

損傷制御を目的とした摩擦ダンパーの模型振動台実験 その2 上部構造の回転による影響

首都高速道路株式会社	正会員	○山本 一貴	松原 拓朗
(一財) 首都高速道路技術センター	正会員	張 広鋒	
同上	非会員	右高 裕二	
青木あすなる建設株式会社	正会員	木村 浩之	下村 将之

1. はじめに

首都高速道路は、大規模地震発生後、速やかに緊急輸送道路として機能する必要がある。そのため、想定外の地震に対しても、輸送機能を維持できる状態とするために橋梁に生じる損傷を誘導する損傷制御が必要となる。著者らは、可動支承を対象とした橋軸直角方向の制震デバイスとして図-1 に示す横変位摩擦ダンパーを開発中である。本デバイスは、地震時の複雑な上部構造の挙動に追従し、ダンパーの駆動方向である橋軸直角方向の慣性力をダンパーに確実に伝える必要がある。そのため、振動台を用いた二方向動的加振実験により、ダンパーが確実に機能することを確認した¹⁾。本報告では、同実験において、鉛直軸回りの回転角を大きくした場合の横変位摩擦ダンパーの性能を確認した結果を報告する。

2. 上部構造の回転角

横変位摩擦ダンパーを設置した橋梁では、橋脚の変形を剛と仮定した場合、図-2 に示すように、両側のダンパーがストロークエンドに達した時に上部構造の鉛直軸回りの回転角が最大となる。例えば、ダンパーの最大ストローク d が 200mm、支間長 L が 30m の場合、回転角 θ は 0.013rad である。斜橋の場合は、回転角が大きくなり、斜角が 1rad の場合、回転角は 0.026rad となる。文献1)の実験では、固定タイプでは最大 0.032rad、ボールタイプでは最大で 0.038rad のフレーム（上部構造）の回転角が発生していた。

3. 振動台実験

3.1 カウンターウェイトの偏心 実験に使用する振動台およびフレームは文献1)を基本として、図-3 に示すようにカウンターウェイトを非対称に配置し偏心させることでフレームに生じる鉛直回りの回転角を大きくした。

3.2 ダンパー試験体および加振ケース ダンパーは、固定タイプとボールタイプを対象とした。実験は、橋軸方向 (X) および橋軸直角方向 (Y) のアクチュエータにより、図-4 に示す正弦波形の加速度を二方向同時に入力することで行った。二方向の正弦波の組み合わせ（加振ケース）を、表-1 に示す。正弦波の周期は、フレームの固有周期である 0.75 秒とした。振幅（最大加速度）は、フレームの応答変位を確認しながら安全な

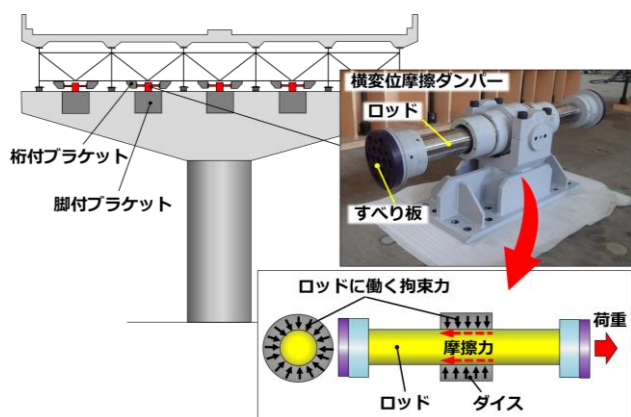


図-1 横変位摩擦ダンパー

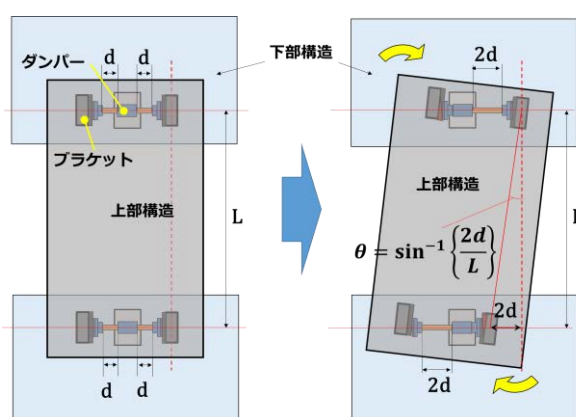


図-2 上部構造の鉛直回りの回転角

キーワード 摩擦ダンパー, ダイス・ロッド式, 橋梁, 制震, 振動台実験

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター技術研究所 TEL 03-3578-5751

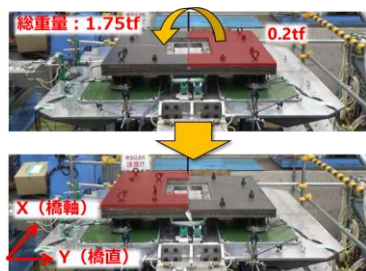


図-3 カウンターウェイトの偏心

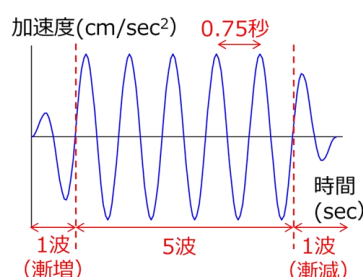


図-4 入力加速度波形

表-1 加振ケース

	Y 方向 (cm/sec ²)	X 方向(cm/sec ²)		
		0	150	200
固定タイプ	300	F1	F2	F3
ボールタイプ	400	B1	B2	B3

表-2 フレーム回転角 (rad)

F1	F2	F3	B1	B2	B3
0.000	0.087	0.109	0.001	0.069	0.107

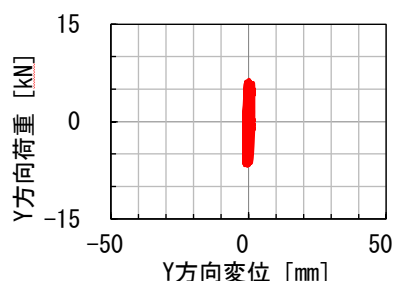


図-5 固定タイプ (X:0, Y:300) F1

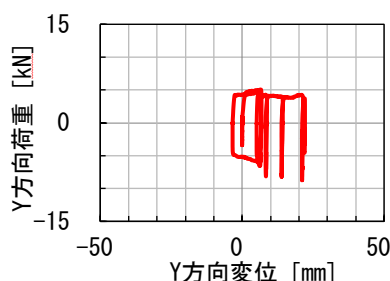


図-6 固定タイプ (X:150, Y:300) F2

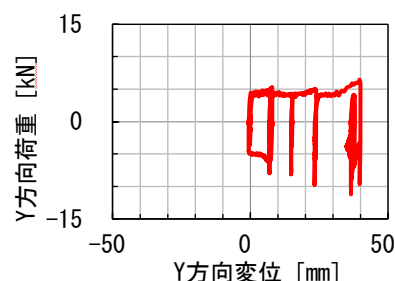


図-7 固定タイプ (X:200, Y:300) F3

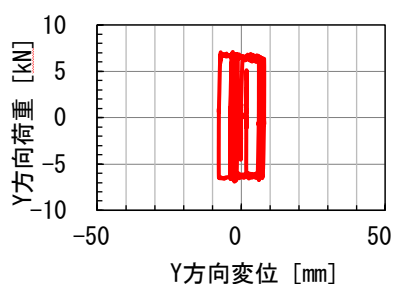


図-8 ボールタイプ (X:0, Y:400) B1

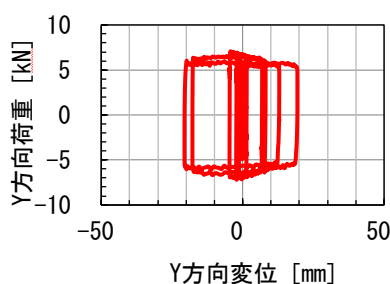


図-9 ボールタイプ (X:150, Y:400) B2

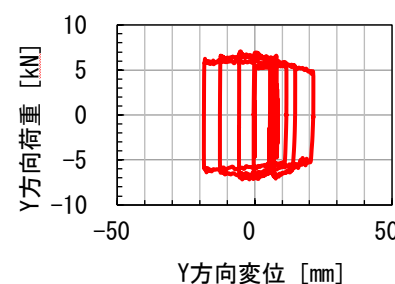


図-10 ボールタイプ (X:200, Y:400) B3

範囲で漸増させ、固定タイプは 300cm/sec²、ボールタイプは 400 cm/sec²とした。

表-3 履歴吸収エネルギー (kN・m)

F1	F2	F3	B1	B2	B3
0.13	0.22	0.30	0.44	1.14	1.14

3.3 実験結果 各ケースにおけるフレームの回転角を表-2

に、ダンパーに作用する荷重とロッドの変位の関係（履歴ループ）を図-5～図-10に、履歴ループの面積で表される履歴吸収エネルギーを表-3に示す。ここで、ダンパーに作用する荷重は、フレームの質量に応答加速度を乗じて求めた慣性力とした。二方向に加振した F2, F3, B2, B3 では、フレームの回転角が 0.07～0.11rad 程度であり、前述した上部構造の試算と比べて大きな回転角が発生していることがわかる。固定タイプは、X 方向の入力加速度が大きくなると、ダンパーの Y 方向変位が正側に偏るかたちで大きくなり、履歴吸収エネルギーも大きくなり、履歴ループが安定しなかった。ダンパー荷重は設計値が 5kN に対し、最大 10kN 程度と大きくなっている。これは、前述のようにフレームの応答加速度からダンパー荷重を求めているため、フレームの応答加速度が瞬間的に大きくなったことによると考えられる。ボールタイプは、Y 方向のみに加振した B1 に対して、二方向に加振した B2 および B3 はダンパー変位が大きくなり、履歴吸収エネルギーが大きくなった。B2 と B3 を比較すると、X 方向の入力加速度を大きくしてもダンパー変位および履歴吸収エネルギーに大きな差はなく、履歴ループが安定する結果となった。

4. おわりに

大きな鉛直回りの回転を与えた時の横変位摩擦ダンパーの減衰効果を確認した。固定タイプでは履歴ループが安定せず、ボールタイプでは X 方向の入力加速度を変化させた場合でも履歴ループが安定することを確認した。今回の実験は設備の制約から、入力加速度や計測が限られていたため、今後詳細な検討が必要である。

参考文献 1) 木村浩之ほか：損傷制御を目的とした摩擦ダンパーの模型振動台実験 その 1 基本特性，土木学会第76回年次学術講演会，2021。