

# P&Z 工法による PC4 径間連続箱桁橋の施工

## — 一般国道 475 号東海環状自動車道 長良川橋 —

杉下 維章 \*1・川嶋 正宏 \*2・岡林 秀勝 \*3・片岡 智宏 \*4

長良川橋は、平成 21 年 4 月に供用を開始した東海環状自動車道の美濃関 JCT と関広見 I.C の間に位置し、鵜飼いで有名な清流長良川を東西に跨ぐ橋長 343 m の橋梁である。上部工の架設工法としては、河川内に仮設物を構築せず通年施工を可能とし、環境負荷低減とともに工期短縮を図るために、P&Z 工法が採用された。P&Z 工法とは、橋梁上部工に設けた移動式架設桁から型枠設備を懸垂し、橋脚の両側に上部工を順次張出し施工していく工法である。本稿では、最大支間長 111 m と P&Z 工法でも最大級である長良川橋の施工について報告する。

キーワード：P&Z 工法、内・外回り線一体化構造、架設装置引戻し・横移動

### 1. はじめに

プレストレストコンクリート橋の片持ち架設工法に区分される P&Z 工法は、旧西ドイツの Polensky & Zöllner 社で開発され、国内では 1977 年に技術導入後、過去に 7 橋の実績を有する工法である。長良川橋は、8 橋目の橋梁であり、支間長 111 m と過去の実績からも最大級の橋梁である(図-1)。長良川橋の構造特性として、下部工は内・外回り線一体化橋脚という点がある。また、上部工については、内回り線、外回り線を別べつに 1 室箱桁橋として施工し、それぞれの完成後に 4 径間のうち、3 径間部分 (P1~P4 間) の上床版、横桁を連結して、内・外回り線を一体化する構造である(図-2、写真-1)。上記の特性をふまえて施工した、P&Z 工法にともなう施工検討事項および架設装置・機材の施工について報告する。

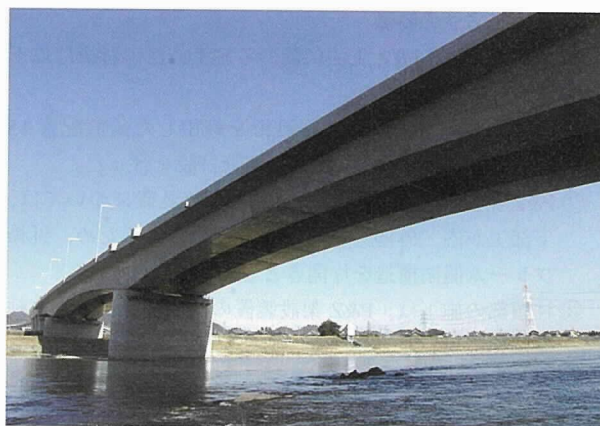


写真-1 完成写真

路線名：一般国道 475 号東海環状自動車道  
 工事場所：岐阜県美濃市志摩から笠神地内  
 構造形式：PC4 径間連続箱桁橋 (内・外回り線 2 連)  
 橋長：343.0 m  
 支間長：59.5 m + 2 × 111.0 m + 59.5 m  
 有効幅員：25.027 m ~ 24.571 m (暫定時)

### 2. 橋梁概要

#### 2.1 工事概要

長良川橋の工事概要を以下に示す。

工事名称：平成 17 年度東海環状 長良川橋建設工事

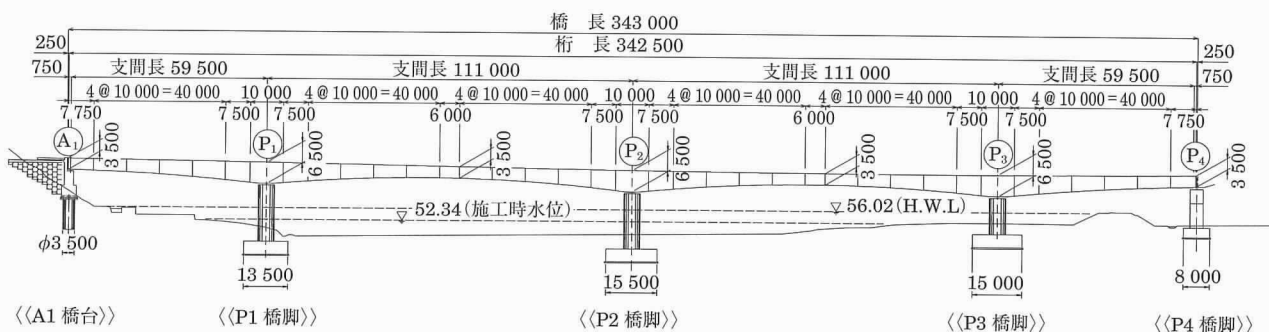
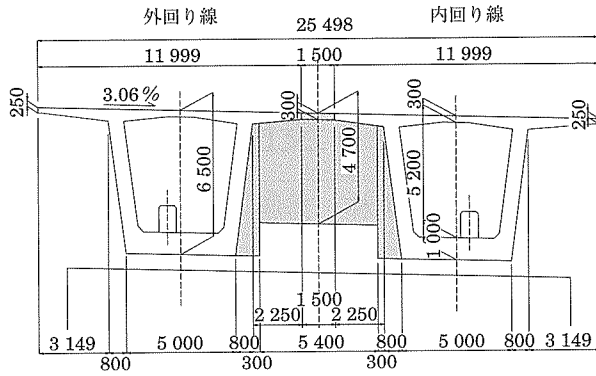
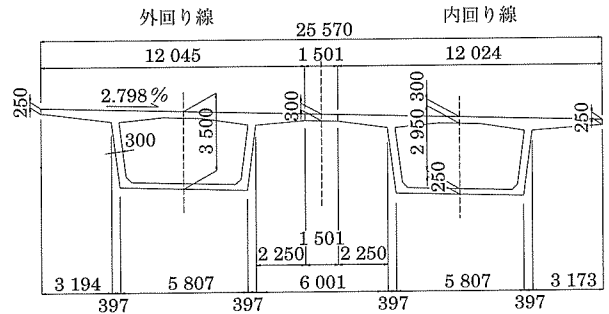


図-1 全体一般図

\*1 Shigeyuki SUGISHITA : (株) ピーエス三菱 東京支店 土木工部工務部長  
 \*2 Masahiro KAWASHIMA : (株) ピーエス三菱 東京支店 土木工部工務部長  
 \*3 Hidekatsu OKABAYASHI : (株) ピーエス三菱 東京支店 土木工部工務部長  
 \*4 Tomohiro KATAOKA : (株) ピーエス三菱 大阪支店 設計センター



P2 柱頭部断面



P1 - P2 径間中央部断面

図 - 2 断面図

設計荷重：B 活荷重

架設工法：移動式架設桁による張出し架設工法 (P&Z 工法)

### 2.2 施工方法の特徴

本工事における P&Z 工法に関わる施工方法の特徴は以下のとおりである。

- ① コンクリート打設は、架設桁を経由した鉛直配管 15 m、最大水平配管約 280 m の配管打設を行った。
- ② P&Z 架設装置の径間移動時、吊型枠装置については、下部工が内・外回り線一体構造橋脚であるため、外枠フレーム開閉構造を片開きとした。
- ③ 柱頭部の施工は、P&Z 架設装置の吊型枠設備 2 基と柱頭部施工用に設置した受け梁を使用して施工した。
- ④ P&Z 架設装置を支持する柱頭部受け梁は、支柱構造として施工した。
- ⑤ 内回り線施工完了後、P&Z 架設装置を P3 - P4 径間まで引き戻し、装置の横移動を行い、外回り線の施工を行った。

外回り線施工時の状況を写真 - 2 に示す。



写真 - 2 外回り線施工状況

## 3. 施工概要

### 3.1 コンクリート工

#### (1) 課題

本工事におけるコンクリート工事に関して、技術提案お

よび施工条件により以下の課題を検討する必要があった。

- ① 単位水量 165 kg/m<sup>3</sup>
- ② 通年施工
- ③ 鉛直配管 15 m、最大水平配管延長 280 m の配管打設
- ④ 橋脚両側の張出しブロックの同時打設
- ⑤ 高性能 AE 減水剤の使用
- ⑥ 最大日打設量 270 m<sup>3</sup>

#### (2) 対策・検討

上記の課題をふまえ、以下の検討・対策を実施した。

- ① コンクリートスランプは、ポンプ圧送・打設箇所打設時期を考慮し 15 cm と 18 cm の 2 種類の配合を準備する。
- ② 試験練り時、スランプ・空気量の経時による変化量を測定し、配合の妥当性を検討する。
- ③ 通年施工を考慮し、コンクリート温度に対応した高性能 AE 減水剤の添加量、種類を決定するための試験練りをあらかじめ実施する。
- ④ 実機試験・ポンプ圧送試験を実施し、施工前の事前検証を行う。
- ⑤ 打設時間を、出荷時間から打設完了まで 90 分と設定し、現場と生コン工場が連携する打設管理表を作成し (表 - 1)、同時打設・通年施工の打設管理を行う。

表 - 1 コンクリート打設管理表

コンクリート打設管理表												
打設日：												
配合： 40-18-2.5H												
台数	配車	打設箇所		打設数量		出発時間		到着時間		打設時間		所要時間
		予定	実施	数量	累計	予定	実施	予定	実施	開始	終了	
1	0:00	1号機		4.2	4.2	7:55		8:25				
2	0:06	2号機		4.2	8.4	8:01		8:31				
3	0:15	1号機		4.2	12.6	8:16		8:41				
4	0:15	2号機		4.2	16.8	8:31		8:56				
5	0:06	1号機		4.2	21.0	8:37		9:02				
6	0:05	2号機		4.2	25.2	8:42		9:02				
7	0:06	1号機		4.2	29.4	8:48		9:08				
8	0:05	2号機		4.2	33.6	8:53		9:13				
9	0:05	1号機		4.2	37.8	8:58		9:18				
10	0:05	2号機		4.2	42.0	9:03		9:23				

(3) 試験練り

試験練りにより選定した基準配合を表-2に示す。

表-2 基準配合表

呼び名	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
			水	セメント	細骨材	粗骨材	AE 剤	高性能 AE 減水剤
40-15-25H	43.1	42.7	165	383	732	996	1.15	2.68
40-18-25H	43.1	44.9	165	383	771	957	1.34	3.26

試験練りの結果は、以下のとおりであった。

- ① スランプ値の経時による変化は、90分で1.5~2.5 cm, 120分で3.0~4.0 cmであった(図-3)。
- ② 空気量の経時による変化は、90分で0.9~1.4%, 120分で1.1~1.5%であった(図-4)。
- ③ 高性能 AE 減水剤の添加量は、コンクリート温度 20℃までは5℃上昇ごとに0.05%増, コンクリート温度 20℃を超えて35℃までは0.10%増という結果が得られた(図-5, 表-3)。
- ④ 実機プラント練りを実施し, 練混ぜ時間をコンクリート製造時のミキサ負荷電流値がほぼ一定となる時間を練混ぜ時間とした。
- ⑤ 上記の練混ぜ時間で, 40-15-25H(温度設定20℃, 混和剤標準型)と40-15-25H(温度設定30℃, 混和剤遅延型)の実機試験を行い, 経時変化を測定した。結果, スランプ値の経時による変化は, 90分で3.0~3.5 cm, 空気量の経時による変化は, 90分で0.3~0.8%と試験練り時の値よりスランプ値については増加, 空気量については減少した。

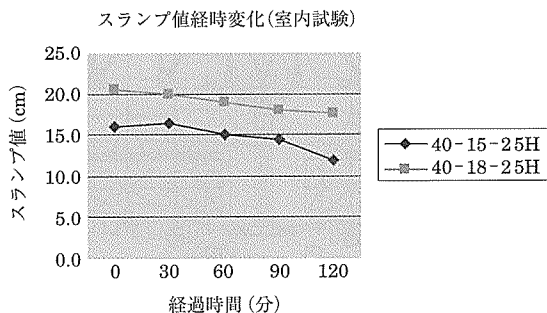


図-3 スランプ値経時変化

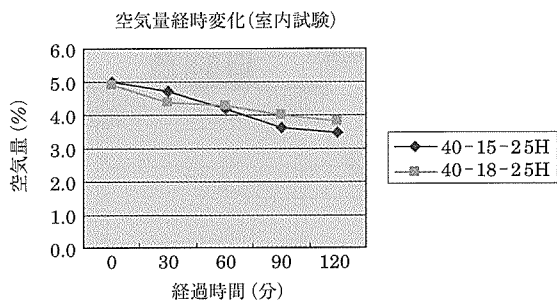


図-4 空気量経時変化

表-3 コンクリート温度と高性能 AE 減水剤添加量

高性能 AE 減水剤種別	呼び名	添加量 (%)	品質試験値		
			コンクリート温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)
標準型	40-15-25H	0.90	29	18.0	4.9
		0.80	25	17.0	5.1
		0.70	21	16.5	5.3
		0.65	17	16.0	4.7
		0.60	9	16.0	5.2
	40-18-25H	1.05	29	20.0	5.3
		0.95	25	20.0	5.0
		0.85	21	20.0	5.2
		0.80	16	20.0	5.5
		0.75	9	19.5	5.2
遅延型	40-15-25H	1.00	33	17.5	4.8
		0.90	29	17.5	5.1
		0.80	26	17.0	4.7
	40-18-25H	1.15	33	20.5	5.3
		1.05	30	20.5	5.0
		0.95	26	20.5	4.7

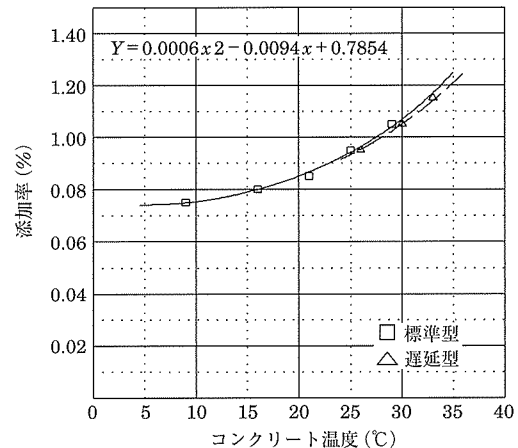


図-5 コンクリート温度 - 添加量関係図 (配合 40-18-25H の場合)

(4) 施工管理結果

本工事のコンクリート工事の日常管理試験の結果を, 表-4に示す。事前の試験練り・実機練りを実施したことで, 打設日における現場修正配合(混和剤添加量の変更, 種類の選定)を現場-プラントが連携して行い, ばらつきの少ない均一なコンクリート施工が実施できた。ポンプ圧送の閉塞もなく張出しブロック同時打設施工を行った。

表-4 日常管理試験結果

呼び名	項目	日常管理試験					
		スランプ (cm)	空気量 (%)	Con 温度 (°C)	外気温 (°C)	塩分量 (kg/m <sup>3</sup> )	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )
40-15-25H サンプル n=34	平均値	15.5	4.4	22.8	19.1	0.03	+1
	最大値	17.0	5.7	34.0	34.0	0.04	+8
	最小値	13.5	3.4	10.0	5.0	0.01	-9
40-18-25H サンプル n=22	平均値	18.9	4.6	20.9	17.1	0.03	+1
	最大値	20.0	5.6	35.0	35.0	0.04	+9
	最小値	17.0	3.5	10.0	5.0	0.01	-8

### 3.2 柱頭部の施工

#### (1) 施工条件

P&Z 工法における柱頭部の施工は、設置した吊型枠装置により施工することが可能である。しかし、本工事では、以下の課題があった。

- ① 下部工が内・外回り線一体橋脚である。
- ② 主桁底版縁端から橋脚縁端まで 2700 mm と大きい。

このような施工条件のもと、P&Z 架設装置の径間移動時に吊型枠装置（写真 - 3）を通過させるために以下の改造を行った（図 - 6）。

- (1) 外枠フレームを片開き構造とした。
- (2) 上部横梁と底枠フレームに油圧ジャッキによるスライド機能を設けた。
- (3) 外枠フレームの補強、回転防止としてガイドフレームを設置した。

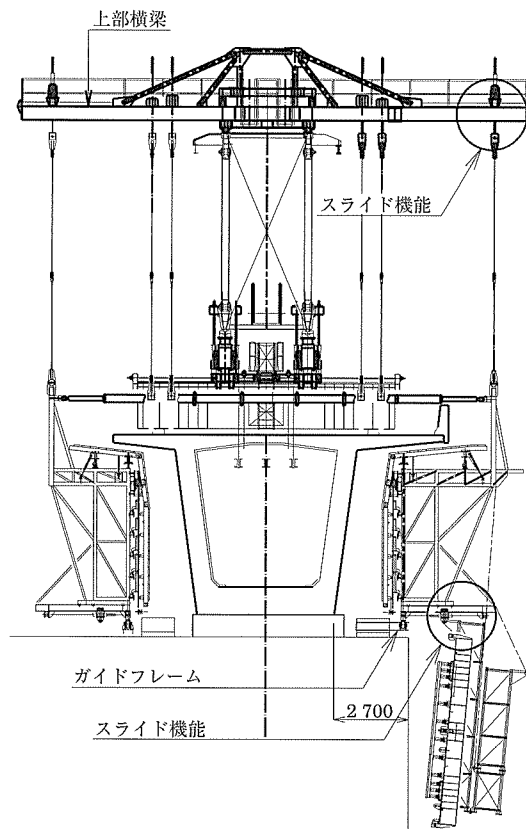


図 - 6 橋脚通過時開閉状況

上記の装置の改造をふまえ、P&Z 装置による柱頭部の施工方法を検討した。

#### (2) 施工計画

開閉にともなう構造改造により、吊型枠 1 基を使用して柱頭部を施工しようとした場合、外枠フレームが橋脚と干渉するうえに、外型枠の締込みが現実として不可能となった。そこで、吊型枠 2 基を使用した施工方法で検討を行った。実際の施工で行った型枠支保工の要領は以下のとおりである。

- ① 柱頭部施工用受け梁台車を設置した。

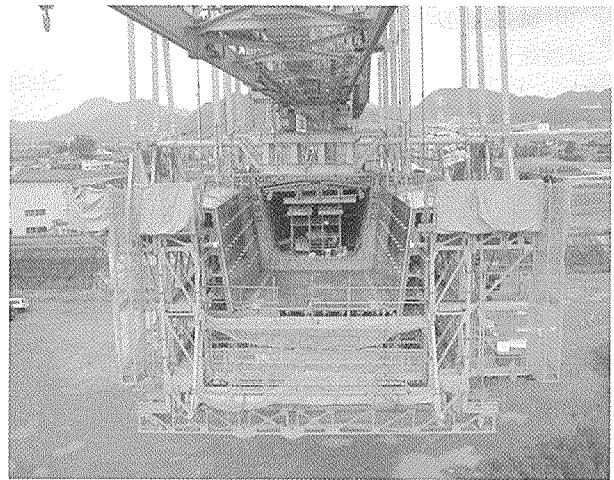


写真 - 3 吊型枠装置

- ② P&Z 装置重量と柱頭部のコンクリート自重は、橋脚に設置した受け架台で支持した。
- ③ 底枠の支持は、下部工に埋設したホームコネクターで設置したブラケットと延長した吊型枠底枠受け縦梁（柱頭部用底枠受け縦梁）で支持する構造とした。
- ④ 張出し床版の荷重については、別途受け梁を設置し、架設桁上部に設置した柱頭部施工用受け梁台車より PC 鋼材にて吊り下げ、コンクリートおよび型枠荷重を支持する構造とした。
- ⑤ 側圧に対しては、橋脚上に設置した枠組支保工と吊型枠装置のフレームを使用して支持した。

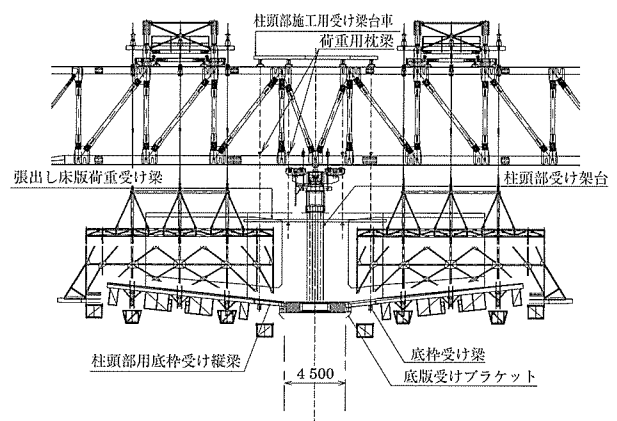


図 - 7 柱頭部型枠支保工側面図

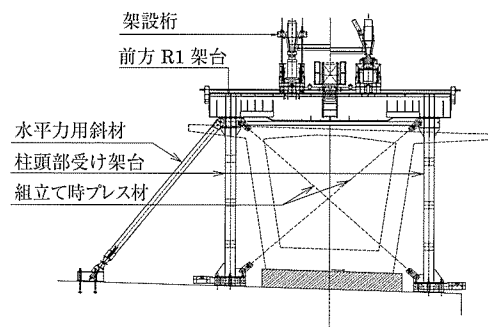


図 - 8 柱頭部受け架台

⑥ P&Z 装置の吊型枠装置を足場および資材置き場として活用し、河川内での荷揚げ作業・資材仮置きを行わず施工した。

柱頭部型枠支保工図を図-7、柱頭部受け架台の概要図を図-8に示す。

### 3.3 架設桁の引戻し・横移動工

内回り線張出し施工完了後、架設桁を P3-P4 径間まで引き戻し、横移動を行って、引き続き外回り線の施工を行った。架設桁の引戻し・横移動のステップ図を図-9に示す。

ステップ1：閉合部終了後、架設装置引戻しに備え、吊型枠装置を最終ブロックの位置から 20 m 後退させる。前方吊型枠装置は、その場において底枠部を吊り下げて解体を行う。解体後、P3-P4 径間に場内運搬しておく。

ステップ2：架設桁移動→架台移動を繰り返し、約 90 m 引き戻したのち、後方吊型枠装置の橋脚通過作業を行う。橋脚通過後、さらに架設桁を 30 m 引き戻し、前方吊型枠装置の外枠フレームを開閉し橋脚を通過させる（写真-4）。

ステップ3：引き続き架設桁移動→架台移動を繰り返し吊型枠装置吊下げ位置まで架設装置を引き戻す。PC 鋼材とセンターホールジャッキを使用して、後方吊型枠装置の底・側枠フレームを地上の横移動軌道桁上に吊り下げ、横移動したのち、1 600 kN 吊りラフティングクレーンで分解し、仮置きを行う（写真-

5)。  
 ステップ4：架設桁をさらに 10 m 引き戻し、前方吊型枠装置の側枠フレームを吊り下げ横移動する。  
 ステップ5：架設桁を横移動させる所定の位置まで引き戻し、横移動用のボックスガーダーと台車を設置する。設置後、架台油圧ジャッキにより架設桁を台車にジャッキダウンし、横移動装置にて架設桁を内回り線から外回り線に横移動する（写真-6）。  
 ステップ6：架設桁横移動完了後、吊型枠装置の組替え・横移動を行い、所定の位置で懸垂したのち、吊型枠台車を移動させて、外回り線



写真-4 架設桁引戻し状況

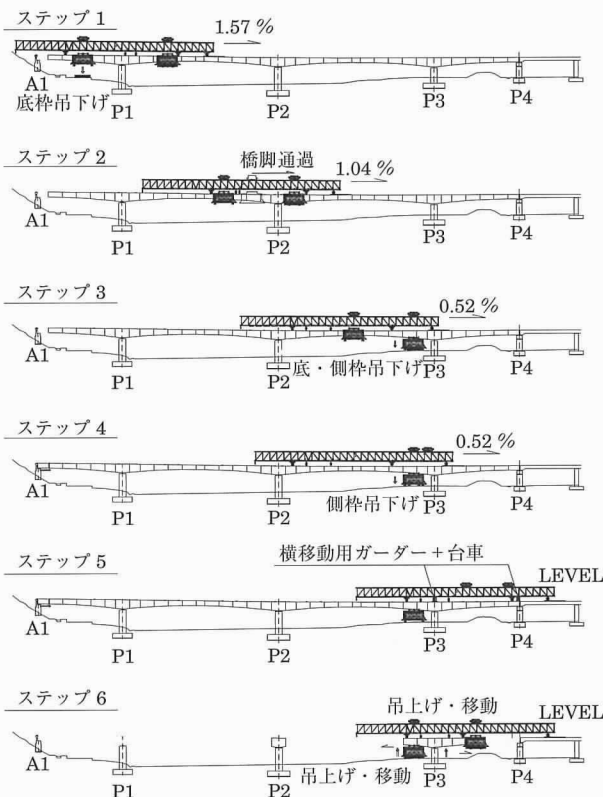


図-9 P&Z 架設装置引戻し・横移動ステップ図



写真-5 吊型枠横移動・組替え状況



写真-6 架設桁横移動完了状況

の施工を開始する（写真-7）。

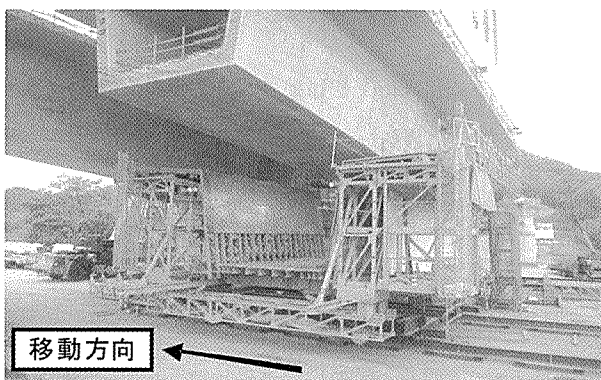


写真-7 吊型枠移動完了状況

### 3.4 上げ越し管理

#### (1) 上げ越し計算

P&Z 工法での上げ越し計算は、従来の弾性およびクリープたわみのほかに P&Z 工法特有の変位を考慮して検討した。

- ① 桁自重による弾性およびクリープたわみ
- ② プレストレスによる弾性およびクリープたわみ
- ③ 橋面工荷重による弾性およびクリープたわみ
- ④ 架設機械等（架設桁+設備重量、架設支保工など）の架設時荷重による弾性およびクリープたわみ

P&Z 工法は、移動式架設桁を用いた吊型枠装置であるため、上記の荷重によるたわみのほかに、下記のコンクリート荷重による変位が生じる。

- ⑤ コンクリート打設荷重による架設桁の変位
- ⑥ コンクリート打設荷重による吊鋼材の伸びに付随した吊型枠の変位

今回の施工では、吊型枠と既設桁は一体化していないため、鋼製部材とコンクリート部材の剛性の違いによるたわみ差が、打継ぎ部分の段差を生じさせる。また張出しブロック打設時の桁自重は、架設桁を介して各支持架台の反力として載荷され、架設桁移動にともない、荷重解放、位置変更による荷重載荷を繰り返すこととなる。以上の要素を加味し、各施工段階ごとの上げ越し計算を実施して施工を進めた。

#### (2) 打設時の管理方法

上げ越し計算に基づき、左右同時コンクリート打設時の

アンバランスモーメントと高さ管理を以下の要領で実施した。

- ① 吊材・吊梁の伸びを吸収するために、打設前に、支持架台のジャッキを使用して、上げ越し・予備緊張を行う。
- ② 打設中は、既設桁、型枠先端、架設桁のたわみ、底型枠の下がりをアジテーター車 2~3 台ごと / ブロック（約 8~12 m<sup>3</sup>）に計測し、計算値との差を確認する。
- ③ 同時に、各支持架台に取り付けたジャッキマノメーター示度を確認し、反力値が計算値と大きく異なりアンバランスモーメントが生じていないかを確認する（写真-8）。
- ④ 打設は前方側と後方側でほぼ同量のコンクリートを打設するよう上下間の連絡を密に行い配車する（図-10）。
- ⑤ 計測は打設完了まで実施し、照査・検討を行う。結果を次ステップに反映し、上げ越し計算の修正を行う。実施工では、打設途中でのジャッキアップ、反力調整を数回実施した。打継ぎ部分については、桁高変化の大きい柱頭部と最初のブロックで若干の段差が生じる結果となった。

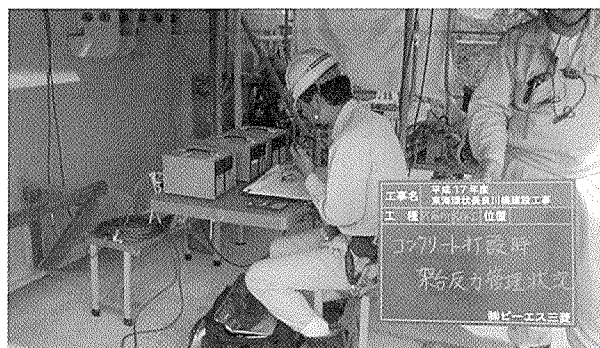


写真-8 支持架台反力測定状況

## 4. おわりに

本工事は、上下部工一式発注の異工種建設工事共同企業体として工事を行った。下部工の一湯水期施工、下部施工時期との並行作業による架設桁組立て、張出し架設工法として P&Z 工法の採用など、工期短縮と河川への環境負荷低減が工事の大きなテーマであった。問題意識をもって事

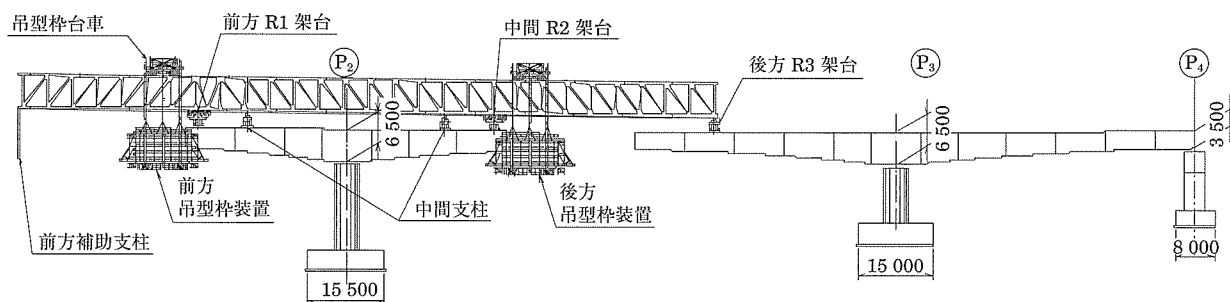


図-10 P&Z 架設装置概要図

前検討，施工検討に取り組むことで，いくつかの課題を克服し，工期前の舗装・施設工事への引渡しを行うことができた。施工条件による P&Z 工法の有効かつ優位性を発揮できた。本報告が今後の P&Z 工法の普及に寄与できればと考える。

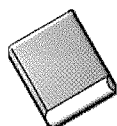
最後に，本工事を進めるにあたり，ご協力・ご助言をい

ただいた関係者ならびに地元関係者の方々に深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

1) P&Z 協会：設計・施工の手引き，1999.10

【2009 年 10 月 23 日受付】



刊行物案内

## プレストレストコンクリート技士試験 講習会資料

### 平成21年度 PC 技士試験講習会

資料のほか，過去 3 年間の試験問題，正解および解説が掲載されています。  
現金書留または郵便普通為替にてお申込みください。

(平成 21 年改訂)

定 価 6,000 円／送料 500 円

会員特価 5,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会