

石橋上三川高架橋（跨線部）の設計と施工

和田 宣史*1・布施 光啓*2・神野 真一郎*3・今井 平佳*4

1. はじめに

本文は、北関東自動車道石橋上三川高架橋上部工工事のうち、JR東北新幹線、東北本線および貨物線（合計17線）の跨線部である3径間連続ラーメン箱桁橋の設計および施工についての報告である。

本橋は、東北本線下り線および東北新幹線上空を押し出し工法、東北本線上り線および貨物線上空を張出し工法、中央閉合部を場所打ちによりそれぞれ施工する。とくに押し出し施工部は、押し出し桁を製作完了後、新幹線および東北本線のキ電停止時間内に一括押し出しする特殊な事例である（図-1、2）。

2. 計画概要

2.1 跨線部計画概要

石橋上三川高架橋は、JR東北新幹線の上空を桁下余裕65cm以上を確保するように縦断勾配および桁高が決定されており、縦断勾配は、新幹線上空を頂点として3%勾配で、跨線部の桁高は押し出し架設部の支点上で桁高支間比1/29の3.8m、張出し架設部の支点上で桁高支間比1/15の7.5mで計画されている。桁高変化において押し出し架設部は桁高一定、張出し架設部は3.8mの桁高へ2次放物線によりすり付けを行っている。支点条件はP25橋脚では押し出し施工を行う

ため水平可動形式とし、P26橋脚では張出し施工を行うためラーメン形式として計画している。

道路規格：第1種2級B規格
 橋種：プレストレストコンクリート道路橋
 構造形式：3径間連続ラーメン箱桁橋
 橋長：227.0m
 支間：49.3m+110.0m+66.3m
 幅員：全幅 10.775m×2
 有効 9.875m×2

2.2 工事計画概要

本橋の施工方法は、最初にP26を中心として122.0mの桁を張出し架設工法により施工し、その後P27側径間を吊り支

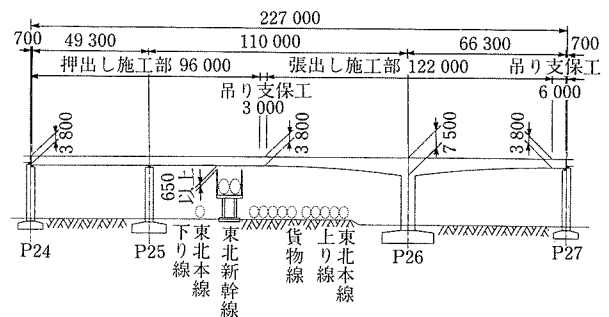


図-2 跨線部（P24～P27）一般図

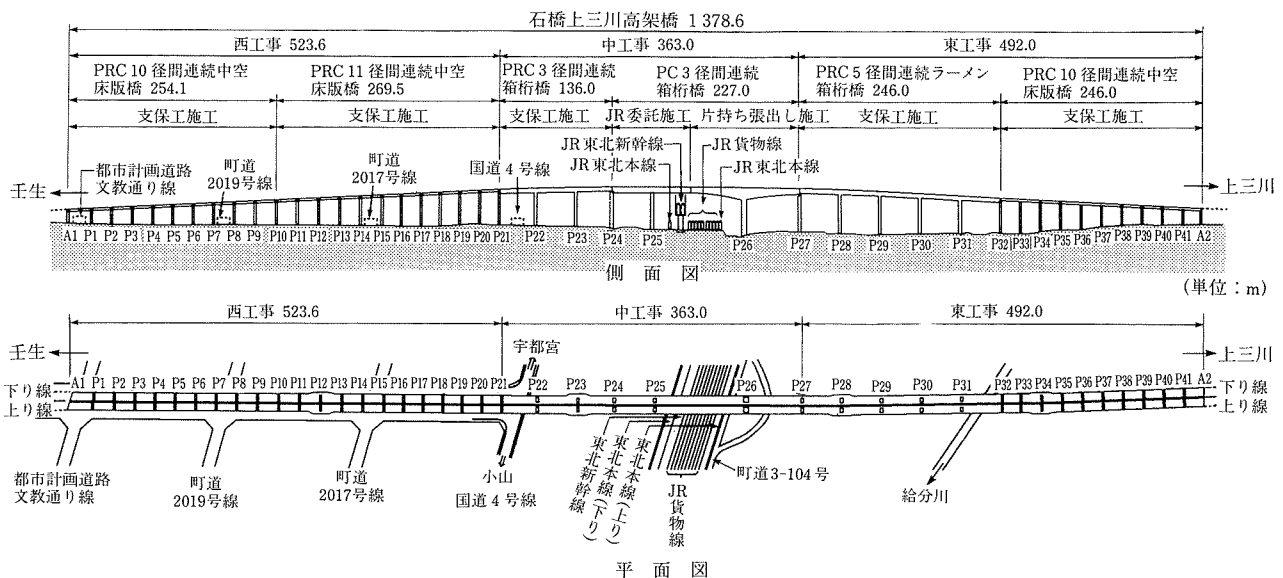


図-1 石橋上三川高架橋一般図

*1 Norifumi WADA：日本道路公団 静岡建設局 静岡工事事務所 工事長

*2 Mitsuyoshi FUSE：日本道路公団 東京建設局 構造技術課

*3 Shin-ichiro KAMINO：日本道路公団 東京建設局 宇都宮工事事務所

*4 Hirayoshi IMAI：川田建設(株) 東京支店 技術部

保工により施工する。次にP24側の95.8mの桁を押し出し工法により架設し、最後に中央径間を吊り支保工により施工して構造系を完成させる。

3. 主桁の設計

主桁の断面寸法は、新幹線上空の建築限界を確保するため、基本設計から桁高を変更しないで、最小寸法をウェブ厚400mm、下床版厚を220mmとして、床版の耐久性向上を目的としてせん断鋼棒が不要になるように検討した。その結果、押し出し部で最大ウェブ厚1100mm、最大下床版厚1500mm、張出し部で最大ウェブ厚900mm、最大下床版厚1000mmにした(図-3)。

PC鋼材はウェブ厚の寸法を抑えるため、12S12.7Bを用い、P25上で102本、P26上で86本配置した。張出し部の鋼材の定着位置はブロック小口で、押し出し部の鋼材の定着位置は可能な限り桁端とし、それ以外はウェブおよび上床版に定着突起を設けた。また、径間部の鋼材はウェブおよび下床版の突起により定着した。

4. 床版の設計

床版の設計は、鉄道との交差条件を考慮して、より耐久性の高いPC構造として設計を行い、PC鋼材は鉄筋の配置ピッチ(125mm)および張出し施工部のブロック割り(2m~4m、50cmピッチ)を考慮し、配置ピッチが50cmになる

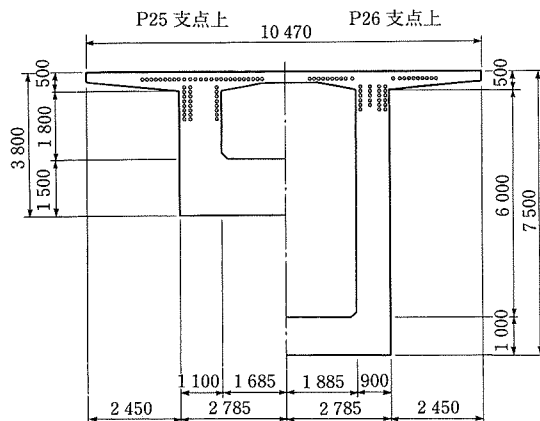


図-3 支点部断面図

表-1 上下線橋体主要数量

項目	種別	単位	数量
コンクリート	40N/mm ²	m ³	5 436
型 枠		m ²	14 412
P C 鋼 材	12S12.7B	kg	238 710
	12S15.2A	kg	6 554
	1S25.4	kg	34 778
鉄 筋	SD345	t	543.2

表-2 横締めPC鋼材の比較

鋼 材	単 位	1S28.6	1S25.4	1S21.8
ピ ッ チ	mm	625	500	375
本 数	本	377	452	618
1本重量	kg	44.28	34.73	25.99
重 量	kg	16 694	15 698	16 062
重量比		1.06	1.00	1.02

よう、プレグラウト仕様の太径シングルストランド1S25.4とした。

5. 工事計画上の制限

基本計画段階では、主桁を6ブロックに分割施工し、P24~P25径間に設置された主桁製作台からそのつど押し出す施工方法であった。しかしJR東北新幹線、東北本線および貨物線の上空で架設するため、列車運行の安全面からとくに押し出し架設部において、工事契約後、JR東日本により新たに施工計画上、以下に示す条件が加えられた。

- ① 東北本線上空および新幹線上空はキ電停止間合いで押し出すこと。また3夜連続で押し出すこと。
- ② 新幹線上空の押し出し作業は片持ち状態で行わないこと。
- ③ 押し出し速度を考慮すること。
最大移動時 $L=26\text{m}$ 150分作業時間(新幹線上空)
- ④ 架設時も完成系と同様の地震荷重(完成系の1/2)を考慮すること。
- ⑤ 常にP24、P25橋脚で支持する構造とすること(地震時対応2点以上支持)。
- ⑥ JR用地内には仮設構造物を作らないこと。
- ⑦ 壁高欄および落下物防止柵の設置後に押し出すこと。
- ⑧ 片持ち架設用移動作業車は全面防護とし、移動は夜間キ電停止間合いに行うこと。

6. 押し出し施工方針

6.1 押し出し部ブロック割りについて

- ① 受注後、2点以上の支持
 - ② JR上空はキ電停止間合いの3夜連続押し出し
- 以上の条件を満足するため、96mの一括製作の大ブロックとする。

6.2 押し出し方法

押し出し工法は集中方式とし、支点の盛換えが不要となるようにP25を支点として押し出す。押し出し装置は押し出し重量(約3000t)、縦断勾配(最大3%)および摩擦係数(5%)を考慮して、最大ストローク30cm、3700kN型のセンターホール型ジャッキを用いた。押し出し速度は1ストローク25cmの押戻しを約1分で行い、安全率を1.5として移動速度を設定した。

6.3 手延べ桁長および押し出し長について

JR用地内には仮設構造物を作らないことおよび押し出し速度を考慮して、以下のように手延べ桁長を決定した。

手延べ桁長33m=(押し出し側控え5m+新幹線上空23m+中央閉合部3m+張出し側控え2m)

6.4 主桁製作ヤード

手延べ桁取付け時に安全性を考慮して鉄道の近隣作業を避けるため、P25橋脚に手延べ先端位置がくるように設定した。

6.5 仮支柱間隔

押し出し施工部の主桁は、完成系での曲げモーメントがほぼ全域において負となる領域である。そこで完成時と架設

◆ 工事報告 ◆

時の曲げモーメントの変化を小さくし、かつ正の曲げモーメントの発生を抑えて、架設鋼材を配置せずに架設が行えるよう、また仮支柱に生じる最大反力が1000tf以下、仮支承寸法が40cm×100cm程度となるように仮支柱間隔を12mとした。

6.6 押出しステップ

押出しステップ(図-4)は下記のとおりとした。STEP-3～STEP-6が3夜連続押出しとなる。

STEP-1 主桁製作



STEP-2 手延べ桁取付け

押出し(昼間移動) 13.50m



STEP-3 手延べ桁東北本線直前

押出し(第1夜間移動) 13.00m



STEP-4 手延べ桁東北新幹線直前

押出し(第2夜間移動) 25.75m



STEP-5 主桁東北新幹線直前

押出し(第3夜間移動) 23.00m



STEP-6 押出し完了

7. 押出し時の検討

7.1 押出し時下部工の検討

押出し架設時の列車運行時には、主桁と橋脚の水平方向を固定にし、地震に対して安定した構造とする。固定方法は、主桁および橋脚を鋼角ストッパーによりピン構造として固定する。ストッパーおよび橋脚は、震度法および保有水平耐力法にて完成系と同様、検討を行った。

また、押出し架設は、P25橋脚に全水平反力を負担させた集中方式により行うが、P25橋脚は縦断勾配および摩擦によ

る押出し反力に対しても検討を加えた。

7.2 押出し時上部工の検討

押出し部は、完成系に必要なPC鋼材のうち、約半分を緊張してから押出し架設を行い、押出し完了後残りのPC鋼材を緊張し、押出し架設用の仮設PC鋼材は使用しない計画として設計した。

張出し部先端は、手延べ桁の反力を一部負担するため、押出し架設時用の仮設PC鋼材として12S15.2Aを6本使用し、中央閉合直前に解放撤去する計画として設計した(写真-1)。

8. 施工概要

8.1 押出し装置

実施工での押出し速度は、最も長い押出し長となる第2夜間の押出し移動量25.75mで決定し、平均で10.5m/hが必要であった。主桁先端が滑り沓に乗り上げるときに、低速へ切り替える必要があるため、ポンプを一部改良し、押出し速度が12.5m/hまで対応可能なジャッキ、ポンプを配備した(写真-2, 3)。

8.2 手延べ桁

手延べ桁は、P25～P26径間の押出し時に必要となる。前



写真-1 架設PC鋼材緊張状況

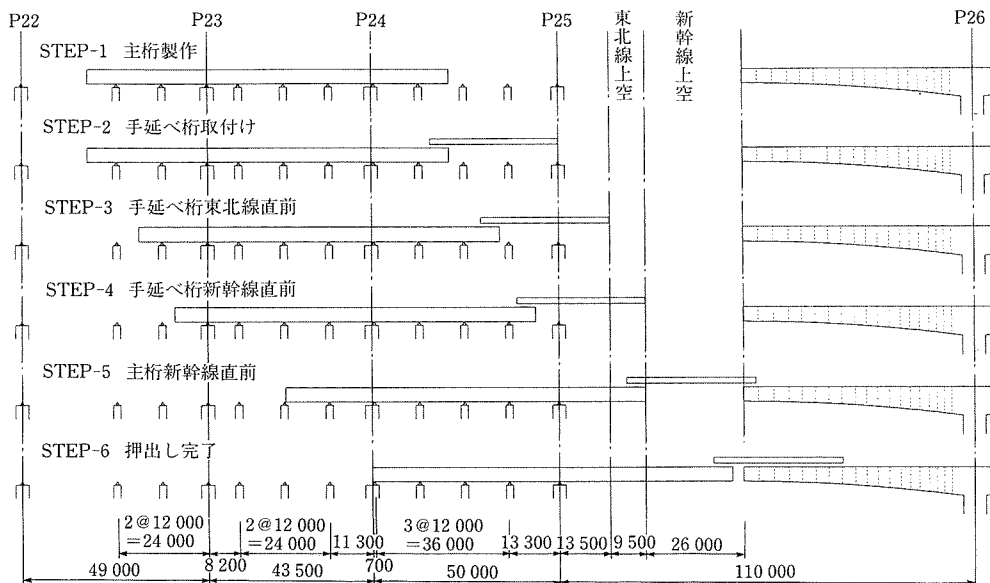


図-4 押出しステップ図

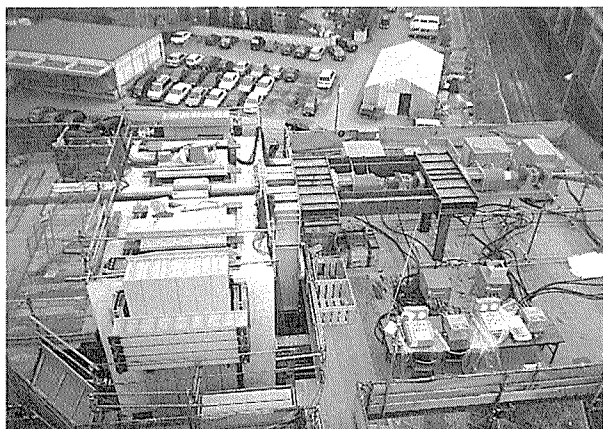


写真-2 押しジャッキ、ポンプ

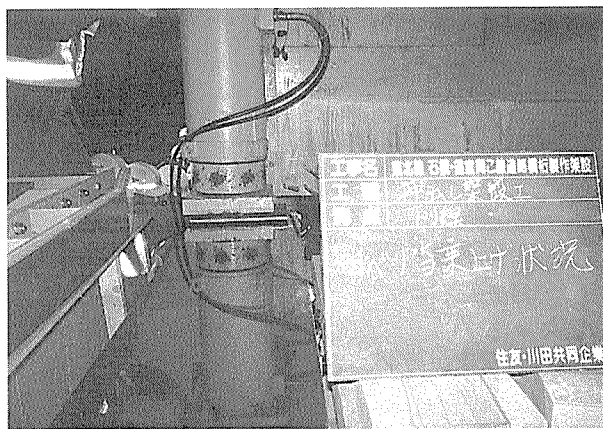


写真-4 P25支点への乗上げ状況

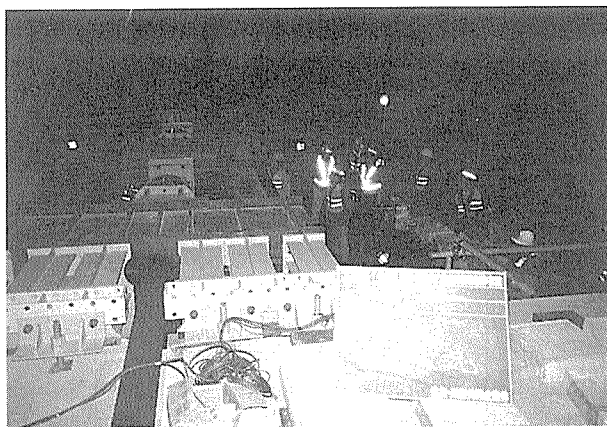


写真-3 押し装置製作状況

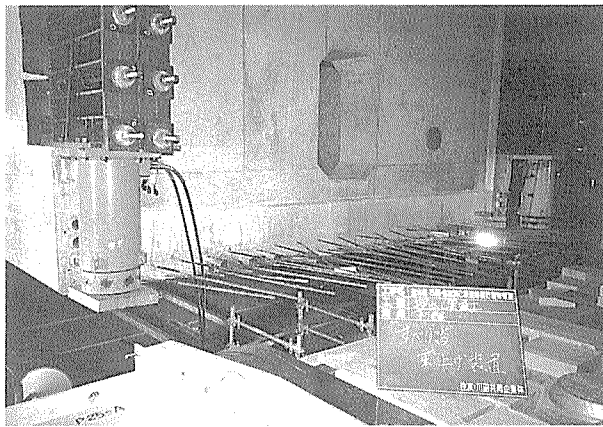


写真-5 主桁誘導装置

方には、P26側の主桁がすでに張出しを完了しており、中央閉合部が3mしかない。このため、手延べ桁を主桁上面にPC鋼棒により緊結する上載せ型とし、押し主桁先端には滑り沓乗上げのための主桁誘導装置を取り付けた(写真-4、5)。

8.3 主桁製作線形

石橋上三川高架橋は、新幹線上空を頂点として3%の縦断勾配で計画されており、本橋は縦断勾配の緩和区間に位置する。緩和区間の疑似曲線半径は1万mであるが、押し主桁先端の押し完了後の桁のたわみ(175mm)を考慮して、曲線半径4万7000mの主桁製作線形とした。主桁製作曲線は、主桁製作ヤードからP25までの仮支点を通過する必要性から、単円とした。

8.4 押し時の案内装置反力管理

手延べ桁先端が張出し桁先端に設置された案内装置に到達した後は、押し作業に伴って変動する案内装置の反力管理がとくに重要な管理項目となることから、案内装置位置に反力調整用のジャッキ(写真-6)を設置して反力管理を行った。

反力管理は以下の要領で策定した。

まず張出し桁は案内装置の最大反力を3000kNとして設計を行っており、架設PC鋼材量を決定している。このため、P26支点部に許容される曲げモーメントの上下限値を管理限界とするが、加えて案内装置の反力変動は橋体の出来形にも影響を与えるため、許容出来形に対する反力の上下限値も考慮して管理限界値を設定した。

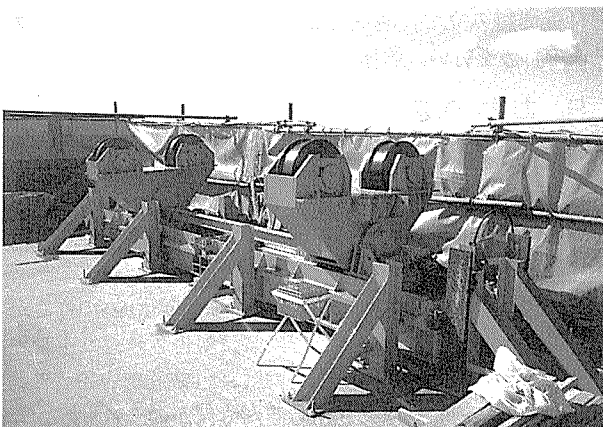


写真-6 反力調整用ジャッキ装置

次に手延べ桁については、先端が案内装置に到達した後、押し施工に伴って案内装置の反力が大きくなっていく。押し完了までの反力増加により取付け桁部に生ずる曲げモーメントが取付け桁部の耐力を超えないように管理限界値を設定した。

最後に押し桁については、案内装置の反力変動によりP25橋脚支点部(押し先端支点部)で発生する曲げモーメントが変動する。発生曲げモーメントは完成時の死荷重曲げモーメントにも影響を与えることから、発生曲げモーメントにより主桁上下縁に発生する施工時および完成時の応力度が許容値以下となるよう、案内装置の反力の上下限値



写真-7 押し出し完了時全景

を設定した。

以上設定した押し出し延長によって変動する、各着目部分の上下限管理限界値をすべて満足できる案内装置の許容反力範囲を総括して上下限管理限界値とし、図-5に示す管理図を作成し、管理を行った。

写真-7は押し出し完了時のものである。

8.5 中央閉合

中央閉合の施工は、手延べ桁を抱き込むことが可能な大型の吊り支保工により行った。吊り支保工の組立てはP26橋脚付近で組み立て、夜間キ電停止中に移動およびコンクリート打設を行い、橋体を完成させた(写真-8)。

9. おわりに

下り線跨線部の押し出し架設は平成11年2月26日～28日の3回の夜間作業にて行われた。夜間押し出し作業時は滑り杓の反力、ひずみ、押し出し力、移動距離の自動計測を行い、仮支柱の沈下や橋体のひび割れの発生の有無などのチェックも常時行いながら作業を進めた。異常発生時はP25の作業台に、モニター表示と無線連絡で瞬時に報告され、集中管理できるシステムとした。押し出し作業には1夜総勢約90名の職員・作業員を要し、限られた時間内で僅かのミスも許されない張りつめた気持ちで全員が作業にあたった。これら考えられる限りの設備計画と全員一丸となって作業にあたったことにより、押し出し作業は所定の時間内でトラブルもなく無事完了し、反力およびたわみもほぼ計画どおりの結果となった。

この工事の特徴は国内でもあまり例のない押し出し架設と張出し架設の併用技法にて、JR営業線の平常運行を確保しながら架設を行うことにある。本工事の架設が今後桁下空間に制限のある鉄道上、道路上、市街地等の架設工法の計画において参考となれば幸いである。

上り線跨線部の押し出し架設は、平成11年10月9日～11日の3回の夜間作業にて行われた。押し出し架設は、下り線と同様、円滑に行うことができた。

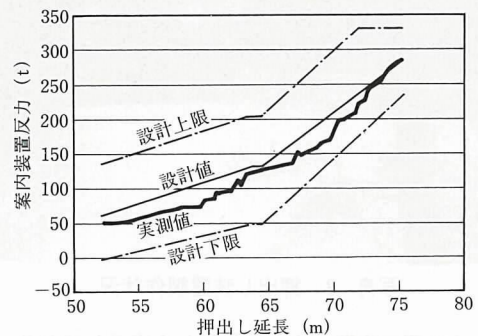


図-5 案内装置反力管理グラフ



写真-8 中央閉合吊り支保工

現在は、中央閉合および橋面施工を残すのみであり、鋭意施工中である。

参考文献

- 1) 布施, 神野, 田中, 今井: 押し出し工法及び張出し工法併用3径間連続ラーメン橋の計画と設計, プレストレストコンクリート技術協会第8回シンポジウム論文集, pp.447~480, 1998
- 2) 古賀, 小林, 細川, 大西: 新幹線上空でのPC桁橋(石橋こ線橋)の一括押し出し施工について, プレストレストコンクリート技術協会第9回シンポジウム論文集, pp.277~282, 1999

【1999年11月8日受付】