

# 老朽化した有ヒンジラーメン橋補強工事の計画と施工 (国道9号矢井原橋)

西口喜隆・小西純哉・高龍

矢井原橋は、一般国道9号の兵庫県養父市に位置し、1966年完成のPC3径間有ヒンジラーメン箱桁橋である。主要幹線道路として約40年間の供用により中央ヒンジ部支承が磨耗し、走行時の振動・衝撃音が問題となっていた。また、冬期積雪時の安全性確保のための床版拡幅やB活荷重への対応、耐震補強も必要とされていた。そこで本工事では、主桁下方にRC固定アーチを新たに構築し、アーチ頂部から支間中央ヒンジ部を支持し、走行性の改善とB活荷重対応を目的とした補強を行った。併せて構造形式の変更に伴う主桁の連続繊維シート補強も行った。本稿は補強工事（RC固定アーチの構築）の計画と施工について報告するものである。

キーワード：有ヒンジラーメン，RC固定アーチ，構造形式変更，耐震補強，走行性改善，B活荷重対応

## 1. はじめに

本橋のような有ヒンジラーメン橋は、張出し架設時と構造系完成後の死荷重曲げモーメントが相似であることや、温度変化・乾燥収縮による不静定力が発生しないことなど、電子計算機の発達していない時代において設計が容易であったこともあり、1960年～1980年代にかけて多く建設された。

これらの有ヒンジラーメン橋では、径間中央部のクリープによる垂れ下がりや、ヒンジ部支承磨耗による走行性阻害の変状が見られ、走行性向上対策が求められている。主要幹線道路の国道9号として交通量の非常に多い矢井原橋（写真—1）においては、走行性向上対策に加え、耐震補強、安全性確保のための床版拡幅やB活荷重への対応等を含めた抜本的な対策が求

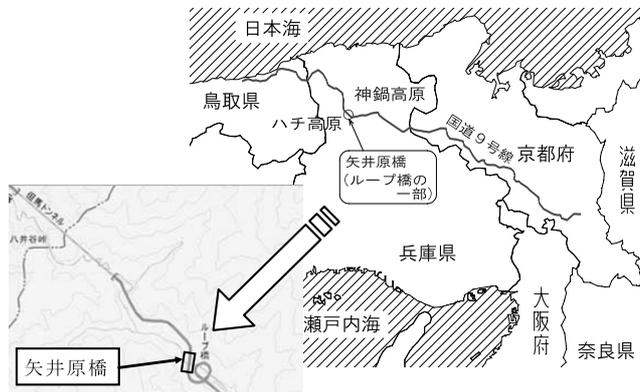
められていた。

## 2. 補強計画の基本方針

このような場合の対策として、一般にヒンジ部を連続化する方法が採用されている。しかしながら、ヒンジ部を連続化するには橋梁の全面通行止めが必要不可欠であり、他に迂回路を有さない主要幹線道路である本橋に採用するには難がある。また、本橋のヒンジ部の直下は一級河川円山川水系の八木谷川が流れており、国内で数例の実績がある中間橋脚追加設置によるヒンジ部直接支持の手法も不適切であると考えた。比較検討の結果、全面通行止めが不要であり、かつ、八木谷川にも影響を与えることのないRC固定アーチによる補強が適切であると考えた<sup>1)</sup>（表—1）。



写真—1 矢井原橋アーチ補強前全景



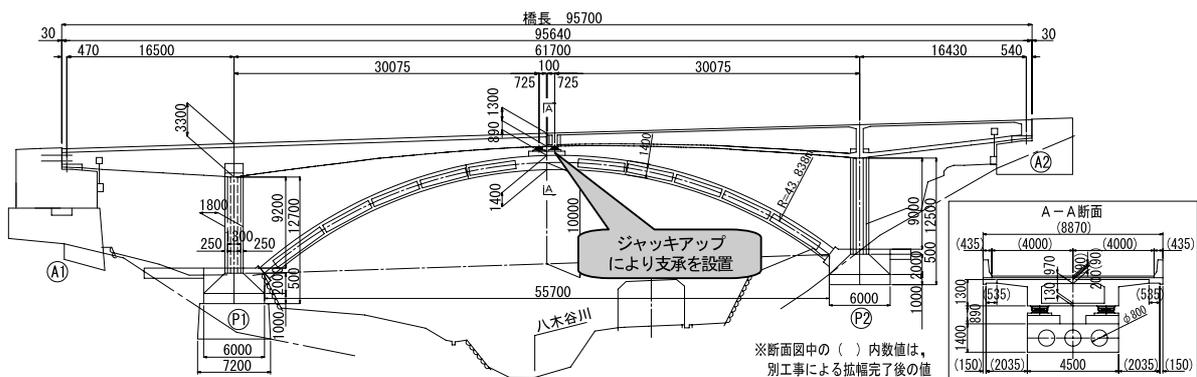
図—1 矢井原橋位置図

表一 補強工法比較表

	側 面 図	特 徴	評 価
第1案		<p>構 造 性: 端支点の負反力は解消されない。</p> <p>通行規制: PCケーブル緊張作業前に端部水平ケーブルを切断し、プレストレスを導入する必要があることから、全面通行止めの必要がある。</p> <p>そ の 他: 全面通行止めを回避するため、迂回用仮栈橋を設置する必要がある。</p>	○
第2案		<p>構 造 性: 端支点の負反力は抑制される。</p> <p>通行規制: 全面通行止めはないが、幅員拡幅時の車線規制のみ発生する。</p> <p>そ の 他: 河川内に橋脚を設置する必要がある。</p>	△
第3案		<p>構 造 性: 端支点の負反力は抑制される。</p> <p>通行規制: 全面通行止めはないが、幅員拡幅時の車線規制のみ発生する。</p> <p>そ の 他: 既設橋脚底版をアーチアバットとして利用することで、桁下の交差物件を渡河することが可能である。</p>	◎

表二 工事概要

工事名	9号矢井原橋床版補強工事		工事箇所	兵庫県養父市八木谷地先
構造形式	PC3径間有ヒンジラーメン箱桁橋（ドゥルックバンド）⇒ RC固定アーチ橋 に変更			
発注者	国土交通省 近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所			
橋長	95.7 m	活荷重	TL - 20 → B活荷重	
支間長	中央支間：61.7 m，アーチ支間：55.7 m		主要 工事内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アーチリブ構築と橋脚基礎拡幅</li> <li>・中央ヒンジ部支承設置とジャッキアップ</li> <li>・炭素繊維シート貼付による主桁補強</li> </ul>
幅員	全幅：7.7 m，有効：7.0 m (3.5 + 3.5 m) ※別工事で全幅 8.87 m に拡幅予定			



図一 構造一般図

### 3. 工事概要

橋梁位置図を図一1に、工事概要を表一2に、構造一般図を図一2に示す。

### 4. 施工概要<sup>2)</sup>

本工事および9号矢井原橋の補強工事全体のフローを図一3に示す。計画全体としては、床版拡幅や耐震補強も含まれるが、橋脚のコンクリート巻立ては本

工事の着手前に完了しており、床版拡幅は、本工事完了後に計画されている。

工事は昼間施工であり、国道9号は本工事を含むループ橋一連の工事で、片側交互通行の規制はされたが全面通行止めではないため、資機材搬入・搬出等は橋梁側方のヤードから行った。また、路面交通を通したままの工事であったため、コンクリート打設時やジャッキアップ時には、後述する計測工等により通行車両の安全面に最大の注意を払いながら作業を進めた。

アーチ構築は支保工施工で行ったが、橋梁下の交差

条件として町道と河川が存在するため、梁式およびトラス式支保工を設置した上に太径支柱式支保工を組立てた。RCアーチ補強工の施工フローを図-4に示す。

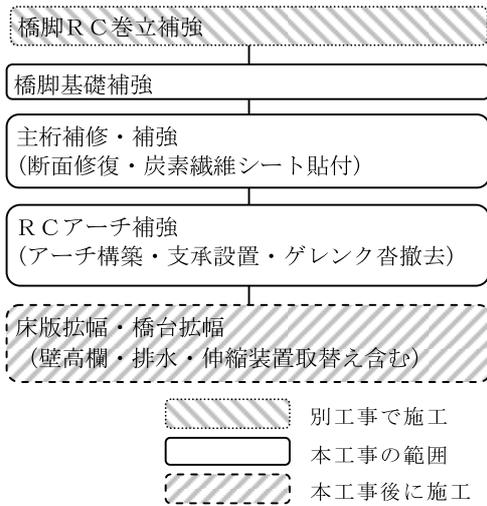


図-3 計画全体のフロー

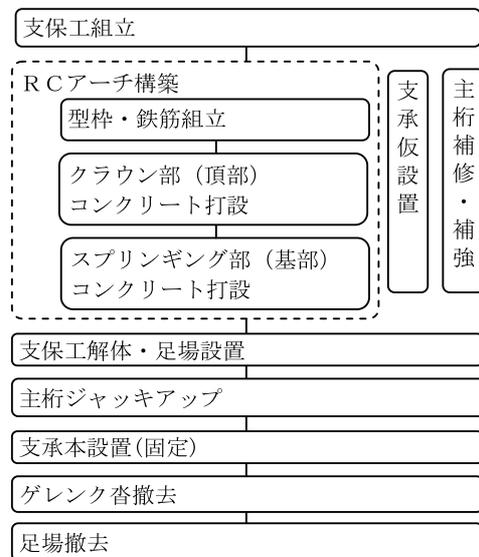


図-4 RCアーチ補強の施工フロー

### 5. 橋脚基礎補強

補強前の基礎は主として鉛直荷重を支持するものであるが、アーチ構築によりアーチ軸線方向の軸力や曲げモーメントを負担する構造となるため、図-5に示すような増厚補強を行った。

アーチ効果により増大した外向き（側径間向き）の水平力は、橋脚背面の控梁により支持岩盤へ伝達する構造となっているため、施工においては、掘削後にロックシュミットハンマーにより支持岩盤を確認（写真-2）した上で控梁の打設を行った。

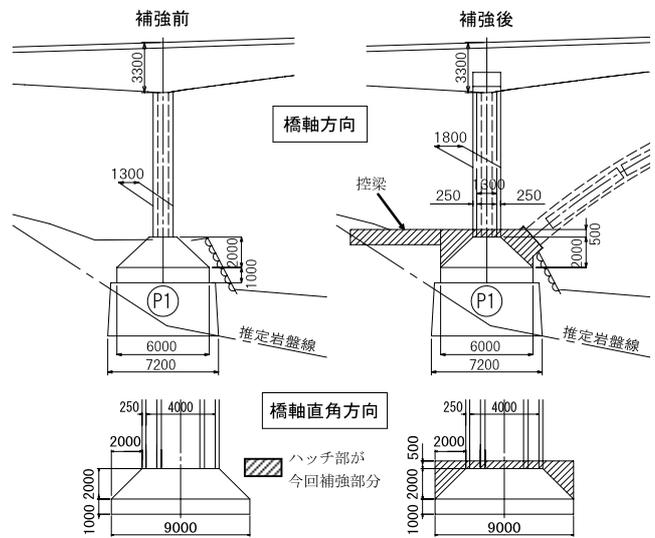


図-5 P1橋脚基礎補強図



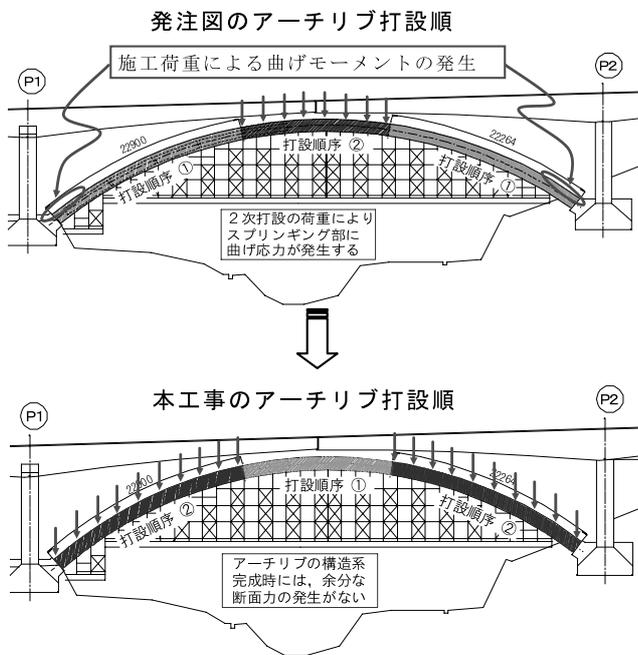
写真-2 岩盤確認

### 6. アーチリブ構築工

アーチリブは、自重を軽減するためφ800mmの円筒型枠3条を内包する中空断面となっており、クラウン部を含まれて約310m<sup>3</sup>の場所打ちコンクリートである。検討の結果、①アーチ基部、②アーチクラウン部の順でコンクリートを打設する計画とした場合、クラウン部打設時の支保工変形に伴う曲げモーメントがアーチ基部に作用することが懸念された。そこで、本工事では、図-6に示すように、①アーチクラウン部（約160m<sup>3</sup>）、②アーチ基部（左右とも約80m<sup>3</sup>）の順で打設を行った。

アーチリブ基部付近は、アーチリブの傾斜が大きいことため上面型枠が必要となるが、エア溜りなどが懸念されたため、透水性シートを貼付けた型枠を採用した。

また、コンクリート打設時にはトータルステーションにより支保工や既設部材の挙動を観測することで、安全を重視した施工管理を行った。計測結果については後述するものとする。



図一六 アーチリブ打設順序

## 7. 中央ヒンジ部のジャッキアップ工

### (1) ジャッキアップ反力の管理目標について

実施工においては、ジャッキアップ反力管理の上下限を以下のように設定した。

- ・反力下限値としては設計で設定されたアーチ頂部片側あたり 400 kN とした。  
これは、全ての補強工事完了後の最も厳しい状態で、アーチ頂部支承に負反力が生じないように設定された値であるため、これを下回らないものとした。
- ・反力上限値は、炭素繊維補強後の主桁 RC 断面応力が、最も厳しい部分において許容値を超えないことを目標として設定した。
- ・設計図書のジャッキアップ反力 400 kN に対する節点 18 の曲げモーメントは 2350 kN・m であるが、別途求めた許容増加量 200 kN・m を考慮したジャッキアップ反力は 434 kN となり、ジャッキ圧の上限値を 15 MPa とした。(ジャッキの受圧面積  $A_j = 143.1 \text{ cm}^2$  2 個使用)

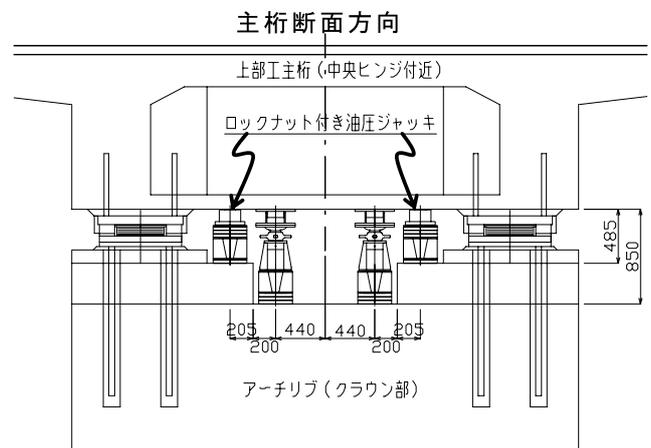
### (2) ジャッキアップ作業

車両通過時は振動が激しく、万一中央ヒンジ部伸縮装置に段差が生じる等の障害が発生するのは非常に危険であるが、全面通行止めを行えなかったため、ジャッキアップは国道 9 号の片側交互通行の切り替え間合い (1 回あたり約 5 分) を利用して行い、ジャッキアップ中は橋面上に監視員を配置して異常のないことを

確認しながら作業を進めた。ジャッキアップの要領図を図一七に、状況写真を写真一三に、ダイヤルゲージによる計測状況を写真一四に示す。

ジャッキアップによる上部工変位は、設計上の変位に対して若干低い結果となった。これは、既設上部工コンクリートの実強度が高くヤング係数が高いことや、設計計算上は高欄・地覆等の剛性は無視されるが、実際には上部工剛性に寄与すること等が原因と考えられる。

作業完了後はジャッキをロックナットで固定し、反力が変化しないようにして沓座モルタルを施工した。



図一七 ジャッキアップ要領図



写真一三 ジャッキアップ状況



写真-4 計測状況



写真-5 動態観測状況

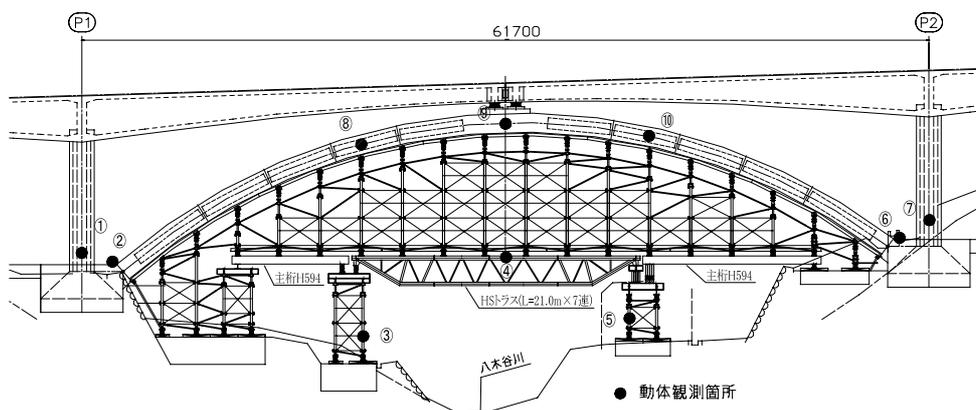


図-8 動態観測位置

### (3) ジャッキアップの影響

ジャッキアップ前後にダイヤルゲージにて大型車両通過時の主桁たわみ（アーチリブに対する相対変位）を計測した結果、ジャッキアップ前は最大8 mm 程度たわみを生じたものが、ジャッキアップ後には最大0.8 mm 程度となり、大型車両通過時の衝撃音と振動は著しく軽減された。

### (4) ジャッキダウン（支承に反力移行）後の影響

ジャッキダウンによる主桁とアーチリブ間の相対変位は、測定の結果1 mm 程度であり、想定した値に近いものだった。ジャッキダウン後も、大型車両通過時の主桁たわみや衝撃音の改善効果の低下は認められなかった。

## 8. 動態観測工

支保工基礎が河川付近にあるため、コンクリート打設時の支保工沈下が懸念されたことや、アーチ自重作用時およびジャッキアップ時には橋脚基礎に水平力がかかることなどから、異常な変位を早期に発見するため、工程の要所でトータルステーションによる動態観

測を行い、安全性を確認した。図-8 に計測位置を、写真-5 に観測状況を示す。観測の結果、異常な変位は認められなかった。

## 9. おわりに

本橋梁は、兵庫県北部の降雪が多い地域に位置するが、施工中は幸運にも比較的気候に恵まれ、降積雪の影響を受けることなく、平成19年3月に無事しゅん工することができた（写真-6）。



写真-6 完成写真

また、本工事はPC有ヒンジラーメン橋の機能向上を目的とした補強工法としては初めての対策工法であり、本報告が今後の同種工事の計画の参考になれば幸いである。



《参考文献》

- 1) 橋本孝夫・大原誠・高龍：コンクリートアーチによる有ヒンジラーメン橋の補強設計，第39回（平成18年度）研究発表会論文集，建設コンサルタンツ協会近畿支部，pp.171-176（2006.7）
- 2) 椎名教之・小西純哉・小林睦・高龍：9号矢井原床版補強工事の計画と施工報告－新設アーチリブで中央ヒンジ部を支持することによる走行性改善とB活荷重対応－，第16回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，プレストレストコンクリート技術協会，pp.289-292（2006.10）



[筆者紹介]  
西口 喜隆（にしぐち よしたか）  
国土交通省近畿地方整備局  
豊岡河川国道事務所  
八鹿国道維持出張所  
技術係長



小西 純哉（こにし じゅんや）  
三井住友建設(株)  
大阪支店 土木部  
工事担当課長



高 龍（こう りゅう）  
新日本技研(株)  
西部支社 設計部  
設計主任

## 建設の施工企画 2007年バックナンバー

### 平成19年1月号（第683号）～平成19年12月号（第694号）

1月号（第683号）  
建設機械特集

6月号（第688号）  
建設施工の安全対策特集

10月号（第692号）  
維持管理・延命特集

2月号（第684号）  
道路工事・舗装工事特集

7月号（第689号）  
建設施工における新技術特集

11月号（第693号）  
情報化技術特集

3月号（第685号）  
除雪特集

8月号（第690号）  
防災・災害復旧特集

12月号（第694号）  
ロボット・無人化施工特集

4月号（第686号）  
環境特集

9月号（第691号）  
河川・港湾・湖沼・海洋工事  
特集

■体裁 A4判  
■定価 各1部840円  
(本体800円)

5月号（第687号）  
ダムの施工技術特集

■送料 100円

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>