

上路式鋼製アーチ橋の地震時応答解析

九州工業大学 学生会員○田中 智 正 会 員 山口栄輝
正 会 員 久保喜延

1. はじめに

平成 8 年に改訂された道路橋示方書(耐震設計編)では、地震時挙動が複雑になると予想される橋梁において、塑性を考慮した動的解析が必要とされている。上路式アーチ橋に関しても動的解析が必要とされるが、その耐震性についてはまだ十分に検討されておらず、設計法は確立されていないのが現状である。よって、本研究では上路式アーチ橋に着目し、その地震時挙動の解析的な検討を行った。奥村らの研究¹⁾では補剛桁のモデル化の違いによる影響を検討しており、有用な知見が得られている。しかしながら、この研究ではコンクリート床版を弾性体としてモデル化している。よって本研究では、補剛桁のみならずコンクリート床版のモデル化の違いにも着目し地震時応答の差異を調べる。解析に際しては、床版と補剛桁の材料構成則、剛性の条件を変えたモデルを 4 タイプ設定し、地震時挙動の比較検討を行う。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

本解析では、図 1 に示すようなライズ比(R/L)が 0.148(スパン L=114.000m, アーチライズ R=16.8700m)の上路式鋼製アーチ橋を解析対象橋梁とした。コンクリート床版は I 形断面の補剛桁との合成構造となっている。アーチリブ部は箱形断面、ポスト断面は箱形断面と I 形断面となっている。

使用鋼材は、補剛桁、アーチリブ、両サイドのポストには SMA490、それ以外の部材には SMA400 を用いている。なお、センターポストは他のポストに比べ非常に大きい断面となっているため、剛部材でモデル化している。床版のコンクリートは圧縮強度が 2400tf/m² である。応力-ひずみ関係は、鋼材においては 2 次勾配が E/100 (E:ヤング率)

の移動硬化バイリニア型、コンクリートは、土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究 WG で提案された構成則をベースにした曲線でモデル化している。すべての部材に対して、梁要素を用いており、計 101 個の要素でモデル化している。

表 1 にモデルの詳細を示す。床版の材料構成則、補剛桁の材料構成則、床版の剛性の条件を変えた 4 つのモデルを設定する。

2.2 解析方法

地震波は兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台 JMA で観測された加速度記録の NS 成分を用い、橋軸方向に入力する。なお、材料非線形の影響が顕著に現れるように加速度を 2.5 倍する。減衰はレイリー減衰を用い、減衰定数は $h_1=h_2=0.03$ とする。解析ソフトは Y-FIBER3D を用いる。なお本解析では、材料非線形および幾何学的非線形の両方を考慮している。

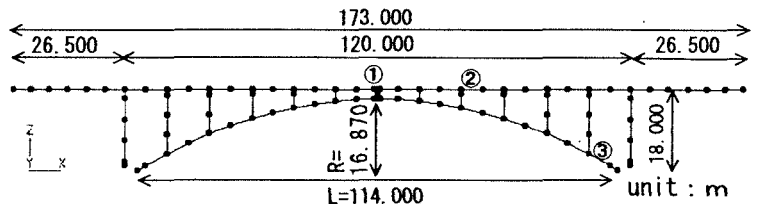


図 1 解析対象モデル

表 1 モデルタイプ

	床版の材料構成則	補剛桁の材料構成則	床版の剛性
A	弾塑性性	弾塑性性	考慮
B	弾性	弾性	考慮
C	弾性	弾塑性性	考慮
D	—	弾塑性性	無視

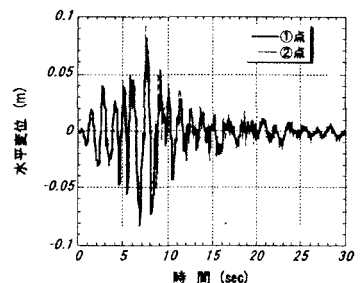


図 2 水平変位時刻歴応答図

2. 解析結果

モデルAに着目する。図1中のセンターポスト位置①点、床版 3/4L 位置②点における水平変位と鉛直変位の時刻歴応答をそれぞれ図2、3に示す。図2より、①点と②点で最大水平変位はほぼ等しくなっている。一方、図3より、②点では橋軸方向に地震波を入力しているにも関わらず、最大鉛直変位が①点に比べ3倍程度の値を示している。

図1中のアーチリブ基部③点に働く軸力の時刻歴応答を図4に示す。この図より、最大で降伏軸力の約45%もの軸力が働いていること、また、降伏軸力の+22%から-45%の間で軸力が変動していることがわかる。したがって、アーチ橋の地震時応答解析では、軸力変動および、幾何学的非線形性の影響を考慮することが重要である。

モデルA～Dの①点の最大水平変位、②点の最大鉛直変位、ならびにモデルAとの差異を表2に示す。この表より、モデルB、Cでは地震時挙動の振幅が少し小さくなっている程度であるが、モデルDの水平変位に関しては非常に大きくなっている。また、モデルDはモデルAとの1次固有振動数の差異が27%ある。これらのことから、解析に際してコンクリート床版の剛性も考慮することが必要であると考えられる。

各モデルの塑性領域の進展状況を図5に示しているが、コンクリート床版、補剛桁のモデル化の違いによって塑性領域の進展状況が大きく異なることがわかる。モデルAではアーチリブにまったく塑性変形が進展していないのに対して、モデルB、Cではアーチリブにも塑性変形が生じている。これは、モデルAではコンクリート床版の材料構成則を弾塑性でモデル化しているため、コンクリート床版の塑性化によるエネルギー吸収でアーチリブに塑性が進展しなかったと考えられる。また、モデルDでは他のモデルとまったく異なる位置に塑性が進展している。

4. まとめ

- ・橋軸方向の水平加震にもかかわらずアーチリブ 1/4L, 3/4L 点付近で鉛直方向に大きな変位が生じる。
- ・アーチリブ基部に大きな軸力変動が生じる。
- ・コンクリート床版、補剛桁の材料構成則のモデル化の違いにより地震時挙動の振幅が小さくなる。また、塑性領域は床版を弾性部材でモデル化することでアーチリブにも進展する。
- ・床版の剛性が最大変位、塑性の進展状況に与える影響は顕著である。

5. 参考文献

- 1) 奥村徹ら：上路式鋼製補剛アーチ橋の地震時面内終局挙動に関する研究，構造工学論文集，Vol.46A

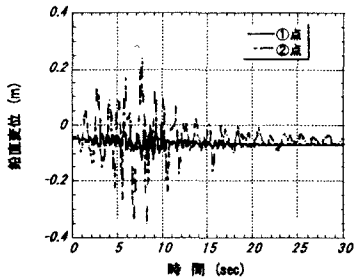


図3 鉛直変位時刻歴応答図

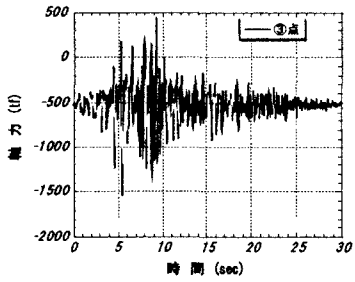


図4 軸力時刻歴応答図

表2 最大応答値

解析モデル	①点の水平変位(m)		②点の鉛直変位(m)	
	右方向	左方向	上方向	下方向
A	0.0808	0.0820	0.2363	0.3505
B	0.0733 -9.3%	0.0876 6.8%	0.2311 -2.2%	0.3439 -1.9%
C	0.0733 -9.3%	0.0856 4.4%	0.2362 0.0%	0.3439 -1.9%
D	0.0857 6.1%	0.0963 17.4%	0.2168 -8.3%	0.3842 9.6%

%: モデルAとの差異

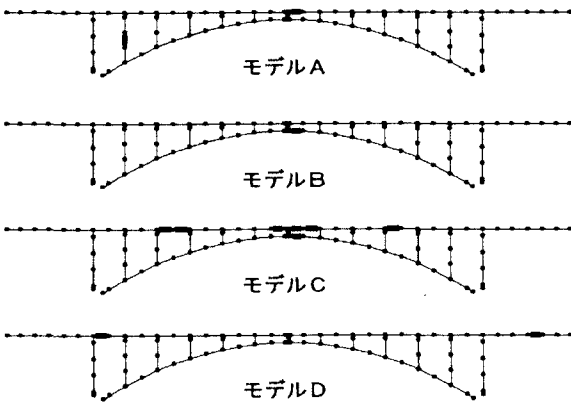


図5 塑性領域の進展状況