

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2 K-NET¹⁾柏崎と K-NET 鳴子に対する検討—

正会員 浪田 裕之*1
同 山崎 久雄*2
同 高山 峯夫*3
同 石鍋 雄一郎*4

免震構造 応答解析 オイルダンパー
K-NET

1. はじめに

前報²⁾では、免震層にオイルダンパーおよび速度べき乗型粘性ダンパーを増設したときの応答の変化および両ダンパーの応答の比較を行い、BCJ-L2³⁾に対しては η の上昇に応じて一定の変位低減効果が見られ、また η が同じ値ならば両ダンパーの応答はほぼ同じ結果となった。ここに、 η は速度 150cm/s での減衰抵抗力の総重量比である。

本報では、2007 年新潟県中越沖地震および 2008 年岩手宮城内陸地震において、やや長周期成分を含む観測波であった K-NET¹⁾柏崎と K-NET 鳴子を採り上げ、両波形（ともに NS 波）が免震建築物に直接入力した場合の応答特性を、前報の解析モデルと解析方法を用いて確認する。

2. K-NET¹⁾柏崎と K-NET 鳴子

柏崎 NS は表層地盤の非線形挙動に起因する⁴⁾スパイク状の加速度波形が特徴的で、約 2.5 秒付近に大きな卓越が見られる。また鳴子 NS は約 10 秒間の短周期な揺れの後、表面波と考えられる⁵⁾周期約 3 秒の揺れが 40 秒以上続く。両波形の変位応答スペクトルを見ると、減衰定数 $h=5\%$ ではそれぞれの卓越周期近傍で 150cm 以上の、また免震建築物を想定し $h=20\%$ としても 50~75cm もの最大変位を生じさせる（スペクトル解析の結果として）ことがわかる。

3. パラメトリックスタディ

前報で示した解析モデルを用いて、履歴ダンパーの降伏せん断力係数 $\alpha (=Q_h/W)$ は 1~10% で、非線形粘性ダンパーの増設量を表す η は 0~10% で変化させる。

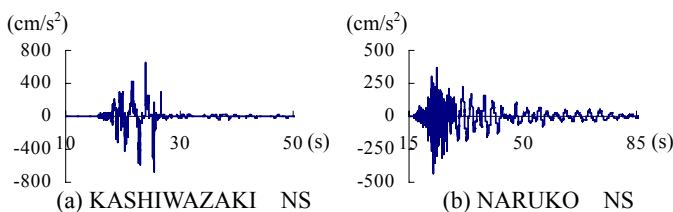


図1 加速度波形

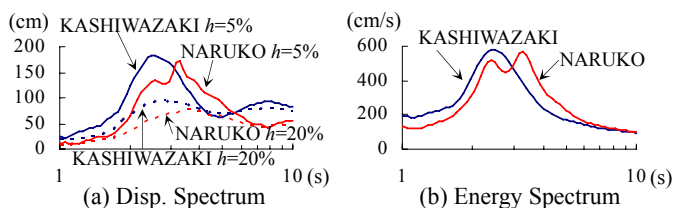


図2 応答スペクトル

3.1. 積層ゴムと履歴ダンパーによる免震モデル

図 3 は積層ゴムによる固有周期 T_1 と最大変位の関係、図 4 は T_1 と最大せん断力係数の関係である。柏崎 NS の最大変位図では、一般の免震建築物の T_1 の範囲である 4~6 秒で傾向が逆転し、 α を上昇させるとむしろ変形が増大しており、本検討範囲で最大変位は 50cm を下回らない。鳴子 NS は $\alpha = 7\%$ でようやく最大変位が 50cm 以下となる。

3.2. オイルダンパーを増設した免震モデル

図 5 は履歴ダンパーによる α と最大変位の関係、図 6 は α と最大せん断力係数の関係であり、ともに $T_1=5s$ である。柏崎 NS の最大変位図では、 $\alpha = 4\%$ において、ここでもオイルダンパーを増設することでむしろ最大変位を増加させている。一方、鳴子 NS ではオイルダンパーによって最大変位を低減できる。図 7 は $T_1=5s$ 、 $\alpha=3\%$ での η に伴う応答の変化率 ($\eta=0$ 時に対する) で、比較のため JMA 神戸 NS⁶⁾と BCJ-L2 による結果も示す。最大変位の変化についてはやはり柏崎 NS の特異性が見てとれる。

4. まとめ

前報の解析モデルと解析方法を用いて、柏崎 NS と鳴子 NS が免震建築物に入力した場合の応答特性を確認した。柏崎 NS では履歴およびオイルダンパーなどを最大級に付与しても最大変位の低減は困難であるが、鳴子 NS ではこれらダンパーの増設量に応じて最大変位を低減できる。いずれにしても、この 2 波と同じような性質をもつ地震動が建設サイトでも起こり得るとするならば、免震層の衝突など限界状態での安全性にも十分配慮した設計が必要であると考えられる。また前・本報の結果を踏まえ、非線形粘性ダンパーを考慮した応答予測法の提案を目指したい。

謝辞

本報は社)日本免震構造協会主催の第 5 回技術報告会(2009.4)において技術委員会入力地震動小委員会(委員長 東京工業大学 瀬尾和大教授)より報告された内容をまとめたものである。関係各位から貴重なご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) 防災科学技術研究所：強震ネットワーク、K-NET
- 2) 酒井直己、山崎久雄、高山峯夫、渡邊信也：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)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、2009.8
- 3) 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)
- 4) 青井真、森川信之：2007 年新潟県中越沖地震の強震動と震源過程、日本建築学会第 35 回地盤震動シンポジウム、pp.41-46、2007.11
- 5) 東京大学地震研究所：2008 年 6 月 14 日 岩手・宮城内陸地震(M7.2) -揺れの広がり方- <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/furumura/08lwate/>
- 6) 日本気象協会：気象庁 87 型電磁式強震計波形提供リスト

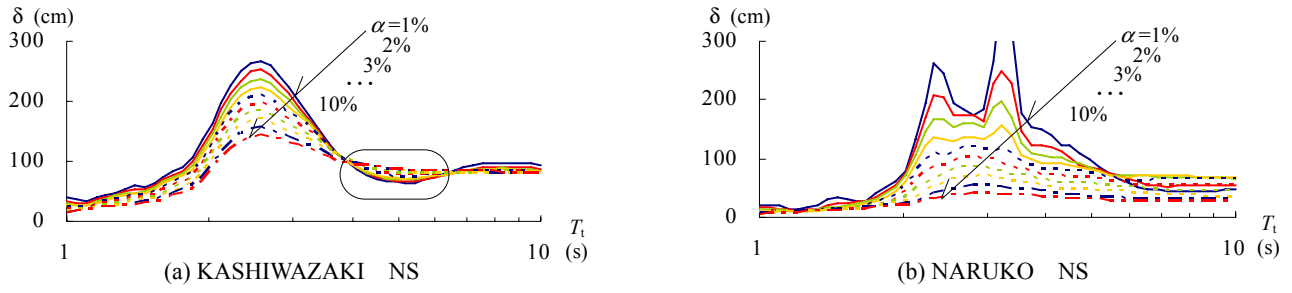


図3 T_1 と最大変位の関係

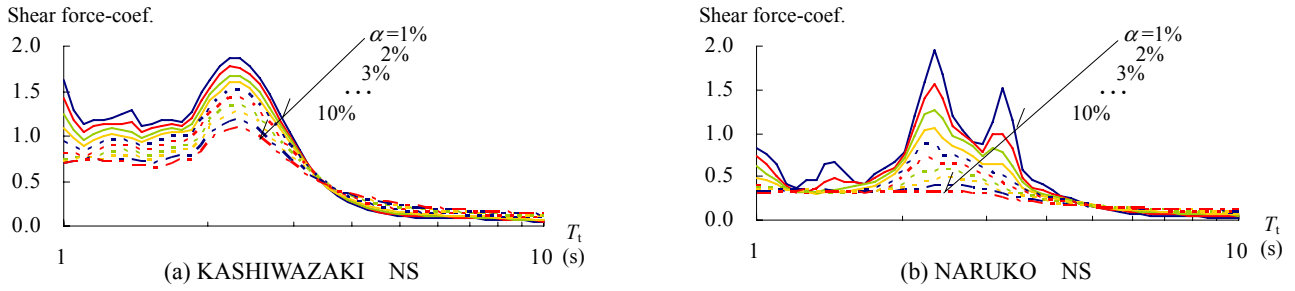


図4 T_1 と最大せん断力係数の関係

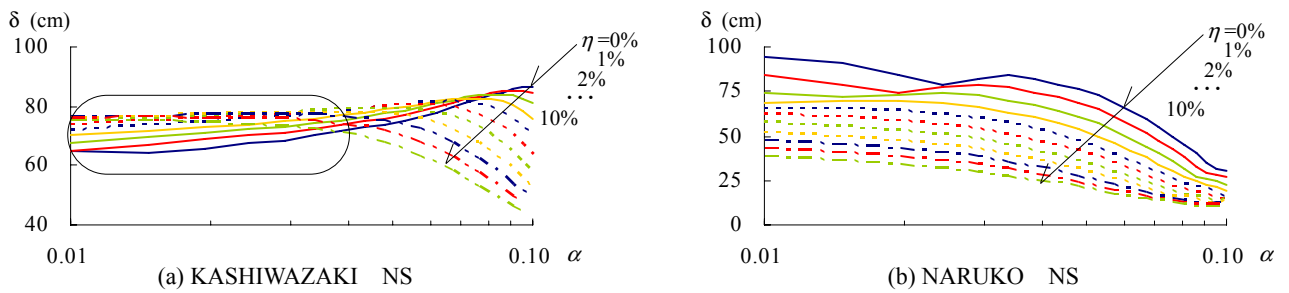


図5 $T_1=5$ 秒での α と最大変位の関係

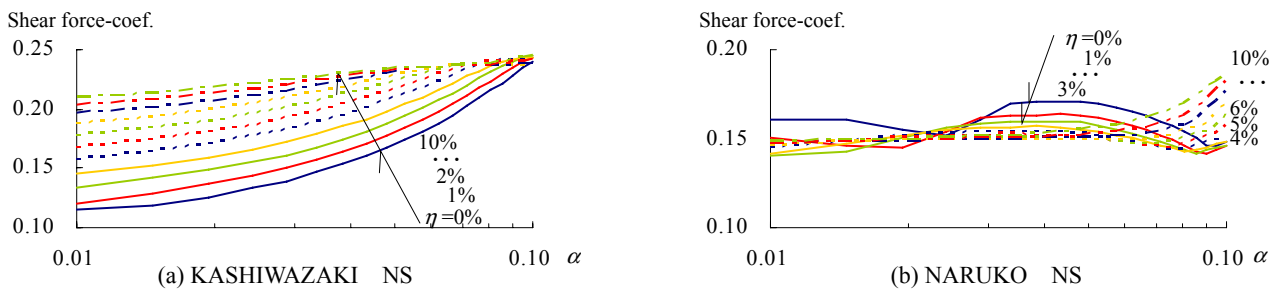


図6 $T_1=5$ 秒での α と最大せん断力係数の関係

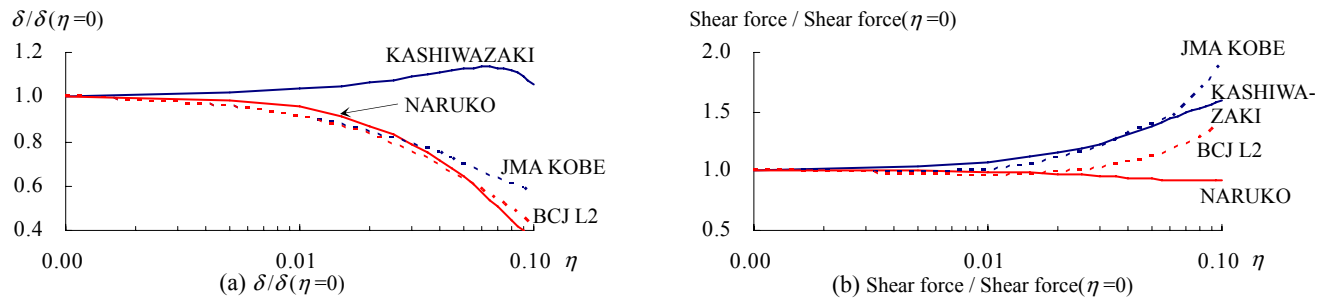


図7 $T_1=5$ 秒, $\alpha=3\%$ での $\eta=0$ 時に対する最大変位と最大せん断力(係数)の変化率

*1 構造計画研究所
 *2 ユニオンシステム(株) 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 (株)構造ソフト

*1 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.
 *2 UNION SYSTEM INC. Dynamic Analysis Research Complex
 *3 Prof., Fukuoka University, Faculty of Engineering, Dr.Eng.
 *4 KozoSoft Co., LTD.