

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

木造住宅 制振構造 粘弾性ダンパー

正会員

佐藤利昭*¹ 同 小川英記*¹ 同 真崎唯一*²

同 小室達也*³ 同 井口道雄*⁴

1. はじめに

昨年度報告では¹⁾、木造住宅用に開発された制振装置の性能を実大試験により評価し検証した。本報告では、改良した制振装置を含む各種木造軸組構法の実大試験を行い、制振装置の性能と架構を構成する各構造要素の構造特性（骨格曲線・エネルギー吸収能力・履歴曲線）を抽出した結果について述べる。

2. 筋違い制振装置の改良

本制振装置は、ダイヤモンド形状の筋違いにアクリル系粘弾性体を内蔵した金物を取り付け、そのエネルギー吸収によって制振効果を発揮させるものである。この制振装置を gva と呼ぶ。前報¹⁾の制振装置に対し、断熱材の設置スペース確保のため、柱の半幅に納める装置を新たに開発した。新たな装置の特徴は、図 1 に示すように粘弾性体のエネルギー吸収能力を同等とするため、粘弾性体の層数を 2 倍とした。また上記の変更に伴い、柱 斜材接合部の金具にも変更を加えた。

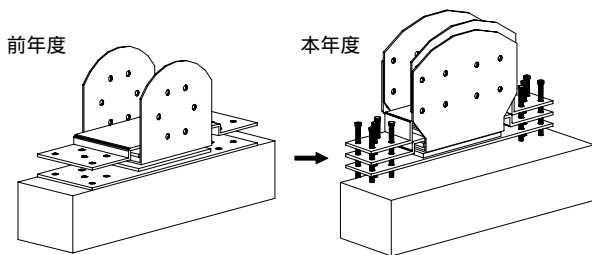


図 1 筋違い制振装置の改良

3. 実験概要

試験体は、図 2 に示すように、木造骨組のみ（frame）筋違いを組み込んだもの（brace）制振装置を組み込んだもの（gva）gva に筋違いを付加したもの（brace+gva）gva に構造用合板を付加したもの（ply+gva）の 5 体とした。各試験体に共通して、柱は上梁及び下梁に短ほぞ入れ、ホールダウン金物で固定した。下梁は土台鉄骨と緊結、上梁にはアクチュエーターを取り付け水平方向に変位制御加振を行った。各試験体は振動数（0.125 Hz・0.2 Hz・0.25 Hz・1.0 Hz・2.0 Hz）と目標層間変形角（1/15 rad・1/30 rad・1/60 rad・1/120 rad・1/240 rad）を変化させ、変位及び加振力を計測した。加振履歴を図 3 に示す。

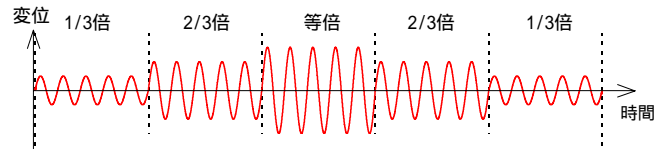


図 3 加振力の時間変化（振動数一定）

4. 試験結果の分析

図 2 に示す brace+gva の構造特性は、実験により frame, gva, brace の各試験体の特性が合成されたもので、次式が成立すると予測される。

$$(brace+gva) = (gva) + (brace) - (frame) \quad (1)$$

もし上式が成立すれば、図 2 の各試験結果から brace, gva, ply の特性が抽出できるはずである。そこで以下では、式(1)の検証と、各単体要素の特性を抽出した結果について示す。

<骨格曲線>

各試験体の試験結果より骨格曲線を抽出し、式(1)について左辺と右辺の結果を比較した。結果を図 4 に示す。

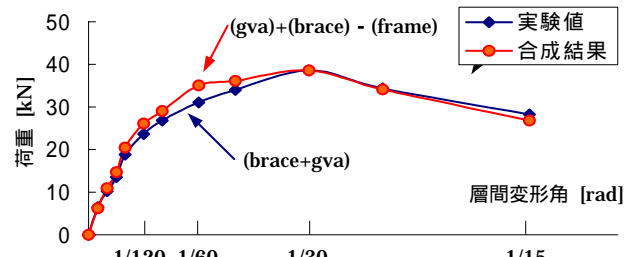


図 4 骨格曲線（実験値と合成結果の比較）

各要素の特性を合成して求めた骨格曲線は、それらの要素を含む試験体の骨格曲線とよく一致している。この結果を基に、試験結果から各要素の特性を抽出した結果を図 5 に示す。

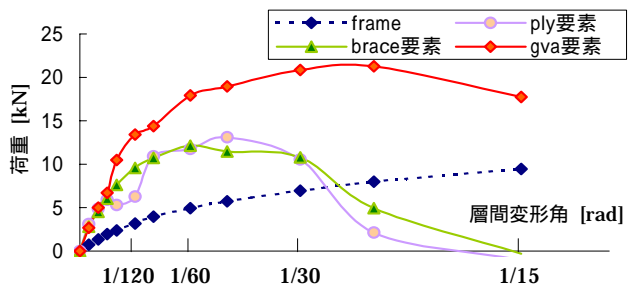


図 5 骨格曲線（各要素の比較）

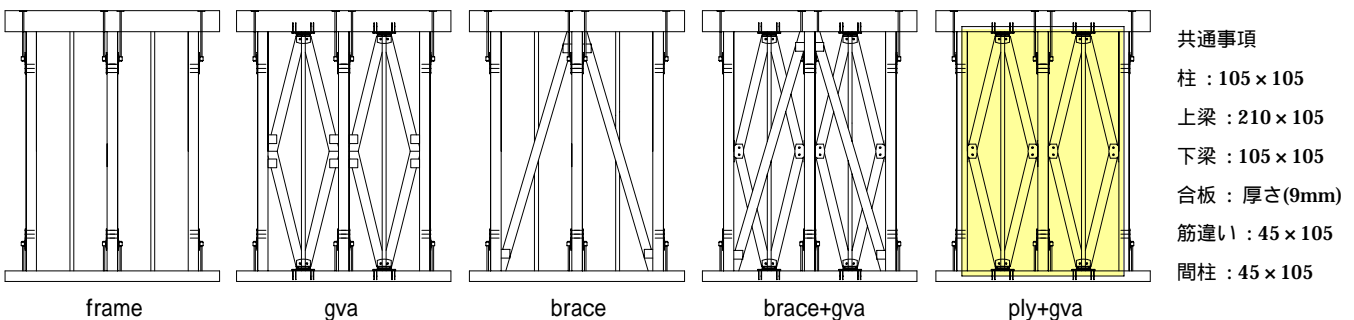


図 2 全試験体の概要図(2 スパン架構)

- 共通事項
 柱：105 × 105
 上梁：210 × 105
 下梁：105 × 105
 合板：厚さ(9mm)
 筋違い：45 × 105
 間柱：45 × 105

図5の最大耐力の結果より、braceとply単体の耐力は層間変形角1/45radで最大となり、それ以後急激に耐力低下する事、gva単体の耐力は層間変形角1/22.5rad以後若干耐力低下するものの、大変形時においても安定した耐力を維持している事が分かる。

<減衰エネルギー>

骨格曲線と同様にエネルギー吸収量の推移について、各要素の合成により求めた結果と各要素を含む試験体の結果を図6に示す。ここでは、1サイクルの平均エネルギー吸収量を層間変形角毎に求めた。

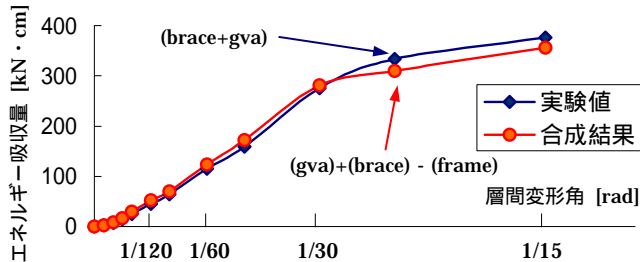


図6 エネルギー吸収量の推移 (実験値と合成結果の比較)

図6より、両者の結果はよく一致しているのが分かる。つまり、前節と同様に各要素のエネルギー吸収量に関して、各要素単体の特性を抽出することができる。図7に、各要素のエネルギー吸収量の推移を算出した結果を示す。

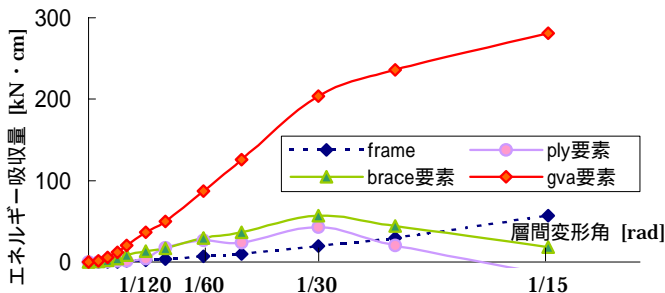


図7 エネルギー吸収量の推移 (各要素の比較)

1サイクル分のエネルギー吸収量を比較すると、gva要素はbrace及びplyの各要素に対し、損傷限界とされる層間変形角1/120rad時で2倍以上、安全限界とされる層間変形角1/30rad時で3倍以上のエネルギー吸収能力を持つことが分かる。さらに大変形時まで着目すると、本装置が大変形時まで安定したエネルギー吸収能力を保持することが認められる。

gva要素のエネルギー吸収能力が、層間変形角1/30radで低下しているのは、制振装置のストッパーのためである。制振装置の許容変位は左右それぞれ15mmで、制振装置が許容変位に達した以後は、ダイヤモンド形状の制振装置全体が筋違いとして機能する。

<履歴ループ特性>

骨格曲線とエネルギー吸収能力については、各耐震要素の累加により、それらを含む試験体の特性が推測できることが分かった。同様にして試験体 brace+gva の試験結果を用い、履歴ループについても各要素の合成によって表現できるか否かを確認する。比較結果を図8に示す。

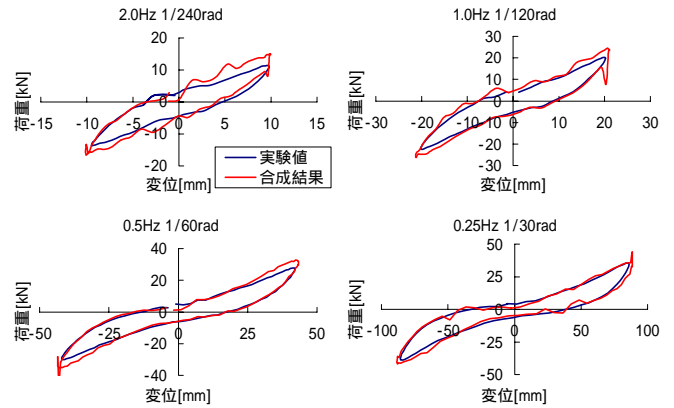


図8 履歴ループ特性 (実験値と合成結果の比較)

図8より、小変形時には、本制振装置における柱梁接合部の変更による多少の差異があるが、概ねよいフィッティングを示した。これは今後の振動モデル作成に際し、復元力特性を、木造骨組と各耐震要素の並列ばねモデルにより構成できることを示唆している。図9に、目標層間変形角時における各要素の履歴ループ特性 (plyを除く) を示す。

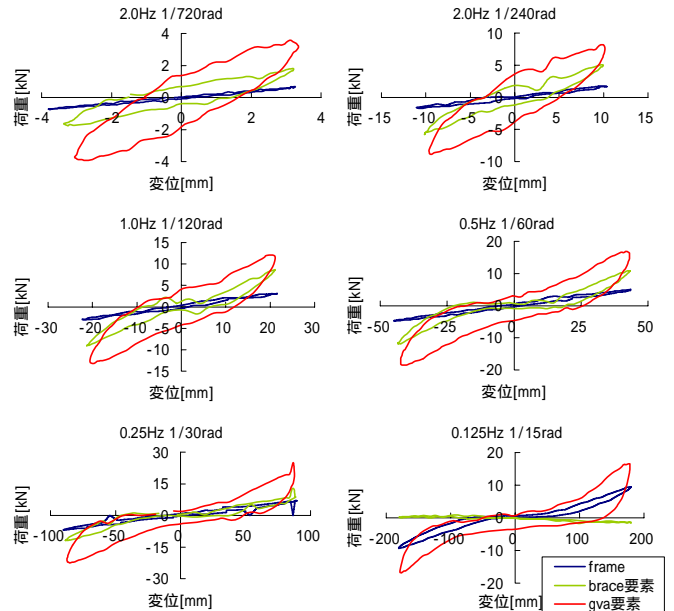


図9 履歴ループ特性 (各要素の比較)

5.まとめ

全試験体(5体)の試験結果より、frame, brace, ply及びgvaの各単体要素の骨格曲線・エネルギー吸収量・履歴ループ特性を分離・抽出し、その特性を明らかにした。その結果、gva制振装置は大変形時においても優れた性能をもつことが分かった。

謝辞

本研究は、(有)MASA 構造設計室・(株)カナイとの共同研究として行ったものである。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤他: 木造軸組構法における制振構造の研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集-C1(近畿)2005年度 PP.87~88

*1 : 東京理科大学理工学研究科・修士課程
 *2 : (有)MASA 建築構造設計室
 *3 : 東京理科大学理工学部・助手・工博
 *4 : 東京理科大学理工学部・教授・工博