

北陸新幹線 九頭竜川橋梁の施工

— 下部工を道路橋と併用する橋梁 —

大野 俊平*1・吉住 一郎*2・中村 健太*3

本工事は、北陸新幹線橋梁建設工事であり、その一部にあたる延長1495mの施工を行った。その工区内で施工した、橋長414mの九頭竜川橋梁は、福井県内で河川と交差する北陸新幹線の橋梁としては最長である。橋脚建設箇所は、アラレガコの生息地として国の天然記念物に指定されており、工事中や供用開始後の河川管理や河川への影響が懸念されること、また、建設コスト削減を目的として、新幹線と道路の下部工を併用とする構造を採用している。下部工は地盤条件や河川に対する工事の影響を考慮してニューマチックケーソン工法により施工を行い、橋脚施工のための仮設構造物である栈橋の施工についても、河川への影響に配慮した施工を行った。上部工は張出し架設工法により施工し、両側に並列する道路橋より先行して本橋の施工を行った。本稿では、橋梁上下部工の施工報告を行う。

キーワード：北陸新幹線、鉄道道路併用橋、張出し架設工法

1. はじめに

本工事では、令和4年度末の完成を目標とした北陸新幹線（金沢・敦賀間）の一部にあたる、延長1495mの施工を行った。当稿では、そのうち、福井県嶺北部を流れる九頭竜川にかかる、7径間連続PC箱桁、九頭竜川橋梁（橋長414m）について報告する。

九頭竜川橋梁は、福井県内で河川と交差する北陸新幹線の橋梁として最長であり、整備新幹線では初となる下部工を新幹線と道路で併用する橋である。完成イメージ図を図-1に示す。

橋梁形式は、6基の橋脚と両岸の橋台からなる7径間連続PC箱桁橋である。本橋は、非出水期の河川内作業により施工し、下部工は、ニューマチックケーソン工法、上部工は移動作業車による張出し架設工法にて施工を行った。

九頭竜川橋梁の位置図を図-2に、九頭竜川橋梁の平面図および縦断面図を図-3に示す。

2. 工事概要

本工事では、北陸新幹線、高崎起点414km 251m～

415km 746m（ $L=1495$ m）間の構造物の施工を行った。

以下に工事概要を示す。

工事名：北陸新幹線、九頭竜川橋りょうほか

工事場所：福井県福井市栗森町、上野本町、中藤新保町
地内

発注者：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援
機構 大阪支社

工事内容：ケーソン基礎 6基（ $35.6\text{m} \times 12.0\text{m}$ ）

杭基礎 290本

RC橋脚 21基

RC橋台 2基

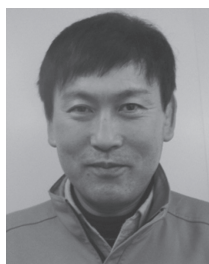


図-1 九頭竜川橋梁完成イメージ図



*1 Shunpei OONO

鉄建建設(株)
土木本部 橋梁技術部



*2 Ichirou YOSHIKUMI

鉄建建設(株)
大阪支店 土木部



*3 Kenta NAKAMURA

鉄建建設(株)
九州支店 土木部

- RC 現場打ち T 桁橋 19 連
- ラーメン高架橋 11 連
- PPC 箱桁橋 3 連 (L=45 m ~ 60 m)
- PPCT 桁 4 連 (L=25 ~ 40 m)
- 7 径間連続 PC 箱桁 1 連 (L=414.0 m)



図 - 2 九頭竜川橋梁位置図

3. 下部工 (ニューマチックケーソン) の施工

3.1 工法の選定

橋梁架設位置の九頭竜川流域は、「アラレガコの生息地」として国の天然記念物に指定されているため、橋脚は河川に対する工事の影響を低減する形状としている。また、河川環境への影響の低減および建設コストの縮減効果が得られる構造として、新幹線と道路の下部工を一体とした構造としている。

当初はオープンカット工法による直接基礎を検討していたが、アラレガコ生息地への影響を考慮した結果、河床掘削を最小限とすることができる、ニューマチックケーソン工法が採用された。

3.2 栈橋工

右岸側に施工した仮栈橋は、河川の流れを阻害させない構造として梁式構造 (H 鋼杭式 + プレガーダー式) の栈橋を採用し、非出水期最高水位より高い位置に覆工板を設置することでクローラクレーンなどの建設機械の作業床とした。

仮栈橋上部工は出水期中に存置できないため、非出水期 (10/16 ~ 6/15) の前後 1 ヶ月で設置撤去を毎年行う必要があったが、梁式栈橋構造としたことで、上部工設置撤去作業を簡略化することで、作業の省力化も図れた。

H 鋼杭の施工は、当初、エアで掘削土砂を除去する、二重管併用スクリー排土型ダウンザホールハンマー工法で計画されていたが、濁水による河川汚濁が懸念されたため、周辺地盤を乱すことなく施工することができる、岩盤杭打ち工法 (ガンパイル工法) を採用した。

また、左岸側については、河川敷に鉄板を敷設することで、建設機械の作業床とした。

仮設栈橋の施工状況を写真 - 1, 2 に示す。

3.3 築島工

ケーソン基礎全 6 基の施工位置は河川内となっており、

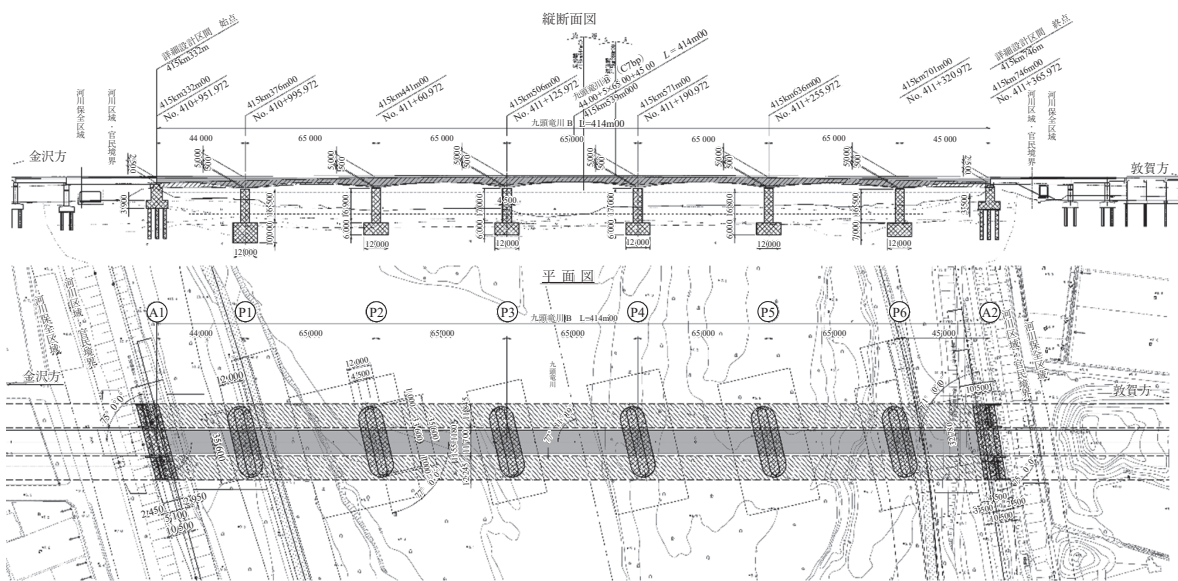


図 - 3 九頭竜川橋梁 平面図および縦断面図



写真 - 1 H鋼杭打設状況



写真 - 2 仮橋組立状況

沈下掘削時の冠水を防ぐため、築島の構築を行った。河川流水部は右岸側を通っているため、右岸側のP2～P3は非出水期最高水位（過去10年）より約50cmの高さまで鋼矢板による締切りを行った（図-4）。左岸側のP4～P6は非出水期最高水位（過去10年）より約50cm高い位置まで耐候性大型土のうにより高さ（ $H \approx 4.0$ m）の築島を行った（図-5）。

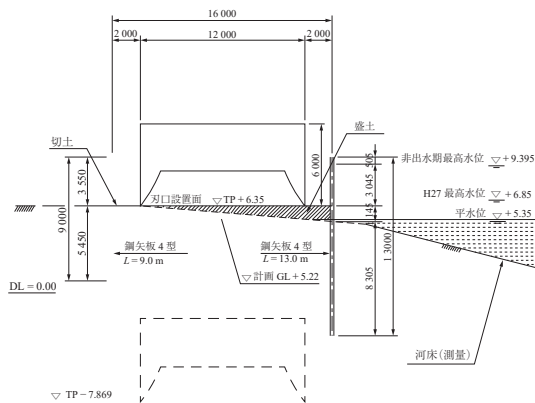


図 - 4 右岸側築島断面図

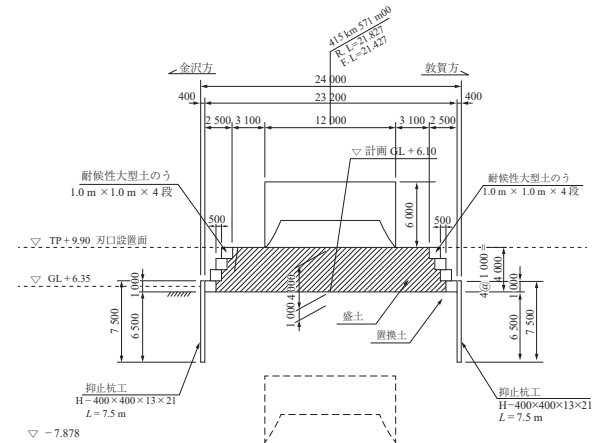


図 - 5 左岸側築島断面図

3.4 沈下掘削工

ケーソン基礎の躯体形状は、フーチング部は橋軸直角方向幅 $B1 = 35.6$ m、橋軸方向幅 $L1 = 12.0$ m、高さ $H1 = 6.0 \sim 10.0$ m の小判形、橋脚部（壁部）は橋軸直角方向幅 $B2 = 33.6$ m、橋軸方向幅 $L2 = 4.5$ m、高さ $H2 = 16.4 \sim 17.0$ m の小判形である。

掘削深度は、14.2 m ～ 20.8 m で、最大函内圧力は 0.18 MPa であった。躯体を 3 ～ 4 ロットに分割し、躯体構築後、所定の深度まで繰返し沈下掘削を行った。

作業床内に天井走行式掘削機を 4 台設置し、掘削は有人掘削とした。

躯体沈下量、躯体傾斜、函内気圧をリアルタイムで計測し、施工中の躯体精度および函内環境の安全性確認を随時行った。沈下掘削時は日々、起終点方向（短方向）で 5 ～ 50 mm 程度、上下流方向（長方向）で 5 ～ 100 mm 程度内の傾斜で施工を行った。施工管理値（ピアケーソン）は、許容偏心量が 50 mm 以下であるのに対し、実測値は 10 ～ 27 mm であり 30 mm 以下という精度で施工することができた。

刃口内掘削状況を写真-3、橋脚基礎の断面図を図-6、橋脚の施工状況を写真-4、施工完了した橋脚全景を写真-5に示す。



写真 - 3 刃口内掘削状況

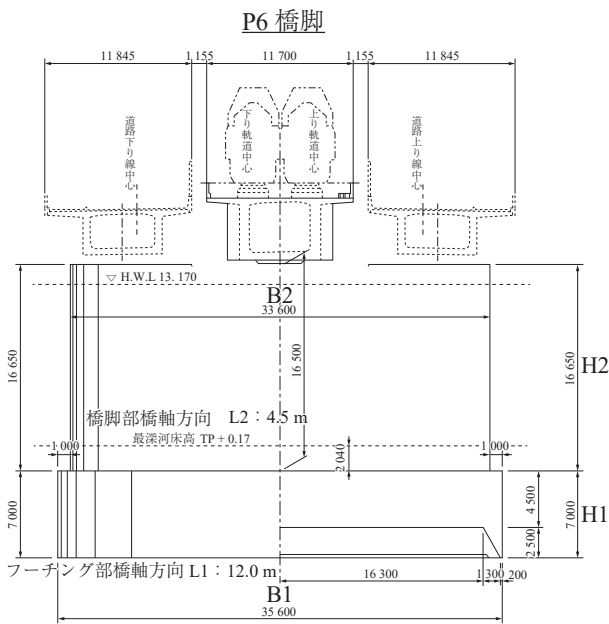


図 - 6 橋脚基礎断面図



写真 - 4 橋脚施工状況



写真 - 5 橋脚全景写真

4. 上部工の施工

4.1 鉄道橋と道路橋の上部工設計

本橋は、一つの下部工で鉄道橋および道路橋を支持する構造としているが、上部工の設計はそれぞれの設計手法(表 - 1)に従い実施されている。

主だった相違点としては支承構造があげられる。道路橋では、多径間連続桁であることから、免震支承を採用しているが、鉄道橋においては、軌道構造であることからゴム支承+ダンパーストッパーの支承構造となっている。

柱頭部の仮固定装置も、道路橋は仮固定 PC 鋼棒+仮支承+H 鋼での構成となっているが、鉄道橋においては、水平力に対しては、沓の摩擦および本体ストッパーが抵抗するものとして H 鋼の設置を省略している。

そのほか、鉄道橋においては、隣接している道路橋の凍結防止剤の飛散影響を考慮し、耐久性向上のため箱桁外側のかぶりを大きくしている。また、支柱式防音壁工についても塩害対策仕様の防音壁支柱・同仕様の PC 板、エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用した。

表 - 1 設計条件の比較

	鉄道橋 (北陸新幹線)	道路橋 (一般県道福井森田丸岡線)
橋種	7 径間連続 PC 箱桁橋	7 径間連続 PC 箱桁橋
橋長	$L = 414.0 \text{ m}$	$L = 413.0 \text{ m}$
支間割	$44.0 \text{ m} + 5@65.0 \text{ m} + 45.0 \text{ m}$	$43.0 \text{ m} + 5@65.0 \text{ m} + 43.0 \text{ m}$
重要度	重要な構造物	B 種
地盤区分	G1 地盤 / G2 地盤 (橋脚) (橋台)	I 種地盤 / II 種地盤 (橋脚) (橋台)
地域区分	A 地域 (福井県)	A2 地域 (福井県)
適用仕様書	鉄道構造物等設計標準他	道路橋示方書 他
支承条件	ゴム支承+ダンパーストッパー	免震支承
橋脚構造	壁式橋脚	
基礎構造	A1, A2 橋台: 杭基礎 (場所打ち杭 $\phi 1500$) P1 ~ P6 橋脚: 1 ロットケーソン基礎	

4.2 施工概要

鉄道橋は、道路橋が未施工の状態において、先行施工となった。上部工の施工は張出し架設工法(側径間部: 全支保架設, 中央閉合部: 吊支保工架設)にて行い、3 非出水期に渡る施工となった。移動作業車の足場上は全面防水シート張りとし(写真 - 6)、シート同士のラップ部を専用器具で溶着して一体化させることで、九頭竜川への汚濁水および資材等の落下防止措置を行った。

また、河川阻害率の関係で、出水期には柱頭部ブラケットおよび移動作業車を撤去する必要があったため、出水期に合わせて工程を調整、短縮を図る必要があった。そこで、最大 4 基の移動作業車により 2 橋脚から同時に張出し施工を行い、さらに、3 箇所中央閉合を移動作業車で施工することにより、工程の調整と短縮を図った(写真 - 7)。

4.3 上げ越し管理

上げ越し管理精度の向上策として、上部工施工開始前にコンクリートの静弾性試験を実施し、試験より得られた弾

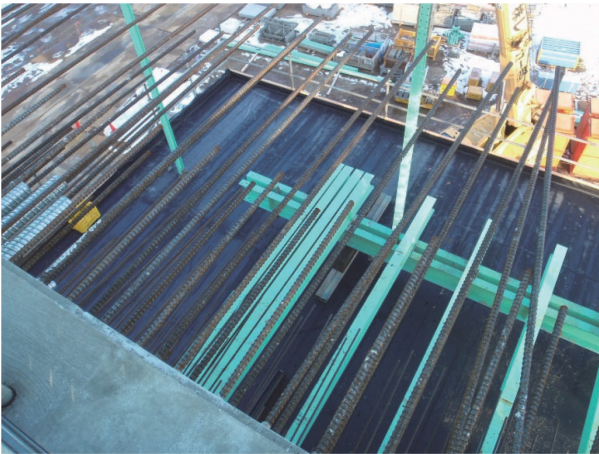


写真 - 6 汚濁水対策防水シート設置状況



写真 - 8 一時防錆鋼材



写真 - 7 張出し架設施工状況

性係数（表 - 2）を用いて上げ越し計算を行い、軌道敷設時に計画高になるよう管理を行った。

表 - 2 上げ越し管理に用いた弾性係数

上部工コンクリート強度 σ_{ck}		40 N/mm ²
弾性係数 E_p	設計計算	31.0 kN/mm ²
	上げ越し計算	33.0 kN/mm ²

4.4 PC 鋼材の耐久性向上について

PC 鋼材の耐久性を向上・確保するために以下の対策を実施した。

(1) PC 鋼より線の 1 次防錆

工場出荷からグラウトまでの PC 鋼より線の防錆対策として、工場出荷時に一時防錆処理を行った（写真 - 8）。

(2) 真空ポンプを使用した PC グラウト注入

グラウト注入においては、通常のグラウト設備に加えて排出側に真空ポンプを接続することで、シース内を 1/10 気圧状態に保持した状態でグラウト注入を行い、グラウト材に内在する空気を圧縮・微細化させ、耐久性上有害となる空気溜まりの発生を抑制した。

PC グラウト注入状況を写真 - 9、真空グラウト工法の概要図を図 - 7 に示す。



写真 - 9 真空グラウト工法施工状況

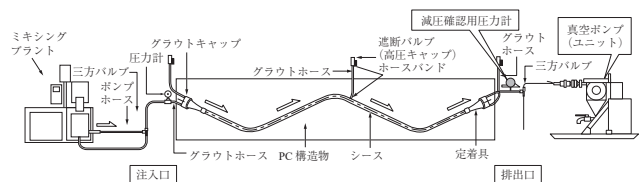


図 - 7 真空グラウト工法概要図

5. おわりに

弊社が施工した鉄道橋の工事は、2020年3月に竣工をむかえており、現在は他社による道路橋の張出し架設工事が引き続き行われている。

鉄道橋の施工完了時の全景写真を写真 - 11 に示す。

本工事は、整備新幹線では初となる下部工を新幹線と道路で併用する橋である。都市計画や構造計画の中で、河川

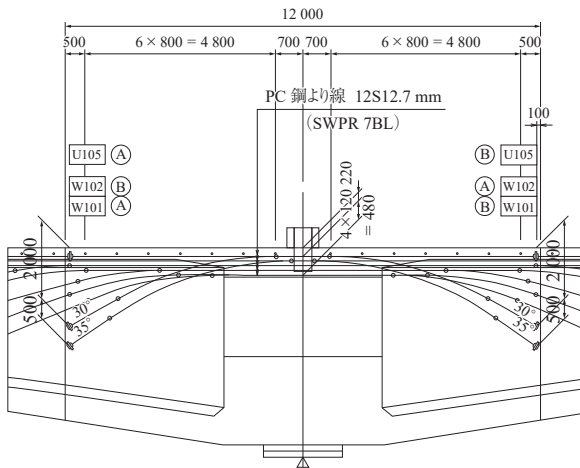


図 - 8 九頭竜川橋梁 PC 配置図



写真 - 11 鉄道橋施工完了時全景



写真 - 10 真空グラウト工法施工状況

に対する影響の低減のほか、工期短縮・コスト縮減等が求められた場合、鉄道・道路一体型の構造物とする事は、河川内の橋脚数を減らせることができるため非常に有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 平田惣一, 畠中 保, 山本 淳: 北陸新幹線九頭竜川橋りょうの施工, 建設機械施工, Vol.71, No.8, pp.53-58, 2019.08
- 2) 山根秀則, 加藤 威, 中野雄哉, 西 恭彦, 平田惣一, 吉住一郎: 下部工を道路橋と併用する北陸新幹線, 九頭竜川橋りょう上部工の連結, 橋梁と基礎, Vol.53, pp.41-42, 2019.09
- 3) 植嶋俊博, 山根秀則, 吉住一郎, 国枝邦由: 北陸新幹線 九頭竜川橋りょう他の施工, 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, Vol.29, pp.537-540, 2020.10

【2020年12月25日受付】



図書案内

PC 技術規準シリーズ

コンクリート構造技術規準
—性能創造による設計・施工・保全—
2019年10月

定 価 4,400 円 (税込) / 送料 300 円

会員特価 3,500 円 (税込) / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会 編
 技報堂出版