

東九州道 北河内二号橋上部工の施工

— 桁下空間を使用できない条件下での施工 —

谷田 雅史*1・和田 裕信*2・福島 邦治*3

本橋は橋長242 mの7径間連結PCコンボ橋である。現場は、宮崎県立鰐塚自然公園内にある猪八重（いのはえ）溪谷に位置している。架設地点を含む周辺は原生林となっており、各橋脚付近は急斜面で進入路が無く桁下への重機搬入が不可能であった。このため支承工を初めとして、主桁架設や横組・連結・床版・壁高欄工におけるすべての資機材を橋台から送り出して施工を行った。本稿では、高橋脚上かつ、桁下空間を使用できない特殊条件下で行った施工の工夫について報告を行う。さらには、山間部に位置し、冬季は融雪剤の散布が想定される地域で行った品質向上対策についても報告する。

キーワード：PCコンボ橋、架設桁架設、桁下空間の使用制限、プレキャストセグメント桁

1. はじめに

東九州自動車道は、北九州市を起点に大分県、宮崎県を経て鹿児島市に至る延長436 kmの高速自動車道である。本工事の施工箇所である清武～日南間は、宮崎市と日南市を通過する延長28 kmの区間である。本工事は新直轄事業方式で整備されている区間の北側、清武～北郷の一部をなし、架設桁架設工法で施工される7径間連結コンボ橋である。

コンボ橋は主桁と床版の一部をプレキャスト化する工法であり、作業の省力化と現地工事期間を大幅に短縮できるメリットがある。プレキャスト化された同じ桁種のT桁橋に比べると、桁高が高くなるものの桁本数が低減できるので、桁下の高さ制限に余裕がある架設地点で多く採用される構造である。本稿では、高橋脚に加え、桁下空間を使えない条件下で、施工を行った多径間のプレキャストセグメント桁工事について報告する。

2. 工事概要

工事名：東九州道（清武～北郷）

北河内二号橋上部工工事

発注者：九州地方整備局 宮崎河川国道事務所

工事場所：宮崎県日南市北郷町大字北河内地内

工期：平成25年10月8日～平成27年7月31日

構造形式：PC7径間連結コンボ橋

橋長：242.200 m

径間長：33.600 m + 5@35.000 m + 33.600 m

幅員：11.760 m

縦断勾配：1.117 %

平面線形：A = 750 ~ R = 1 505 m

施工方法：上路式架設桁架設

プレキャスト主桁のブロック長と重量：12.500 m, 31 t

施工箇所の位置図を図-1に、本工事の全体一般図（側



図-1 施工位置図



*1 Masafumi TANIDA

(株)日本ピーエス
福岡支店 技術施工部



*2 Hironobu WADA

(株)日本ピーエス
福岡支店 技術施工部



*3 Kuniharu FUKUSHIMA

(株)日本ピーエス
福岡支店 技術施工部

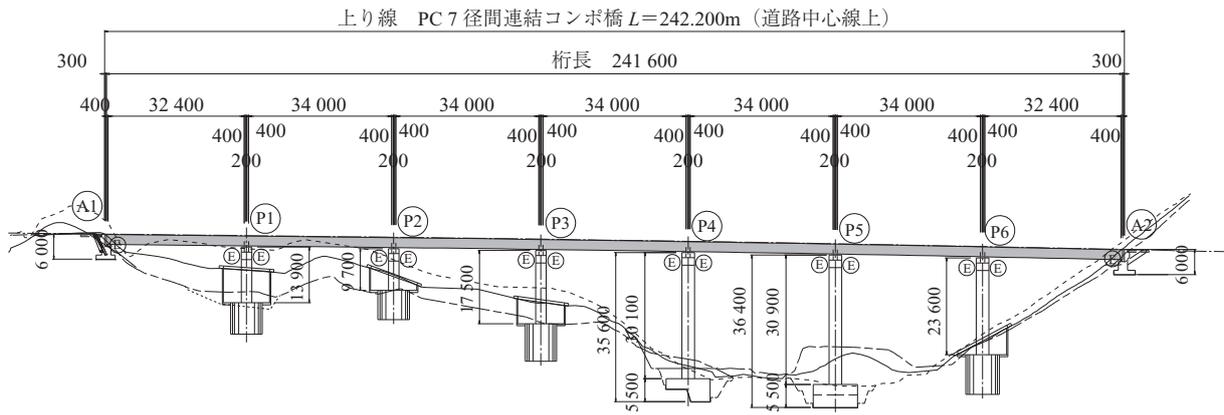


図 - 2 全体一般図 (側面図)

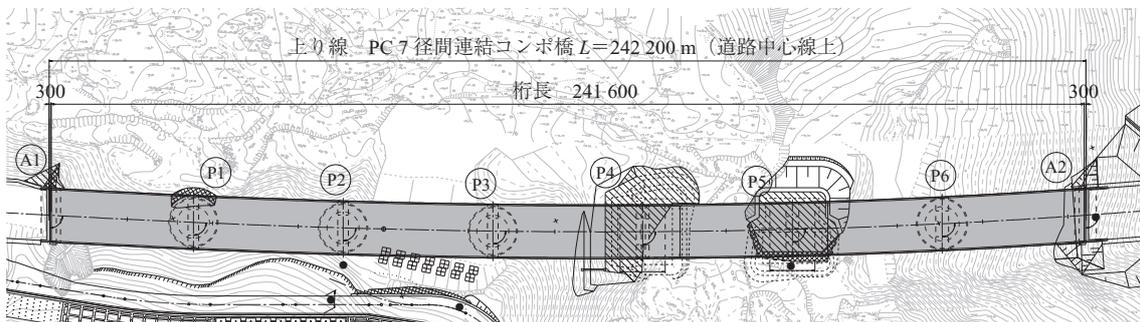


図 - 3 全体一般図 (平面図)

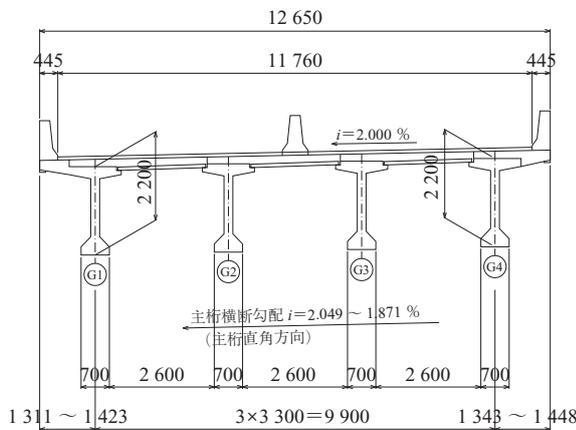


図 - 4 断面図

面図)を 図 - 2 に、全体一般図 (平面図)を 図 - 3 に、断面図を 図 - 4 に示す。

3. 施工方法の工夫

本工事の施工上の課題は、大きく次の 2 点であった。

- ① 高橋脚上でのプレキャスト桁架設作業時の墜落防止対策
- ② 桁下へ向かう工事道路が無く、桁下からの荷上げが困難なことに対する資機材運搬方法

本工事の施工フローを 図 - 5 に示す。なお、着色部は施工箇所への重機搬入ができなため、運搬の工夫を行っ

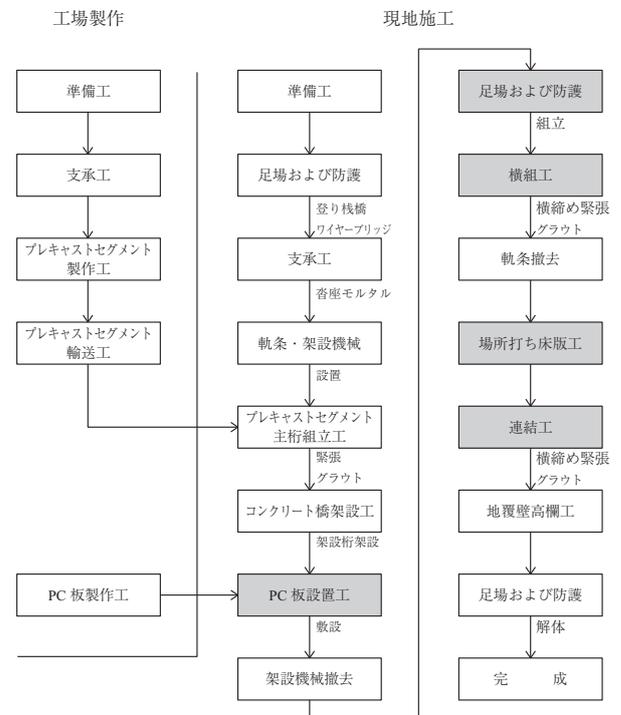


図 - 5 施工フロー

た工種である。

3.1 墜落防止対策

橋脚高さは 6 橋脚中 2 橋脚で 30 m 以上であった。その

ため、架設作業時および足場組立て時の墜落防止として全径間にワイヤーブリッジを設置し、15mm目の転落防止ネットを敷設した。写真-1に設置状況を示す。



写真-1 ワイヤーブリッジ先行設置

主桁架設完了後の作業通路を確保するため、架設桁の移動前にG1～G2桁間、G3～G4桁間にPC板を先行設置し、架設桁を移動したのち、残りの開口であるG2～G3桁間のPC板設置を行った。作業手順を工夫することで、桁間開口部を養生した。写真-2にPC板先行設置状況を示す。



写真-2 G1～G2桁間のPC板先行設置

3.2 資機材運搬方法

現場が急峻な谷あい位置するため、下部工施工時は、仮設の栈橋を設置し、クレーンを用いて資機材の運搬を行っていた。しかし、経済性の観点から下部工の完成と同時に栈橋が撤去されていたため、上部工施工時には、桁下へ向かう工事用道路が無く、全径間にわたり、クレーンを用いた地上からの資機材の荷上げを行うことができなかった。

このため、足場材・鉄筋・型枠材・PC板などすべての材料を橋台背面から資機材運搬台車で送り出した。運搬した材料の一覧を表-1に示す。資機材運搬台車は主桁移動用の電動台車を改造して使用した。運搬台車前方には4.9tクローラークレーンを積載した台車をさらに連結し、そのクレーンにより、送り出した資機材の荷卸しを行っ

表-1 運搬材料

工程	運搬材料	数量または重量
支承工	ゴム支承（主桁と一緒に運搬）	56基
支承工・床版工	無収縮モルタル	31t
架設工	桁上レール（主桁と一緒に運搬）	15t
床版工	PC板	687枚
足場工	足場材（単管・足場板など）	140t
床版工・横組工	鉄筋	200t
横組工	PC鋼材	5t

た。資機材運搬台車はクローラークレーンの作業能力を考慮し形状寸法を決定した。そのため積載できる能力が比較的小さく、1回に運搬できる重量は材料によって異なるが10t程度であった。約2800m²の施工面積がある場所打ち床版では、運搬鉄筋の総重量が200tあったため、小運搬を繰り返した。運搬状況を写真-3に示す。ゴム支承は、ソールプレート（支承上部の鋼板）が無いコスト縮減タイプが採用された。1基あたり約300kgの重量があるゴム支承は工場製作時に主桁にセットし、その状態のまま架設桁と一緒に送り出すことで、それ自体の運搬を省略した。



写真-3 資機材運搬台車

コンクリート打設時のポンプ車も、桁下に配置できなかった。このため現場打設となる横桁・床版・壁高欄施工時は橋台背面にポンプ車を据え付け、最大130mの水平配管を設置して打設を行った。打設状況を写真-4に示す。

生コンプラントから施工箇所までは、50分の運搬時間を要した。そのため適正スランプ値を事前に十分検討し、配合を決定した。床版コンクリートの配合比較を図-6に示す。また、コンクリートの供給が途切れると配管の閉塞が懸念されたため、配車計画を綿密に立て余裕をもった配車台数で打設を行った。

3.3 架設方法の工夫

コンボ橋はプレキャスト主桁の間隔が広く、本橋の架設桁は断面中心であるG2～G3主桁間に設置する上路式とした。設置完了後のプレキャスト主桁間にある架設桁を次径間に移動する方法として、プレキャスト主桁の上面に軌条と専用吊金具を設置し、架設桁の後部を吊下げる工夫を行った。これにより、一般的な方法に比べると、架設用門型クレーンによる架設桁の引上げと引下げおよび仮置き



写真 - 4 水平配管によるポンプ打設

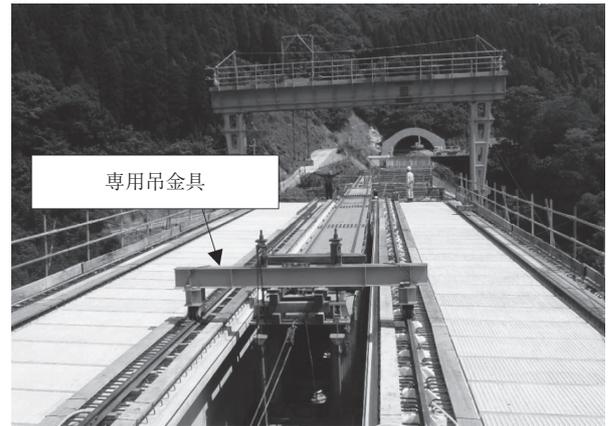


写真 - 6 専用吊金具による架設桁の吊下げ移動

標準配合								
呼び強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	セメント種類	適用
30	8	20	330	155	47.0 %	4.5 ± 1.5	普通	AE減水剤

施工時配合								
呼び強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	セメント種類	適用
30	12	20	326	153	46.9 %	4.5 ± 1.5	普通	高性能AE減水剤

図 - 6 床版コンクリート配合比較

整状況を図 - 7、写真 - 7 に示す。

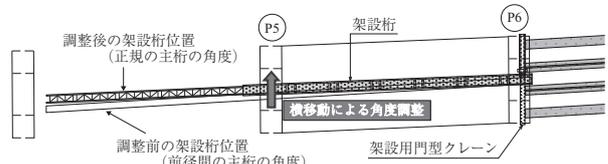


図 - 7 横移動による角度調整

工程を不要とすることができ、安全性の向上と架設工程の短縮が図れた。写真 - 5 に一般的な架設桁の移動例を、写真 - 6 に本橋で採用した架設桁の吊下げ移動の状況を示す。



写真 - 5 一般的な上路式の架設桁移動



写真 - 7 横取り装置による角度調整状況

また、本橋は曲線橋であり、各橋脚で斜角が異なるため、径間ごとに架設桁の角度を調整して主桁を架設する必要がある。一般的な架設桁移動の場合（架設桁を桁上に引上げる場合）、架設桁の角度調整は架設用門型クレーンを用いて架設桁を引上げ、横移動させることにより行う。当現場では前述の様に架設桁を引き上げずに次径間への移動を行ったため、前方の橋脚上で横取り装置を利用し、油圧ジャッキで架設桁を横移動させて角度調整を行った。調

4. 品質向上対策

本橋は山間部に位置することから、冬季には融雪剤の散布が想定された。融雪剤による上部工の塩害劣化を防止するため、各種の対策を立案して実施した。

4.1 主桁における対策

主ケーブルと横締めケーブルには非鉄製の PE シースを採用した。コンクリート中に侵入した劣化因子（塩分）がシースまで達した場合、鋼製シースでは腐食が生じ内部の

PC 鋼材にまで腐食する恐れがある。このため腐食しないポリエチレン製シースを採用し、PC 鋼材の長期健全性を確保した。シース配置状況を写真 - 8 に示す。また、それぞれの定着具にはエポキシ樹脂塗装を施して緊張力を伝達する定着部の腐食劣化に対する長期耐久性を確保した。塗装定着具を写真 - 9 に示す。

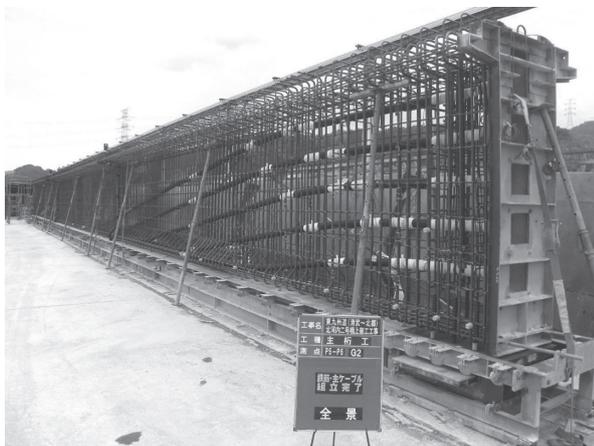


写真 - 8 PE シース設置

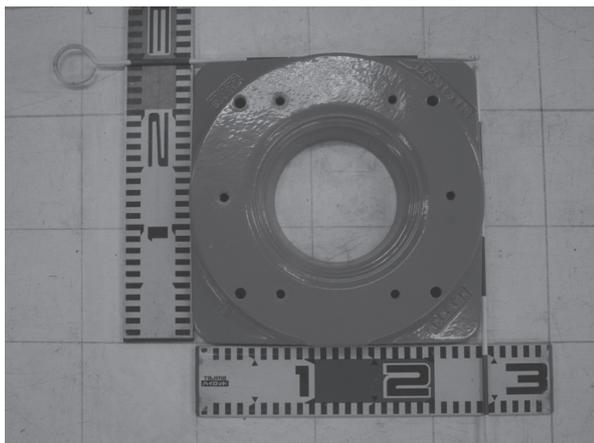


写真 - 9 塗装定着具

グラウトには充填センサーと真空ポンプを併用して完全充填を行った。グラウトの完全充填と PE シース、塗装定着具を組み合わせることで、ケーブルシステムに対するマルチレイヤプロテクションとし、さらなる長期耐久性を確保した。真空ポンプを写真 - 10 に示す。

4.2 支承部における対策

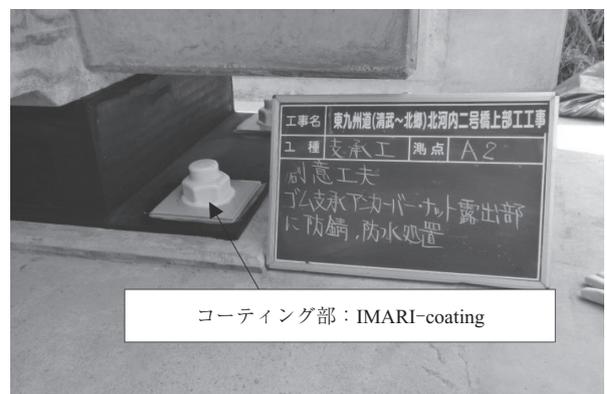
本橋では、遊間からの落水によって発生する支承部材の腐食を防止するため、標準の亜鉛メッキされたアンカー部に加えて、ポリウレタ樹脂を用いたコーティングを施し、二重防食を行った。この樹脂コーティングは、一般的なナイロンコーティングに比べて、硬化時間が早く、伸縮性と耐候性を兼ね備えた材料である。この、二重防食により支承部の腐食劣化に対する長期耐久性を確保した。

4.3 温度ひび割れ対策

マスコンクリートとなる中間支点横桁（連結横桁）で



写真 - 10 真空ポンプ



コーティング部：IMARI-coating

写真 - 11 ポリウレタ樹脂によるコーティング

は、温度ひび割れによる部材劣化を防止するため、FEM 温度解析を行った後にパイプクーリングを行った。発生温度最大値履歴コンター図を図 - 8、9 に示す。またパイプクーリング配置図を図 - 10 に示す。パイプクーリングを行うことにより横桁内部最大温度を 67.5℃ から 46.9℃ に低下させることができた。パイプクーリングは 4 日間行い通水温度はコンクリート内部温度との差が 20℃ 以内になるよう調整を行った。これによりひび割れ指数を 0.90 から 1.56 に改善できた。実施工でもひび割れの発生は見られなかった。

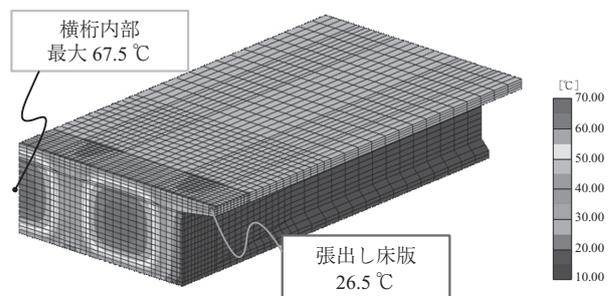


図 - 8 対策前発生温度最大値履歴コンター図

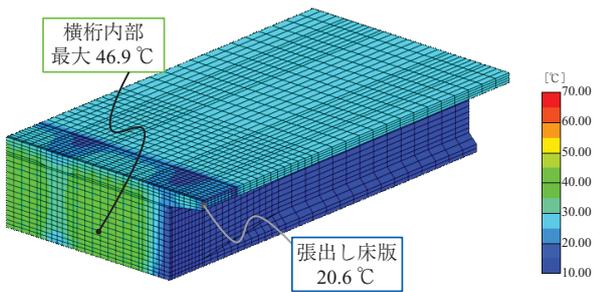


図 - 9 対策後発生温度最大値履歴コンター図

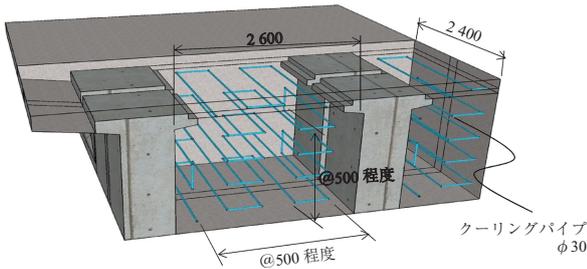


図 - 10 クーリングパイプ配置図

5. おわりに

30 m を超える高橋脚上での施工では、ワイヤーブリッジと PC 板の先行設置で墜落防止対策の工夫を行った。

コンボ橋は桁配置間隔が広く、開口部が大きいため、ワイヤーブリッジの設置と PC 板の先行設置は墜落防止対策として有効であった。

桁下空間を使用できない特殊条件下に対しては、運搬台車を使用することで資機材を送り出し、重機が使用できない中で運搬の工夫を行った。

条件が良くないなかでも、それぞれの工夫で安全に、かつ効率的に施工ができたと考えている。

本工事は、山間部の架設作業の合理化を目的としたプレキャスト桁工法である。主桁セグメントおよび PC 板を工場製作することで現地作業の省力化・品質の向上が図れた。また床版埋設型枠として PC 板を使用することで桁間部床版型枠の組立・解体作業が不要となり現地作業の低減化が図れたとともに型枠廃材等の廃棄物削減によって環境面の負荷が軽減できた。仮設工についても吊足場設置面積の低減が可能になり、現地作業の低減化が図れた。

一方、当現場のように桁下空間が使用できない条件下においてさまざまな資機材を運搬するためには多くの工夫が必要であることを実感した。

また架設機材組立前に施工した橋脚の登り栈橋組立は、重機作業ができないため、材料運搬と組立作業が非効率な

人力作業となった。今後、重機を使用できない環境下の工事で省力化を図る際の検討課題であると考え（写真 - 12）



写真 - 12 橋脚の登り栈橋

現場は平成 27 年 8 月に無事、無事故・無災害で完工することができた（写真 - 13）。



写真 - 13 完成写真

最後に、本橋の施工にあたりご尽力戴いた関係各位に紙上をお借りして厚くお礼申し上げますとともに、本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 谷田雅史, 和田裕信, 福島邦治: 東九州道(清武~北郷)北河内二号橋上部工工事の施工, 第 24 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.159-162, 2015.10
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書

【2016 年 1 月 5 日受付】