

鋼中路式ニールセンローゼ橋の耐震補強対策

大日本コンサルタント (株) 正会員 ○一噌 真佐志
 正会員 松尾 聡一郎
 正会員 原田 政彦

1. はじめに

古い基準で設計された鋼中路式アーチ橋や鋼上路式アーチ橋では、面外方向の大規模地震動によりアーチリブ等の鋼部材の損傷やアーチリブ基部のアップリフトによる支承部の損傷が発生することが多く、地震後の機能回復が問題となっている。

そこで本稿では、鋼中路式ニールセンローゼ橋を対象に、中間支点の支承の改良とダンパーを設置することにより、地震後の機能回復を考慮した耐震性能向上対策について報告する。

2. 対象橋梁諸元および解析条件

対象橋梁はダム湖に架かる橋長 192.0m、最大支間長 167.3m の鋼中路式ニールセンローゼ橋である(図1)。橋梁諸元を表1、表2に示す。補剛桁端部に皿バネを水平方向に設置することによって、アーチ特有の付加曲げモーメントの影響と補剛桁に作用する温度変化時の軸圧縮力の影響を低減している特徴がある¹⁾。

解析モデル(図2)は、2軸曲げを受ける部材の材料非線形性と軸力変動の影響を適切に評価できるファイバーモデルを採用した。入力地震動はレベル2地震動とし「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成14年3月」²⁾(以下、道示V)に示される標準地震波を使用した。

3. 要求性能

対象橋梁の大規模地震に対する目標耐震性能は、道示Vに規定されている耐震性能2「大規模地震時による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能」とした。また要求性能について主部材及び支承は、「発生断面力を降伏耐力以下にとどめる」、損傷後に取り換え可能な下横構は、「部材の降伏を許容する」とした。

4. 現況耐震性能

面外方向の現況耐震性能照査の結果、上部工鋼部材(アーチリブ、上横支材、及び補剛桁)の圧縮、ケーブルの張力、また、全ての支承で水平力および上揚力に対して耐力不足となった。表3は、耐力不足となる主な部材の応答値を示す。なお、 α は局部座屈の影響を考慮した低減係数を示す。 ϵ_y は圧縮降伏ひずみ、 T_y はケーブル降伏張力、 F_y は支承降伏耐力を示す。

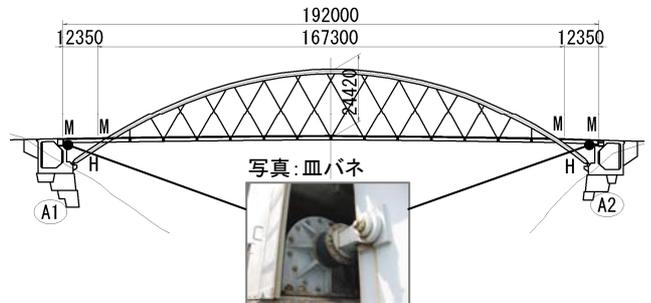


図1 一般図

表1 橋梁諸元

項目	内容
橋梁名	松野大橋
架設年度	1993年(平成5年3月)
橋長	192.000m
有効幅員	6.500m
上部工形式	鋼中路式ニールセンローゼ橋
下部工形式	ラーメン式橋台
基礎形式	直接基礎
地盤種別	I種地盤
適用示方書	道路橋示方書・同解説(昭和55年2月)

表2 支承条件

	A1橋台 アーチリブ基部	A1橋台	A1橋台側 中間支点	A2橋台側 中間支点	A2橋台	A2橋台 アーチリブ基部
橋軸方向	ヒンジ	可動	可動	可動	可動	ヒンジ
橋軸直角方向	固定	固定	固定	固定	固定	固定

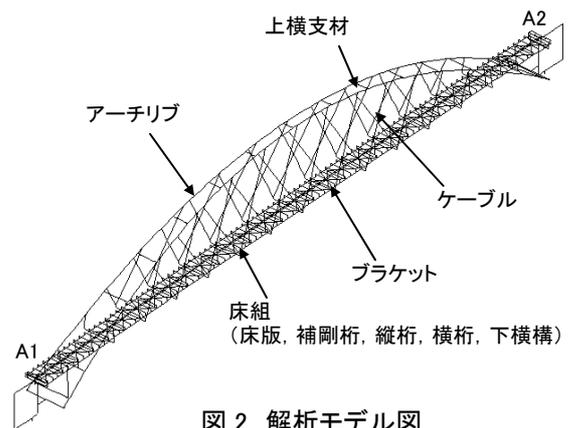


図2 解析モデル図

表3 面外方向加震時の現況耐震性能結果

		$\epsilon_{max}/\alpha \epsilon_y$	α
鋼部材	アーチリブ	1.78	0.94
	上横支材	21.22	0.44
	補剛桁	1.30	0.44
		T_{max}/T_y	
ケーブル		1.19	
		F/F_y	
アーチリブ支承部	水平力	2.16	
	上揚力	2.74	

キーワード 中路式鋼アーチ橋 耐震補強 ダンパー ファイバー要素

連絡先 〒550-0014 大阪府大阪市西区北堀江 1-22-19 大日本コンサルタント (株) TEL06-6541-5601

5. 耐震補強対策

(1) 対策概要

鋼上路式および鋼中路式アーチ橋においては、面外方向の大規模地震動でアーチリブ基部に発生する断面力、及びアーチリブ支承部の上揚力に対する要求性能の確保が問題となる場合が多い。それを解消する対策として「橋面の死荷重をアーチリブに伝達させない構造」「ダンパー設置による長周期化」「ダンパー設置によるエネルギー吸収」を施した。図3に補強概要図を示す。

(2) 対策効果

橋面の死荷重をアーチリブに伝達させない構造とするため、中間支点の支承改造により、面外方向の支承条件を固定から可動とし、死荷重を橋台部で受け持つ構造とした。支承改造の概要図を、図4に示す。

図5に、中間支点の支承を面外方向に対して固定とした場合(Case1)と、可動にしてダンパーを設置した場合(Case2)の卓越周期を、道示Vの標準地震波から算出した応答スペクトルに重ね合わせたグラフを示す。Case1及びCase2は、低減域に位置しているが、Case2は長周期化され、Case1に比べて、低い応答スペクトルを示している。その結果、アーチリブ基部の圧縮ひずみ ϵ は、局部座屈の影響を考慮した圧縮降伏ひずみ $\alpha \epsilon_y$ に対して、 $1.69 \alpha \epsilon_y$ (面外方向固定)から、 $0.46 \alpha \epsilon_y$ (面外方向可動+ダンパー)へ低減される。なお、 α は局部座屈の影響を考慮した低減値を示し、 $\alpha=0.93$ である。

表4に、ダンパー設置効果について示すものである。アーチリブ基部の圧縮ひずみ、及びアーチリブ支承部の上揚力に対する要求性能を満足させるためには、ダンパー設置によるエネルギー吸収を図る必要がある。上記の対策効果より、アーチリブ基部の応答、及びアーチリブ支承部の上揚力は、降伏耐力内にとどめることが可能となった。

図6に、Case1とCase2の概算工事費比較を示す。Case1はアーチリブ基部の当て板補強、及びアーチリブ支承部の上揚力対策が必要なことから、全体鋼重が増加し不経済となる。

図6に、Case1とCase2の概算工事費比較を示す。Case1はアーチリブ基部の当て板補強、及びアーチリブ支承部の上揚力対策が必要なことから、全体鋼重が増加し不経済となる。

図6に、Case1とCase2の概算工事費比較を示す。Case1はアーチリブ基部の当て板補強、及びアーチリブ支承部の上揚力対策が必要なことから、全体鋼重が増加し不経済となる。

6. まとめ

前項の対策結果により地震後の機能回復は不要となった。鋼中路式アーチ橋及び鋼上路式アーチ橋の耐震性能の向上対策は、面外方向の支承耐力が満足しない場合、固定装置を設置することが一般的である。今回と同様の対策工法を採用することで、他の橋に対しても経済的に耐震性能の向上を図ることが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 阿部正利, 森永稔: 松野第1号橋(仮称)の計画・設計, 橋梁, Vol27, No6, p18-22, 1991, 6.
- 2) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 2002, 3.

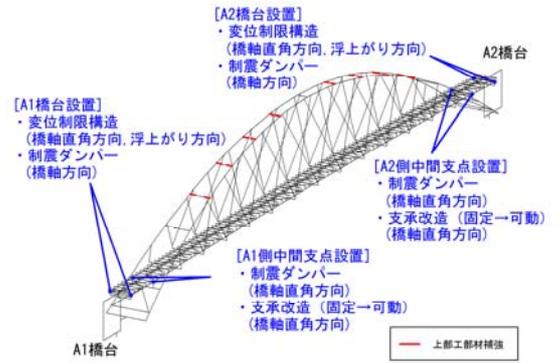


図3 補強概要図

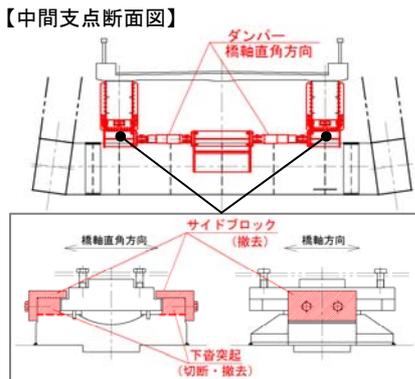


図4 中間支点支承改造概要図

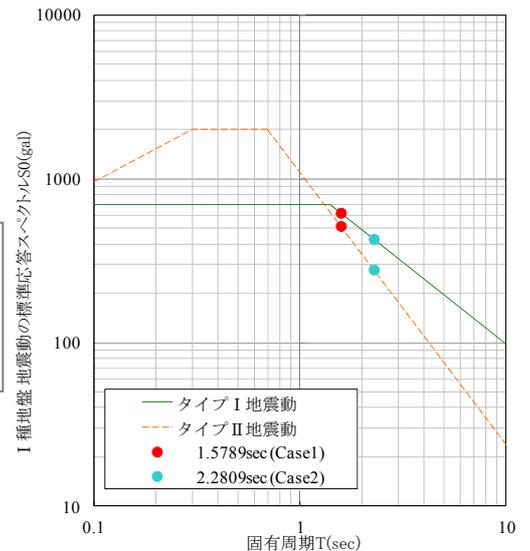


図5 面外方向の振動特性比較

表4 ダンパー設置効果

	中間支点 面外方向変位	アーチリブ基部 圧縮ひずみ	アーチリブ支承部 上揚力
支承改造のみ	258mm	$0.56\alpha\epsilon_y$	$1.52F_y$
支承改造+ダンパー	63mm	$0.46\alpha\epsilon_y$	$0.92F_y$
備考	-	$\alpha=0.94$ ※局部座屈の影響を考慮した低減係数 $\epsilon_y=0.001775$ ※降伏ひずみ SM490Y	$F_y=1500kN$ ※上揚力に対する支承耐力

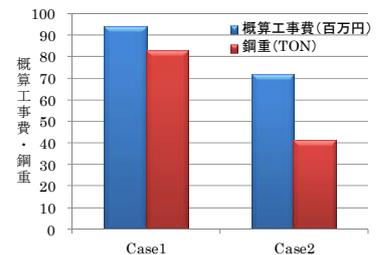


図6 概算工事費比較