

動的解析を用いた南海トラフ地震による鋼ローゼ橋の地震応答に関する研究

早稲田大学大学院 創造理工学研究科 ○学生員 尾曾越 計
早稲田大学 創造理工学部 正会員 小野 潔
国土技術政策総合研究所 正会員 片岡 正次郎
(株) 耐震解析研究所 正会員 馬越 一也

1. はじめに

近年、M8-9 規模の南海トラフ巨大地震の発生が迫っていると指摘されており、巨大地震に対する橋梁の地震時応答特性を熟知することは、これからの耐震補強、耐震設計等の検討を行う上で非常に重要である。そこで、本研究では、鋼ローゼ橋を対象に、内閣府より公表されている南海トラフ巨大地震の工学的基盤の推定地震動を元に作成された南海トラフ巨大地震を入力地震動に設定し、動的解析を行った。また、現行の道路橋示方書 V 耐震設計編¹⁾で示される設計地震動を用いた動的解析による応答との比較を行った。

2. 解析モデルおよび解析条件

2. 1 解析モデル

本稿では複合非線形骨組解析プログラムとして、汎用プログラム SeanFEM²⁾を用いて解析を行った。対象とした鋼アーチ橋の解析モデルを図-1 に示す。この橋梁のモデル化は、JSSC のモデル化³⁾を参考にし、局部座屈を起こさないようにアーチリブの板厚を調整した。アーチリブと鉛直材等の他の部材との格点部の剛性は剛結合として解析を行った。本研究モデルの拘束条件を表-1 に示す。アーチリブの応力-ひずみ関係は図-2 に示す様な弾性応答を適用した。図-2 中の σ_y は降伏強度、 σ_{cr} は道路橋示方書Ⅱ鋼橋編⁴⁾に記載されている溶接箱形断面鋼長柱の座屈応力度を用いた。図-3 には本研究のアーチリブの断面図例を示した。

2. 2 地震動入力条件

入力地震動には道示 V¹⁾にあるⅠ種地盤のレベル 2 地震動タイプⅡの 3 波の他、南海トラフ巨大地震を想定した地震動を 3 波用いた。南海トラフ巨大地震を想定した地震動は、「陸側ケース」⁵⁾の強震断層モデルをもとに算出された工学的基盤における推定地震動の時刻歴波形から、SHAKE に準拠したプログラム DYNEQ⁶⁾による地盤(Ⅰ種地盤の地盤モデル)の地震応答解析により地表面の地震動を推定したものである。図-4 に地震動の加速度応答スペクトルを示す。全てのケースで地域別補正係数を 1.0 とし、入力地震動を橋軸直角方向、橋軸方向にそれぞれ作用させて動的解析を行った。なお、解析は、対象橋梁に対して死荷重が作用したときの静的解析を行い、これを初期状態とし、時刻歴応答解析を行った。積分法としては、ニューマークの β 法を用い、 $\beta=1/4$ とした。減衰についてはレーリー減衰を使用した。レーリー減衰に用いた卓越固有周期の振動モードと減衰定数を表-2 にまとめた示した。

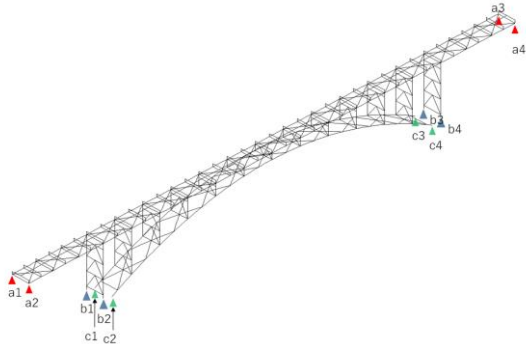


図-1 鋼ローゼ橋

表-1 支点の拘束条件

支点	x軸(橋軸)	y軸(橋軸直角)	z軸(鉛直)
a1,a2,a3,a4	自由	拘束	拘束
b1,b2,b3,b4	拘束	拘束	拘束
c1,c2,c3,c4	拘束	拘束	拘束

表-2 ローゼ橋の固有振動モード

入力方向	振動モード	振動数	周期	刺激係数	減衰定数
		f(1/s)	T(s)		
x	6	2.858E+00	3.50E-01	21.59	2.103E-02
	7	3.746E+00	2.67E-01	-26.94	2.104E-02
y	2	1.156E+00	8.65E-01	-34.83	2.174E-02
	8	4.022E+00	2.49E-01	-15.13	2.427E-02

キーワード 鋼ローゼ橋, 設計地震動, 南海トラフ巨大地震, 動的解析

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学大学院創造理工学研究科 TEL 03-5286-3387

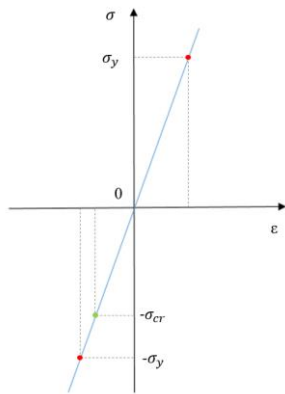


図-2 応力-ひずみ関係

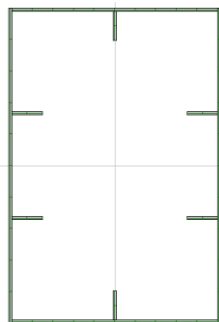


図-3 アーチリブ断面図

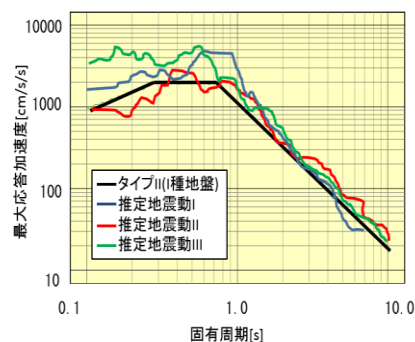


図-4 加速度応答スペクトル

3. 解析結果

図-5 に橋軸方向の解析結果、図-6 に橋軸直角方向の解析結果を示す。図-5 および図-6 において、タイプ II 地震動 3 波のアーチリブの最大応答ひずみの平均値の分布を黒色の線、南海トラフ巨大地震を想定した地震動による最大応答ひずみの分布をそれぞれ、I を青、II を赤、III を緑で示している。また、図中の紫色の点線は道示 II で示される座屈応力度 σ_{cr} に対する応答ひずみ ε_{cr} の値を、紫色の一点鎖線は降伏応力度 σ_y に対する応答ひずみ ε_y の値をそれぞれ表している。図-5 および図-6 より、本稿で対象とした鋼ローゼ橋については、橋軸方向、橋軸直角方向のどちらに地震動を入力した場合も概ね南海トラフの地震動による応答ひずみがタイプ II のものを上回る結果となった。特に、橋軸直角方向の結果では南海トラフの推定地震動 3 つとも設計地震動より大きい応答ひずみを示しており、アーチリブ基部では設計地震動の 3 倍近いひずみが発生していることが分かる。入力地震動によって解析結果に大きな違いが出た理由は今後詳細に検討する。

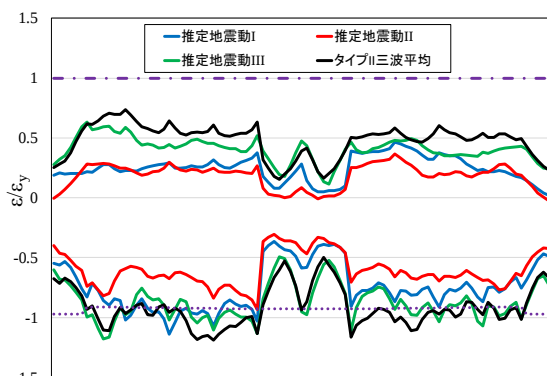


図-5 応答ひずみ分布 (橋軸方向)

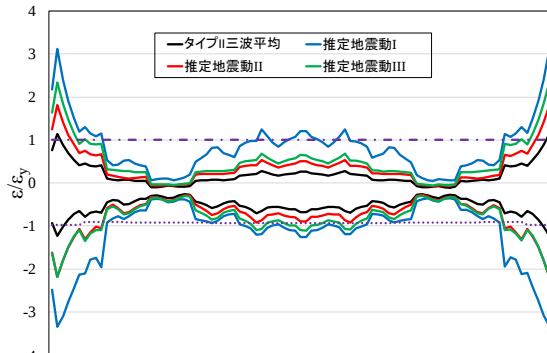


図-6 応答ひずみ分布 (橋軸直角方向)

4. まとめ

本稿では、道示の設計地震動と南海トラフ巨大地震動を想定した地震動を入力して動的解析を行い、鋼ローゼ橋の地震時応答特性について考察を行った。本稿で対象とした鋼ローゼ橋について、橋軸方向、橋軸直角方向どちらに地震動を入力した時にも現行道示の設計地震動よりも応答ひずみが増大する結果となった。なお、本稿の検討は鋼ローゼ橋 1 橋のみを対象にした検討である。よって、今後、対象とする橋梁、巨大地震動を増やして検討を実施していく予定である。

【参考文献】

- 1)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012 年。
- 2)(株)耐震解析研究所：SeanFEM (ver.1.2.3)，2005 年。
- 3)(社)日本鋼構造協会：ファイバーモデルを用いた鋼橋の動的耐震解析の現状と信頼向上，2011 年。
- 4)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，2012 年。
- 5)中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震対策について（最終報告），2013 年。
- 6)吉田望：地盤の地震応答解析入門，2005 年。