

性状変化が激しい泥岩を前方探査にて事前に評価し掘削

(独) 鉄道・運輸機構*) 正会員 江島 武
前田建設工業(株)**) 正会員 ○北澤 剛

1. はじめに

九州新幹線西九州ルートは武雄温泉駅～長崎駅間、工事延長67kmで、俵坂トンネルは佐賀・長崎県境を貫く全長5,705mの山岳トンネルである。そのうち、西工区では、NATM（機械掘削）にて長崎県側3,060mを掘削した。西工区の代表的な地質は古第三紀杵島層群泥岩であり、泥岩全区間において前方探査を行い、その結果を評価して支保パターンを設定し、一次インバートにより早期閉合を行った。本稿では、トンネルの前方探査とその評価に基づいた支保パターン設定、内空変位対策工の施工結果を報告する。

2. 地質

俵坂トンネル西工区の掘削地質は、TD=600m（TD=トンネル掘削開始基点からの距離）までは古第三紀泥岩（起点側泥岩区間）、続くTD=1,370mまでは新第三紀火山岩類、TD=1,370m以降は古第三紀泥岩（終点側泥岩区間）であった。

起点側泥岩区間の生成年代は古第三紀であり、一般的には固結度が高い傾向にあると言える。しかしながら一方では、地殻変動等の構造作用を被り、断層破碎帯の存在や風化変質等の影響を強く受けているため、著しい強度低下を示す場合も多い。

では、湧水評価と併せて、穿孔エネルギー・穿孔速度の変化により地質の硬軟を捉え、スライムにて地質変化を確認した。

泥岩不良部では、著しく鏡肌が発達した粘土化部分が局所的に分布するなど、性状変化に富んでいた。そのため、掘削に伴う変形を抑制しトンネルおよび周辺地山安定の早期確保を目的として、剛性の高い支保パターンを用いた早期閉合を主体に採用した。

3.2 施工結果と問題点

起点側泥岩区間の約8割を占める砂質泥岩区間では、内空変位を50mm以下に抑制できたが、一部の破碎性泥岩区間では内空変位が200mmを超過した。

終点側泥岩区間では、起点側泥岩区間よりも土被りが大きく（最大約260m）、地山強度比が小さな区間を掘削することとなるため、より大きな内空変位の発生が懸念された。

4. 終点側泥岩区間

4.1 前方探査と支保パターンの設定

土被りが大きくなる条件下で、性状変化が激しい泥岩の状態を精度良く把握するためには、ノンコアボーリングによる探査では限界があると判断し、高速施工が可能であり、かつ、コア採取が可能なPSワイヤライン工法による先進コアボーリングを採用し、前方地山の事前評価を行うこととした。

性状変化が激しい泥岩を安全かつ経済的に掘削するためには、支保パターンを適切に設定する必要があった。終点側泥岩区間は起点側より土被りが大きく、潜在地圧も大きくなることから、塑性化し易い地山と評価をして早期閉合を前提に計画した。砂質泥岩等の地山状態が良好な区間では新幹線の標準支保パターンであるIsp（鋼製支保工：H-150）を基本とした2パターンを設定し、破碎性泥岩等の地山状況が劣悪な区間には特sp（鋼製支保工：H-200）を

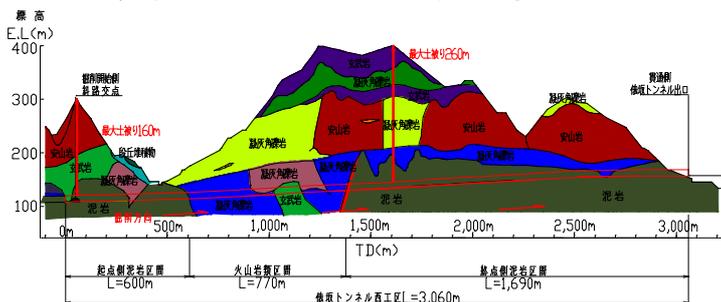


図1 俵坂トンネル西工区地質縦断面図

3. 起点側泥岩区間

3.1 前方探査と支保パターンの設定

起点側泥岩区間では坑内から長尺ノンコアボーリングにより前方探査を行った。ノンコアボーリング

キーワード：前方探査，押し出し性地山，早期閉合，インバートストラット

連絡先：*) 〒843-0024 佐賀県武雄市武雄町富岡 11763-1 TEL 0954-27-7002 FAX 0954-27-7003

***) 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 2-14-1 TEL 092-451-1549 FAX 092-451-1612

基本とした2パターンを設定した。

4.2 前方探査評価と施工結果

PS ワイヤライン工法による先進コアボーリングの結果、写真1, 2のように、泥岩の性状の変化を明瞭に確認することができた。したがって、当工区において本調査は、切羽前方泥岩の地質情報を把握するのに効率的かつ有効な調査であったと言える。



写真1 切羽状況 (TD=1,860m)

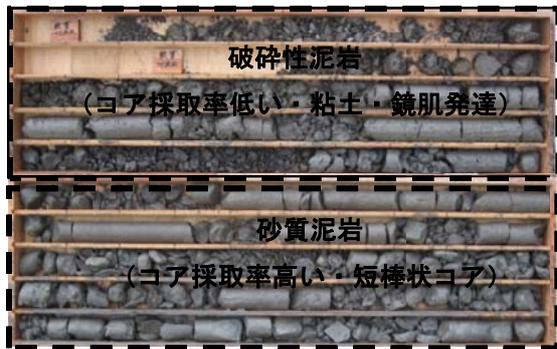


写真2 PS ワイヤラインコア (TD=1,860m 付近)

特 sp の選定範囲を設定するため、PS ワイヤライン工法で得たコアを用いて以下の地山評価を行った。

- ①コア観察により泥岩の鏡肌や粘土化部分等の掘削要注意区間の抽出
 - ②コアの点載荷試験を行い、一軸圧縮強度を推定し、特徴的な区間毎に地山強度比(Gn)を算出
 - ③浸水崩壊度試験
 - ④陽イオン交換容量試験
- ①～④の結果を踏まえ、特 sp の選定指標を明確化した。

①破砕性泥岩及び凝灰質粘土等が 3m 以上連続
②地山強度比 $G_n < 1.5$
③浸水崩壊度が C または D
④陽イオン交換容量 $\geq 35\text{meq}/100\text{g}$

前方探査評価により設定した支保パターンを用いて、主としてミニベンチカット工法にて掘削を行い、

初期変位速度 20mm/day 以上では切羽離れ 1D (D: トンネル掘削幅:約 10m) で下半インバートストラットにより早期閉合した。また、20mm/day 以下では下半吹付けインバートにより切羽後方(おおむね 2D 以上の離れ) で閉合した。結果として、TD=2,675m ~2,705m 以外の区間は安全かつ経済的な支保パターンで掘削できた。

4.3 TD=2, 675m~2, 705m の不良地山対策

TD=2,675m 付近では、泥岩とその上位の凝灰角礫岩の地層境において、想定以上に破砕された泥岩が出現した。先進コアボーリングにより破砕性泥岩の出現は予測しており、最も剛性の高い支保である特 sp を用いて掘削していたが、当該区間の初期変位速度は 100mm/day, 内空変位量は 400mm を超過した。

対策工として、切羽離れ 0.2D にて早期閉合を行うことが可能な上半インバートストラット (H-200, 高強度吹付けコンクリート $t=25\text{cm}$) を採用した。初期変位を効果的に抑制するため、ストラットは上半進行 1m 毎に設置した。

また、上半インバートストラットは初期変位抑制には効果を発揮するが、撤去時の内空変位助長が懸念された。そこで、内空変位・脚部沈下抑制だけではなく、シリカレジンにより地山改良効果が期待できるサイドパイル・フットパイルを上半仮インバート撤去前に上半脚部に設置した。

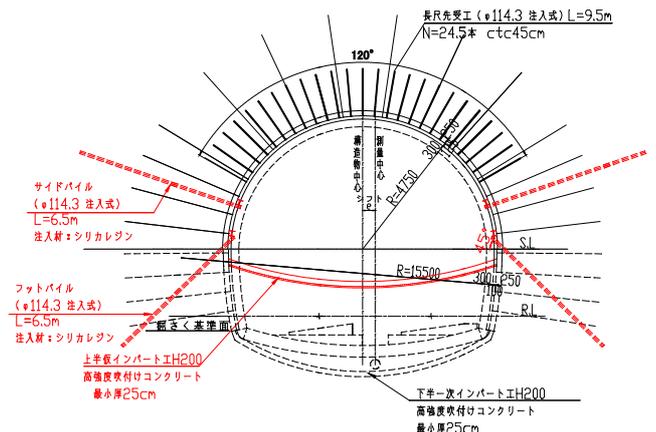


図2 変位抑制対策

5. おわりに

当工区の泥岩は変化に富んでいるため、起点側泥岩区間の施工結果から、終点側泥岩区間では地質状況に合わせた安全かつ経済的な支保パターン設定が課題となったが、先進コアボーリングにより前方地山を事前に把握し計画的な支保パターンを設定することで、破砕性泥岩区間を突破することができた。