

報告

鋼・コンクリート複合ラーメン橋の施工

(勅使西高架橋)

穴瀬 哲也* 奥田 貴敏** 鮫島 能章***

勅使西高架橋は、四国横断自動車道の高松中央 I.C～高松西 I.C 間の国道 11 号上に架かる都市型高速道路橋で香東川の東側に位置し、施工区間に国道と市道の交差部を 2 箇所所有している最大支間 77.5m の長支間橋梁である。そのことから、上部構造形式としては、径間部には 4 主桁の鋼構造を用い、中間支点部には 3 室箱桁の PRC 構造を用いた鋼・コンクリート複合ラーメン橋を採用している。

本報告では、本工事において重要課題となった鋼構造と PRC 構造の接合部の施工を中心に報告する。

キーワード：複合ラーメン橋，接合部，充填実験，高流動コンクリート

まえがき

近年、混合橋の建設事例が増えつつある。これまでの実績では、中央径間と側径間のスパン比がアンバランスな場合に、支間が長い中央径間を重量の軽い鋼桁、支間が短い側径間を重量の重い PC 桁で構成するといった構造が多くが見られる。日本道路公団四国支社様にて平成 13 年に完成した鋼・PRC 3 径間連続混合橋・大洲高架橋が、この種類に属する。

本稿で紹介する勅使西高架橋は、市街地の連続高架橋で最大支間が 77.5m であることから、径間中央部を鋼構造、中間支点部を PRC 構造とし、かつ中間支点上を剛結構造とすることで径間部の軽減を図っている。ラーメン複合構造においては、柱頭部を鋼部材とし、柱と柱頭部に接合部を設ける構造が多い（例：日本道路公団東京建設局様・栄高架橋）。本橋では、柱頭部までをコンクリートで打ち上げ、かつ橋軸方向にプレストレスを導入した後、中央径間を鋼構造としている。そのため、接合部を柱頭部と鋼桁の間に設けていることが特徴である。この鋼桁と PRC 桁との接合部は、接合桁に高流動コンクリートを埋め込む構造とした。

また、鋼桁部のさらなる鋼重の軽減化を図って合成桁を採用し、かつ部分的に床版部には橋軸方向にプレストレスを導入した複合構造としては希少な事例である。以下に本工事を通して、鋼・コンクリート複合ラーメン橋の施工について報告する。

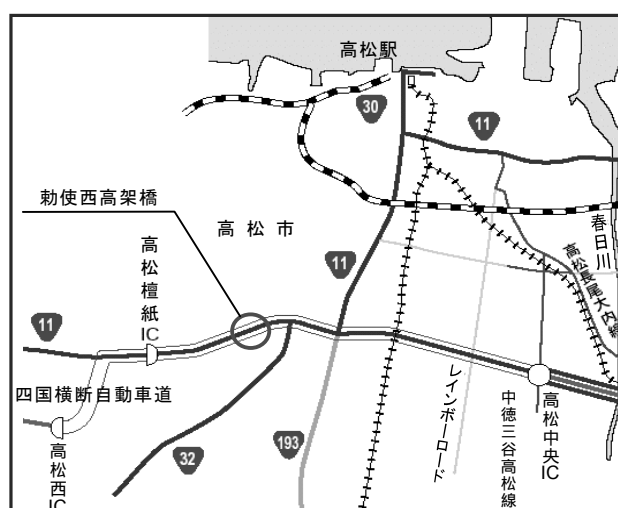


図-1 施工位置図

* 技術企画部 ** 橋梁部大阪設計課課長 *** 工事部長

1. 概要

(1) 橋梁諸元

以下に勅使西高架橋の橋梁諸元を示す。図-1に本橋の施工位置図，図-2に施工時の車線規制図，図-3に構造一般図，表-1に使用材料表を示す。

- 工 事 名：勅使西高架橋上部工事
- 発 注 者：国土交通省四国地方整備局
香川河川国道事務所
- 構造形式：4 径間連続鋼・コンクリート複合
ラーメン橋
- 道路規格：1種3級A規格 (V=80km/h)
- 設計荷重：B活荷重
- 斜 角：90°00'00"
- 橋 長：248.05m
- 支 間 長：52.9m + 77.5m + 63.5m + 52.8m
- 有効幅員：9.915m + 9.845m

表-1 使用材料表

	項目	摘 要
鋼 桁 部	鋼 材	SM570、SM490Y、SM400
	コンクリート材料	ck = 30N / mm ²
	鉄 筋	SD345
P R C 桁 部	コンクリート材料	主 桁 ck = 36N / mm ² 地覆・壁高欄 ck = 30N / mm ²
	PC鋼材	12S12.7 (SWPR7B)
	鉄 筋	SD345

(2) 構造概要

1) 径間部および中間支点部の構造形式

本橋の構造は，鋼構造部（径間部）が図-5に示すように部分的に橋軸方向にプレストレス力を導入したRC床版と4主鉄桁を合成した構造であり，この部分は上下線分離構造である。また，PRC構造部（中間支点部）は上下線一体構造の3室箱桁であり，かつ橋脚と PRC 箱桁は剛結構造になっている。

また，鋼桁部と PRC 桁部は接合桁を介して一体化した複合構造となっている。

さらに，PRC 桁部および接合桁部には橋軸方向に主ケーブルを配置するとともに，PRC 桁部の支点付近には橋軸直角方向に横締めケーブルを配置した（図-5，図-6）。

2) 接合部の構造形式

接合部は複数のセル構造とし，接合桁の鋼殻セ

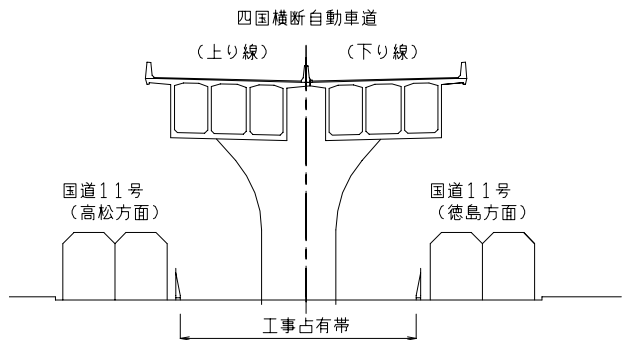


図-2 施工時の車線規制図

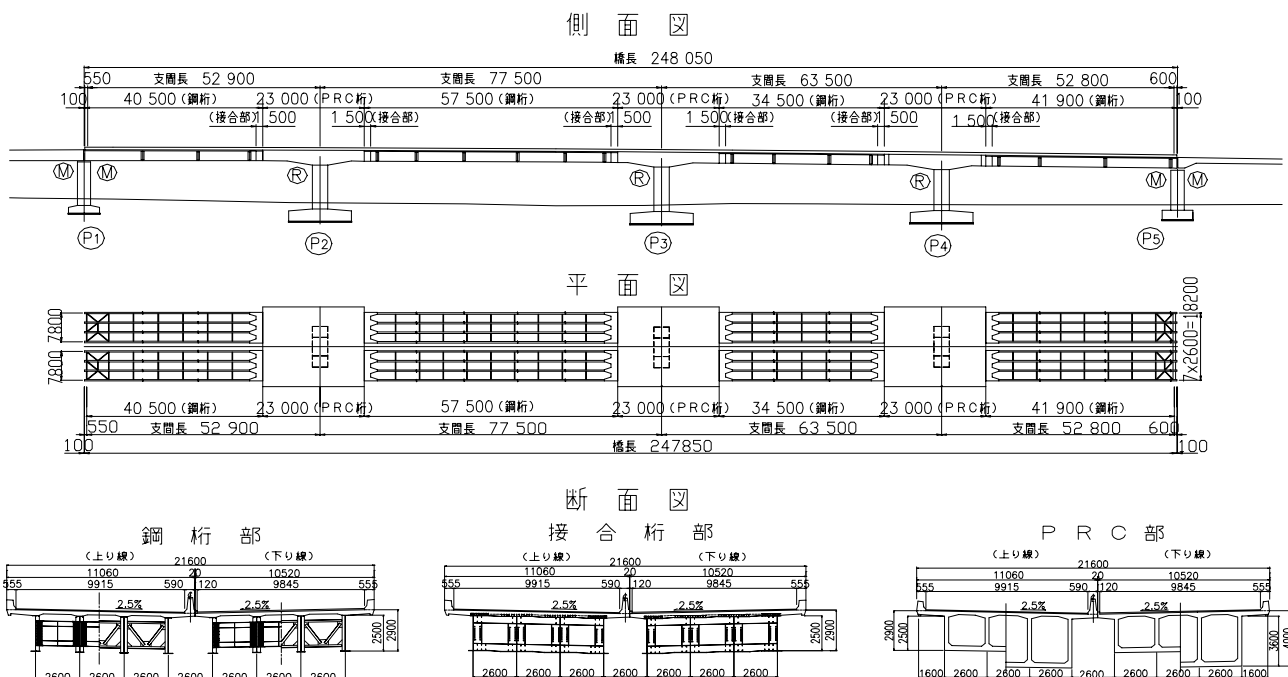


図-3 構造一般図

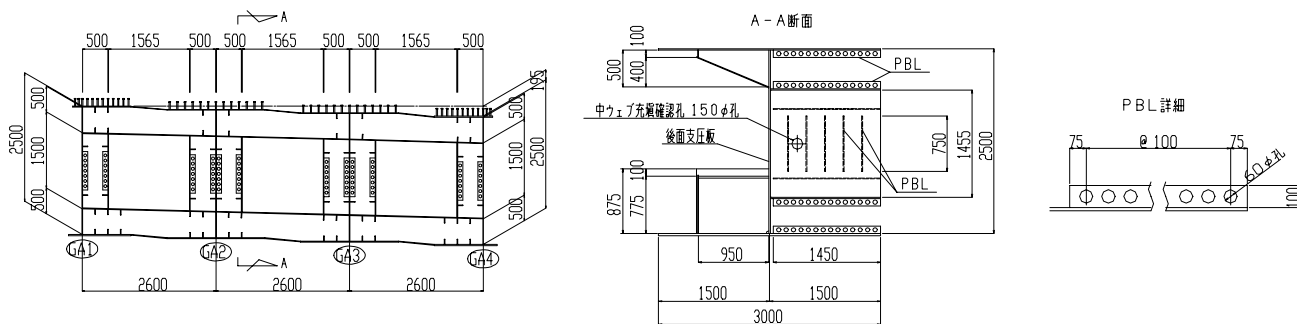


図-4 接合桁構造図

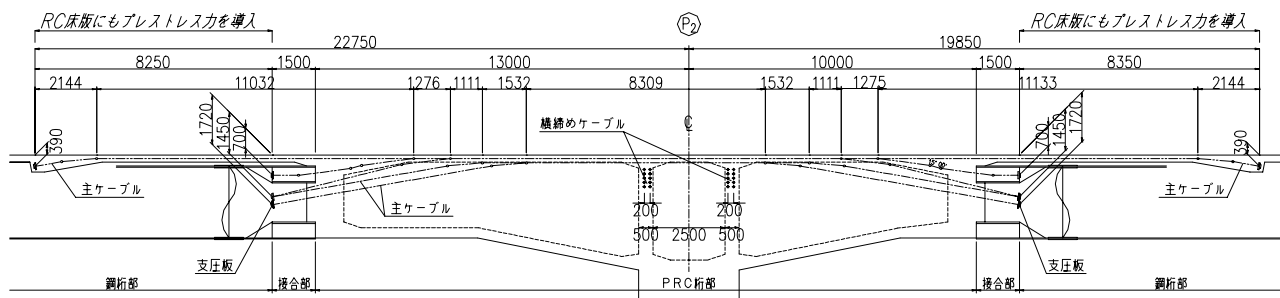


図-5 主ケーブル配置図（橋軸方向）

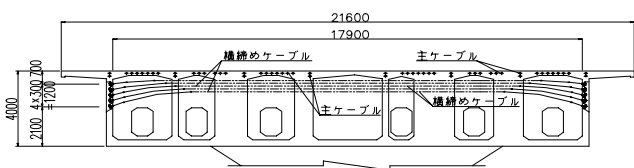


図-6 横締めケーブル配置図（橋軸直角方向）

ル内に充填した中詰めコンクリートと後面支圧板を介して断面力を伝達する構造とした。

接合桁内の鋼と中詰めコンクリートとのずれ止め構造には、PBL（孔あき鋼板ジベル）を採用した（図-4）。

（3）施工概要

本橋の全体的な施工ステップを図-7に示す。本橋の架設工法は下記とした。

PRC 桁は支柱式固定支保工とし、図-2のように主要国道を供用しながらの施工であることから、支保工幅をヤード内に収めるため橋軸直角方向に大型H鋼を用いて張出す構造とした。接合桁は油圧式トラッククレーンによって支保工上の仮受架台に架設し、縦取りによって所定の位置に据え付けた。鋼桁は油圧式トラッククレーン+ベント工法とし、4径間架設完了後にベント設備を撤去した。

2. 高流動コンクリート充填実験

鋼桁と PRC 桁の接合部は、上フランジ面から鋼殻内にコンクリートを充填する必要があるが、内部に鉄筋や PC 鋼材のシース等が隙間なく配置されていることから、通常の締め固めを行うことが不可能であった。そこで、自己充填性に優れた高流動コンクリートを採用した。

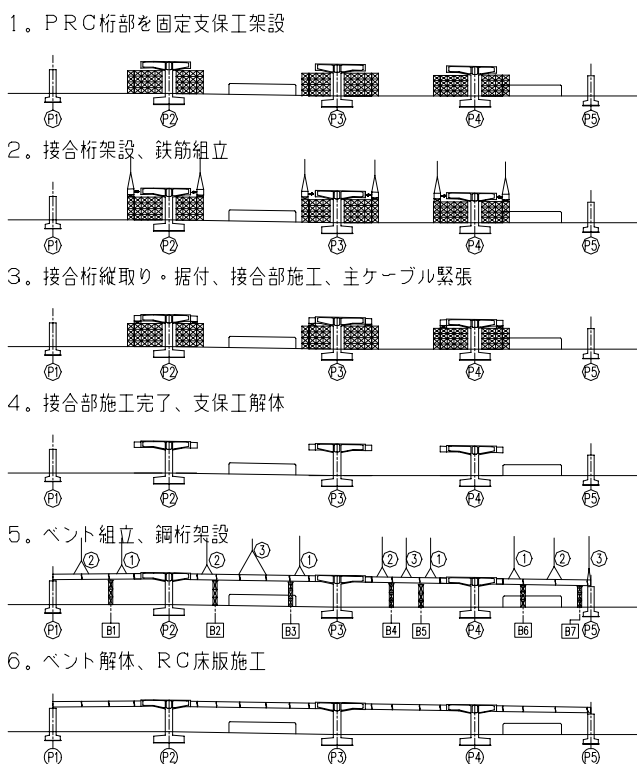


図-7 施工ステップ図（全体）

また、接合桁は上下3層に分かれた構造で、最下層からコンクリートを充填する際に層間に気泡が残留する可能性があるため、空気抜き孔の配置を実験によって確認する必要があった。

(1) 配合試験

本橋に使用する高流動コンクリートは、粉体と増粘剤を用いた併用系高流動コンクリートを採用した。表-2 に高流動コンクリート配合表を示す。以下に本配合を行う場合の特徴を示す。

表-2 高流動コンクリート配合表

粗骨材の最大骨材寸法(mm)	自己充填性ランク	目標スランプフロー(cm)	水結合材比(%)	空気量(%)			
20	2	65±5	28.4	4.5±1.5			
単位量(kg/m ³)							
水	セメント(普通)	フライアッシュ	膨張材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	増粘剤
165	420	130	30	770	766	9.28	0.165

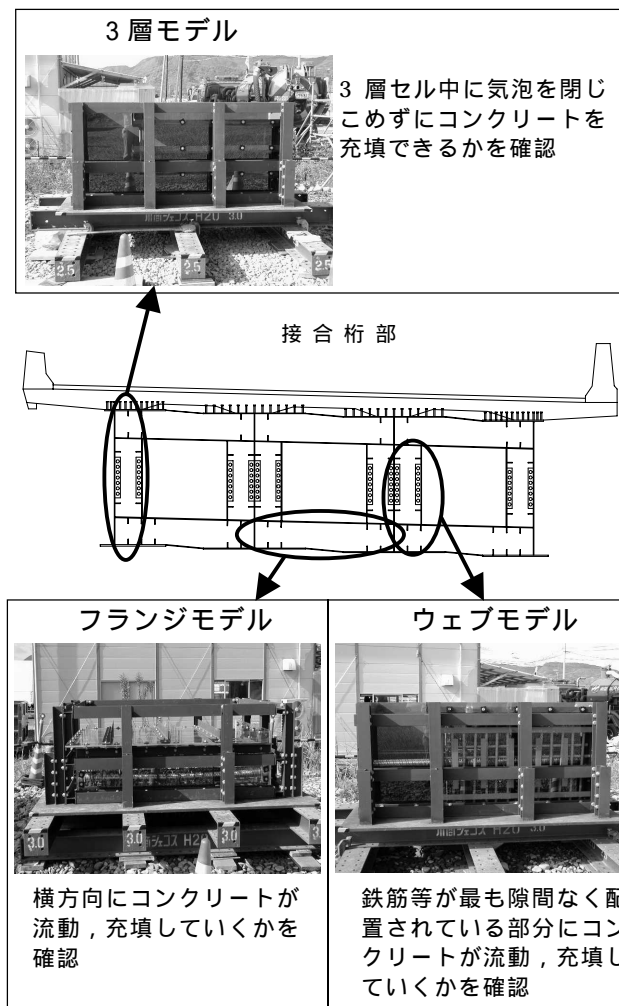


図-8 充填実験における実物実験体

併用系高流動コンクリートは、増粘剤を添加することで流動性を高めても分離の少ないコンクリートを得ることができ、スランプフローや充填性が向上する。このため、実施工においても優位である。

従来のコンクリートに比べて粉体の種類が増えるため、プラントでは多くのサイロを必要とするが、対応可能なプラントを選定することができた。

実橋はマスコンクリートの範疇に入るため、普通ポルトランドセメントを使用することで、水和熱の発生を抑制した。

(2) 充填確認実験

高流動コンクリートの使用にあたり、図-8のように3種類の実験体を製作したうえで、それぞれの流動性ならびに充填性を確認した。

実験体には透明アクリル板を型枠として使用し、内部には実物と同様に鉄筋、シースおよびPBLを配置した。

実験結果として、コンクリートは型枠の隅々まで確実に充填することができた。また、コア抜き検査を行うことで、粗骨材が均等に分布し材料分離の発生がないことを確認できた。気泡の残留は型枠の天端にて発生していたが、接合部の構造に影響しない程度の微細なものであり、設定した空気抜き孔が有効に機能していることを確認できた。

3. 接合部の施工

接合部の施工フローチャートを図-9に示す。

(1) 接合桁の架設

接合桁については、PRC桁と接合桁の双方から突出している鉄筋が干渉するため、図-10のように架設位置を所定の位置から2.7m後方にずらして架台に仮置きし、鉄筋およびシースの組立完了後、レバーブロックとローラーを使用して縦取りし、所定の位置に据え付けた。

(2) 鉄筋および定着具の組立

鋼殻内部は高さ150cm、幅50cmと狭く作業員が鋼殻セル内で鉄筋組立を行うことは困難であった。また、工場製作時に鉄筋組立を行うと幅が

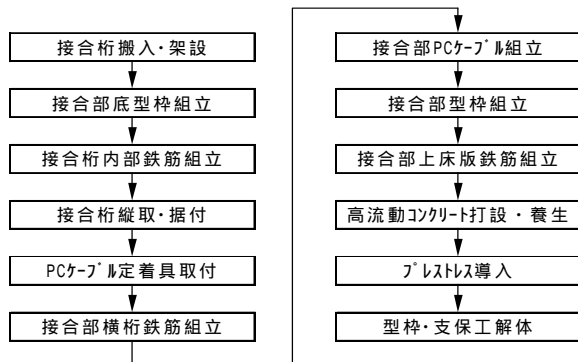


図-9 接合部の施工フローチャート

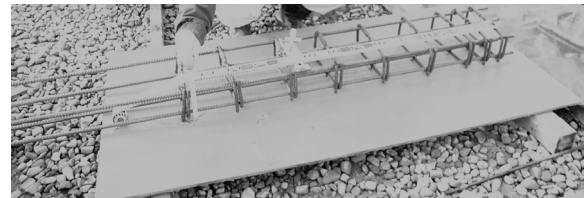


写真-1 ユニット鉄筋

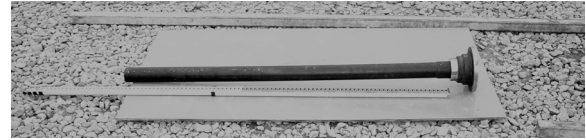


写真-2 ユニット定着具・シース管

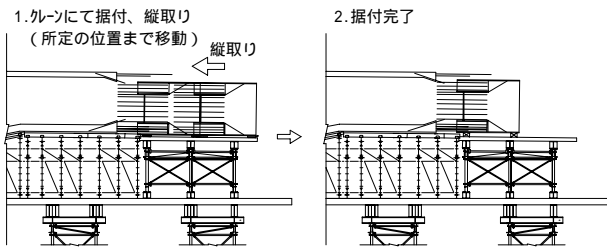


図-10 接合桁の架設・縦取り

4.0m となり接合桁の輸送が不可能となる。

これらのことから、鋼殻セル内部の鉄筋については全てユニット化して、接合桁架設後、接合桁端部から挿入するものとした(写真-1)。

PC 鋼材定着具およびシースについても鉄筋と同様、定着具にポリエチレン管を接着してユニット化し(写真-2)、鉄筋組立完了後に後面支圧板側から挿入後固定した。

(3) 高流動コンクリートの打設

1) 高流動コンクリート打設に伴う補強

型枠に作用する側圧は「高流動コンクリート施工指針(土木学会)」に準拠し算出した。

接合桁は打設中、側圧の影響で移動する可能性があったので、接合桁と PRC 桁に PC 鋼棒を(

26mm) を設置し、センターホールジャッキで張力調整して移動制御を行った(図-11)。

この際、鋼桁ウェブに定着ブラケットを接続したことから、ウェブに有害な変形を与えないよう、H 鋼を使用して補強した(写真-3)。

接合桁本体には側圧の影響で鋼殻セルが変形しないように、角鋼管、パイプサポートおよび油圧ジャッキを用いて補強した(図-12、写真-3)。

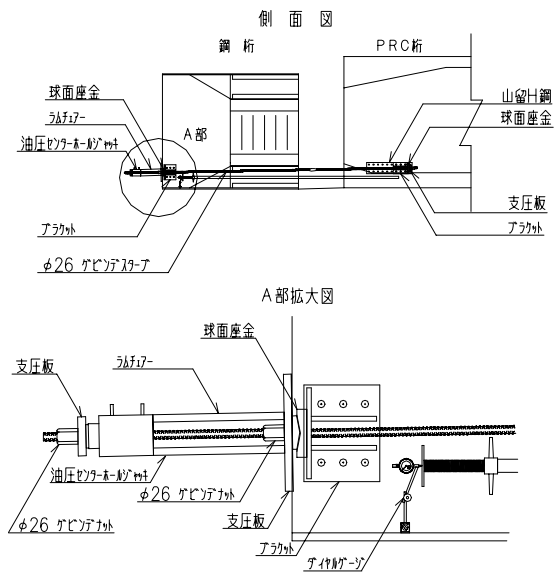


図-11 接合桁移動制御装置

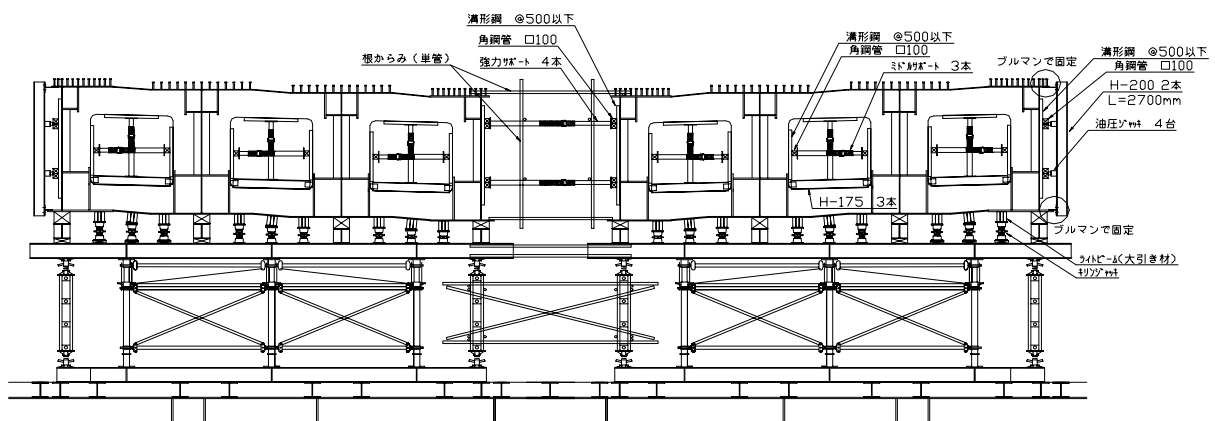


図-12 接合桁の高流動コンクリート側圧対策

2) コンクリートの打設方法および手順

高流動コンクリートの打設速度は、充填実験の結果を踏まえて 30m³/h 以下とし、投入口は間詰め部上縁とした。高流動コンクリートは打設面がほぼ水平に打ち上がることから、充填実験の結果および主桁の横断勾配を考慮して、鋼殻内に空気を閉塞させないように打設順序を決定した。

接合桁の移動制御方法は、コンクリート打設中にダイヤルゲージで変位を測定して、接合桁の移動が確認された時点で補強の PC 鋼棒を緊張する方法とした。なお、PC 鋼棒の緊張力管理は接合桁の移動量が ±0 になるまでとした（写真-4）。

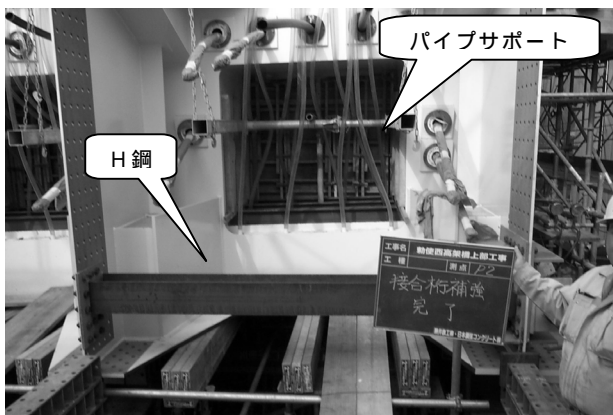


写真-3 接合桁補強

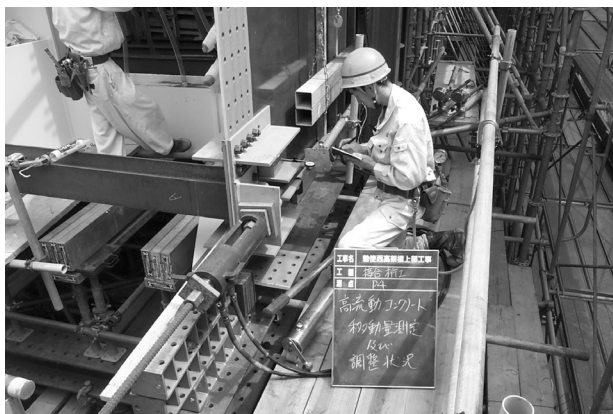


写真-4 接合桁移動量測定



写真-5 高流動コンクリート打設状況

高流動コンクリートの打設部の上面は、PRC 桁部から続く床版上面であるため、路面の縦横断勾配を有している。このため、横断勾配の低い側から打設を行い、順次型枠で蓋をしながら横断勾配の高い側に向かって打設することで、2.5%の横断勾配を形成した（写真-5）。

3) 打設中における充填確認

接合桁の鋼殻セル内は閉塞された形状であるため、目視での充填確認が不可能であり、以下の方法で充填確認を行った。

コンクリート打設中に打音検査することで充填状況を確認した。

接合桁の上フランジおよび中間フランジ天端に空気抜き孔（図-13）を設け、コンクリートの排出を目視することで充填状況を確認した。この空気抜き孔の配置間隔は、事前に行った充填実験を参考に、50cm 程度とした。

ウェブおよび上フランジにおいては、鋼殻セル毎に充填確認孔を設け、目視によって充填状況を確認した。なお、充填確認孔はコンクリートの打ち上がりに合わせて鋼板およびアクリル板で封鎖し（写真-6）、アクリル板は施工後取り除いた。

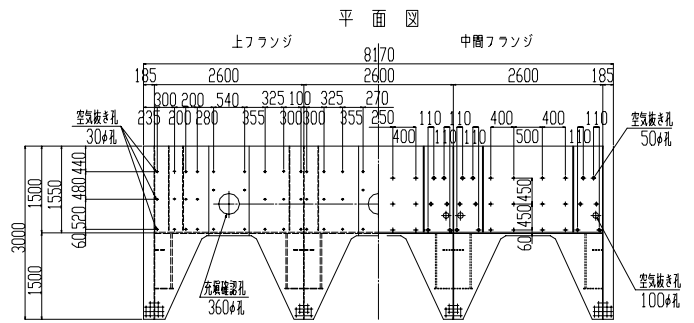


図-13 空気抜き・充填確認孔

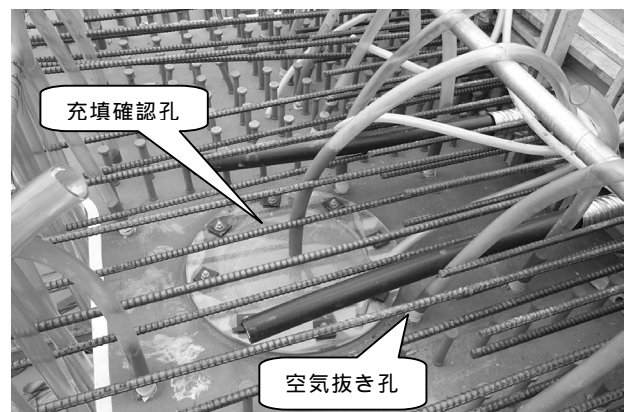


写真-6 高流動コンクリート排出状況

あとがき

本工事は、主要国道を供用しながらの工事であり、かつ2本の市道が交差していることから作業ヤードが狭く、交通規制などの工程管理に苦労した。また、複合ラーメン構造という特殊な構造で、かつ難易度の高い工事であったが、事前の検討を十分に行い、通常以上に慎重に施工した結果、所定の品質を確保し工事を完了することができた。

本橋は平成14年12月に竣工し、平成15年3月に四国横断自動車道が全面開通した。複合構造はその優位性から今後も採用事例が増えることと考えられるが、本報告が同種橋梁の施工にあたり参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工に際し、多大なご指導、

ご教訓を賜りました国土交通省四国地方整備局の方々、また、理解あるご協力を賜りました地元住民の方々、ならびに関連企業の皆様方に対し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人高速道路技術センター：鋼・コンクリート混合橋の設計施工に関する手引き(案)，2000.3.
- 2) 土木学会：高流動コンクリート施工指針，2000.3.
- 3) 小川路加・神原康樹・小沼定博・高橋秀樹：大洲高架橋の設計・施工，駒井技報，Vol.21，pp.39-47，2002.4.