

I-B161 パワフルTMDを用いた橋梁の非線形地震応答解析

熊谷組技術研究所 正会員 勝川藤太  
 熊谷組技術研究所 正会員 金子 誉  
 熊谷組技術研究所 正会員 鈴木猛康

1. はじめに

大地震に適用可能な橋梁用制震装置として、TMDをベースにてこの原理を利用して制震効果を大きく高めたパワフルTMD<sup>®</sup>を開発している。本報告では、大地震時に本装置がいかに有効に働くかを検討することを目的として、既設橋梁に本装置を設置したケースについて、橋梁の非線形性を考慮した非線形地震応答解析を実施した結果について報告する。

2. 解析モデルおよび条件

解析対象とした橋梁は全長210m(69.5m+70.0m+69.5m)の三径間連続鋼床版箱桁橋であり、橋脚は直径3.5mの円形中実断面のRC構造で、厚さ12mmの鋼板巻立て補強が施してあるものとした。橋脚基部は完全固定の条件、支承は弾性支承とした。図1に上部構造慣性力の作用位置における橋脚の水平力と変位の関係を示す。解析に際しては、図2に示すように対象橋梁の中間部の橋脚1本を取出し、橋脚部は梁要素と集中質量、上部工はその橋脚が受け持つ上部工の質量を集中質量としてモデル化した。橋脚の曲げによる非線形履歴特性は、剛性低下型の武藤モデルにより、パワフルTMDは、質量比  $\mu=0.01$ 、てこ比  $r_L=5$  で、橋梁の主たる振動モードである1次モードを制震対象とし、橋脚の降伏時剛性を用いて設計した。なお、入力地震波には、兵庫県南部地震・東神戸大橋(橋軸直角)とⅢ種地盤用標準波(L2)を用いた。

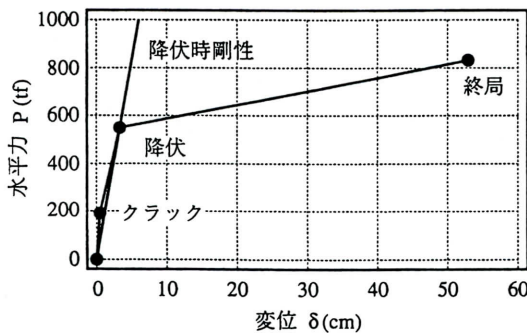


図1 橋脚の水平力と変位の関係

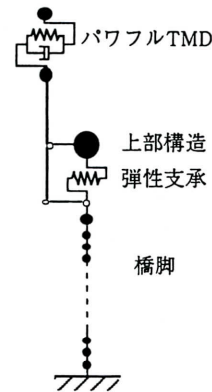


図2 解析モデル

3. パワフルTMDの制震効果の検討

図3は、入力地震波をⅢ種地盤用標準波としたときの橋桁と橋脚頂部の応答変位の時刻歴波形を示したものである。Ⅲ種地盤用標準波は大きな振幅が繰返し作用するタイプの地震波であるが、パワフルTMDは振幅の小さな地震波初期の段階から反応し、無制震時に橋脚が降伏して大きく変形する段階において大きな制震効果を発揮していることが分かる。パワフルTMD設置時の無制震時に対する最大応答変位の低減率は、橋桁、橋脚頂部それぞれ23%、41%である。図4は、入力地震波を東神戸大橋としたときの橋桁と橋脚頂部の応答変位の時刻歴波形を示したものである。東神戸大橋は従来のTMDではあまり制震効果が期待できない衝撃波タイプの地震波であるが、パワフルTMD設置時の応答変位を見ると、衝撃波に対する応答が無制震時と比較して大きく低減されていることから、パワフルTMDが衝撃波タイプの地震波に対しても有効であることが分かる。また、最大応答変位の低減率は、橋桁、橋脚頂部それぞれ30%、52%である。表1に無制震、パワフルTMD設置時の最大応答変位および低減率をまとめて示す。

キーワード：制震装置、非線形解析、橋梁

連絡先：〒300-22 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043・Tel:0298-47-7502・Fax:0298-47-7480

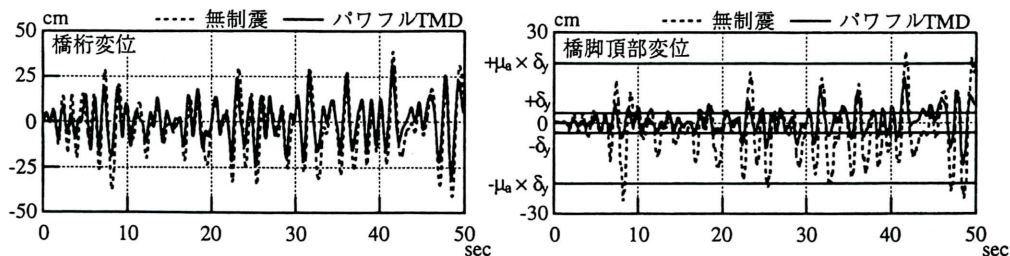


図3 応答変位の時刻歴波形（Ⅲ種地盤用標準波）

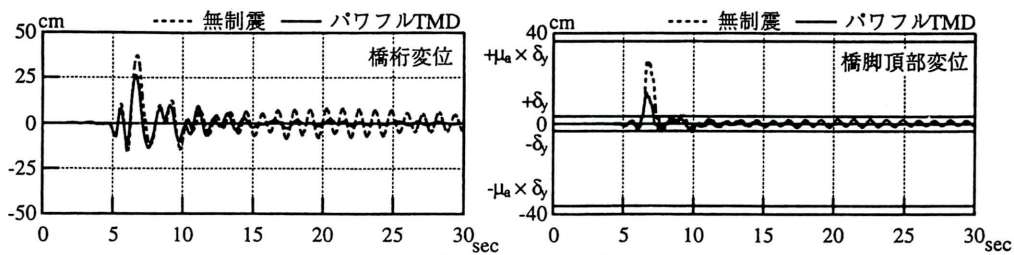


図4 応答変位の時刻歴波形（東神戸大橋）

表1 最大応答変位と低減率

	Ⅲ種地盤用標準波			東神戸大橋		
	無制震	パワフルTMD	低減率	無制震	パワフルTMD	低減率
主桁変位	-41.03 cm	31.69 cm	22.76 %	37.36 cm	26.23 cm	29.79 %
橋脚頂部変位	-25.70 cm	15.20 cm	40.86 %	28.03 cm	13.54 cm	51.69 %

表2 橋脚の塑性率

	Ⅲ種地盤用標準波（タイプⅠ）		東神戸大橋（タイプⅡ）	
	無制震	パワフルTMD	無制震	パワフルTMD
許容塑性率 ( $\mu_a$ )	6.01		11.02	
応答塑性率 ( $\mu$ )	7.79	4.60	8.49	4.10

表2は、入力地震波2波の許容塑性率 $\mu_a$ と応答塑性率 $\mu$ を示したものである。Ⅲ種地盤用標準波は道路橋示方書でタイプⅠに分類される地震波であり、無制震時の応答塑性率は許容塑性率を超えているが、パワフルTMD設置時には許容塑性率以下に低減されている。東神戸大橋はタイプⅡに分類される地震波で、無制震時の応答塑性率も許容塑性率以下であるが、パワフルTMD設置時の応答塑性率は無制震時の半分以下に低減されている。応答塑性率が許容塑性率を越える場合、橋脚のじん性を向上させるだけでなく耐力の向上も必要となる。しかし、耐力を向上させると橋脚躯体から基礎構造物へ伝達される地震力も大きくなるために基礎も含めた大規模な補強が必要となる可能性があるが、パワフルTMD設置時にはタイプⅠ、Ⅱの地震波ともに許容塑性率以下となるので、橋脚躯体への補強のみで良いと考えられる。

#### 4. まとめ

- ① 非線形地震応答解析により、大地震に対するパワフルTMDの有効性を確認することができた。
- ② パワフルTMDを設置することで、応答塑性率を許容塑性率以下に低減することが可能である。

なお、本研究は建設省土木研究所、(財)土木研究センターおよび民間19社による共同研究「高減衰材料を用いた長大橋の免震技術の開発」の一環として行ったものである。

#### 参考文献

- 1) 金子、他：てこを利用して制震効果を高めたTMD型橋梁用制震装置、第1回免震・制震コロキウム、1996.11
- 2) 建設省土木研究所、他：高減衰材料を用いた長大橋の免震技術の開発に関する共同研究報告書（その3）、1996.3
- 3) 土木学会：振動制御コロキウム、A. 構造物の振動制御、1991.7