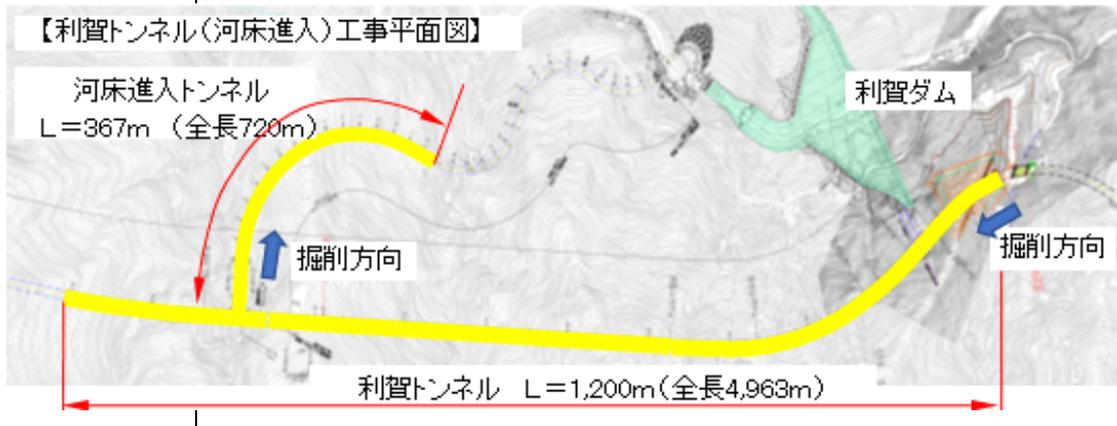


分類	③生産性向上、⑥その他(厳しい気象条件への対応)、①安全管理
----	--------------------------------

課題名	トンネル掘削工事の生産性向上、厳しい気象条件への対応および安全管理の工夫について	
工事名	利賀トンネル(河床進入)工事	
施工業者名	株式会社 安藤・間	
担当技術者名	現場代理人 靱山 雅彦	
工事場所	富山県南砺市利賀村押場地先	
工期	令和2年1月30日～令和4年12月15日	

工事概要	<ul style="list-style-type: none"> ◆トンネル掘削 利賀TN:1,200m、河床進入TN:367m ◆トンネル覆工 利賀TN:1,200m ◆トンネル坑門工 一式 ◆コンクリート舗装 利賀TN:8,650m²、河床進入TN:2,180m² ◆仮設備工 一式
------	--



1. はじめに

当工事では、道路トンネルとしての品質を確保しつつ、山岳トンネルの既存の設計・施工法を踏まえ、最新の知見と新たな技術の採用などトンネルの合理的な施工による生産性向上を図り建設コストの縮減を図る必要があった。また、当該地域は豪雪地であるが、冬季においても継続的に施工をする必要がある。以上により、本文では、トンネル工事の生産性向上、厳しい気象条件への対応および安全管理の工夫についての取組みを報告する。

2. トンネル掘削工事における生産性向上について

当工事ではコスト縮減委員会の提案により新技術を導入してコスト縮減を考慮した設計が採用されている。支保パターン延伸や長孔発破の採用等により、代表的な C I パターンにおいて月進 147.3mを確保する必要があった。この月進を確保するため、トンネル掘削工事の生産性を向上させる必要があり、以下の方策を講じた。その結果、令和2年12月末までの期間において、C IIを含む C I パターンを主体とする区間で平均月進約 170mを確保した。

2-1. 独自の発破パターンプログラムの採用

従来の発破パターンでは特に硬岩において計画通りに破碎できない事例があるため、熟練坑夫の経験則で行っていた穿孔パターンを参考に、発破の基本理論と矛盾する箇所をひとつひとつ改善し、新しい装薬孔の配置ルールを策定した。この理論に基づいた発破パターンを現場状況に応じて対応できるように『発破パターン作成プログラム』を使用して現場独自で地山状況に適した発破パターンを作成した。これをドリル NAVI で正確に穿孔し効率的な発破を実現した。

2-2. トンネル ICT 機械(ドリル NAVI)の導入

当工事では、設計で長孔発破が採用されている。切羽後方に設置したトータルステーションよりドリルジャンボ自体で位置情報を認識して、計画した発破パターンに対して穿孔角度、位置および穿孔長をガイダンスすることで正確な穿孔を実現している。Plan(発破パターン作成)、Do(穿孔・発破)、Check(発破効果確認)およびAction(改善策検討)の PDCA サイクルにて、地山状況の変化に応じて対応をした。



ドリルジャンボのブームを穿孔位置まで移動すると(赤丸印)、計画する穿孔角度・位置が表示される。

写真1 ジャンボ操作画面

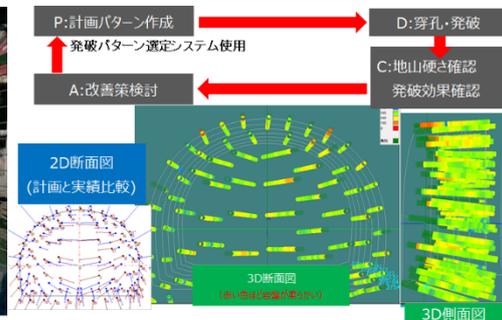


図1 PDCA サイクル

2-3. 最高出力を誇る削岩機(ドリフター)の採用

穿孔時間を短縮して効率的な発破をするため、国内最高出力の削岩機 HD250(標準機 55kw 級に対して 75kW 級)を採用した。また、削岩機故障時に敏速に対処できるように HD250 の予備機を準備している。

HD250 (75kW 高効率電動モータ対応)

穿孔性能の更なる向上を追求！
打撃効率を極めたクラス最高出力を誇る
最新型油圧ドリフター **HD250** 搭載。



写真2 削岩機(HD250)

2-4. 超大型油圧ブレーカと本坑での残像照射型マーキングシステムの採用

長孔発破時に掘削断面不足となることが多い穿孔の孔口辺りの岩盤破碎に超大型油圧ブレーカ(標準機 1.3t級に対して 2.5t級)を採用して、断面整形を効率化した。また、残像照射型マーキングシステムを採用して掘削断面不足を容易に確認できるようにした。

2-5. アーティキュレートダンプの採用および転回坑の構築

旋回半径の小さいアーティキュレートダンプ(20t級)を採用した。吹付コンクリート運搬の生コン車が坑内で旋回できるように転回坑を構築した。これにより、特にずり出しでは旋回半径が小さいことに加えて坑内旋回が容易になり施工サイクルを短縮することができた。



写真3 転回坑構築

3. 厳しい気象条件への対応

当工事では、豪雪地帯において冬季に工事を継続する必要がある。除雪体制の確保のほかに、豪雪に耐えうる仮設備を事前に計画する必要があった。

3-1. 耐雪仕様の仮設建物と建屋の採用

事務所、宿舍および現場休憩所等の仮設建物について、豪雪に対してある程度耐えうる仕様が必要になった。仮設建物の柱、梁および屋根材を補強した耐雪 2m仕様を採用した。また、生活する関係者が快適に生活できるように、室内は二重サッシおよびエアコンを全室に設置した。また、高さの高い吹付プラントについては、柱と梁の補強および傾斜屋根を採用して基本的に屋根の雪下ろしは不要となる仕様とした。



写真4 受電設備積雪対策

3-2. 高圧受電設備の積雪対応

受電設備には高圧線の接続があり、除雪時に高圧線を切断して感電する懸念があった。受電設備全体を山留材と覆工板で覆い、積雪時にも除雪は不要となる構造とした。



写真5 設備の坑内設置

3-3. 濁水処理設備の積雪対応

濁水処理設備は、各種計器や配管等があり、除雪しにくい設備である。この設備全体を押谷トンネル坑内に設置することで、除雪は不要となる。また、これにより冬季の炭酸ガス等の薬品の供給も容易になる。配管やバルブ等の凍結対策として保温養生を実施した。

3-4. 屋根の雪下ろしの安全対応

仮設建物について、屋根の雪下ろしを考慮した構造とした。各建物の非常階段に背あて付き昇降設備を設置して、積雪前より屋根の端部にスタクションおよび親綱を配置した。これにより墜落制止用器具を使用して安全に屋根の雪下ろしをすることができた。



写真6 屋根雪降ろし設備

3-5. 坑口仮設備の雪崩対策

坑口には変電設備や送風機を設置している。坑口付近では、過去に雪崩が発生していることから坑口仮設備に対して雪崩対策を実施した。坑口仮設備は堅固な山留材による架台に設置し、雪崩を受ける斜面側はキーストンプレートで覆った。雪崩により斜面から側方の力が作用しないように斜面側を耐候性大型土嚢で埋戻し、それらが雪崩で滑動しないようチェーンで連結して一体化した。また、送風機の転倒防止のため、H型鋼にてやらずを設置した。今後坑口付近の雪崩発生について、ドローンによる上空調査よりその発生の可能性を確認する予定である。



写真7 懸念される雪崩

3-6. 停電時のバックアップ電源の確保

工事区域では、冬季に雪崩により電柱の破損等が発生して瞬間的ではない停電が発生する可能性があることを電力会社より説明を受けている。当工事は、突っ込み勾配でトンネル掘削を進めているため、停電時に切羽の水没の懸念があった。そのため、停電時と復旧時には、受電設備より自動警報メールが関係者に届くようにした。また、停電時には、発電機が自動稼働する設備を設置した。これにより排水ポンプ等は運転することができ、切羽の水没リスクを回避することができる。商用電源が復旧した時には、発電機は自動停止して商用電源に自動的に切替わる。



写真8 自動電源供給設備

3-7. 豪雪時の燃料の確保

豪雪時には、幹線道路の通行が困難となり燃料供給が滞る懸念があった。除雪機械の燃料確保や吹付コンクリートの品質確保の暖房設備ため、燃料の確保をする必要があった。消防署と協議をして、軽油と灯油の外部燃料タンク(各 990L)を設置した。これにより、豪雪時においても必要な燃料は確保できている。



写真9 外部燃料タンク

3-8. Web カメラの設置

技術提案での切羽Webカメラのほかに、豪雪時の現場状況を把握するため、赤松谷橋付近の坑口と松谷橋付近の仮設ヤードにWebカメラを設置した。このカメラは、ズームアップのほかカメラの向きをPCまたはスマートフォンで操作でき、年末年始休暇や休日等においても遠隔地で容易に現場状況の把握ができた。



写真10 安全ルールの掲示

4. 安全管理の工夫

4-1. 安全ルールおよび繰り返さない為の安全 10 項目の指導

新規入場者教育時に過去の災害事例を繰り返さないように『繰り返さない為の安全 10 項目』を指導した。また安藤ハザマ安全ルールを安全教育等で指導した。これらについては休憩所に掲示した。



写真11 坑口掲示板

4-2. 入場者一覧表および坑内環境測定結果の表示

トンネル坑内の入坑者を把握するため、顔写真入り入坑札を掲示し作業終了時や緊急時の坑内従事者を確認できるようにした。また、酸素濃度等の環境測定結果も掲示した。

4-3. WBGT 値による熱中症防止対策

夏季においては、WBGT 値(暑さ指数)を測定し、その値に応じてレベル1~3 の熱中症予防対策を実施した。

- ・レベル 1: 計測値が 31℃以上の場合、作業所長が『作業の中断』を指示する。
- ・レベル 2: 28℃以上 31℃未満では『1 時間に 10 分のウォータータイトム』を実施する。



写真12 WBGT 値測定

・レベル 3: 28℃未満では通常の作業とする。

休憩所にはエアコン・ウォーターサーバーを設置し、ウォータータイムにはスポーツドリンクを関係者全員に配布した。

4-4. バックモニターを設置

バックホウやダンプトラックの後方等の死角を排除するため、バックモニターを設置した。バックホウ等の旋回する機械には後方および側方、ダンプ等には後方にカメラを設置した。



写真 13 重機にカメラ設置

4-5. スピードガンによる運搬速度管理

特にアーティキュレートダンプにおいて、その大きさやエンジン音から一般車両と比べて走行速度の把握が難しい。そのため、スピードガンを使用して走行速度を把握し、運搬速度管理を実施した。



写真 14 運搬速度管理

4-6. 運搬路のスリップ防止および粉塵抑制対策

掘削中の利賀トンネルの路盤より 3 号トンネル等にヘドロ堆積が見られた。これにより路盤が滑りやすい状況となったため、スパーを搭載した搭乗式掃除機(アルマジロ)を使用してヘドロの清掃・回収に努めた。また、3 号トンネル内が乾燥した場合、舗装路面上の微細な粉塵の飛散により視界不良が発生したため、散水車による路面の湿潤管理を実施した。



写真 15 路面清掃状況

4-7. 原石置き場でのダンプ転落防止土堤の設置

原石置き場の荷下ろし箇所では、土堤を設置してダンプが法肩から転落しないようにした。積雪時には除雪により土堤が削れてしまうため、初回運搬のズリでその都度土堤を復旧した。



写真 16 転落防止土堤

4-8. 坑口部での発破による飛石防護対策

坑口付近での発破掘削では、周辺を一時通行止めとして、坑口に防爆シートを設置するとともにダンプ 2 台の荷台による飛び石防護を実施した。



写真 17 防爆シート設置



写真 18 ダンプによる防護



写真 19 重機周辺の確認

4-9. 坑内での重機周辺確認対策

坑内では、狭い空間での作業となり、重機始動時に人や資機材との接触の懸念がある。そのため、重機停止時にはキャタピラに布団はさみを設置する。再始動前にはオペレータ自身が周囲の状況を確認し、布団はさみを回収するルールとした。

4-10. 鋼製支保工運搬時の重機・車両の接触災害の防止

鋼製支保工運搬時、その長さから荷台内に収まらない。坑外よりも暗い坑内で重機や車両が接触しないように鋼製支保工の端部にマグネット式カラーコンで明示をした。



写真 20 鋼製支保工端部明示

4-11. 新型コロナ感染症予防対策

新型コロナ感染症予防対策として『3密』を避けることを原則として、現場では以下の感染症予防対策を実施した。

- ① ソーシャルディスタンスの確保： 朝礼等人が集まる場面では人と人の間隔をできる限り2m確保する。事務所内や休憩所等でソーシャルディスタンスを確保できない場所では、パーティションを設置した。また、宿舎においては、すべての作業員に個室を準備した。
- ② マスクの着用： 朝礼や打合わせ時などではマスクを着用した。
- ③ 手洗い・指先消毒の実施： 手洗いを励行するとともにアルコール消毒液を随所に準備して消毒をする習慣付けをした。休憩所にはセンサー付きアルコール自動噴霧器を設置した。
- ④ 換気の確保： 人が集まる現場事務所、会議室および休憩所の室内には2台の換気扇を常時稼働して、エアコン使用においても常時換気ができるようにした。
- ⑤ 作業前の検温： 朝礼前に非接触体温計で測定を実施して平熱より1度以上高い熱(37.5℃以上が目安)の場合は、遠慮なく仕事を休むように指導した。また、検温をよりスムーズに実施するため、体温検知カメラを休憩所に設置した。



写真 21 密を避ける朝礼



写真 22 感染症予防掲示物

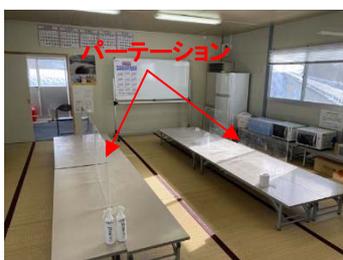


写真 23 パーティション設置



写真 24 体温検知カメラ

- ⑥ 遠隔会議の実施： 現場事務所の会議室には55インチ大型ディスプレイを設置した。これとZoomを使用して遠隔会議を実施して、外部の人との接触機会を低減した。

5. おわりに

工事開始からの令和2年12月末までに無災害で約700mのトンネル掘削を完了できた。また、昨年末より猛烈な寒波に見舞われて工事を進めることに苦勞をしております。現場を運営していると感じることが、難局に遭遇した時に安藤ハザマ職員と協力会社は一体となって同じ目標に取り組むこと、そして、うまく進まなくても諦めずに継続して努力することであると思います。国交省利賀ダム工事事務所や協議会パトロール等のご指導を通じて適宜見直しをおこない、現場の状況に適した対応を進める必要があります。今後ともご指導とご協力をよろしくお願いいたします。