

木造免震住宅の実大振動実験

その5 層せん断力係数、偏心の影響および垂直変形

正会員○落合 誠*1 正会員 平野 茂*1
 正会員 久保孝治*2 萩原 勲*2
 正会員 花井 勉*3 正会員 坂本 功*4

1. はじめに

本報(その5)では「その4」に引き続き、第1, 2, 4, 6期の実験結果に基づいて応答層せん断力係数について述べるとともに、偏心の影響、上部架構の弾性振動特性の変化、および免震層の垂直変形について報告する。

2. 応答層せん断力係数

本試験体の免震層から上の部分を3質点振動系とみなして応答加速度を用いて各層X方向の層せん断力係数を求めた。このとき各質点の質量は構成材の公称重量をもとに算定し、応答加速度は各床レベル・X方向に設置した二つの加速度計の平均値とした。各加振における最大層せん断力係数 C_{max} と V_{max} の関係を図5.1に示す。免震層と上部架構第1層の C_{max} は第2,4,6期に対して第1期が小さく、 V_{max} の値に関わらず0.1前後となっている。また第2層の C_{max} の第1層に対する比は第2,4期、第6期、第1期の順で大きくなっている。このことから免震層および第1層の応答は免震層の復元力が大きいほど大きいこと、および免震層の復元力に占める摩擦力の比率が大きいほど上層の応答が増加することが指摘できる。

3. 免震層の水平変形に対する偏心の影響

免震構造物は一般に並進モードと捩じれモードの固有周期が近接しており、建物外周部における免震層の変形についてはわずかな偏心で増大し得る。重心位置における免震層のY方向最大変形 Δ_{yc} に対するX0,X3通りのY方向最大変形 Δ_{ye} の比率 $\lambda_{ce} = \Delta_{ye} / \Delta_{yc}$ を第4期の各加振について求め、 Δ_{yc} との関係を図5.2に示す。 λ_{ce} は Δ_{yc} により変化し、重心に近いX3通りにおける λ_{ce} の最大値は1.17である。

免震構造物の設計上このような捩じれ応答の影響はモ

ード解析によって検討されることが多い。ここでモード解析による λ_{ce} の予測値を上述の実験値および応答解析値と比較する。モード解析に当たって本試験体の上部架構を剛体とみなし、免震層にX,Y方向と捩れ方向の3自由度を持つ1質点系に置換する。本試験体のX方向の偏心率は微小であり無視できるとすればX方向の振動モードは独立となり、Y方向は並進と捩じれが混在する二つのモードに分解される。これらを二乗和平方根法(SRSS法)と完全2次形式結合法(CQC法)により合成する。CQC法はモード間の固有周期が近接する場合も良い近似を与える²⁾。モードを合成する際に仮定する変位応答スペクトルは各モードの固有振動数に反比例するものとし、減衰定数は各モードとも0.2とする。

積層ゴム支承の水平剛性はX,Y方向とも K_r とする。滑り支承の水平剛性はその移動方向に依存する。ここではY方向の剛性を $\hat{\mu} W_{si} / \Delta_{yc}$ とし、X方向の剛性はY方向の a_{kx} 倍と設定する。 a_{kx} の値を0, 1, 5, 10とした場合のモード解析による λ_{ce} を図5.2に併記した。なお、このとき免震層の偏心率は Δ_{yc} を25cmとすれば0.131, 0.106,

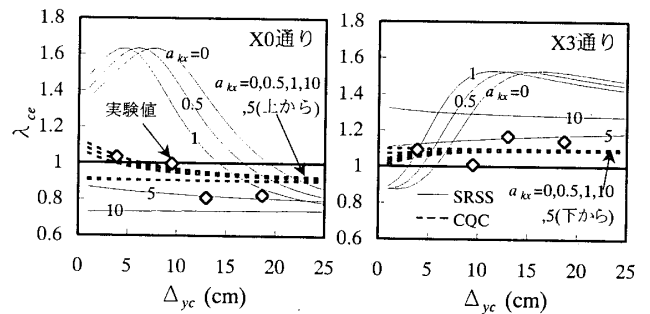


図 5.2 偏心による応答変形の増大率

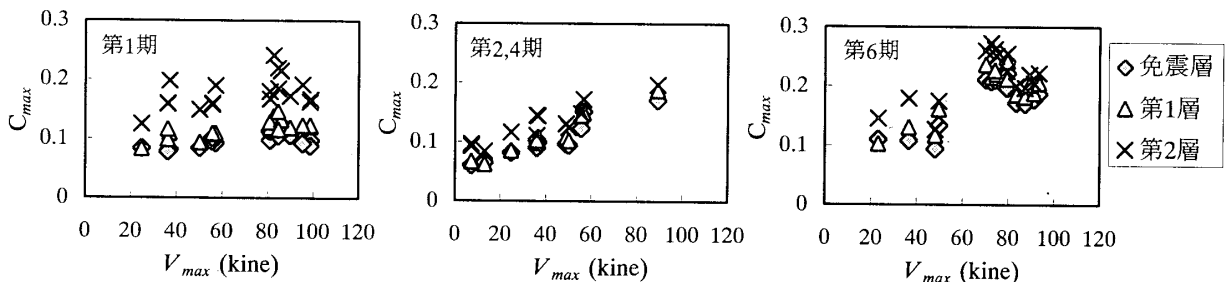


図 5.1 応答層せん断力係数

An Experiment of Base-Isolated Wooden House
 Part 5 Story shear coefficient, effects of eccentricity and vertical deformation
 of base-isolated story

OCHIAI Makoto et al.

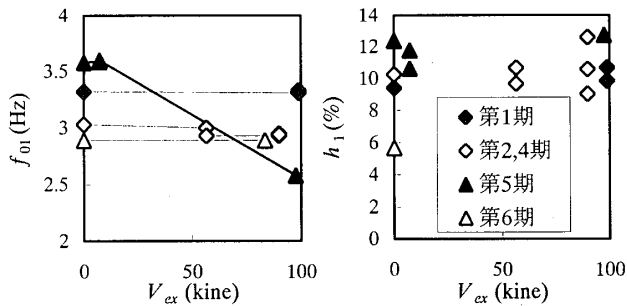


図 5.3 上部架構の弾性振動特性の変化

0.069, 0.053となる。SRSS法による解析値は a_{kx} の値により大きく変化し、 a_{kx} を5とした場合が最も実験値に適合している。CQC法による解析値は a_{kx} に対する依存性は低い。 a_{kx} を1以下とした場合が実験値に適合する傾向にあるが、 Δ_{yc} が10cm以上の領域では偏心の影響を過小評価する結果となっている。この原因の一つとして上部架構の転倒モーメントにより摩擦力が変動し偏心距離が増大したこと考えられる。

4. 上部架構の弾性振動特性

各期の加振前後に最大加速度30galのホワイトノイズによる加振を行った。この結果をもとに上部架構の共振曲線を求め1次固有振動数 f_{01} と1次モード減衰定数 h_1 が求められる。図5.3には各期ごとに経験最大入力速度 V_{ex} と f_{01} および h_1 の関係を示した。 f_{01} については第5期(非免震)では V_{ex} に伴って低下するが、第1,2,4,6期では V_{ex} に関わらずほぼ一定であり、いずれの免震状態においても上部架構の耐震性能の劣化は極めて少ない。また第2,4期の f_{01} が第1期より小さいのは、積層ゴムが建物重量を支持することにより部分的に垂直方向の支持剛性が低

下したためと考えられる。第6期の f_{01} は第2,4期よりやや小さい。第6期はすべての建物重量を滑り支承が支持しているので f_{01} は第1期と同等のはずであるが、この原因は第5期の加振終了後に行った補修工事では耐震性能が完全には復旧しなかったためと考えられる。 h_1 は非免震を含め各期とも11%前後である。

5. 免震層の垂直変形

第2,8期のX方向加振について試験体平面4隅の積層ゴム支承の垂直変形と免震層の水平変形の関係を図5.4に示した。第2,8期とも上部架構の転倒モーメントにより支持重量が減少する側の垂直変形が小さい傾向にあるがその度合いは小さく、垂直変形量は主に水平変形量に依存している。積層ゴム支承Aは重量支持が無いことを前提に設計されている。第8期はあえて同支承に重量を支持させ、積層ゴム支承の圧縮座屈現象を観察することを目的としたが、結果的に座屈現象は生じなかった。図5.4では第8期の垂直変形は水平変形の増大に対して頭打ちの傾向があり、これは上部架構の垂直方向剛性によって垂直変形が拘束されたためと考えられる。

6. まとめ

本報では実験結果に基づき応答層せん断力係数、偏心の影響、上部架構の弾性振動特性および積層ゴム支承の垂直変形について報告した。

参考文献

- 1) 柴田明徳: 最新耐震構造解析, 森北出版, pp.265~269, 1981.6
- 2) 吉田 聡, 石井 勝, 藤原 薫, 鳥居次夫: 小さな偏心を有する免震建物の固有値解析結果に関する一考察-固有値が近接している場合の刺激関数と最大応答予測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.663~664, 1997

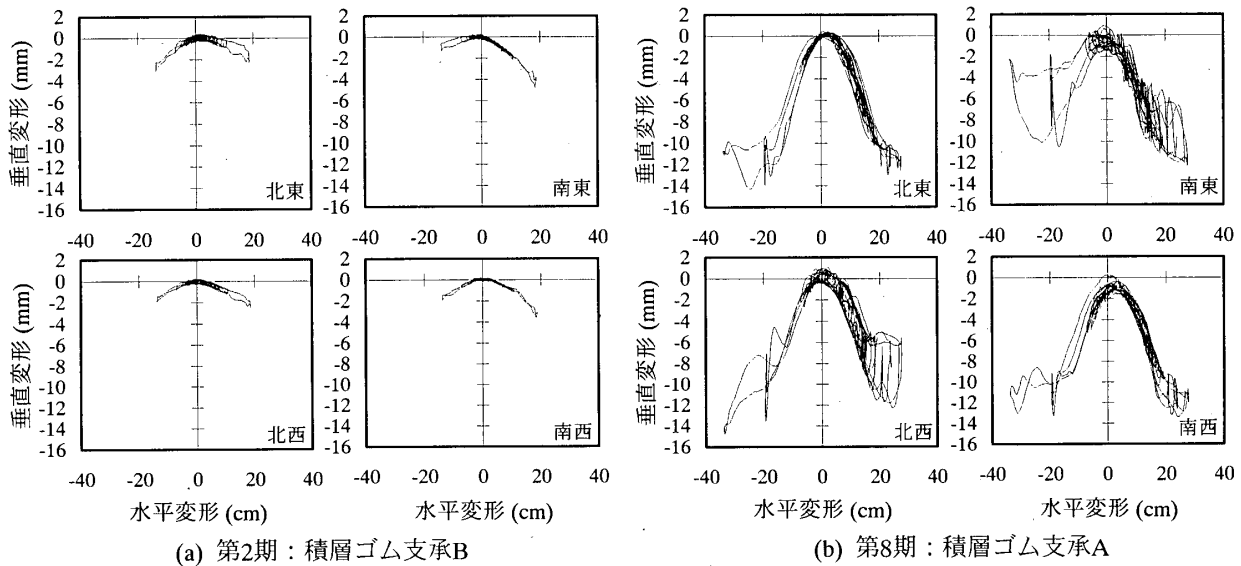


図 5.4 積層ゴム支承の垂直変形

*1 (株)一条工務店 Ichijo Housing Company Co., Ltd.
 *2 (株)ブリヂストン Bridgestone Co.
 *3 (株)日本システム設計 Nihon System Sekkei Co.

*4 東京大学 教授・工博 Prof., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.