

開業前の軌道直下におけるインバート補強対策工

鉄道・運輸機構 長野工事事務所上越鉄道建設所長

柿崎 昌志

(株)大林組 土木本部プロジェクト部 ○正会員 長崎 裕幸

(株)大林組 生産技術本部トンネル技術部 正会員 伊藤 哲

1. はじめに

本工事は、北陸新幹線飯山トンネル板倉工区 (L=3,660m) 内で発生したインバートの盤ぶくれ対策工事である。既設の軌道・電気・通信設備等の鉄道施設物を撤去せずに、インバート下部を掘削後、コンクリートで置換を実施する過去に例のない工事であった。また、開業に向け既に試験走行を開始しており、開業日を遵守するため非常に短い工期での施工が求められた。

2. 地質概要及び変状状況、原因

盤ぶくれの発生箇所は、飯山トンネル終点側坑口から約 1.0km 地点の延長 21m 間である。本区間の地質概要を表-1 に示す。トンネル掘削時の上半内空変位は最大 110mm であり、標準型インバートを施工し、変位量 1mm/月以内 (収束判定) を確認して、2次覆工を施工した。ところが、トンネル掘削から 7年後の平成 24年 4月に、中央通路部 (図-2) のクラックが発見された。その後、地中変位計測と地山の X線回析を実施したところ、インバート部の隆起 (2.6mm/年) と膨潤性粘土鉱物が確認された。盤ぶくれの原因は下記と考えられた。

- ①地山の塑性化に伴う押出し (squeezing) : 掘削に伴い地山強度が低下し、長期にわたる塑性化が緩やかに進行した。
- ②膨潤性粘土鉱物による吸水膨張 (swelling) : 有孔の中央集水管 (インバート下部に配置) により、地山に水が供給され、周囲の地山が部分的に膨潤し、盤ぶくれを助長した。

3. 盤ぶくれ対策工

対策工として、標準型インバートの抱き込み型への増強および中央集水管からの漏水防止を計画した。その課題として、鉄道施設物を撤去すると開業時期に間に合わないため、これらを残置した状態での施工方法の検討および既設構造物 (インバート、二次覆工) への変位抑制、工程遵守が挙げられた。本工事は前例がなく、許される工期は 3.5 か月と短いため、事前に入念な計画を行い、以下の施工を実施した。施工フローを図-1、断面図を図-2 に示す。

(1) 掘削方法

施工延長 (L=21m) を 6 分割 (L=3.5m) した立坑を、中央通路部 (W=1m) に掘削し、そこから左右に横坑 (L=1.75m : 4 箇所/立坑) を人力掘削する方法を採用した (図-3、4、写真-1)。掘削は、昼夜 2 か所同時施工とし、ズリは立坑内で大型土嚢に集積後、カント機能付き軌陸式ユニック付ウニモグ

表-1 地質概要一覧表

地質	亀裂	湧水	一軸圧縮強度 N/mm ²	土被り (m)	地山強度比 ($\sigma_c / \gamma H$)
中新世 新第三紀 泥岩	多	無	2~3	40	3~4

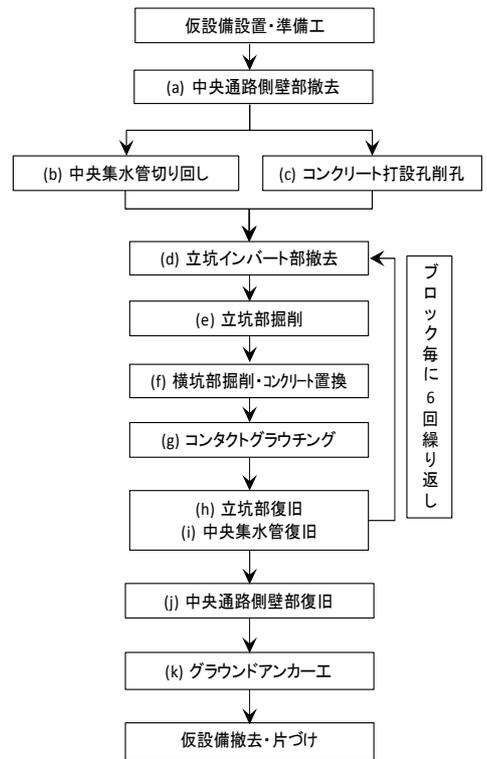


図-1 施工フロー

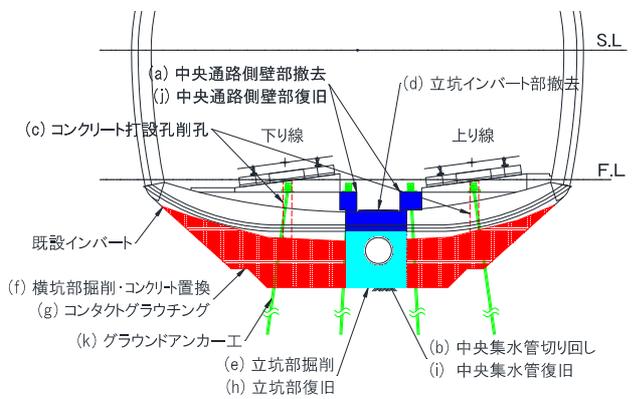


図-2 断面図

キーワード 盤ぶくれ対策工、軌道直下、新幹線開業直前、高流動コンクリート

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティーB棟 TEL03-5769-1846

(10 t 鋼製トロ台車を連結)で揚重・運搬した。また、横坑掘削時に、沈下抑制対策としてパイプサポートを使用し既設インバートを支保した。施工順序と掘削ブロック割りについては、変位抑制や各班の作業の干渉を防止するため、以下の条件をもとに決定した(図-4)。①立坑・横坑を可能な限り小さく分割し、既設構造物への影響を抑制する。②掘削中の横坑直上はウニモグを通過させない。③各班のウニモグの導線を確保するため、別々の軌道を使用する。

以上の結果、各班の作業が干渉することなく作業を進められ、工程を遵守できた。また、計測による大きな変位も確認されなかった。

(2) 置換コンクリートの打設

ポンプ車での配管打設は、打設量(約 5m³/回)に対して配管延長が長く(約 1.0km)非効率であるとともに、配管清掃や閉塞による坑内施設への悪影響が考えられた。そこで、配管を使用せずに、効率的に打設する方法を検討した。揚重機での打設は、定格荷重による制限で非常に非効率なため、床面に開口を設けた 10 t 鋼製トロ台車に、ホッパーを固定した生コン台車を製作し、生コンクリートを坑口で積替え、施工箇所まで運搬後、打設孔(φ200)からコンクリートを打設した(図-5、写真-2)。

路盤コンクリートの損傷をできるだけ少なくするため、コンクリート打設孔(φ200)は1孔/打設箇所のみとなっており、コンクリートの十分な締固めが困難と予想された。さらに、横坑最奥部の目視による充填確認が不可能であった。そこで、コンクリートを確実に充填するために、自己充填性が高く、収縮量が小さいノンブリーディング型の高流動コンクリートを使用した。また、コンクリートの運搬時間が、約 90 分と長く(場外運搬: 30 分、坑口積替・坑内運搬: 30 分、打設: 30 分)、坑内運搬にホッパーを用い、コンクリートが攪伴されないため、スランプ保持剤を使用し流動性を確保した。また、コンクリート打設後に既設インバートとの打継部にコンタクトグラウチングを実施したが、充填状況が良好なため注入されなかった。さらに、隣接ブロック掘削時にコンクリート充填状況を目視確認したところ、良好であった。

4. まとめ

入念な計画と施工管理により、既設構造物へ影響を与えることなく、無事工事を完了することができた。同様の地山では、掘削時に変位が収束したことを確認しても、長期間経過後に盤ぶくれが発生するリスクがあると考えられる。よって、今後、変位の恐れがある地山に対しては、事前に必要な地質調査等を実施し、変位が発生する可能性がある場合には、インバートの設計の強化を検討するものとする。

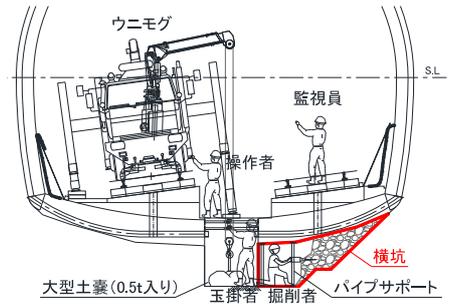


図-3 横坑掘削作業状況断面図



写真-1 横坑掘削状況

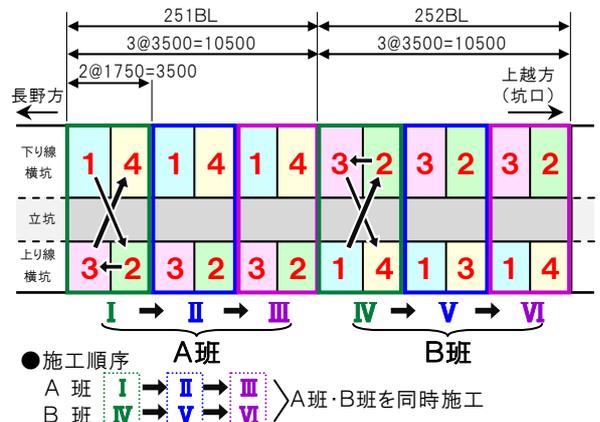


図-4 掘削ブロック割り、施工順序平面図

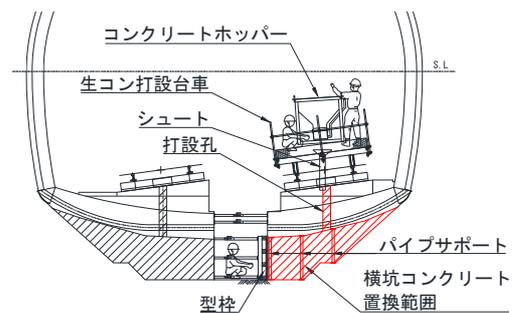


図-5 横坑コンクリート打設状況断面図



写真-2 横坑コンクリート打設状況