

V-14

未固結合水砂岩層にトンネルを掘る

日本道路公団札幌建設局 室蘭工事事務所 正員 樽井敏治
(株)間組・鉄建建設(株)共同企業体 正員 加藤ひろし

1. はじめに

北海道における高速道路の建設計画は、函館と稚内を結ぶ北海道縦貫自動車道687km、小樽と釧路及び北見を結ぶ北海道横断自動車道376kmの合計1,063kmである。このうち北海道縦貫自動車道の一部として道央自動車道(登別室蘭I・C～深川I・C間)209.2km及び北海道横断自動車道の一部として札幌自動車道(小樽I・C～札幌西I・C間)24.3kmの合計233.5kmは既に開通している。

今回発表する鷺別トンネルは、北海道縦貫自動車道の工事区間である登別室蘭I・C～室蘭西I・C間9.8kmの登別・室蘭市境付近に位置し昭和53年11月に建設省から施行命令を受け、調査・協議・設計を行い昭和62年8月末に工事発注した延長1,798m(暫定2車線)のトンネルである。

本トンネルは、土質調査時から一軸圧縮強度が5～50kg/cm²と低いことが判明していたため当初からNATMによる上半先進機械掘削工法を採用し昭和62年11月下旬より掘削を開始したが、多湧水地帯の未固結砂岩層に位置しているため多量の坑内湧水による路盤面の泥弱化及び切羽面の崩壊等数多くの問題が発生したが種々の対策工を実施したことにより大幅な時間ロスもせず、平成元年9月末に延べ22ヶ月・平均月進82mで無事貫通することができた。

以下に本トンネルで発生した路盤面の泥弱化及び切羽面の崩壊に対する対策工の施工事例を紹介する。

2. 工事概要

工 事 名 道央自動車道 鷺別トンネル工事

工事箇所 自)北海道登別市上鷺別町

至)北海道登別市青葉町

工 期 自)昭和62年 8月28日

至)平成 3年 2月 7日

工事延長 総延長 3,392m

(トンネル部 1,798m)

掘削工法 上半先進機械掘削工法

掘削断面 標準部86m²・拡幅部115m²



図-1 トンネル位置図

3. 地形及び地質概要

本トンネル周辺の地形は鷺別岳(標高911m)を主峰とするなだらかな丘陵性台地の一部である。地質は新第3紀の砂岩、凝灰角礫岩、礫混り砂岩等の堆積岩で、大部分は火山灰質砂～シルトを主体とする凝灰質砂岩で、一軸圧縮強度は5～50kg/cm²と低く、又、固結度、粘着力も低い未固結合水砂岩層であった。従って切羽の自立性が悪く泥弱化しやすい地質である。

Tunnel Excavation Through the Unsolidified Water-retarding Sandstone Layer
by Toshiharu TARUI and Hiroshi KATO

4. 施工対策事例

4-1. 多湧水・泥土化に対する作業路盤の確保

4-1-(1) 問題点

ズリ運搬はタイヤ方式を採用しているため、排水を良好にしないとトンネル内の路盤は荒れダンプの運搬能力が低下するばかりでなく、完成したトンネル構造物に悪影響を与え問題となるので十分注意しなければならない。坑口より900m付近までは、凝灰質砂岩の締まったもので路盤の縦横断勾配確保と排水溝の維持により良好な作業路盤を確保することができたが、その以奥はシルト分が多く固結度の低い凝灰質砂岩が主体となり（一軸圧縮強度20～25kg/cm²）、重機車輛の往来により走行路盤が泥土化し工事に支障が生じ、次の問題点が発生した。

- ①切羽でのズリ出しダンプの入替えに多大な時間を要し、掘削サイクルに支障が出た。
- ②泥土路盤にハンドルをとられ、重機車輛の接触事故が多くなり安全上好ましくない状況となった。
- ③路盤の泥土化により濁水処理施設の増設が必要となってきた。（総湧水量1,200ℓ/分）
- ④泥土の持ち込み等によりターンテーブルのベアリング、回転軸等の故障が頻発した。

4-1-(2) 対策工・その1

泥土化する最大の原因は、切羽からの湧水、天端からの滴下水等で重機によるコネ返しによるものであるため下記の対策を行った。

- ①掘削サイクルに支障をきたさない、ノンコア（φ48mm・ℓ=8～10m）の水抜きボーリングの実施。
- ②クローラ式ズリ積み機は方向転換時に軟弱な路盤を削り取り泥土化が早く進むためタイヤ式とした。
- ③インポートコンクリート及び埋戻し砂利を早期施工し地山区間の通行路盤延長を極力少なくする。
- ④路盤の排水対策（図-2）を実施し、併せてロックボルトの削孔水、洗い水等は切羽で強制排水を行う。
- ⑤トンネル掘削機のキャタピラ幅を変更し接地圧を軽減した。（1.0→0.7kg/cm²）

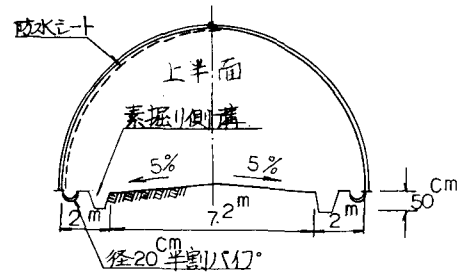


図-2 排水対策断面図

上記対策工の中で、①、②、③は効果が見られたが、それ以上に泥土化が激しく側溝が埋まり根本的な対策効果はなかった。

4-1-(3) 対策工・その2

路盤の縦横断勾配と排水溝の維持以外での対策を検討した。

表-1 作業路盤の確保対策検討

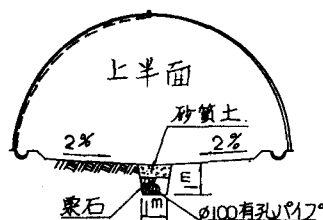
	対 策 案	長 所 ・ 短 所	相 対 評 価
A	通行路盤全体に、敷鉄板を設置する。 (1.5m×3.0m t=25mm)	高価であり、狭い坑内での重量物取り扱いで危険である。	△
B	ウェルポイント工法 テープウェル工法	使用範囲が限定される。また、設置後使用期間が短く不経済である。	×
C	通行路盤全体に、栗石（φ100mm t=30cm）を敷き排水マットとする。	確実性は一番よいが栗石の大量搬出という余分な作業が増える。	○
D	路盤中央に仮設地下排水溝を設け、走行路盤全体の地下水位を低下させる。	確実性はCより劣るが経済的で施工が早い掘削サイクルに多少の影響が考えられる。	○

表－１の検討結果より下記の状況を考慮し、D案の対策工を実施した。（図－３、図－４参照）

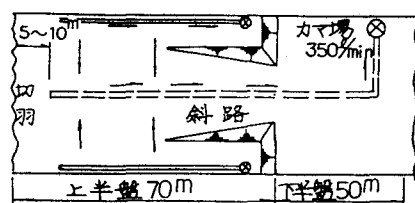
①砂、礫分が重量百分率で５５％程度含まれており、カマ場付近の水はけが良い。

②調査の結果、摘下水よりも路盤面からの湧水が半分以上（約２００ℓ／分）占め、又、地山の自然含水比が２５～３０％と高い。

施工後２日位で路盤面の水位低下が見られ泥土状とならず良好な路盤となった。その後トラブルも無く順調に進み作業員の安全に対する意欲も向上した。



図－３ 地下排水こう断面図



図－４ 設置平面図

４－１－（４） あとがき

トンネル延長の約半分である約８００ｍについて上記対策工を実施し、仮設地下排水溝の施工費は必要であったが、トンネル施工の生命線である通行路盤の確保がいかにより重要で、かつ、工程進捗に大きく左右することを痛感した次第である。通行路盤をだましだまし使用するよりも、初期投資を行い十分な排水対策を実施することが工事の安全管理の向上及び工程の進捗を早くすることが出来ることもさることながらトンネルのイメージである“暗い・せまい・きたない”という欠点も無くしていききたいものである。

４－２ 未固結合水砂岩層における上半切羽補強工

４－２－（１） 問題点

上半掘削が坑口より約５５０ｍ掘進した付近で、基質の固結度が低くもろい凝灰質砂岩が出始め（一軸圧縮強度 推定２～５kg／cm²）大目で大塊となり鏡面が崩落する現象が生じ、亀裂からは湧水が見られ切羽に接近するのが危険な状態となり下記の問題点が生じた。

- ①鏡吹付けコンクリート（t＝５cm）は付着するがその後すぐ肌落ちする。
- ②天端部の２次吹付けコンクリート（t＝１０cm）が自重で落下する。
- ③機械掘削のため核残しが大きくてできない事により、切羽全体が崩落する。
- ④水抜きボーリングを切羽面で施工すると、湧水により切羽の侵食が発生し鏡面の崩落を助長する。

４－２－（２） 補助工法の選定

未固結合水砂岩層の地山では湧水に伴う地山の流出・崩壊等の現象が生じる場合は、浸透水を極力少なくし、NATMでは鋼製支保工や吹付けコンクリートが施工される間は、切羽、天端が自立している必要がある。補助工法として当現場で使用されている設備・機械・材料がそのまま使えるもので検討し、施工した。

表－２ 補助工法の概要

区分	工 法	天端安定	切羽安定	使用材料	記 事
A	先 受 工 (フォアバイリング)	◎	○	ロックボルト 単管パイプ	フォアバイリングより下部の地山が崩落する。
B	先 鉄 受 板 工 (鉄 矢 板)	◎	○	鋼矢板 鉄パイプ	地山と吹付けの密着をはかるため要所を押さえる程度とする。
C	斜め打ちボルト工	○	○	ロックボルト	核残しが大きくて取れないため、当工法を採るほどでもない。

D	ミニバイブルーフ工	◎	○	パイプ	粘着力のない地山のゆるみ防止と肌落ちには効果がある。
E	鏡吹付けコンクリート	—	◎	吹付け コンクリート	地山からの浸透水を減少させてから施工しなければ効果が少ない。
F	鏡止めボルト	—	◎	塩化ビニールパイプ	機械掘削工法では、鉄類のロックボルトは使用できない。
G	リングカット	◎	○	—	機械掘削機のズリかき寄せ板が支障になり核の大きさに制限がある

現場の作業状況と手持資機材を使用できる補助工法として、A・B・E・F・Gを採用したが下記にその概要を記する。

4-2-(3) 対策工

① 地下水位の低下、切羽面からの滲水低減防止対策工

切羽からの浸透水、湧水を減じ地下水位を低下させるため上半部吹付けコンクリートの完了部よりノンコア水抜きボーリング(φ48mm)を実施した。上半切羽の3m後方より斜目のボーリングになるため、長さは約15~20mとし、やむおえず切羽より行う場合は高い位置とせず足元の施工とした。

② 天端崩落、鏡面の肌落ち防止対策工

フォアバイリングを施工し(@50cm n=19本 $\ell=3$ m)掘削直後、鋼矢板で押さえ1次吹付けコンクリートを実施する。リング上に滲水、浸透水がある場合は、鋼矢板と地山間に裏面排水マットを設置後吹付けを施工した。

核残しのタイプは(図-5参照)切羽の安定勾配をとるような形としたが、鏡吹付けコンクリートを施工しても、数時間後大塊となり崩落するため、併せて機械掘削を考慮し塩化ビニールパイプ(φ50mm $\ell=4$ mモルタル全面接着)を使用し打設したところ(図-6参照)効果が見られた。打設角度は全て下向きとしモルタルが完全に充填されるように施工をした。

③ 2次吹付けコンクリートの落下防止対策工

天端部に落下現象が多く見られ、金網を2重張りとし、さらにD=19mmの鉄筋を約1mピッチに支保工裏側に補強したところ効果が見られた。

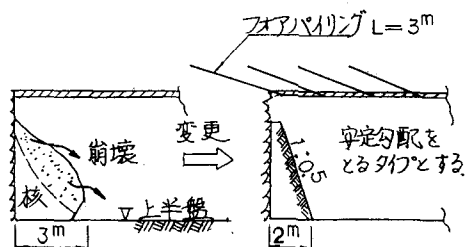


図-5 核残し断面図

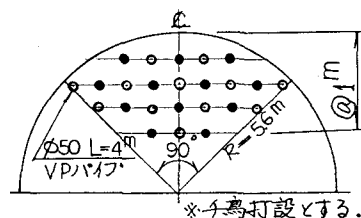


図-6 鏡止めボルト断面図

4-2-(4) あとがき

補強工法の鏡止めボルト、フォアバイリングを施工した延長は約5m程度であったが、他の工法については、約50m近くにおよんだ。本トンネルの場合は水抜きボーリングの効果が顕著に表れ、又、切羽を長時間開放すると地山に新たなひびわれ、崩落が発生するので掘削サイクルを早くすることや鏡吹付けコンクリートをすみやかに実施することに専念し当区間を無事通過することができた。