

# 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

木造住宅 制振構造 粘弾性ダンパー

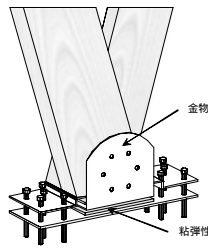
### 1. はじめに

住宅の耐震対策としては、過去にも様々な策が構じられているが、地震毎に甚大な被害が繰り返されている。殊に建物の崩壊による人的被害は大きく、木造住宅の耐震補強対策が緊急の課題となっている。この耐震補強対策として目指す方向の一つは、既存建物の耐震性能を向上させるための後付可能な装置開発である。

本研究は木造住宅の制振のために開発された木造用筋違い制振装置の性能を実大試験により評価することを目的とする。

### 2. 筋違い制振について

制振装置はアクリル系粘弾性体と金具から成り、本装置の部分詳細を図1に示す。制振装置は筋違いと併用し、柱間の構面内に設置する。筋違い制振機構は、粘弾性体のせん断変形により地震エネルギーを吸収する。ユニットを形成することで、常時の剛性を確保し、減衰効果を発揮できる機構になって 図1 制振装置部分詳細図 いる。本装置の性能について精査する点は以下の2点である。



- ( ) 高エネルギー吸収能力を持つこと。
- ( ) 大変形に対しても安定した減衰機能を保持すること。

### 3. 実験概要

実験では、筋違い制振装置を含む構造体と従来の木質構造を比較し、減衰効果及び制振性能を評価することを目的とする。試験体は、図2に示す様に、木造骨組に構造用合板を貼ったもの (ply) 筋交い制振装置を組み込んだもの (gva) それに合板を貼ったもの (ply+gva) の3体とした。柱は上梁及び下梁に短ぼぞ入れ、ホ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。各試験体毎振動数 (0.125 Hz・0.2Hz・0.25Hz・1.0Hz・2.0Hz) と目標層間変形角 (1/15・1/30・1/60・1/120・1/240) を変化させ、変位及び加振力を計測した。加振方法を図3に示す。

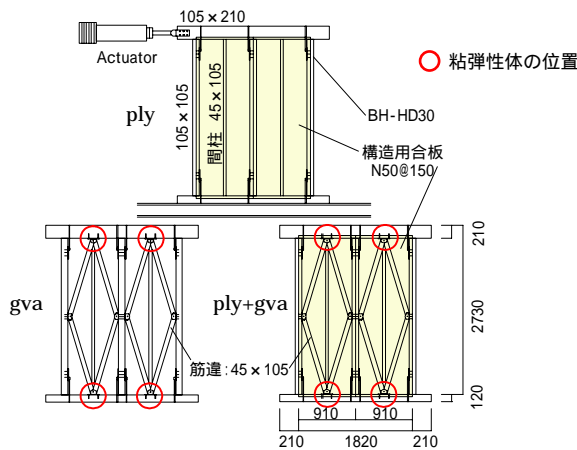


図2 試験体詳細図

正会員 佐藤利昭\*1 同 小川英記\*1 同 真崎雄一\*2  
同 小室達也\*3 同 井口道雄\*4

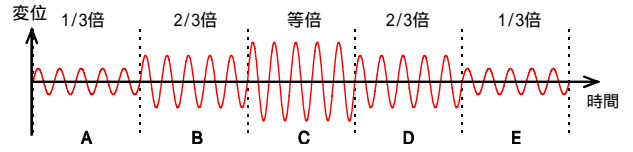


図3 加振力の時間変化 (振動数一定)

### 4. 試験結果の分析

#### <履歴曲線>

各入力レベルに対する定常履歴曲線を図4に示す。試験体 gva は、層間変形角 1/240 では、他の試験体に比べ剛性は小さいが、1/120 では、試験体 ply と剛性の差はないことが確認できる。これは、耐震要素である構造用合板と骨組み接合部の損傷による剛性低下が主因と考えられる。

試験体 ply+gva は、試験体 ply と比較すると、層間変形角が小さい 1/240 では剛性が確保され、さらに 1/120 では、減衰効果が顕著に現れているのが認められる。これは、制振機構が構造用合板の利きが低減した大変形時においても、安定的に減衰効果を発揮している事を示唆している。層間変形角 1/30・1/15 時では、全試験体で木造特有のすべり性状が現れている。これは、試験体の両端の柱 梁接合部の破損が原因と推察される

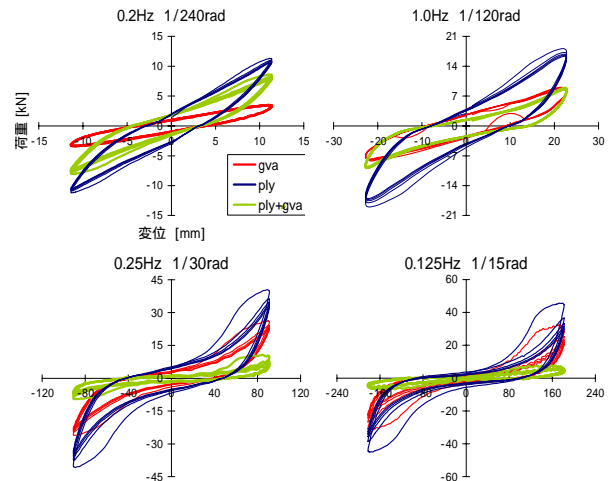


図4 各入力波による履歴曲線 (ply, gva, ply+gva の比較)

#### <履歴曲線の振動数比較>

制振機構の減衰効果について、振動数の影響を確認するため、最大層間変形角 1/240 時、振動数 0.2Hz・1.0Hz・2.0Hz の加振時の履歴曲線 (図5) を試験体 gva 及び ply+gva の2試験体について比較した。

両試験体とも振動数の違いにより、剛性および減衰効果の変化が確認できる。また、振動数が高いほど、制振機構が強く作用し、減衰効果を発揮する事が分かる。

さらに、試験体 ply+gva では、振動数が高いほど試験体 gva の履歴ループと類似している。つまり制振機構の性能が振動数に依存するものと考えられる。

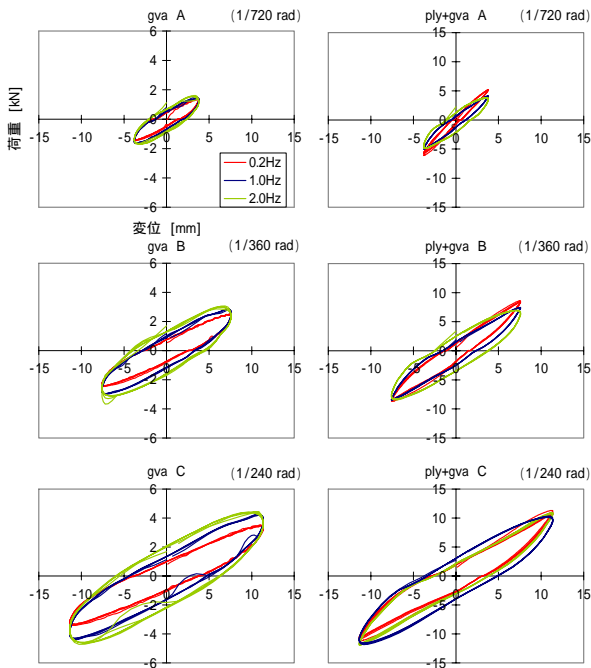


図5 加振振動数が履歴ループに及ぼす影響

< 等価剛性と等価減衰定数の比較 >

等価剛性及び等価減衰定数は図6に示す方法により算出した。履歴曲線から等価剛性及び等価減衰定数を算出した結果を図7に示す。

$$h = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W}$$

- h : 等価減衰定数
- W : 損失エネルギー
- W : 弾性エネルギー

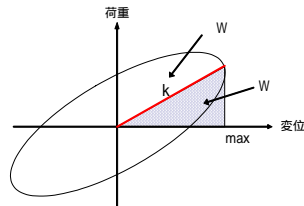


図6 等価剛性・等価減衰定数の算出方法

図7より、試験体 gva は他の試験体と比べ、層間変形角の増加に対する剛性の低減率が小さいことが分かる。また層間変形角の増大に伴い、減衰定数の低減が認められる。しかし、粘弾性体は歪み依存性を持たないため、他の低減要因があると考えられる。これは吸収したエネルギーにより、粘弾性体内の温度が上昇し、減衰効果が低減したものと考えられる。また、試験体 ply 及び ply+gva においては、等価剛性及び等価減衰定数の低減が著しい。剛性においては、主要の抵抗要素である構造用合板の接合部の損傷が原因と考えられる。

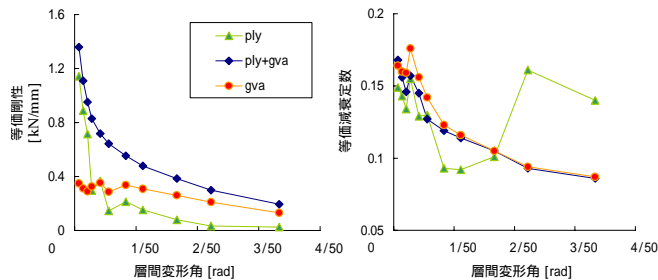


図7 等価剛性及び等価減衰定数による比較

< 骨格曲線による各試験体の比較 >

各試験体の復元力特性より骨格曲線を抽出した。結果を図8に示す。この図から以下の事が考察される。

まず、試験体 gva・ply+gva の層間変形角 1/30 以降に着目すると、gva 及び ply+gva の剛性低下が著しいが、粘弾性体は十分な靱性を持つため、粘弾性体の特性が表れたものとは考え難い。これは、木質フレームの斜材及び柱 梁接合部が損傷し、粘弾性体に力が伝達されなくなったためと推察される。また、モデル化に際しては骨格曲線から導ける明確なモデルがなく今後の研究課題でもあるが、本制振機構は振動数依存性を持つため、それを考慮したモデルが望まれる。

次に変位の増加に伴う剛性変化に着目すると、試験体 ply は、初期剛性が試験体 gva に比べ高いが、層間変形角 1/240 (11.4mm) 程度で損傷が始まり、その後剛性低下が認められる。また、試験体 gva は安全限界とされる層間変形角 1/30 (91mm) までほぼ一定の剛性を保持していることが分かった。以上の結果を総合すると、試験体 ply+gva の剛性は、構造用合と骨組みの接合部損傷以前は試験体 ply の、降伏後は試験体 gva の剛性と考えられる。

さらに、各試験体の最大耐力を読み取ると、試験体 gva・ply+gva・ply の順に、概ね 25.5kN・36.3kN・9.7kN 程度となる。これは制振機構が他の耐震要素との併用時に有効な効果を持つことを表し、さらに単体での使用時も、層間変形角の増大に対し、十分な剛性を保持できることが分かった。

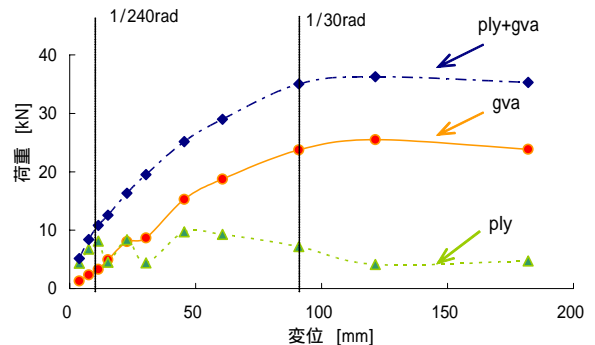


図8 各試験体の骨格曲線と初期剛性

5.まとめ

本研究では、木造住宅の耐震性能向上を目的に開発された木造用筋違い制振装置の性能を実大試験を通し検証した。

木造用筋違い制振装置の性能は、それを構成する斜材及び柱 梁接合部の損傷耐力によって決まるため、粘弾性体の変形能力を最大限に発揮させ、耐震性能を向上させるためには、骨組み部材・接合金物の耐力と本装置の性能との調和を計ることが重要となる。さらに、木造用筋違い制振装置を含む構造体の復元力特性からモデル化を行い、大地震時を想定した地震応答が今後の課題となる。

謝辞

本研究を進めるに当たり、(有) MASA 構造設計室の涌井栄治氏には種々お世話になった。記して謝意を表します。

\* 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

Graduate Student, Tokyo University of Science  
 Masa Architectural Design Bureau  
 Research Assistant., Tokyo University of Science  
 Prof., Tokyo University of Science