永野正行⁷⁾

- 1) 学生会員 東京理科大学 理工学部建築学科, 千葉県野田市山崎2641, e-mail : j7110130@ed.tus.ac.jp
- 2) 正会員 東京理科大学 助教 博士 (工学)
- 3) 学生会員 東京理科大学大学院 修士課程
- 4) 正会員 (有) MASA 建築構造設計室 代表取締役
- 5) 防災科学技術研究所 主任研究員
- 6) 東京理科大学 名誉教授 工学博士
- 7) 正会員 東京理科大学 教授 博士 (工学)

1. はじめに

著者らはこれまで、木造住宅用の粘弾性制振装置を開発し、実験的評価¹⁾やフレーム解析モデルの構築及び時刻歴応答解析²⁾によって、本制振装置の性能を検討してきた。

本報では、1層木造軸組架構を基本とし、2種類の粘弾性制振装置を付加した試験体2体と、従来の耐震要素である筋交いを配した試験体1体を対象として実施した振動台実験から、本制振装置の性能を検討する。

2. 実験概要

実験は防災科学技術研究所の大型振動台を用いて2013年1月と8月に行った。試験体の立面図を図1に示す。試験体は、木製の筋交いを配した試験体(以下、Braceと記す)、ダイヤモンド形状に組んだ鋼製斜材の上下頂点に、粘弾性体を内蔵した制振金物を配した粘弾性制振装置(以下、GVA30と記す)および斜材部分を木製(以下、GVA90と記す)とした試

験体の計3体である。試験体頂部には4tの錘を設置した。試験に用いた入力地震波は、建築センター波(BCJ-Lv.1,2)およびJMA-KOBE(1995年兵庫県南部地震・神戸海洋気象台記録)NS成分で、各地震波入力の前後にSTEP波加振を実施している。表1に加振スケジュールを示す。

3. 実験結果

BCJ Lv.2およびJMA Kobe入力時における各試験体頂部と振動台の加速度時刻歴波形を図2,3にそれぞれ示す。また、図4には、Step波加振時と各地震波入力時の1次固有振動数を、図5には各地震波入力時の最大層間変形を試験体毎に示す。図2,3より、両地震波入力時において、Braceの応答加速度が最も大きいことが確認できる。また、GVA30の最大加速度は、BCJ Lv.2、JMA Kobe入力時ではGVA90より小さい。1次固有振動数は、入力レベルの増加に伴ってすべての試験体で低下する傾向が確認された。BraceはBCJ Lv.2、JMA Kobe入力後に固有振動数が

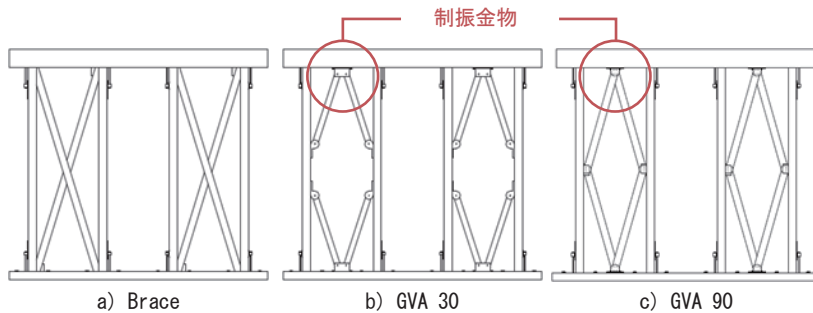


図1 試験体

表1 加振スケジュール

加振内容	レベルと設定
STEP波	0.025Hz: ±0.5mm
BCJ Lv.1(50%)	最大加速度: 103.5[gal]
STEP波	0.025Hz: ±0.5mm
BCJ Lv.1	最大加速度: 207[gal]
STEP波	0.025Hz: ±0.5mm
BCJ Lv.2	最大加速度: 356[gal]
STEP波	0.025Hz: ±0.5mm
JMA Kobe NS(原波)	最大加速度: [818gal]
STEP波	0.025Hz: ±0.5mm

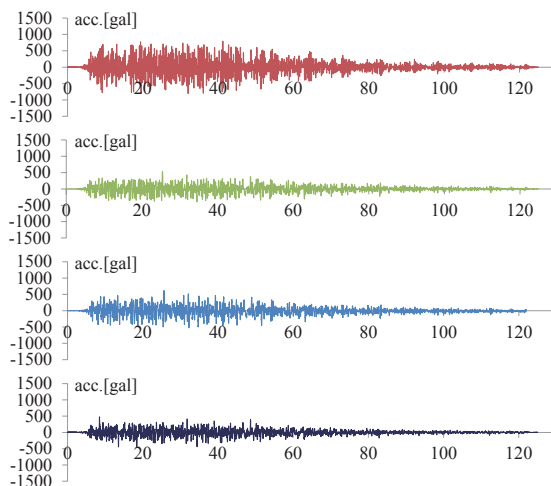


図2 加速度時刻歴波形 (BCJ Lv.2)

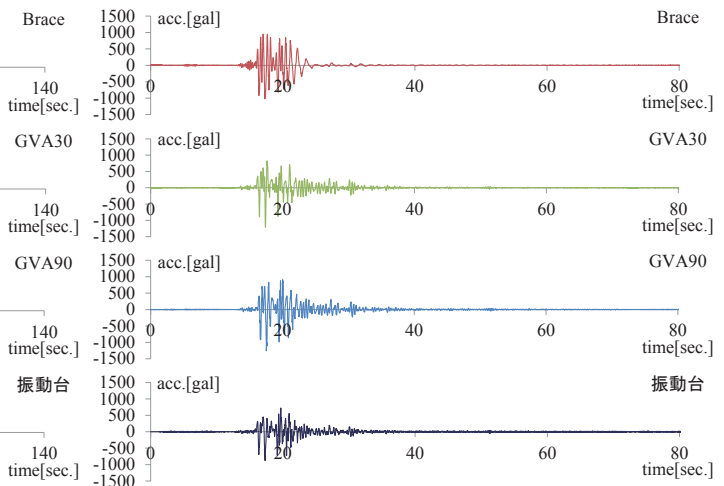


図3 加速度時刻歴波形 (JMA Kobe)

大きく低下している。また図 5 より、Brace の最大加速度は徐々に増加し、最大層間変位は筋かい部の座屈破壊により JMA Kobe 加振時に急激に大きくなる。JMA Kobe 入力後の GVA30、GVA90 は接合金物の浮き、粘弾性体のはがれ、斜材下部の破損が見られ(図 6)、これらの損傷が固有振動数の低下の一因となったと考えられる。

4. システム同定に基づく損傷評価

本章では、BCJ_Lv2, JMA Kobe波入力時に着目し、部分空間法によるシステム同定手法を用いて、固有振動数および減衰定数の経時変化について検討する。同定手法にはMOESP (Multivariable Output-Error State Space) 法³⁾を用いた。2秒の時間区間ごとに同定を行い、ブロックハンケル行列のブロック行数は20、システム次数は2とした。BCJ Lv.2, JMA Kobe波入力時の層間変位と固有振動数および減衰定数の関係を図7(a), (b)にそれぞれ示す。なお、同図(b)には損傷限界(1/120rad.)および安全限界(1/30rad.)の層間変位を併せて示す。

両地震波入力時において、層間変位の増大に伴って固有振動数が低下し減衰定数が高くなり、振幅依存性が認められる。BCJ Lv.2入力時におけるGVA30およびGVA90の固有振動数は加振開始直後には4Hz程度であるが、層間変位の増大に伴い3Hz程度まで低下し、揺れが収まるにつれ徐々に3.5Hz程度まで回復する。BCJ Lv.2入力時におけるBraceの固有振動数はGVA30およびGVA90より高い。JMA Kobe入力時には層間変位の増大に伴って急激に低下し、1Hz程度となり回復しない。Braceの減衰定数はGVA30およびGVA90より1/2~1/3程度低い。GVA30の減衰定数はGVA90よりやや大きく、JMA Kobe入力時には最大で25%程度に達する。一方、GVA30の最大層間変位はGVA90より2.5cm

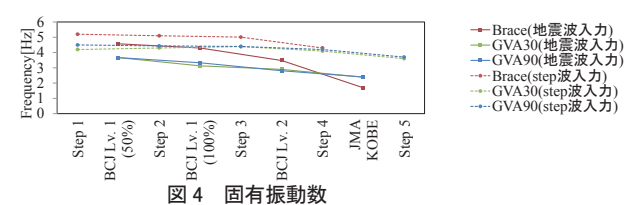


図4 固有振動数

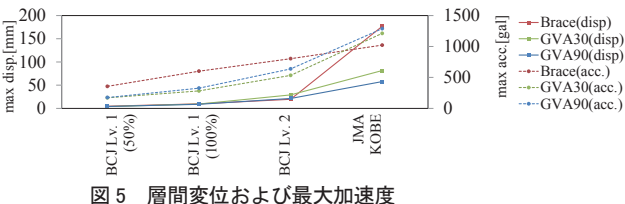


図5 層間変位および最大加速度



図6 試験体の損傷観察

ほど大きい。JMA Kobe入力時において、GVA30はほぼ安全限界に達しているが、一方でGVA90はその2/3にとどまっている。以上よりGVA30では減衰効果の向上が、GVA90では層間変位の抑制効果が期待できる。

5. まとめ

制振装置を付加した1層木造軸組架構の振動台実験を行い、制振性能を検証した。得られた知見を以下に示す。

- 1) Brace の固有振動数は層間変位極大時に急激に低下して回復しなかったのに対し、粘弾性制振装置を付加した試験体の固有振動数は若干低下した後に回復する傾向を示した。
- 2) 粘弾性制振装置を配した試験体の減衰定数は20%~30%であり、高い減衰性能を持つ。GVA30の減衰定数はGVA90よりやや大きく、JMA Kobe入力時には最大で25%程度に達した。
- 3) JMA Kobe入力時にGVA30はほぼ安全限界に達したのに対し、GVA90はその2/3にとどまった。

謝辞

本研究はGVA友の会会員各位の多大な協力の下に行われた。本実験の一部は防災科学技術研究所との共同研究として実施したものである。

参考文献

- 1) 井口道雄, 佐藤利昭, 真崎雄一, 涌井栄治, 加藤惇, 肥田剛典, 永野正行: 制振装置を含む木造軸組架構の振動台実験による性能検証試験 その1 試験体および実験の概要, 日本建築学会学術講演梗概集, 2013, 8.
- 2) 加藤惇, 佐藤利昭, 真崎雄一, 涌井栄治, 井口道雄, 肥田剛典, 永野正行: 制振装置を含む木造軸組架構の振動台実験による性能検証試験 その4 フレーム解析モデルの検証とエネルギー吸収量の評価, 日本建築学会学術講演梗概集, 2013, 8.
- 3) M. Verhaegen and P. Dewilde: Subspace model identification, Part 1: The output-error state-space model identification class of algorithms, Int. J. Control, Vol. 56, No. 5, pp. 1187-1210, 1992.

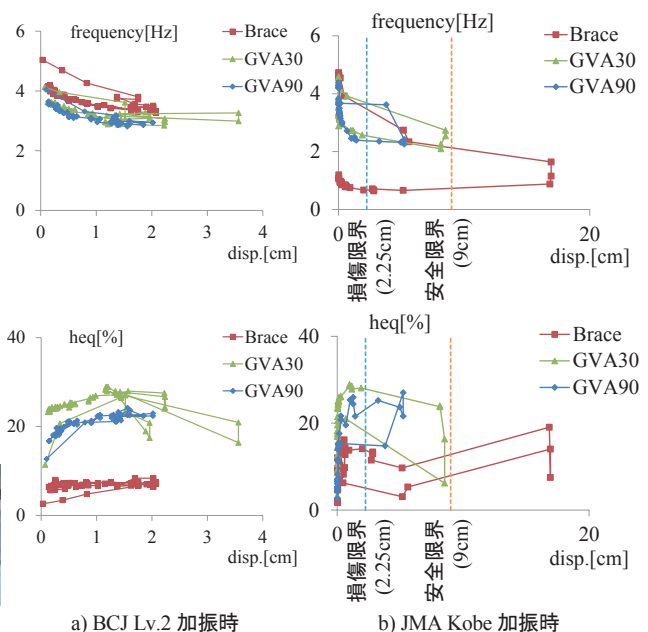


図7 層間変位と固有振動数および減衰定数の関係