

トンネル掘削が斜面の安定に与える影響範囲について

ハザマ 土木事業本部 正会員 辰巳 順一 ○福田 雅司
 ハザマ 九州支店土木部 北村 徹雄 宮本 賢一

1. はじめに

トンネル坑口部の直上にすべり面が想定される場合、トンネル掘削に伴う緩みの影響で粘着力・内部摩擦角（ c 、 ϕ ）が低下し、斜面崩壊を誘発するおそれがある。この場合、斜面崩壊の対策工については、 c 、 ϕ の低減を考慮して設計することが多いが¹⁾、対策工が大規模となり工費、工程での課題も多い。今回対象トンネルのような比較的小規模な地すべりの場合、今回トンネル補助工法を併用することで、すべり面の物性値の低減を考慮しない斜面对策工を実施したことから、設計手法、施工結果について報告する。

2. 地質状況

坑口部は参道が土被り 2.5m で交差しており、参道施工に伴う切土掘削によって表層崩壊が発生したため、坑外から水平調査ボーリングを行った。その結果、トンネル天端部は N 値 10 以下の崖錐堆積層が到達点から約 5m 連続して分布しており、当初設計よりも厚く堆積していることが判明した。それ以外は亀裂の発達した頁岩（ $C_L \sim C_M$ 級）で概ね占められており、部分的に破碎された脆弱な層（D 級）を挟在していた。

3. すべり面に影響を与えるトンネル掘削の範囲

トンネル周辺に生じる緩み高さ h は Terzaghi の支保工に作用する土荷重の推定式より次式で表される¹⁾。

$$h = A (B + H_t) \quad \text{①}$$

A : 地山状態による定数 (0.5)

B : トンネル掘削断面幅 (12.3m)

H_t : トンネル掘削断面高 (9.3m)

水平調査ボーリングの結果からトンネル直上部は概ね亀裂の発達した頁岩（ C_M 級以下）で占められていることから、表-1 より $A = 0.5$ と考えた。したがって式①より緩み高さは $h = 10.8m$ となる。したがって、トンネル切羽前方への緩みの影響ライン（ $45^\circ + \phi/2 = 62.5^\circ$ ）も考慮すると、トンネル掘削による緩みがすべり面に影響を与える区間は図-1 より 22.5m 間となる。

表-1 Terzaghi の支保工に作用する土荷重

岩盤の状態	土荷重の高さ(m)	摘要
① 堅硬で侵されていないもの	0	肌落ちや山はねのある場合は軽易な支保工を要する。
② 堅硬で層状または片岩状のもの	0~0.5B	軽易な支保工を用いる。荷重は場所ごとに不規則に変化する。
③ 大塊状で普通程度の節理のあるもの	0~0.25B	
④ 普通程度に塊状で割れ目のあるもの	0.25~0.35(B+H _t)	側圧はない。
⑤ はなはだしく小塊で割れ目が多いもの	0.35~1.10 × (B+H _t)	側圧は小さいか、またはない。
⑥ 完全に破碎されているが、化学的には侵されていないもの	1.10(B+H _t)	相当の側圧、漏水によりトンネル下部が軟弱となるときは、支保工下部に通し土台を要するか、円形支保工とする必要がある。
⑦ 徐々に押し出してくるもの(中程度の被り)	(1.10~2.10) × (B+H _t)	大きな側圧、インパストラットが必要で、円形支保工が推奨される
⑧ 徐々に押し出してくるもの(大きな被り)	(2.10~4.50) × (B+H _t)	
⑨ 膨張性の地質	(B+H _t)の値にかかわらず80以上	円形支保工を要する。膨張性が激しい場合は可縮支保工を用いる。

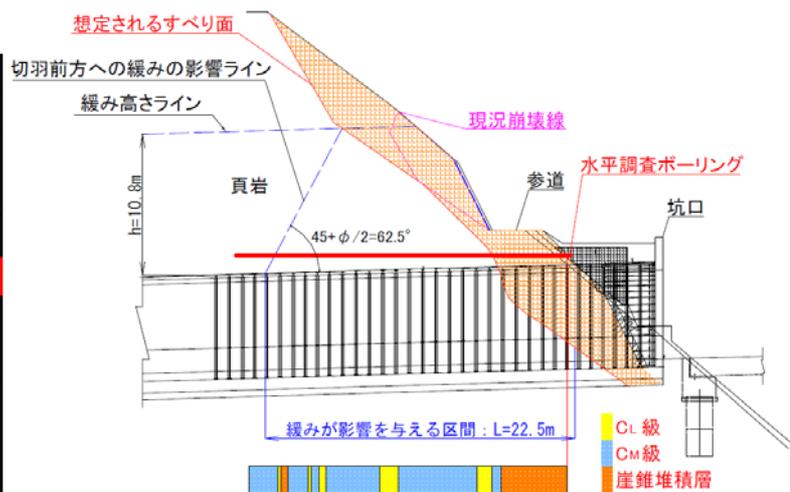


図-1 すべり面に影響を与える掘削範囲

キーワード 斜面崩壊、トンネル坑口、トンネル緩み、長尺鋼管フォアパイリング工法

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門 2-2-5 ハザマ土木事業本部技術第三部 TEL 03-3588-5771

4. 対策工の検討

本トンネルの斜面崩壊の対策工として、坑外の法面对策工、坑内のトンネル掘削補助工法の適用が考えられた。今回、トンネル掘削補助工法を採用することで、法面工ではトンネル掘削に伴う c 、 ϕ の低下を考慮しない設計を行った。

① 法面工

切土補強土工は、現地状況を考慮し、連続繊維補強土工を採用した。切土補強土工の設計に用いる c 、 ϕ は、想定されるすべり面における現状安全率を 1.0 と仮定し、逆算法により算定した。また、補強材は計画安全率の 1.2 を満足する配置計画とした (図-2 参照)。

② 補助工法

当初設計における補助工法は、充填式、注入式フォアポーリングで計画されていた。しかし、水平調査ボーリングの結果から当初設計より地質状況が脆弱であることが確認され、地山の緩み抑制効果が高く斜面崩壊を抑制できる長尺鋼管フォアパイリング工法に変更した (図-2 参照)。

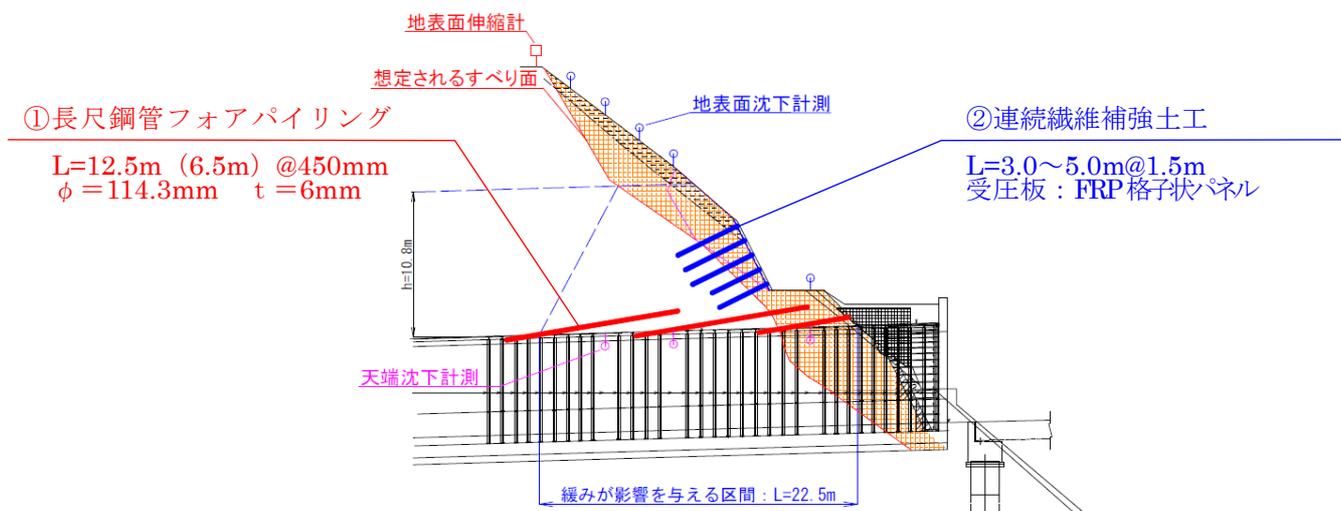


図-2 到達側坑口地すべり対策工一般

5. 計測工と結果

トンネル掘削時の地山挙動を把握するため、斜面変位計測 (地表面伸縮計)、地表面沈下計測および天端沈下計測を実施した (図-2 参照)。計測結果は、表-2 に示すように全て管理基準値以内となり、長尺鋼管フォアパイリング工法によって掘削に伴う緩みを抑制し、斜面の影響を極力抑制した状態で掘削することができた。

表-2 計測結果と管理基準値

	計測結果	管理基準値
斜面変位量	4.0mm	5~50mm/5日 ^{※1}
地表面沈下量	12.8mm	40mm ^{※2}
天端沈下量	7.0mm	40mm

※1 対策の検討を要する管理基準値²⁾

※2 危険状態で早期に補強が必要 (管理基準値Ⅲ)

6. まとめ

坑外の法面工の設計において、トンネル掘削に伴う c 、 ϕ の低下を考慮しなくても、坑内の掘削補助工法によって緩みを抑制でき、すべり面に影響を与えることなく施工できた。

また、緩み高さの把握については地中変位測定が効果的であるが、ここでは行っていない。すべり面に影響を与えるトンネル掘削の範囲の決定には式①における定数 A の値が大きく寄与するため、今回設定した値が妥当であったかどうか、今後類似の工事によってデータを収集し検討していくことを考えている。

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) 高速道路調査会：地すべり危険地における動態観測施工に関する研究報告書，1987.2