

I-B 29 パワフルTMDの大地震時の適用性に関する検討

熊谷組技術研究所 金子 誉, 勝川 藤太

1. はじめに

筆者らは、橋台からの反力を利用してTMDを効果的に振動させ、大きな制震効果が得られる橋梁用制震装置“パワフルTMD”を開発している¹⁾。本論は、地震応答解析によるパラメトリックスタディーを行い、大地震時におけるパワフルTMDの適用性を検討した結果を報告するものである。

2. パラメトリックスタディーの概要

表-1にパラメトリックスタディーの概要を示す。ここで取り上げたパラメータは、橋梁の固有周期、制震方法および入力地震波である。1自由度振動系の橋を対象に、無制震、パワフルTMD（てこ比 $r_L=2,3$ ）および在来TMD（ $r_L=1$ に相当）による制震のケースの解析を行った。制震ケースでは、質量比を $\mu=0.03$ で一定とし、最適調整¹⁾されているものとした。

3. 解析結果

図-1は、橋の最大応答加速度をスペクトル表示したものである。てこ比 r_L が大きいほど変位の低減効果が大きく、特に無制震のケースで応答が卓越している周期において顕著である。その結果、てこ比が大きくなるほどスペクトルが滑らかに、かつ応答値が小さくなっており、同調質量ダンパーとして橋に付加する減衰が大きくなったものとして理解できる。表-2は最大応答加速度の低減率の範囲を示したものである。入力特性と橋の応答特性に応じてかなりばらついている。したがって、パワフルTMDによる制震効果を最大応答値の低減率で直接評価することは難しく、むしろ何らかの指標でデバイスにより付加される減衰を評価し、橋の最大応答は応答スペクトルを通して見る方が理解しやすいといえる。

図-2は、在来TMDおよびパワフルTMDの重錘と橋桁との最大相対変位を示したものである。(a)神戸海洋気象台および(b)東神戸大橋では、それぞれ固有周期 $T_s=1.0, 2.0\text{sec}$ 程度を境として、これより短周期側ではてこ比 r_L が大きくなるほど相対変位は大きくなり、長周期側ではその逆となっている。また、図示していないケースも含めて、神戸海洋気象台以外の地震入力3波では、固有周期が約2sec以上では相対変位が200cm以上となり、それだけの移動量の確保は困難であり、何らかの対応策が要求される。

図-3は、パワフルTMDのケースにおける橋台の最大反力を示したものである。てこ比 $r_L=3$ の場合の反力は $r_L=2$ の場合のほぼ2倍となっている。これは、TMD重錘に生じる慣性力は一定で、橋台反力が慣性力の (r_L-1) 倍となることを表わしている。また、表-3は最大反力を橋桁重量 w_s で基準化して示したもので、その値は入力地震動により大きく異なる。

表-2 最大応答加速度の低減率

表-1 パラメトリックスタディーの概要

橋梁	固有周期	$T_s = 0.1 \sim 5 \text{ sec}$		
	減衰定数	$h_s = 0.02 / T_s \text{ } (0.01 \leq h_s \leq 0.05)$		
制震方法		無制震	在来TMD	パワフルTMD
質量比		——	$\mu = 0.03$	$\mu = 0.03$
てこ比		——	($r_L = 1$)	$r_L = 2, 3$
入力地震波		・Ⅰ種地盤標準波 (L2) ・Ⅲ種地盤標準波 (L2) ・神戸海洋気象台 (NS) ・東神戸大橋 (橋軸直角)		

(a) 最も低減率の高いケース

	$r_L=1$	$r_L=2$	$r_L=3$
Ⅰ種地盤標準波	36.2 %	40.4 %	44.6 %
Ⅲ種地盤標準波	55.3 %	69.0 %	74.8 %
神戸海洋気象台	37.4 %	47.6 %	59.2 %
東神戸大橋	17.8 %	42.6 %	56.4 %

(b) 最も低減率の低いケース

	$r_L=1$	$r_L=2$	$r_L=3$
Ⅰ種地盤標準波	-1.2 %	5.0 %	15.8 %
Ⅲ種地盤標準波	-37.6 %	-30.0 %	-24.0 %
神戸海洋気象台	-1.4 %	4.4 %	4.5 %
東神戸大橋	-6.3 %	-6.5 %	0.4 %

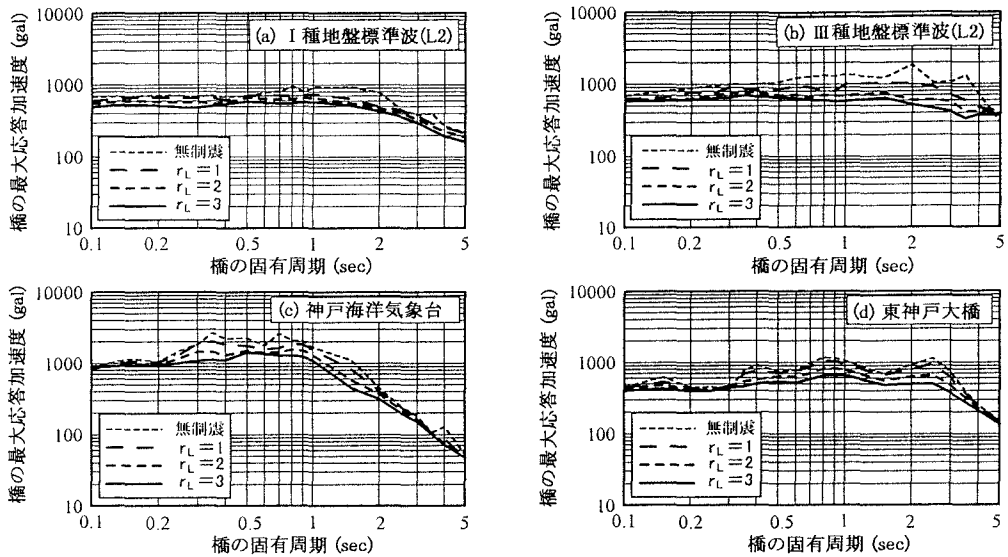


図-1 橋の最大応答加速度

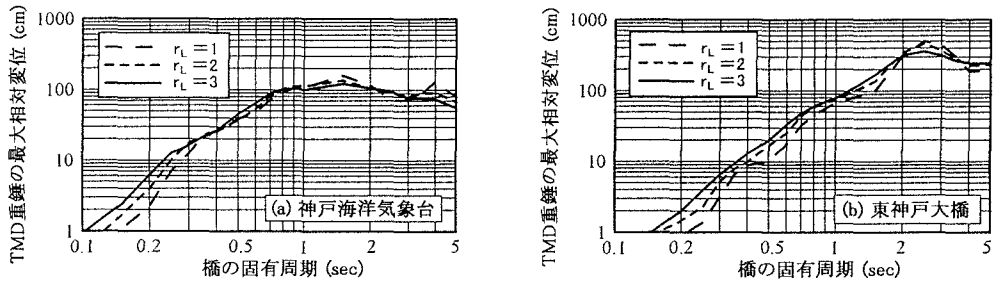


図-2 TMD重錘と橋桁の最大相対変位

表-3 橋台の最大反力(てこ比 $r_L=3$)

	橋台反力	橋の固有周期
I種地盤標準波	$0.11 W_S$	0.4~2.0 sec
III種地盤標準波	$0.14 W_S$	0.3~2.0 sec
神戸海洋気象台	$0.30 W_S$	0.3~0.8 sec
東神戸大橋	$0.13 W_S$	0.4~2.5 sec

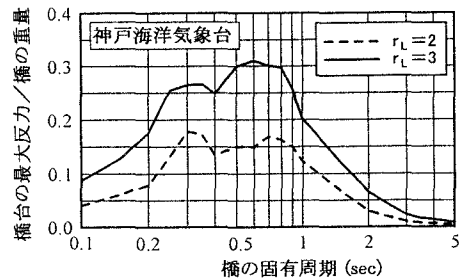


図-3 橋台の最大反力

4. まとめ

- i) パワフルTMDの効果は減衰の増分として評価し、応答の低減効果は応答スペクトルでみるとよい。
- ii) 周期2sec以上の橋では、大地震時にTMD重錘の相対変位が200cmを超え、その対策が必要となる。
- iii) 橋の最大応答値、TMD重錘の相対変位および橋台反力は、入力地震動の影響を強く受ける。

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」の一環として行われたものである。

参考文献：1) 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