

I - B 204

軸力変動を考慮した中路式鋼アーチ橋の非線形応答解析

(株) 構造技術センター* 正員○劉 貴位 正員 大江 豊
九州産業大学 正員 水田 洋司 正員 城 秀夫

1. 序論

道路橋示方書耐震編(H8年12月、以下新道示という)には、震度法で耐震設計した結果を動的解析で照査するのが望ましく、塑性域に入る部材では靱性が発揮できるよう構造細目に配慮するのがよいと記されている。しかしながら、アーチ橋のように地震時の挙動が複雑な橋梁については地震時保有水平耐力の評価法はまだ十分に解明されていない。本論文では、1973年に架設された中路式鋼アーチ橋を取り上げ、新道示に記載されている地震波を用いて非線形動的応答解析を試み、塑性域に入る部材の検討を行った。

2. 解析モデル

解析対象橋梁は、図-1に示すアーチ支間長160m、アーチライズ30m、橋長199mの2ヒンジ中路式鋼アーチ橋である。当該橋の設計時点では、橋軸方向と橋軸直角方向ともに、 $K_h=0.18$ での震度法による耐震設計が行われていた。

本研究での解析モデルは、アーチリブ及び補剛桁部材は軸力変動を考慮した弾塑性パイリニアモデルとし、吊材・支柱・対傾構及び横構等の部材を線形トラス部材とした。また、床組とRC床版の鉛直面内剛性を線形梁部材に置き換えて考慮した。

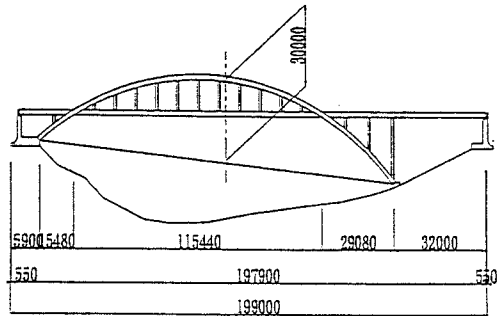


図-1 鋼中路式ローゼ橋側面図 (単位:mm)

解析対象橋梁の基礎は直接基礎であるため、基礎の変形を無視して固定とした。

逐次積分法にはNewmarkの β 法($\beta=0.25$)を、収束計算法にはNewton法を用いた。積分時間間隔は、0.005秒とした。減衰は、Rayleigh減衰とし、各部材の減衰定数は2%とした。

3. 固有値解析と実験値

鋼アーチ橋の固有振動数を算出する際に、床組と床版の剛性を考慮する必要があるかどうかを検証するために、床組と床版剛性評価有無の各ケースについて固有値解析を行った。表-1は各次モードの解析値と実験値²⁾である。この結果より、鋼アーチ橋の固有値解析には、床組と床版の剛性を適切に評価する必要があることがわかった。

表-1 固有振動数の解析値と理論値

		解析値		計測値
		床組・床版無視	床組・床版考慮	
面内	①	0.856	1.008	1.028
	②	1.454	1.784	1.780
	③	1.875	2.261	2.282
	④	2.248	2.380	2.859
	⑤	2.686	3.125	3.143
面外	①	0.839	0.839	0.929
	②	1.807	1.807	1.738
	③	2.059	2.059	1.874
	④	2.589	2.589	2.429

4. 入力地震波

解析に用いる地震波は、兵庫県南部地震の際に、記録されたJMA KOBE地震波のN-S成分の入力波である。この地震波の最大加速度は -812.020gal で、サンプリング間隔は0.01秒で、継続時間は30秒である。解析対象橋梁の架橋地域(B地域)を考慮して地域別補正係数は0.85を用いた。

5. 線形応答解析

塑性化する可能性のある部材を把握するために、入力地震波を橋軸方向および橋軸直角方向に作用させ、線形時刻歴応答解析を行った。ここで、塑性化する可能性のある部材とは、得られた各断面の応力度が基準降伏点を超えた部材とした。図-2の太線は、地震波をそれぞれの方向で入力した時に塑性化する可能性のある部材の発

キーワード: 軸力、鋼アーチ橋、非線形応答解析

連絡先: 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前3-5-7 TEL: 092-471-1655 FAX: 092-471-4099

生位置をプロットしたものである。

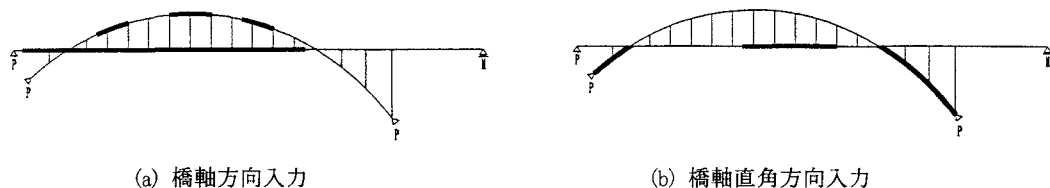


図-2 塑性化する部材の発生位置（線形動解）

6. 軸力変動を考慮した弾塑性バイリニアモデル

全てのアーチリブ部材と補剛桁部材を軸力変動を考慮した弾塑性バイリニアモデルとして、非線形時刻歴応答解析を行った。軸力変動を考慮したバイリニアモデルは阪神道路公団の既設鋼製橋脚の耐震補強設計要領（素案）¹⁾に基づいて設定した。アーチ全スパンにわたってアーチリブ部材断面は7種類であり、補剛材の必要剛比 (γ/γ^*) はほぼ $1.0 \leq \gamma/\gamma^* < 3.0$ であるため、阪公の設計要領に準拠して、各アーチリブ部材の終局ひずみ (ϵ_u) は降伏ひずみ (ϵ_y) の10倍に設定した。ここで、軸力変動を考慮した弾塑性バイリニアモデルの一例を図-3に表す。

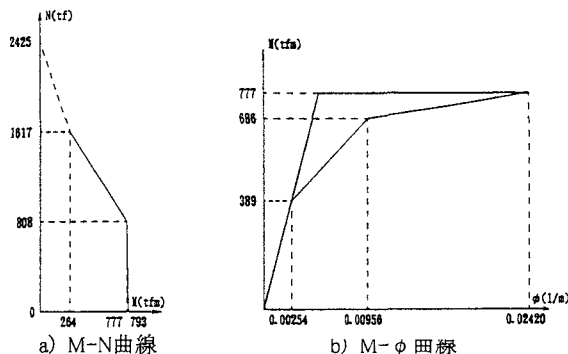


図-3 アーチリブ部材の弾塑性バイリニアモデル

7. 非線形時刻歴応答解析

入力地震波を橋軸方向および橋軸直角方向に作用させたとき、非線形時刻歴応答解析で得られた塑性化する部材の位置をそれぞれ図-4に示す。図の(a)は地震波を橋軸方向に作用させたときの応答で、(b)は橋軸直角方向に作用させたときの応答である。図の太線は塑性化する部材の発生部位である。ここで、線形動的解析で得られた塑性化する可能性のある部材を“o”印で示している。

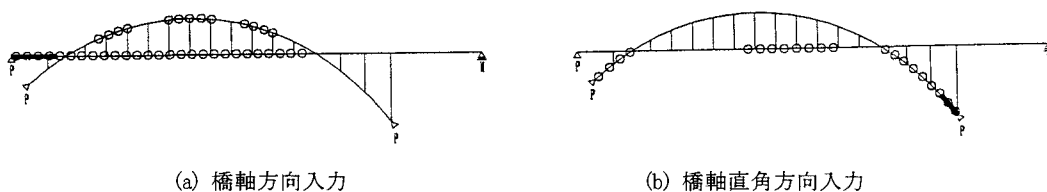


図-4 非線形動的解析で得られた塑性化する部材の発生位置

8. 結論

既設中路式鋼アーチ橋を新道示に基づいて動的解析を行った結果、以下のことが得られた。

- ① 鋼アーチ橋の固有値解析には、床組と床版の剛性を適切に評価する必要のあることがわかった。
- ② 線形時刻歴応答解析の方が非線形応答解析よりも塑性化する可能性のある部材が多く発生している。
- ③ 非線形応答解析結果より橋軸方向の地震波入力では、補剛桁のピン支承から補剛桁とアーチリブの交点の間補剛桁部材が塑性域に達し、アーチリブ部材は塑性域に至っていない。橋軸直角方向の地震波入力では、右側アーチリブのピン支承付近の部材のみが塑性域に達している。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：既設鋼製橋脚の耐震補強設計要領（素案）
- 2) 第1岩戸川橋（雲海橋）振動試験ならびに静的載荷試験報告書