

鋼 5 径間連続 V 脚ラーメン箱桁橋の耐震性能向上策に関する一検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○荒木 誠司
パシフィックコンサルタンツ株式会社 鈴木 剛
パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 前田 賢二

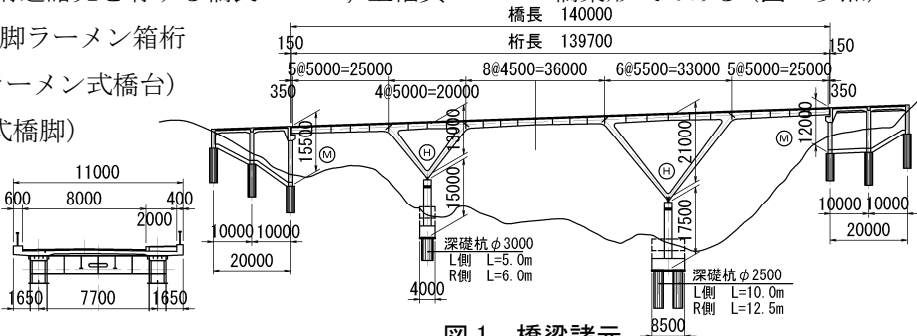
1. はじめに

近年,大規模地震の逼迫性が指摘されている状況に鑑み,平成17年6月に「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」が策定された.これを受け特殊な構造を有する橋梁においても,効果的かつ効率的に耐震補強を実施し,現行基準の耐震性能を満足させる必要性が求められている.本稿では,このような背景のなかで行った特殊橋梁形式である鋼5径間連続V脚ラーメン箱桁橋の耐震性能向上策の一例を報告する.

2. 橋梁諸元

検討対象橋梁は,下記に示すような構造諸元を有する橋長140.0m,全幅員11.0mの橋梁形式である(図1参照).

- 上部工形式 : 鋼5径間連続V脚ラーメン箱桁
- 下部工形式 : A1・A2(6柱式ラーメン式橋台)
P1・P2(張出し式橋脚)
- 基礎工形式 : A1・A2(深礎杭)
P1・P2(深礎杭)



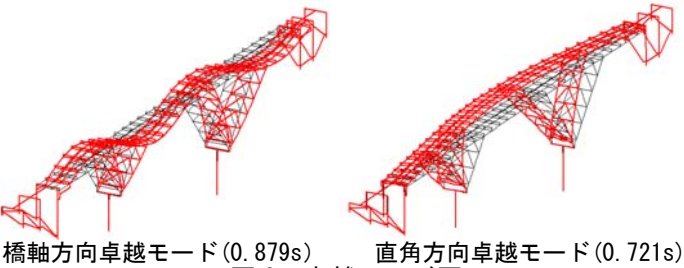
3. 解析手法と耐震性能照査結果

(1)解析手法と解析モデル

対象橋梁は高次不静定構造物であり,軸力変動及び2軸曲げの影響が大きいことより,解析手法としては「ファイバーモデルによる動的複合非線形応答解析(時刻歴応答解析)」を適用した.解析モデルは,構成部材を全てファイバーモデルとし,主部材と2次部材の結合条件は剛結合,RC床版のスラブアンカーによる拘束は,水平成分,直角方向周りの回転を拘束し,その他の回転成分をフリーとした拘束条件でモデル化した.また,下部工についても橋軸直角方向で同一振動単位系となることから同様にモデル化した.材料構成則は,各種準拠基準にて設定した.

(2)固有振動解析結果と振動特性

固有振動解析より本橋の卓越振動としては,橋軸方向0.879s,橋軸直角方向で0.721sとなる(図2参照).この固有周期で,I種地盤TYPEII地震動の標準応答スペクトルを適用すると,橋軸直角方向加震時の固有周期で最大加速度(2,000gal)となる特性を有している.



(3)耐震性能照査手法

上部工の耐震性能照査においては,「鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン H16.9」(以下,「JSSC ガイドライン」と示す)にて提案されているひずみ照査法を準用する.下部工の耐震性能照査は,「道路橋示方書・V耐震設計編 H14.3」(以下,「道示V」と示す)に準拠し,許容曲率及びせん断耐力により照査を実施する.なお,目標とする耐震性能は,レベル2地震に対して道示Vで示す耐震性能2(JSSC ガイドラインでは耐震性能3)とし,表1に示す要求性能について照査を実施した.

図2 卓越モード図

表1 目標とする耐震性能

各構造要素		健全度	要求性能
主桁・V脚		部材健全度2	部材縁部の一部降伏やわずかな局部座屈は許容するが,部材全体は限定的な損傷範囲内にとどめる.
横構 etc		部材健全度4	部材縁部の降伏,部材座屈等を許容するが,部材終局には至らない.
支 承		部材健全度2	塑性化を許さない.
橋台 橋脚	塑性ヒンジ区間	部材健全度2	塑性変形を許容するが,緊急車が走行可能な範囲内にとどめる.
	塑性ヒンジ以外	部材健全度1	ひびわれは許容するが,主たる塑性変形とならない範囲にとどめる(鉄筋が降伏しない範囲).
基 礎		部材健全度2	塑性変形を許容するが,緊急車が走行可能な範囲内にとどめる.

キーワード: V脚ラーメン橋, ファイバーモデル, 動的応答解析, 耐震補強設計, 負反力対策,

連絡先 : 〒060-0807 札幌市北区北7条西1-2-6 パシフィックコンサルタンツ(株)北海道支社 TEL011-700-5224 FAX 011-700-5221

(4) 損傷箇所

対象橋梁のレベル 2 地震時の損傷箇所を図 3 にまとめる。損傷としては橋軸直角方向加震時の損傷が主であり、支承の負反力、横構の座屈、ラーメン橋台のせん断破壊などが顕著であった。なお、上部工の主部材で降伏している箇所が存在するが $2\varepsilon_y$ 以下（最大 $\varepsilon_{max}/\varepsilon_y=1.924$ ）で、耐力低下がなく、残留変位が小さいことから補強対象から外した。

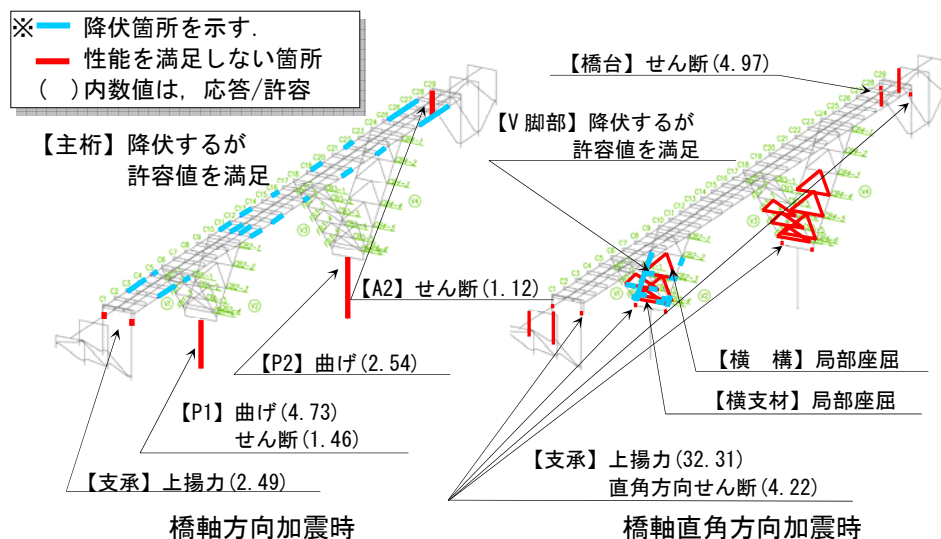


図 3 損傷箇所のまとめ

4. 耐震性能向上策とその評価

(1) 制震材（座屈拘束ブレース）の検討

局部座屈する横構は、各V脚の下側（図 4 参照）であり、補強を実施した場合、V脚剛性が高くなり慣性力が増加する傾向が得られた。この結果より、損傷部位の低減を目指すため、横構に低降伏点鋼を用いた座屈拘束ブレースを設置し、補強規模の縮小を図った。なお、横支材については曲げ支配型の破壊形態であり、座屈拘束ブレースの適用性が低い結果となることから、部材補強（取替）で対応した。

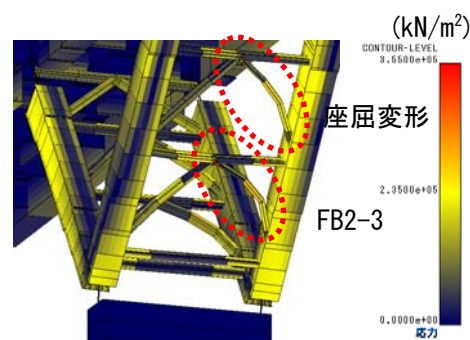


図 4 横構座屈 (5.84sec (変位倍率 10 倍))

(2) 角溶接部補強

平成 7 年 兵庫県南部地震では、ウェブおよびフランジの局部座屈が角溶接部の破断に発展した事例が報告されている。そのため、対象橋梁においても、塑性変形が生じた部材で、部分溶け込み溶接とすみ肉溶接の併用が行われている角溶接部（かど継手）については、座屈変形と継手破断（縦割れ）が生じる可能性が高いことから、このような部材については、角補強（図 5 参照）を実施した。

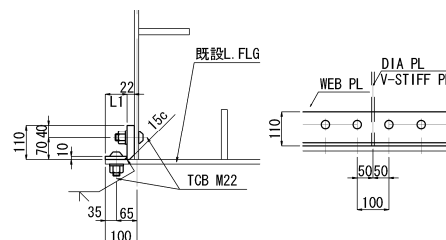


図 5 角補強 標準断面

(3) 落橋防止システムを含めた支承アップリフト対策

既存の支承と落橋防止システム（変位制限構造）が補完しあって抵抗する構造を採用し、支承の損傷を防止する設計とした。設置においては、支承の機能を阻害しないような対策とするため、図 6 に示すような緩衝ピンによるアップリフト対策を実施した。

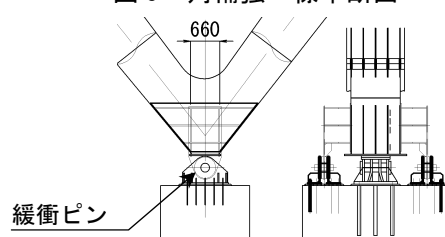


図 6 アップリフト対策

5. おわりに

現行耐震基準以前に設計された V 脚ラーメン橋は、レベル 2 (TYPE II) 地震動において、橋軸直角方向加震時に支座位部に大きな上揚力が生じる結果となり、支承形式の大幅な見直しが必要であることがわかった。また、V 脚部については JSSC ガイドラインの $2\varepsilon_y$ の制限値内に収まる結果となったが、降伏ひずみ ε_y に達し、かつ軸力比 N/N_y が 60% 近い状態となっている箇所も存在した。このように、本構造形式は、上路アーチ橋に近い値が得られ、補強項目も大規模になることが予想されることから、今後の課題としては、経済的かつ効率的な補強対策を行うために、緊急輸送道路としての機能を確保できる最低限の性能（許容値の設定方法）について十分に検討し、最良な工法を選定していく必要がある。

参考文献

- (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002. 3
- (社) 日本鋼構造協会：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，2006. 9