

国道45号釜石山田道路工事（水海高架橋）の施工

大菅 貴広*1・望月 了介*2・堀井 良範*3・中山 啓史*4

国道45号釜石山田道路工事は、(仮称)釜石中央IC～釜石両石IC間においてトンネル工事（4本）、盛土・補強土擁壁工事、橋梁上部工工事が一体となった大ロット工事である。一連の工事のうち上部工の施工を行う水海高架橋は橋長184mのPC3径間連続ラーメン箱桁橋である。片持ち架設工法によって施工を行う本橋では、施工段階ごとに変動する主桁のたわみを管理すること、および側径間と中央閉合部において左右ブロックの主桁高さをそろえて閉合させることが、所要の出来形を確保するうえで必要となる。本稿では、上部工の出来形精度を向上させるために実施した『GPS自動変位計測・監視システムによる上げ越し管理』および『カウンターウェイトによるたわみ管理』とともに、品質管理の一環で実施した透気試験、震災被災地における地域貢献活動について報告する。

キーワード：GPS自動変位計測・監視システム、カウンターウェイト、透気試験、地域貢献活動

1. はじめに

水海高架橋は、三陸縦貫自動車道の一部として、岩手県釜石市甲子町から下閉伊郡山田町船越までの総延長23kmである釜石山田道路の橋梁区間であり、県道水海大渡線、水海川、JR山田線を跨ぐ橋梁である（図-1、2）。橋梁形式はPC3径間連続ラーメン箱桁橋（橋長184.0m）で、交差物件などの条件をそのまま維持するために、橋梁支間長を非対称としていることが特徴である。

片持ち架設工法では、主桁のたわみによる変位や橋脚の変位、気象条件による温度変化によって、上部工の出来形に影響が生じる。一般的に測量では、トータルステーションやレベルにより座標や高さを測定しているが、人的作業による方法では、読み取りミスや気象条件の影響を受ける可能性がある。

一方、本橋は側径間の施工区間が長いこと、非対称な支間長と片持ち長により中央閉合部の左右ブロックの鉛直変位量に違いがあるという特徴を有し、また支保工の拘束や荷重の不均等により閉合時のコンクリートにひび割れが発生するおそれがあった。そこで、出来形や主桁応力を設計

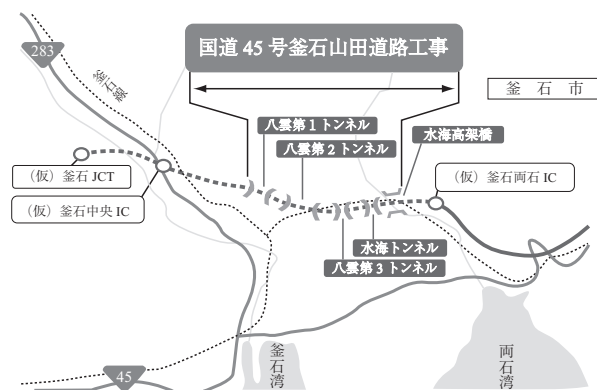


図-1 橋梁位置図

値と同等とするための施工方法を計画する必要があった。

本稿では、上記課題解決のために実施した『GPS自動変位計測・監視システムによる上げ越し管理』と『カウンターウェイトによるたわみ管理』とともに、品質管理の一環で実施したコンクリートの透気試験や震災被災地における地域貢献活動について報告する。



*1 Takahiro OOSUGA

国土交通省 東北地方整備局
南三陸国道事務所
建設監督官



*2 Ryosuke MOCHIZUKI

オリエンタル白石(株)
施工・技術部



*3 Yoshinori HORII

オリエンタル白石(株)
施工・技術部



*4 Hiroshi NAKAYAMA

オリエンタル白石(株)
施工・技術部

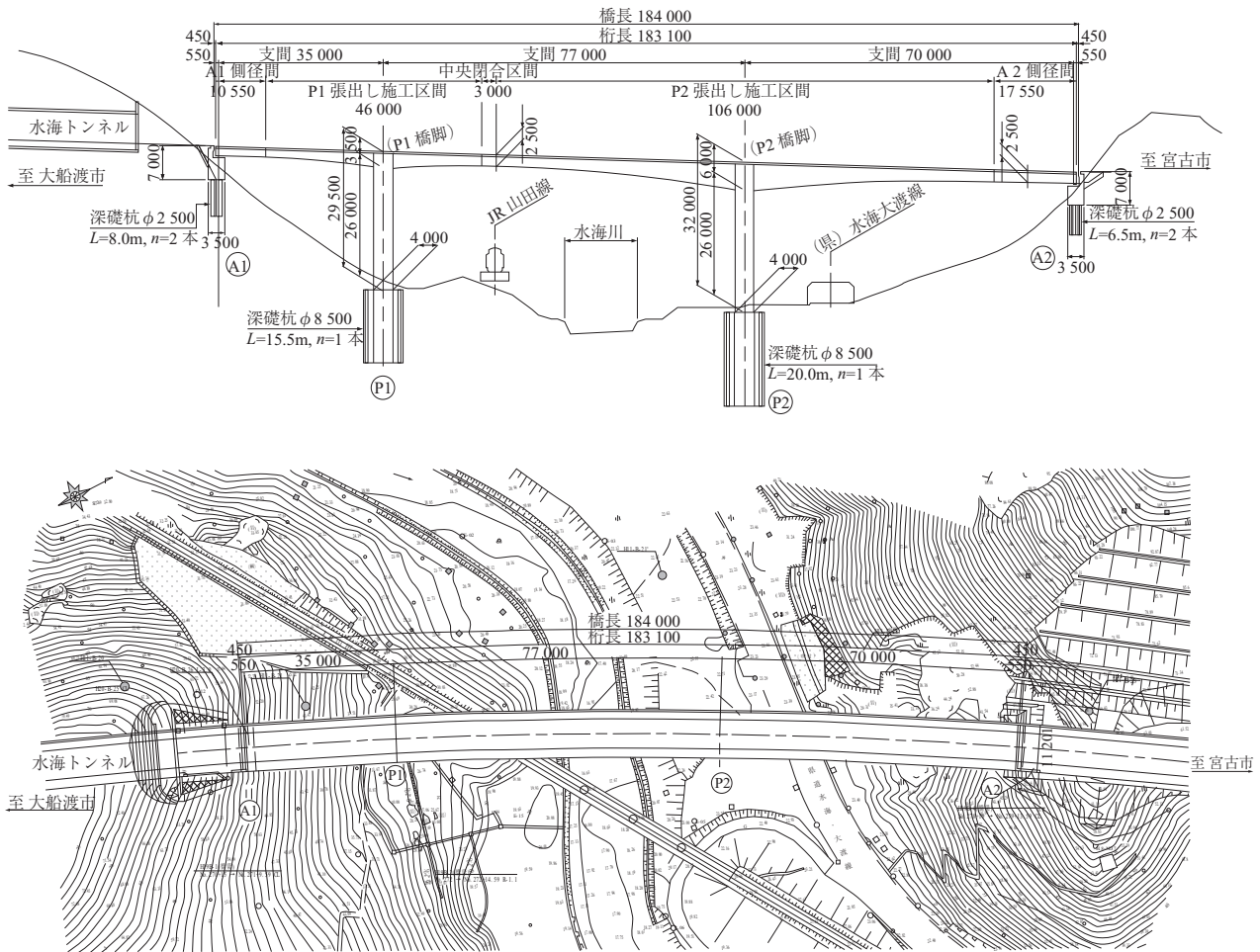


図 - 2 橋梁全体一般図

2. 工事概要

2.1 橋梁工事概要

工 事 名：国道 45 号釜石山田道路工事
 発 注 者：国土交通省東北地方整備局
 詳細設計：大日本コンサルタント(株)
 施 工 者：熊谷組・オリエンタル白石特定建設工事共同企業体
 工事場所：岩手県釜石市大字釜石第 9 地割～両石町第 4 地割地内
 工 期：2012 年 3 月 15 日～2015 年 3 月 13 日（内、橋梁上部工は 2014 年 7 月完成）

2.2 構造概要

本橋の橋梁諸元を以下に示す。また、橋梁全体一般図、主桁断面図を図 - 2、3 に示す。

構造形式：PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋

橋 長：184.0m

支 間 長：35.0m + 77.0m + 70.0m

有効幅員：10.5m

平面線形：R = 1300m

設計速度：V = 80km/h

設計荷重：B 活荷重

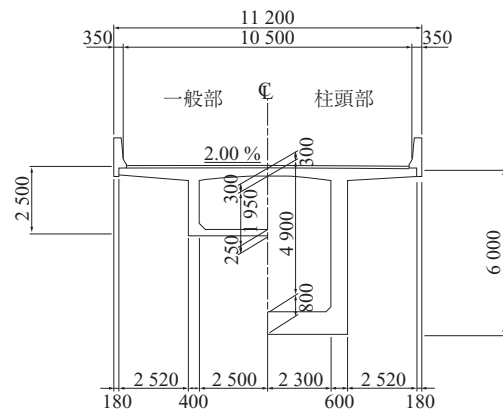


図 - 3 主桁断面図

3. GPS 自動変位計測・監視システムによる上げ越し管理

3.1 計測概要

GPS 自動計測・監視システムでは、三次元変位計測が可能であり、トレンドモデルと呼ばれる時系列統計処理技術の導入により高精度（±1～1.5mm）の測定が可能である。また、インターネットを利用して計測結果を常時確認

することができるため、施工時におけるトータルステーションやレベルによる測量で生じる人的誤差を排除することができる。

GPS 自動変位計測・監視システムによる計測は、基準点 GPS センサー（橋梁外の不動点）と、計測点 GPS センサーを橋脚付近と片持ち部両側先端付近の3箇所に設置し、インターネット回線により監視センターへデータを自動転送し、常時三次元座標を測定するものである。計測は高さ管理に加え、平面線形に対する出来形管理をリアルタイムで管理・監視が可能である。計測・監視イメージを図-4に示す。

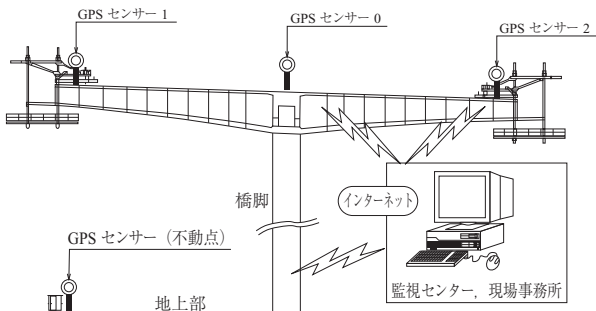


図-4 計測・監視イメージ図

3.2 GPS 計測結果を用いた上げ越し管理方法

GPS 計測は、GPS 機器誤作動や風雨による GPS センサーの転倒などにより計測不良が考えられる。そのため、片持ち架設施工時における上げ越し管理は、基本となる GPS 計測結果とレベルによる目視計測結果を比較する手法とした。

はじめにレベルによる目視計測にて主桁天端高さ（型枠天端高さ）を決定後、GPS 計測値と比較して両者の相対誤差が 20 mm（主桁天端高さの規格値より）以下であれば GPS 計測結果を「正」として高さ修正を行い、相対誤差が 20 mm 以上の場合には両者の計測値のいずれかが異常な数値であると判断し、再計測を行い計測値補正を行った。

また、移動作業車の屋根は電波障害を引き起こすため、GPS アンテナ（片持ち架設ブロック側）を屋根直下となる本来設置したい部位（片持ち架設先端ブロック）に設置することができない。そこで、先端部位変位量と実際の計測部位変位量は距離に比例すると考えて先端ブロックから 2 ブロック（7 m 程度）手前に設置して計測を行った。

GPS センサー設置状況を写真-1に、片持ち架設施工1サイクルの測量フローを図-5に示す。

施工時の具体的な例をあげると、P2-9 BL 施工時において、打設前（鉄筋・PC 組立）の型枠天端確認時にレベルによる鉛直変位は計画高+2 mm の値を示した。しかし、GPS 鉛直変位量は計画高-1 mm であったため、GPS 鉛直変位量を「正」として型枠調整を行った。9 BL 施工時の鉛直変位管理表を表-1に示す。

3.3 評価

GPS 自動変位計測・監視システムにより、レベルによ

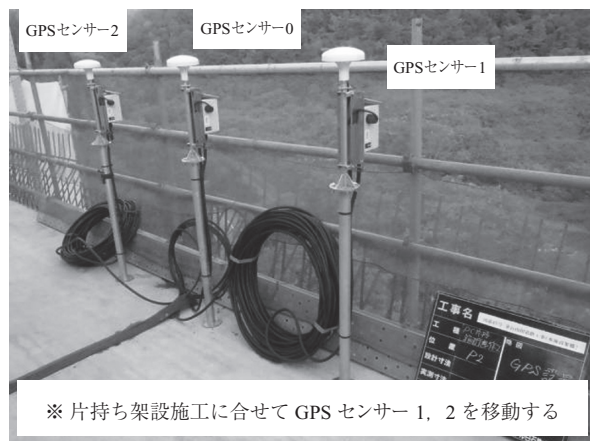


写真-1 GPS センサー設置状況図

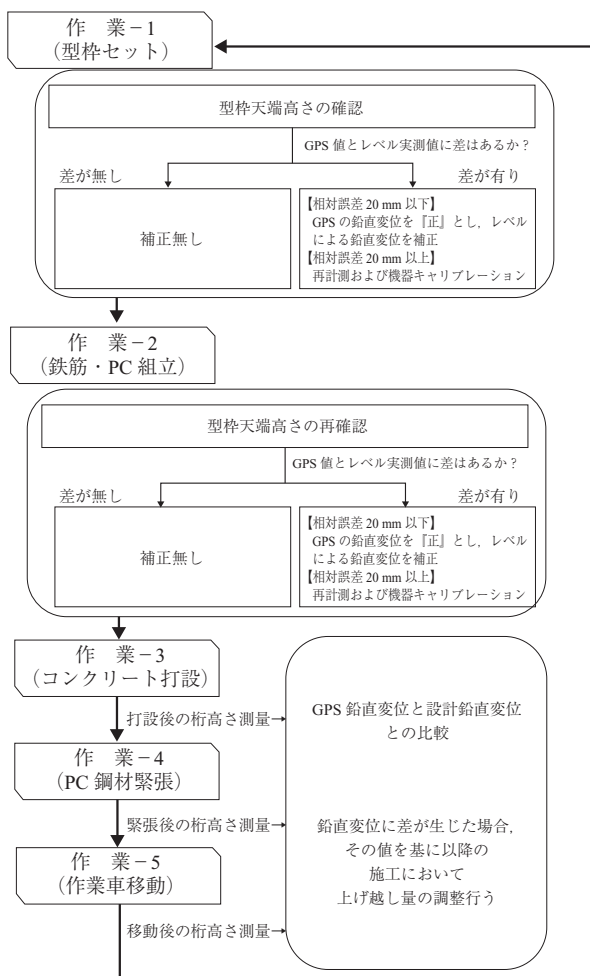


図-5 片持ち架設施工1サイクルの測量フロー

る測量ミスを防ぎやすかったことや、レベルによる実測では誤差とみなして無視できる程度の変化量（小さい挙動）を GPS により計測することが可能であったことから、精度の高い出来形管理を実施することができた。また、橋脚上に固定設置した GPS センサーについては、橋脚上に設置した水準測量用基準高さの確認に役立ち、橋脚の変位を監視するうえでも有効であった。

表 - 1 鉛直変位管理表 (9 BL 施工時)

日付	12/18	12/21	12/24	12/26	12/26
施工段階	型枠セット	鉄筋・PC組立	打設後	緊張後	ワーゲン移動後
時刻	6:00	6:00	12:00	12:00	16:00
外気温 (°C)	8.9	-1.0	4.8	-2.5	-3.4
① 設計高 (mm)	52 704.0	52 704.0	52 704.0	52 704.0	52 704.0
② 上げ越し量 (mm)	43.2	43.2	39.8	42.8	42.2
③ 架設時計画高 (mm)	52 747.2	52 747.2	52 743.8	52 746.8	52 746.2
④ レベルによる実測値 (mm)	52 750	52 749	52 748	52 751	52 750
⑤ レベルによる鉛直変位 (④-③) (mm)	3	2	4	4	4
⑥ GPSによる実測値 (mm)	52 747.0	52 746.2	52 737.3	52 743.7	52 744.1
⑦ GPSによる鉛直変位 (トレンド値ΔZ ⑥-③) (mm)	-0.2	-1.0	-6.5	-3.1	-2.1

4. カウンターウェイトによるたわみ管理 1)

4.1 管理概要

本橋の側径間は、施工区間が長く (A2 側で 17.550 m)、地盤が急斜面であることから、吊支保工と固定式支保工 (杭基礎) を併用する方法で施工を行った。一般的な施工方法である「打設荷重による想定鉛直変位量を基に上げ越し量を決定する方法」のみでは、コンクリート打設に伴い片持ち架設施工および吊支保工部の鉛直変位が大きく変化するため、片持ち架設先端と側径間部の接続部で段差や折れの発生が懸念される。

この対策として、あらかじめコンクリート打設による変位量をカウンターウェイトにて発生させ、打設中にカウンターウェイトを徐々に移動することにより、打設前後の高さの変動を最小限にすることで、段差や折れを低減させる方法で施工を行った。当初、カウンターウェイトは敷鉄板や山留などの鋼材を予定していたが、仮設鋼材の需要が多い震災被災地域にて大量の鋼材を入手することは困難であったため、本工事のカウンターウェイト材は土砂を梱包した大型土嚢 (平均 1 ton/袋) とした。施工ステップを図 - 6 に示す。

4.2 A2 側径間の施工

片持ち架設先端部の鉛直変位量は、A2 側径間施工前から施工後にかけて計算上 174 mm 下がる状態となる。

そのため、片持ち架設先端部が A2 側径間コンクリート打設後の計画鉛直変位量となるようカウンターウェイト (96 tf) を載荷した。その後は、支保工設置 → 鉄筋および型枠組立 → コンクリート打設というそれぞれの荷重変化に伴いカウンターウェイトを橋脚上へ移動させ、片持ち架設先端部から A2 側径間にかけての鉛直変位を一定に保った。その結果、A2 側径間および片持ち架設施工部との接続において不具合が生じること無く、橋体を完成することができた。また、同様な方法で施工を行った A1 側径間および中央閉合部についても問題は無かった。

カウンターウェイトの載荷状況およびコンクリート打設時のカウンターウェイト移動状況を写真 - 2, 3 に示す。

4.3 評価

カウンターウェイトによるたわみ管理により、コンクリ

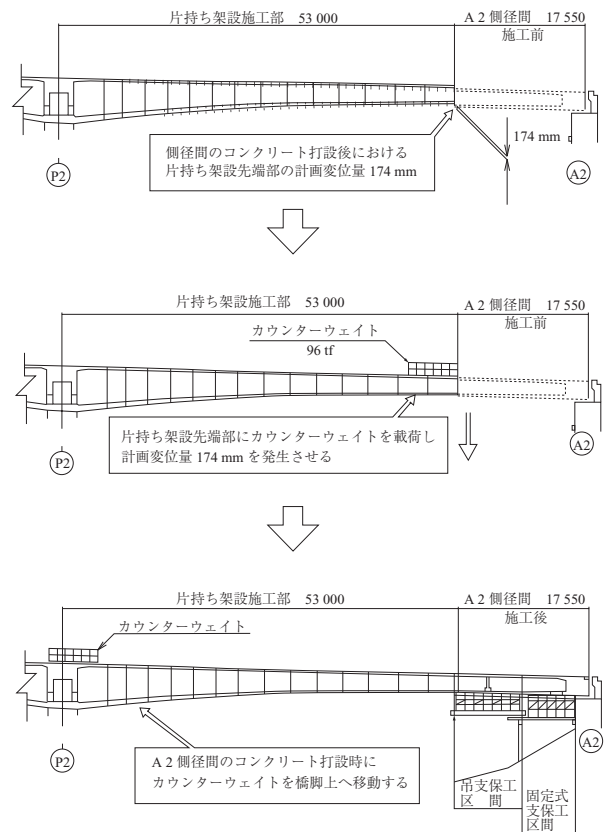


図 - 6 A2 側径間施工ステップ



写真 - 2 カウンターウェイト設置状況

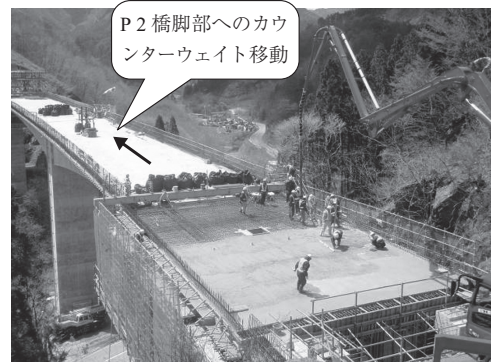


写真 - 3 カウンターウェイト移動状況

ート打設時において鉛直変位を発生させなかった結果、片持ち架設先端部と側径間部の接続部で段差や折れの発生を防ぐことができたとともに、ひび割れなどの初期欠陥防止にも繋がりを、出来形および品質が向上したと考える。また、カウンターウェイトを大型土嚢としたことにより、フォークリフトのような一般的な重機による運搬を可能にし、施工性が向上したと考える。

5. 透気試験

コンクリート表層部の透気性能は、酸素や二酸化炭素、水分の浸透性に関係が深く、コンクリートの耐久性に大きく影響するものである。本工事ではコンクリート構造物長寿命化の一環から、完成した主桁床版部および壁高欄部のそれぞれ1断面について試験的に透気試験（トレント法）を実施し、コンクリート表層部の健全度の確認を行った。

トレント法の装置は、図 - 7 に示すように、内側チャンバーと外側チャンバーの2つの構造を有し、透気性は内側チャンバーの圧力変化によって評価される。

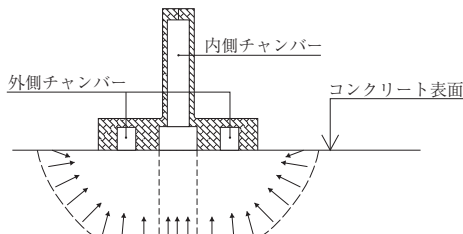
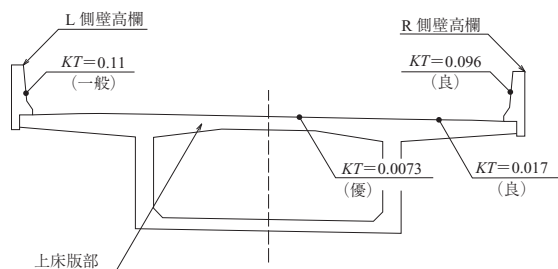


図 - 7 トレント法の試験

測定の結果、床版部については「優～良」、壁高欄部については「良～一般」となり、表層部の緻密性は確保されていると判断できた。この値は今後維持管理を行ううえでの重要な初期値である。測定により得られた透気係数測定結果および透気試験状況を図 - 8、写真 - 4 に示す。



透気係数 (KT) 評価表 (×10⁻¹⁶ m²)				
優	良	一般	劣	極劣
0.001～0.01	0.01～0.1	0.1～1	1～10	10～100

図 - 8 透気係数測定結果図

6. 地域貢献活動

本工事区間には津波により被災した漁港が近接しており、漁業組合は仮設作業小屋としてテントを設営して作業を行っていた。この地域は冬季に強風が吹き荒れる期間が



写真 - 4 透気試験状況

あり、テントの固定材が必要となっていたことから、当JVでは漁協の要望を受けてテントアンカー材として余剰コンクリートによるアンカーブロックを提案し、製作提供を行った。アンカーブロックの製作状況および使用状況を写真 - 5、6 に示す。



写真 - 5 アンカーブロック製作状況



写真 - 6 アンカーブロック使用状況

また、本工事では地元住民を対象とした現場見学会を適時開催し、参加者の方々に復興道路の進捗状況を確認していただいたほか、入る機会が少ない主桁の中を見学するコースを設けて橋の構造についても理解していただいた。

地元小学生の現場見学状況を写真 - 7 に示す。

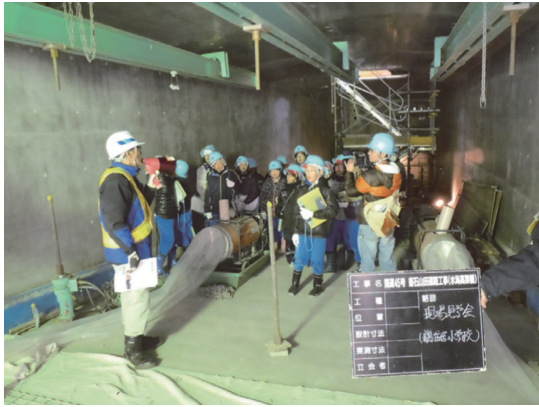


写真 - 7 現場見学状況（主桁内）



写真 - 9 水海高架橋連結式
(橋に対する思い綴った寄書き)

7. おわりに

本工事では現場準備段階で懸念された事項として、震災被災地で供給不足となっていた「生コンクリート」、職員および労務の「宿舎」、下請工事を行う「協力会社」の手配などがあった。しかし、生コンクリートについては、生コンプラントの迅速な対応により、不足骨材について地元産と北海道産の混合配合に変更することで出荷制限を回避できた。また、宿舎手配については地元の方々の協力により確保に至った。労務については東北全体が労務不足となっていたため、北海道の協力業者の方々に対応していただき、無事に上部工工事の完了に至った。

国道45号釜石山田道路は、震災6日前に部分開通していた区間が東北地方太平洋沖地震により発生した大津波の避難場所になったり、その後の被災者救援のライフラインとなり、「命の道」と呼ばれている。そして、大震災からの復興を目指すべく「復興道路」としても位置づけられたこの路線は、早期全線開通が望まれている。

本工事は上部工完成をはじめにトンネルなどの他の工事についても平成27年3月に完成予定である。水海高架橋の連結式状況および完成状況を写真-8～11に示す。



写真 - 8 水海高架橋連結式（最終コンクリート打設）

本稿で報告した片持ち架設工法の出来形管理方法や地域貢献活動などが今後の類似工事の参考になれば幸いです。



写真 - 10 水海高架橋完成（上流側より望む）



写真 - 11 水海高架橋完成（起点より望む）

最後に、本橋梁の施工にあたり、地域の皆様、および施工を支援して下さった関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 原 健悟・竹森篤司・堅山哲二・佐藤 均：第二東名高速道路興津川橋のたわみ管理に関する報告、プレストレストコンクリート技術協会第12回シンポジウム論文集，pp230-233，2003.9

[2014年12月24日受付]