

崩積土が厚く堆積したトンネル坑口部の施工について

安藤ハザマ	土木事業本部	正会員○辰巳	順一	正会員	河邊	信之
安藤ハザマ	九州支店	三浦	智哉		米田	新

1. はじめに

今回対象としたトンネルの起点側坑口付近は、N値 9 程度の未固結の崩積土が最大 15m の厚さで分布しており、トンネル掘削に伴って斜面崩壊を誘発するおそれがあった。このため、トンネル掘削による斜面の安全率の低下を考慮した斜面安定工を実施する必要があった。しかしながら、坑口上部の斜面は対策工の施工可能な範囲や規模が限定される状況であった。以上から、本トンネルでは、トンネル掘削時に補助工法を採用することで斜面の安全率の低下を極力抑制し、坑外で実施する斜面安定工の規模を最小限に抑える設計とした。本稿では、対策工の詳細と施工結果について報告する。

2. 地質狀況

起点側坑口部の地質状況を詳細に把握し、設計に使用する土質定数（ c ， ϕ ）を見直す目的で、鉛直調査ボーリング（ $L=15\text{m}$ ）を実施した。ボーリングコアの観察、およびボーリング孔における弾性波速度検層（PS 検層）の結果から、崩積土はN値 7 程度の新期崖錐堆積物とN値 30 程度の古期崖錐堆積物の 2 層に区分できることが判明した。また、坑口付近の地形に関しては、斜面勾配 40° 程度とやや急峻で一定勾配を呈しており、活動中の地すべり地帯にみられるような段差地形や滑落崖などは認められなかった。

3. トンネル掘削が斜面崩壊に与える影響

起点側坑口部におけるトンネルと地すべりの関係を図-1 に示す。今回対象としたトンネルでは、想定すべり面をトンネルが通過する形で位置しており、地すべりの圧縮部をトンネルが切取る形となるため、斜面の安定性への影響も大きくなる。以上から、図-2 に示す検討フロー¹⁾に従って対策工の設計・施工を行うこととした。

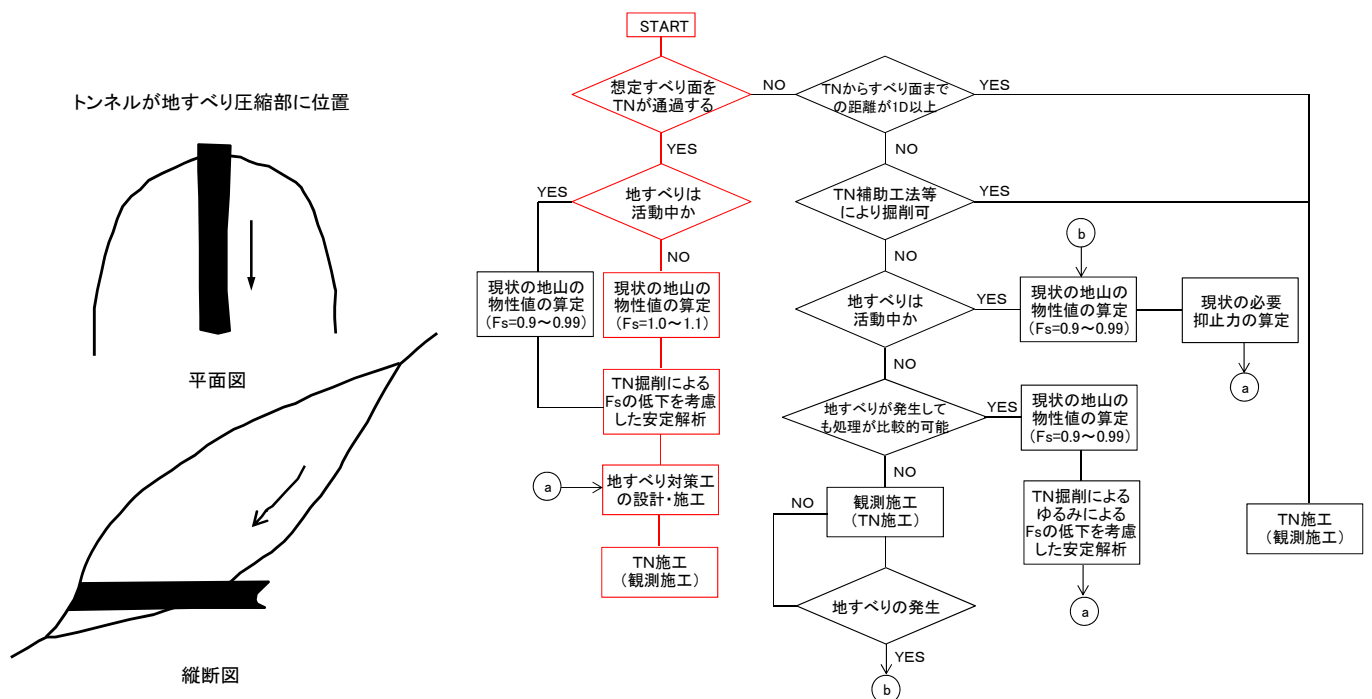


図-1 トンネルと斜面崩壊の関係¹⁾

図-2 トンネルが影響する場合の地すべり対策の検討フロー¹⁾

キーワード トンネル坑口，斜面崩壊，早期閉合，崖錐堆積物

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ土木事業本部技術第三部 TEL 03-6234-3673

4. 対策工の検討

起点側坑口部では、斜面安定工、およびトンネル掘削時の補助工法を検討した。今回、トンネル掘削時に最適な補助工法を採用することで、斜面安定工ではトンネル掘削による安全率の低下を考慮しない設計を行った。

① 斜面安定工

斜面安定工として切土補強土工（ $L=7.0\sim 7.5\text{m}@2.0\text{m}$ ，GFRP製ロックボルト）を採用した。切土補強土工の設計に使用した土質定数（ c ， ϕ ）は、追加調査ボーリング結果をもとに見直した値とした。また、補強材の配置は計画安全率 1.05 を満足する計画とした。なお、坑口付け切土掘削時とトンネル掘削時の斜面変位挙動を把握するために、坑口上部の斜面には孔内傾斜計を 2 台設置した（図-3 参照）。

② トンネル掘削時の補助工法

当初設計におけるトンネル掘削時の補助工法は、長尺鋼管先受け工（ $L=19.02\text{m}$ ， $\phi 114.3\text{mm}$ ， $n=27$ 本），長尺 GFRP 鏡補強工（ $L=19.65\text{m}$ ， $\phi 76\text{mm}$ ， $n=15$ 本），ウイングリブ付き鋼製支保工（H200），脚部補強パイル（ $\phi 114.3\text{mm}$ ， $L=5.5\text{m}$ ）で計画されていた。このうち、脚部補強パイルに関しては、当トンネルのような地質の場合、穿孔水により支保工脚部地盤を乱し地山を緩ませるおそれがある。このため、類似条件のトンネルで採用実績が多く、トンネル沈下抑制や周辺地山の緩み抑制に対して効果が高い鋼製インバート支保工（H200）と吹付けコンクリート（ $t=250\text{mm}$ ）による早期閉合に変更した（図-4 参照）。

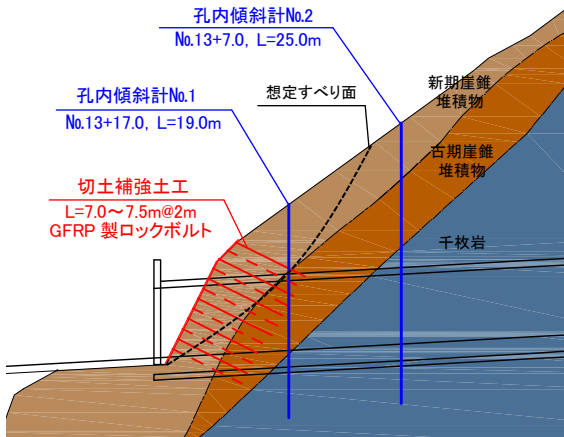


図-3 斜面安定工および計測工の概要

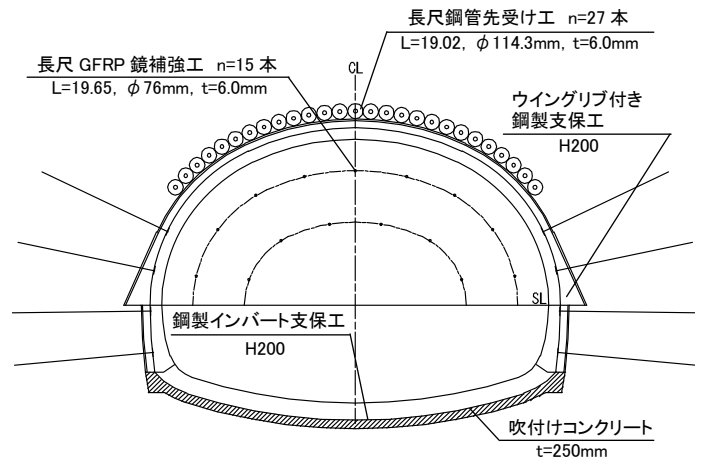


図-4 トンネル掘削時の補助工法の概要

5. 計測工と施工結果

表-1 に計測結果を示す。

- ・斜面の沈下量は 50mm と管理レベルⅢと同レベルであったが、水平変位量は 1mm/日以下であり斜面崩壊の挙動は確認されなかった。
- ・坑内の天端沈下量，内空変位量ともに管理レベルⅠ以内であり，斜面崩壊による影響は確認されなかった。

表-1 計測結果と管理レベル

	実測値	管理レベルⅠ	管理レベルⅡ	管理レベルⅢ
斜面の水平変位量	1mm/日以下	1mm/日	5mm/日	25mm/日
斜面の沈下量	50mm	—	—	(50mm)※1
天端沈下量	19mm	26mm	39mm	52mm
内空変位量	11mm	52mm	78mm	104mm

※1 自然斜面を対象とした管理値の実績値²⁾

6. まとめ

坑口部の斜面安定工において、トンネル掘削による斜面の安全率の低下を考慮しない代わりに、トンネル掘削時の補助工法を併用することで、斜面変位を極力抑制することができた。今回のような条件のトンネル坑口部において、経済的な斜面安定工を設計するためには、早期閉合等の補助工法を併用することが有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 高速道路技術センター：トンネル掘削を誘因とする地すべり対策に関する基本検討，1996.2
- 2) 日本トンネル技術協会：山岳工法における補助工法の効率的な設計施工法に関する調査検討報告書，2000.10