

PC 複合トラス橋の施工

— 新東名高速道路 猿田川橋・巴川橋（上り線） —

岩立 次郎*1・宇佐美 惣*2・佐々木 真一*3・大野 達也*4

猿田川橋・巴川橋は、新東名高速道路のうち吉原 JCT～静岡 I.C.（仮称）間の静岡市北東部に位置する PC 連続ラーメン複合トラス橋である。すでに下り線は平成 18 年 1 月に完成しており、現在これに引き続き、上り線の施工を行っているところである。上り線では、下り線工事から得られた知見を活用することにより主構数の減少など、更なる合理化に取り組んだ。

本文は、上り線工事の施工を中心に報告するものである。

キーワード：トラス橋、PC 複合トラス橋、格点構造、張出し施工

よび実際の施工状況について報告する。

1. はじめに

新東名高速道路は、現東名高速道路とのダブルネットワークの構築により、わが国の産業・文化・経済活動の一層の発展に寄与することが期待される高速道路である。

猿田川橋・巴川橋は、新東名高速道路のうち吉原 JCT～静岡 I.C.（仮称）間に位置し、静岡市北東部の山間部に沿って建設される PC 連続ラーメン複合トラス橋である。

本橋は上下線から成り、すでに下り線は平成 18 年 1 月に完成している。現在はこれに引き続き、上り線の施工を行っているところである。上り線工事では、下り線工事から得られた知見を活用することにより主構数の減少（4 主構→3 主構）など、更なる合理化に取り組んだ。

設計および合理化への取組みについてはすでに本誌 2008 年 No.3 号¹⁾で報告済みであるため、本稿では施工方法お

2. 橋梁概要

2.1 工事概要

本橋の諸元を以下に、構造一般図を図-1 に示す。

工事名：第二東名高速道路 猿田川橋（PC 上部工）
上り線工事

工事場所：静岡県静岡市葵区北

発注者：中日本高速道路(株) 東京支社

施工者：ピーエス三菱・安部日鋼工業共同企業体

工期：平成 18 年 4 月～平成 21 年 11 月

構造形式：（猿田川橋）PC 7 径間連続ラーメン複合トラス橋
（巴川橋）PC 5 径間連続ラーメン複合トラス橋

橋長：（猿田川橋）610.0 m、（巴川橋）479.0 m

支間割：（猿田川橋）48.5 + 2@90.0 + 100.0 + 2@110.0

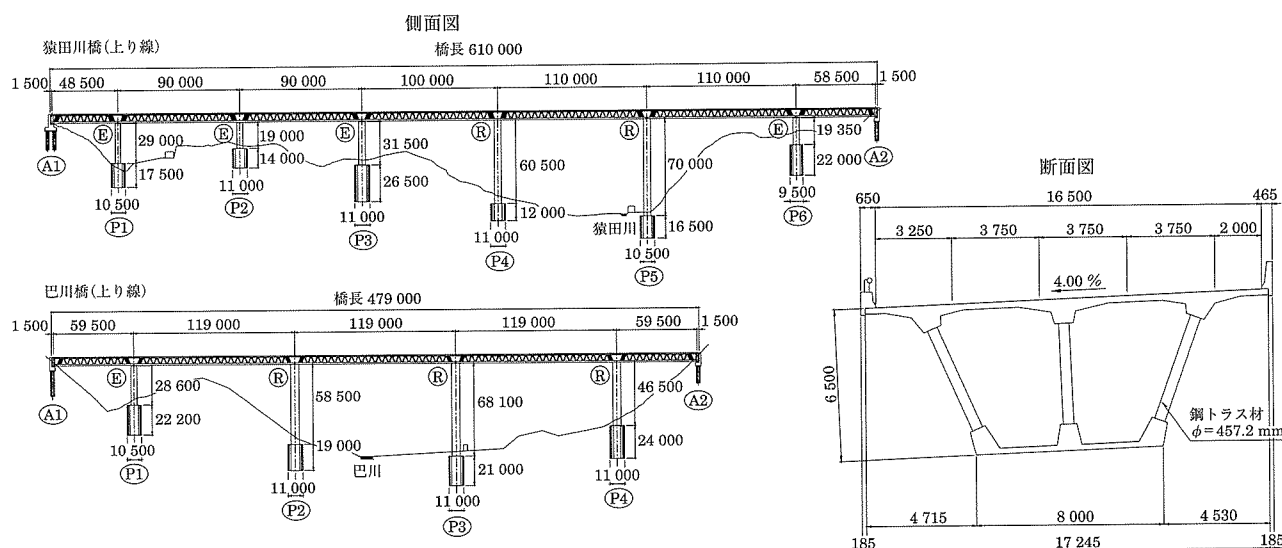


図-1 構造一般図

*1 Jiro IWATATE：中日本高速道路(株) 東京支社 静岡工事事務所 構造工事長

*2 Osamu USAMI：中日本高速道路(株) 東京支社 静岡工事事務所

*3 Shinichi SASAKI：(株)ピーエス三菱・(株)安部日鋼工業共同企業体 副所長

*4 Tatsuya OHNO：(株)ピーエス三菱・(株)安部日鋼工業共同企業体 主任

+ 58.5 m
 (巴川橋) 59.5 + 3 @ 119.0 + 59.5 m
 幅員：(全幅員) 17.615 m, (有効幅員) 16.500 m
 平面線形：(猿田川橋) $A = 1058.217 \sim R = 2880$ m
 (巴川橋) $R = 2880 \sim 3000$ m
 縦断勾配：(猿田川橋) 0.833 ~ 0.439 %
 (巴川橋) 0.439 %
 横断勾配：(猿田川橋) 3.24 ~ 4.00 % (巴川橋) 4.00 %
 斜角：90.0 度

2.2 主桁構造

主桁概要図を図 - 2 に示す。主桁は、コンクリートの上下床版と鋼トラス材のウェブから成る。断面は、3 主構を採用し、下り線での 4 主構から主構数を減じ合理化を図った。ウェブはワーレントラス形状であり、トラススパンは 5m である。

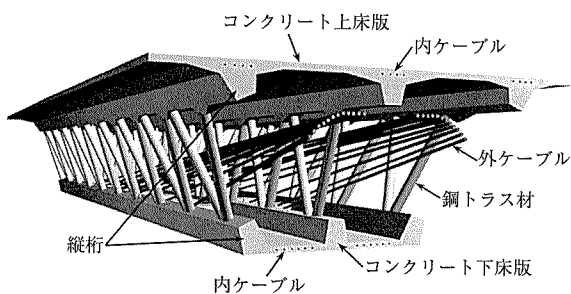


図 - 2 主桁概要図

格点構造を図 - 3 に示す。トラス構造において重要な部位である格点構造には、下り線工事に際し開発された「二面ガセット格点構造」²⁾を採用した。鋼トラス材に溶接したガセットプレートを 2 枚の添接板で挟み込み、高力ボルトで摩擦接合する構造である。

本橋では鋼トラス材の軸力低減のため、張出し架設時に積極的に外ケーブルを使用している。架設外ケーブルの偏向および定着は、下床版に設けたコンクリート突起により行っている。架設外ケーブルの設置状況を写真 - 1 に示す。

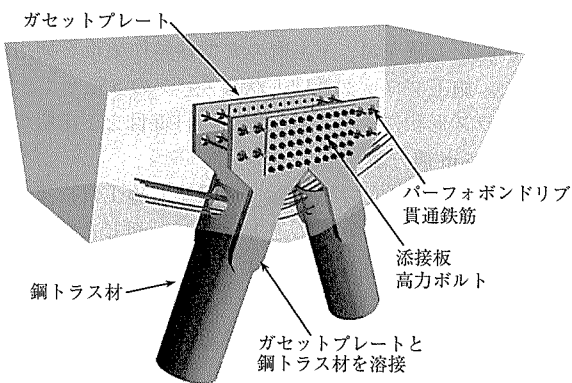


図 - 3 格点構造

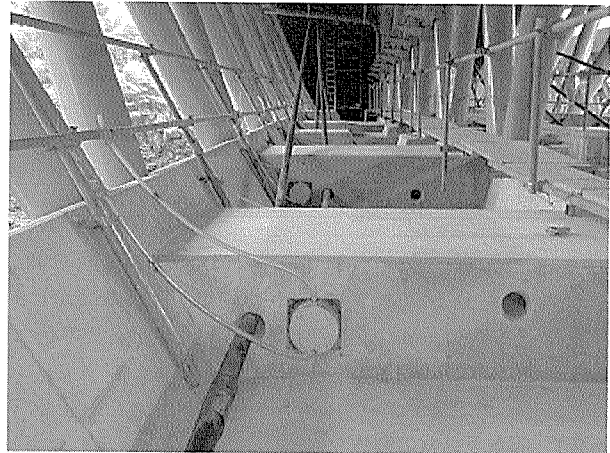


写真 - 1 架設外ケーブル設置状況

2.3 使用材料

主要材料の一覧を表 - 1 に示す。主桁に使用したコンクリートは、設計基準強度 40 N/mm² の普通コンクリート (柱頭部・側径間部) および早強コンクリート (張出し施工部・中央閉合部) である。中央閉合部においては収縮補償として膨張材を添加した。また、交差道路上の主桁には、コンクリートのはく落防止対策としてビニロン短繊維を混入した繊維補強コンクリートを使用した。

本橋で使用した外ケーブルの仕様を表 - 2 に示す。通常の PC 箱桁橋と異なり、外ケーブルを屋外使用することから、耐久性・耐候性の要求に対し、高密度ポリエチレン被覆と亜鉛めっきによる二重防錆仕様のマルチ亜鉛めっきケーブルを採用した。

鋼トラス材には、SM490YB 材、外径 ϕ 457.2 mm の UOE 鋼管を使用した。板厚は作用断面力に応じて決定し、9 ~

表 - 1 主要材料一覧

項目	仕様	単位	猿田川橋	巴川橋
コンクリート	$\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	m ³	11 203	9378
型枠		m ²	23 254	17 704
鉄筋	SD 345	t	1 531	1 196
PC 鋼材	12S15.2 (SWPR7BL)	〃	190	179
	19S15.2 (SWPR7BL)	〃	193	200
	1S21.8 (SWPR19L)	〃	59	46
	1S28.6 (SWPR19L)	〃	2	1
鋼構造物	SM490YB, SM520C-H	〃	1 074	993

表 - 2 外ケーブルの仕様

断面図	<p>19S15.2 亜鉛めっき PC 被覆材 (HDPE) フィラメントテープ</p>
標準外径	90 mm
被覆材	高密度ポリエチレン (黒)
標準被覆厚	5 mm
機械的性質	JIS G 3536 に準じる
亜鉛めっき付着量	190 g/m ² 以上
標準単位質量	24 kg/m

表 - 3 主要材料一覧

試験項目	試験方法	判定基準
外観検査	目視・スケール等	道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編 ³⁾ の基準を満足する場合、合格とする。
超音波探傷試験	JIS Z 3060	無欠陥もしくは傷検出が板厚の1/3以下の場合、合格とする。(L/2 検出レベル)
引張試験	JIS Z 2241	試験は JIS Z 2241 により母材の規格値を満足する場合、合格とする。
マクロ試験	JIS G 0553	断面に溶け込み不良・融合不良等の有害な欠陥のない場合、合格とする。
衝撃試験	JIS Z 2242	溶着金属および溶接熱影響部で母材の規格値以上(それぞれ3個の平均値)を合格とする。

30 mm である。ガセットプレートおよび添接板には、SM490YB 材および SM520C-H 材を使用し、板厚はガセットプレートが 30 ~ 50 mm, 添接板が 16 ~ 29 mm である。

3. 施工概要

3.1 鋼トラス材の製作

鋼トラス材は、工場にて製作・塗装し、現場に搬入する。製作に先立ち、事前に溶接施工試験を実施した。二面ガセット格点構造のトラス材とガセットプレートの溶接部について、溶接施工性の確認および各種試験を行うことにより、品質と施工要領を確認した。試験項目および判定基準を表 - 3 に示す。

3.2 柱頭部の施工

柱頭部の構造概要図を図 - 4 に、完成状況を写真 - 2 に示す。柱頭部は、橋軸方向の上床版長さ約 17 m, 下床版長さ約 12 m であり、通常の PC 箱桁橋に比べ大きい。また、コンクリートウェブは斜ウェブかつ橋軸方向にも斜形状であり、柱頭部は上床版に向かって3次元的に広がる形状をもつ。

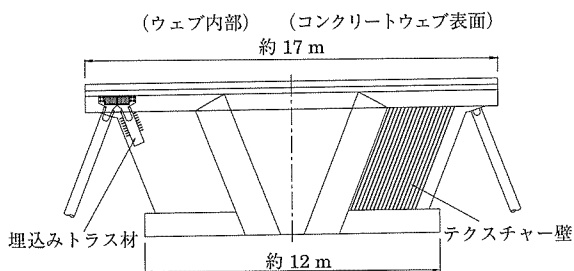


図 - 4 柱頭部構造

このように本橋の柱頭部は、複雑な形状でありかつマスコンクリートであることから、温度ひび割れの発生が懸念された。そこで、施工は3リフトに分割して行うこととし、設計段階において温度応力解析を行い補強鉄筋を必要部位に配置し、施工では養生期間を7日以上とするとともに、打設後のコンクリート温度を計測し、脱枠時期を調整した。

図 - 4 に示したように、コンクリートウェブには、スタッド付き鋼トラス材（埋込みトラス材）が埋設されており、トラスウェブからコンクリートウェブへの力の伝達を円滑に行う機能をもつ。また、この埋込みトラス材は、張出し施工区間のトラス材の方向を決める基準トラスとなるため、あらかじめ位置決め用の架設治具に所定の間隔および方向となるように地組し、架設することで設置精度を高めた。埋込みトラス材の架設状況を写真 - 3 に示す。

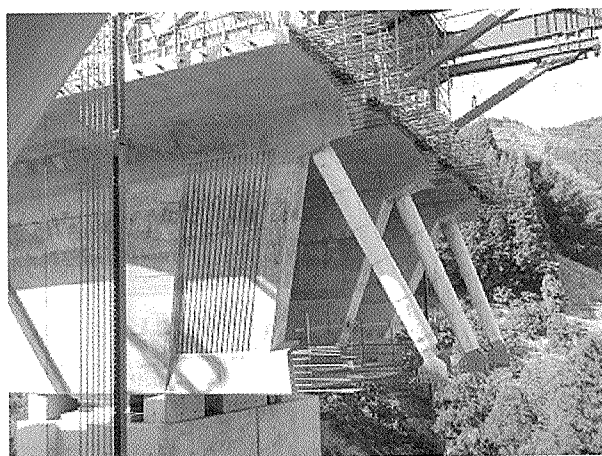


写真 - 2 柱頭部完成状況

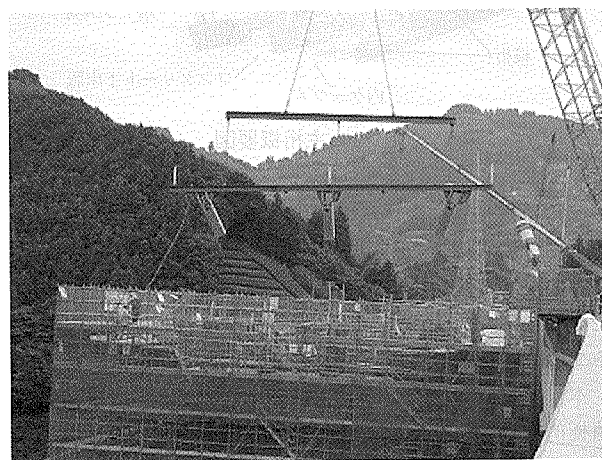


写真 - 3 埋込みトラス材架設状況

3.3 張出し施工

3.3.1 施工手順

主桁の張出し施工は、3主構の大型移動作業車を使用して行った。施工ブロック長はトラススパンの5mとし、ワーレントラス形状に合わせて上床版の打継目を下床版の打継目より2.5m前方とした。

張出し施工手順を図 - 5 に示す。張出し施工は、まず底板の型枠設置後にあらかじめ逆V字形に地組した鋼トラス材をクレーンにて吊り込み（写真 - 4）、トラス受け架台に固定し、下床版側格点部の本締めを行う。次いで上床版型枠の設置、上下床版の配筋（写真 - 5：下床版配筋）・上床版に横締めPC鋼材を設置し、コンクリートを打設する。上床版架設内ケーブルの配置・緊張後、移動作業車の移動、底板セットを行い、最後に架設外ケーブルの配置・緊張を行う。なお、鋼トラス材の吊込み、資機材の荷揚げ、コンクリート打設は、すでに完成している下り線の橋面上から

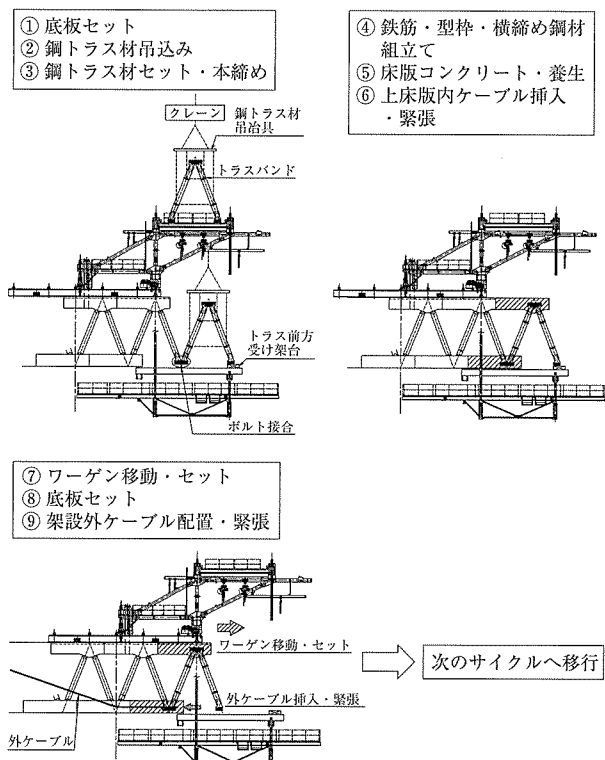


図 - 5 張出し施工手順



写真 - 4 鋼トラス材架設状況

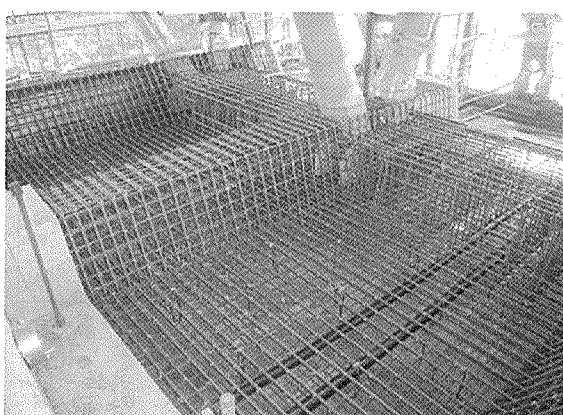


写真 - 5 下床版配筋状況

行い、施工の合理化を図った。

3.3.2 コンクリート工

(1) 下床版格点部コンクリート

PC 複合トラス橋では、コンクリート床版と鋼トラス材の接合部である格点部は重要な部位であるため、確実にコンクリートを充てんする必要がある。本橋では、鋼トラス材の下床版コンクリートに埋設される部分は、トラスヤードにて事前にコンクリートの充てんを行った (写真 - 6)。また、図 - 6 に示すように、トラス材先端部については、目視によるコンクリートの充てん確認が困難となる箇所がある。そのため、施工初期の段階でその位置に放熱抵抗センサー (MS センサー) を設置し、充てんが十分に行えることを確認した。ここに、MS センサーとは、熱電対とヒーターから構成されたもので、ヒーターから放熱される熱量がセンサー周囲媒質の変化 (空気→コンクリート) により変化し、それによる出力電圧の変化を検知することで充てん確認を行うことができる。



写真 - 6 下床版側格点部コンクリート充てん状況

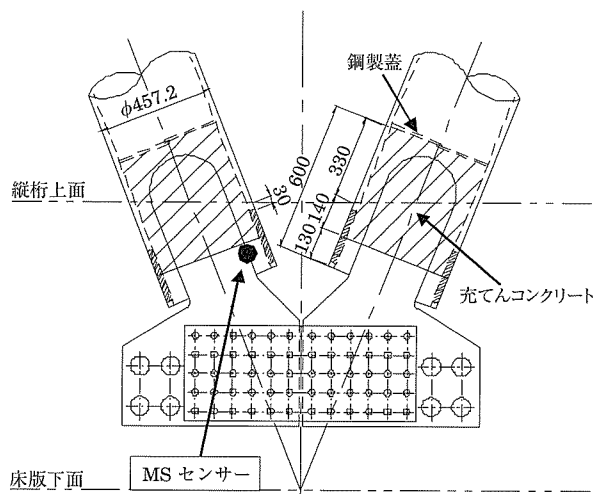


図 - 6 MS センサーによる充てん確認

(2) 繊維補強コンクリート

本橋では、交差道路上の主桁にコンクリートのはく落防止を目的として繊維補強コンクリートを使用した。繊維には、長さ 30 mm のビニロン繊維を採用し、繊維混入率は

0.35 % (体積比) とした。配合の決定に際して、実機試験 (実機練混ぜ・アジテータ車による運搬) および施工性試験を実施し、繊維混入によるスランプロス量やスランプの経時変化、打設後の繊維混入量および分散性、打設性状およびならし性状を確認し、実施工に反映させた。

3.3.3 橋体の挙動

(1) 橋面高さの推移

PC 複合トラス橋は、通常の PC 箱桁橋に比べウェブの剛性が小さいため、上げ越し量の設定にあたってはせん断変形を適切に評価する必要がある。下り線工事では、事前に 3 次元 FEM モデル、平面骨組モデルおよび上下床版の曲げ剛性のみ考慮した梁モデルについて変形量の比較を行っている。その結果、上げ越し量の算出は、平面骨組モデルにより基本計算をし、3 次元 FEM モデルとの変形量の比率により補正する手法を採用している⁴⁾。そこで、本橋においても 3 次元 FEM モデルと平面骨組モデルの変形量の比較を行った。結果を図 - 7 に示す。平面骨組モデルの変形量は、3 次元 FEM モデルより 3 % 程度大きく算出されたが、その差は小さい。そこで、本橋では平面骨組モデルを用いて上げ越し量を算出し、実施工における変形量とに差が生じる場合には補正を行っていく方法とした。

図 - 8 に猿田川橋 P 4 橋脚の張出し施工時における施工ステップごとの橋面高さの推移を示す。図の設計値 (上げ越し量の設定値) は、平面骨組モデルによる計算値である。実測値は設計値とおおむね一致しており、計算手法の妥当性が検証された。

(2) ねじり変形に対する安全性

上り線では、断面方向のトラス材配置を下り線の 4 主構から 3 主構に変更しており、この主構数の減少によるねじ

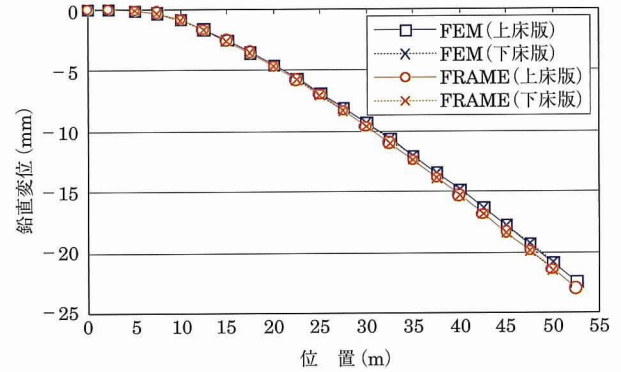


図 - 7 変形量の比較

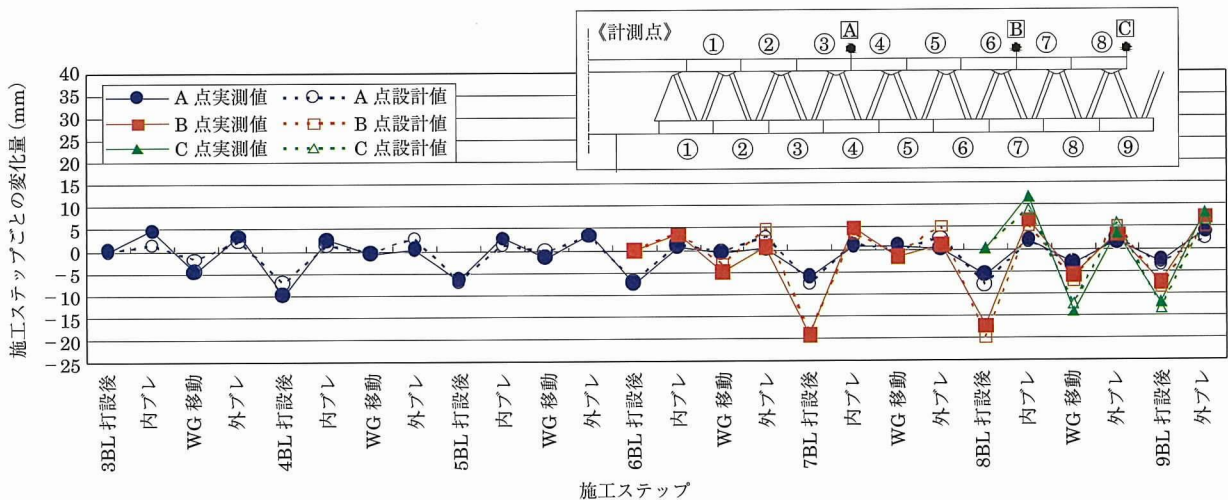


図 - 8 施工ステップごとの橋面高さ推移

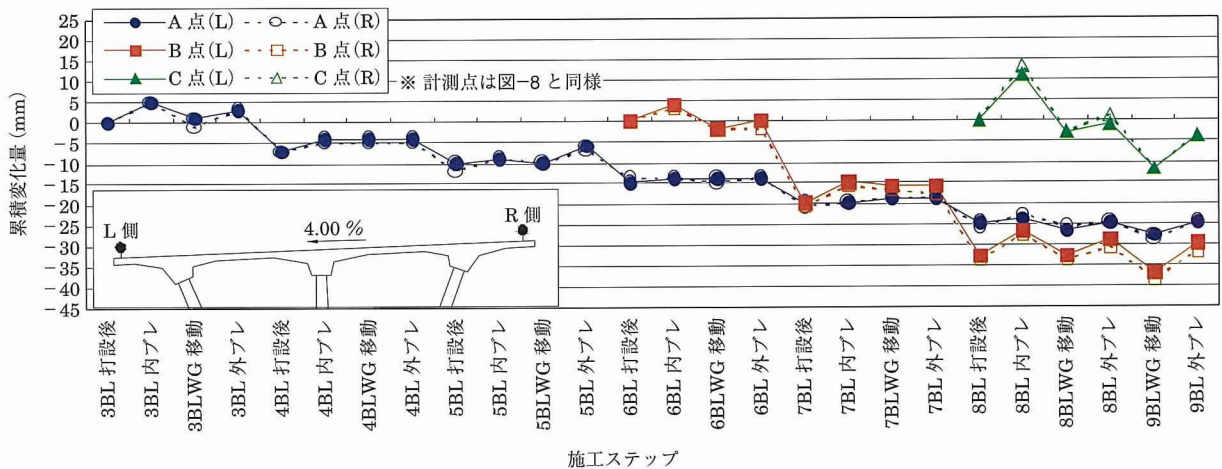


図 - 9 張出し床版先端の橋面高さの変化

り剛性の低下が懸念された。設計では、3次元 FEM 解析による3主構断面と4主構断面の挙動の比較から、その安全性を検証している¹⁾。しかしながら、張出し施工時では、横断勾配(4.0%)や平面線形($R = 2\,880 \sim 3\,000\text{ m}$)の影響によるねじり変形が懸念された。図-9に張出し床版左右先端の橋面高さ変化量(実測値)を示す。各ブロックのコンクリート打設後からの変化量は、張出し床版の左右ではほぼ一致している。したがって、主構数の減少による影響や横断勾配および平面線形の影響は見られず、張出し施工時のねじり変形に対する安全性に問題ないことが確認された。

3.4 中央閉合部の施工

図-10に(a)下り線および(b)上り線の中央閉合部概要図を示す。下り線の中央閉合部は、上床版施工ブロック長2.3m、下床版側が7.3mの台形形状をしており、最終トラスの接合は下床版側の1格点部のみで行われた。下り線中央閉合部の格点構造は「二重管格点構造」であり、これは下り線工事に際し開発された格点構造で、鋼トラス材の据付けに対して自由度が高く、誤差の調整を比較的容易に行うことができる⁴⁾。そのため、下り線では1格点部での閉合が可能であった。

一方、上り線で採用した二面ガセット格点構造は、2枚の添接板でガセットプレートを挟み込み高力ボルトにて接合する構造であるため、高さ・橋軸方向距離・ガセット角度の誤差調整を1格点部で行うには困難となることが予想された。そこで、図-10(b)に示すように、片側の張出し施工部の最終ブロックは下床版のみの施工とし、閉合トラス材を設けることで調整の自由度を高めた。両側の張出し施工終了後に測量を実施し、閉合トラス材のガセットプレートおよび添接板の製作に反映させた。中央閉合部の施工状況を写真-7に示す。



写真-7 中央閉合部の施工状況



写真-8 張出し施工状況(巴川橋)

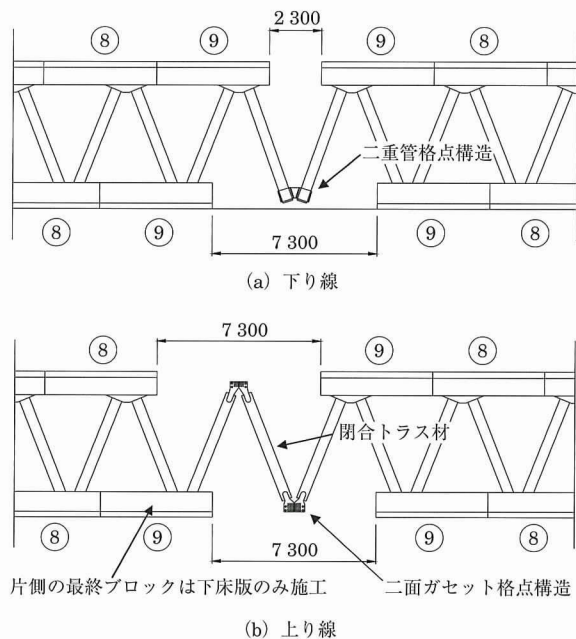


図-10 中央閉合部概要図

4. おわりに

平成11年7月基礎・下部工の着手から10年を経た平成21年6月末現在、猿田川橋は最終の中央閉合工を、巴川橋は張出し施工の最終段階を迎えている。写真-8に巴川橋の張出し施工状況を示す。

最後に、本工事を行うにあたり多大なご指導ご協力をいただいた関係者の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 長田光司・宇佐美惣・伊藤祐一・藤岡篤史：猿田川橋・巴川橋(上り線工事)の設計・施工，プレストレストコンクリート，Vol.50，No.3，pp.46-54，2008.5
- 2) 青木圭一・本間淳史・山口貴志・星加益朗：PC複合トラス橋の設計・施工—第二東名高速道路 猿田川橋・巴川橋—，コンクリート工学，Vol.42，No.8，pp.38-43，2004.8
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，2002.3
- 4) 長田光司・宇佐美惣・山口貴志・池田尚治：第二東名高速道路 猿田川橋・巴川橋の設計施工，コンクリート工学，Vol.44，No.10，pp.48-53，2006.10
- 5) 青木圭一・能登谷英樹・加藤敏明・高德裕平・上平康裕・山口貴志：第二東名高速道路猿田川橋・巴川橋の設計・施工—世界初のPC複合トラスラーメン橋—，橋梁と基礎，pp.5-11，2005.5

【2009年7月2日受付】