

I - B134 動的解析に基づく上路式2ヒンジ鋼製アーチ橋の耐震性に関する検討

東京工業大学大学院 学生会員 榊原泰造  
 東京工業大学工学部 フェロー会員 川島一彦  
 東京工業大学工学部 正会員 庄司 学

1. まえがき

上路式アーチ橋はアーチ部材の軸圧縮力によって構造系を支持する形式である。強震動を受けた場合にはアーチ部材は塑性化する可能性があるが、塑性化によってアーチ部材は自重に対して安定性を保ち得るのかという点は従来ほとんど検討されていない。本研究では、震度法によって静的に耐震設計された既存の鋼製上路式2ヒンジ補剛アーチ橋を取り上げ、これに兵庫県南部地震による神戸海洋気象台での地震動が作用した場合の耐震性をアーチ部材に着目して検討したので、この結果を報告する。

2. 解析対象橋および解析モデル

解析対象とするのは、図1に示すように支間長155m、アーチライズ28mの2主構からなる上路式2ヒンジ補剛アーチ橋である。本橋は昭和55年道路橋示方書により設計水平震度0.23（橋軸方向）、0.18（橋軸直角方向）を見込んで震度法により耐震設計されている。固有値解析により、基本固有周期は橋軸方向には2.18秒、橋軸直角方向には0.80秒である。動的解析では、対象とするアーチ橋を骨組構造モデルに置換し、アーチリブの曲げ塑性ヒンジ化を考慮した解析を行うこととした。モデル化に際しては平面保持の条件を仮定し、せん断によるアーチリブの塑性化は無視した。アーチリブ断面は周方向全域でリブ（補強材）による補強が施されており、また中空箱形であることから、降伏曲げモーメントと全塑性曲げモーメントは近接する。従って作用曲げモーメントが全塑性曲げモーメントに達した時に、部材が全塑性化する完全バイリニア型履歴復元力特性を仮定した。以下では面内方向に対する検討のみを行い、軸力  $N$  と曲げモーメント  $M$  を受ける部材におけるこれら断面力の相関関係は次のように考慮する。

アーチリブ断面において、ウェブおよびフランジのリブを、それぞれ表1に示すようにウェブおよびフランジに含め、図2に示すように中立軸がウェブにある場合とフランジにある場合だけに単純化するものとすれば、相関曲線を表す式は、作用する軸力  $N$  と曲げモーメント  $M$  の大きさの比によって次のようになる。

$$\text{中立軸がウェブにある場合} : M_{pc}/M_p = 1 - \left[ N/N_{yc} \cdot (1 + A_f/A_w) \right]^2 / (1 + 2A_f d_f / A_w d_w)$$

$$\text{中立軸がフランジにある場合} : M_{pc}/M_p = (1 + A_w/A_f) \left( 1 - N/N_{yc} \right) \left\{ 1 - 1/2 \cdot (1 - d_w/d) \left( 1 + A_w/A_f \right) \left( 1 - N/N_{yc} \right) \right\} / \left\{ d_f/d \cdot (1 + A_w d_w / 2A_f d_f) \right\}$$

ここで、 $M_{pc}$ ：軸力の影響を考慮した全塑性曲げモーメント、 $M_p$ ：全塑性曲げモーメント、 $N$ ：自重によってアーチリブに生じる初期軸力、 $N_{yc}$ ：軸力による降伏荷重である。

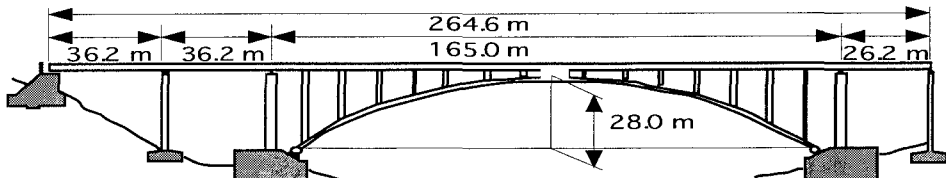


図1 解析モデル



図2 軸力と曲げモーメントを同時に受けるアーチリブ部材（2主構）の全塑性時の応力度分布

アーチ橋、耐震設計、地震時保有水平耐力法、動的解析、兵庫県南部地震

表1 リブ(補強材)を考慮することによるアーチリブの断面特性

アーチリブ 設計断面	フランジ面積 Af (m <sup>2</sup> )			ウェブ面積 Aw (m <sup>2</sup> )			全塑性断面係数 Z (m <sup>3</sup> )		
	①フランジ本体	②フランジ+リブ	②/①	③ウェブ本体	④ウェブ+リブ	④/③	⑤リブ不考慮	⑥リブ考慮	⑥/⑤
端部	0.057	0.077	1.351	0.103	0.142	1.379	0.108	0.141	1.306
1/4(3/4)点	0.078	0.097	1.244	0.102	0.141	1.382	0.127	0.16	1.260
クラウン部	0.066	0.085	1.288	0.102	0.142	1.392	0.115	0.149	1.296

アーチリブの材質はSS400であるため、降伏応力度を  $\sigma_y=235$  MPa として全塑性時のアーチリブの軸力  $N$ 、曲げモーメント  $M$  の相関曲線をアーチリブの端部付近、1/4点(3/4点)付近、アーチクラウン部付近に分けて求めると図3のようになる。ただし、ここでの全塑性化とは、部材の曲げに伴う弾塑性化であり、軸方向の弾塑性化(座屈現象など)は考慮していない。以上のことを踏まえて軸力と曲げモーメントとの時間的な相関関係を考慮して解析を行った。

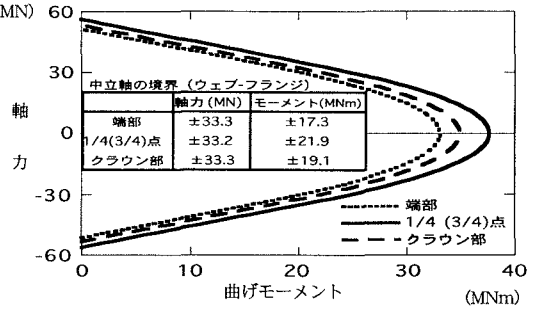


図3 軸力-曲げモーメントの相関曲線

3. 強震動を受けた場合のアーチ橋の耐震性

兵庫県南部地震における神戸海洋気象台記録(NS,UD成分)を入力地震動として解析を行った結果、アーチリブに生じる最大断面力を図4に示す。軸力に関しては、アーチリブ端部に生じる応答値が部分的に降伏軸力を上回り、曲げモーメントに関しては、ほぼ全域で設計値を上回り、アーチ中央部付近で最大となる。また、非線形化するアーチリブの位置を図5に、アーチリブ端部付近の部材における軸力と曲げモーメントの相関関係及び曲げモーメントと曲率の履歴を図6に示す。軸力変動にともなって全塑性曲げモーメントが変化するため、完全弾塑性型の  $M-\phi$  履歴を仮定したにもかかわらず、 $M-\phi$  関係は完全弾塑性型とはならない。

4. 結論

震度法で考慮された0.23の設計震度に比較して4倍程度の地震力が橋軸方向に作用するため、スプリング部には全断面降伏に相当する以上の軸力が作用する。アーチ部の耐震性に重大な影響を与えらるるため、このような高軸力下のアーチリブの耐力を慎重に検討する必要がある。

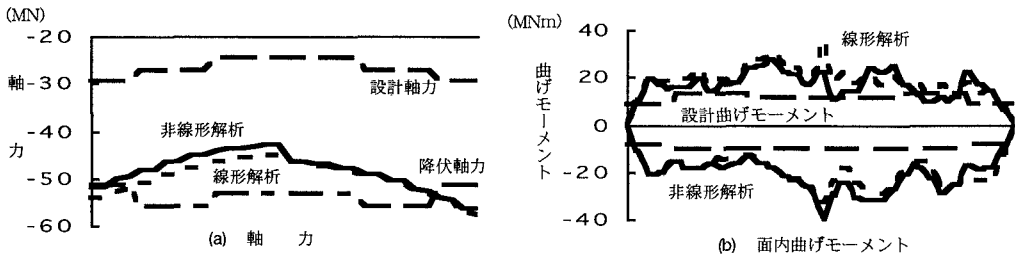


図4 アーチリブに生じる最大断面力

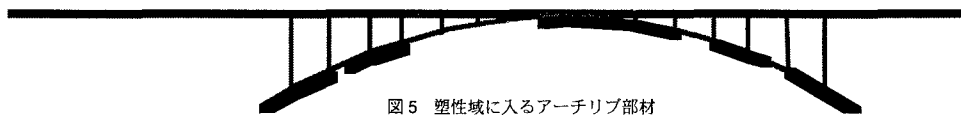


図5 塑性域に入るアーチリブ部材

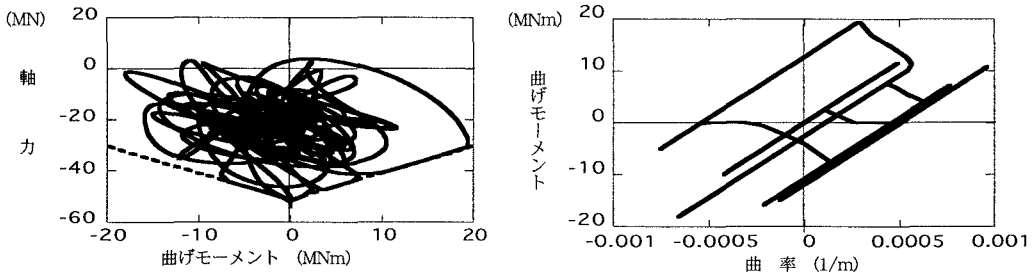


図6 アーチリブ端部付近の部材における  $N-M$  曲線と  $M-\phi$  曲線の履歴図