

萩・三隅道路 吉広高架橋 PC 上部工事の施工 — 片持ち張出し架設による連続ラーメン箱桁橋の施工 —

田中 敏彦*1・栗原 高己*2・西川 伸之*3・渡 貴司*4

萩・三隅道路は、長門市、萩市内の異常気象による通行規制時の通行確保や開発計画の推進・産業の集積化による地域の活性化を目的とした、長門市三隅中から萩市椿に至る延長 15.2 km の高規格幹線道路である。この中の橋梁の一つである吉広高架橋は橋長 624 m の連続高架橋であり、そのうち起点側 214 m が鋼橋、終点側 410 m が本橋で、PC 6 径間連続ラーメン箱桁橋である。

本稿では、この PC 6 径間連続ラーメン箱桁橋の上部工工事の施工について報告する。

キーワード：連続ラーメン箱桁橋、暑中コンクリート、冬季養生

1. はじめに

長門市と萩市を結ぶ主要幹線道路である一般国道 191 号の鎖峠は、道路の安全確保のため、連続雨量が 150 mm（一部区間は 250 mm）に達した時、全面通行止めとなり、主要幹線道路の機能を保つ際の大きな障害となっている。

高規格幹線道路「萩・三隅道路」は、この障害の解消と利便性の向上、円滑な交通の確保、地域の活性化を目指して計画された（図 - 1）。

吉広高架橋は、萩市三見付近に架橋される全長 624 m の連続高架橋であり、起点側 214 m の鋼橋と終点側 410 m の本橋からなる。本橋は PC 6 径間連続ラーメン箱桁橋で、上部工の架設方法は、移動作業車 4 台による片持ち張出し施工による架設である。

本稿では、この上部工事の施工について報告する。

2. 橋梁概要

吉広高架橋 PC 上部工事の橋梁概要を右記に示す。また、構造一般図を図 - 2、3 に、主要工事数量を表 - 1 に示す。

路線名：一般国道 191 号 萩・三隅道路
 橋梁名：吉広高架橋（終点側橋梁）
 工事名：萩・三隅道路吉広高架橋 PC 上部工事
 活荷重：B 活荷重
 道路規格：第 1 種第 3 級
 設計速度：V = 80 km/h
 橋長：410.000 m
 支間長：49.0 + 92.0 + 76.0 + 62.0 + 76.0 + 53.0 (m)
 有効幅員：9.500 m
 斜角：90°
 勾配：縦断線形：3.000 %
 横断勾配：2.000 %
 橋梁形式：PC 6 径間連続ラーメン箱桁橋
 施工方法：片持ち張出し工法

本工事の対象範囲は吉広高架橋の終点側の橋梁であり、橋長 410.0 m、最大支間 92 m の PC 6 径間連続ラーメン箱桁橋である。架橋区間において市道石丸中山線と二級河川三見川と交差する箇所があり、これらを跨ぐ P5～P6 橋脚間が支間 92 m となる。



図 - 1 吉広高架橋 位置図

*1 Toshihiko TANAKA：国土交通省 中国地方整備局 山口河川国道事務所 工務課長
 *2 Takami KURIHARA：国土交通省 中国地方整備局 山口河川国道事務所 建設監督官
 *3 Nobuyuki NISHIKAWA：大成建設(株) 中国支店 萩・三隅道路吉広高架橋作業所 課長
 *4 Takashi WATARI：大成建設(株) 中国支店 萩・三隅道路吉広高架橋作業所 課長代理

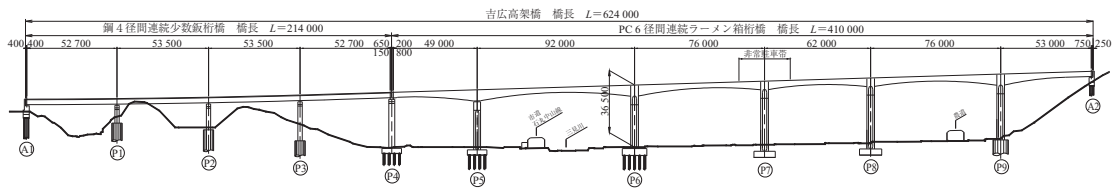
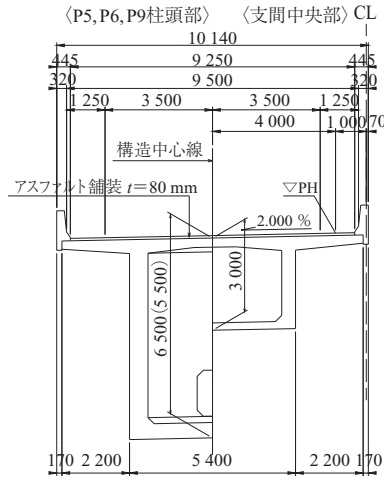


図 - 2 吉広高架橋 側面図



() 内寸法は、P7、P8 柱頭部

図 - 3 吉広高架橋 断面図

表 - 1 主要工事数量

工種	種別	仕様	単位	数量
PC 片持箱桁橋工	コンクリート	$\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	m ³	4 042
	鉄筋	SD345 D13 ~ D32	t	510.5
	PC 鋼材	縦締 内ケーブル (12S15.2B)	t	84.6
		縦締 外ケーブル (19S15.2B)	t	43.4
		横締 (1S28.6) プレグラウト PC 鋼材	t	33.7
支承工	ゴム支承	P4 橋脚 死荷重反力 1 578 KN	箇所	2
		P5 橋脚 死荷重反力 12 483 KN	箇所	2
		A2 橋台 死荷重反力 1 522 KN	箇所	2
地覆壁高欄工	コンクリート	$\sigma_{ck} = 27 \text{ N/mm}^2$	m ³	304
	鉄筋	SD345 D13 ~ D25	t	47.1

桁高は、柱頭部断面 6.5 m (P7、P8 柱頭部は 5.0 m) から閉合部および端支点部 3.0 m に変化し、有効幅員 9.5 m の一室箱桁断面である。P7 橋脚地点には拡幅部をもうけて非常駐車帯を設置している。PC 鋼材は内外併用ケーブル配置を採用している。

本橋の基本構造は、「PC 6 径間連続ラーメン箱桁 (張出し架設)」であるが、全脚剛結 (P5 ~ P9 : 剛結) とした場合、固定支間長は $L = 306 \text{ m}$ となり、上部工の桁下縁合成応力度が許容値を超える結果となる。また、クリープ・乾燥収縮による常時の不静定力が P5 橋脚に大きく作用し、温度変化時に P5 橋脚柱の鉄筋応力度が許容値を超えてしまい、構造系が不成立となる。そこで、P5 橋脚を支承構造とする 4 脚剛結の構造系にすることで、全脚剛結よりも固定支間長が短くなり、上部工の応力バランスが改

善され、上部工の合成応力度は許容値以内に抑えることが可能となった。P5 橋脚を支承構造としたことで、クリープ・乾燥収縮による常時の不静定力が減少し、橋脚柱の応力も許容値以内に抑えることが可能となる。

本橋では、端支点部 (P4 橋脚、A2 橋台) および中間支点部 (P5 橋脚) の支承構造に水平反力分散支承を採用した。

2.1 施工ステップ

図 - 4 に施工ステップ図、図 - 5 に全体工程表を示す。

下部工工事からの橋脚の引渡しは、段階的に 3 回に分けて引き渡された (最初に P5、P9 橋脚、続いて P6、P8 橋脚および A2 橋台、最後に P7 橋脚)。そのため、上部工の施工は引き渡しを受けた橋脚から順次施工を開始した。

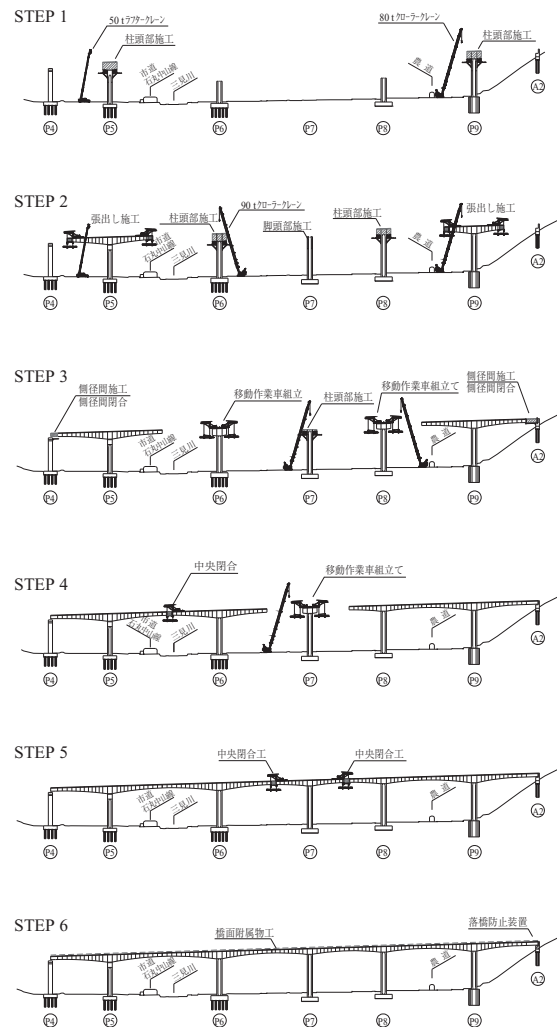


図 - 4 施工ステップ

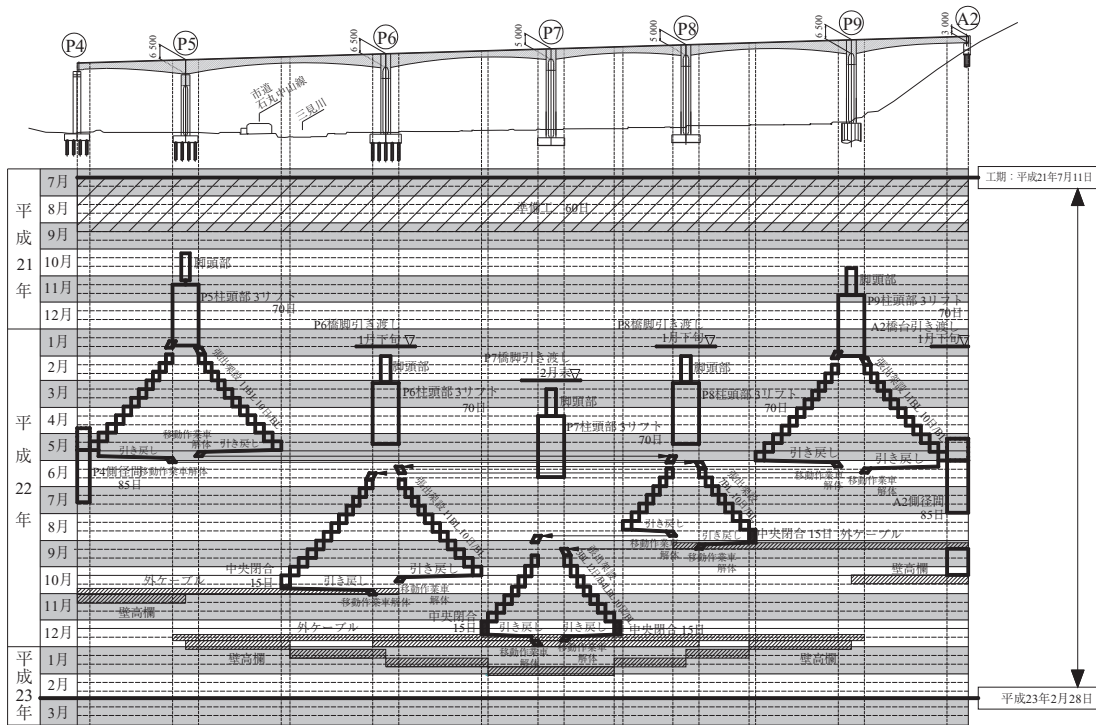


図 - 5 全体工程表

張出し架設には、一般型・2主構の移動作業車を計4台使用した。はじめに設置したP5橋脚の移動作業車はP8橋脚へ転用し、さらにP7橋脚へ転用した(計2回の転用)。P9橋脚の張出し架設で使用した移動作業車は、P6橋脚へ転用した。これによりP5～P8～P7の移動作業車を2回転用するパスが工程のクリティカルとなり、工程を遅延させないために迅速な移動作業車の転用、サイクル工程の短縮およびP7橋脚の拡幅部の施工方法の工夫等が求められた。

3. 施工概要

3.1 主桁コンクリート打設

(1) 圧送配管

本橋は地上から30m以上の位置での施工となり、橋桁の両端部が施工中であったため、両側からのアクセスが不可能であった。コンクリート打設は縦配管を橋脚足場に設置し、地上のポンプ車からの直接配管にて行った。打設開始時の先行モルタルは筒先にてコンクリートホッパーに排出し、クローラクレーンにて運搬して処理を行った(写真-1)。

(2) コンクリート打設時の暑中対策

最大張出し部では橋面上の水平配管延長は約44mになり、とくに夏季におけるコンクリート圧送中の閉塞が懸念された。地上から橋面までの縦配管(約30m)と橋面上の水平配管(最大張出し時44m)に、散水した湿潤マットと断熱マットを併用して巻くことにより、日射による配管の温度上昇を防いだ(写真-2)。また打設途中の水平配管の段取替えにかかる時間を短縮するために、水平配管にキャスターを固定し、橋面上を滑らせて移動させるよう

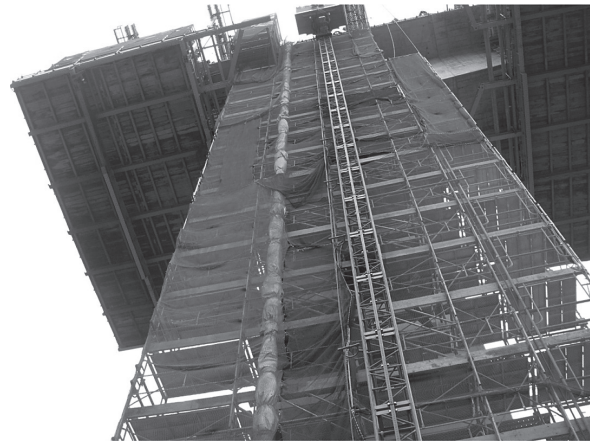


写真 - 1 縦配管設置状況



写真 - 2 水平配管への養生

にした（写真 - 3）。張出し施工最盛期の2010年夏は全国的に猛暑日が続いたが、配管閉塞トラブルの発生を防ぐことができた。



写真 - 3 水平配管移動の工夫

(3) コンクリート打設時の寒中対策

当該地域は冬季に、非常に強い北風が吹くため、通常の寒中養生に加えて、移動作業車の全側面に風除けのシートを張った。冷風によるコンクリート表面温度の急激な低下の防止と移動作業車内の保温による寒中養生を実施した（写真 - 4）。



写真 - 4 移動作業車の寒中養生

(4) 打継面処理

コンクリート打設後の打継ぎ処理方法として、主桁各ブロック間の鉛直打継部に対しては打継処理シートを使用した（写真 - 5）。打継処理シートを使用することで作業用水が不要となり、下部を通る市道・農道等への飛散の心配がなくなった。打継処理シートは、型枠脱型時に均一で強度および水密性に優れた打継面が得られ、チッピングによる打継面と同等もしくはそれ以上の強度や水密性が確保される。よって、鉄筋やPC鋼材の密集箇所における無理な作業が不要となり、安全面および工程面においても有利となる。

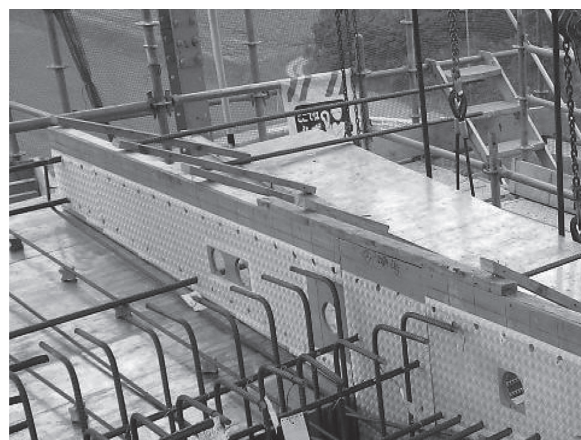


写真 - 5 打継面処理シートの使用

3.2 壁高欄コンクリート打設

壁高欄のコンクリート打設時期は冬季であった。前述したように、冬季は非常に強い寒風が吹く地域であるため、打設直後、型枠存置期間中、および脱型後について、養生マット等が飛散ないようにネットを使用して強風対策を行った（写真 - 6）。打設直後に氷点下まで気温が下がることが予想される時にはジェットファーネスを使用し、給熱養生を行った（写真 - 7）。



写真 - 6 壁高欄コンクリート打設後の養生

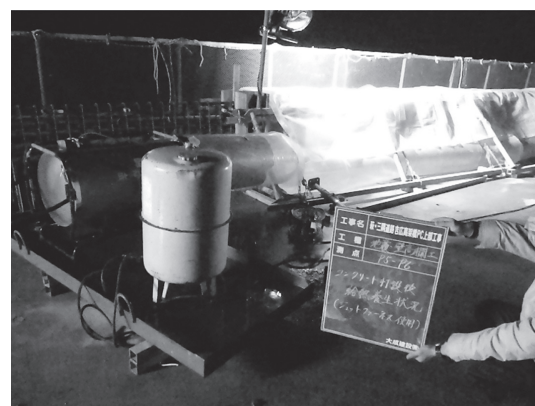


写真 - 7 壁高欄コンクリート打設後の給熱養生

○ 工事報告 ○

3.3 非常駐車帯部の施工

(1) 施工順序

P7中心の前後15m区間には非常駐車帯が設けられ、このため床版幅が9 250 mmから12 750 mmに変化する。この非常駐車帯部を標準部(一次施工部 = 9 250 mm)と拡幅部(二次施工部 = 0 ~ 3 500 mm)の2回に分けて施工した。横締めケーブルには、接続タイプのものを使用し、拡幅部への対応を行った。施工順序は、以下のとおりである。

- ① 標準ブロック(床版幅9 250 mm)を一次施工部として施工(型枠・鉄筋・PC組立て、コンクリート打設)。
- ② 張出しケーブル(主方向ケーブル)、床版横締め(一次ケーブル:標準長9 250 mm)を緊張。
- ③ 脱枠後、移動作業車を次ブロックに移動。
- ④ 次ブロックも標準ブロックにて施工(型枠・鉄筋・PC組立て、コンクリート打設)。同時に前ブロックの拡幅部(二次施工部)の施工(型枠・鉄筋・PC組立て、コンクリート打設)。床版横締めは専用接続具にて接続。
- ⑤ 次ブロック張出しケーブル(主方向ケーブル)、床版横締め(一次ケーブル)を緊張。
- ⑥ 前ブロック拡幅部(二次施工部)の床版横締め(二次ケーブル:1 750 mm)を緊張。
- ⑦ 脱枠後、移動作業車を次ブロックに移動(以降、繰返し)

(2) 床版横締めの接続

拡幅部に設置される二次ケーブルは、標準部ですでに緊張された一次ケーブルと専用接続具にて接続される。また、コンクリートの打設前に、接続具はカップラーシースにより覆われ、このシースの中にプレグラウト樹脂が充てんされる。充てんの確認は、シースに付いた4箇所のフロートの浮き上りにて判断できる(図 - 6、写真 - 8)。

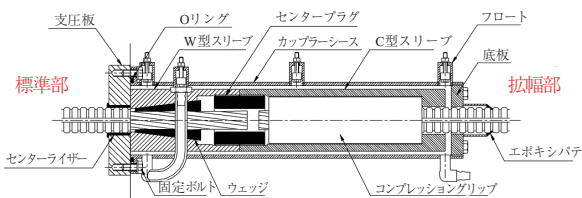


図 - 6 プレグラウト用接続具の構成

(3) 移動作業車の型枠支保工・フレームの改造

次ブロック施工時に前ブロックの拡幅部の施工を行うため、型枠を支える支保工梁とフレームを改造した(図 - 7)。

(4) コンクリート打設順序

先述の施工順序に従い、コンクリートを打設した。打設平面図を図 - 8 に示す。また拡幅部のコンクリート打設状況を写真 - 9 に示す。

- ① 1ブロック標準部
- ② 2ブロック標準部+1ブロック拡幅部
- ③ 3ブロック標準部+2ブロック拡幅部
- ④ 4ブロック標準部+3ブロック拡幅部

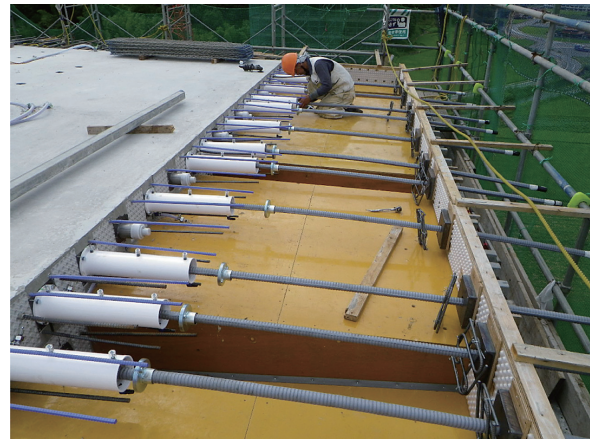


写真 - 8 接続具使用状況

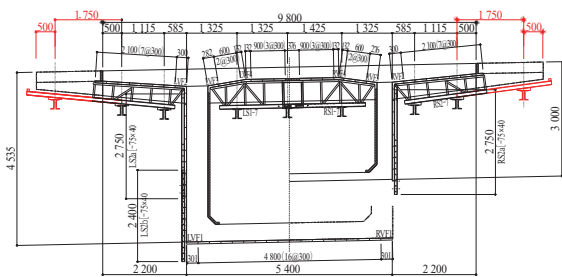


図 - 7 型枠支保工・フレームの改造(赤部分)

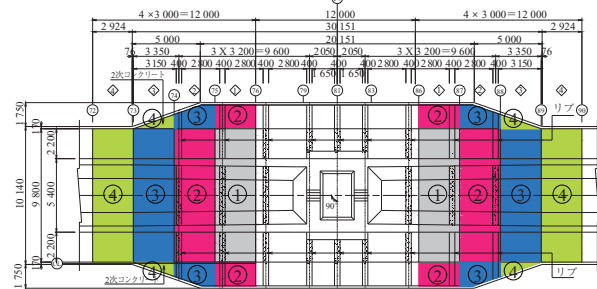


図 - 8 打設平面図



写真 - 9 拡幅部コンクリート打設状況

3.4 P9 橋脚の張出し架設

(1) 柱頭部支保工上での移動作業車組立解体

本橋の架橋位置の両端部は山地となっており、とくに本工事の施工範囲である終点側（A2 橋台側）は急傾斜となっている。移動作業車の組立解体は橋脚近傍の地盤にて下段作業床の地組を行い、リフトアップする機会が多いが、上記のような地形条件のため、下段作業床の地組は不可能であった。そこで、柱頭部施工時に設置したブラケット支保工を P9 橋脚の張出し架設完了時まで残置し、柱頭部支保工上にて移動作業車の組立解体を行った。これにより、地形の制約なしに組立解体を行うことが可能となった（図 - 9、写真 - 10）。

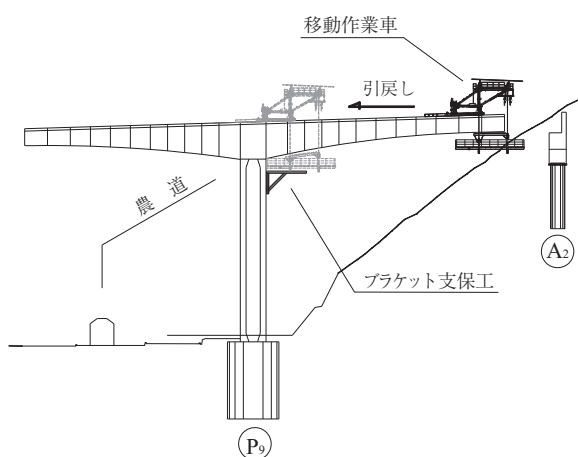


図 - 9 P9 橋脚移動作業車の引戻し



写真 - 11 P9 橋脚での張出し架設状況

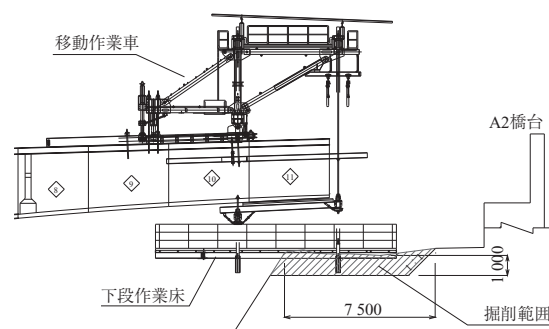


図 - 10 A2 橋台下法面の掘削



写真 - 10 P9 橋脚での移動作業車解体状況

(2) A2 橋台下法面の干渉

P9 橋脚からの張出し施工を行うにあたり、最終ブロック（11BL）施工時に移動作業車の下段作業床が A2 橋台下の法面に干渉する。この干渉を回避する対処として以下の対策を講じた（写真 - 11、図 - 10）。

- ・移動作業車下段作業床のリフトアップ
- ・干渉する法面箇所の掘削

3.5 外ケーブルの施工

本工事の外ケーブルは、19S15.2B（5050 kN 型）のグラ

ウトタイプのケーブルであり、2 径間に渡ってそれぞれ 2～4 本配置されている。工程を短縮するため、閉合が完了した径間から順次施工を行った。桁内に外ケーブル用の架台を組み立て、半透明タイプのシースを設置した（写真 - 12）。緊張作業は、最大緊張力 4 000 kN の緊張ジャッキを 2 台使用した。



写真 - 12 外ケーブル架台の設置

3.6 施工全般における安全対策

3.6.1 風雨の影響による作業の中止について

強風時の対策として、職員が携帯用の風速計で計測を行い、計測値に応じて作業中止の判断を決定するルールを決

○ 工事報告 ○

め、現場に掲示した(写真-13)。強風(平均風速10m/s以上)による作業中止が何度かあったが、全工期を通じて風による飛来落下災害をゼロとすることができた。



写真-13 職員による携帯用風速計での計測

3.6.2 市道・農道および河川を跨ぐ施工での安全対策

本工事は市道・農道および河川を跨ぐ施工であるため、第三者への飛来落下災害を防止する安全対策、作業用水などの飛散による水質汚染についての対策を講じた。

(1) 鉛直面打継処理シートの使用

主桁コンクリートおよび壁高欄コンクリート打設後の打継面処理は、作業用水などの下部への飛散流出の問題から、一般的な高圧洗浄機を使ったレイタンス処理を行うのは難しかった。そこで、壁高欄部にはコンクリート打継面処理剤を、また、各ブロック間の鉛直打継面には打継面処理シートを使用した。

(2) 高欄足場に落下防止措置

道路上の高欄足場についてはブルーシートを敷き、落下災害の防止を行った(写真-14)。その結果として、細かな木くず、コンクリートガラ、型枠洗浄水も下部に落ちることなく処理できた。



写真-14 高欄足場 ブルーシート敷設

(3) 下部見張員の配置

市道や農道上での作業の際は、作業箇所の下部に見張り

員を配置した。第三者の通行を優先させるため、第三者が通行するときは、無線にて作業主任者に連絡して、作業を一旦止めることで第三者への災害防止に努めた。

3.6.3 熱中症対策

2010年夏の平均気温は、統計を開始した1898年以降最高を記録した。夏季には橋面上および地上において日射を遮る設備がなく、特に箱桁内部は空気が滞留して湿度が高い状態となる。厳しい作業境下での熱中症の発生が懸念されることから、熱中症対策について、以下の取組みを行った(写真-15~17)。



写真-15 休憩所内ウォーターサーバー設置



写真-16 携帯型熱中症計

〈熱中症対策〉

- ・ウォーターサーバーの設置
- ・熱中飴の支給
- ・携帯型熱中症計を使用し、熱中症の危険度を見える化
- ・熱中症看板を設置し、予防の啓蒙
- ・日よけ用のテントによる休憩所を設置
- ・熱中症対策応急キットの配備
- ・防護帽の配布
- ・箱桁内部に扇風機の設置

以上の対策を行い、熱中症者ゼロを達成した。



写真 - 17 日よけ用テントによる休憩所の設置



写真 - 19 完成写真（平成 23 年 2 月撮影）



写真 - 18 施工中写真（平成 22 年 9 月撮影）



写真 - 20 全景写真（右から P7, P6, P5, P4 橋脚）

4. おわりに

日本海に近く、風の吹き抜けやすい、緩やかな山あいの田畑・河川上での工事はつねに気の抜けないものであったが、地域の皆様方や関係各位のご理解とご協力により、平成 23 年 2 月 22 日に竣工した（写真 - 18 ～ 20）。

吉広高架橋を含む萩・三隅道路が、異常気象時だけでなく地域の方々、また、山口県を訪れるの方々にとって大きな利益をもたらすことを期待する。

最後に、本橋の工事に関係された皆様に対し、心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 神鋼鋼線工業株式会社：CCL シングルストランド工法 IS28.6 プレグラウト用接続具施工手順書，pp.1, 2009

【2011 年 3 月 1 日受付】