

中路式RCアーチ橋弾塑性地震応答特性に及ぼす弾塑性バネの影響

九州大学大学院 学生員 ○浜崎大輔
九州大学 フェロー 大塚久哲
銭高組 正員 水取和幸

1. はじめに

平成8年の道示の改訂に伴い、震度法により耐震設計された「地震時挙動が複雑な橋梁」の耐震性評価に関する研究が活発に行われている。RCアーチ橋に関しても、多くの耐震検討がなされているが、耐震性の向上を目的とした研究はほとんどない。本研究では、中路式RCアーチ橋の耐震性向上の一手法として免震・制震化¹⁾を考えた。本文では、まず免震装置の最適な設置位置を把握するため、境界条件を変化させた解析を行った。次に免震装置の特性を変化させた解析を行うことで支承の最適仕様について検討した。

2. 解析方法

既存の支間長92mの中路式RCアーチ橋を対象として、図-1に示すような立体骨組にモデル化した²⁾。非線形域に至ると考えられるアーチリブおよび免震装置には非線形部材を用い、それ以外の部材は線形とした。各部材の減衰定数は補剛桁で0.03、アーチリブ部材および吊り材として用いられているPC材は0.05とした。

アーチリブの非線形特性値は、初期軸力に対してM- ϕ 関係を算出した。なお、骨格曲線はトリリニア型、復元力特性は武田モデルとした。アーチリブ部材の2軸曲げに対する非線形性評価は、同一の部材軸を持つ2つの部材に独立した直交軸回りの剛性と非線形特性を設定することにより行った。また、解析中における軸力変動に伴うN-M相関は考慮していない。

免震装置は、1.25cmの変位が生じると塑性化により初期剛性の1/6に剛性低下するバイリニアの復元力特性を有する弾塑性バネでモデル化した。

入力地震動には、兵庫県南部地震により神戸海洋気象台で観測された記録を用い、EWを橋軸方向、NSを橋軸直角方向、UDを鉛直方向に同時入力した。

3. 解析ケース

解析ケースを表-1に示す。解析ケースAを基本系とし、境界条件を弾塑性バネ、固定と変化させることで、9種類の構造モデルを作成した。

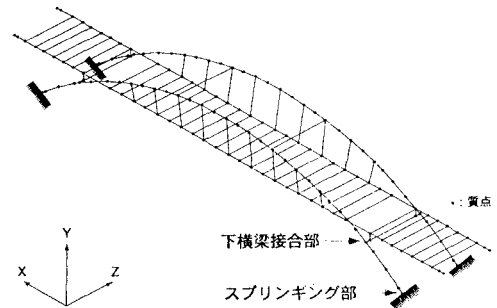


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

解析ケース	下横梁・主桁間			主桁端部・橋台間			固有周期 (sec)		
	橋軸	橋軸直角	鉛直	橋軸	橋軸直角	鉛直			
A	Free		Anchor Bar $K=9.78 \times 10^8 \text{tf/m}$	Free	Fix		2.4951 (橋軸)		
B				E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$			1.1532 (橋軸)		
C	Fix	Free		Free	E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$	Fix	0.7708 (橋軸)		
D							E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$	2.4951 (橋軸)	
E	Free		Anchor Bar $K=9.78 \times 10^8 \text{tf/m}$	E-P Spring $K_1=3000\text{tf/m}$	Fix		2.4987 (橋軸)		
F							E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$	1.1758 (橋軸直角)	
G				E-P Spring $K_1=3000\text{tf/m}$	Free	E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$	E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$		2.4988 (橋軸)
H									E-P Spring $K_1=1500\text{tf/m}$

※表中、E-P Springは弾塑性バネ、Anchor Barはアンカーバー、 K_1 は免震装置1つ当たりの値を示す。

4. 解析結果

(1) 免震装置の設置位置および作用方向の影響

アーチリブの損傷状況を比較するため、各ケースの最大応答塑性率（降伏曲率に対する最大応答曲率の比）を図-2に示す。応答塑性率は、Y軸回りはすべて下横梁接合部、Z軸回りはすべてスプリング部で最大値を示した。橋軸直角方向免震D、F、G、Hにおいては、2軸回りにともに塑性率を抑えられており、塑性化しているものの損傷度は低いといえる。中でも、HはZ軸回りにおいて降伏に至る部材がない。また、Y軸回りの損傷度を最も低減できるケースGにも効果が期待できる。

各ケースの主桁最大変位を図-3に示す。橋軸方向を自由としたA、D、Gでは、橋軸方向に大きな変位を生じているが、橋軸方向に免震装置を設置したB、F、Hでは、変位を10cm程度に低減でき、さらにZ軸回りの損傷度も軽減できている。

(2) 支承特性の影響

(1)の解析において免震効果が期待でき施工性も兼ね備えたケースFについて、支承特性を変化させた解析を行った。なお、支承の初期剛性は1500tf/mとした。

図-4に支承特性による最大応答塑性率の変化を示す。Z軸回りの応答塑性率は降伏荷重QdおよびK2/K1の影響を受けにくいのに対し、Y軸回りにおいては両者の影響ともに強く、K2/K1は小さい程、Qdは30～40tf付近において損傷度の低下が見られる。

図-5に主桁最大変位の変化を示す。橋軸直角方向変位はQdの増加とともに減少するが、橋軸方向変位についてはQd=30tf付近において最小値を示した。

以上より、本橋においては、損傷度の高いY軸回りの応答塑性率を最も低減可能なQd=30tf付近の特性を有する免震支承が最適と考えられる。このような条件を満たす免震支承の例を表-2に示す。

5. 結論

- 1)免震化により、アーチリブ断面力の低減が可能である。特に橋軸直角方向免震は効果が高い。
- 2)全ケースの最大応答塑性率および最大変位から判断すると、3方向に免震化した場合の耐震性能が優れているといえる。しかし、水平方向の免震化のみでも十分な効果が期待できる。
- 3)対象橋梁において損傷が大きいと予想される橋軸直角曲げおよび主桁変位に対して効果の大きい免震支承は設置が十分可能な諸元を持つ。

なお、詳細は論文³⁾を参照のこと。

参考文献: 1)水取他: 橋脚・橋台と主桁間に弾塑性せん断ばねを有するP C斜張橋の弾塑性地震応答特性, 構造工学論文集, Vol.40A, pp.1051-1061, 1995.3.

2)水取他: 中路式RCアーチ橋の地震応答と耐震性評価, 構造工学論文集, Vol.44A, 1998.3.

3)水取他: 中路式RCアーチ橋の耐震性向上に対する弾塑性ばねの効果, 構造工学論文集, Vol.45A, 1999.3. (掲載予定)

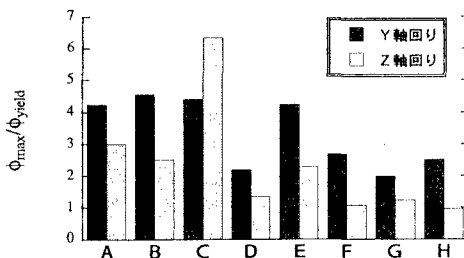


図-2 各ケースにおけるアーチリブ最大応答塑性率

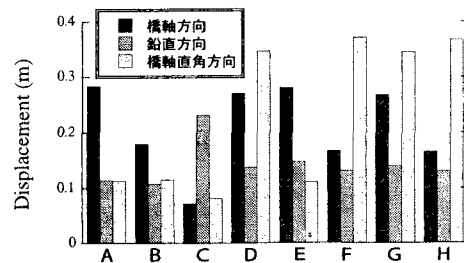


図-3 各ケースにおける主桁最大変位

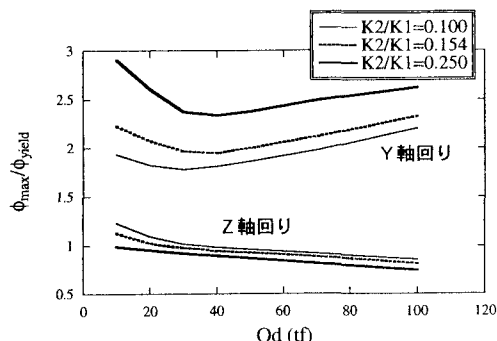


図-4 Qdによる最大応答塑性率の変化

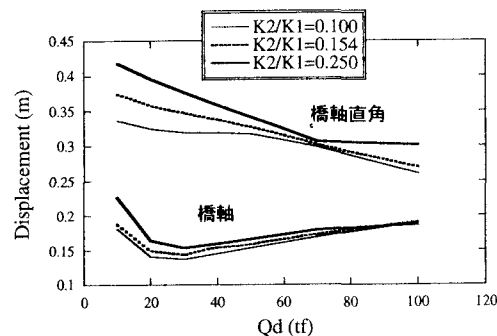


図-5 Qdによる主桁最大変位の変化

表-2 免震支承の例 (LRB)

積層ゴム	D (cm)	80×80	一次剛性 K1 (tf/m)	1512.7
内部補強板	Dp (cm)	73×73	二次剛性 K2 (tf/m)	232.7
ゴム総厚	Σte (cm)	2.0×10層=20	降伏荷重 Qd (tf)	32.3
鉛プラグ直径	Dp (cm)	11.0	剛性低下率 K2/K1	0.1538
鉛プラグ本数	np (本)	4	降伏変位 δy (cm)	2.5