

九州新幹線 東大川橋りょうの施工

— 各種架設工法を用いた市街地での橋梁施工 —

松川 正一*1・福田 久幸*2・張 信一郎*3・山岡 樹*4

九州新幹線（武雄温泉・長崎間）は、令和4年秋頃の完成を目指して工事が進められている。九州新幹線（西九州）東大川橋りょう工事は、諫早市の市街地を抜ける6橋の橋梁工事であり、構造形式がPC単純下路桁橋、PC単純T桁橋、PC単純箱桁橋、PC3径間連続ラーメン箱桁橋と多種にわたった。本稿では、市街地で施工する各橋梁の架設工法の紹介と下路桁橋の施工において、架設桁を梁材として使用した支保工、および橋体のジャッキダウンについて報告を行うものである。

キーワード：架設桁を使用した固定支保工、橋体のジャッキダウン

1. はじめに

1954年に初めて鉄道の橋梁にPC桁が採用されて以来、山陽新幹線でPC桁の採用が進み、橋長440mのPC連続箱桁橋の採用、東北・上越新幹線では長大化がさらに進められ、T形ラーメン橋、逆ランガー橋が採用されている。架設工法として、山陽新幹線から片持ち架設工法、押出し架設工法、移動式支保工が採用され、その後の整備新幹線にも受け継がれている。

東大川橋梁工事では、JR長崎本線のアンダーパスである国道ボックスカルバート上にPC下路桁橋、県道・国道57号・市道上にPCT桁橋、市道と鋭角に交差する箇所に箱桁橋、2級河川東大川上にPC連続ラーメン箱桁橋が採用されている。

2. 工事概要

本工事の工事概要を表-1に、永昌架道橋を除く5橋の全体一般図と架設工法を図-1に示す。

表-1 工事概要

工事名	九州新幹線（西九州）、東大川橋りょう（PCけた）
発注者	鉄道建設・運輸施設整備支援機構九州新幹線建設局
工事場所	長崎県諫早市
工期	2017.6.29～2020.11.30
構造形式	PC単純T桁橋・箱桁橋・下路桁橋・PC3径間連続箱桁橋
橋長	33m, 40m, 40m, 50m, 25m, 150m
幅員	11.4m
架設工法	架設桁架設工法・固定支保工・張出し架設・クレーン架設

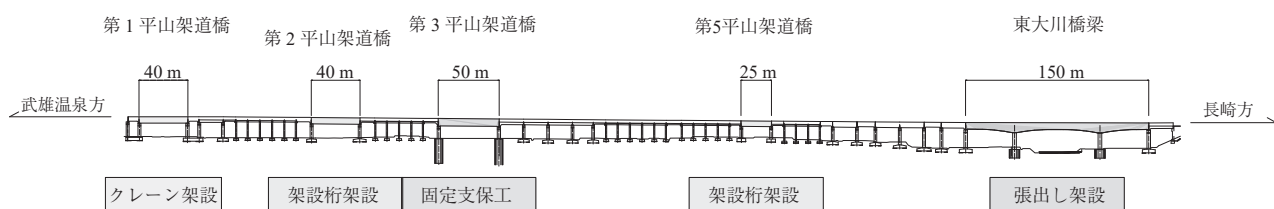


図-1 全体一般図と架設工法



*1 Shouichi MATSUKAWA

(株) 富士ピー・エス
九州支店 工務部



*2 Hisayuki FUKUDA

川田建設(株)
九州支店



*3 Shinichiro HARI

(独) 鉄道・運輸機構
長崎鉄道建設所



*4 Daiki YAMAOKA

(独) 鉄道・運輸機構
長崎鉄道建設所

3. 各種架設工法の選定

3.1 トラッククレーン架設 (PC 単純 T 桁橋)

第1平山架道橋 ($L = 40\text{ m}$) はトランスコスモスタジアムへ通ずる県道上で、かつ JR 長崎本線が近接した架設条件であり、夜間全面通行止めで大型クレーンにて T 桁を架設した。

主桁製作は当初、現場製作であったが、橋面を隣接する合成鋼桁橋の架設引出ヤードとして利用するため、工程短縮を目的にプレキャストセグメント工法が採用された。

セグメント組立ヤードは橋面上に設けられなかったため、桁下のヤードを利用した。接合した主桁は、特殊トレーラーで運搬し、550 t クレーン 2 台の相吊りにて架設を行った。なお、主桁の仮置きスペースが確保できなかったため、架設本数は 1 本/日とした。図 - 2 に架設要領図、写真 - 1 に架設状況を示す。

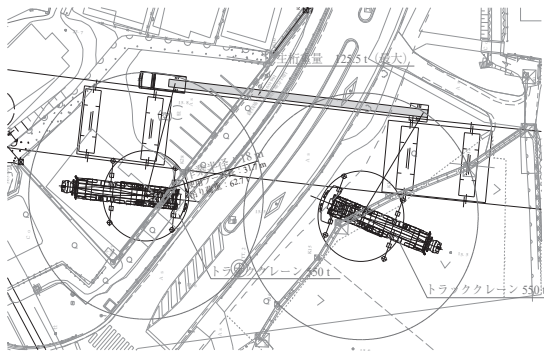


図 - 2 架設要領図 (第1平山架道橋)



写真 - 1 架設状況 (第1平山架道橋)

3.2 架設桁架設 (PC 単純 T 桁橋)

第2平山架道橋 ($L = 40\text{ m}$) は、交通量の多い国道 57 号 (24 時間交通量約 2.4 万台) 上に架かる橋梁であり、架設は夜間全面通行止めで架設桁架設工法で行った。橋脚の幅が狭いことから門構脚を地盤上からパイプ式支柱を用いて支持し、パイプ式支柱には、転倒防止措置を講じた (図 - 3)。写真 - 2 に架設状況を示す。

桁の横座屈に対する安全性の検討を行い、桁架設の傾きを想定して上縁隅に発生する引張力によりひび割れが生じないよう補強を行った。補強方法は上フランジに縦ねじ PC 鋼棒による架設ケーブルを配置し、プレストレスを導

入した。写真 - 3 に架設ケーブルの配置状況を示す。

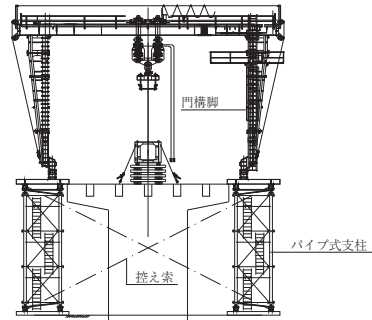


図 - 3 門構設置 (第2平山架道橋)



写真 - 2 架設状況 (第2平山架道橋)



写真 - 3 架設外ケーブル (第2平山架道橋)

3.3 固定式支保工架設 (PC 単純箱桁橋)

第3平山架道橋 ($L = 50\text{ m}$) は、市道と鋭角に交差し、箱桁を固定式支保工にて架設した。橋梁横に工事用道路がなく、かつ市道および民家と商業施設の出入口 5 箇所を要する厳しい架設条件であった。写真 - 4 に着工前状況を示す。



写真 - 4 着工前状況 (第3平山架道橋)

橋梁は、市道 ($W=10\text{ m}$) と鋭角に交差するため、H鋼梁式支保は全長 51 m にもなり、市道を夜間全面通行止めにて組立・解体を行った。図 - 4 に支保工平面図、図 - 5 に支保工断面図、写真 - 5 に架設状況を示す。

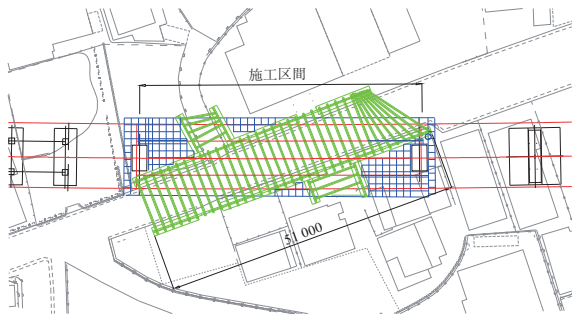


図 - 4 支保工平面図 (第3平山架道橋)

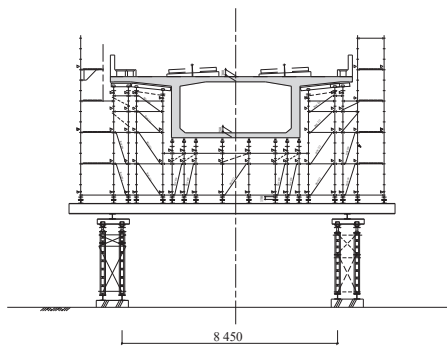


図 - 5 支保工断面図 (第3平山架道橋)



写真 - 5 架設状況 (第3平山架道橋)

3.4 片持ち張出架設 (3径間連続ラーメン箱桁橋)

東大川橋梁 ($L=150\text{ m}$) は、2級河川東大川上を片持ち張出し架設工法で架橋し、全6橋のうち唯一昼間作業で行った。写真 - 6 および写真 - 7 に架設状況を示す。



写真 - 6 架設状況 (東大川橋梁)

張出し施工を行う橋脚には傾斜計を各2台 (脚上部と付け根) 設置し、張出し施工中の橋脚傾斜の影響を考慮して、標高管理を行い、次ブロックの型枠高さの調整を行った。

中央閉合部の施工は吊支保工に替え、移動作業車を使用することで、高所作業の低減を図った。



写真 - 7 中央閉合部施工状況 (東大川橋梁)

各橋梁の位置図を写真 - 8 に示す。



写真 - 8 全体橋梁位置

4. 永昌架道橋の施工

4.1 構造概要

構造形式：PC 単純下路桁橋

架設工法：固定式支保工架設

橋 長：33.0m, 全幅：13.4m, 桁勾配 0.08 %

図 - 6 に永昌架道橋の構造概要図を示す。

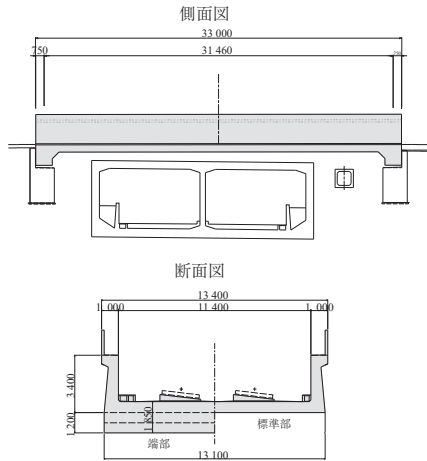


図 - 6 構造概要図

4.2 施工条件

永昌架道橋は、JR 長崎本線と諫早市道に挟まれており、これらを国道 207 号がボックスカルバートでアンダーパスしている。写真 - 9 に示すように本橋の架橋位置はボックスカルバートの直上であり、PC 下路桁下面とボックスカルバート天端面とのクリアランスは 220 mm しかなく、道路管理者などとの協議により、支保荷重をボックスカルバートに与えない条件とした。



写真 - 9 架設位置 (永昌架道橋)

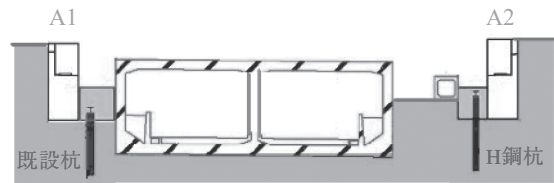
4.3 施工方法

固定支保工は梁式とし、PC 下路桁を所定の位置より約 3 m 高い位置で製作したあとにジャッキダウンする施工方法とした。施工フローを図 - 7 に示す。

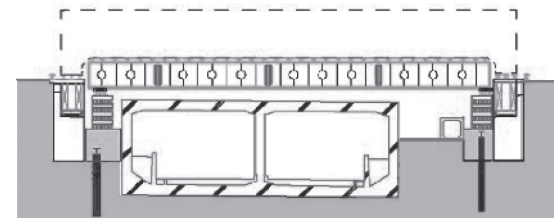
4.4 支保工基礎

橋体のジャッキダウン時に使用する基礎の地耐力確認を平板載荷試験で行い、支保工の反力 780 kN/m² に対して支

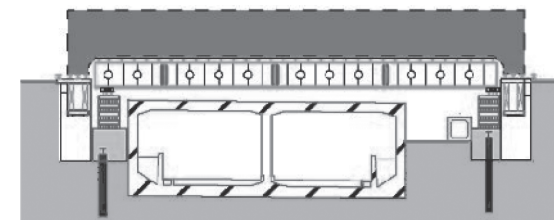
① 支保工設置



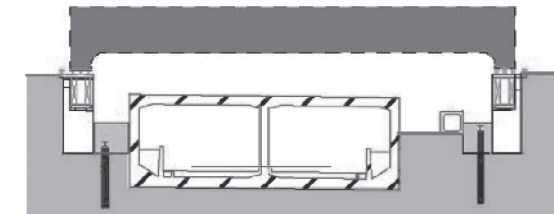
② 架設桁設置



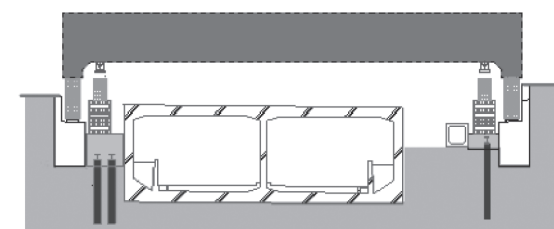
③ 主桁製作



④ 架設桁撤去



⑤ ジャッキダウン設備設置



⑥ ジャッキダウン

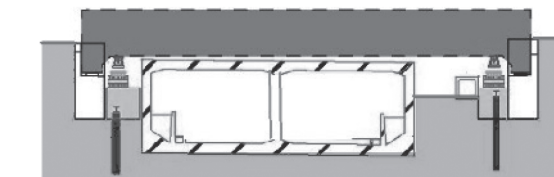


図 - 7 施工フロー

持地盤の許容耐力は 136 kN/m^2 となったため支持杭を採用した。架設桁用ベントおよび仮受用ベントの基礎部には、H鋼基礎杭を設置する計画としていた。しかし、A1橋台の前面に、ソイルセメント系柱列式連続壁が出現したため、A1側についてはこの連続壁を支保工基礎の支持杭として利用した。連続壁は、図 - 8 に示すように試験杭としてコア削孔で1本に分離し、押込み載荷試験により必要支持力を確認した（写真 - 11）。



写真 - 10 ソイルセメント系柱列式連続壁の出現

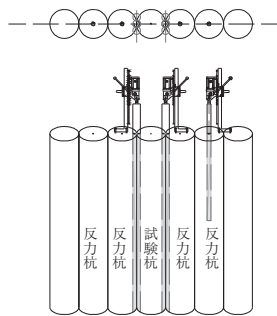


図 - 8 既設杭のコア削孔による分離



写真 - 11 押込み載荷試験

4.5 架設桁を用いた支保工

支間 30 m 程度における支柱式支保工において、梁材には一般的にトラス式支保梁が用いられるが、支保梁が多量になるうえ、ベント高さが約 4 m と高くなる。このため、架設桁架設工法に用いる等断面で剛性の高いエレクションガーダーを3本用いることで、ベントの高さを 2.5 m に抑えて安定性を高めた。支保工断面図を図 - 9 に示す。

下路桁の出来形の標高精度を確保するため、現地に搬入

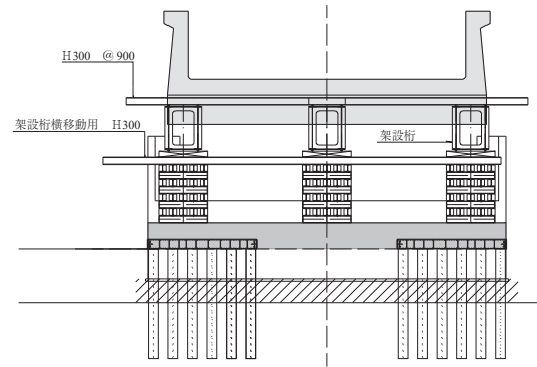


図 - 9 支保工断面図

する前に載荷試験を実施し架設桁のたわみ量を把握した（写真 - 12）。試験荷重は集中荷重とし、コンクリート打込みで架設桁1本あたりにかかる分布荷重の総和の $1/2$ とした。1回目に対して、2、3回目の試験結果はほぼ同じ値を示した。この差を架設桁の支圧接合によるなじみと捉え、現地では、設置後の架設桁上に一旦、約 600 kN の鋼材を載荷してなじみが発生させ、載荷試験結果を上げ越し量に反映させた。



写真 - 12 架設桁の載荷試験

4.6 ベントの設置

主桁製作完了後、架設桁を撤去し、支点から 2 m の位置にベント材を設置した。ベント材にはサンドル材 (150 H 鋼) を使用し、頂部に油圧ジャッキ (6000 kN) を設置し橋体を支持した。下路桁の支点位置には仮受け用のベントを設置した。質量が 1660 kg にもなる油圧ジャッキは、サンドル材の組替えが容易となるように、主桁の底面にアンカーボルトで下向きに固定した。ベントの設置図を図 - 10 に、設置状況を写真 - 13 に示す。

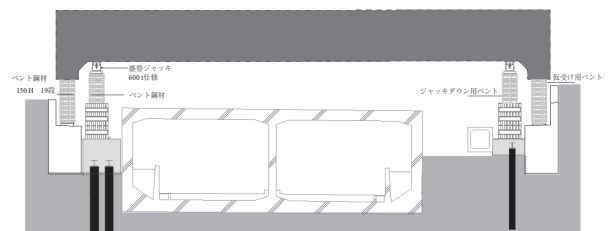


図 - 10 ベント設置図



写真 - 13 ベント設置状況

4.7 橋体のジャッキダウン

FEM 解析により、ジャッキダウン時の支点位置の相対変位差によって発生するねじり応力による桁のひび割れを防ぐためのねじり変位差を確認した。解析条件として、ジャッキダウン時に、4 箇所の内 1 箇所の相対変位差が 10 mm になる場合を想定し、1 箇所のジャッキに強制変位 10 mm を与えた。なお、主桁自重、防音壁、排水勾配コンクリート、作業荷重は載荷しないものとした。

発生引張応力は、ねじりによる局所的な応力であるため、曲げひび割れ強度以下であることを確認した。

発生引張応力 (最大) $1.39 \text{ N/mm}^2 < \text{コンクリートの曲げひび割れ強度 } f_{ck} = 1.67 \text{ N/mm}^2$ のため、相対変位 10 mm 以下であれば、ひび割れが生じないことを確認できた。図 - 11 に変形図、図 - 12 に応力分布コンター図を示す。

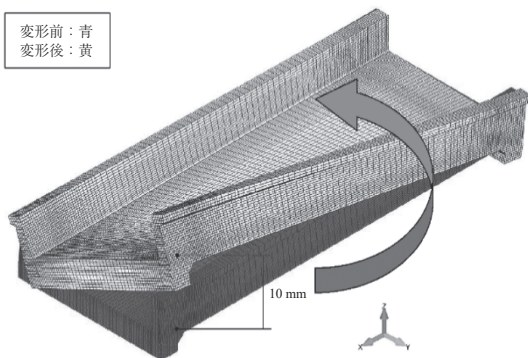


図 - 11 変形図

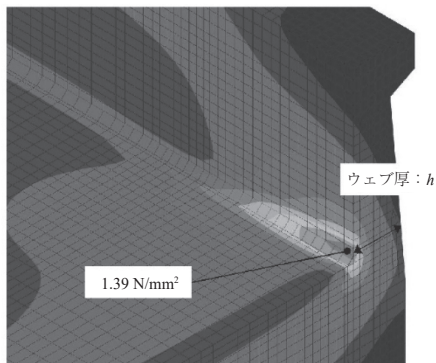


図 - 12 応力分布コンター図 (ウェブ内側)

実施工においては、死荷重 12 000 kN の橋体を約 3 m 安全にジャッキダウンするため、変位自動制御システムを使用し全 4 ヲ所の各変位差の管理値を 3 mm として制御しながら下降した。150 mm ずつジャッキダウンと仮受けを繰り返し、水平方向のずれが生じた際は水平移動装置 (図 - 13) を使用して修正した。橋体のジャッキダウンには、4 日間を要した。

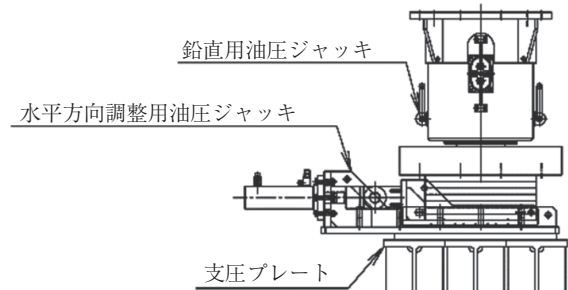


図 - 13 水平移動装置

固定ストッパーは橋台に設置しており、あらかじめ下床版を切り欠いて固定ストッパーを通過させた部分は (写真 - 14)、ジャッキダウンが完了したあとに無収縮モルタルで充填した。



写真 - 14 固定ストッパー切欠

5. おわりに

本稿では、支保工基礎における埋設物への対応や、下降量が 3 m にも及ぶ橋体のジャッキダウンを考慮した固定支保工の計画・施工、ジャッキダウン時の管理方法など、多方向から情報・協力を得て無事完了することができた。本稿に記載した橋体のジャッキダウン方法などが今後の同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導・ご支援を賜りました関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 富永, 大橋, 宇治: 厳しい施工環境での PC 下路桁橋施工, 第 24 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.37-40, 2015, 10

【2020 年 12 月 25 日受付】