

新東名高速道路 杉名沢第二高架橋の施工

— 鋼・PC 混合連続箱桁橋 —

山田 浩之*1・嵐田 涼子*2・土屋 智弘*3・大房 明広*4

杉名沢第二高架橋は、新東名高速道路 新御殿場 IC～御殿場 JCT 間（静岡県御殿場市）に位置し、全長 750 m の新設橋梁である。橋梁の構造形式は鋼 2 径間連続箱桁 + PRC13 径間連続箱桁橋の混合橋で、PC 桁は固定支保工、鋼桁はクレーンおよびベンドによる架設工法で架設した。本工事の特徴として、市道および河川を跨ぐことにより道路規制や特殊支保工による施工面と、鋼桁と PC 桁との接合部に対する品質面の配慮があげられる。以下に、PC 桁の施工、鋼殻セルの施工、鋼桁架設、付属物等の工事報告をする。

キーワード：鋼殻セル、高流動コンクリート、混合橋

1. はじめに

新東名高速道路は、神奈川県海老名市から静岡県を経由し愛知県豊田市を結ぶ路線延長 253.2 km の高速道路である。路線の中央区間より西側区間である御殿場 JCT から浜松いなさ JCT 間の 162 km が平成 24 年 4 月に開通し、浜松いなさ JCT から豊田 JCT 間が平成 26 年 2 月から開通している。また、東側区間の海老名南 JCT から厚木南 IC 間が平成 30 年 1 月に開通し、現在は伊勢原大山 IC まで延伸している。今回、伊勢原大山 IC から御殿場 JCT 間の路線延長 45 km のうち、御殿場市内の延長約 7.1 km が令和 3 年 4 月に開通した。

杉名沢第二高架橋は、海老名起点から 51 km に位置しており、合成桁の鋼桁と PC 桁の連続した混合橋である。鋼桁の支間が 44.3 ～ 72.3 m、PC 桁は 38.2 ～ 55.5 m の鋼 2

径間連続箱桁 + PRC 13 径間連続箱桁である。PC 部と鋼桁部との接合方法は後面支圧方式の鋼殻セルを採用した。

2. 工事概要

工 事 名：杉名沢第二高架橋他 1 橋（PC 上部工）工事
工 期：平成 29 年 3 月 2 日～令和 3 年 1 月 9 日
発 注 者：中日本高速道路（株）東京支社 沼津工事事務所

施 工 者：ピーエス三菱・コーアツ工業 特定建設工事共同企業体

構造形式：鋼 2 径間連続箱桁 + PRC 13 径間連続箱桁

橋 長：750 m

支 間：鋼橋部 44.3 ～ 72.3 m、PC 部 38.2 ～ 55.5 m

有効幅員：9.5 m

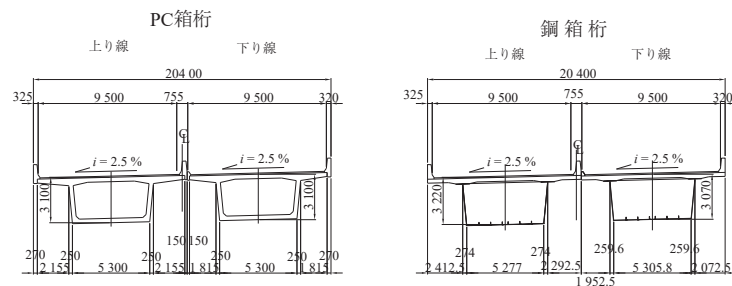


図 - 1 主桁断面

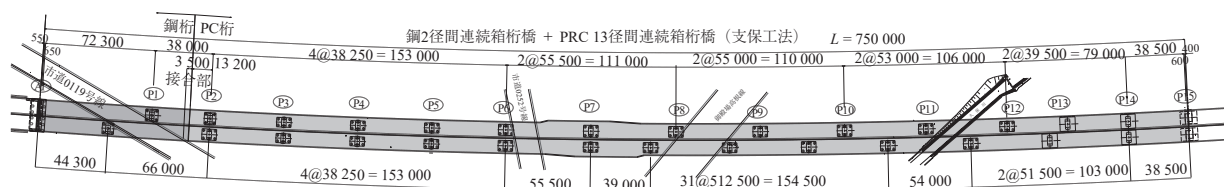


図 - 2 橋梁一般図

*1 Hiroyuki YAMADA：中日本高速道路（株）東京支社

*2 Ryoko ARASHIDA：中日本高速道路（株）東京支社

*3 Tomohiro TSUCHIYA：（株）ピーエス三菱 東京土木支店

*4 Akihiro OFUSA：（株）ピーエス三菱 東京土木支店

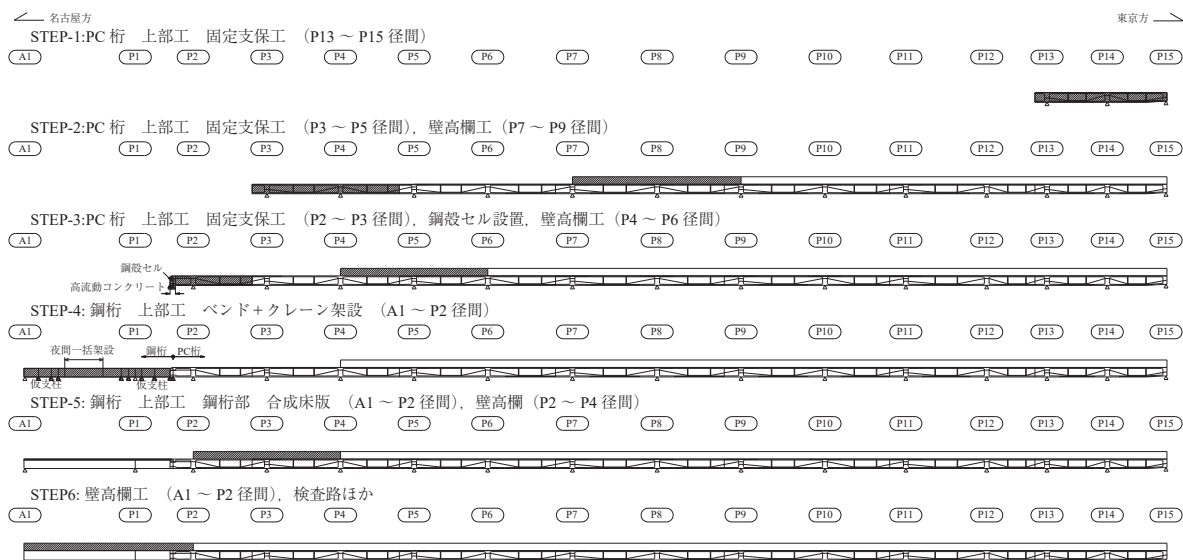


図 - 3 施工ステップ

主要材料：PC 鋼材 SWPR7BL 19S15.2, 12S15.2, 12S15.7

コンクリート $\sigma_{ck} = 36 \text{ N/mm}^2$

鋼板 SM400, SMA490Y

図 - 1 に主桁断面，図 - 2 に橋梁一般図，図 - 3 に施工ステップを示す。

3. PC 桁の施工

3.1 固定支保工

主桁製作工の架設方法は固定支保工であり，一般部はくさび式支保工，道路および河川部は H 鋼およびトラス桁を利用した特殊支保工による施工を実施した。当該部はもとも田園地帯であり地盤支持力の不足の懸念があったため，支保工設置にあたり径間ごとに平板載荷試験による地盤支持力の測定を行った。

平板載荷試験の結果より，支持力不足の箇所は RC 材による地盤改良を行い，再度，地盤支持力の確認を実施した。また，特殊支保工支柱部の基礎は地盤支持力が確保されても 10 mm 程度の沈下が予想され，出来形管理として主桁の上げ越し計画への影響が，品質面として主桁コンクリートの沈下ひび割れが懸念された。そこで，地盤にかかる荷重に応じて 30 ～ 50 cm の厚さで RC 材にて地盤を入れ替えた。結果，コンクリート打込みによる支柱の沈下は 0 ～ 2 mm 程度と支柱の弾性変形のための沈下となり，計画通り施工することができた。特殊支保工の設置状況を写真 - 1 に示す。なお，支柱基礎部は環境面の配慮からベースコンクリートを使用せず，すべて覆工板を採用した。

3.2 施工ヤードの地盤補強

主桁製作工にあたり作業ヤードは，資材の揚重用クレーン，コンクリート打込み時の圧送車のアウトリガー部の地盤支持力確保とアジテーター車やトレーラーのわだち掘れ防止のため，敷鉄板を敷設した。設置枚数は 800 枚を超え，敷鉄板の設置および撤去における安全性確保が課題であった。通常敷鉄板の設置は，クレーンによる揚重設備と玉掛け・据付け手元の相番者が必要となるが，敷鉄板の落下に



写真 - 1 特殊支保工設置状況

よる挟まれ事故が懸念された。そこで，写真 - 2 のようにオペレータのみで設置できるマグネット式バックホウを採用した。設置に要する時間は敷鉄板 100 枚程度で通常 1 日かかるところを 2 時間程度に短縮でき，敷鉄板設置の微調整も容易なため，安全性と生産性向上が図れた。



写真 - 2 マグネット式バックホウの敷鉄板設置状況

3.3 主桁コンクリートの打込み

主桁の製作は，経済性から 2 径間ごとに施工地を設けるように計画され，コンクリート 1 リフト目の下床版・ウェブは打込み量 400 m³ 程度であった。主桁の断面形状・

○ 工事報告 ○

打込み方法・締固めを考慮すると、圧送車4台（写真 - 3）、社員・作業員・誘導員・運転手らで100人程度が必要となった。そこで、「品質教育」と作業員や運転手が一目で分かるような「見える化」を図り、作業ミス・不具合発生防止を行った。

(1) 品質教育の実施

コンクリート打込み時は社員がすべての作業員を同時に指示ができないため、作業前日に社員・作業員らに人員配置、圧送車の配置、アジテーター車のルート、打込み開始箇所、締固め方法・打上げ高さのルール、打重ねおよび打継目処理剤の散布のタイミング等の品質教育を実施した。2径間の打込みは10回あったため、その都度品質教育を行い、前回の反省を踏まえ施工方法・手順を改善してPDCAサイクルによる品質向上のスパイラルアップに努めた。



写真 - 3 コンクリート打込み状況

(2) 生コンの誤配車防止

コンクリート打込み時の圧送車4台に対しアジテーター車を16～18台使用し、累計約100台を割り振る必要があった。4～5分/台の間隔でアジテーター車が到着するため、効率よく分配しかつ圧送車の誤配車を防止しなければならなかった。そこで、受入れ者と誘導者を配置しリアルタイムに生コンの荷卸し状況を把握した。また、アジテーター車の運転手に圧送車の配置の地図配布と圧送車のナンバリング表示（写真 - 4）を行うことで間違うことなく配車できた。

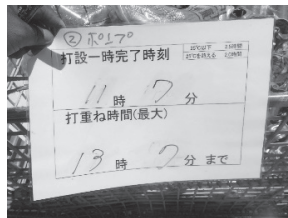


写真 - 4 ナンバリング表示 写真 - 5 タイムフラッグ

(3) コンクリートの打重ね

ウェブのコンクリートは、一層の打込み高さを50cmとしたが、延長が長く、打重ねが連続的にできないことから、打込みの一時完了箇所に写真 - 5のようなタイムフラッ

グを設置し、打重ねの遅延防止に工夫した。また、打継目処理剤の散布のタイミングを曖昧にしないように、打込み完了から散布までの時間を決め、タイムフラッグを設置した。ウェブの打込み高さにも留意し、作業員が一目で分かるように一層ごとに色分けした高さ管理用の棒を設置した（写真 - 6）。管理用の棒は最終層で撤去している。



写真 - 6 コンクリートの打上げ高さ表示

4. 鋼殻セルの施工

4.1 接合部の位置、形状

接合部の位置は、上下線ともに、曲げモーメントのインフレクションポイント近傍とした。接合部にはプレストレスが導入され圧縮力が支配的となる。そのため、圧縮力を伝達する場合に接合面でのコンクリートの応力集中が小さい後面支圧方式を採用した。鋼殻セルには、下縁に外ケーブルの19S15.2を、上縁に内ケーブルの12S15.7を定着している。そのため、鋼殻セルの厚さは外ケーブル19S15.2が定着できる寸法で800mm程度とし、長さは、設計上必要な穴あき鋼板ジベル（PBL）が設置でき、かつ文献1)の実績などをもとに鋼殻セルの厚さの2倍程度の2000mmとした。後打ちコンクリート部は、スムーズな力の伝達と鋼殻セル内の鉄筋とPC部の鉄筋を接合するために施工上必要な長さも考慮し1500mmとした。接合部の構造概要を図 - 4に示す。

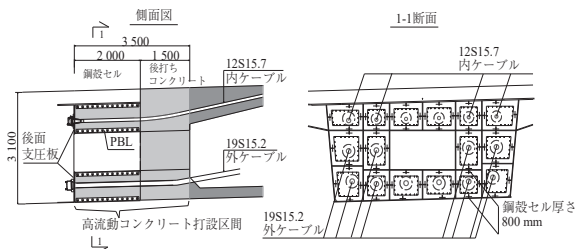


図 - 4 接合部構造概要

4.2 接合部の施工

(1) 高流動コンクリートの採用

鋼殻セル内の中詰めコンクリートに要求される機能は、鋼殻セルに生じる応力をコンクリート部にスムーズに伝達

させることである。しかしながら、鋼殻セルは鋼板で囲われた狭隘な空間であり、締固めが困難なため、鋼殻部とコンクリート部に設計上考慮していない空隙ができると、鋼殻部に過大な局部応力が発生するおそれがある。そこで、確実にコンクリートを充填させるため、中詰めコンクリートには自己充填性のある高流動コンクリートを採用した。

(2) 施工性確認試験

接合部分の線形は、縦断勾配が2.5%、横断勾配が2.5%であり高流動コンクリートが狭隘部分に確実に充填できることを事前に確認するために、試験体を用い、高流動コンクリートの施工性確認を実施することとした。試験体は、接合部の鋼殻セルの中でもっとも水頭差が小さくなる最上段のセルを一つ切り出した箇所を模擬し(図-5)、①荷下ろし時の高流動コンクリートの経時的な性状変化、②打込み時の試験体内への高流動コンクリート充填状況確認と、仕上げ面のフィニッシュビリティ、③硬化、脱枠後の高流動コンクリート充填状況確認の3項目を確認することとした。

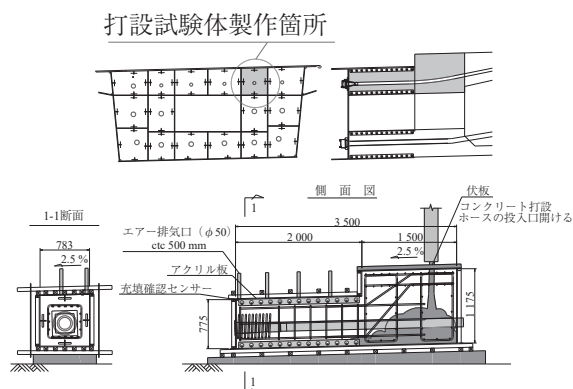


図-5 施工性確認試験・試験対詳細図

(3) 試験結果と実施工への反映

①荷下ろし時：高流動コンクリートの性状はスランプフローの経時変化を確認した結果、受入れ30分後、60分後も、スランプフローは規格値内であることが確認できた。

②打込み時：試験体は、上面、側面の透明アクリル板により可視化できたため、高流動コンクリートの良好な流動性が確認できた。打込み箇所となった床版天端の仕上がりは、打込み完了後2時間経過してからであったが、通常のコンクリートと同様にコテ仕上げができ、仕上がりも通常の床版と同様に良好な結果であった。

以上のことから、実施工においては、コンクリートの配合は、試験時と同様とした。

③硬化後：コンクリートの充填性を確保するため、鋼殻セルを模した型枠上面にエア抜きを8箇所設置した。試験の結果、大きなエア溜りは発生しなかったものの、打込み側より一番遠方で一部レイタンスが分布していることが確認でき(写真-7)、実施工においては、レイタンスの発生を防止するため鋼殻セル天端に追加のエア抜きを増設した。

実施工においては、性状確認試験と異なり充填状況を視

覚的に確認できないため鋼殻セル狭隘部(図-6)に充填確認センサーを配置し、充填を確認した。上記の対策を講じ、実施工では、問題なく打込むことができた。写真-8に実施工時の排気孔設置状況を示す。



写真-7 鋼殻セル天端部状況

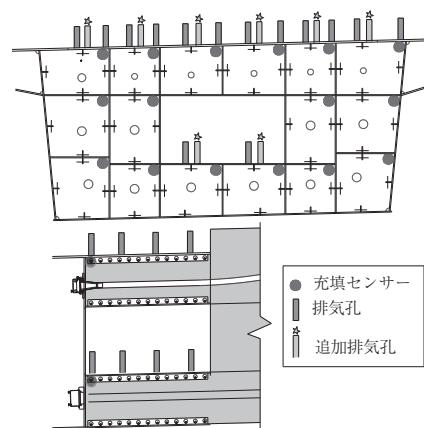


図-6 充填センサー、排気孔設置図

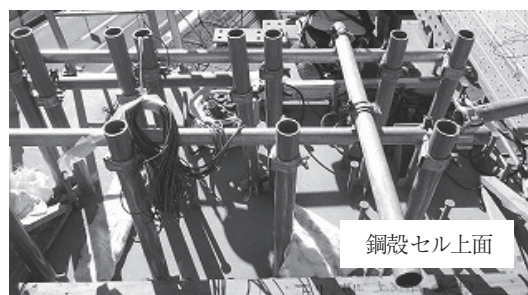


写真-8 排気孔設置状況

5. 鋼桁の施工

5.1 鋼桁の断面形状

鋼桁は、経済的で接続するPC箱桁との構造および景観の連続性に優れる開断面箱桁(合成桁)を採用した。また、上床版は型枠・支保工が不要になり、交差道路に対して道路規制の低減ができる鋼製パネルを使用した合成床版(写真-9)を採用した。

5.2 鋼桁の架設

鋼桁は、工場で半断面に分割して製作し、現場に搬入し



写真 - 9 合成床版パネル

てから部材を溶接し一体化して開断面箱形状となる。開断面箱桁は、架設時に変形しやすく仮設の補強材が必要となることから、架設前に合成床版のパネルを設置し、擬似的に閉断面構造にし架設方法を合理化した。

市道上は道路管理者・交通管理者との協議の結果、常時通行止めを行うことはできないことから、交通量の少ない夜間に一括架設を実施した。揚重設備は 550 t 吊りトラッククレーンを使用し、市道を全面通行止めのなかで上り線、下り線とも一夜間ずつで架設を行った（写真 - 10）。



写真 - 10 鋼桁架設状況（夜間一括架設）

6. 維持管理性向上のための付属設備

6.1 桁内照明

維持管理の照度確保のため、桁内照明を設置した。PC 桁には仮設照明に使用していたセラミックインサートを再利用し、天井に LED 照明を設置した。一般的には桁内照明はウェブの左右両側に設置するが、本橋は内空高が低く一定であることから、照明を天井から下面に照らすことで照度（3 ルクス）を確保し、横桁・隔壁間で照明を 4 基から 2 基に半減することができた（図 - 7、写真 - 11）。また、

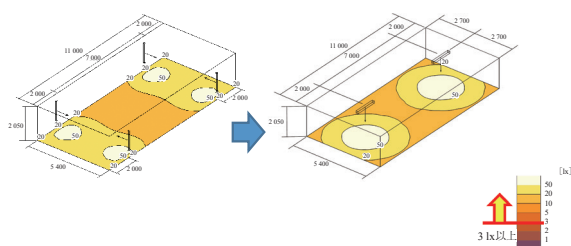


図 - 7 桁内照明照度図



写真 - 11 桁内照明設置状況

鋼桁も箱形状であるため、桁内照明を設置した。

6.2 検査路

桁端部の検査路は、資材をもちながらの移動や通信管路用ハンドホールの点検のため、一般的な通路の有効幅員 600 mm では狭く作業が効率的でないため、800 mm に広げた。具体的には伸縮装置部のハンドホールは壁高欄外側に幅 300 mm 突出するため、通路幅に干渉することからハンドホールと検査路手摺りの有効幅員をコントロールポイントとした（写真 - 12）。



写真 - 12 検査路写真

6.3 壁高欄鉄筋

当該路線は冬季に路面凍結防止剤の散布予定区間である。隣接供用路線から想定される凍結防止剤の散布量から鋼材腐食に対する照査をした結果、壁高欄のかぶり 70 mm では 100 年耐久性を満足しなかった。そこで、当初は普通鉄筋であったところ、耐腐食性の高いエポキシ樹脂塗装鉄筋に変更した。上床版に埋め込まれる壁高欄の鉄筋は、床版施工完了後から壁高欄着手までの 2～6 ヶ月間放置するためエポキシ樹脂が長期に暴露状態となる。そのため、エ



写真 - 13 遮光シートによる壁高欄鉄筋の養生

2018. 08



2019. 08



2020. 8

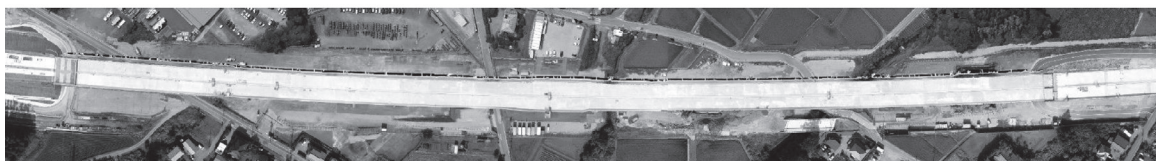


写真 - 14 ドローンによる定点写真

ポキシ樹脂塗装の紫外線劣化（チョーキング）防止として壁高欄着手まで遮光シートにより鉄筋を全面養生を実施した（写真 - 13）。

7. ICT を活用した現場管理

7.1 ドローンによる空撮

本橋は、橋長 750 m と広範囲で複数年度にわたる施工であった。そのため、月ごとの現場の施工位置・資機材などは刻々と変わるところから、図面・工程だけでは工事の進捗が把握しづらい。そこで、リアルタイムで現場状況が分かるようにドローンによる月例定点写真を撮影し、工程打合せ、機材配置、道路規制、新規入場者教育などに使用した。なお、空中写真の撮影方法は同一コースのオーバーラップ率は約 60%，サイドラップは約 30% で撮影しオルソ画像を作成した（写真 - 14）。

7.2 スマートフォンを利用した測量

生産性向上を目的としてスマートフォンによる一人測量の機材を採用することにより、基礎地盤形成後速やかに測量が可能となり、かつ誤差を低減することができ、測量業務の改善を図ることができた（写真 - 15）。



写真 - 15 支保工一人測量

8. おわりに

本稿は、混合桁（写真 - 16）の施工として PC 桁、鋼殻セル、鋼桁、付属物などの施工について報告をした。混合橋は構造的もしくは地形条件等の理由により採用されることが多く、一般的構造物と比べて施工実績は少ない。そのためとくに接合部は PC 桁と鋼桁の技術情報の共有化と構造物の特徴を把握した施工が重要である。今回、過去の経験を活かしつつも本橋の条件に合せた施工性確認試験を実施したのは、品質・出来形を確認するうえで有意義であった。今後、同種の橋梁施工に関する一助になれば幸いである。

最後に本橋の施工にあたり、ご指導・ご協力をいただきました関係各位に対しまして、厚く感謝いたします。



写真 - 16 混合橋完成写真

参考文献

- 1) 社団法人プレストレストコンクリート技術協会：複合橋設計施工規準，2005 年 11 月

【2021 年 2 月 9 日受付】