

変位抑制部材を用いた免震層衝突時における免震住宅の地震時応答

その1 変位抑制部材を用いた免震モデルの振動台実験と解析

正会員 飯場正紀^{*1} 緑川光正^{*2}
同 花井 勉^{*3} 皆川隆之^{*4}

免震住宅 積層ゴム 変位抑制部材
免震層衝突 振動台実験 シミュレーション

1. はじめに

免震住宅の場合には、免震層のクリアランスが十分大きく取れないため、想定を上回る地震動に対しては、免震層で衝突が発生することが予想される¹⁾²⁾。本研究の目的は、免震層の衝突が上部構造の応答に及ぼす影響を明らかにすることである。その1では、座屈に対する性能を向上させた積層ゴム支承を有する免震構造の地震時挙動とゴム材を用いた変位抑制部材の効果を確認するために、振動台実験³⁾とシミュレーション解析を行ったので、その結果を報告する。

2. 免震モデルの振動台実験

1) 免震試験体と積層ゴム支承の特性

図1に示すように、免震モデルを振動台上に設置した。免震モデルは、重量部分(質量は15.9t)と6個の積層ゴム支承と4個のオイルダンパーで構成されている。

積層ゴム支承の概要を図2に示す。図2に示した定数は設計値である。積層ゴム支承は3段に積み上げた構造で、座屈に対する安定性を向上させるために、座屈防止部材を取り付けた。積層ゴム支承の水平変形がある大きさ以上になると、鉛直方向の変形により、積層ゴム支承の上下のフランジと座屈防止部材が接触し、座屈防止部材が鉛直荷重の一部を負担する構造である。

図3と図4に、それぞれ座屈防止部材の有無による積層ゴム支承の水平荷重と水平変位の関係(静加力試験結果)と等価粘性減衰定数の水平変位依存性を比較する。座屈防止部材が無い場合、水平変形が100mm以上になると、水平荷重の増加が極端に小さくなり、座屈性状を示す。一方、座屈防止部材が設置された場合、水平荷重と水平変位が安定した

関係を示すとともに、等価剛性と等価粘性減衰定数の水平変位依存性は小さくなる。積層ゴム支承の減衰定数は約10%であり、免震層の水平変位を制御するためには十分な値ではないため、オイルダンパーを設置し、合計の減衰定数が35%程度になるようにした。

2) 変位抑制部材の概要と特性

免震層での衝突による衝撃応答を緩和するために、写真1に示す変位抑制部材を2台免震層に設置した。変位抑制部材は16個の円錐形をしたゴムブロックから構成されている。免震層の水平変位が150mmに達すると、ゴムブロックが円形の鋼板の接触し、免震層のせん断力の一部を負担する。図5に、変位抑制部材の水平荷重と水平変位の関係(静加力試験結果)を示す。水平変形とともに水平荷重が増大するバードニングの特性を有する。

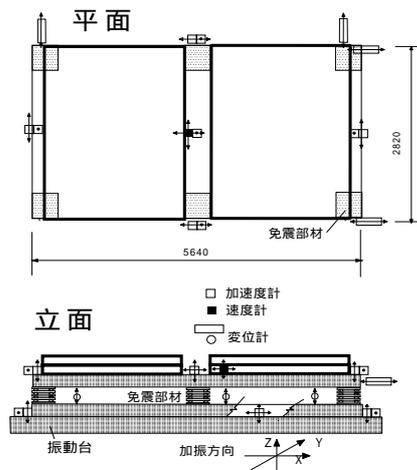
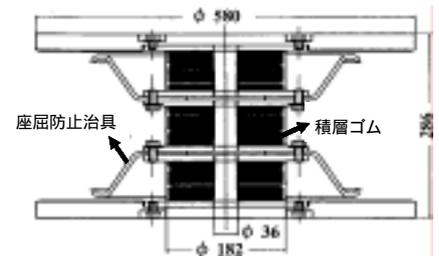


図1 免震モデルの概要
(\leftrightarrow : 加振および測定方向)



- a) 高減衰ゴム
 - b) 積層ゴムの3段重ね
 - c) 鉛直許容支持荷重: 90kN.
 - d) 水平限界変位: 250mm
 - e) 等価水平剛性(180mm水平変位時)
: 約24.2kN/m
 - f) 等価粘性減衰定数: 約10%
- 図2 積層ゴムの形状と緒元

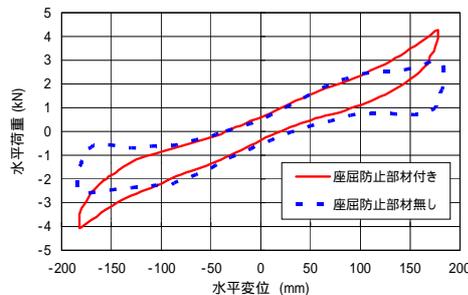


図3 積層ゴムの荷重 - 変位関係

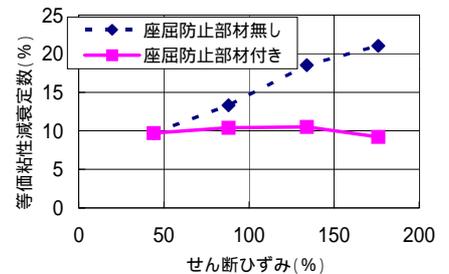


図4 等価粘性減衰定数の水平変位依存性

Effects of displacement restraint device on seismic response of base isolated house with collision at isolated layer
(Part 1 Shaking table test and simulation analysis of seismically isolated model)

IIBA Masanori, MIDORIKAWA Mitsumasa, HANAI Tsutomu and MINAGAWA Takayuki



写真1 変位抑制部材の外観

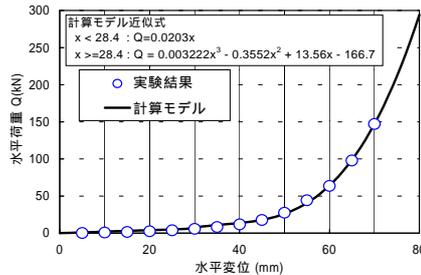


図5 変位抑制部材の特性とモデル化

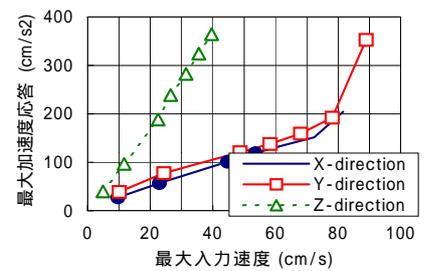


図6 免震層の最大加速度応答

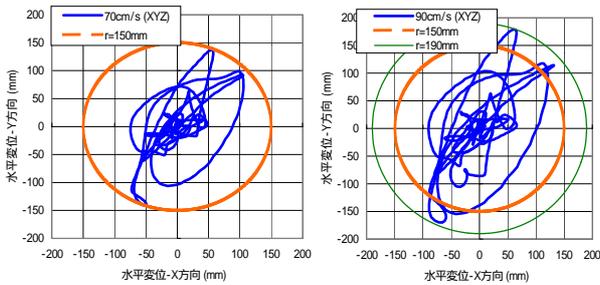


図7 免震層の水平変位の軌跡

3) 計測項目と入力地震動

免震モデルに設置した計測器を図1に示す。免震層の加速度・速度および水平・上下方向の層間変位を計測した。地震動に1995年兵庫県南部地震において神戸海洋台で観測された記録を用いた。地震動の大きさは、NS成分の最大速度で基準化し、他の方向の値はその比に比例した大きさである。振動台での入力地震動のY方向が、観測地震動のNS方向に対応する。

3. 変位抑制部材衝突時の免震モデルの応答

3方向振動台入力における、Y方向の入力地震動の最大速度に対応する各方向の最大加速度応答を図6に示す。入力速度の最大値が90cm/sの場合、応答加速度が急に増大する。これは変位抑制部材に衝突が生じたためである。図7に、2段階の入力動における免震層の水平変位のX-Y平面での軌跡を示す。変位抑制部材が機能する変形を150mmと設定していることから、最大速度70cm/s入力では変位抑制部材の衝突が始まり、最大速度90cm/s入力では変位抑制部材が最大約40mm変形している。

4. 免震モデルのシミュレーション解析

1次元解析であるため、免震層のX-Y平面での水平変位が最大となる方向(主軸方向)の解析を行った。免震モデルの質量、等価剛性および減衰定数は、それぞれ15.9t、150kN/mおよび35%である。変位抑制部材は、静的載荷試験結果に近似する多項式でモデル化した(図5参照)。図8に、最大速度90cm/s入力における主軸方向の免震層の水平加速度、水平層間変位応答および免震層のせん断力係数と水平変位の関係について、実験結果との比較を示した。シミュレーション結果の方が加速度応答をやや大

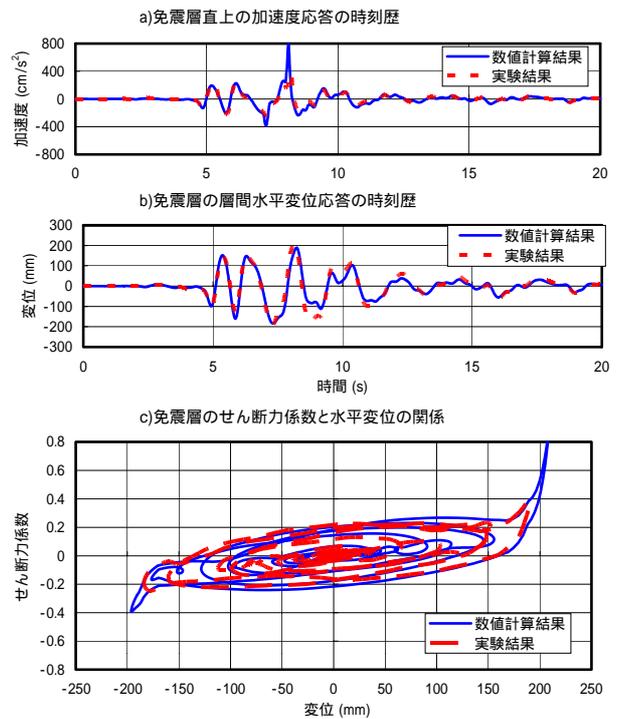


図8 シミュレーション解析結果(最大速度90cm/s)

きく評価するがほぼ対応した結果が得られた。図7から、変位抑制部材が5回衝突しているが、そのうち2回の衝突により大きな層せん断力が発生している。

5. まとめ

変位抑制部材の免震モデル応答への影響について、振動台実験とそのシミュレーション解析を行った。シミュレーション解析における加速度応答がやや大きくなるが、実験結果にほぼ対応した結果が得られた。

謝辞

振動台実験に関する研究は、建設省建築研究所(現、独立行政法人建築研究所)と(社)建築研究振興協会との共同研究「住宅用免震技術の開発(委員長: 山口昭一博士・(株)東京建築研究所長)」において実施されたものである。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 花井他: 免震層変位を制限した戸建て免震住宅の耐震等級対応法とライフサイクルコスト評価、日本建築学会構造系論文集、No.572、pp.89-96、2003
- 2) 桐山他: 実大振動実験による戸建て免震住宅の装置別応答性状比較、構造工学論文集、Vol.50B、pp.561-574、2004
- 3) 飯場他: 住宅用免震装置の3次元振動台実験(その1、3)、日本建築学会大会梗概集、構造、1999、pp741-742,747-748

*1 国土技術政策総合研究所・博士(工学) *1 National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr.Eng.
 *2 独立行政法人建築研究所・工学博士 *2 Building Research Institute, Dr. Eng. *3 Nihon System Sekkei Co., Ltd., Dr. Eng.
 *3 日本システム設計・博士(工学) *4 日本システム設計 *4 Nihon System Sekkei Co., Ltd.