

速度依存性を考慮した制震ダンパーの性能評価

熊本大学 学生会員 ○篠田 隆作
 熊本大学 正会員 松田 泰治
 熊本大学 学生会員 西村 健

オイレス工業株式会社 正会員 宇野 裕恵
 株式会社エイト日本技術開発 正会員 宮本 宏一
 JIP テクノサイエンス株式会社 正会員 柚木 浩一

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、既設橋梁の耐震補強のために制震ダンパーが多く用いられるようになり、近年では実際の施工事例も増えている。橋梁に多く用いられる制震ダンパーには、履歴型ダンパーと速度依存性を有する粘性型ダンパーがある。本研究では速度依存性を有する粘性型ダンパーに着目し、ダンパーの基本性能の簡易設定方の提案を行う。制震ダンパーを設置した対象橋梁の応答低減効果を評価するには、ダンパーの容量をパラメトリックに変化させながら全体系モデルを用いて繰り返し計算が必要となり、多大な労力を要する。そこで本研究では粘性型ダンパーを有する1質点系モデルで得られた目標変位とダンパーの容量の指標となる降伏震度の関係より、ダンパーの容量を設定し全体系モデルへ適用し応答低減効果の確認を行う。

2. ダンパーの性能評価

制震ダンパーを有する橋梁に対して図-1に示すような簡易モデルを設定する。このモデルでは、上部構造を質量(M)の質点に置き換え、下部構造を粘性型ダンパー(C1)と積層ゴム支承(K1)を組み合わせ

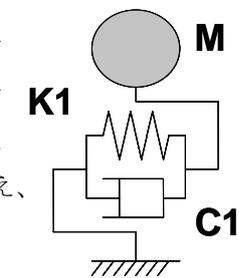


図-1 1質点系モデル

たもので評価している。積層ゴム支承のせん断バネK1は、固有周期が1~5秒となるようにパラメトリックに変化させ、減衰は3%と設定した。ダンパーの粘性減衰係数C1は基準速度V=0.5m/secと設定した。抵抗力Fは速度の累乗に比例する $F=C1V^\alpha$ で表す。 α は各ダンパー性能に応じた係数であり $\alpha=0.1$ とした。検討に用いた地震動は道路橋示方書V耐震設計編の標準波よりType I-I-1、Type II-I-1とした。

上記の1質点系モデルを用いて目標変位を設定し応答解析を行い、収束誤差を1%以内として収束計算を行った。得られた目標変位を満足するダンパーの抵抗力を質点の

重量で除して降伏震度を求めた。無次元化することで、1質点系モデルでの結果を全体系モデルに適用することが可能となる。 $\alpha=0.1$ での得られた降伏震度を図-2に示す。TYPE I-I-1、Type II-I-1地震動共に同周期において目標変位が小さくなるに従い、降伏震度は大きくなる傾向が認められた。

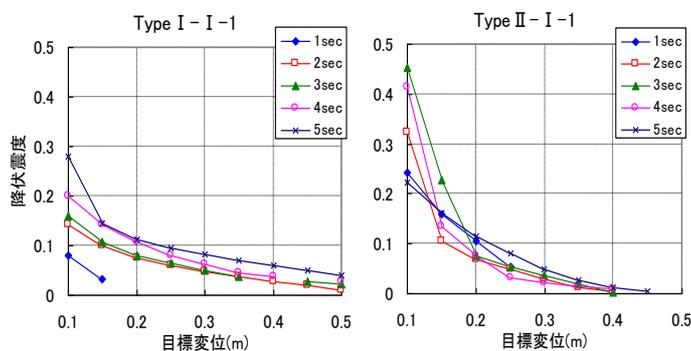


図-2 降伏震度 (1質点系モデル)

3. 検討対象橋梁と解析条件

2.で示した、ダンパー性能設定方法の既設橋梁耐震補強への適用性を、昭和55年道路橋示方書に従い設計された4径間連続鋼板桁橋を対象に検討する。橋梁形式は非免震構造の旧耐震モデルである。本研究では、まず全ての支承を反力分散支承に取り替えて、地震時において増加する上部構造水平変位や下部構造作用力をダンパーにより制御する補強方法を採用する。上部構造の全重量に対して目標とする固有周期を満足する積層ゴム支承のせん断バネを求め、各橋脚の鉛直反力比に応じて、 $A1:P1:P2:P3:A2=1:2.5:2.5:2.5:1$ と配分した。一方、ダンパーは、橋台部では大きな反力が容易に確保できること、ダンパーは十分なスペースを確保できることから、橋台部に設置した。なお、粘性型ダンパーの減衰特性は2.と同様の考え方に従い、粘性型ダンパーの抵抗力を決定した。積層ゴム支承のせん断バネの固有周期は3秒とした。また、減衰特性は、ひずみエネルギー比例型減衰から作成した等価粘性減衰

キーワード ダンパー, 道路橋, 動的応答解析

連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号

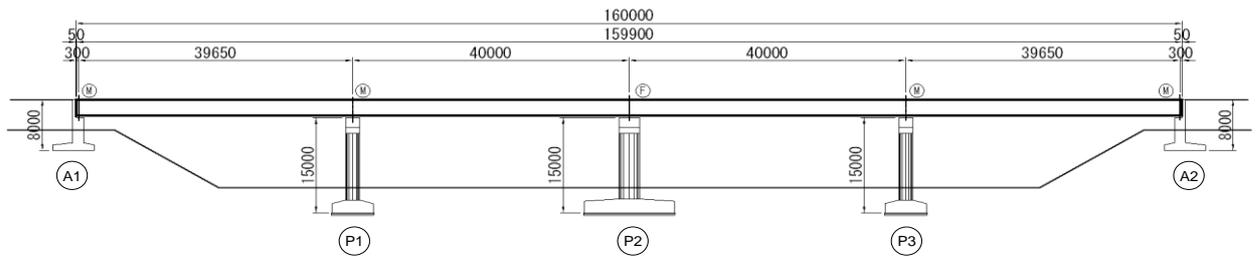


図-3 検討対象橋梁(I種地盤A地域の河川橋梁) 単位(mm)

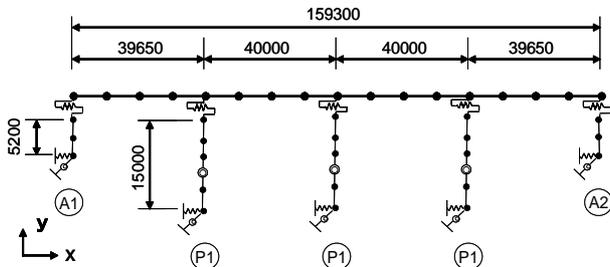


図-4 検討対象橋梁の骨組みモデル

行列で評価した。検討対象橋梁を図-3 に、検討対象橋梁の簡易骨組みモデルを図-4 に示す。

4. 全体系動的解析と1質点系解析結果の対比

1 質点系モデルの解析結果をもとに、上記で設定したダンパーを有する全体系モデルに対して汎用解析プログラムソフト T-DAPⅢを用いて動的応答解析を行い、1 質点系モデルと全体系モデルとの比較検討を行った。解析条件は 1 質点系モデルと同様に、桁質量に対する積層ゴム支承による固有周期が 3 (sec)とした。図-3 より、対象橋梁の桁遊間の長さが 0.3(m)であるため、目標変位を 0.25(m)とした。そして、図-2 の目標変位 0.25(m)において、降伏震度が大きくなっている Type I - I-1 地震動の降伏震度を使用した。

$\alpha=0.1$ の粘性型ダンパーを使用した際の TYPE I - I - 1 地震動での固有周期 3(sec)かつ目標変位 0.25(m)の桁と橋台部の相対変位の時刻歴を図-5 に示す。また、Type I - I - 1 地震動入力時の減衰力-変位関係を図-6 に示す。目標変位 0.25(m) と全体系モデルの最大応答変位の差異は 2.4%となった。図-5 の時刻歴図より、応答変位が目標変位 0.25(m)以内に収まっている。また、どちらの振動周期も同じであることが確認できる。図-6 よりどちらの減衰力-変位関係もほぼ同様である。

以上の結果より応答変位に大きな差異は認められず、1 質点系モデルによるダンパーの性能評価を行うことの妥当性が解析的に確認された。

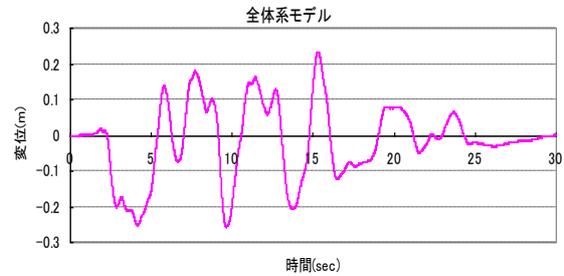
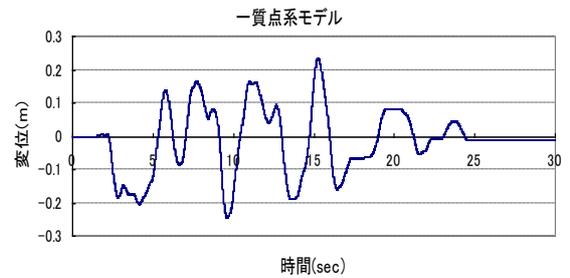


図-5 Type I - I - 1 地震動入力時の桁と橋台部の相対変位時刻歴図

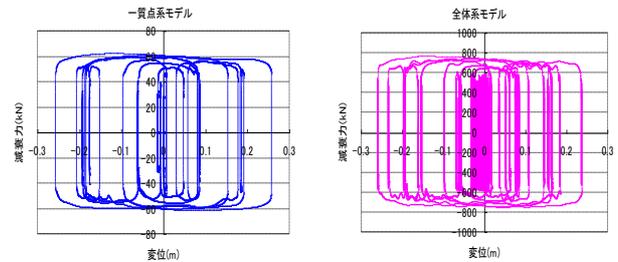


図-6 Type I - I - 1 地震動入力時の減衰力-変位関係

5. まとめ

一質点系モデルにおける、速度の累乗性を有する粘性型ダンパーに対する降伏震度と目標変位の関係を整理した。この関係を、ダンパーの配置を施した 4 径間連続鋼板桁橋の全体系モデルに適用した結果、 $\alpha=0.1, 0.3, 0.5$ のどの値においても一質点系との最大変位との差異が 15%以内となった。それぞれ振動周期が等しくなっていた。これらにより、本研究で提案した一質点系モデルを用いた粘性型ダンパーの設定の妥当性が確認された。