

第 98 回(山岳) 様々な課題にチャレンジした山岳トンネルの建設およびトンネルリニューアル工事 — 創意工夫、生産性・安全性向上、働き方改革 —

開催日:令和 8 年 10 月 15 日(木) 開催場所:機械振興会館 B2 階 ホール

1. 脆弱地山での大断面トンネルの切羽変状対策と寒冷地での覆工の品質確保 — 国道13号 金山第一トンネル工事 —

飛島建設(株) 東北支店 金山第一トンネル作業所 監理技術者 秋田 一磨

(概要) 国道 13 号金山第一トンネルは、東北中央自動車道の整備事業の一環である新庄金山道路の山形県金山町地内に位置する全長 L=317m の大断面トンネルである。本トンネルの地山は、水分を含むと著しく泥濘化する細粒凝灰岩を主体としており、掘削時には天端沈下や切羽崩落、押出し等の変状発生が懸念されていた。そのため、地山の安定確保と施工の効率化を両立させた掘削管理が重要な課題となった。また、覆工では、施工における生産性向上に加え、積雪寒冷地域に属す当地域において、凍害・塩害対策を講じ、長期耐久性を確保することが求められた。本報文では、脆弱地山における掘削時の切羽変状対策および寒冷地での覆工コンクリートの品質確保について報告する。 キーワード 脆弱地山、切羽変状対策、大断面、ミニベンチカット、早期閉合、凍害・塩害対策

2. 能登半島内浦と外浦を貫く大動脈大谷トンネル暫定供用に向けた取り組み — 国道 249 号 大谷トンネル応急復旧工事 —

前田建設工業(株) 東北支店 東松トンネル作業所 所長 賀川 昌純

(概要) 令和 6 年能登半島地震を起因として発生した地すべりの影響を受け、能登半島内浦と外浦をつなぐ大谷峠に位置する大谷トンネルは大きな被害を受けて損壊した。そのため、内浦から外浦へとアクセスするためには、急勾配・急カーブ・幅員狭小区間が連続する大谷峠迂回路を経由せざるを得ないが、降雪時には危険が伴う通行困難な大谷峠の通行回避を求める地域住民の要望が強くなってきた。

本稿では、降雪期を迎える約半年間で取り組んだ大谷トンネル補強対策について報告するものである。 キーワード 能登半島地震、災害復旧、覆工コンクリート崩落

3. 切羽崩壊を伴う破砕帯と多量湧水を胚胎する養老山地におけるトンネル掘削 — 東海環状自動車道 養老トンネル —

(株)奥村組 名古屋支店 養老トンネル北工事所 工事主任 黒木 孝洋

(概要) 東海環状自動車道 養老トンネル(仮称)は、岐阜県海津市と三重県いなべ市を結ぶ路線上に位置し、養老山地を貫く延長約 4.7km のトンネルである。岐阜県側および三重県側の両坑口から掘進しており、本工事は岐阜県側から約 2.7km 区間が施工対象である。避難坑は 2022 年 4 月から、本坑は同年 9 月から掘削を開始した。避難坑は地質状況の把握及び水抜きを目的とした先進導坑として本坑に先行して掘削しているが、突発湧水や破砕帯の影響により施工は難航している。2022 年 11 月には切羽天端から約 100m³ の崩落が発生し、2026 年 2 月には約 420m³ 規模の突発湧水を伴う土砂崩落が発生した。また、2023 年 11 月の調査ボーリング孔をはじめ、多量湧水区間では、最大 600t/h、被圧水圧 1.5MPa 以上の湧水が発生するなど、過酷な条件下での施工となっている。本稿では、これら条件下における施工状況と対応について報告する。 キーワード 切羽崩壊、破砕帯、突発湧水

4. 掘削に伴う供用線への対策と県道直下の施工事例 — 国道 322 号香春大任バイパス 2 号トンネル —

(株)鴻池組 九州支店 香春大任2号トンネル工事 所長 木村 圭吾

(概要) 国道 322 号香春大任バイパス 2 号トンネルは、福岡県田川郡香春町に位置する延長 L=713.2m の 2 車線トンネルである。本トンネルは供用中の桜味見トンネルと近接しており、終点側坑口付近上部には県道が横断している。また、両坑口部は泥質片岩の不安定な風化地山であり、終点側坑口部はひん岩の貫入作用を受けた脆弱部の分布が想定されていた。そのため、掘削に伴う地山の緩みが既設構造物に影響を与える懸念があった。さらに発破による供用線への振動対策が必要であった。本報文では、供用線に対する制御発破の効果、切羽前方探査と 2 次元 FEM 解析による支保の妥当性検討、AI を活用した地山評価および終点側の県道に対する補助工法の検討と計測結果について報告する。 キーワード 山岳トンネル、切羽前方探査、地山評価、2 次元 FEM、補助工法、制御発破

5. 新第三紀の火山性地山における多量湧水と対策 ― 北海道新幹線、内浦トンネル(東川) ―

鉄建建設(株) 札幌支店 JV 内浦トンネル作業所 工事主任 小山 俊晃

(概要)内浦トンネル(東川)工事は、北海道新幹線(新函館北斗・札幌間)内浦トンネル(L=15,570m)のうち、中間工区である東川工区(延長L=5,000m)をNATMにより構築する工事である。当工区は新第三紀以降の火山性の地質からなり、最大土かぶり約500mに達する。東川工区の終点方(札幌方)には、鮮新世の固結度が低い火山砕屑岩類(火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩など)が出現した。この区間では緩い差し目の地質構造に起因する天端からの多量湧水に遭遇し、切羽からの湧水量は最大で毎分約600リットルに達した。多量湧水区間では水抜きボーリングを行い、切羽湧水量と湧水圧の低減を図った。また、脆弱な地山の改良と切羽安定化を目的とした注入式の補助工法を実施し、多量湧水区間を克服した。 キーワード 火山砕屑岩、水抜きボーリング、補助工法

6. 中尺水抜きボーリングを利用した湧水評価に基づく施工判断事例 ― 令和3年度鍵掛峠道路トンネル北工事 ―

大成建設(株) 中国支店 鍵掛峠道路トンネル作業所 鈴木 大貴

(概要)一般国道183号鍵掛峠道路の鍵掛トンネル(以下「鍵掛トンネル」)では、掘削中に2度の大量湧水が発生し、一時施工を中断した。施工再開にあたっては、中尺水抜きボーリングならびに湧水調査技術 T-DrillPacker®により、切羽前方の湧水量、湧水圧および脆弱部の分布を評価した。TD1,175m地点では、調査結果に基づいて湧水対策を検討し、排水工法を主体とした施工方針を選定した。TD1,225m地点では、既往の排水工法の効果と脆弱部の分布を再評価し、対策の範囲および仕様を決定した。本稿では、2地点における切羽前方評価結果と施工判断への適用過程を整理し、湧水量と湧水圧を組み合わせた評価が、大量湧水区間における補助工法の合理的な選定および対策範囲の設定につながった事例を報告する。 キーワード 大量湧水、水抜きボーリング、パッカー、湧水量、湧水圧、補助工法

7. 長孔発破、大量湧水対策、および変状対策の取り組み ― 利賀トンネル(1工区)工事 ―

清水建設(株) 北陸支店 土木部 工事主任 大屋 森太郎

(概要)本工事は、利賀ダム本体工事の工事用道路である利賀トンネル(仮称)(全長4,963m)のうち、起点側(L=1,398m)をNATMで施工し、コスト縮減を目的に長孔発破が設計支保パターンとして採用された。さらに、当該箇所は大量湧水の発生が想定されたため、水抜きボーリングが計画されていた。施工段階では、長孔発破による装薬量増加に伴う切羽立入り時間の長期化や掘進延長に伴う天端部開放面からの肌落ち災害リスクの増大、被圧された湧水発生による切羽崩壊を防止するため各種対策を実施した。また、掘削終盤の施工分界点付近では、土被りの増加および地山条件の悪化に伴う変状が発生したため、トンネル貫通時の応力解放やその後の将来的な安定性を考慮して支保パターンの検討・選定を行った。本報文では、利賀トンネル(1工区)工事における長孔発破、大量湧水対策、および変状対策の取り組みについて報告する。 キーワード 長孔発破、大量湧水対策、変状対策

8. 既設トンネル供用下におけるトンネル接続部施工について ― (主)松川大鹿線(仮称)落合トンネル工事 ―

(株)熊谷組 名古屋支店 落合トンネル作業所 現場代理人 貝塚 正人

(概要)長野県大鹿村に位置する落合トンネルは、度重なる落石災害による危険箇所を回避すべく山側にバイパストンネルを新設する工事である。既設大鹿トンネルの坑口周辺が急傾斜地土砂災害特別警戒区域であること、既存施設の有効活用を図ることなどから、起点側より約820mはトンネルを新設するが、終点側の約68mは既設の大鹿トンネルに活線接合させる過去に事例の少ない工事である。本報文では、新設落合トンネルと既設大鹿トンネルの分岐接合部における活線拡幅施工について、主に既設トンネル内に2車線用鋼製プロテクターを設置して現道交通の安全を確保したこと、既設トンネルへの影響が懸念される分岐接合部手前から割岩工法により偏平大断面となる拡幅部の施工について報告する。 キーワード 分岐、活線施工、偏平大断面、割岩工法、プレキャスト覆工

9. 膨張性が懸念される大断面トンネル補助工法における生産性向上 — 朝日温海道路11号トンネルその2工事 —

西松建設(株) 北陸支店 朝日温海出張所 工事担当 近藤 優大

(概要)朝日温海道路 11 号トンネルその2工事は全長 2,201m のうち坑口から 796m を NATM で掘削する工事で、脆弱かつ膨張性が懸念される地質を有し、533m 区間で補助工法が設計されている。膨張性地山では、脆弱層の強度不足や膨張性鉱物による切羽押し出しを伴う切羽崩落や、短期的にも長期的にも大きな変状が懸念され、切羽安定対策や変状抑制対策等の補助工法を確実かつ効率的に行うことが施工上・技術的課題となった。対策として 4 つの補助工法に関する新技術(①AGF-Tk 工法, ②3 連 6 室 ϕ 80 蓮根式インサート管, ③Cki 注入管理システム, ④GroutViz)を導入した。その結果、AGF-Tk 工法では確実性およびコストダウン、3 連 6 室 ϕ 80 蓮根式インサート管では薬液注入の生産性向上およびコストダウン、Cki 注入管理システムでは補助工法の管理効率化による生産性向上、GroutViz では詳細かつ適切な地山評価による施工の確実性・生産性向上の効果が得られた。キーワード 山岳トンネル NATM 工法 膨張性地山 補助工法 生産性向上

10. 全長坑口部(DⅢ)の大断面トンネルにおける覆工コンクリート施工について — 長崎 497 号江迎3号トンネル新設工事 —

佐藤工業(株) 九州支店 作業所所長 安田 悟

(概要)本工事は、西九州自動車道松浦佐々道路(L=19.1km)のうち平戸IC～江迎鹿町(L=4.3km)間に計画された新設トンネルである。トンネル内空断面積は91.3m²と大断面であるが、全長90mと極端に延長が短いことに加え、最大土被りが10mと小さく、全線で坑口部(DⅢ)となる。また、トンネル付近に文化財が近接していることから、慎重な施工が求められた。覆工コンクリートは全線が補強鉄筋有(主筋 D22@200 シングル)、また坑門工は景観に留意し、上下に傾斜した斜坑門で計画されている。本稿ではトンネルの覆工コンクリートと坑門工の施工実施記録について報告する。キーワード 小土被り、大断面、文化財

11. 断面積の合計が 855m² となる超大断面めがねトンネルの施工実績 — 横浜環状南線(圏央道) 釜利谷庄戸トンネル工事 —

鹿島建設(株) 横浜支店 庄戸トンネルJV工事事務所 工事主任 唐澤 海宏

(概要)本工事は、圏央道の一部である横浜環状南線のうち、横浜横須賀道路の釜利谷ジャンクション区間との接続部に位置する延長約1km のトンネル工事であり、上り線で最大 485m²、下り線で最大 370m²、合計 855m² となる掘削断面積を有する世界最大級のめがねトンネルを都市 NATM で施工している。世界最大級の掘削断面積を有する区間の沿線には閑静な住宅地が広がっているため、トンネル掘削時には地表面沈下を可能な限り抑制するとともに、トンネル完成後は地下水位を回復させるため防水構造を採用して地下水位を回復することが求められた。本稿では超大断面トンネルの施工において、掘削から支保工設置までの時間を大幅に短縮できるトンネル施工機械の選定と運用について述べるとともに、防水型トンネルの覆工施工において難渋することの多い鉄筋組立作業を大幅に合理化でき、かつトンネルの止水性も確保できる特殊な吊り鉄筋金具を用いた覆工コンクリートの施工実績について報告する。キーワード 都市 NATM、めがねトンネル、ウォータータイトトンネル

12. 水力発電所リニューアル工事に伴うパネルライニング台車を用いた施工報告 — 夜明発電所 導水路トンネル —

前田建設工業(株) 九州支店 九電夜明作業所 課長 古賀 大志

(概要)夜明発電所(九州電力株式会社)は、運転開始から約 70 年が経過した水力発電所であり、水車発電機など主要設備の老朽化が進行しているため、設備全体のリニューアルを図る総合更新工事を実施している。当水力発電所の主要設備の一つである導水路トンネルの補強方法は、パネルライニング工法を採用し、約 12,000 枚のレジンコンクリートパネル(約 22kg/枚)をトンネル内面に設置する計画である。他現場の施工実績では、全てのパネルを人力で設置していたが、当現場は比較的大口径の導水路トンネルであり、作業員への肉体的負担が大きいこと、および上下間のパネル受け渡し時のパネルの落下に対して懸念があった。そこで、当現場の導水路トンネルの断面に合わせたパネルライニング台車を開発し、機械化施工によりパネルの設置を行った。本稿は、パネルライニング台車による機械化施工の効果をまとめたものである。キーワード リニューアル、導水路、パネルライニング

13. 大規模地すべりによる全面通行止区間を迂回するための道路トンネルの施工

— 一般国道 107 号大石地区道路災害復旧(トンネル築造)工事 —

(株)安藤・間・(株)深松組・河北建設(株)特定共同企業体 南赤石トンネル作業所所長 小山内 陸

(概要)本事業は、大規模地すべりによって通行止めとなった国道 107 号大石地区において、新設トンネルにより地すべり箇所を迂回する災害復旧事業である。工事延長は 1,510m であり、トンネル延長 1,421m のほか、仮設構台、シェッド撤去・再設置、ボックスカルバートの構築を行う。本トンネルの東側坑口貫通点は落石・雪崩防護用シェッド区間内にあり、国道に並行して設置した仮設構台上に交通を切り替えた後に貫通する計画であった。本地域は豪雪地帯であり、雪崩がシェッドを越えて仮設構台に到達する。そのため、雪解け後に仮設構台上へ交通を切り替えてから翌冬前までの約 8 ヶ月間で新設トンネルを開通する必要があった。限られた期間内に施工を完了させるため、移動式外型枠を用いない明り巻の施工やボックスカルバートのプレキャスト化などを検討した。本報告では、トンネル貫通点における施工条件や工期短縮に向けた取組とその効果について報告する。キーワード 災害復旧、山岳トンネル、明り巻、ボックスカルバート、プレキャスト

14. 山岳トンネルにおける鋼製支保工建込み・吹付けコンクリート遠隔施工事例

— 令和5-6年度 窪川佐賀道路小黒川トンネル工事 —

(株)鴻池組 大阪本店小黒川トンネル工事 監理技術者 村島 雅征

(概要)小黒川トンネルは、高知県西部に位置する国道 56 号窪川佐賀道路の佐賀工区約 6.2km 区間のうち、幡多郡黒潮町内に建設する延長 L=396m のトンネルである。山岳トンネル工事において発生する災害では、掘削時の地山の肌落ちや崩落が重大災害になりやすい。特に、作業員が切羽近傍に立ち入って作業を行う必要がある鋼製支保工建込み作業・コンクリート吹付け作業では、被災リスクが高くなる。このような災害を防ぐためには切羽近傍における作業の省人化が必要とされており、安全に施工する技術が求められている。本報文では、危険エリア内での作業である鋼製支保工建込み作業とコンクリート吹付け作業の遠隔化を現場導入したことによる安全性向上、および省人化の実績を報告する。キーワード 山岳トンネル、鋼製支保工、吹付けコンクリート、遠隔化、安全性向上、省人化

15. 供用するトンネルに近接する坑口部不良地山対策 — 磐越自動車道 宝珠山トンネル工事(宝珠山トンネル、小松トンネル)—

(株)大林組 生産技術本部 トンネル技術部 係長 菅原 惇

(概要)磐越自動車道宝珠山トンネル工事は、対面 2 車線で供用中の I 期線に隣接して 4 車線化を図る工事である。本工事では、延長 631m の宝珠山トンネルおよび 217m の小松トンネルの 2 本を施工する。既往の地質調査および I 期線の施工記録から、両トンネルの坑口部には、風化が進行し真砂化した強風化花崗岩の分布が想定された。このような地質条件下では、掘削に伴う地山のゆるみによる I 期線への影響が懸念された。また、宝珠山トンネル起点側坑口部は偏圧地形を呈しており、偏圧の影響を考慮する必要があった。一方、小松トンネル起点側坑口部では崖錐堆積物が厚く分布しており、掘削に伴う地山のゆるみによる坑口斜面の不安定化や I 期線への影響が懸念された。本稿では、これら坑口部の厳しい地質・地形条件下における、供用中の I 期線トンネルへの影響抑制対策および周辺地山のゆるみ低減対策、ならびに動態観測の実施状況について報告する。キーワード 近接施工、未固結地山、坑口施工

16. ICT スリップフォーム工法によるトンネル路盤鉄筋コンクリート施工の効率化 — 北海道新幹線野田追トンネル(南) —

東急建設(株) 土木技術部 トンネルグループ グループ長 栗田 洋伸

(概要)北海道新幹線、野田追トンネル(南)では、軌道基地としての早期開放に対応するため、延長 6,900 m の路盤鉄筋コンクリートを限られた期間で施工する必要があった。従来工法は、長距離の墨出し、型枠の転用、狭隘な坑内でのコンクリート運搬および人力仕上げが工程上のボトルネックとなる。そこで、ICT スリップフォーム工法を採用した。適用に際しては、低スランプコンクリートの成形性、突起鉄筋とモールドの干渉、既設インバートとの一体性、目地材の変形、坑内物流および追尾視通を主要課題とし、専用配合、突起鉄筋の上下分割・機械式継手、はく離防止兼用ずれ止め鉄筋、誘発目地構造および車両動線を一体的に再設計した。その結果、従来想定 17.2 か月

に対し約8か月で路盤・突起コンクリートを完了し、路盤高の精度は規格値 $\pm 10\text{mm}$ を全点で満足、約80%が $\pm 5\text{mm}$ 以内となった。本稿では、機械施工を成立させた技術的検討と施工結果を報告する。キーワード ICT 施工, スリップフォーム, 路盤鉄筋コンクリート, 急速施工, 低スランプ, 施工システム