

高強度プレグラウト PC 鋼材を使用したコンボ橋の現場適用に向けた確認試験

片山 達雄*1・江島 賢一*2

概 要

NEXCO 西日本コンボ桁橋の PC 鋼材標準仕様として「高強度プレグラウト PC 鋼材 1S29.0 +PE シース+グラウト」の組合せが JV 野田橋作業所のコンボ橋に適用された。しかし、この組合せは、前例がなく、35m を超える桁長への PC 鋼材挿入時の損傷、PC 鋼材密集部のコンクリート充填不良が想定され課題となった。そのため、実配置を模擬した試験体を用いて、確認試験を行い、PC 鋼材挿入試験により挿入後も健全な状態を維持できること、コンクリート充填試験により PC 鋼材密集部にも問題なくコンクリートを充填できることを確認した。

キーワード：PC 上部工，高強度プレグラウト PC 鋼材，コンクリート充填，PC 鋼材挿入

VALIDATION TESTS FOR ON-SITE DEPLOYMENT OF A COMPOSITE BRIDGE WITH HIGH-STRENGTH PRE-GROUTED PRESTRESSING STEEL

Tatsuo KATAYAMA*1, Kenichi EJIMA*2

Abstract

The combination of high-strength pre-grouted PC steel 1S29.0, PE sheathing, and grout used in the JV Noda Bridge Works composite bridge as the standard prestressing steel specification for NEXCO-West composite girder bridges was without precedent and posed challenges due to possible damage when prestressing steel is inserted in girders exceeding 35m in length and poor concrete filling in dense prestressing steel sections. To address these challenges, validation tests were conducted using a test specimen simulating the actual installation under the planned construction method. The prestressing steel insertion test confirmed that the prestressing steel remained in good condition even after insertion, and the concrete filling test confirmed that concrete could easily fill the dense prestressing steel sections.

Keywords: PC superstructure, High-strength pre-grouted prestressing steel, Concrete filling, Prestressing steel insertion

*1 Concrete / PC Group, Bridge Technology Department, Civil Engineering Division

*2 Associate General Manager, Concrete / PC Group, Bridge Technology Department, Civil Engineering Division

高強度プレグラウト PC 鋼材を使用したコンポ橋の現場適用に向けた確認試験

片山 達雄*1・江島 賢一*2

1. はじめに

本工事は、NEXCO 西日本高速道路の4車線化事業のうち、東九州自動車道臼杵 IC～津久見 IC 間に位置する PC 上部工工事である。構造形式は PC8 径間連結コンポ橋、橋長 285m、支間長約 35m の橋梁である。図-1 に構造概要図を示す。

コンポ橋はポストテンション方式単純合成桁橋で、プレキャストセグメント工法により主桁を運搬可能な大きさのセグメントに分割して製作し架設地点に運搬して組み立て、床板はプレキャスト PC 板を利用して主桁と合成する合成桁橋である。橋を構成する主桁およびプレキャスト PC 板を工場にて製作するため、高品質であること、現場作業の省力化に伴う工程短縮、建設コストの削減が可能であることがメリットである。

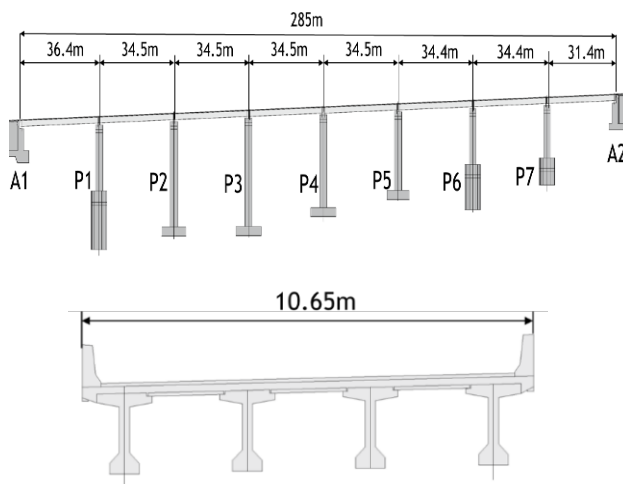


図-1 構造概要図

2. 試験背景

2.1 PC コンポ橋の標準設計

令和4年度 NEXCO 西日本高速道路よりコンポ橋の標準設計が適用され、PC 鋼材の防錆は「裸鋼線+PE シース+グラウト」から「プレグラウト

鋼材+PE シース+グラウト」に仕様が変更となった。本橋においても、詳細設計時に PC 鋼線を被覆鋼線から、高強度プレグラウト鋼材へと変更した。本橋は、新しい標準設計が適用された最初の橋梁であり、全国において実績がないものであった。

2.2 PC 鋼材過密配置に対する課題

図-2 に示すように基本設計時における主ケーブルは被覆鋼線の 12S15.2 が 5 本であり引張荷重は 1 本あたり 3100kN であったが、詳細設計時に高強度プレグラウト鋼材 1S29.0 に変更したことで、引張荷重は 1 本あたり 1140kN となり鋼材本数が最大で 12 本へと変更となった。

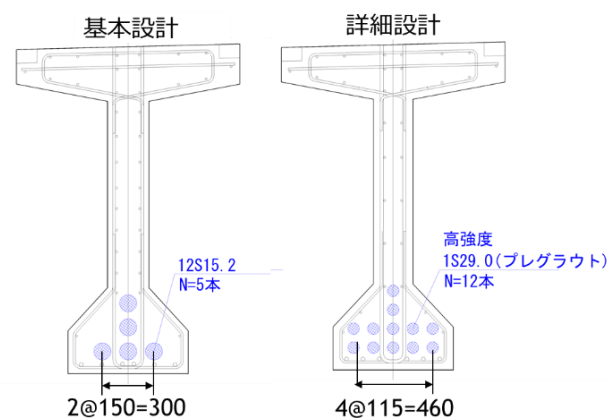


図-2 標準部断面図

シース体積を鉄筋換算すると、RC 換算鉄筋量の値は、標準 400kg/m³ 程度に対して、今回は 1140kg/m³ となった。高強度プレグラウト鋼材へ変更になったことで、PC 鋼材の本数が基本設計時より約 2 倍、RC 換算鉄筋量が標準より約 3 倍となり、過密配置状態と判断され、コンクリート打設時の充填不良が想定され課題となった。以上のことから、コンクリートの充填試験を計画し、

*1 土木本部 橋梁技術部 コンクリート・PC グループ

*2 土木本部 橋梁技術部 コンクリート・PC グループ 担当部長

打込み方法や締固め方法が適切であるか確認することとした。

2.3 PC 鋼材損傷に対する課題

詳細設計時に変更となった高強度プレグラウト鋼材とは、図-3 に示すように予め工場にて鋼材に後硬化型の樹脂を塗布し、シースに包まれている鋼材である。現場でのシース配置作業やグラウト作業が省略可能な防食ケーブルであり、通常の施工においては、シース管への挿入作業を必要としない PC 鋼材である。

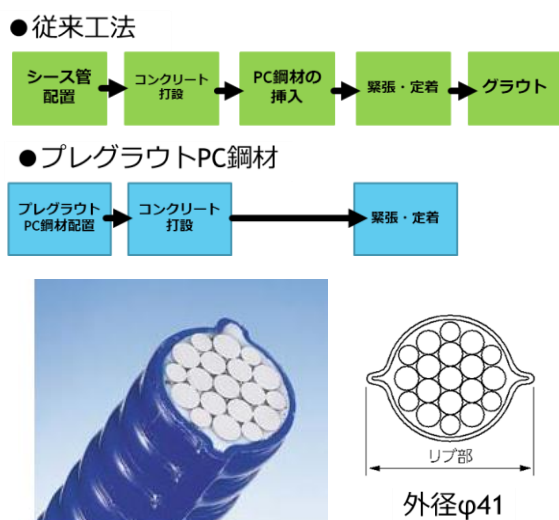
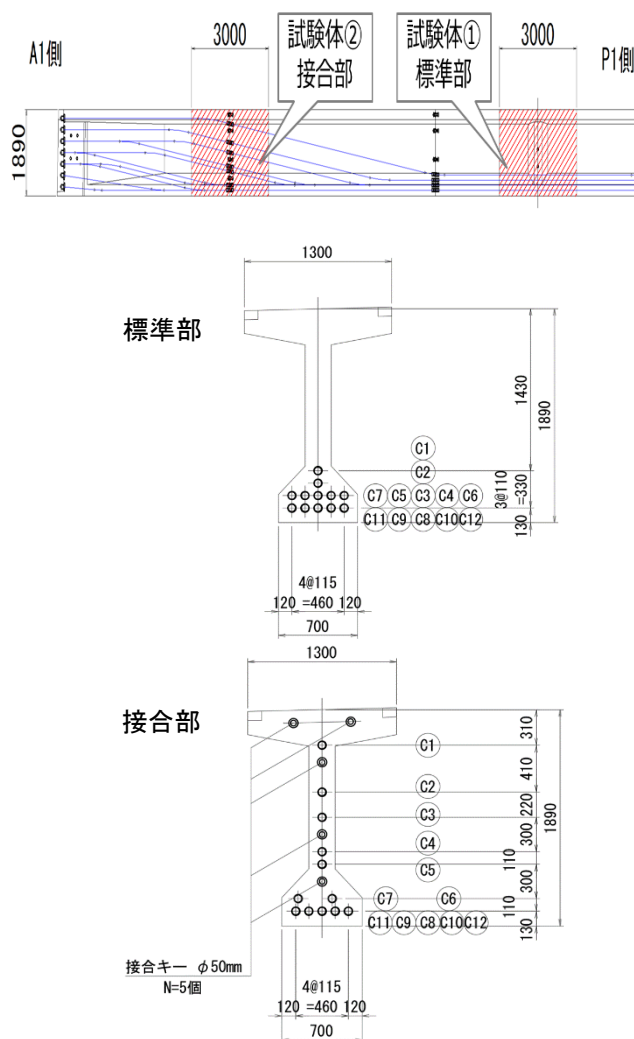


図-3 プレグラウト PC 鋼材¹⁾



図一4 試験体概要図

本橋のT桁はセグメント分割された桁であるため、現場に搬入したセグメント桁を接合する際に、PC 鋼材のシース管への挿入作業が発生する。本来シース管へ挿入する作業がない高強度プレグラウト鋼材を、桁長約 35m、ケーブル角度変化も大きい主桁へ挿入する際に、PC 鋼材が健全な状態を維持できるかが課題となった。以上より、実ケーブル形状での PC 鋼材挿入試験を行い、PC 鋼材の被覆損傷、プレグラウト樹脂の漏れがないかを確認することとした。

3. 試験概要

3.1 コンクリート充填試験

試験体は、PC 鋼材が全て下フランジ部に配置される支間中央部を模した標準部ブロックと、接合キーが配置され、PC 鋼材が縦に多数並ぶ接合

部を模した接合部ブロックの 2 種類とした。試験体の概要図を図-4 に示す。

型枠は、鋼製型枠を基本とし、コンクリートの充填状況が確認できるように側面および底面の一部範囲は透明型枠を採用した。コンクリートは、表-1に示すように、設計基準強度 50N/mm^2 、早強セメントを使用し、実施工に即したコンクリートを採用した。また、前述の通りシース体積の RC 換算鉄筋量は 1140kg/m^3 であった。ここで、コンクリート標準示方書より、 500kg/m^3 以上における

表-1 コンクリート配合表

配合種別		セメントの種類		W/C (%)	s/a (%)	配合 (kg/m³)					(g/m³)	
						セメント	水	細骨材	粗骨材	短繊維	高性能減水材	AE材
50-60-20H(F)	B	H	33	56	500	165	1024	812	3.64	5000	17.5	

打込み最小スランプは「個別に検討が必要」と分類されているため、スランプフロー管理となる高流動コンクリートを採用した。

締固めについては、内部振動機と型枠振動機を併用することとした。コンクリート標準示方書より、「内部振動機挿入間隔 500mm 以下」のため、本試験においては、挿入間隔を 400mm 以下と設定し、型枠の天端には 375mm ピッチで挿入位置のマーキングを行った。締固め時間については「5～15 秒程度」と示されており、本試験では 20 秒程度と設定して、時間を測定しながら打設を行う計画とした。

脱型後の試験体の状況を写真－1 に示す。前述の高流動コンクリートを用いたこと、内部振動機の挿入間隔・締固め時間を管理したことで、過密鉄筋状態の箇所に対しても問題なくコンクリートが充填できていることが確認できた。

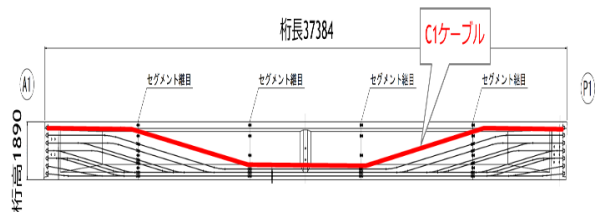


写真－1 試験体脱型後

3.2 PC 鋼材挿入試験

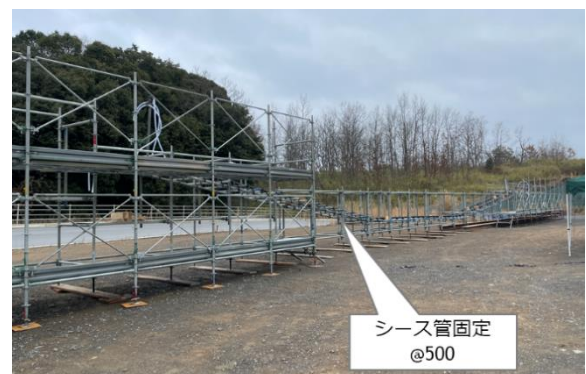
試験体は主ケーブルの長さが最も長くなる A1-P1 径間のうち、角度変化が最も大きい C1 ケーブル

を模擬して製作した。試験体の図面を図－5 に示す。



図－5 試験体対象 C1 ケーブル

PE シースは、ケーブルの形状を正確に再現するために、単管パイプを用いて架台を作製した。PC 鋼材挿入時に、PE シースが移動しないように、単管パイプとクランプを用いて約 0.5m 間隔で保持し、PE シースを堅固に固定した。試験体用架台を写真－2 に示す。シース両端部に配置するアンカープレートは挿入時の力が逃げないようにするため、アンカープレートを無収縮モルタルに埋込んだ試験体を作製し、単管架台へ固定する計画とした。



写真－2 試験体用架台

試験は、高強度プレグラウト PC 鋼材をターンテーブルにセットし、引き込み側のウインチを用いて PC 鋼材を挿入した。この時ウインチと PC 鋼材との接続は、PC 鋼材の先端を加工し先端キャップを取付け、カプラーとスイベルを用いて接続した。接続状況を写真－3 に示す。引き込み完了後、PE シースとプレグラウト PC 鋼材の摩擦距離が最も長くなる到達側の定着部端部から約 5m 区間の PE シースを撤去し、PC 鋼材の損傷具合を確認する計画とした。試験概要図を図－6 に示す。

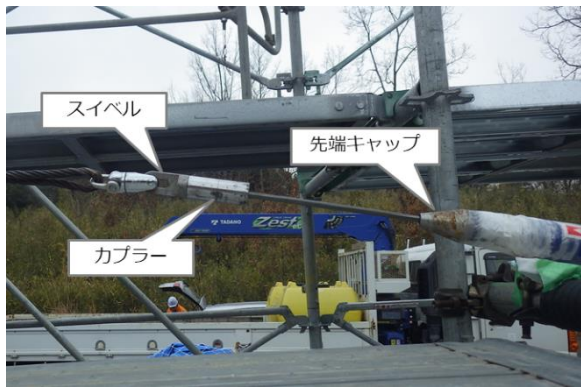


写真-3 PC鋼材接続状況

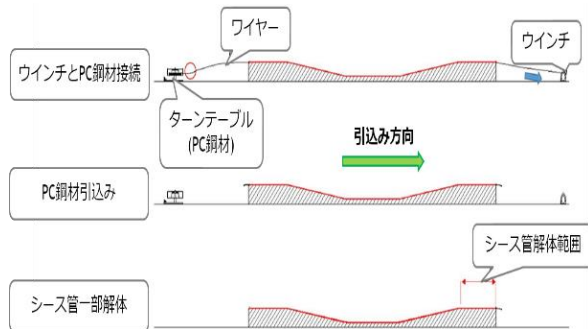


図-6 試験概要図

プレグラウト PC 鋼材のリブ径は $\phi 41\text{mm}$ 程度であるが、通常使用するアンカープレートの孔径は $\phi 45\text{mm}$ であり隙間が 4mm しかないため、鋼材挿入時にアンカープレートの孔の角と接触し PC 鋼材が損傷する恐れがあった。そこで、アンカープレートの孔径を $\phi 50\text{mm}$ へ変更し、隙間を大きくする対策をとった。孔径を変更したアンカープレートを図-7 に示す。

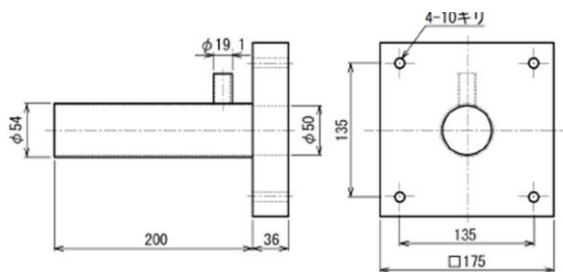


図-7 アンカープレート変更後

また、PC 鋼材被覆損傷対策としてアンカープレートの孔穴へ、ずれ防止治具を着用することとした。図-8 にずれ防止治具示す。

PC 鋼材挿入後、PE シースを解体し、PC 鋼材

を確認した様子を写真-4 に示す。前述の損傷対策を行ったことで、被覆材の損傷やプレグラウト樹脂の漏れ出しおよび被覆材のずれはなかった。よって、今回の試験方法にて PC 鋼材の健全性を保持した挿入が行えることを確認した。

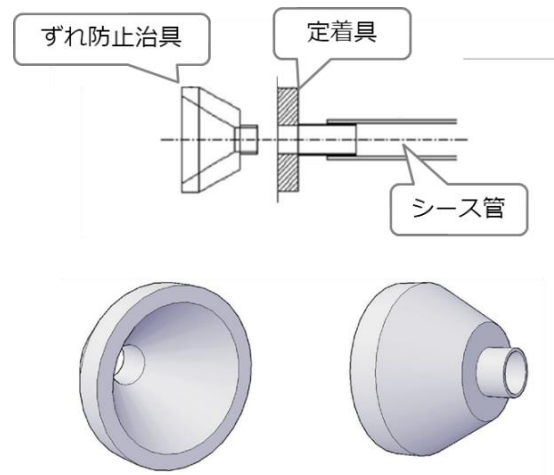


図-8 ずれ防止治具



写真-4 PC鋼材健全性確認

4. まとめ

流動性の高いコンクリートの使用、締固め間隔・締固め時間の適正な管理により、PC 鋼材過密配置部にも問題なくコンクリートを充填できることを確認した。また、挿入口の拡大・保護を行い、ウインチによる引き込み方法により PC 鋼材を慎重に挿入することで、プレグラウト PC 鋼材の健全性を維持したまま後挿入ができることを確認した。

これらの確認試験で行った施工方法を遵守して実施工を行い、品質を確保した良質な PC 構造物の構築を図る。

参考文献

- 1) プレグラウト PC 鋼材,住友電工ホームページ,https://sei.co.jp/steelwire/products/pc/english/works/pregrouted_pc.html, (閲覧日 : 2025 年 1 月 10 日)