

レール方式による小断面 NATM の合理化施工

(株)熊谷組北陸支店 正会員 ○用害靖己 松本壮太郎

1. はじめに

本工事は、北陸地方に計画された小断面トンネルであり、対象地質は当地域特有の複雑かつ脆弱な地山が連続する地層となっている。そのため、本トンネルでは地質の変化に柔軟に対応できるよう標準工法（いわゆる NATM）をレール方式にて施工した。本稿では、機械の制約が大きいことで綿密な施工計画が求められる小断面 NATM での合理化施工、および施工時に遭遇した地質的な課題の対応について報告する。

2. 地質概要

本トンネルの地質は、新第三紀鮮新世の泥岩、凝灰角礫岩からなり、両層の境界は不整合である（図-1）。不整合境界付近の泥岩は近接する道路トンネルの施工実績によれば一軸圧縮強度が $4\sim5\text{N/mm}^2$ と軟質であることが知られ、また、地表地質踏査結果からは熱水変質を受けて劣化している箇所も確認されていた。また、凝灰角礫岩は堅硬であるが、亀裂が多く全体に湧水が多いものと想定された。

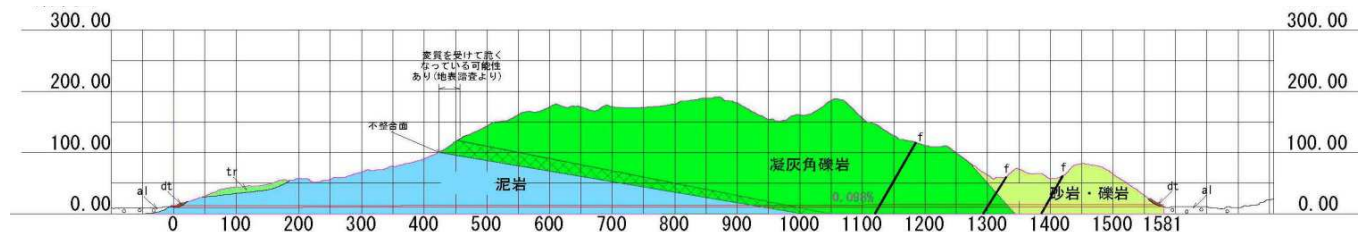


図-1 地質縦断面図

3. 小断面 NATM（レール方式）の概要

本工事は、岩質から発破工法が採用された。

図-2 に施工フロー、図-3 に機械配置図を示す。

施工手順は通常の NATM と同様、

- (1) ジャンボを切羽まで移動し削孔。
- ② 装薬、ジャンボの搬出、発破。
- ③ ずり積み機械及び運搬用機械の切羽までの移動、ずり出し。
- ④ ずり出し機械の搬出。
- ⑤ 切羽及び地山の状況により必要に応じて吹付ロボットの切羽への移動一次吹付け。
鋼製支保工を運搬・建込。
- ⑦ 吹付ロボットによるコンクリート吹付け。
- ⑧ 進捗に応じてレールの延長・枕木敷設。
- ⑨ 支保パターンに応じてジャンボを切羽まで移動し、先受ボルトの施工ならびに充填設備の搬出。上記のように施工機械の入れ替えが工程上、大きな影響を及ぼすことが考えられた。

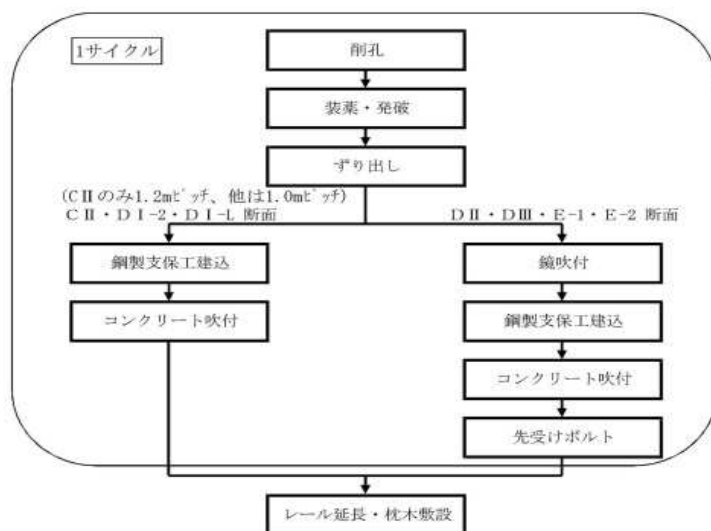


図-2 施工フロー図

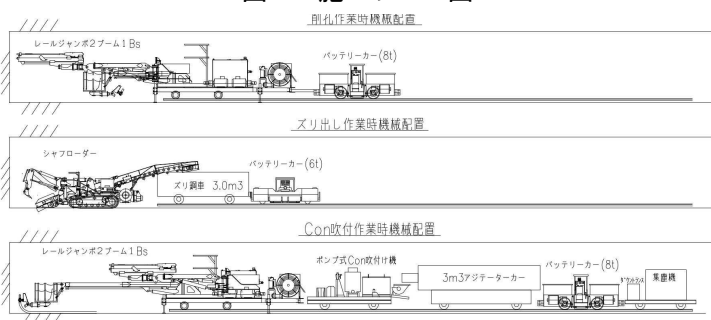


図-3 機械配置図

キーワード：小断面 NATM，レールジャンボ，有害ガス，突発湧水、膨張性地山

〒920-8721 石川県金沢市広岡2丁目13番5号 ・TEL 076-208-3195 ・FAX 076-208-8525

4. 施工時の工夫

小断面レール工法において合理的な施工を行うためには、適正な断面積と機械の配置計画、施工機械等の入替え時間の短縮化が進捗向上の鍵となると考え以下の施策を計画・実施した。

1) 掘削断面の縮小化

本工事においては、有害ガス発生の可能性を考慮されたことから矢板工法ではなく、NATM 工法を採用することとなった。但し、通常の NATM 工法では最小でも 3.5m 程度の幅員を必要とするが、掘削断面が大きくなると不経済となること、小断面であることから切羽付近の地山は大きく不安定化しないと考え、ロックボルトの施工を省くことで幅員を 2.6m とした。

2) レールジャンボへの吹付けノズル搭載

吹付け作業から発破作業までの施工機械入替えの時間を省くために、レールジャンボのバスケットに吹付けノズルを取り付けることとした。そのため、吹付けから削孔への作業の流れがスムーズとなった。

3) ずり鋼車の採用

シャトルカーを使用すればずり出し時の機械の入替は無く済むが、機械が大型であることと、機械的なトラブルがあった場合作業が完全に停止するため、ずり鋼車(3.0 m³積み 2 台)を 2 編成とすることにより、機械的なトラブルあった場合でも 1 編成は稼動出来る体制とした。

5. 地質的課題と対応

1) 突発湧水

T.D.1130m 付近で 2,700ℓ /min の突発湧水に見舞われ、濁水処理能力を遥かに上回る出水となり、掘削作業を停止する結果となった。対策として、清水と濁水を分離し、突発湧水は付近に釜場を設置し排水ポンプ 8 吋×2 台にて坑外へ排出し、濁水の処理能力を整え工事を再開した。

2) 変状

泥岩区間の土被りが大きくなった T.D. 700m にて最大で 70mm 程度の内空変位、盤膨れが発生したことで、軌道運搬上の問題が生じた。この区間は縫い返しの実施、ロックボルトの打設にて対処した。この変状の原因は地山強度比が低下した地山での縦長の断面形状、ストラットロックボルトを打設しない一次支保計画も一因であったと考える。

3) ガス検知の実施

掘削開始前の調査ボーリングにおいて、有害ガスを検知したこともあり、坑内の作業員全員に携帯用のガス検知器を携帯させると共に、切羽及び坑内 100m ピッチにガス検知器を設置した。また、切羽作業時に極力切羽へ新鮮な空気を送風出来るよう送気方式を採用すると共に、可熱性ガス、爆発性ガスの発生を考慮し坑内風速 0.5m/s を確保することとした。

6. まとめ

結果、全長 1,581m を途中変状対策で 2 週間、出水対策で 7 週間を費やしたものの、17 ヶ月で安全に掘削を完了することが出来た。

脆弱で複雑な地山を対象とした小断面 NATM にて、いくつかの地質的な課題に遭遇しながらも、施工機械や仮設計画を工夫することで合理的な施工ができた。本工事が今後同様の工事の参考となれば幸いである。

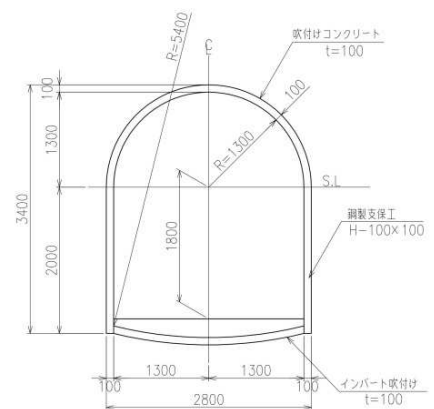


図-4 標準断面図



写真-1 レールジャンボ