

## 鋼上路式アーチ橋の非線形動的応答解析

熊本大学 学生員 佐藤 昌司 熊本大学 正会員 山尾敏孝、原田秀則  
横河工事(株) 正会員 原岡 雅史 構造計画研究所 金山 亨

### 1. はじめに

鋼アーチ橋梁が大きな地震を受けたとき、アーチリブには圧縮、曲げ、そしてねじり力が同時に作用するために、その挙動は非常に複雑となり、耐震設計を行う際には非線形動的解析を行う必要がある。曲げモーメント-曲率関係の復元力モデルを用いた非線形動的解析を行う際には、圧縮、曲げ及びねじりの組み合わせ荷重に対する復元力特性と相関強度曲線が必要となる。本研究では、アーチリブ部材を対象とした FEM 解析から得られた相関強度曲線を用いて<sup>1)</sup>、上路式アーチ橋を対象に非線形動的解析を行い、軸力変動の影響考慮の有無について検討を行った。

### 2. 解析概要

解析対象の橋梁を図1に示す。解析モデルは図2に示すようにアーチリブ、補剛桁、柱材、床版等からなる3次元骨組モデルとした。表1に構造諸元を示す。アーチリブ及び補剛桁・縦桁は非線形梁要素、それ以外の部材は線形梁要素、床版は四角形平面要素としてモデル化した。また、床版と補剛桁、縦桁は完全合成とし、アーチリブ両端は固定ヒンジ支承、桁部分は両端とも

橋軸方向に可動なヒンジ支承とした。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。

解析手法は、部材の非線形性を考慮するため運動方程式を直接に数値積分する直接積分法を用いた。積分手法はNewmark法( $\gamma=0.25$ )とし、積分時間間隔は0.001sec、質量は集中質量、モード減衰のタイプはレイリー比例型とし、減衰定数は0.02とした。入力地震波は1995年兵庫県南部地震(M7.2)においてJR西日本鷹取駅構内地盤上で観測された記録を用い、橋軸方向、橋軸直角方向及び鉛直方向の3成分を同時入力した。また、

アーチリブのように、軸力を受けている部材が曲げ変形するときの曲げモーメント-曲率関係は、軸力の変動により影響をうけると考えられるので、今回

軸力変動の影響を考慮して解析を行った。

### 3. 解析結果と考察

表2は床版の剛性を考慮した場合としない場合の比較を示した。床版剛性を考慮すると

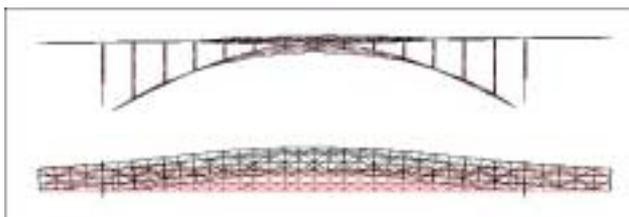


図3 2次振動モード

表1 構造緒元

構造概要	橋長(m)	180.0
	アーチ支間割(m)	126.0
	ライズ(m)	20.0
	RC床板厚(mm)	210.0
鋼種	アーチリブ 補剛桁・縦桁	SMA50
	上記以外	SMA41

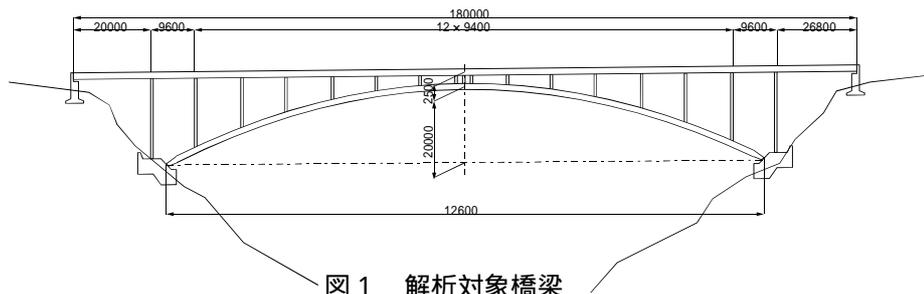


図1 解析対象橋梁

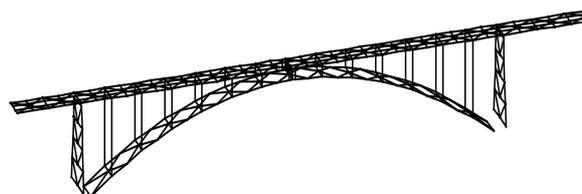


図2 動的解析モデル

表2 固有周期

次数	固有周期(sec)	
	床板非考慮	床板考慮
1	2.044	2.038
2	1.405	1.146
3	0.927	0.926
4	0.767	0.571
5	0.623	0.522
6	0.521	0.518
7	0.509	0.405
8	0.405	0.391
9	0.391	0.338
10	0.373	0.327

キーワード：鋼アーチ橋、非線形動的解析、軸力変動、相関強度曲線、復元力モデル

連絡先：〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 096-342-3533

2次、4次、7次振動モードで固有周期が2割ほど短くなっている。

図4はアーチ基部における断面力の変化と時刻歴応答を示す。図4(a)は、基部における面外曲げモーメント  $M_z$  と軸力  $N$  の履歴応答曲線を軸力変動による影響考慮の有無により比較した。縦軸は降伏軸力、横軸はそれぞれ全塑性モーメントで除して無次元化してある。基部では、軸力と面外モーメントがスパンを通じて最大となる部分である。軸力変動の影響を考慮した結果は、変動無しの結果に比べてモーメント側の履歴形状の広がり小さくなっているのが分かる。また、図4(b),(c)は基部における軸力と面外曲げの時刻歴応答(圧縮が正)を示したものである。軸力の最大応答値に大きな違いは見られないが、面外曲げの場合は最大応答値が小さくなっているのが分かる。特に、軸力の変動は最大応答を過ぎても圧縮側に大きく変動していた。

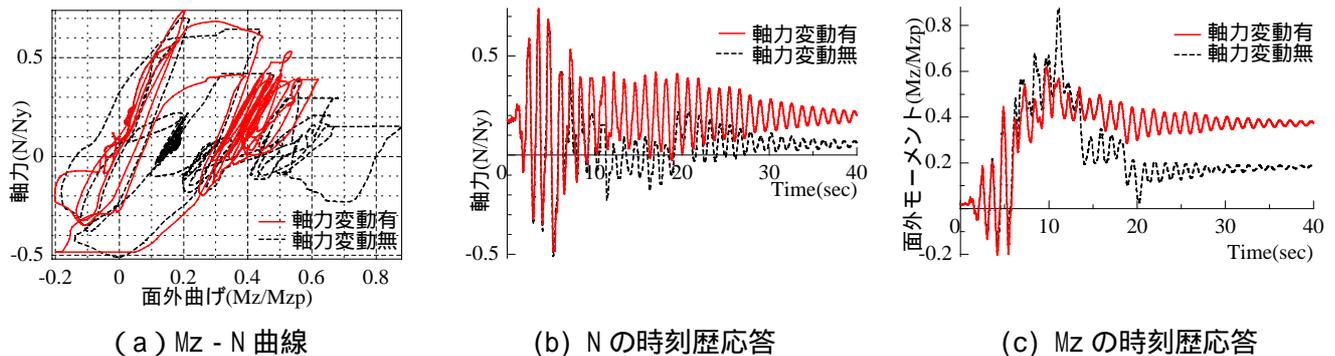


図4 基部  $M_z$  -  $N$  曲線、 $N$  -  $M_z$  時刻歴応答

図5はアーチ  $L/4$  断面における断面力の変化と時刻歴応答を示す。図5(a)は、 $1/4L$  断面における面内曲げモーメント  $M_y$  と軸力  $N$  の履歴応答曲線を軸力変動による影響の有無で比較したもので、 $1/4L$  断面は面内モーメントがスパンを通じて最大となる部分である。基部の場合と違って、軸力変動の影響を考慮はほとんど見られなかった。図4(b)(c)は軸力と面内曲げの時刻歴応答である。軸力の最大応答において大きな違いは見られないが、10~20sec にかけての変動が圧縮側にでているのがわかる。面内曲げではほぼ同じ応答を示した。

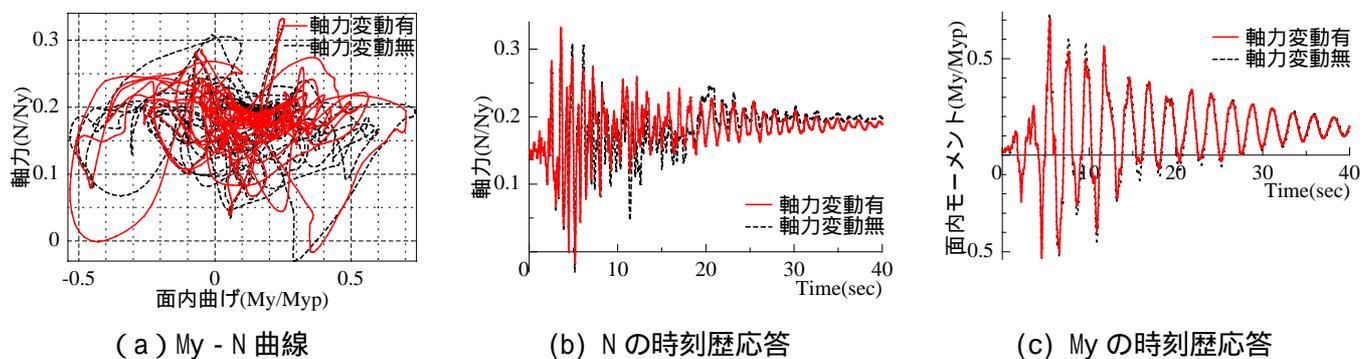


図5 基部  $M_y$  -  $N$  曲線、 $N$  -  $M_y$  時刻歴応答

図6は、アーチ  $1/4L$  断面の橋軸方向の時刻歴応答を示している。橋軸方向については軸力変動を考慮すると最大応答変位が小さくなり、また残留変位も小さくなった。なお、鉛直方向と橋軸直角方向についてはここに示していないが、軸力変動の影響は最大応答変位及び残留変位にもさほど影響はでなかった。

#### 参考文献

- 1) 村本祐樹：アーチ橋の復元力モデルの作成と非線形動的解析に関する研究，熊本大学修士論文，2001
- 2) 劉玉攀, 彦坂照：上路式パイプアーチ橋の非線形地震応答特性の解析，第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集，pp.173-178，1999。
- 3) (株)構造計画研究所：3次元立体構造物の静的・動的な非線形解析プログラム RESP-T 理論マニュアル，1998。

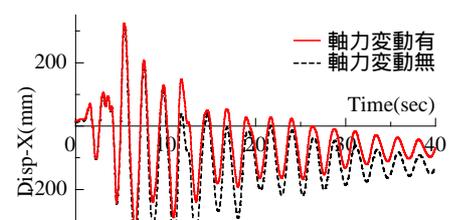


図6  $L/4$  断面の橋軸方向時刻歴応答