

北陸新幹線九頭竜川橋りょうの施工

新幹線と道路の併用橋として下部工が一体となった構造

平田 惣一・畠中 保・山本 淳

本工事は、北陸新幹線橋りょう建設工事であり、工事区間内の九頭竜川にかかる橋りょう部の橋脚建設箇所は、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いる。橋脚は、建設コスト縮減を目的に新幹線と道路の基礎を一体化させており、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った。また、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、河川を汚濁させない工法を採用し施工を行った。上部工は張出し架設工法により施工され、本橋の両側には道路橋が並列しているが、先行して本橋の施工を行った。

キーワード：ニューマチックケーソン工法、鋼矢板岩盤杭打ち工法、張出し架設工法

1. はじめに

本工事は、2023年春に開業を予定している北陸新幹線（金沢・敦賀間）の一部で、福井県嶺北部を流れ

る九頭竜川にかかる橋りょう約414mを含めた延長1495mの施工を行うものである。九頭竜川橋りょうは、全国初となる新幹線と道路（県道福井森田丸岡線）の併用橋として下部工が一体となった構造で6基の橋脚と兩岸の橋台からなる7径間連続PC箱桁橋である。下部工は、ニューマチックケーソン工法により施工を行い、上部工はワーゲンによる張出し架設工法にて施工を行う。九頭竜川橋りょうの位置図を図-1に、完成イメージ図を図-2に、九頭竜川橋りょうの平面図および縦断面図を図-3に示す。

2. 工事概要

本工事は、北陸新幹線、高崎起点414km 251m～415km 746m（L=1495m）間の構造物を構築する工事であり、概要を以下に示す。



図-1 九頭竜川橋りょう位置図



図-2 九頭竜川橋りょう完成イメージ

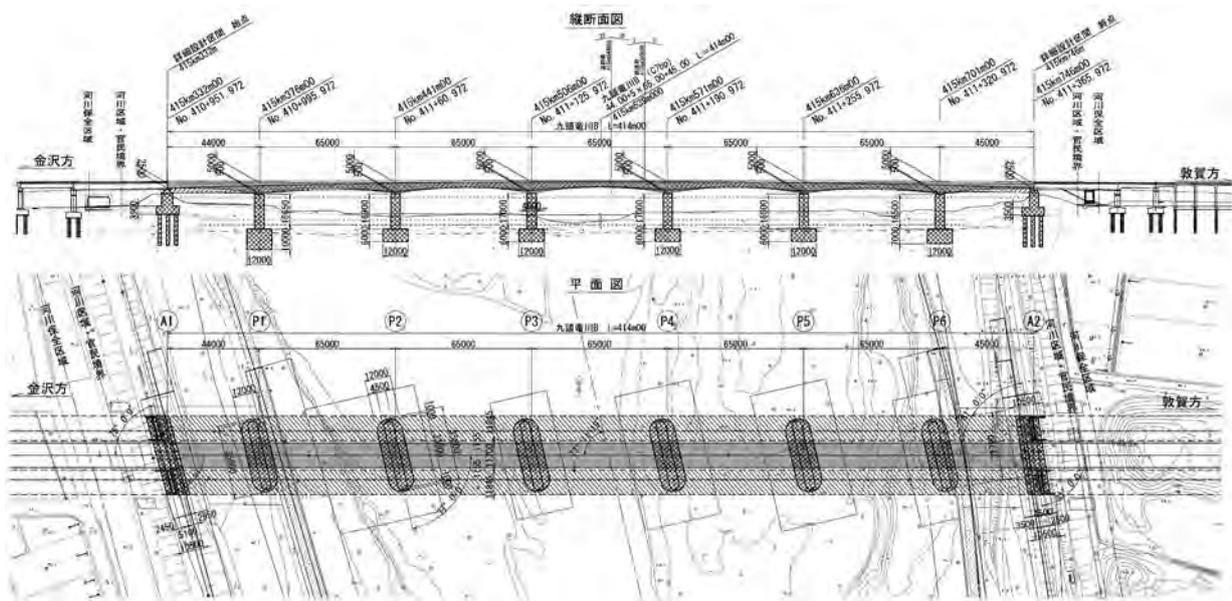


図-3 九頭竜川橋りょう 平面図および縦断面図

工事名：北陸新幹線，九頭竜川橋りょう他

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 m × 12.0 m)

杭基礎 290本

RC橋脚 21基

RC橋台 2基

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=45～60 m)

PPCT桁 4連 (L=25～40 m)

7径間連続PC箱桁 1連 (L=414.0 m)

3. 下部工（ニューマチックケーソン）の施工

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いる。橋脚は，建設コスト縮減を目的に新幹線と道路の基礎を一体化させており，河川に対する工事の影響を低減する形状となっている。なお，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，河床掘削を最小限とするためにニューマチックケーソン工法が採用された。

仮設工は，川の流れを阻害することなく，魚類遡上への影響を軽減させるため，瀬替えを行わずに仮栈橋工法を採用した。

(1) 栈橋工

右岸側は，河川の流れを阻害させないために，仮栈橋（H鋼杭式+プレガーター）を設置した。非出水期最高水位より高い位置に覆工板を設置しクローラクレーン等の建設機械の作業床とした。H鋼杭の施工は，当初，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，エアで掘削土砂を除去するため濁水による河川の汚濁が懸念された。そのため，河川の汚濁を低減させることができる岩盤杭打ち工法（ガンパイル工法）に変更することにより，河川汚濁を防止できた。ガンパイル工法とは，ウォータージェット併用のパイプロハンマー工法（モーター出力120 kW）の一工法であり，岩砕粉の洗浄除去として低圧の水ジェットを使用するため周辺地盤を乱さない特徴がある。写真-1に打設状況を示す。



写真-1 仮栈橋施工状況

なお、左岸側は、河川敷に鉄板を敷設し建設機械の作業床とした。そのため、冠水時に仮設物や建設機械が流出しないように、予め退避計画を定めた。

(2) 築島工

九頭竜川橋りょう（7径間連続PC箱桁）の下部工であるケーソン基礎6基全ての施工位置は、河川内であり、沈下掘削時に冠水しないように築島の構築を行っている。河川流水部は右岸側を流れているため、図-4に示すように右岸側の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り締切りを行い、平水位より高い位置に刃口を据付け、沈下掘削を行った。図-5に示すように左岸側のP4～P6は非出水期最高水位（過去10年）より約50cmの高さまで耐候性大型土のうにより高さH=4.0mの築島を行った。刃口構築および沈下掘削時の荷重により築島の円弧すべりによる崩壊を防止するため、法尻にH鋼杭（H-400×400、L=6.5～7.5m、

@2.0m）を打設し抑止工を行った。なお冠水時に築島が洗掘、流失しないように上流側は鋼矢板により防護を行った。鋼矢板の形状は、河川の流れを阻害しないように鋭角に締切った。

なお、ニューマチックケーソンの施工に必要な諸設備は、増水時に水没しないように堤内地に配置した。

(3) 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=35.6m、橋軸方向幅L1=12.0m、高さH1=6.0～10.0mの小判形、橋脚部（壁部）は橋軸直角方向幅B2=33.6m、橋軸方向幅L2=4.5m、高さH2=16.4～17.0mの小判形である。P6橋脚基礎の断面図を図-6に示す。

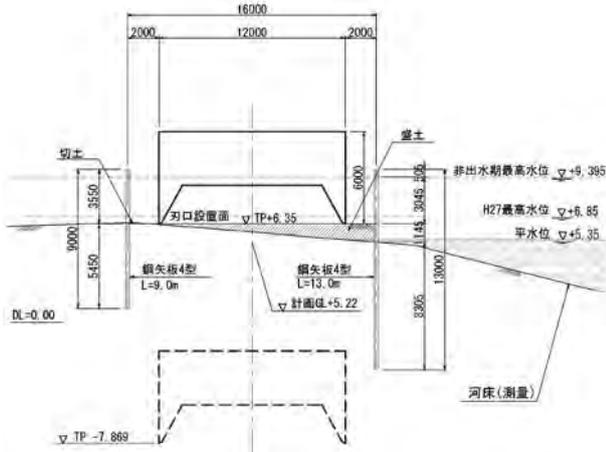


図-4 右岸側築島断面図

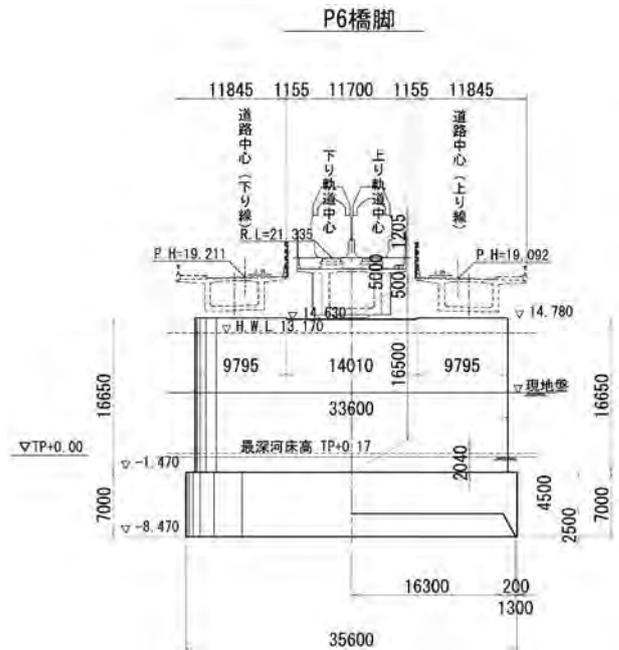


図-6 橋脚断面図 (P6)

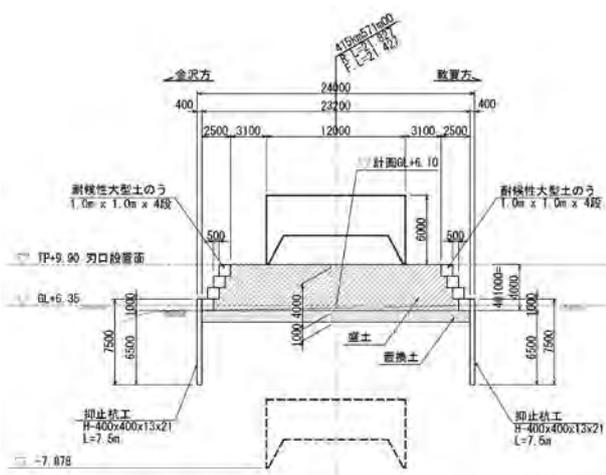


図-5 左岸側築島断面図

艀装は、マンロック、マテリアルロックを各2ヶ所設け、沈下掘削に伴いシャフトの継ぎ足しを行う。

掘削深度は、14.2～20.8mで、最大函内圧力は0.18MPa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。2ロット以降は、フーチング天端を土砂で埋め戻しながら沈下掘削を行ったため、躯体構築用の足場は、その都度組立解体を行った。

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（写真-2）。

躯体沈下量、躯体傾斜、函内気圧をリアルタイムで計測し、施工時の躯体の精度や函内環境の安全が確保されているか確認を行った。沈下掘削時は日々、起終

点方向（短方向）で5～50 mm 程度内、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（ピアケーション）は、許容偏心量が50 mm 以内であり、計測値は、10～27 mm と30 mm 以内であった。写真—3, 4に施工状況を示す。



写真—2 刃口内施工状況



写真—3 橋脚内施工状況（右岸側）



写真—4 橋脚内施工状況（左岸側）

4. 上部工の施工

道路橋の施工に先立ち鉄道橋の施工を行った。上部工の施工は3非出水期に渡り、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）で行った。移動作業車の足場上全面に防水シートを貼り、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は撤去する必要があった。

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うとともに、3箇所中央閉合を移動作業車で施工することにより、工程短縮を図った（写真—5）。



写真—5 張出し施工状況

(1) 鉄道橋と道路橋の設計について

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なっているが、上部工の設計はそれぞれの設計手法（表—1）に従い実施されており、支承構造も異なっている。多径間連続桁であるため、道路橋では免震支承を採用しているが、鉄道橋の場合、軌道構造であるためゴム支承+ダンパーストッパーとなっている。

柱頭部の仮固定装置も、道路橋の場合は仮固定PC鋼棒+仮支承+H鋼で構成されるが、鉄道橋の場合は杓の摩擦および本体ストッパーにより水平力に抵抗するものとしてH鋼の設置を省略した。

また隣接す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するとともに、支柱式防音壁工に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使用した。

表一 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 m | L = 413.0 m |
| 支間割 | 44.0 m + 5@65.0 m + 45.0 m | 43.0 m + 5@65.0 m + 43.0 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 φ1500) P1 ~ P6 橋脚: 1 ロットケーソン基礎 | |

表二 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 |

(2) 上げ越し管理

上部工の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性係数(表二)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。

(3) 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。

(a) PC 鋼より線の 1 次防錆

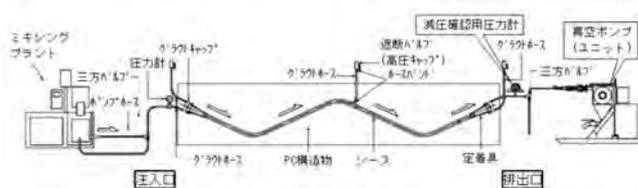
工場出荷からグラウトまでの期間に PC 鋼より線の錆が発生しないよう、工場出荷時に一時防錆処理を行った。

(b) PC グラウトに真空ポンプ使用

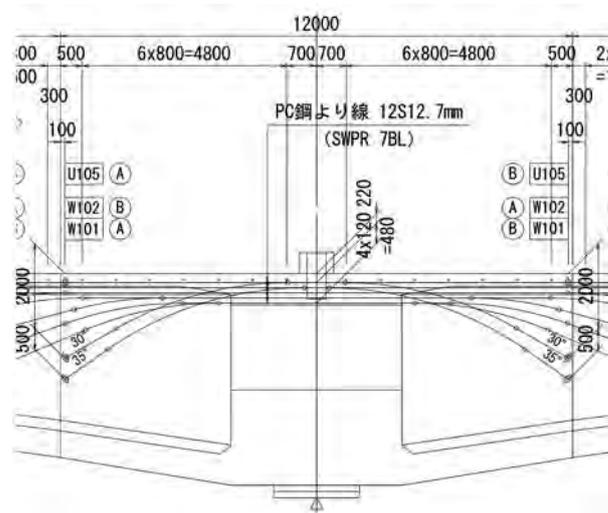
本橋のグラウトでは、通常のグラウト設備に加えて排出側に真空ポンプを接続(図七)、シース内を 1/10 気圧状態に保持してグラウト注入作業を行うことで、グラウト材に内在する空気を圧縮・微細化させることで、耐久性上有害となる空気溜まりの発生を抑制した。

(c) 実物大 PC グラウト試験の実施。

本橋の PC 鋼材の曲げ下げ角度は最大で 35 度(図八)あるため、事前にグラウトの充填性に関する実物大試験を実施した(写真一六)。実際の施工で使用する真空ポンプも併用して試験を行った結果、良好な



図一七 真空グラウト概要図



図一八 PC 鋼材配置図



写真一六 実物大 PC グラウト試験状況

充填状況が確認された。

5. おわりに

鉄道橋は、2019年4月20日に P3 ~ P4 間中央閉合を行い主桁が連結し、現在は道路橋の張出し架設が行われている(写真一七)。

本工事のように、都市計画や構造計画を考慮して鉄道・道路一体型の構造物とすることで、工期短縮・コスト削減が期待できるとともに、河川内の橋脚数を減らせることで、河川に対する影響を抑えることが可能であると考えます。



写真一 7 鉄道橋 主桁連結完了

JCMA

[筆者紹介]



平田 惣一 (ひらた そういち)
鉄建・安部日鋼・清水組JV



畠中 保 (はたけなか たもつ)
鉄建建設㈱



山本 淳 (やまもと あつし)
鉄建建設㈱

