

木造免震住宅の実大振動実験

その4 免震層の応答水平変形

正会員○高橋武宏*1 正会員 平野 茂*1

正会員 竹内貞光*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4)では基本的免震性能の確認を目的とする第1, 2, 4, 6期の実験結果に基づき、免震層の応答水平変形に関してその最大値、主軸などについて報告する。

2. 実験の経緯

第1, 2, 4, 6期の加振における目視観察による応答の大きさは第1期が最も小さく、第2,4期、第6期の順で大きくなったが、上部架構および免震層の損傷は全く確認されなかった。什器の損傷については第1期では皆無であり、第2,4,6期では一部の加振で家具の上に置いたこけしなどの重心の高い置物が転倒したが、家具の転倒などの人体に損傷を与え得る現象は発生しなかった。また上部架構柱・筋かいの最大歪みは約150microであった。

第5期(非免震)では入力強さに伴い応答は増大し、Kobeによる加振では最上部の最大応答加速度は2Gを超え、石膏ボードおよび外装ボードの目地部と釘打ち部に損傷が生じた。また家具の転倒が発生し、それに伴う食器などの什器の損傷が著しい。ただし建物の到壊には至らなかった。

3. 免震層の層せん断力-層間変形特性

本試験体の免震層から上の部分を3質点振動系とみなせば、応答加速度を用いて各層の層せん断力が求められる。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・XY方向に設置したそれぞれ二つの加速度計の平均値とした。また免震層の試験体外周4辺に設置した二つの変位計の平均値を各辺位置の変形とし、床は面内に剛であるとすれば免震層重心位置の層間変位が得られる。

このようにして求めた免震層の層せん断力-層間変形曲線を第1,2,6期のX方向加振について図4.1に例示する。また「その2」で積層ゴム支承の割線剛性と滑り支承の摩擦係数のそれぞれ平均的な値 \hat{K}_r および $\hat{\mu}$ が設定されている。この \hat{K}_r および $\hat{\mu}$ によって定まる層せん断力と層間変形の関係(以下試験値)を図4.1中に太線で示した。実験値と試験値を比較すると両者の勾配はほぼ一致している。層せん断力は実験値の方がやや大きく、 $\hat{\mu}$ は応答過程における平均的摩擦係数に対して過小評価となっている。しかしながら全体的には両者は概ね一致しており、免震装置単体の試験で確認された性能が本振動実験でも発現していると言える。

4. 免震層の応答水平変形量

4.1 入力強さとの関係

変形などの最大応答値は入力強さに依存する。入力強さを表わす指標として加速度、速度、および変位の最大値が挙げられる。これらと本実験における最大応答値の関係を整理したところ、最大応答値に対してもっとも相関が強いのは入力最大速度 V_{max} であった。図4.2に免震層重心位置の最大応答変形 δ_{max} と V_{max} の関係を示す。またX,Y軸に同時入力を行うと変形はXY平面上に履歴を描く。この変形平面履歴をもとに「その3」で述べた方法により応答包絡線と応答主軸を求めることができる。応答主軸角 θ_R も入力主軸角と同様にX軸を 0° として定義する。図4.3に第1期のArt22による変形平面履歴、応答包絡線および応答主軸を例示する。図4.2中のX,Y方向については V_{max} 、 δ_{max} ともそれぞれの軸上の値である。主軸方向については V_{max} は入力主軸上の値であり、

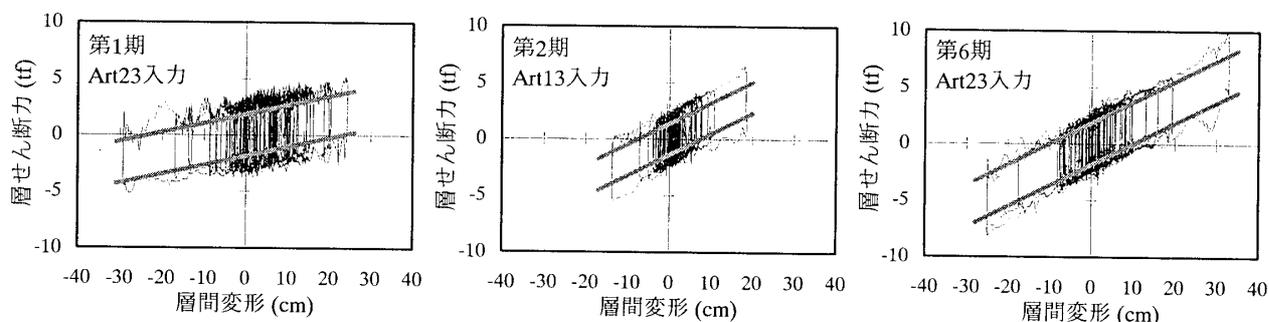


図4.1 免震装置の性能確認

An Experiment of Base-Isolated Wooden House
Part 4 Horizontal response deformation of base-isolated story

TAKAHASHI Takehiro et al.

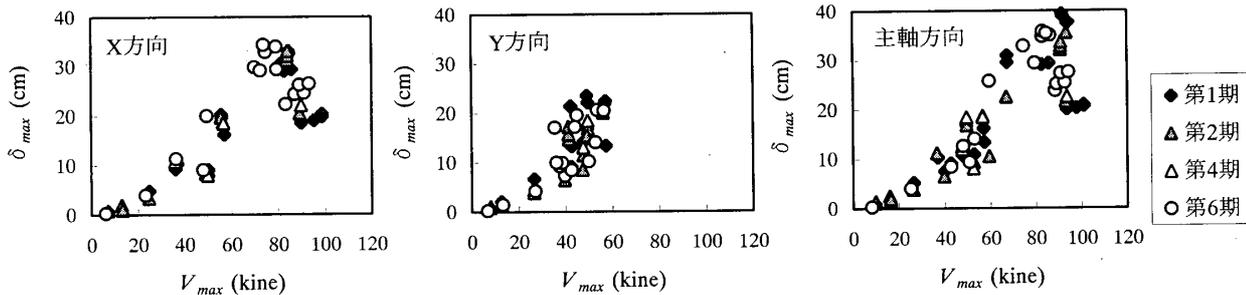


図 4.2 免震層の最大応答変形

δ_{max} は応答主軸上の値である。期による差異は明確には認められないが、同一の V_{max} に対して第6期の δ_{max} が大きい傾向がある。

4.2 多方向入力の影響

人工地震波加振では同一の地震波を用いてX,Y方向に単独で入力する1方向入力、X,Y方向に同時に入力する2方向入力、Z方向を加えた3方向入力を行っている。図4.4には1方向入力と2,3方向入力における δ_{max} の関係を示す。X方向では両者はほぼ同じであるが、Y方向では2,3方向入力時の δ_{max} が1方向入力時の2倍以上となる場合がある。2方向入力と3方向入力では両者にほとんど差が無く本試験体のように滑り系の免震装置を用いる場合でも免震層の応答変位に与える上下動の影響は小さい。

4.3 免震層の残留変位

加振終了後の免震層停止位置と原点間の距離を残留変形とする。残留変形と入力主軸方向の最大速度 V_{max} の関係を図4.5に示す。第1期では入力の強さに応じて残留変形が増加する傾向にあり、最大で7cm程度となっている。第2,4,6期では入力の強さにはほとんど依存せず、最大で約2cmである。

5. 入力主軸と応答主軸の関係

図4.3に「その3」で定義した入力主軸角 $\theta_{SA}, \theta_{SV}, \theta_{SD}$ を併記した。この場合は応答主軸角 θ_R は θ_{SV} にほぼ一致している。図4.6(a)には第1, 2, 4, 6期のすべての2,3方向

入力の場合を対象として $\theta_{SA}, \theta_{SV}, \theta_{SD}$ と θ_R の関係を示す。いずれの場合も概ね $\theta_S = \theta_R$ の相関がある。また図4.6(a)に示す各加振における θ_S と θ_R の差 $\theta_R - \theta_S$ を母集団として求めた度数分布を図4.6(b)に示す。 θ_R に対して θ_{SV} が最も相関が強く、 θ_R が θ_{SV} の $\pm 10^\circ$ の範囲にある確率は75%である。

7. まとめ

本報では実験結果のうち免震層の水平変形に関する報告を行った。

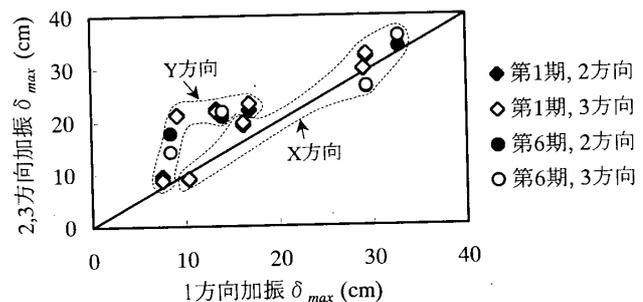


図 4.4 多方向入力の影響

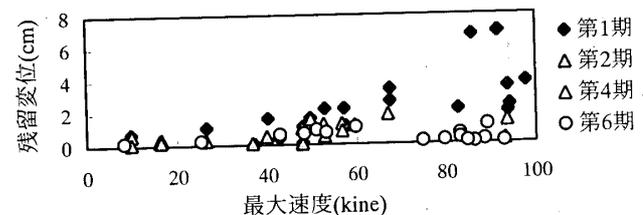


図 4.5 免震層の残留変形

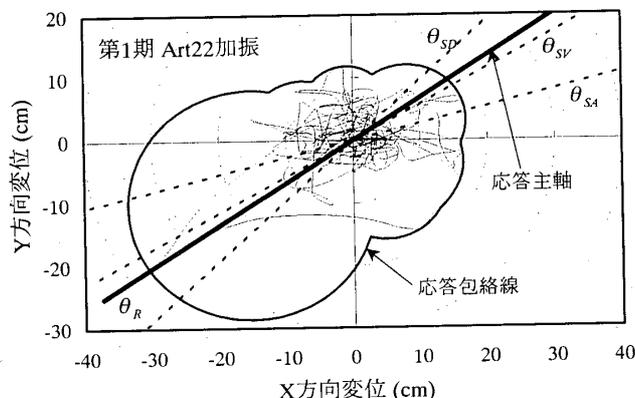


図 4.3 応答包絡線・応答主軸

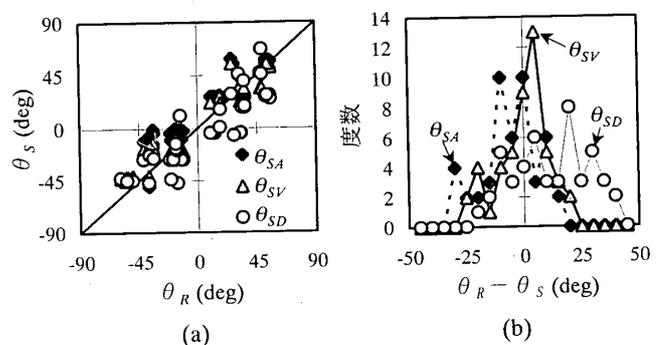


図 4.6 入力主軸と応答主軸の関係

*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.