

図 - 3 上部工断面図

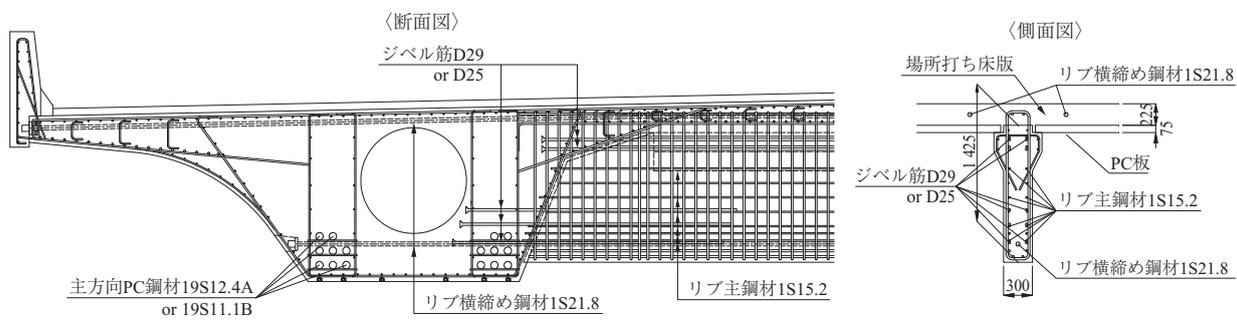


図 - 4 プレキャスト横リブ配筋詳細図

の PC 合成床版構造化により、耐久性向上が図られている。本橋は、横リブのプレキャスト化に加え PC 板を使用することで、中間床版部の型枠材・支保工を簡素化し、現場作業の省力化による工期短縮が可能な構造となっている。

この構造形式の採用により、横リブ長さや PC 板配置枚数の調整のみで幅員変化に対応できる。また、それによって、主桁外面形状の統一が可能となり、橋梁下の街路からの視点における景観性の向上に繋がっている。

3. コンクリートの乾燥収縮への対応

3.1 乾燥収縮度の要求性能

PRC ラーメン構造の橋梁において、乾燥収縮が主要因と考えられるひび割れ発生事例が報告されている。本橋も上部工の収縮挙動に対し橋脚による拘束度が大きく、さらに、現場打ち部（主桁、床版など）と多数の横リブを接合する構造であるため、その拘束による影響も予想された。そのため、徳島東環状線ではコンクリートの乾燥収縮度について最終ひずみを 950μ 以下、材齢 91 日で 700μ 以下とするよう要求性能が定められている。

3.2 試験練りおよび乾燥収縮試験の実施

配合は、徳島東環状線の施工に先立ち徳島大学が実施した上部工コンクリートの示方配合に関する研究結果を参考に、単位水量を 155 kg/m^3 に設定した（表 - 1）。

表 - 1 使用コンクリートの配合例

呼び強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類	
40	18	20	早強	
水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	高性能 AE 減水剤 (kg/m ³)
44.0	42.5	353	155	4.59

上記を踏まえ、コンクリートの試験練りと乾燥収縮度の測定（JIS A 1129-2：2001「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法」コンタクトゲージ方法）を実施し、所定の要求性能を満足することを確認した（図 - 5）。

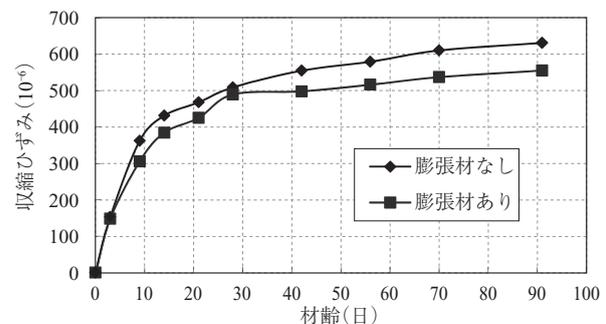


図 - 5 長さ変化試験結果

○ 工事報告 ○

また、膨張材の添加による乾燥収縮ひずみの抑制効果を確認したため、プレキャスト部材の拘束を受けやすい場所打ち床版部に適用した。

3.3 乾燥収縮度変更による修正設計の実施

道路橋示方書 I 編 2.2.5 により、乾燥収縮度を計算すると、長さ変化試験用の供試体寸法 100 × 100 × 400 mm の場合、相対湿度 70 % 時に 430 μ となる。実際に使用するコンクリートの要求性能は、100 × 100 × 400 mm の試験結果で 950 μ 以下と定められており、両者には 950/430 = 2.21 倍の開きがある。そこで、乾燥収縮による影響拡大などを考慮し、道路橋示方書 I 編 2.2.5 に従い実橋寸法から算出される乾燥収縮度を 2.21 倍した値を、設計乾燥収縮度として修正設計を行うこととした。修正設計のフローを図 - 6 に示す。

乾燥収縮度の変更、実際の施工サイクル、分割発注による発注時期の変動を考慮し、設計計算を行った結果、一部の箇所主桁の合成応力度が許容値を満足しなかった (図 - 6 ステップ 2)。

応力度が超過した箇所に補強対策を行ううえで、下部工がすでに施工済みであったため、断面の変更による死荷重増加は不可能であった。また、本橋は広幅員の 2 主桁構造という構造的な特徴 (鋼材配置、図心位置) によってプレ

ストレス 2 次力の影響が大きく、主方向 PC 鋼材の本数を追加しても、応力度の改善が見られなかった。さらに、主方向 PC 鋼材形状の大幅な見直しは、横リブおよび橋脚部の横方向 PC 鋼材との取り合いから困難であった。

以上のことから、可能な範囲で主方向 PC 鋼材形状を調整したうえ、許容値を満足しない断面付近に局部的に PC 鋼材を追加配置することで、応力度の改善を行った (図 - 6 ステップ 3, 4)。

4. ひび割れ抑制への対応

4.1 温度応力に対する検討

本橋は断面が大きいことにより、温度応力への対応も必要であった。とくに、支点横桁部および分割施工目地部は、既設の橋脚や主桁に拘束されるため、温度応力によるひび割れの発生が懸念された。

そのため、3 次元 FEM 解析を用い、施工時に発生する温度応力を再現した。図 - 7 に解析ステップを示す。上部工の 1 径間分をモデル化し、① 脚頭部打設、② 横リブ・PC 板架設、③ 主桁打設、④ 場所打ち床版打設、⑤ 横締め定着切欠き打設、の各施工ステップを考慮することで、部材ごとの材齢差を反映させた。

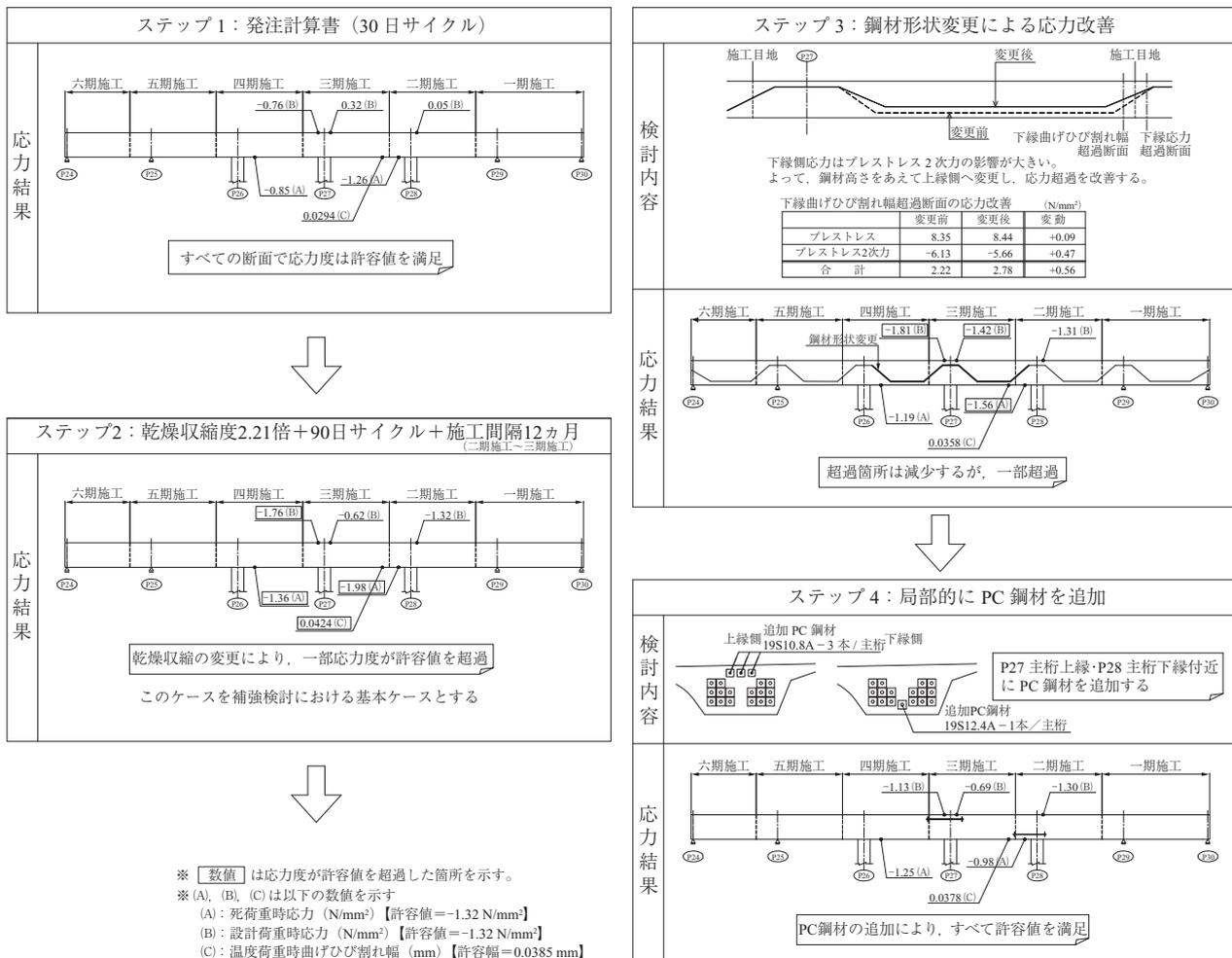


図 - 6 修正設計のフロー

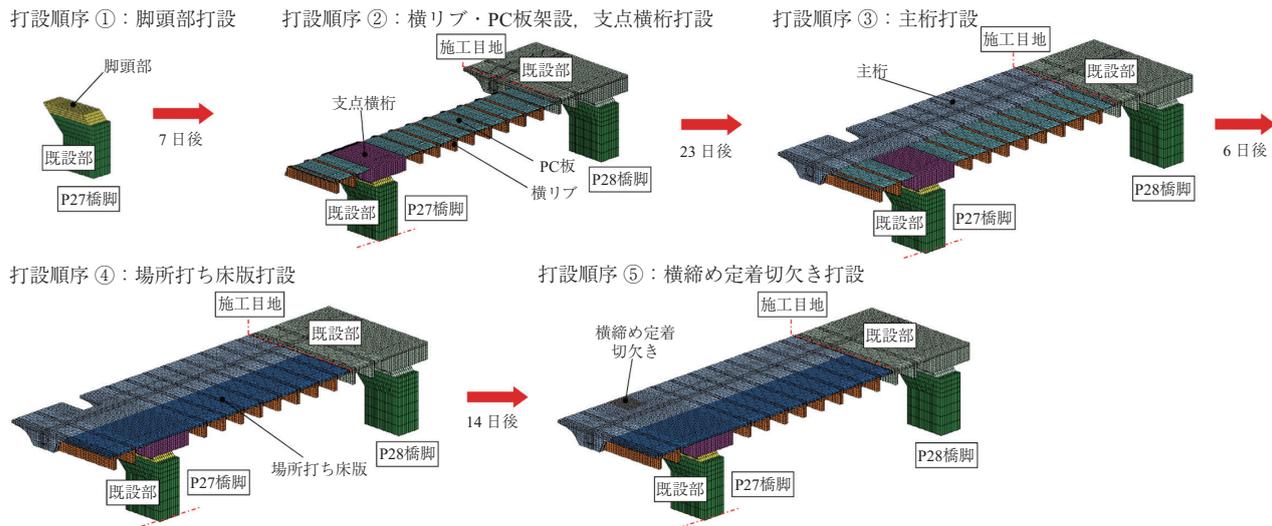


図 - 7 温度応力検討での解析ステップ

4.2 主方向 PC 鋼材の定着応力に対する検討

本橋は幅員の2主桁構造であり、主方向 PC 鋼材が両主桁に集中して配置されている。そのため、定着具背面に局部的に発生する引張力や、プレストレスによる主桁の変形をラーメン橋脚や横リブが拘束し発生する引張力によってひび割れの発生が懸念された。

上記を踏まえ、定着部付近のプレストレス分布および主桁と橋脚・横リブとの接合部の応力状態の把握を目的とする3次元 FEM 解析を実施した。

解析の結果、定着部付近では温度応力と定着応力の主応力発生方向がほぼ一致していることが確認された(図 - 8)。そこで、定着部付近の床版に対する補強検討では、プレストレス導入時に残留している温度応力に定着応力を累加した応力度に対し検討を行った。

4.3 横締め PC 鋼材による定着部付近の引張応力低減

主方向 PC 鋼材の定着部付近では、温度応力に加え、定着により局部的に大きな引張応力が生じる。そこで、主方向 PC 鋼材定着時の引張応力を緩和するために、横締め PC 鋼材を場所打ち床版部に追加配置した(図 - 9, 10)。3次元 FEM 解析では、主方向 PC 鋼材の緊張力および曲げ上げ部の腹圧力のみでなく、場所打ち床版、横桁および横リブに配置される横締め PC 鋼材の影響を考慮し、引張応力度の低減効果を確認した。

実施工では、横締め PC 鋼材の緊張完了後、主方向 PC

鋼材を緊張するように、施工計画書にて緊張順序を定めた。

4.4 補強材の選定

主方向 PC 鋼材の定着部付近、支点横桁部および分割施工目地部の解析結果より、コンクリートの引張強度を超える引張応力が残留する箇所に補強材を配置した。補強材として、補強鉄筋が考えられるが、本橋は PRC 構造であり既設鉄筋量が多いため、過密配筋となりコンクリート打設時のワーカビリティの低下が懸念された。また、炭素繊維シートについては、コンクリート表面に貼り付けることから、今後の目視点検が不可能となるため選定から除外した。

以上を踏まえ、かぶり内への配置が可能な FRP 格子筋を補強材に採用した(写真 - 1)。かぶり内への配置であるため、既設鉄筋との干渉が生じないうえ、表面ひび割れの抑制効果が高かった。

5. 施工概要

本橋の施工フローを図 - 11 に示す。ここでは、本橋特有の工種である支保工組立て・解体、横リブ・PC 板架設および主桁製作工について述べる。

5.1 支保工組立て・解体

支保工断面図を図 - 12 に示す。東側および西側の主桁下の支保工と、横リブの支持点を有する支保工に分割した

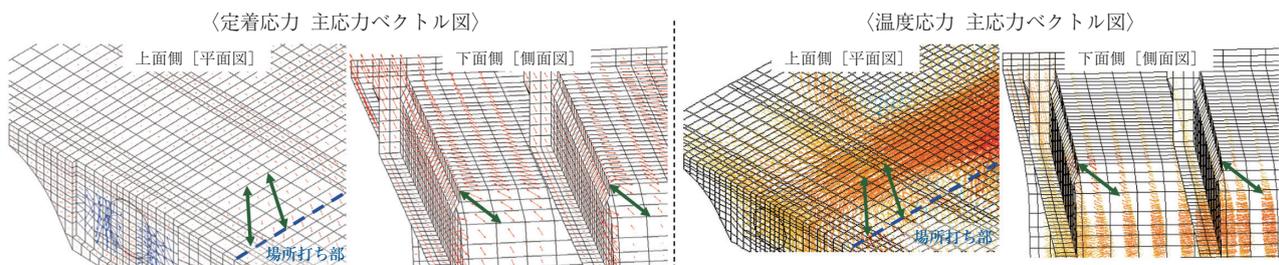
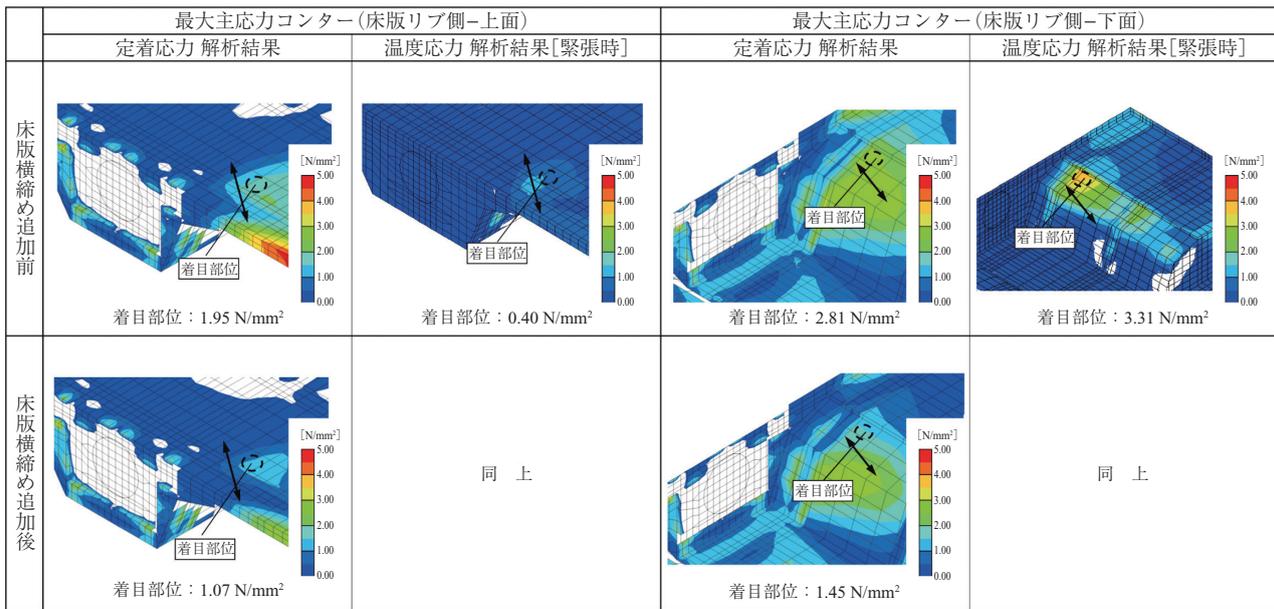


図 - 8 定着部付近の床版での主応力発生方向

○ 工事報告 ○



	横桁横締め [19S11.1B]	横桁横締め [1S28.6]	リブ横締め [1S21.8]	床版横締め [1S28.6]	最大主引張応力度 [N/mm ²]					
					床版リブ側-上面			床版リブ側-下面		
					定着応力	温度応力 [緊張時]	合成応力度	定着応力	温度応力 [緊張時]	合成応力度
床版横締め追加前	12本	12本	4本	0本	1.95	0.40	2.35	2.81	3.31	6.12
床版横締め追加後	12本	12本	4本	9本	1.07	0.40	1.47	1.45	3.31	4.76

図 - 9 横締め PC 鋼材による定着部付近の引張応力低減

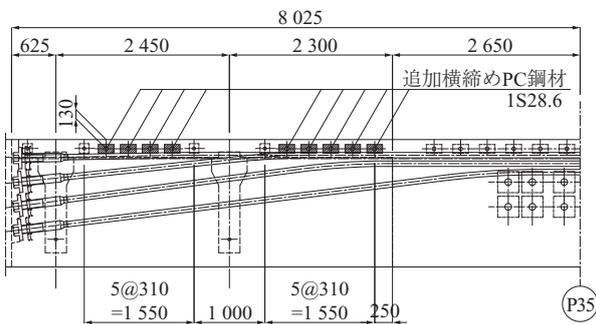


図 - 10 横締め PC 鋼材の追加配置例



写真 - 1 FRP 格子筋の配置 (定着部付近の床版)

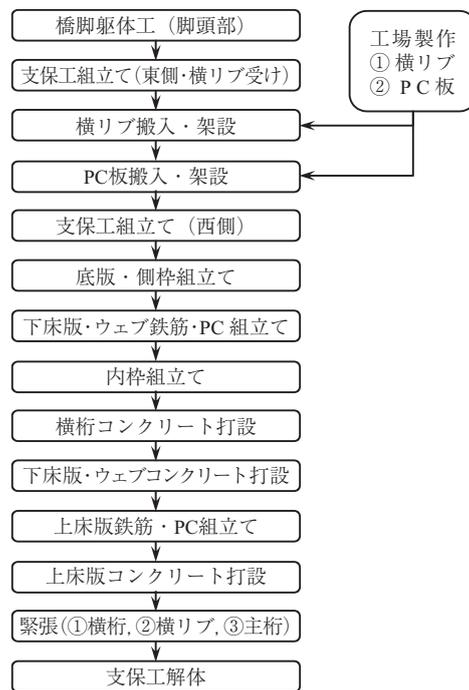


図 - 11 施工フロー

構造を基本とし、主桁と横リブの高さ調整を個々に行えるようにした。主桁下の支保工の組立て順序は、横リブ架設時のクレーン据付場所を確保するため、西側のみ横リブ架設後とした。

本橋は住宅密集地付近での施工であるため、騒音・振動

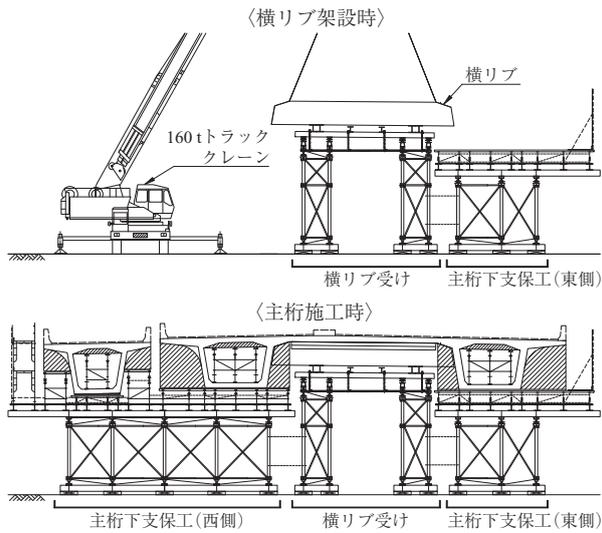


図 - 12 支保工断面図

対策として、支保工外周に防音シートを設置するとともに、くさび式支保工解体時のハンマーによる打撃回数を半減できる大引受ジャッキを使用した。

5.2 横リブ・PC板架設

横リブ架設では、高さ調整および転倒防止が課題であった。架設はトラッククレーンにて行い(写真-2)、据付高さは、横リブ受け支保工の高さ調節をしたうえで、横リブ下面へライナープレートを含み込み、微調整を行った。転倒防止措置としては、長さ調整可能な支柱式支保工のブレース材を用い、その両端を横リブおよび支保工に固定した治具に緊結することで横リブを支持した(写真-3)。

横リブ・PC板の架設完了状況を写真-4に示す。



写真 - 2 横リブ架設

5.3 主桁製作工

徳島東環状線の工事では、近隣環境への影響低減のため、作業時間を8時から17時までと定めている。よって、コンクリートの打設ステップは図-13に示すように、1日あたりの打設可能量から設定した。1時間あたりの打設量の実績は、下床版・ウェブ部で約35m³、上床版部で約65m³である。

支点横桁部は、斜り張鉄筋としてD29が125mm間隔で

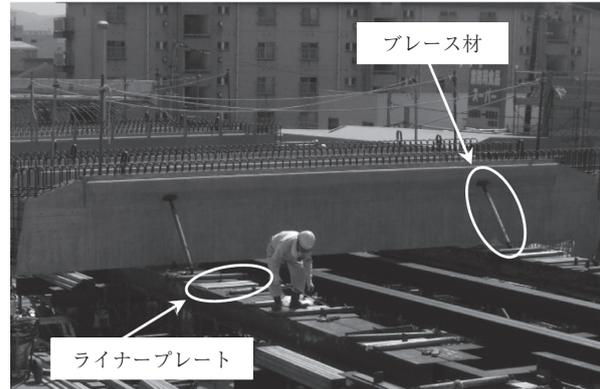


写真 - 3 横リブの転倒防止措置



写真 - 4 横リブ・PC板架設完了

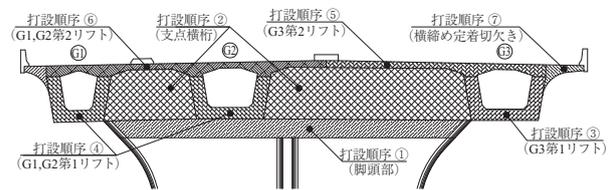


図 - 13 打設ステップ(3主桁部の例)



写真 - 5 支点横桁の配筋

使用されるうえ、横桁横締めPC鋼材(19S11.1B, 1S28.6mm)および下部工鉄筋(D29, D25)が配置され、250kg/m³以上の高密度な配筋となっており(写真-5)。

○ 工事報告 ○

コンクリートの充てん性向上対策が必要であった。そのため、横桁下層部に充てん検知センサを約1m間隔で設置し、充てん状況を確認しながら締固め作業を進めた。

乾燥収縮度の変更による修正設計にて決定した追加PC鋼材の配置状況を写真-6に示す。局所的な配置となるため、デッドアンカーを用いて、途中定着を行っている。

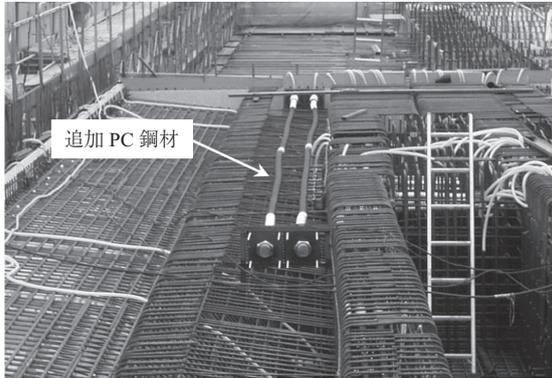


写真 - 6 追加 PC 鋼材の配置

第1リフト（下床版・ウェブ）組立て完了状況を写真-7に、第2リフト（上床版）組立て完了状況を写真-8に示す。

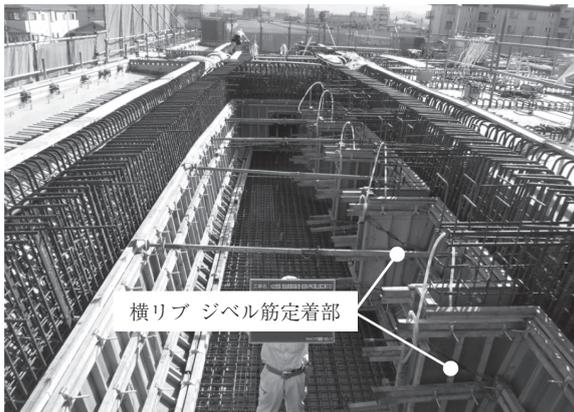


写真 - 7 第1リフト（下床版・ウェブ）組立て完了



写真 - 8 第2リフト（上床版）組立て完了

6. おわりに

徳島東環状線は、今春の暫定開通が予定されている。完成写真を写真-9、10に示す。開通によって、周辺道路の慢性的な渋滞の解消と地域のさらなる活性化が期待される。一連の高架橋群が地域住民に親しまれ、大いに活用されることを願うばかりである。

最後に、本工事の計画・施工にあたり、ご指導、ご協力いただいた関係各位に深くお礼申し上げます。



写真 - 9 完成写真（側面より）



写真 - 10 完成写真（下面より）

参考文献

- 1) 林, 久保, 遠藤, 若狭, 土井, 篠原: 徳島東環状線末広・住吉高架橋(仮称)の計画と設計 - プレキャスト部材を効果的に使用したリブ付きPRC2主桁橋 -, 橋梁と基礎 vol.39, 2005, 1
- 2) 加藤, 島崎, 廣井: 徳島東環状線の施工報告, 第18回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.115 ~ 118, 2009.10

【2012年2月27日受付】