

既設道路橋の耐震補強に用いるダンパーの簡易性能評価

熊本大学大学院

学生会員 ○藤本 匡哉

熊本大学大学院

正会員 松田 泰治

日本技術開発株式会社

正会員 宮本 宏一

日本技術開発株式会社

正会員 長 悟史

熊本大学大学院

学生会員 谷口 雄一郎

1. はじめに

橋梁全体系の耐震性向上策として制震ダンパーの利用が増加している。ダンパーの大きな減衰性能による地震時応答値の低減が本設計方法の特徴で、橋脚補強工事が制限される既設橋においての活用が期待される。これに対してダンパーの必要性能や設置位置は、非線形動的解析を用いた試行錯誤により設定されているのが現状と思われ、合理的な設計方法の確立が望まれる。そこで本研究はダンパー基本性能簡易設定方法の提案を目的とするもので、本文は目標変位とダンパー必要降伏荷重の関係などの1質点系モデルによる検討結果と、提案方法の橋梁全体系動的解析への適用性を報告するものである。

2. ダンパーの設計

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、下部構造をダンパー(K_D)と積層ゴム支承(K_B)を組み合わせたもので評価している。

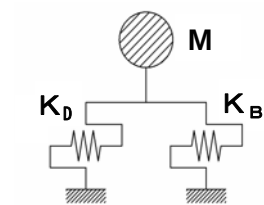


図-1 1質点系モデル

ダンパーの剛性 K_D の特性に関しては、完全弾塑性のせん断バネとし、初期剛性は質点の質量 M に対して弾塑性ダンパーのみで水平方向に支持したと仮定した場合の桁の固有周期が1(sec)となるバネ定数とした。一方、積層ゴム支承の剛性 K_B の特性に関しては、固有周期を1(sec)から5(sec)までパラメトリックに変化させ、各々の周期を満足するようせん断バネとし設定した。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地震タイプ別にそれぞれ3波選択した。減衰は1%とする。

1質点系動的応答解析を用いて収束誤差を1%以内として収束計算を行い、得られた目標変位を満足す

るダンパーの降伏荷重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。解析結果を図-2に示す。TYPE I地震動およびTYPE II地震動では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。なお、ダンパーを設置しない場合の固有周期2(sec)かつ目標変位0.3(m)での最大変位はそれぞれ66.9cm、48.5cmである。

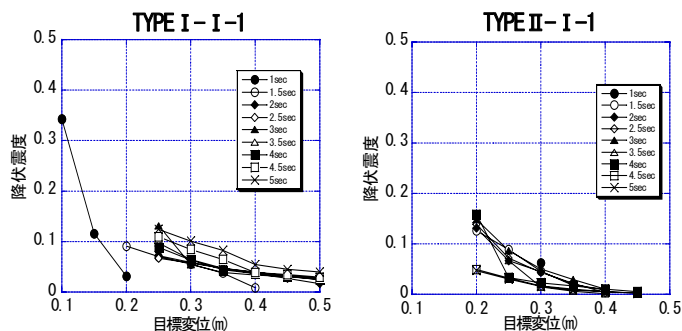


図-2 降伏震度 (1質点系モデル)

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から、ダンパーを設置する十分なスペースを確保することから、 $A1:P1:P2:P3:A2=5:0:0:0:5$ の比率で配分した。なお、ダンパーの減衰特性は2.

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

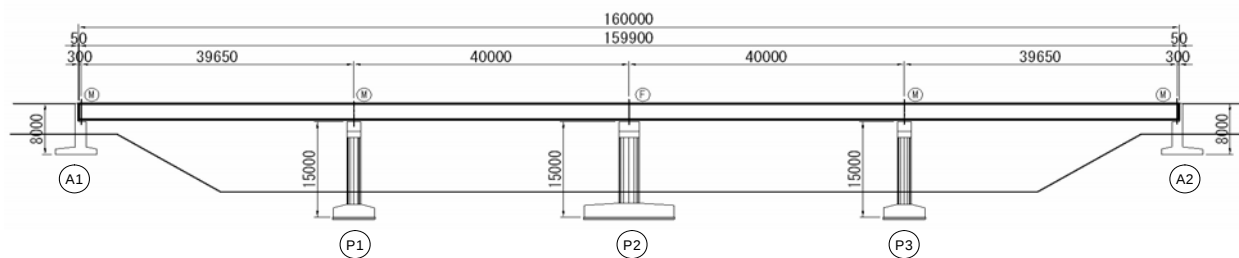


図-3 検討対象橋梁 (I 種地盤A地域の河川橋梁) 単位(mm)

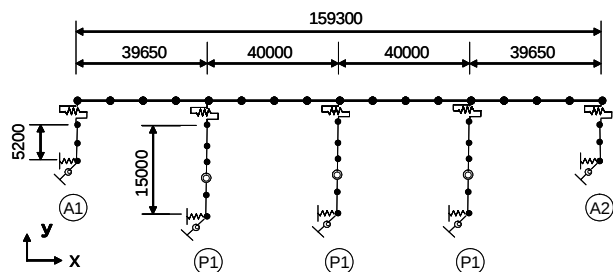


図-4 検討対象橋梁の骨組みモデル

と同様の考え方に従い、ダンパー K_D は弾塑性バネのバイリニア型とし、初期剛性は上部構造の重量に対して固有周期が1(sec)となる剛性とした。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1～5(sec)となるように、目標変位が0.1～0.5(m)となるようにパラメトリックに変化させるものとする。その一例として TYPE I・I-1 地震動での固有周期2(sec)かつ目標変位0.3(m)の桁の時刻歴を図-5、6に示し、固有周期4(sec)かつ目標変位0.3(m)での桁の時刻歴を図-7、8に示す。TYPE I・I-1 地震動での固有周期2(sec)かつ目標変位0.3(m)という条件下での応答変位の誤差は8.8%、固有周期4(sec)かつ目標変位0.3(m)という条件下での応答変位の誤差は3.7%となり、ともに誤差は10%以内となった。

固有周期2(sec)においては、さらに数回収束計算を行った結果、誤差は2.4%まで抑えられた。これらのことから、応答変位の誤差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性能評価は可能と判断された。

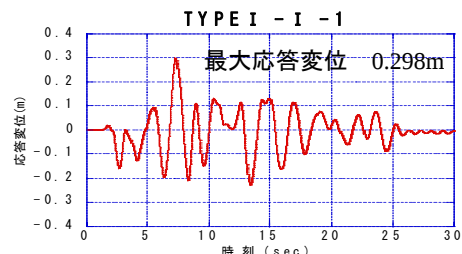


図-5 1質点系モデルの桁の時刻歴(周期2sec)

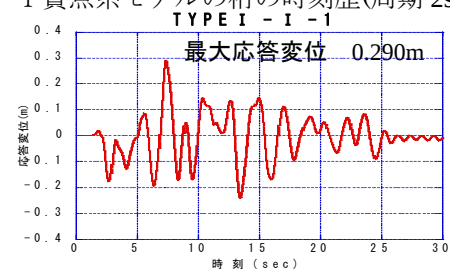


図-6 全体系モデルの桁の時刻歴(周期2sec)

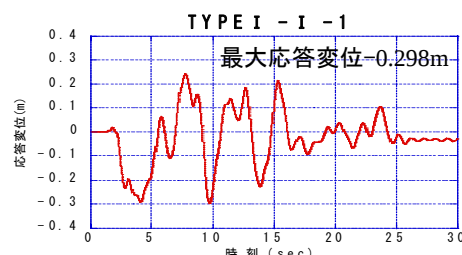


図-7 1質点系モデルの桁の時刻歴(周期4sec)

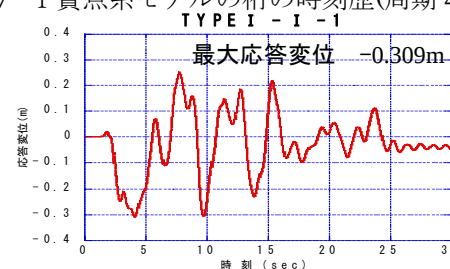


図-8 全体系モデルの桁の時刻歴(周期4sec)

5. まとめ

既設橋梁の耐震補強において問題となる部材の非線形性を考慮した動的応答解析の繰り返し計算を簡略化するため、ダンパーの配置を施した4径間連続鋼板桁橋を対象に1質点系モデルを用いてダンパー性能の設定を行い、全体系モデルに適用できるかを検討した結果、応答変位の誤差は10%以内に抑えられ、本研究で提案したダンパーを用いた橋梁の耐震設計の妥当性が確認された。