

皿バネボルトセットを用いた摩擦型ダンパーの橋梁に対する適用性検討

(株)大林組 正会員 ○天野 寿宣 (株)大林組 フェロー会員 伊奈 義直
 (株)大林組 正会員 新倉 一郎 (株)大林組 正会員 武田 篤史

1. はじめ

皿バネボルトセットを用いた摩擦型ダンパー（以下、ブレーキダンパーと称す）は、建築構造物においてはコスト面やメンテナンス面のメリットからすでに実用化されている¹⁾。著者らは橋梁で用いることが可能となるように大ストローク化、高減衰力化を行うとともに²⁾、橋梁に用いた時の有効性についても検討してきた。本論文では更に検討を行なって、ブレーキダンパーを橋梁の設計に適用し、それによるコストダウン効果と橋梁全体の性能向上を定量的に算出・評価する。

2. 検討対象

検討対象は、図-1 に示す橋長 166.8m、幅員 10.4m、橋脚高さ 28m の 3 径間連続ラーメン箱桁橋とした。これらについて以下の 3 ケースを検討した。

①基本断面（橋脚）

ダンパーを設置せずに設計したケース

②基本断面（橋脚）+ブレーキダンパー

ケース①に対して、断面諸元（断面寸法・配筋）を変えずに、ブレーキダンパーを設置したケース

③縮減断面（橋脚）+ブレーキダンパー

ダンパーを考慮して設計したケース

なお、ブレーキダンパー(BD)は、図-2 に示すように両桁端部の橋台前面と主桁下面を結合するように設置し、橋軸方向にのみ有効とした。

3. 検討方法

3.1 設計方法

設計は道路橋示方書³⁾を基本として行った。なお、

地震時の照査については、L1、L2 地震動ともに動的解析を用いた。L2 地震動に対する照査に用いた解析モデルを図-3 に示す。ブレーキダンパーは、後述する非線形材料特性を持つバネ要素を桁両端部に設置することで表現する。

3.2 摩擦型ブレーキダンパー

ブレーキダンパーは、長方形に近い履歴ループを描くため、図-4 に示すスケルトンカーブをもつバイリニアモデルとした。減衰力 P は上部工重量の 10% を目安に、2000kN（片側桁端部）とした。

減衰は、レイリー型減衰としたが、ブレーキダンパーの初期剛性から減衰マトリクスを作成するとブレーキダンパーが降伏した時に減衰が過剰となる。そこで、ブレーキダンパーの剛性を 0 とした剛性マトリクスを用いて減衰マトリクスを作成した。

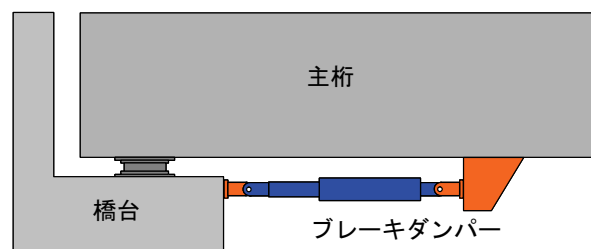


図-2 BDの設置状況

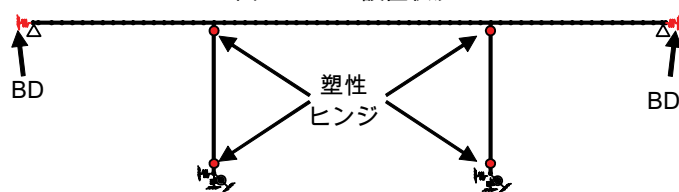


図-3 解析モデル

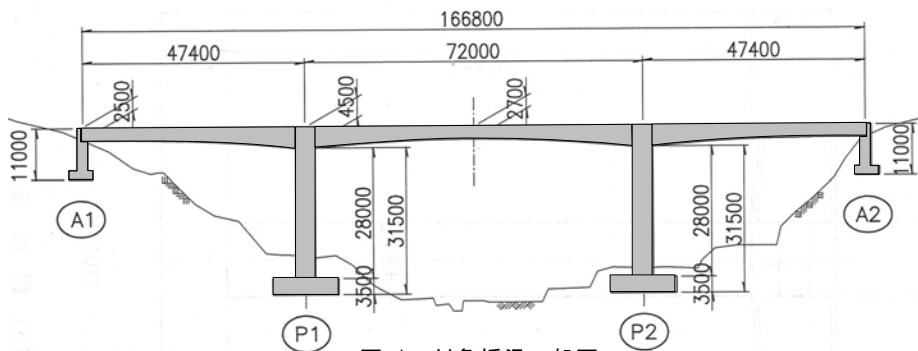


図-1 対象橋梁一般図

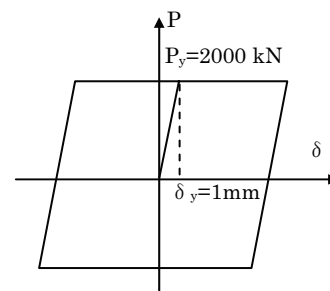
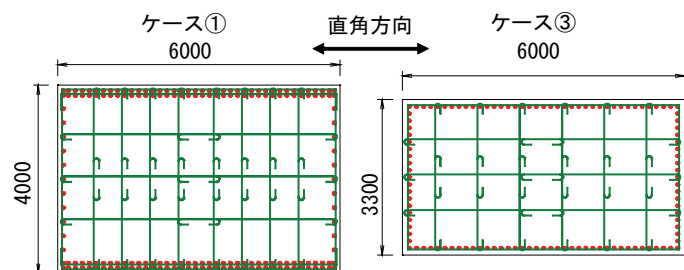


図-4 BDの材料特性

キーワード 摩擦型ダンパー, 制震橋梁, ラーメン橋梁, コストダウン

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 28F 東 (株)大林組生産技術本部橋梁技術部 Tel103-5769-1306



橋軸方向
主筋：D38×80本
横拘束筋：D16@150×10本
直角方向
主筋：D32×11本
横拘束筋：D16@150×5本

橋軸方向
主筋：D32×39本
横拘束筋：D16@150×8本
直角方向
主筋：D25×19本
横拘束筋：D16@150×5本

図-5 断面の比較

表-1 最大応答変位

		①基本断面	②基本断面+BD	③縮減断面+BD
L1	m	0.053	0.009	0.009
	%	100	17	17
L2-I	m	0.230	0.130	0.185
	%	100	56	80
L2-II	m	0.251	0.205	0.174
	%	100	82	69

※L2地震時の数値は3波平均

4. 検討結果

4.1 橋脚断面の比較

図-5 にケース①と③において設計された橋脚の断面を示す。断面決定要因は、ケース①は L1 地震時、ケース③は L2 地震時である。ブレーキダンパーの設置により、コンクリート断面積が 17.5%、鉄筋量については主筋が約 60%、横拘束筋が 23%縮減している。

4.2 地震時応答値の比較

表-1 に地震時橋軸方向の最大応答変位を、図-6、7 に L1、L2 地震時の時刻歴応答変位を示す。

橋軸方向最大応答変位に関して、L1 地震時で 80%以上減少し、L2 地震時で 20～30%減少している。

橋軸方向の時刻歴応答変位図では、L1 地震時においてもブレーキダンパーにより変位が大きく減少しており、L1 地震時のような小さい変形レベルにおいても、ブレーキダンパーが機能することが分かった。L2 地震時においても、最大応答値と同様に 3 割ほど変位を抑えられている。橋梁全体の変位を低減することで、各部材の損傷を小さく抑えることが可能となり、橋梁全体としての性能が向上すると言える。加えて、支承寸法についても縮減でき、ブレーキダンパーの効果がより広範囲に波及することが期待できる。

ケース②と③で変位に大きな差は見られない。これは断面縮減により固有周期が 1.081 (秒) から 1.275 (秒) と長周期化しているが、ダンパーによる変位低減効果が大きく、長周期化の影響は小さいためと考えられる。

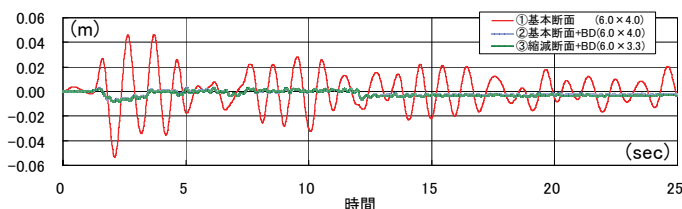


図-6 時刻歴応答変位 (L1 地震時)

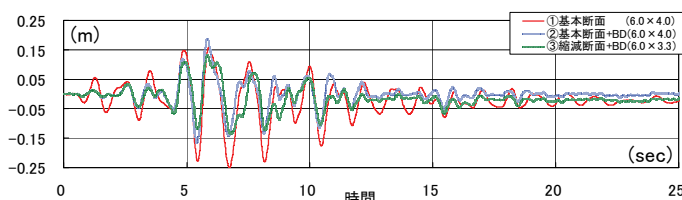


図-7 時刻歴応答変位 (L2 地震タイプ II-1)

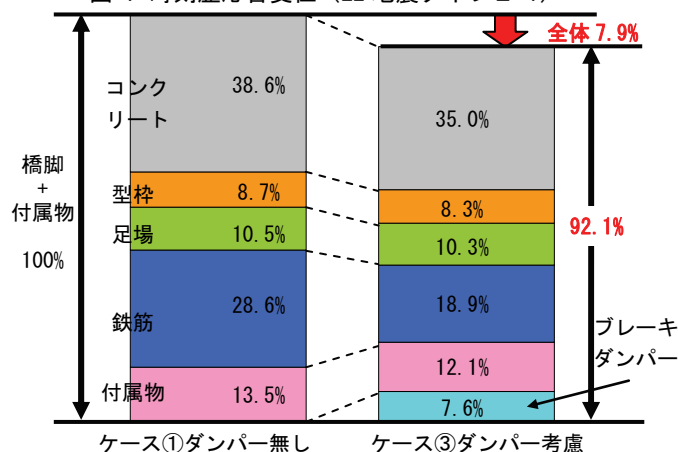


図-8 工事費の比較

図-7 を見ると、残留変位に関して 3 つのケースで大きな差は見られない。これは、今回の設計においては最大応答変位が小さいことと、橋脚の剛性により復元力が発揮されダンパーの変形が戻されていることが要因と考えられる。

4.3 工事費の比較

図-8 に橋脚および付属物（支承、伸縮装置）の工事費比較を示す。各項目それぞれ低減しているが、鉄筋の低減効果が最大で、1/3 程度の縮減を達成している。全体の合計額では、ダンパーを設置することにより、約 8%の工事費のコストダウンとなった。

5. まとめ

本検討により、ブレーキダンパーを設置することで橋梁全体の変位低減という高性能化と橋脚工事費における約 8%のコストダウンが達成可能であることが分かった。

参考文献

- 1)日野ら：高力ボルト摩擦接合滑りダンパーの開発と実建物への適用、鋼構造年次論文報告集、No.1.8、2000.11
- 2)武田ら：摩擦型ダンパーの性能確認実験、土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集、2009.9
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編・V 耐震設計編、2002.3