

狭小トンネル拡幅工事における課題と対応策 ～主要地方道佐渡一周線 跳坂トンネル工事の施工事例～

株式会社本間組	土木事業本部技術部	非会員	本間	義信
株式会社本間組	東北支店土木部工事課		齋藤	光雄
株式会社本間組	土木事業本部土木部工事課		小幡	明人
株式会社本間組	同上		荻原	享

1. はじめに

新潟県佐渡市では、佐渡金銀山の世界遺産登録を目指して、観光地への交通網改善を目的とした道路整備が進められている。「跳坂トンネル」(図-1 参照)は、江戸時代に奉行所がおかれ金山で栄えた佐渡観光の中心地「相川」と佐渡北端の景勝地「大野亀・二ツ亀」を結ぶ主要地方道佐渡一周線上にあるが、大型バスが通過できず、また、車両同士のすれ違いが困難であることから、道路の改修・整備が望まれてきた(写真-1 参照)。当該道路は沿岸部に点在する集落を結ぶ地域住民の生活道路でもあり、迂回路も無いため、通行止めが困難であった。本報告では、このような条件下で実施したトンネル拡幅工事についてとり上げ、施工上の課題とその解決策および効果について紹介する。

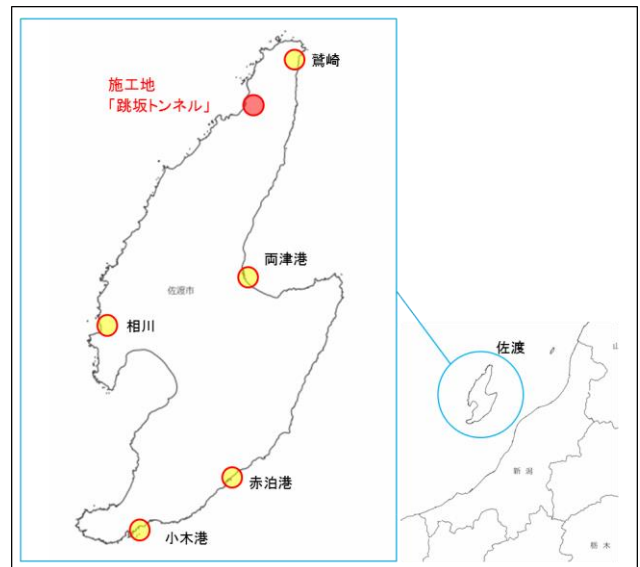


図-1 跳坂トンネル位置図

出典：国土地理院ウェブサイト白地図を一部加工

2. トンネル諸元

本工事は、主要地方道佐渡一周線のうち、延長 L=58.9m の跳坂隧道を二車線道路トンネルに拡幅するものである。以下に、跳坂トンネルの諸元を示す(図-2 参照)。

発注者：新潟県佐渡地域振興局地域整備部
 施工者：本間組・本間建設特定共同企業体
 掘削工法：NATM 上半先進ショートベンチカット工法
 主な工種：トンネル掘削工，覆工コンクリート工，
 インバート工，坑内付帯工，坑門工，
 掘削補助工，仮設工

施工数量：延長 L=58.9m

内空断面積 現況：A=20.67m²
 ⇒ 拡幅後：A=49.75m²
 道路幅 現況：W=4.5m
 ⇒ 拡幅後：W=6.5m



写真-1 拡幅工事着手前「跳坂隧道」

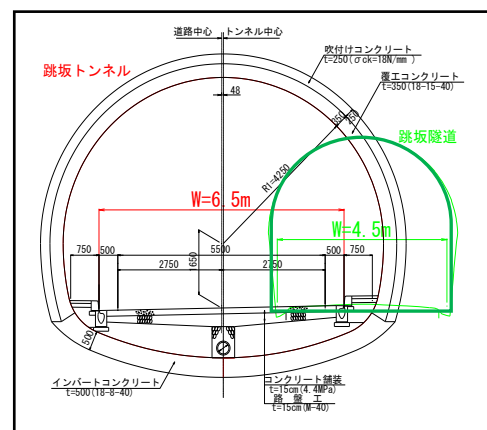


図-2 標準断面図(拡幅後)

3. 当現場における制約と課題

跳坂トンネル拡幅工事では、周辺住民の要望や交通状況から、通行規制期間の短縮および施工途中の道路解放時の安全確保が求められた。課題を以下に整理する。

- ①工事対象トンネルは迂回路が無く、地元住民の生活道路として利用されているため、5:00~20:00は道路解放しなければならない。
- ②掘削中のトンネルを交通解放するため、解放時はトンネル断面の安定が確保できること。
- ③一般車両が通行する際、切羽の肌落ち・落石を確実に防止できること。
- ④夜間通行止め日数が地元の要望により「76日間」に制限された。
- ⑤夜間(20:00~5:00)の全面通行止め可能時間内に、トンネル掘削工は1日1サイクル(進捗1m:掘削, 既設覆工撤去, 一次吹付, 上下半支保工建込, 二次吹付, ロックボルト工, 補助工法(充填式フォアポーリング等)), 安定化に必要な補助工法(鏡吹付), および、準備・後片付けを完了しなければならない。

4. 課題に対する解決策

4.1 トンネル断面の安定性確保と効率的な掘削工法の採用

本トンネルの中間部は既設隧道法線と拡幅後のトンネル法線が異なり、既設隧道が拡幅断面の外側に位置する特殊な断面であった。標準型の支保工を用いる施工では、トンネル掘削開始から貫通までの期間の一般車の通行断面を確保するため、既設隧道の覆工コンクリートをロックボルトで補強し、この補強断面を支保工の一部とする方策がとられる(図-3(a)左図参照)。しかし、この方法では上半支保工のアーチが未形成のため、支保工の変位によりゆりみ領域が拡大し、トンネル全体の安定確保が困難と考えた。また、標準型支保工を用いる施工方法では、補強ロックボルトはトンネル掘削工着手前に、山側下半支保工は貫通後に施工しなければならない。

このため、施工1サイクルで全断面を閉合して、地山の安定を確保できる「拡幅掘削・支保工法(図-3(b)参照)」を採用した。この工法は、支保工断面内に既設隧道を配置する目的でトンネル中心天頂部に支保工材を追加するものである。また、「拡幅掘削・支保工法」は、1日の施工サイクルで下半支保工建込まで施工可能で安定性が向上する。また、補強ロックボルト工が省略できることから、掘削工程の短縮が可能となる。

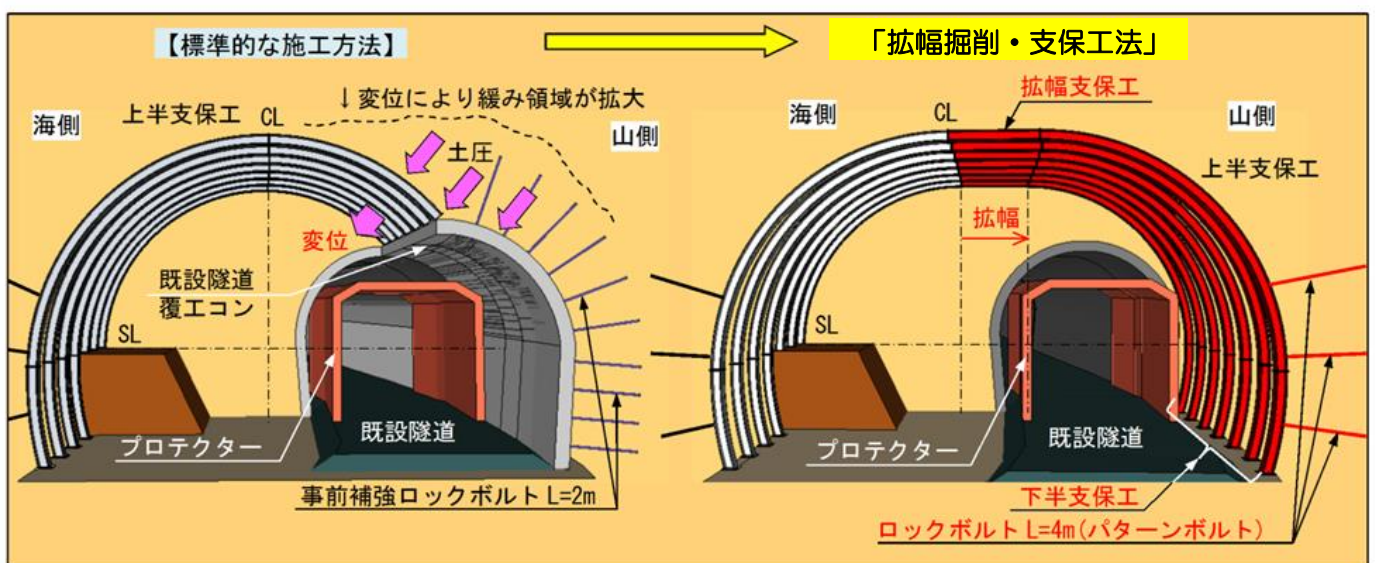


図-3(a) 標準型支保工による施工方法

図-3(b) 拡幅掘削・支保工法

4.2 取り壊し作業の確実性の確保

1 サイクルの施工(1m)に合わせ、慎重かつ確実に既設隧道の覆工コンクリートを取り壊すため、トンネル掘削用の大型油圧ブレーカーと、油圧圧砕機を併用した(写真-2参照)。大型油圧ブレーカーでの施工は狭隘な施工場所であることから、覆工コンクリートに対して斜め方向からしか破碎できないため、十分な衝撃が伝わらず、効率的な破碎が望めなかったが、油圧圧砕機は破碎箇所毎に掴みながら圧砕できるため、取り壊しにかかる時間の短縮も見込むことができる。



写真-2 既設隧道覆工コンクリート破碎

4.3 切羽面の安定化

切羽の安定化を図るため、全断面掘削工法(写真-3参照)で施工した後、切羽面からの肌落ち・落石が発生しないよう、鏡吹付($t=5\text{cm}$)を実施した(写真-4参照)。鏡吹付を施工することで、地山と坑内の空気や水分との接触や、浸食を抑制できる。また、掘削により露出した地山表面をコンクリートで覆うことで地山のゆるみも抑えられる。また、一次吹付と同時に施工できるため、施工の遅延も生じない。



写真-3 全断面掘削工法による掘削状況



写真-4 鏡吹付状況

4.4 一般車両通行時の安全性確保

一般車通行時は、一般車が落石により被災しないよう、切羽直下に「移動式鋼製プロテクター」を設置した(写真-5, 図-4参照)。バックホウで簡易に移動できるプロテクターの採用により、全断面掘削工法への適用が可能となる他、設置・撤去に要する時間が少なく、掘削サイクルの遅延も生じない。



写真-5 鋼製プロテクター設置状況

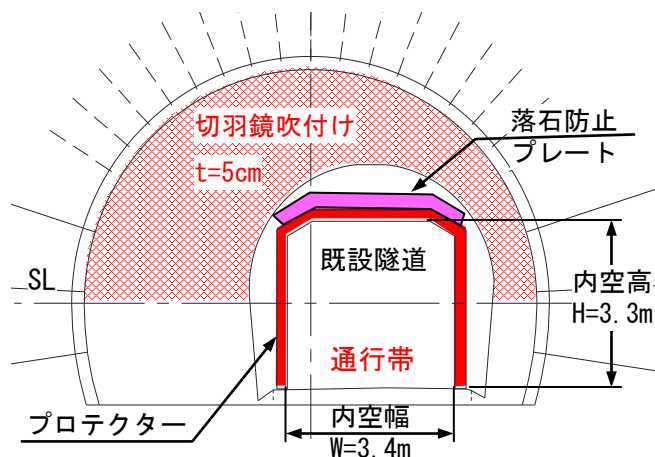


図-4 鋼製プロテクター設置詳細図

5. 効果

5.1 「拡幅掘削・支保工法」の採用による工期短縮

1m 毎の掘削に合わせ下半支保工まで建て込むことにより、全断面をアーチ閉合可能となり、変位量も最大値 1.9mm と小さく安定した状態（図-5 参照）で交通解放できた。また、工程面でも、以下の理由により、標準型支保工を用いる方策に比べ、14 日程度短縮できた。

- ・山側下半支保工建込を、1 日の掘削サイクルに入れることで、10 日間の工期短縮。
- ・既設隧道の事前補強ロックボルト施工期間として見込んだ、4 日間の工期短縮。

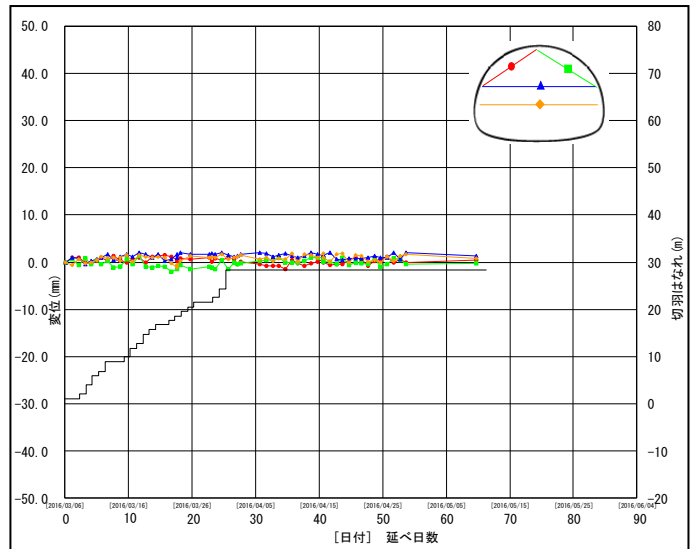


図-5 内空変位計測結果（トンネル中間点）

5.2 油圧圧砕機による施工性向上と地山安定性の確保

油圧圧砕機を使用することで、トンネル掘削 1m の進捗に合わせた範囲の既設隧道の撤去が可能となり、取り壊しにかかる時間の短縮が図られた。また、大型ブレーカーによる衝撃破壊と圧砕機による静的破碎の併用により慎重な施工ができるため、周辺地山のゆるみ領域の拡大を抑制することもできた。

5.3 鏡吹付による切羽の安定

切羽面の肌落ちは発生しなかった。また、鏡吹付を一次吹付時に施工できたため、1 日のトンネル掘削サイクルに影響を与えることは無かった。

5.4 移動式鋼製プロテクターによる工程短縮と安全対策

トンネル掘削時に使用する機械（バックホウ）で移動が可能のため、設置・撤去に要する段取り・準備等が不要で、経済的にも優位であった。鋼製プロテクターはバックホウで簡易に引き出せるため、設置撤去に要する時間が少なく（15 分程度）済み、1 日のトンネル掘削サイクルに影響を与えることは無かった。

また、工事中は日中における一般車両通行時の安全対策には特に注意を払い、結果として、一般車・歩行者・自転車の工区内通行に支障は無かった。

5. おわりに

本報告では、主要地方道佐渡一周線整備事業におけるトンネル拡幅工事の事例を紹介したが、日本全国に同様な条件を有する狭小トンネルは数多くみられる。拡幅によるトンネル更新は、トンネル新設に比べ、既設ルート・取付道路を活用できる分、事業費が抑えられるケースがあることや、掘削土量を少なくできることなど優位な点も多い。

跳坂トンネルが位置する通称「Z坂」は、毎年 9 月に佐渡全島を舞台に開催されるトライアスロンの一番の難所と言われている。新トンネルは道路網の機能向上につながり、交通事故の減少、地域住民の生活向上、さらに、佐渡観光の振興に大きく寄与するものと期待される。

本取組みで得られた成果を交通切り回しが困難な狭小断面トンネル拡幅工事に活用していきたい。

6. 謝辞

最後に、新潟県佐渡地域振興局地域整備部の皆様に、本トンネルの工事期間中および本報の執筆にあたり、多くの御指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。