

防災・減災の強化に向けた更なる耐震補強報告（その3）
一急傾斜地に施工された鋼逆ローゼ橋の耐震補強対策一

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○浅野洋平，石川義樹，内海卓也
東日本高速道路(株)東北支社 管理事業部 横山貴士，十和田管理事務所 吉田泰崇

1. はじめに

高速道路では、地震によって被災しても速やかな復旧により緊急輸送路として機能させることが求められており、東日本高速道路株式会社では「更なる耐震補強」（平成 28 年熊本地震以降に実施する既設橋の耐震補強）に取り組むことで防災・減災に向けた耐震補強を実施している。本稿では、「更なる耐震補強」対象橋梁のうち、地震時の挙動が複雑であり、鋼部材の健全度の評価が困難な特殊橋梁型式の鋼逆ローゼ橋の耐震補強対策について検討した結果を報告するものである。

2. 対象橋梁の諸元

- 対象橋梁の諸元を以下に示す。
- ・ 橋 長：150.100m
 - ・ 全 幅 員：11.150m
 - ・ 上部工形式：鋼逆ローゼ橋
 - ・ 下部工形式：逆 T 式橋台
 - ・ 基礎工形式：深礎杭 φ2000，2500，直接基礎
 - ・ 竣 工 年：昭和 61 年（昭和 55 年道路橋示方書）

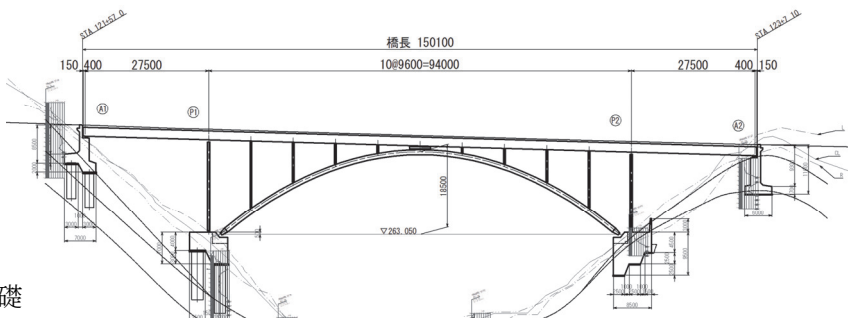


図-1 橋梁一般図

3. 解析モデルと耐震性能照査

(1) 解析モデル

対象橋梁は鋼逆ローゼ橋であり地震時に複雑な挙動を示すため、解析方法は非線形動的解析（以降「動的解析」と呼ぶ）を適用した。

解析モデルは非線形要素（ファイバー要素）を用いた多質点系の立体骨組みモデルとした（表-1）。補剛桁と中間支柱など部材の材端拘束条件は剛結合とした。

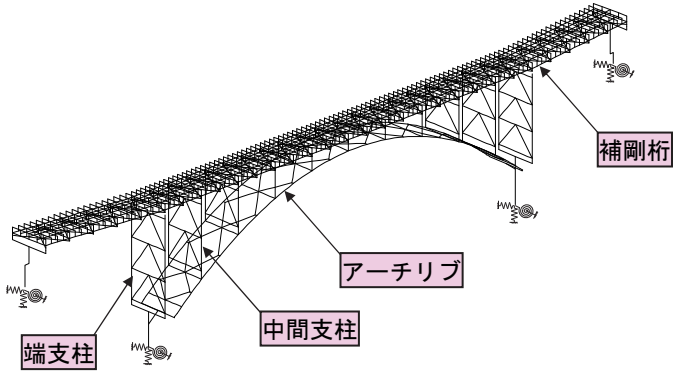


図-2 モデル図

(2) 目標とする耐震性能

対象橋梁は高速自動車道の橋梁であり緊急輸送路として指定されている重要路線の橋梁であるため、「B 種の橋」となり、レベル 2 地震動に対する目標とする橋の耐震性能は「耐震性能 2」とする。

(3) 部材の限界状態

耐震性能 2 に対する橋の限界状態は、塑性化を考慮する部材のみ塑性変形が生じ、その塑性変形が当該部材の補修が容易に行い得る範囲内で適切に定めなければならない。報告(その1)より、主部材、二次部材の限界状態は、損傷後の座屈挙動や初期不整が橋梁全体系に影響を及ぼさない「力学的特性が弾性域を超えな

表-1 モデル要素

部位		モデル化
主部材	補剛桁	ファイバー要素(鋼材)
	アーチリブ	
	中間支柱、端支柱	
二次部材	横支材	ファイバー要素(鋼材)
	上下横構	
	対傾構	
床 組	横桁、縦桁	ファイバー要素(RC)
床 版	RC床版	
下部構造	橋台	
支 承	可動支承	橋軸方向: 非線形ばね要素
	ピボット支承	直角方向: 線形ばね要素
		線形ばね要素
基 礎	基礎-地盤	線形ばね要素

キーワード 鋼逆ローゼ橋，耐震補強，非線形動的解析，ファイバーモデル，初期不整

連絡先 980-0802 仙台市青葉区二日町 1-23 八千代エンジニアリング株式会社 北日本支店 TEL 022-261-8319

い限界の状態」とした。

(4) 部材の材料構成則

鋼部材の応力ひずみ曲線は図-3 に示すバイリニア型とし、2次勾配は一般的な構造用鋼材の $E_2=E/100$ とした。圧縮側は、細長比パラメータから計算される低減率を降伏応力に乗じることで初期不整や初期たわみの影響を考慮した。

(5) 現況の耐震性能照査結果

動的解析によるレベル2地震時の損傷状況を図-4 に示す。橋軸方向の損傷は補剛桁、アーチリブや中間支柱などの主部材で塑性化が見られた。橋軸直角方向の損傷は下横構、端支柱の横支材や対傾構、アーチの横支材や対傾構などの2次部材で塑性化が見られた。

特に、中間支柱上下端の補剛桁およびアーチリブ結合部材の損傷が大きかった。

4. 耐震補強工法の検討

(1) 橋軸方向の対策工

桁端部に制震ダンパーを設置し、中間支柱の間の斜材方向に座屈拘束ブレースを設置し、その減衰効果により橋軸方向の補強とする。ただし、中間支柱上下端の補剛桁およびアーチリブ結合部材は無補強にすることができなかったため部材取替を行うこととした。中間支柱は主部材であり常に鉛直荷重を支持している部材であるため、控え柱を設置して鉛直荷重を受け替えて部材を取り換える計画とした。

(2) 橋軸直角方向の対策工

端部の支承を可動化して免震バッファを設置する。端支柱、中間支柱およびアーチの対傾構や横構は座屈拘束ブレースに取替え、その減衰効果により直角方向の補強とする。横支材は無補強にすることができなかったため、当て板、取替、または部材追加による補強を行う。

6. まとめ

鋼アーチ橋の橋軸方向の耐震補強は、桁端部に制震ダンパー、斜材方向に座屈拘束ブレースを設置し、直角方向は横構や対傾構を座屈拘束ブレースに取り替えている事例が多い。本橋も基本的な補強は従来と同様であるが、主部材である中間支柱上下端の補強が回避できなくて取替が必要となった。塑性化の度合いによってはそれを許容する設計も考えられるが、その場合、塑性化後の全体挙動を把握して必要な耐震性能が満足できる限界のひずみレベルを設定し、補強設計に反映させる必要がある。

謝辞： 本耐震検討を進めるにあたり、東北大学運上教授、東北学院大学中澤工学部長からは多大な助言を賜りました。厚く御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

- 【参考文献】 1) 日本道路協会：道路橋示方向書・同解説，V 耐震設計編，平成24年3月
2) 土木学会：鋼・合成構造標準設計方書，2018年5月
3) 土木学会：座屈設計ガイドライン，平成17年9月

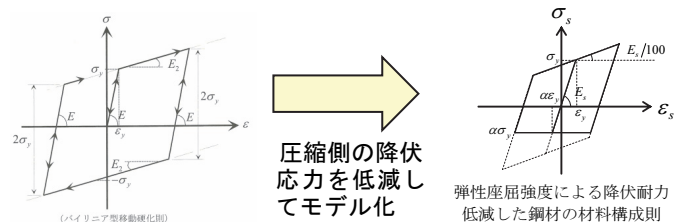


図-3 部材の材料構成則

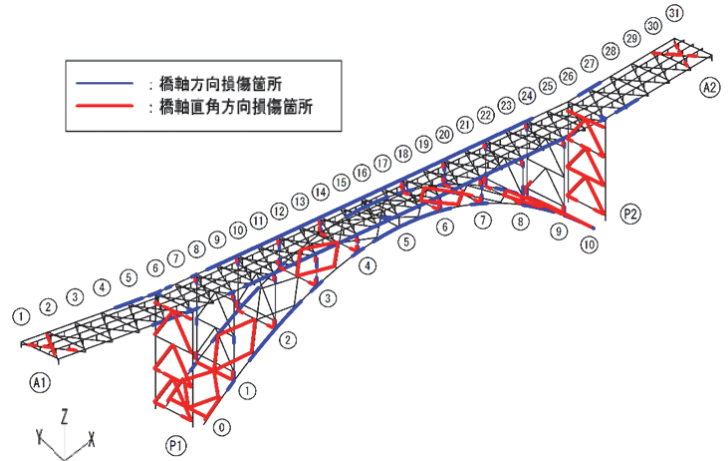


図-4 解析結果による損傷状況（現況照査）

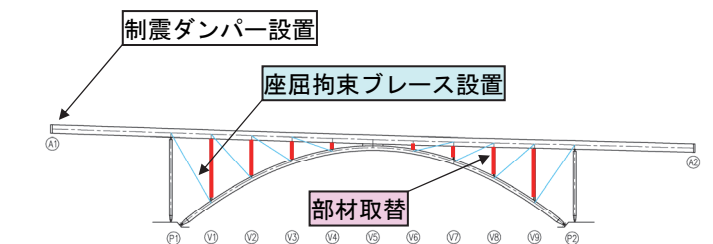


図-5 耐震補強工法（橋軸方向）

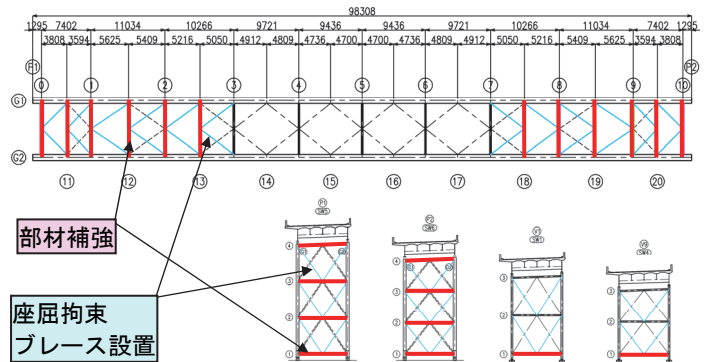


図-6 耐震補強工法（直角方向）