

鏡補強ボルトを用いた鉄道直下の大型函体けん引工事

北海道旅客鉄道(株) 正会員 ○海原 卓也 正会員 峯岸 邦行
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 岡野 法之 正会員 小野 隆利
三井住友建設(株) 正会員 長沢 直樹 鉄建建設(株) 正会員 重吉 康志

1．はじめに

鉄道幹線直下の盛土体を貫くアンダーパス工事で、一般的な薬液注入にかえて軌道変状を最小限に抑える切羽安定対策として長尺鏡ボルトを採用した。観測化施工の考えを踏襲して軌道監視や計測体制を確立し、列車通行に支障を及ぼすことなく、無事函体けん引工事を完了することができたので、その内容について報告する。

2．工事概要

上野幌B V工事は、市道「里塚・上野幌連絡線改良新設道路」に伴う JR 千歳線上野幌駅構内の鉄道交差部工事であり、最小土被り約 1.4m の位置に、B=24.5m、H=7.7m のボックスカルバートを R&C 工法により構築するものである。表 - 1 に工事概要を、図 - 1 に工事断面図を示す。

表 - 1 工事概要

事業主体	札幌市
発注者	北海道旅客鉄道株式会社
施工者	三井住友建設(株)・鉄建建設(株)共同企業体
工事箇所	北海道札幌市厚別区上野幌
工 期	平成12年12月27日～平成16年 5月25日
工事内容	けん引延長 23.4m、掘削断面積 188.7㎡
掘削方式	人力掘削＋機械掘削（バックホウ）

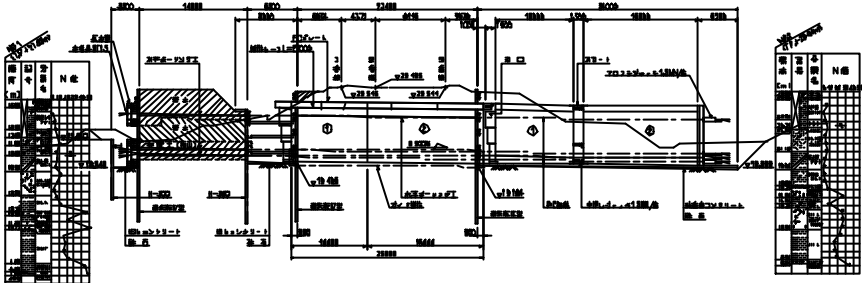


図 - 1 工事断面図

3．軌道監視・計測体制の確立

軌道直下を施工する掘削・けん引工事では、軌道変状に対する迅速な対応が要求されるため、軌道の監視と併せて、地山と鏡補強ボルトの挙動を観測する監視・計測体制を計画した。表 - 2 に当工事の計測計画を示す。

（1）掘削対象地質の評価

切羽の地質状況は、目視による地質・湧水の観察と切羽写真を主項目とし、付加的に水平方向へのコーンペネトロメータ貫入試験によって地山の評価を実施する。

（2）切羽安定対策の評価

地山の安定対策として施工した補強ボルトの代表位置を 5 本選定し、ひずみゲージによる計測を行う。計測結果を連続的に収集し、施工の進捗と照らし合わせて、鏡補強ボルトの効果を確認する。

（3）軌道変状の監視

軌道変状に対して、定期的に軌道検測を実施すると共に、トータルステーションによる自動計測システムを導入し、連続的に軌道の変状を確認する。掘削およびけん引作業時には、レベル・水系での軌道計測によって掘削・けん引作業における影響を逐次確認し、測定結果によって、適宜、軌道整備を実施する。

（4）施工時の連絡体制

現場管理者および各作業担当者には、函体内の作業状況が伝達されるよう音声無線を用いる。併せて、切羽にネットワークカメラを設置し、事務所で閲覧することで、作業の進捗状況を把握できるようにする。

表 - 2 掘削・けん引工事の監視・計測計画

計測項目	計測方法及び内容	計測期間
ボルトひずみ計測	・ 地山に挿入した FRP 中空ボルトにひずみゲージを貼付け、ひずみを測定する。 ・ リアルタイムに、かつ連続的に計測できる自動計測システムを導入する。	掘削開始前から、最終撤去まで
切羽観察	・ 掘削 1 サイクルごとに切羽観察（地質・湧水・支障物・土留等の状態）を行う。 ・ 後にボルトひずみ計測結果、軌道変位計測結果と比較できるように、切羽観察簿に記録を残す。	全掘削作業中
地質調査	・ 掘削 1 サイクルごとに切羽進行位置と撮影箇所を記した黒板とともに撮影する。 ・ 鉛直方向のコーン貫入試験を水平方向に適用し、地山変化、および施工状況に応じて、実施する。	
自動変位計測	・ 1, 3 番線、ホームの要所にプリズムを設置し、自動追尾トータルステーションにて変位計測を行う。 ・ リアルタイムに、かつ連続的に計測できる自動計測システムを導入する。	掘削開始前から、軌道変位安定まで
軌道計測	・ 軌道計測器による、軌間・水準検測を実施する。 ・ レベルや糸張り等による高低・通り検測を実施する。 ・ けん引中は、連続計測により軌道変状を確認する。 ・ けん引時には工事中断の判断の基準に資する。	掘削開始前から、軌道変位安定まで

キーワード アンダーパス，低土被り，鏡補強ボルト，計測管理

連絡先 〒063-0802 札幌市西区二十四軒 2 条 1 丁目 3-60 北海道旅客鉄道(株) 工務技術センター TEL 011-614-2229

4. 掘削時の崩落

当工事の掘削・けん引作業は、異常が発生した場合の早期対応が要求されるため、列車本数の少ない夜間に実施し、特に、けん引作業は、AM1:00～AM5:00まで断続的に続く列車間合い時間に限定した。

掘削中には幾度かの小崩落が発生しており、代表的な崩落発生箇所に関して以下に述べる。

(1) 中間地点での崩落

この地点は、けん引補助設備の段取り替えのため、9日にわたって掘削・けん引作業が停止した時期である。台風の影響もあり降雨量が多く、浸透した雨水が切羽表面を伝い流れ、砂分の多い切羽近傍が軟弱化していた。段取り替え後の土留め撤去と同時に、緩んだ土塊が流動化し、図-2に示すような約5m³の崩落に至ったが、緩みの範囲が広がることなく、掘削・けん引作業を再開できた。

(2) 到達地点での崩落

到達付近では掘削地山が薄くなるため、事前検討では、地山が自重によって鉛直下方に沈み込む挙動を呈すると想定されていた。

実際には、肌落ちが頻発するとともに、地山と箱型ループ間に1～3cmほどの隙間が確認されており、想定に近い挙動を示していると考えた。この区間にはホーム基礎杭があり、基礎杭撤去直後には後

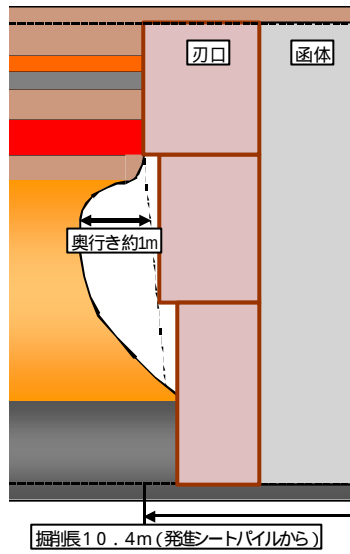


図-2 崩落箇所断面図

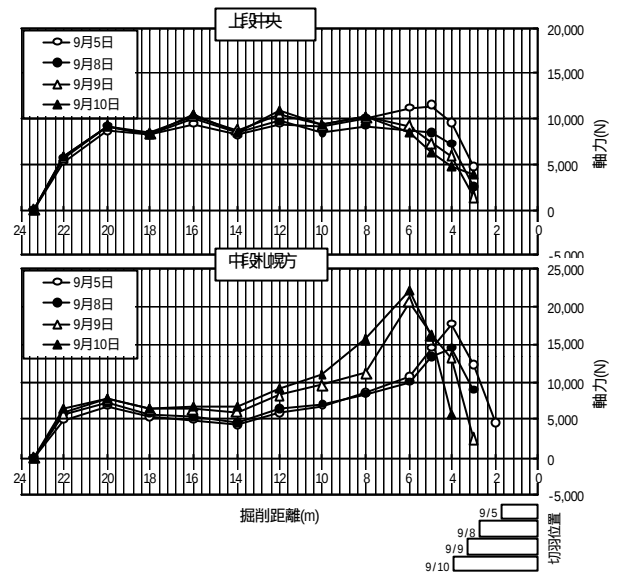


図-3 鏡補強ボルトの軸力分布

部土塊が崩落したが、大規模な崩落は発生しなかった。これは、基礎杭が抑止杭として働いた効果が大きいと考えられる。なお、この時点で函体が軌道の下部に達したため、軌道沈下はほとんど発生しないことや掘削時の安全性を考慮し、杭撤去に並行して土塊上部の掘削を行った。

5. 鏡補強ボルトの効果に関する検討

図-3に、鏡補強ボルトのひずみ測定結果を示す。図は横軸に掘削距離を、縦軸に軸力をとったもので、上段と中段の代表的な位置の結果を表している。これを見ると、上段は全延長にわたって同程度の軸力であるが、中段は切羽から4m程度奥をピークとして分布し、掘削の進行にあわせてピーク位置も移行している。このような軸力発生傾向は、事前の想定にほぼ合致しており、地山の状況に応じた形で補強効果を発揮していると考えられる。また、当該工事期間中で発生した崩落や肌落ちのほとんどは、写真-1に示すように鏡補強ボルトによって囲まれる領域内にとどまっており、崩落や肌落ちの拡大・伝播を抑止する効果を発揮していたと考えられる。

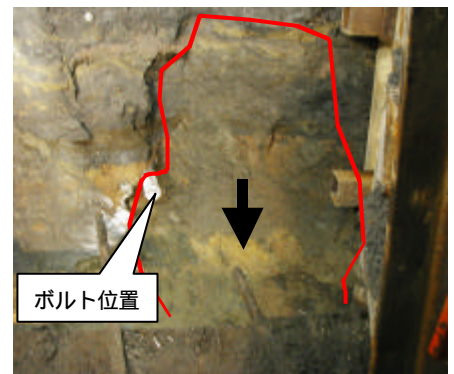


写真-1 小崩落と鏡補強ボルト

6. おわりに

本報告では、掘削・けん引工事で検討した監視・計測体制と鏡補強ボルトの効果に関して述べた。当工事は、鉄道幹線直下における低土被りと厳しい条件であったが、けん引時の監視体制と計測を維持し、複雑な地山に対応した施工を進めることで、無事函体けん引工事を完了することができた。この結果が、今後の同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- ・R & C工法技術資料： R & C工法協会，1997年9月