

## 巻頭言

### 橋の技術継承に思う

首都大学東京 都市環境科学研究所  
都市基盤環境学域 教授  
野上 邦栄



9月上旬に巻頭言のお話をいただいた時に、「技術継承」について書こうかと考えていたところ、2014宮地技報の技術評論に「技術の継承のために、今、なすべきこと」と題する青田社長の思いが述べられていました。伊勢神宮の20年ごとの遷宮および隅田川の橋梁計画に学び、社会インフラが国民の生命と財産を守る上で重要であるとの理解を求めるためにも「技術の開発、技術と技能の継承」が必要であるとの内容であり、大いに賛同するものあります。

約50年前の1960年代に始まった我が国の吊橋・斜張橋の建設は、本四プロジェクトが終了し、あれから16年が過ぎていますが、その間に海峡横断プロジェクトなど長大吊橋の計画はあるものの、その実現には程遠い現状にありますし、東日本大震災の復興のシンボルとしての長大橋の建設計画が進められていますが、長大橋を建設する機会はめっきり少なくなっています。したがって、多くの企業においては長大橋に関する部署も統廃合され、撤退しているのが現状です。一方、世界では中国、韓国、トルコ、ノルウェーをはじめとして、ベトナム、インド、インドネシア、ペルーなどをも含めて、吊橋や斜張橋などの長大橋の建設・計画が持続的に進められています。

このような世界の状況において、日本の技術者として、本四架橋をはじめとした長大橋建設で培われた特殊技術の継承は極めて重要であり、そのための努力を推進しなければなりません。若い技術者に対して、多くの先人や会社の先輩の経験および開発技術を継承することは重要であり、定期的に先輩からの技術継承に関する社内講演会などが必要ではないでしょうか。(行っているとは思いますが。) さもないと、いざ長大橋の建設計画が持ち上がった時、則対応が困難になりますし、若い技術者を一から鍛える必要が出てきますので、企業として一歩出遅れることになります。

「土木技術は、利用し続けるとともに開発研究を継続し続けなければ衰退していきます。」土木学会鋼構造委員会では、大先輩に研究面および技術面における豊富な経験を現役および次世代を担う技術者、研究者に技術伝承をするために、「経験豊富な先人に学ぶ次世代への継承技術」として2013年から年1回の鋼構造技術継承講演会を開催しております。

一方で、将来予想される変化に対して準備しておくことも必要です。土木学会全国大会において、本四プロジェクトが活発な時期には長大橋に関する多くのセッションがプログラムとして用意されていましたが、現在めっきり少なくなり、1セッションも成り立たない状況

です。政府の国土強靭化のもと、老朽インフラ施設の長寿命化及び機能向上、さらには大規模改築への関心が高まっている中、国内市場のニーズもその方針に左右されることは当然であり、時代とともに企業の技術者・研究者及び大学研究者の興味も変化しています。

このような状況において、私の研究室では、ケーブルの高強度化、主塔の新形式、吊形式橋梁の多径間化・新形式、安全率のバランス化などの長大・超長大吊形式橋梁の開発研究を細々ながら続け、発表しております。もちろん、目標となるプロジェクトなどがあれば、研究の士気もより高まるのは当然であります。

ケーブル安全率は、現在の道路橋示方書鋼橋編では吊橋3.0、斜張橋2.5、コンクリート編のPCケーブルは1.7が規定されていますが、本四基準の長大吊橋ケーブルの安全率は、因島大橋2.86、瀬戸大橋2.5、明石海峡大橋2.2と歴史的変遷をたどっています。また、本四基準の海峡横断道路ケーブル安全率検討委員会では、1.8が提案されています。この間、ケーブル強度は $1770\text{kN/mm}^2$ からより高強度な $2000\text{kN/mm}^2$ の研究開発が進められてきました。しかし、2008年、海峡横断プロジェクトの中止とともにその開発も立ち切れになっています。それに対して、韓国では現在建設中のウルサン大橋では $1960\text{kN/mm}^2$ の高強度ケーブルが開発採用されており、さらなる $2100\sim2200\text{kN/mm}^2$ の開発も進められています。ケーブル安全率の歴史的変遷から今後のケーブル設計のあり方、さらにはエクストラドーズド橋のケーブル安全率1.7の根拠などを技術継承と新たな技術開発の視点で考えるのも有意義と考えます。

さて、長大橋の技術の継承を持続するためには、国内での案件が少なくなっている現状において、今積極的に海外のプロジェクトに参画していくことも必要ではないでしょうか。そのためには、国際的に認知される国内基準（英語版）の充実を図るとともに、海外の基準（Eurocode, AASHTOなど）に精通する必要があります。さらに最近の動きとして、ISO2394の改訂やISO10721の統一コードに向けた活動も開始されていますので、ISO基準をも注視して、海外市場の戦略的展開をしていく必要があります。

同時に、我が国これまでの許容応力度設計法の時代から新しい性能設計体系に変化する中で新たな技術開発が必要です。計画、設計、製作、施工および維持管理における種々の革新的技術の開発を推進して世界をリードしていくようにしなければなりません。先ほどのケーブル安全率もその一例です。もちろん、企業としての体力（経済的、技術的）がなければなりませんが、基礎研究を含めて解析や試験を行って、納得できるまで検討するという姿勢を技術者として身につけていく環境が求められています。

最後に、われわれは子供たちや子孫のため、さらには国家の繁栄のためにより良き橋を残すことに賢明になっていますが、50年後、100年後の技術者さらには一般の人々から尊敬され、愛される橋を創っていく努力をしなければなりません。微力ながら大学人としてみなさんとともに努力していきたい。

# 未来への継承にむけて

取締役 建設事業本部建設工事本部長 佐藤 充



## — はじめに —

1985年創刊号から昨年号までの技報に目を通してみた。巻頭言では、錚々たるメンバーが多くの貴重な意見を述べられている。気付いたことは、自身が担当した多くの現場が写真で紹介されており、懐かしく当時を振り返ることが出来た一方で、一度も執筆していないことに気付く。

いま自分は、技術評論の執筆にふさわしくないと思いつつキーボードを叩いている。どうか、貴重な紙面を汚すことを許していただきたい。

## — 技術と伝承 —

私は入社2年目から14年間、他社が親とする共同企業体の一員として数現場に従事した。わからない事ばかりのなかで、他社の先輩たちに教示を乞うために、質問の仕方やタイミング考えて、話しだす機会を伺っていたことを憶えている。周囲の暖かい支援を得て今の私があることに感謝している。

14年間のうち現場と現場の狭間は3回で24か月あり、その間は自社に戻って工事計画業務に就いたが、自社の機材や協力業者との本当の付き合いは、入社16年を過ぎたころからであり、自社機材の利便性の高さや協力業者の頼もしさをこの頃から感じ始めている。

現場では先輩や作業員を講師として、架設・溶接・ボルト・塗装等、各々の工種で施工や管理のコツを覚える。これが施工管理の技術とすれば完全な経験学だ。多種多様なコツを学習して自分なりのコツに仕上げる。そのコツを創意工夫でアレンジしてレベルアップする。

我々の周囲にはそのコツを習得した職員や作業員が豊富である。それをどう集結するか、また伝授す

るかが課題となる。上位者はよく「最近の若者は・・・」と非難することがある。これはいつの時代でも言えることで、世の変化と認識しなければならない。教える側にも習う側にも貪欲な向上心が必要であるが、経験豊富な上位者が未熟な下級者に対し、どこまで目線を下げて教育できるかで技術伝承のスピードは変わる。

あるとき、鳶職の棒芯が言った「橋架けを難しいと思ったことはない。難しいのは人の使い方と人からの使われ方だ。」との言葉が今でも忘れられない。チームワークが重要な社会において、背景を察したうえで、どういうふうに指示したり受けたりするかが、私自身一生涯の課題であろうと感じている。

## — 安全への挑戦 —

一般に技術を評論する場合、新製品、新工法、高品质、工程短縮、低コストに目が行きがちであり、安全が話題になることは少ない。しかし、技術は安全のもとで成り立っていることを忘れてはいけない。

福島第一原発事故に関する「政府の事故調査検証委員会」の中で「失敗学のすすめ」の著者で知られる畠村洋太郎委員長は、100年後の評価に堪えられるようにするため、事故からどのような知識が得られるのかを整理した「7つの所感」を政府の事故調査検証委員会の最終報告書に示している。その内容は、

- ①ありうることは起こる。ありえないと思うことも起こる
- ②見たくないものは見えない。見たいものが見える
- ③可能な限りの想定と十分な準備をする
- ④形を作っただけでは機能しない。仕組みは作れるが、目的は共有されない

- ⑤全ては変わるものであり、変化に柔軟に対応する
- ⑥危険の存在を認め、危険に正対して議論できる文化を作る
- ⑦自分の目で見て自分の頭で考え、判断・行動することを認識し、そのような能力を涵養することが重要である

上記は「安全神話」に潜む危険性を訴えたものであり、安全意識は変動する時代に対応する必要性を説いている。

この意識を現場に従事する者全員に浸透させることが出来れば労働災害は減少し、自然災害に対する予防対策がとられ、国土強靭化に唱えられた、自助・共助の精神を、世代を超えて受け継ぎ主体的に行動する文化を根付かせることに繋がるものである。

## — 課題 その先へ —

現在進行中の鉄道会社の大規模改修や道路会社の大規模更新及び大規模修繕のほかに、各団体で長寿命化工事が実施されるなか、2020年には東京オリンピックが開催される。今後建設業界は膨大な労働力が要求されるが、現在でも労働力不足は深刻であり、ベテラン職人の高齢化や若年層の業界離れが問題になっている。国交省や厚労省では、平成25年6月に「当面の建設人材不足対策（概要）」を発表するほか、設計労務単価の引上げや、社会保険未加入

問題、適正価格による工事発注、部切り撤廃の指導等様々な対策を掲げて、賃金水準のアップと社会保障の充実を呼びかけている。我々の役割は、上記への推奨は勿論であるが、現場において安心できる環境と安全を得る教育を提供する必要がある。

“もの”創りの最終段階となる現地工事は機械化が進んだとはいえ、まだまだ人の力が必要である。顧客の要求を満足する構造物に仕上げるために、設計や計画から最終段階を予測しておく必要があり、現場では設計や計画の思想に沿って着実に遂行し、怪我なく日々の作業を行う事が基本である。

そのためにも、各部門の風通しを良くすることが必要である。例えば、失敗や苦労情報、創意工夫が各部門で共有出来れば、各々の工程の落とし穴や対策が部門の垣根を越えて予備知識としてインプットでき、リスク管理の幅が広がる。…が、失敗はなかなか表面に出でこないものである。せっかくの失敗体験を公表できる風土を築くことが出来れば、格好の成長材料となる。企業は個人の集まりであり、個人の成長はそのまま企業力となる。そして各部門の知識が他部門の知識と融合され、より高度な技術集団へ成長できる。そのような構想を描いている。

好き勝手な思いを述べましたが、第28号技報の発刊に際し、忙しい時間を裂いて貴重な職務体験を公開して頂いた方々には感謝いたします。

# 歩道拡幅用FRP床版に関する実験的研究 (床版上載タイプ)

Experimental Study on the FRP Sidewalk Deck for Widening Bridge Width (on the Slab Type)



久保圭吾<sup>\*1</sup>  
Keigo KUBO



角間恒<sup>\*2</sup>  
Ko KAKUMA



岡田慎哉<sup>\*3</sup>  
Shinya OKADA



松井繁之<sup>\*4</sup>  
Shigeyuki MATSUI

## 要旨

近年の交通安全対策の観点から、歩道の拡幅要望が増加しており、特に道路橋では必要幅員が確保されない橋梁が数多く存在することから、橋梁の歩道拡幅が急務となっている。このような背景の下、軽量で耐食性に優れるガラス繊維強化プラスチックを用いた道路橋の歩道拡幅構造を考案した。本研究では、床版上載タイプの実物大床版供試体を用いて高欄への水平荷重および群集荷重に着目した静的耐荷力実験を実施した。この結果、いずれも実用上、十分な耐荷力を有していることが確認できた。

キーワード：歩道拡幅、FRP、耐荷性能

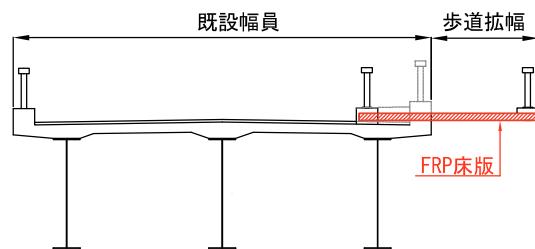
## 1. はじめに

近年の交通安全対策の観点から、歩道の拡幅要望が増加しており、道路橋に関して言えば、旧来の道路構造令に基づく幅員設計や架設当初からの交通環境の変化に伴い必要幅員が確保されない橋梁が数多く存在することから、橋梁の歩道拡幅が急務となっている。

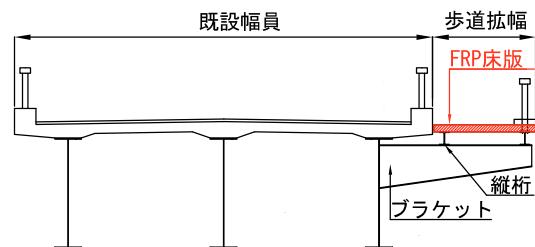
橋梁で歩道を拡幅する場合、死荷重を軽減するために鋼製の歩道を既設橋梁に添架して必要幅員を確保することが多いが、上部工重量の増加により既設桁の補強や下部工の補強等が必要となる場合もあり、さらなる軽量化が望まれている。また、海岸部や凍結防止剤を散布する積雪寒冷地では、塩害により鋼材の腐食が促進する環境にあることから、耐食性に優れた材料の選定も必要となる。このため、近年、軽量で耐食性に優れるアルミニウム床版<sup>1)</sup>が歩道拡幅に適用され始めているものの、電食やアルカリ腐食等の課題がある。

このような背景の下、重量が鋼材の1/4~1/3程度と軽量かつ耐食性に優れ、道路橋の合成床版<sup>2)</sup>や検査路<sup>3)</sup>、歩道橋<sup>4)</sup>などの橋梁構造物の構造部材として適用事例が増加しているガラス繊維強化プラスチック（Glass fiber reinforced plastics：以下、FRP）を用いた道路橋の歩道拡幅構造（以下、FRP歩道拡幅床版）を考案した。この

FRP歩道拡幅床版の構造としては、図-1に示す床版上載タイプ<sup>5)</sup>およびプラケット支持桁タイプ<sup>6)</sup>があるが、本研究では、床版上載タイプの実物大床版供試体を用いて高欄（歩行者自転車用柵）への水平荷重および群集荷重に着目した静的耐荷力実験を実施した。本論文では、これらの結果について報告する。



(a) 床版上載タイプ



(b) プラケット支持桁タイプ

図-1 歩道拡幅構造の種類

\*1 橋梁事業本部 技術本部技術部技術開発グループ 担当リーダー

\*2 (独) 土木研究所 寒地土木研究所

\*3 (独) 土木研究所 寒地土木研究所

\*4 大阪大学名誉教授

## 2. 構造概要

歩道拡幅用FRP床版の概要図を図-2に示し、その概略を以下に記す。

本研究で使用するFRPは、強化繊維にガラス繊維を使用したGFRPである。繊維や樹脂の種類、成形材の繊維構成、成形方法、成形材の材料特性等は、「FRP合成床版設計・施工マニュアル（案）」<sup>7)</sup>に基づくものとした。

拡幅は、ブラケットや支持桁の増設等は行わず、歩道のマウントアップを撤去した後にFRP床版をRC床版に上載して一体化する構造とすることで、死荷重を軽減し、既設桁の補強を最小限とする。

FRP床版は、下フランジ付きリブを有するπ型断面FRP引抜成形材（以下、FRP成形材）を複数枚並べて連結化するFRPパネル構造とする。FRP成形材同士の継手はラップ継手構造とし、接着面はエポキシ樹脂系接着剤を用いてラップ面を接着し、密着性を確保するためにステンレス製のブラインドリベットで固定する。

FRP床版とRC床版は、RC床版に設置したアンカーボルトとFRP床版内に流し込むコンクリートとの定着により一体化する。なお、FRP床版には、コンクリート充填用のFRP埋設型枠、充填孔および空気孔を設ける。

拡幅部の軽量化および水や塩分に対する耐久性向上の観点から、地覆についてもFRPハンドレイアップ成形材で施工する。地覆プレートとFRP床版は、エポキシ樹脂系接着剤とステンレスブラインドリベットの併用により接合する。

鋼製高欄は、地覆プレート内に設置した鋼製台座に支柱を設置し、鋼製台座とFRP床版下側に設ける補強板でFRP床版を挟み込みアンカーボルトで接合する構造とする。

## 3. 耐荷力実験

FRP歩道拡幅床版の耐荷性能を確認するため、実物大床版供試体を製作し、静的耐荷力実験を行った。本研究では、高欄への水平荷重（寄り掛かり）に対する高欄基部の耐荷性能および張出部への鉛直荷重（群集荷重）に対するFRP床版の耐荷性能に着目して、それぞれ水平載荷実験および鉛直載荷実験を実施した。

### 3.1 実験供試体

実験に使用した供試体を図-3に示す。供試体は実橋における拡幅に対応した寸法とし、橋軸直角方向全長を

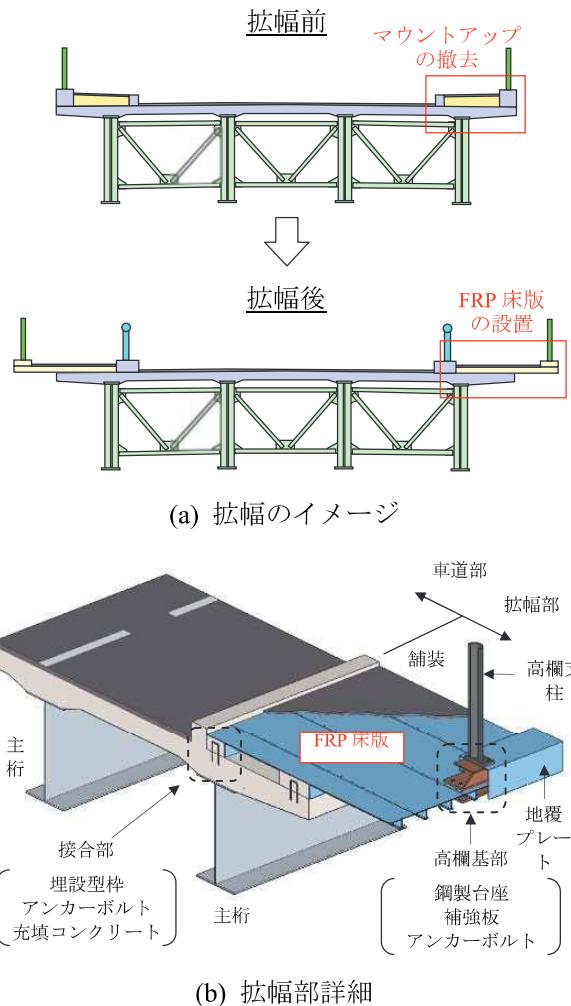


図-2 FRP歩道拡幅床版の構造概要図

3,405mm、既設RC床版長さを2,300mm、FRP床版長さを2,500mmとした。橋軸方向全長は、幅600mmのFRP成形材を4枚並べた2,400mmとした。床版厚は、RC床版厚を200mm、FRP床版厚を100mmとした。

FRP床版張出部先端には、図-3(c) (d) に示す地覆プレート、高欄支柱、高欄設置用の鋼製台座と補強板を設置した。なお、高欄支柱には載荷の容易さを考慮してH形鋼を使用した。

供試体は、既設RC床版に支間1,925mm間隔で支持桁を配置して架台に固定した。なお、載荷時の転倒を防止するため、実橋とは異なる支持桁の配置としている。

### 3.2 使用材料

供試体に使用したFRP成形材は、ガラス基材としてコンティニュアスストランドマットおよびガラスロービングを、引抜成形用樹脂として不飽和ポリエステル樹脂を使用したものである。JIS K 7054（ガラス繊維強化プラ

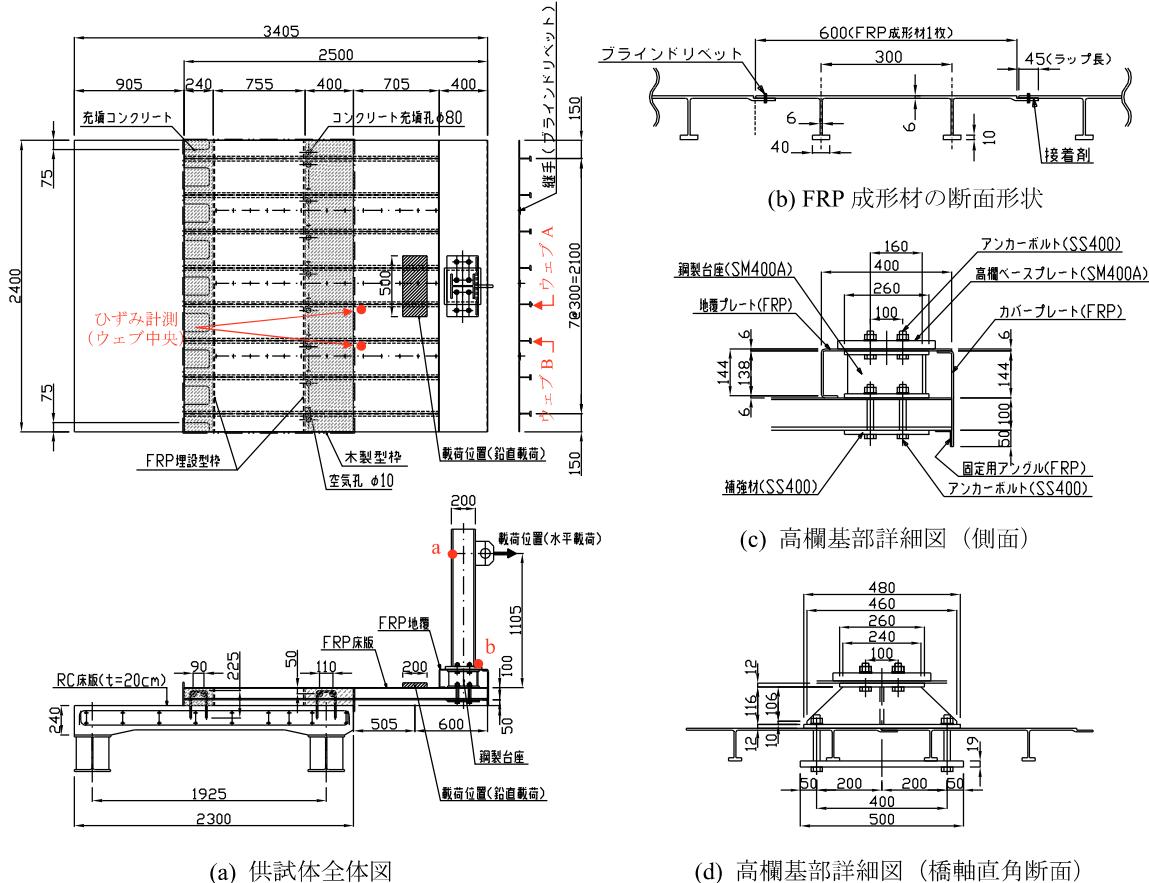


図-3 供試体図

スチックの引張試験方法) およびJIS K 7056 (ガラス繊維強化プラスチックの圧縮試験方法) に準拠して実施した材料試験により得られたFRP成形材の基本的な材料特性値は、繊維方向について、引張強度 $409\text{N/mm}^2$ 、圧縮強度 $313\text{N/mm}^2$ 、引張弾性係数 $35\text{kN/mm}^2$ であった。また、フランジとウェブの隅角部については、繊維直角方向の繊維構成の違いが圧縮強度に与える影響を確認するため、供試体から採取した試験片を用いてJIS K 6911 (熱硬化性プラスチック一般試験方法) に準拠した圧縮試験を実施した。**表-1**はその結果であり、上フランジとウェブの隅角部で強度、弾性係数が若干大きいものの、部位による差はほとんど見られなかった。

既設RC床版のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと5mm以下の細骨材、最大粒径10mmの粗骨材を使用した。床版コンクリートの配合を**表-2**に示す。圧縮強度と弾性係数は、実験時材令(58日)において、それぞれ $35.9\text{N/mm}^2$ 、 $28.4\text{kN/mm}^2$ であった。

FRP床版とRC床版の定着部の充填コンクリートには、セメントと混和材、細骨材からなるプレミックスタイプの無収縮モルタルに最大粒径10mmの粗骨材を混合して使用した。充填コンクリートの配合を**表-3**に示す。圧

表-1 FRPウェブの圧縮試験結果（繊維直角方向）

部位	強度 $\text{N/mm}^2$	弾性係数 $\text{kN/mm}^2$	採取位置
a. 上フランジ側	114.2	18.8	
b. ウェブ中央	101.8	13.4	
c. 下フランジ側	101.4	12.0	

表-2 床版コンクリートの配合

水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
149	290	879	1017	2.9

(単位： $\text{kg/m}^3$ )

表-3 充填コンクリートの配合

水	プレミックス 材	粗骨材
259	1437	574

(単位： $\text{kg/m}^3$ )

縮強度と弾性係数は、実験時材令(45日)において、それぞれ $78.4\text{N/mm}^2$ 、 $29.4\text{kN/mm}^2$ であった。

FRP床版とRC床版の定着部のアンカーボルトにはD13(鋼種SD345)を、高欄基部のアンカーボルトにはM20(鋼種SS400)を使用した。

### 3.3 載荷方法

水平載荷実験では、高欄頂部（FRP床版上面から1,105mm）を載荷位置とし、載荷位置にワイヤーロープを設置し、これをチェーンブロックで引き込むことで破壊に至るまで荷重を漸増させた（図-3（a）、写真-1（a）参照）。ここでは、歩行者自転車用柵の設計水平荷重2,500N/m（種別SP）<sup>8)</sup>による高欄基部の曲げモーメントと等価な曲げモーメントが供試体の高欄基部に作用するときの荷重5.7kNを本実験における設計荷重として、耐力評価の基準とした。なお、高欄支柱間隔2.0mを想定している。

鉛直載荷実験では、載荷位置をFRP床版の張出部先端から600mm（地覆内側から200mm）の位置の床版中央とし、鋼製の載荷板（500×200mm）を介して破壊に至るまで荷重を漸増させた（図-3（a）、写真-1（b）参照）。ここでは、RC床版の端部（張出先端から1,105mmの位置）に着目して、設計荷重（死荷重および群集荷重）<sup>9)</sup>による曲げモーメントと等価な曲げモーメントが作用するときの荷重13.9kNを本実験における設計荷重として、耐力評価の基準とした。

## 4. 結果および考察

### 4.1 水平載荷実験

水平載荷実験における荷重と水平変位の関係を図-4に示す。水平変位の計測点は、図-3（a）に示す載荷位置（点a）および地覆頂部（点b）である。実験では、載荷直後から荷重の増加とともに変位が線形的に増加していく、荷重6kNを超えた辺りでFRP成形材の繊維が破断する小さな音が確認された。その後は、荷重の漸増により断続的な繊維の破断音とともに剛性が徐々に低下し、設計荷重5.7kNの約2倍の荷重12.1kNで破壊に至り荷重が低下した。また、荷重低下後は5.6kN程度の荷重を保持しており、崩壊に至るような破壊とはならないことが確認できた。

写真-2に、実験終了時におけるウェブA（図-3（a）参照）の損傷状況を示す。FRP床版の破壊は、鋼製台座下側プレート（以下、台座プレート）の端部でウェブ上縁が圧縮せん断破壊する形態であり、これに伴って上フランジとウェブの境界部に沿ってき裂が生じていた。破壊時には鋼製台座と補強板を連結するボルトに緩みが生じていたが、破壊に至るまでに水平変位の急変が見られていないことから、これは破壊とともに生じたものであ



(a) 水平載荷実験



(b) 鉛直載荷実験

写真-1 実験状況

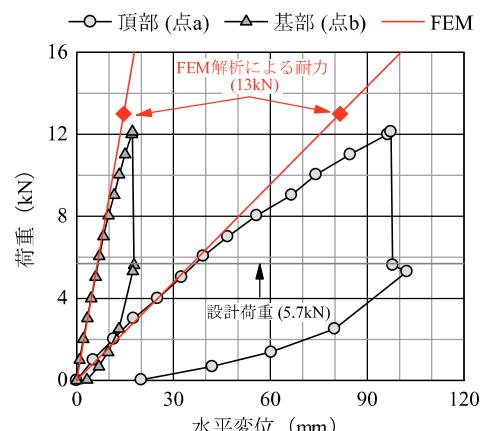


図-4 荷重と変位の関係（水平載荷）



写真-2 ウェブAの損傷状況（水平載荷）

り、FRP床版、鋼製台座、高欄のそれぞれの間で滑りは生じていなかったと考えられる。その他、地覆プレートや地覆プレートとFRP床版の接着部、FRP床版とRC床版の定着部、FRP成形材のラップ継手部については、目視調査による損傷は認められなかった。

#### 4.2 鉛直載荷実験

鉛直載荷実験における荷重と載荷点鉛直変位の関係を図-5に示す。実験では、荷重の増加とともに変位が線形的に増加し、荷重40~50kNの間で最初の繊維破断音が確認された。その後も概ね荷重に比例して変位が増加し、荷重69.1kNのときにFRP床版の中央4本のウェブのせん断破壊が生じて荷重が低下したため実験を終了した。最大荷重69.1kNは設計荷重13.9kNの5倍であり、本構造が群集荷重に対して高い安全性を有していると考えられる。

写真-3は、実験終了時におけるウェブAの損傷状況である。き裂は支点側を起点とし、ウェブの中腹部を張出側に向かって瞬時に進展するものであった。図-6に



写真-3 ウェブAの損傷状況（鉛直載荷）

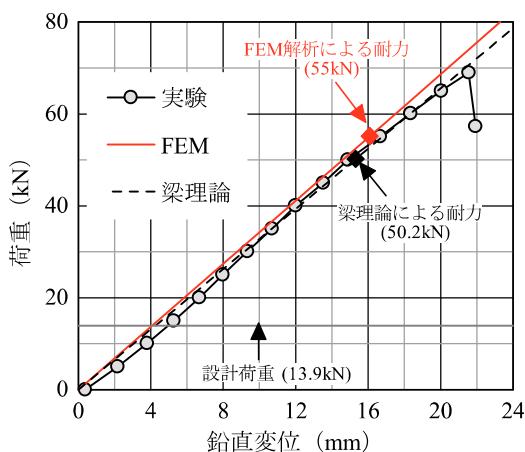


図-5 荷重と載荷点変位の関係（鉛直載荷）

は、ウェブAおよびBの破壊位置における荷重と面内せん断ひずみの関係を示す。計測位置は、RC床版端部から張出側50mmの位置におけるウェブ中央高さである(図-3(a)参照)。実験終了時にはウェブAおよびBともにせん断破壊していたが、せん断ひずみの推移を見るとひずみの値はウェブBがAの25%程度である。このことから、き裂が発生した中央4本のウェブのうち外側の2本については、内側2本のウェブの破壊に伴い荷重分担のバランスが変化した後に発生したものであり、耐力への寄与率は大きくなかったものと推察される。

なお、FRP床版とRC床版の定着部アンカーボルトに作用する引抜荷重は最大で0.6kN程度であり、FRP床版の破壊時であってもアンカーボルトの引抜けの懸念がないレベルであった。その他、RC床版、定着部の充填コンクリート、FRP成形材同士の継手部においても、目視調査による損傷は認められなかった。

次に、FRP歩道拡幅床版の群集荷重に対する設計手法の検討として、梁理論によるたわみおよび応力の計算を行い、耐力および破壊形態について実験結果との比較を行った。

たわみの計算には、FRP成形材のせん断変形の影響を考慮してTimoshenko梁理論を適用した。また、前述した耐力への各ウェブの寄与率を考慮して、FRP床版張出部の中央ウェブ2本(FRP成形材1枚分、幅600mm)を計算断面とした。耐力については、ウェブのせん断破壊および下フランジの圧縮破壊のそれぞれに対して耐力を計算し、その際、組み合わせ応力の影響は考慮しないものとした。

図-5中には、梁理論により得られた荷重と載荷点鉛

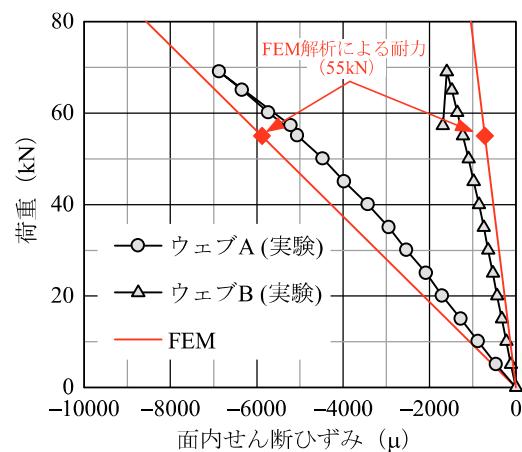


図-6 荷重と面内せん断ひずみの関係（鉛直載荷）

直変位の関係を図示する。耐力は、下フランジの圧縮破壊とウェブのせん断破壊について、それぞれ56.3kN、50.2kNであり、破壊形態は実験と同様にウェブのせん断破壊と推定された。計算耐力と実験耐力を比較すると、計算結果が安全側の耐力を与え、その耐力比は1.38 (= 69.1/50.2) であった。このことから、群集荷重に対しては、FRP成形材ウェブの応力性状に基づき計算断面を適切に評価することで、設計時の安全率を見込んだ耐力算定が可能であると考えられる。

## 5.まとめ

本研究では、FRPを用いた道路橋の歩道拡幅構造について、静的耐荷力実験により耐荷性能を確認した。得られた知見を以下にまとめる。

高欄基部の耐荷性能に着目した水平載荷実験の結果、設計荷重の2倍程度の耐力が得られた。

群集荷重に対する耐荷性能に着目した鉛直載荷実験の結果、設計荷重の5倍程度の耐力が得られ、本歩道拡幅構造が群集荷重に対して高い安全性を有することを確認した。

## ＜参考文献＞

- 1) 山田雅義, 武本頼和: アルミ床版による新加古川大橋拡幅について, 第1回アルミニウム合金構造物実現のためのシンポジウム, pp.26-27, 2004.
- 2) 久保圭吾, 西田正人, 河西龍彦, 筒井秀樹, 松井繁之: 棟橋構造に適用したFRP合成床版の設計と施工, 第5回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.315-320, 2006.
- 3) 永見研二, 渡部陽一: FRP製付属物の製作・施工—NEXCO中日本 新東名FRP製付属物—, 宮地技報, No. 26, pp.97-105, 2011.
- 4) 北山暢彦, 宇野名右衛門: 伊計平良川線ロードパーク連絡歩道橋の設計・製作・架設, 石川島播磨技報 2001橋梁特集号, pp.82-86, 2001.
- 5) 角間恒, 岡田慎哉, 久保圭吾, 松井繁之: FRPを用いた道路橋歩道拡幅構造の耐荷性能に関する研究, 土木学会構造工学論文集, Vol.60A, pp.1150-1158, 2014.
- 6) 保呂秀次, 田村修一, 久保圭吾, 角門恒, 岡田慎哉, 松井繁之: FRP歩道用拡幅床版の耐荷性能に関する研究, 第八回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.189-194, 2014.10.
- 7) FRP合成床版研究会: FRP合成床版設計・施工マニュアル(案), 2009.
- 8) 日本道路協会: 防護柵の設置基準・同解説, 2008.
- 9) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 2012.

2014.3.12 受付

## グラビア写真説明

### 竜の口橋りょう

昭和63年に仙台市営地下鉄南北線が全線開通いたしましたが、東西線は仙台駅を挟んで東西を結ぶ鉄輪式リニアモーター方式を採用した鉄道です。この路線の内、本橋は仙台市の特別環境保全地区である深さ50mの竜の口渓谷に架橋された鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋です。

渓谷の環境影響が最小となるよう配慮しつつトラベラクレーン張出し架設にて施工いたしました。施工中に東北地方太平洋沖地震が発生し頻繁に発生する大きな余震のさなかで張出し架設を行いました。さまざまな地震対策を行いつつ無事施工を終えることができました。

(大河原 邦男)

# ケーブル構造物架設時の精度管理システムの再構築

## Reconstruction of Quality Control System during Cable Structure Construction



永 谷 秀 樹<sup>\*1</sup>  
Hideki NAGATANI

### 要 旨

ケーブル構造物においては、製作・架設誤差によるケーブル張力および構造形状の設計値に対する誤差調整を効率的に実施するため、架設時の精度管理システムがある。ここでは、計測機器およびIT技術の進歩によるシステムの再構築（シム調整解析プログラム開発を含む）と、実橋梁でのシステムの適用性について確認・考察した結果について報告する。

キーワード：精度管理システム、シム調整量最小法、重み付き最小二乗法、エクセルVBA

### 1. まえがき

斜張橋やニールセンローゼ橋などのケーブル構造物は、高次不静定構造物であり設計時に最適なケーブル張力が設定されている。そのため、架設時におけるケーブル張力および構造形状の再現が必要となる。この再現すべきケーブル張力と構造形状が管理値となる。また、設計・製作・架設の各段階において生じた各種の設計値との不整合が、ケーブル張力・構造形状に影響を与え管理値に対して誤差が発生する。

そこで、これらの誤差を許容される範囲内にバランス良く収めるためにケーブル長の調整（シム調整）を適切に行う必要がある。この適切な調整シム量を精度良く、安全に、かつ工程のスムーズな進捗を目指して行うため、情報化施工としてコンピュータにおける計測・解析システムで構成された精度管理システム（形状管理システム）が適用される。

当社では、斜張橋を主たる対象として1990年にオンラインによるリアルタイム処理の精度管理システムとして、計測装置制御とシム調整量決定のための解析を一体化した精度管理システムを開発した<sup>1)</sup>。このシステムはMS-DOS上で稼働するものとして開発されていた。そのため、制御を行う計測機器の進歩、IT技術の進歩にともなう再構築を行っており、その内容と精度管理システムの概要について今後の技術継承も兼ねて報告する。

### 2. システム構成と再構築の目的

#### (1) システム概要と再構築の目的

精度管理のシステム構成を図-1に、精度管理全体の概要を図-2に示す。このシステムは、①事前解析、②現場計測、③シム調整解析の各システムから構成されている。

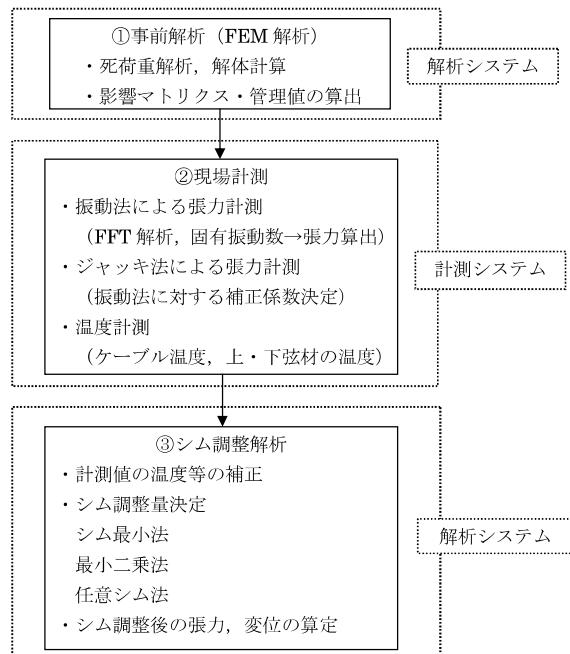


図-1 精度管理システムの全体構成

<sup>\*1</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術開発グループ 担当リーダー

今回の再構築における主たる目的は、各システムを個別に分離することである。特に現場計測に関しては、計測装置および計測方法の進歩が速く、システムの陳腐化も速くなるためシステムの維持管理に多くの労力と費用が必要となる。また、構造物ごとに計測装置、計測項目などが異なり効率的な計測を行うためにはシステムの構造物ごとのカスタマイズも必要となる。よって、精度管理システムの適用頻度と運用を考慮して、現場計測はアウトソーシングを前提として分離したシステムとした。

## (2) 事前解析（解析システム）

事前解析は、各架設状態における構造物のケーブル張力および構造形状などの管理値、現場における温度変化の管理値への影響、およびシム調整による管理値への影響を算出するための解析である。以下にこの算出方法について概要を示す。

ケーブル張力および構造形状の管理値の算出は、架設状態の構造系に対して架設時の荷重により生ずるケーブル張力および構造形状などの管理値を算出する。管理値の算出は、設計における構造解析モデルを再現した立体骨組モデルを用いたFEM解析により行うものとする。斜張橋のように変形量が大きい構造物の場合には有限変

位解析を用いた解体計算を実施するのがよいが、ニールセンローゼ橋のように変形量が小さい場合には解体計算を省略した微少変形解析も適用可能である。

現場における各部材の温度計測結果に対して、標準温度に対する温度変化による管理値への影響値の算定を行う（通常は各部材が単位温度（+10°C）変化した場合の管理値への影響量の算定している）。この算出された影響値から温度補正マトリクスを作成し、シム調整解析における温度補正に使用する。

各ケーブルのシム調整による管理値に対する影響値の算定を、前述の管理値を算出した解析モデルを用いて行う。算定方法は、ケーブル毎に単位シム調整量（通常は-1.0cm）に相当する温度荷重を載荷して、各管理値に対する影響値を算出する。この算出された影響値からシム調整による影響値マトリクスを作成する。

## (3) 現場計測（計測システム）

現場計測は、ケーブル張力、主塔・主桁の変位等の構造耐力に関する管理項目に対して実施する。ここでは、特にケーブル張力の現場計測システムの実施例として、各ケーブルに固定した加速度計による振動計測などについて概要を示す。

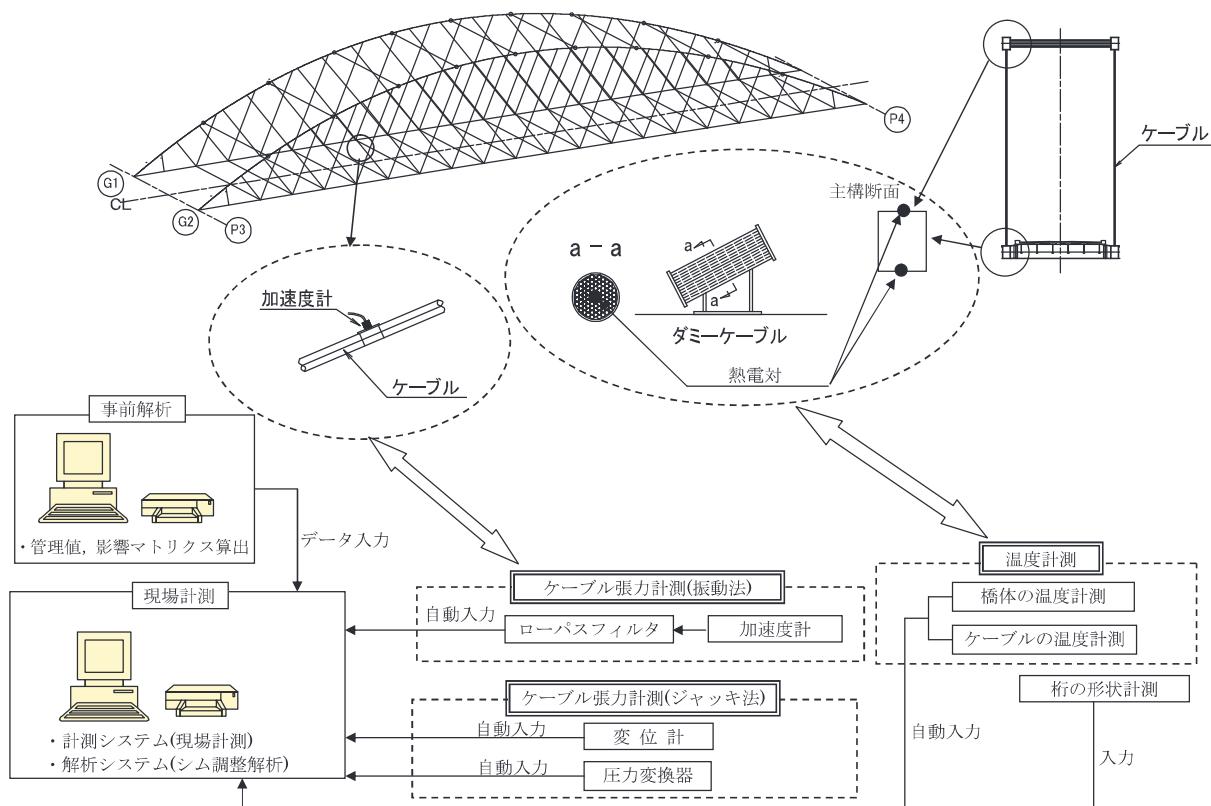


図-2 精度管理の概略



図-3 ケーブル定着部のジャッキ変位測定状況



図-6 加速度計設置状況

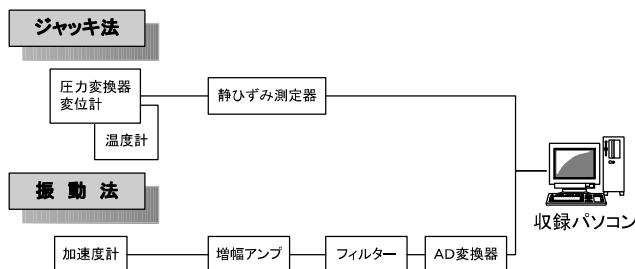


図-4 計測システムブロック図

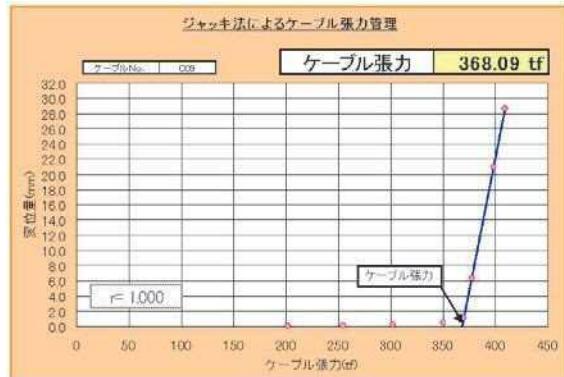


図-5 ジャッキ法によるケーブル張力算出例

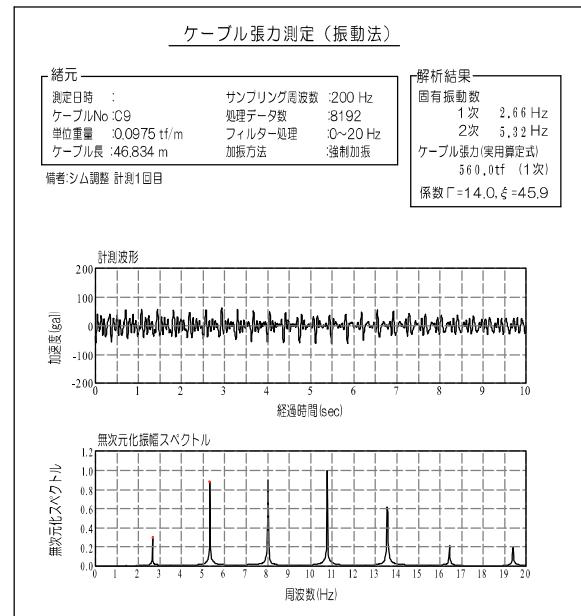


図-7 振動法によるケーブル張力算出例

なお、最近では、レーザードップラー速度計 (LDV) を用いた振動計測も実施されている<sup>2)</sup>。LDVは、固定式の加速度計に比較して高所での作業や配線の取り回しが不要となるため、作業の安全性や効率性の向上が期待できる。また、LDVは加速度計と比較して低周波数領域の応答特性が良いため、固有振動数が長い (1Hz以下) のケーブルの固有振動数を常時微動から同定することも可能であり、その適用について今後検討する必要がある。

ケーブル張力計測システムは、①ジャッキ法、②振動法の2つの計測法に対応するものとして構成され、各方の利点を生かして精度の高い張力管理を実施する。

### 1) ジャッキ法（直接法）

圧力計により油圧ジャッキの油圧を計測するとともに高感度変位計によりジャッキ変位（遊間変位）を測定し、ジャッキ圧と遊間変位の関係からケーブルに導入されている張力を算出する（図-3～5参照）。

なお、ケーブル張力導入時に使用するジャッキの油圧などを用いて測定するため、真値に近い結果を得ることが可能であるが、常にジャッキが設置されていることが必要であるため、適用箇所は限定される。

### 2) 振動法

ケーブルに加速度計を固定し、加振による振動を計測

しケーブルの持つ固有振動数を求め、固有振動数とケーブル張力との関係式<sup>3)</sup>よりケーブルに導入されている張力を算出する。振動法は、機材が小さく作業性が優れるため、架設時および完成後のいかなる時期におけるケーブル張力計測に適用でき、測定も短時間で行うことが可能である。しかし、この方法はサグの影響、ケーブル剛性、定着部の境界条件など不確定要素による誤差を伴う場合があるので注意する必要がある（図-6, 7参照）。

### 3. シム調整解析（解析システム）

シム調整解析は、構造特性、誤差傾向に配慮して、以下の3種類（①シム量最小法、②重み付き最小二乗法、③任意シム法）の算定方法を単独あるいは複合して適用することによりシム調整量を算出するものとする。ただし、最終的なシム調整量は、シム調整の施工性、工程に配慮して担当技術者の技術的判断により決定することが重要である。

今回、このシム調整解析のプログラムを新たに作成した。プログラムは、今後のメンテナンスの容易さと使用性に配慮してエクセルVBAによるものとした。事前解析との連動は、事前解析により作成された温度補正マトリクス、シム調整による影響値マトリクスのテキストデータをエクセルに読み込むものとした。なお、現場計測値の標準温度への温度補正についてもこのプログラムのなかで実施するものとしている。

以下に前述の3種類のシム調整量算定方法とその適用性などについて概説する。

#### （1）シム量最小法

シム量最小法はケーブル張力のみを対象とし、張力が許容誤差内となる制約条件のもと、シム調整量を、調整量の二乗和を目的関数とし、これを最小にするように共役勾配法により最適化問題を解いて調整量を決定する<sup>4)</sup>。シム調整量とケーブル張力との関係、目的関数は以下の通りである。

また、シム調整量の算出には、 $f$ に対して許容される最大値 $f_{\max}$ や計算回数を用いて制御を行う収束計算を行う。

$$f = [\Delta I]^T \cdot [\Delta I] \quad \dots \dots \quad (1)$$

$$[\Delta I] = [D] \cdot ([\Delta T + [\epsilon]]^{j+1}) \quad \dots \dots \quad (2)$$

$$[\epsilon] = [X][\Delta I] - [\Delta T] = [X][\Delta I] + [T_i] - [T_0] \quad \dots \dots \quad (3)$$

ここで、

$[X]$ ：ケーブル張力への影響マトリクス ( $n \times n$ )，

$[\Delta I]$ ：シム調整量,  $f$ ：目的関数

$[\Delta T] (= [T_0] - [T_i])$ ：ケーブル張力の管理値  $[T_0]$  と計測値  $[T_i]$  の差）

#### （2）重み付き最小二乗法

ケーブル張力や構造形状などの管理項目の誤差の二乗和を最小とするシム調整量を求めるものとして以下の目的関数  $f$  を定義する。なお、管理項目全体の誤差応答を適切に低減させるため、シム調整量自身と各管理項目毎に重み係数を導入する。この目的関数をシム量調整量での偏微分がゼロとなるものとしてシム調整量を算出する<sup>5)</sup>。

$$f = \sum_{i=1}^m \rho_i \cdot R_i^2 + \rho_0 \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad \dots \dots \quad (4)$$

シム調整量は、 $\frac{\partial f}{\partial S_j} = 0$  より以下のように決定される。

$$[S] = -[[A]^T \cdot [\rho] \cdot [A] + \rho_0 \cdot [E]]^{-1} \cdot [A]^T \cdot [\rho] \cdot [r'] \quad \dots \dots \quad (5)$$

ここで、

$n$ ：シム調整を行うケーブル本数

$m$ ：ケーブル張力、変位等の管理項目数

$[S]$ ：シム調整量

$[A]$ ：影響マトリクス ( $m$ 行,  $n$ 列の矩形マトリクス)

$$[R] = [z] + [r'], [R]^T = [R_1, R_2, \dots, R_m]$$

$[z]$ ：管理項目の応答量

$[r']$ ：誤差応答 (=計測値 - 管理値)

$[\rho]$ ： $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$  を対角とする  $m \times m$  の対角行列

$\rho_i$  は  $i$  番目の管理項目に対する重み係数

$\rho_0$  はシム調整量自身を減少させる重み係数

$[E]$ ： $n \times n$  の単位行列

#### （3）任意シム法

シム調整量を任意に与えることにより、シム調整後のケーブル張力、変位への影響を確認するものである。既知となるシム調整量から、次式より各管理項目のシム調整量による応答量が算出され、応答誤差との比較を行うものである。

$$[z] = [A] \cdot [S] \quad \dots \dots \quad (6)$$

#### （4）各シム解析の適用性と組合せ

シム調整量最小法は、ケーブル張力のみを着目対象としてシム調整量を決定するため、構造形状については誤差低減制御を行うことが不可能である。しかし、ケーブ

ル張力変動が構造形状に与える影響が小さい構造物（ニールセンローゼ橋）については有効であり、ケーブル張力を許容値内に収めるためにシム調整量の総和が小さくなるように効率よく決定できる。

これに対して、重み付き最小二乗法は、シム調整量に對してケーブル張力が鈍感で張力変動が構造形状に与える影響が大きい構造物について、ケーブル張力と構造形状をバランスよく調整することが可能である。また、技術者は、施工性、出来形に配慮して重みを適切に設定することによりシム調整量を任意に制御可能である。ただし、結果として調整箇所の多くなり施工性が低下する可能性がある。

したがって、今回開発したプログラムは各解析法の長所を活かして組合せて適用可能なものとし、シム調整量最小法で決定した調整量を任意に選択して重み付き最小二乗法へ既定値（数値は変更も可能）としてエクセル上で入力できるものとし、ケーブル張力と構造形状の誤差調整の効率の向上を図っている。

#### 4. 実橋梁への適用

##### (1) 概 要

この新しいシステムをニールセンローゼ橋である美浦大橋の精度管理に適用している、その構造概要を図-8

に示す。本橋の橋梁諸元および工事報告については文献6)を参照されたい。また、この精度管理における管理項目および計測項目を表-1に示す。総ケーブル本数が78本、主桁キャンバー計測点が44点で合計管理項目が122となり、ニールセンローゼ橋では最大規模の精度管理であり、現場計測およびシム調整量の決定を限られた時間の中で効率よく行う必要があった。

表-1 管理項目および計測項目

項目	管理項目	計測項目	計測位置	備考
ケーブル張力	○	○	全ケーブル 2×38本/1構面=76本	—
主桁キャンバー	○	○	横断位置 2×22点/1主桁=44点	—
橋体温度	—	○	上弦材、ケーブル、補剛桁 スパン1/4点 各箇所/1断面	温度補正用計測

計測システムについては、既存の情報化施工用のシステムを本橋用にカスタマイズして計測を行った。また、各計測結果はエクセルデータとしてシム調整解析システムに入力している。

##### (2) シム調整結果

ケーブル張力誤差とキャンバー値に関して、調整前の計測結果と3種類のシム調整解析結果に基づく調整後の予測値を、代表してG1に関して図-9、10に示す（図中の凡例での各解析方法の名称は略称とする）。計測結果では、ケーブル張力は部分的に許容誤差値を超える箇所があり、全体的に誤差を小さくする必要があると考えられる。ただし、構造形状である補剛桁のキャンバーは

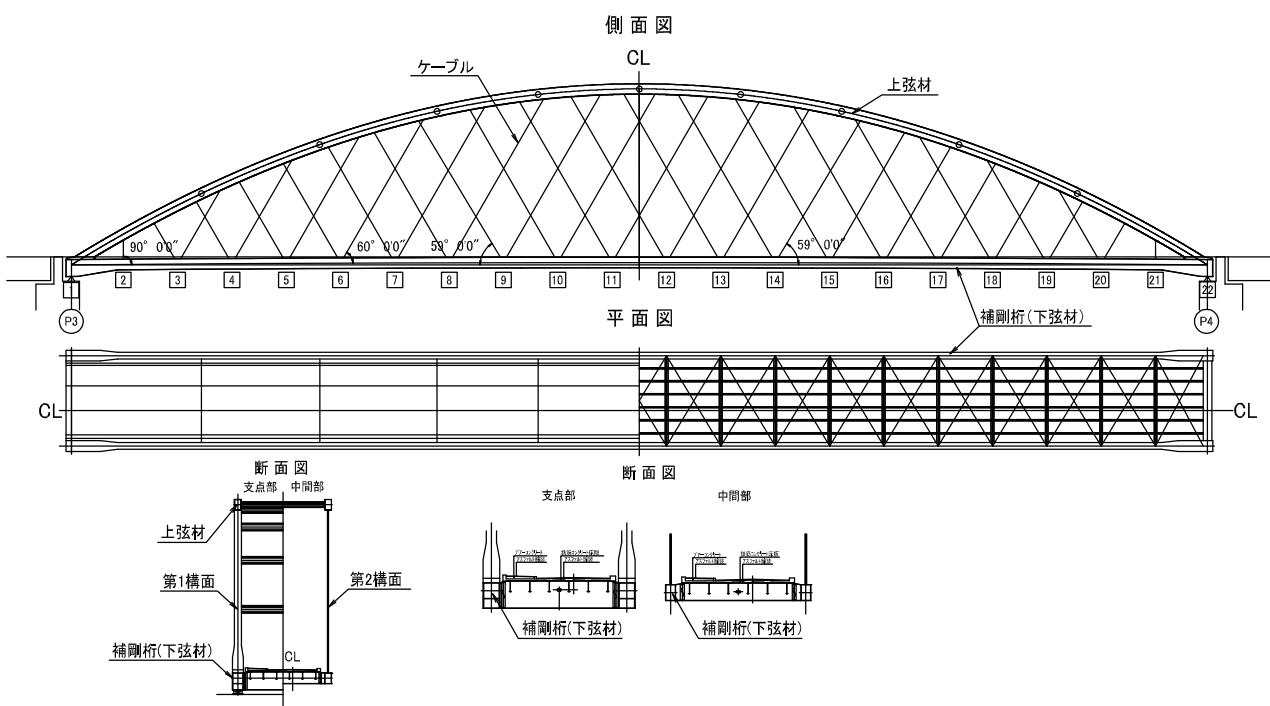


図-8 ニールセンローゼ橋（美浦大橋）の構造概要

許容値に対して十分な余裕をもっている。

各手法の解析結果（調整後の予測値）は、ケーブル張力、キャンバー値ともに許容値内にバランス良く収まっている。各手法の解析結果を比較すると、シム調整量最小法は最もケーブル張力の誤差値が小さくなっているが、キャンバー値については逆に誤差が大きくなる結果となっている。これに対して、重み付き最小二乗法および任意シム法は、ケーブル張力についてはシム調整量最小法に比較して若干誤差が大きくなるが、キャンバー値については誤差が小さくなる。なお、今回の重み付き最小二乗法における重みは、ケーブル張力とキャンバー値の単位の違いによる誤差値の大きさから、両者の比を1000としている。

本橋の精度管理においては3回の現場計測と2回のシム調整を実施している。図-11に、G1におけるケーブル張力に対する各計測結果とシム調整解析による予測値の比較を示す。なお、第1回目のシム調整は、最初に管理値に対する誤差を極力小さくするため76本のケーブル中66本の調整を行っている。

この図より、第2回目の計測値と予測値はNo.33のケーブル除いてよく一致しており、誤差も非常に小さくなっている。そこで、第2回目のシム調整はNo.33のケーブルのみを調整するに留めた。第3回目の計測値と予測値はよく一致しているため、この両者の第2回目の不一致の原因については現場での調整不良も予測される。

このように、本橋では1回のシム調整により、全ての管理項目について誤差を許容値内に収めることができており、効率的な精度管理が実施できたと考えられる。

### (3) 考 察

シム調整量最小法は、ケーブル張力を許容誤差内に収め、シム調整量の絶対値の総和が最小となるように収束計算を用いてシム調整量を決定する方法である。

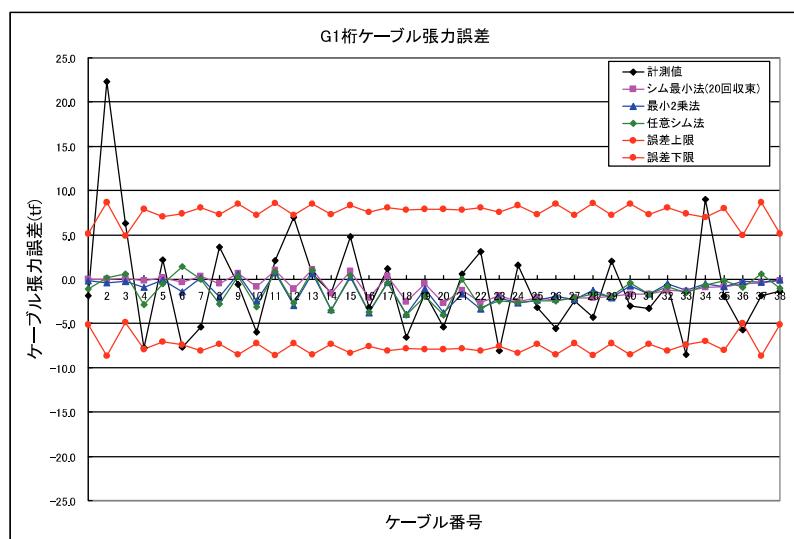


図-9 ケーブル張力に対する計測値と各解析結果の比較

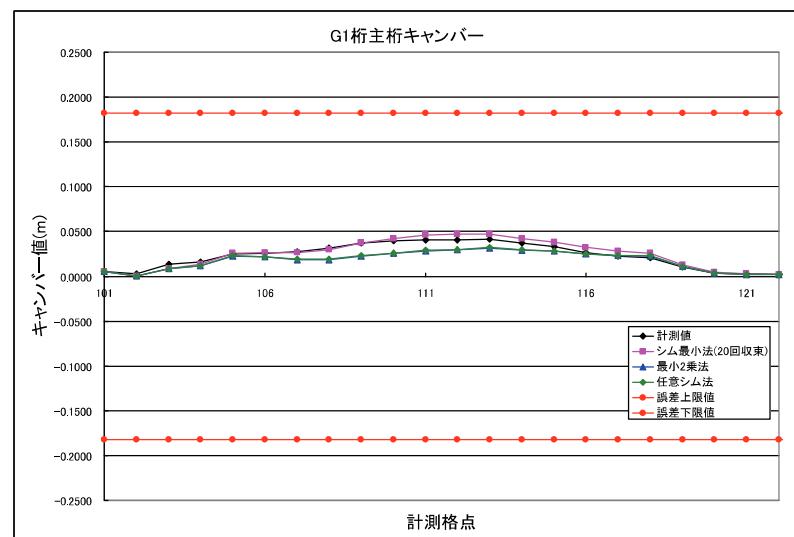


図-10 キャンバー値に対する計測値と各解析結果の比較

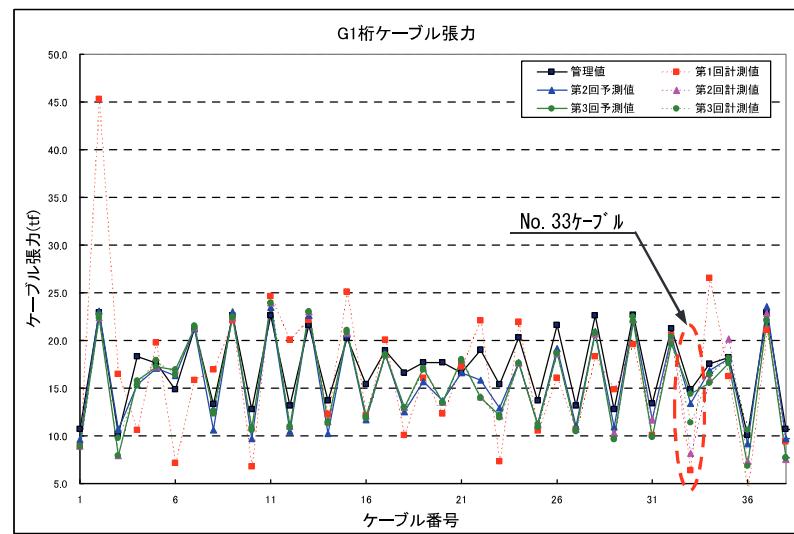


図-11 ケーブル張力に対する計測値と予測値の比較

この収束過程について、収束計算回数とシム調整量の二乗和との関係を図-12示す。この図より、美浦大橋のようなニールセンローゼ橋では20回程度の収束計算回数で、シム調整量は最小となることが確認できる。

図-13に、ケーブル張力誤差に関するシム最小法と最小二乗法の比較を示す。ここで、シム調整量最小法については、収束計算回数1回および7回と収束値の3種類の値を示しており、同時にシム調整前の状態である第1回計測結果も示している。

この図より、シム調整量最小法の収束値は、当初の計測誤差と同様の傾向を明確に残したまま、許容誤差内に調整しており合理的である。1回のみの計算では影響値マトリクスの逆行列をケーブル張力の誤差値に対して乗ずるのみとなるため、ケーブル張力誤差は重み付き最小二乗法によるものより小さく最小となる。しかし、シム調整量の総和は大きなものとなるため合理的ではないと考える。なお、ケーブル張力誤差に関しては、シム調整量最小法の収束計算7回の値は、重み付き最小二乗法による値により近いものとなった。

なお、ここではキャンバー誤差に関する結果の詳細は省略するが、最小二乗法については、当初の計測誤差を小さくする方向に調整がなされているが、シム調整量最小法について総じて誤差が大きくなる結果となった。本来、キャンバー値の誤差がケーブル張力によるものであれば、シム調整最小法においてもキャンバーの誤差は小さくなると考えられるが、今回の場合のキャンバー値の誤差はケーブル張力の誤差に起因したものではないため（製作・架設誤差等による）ため本法ではキャンバー値の調整が適当にできなかったものと判断され、シム調整量最小法の適用にあたっては、キャンバー調整に対して注意する必要がある。

図-14に、シム調整量最小法の収束計算回数に対するシム調整量の比較を示す。この図より、収束計算1回に対して、収束計算7回でもシム調整量は大きく減少していることが確認でき、最終的な収

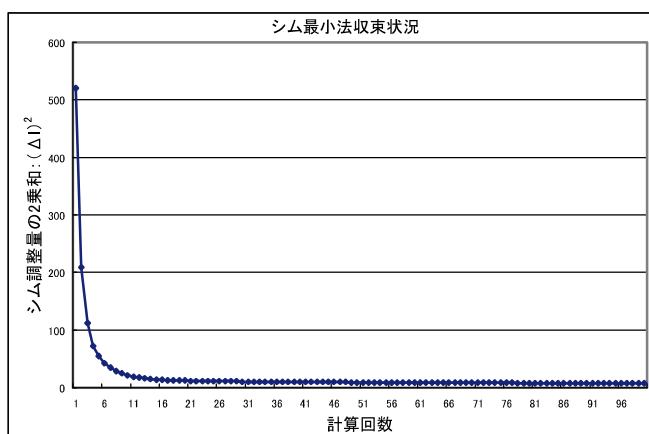


図-12 シム調整量の2乗和と収束計算回数の関係

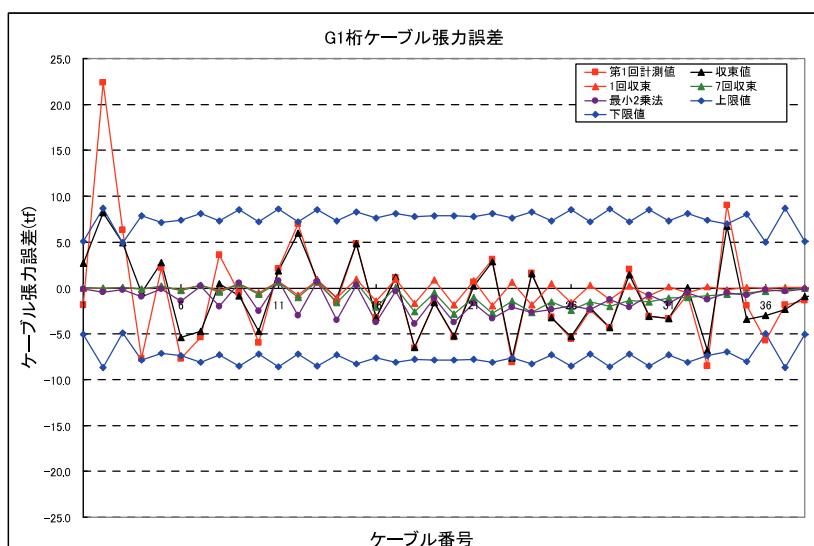


図-13 シム調整量最小法と最小二乗法によるケーブル張力誤差の比較

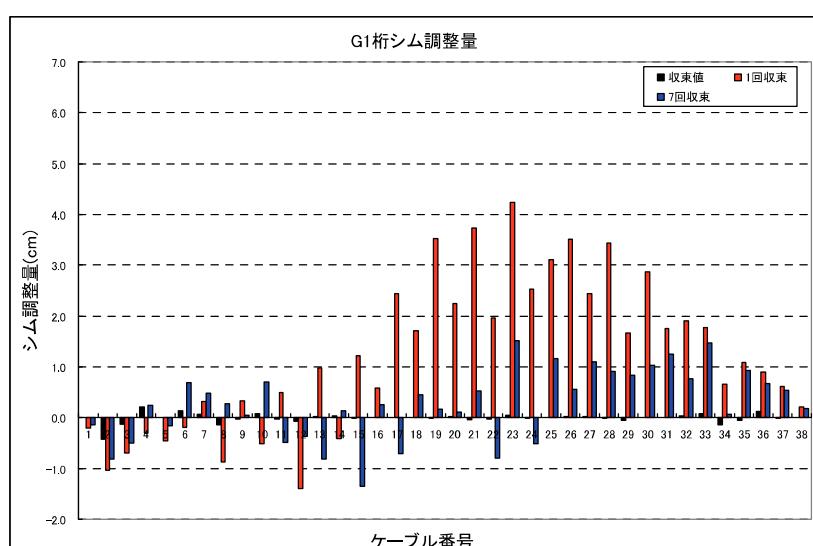


図-14 シム調整量最小法の収束計算回数に対するシム調整量の比較

束状態では特にその傾向が顕著である。

図-15に、シム調整量に対してシム調整量最小法と重み付き最小二乗法との比較を示す。この図より、両手法によりケーブル張力誤差がほぼ同等となる収束計算回数7回の値を用いて両手法を比較すると、シム調整量最小法の方が全体として調整量が小さくなっていることが分かる。さらに、その収束値についてはシム調整量を大幅に低減できることが確認できる。

## 5.まとめ

精度管理システムの再構築として、シム調整解析を主な対象としてプログラムの開発を行い、実橋への適用結果から適用性と使用性について問題無いことを確認した。

今回適用したシム調整解析手法は、非常にシンプルなものである。しかし、実際の精度管理においては、現場の作業状況などの理由により使用者の技術的判断が必要となる場合が多く、その点においてシンプルなシステムは柔軟に対応可能と考える。シム調整量最小法と重み付き最小二乗法を対象となる橋梁に適した形で複合的に使用することにより、効率的に品質の高い精度管理を実施することが重要である。

## 6.あとがき

精度管理システムから計測システムを独立させたことは、システムの維持管理において大幅に労力とコストを削減できると考える。従来のシステム開発時に比べ、現在は計測技術、IT技術などが飛躍的に進歩しており、今後もその時代に適した計測手法を採用することを望む。

一方で、シム調整解析については使用者の技術的判断を基に実施することを基本として、従来のシステムで用いていた手法を踏襲している。設計と現場施工に関するある程度の知識がある技術者であれば、このシステムで十分対応可能と考えられるが、さらなる効率化を求めて最適化を行うことも期待する。

なお、事前解析については、解析手法においては特に改良の余地はあまり考えられないが、モデル化、データ

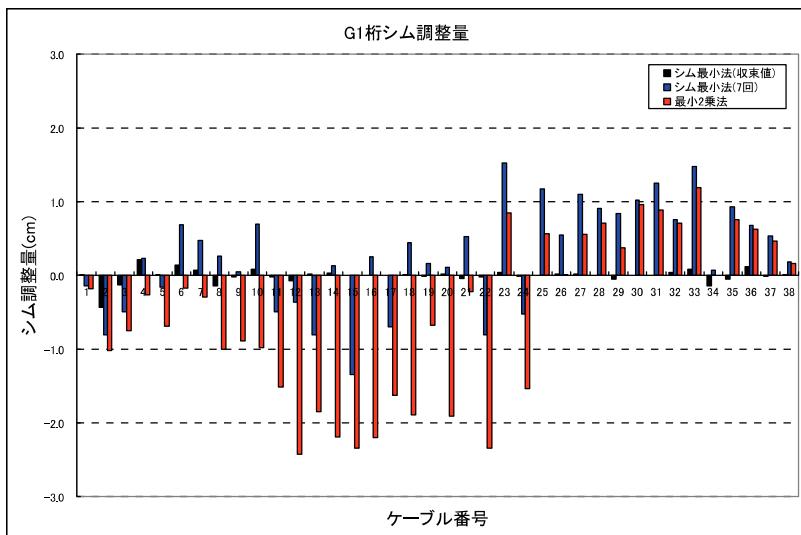


図-15 シム調整量最小法と最小二乗法によるシム調整の比較

作成などのケーブル構造の解析に対する知識を整理して共有する必要性を感じており、今後の課題としたい。

最後になりましたが、このシム解析プログラムの開発に際し、技術的な協力を頂いた京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻の大島准教授と当時その研究室の研究生でプログラムの作成をして頂いた金氏に深く感謝し、紙上を借りてお礼を申し上げます。

## <参考文献>

- 1) 能登宥憲：斜張橋架設時の精度管理システムの開発，宮地技報No.7 pp.10-16,1991.2
- 2) 最新センシング技術の適用性に関する研究部会報告書，鋼橋技術研究会，2014.3
- 3) 頭井，新家，濱崎：振動法によるケーブル張力実用算定式の補正理論，土木学会論文報告集No.525, 1995.10
- 4) 松村，新家，頭井，寺西：斜張橋のケーブル張力計測と張力調整，橋梁と基礎13巻9号，1979.9
- 5) 藤沢：斜張橋架設時のシム量決定方法（上），橋梁と基礎18巻9号，1984.9
- 6) 小林，佐々木，越中：美浦大橋の架設，宮地技報 No.27 pp.28-33,2014.6

2015.3.8受付

# 亜鉛めっき防食および亜鉛めっきと塗装を併用した二重防食の経年調査 —21年目の暴露試験結果—

## Research on Deterioration of Double Layer Anticorrosive Coating Combining Galvanized Steel Corrosive Coating, and Galvanized Steel and Paint - Result of Exposure Test after 21 Years -



村上 貴紀<sup>\*1</sup>  
Takanori MURAKAMI



新谷 憲生<sup>\*2</sup>  
Norio SHINYA



小金井 勇<sup>\*3</sup>  
Isamu KOGANEI



松本 剛司<sup>\*4</sup>  
Tuyoshi MATSUMOTO

### 要旨

鋼橋の厳しい環境下における耐久性の向上、および架橋場所の周囲との環境調和の観点から、溶融亜鉛めっき面に塗装を行う二重防食方法の検討を行い、溶融亜鉛めっき面に適した塗装仕様を提案することを目的として、実物大の箱桁試験体にて暴露試験を行ってきた。本文は、21年間の暴露試験結果を報告する。

キーワード：溶融亜鉛めっき、塗装、暴露試験

### 1. はじめに

鋼橋の防食は、主に塗装によって行われていたが、近年、長期耐久性を目的とし、溶融亜鉛めっきや金属溶射、耐候性鋼など、塗装以外の防食方法が多く用いられるようになった。「鋼道路橋防食便覧（平成26年3月）」<sup>1)</sup>には、塗装のほか、溶融亜鉛めっきや金属溶射、耐候性鋼も記載され、環境や用途に応じて防食方法を選択することができるようになった。

当社では、厳しい環境下における耐久性の向上、および架橋場所の周囲との環境調和の観点から、溶融亜鉛めっき面に塗装を行う二重防食方法の検討を行い、溶融亜鉛めっき面に適した塗装仕様を提案することを目的として、平成3年から実橋を模擬した実物大の箱桁試験体にて暴露試験を行ってきた<sup>2)</sup>。暴露試験は、各種塗装仕様の防食性および耐候性を桁の部位別に評価し、塗装仕様としては、素地調整の程度、塗装系、上塗塗料の樹脂系や色相に着目し、外観、付着性、変退色および光沢保持性を追跡した。また、溶融亜鉛めっきおよびめっき面を損傷させた補修部についても追跡した。本文は、21年間の暴露試験結果についてまとめたものである。

なお、「鋼道路橋防食便覧」には溶融亜鉛めっき面への塗装として記載はあるが、実際の橋梁で試験した実績が少ないとから、今回、暴露試験結果について報告するものとする。

### 2. 調査項目

暴露試験は、下記の項目について調査を行った。

- ①溶融亜鉛めっき面への適用塗装系と長期耐久性
- ②溶融亜鉛めっき面の素地調整方法が及ぼす塗装塗膜への影響
- ③上塗塗料の樹脂系と色相による長期耐候性
- ④溶融亜鉛めっきの長期防錆効果
- ⑤溶融亜鉛めっきの補修部の長期防錆効果

### 3. 試験体形状

暴露試験に用いた実物大箱桁試験体は、平成2年に当社にて施工した溶融亜鉛めっき橋のパイロットメンバーとした。試験体形状を図-1に示す。

\*1 橋梁事業本部 千葉工場技術研究所生産技術グループ グループリーダー  
\*2 日本ペイント販売株式会社 技術本部東日本グループ 課長

\*3 関西ペイント株式会社 汎用塗料本部防食製品技術部（東京）主任  
\*4 大日本塗料株式会社 建築・構造物塗料事業部構造物塗料テクニカルサポートグループ チームリーダー

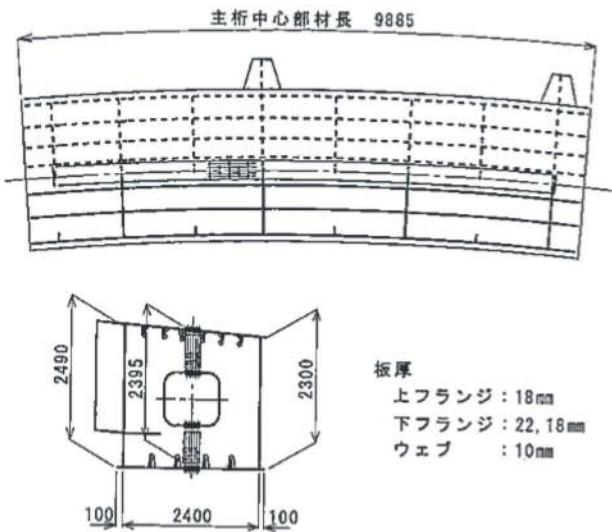


図-1 実物大箱桁試験体の形状

#### 4. 塗装仕様

##### (1) 素地調整

素地調整は、溶融亜鉛めっき面の脱脂・清掃後、下記の3種類の方法にて行った。

###### ①研掃たわし処理

異物、白錆等を研掃たわしにて除去した。

###### ②りん酸塩処理

りん酸塩液（水90%+りん酸塩10%）をはけ塗りし、30分以上放置した後、水洗し、乾燥させた。（りん酸塩：トリオーナーS-100 ミリオン化学(株)製）

###### ③ブラスト処理

表面粗さ $50 \mu\text{m}$ Rz（施工当時は50S）程度のスイープブラスト処理を行った。

##### (2) 塗装系

塗装系は、表-1に示すように塩化ゴム系、ポリウレタン系、ふつ素系の3通りとした。なお、上塗塗料の色相はグレー（P1-1003）、赤（P33-145）、緑（P32-550）の3色を用いた。

##### (3) 塗装仕様

素地調整、塗装系、色相を含めた塗装仕様を表-2に示す。グレー系では、各塗装系で素地調整方法の違いによる比較を行うために3通りの素地調整方法とした。赤系および緑系では、素地調整方法はブラスト処理のみとし、各塗装系で色相の違いによる比較を行うものとした。

表-1 塗装系

塗装系	工程	塗 料 名	回 数	標準 使用量 (g/m <sup>2</sup> )	塗装間隔	設計 膜厚 (μm)
塩ゴム系	下塗	塩化ゴム系塗料下塗	1	200 (スプレー)	16時間以上	35
	中塗	塩化ゴム系塗料中塗	1	210 (スプレー)	16時間以上	30
	上塗	塩化ゴム系塗料上塗	1	140 (スプレー)	—	25
ポリウレタン系	下塗	亜鉛めっき用エポキシ樹脂塗料下塗	1	200 (スプレー)	16時間以上 7日以内	35
	中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	1	170 (スプレー)	16時間以上 7日以内	30
	上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	1	140 (スプレー)	—	25
ふつ素系	下塗	亜鉛めっき用エポキシ樹脂塗料下塗	1	200 (スプレー)	16時間以上 7日以内	35
	中塗	ふつ素樹脂塗料用中塗	1	170 (スプレー)	16時間以上 7日以内	30
	上塗	ふつ素樹脂塗料上塗	1	140 (スプレー)	—	25

表-2 塗装仕様

塗装系	色相	グレー系			赤系	緑系
		研掃たわし 処理	りん酸塩 処理	ブラスト 処理	ブラスト 処理	ブラスト 処理
塩ゴム系	○	○	○	○	○	○
ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○
ふつ素系	○	○	○	○	○	○

#### 5. 溶融亜鉛めっき面の補修方法

溶融亜鉛めっき補修部の防錆効果の試験を行うために、下記の要領にて溶融亜鉛めっき面の補修を行った。

##### ①有機ジンク塗装

ガスバーナーで局部的に溶融亜鉛めっき面を損傷させ、グラインダーで研掃後、高濃度亜鉛末塗料（ローバル(株)製）を塗布した。膜厚は、目標 $150 \mu\text{m}$ 程度（スプレーによる3回塗り）とした。

##### ②亜鉛溶射

局部的にブラストにて溶融亜鉛めっき被膜を完全に除去し、亜鉛溶射を行った。膜厚は、目標 $200 \mu\text{m}$ 程度とした。

#### 6. 試験体の塗り区分

各種塗装仕様、補修部の塗り区分を図-2に示す。なお、塗装については桁外面を鉢巻状に行った。

#### 7. 暴露試験場所

暴露試験場所は、当社千葉工場内とした。暴露状況を写真-1に示す。

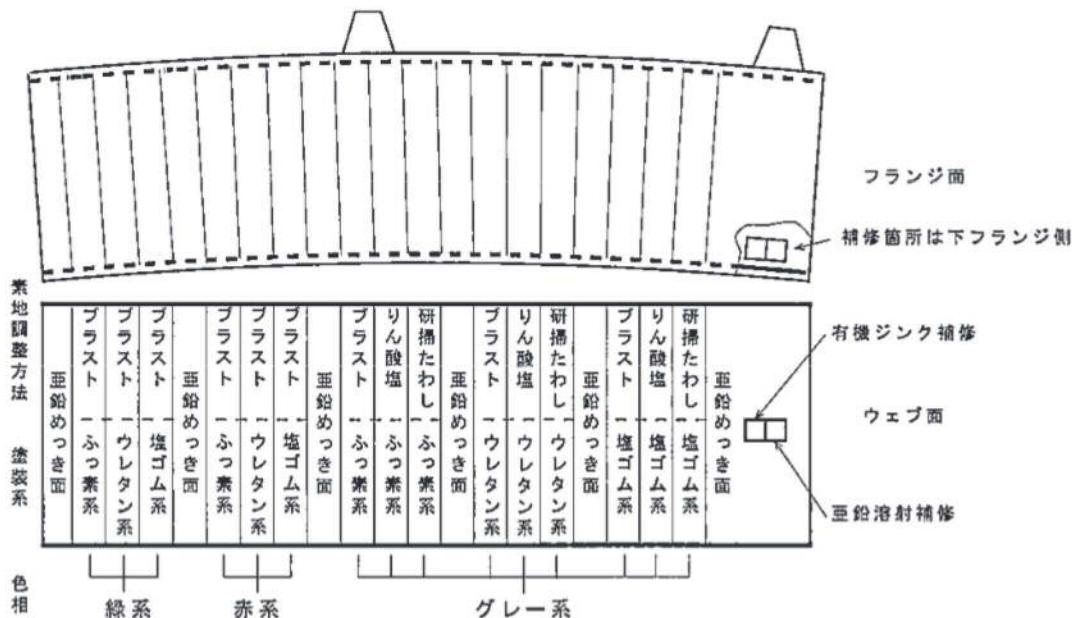


図-2 塗り区分



写真-1 実物大箱桁試験体の暴露状況

表-3 試験項目および方法

箇所	試験項目	評価方法
塗表面	外観観察	さび（赤さびおよび白さび）とふくれの発生状態を目視で観察
	付着性試験	・碁盤目テープ法（5mm幅、4×4、9マス） ・アドヒージョンテスト
	光沢保持性	60° 鏡面光沢度を測定し、初期値からの変化を光沢保持率として算出
	変退色	色差計を用いてL、a、b値を測定し、初期値との色差△E*を算出
めっき面	外観観察	さび（赤さびおよび白さび）を目視にて観察
	膜厚測定	めっき被膜の膜厚測定

## 8. 試験項目および方法

2. 調査項目に示した内容について経時変化を調査するため、表-3に示す項目について試験を行った。

## 9. 調査結果

### (1) 外観

各塗装仕様、溶融亜鉛めっき面および補修面におけるさび、ふくれ、はがれの経時変化を箱桁の各部位別に追跡した結果を表-4に示す。

塗装面では、上フランジが最も劣化が進行しており、下地処理、塗装系の区別に関係なく劣化が進行してい

た。上フランジは、雨水が滞留し、直射日光の影響も受けやすいため、他の部位よりも劣化が進行したと考えられる。素地調整方法では、プラスチック処理やりん酸塩処理に比べ研削たわし処理の劣化が著しく、海側ウェブ、陸側ウェブおよび上フランジで差が見られた。塗装系では、塩化ゴム系の劣化が著しく、上塗塗膜が消耗し中塗が露出している箇所もある。また、下フランジでは素地からのふくれが生じており、ふくれの内部は白さびであった。上塗の耐候性は、ふつ素系とポリウレタン系が優れていることが証明された。

溶融亜鉛めっき面では、ウェブの一部に赤さびが生じている。この詳細調査については後述する。

補修面では、亜鉛溶射面が黒色に変色しているものの、有機ジンク面とともに赤さびは生じていなかった(写真-2)。



写真-2 溶射面の外観

表-4 外観観察結果

分類	箱桁部位	素地調整	塗装系	0.5年	1年	2年	3年	5年	7年	11年	21年
塗装面	海側ウェブ	プラスチック	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	▲
			ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○
			塩化ゴム系	○	○	○	○	○	○	○	○
	陸側ウェブ	りん酸塩	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○
			ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○
			塩化ゴム系	○	○	○	○	○	○	○	○
	上フランジ	プラスチック	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	▲
			ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	▲
			塩化ゴム系	○	○	○	○	○	○	○	▲
	下フランジ	りん酸塩	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	▲
			ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	▲
			塩化ゴム系	○	○	○	○	○	○	○	▲
補修面	海側ウェブ	動力工具	有機ジンク	○	○	○	○	○	○	○	○
	山側ウェブ			○	○	○	○	○	○	○	○
	海側ウェブ	プラスチック	亜鉛溶射	○	○	○	○	○	○	○	○
	山側ウェブ			○	○	○	○	○	○	○	×
めっき面	海側ウェブ			○	○	○	○	○	○	○	○
	上フランジ			○	○	○	○	○	○	○	○
	下フランジ			○	○	○	○	○	○	○	○

【判断基準】  
塗装面  
◎: さび、ふくれ発生なし  
○: さびなし、ふくれ発生  
▲: 白さび発生、はがれ発生  
×: 赤さび発生、著しい割れ・はがれ発生

## (2) 付着性

暴露21年後のアドヒージョンテスト結果を表-5に示す。外観で劣化の著しい上フランジでは、りん酸塩処理と研掃たわし処理で素地と下塗との間での剥離する場合が多く、プラスチック処理では良好の結果が得られた。全体的に付着力は低下の傾向を示しており、下塗の層内で剥離する場合もあった。21年経過したことにより、塗膜自

体の強度・凝集力が低下しているものと考える。

基盤目テープ試験の経時変化を表-6に示す。プラスチック処理においては、ふつ素系とポリウレタン系は全ての部位で良好な付着性を示しているが、塩化ゴム系は、ふつ素系やポリウレタン系に比べ多少劣る傾向を示している。上下フランジにおいては、全ての塗装系で付着力が低下している。りん酸塩処理と研掃たわし処理は、プラスチック処理と比べ全ての塗装系で劣る傾向を示しており、特に塩化ゴム系では著しく付着力が低下している。このことから、溶融亜鉛めっき面の素地調整は、りん酸塩処理や研掃たわし処理よりもプラスチック処理のほうが長期の

表-5 アドヒージョンテスト結果(暴露21年後)

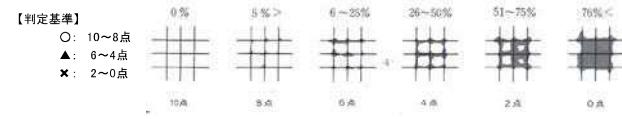
素地調整	塗装系	海側ウェブ		陸側ウェブ		上フランジ		下フランジ	
		付着力 Mpa	剥離箇所 (%)	付着力 Mpa	剥離箇所 (%)	付着力 Mpa	剥離箇所 (%)	付着力 Mpa	剥離箇所 (%)
プラスチック	ふつ素系	2.3	接／上: 100 接／下: 5	3.0	接／上: 95 接／下: 5	2.5	接／上: 100 接／下: 100	1.3	接／上: 100
	ポリウレタン系	2.0	接／上: 95 接／下: 5	2.3	接／上: 100 接／下: 30	3.0	接／上: 70 接／下: 30	2.0	接／上: 100
	塩化ゴム系	1.0	接／上: 100 接／下: 5	3.8	接／上: 90 下層内: 5 素／下: 5	2.0	接／上: 100 接／下: 5	4.0	接／上: 35 下／上: 60 下層内: 5
りん酸塩	ふつ素系	1.5	接／上: 100 接／下: 20	2.5	接／上: 80 接／下: 20	1.5	素／下: 60 下層内: 40	2.0	素／下: 95 上／接: 5
	ポリウレタン系	1.8	接／上: 100 接／下: 20	2.0	接／上: 100 接／下: 20	1.5	素／下: 80 下層内: 20	1.5	接／上: 70 素／下: 30
	塩化ゴム系	2.5	接／上: 100 接／下: 20	2.2	素／下: 80 上／接: 20	1.5	素／下: 80 下層内: 20	4.0	接／上: 90 下層内: 5 素／下: 5
研掃たわし	ふつ素系	2.8	接／上: 90 接／下: 10	4.0	接／上: 100 接／下: 10	0.0	素／下: 100 接／下: 10	2.2	接／上: 85 下層内: 5 素／下: 10
	ポリウレタン系	3.4	接／上: 10 接／下: 90	2.5	接／上: 100 接／下: 100	1.2	素／下: 100 接／下: 20	2.0	接／上: 80 素／下: 20
	塩化ゴム系	2.0	素／下: 80 接／下: 5	0.8	素／下: 95 接／下: 5	1.8	素／下: 100 接／上: 100	2.3	接／上: 100

注) \*剥離箇所の表示について  
端／接 : ドーリー端子と接着剤の層間  
接／上 : 接着剤と上塗の層間  
素／下 : 素地と下塗の層間  
下層内 : 下塗の層内

表-6 基盤目テープ試験結果

素地調整	塗装系	海側ウェブ						陸側ウェブ											
		0年	0.5年	1年	2年	3年	5年	7年	11年	21年	0年	0.5年	1年	2年	3年	5年	7年	11年	21年
プラスチック	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化ゴム系	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲
りん酸塩	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化ゴム系	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
研掃たわし	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化ゴム系	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

素地調整	塗装系	上フランジ						下フランジ											
		0年	0.5年	1年	2年	3年	5年	7年	11年	21年	0年	0.5年	1年	2年	3年	5年	7年	11年	21年
プラスチック	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化ゴム系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
りん酸塩	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化ゴム系	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
研掃たわし	ふつ素系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ポリウレタン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化ゴム系	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



付着性を維持することが可能であり、塗装系は、塩化ゴム系よりもふつ素系やポリウレタン系のほうが長期の耐久性が期待できる。

### (3) 光沢保持性

21年経過した塗膜は、塩化ゴム系およびポリウレタン系でチョーキングが著しく、ふつ素系も程度は少ないもののチョーキングが生じていた。図-3に暴露21年後の海側ウェブの塗装面の写真を示す。

光沢保持率の経年変化を図-4に示す（水洗後に測定した結果で、素地調整方法がプラス処理の部位）。部位別の違いは、上フランジの光沢が全ての塗装系で著しく低下しており、紫外線による劣化よりも堆積した汚れの影響で光沢低下が生じたものと考えられる。下フラン

ジは、紫外線の影響を最も受けにくい部位であるが、ポリウレタン系と塩化ゴム系が40~60%の光沢保持率に対し、ふつ素系は21年経過しても70~80%の光沢保持率を

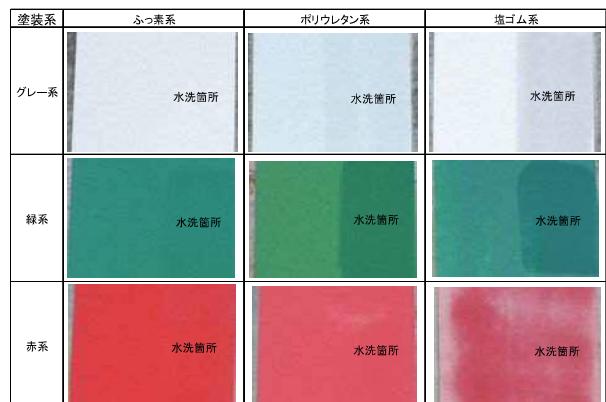


図-3 暴露21年後の塗装面（海側ウェブ）

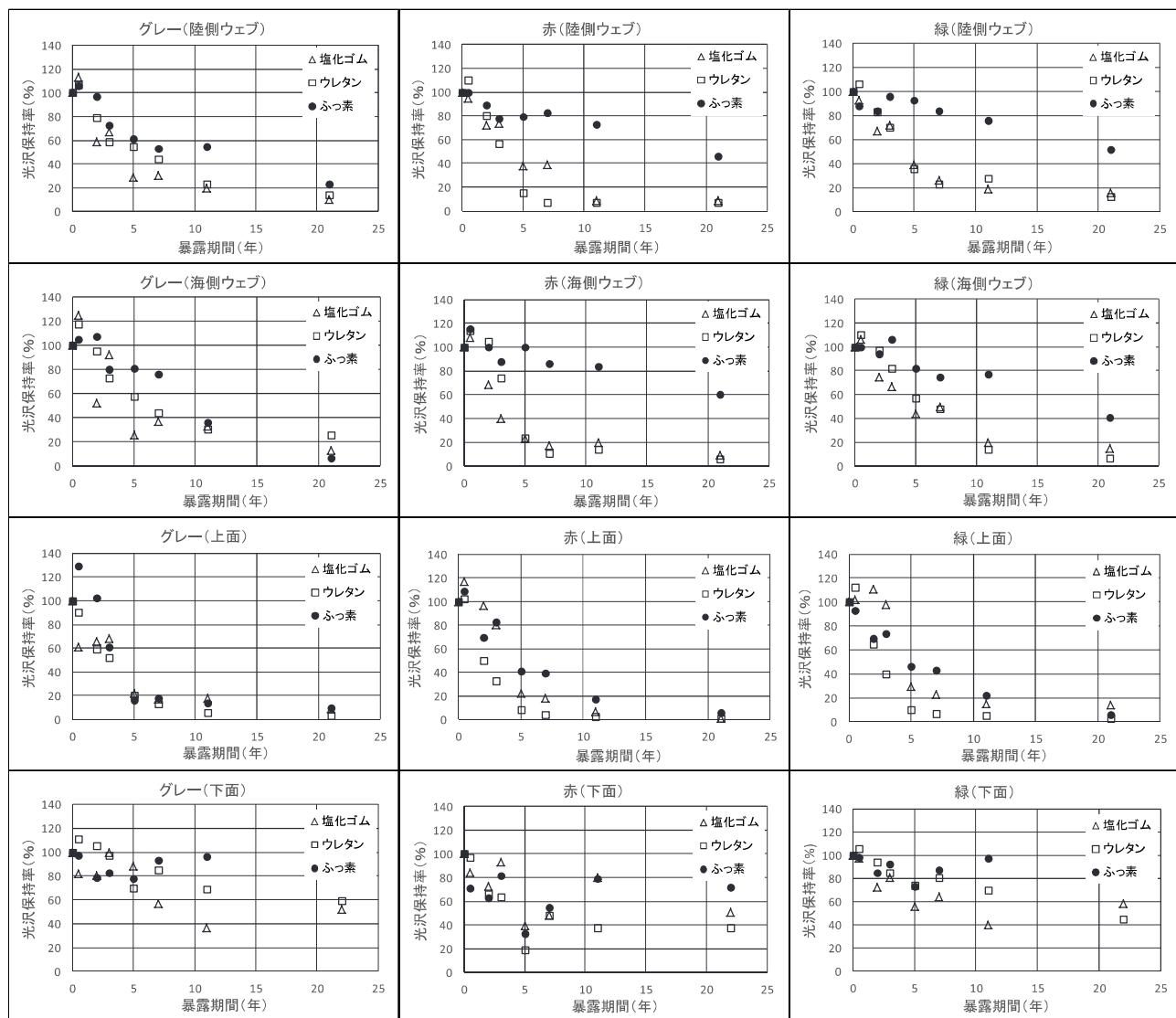


図-4 光沢保持率の経年変化

示している。色相による違いは、グレー系は陸側ウェブ、海側ウェブおよび上フランジでポリウレタン系と塩化ゴム系で大きな差ではなく、下フランジでふつ素系が最も保持率が高かった。赤系および緑系では、上フランジは塗装系で大きな差は見られないものの、陸側ウェブ、海側ウェブおよび下フランジではふつ素系が最も高い光沢保持率である傾向を示している。ふつ素系は、ポリウレタン系や塩化ゴム系よりも光沢保持率に優れており、グレー系のような淡彩色よりも赤系や緑系の濃彩色のほうが光沢保持率に優れていることがわかる。

#### (4) 変退色

色差の経年変化を図-5に示す（水洗後に測定した結果で、素地調整方法がプラス処理の部位）。ウェブで

は、ポリウレタン系や塩化ゴム系に比べ、ふつ素系は変退色の程度が少なく、目視では初期の色相との違いが見分けられない程度の変化であった。変退色の程度が大きい部位は上フランジであり、特に色相が赤系と緑系が21年の経年で大きく変化している。下フランジは、上フランジよりも変化は小さいものの、塩化ゴム系の赤系と緑系の濃彩色で変退色が進行していた。この変化は、塗料の樹脂系の影響よりも、着色顔料の影響が大きいと考えられる。

#### (5) 亜鉛めっきの耐久性

実物大箱桁試験体の溶融亜鉛めっき面の膜厚を経年で測定しているが、測定位置のずれによる測定値のばらつきがあり、膜厚による耐久性の評価は困難である。

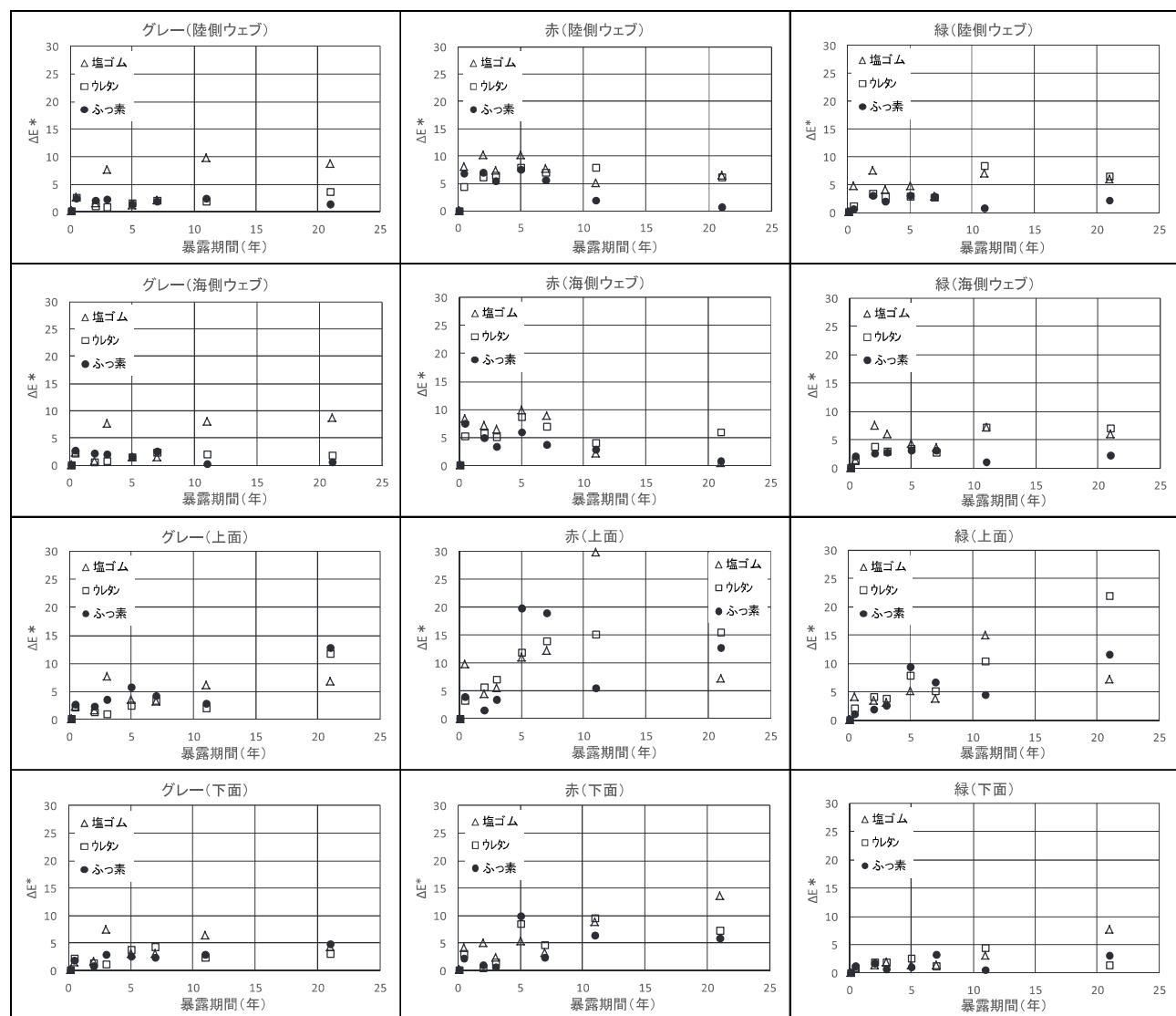


図-5 色差の経年変化

暴露21年後の外観観察で、ウェブの溶融亜鉛めっき面の一部に赤さびが確認された（写真-3）。この面を拡大鏡で観察すると局部的に小さな孔食状のさびが生じていることから（写真-4）、めっき内部を貫通するピンホールにより鋼材のさびが表層に現れていると思われる。通常、溶融亜鉛めっきの腐食は表層の亜鉛めっき層が消耗し、合金層が露出してから急激に腐食すると言われているが、このピンホールが経年で生じたものか、試験体製作時に生じたものは不明である。

また、溶融亜鉛めっき面の外觀が亀甲状に見える部位があり（写真-5）、この部位を拡大鏡で観察すると亜鉛めっき表層に割れが確認された（写真-6）。膜厚による耐久性の評価は困難であるが、この亀甲状の割れが生じていることから、亜鉛めっきの消耗が進んでいると考える。



写真-3 溶融亜鉛めっき面の赤さび



写真-5 溶融亜鉛めっき面の亀甲模様



写真-6 溶融亜鉛めっき面の亀甲模様の拡大写真



写真-4 溶融亜鉛めっき面の赤さびの拡大写真

## 10.まとめ

実物大の箱桁試験体を用いた暴露試験の、暴露21年経過後の調査結果を以下に要約する。

- 1) 塩化ゴム系の上塗塗膜は部分的に消耗し、中塗が露出している部位も見られた。さらに、塩化ゴム系では塗膜下からのふくれが生じており、ふっ素系やポリウレタン系よりも塗膜の耐久性が劣ることが確認できた。ふっ素系やポリウレタン系は、チョーキングや変退色が生じているものの、十分な素地調整を行えば20年以上の耐久性が期待できる。
- 2) 溶融亜鉛めっき面の塗装で塗膜の付着性を確保するには、研掃たわし処理やりん酸塩処理よりもブラスト処理のほうが優れており、ブラスト処理は付着性の確保に有効な手段である。

- 3) ふつ素系は、ポリウレタン系や塩化ゴム系よりも光沢保持性に優れており、より長期の耐候性が期待できる。
- 4) 溶融亜鉛めっき面に亀甲状の割れが生じており、溶融亜鉛めっきの消耗が進んでいると考える。塩害の著しい環境下において長期の耐久性を期待するならば、塗装による二重防食方法が有効である。
- 5) 溶融亜鉛めっき面の補修面は、亜鉛溶射が黒色に変色しているものの防食性は維持されており、高濃度亜鉛末塗料（有機ジンクリッヂペイント）も膜厚が確保されれば溶融亜鉛めっきの補修材料として有効である。

#### 4. おわりに

鋼橋の厳しい環境下における耐久性の向上、および架橋場所の周囲との環境調和の観点から、溶融亜鉛めっき面に塗装を行う二重防食方法の検討を行い、溶融亜鉛め

っき面に適した塗装仕様を提案することを目的として、実物大の箱桁試験体にて暴露試験を行い、今回、暴露21年後の調査結果を報告した。実物大試験体による調査結果は非常に貴重な資料となるが、千葉工場整備の都合により暴露試験は21年経過後で終了した。

本試験は、日本ペイント販売株、関西ペイント株、大日本塗料株と当社の共同研究で行ったものです。最後に、21年もの長期の追跡調査に御協力を頂いた関係者の皆様に深く感謝を申し上げます。

#### <参考文献>

- 1) 鋼道路橋防食便覧：日本道路協会, 2014.3.
- 2) 青木清, 村上貴紀：亜鉛めっき防食および亜鉛めっきと塗装を併用した二重防食の経年調査, 宮地技報 No.14, 1998.橋梁の製作

2014.1.5 受付

#### グラビア写真説明

##### 第二東名高速道路 大宮川橋

天正3年5月21日（1575年）、遡ること440年、織田信長、徳川家康連合軍が当時、騎馬隊で勇猛な武田勝頼軍を三段撃ちと馬防柵で破ったことで知られる長篠設楽原（設楽が原）の戦いの舞台となった愛知県新城市に位置します。戦の舞台にもなった大宮川を跨ぐ橋梁で、3径間連続鉄桁橋（上下線）になります。当初は、上下線一体構造でしたが、最終的に分離構造となり上り線が合成床版、下り線がPC床版となっています。桁の塗装も景観にマッチした濃い緑色となっています。

2012年4月14日に御殿場JCTから浜松いなさJCTの162kmが開通しており、今回の大宮川橋の位置する区間の浜松いなさJCTから豊田東JCT間の55kmが2015年度の完成予定で、日本の大動脈としての役割を期待されています。

大宮川橋の直近に、長篠設楽PAが建設される予定で、大宮川を見渡すことももちろんのことですが、馬防柵を復元した戦場跡も見渡せると聞いております。ぜひ、完成した長篠設楽PAからご覧ください。 （関根 弘之）

##### 圏央道 第2椎塚橋

本橋は、首都圏中央連絡自動車道の内、稲敷IC～稲敷東IC間に架かる橋梁です。本区間が含まれる稲敷IC～神崎ICが平成26年4月に開通した事により、茨城県と千葉県が圏央道で繋がる事となりました。また、圏央道が順次開通する事により、広域ネットワークが形成され、郊外から都心部への交通を分散導入し、都心の交通混雑の緩和、災害時の道路ネットワークの強化などが期待されます。 （清水 康史）

## 鉄道・道路併用トラス橋（竜の口橋りょう）の施工

### Construction of Truss Bridge for Railway and Car Traffic (Tatsunokuchi Bridge)



越 中 信 雄<sup>\*1</sup>  
Nobuo ETCHU



下 澤 誠 二<sup>\*2</sup>  
Seiji SHIMOZAWA



熊 倉 正 徳<sup>\*3</sup>  
Masanori KUMAKURA

#### 要 旨

本橋は急峻な渓谷に架橋された鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋である。架橋場所は施工ヤードが大変狭い上に仙台市の特別環境保全地区となっており周辺環境に配慮し工法選定をおこなった。大変厳しい工程での施工中に東日本大震災も発生しその後大きな余震対策を施しつつ施工を進め完工させた。本稿では、製作と現地施工について報告する。

キーワード：鉄道・道路併用ダブルデッキトラス，トラベラクレーン架設，耐震対策

#### 1. はじめに

本橋は、宮城県仙台市に建設している仙台市高速鉄道東西線のうち動物公園駅にほど近い竜の口渓谷に架橋された鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋である。同型式の橋梁は本州四国連絡橋など数例しかなく、山岳部での施工事例となるとほとんどない。トラス橋であるにもかかわらず各部材の重量は重く、現地施工では仙台市の特別環境保全地区となっている深さ50mの渓谷上での架設であることから製作から施工に至るまで多くの課題を伴う困難な施工であった（写真-1、写真-2）。



写真-1 着手前状況



写真-2 施工完了状況

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部 部長代理

\*<sup>2</sup> 橋梁事業本部 橋梁営業本部技術管理部 係長

\*<sup>3</sup> 橋梁事業本部 千葉工場計画部計画グループ グループリーダー

## 2. 橋梁諸元

路線名：仙台市高速鉄道東西線

施工箇所：宮城県仙台市

形 式：鉄道・道路上下分離式併用鋼トラス橋

道路規格：V=60km/h 4車線（上層階）

鉄道規格：V=70km/h 複線（下層階）

弾性マクラギ直結軌道（下層階）

支 間：120m

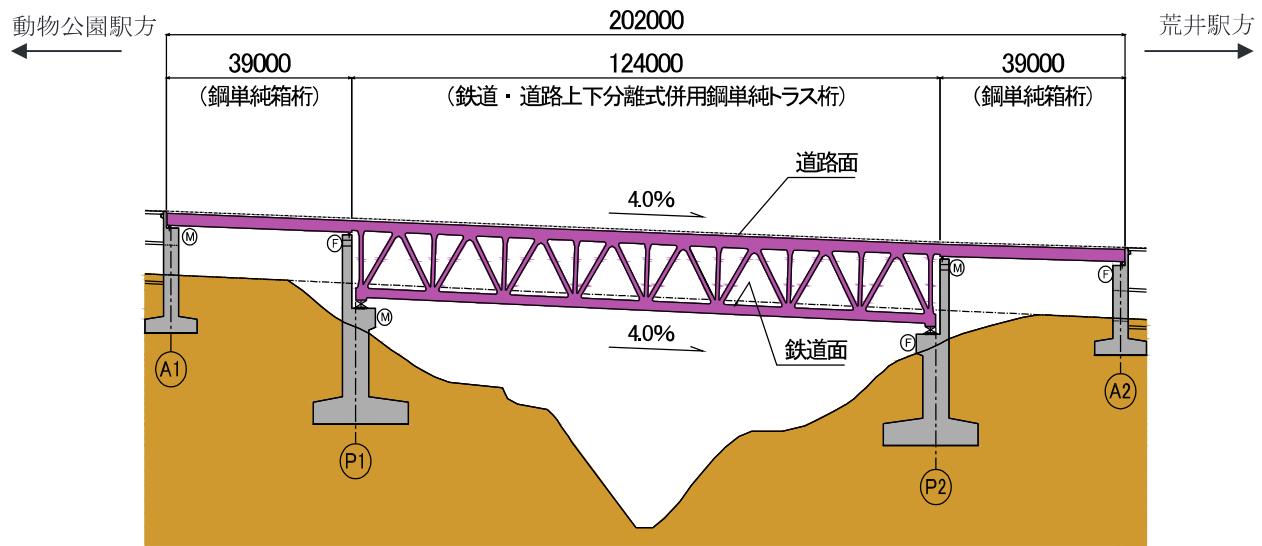
主構高さ：12.3m～12.8m

鋼 重：28000kN

支 承：鋼製BPピボット杏

床版形式：RC床版

使用鋼材：耐候性鋼材（さび安定化処理）

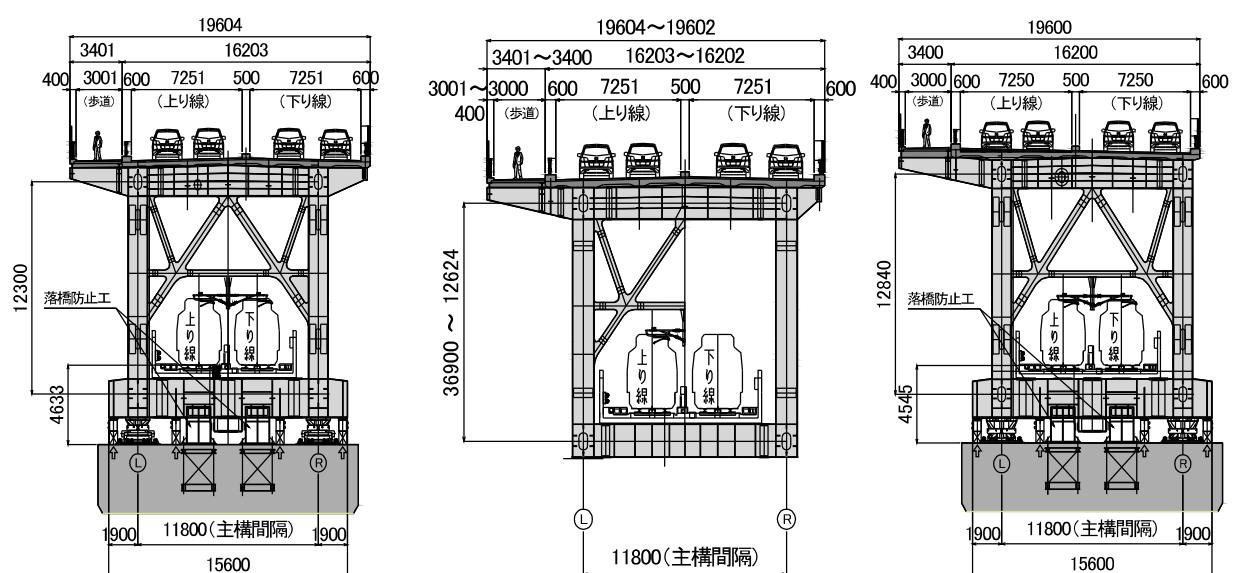


【P1側支点部断面】

【垂直材位置断面】

【斜材位置断面】

【P2側支点部断面】



図一1 構造一般図

### 3. 工場製作

#### (1) 原寸

本橋の格点部は4面添接方式によるコンパクト化格点構造を採用しており、斜材のウェブが上下弦材及び垂直材のウェブと一体化している。これより主構の格点部は狭隘箇所及び密閉箇所が生じることから製作順序及び溶接施工の可否検討が必要となる。本橋ではこれらの検討を行うために発砲スチロールによる実物大模型を作成し検討を行った（写真-3）。



写真-3 格点部の実物大模型

#### (2) 溶接施工試験

トラス格点部は斜材ウェブと垂直材ウェブの接合部において接合する斜材ウェブが斜めに交差するため鋭角状の狭隘箇所が形成され作業姿勢が限定される溶接作業となる。よって、実物大の試験体を製作し次を確認した（写真-4）。

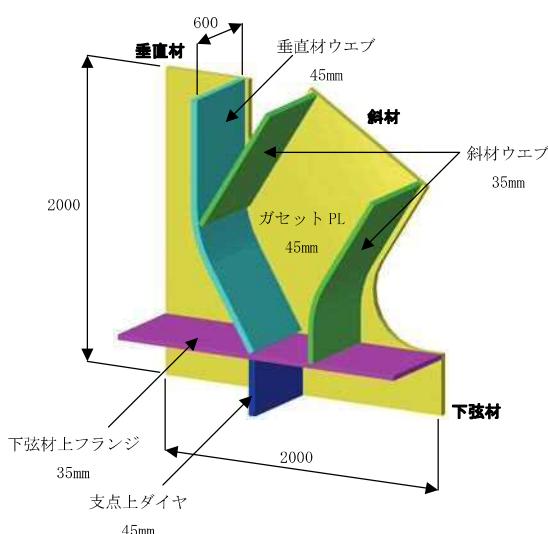


図-2 試験体概要図



写真-4 作業姿勢確認状況

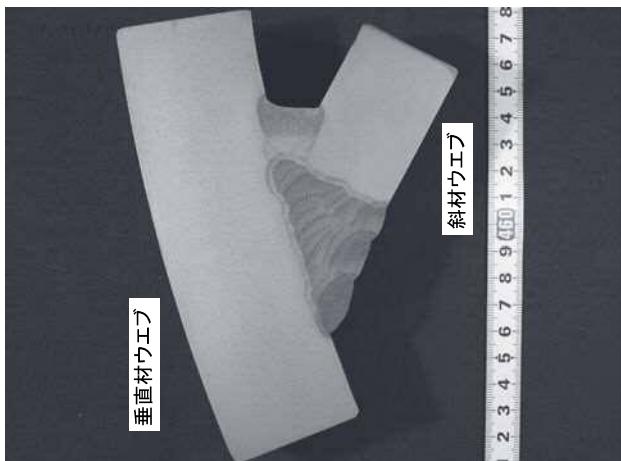


写真-5 マクロ試験片

- ・溶接継手部の開先形状
- ・溶接施工時の作業空間と作業姿勢
- ・部材の組立手順及び溶接施工手順

写真-5は溶接施工試験完了後の溶接部のマクロ試験片の一例であり、良好な溶接施工が可能であったことが確認できた。

#### (3) 組立・溶接施工

溶接施工試験で得られた情報により、部材の組立・溶接を実施した（写真-6, 写真-7）。



写真-6 部材組立状況



写真-8 仮組立状況



写真-7 部材溶接状況



写真-9 事務所の液状化現象

#### (4) 仮組立

鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋であることから上層の出来形計測（キャンバーなど）及び鋼部材の取り合い関係を確認するため、正立の立体仮組立を実施した。約3,000tのトラス橋はJVの二社にて各々製作し、取り合い部分の約1格点分を当社に搬入し仮組立を実施した（写真-8）。

発注者による出来形検査を平成23年3月11日（金）に実施した。出来形計測の終了時点で激しい揺れが2度生じた。東日本大震災の揺れであった。

事務所は液状化現象を起こし、約2,000tの仮組立した桁が約10cm程度移動したことから、揺れの大きさを実感することとなった。なお、仮組立した部材への影響は無かった（写真-9）。

仮組立終了後は錆安定化処理剤（カプテンコートM）を塗装して、平成24年3月より現地への輸送を開始した。

## 4. 現地施工条件と架設工法選定

### (1) 現地施工条件

本工事の施工条件を次に示す。

- 1) 急峻な渓谷上に位置し桁下ヤード使用は困難。
- 2) 上記よりベントによる多点支持は不可能。
- 3) 特別環境保全地区であるため斜面の大がかりな盛土切土は不可能。
- 4) 下部工で使用した桟橋が使用できる。
- 5) 表土からすぐ下に堅い岩盤がある。
- 6) 橋梁両端からの部材搬入が可能である。

### (2) 架設工法選定

上記条件から、桁下利用が大幅に制約されているため一般的にはケーブルエレクション直吊工法が採用されることが多い。しかし本橋はダブルデッキ構造であること

などから橋体質量が非常に重い。約28000kN（225kN/m）このためケーブル直吊設備が一般規模を大きく越えてしまい設備コスト面などに問題が多い。現地は下部工で使用した桟橋が使用可能な状況であったため、架設工法は桟橋を有効に使用しながら両端4パネルを桟橋上からクレーン直接架設とし残りの中央部をトラベラクレーン張出し架設とした（図-3）。

### （3）本工法選定による効果

本工法の採用により、下記の効果があった。

- 1) 桟橋利用で新たな設備コストが抑えられた。
- 2) ベント設置数を減じ渓谷斜面の影響を最小とした。
- 3) またトラベラクレーン架設を両側から同時に進行事とし厳しい工程条件も満足することができた。

## 5. 桁架設

### （1）架設工法概要

トラス桁の架設は、クレーンベント工法（桟橋併用）とトラベラクレーン張出し架設方法の2工法併用で実施した（図-3）。

#### 1) 両端4パネル架設要領

桟橋上に200t吊クローラクレーンを搭載して架設した。ベント基数を減じるため下弦材架設に際しては桟橋上で地組し架設した。

#### 2) 中央4パネル架設要領

先に架設したトラス桁上にトラベラクレーンを1台ずつ搭載し張出し架設とし、中央部で閉合した。

### （2）ベント設置

ベントはトラス桁張出し架設時の15000kNを越える反

力と地震に対して安全性を確保すべく鋼管杭基礎とした。杭施工工法として急峻な斜面でも周囲への影響が最小である「ケーシング内部回転式マルチオーガ工法」を採用した。オーガで削孔した後はオーガを引き抜きつつモルタル充填し本杭をバイプロハンマで建て込んだ。

### （3）鋼製BPピボット沓施工

本橋の沓は設計鉛直反力が1沓あたり25000kNもある上、鉄道橋であることから鋼製BPピボット沓が採用された。設計荷重が大きいため沓は大きく質量も400kN／1沓あるためトレーラによる陸上輸送ができない。このため沓製作業者の協力をえて、沓を小分割して工場から現地搬入し現地の桟橋上で組み立てた。組み立てる際には、沓が精度良く組み立てられるようH鋼を使用した定規梁を設置しその上で慎重に組み立てた（写真-10）。



写真-10 淗組み立て状況

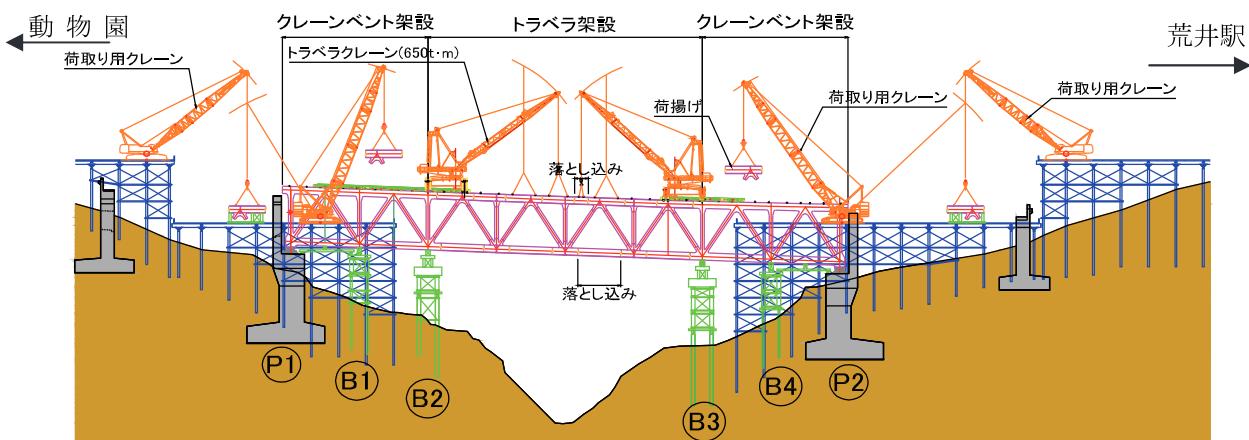
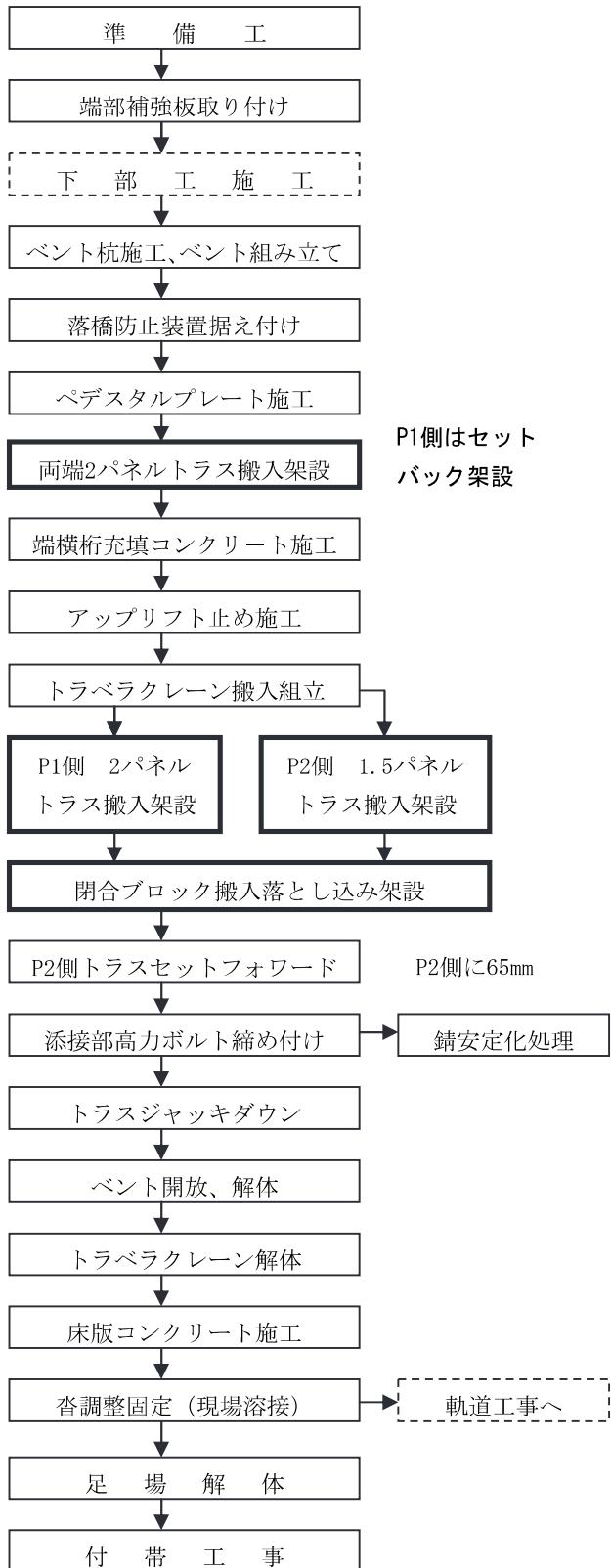


図-3 架設計画図



#### (4) トラス桁の張出し架設と精度管理

支間中央部の4パネルはトラス桁上に搭載したトラベラクレーンで1パネルずつ両側から単材にて張出し架設を行い中央部で閉合した（図-6、写真11～14）。張出し架設時のたわみ分、上げ越し架設を行った。閉合時の落とし込みクリアランスを確保するためP1橋脚側のトラス桁はあらかじめセットバック架設し閉合部材架設完了後65mm程セットフォワードを実施した。総質量19000kNものセットフォワードとなったため6000kN耐力の送り台を使用し慎重に作業した（図-5、写真-15）。閉合・添接ボルト本締め後、ジャッキダウンを実施し架設を完了した（図-6）。

架設時の形状管理元となる管理値は、施工ステップ毎の立体骨組み解析を行い、その値に製作そりなどを足しあわせて設定した。施工の際は事前に算出しておいた管理値どおり桁架設が進捗していることを1パネル架設する毎に計測、確認を行った。



写真-11 トラベラクレーン張出し架設状況



写真-12 トラベラクレーン張出し架設状況



写真-13 トロベラクレーン張出し架設状況



写真-14 閉合完了状況

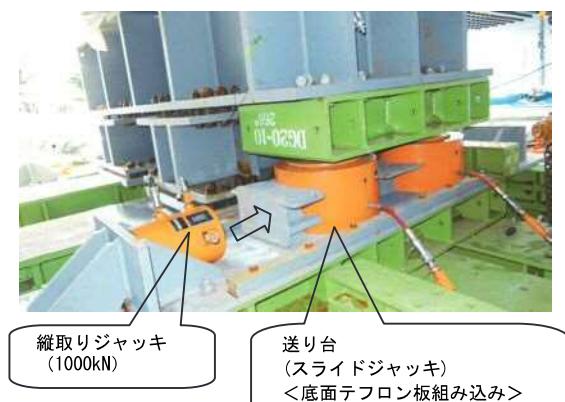


写真-15 セットフォワード設備

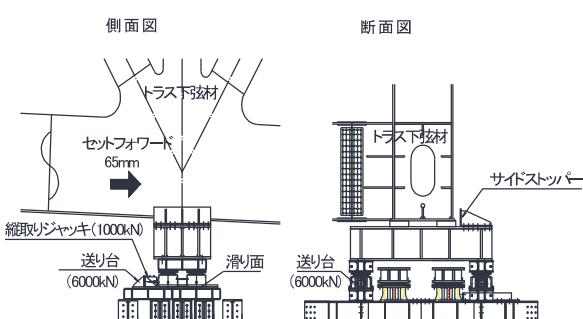
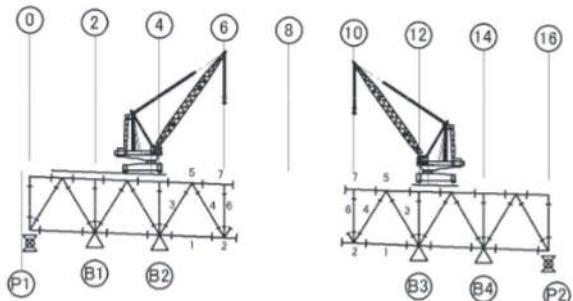
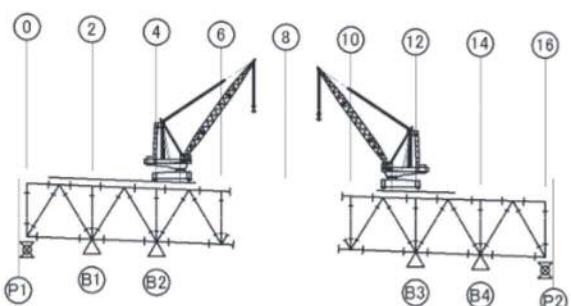


図-5 セットフォワード設備

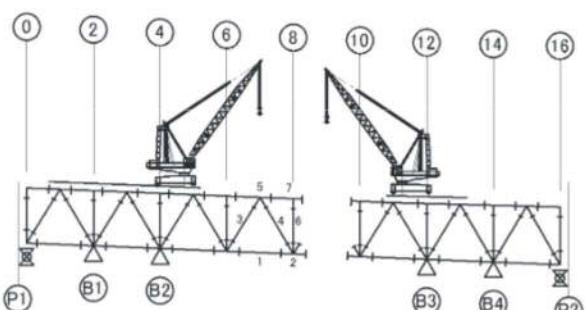
STEP-1 : 桁架設 (部材 1~7 の順)



STEP-2 : トロベラークレーン移動・据付



STEP-3 : 桁架設 (部材 1~7 の順)



STEP-4 : P1 側トロベラークレーン移動・据付  
→ 桁架設 (部材 1)  
→ P1側桁縦取り(セットバック分)  
→ 下弦材の閉合 → 桁架設(部材 2~5 の順)  
→ 上弦材の閉合

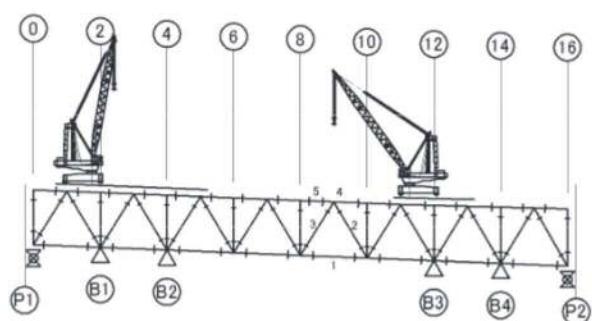


図-6 架設ステップ図

## (5) 梁据え付け

梁の据え付けは、鉄道部と道路部の両方の床版工事が完了し死荷重の大半が載荷された状態で行った。このため桁のたわみによる支点部の回転や桁の伸びはほぼ収束した状態で行ったので梁の遊間などは高い精度で確保することができた。作業は、あらかじめ支点補強されてある位置に超大型送り台（10000kN／1組）を1橋脚あたり8台据え付けて桁と梁の最終調整を実施した。調整後現場溶接によりペデスタルプレートに固定を行った。調整する桁の総質量が80 000kNにもなるため設備も大型となり厳しい施工となつたが精度良く施工できた。

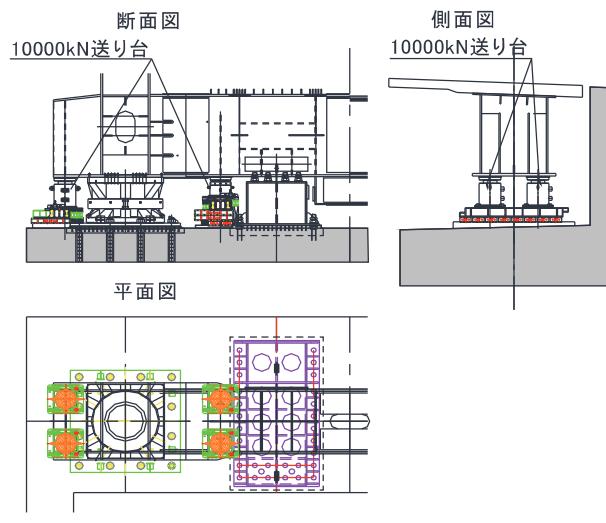


図-7 トラベラクレーン逸走防止対策

## 6. 余震対策

頻発する余震に対して仮設備が倒壊しないように下記の対策を施した。

- 1) 仮設備設計地震荷重 $kh=0.2$ とした。（通常0.13程度）
- 2) 張出し時トラス転倒防止アップリフト止めPC鋼棒とは別に合計1200kNのカウンタウエイトを桁端に搭載
- 3) 落橋防止装置の遊間を0mmとした
- 4) ベントと橋脚はH鋼で連結し相対的なズレ防止を行った（図-8）。
- 5) トラベラ軌条の浮き上がりやズレ防止措置対策を実施した（図-9）。

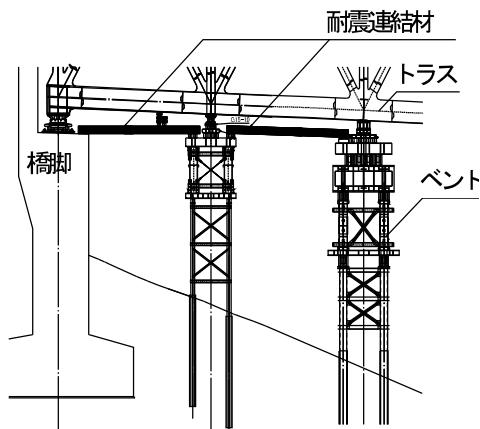


図-8 ベントの繋ぎ材の設置

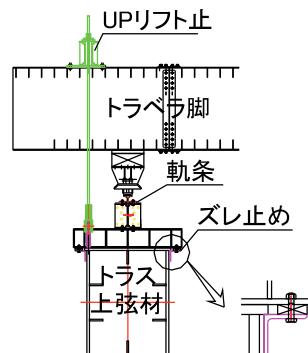


図-9 トラベラクレーン逸走防止対策

## 7. おわりに

本工事は、狭隘な山岳地帯での大型トラス橋トラベラクレーン架設として施工した貴重な施工事例となった。施工中も大きな余震が頻発するなかで平成25年10月に橋梁本体の建設工事が完了できた。本施工例が今後の鋼橋工事の参考例になれば幸いである。

この工事を進めるに当たり、事業主体である仙台市、発注者である（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構の方々から多大なるご支援とご指導を賜り、また多くの協力会社の方々にご協力をいただきました。ここに、深く感謝いたします。

## <参考文献>

- 1) 河村,南,下澤,吉永：仙台地下鉄東西線 竜の口橋梁の設計・施工,橋梁と基礎 vol.48,2014.1
- 2) 吉田,吉永：鉄道・道路上下分離式併用トラス橋の架設設計画および現状報告,土木施工 vol.,2012.8

2014.3.12 受付

## 報 告

# 新幹線50k900付近さがみ縦貫道新設架設工事報告

## Report of Construction of Sagami Jukan Expressway near 50 k 900 of Shinkansen



橋 本 達 也<sup>\*1</sup> 吉 田 友 和<sup>\*2</sup>  
Tatsuya HASHIMOTO Tomokazu YOSHIDA

### 要 旨

首都圏中央連絡自動車道（圏央道）は、都心から半径約40km～60kmの、3環状道路の一番外側に計画されている延長300kmの高規格幹線道路である。圏央道は、都心から伸びる放射状の道路を環状につなぐ道路で、都心部の通過交通の抑制と流入する交通を分散し、渋滞の緩和による走行時間の短縮や周辺地域の環境改善を担う。神奈川県内の圏央道は、さがみ縦貫道路・横浜湘南道路・高速横浜環状南線の3路線の整備を進めている。中央自動車道・東名高速道路と湾岸地域を結ぶとともに、横浜、厚木などの中核的な都市を結ぶ県の大動脈として期待されている。本稿ではさがみ縦貫道路のうち東海道新幹線およびJR相模線との上部工架設工事に関する施工について報告する。

キーワード：東海道新幹線上空、送り出し工法、前後推進工法

### 1. はじめに

さがみ17号橋は、首都圏中央連絡自動車道（圏央道）のうち神奈川県内のさがみ縦貫道路と東海道新幹線、JR相模線が交差する部分に位置する橋梁である。



図-1 位置平面図

### 2. 工事概要

- (1) 工事名：新幹線50k900付近さがみ縦貫道新設
- (2) 発注者：東海旅客鉄道株式会社 建設工事部
- (3) 元請者：名工・鉄建共同企業体
- (4) 工事場所：神奈川県高座郡寒川町倉見地先
- (5) 工期：平成24年11月～平成27年1月

- (6) 橋梁形式：3径間連続鋼床版箱桁の内、上下線2径間  
(P97～P99)
- (7) 橋長：215m
- (8) 支間長：69m+75m+69m
- (9) 鋼重：1287t
- (10) 架設工法：中央径間 手延べ式送り出し工法  
側径間 クレーンベント工法

### 3. 本工事の特徴

- ①地上20m以上の高所での架設作業である。
- ②東海道新幹線とJR相模線への近接作業でそれぞれに作業制限がある。
- ③JR相模線のき電停止時間が約100分と短い。
- ④作業時間が短いため、桁の送り出しから横取り、桁降下まで約3ヶ月かかり、線路上空での作業が長期間に渡る。

以上を踏まえ施工計画・現場施工を行った。

### 4. 架設方法

本工事の施工範囲は3径間のうち中央径間と終点側の

\*1 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ サブリーダー

側径間であり、中央径間は東海道新幹線およびJR相模線直上であるため手延べ式送り出し工法で施工を行った。

側径間はJR相模線近接作業であるが、クレーンベント工法で施工を行った。

施工順序は以下の通り。

#### ①軌条設備組立

- ②下り線中央径間送り出し・横取り・降下
- ③上り線中央径間送り出し降下
- ④軌条設備解体
- ⑤ベント組立
- ⑥側径間桁架設（上下線）
- ⑦仮設備解体

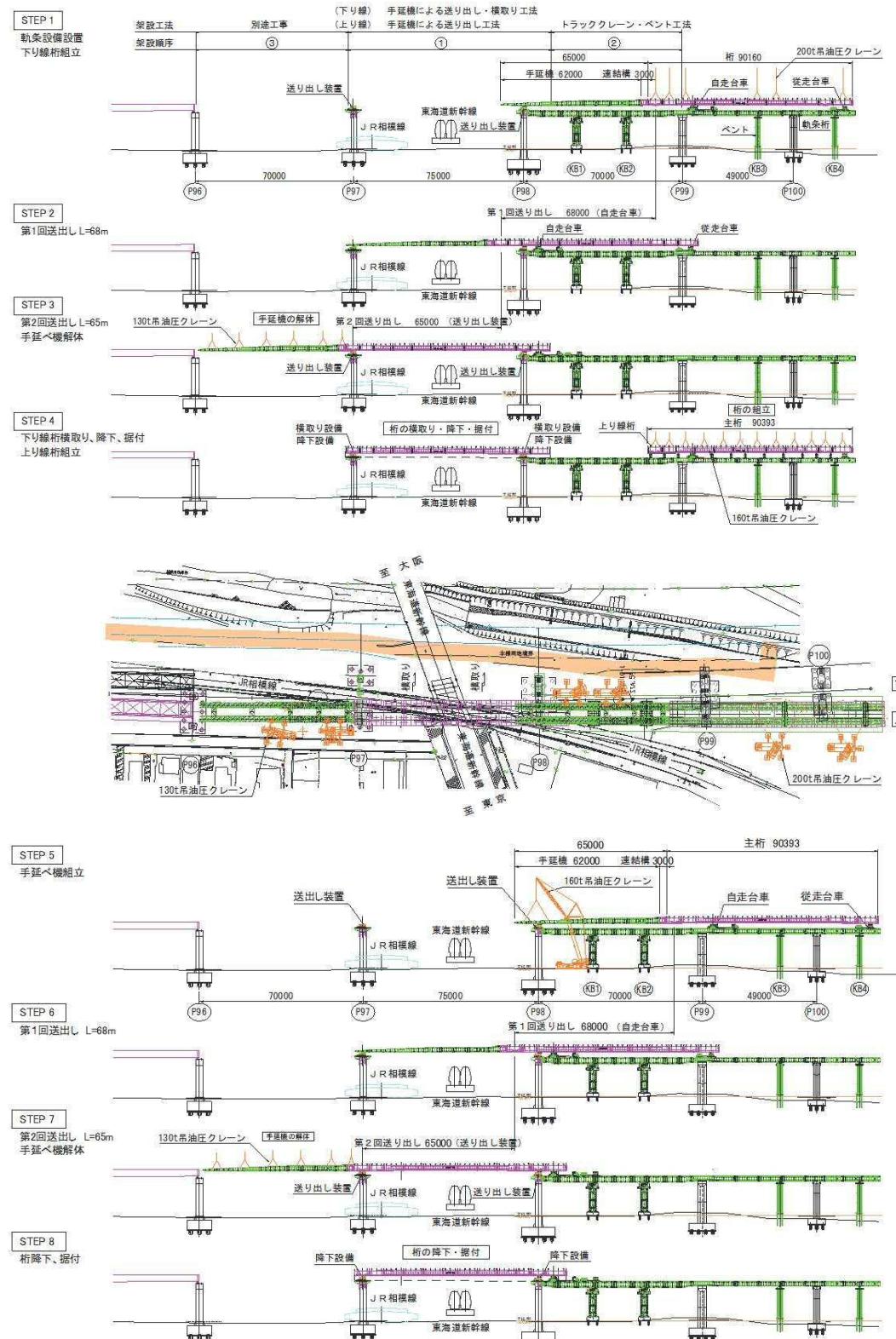
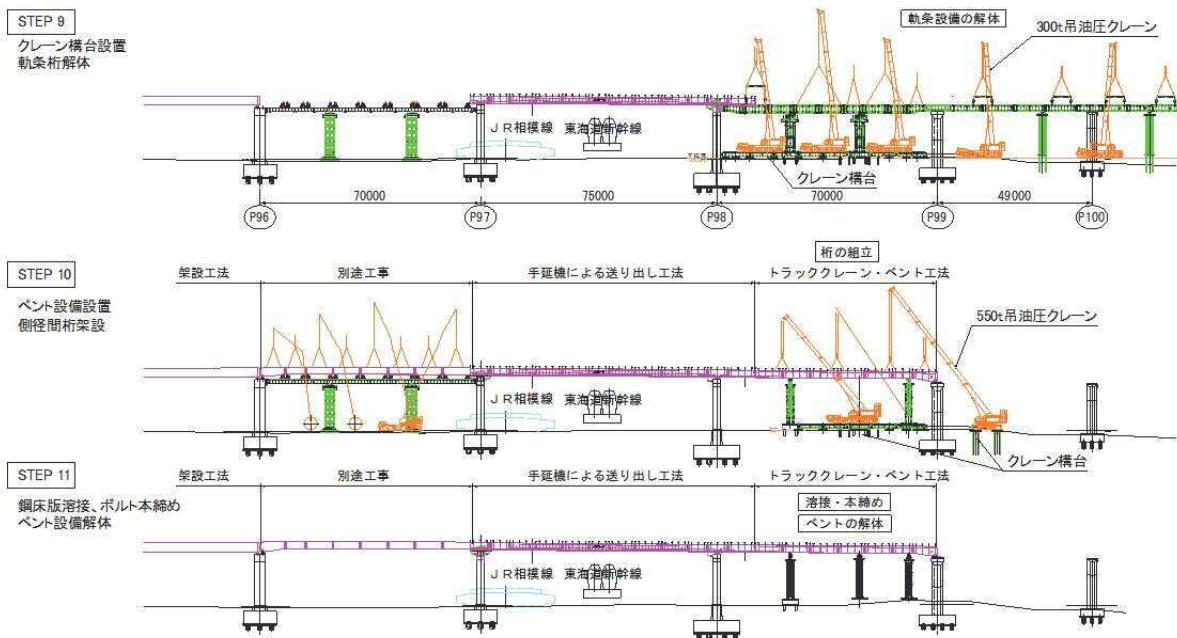


図-2(1) 架設計画図（その1）



図一2(2) 架設計画図（その2）

### (1) 軌条設備

送り出し高さが20m以上あり、ペント基数が多いと工事に影響がでるため、軌条桁には工事桁H=2.6mを使用しペント基数は4基にとどめた。

また側径間橋脚（P99）も工事桁の支点として利用した。

P98橋脚付近は直下にJR相模線が位置しておりペントの設置が困難なため、工事桁をP98橋脚に乗せかける構造とした。

ペント基礎については回転圧入杭およびH形鋼杭を施工した。

### (2) 下り線中央径間手延べ式送り出し

手延べ機到達までの作業時間はJR相模線き電停止間合いの約100分で施工しなければならない。

第1回の送り出しへは手延べ機がP97橋脚に到達まで68mあるため、自走台車および縦走台車による送り出しどといた。（2m/min）

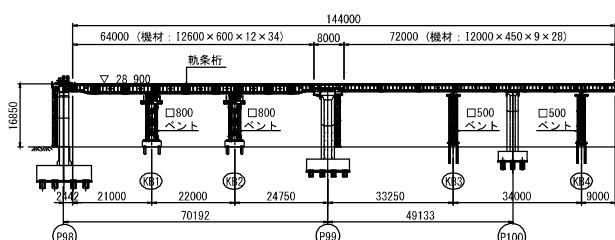
短時間での送り出し架設において、緊急時の対策が求められるが本施工においては自走台車のトラブルにおける対応が求められた。

通常自走台車のトラブル対応として水平ジャッキを予備動力として設置するが、移動速度は0.6m/分程度である。

トラブル発生時の送り出し距離が中間点（34m）であると、安定した位置に送り出しましたは引き戻すためには時間が不足する。

そこで水平ジャッキを台車前後に取り付け駆動させる「前後推進ジャッキ」を採用することにより1.0m/分で送り出し可能となり、これを自走台車故障時のトラブル対策とした。

また万全の対策としてリハーサルを行うことにより、自走台車および前後推進ジャッキの駆動性能を確認した。



図一3 軌条設備図

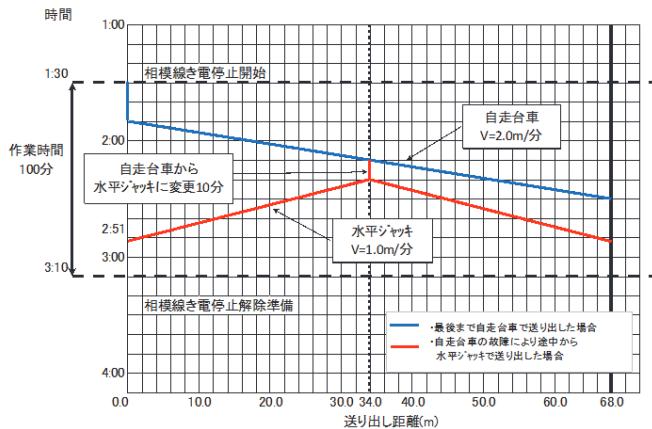


図-4 タイムサイクル表

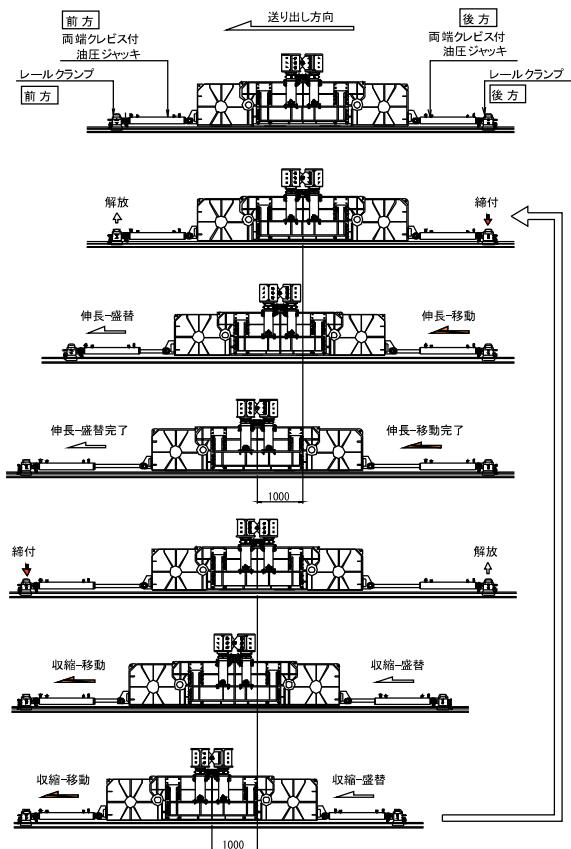


図-5 前後推進ステップ図

送り出し時は支点の変動により設計反力を超過する場合があるため、反力計測・管理を行った。

各ジャッキに圧力変換器を設置し、それを計測室に設置したパソコンにより反力の計測・調整を行った。

各ステップにおいて管理上限値を設けて、限界値を超えた場合非常停止する事としたが、実際は送り出し作業全体においてほぼ計画通りの反力で送り出しすることができた。

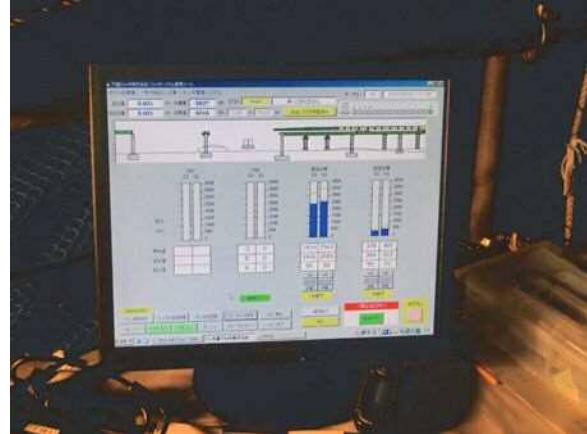


写真-1 計測画面  
(計測室の他、橋脚上本部にもモニターを設置した)

手延べ式送り出し工法では手延べ機のたわみ処理が発生し、鉄道上等の時間が制約された工事においては工程に影響する。

本工事においては手延べ機のたわみ量は2.9mとなり、その処理方法を検討した。

手延べ機がP97橋脚に到達後に、P97で手延べ機をジャッキアップすると作業時間が長くなるため、自走台車および従走台車をそれぞれジャッキアップ、ジャッキダウンして手延べ機のたわみを処理した。

今回使用した台車設備本体には高ストロークジャッキを内蔵し、手延べ機到達後の手延べ機応力導入作業もスムーズに行う事ができた。

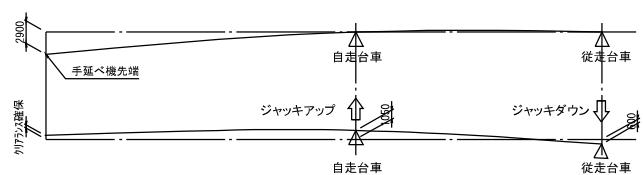


図-6 たわみ処理概要図



写真-2 台車内蔵油圧ジャッキ



写真-3 自走台車ジャッキアップ状態

手延べ機到達後はP97,P98橋脚上の送り出し装置および軌条設備上の従走台車により送り出しを行った。

また作業時間帯はJR相模線線路閉鎖間合いの約200分で行い、16m/日送り出した。



写真-4 送り出し装置

手延べ機の解体は送り出し完了後に行った。  
JR相模線直上で解体するため、き電停止間合いでブロック撤去を行った。



写真-5 手延べ機解体状況

### (3) 下り線中央径間横取り・降下

横取り・降下作業は東海道新幹線の保守作業時間および電停止間合いでおこなった。

横取り装置はスライドジャッキと水平ジャッキにより行い横取り量10mを1晩で行った。



写真-6 下り線桁横取り状況

桁降下は約2mと比較的少なかったため、鉛直ジャッキとサンドルによる方法とした。



写真-7 桁降下状況

### (4) 上り線中央径間手延べ送り出し

下り線の送り出しを行い手延べ機解体と平行作業で上り線の地組立てを行い工程の短縮を図った。

送り出し方法および桁降下は下り線と同様とした。



写真-8 上り線送り出し完了

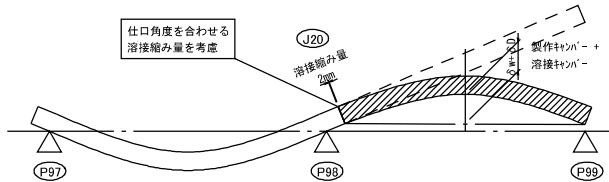


図-8 桁組立形状図

表-1 キャンバー測定値

	P97	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	P98
G1DL	0	16	21	14	16	12	6	1	0	0
		15	17	15	15	10	3	-5	0	
		7	20	16	13	10	0	-2	-3	
		17	24	18	13	11	4	3	-1	
規格値	P97-P98支間長 L=75m そり±62mm									

	P98	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	S2
G1DL	0	-3	-8	-14	-13	-12	-10	-6	0
		-6	-12	-17	-16	-16	-13	-6	
		-8	-10	-14	-15	-10	-8	-6	
		-5	-9	-11	-12	-9	-6	-7	
規格値	P98-S2支間長 L=69.0m そり±59mm								



写真-9 架設完了

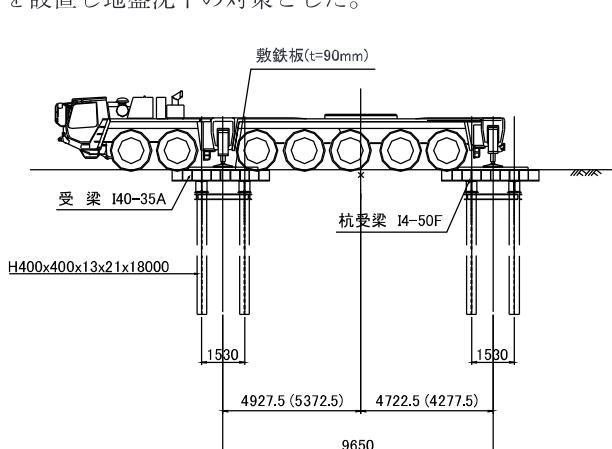


図-7 クレーン構台一般図（単独部）

先行架設した中央径間のたわみが大きく発生していたため、側径間の架設はP99橋脚で上越して架設した。

また鋼床版溶接であるため、溶接キャンバーによる跳ね上がりも考慮し架設を行った。

架設・溶接完了後ベント解放、P99のジャッキダウンを行い所定の桁形状に納めることができた。

## 5. おわりに

本工事はJR東海道新幹線およびJR相模線直上での作業制限が非常に多い中での手延べ送り出し工事であった。

鉄道工事でのトラブル対応は必然であり、自走台車の故障による対策として水平ジャッキを使用した前後推進工法は非常に有効であることが実証された。

最後に、本工事の施工に当たりご指導いただきました東海旅客鉄道建設工事部、名工建設・鉄建建設JVの関係者の皆様に深く感謝し、紙上を借りてお礼を申し上げます。

2014.12.18 受付

## 圏央道におけるFRP合成床版の施工 —圏央道桶川加納インターチェンジCランプ橋—

Construction of FRP Composite Slab along Metropolitan Inter-city Expressway  
- C Ramp Bridge at Okegawa-Kano Interchange along Metropolitan Inter-city Expressway -



高 橋 昌 彦<sup>\*1</sup>  
Masahiko TAKAHASHI



石 原 彰 子<sup>\*2</sup>  
Shoko ISHIHARA



出 口 哲 義<sup>\*3</sup>  
Akiyoshi DEGUCHI



久 保 圭 吾<sup>\*4</sup>  
Keigo KUBO

### 要 旨

桶川加納インターチェンジCランプ橋は、現在建設中の圏央道のうち、本線上を跨ぐ橋梁であり、維持管理の軽減を図るためにFRP合成床版が採用されている。本橋は、平面線形の曲率が小さく、幅員、横断勾配が変化していることから、FRPパネルの形状が複雑となる。また、ハンチが山形鋼を用いた構造となっていることから、適用にあたっては構造改善を行った。本稿では、曲率の小さい橋梁にFRP合成床版を適用した場合の設計、施工方法について報告する。

キーワード：曲線橋、FRP合成床版、床版施工、コンクリートの充填

### 1. まえがき

圏央道は首都圏に流入する交通を分散し、交通渋滞を緩和するとともに、首都圏の産業活力の向上、首都直下地震等の災害発生時における避難や救助、その後の復旧活動等において重要な役割を果たす、総延長約300kmの高規格幹線道路である。

本工事は、現在の未開通区間である桶川北本IC～白岡菖蒲IC（10.8km）間に建設中の桶川加納ICのうち、料金所から本線に向かうCランプ橋上部工の工事であり、鋼桁の工場製作、架設工事および、床版工事を行った。

Cランプ橋は、圏央道の本線を跨ぐ橋梁であり、コンクリートの剥落の防止はもちろん、本線規制を伴うメン

テナンスを最小限とする必要があった。

このため、耐久性、耐食性に優れ、塗装の塗り替えが不要となることから、維持管理の低減に大きな効果が期待できるFRP合成床版<sup>1), 2)</sup>が、国土交通省の道路橋として初めて採用された。

本稿では、FRP合成床版の設計と施工方法について報告を行う。



図-1 現場位置図

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 橋梁工事本部橋梁工事部東京工事グループ 現場所長

\*<sup>2</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループ

\*<sup>3</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部東京計画グループ サブリーダー

\*<sup>4</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループ 担当リーダー

## 2. 工事概要

- (1) 工事名：H24・25 圏央道桶川インター  
Cランプ橋上部工事
- (2) 施工箇所：埼玉県桶川市加納地先
- (3) 工期：自) 平成25年 2月 5日  
至) 平成26年 1月20日
- (4) 発注者：国土交通省関東地方整備局  
大宮国道事務所
- (5) 受注者：宮地エンジニアリング株式会社
- (6) 橋梁概要：右記による
- (7) 工事内容

- 1) 架設工法：トラッククレーンベント工法  
(左右分割桁地組→架設)
- 2) 総 鋼 重：162t
- 3) 現 場 塗 装：243m<sup>2</sup>
- 4) 床版パネル架設：580m<sup>2</sup>
- 5) 床版コンクリート：123m<sup>3</sup>

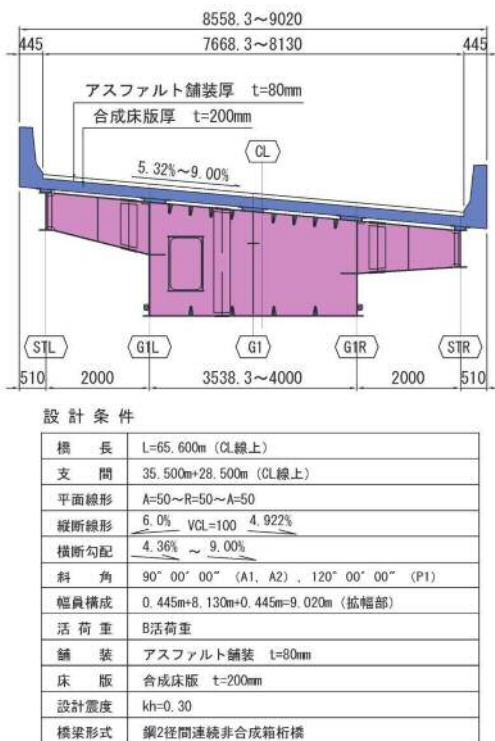


図-2 橋梁断面図・設計条件

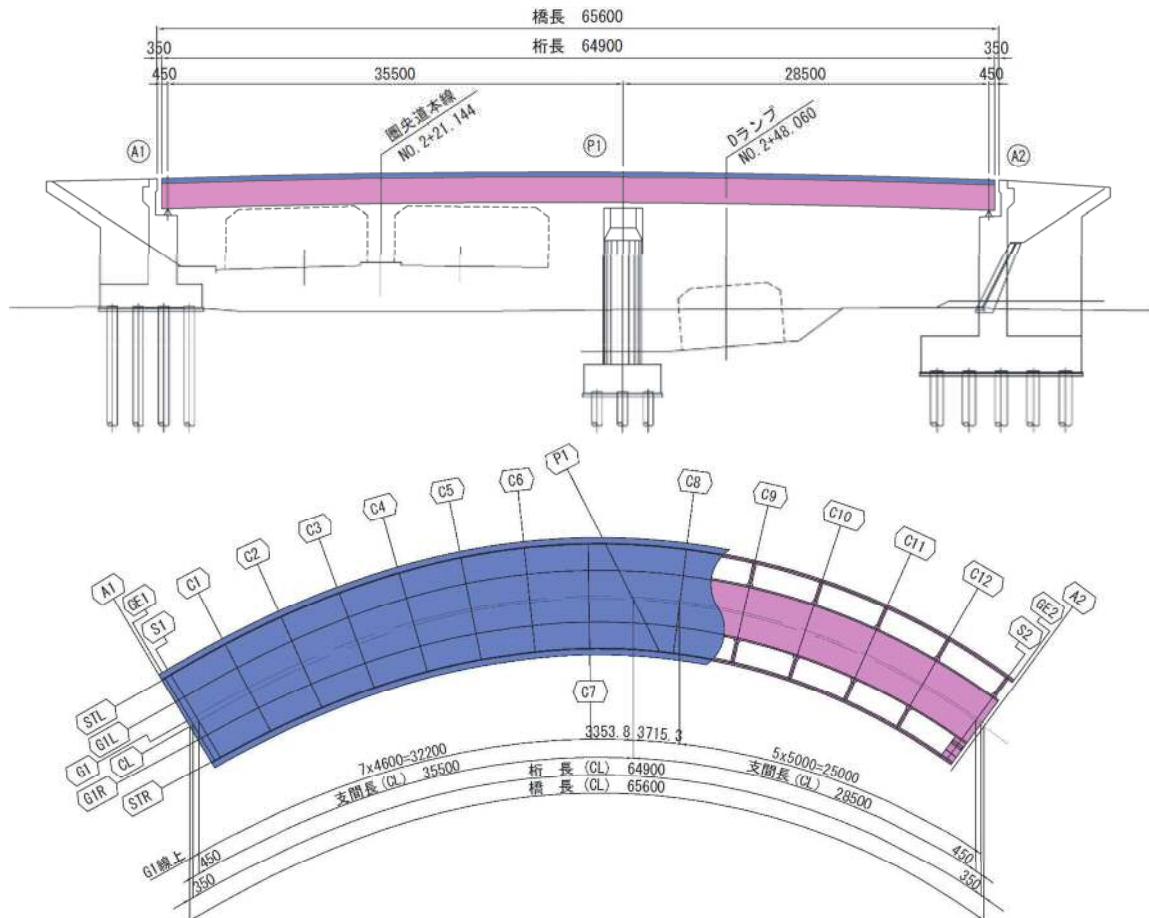


図-3 橋梁側面図・平面図

### 3. FRP合成床版の設計

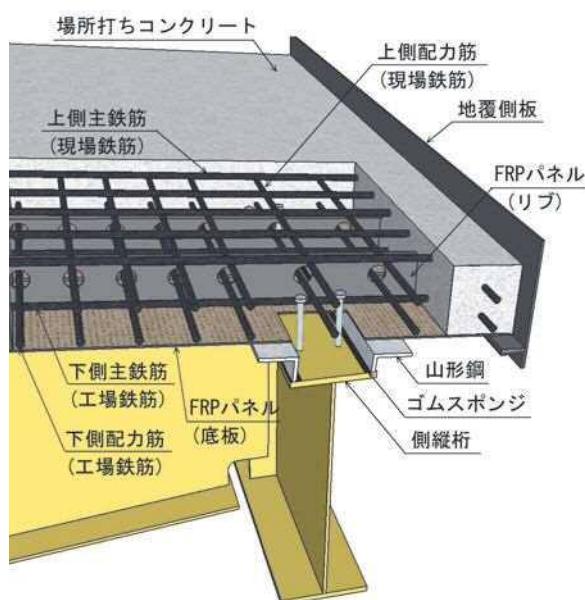
#### (1) FRP合成床版の概要

FRP合成床版は、耐水性、耐食性に優れたGFRP（ガラス繊維強化プラスチック）材を支保工兼用の永久型枠として用い、コンクリート硬化後はFRP材も強度部材として作用する合成床版であり、以下のような特徴がある。

- ① 塩分環境下においてもさびない
- ② 鉄筋コンクリート床版に比べ疲労耐久性が高い
- ③ FRPパネルが軽く、設置作業が容易
- ④ 耐食性に優れ、維持管理が低減できる



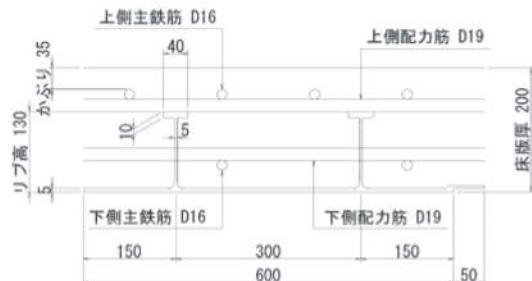
本工事では、FRP合成床版の適用にあたり、道路橋示方書に基づく要求性能に対して満足することを検証する必要があったことから、種々の検討を行い、検証を行った。ただし、本橋は平面線形の曲率が小さく、幅員、横断勾配が変化することから、線形への対応方法が課題となつた。以降に、主な設計時の対応方法について述べる。



図一4 桶川IC橋FRP合成床版の構造概要

#### (2) 床版厚および断面構成

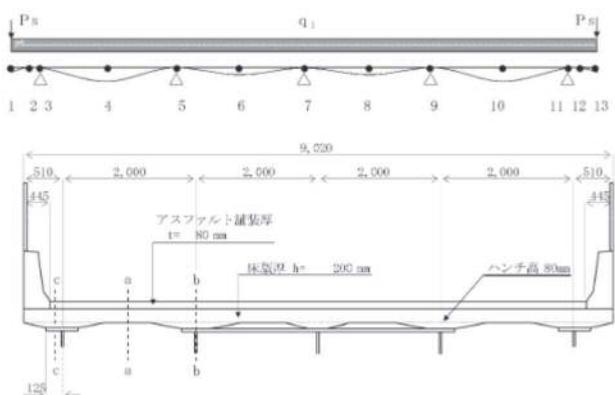
FRP合成床版は床版支間から求められる最低床版厚以上とし、応力度、たわみ、鉄筋のかぶり厚等を考慮して決定した。このときの、床版断面構成を、図一5に示す。



図一5 FRP合成床版の基本形状と断面構成

#### (3) 架設時の照査

FRPパネルは、支保工の機能も兼ねることから、床版コンクリート打ち込みによるたわみ量を許容値（500/L）に抑える必要がある。本橋では幅員が変化することから、床版支間および張出し量が変化している上、床版の支持点が多く、断面毎に条件が異なる。このため、各照査部位のたわみが最も不利になる位置の床版支間・張出し長を用いた連続梁として照査することとした。このときの照査モデルを図一6に、照査結果を表一1に示す。これにより、いずれの箇所も許容値内であることから、架設時の安全性が確保されていることが確認できた。



図一6 解析モデル

表一1 たわみの解析結果

単位：mm

支間	許容値 L/500	節点	
		4、10	1、13
L=2.0m	4	0.7	0.4

#### (4) FRPパネルの配置

FRPパネルは、幅600mmのリブ付引抜き成形材を4枚組み合わせた、幅2.4mを基本形状としているが、本工事では平面線形の曲率が小さいことから、全てのパネル形状を図-7に示すように扇形とし、横断こう配、幅員がパネル毎に変化することから、一品一樣で製作を行った。

#### (5) ハンチの構造

床版は、一般的にコンクリートの応力緩和を目的としてハンチを設けているが、FRP合成床版では、床版下面に高強度のFRP材を有することからハンチを省略することが可能である<sup>3)</sup>。この場合、主桁のボルト継手が床版の底板と干渉しないように嵩上げする必要があるが、本橋では、FRPパネルに設置した山形鋼により高さを調整する構造とした。なお、山形鋼の設置に際しては、平面線形が小さいことから、パネル内で直線配置した場合、主桁から外れる箇所が生じたため、図-7のようにパネル中心位置で2分割することで対応した。したがって、FRPパネルと主桁との取合い構造は、図-4のように上フランジに山形鋼を載せた状態となっており、これらの間にはコンクリート打ち込み時の止水対策のためゴムスポンジ設置した。

#### (6) 床版部の地覆側板の構造

FRP合成床版の地覆側板は、図-8に示すようにFRPパネルの上下に設置したFRPアングル材により取り付けている。このとき地覆側板は鉛直に設置する必要があるが、本橋では横断勾配が変化しており、FRPアングル材のみでは横断勾配に対応できない。このため、5~7%の勾配に調整したFRP製のテーパーフィラーを挟み、FRPパネルと側板との隙間を調整することで横断勾配の変化に対応した。

#### (7) 配力鉄筋配置の工夫

FRP合成床版では、下側配力鉄筋がFRPリブを貫通することからリブに孔（φ50）をあけて工場製作時に予め配筋している。しかし、パネルの継手で配力鉄筋が分断されることから平面線形の曲率に合わせた配筋は困難となる。このため、FRPパネル内では鉄筋を直線配置し、FRPパネルの継手部で鉄筋を折る配置とすることで、平面線形に対応した。

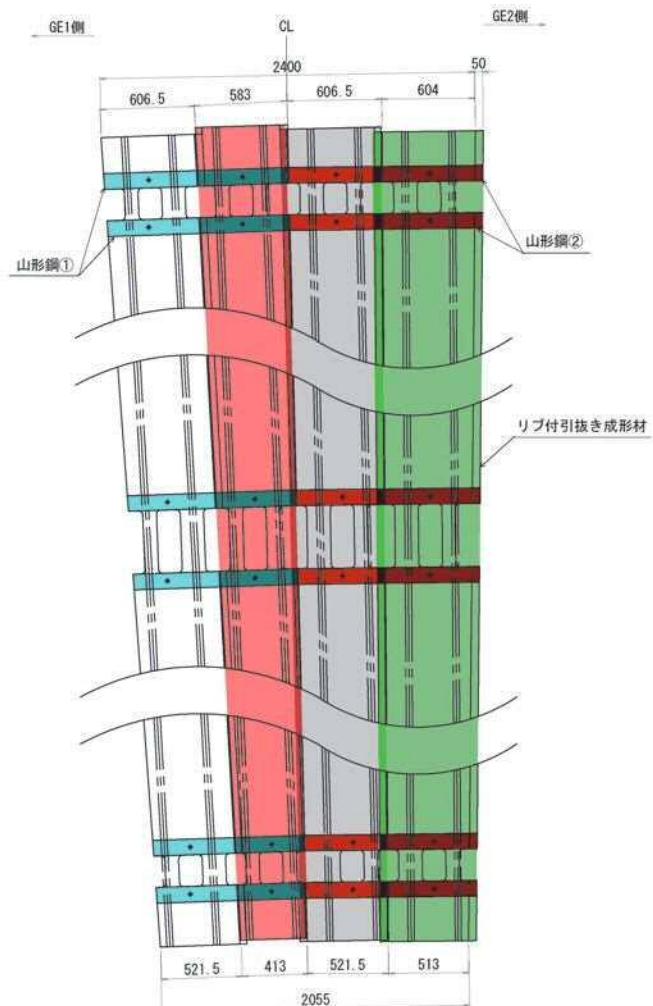


図-7 FRP引抜き成形材、山形鋼、側板の配置

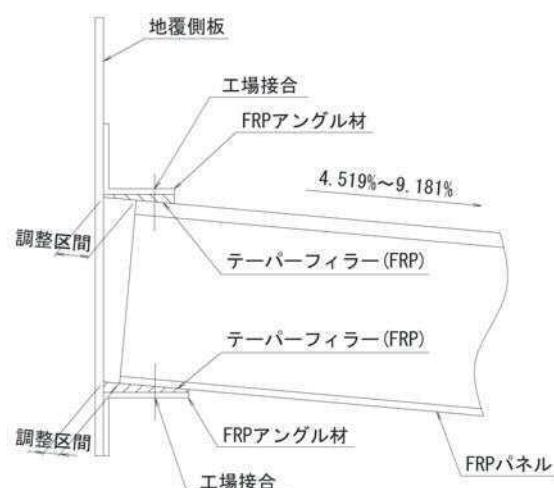


図-8 側板の配置

## 4. 現場施工

### (1) 施工フローチャート

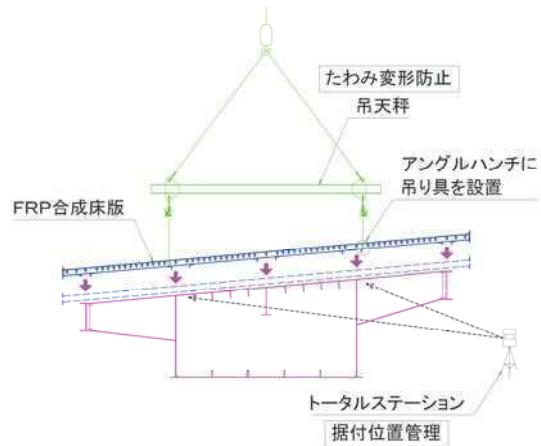
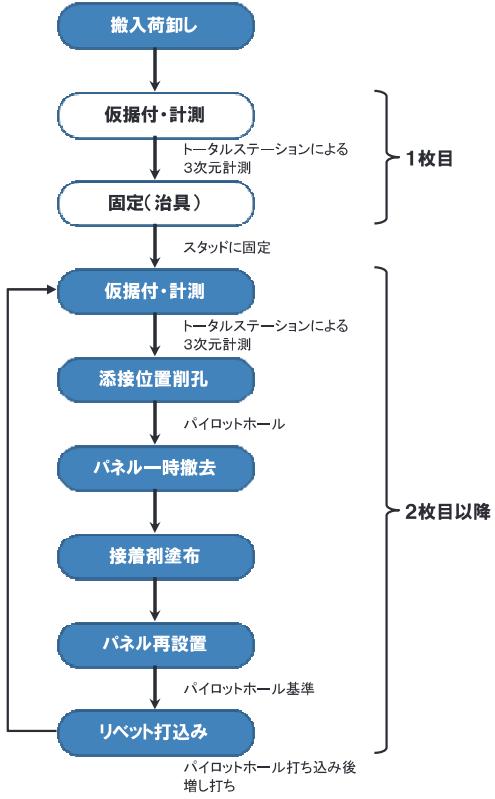


図-9 架設用吊天秤



写真-2 トータルステーションによる計測

### (2) FRPパネルの設置

FRPパネルは、底板・リブ・側板が軽量なFRP材で構成されていることから、1パネル1.6t程度と非常に軽く、据付けも25t吊ラフタークレーンで施工が可能となった。

ただし、FRPパネル同士の継手がラップ継手であり、通常の鋼コンクリート合成床版と違い、継手のボルト孔により位置が固定されず、自由度が大きいものの、特に本橋のように曲率の小さい橋梁では、継手部の誤差が平面線形に大きく影響することから、1パネル毎に精度良く架設する必要がある。したがって、架設にあたっては、以下の対策を行った。

①FRP材はヤング係数が鋼材と比べ小さく、変形しやすいため、たわみ変形による据付誤差を防止するため、図-9に示す吊天秤を使用して吊り上げを行った。

②パネル設置の際はトータルステーションを用いて3次元座標で管理し、FRP合成床版パネルの据付位置を管理した。トータルステーションによる計測状況および計測画面を写真-2に示す。

### (3) FRPパネルの固定

本橋は、横断勾配が大きく、軽量なFRPパネルを桁上に載せただけでは、施工時にずれる可能性がある。このためFRPパネルは、写真-3に示すような主桁のスタッドジベルにUボルトを用いて取り付けた治具により固定する構造とした。

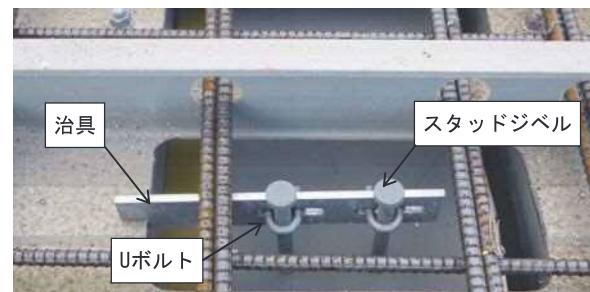


写真-3 固定治具

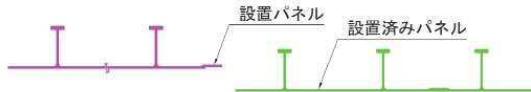
#### (4) FRPパネルの現場継手

FRPパネルの現場継手は、FRPのラップ部を接着剤とステンレス製ブラインドリベットを用いて施工する。通常は、接着剤をラップ部に塗布し、パネルを置いて調整・削孔した後、ブラインドリベットを施工する方法で行うが、本橋の場合、曲線橋のため調整に時間がかかる懼れがあり、かつ、施工が暑い時期であったため接着剤の可使時間が短くなることが予想されたことから、接着剤を塗布した状態での調整は困難と判断した。なお、ブラインドリベットで継手部を密着させる前に接着剤が硬化するとラップ部に隙間が生じ、コンクリート打ち込み時にノロ漏れが生じる懼れがある。よって、図-10に示す通り、FRPパネルを鋼桁上に仮置きした状態で計測後、現場継手部にパイロットホールを削孔し、その後FRPパネルを撤去した状態で接着剤を塗布し、パイロットホールを基準に復旧することで現場接合を行った。写真-4に現場継手作業の流れを示す。

このような施工手順をとることで、接着剤塗布後、直ちにパネルを正規位置に設置する（位置調整をしない）ことが可能となり、ブラインドリベットを一様に施工することで、接着剤が継手部に均等に施工できた。この結果、現場継手部に別途シール材を施工しなくともコンク

リートの打ち込み時にノロ漏れ等が無く施工することができた。

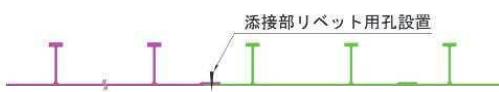
STEP-1 パネル仮設置



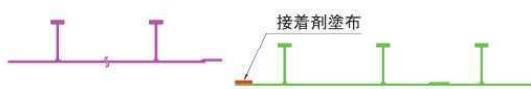
STEP-2 位置調整・計測



STEP-3 削孔（パイロットホール設置）



STEP-4 パネル一時撤去・接着剤塗布



STEP-5 パネル設置・リベット打ち込み

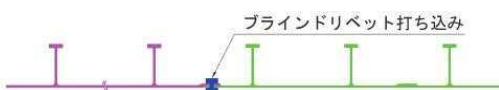


図-10 添接作業要領



写真-4 FRP合成床版作業手順

## (5) 鉄筋組立

床版鉄筋のうち、下鉄筋についてはFRPパネルに設置した状態で現場に搬入されるが、現場継手部の鉄筋についてもFRPパネルに予め設置されており、写真-5に示すように、FRPパネルの現場継手施工後に鉄筋を引き出すことで配筋を行った。下側鉄筋組立完了後、上側鉄筋を、FRPリブをスペーサーとして用いることで、配筋を行った。

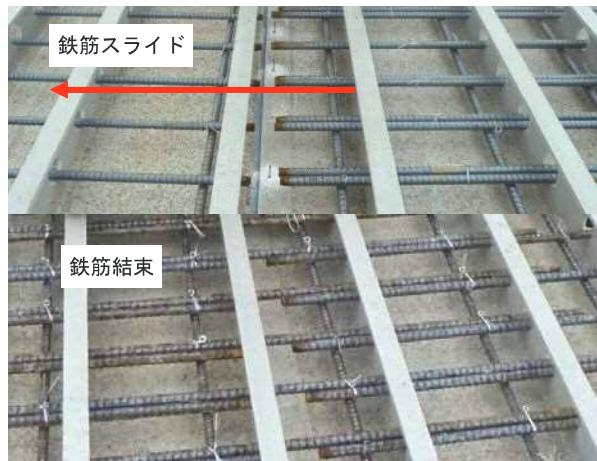


写真-5 現場継手部鉄筋

## (6) コンクリートの打ち込み

FRP合成床版は底面と側面がFRP材で覆われることから、目視による充填確認が困難である。また、本橋梁は横断勾配が大きいことから、コンクリートが勾配の低い側に向かって流れ、横断勾配が高い側の側板内面に充填不良が生じる恐れがあった。さらに、排水溝の周辺は局所的に密に配置される鉄筋や排水溝自体がコンクリートの流動を阻害することから充填不良を起こしやすい部位であり、特に本橋のように、床版厚が薄く（200mm）、排水溝と底面パネルの隙間が狭隘となる場合は、より一層の配慮が必要である。

そこで、図-11に示すように横断勾配の高い側の側板内面と排水溝下面の状況をコンクリート充填・締固め検知システム『ジュークエンダーII』（写真-6）でリアルタイムに確認しながら充填作業を実施した。

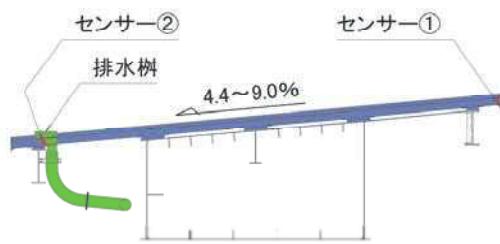


図-11 充填確認センサー配置図



写真-6 ジュークエンダーによる計測

### 1) 床版コンクリート

連続桁の場合、床版コンクリートの打ち込みに当たっては、通常支間中央部を施工した後、中間支点を施工する手順をとる。この場合、床版には打ち継ぎ目を設けることとなることから、十分な管理が必要となる。また、R=50mの曲線橋であるため、床版コンクリートを分割して施工した場合、鋼桁の挙動がL側とR側で異なり、管理が煩雑となることが予想された。

このため、本工事では図-12に示すように十分な管理体制のもと、2台のポンプ車を利用して床版コンクリートを一括で打設し、打ち継ぎ目の無い床版を構築した。

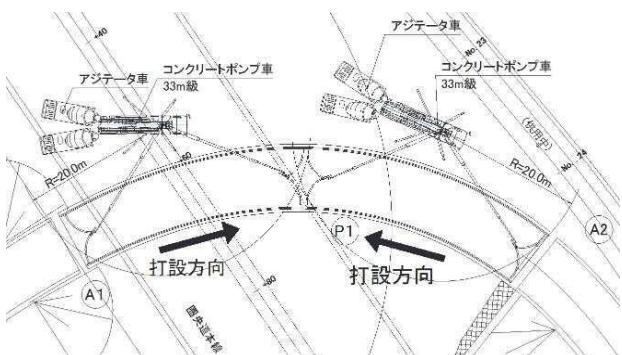


図-12 床版コンクリート打設平面図



写真-7 床版コンクリート打設

## 2) 壁高欄のコンクリート

壁高欄コンクリートの打ち込み完了後、壁高欄の長期養生を目的として保水養生テープを貼り付けた。

保水養生テープは、水分蒸発の大幅な抑制効果により表面が緻密化し、強度向上や中性化の抑制に効果が期待でき、コンクリート表面の品質が向上する。また、工期内は表面を覆うため、泥はねや鉄筋錆び垂れ等の汚れも防止できる。



写真-8 壁高欄養生



写真-9 FRP床版パネル設置

## 5. あとがき

今回、FRP合成床版の施工を行った結果、FRPパネルが軽量なことから、想像以上に扱いやすく、また、ボルト継手や塗装が不要なことから、特殊な現場継手作業を考慮しても、一般的な鋼コンクリート合成床版より工程が早く進んだと感じることができた。

今後の課題としては、

- ①側板の建ちや通りを容易に調整できる構造とする。
- ②鋼コンクリート合成床版も同様であるが、シール材による止水方法の検討やハンチ部分の鋼製部材とFRP部材の隙間が無いようにする。

先にも述べたように、耐水性、耐食性に優れたFRP材を用いていため、維持管理の低減に大きな成果が期待でき、道路の上や鉄道の上の橋梁の床版工事には特に効果あると考えられる。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただきました国土交通省 関東地方整備局 大宮国道事務所の方々に深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

## <参考文献>

- 1) 久保圭吾, 古谷賢生, 能登宥憲:FRP合成床版の紹介, 宮地技報, No.20, pp.1-6, 2005.3.
- 2) 久保圭吾:FRP合成床版, コンクリート工学, Vol.51, No.1, pp.108-114, 2014.1.
- 3) 石崎茂, 久保圭吾, 興地正浩, 松井繁之:FRP合成床版の構造の簡素化と長支間床版への適用性について, 第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集, pp.225-228, 1998.11.

2014.3.12 受付



写真-10 完成写真

## 壁高欄用FRP型枠の適用例—圏央道第2椎塚橋—

### Application Example of FRP Formwork for Bridge Concrete Railing - Shizuka No.2 Bridge at Metropolitan Inter-city Expressway -



出口 哲 義<sup>\*1</sup>  
Akiyoshi DEGUCHI



稻 垣 淳<sup>\*2</sup>  
Atsushi INAGAKI



永 見 研 二<sup>\*3</sup>  
Kenji NAGAMI



久 保 圭 吾<sup>\*4</sup>  
Keigo KUBO

#### 要 旨

本工事は開通までの期間が短い中で、他工事の作業の遅れ等により上部工の着手が遅れたため、工期短縮を図る必要があった。このため、壁高欄の埋設型枠としてFRP型枠を採用することで工期短縮を図った。本稿では、その概要について報告をする。

キーワード：FRP, 壁高欄型枠, 工期短縮

#### 1. はじめに

第2椎塚橋は、圏央道の稲敷IC～稲敷東IC間（図-1）に位置する単純鋼床版箱桁（図-2）である。本橋は、橋梁下に産業廃棄物が埋設されていたため地面にベント等の重量物が設置できず、送り出し工法による架設が採用された。また、本橋梁区間の開通までの期間が短かったことから、工期短縮が必要となった。

このため、工期短縮を図るため、壁高欄の型枠について埋設型枠を用いることとした。一般に壁高欄の型枠としては、鋼製型枠やコンクリート製型枠が用いられるが、死荷重が増加することが課題となる。また、鋼製型枠では腐食などの維持管理面でも課題である。

このため、これらの課題に対応できる埋設型枠として、軽量で耐食性に優れるFRP製型枠を適用した。

ここでは、この概要について報告する。

#### 2. 工事概要

発注者：国土交通省関東地方整備局

工事名：圏央道第2椎塚橋上部工事

工期：平成25年3月13日～平成26年3月31日

橋梁形式：単純鋼床版箱桁橋

橋長：48.000m（CL上）

支間長：47.000m（CL上）

幅員構成：地覆：0.445m+車道：10.66m+地覆：0.445m

平面線形：R=1750m



図-1 位置図

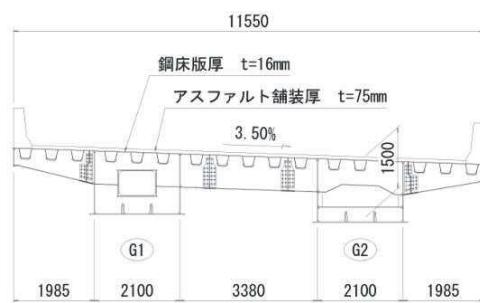


図-2 断面図

\*1 橋梁事業本部 技術本部技術部東京計画グループ サブリーダー

\*2 橋梁事業本部 橋梁工事本部橋梁工事部東京工事グループ 現場所長

\*3 橋梁事業本部 橋梁営業本部橋梁営業部FRPグループ サブリーダー

\*4 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループ 担当リーダー

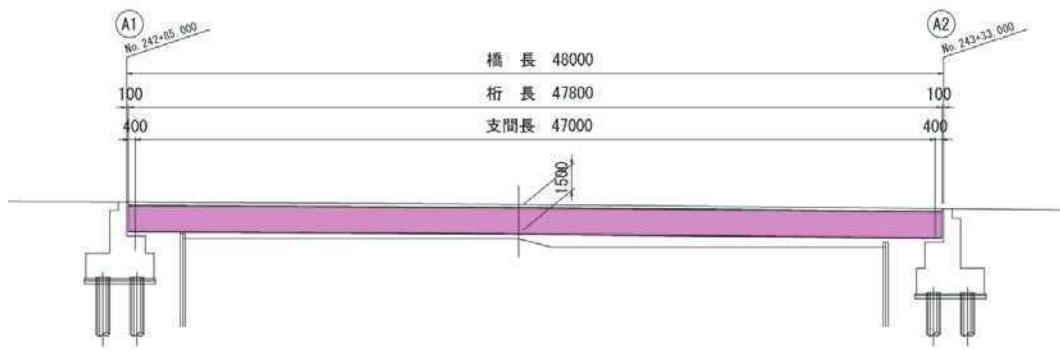


図-3 側面図

### 3. FRP型枠の概要

FRP型枠は、壁高欄のコンクリート打ち込み時の側圧に耐える必要があるため、型枠の内側に形鋼で骨組を構成し、これと型枠となるFRP板をブラインドリベットで



写真-1 FRP型枠内側



写真-2 FRP型枠外側

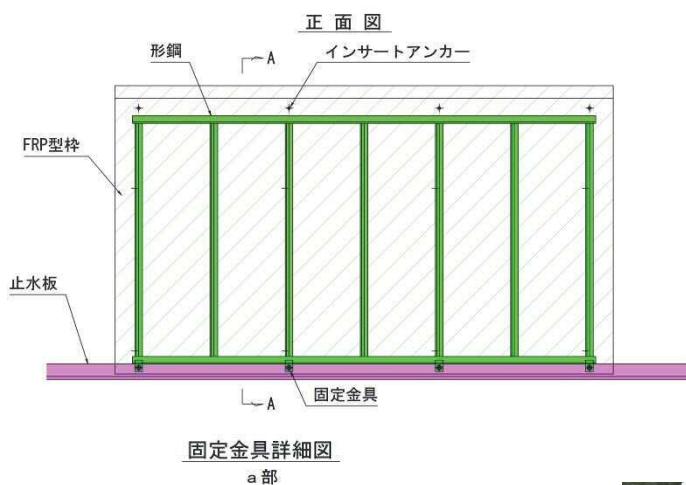


図-4 FRP型枠図

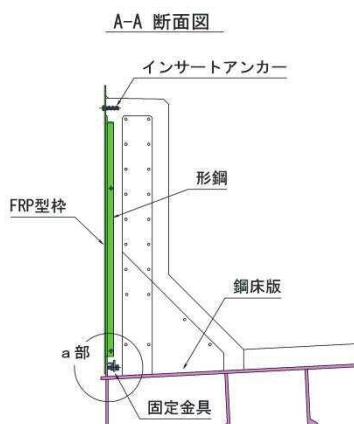


写真-3 インサートアンカー

なお、鋼床版への取り付けは、FRP型枠への構造変更が鋼桁製作後であったことから、鋼桁に取付金具等の施工が必要ない方法として、FRP型枠を鋼床版の止水板にボルトで挟み込んで固定する構造とした。このとき、コンクリート打ち込み時に止水板とFRP型枠の間のノロ漏れを防止するため、スポンジシールを貼付けることとした。止水板との固定方法を図-4に示す。

壁高欄の上部には、FRP板とコンクリートとのはく離を防止するため、インサートアンカーを設置した。インサートアンカーの設置状況を写真-3に示す。

#### 4. 施工工程

FRP型枠を採用する場合と従来型枠（木製型枠）で施工した場合の比較では、下記の点について工期短縮を見込むことができる。

- ・外型枠の組立、解体（※1）
- ・解体後の成形、Pコン処理
- ・外足場の設置、解体

※1 本工事では送り出し工法を採用したため、主桁送り出し前に他作業と並行してFRP型枠を設置することが可能な上、埋設型枠となるため撤去期間も短縮できる。

以上の内容を考慮して木製型枠とFRP型枠の工程比較を行った場合、本工事（橋長48.0m）において、20日程度の工期短縮が可能となった。工程表を表-1に示す。

表-1 工程表

年月 工種	2013年				2014年		
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
準備工							
桁地組立							
外足場組立					← 外足場組立省略		
桁送出・降下	FRP型枠（平行作業）						
型枠組立							
コンクリート打設	内側型枠のみ組立						
型枠解体	内側型枠のみ解体				→		
外足場解体	外足場解体省略				→		
後片付け					→		
施工期間					約20日短縮		

#### 5. 施工手順

FRP型枠は、フローチャートに示すように桁の送り出し前に設置した（写真-4）。なお、FRP型枠同士の接合部

は送り出し時の桁のたわみによる変形を考慮して写真-5に示すように接合はせず、送り出し完了後に接合した。

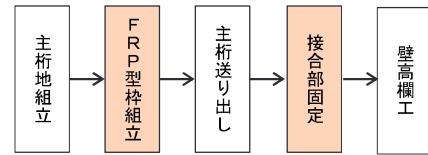


写真-4 主桁送り出し状況



写真-5 FRP型枠外面

#### 6. おわりに

開通の迫った短い施工期間において、外型枠の組立・解体や外足場の設置・解体が不要となることは、大きく工期短縮に貢献することができた。また、桁の変形が大きい送り出し架設においても、型枠の接合作業を送り出し後に行なうことで対応することができた。

最後に本型枠の採用にあたりご指導ご尽力いただきました関係者の方々に深く感謝申し上げます。

2014.3.12 受付



写真-6 完成

# 大規模トラス構造物の施工およびスライド工事 —エコパークかごしま—

Construction and Slide Construction of Large-scale Truss Structure - Eco Park Kagoshima -



平山 信二<sup>\*1</sup>  
Shinji HIRAYAMA



杉本 恭男<sup>\*2</sup>  
Yasuo SUGIMOTO



福田 豊<sup>\*3</sup>  
Yutaka FUKUDA

## 要 旨

本工事は、鹿児島県薩摩川内市に建設する産業廃棄物管理型処分場の覆蓋施設の鉄骨工事で、高い技術を要し、最大規模かつ初めての工事ある。大規模構造物でありながら比較的短い工期が条件で、コストダウンを考慮した計画及び施工を行った。

キーワード：トラス斜吊りケーブル、屋根スライド

## 1. はじめに

エコパークかごしま（仮称）整備工事は、産業廃棄物管理型最終処分場を建設する工事である。本工事は、覆蓋施設（本体）、管理棟、計量棟、防災調整池を主要な施設として構成している。その内、弊社が施工を行った覆蓋施設屋根鉄骨工事について報告する。

## 2. 工事概要

工事名：エコパークかごしま（仮称）整備工事  
発注者：公益財団法人 鹿児島県環境整備公社  
設計監理：大成・植村・田島・クボタ特定建設工事  
共同企業体  
元請：大成・植村・田島・クボタ特定建設工事  
共同企業体  
用途：産業廃棄物管理型最終処分場  
全体構造：鉄骨造（キールトラス支柱は、CFT造）  
工事場所：鹿児島県薩摩川内市川永野地区  
工事期間：全体工期 2011年7月～2014年9月末  
鉄骨工事 2013年7月～2014年7月末  
製作：  
鉄骨 新日鉄住金エンジニアリング（株）  
シェーブアップブレース（株）宮里鐵工建設  
ケーブル 神鋼鋼線工業（株）

## 施工数量：

鉄骨重量 3,766t

延べ面積 43860.47m<sup>2</sup>

## 主要部材

部材名	符号	デプス	全長
キールトラス	TG1	3.5m	× 326.6m
	TG2	3.5m	× 287.8m
サブキールトラス	TG3	3.5m	× 162.8m
構造用ケーブル	PS1	PWC151×	8本
	PS2	PWC139×	8本

工法：屋根鉄骨全般 クレーン・ベント工法  
B工区屋根 スライド工法

## 3. 覆蓋鉄骨の構造

### (1) 構造概要

本工事の主要構造は、2本のキールトラスと1本のサブキールトラスが平行に配置され、これらのトラスを支えるマストが各2本と1本の合計5本ある。また、キールトラスのマスト頂部からキールトラスの中間点を結ぶ形でケーブルの斜吊り構造になっている。それぞれのトラス間を結ぶ小トラスが7.85mピッチに配置されている。建物外周部は、小トラスを受ける形で柱と大梁及び鉛直斜材で構成される（図-1）。

\*1 建設事業本部 関西事業部 工事・計画部工事・工務グループ 現場所長

\*3 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ サブリーダー

\*2 建設事業本部 関西事業部 工事・計画部工事・工務グループ 現場主任

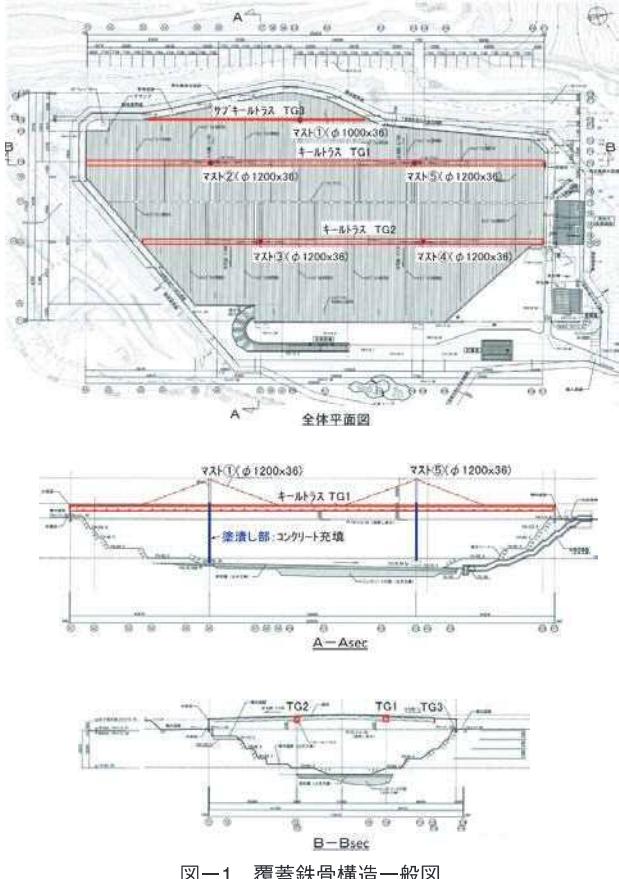


図-1 覆蓋鉄骨構造一般図

## (2) 施工ステップ解析

覆蓋鉄骨は、完成する前の施工段階において非常に不安定な状態となることが予想され、設計者に施工ステップごとの構造解析を行っていただき、施工計画に反映させた。具体的には、仮受ベントの適正設置やキールトラスとマストに仮支線張り、鉄骨補強や変形を防止する対策を行った（図-2）。

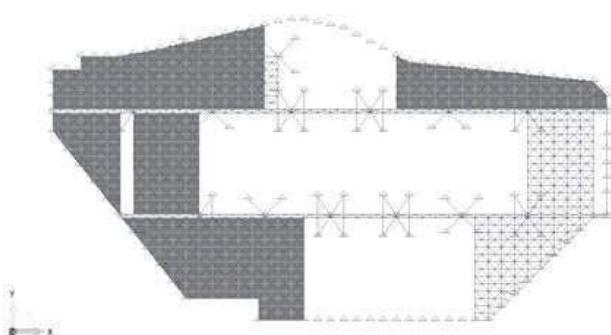


図-2 解析モデル スライドブロック1完了

## 4. 計画と施工

### (1) 施工順序

施工順序は、骨格を成すキールトラスとマストを先行して施工したが、キールトラスとマストの所定位置に仮支線を張り、転倒防止を行いながら施工した。その後、外周鉄骨と建物四隅の屋根を優先して建方し、建物の強度と変形の抑制を確保した。中央スパン屋根開口を利用し、ラフィングタワー仕様の350t吊りクローラークレーンにてマストを20m延伸し、ケーブルの仮取付けを行った。平行作業で外周部屋根面の残りを引き続き行った（写真-1～4）。



写真-1 STEP-1



写真-2 STEP-2



写真-3 STEP-3



写真-4 STEP-4

### (2) マスト及びキールトラス施工

マストの施工は、高さが約60mあり、屋根面までの高さが40mあり、残り20mが屋根上部に突き出した形になる為、キールトラスの取合いがあるレベルの4節までを施工し、キールトラスの架設を行った後にケーブルを取り付けてから残り20mを建方した。その後、仮支線を4方向に張り、マストの補強及び建入精度を確保した。

キールトラスの施工は、TG1で全長326mを8つの地組ブロックに分割して、B5ベントをスパン中央部に配置し、350t吊りクローラークレーンで建方した。1ブロック当たり最大のもので、全長42m重量89tであった。メンテ歩廊や設備ラック・配管も地組時に取付し、高所作業を低減した。中央スパンは、スライド工事があるため、キールトラス各施工ステップごとのスパン変位およ

び精度を3次元計測し、屋根鉄骨が閉合するまで監視した（写真-5～9）。



写真-5 マスト及びキールトラス



写真-6 マスト2節



写真-7 仮支線下部



写真-8 キールトラス地組



写真-9 キールトラス建方

### (3) ケーブルの取付及び緊張

リールに巻いて搬入したケーブルは、アンリーラーを使用し、クレーンで引出し、地上に並べ仮置きした。ケーブルの取付は、玉掛治具をセットし2台のクレーンで相吊りして取付けを行った。最初にマスト側の上部固定端の取付けを行い、その後に下部固定端にセンターホールジャッキ50tで引き込んで座金固定した（写真-10）（図-3）。



写真-10 一次緊張ジャッキ（センターホールジャッキ50t）

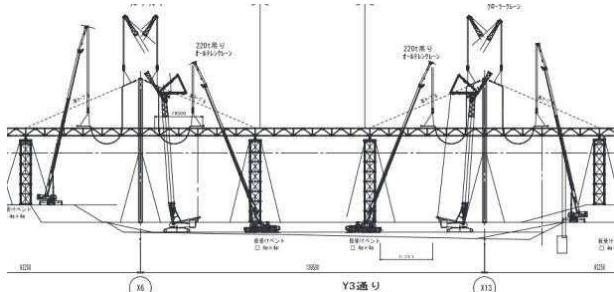


図-3 ケーブル取付要領図

2次緊張作業は、鉄骨および屋根荷重が全て積載した後、すなわち、屋根スライドブロックを施工した後に行った。緊張に用いたジャッキは、センターホールジャッキ400tで、約280tの設計張力を導入した（写真-11）。



写真-11 二次緊張ジャッキ（センターホールジャッキ400t）

#### (4) 小トラスの大ブロック化

小トラスは、面トラスを2枚合わせて小梁で結び箱組し大ブロック化し、650t吊りクローラークレーンで一括架設した。大ブロックのサイズは、長さ62.5m×幅7.75m×高さ3.75mで、地組重量が約30tである。これにより高所作業の低減を図るとともに、ベント設置を大幅に省略することが可能となった（写真-12,13）。



写真-12 小トラス箱組ブロックの地組



写真-13 小トラス箱組ブロックの建方

#### (5) 屋根スライド工法

スパン59.5mの面トラスを3分割にして地上で面組を行った。その面組トラスを正規の高さに仮設ステージ上で1本に繋いで組立てた。仮設ステージにはベント受点が組み込んであり、トラスのレベル形状を管理しながら施工を進めた。面トラス間は、小梁で結び、座屈防止材が下弦から小梁中央部に取合う構造となっていた。これを3回繰り返し5スパンのブロックとした。組立工程の途中で折板屋根を施工して完成に近い状態してからスライド作業を行った（図-4）。

スライドブロックは、総重量が約120tあり、キールト

ラス上弦上端面を走行面にしてスライド支承をセットし、センターホールジャッキ50tを2台使用しスライド作業を行った。これを6回繰り返し行い、中央部屋根を開合した。また、スライド支承は本設扱いとして設計図に反映していただき、スライド完了後に取外しせずに、そのまま存置できるようにした（写真-14～19）。

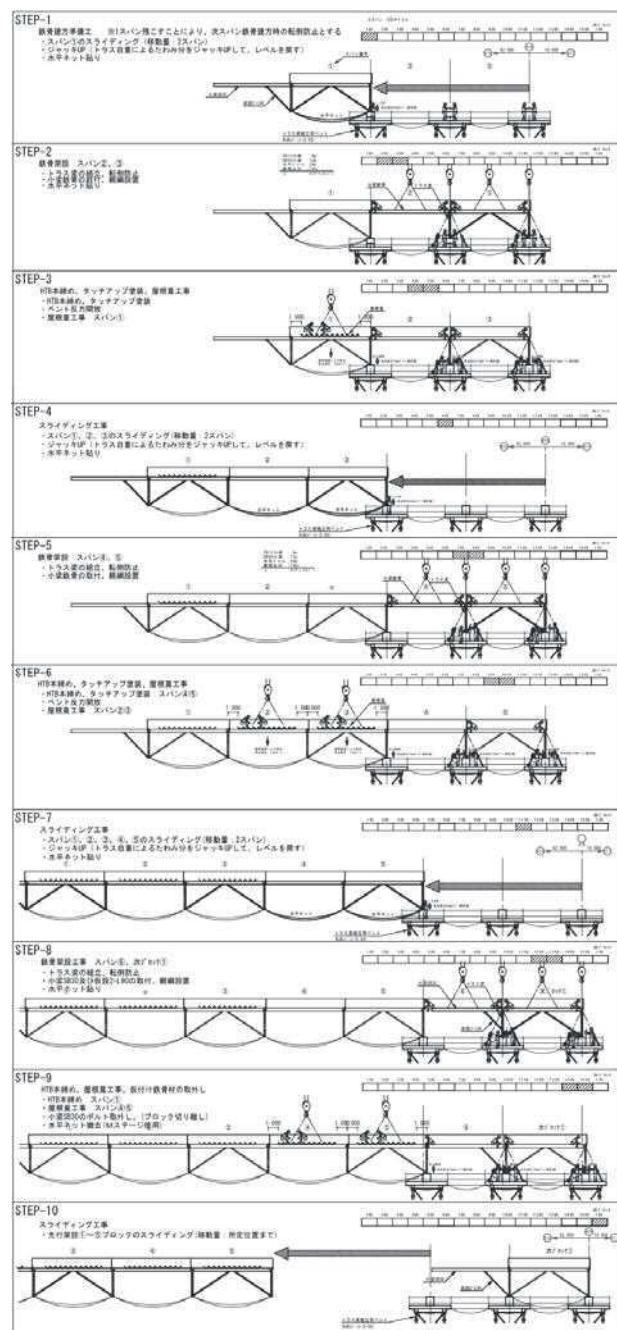


図-4 スライドブロック組立ステップ図



写真-14 仮設ステージ全景



写真-15 スライド地組ブロック



写真-16 スライドジャッキ



写真-17 支承及びガイド



写真-18 1ブロック組立完了



写真-19 1ブロックのスライド完了 (L=217m)

#### (6) キールトラスの変形とスライドブロックの隙間

2本のキールトラスを先行して建方し、その後に外周部屋根やスライド工事をしていくが、各施工段階におけるキールトラスの変位がある程度大きな値として発生し、キール間のスパンが狭くなったり、あるいは広くなったりし、スライド工事に支障がでることが懸念された。

そこで施工ステップごとの構造解析を行い、各段階のスパンがどのように変位し動いていくかを予想した。キールトラス側ガセットプレートとキール端部ジョイント取合いガセットの隙間を両端とも通常の2倍にあたる20mmに広げ製作し、スライド時の干渉を回避する対策をとった。また、スライド後のジョイント固定は各スパンの誤差があり、片側のジョイント部を現場実測した後にスライスプレートを製作し対応した（図-5、写真-20）。

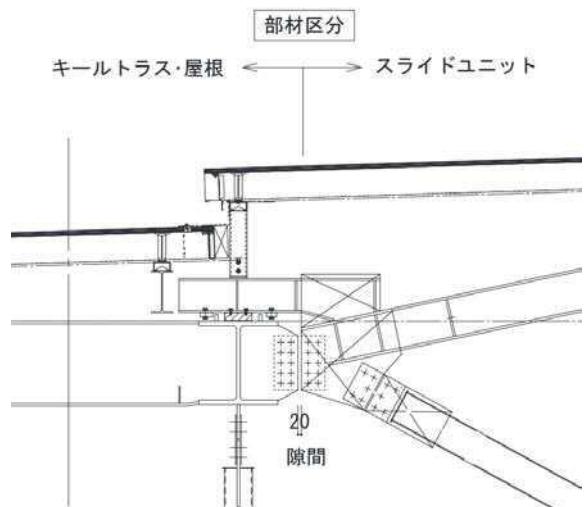


図-5 スライドジョイント部の隙間



写真-20 スライドジョイント部

## (7) 高所作業架台（Mステージ）の使用

本工事は、高所作業を低減すべく吊り足場を省略し屋根トラス面の作業を安全に施工するため、高所作業架台（Mステージ）を2台使用した。Mステージは、ステージ床寸法が2.2m×5.2m積載荷重1.2tとなっている。本工事では65t吊りラフタークレーンと50t吊りラフタークレーンに専用のアタッチメントを使用し取付けた（写真一21～22）。



写真-21 Mステージ使用状況



写真-22 Mステージの組立

## 5. あとがき

本工事は、産業廃棄物管理型最終処分場として、日本で初めての大規模屋根を架ける工事となったが、完成するまでは各部材の強度・剛性が小さく、変形が大きいため、非常に難易度の高い工事となった。計画・施工の面から、これらの課題に取り組み、無事に工事を完了させることができた。

最後に本工事の施工にあたりご指導いただきました発注者である鹿児島県環境整備公社、元請の大成・植村・田島・クボタ特定建設工事共同企業体および大成建設設計部・技術部ほか関係者皆様に厚く御礼申し上げます。



写真-23 完成時全景



写真-24 完成時内部

2014.12.23 受付

## (仮称) 妙典橋の製作・地組立・浜出し・架設

## Fabrication, Ground Assembly, Shipment and Construction of Myoden Bridge

熊倉正徳<sup>\*1</sup>  
Masanori KUMAKURA村上貴紀<sup>\*2</sup>  
Takanori MURAKAMI安田直之<sup>\*3</sup>  
Naoyuki YASUDA中垣内龍二<sup>\*4</sup>  
Ryuji NAKAGAITO

## 要 旨

(仮称) 妙典橋は、県道船橋行徳線の整備事業のうち、一級河川江戸川（江戸川放水路）を渡河する鋼6径間連続鋼床版箱桁形式の高架橋である。本工事では、架橋地点の環境条件を配慮した“台船一括架設工法”を採用し、その適用に向けた工場製作、工場地組立及び大ブロック浜出しの施工を実施した。

キーワード：地組立、架設工法

## 1. はじめに

(仮称) 妙典橋は、東京外かく環状道路の整備に関連して、一級河川江戸川（江戸川放水路）を渡河し市川市高谷地区と妙典地区を結ぶ鋼6径間連続鋼床板箱桁橋であり（図-1～3）、完成すれば市川市内の交通混雑の緩和と災害時の緊急輸送路として重要な役割を担う路線となる。

本工事は、6径間連続桁のうちP6～P7間の101.750mを

製作及び架設する工事で橋梁架橋地点にはトビハゼ等の貴重種の生息が確認されていることから干潟生態系に配慮した架設工法（台船一括架設）を採用している。

本稿ではこの工場製作、工場地組立、浜出し及び架設に関する内容について報告する。

## 2. 工事概要

## (1) 工事名 社会資本整備総合交付金工事

(仮称) 妙典橋上部工その1)

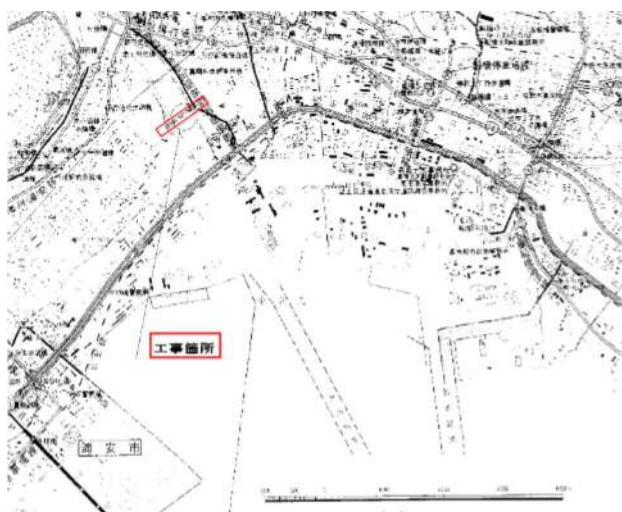


図-1 架橋位置図

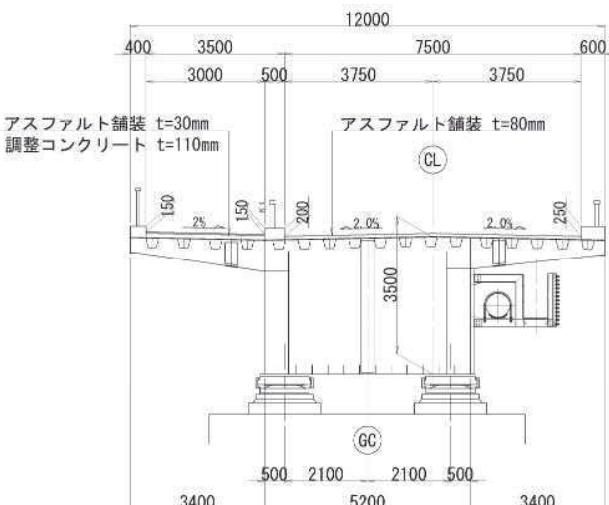


図-2 断面図

\*1 橋梁事業本部 千葉工場計画部計画グループ グループリーダー

\*2 橋梁事業本部 千葉工場技術研究所生産技術グループ グループリーダー

\*3 橋梁事業本部 千葉工場製造部製造グループ

\*4 橋梁事業本部 技術本部技術部東京計画グループ サブリーダー

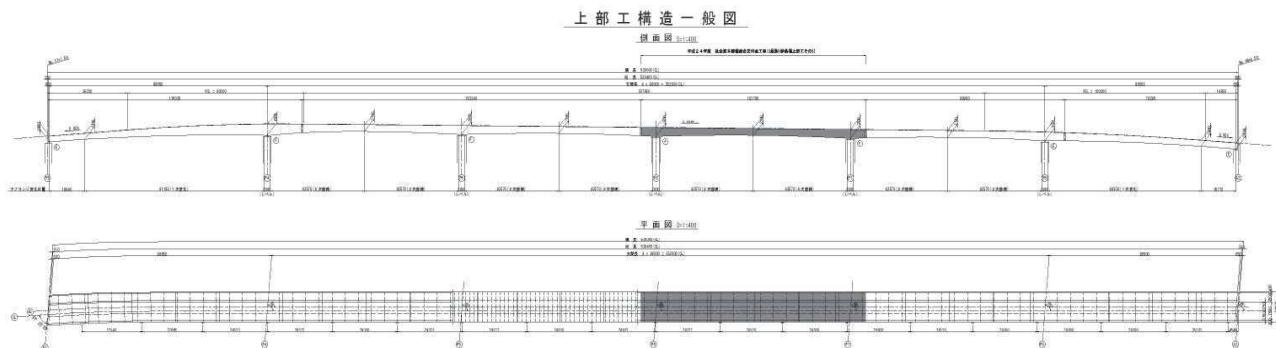


図-3 上部工一般図

- (2) 発注者 千葉県
- (3) 受注者 宮地・三菱特定建設工事共同企業体
- (4) 工事場所 千葉県市川市高谷
- (5) 工期 平成25年7月3日～平成27年1月31日
- (6) 橋長 630.000m (本工事施工長: 101.750m)
- (7) 支間割 98.650m + 4@88.000m + 86.500m
- (8) 幅員 車道: 7.500m、歩道: 3.000m
- (9) 架設工法 台船一括架設工法

### 3. 工場製作

#### (1) 工場製作

本橋の箱桁断面は左右2分割構造（コの字形）であり、箱桁断面の寸法精度を確保するために、本溶接前の箱桁の組立は左右のブロックを別々に組立ててのではなく一体組立とした（写真-1）。本組立では、地組立継手が全断面溶接であることから、地組立溶接継手のルートギャップや目違いの許容値を考慮したウェブ高、ウェブ間隔の相対誤差管理を行った。一体組立完了後は、クレーン能力の都合上、コの字の単品ブロックに分割して溶接作業を実施した。



写真-1 箱桁の一体組立状況

中間ダイヤフラムおよび横リブには、一体組立の寸法精度の向上、溶接作業から地組立までのコの字での部材形状の保持、地組立溶接継手の過大な目違いの防止のために、写真-2に示す形状保持材を設置した。なお、形状保持は一体組立で取り付け、地組立の高力ボルト締付け完了後に撤去した。



写真-2 形状保持材の設置状況

#### (2) 工場地組立

##### 1) 組立

地組立は、当社の岸壁付近にて行った。組立は300ton吊クローラークレーンにて行い、箱桁の組立を先行した後に側鋼床版の組立とした。箱桁の組立状況を写真-3、組立完了後状況を写真-4に示す。

##### 2) 地組立溶接

地組立溶接の溶接順序は、溶接収縮量の影響や溶接設備の移動などを考慮し、2ブロックずつ行った（図-4）。この2ブロックの中での溶接順序は、下記の通りとした。なお、括弧内は溶接方法を示し、全て裏当て材を用いた片面溶接である。

- ①主桁下フランジ横シーム ( $\text{CO}_2$ 半自動溶接)
- ②デッキプレート横シーム (サブマージアーク溶接)
- ③主桁ウェブ ( $\text{CO}_2$ 自動溶接+ $\text{CO}_2$ 半自動溶接)
- ④主桁下フランジ縦シーム ( $\text{CO}_2$ 半自動溶接)
- ⑤デッキプレート縦シーム (サブマージアーク溶接)
- ⑥側縦桁 ( $\text{CO}_2$ 半自動溶接)

地組立溶接による溶接収縮量は、経験値より1継手あたり2mmとし、部材長および大ブロック全長に見込んだ。

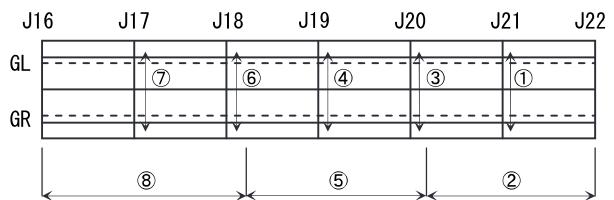
内部きず検査は超音波自動探傷試験とし、継手端部など自動探傷が適用できない箇所は手動探傷とした。自動探傷要領は過去の実証試験の結果より、自動探傷にて検出したしきい値を超えるエコーを検出した箇所を手動探傷して評価することにした。自動探傷装置は、U-Master（新日本非破壊検査株式会社）を適用し、しきい値はL/2線、許容内部きず寸法はt/6mm（t≤18mmは3mm以下）である。デッキプレートの自動探傷状況を写真-5に示す。



写真-3 箱桁の組立状況



写真-4 組立完了状況



※ ○内の数字は横シームと縦シームの溶接順序を示す。

図-4 溶接順序



写真-5 デッキプレートの超音波自動探傷試験状況

### 3) 大ブロック継手の精度管理

J16～J22大ブロックの出来形精度を向上させるため、デジタルカメラを用いた3次元計測システム（PIXXIS）にてJ16とJ22の部材断面寸法（鋼床版全幅、フランジ幅、腹板間隔、腹板高さ）を計測し、出来形規格値の50%で管理した。

## 4. 台船一括架設

### (1) 架設概要

本工事はジャッキによる吊り上げとデッキリフトによる昇降の二つの吊上設備を併用した台船による桁一括架設である（図-5、写真-6）。

江戸川河口域にある既設橋梁の桁下を台船が通過する際は台船上の設備構造高が制約されるが、現地での約6mの桁の吊り上げをすべてジャッキだけで施工すると



図-5 架設概要

ジャッキ設置位置が高くなる。そこで下から突き上げるデッキリフトを併用することによって、桁下通過時の設備高を最大限に抑えることを図った。

ただしデッキリフトは本来陸上での利用が多く、水上工事での使用実績は極端に少ない。ジャッキ伸長時における台船の動搖による水平力の影響が懸念されたため、最大ストローク2.1mのうち、使用を1.6m程度に抑えることとした。



写真-6 扱上設備

## (2) 犀装・浜出し

台船の犀装は1台30tのデッキリフトなどの重量物を扱うため、大型ジブクレーン設備を有する弊社千葉工場の岸壁で行った。ジブクレーンは旋回速度が極端に遅いため、その他の部材の荷捌きには台船上に載せた25t級のラフタークレーンを使用した。

浜出しには1800t吊の旋回式の起重機船を用いた。重心計算はダイヤフラムから補剛材にいたるまで細部まで考慮したこと、地切時における吊り点と重心のズレに



写真-7 浜出し作業

(仮称)妙典橋の製作・地組立・浜出し・架設

よる大ブロック地組立て桁の荷振れを少しも生じず、塗装面を傷つけることなく吊り上げることができた(写真-7)。

台船上では桁の受点を4点と最小にしたことで、多点受け時に苦労する荷重の不均等管理を最大限減らす事ができた(写真-8)。



写真-8 台船上受点

## (3) 台船輸送

輸送台船が下を通過する既設橋のうち、特に首都高速は現在、外郭環状道路の整備における改築工事をおこなっており、当初計画時の桁下より80cm以上も低い位置に吊足場が設置されており本工事にとっては非常に厳しい施工環境であった。

既設橋や吊足場との接触事故を回避するため、桁下通過時はできるだけ水深ぎりぎりで台船を通過させるほうがよいが、上空の遊間を優先しすぎると、水深の浅い個所で台船や曳舟が座礁する危険が高まる。本工事の台船輸送および架設時の工事船舶の安全を確保できる船底と川底の必要最低クリアランスの計画値は50cmとした(図-6)。

江戸川河口から現地までの深浅測量と桁下の高さを測量した結果、計画クリアランスを50cm以上確保可能となる台船上の仮設備の構造高さを決定した。その際に既

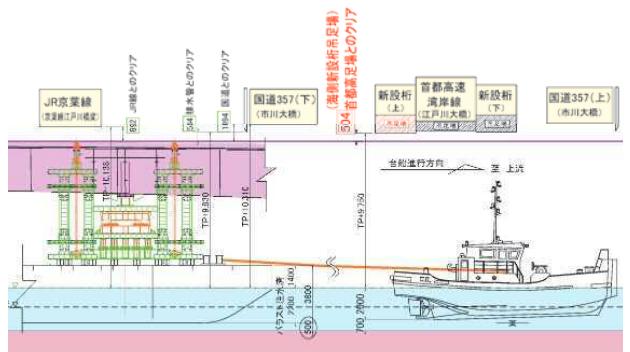


図-6 高さ計画図

存の架設機材の組み合わせによる構造高では通過時のクリアランスを確保できないため、構造高を抑えた仮設備材を本工事の為に製作する必要が生じた（写真-9）。

また架設材の高さをぎりぎりに抑えた結果、梁せいの小さくなつた梁材のたわみ量が大きくなり、その上に配置されるデッキリフトの鉛直度に悪影響を与えると考えられた。そのための対策としてフランジにカバーPLを製作、取付けることでたわみ量を抑制した（写真-10）。

その他、通過時の安全対策として国道の橋脚に有効範囲65mとなるレーザーバリアーの設置や直前に橋脚上か



写真-9  
あごかけ設備

らテープ（巻尺）を垂らして潮位計測をおこない桁下通過時のクリアランスを確認した。さらにフェールセーフとして設置した水準測量機をもちいた直接目視による確認も非常に有効な手段となり、桁下をほぼ計画通り通過することができた（写真-11）。



写真-10 カバーPL



写真-11 桁下通過状況

#### (4) 現地一括架設

デッキリフトで昇降する桁と架設材の重量は約680tであり、吊り上げジャッキの吊り上げ重量はデッキリフトなどの仮設備も含めて約940tとなった。

使用したデッキリフトの昇降能力は1台200tであり、前後左右に計4台を配置した。左右の2台ずつを異荷重管理（ストロークを優先）し、前後はお互いのモニターに表示されるストローク量をオペレーター同志で確認しながら慎重に操作を行った。

また吊り上げ式のジャッキは左右に配置された吊桁1本に使用される2台を同圧管理とし、前後左右合わせて計8台を配置して吊り上げをおこなつた（写真-12）。

その他、ジャッキ吊上げ時に吊りロッドに偏芯荷重が作用しないように柱にはH鋼を添わして吊上げ時のガイド設備とした（写真-13）。

架設当日は天候にも恵まれて、波、風の影響をほとんど受けずに施工することができ、トラブルもなく事前に計画したとおり橋脚上に桁を設置することができた（写真-14～16）。



写真-12 桁吊上状況



写真-13 ガイド設備



写真-14 桁吊り上げ完了



写真-16 桁据付け完了



写真-15 台船シフト完了

## 5. おわりに

本工事は、平成25年7月より着手し、無事に平成26年11月に架設を完了することができました。妙典橋の最初の上部工事に係れたこと、また数限られる架設工法に係れたことに感謝を申し上げます。引き続き、妙典橋全体の事業は平成27年度末まで続きますが、安全施工で完成することを期待したいと思います。

最後に、本工事の施工にあたりご指導頂きました発注者の千葉県葛南土木事務所ならびに協力頂いた工事関係者の皆様に深く感謝し、誌面をお借りしてお礼を申し上げます。

2014.2.18 受付

## グラビア写真説明

### 天神避溢橋

天神避溢橋は、一般国道23号中勢BP（33.8km）の津（久居工区）に位置しています。付近には、梨園が点在し地元の名産となっています。橋梁は、3径間連続非合成鋼桁の上下線で当社は、上り線を施工しました。鋼材は、耐候性鋼材を使用しております。製作に関しては、仮組省略を実施して当社のPIXXIS（デジタルカメラ三次元計測システム）にて計測しました。

架設の見学会も地元の小学生、親子を招待し、当日は、雨の天気模様でしたが架設の開始時期には晴天となり、大型クレーンによる見学は、もちろんのこと、測量機器による体験、ボルト締め付け機械による体験をして頂き好評を得ました。

（関根 弘之）

## 報 告

# 東京タワー耐震改修工事報告 Report on Seismic Renovation of Tokyo Tower



斎藤 直政<sup>\*1</sup>  
Naomasa SAITO



大矢 亮<sup>\*2</sup>  
Makoto OYA



貝瀬 正紀<sup>\*3</sup>  
Masaki KAISE



富谷 淳司<sup>\*4</sup>  
Atsushi TOMIYA



佐藤 雄一<sup>\*5</sup>  
Yuichi SATO

## 要 旨

東京タワーは1958年（昭和33年）12月に完成され、高さ333mを誇る世界でも有数の超高層タワーである。戦後日本の復興の象徴として、また高度経済成長の原点として広く親しまれている。2013年5月12日の地上波アナログ放送電波停止により、塔頂部の補強工事に着手することが可能になった。本稿は東京タワー耐震改修工事のうちで塔頂部耐震改修工事における、既存スーパーターン支柱の更新工事と既存スーパーゲイン塔の補強工事を報告するものである。

キーワード：ST支柱の更新、SG塔の補強・補修、制震ダンパーの更新

## 1. はじめに

東京タワーは1958年（昭和33年）12月に完成され、高さ333mを誇る世界でも有数の超高層タワーである。戦後日本の復興の象徴として、また高度経済成長の原点として広く親しまれている。2013年にはその文化的な価値を認められ、国の登録有形文化財に登録された。また電波塔としての機能は、2013年5月31日にNHK及び民放5局の送信電波が東京タワーから東京スカイツリーへと完全に移行され、現在では災害時にスカイツリーからの電波供給が途絶えた際の予備電波塔としての役割を担っている。

今回東京タワーは、塔頂部の地上波アナログ放送電波停止により、以前より検討されていた塔頂部の補強工事に着手することが可能になった。

本稿は主に東京タワー耐震改修工事の中の塔頂部耐震改修工事における、既存スーパーターン支柱（以後ST支柱）の更新工事と既存スーパーゲイン塔（以後SG塔）の補強工事を報告するものである。

## 2. 工事概要

工事名：東京タワー耐震改修工事

場 所：東京都港区芝公園4-2-8

工 期：2012年1月6日～2014年10月31日

発注者：日本電波塔株式会社

元請者：株式会社 竹中工務店

設計・監理者：株式会社 日建設計

建築用途：電波塔、展示場、事務所、店舗

最高部高さ：333m

工事数量：新設ST支柱 15.2t

SG補強フレーム 89.9t

合 計 105.1t



写真-1 東京タワー全景

\*1 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場副所長

\*3 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ サブリーダー

\*4 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ サブリーダー

\*5 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ 副主任

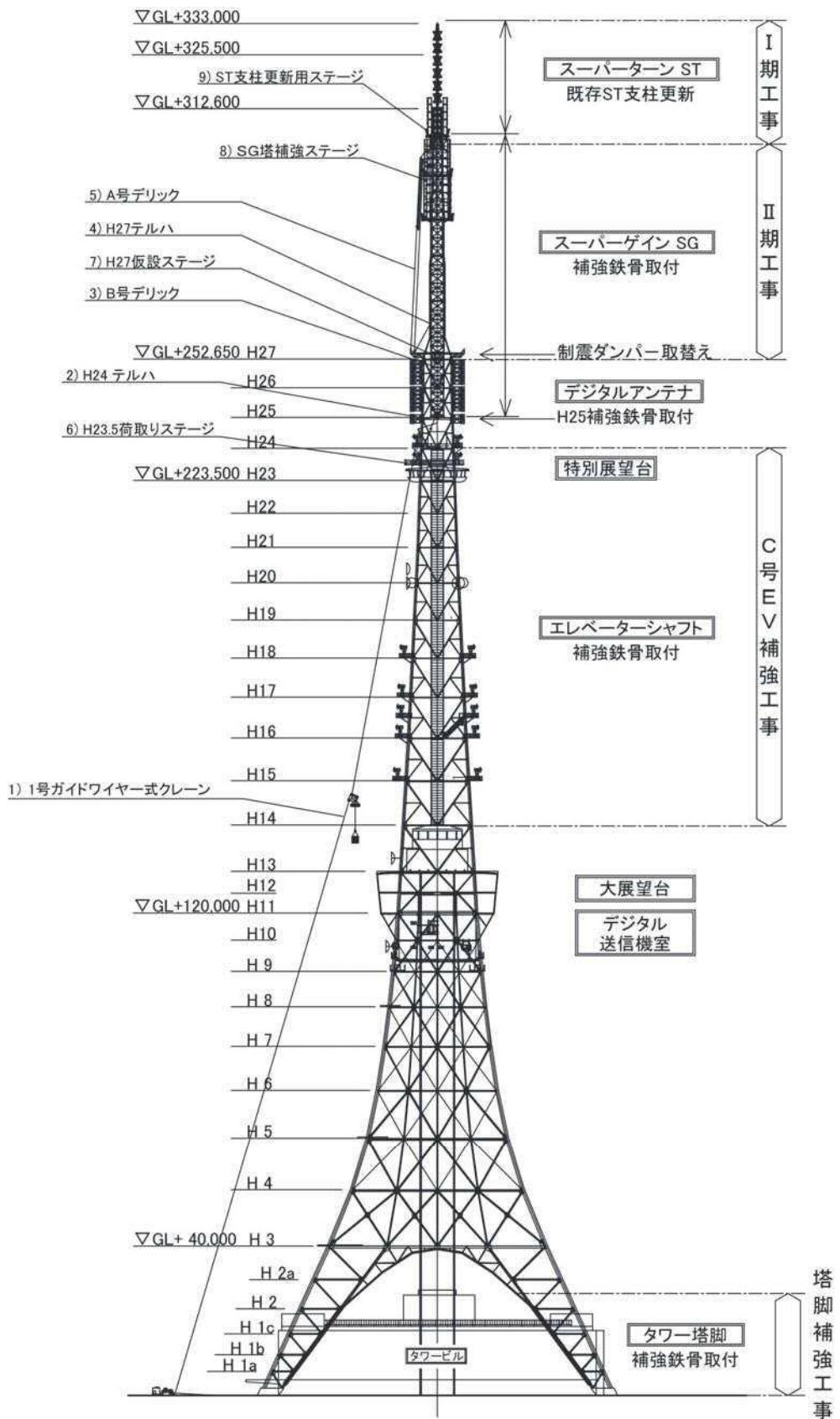


図-1 東京タワー全体図

### (1) 既存ST支柱更新工事

平成23年3月11日の地震により塔頂部の既存ST支柱が変形した。(写真-2) 地震時の解析によるとタワー頂部では鞭振り現象が起こり、ST支柱に対し非常に大きな水平力が生じたことがわかった。

本工事では既存ST支柱の解体と新設ST支柱の取付けを行った。

既存ST支柱の断面が $165\sim435\phi$ の鋼管だったのに対し、新設ST支柱は $\square-450$ のBOX断面の角柱に更新することで耐震性能を向上させた。また、重量については既存の物が約7tであったのに対し新設が14tに増加した(写真-3)。



写真-2 ST支柱（更新前）



写真-3 ST支柱（更新後）

### (2) SG塔補強工事

塔頂部の電波停止に伴いSG塔を覆っていたアンテナがすべて撤去され、既存SG塔の鉄骨の状態を確認することができるようになった。

そこで今回の補強工事では、既存SG塔への補強鉄骨の取付けと腐食部補修を行った。

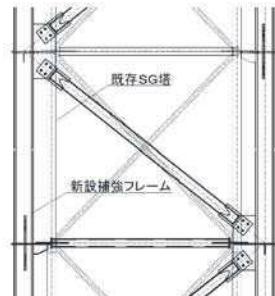
補強鉄骨は、既存SG塔の外周にフレーム状の鉄骨を被せる形状になっており(図-2)、既存SG塔と数箇所接続している。また下端部は後述する新設の制震ダンパー(鉛直ダンパー)と接続している。

既存SGの腐食部補修作業は、まず既存SG塔の古い塗膜をすべて除去し、塗膜内部の鉄骨の状態を全箇所確認し、各箇所の腐食の度合いに応じて溶接で補修盛りを行った。

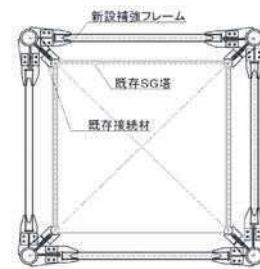
### (3) H27制震ダンパー更新工事

今回の耐震工事により塔頂部の重量が大幅に増加し、既存の制震ダンパー及び塔体とSG塔とを固定しているロック機構の更新が必要になった。

新設制震ダンパーは塔体側とSG塔を繋ぐように配置されており、SG柱1本に対し水平ダンパー2基、鉛直ダンパー1基と中立シリンダーにより構成されている。平常時は、中立シリンダーによって塔体とSG塔が固定され、風や小規模の地震等による水平力は各ダンパーを介さずにそのまま塔体側へ伝えられる。しかし、大型の地震時や台風などの強風により一定以上の水平力が中立シリンダーに加わると、中立シリンダー内のロック機構が解除され、SG塔の挙動が各ダンパーへと伝わり運動エネルギーを吸収するように作用する。



立面図



平面図

図-2 補強フレーム概要図



写真-4 H27制震ダンパー（更新前）



写真-5 H27制震ダンパー（更新後）

### 3. 揚重設備及び仮設設備

今回の工事にて設置、使用した揚重設備及び仮設設備を次に示す（他工事との共用分を含む）。（図-1参照）

#### (1) 揚重設備

- 1) H23.5ガイドワイヤー式クレーン  
定格荷重：1.2t 揚程：222.8m
- 2) H24テルハ  
定格荷重：1.5t 揚程：9.0m
- 3) B号デリック  
定格荷重：0.8t 揚程：40.0m
- 4) H27テルハ  
定格荷重：1.5t 揚程：6.0m
- 5) A号デリック  
定格荷重：1.2t 揚程：57.3m

塔頂部までの資機材の運搬経路はH24～H27間のデジタルアンテナの発信する電波に影響を及ぼす懸念があり、アンテナよりも内側を通過する必要があった。資材揚重は塔体鉄骨内側の非常に狭い箇所を通過する為（写真-6）、新設ST支柱材や中立シリンダーの形状と重量は揚重開口の大きさと揚重設備の能力に合わせて設計された。

#### (2) 作業足場

- 1) H23.5似荷取りステージ
- 2) H27仮設ステージ
- 3) ST支柱更新用ステージ
- 4) SG塔補強用ステージ

各作業ステージについて、着工時の2012年1月から2013年5月12日までの間は東京タワーからデジタル放送の電波が送信されており、電波干渉の関係上鋼製の足場材を使用することができなかった。そのため本工事では杉板とFRPパイプ等、電気絶縁性のある足場材で計画した。

またSG塔補強用仮設ステージについては組立て時期がSG塔アンテナ撤去後の為、足場の材質については特に制限がなかった。そこで従来の単管足場ではなくジョイント部分にクランプを使用しないクサビ緊結式足場材を採用した。これは地上から250m以上の超高所作業という施工条件から、飛来落下による災害が重大事故につ

ながると予想されたため、クランプ等の小物の使用を最小限に抑えることで落下のリスクを減らすことを目的として計画した。



写真-6 B号デリック揚重開口  
(新設ST支柱揚重時)



写真-7 塔頂部ステージ外観

## 4. 施工要領

### (1) ST支柱の更新

#### ①既存ST支柱の解体撤去

ST支柱はSG塔の頂部（G-4レベル）から6m下がったG0レベルの水平材でSG塔と結合している。解体方法はST支柱の底部からダルマ落としの要領で支柱を細かく切り出し、解体材をSG塔側面の既存ブレースを取り外した仮設開口からSG塔の外へ取り出して、地上まで運搬した。解体材の部材長さはこの仮設開口から取り出せる大きさとして1m～2.5mの13分割のユニットに決められた。

解体開始時点ではST支柱の重心位置はSG塔頂部よりも上にあるため、SG塔に飲み込まれている部分のG-4～G-1の水平材に水平拘束設備（写真-8）を設置して油圧ジャッキによりST支柱の転倒を拘束した。

ST支柱の吊降ろしは、SG塔頂部に仮設構造体を設置し、そこに4台の7.5t吊り手動チェーンブロックを吊り下げる行った。荷重の偏りを防止するために、荷重検出器を用いて各チェーンブロックにかかる張力を常時計測し（写真-9）降下量を管理しながら吊降ろし作業を行った。

#### ②新設ST支柱の取付け

新設ST支柱の取付けは、既存ST支柱撤去時の逆手順で行われた。解体材に比べて新設材は断面も大きく重量もあるため、吊上げ時の荷重管理と水平拘束の操作を慎重に行った。

また新設ST支柱の組立てに関しては監理者側から精度管理を厳しく求められ、協議の上、全接合部について精度確認の結果を監理者に確認していただき、承認の後に溶接作業に着手する体制で施工した。取付け作業は以下のサイクルで進められた。

- 1) 夜間作業 : 新設材の取付け・調整
- 2) 早朝作業 : 精度確認、結果を監理者へ送付
- 3) 昼間作業開始前：監理者の承認
- 4) 昼間作業 : 溶接

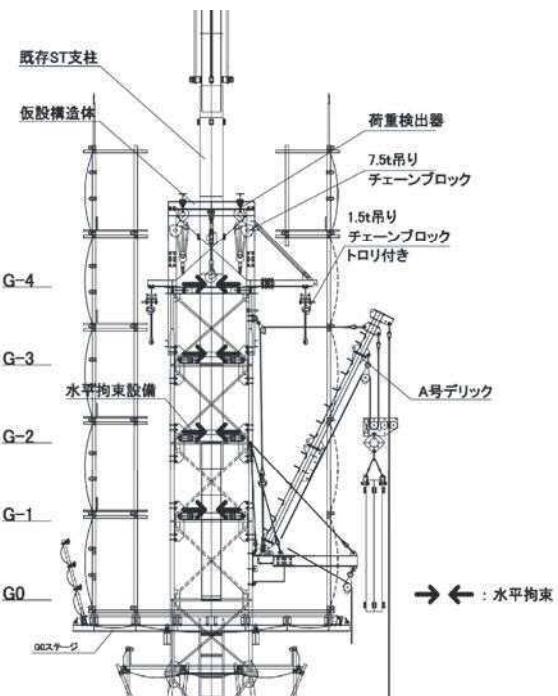


図-3 ST支柱撤去設備概要図



写真-8 水平拘束設備



写真-9 荷重表示状況（単位:t）

## (2) SG塔の補強・補修

### ①新設SG補強フレームの取付け

既存SG塔頂部から下へ向けて取付けが進められた。取付け作業のサイクルについては前述のST支柱と同様で、夜間に鉄骨の組立てを行い昼間に溶接を行った(写真-10)。

### ②既存SG塔鉄骨腐食部補修

既存SG塔の塗膜除去後に鉄骨の状態の確認を行うと、無垢の鋼材に対して写真-11にあるような虫食い状の腐食が多数存在することがわかった。表面の錆やすす状の付着物を除去し健全な鋼材の表面まで清掃を行うと、腐食の激しいもので深さ12mmに及んでいた。各腐食部に対して付着物の除去を行い、腐食の激しいものについては溶接により補修盛りを行いグラインダーにて表面を一様に仕上げた。



写真-10 SG塔補強フレーム

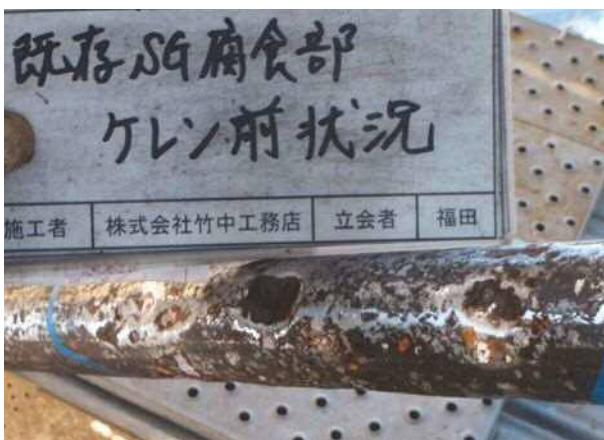


写真-11 既存鉄骨腐食状況

## (3) H27制震ダンパーの更新

制震ダンパーの更新手順は以下のとおりである。

- 1) 既存ダンパーの撤去
- 2) 塔体・SG側の既存ダンパー取合い部分を切断・撤去
- 3) 新設ダンパー取合い部分の取付け・溶接
- 4) 新設ダンパー及び中立シリンダーの設置

既存ダンパーの撤去作業中はH27レベルでのSG塔と塔体の接続がなくなるため、仮固定金物により固定した。ただし仮固定した状態ではダンパーによる水平力の低減ができなくなり、耐震性能上問題があるため更新作業は2箇所ずつ、最低でも2箇所の水平ダンパーがある状態を維持しながら作業を進めた。

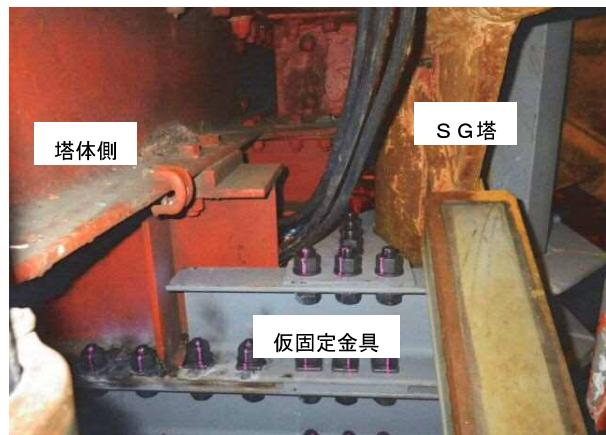


写真-12 H27仮固定状況



写真-13 既存制震ダンパー撤去状況

## 5. ブリストルブラスターによる現場摩擦面処理

H27制震ダンパー取付けに伴い、制震ダンパーと塔体側が取合うガセットは、めっき高力ボルトによる摩擦接合とされている。ガセット取付け箇所の既存鉄骨表面には溶融亜鉛めっき処理が施されており摩擦面処理を工事現場で施工する必要があった。この摩擦面処理にはブリストルブラスターを用いることを検討し、十分な摩擦面を得られるか高力ボルトすべり係数試験を実施して検証を行った。

### (1) 工具概要

使用工具の概要を下表にまとめる。

表一1 可搬式電動工具仕様

工具名	ブリストルブラスター
型式	MRX-2700X
電源	500W
定格消費電力	AC100V
無負荷回転数	3200rpm
本体重量	1.9kg

### (2) 試験内容

試験体は、既存鉄骨側を溶融亜鉛めっきしブリストルブラスターにより現場で処理（写真-14）したもの、補強部材側を無機ジンクリッヂペイント塗装したものを想定して実施した。摩擦面の粗さは、 $50\text{ }\mu\text{m Rz}$ とし、試験体表面の測定点にて表面粗さ計で計測した。（図-4）摩擦面処理の結果、試験体の表面粗さは計測点の各点でばらつきがあるが、 $50\text{ }\mu\text{m Rz}$ 以上の値が得られた（表-2）。



写真-14 ブリストルブラスターによる摩擦面処理状況

日本建築学会推奨の試験方法にてすべり試験を実施した。試験の結果、3試験体ともに0.40以上の滑り係数が得られていることを確認でき、監理者と協議の上で本工事においてブリストルブラスターを使用した溶融亜鉛めっき面の摩擦面処理が認められた。

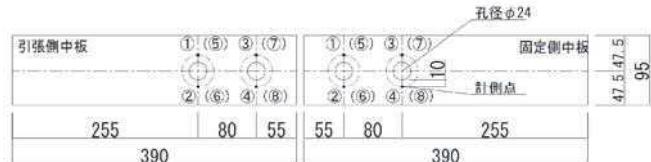


図-4 試験体表面粗さ計測点

表-2 表面粗さ測定表（試験体2）

目標粗さ： $50\text{ }~\mu\text{m Rz}$

製品マーク	①	②	③	④	平均値
引張側中板(表)	85.2	72.3	61.0	57.6	69.0
引張側中板(裏)	64.8	66.2	58.0	70.4	64.9
固定側中板(表)	83.1	72.3	55.7	83.8	68.7
固定側中板(裏)	71.2	67.4	60.8	74.0	68.4

（単位： $\mu\text{m Rz}$ ）



写真-15 摩擦面処理現場施工状況

## 6.あとがき

今回の塔頂部耐震補強工事は東京タワー頂部の超高層に施工箇所が集中し、揚重条件の制限や物の落下リスクの大きさ等の厳しい条件での作業となりました。その中で本工事を工程が遅れることなく無事に完工できたことに対し、ご指導・ご協力いただいた発注者の日本電波塔（株）、設計監理の（株）日建設計、元請施工者である（株）竹中工務店の皆様に厚く御礼申し上げます。

2014.12.15 受付

# 山口線第6阿武川橋りょう災害復旧工事

## Disaster Relief Construction of Abugawa No.6 Bridge along Yamaguchi Line



野澤 荣二<sup>\*1</sup>  
Eiji NOZAWA



恵濃宗久<sup>\*2</sup>  
Munchisa ENO



矢ヶ部 彰<sup>\*3</sup>  
Akira YAKABE

### 要旨

2013年7月28日、山口県・島根県における局地的な集中豪雨により、山口県北部を流れる阿武川の流量・水位が上昇して山口線地福駅～徳佐駅間に架かる第4阿武川橋りょう・第5阿武川橋りょう・第6阿武川橋りょうの3橋が流出した。山口線は、地域の生活交通・観光産業を支える路線として早期の復旧が望まれた。本稿は、流出した3橋の内、当社が設計・製作・架設に携わった第6阿武川橋りょう災害復旧工事の取り組みについて報告する。

キーワード：集中豪雨、災害復旧工事、運転再開

### 1. はじめに

山口線は、山陽本線・山陽新幹線の拠点である新山口駅から山口市の中心部を通り中国山地西部を抜け、島根県西端までの地域を南西から北東に向かう陰陽連絡路線であり、地域の生活交通手段、「SLやまぐち号」の運行

をはじめ観光産業を支える重要な路線となっていたが、2013年7月28日の集中豪雨により、第6阿武川橋りょうを含む3橋が流出し、河川内の橋脚も倒壊するなど甚大な被害を受けた（図-1、写真-1）。

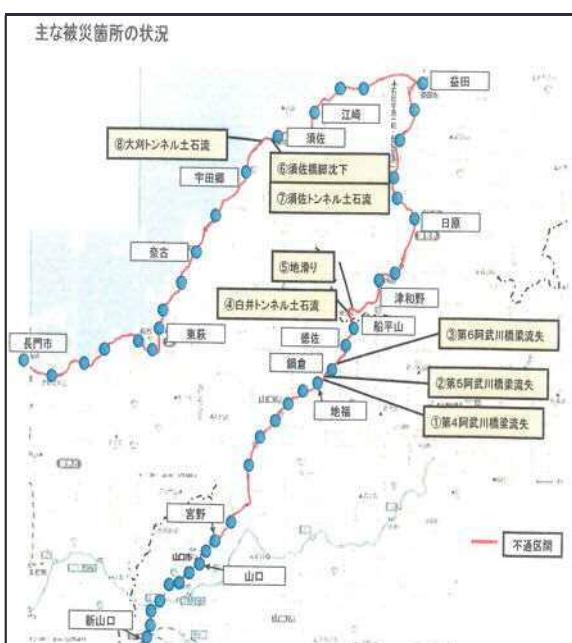


図-1 主な被災箇所の状況



写真-1 第6阿武川橋りょう流出状況

流出した第6阿武川橋りょうの構造形式は、橋長60m、単純上路プレートガーダー：5連であったが、復旧新設する橋りょうの構造形式は、山口県の河川改修計画と併せて橋長87.3m、単純下路プレートガーダー：2連として設計方針が決定された。

本稿では、山口線の早期復旧が望まれる中で、当社が設計・製作・架設に携わった第6阿武川橋りょう災害復旧工事の取り組みについて報告する。

\*1 建設事業本部 関西事業部工事・計画部計画グループ グループリーダー

\*2 建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場所長

\*3 橋梁事業本部 技術本部技術部 部長代理

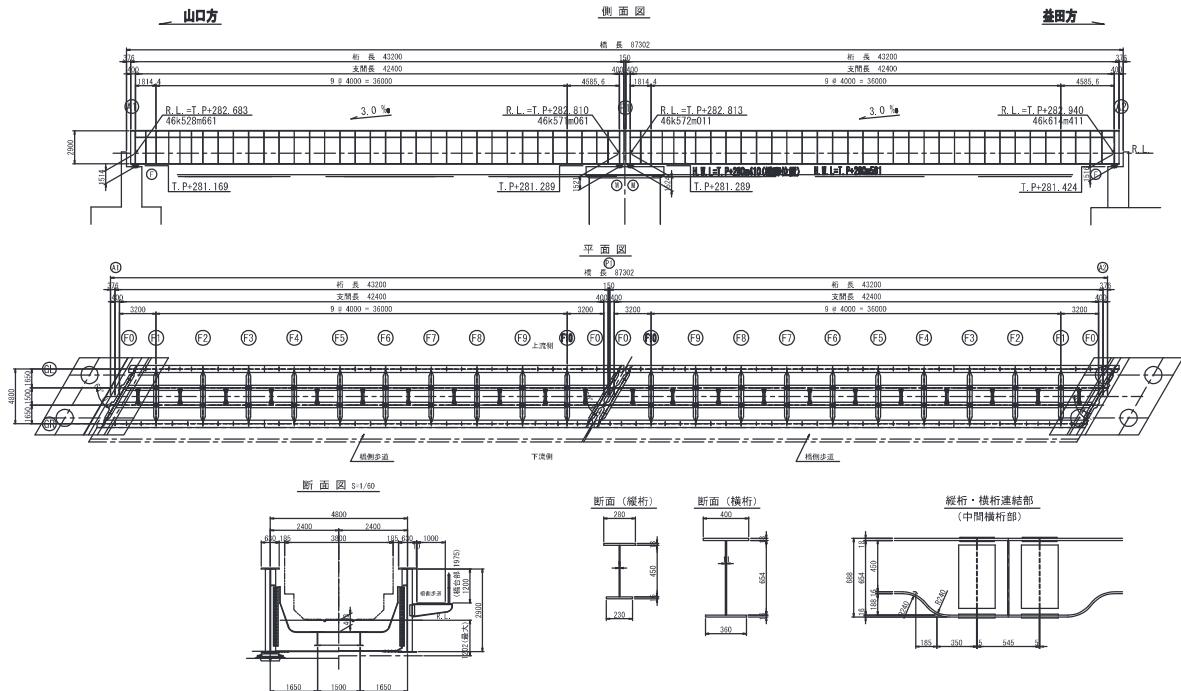


図-2 第6阿武川橋りょう 構造一般図

## 2. 工事概要

- (1) 工事名：山口線第6阿武川B災害復旧
- (2) 元請者：鉄建建設株式会社 大阪支店
- (3) 発注者：西日本旅客鉄道株式会社 広島支社  
新山口復旧工事区
- (4) 工事場所：山口県山口市阿東徳佐地先
- (5) 工期：平成25年11月20日～平成26年10月30日
- (6) 構造形式：単純下路プレートガーダー
- (7) 橋長：87.3m
- (8) 支間長：42.4m+42.4m
- (9) 架設工法：河川内杭ベント+クレーン架設

## 3. 架設工法の選定

鉄建建設株式会社より、第6阿武川橋りょうの早期復旧に向けた技術協力の依頼を受け、2013年9月25日に現地調査を行い、直ちに架設工法の立案・比較検討に取りかかった。同時に桁製作工程の検討を行い、2014年1月初旬に設計成果品受領の条件のもと、2014年7月4日に現地搬入として、架設工法比較工程に反映した。桁の搬入予定より、架設時期は出水期となることから、架設工法は「送り出し架設」が考えられたが、下記の事由により「河川内杭ベント+クレーン架設」を選定して協議を進めることとした。

## 選定理由

- ①桁架設は、右岸・左岸からの同時施工とすることで工程短縮を行うことができる。
- ②山口線脇の民地を施工ヤードとしてクレーン架設とすることで、橋梁前後の盛土区間の軌道整備工事に影響がでない。
- ③非出水期での下部工施工時に河川内ベントの支持杭を施工しておくことができる。

## 4. 実施計画までの経緯

10月4日に鉄建建設(株)大阪支店において架設工法比較検討会を開催、7日にJR西日本山口土木技術センターで第4,5,6阿武川橋りょう架設工法検討会を行い、第6阿武川橋りょうの架設工法は、「河川内杭ベント+クレーン架設」で架設方針を決定した。10月10日に架設計画資料をもとに、JRとの現地合同調査を実施した(写真-2)。



写真-2 現地合同調査

関係者全員が現況を認識したうえで、施工に伴う河川占用・用地借地・支障物移設等の協議を早急に進めていくこととした。各関係担当者の尽力と地元のご理解により協議は順調に進められ、「河川内杭ベント+クレーン架設」を実施計画として詳細架設計画を行った（図-3）。

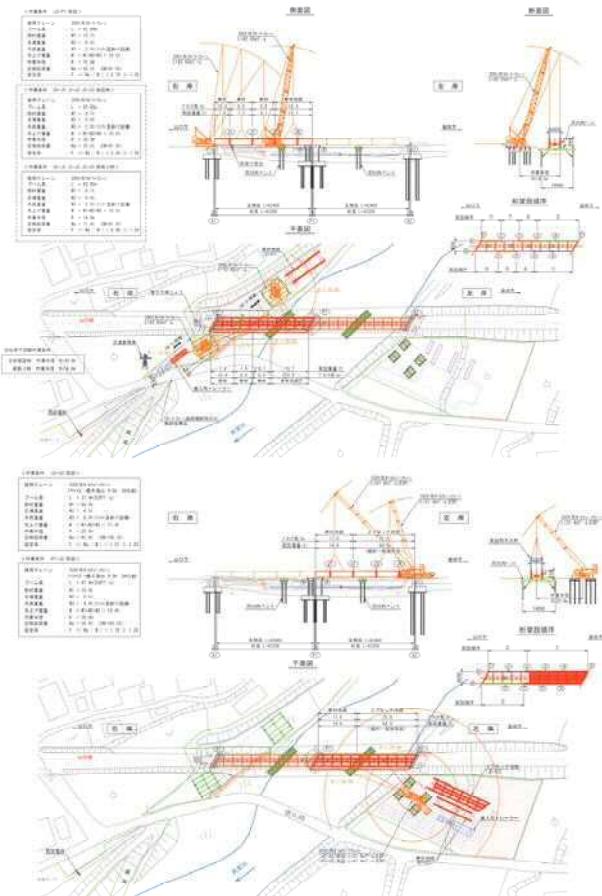


図-3 架設計画図（上図：右岸側、下図：左岸側）

## 5. 設計・製作

次に、本橋の早期復旧にあたっての、設計・製作の取り組みについて報告する。

### （1）設計照査および設計疑義解明

施工者が設計図書の照査を行い、発注者殿との疑義解明を経て、製作に着手するのが一般的な手続きである。

一方、本橋では、早期に工場製作に着手するために、発注者殿が実施する詳細設計作業と並行して、施工者が設計図書の照査を行い、疑義解明の結果を詳細設計に反映した。

これにより、主桁等の主要材料の発注を設計照査に着手してから約1ヶ月で、その他の材料の発注を照査着手から約2ヶ月で終えることが可能となり、詳細設計完了から約1ヶ月で工場製作に着手することができた。

- ・第1回材料手配：主桁・横桁・支材・横構・枕木受け
- ・第2回材料手配：ガセット・添接板・橋側歩道

### （2）工程短縮に対する配慮

工程短縮を更に進めるために、工場製作の段階で以下の取り組みを行った。

#### ①床組構造の省力化（図-5）

縦桁の横構用ガセットをフランジから切り出すことで、ガセットとフランジの板継ぎ溶接を省略して製作工程を短縮すると共に、副次的な効果として同部の疲労強度の向上が得られた。

		12			1			2			3			4			6			7		
		1	10	20	1	10	20	1	10	20	1	10	20	1	10	20	1	10	20	1	10	20
発注者	詳細設計																					
発注者 + 施工者	設計照査				12/18																	
	疑義解明							1/16			2/3・7											
施工者	材料発注								1/21						材料検査	材料検査						
	原寸									2/17					3/20		12/18					
	製作																	仮組検査				
	塗装																					
	発送																					

図-4 第6阿武川橋りょう 設計製作工程

また、縦桁は一般的には仮込み構造を採用しているが、現場での据え付けの作業性に劣る。このため、据え付けの作業性に優れる、落とし込み構造を採用して、架設工程の短縮を図った。

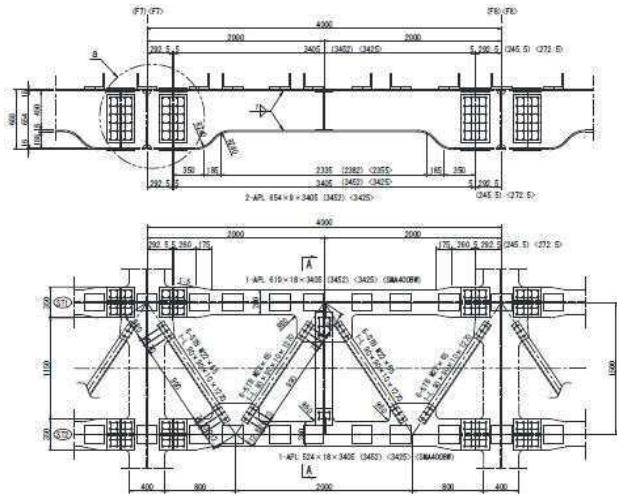


図-5 縦桁構造  
(フランジからガセットを切出し・落とし込み構造)

## ②部材数の削減

部材数を削減することで、製作および架設の工程を短縮できることから、現場継手の板厚差を、可能な限り母材の増厚で処理することで、フィラープレートを省略して部材数を削減した。

## ③耐候性鋼材の採用（図-6）

耐候性鋼板を採用し、桁端を除いて無塗装としていることで、塗装作業の省力化を図り、製作および架設工程を短縮した。

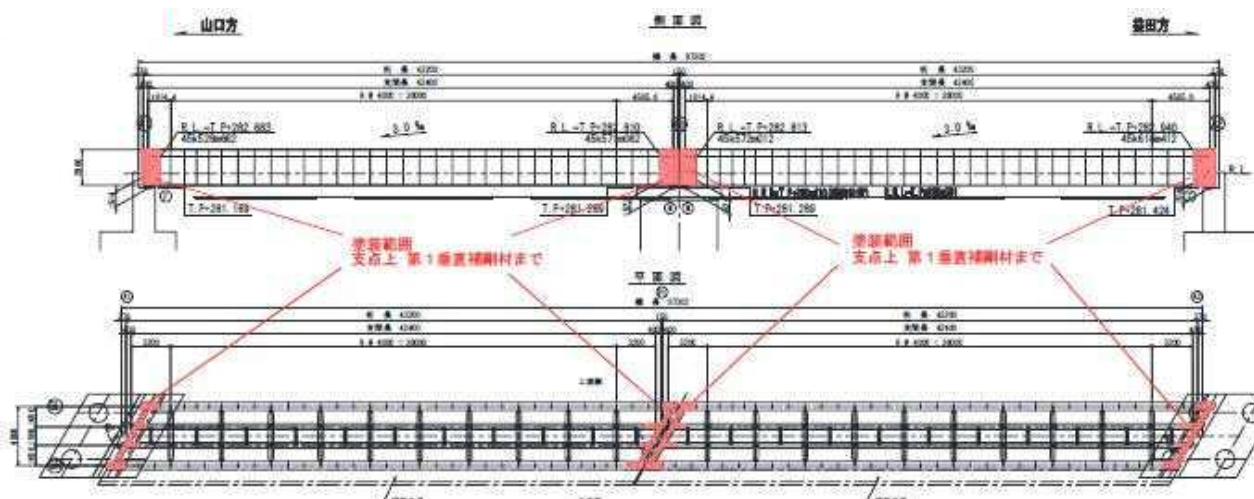


図-6 第6阿武川橋りょう 塗装範囲

## 6. 架 設

### （1）クレーン基礎構台

架設に使用する重機は、右岸側：200t吊クローラークレーン、左岸側：550t吊オールテレンクレーンを選定しているが、施工ヤードはN値が5程度の粘性土層が層厚9～19mで堆積していたことから、クレーン据付位置に基づ杭（H-400）を施工してクレーンアウトリガ位置及びクローラークレーン据付位置に構台設備を設置した。

### （2）河川内杭ベント設備

河川内杭ベント設備は、流水方向に設置するものとして配置計画を行った。新設橋梁と河川の斜角が45度あり、また基礎杭撤去時の新設橋梁との離隔を考慮して、基礎杭（H400）間隔を14.1mに配置して、基礎杭上に頂部受梁（3-H588）を設置した。河川内杭ベント設備は、A1-P1,P1-A2間に各1基設置した（写真-3）。



写真-3 河川内杭ベント設備

### (3) 桁架設

当初、現地の桁搬入は7月4日に予定していたが、1日も早い現地搬入を強く要望され、工場での製作工程管理のもとで6月30日の現地桁搬入目標として製作は進められ、予定通りに6月30日から桁架設を開始した。単純下路プレートガーダー：2連の桁架設は、2班体制として右岸側からと左岸側からの同時施工を行った。

右岸側は200t吊クローラークレーンによる単主桁地組架設、左岸側は550t吊オールテレーンクレーンによる2主桁地組架設とした。

架設用吊金具はJR西日本構造技術室との協議により、引張ボルト接合で主桁上フランジに取り付けた。また、2主桁地組架設時は、主桁面外方向の作用力抑制として吊天秤設備を使用した。7月11日に桁架設完了（写真一4）、7月25日までに高力ボルト本締め・桁端部塗装まで完了させ、橋梁区間の軌道工事施工後に桁吊足場の解体を行い、8月11日に工事を完了させた。



写真一4 桁架設完了

その後、8月13日から試運転を開始し、2014年8月23日に始発列車から地福～津和野駅間の運転が再開され、2013年7月28日に起こった集中豪雨による災害以来、1年2か月ぶりに山口線は全線開通を迎えた（写真一5）。

## 7. おわりに

本稿では、当社が設計・製作・架設に携わった第6阿武川橋りょう災害復旧工事について、早期復旧の取り組みについて報告した。

本工事は、発注者である西日本旅客鉄道株式会社殿、元請者である鉄建建設株式会社殿、のご指導とご協力の下で、工事を円滑に推進し、無事故で工事を完成することができた。特に、急速施工を実現するために採用した、構造ディテールや施工方法に対する、西日本旅客鉄道株式会社殿と鉄建建設株式会社殿のご理解とご配慮がなければ、本工事で実現した工程を成立させることは、できなかつたとの思いである。

最後に、西日本旅客鉄道株式会社殿および鉄建建設株式会社殿の関係各位ならびに工事関係者の皆様に厚く御礼を申し上げて、本稿を閉じることとする。

## <参考文献>

- (1) 鉄道鋼構造物等設計標準・同解説 (H21.7)
- (2) 建造物設計標準解説（鋼鉄道橋）日本国有鉄道 (S58)

2014.12.8 受付



写真一5 山口線運転再開

# 仙石線鳴瀬川アプローチ部高架橋扛上工事報告

Report on Construction of Elevated Bridge at Bridge Approach of Narusegawa along Senseki Line



川崎 順永<sup>\*1</sup>  
Norinaga KAWASAKI



池田 浩<sup>\*2</sup>  
Yutaka IKEDA



稻田 博史<sup>\*3</sup>  
Hiroshi INADA

## 要 旨

本稿は、東日本大震災で大きな被害を受けた仙石線陸前大塚駅～陸前小野駅間のルート移設に伴う、既設高架橋の扛上工事について報告する。

キーワード：東日本大震災，仙石線，既設高架橋，再利用

## 1. はじめに

本工事は、東日本大震災で大きな被害を受けた仙石線陸前大塚駅～陸前小野駅間は山側にルートを移設して復旧するものである。その中でも線形を変えずに高さを嵩上げする、R2高架橋、宇津神田橋梁（Csdp-1）、R3高架橋及び野蒜橋梁（Csdp-2）は、既設高架橋を再利用して改築することとなった。

本稿では、R2高架橋～野蒜橋梁の区間の高架橋の扛上工事について報告する。

## 2. 工事概要

工事名：仙石線復旧工事（野蒜地区）

場 所：宮城県 東松島市 野蒜

元請者：鉄建建設株式会社

(発注者：東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所)

線 名：仙石線

形 式：R2,R3 RCビームスラブ式ラーメン高架橋

Csdp-1,Csdp-2 ポストテンション単純スラブ桁

橋 長：R2 65.00m (5.00m+10.00m×5+10.00m)

Csdp-1 19.00m

R3 50.50m (10.25m+10.00m×3+10.25m)

Csdp-2 20.00m

扛上量：R2 2.470m～5.168m

Csdp-1 1.874m～2.519m

R3 0.584m～1.849m

Csdp-2 0.297m～0.591m

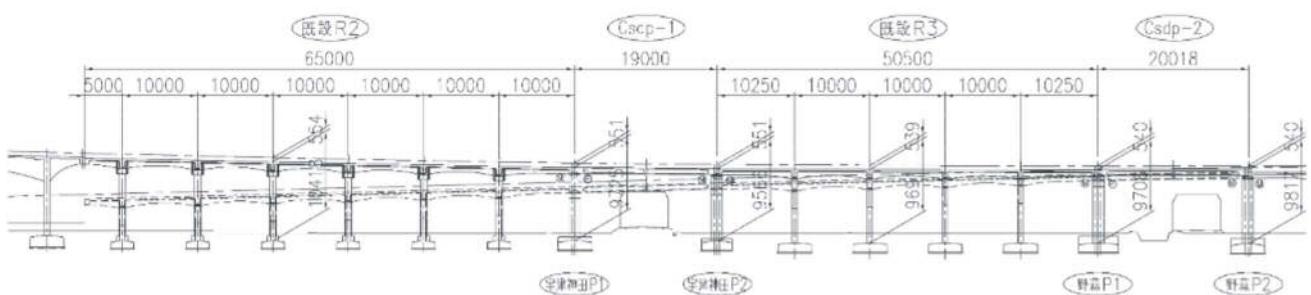


図-1 高架橋側面図

\*1 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ グループリーダー

\*3 建設事業本部 保全事業部保全技術部保全技術グループ主任

### 3. 全体施工計画

施工方法については、2つの方法を検討し実施した。

まず、大型クレーンが設置可能な箇所については、1台または2台の相吊りにていったんPC桁を撤去し、その後仮受ベント設備を嵩上げして再度架設した。

次に、大型クレーンが進入できない箇所については、仮受ベント設備でPC桁をジャッキアップする方法を用いた。



図-2 位置図

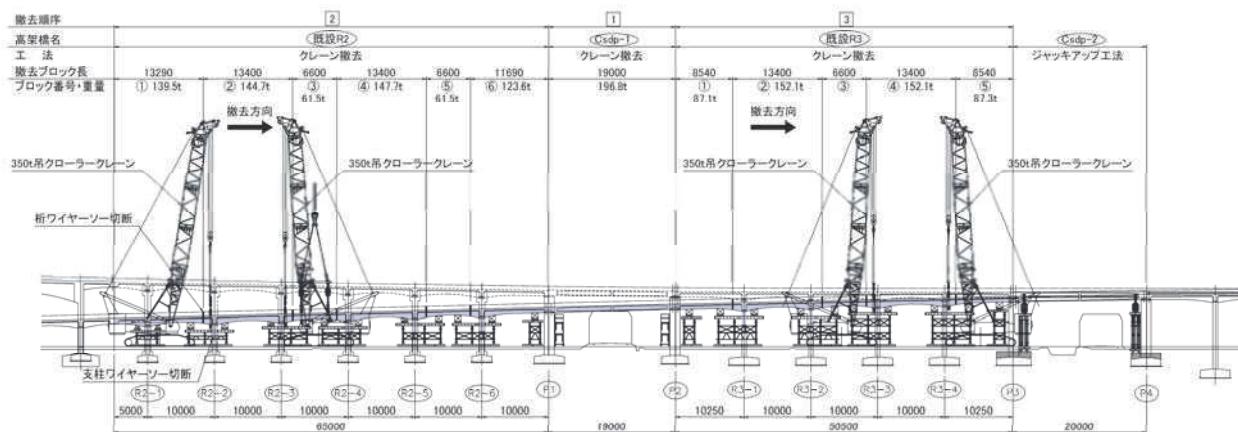


図-3 R2, R3クレーン撤去図

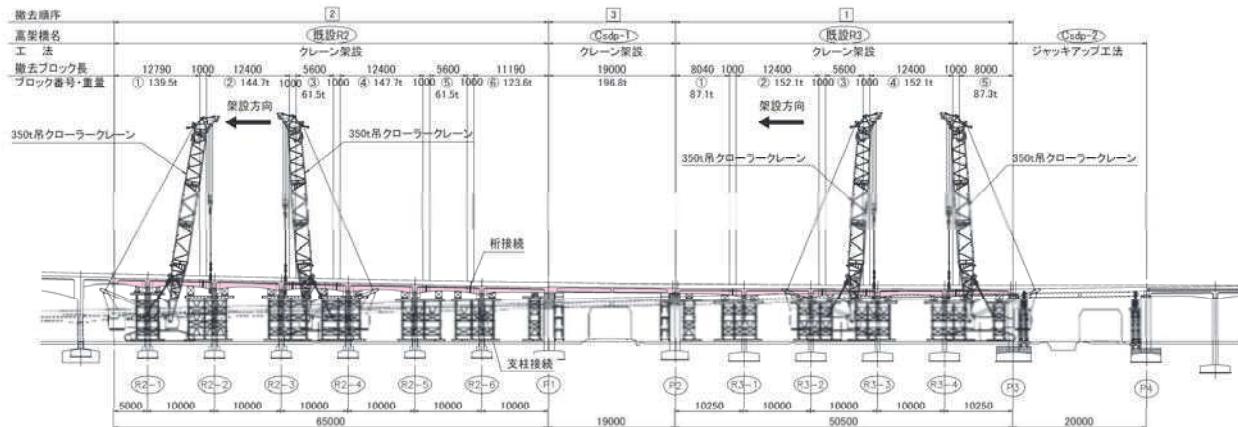


図-4 R2, R3クレーン架設図

### 4. クレーン撤去・架設工法 (R2,R3高架橋扛上)

R2 (R3) 高架橋は、ベント設備により桁を支持し、6分割（5分割）にワイヤソナーにて切断した。切断したブロック（61.5t～152.1t）を350t吊クローラークレーン1台または2台の相吊りにて撤去し、ヤード内に仮置きした（図-3）。仮置きしたブロック及び柱切断部のコンクリートを研り、連結に必要な鉄筋定着長を確保した。（元請施工）嵩上げ高さとなるようにベント設備を組替え、仮置きしたブロックを撤去時と同様に架設した（図-4）。

架設したブロックは、位置・高さを送り台を使用して調整した。なお、仮受けには木製キャンバーを使用した（写真-1）。

切断部及び柱部の鉄筋組立・コンクリート打設・所定期間養生（元請施工）後、ベント設備の荷重を解放し、ベント設備を解体した。荷重解放時のジャッキ反力は、各受け点高架橋重量分までとし、それでも荷重解放できない場合は、チェーンソーにて木製キャンバーを切断して荷重解放した。



写真一1 仮受け状況



写真一2 R2撤去状況



写真一3 R3撤去状況



写真一4 R2架設状況



写真一5 R2架設状況



写真一6 架設完了

## 5. クレーン撤去・架設、縦取り併用工法 (Csdp-1扛上)

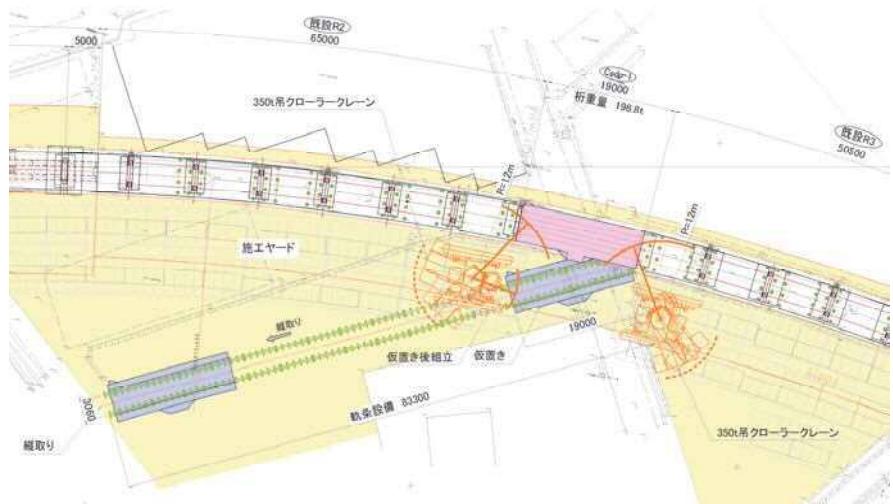
Csdp-1の扛上は、350t吊クローラークレーン2台の相吊りにより撤去（図一5）し、橋脚改築後同様に350t吊クローラークレーン2台の相吊りにより架設した。

Csdp-1は脚部に鋼棒ストッパー（写真一7）が設置されており、クレーン撤去の際に抜けない可能性があるため、予め油圧ジャッキによりジャッキアップを行い、クレーン撤去が可能であることを確認した。

クレーンの能力上、桁の仮置き可能位置は道路上となるため、軌条と台車および20t×1000stの水平ジャッキを用いて高架橋撤去仮置きに支障しない位置まで縦取りを行った（写真一11）。



写真一7 Csdp-1鋼棒ストッパー



図一5 Csdp-1桁撤去平面図



写真一8 Csdp-1撤去状況



写真一10 Csdp-1縦取り状況



写真一9 Csdp-1撤去状況



写真一11 Csdp-1縦取り状況

## 6. ジャッキアップ工法 (Csdp-2扛上)

Csdp-2の扛上は、クレーンヤードが確保できないため橋脚前面（フーチング上）に仮受ベント設備を設置し、100t×200st油圧ジャッキを4台使用して、ジャッキアップ（H=1800mm）を行った。

ジャッキアップした桁をベント上にて仮受けした状態で橋脚の改築を行い、所定期間養生（元請施工）後、ジャッキダウンを行い所定の位置に据え付けた。

ジャッキダウンは、集中操作盤とモニタリングシステムを用いて、扛上・降下量及び荷重を一元管理（図-8）しながら4台のジャッキを集中制御運転した。ジャッキ動作速度の調整・同調は、インバーターによりポンプ吐出量を制御することによって行った。



写真-12 Csdp-2ベント設備

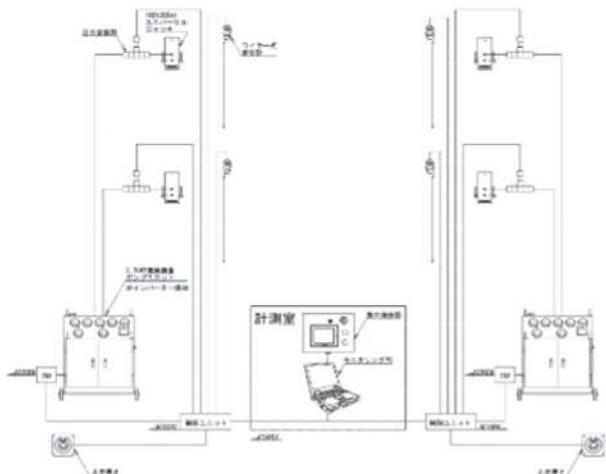


図-7 Csdp-2ジャッキシステム図



図-8 ジャッキ制御画面

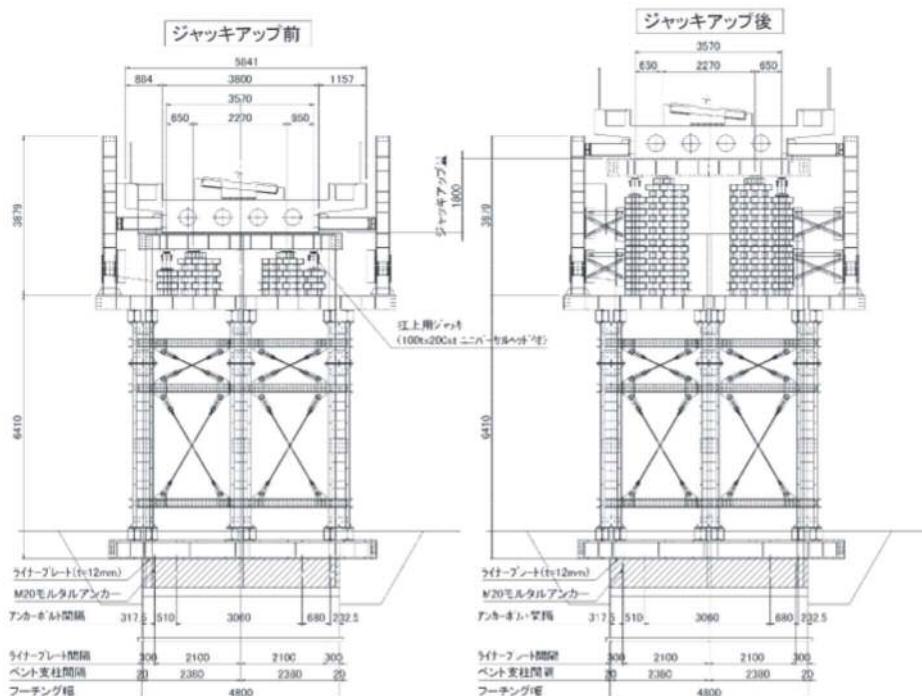


図-6 Csdp-2ベント設備図



写真-13 Csdp-2ジャッキアップ操作状況



写真-14 Csdp-2ジャッキアップ設備



写真-15 Csdp-2ジャッキアップ完了

## 7. あとがき

本工事は、既設のRC高架橋を切断してまた繋ぎ合わせて使用するというほとんど実績のない方法での高架橋の改築工事でした。今後の施工においても、いろいろな条件下のもとで改築工事を施工するに当たり、今回の施工方法も一つの選択肢として、柔軟に考えていくことが必要だと感じています。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただきましたJR東日本東北工事事務所、鉄建建設株式会社の関係者の皆様に深く感謝し、誌面を借りて御礼を申し上げます。

2014.11.26 受付



写真-16 施工前写真



写真-17 施工完了写真

# 宮城野橋旧橋解体工事報告

## Report on Demolition of Old Miyagino Bridge



木村和博<sup>\*1</sup> 佐直信次<sup>\*2</sup>  
Kazuhiro KIMURA Nobutsugu SAJIKI

### 要 旨

仙台駅北側に位置する宮城野橋は市民に古くからX（エックス）橋として親しまれてきたが、都市計画道路整備事業の一環でその役目を終え、撤去される事となった。現地はJR東北本線、東北新幹線、供用中の市道、大型商業ビルに囲まれた非常に狭い空間の中で、世界でも上位の吊り上げ能力を誇る超大型クレーンを使用し、過去に例の無い特殊な方法で撤去を行った。

キーワード：カウンターウエイトの切離し、新幹線・在来線間、一括撤去

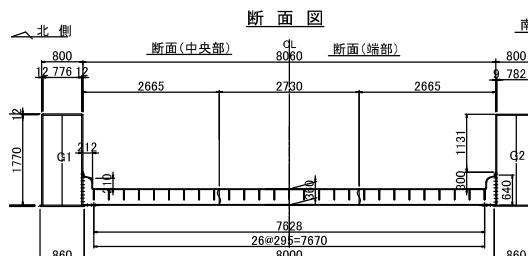
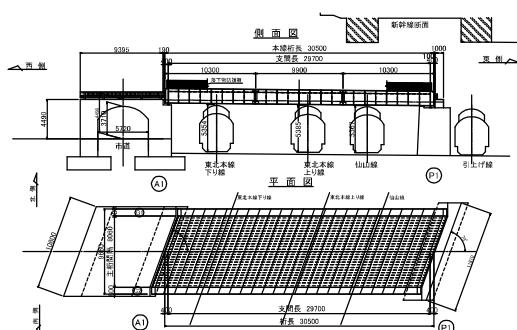
### 1. はじめに

東北の玄関口として、多くの観光客が訪れるJR仙台駅。その東口では商業施設やホテルなどの建設が始まり、さらにその駅北側では、仙台市の街路事業である都市計画道路「元寺小路福室線」の工事が平成20年度にスタートし、平成25年に暫定供用を開始した。これにより通称X（エックス）橋として市民に親しまれてきた旧宮城野橋は役目を終え撤去されるに至った。

本文では国内でも数少ない超大型クレーンを使用して行った旧橋の解体工事について報告する。



写真一 1984年当時航空写真



図一 橋梁一般図

### 2. 工事概要

- (1) 工事名：東北本線仙台駅構内宮城野こ線橋  
改築西工区【道路橋（鋼桁）撤去工】
- (2) 施工場所：仙台駅構内
- (3) 工期：平成23年6月30日～平成28年5月1日
- (4) 発注者：東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所
- (5) 元請者：鉄建・安藤ハザマ共同企業体
- (6) 橋梁概要  
橋梁型式：単純下路式鋼床版箱桁橋  
橋長：30.5m  
支間長：29.7m

\*1 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ グループリーダー

幅 員：8.0m  
斜 角：70°  
鋼 重：134.0t（実測値）

旧宮城野川線橋は1921年にJR東北本線をまたぐ川線橋として誕生し、1961年に現在の橋梁に架け替えられた。上空から見ると橋の両端が二股に分かれていることから、通称X（エックス）橋との呼び名がついた。

### 3. 現場周辺の状況

- (1) 川線橋は東北本線上空に架かり、桁上空の半分程度は東北新幹線の高架橋が架かっている。
- (2) 新幹線高架橋の橋脚支柱と橋梁の離隔は380mmと近接している。
- (3) A1橋台はレンガ造で中央部はアーチ形状で市道が通っている。
- (4) 橋梁の北側には暫定供用中の新橋が架かっており、かつ南側は駅舎高架橋と大型商業ビル（アエル）がある。
- (5) 撤去クレーンの据付および撤去桁の仮置ヤード幅は約27mである。



写真-2 ヤード周辺全景

### 4. 撤去クレーンの選定

撤去する橋梁は財産図が無く、正確な重量を把握できないため、事前調査で箱桁端板にブラケットを取り付けて夜間き電停止間合い作業でジャッキアップを行い、反力値を読んで鋼重を実測した。

その結果、当初計画の想定では108tであったが、実測では134tと26t重いことが判明した。

また、A1橋台を通る市道は撤去当日を除き、通行止めを行わない条件が示された。

クレーンは当初計画で650t吊クローラクレーンであったが、この二つの条件により見直しを行った。

クレーンの能力上、カウンター台車の装備が必須であったが、従来のカウンター台車付の大型クローラクレーンではヤード内のスペースでは旋回が出来ず、採用不可となった。

そこでクレーン業者等から聞き取りを行い、最新の機種でパレット式のカウンターウェイトを装備し、桁吊り上げ時はカウンターを使用し、桁を吊上げ後ブームを起こして作業半径を小さくすれば、カウンターは地面に接地し、その状態でカウンターを切り離す事が短時間で可能な事が解り、1250t吊クローラクレーン（DEMAG CC6800）を採用する事とした。

また、撤去桁の旋回方向は、当初駅側を計画していたが、JR・仙台市との協議の結果、既設構造物との接触のリスクの少ない市道側とし、当夜全面通行止めを行うこととなった。

使用クレーンの諸元を以下に示す。

- ①機種名 DEMAG CC6800 SSL仕様
- ②カウンターウェイト：250t
- ③セントラルバラスト：80t
- ④SLマスト半径：15.0m
- ⑤SLカウンターウェイト：240t
- ⑥メインブーム：48.0m
- ⑦使用フック：310t



写真-3 クレーン組立後全景

### 5. 準備作業

- (1) クレーン設置地盤改良

クレーン設置箇所の地盤は浅層改良工法（SCM（ロ

ータリーブレンダー)工法)により深さ2.3mの改良を行い、最大接地圧59t/m<sup>2</sup>に耐えうる地盤とした。

#### (2) 桁吊設備取付

撤去桁は主桁が箱桁でウェブが上フランジ小端面に被った形状になっているため、吊金具は上フランジを切り欠いて、ウェブにボルト孔明けし吊金具を高力ボルトでウェブを挟んで取り付けた。切欠き部は上フランジの座屈を抑えるため、アングル材で補強した。

#### (3) 吊台棒取付

撤去桁の断面形状は図-1に示すように下路式で横桁高が低い形状で横剛性が低いため、H350の吊台棒を主桁間に渡して、桁に横方向水平力が働く構造とした。

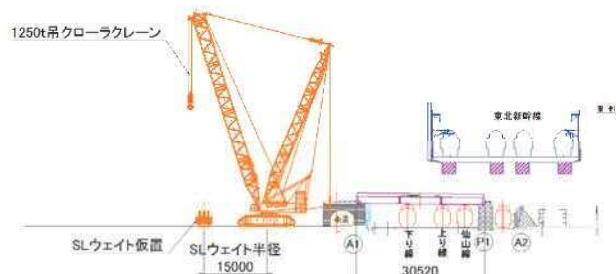
#### (4) クレーン組立

1250tクレーン組立は500t吊油圧クレーンを使用して行った。

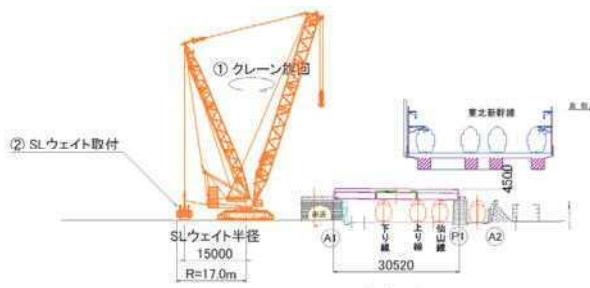
#### (5) 試験吊り

桁撤去作業はき電停止時間内の185分で完了させる必

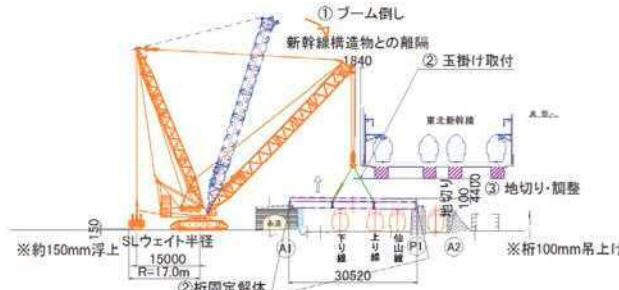
STEP 0 作業開始前



STEP 1 クレーン旋回・SLウェイト取付



STEP 3 ブーム倒し・玉掛け取付・桁固定解体・桁地切り



要があるため、桁地切りおよび重心位置確認、玉掛け調整、各作業時間の確認のため、撤去の1週間前に実作業と同じ条件で試験吊りを行い、桁を約100mm吊り上げて元に戻した。

## 6. 旧橋撤去作業

旧橋撤去作業は、あいにくの強雨ではあったが、多くのギャラリーが見守るなか、東北新幹線・JR東北本線の夜間き電停止および市道の通行止めを行って、予定時間内で完了した。

旧橋は図に示すように、JR東北本線と東北新幹線に上下を挟まれた位置にあるため、最初はクレーンのブーム起こし・巻き下げを繰り返して作業半径24mの位置まで桁を引き寄せ、カウンターウェイトが地面に接地後、カウンターを切り離し、市道上空を旋回して作業ヤードに取り降ろした。

撤去ステップ図を以下に示す。

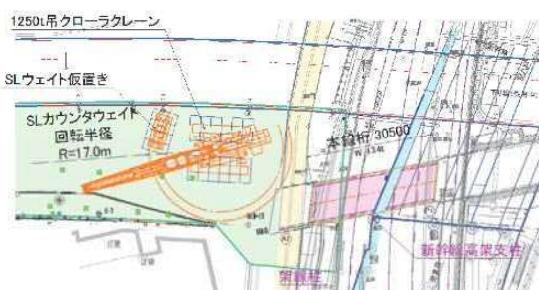
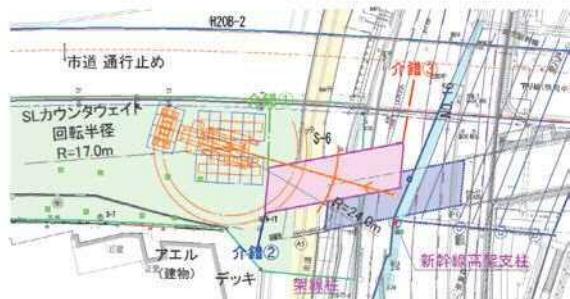
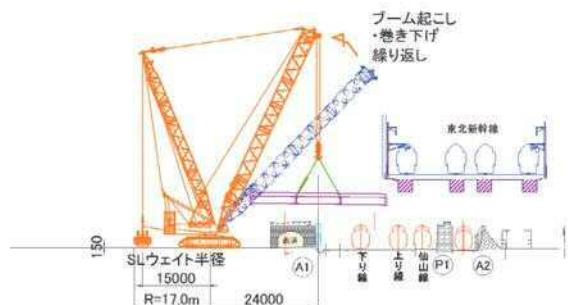
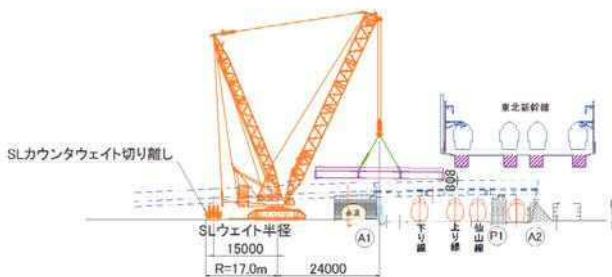


図-2 撤去ステップ図（その1）

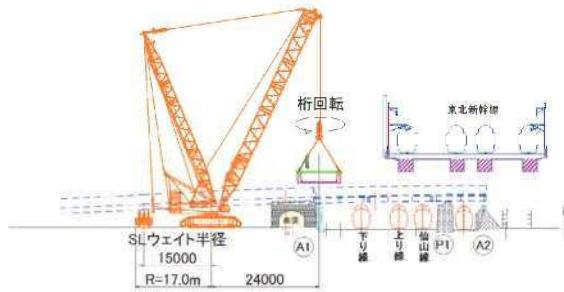
STEP 4 ブーム起こし・巻き下げる繰り返し（作業半径R=38.0m～24.0m）



STEP 5 SLカウンタウェイト接地・切り離し（切り離し作業半径R=24.0m）



STEP 6 柄回転



STEP 7 市道上へ柄旋回

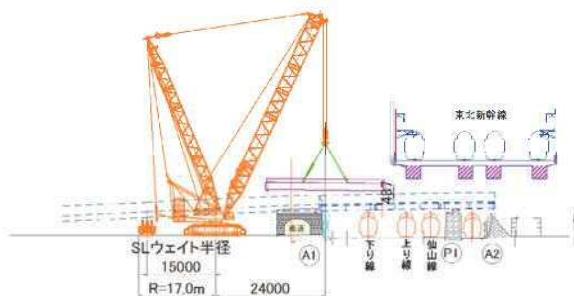
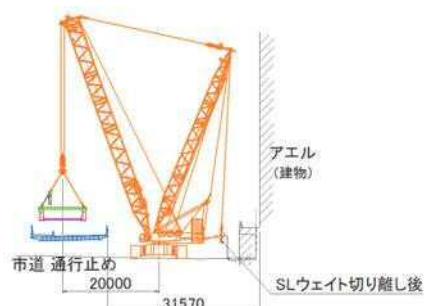


図-3 撤去ステップ図（その2）

STEP 8 市道上桁旋回



STEP 9 ヤード内へ桁旋回・取り降ろし

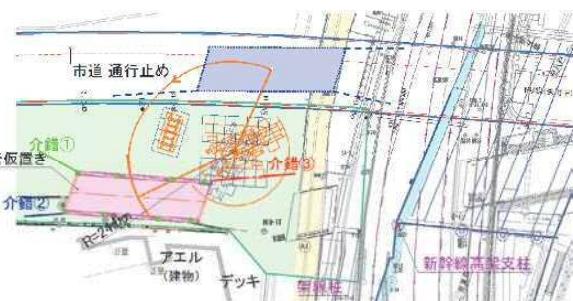
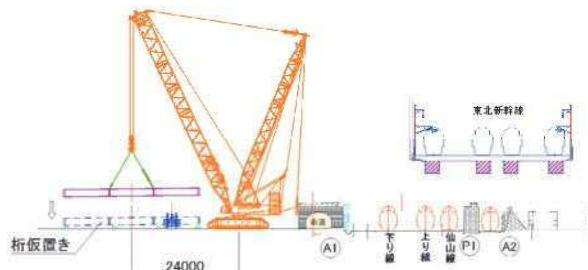


図-4 撤去ステップ図（その3）



写真-4 桁地切り・巻き上げ



写真-5 SLカウンタウェイト切り離し



写真-6 桁回転



写真-7 市道上へ桁旋回



写真-9 撤去桁仮置き状況



写真-8 ヤード内へ桁旋回

## 7. あとがき

本工事は、非常に狭隘な空間の中で、かつ限られた時間内での桁一括撤去作業という難工事であった。

また、クレーンのカウンタウェイトを作業途中で切り離すという特殊な方法を採用し、無事工事を終える事が出来た。

桁の一括架設・撤去工事は過去数多く実施されており、クレーン機種も多様になっている。

今回のような方法が採用できたのは特殊なケースではあるが、今後の同種工事の選択肢の一つとなれば幸いである。

最後に、本工事の施工に当たりご指導いただきました東日本旅客鉄道㈱東北工事事務所、同仙台工事区並びに鉄建建設・安藤ハザマ共同企業体の関係者の皆様に深く感謝し、紙上を借りてお礼を申し上げます。

2014.11.28 受付

## グラビア写真説明

### 圏央道 桶川インターCランプ橋

本工事は、圏央道の内、埼玉県桶川市加納地先にある平成27年度開通予定の桶川加納ICにおいて、Cランプ橋の上部工工事でした。本線とDランプ橋を跨ぐ2径間連続非合成箱桁です。曲線半径R=50m・横断勾配4.36%～9.00%の構造であったため、床板コンクリート打設は非常に困難な施工でした。 本橋梁には、弊社が取り扱うFRP合成床版が採用されており、関東地方整備局様に施工実績を残すことができました。

圏央道の開通により、新たな広域ネットワークが形成され、埼玉から湘南海岸や成田空港へアクセスしやすくなることを期待されます。

(伊藤 浩之)

# 楳木沢橋の補強工事（アーチ橋の耐震補強）

## Reinforcement Work of Makisawa Bridge (Seismic Reinforcement of Arch Bridge)



宇佐美 隆 宣<sup>\*1</sup>  
Takanori USAMI



小林 智 則<sup>\*2</sup>  
Tomonori KOBABAYASHI



林 光 博<sup>\*3</sup>  
Mitsuhiro HAYASHI

### 要 旨

楳木沢橋は供用開始から45年を経過する橋梁であり、現行の耐震基準に適合すべく補強工事を実施した。そのためには、数々の補強部材を設置することが必要であり、補強範囲は広範囲に及んだ。また、本工事では、痛んだ部分の補修工事も同時に実施しており、それらの施工事例について報告する。

キーワード：変位制限装置、耐震補強、補修、Facet

### 1. はじめに

岩手県下閉伊郡田野畠村に位置する鋼製逆ランガー橋の楳木沢橋（写真-1、図-1）は、久慈市と宮古市を結ぶ一般国道45号の岩手県沿岸北部に位置する田野畠村にあり、東に3km程で太平洋に面している。三陸海岸特有の地形であり、海に向かって谷が深く、橋梁中央付近で谷底までの高さは、100m以上ある。完成から約45年経過し、本工事では、供用中の橋梁を現行の耐震設計基準に適合させる対策の一環として、供用下において支承取替、コンクリートにより受け台を設置し変位制限装置、浮上防止装置の設置、エネルギー吸収型制震装置である座屈拘束プレースによる対傾構補強、床版の断面補修、伸縮装置の取替を行った。

本文では、補修・補強工事について報告する。



写真-1 全景写真

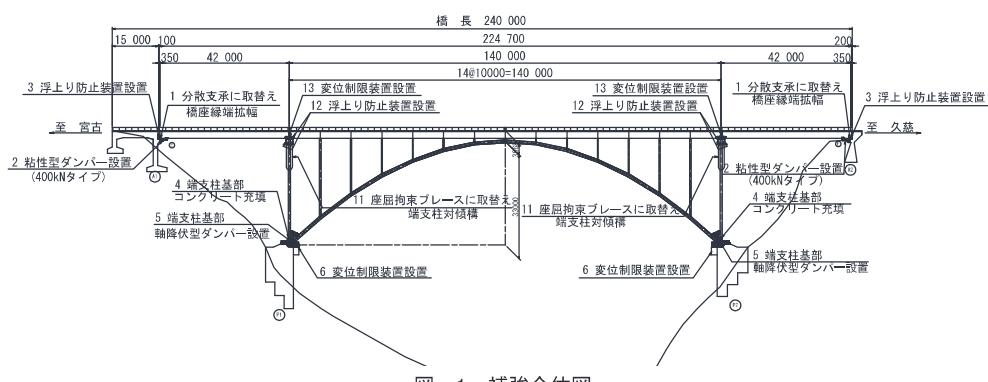


図-1 補強全体図

\*1 橋梁事業本部 橋梁工事本部橋梁工事部東京工事グループ

\*2 建設事業本部 保全事業部保全工事部保全工事グループ

\*3 橋梁事業本部 保全事業部保全技術部保全技術グループ

## 2. 工事概要

発注者：国土交通省 東北地方整備局 三陸国道事務所  
施工場所：岩手県下閉伊郡田野畠村南大芦地内  
橋梁形式：3径間連続鋼補剛逆ランガー橋  
橋長：240.000m  
支間長：42.000m + 140.000m + 42.000m  
施工数量：橋梁付属物工・橋梁補修工  
変位制限装置工（61.6t）、変位制限受台工（77.0m<sup>3</sup>）  
粘性型ダンパー工（1.8t）、軸降伏型ダンパー工（14.7t）  
浮上防止装置工（12.9t）、座屈拘束装置工（5.1t）  
鋼橋支承工、コンクリート充填工、縁端拡幅工  
床版断面修復工、伸縮継手工、橋梁防護柵工

## 3. 補強部材の施工

### （1）実物大の模型による確認

アーチ基部の補強に関して、既設のアーチ下面（補強材取付部）にねじれや折れ点（ナックル部）があり、複雑な形状のため、製作材の製作精度、設置する際の誤差、他の補強部材との取り合い等を考慮することが難しかった。そのため、座標（3次元測量）にて現地実測を行い製作図に反映させた。さらに製作材の現物大の模型を作り現地にて既設構造物に合わせ（写真-2）部材形状、取り合い等予期せぬ問題等の洗出し確認を行い、誤差等の相違を未然に防止する策を講じた。



写真-2 実物大模型による確認

### （2）3D Cadの活用

上記と同様に既設構造物の形状が複雑であるため、製作図をもとに3Dデータ化した図面（写真-3）にて部材形状、取合寸法の確認を行った。データを任意に回転させ、形状を確認できた。

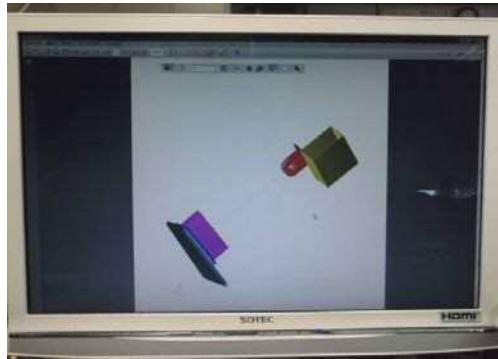


写真-3 3D Cad

### （3）ウィンチを使用しての施工（作業構台の設置）

対傾倒の補強として、エネルギー吸収型の制震部材である屈拘束プレース（構造物の内蔵型ダンパー）に取替を行った。

当初上部（橋面上）からクレーンを使用しての施工だったが、部材取込が困難なため、橋脚基部に作業構台（写真-4）を設け、ウィンチにて取付作業（図-2）を行った。結果、干渉する足場の解体がなくなり、橋面上でのクレーン使用期間、全面通行止め期間を短縮することができ、道路使用抑制等に左右されることなく施工ができた（写真-5）。

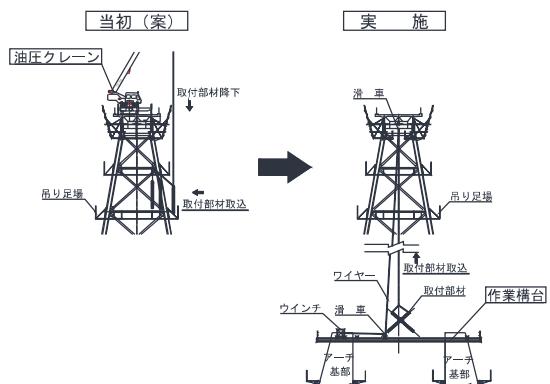


図-2 部材取込み要領図



写真-4 作業構台



写真-5 座屈拘束装置施工完了

#### (4) 後施工アンカーの確認

当現場では、後施工アンカーの施工が多く、補強部材の製作工程に影響を与えるため、孔明け削孔、アンカーボルト定着時と何度も現場の孔位置との関係を確認（写真-6）し、製作部材の孔明けを行った。結果、アンカーボルトの本数が多かったが、補強部材を問題なく設置することができた（写真-7）。



写真-6 原寸フィルムにて確認状況



写真-7 一体型ベースプレート設置完了

#### (5) 端支柱・アーチ基部のコンクリート受け台

既設橋台の前面にコンクリートの受け台を設置する際に、地形的な条件により、ブラケット足場を設け支保工

を施工したこと（図-3）、コンクリート打設をクレーンを使用しバケットによるコンクリート打設（写真-8, 9）を行った。また、コンクリート打設時期が、東北地方の冬季施工となってしまったため、寒中養生（写真-10）のほかに熱が少しでも逃げないようコンクリート、型枠全体をシート等にて覆った。

管理の面では、養生温度の確認として、自動温度計（自動記録あり）を設置（写真-11）し、現場養生と同様の条件となるよう供試体を設置した。シュミットハンマーにて推定強度の算出、クラック調査、アンカー削孔長の全数確認、アンカーボルト埋め込み長の全数確認等を行った。

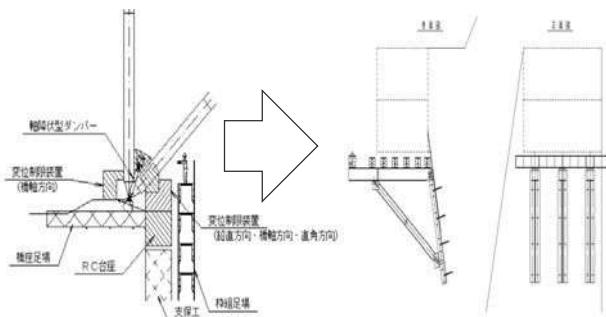


図-3 支保工をアンカーボルトのブラケットに変更  
(当初昇降設備設置→地形的に施工不可能)



写真-8 クレーンによるバケット打設（橋面上）



写真-9 クレーンによるバケット打設状況



写真-10 ジェットヒーターによる寒中養生



写真-11 自動温度計設置

#### (6) 速硬性混和材「Facet」の使用

伸縮装置取替工事において、全面通行止めを行い施工を行ったが、コンクリート打設後、必要強度（ $24\text{N/mm}^2$ ）発現確認後の交通解放としなければならなかった。従来であれば超速硬コンクリート（ジェットコン）を使用するが、専門業者との調整等が厳しく、工程が立てられなかつた。そこで、現場工程に左右されず速硬コンクリートを製造できる速硬性の混和剤を使用した。施工方法として、生コン工場より普通ポルトランドセメントを使用した設計基準強度 $30\text{N/mm}^2$ 以上のJISコンクリートを出荷し、そのコンクリートを搭載したアジテータ車に添加（少量であったためアジテータ車に直接投入（写真-12））して施工を行うものであった。

必要強度を発現するのにジェットコンだと約3時間、Facetだと約6時間かかるが、Facetを使用して現場の工程に合わせ施工することができた。また、 $5^\circ\text{C}$ ～ $35^\circ\text{C}$ の環境条件の範囲で60～90分の可使時間が可能であった。

結果としては、少量の施工量に対しての材料について経済性が向上するが、硬化時間が従来より多くかかることから打設時間の調整が必要である。また、アジテータ車に（極端に可使時間の短い）硬化したコンクリートが残るため清掃方法等考慮する必要があった。



写真-12 Facet投入状況

建設現場での墜落事故等が多く発生している中、当現場のように作業環境が厳しい中、無事故で終われたことは、安全に対して細かく配慮し、現場従事者皆が一丸となって行えた結果である（写真-13, 14）。



写真-13 基部施工完了



写真-14 上部施工完了

#### 4. おわりに

本工事において、国土交通省 東北地方整備局 三陸国道事務所、久慈維持出張所の皆様に多大なご助言やご指導を賜りました。この紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。

2014.12.8 受付

## 既設桁架に伴う仮橋の架設 —落合橋仮橋架設工事報告—

### Construction of Temporary Bridge Accompanying Replacement of Existing Girders - Report on Construction of Temporary Ochiai Bridge -



藤 本 貴 介<sup>\*1</sup> 麓 貴 行<sup>\*2</sup>  
Takayuki FUJIMOTO Takayuki FUMOTO

#### 要 旨

国土交通省四国地方整備局が行う砂防事業として、既設落合橋（旧橋）の架け替えを予定しているが、本工事は旧橋解体に先立ち、仮橋を架設する工事である。仮橋にはリース会社のトラス橋を使用し、架設工法はケーブルエレクション直吊り工法で行った。本稿は、既設落合橋の架け替えに伴う仮橋の架設工事について報告を行う。

キーワード：ケーブルクレーン、仮橋、トラス

#### 1. はじめに

本工事施工箇所である南小川流域は、一級河川吉野川の中流域に位置し、砂防指定地域に指定されている。そのため、国土交通省より、土砂災害の防止及び落合集落や国道439号の保全を目的に、砂防事業として当該河川流域の計画高水位（H.W.L.）の見直し、既設護岸の改修、既設の落合橋（旧橋）の改修を予定している。そこで、旧橋解体に先立ち迂回するための仮橋を架設する必要があった。

仮橋の架設は非出水期で行うが、河川内にペントを設置して橋体を支持することができない施工条件のため、ケーブルエレクション直吊り工法が採用された。

本稿では、河川内におけるケーブルクレーン直吊り架設についての施工を報告する。

#### 2. 工事概要

工 事 名：平成25年度 落合仮橋新設工事

工事場所：高知県長岡郡大豊町大瀧500

工 期：平成25年11月21日～平成26年7月18日

発 注 者：国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所

橋梁形式：単純下路式ワーレントラス桁

橋 長：65.0m

支 間 長：63.0m

有効幅員： 4.0m

鋼 重：189.0t



写真-1 仮橋 完成全景

\*<sup>1</sup>建設事業本部 関西事業部 工事・計画部 工事・工務グループ 現場所長

\*<sup>2</sup>建設事業本部 関西事業部 工事・計画部 計画グループ主任

### 3. 施工方法

#### (1) グランドアンカー工

鉄塔控索のグランドアンカーの施工について、A1側は山の斜面、A2側は河川内に配置した。

アンカーの定着については適性試験（多サイクル試験）で3本、それ以外のアンカーを確認試験（1サイクル試験）で引張強度を確認し、鋼材のリラクゼーションを考慮して、設計荷重の1.25倍（約1000kN）で定着を行った（図-1、表-1）。

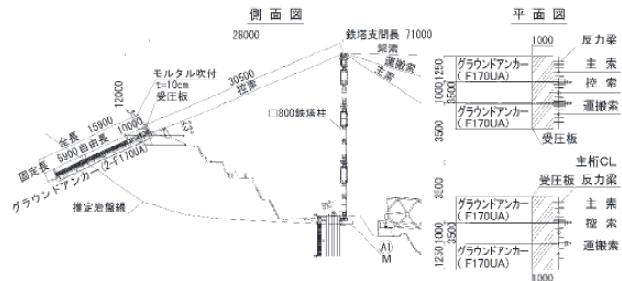


図-1 グランドアンカー工 設備図

表-1 グランドアンカー工 載荷試験管理表

番号	段数	アンカー タイプ	テンション長(㎜)	繫索自由長(㎜)	載荷試験 〔1サイクル試験〕			適性試験 〔多サイクル試験〕					
					設計荷重(kN)	耐伏荷重×3(kN)	強度俢率(N/mm <sup>2</sup> )	断面積(mm <sup>2</sup> )	設計荷重(kN)	耐伏荷重×3(kN)	強度俢率(N/mm <sup>2</sup> )		
No. 1	A.1	F170UA	16.1	15.1	730.5	1285.2	194000	970.9					
No. 2	A.1	F170UA	16.1	15.1	730.5	1285.2	194000	970.9					
No. 3	A.1	F170UA	16.1	15.1	730.5	1285.2	194000	970.9					
No. 4	A.1	F170UA	16.1	15.1	730.5	1285.2	194000	970.9					
No. 1	A.2	F170UA	14.1	13.1	803.0	1285.2	180000	970.9					
No. 2	A.2	F170UA	14.1	13.1	803.0	1285.2	190000	970.9					
No. 3	A.2	F170UA	14.1	13.1	803.0	1285.2	190000	970.9					
No. 4	A.2	F170UA	14.1	13.1	803.0	1285.2	190000	970.9					
迷性試験													
番号	段数	最大荷重 初期荷重	初期伸縮量(mm)	迷性試験			確認試験			判定			
				kN	N	測定値	下限値	理論値	上限値				
No. 1	A.1	934.9	79.0	71.4	61.6	68.5	75.3	934.9	79.0	61.6	68.5	75.3	O.K.
No. 2	A.1	934.9	79.0	61.6	68.5	75.3	934.9	79.0	70.9	61.6	68.5	75.3	O.K.
No. 3	A.1	934.9	79.0	71.7	61.6	68.5	75.3	934.9	79.0	61.6	68.5	75.3	O.K.
No. 4	A.1	934.9	79.0	61.6	68.5	75.3	934.9	79.0	70.3	61.6	68.5	75.3	O.K.
No. 1	A.2	1025.5	107.6	58.5	65.0	71.5	1025.5	107.6	60.3	58.5	65.0	71.5	O.K.
No. 2	A.2	1025.5	107.6	58.5	65.0	71.5	1025.5	107.6	59.9	58.5	65.0	71.5	O.K.
No. 3	A.2	1025.5	107.6	65.1	58.5	65.0	71.5	1025.5	107.6	58.5	65.0	71.5	O.K.
No. 4	A.2	1025.5	107.6	58.5	65.0	71.5	1025.5	107.6	60.8	58.5	65.0	71.5	O.K.

#### (2) ケーブルエレクション設備

本工事は、800角断面の鉄塔材を使用した。主索は $\phi$ 66mmをシングルで使用し、運搬索は $\phi$ 56mm、控索はA1側に $\phi$ 38mm、A2側に $\phi$ 50mm、繫索は $\phi$ 38mmのワイヤーを使用した。吊り索はロッド形式を採用した。

特徴として、センターキャリアを使用せず2系統の15tキャリアを装備した。主索と運搬索の距離を1300mmとし、架設時の足場と吊り索の接触を回避する構造とした（図-2、写真-2～4）。

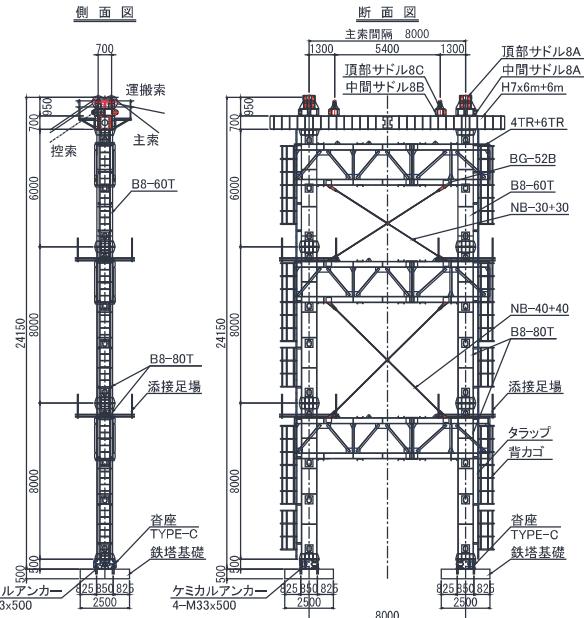


図-2 A1鉄塔設備



写真-2 A1鉄塔設備（上部）



写真-3 A1鉄塔設備（下部）



写真-4 吊り索設備

### (3) 防護工

A1鉄塔からA1グランドアンカー設置箇所にかけて通信・電力等の架空線が張り巡っており、墓地も鉄塔設備ケーブル設置箇所直下にある条件であった。

移設できる架空線に関しては、関係各所と協議し、移設を行ったが、移設が行えない架空線及び墓地に対しては鉄塔から張り出した防護設備を設けることとした。

A2鉄塔からA2グランドアンカー設置所にも同様に架空線があり、こちらはクレーン構台上に防護設備を設置し、架空線の防護を行った（写真-5, 6）。



写真-5 A1鉄塔防護工



写真-6 A2鉄塔防護工

### (4) 桁地組

仮橋はヒロセ(株)のリース材であるKDトラスを採用した。ドイツのクルップ社が開発したユニット橋を日本の規格に改良したものであり、その構造の特色を下記に示す。

- ①添接が高力ボルト摩擦接合ではなく、段付きボルトによる支圧接合である（孔径  $\phi 30.3\text{mm}$ 、ボルト径  $30\text{mm}$ ）（図-3）。
- ②KDトラスの横桁は差し込み式であり、トラス部材の主構架点部の隙間  $11\text{mm}$  に横桁  $9\text{mm}$  の部材を差し込む構造である（図-4）。

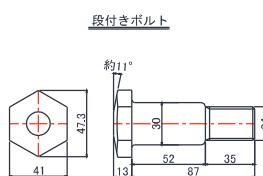


図-3 段付きボルト

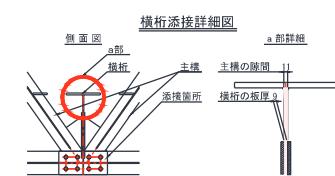


図-4 横桁添接詳細

桁の地組は、A1側ヤードで地組用の60tRCを使用し、トラス桁の面組を行った。桁の建て起こしはケーブルクレーンと60tRCの相吊りで行った。ケーブルクレーン移動用のウインチ設備はA2側の作業構台上に設置した（写真-7, 8）。



写真-7 桁建て起こし状況



写真-8 ウィンチ設置状況

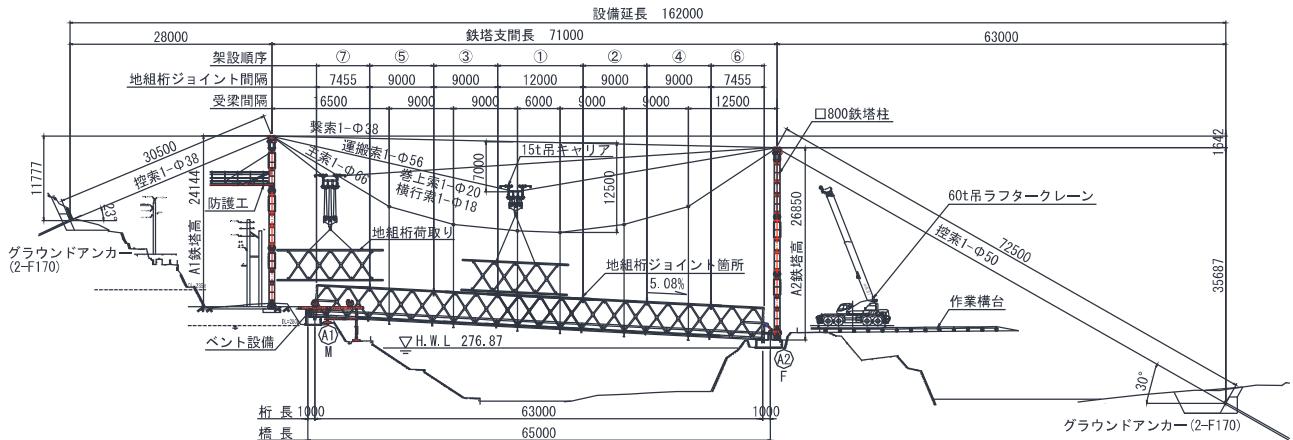


図-5 架設計画図

## (5) 桁架設

架設順序は、面組したブロックを中央から順に隣接する箇所から端部に向けて架設を行った（図-5）。

面組したブロックを架設する方法は、架設途中で吊り索のサグの変化により、橋体の仕口形状が安定しないため、添接作業が、極めて困難であると予想された。

添接作業で重要な仕口の調整は、カウンターウェイトを使用しての仕口角度調整と、架設部材を仮受けする吊り索を下げ越しする方法で行った。

その結果、架設済ブロックの仕口角度を次に架設するブロックの仕口にある程度調整することにより、うまく添接を行うことができ、無事架設が完了した（写真-9～11）。



写真-9 桁架設状況



写真-10 カウンターウェイト設置状況



写真-11 架設完了

#### 4. おわりに

本工事は無事故・無災害で完工することができました。本事業はまだ始まったばかりでこの後、引き続き、旧橋解体→新落合橋の架設→落合仮橋撤去が行われます。今後も、引き続き無事故で施工されることを願っています。

最後に、本工事の施工を進めるにあたりご指導頂きました発注者の国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所の皆様ならびに工事に協力して頂きました地元住民の方々に深く感謝し、心よりお礼申し上げます。

2014.11.19 受付

# おおかか東線 寝屋川橋梁の架設

## Construction of Neyagawa Bridge along Osaka Higashi Line



牧 本 健 一<sup>\*1</sup>  
Kenichi MAKIMOTO



村 尾 学<sup>\*2</sup>  
Manabu MURAO



瀬 尾 隆 征<sup>\*3</sup>  
Takayuki SEO



小 松 篤 史<sup>\*4</sup>  
Atsushi KOMATSU

### 要 旨

本工事は、西日本旅客鉄道の鉄道路線片町線の貨物支線である城東貨物線を改良して旅客営業を行う、おおかか東線の内鳴野駅、放出駅間を流れる寝屋川上空の架橋工事を行うものである。第三セクター会社の大坂外環状鉄道が第三種鉄道事業者として路線の建設を行っている。開業は2018年度末の予定になっており、現在全線に渡って工事が実施されている。今後本工事においては、在来片町線の上下線旧桁の解体工事、上り線トラス桁の架設工事と進捗していく。本稿では下り線トラス桁（文中T1トラス）の架設工事について詳述する。

キーワード：送出方法、主桁降下方法

### 1. はじめに

本橋は、おおかか東線新設鉄道線の内、寝屋川及び大阪府道上空を跨ぐ、複線曲線トラス桁である。

流域面積疎外の条件から河川内の仮受設備の設置が制限され、現場近傍が住宅密集地であり大型クレーンの乗り入れが困難であった。

また、極端に狭い作業ヤードの中での主桁降下作業を行った。

特殊条件として、供用鉄道線である片町線が隣接しており、全ての施工が営業線近接作業、線閉または起電停止を伴うものであった（図-1、写真-1）。

前記現場諸条件を克服すべく、施工方法を勘案し施工を行った。

今現在全体工事の中の、T1トラス桁の一次架設（所定位置横取前）が完了した状況である。

本稿においては、T1トラス桁の架設工法を中心に工事報告を行う。

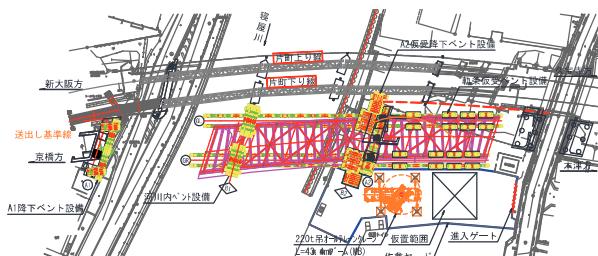


図-1 現場全体図



写真-1 架設完了全景

<sup>\*1</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場所長  
<sup>\*2</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部計画グループ サブリーダー

<sup>\*3</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場主任  
<sup>\*4</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部計画グループ 主任

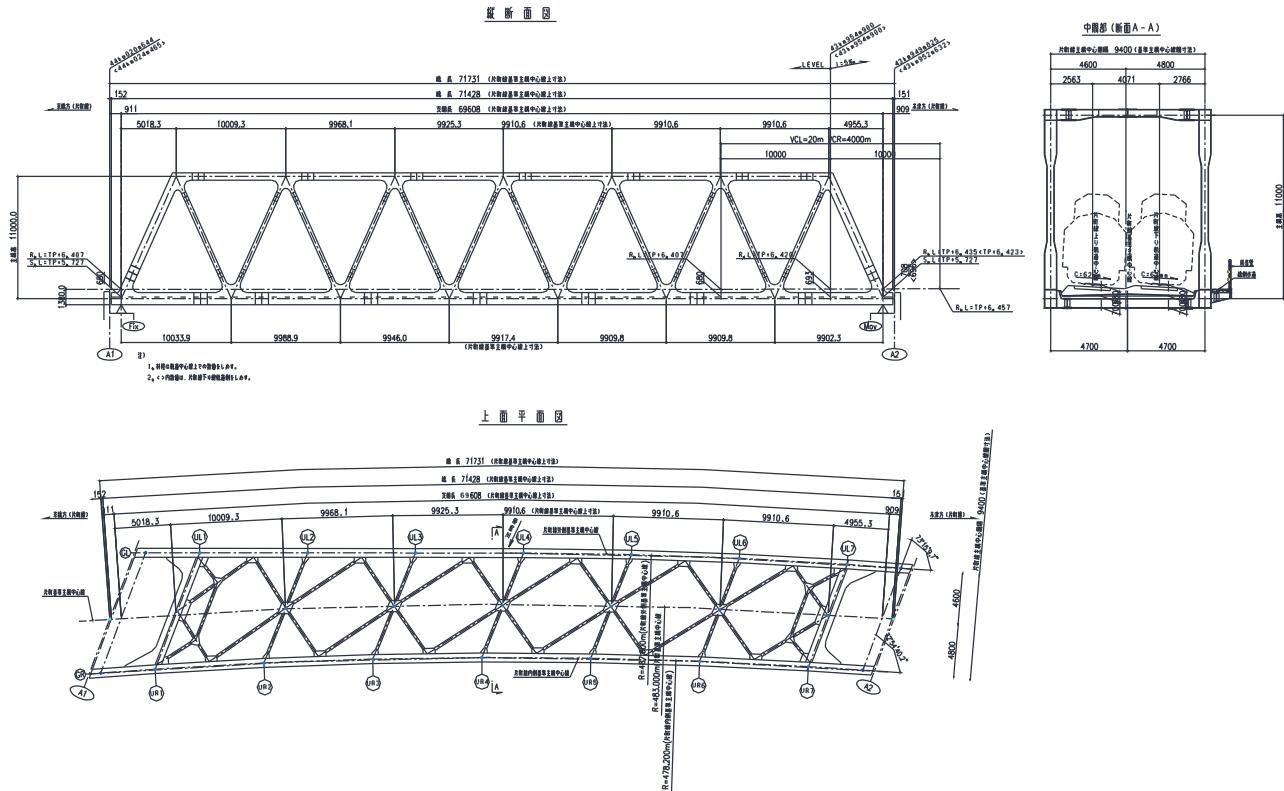


図-2 構造一般図

## 2. 工事概要

以下に本工事の概要を示す。

工事名：おおさか東線寝屋川橋りょう外新設他工事

施工場所：大阪府大阪市城東区鳴野地内

企業者：西日本旅客鉄道（株）

橋梁形式：曲線複線トラス桁

列車荷重：標準列車荷重EA-17

橋長：71.731m

桁長：71.428m

支間長：69.608m

軌道線形： $R=500m$

## 3. 工事全体概要

本稿においては、前述のごとくT1トラスの架設工法を中心に稿を進めるが、工事全体像を把握しないとT1トラス桁の一次架設完了の意味合いが掴めないと想定される。

図-3に工事全体フローチャートを、図-4に寝屋川橋梁切替順序図を示す。

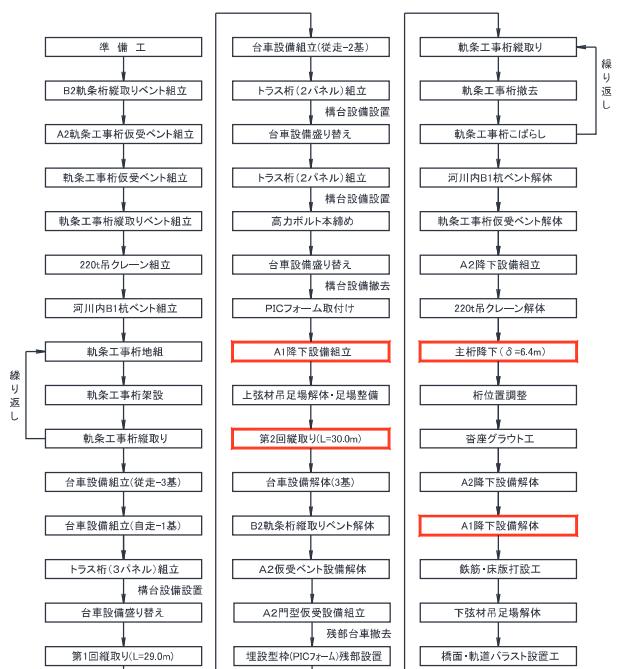


図-3 工事全体フローチャート



図-4 寝屋川橋梁切換順序

#### 4. 架設施工方法

##### (1) 主桁架設概要

当初計画においては、送出し用の工事桁の延長が短く、550tクレーンにて主桁の組立を行うものであった。

現場環境が住宅密集地であり、550tクレーンの回送が極めて困難でありまた、施工ヤードが狭くクレーンにてヤードが占領されてしまうという現状であった。

施工ヤードの確保と共に、搬入可能なクレーンを限定し施工を行った。

送出し工事桁の延伸は余儀なくされたが、スムーズな施工が行え、工期短縮にも反映された（図-5）。

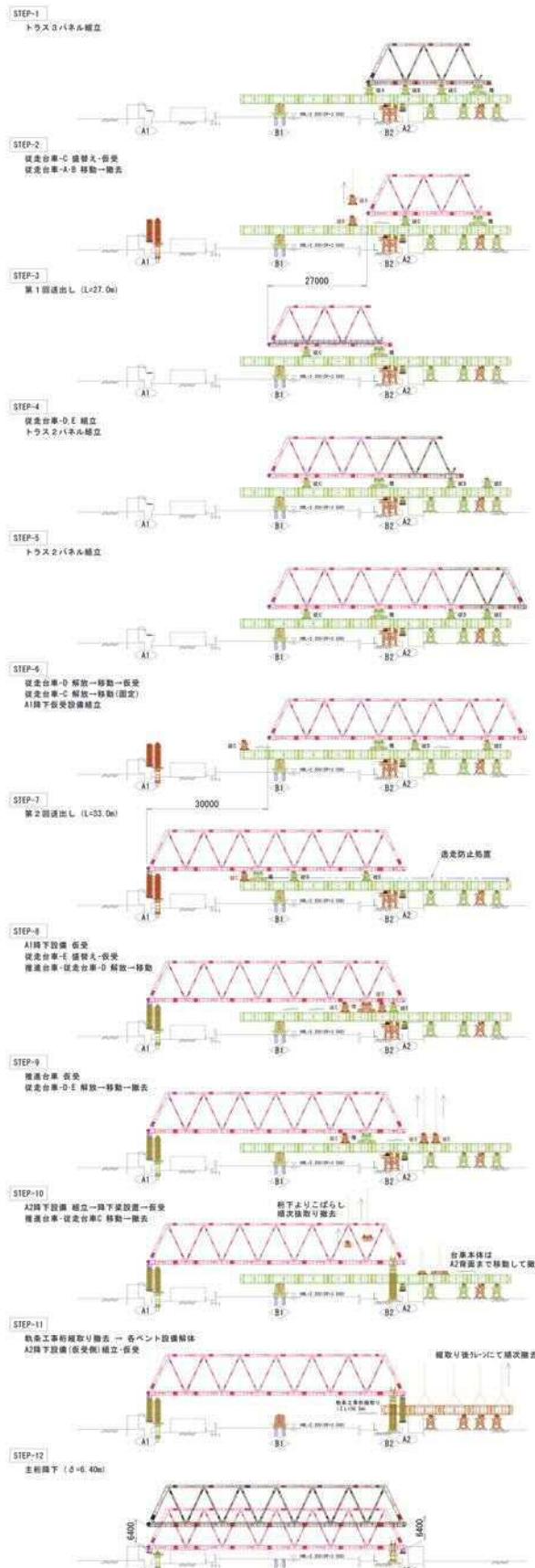


図-5 架設・送出しステップ

## (2) 送出し、台車設備

送出し工事桁設備としては、トラス桁の幅員が大きく曲線桁であり、これに対応すべく4主桁の2連独立桁となった（図-6、写真-2）。

また、台車上部においては、2連の独立桁上を台車が走行することから、レールからの逸脱が想定され、左記を解消すべくスベリ装置を設けた（図-7、写真-3）。

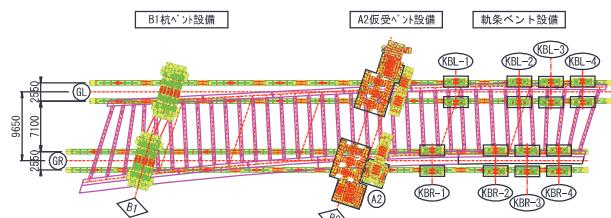


図-6 送出し工事桁設備全体図



写真-2 送出し工事桁設備全量

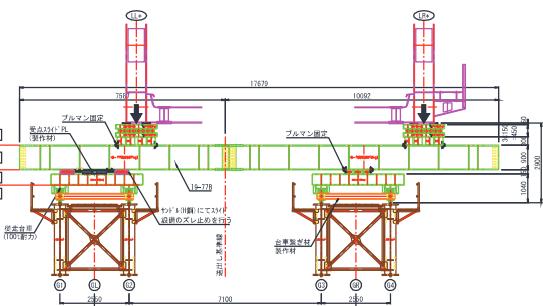


図-7 従走台車設備



写真-3 従走台車上スライド設備（ステンレス板）

### (3) 安全への取組

本工事においては、トラス桁の構造上、斜材部及び上弦材に添接箇所が多いという特徴がある。

本締め作業、足場組解作業、塗装作業を出来るだけ円滑かつ安全に施工を行う為に、トラス下弦材上に仮設備台を設置し、構台上に高所作業車を上架し施工に当たった(図-8、写真-4)。

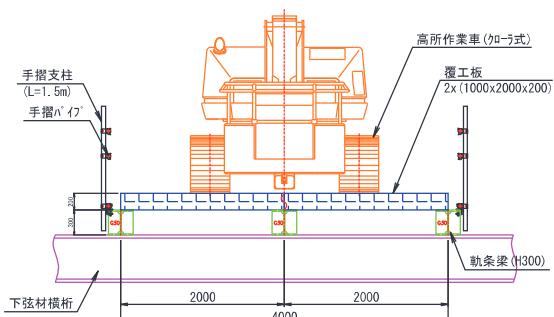


写真-8 仮設構台設備



写真-4 橋台設備使用施工状況

#### (4) 送出工程

主桁送出しに関しては、2工程にて行った。トラス桁3/7を組み上げた時点で1回目の送出し（写真-5、6）、後方残り4/7を架設し、先端を張出した状態で2回目の送出しを行い到達となる（写真-7、8）。先端台車反力管理には十分留意し送出しを行った。



写真-5 前方トラス桁組立



写真一6 第1回送り出し完了



写真一7 後方トラス桁組立

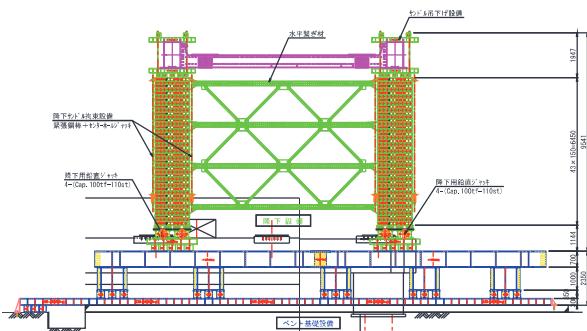


写真一8 第2回送り出し完了

## (5) 主桁降下

本工事において、最も苦慮したのが主桁降下作業である。作業時間が23:00から翌朝5:00まで、その間第三者車輌を通行させながらジャッキダウン作業時のみ全面通行止めの中での作業となりまた、ジャッキダウンの割り振り工程が交通規制の制約を受け7日間という日程となった。当初計画においては、設備頂部にジャッキを設置し上段からのジャッキダウンの計画であった。

作業日数及びジャッキダウン量=6.4m、現場条件から高所作業車でのサンドルの荷扱いになることから、諸条件を緩和すべく下段からのジャッキダウン案に変更した(図一9、写真一9)。



写真一9 ジャッキダウン設備



写真一9 ジャッキダウン設備全景



写真一10 変位同調装置

最下段からのジャッキダウン作業を行う事は、必然的にジャッキを最下端に設置することになる。主桁はジャッキ位置より7m上にあり、ジャッキダウン時の主桁の傾きを回避することが第一だと考えられた。

結論から述べると今回ジャッキダウン作業においては、ストローク管理に特化して作業をおこなった。

ストローク管理には、変位同調装置を使用した。これは、同形式のジャッキの押し側作動油を同油量抜き取ることにより、変位を最小限に抑えてジャッキダウン、ジャッキアップを行う事の出来る装置である(写真一10)。

同調装置を用いる事により、各橋脚2支点計8台のジャッキのストローク変位差を3mm以内の誤差で消化でき円滑、安全なジャッキダウン作業を実施できた。

反力に関しては、最大186tの支点反力が生じることから仮受点をCAP100tの鉛直ジャッキで四角形に囲むように4台設置した。これによりストローク管理における偏荷重に対応した(写真一11)。

また各ジャッキに能力以上の荷重が集中しないように監視を行いながら施工を行った。実作業においても、ストロークの変位は皆無に近い施工が行えたが、反力のバラつきは生じた。最大で1台のジャッキに80tその他のジャッキは30t強の荷重の不均等もあった。

最終的には、1日1m強のジャッキダウンを行うことができ、作業日数は6日で1日の余裕を持つことが出来た。またジャッキダウン時のサンドル抜取作業を橋脚上で行う事ができ、安全作業にもつながった。



写真-11 降下ジャッキ配置

## 5. PICフォームの施工

本工事においては、路床版外型枠として発注者指定の  
PICフォームを使用した。

これは、近年になって施工実績が増加しており、美観及び耐久性において優位性を持つ構造物とすることが可能だと思われる。

ただ、現場施工に関しては木枠との併用箇所が生じるなどの難点もある。

本工事に関しては、ハンチ部及び横桁下FLGに同材料を用い、水平部分は木枠にて施工した。これは水平部分にPICフォームを使用しても、ペコビーム等の何らかの支保工設備は必要であるため、費用対効果を考えた結果である（写真-12、図-10、11）。



写真-12 PICフォーム・支保工施工状況

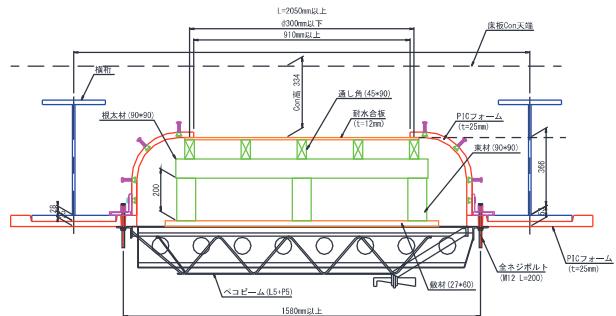


図-10 支保工設備（ペコビーム部）

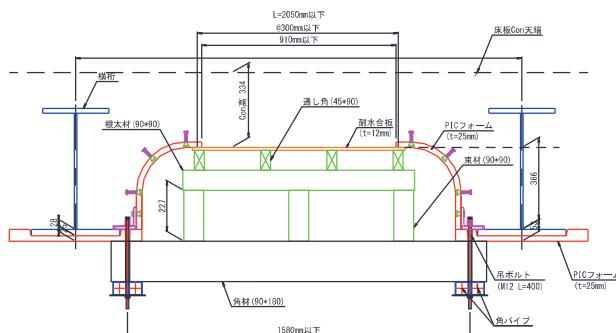


図-11 支保工設備（木枠部）

## 6. おわりに

現段階において、おおさか東線 寝屋川橋りょう架設工事は、下り線トラス桁の架設工事が完了している。冒頭にも述べたように、今後既設鉄道桁上下線の解体、上り線トラス桁の架設工事と続行される。

残工事においても、安全、品質、施工管理に注力し、創意工夫を怠らず、工事完了を目指したい。

## 7. 謝辭

本工事（T1トラス桁架設）が無事故、無災害にて無事完工できたのは、西日本旅客鉄道（株）大阪工事事務所、大鉄工業（株）土木支店おおさか東線作業所の方々の、指導、協力があってのものでした。

また、各協力業者の力があってのものでした。誌上を借りて関係各位に対してお礼申し上げます。

2014.12.10 受付

# 浜脇Bo架設報告

## Report on Construction of Hamawaki Over-bridge



秋山昌巳<sup>\*1</sup>  
Masami AKIYAMA



新居田雄二<sup>\*2</sup>  
Yuji NIIDA



秋葉友展<sup>\*3</sup>  
Tomonobu AKIBA



濱井功<sup>\*4</sup>  
Tsutomu HAMAI

### 要 旨

本工事は、大分県別府市を縦断する国道10号線の交通緩和として期待される大分県道51号別府挾間線において、大分県から九州旅客鉄道株式会社に委託されたJR日豊本線別府～東別府間を跨ぐ鋼桁架設および床版工事である。

キーワード：鋼桁架設、場所打ちRC床版

### 1. はじめに

別府挾間線は、大分県別府市から同県由布市にいたる主要地方道（県道）であるが、現在別府市浜脇から内成に至全長約3.8kmの浜脇バイパスの整備が進められている。

本工事は、その一環で、山間に計画された浜脇トンネルから海岸の浜脇町内のPC桁および盛土区間へと急勾配で擦りつくP2～P3間の上部工架設工事である。

本稿では、概略の工事報告を行う。

### 2. 工事概要

以下に構造一般図（図-1）を示すとともに、概要を示す。

- (1) 工事名：別府・東別府間浜脇Bo新設他3
- (2) 施工箇所：大分県別府市浜脇1丁目地内
- (3) 橋梁形式：鋼単純非合成4主箱桁
- (4) 橋長：69.000m（CL上）
- (5) 支間長：66.400m（CL上）
- (6) 有効幅員：16.149～26.043m
- (7) 縦断勾配：9.0%
- (8) 横断勾配：6.0%
- (9) 鋼重：約849.4t
- (10) 床版工：411.2m<sup>3</sup>



写真-1 着手前



写真-2 完成

\*1 建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場主任

\*3 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場主任

\*4 建設事業本部 関西事業部関西営業部福岡営業所計画担当 係長

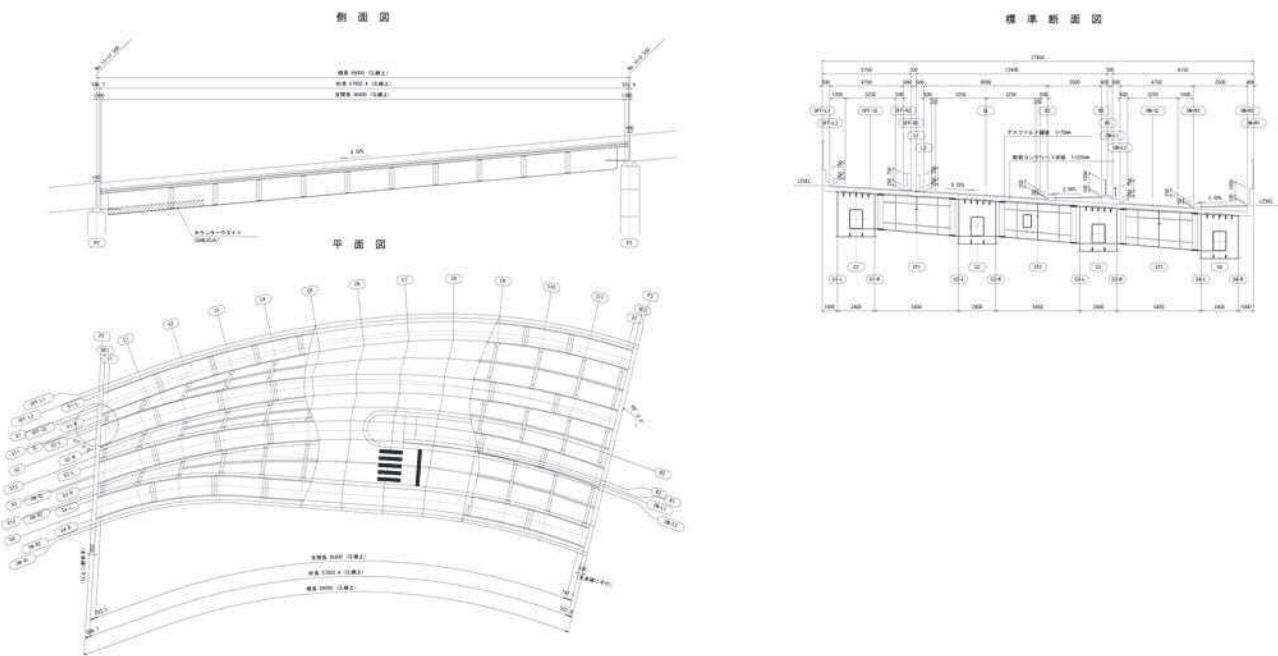


図-1 上部工構造一般図

### 3. 現地施工報告

#### (1) 施工ヤード計画

本橋は、単純4主箱桁という構造でありながら、9%の縦断勾配と6%の横断勾配、そしてR=100mの曲線線形を有しており、径間の中央部分でJR日豊本線を跨いでいる。

さらに、終点方（P3側）は、山間のトンネルからの出口で、起点方（P2側）は、狭隘な道路（旧国道10号線）に面した民家が立ち並ぶ中に橋脚が立つ。

上部工構造の側面および平面線形を考慮すると、クレーン架設工法が有用であると考えられるが、確保できる施工ヤード面積を考慮すると、ベント設備を用いて単材と地組を併用しながらのクレーン・ベント架設工法が最も有効であった。

そこで、終点方には大型重機を搬入する経路が確保できないことと、配置するヤードが確保できないことから、起点方P2橋脚脇に施工ヤード①を確保し、そこで550t吊り油圧式オールテレンクレーンを用いて架設を行うこととした。

ただし、クレーンの組立解体や桁地組立は、近隣に別途ヤード②を確保し、現地まで搬送させることとした。

そのヤード②も、JR日豊本線と旧国道に挟まれた狭隘なヤードで、550t吊り油圧式オールテレンクレーンの組立・解体や桁地組を行うためだけの最低限のヤードであった。



写真-3 ヤード②におけるクレーン組立



写真-4 桁地組状況

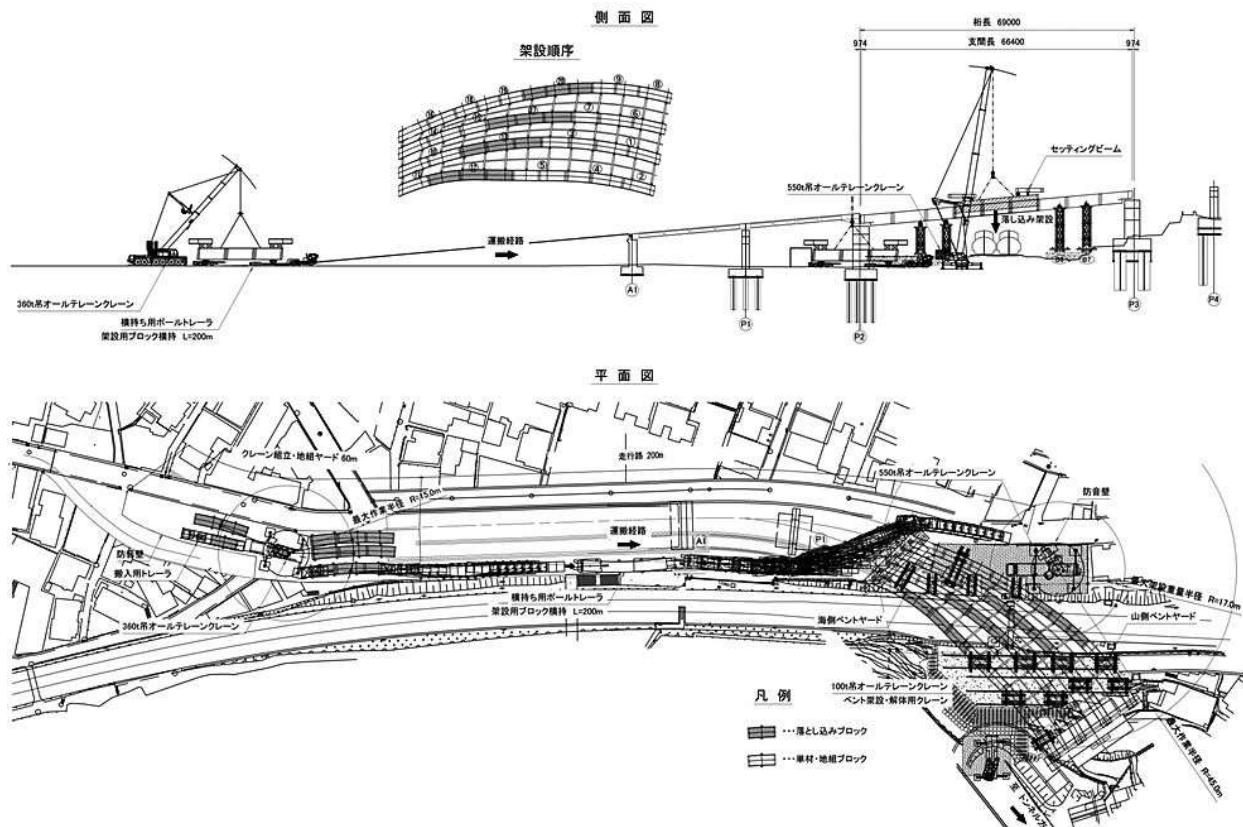


図-2 鋼桁架設計画図

## (2) ベント設備の配置

狭隘なヤードでの施工は、ベント設備の配置計画にも工夫を要した。架設重機の位置は、P2側にはほぼ固定で、P3側まで架設しようとした時、架設用重機の能力により、地組で架設できる重量には限界があった。そのため、JR日豊本線を挟んでP3側については、地組ブロックではなく単材で架設できるベント設備配置を計画する必要があった。

さらに、JR日豊本線の線路脇には起終点のどちらにも、径間中央部の落とし込み架設を考慮して、待ち受け

ブロックの支点となるベントを配置する必要があった。

## (3) JR上の落とし込み架設

径間中央部分のJR日豊本線上のブロックについては、1主桁3ブロックずつ地組を行い、それぞれ落とし込み架設を行った。落とし込み架設ブロックには、JR上での架設作業時間の短縮と、仮ボルト添接中の落下というリスク排除を図るため、セッティングビームを設置した。

セッティングビームを含めた落とし込み架設ブロックの最大重量は約62tとなった。



写真-5 ベント設備配置状況

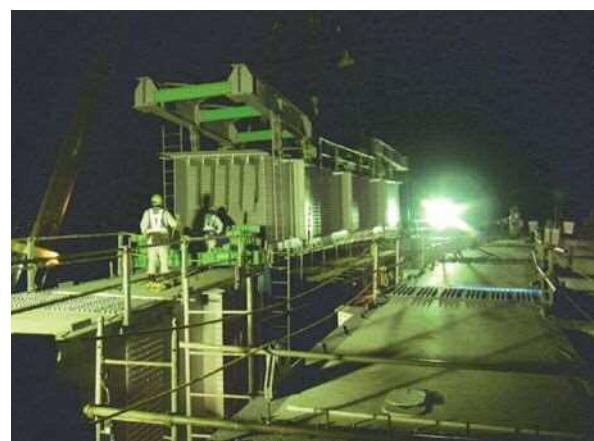


写真-6 落とし込み架設状況

#### (4) 床版コンクリート打設

本橋が、曲率半径が小さく、大きな縦断勾配を有することは、床版コンクリートの施工に關しても困難を極めた。

床版コンクリートのボリューム ( $V=411.2m^3$ ) を考慮すれば、コンクリートの分割打設を考慮すべきであるが、本橋は単純桁であるため、打継目を設けることによりデメリットが生じる可能性が高いと考えられた。

そこで、伸縮装置が後施工となる両端支点上は打ち残すとしても、それ以外の全ての床版コンクリートは一度に打設を行った。1日で延べ92台のアジテーター車 ( $4.5m^3/\text{台}$ ) を現場で回送する必要があった。通例であれば2方向からのコンクリート打設を行って時間短縮を図るが、9%の縦断勾配を考慮して橋軸方向に順次打設を行うものとした。

400m<sup>3</sup>を超えるコンクリートを1方向から打設して、一日で打設を完了するには多少の不安があったが、コンクリート打設～締固め～仕上げの作業を全て順次流れ作業で行うことにより、丸一日での打設作業を完了させた。

#### 4. おわりに

本工事は、特異な橋梁構造と狭隘な施工ヤードのために、多くの困難を極めるとともに、安全最優先と品質向上に最も気を遣うこととなった。

今後、事業計画や架設計画の中で、より安全で施工しやすいヤードを確保することが重要と考えられる。

#### <謝辞>

本工事着手から完了まで約1年の中で、大雨による災害等がありましたが、幸い人災や事故は無く、無事完工できたことを、関係者各位に深謝いたします。

2014.11.28 受付



写真-7 床版コンクリート打設状況

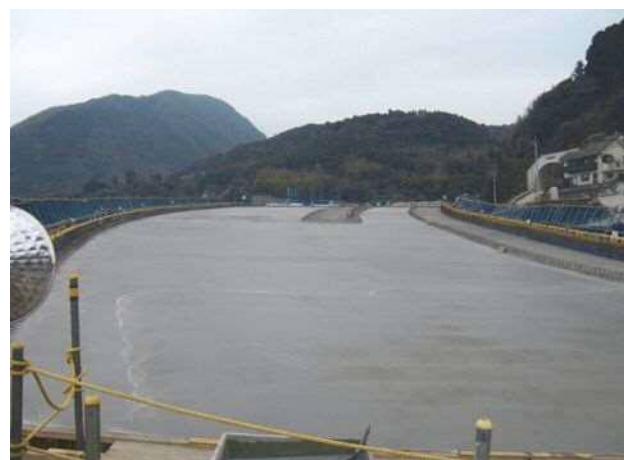


写真-8 床版コンクリート打設完了



写真-9 上部工架設完了

# 小田急線環七交差部の施工

## Construction of Intersection of Odakyu Line and Ring road No.7



朝倉一久<sup>\*1</sup>  
Kazuhisa ASAKURA



相澤達也<sup>\*2</sup>  
Tatsuya AIZAWA



田中栄貴<sup>\*3</sup>  
Hideki TANAKA



千葉信宏<sup>\*4</sup>  
Nobuhiro CHIBA



山田重生<sup>\*5</sup>  
Shigeo YAMADA



増子康弘<sup>\*6</sup>  
Yasuhiro MASHIKO

### 要 旨

鉄道の複々線化・連続立体交差化事業において、当社が携わった幹線道路交差部の橋梁の施工について報告する。

キーワード：複々線化、連続立体、送出し、吊上げ台車、工事桁架設・撤去、旧橋撤去、ワイヤクランプ装置、横取り装置

### 1. はじめに

小田急電鉄小田原線は利用者数世界一とも言われるターミナル新宿駅と神奈川県西部地方の小田原駅を結ぶ通勤・通学路線と観光路線という2つの顔を持つ路線で、新宿寄りは東京への通勤圏にあたり、特に朝のラッシュ時には激しい混雑が生じていた。

そこで、ラッシュ時間帯の混雑緩和や所要時間短縮を目的とする鉄道事業者による複々線化事業と、踏切による渋滞の解消を目的とする東京都による連続立体交差化事業とが一体的に行われている。現在は最終区間となつた代々木上原駅～梅ヶ丘駅間で工事が進んでいる。

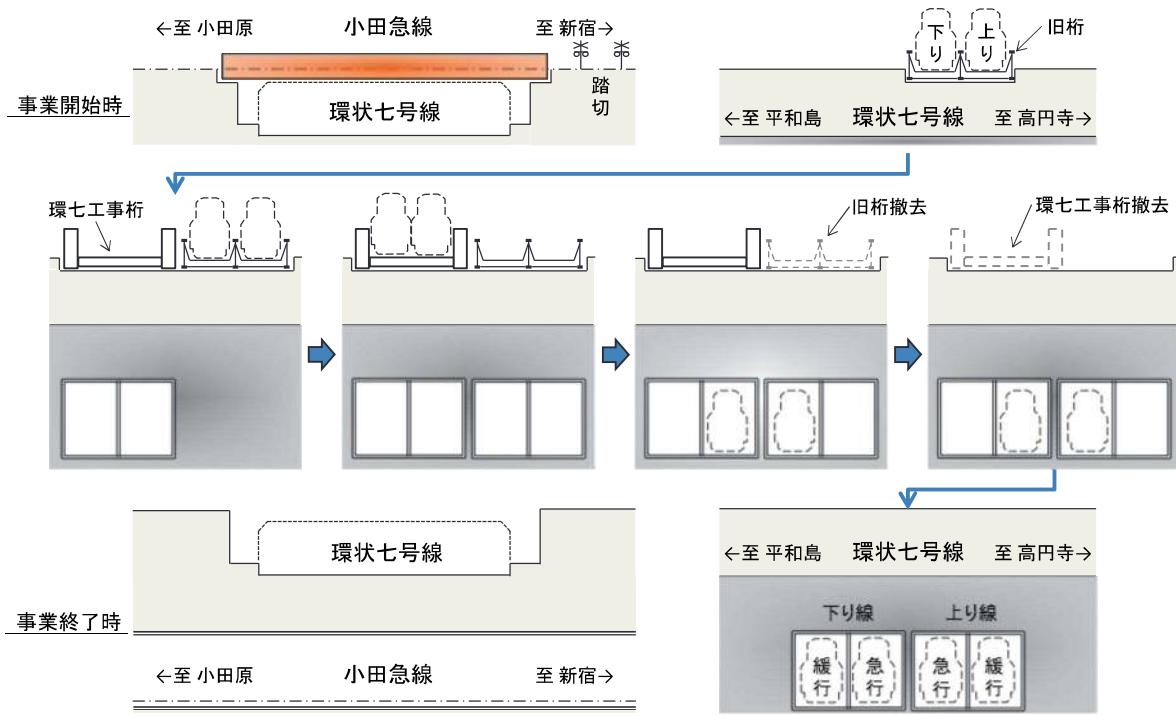


図-1 切換えステップ

\*1 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*3 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*4 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場所長

\*5 建設事業本部 保全事業部保全工事部保全工事グループ 現場所長

\*6 建設事業本部 工務・計画本部 計画部計画グループ サブリーダー

## 2. 工事概要

当該区間は世田谷代田駅～梅ヶ丘駅間で、掘割り式の環状七号線（6車線+両歩道）の上を複線の鉄道橋が跨ぐ形となり、跨道橋の新宿側では区道と平面交差するため踏切が設置されていた。事業完成後には、複々線化された鉄道が環状七号線の下を通り、区道との踏切もなくなることから周辺道路の渋滞緩和も期待される（図一1）。

## 3. 環七工事桁の架設

2007年12月～翌年1月にかけ、環状七号線を跨ぐ旧橋と平行（南側）に仮線用工事桁の架設を行った。

### 《環七工事桁概要》

橋 長：43.8m

斜 角：90°

構造形式：単純開床式複線下路プレートガーダー  
(2主箱桁)

鋼 重：172t

架設のために使用できるヤードは現在線（当時）脇の狭隘なスペースであること及び架橋位置が1日7万台もの交通量がある環状七号線であるなどの条件から、架設工法は手延べ式送出し工法が採用された。

また到達側には平面交差する区道があり、送出す手延べ機先端が支障する事となるため、送出しは7回に分け全て夜間作業で行った。

手延べ機が跳ね出し状態となる第1回送出しの際は、環状七号線を約1時間交通規制（全面通行止めは約30分）を行い施工した。

第2回以降は、環七の交通規制は行わず到達側の区道を規制し、当夜のうちに手延べ機を解体しながら施工した。



写真一1 環七工事桁組立て状況



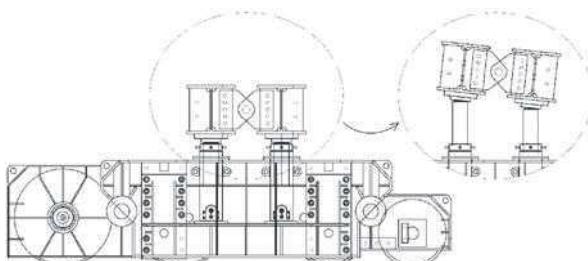
図一2 架設ステップ図



写真一2 送出し前の全景

### 【ジャッキ付き台車】

本工事では新たに開発した鉛直ジャッキ付きの自走台車を使用したが、これにより第1回送出し到達後の仮受け作業が軽減され交通規制時間の短縮に寄与できた。



図一3 鉛直ジャッキ付き台車

#### 4. 上路工事桁の架設

2012年1月～3月、環状七号線交差部より小田原方で仮々上り線の工事桁（L=11m, 上路桁）25連の架設を行った。

構台部の11連はラフターカークレーンで架設し、残る掘割り部の14連については通常のクレーン架設が出来ないことから、吊上げ台車を使って架設を行った。

吊上げ台車はボギー装置およびリンク装置を持った特殊台車でカーブおよびカントを有する軌道（狭軌）を走行できるように開発した物である。

##### 《吊上げ台車概要》

全長：28m

自重：48t

吊上能力：22t

走行速度：3～30m/分



写真-3 吊上げ台車

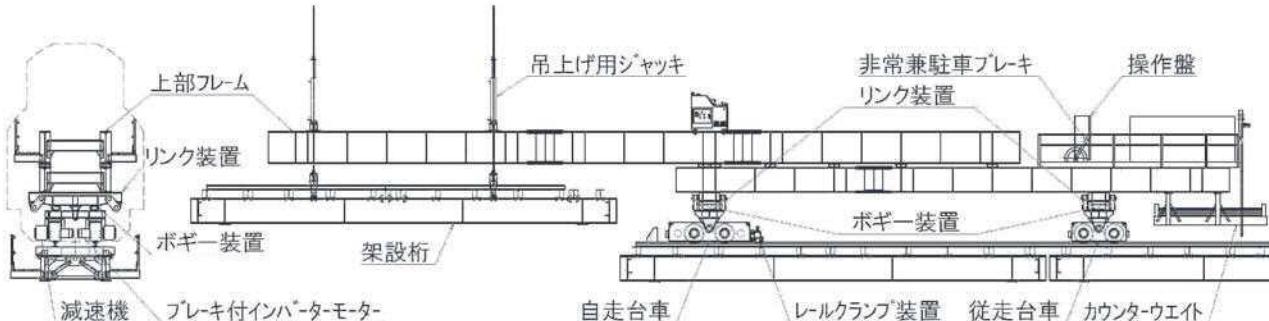


図-4 吊上げ台車概要図

吊上げ台車の走行に使用する軌道は仮設材とするため、出来る限り架設前の工事桁に構台上で仮軌道を敷設した。仮軌道の撤去は全ての工事桁架設後に行うことになる。そのため架設を終えた吊上げ台車の上部フレームを取り外し、トラック架装用のクレーンを台車に載せ、解体と搬送を行えるクレーン台車に組み替えて撤去作業を行った（図-5）。

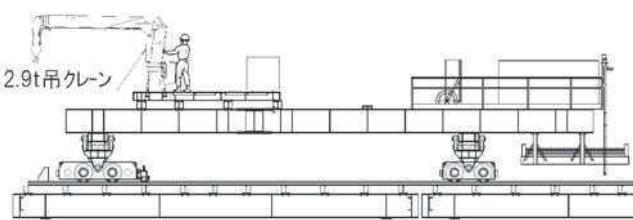


図-5 クレーン台車概要図

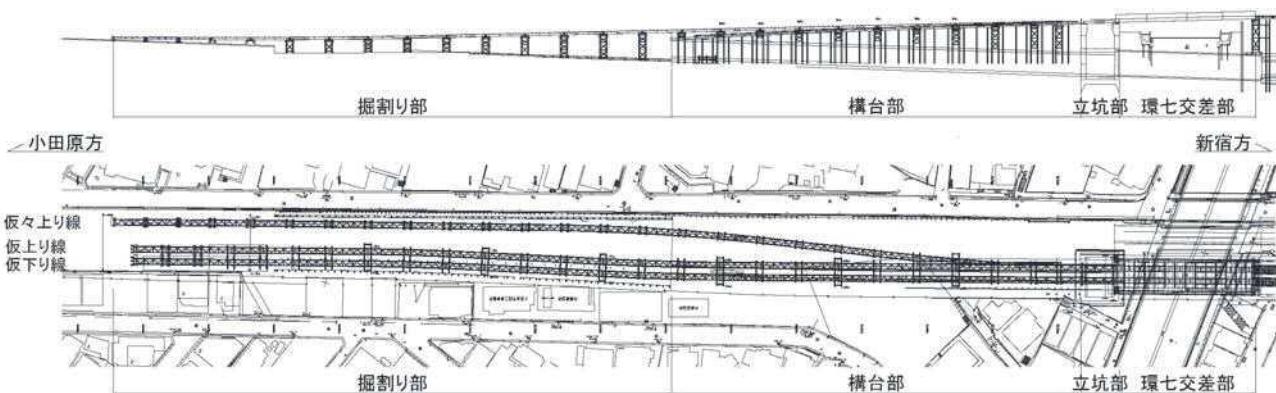


図-6 仮線配置図

## 5. 上路工事桁の撤去

小田急線の切換えステップに伴い、仮上り線、仮々上り線、仮下り線の上路工事桁を順次撤去した。

基本的には仮々上り線の架設と逆の要領で、吊上げ台車とラフタークレーンを使用して施工したが、撤去時には使用を終えた本設の軌道を利用することができたため、工事桁の掛違い部でレールをガス切断しながら撤去を行った。

工事桁撤去時は営業線が隣接していたため、基本的に夜間線閉間合いで施工を行った。

際は環状七号線を全面通行止めとして施工を行った。

ジャッキアップ量は2.75mであったが、ワイヤクランプ装置を用いたことにより、ジャッキアップから受替えまでの作業をおよそ20分で行うことが出来た。

### 《旧桁概要》

桁 長：22.8m

斜 角：70°

構造形式：単純開床式複線下路プレートガーダー

(3主鉄桁)

鋼 重：80t（推定）

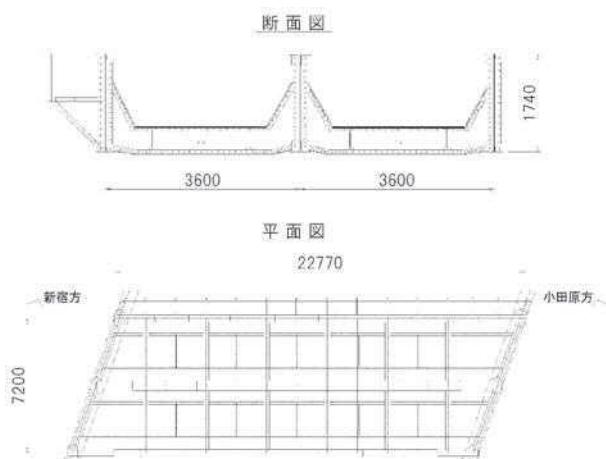


図-7 旧桁図

## 6. 旧桁の撤去

小田急線の地下化切換え後の2013年8月～9月に、旧桁の撤去を行った。

一括撤去が可能な大型クレーンの設置が出来ないこと、主桁の構造上の理由で手延べ機の取付けが困難であることなどから、旧桁をジャッキアップ・横取りし隣接する環七工事桁上の旧軌道を利用して小田原方へ縦取りする工法で環七上から撤去した。

ジャッキアップ及び横取りは桁下での作業が行えないことから、セッティングビームを旧桁に取付け、橋台背面を作業箇所とした。またジャッキアップ及び横取りの

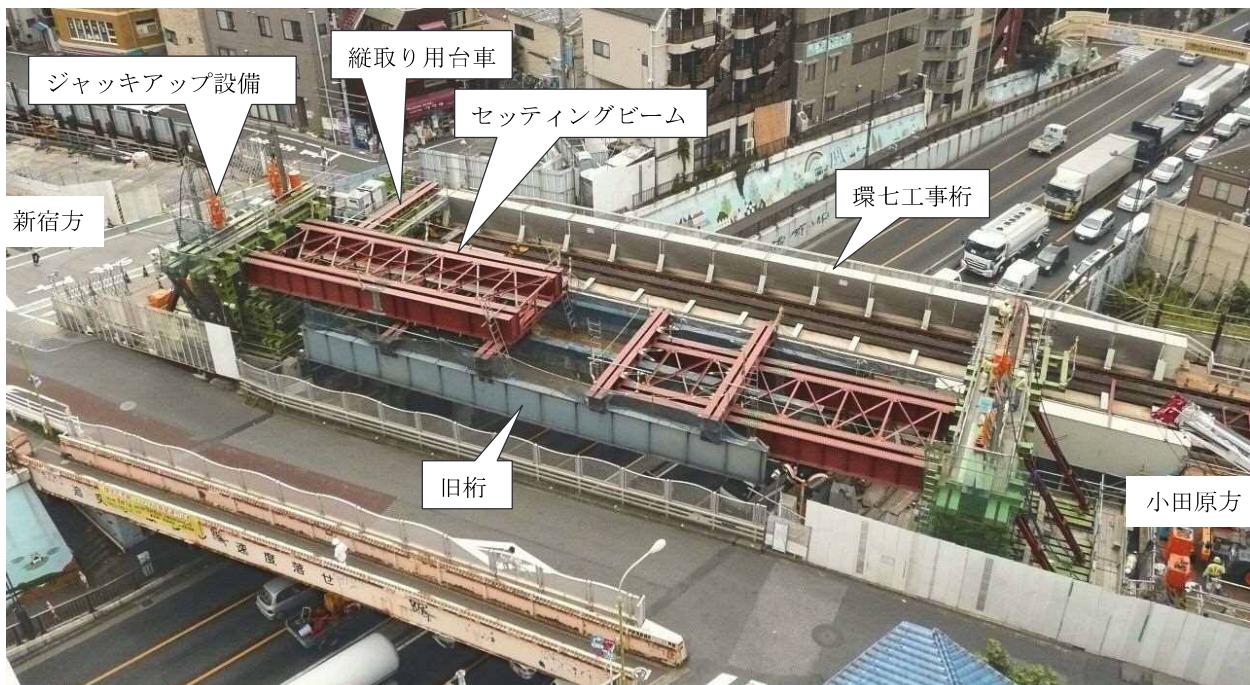


写真-4 ジャッキアップ後の旧桁

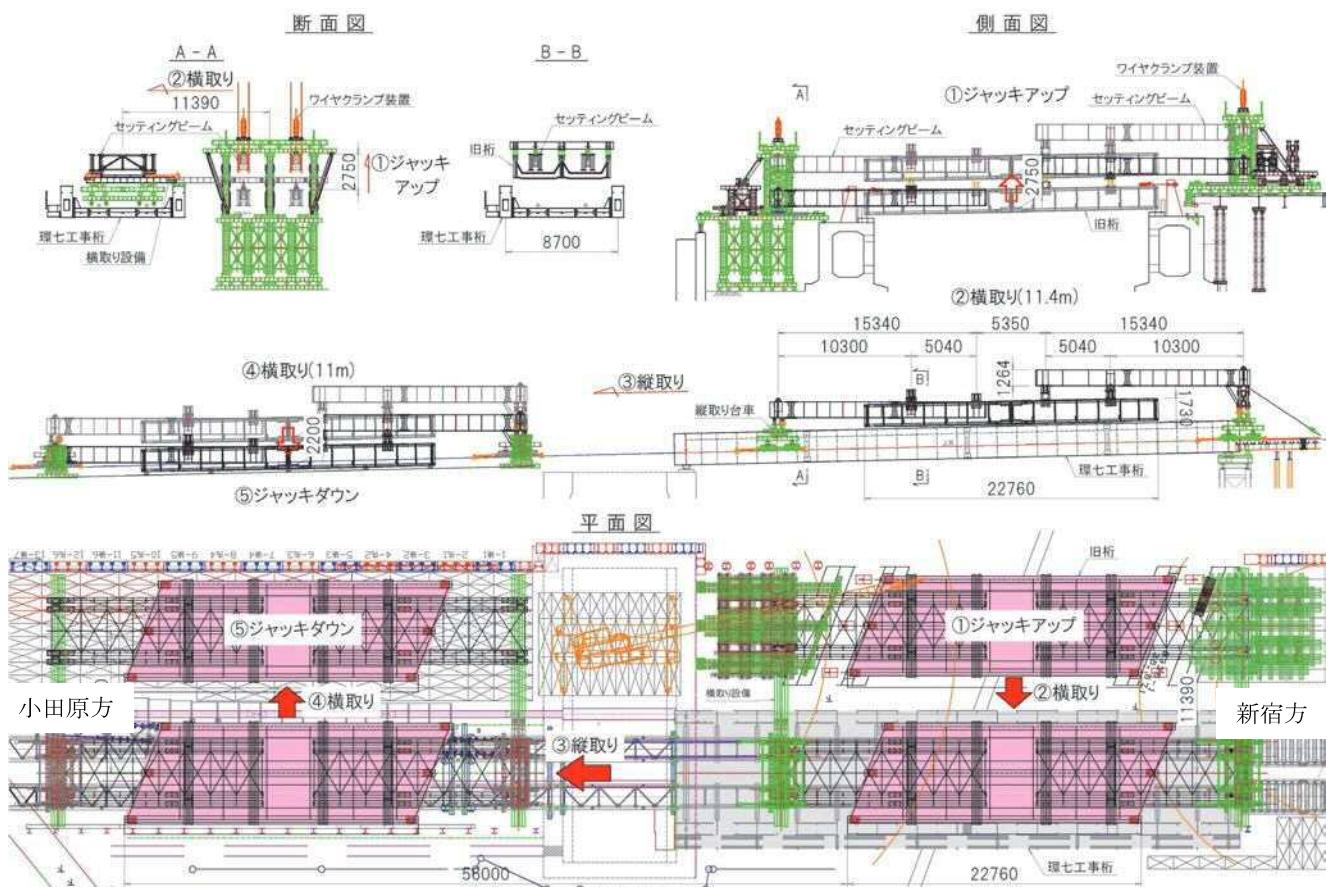


図-8 旧桁撤去計画図

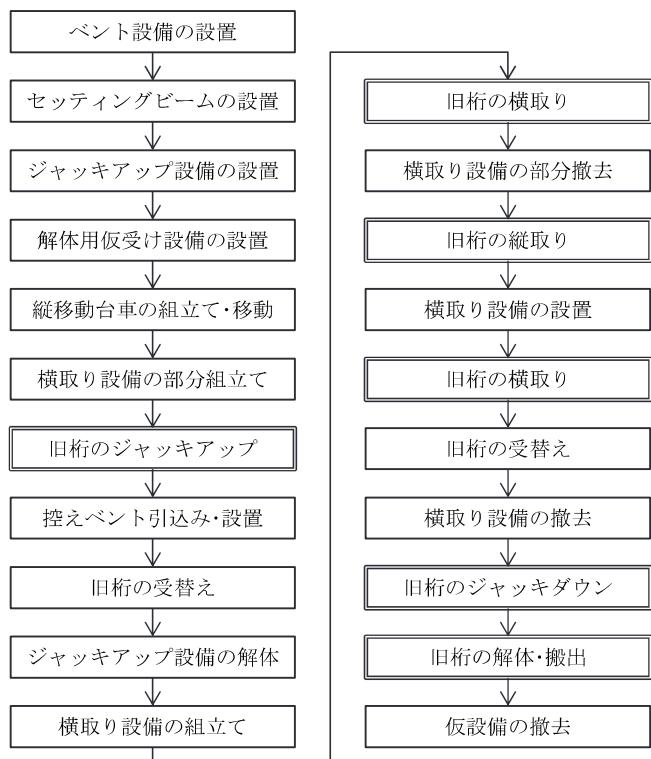


図-9 施工フローチャート



写真-5 ジャッキアップ設備



写真-6 セッティングビームと横取り軌条



写真一七 環七を跨ぐ手延べ機



写真一八 送出しを終えた横断歩道橋

## 7. 環七工事桁の撤去

旧桁撤去後の2014年2月～3月、6年ほど前に架設した環七工事桁の撤去を行った（写真一七）。

施工要領は基本的に架設時と逆の手延べ引戻し工法で、手延べ先端が跳ね出し状態となる最終引戻しのステップでは、架設時同様に環状七号線の交通規制を行い施工した。

小田原方ヤードへ引き戻した工事桁は切断し搬出を行った。

## 8. おわりに

本稿では狭隘なヤードで並走する鉄道営業線近接や交

通量の多い環状道路上空で行った橋梁工事について報告したが、今後の同種工事の参考になれば幸いである。

当社が関わった、線路の切換えに伴う橋梁の工事はお陰様で全て無事に終了することが出来た。現在は環七上空の旧桁跡地を利用した横断歩道橋の設置工事が行われており、来春にも供用開始となる見込みである。幸いにもこの桁の送出し架設にも携わることができ、長年にわたり多く学ばせて頂いた現場となった。

最後に、本工事の施工にあたりご指導頂きました発注者の小田急電鉄（株）、元請けの鹿島建設（株）・（株）奥村組・（株）フジタ建設共同企業体ならびに工事関係者の皆様に深く感謝し、誌面を借りてお礼を申し上げます。

2014.1.13 受付

### グラビア写真説明

#### 横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線（IV工区）高架橋下部工事

本工事は、横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線整備におけるIV工区高架橋下部工事において、7基の高架橋下部工施工のため、深礎工・工場製作工・架設工・構造物撤去復旧工を異工種JVで発注され、施工しました。

現場は、沿道企業の車両が多く通行し、その車線を確保するため、大変狭いところで架設を行いました。また脚の一部は、夜間に現道車線を通行止め規制し、架設を行いました。また、現場が海から近いこともあり防錆処理についても大変留意しました。

工事中は、沿道企業等に、大変ご迷惑をかけましたが、無事故無災害で無事竣工させることができました。

（伊藤 浩之）

#### 二本木橋

本工事は、平成23年7月の「新潟・福島豪雨災害」により落橋した橋梁の災害復旧工事で、東北地整の権限代行工事として、北陸地整から上下部工の詳細設計付工事で、鉄建建設（株）との異工種JVで発注された工事です。

現場は、奥会津の山間部で、冬期は2m以上の積雪がある豪雪地帯でした。その雪解けを待ってからの上部工架設開始を余儀なくされ紅葉シーズンで観光客が多く訪れる時期までに供用させるという非常にタイトな工程にも関わらず、無事故無災害で無事竣工できました。橋の完成にいては地元の住民から大変感謝されました。（伊藤 浩之）

# 上淀川橋りょう補修 縦桁上フランジ交換装置

## Repair of Kamiyodogawa Bridge : Exchange Device of Flange on Stringer



牧 本 健 一<sup>\*1</sup>  
Kenichi MAKIMOTO



江 川 義 広<sup>\*2</sup>  
Yoshihiro EGAWA



酒 井 啓 充<sup>\*3</sup>  
Hiromitsu SAKAI



濱 井 功<sup>\*4</sup>  
Tsutomu HAMAI



藤 岡 大 地<sup>\*5</sup>  
Daichi FUJIOKA

### 要 旨

本工事は、JR東海道本線 新大阪駅～大阪駅間に位置する上淀川橋りょう（単純トラス桁×22連）における、損傷・腐食の著しい縦桁の上フランジの取替工事である。試験施工時から含めてこれまで5回、非出水期毎に施工しているが、過去の実績とともに取替方法の改良を図ってきた。本稿では、過去のフランジ交換方法を含めて、現在の交換方法まで、その経緯とともに報告する。

キーワード：トラス桁縦桁修繕、上フランジ取替

### 1. はじめに

上淀川橋りょうは、本工事で対象となっている複線下路トラス橋（上り線）と平行して、下流側に同じく複線下路トラス桁（貨物線・特急専用）と、上流側に複線上路鉄桁（下り線）の3種の橋梁が平行して並んでいる。中でも本工事対象橋梁である上り線は、1901年の竣工から110年以上も経過している歴史的鋼橋である。

本橋は、支間30mほどの短い複線トラス橋が22連も並んでいるが、JR東海道本線 新大阪駅～大阪駅間において関西圏の大動脈を支える1日に200本を越す高密度の列車荷重に耐えている。

特に、枕木を介して列車荷重を直接支持する縦桁のフランジについては、損傷や腐食が顕著に認められており、ライフサイクルコスト（以下、LCC）も含めた適切な維持管理を行うことが必要とされている。

当社は、平成21年度から本工事に携わっており、これまで試験施工を含めて計5回、非出水期毎に施工している（図-1）。

西日本旅客鉄道株式会社は、当社が本工事に携わる以前から、W（ダブル）フランジ補強や縦桁全体交換等の方法も試験施工を実証してきたが、LCCと構造設計的に上フランジのみをT型の新設フランジに交換することが

望ましいとしている。

本稿では、当社が施工した平成21年度からの縦桁上フランジの交換方法について報告する。



写真-1 上淀川橋梁全景



写真-2 縦桁上フランジ損傷状況

<sup>\*1</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場所長

<sup>\*2</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場所長

<sup>\*3</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部工事・工務グループ 現場所長

<sup>\*4</sup>建設事業本部 関西事業部関西営業部福岡営業所計画担当係長

<sup>\*5</sup>建設事業本部 関西事業部工事・計画部計画グループ

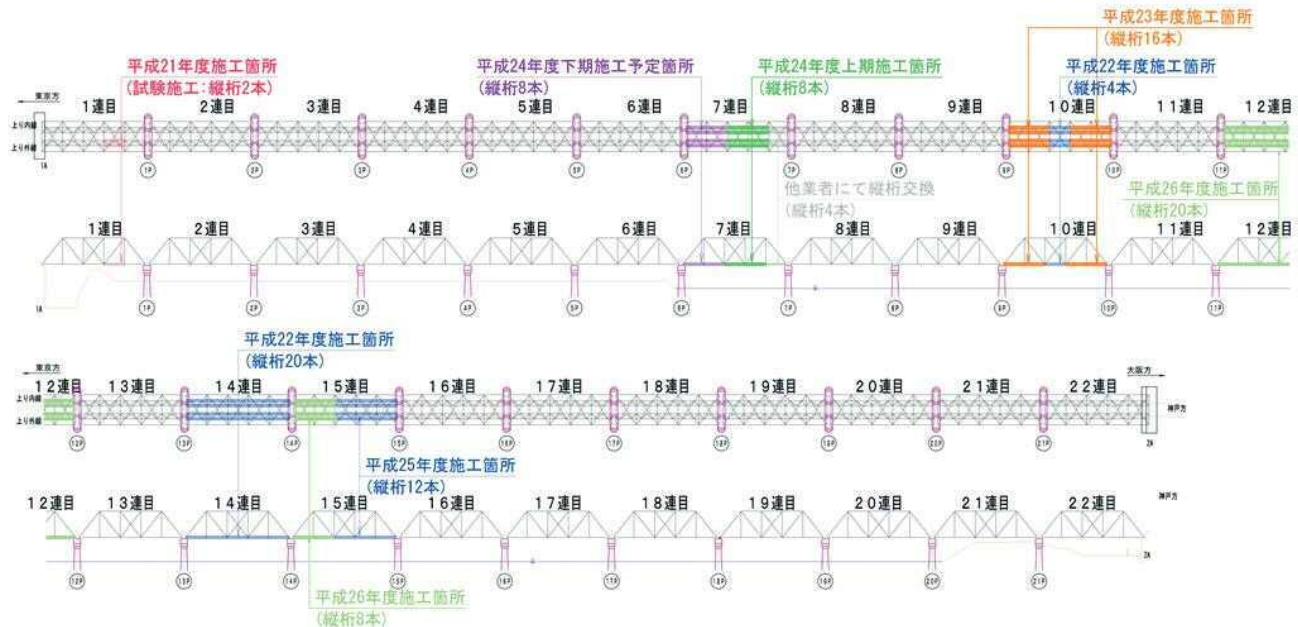


図-1 縦桁上フランジ交換 施工配置図

## 2. 施工方法

今年度までに施工した縦桁上フランジの交換箇所を図-1に示す。

上淀川橋梁上り線22連において、毎年1連：縦桁20本程度のペースで、上フランジの取替を行っている。

施工箇所の選定は、事前に損傷状況を確認した報告書から、補修の優先順序を選定しつつ、予算、工程、そして施工性の観点から、その年に上フランジを交換する箇所が選定される。

因みに、平成21年度は、縦桁上フランジ取替を施工する初めての年で、試験的に縦桁2本のみの上フランジ交換を行った。

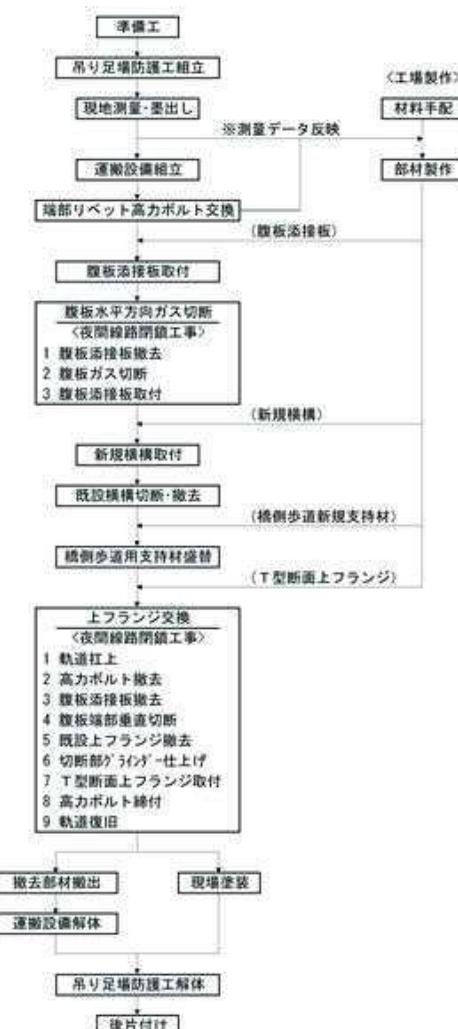
### (1) 施工手順

上フランジの交換作業は、基本的に右記フローチャートに従って行う。

足場に関しては、施工する箇所が河川上や河川敷上、そして堤防上等の条件によって異なるが、上フランジ交換や事前作業の作業床として、重要な設備である。

さらに、上淀川橋梁は全長700mにも及ぶ橋梁で、資材取り込み箇所となる河川敷から、橋梁中央部分まで資材を運ぶ場合には300m程度の運搬が必要となる。そこで、足場上には、運搬台車および軌条設備を設置し、日々の資機材・工具の運搬、そして新規T型フランジや

### 上フランジ交換 施工フローチャート



撤去フランジの運搬を行っている。

また、縦桁上フランジを交換するにあたって、縦桁端部のリベットを高力ボルト（HTB）に置換して、端部の部材を取り外せるようにする必要がある。そして、リベットを高力ボルトに置換する作業は、人工や工程を要す重要なファクターである。

リベットの撤去作業は、昼間列車を通しながらの作業となるため、添接箇所1箇所あたり4本までの同時施工に制限した。そして、縦桁への熱影響を考慮して、極力火を使わないように、リベット頭部を撤去してから、アトラーを用いて穿孔を行い、リーマー・ケレンを行い穿孔した孔を円滑に仕上げ、高力ボルトを挿入して、仮締め、本締めの順に行う。

そして、縦桁上フランジの交換を行う際、既設上フランジは腹板の上部ごと撤去して、新規T型フランジに置き換えるが、当夜の取替作業の短縮化を図るために、事前に腹板の水平切断を行うこととしている（図一2）。



写真-3 作業足場



写真-4 運搬設備



写真-5 リベット撤去



写真-6 腹板水平切断



写真-7 腹板水平添接板復旧

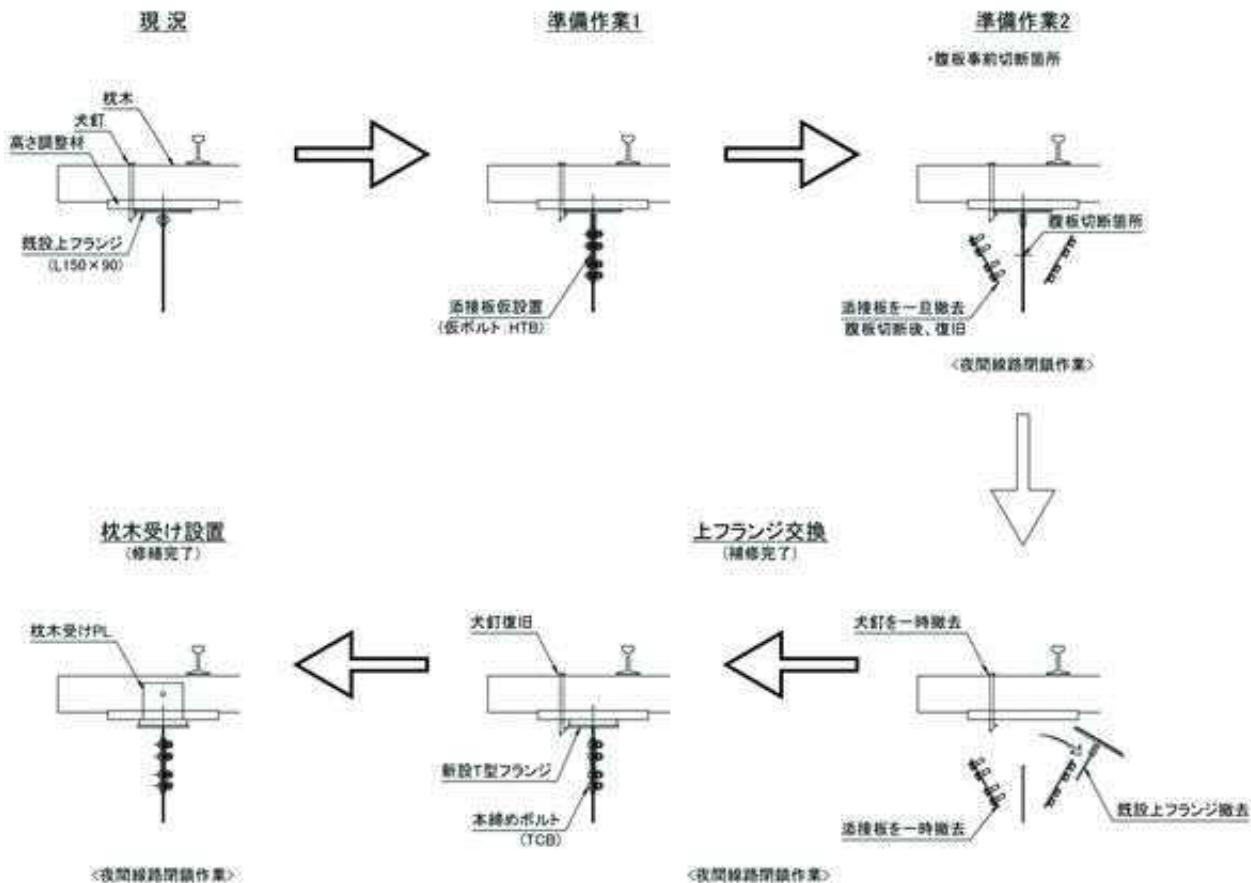


図-2 上フランジ交換一般図

## (2) 上フランジ交換方法

### ①平成21年度施工

平成21年度は、試験的に1連目の縦桁上フランジ2本のみの交換作業を行った。

1連目は、河川堤防上で、クレーン等の重機による上フランジ交換も可能であったが、次年度以降の本施工を考慮して、ほぼ人力による上フランジ交換作業を試みた。

そこで、交換する縦桁を支える横桁にポスト（角鋼管100×100）を固定し、その上からチェーンブロックを用いて、既設上フランジの吊り込み撤去、および新設T型フランジの吊り込み設置を行った。

本工法は、交換方法としては簡易なものであったが、ポストを設置するために、作業員が軌道面上での作業になることや、ポストの設置が夜間線路閉鎖後の設置作業となるため、軌道の扛上・降下作業を含め、交換作業の前後に多くの時間を要すこととなった（図-3）。

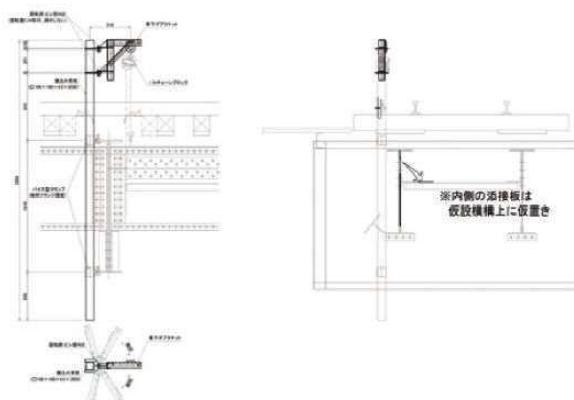


図-3 上フランジ吊り込み設備

## ②平成22年度～平成24年度施工

前年度の上フランジ交換作業において、前後の準備作業に多くの時間を割くことになったため、上フランジ交換設備の改良を行うこととした。

そこで、作業員の軌道面上での作業の低減と仮設備の事前設置を考慮して、上フランジを吊り込むのではなく、油圧ジャッキを用いて扛上・降下・横移動を行える設備の開発を行った。

この扛上・降下・横取りを行う仮設備は、縦桁の下フランジに定着した横持用梁材上に縦桁を挟んで両側にブラケットを設置し、Cap.15tf油圧ジャッキを用いて、新旧T型フランジを固定したブラケットごと扛上・降下させる。そして、既設上フランジ（T型）の撤去は、ブラケット上に設置したレバープロックを用いて、横引きを行う。さらに、新規T型フランジの据付は、ブラケット上に横向きに設置した別の油圧ジャッキを用いて、横移動を行う（図-4）。

事前に架台の設置や、新規T型フランジの仮据付に作業を要するが、軌道上での作業を無くしたことにより、軌道下面だけでの作業を可能にした。

本設備の採用により、上フランジ交換工法は、ほぼ確立した。



写真-8 上フランジ交換準備完了



写真-9 添接板撤去～既設フランジ固定

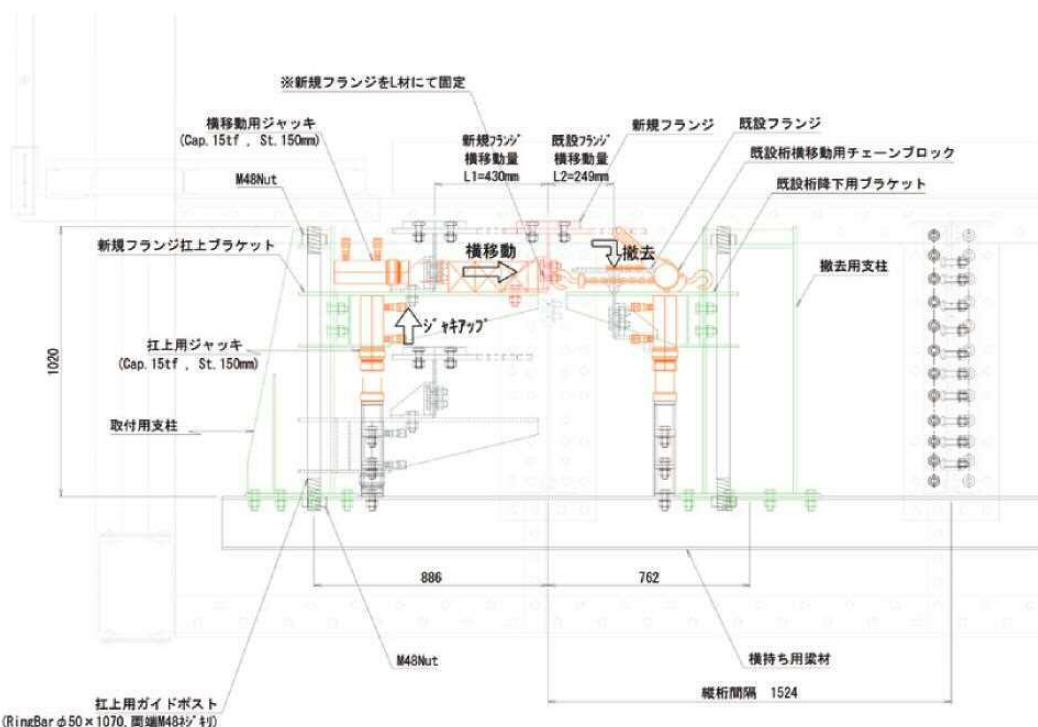
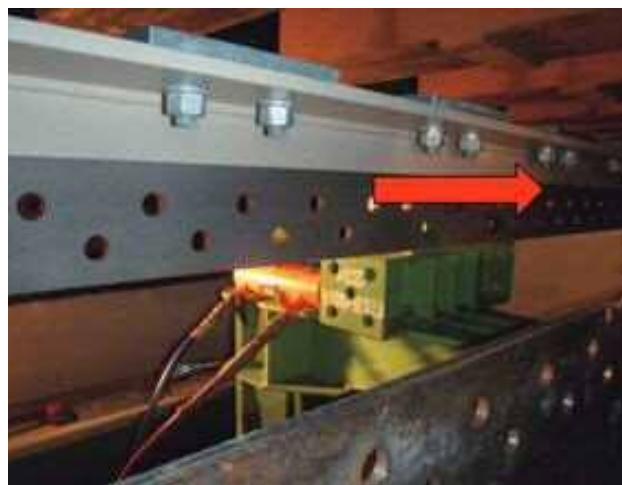


図-4 上フランジ交換設備図



写真一〇 既設上フランジ横移動



写真一三 新規T型フランジ横移動



写真一一 既設上フランジ降下



写真一四 新規T型フランジ設置完了



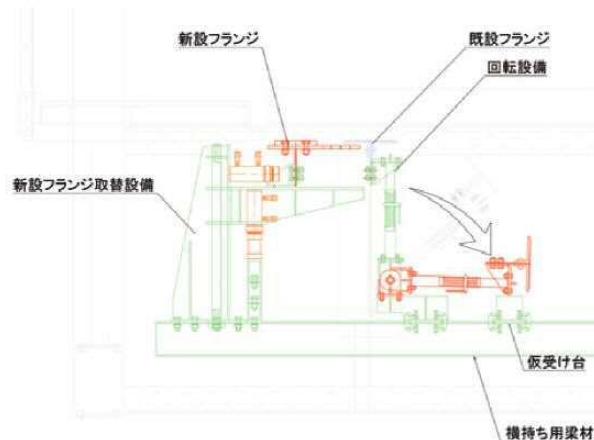
写真一二 新規T型フランジ吊上

### ③平成25年度施工

平成22年に開発した上フランジ交換設備によって、交換方法は確立していたが、さらなる交換時間の短縮化を図るため、既設上フランジの撤去方法に改良を行った。

従来の設備では、既設上フランジを横移動して降下させるまで、新規T型フランジの扛上げができない。

そこで、既設上フランジを横に倒すだけで撤去できるように、回転撤去架台を開発した（図一5）。



図一5 既設上フランジ回転撤去設備図



写真一15 既設上フランジ回転撤去設備

### 3. おわりに

本工事は、JR東海道本線軌道桁という重要な構造物において、上フランジだけを交換するという特殊な補修方法を行っているため、施工方法については完全に確立しているわけではないが、現在のところ本工法が最も安全で有効な手段であると考えられる。これからも本工法を元に最適な手段となるべく、検討・検証を重ね改良を図っていきたい。

また、本工事は、全22連の内、まだ約1/4が終わっただけである。今後も引き続き10年以上に渡って、上淀川橋梁の補修作業は行われることと思われる。その間には、縦桁だけでなく、支承部や横桁の修繕が必要となってくると考えられるが、より良い施工方法を提案していきたい。

### <謝辞>

本工事は、これまで施工方法の確立から、現地施工、そして本報告書の作成に至るまで多くの方にご協力いただきました。

この場をお借りして、関係者各位に深くお礼申しあげます。

### <参考文献>

- 1) 成瀬輝男：鉄の橋百選－近代日本のランドマーク，東京堂出版，1994

2014.11.28 受付

## 報 告

# 総武線平井・小岩間防風柵新設工事

## Construction of Windbreak Fence between Hirai Station and Koiwa Station along Sōbu Line



嘉手川 修<sup>\*1</sup>  
Osamu KADEKAWA



本間里志<sup>\*2</sup>  
Satoshi HOMMA



保坂樹<sup>\*3</sup>  
Itsuki HOSAKA



蟹江哲史<sup>\*4</sup>  
Satoshi KANIE



一条勇輝<sup>\*5</sup>  
Yuki ICHIJO

### 要旨

本工事は、JR東日本千葉支社が計画する防風柵設置工事の内、総武本線の小岩駅～市川駅間にある江戸川橋梁及び平井駅～新小岩駅間にある荒川中川橋梁の防風柵設置工事であり、ここでは、防風柵設置工事の施工方法について報告する。

キーワード：防風柵設置工、強風時の輸送障害、輸送の安全と安定

### 1. はじめに

JR東日本は、列車走行安全性を確保するため、強風時に運転規制を実施している。しかし、一部線区では運転規制に伴う輸送障害が多く発生することから、輸送の安全と安定の向上を図る為、防風柵の整備を進めている。

このうち、総武線の小岩～市川間（江戸川橋梁）と平井～新小岩間（荒川・中川橋梁）、京葉線の新習志野～海浜幕張間（浜田川橋梁）については2014年5月までに防風柵が設置され、列車の運転中止時間及び速度規制時間を大幅に減らす効果がもたらされている。

本工事は、JR東日本千葉支社が計画する防風柵設置工事の内、総武本線の小岩駅～市川駅間（江戸川橋梁）及び平井駅～新小岩駅間（荒川中川橋梁）の防風柵設置工事であり、ここでは、防風柵設置工事の施工方法について報告する。



写真-1 設置前（江戸川橋梁）



写真-3 設置前（荒川橋梁）



写真-2 設置後（江戸川橋梁）



写真-4 設置後（荒川橋梁）

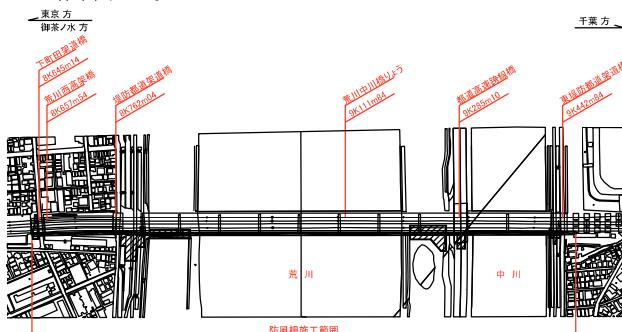


図-1 荒川・中川橋梁施工範囲図

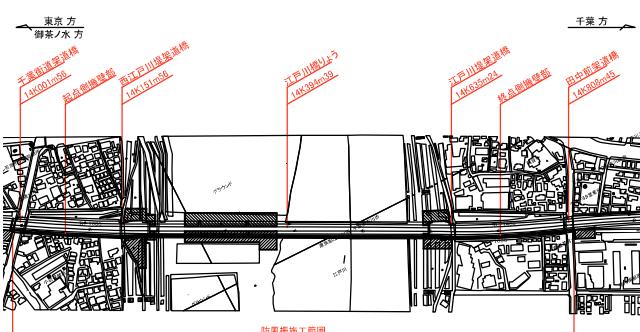


図-2 江戸川橋梁施工範囲図

\*1 建設事業本部 保全事業部保全工事部保全工事グループ 現場所長

\*2 建設事業本部 安全・品質管理部安全・品質管理グループ 現場所長

\*3 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ 現場主任

\*4 建設事業本部 保全事業部保全工事部保全工事グループ 現場主任

\*5 建設事業本部 工務・計画本部 計画部計画グループ 主任

## 2. 工事概要

### 1) 総武線小岩・市川間（江戸川橋梁部）

工事名：総武線江戸川橋りょう防風柵架設（海側）

発注者：東日本旅客鉄道(株) 千葉支社

請負者：東鉄工業(株) 千葉支店

施工場所：東京都江戸川区（総武線小岩～市川間）

施工範囲：表一1参照

表一1 江戸川橋梁部 施工範囲一覧表

キロ程	橋梁名	施工長	構造形式	防風柵形式	補強形式
8k631m99	下町田Bv	24.680 m	PC桁、擁壁	FRP (2方向)	高さ調整con+ (アミド補強:別途)
8k658m31	荒川西高架橋	97.380 m	擁壁	FRP (2方向)	高さ調整con+ (アミド補強:別途)
8k755m69	堤防都道Bv	13.100 m	BOXカルバート	FRP (1方向)	アラケット+H鋼受梁
8k768m79	起点側堤防部	28.550 m	盛土	有孔折板	直接基礎+H鋼支柱
8k797m34	荒川・中川橋りょう	629.000 m	鋼トラス	FRP (1方向)	アラケット+H鋼受梁
9k426m34	終点側堤防部	12.700 m	盛土	有孔折板	直接基礎+H鋼支柱
9k439m04	東堤防都道Bv	7.800 m	BOXカルバート	FRP (2方向)	高さ調整con
9k446m84 9k478m50	荒川東高架橋	31.660 m	擁壁	FRP (2方向)	高さ調整con

### 2) 総武線平井・新小岩間（荒川・中川橋梁部）

工事名：総武線荒川・中川橋りょう防風柵架設

（海側）

発注者：東日本旅客鉄道(株) 千葉支社

請負者：鉄建建設(株) 東京鉄道支店

施工場所：東京都江戸川区（総武線平井～新小岩間）

施工範囲：表一2参照

表一2 荒川・中川橋梁部 施工範囲一覧表

キロ程	橋梁名	施工長	構造形式	防風柵形式	補強形式
13k986m68	千葉街道Bv	26.200 m	PC桁、擁壁	FRP (2方向)	高さ調整con+ (アミド補強:別途)
14k012m90	起点側擁壁部	135.900 m	擁壁	FRP (2方向)	高さ調整con
14k148m79	西江戸川堤BV	6.600 m	BOXカルバート	FRP (1方向)	アラケット+H鋼受梁
14k155m41	起点側堤防部	33.000 m	盛土	有孔折板	直接基礎+H鋼支柱
14k188m43	江戸川橋りょう	412.000 m	鋼トラス	FRP (1方向)	アラケット+H鋼受梁
14k600m44	終点側堤防部	30.400 m	盛土	有孔折板	直接基礎+H鋼支柱
14k630m87	江戸川堤Bv	6.500 m	BOXカルバート	FRP (2方向)	高さ調整con
14k637m33	終点側擁壁部	157.100 m	擁壁	FRP (2方向)	高さ調整con

### 3. 施工計画

#### (1) 防風柵の構造

防風柵は既設構造物へ取付けを行うため、架道橋部・高架橋部・堤防部・河川部・橋梁間橋梁部で異なった構造となっている。

高架橋部・架道橋部は、既設のPC版・支柱・高欄を撤去し、FRP防風柵及び受桁を設置する (Type1,2)。

堤防部は、既設線路防護柵を撤去し、有孔折板を設置する (Type3)。

河川部は、既設高欄及び耳桁を撤去し、腕材及び受梁設置後にFRP防風柵を設置する (Type4,6)。

荒川・中川橋梁の橋梁間橋梁部は、既設橋台にブラケットを設置しFRP防風柵を設置する構造 (Type5) となっている。

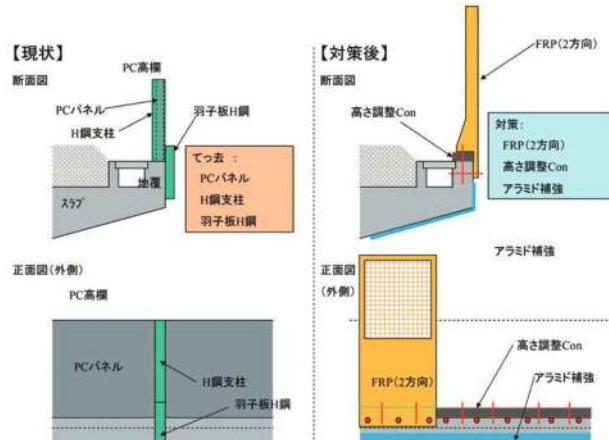


図-3 架道橋部防風柵 (Type1)

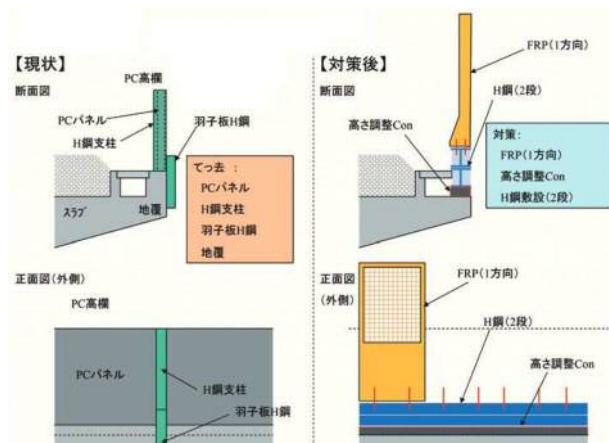


図-4 高架橋部防風柵 (Type2)

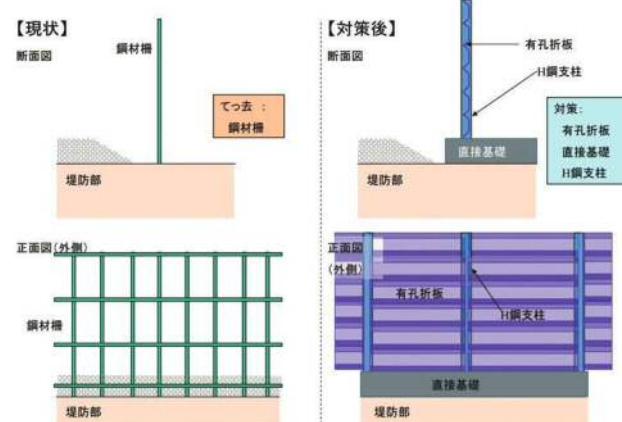


図-5 堤防部防風柵 (Type3)

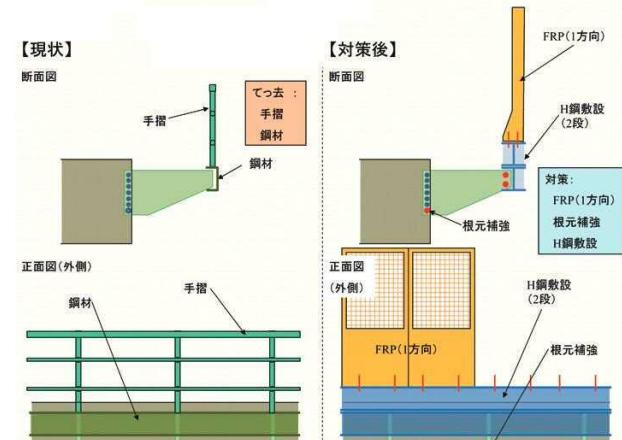


図-6 荒川・中川橋梁河川部防風柵 (Type4)

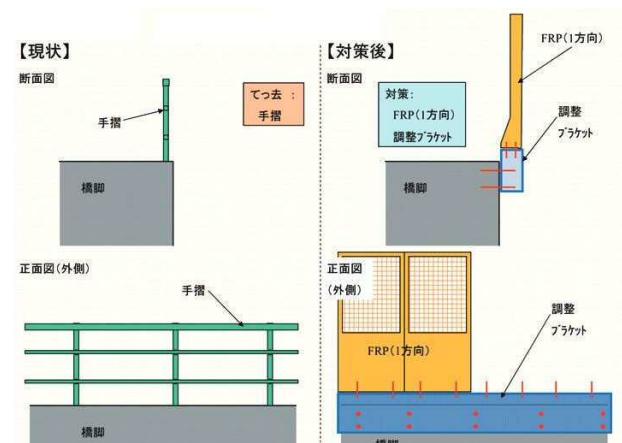
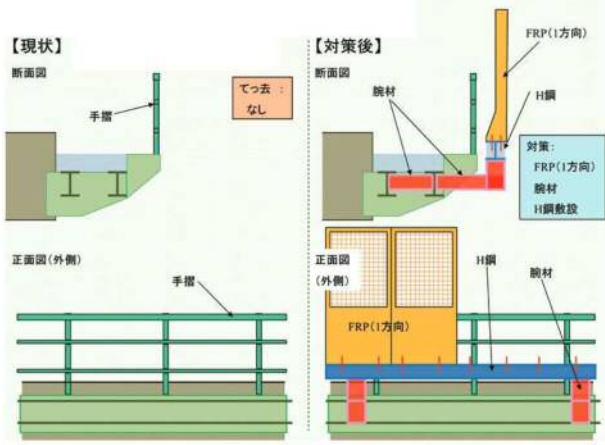
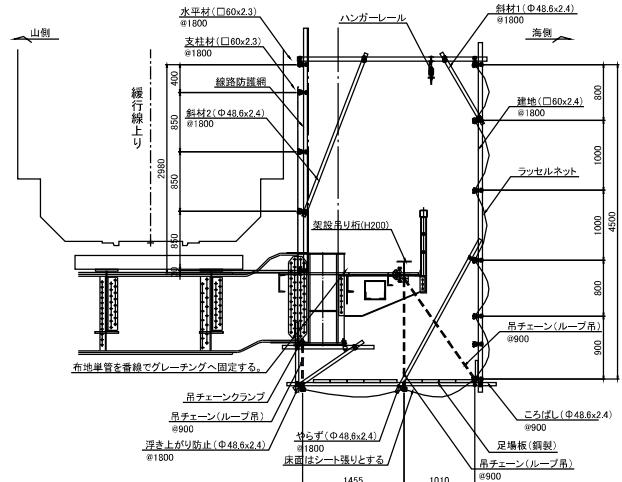


図-7 荒川・中川橋梁間橋梁部防風柵 (Type5)



図一八 江戸川橋梁河川部防風柵 (Type6)



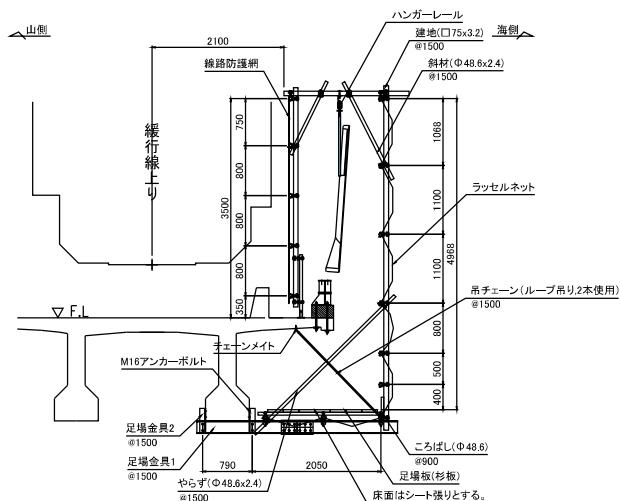
図一〇 河川部足場

## (2) 線路防護柵・足場設備

現地工期短縮のため、防風柵設置作業は出来る限り昼間作業により行う必要があり、先行して線路防護柵を設置した。また、防風柵を設置するためにPC版及び高欄などを撤去する際の作業用足場も同時に必要であった。このため、各場所に合わせて線路防護柵と作業用足場を一体型とした。

足場構造は撤去材及び部材の運搬を考慮して足場内の空間を確保した構造とし、足場上部は線路防護柵と水平材及び斜材によって繋ぐことで風荷重による水平力に耐えられる構造とした。

また、吊足場構造となる河川部については足場下部を既設トラス桁と繋ぐ構造とし、架道橋部については架道橋と足場下部を形鋼により固定する構造とした。



図一九 架道橋部足場

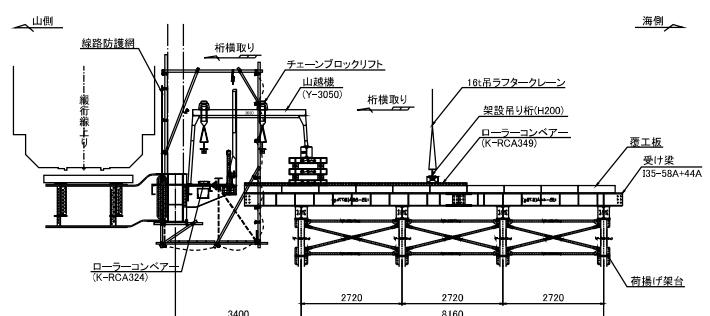
## (3) 運搬設備

防風柵の設置範囲は、江戸川橋梁及び荒川・中川橋梁共に右岸架道橋部から左岸高架橋まで施工範囲が広く作業ヤードを全長に亘って設けることが困難なことや、高架橋部・架道橋部においては民地との離隔が狭い等の施工条件があった。このため、既設の撤去部材及び設置するFRP防風柵・受桁等の運搬を容易に行う運搬設備が必要であった。

今回の施工では狭隘な空間で重量物運搬を行う必要があるため、倉庫の扉等に用いられているハンガーレールを使用して運搬を行うこととした。

運搬方法は、まず作業構台上に部材を荷揚げしローラーコンベア及び山越機により足場内に運搬する（図一11）。足場上部に設置したハンガーレール及び走行ローラー・チェーンブロックを使用して部材の吊替えを行った後に橋軸方向へ運搬を行った（写真一5, 7, 8）。

これにより、部材架設位置までの運搬は全て線路防護柵の外で、かつ足場内での作業である為、昼間作業で施工を行うことが可能となり、工程短縮につなげることが出来た。



図一一 運搬設備



写真一5 FRP防風柵運搬時



写真一6 FRP防風柵設置完了

#### (4) 品質の確保

FRP防風柵を固定するボルトは1種・3種のダブルナット仕様でしたが、過去にナットの上下を間違えて施工したことにより防風柵が脱落した事例がある為、当現場では1種ナットを赤く着色することで取付順序の間違い防止対策を行った。

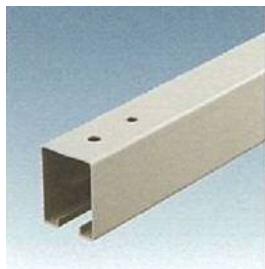


写真一9 FRP防風柵取付けボルト状況

### 3. おわりに

本工事の施工にあたりご指導頂きました東鉄工業千葉支店の方々及び、同時期に同様の施工を行いました鉄建設東京鉄道支店の方々に深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

2014.12.12 受付



写真一7 ハンガーレール



写真一8 走行ローラー

### グラビア写真説明

#### 榎木沢橋補強工事

昭和40年に開通した本橋は、建設から約50年を経て老朽化が進み、大規模な補修及び耐震補強工事を実施する事となりました。第1期工事として平成22年度にアーチリブの補強を完了しています。

当社は、第2期となる耐震補強工事を施工しました。深さ約100mの渓谷を跨ぐ逆ランガー橋の補強工種は多岐にわたり、難易度の高い施工に加え高所における高い安全性が求められる作業となりました。また、震災復旧・復興工事が本格化した時期に施工したため、資機材および労務の調達には非常に苦労をしました。

今回の施工で現行の耐震基準を満たす橋梁となった本橋が、これからも地元の方々に末永く愛される橋である事を願うばかりです。

(久留宮 航)

## 千葉工場大ブロック浜出し実績（その2）

### Achievement of Shipment of Large Blocks from Chiba Factory (Vol.2)



下 司 弘 之<sup>\*1</sup>  
Hiroyuki GESHI



川 名 郁 夫<sup>\*2</sup>  
Ikuo KAWANA

#### 要 旨

弊社千葉工場は1983年（昭和58年）に操業を開始して約30年が経過し、その間に数多くの工事を製作から発送まで行ってきた。その中でも浜出しを行う工事は一般工事と比べ非常に規模が大きいため、通常よりも多くの部署が関わり協力することで貴重な経験とともに実績を積み上げてきた。

浜出しの実績報告は宮地技法No.9 P105～P111で1992年6月まで報告されているので、それ以降の実績について報告する。

キーワード：大ブロック、地組立、浜出し、実績

#### 1. はじめに

浜出しとは岸壁等の地組立ヤードからフローティングクレーン（以降はFCと表記）や既設のジブクレーンを用いて製品を台船や鋼船に積み込むことを言うが、ここでは大ブロックの地組立を行い、FCで吊上げ、台船で輸送を行った工事を対象とした。

千葉工場ではここ6年の間に東京ゲートブリッジ中央径間2ブロック、東京ゲートブリッジ海上アプローチ4ブロック、伊良部大橋主航路部橋梁、妙典橋（仮称）の浜出しを行った。浜出しに関する大きなポイントはこれらの工事の中に全て含まれているので、これらの実績をもとに以下の報告を行う。

#### 2. 地組立のレイアウト

地組立は規模が大きいために広い場所で大型の重機や機材を用い、非常に多くの作業を行うことになる。千葉工場での地組立は浜出しを考慮するとその配置は岸壁付近に限定されてくる。従ってその岸壁付近の形状（図-1）と付近の既設クレーンの配置を考慮する必要がある。

次にブロックの寸法・重量・重心位置と経済性・作業性、さらに地組立期間が長期となる場合が多いので生産

への影響（滞貨や材料、部材の運搬時の動線）も検討する必要がある。

これまでの実績より地組立を行えるヤードの範囲は図-1の斜線に示す範囲でありこれにより地組立が可能なブロックの大きさが決まる。岸壁の強度が弱い範囲とジブクレーンで材料等を水切りする範囲は安全と工場の生産を考慮してレイアウトが出来ない範囲（図-1の網がけ範囲）としている。

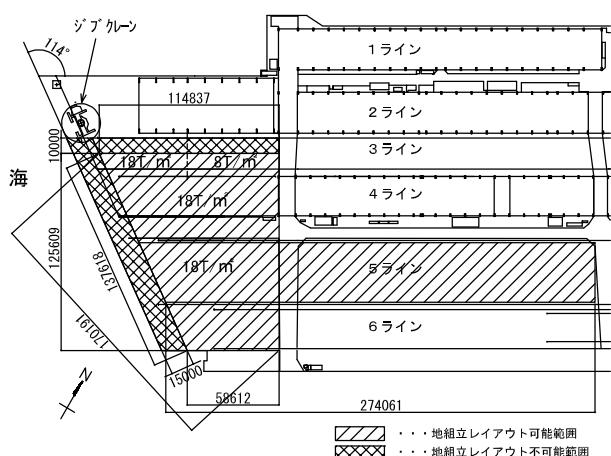


図-1 地組立ヤード

\*1 橋梁事業本部 千葉工場製造部製造グループ 係長

\*2 橋梁事業本部 千葉工場製造部製造グループ サブリーダー

またライン方向に門型クレーンが設置されているので各ライン幅の中でレイアウトが出来れば既存の門型クレーンを活かした地組立の作業が可能になり経済的である。しかしFCで直に吊り上げることが出来ない場合は自走台車などで岸壁方向に引き出す作業が必要になるのでコストアップにつながる可能性がある。

レイアウトの実績を図-2に示すが、大きく分けて以下の2通りになる。

### ①岸壁に平行にレイアウトを行いFCで直に吊り上げる方法。

岸壁に平行にレイアウトする場合のブロック長の最大は約120m、それ以上の場合は岸壁に対して角度を持たせたレイアウトとすることで約140mまで配置が可能である。例として図-2に伊良部大橋 主航路橋梁のレイアウトを示す。

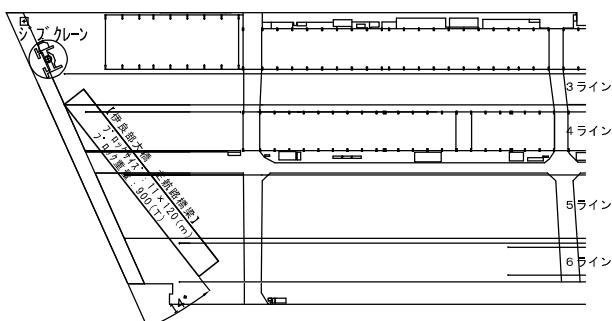


図-2 地組立レイアウト(1)

### ②ライン方向（既設の門型クレーンの設置してある方向）にレイアウトを行い縦取りで吊上げる方法。

縦取りを行う場合でFCが届かない場合は自走台車等で岸壁方向に引き出す必要がある。例として図-3に東京ゲートブリッジ アプローチ5工区のレイアウトを示す。5ラインに配置されている2ブロックはFCで吊り上げ可能な位置まで海側に移動させた。

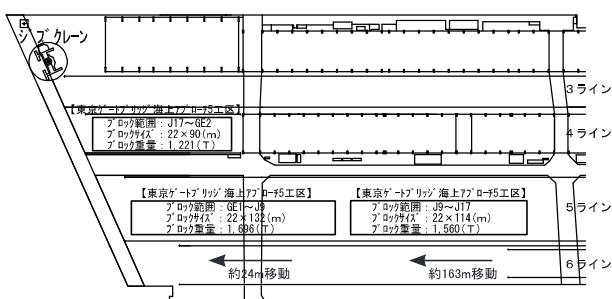


図-3 地組立レイアウト(2)

### 3. 岸壁への移動

ライン方向に地組立のレイアウトをした場合、岸壁からブロック重心位置が遠くなる。この場合、使用するFCの能力が不足すると岸壁方向にブロックを引き出す作業が必要になる。これまでの実績では東京ゲートブリッジ海上アプローチ部5工区で2ブロック、7工区で1ブロックを行った。その際に使用した工法は以下の2つである。

#### ①自走台車による移動

5工区の2ブロックで使用し（図-3、写真-1）、桁の移動距離は海側のブロックが約24m、海から離れているブロックが約163mであった。

#### ②スライドジャッキと水平ジャッキによる移動

7工区の1ブロックで使用（図-4）し、桁の移動距離は約107mであった。



写真-1 自走台車による移動

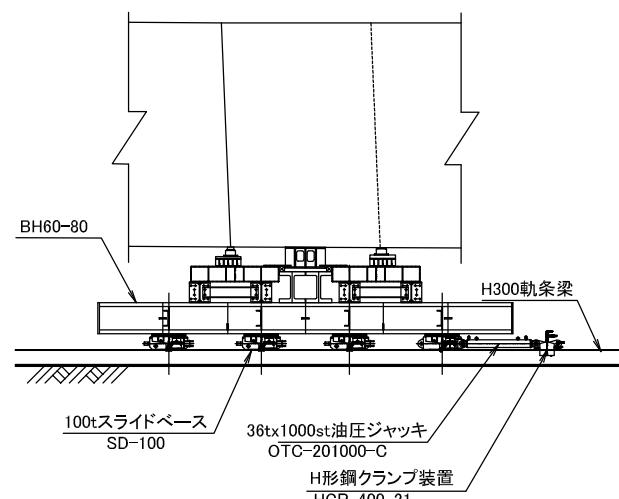


図-4 スライドジャッキと水平ジャッキによる移動設備

#### 4. 浜出し作業

浜出しは地組立という長い道のりを無事に乗り越えて迎える最後の大きなイベント的な意味を持ち、最近では見学会なども実施し注目度は高くなっている。ただ、その過程では浜出し作業に関わる多くの方々の努力のもと、安全かつ計画的に作業が進められている。

浜出し作業全体がイメージしやすいように例として東京ゲートブリッジの組織図を図-5に、作業フローを図-6に、浜出し作業時の平面図を図-7に示した。

また浜出しの実績を写真-2~5と表-1に示した。

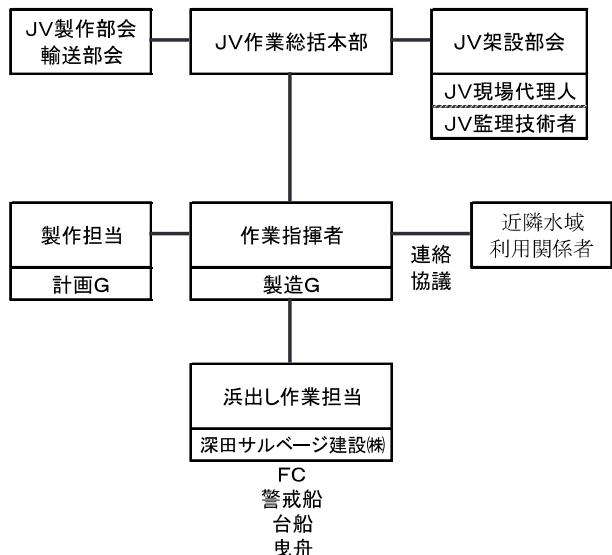


図-5 浜出し組織図（東京ゲートブリッジ）

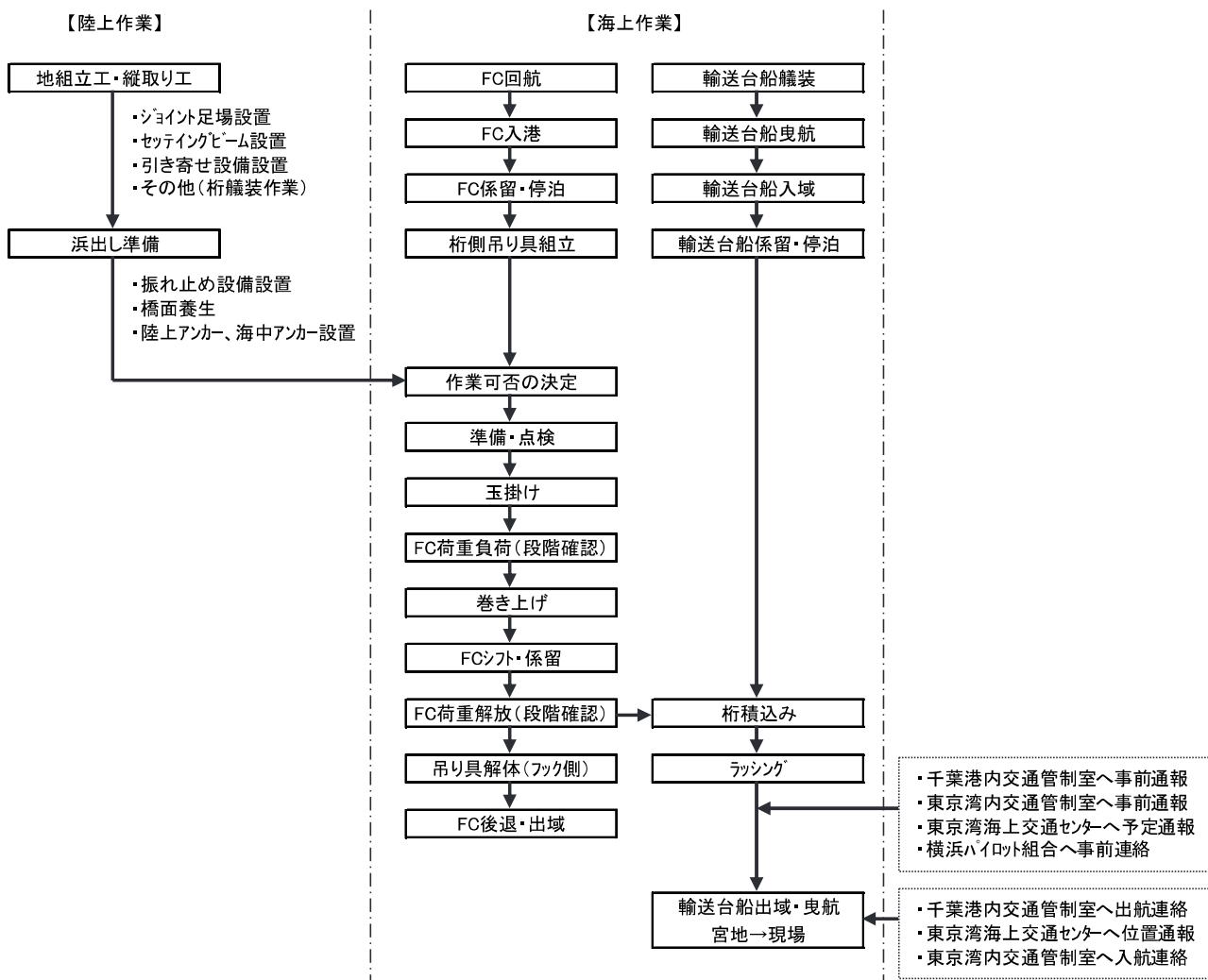
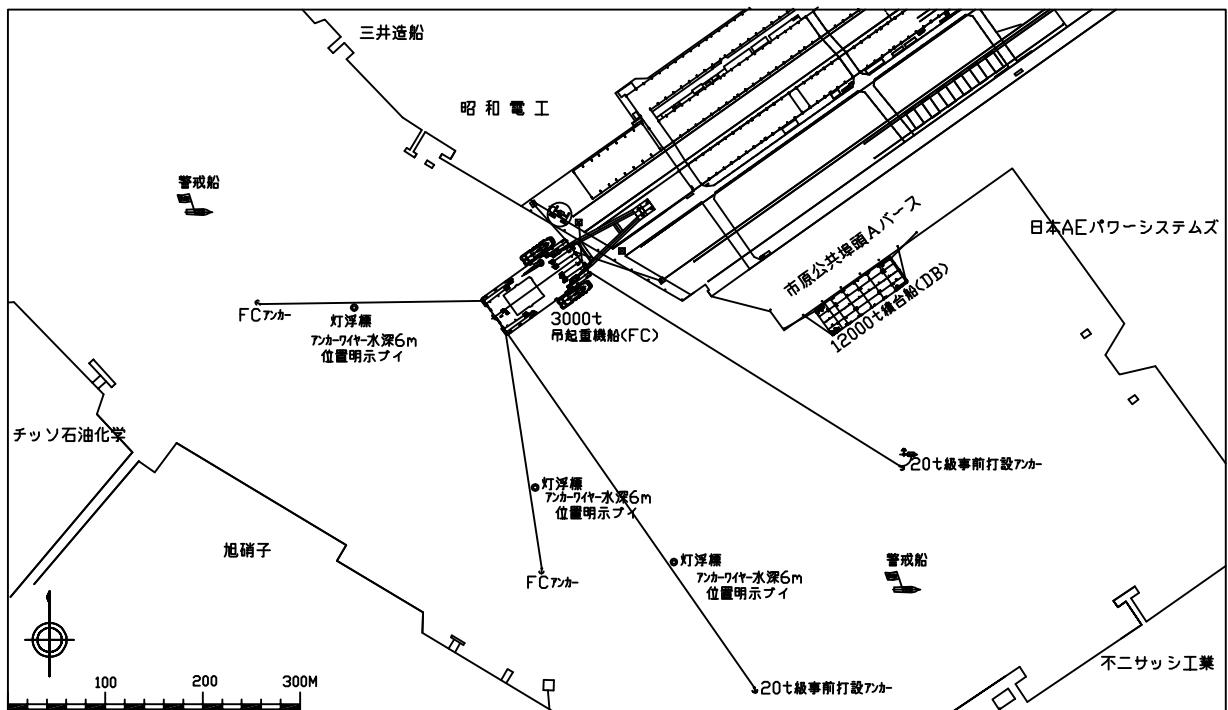


図-6 浜出し作業フロー（東京ゲートブリッジ）



図一7 浜出しの作業時の平面図（東京ゲートブリッジ）



写真一2 東京ゲートブリッジ海上アプローチ



写真一3 東京ゲートブリッジ中央径間



写真一4 伊良部大橋 主航路橋梁



写真一5 （仮称）妙典橋

表一 浜出し実績一覧（1992年～2014年11月）

(工事番号) 社内名称 正式名称	形 式 ブロック重量 寸法: 幅×高×長(m)	施工年月	FC 能力(船名) 台船能力(船名)	備 考
(1090) 名港中央大橋東塔 伊勢湾道路名港中央大橋 (鋼上部工)東塔工事	3径間連続鋼床版箱桁、主塔 1,200T 8.0 × 46.2 × 12.6	1993年7月 (平成5年)	FC: 2,200T吊(駿河)	・長手方向を岸壁平行に地組 ・2フック使用、4点吊 ・フローティングクレーンを後退させて台船を挿入して搭載
(2040) 荒川河口橋 荒川河口橋上部その2	鋼床版箱桁 大ブロック: 1,230T 16.4 × 5.9 × 140.4	1994年3月	FC: 2,200T吊(駿河)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・フローティングクレーンを後退させて台船(12,000T)を挿入して搭載
(3080) 多々羅大橋 多々羅大橋上部工(その1)工事	6径間連続複合張橋 単材ブロック: 337T 30.6 × 2.7 × 20.0	1996年11月	FC: 700T吊(大和)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・フローティングクレーンを後退させて台船を挿入して搭載
(5030) 来島大橋 来島大橋第4工区	3径間連続2ヒンジ補剛桁(吊橋桁) 大ブロック: 527T 32.3 × 4.0 × 36.3	1998年3月	FC: 2,200T吊(駿河)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・フローティングクレーンを後退させて台船を挿入して搭載
(8061) 南道路G4 広島南道路(地方道事業) 上部工事(その9)	鋼床版箱桁 大ブロック2連: 220T(183T) 7.1 × 3.1 × 79.7(66.7)	1999年6月	FC: 700T吊(大和)	・岸壁平行に地組立(構外岸壁を借りて地組) ・2フック使用、4点吊 ・フローティングクレーンを後退させて台船を挿入して搭載
(8025) 東西水路橋 平成10年度東京湾臨海道路東西水路 横断橋(仮称)鋼桁製作架設工事	鋼床版箱桁 大ブロック: 580T 15.4 × 3.7 × 72.6	1999年11月	FC: 2,200T吊(駿河)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・公共埠頭に係留した台船へ移動して搭載
(0025) かもめ大橋 博多港(香椎ホーポーク地区) 橋梁工事(第2次)	鋼床版箱桁 大ブロック: 462T 14.8 × 3.2 × 74.9	2001年5月	FC: 2,200T吊(駿河)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・フローティングクレーンを後退させて台船を挿入して搭載
(0055) 中部空港橋 空港島道路連結橋上部工事 (P0～P2) (TKH12-7)	鋼床版箱桁 大ブロック: 346T 11.4 × 3.1 × 78.0	2002年2月	FC: 1,400T吊 (新建隆)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・公共埠頭に係留した台船へ移動して搭載
(2010) 晴豊1号橋 晴豊1号橋(仮称) 鋼けた製作・架設工事(その1)	鋼床版箱桁 大ブロック: 346T 11.5 × 3.6 × 66.8	2003年12月	FC: 3,000T吊(富士)	・長手方向をラインなりに地組 ・2フック使用、4点吊 ・公共埠頭に係留した台船へ移動して搭載
(6126) 第3航路橋AP 東京港南部地区臨海道路 橋梁上部築造工事(その5)	鋼床版箱桁(5工区: J6～J9) 大ブロック: 1,696T 21.7 × 8.9 × 131.7	2009年2月	FC: 3,000T吊(富士) 台船: 12,833t (ステールハブ2)	・長手方向をラインなりに地組、岸壁に送り出して積込み ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船へ移動して搭載
(6126) 第3航路橋AP 東京港南部地区臨海道路 橋梁上部築造工事(その5)	鋼床版箱桁(5工区: J9～J17) 大ブロック: 1,560T 21.7 × 9.0 × 114.0	2009年3月	FC: 3,000T吊(富士) 台船: 12,833t (ステールハブ2)	・長手方向をラインなりに地組、岸壁に送り出して積込み ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船へ移動して搭載
(6126) 第3航路橋AP 東京港南部地区臨海道路 橋梁上部築造工事(その5)	鋼床版箱桁(5工区: J17～GE2) 大ブロック: 1,221T 21.5 × 4.5 × 89.9	2009年4月	FC: 3,000T吊(富士) 台船: 12,833t (ステールハブ2)	・長手方向をラインなりに地組 ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船へ移動して搭載
(6090) 第3航路橋 東京港南部地区臨海道路 橋梁上部築造工事(その3)	トラス・ボックス複合橋(J17～J25) 大ブロック: 2,742T 21.5 × 20.6 × 114.8	2010年9月	FC: 3,700T(武藏) 台船: 12,924t(天馬)	・岸壁に平行方向に地組 ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船を千葉工場へ移動して搭載
(6090) 第3航路橋 東京港南部地区臨海道路 橋梁上部築造工事(その3)	トラス・ボックス複合橋(J25～J32) 大ブロック: 1,750T 21.5 × 4.6 × 106.8	2010年10月	FC: 3,000T(富士) 台船: 14,500t(深洋)	・岸壁に平行方向に地組 ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船を千葉工場へ移動して搭載
(6126) 第3航路橋AP 東京港南部地区臨海道路 橋梁上部築造工事(その5)	鋼床版箱桁(7工区: GE1～J8) 大ブロック: 1,432T 24.0 × 4.5 × 115.1	2010年11月	FC: 3,000T吊(富士) 台船: 12,833t (ステールハブ2)	・長手方向をラインなりに地組、岸壁に送り出して積込み ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船を千葉工場へ移動して搭載
(9055) 伊良部大橋 伊良部大橋橋梁整備第5期工事	鋼床版箱桁(J15～J28) 大ブロック: 900T 10.5 × 4.0 × 120.0	2012年3月	FC: 3,000T(富士) 台船: 14,500t(深洋)	・岸壁のラインに約14度の角度をつけて地組 ・4フック使用、16点吊 ・公共埠頭に係留した台船を千葉工場へ移動して搭載
(2082) 妙典橋 社会資本整備総合交付金工事 (仮称)妙典橋上部工その1)	鋼床版箱桁(J16～J22) 大ブロック: 650T 12 × 3.3 × 102	2014年11月	FC: 1,800T(第1豊号) 台船: 3,000T(浦賀)	・岸壁に平行方向に地組 ・4フック使用、16点吊 ・台船をFCの横に着けて、FCを後退後にブームを旋回させて搭載

\* 1992年以前の実績については宮地技報No.9 P107に記載

## 5.まとめ

海に囲まれた日本において海上を輸送する大ブロック一括架設は非常に有効な手段で今後も採用される架設工法である。千葉工場にはそれを行える岸壁があり、それを支える技術や知識がある。それは、これまでの実績が証明しており、今後の大きな強みになる。これまでの実績を築き上げて来られた関係者の方々に心より感謝するとともに、今後はこれまで以上の成果を得るために技術や知識をさらに発展させていかなくてはならない。

H27年には愛媛県の九島大橋の地組立が予定されてお

り、その後も地組立を行い浜出しをする機会は何度もあると思われる。今回の報告が今後の浜出しに関わる方々の参考になれば幸いである。

## ＜参考文献＞

- (1) 千葉工場大ブロック浜出し実績, 宮地技報No.9, PP105-111, 1993.
- (2) 東京港南部地区臨海道路橋梁上部築造工事 (その5) 浜出し・海上輸送要領書

2014.1.7 受付

## 仮組立情報処理システム（A-sys）の紹介

### Introduction of Data Process System for Temporary Assembly (A-sys)



吉 元 大 介<sup>\*1</sup>  
Daisuke YOSHIMOTO



木 山 敏 宏<sup>\*2</sup>  
Toshihiro KIYAMA



青 木 将 司<sup>\*3</sup>  
Masashi AOKI



松 元 健一郎<sup>\*4</sup>  
Kenichiro MATSUMOTO

#### 要 旨

鋼橋では実仮組立を行っているが、これまで設計・原寸から仮組立に至る一貫したシステムがなかった。そこで原寸システムで作成される3次元プロダクトモデルを基に、データベースを介して部材製作や仮組立で使用する管理帳票を自動出力する仮組立情報処理システムを開発した。これまでに多くの実績を経て、課題等が整理できたので今後の展開等を含めて本システムの概要を紹介する。

キーワード：仮組立、情報処理、NETIS、CIM

#### 1. まえがき

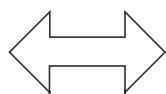
鋼橋の生産プロセスは設計、原寸、部材製作、仮組立の順に行われる。このうち部材製作と仮組立では規格値と製品実測値との比較を行い、所定の検査を経て次の工程へと進む。比較的シンプルな橋梁形式である少数I桁橋や曲率の小さな箱桁橋では、仮組立シミュレーションシステムを使って、規格値と実測値との比較をコンピュータ上で行う数値仮組を行っている。しかしながら鋼床版桁や開断面箱桁、曲率の大きな桁橋など多くの橋梁形式では実仮組立（図-1）が主流であり、本構造においては、これまで設計・原寸から仮組立に至る一貫したシステムがなかった。

そこで、原寸システムで作成される3次元プロダクトモデル（図-2）を基に、データベースを介して部材製作や仮組立で使用する管理帳票を自動出力する仮組立情報処理システム（以下、A-sys（エイシス））を開発した。

このA-sysは平成23年10月に実用化し、国土交通省新技術情報提供システム（NETIS）に登録された。これまでに多くの実績を経て、課題等が整理できたので今後の展開等を含めて本システムの概要を紹介する。



図-1 実仮組立



規格値と実測値  
の比較

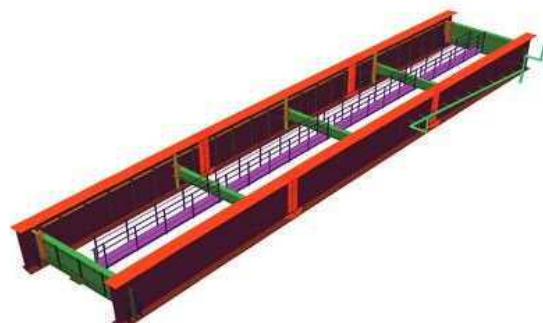


図-2 3次元プロダクトモデル

\*1 橋梁事業本部 千葉工場計画部生産情報グループ グループリーダー

\*2 橋梁事業本部 千葉工場計画部生産情報グループ 係長

\*3 橋梁事業本部 千葉工場製造部製造グループ 係長

\*4 橋梁事業本部 千葉工場安全品質保証部品質保証グループ サブリーダー

## 2. システム概要

### (1) 特長

本システムの概要を図-3に示す。また、本システムは次のような特長を有する。

#### 1) 鋼橋3次元座標フォーマットの構築

当社の原寸システムはMIPSON（鋸桁・箱桁）／MASTERSON（鋼床版桁ほか）の2種類のシステムを使っている。これらの異なるシステム出力される情報を一つにまとめるために、鋼橋3次元座標フォーマット（以下、ABI）を考案し、これをデータベースとした。他の原寸システムを使う場合でも、このABIを作成することができれば、本システムを利用することが可能になる。

また、ABIのファイル形式には、将来の拡張や変更がしやすいよう、タグ付きファイル形式であるXML（図-4）を採用した。

#### 2) 多彩な幾何計算機能

本システムでは、橋梁形状を把握するために必要な多くの幾何計算式をシステムに実装している。これにより、生産プロセス毎に変化する立体座標や各種の寸法算出が可能である。具体的な算出例を以下に列挙する。

- ①正立組立、倒立組立、溶接前寸法、溶接後寸法を考慮したブロック組立て寸法計算
- ②現場溶接を考慮した仮組座標計算（横継ぎ手、回転移動、平行移動）
- ③計測ポイント座標のオフセット計算（図-5）
- ④計測方法（光波計測器や鋼製テープ等）に応じた規定寸法の算出

#### 3) 豊富な出力帳票能

本システムでは、3次元プロダクトモデルを基に算出した座標変換後の3次元座標や3次元CADファイル、箱組立寸法図や仮組時受台配置図ばかりでなく、発注者別の規定寸法に対する許容誤差の範囲や社内管理値を登録しているため、仮組立検査寸法図（図-6）、出来形管理図（図-7）等を効率的に作成することが可能である。

#### 4) 規定値算出根拠の出力

操作性向上を求めるあまり自動化を進めていくといわゆるブラックボックスになりがちである。このため、本システムでは各管理帳票の規定値を算出するまでの過程を算出根拠として出力できるようにした。

### (2) 対象形式

本システムで対応できる橋梁形式は、発注量が多く、上流の原寸システムで扱える鋸桁、箱桁、鋼床版箱桁、開断面箱桁を対象にした。

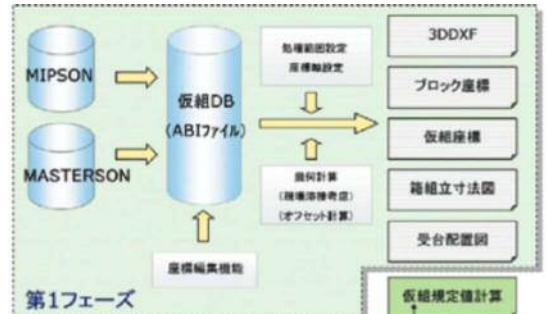


図-3 システム概要

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS"?>
<AsmImportData OutputSystem="MASTERSON">
<JobInfo>
<JobName>Asr_Bashi-1/bbname>
<JobName>kyouyou_kyouyou</JobName>
</JobName>
</JobInfo>
<SectionOrder>D9_CB_D10-...
B67, D34, 866, S31, S32, GF3</SectionOrder>
<Girders>
<Girder Name="G1" GirderType="Box">
<Blocks>
<Block Name="B1.8">
<Lines>
<Line Name="UF118" LineType="UfFigLeftCenter">
<Points>
<Point PointName="P441_41017_0-1-2"
SectionName="J17"
PositionType="Joint"
X="175773.30" Y="-33802.80" Z="32485.59" />
<Point PointName="" />
...
</Points>
```

- XML形式を採用
- データの追加・変更に対して柔軟に対応可能

図-4 ABIファイルフォーマット

#### ○ 座標オフセット計算

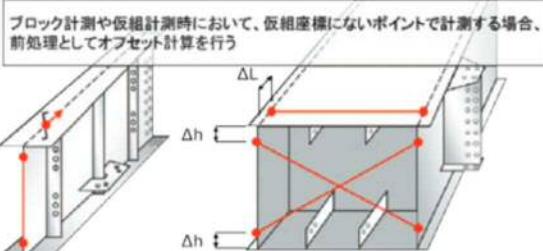


図-5 計測点のオフセット

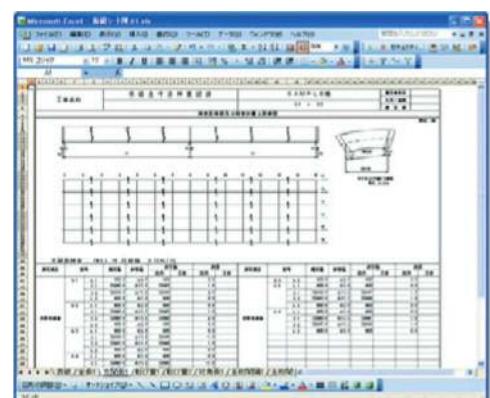


図-6 仮組立検査寸法図

### 3. 現状の課題と今後の開発

これまでの多くの実績と近年の業界動向から、A-sysでは下記の課題が明らかである。

- ①現場架設への適用範囲拡大
- ②3次元計測機器との連携
- ③CIMへの対応

現在、この課題に対応するべく、A-sysをベースに改良を図り、図-8に示す「橋梁出来形管理システム（仮称）」として、開発しているところである。

### 4. あとがき

本システムでは、開発コンセプトとして次の3点について重点的に取り組んだ。

- ①原寸システムに依存せずにABIファイルを介して、必要な幾何計算や帳票出力を可能にすること。
- ②操作マニュアルを使わず、各部門（原寸・製造・品質保証）の担当者が直感的にシステムを利用できること。
- ③可能な限り自動化すること。

A-sysの開発当初は要求事項が膨大になってしまい、とても業務の効率化を目的としたシステムではなかった。特に計測位置のオフセット計算機能については多くの方の知恵やアイデアをいただき、問題を克服できた。開発から約3年を経て、今では当社千葉工場の基幹システムとしての役割を果たしているが、現状に甘んじることなく、改良・改善を進め、より良いシステムに育てていきたい。

最後に、本システムの構築に際し、ご協力をいただいた関係各位に対し、心よりお礼申しあげる次第である。

2014.12.11 受付

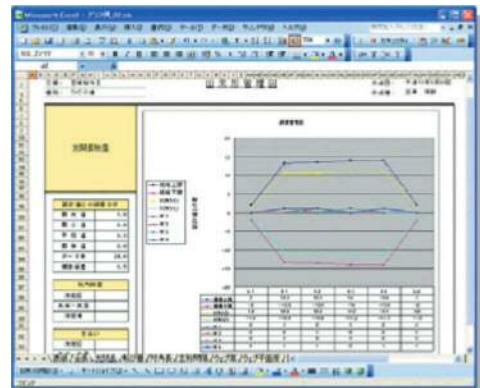


図-7 出来形管理図

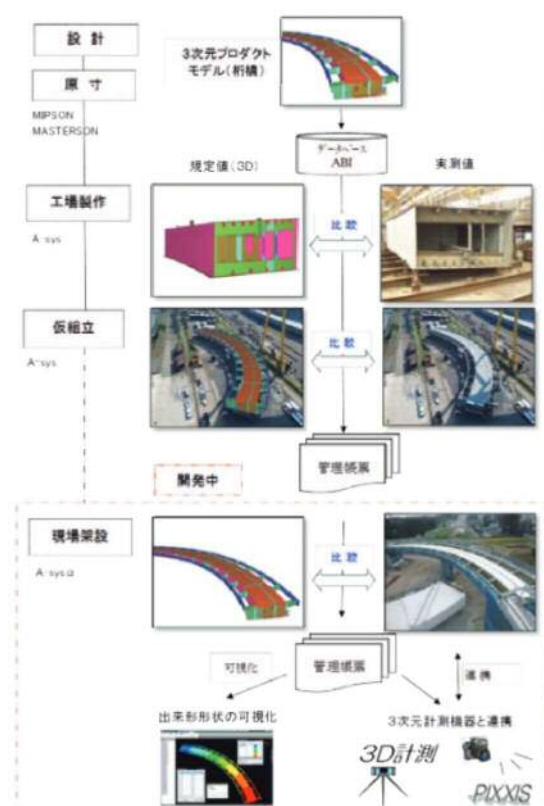


図-8 鋼橋出来形管理システム（開発中）

### グラビア写真説明

#### （仮称）妙典橋

江戸川を渡河する（仮称）妙典橋は、市川市高谷地区と妙典地区とを結び、国土交通省で整備中の東京外かく環状道路を交差する一般県道船橋行徳線バイパスの一部であります。

慢性的に渋滞をきたしている市川市内の交通混雑の緩和と、災害時の緊急輸送路としての役割を担う重要な路線となります。

本橋の架設は、千葉県では非常に珍しい台船一括架設工法で施工いたしました。

（野村 洋）

# 上路式逆ローゼ橋の倒立一体仮組立 —小道木2号橋工事—

Inverted and Integrated Temporary Assembly of Upper Deck Type Inverted Lohse Bridge  
- Construction of Kodoki No.2 Bridge -



大塚 恵<sup>\*1</sup>  
Megumi OTSUKA



熊倉 正徳<sup>\*2</sup>  
Masanori KUMAKURA

## 要旨

小道木2号橋は、長野県飯田市と静岡県浜松市を結ぶ国道152号の内、小道木バイパス区間の遠山川を跨ぐ橋長118.5m、アーチ支間95.0mの上路式逆ローゼ橋である。本稿では、アーチ部と補剛桁部の取合い確認及び架設工の施工性向上等を目的に実施した倒立一体仮組立について報告する。

キーワード：倒立一体仮組立

## 1. はじめに

長野県飯田市～南信濃の一般国道152号は、三遠南信自動車の現道活用区間であり、長野県飯田市と静岡県浜松市を結ぶ重要路線である。152号長野県事業区間（L=21.1km）の内、橋梁2橋、トンネル2箇所を含む小道木バイパス（L=1.7km）は、その整備によって地区間距離の半減と狭小幅員・線形不良の解消などの効果が期待されている。

小道木2号橋工事は、小道木バイパスの内、遠山川を跨ぐ上路式逆ローゼ橋を建設するものであり（図-1、写真-1）、工場製作時、アーチ部と補剛桁部の取合い確認及び架設工の施工性向上等を目的とした倒立仮組を行った。

本稿では、平成25年10月に松本工場で実施した倒立一体仮組立について報告する。

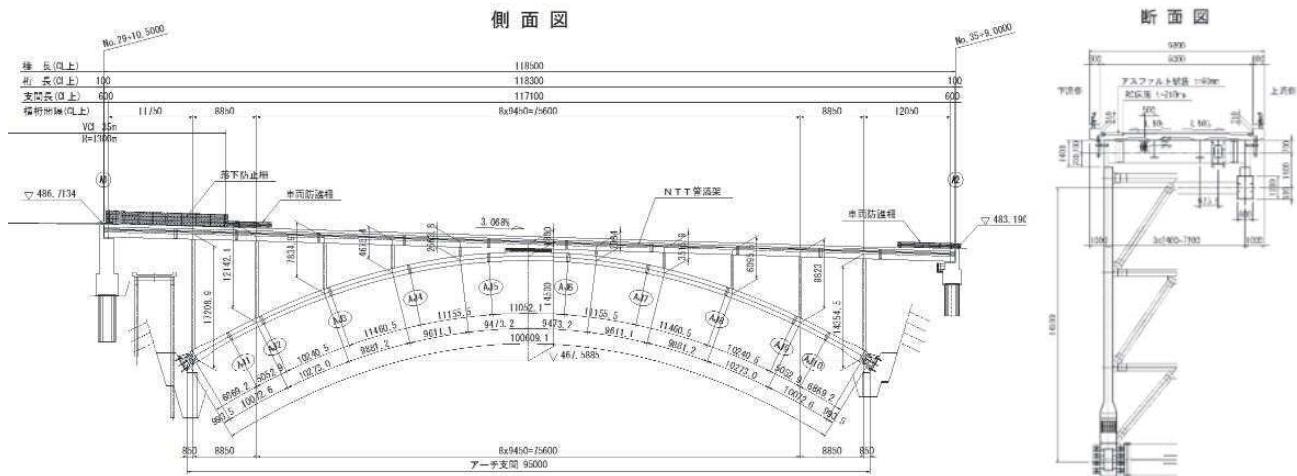


図-1 構造一般図

\*1 橋梁事業本部 千葉工場計画部計画グループ

\*2 橋梁事業本部 千葉工場計画部計画グループリーダー



写真-1 橋梁全景

## 2. 工事概要

工事名：(国) 152号 小道木バイパス（小道木2号橋上部工）

場 所：長野県飯田市南信濃

工 期：平成24年12月7日～平成26年12月26日

発注者：長野県飯田建設事務所

形 式：鋼上路式逆ローゼ桁橋

橋 長：118.5m

幅 員：9.2m

鋼 重：518.583t

## 3. 倒立一体仮組立

### (1) 概 要

比較的高い構造高を要し、支点支持方法が制限されるアーチ橋梁では、アーチ部を横倒し（平面組み）にして、補剛桁とは別に仮組立を行うのが一般的であるが、本工事では、松本工場内で倒立一体仮組立するだけの用地確保、仮組立後の長期保管が可能であったことから、架設時の鋼桁性状の再現性が高く、組立部材の安定性を確保できる倒立による一体仮組立を実施した（写真-2～4）。



写真-2 倒立一体仮組立状況①



写真-3 倒立一体仮組立状況②



写真-4 倒立一体仮組立完了状況

### (2) 施工ステップ

倒立一体仮組立は、下記の施工ステップに従い実施した。

- ①敷鉄板の敷設及び補剛桁用受架台（RC版、鋼製梁）の設置
- ②補剛桁、横桁、縦桁及び横構（補剛桁部）の組立
- ③支柱の組立及びアーチ支保工（四角支柱）の設置
- ④アーチ及び横構（アーチ部）の組立

アーチ支保工は、高強度で軽量、コンパクトな四角支柱を採用することで、作業の安全性と施工性を確保した。

また、各ステップと並行して枠組足場を設置することで、安全性を確保した。加えて本作業では、実際に現場施工を行う作業者の手による仮組立を行い、現場施工性を確認することで、実施工における作業性の向上を図った。

### (3) 見学会

アーチ橋の倒立一体仮組立は、県内でも稀にみる仮組方法であったことから、募集人数（約60名）に対し参加希望者は、長野県建設部を中心に122名、また地盤工学会34名と2倍以上の多数となったため、3部構成にて見学会を実施した（表-1）。

表-1 見学会参加者

午前	地盤工学会	34名
午後(1)	長野県	57名
午後(2)	長野県	65名

見学会では、はじめに事業説明を10分程度行い、その後倒立一体仮組されたアーチ橋の見学とした。

倒立一体仮組の天端（アーチ橋基部）は、地表からおよそ17mに及ぶことから、見学者10名に対し、技術者を2名配置するとともに、原則アーチクラウン部（地表から約4～5m）までの見学とすることで安全に配慮した。

### 4. あとがき

本工事は、現場での事故もなく平成26年10月28日の検査をもって無事竣工（工期内竣工）を迎えることができたが、近年稀となったアーチ橋の倒立仮組や現場でのアーチ併合を目の当たりにし、工場製作担当者として、橋梁工事の壮大さを改めて実感した工事となった。

見学会では、学生や県職員の皆様から「初めて橋を身近で見て、迫力を感じた。」「完成時まで確認できない構造が、工場で安全に確認でき、大変有意義な時間になった。」など生の声を聞くことが出来、本仮組立の意義を確信した。

最後に本工事の施工にあたりご指導および多大なご協力いただいた長野県飯田建設事務所をはじめとした関係各位に厚くお礼を申し上げて、本稿を閉じることとする。

2014.12.11 受付

### グラビア写真説明

#### 函嶺もみじ橋

本橋は、一般国道1号の内、2級河川早川に架かる橋梁です。一般国道1号の本線であった函嶺洞門は、昭和6年に築造された歴史ある土木構造物でしたが、観光バスなどの大型車同士のすれ違いが困難な状況となっていた為、交通の安全性向上や渋滞緩和、異常気象時などにおける対応力の強化、国際観光都市「箱根」の観光振興を目的に、函嶺洞門を迂回するバイパスとして整備されました。

このバイパスの完成により、箱根を訪れる道路利用者の交通の安全性や利便性向上が図られるとともに、異常気象時の交通への影響が緩和される事が期待されます。また、函嶺洞門に代わりお正月の箱根駅伝の走路としても活躍する橋梁です。

（清水 康史）

#### 熊野大橋（小道木橋1号橋）

飯田市上村～南信濃の一般国道152号は三遠南信自動車道の現道活用区間であり、長野県飯田市と静岡県浜松市を結ぶ重要路線であります。本橋は、その一般国道152号の飯田市南信濃の小道木地区～押出地区区間を結ぶ小道木バイパスにあります。

小道木バイパスは、橋梁2橋（本橋と2号橋。2号橋も当社施工）とトンネル2カ所（1号トンネル、2号トンネル）を整備することで地区間の距離を半分にするとともに、幅員狭小・線形不良の解消を図るもので、本橋は1号トンネルを抜けて小道木地区に向かう位置にあり遠山川を渡河する橋梁です。

本橋梁工事の当社施工範囲は、P1～A2の1径間強（U19～A2）の製作・架設工事です。河川内工事のため渇水期施工でしたが、遠山川が暴れ川であるため渇水期でも出水が多く、現場作業は細心の注意を払い行いました。その結果、契約工期から1.5ヵ月間の工期短縮を図って竣工することができました。また、出来形・出来ばえにおいてもお客様の高い評価を得ることができました。

（菊地 秀貴）

## トピックス

# 新名神高速道路 高槻ジャンクション橋（鋼上部工）工事

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループサブリーダー



桑山 豊六\*<sup>1</sup>  
Toyomu KUWAYAMA

新名神高速道路と名神高速道路との連結部となる高槻第二ジャンクション橋（仮称）は、西日本高速道路株式会社関西支社から発注され、新名神大阪西事務所の管轄で現在施工中の鋼上部工工事である。本橋は、ACランプ・BDランプ・Cランプ・Dランプの4ルートで構成され（写真-1）、各ランプ橋（全34径間）と安満跨道橋、鋼コンクリート複合橋脚1基、鋼製橋脚5基の新設工事と名神高速道路拡幅部の檜尾川橋拡幅工事がある。

ACランプとBDランプの構造形式は、2主鉄杭→2主細幅箱桁→2主箱桁→1主箱桁×2連に変化する構造である。Cランプは、曲線部分は1主箱桁、直線部分は2主鉄杭であり、直線部分はトラベラークレーン架設を行った（写真-2）。中間支点部は鋼製橋脚、RC橋脚と剛結構造で

ある。Dランプは、BDランプから連続している1主箱桁であり、終点側の直線部分は送り出し架設を行った（写真-3）。また、Cランプ・Dランプの名神高速道路との交差部は、多軸運搬台車による夜間一括架設を2015年5月に行う予定である。安満跨道橋は、名神高速道路を横断する2主単純鉄杭であり、夜間一括架設を行った（写真-4）。

一般部の床版形式は場所打ちPC床版であるが、Cランプ・Dランプ・安満跨道橋の名神高速道路との交差部や近接部には鋼コンクリート合成床版を採用した。また、この範囲の鋼板パネルおよび主桁の防錆仕様は、将来のメンテナンスを考慮してAl・Mg金属溶射を採用した。



写真-1 各ランプ橋の架設状況



写真-2 Cランプのトラベラークレーン架設



写真-3 Dランプの送り出し架設



写真-4 安満跨道橋の夜間一括架設

# JR西日本北陸地区工事報告

\*<sup>1</sup> 建設事業本部 関西事業部関西営業部関西営業グループ  
サブリーダー



\*<sup>2</sup> 建設事業本部 関西事業部工事・計画部計画グループ  
サブリーダー



\*<sup>3</sup> 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ係長



次 井 丈 泰\*<sup>1</sup>  
*Takehiro TSUGUI*

村 尾 学\*<sup>2</sup>  
*Manabu MURAO*

小 岳 弘 幸\*<sup>3</sup>  
*Hiroyuki ODAKE*

## 1. はじめに

JR西日本北陸地区の管轄範囲としては、福井県・石川県・富山県の北陸地方三県全域と、京都府舞鶴市的一部、ならびに信越地方の一部（新潟県糸魚川市・上越市および長野県小谷村）である。

弊社はこれまで、JR北陸本線を中心に鉄道を跨ぐ道路橋、並びに新幹線線路橋の架設工事、また、JR在来線鉄道橋の架け替え工事等を数多く施工し、実績を重ねている。

橋梁の種類は、鋼及びPC道路橋、鉄道橋の鋼桁、H鋼埋込桁、PC桁など様々で、架設工法も一括架設から横取り架設、送り出し架設に至るまで多岐にわたっている。

## 2. 施工条件の特性

施工条件の特性として、跨線橋の桁架設工事は夜間線路閉鎖でのキ電停止間合い作業となり、北陸本線では作業可能な間合いが2回に分割され、第1間合い約70分、第2間合い40分程度のタイムスケジュールで施工しなければならなかった。

また、河川改修に伴う鉄道桁の架け替え工事等では、複線の外側に仮線桁を設置し、順次線路を切り替えながら施工を行う為、線間での作業となり、常に営業線近接で作業を進めることになった。

## 3. 工事報告

これらの特性を踏まえ、客先の要求に合った安全且つ確実な施工計画を作成し、JR西日本の着工準備会で審議し、無事に工事を完了することで、豊富な実績を積み上げることが出来ている。

それには、西日本旅客鉄道(株)、ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)、大鉄工業(株)をはじめとする鉄道関連各社の皆様のご指導、ご協力があり、成り立つものであり、この場をお借りして感謝申し上げます。

その中でも近年完了した主な工事を写真と共に紹介する。



写真-1 北陸本線 経田こ線橋新設工事（鋼道路橋）



写真-2 北陸本線 針原こ線橋新設工事（PC道路橋）



写真一3 北陸新幹線 布川B工事新設工事 (鉄道橋)



写真一4 北陸本線 黒瀬川橋りょう架替工事 (鉄道橋)

## 市川こ線橋架設工事報告

\*<sup>1</sup> 建設事業本部 建設工事本部工事部工事グループ

現場所長



\*<sup>2</sup> 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ



グループリーダー



\*<sup>3</sup> 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ主任

千葉 信宏\*<sup>1</sup>  
Nobuhiro CHIBA

池田 浩\*<sup>2</sup>  
Yutaka IKEDA

稻田 博史\*<sup>3</sup>  
Hiroshi INADA

本工事は、三陸沿岸道路「仙塩道路」（仙台港北IC～利府中ICを結ぶ延長7.8km）の4車線化事業（下り線新設）の一環として、JR東北線（陸前山王駅・国府多賀城駅間）及び仙台臨海鉄道線と交差する市川こ線橋を新設するものである。

市川こ線橋P80～P84の内、P80～P83径間に国土交通省東北整備局よりJR東日本に工事委託され、仙建工業株式会社が受注した工事である。

市川こ線橋は設計段階より、送り出し工法で検討されており、構造形式は鋼4径間連続非合成箱桁橋であるが、

送り出し先端側のP80～P81間は鋼重の軽い钣桁で、この钣桁部が手延機代わりとなり、手延機不要の送り出し架設で設計されている。

本工事のもう一つの特徴として、P84にてランプ桁と接続するため、P80からP84に向かって幅員が広がっており、主桁間隔も同様に広がっている。送り出しに際して随时主桁間隔が変化するため、各橋脚上の送り出し設備は、間隔の変化に対応可能なシンクロジャッキ+ジャスコロ設備（写真一3）とした。

送り出しは、2014年9月15日（夜間）に東北本線上の第



写真一1 第1回送り出し前



写真一2 第3回送り出し前

1回送り出し（44m）を行いP82に先端が到達し、9月19日（夜間）に第2送り出し（2m）を行い、桁組立後、10月20、22、23日（夜間）に臨海鉄道上の第3回送り出し（45m）を行いP81に先端が到達した。その後、10月31日（夜間）に第5回送り出しを行い、先端がP80に到達し、送り出しが無事完了した。12月初旬には桁降下を完了した。

今後は、P83～P84の国交省施工（JFEエンジニアリング（株））及びランプ部下部工（新井組（株））等が施工を開始し、P83側のヤードが輻輳しての作業となるため、他業者の調整と安全作業を心掛けて作業を進めていく。



写真-3 シンクロジャッキ+ジャスコロ設備

## 新幹線大規模改修

\*<sup>1</sup> 建設事業本部 保全事業部 保全工事部 保全工事グループ  
現場所長



\*<sup>2</sup> 建設事業本部 保全事業部 保全技術部 保全技術グループ  
主任



\*<sup>3</sup> 建設事業本部 保全事業部 保全技術部 保全技術グループ  
グループリーダー 斎藤 裕治 \*<sup>1</sup>

Yuji SAITO

岡本 美保 \*<sup>2</sup>  
Miho OKAMOTO

志保井 吉弘 \*<sup>3</sup>  
Yoshihiro SHIBOI

現在、1日当たり約39万人、年間約1億5000万人もの利用者の生活を支える東海道新幹線は、1964年に開業し、高度経済成長期から今日に至るまでの約50年間、時代の変化の中で求められる利便性、安全性、快適性そして高速化といった課題を技術革新により克服し、日本経済の発展に大きく寄与してきた。

東海道新幹線の東京－新大阪間515.4kmの構造物比率は、鋼橋22.1km（4%）、コンクリート橋148.0km（29%）、トンネル68.6km（13%）、土工276.7km（54%）であり、橋梁部の維持管理は、点検→変状発見→修繕といった事後保全であったが、2013年の4月からは変状発見前に対処する予防保全を基本方針として大規模改修工事が始まっている。

本工事では、当該区間515.4kmを東京地区、静岡地区、名古屋地区及び関西地区の4地区に分けて10年間で予防保全工事を終わらせる予定としており、その内の東京地区：東京駅～熱海駅の約105km（99橋りょう：464連）における17橋りょうを現在、当社で施工している。

鋼橋での大規模改修工事では、下記の2工種が主な工

事となるが、上記17橋りょうの内訳は、床組接合部補強で2橋りょう（224箇所）、支承部取替・補強で15橋りょう（458箇所）となっている。

### 1) 床組接合部補強（写真-1）

主にトラス桁や下路鉄筋の縦桁と横桁の交差部の補強

### 2) 支承部取替・補強（写真-2）



写真-1 床組接合部補強状況



写真一2 支承部取替・補強状況

将来的に変状の発生が予測される支承部分の補強又は支承本体の交換

以前の支承部の修繕工事（支承交換含む）は、1夜間作業が基本であり、これは時速200km以上で走行する東海道新幹線を止めることなく、かつ、車輌走行中の利用

者の安全を第一に考えて、支承を仮受状態のままで走行させることが認められなかったためである。

一方、本工事においては、支承部の交換工事は基本的に昼間工事としており、これは仮支点を“仮受”ではなく“本受”としていることによる。具体的には、支承を撤去している段階での一時的な仮支点は“仮”ではなく“本”支点であり、新幹線が270km/hで走行する条件で設計を実施している。これにより、列車運行に支障を与えることなく、改修工事の昼間作業を可能としている。

工事の進捗状況については、今までに床組接合部補強は1橋りょうの施工が完了、支承部取替・補強は3橋りょうが完了、そして8橋りょうが施工中である。2年目にあたる今年度に新たに7橋りょうの支承修繕が完了予定である。

東京地区には他地区はない開業前の試験線や、都会を走るが故の施工条件の悪さがあったが、発注者と現場担当者の努力により、この2年間無事故で工事を進めてきた。大規模改修工事の完了は、2023年の予定である。

## 横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線関連工事の紹介

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 橋梁営業本部橋梁営業部営業第1グループ係長



伊藤 浩 之\*  
Hiroyuki ITO

現在（H27年1月）、我が社は、関東地方整備局から4工事を受注して施工しております。その紹介をいたします。

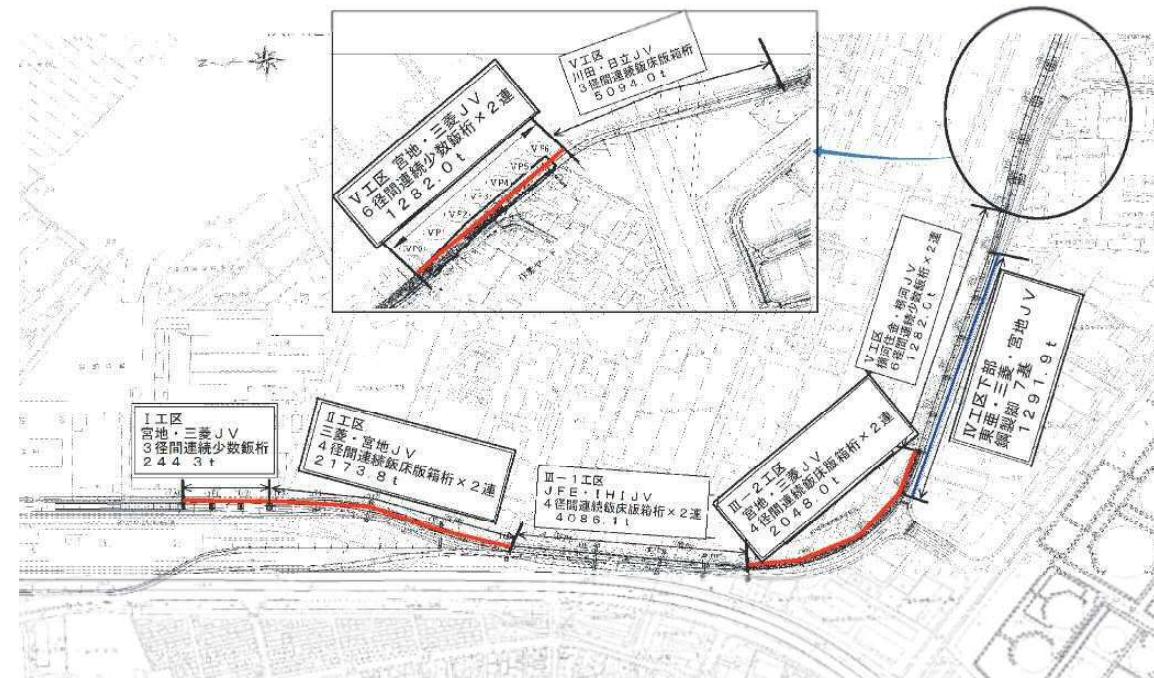
初めに、この事業は、コンテナ取扱の主力となる横浜港にあるふ頭を結ぶことでふ頭間のコンテナ輸送効率化

を図るとともに、南本牧ふ頭と首都高速道路と直結することにより、横浜港の集荷環境を強化させる事業として、臨港道路を整備している工事です。

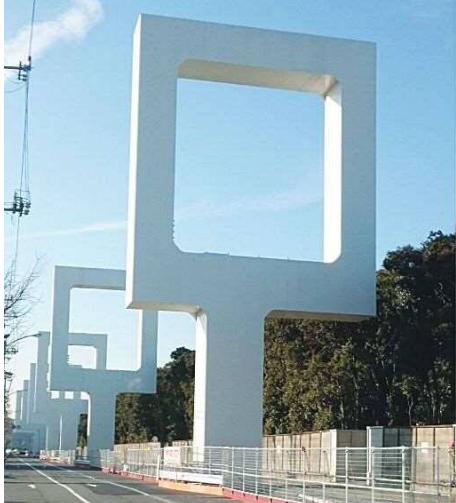
この関連工事は、主にI～VI工区まで工区が分かれて発注されており、その内、4工事を施工しています。

工事名	受注者	工期	
横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線(IV工区)高架橋下部工事	東亜・三菱・宮地JV	平成25年6月6日	～ 平成27年2月10日
横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線(V工区)高架橋上部工事	宮地・三菱JV	平成25年7月11日	～ 平成27年10月9日
横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線(I・II工区)高架橋上部工事	三菱・宮地JV	平成26年4月21日	～ 平成28年3月14日
横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線(III-2工区)高架橋上部工事	宮地・三菱JV	平成26年7月14日	～ 平成28年7月4日

横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線施工全体図



IV工区下部工事



V工区上部工事



### グラビア写真説明

#### (仮称) 印旛捷水路橋

本橋は、一般国道464号北千葉道路の内、印旛捷水路に架かる橋梁です。北千葉道路は、常磐自動車道と東関東自動車道（水戸線）のほぼ中間に位置し、首都圏の東京外かく環状道路から千葉ニュータウンを経て成田国際空港を結ぶ全長約43kmの幹線道路です。

北千葉道路が整備される事により、首都圏北部や県西地域と成田国際空港間のアクセス強化が図られるとともに、沿線地域相互の交流と連携の促進、物流の効率化など地域の活性化が期待されます。  
(清水 康史)