

坑口部強風化帯における地山安定対策について

京都府道路公社 正会員 安田 肇 秋田 伸治
大林組大阪本店 正会員 ○渡辺 淳 窪之内 雄策
大林組生産技術本部 正会員 木梨 秀雄

1. はじめに

鳥取豊岡宮津自動車道は、鳥取市を起点として豊岡市を經由し宮津市に至る延長 120km の地域高規格道路である。そのうち野田川大宮道路に位置する第 14 トンネルは与謝郡与謝野町弓木を起点とし、京丹後市大宮町三重地内に至る延長 1964m の 2 車線道路トンネルを新設する工事である。施工は、主に発破掘削である。本トンネルの地形は標高 300m 程度の尾根を有する丘陵であり、等高線が細かく入り組み、小さな沢が多く発達している。地山は、粗粒黒雲母花崗岩が主体となっており、起点側坑口付近には閃緑岩、砂質土が存在した。また閃緑岩の区間では、断層破碎帯が想定されており、地下水位も高いことから湧水が懸念されていた。本稿では、起点側坑口部(貫通側)の真砂化した地山における変位・沈下抑制対策工選定と施工結果について述べる。

2. 地質・切羽状況および計測・地表面沈下状況

実施支保パターン毎の地質・切羽状況および計測・地表面沈下結果を表-1 に示す。起点坑口へ進行するにつれて、切羽状況は脆弱化し、湧水により泥濘化している状態であった。また、計測Aからも内空変位と天端沈下は増加し、それらにより収束しにくい傾向が認められた。

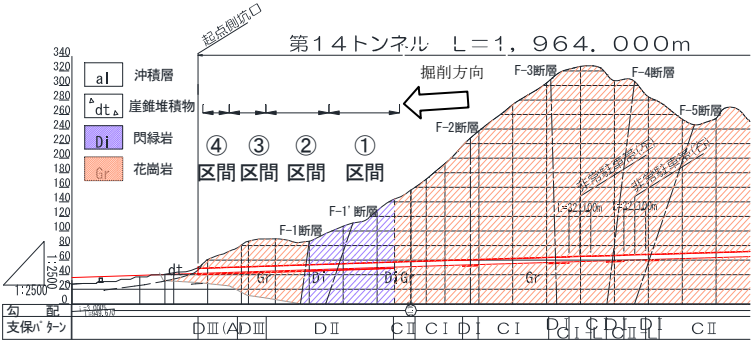


図-1 地形・地質縦断面図

表 - 1 地質切羽状況および計測・地表面沈下状況

	実施 支保	切羽湧水	地質 状況	切羽状況	計測 A ・地表面沈下		
					水平測線	天端沈下	収束
① TD1667 ～ 1771m	D I -b	5～20 ℓ/min (水抜き ボーリン グ効果)	き裂性の 弱風化 花崗岩	・新鮮な灰色と茶褐色な風化岩の混在し、き裂に粘土、土砂が介在 ・TD1730m 黒色の岩が貫入し、粘土層を挟む ・TD1760m き裂が細かく脆弱化	8～33 mm 管理 レベル I	4～20mm 管理 レベル I	1. 5D
② TD1771 ～ 1864m	D II D II (A)	1～10 ℓ/min	弱風化 花崗岩 一部で 真砂化	・き裂が細かく粘土やシルトを挟む ・機械掘削振動による剥落が起きる程度脆弱化 ・わずかな湧水で緩み、泥濘化	10～108 mm 管理 レベル III	15～78mm 管理 レベル III	1. 5D～2. 0D TD1835m 以降、 収束傾向見られ ず補助工法
③ TD1864 ～ 1918m	D III (A)	5～10 ℓ/min	多き裂の 風化 花崗岩 真砂化	・風化により真砂化し、粘土を挟む ・わずかな湧水で地山が緩み、所々で剥落	TD1876m まで 13～77 mm TD1876m 以降 40 mm以下	52～105 mm 管理 レベル III	収束傾向見られ ず補助工法
④ TD1918 ～ 1957m	D III (A)	5～20 ℓ/min	強風化 花崗岩 (真砂土)	・強風化し全体が真砂化、粘土化 ・補助工法(注入改良)を実施も部分的な剥落 ・わずかな湧水により支保、切羽足元の泥濘化 ・上半路盤からの湧水	10～48 mm 管理 レベル II	26～85 mm管理 レベル III 地表面沈下 82～112 mm管理 レベル III	収束傾向見られ ず補助工法

坑口部、変状対策、地表面沈下、増しロックボルト、早期閉合、仮吹付インバート、真砂化

連絡先 〒629-2532 京都府京丹後市大宮町谷内小字竹下 986-1 (株)大林組 TEL 03-5769-1320

3. 地山の安定対策

切羽安定対策として、表-1の①～④区間の全線で鏡吹付け($t=50$, AGF 等の場合 $t=100$)、TD1773m 以降は加えて核残しで掘削し、ウレタン系注入材による改良(表-2)を行った。また、各区分で行った内空変位・沈下対策について下記に記す。

①区間(TD1667～1771m)、②区間(TD1771～1864m)

ノンコア削孔での切羽前方探査により、多き裂区間および帯水層が事前に把握できていたため、さらに切羽前方探査を兼ねた水抜きボーリングを行い、切羽掘削到達時の湧水量を減らし施工を行った。水抜きボーリングは先端駆動型の水圧ハンマで削孔した。TD1810m から変位・沈下量が大きくなってきたため、計測測点間隔を 10m から 5m 毎に変更した。TD1835m までの沈下は 1.5～2.0D で収束傾向となるが内空変位は収束傾向が見られず管理レベルⅢを超えるため増しロックボルト(TD24, RPE ボルト $L=4.0m$)による補強を行った。

また TD1835m 以降天端沈下は切羽からの距離が 2.5D 以降も収束傾向が見られず、仮インバート吹付($t=200$)による閉合(切羽から閉合断面まで 30m)を行い、閉合後、数日で沈下および内空変位は収束した。



写真-1 早期閉合状況

③区間(TD1864～1918m)

TD1876m までは内空変位が管理レベルⅢを超えるため、増しロックボルト(TD24, RPE ボルト $L=4.0m$)により補強した。一方、天端沈下は②区間よりも沈下速度、沈下量が増加したため、上半ベンチ長を 6m(0.5D)まで短くし、切羽から閉合断面まで 8m で仮インバート吹付($t=200$)を行い、早期閉合することで収束させた。また、地表面沈下(土被り 24～37m)は、天端沈下と同等の沈下が見られ、早期閉合後数日で収束した。

④区間(TD1918～1957m)

天端沈下が、③区間と比べ土被りが小さくなり沈下量は減少しているが管理レベルⅢを超えたため③区間同様に早期閉合を行った。一方、地表面沈下は土被り(土被り 0～24m)が小さくなるにつれて沈下量は増加しているが、③区間同様に早期閉合後数日で収束域に達した。

表-2 切羽安定対策

区間	切羽安定対策
①	鏡吹付け
②	鏡吹付け 核残しでの掘削 ウレタン系注入材による フォアボーリング($\phi 27.2$ $L=4.0m$) 鏡ボルト(GFRP $L=4.0m$)追加
③	鏡吹付け ウレタン系注入材による AGF($\phi 114.3$ $L=12.5m$) 長尺鏡ボルト($\phi 76.3$ $L=12.5m$)追加
④	ウレタン系注入材による AGF・長尺鏡ボルト($L=9.5m$ へ変更) (③区間より改良サイクル近づける)

表-3 水圧ハンマによる水抜きボーリング

湧水量(m^3/min)	L 側	R 側
TD1619～1710m	600	750
TD1711～1811m	80	520

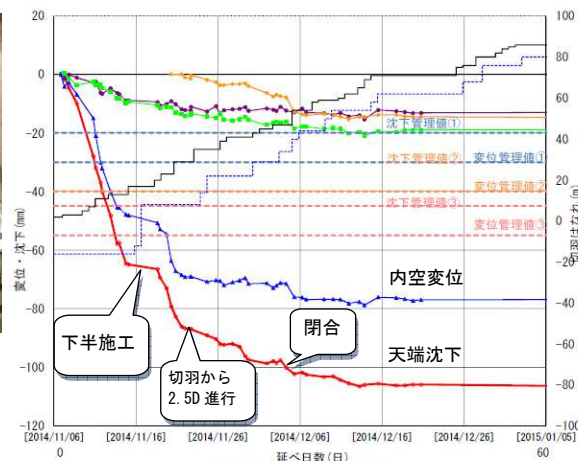


図-2 計測 A 結果 (TD1870m)

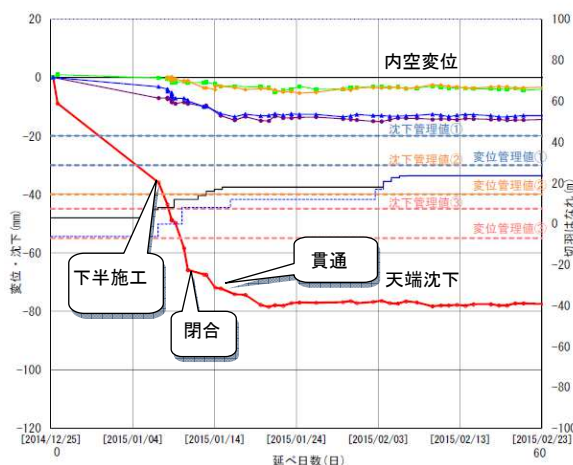


図-3 計測 A 結果 (TD1940m)

4. おわりに

多き裂区間および泥濘化しやすい真砂土において、内空変位や地表面沈下が大きい条件下で、水抜きボーリングや早期閉合を行い、設計内空を確保することができた。なおトンネルは平成 27 年 1 月 15 日に無事貫通することができた。今後、類似した軟弱地盤での施工の参考になれば幸いである。