

高減衰ゴムデバイスを筋かい部材として用いた木造住宅の地震応答性状の評価

正会員 ○古田 智基*
同 中尾 方人**高減衰ゴム ハードニング K型筋かい
在来軸組工法 地震応答解析 壁量充足率

1. はじめに

高減衰ゴムは、高い剛性を有し、繰り返し荷重に対して剛性低下が少なく、安定した復元力特性であるという特徴がある。このような高減衰ゴムの特徴を生かしたデバイスを筋かい部材として用い、損傷限界程度までの構造特性を検証してきた。本報では、安全限界レベルまでの静的せん断加力実験とその結果を用いた地震応答解析について報告する。

2. デバイスの概要

図1に本デバイスの断面形状を示す。鋼製シリンダー(外径48.6mm、内径39.6mm)の内部には鋼製ロッド(直径27.2mm)が挿入されており、このシリンダーとロッドとの間の円筒状のスペース(6.2mm)にせん断弾性係数(せん断ひずみ100%時のせん断応力度)が0.8N/mm²の高減衰ゴムが充填されている。高減衰ゴムが充填されている部分の長さは200mmである。このデバイス単体の加力実験から得られた軸力-変位関係を図2に示す。

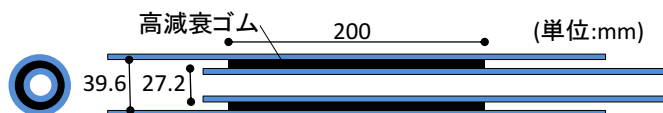


図1 本デバイスの断面形状

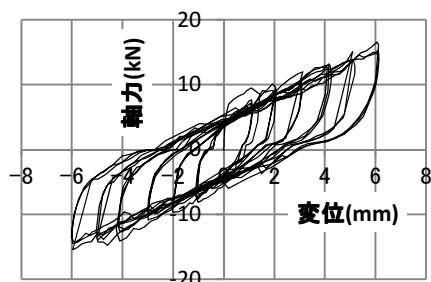


図2 本デバイスの軸力-変位関係

3. 静的せん断加力実験

図3に示すように、本デバイス2本をK型に配置したIP軸組の静的せん断加力実験を行った。事前の計算では、1/60rad時の水平耐力は14.8kNであり、引張側の柱には、約46kNの引抜き力が生じるため、中間金物とアンカーボルトとを直接M16の全ネジ棒で繋ぐこととした。みかけの変形角で1/480、1/240、1/120、1/90、1/60、

1/45radでそれぞれ正負3回繰り返し荷重を行った後、1/30radで正負1回ずつの加力を行った。真の荷重-変形角関係を図4に示す。真の1/120rad時の荷重は正側7.4kN、負側7.0kNであり、剛性は壁倍率4程度に相当する。1/60rad時は正側11.8kN、負側12.2kNであり、正側の最大変形時は21.6kN(1/35.6rad)、負側は16.5kN(1/40.7rad)であった。図5に2本のデバイスの軸力-変位関係を示す。

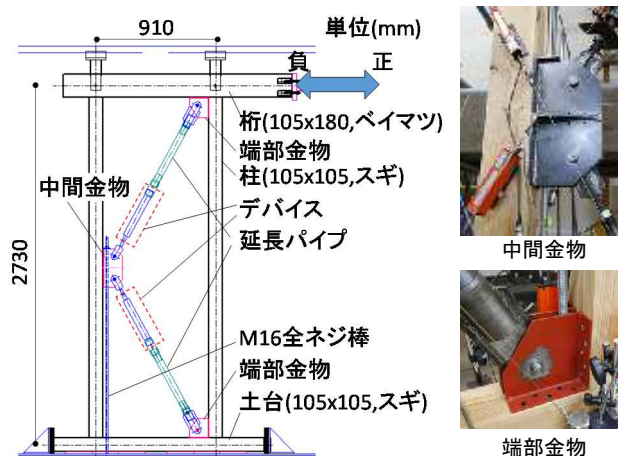


図3 静的せん断加力実験試験体

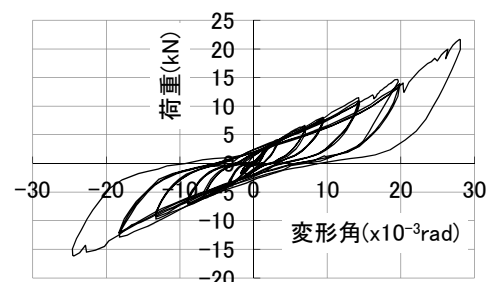


図4 デバイスをK型に配置した軸組の荷重-変形角関係

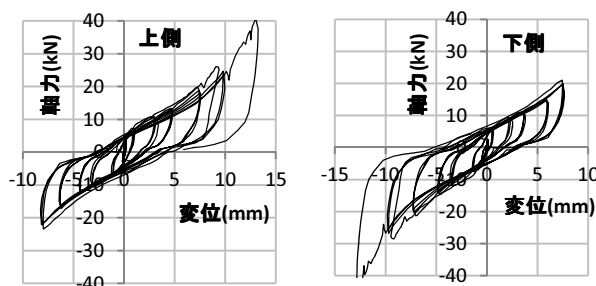


図5 デバイスの軸力-変位関係

軸力は、デバイスを延長するために接続している直径 48.6mm の鋼管（延長パイプ）のひずみから求めた。高減衰ゴムのせん断ひずみが 100%(6.2mm)付近からハードニングが始まり、200%(12.4mm)付近では剛性が急増していることが分かる。高減衰ゴムのせん断ひずみが 100%となるのは、軸組の真のせん断変形角でおよそ 1/80rad であり、200%となるのはおよそ 1/40rad である。

4. 地震応答解析

構造用合板耐力壁や筋かい耐力壁といった既存の耐力壁に本デバイスを併用した場合を想定した地震応答解析を実施した。

図 6 に本デバイスを設置した軸組の解析モデルを示す。本デバイスの復元力特性については、最大点指向型のトリリニアを基本とし、さらに、ハードニングを表現するため、片側 12mm のスリップ域を有する非線形バネも併用することとした。復元力特性の各パラメータは、図 5 に示したデバイスの軸力-変位関係をもとに決定した。デバイス端部と軸組との間に設けた接合部バネは線形とし、その剛性はそれぞれ 16kN/mm とした。また、軸組の剛性として、軸組のみの水平剛性 80kN/rad と、端部金物による柱端部の回転拘束による水平剛性 60kN/rad とを軸組剛性バネとして追加した。図 7 に本デバイスを設置した軸組（図 6）の増分解析結果を示す。

既存耐力壁については、木造用の 4 折れ線 NCL モデル²⁾を用い、既往の静的せん断加力実験の結果にフィッティングさせるように復元力特性の各パラメータを決定した。

建物の重量は、各階 50m² の総 2 階の建物を想定し、建築基準法施行令 46 条で規定される「軽い屋根」の 1 階用の必要壁量から計算して 94.7kN とした。なお、この重量は、建物の重量のうちの 1/3 は準耐力壁等で負担されると仮定して、2/3 に低減されたものである。

本解析では、2 階は剛体として、1 階にのみ復元力特性を設定した。既存耐力壁のみで、50m² に対する壁量充足率が 0.7、1.0、1.5 になるように壁量を調整した既存耐力壁の解析モデルと、それぞれに K 型配置の本デバイスを 2P 分併用したモデルも作成した。入力地震波は、JMA Kobe NS 波と BCJ-L2 波とし、両者の応答スペクトルのレベルを合わせるため、Kobe 波の加速度には 0.55 を乗じた。粘性減衰は、瞬間剛性比例型で 5% とした。

図 8 および図 9 に構造用合板耐力壁の場合の結果を示す。壁量充足率が低いほど、本デバイスを併用した場合の応答変位の低減率が大きい。壁量充足率が 0.7 の場合は JMA Kobe 波のときに 43%、BCJ L2 波のときに 57% である。壁量充足率が 1.5 の場合は、JMA Kobe 波のときに

68%、BCJ L2 波のときに 62% である。応答加速度は、応答変位とは逆に本デバイスを併用すると増加する傾向であり、壁量充足率によらず 700gal 程度を上限として増加する。なお、筋かい耐力壁とそれにデバイスを併用した場合の地震応答解析も構造用合板耐力壁の場合と同様に実施したが、上記と同様の傾向であった。

5. まとめ

高減衰ゴムを用いたデバイスを筋かい部材として K 型に配置した軸組の静的せん断加力実験および地震応答解析を実施した。安全限界レベルまでの検討を行って、このデバイスを木造住宅に用いた場合の地震応答性状を把握することができた。

謝辞

本研究は、公益財団法人 JKA 機械工業振興補助事業の研究補助および公益財団法人 LIXIL 住生活財団の研究助成を受けて行われました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中尾方人、山口修由、古田智基、御子柴正：高減衰ゴムを用いた木造戸建て住宅用パッシブダンパーの開発、日本建築学会技術報告集、第 18 巻 第 40 号、pp.889-894、2012.10
- 2) 松永裕樹、曾田五月也、宮津裕次：木質構造物の復元力特性のモデル化と動的解析への適用、日本建築学会関東支部研報告集、pp.201-204、2008.3

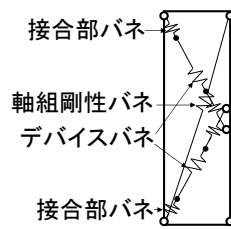


図 6 解析モデル

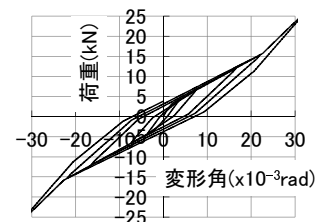


図 7 増分解析結果

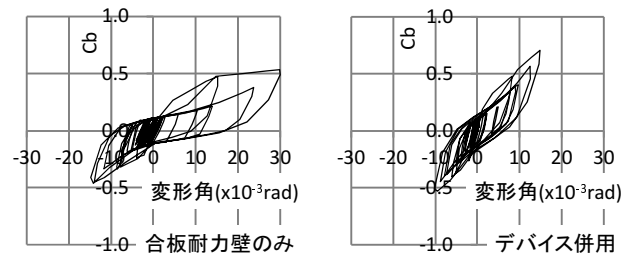


図 8 壁量充足率が 1.0 の場合の解析結果(JMA Kobe)

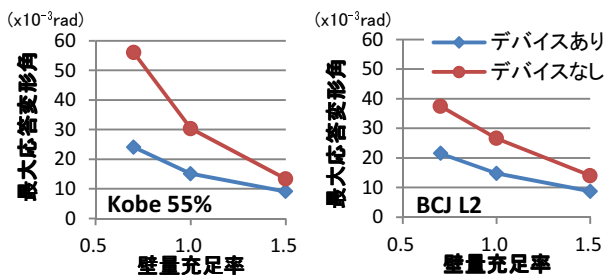


図 9 壁量充足率と最大応答変形角との関係

*第一工業大学 建築デザイン学科 教授・工博
**横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院
特別研究教員・博士（工学）

* Professor, Daiichi Institute of Technology, Dr. Eng.
** Research Associate, Department of Architecture and Building
Science, Yokohama National University, Dr. Eng.