

トンネル避難連絡坑の本坑接続における補強工事の実施

中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 正会員 堀川 敬
 中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 正会員 鈴木 俊雄
 中日本高速道路株式会社 高度技術推進部 正会員 海瀬 忍

1. はじめに

中日本高速道路(株) 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター管内では、安全性の向上を目的に、北陸自動車道敦賀IC～今庄IC間にある葉原トンネルの上下線間に避難坑を設けて上下線それぞれの連絡坑を接続する工事を行った。

2021年5月より避難連絡坑を供用中の本坑（上り線）へ接続する作業を開始したところ、監視のために設置している本坑計測値に増加傾向がみられたことから、供用線への影響を考慮し、本坑および避難連絡坑への追加補強工事を実施した。本稿は本工事にて実施した追加補強工事の内容と、その効果を報告するものである。

2. 本坑接続時の状況

接続作業は本坑の覆工コンクリートを接続形状外周に沿ってコア削孔し、その後ワイヤーソーでコンクリートを分割・切り出していく方法で行う施工計画を立て、5/20から上り線側の本坑接続作業を開始し、6/3に監視員通路天端より上部の撤去を完了した。当初は、地質的に硬質(C等級)であることから、早期の変形収束を想定していた。しかしながら、計測値の収束傾向がみられないことから、緊急対応および追加補強工事を行った。

3. 緊急対応について

本坑接続時に、矢板工法で施工されている葉原トンネ

ルの鋼アーチ支保工を切断した箇所に対し、仮補強として、6/11に単管サポートによる閉塞工を行った。その間に、本緊急対策であるサンドル(H300)の資材調達を行い、6/24に上り線側(写真-1)、6/30に下り線側の補強を完了した。その結果、計測値の収束傾向が確認できたことから、本坑接続作業を一時中断し、対応方針の検討を行った。

4. 本事象の対応方法

各種検討を行い下記の対応を実施した。

(1) 過年度詳細点検結果との比較

7/16から車線規制を行い、避難連絡坑接続部の前後1セントルの区間を対象に、近接目視による点検を行った。その結果、新規変状や進展は発見されなかったことから、



写真-1 サンドルによる山留材での補強（上り線側）

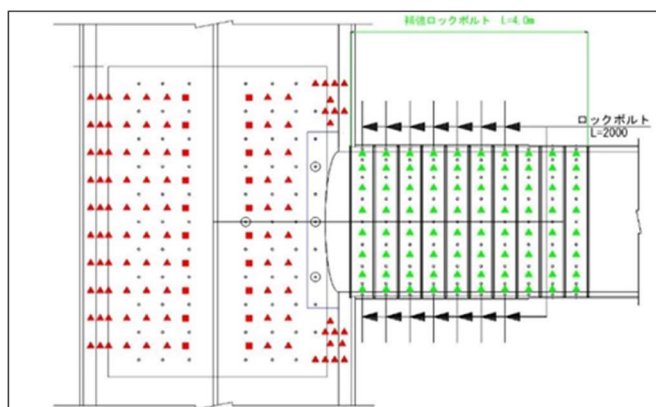


図-1 追加ロックボルト 平面図

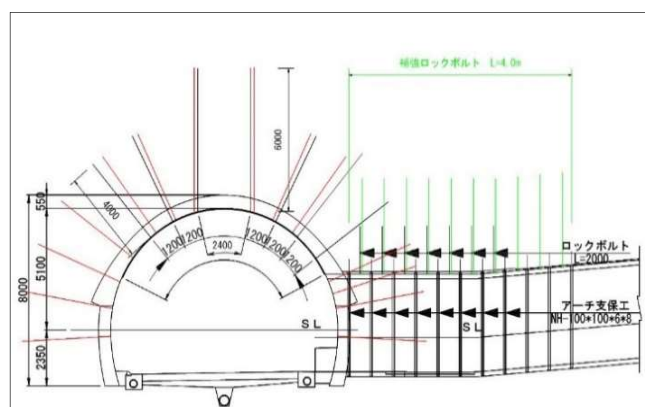


図-2 追加ロックボルト 断面図

計測値の状況と合わせ総合的に考え、供用線の安全は確保されていると判断した。

(2) ひび割れ計測の追加

(1)での近接目視にて確認したひび割れ（2020年度詳細点検から変化なし）に、自動計測が可能な亀裂変位計を設置した。亀裂変位計の設置ポイントとして、計測結果より想定される変形モードからひび割れが本線縦断方向に発生している箇所を設置した。また、変化の確認が行いやすいと想定される、ひび割れ幅0.2mmの計3箇所（CL、両肩部）に設置し、計測を行った。

(3) 追加ロックボルトの打設〔以下、○内日付は下り線〕

図-1, 2に示すとおり、避難連絡坑については、2.0mの定着式の一般的なロックボルトを打設していた。しかしながら、葉原トンネル避難連絡坑の形状は5心円の扁平断面であることから、2.0mでは地山の挙動を抑えきれない可能性があると考え、避難連絡坑内で打設が可能な4.0mの鋼管膨張型ロックボルトを追加打設することにより、早期地山安定効果も発揮できると判断し、7/16（11/15）より施工を開始し、上下線で計240本の施工を、7/24（11/24）に完了した。

本坑においては、当初のロックボルト打設箇所と千鳥配置になるように追加打設することで、更なる地山安定効果を発揮し、地山で荷重を受け持つことが可能であると判断し、7/28（10/4）より施工を開始し、上下線で計237本の施工を、9/10（10/28）に完了した。

(4) 本坑接続部の山留材撤去および隔壁設置

山留材の撤去に伴い、負担していた荷重を受け持つために隔壁の設置を計画した。隔壁の施工は山留材を撤去しながら荷重分担を慎重に見極めながらの施工となることから、撤去と設置を並行に行う段階施工を立案した。また、施工ステップの設定にあたっては、検討時の対応方針の中で、「本坑との接続部は3次元的に応力が集中しやすい箇所であることから、インバートを設置し、閉合効果を発揮させ、供用後の応力変化に対するリスク軽減措置を図る」との考えから施工ステップを立案し、3次元FEM解析を行い、隔壁の施工前後で、山留材撤去後の応力変化がないことの確認を行った。

隔壁設置にあたっては、9つの施工ステップを設け、計測値を注視しながら慎重に、山留材撤去から隔壁設置までの作業を実施した。補強工事は2022年の1/31（1/17）から開始し、2/24（2/15）に山留材の撤去が完了し、5/18（4/28）に施工が完了した（写真-2）。



写真-2 補強工の完成状況

5. まとめと今後の課題

本事象を踏まえ、施工上の課題を示す。

① FEM解析の実施による補強工の検討

類似設計だけでなく、各現場でFEM解析の実施および現地状況や建設時の記録から対策工を検討する。

② 接続部の避難連絡坑断面

拡幅扁平断面による接続は応力増加に大きく影響すると考えられるため、接続する断面は矢板工法の構造特性を考慮し、必要最小限の大きさおよびインバート設置等の検討が必要。

③ 管理基準値の設定および計測方法

i) 覆工応力計は温度による変化やロックボルト等の打設による振動の影響から計測値の増加・収束を繰り返す、適切な判断が難しい。

ii) 鋼管膨張型ロックボルトの軸力計は定着式と違いモルタルを介さず、地山と接した部分で応力を検知するため、地山内の亀裂や部分的に異なる地質が存在している影響を受け、適正な計測が困難な場合が想定される。

i) ii)より、本線接続時の管理基準値は、破壊形態上重要となる「内空変位測定」での管理を基本とし、さらに総合的に判断するために、「ひび割れ幅測定」や「ロックボルト軸力」等の他の計測値を参考にすることが望ましいと考えられる。

6. おわりに

本坑の計測値は、追加ロックボルトによる地山安定効果・インバートによる閉合効果・本坑鋼アーチ支保工に連結した隔壁の設置による応力分担効果により、収束状態となり2022年の6/19をもって計測作業を終了した。

今後、避難連絡坑を本坑に接続するような類似工事実施の際には、本稿を参考にいただければ幸甚である。