

株式会社 荒谷建設コンサルタント 鳥取支社 西村 悟之

## 1. 事例の概要

本事例は、道路拡幅のための切土施工中に大規模地すべりの兆候が現れ、対策が必要となったものである。

対象区間の切土は、切土高さが 10m 程度と小規模であったことや、尾根状地形の突出部に岩盤が露出していたことから表土層は薄いと予想され、標準勾配による切土で設計されていた。しかし、斜面掘削の途中で法面の崩壊、上部自然斜面に段差が生じたため工事は中断され、応急対策を講じて現地踏査・地質調査・解析・対策工検討を行った。

この事例は、工事着手後に対策工が必要となった点では地質リスクが発現した事例であるが、地形判読・現地踏査により背後に存在する大規模地すべりを認識し、地すべりの発生を未然に防いだことは地質リスクを回避した事例とも言える。

## 2. 事例の分析

### (1) リスク発現に至るプロセス

現道は急カーブで見通しの悪い区間があるため、この区間の道路線形を改良する目的で詳細設計が実施され、工事が施工されていた。詳細設計時に現地踏査は実施されていたが、現道沿いにロックネットに覆われた高さ 20m、延長 30m の岩盤が露出していたことから、斜面一連では表土層は薄く、浅所より岩盤が存在するものとして、下段は岩盤の標準切土勾配（1:0.5）、上段は 1:0.8 の切土勾配で設計された。

設計に基づき斜面を掘削したところ、下段の掘削の途中で切土法面が崩壊し、上部の自然斜面上にもクラックが発生したため工事は中断され、押え盛土による応急対策が行われた。

崩壊した切土法面では、土砂状の葉状を呈する蛇紋岩が観察され、岩盤の露出は認められなかった。なお、現道沿いの尾根状地形突出部の岩盤露頭は緑色片岩であり、切土部の地質とも異なっていた。

押え盛土後に現地踏査およびボーリング調査を行った結果、以下のよう事実が判明した。

- ・ 崩壊が発生した河川右岸側の斜面では、標高 300m 付近に遷緩線が認められ、凸状台地型の地すべり地形を呈している。
- ・ 斜面上は針葉樹の植林地であるが、根曲がり現象が目立ち、斜面上にも古いものであるが地形の段差が数多く生じている。
- ・ 崩壊箇所付近で谷が開析されるとともに、河川がほぼ直角に流路を変え、屈曲している。
- ・ ボーリング調査により、現在の河川と同標高で、砂礫層（河川堆積物）が確認された。

このようなことから、斜面背後に大規模地すべりの存在があるという地質リスクを予見し、当初設計通りに施工を進めれば大規模地すべりを誘発させることになるトラブルを未然に防止した。

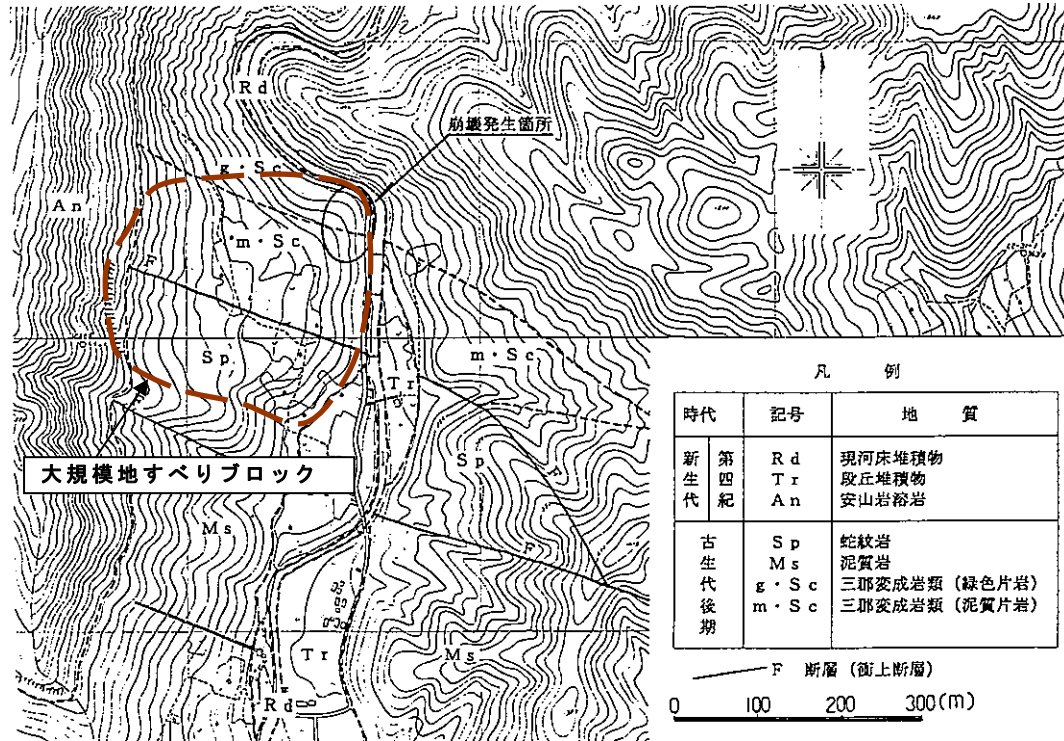


図1 地質図

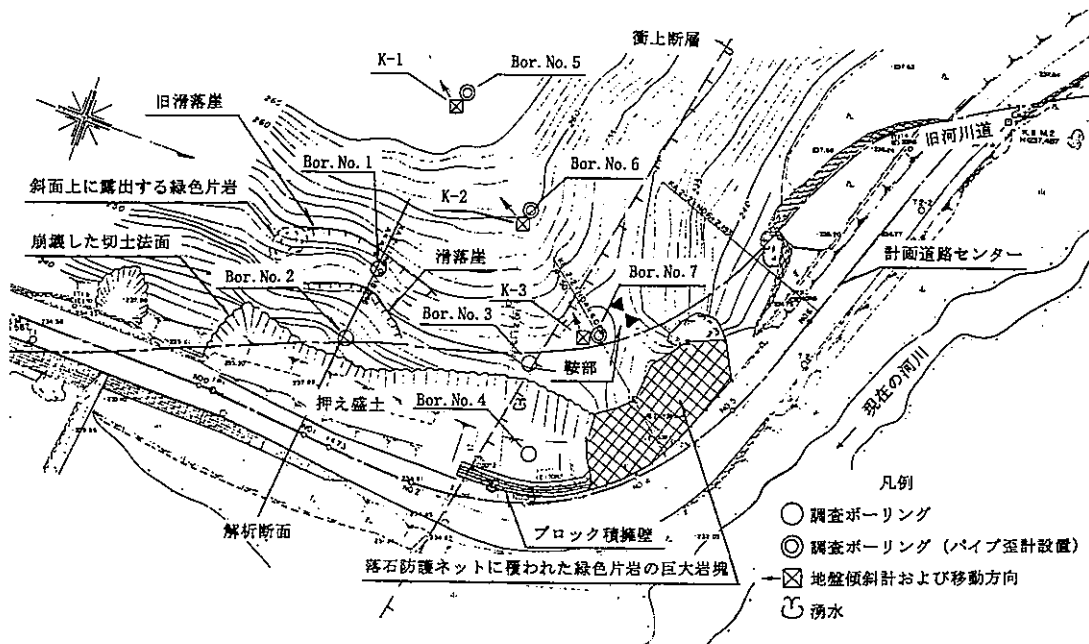


図2 平面図 (崩壊発生箇所拡大図)

## (2) 想定されるリスクマネジメント

### ①設計時

設計段階で、地形判読および広域的な現地踏査を行っていれば、地すべりと判断できる特異地形の認識は可能であったと考えられ、ルート変更も含めた道路改良検討がなされていたものと考えられる。リスクマネジメントには、初期の段階で適切な地形・地質調査が重要であることが判る。

### ②施工時

施工時においては、実際の掘削状況や地盤の挙動などの情報、設計時との地盤状況の相違などがリスクマネジメントでは重要となる。

## (3) マネジメント効果の計量方法

### ① 当初事業費

### ② 追加工事費

### ③ 当初から地すべりを想定した施工方法を採用した場合の工事費

### ④ 地すべりが発生していた場合の対策工事費（追加用地買収費、安定対策費等）

最善のシナリオ → ③

次善のシナリオ → ①+②

最悪のシナリオ → ①+④

## 3. データ収集分析

### (1) データ収集

本事例で収集したデータは次の通りである。

- ・ リスク発現事象の内容、経緯
- ・ 追加地質調査データ
- ・ 地すべり開析データ
- ・ 対策工設計
- ・ 対策工概算工事費

### (2) データ分析

地質調査は設計段階では実施していない。追加調査はボーリング 4 箇所、弾性波探査 2 測線を行い、それを基にすべり面を特定し、地すべり解析によって対策が必要な範囲・深度を決定している。

対策工は、グラウンドアンカー工およびプレキャスト製受圧盤（28 基）とし、その対策工事費は約 50 百万円となっている。また、追加調査・解析・設計費を含めると追加費用は総額で約 70 百万円となっている。

設計段階で地形判読および広域的な現地踏査を行い地すべり地形の存在が認識されていれば、本事例のような対策工は行わず、ルートを変更するなどの対策を講じていた可能性もある。

一方、施工時に掘削した地層状態から対象区間の地質リスクを予見し、現地踏査を行い大規模地すべり存在を把握することにより、地すべり誘発を回避している。仮に大規模地すべりの存在を考慮せず切土勾配を緩勾配にする等の対応で地すべりを発生させていた場合は、その対策費用は上記対策費の数倍に及んでいた可能性が高い。この点からも、施工時における技術者のリスクマネジメントは適切であったと言える。

以上のように、本事例では地質リスクマネジメントによってコスト縮減と円滑な遂行が可能であることが検証できたと考える。

また、対策を行う上では十分な追加調査を行っているが、全く白紙の状態であれば事前調査はどの程度の規模で行い、その調査で地すべりの発生を確実に予測できていたかを検証していく必要がある。本事例のように H=10m 程度の小規模な切土法面では事前調査を行わないことは多いと考えられる。しかし、本事例のように、地形判読などの既存資料の活用、現地踏査を行うことで得られる情報からでも大規模地すべりの存在の認識は可能であることから、事前調査（既存資料収集・現地踏査）の重要性は高いと考えられる。

#### 4. マネジメントの効果について

##### (1) リスク（低減）の計量化

前述のように、設計段階で広域的な現地踏査を行い大規模地すべり存在の認識ができていれば、他の対策を講じていた可能性が高く、リスクマネジメントにより約 85 百万円のコスト縮減が図れていたものと考えられる。

一方、施工中に大規模地すべりを発生させていたならば、その対策工事費は莫大となり、さらには用地費も必要となり全体では上記対策費の数倍に及ぶと推測されるが、供用延期に伴う影響なども加味する必要があり、現状では計量化することは難しい。

##### (2) リスクマネジメントの方法

本事例でも事前の現地踏査を十分に行っていれば、適切な設計につながり、対策工事費は削減となった可能性は高い。その点から考えれば地質リスクを回避するために最善の方法は、計画時あるいは設計時に地質の専門家による地質評価を行うことであることは間違いない。しかし、現地踏査のみでは現在の事象の推定はできても、施工時に地盤がどのような挙動を示すのかの定量化ができない。そのためには、地盤の動態観測を行い、最悪のシナリオに至らないような対応を講じることも地質リスクマネジメントの一手法であると考えられる。

##### (3) マネジメントの効果

本事例では、マネジメントの効果として事業費の大幅な増加、工期の延長を回避することが可能と考えられる。いずれにしても工事内容によって効果の大小はあるものの、地質リスクマネジメントが安全で経済的な工事に寄与することはできると言える。

##### (4) 地質調査妥当投資額

地質調査の妥当投資額については事業の内容にもよるが、本事例の場合には対策工

事費に対する調査費（解析費含む）約 15%である。最善のシナリオを想定した事前調査費については、工事費の 5%程度と考えられる。

地質調査の妥当投資額については、工種や対象区域の地質特性などによって大きく異なり、一律に論ずることはできない。本事例のように根本的な対策を行おうとすると、工事費は莫大なものとなるために、それに対する調査費の占める割合は小さくなる。ただし、調査費自体の費用としてみた場合は小額とはならないと予想される。したがって、必要最小限の事前調査と動態観測を併用して段階的に調査を行うなどの手法を用いることが現実であろうが、妥当投資額の評価は難しい状況にある。

(5) 求められる技術顧問の能力

本事例を参考にすれば、地質技術顧問には対象の地域の地質・土質に対する判断はもちろんであるが、周辺区域の地質状態、施工状況などといった最小限の情報からでも地質リスクを予見し、適切な対応策を判断することができるという能力が必要と考えられる。それが最悪のシナリオを回避し、コスト縮減に結びつくと言える。

5. データ様式の提案

本事例では、施工に関するデータ、追加調査・解析・対策工事に関するデータを用いて分析を行った。一般的には、これに事前調査に関するデータ、当初計画の内容などのデータがあれば有益な評価が行えると考えられる。

本事例では、「発現した地質リスクを最小限に回避した事例」であるが、地質リスクが発現する以前の、「理想となるリスク対応」という項目も必要となると考えられる。したがって、Bタイプの様式の「リスク管理の理想像」という欄を追加し、理想となるマネジメントによるリスク低減額との対比が可能となるようにした。

C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例

大項目		小項目	データ	
対象工事	発注者		地方自治体(県)	
	工事名		県道道路改良工事	
	工種		道路切土	
	工事概要		切土法面工事(H=10m)	
	①当初工事費		-	
	当初工期		-	
発 現 し た リ ス ク	リスク発現事象	リスク発現時期	工事中	
		トラブルの内容	切土法面(H=10m)の工事中、最下段まで切土した段階で法面および上部自然斜面に変状が現れ、対策が必要となった。	
		トラブルの原因	現地踏査不足	
		工事への影響	追加対策工事、道路改良中止	
	追加工事の内容	追加調査の内容	ボーリング 4 本、弾性波探査 2 測線	
		修正設計内容	-	
		対策工事	グラウンドアンカー工、鉄筋挿入工	
		追加工事	-	
		追加費用	追加調査	10 百万円
			修正設計	5 百万円

			対策工	70 百万円
			追加工事	-
			②合計	85 百万円
		延長工期		約 1 年
		間接的な影響項目		片側交互通行による供用時期の延期
		負担者		施主
最小限に回避したリスク	リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		施工中
		予測されたトラブル		大規模地すべり
		回避した事象		大規模地すべり
		工事への影響		工事の中断、手戻り
	リスク管理の実際	判断した時期		工事中
		判断した者		地質技術者
		判断の内容		地形判読と現地踏査により、大規模地すべり地の存在があることと、地すべり変動の発生の有無
		判断に必要な情報		地形図、地盤動態観測データ
	リスク対応の実際	内容	追加調査	地表面・地中変位の動態観測
			修正設計	
			対策工	
		費用	追加調査	3 百万円
			修正設計	
			③合計	3 百万円
	回避しなかった場合	工事変更の内容		グラウンドアンカー工、集水井
④変更後工事費		200 百万円程度		
変更後工期		2 年以上		
間接的な影響項目		供用時期の大幅な遅れ、用地の追加取得、地元とのトラブル等々		
受益者		施主(地域住民、納税者)		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期		設計段階での十分な調査	
	対応(すべき)者		地質技術者	
	対応(すべき)内容		設計・施工上、地形・地質で問題となる項目の抽出	
	判断に必要な情報		既存資料、現況の地盤変動状況資料	
	対応費用	調査	10 百万円	
		対策工	10 百万円	
		⑤合計	20 百万円	
	想定工事	工事概要	-	
		⑥工事費	-	
		工期	-	
リスクマネジメントの効果	費用④-(①+②+③)		100 百万円程度	
	工期			
	その他			
リスクマネジメントの効果(理想像との対比)	費用④-(⑤+⑥)		180 百万円程度	
	工期			
	その他			