

[論文 No. GR5]

「山腹斜面で道路施工中に発生した地すべりの事例」

株式会社エイト日本技術開発 ○工藤健雄（地質リスク・エンジニア 登録番号 109）

1. 事例の概要

本事例は、新設農道が計画された山腹斜面において、土留め壁を施工中に、地すべりが発生した事例である。

対象斜面では、道路盛土の土留め壁の床掘を行った際に斜面で崩壊が発生したため、対策工としてモルタル吹付と鉄筋挿入工が施工されたが、施工後間もなくモルタル吹付にクラックが発生した（写1、写2参照）。このため、変状が発生した斜面を広範囲に踏査したところ、背後に新しい亀裂は認められなかったが、不明瞭な旧滑落崖や頭部平坦地などの地すべり地形、植木の傾倒や根曲がりなどの植生異常が確認され、地すべりブロックが存在する可能性が極めて高いと考えられた。

当該斜面では、過去に近接する切土や構造物を対象とした弾性波探査やボーリング調査が実施されていたが、当地の地すべりに対するリスクについての指摘はされていなかった。このため、地表踏査の結果より図1に示す地すべりブロック（Aブロック）を設定し、調査ボーリング及び地すべり動態観測を実施した。調査ボーリングの実施中には、連続雨量 128 mm を記録する断続的な降雨で地すべりが大きく変動し、モルタル斜面の背後に開口亀裂が発生した。その後、地すべりは降雨に伴い滑動を繰り返したため、応急対策として水抜きボーリング工を施工し滑動の鎮静化を図った。



写1. 変状斜面全景



写2. モルタル吹付に発生したクラック



写3. 調査中の降雨で発生したクラック



写4. 地すべりブロック内の植生異常

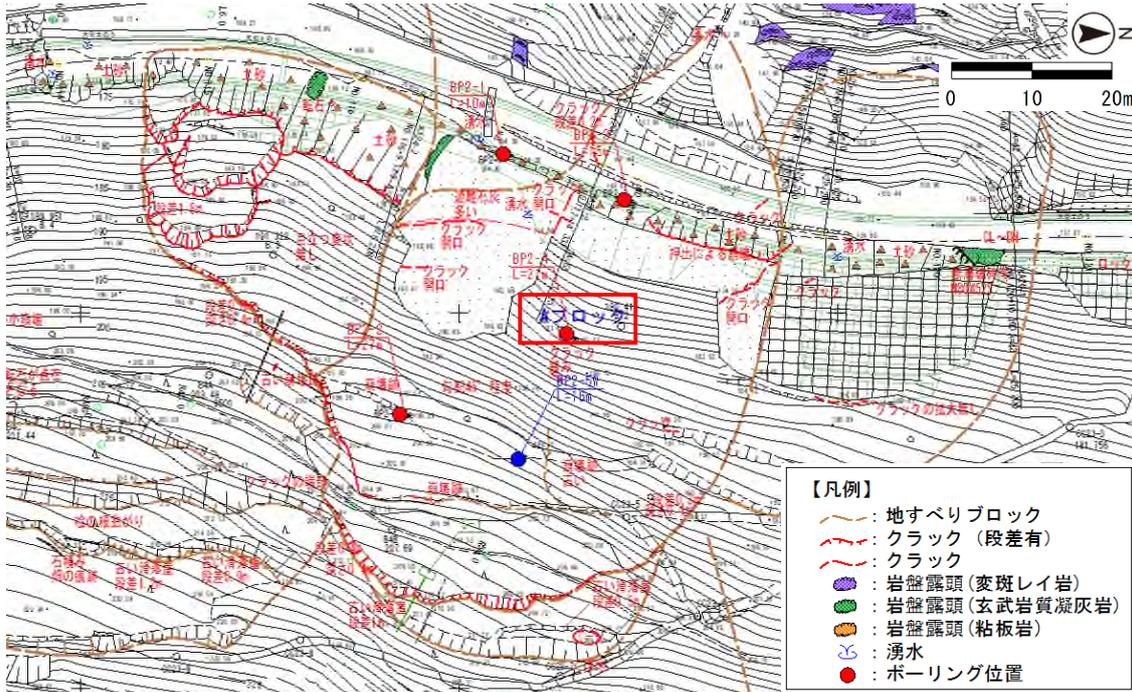


図 1. 対象地の平面図（図面上方に向かって A ブロックが滑動）

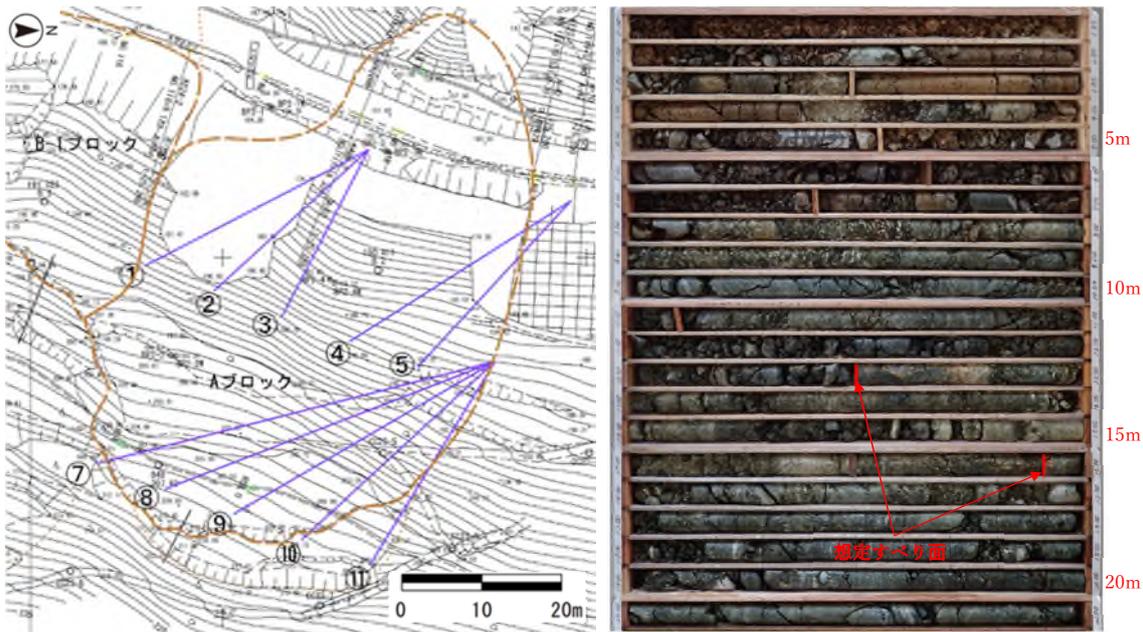


図 2. 応急対策の水抜きボーリング工配置図

写 5. ボーリングコア (BP2-4)

地質調査及び動態観測の結果から、当地を構成する地質は、変斑レイ岩や玄武岩質凝灰岩が圧碎された断層岩であることが確認された。これは、古生代舞鶴層群中の夜久野岩類と考えられるが、ボーリングコアを用いて X 線回折を行ったところ、地すべり土塊内では高い頻度でスメクタイトが含まれることが確認された。

また、地すべりの規模は、幅 55m、長さ 85m、土塊層厚 15m 程度であることが分かった。地すべりの活動度を地盤伸縮計の変動種別でみると、応急対策前が変動 A(日変位量 1mm 以上、月累積変位量 10mm 以上)、応急対策後が変動 C(日変位量 0.02~0.1mm、月累積変位量 0.5~2mm)を示しており、応急対策として水抜きボーリング工を実施したことで、やや鎮静化したことを確認できた。

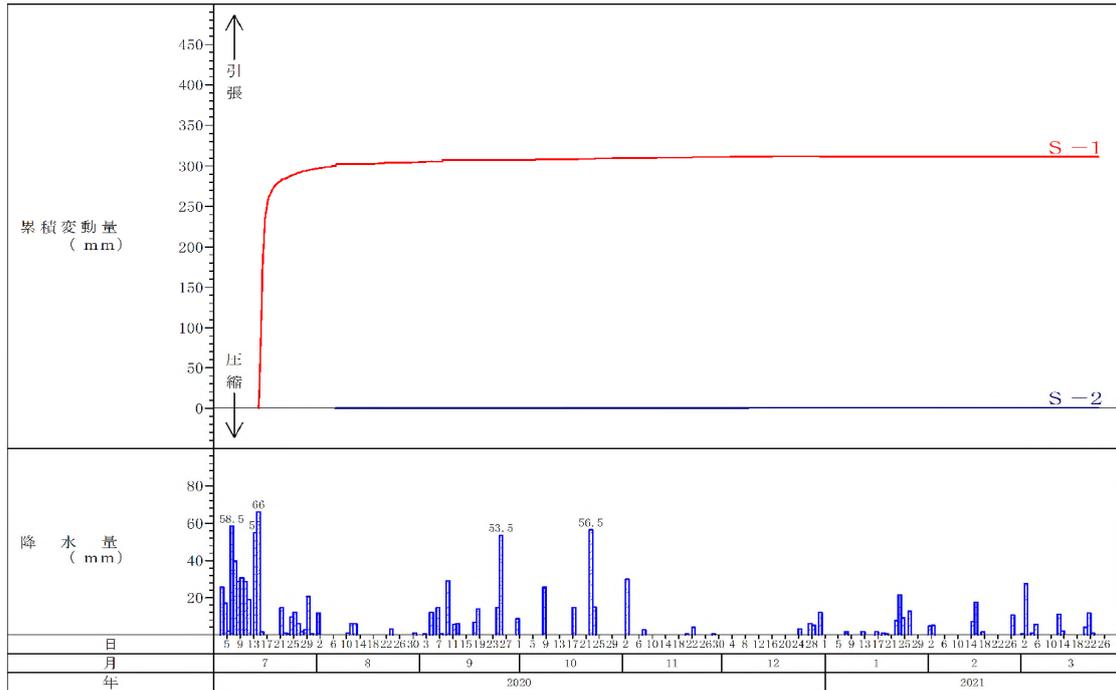


図 3. 地盤伸縮計累積変動図

当該地すべりの対策工については、地質調査と動態観測の結果を踏まえて安定解析が実施され、図 4 に示すグラウンドアンカー工と水抜きボーリング工が計画された。現況では、動態観測を継続しながらグラウンドアンカー工と水抜きボーリング工が施工され、地すべりブロック末端の土留め壁を施工中である。

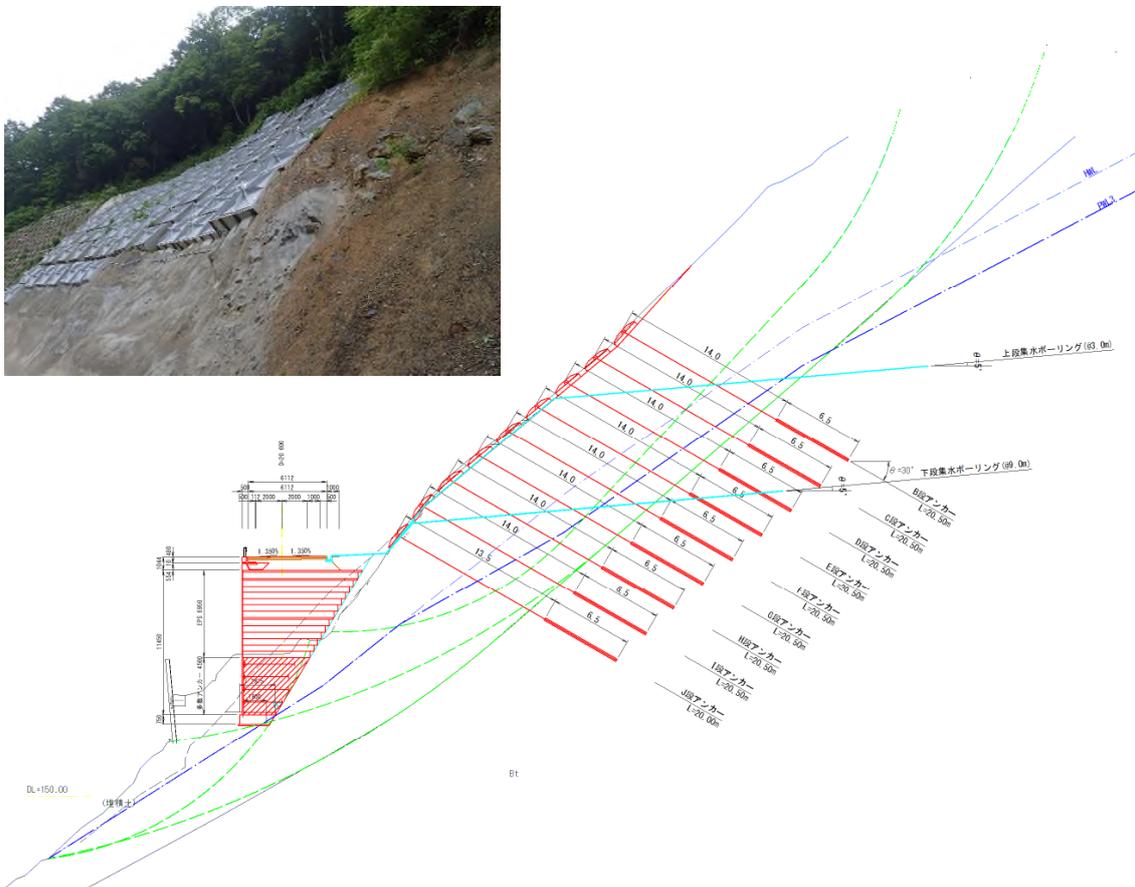


図 4. 対策工標準断面図

## 2. 事例分析のシナリオ

### (1) リスク発現の素因と誘因

対象地周辺には、夜久野岩類に属する断層岩が分布するが、熱水変質を受けスメクタイトを含むなど、脆弱な地質となっている。また、地すべりが発生した斜面は、山裾を流れる河川の浸食により形成された急斜面で、複数の地すべり地形が確認できる。



図 5. 一連の斜面に分布する地すべり地形

当該道路の過年度の業務データを見ると、路線の概略設計は、平成初期に行われており、当時は、規模の大きい切土箇所での地質調査が優先され、切土計画の無かった当該箇所の地質調査は実施されていない。その後、実施設計の段階で地すべり末端部を大きく掘削する土留め壁が採用されたが、地すべりブロックの存在については認識されておらず、床掘の施工によって地すべり末端を掘削し不安定化させてしまっている。このような経緯を踏まえ、今回発生した地すべりの素因と誘因をまとめると、図 6 のようになる。

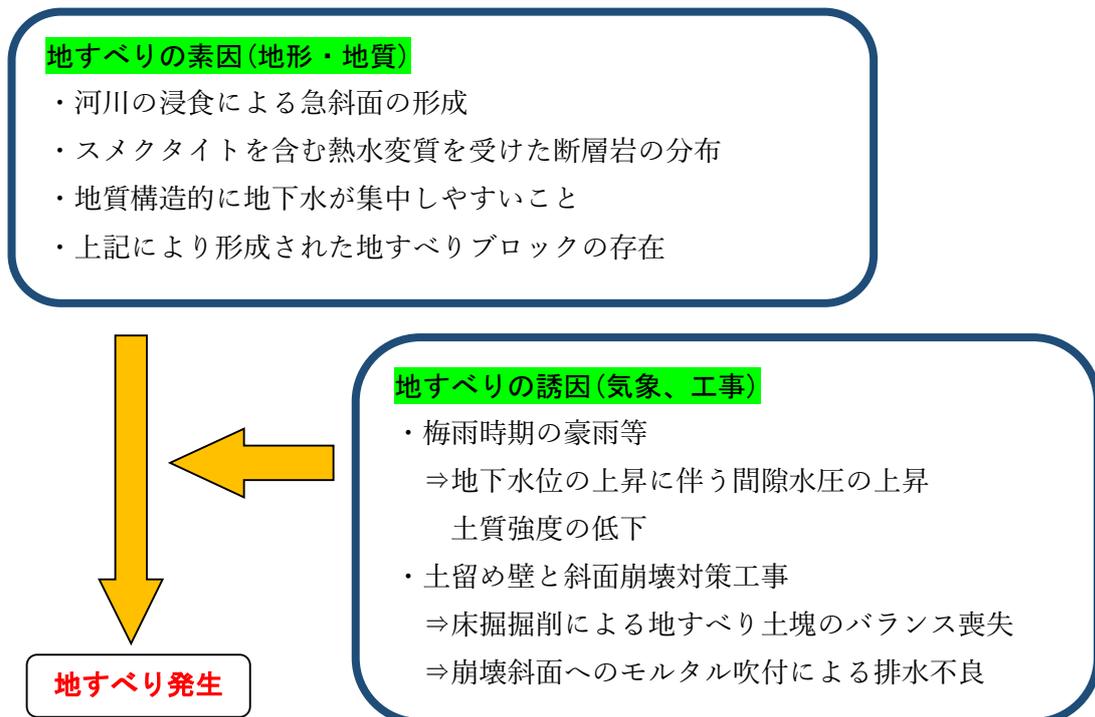


図 6. リスク発現の素因と誘因

### (2) リスク発現を未然に防ぐためのマネジメント

当地で発生した地すべりの素因として、「地すべりブロックの存在」を挙げたが、これは、事前に地形解析や地表踏査で地すべり地形を抽出することで、存在の可能性を予測することが可能である。特に、近年では被災地や幹線道路沿いに LP データが整備されてきたこと、また、ドローンによる LP データの取得が容易となったことから、これらのデー

タを用いた微地形解析を行うことで地すべり地形などの地形・地質的リスクを机上で精度良く抽出することが可能となっている。

今回のような新設道路のケースでは、道路計画段階において、地形解析と地表踏査により地すべりブロックを抽出し、事前にリスクを把握していれば、地すべりを不安定化させない道路計画を行いリスクの発現を未然に防止できた可能性がある。また、実施設計段階であっても、地すべりブロックの規模や活動度を把握できていれば、工事の影響を最小限にできる工法を選択できた可能性があると考えられる。

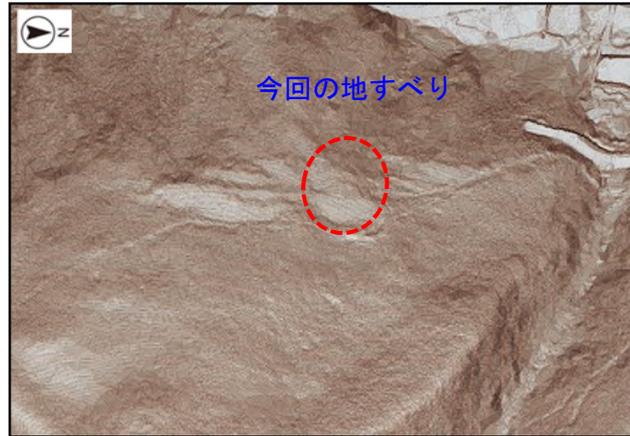


図 7. 当地の LP データで作成した CS 立体図

また、実施設計段階であっても、地すべりブロックの規模や活動度を把握できていれば、工事の影響を最小限にできる工法を選択できた可能性があると考えられる。

### 3. データ収集分析

本事例は、道路の施工によりリスクが発現し、対策としてグラウンドアンカー工と水抜きボーリング工が採用されている。このため、事前に道路計画段階で地すべり調査を実施し、地すべりに影響の無い道路計画とすることで、リスクが発現しなかったと仮定した場合の発生費用（ケース 1）と現況のように地すべりが不安定化した後に生じた対策費用（ケース 2）を比較し、大まかな経済損失額を想定することとする。

#### 【ケース 1：事前に地すべり調査を実施し、リスクが発現しなかったケース】

道路計画段階で地すべりの存在を把握し、地すべり調査を実施した上で地すべりに影響の無い道路線形を選択したと仮定する。地質調査は、調査ボーリング 4 箇所（ $\Sigma L=80m$ ）、動態観測（孔内傾斜計 4 箇所、地下水位観測 4 か所を 12 カ月）を想定する。設計費用は、道路の概略設計に含まれるものとして計上しない。以上により発生するコストは、純粋に地質調査の費用として以下ようになる。

①地質調査と動態観測の概算費用：約 1,500 万円

ケース 1 のコスト：約 1,500 万円

#### 【ケース 2：本事例のように地質リスクが発現した後に対策したケース】

本事例では、リスクが発現した後に地質調査を実施し、地すべり対策工としてグラウンドアンカー工と水抜きボーリング工が採用された。これらの費用は、以下になる。

① 地質調査、動態観測、応急対策工、対策工設計の概算費用：約 2,300 万円

② グラウンドアンカー工と水抜きボーリング工の工事費：約 30,000 万円

①+②ケース 2 のコスト：約 32,300 万円

### 4. マネジメント効果

今回の事例では、事前にリスクが発現しないようにマネジメントを実施したと仮定すれば、約 30,800 万円のコストを縮減できた可能性がある。

この事例が発生した一連の斜面では、未施工区間において、他にも複数の地すべりブロックの存在が確認されている。このため、施工の前に地質調査を実施し、対策工や道路計画の変更を検討中である。

5. データ様式の提案

本事例は、施工中の斜面で発生した地すべりに対する地質調査を実施したものであり、検討結果を B 表に整理した。

B. 地質リスクが発現した事例

大項目	小項目	データ	
対象工事	発注者		
	工事名		
	工種		
	工事概要		
	①当初工事費		
	当初工期	1年	
リスク発現事象	リスク発現時期	道路施工時	
	トラブルの内容	土留め壁の床掘掘削時に地すべりが不安定化	
	トラブルの原因	地すべり末端部の掘削	
	工事への影響	地すべり対策を優先し、施工を休止	
追加工事の内容	追加調査の内容	地表踏査、ボーリング、地盤伸縮計観測、孔内傾斜計観測、水位観測	
	修正設計内容	地すべり対策工の設計	
	対策工事	グラウンドアンカー工 水抜きボーリング工	
	追加工事	応急水抜きボーリング工	
	追加費用	追加調査	1,500万円
		修正設計	500万円
		対策工	30,000万円
		追加工事	300万円
		②合計	32,300万円
	延長工期	3年	
	間接的な影響項目		
負担者	道路建設の事業主体		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	ルート選定時、基本設計時	
	対応(すべき)者	道路建設の事業主体	
	対応(すべき)内容	地形解析、地表踏査、地すべり調査	
	判断に必要な情報	詳細な地形データ 地質調査結果	
	対応費用	調査	1,500万円
		対策工	
		③合計	1,500万円
	想定工事	工事概要	
		④工事費	
工期			
リスクマネジメントの効果	費用((①+②)-(③+④))	30,800万円	
	工期	3年	
	その他		