

摩擦型ダンパーを用いたラーメン橋梁の設計検討

(株)大林組 正会員 ○梶原 尚平
 (株)大林組 正会員 早川 智浩

(株)大林組 正会員 加藤 敏明
 (株)大林組 正会員 武田 篤史

1. はじめに

建築構造物において制振ダンパー構造は、すでに一般的な構造であり、地震時安全性の向上とコストダウンに寄与している。一方で、橋梁分野においては、耐震補強などを除いてほとんど適用実績はないのが現状である。そこで、3径間連続ラーメン橋梁に対して、摩擦型ダンパーを付与した時の試設計を行い、摩擦型ダンパーの適用性を検討する。

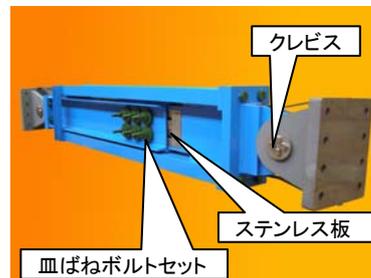


写真-1 摩擦型ダンパー

2. 摩擦型ダンパー

本検討においては、制振デバイスとして、写真-1に示す摩擦型ダンパーを想定した。写真-1に示す摩擦型ダンパーはステンレス板上をブレーキ材が摺動することにより、エネルギーを吸収するダンパーであり、建築分野ではすでに用いられているものである¹⁾。摩擦型ダンパーの特徴としては、以下のようなものがある。1) 摩擦すべりが発生する変位が非常に小さいため、レベル1相当の地震力にも有効、2) 降伏型ダンパーと異なり大地震時においても交換の必要がない、3) 構造がシンプルなため、点検が容易である、4) 簡単な仕組みで高価な材料を使用しないため安価に製作可能、5) 速度依存性が小さいため減衰性能が安定。

3. 設計方法

3.1 設計内容

設計対象は図-1に示す、橋長192.8m、幅員9.7mの3径間連続ラーメン橋である。

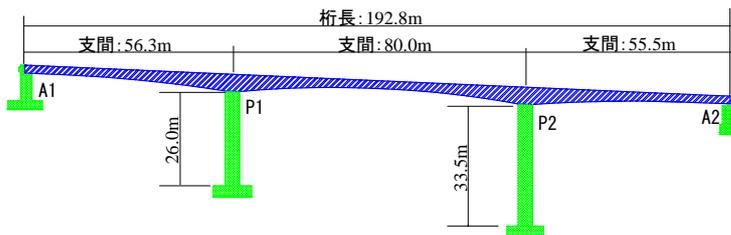


図-1 設計対象

設計は以下の2通りに対して行った。ケース①摩擦型ダンパーなし、ケース②摩擦型ダンパーあり。

また、地震時の動的解析については、ケース③摩擦型ダンパーなしで設計された断面(元断面)に対して摩擦型ダンパーを組込んだ構造に対しても行った。摩擦型ダンパーの減衰力は、5600kN(上部工重量の約0.1倍程度)とした。摩擦型ダンパーは、桁端部と橋台を橋軸方向に接続する形態で組込んだ。よって、橋軸直角方向に対してはケース①~③で同じ条件である。

設計の準拠基準は道路橋示方書²⁾とした。設計で考慮した荷重状態は、死荷重、活荷重、温度荷重および地震荷重である。なお、地震荷重以外に関しては、摩擦型ダンパーは安全側に働くものとして、ダンパーを無視して設計した。

2種類の設計において、変更したのは橋脚断面のみとし、上部工についてはブレーキダンパーの影響が小さいものと考え、両者で同一の構造とした。なお、実際は橋脚の剛性が下がることで、上部工の隅角部付近の断面は縮小が図れるものと考えられる。

3.2 摩擦型ダンパーの設計モデル

摩擦型ダンパーの設計モデルについては、履歴モデル、固有振動数の算定、および減衰マトリクスの作成方法が問題となる。

履歴モデルについては、図-2に示す完全弾塑性のバイリニアモデルとした。

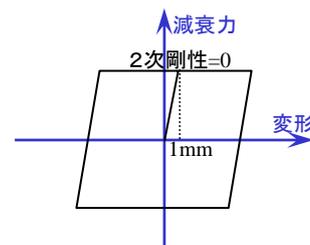


図-2 ダンパーの履歴モデル

キーワード 制振, 摩擦型ダンパー, 耐震設計

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所構造技術研究部 TEL042-495-1013

ダンパー降伏時の変形量は 1.0mm とした。固有振動数については、ダンパーが降伏すると剛性が 0 となることから、ダンパーを無視して算定した。減衰マトリクスについては、レーリー減衰を用いたが、ダンパーの弾性剛性が非常に高いため、剛性比例部分において過剰な減衰力が発生してしまう。そこで、減衰マトリクスを求める際の剛性行列はダンパーの剛性を 0 として算定した。

4. 設計結果

4.1 橋脚断面の比較

摩擦型ダンパーの有無による橋脚断面の比較を図-3 に示す。断面の決定要因は、ダンパーなしのケース①では L2 地震時であったが、ダンパーをつけて断面縮小したケース②では地震時でなく常時(活荷重)となった。

ダンパーをつけることにより、コンクリートは約 15%の削減、鉄筋は約 37%の削減ができています。

4.2 地震時応答変位の比較

表-1 に、橋軸方向地震時の最大応答変位を示す。L2 地震時に関しては 3 波平均している。L1 地震に対しては、ダンパーをつけたケース②③では変位がほとんどなくなっていることがわかる。L2 地震に対する最大変位は、ダンパーをつけて断面縮小したケース②はダンパーなしのケース①と比較して、タイプ I で約 50~60%減、タイプ II で約 30%減となり、断面を縮小してもまだ変位低減効果があることがわかる。なお、ダンパーの付加による断面減少で、固有振動数は 1.12Hz から 1.01Hz と長周期化しているが、断面縮小前の構造にダンパーをつけたケース③においても、変位低減効果は明らかであるため、変形量の低減に対する長周期化の影響は小さいと考えられる。

図-4 に L2 タイプ II-1 地震動に対する橋脚天端の変位時刻歴を示す。初期の振幅の小さい時刻においても変位の減少効果は大きく、また、収束が早いことがわかる。

4.3 残留変位の比較

摩擦型ダンパーは、復元力をもたず、また、減衰力以上の荷重が発生しない限り変形を戻すことができないため、一般には残留変位が残りやすいダンパーであると考えられる。しかし、表-2 より、摩擦型ダンパーを用いることで残留変位は小さく抑えられていることがわかる。これは、本設計例では最大応答変位が小さいことと、橋脚の復元力によりダンパー変形が戻されていることなどが原因と考えられる。

5. まとめ

本検討により、摩擦型ダンパーを用いることで橋脚断面のスリム化を図ることができ、さらに応答も小さくできることがわかった。

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、No1.8、2000.11
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、2002.3

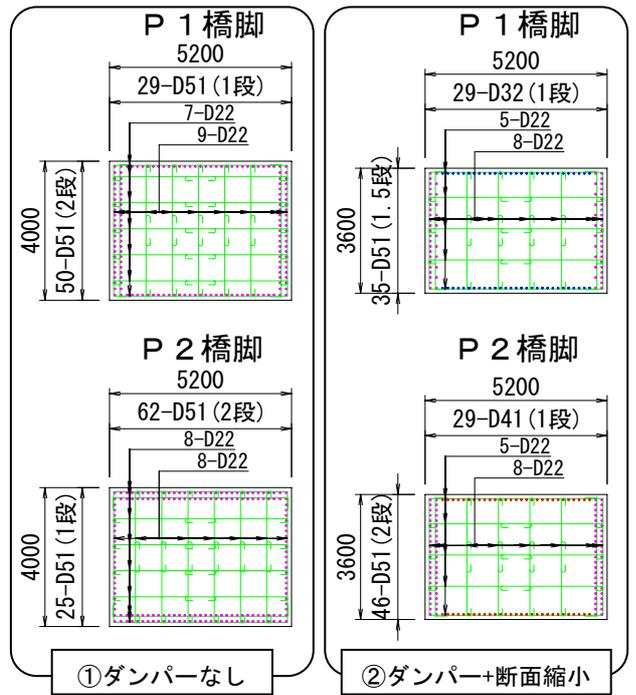


図-3 橋脚断面の比較

表-1 地震時応答最大変位

	①ダンパーなし (5.2m × 4.0m)	②ダンパー +断面縮小 (5.2m × 3.6m)	③ダンパー +元断面 (5.2m × 4.0m)
L1地震動	0.046	0.007	0.006
L2地震動タイプI	0.246	0.110	0.084
L2地震動タイプII	0.233	0.157	0.161

(m)

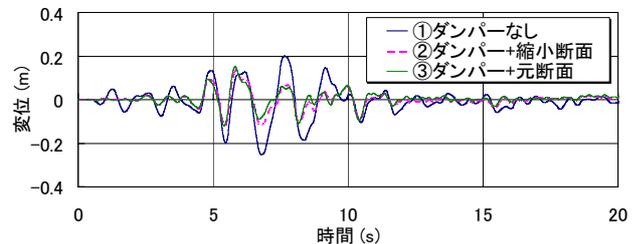


図-4 応答変位の時刻歴 (L2-II-1)

表-2 地震後残留変位

	①ダンパーなし (5.2m × 4.0m)	②ダンパー +断面縮小 (5.2m × 3.6m)	③ダンパー +元断面 (5.2m × 4.0m)
L2地震動タイプI	0.018	0.012	0.006
L2地震動タイプII	0.001	0.001	0.005

(m)