

PC橋架替え工事における横締め鋼材中間定着工法の適用

— 一般国道8号 歌高架橋架替え事業 —

渡部 寛文*1・勝俣 良夫*2・森石 慶久*3・高長 正裕*4

PCT桁橋、I桁橋の架替えを行う方法として、既設橋を幅員方向に分割し、その一方を供用しながら他方を撤去、新設橋を構築していく方法がある。通常、主桁上フランジ（床版）や横桁には横締めPC鋼材が配置され、幅員を分割する際にはPC鋼材切断による残存部プレストレスの消失を防ぐことを目的に中間定着が行われる。

本稿では、横締めPC鋼材として広く普及しているマルチワイヤー 12φ5mm（PC鋼線）に着目し、中間定着具としてウェッジ（くさび）を用いた中間定着工法に関し、その内容と実橋への適用例について報告する。マルチワイヤー 12φ5mmを切断前にウェッジ定着する方法は現時点で実績の報告がなく、新たな施工方式の提案となるものである。

キーワード：定着具、架替え、分割、マルチワイヤー

1. はじめに

社会基盤の大規模な修繕が本格化する中、劣化が進行して安全面、機能面に問題の生じている橋梁は少なくない。PC橋の場合、コンクリートの疲労劣化や鉄筋、PC鋼材の腐食により耐荷性能が低下していくが、劣化がある程度進んでしまうと補修や補強ではもはや回復できず、架替えを余儀なくされるケースもある。架替え工事を実施する際にも、架橋地点の地域的、地形的な制約から迂回路の設置が困難であったり、さらにその橋を通過する路線の重要度が高く、架替え期間中の交通止めもできない、といった厳しい施工条件の場合など、架替えのニーズはあっても実施までに至らないというジレンマな状況にある。

2. PC中間定着工法の概要

2.1 PC中間定着工法とは

図-1はPCT桁橋の断面を例示している。施工中の通行を確保する施工条件での架替え方法として、橋体を幅員方向に分割し、その一方を供用しながら他方を撤去、新設橋を半分構築した後に交通を新設側に切り替え、残りの部分を施工する、という方法が考えられる。このとき、主桁上フランジ（床版）や横桁には横締めPC鋼材が配置されており、分割の際にそのまま切断すると横締めPC鋼材も同時に切ってしまう、切断位置付近のプレストレスが消失するので、残存側の狭隘な幅員での供用は困難となる。

そこで、幅員分割前に切断位置の横締めPC鋼材をはつり出し、ここに中間定着具を取り付けて残存側コンクリートに固定することで、橋体を切断しても残存側のプレストレスは維持され、供用が可能となる。これが横締めPC鋼材の中間定着工法である。

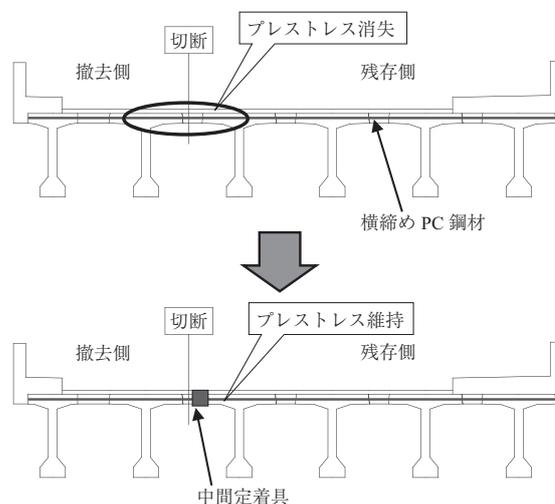


図-1 PCT桁橋の中間定着の概要

2.2 PC中間定着工法の定着具

ここで述べるPC中間定着工法の対象とする鋼材種類は、マルチワイヤー 12φ5mm（PC鋼線）である。また定着にはウェッジ（くさび）を用いる。ウェッジ方式の利点は、

- ① 構造がシンプルで、取扱いが容易。
- ② 短時間での施工が可能。

であるが、本工法ではさらに、

- ③ 鋼材張力を施工仕様に合せて制御。

という特色をもつ。これは、本工法に用いる中間定着具を鋼材把持部と張力伝達部に分離し、それぞれが合理的に機能するよう工夫したことによる。以下、中間定着具と使用する機材について詳説する。

*1 Hirofumi WATANABE：川田建設(株) 技術部

*2 Yoshio KATSUMATA：国土交通省 北陸地方整備局 高田河川国道事務所 糸魚川国道出張所

*3 Yoshihisa MORIISHI：日鉄住金SGワイヤ(株) 生産技術本部 生産技術部

*4 Masahiro TAKANAGA：川田建設(株) 東日本統括支店 北陸支店 事業推進部

(1) 中間定着具の構成

写真 - 1 に本工法に用いる中間定着具を示す。手前の四角い部分が鋼材把持部（フィクスチャ）、奥のプレート状の部分が張力伝達部（イコライザ）である。本工法では、これら二つの部品を組み合わせて中間定着する。

フィクスチャはウェッジ、スリーブ、ジャケットの3点からなる。いずれも2分割になっており、横締めPC鋼材を挟むように装着する。ウェッジをスリーブに圧入することにより定着力を発生し、その反力をジャケットが負担する。

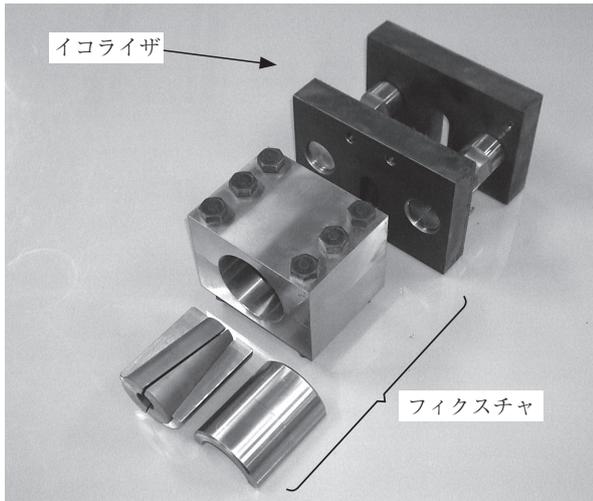


写真 - 1 中間定着具

ここで特徴的なのはウェッジのスリット（分割ライン）で、ウェッジ圧入時に平行な鋼線が内部からスリットへはみ出さないよう、斜め（スパイラル状）のスリットとしてある点である（写真 - 2）。

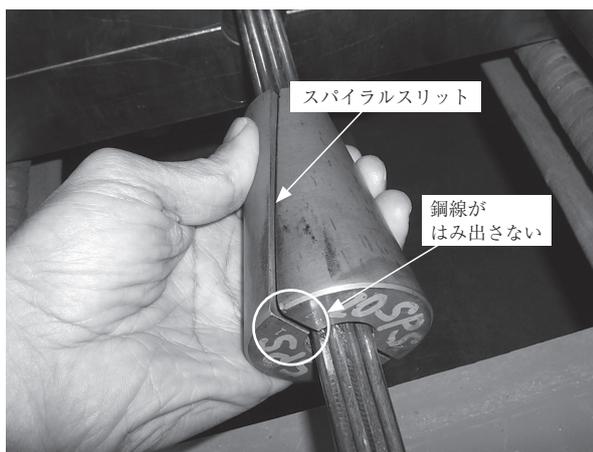


写真 - 2 スパイラルスリットウェッジ

また、鋼線だけの定着ではウェッジ内部ですき間が多く、定着時に滑りが生じやすい。そこで、すき間を埋めるための整形材（グリップキー）をウェッジ装着位置に挿入する。グリップキーは熱処理した直径3mmの鋼材で、標準2本挿入することにより定着力を安定させる。

イコライザは、2枚の支圧板とその間にある片側だけねじを切った丸鋼（スピナ）とで構成される。スピナを回すと支圧板の間隔が変化するので、フィクスチャと残存側コンクリートとの間に挿入し、スピナを回して支圧板を両者に密着させることにより定着力を伝達する。なお、イコライザの取付けはフィクスチャのウェッジ圧入が完了したあととなる。

(2) ウェッジ圧入機材（反力フレーム）

ウェッジ圧入時には写真 - 3 に示す反力フレームを使用する。これは、2枚のプレートをロッドで連結した形状をしており、フィクスチャを囲むようにセットし、2台のジャッキを用いてウェッジを圧入する。

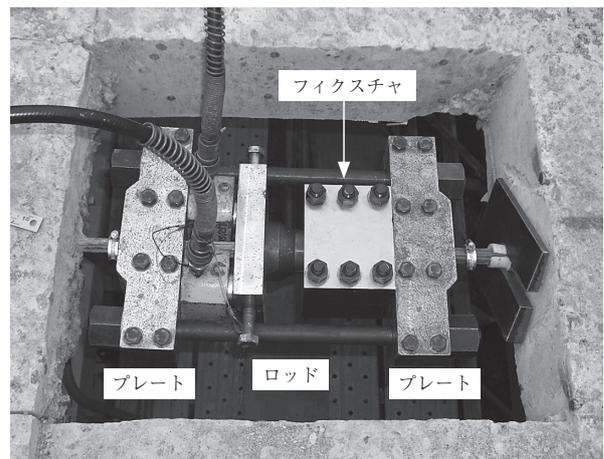


写真 - 3 反力フレーム

一般に、ウェッジ方式の中間定着では、圧入時のジャッキ反力を撤去側コンクリートまたは横締めPC鋼材自体に取ることが多い。この方法ではジャッキの加圧にともないジャッキ〜ウェッジ間の横締めPC鋼材張力が増加する。PC鋼材（マルチワイヤー 12φ 5mm）には既存張力として最大約230kNが導入されており、張力増加はプレストレス中の許容張力（約300kN）との差約70kNに限られ、圧入力も制限される。

また、マルチワイヤーはPC鋼線が平行に並んでおり、これらを1本のケーブルとして安定的に把持するには大きなウェッジ圧入力が必要となる。圧入力不足すると、PC鋼材を切断して張力が中間定着具に移行する際、PC鋼材の一部が滑ってしまい、プレストレスが減少する。その点、反力フレームを使用すると、ジャッキの反力はプレート、ロッドを介してジャケットに伝わり、フレーム内で力を打ち消しあうので、PC鋼材既存張力に関係なく大きな力（300kN以上）でウェッジを圧入できる。

3. 中間定着試験

3.1 試験内容

本工法の開発にあたっては下記のような試験を実施し、中間定着の確実性を検証した。

(1) 鋼製試験体による基本試験

この試験は、中間定着具の形状を検討するため、開発初

期より多数行った。形状は写真 - 4 に示すように、アンクル材と支圧板を組み立てた鋼製試験体を作製し、このなかに PC 鋼材を配置して張力を導入、中央部を中間定着後、片側を解放して残存張力を測定するものである。試験終了のたびに PC 鋼材を交換しながら、繰り返し使用した。

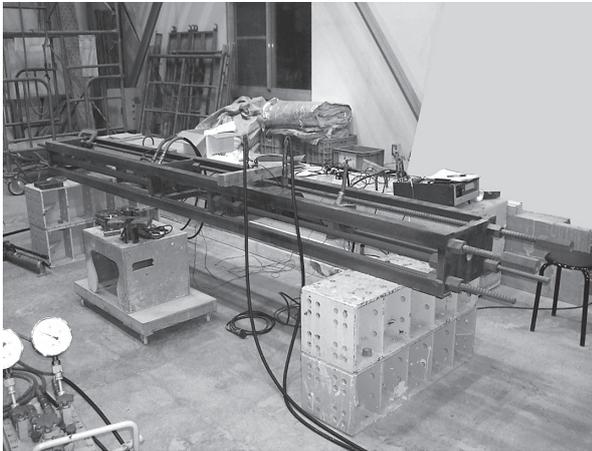


写真 - 4 鋼製試験体

(2) 床版模擬試験体による施工試験

この試験は、研究施設内でコンクリート床版を作製し、PC 鋼材を緊張、グラウトしたのち、コンクリートはつりから中間定着、PC 鋼材切断までの一連の作業を実際に行うことで、定着具の形状や作業手順が実施工に即したものであるかを確認するために行った（写真 - 5）。



写真 - 5 床版模擬試験体

(3) 中間定着具の性能試験

この試験は、土木学会規準「PC 工法の定着具および接続具の性能試験方法」に準拠し、PC 鋼材とフィクスチャを組み合わせた試験体を試験機にセットし、PC 鋼材規格より定まる引張荷重の 95% (364 kN) の張力を与え、定着具に変形や損傷のないことを確認した（写真 - 6）¹⁾。



写真 - 6 中間定着具の性能試験

3.2 鋼材張力測定

前述の試験より得られた、中間定着時および定着完了後の PC 鋼材張力測定結果を以下に示す。

(1) ウェッジ圧入時

2.2 (2) で述べたように、ウェッジ圧入時は反力フレームを使用して PC 鋼材張力が増加しないようにする。図 - 2 はウェッジ圧入前、圧入中および圧入完了後の PC 鋼材張力を示す。この試験では圧入前に既存張力として 219 kN が導入されている。圧入力は 360 kN であったが、ウェッジ圧入前後を通じて張力の変化はなく、PC 鋼材張力に影響を与えることなくウェッジを圧入できることを確認した。

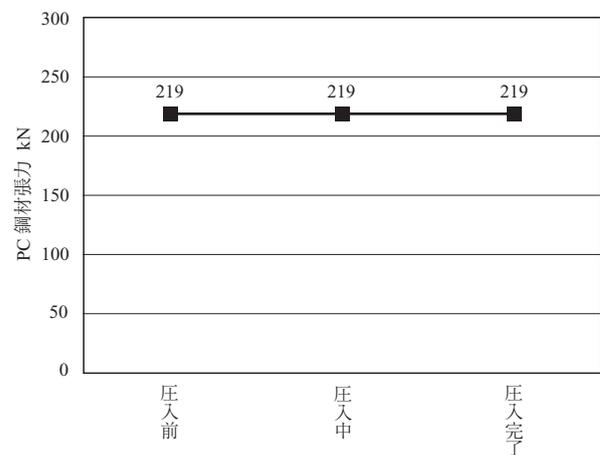


図 - 2 PC 鋼材張力変化 (ウェッジ圧入時)

(2) 中間定着完了後の長期測定

図 - 3 は中間定着完了から約 50 日間にわたって測定した PC 鋼材張力の推移を示す。中間定着完了時の張力は 231 kN であるが、定着完了後 1～2 日間に 10 kN 程度減少する。これは定着具内部と PC 鋼材とのなじみによるものと考えられ、複数回実施した試験のいずれにも同様の現象が見られた。その後は張力が安定しており、中間定着により PC 鋼材張力の維持されることが推測できる。なお、

日数の経過とともに張力がわずかに減少していくが、これはPC鋼材のリラクセーションによるものである。

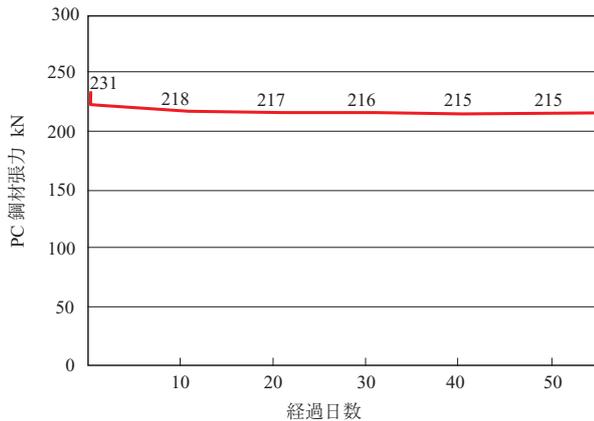


図 - 3 中間定着完了後のPC鋼材張力の推移

4. 実橋への適用

本工法は、一般国道8号 歌高架橋架替事業の中間定着工に適用された。以下、概要と施工の手順を示す。

4.1 事業概要

歌高架橋は新潟県糸魚川市の親不知地区に建設された橋梁である(写真 - 7)。橋長は991.6mあり、32径間のうち始点側(新潟側)端部の1径間が鋼単純鈎桁(4主桁)、残りの31径間はPC単純T桁(6主桁)である。昭和50年の竣工から40年以上経過しており、海岸沿いの立地のためほとんどの桁で塩害による劣化が生じ、補修を繰り返してきた。また、下部工も波浪による損傷が進み、一部の橋脚にはASRによる劣化も見られた。そこで、管理者を中心とする対策検討委員会が設置され、維持管理計画や架替の必要性などについて議論された。その結果、ライフサイクルコストなどの観点から、PCT桁部については全径間架替えが選択された²⁾。

4.2 中間定着工の概要

本事業で構築する新設橋は、現橋の山側に隣接する。現橋は新設橋完成後に全撤去となるが、交通切替を段階的に行うため、始終点付近の新旧合流部において、現橋6主桁のうち新設側1主桁×1径間(始点側)および2主桁×2径間(終点側)を部分撤去することとなった。中間定着の箇所数は、床版、横桁合せて始点側57箇所、終点側146箇所、合計203箇所となった。終点側の中間定着位置と新旧幅員の変化を図 - 4に示す。

4.3 施工手順

歌高架橋での状況写真とともに、施工手順について説明する。

(1) コンクリートはつり、グラウト除去

床版、横桁にカットを入れ、コンクリートをはつり、鉄筋を取り除く。はつり範囲はPC鋼材の長さ方向に600mm、幅方向に500mm程度である。グラウトは、ハンマで軽くたたいて除去する。コンクリート応力度について事前に復元設計を行い、横締めPC鋼材1本おきにはつ



写真 - 7 歌高架橋(中央、終点側より)

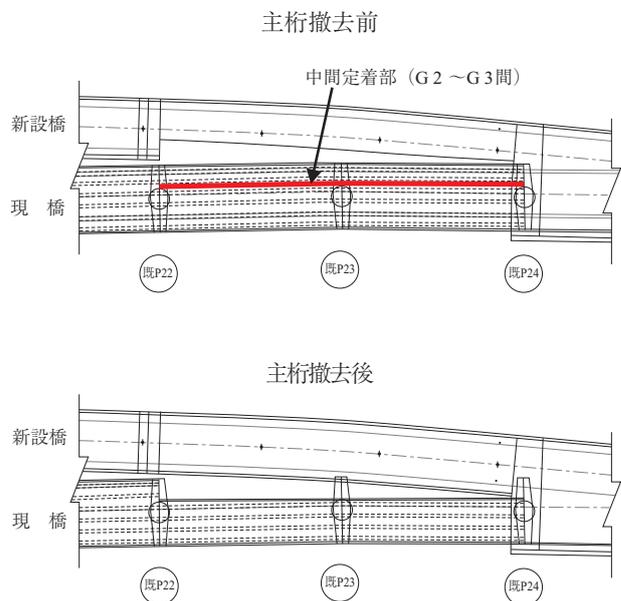


図 - 4 中間定着位置と幅員変化

った場合でもオーバーストレスとならないことを確認した(写真 - 8)。

(2) 鋼材整形, グリップキー挿入

シース内のPC鋼材は大抵ランダムに並んでおり、そのままではウェッジの装着が難しい。そこで、露出した鋼材の両端付近にバンドを締め付けるとともに、ウェッジ装着位置にグリップキーを挿入し、鋼線束の形状を整える(写真 - 9)。

(3) フィクスチャ取付け

フィクスチャの取付けは、まずジャケットをボルトで組み立て、中にスリーブを入れる。つぎにウェッジを所定の位置に装着し、ジャケットを移動してウェッジと一体化する(写真 - 10)。

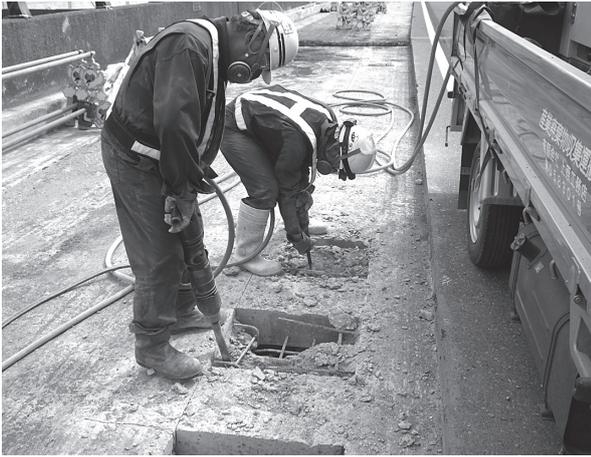


写真 - 8 コンクリートはつり



写真 - 11 ウェッジ圧入

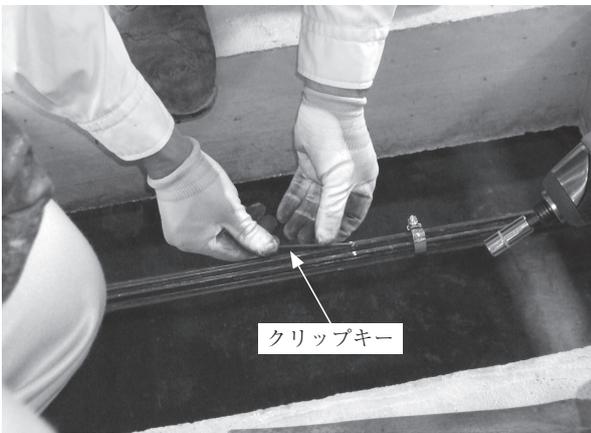


写真 - 9 グリップキー挿入



写真 - 10 フィクスチャ取付け

(4) 反力フレーム組立て、ウェッジ圧入

フィクスチャの周囲に反力フレームを組み立て、油圧ジャッキと治具類をセットしてウェッジを圧入する。ここでは容量 200 kN、ストローク 15 mm のジャッキを使用した(写真 - 11)。

(5) イコライザ取付け、スピナトルク導入

ウェッジ圧入後に反力フレームを取り外し、フィクスチャとコンクリートとの間にイコライザを取り付ける。スピナを回してプレート間隔を調整し、さらにトルクレンチでスピナにトルク 200 Nm を導入する。これにより、残存側 PC 鋼材張力は一時的に 50 ~ 60 kN 程度増加する(写真 - 12)。



写真 - 12 スピナトルク導入

(6) PC 鋼材切断

ガス切断器を用いて、撤去側の PC 鋼材を切断する。加熱初期は低温で 1 ~ 2 分 PC 鋼材を炙り、熱膨張により中間定着具に張力を移行する。撤去側張力が抜けたところで温度を上げ、PC 鋼材を切断する。張力移行時、定着具のセットにより張力が 30 ~ 40 kN 程度減少するが、(5) のスピナトルク導入による張力増加と、3.2 (2) に示した定着完了後の張力減少により相殺され、最終的にほぼ既存張力となる(写真 - 13)。



写真 - 13 PC 鋼材切断

(7) 張力調整

施工の仕様により、PC 鋼材張力を既存値より高め、プレストレスを付加的に与えたい場合、イコライザにジャッキをセットし、加圧することにより張力調整が可能となる。中間定着時に PC 鋼材張力をコントロールできるのが、本工法の特長の一つである（写真 - 14）。

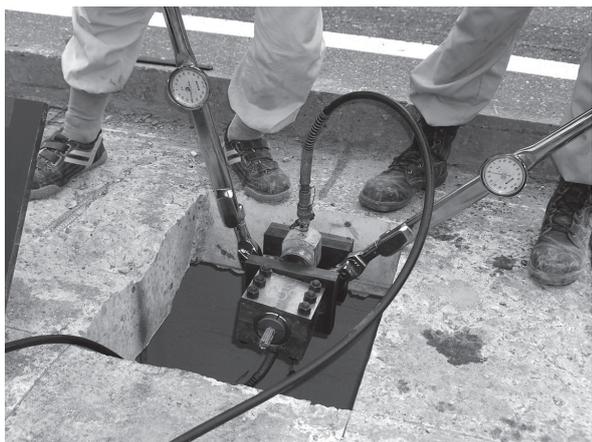


写真 - 14 張力調整

(8) 後埋めモルタル打設、床版切断、主桁撤去

中間定着完了後、はつり部分に無収縮モルタルを打設する。硬化後、1 本おきに残した部分のコンクリートをはつり、中間定着する。全鋼材の中間定着完了後に床版、横桁を切断、支承部を解放して主桁を撤去する（写真 - 15）。

4.4 主桁撤去前後の状況

本事業の中間定着工は平成 28 年 10 月に全箇所を完了し、現在新設橋の構築が進められている。終点側主桁撤去前後の状況を写真 - 16 に示す（図 - 4 の位置に対応）。

5. おわりに

厳しい施工条件の下、橋上交通を止めずに主桁架替えができる横締め PC 鋼材中間定着工法を提案し、実橋に適用した。老朽化による架替えを待つ各地の PC 橋に更新のチャンスを与えるものとして、本工法が役立てば光栄である。



写真 - 15 主桁撤去



写真 - 16 主桁撤去前後の状況（始点側より）

最後に、歌高架橋架替事業の中間定着工実施に際し、全面的にご協力いただいた株式会社笠原建設様、株式会社横河ブリッジ様、そして横浜国立大学 池田尚治名誉教授をはじめとする、本工法の開発、試験、製造および施工に関しご指導ご協力いただいたすべての方にお礼申し上げ、本稿の結びとする。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔規準編〕 土木学会規準および関連規準，pp.112-113，2013
- 2) 岩崎義一，川尻克巳：架橋 40 年海岸部に位置する塩害橋梁の更新について，平成 25 年度 北陸地方整備局 事業研究発表会，2013.

【2016 年 11 月 7 日受付】