

1. 事例の概要

本業務は、道路トンネル詳細設計に利用するトンネル一般部の地質情報収集を目的として実施した。対象地域では、前年度に予備設計に基づく坑口部の詳細地質調査が実施されており、その調査を基にした坑口部の構造変更も行われていた。

ただし、詳細地質調査 1 は坑口部の構造変更を目的として計画・実施されたものでなく、構造変更の際も新たな地質調査は実施されず、設計に必要な地質情報は設計者によって推定されたものであった。このため、再度トンネル全区間の地形・地質踏査を実施したところ、以下の問題点が明らかとなった。

①坑口直上部および、坑口あかり区間で地すべり地形の確認

②切土のり面部での推定地層断面図の修正

このため、坑口部の設計に見直しが必要となったものである。

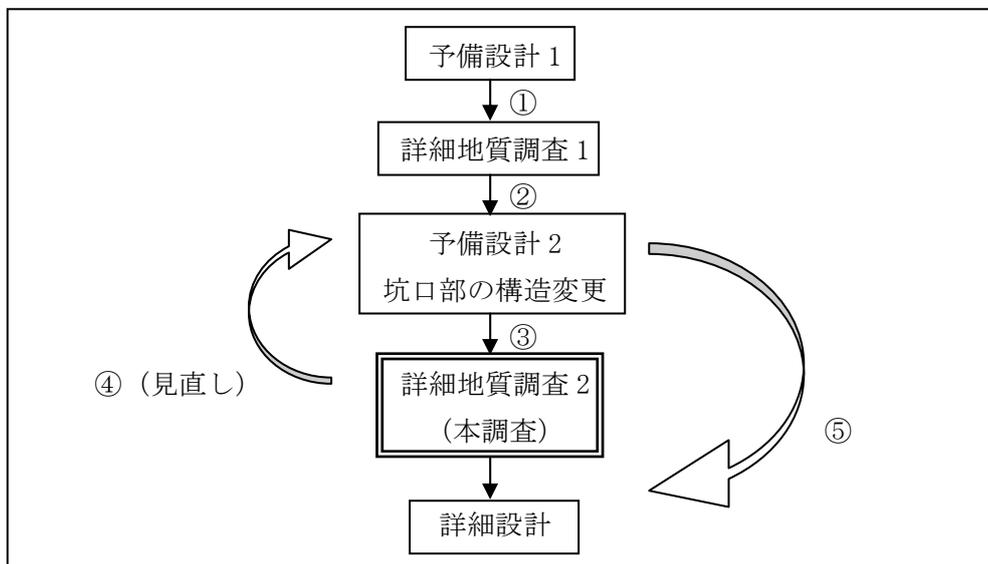


図 1 本事例における調査・設計の流れ

予備設計図面は図 2 の通りである。また、詳細地質調査 1 を基にした坑口部の構造変更後の平面図を図 3 に示す。

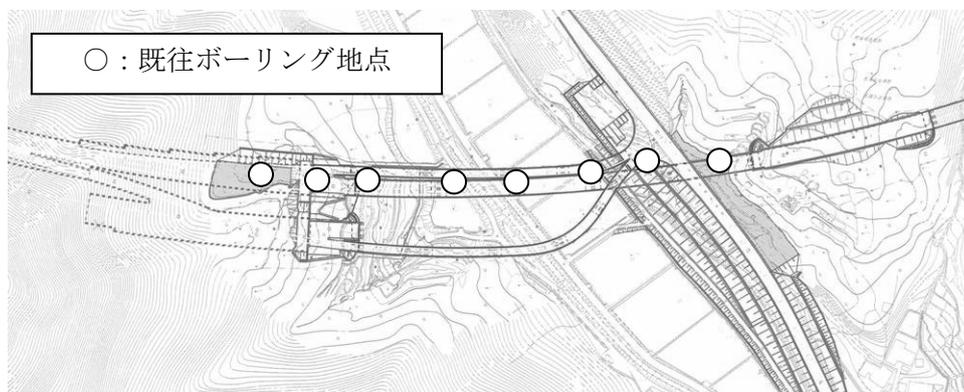


図 2 予備設計図面（既往ボーリング地点を追記）

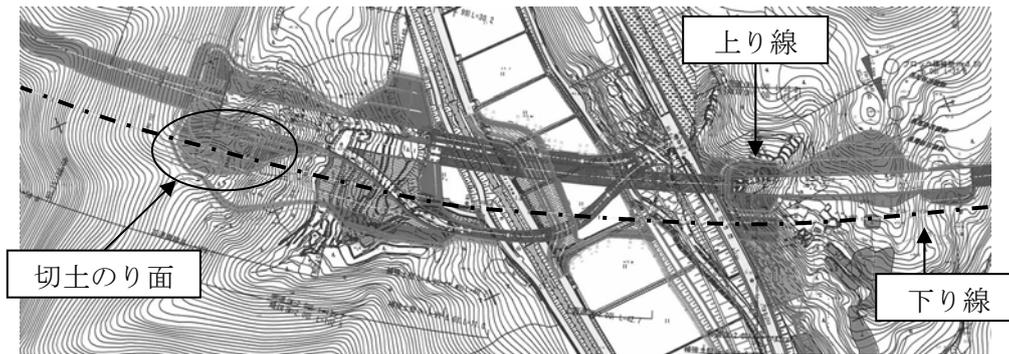


図3 坑口部構造変更後の設計図面

既往設計では、この区間は切土のり面の直下を下り線がトンネルで通過する計画となっており、トンネルとのり面の取り合いが検討されていた（図4参照）。ただし、地質断面などの情報は、上り線で実施したボーリング調査を基に推定したものであった。

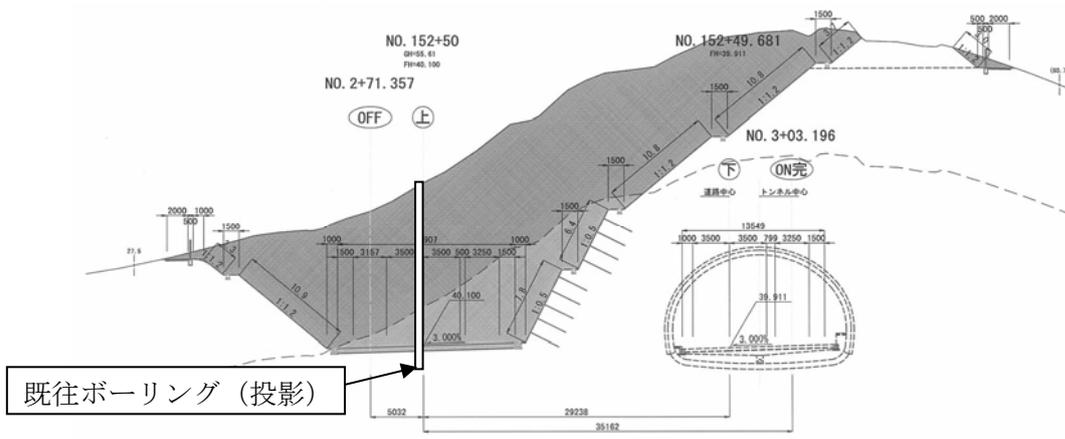


図4 終点側坑口付近での上下線の関係

2. 事例分析のシナリオ

本事例における課題は、詳細地質調査1が坑口部の構造変更を目的として実施されていないために生じた坑口周辺の地形・地質情報の不足に対して、構造変更後の設計に対して合理的な詳細地質調査2を計画・実施することにあつた。

例えば、図4断面図では上り線でのみボーリング調査が実施されているが、構造変更時の地質境界の取り扱いにおいて、ボーリング地点での風化層の層厚を断面上の全域に適応していた。

このように、本事例では不足した地質情報を補うために、下り線も含めた調査を計画・実施した。

3. データ収集分析

(1) 地すべり地形の確認

地表踏査によって、坑口付近には多数の地すべり、崩壊が分布することが確認された。

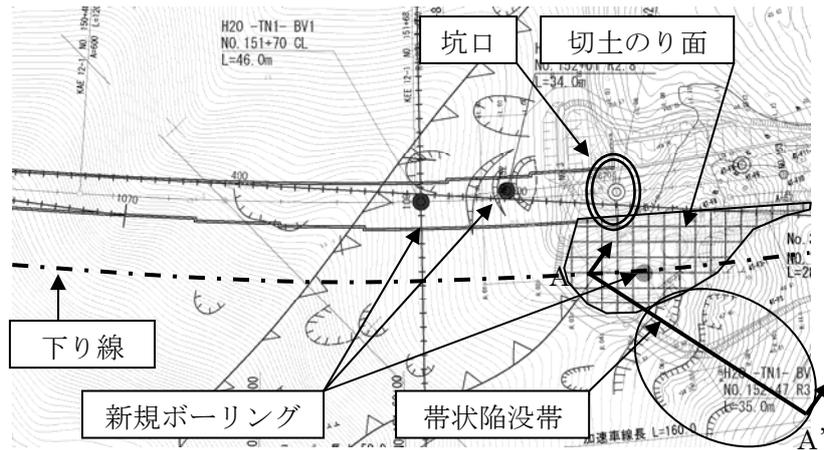


図5 坑口周辺の地形

これらの大部分は、層厚 2~3m程度の層厚の薄い地すべり・崩壊である。ただし、図5に丸で示した地すべりについては、頭部に幅広の陥没帯があることから、地すべりの層厚がかなり厚いと予測された（写真1）。また、頭部陥没帯が現在の尾根上にあることから、すべりは初生的なものと判断された。推定地層断面図を図6に示す。



写真1 地すべり頭部に見られる陥没帯
(写真に写っている2本のポールの間が陥没している)

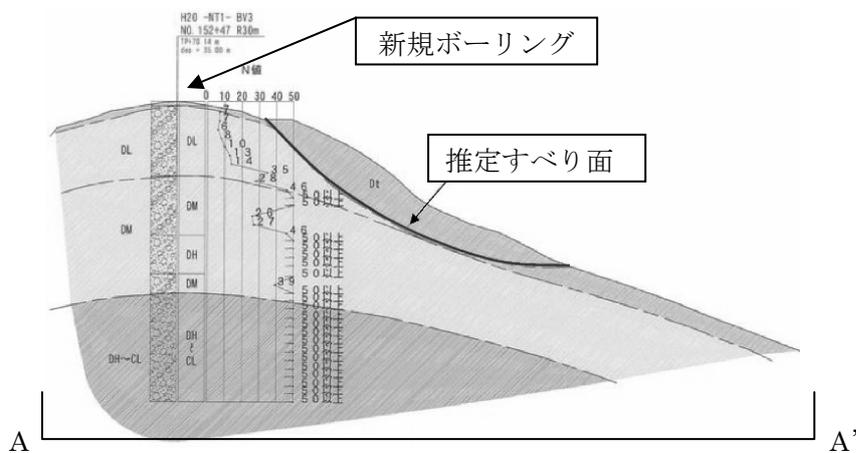


図6 推定地層断面図

(2) 地質断面の修正

既往設計成果に使用していた地質断面図は、地質境界の取り扱いを、縦断面図上の層厚をそのまま横断面図の全域に当てはめるといった手法がとられていた。しかし、既往のボーリング調査を見ると、尾根部と溪床部では風化層の層厚が違う（尾根部で風化層が厚い）ことが確認された。このため、必要な詳細調査としてボーリング調査を提案・実施した。

実施したボーリング調査によって、尾根部での風化層の層厚が、既往設計に使用された地層の層厚に比べて約 2 倍の厚さであることを確認することができた。この調査結果に基づいて作成した地層断面図を図 7 に示す。

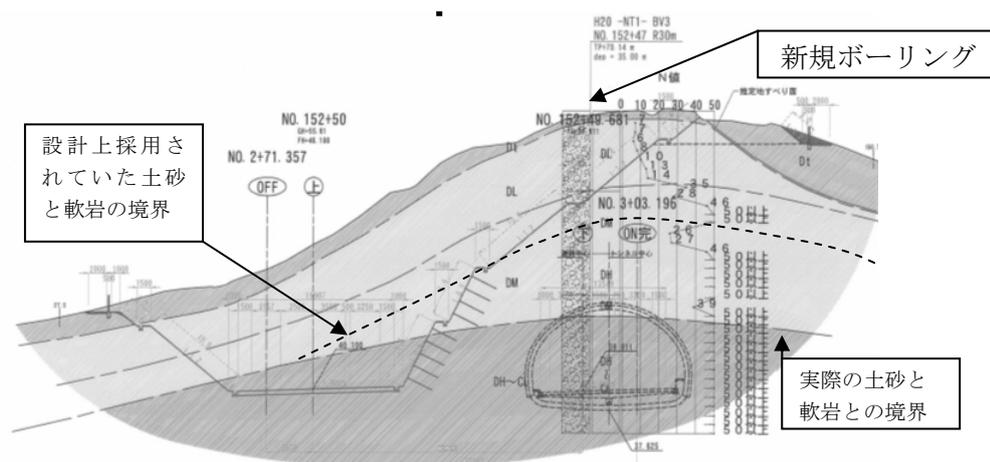


図 7 ボーリング調査による推定地層断面図

(3) 設計上の問題点

本調査より、以下の点が明らかとなった。

- ① 当地点は、土砂と判断される礫岩層 (DL~DM) が層厚 10~25m 程度で分布している。
- ② 地すべりは地層の強風化部の中でも、N 値が 30 以下の地層 (DL 層：強風化により赤土化) 中で発生している。
- ③ 斜面の勾配が 40° 程度の箇所、層厚がある程度厚いすべりが生じた。
- ④ 尾根部と溪床部では風化層の層厚が違う (尾根部で風化層が厚い)

①~③より、対象斜面のように DL 層の地層が厚く分布する斜面では、傾斜 40° の斜面は長期的な安定を保てないことを示している可能性がある。既往設計では、対象斜面の DL 層に相当する地層は粘性土とされ、その標準勾配は 1 : 1.2 (約 40°) としていたが、上述のようにこの標準勾配 (1 : 1.2) は対象斜面で初生的な地すべりが発生している斜面勾配 (約 40°) と同傾斜であるため、対象斜面では長期的な安定は確保できない可能性がある。このため、設計に当たっては DL 層に対して別途の勾配を検討することが望ましいと判断し、現在設定されている粘性土の標準切土勾配よりも 1 ランク低い切土勾配 (1 : 1.5) を設定することを、具体的な手法として提案した。

また、④の通り地質断面に修正が生じたため、トンネル及び切土部の構造に対して再検討が必要となる。

4. マネジメントの効果

マネジメント効果の比較に当たって、「いつ、適切な地質情報を把握したか」を基準として設け、以下の4通りについて検討した。

- ① 予備設計前に地形・地質情報を把握・・・・・・線形変更を実施
- ② 構造変更前に地形・地質情報を把握・・・・・・構造変更を反映
- ③ 本調査時に地形・地質情報を把握・・・・・・詳細設計時に見直しを実施
- ④ 施工中に地質リスクが顕在化・・・・・・施工中断

これら4通りに対して、検討の流れを図8上にフローチャートとしてまとめた。☆印は、「適切な地質情報を把握した時」を示している。図8下はそれぞれの段階における必要な設計・工事の内容を示している。

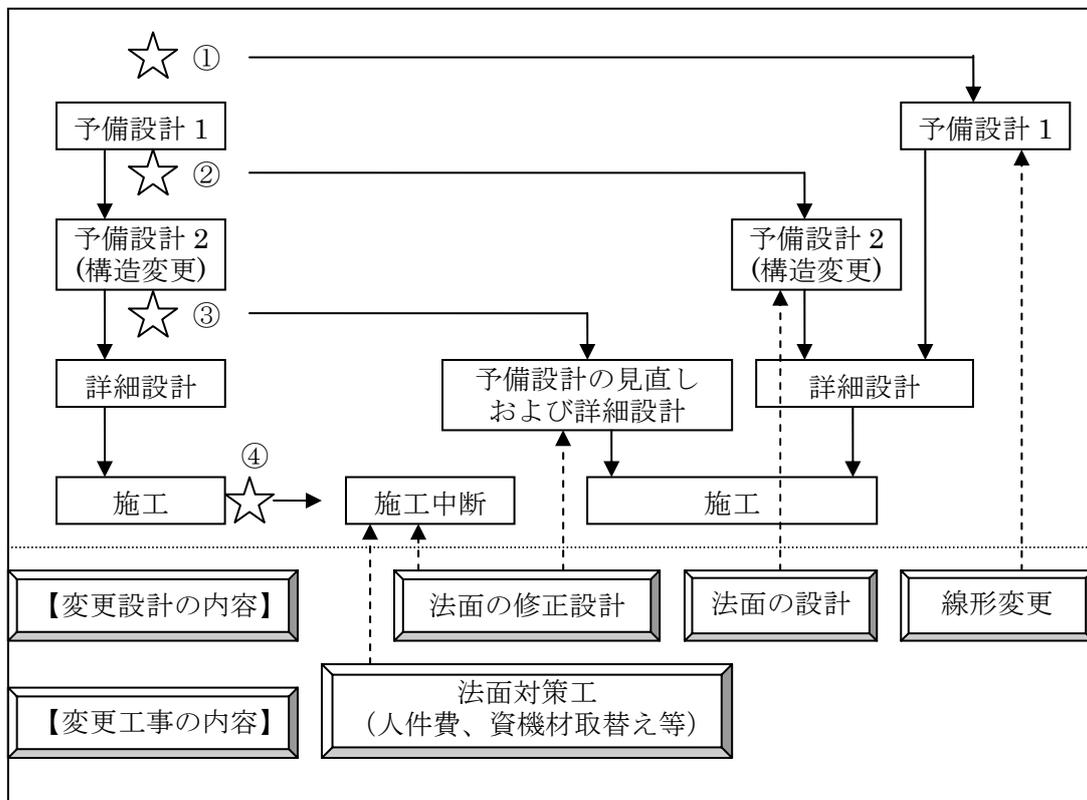


図8 マネジメント比較のフローチャート

本事例では③の段階で地質情報を把握することができた。詳細設計前の調査において施工地周辺の問題点を見逃すと、作業の大幅な手戻り（コスト増）につながるほか、最後まで見落とした場合は、施工中や完成後の管理において安全性を確保できないことなどから、マネジメント効果は大きなものがあったと考える。

一方、フローチャートより地質リスクのマネジメント効果を比較すると、本事例③の段階で地質情報を把握することは必ずしもベストではなく、より初期の地質調査（問題点を発見できる地質調査技術）が重要であることもわかる。

5. データ様式の提案

以上の検討データのうち、③（本事例）と④（施工中に地質リスクが顕在化）のマネジメント効果を定量的に比較し、地質リスク学会様式の分析シートに記入した（表2）。

表2 地質リスクマネジメント効果の分析シート（地質リスク学会様式）

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		国土交通省
	工事名		Y 道路トンネル工事
	工種		NATM トンネル本体工事
	工事概要		トンネル延長 1,228m
	①当初工事費		—
	当初工期		—
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		詳細設計前の2次調査中
	予測されたトラブル		地質構造が不明瞭であり（土砂厚、地すべり）、既往設計通りでは斜面の安定性が懸念される。
	回避した事象		修正設計のための施工中断および
	工事への影響		—
リスク管理の実態	判断した時期		2次調査中
	判断した者		発注者・地質調査業者
	判断の内容		地形・地質踏査の結果を踏まえ、設計上必要な地質情報を得るために、適切な箇所ボーリング調査を実施することとした。
	判断に必要な情報		土砂と軟岩との境界、地すべりの規模
リスク対応の実際	内容	追加調査	坑口部におけるボーリング調査（3箇所）
		修正設計	次年度に実施
		対策工	—
	費用	追加調査	400万円（当初調査委託費内で対応）
		修正設計	300万円（当初調査委託費内で対応）
		対策工	—
		②合計	700万円
変更工事の内容	工事変更の内容（想定シナリオ）		施工を中断し、①トンネルとのり面の取り合いの再検討②のり面の安定に関する検討、を実施する。
	③変更設計・工事費（推定）		修正設計費用（300万円）および、施工中断・設計変更に伴う人件費・資機材費の増加（2000万円）
	変更工期		修正設計・工法変更に必要な期間（+3ヶ月）
	間接的な影響項目		供用時期への影響
	受益者		発注者
リスクマネジメントの効果	費用（③-②）		1600万円
	工期		3ヶ月
	その他		—