

張出し工法により架設した曲率半径が小さい箱桁橋の設計・施工

(株)日本ピーエス 正会員 ○船野 浩司
 福井県嶺南振興局小浜土木事務所 地域整備課 河出 浩喜
 福井県嶺南振興局小浜土木事務所 地域整備課 森川 大輔
 (株)日本ピーエス 正会員 清水 秀樹

1. はじめに

本橋は、国道162号おおい町名田庄口坂本と国道27号高浜町園部を結ぶ主要地方道坂本高浜線の一部として架設される、橋長210mのPC3径間連続ラーメン箱桁橋である。

架設位置が、峠を越える場所に位置することから平面線形が曲率半径 $R=90\text{m}$ と小さく、加えて大きな縦断勾配(6%)や横断勾配(5%)を有するなど、大変厳しい線形条件であった。

(写真-1)

本稿では、小さい曲率半径を有する箱桁橋の張出し架設施工に際して留意した設計・施工事項および出来形管理(上げ越し管理)について報告する。



写真-1 完成写真

2. 工事概要

工事名：道路改良工事(地域連携推進(地方道))その1工事

工事場所：福井県大飯郡おおい町石山地係

工期：平成20年10月～平成22年5月

構造形式：PC3径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：210.000 m

支間長：68.700 + 70.000 + 68.700 m

有効幅員：7.268 ~ 7.500 m

平面線形：A = 55 ~ R = 90 m

縦断勾配：6.00%，横断勾配：1.99 ~ 5.00%

架設工法：張出し架設，固定支保工架設(側径間)

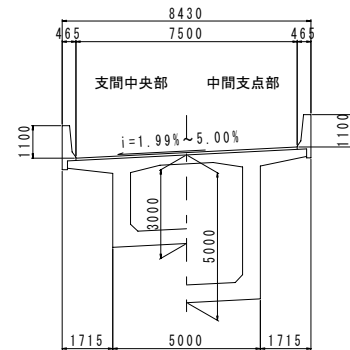


図-1 標準断面図

図-1に標準断面図および図-2に全体一般図を示す。

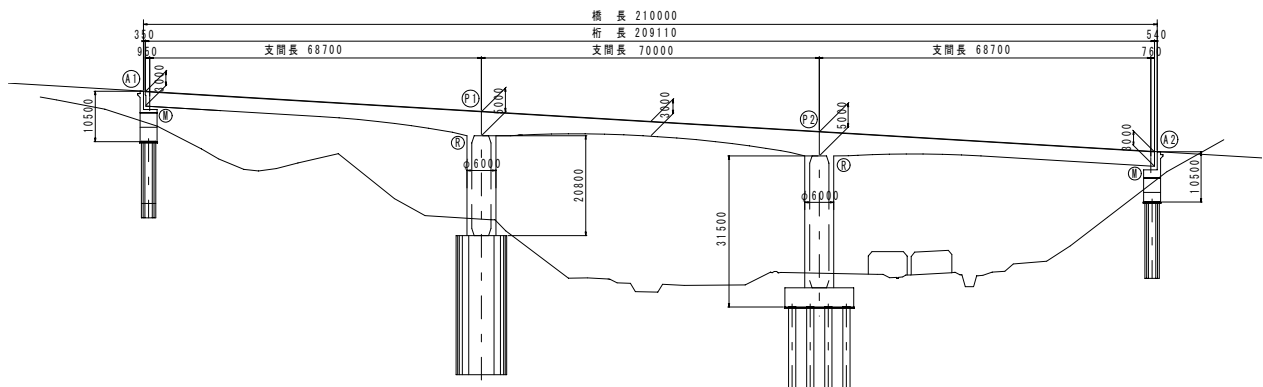


図-2 全体一般図

3. 設計概要

3.1 断面力の算出とプレストレスの計算について

1支間あたりの交角は最大45度で曲線の影響を大きく受けることが想定された。そのため、施工時および完成時ともに立体骨組解析にて断面力を算出した。完成系の解析モデルを図-3に示す。また、プレストレスの算出にあたっては、平面曲率の影響をPC鋼材とシーす間の摩擦係数 λ に計算した。 λ^* 算出式を式-1に示す。

$$\lambda^* = \lambda + \frac{\mu}{R} \quad \dots \text{式-1}$$

μ : 角変化1ラジアンあたりの摩擦係数, R : 曲率半径

3.2 支承配置について

曲線の影響から端支点部の支承反力が曲線外側に集中した。図-4に示すように支承を構造中心から曲線外側にずらすことで反力の平均化を図った。表-1に支承配置変更前と変更後の支点反力を示す。

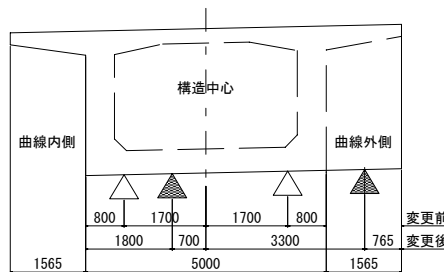


図-4 支承配置図

表-1 支点反力比較 (kN)

| 変更前 | A1橋台側 | | A2橋台側 | |
|--------|-------|------|-------|------|
| | 内側 | 外側 | 内側 | 外側 |
| 死荷重時 | 733 | 4751 | 523 | 4957 |
| 設計最大時 | 1427 | 6410 | 1215 | 6643 |
| 荷重時最小時 | 1535 | 4810 | -66 | 5027 |

| 変更後 | A1橋台側 | | A2橋台側 | |
|--------|-------|------|-------|------|
| | 内側 | 外側 | 内側 | 外側 |
| 死荷重時 | 2765 | 2910 | 2583 | 3085 |
| 設計最大時 | 3851 | 3970 | 3672 | 4162 |
| 荷重時最小時 | 2582 | 2822 | 2397 | 3003 |

3.3 動的解析の加振方向について

地震時については、立体骨組モデルによる非線形履歴モデルを用いた時刻歴応答解析を行った。加振方向は、予め実施した線形動的解析にて各橋台、橋脚の最も危険な方向を選択した。本橋は、各支間の交角がほぼ45度であったことから、図-5に示すとおりA1橋台とP2橋脚、P1橋脚とA2橋台の二つにグルーピングし、加振8方向について検討を行った。

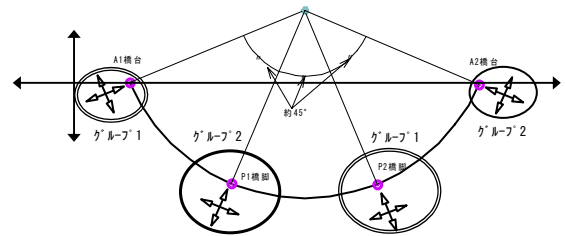


図-5 加振方向図

3.4 横方向の検討について

曲線橋の場合、けたの平面曲線に起因して以下の腹圧力が図-6に示すように作用する。

- ・自重による圧縮力の水平成分
- ・PC鋼材引張力の水平成分

これらの腹圧力により横断面に発生する曲げモーメント図を図-7に示す。曲げ応力度の検討結果から、床版横締めPC鋼材 SWPR19L1S28.6 を 330~400mm 間隔で配置することとした。代表的な鋼材配置形状を図-8に示す。

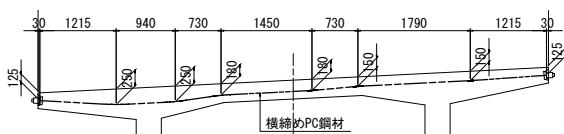


図-8 横締めPC鋼材配置図

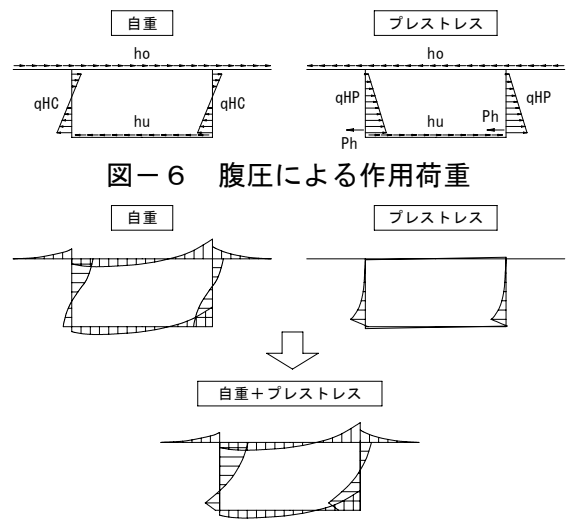


図-7 腹圧力を考慮した横方向曲げモーメント

4. 施工概要

本橋は、曲線橋であるほか、側径間の延長が約36mあるという特徴を有している。これら特徴を考慮し、実施した施工要領を図-9に示す。

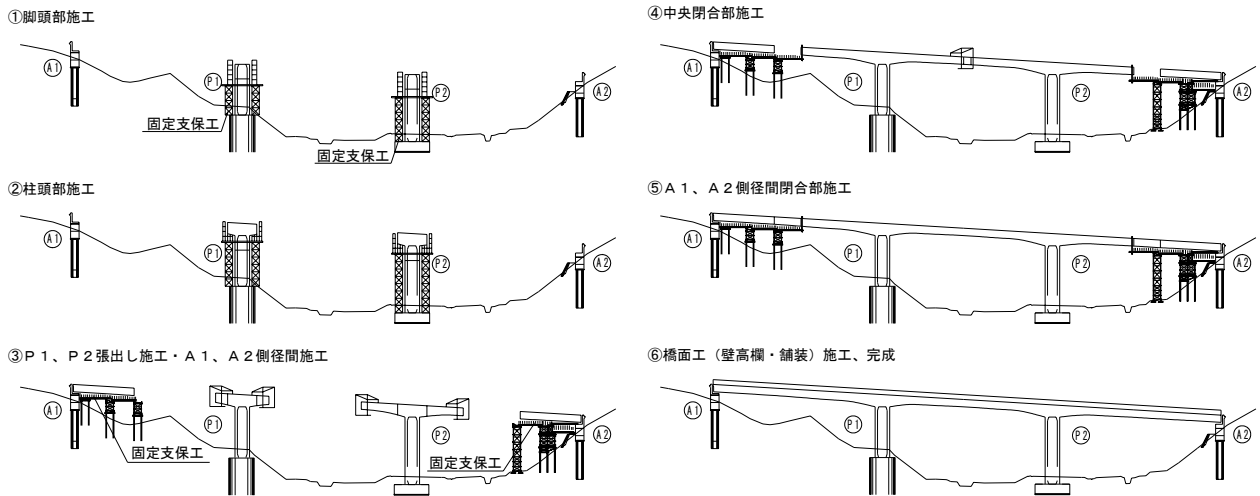


図-9 施工要領図

4. 1 施工要領

①脚頭部・柱頭部施工

各橋脚は地震時のいずれの方向からの揺れに対しても、同一な剛性で抵抗できるよう断面形状が円形となっており、施工用ブラケットの設置が困難であったため、固定支保工により施工した。

②張出し施工 (写真-2)

張出し施工はP2およびP1橋脚同時に行った。移動作業車のレールは、施工性を考慮し、平面曲線に合わせ曲げ加工 (R=90m) したものをを使用した。

③側径間 (固定支保工部) 施工

側径間は延長が約36mあり、一般的な側径間に比べ長い為、閉合部 (約11m) を設け、桁端部側 (約25m) を固定支保工により先行施工した。固定支保工設置部は、急斜面であったことからH鋼杭をダウンザホール工法により打込み、基礎を構築した。図-10に側径間施工要領図、写真-3に支保工施工状況を示す。

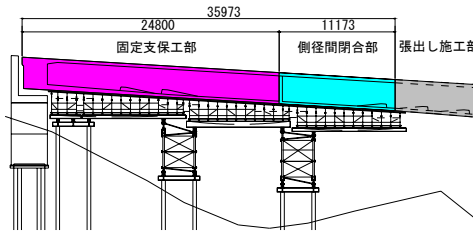


図-10 側径間施工要領図



写真-2 張出し施工状況



写真-3 支保工施工状況

④中央閉合部・側径間閉合部施工

張出し施工時の曲線による不安定さを解消するため、P1側移動作業車により中央閉合部を施工したのち、側径間の閉合を行った。各閉合部では既設コンクリートの拘束によるひび割れ発生が懸念されたため、膨張材を使用し、ひび割れ抑制対策を行った。

5. 曲線橋への対応

5. 1 施工に関する課題と対応

①張出し床版部へのP C鋼棒の配置・緊張

ねじれによる張出し床版部のひび割れおよびブロック打継目の目開き（漏水）を防止するため、張出し床版先端部にP C鋼棒(φ23)を配置(図-11)し、ブロック打設ごとに緊張を行った。緊張後には、カップラー接続し、張出し施工部の全長において緊張力を導入した。

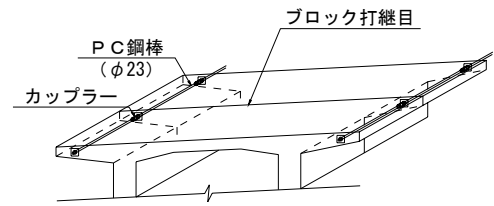


図-11 P C鋼棒配置概要図

②P Cグラウトの施工

シースが曲線に配置されることで摩擦により注入抵抗が大きくなり、注入圧力の増加など施工時のトラブルが考えられた。その対策として、超低粘性型のP Cグラウト材を採用し、注入ポンプおよびホースの注入圧力低下を図った。また、先流れによる残留空気の発生を防止するため、曲げ下がり開始点付近に放熱抵抗値を測定する内部センサーを配置し、空隙状態を検知しながら注入を行った。

5. 2 張出し施工時の出来形（上げ越し）管理に関する課題と対応

①回転変形（ねじれ）によるたわみ量の幅員方向の差異

小さい曲率半径の影響で主桁がねじれることにより、軸線まわりに回転変形が生じ、幅員方向それぞれの位置で異なる変位量が生じた場合、上げ越し管理に影響を及ぼすことが予想された。回転変形によるたわみの概念図を図-12に示す。

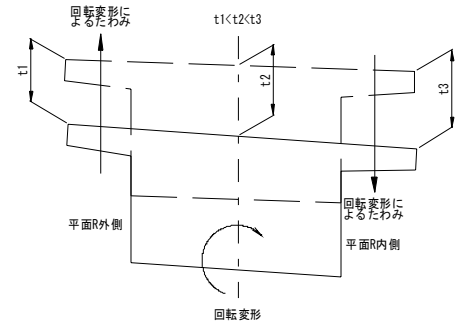


図-12 回転変形によるたわみ

張出し施工時における、各ブロックのコンクリート打設後、緊張後および移動作業車移動後の各段階で、張出し床版先端部と主桁中心部のたわみ量を測定し、ねじれによる変位差を計測した。その結果、各段階ごとの変位差は各ブロックとも、立体骨組解析による事前の計算値とほぼ一致した。

②橋脚変位（倒れ）による出来形（座標）への影響

張出し施工時に曲線の影響から橋脚が曲線内側に倒れることにより主桁位置が移動し、出来形管理に影響を及ぼすことが予想された。

張出し施工時における、各ブロックのコンクリート打設および移動作業車移動後の各段階で、基準となる各橋脚の座標値を計測し、橋脚の倒れを管理した。あわせて張出し施工ブロック先端部の座標を計測し、部材長さや計画高のほか、構造中心座標についても出来形管理に含めるものとした。その結果、最大張出し時で橋脚に5mm程度（曲線内側）の水平変位が見られた。これについても事前の計算値とほぼ一致した。

6. おわりに

本橋では、小さい曲率半径を考慮した施工を行ったことで大きな問題が発生することなく順調に工事を進めることができた。また、厳しい平面線形であったが、予測した課題に着目した出来形管理により、計画高および躯体位置を規格値内に収めることができた。

最後に本工事の施工に際し、ご助言、ご協力を賜りました関係者各位に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 加藤, 荒木, 大和: 平面線形R=160mを有する張出し箱桁橋の施工, 第17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, 2008年11月