

木造住宅用制振装置の開発に関する基礎実験

脇田 健裕*、安達 旭宏**、片岡 靖夫*

Development of Damping Device for Wooden Houses

Takehiro WAKITA*, Akihiro ADACHI* and Yasuo KATAOKA**

(Received September 30, 2010)

The purpose of the investigation is to develop new damping devices that improve the ability of wooden houses to withstand strong earthquakes. The problem regarding damping devices has come to occupy an important position in structural design. We wish to report on several findings from our investigation of the faculties of two kinds of damping devices. One of the damping devices is a corner steel stiffener which is able to adjust bending rigidity. The other damping device is constructed with steel panels and a viscoelastic material, and the latter is put between steel panels. The capacity of the damping devices was tested by a cyclic lateral load.

Keywords : *Wooden house , Earthquake proof, Damping device, Viscoelasticity , Reinforcement, Shear diaphragm*

1. はじめに

地震大国の我が国において、耐震強度の不足する既存住宅は、いまだ1000万戸を超えていると言われている。安全・安心な社会基盤の形成のためには、これら既存住宅の耐震改修の促進はもはやまったなしの急務である。

本研究では既存木造住宅の耐震改修用に、粘弾性体のエネルギー吸収能力を利用した、安価で施工性に優れる制振装置(ダンパ)の研究開発を行っている。

既存住宅の耐震改修にあたっては、対象とする建物の築年数や工法、用途、場所性等の条件により最適な改修方法は異なってくる。そこで本報告では、改修可能な箇所や必要となる性能に応じた最適な制振装置を設計者が選択できるように、設置方法と剛性・強度、減衰性能の異なる種々の制振装置の提案を行い、その基本的な力学特性を実大木造軸組フレームを用いた動的加力試験によって、比較検討を行った結果について報告を行うものとする。

2. 仕口耐震装置、方杖ダンパ

2.1 概要

仕口耐震装置は既存の壁を極力壊すことなく、簡易な施工が可能な仕口補強型の耐震装置である。地震時に建物の弱点となりやすい仕口部に耐力と剛性を与え、粘り強く地震に耐える性能を発揮することを目的とした。

方杖ダンパは仕口耐震装置の剛性と耐力に加え、粘弾性体のせん断変形によるエネルギーの吸収能力を付加することを目的としている。

2.2 試験体仕様

仕口耐震装置及び方杖ダンパを設置した試験体は、真壁補強用と大壁補強用の2種類を用いた。図1のように厚さ3.2mmの鋼板と太さ16φの丸鋼を軸組み仕口部に設置した試験体(仕口耐震装置(真壁))と、これに加え厚さ1.6mmの鋼板2枚の間に2.3mmの粘弾性体を挿入した試験体(方杖ダンパ(真壁))。また大壁補強用には図2のように厚さ4.5mmの鋼板と16φの鋼材2本を設置した試験体(仕口耐震装置(大壁))と、これに加え1.6mmの鋼板の間に2.3mmの粘弾性体を挿入した試

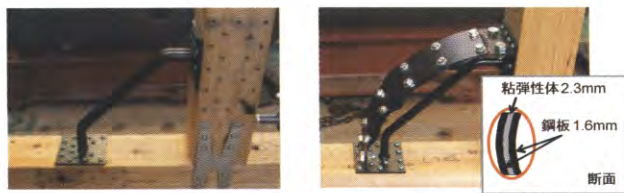
* 建築学科(Department of Architecture)

** 建設工学専攻大学院生(Graduate Student Constructional Engineering)

験体(方杖ダンパ(大壁))である。方杖ダンパは仕口部の回転が円弧上に設置された2枚の鋼板のずれ変形となり、その間に挿入された粘弾性体のせん断変形に変換され振動エネルギーを吸収する機構となっている。なお、粘弾性体にはブチルゴムを使用した。



仕口耐震装置
図1 真壁用仕口設置型耐震装置



仕口耐震装置
図2 大壁用仕口設置型耐震装置

2.3 試験方法

試験方法は仕口耐震装置を静的加力実験とし、入力波をsin波、入力波振幅を層間変形角で $1/450 \sim 1/30$ (rad)、振動数を0.1 (Hz) として実験を行った。方杖ダンパは、動的加力試験で行い入力波をsin波、入力波振幅を層間変形角で $1/450 \sim 1/30$ (rad)、振動数を0.1~3.0 (Hz) のそれぞれで行った。試験システム図を図3に示す。

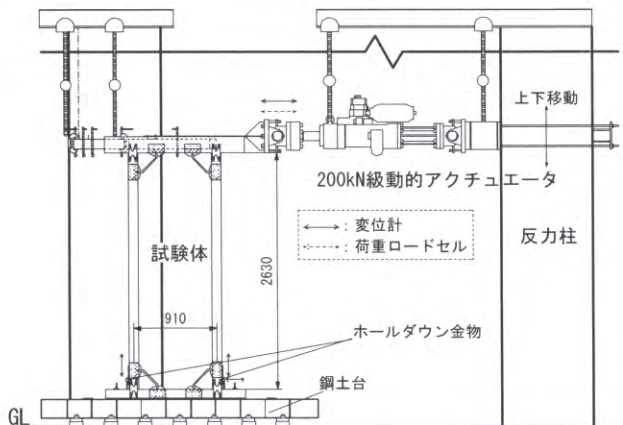


図3 試験システム図

2.4 試験結果

図4に各試験体の荷重-変形関係の重ね合わせを、図5に層間変形角ごとの等価剛性の推移、図6に等価粘性減衰定数推移を示す。荷重-変形関係のグラフから、最大耐力は約5KNと確認することができる。等価剛性はどの試験体もほぼ同等の値である。等価粘性減衰定数については、層間変形角が大

きくなるにつれてエネルギー吸収率も上昇する傾向が見られた。しかし、仕口耐震装置と方杖ダンパの差はほとんど見られず粘弾性体によるエネルギー吸収が十分に発揮されていない。これは、載荷時に粘弾性体を挿入している上下2枚の鋼板が想定通りの変形をせず、粘弾性体のせん断変形がほとんど生じなかったことが原因であると考えられる。

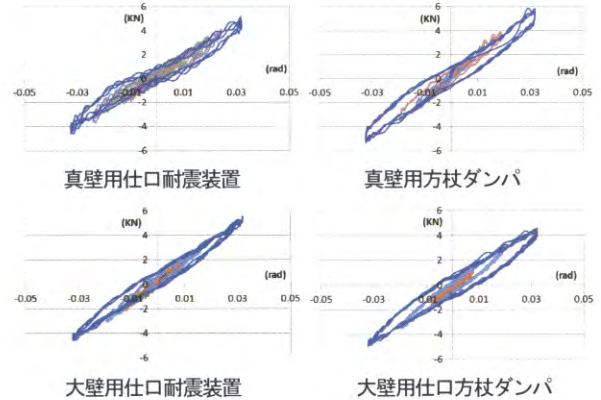


図4 荷重-変形関係 (0.1Hz 加振)

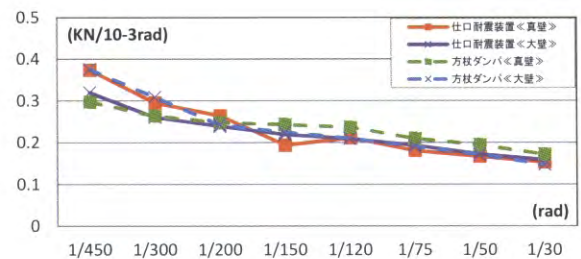


図5 等価剛性 (0.1Hz 加振)

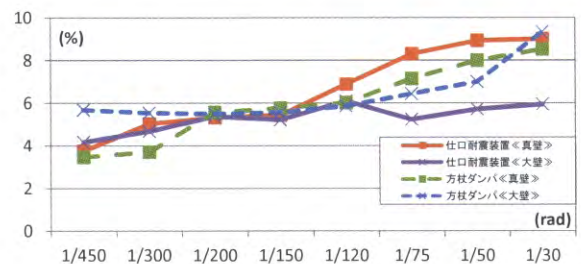


図6 等価粘性減衰定数 (0.1Hz 加振)

3. 開口部上下設置型制振装置

3.1 概要

開口部上下設置型制振装置(ビームダンパ)は建物開口部上下の柱間に、少ないスペースで設置可能な制振装置である。地震時の柱間の相対変形を回転運動に変換することで効率的に粘弾性体が変形しエネルギーを吸収する機構となっている。

3.2 試験体

試験体は図7に示すように厚さ1.6mmの鋼板の間に $150 \times 150 \times 2.3$ mmの粘弾性体を2枚挿入している。この軸組に水平

力が作用すると、図7の④を中心とした回転運動が発生し、これにより粘弾性体がせん断変形しエネルギーを吸収する仕組みとなっている。なお、粘弾性体と鋼板は粘弾性体の自己接着力によりせん断力を伝達しており、ボルトは全て2枚の鋼板同士が離れないよう、かつ粘弾性体を押しつぶさない程度に緩く締めた。試験ではこのビームダンパを軸組の上下に2か所に設置し実験をおこなった。

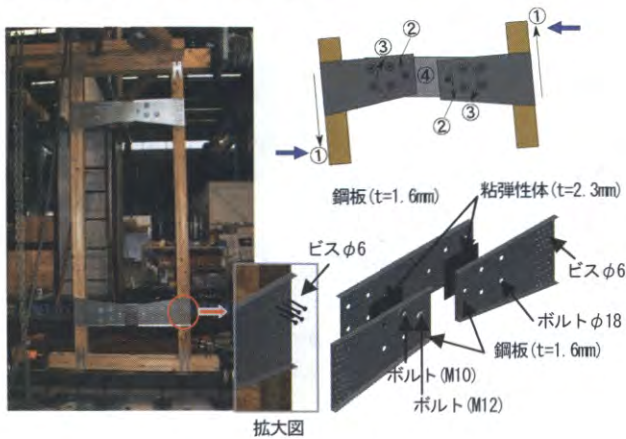


図7 ビームダンパ

3.3 試験方法

試験はアクチュエータを用いた動的加力試験によりおこない、入力波をsin波で振幅を層間変形角の1/450～1/30(rad)、振動数を0.1～3.0(Hz)のそれぞれで行った。

3.4 試験結果

図9に振動数0.1Hzにおける荷重-変形関係の重ね合わせを示す。小振幅の変形から剛性と耐力を確保しつつも、安定したループ面積を描いていることが確認出来る。また、図10には層間変形角ごとの等価粘性減衰定数の推移を示す。層間変形角が大きくなるにつれエネルギー吸収能力が上昇していることが確認できる。

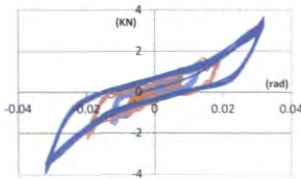


図9 荷重-変形関係(0.1Hz加振)

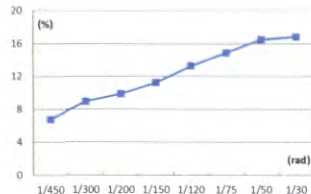


図10 等価粘性減衰定数(0.1Hz加振)

4. 壁設置型制振装置

4.1 概要

壁設置型制振装置(壁式ダンパ)は、地震力を受けた際の柱間の相対変形が2枚の鋼板の間に挿入した粘弾性体のせん断変形となってエネルギーの吸収を行う機構となっている。高剛性、高耐力かつ高い減衰性能を併せ持つ制振装置である。

4.2 試験体

この試験体は、図8に示すように厚さ2.3mmの鋼板の間に150×300×3.2mmの粘弾性体を3枚挿入している。壁式ダンパの

機構は軸組に対して水平力が作用すると図8の②のように上下方向に鋼板が動き、これにより粘弾性体がせん断変形されてエネルギー吸収を行う仕組みとなっている。本実験では木造軸組みに壁式ダンパーパネルを1枚挿入した試験体(1D壁式ダンパ)と、4枚挿入した試験体(4D壁式ダンパ)を用いて実験を行った。

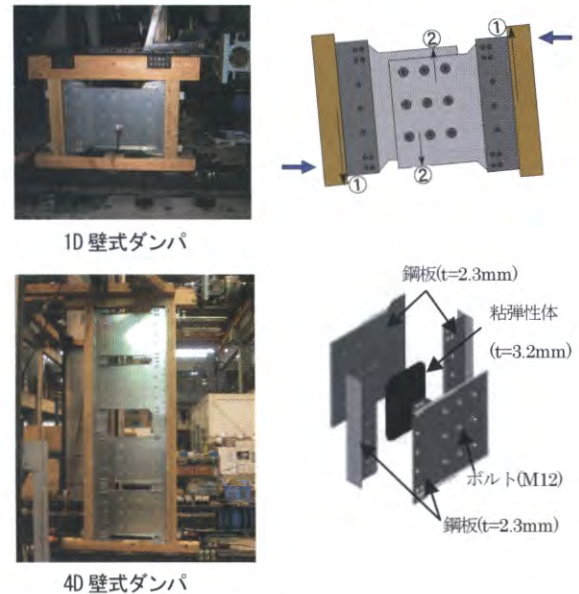


図8 壁式ダンパ

4.3 試験方法

試験はアクチュエータを用いた動的加力試験によりおこない、入力波をsin波で振幅を層間変形角の1/450～1/30(rad)、振動数を0.1～3.0(Hz)のそれぞれで行った。

4.4 試験結果

図11は層間変形角1/450(rad)加振の各振動数における荷重-変形関係の重ね合わせである。グラフよりどちらの試験体も振動数が高いほど最大荷重が上昇する傾向が見られる。図12に各振動数における等価剛性の推移を示す。図13は各振動数における等価粘性減衰定数の推移である。振動数の増加により等価粘性減衰定数が減少している。図14は1D壁式ダンパの2枚の鋼板間のずれ変形量の最大値を示している。ことからも振動数が上昇することによりずれ変形量が減少する結果となった。この原因については現在検討中である。

図15には1D壁パネルと4D壁パネルの振動数0.1Hzにおける荷重-変形関係の重ね合わせを示す。この図より1D壁パネルが層間変形角1/30(rad)時に急激に荷重が上昇していることが確認できるが、これは図17左に示すように変形角1/30(rad)にずれ変形部に配置したボルトが穴の縁に当たり、それ以上の変形を防ぐストッパーの役割をするためである。図16には0.1Hz加振時の層間変形角と等価粘性減衰定数の関係を示す。小振幅時より15%を超える高い値を示し層間変形角の増大に従いさらに上昇していることが確認できる。また、

4D壁パネルについては、層間変形角 $1/50$ (rad)加振時に図17右に示すように、ホールダウン金物部分のねじ接合部破壊が生じたため試験を終了した。接合部の耐力について改めて検討を行う必要がある。

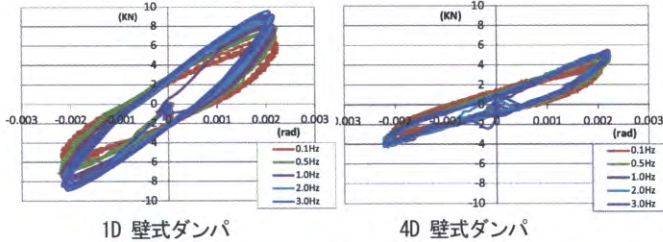


図11 各振動数の荷重-変形関係(層間変形角 $1/450$)

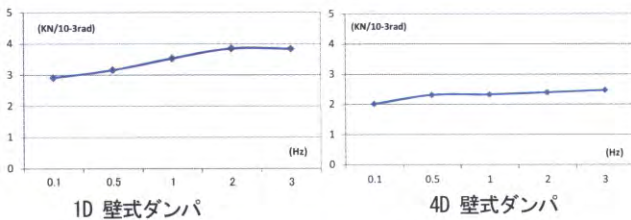


図12 各振動数の等価剛性(層間変形角 $1/450$)

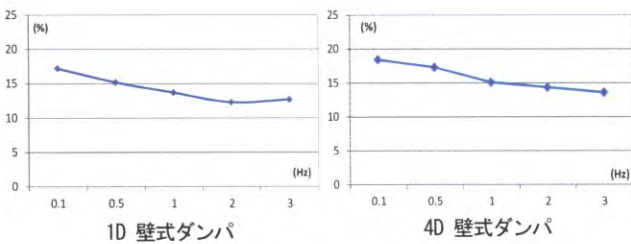


図13 各振動数の等価粘性減衰定数(層間変形角 $1/450$)

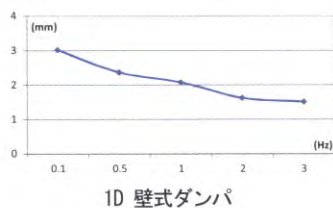


図14 パネル変位量

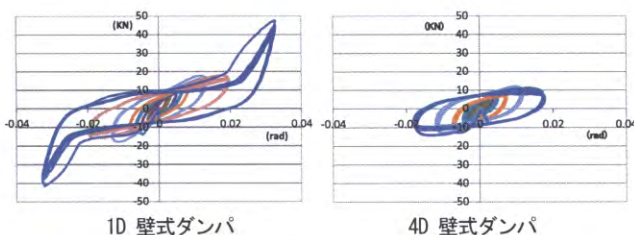


図15 荷重-変形関係(0.1Hz加振)

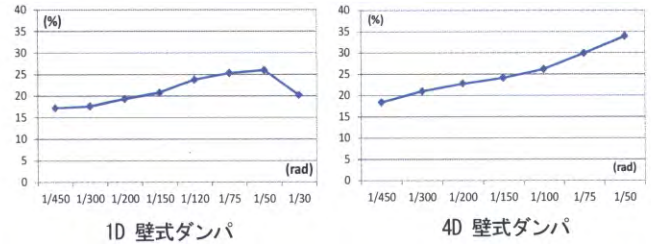


図16 等価粘性減衰定数(0.1Hz加振)



図17 試験体の状況

5. まとめ

本報告では、鋼材と粘弾性体を用いたいくつかの種類の制振装置について、アクチュエータによる動的加力試験を行い、基礎的な力学特性についての比較検討を行った。

まず仕口設置型制振装置の方杖ダンパについては、一定程度の剛性と耐力は確認できたが、粘弾性体部分が想定通りに機能せず、エネルギー吸収はほとんど期待できない結果となった。本装置については粘弾性体の配置方法等を変え、粘弾性体を効率よく機能させる方法を検討する必要がある。

次に柱間設置型制振装置のビームダンパについては一定程度の剛性と耐力を確保しつつも安定したエネルギー吸収を行うことを確認した。開口部の上下等の少ないスペースに設置可能で効果的に機能するダンパとして期待できる。

壁式ダンパは壁倍率換算で5程度となる、高剛性・高耐力でありながらも、高いエネルギー吸収能力を発揮するダンパである。本ダンパについては接合部の耐力上昇により、 $1/30$ の安全限界変形までの変形能力を確保する必要がある。

今後は各ダンパに改良を加えた上で、実用化についての詳細な検討を行っていきたい。

謝 辞

本研究の実験において有限会社新技研の塚越勇様に多大なる御協力を賜りました。深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 近藤 裕嗣, 塚越 勇「粘弾性体の変形と鋼板の弾性座屈変形を利用した複合鋼板耐力壁に関する実験的研究: その2 複合鋼板耐力壁の木質構造の利用」日本建築学会構造系論文集, (556), 189-196, 2002