

速度感応型性能可変ダンパーを用いた免震建築物の上町断層帯想定地震動対応

速度感応型ダンパー 免震建築物 応答抑制  
上町断層帯

正会員 ○花井 勉\*<sup>1</sup> 同 飯場正紀\*<sup>2</sup>  
同 白瀬陽一\*<sup>3</sup> 同 皆川隆之\*<sup>4</sup>

1. はじめに

筆者らは免震層の応答変位が限界変位を超えるような地震動対策として、戸建て免震住宅用に性能可変型のダンパーを開発してきた<sup>1)2)3)4)</sup>。このダンパーは免震層の速度が急上昇したときに受動的に高減衰の緊急回路に切り替わり免震層の応答変位を抑制するものである。

近年の地震、特に2011年東北地方太平洋沖地震での免震建築物の安定した挙動報告から、公共建物から戸建て住宅まで免震に対するニーズが高まっている。冗長性を持たせづらい免震建築物の設計においてはそのサイトに想定する地震動の設定が大変重要であるが、大阪市下で想定されている上町断層帯の地震動<sup>5)</sup>は、ゾーンによっては通常の免震装置構成のみでは対処しきれないほど大きい地震動が報告されている。

本稿では戸建て用に開発したダンパーの減衰力を増して、これらの地震動に対処できるかをモデル建物解析により探る。

2. 対象とする地震動

対象とするゾーンは上町断層帯の影響が大きく御堂筋等を含むA3とし、地震動を作成した研究会<sup>6)</sup>が新築の設計において考慮すべきレベルの地震動として推奨する3Bの地震動の6波を対象とした。尚、各波はNS,EW2成分の速度波形の最大値を主軸としてベクトル合成した主軸波として用いる。表1にPGA,V,D(速度、変位波形は0.1Hzローカット後、FFTにより周波数領域積分により算定)、図1に波形例、図2に応答スペクトルの例を示す。これらより地表速度が150cm/s、変位が50cmを超え、過去の観測記録からみても最大級の波といえる。また、波形例と擬似速度応答スペクトルpSvからは免震周期帯の2~5秒にパルス的な成分が含まれているのが分かる。

3. ダンパー設定のためのパラメータスタディ

免震層に組み込むダンパーの諸定数を設定するため簡易モデルにてパラメータスタディを行なう。通常の免震層の特性をほぼ剛塑性のバイリニア型として、その降伏荷重を支持重量に対する比率 $\alpha$ で0.02,0.04、復元力周期(2次剛性周期)  $T_t$ を3s,5sとし、ダンパーのリリーフ荷重  $F_2$  (支持重量に対する重量比で表記) と緊急回路に変化する速度  $V_1$  をパラメータとして1質点応答解析を

表 1. 入力波の PGA,V,D 一覧

Type	Name	Amax (cm/s <sup>2</sup> )	Vmax (cm/s)	Dmax (cm)
①フラットタイプ	B11	750	152	44.4
	B12	652	149	59.6
	B13	648	161	60.3
②パルスタイプ	B21	344	118	56.5
	B22	288	104	68.2
	B23	324	110	46.7

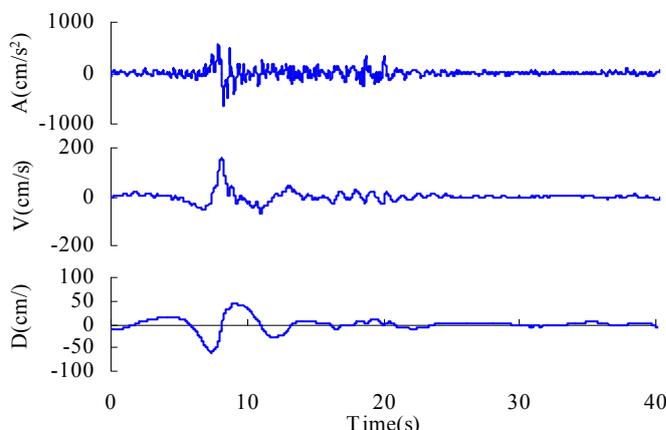


図 1. 入力波の波形例 (B13)

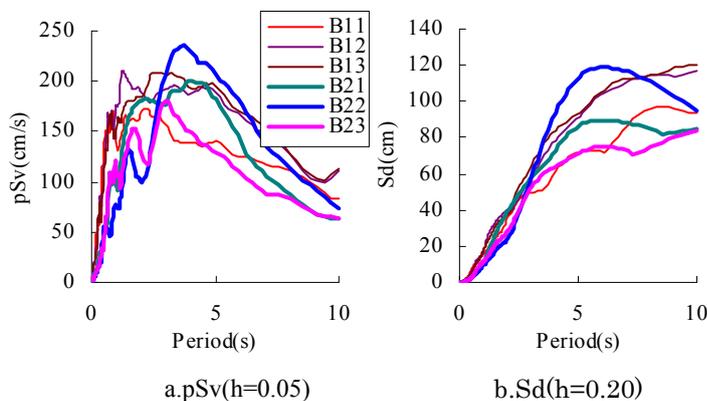


図 2. 入力波の応答スペクトル

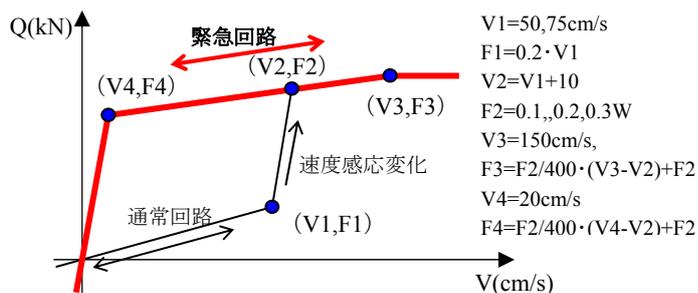


図 3. ダンパー特性

Correspondence of the Seismically Isolated Building using a Velocity-Dependent Viscous Damper for Uemachi Fault Earthquake

HANAI Tsutomu, IIBA Masanori, SHIRASE Yoichi  
MINAGAWA Takayuki

行った。ダンパーの履歴モデルを図3に示す。

図4に応答変位の結果を示す。ダンパー重量比0のプロットはダンパーを入れていない場合を示すが、どのケースも60cmを超え、 $T_t=5s$ の場合は100cmを超える応答となっている。免震層の速度が比較的小さな状態からダンパーを高減衰に変化させる(V1を小さくする)、またはダンパーの重量比を上げることで応答変位は小さくなる傾向だが、緊急回路に入ると上部架構に大きな加速度応答を生じることから、できればV1は大きくしたいところである。免震層の変位を例えば60cm以内に収めるためには $\alpha=0.04$ ,  $T_t=3s$ ,  $V1=75cm/s$ とすればダンパーを重量比で5%入れることで経済的に全ての波を満足できそうである。

#### 4. モデル建物による検証

モデル建物として12階建ての鉄筋コンクリートラーメン構造を想定する。上部架構はダンパーによりある程度の応答が見込まれるため耐震構造として保有耐力計算( $D_s=0.3$ 相当)を満足する断面としている。静的増分法解析より求めた骨格曲線に対して復元力特性を武田モデルとし、免震層を含めた13節点せん断系にて応答解析を行う。免震層は前章で求めた経済的なパラメータとする。また、上部架構の減衰定数は $h=3\%$ の瞬間剛性比例型とする。比較のためダンパーの代わりに50cmを超えると制御を始めるストッパー+擁壁を用いた場合の解析も行なう。この履歴特性は降伏耐力を全重量/5、剛性限界変位は5cmとしたバイリニアスリップとしている。

B13波での解析結果を図5に示す。ダンパー効果により免震層の最大応答変位は68cm→57cmと想定どおりの60cm以内に収まっている。また、各階の最大応答加速度はストッパーの場合に比べかなり小さく、ダンパーなしと同程度である。尚、同時に解析した告示波ではダンパーは通常回路のままで良好な免震応答状態である。

#### 4. まとめ

免震建築物にとって過酷なやや長周期パルス波をもつ上町断層帯想定地震動に対して、速度感応型のダンパーは免震層の限界変形を抑える設計に有効であるといえる。

#### 参考文献

- 1) 2) 3) 4) 飯場正紀、花井 勉、他：次世代型ダンパーを用いた長周期地震動対応戸建て免震システム その1：性能可変ダンパーの必要性能とその設計、その2：性能可変ダンパーの性能試験結果とモデル化による応答、B2, pp.321-324, 2010.9、その3：性能可変ダンパーの実用化実験、B2, pp.467-468, 2011.8、その4：性能可変ダンパーの改良実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、投稿中 (2012)
- 5) 大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動及び設計法に関する研究会：大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および耐震設計指針、2011.7

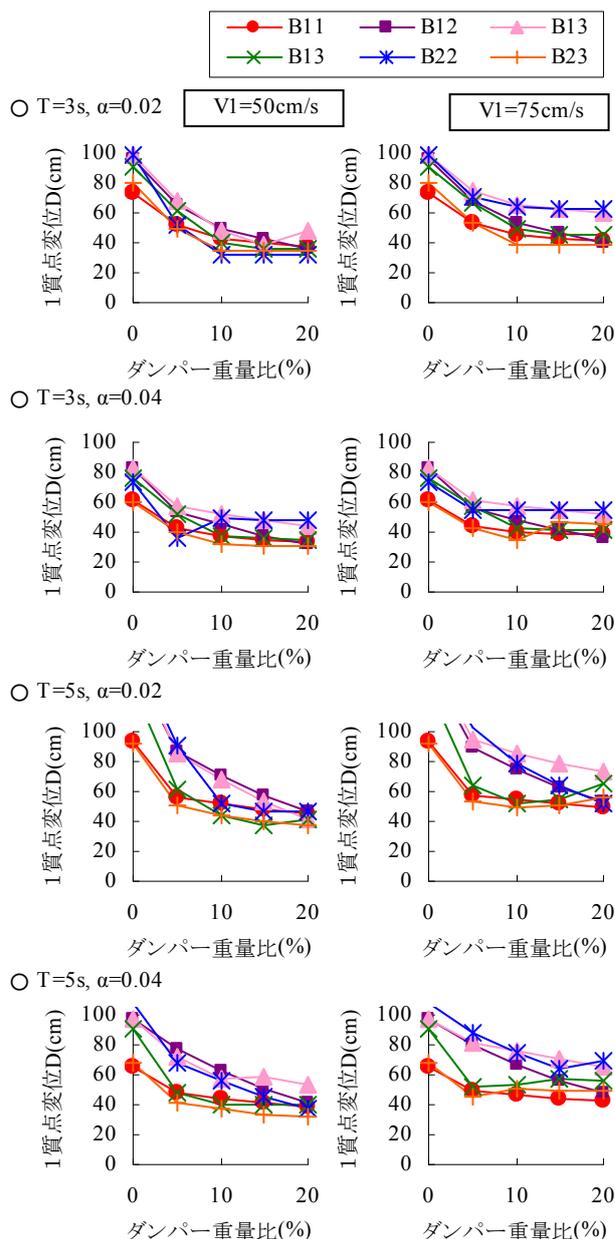


図4. ダンパー特性による1質点応答変位

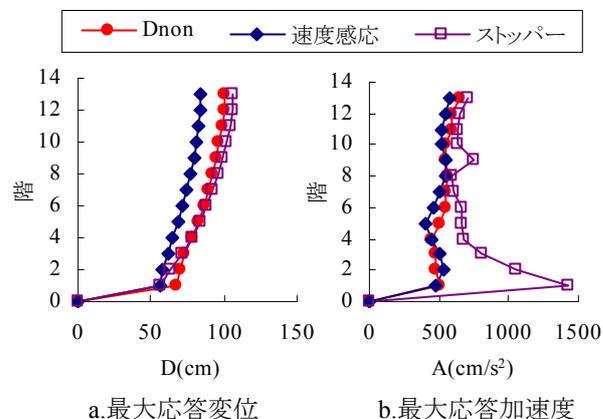


図5. モデル建物応答

\*1 えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)  
 \*2 建築研究所 博士(工学)  
 \*3 日建設計構造設計部門 修士(工学)  
 \*4 えびす建築研究所

\*1 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.  
 \*2 Director, Building Research Institute, Dr. Eng.  
 \*3 Dept. of Structural Eng., Nikkensekai Ltd., M.Eng  
 \*4 Ebisu Building Laboratory Co.