

木造軸組構法における制振構造の研究

—振動台実験に基づく制振装置の性能評価—

木造住宅 制振構造 粘弾性ダンパー

正会員 佐藤利昭*¹ 同 真崎雄一*²
同 井口道雄*³

1. はじめに

既報^{1),2)}では、木造住宅用に開発した制振装置の性能検証を目的に実施した動的繰り返し実験結果について報告した。本報はその続報で、本制振装置を含む木造軸組架構に対し実記録地震を入力とする振動台実験結果について報告する。

2. 粘弾性制振装置の概要

本装置はダイヤモンド型形状の筋違上下部頂点にアクリル系粘弾性体を配し、そのエネルギー吸収によって制振効果を発揮させる機構である。今回の実験で用いた制振装置の粘弾性体部は幅90mm、45mmの2種類で、鉄板の間にそれぞれ2層および4層の粘弾性体を設けており、可動変位はともに左右15mmである。図1には制振部の制振金物が示してある。以下、この装置をGVAと呼ぶ。

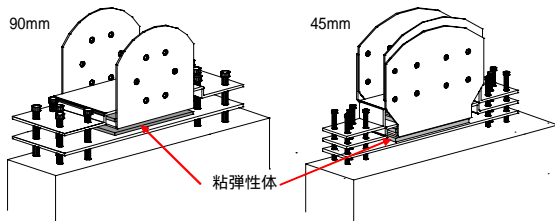


図1 木造筋違制振装置の概要図

3. 試験体及び実験・計測の概要

3.1 試験体 実験を行った試験体は、合板及び筋違付1層軸組架構に制振装置GVAを設置したものとし、合計で5体作成した。そのうち、筋違を含む試験体(2体)と試験後に筋違を取り除いた試験体3体の架構図を図2に示す。試験体の寸法及び部材・金具の基本諸量を同図の表中にまとめる。また各試験体には付加質量として、4tの重りを載せた。

3.2 実験・計測 実験は試験体を振動台上に設置した後、頂

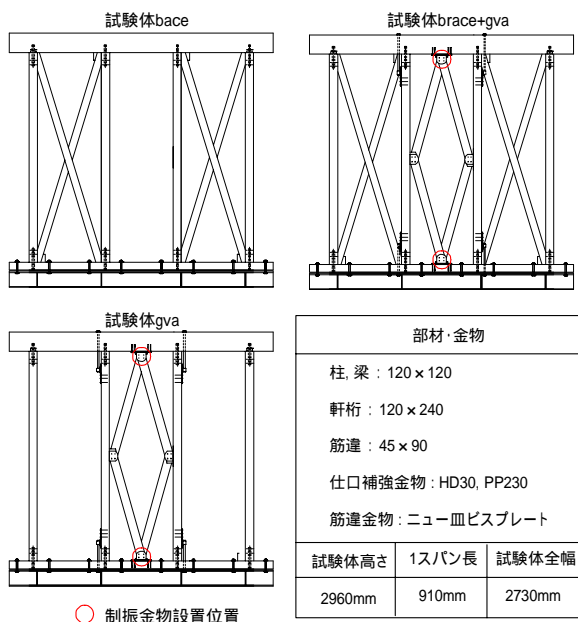


図2 各試験体架構図

部衝撃力(木槌による打撃)による自由振動試験と振動台定常加振実験を行った。記録地震波入力試験では、入力波形としてJMA KOBE NS成分(1995年兵庫県南部地震・神戸海洋気象台記録, 最大加速度818 gal)を最大速度25kine及び50kineに基準化して入力波とした。これらの試験後原波入力試験(最大速度92.2 kine)を行った。実験概要を図3に、加速度の入力波形を図4に示す。

計測は、試験体頂部と下部に設置した加速度計の他、試験体頂部と下部梁の水平変位をレーザー変位計で計測した。その他、部材の軸ひずみ及び粘弾性体部の温度変化も計測した。本報では主に、加速度計と変位計の計測結果を中心に述べる。これらの計測機器の配置を図3に示す。

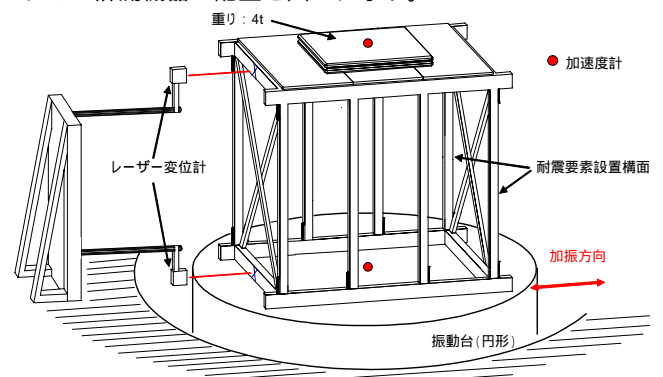


図3 実験概要図

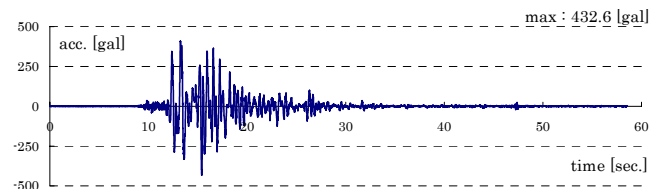


図4 JMA KOBE NS (50kine 基準化波形)

4. 試験結果と考察

図5~図7には50kine入力時の各試験体の層間変位応答と履歴曲線、図8には履歴曲線から求めた骨格曲線、表1には25kine, 50kine入力時の最大層間変形角応答の結果を示す。以下には、各試験体の実験結果について述べる。

(a) 試験体 **brace** 25kine入力時には大きな損傷は見られなかったが、50kine入力時には筋違2本が面外に座屈破壊した。その後急激に剛性低下したが、その様子は図5の履歴曲線、図8の骨格曲線から伺える。さらに、50kine入力後に破損した筋違を取り替えた後、原波入力試験を行ったがすべての筋違が座屈破壊する結果となった。

(b) 試験体 **brace+gva** 25kine, 50kine入力時の最大層間変形角は、試験体 **brace** の約1/3で、目視での損傷は認められなかった。(図6の履歴曲線、図8の骨格曲線参照)

(c) 試験体 **gva** 試験体 **gva** の剛性は低いため、50kine入力時の最大層間変形角は大きくなったが(表1)、図7の履歴ループは安定したものになっている。

表 1 最大層間変形角応答 (rad.)

試験体	Brace	Brace+GVA	GVA
25kine	1/132	1/323	1/84
50kine	1/33	1/104	1/39

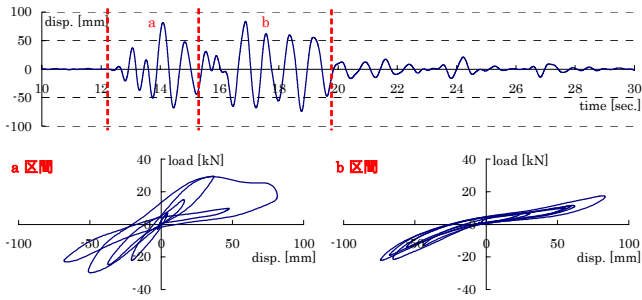


図 5 層間変位波形, 履歴曲線 (試験体 brace—50kine)

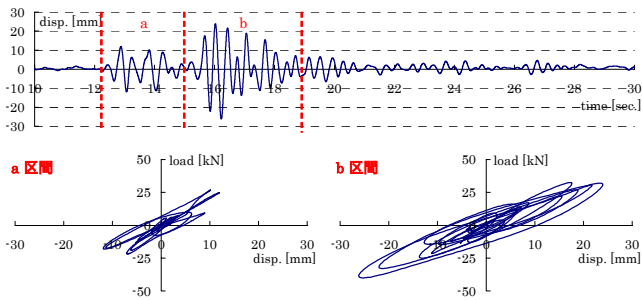


図 6 層間変位波形, 履歴曲線 (試験体 brace+gva—50kine)

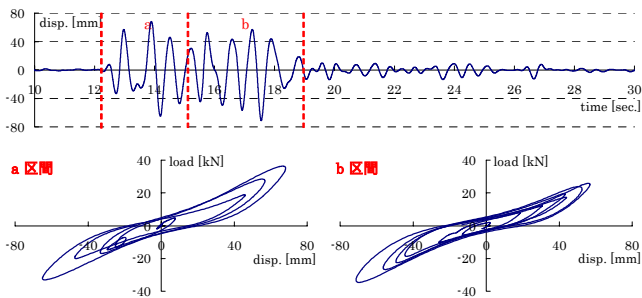


図 7 層間変位波形, 履歴曲線 (試験体 gva—50kine)

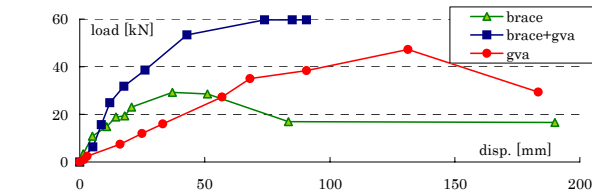


図 8 各試験体の骨格曲線

5. 地震時の建物性状の経時変化

地震時における建物応答性状の経時変化を捉えることは、本震後の余震に対する建物の安全性を検討する上で極めて重要となる。本節では架構の相対加速度応答に対し、ガウス窓を用いたランニングスペクトルを計算し、卓越振動数の経時変化に着目して考察する。窓フーリエ変換は次式で表される。

$$F(b, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot w(t-b) \cdot e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

式(1)に示す b は、窓関数 $w(t)$ の時間軸に沿った平行移動を表す変数である。またガウス窓は次式のものを採用した。

$$w(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-t^2/2\sigma^2} \quad (2)$$

本報告では $\sigma = 0.8$ (中心時刻 ± 2.5 sec.) とし、窓関数の移動はこれの 1/4 とした。図 9 ~ 図 11 に解析結果と解析結果より抽出した各時刻における卓越振動数の結果をあわせて示す。

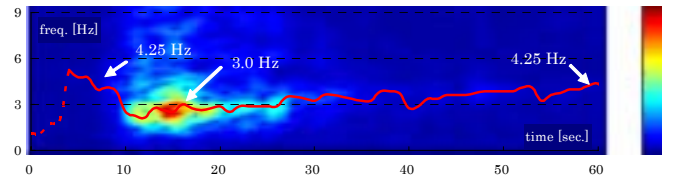


図 9 時刻歴の振動数変化 (試験体 Brace - 25kine)

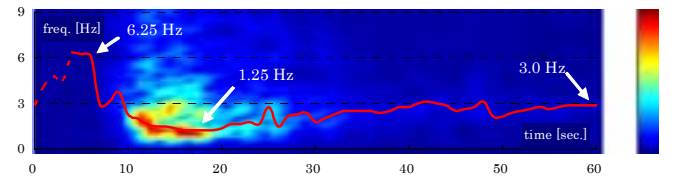


図 10 時刻歴の振動数変化 (試験体 Brace - 50kine)

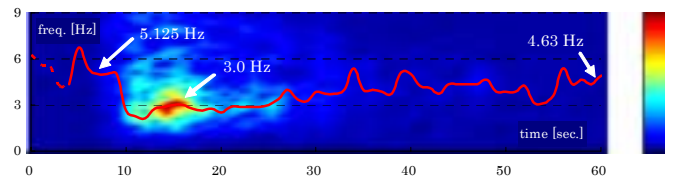


図 11 時刻歴の振動数変化 (試験体 Brace+GVA - 50kine)

図 9 に示す試験体 brace の 25kine の結果より、初期に約 5.3Hz の振動数が最大応答時に 3.0Hz まで低下し、その後 4.3 Hz 近くまで回復する様子が認められる。続く 50kine 入力では図 10 より、初期に約 6.3Hz であった振動数が最大応答時に 1.25Hz となり、試験終了時に 3.0Hz となっている。

これに対し、図 11 に示す試験体 brace+gva では初期に約 5.1Hz の振動数が最大応答時に 3Hz まで低下し、その後 4.6 Hz まで回復している。これにより、制振装置 GVA を設置することで、損傷が抑制されるのと同時に地震終了後の剛性の復帰も大きく、余震に対する安全性の向上が期待される。

6. まとめ

本研究では、木造住宅用に開発した制振装置 (GVA) の性能について、実地震記録を入力とする振動台実験による評価を行った。得られた成果は以下の通りである。

- 1) 本制震装置は、筋違が座屈破壊した大変形時においても安定した性能を保持し、本制震装置を設置することにより地震終了後の剛性復帰が期待できる。
- 2) 25kine 及び 50kine 入力に対し筋違架構に GVA を設置することで、最大層間変形角応答は約 1/3 に低減した。

- 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。また振動台の使用にあたり電源開発 (株) 茅ヶ崎研究所より、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 木造用筋違い制振装置の制振性能評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), C1 (22044), PP87 ~ 88, 2005.9
- 2) 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

*1: (有) MASA 建築構造設計室 (元東京理科大学大学院), 工修

*2: (有) MASA 建築構造設計室

*3: 東京理科大学理工学部, 教授, 工博

Masa Architectural Design Bureau M.Eng.

Masa Architectural Design Bureau

Prof., Tokyo University of Science Dr.Eng.