

論文・報告

プレテンション桁を用いたポータルラーメン橋の事例紹介

～伊勢原ジャンクション B ランプ橋の設計・施工～

An Example of the Portal Ramen Bridge Using the Pre-tension Girder

藤原 敏晃 *1
FUJIWARA Toshiaki

大久保 孝 *2
OKUBO Takashi

樋口 直生 *3
HIGUCHI Naoki

渡辺 耕平 *4
WATANABE Kohei

安田 孝弘 *5
YASUDA Takahiro

酒井 隆佑 *6
SAKAI Ryusuke

近年、建設産業においては、「i-Construction」や「働き方改革」など、少子高齢化による生産年齢人口の減少や熟年労働者の大量離職による担い手確保が重要な問題となっており、労働生産性向上を目的とした施策は、喫緊の課題となっている。今回、場所打ち2主版桁で計画された2径間連続ポータルラーメン橋において、品質の向上、省力化、工程短縮、安全性の向上、支保工省略および桁下交通条件の確保などを目的に、プレキャストPC桁を活用したポータルラーメン橋への構造変更を行った。本稿では、PCプレテンション中空床版桁を用い、橋台および橋脚部との剛結構造を図ったポータルラーメン橋の事例を紹介するとともに、設計コンセプトおよび実施における改善点等について報告する。

キーワード：プレテンション桁、ポータルラーメン橋、剛結部構造、生産性向上

1. はじめに

近年の i-Construction 推進の見地から、コンクリート工の標準化としての施工性向上や省力化を考慮したプレキャスト部材の活用が注目されている。

新東名高速道路 伊勢原ジャンクション D ランプ第一橋他1橋（PC上部工）工事における B ランプ橋の詳細設計に際して、プレキャスト桁を活用したプレテンション方式 PC2 径間連続ポータルラーメン中空床版桁橋を採用することとした。

本稿では、プレテンション方式 PC2 径間連続ポータルラーメン中空床版桁橋の構造形式について紹介するとともに、プレキャスト桁によりラーメン架構を構築する本構造の施工ステップおよび剛結部の考え方について紹介する。1),2)

2. 橋梁概要

本橋の側面図を図 1 に、断面図を図 2 に示す。また、橋梁諸元を表 1 に示す。

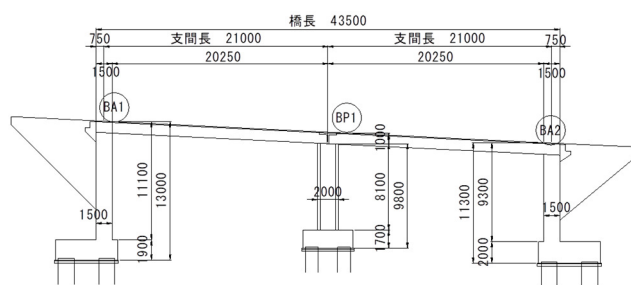


図 1 側面図

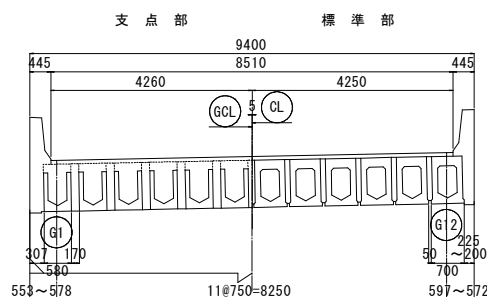


図 2 断面図

*1 川田建設㈱大阪支店技術部技術課 課長

*2 川田建設㈱大阪支店技術部 次長

*3 川田建設㈱東京支店技術部技術課

*4 川田建設㈱東京支店工事事務課 工事長

*5 川田建設㈱東京支店工事事務課 工事長

*6 川田建設㈱東京支店工事事務課

表 1 橋梁諸元

構造形式	プレテンション方式PC2径間 連続ポータルラーメン中空床版桁橋
橋長	43.500 m
支間長	21.000 m + 21.000 m
有効幅員	8.510 m
設計荷重	B活荷重
平面線形	R = 2 550 m
縦断勾配	4.921 % ~ 1.753 %
横断勾配	2.000 %
斜角	BA1橋台前面 90° 0' 0"
	BA2橋台前面 90° 0' 0"

3. 施工ステップ

本橋における施工ステップを図 3 に示す。

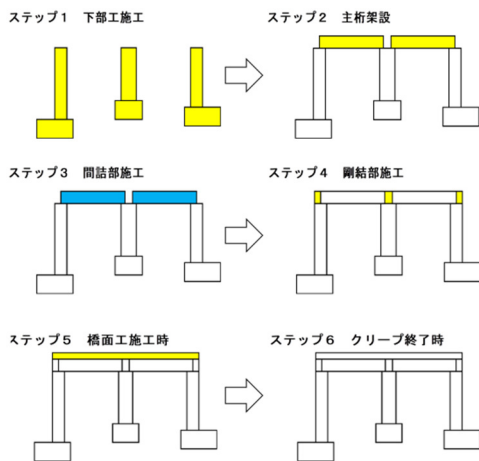


図 3 施工ステップ図

構造解析は、プレキャスト PC 桁自重、間詰めコンクリート自重による断面力を単純梁として、剛結部施工後の剛結部自重、橋面荷重および活荷重、土圧による断面力

をラーメンフレームモデルとして実施する。

場所打ち施工される一般的なポータルラーメン橋は、一括施工のため自重により各支点上に負曲げが発生するのに対し、本橋では、プレキャスト単純桁を架設した後、下部工と剛結し連続構造とするため、自重による曲げモーメントは単純桁としての正曲げ性状となる。また、不静定力については、構造系が単純桁から連続ラーメンに変化するため構造変化クリープが発生する (図 4)。

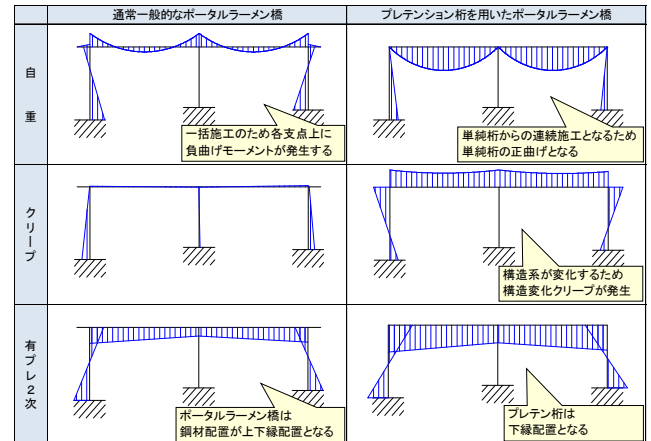


図 4 荷重ケース毎の断面力

4. 剛結部構造

本橋で採用した剛結部の構造について表 2 に示す。

上部工と下部工との接合部には、水平力・鉛直力・曲げモーメントがそれぞれ発生するため、下部工からの定着鉄筋だけでなく、鉛直、水平 (軸方向)、横締め (直角方向) PC 鋼材を配置し、想定する力の伝達機構に応じた構造とした。なお、剛結部の設計には、参考文献 3), 4), 5)

表 2 剛結部構造

	水平力	鉛直力	曲げ	主桁と横桁の一体化	ラーメン部の一体化
機構図 (側面図)					
機構部材	・下部工定着鉄筋	・鉛直PC鋼棒	・鉛直PC鋼棒 ・水平PC鋼線	・横締めPC鋼材	・下部工鉄筋上部工定着 ・帯鉄筋配置
機構概要	・下部工との固定部に作用するレベル2地震時の水平力については下部工定着鉄筋で負担させる ・橋台前面部は間詰め部での配置とした	・主桁と下部工との連結を図るため、プレストレスによる軸力を考慮した断面力の算出を行い、鉛直PC鋼棒配置を決定した	・隅角部の設計として、外側引張の曲げおよび内側引張の曲げに対する応力に対して、鉛直PC鋼棒・水平PC鋼線を配置した	・主桁と横桁の一体化を図るため、主桁と横桁部の接合面におけるせん断伝達耐力およびねじり伝達耐力を算出しレベル2地震時の断面力以上の鋼材を配置した	・ラーメン部の一体化としてL型鉄筋を用い、主桁部と間詰め部に橋台鉄筋を上部工まで定着させた ・主桁部は、機械式継手を用い、定着させた ・桁背面部および間詰め部に機械式継手を用いて帯鉄筋を配置した

を参考にした。

剛結部詳細図を図5・図6に示す。

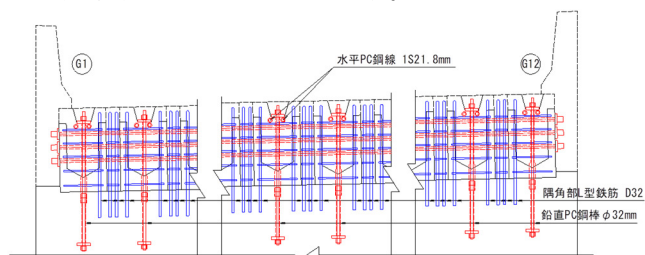


図5 剛結部詳細（断面図）

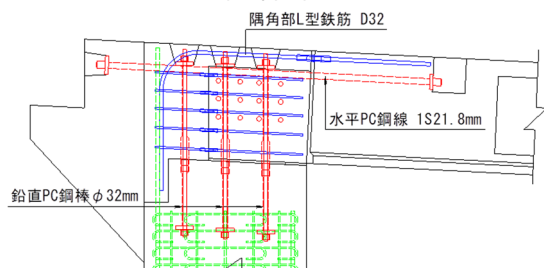


図6 剛結部詳細（側面図）

下部工からの定着鉄筋を配置し、水平力に対して負担させた。主桁が配置される橋台前面部は間詰め部での配置とした。

1 主桁あたり鉛直 PC 鋼棒を 3 本配置し、鉛直力に対して負担させた。また、主桁への水平 PC 鋼線と合わせて、曲げに対して負担させた。

横締め PC 鋼材を配置し、主桁と横桁部の接合面にお

けるせん断およびねじり伝達に対して、負担させる構造とし、主桁の一体化を図った。

下部工鉄筋を上部工まで定着させ、帯鉄筋を配置することにより、剛結部の一体化を図った。

5. 剛結部の施工手順詳細

剛結部の施工手順詳細を表3に示す。

- ①下部工の施工：下部工施工時にあらかじめ鉛直PC鋼棒を配置する。
- ②主桁架設：下部工配置された鉛直PC鋼棒と主桁との接合のため、鋼棒に当たらないように主桁を架設する。
- ③間詰め部施工：間詰め部打設・床版横締めPC鋼材の緊張を行い、版を形成する。
- ④上下部構造接合鉄筋組立：上下部構造接合として隅角部L型鉄筋、間詰め部は帯鉄筋、主桁部はコ型鉄筋を配置し、下部工にあらかじめ配置していた鉛直PC鋼棒を上部工側にも接続配置する。
- ⑤端支点横桁打設・緊張：打設後、横桁横締めPC鋼材および鉛直PC鋼棒の緊張を行う。
- ⑥鉛直PC鋼棒グラウト：鉛直PC鋼棒にグラウトを確実に充填する。
- ⑦水平PC鋼線挿入・緊張：上部に配置される水平PC鋼線の挿入・緊張を行い、一体化させる。

表3 剛結部の施工手順

	①下部工の施工	②主桁架設	③間詰め部施工	④上下部構造接合鉄筋組立
施 工 手 順	<ul style="list-style-type: none"> ・打継部処理 ・仮支承設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁架設 ・桁下部無収縮モルタル打設 	<ul style="list-style-type: none"> ・間詰め部打設 ・床版横締め緊張 	<ul style="list-style-type: none"> ・隅角部L型鉄筋配置 ・帯鉄筋配置 ・コ型鉄筋配置 ・鉛直PC鋼棒組立 ・水平PC鋼線シース組立
詳 細				
端 支 点	⑤端支点横桁打設・緊張	⑥鉛直PC鋼棒グラウト	⑦水平PC鋼線挿入・緊張	
主 桁 部	<ul style="list-style-type: none"> ・端支点横桁打設 ・端支点横桁横締め緊張 ・鉛直PC鋼棒緊張 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉛直PC鋼棒グラウト ・鉛直PC鋼棒切欠跡処理 ・端支点横桁横締めグラウト 	<ul style="list-style-type: none"> ・水平PC鋼線挿入 ・水平PC鋼線緊張 ・水平PC鋼線グラウト ・水平PC鋼線切欠跡処理 	
部				

6. 施工報告

本橋の施工フローを以下に示す（図7、図8）。

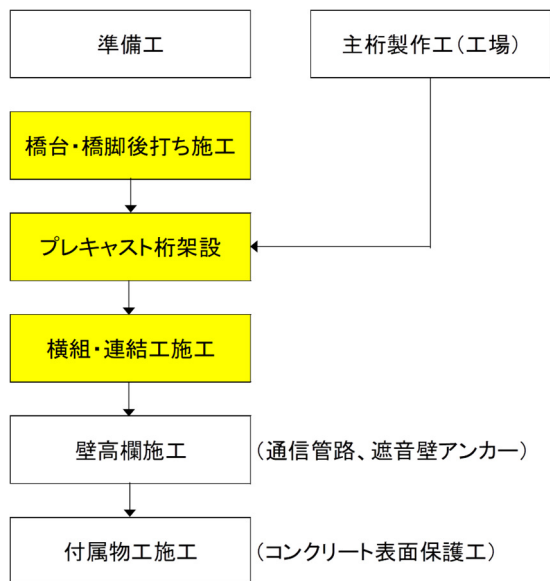


図7 施工フロー

以下、プレキャスト桁に変更したことにより生じた課題および対応策などについて報告する。

①主桁製作工

本主桁は市道上に位置するため、主桁下面に『はく落防止シート』を設置する必要があった。しかし、プレキャスト桁製作時にシートを設置することが困難であったため、主桁コンクリートにポリプロピレン繊維補強コンクリートを選定した。

②橋台・橋脚後打ち施工

橋台・橋脚の後打ち部分を施工するにあたり以下のような課題があった。

橋台・橋脚の後打ち部分に配置する鉛直鋼棒と工場で作成した主桁とを接続するため、鉛直鋼棒の平面位置精度が必要となる。また、当初は煩雑となる桁と下部工の接合部にカブラーを配置し、主桁架設後に鋼棒を接続する計画となっていた。

それに対して、下部工の天端に高さ調整用のジャッキベースを設置し、そこにアングルで架台を組むことによ



写真1 鉛直鋼棒用架台設置

(1) プレキャスト桁製作



(2) プレキャスト桁架設



(3) 端支点横桁打設完了



(4) 主桁鉛直鋼棒緊張



図8 施工要領

り鉛直鋼棒の平面位置と高さの精度を確保した(写真1)。

後打ちコンクリート天端には切欠き深さが60mm程度の伏せ型枠を設置することにより、天端の鉛直鋼棒位置の保持および主桁下の無収縮モルタルの充填性を確保した。

また、鉛直鋼棒は接続部を設けず主桁の天端まで貫通させることで作業性の向上を図った(写真2)。



写真2 下部工後打ち施工（橋台剛結部）

③プレキャスト桁架設工

1) 地盤支持力の確認

場所打ち施工からクレーンによるプレキャスト桁架設施工に変更したため、架設時のクレーンアウトリガー反力に対する地盤支持力の確保が必要であった。簡易支持力測定器キャスポルを用いて地盤支持力を確認した。

2) 仮沓施工

プレキャスト桁の架設前に下部工天端に無収縮モルタルにて仮沓を製作した。桁と仮沓の隙間防止のために、感圧硬化ゴムを設置した(写真3)。



写真3 架設前仮沓設置

3) プレキャスト桁架設

本工事のプレキャスト桁本数は、1径間12本、2径間合計24本であった。

架設重機は400t吊りオールテレーンクレーンを使用し、1日4本架設とし合計6日間の夜間架設を実施した(写真4, 5, 6)。



写真4 プレキャスト桁架設

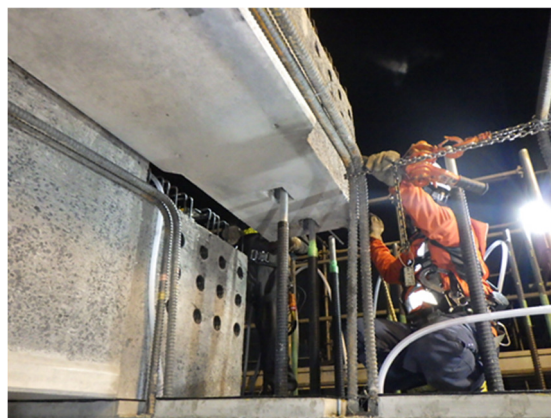


写真5 プレキャスト桁架設状況



写真6 プレキャスト桁架設完了

プレキャスト桁の架設では、以下の項目に対して架設精度を要した。

- ・下部工の軸方向鉄筋を桁の間詰め部分に配置
- ・鉛直鋼棒をプレキャスト桁に貫通

4) 架設中および架設後の安全対策

架設中および架設後のプレキャスト桁の転倒防止に対しては、L1地震動を設計水平震度の1/2と想定して以下の対策を施した(写真7)。

- ・桁端部に配置した鉛直鋼棒を桁天端で仮定着
- ・プレキャスト桁同士をアングルおよび全ネジボルトにて固定

④横組・連結工

ポータルラーメン橋である本橋の剛結部および連結部

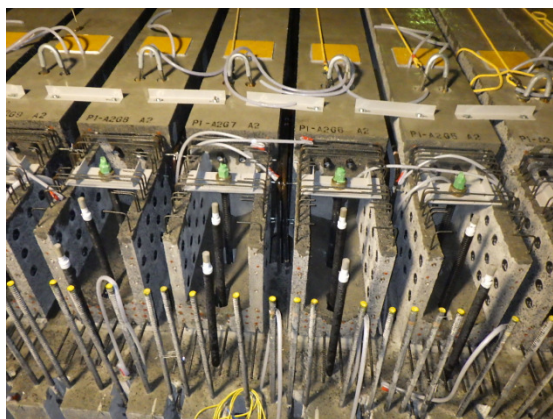


写真7 架設中および架設後の安全対策

は、機械式継手鉄筋などの要素技術を活用し、施工性や品質の確保を図る構造として計画・設計した。

しかし、下部工からの太径鉄筋や横締め PC 鋼材、鉛直 PC 鋼棒、水平 PC 鋼線、主桁との接合鉄筋が煩雑に絡み合い、実施工においては想定した以上に施工時間と労務を要した。特に隅角部 L 型鉄筋は、桁内部に配置された機械式継手と下部工からの軸方向鉄筋とを接続する必要があり、太径鉄筋でもあることから施工性を低下させた。剛結構造のさらなる簡素化が求められる(写真 8、9)。

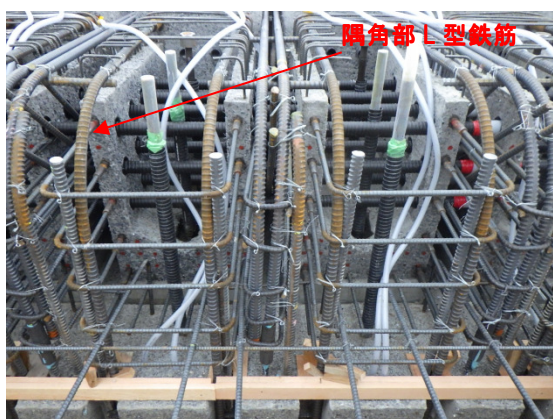


写真8 剛結部配筋状況

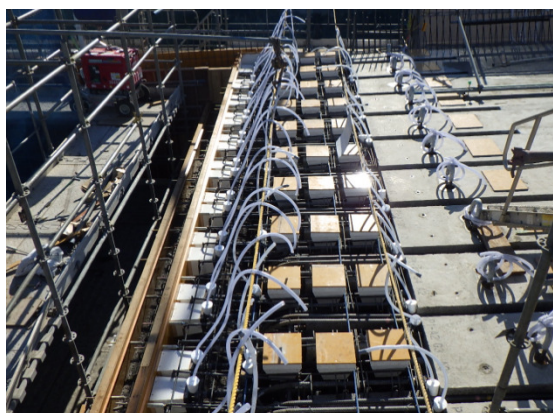


写真9 剛結部打設前全景

7. おわりに

急速施工・機械化施工・合理化・省力化が可能となり、

生産性向上に対する貢献を期待して、プレキャスト部材の採用を行った。また、接合部、剛結部にプレストレスを利用することで、合理的な設計が可能となった。

しかし、実施工においては、プレキャスト部材に変更することにより品質の向上および安全性の向上、機械化施工につながったが、施工日数と人工数は場所打ち施工(概算)と比べて約 1 割増加する結果となった。

したがって、今後はプレキャスト部材の適用拡大や省力化、工程短縮に向けて、プレキャスト製品と場所打ち部分との接続部のさらなる簡素化を図るとともに、施工条件に合わせた要素技術の選定方法について検討していくことが必要となる。

本工事は、2019 年 4 月に無事に竣工を迎えることができた(写真 10)。最後に、本工事に際し、ご協力・ご指導いただいた関係各位に深く感謝の意を表するとともに、将来の技能労働者不足を見据え、本報告が類似工事の参考となれば幸いである。



写真10 完成写真

参考文献

- 1) 大久保孝, 小野聖久, 藤原敏晃, 樋口直生: プレテンション桁を用いたポータルラーメン橋の事例紹介, 土木学会第 73 回年次学術講演会, pp.909-910, 2018.8.
- 2) 藤原敏晃, 小野聖久, 大久保孝, 樋口直生: 伊勢原ジャンクション B ランプ橋の設計, 第 27 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.125-128, 2018.10.
- 3) 西日本高速道路株式会社: ロッキング橋脚を有する橋梁の耐震補強に関する参考資料, 2017.5.
- 4) 轟俊太郎, 岡本大, 進藤良則, 井上翔: GRS 一体橋梁に用いるプレキャスト PCT 形桁と RC 橋台の接合構造の検討, プレストレストコンクリート工学会第 25 回シンポジウム論文集, pp.461-466, 2016.10.
- 5) 独立行政法人 土木研究所 等: 橋台部ジョイントレス構造の設計法に関する共同研究報告書(その 3), 2012.3.