

上信越自動車道れいめい橋(2期線)の計画・設計

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○小張 裕介
 東日本高速道路(株) 東田 典雅
 東日本高速道路(株) 齋藤 正司
 八千代エンジニアリング(株) 正会員 渋谷 智裕

1. はじめに

上信越自動車道(信濃町IC～上越JCT)では交通集中渋滞の緩和や冬期の円滑な交通確保を主たる目的とした四車線化事業を行っている。この区間のうち、長野県と新潟県のほぼ県境に位置するれいめい橋は、平成7年に架橋され1期線として供用されている。下部工は2期線施工を見越し、1・2期線一体の基礎および橋脚基部が構築されているため、2期線計画に際してはこれらの耐震性能照査および補強工法検討を踏まえた橋梁形式選定の必要があった。本稿は、既存の基礎および橋脚の活用可否の評価、1期線に近接した橋梁計画を行う上での留意点を踏まえた橋梁形式の検討結果、および凍結防止剤の散布など寒冷地特有の条件に配慮した耐久性向上策について報告を行うものである。

2. 橋梁概要

れいめい橋(1期線)はPC5+3径間連続ラーメン箱桁橋(最大支間142m)として供用されており、P1～P4橋脚は直接基礎、P6、P7橋脚はケーソン基礎として、1・2期線一体で橋脚基部までが構築されている。また、P5橋脚は場所打ち杭基礎として1期線単独で施工されている。1期線施工時の2期線計画では、1・2期線で同支間・同形式の橋梁として計画されていたが、後述の既設構造の耐震性評価および橋梁形式検討結果を踏まえ、A1～P5間は1期線と同じ支間割り(支間長約42m)のPC5径間連続ラーメン箱桁橋、P5～A2径間は一級河川関川を跨ぐ位置において最大支間106mを有するPC4径間連続ラーメン箱桁橋とする2連構造を採用した。架設方法はA1～P5径間で固定支保工架設、P5～A2径間で張出し架設として計画を行っている。本橋の橋梁諸元を表-1、橋梁形状を図-1、図-2に示す。

表-1 れいめい橋(2期線)橋梁諸元

| | |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 路線名 | 関越自動車道 上越線 |
| 橋名 | れいめい橋 |
| 橋梁位置 | 自)長野県上水内郡信濃町大字野尻 至)新潟県妙高市大字関川 |
| 道路規格 | 第1種第3級 B規格 |
| 構造形式 | (A1～P5)PC5径間連続ラーメン箱桁橋(支保工架設) (P5～A2)PC4径間連続ラーメン箱桁橋(張出し架設) |
| 設計荷重 | B活荷重 |
| 橋長 | 500.5m (A1～P5:213.0m, P5～A2:287.5m) |
| 支間長 | (A1～P5)40.853m+42.509m+42.517m+42.527m+42.144m (P5～A2)61.950m+106.000m+71.000m+46.100m |
| 有効幅員 | 9.410m |
| 縦断勾配 | 1.750%～1.200% |
| 横断勾配 | 2.667%～4.500% |
| 平面線形 | A=457.019～R=1000.790m |

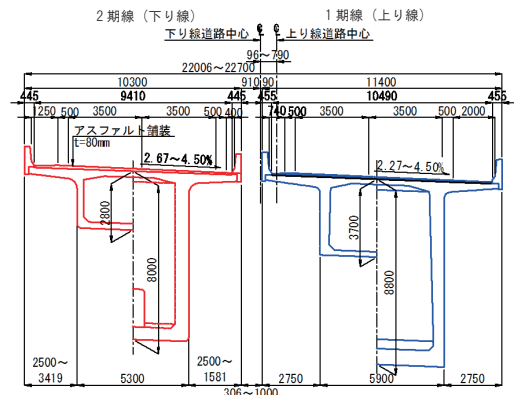


図-1 上部工断面図

3. 橋梁計画上の留意点と基本方針

本橋は橋軸直角方向の地震力に対して経済性で有利となることから1期線段階で1・2期線一体の基礎工が計画・施工されていた(写真-1)。本橋2期線の計画・設計は、道路橋示方書(以下、道示と称す)などの設計基準改定を踏まえ、既設下部工を最大限に有効利用しながら実施していく必要があり、以

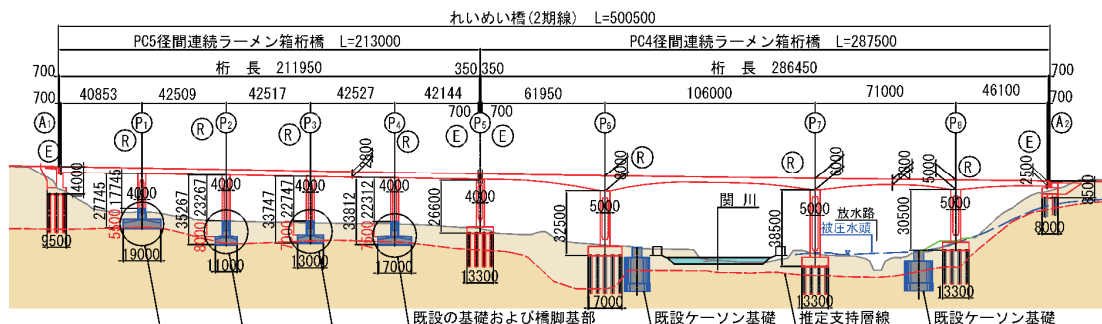


図-2 れいめい橋(2期線)橋梁一般図：側面図

下の留意点に対し、各々の基本方針のもと橋梁計画を進めた。

- 1) 既設の基礎および橋脚基部の耐震性確保・補強方法：道示(平成24年)の地震動を適用するとともに、橋脚基部の曲率照査は道示(平成14年)の耐力評価式を用いて耐震性能照査を実施し、必要となる補強量を算定する¹⁾。
- 2) 既設ケーソンの耐震性評価とP5～A2径間の上部工形式および支間割り：既設ケーソンの2期線基礎としての活用可否を判断するとともに、補強が必要となる場合には基礎を新設する案について検討を実施する。なお既設ケーソンの照査は基礎に対する偏心の影響を考慮した立体解析を行う。
- 3) 隣接した1・2期線橋梁同士の桁衝突(橋軸直角方向)：支承を配置する橋台および掛け違い橋脚では、レベル2地震時においても橋軸直角方向を固定するなどして1・2期線の桁衝突に対して配慮する。なお新たに基礎を構築し、1・2期線間で支間割りを変える場合には、双方の振動特性を把握したうえで桁衝突が生じないように平面線形を見直し必要な離隔を確保する。
- 4) 構造物の高耐久化および維持管理性向上策：東日本高速道路(株)新潟支社管内における橋梁本体および検査路の損傷事例をもとに、橋梁本体の構造細目・検査路配置計画の観点から対策を施すものとする。



写真-1 既設の2期線橋脚基部

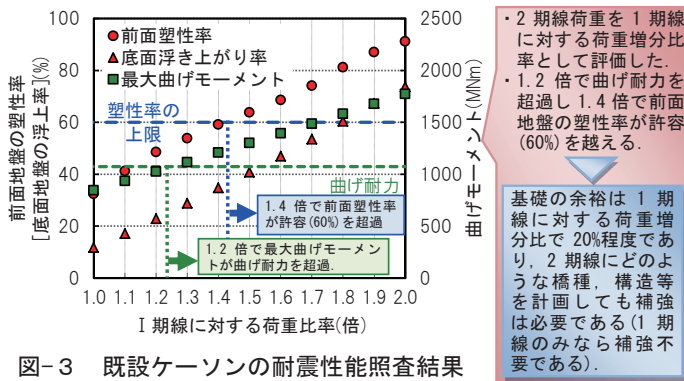


図-3 既設ケーソンの耐震性能照査結果

4. 橋梁計画

4.1 P5～A2径間の橋梁計画

(1) 既設ケーソンの耐震性評価

平成8年度以前の道示に基づいて設計されたケーソンは、現行基準に基づく設計に比べ、側壁の鉛直方向の鉄筋量が少なく、レベル2地震時の耐震性能を満足しない状況にある。とくに基礎本体の終局曲げモーメント(Mu)が鉄筋コンクリートのひび割れ曲げモーメント(Mc)よりも小さい場合には、側壁が脆性破壊し、基礎の変形性能が小さくなることが懸念される。本橋既設ケーソンの側壁鉛直方向鉄筋はD19@300が配置されている程度であり、現行基準による照査を実施した場合、既設ケーソンは図-3に示すとおり、1期線のみでは耐震性を有するが、曲げ耐力に余裕がなく、2期線にどのような橋種、構造等を計画しても補強が必要であることを把握した。

(2) 橋梁形式の選定

既設ケーソンを利用する場合には補強が必要となることを受け、支間割りを変更し、2期線基礎を新設する案との比較を行った(表-2)。基礎新設案では、交差・近接条件(一級河川関川、東北電力放水路、1期線基礎)および張出し架設のブロック割りから基礎位置を決定し4径間とした。橋種は各案の最大支間長を勘案し、第1案:PC3径間連続波形鋼板ウェブ橋、第2案:PC4径間連続ラーメン箱桁橋とした。

表-2 橋梁形式比較

| 案 | PC3径間連続波形鋼板ウェブ橋 L=287500 | | PC4径間連続ラーメン箱桁橋 L=287500 | |
|-----|--------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | 橋脚 | 橋脚 | 橋脚 | 橋脚 |
| 第1案 | 350850 | 77950 | 42144 | 61950 |
| | 桁長 286450 | | | |
| | 142000 | | 71000 | 46100 |
| | 基礎位置 | | | |
| | 推定支持層線 | | | |
| 第2案 | PC3径間連続波形鋼板ウェブ橋 | | PC4径間連続ラーメン箱桁橋 | |
| | 維持管理性 | △ | ○ | ○ |
| | 基礎補強の必要性 | △ | ○ | ○ |
| | 支間バランス | ○ | △ | ○ |
| | 工費 : 1.07 | △ | ○ | ○ |

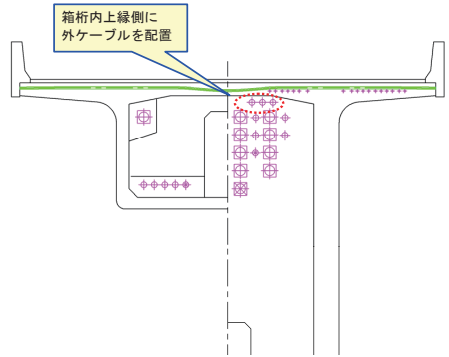


図-4 P5~P6 径間のケーブル配置

なお、既設ケーソンの補強は実績も少なく、設計手法も確立されていないが、地盤条件と経済性より鋼管矢板基礎増設工法を選定している。比較の結果、経済性の観点より第2案を選定し、既設ケーソンの補強を回避するとともに、支間バランスの悪さに対しては以下の配慮を行った。

- 1) P8橋脚は3ブロックのアンバランス張出し架設が必要となるが、P7~P8径間を閉合しラーメン構造を形成した後、残りのブロックを張り出すことで下部工に生じるモーメントを低減した。
- 2) P5~P6径間は架設時だけでなく完成時にも上縁引張が卓越するため、上床版内に配置される内ケーブルのほか、箱桁内上縁側に外ケーブルを配置することで耐力を確保した(図-4)。

(3) 1・2期線間の離隔検討

2期線P5~A2径間の橋梁形式としてPC4径間連続ラーメン箱桁橋を採用したことで、隣接する1期線(PC3径間連続ラーメン箱桁)とは同一の支間割りではなくなる。このため、振動特性の違いにより橋軸直角方向に揺れた際の桁同士の衝突の有無について詳細に検討を行った。

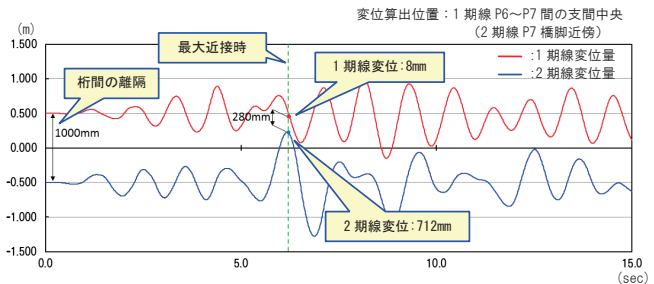


図-5 線形見直し後の時刻歴変位波形図(橋軸直角方向)

桁衝突の確認は1・2期線各々の非線形時刻歴応答解析により直角方向の相対変位量を算出することで行った。検討の結果、1・2期線間の離隔として1000mmを確保するよう2期線の平面線形を見直すことで桁同士の衝突を回避した(図-5)。(最大近接時の離隔:280mm)

4.2 A1~P5径間の橋梁計画

(1) 既設下部工の補強検討

2期線A1~P5径間の既設部分は道示(平成2年)に準拠した設計であり、道示(平成24年)に基づき耐震性照査を行った。この結果、橋脚基部の曲げ・せん断耐力が不足する結果となったが、補強が可能なレベルであることから、RC巻立てによる補強のうえ活用する計画とした(図-6)。ここで中空橋脚外面側の主鉄筋はRC巻立て部分の鉄筋を上部工まで立ち上げるものとし、内面側の主鉄筋は既設橋脚基部

の上端部分に施工済みである保護コンクリートをウォータージェットではつり、既設主鉄筋を露出させたうえで圧接する計画とした。このほか、じん性向上のためのPC貫通鋼材を配置し、底版のせん断耐力不足解消のための底版増厚を施すことで、耐震性能を満足させる計画とした。なお、PC貫通鋼材配置時の鉄筋探査では表面側の鉄筋程度しか確認できないため、貫通鋼材の施工により主鉄筋が切断された場合を想定し、鉄筋本数を実際の配置本数より減らして解析を行うことで構造物の安全性を確認した。

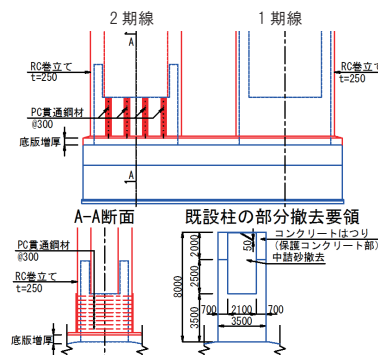


図-6 既設橋脚の補強方法

(2) 上部構造への構造的配慮

A1～P5径間の上部工計画は下記の事項に配慮した。

- 1) P5～A2径間の平面線形見直しに伴い、A1～P5径間では線形の擦り付けが生じ、既設の橋脚中心に対して上部工構造中心位置が変化する。本橋では上部工下床版中心と橋脚中心を揃えるため、上部工の左右の張出し床版長を変化させることで、橋脚に対して常時偏心が生じないように配慮した(図-7)。
- 2) 張出し床版長の変化により、張出し長が長くなる範囲については、横締め鋼材(1S21.8)のピッチを750mmから625mmに狭めることで張出し床版付根に発生する応力を制限値内に収めた。

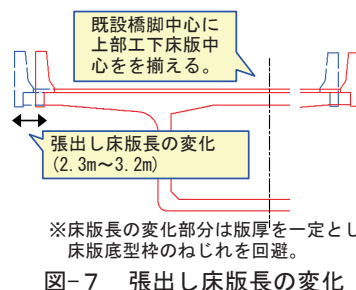


図-7 張出し床版長の変化

4.3 耐久性向上・維持管理効率化への配慮事項

積雪寒冷地である新潟県内の橋梁においては、凍結防止剤を含んだ路面水の漏水、巻上げや飛散により桁端部や壁高欄などに損傷が生じている。また検査路の歩廊上への積雪により、検査路の損傷も多く確認されている。これらを踏まえ、構造物の耐久性向上・維持管理への配慮として、下記のとおり計画を行った。

- 1) 凍結防止剤の影響が懸念される箇所(上部工箱桁外面および壁高欄)にエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用することで構造物の耐久性を向上させた。
- 2) 延長床版の採用による遊間部の漏水対策、上部工桁端部・パラペット・橋座面の表面保護(コンクリート塗装)により、上部工桁端部および橋台の耐久性向上を図った。
- 3) 張出し式の橋台とすることで下部工検査路を張出し床版下に収め、歩廊上への堆雪を防いだ。このほか桁端遊間700mmを確保し、遊間部の点検に配慮したほか、桁内検査路を設置し、従来点検が困難であった高い箇所位置する定着部、偏向部の近接目視点検が可能となるよう配慮した。

5. おわりに

本稿は既設の基礎および橋脚基部を有する橋梁の計画を中心に報告したもので、現在は上部工詳細設計および下部工工事が進んでいる。阪神淡路大震災および東日本大震災を経て、道示の改定が進むに従い、既設構造の耐力に留意した橋梁計画や補強設計の必要性が高まっている。本報告が、同種の橋梁計画の一助となれば幸いである。

<参考文献>

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人土木研究所 既設橋の耐震補強設計に関する技術資料 ; H24. 11
 2) 東日本高速道路株式会社 設計要領第二集 橋梁建設編 ; H24. 7