

第二東名高速道路 浜北高架橋（西上り線）の設計・施工

得能 毅*1・安藤 亮介*2・細野 宏巳*3・中積 健一*4

1. はじめに

浜北高架橋は、第二東名高速道路の浜松浜北SA～浜北ICに位置し、鋼桁とPC桁から構成される全長2,441m（A1～A2）の多径間連続鋼・コンクリート複合橋である。本橋の主桁断面形状は、一般的には3主版桁構造で計画される幅員構成に対して、通常の版桁構造よりも床版支間が長い桁高2.3mの2主版桁構造を採用し、上部工重量を低減した。

本工事は、浜北高架橋の西側区間にあたる橋長1,652.65m（A1～P51）の鋼桁を除く上り線側を施工するものである。本橋は、28径間連続複合橋と23径間連続複合橋の2連から構成され、2主版桁部は等支間で幅員変化がなく径間数が多い連続橋であることから、主桁の架設工法は主に大型移動支保工による場所打ち施工を採用している。桁端部区間や鋼桁の隣接区間および箱桁部については、固定式支保工施工を採用している。本稿は、PRC2主版桁とそれに隣接する鋼桁接合部の設計および大型移動支保工による施工の概要について述べる。

2. 橋梁概要

本橋の全体一般図を図-1に示す。P15～P18径間の中央支間は、支間が57.5mと長い箱桁断面構造となっている。主桁断面図を図-2に橋梁概要を以下に示す。

工事名：第二東名高速道路浜北高架橋（PC上部工）西上り線工事

工事場所：静岡県浜松市浜北区根堅～於呂

工期：平成17年7月5日～平成23年3月5日

構造形式：（A1～P28）28径間連続鋼コンクリート複合橋
（P28～P51）23径間連続鋼コンクリート複合橋

橋長：883.150m（A1～P28）+ 769.5m（P28～P51）

最大支間長：57.500m（箱桁部）、31.600m（2主版桁部）

有効幅員：16.500m

平面線形：R=4,000m

縦断勾配：2.0～0.451%

横断勾配：3.0%

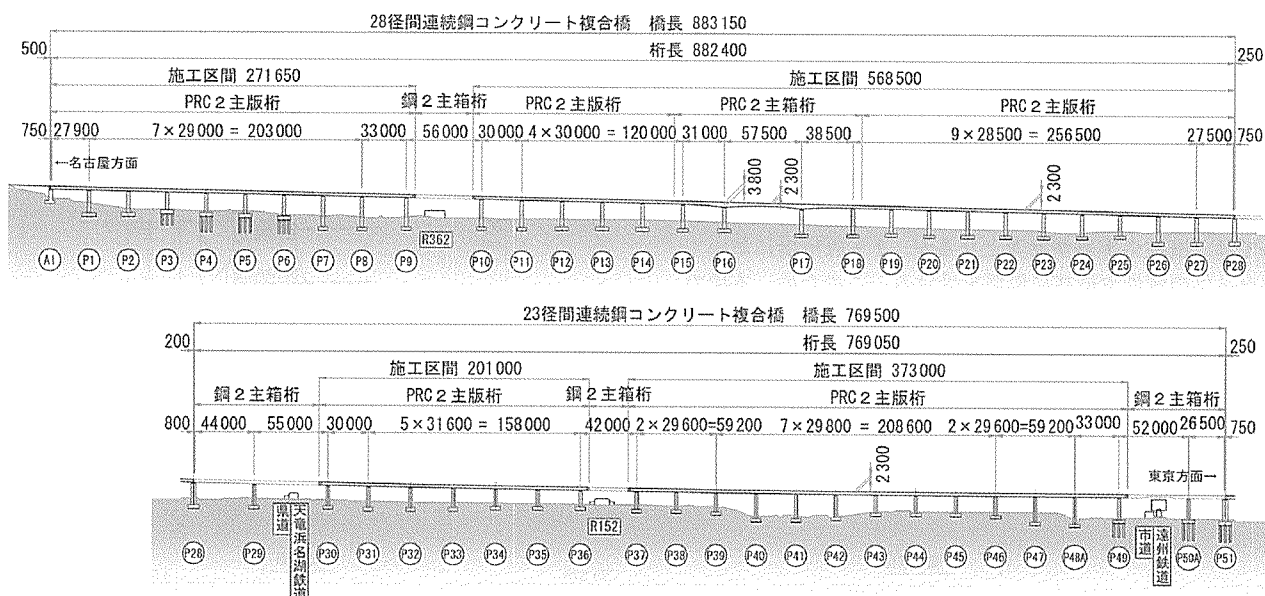


図-1 全体一般図

*1 Takeshi TOKUNOU：中日本高速道路(株)東京支社 浜松工事事務所 浜北工事長

*2 Ryosuke ANDOU：中日本高速道路(株)東京支社 浜松工事事務所

*3 Hiromi HOSONO：三井住友建設(株)・コーアツ工業(株)共同企業体 副所長

*4 Kenichi NAKATSUMI：三井住友建設(株)土木管理本部 PC 設計部 課長

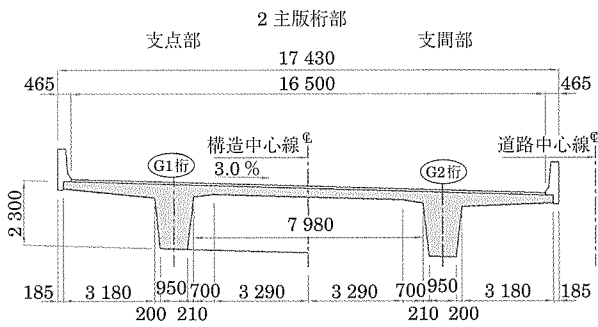


図 - 2 断面図

3. 設計概要

3.1 PRC 2 主版桁の設計

(1) 主方向の設計

PRC 2 主版桁の施工は、大型移動支保工により行うため、1 径間ごとにコンクリートの打設および緊張作業を順次、片側から連続して行う。主桁の縦締め鋼材は、1S28.6 のプレグラウト鋼材を採用しており、1 主桁あたり最大 20 本を小口で定着し、カップリング接続していく (図 - 3)。本橋の主桁応力度の制限値は、死荷重時においてはひび割れ発生限界、設計荷重時でひび割れ幅制御としている。

(2) 横方向の設計

本橋の床版支間は 7.98 m であり、道路橋示方書の活荷重による設計曲げモーメントの適用範囲 (6 m) を超える長支間床版である。これまでの箱桁における長支間床版においては、既往の実績が参考となるが、2 主版桁橋においてはウェブの剛性が桁高に影響を受ける。このため、本橋では活荷重について FEM 解析を実施し (図 - 4)、ウェブの剛性が床版に与える影響を把握した。検討の結果、横締め PC 鋼材はプレグラウト鋼材 (1S28.6) を 500 ピッチで配置し、活荷重作用時に床版の応力度をひび割れ発生限界以内とした。

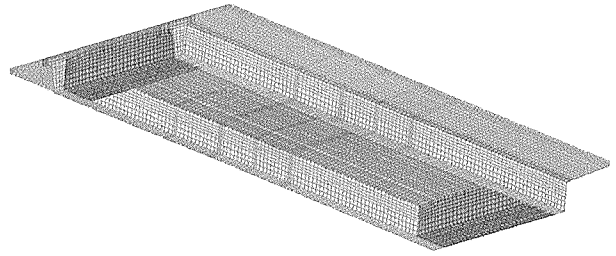


図 - 4 FEM 解析モデル図

3.2 PRC 2 主版桁と鋼桁との接合構造

本橋は国道、県道および鉄道と交差している立地条件にあることから、4 箇所の交差区間 (図 - 1) は、鋼桁で構成されている。鋼桁の断面形状は、PRC 2 主版桁との連続性の観点から 2 主箱桁構造となっている。本橋では、PRC 2 主版桁を先行施工した後、鋼桁を架設する計画となっていることから、接合面は図 - 5 に示すように中間支点から 5.0 m のインフレクションポイントの位置とした。接合部の構造は、2 主箱桁である鋼桁から作用するせん断力とねじりモーメントを伝達させるため、前面板のずれ止め (スタッド) を介して PRC 桁へ伝達させる「前・後面支圧板構造」を採用している。また、曲げモーメントおよび軸方向力による鋼フランジおよびウェブに作用する圧縮力は、鋼殻セルを介し中詰めコンクリートに伝達させる。一方、軸方向引張力は、各セル内に 1 本ずつ配置した PC 鋼材 (1S28.6) で抵抗させる。セルの構造は、図 - 6 に示すようにフランジおよびウェブにリブを設けて箱断面を 10 分割し、ずれ止めとしてセル内にスタッドを配置している。リブで仕切られた各セルは、製作工程の最後にリブにふたとなる板を外周溶接して内面を形成し、セル内部には、高流動コンクリ

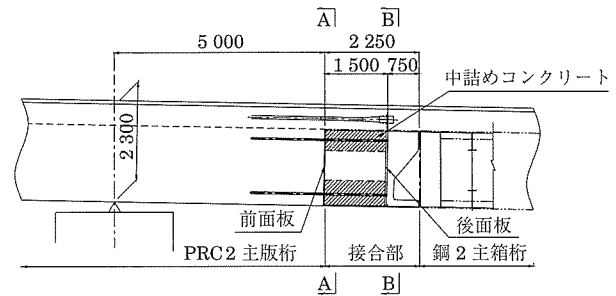


図 - 5 接合部の位置

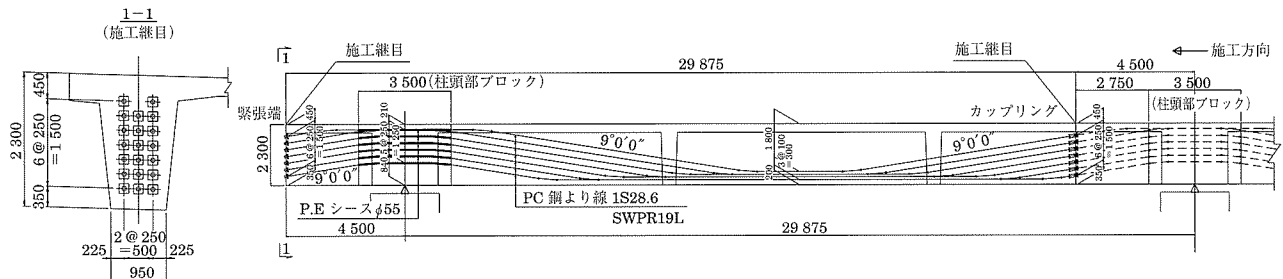


図 - 3 PC 鋼材配置図

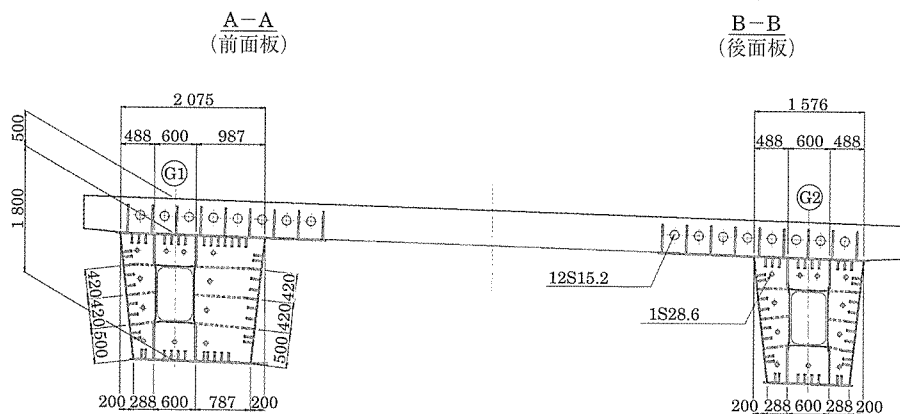


図 - 6 接合部（鋼殻）の断面図

ートを充てんする。鋼殻部の概要図を図 - 7 に示す。図 - 8 に接合部および鋼桁の施工手順を示す。

まず、STEP 1において鋼殻をセットし柱頭部を施工後、上縁に配置した内ケーブル（SWPR7B 12S15.2）を7本中3本を緊張する。これは、STEP 3の鋼桁架設後、STEP 4で上床版コンクリートを打設した際に、中間支点断面に作用する負の曲げモーメントに対するものである。この時、鋼

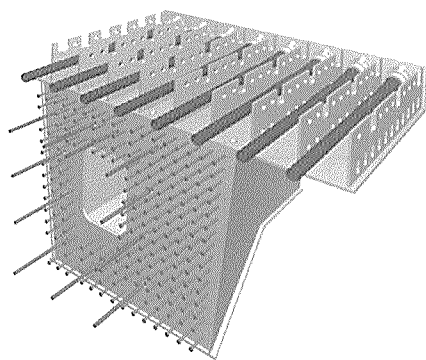


図 - 7 接合部（鋼殻）の概念図

桁との接合部はピン構造とし中間支点断面の曲げモーメントを軽減させている。STEP 5では活荷重等の後荷重に対し、残りの内ケーブル4本を緊張する。

中間支点断面の下縁側に作用する圧縮応力度に対してはウェブ厚を増厚している。

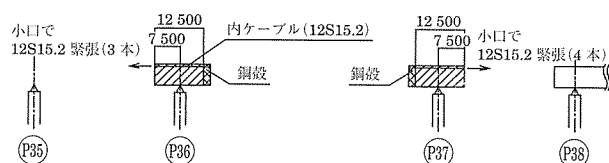
4. 施工概要

本橋の施工延長は、鋼桁部を除いて約 1.4 km であり、また 2 主桁部は等支間で幅員変化がなく径間数が多い連続橋であることから、主桁の架設工法は主に大型移動支保工による場所打ち施工を採用した。大型移動支保工は終点側の P 46 ~ P 47 径間で組み立て、起点側に向けて P 1 ~ P 2 径間までの全 33 径間を施工した。なお、大型移動支保工による施工に先立ち、橋脚上の柱頭部は先行して施工を行った（図 - 9）。大型移動支保工は 2 本の脚立で支持されており、これらの脚立は柱頭部の横桁直上に配置しているため、床版には影響を与えない。

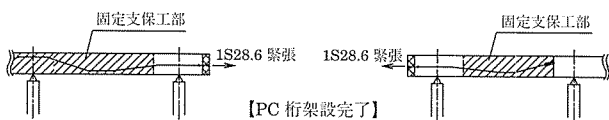
桁端部の側径間や鋼桁の隣接区間および箱桁部については、固定式支保工施工を採用した。

鋼桁部（別工事）の未施工部は、仮支柱を使用して通過

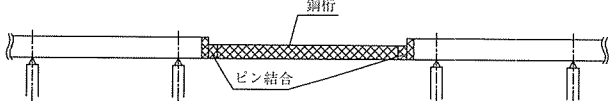
STEP 1：鋼殻をセット後柱頭部ブロックの施工



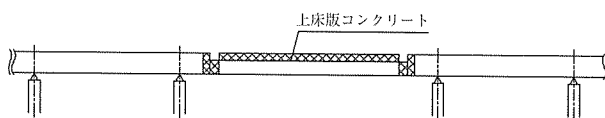
STEP 2：固定支保工部の施工



STEP 3：鋼桁の架設



STEP 4：鋼桁部上床版コンクリートの打設



STEP 5：内ケーブル 12S15.2×4 本緊張



STEP 6：ボルトによる剛結合

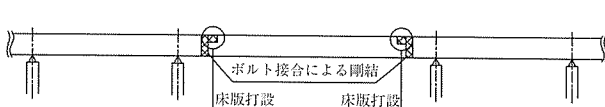


図 - 8 鋼殻および鋼桁部の施工手順

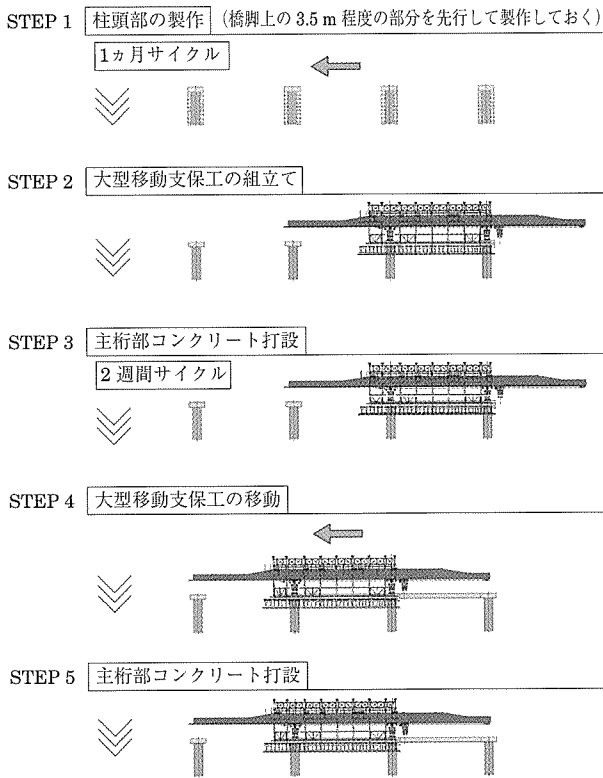


図 - 9 施工手順図

することにより次径間の施工を連続して行った。

5. 大型移動支保工

5.1 大型移動支保工

本工事で使用する大型移動支保工（以下、GW とする）は、重量：7 500 kN、メインガーダーの全長：92.0 m、1 回の施工面積が約 360 m² で全天候作業が可能のように上屋設備が完備されている（図 - 11）。各径間の主桁製作は繰返し作業となるため、作業員の熟練も早く、良好な施工工程および品質管理を行うことができる。1 径間約 30 m のスパンを 14 日サイクルで施工を行った（図 - 10）。

5.2 主桁製作工

主桁製作は、① 型枠セット→② ウェブおよび中間横桁鉄筋組立て→③ 縦締め PC 鋼材の組立て→④ 床版下筋組立て→⑤ 横締め PC 鋼材の組立て→⑥ 床版上筋組立て→⑦ コンクリート打設・養生→⑧ 緊張・型枠解体の手順で行った。

(1) 型枠のセット

型枠は、GW 内の電動チェーンブロック 4 台を同時操作して桁下に吊り下ろし、次径間までトラックにて運搬した。GW を次径間に移動後、再度電動チェーンブロックにて型枠を吊り上げて、計画位置に調整を行った。電動チェーンブロックをゲビンデ鋼棒に盛り替え、型枠を支持した。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
コンクリート	打設													段取	打設
養生															
緊張															
型枠解体・ダウン		小口		ダウン											
GW 移動				段取		移動									
型枠移動・セット						移動	セット								
小口・妻枠								小口	妻枠						
鉄筋(プレファブ含)			プレファブ組立て			横桁		ウェブ	張出し床版	床版			床版		
PC									主ケーブル	横締め					

図 - 10 施工サイクル工程

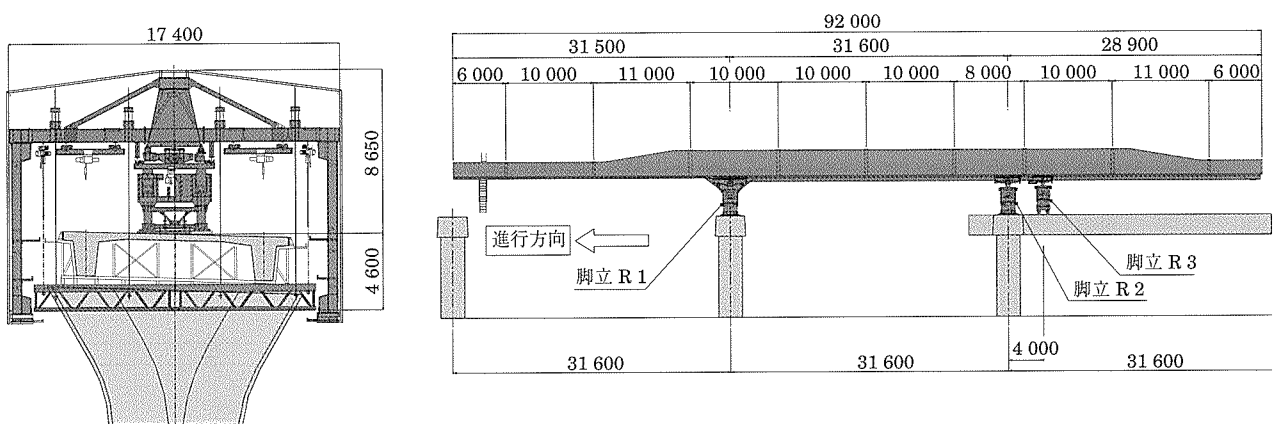


図 - 11 大型移動支保工

(2) ウェブおよび中間横桁鉄筋の組立て

ウェブおよび中間横桁の鉄筋をプレファブ化し、ヤード内の組立て架台にて先行して組み立てた。ウェブのプレファブ鉄筋（写真-1）は、長さ約6.0mを1ユニットとして、1径間分の1主桁を4ユニットに分割し、1ユニットごと既設側の橋面上へ吊り上げ、GW内に設置されている2.8t吊り電動チェーンブロックにて型枠内にセットした（写真-2）。先行組立て作業をGW移動中および型枠セット作業中に行うことで、鉄筋工の作業平準化を図るとともに、桁高が2.3mと高い型枠内での鉄筋組立て作業を極力減らして省力化と安全性の向上を図った。

(3) 縦締めPC鋼材の配置

主桁縦締めPC鋼材にはプレグラウト鋼材（SWPR19L1S28.6）を使用した。経済性とサイクル工程の確保の観点から、ここではカップリング方法を採用した。ケーブル挿入は、3本/1列を一括挿入することが可能な専用のケーブル挿入装置：特許出願中（写真-3）を製作した。挿入方法は、まず、ケーブルを1本ごと挿入装置に3段にセットする。既設桁側の定着具とのカップリング完了後、挿入装置を電動チェーンブロックで吊り上げ、カップリング部でケーブル展開時の反力を取りながら、挿入装置を移動させる



写真-3 専用のケーブル挿入装置

ことでケーブルを引き出していった。ケーブルの保持は、棚筋受け台を1m間隔に設置し、水平間隔と高さを確認しながら組み立てた。人力による型枠内でのケーブルの移動や型枠上下でのケーブル受け渡し作業をなくし、省力化と安全性の向上を図った（写真-4）。



写真-1 ウェブ鉄筋のプレファブ化



写真-4 ケーブル配置状況



写真-2 プレファブ鉄筋の型枠内へのセット状況

(4) コンクリート打設

床版鉄筋および横締めPC鋼材を配置後、コンクリート打設は、ポンプ車2台を用いて行った。GWを先にたわませ、最後に施工打継目となるように配慮して、GW先端側より打設を行った（写真-5）。

5.3 移動方法

GWの移動手順を図-12に示す。ここで、コンクリート打設時のGWを支持している2本の脚立の名称を、前方を脚立R1、後方を脚立R2と呼ぶこととし、移動手順を以下に示す。

・STEP 1

コンクリート打設・緊張完了後、R1の鉛直ジャッキを降下して型枠を脱型する。



写真 - 5 コンクリート打設状況

・ STEP 2

① 脚立 R2 を脚立 R3 に盛り替える。

脚立 R3 は脚立 R2 より 4 m 後方で GW を支持するため、床版に影響を与えないようにウェブ位置で支持する構造とした。

② 脚立 R1 を前進する。

③ 脚立 R2 を P7 位置まで前進する。

④ 横桁支柱を脚立 R2 に盛り替える。

・ STEP 3

① ガーダーを前進する。

② 脚立 R1 を P6 上まで前進する。

・ STEP 4

脚立 R1 で支持した状態でガーダーを前進する。

・ STEP 5

脚立 R3 を吊った状態でガーダーを前進する。

・ STEP 6

脚立 R3 を R2 後方まで前進し、GW の移動を完了する。

5.4 大型移動支保工通過工

本橋の鋼桁部（別工事）は、大型移動支保工施工部の施工中においては未施工であった。鋼桁部は大型移動支保工施工部の支間長より長い為、GW の移動にあたっては GW を解体して運搬・組立てを行う方法もしくは、仮支柱を使用して GW を通過する方法が考えられる。検討の結果、仮支柱を使用して GW を通過する方法が経済的に優位であることから採用に至った。図 - 13 に、P 28 から P 31 まで

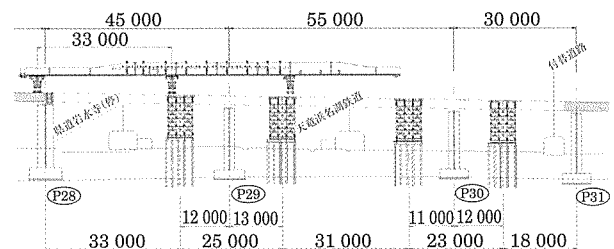


図 - 13 仮支柱配置図

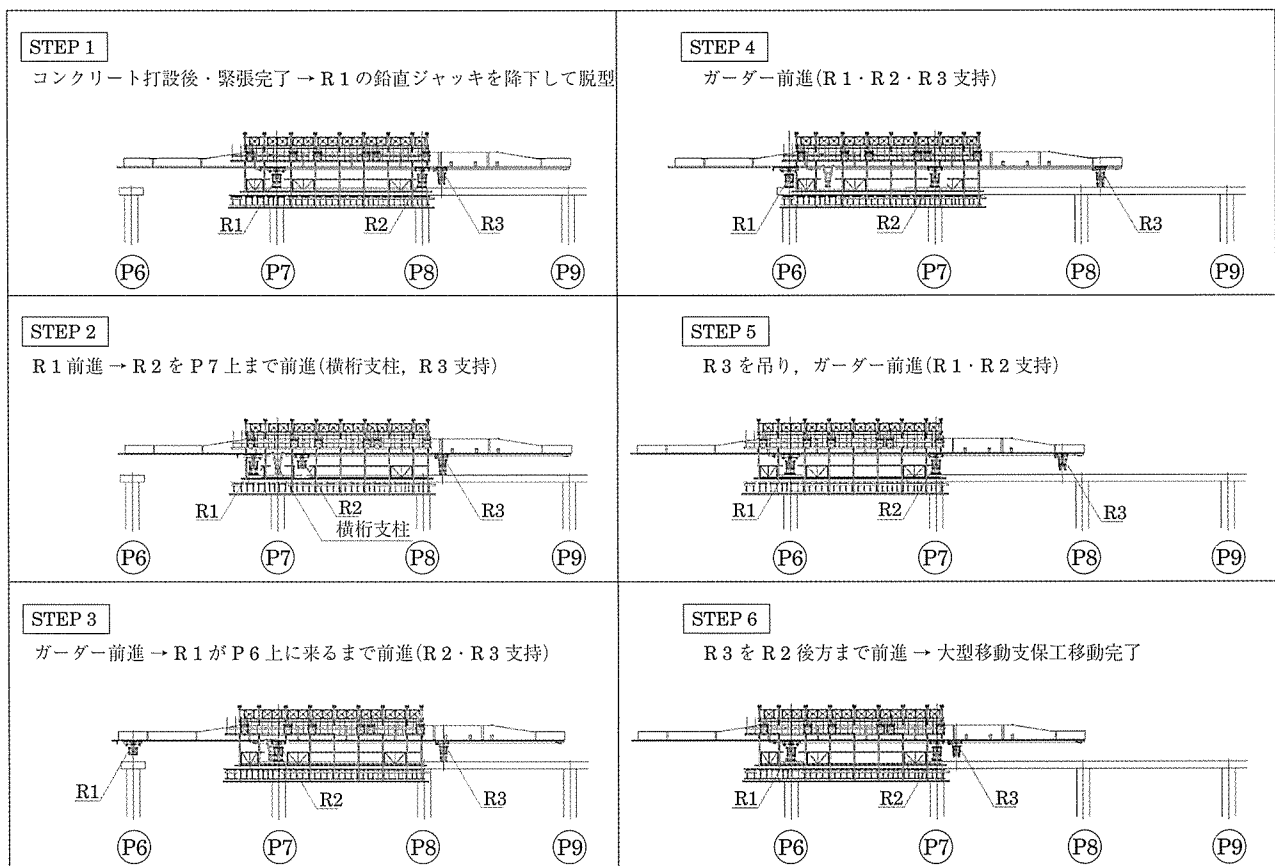


図 - 12 GW 移動要領

の3径間部の仮支柱配置図を示す。最大4403 kNのGWの鉛直反力が作用する仮支柱の基礎構造はプレボーリングによるH鋼モルタル充てん杭とした。写真-6に天竜浜名湖鉄道を通す前の状況を示す。

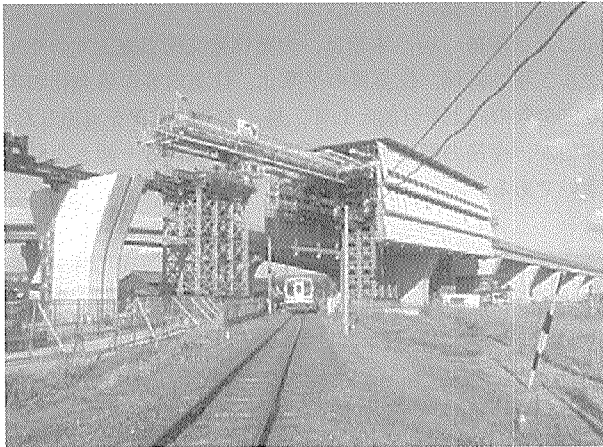


写真-6 通過状況 (P 29 ~ P 30 径間)

また、将来の都市計画道路が交差するP16 - P17径間は支間長が長く設定されていることから、桁高変化を有する箱桁断面で計画された。構造上のバランスから隣接する径間も箱桁とし、合わせて3径間が桁高変化を有する箱桁断面構造である。工程上の理由から固定式支保工により箱桁部を先行して施工を行った。このため、GWは箱桁部を通過する必要が生じた。箱桁部の支間割りが31.0 m + 57.5 m + 38.5 mと不等径間であることから、中央径間部の支間中央付近にGWの反力が載荷されると、主桁の曲げ応力度が許容値を満足しない。このため、GWの反力が載荷される直下に仮支柱を設置して主桁に負担をかけないこととした(図-14)。

写真-7にGWが箱桁部のP16～P17径間を通過している状況を示す。GW反力が主桁を介して仮支柱に載荷されるため、仮支柱の沈下量を計測し管理した。主桁応力度が許容値を満足できるだけの沈下量を管理目標値とした。計

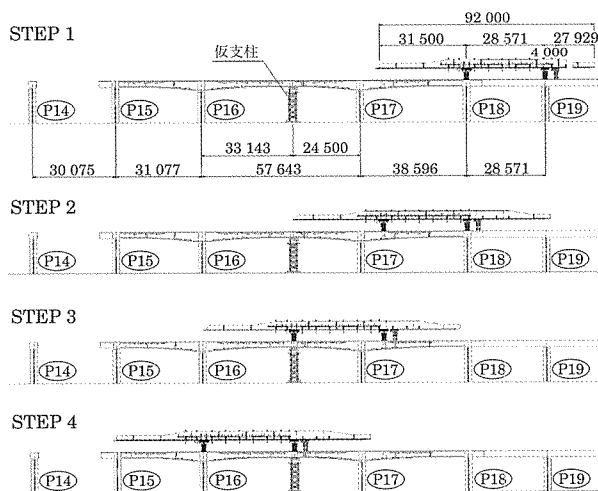


図-14 箱桁部の GW 通過要領

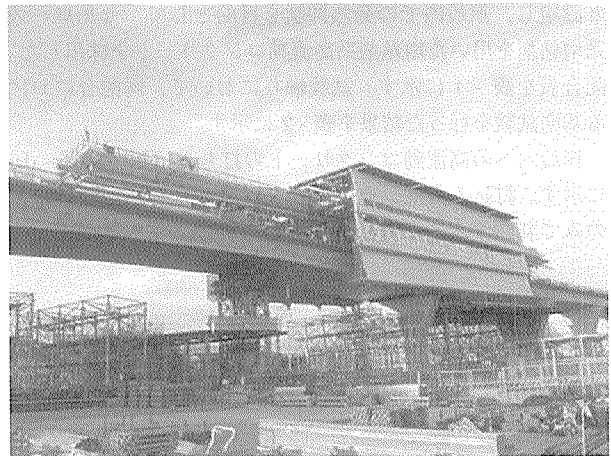


写真-7 箱桁部の通過状況 (P 16 ~ P 17 径間)

測の結果、仮支柱の沈下量は管理目標値以下であり、無事に箱桁上を通過した。

6. 鋼殻部の施工

6.1 施工概要

工場にて製作した鋼殻部を、架設現場まで陸送した。鋼殻部はセル状になっており、1個あたりの総重量は167.2 kNである。運搬された鋼殻部を所定の位置に架設し、位置調整を行った。架設後、鋼殻セル内へ高流動コンクリートを充てんした。

鋼殻部と隣接する2主版桁部の鉄筋およびPC鋼材を配置後、コンクリートを打設し一体化した。所定の強度発現後、各セル内に1本ずつ配置したプレグラウト鋼材(1S28.6)と中間支点上縁に配置した主ケーブル(12S15.2)の緊張を行った(写真-8)。

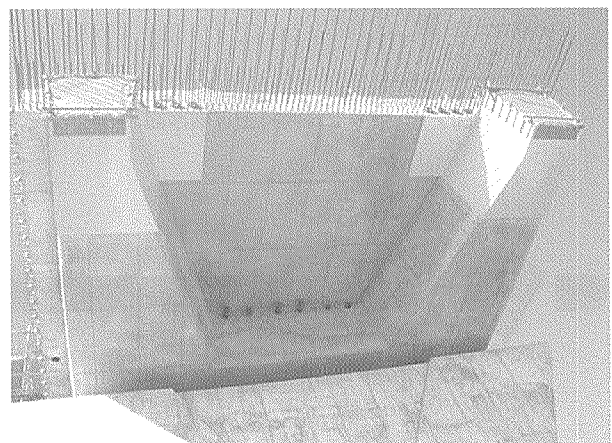


写真-8 鋼殻部

6.2 高流動コンクリートの打設

鋼殻部に充てんされるコンクリートは、鋼殻セルが密閉された構造になっており、鋼殻内にリブやスタッドが複雑に配置されていることから、コンクリートの充てん性を確保するために高流動コンクリートを採用した。鋼殻セル内のスタッドの間隔などを考慮して自己充てん性をランク2

と設定し、鋼殻内での発熱抑制を目的として、セルロース系増粘剤を用いた増粘剤系高流動コンクリートを採用した。配合表を表-1に示す。試験練りにおいて、同配合における基準試験を行った結果を表-2に示す。

鋼殻内への高流動コンクリートの打ち上げ順序を図-15に示す。打込み方法、充てん性を指針³⁾の目標値・規定値のみで判断することは困難なため、打設に先立ち実物大の

切出しモデル試験体を製作し、充てん性が良好であることを確認した。

7. おわりに

本工事は、平成20年6月に大型移動支保工部の33径間と固定支保工部の12径間の計45径間すべての橋体工が完了した(写真-9)。本橋は、大型移動支保工施工でのサイクル工程の確保、作業員の平準化、作業内容の省力化および安全性の向上を目的として、施工方法の改善を実施した。本稿が、今後の同種工法の橋梁計画における一助となれば幸いである。

表-1 配合表

						(kg/m ³)
セメント	膨張剤	水	細骨材	粗骨材	減水剤	増粘剤
400	20	175	886	822	6.720	200 g/m ³
水結合比	41.7 %	細骨材率	52.1 %			

表-2 試験結果

自己充てん性のランク：2		目標値	実測値
U形充てん高さ (mm)		300以上	350
流動性	スランブフロー (mm)	550～700	600
材料分離抵抗性	漏斗の流下時間 (秒) V ₇₅ 漏斗	7～20	12.2
	500 mm フロー到達時間 (秒)	3～15	7.5

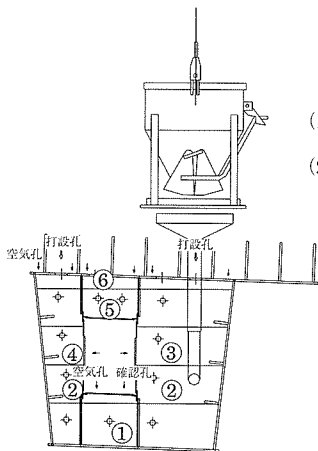


図-15 鋼殻セル内打ち上げ順序図

- (1) 鉛直管の長さ調整が可能な専用シュートを使用。
- (2) 中空部および上フランジに設けた確認孔より、内部の充てん状況を確認。

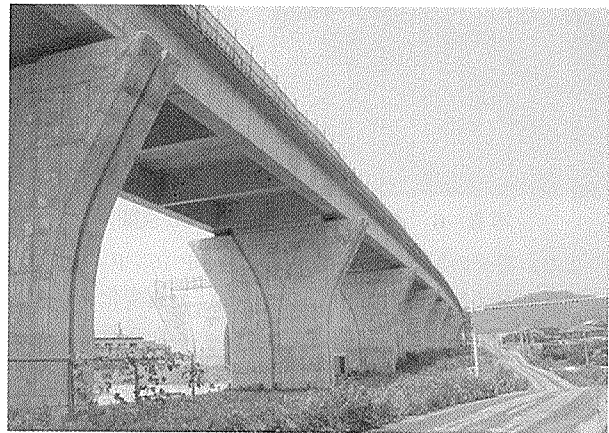
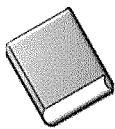


写真-9 全景

参考文献

- 1) 石井, 得能, 安藤, 中積: 第二東名高速道路 浜北高架橋 (西上り線) の設計と施工; PC技術協会第16回シンポジウム論文集, 2007
- 2) 池田, 中須, 明橋, 古賀: 木曾川・揖斐川橋における接合桁の設計と床版部の疲労実験, 土木学会 構造工学論文集 vol.46, 2000.3
- 3) 高流動コンクリート施工指針, コンクリートライブラリー 93号, (社)土木学会, 1998.7

【2008年8月20日受付】



図書案内

PC技術規準シリーズ

複合橋設計施工規準

頒布価格：会員特価 6,000 円 (送料 500 円)

：非会員価格 6,825 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 編
技報堂出版