

P&Z 工法による PC4 径間連続箱桁橋の施工

— 東海環状自動車道長良川橋 —

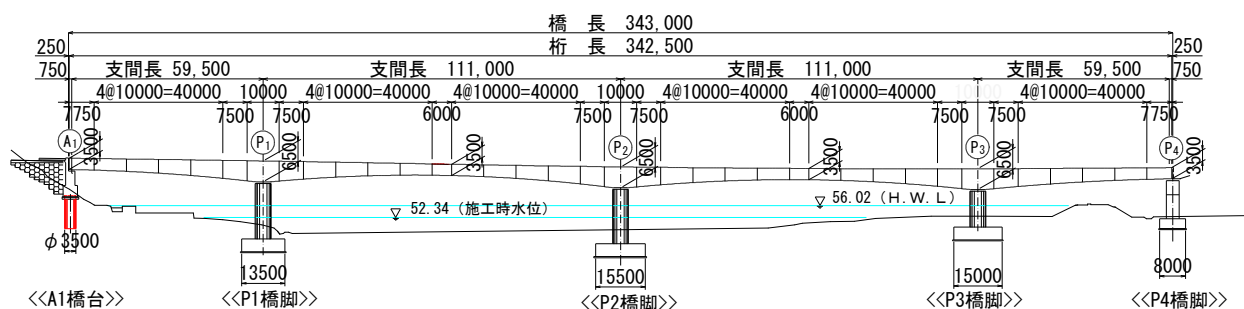
東京支店	土木工部部	杉下維章
東京支店	土木工部部	川嶋正宏
東京支店	土木工部部	岡林秀勝
大阪支店	設計センター	片岡智宏

概要：長良川橋は、東海環状自動車道の美濃関 JCT と関広見 I.C の間を流れ、鶯飼いで有名な清流長良川を東西に跨ぐ橋長 343m の橋梁である。本工事は、上下部工一体施工の異工種建設工事共同企業体として発注され、下部工工事、上部工工事を並行して進める事による工期短縮が最大の目的であった。また、上部工の架設工法としては、河川内の構築物を使用せず通年施工を可能とし、河川への環境低減とともに工期短縮を考慮した P&Z 工法が採用された。

Key Words : P&Z 工法, 工期短縮, 内・外回り線一体化構造

1. はじめに

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装置を懸垂し、橋脚の両側に上部工を順次張出施工していく工法で、国内での実績は 7 橋である。本工事は、8 番目の橋梁工事であり、支間長 111m と過去の実績からも最大級の支間長である（図－1）。橋梁構造の特徴としては、内回り線・外回り線を別々に 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）。また、支承構造は免震支承で、3 基の積層ゴム支承を 1 枚の鋼板で一体化する、国内でも最大級の一点支承構造であることも特徴のひとつである。P&Z 架設装置としても、橋脚構造が内・外回り線一体構造橋脚であるため、径間移動時の吊り型枠装置の開閉方法を片開きとした装置の改造、仮設機材の検討を行った。内回り線施工後、架設装置を引戻し、外回り線へ横移動する事など、施工方法にも特徴を有する工事であった。



図－1 全体一般図



杉下維章



川嶋正宏



岡林秀勝



片岡智宏

2. 工事概要

2.1 工事概要

工事名称：平成17年度東海環状長良川橋建設工事
 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)
 工期：平成18年3月17日～平成21年3月13日
 橋長：L=343.0m
 支間長：59.5m+2×111.0m+59.5m
 有効幅員：25.027～24.571m(暫定時)
 設計荷重：B活荷重
 架設工法：移動式架設桁による張出架設工法(P&Z工法)

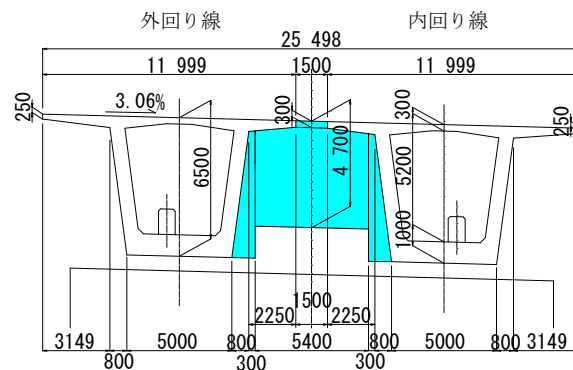


図-2 標準断面図

2.2 実施フロー図

実施工においては、工期短縮が最大の課題であった。内・外回り線の主桁挙動を考慮した上での外ケーブル・連結工の施工時期が最終クリティカルパスとなり、そこに至るまでのいくつかのクリティカルパスを消去するために、以下の施工方法、施工順序の変更、決定を行った。

- 1) 渇水期および内回り線を使用した柱頭部の先行設置(内回り線 P1, 外回り線 P1, P2, P3)
- 2) 渇水期での P3 外回り線 1, 2BL の固定支保工による施工
- 3) 連結工の開始時期を主桁挙動が 10mm 程度となる、P2-P3 外ケーブル緊張後で、外回り線 P1-3BL 施工後として、施工着手時期を変更・決定した(当初は、外ケーブル未緊張、P2-3BL 施工後)。

実施フロー図を図-3に示す。

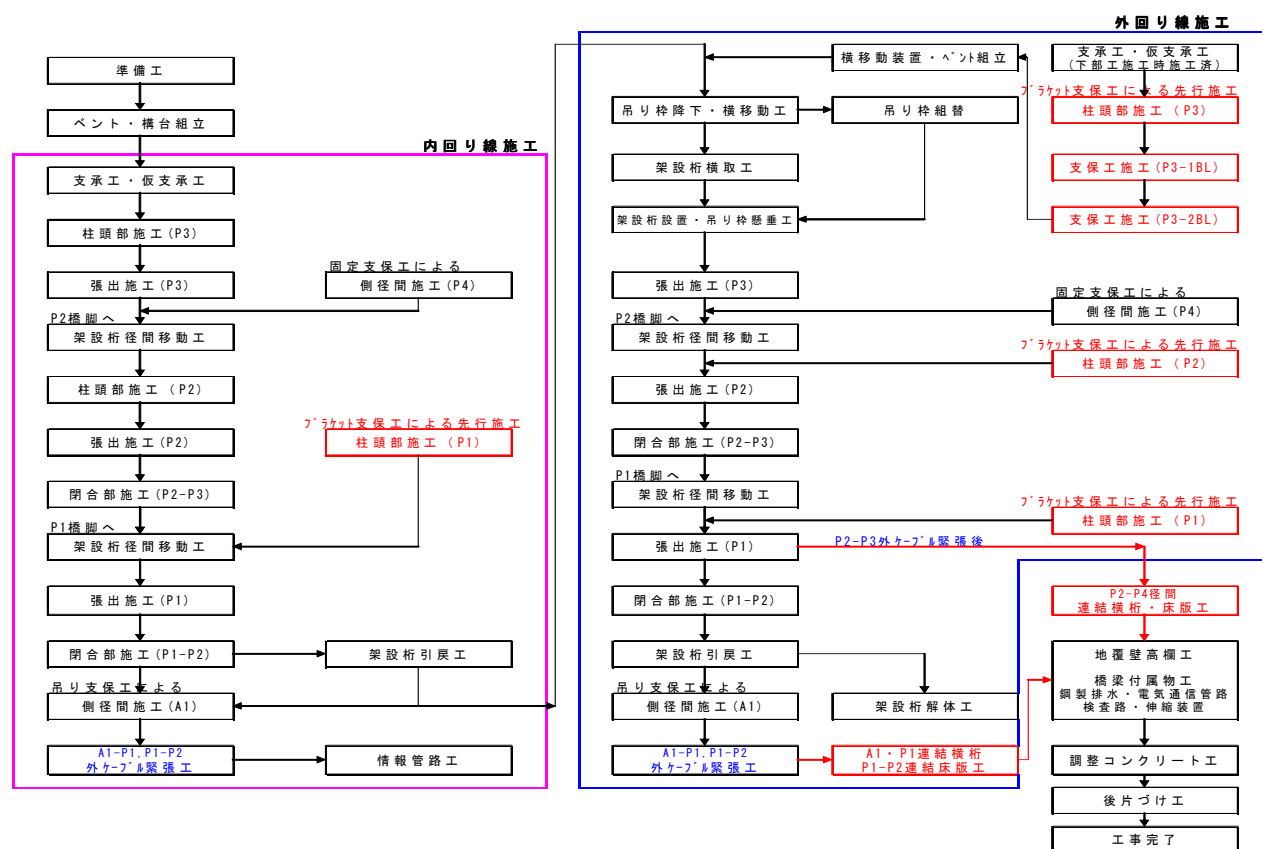


図-3 施工フロー図

3. 施工報告

3.1 架設桁工

P&Z 架設装置については、以下の3つの課題に取り組み、事前検討の上、施工方法・手順・応力検討を実施して施工した。

- ①架設桁組立構台の構造検討と組立手順について
- ②内・外回り線一体橋脚構造における、径間移動時の型枠装置開閉方法について
- ③架設桁引き戻し、横移動の施工方法および使用仮設材・床版、主桁の応力検討

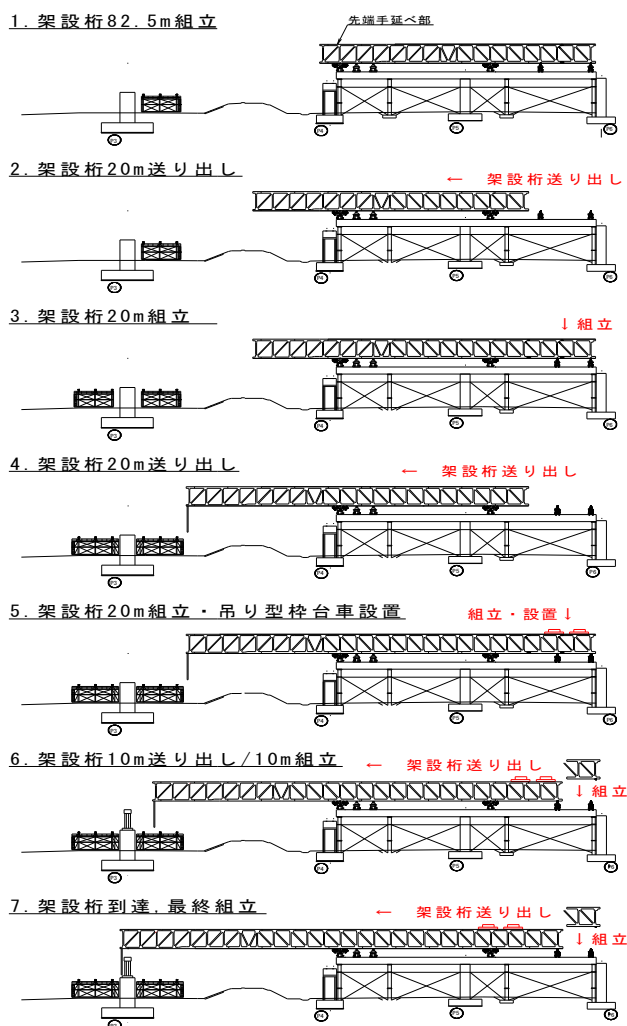
3.1.1 架設桁組立工

【施工上の課題】

- ①組立ヤードが狭く、資材ヤード、仮組ヤード、クレーンヤードの確保が困難であった
- ②堤防道路上を跨ぎながらの組立・送り出し作業の繰り返しとなり、組立期間中の架設桁の安定性が求められた

《施工計画および対応策》

- ①架設桁組立構台を高耐力仮支柱とボックス型ガーダーによる構造とし、支柱間のスペースを有効活用することで、ヤードの確保を行った（写真－1）
- ②架設桁先端部に手延べ部を設け、架設桁の安定性向上を図った。また、最大送り出し時の架設桁の安定性向上のため、吊り型枠台車をカウンターウェイトとして先行設置を実施した（図－4、写真－2）



図－4 架設桁組立・送り出し手順



写真－1 架設桁組立構台と組立状況



写真－2 架設桁送り出し完了状況

3.1.2 径間移動工

【施工上の課題】

- ①P&Z 架設装置の径間移動時、型枠装置の開閉方法および構造を片開きできる構造とする必要があった
- ②径間移動時の主桁のアンバランスモーメントが最大となる

《施工計画および対応策》

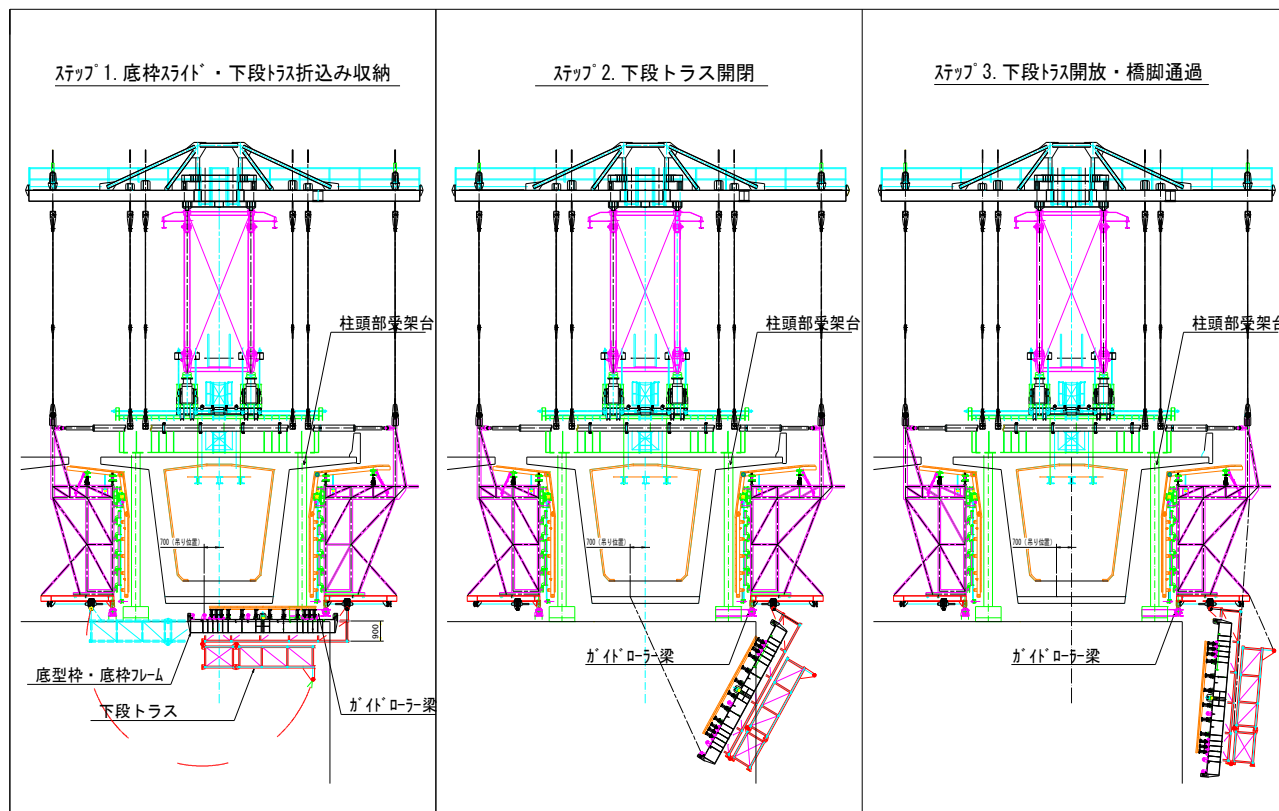
- ①片開き構造とするために装置の改造を行い、通過時の仮設材の設計・製作、開放手順の確立を事前に行った。主な対応策としては、外枠フレーム移動用ガイドローラーの設置、下段トラスの3段折り構造の採用、底枠スライド装置などである。開閉は、電動ウィンチおよび常設の100kN 吊りテルハークレーンを使用して施工した
 - ②仮固定鋼材の検討を行うと共に、移動ステップにおける各架台位置における反力を算出し、架設桁および主桁の応力照査を実施した。移動の手順については、各架台反力を考慮の上検討した
- 以下に、施工状況写真（写真－3，4）と型枠装置開閉の要領図を示す（図－5）。



写真－3 径間移動施工状況



写真－4 橋脚通過時 開閉状況



図－5 型枠装置開閉要領図

3.1.3 架設桁引き戻し・横移動工

【施工上の課題】

- ①架設桁引き戻し方法および吊り型枠の横移動・組替方法
- ②架設桁横移動方法とその時の支持点反力による主桁・床版の応力検討

《施工計画および対応策》

- ①吊り型枠の横移動および組替は、P3 橋脚付近の高水敷にH型鋼軌道と台車を設置し施工した。組替作業は、1600kN 吊りのラフティングクレーンを使用して行った。引戻しは施工ステップを作成し、センターホールジャッキとゲビンデ鋼棒により牽引し、所定の位置までの約 230m を引き戻した
 - ②横移動を行う架設桁は、質量約 5000kN であった。横移動箇所を P3 柱頭部と P4 端支点部とし、横移動にかかる反力を主桁ウェブ上で支持するために、移動用の軌道横梁にボックス型ガーダーを使用した。8 台の台車をセンターホールジャッキとゲビンデ鋼棒で繰り返し緊張することで横移動を行った
- 以下に、施工状況写真（写真－5～8）と P&Z 架設装置の概要図（図－6）を示す。



写真－5 架設桁引き戻し 施工状況



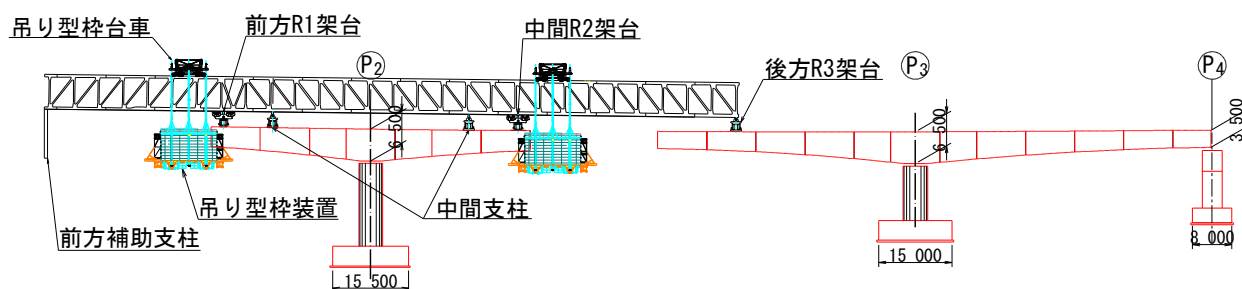
写真－6 ジャッキ牽引装置



写真－7 吊り型枠横移動・組替施工状況



写真－8 架設桁横移動 完了状況



図－6 P&Z 架設装置 概要図

3.2 支承・仮支承工

支承工および仮支承・仮固定工については、以下の課題に取り組み、施工方法の確立・構造変更と設計照査を実施して施工した。

- ① 支承部無収縮モルタルの確実な充填施工方法
- ② 仮支承コンクリートの撤去方法について
- ③ 仮固定 PC 鋼材のケーブルシステムから鋼棒システムへの変更

3.2.1 支承工

【施工上の課題】

- ① 無収縮モルタルの施工寸法が最大 $5330 \times 2770 \times 60$ と過去に例を見ない寸法であったため、より確実な充填方法が必要であった
- ② 支承が3基の積層ゴム支承を1枚の鋼板で一体化する最大質量 310kN の大型支承であり、据付時の鋼板のそりや変形、組立誤差による支承据付規格値への影響が危惧された

《施工計画および対応策》

- ① 充填時間における、モルタルフロー値と経時変化に着目した3社6試料の試験練りを実施し、材料の選定を行った(表-1)。材料選定後(試料E)、実物大の模型を作成し充填確認試験を実施した。試験結果を踏まえ、サニーホースを使用した1方向からのポンプ圧送にて施工を実施した(写真-9)
- ② 支承の据付は、ベースプレート据付→無収縮モルタル打設→積層ゴム据付→ソールプレート据付→ボルト本締め→塗装・養生の順で行った。プレートは、最大 80mm の厚みと 2170×4890 の形状寸法があるため(図-7)、吊り治具によりプレートのそりを抑制して据付を行った(写真-10)。組立誤差の確認については、工場検査段階で仮組検査を実施することで対応した

区分	練り温度 ($^{\circ}\text{C}$)	流下時間(秒)			モルタルフロー値(mm)			圧縮強度 (N/mm^2)
		直後	30分後	60分後	直後	30分後	60分後	
試料A	15	7.8	11.7	20.2	231	223	165	61.3
試料B	13	10.7	15.2	23.0	303	340	298	59.9
試料C	12	8.7	11.4	14.6	239	193	185	58.2
試料D	13	8.7	14.4	14.9	252	198	198	48.2
試料E	13	6.4	12.6	12.3	283	288	293	60.4
試料F	15	6.6	10.1	12.0	308	315	310	81.0

表-1 無収縮モルタル試験練り結果

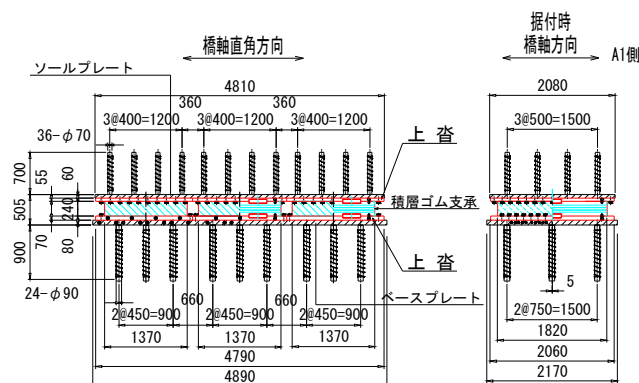


図-7 P2橋脚支承詳細図



写真-9 実物大模型充填確認試験状況



写真-10 支承据付状況

3.2.2 仮固定工

【施工上の課題】

- ①仮支承コンクリートが $40\text{N}/\text{mm}^2$ であるため撤去工事の難航が予想された
- ②地震時の対応としてH型鋼埋設による仮固定構造であった
- ③仮固定鋼材は、仮支承コンクリート内で接続する PC ケーブル構造であった

《施工計画および対応策》

- ①仮支承コンクリートの撤去は、人力はつり・機械はつりにコアボーリングを併用する事で、 10m^3 /橋脚の撤去を約2週間程度で実施し、工程への影響を最小限に抑える事ができた（写真－11、12）
- ②地震時の対応は、PC 鋼材と仮支承コンクリートの摩擦により対応可能という計算結果により、仮固定構造の見直しを実施した。H 型鋼埋設を取りやめ、仮固定鋼材を PC ケーブルから PC 鋼棒へ変更する事とした。これにより下部工施工時の仮固定用埋設物作業の時間を削減し、下部工の工程促進を行った以下に、当初設計の仮固定構造と変更後の構造を示す（図－8）。

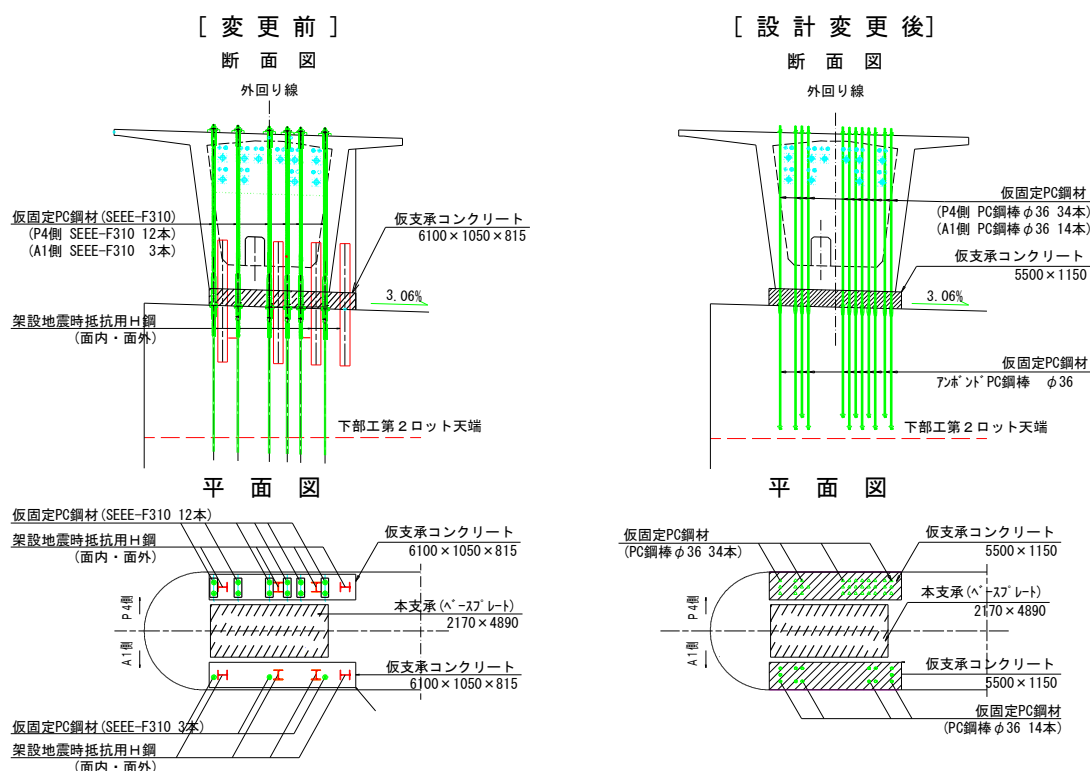


写真－11 仮支承・本支承施工完了(P3 橋脚)



写真－12 仮支承コアボーリング完了状況

P 2 橋脚 仮固定鋼材配置図



図－8 仮固定構造図

3.3 柱頭部工および張出架設工

柱頭部工および張出架設工については、施工方法の省力化・効率化をはかり、工期短縮に努めた。

3.3.1 柱頭部工

【施工上の課題】

①P&Z 装置を使用した柱頭部施工方法の検討

②工期短縮

《施工計画および対応策》

①P&Z 吊り型枠装置を使用した吊り支保工構造と柱頭部受架台(図-5)を考案し、内回り線 P3、P2 柱頭部を施工した(写真-13)

②他の 4 柱頭部については、湧水期または、施工を完了した内回り線を利用してブラケット支保工による先行施工を行い、工期短縮を図った

3.3.2 張出架設工

【施工上の課題】

①サイクル工程内の工種見直しによる工期短縮と資材運搬の効率化

②配管延長 300m に及ぶコンクリート打設方法および上げ越し管理とコンクリート品質管理

《施工計画および対応策》

①ウェブ鉄筋をユニット化する事(写真-14)、型枠設置の機械化および資・機材の運搬工程を管理し、各工種におけるサイクル時間の短縮を行った(図-9, 10)

②コンクリートは、スランプ値 15cm, 18cm の 2 種類を配管延長・打設時期に応じて併用した。コンクリートの打設管理は、打設予定時間・出荷時間を記載した管理表を作成した。コンクリートプラントと現場で連携を行い、出荷から打設完了までの時間を 90 分にて管理・施工を行った。配管状況を写真-15 に示す。



写真-13 P2 柱頭部施工状況

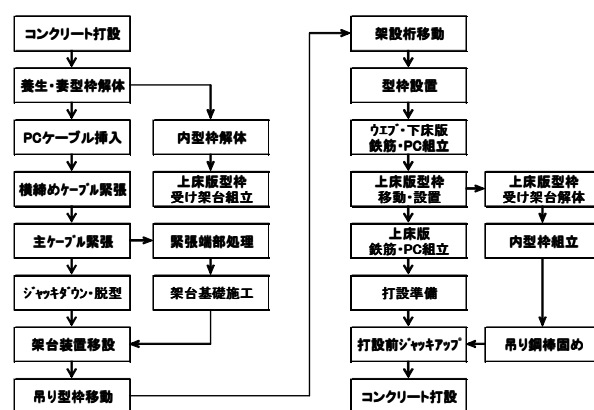


図-9 張出施工サイクル図

工 種	標準サイクル日数(実稼働日)											
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目
鉄筋工 (腹部・下床版)												
鉄筋工 (上床版)												
型枠工 (妻・側・底枠)												
型枠工 (内型枠)												
PC工 (腹部・下床版)												
PC工 (上床版)												
コンクリート工												
架設・移動工												

図-10 標準サイクル日数



写真-14 ウェブ鉄筋ユニット吊り込み状況



写真-15 コンクリート配管状況

3.4 中央閉合および側径間閉合部工

3.4.1 中央閉合部工

中央閉合部については、P&Z 架設装置を使用して施工した（写真－16）。

【施工上の課題】

- ①P&Z 装置架台反力の違いによる主桁のたわみ差の抑制管理
- ②閉合部打設時のアンバランスモーメント

《施工計画および対応策》

- ①P&Z 装置の架台反力を事前に検討し、打設前に理論反力値を負荷し、閉合部の高さ調整を行った
- ②閉合部打設時のアンバランスモーメントについては仮固定鋼棒緊張本数にて対応した



写真－16 閉合部打設前状況

3.4.2 側径間閉合部工

側径間閉合部工については、起点側、終点側で以下の方法で施工を行った。

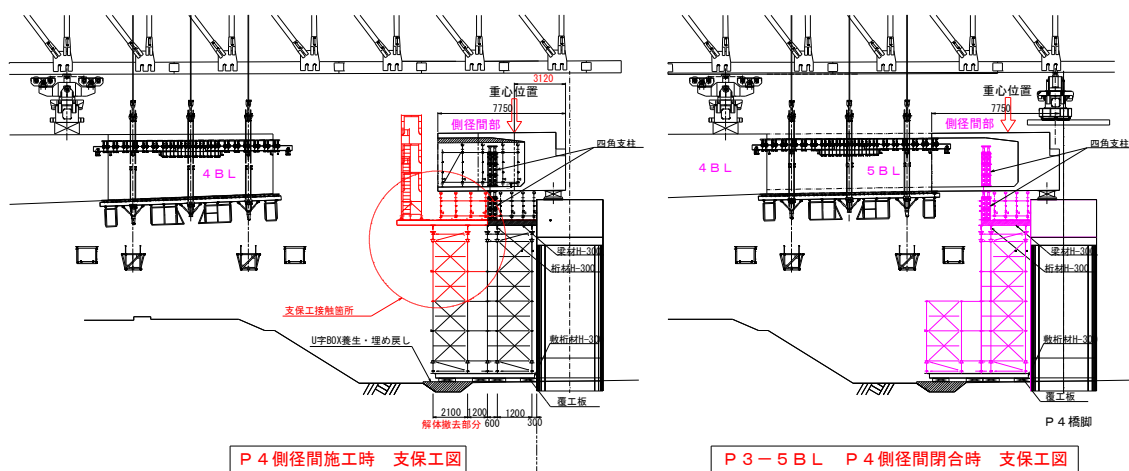
- ①起点側（A1 橋台）：架設桁後退後、主桁からの吊り支保工にて施工（施工桁長 7.76～8.17m）
- ②終点側（P4 橋脚）：固定支保工にて施工（施工桁長 7.75～8.90m）

【施工上の課題】

- ①終点側については、固定支保工による側径間部施工後、張出最終ブロックにて閉合を行うため、P&Z 装置と固定支保工部が干渉する
- ②終点側については、全体工程における最終クリティカル作業であり工期短縮が必要

《施工計画および対応策》

- ①固定支保工を、吊り型枠装置と干渉しない範囲で一部解体可能な支柱式として施工した（図－11）
- ②側径間部の施工を2分割とし、第1層目（下床版・腹部）の養生期間に内・外ケーブルの挿入作業を行い、第2層目（上床版）コンクリート打設後の強度確認の上、内・外ケーブルの緊張作業を実施した



図－11 側径間閉合部工 支保工図

3.5 連結工

横桁・床版連結工については、外ケーブル緊張後、横桁→床版の順で施工を進めた。連結横桁は、端支点部、柱頭部、径間中央部に設けられており、コンクリート打設後、横締め2次鋼材を後挿入・緊張し、内・外回り線を格子状に一体化した後に連結床版部の施工を行った。横締め鋼材配置図を次頁（図－12）に示す。連結工に当たり、クラック抑制・剥落防止、施工に関して実施した主な施策を次頁に示す。

- ①膨張剤を添加した膨張コンクリートとして施工．さらに径間中央部連結横桁および連結床版にはクラック抑制としてクラックバスター使用．径間中央連結横桁は底版部に繊維ネットを貼付し剥落防止を行った
- ②2次施工鋼材のシースにポリエチレンシース使用．張出施工打設時，保護パイプおよび代用鋼線を配置
- ③打設前の定着具取付による予備緊張，早期緊張のため緊張導入強度を $\sigma_p \geq 18\text{kN/mm}^2$ として施工管理

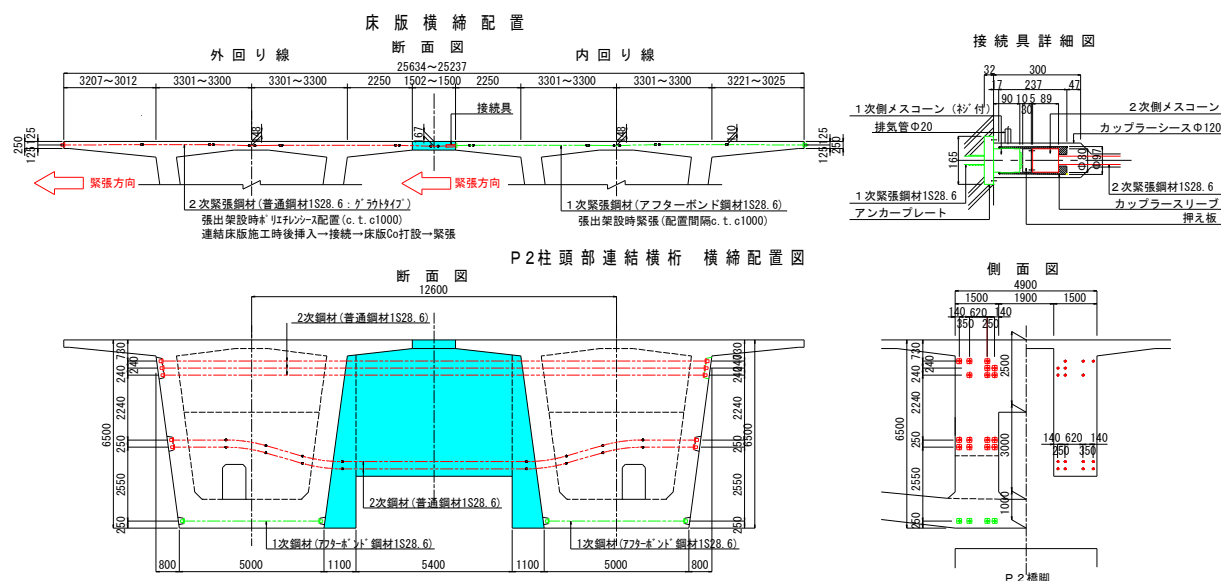


図-12 床版・横筋連結部横筋め鋼材配置図



写真-17 張出施工完了時状況



写真-18 連結床版工 施工状況

4. まとめ

本橋は、内・外回り線一体化構造とする複雑な構造形式とP&Z工法という大型移動式架設機を使用した施工・架設方法に特徴をもった工事であった。多くの課題克服にあたり、事前の詳細施工計画の策定、架設計画に応じた架設時の応力照査と構造検討、工程促進を図るための設計変更・設計照査、試験および実験を実施した。本報告が今後の類似工事に参考になれば幸いである。

謝辞

本工事を進めるにあたり、ご協力・ご助言を頂いた関係各位に、心よりお礼申し上げます。

参考文献の紹介

- 1) P&Z 協会：設計・施工の手引き，1999.10