

### 3 階建て免震住宅の最適化装置構成について

正会員 中田 信治<sup>\*1</sup> 同 桐山 伸一<sup>\*1</sup>  
同 飯田 秀年<sup>\*2</sup> 同 皆川 隆之<sup>\*2</sup>  
同 花井 勉<sup>\*2</sup> 同 福和 伸夫<sup>\*3</sup>

3 階建て免震住宅 すべり支承 転がり支承

#### 1.はじめに

比較的重量のある一般建築物は積層ゴムを主たる免震装置としているのに対して、戸建て用の免震装置は比較的重量の軽い2階建て住宅をターゲットに開発されてきている。一方、この両者の中間に位置するような鉄骨系3階建て住宅は軸力制限から対応可能な装置が少ない状況である。筆者らは過去にすべり系、転がり系を用いた実大振動実験を行い、入力条件による応答の違いを確認してきているが<sup>1),2)</sup>、年々公表・更新されていく地震・地盤情報に対応しようとする1つのシステムでは最適化が難しいことが分かってきた。そこで本報では単一のシステムにとらわれず、その建物、想定地震動に見合った免震層の構成についてパラメータスタディを通して考察していく。

#### 2.解析パラメータ

上部架構は3階建て鉄骨構造を想定している。振動系モデルを図1に、上部架構の特性を表1に示す。免震装置は平面すべりシステム、平面転がりシステム及び、すべりと転がりを併用したシステムを想定した。免震層の特性として、支承は完全剛塑性のモデルで摩擦係数 $\mu$ は全基転がり支承を想定した0.005から全基すべり支承で摩擦係数を大きく見積った0.08までを設定する。復元材は天然ゴム系を

表1 上部架構の特性

| 層   | W(kN) | K(kN/cm) | h(%) |
|-----|-------|----------|------|
| 1 層 | 141   | 61.3     | 3.0  |
| 2 層 | 235   | 125.8    |      |
| 3 層 | 235   | 127.9    |      |
| 免震層 | 188   | -        |      |

表2 解析パラメータ一覧

| 項目            | パラメータ         |
|---------------|---------------|
| 摩擦係数 $\mu$    | 0.005 ~ 0.08  |
| 復元力周期 $T_t$   | 3.0 秒 ~ 6.0 秒 |
| 減衰力比 $R_{QS}$ | 0 ~ 10 %      |

ダンパーの最大減衰力  $Q_S = W \times R_{QS}$  (kN)

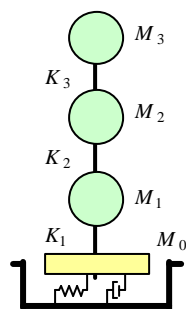


図1 振動モデル

想定し復元力周期 $T_t$ は3.0~6.0(s)を設定する。またダンパーは非線形速度依存モデルとし、減衰力 $Q_S$ (150cm/s時)は建物重量に対する最大減衰力の比で0~10%までパラメータを設定した。免震装置特性を図2に、検討を行った各パラメータの値を表2に一覧で示す。

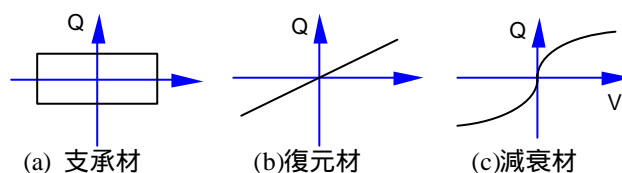


図2 免震装置特性

#### 3.入力地震動の概要

解析に使用した入力地震動の一覧を表3に示す。短周期型を想定した地震動として、神戸、小千谷の観測波。長周期型を想定した地震動として、静岡波、弾性地盤周期0.75(s)、1.00(s)の告示波を採用した。図3に入力地震動のトリバタイトを示す。

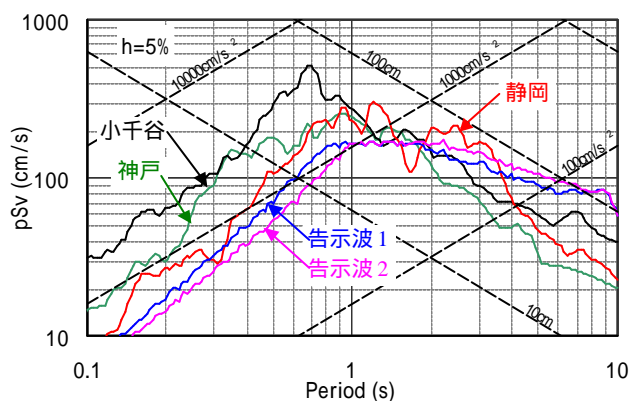


図3 入力地震動のトリバタイト

表3 入力地震動の一覧

| 名称    | A max<br>(cm/s <sup>2</sup> ) | V max<br>(cm/s) | D max<br>(cm) | 備考  |
|-------|-------------------------------|-----------------|---------------|---|
| 神戸    | 818.0                         | 93.4            | 19.0          | 1995 年兵庫県南部地震・旧神戸海洋気象台観測波・NS 成分                         |
| 小千谷   | 1307.9                        | 126.0           | 28.0          | 2004 年新潟県中越地震・小千谷観測波 <sup>(*)</sup> ・EW 成分              |
| 静岡    | 443.0                         | 108.3           | 30.7          | 想定東海地震・静岡市想定波(3 次元メッシュコード 52383360)・主軸成分 <sup>(*)</sup> |
| 告示波 1 | 432.8                         | 67.3            | 32.8          | Taft 1952 EW 位相告示波・弾性地盤周期 0.75 秒                        |
| 告示波 2 | 364.1                         | 67.7            | 37.0          | 同・弾性地盤周期 1.00 秒   |

Vmax および Dmax は、加速度をフィルター処理(ローカット 0.1Hz, ハイカット 30Hz)・数値積分の結果、<sup>(\*)</sup>K-NET、<sup>(\*)</sup>中央防災会議(2004)

#### 4. 解析結果

図4は各入力波における減衰力比と免震層変位、1階層せん断力係数の関係を示したものである。パラメータは摩擦係数が0.01、0.04、0.06、復元力周期は4.0秒と5.0秒の場合を示している。減衰力比が増加するに伴い免震層変位は抑えられる傾向にあり、特に長周期成分を多く含む告示波1、告示波2にその傾向が顕著にみることができる。また、静岡波のように免震層変位が装置限界変位（一般に30～35cm程）を超えるような場合、すべり系でも長周期対応としてダンパーを付加することは有効であるといえる。一方、短周期型の地震動（神戸・小千谷）の場合、減衰力比の効果は長周期地震動の場合に比べ顕著には出ていない。

1階層せん断力係数との関係では減衰力が増えるに従いせん断力係数もほぼ線形的にあがる傾向が見て取れる。図5は短周期型の地震動小千谷波入力時における摩擦係数と免震層変位の関係を復元力周期ごとに示したものである。減衰力比は1%と5%のものを示す。3階床応答の計測震度が5.0以下で免震層変位が最も小さい、摩擦係数0.02、復元力周期3秒、減衰力比が5%のものが最適な結果となる。図6は免震層変位と3階床計測震度の関係を示したものである。免震層変位と計測震度には相関が見て取ることができる。室内家具の転倒等を考えると極端に免震層変位を抑えるべきではない。

#### 5. まとめ

地震動の特性と免震層の構成による応答特性を解析的に検証・考察し以下の知見を得た。地震動により最適な装置パラメータが違っている。直下型地震に対しては復元力周期をあまり長くしないほうがよい。大きな長周期地震動に対してはすべり系システムにダンパーを付加する事は免震層変位にとって有効である。住宅の場合、敷地

条件等から免震層変位が制限されがちであるが、免震層応答（変位）と上部架構応答（床震度）は相反関係にあるため注意が必要である。設計においては上記に加えて、風圧時の要求性能を考慮して最適な装置構成を提示していきたい。

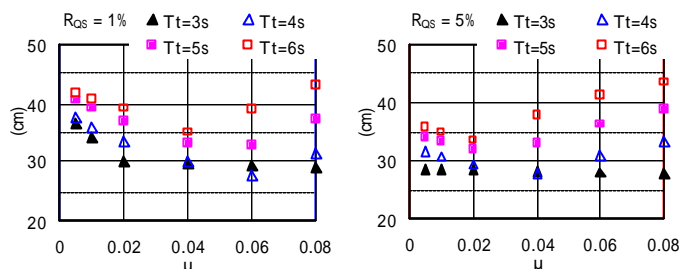


図5 摩擦係数と免震層変位の関係

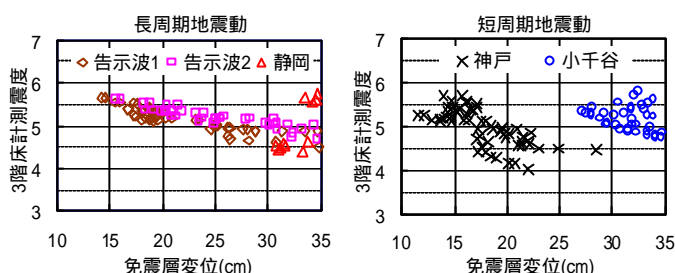


図6 免震層変位と3階床計測震度

〔謝辞〕

地震動データを提供して頂いた、気象庁、K-NET、その他関係機関に感謝いたします。

〔参考文献〕

- 1) 桐山・他(2003)：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 その1)～6)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp583-594
- 2) 桐山・他(2005)：3階建て免震住宅の実大振動実験 その1)～4)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp801-808

印：長周期地震動（ 告示波1 告示波2 静岡） ×印：短周期地震動（× 神戸 × 小千谷）

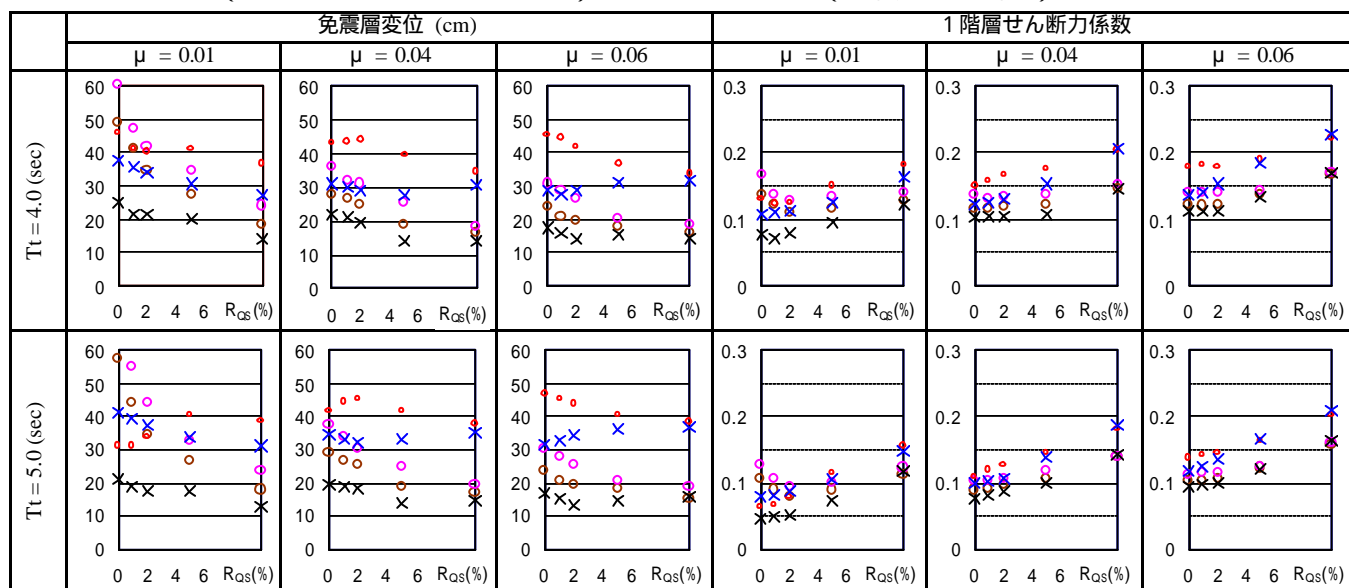


図4 免震層変位及び1階層せん断力係数

\*<sup>1</sup> 旭化成ホームズ

\*<sup>2</sup> 日本システム設計

\*<sup>3</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

\*<sup>1</sup> Asahi Kasei Homes Co.

\*<sup>2</sup> Nihon System Sekkei Co.

\*<sup>3</sup> Grad.School of Environmental Studies, Nagoya Univ.