

中央径間を張出し架設工法とした連続箱桁橋の設計・施工

—さがみ縦貫相模原 IC 上部（その6）工事—

東日本支社	土木部	富田正典
東日本支社	設計センター	若松賢司
東日本支社	設計センター	井筒浩二
㈱ピーエスケー		杉本亨

概要：本工事は、さがみ縦貫道路の一部で、相模原 IC 内（厚木市域）に位置する本線連続高架橋の PC 上部工工事である。構造形式は、橋長約 180m の PC4 径間連続ラーメン箱桁橋である。相模川の河岸段丘に平行して構築される IC 付近の橋梁群の中で最も崖裾部に近接しており、その最大突出部を桁下に構える径間は設計で仮定された固定支保工での施工を行うことが困難であった。したがってこの径間のみを架設桁を使用した張出し架設とする施工方法を提案し、変更設計を行い、施工に着手した。本稿では、施工方法の検討から変更設計、ならびに施工の概要を報告する。また、受注時の技術提案で掲げた品質向上を目的とする断面一括施工と送り出し型枠の採用による省力化施工についても併せて紹介する。

Key Words：河岸段丘崖裾部、架設桁、張出し架設、断面一括施工、送り出し型枠

1. はじめに

さがみ縦貫道路は、神奈川県茅ヶ崎市西久保（新湘南バイパスと連絡）から城山町川尻までの延長約 34km を結ぶ、首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の一部を構成する自動車専用道路である。この道路は近接幹線道路の慢性的な渋滞を緩和し、東名高速道路と第二東名高速道路および中央高速道路の接続による広域交通円滑化の役割を担う路線である。

本工事の工事箇所は相模川の河岸段丘崖裾部に非常に近接しており、その最大突出部は橋梁本体に干渉する位置関係にあった。工事発注時の計画では、近接する崖裾部を切削し固定支保工施工を行うとしていたが施工着手前の現地調査により切削が困難であることが明らかとなった。そこで、極力崖裾部を維持しつつ安全かつ工期延長、工事費を最小限とする施工方法の検討を行い、該当する径間のみを架設桁を使用した張出し架設とする施工方法を提案した。



写真-1 架設状況



富田正典



若松賢司



井筒浩二



杉本亨

2. 橋梁概要

本工事の橋梁概要を以下に示す.

- 工 事 名 : さがみ縦貫相模原 IC (その6) 工事
- 発 注 者 : 国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所
- 工事箇所 : 神奈川県厚木市上依知地内
- 構造形式 : PC4 径間連続ラーメン箱桁橋
- 橋 長 : 180.415m (180.500m (道路中心線上))
- 支 間 長 : 34.642m + 46.934m + 55.043m + 42.296m
- 有効幅員 : 10.750m
- 架設工法 : 固定式支保工および張出し架設

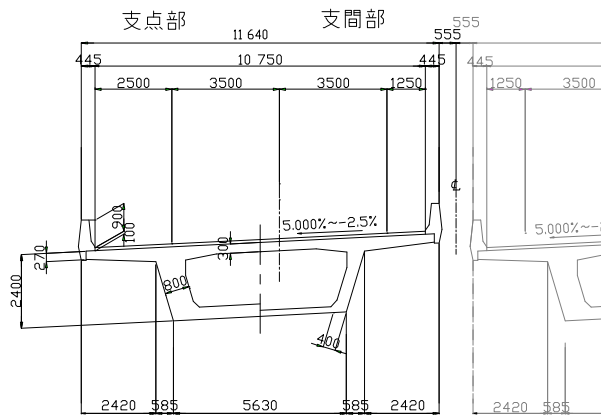


図-1 断面図

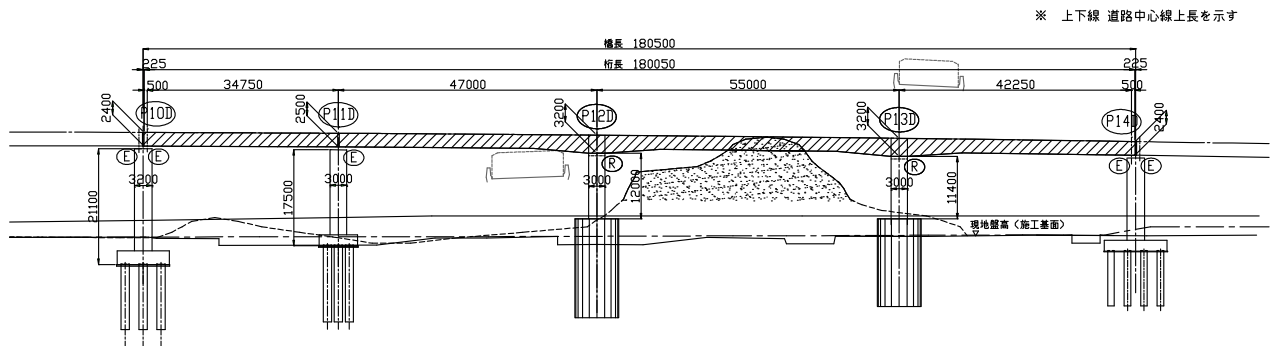


図-2 側面図

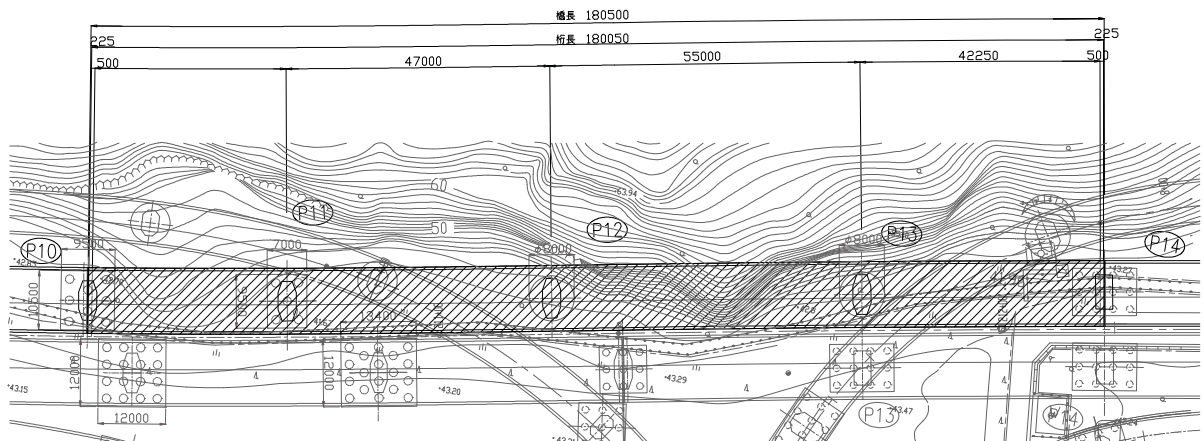


図-3 平面図

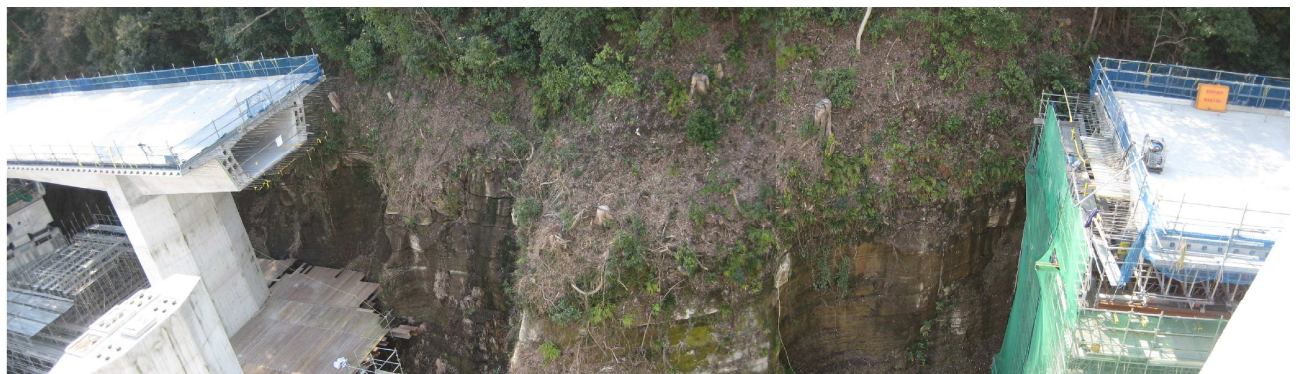
3. 施工方法の検討

3.1 崖裾部の施工前状況

施工着手前の P12D～P13D 第3 径間部では対峙する橋脚が全く見通せないほど崖部が迫り出している状況であった（写真－2，写真－3）。施工前の現地調査で急峻な地山の地質が湧水量の多い砂岩（軟岩地盤）で、固定式支保工での施工を安全に行うためには広範囲な切削と法面施工が必要となることが明らかとなった。この場合には、切削斜面上部が用地境界外となってしまう、切土法面上に近接して家屋も存在することから、崖部の切削を最小限に抑え将来的にも安全な施工方法を新たに検討する必要が生じた。以下に、現地調査によって明らかとなった事象および懸念事項を記す。



写真－2 崖部の迫り出し（施工前）



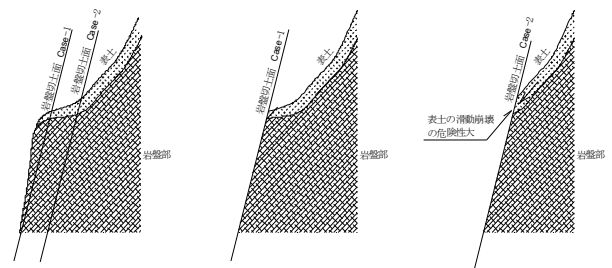
写真－3 崖部の迫り出し（張出し架設前）

■ 切土施工（固定式支保工設置）を行う場合に想定される事象および懸念事項

- 1) 支障樹木の伐採 : 倒木により橋梁に支障とならない範囲までの伐採が必要。
- 2) 切土法面の掘削勾配 : 現況測量により当初想定掘削開始位置の変更が必要。
- 3) 表土の滑動の危険 : 切土開始箇所の勾配によっては表土が滑動する危険性有り。
- 4) 切土法肩の排水路設置 : 切土面の崩落防止のため、法肩に排水路の設置が必要。
- 5) 湧水処理対策 : 切土施工にあたり露出岩盤の適切な湧水処理対策が必要。
- 6) 切土斜面防護対策 : 将来的な切土面の風化や崩落防止対策が必要。
- 7) 切土法面のすべり対策工 : 切土部の堆積状況によりアンカー、吹付等のすべり対策が必要。
- 8) 重機足場構築の必要性 : 切土施工にあたり、重機足場用の盛土、或いは作業構台が必要。
- 9) 切土工事の施工方法 : 人力および機械併用での切土切削。
- 10) H鋼杭打ち込みの施工方法 : ダウンザホールハンマによる施工、振動・騒音の環境影響懸念。



写真－4 崖部の現況調査（施工前）



図－4 表土滑動の危険

3.2 施工方法の検討

第3径間部の施工方法の選定にあたっては、設計変更の必要性、施工の安全性、経済性、品質の確保、工程管理など多面的に検討を重ねた。

以下に最終段階の検討案を示す(図-5)。

(1)については、周辺地盤の詳細調査の必要性や支保工沈下の対策、工程への影響などの問題があった。(2)では、製作ヤード、製作期間、PC鋼材配置の制約、ラーメン橋におけるセグメント構造の耐震設計、工費の増大などが、(3)においては架設桁のたわみ管理などの施工の不確実性、大型架設機材の使用による工費の増大などが懸念事項として挙げられた。

3.3 張出し架設工法の採用

(4)は、架設桁と移動作業車(吊り支保工)を併用し張出し架設を行う工法である。(1)~(3)に比べ安全性、施工の合理性、品質に関しても優位と考えられ、設計・施工が可能であると判断し、これを採用した。

また、張出し施工時の主桁コンクリートの断面形状は崖部の掘削量を最小限に抑えることや架設機材の縮小を考慮して、張出し床版部を除く箱形断面(コア断面)形状とした。これは同時に上部工設計における架設時断面力の低減にも寄与し、本架設工法の適用を可能にしている。張出し床版部は、中央閉合完了後に吊り支保工を用いて施工する。

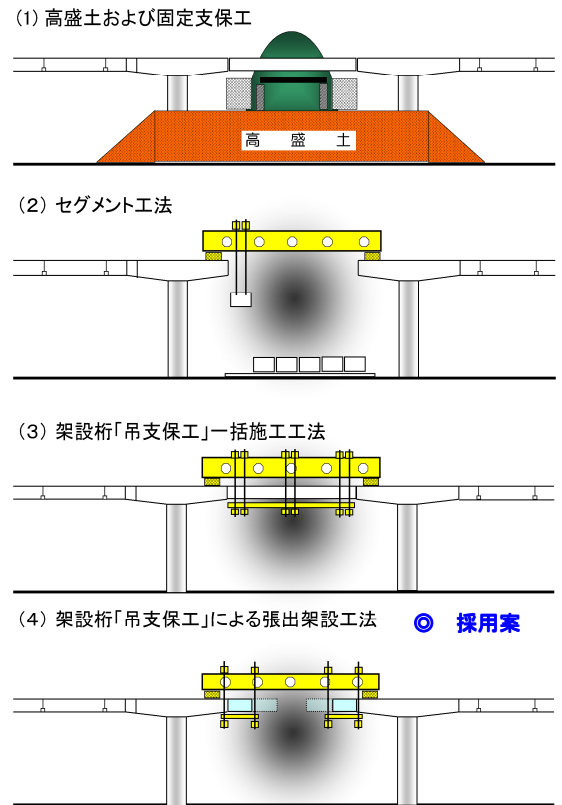


図-5 施工方法検討案

4. 設計

4.1 発注時詳細設計 施工ステップ

当初詳細設計の施工ステップを図-6に示す。施工方法はP14D橋脚から崖裾部を跨ぐP12D橋脚までを1次施工とし、起点側に向かって4径間を3分割とする分割施工であった。

支点条件は、P12D、P13D橋脚がラーメン構造である。また主ケーブルは内外併用の配置となっている。

4.2 変更設計 張出し施工ステップ

変更設計では、工期の延長を最小限にするために崖裾部が突出している第3径間部を最終施工区間とする4分割施工に変更した。変更設計の施工ステップを図-7に示す。張出しブロックのコンクリート自重は架設桁を介して両側の既設構造に伝達される。架設時断面力の変化を少なくするため片側1ブロックごとの施工とした。同様に中央閉合ブロックは、橋脚上の負の曲げモーメントを抑制するため、比較的大きな自重反力を与える架設桁(総重量約900kN)を撤去し吊り支保工による施工とした。

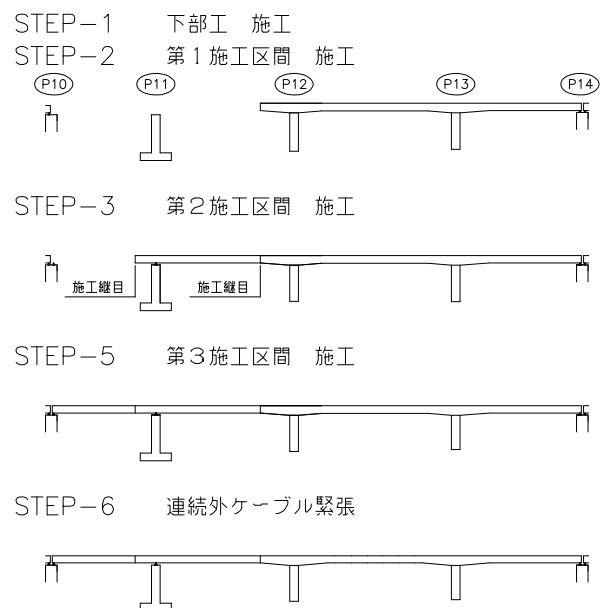


図-6 詳細設計 施工ステップ

連結ケーブルを緊張し構造系を完成させた後に、張出し床版部を施工，連続外ケーブルの緊張を行い本体工が完成する。

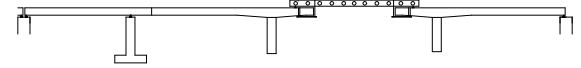
分割施工における施工順序や施工区間数の変更は，部材厚設定の構造寸法の変更を伴うだけでなく，架設時の荷重状態やクリープ・乾燥収縮などの設計断面力も変化する。したがって PC 鋼材配置を含め全面的に設計の見直しが必要となる。今回，IC 部の橋梁群は景観性が重視されていることから外形寸法の変更は行わず，死荷重断面力の増減などの下部工へ与える影響も考慮しつつ設計を進めなければならなかった。上部工設計の変更により，橋脚断面力はわずかに増加したがその増加量は微少で安全性に問題は生じなかった。

また，前項にて記したように，ラーメン橋脚を固定端とした片側張出し施工となるブロックは架設時断面力の低減，架設機材の縮小化を考慮して張出し床版部を除くコア断面形状とした。ブロックの施工長さは，配置可能な架設 PC 鋼材量ならびに架設桁のたわみを勘案し，4.5m～5.5m とした。

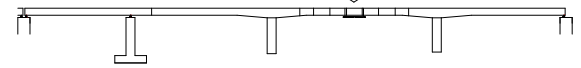
STEP-4 第3施工区間(第4径間)施工



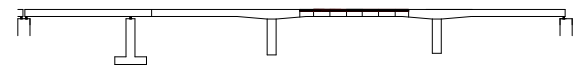
STEP-5 ガーダー設置、張出し施工



STEP-12 中央閉合BL施工・連続内ケーブル緊張



STEP-13 第3径間 張出し床版施工



STEP-14 連続外ケーブル緊張

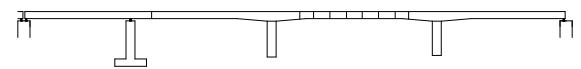


図-7 変更設計 施工ステップ

4.3 PC 鋼材配置

張出し架設を行う第3径間部においては，架設時断面力に対する架設 PC 鋼材が必要となるため主桁断面の上縁側に新たに追加配置した。張出しブロック側では小口定着とし，柱頭部背面側は，柱頭部横桁面および定着突起に定着するものとした(図-8)。使用 PC 鋼材は 12S15.2 であり，導入されるプレストレスが大きいことから定着位置をウェブ近傍の上床版ハンチ部とした。上床版は輪荷重が直接作用する重要な部位であるため，FEM 解析により応力分布を確認し，適切な補強鉄筋配置を検討している。

分割施工として最後に施工する第3径間部は，PC 鋼材の内部定着突起の複数配置と自重増加を避けるため連結内ケーブルの一部を横桁面定着とした(図-9)。

当初詳細設計の連続外ケーブル配置は各柱頭部横桁でたすき掛け定着としており，箱桁内緊張の設定であった。変更設計においては，定着体および緊張箇所数の低減を図る目的で P12D 柱頭部のみの定着に変更した。図-10に変更設計の PC 鋼材配置を示す。

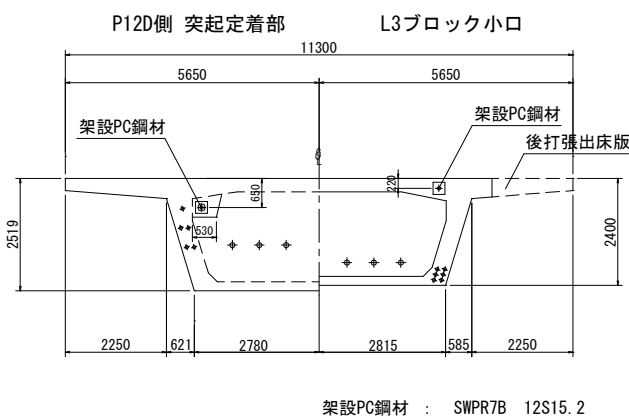


図-8 断面図 (架設 PC 鋼材定着部)

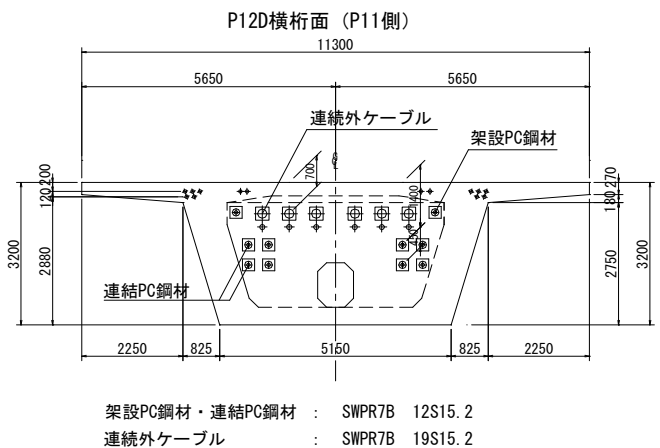


図-9 断面図 (横桁面定着部)

側面図

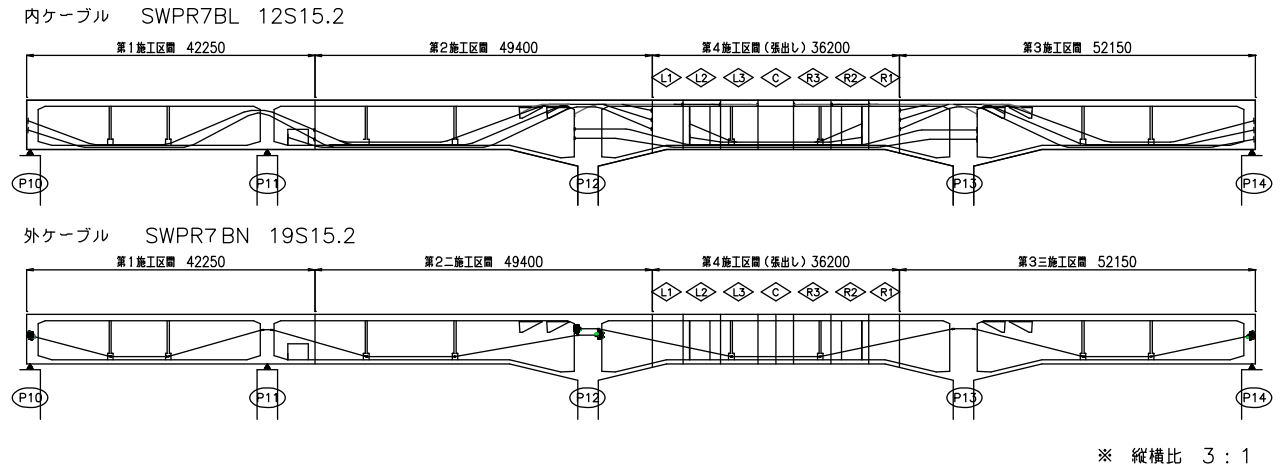


図-10 PC鋼材配置図

4.4 上床版の設計

当初詳細設計における床版横締めPC鋼材はシングルストランド1S28.6であったが、コア断面での張出し施工に伴い、該当区間のみをPC鋼棒(φ32)に変更した。コア断面内の鋼棒は、許容塑性曲げ半径内で予め加工されたものを使用している。後施工となる後打ち張出し床版部の鋼棒は、カップラーにて接続し緊張する(図-11)。

なお、コア断面での張出し施工時においても中間床版部の支間長が5.7m程度と比較的広いことから、施工時荷重によるひびわれ防止に配慮して、1次緊張を行うPC構造として設計を行った。

コア断面と張出し床版鉄筋の接続は、移動作業車吊材等の干渉を考慮して機械式継手を採用した。また、コア断面内の上床版直角方向鉄筋(上側鉄筋)は両端に機械式継手を圧着した1本ものの鉄筋とした。これは機械式継手鉄筋長の製作誤差が小さく、上床版幅が一定であることにより実現した。

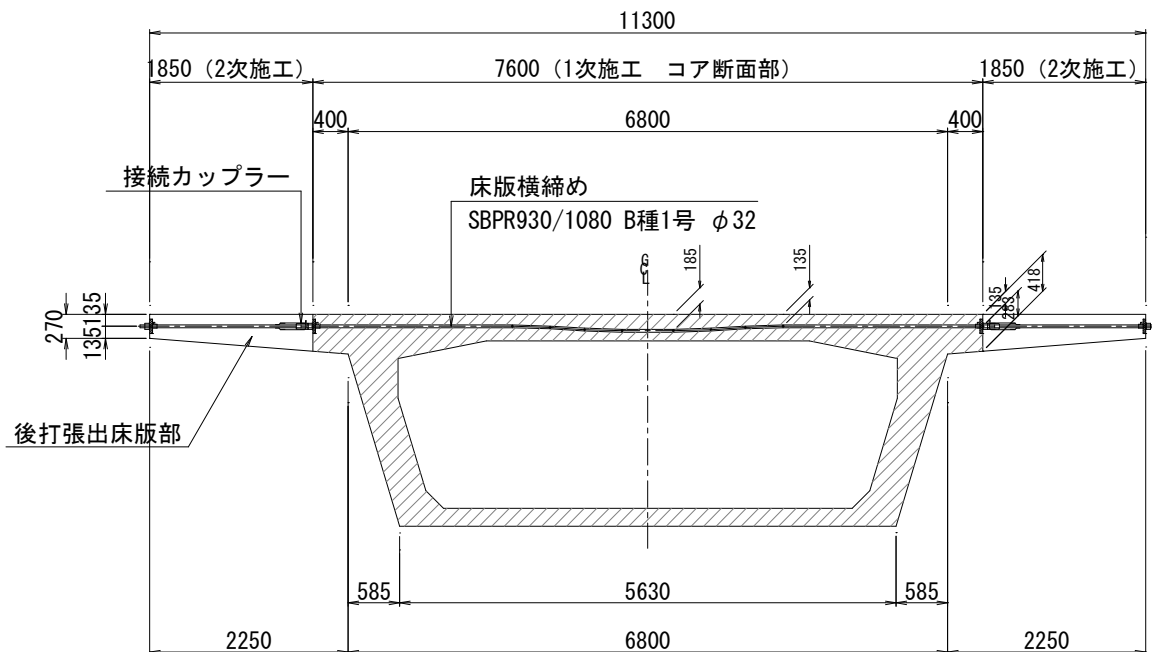


図-11 横締め鋼材配置(張出し施工部)

5. 施工

5.1 ダブルガーダーと作業車を併用した張出し架設

張出し施工にはダブルガーダー（二組架設桁）を使用した。架設桁を使用する張出し施工では、張出しの進行に伴い架設桁自体のたわみが増大するため、上げ越し管理でその影響を考慮する必要がある。そこで本工事では、移動作業車の前方横梁走行装置内に油圧ジャッキを配し、打設中の変位を吸収できる構造とした。崖部の切削を最小限にするため下段作業台は設置せず、型枠セットおよび点検は高所作業車を使用した。

架設状況を写真-5～写真-8に示す。



写真-5 張出し架設状況



写真-6 移動作業車



写真-7 コア断面での張出し架設 (2BL)



写真-8 コア断面での張出し架設 (3BL)

5.2 断面一括施工と送り出し型枠の採用

一般に、主桁コンクリートの打設はウェブ頂部で打継目を設け2回に分けて施工することが多い。

本橋梁では品質向上を目的として立案する総合評価施工計画において、全断面を一括打設とする方法を提案した。固定支保工上で1径間を柱頭部、側径間部、中央部に分けて打設を行う。一括打設により主桁の全断面を構築することで、上床版とウェブの水平打継目を無くし耐久性の向上を図っている。

断面一括打設に伴い、写真-9に示す送り出し型枠を採用した。これは側枠と張出し枠を一体化し、さらには移動可能な構造としたものである。型枠材には、移動時の作業性に配慮して、組立重量を軽量化すべくスルーフォーム（半透明軽量型枠）を使用した。また、一体化型枠の組立は手摺りの先行設置を含め地上で行った。これにより大幅な高所作業の低減に繋がった（写真-10）。施工時においては、張出し床版下の型枠支保工組立解体の省略、側枠斜度の保持、脱枠後の移動などにおいて大いに省力化を図ることができた。



写真-9 送り出し型枠



写真-10 型枠地組み状況

5.3 後打ち張出し床版の施工

張出し床版部の吊り支保工は主桁断面が斜ウェブ形状である場合、床版下に支保工材を配する構造ではフレーム材が大きくなってしまふ。本施工においては、設置・撤去の作業性も考慮して、コア断面の上フランジ部 (p.6 図-10) に予め L フックボルト (W5/8) を埋設し、梁材 (200H) を締着、ライトビーム (アルミ製大型大引き材 200×60) を腕木とする構造を採用した (写真-11, 写真-12)。



写真-11 張出し床版の施工



写真-12 張出し床版の施工 (下面)

6. まとめ

平成 20 年 5 現在、張出し架設を終え、張出し床版の施工に着手している。工法変更等により当初工期から 3 ヶ月の延伸を経て平成 20 年 6 月末に完工を予定している。

本稿では、一部の径間のみを張出し架設工法とした箱桁橋の施工方法と変更設計および施工の概要を報告した。このような工事はきわめて特殊な事例と考えられるが、本報告が今後の橋梁計画および設計・施工の一助となれば幸いである。

謝辞

最後に、本工事の設計・施工にあたり、適切な助言およびご指導、ならびにご協力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工 のり面工・斜面安定工指針，1999.3
- 2) 土木学会：仮設構造物の計画と施工 平成 12 年版，2000