

# 江川大橋の設計・施工

## — 最大支間長 173 m を有する 3 径間連続箱桁橋 —

西村 丈二\*1・井上 英二\*2・中積 健一\*3・村尾 光則\*4

江川大橋は、小石原川ダム建設事業に伴う付替国道の一部として、既設の江川ダム湖面上に位置する橋梁である。構造形式は、中央支間長が現日本一となる 173 m の PC 3 径間連続箱桁橋である。工事によって寸断されている地元住民のアクセス路を早期に確保するため、超大型ワーゲン、高強度 PC 鋼材、内外ケーブル方式などの採用により構造の合理化を図り、工程の短縮に取り組んだ。本稿は、江川大橋建設工事における基礎工、橋脚工、上部工の設計・施工について述べるものである。

キーワード：工程短縮、超大型ワーゲン、高強度 PC 鋼材、内外併用ケーブル、ニューマチックケーソン基礎

### 1. はじめに

江川大橋は、小石原川ダム建設事業に伴って整備される付替国道 500 号線のうち、江川ダム湖面上に架橋する橋梁であり、福岡県のほぼ中央に位置する(図 - 1)。ダム湖上に架橋するため、ダム湖を挟み 173 m の支間で 2 基の橋脚を配置した PC 3 径間連続箱桁橋である。P1 橋脚には直接基礎、P2 橋脚基礎にはニューマチックケーソン基礎を採用している。

朝倉市と東峰村間のアクセス路である国道 500 号線は、当該地域を挟んで建設されるダム建設事業により寸断されており、迂回路を利用している地域住民への早期の開放が望まれていることから、上下部工の構造や施工方法の見直しによる工程短縮に取り組んだ。

本稿は、江川大橋建設工事における基礎工、橋脚工、上部工の設計・施工について述べるものである。

### 2. 橋梁概要

江川大橋の橋梁概要・諸元を表 - 1 に、全体一般図を図 - 2 に示す。本橋の最大の特徴は、中央支間長 173 m であり、これまで連続箱桁橋としては日本一である平原大橋の 170 m を上回る。それに伴い、主桁の桁高も最大 10 m となる。基礎形式は、P1 は直接基礎、P2 はニューマチックケーソン基礎であり、橋脚形式は、RC 充実断面とした。工程短縮を目的として、下部工では P2 背面盛土の軽量盛土への変更や鉄筋のプレファブ化、ヘッドバーの採用を行った。上部工では内ケーブルを高強度 PC 鋼材に変更するとともに、一部の連結 PC 鋼材を外ケーブルにすることで、全内ケーブルから内外併用方式へ変更した。これらの方策により、ニューマチックケーソン長を 17.0 m から 11.0 m に短縮し、上部工の構造もスリム化し約 1 割の重量低減を実現している。



図 - 1 江川大橋位置図

表 - 1 橋梁概要・諸元

工事名	小石原川ダム付替国道 1 号橋工事		
発注者	独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所		
施工者	三井住友建設(株) 九州支店		
工事場所	福岡県朝倉市江川地内		
工期	平成 28 年 9 月 21 日～令和 2 年 3 月 15 日		
橋長	339.0 m	支間	87.0 + 173.0 + 79.0 m
道路規格	第 3 種第 4 級 $V=40$ km/h		
荷重	B 活荷重		
形式	PC 3 径間連続箱桁橋		
架設方法	片持ち架設工法		
平面線形	$R=300, A=200, R=\infty, R=600$		
幅員	8.2 m	斜角	90°
横断勾配	3.00 %	縦断勾配	4.70 %

\*1 Jyoji NISHIMURA：独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所 道路工事課 副参事

\*2 Eiji INOUE：三井住友建設(株) 九州支店 小石原 1 号橋作業所

\*3 Kenichi NAKATSUMI：三井住友建設(株) 土木本部 橋梁構造設計部 PC 設計グループ長

\*4 Mitsunori MURAO：三井住友建設(株) 土木本部 部長

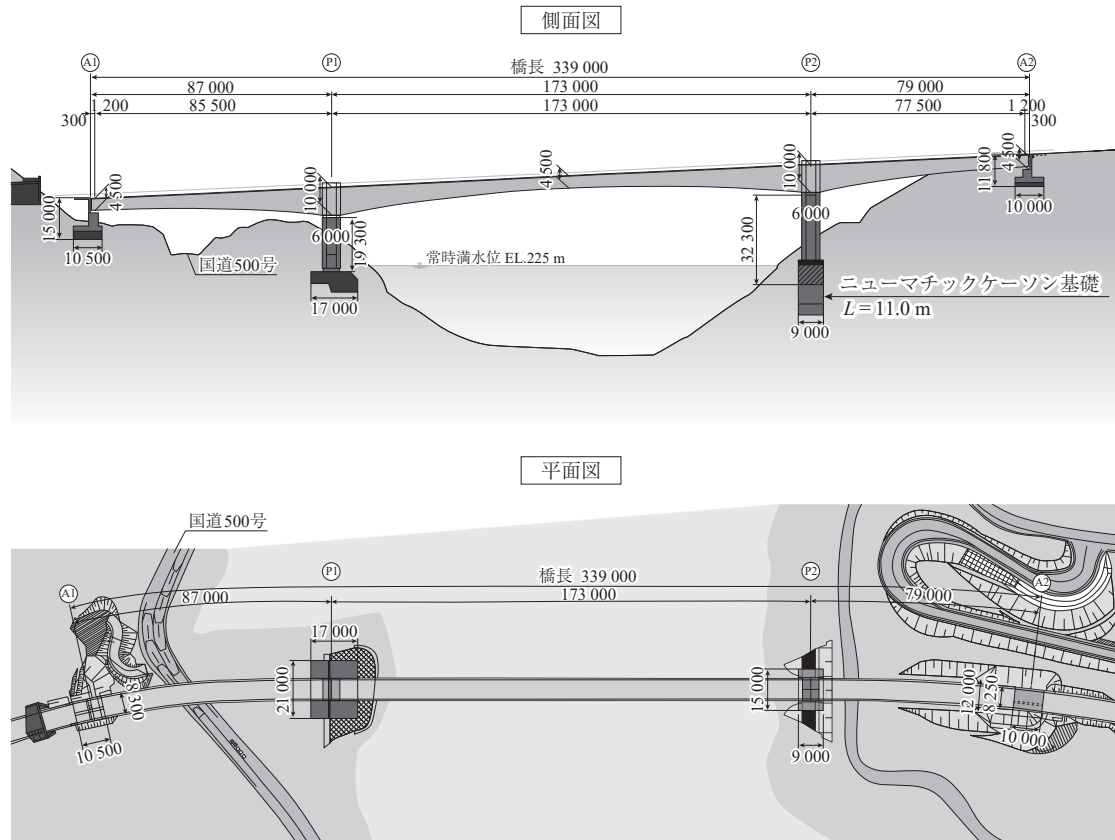


図 - 2 全体一般図

### 3. 設 計

#### 3.1 工程短縮の課題

設計は、工程短縮を目的として上下部工の構造変更も含めた検討を行った。図 - 3 は、本橋 P2 橋脚部の概略工程を示したものである。ニューマチックケーソン基礎工と上部工張出し施工が大きくなっており、全体工程のうちそれ

ぞれ3分の1, 4分の1を占める。

よって、これらの工種をいかに短縮できるかが工程短縮を図るうえで重要となるため、設計においては、ニューマチックケーソン基礎と上部工の2つに主眼を置いた検討を実施した。次項以降に、それぞれの検討結果を詳述する。

#### 3.2 基礎および橋脚の設計

ニューマチックケーソン基礎長は当初 18.0 m となっており、工程短縮のため、ケーソン長の低減を目指した。

P2 橋脚背面は、橋脚完成後に修景を目的として補強盛土による埋戻しを行う計画となっていた。そのため、P2 橋脚ニューマチックケーソン基礎は、上部工反力に加え偏土圧による影響を考慮した設計となっていた。よって、背面盛土の偏土圧によるモーメント、水平力の低減を目的として、橋脚背面盛土の軽量盛土 (EPS 工法) への変更を行った (図 - 4)。さらに、後述する上部工のスリム化により上部工反力を低減することで、当初設計の断面力と比較し、ニューマチックケーソン基礎に作用するモーメントを約 66%、水平力を約 60% まで低減することができ、最終的には、ケーソン基礎長を 18.0 m から 11.0 m まで縮小した (図 - 5)。

また、施工における省力化・効率化を図るため、細部の構造についても見直しを行った。

ケーソン掘削時においては、四隅の掘削効率が悪く時間や手間がとられるため、ケーソン隅角部に隅切りを施した断面形状に変更し、掘削作業の効率化を図った。

さらに、鉄筋は両円形フックの重ね継手となっていた箇

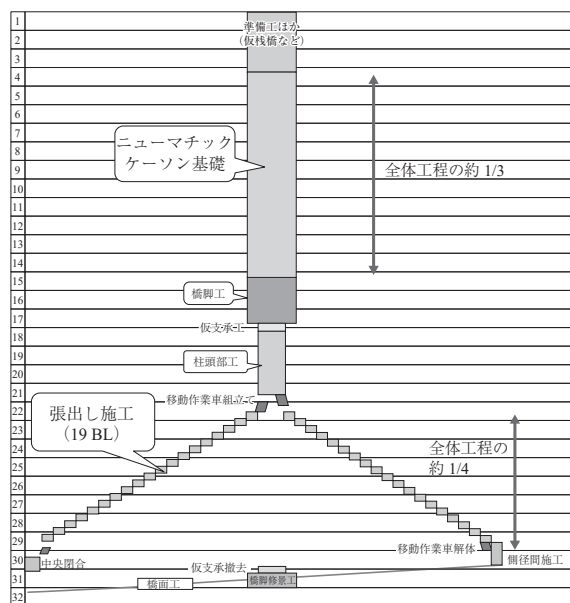


図 - 3 P2 橋脚概略工程 (当初工程)

所をヘッドバーへ変更し、鉄筋組立て工程の簡素化を図った。これについては、直接基礎であるP1橋脚基礎においても、同様に重ね継手となっていたせん断鉄筋端部をヘッドバーに変更している。

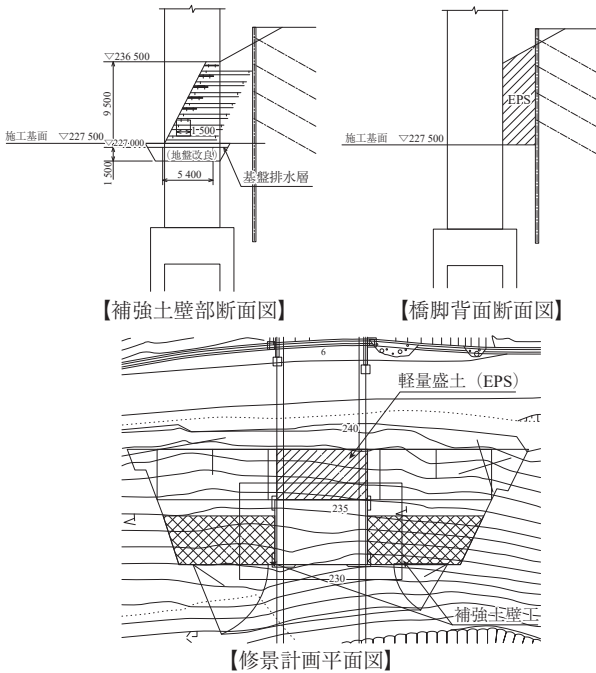


図 - 4 橋脚背面へ軽量盛土 (EPS 工法) の採用

	当初設計	変更後 (軽量盛土変更 + 上部工変更)
概略図		
形状寸法	15.0×9.0×18.0 <sup>a</sup>	15.0×9.0×11.0 <sup>a</sup>
水平力 (kN)	38 300	23 100
モーメント (kN・m)	887 200	589 760
最大モーメント (kN・m)	1 104 640 < 1 243 171	698 543 < 1 243 171
前面塑性率 (%)	58.3 < 60.0	57.1 < 60.0
底面浮上率 (%)	15.07 < 60.0	43.0 < 60.0

図 - 5 ニューマチックケーソン形状比較

橋脚についても、主に施工の省力化を目的として、主鉄筋継手を圧接継手から機械継手へ、また、帯鉄筋の定着をヘッドバーに変更した。橋脚断面形状も、当初の中空断面部を無垢断面に変更し、型枠・鉄筋作業の低減を図った (図 - 6)。

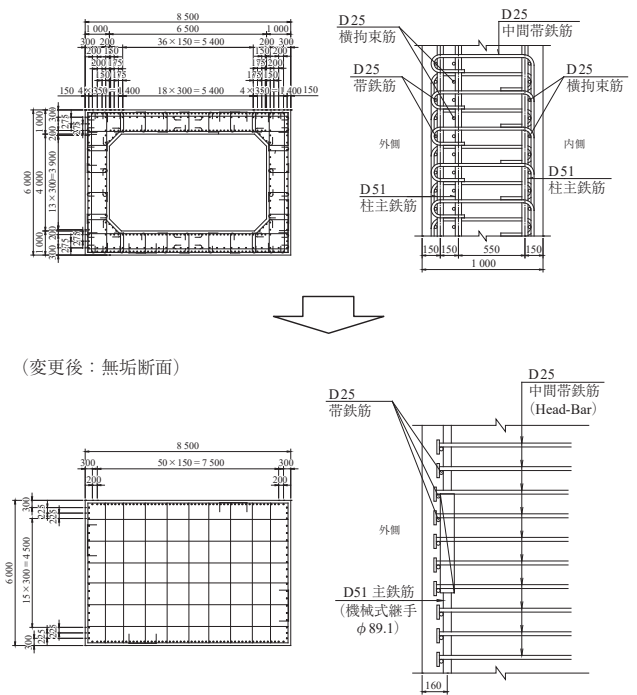


図 - 6 橋脚部断面比較

### 3.3 上部工の設計

上部構造は先述のとおり、軽量化を図る目的で各構造部材の部材厚を見直し、ウェブ厚および下床版厚の縮小を実現している。主桁断面図を図 - 7 に示す。

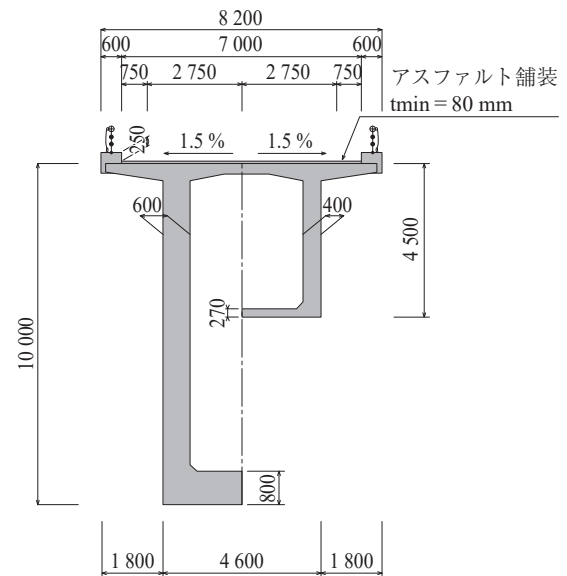


図 - 7 主桁断面図

上部工軽量化の方策として、まずPC鋼材配置の見直しを行った。当初設計においては、上床版PC鋼材およびウェブPC鋼材 (12S15.2) が最大100本配置されており、ウェブ内で最大4列となる配置となっていた (図 - 8)。よって、PC鋼材本数を低減するため、張出しPC鋼材を高強度PC鋼材 (12S15.7) へ変更した。高強度PC鋼材は、通常のPC鋼材の約1.28倍の強度を有しており、ウェブ内

の配置も最大2列に低減するとともに、PC鋼材重量も約209tから約178tと15%程度低減できた。さらに、連結PC鋼材の約7割を内ケーブルから外ケーブルに変更した。これらのPC鋼材は、定着突起によりウェブおよび下床版に定着されるものであり、この変更により配置されていた定着突起を省略することができ、突起重量を低減した。PC鋼材配置の変更概要を図-9に示す。

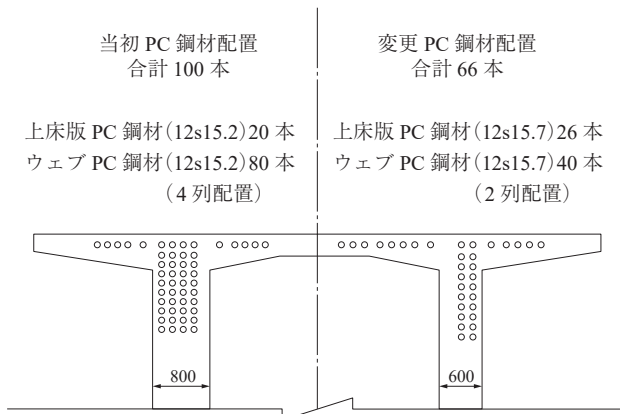
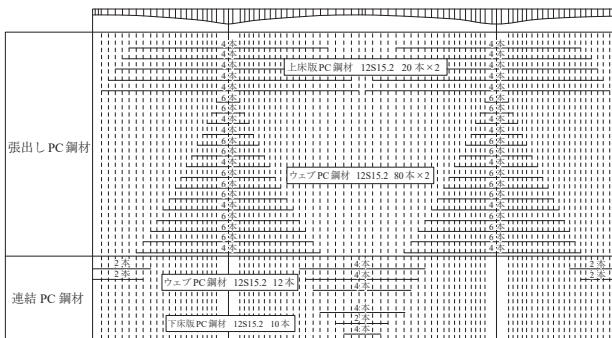


図-8 上床版・ウェブPC鋼材 最大配置比較

当初 PC 鋼材配置



変更 PC 鋼材配置

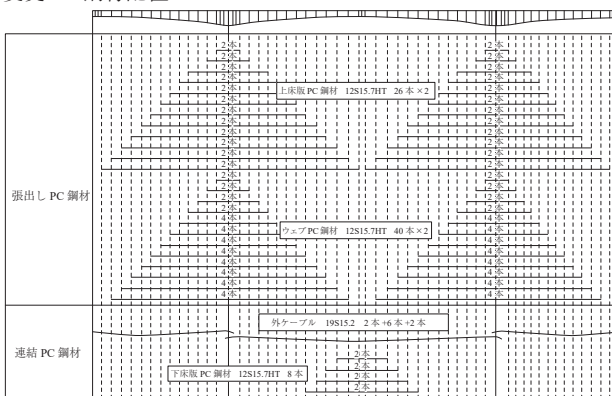


図-9 PC鋼材配置の変更

また、コンクリート強度も  $\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$  から  $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$  へ変更し、張出しPC鋼材の本数低減と併せてウェブ厚を最大200mm (800mm → 600mm) 低減した。コンクリート強度の増加は圧縮部材である柱頭部付近の下床版厚の低減 (最大200mm (1000mm → 800mm)) にも

寄与した。

これらの変更により、上部工重量を約1割、重量にして約5000kN低減させた。これにより、ケーソン基礎長縮小への大きな効果が得られたとともに、PC鋼材本数や定着突起の数量の減少は直接作業工数の低減につながることから、上部工施工時の施工性向上による工程短縮にも寄与している。

また、張出し施工日数の直接的な低減対策として、当初予定の大型ワーゲンから超大型ワーゲンへの変更を検討した。当初、最大ブロック長5.0m、全19ブロックで計画されていたが、ブロック割りを見直し、最大ブロック長7.0m、全12BLに低減し、張出し施工日数の縮減を図った (図-10)。

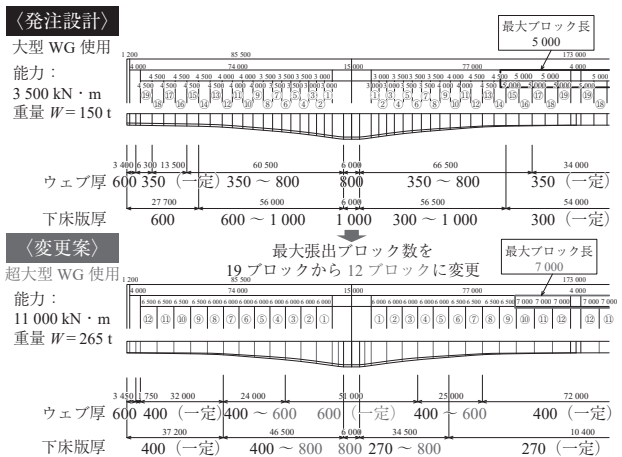


図-10 ブロック割りの比較 (P1 張出し部)

## 4. 施工

### 4.1 下部工の施工

#### (1) ニューマチックケーソン基礎の施工

ケーソンは、ロット長3.0m~5.0mの5ロットに分割して施工した (図-11)。

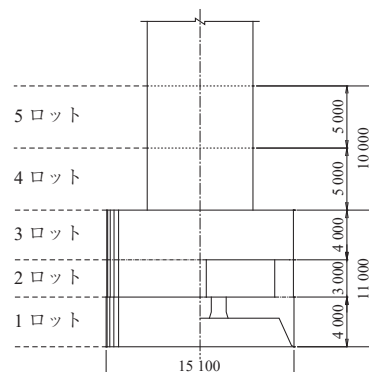


図-11 ニューマチックケーソンロット割り

沈下掘削は、基本的に函内天井に取り付けられた函内シヨベルと人力により行った。四隅の掘削においては、形状変更した効果により、効率的に掘削することができた。そ

## ○ 工事報告 ○

のち、施工途中からは硬岩が露出し始めたため、発破を併用しての施工となった。施工中は、沈下計による鉛直変位、傾斜計による傾斜、盤力計による刃口反力の測定を行い、監視室にて一元的に管理した。これにより、施工精度が上がり平面的なずれを 100 mm 以内に抑えたとともに、施工の効率化ができ施工速度の向上に寄与した。函内の施工状況を写真 - 1 に示す。



写真 - 1 函内ショベルによるケーソン掘削状況

### (2) 橋脚の施工

P1, P2 両橋脚は、先述したとおり橋脚断面を無垢断面に変更し、鉄筋は継手形状を変更することで、施工の効率化・省力化を向上させることができた。さらに、鉄筋の組立て作業はプレファブ化とし、特殊金具を用い帯鉄筋を数段ずつ地組して一括仮設する工法を採用した。これにより、狭く不安定な躯体内ではなく、地上の安定した足場内での組立て作業となり、作業効率を向上させることができるとともに、組立て精度や安全性の向上にも寄与できた。鉄筋のプレファブ化による施工状況を写真 - 2 に示す。これらの対策により、橋脚施工時における型枠工ならびに配筋作業を大幅に省力化することができた。



写真 - 2 鉄筋のプレファブ化

## 4.2 上部工の施工

### (1) 超大型ワーゲンによる張出し施工

張出し施工は、超大型ワーゲンを採用した。最大のブロ

ック長は 7.0 m であり、1 ブロックのコンクリート量は、張出し片側あたり最大で 95 m<sup>3</sup> となった (写真 - 3)。



写真 - 3 超大型ワーゲンによる施工

本橋の線形的な特徴は、全橋にわたり縦断勾配 4.7 % と急勾配となっていることに加え、A1 側径間部では平面線形が  $R=300$  m となっていることがあげられる。これらの線形条件では、7.0 m ブロックにおいて、始点と終点の高低差は約 330 mm となり、軸線のずれはブロック先端部で 155 mm となる (図 - 12)。本橋のワーゲンは超大型ワーゲンであることから、そのレールも 600 H と重量も大きく、レールの移動・セット、ワーゲン移動作業は非常に大掛かりなものとなる。移動の際は、レール下に 1 m ごとに敷設した堅木により高さ調整を行い、勾配を 1.5 % 以内で管理した。また、平面線形の対応については、7.0 m の距離を一回で移動するとワーゲン位置が主桁から大きくずれ、ワーゲンセットが不可能になるため、ブロック中央に追加のレールアンカーを設置し、二段階に分けての移動とした。

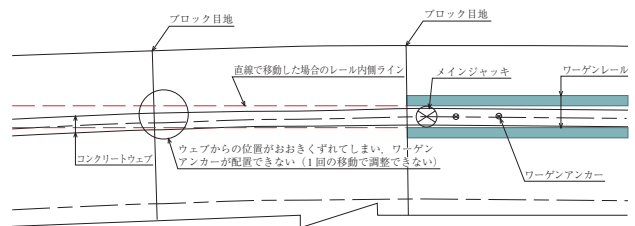


図 - 12 線形の影響

### (2) コンクリート配合

本橋におけるコンクリート打設は、最長で鉛直 25.0 m、水平 90.0 m もの長距離を圧送しての打設となる。また、柱頭部付近のブロックでは桁高が約 10.0 m となり、打上げ高さも高くなる。さらに、コンクリート強度を  $\sigma_{ck}=40$  N/mm<sup>2</sup> から  $\sigma_{ck}=50$  N/mm<sup>2</sup> に高めていることから、粘性も大きくなるため、スランプロス、材料分離などの不具合が懸念された。そのため、事前に練混ぜ、運搬、圧送を再現した試験圧送を行い、配合を決定した。その結果、スランプを 18.0 cm に決定し打設した。

### 4.3 支承の施工

本橋の P1, P2 橋脚で使用した支承は最大反力が約 38 000 kN であり、総重量が約 35 t と非常に巨大なものとなった。よって、ベースプレート部、ソールプレート部を切り離れた 3 部材に分割し、最大重量を約 16 t に抑え設置した。支承の設置状況を写真 - 4 に示す。



写真 - 4 ゴム支承設置状況

### 4.4 環境への配慮

本橋が架橋される江川ダムは利水専用ダムであり、濁水や油などの落下は、下流地域へ重大な影響を与える。よって、施工時において、数々の水質保全対策を実施した。

下部工施工時においては、橋脚周囲に汚濁防止膜を設置するとともに、その内側にはフロート式の濁水流出監視シ

ステムを設置し、水質の監視を行った。また、濁水処理装置を設置し、放流水の水質管理を行った。上部工施工時には、一切の工事用水の流出をゼロとするため、ワーゲン、柱頭部および側径間足場ならびに地覆足場まで下面に止水ゴムシートを敷設した。施工中に生じた工事用水は、循環型濁水再処理装置を構築し、循環利用することで、貯水池への排出を防止した。

また、副次的な効果ではあるが、一連の工程短縮策に伴い、コンクリートや PC 鋼材などの建設資材の削減効果により、環境負荷の低減も実現することができた。

## 5. おわりに

本橋は施工中、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨、令和元年 8 月の前線に伴う大雨と 3 度の降雨による災害を経験している。それぞれの災害において、P1 橋脚部 2 重締切りの大幅な変状や工事用道路の崩落などの被害が発生し、累計で数か月にわたる大幅な工程遅延を余儀なくされた。その中で、構造や施工方法の工夫による工程短縮に取り組んだ結果、これらの工程遅延を抑制し、その影響を最小限に留めることができた。

令和元年 12 月に、本橋は発注者へ引渡しを完了しており、今後付替国道の開通により、豪雨災害からの復興、地域の発展が期待される。最後に、本工事にご協力いただいた関係者の皆様に深くお礼を申し上げますとともに、本稿が、同種橋梁の計画・設計・施工の一助となれば幸いである。

【2020 年 3 月 2 日受付】



刊行物案内

## 高強度コンクリートを用いた PC 構造物の設計施工規準

平成 20 年 10 月

定 価 6,111 円 (税込) / 送料 300 円

会員特価 5,000 円 (税込) / 送料 300 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会  
(現 公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会)