

立命館大学 理工学部 学生員 ○武野志之歩  
 立命館大学 理工学部 正会員 伊津野和行  
 大阪市立大学 工学部 正会員 中井 博

1.はじめに

長大アーチ橋に中小桁橋が隣接する場合、大地震時には設計で考慮できなかった大きな外力が中小桁橋に作用すると考えられる。固有周期が著しく異なる構造系が存在するため、連結部には大きな相対変位が生じて移動制限装置が作動する可能性がある。さらに、支持地盤が軟弱であれば、地盤の液状化による側方流動も考慮しなければならない。本研究では、数値シミュレーションを行い、地盤流動を含めた橋梁の三次元的な地震応答解析を試みる。

2.モデル化

解析にあたり構造物のモデル化を行った。モデルは、長大アーチ橋に隣接して本線の側径間と側道を設け、その重量等の違いが応答に及ぼす影響について検討した。桁・橋脚・及び基礎構造はすべて線形部材とした。これらに比べ、非線形性が卓越すると思われる支承部分と地盤に関してはバネで表現し、非線形部材として扱った。図1に対称橋梁の全体モデルを示す。

固定支承はそれぞれの橋脚上端部と同様の特性を有する梁部材とみなし、部材にかかる荷重を調べることで破壊の有無を判断する。一方、可動支承は橋軸方向に軸方向バネを用い、バイリニアモデルと非線形弾性モデルとを併用して移動制限も考慮する。また、節点にかかる回転力に対応するため、3方向すべてに軸回転バネを用いた。図2に可動支承のモデルを、図3に可動支承の履歴特性をそれぞれ示す。ここで、 $p_0$ の値は $\mu$ (摩擦係数) $\times M$ (桁の質量)/2として求め、また $k_2$ の値は $k_1$ の約 $10^6$ 倍とした。

地盤バネの非対称性を簡易に表現するため、図4に示す非対称バイリニア型履歴特性を仮定した。降伏点ひずみ $\epsilon$ は0.05、剛性低下率 $\alpha$ は陸側：0.5・水路側：0.1として地盤が水路側に流動するよう設定しており、軟弱地盤における地盤の方向依存性を表現するため便宜的に値を設定した。また、最下端にX・Y軸回転バネを設定している。

以上の条件で、部材をすべて線形として扱った線形解析 (Case1)、地盤の方向依存性を考慮した解析 (Case2)、及び支承の移動制限を考慮した解析 (Case3) を行い、それぞれの影響を調べ、最終的に Case4として支承と地盤の非線形性をともに考慮したモデルに対して応答解析を行う。なお、入力地震波としては、1995年の阪神・淡路大震災時の東神戸大橋近傍地盤における観測結果を用いた。

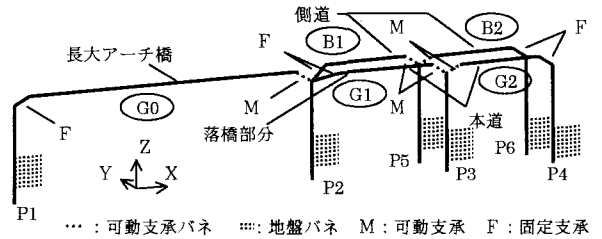


図1 解析モデル図

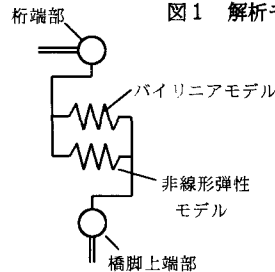


図2 可動支承モデル

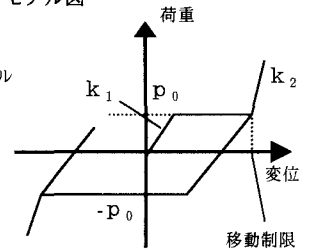


図3 可動支承の履歴特性<sup>1)</sup>

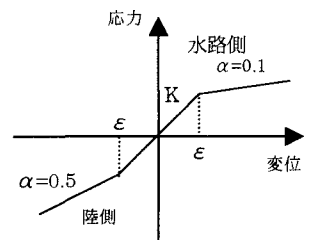


図4 剛性低下率の設定値

### 3. 応答解析結果

応答解析を行った結果、地盤の方向依存性が構造物に与える影響は小さく、またモデルの挙動は支承の移動制限の有無によって著しく変化する傾向がみられた。表1に各ケースにおいて固定支承に作用する荷重を示す。ここで、推定許容応力は水平震度(0.3)×上部構造重量×安全率(1.5)から求めた。

図5に側径間本道とその側道の固定支承に作用する荷重の時刻歴応答波形を示す。Case1では側道側に生じる荷重が大きかったが、Case3では波形がパルス波の形状を呈しており、本道側にかかる荷重が側道側を上回っている。また、ともに推定許容応力を上回る荷重を示している。このことから、支承の破壊する可能性が大きいと判断できる。Case3において、アーチ橋可動支承に生じる変位および荷重を図6・図7に示す。これによれば、移動制限を設定することによって衝突が起こり、その度に大きな荷重が作用していることが確認できる。さらに、地盤の方向依存性を考慮すると一側に変位が大きくなり、対称性が損なわれる傾向がみられた。

水平平面内の挙動は、図8に示すP1橋脚の挙動が支配的であるが、P4・P6橋脚は独立した挙動を呈していた。P3・P5橋脚はともに可動支承のみを支持しており、一側から受けた外力を+側へ伝達できず、側径間固定端を支持するP2橋脚の影響を受けているのがわかる。また、橋脚の水平平面内挙動により、側径間本道と側道に異なる影響が生じた可能性は低いが、揺れの卓越する方向が明確に現れる結果となった。

### 4. まとめ

以上、長大アーチ橋可動支承の移動制限装置が働いた場合、側径間固定支承に大きな荷重が作用する可能性を示した。設計段階において、移動制限装置が働くことにより発生する瞬間的な荷重が、全ての構造部材に及ぼす影響を考慮しておく必要がある。一方、地盤振動の方向依存性を考慮するため、地盤バネに非対称バイリニア型履歴特性を仮定した。しかし、地盤の方向依存性がモデルに与える影響は少なく、地盤の側方流動を表現するには至らなかった。軟弱地盤の評価方法を改めて検討して行く必要がある。

#### ◎参考文献

- 1) 中島章典・大嶽敦郎・安波博道：上部構造の支承条件を考慮した高架橋の大地震時挙動に関する研究、鋼構造年次論文報告集、第4巻、pp.9~16、1996年11月

表1 固定支承に作用する荷重(最大値)

桁	G0	G1	G2	B1	B2
推定許容応力	5,100tf	850tf	1,000tf	400tf	480tf
Case1	5,300tf	390tf	250tf	810tf	260tf
Case2	5,000tf	330tf	240tf	850tf	260tf
Case3	4,500tf	5,590tf	260tf	4,100tf	700tf
Case4	4,500tf	6,020tf	250tf	4,600tf	690tf

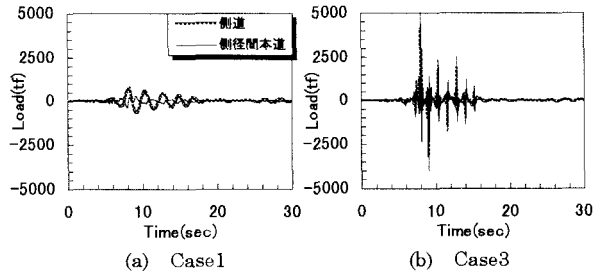


図5 固定支承に作用する荷重の時刻歴応答波形

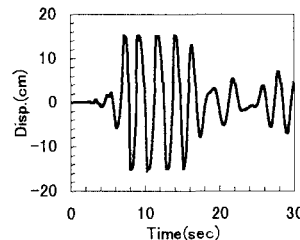


図6 アーチ橋可動支承に生じる変位 (Case3)

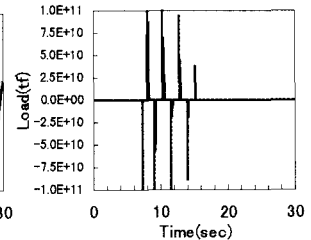


図7 アーチ橋可動支承に作用する荷重 (Case3)

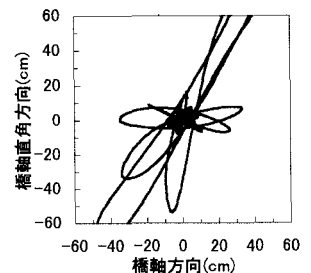


図8 P1橋脚上端部の水平平面内挙動 (Case4)