

地域の事情等を踏まえた様々な工程短縮の取り組み

～北陸新幹線（金沢・敦賀間）～

北陸新幹線建設局
計画部計画課 新城 大樹

1.はじめに

1-1 北陸新幹線（金沢・敦賀間）の概要

北陸新幹線は、全国新幹線鉄道整備法に基づく整備計画により、東京都から大阪市までを長野市・富山市・小浜市附近を経由し結ぶ路線である。平成9年10月に高崎・長野間が、平成27年3月には長野・金沢間が、令和6年3月に金沢・敦賀間が開業し、敦賀以西は環境影響評価手続きや、事業推進調査を実施中である。

北陸新幹線（金沢・敦賀間）は、工事延長114.6kmの路線である。既開業の金沢駅を除いた新設駅は6駅である。平成24年6月に工事実施計画認可を受け、その際の開業時期は長野・金沢間の開業から概ね10年強後（令和7年度）と設定された。その後、令和6年3月に開業し、2年前倒しを達成した。

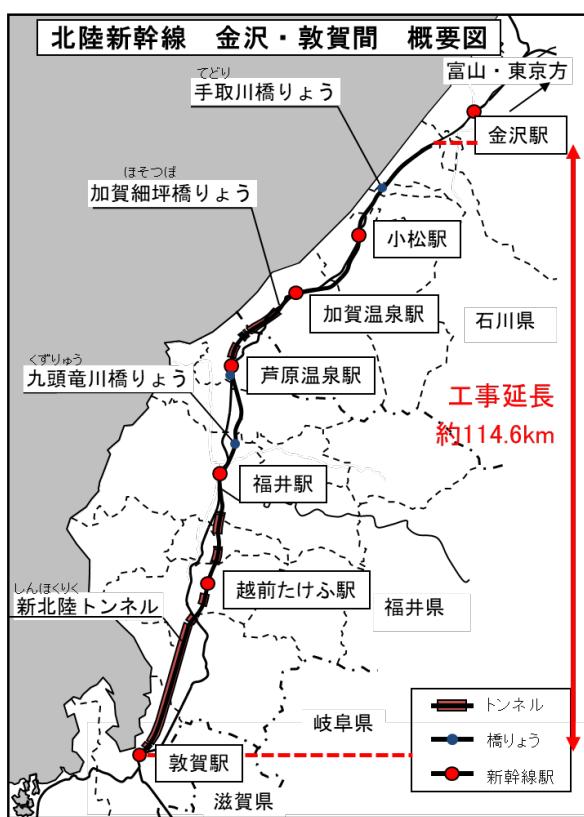


図-1 北陸新幹線（金沢・敦賀間）位置図

1-2 北陸新幹線（金沢・敦賀間）の諸元

工事延長 114.6km のうち、高架橋・橋りょう・土構造の明かり区間が約66%を占める（図-2）。北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）及び西九州新幹線と比較しても明かり区間の割合が多く、延長が長いことが当該線区の特徴である（図-3）。

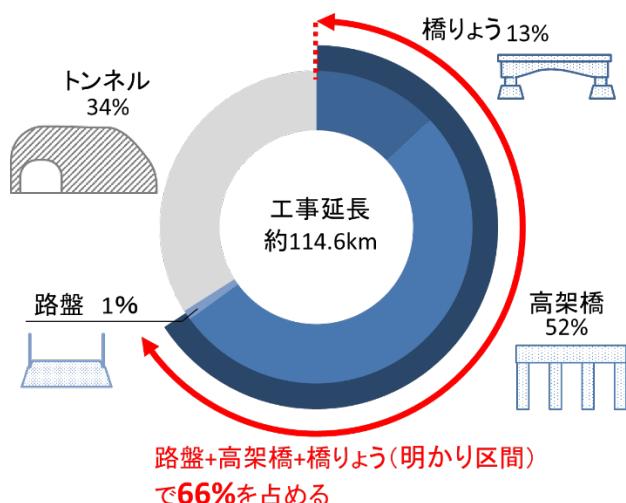


図-2 北陸新幹線（金沢・敦賀間）構造物割合

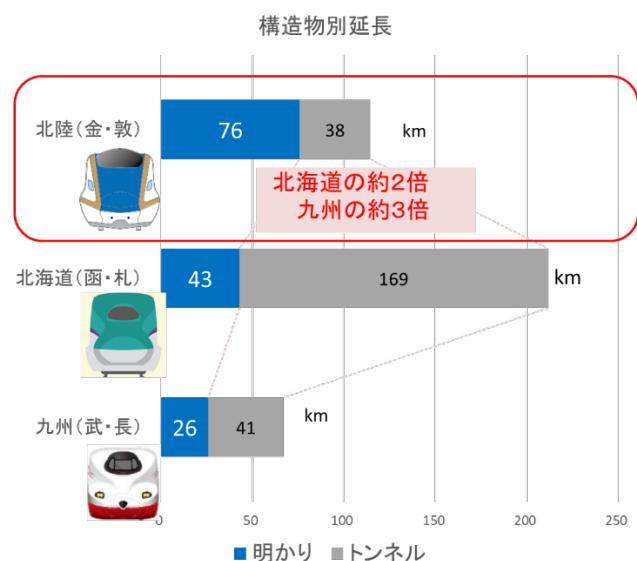
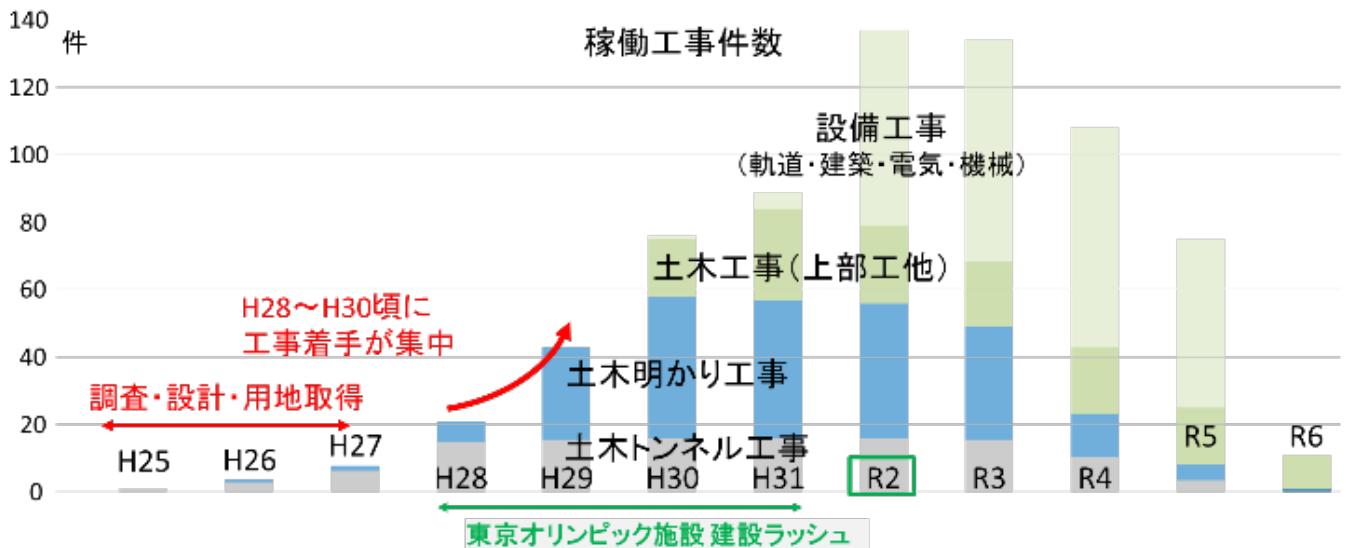


図-3 構造物別延長の他線区と比較



図－4 北陸新幹線（金沢・敦賀間）の稼働工事件数の推移

1－3 開業前倒しによる工事ピーク集中

平成 25 年から開業時までの稼働工事件数の推移を図－4 に示す。明かり工事の発注に向け、調査・設計・用地取得を進めている中、開業目標時期の前倒しが決まり、工期短縮が課題となつた。そのため、全線に亘り一気に工事発注を行つたため、平成 28 年から平成 30 年頃に工事着手が集中し、全線に亘りピークが集中した。さらにこの時期、東京オリンピックの建設ラッシュも重なり、労務・資機材がさらに逼迫した。

そのような状況ではあったが、開業前倒しに向け、様々な工程短縮に取り組んできた。本発表では、地域事業との連携等を行いつつ当初認可より 2 年前倒しし令和 5 年度末の開業を達成した工程短縮の取り組みについて報告する。

2. 全線に亘り取り組んだ工程短縮

2－1 全線に亘り取り組んだ工程短縮

先述の資機材・労務者の不足については、他地域から集中投入して対応した。通常は 1 台のクレーン車を移動しながら順番に施工するところ、工期短縮に対応するべく、写真－1 に示す通り複数の高架橋を同時に施工した。そのため、足場やクレーンなどが不足したため、他地域も含め可能な限りの資機材及び労務者を投入し施工した。



写真－1 労務者・資機材集中投入の例
(石川県加賀市)

2－2 工事集中に対応した生コンクリート供給管理

様々な資機材を地域外から投入して施工したが、生コンクリート（以下、生コン）については工場練り混ぜから現場到着まで 90 分（外気温によっては打設完了まで 90 分）という制約があり、性質上地域外から調達することができなかつた。そのため、生コン組合との密な調整等が必要となつた。具体的には新幹線工事管内の受注者から日当たり打設予定量を把握し、生コン組合へ増産の協力依頼・需給調整を他事業へ影響が及ばない範囲で行った（図－5）。あわら鉄道建設所管内及び越前鉄道建設所管内においてはなおも供給量が不足したため、プラント船の導入（写真－2）や仮設プラント（写真－3）を建設して生コンを調達した。

上記の取り組みにより、工程遅延の影響を最小限に留めた。

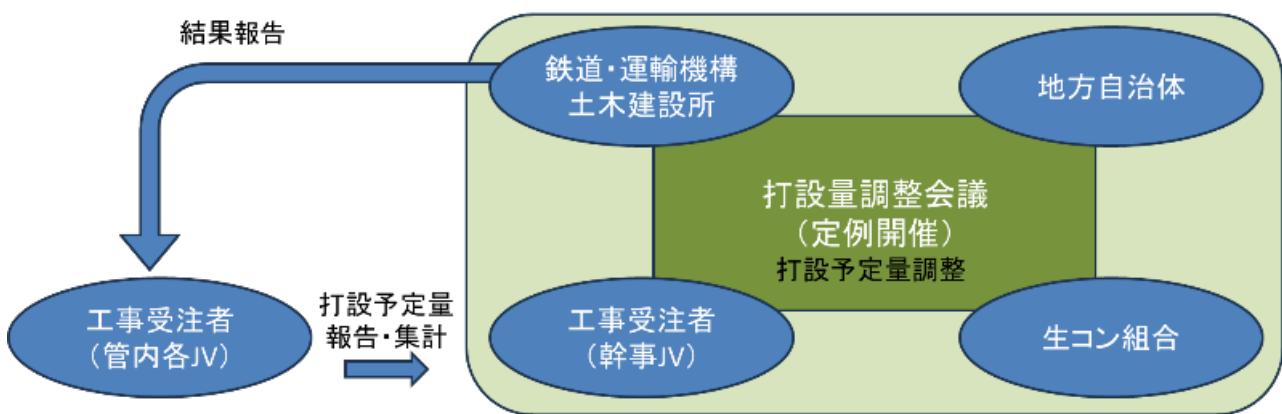


図-5 生コンクリート打設量調整のフロー



写真-2 機構で設置したプラント船
(福井県敦賀市)



写真-3 機構で建設した仮設プラント
(福井県あわら市)

3. 各工区の状況に応じた工程短縮

各工区には、それぞれ地域の事情がある。地域のご協力が得られなければ、事業を進めるることは不可能である。そのため、地域の事情に応じ、地域事業との連携、環境保全、開業効果を高める取組み等を行いながら工程短縮を進めてきた。全線に亘り各工区の状況に応じた工程短縮の取組みを行ってきたが、本発表では地域事業との連携、環境保全、開業効果を高める取組みについてそれぞれ1工区ずつ抽出し、報告する。

3-1 連続立体交差事業と新幹線事業の一体的な施工 -福井開発高架橋工区-

(1) 概況

福井開発高架橋工区は、福井駅より一区間金沢方の工区である。北陸新幹線は福井駅付近にて、JR北陸本線、えちぜん鉄道に挟まれた平面線形となっている。隣接するえちぜん鉄道は高架化事業が進められており、連携しながら新幹線工事を進める必要があった。



写真-4 福井開発高架橋 位置

(2) えちぜん鉄道高架化事業

北陸新幹線の認可とほぼ同時期の平成25年、えちぜん鉄道の連続立体交差事業が認可された。えちぜん鉄道の高架化工事にあたり、新幹線の福井駅は予め土木構造物を施工済であったため、えちぜん鉄道の仮線及び仮駅舎として活用した。本稿で報告する、隣接する福井開発高架橋区間は、機構で新幹線用地取得後、高架化工事における仮駅舎へのアプローチ区間として仮線を設置し、仮線撤去後に新幹線高架橋を施工することとなった。その結果、高架化事業の早期完了に寄与したが、新幹線工事が仮線撤去後の着手となる制約が発生した。

(3) 課題

新幹線事業用地内に、えちぜん鉄道高架化に向けた仮線が設置され、仮線撤去後の平成30年11月（認可約6年後）からの新幹線工事着手となつたが、令和2年9月が高架橋工事の期限であり、工期が短期間に限られていた（図-6）。また、両側を営業線に挟まれた、狭隘部での施工が求められた（写真-5）。

(4) フルプレキャスト高架橋の採用

現場での作業を可能な限り短縮するため、プレキャスト化を採用した。従来のプレキャストトラーメン高架橋は、柱や梁の一部に限られていたが、高層建築の技術を活用し、継手を柱内に設け、柱の鉄筋を後挿しとすることで接合部のプレキャスト化を行い、鉄道初となるフルプレキャストトラーメン高架橋を採用した（図-7）。

(5) 架設クレーン通行のための断面拡幅

狭隘な現場施工では、片押し施工で時間を要してしまう。そのため、高強度鉄筋、高強度コンクリートを採用し、柱の断面を縮小した。これにより柱間の拡幅を行い、施工に必要な 75t クレーンが通行可能となった（図一-8）。これにより、線路方向で両側からの進入路を確保できたため、工程短縮となった。

(6) 取り組みの効果

この取り組みにより新幹線工事では約5ヶ月の工程短縮を実現し、工程を確保することができた。また、えちぜん鉄道高架化事業も新幹線開業に先立ち完了し、新幹線開業効果を地域内に波及させるための地域の交通網の早期整備に貢献した。

	H29年度	H30年度	R1年度	R2年度
				

図-6 福井開発高架橋工事 工程表

中央部:新幹線工事中

えちぜん鉄道 JR北陸本線



写真-5 両側を営業線に挟まれた施工状況



写真-6 プリキャストトラーメン高架橋の施工状況

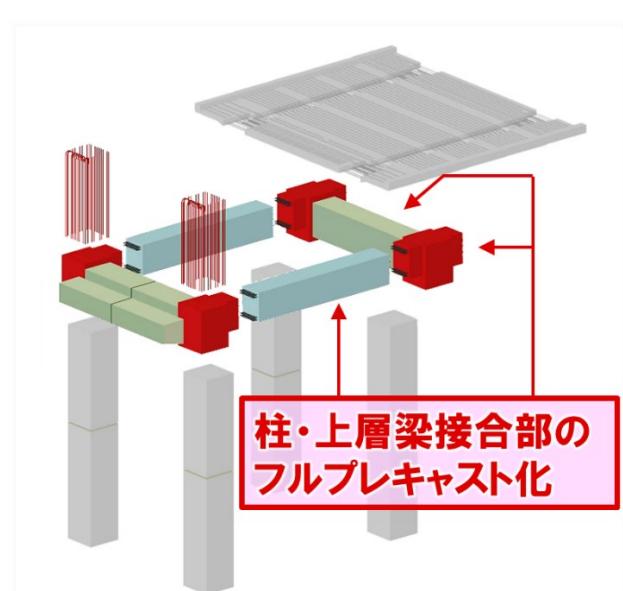
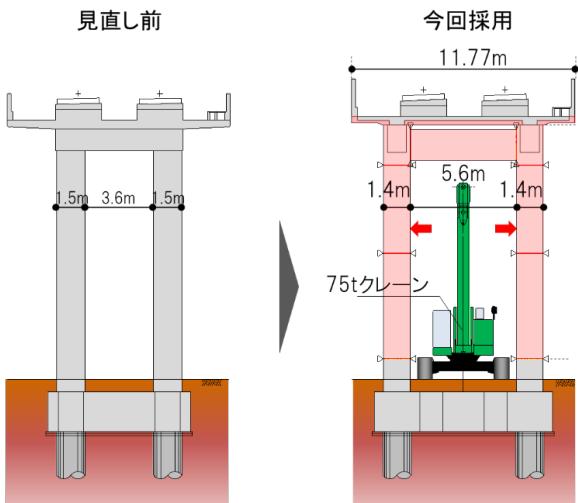


図-7 高架橋のプレキャスト部材割イメージ



図－8 架設クレーン通行のための断面拡幅

2-3 ラムサール条約登録湿地に配慮した線形
となった橋りょうの急速施工
-大蔵余座橋りょう-

(1) 概況

深山トンネル終点方の大蔵余座地区は、新幹線の認可後にルート付近に位置する中池見湿地がラムサール条約湿地登録を受けた。湿地環境への影響を低減・最小化するため、深山トンネルの平面・縦断線形変更を行った（写真-7）。大蔵余座地区の高架橋区間においては、縦断線形を約10m嵩上げするルートとした（図-9）。

(2) 課題

平成24年の当初認可から約3年後のルート変更となり、着手が遅れたこと、柱高20m以上の橋脚が連続する高架橋となったこと、さらに地質調査の結果、埋積谷地形で支持層が深いことが判明し、設計を見直すことになったことなどから、設計・施工各段階における工程短縮が求められた。

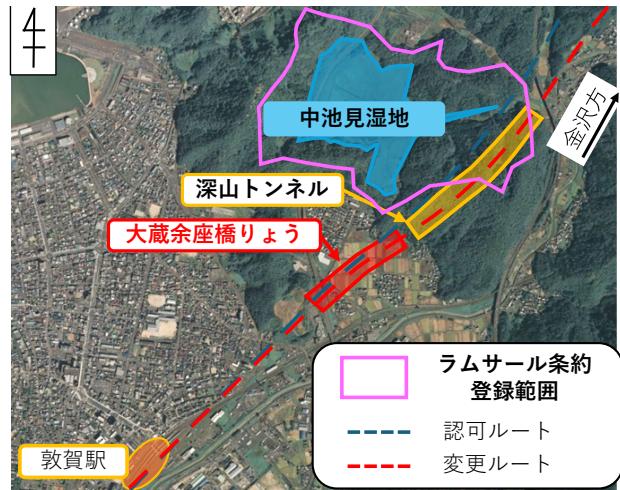


写真-7 認可変更前後の平面線形

(3) 設計上の取り組み

軟弱地盤であることから、杭が長く設定する必要が出てくることから、橋脚や杭の本数を減らしスパンを長くする構造とした。また、張出架設による施工が可能なボックス桁形式のPC桁構造として、地上からの支保工を削減できる構造とした。

(4) 基礎工事の工程短縮

杭基礎は地盤条件を踏まえ、場所打ち杭のオールケーシング工法とした。今回施工する地盤は、起点側が硬質の中に深く根入れ、終点側が土砂で杭支持層が深いことが特徴である。起点側のP4・P5橋脚は、硬質地盤に対応した切削圧入が求められ、ため、硬質地盤用ビットを採用し、ケーシング径が大きく掘削トルクを直接地山に伝えられる特殊ファーストケーシングを採用した。一方、終点側のP7・P8橋脚は緩い土砂層がメインとなるため、掘削した土の搬出が作業上のクリティカルとなった。そのため、

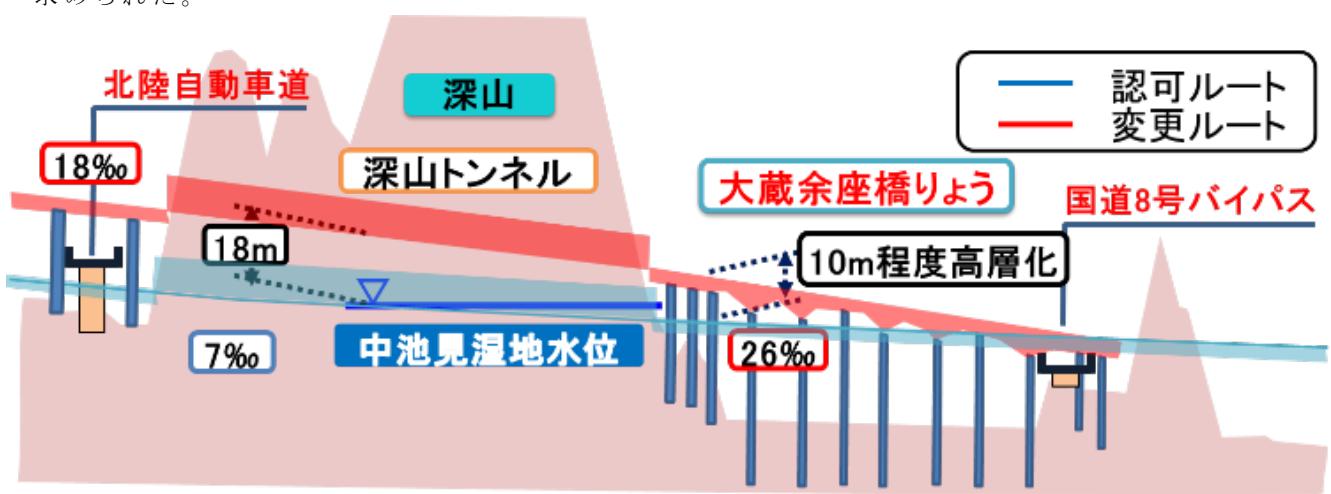


図-9 認可変更前後の縦断線形

2倍の重量があり、長さのある特殊ハンマー格子を採用した。これにより、落下の際の土砂層への食い込み量が増加し、土砂をつかむ量が増加し、より多くの排土が可能となり、工期短縮となった（図-10）。

（5）橋脚の工程短縮

橋脚では、大断面でも適用可能なハーフプレキャスト部材を採用した（図-11）。帯鉄筋を組み込んだプレキャスト部材で橋脚外面を形成し、中央部を現場打ちとする工法である。鉄筋組み立てや型枠作業といった人工を要する作業が大幅に省略され、施工環境が向上し、工程短縮となった（写真-8）。

（6）上部工の工程短縮

通常の大型移動作業車（5m/スパン）よりもさらに大きい超大型移動作業車（7m/スパン）を導入し、ブロック数を減らした。また、張り出し部施工前の柱頭部施工中に側径間を先行施工し、工程短縮を図った。1ブロックあたりの施工日数は増えるものの、ブロック数が少ない分急速施工となった（写真-9）。

（7）取り組みの効果

自然環境に配慮した線形としつつ、約9ヶ月の工程短縮を実現し、所定の工期で完成できた。

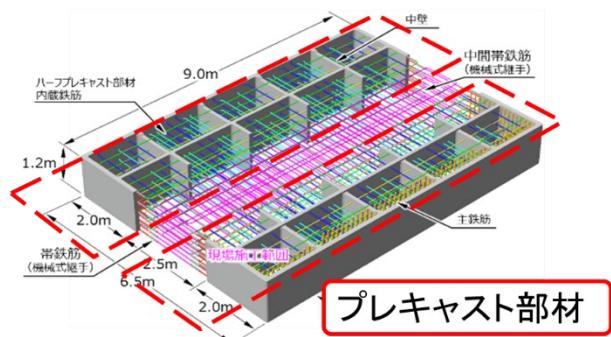


図-11 ハーフプレキャスト部材



写真-8 ハーフプレキャスト橋脚架設状況



写真-9 超大型移動作業車によるPC桁架設状況

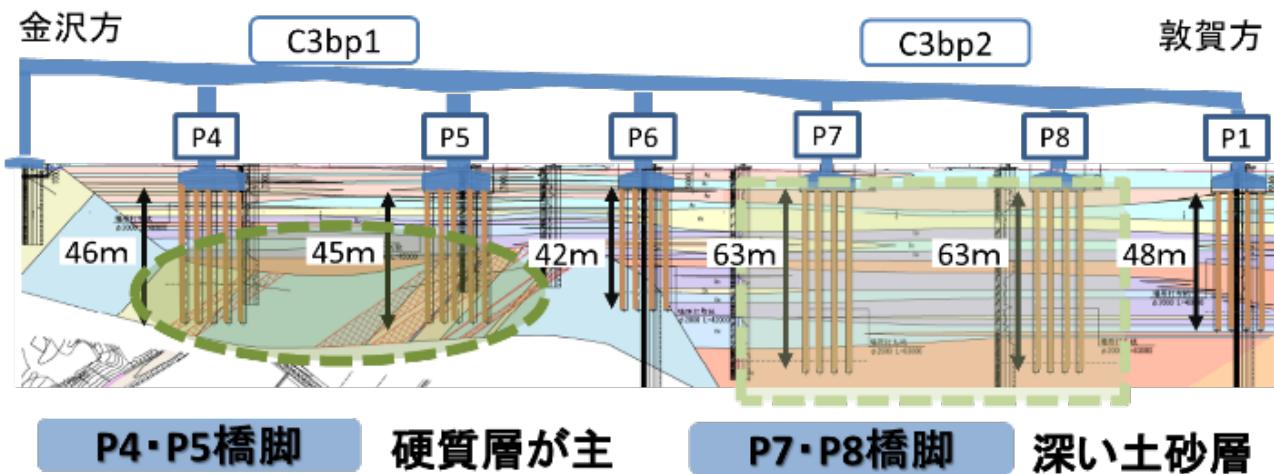


図-10 地盤条件及び基礎工事工程短縮上の留意点

2-4 狹隘なヤードで施工した新幹線と在来線駅の乗換え利便性に配慮した整備新幹線最大規模の駅 -敦賀駅工区-

(1) 概況

敦賀駅は、写真-10に示す通り在来線留置設備及び河川に挟まれた狭隘な箇所に位置しており、交差道路との位置関係から、写真-11に示す通り縦断線形上高い位置に設置する必要があった。また、関西圏・中京圏への特急の乗換利便性確保のため、特急ホームを新幹線駅直下に設置（上下乗換設備）することとなり、工事契約後に設計及び施工計画の抜本的な見直しを行った（写真-12、図-12）。

(2) 課題

駅の高さが高く、乗換設備も有する整備新幹線最大規模の駅となり施工量が多く、かつ設備系統や駅前広場工事もあり、数々の工事を狭隘な施工ヤード内で調整を行いながら進める必要があった。

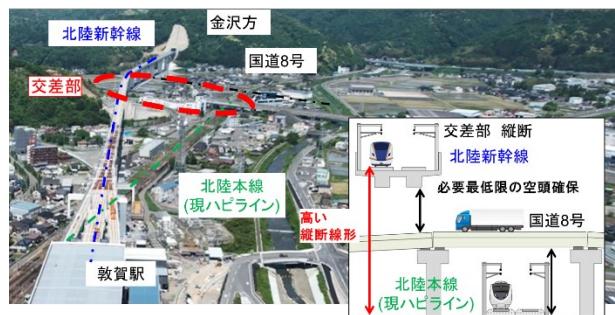


写真-11 敦賀駅起点方の縦断線形



写真-12 特急の新幹線直下への乗入れ

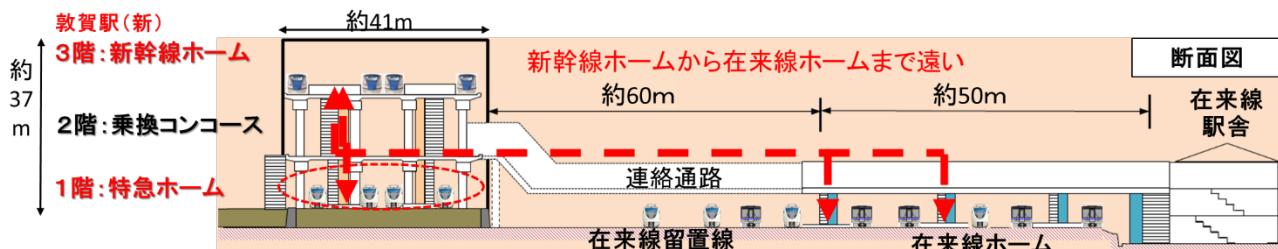


図-12 新幹線敦賀駅から在来線ホームまでの乗換イメージ

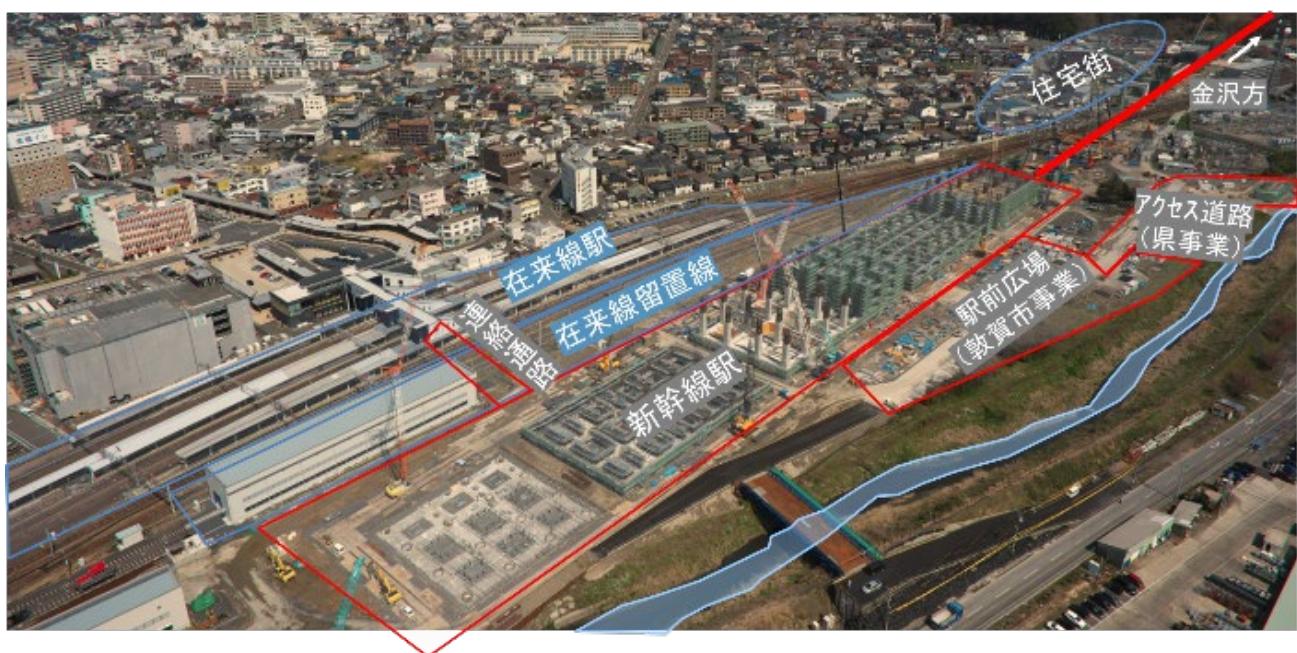


写真-13 新幹線敦賀駅予定地の平面位置

(3) 開口部閉塞による駅本屋先行施工

一般的な駅の建築工事では、上屋の鉄骨を組んだ後、屋根を設置し、その後駅本屋工事に着手するが、敦賀駅においてその工程では駅本屋や在来線特急ホームの工事が開業に間に合わない。そこで、開口部を仮設屋根で塞ぐ（写真一14、図一13）ことにより、雨水の侵入を防止し、駅本屋工事や在来線特急ホーム工事を先行施工した。これにより、複数の工程を競合しながら同時に施工することが可能となり、令和6年3月開業が可能となった。さらに、在来線特急ホームも同時開業が可能となった（図一14）。



写真-14 高架橋開口部を閉塞する仮設屋根

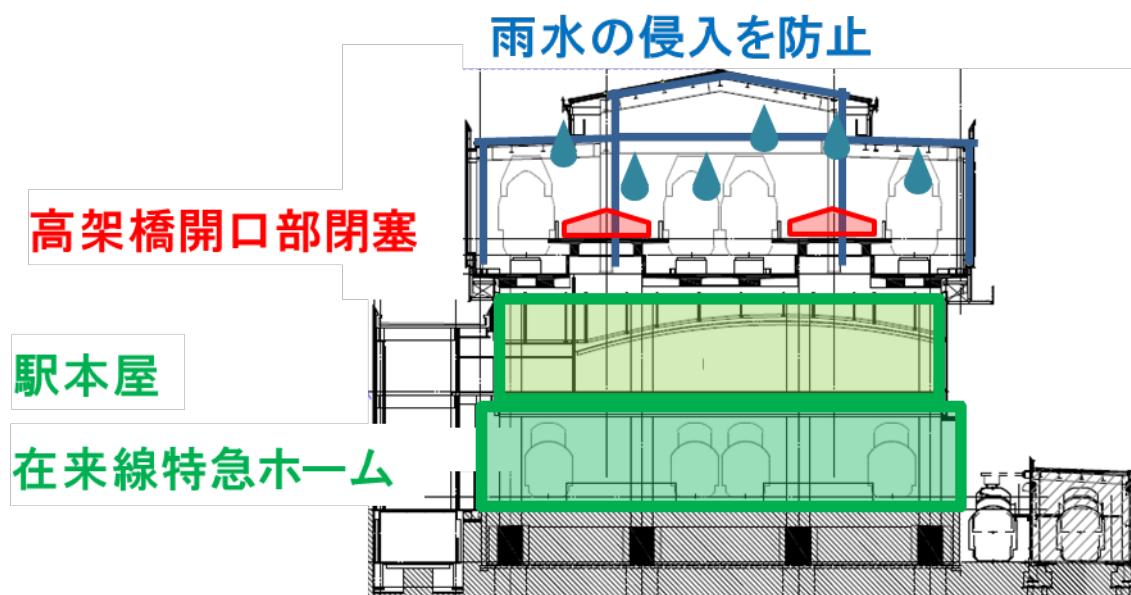


図-13 車体開口部閉塞イメージ



開口部閉塞により先行着手 令和6年3月開業を実現

図-14 高架橋開口部閉塞有無による建築工事工程の比較（青：通常工程、赤線：実工程）

(4) 河川上の大型桟橋設置によるヤード確保
前述の通り狭隘な施工箇所であったため、ヤードの設置スペースが確保できなかった。駅終点側の施工箇所の着手の繰下げを行いヤードとして活用したもの、進入路が限られることと、将来的に構造物を施工する必要があり、工程の確保ができなかったため、河川上に大型桟橋を設置し、ヤードとして活用した(写真-15、写真-16)。

これにより、2箇所のヤードで施工することが可能となり、また高架橋完成まで使用可能なヤードの確保が可能となった。

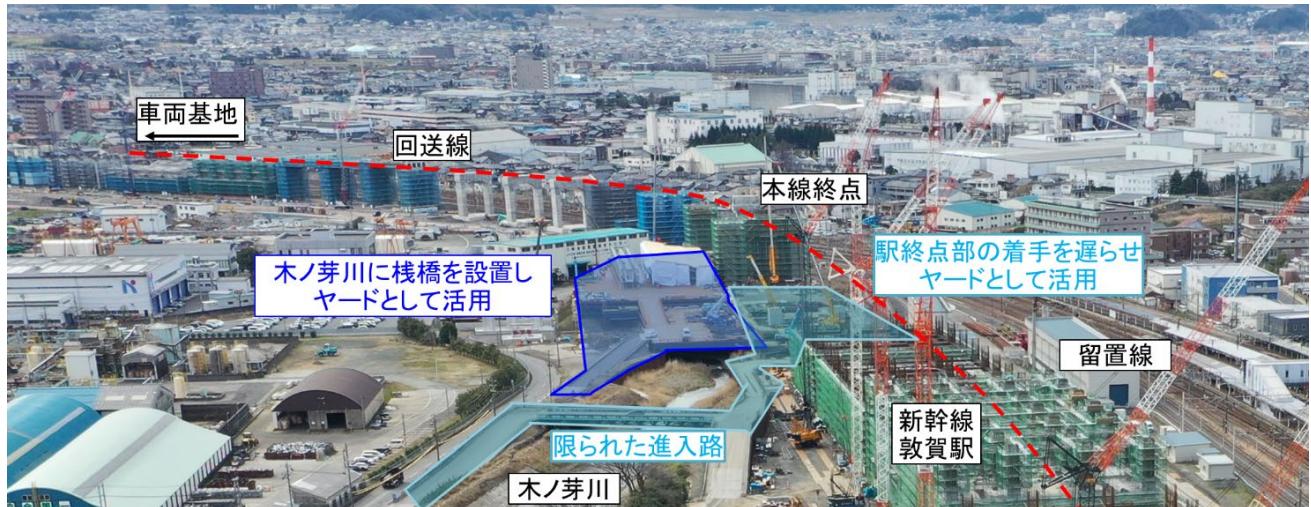


写真-15 大型桟橋による河川上のヤード確保
(水着色：本線上のヤード 青着色：河川上のヤード)

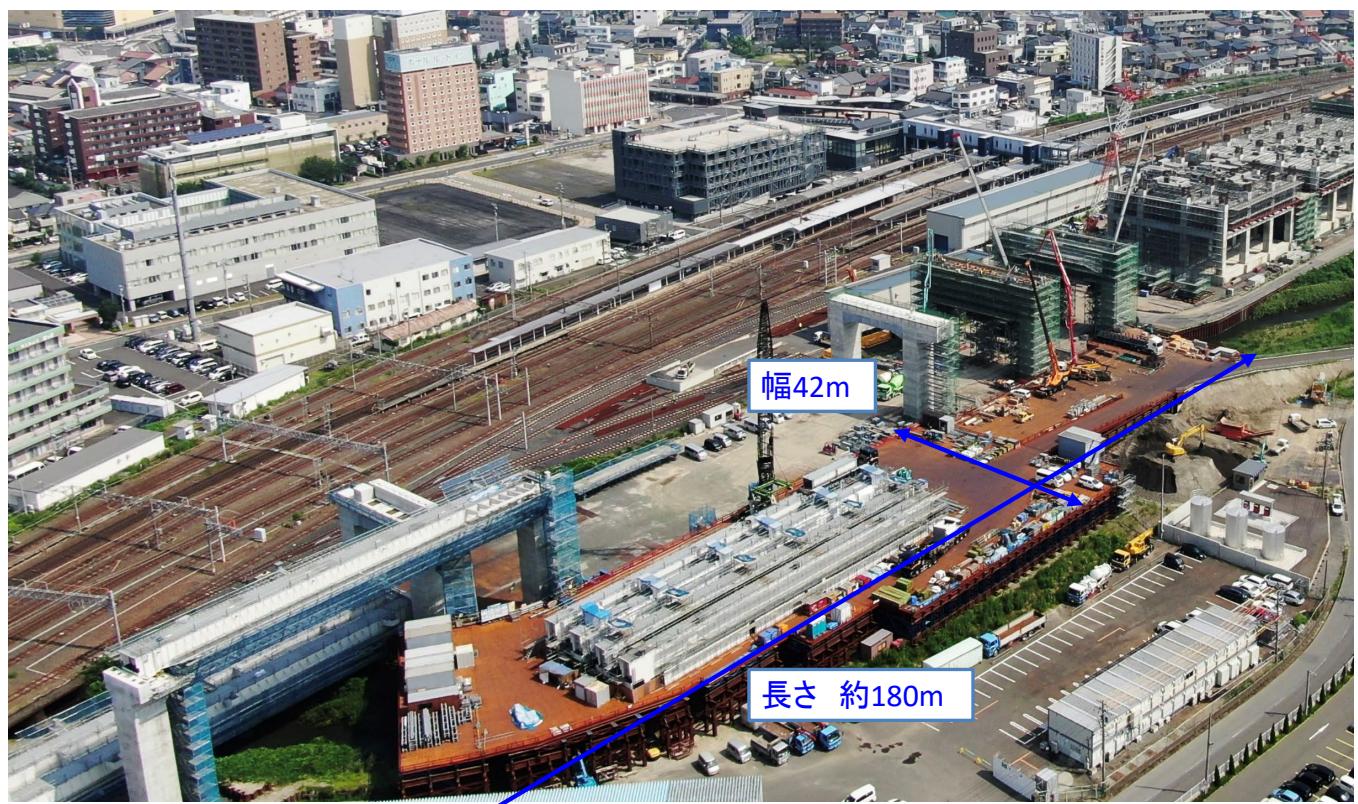


写真-16 大型桟橋による河川上のヤード 全景

(5) BIM 活用による円滑な工程調整

工期短縮のため、建築工事の鉄骨建方では2班体制での施工が必要であった。ヤードの取り合い及び調整が頻繁に発生するため、ヤード検討にBIMを活用した(図-15)。その結果、敦賀市や県、JRなどとの工程調整を迅速に収束できたため、待機なくスムーズに次の工事に着手でき、2班体制による工程短縮効果を発現できた。

(6) 土工事先行施工による駅前広場同時開業

駅東口は駅前広場の用地は工程短縮のため、令和4年度末まで機構のヤードとして使用する必要があった。その後に敦賀市施工の駅前広場や福井県のアクセス道路を整備すると、供用開始が令和6年度以降となってしまい、同時開業

が困難となっていた。そのため、発注者である機関の土木部門及び建築部門、敦賀市・福井県で、工事着手前から綿密に調整し、擁壁や地盤改良などヤードに影響のない一部の工事を施工することにより、機構工事撤収後の工程を短縮することができた。その結果、新幹線と駅前広場の同時開業を実現した(図-16)。

(7) 取り組みの効果

継続的な工程短縮の取り組みにより、建築工事着手から開業までに限っても約1年の工程短縮を実現し、令和6年3月の完成・開業を果たした。また、特急との上下乗換設備や地域事業である東口駅前広場を新幹線開業と同時に完成させることができた。

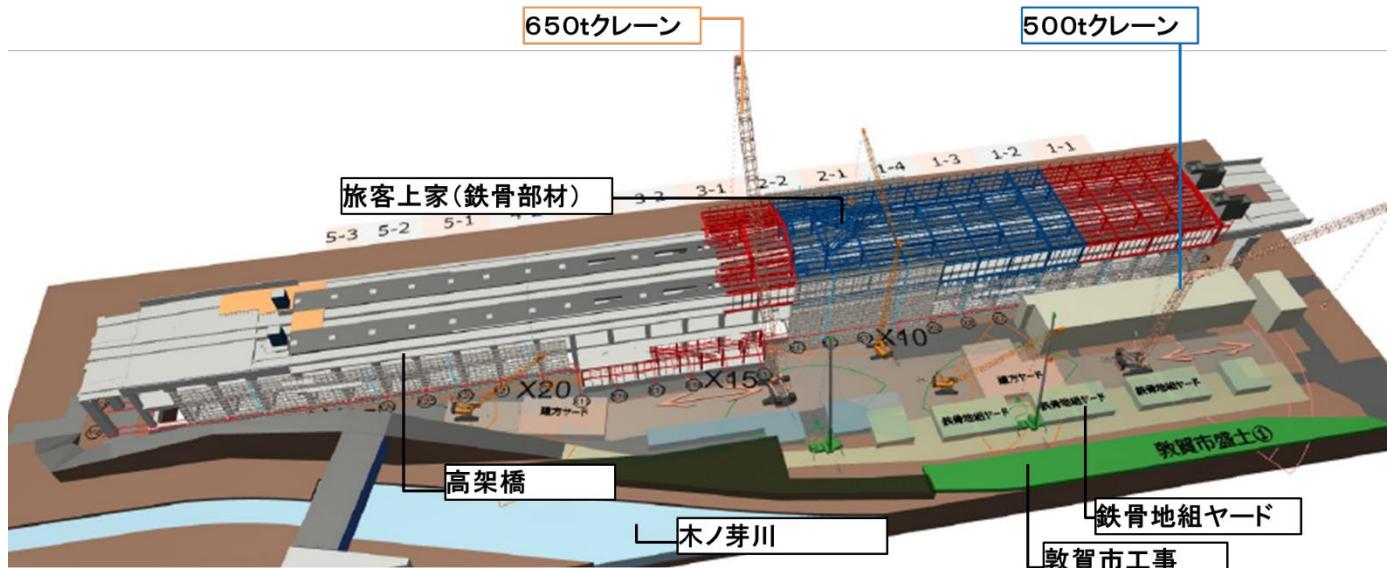


図-15 BIMによるヤード検討

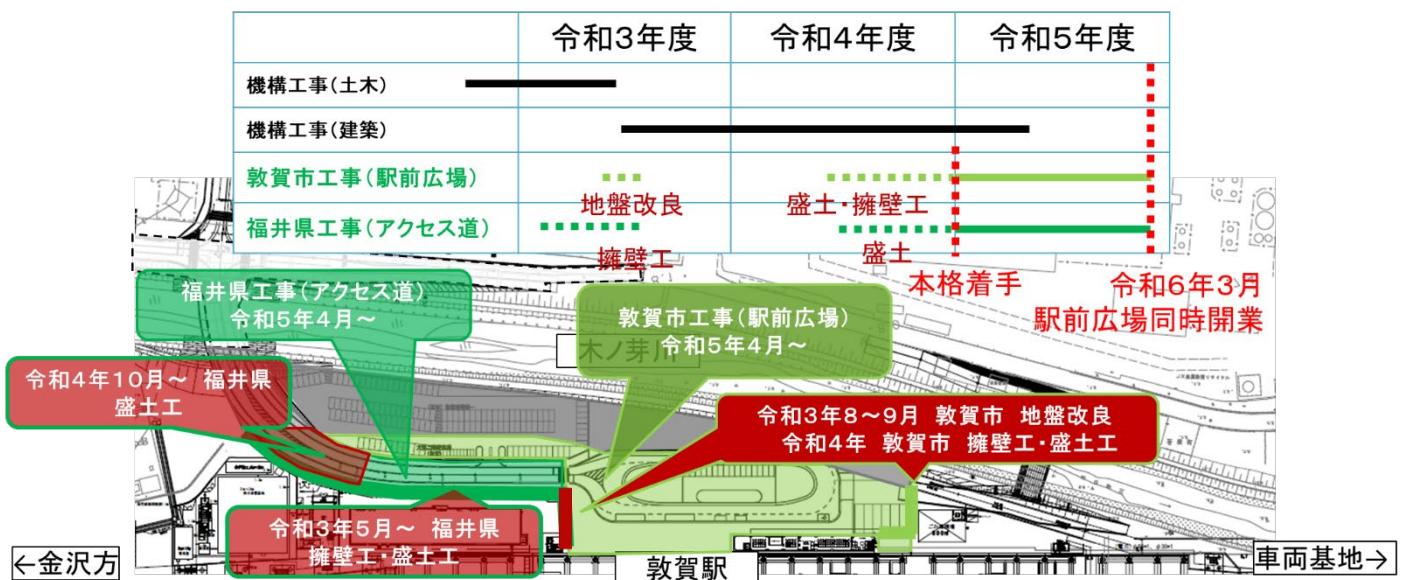


図-16 一部工事先行施工による駅前広場同時開業に向けた工程(茶色:先行着手)

4. おわりに

北陸新幹線（金沢・敦賀間）は、地域事業との連携等に配慮しつつ、様々な工程短縮に取り組み、当初認可に対し2年前倒しとなる令和5年度末に開業することができた。開業後の利用状況は好調で、北陸地域の発展に寄与するものとなっている。本取り組みが今後の建設プロジェクトの一助になれば幸いである。

参考文献)

- 1) 国土交通省. 北陸新幹線の工程・事業費管理に関する検証委員会 報告書 2021
- 2) (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構, 西日本旅客鉄道(株). 北陸新幹線（金沢・敦賀間）の建設（連接型都市圏の機能強化と三大都市圏との新たな交流の創出）. 令和6年度土木学会技術賞（Ⅱグループ） 2025
- 3) 永利将太郎, 木村悠一郎, 安久裕介. 北陸新幹線（金沢・敦賀間）における生コンクリート増産施策. 月刊セメント・コンクリート. No. 878, pp. 16-22, 2020. 4
- 4) (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構北陸新幹線建設局, (株)大林組. 生産性向上と工期短縮を実現したフルプレキャストラーメン高架橋の建設（北陸新幹線, 福井開発高架橋）. 令和3年度土木学会技術賞（Iグループ） 2022
- 5) 永濱湧己, 吉岡浩司, 宮本順一, 三倉寛明. 生産性向上と工期短縮を実現したフルプレキャストラーメン高架橋の施工－北陸新幹線 福井開発高架橋－. 橋梁と基礎. pp. 17-21, 2023. 5
- 6) 久保達彦, 宮本順一, 岡本圭太, 光森章. 北陸新幹線における鉄道初のフルプレキャストラーメン高架橋の建設工事. コンクリート工学. Vol. 59, No. 3 pp. 261-266. 2021. 3
- 7) 朝長光, 安久裕介, 池端文哉, 石田豪史. 北陸新幹線（金沢・敦賀間）大藏余座高架橋-連続PCラーメン橋群の急速施工と乗り心地検証 -. プレストレストコンクリート. Vol. 66, No. 5 2024. 10
- 8) 朝長光, 相澤宏幸, 池端文哉, 石田豪史. 工程短縮策を講じた連続PCラーメン橋群の設計・施工 一 北陸新幹線 大藏余座橋梁 一. 橋梁と基礎. pp. 36-40, 2023. 5
- 9) 亀山敦史, 石田豪史, 相澤宏幸. 埋積谷上の
大深度場所打ち杭の施工 -北陸新幹線大藏余座橋りょう-, 基礎工, Vol. 51, No. 5 pp. 80-83 2023. 5
- 10) 朝長光, 柏木亮, 池端文哉, 石田豪史. 北陸新幹線（金沢・敦賀間）大藏余座橋梁の設計・施工. 第30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. 2021
- 11) 野口亮輔. 埋積谷状の軟弱地盤帶における橋りょうの急速施工-北陸新幹線、大藏余座橋りょう-. 日本鉄道施設協会第36回総合技術講演会. 2021
- 12) 柏木亮, 石田豪史, 長谷川弘明. 大深度場所打ち杭の施工と橋りょうの合理化施工. 土木施工. vol. 61, No. 11 2020. 11
- 13) 大江英誠. 競合工事が集中する建築工事の工程管理－北陸新幹線、敦賀駅－. 鉄道建築協会第38回建築技術会. 2023