

新東名高速道路 乙川橋（仮称）の設計・施工

— フランジ同士を接合した波形鋼板ウェブ —

落合 勝^{*1}・櫻井 正之^{*2}・中島 豊茂^{*3}・田上 泰之^{*4}

新東名高速道乙川橋は、東海環状自動車道から分岐する新東名高速道路の岡崎東 IC～豊田東 JCT 間に位置する PC5 径間連続波形鋼板ウェブ箱桁ラーメン橋である。本橋は橋長 519.5 m の上り線と橋長 524.5 m の下り線の上下線からなり、大口径深礎杭の鋼管複合橋脚 8 基（最大高さ 73 m）と逆 T 式橋台 4 基を含む上下部一式で発注された工事である。本工事は VE 提案方式で発注され、評価項目である構造の成立性を満足するとともに、品質管理、安全管理、環境対策、工期短縮に関して配慮した設計・施工を実施した。上部工の施工においては特殊移動作業車を使用することで、張出しブロック数を約 30 % 低減して工期短縮となる施工を行った。特殊移動作業車を使用するために、波形鋼板ウェブの下側にもフランジを設置し、なおかつフランジ同士を接合する構造としたことも特徴である。

キーワード：VE 提案、特殊移動作業車、ブロック削減、波形鋼板ウェブ、フランジ接合

1. はじめに

乙川橋は愛知県岡崎市に位置する PC5 径間連続波形鋼板ウェブ箱桁ラーメン橋であり、豊田 JCT の東方約 11 km にある新東名高速道路の橋梁である。新東名高速道路は開通に向けて平成 27 年 8 月現在も鋭意工事進められているが、本橋は土運搬用の工事用道路として活用するために上り線の引渡し時期が決められていた。また、本橋が跨ぐ乙川は矢作川の支流であり、この周辺一帯はゲンジボタルの産地として親しまれている。初夏になると川辺に潜む姿、夜空を群舞する姿を目にすることができる。さらに乙川は鮎の遡上が盛んな川であり、橋の下流側から漁場となっており、鮎漁が解禁されると多くの釣り人が来訪してくる場所でもある。

このようなことから、本工事の発注においては、工期短縮を求める構造形式や施工方法を含め、品質管理、安全管理、環境対策を求められた。本橋では、特殊移動作業車によって張出しブロック数を低減して工期を短縮するとともに、構造上の弱点となり易い打継ぎ目を減らした工夫を行った。本稿では、本橋の特徴である波形鋼板ウェブを含め

た設計、特殊移動車を使用した施工を中心に主に上部工の設計・施工について報告する。

2. 橋梁概要

乙川橋は、東名高速道路豊田 JCT より分岐した新東名高速道路が愛知県岡崎市の山間部を通過する区間に位置する橋梁のひとつである（図 - 1）。一級河川乙川および県



図 - 1 架橋位置



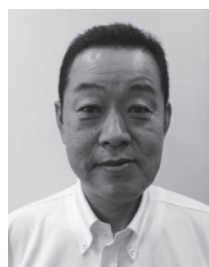
^{*1} Masaru OCHIAI

オリエンタル白石 (株)
施工・技術部



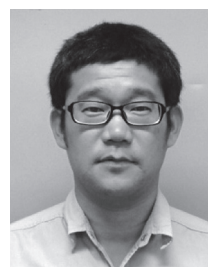
^{*2} Masayuki SAKURAI

オリエンタル白石 (株)
施工・技術部



^{*3} Toyoshige NAKAJIMA

オリエンタル白石 (株)
施工・技術部



^{*4} Yasuyuki TAGAMI

オリエンタル白石 (株)
施工・技術部

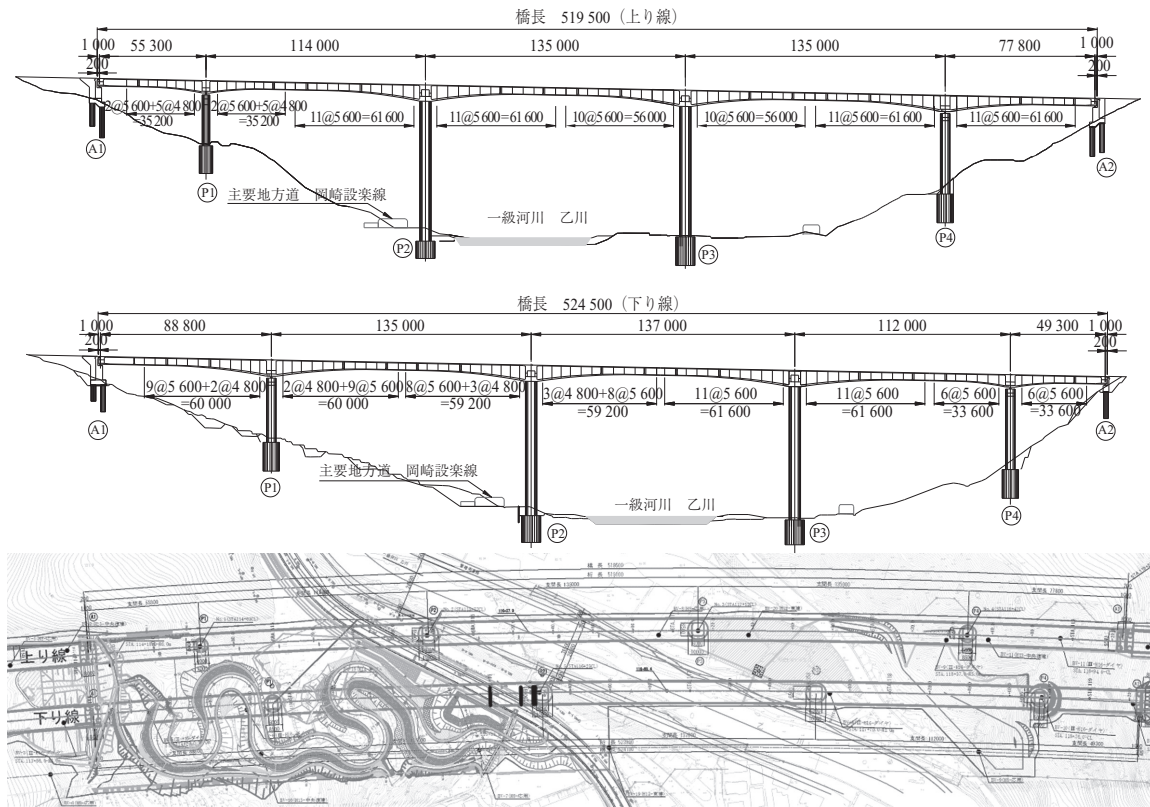


図 - 2 橋梁一般図

道岡崎設楽線と交差し、橋梁の両サイドには山岳が迫っており、地形条件の厳しい場所にあった。同時に両橋台の背面ではトンネル工事も施工が進められていたため、施工条件的にも厳しい場所であった。本橋は、橋長519.5mの上り線と橋長524.5mの下り線の上下線からなり、それぞれPC5径間連続波形鋼板ウェブ箱桁ラーメン橋であり、中央の2橋脚は高さ70mの高橋脚を有する橋梁である。橋梁概要および主用材料を下記に示し、橋梁一般図を図-2に示す。

【橋梁概要】

工事名：第二東名高速道路 乙川橋工事
 施工場所：愛知県岡崎市岩戸町
 事業主：中日本高速道路(株)名古屋支社
 施工者：オリエンタル白石(株)・(株)植木組JV
 構造形式：PC5径間連続波形鋼板ウェブ箱桁ラーメン橋
 橋長：519.5m(上り線), 524.5m(下り線)
 支間長：55.30 + 114.00 + 135.00 + 135.00 + 77.80m
 (上り線)
 88.80 + 135.00 + 137.00 + 112.00 + 49.30m
 (下り線)

有効幅員：10.510m

横断勾配：→ 2.5%

縦断勾配：→ 2.0%

設計震度：橋軸方向 $kh = 0.13$, 直角方向 $kh = 0.10$

道路規格：第1種2級 B規格(設計速度 $V = 100$ km/h)

【主用材料(上部工のみ)】

コンクリート：40 N/mm² (主桁 9 671 m³)

：30 N/mm² (壁高欄 753 m³)

鉄筋：SD345 (1 579 t)

内ケーブル：12S15.2 (232 928 kg)

外ケーブル：19S15.2 (240 595 kg)

横縮ケーブル：1S21.8 (51 967 kg)

波形鋼板：SM490Y $t = 9 \sim 16$ mm (1 153 t)

3. 設計概要

3.1 ブロック割付

本橋で使用する特殊移動作業車の特徴として、全ブロック通じて最大5.6mでの施工を可能とするがあげられる。そのため、基本設計のブロック数が上下線で合計230ブロック(ブロック長3.2~4.8m)であるのに対し、詳細設計では合計156ブロックへと約30%減じることができた。例として図-3に上り線P2におけるブロック割の比較を示す。

3.2 波形鋼板ウェブの設計

特殊移動作業車を使用した張出し架設工法は、コンクリート打設重量と移動作業車荷重を波形鋼板ウェブで支える構造である。したがって、コンクリート打設重量と移動作業車荷重による曲げモーメントに対し、波形鋼板ウェブのみで抵抗できるように、フランジを接合する必要がある。そのため、フランジの接合は添接板とボルトによって行い、曲げ・せん断耐力を満足する板厚とボルト本数を決定した。フランジ接合部の形状図を図-4に示す。さらに、通常の工法と比較して波形鋼板ウェブに局所的な大きな力が作用するため、FEM解析を実施して波形鋼板ウェブの

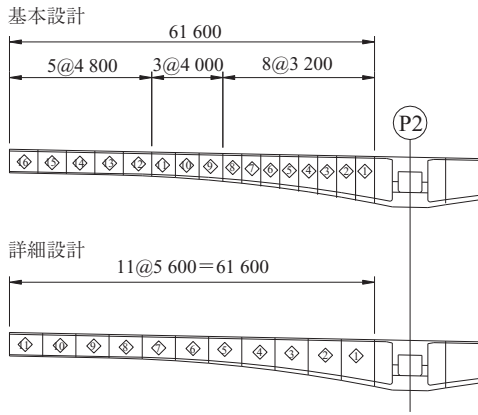


図 - 3 ブロック数の比較 (上り線 P2 の例)

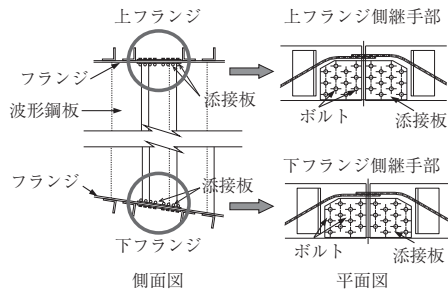


図 - 4 フランジ接合部の形状

安全性の照査を実施した。解析は材料非線形と幾何学的非線形を考慮した複合非線形解析によって行い、この解析の結果、架設時に想定される 1.7 倍の荷重が作用しても鋼板は降伏には至らず、張出し施工時の波形鋼板ウェブの安全性が確認できた (図 - 5)。

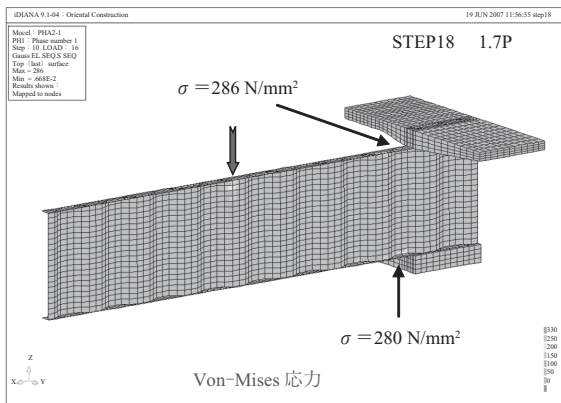
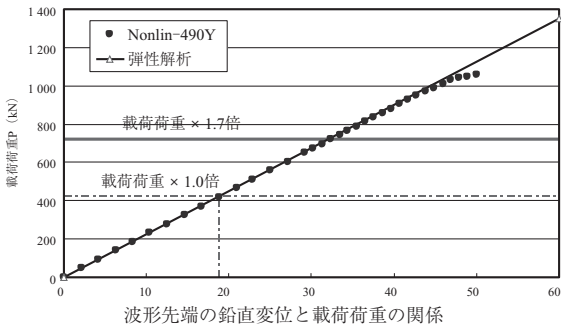


図 - 5 波形鋼板の複合非線形解析結果

4. 施工概要

4.1 柱頭部の施工

柱頭部の施工はブラケット支保工を設置して行った。この柱頭部ブラケット上に移動作業車の下段作業床を柱頭部支保工として使用する省力化方法で施工日数を約 10 日短縮することを可能とした (写真 - 1)。また、柱頭部に使用したブラケットは、電動チェーンブロックを使用して、一括降下させて地上で解体を行った (写真 - 2)。

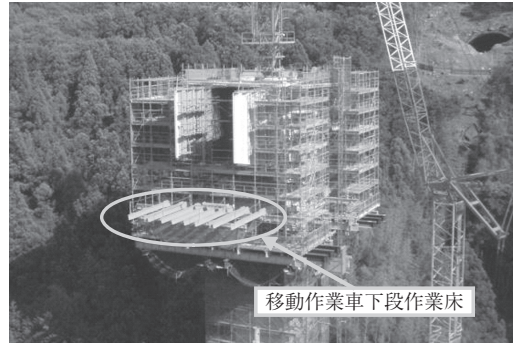


写真 - 1 柱頭部の施工状況



写真 - 2 柱頭部ブラケットの一括降下

これらの工夫により、高所での危険作業を大きく削減し、安全性の向上にもつながった。

4.2 特殊移動作業車による張出し施工¹⁾

本工事で採用した特殊移動作業車は、コンクリート打設荷重および移動作業車荷重を、上下フランジ同士を添接板およびボルトで接合させた波形鋼板ウェブで抵抗させる構造である (図 - 6)。移動作業車に作用する荷重は波形鋼板のみであることから、通常の移動作業車と比較して主梁に大きなモーメントが作用しないため、1 ブロック目の施工から最大ブロック長を 5.6 m と長くすることが可能であり、張出ブロック数を低減することを可能とした (図 - 7)。なお、移動作業車の重量も従来の移動作業車と比較して、13 % 程度軽量化していることも特徴である。

特殊移動作業車による張出し施工のサイクル工程は通常の移動作業車の場合と同じである (図 - 8)。そのため、ブロック数の低減がそのまま工期短縮に繋がり、併せて作業車に使用する部材数が少ないことから、移動作業車組

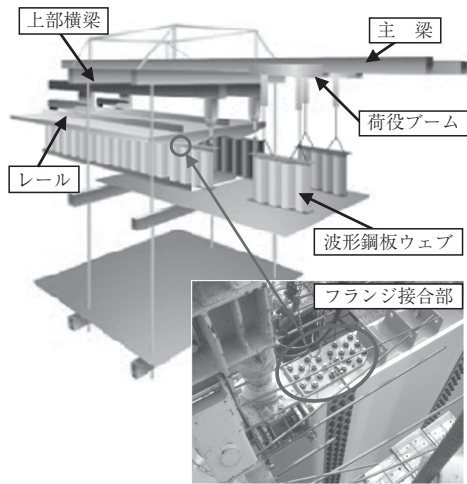


図 - 6 特殊移動作業車の概要

立・解体日数も3日短縮することが可能となった。また、張出しブロック数を低減することで、弱点となりやすい打継面を減らすことでのコンクリートの品質向上が図れ、加えて廃材となる小口型枠や打継面処理を減らせるという環境面での相乗効果も生まれる。

4.3 中央閉合工

中央閉合工は移動作業車を使用しておこなった。特殊移動作業車は、通常の移動作業車と異なり、移動作業車より先行して前方にレールを引き出す必要がある。そのため、中央閉合部に仮設桁を設置してからレール、移動作業車の移動を行い、仮設桁を撤去してから波形鋼板ウェブを架設する。移動作業車の移動作業フローを図 - 9 に示す。

4.4 そのほかの工夫

(1) 高橋脚の施工

本橋の P2, P3 橋脚は上下線ともに 70 m 前後の高橋脚

であり、ハイブリッド・スリップフォーム工法（以後、HSF 工法という）で施工を行った²⁾。HSF 工法の特徴として、鋼管・鉄筋の一括建込みや連続コンクリート打設施

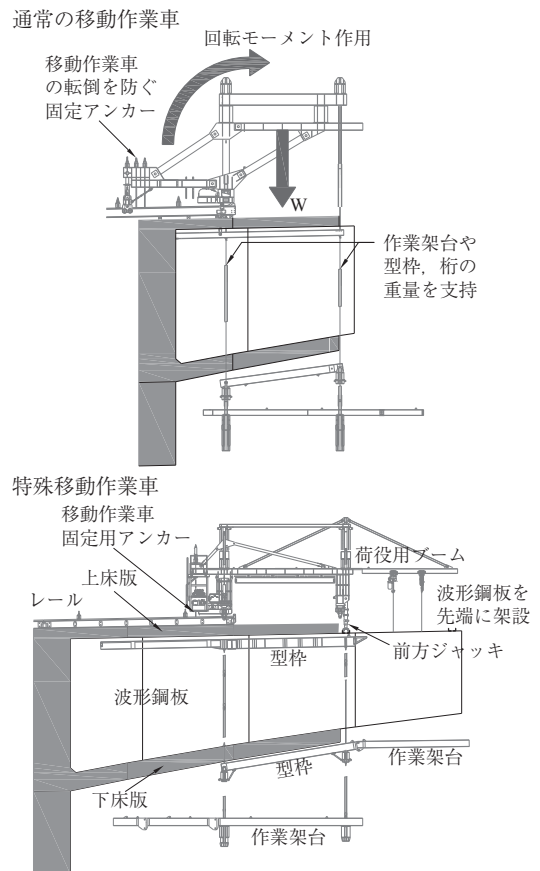


図 - 7 移動作業車の構造比較

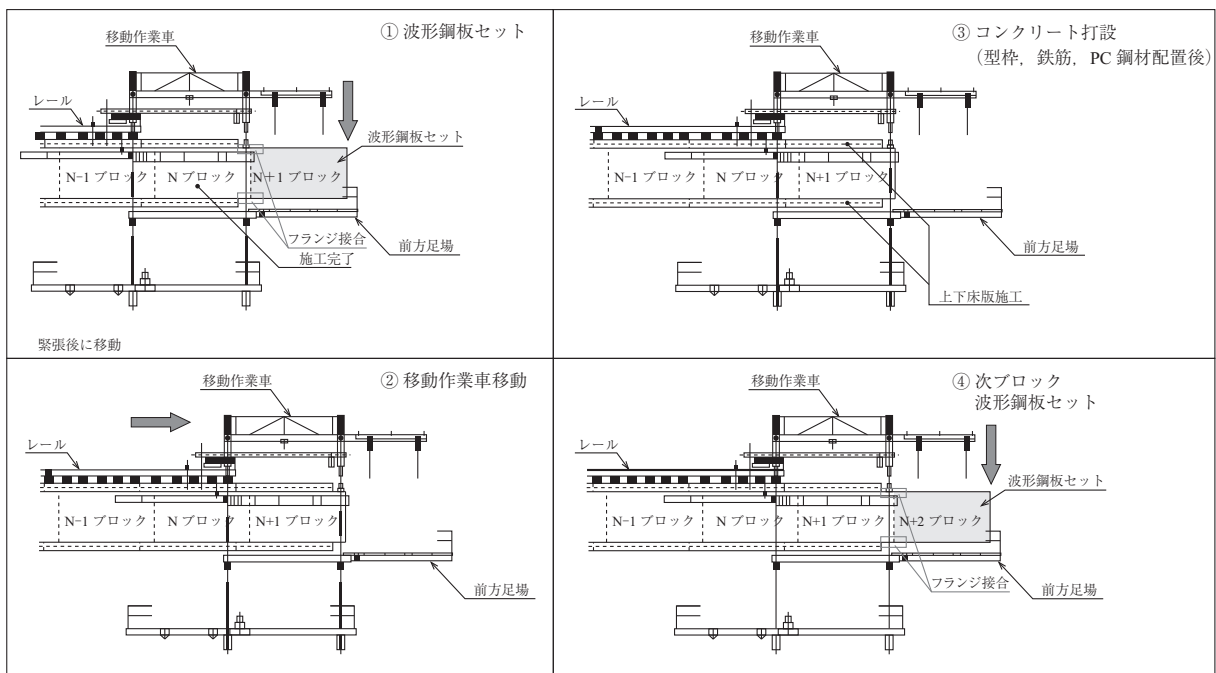
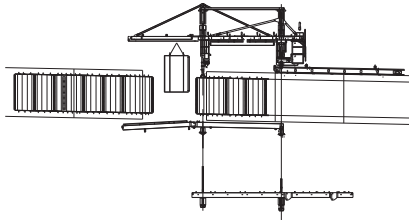
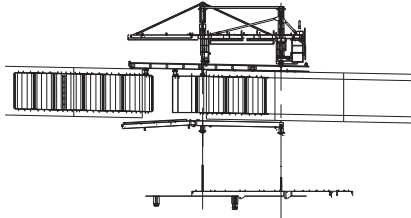


図 - 8 張出し施工の施工サイクル

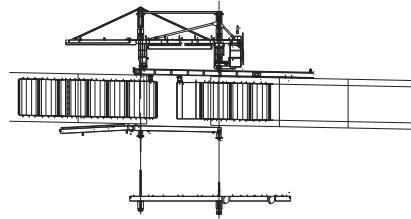
- (1) 仮設桁架設
移動作業車の荷役設備で仮設桁を架設



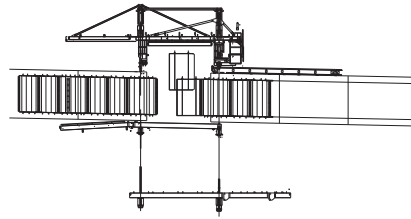
- (2) レール引き出し
ホイストおよびフォークリフトでレール引き出し



- (3) 移動作業車の移動



- (4) 架設桁撤去
ホイストにて仮設桁を撤去



- (5) 閉合部波形鋼板架設
※ ボルト孔は現地加工

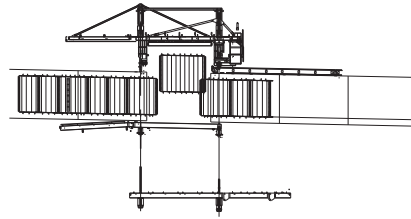


図 - 9 中央閉合工の移動作業車移動フロー

工があげられる（写真 - 3）。コンクリートの打設～養生を別のフロアで行えることから、脱型後のコンクリートの養生を長期間実施することができる。また、P2、P3 橋脚は県道および河川と交差することから、コンクリートのはく落対策として繊維コンクリートを使用した。

(2) 荷役設備の工夫

本橋の上部工施工では、2 種類のタワークレーンを採用した³⁾。ジブを傾斜させて吊り荷を移動する一般的な起伏式クレーンと、水平に延びるジブに沿って吊り荷をスライドさせる水平ジブクレーンである。上り線・下り線の合計 8 基の橋脚にそれぞれタワークレーンを設置し、そのうち 6 基は水平ジブクレーンを使用した（写真 - 4）。



写真 - 3 HSF 工法による橋脚の施工



写真 - 4 クレーン設置状況

起伏式クレーンの作業半径は 30 m で、張出しブロックの 3 ブロック目までは波形鋼板を直接架設できる。しかし、それ以降は波形鋼板を台車に乗せて橋面上を移動する必要がある。そこで波形鋼板の橋面移動の工程を省くため、フランス・ポテイン社製の水平ジブクレーンを採用し、作業半径を 50 m とすることで架設範囲をカバーし、さらに 1 ブロックの工程を 1～2 日短縮することができた。

5. コンクリート関連試験の実施

5.1 加圧ブリーディング試験

本橋は高橋脚かつ張出し施工長が長いことから、コンクリート圧送時における配管の閉塞や、筒先排出コンクリートのコンシステンシー不足が懸念された。そのため、実際に使用するコンクリートのポンプ圧送性（ポンパビリティー）を確認することを目的として、加圧ブリーディング試験を実施した。試験は土木学会規準 JSCE-F 502-2007 に準拠して行った。本橋のコンクリートはプラント 2 社から供給を受けていたため、両社のコンクリートで試験を実施した。その結果、経過時間と脱水量の関係は、土木学会コンクリートのポンプ施工指針に示されているポンパビリティーが良好な範囲内にあることが確認され（図 - 10）、実施工においても配送管の閉塞なく施工できた。なお、コンクリートのスランプは 12 cm に設定した。

5.2 アルカリ総量測定試験

本橋で使用するコンクリート中のアルカリ総量の確認には、使用材料の試験成績書の確認に加え、アルカリ総量測

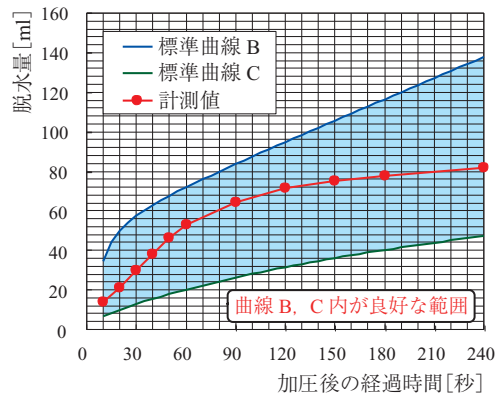


図 - 10 加圧ブリーディング試験結果の例

定試験を実施した。試験はフレッシュコンクリートの空気量測定試験に使用したコンクリートを上水道水で希釈し、その上澄み水を希釈溶液とした方法で実施した。写真 - 5 に示す高精度の電極式アルカリイオン計を用い、希釈溶液のナトリウムイオン濃度とカリウムイオン濃度をそれぞれ測定し、コンクリート中のアルカリ総量を換算した。測定試験はコンクリート打設時の1台目の生コン車でおこない、主桁および壁高欄の全ロットで実施した。その結果、全てのコンクリートでアルカリ総量が規制値 (3.0 kg/m³)



写真 - 5 アルカリイオン計

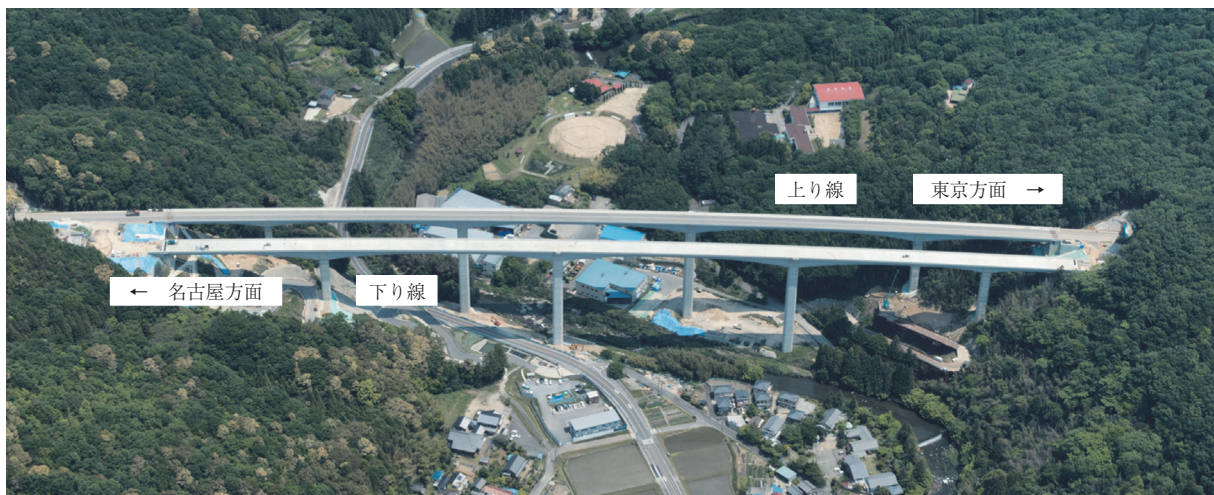


写真 - 6 完成写真

を下回っており、試験成績書と同様な結果から健全な材料であったといえる。

6. おわりに

乙川橋工事は上部工の施工が完了したあと、のり面工、用排水工、県道復旧工、仮設構台撤去などの工事を行い、平成 24 年 7 月にしゅん工した (写真 - 6)。上り線完成後は、土運搬の工事用道路として使用する前に NEXCO 豊田工事事務所主催によるウォーキング大会が実施され、施工中の橋梁工事やトンネル工事の様子を見ながら、地元の人達が橋面上を遊歩した (写真 - 7)。これがきっかけとなって、参加した子供たちが「土木工事」というものに興味をもってくれたら嬉しいかぎりです。



写真 - 7 ウォーキング大会

最後になりましたが、本工事にあたりまして、多大なご協力とご指導をいただいた関係各位の皆様にご感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 落合 勝, 中島豊茂, 古賀義樹, 和崎宏一: 新東名高速道路 乙川橋の施工, 第 21 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.187-190, 2012.10
- 2) 酒井修平, 太田 誠, 中積健一, 南雲広幸, 阿部浩幸: 新東名高速道路 (引佐 JCT ~ 豊田 JCT), 日本コンクリート工学会, コンクリート工学 Vol.49, No.1, 2011.1
- 3) 海外製クレーンで架設範囲をカバー, 日経 BP 社, 日経コンストラクション

【2015 年 8 月 31 日受付】