

既設鋼単弦ローゼ橋の耐震性能評価に関する一考察

西日本高速道路 (株) 正会員 ○崔 準祐 大日本コンサルタント (株) 正会員 成 炫禹
 大日本コンサルタント (株) 正会員 田崎 賢治 大日本コンサルタント (株) 正会員 徳橋 亮治
 西日本高速道路 (株) 正会員 高橋 章 西日本高速道路 (株) 非会員 渡瀬 梓

1. はじめに

鋼アーチ橋のような部材の構成が複雑な橋梁の場合には、地震時に一部の主部材が降伏または座屈が生じた後の橋梁全体の挙動や耐荷性能が不明であり、耐震補強を行う際にはこうした部材の限界状態や橋全体の限界状態を踏まえ、適切に補強計画を行う必要がある。本検討では、既設鋼単弦ローゼ橋を対象とし、動的解析による耐震性照査および橋の動的特性を考慮した Pushover 解析による橋全体系の耐荷性能評価を行い、部材の限界状態および橋全体系の耐荷性能評価について検討した。

2. 検討対象橋梁

対象とした橋梁は、平成 7 年に設計、平成 11 年に竣工した鋼 3 径間連続単弦ローゼ桁橋である。下部構造には復旧仕様¹⁾に基づく地震時保有水平耐力法による設計、上部構造には平成 6 年道示による設計が適用されている。支承は積層ゴム支承であり、支持条件は表-1 に示すように橋軸方向は 1 点固定、橋軸直角方向は全点固定である。

3. 動的解析によるローゼ桁部の評価

(1) 解析モデル

解析では、鋼 3 径間連続単弦ローゼ桁の 1 連を対象とした。解析モデルは表-1 の構造諸元にに基づき 3 次元非線形骨組モデルとし、部材の非線形特性は軸力変動や 2 軸曲げの影響を適切に評価するためファイバーモデルとした (図-1)。

鋼部材の材料特性は道路橋示方書²⁾の応力-ひずみ曲線を基本とし、図-2 に示すようにバイリニアモデルとし、圧縮に対しては局部座屈による降伏応力の低減を考慮した。座屈の影響を表す低減係数 α は部材の断面構成から幅厚比パラメータを算出して設定した (表-2)。入力地震動は、Ⅲ種地盤の設計入力地震動 (タイプ I・タイプ II) である。

(2) 解析結果

動的解析結果、ローゼ桁部のアーチリブは橋軸方向、橋軸直角方向加震ともに弾性応答であった。垂直材は橋軸方向加震時には弾性応答であったが、橋軸直角方向加震時には曲げ変形が卓越し、基部において局所的なひずみレベルで 1.7 倍～3.7 倍程度弾性範囲を上回る部材が確認された (図-3)。

橋脚は橋軸方向、橋軸直角方向ともに降伏耐力を下回る応答であった。

表-1 単弦ローゼ桁部の橋梁諸元

	P1	P2	P3	P4
構造形式	鋼3径間連続単弦ローゼ桁			
支承種別	ゴム支承	ゴム支承	ゴム支承	ゴム支承
支持条件	M (F)	M (F)	F (F)	M (F)
下部構造	壁式橋脚	壁式橋脚	壁式橋脚	壁式橋脚
地盤種別	Ⅲ種地盤			

※() 橋軸直角方向の支持条件

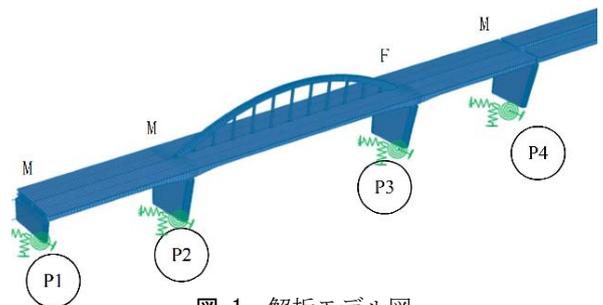


図-1 解析モデル図

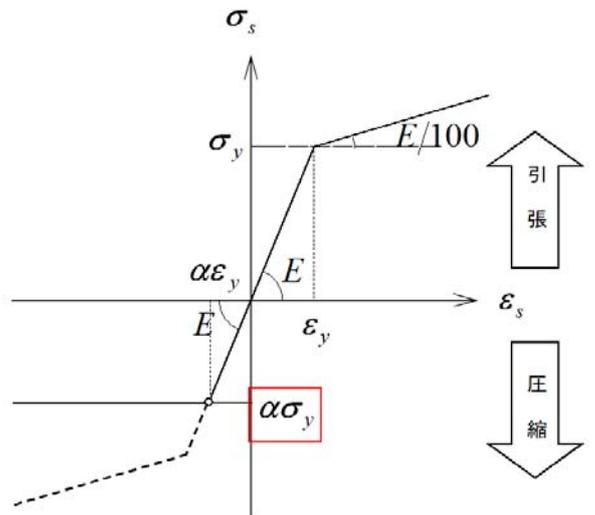


図-2 鋼材の応力-ひずみ曲線

表-2 圧縮降伏応力度低減係数

部位	断面状況	降伏応力度低減係数(道示基準) α		
		U.flg	L.flg	web
アーチリブ		1.00	1.00	0.85~1.00
垂直材		0.26~0.37	0.26~0.37	0.43~1.00

キーワード 鋼単弦ローゼ橋, 動的解析, Pushover 解析, 耐荷性能評価

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 3 丁目 13-15 TEL 092-260-7502

4. 上部構造の地震応答に関する詳細検討

(1) 解析結果に対する部材の耐荷性の考察

橋軸直角方向加震時の垂直材の応答は、図-3 に示すようにアーチリブと主桁が橋軸直角方向に逆位相で振動し、これに伴う曲げにより弾性範囲を超過することが確認された。垂直材の損傷は曲げによるものであるため、鉛直方向の部材の伸びは最大で0.02%であり、破断ひずみ(5%と設定)に対しては大きく下回っている(図-4)。

垂直材の圧縮ひずみが最大となる時刻におけるファイバー断面の応力状態を図-5 に示す。部材の非線形応答は圧縮側及び引張側のフランジ近傍で生じており、ウェブの半分以上の面積は弾性域に留まっている。このため、垂直材の軸力部材としての機能は保持されており、垂直材の耐荷性能は余裕があると考えられる。

(2) Pushover 解析による構造安全性の照査

垂直材の非線形応答に対する、橋全体としての構造安全性の照査のため、地震時の荷重を静的に漸増载荷する Pushover 解析を実施した。荷重条件は、支間中央の垂直材の非線形化の程度が最も大きいことから、この部材の応答が最大となる時刻の各節点の加速度分布を用いた慣性力を荷重倍率 1 倍とし、5 倍まで漸増载荷した。

橋の応答値は、アーチリブ天端の水平変位と、支間中央の垂直材の軸方向の変位(鉛直変位)に着目して整理した(図-6)。Pushover 解析における荷重倍率と、着目節点の変位の関係を図-7 及び図-8 に示す。橋の挙動としては、荷重倍率が 2 倍を超えると勾配が小さくなり非線形的な挙動となるが、垂直材の最大圧縮ひずみが生じる段階(荷重倍率 1 倍)では線形応答を示しており、レベル 2 地震動に対して橋全体系の構造安全性は保持されていると考えられる。

5. まとめ

非線形動的解析により、現況に対する耐震性能照査を実施した。ローゼ桁部の垂直材がレベル 2 地震動に対して弾性範囲を超えていることが確認されたが、Pushover 解析による検討により橋全体の耐荷性能には余裕があることが確認された。今後は、主部材の残留変形等を照査し、地震後の使用性・修復性についても検討していく予定である。

参考文献

- 1) 建設省：兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様の準用に関する参考資料(案)，1995年5月
- 2) 広益社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017年11月

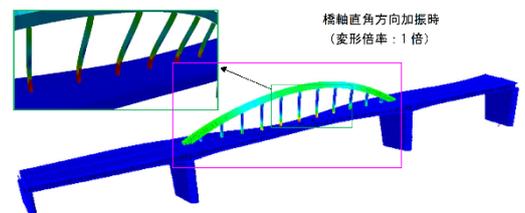


図-3 最大変形図(最大圧縮ひずみ発生時)

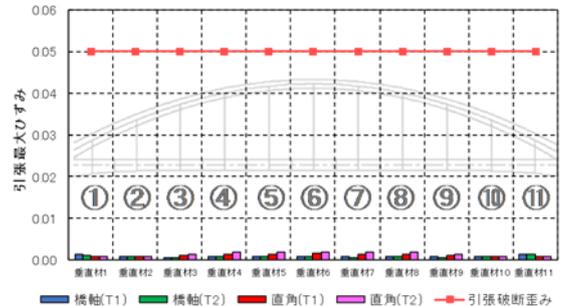


図-4 垂直材の引張破断ひずみ照査

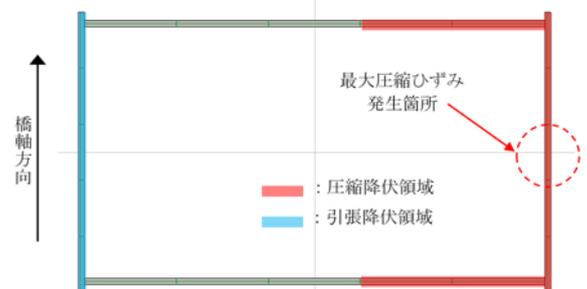


図-5 最大圧縮時に発生する垂直材断面力分布状況

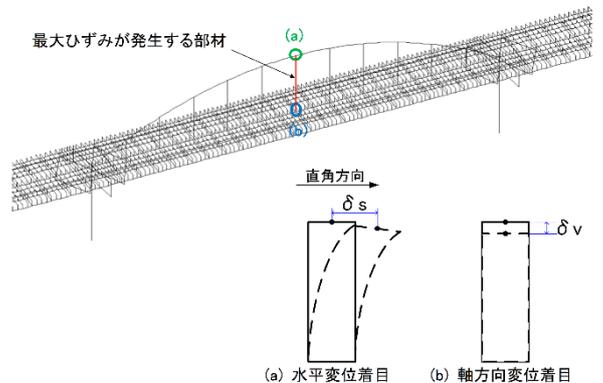


図-6 Pushover 解析において着目した箇所

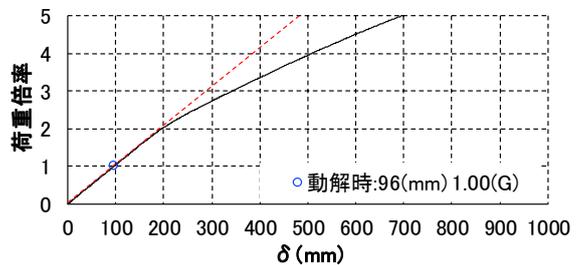


図-7 Pushover 結果(アーチ天端部の水平変位着目)

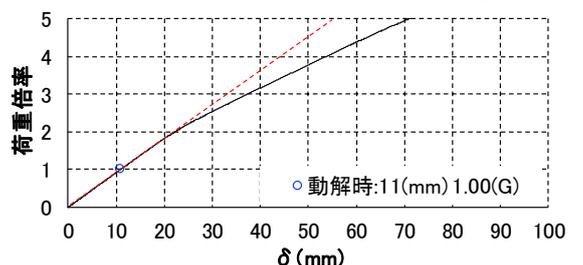


図-8 Pushover 結果(垂直材の軸方向変位着目)