

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 4：加振方向数による影響）

青木あすなろ建設(株) 正会員 ○山崎 彬 波田 雅也 木村 浩之 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 4)では、実地震波と同じ 3 方向の同時加振を実施し、横変位摩擦ダンパーの挙動を確認するとともに、加振方向の数の違い(1 方向, 2 方向, 3 方向)が、橋軸直角 Y 方向のダンパー機能と、橋軸 X 方向および鉛直 Z 方向のスライド機構へ及ぼす影響を確認した結果について示す。



写真-1 横変位摩擦ダンパー

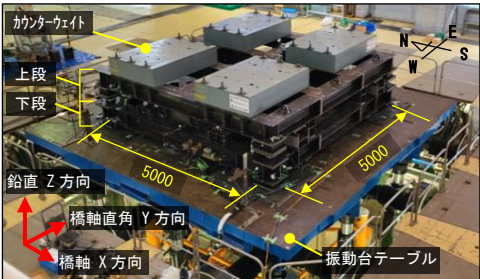


写真-2 振動台実験の状況(全景)

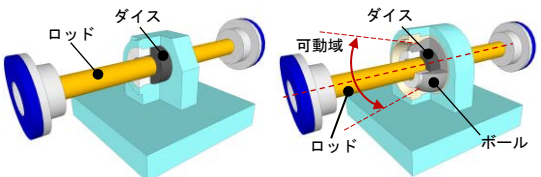


図-1 横変位摩擦ダンパー

2. 加振条件

実験概要は、既報(その 1)¹⁾を参照されたい。本報で用いた摩擦ダンパーは、摩擦荷重 500kN の実大ダンパーで、固定タイプとボールタイプの 2 種類とする(図-1)。固定タイプは、ダイスとロッドを本体部に直に固定するシンプルな機構で、ボールタイプは、上部構造の回転挙動に追従するよう球体を内蔵した構造である。

入力波形の概要および加振ケースを表-1 に示す。本報で用いた入力波形は、北海道厚真町鹿沼で観測された 2018 年北海道胆振東部地震の実地震波(厚真¹⁾、Ⅲ種地盤)とする。加振ケースは、固定タイプとボールタイプの各々に対して、Y 方向のみ、XY 方向の 2 方向同時加振、XYZ の 3 方向同時加振の計 6 ケースとする。

本報において着目する計測項目は、Y 方向についてはダンパー荷重とダンパー変位、上・下段層間変位とし、X 方向と Z 方向については上・下段層間変位とする。また、ダンパー振幅は、ダンパー変位の最大値と最小値の絶対値の和で、上段絶対変位は、同時刻における上段層間変位と下段層間変位の和である。

なお、Z 方向の上・下段層間変位の計測地点は、図-2 に示すゴム支承の近傍とし、各層間 4 点である。

3. 加振結果

3.1 加振結果(固定タイプ) 加振結果の応答値を表-2 に示す。図-3 にダンパー荷重-変位関係を、図-4 に X 方向と Y 方向の上段絶対変位のリサージュを、図-5 に Z 方向の上段絶対変位の時刻歴波形を、3 ケースの結果を重ねて示す。なお、図-5 は、最大応答値が一番大きかった

表-1 加振ケース

共通条件	支承条件	上段	橋軸X方向：M（可動）、橋軸直角Y方向：M（可動）						
		下段	橋軸X方向：M（可動）、橋軸直角Y方向：M（可動）						
	入力波形	観測地震	地震波：北海道胆振東部地震（2018.9.6）						
			観測地点	北海道厚真町鹿沼/Ⅲ種地盤					
		条件	加速度入力倍率：X100%, Y100%, Z100%						
			時間軸縮小：無し						
ダンパー		500kN実大：固定タイプ			500kN実大：ボールタイプ				
加振ケース		1方向	2方向	3方向	1方向	2方向	3方向		
加振方向		Y	X・Y	X・Y・Z	Y	X・Y	X・Y・Z		

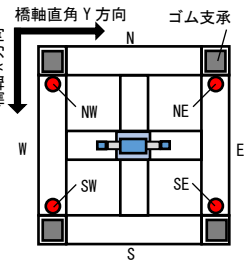


図-2 Z 方向計測地点

表-2 応答値一覧(固定タイプ)

			加振結果			応答値比較		
			1方向	2方向	3方向	2方向/1方向	3方向/1方向	3方向/2方向
ダンパー	変位	最大	37.7	39.8	41.9	106%	111%	105%
		最小	-2.6	-0.3	-0.8	12%	31%	267%
	振幅 [mm]		40.3	40.2	42.7	100%	106%	106%
		荷重	最大	584	597	578	102%	99%
		最小	-578	-602	-601	104%	104%	100%
エネルギー吸収量 [kN・m]			47	44	47	93%	100%	107%
上段層間変位の最大応答値	X方向 [mm]	1.0	147.1	150.6	—	—	102%	
	Y方向 [mm]	42.4	44.1	45.8	104%	108%	104%	
	Z方向 [mm]	-0.8	-1.8	-2.2	225%	275%	122%	
下段層間変位の最大応答値	X方向 [mm]	0.5	-31.4	-32.0	—	—	102%	
	Y方向 [mm]	37.1	36.0	36.2	97%	98%	101%	
	Z方向 [mm]	-0.5	-0.6	-0.6	120%	120%	100%	
上段絶対変位の最大応答値	X方向 [mm]	0.8	116.4	119.3	—	—	102%	
	Y方向 [mm]	78.0	78.7	80.8	101%	104%	103%	
	Z方向 [mm]	-1.1	-1.6	-2.0	145%	182%	125%	

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

た計測地点 NE の結果である。

表-2 より、3 方向に加振した場合のダンパー応答値は、1 方向加振及び 2 方向加振と比較して、±7%以内に収まっており、大差なかった。図-3 より、ダンパー荷重-変位の履歴は、加振方向数に関係なく、いずれも摩擦荷重 500kN 付近で荷重が頭打ちとなり、最大変位も含めて同様の履歴を描いている。また、図-4 から、橋軸 X 方向と橋軸直角 Y 方向の上段絶対変位の軌跡が、2 方向加振と 3 方向加振ではほぼ一致していることがわかる。

図-5 より、鉛直 Z 方向の変位は、3 方向加振の場合が一番大きく、最大で 2mm 程度生じていた。したがって、固定タイプは、Z 方向変位を含んだ加振に対しても、1 方向及び 2 方向加振と変わりなく機能しており、加振方向の数が及ぼす影響は小さいと言える。

3.2 加振結果(ボールタイプ) 加振結果の応答値を表-3 に示す。図-6 にダンパー荷重-変位関係を、図-7 に X 方向と Y 方向の上段絶対変位のリサージュを、3 ケースの結果を重ねて示す。さらに、図-8 に Z 方向の上段絶対変位の時刻歴波形を示す。なお、図-8 は、最大応答値が一番大きかった計測地点 NE の結果である。

表-3 より、3 方向に加振した場合のダンパー応答値は、前述の固定タイプと同様に、1 方向加振及び 2 方向加振と比較して、±5%以内に収まっており、大差なかった。図-6 より、ダンパー荷重-変位の履歴は、加振方向数に関係なく、いずれも摩擦荷重 500kN 付近で荷重が頭打ちとなり、最大変位も含めて同様の履歴を描いている。ただし、ボールタイプの荷重-変位の履歴は、荷重が 0kN の際に固定タイプには見られなかった 2mm 程度のガタが確認された。これは、加振方向の数に関係なく生じており、ボールタイプ特有のガタといえる。なお、固定タイプとボールタイプの比較の詳細は、稿を改めて報告したい。図-7 から、X 方向と Y 方向の上段絶対変位は、2 方向加振と 3 方向加振で同様な軌跡を描いていることがわかる。

図-8 より、Z 方向の変位は、3 方向加振の場合が一番大きく、最大で 2mm 程度生じていた。したがって、ボールタイプは、固定タイプと同様に、Z 方向変位を含んだ加振に対しても、1 方向および 2 方向と変わりなく機能しており、加振方向の数が及ぼす影響は小さいと言える。

4. まとめ

本報では、実地震波を用いた 3 方向同時加振を実施し、固定タイプとボールタイプの両タイプの横変位摩擦ダンパーともに、加振方向数による影響は小さく、3 方向の同時加振に対しても正常に機能することを確認した。

【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）

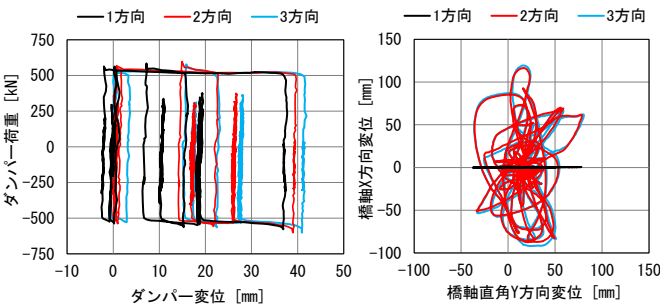


図-3 ダンパー荷重-ダンパー変位関係(固定タイプ) 図-4 上段絶対変位の X・Y リサージュ(固定タイプ)

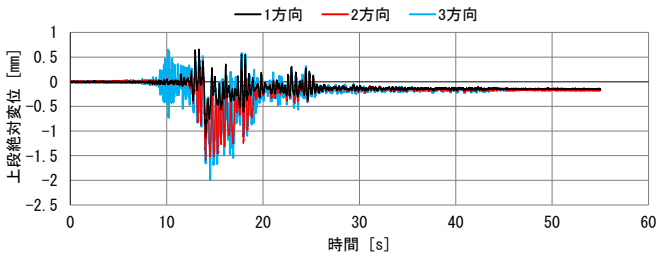


図-5 鉛直 Z 方向の上段絶対変位の時刻歴(固定タイプ)

		加振結果			応答値比較		
		1方向	2方向	3方向	2方向/1方向	3方向/1方向	3方向/2方向
ダンパー	変位 最大 [mm]	39.9	41.0	40.1	103%	101%	98%
	変位 最小 [mm]	-3.1	-2.4	-2.2	76%	69%	92%
	振幅 [mm]	43.0	43.3	42.2	101%	98%	98%
	荷重 最大 [kN]	617	641	612	104%	99%	95%
	荷重 最小 [kN]	-615	-619	-613	101%	100%	99%
エネルギー吸収量 [kN・m]		45	42	44	93%	96%	104%
上段層間変位の最大応答値	X方向 [mm]	1.0	147.5	150.6	—	—	102%
	Y方向 [mm]	47.3	47.4	51.2	100%	108%	108%
	Z方向 [mm]	-0.8	-1.8	-2.2	225%	275%	122%
下段層間変位の最大応答値	X方向 [mm]	0.5	-31.2	-32.0	—	—	103%
	Y方向 [mm]	38.4	36.5	36.1	95%	94%	99%
	Z方向 [mm]	-0.5	-0.7	-0.7	140%	140%	100%
上段絶対変位の最大応答値	X方向 [mm]	1.1	117.0	119.4	—	—	102%
	Y方向 [mm]	84.1	83.0	87.3	99%	104%	105%
	Z方向 [mm]	-1.2	-1.7	-2.0	142%	167%	118%

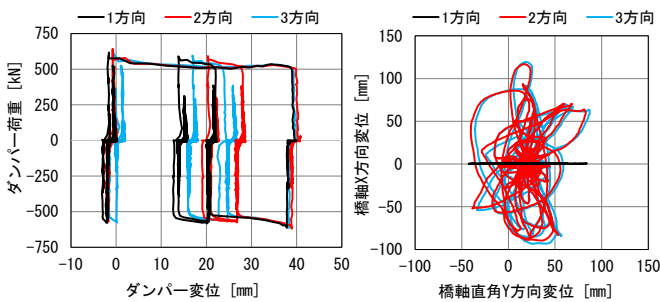


図-6 ダンパー荷重-ダンパー変位関係(ボールタイプ) 図-7 上段絶対変位の X・Y リサージュ(ボールタイプ)

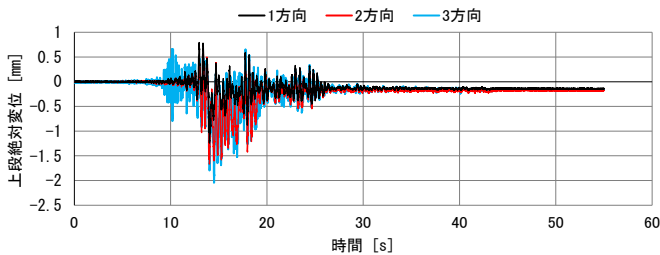


図-8 鉛直 Z 方向の上段絶対変位の時刻歴(ボールタイプ)