

TMD を用いた免震橋の桁応答変位の低減効果の評価

京都大学大学院 学生会員 ○長谷川 直哉
 京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃

1. はじめに

橋梁の地震時性能を確保するために、水平力分散支承や免震支承を用いた橋梁形式がしばしば採用されているが、こうした構造では免震支承のエネルギー吸収性能を考慮しても、地震時に大きな桁変位が生じることが避けられない。これは、建設コストや維持管理上の問題要因となっている。

そこで、制震デバイスである同調質量ダンパー (TMD)を免震橋梁へ適用することで、桁の過大变位の低減手段となることが考えられる。単純化した免震橋及び TMD モデルに基づき、地震時の桁の橋軸方向変位の低減に関する検討を行った。

2. 対象橋梁と解析モデル及び免震支承の特性

想定した橋梁は、図-1 に示す多径間連続鋼床版箱桁橋とし、箱桁内部に TMD が設置されるものとする。橋脚は比較的短く剛性が高く、塑性化や変形は無視できると仮定する。この仮定に基づき、図-1 の対象橋梁の動的応答を、図-2 に示す桁-TMD からなる 2 自由度系に理想化した質点系モデルを用いて評価した。

対象モデルの質量、及び免震支承の特性値を表-1 及び表-2 に示す。表-2 に示す値は複数の免震支承を 1 つのバネ要素に集約して算出した値である。免震支承の復元力特性は、バイリニア型でモデル化した。

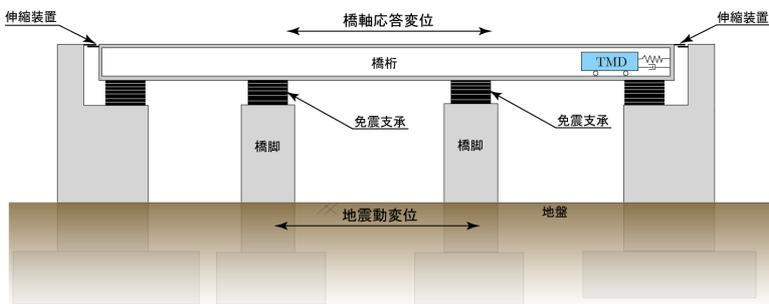


図-1：対象橋梁の概略図

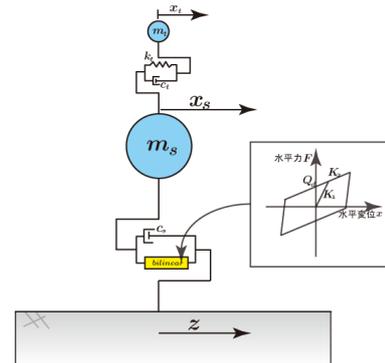


図-2：対象橋梁のモデル化

表-1：解析モデルの質量

橋桁の質量 [t]					
900					
質量比	0.01	0.03	0.05	0.07	0.1
TMDの質量 [t]	9	27	45	63	90

表-2：免震支承の諸量

免震支承の初期剛性 [kN/m]	免震支承の2次剛性 [kN/m]
76480	8494
初期剛性に対する固有円振動数 [rad/s]	2次剛性に対する固有円振動数 [rad/s]
9.218	3.072
初期剛性に対する固有周期 [sec]	2次剛性に対する固有周期 [sec]
0.682	2.045
降伏荷重 [kN]	降伏変位 [m]
939.224	0.0138

3. TMD の最適同調パラメータ

1995 年兵庫県南部地震の JMA 神戸記録(NS 成分)を想定地震動とした。図-2 に示した 2 質点系モデルの時刻歴応答解析により得られる最大相対変位が最小となるような TMD の剛性と減衰定数を、最適同調パラメータと定義した。振幅依存性を考慮するため、入力加速度の振幅スケールを変化させて解析を行った。最大入力加速度と TMD の最適剛性 (TMD の固有周期)の関係プロットした結果を図-3 に示す。また、最大入力加速度と TMD の最適減衰定数としたグラフを図-4 に示す。TMD の固有周期は、入力加速度が大きくなるにつれて長周期化する

keyword: TMD、免震橋、応答変位

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科社会基盤工学専攻 075-383-3245

傾向が見られるが、減衰定数に関しては、値が 0~0.005 と非常に小さい値となり、通常の調和入力に対する TMD の最適同調条件より与えられる値よりも著しく小さい。

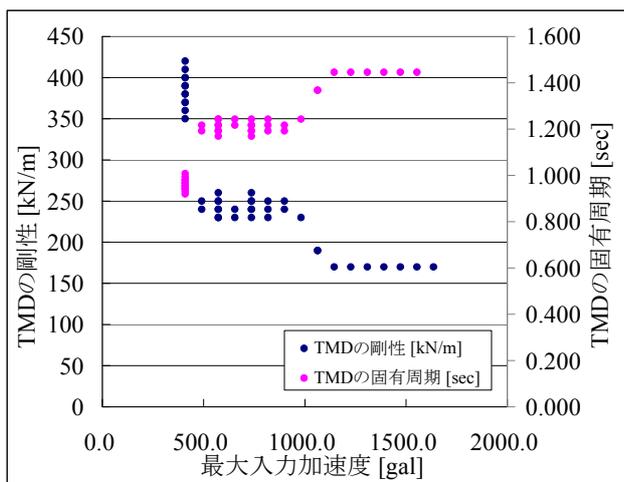


図-3：地震動における最適剛性 (固有周期)の推移

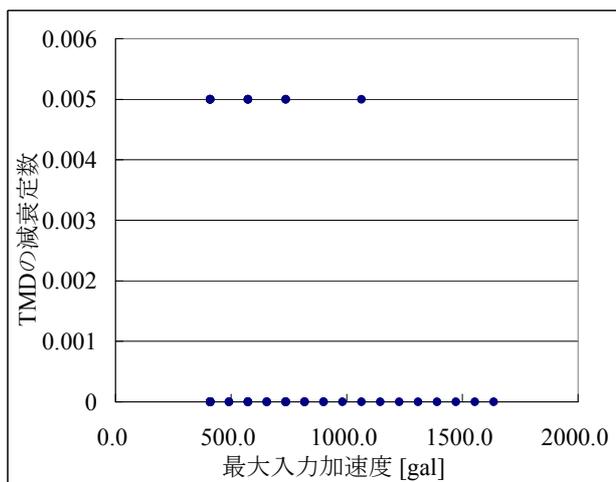


図-4：地震動における最適減衰定数の推移

4. 応答変位の低減効果

図-5、図-6 に質量比 (桁の質量に対する TMD の質量)と、最大相対変位、及び TMD を用いない場合の最大相対変位に対する低減率関係を示す。振幅依存性を考慮するため、地震スケールを 1.0 倍、2.0 倍としたケースについて解析を行った。桁応答変位の低減率は質量比が増加するにしたがい大きくなり、その低減率の大きさは地震動のスケール、すなわち入力される振幅の大きさに依存する。地震スケールが 1.0 倍のとき、低減率の大きさは質量比 10%で 16%程度、地震スケール 2.0 倍の時、質量比 10%で 34%程度であった。

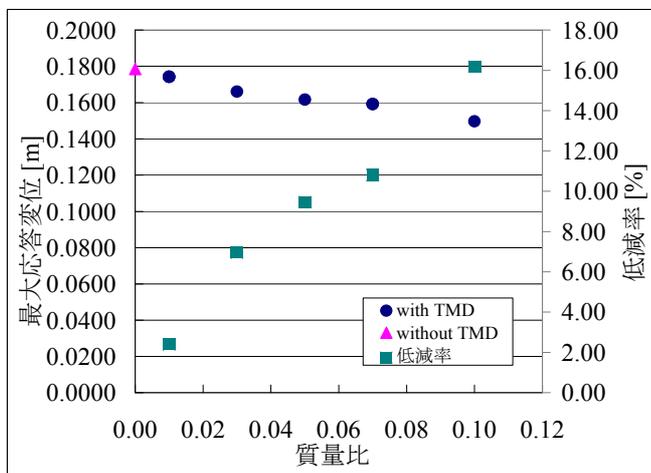


図-5：地震スケール 1.0 倍

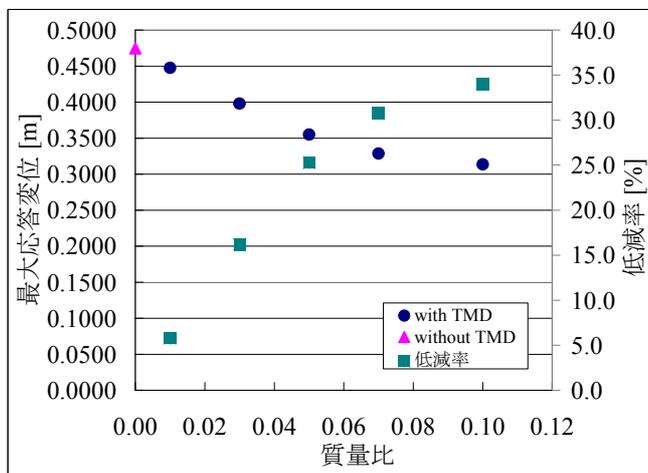


図-6：地震スケール 2.0 倍

5. まとめ

免震支承の非復元力特性を考慮し、最適同調パラメータを数値探索により算出した最適同調条件を持つ TMD を用いることで、免震橋梁の桁応答変位の低減は可能である。この時、入力地震動が大きいほど、対策を行わない場合に対する相対的な効果が大きくなる結果が得られた。