

トンネル坑口周辺の不安定地盤の土質定数設定と対策工選定

国土交通省 東北地方整備局 佐藤 浩明

鹿島建設(株) 正会員 ○岡崎 勇樹 上南 隆 戸邊 勇人 佐々木 栄治 松崎 裕亮

1. はじめに

国道 47 号岩清水トンネルは、山形県新庄市大字升形から最上郡戸沢村大字岩清水地内で施工中の全長 868m の道路トンネルである。周辺の地層は、新第三紀鮮新世に堆積した羽根沢層の凝灰質砂岩 (Hts) 及び砂岩シルト岩互層 (Hal) を主体としており、両層の強度は一軸圧縮強度 1N/mm^2 程度と低い固結度を示している。これらの両層の上位には、さらに脆弱な崖錐堆積物 (dt) が層厚約 4~5m 程度で分布しており、終点側坑口掘削時の地山不安定化が懸念されていた。本稿では、このような低固結の地層と脆弱な崖錐堆積物の分布域におけるトンネルの坑口対策工について述べる。

2. 終点側坑口部の切土と地質状況

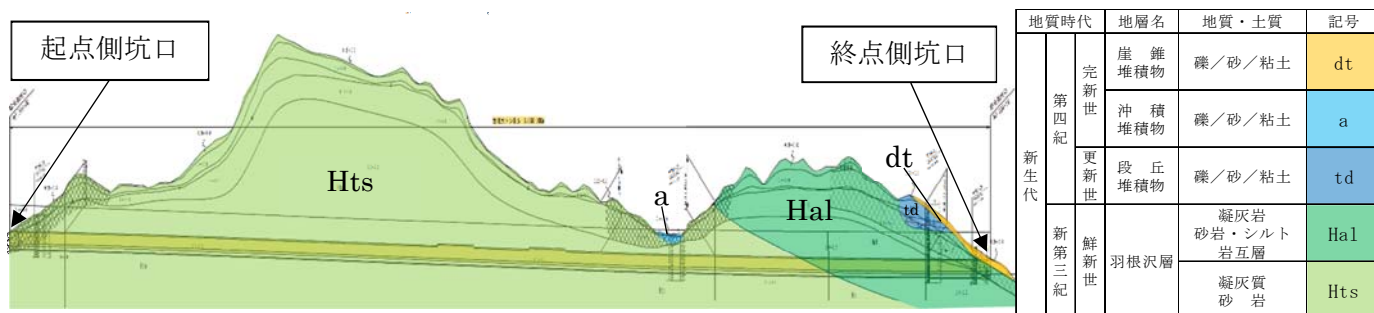


図-1 岩清水トンネルの地質縦断面図

本トンネルの地質縦断面図を図-1 に示す。本トンネルは終点側から着工し、当初、着工側（終点側）の坑口背面の切土を 1:0.5 勾配で、坑口に向かって左右の切土を 1:1.2 勾配で掘削する計画であった（図-2）。

掘削では想定より固結度の低い砂質土が出現したため、多機能フィルターの設置、吹付モルタル・吹付コンクリートの打設（10cm 厚）、ロックボルト（ $L=3\text{m}$, 1本/ 2m^2 ）の打設による法面補強対策工を実施し掘削を進めたが、法面崩壊や湧水による土砂流出を抑制できなかった（図

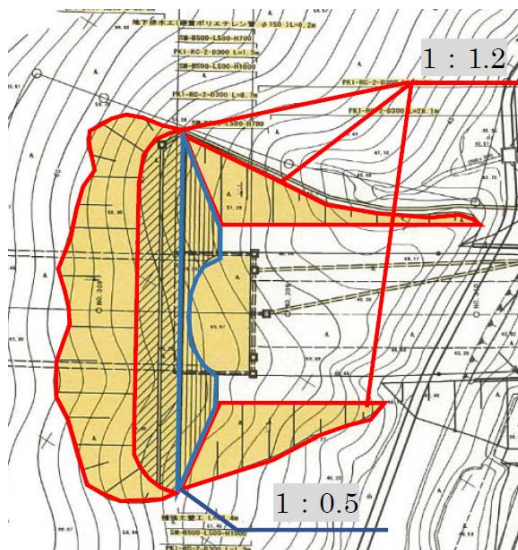


図-2 当初の終点側坑口の切土工計画図



図-3 右側法面崩壊状



図-4 湧水による土砂流出

図-3, 図-4)。このまま掘削を継続すると大規模な法面崩壊を発生させる可能性が考えられたため、坑口周辺の地質と対策工の見直しを実施した。

3. 坑口周辺の地質分布と土質定数の再設定

終点側坑口周辺には、地表付近に約 3.7m 厚の表土・崖錐堆積物、その下位に砂岩シルト岩互層 (Hal) が、それぞれ分布している。Hal 層の下部は N 値 50 以上の固結した砂岩シルト岩互層（岩盤）であるが、上部の層厚 6.2m 程度は DL 級に風化していた (Hal 層 DL)。この Hal 層 DL の分布域が当初の想定より厚く、またその力学的強度が低かったため、斜面崩壊が発生したと考えられた。そこで、スウェーデン式サウンディング試験、ボーリングコ

キーワード：低固結層、坑口部の施工、フォアパイリング

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6594

アの針貫入試験，および崩落した斜面形状の逆計算を行い，既存ボーリング試験の結果をあわせて崖錐堆積物と Hal 層 DL の地層分布と土質定数を再設定した¹⁾²⁾ (図-5，表-1)．逆計算では，実際の崩壊状況を模擬したすべり形状を作成し，内部摩擦角を固定した上で安全率が 0.94 となるように粘着力を算出した．

4. 対策工の選定と実施

地層分布と土質定数を再設定後に斜面安定計算を実施したところ，当初施工していたロックボルト (L=3m, 1 本/2m²) だけでは切土の施工 (1 : 0.5) が不可能と判断された．

そこで，法面安定対策工として地山部分を浅層混合処理 (セメント改良) するとともに，法面安定のためのセメント改良盛土による押え盛土 (ソイルセメント) を実施した (図-6)．また終点側坑口では，当初設計として注入式フォアポーリングが選定されていたが，脆弱な砂質土層 (崖錐堆積物，Hal 層 DL) が当初の想定より厚く分布していることが確認されたため，注入式フォアポーリングでは剛性が低く，トンネル掘削中の切羽前方の緩みと緩み土圧に抵抗できないと判断された．そのため，長尺鋼管フォアパイリング (AGF φ 114.3mm，L=12.5m，ctc450mm，120° 範囲) と長尺鏡補強ボルト (φ 76.3mm，L=12.5m，2 段 ctc1.0m，120° 範囲) を実施した (図-6，図-7)．また，脆弱な砂質土層と岩盤の境界付近には地下水が滞留して斜面を不安定化させることから，水抜き工 (φ76.3mm，L=12.5m，N=4 本) を施工した (図-6，図-7)．さらに，トンネル坑口の早期着手と安全のために，5 基の明り巻を設置した (図-6)．これらの対策の結果，終点側坑口の崩壊や切羽崩壊を発生させることなくトンネル掘削が続行できた．

5. おわりに

本工事では，想定より砂質土層 (崖錐堆積物・Hal 層 DL) の強度が低く，またその分布が厚かったために着工側 (終点側) の切土工事において斜面崩壊が多発した．本来であれば，予定掘削面まで切土を行った上でトンネル掘削に着手するべきであるが，応急的な工夫としてセメント改良を伴う押え盛土，長尺鋼管フォアパイリング，長尺鏡補強ボルト，水抜き工，および明り巻工を実施した結果，早期にトンネル掘削に着手することができた．

参考文献

- 1) 設計要領 第二集 橋梁建設編，平成 18 年 4 月，東・中・西日本高速道路株式会社，p4-11
- 2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編 平成 24 年 3 月 日本道路協会，p604

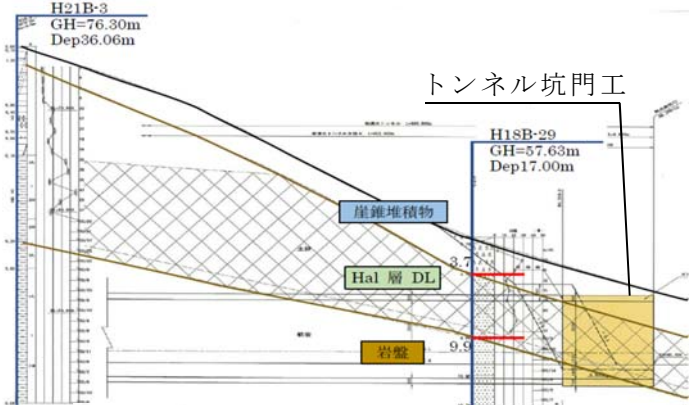


図-5 終点側坑口の地層分布

表-1 崖錐堆積物・Hal 層 DL の土質定数

	設定N値	単位体積重量γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 φ (deg)
崖錐堆積物	3	18	0	24
Hal層DL	16	18	4.8	35

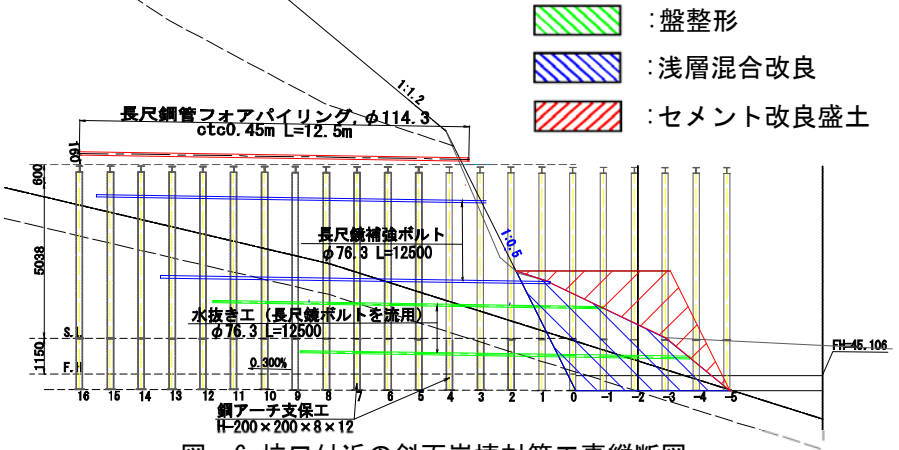


図-6 坑口付近の斜面崩壊対策工事縦断図

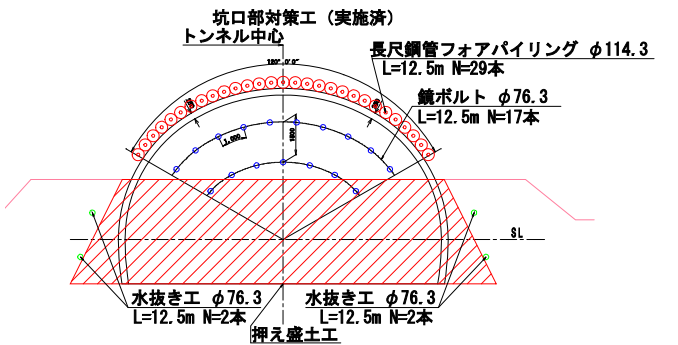


図-7 坑口付近の斜面崩壊対策工事断面図