

損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験（その3：基本特性（地震波））

青木あすなろ建設(株) 正会員 ○木村 浩之 波田 雅也 山崎 彬 下村 将之
首都高速道路(株) 非会員 副島 直史 正会員 石原 陽介 須田 郁慧
(一財)首都高速道路技術センター 正会員 山本 一貴 張 広鋒

1. はじめに

筆者らは、橋梁の橋軸直角方向の損傷制御を目的とした制震装置として、橋軸可動側の支承部に適合する「横変位摩擦ダンパー」を開発している(写真-1)．本研究は、実橋梁に設置した状況に近い条件下で横変位摩擦ダンパーの動的挙動を確認するために行った大型振動台実験に関するものである(写真-2)¹⁾．本報(その3)では、横変位摩擦ダンパーの基本特性(Y方向：サイドブロック・ダンパー，X方向：スライド機構)が地震応答時においても正常に機能するか確認するために行った地震波加振の結果について示す．



写真-1 横変位摩擦ダンパー

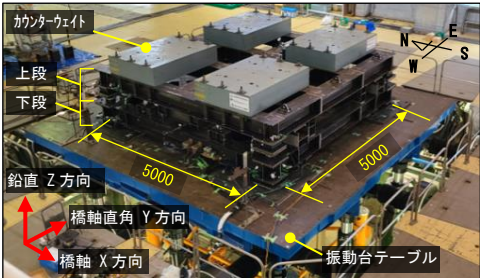


写真-2 振動台実験の状況(全景)

2. 加振条件

実験概要は、既報(その1)¹⁾を参照されたい．本報で着目する加振ケースを表-1に示す．支承条件は、上・下段のX・Y方向いずれも可動とした．入力波形は鷹取とし、Y方向の入力倍率は60%，80%，100%，140%，160%，170%の6ケースとした．X方向の入力倍率は原則100%とし、Y方向の入力倍率が60%およびY80%のケースでは両方向を同倍率とした．ケース名は、Y方向入力倍率を用いて、表記載の通りY60%～Y170%と称す．ダンパー試験体は、500kN 実大ダンパー×1基（以下、実大ダンパー）、100kN 縮小ダンパー×3基(以下、縮小ダンパー3基)の2種類とし、各々に6ケースを加振した．事前解析では、実大ダンパーの入力倍率100%でダンパーが摺動し始める想定である．着目する応答値は、既報(その2)²⁾に準拠し、橋軸直角Y方向ではダンパー荷重とダンパー変位、橋軸X方向ではスライド荷重と上段層間変位Xとした．

表-1 着目する加振ケース

支承条件	上段	橋軸X方向：M(可動)，橋軸Y方向：M(可動)					
	下段	橋軸X方向：M(可動)，橋軸Y方向：M(可動)					
試験体条件		実大ダンパー×1基，縮小ダンパー×3基					
入力波形		地震波：鷹取（時間軸補正なし），XY同時					
入力倍率	X	60%	80%	100%			
	Y	60%	80%	100%	140%	160%	170%
ケース名		Y60%	Y80%	Y100%	Y140%	Y160%	Y170%

3. 加振結果

3.1 橋軸直角Y方向（ダンパー）の応答 実大ダンパーのダンパー荷重－変位関係を図-1に、Y方向の最大応答値を棒グラフで比較して図-2に示す．図より、実大ダンパーは、Y60%およびY80%で摺動せずサイドブロックとして機能した．Y100%～Y170%で正負ともにダンパー荷重が約500kNで頭打ちとなり、ダンパー変位が生じて、摩擦型特有の完全剛塑性に近い履歴特性を発揮するダンパーとして機能した．入力倍率が高いほどダンパー変位は大きく、同様にダンパー速度とエネルギー吸収量も大きくなった．なお、ダン

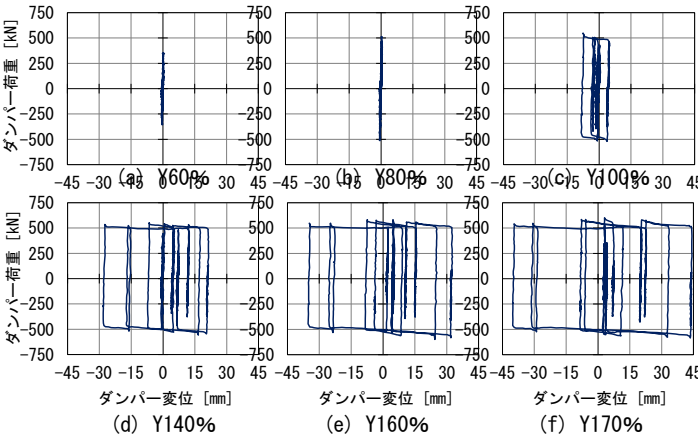


図-1 実大ダンパーの荷重－変位関係

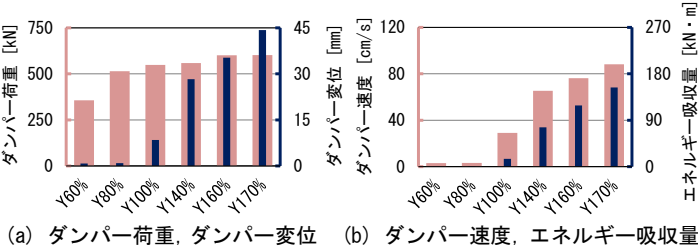


図-2 実大ダンパー橋軸直角Y方向の最大応答値

キーワード 摩擦ダンパー，ダイス・ロッド式，制震，橋梁，振動台実験

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 36-1 青木あすなろ建設(株)技術研究所 構造研究部 TEL029-877-1112

パー荷重は最大値が Y100%～Y170%で微増傾向にあるものの、図-1(c)～(f)より、いずれのケースでも最大値が生じているのはダンパーの滑り出し時点であり、摺動中の荷重はほとんど変わらなかった。

縮小ダンパー3基のダンパー荷重－変位関係を図-3に、1基毎のダンパー荷重－変位関係を図-4に、Y方向の最大応答値を棒グラフで比較して図-5に示す。縮小ダンパー3基は、全てのケースで各試験体が約120～140kNで荷重が頭打ちとなってダンパー変位が生じた。合計すると約350～400kNの荷重で、実大ダンパーと同様に完全剛塑性に近い履歴特性を発揮するダンパーとして機能した。なお、入力倍率に対する最大応答値の傾向は、実大ダンパーと同様であった。

3.2 橋軸X方向（スライド機構）の応答 スライド荷重－変位関係を図-6に、荷重のXYリサージュを図-7に、X方向の最大応答値を棒グラフで比較して図-8に示す。図-6より、荷重－変位関係に着目すると、上段層間変位Xが生じた際に、ダンパーのように荷重が一定ではないものの、約60kNをピークとしたスライド荷重を伴っていた。図-7より、XYリサージュに着目すると、加振中のスライド荷重は垂直方向のダンパー荷重と比例関係にあり、摩擦係数 μ (=スライド荷重／ダンパー荷重)に換算すると、 $\mu=0.10\sim0.15$ 程度であった。図-8より、スライド荷重の最大値は、実大ダンパーではY60%～Y100%にかけて増大し、他のケースではほぼ同程度であった。これは、3.1節のY方向の入力倍率とダンパー荷重の最大値との関係に、傾向が概ね一致している。上段層間変位Xの最大値は、両試験体ともY60%～Y100%にかけて増大し、Y100～170%では同程度であったことから、X方向の入力倍率と対応していると考えられる。

すなわち、橋軸X方向の応答性状は、X方向の入力倍率と対応し、一方でダンパーを効かせる橋軸直角Y方向の入力および応答性状に殆ど影響を受けず、スライド機構が正常に機能した。

4. まとめ

本報では、実地震波を用いた2方向加振により、実大ダンパーおよび縮小ダンパー3基の基本特性が正常に機能することを示した。

【参考文献】

- 1) 須田郁慧ほか：損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験（その1：実験概要）、土木学会第78回年次学術講演会、(2023 掲載予定)
- 2) 波田雅也ほか：損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験（その2：基本特性（正弦波））、土木学会第78回年次学術講演会、(2023 掲載予定)

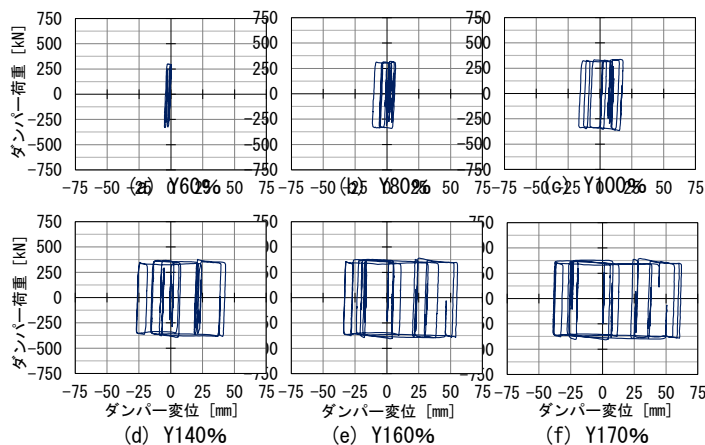


図-3 縮小ダンパー3基の荷重－変位関係

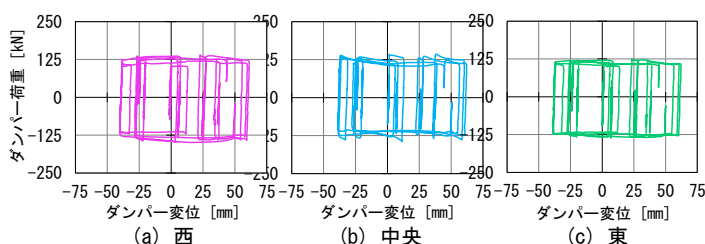


図-4 縮小ダンパーの荷重－変位関係(Y170%, 1基毎)

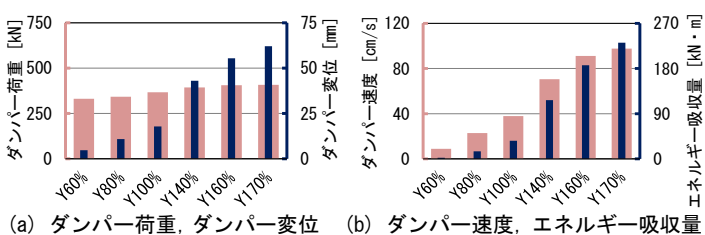


図-5 縮小ダンパー3基の橋軸直角Y方向の最大応答値

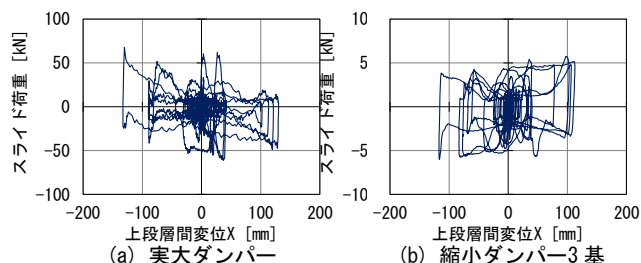


図-6 スライド荷重－変位関係の一例(Y170%)

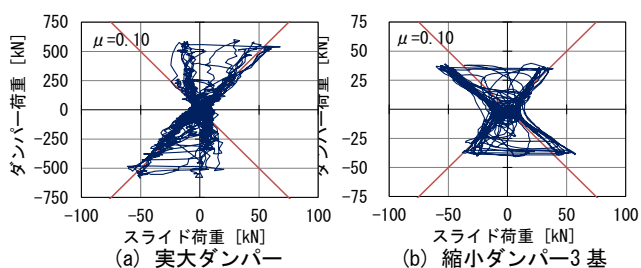


図-7 荷重のXYリサージュの一例(Y170%)

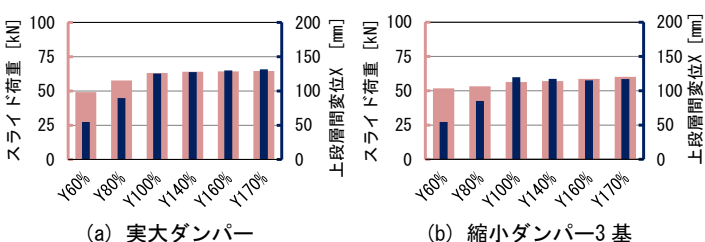


図-8 橋軸X方向の最大応答値(スライド荷重, 上段層間変位)