

大規模地すべりを対象とした地質リスク調査検討事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○窪木 樹

1. 事例の概要

本事例は、地域高規格道路の計画ルートを対象に地質リスクの抽出・分析・評価を行ったものである。ルート上には複数の断層破碎帯、地すべり、土石流等の多様な地質リスクの存在が指摘されていた。さらに、ルート選定にあたっては、防災科学技術研究所により示された大規模地すべりブロックの実在性と活動性判定も課題となった。本論では、以上の課題解決に向けて実施した取り組みと結果の概要を報告する。

2. 事例分析のシナリオ

既往調査では、当初計画ルート上でトンネル坑口部と土石流リスクを有す沢筋および地すべり地形との干渉が指摘されていた。このため、道路予備修正設計において、これら事象を回避するための線形変更案が検討された。ただし、この線形変更案では、新たに防災科学技術研究所の「地すべり地形分布図」に記載された大規模地すべりブロックの末端を通過する計画とされた。

以上を踏まえ、両ルートの地質リスクを抽出・検討し、ルート選定に向けた評価を実施した。地質リスクの抽出・検討にあたっては、当初計画ルートと線形変更案双方に対して、既往 LP データ（レベル 1000）から微地形表現図（傾斜量図・CS 立体図）を作成し、危険地形を判読した。さらに、判読した危険地形に対してその実在性とルートへの影響度合いを確認するための現地踏査を行い、最終的な地質リスクを評価することとした。

併せて、線形変更案にて最大のリスクとなる可能性のあった大規模地すべりブロックを対象に、2020 年 7 月豪雨（月間降水量 1,244mm を記録）を挟んだ時期の衛星 SAR 解析を実施し、本地すべりブロックの活動性を評価した。さらに、本大規模地すべりブロックに対するトンネル施工による安全率変化のあたり解析を行った。

以上の検討結果に基づき、当初計画ルートに対し線形変更案が総合的にリスクが小さく、有利となると評価した。

3. データ収集分析

(1) LP データ（微地形表現図）による地形判読結果および現地踏査結果

今回、微地形表現図としてレベル 1000LP データに基づき傾斜量図と CS 立体図を作成した。このうち、傾斜量図に関しては落石等の重力系災害の発生閾値を指標として 6 段階に彩色区分した図面を使用した（図-1②）。例えば不安定落石源（浮石）に関しては、傾斜 60°以上の斜面（≡崖地形）として抽出される。この傾斜量図に基づき、新旧両ルートともトンネル坑口上部斜面に不安定落石源、崩壊地形を抽出するとともに、当初計画ルート上にはトンネル坑口部に干渉する明瞭な地すべり地形（頭部滑落崖等）を見出した。

また、CS 立体図に関しては、地形の凹凸を凹地は青色、凸部は赤色で寒暖強調表示する

ことで、地表部における流水の流れをトレース可能な図面として使用した（図-1③）。このCS 立体図に基づき、当初計画ルートではトンネル坑口（擁壁切土法面上部）に土石流リスクの高い溪流出口が位置することを再確認した（当該溪流上流域には崩壊地形やそれに伴う崖錐堆積物、谷筋には水の流れを示すガリー浸食地形、流末には円錐状に広がる土石流堆積物の分布を判読した）。一方で、線形変更案ではトンネル坑口部には土石流の発生を示唆する危険地形は抽出されず、土石流リスクは小さいことを確認した。

踏査時には、両微地形表現図で抽出したすべての危険地形を現地確認することができた。このうち、ガリー浸食地形を判読した渓流域では流水と多量の倒木の分布を確認したため、土石流が発生した場合の影響度が極めて大きいと判断した。

なお、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図で示された大規模地すべりブロックに関しては、微地形表現図による地形判読及び現地踏査においても、明瞭な地すべり変位地形を見出すことはできなかった。また、想定ブロックの末端には土石流堆積物が広く分布していることから、本地すべりブロックが存在する場合にも、すでに発生から相当の年月が経過しており、現況では安定しているものと考えられた。

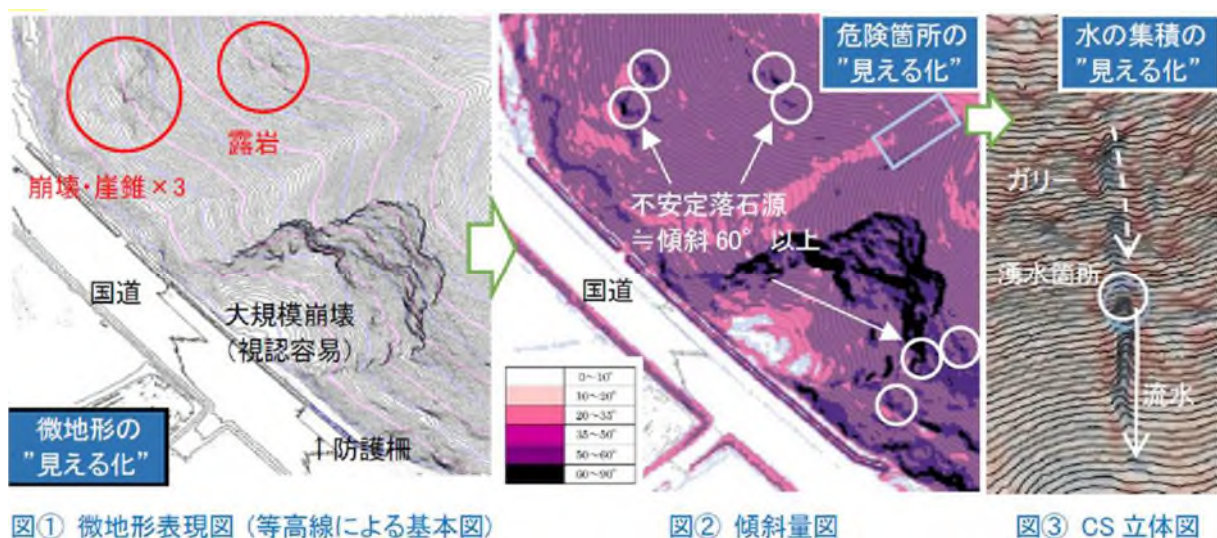


図-1 微地形表現図（傾斜量図・CS 立体図）による危険地形判読例

(2) 衛星 SAR 解析による地すべり変動判定結果

防災科学技術研究所地すべり地形分布図の大規模地すべりブロックを対象に衛星 SAR 解析を実施し、豪雨時の滑動有無を判定した。対象とした豪雨は 2020 年 7 月期（月間降水量 1,244mm）である。また、使用した衛星データは南向軌道の ALOS2(2019/8/18、2020/8/16、2020/11/8 の 3 時期)とした。結果として、対象地すべりブロック範囲および周辺一帯斜面において、2020 年 7 月豪雨を挟んだ時期において有意となる 2mm/月以上の変位は確認されなかった。

(3) ボーリング結果および地すべり安定解析結果

前述の検討とは別途に、線形変更案の計画ルート上 4 地点において地層確認と地すべり

ブロック確認を兼ねたボーリング調査を実施した。ボーリングの結果、防災科学技術研究所により指摘されていた地すべりブロックのすべり面に該当すると思われる破碎帯が、複数のコアで確認された。これらを結んですべり面を想定した場合、従来範囲よりもさらに規模の大きな地すべりブロックが想定されることとなる。周辺地形からは現在滑動している様子は見られないが、少なくとも大規模地すべりブロックの実在性は否定できない結果となった。

そこで、トンネル掘削によりこの地すべりブロック全体に影響があるかを検討するため、斜面安定解析を実施した。その際、衛星 SAR 解析結果と現地踏査結果から現況動いていない岩盤すべりと判断されたため、現況安全率を 1.05 と設定した。結果として、トンネル掘削による安全率の変化は、微小（1.05 より低減無し）であることを確認した。

4. マネジメントの効果

当初計画ルートでは、トンネル坑口部が地すべり地形および土石流リスクの高い溪流出口に干渉する。このため、本ルートを採用した場合、事前に地すべり対策工（抑制工・抑止工）や砂防堰堤の設置が必須となる。一方、線形変更案ではトンネル区間の一部が現在滑動していない大規模地すべりブロックと干渉するため、万一に備えたモニタリング観測施工や事前の水抜きボーリング施工による地下水低下工等が必要と考えられるが、地すべり対策工や堰堤等の設置費用は不要となる。

以上のリスク検討結果に基づき、線形変更案が総合的に有利と判断した。コストに換算すると約 3.5 億円の低減が見込まれた。

5. データ様式の提案

「地質リスクを回避した事例（A 型）」として、表-1 にデータ様式案を示す。

表-1 データ様式（地質リスクを回避した事例；A型）

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者	非公表	
	工事名	—	
	工種	道路トンネル等	
	工事概要	新規道路整備	
	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	道路トンネル施工時	
	予測されたトラブル	地すべり・土石流発生に伴う道路被災(工程遅延・事業費増)	
	回避した事象	地すべり、土石流など	
	工事への影響	—	
リスク管理の実際	判断した時期	道路予備修正設計段階	
	判断した者	発注者、調査業務受注者	
	判断の内容	当初計画ルートからの線形変更	
	判断に必要な情報	地質分布及び性状、衛星SAR解析結果	
リスク対応の実際	内容	追加調査	ボーリング、詳細地形判読、衛星SAR解析、斜面安定解析
		修正設計	—
		対策工	砂防堰堤、地すべり対策工
	費用	追加調査	—
		修正設計	—
		対策工	—
		②合計	—
変更工事の内容	工事変更の内容		—
	③変更工事費		—
	変更工期		—
	間接的な影響項目		—
	受益者		—
リスクマネジメントの効果	費用(①－③－②)		約3.5億
	工期		—
	その他		—