

橋梁に用いる制震デバイスの振動台実験による制震効果の確認

首都高速道路(株) 正会員 ○和田 新 右高裕二
清水建設(株) 正会員 滝本和志 林大輔 磯田和彦
青木あすなる建設(株) 正会員 波田雅也 藤本和久 牛島栄

1. はじめに

首都高速道路は、全線が緊急輸送道路に指定されており、被災直後に緊急車両が通行可能でなければならない。よって、落橋、倒壊といった致命的な損傷が生じない耐震性を確保されているが、橋梁の損傷を限定的なものに留めて、被災直後から果たすべき役割を担えることが望ましい。

しかし、上部工拡幅等の改良事業に伴い、既設橋脚に更なる耐震補強を実施すると、部材耐力の増加をもたらした結果、制御断面が橋脚基部から補強困難な基礎部に移行するといった問題が発生する。

そこで、制震デバイスを用いて応答の低減を図ることにより、部材耐力の増加を伴わずに耐震性能を向上させる技術を開発し、三次元大型振動台を用いて制震デバイスの効果を確認するための実験を実施した。

2. 実験概要

(1) 実験に使用した振動台の概要

本実験は、土木研究所が所有する三次元大型振動台を用いて実験を実施した。振動台の仕様を表1に示す。

テーブルサイズ	8m×8m
搭載重量	定格1,000kN、最大3,000kN
最大変位	水平±0.6m、鉛直±0.3m
最大速度	水平±2.0m/sec、鉛直±1.0m/sec
最大加速度	水平±19.6m/sec ² 、鉛直±9.8m/sec ²
加振周波数	DC~50Hz

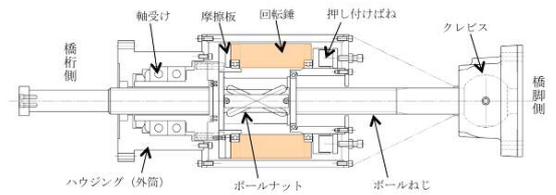


図1 DS-DPの標準構造

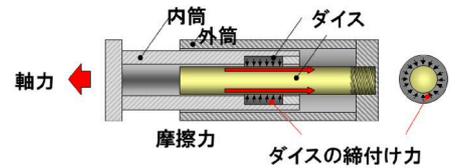


図2 DRF-DPの外形・内部の摩擦機構

(2) 制震デバイス

今回の実験には、主に橋軸方向に使用を考えている同調型慣性質量ダンパー (DS-DP) と、主に橋軸直角方向の使用を考えているダイス・ロッド式摩擦ダンパー (DRF-DP) の2種類の制震デバイスを組み合わせて使用した。両制震デバイスの構造を図1、図2に示す。

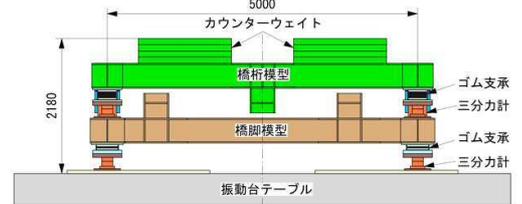


図3 実験模型

(3) 実験模型

実験模型は、首都高6号向島線の3径間連続高架橋(径間長37m)を対象に、橋脚や基礎バネを含めた全体系の固有周期を再現した。作成した実験模型(図3)は、カウンターウェイトを含む上層が桁と支承部を、下層が橋脚と基礎バネをモデル化したものである。また、制震デバイスの高架橋設置イメージ(図4)に基づき、上下層間の橋軸(X)方向にDS-DPと、橋軸直角(Y)方向にDRF-DPを配置した。全支承部に三分力計を設置し、各支承に作用する力を計測した。ゴム支承は、最大慣性力作用時に座屈しないように変形量がゴム辺長の2/3以下、かつ変形が200%ひずみ以下となるようにした。

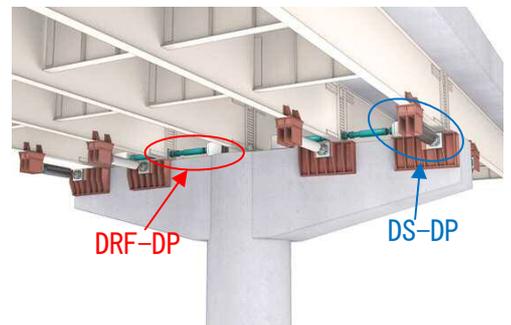


図4 制震デバイスの高架橋設置イメージ

キーワード 制震デバイス, 振動台実験, 地震応答低減, 耐震性向上, 橋梁

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 首都高速道路(株)技術推進課 TEL03-3539-9422

(4) 入力地震動

道路橋示方書Vに示される地震動波形の時間軸に相似率(1/1.49)を乗じた波形を基本とし、試験体の固有振動数を把握するためのスイープ波や、基本的な振動特性を把握するためのサイン波による加振も実施した。2方向加振を実施する場合は、同じ波形を2方向に同時入力(45°加振)した。また、2方向の記録が取れている実地震波と実地震波を調整した模擬波の入力も行った。具体的な入力地震動を表2に示す。

表2 入力地震動一覧表

地震波の種類	地盤種	タイプ1	タイプ2
道路橋示方書	Ⅱ種	I-Ⅱ-1	Ⅱ-Ⅱ-1
		I-Ⅱ-2	Ⅱ-Ⅱ-2
		I-Ⅱ-3	Ⅱ-Ⅱ-3
	Ⅲ種	I-Ⅲ-1	Ⅱ-Ⅲ-1
		I-Ⅲ-2	Ⅱ-Ⅲ-2
		I-Ⅲ-3	Ⅱ-Ⅲ-3
実地震波A	兵庫県南部地震神戸中央区中山手(JMA KOBE)強震記録		
実地震波B	東北太平洋沖地震 仙台(MYG013)強震記録		
模擬波	東北太平洋沖地震 東白髭(TKY015)強震記録を振幅調整		

(5) 実験方法

振動台実験では、制震デバイス設置有無による上部工加速度、支変位等の挙動の違いを明らかにして制震デバイスの効果を確認した。加振ケースは、制震デバイスなし(ケース1)、橋軸直角方向の制震デバイス(DRF-DP)設置(ケース2)、橋軸方向の制震デバイス(DS-DP)設置(ケース3)、橋軸方向および橋軸直角方向の制震デバイス設置(ケース4)の4ケースとした。加振ケース1と4は1方向および2方向加振、ケース2と3は1方向加振のみを基本とした。ただし制震デバイス取付方向への加振だけでなく、取付直角方向への加振も行った。ケース2、3の試験体側面図を図5、6に示す。

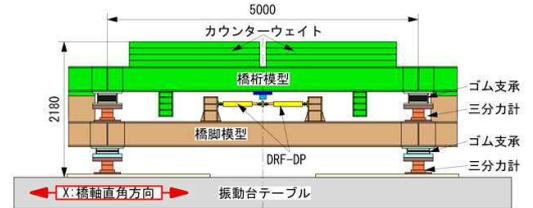


図5 ケース2の試験体側面図

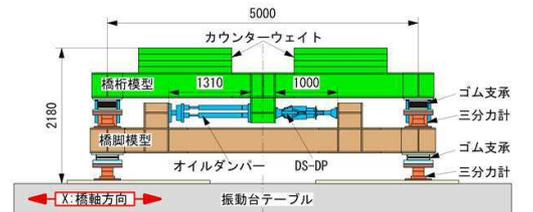


図6 ケース3の試験体側面図

(6) 実験結果の評価

各制震デバイスの制震効果について、DRF-DPの効果をケース1と2の比較で、DS-DPの効果をケース1と3の比較で評価した。また、2つの制震デバイスを同時に設置した場合の効果をケース1と4の比較で評価した。

表3 DRF-DPのI-II-2加振結果

I-II-2 X方向 100%	テーブル	加速度[cm/sec ²]		層間変位[mm]		支承反力[kN]		
		下段	上段	下段	上段	下段	上段	
ケース1 固定支承		888	1223	1240	25.6	0.55	85.1	641
ケース2 DRF-DP		822	1751	737	16.4	19.8	544	120
低減率(DRF-DP/固定支承)			1.43	0.59	0.64		0.64	0.19

3. 実験結果

(1) DRF-DP単体の制震効果

ケース2について、地震波I-II-2の取付(Y)方向100%で加振した結果を表3および図7に示す。上段の最大加速度が約4割減じて入力加速度以下となり、下段の最大支承反力も約4割減じる結果となり、高い制震効果が確認された。また、取付直角方向加振についても同様に実験した結果、制震デバイスは円滑に挙動し、有害な挙動は確認されなかった。

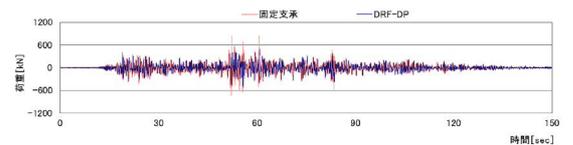


図7 DRF-DPのI-II-2下段支承反力

表4 DS-DPのI-II-2加振結果

I-II-2 X方向 100%	テーブル	加速度[cm/sec ²]		層間変位[mm]		支承反力[kN]		
		下段	上段	下段	上段	下段	上段	
No.28 可動支承		701	844	998	19.7	121.8	583	509
No.118 DS-DP		817	816	569	11.8	29.2	426	157
低減率(DS-DP/可動支承)			0.97	0.57	0.60	0.24	0.73	0.31

(2) DS-DP単体の制震効果

ケース3について、地震波I-II-2の取付(X)方向100%で加振した結果を表4および図8に示す。上段の最大加速度が約4割減じて入力加速度以下、最大支承変位は1/4となり、下段の最大支承反力も約3割減じる結果となり、高い制震効果が確認された。また、取付直角方向加振を実施した結果、有害な挙動は確認されなかった。

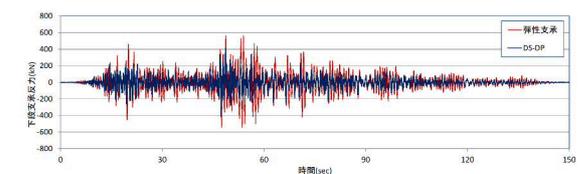


図8 DS-DPのI-II-2下段支承反力

4. おわりに

DRF-DPおよびDS-DPは、設置方向の地震動に対して、上部工加速度の抑制と橋脚への負担軽減効果などの制震効果があり、取付方向と直角方向の動きも支障なく挙動した。