

分割施工による3室箱桁橋(内・外ケーブル併用)の施工

- 下河東2号橋 -

東京土木支店 土木工事統括部 PC 工事事部 富田 正典

概要: 本工事は新山梨環状道路(地域高規格道路: 甲府都市圏をぐるりと囲む全長約39km)の南部区間(中部横断自動車道: 南アルプスIC~国道358号: 西下条ランプ)の山梨医科大学付近の橋梁である。本橋梁は全幅19.45m(4車線構造)のPC3室箱桁構造である。支承は免震支承(HDR-S)を使用している。主桁は「内・外ケーブル併用」の構造であり、3分割施工の各段階において「内ケーブル」を緊張し死荷重を受け持たせ、橋体工完成後、外ケーブルを緊張し活荷重を受け持たせ完成系となる。現在、主桁製作工の最盛期であり型枠鉄筋PC組立中である(進捗率82%: 平成17年5月現在)。山梨県では実績の少ない外ケーブルを使用するため材料および施工方法については入念な打合せを施主と行っている。また社会的インフラ整備の中の重要な構造物ということもあり施主他地元住民からも注目されている橋梁である。

Key Words: 地域高規格道路, 3室箱桁, 内・外ケーブル併用, 模型, 打ち重ね時間管理

1. はじめに

新山梨環状道路は部分開通(昭和町流通団地: 田富高架橋~南アルプス市若草: 若草高架橋「共に弊社施工」, 釜無川を渡河する)され一部供用開始(通行料: 無料)している。本橋梁が加わる南部区間においては早期開通(平成18年度)を目指し目下建設中である。河川を渡河する部分および交通量の多い道路交錯部においては鋼製橋梁が採用され、それ以外についてはコンクリート橋梁(PC, RC, PRC)が採用されている。下河東2号橋(ピーエス三菱・興和コンクリートJV)はPC3径間連続箱桁橋の構造であり、昨年度完工した下河東7号橋(川田建設・ピーエス三菱JV)が同構造(但し全内ケーブル構造)であるため、施工にあたってはモデル現場とした。本文ではコンクリート、PC工事に対して工事着手前、施工中の留意(検討)した事項について報告を行う。



写真-1 主桁製作1次施工 打設状況全景(冬季のためシート養生)



富田 正典

2. 工事概要

工 事 名 : 主要地方道韮崎櫛形豊富線下河東高架2号橋上部工建設工事(一部債務)
 施 主 : 山梨県新環状・西関東道路建設事務所
 施 工 : ピーエス三菱・興和コンクリートJV
 工事場所 : 山梨県中巨摩郡玉穂町下河東地内
 工 期 : 平成16年10月7日～平成17年9月25日
 構造形式 : 3径間連続PC箱桁橋(3室箱桁・3分割施工)
 主)PC鋼材「内ケーブル」12S15.2「外ケーブル」19S15.2(PE管:グラウトタイプ)
 横)PC鋼材 1S28.6(プレグラウトタイプ)
 架設工法 : 固定支保工(P72～P74 枠組支保工, P74～P75 支柱式支保工)
 規 模 : 橋長 124.5m 全幅 19.45m 桁高 2.6m
 支間長 37.2m + 48.5m + 37.2m
 施工分割 : 1次施工 47.5m + 2次施工 46.24m + 3次施工 30.36m

表-1 主要材料

種 別	単 位	数 量	摘 要
コンクリート 36N/mm ²	m ³	2025	高性能 AE 減水剤添加
PC鋼材(内) 12S15.2	t	30.7	FKK
PC鋼材(外) 19S15.2	t	16.5	SEEE グラウトタイプ(PAC)
PC鋼材(横) 1S28.6	t	17.6	住友電工プレグラウト湿気硬化型
鉄筋 SD295A D13～D25	t	314	



写真-2 施工状況全景(右側:1次施工,左側:3次施工)平成17年3月撮影

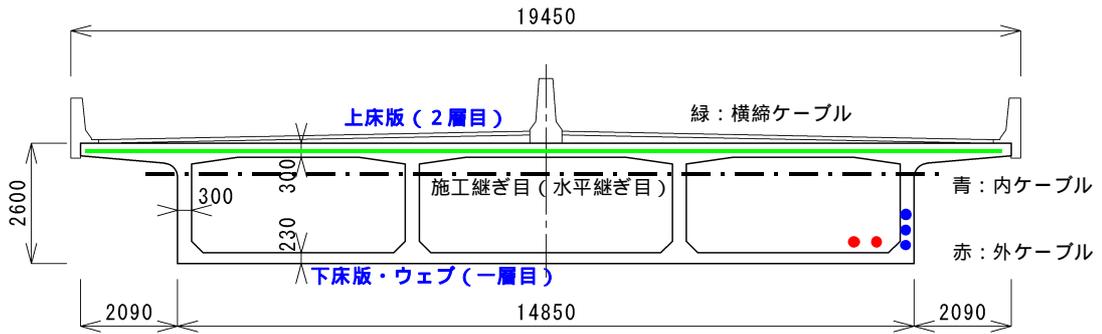


図-1 断面図

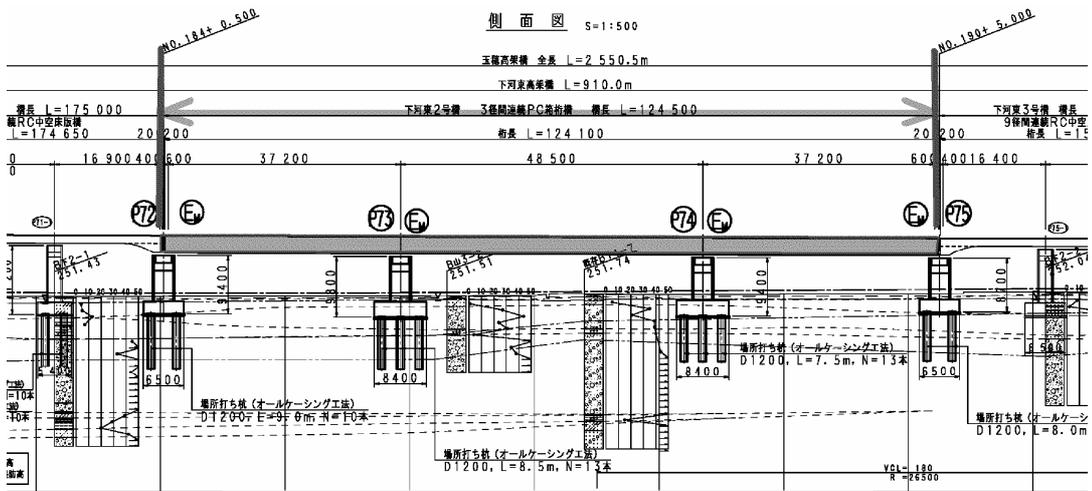


図-2 一般図(側面図)

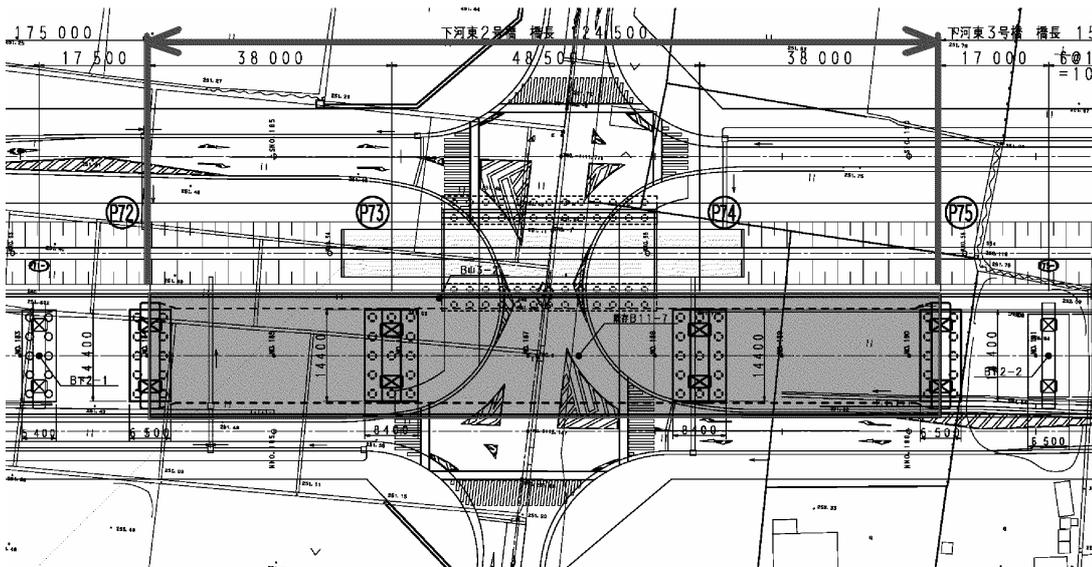


図-3 一般図(平面図)

3. 工事着手前の留意点(検討事項)

(1) 設計照査

着手前にあたり、FEM解析(外ケーブル切り欠き定着部)による検討、温度解析(マスコンクリート部:中間支点横桁部)による検討、横桁PC補強の検討(RC構造となっているためPC補強の検討)を行った。設計照査報告と共に施主に対し報告を行った。

結果、FEM解析結果(図-4)からは問題は見られなかった。しかし切り欠き部横桁厚が1230mmと薄いため定着部前面には鉄筋補強(D25×12本)を行った。また断面欠損部(人通孔付近や断面変化部)においては局部的な応力が若干発生するためアラミド繊維貼り付け(写真-3)を行った。

については水平継ぎ目を設けるため1層目、2層目と各材令を決め検討を行った。マスコン中心部において5N/mm²の引張応力が発生しているが横桁表面までは達していないことと十分な鉄筋量があるため補強の必要性は無いと考えた。

については支点横拘束による乾燥収縮ひび割れ、および上床版横締めによる横桁下縁に負の応力が発生するため、PC補強を行い安全性を確認した。



写真-3 アラミド繊維補強(断面欠損部)

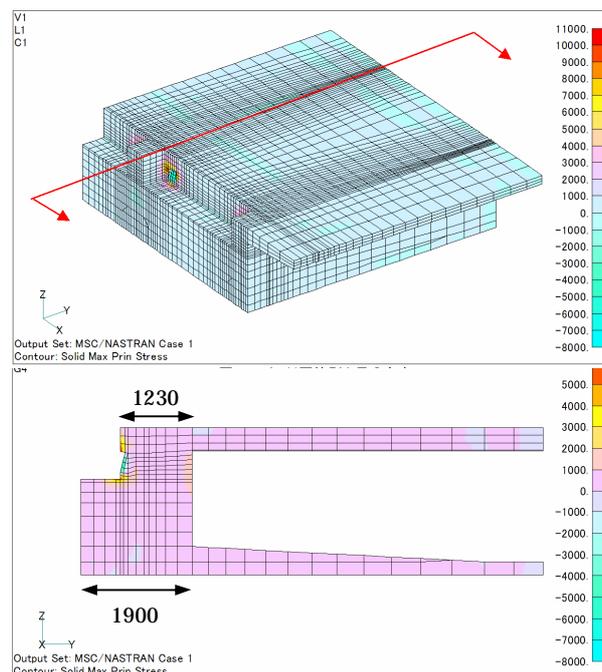


図-4 FEM解析結果

(2) コンクリート配合

モデル現場とした下河東7号橋(前述:施工実績2500m³、以下7号橋という)において使用された高性能AE減水剤添加コンクリート(36-15-25H)を試験した結果、流動性が良すぎる(打ち上げズライ)、単位水量の減少幅が少ない(ひび割れの抑制に繋がらない)等の観点から「改良配合」のコンクリートとすることとし、7号橋の配合と比べ混和剤の添加量を増やし単位水量16kg減、単位セメント量37kg減の「36-12-25H(高性能AE減水剤添加)」とし、水和熱の抑制ならびに水量ダウンによる乾燥収縮ひび割れ抑制につながる配合とした。

表-2 36-12-25H「高性能AE減水剤添加」1m³当たりの配合 ()内は36-15-25H

水セメント比(%)	細骨材率(%)	水(kg)	セメント(kg)	細骨材(kg)	粗骨材(kg)	混和剤(kg)
43.5	47.7	150	345	864	966	3.45
(43.5)	(48.7)	(166)	(382)	(845)	(909)	(3.44)

(3) 支保工基礎部および支保工形式(先行手摺りタイプ)

支保工基礎部にあたる地盤(平成16年秋口は長雨が多く、かつ地下水位が高い)は軟弱地盤であったため川砂利(70mm程度:山ズリより安価で入手)を20cm基礎部に投入することにした。表面はC40クラッシュラン10cmとした。このことにより支保工基礎地耐力は満足(平板載荷試験により確認:自社施工)した。

枠組支保工はくさび式パイプ支柱(48.6)とし、先行手摺りを用い組立を行った。(写真-7)



写真-4 川砂利搬入状況



写真-5 地耐力確認試験



写真-6 支保工基礎施工状況



写真-7 枠組支保工組立状況

(4) 支保工計画

1) くさび結合式支保工(先行手摺り部材使用)

枠組支保工部においてはくさび結合式(3S)支保工(写真-8)を用いた。先行手摺り部材については支保工側面に対し使用した。費用的には水平材(水平材)を2段配置する手摺りと比べ約10%程のコスト高になる。しかし上段での作業性は良く、見た目の安心感レベルは高く評価できた。3S 選定理由として 組なれている、リース機材庫(山梨)には他の「くさび式」が無い、先行手摺り部材がある、とのことにより選定した。

2) 自社材による支柱式支保工の組立

300t 耐力(重荷重)ベントを用いた支柱式支保工(写真-8)とした。選定理由として (道路上)594H 鋼直受けとなる構造および長期期間(180日)であるため他リース部材ではコストが高くなってしまふ、保有機材が充分にある(所定の高さで組んだ場合の数量が確保できる)、などの観点から決定した。また直受けとなるため上段横梁を2段配し、その間にキリンジャッキ等のダウン用機器を配置した。

主梁594Hについては長さ18mと長く手配(道路使用許可、全34本)に苦慮した。主梁架設方向は斜角があるため道路線形に対し

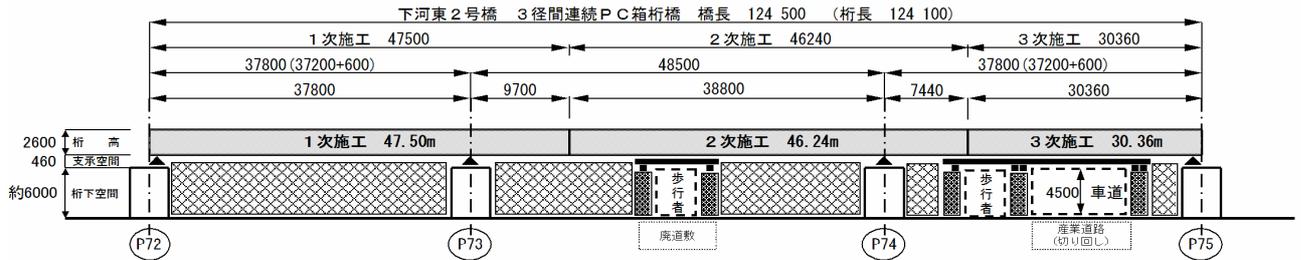


写真-8 支柱式支保工(3次施工)300t 耐力ベント

直角方向配置も検討したが、H鋼長さは減少するが本数が増加方向(無駄なスペースができる)となるため断念した。自社材使用による支柱式支保工は見た目の安心感があり、部材の組み合わせ等には苦慮する点もあるが、組立速度は速く、側面に簡易梯子も付いているので安心して組立を行えた。(7月中旬からの交通規制内での支保工解体に臨む。)

(5) 工程管理計画

着手前の時点より漠然とした工程管理ではなく主桁コンクリート打設予定日を取り組んだ工程計画を作成した。日々の進捗状況もわかるよう横長(着手日から工事完了「しゅん工検査」)工程表も作成しフォローアップを図っている。



年	月	主要工程・出来高	備考
平成16年	8月	契約日 平成16年8月20日	
	9月	議会承認 平成16年9月末 工期開始 平成16年10月7日	標準断面図
	10月	準備工	ピンク色：近接施工業者 左側：四谷建設(1月まで) 早野・国際JV(3月から) 右側：深沢組
	11月	支保工組立	四谷建設(玉簾断面整理事業)施工 逆し字型側溝(橋梁北側を施工)
	12月	<1次施工>	深沢組施工 産業道路(切り回し)施工 橋脚足場組立 支保据付打設
	1月	寒中養生試験体 製作・試験実施	冬季休暇 12日間(12/29~1/9)
	2月	No.1 下床版ウェブ 「CON」 2月8日(火) 44.6m ³ No.2 上床版 「CON」 3月8日(火) 36.8m ³	3次施工 支柱式支保工組立 2月10日産業道路(切り回し)供用開始
	3月	支保工解体	支保工組立
	4月	平成16年度末 GW休暇 7日間	<2次施工> No.1 下床版ウェブ 「CON」 4月1日(金) 37.3m ³ No.2 上床版 「CON」 4月26日(火) 34.9m ³
	5月	下河東1号橋施工 早野・国際JV	支保工組立
	6月		<3次施工> No.1 下床版ウェブ 「CON」 5月24日(火) 26.9m ³ No.2 上床版 「CON」 6月14日(火) 22.1m ³
	平成17年	7月	外ケーブル組立配置緊張
8月		橋面工施工 壁高欄 中央分離帯 鋼製排水溝 排水装置	夏季休暇 10日
9月		跡片づけ工	
10月			工期末 平成17年9月25日

図-5 工程表

4. 施工にあたっての留意点

(1) コンクリート打設計画

1) 実物大模型

打設計画作成にあたり実物大模型を作成し、打設試験を行った。1層目(下床版ウェブ)模型とする、下床版・ウェブ共に最小厚(300, 230)とする、打設順序の選定ができる(2タイプ:「A」ウェブ先行「B」下床版先行)、冬季養生方法の決定(2タイプ:「A」レンタン+シート「B」シートのみ)、棒パイブレータの選定、等の各種問題点の解決のため実施した。

模型を作成した結果、施主の信頼も得られ、かつ打設の周知会という役割も果たし実際の打設についてはスムーズな打設が実施できた。結果については打設順序において「A」ウェブ先行とし、養生方法においてはコンクリート温度5以下にはならず、どちらについても満足したが気温の変化もあるためレンタンを準備し本打設に望んだ。

においては60パイプの使用(最小ウェブ厚打設)を義務づける結果となった。ハンチ部吹き上がり防止として「金網」を設置し試験に臨んだが鉄筋量が多く、かつシースがハンチ内側に密に配置してあるため試験打設開始前に外した。

2) コンクリート温度計測

1回目打設(2月8日1次施工1層目「下床版ウェブ」)において寒中コンクリートとなるため、温度計測を実施した。6打点式温度計、デジタル式電波温度計、自記温度計を用いて行った。計測点はマスコン部および凍害を受けやすい断面狭小部とした。1回目から現在(5月末:5回目打設)に至るまで打設後2日目まで計測している。

四季折々のコンクリート温度計測データ取得および6回目打設については暑中コンクリートが想定されるため温度計測を引き続き実施している(最終主桁コンクリート6月14日3次施工2層目「上床版」)。

3) コンクリート打ち重ね時間管理

打ち重ね時間管理としてゴルフのコンペフラッグを加工し、打設箇所での打設終了時間を記載し打ち継ぐまでの時間管理を行った。原則として1時間以内に打ち足すこととした。

4) 打設エリアの表示

各ポンプ車(最高3台)のエリアと想定ホース移動時間およびエリア毎の数量を決定し、打設箇所に表示を行った。

5) 棒パイブレータテーピング

使用する棒パイプについてはコンクリート内投入深さの目安としてビニールテープによるテーピングを施した。



写真-9 模型打設状況



写真-10 模型完成



写真-11 打ち継ぎ時間管理

6) 品質確認試験

スランブ試験はアジテータ車(4.25m³積み)全数測定, エアー, 温度, テストピース採取は 150m³ 毎, 単位水量試験(エアメータ法)は主桁4回目打設から打設日に1回, ツプシ試験(圧縮強度)は標準, 現場養生とし公的機関によるツプシは現場養生とした(3, 7). また品質確認試験実施による余剰生コンについてはアジテータ車(もしくはポンプ車)に戻さずコンクリートマット(支保工基礎部に使用)等を製作し再利用を図った.

7) 打設足場の改良(フラットな足場)

下床版ウェブ打設における足場として従来の内型枠組立完了後, 突っ張り引張り単管(サポート)からの足場ではなく フラットな足場とし, 鉄筋(特にスターラップ)組立完了後に組立ができる, 鉄筋スペーサに足場荷重をあずけない構造, 下床版に行く昇降階段(梯子ではない)を各部屋に設ける, (型枠)突っ張り引張り用にも使える等の考え方により改良を加えた. 結果としてくさび結合式パイプ支柱(3S)を用い, 足場荷重を支える部分は底板とし「シースキャップ」による箱抜き構造とし, 後充填モルタルとした. 強固な構造(足場としては)となり, ポンプ車配管時においてもびくともしない構造となった. また資機材の仮置きスペースとしても使用し, 打設作業においては縦横移動がスムーズに行え打設における品質確認に役立った.

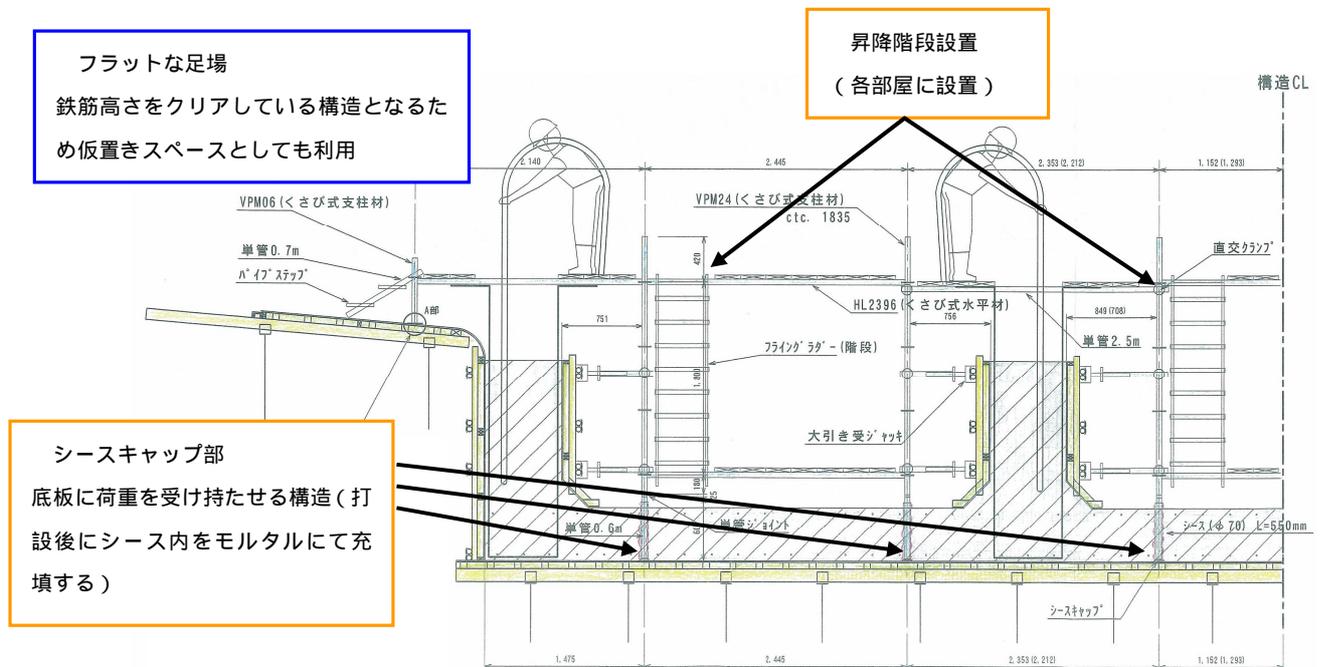


図-6 フラットな打設足場

(2) 鉄筋 PC 型枠計画

1) 実物大模型

前項にも記述したがコンクリート打設だけではなく鉄筋型枠 PC における確認も同時に行った. 型枠強度の確認, 鉄筋スペーサ数量配置の確認, PC シース水平配置(パイプ投入幅確保)の確認, 打設振動によるズレの確認, 等の事項について模型による確認試験を行った.

2) 型枠組立の検討

側枠の型枠継ぎ目

側枠高さ(サークルハンチ除く) 1875mm となり, 900mm パネルでは残り 75mm で型枠継ぎ目が 2 本並んでしまう. このことにより側枠は 600mm(600 × 1800) パネルとし「600 + 600 + 675」の組み合わせとした. 「m2」単価では若干割高となるが出来映えを優先しこの形とした. また, 側枠については転用および作業性(小バラシができる)を考慮し大判パネル(1875mm × 1800mm)での製作を避け, 600(675) × 1800 のパネルを製作(通常縦積木であるが横積木としメタルフォーム風の構造)した. このためパネル設置後, 縦角パイプ(60 角パイプ)その後横単管とする構造と

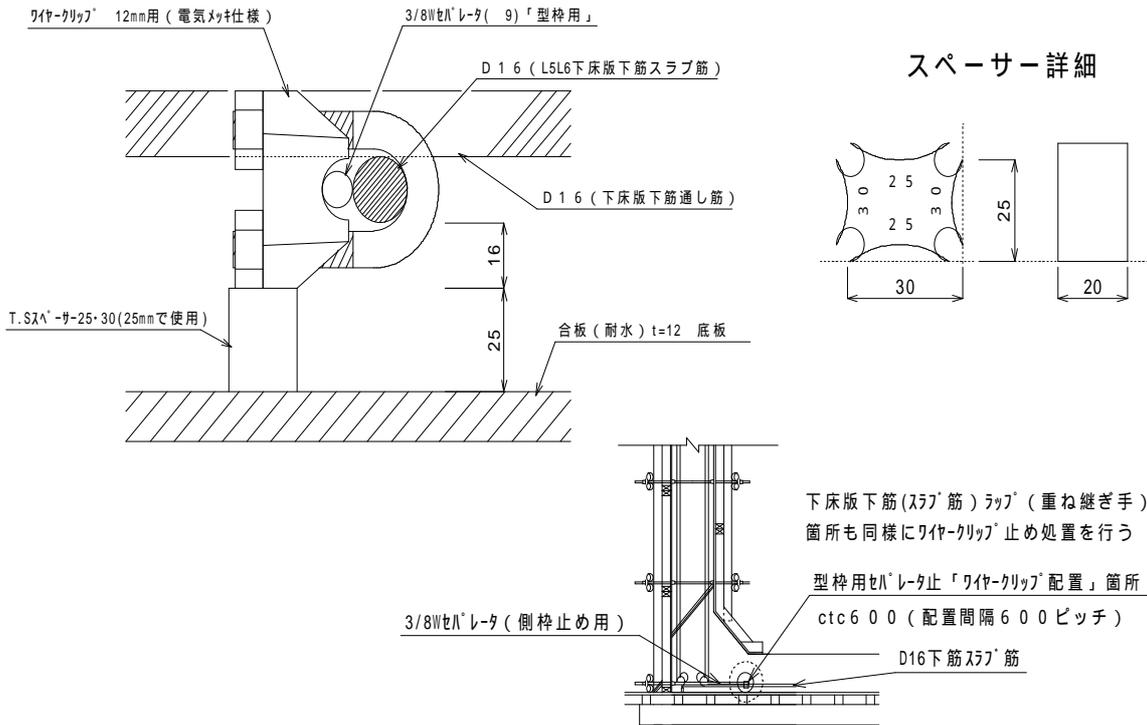


図-9 側枠下段セパ圧着方法およびかぶり寸法入りスペーサー

サークルハンチ枠

形状がR300でR長さ445mmと大きくないため櫛板を付けずに施工した。側枠と張出枠とに支持する構造とした。バンドパネルのため打設側圧に対しても問題無しであった。

張出床版水切り部

断面欠損(水切り面木)による「水切り」を避け、断面増し厚(張出端)によるものとした。張出端において栈木をメタル栈木(43×25)とし16mmの段差(幅35mm)を末端部に設けた。

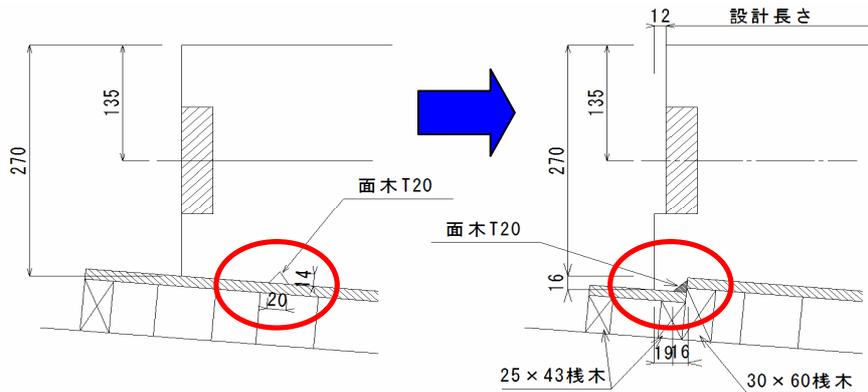


図-10 張出床版水切り部

(3) 鉄筋PC組立の検討

垂鉛結束線

鉄筋組立完了後からの放置期間が長く、また保管状態による差が生じないため「垂鉛結束線」を使用した。工事写真撮影時にも有効であった。

鉄筋防錆剤の使用

スターラップ筋等特に露出期間が長いものについては搬入された時点で防錆剤(サビラーズ)の散布を行った。曲げた部分については黒皮が剥がれてしまっているので念入りに行った。また橋面工埋込筋等は加工場所での防錆処

理を施した。

スペーサ

かぶり厚が表記されているタイプの物を使用した(床面)。他にカチットコン(鉄筋にクリップで止められる)等も型枠組立時にズレが生じにくいいため使用した(壁面)。

棚筋受け金具(主ケーブル)の使用

PC ケーブル保持方法として棚筋受け金具を使用した。予め所定の高さに鉄筋を保持できるように加工され支持部についてはモルタルスペーサとなっている構造のものを使用した。

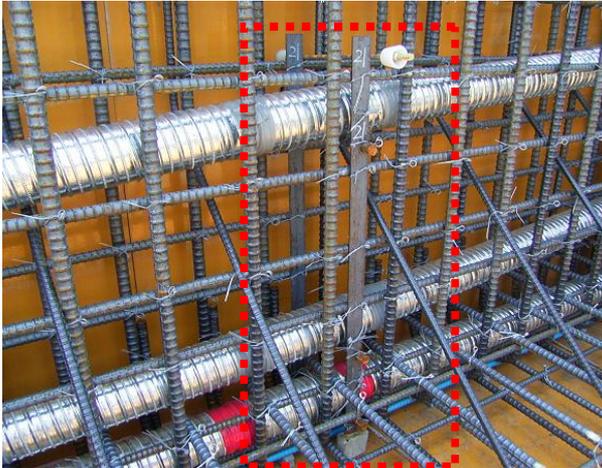


写真-12 棚筋受け金具(主ケーブル)

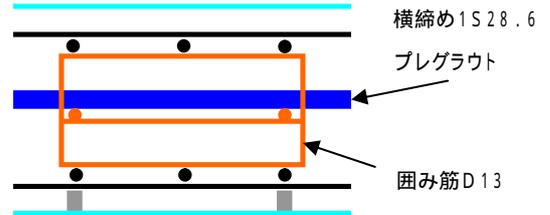


図-11 囲み筋図(断面図)

上床版横締め受け鉄筋の工夫

スラブ下通し筋と上通し筋との間に鉄筋 D13 での囲み筋(幅 1m 程度)を配置し横締めケーブルを保持させた。張出床版, 中ボックス床版に配置しスラブ筋保持筋としての機能も持たせた。

上床版打設天端出しの工夫

の囲み筋を使用し W1/2 セパによる D コンを天端に取付けた(橋面工による型枠押さえ用としても使う)。それ以外についてはコン天棒という天端出し金物を用いた。またスラブ厚管理については FRP 製の棒(プラアロイ)をゼスロックにて取付け打設後のスラブ厚管理を行った。



写真-13 スラブ厚管理方法



写真-14 コン天棒

(4) 外ケーブル計画, その他

1) 予備ケーブルの考え方

将来的な維持管理, 補修という事を前提に本橋梁では外ケーブルの予備孔(偏向管)が設けられている。但し端支点横桁外部に定着する構造となっており, ケーブルの追加等が発生した場合に隣接橋(共に RC 橋となる)の横桁および伸縮装置が干渉する。しかしそれらについて満足する構造となると大幅な構造変更となり下部工構造にも影響する。そこで大幅な変更はせず偏向管および定着部の鞘管だけの配置となった。これらの事項については設計照査報告時に施主に対し説明を行った。

2) グラウトタイプ外ケーブル(今後施工)

外ケーブルは偏向管の中を PE 管(100)が通る 2 重管構造となっている。橋面上にテント等の風雨対策可能な設備を設置し, テント内にて PE 管(100)をバット溶着する。桁内に配置後, 定着部付近との接続は EF コントローラ接続(スリーブ式:電気タイプ)し鞘管完成となる。その後 19S15.2 鋼材を挿入し緊張となる。

グラウト(内・外共に)を施工するにあたり真空ポンプ併用方式で検討している。これは 併用しない場合と比べ充填性が向上する, 注入時間を短縮できる。注入圧力を低減できる, 等を着目している。

3) 寒中コンクリートを想定した全面白(防災)シート養生

平成 16 年 11 月から支保工を組立たが主桁第 1 回目(2 月初旬予定)となり寒中コンクリート施工となりうるため側面についてはグリーンネット等の安全ネットは装着せず, 白(防災)シートを装着した。これにより冬季の施工(鉄筋 PC 型枠作業等)において威力を発揮した。

(5) 主桁たわみ計画

1) X 方向移動量

隣接橋との遊間確保のため移動量変位を計測している。先行打設部(1次施工)の変位量が大きく, 現段階では設計通りの動きを示している。

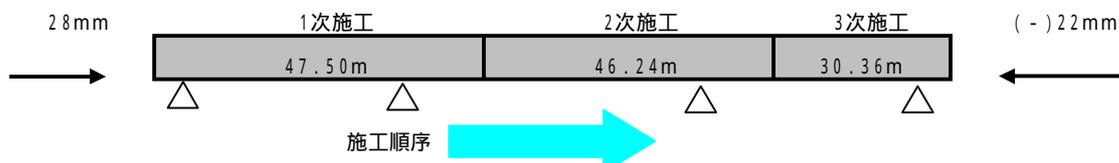


図-12 X 方向移動量

2) Y 方向移動量(たわみ)

外ケーブル併用という構造のため, 内ケーブル緊張後での桁の上がり方向は大きくない(むしろ第 2 径間においては下がる方向である)。しかし施工継ぎ目では上がり方向に挙動を示すため継ぎ目部型枠については緊張後に施工した。3 次施工では支保工構造が支柱式である, かつ直受け(H 鋼)であることから挙動(上がり方向)に追従できる型枠構造とした。また図-8 の様な分割施工時のたわみ挙動によるひび割れ抑制のため(追従させる)補強筋を配置した。補強筋 D25 × 8 本(各ウェブ)小口断面部水平打ち継ぎ目付近に配置した。

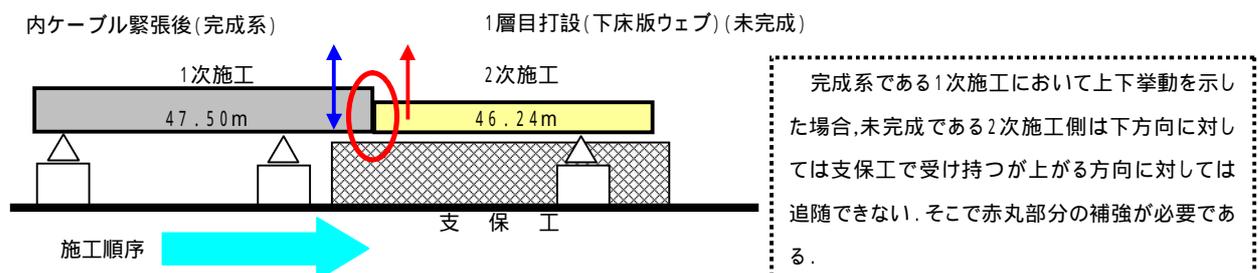


図-13 分割施工時の挙動

格点		1	7	13	16	19	25	28	31	37	備考
名称		P72	スパン中央①	P73	継ぎ目①	スパン中央②	P74	継ぎ目②	スパン中央③	P75	
単距離	m	0.000	18.900	18.900	9.700	14.550	24.250	7.440	11.460	18.900	
追加距離	m	0.000	18.900	37.800	47.500	62.050	86.300	93.740	105.200	124.100	
たわみ量	mm	0.0	-7.1	0.0	3.7	37.9	0.0	-27.1	5.1	0.0	

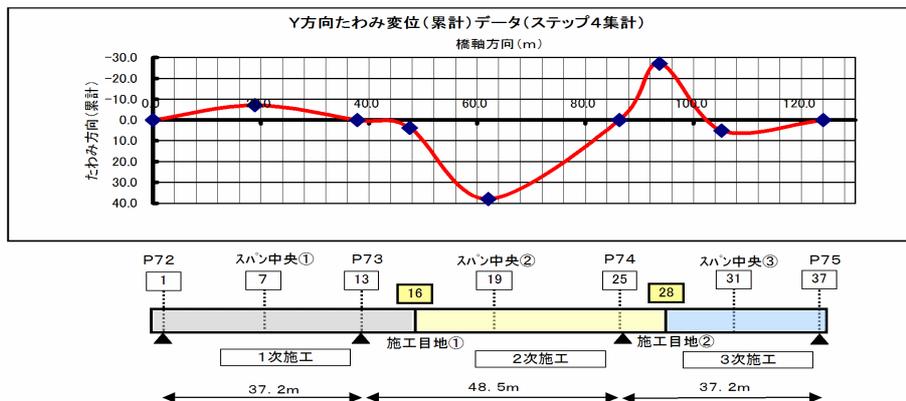


図-14 たわみ管理グラフ



写真-15 鉄筋 PC 組立状況全景



写真-16 施工状況全景 (5月下旬)

5. おわりに

本橋の主桁製作は終盤を迎え、最終コンクリート打設が目前である。平成 17 年 9 月の完成を目指し目下鉄筋 PC 型枠組立中である。その状況を写真-15, 16 に示す。

本報告はオーソックスな箱桁橋であり特徴ある構造形式の橋梁ではない。しかし近年のコンクリート構造物の長寿命化を図る必要性から、全幅 19.45m の 3 室箱桁の施工についてはコールドジョイント、豆板およびひび割れ等、初期の施工中の不具合が発生しないよう「丁寧な」施工を心がける必要がある。このため良いコンクリート構造物を造るためのソフト・ハード両面に渡る品質向上が図れる既存の技術を大いに取り入れ施工している。

本報告が「顧客要求事項を満足する」という観点から同種工事の一例となれば幸いである。

本橋梁を施工するにあたりご指導ご協力をいただいた関係各位にこの場を借りて深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書「施工編」2002 年制定
- 2) コンクリート構造物におけるコールドジョイント問題と対策「土木学会」
- 3) 寒中コンクリート施工指針・同解説「日本建築学会」
- 4) 高性能 AE 減水剤コンクリートの調査・製造および施工指針・同解説「日本建築学会」
- 5) 真空ポンプを併用した PC グラウト注入工法について(その 2)「研究報告」SEEE 協会グラウト特別分科会, プレストレストコンクリート Vol.46, No.3