

## 非線形粘性ダンパーの増設量に伴う免震層の応答の変化 —その1 オイルダンパーと速度べき乗型ダンパーの比較—

正会員 酒井 直己\*1  
同 山崎 久雄\*2  
同 高山 峯夫\*3  
同 渡邊 信也\*4

免震構造 応答解析 オイルダンパー  
粘性ダンパー

### 1. はじめに

免震建築物の応答予測には包絡解析法<sup>1)</sup>(以下「既法」という)が有効である。既法はエネルギーの釣合い<sup>2)</sup>に基づいた手法で、積層ゴム(線形バネ)と履歴ダンパー(弾塑性バネ)でモデル化された免震層の最大変位と最大せん断力係数の関係を、線形バネによる周期 $T_1$ と弾塑性バネの降伏せん断力係数 $\alpha$ について整理されており、免震層の応答を簡易に予測することができる。

一方、文献<sup>3)</sup>ではオイルダンパーの増設が変形や加速度応答の低減に有効と記され、免震計画においてオイルダンパーの増設やその解析検討の機会が増すと思われる。粘性ダンパーを付与した免震層の応答評価法には東野・北村<sup>4)</sup>の研究があるが、ダンパーを線形ダッシュポットとしているため非線形ダッシュポットで適用する場合には等価速度等の設定が必要になる。

そこで本研究は、免震層に増設されるオイルダンパーや速度べき乗型ダンパーを非線形ダッシュポットとして取り扱い、その増設量に対する応答の変化および両ダンパーによる応答の比較を行う。

### 2. 時刻歴解析モデルと解析条件

時刻歴解析モデルは図1のように既法のモデルに非線形粘性ダンパーのモデルを追加したものであり、図2に非線形粘性ダンパーの速度-減衰力関係を示す。オイルダンパーは速度32cm/sでリリースし、その後の減衰係数比を $C_2/C_1=0.0678$ とした<sup>5)</sup>。速度べき乗型粘性ダンパーの減衰抵抗力は速度の0.3乗に比例<sup>5)</sup>より決定するものとした。ともに速度150cm/sでの減衰抵抗力の総重量比 $\eta (=Q_{V150}/W)$ を与えることで速度-減衰力関係を決定する。

また、本報の目的が応答の比較と変化の確認であることから、用いる地震動はBCJ-L2<sup>6)</sup>の1波とした。

### 3. 既法の結果と時刻歴解析結果

まず履歴ダンパーのみによる時刻歴解析結果を図3に示す。また参考として既法による $\chi=8$ および $\chi=16$ での結果(事前計算より $V_E=200\text{cm/s}$ とした)を図4に示す。今回の時刻歴解析結果には $\chi=16$ の方がより対応している。

次にオイルダンパーと速度べき乗型粘性ダンパーをそれぞれ増設し、 $\eta=1,3,5\%$ としたときの時刻歴解析結果を図5,6に示す。両ダンパーとも $\eta$ の上昇に応じて変位応答が低減しているが、 $\eta$ が同じ値であれば両ダンパーはほぼ同じ結果を示すこともわかる。

最後にオイルダンパーの $\eta$ に伴う応答と履歴ダンパーによる吸収エネルギーの全消費エネルギー寄与率の変化を、 $\eta=0$ 時に対する比で示す(速度べき乗型ダンパーもほぼ同等結果であることを確認済み)。図7は $T_1$ を5秒固定としたもの、図8は $\alpha$ を3%固定としたものである。図7,8より非線形粘性ダンパーによる変位低減効果にはほぼ一定の傾向が見られるが、せん断力の変化は $T_1$ の長周期化に伴いオイルダンパーの負担分が増す傾向となり、また履歴ダンパー吸収エネルギー寄与率は $\alpha$ が小さいほどその低下率が大きくなった。

### 4. まとめ

オイルダンパーや速度べき乗型ダンパーの増設量に伴う免震層の応答の変化を時刻歴解析で確認した。結果からは、 $\eta$ が同じ値であれば本検討に用いたオイルダンパーと速度べき乗型粘性ダンパーはほぼ同じ結果となり、 $\eta$ に応じて一定の変位低減効果が見られた。またせん断力の変化については $T_1$ による依存性があり、履歴ダンパーによる吸収エネルギーの全消費エネルギー寄与率の変化については $\alpha$ による依存性が確認できた。次報では近年観測された、やや長周期を含む地震動2波について検討する。

#### 謝辞

本報は(社)日本免震構造協会 技術委員会 設計支援ソフト小委員会において検討された内容をまとめたものである。関係各位から貴重な意見をいただいたことをここに記し、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 高山峯夫ほか：4秒免震への道，理工図書，1997.8
- 2) 秋山宏：建築物の耐震極限設計 第2版，東京大学出版会，1987.9
- 3) 日本建築学会：長周期地震動と建築物の耐震性，P.257，2007.12
- 4) 東野さやか，北村春幸：粘性ダンパーを付与した免震構造のエネルギーの釣合に基づく応答評価法，日本建築学会構造系論文集 第588号，pp.79-86，2005.2
- 5) 日本免震構造協会：免震部材標準品リスト -2005-，pp.492-524
- 6) 建設省建築研究所ほか：設計用入力地震動作成手法技術指針(案)

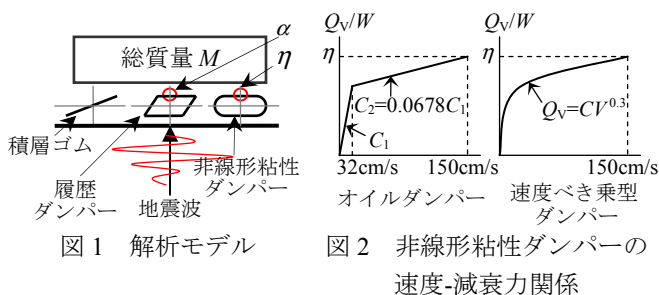


図1 解析モデル

図2 非線形粘性ダンパーの速度-減衰力関係

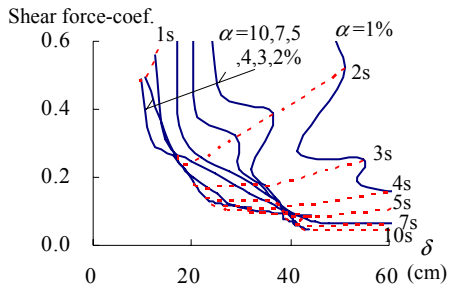


図3 履歴ダンパーのみの解析結果

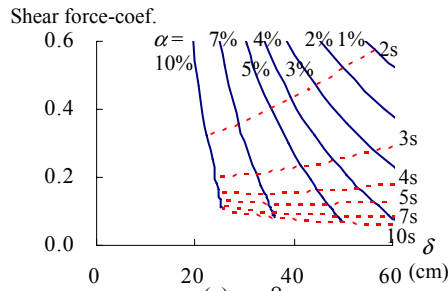


図4 既法による結果 ( $V_E=200\text{cm/s}$ ,  $\chi=8$  および  $\chi=16$ )

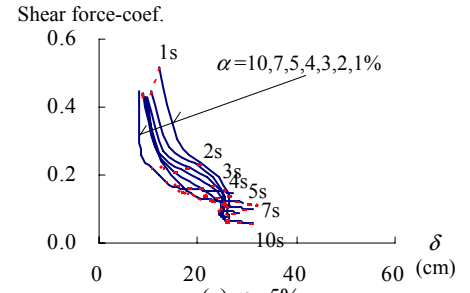
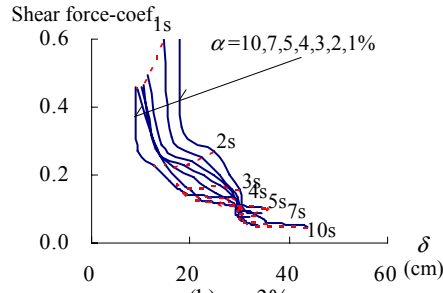
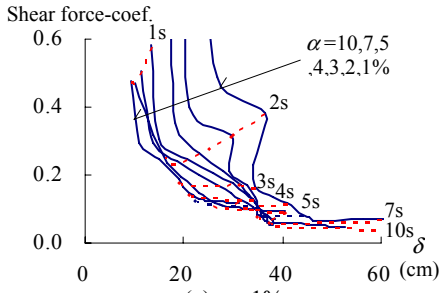
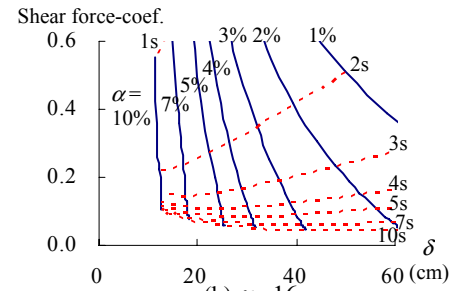


図5 オイルダンパーを増設した場合の時刻歴解析結果 ( $\eta=1,3,5\%$ )

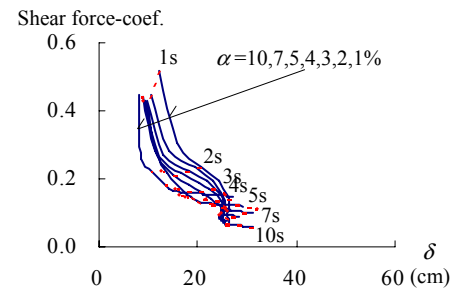
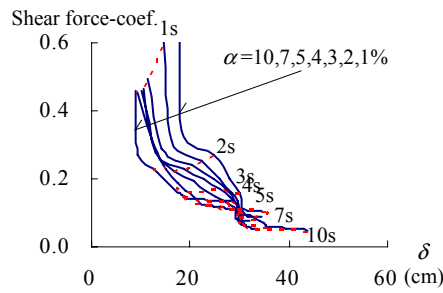
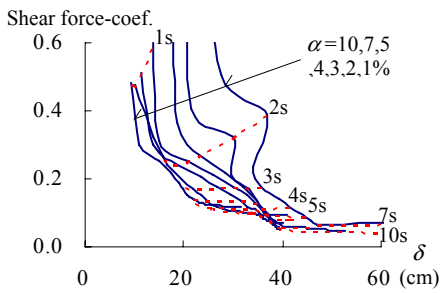


図6 速度べき乗型ダンパーを増設した場合の時刻歴解析結果 ( $\eta=1,3,5\%$ )

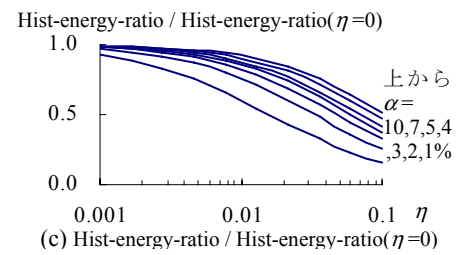
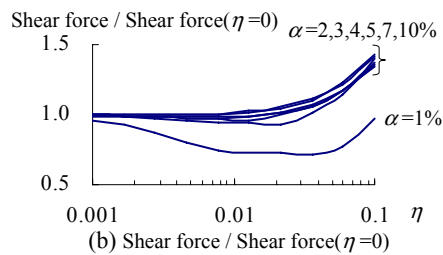
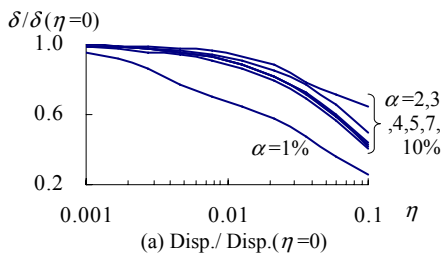


図7  $T_i=5$  秒固定時の  $\eta=0$  時に対する応答と履歴ダンパー吸収エネルギー寄与率の変化 (オイルダンパー)

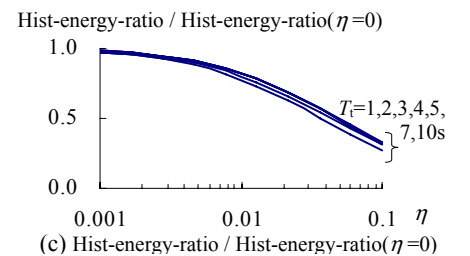
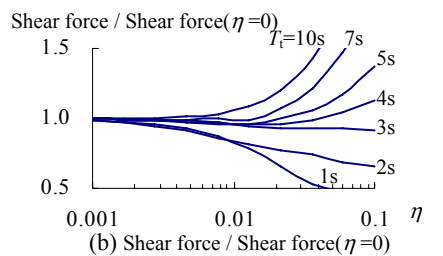
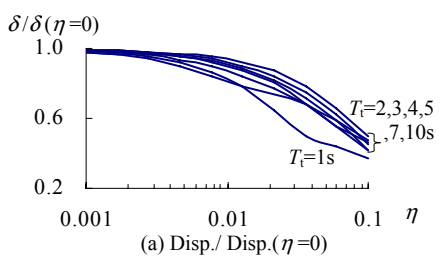


図8  $\alpha=3\%$ 固定時の  $\eta=0$  時に対する応答と履歴ダンパー吸収エネルギー寄与率の変化 (オイルダンパー)

\*1 株式会社大建設計画 テクニカルセンター 構造  
 \*2 ユニオンシステム株式会社 振動解析総合推進室  
 \*3 福岡大学 工学部建築学科教授・工博  
 \*4 NTT ファシリティーズ総合研究所 構造技術本部

\*1 DAIKEN SEKKEI, INC. Technical Center  
 \*2 UNION SYSTEM INC. Dynamic Analysis Research Complex  
 \*3 Prof., Fukuoka University, Faculty of Engineering, Dr.Eng.  
 \*4 NTT FACILITIES RESEARCH INSTITUTE Inc.