

第I部門

せん断パネル型ダンパーの復元力特性の違いが鋼ローゼ橋の地震時応答に与える影響

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○山東 寛司 大阪大学大学院工学研究科 学生員 石川 達也
 早稲田大学創造理工学部 正会員 小野 潔 (株)地震工学研究開発センター 正会員 馬越 一也
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. はじめに

平成 24 年に改訂された道路橋示方書・同解説V耐震設計編¹⁾(以下、「道示V」という)では、動的解析に用いるレベル2地震動タイプIおよび、設計地震動に乗り、その大きさを補正する地域別補正係数が改訂された。この改訂に伴い、既設鋼製橋梁は、大幅に増幅した設計地震動に対し、所要の耐震性能を有していない可能性が示唆されている。

既設橋梁の耐震性能向上策の一つとして、構造系に制震装置を組み込むことにより、減衰性能を向上させる制震構造がある。また、ダンパーに求められる性能は対象とする橋梁によって異なることから、ダンパーを用いた最適な性能設計を行うためには、対象とした橋梁がダンパーに要求する性能を把握することが必要である。そこで、本研究では、せん断パネル型ダンパーに着目し、降伏荷重および剛比を変化させたダンパーを用い、橋梁全体系の動的解析により、ダンパーの復元力特性の違いが橋梁の地震時応答に与える影響について検討した。

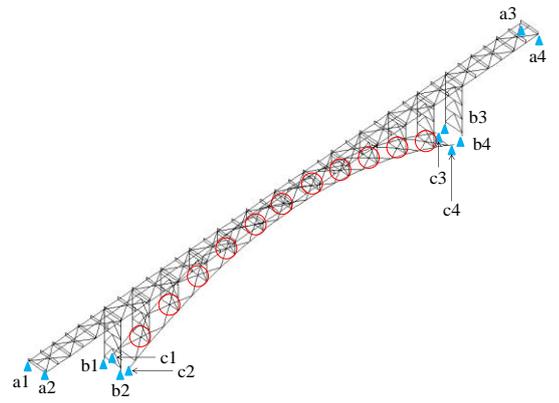


図-1 解析モデル図(鋼ローゼ橋)

2. 解析モデルおよび解析条件

2.1 対象橋梁の解析モデル

本研究では複合非線形骨組解析プログラムとして汎用プログラムEERC²⁾を用いて解析を行った。対象とした鋼ローゼ橋の解析モデル図を図-1に示す。このモデル化はJSSCのモデル³⁾を参考にし、アーチリブに関しては局部座屈を起こさないように板厚を調整している。また、アーチリブを構成する断面の要素分割は板幅方向に10分割、板厚方向に2分割とし長手方向に4分割以上とした。また支座位部における拘束条件を表-1に示す。

表-1 支座位部の拘束条件

支座位	x軸(橋軸)	y軸(橋軸直角)	z軸(鉛直)
a1,a2,a3,a4	自由	拘束	拘束
b1,b2,b3,b4	拘束	拘束	拘束
c1,c2,c3,c4	拘束	拘束	拘束

2.2 せん断パネル型ダンパーのモデル化

本研究の解析に用いるせん断パネル型ダンパーは、バイリニア型の水平荷重-水平変位関係の非線形バネ要素で表現した。降伏荷重 Q_y と剛比 $r(r=K_2/K_1, K_1=1$ 次勾配, $K_2=2$ 次勾配)をパラメータとした。 K_1 を一定とし、 K_2 を変化させることで剛比 r の値を設定している。表-2に各ダンパーの諸元を示す。ダンパーの弾塑性有限変位解析の結果をもとに Q_y は500kN~2000kNの4種、剛比については0.01~0.04の4種の計16種のモデルを設定した。モデル名は”No.1_500_0.01”のように(番号) $_(Q_y)_(r)$ とした。

表-2 ダンパーのモデル化

モデル名	r	Q_y	δ_{py}	K_1	K_2
	K_2/K_1	(kN)	(mm)	(kN/mm)	(kN/mm)
No.1_500_0.01	0.01	500	0.59	847.45763	8.4745763
No.2_1000_0.01	0.01	1000	1.18	847.45763	8.4745763
No.3_1500_0.01	0.01	1500	1.77	847.45763	8.4745763
No.4_2000_0.01	0.01	2000	2.36	847.45763	8.4745763
No.5_500_0.05	0.05	500	0.59	847.45763	42.372881
No.6_1000_0.05	0.05	1000	1.18	847.45763	42.372881
No.7_1500_0.05	0.05	1500	1.77	847.45763	42.372881
No.8_2000_0.05	0.05	2000	2.36	847.45763	42.372881
No.9_500_0.1	0.1	500	0.59	847.45763	84.745763
No.10_1000_0.1	0.1	1000	1.18	847.45763	84.745763
No.11_1500_0.1	0.1	1500	1.77	847.45763	84.745763
No.12_2000_0.1	0.1	2000	2.36	847.45763	84.745763
No.13_500_0.2	0.2	500	0.59	847.45763	169.49153
No.14_1000_0.2	0.2	1000	1.18	847.45763	169.49153
No.15_1500_0.2	0.2	1500	1.77	847.45763	169.49153
No.16_2000_0.2	0.2	2000	2.36	847.45763	169.49153

2.3 解析条件

入力地震波として、まず道示V¹)に示されるI種地盤のレベル2地震動タイプI、タイプII各3波、計6波を用い、それぞれを橋軸方向、橋軸直角方向に作用させた。地域別補正係数は、道示V¹)の改訂に伴い、大幅に変更されたB1区域に着目し、タイプIは1.2、タイプIIは0.85とした。その中から、応答値が最大となったII-I-2波を橋軸直角方向に作用させた場合について、ダンパーを挿入し、検討した。また、対象橋梁に対して死荷重が作用した時の静的解析を行い、これを初期状態として幾何学的非線形性を考慮して時刻歴応答解析を行った。時間積分法はニューマークβ法を用い(β=1/4)、減衰についてはレーリー減衰を用いている。

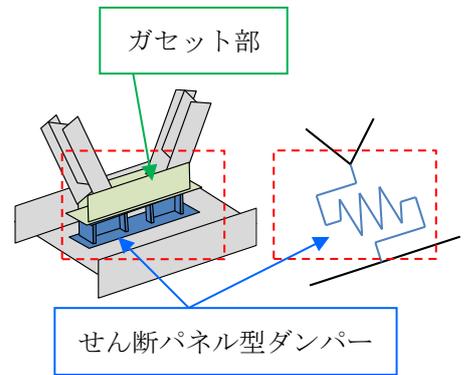


図-2 せん断パネル型ダンパーの模式図

3. ダンパーの挿入位置

せん断パネル型ダンパーは、アーチ橋の対傾構斜材や横構のガセット部に挿入する例が多く報告されている。本研究での挿入位置に関しては図-1の赤丸で示す。ダンパーの模式図を図-2に示す。

4. 解析結果および考察

解析結果のうち、剛比 $r=0.01$ のNo.1~No.4のダンパー挿入前、挿入後のアーチリブの応答ひずみ分布を図-3に示している。横軸は上図のアーチ橋の赤線に対応しており、縦軸応答ひずみの値を降伏ひずみで除し無次元化した値、グラフ中の一点鎖線は座屈ひずみの値を、破線は降伏ひずみの値を示している。

図-3から、ダンパーを挿入することで応答ひずみの値が減少していることがわかる。これから、本研究で用いたダンパーによる耐震性能向上策は効果的であると言える。また、降伏荷重 Q_y が小さいモデルほど有効なモデルであるという結果になった。次に、剛比 r をパラメータとして検討する。最も応答値が大きくなった図-3の青丸部分におけるアーチリブ材の応答ひずみと剛比 r の関係を図-4に示している。図から、 r が小さいものほど、応答値を低減できている。また他方でダンパー挿入部の周辺部材の応答断面力に着目した検討も行った結果、No.16のモデルについてのみ、横構の最大応答軸力が座屈荷重を越えてしまう結果が得られた。このことから降伏荷重、剛比が大きいモデルは、ダンパーのエネルギー吸収性能が活かせていないことがわかる。以上より、本研究で対象とした鋼ローゼ橋の耐震性能を向上させるせん断パネル型ダンパーのモデル化は降伏荷重、剛比が小さいものほど、有効であると言える。

5. まとめ

本研究では、せん断パネル型ダンパーの復元力特性の相違が橋梁全体系の地震時応答に及ぼす影響を把握するため、ダンパーの降伏荷重やパラメータを変化させて橋梁全体の動的解析を行った。動的解析結果から、本研究で対象とした鋼ローゼ橋に関しては、ダンパーによる耐震性能向上策は効果的であるといえる。また、導入したダンパーの降伏荷重、剛比が小さいものほど、本研究で対象とした鋼ローゼ橋の地震時応答を低減させることがわかった。
謝辞:本研究は、JSPS研究費25420483によって実施したものです。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】1)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説V耐震設計編,2012年。2)(株)地震工学研究開発センター:EERC/Fiber User's Manual,2007年。3)(社)日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型耐震性能設計法検討委員会:土木構造物の動的耐震性能照査法と耐震性能,2003年。

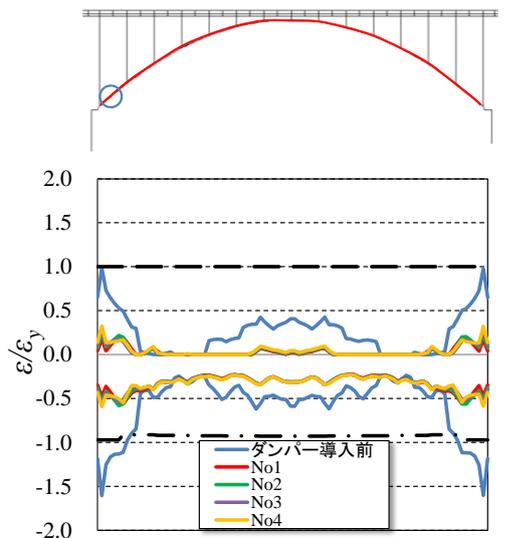


図-3 ダンパー挿入による応答ひずみ分布の違い

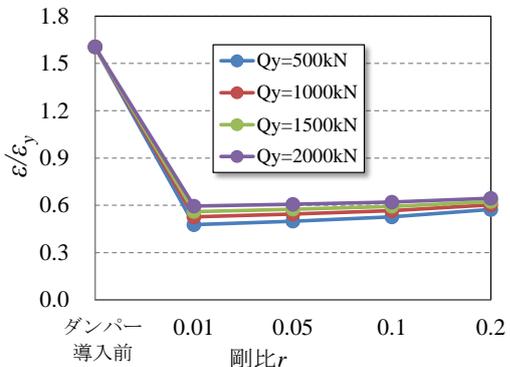


図-4 青丸部における応答ひずみと剛比 r の関係