

上路式鋼アーチ橋梁の耐震照査法に関する一検討

熊本大学大学院 学生員 ○高治 修作 熊本大学大学院 中村 善之
 熊本大学 正 員 山尾 敏孝 熊本大学大学院 山本 誠

1. はじめに

平成 14 年改訂の道路橋示方書・V耐震設計編¹⁾によれば、「塑性ヒンジの発生箇所が不明確、複雑な振動挙動をする橋については必ず動的解析を行い、その結果を設計に反映すること」となっている。今回、検討対象とした上路式鋼アーチ橋梁もこの範疇に位置する。しかし、動的解析の結果が設計に反映されたか否かを照査する方法は提案はされているものの確立するには至っておらず、報告例も少ない。本研究では、上路式鋼アーチ橋梁を対象にした耐震照査法に関する検討を試みたものである。

2. 解析対象橋梁および解析概要

解析対象橋梁は、図 1 に示すような昭和 55 年道路橋示方書により設計された実橋梁をとした。橋長 172.0m(20.0m+132.0m+20.0m)、アーチ支間長 126.0m、ライズ 20.0m、RC 床版 ($t=210\text{mm}$)、舗装はアスファルト ($t=60\text{mm}$) である。橋梁の断面構成は、アーチリブ及び端支柱、支柱の一部が箱型断面、残りの支柱と補剛桁・縦桁・横桁は I 型断面となっている。また、鋼種はアーチリブおよび補剛桁・縦桁が SMA50、それ以外は SMA41 である。

解析手法は直接積分法、積分手法は Newmark β 法 ($\beta=0.25$)、積分時間間隔は 0.001sec とした。一般に、アーチ橋は地盤条件の良好な地域に架設されることが多いため、入力地震波はレベル I 及びレベル II 地震動の I 種地盤の波形(神戸海洋気象台観測波、以下 JMA 波)を用いるが、塑性化部材の分布状況を見るため、レベル II 地震動の II 種地盤の波形(JR 西日本鷹取駅観測波、以下 JRT 波)も加えて解析した。

加震ケースは橋軸方向、橋軸直角方向、2 方向同時

加震の 3 パターンとした。モード減衰は高次振動モードを考慮できるレーリー比例型減衰とした。

動的解析は、線形動的解析と弾塑性動的解析の 2 パターンで行い、弾性応答から塑性域に達する部材を確認し、非線形モデルを作成した。

3. 解析結果

表 1 に固有値解析結果を、図 2 に代表的振動モードを示した。塑性化部材の判定は、断面を構成するファイバー要素の内、1 要素でも降伏ひずみを超えた時点でその部材が塑性化したものとした。線形応答解析では全断面ファイバー要素とした。図 3 はレベル II 地震動を入力し、その結果塑性化した部材を太線で示したものである。JMA 波では単方向加震では塑性化した部材が見当たらなかった。図 3(a)に示しているのは 2 方向加震による応答結果である。2

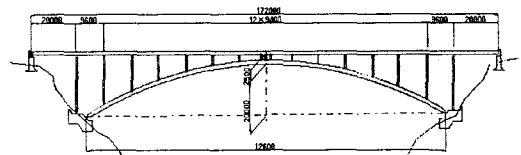


図 1 解析対象橋梁

表 1 固有値解析結果

次数	固有周期 sec	有効質量比 (%)		
		X	Y	Z
1	1.880	28.0	0.0	0.0
2	1.382	0.0	73.0	0.0
3	0.867	0.0	0.0	0.0
4	0.723	57.0	0.0	0.0
5	0.604	0.0	0.0	0.0
6	0.475	1.0	0.0	0.0
7	0.396	0.0	7.0	0.0
8	0.395	0.0	0.0	0.0
9	0.374	0.0	0.0	51.0
10	0.358	0.0	0.0	0.0
11	0.320	0.0	2.0	0.0
12	0.319	0.0	4.0	0.0
13	0.311	0.0	0.0	14.0
14	0.292	0.0	1.0	0.0
15	0.242	0.0	0.0	0.0

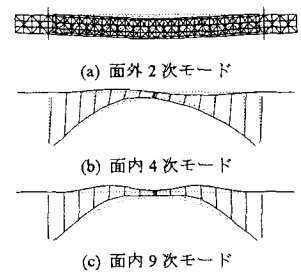
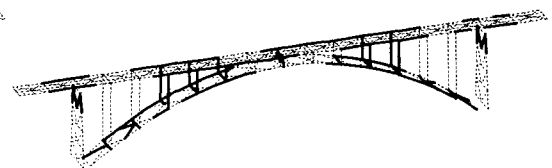


図 2 振動モード



(a) JMA 波応答



(b) JRT 波応答

図 3 2 方向加震における塑性化部材の分布状況

方向で地震波を入力すると、橋軸水平方向と橋軸直角方向から外力が同時に作用するため、単方向では塑性化しない部材が把握できると考えられる。

非線形骨組解析モデルは図3の結果を基に作成した。縦・横桁は線形はり要素、アーチリブ、補剛桁、支柱には線形モデルよりも断面を細かくしたファイバー要素を適用した。応力-ひずみ関係は降伏後の剛性が0.01Eであるバイリニアモデルとした。図6は図5に示す部材のJMA波による応答結果である。

4. 耐震性能照査の検討と考察

照査は文献2)の変形照査法に基づき、各部材の応答ひずみにより行った。中空断面の損傷度 D_s が(1)式により算定され、 $D_s=1.0$ となった場合に部材が終局に達したものとした。限界状態におけるひずみを、圧縮と曲げを受ける部材の最大荷重95%低下点におけるひずみと定義した(2), (3)式を用いた。

○中空断面の損傷度

$$D_s = \varepsilon_a / \varepsilon_y \quad (1)$$

○無補剛箱型断面

$$\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} = \frac{0.108(1-N/N_y)^{1.09}}{(R_f-0.2)^{3.26}} + 3.58(1-N/N_y)^{0.839} \leq 20.0 \quad (2)$$

$$(0.2 \leq R_f \leq 0.8, \quad 0.0 \leq N/N_y \leq 0.8)$$

○補剛箱型断面

$$\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} = \frac{0.8(1-N/N_y)^{0.94}}{(R_f \lambda_s^{0.18} - 0.168)^{1.25}} + 2.78(1-N/N_y)^{0.68} \leq 20.0 \quad (3)$$

$$(0.3 \leq R_f \leq 0.7, \quad 0.0 \leq N/N_y \leq 0.5)$$

ε_a : 応答圧縮ひずみ R_f : 補剛板幅厚比パラメータ
 N/N_y : 軸力比 λ_s : 補剛材細長比パラメータ

図7にアーチ基部と端支柱上部での応答ひずみによる照査結果を示す。端支柱は、フランジが塑性化しているものの、限界ひずみには至っていない。今回、箱型断面を照査対象としたわけだが、本解析モデルではI形鋼などで構成される2次部材が塑性域に達していることがわかった。精度を向上させるためこれら形鋼部材の限界状態を設定することが必要と思われる。また、地震波をJRT波とした場合の応答結果も検討したが、これについては当日報告する予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)，2002。
- 2) 土木学会鋼構造委員会：鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化，2000。
- 3) 土木学会：橋の動的耐震設計 2003。

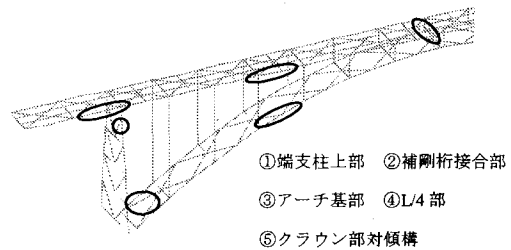
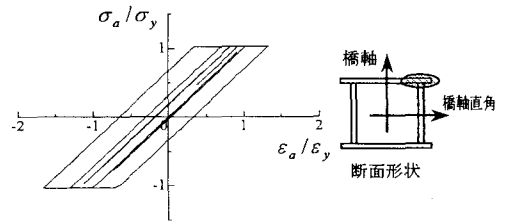
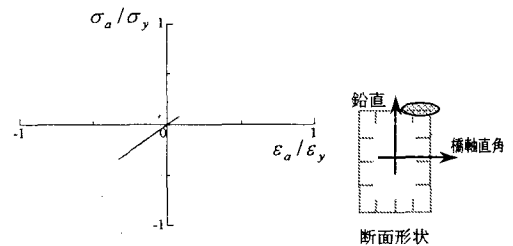


図5 要素応答抽出部材

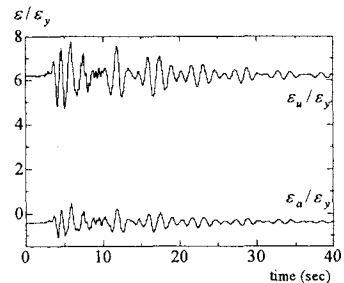


①端支柱上部：外側フランジ $D_s=1.19$

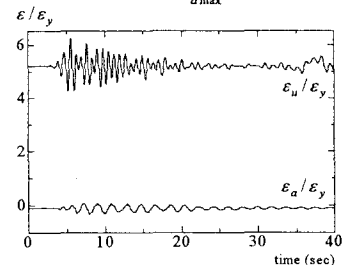


③アーチリブ基部：外側フランジ $D_s=0.33$

図6 応力-ひずみ曲線



①端支柱上部 $\varepsilon_{a\max} = -0.0014$



③アーチリブ基部

図7 時刻歴応答ひずみと限界ひずみ