

地下水位が高いマサ土の坑口施工対策

戸田建設(株)	札幌支店	正会員	山田 裕之
戸田建設(株)	札幌支店		岩見 孝司
戸田建設(株)	札幌支店		三上 英明
戸田建設(株)	札幌支店		高橋 和寛

1. はじめに

第二狩勝トンネルは、北海道横断自動車道（黒松内～釧路）のトマム IC と清水 IC 間に位置する。起点側は南富良野町、終点側（東側）は新得町にあり、内空断面 65.6 m²、全長 2,576m のトンネルである。工事は、平成 15 年 1 月から終点側より上り約 2% の縦断勾配で掘削を開始し、平成 16 年 2 月末で、1,099m の掘削を完了した。

終点側坑口部は、以下に示す特徴がある。(1)地下水位がトンネル天端より高い。(2)地質がマサ土あるいは強風化花崗岩（土砂～軟岩）で占められている。(3)低土被り区間(2D=24m以下)が、約 200m である。上記の地質や地下水位条件下では、流砂や天端崩落を発生させる危険があるため、安全に掘削するための対策として補助工法の検討を行なう必要があった。本論では、その検討経緯とその対策工の実績を中心に報告する。

2. 地質概要

坑口部の地質は、上部より「古期扇状地堆積物(fd-0)」、その下に「マサ(Hgrcw4)：岩石組織が消失した強風化花崗岩」とされる砂層が 2～3m 介在し、下部には「強風化花崗岩(Hgrcw3)：N 値 50 以上の締まった砂層」が分布している。マサ土は、トンネル坑口部でトンネル天端より 3～4m 下に分布する。岩石組織が消失するまでに風化作用が進行した花崗岩で、降雨等でマサに水を含むと、その力学的性質は一変し、せん断抵抗は著しく低下する。強風化花崗岩は、石英、長石、雲母の粒子が容易に識別され、そのかみあわせから岩石組織が残存する。

3. 事前調査

表 - 1 土質試験結果一覧表

3.1 土質試験

坑口切土面より試料を採取し、各層の土質試験結果と、流砂現象に関する指標および流砂発生の経験的な限界値を表 - 1 に示した。乾燥密度、 D_{10} 、 D_{60} の各指標で、マサ土、強風化花崗岩は、その目安を下回っている。さらに、坑口切土面は、湧水に伴う浸食を生じていた。

3.2 地下水位観測孔（調査ボーリング）

坑口部より 32m 起点側に入り、トンネルセンターより左右 15m の位置で調査ボーリングを地表より 2 本実施した。地下水位面は、トンネル掘削天端より 2.75m 上方、マサ部の N 値は、16～22 であ

項 目	古期扇状地堆積物	マサ土	強風化花崗岩	流砂発生の目安
乾燥密度(g / cm ³)	1.60	1.43	1.51	$d < 1.70$
土粒子密度(g / cm ³)	2.76	2.72	2.74	$G_s < 2.65$
自然含水比(%)	12.60	16.50	26.70	
均等係数	33.64	9.74	15.95	$U_c < 4 \sim 5$
10% 粒形(D_{10}) mm	0.0972	0.0614	0.0294	$D_{10} < 0.15$
60% 粒形(D_{60}) mm	3.27	0.598	0.469	$D_{60} < 1.5$
現場透水係数(cm / s)	3.2E-03	8.5E-04	8.2E-04	
粘着力 (t / m ²)		0.30	1.20	
内部摩擦角 (°)		32.0	32.0	

った。さらに、そのボーリング孔を利用し、孔内に水位計を設置し、地下水位を連続的に測定した。

4. 対策工の施工

事前調査と鏡安定解析より、切羽の安定には地下水位低下工法が不可欠で、さらに天端崩落防止の対策が必要となった。

キーワード：マサ土・ディ・プウェル・低土被り・AGF

連絡先：戸田建設(株) 札幌支店 〒060-8535 札幌市中央区北 3 条東 2 丁目 2 番地

PHONE：011-231-9600 FAX：011-219-5639

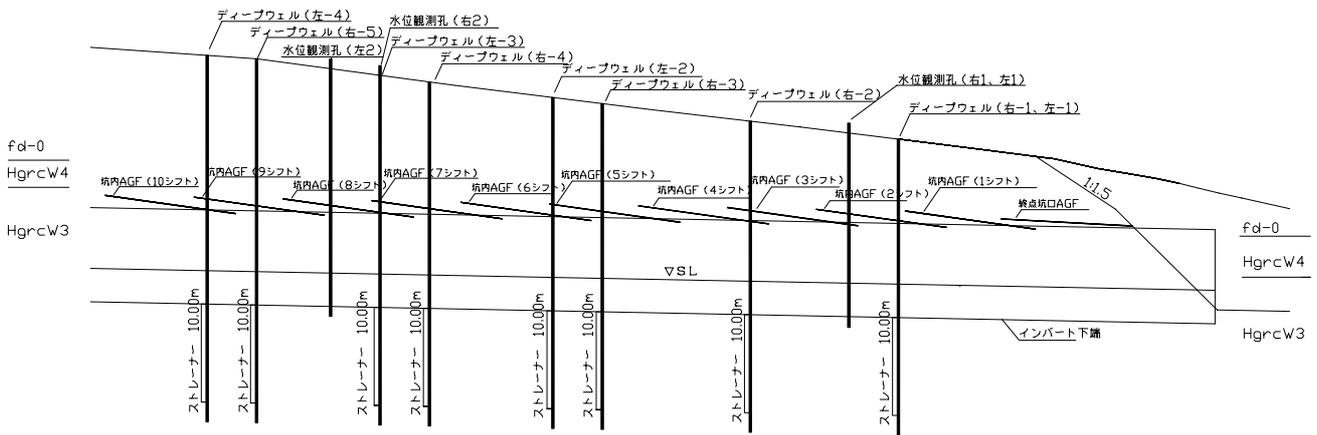


図 - 1 坑口部施工対策概要図

4.1 地下水位低下工法

10⁻³ のオーダーに近い透水係数が確認されたことから、地下水位低下工法は、トンネルの掘削を中断することなく連続的に揚水可能なディープウェル工法を採用した。計画地下水位をインバート施工基面とし、トンネルセンターより10m離れた左右に合計8本のディープウェルを施工した。深度は、インバート施工基面以下12mとし、その位置に10mのストレーナー区間を設けた。水みちが一般でないため、図-2に示すように、切羽に向かい左側と右側とで水位低下に差がみられた。左側は計画水位低下ラインまで約3ヶ月を要したのに対し、右側は約25日で到達した。揚水量は、1井戸あたり最大225ℓ/分を示し、8本の井戸合計で最大663ℓ/分の揚水量を観測した。

4.2 天端および切羽安定の対策

土質試験で得られた、 c, ϕ を用いて村山の方法で、前方のゆるみ幅を求めた。その結果、ゆるみ幅は5.6mであるとの結論が得られた。対策工は、鋼管と注入材によって天端地山を先行補強する長尺先受け工法であるAGF工法を採用した。AGF工法は、別途に特殊な機械設備を設けることなく、トンネル掘削サイクルに組み込める利点を重視し採用した。(表-2参照) 施工区間は、坑口部と坑内10シフトで、シリカレジンの注入量は設計値の55.4~88.6%の実績を示し掘削の進行に伴い漸減した。

4.3 対策工の効果

事前調査データを基に対策案を検討し、終点側坑口部を安全に施工することができた。計測工の変位は、天端沈下量30mm以下、内空変位量20mm以下で、計測点と切羽との離れが掘削断面幅の2倍以下で収束した。一方、ディープウェルは、インバート打設完了と計測工の収束を条件に坑口側より順次停止した。それに伴うトンネル内および地表面の変状はなく、水位は揚水開始前の約8m下までの復元に留まった。

5. おわりに

トンネル自体が、水抜き孔となり揚水前の水位に戻らないと考える。坑内の総湧水量は、約1.6m³/分でほぼ一定である。起点側坑口も同様な地質～地下水位条件であるため今回の対策工を基本に対応していく予定である。

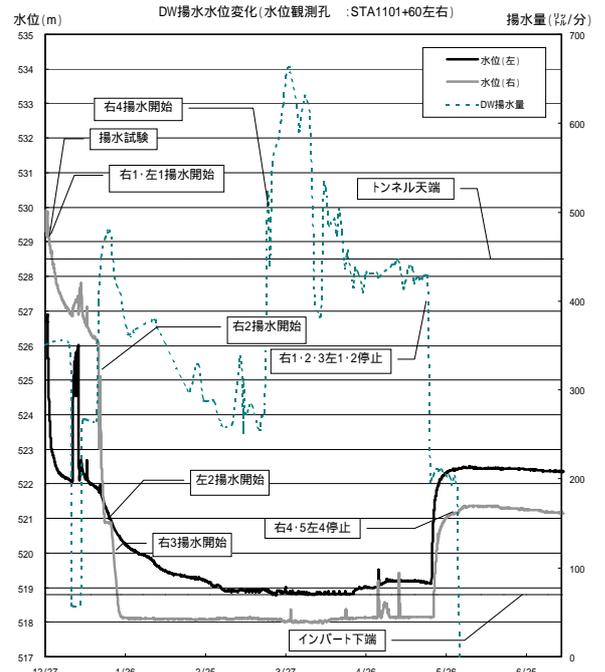


図 - 2 地下水位低下経時変化図

表 - 2 AGF工法の仕様一覧表

項目	単位	標準パターン
鋼管打設ピッチ/1断面	m	0.45
鋼管径	m	114.3
打設範囲	度(°)	120°で30本
断面幅の有無	-	無
鋼管打設長	m	13.3
1シフト長	m	9.0
注入材の選定		シリカレジン
設計注入量	kg/本	168