

崖錐の厚く堆積した坑口区間におけるトンネル掘削時の斜面安定対策

国土交通省 九州地方整備局 宮崎河川国道事務所 日南国道維持出張所 神崎 博章
 東急建設株式会社 正会員 ○村田 和哉 和田 脩平 満尾 淳
 東急建設株式会社 渡辺 章 岡本 高治

1. はじめに

本工事は宮崎県日南市に位置する延長 724m の道路トンネル工事である。トンネル区間の地質は砂岩・泥岩互層を主体とし、起点側は泥岩優勢、終点側は砂岩優勢互層となっているが、両坑口には N 値 10 程度の古期崖錐堆積物が分布し、地すべり危険箇所に隣接する斜面である。

起点側坑口では、従来通り 1:0.5 の切土により坑口付けを行いトンネル掘削を開始する予定であったが、上半盤まで切土掘削した時点で集中豪雨により、のり面背面に雨水が浸透し被圧されることにより、のり面の崩壊を生じた。5月の施工であったため、今後さらに雨量が多くなることが予想され、のり面の養生を行って雨水が浸水することがないようにシート養生を行ったのちに工事を一時中止し、坑口付けおよびトンネルの施工法について検討を行った。

本論文は、起点側坑口における坑口付け方法の選定およびのり面安定を図りながらのトンネル掘削方法および計測管理方法について述べるものである。

2. 坑口付け時ののり面崩壊

本トンネル起点側坑口付近は、泥岩優勢互層の地山に対して崖錐堆積物が最大約 17m の厚さで堆積しており、当初計画では坑口から 25m は崖錐中の掘削となると想定されていたため（図-1）、トンネル掘削時の天端安定、地表沈下抑制対策として長尺鋼管フォアパイリング工法が計画されていた。崖錐堆積物は N 値が 10 程度であるが粘性土を多く含み水を含むことにより容易に泥濘化する状況であった。地下水位はボーリング調査によるとトンネル計画高さ程度であるが、豊水期には地下水位が上昇しやすい地山構造と想定されていた。

坑口において 1:0.5 の勾配で切土工事を実施中に集中豪雨が発生し、トンネル上半盤付近まで掘り下げた時点で写真-1 に示す崩壊を生じた。崩壊形状は計画切土線をえぐられる形で生じたため、坑口付け形状の変更を余儀なくされた。

3. 坑口付け対策工の選定

坑口区間の施工法の見直しにあたって、地山物性値の再評価を実施した。崩壊自体は主に上部崖錐堆積物に沿って発生しているため、崩壊後の地形の安全率を 0.95 として崖錐層の粘着力を逆算した。その下部の古期崖錐層についてはスウェーデン式サウンディングを 8 箇所実施して粘着力を推定、以下の結果を得た。

崖錐層 設計 $C=30.0 \rightarrow$ 修正 18.5 kN/m^2

古期崖錐層 設計 $C=50.0 \rightarrow$ 修正 18.2 kN/m^2

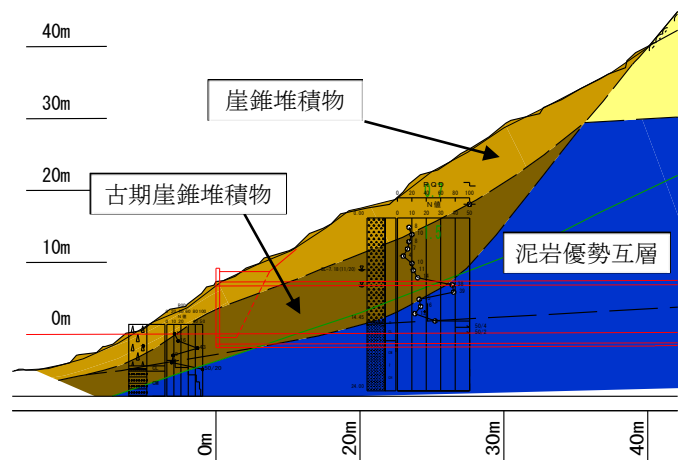


図-1 起点側坑口区間の地質状況



写真-1 坑口崩壊状況

キーワード 崖錐堆積物 坑口区間 抑え盛土 早期閉合

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設株式会社 土木本部 土木技術設計部 Tel:03-5466-5322

表-1 坑口対策工比較表

工法	現況図	押え盛土案	再切土(1:0.5)・鉄筋挿入案	再切土(1:1.2)・垂直縫地ボルト案
概要図				
対策効果	—	崩落箇所を改良土で押さえることで、すべりに対してカウンターウェイトの効果をなす。下半盤は浅層混合改良。	現状を5分カット+鉄筋挿入で法面を補強することで、すべりに対して抵抗する。	群打設された鉄筋の吊り下げ効果により天端安定・切羽安定を図る。
評価	—	施工性・経済性・工期ともに優れる。 ◎	鉄筋挿入により水の影響で地山脆弱化の可能性。現状からの切土はリスク大。 △	構台の設置等に工期を要するため、適正ではない。 △

見直した物性値を用いて坑口付け対策工の選定を行った。

表-1 に対策工の比較表を示す。

対策工として、押え盛土案、鉄筋挿入併用再切土案、垂直縫地ボルト併用再切土案について検討を行い、再切土としてさらに追い込んでの切土はリスクを伴うこと、垂直縫地では大規模な構台が必要となり工期に大きく影響を与えることからここでは押え盛土案を選定した。ただし追加サウンディングにより下半盤付近地盤を評価した結果、押え盛土の下部をすべり面が通過することから下半盤についても浅層混合改良を実施した。

4. トンネル補助工法の見直し

トンネル補助工法については、長尺先受け工が計画されていたが、坑口付け時の地山状況から長尺鏡ボルトを追加、さらに必要に応じて脚部沈下防止のため上半仮インバートおよび早期閉合を行うこととした。仮インバートについては、図-2 に示す骨組みモデルを用いて効果を検証し、仮インバート無では脚部沈下が天端沈下の2/3以上発生するが、仮インバートにより1/2以下に抑えらえることが確認できた。したがって仮インバートの設置基準を天端沈下が管理レベルⅡを超え、かつ脚部沈下がその2/3以上の場合とした。実際には仮インバートを坑口から15m施工することで図-3 に示すように仮インバート施工後の脚部沈下を最小限に抑え崖錐地山中を問題なく施工することができた。

5. おわりに

坑口区間に崖錐層が堆積する条件は、トンネルでは一般的ではあるがその挙動は多種多様であるため、のり面の安定を図りながら掘削を行うためには、切羽・天端安定のみではなく脚部沈下に目を向けた挙動管理、対策選定が重要である。本事例では、今後の工事の参考になれば幸いである。

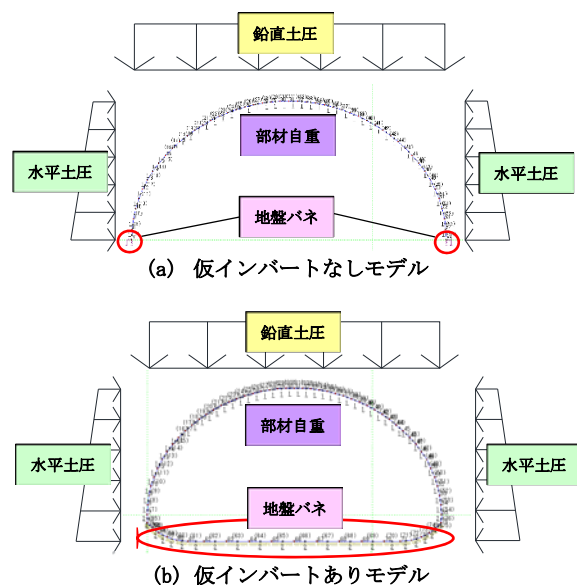


図-2 仮インバート検討モデル

表-2 仮インバートの効果検証結果

検討位置 (先受けシフト)	仮インバート 有・無	脚部沈下 (mm)	天端沈下 (mm)	支持地盤
1シフト目	無	110	149	崖錐層
	有	33	76	
2シフト目	無	120	170	崖錐層
	有	36	87	
3シフト目	無	13	53	砂泥互層
	有	9	57	

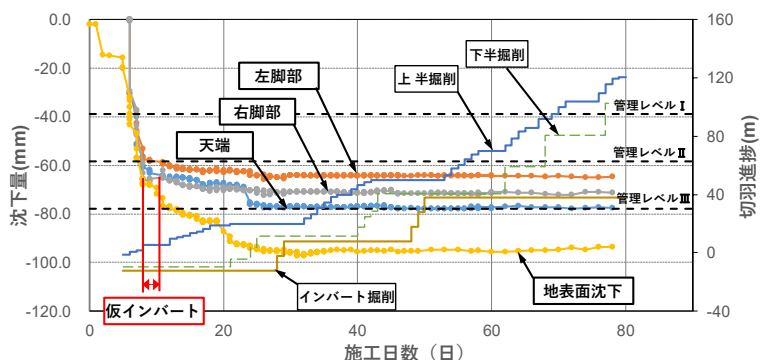


図-3 天端、脚部沈下および地表面沈下計測結果