

一般国道438号 上分1号橋（仮称）の施工 — 狭隘部におけるUコンポ桁橋の架設 —

大江 博文*1・圓尾 直信*2・岡下 裕一*3・堀内 達斗*4

上分1号橋は、一般国道438号において、徳島県名西郡神山町上分地区に位置する橋梁である。本橋は中空床版橋1径間とUコンポ桁橋1径間で構成される。Uコンポ桁は重量が大きく、通常は組立ておよび架設に広い施工ヤードを必要とするが、本工事は狭隘な山間部に位置するため、作業スペースや搬入経路といった現場条件に制約を受けた。このため、架設桁の組立てにおいては手延桁解体用の簡易門型クレーンを使用し、主桁の組立てにおいては架設桁上でセグメントを一括接合する等の対策を実施した。また、品質向上対策として、セグメント製作時に高流動コンクリートを使用し、主桁緊張時に左右同時緊張の実施および自動緊張管理システムを採用した。さらに省力化対策として、通常1m幅が標準であるPC板を1.5m幅で製作し、PC板の架設枚数を削減する対策を実施した。本稿では、上分1号橋の施工の概要について報告する。

キーワード：Uコンポ桁、セグメント一括接合、簡易門型クレーン

1. はじめに

一般国道438号は、徳島県名西郡神山町上分地区の一部において線形不良・幅員狭小な区間が有り、通行の隘路となっているため、道路改築事業により現道拡幅およびバイパス工事による整備が行われている。上分1号橋はその事業の1区間を構成する2径間の橋梁で、中空床版1径間とUコンポ桁橋1径間からなる。橋長は72.0m、総幅員は9.2mであり、このうちUコンポ桁橋の径間長は53.0mである。Uコンポ桁橋の断面は2本の主桁で構成され、1本あたり11ブロックのプレキャストセグメントに分割して工場で製作し、現場へ輸送した後に組立てを行った。組立て後の主桁重量は1本約320tとなる。

本工事における施工上の課題は、狭隘なヤードおよび急峻な地形の中での架設であった。主桁を搬入するA1橋台背面はヤードが狭く、主桁を背面ヤード内で組立てることは不可能であった。A2橋台背面はさらにヤードが狭いことに加え、搬入経路が非常に狭小なため大型車両が搬入できず、搬入可能なクレーンは最大25t吊りであった。さらに、当初設計図面では端部セグメント重量が過大なため、そのままでは公道を通行しての輸送が不可能であった。品質上の課題としては、複雑な形状のセグメントを製作するにあたり、コンクリートを型枠内に均一に充填させることと、上縁が開断面となっているUコンポ桁に不利な応力を与えないことであり、これらを配慮した施工を行った。

本稿では、これらの課題を踏まえて実施した施工の概要に加え、省力化に向けて取り組んだ創意工夫を併せて報告する。

2. 橋梁概要

一般国道438号上分バイパス工事はすでに完成した1橋と、その他4橋およびトンネル1箇所から構成される。この中で上分1号橋は最も起点側に位置する橋梁である。上分バイパス工事の全体図を図-1に示す。

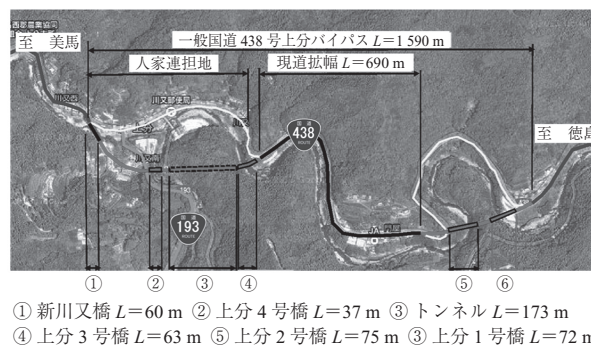


図-1 上分バイパス工事全体図

本橋の構造一般図を図-2、図-3に示す。本工事着手時、1径間目の中空床版橋はすでに完成しており、図-2において着色した2径間目のUコンポ桁橋が当社が施工した。

【橋梁諸元】 橋梁形式：PC単純Uコンポ桁橋
径間長：53.0m（支間長51.8m）
総幅員：9.2m（有効幅員8.0m）

3. 現場条件

A1橋台背面は作業スペースが狭く、クレーンを設置す

*1 Hirofumi OE：(株)ピーエス三菱 土木工事事務所
*2 Naonobu MARUO：(株)ピーエス三菱 土木工事事務所
*3 Yuuichi OKASHITA：(株)ピーエス三菱 土木工事事務所
*4 Tatsuto HORIUCHI：(株)ピーエス三菱 土木技術部

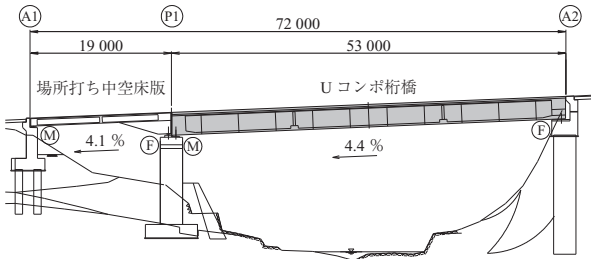


図 - 2 構造一般図 (側面図)

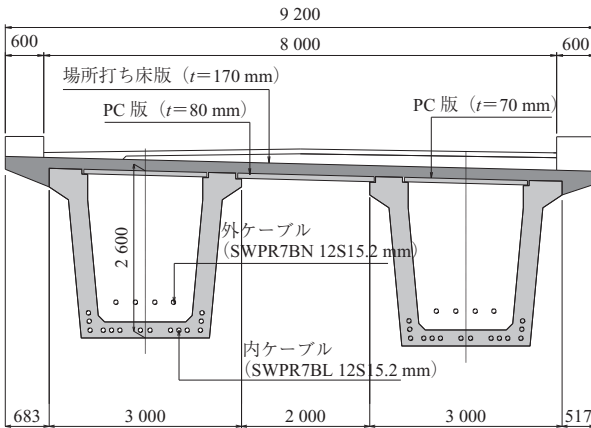


図 - 3 構造一般図 (断面図)

ると搬入車両 1 台分のスペースと既設中空床版橋の上しかヤードが確保できなかった。一方、A2 橋台背面は切り立った崖になっており、進入路の道幅も狭く、橋台背面に搬入できるクレーンは最大でも 25t 吊りであった (図 - 4)。

4. 狭隘部における主桁架設

4.1 架設桁の架設

架設桁は先端に手延桁を連結し、P1 および A2 に支持点を設け、電動ローラーにて送り出した。架設桁の引出し後は A2 橋台の施工条件により、斜面が邪魔となり手延桁を切離しながら引出す必要があった。手延桁の 1 ブロックは長さ 8m で重量が 8.2t あり、A2 背面から 25t クレーンで吊れる重量では無かった。

そのため、簡易門型クレーンを設置して手延桁を分離し、自走台車を使用して架設桁上を後退させ、A1 側から手延桁をクレーンにて撤去することにより、順次架設桁を架設していった。図 - 5 に手延桁の解体要領図を、写真 - 1 に手延桁解体状況を示す。

4.2 主桁架設

(1) 主桁組立方法

現場ヤードが確保できる場合は、主桁を組立ててから架設することが多いが、本工事では現場にセグメントを仮置きするスペースが無く、搬入すると直ぐに移動する必要があった。

そのため、発注参考図では架設 PC 鋼材で順次セグメントを引寄せ、架設する方法を示されていた (図 - 6)。この施工方法は、セグメント吊り装置の個数が削減できるが、セグメント同士の変位調整などが困難となることが予

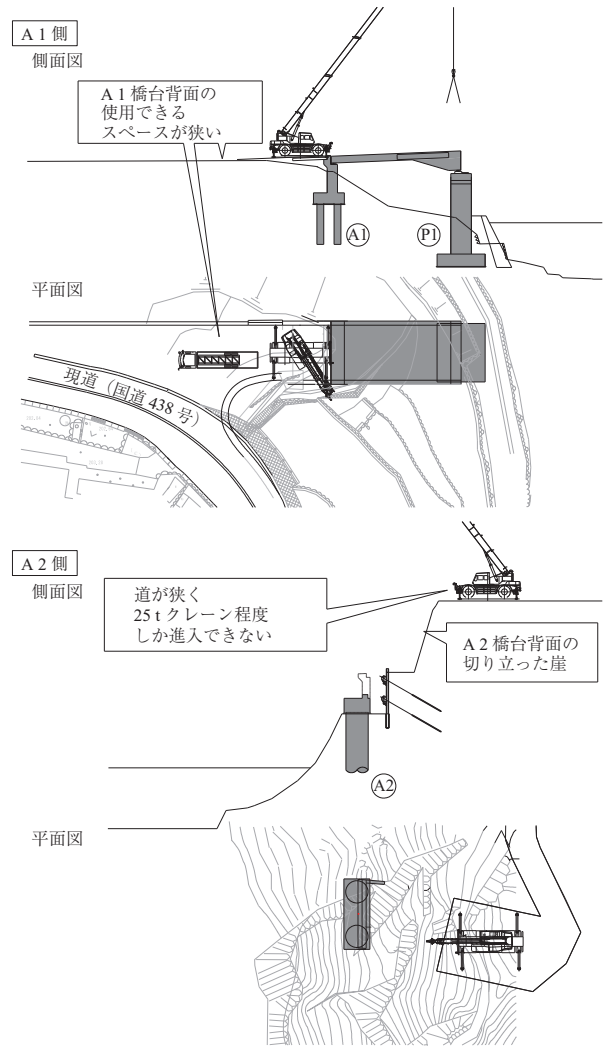


図 - 4 現場条件

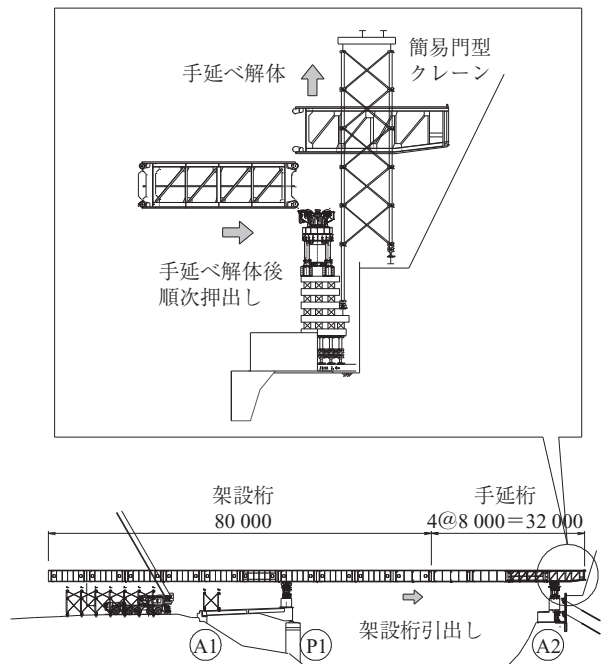


図 - 5 手延桁解体要領図



写真 - 1 手延桁解体状況

想された。

実施工では、すべてのセグメントを吊装置で吊下げたあとに、PC 鋼材を緊張し主桁を一括で組立てる手順とした。実施工での施工ステップを図 - 7 に示す。

この施工方法はセグメントの吊装置の数は増えるが、セグメントごとに高さ微調整が容易にできる、主桁の変位を設計値に近いものにできる、主桁引出時において桁縁に不利な応力を発生させないといったメリットがある。セグメントの組立状況を写真 - 2, 3 に示す。

この施工方法において配慮すべき点は、接着剤の可使用時間内にセグメントの接合、PC 鋼材の緊張を完了しなければ主桁の出来形や品質に影響を及ぼす可能性があるということである。材料面での対策としては、超遅硬化型の接着剤を選定し、接着剤の塗布から緊張完了までの作業時間に

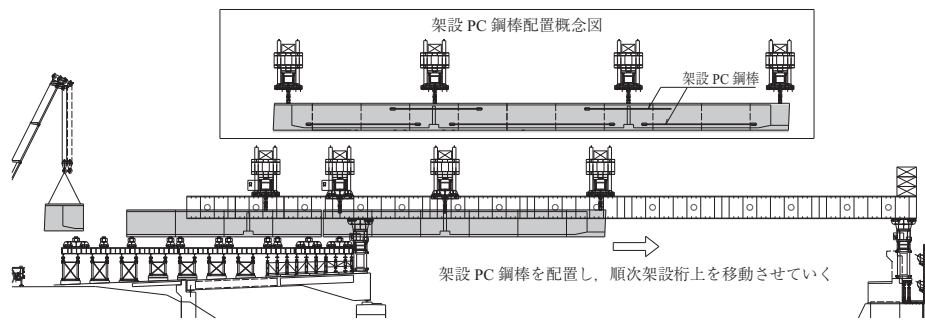


図 - 6 当初架設参考図

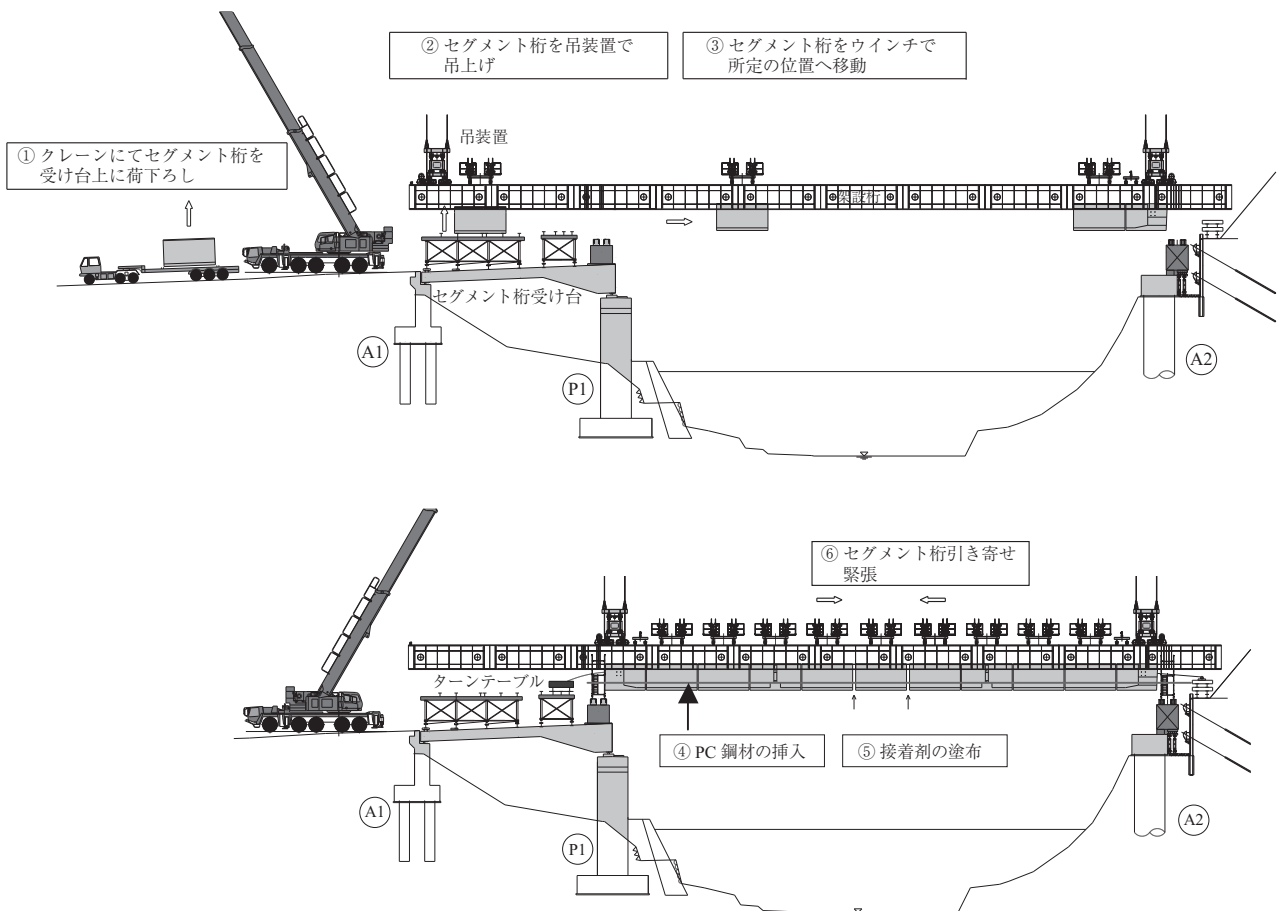


図 - 7 変更架設手順図



写真 - 2 セグメント組立状況 ①

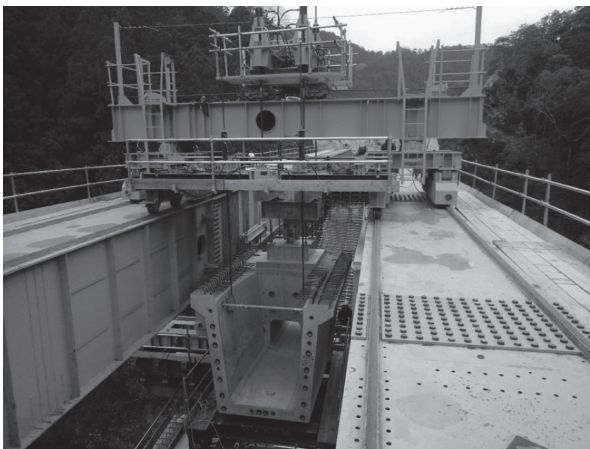


写真 - 3 セグメント組立状況 ②

余裕をもたせた。施工面での対策としては、接着剤塗布前に PC 鋼材の挿入を完了させておき、接合作業当日の作業量を減らすこととした。さらに実際の接合作業は、中央セグメントを基準に両側から 2 班で接合することにより、作業時間の短縮を図った。

セグメントを吊上げると架設桁にたわみが生じるが、主桁に緊張力を導入するにつれてたわみは小さくなっていく。計算上は主ケーブル 14 本の内、8 本緊張すると主桁は自重を支持できるため、中間セグメントの吊装置は 8 本緊張後に解放し、主桁に不要な拘束が発生しないよう配慮した。また、主桁の中央たわみの設計値は 78 mm であり、緊張完了後はおよそ想定どおりの実測たわみとなった。表 - 1 に主桁たわみの設計値を示す。

(2) セグメント搬入時の交通規制

セグメントを搬入するにあたり、ヤード内には搬入車両 1 台しか入れないため、他の運搬車両の待機場所を確保する必要があった。しかし、特殊車両の通行時間が 21:00 ~ 6:00 の条件であるため、現場外に待機場所を設けた場合は 8:00 からの作業時間に現場へ移動することができなくなる。そこで現場に隣接する国道を片側交互通行規制し、6:00 までにセグメントを規制区間内に搬入することにより、開放している現道を通行すること無く現場に搬入することができた (図 - 8)。あまり多くのセグメントを一度

表 - 1 主桁たわみの設計値

施工ステップ	単位: mm				
	桁架設後	横組 PC 板完了後	場所打ち床版打設後	外ケーブル緊張後	クリープ終了
0. 主桁上越し	-22	-22	-22	-22	-22
1. 主桁自重によるたわみ	90	90	90	90	90
2. 場所打ちコンクリートによるたわみ	0	10	42	42	42
3. 橋面荷重によるたわみ	0	0	0	0	25
4. プレストレスによるたわみ	-146	-146	-146	-164	-131
5. クリープによるたわみ	0	0	-27	-27	-4
合計	-78	-68	-63	-81	0

↑ 実測出来形 80mm

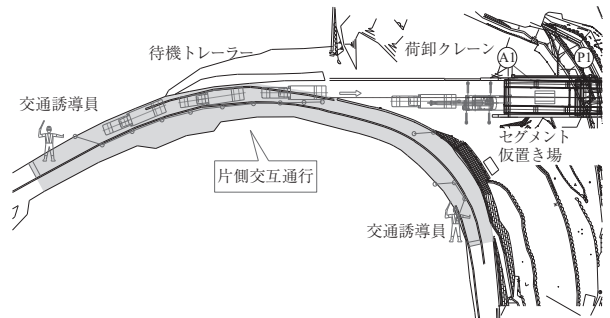


図 - 8 片側交互通行規制図

に搬入すると規制区間が長くなってしまいうため、現道の交通量とその日の作業量を考慮して 1 日あたり 3 セグメントの搬入とした。

(3) 主桁吊構造

本橋の主桁は縦断勾配が 4.4 %、横断勾配が 2.5 % であり、さらに主桁の自重が非常に大きいことを考慮すると、主桁架設時に吊金具と主桁がずれてしまう懸念があった。万一吊金具と主桁に隙間が生じてずれてしまうと、固定用の仮設 PC 鋼棒が破断する可能性がある。これを防止するため、吊支点となる端横桁部の上に調整コンクリートを打設して勾配調整とし、ずれ防止としてせん断キーを配置した。さらに固定用の仮設 PC 鋼棒を緊張することにより、主桁はずれを生じること無く無事に架設を完了できた。写真 - 4 に吊金具取付部の詳細を示す。

(4) 横取り架設

主桁横取り時は、主桁 (320 t) および架設機 (約 600 t) の自重を P1 橋脚、A2 橋台部で支える必要がある。P1 橋脚において橋脚の張出し梁で支持するには、耐荷力が不足しておりブラケット等を設置することは不可能であった。橋脚付近の地盤においても、支持力は低く仮支柱等を設置できない状況であった。そのため、既設上部工の上面だけで対応する支持方法とし、既設上部工張出し部には主桁および架設機の自重が作用しないよう、H 鋼で張出した梁で支持する構造とした (図 - 9)。また、主桁および架設機自重が P1 橋脚に載荷されると、既設橋梁のゴム支承に耐荷力を超えた支圧力が作用するため、治具を設置してゴム支承に作用する荷重を低減する補強対策を実施した (写真 - 5)。

A2 側の架設機支持部においては、橋台や地盤の強度に

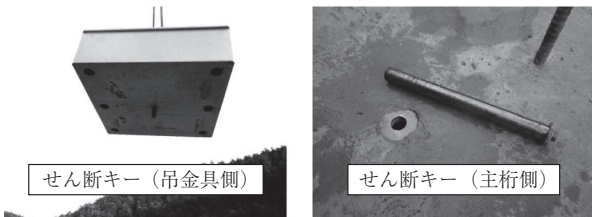
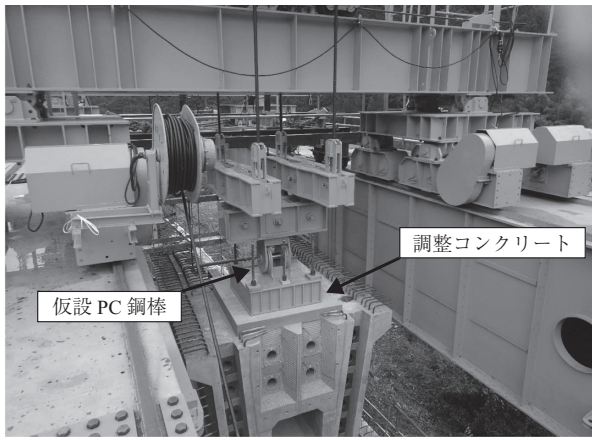


写真 - 4 吊金具取付部詳細

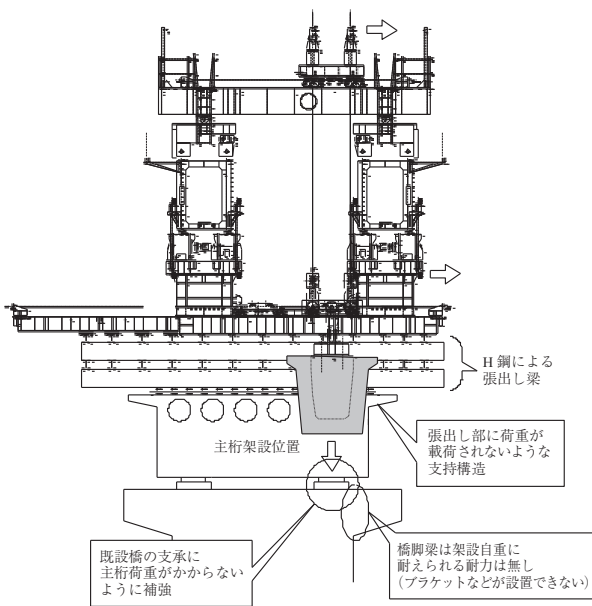


図 - 9 横取り架設図

問題は無く、地形に関しても支保工設置時に多少の整形を要する程度であった。しかし、横取り装置の軌道は重量が15tあり、25t吊りのクレーンおよび中型車しか進入できないA2側は、輸送および設置が可能な重量まで軌道を軽量化する必要があった。そこで軌道を4つに分割して、ハイテンボルトで接合できる構造とし、1パーツが3.5t程度になるように軽量化した。これをA2側に中型車で輸送した後、25t吊りクレーンを使用して軌道の組立てを行った。図-10に横取り軌道の分割図を、写真-6に組立後の横取り軌道を示す。

4.3 架設桁の解体

架設桁の解体において、再度手延桁を取付けることは作



写真 - 5 支保周り補強対策

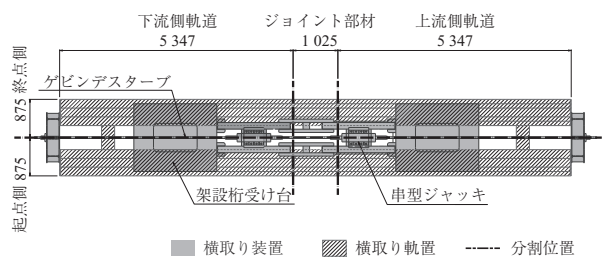


図 - 10 横取り軌道分割図



写真 - 6 横取り軌道

業手間の増大、高所作業の増加、狭隘搬入路の通行頻度の増加を伴うため、合理的ではない。そこで架設した主桁上に架設桁の支持点を設け、架設桁を後退させることとした。

解体計画にあたって、まず主桁の耐荷力を検討する必要があった。設計荷重作用時には横組工、床版工が完了しており、さらに外ケーブルの緊張も完了しているが、架設桁解体の段階では内ケーブルの緊張力のみ導入されている状態なので、架設桁の自重を載荷した場合の応力を計算し、その安全性を確認した。主桁1本で支持した場合でも強度的には問題ないという検討結果であったが、安全率の確保と転倒に対する安定性を考慮して、主桁2本で支持するこ

ととした。

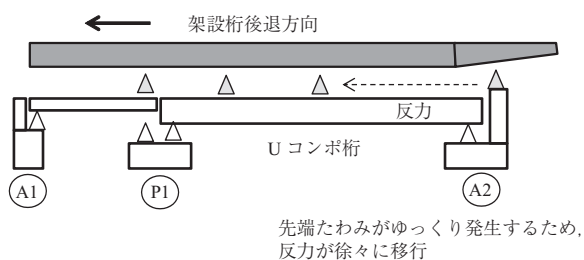
架設桁の支持には支柱式のベントを使用し、主桁の横断勾配・縦断勾配を調整するため、基礎部分にモルタルを打設した。写真 - 7 に架設桁の解体状況を示す。



写真 - 7 架設桁解体状況

架設桁を後退させる際、手延桁がある場合と無い場合では支点部の反力の推移に差がある(図 - 11)。先端に角度を有する手延桁を接続している場合、前方(手延側)の支持反力は徐々に減少し、中間支持反力に移行していく。しかし手延桁を接続していないと、前方の支持反力はローラーを外れた瞬間に中間支持点へと一気に移行するため、主桁が衝撃を受けるうえに、架設桁先端に突然発生するたわみにより転倒の恐れもある。このとき架設桁先端に生じるたわみは計算上 100 mm であったため、中間支持部で架設桁を 70 mm 程度ジャッキアップし、あらかじめ中間支持部に反力移行させておくことにより、安全に架設桁を後退することができた。

手延桁を接続した場合



手延桁を接続しない場合

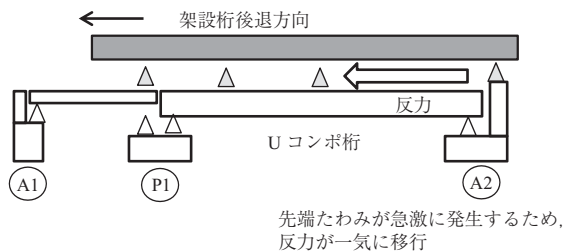


図 - 11 架設桁後退要領

5. 品質向上対策

5.1 プレキャストセグメントの製作

Uコンボ桁のセグメントは部材厚が薄く、さらにウェブや下床版には内ケーブルや鉄筋が高密度に配置されていることから、コンクリートの充填不良が生じやすい。また、桁高が高く目視による充填確認が困難であることから、密実で高品質なセグメントを製作するために、セグメント製作に使用するコンクリートには自己充填性を有する高流動コンクリートを使用した。表 - 2 に示方配合を、写真 - 8 に試験状況を示す。高流動コンクリートは同時に高強度でもあるため、自己収縮による打設後初期の収縮ひび割れの発生を抑制するため、湿潤養生期間を標準の5日間から10日間に延長した。

表 - 2 示方配合

配合種別：60-60-20H

粗骨材の最大寸法 (mm)	フローの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	W/C (%)	細骨材率 (%)
20	60 ± 10	3.0 ~ 6.0	37.5	49.5

単位量 (kg/m³)

水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	AE 剤
170	453	825	848	5.44	0.0136

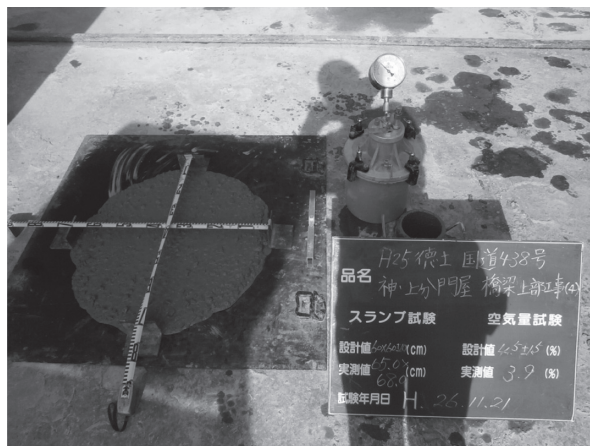


写真 - 8 スランプフロー試験

5.2 プレキャストセグメントの運搬

端部セグメントは、当初設計ではおよそ 40 t の重量があり、そのままでは輸送に際し特殊車両通行許可がおりないため、運搬時には 30 t 以下に軽量化する必要があった。そのため、端支点横桁コンクリートを後打ちとし、端部セグメントを現場に搬入した後に鉄筋・外ケーブル定着部を組立て、コンクリートを打設した(図 - 12)。鉄筋は品質の確保とコンクリート打設時の充填性を考慮して、機械式継手を使用した。また、Uコンボ桁は上縁が開断面となっており、セグメント吊上げ時にウェブが内側に変形する可能性がある。このため、仮設のサポートをウェブ間に配置す

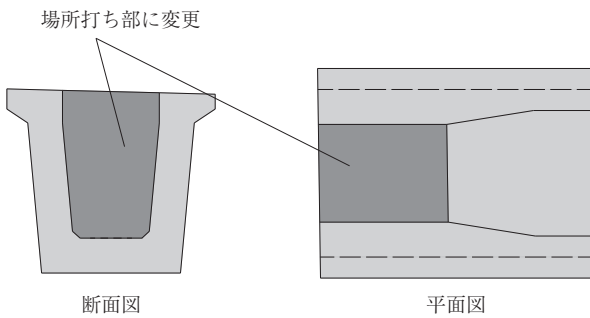


図 - 12 後打ちコンクリート範囲

ることにより、セグメントの形状保持対策とした（写真 - 9）。

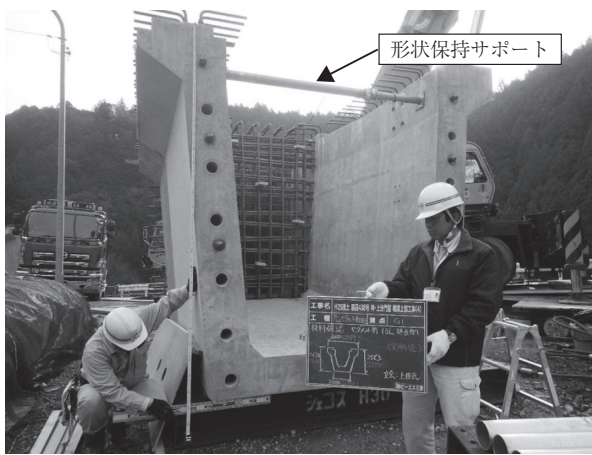


写真 - 9 セグメント形状保持対策

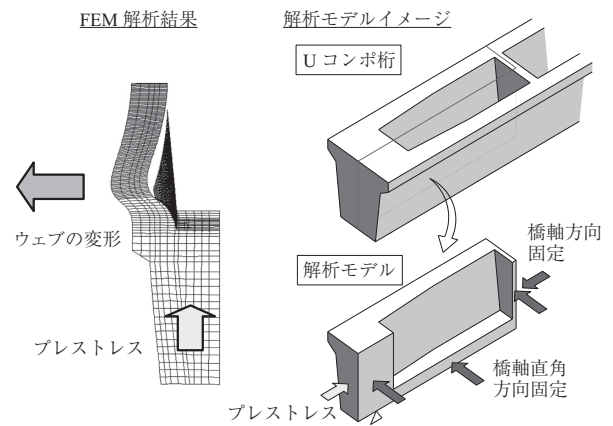
5.3 主ケーブルの緊張

前述のとおり U コンボ桁は変形を生じやすい開断面形状であるため、主ケーブルの緊張においても変形防止対策を行った。主桁を緊張して軸圧縮が作用すると、ウェブ下端は下床版により拘束されているため面外方向に変形を生じることはないが、ウェブ上端は拘束されていないため外に開くような変形が生じる（図 - 13）。このときウェブ厚変化部分にもっとも不利な応力が発生するため、FEM 解析を行いその応力が有害なもので無いことを確認した。

緊張作業において、主ケーブルを 1 本ずつ緊張すると、主桁に左右均一でない変形が生じる可能性がある。この偏載荷を避けるため、ジャッキ 2 台を使用して左右同時緊張を行い、均等に緊張力を導入した。また、緊張時の伸びと圧力を自動で計測し、管理図にプロットする自動緊張管理システムを使用することにより、計測時における人為的ミス防止するとともに、管理図の作成精度の向上を図った（写真 - 10, 11）。

6. 作業の省力化

PC 板の橋軸方向の標準製作幅は 1.0 m である。本工事ではこれを 1.5 m 幅に変更し、当初合計で 144 枚あった PC 板の枚数を 96 枚に削減した。これにより PC 板の製作・敷設に伴う作業を省力化できるとともに、PC 板継目工の



【拘束条件】 端横桁，中間隔壁，下床版：橋軸直角方向固定
 中間隔壁部：橋軸方向固定
 桁下部材：ゴム支承（鉛直支持）
【荷重】 プレストレス（内ケーブル：7 本導入）
 2 250 kN/1 本あたり（ $\approx 1\,350\text{ N/mm}^2 \times (12 \times 138.7)\text{ mm}^2$ ）

図 - 13 FEM 解析結果



写真 - 10 自動緊張管理システム

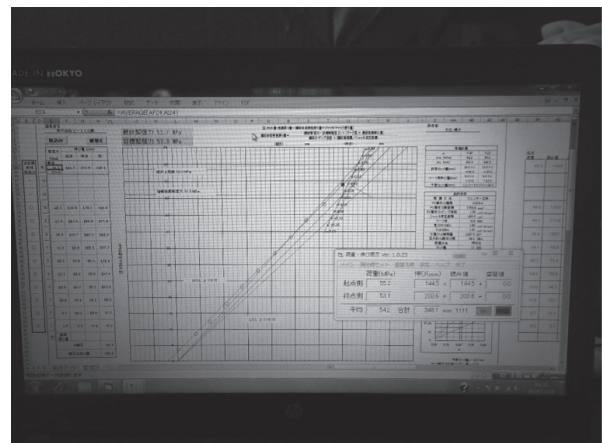


写真 - 11 管理システムによる管理図作成

延長も削減が可能となった。図 - 14 に PC 板の形状変更図を、写真 - 12 に PC 板の敷設状況を示す。

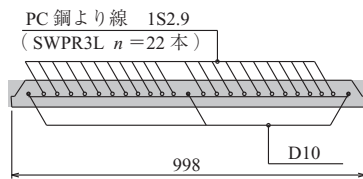
7. おわりに

上分 1 号橋は、平成 27 年 4 月に無事故無災害で竣工することができた（写真 - 13, 14）。これまでに報告した施工上の工夫を行うことによって狭隘な作業スペース、急

○ 工事報告 ○

当初 PC 板形状

・ PC 板幅=998 mm



変更 PC 板形状

・ PC 板幅=1 498 mm

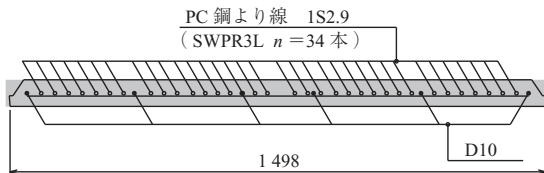


図 - 14 PC 板形状変更図



写真 - 12 PC 板敷設状況

峻な地形における重量架設が可能となり、品質向上に取り組むことによって要求性能を十分に満足する構造物を構築できた。

一般国道 438 号のバイパス工事は現在工事が継続しており、引き続き難易度の高い施工が要求されると考えられる。本工事における施工上の工夫に関する報告が今後、同様な条件の工事において参考になれば幸いである。

最後に、多大なご協力とご指導をいただいた関係者の皆



写真 - 13 完成全景（側面より）



写真 - 14 完成全景（上面より）

様に深く感謝の意を表しますとともに、一般国道 438 号バイパスの開通が地域の利便性向上に寄与することを期待します。

参考文献

- 1) 堀内達斗, 亀井伸二, 築山有二, 田中伊純: 兵道高架橋の設計・施工, 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 12, pp221 ~ 224, 2003
- 2) 藤井 隆, 井上成彦, 椎木洋子, 城石尚宏, 広瀬 剛, 辻井 武: U 形主桁を有する PC 合成桁橋 (U コンボ橋) の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.41, No.2, pp.2 ~ 12, 2007
- 3) 大江博文, 中西誠久, 堀内達斗: 狭隘部での U コンボ橋の施工 (上分 1 号橋), 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 24, pp163 ~ 166, 2015

【2016 年 2 月 12 日受付】