

非対称摩擦型ダンパーを用いた橋梁の動的解析

(株)大林組 正会員 ○武田 篤史

1. 目的

既設橋梁の耐震補強において、ダンパーを用いて制震構造とするケースは増加している^{例え1)}。その中で、図-1のようにダンパーを橋台と桁の間に取り付ける場合、ダンパーの減衰力容量は、ダンパーが引張となる際の橋台耐力に制約される。橋台背面の土圧とダンパー減衰力が同方向へ作用するためである。そこで、圧縮側と引張側で減衰力容量が異なる「皿バネボルトセットを用いた非対称摩擦型ダンパー（以下、摩擦型ダンパーをブレーキダンパーまたはBDと示す）」を考案した²⁾。本ダンパーを用いることで、圧縮側、引張側それぞれの耐力に合わせて減衰力を選定でき、合理的な設計が可能となる。

本報では、動的解析により非対称ブレーキダンパーの有効性を確認する。

2. 解析概要

解析対象は、対称型のブレーキダンパーを適用した橋梁¹⁾を参考に、単純化した2基のレンガ橋脚と2基の橋台となる3径間単純桁橋とした。文献¹⁾に示される斜角や、上下線で非対称な支承条件は考えていない。

解析モデルは、図-2に示すように、上部構造重量(2線分)および橋脚等価重量を質点(上部構造重量=各 189.3 kN, 橋脚等価重量=各 1578 kN)とし、橋脚およびダンパーをバネで表した。橋台は固定、桁の軸変形は剛とした。

橋脚バネは、完全弾塑性型のバイリニアをスケルトンカーブとし、剛性は弾性剛性、折点は端部が浮き上がる荷重、履歴は非線形弾性とした。図-3に橋脚の荷重-変位関係を示す。

ダンパーバネは、文献²⁾³⁾に従い、完全弾塑性型のバイリニアモデルとした。非対称型BDの摺動開始変位(折点変位)には、非対称性を実現するために、4.6~6.4mm大きくなっている。図-4にダンパー履歴の例を示す。

減衰は、減衰定数 $h=0.05\%$ とし、ダンパーバネを除く橋脚バネのみの剛性行列に対する比例型とした。入力地震動は、鉄道構造物等設計標準⁴⁾に示されるL2地震動スペクトルⅡのG3地盤地表面波を用いた。

なお、ダンパーなしのケースで固有振動数は5.8Hzである。

3. 解析ケース

解析ケースは、case1 ダンパーなし、case2 対称型BD、case3 非対称型BDの3通りとした。

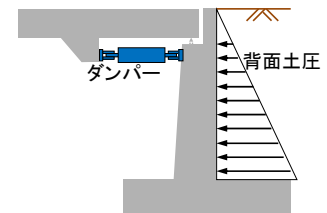


図-1 橋台と桁の間に設置するダンパー

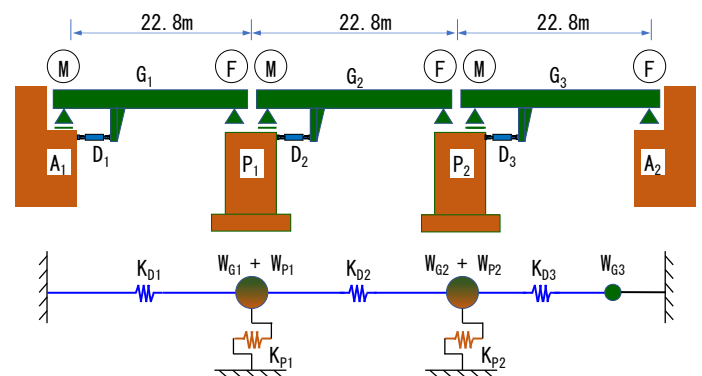


図-2 解析対象と解析モデル

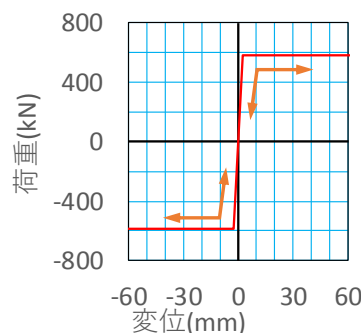


図-3 橋脚バネ

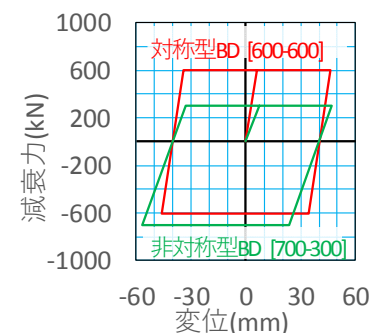


図-4 ダンパーバネの例

キーワード 制震構造, 橋梁, 耐震, ダンパー

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 TEL 042-495-1111

ダンパー減衰力容量は、case2 については文献¹⁾を参考に定めた。case3 については、正方向（右向き）減衰力容量の合計($D1 + D2 + D3 = 700 + 200 + 100 = 1000\text{kN}$)と負方向（左向き）減衰力容量の合計($D1 + D2 + D3 = 300 + 200 + 500 = 1000\text{kN}$)が、それぞれ、対称型ダンパー減衰力容量の合計($D1 + D2 + D3 = 600 + 200 + 200 = 1000\text{kN}$)と等しくなることを条件として決定した。表-1 に各解析ケースにおけるダンパー減衰力容量を示す。

なお、case1, case2 は対称応答であるが、case3 は非対称応答のため入力地震動に関して正方向・負方向を実施した。

4. 解析結果

図-5 に橋脚天端応答変位の時刻歴を示す。case1 ダンパーなしに比して、case2 および case3 のダンパーを入れたケースは大幅に変位低減ができていことがわかる。case2 と case3 を比較すると、case3 はダンパー初期剛性が低下したにもかかわらず概ね同様の振動数・振幅で挙動していることがわかる。

表-2 に最大応答を示す。a)の橋脚天端変位では、ダンパーの挿入により、最大317mmの変位を91.8mm～97.6mmまで低減できている。case2 対称型BD と case3 非対称型BD の間に大きな差はない。

b)の橋台反力に関して、ダンパーなしのcase1では、A1は可動支承のため反力なし、A2はG3の慣性力のみなで小さい。一方、対称型BDを用いたcase2では、A1で600kN程度、A2で370kN程度の引張反力が生じている。一方、非対称型BDを用いたcase3では、引張反力を300kN程度以下に低減できている。

4. まとめ

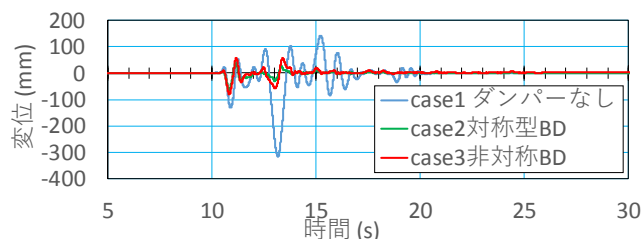
レンガ造橋脚を有する鉄道橋に関して、地震応答解析により非対称ブレーキダンパーの効果を確認した。その結果、対称型ブレーキダンパーと同等の変位抑制効果を有すること、および、橋台引張反力を大幅に低減できることが確認できた。

参考文献

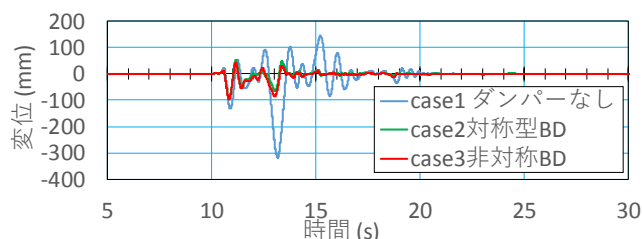
- 1)岩田ら：レンガ造の鉄道橋脚の制震構造化による耐震補強，土木学会第71回年次学術講演会，2017.9.
- 2)武田ら：皿バネボルトセットを用いた非対称摩擦型ダンパーの成立条件と性能評価，構造工学論文集 Vol.64A, 2018.3.
- 3)武田ら：皿バネボルトセットを用いた摩擦型ダンパーの性能評価，構造工学論文集 Vol.58A, 2012.3.
- 4)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準 耐震設計，2012.9.

表-1 ダンパーの減衰力容量

ケース名	名称	D1(A1)		D2(P1)		D3(P2)	
		圧縮側減衰力	引張側減衰力	圧縮側減衰力	引張側減衰力	圧縮側減衰力	引張側減衰力
case1	ダンパーなし	ダンパーなし					
case2	対称型BD	600 kN		200 kN		200 kN	
case3	非対称型BD	700 kN	300 kN	200 kN		500 kN	100 kN



a) P1 橋脚天端



b) P2 橋脚天端

図-5 応答変位

表-2 最大応答

a) 橋脚天端応答変位

ケース名	名称	P1天端変位 (mm)		P2天端変位 (mm)	
		最大	最小	最大	最小
case1	ダンパーなし	143	-317	143	-317
case2	対称型BD	38.1	-64.6	52.9	-95
case3	非対称型BD (正加力)	56.3	-80.1	39.6	-97.6
		91.3	-44.3	85.8	-51.8

※case3の上段は正加力，下段は負加力。

b) 橋台反力

ケース名	名称	A1反力 (kN)		A2反力 (kN)	
		引張	圧縮	引張	圧縮
case1	ダンパーなし	-		175	123
case2	対称型BD	603	605	374	317
		605	603	317	374
case3	非対称型BD	302	704	271	626
		304	702	224	672

※上段は正加力，下段は負加力。