

地質リスクマネジメント手法による切土のり面崩壊の分析事例

(株)ダイヤコンサルタント 高野 邦夫^{※1} / 大内 学^{※3}
 松岡 豊広^{※2} / 佐藤 武志^{※3}

(※1 東北支社、※2 砂防防災事業部、※3 秋田支店)

1. はじめに

本稿は地質リスクが発現した事例として、東北地方の丘陵を横断する新設道路施工中に発生した切土のり面崩壊に対して地質リスクマネジメント手法の観点で分析した事例を紹介する(第1回地質リスクマネジメント事例研究発表会:2010年発表)。

分析の対象とした切土のり面崩壊は新第三系中新統船川層の泥岩よりなる切土区間の施工中に3回発生し、崩壊範囲は幅約120m、長さ約50m、高さ約25mの規模に達し、最終的には切土のり面全体に拡大した(図-1)。

① 平成12年10月25日～28日の崩壊:

上から2段目のり面施工中に施工業者が1段目小段コンクリートにクラックの発生を確認した。その後、クラックが徐々に開口し、幅約28m、長さ約20mの規模で切土面が滑落した(写真-1)。当時は、地山の岩質に対してのり面勾配(1:1.0)が

急であったことが原因とされ、のり面勾配を1:1.5で切り直す設計変更がなされている。

② 平成12年12月8日～13日の崩壊:

のり面勾配1:1.5で施工基面付近まで切土した段階で、幅約30m、長さ約20mの規模で2回目の崩壊が発生した(写真-2)。その後、背後に落差約2mのクラックが発生し、地すべり性崩壊の拡大が懸念されたため、当該区間の工事を中断し、地すべり調査が開始された。

③ 平成13年2月21日～3月6日の崩壊:

2月下旬に確認された亀裂が徐々に拡大し、起点側の幅45mの範囲が3月5～6日に大きく滑落し、頭部滑落崖の落差は最大約6mに達した(写真-3)。その後は地すべり活動は小康状態となったが、切土面下部に湧水が認められたため、地すべりが背後に拡大する危険性が高いと判断され、地下水を排除するための応急対策として、横ボーリング工が施工された。

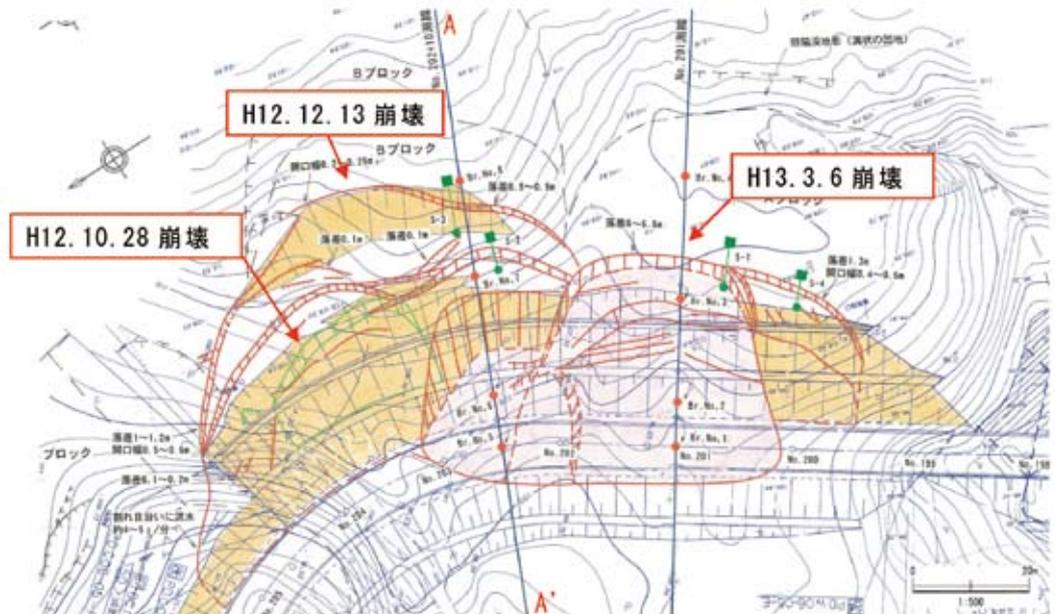


図-1 地すべり発生区間の平面図

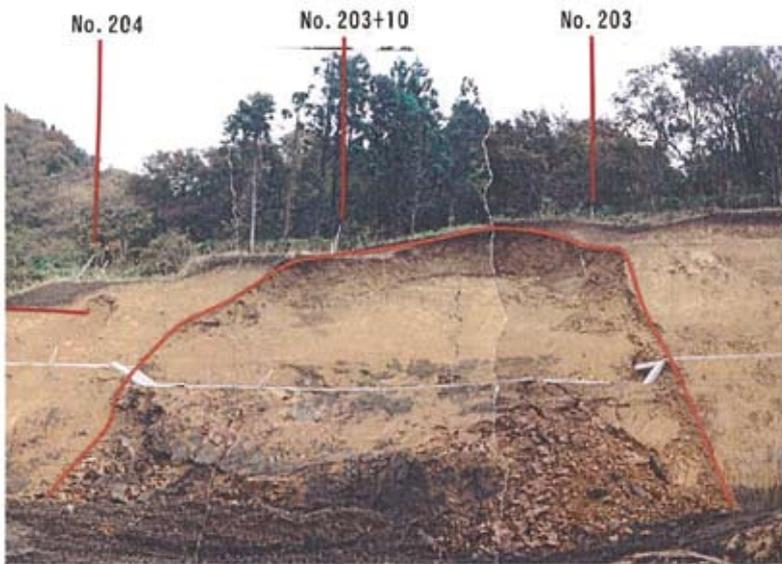


写真-1 平成 12 年 10 月 28 日の崩壊状況



写真-2 平成 12 年 12 月 13 日の崩壊状況



写真-3 平成 13 年 3 月 6 日の崩壊状況

2. 地質リスクマネジメント手法による検討

(1) 地質リスクの特定

2回目の崩壊直後の平成13年1月15日から平成14年8月30日の期間に切土のり面崩壊対策のための地質調査が行われ、当該区間の工事が約1年10ヶ月中断し、その後の対策工施工に約半年を要した。

これらの経緯から切土施工中の崩壊対策費用を地質リスク事象(損失)とし、この地質リスク(損失)を回避あるいは低減するために事前に行われるべきであった地質リスクマネジメントの検討を行った。工期遅延については経費の算定が困難なことから今回は対象としなかった。

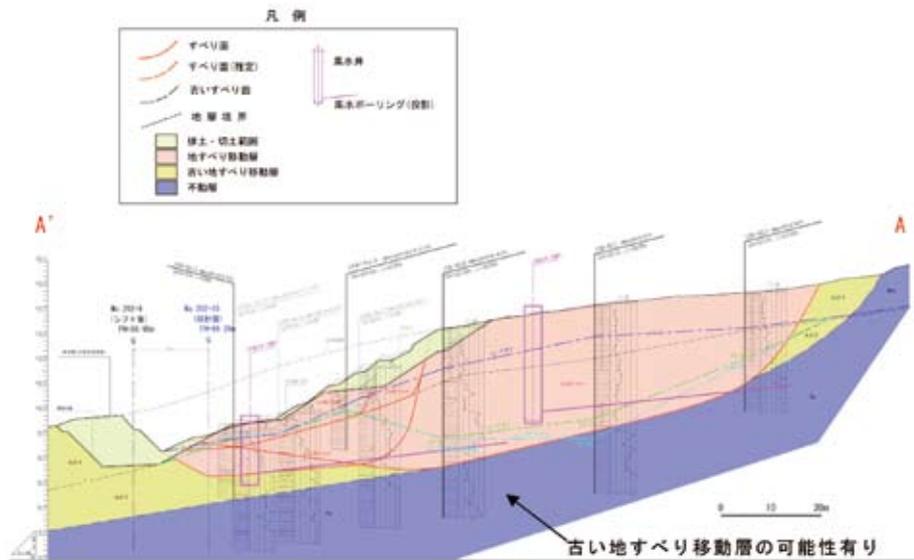


図-2 地質断面図

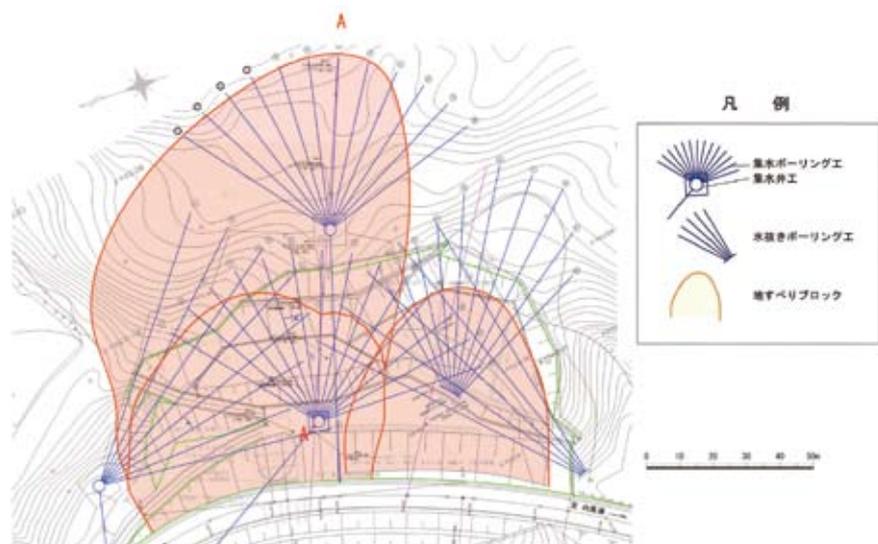


図-3 対策工平面図

(2) リスク発現の原因

地質リスクが顕在化した新設道路は計画・設計段階で地表地質踏査によるルート周辺の不安定地形の検討が十分になされていなかった。また、切土区間はボーリング調査が行われなかったため、通常の風化～弱風化軟岩より構成される地山と判断され、のり面勾配を1:1.0として設計・施工が行われたものと推察される。

2度目の崩壊発生直後の平成13年1月から実施された地すべり調査によって、①崩壊箇所の周辺斜面に滑落崖状のやや急な斜面と平坦面が繰り返す古い地すべり地形が分布すること、②新規に形成されたすべり面よりさらに深部まで風化、破碎した泥岩が分布すること、③地下水位が高いこと等が確認された。これらの調査結果から、切土区間の地すべり性崩壊の発生原因は、地下水位が高い脆弱な古い地すべり移動層から構成される低強度の地山を無対策で切土したためであると判断された。

(3) 実際に行われたリスク対応

地すべり調査結果から、のり面崩壊区間の工事再開には地すべり対策工を行う必要があると結論された。地すべり対策工としては、地すべり性崩壊で形成された新規のすべり面より下位に古い地すべり移動層が存在し、健岩の分布が深いことが予想されたことから、アンカー工や杭工等の抑止工は不適と判断された。このことから、応急的な地下水排除工(横ボーリング工)によって安定化しつつある低強度の地すべり移動層の土工を最小限とするために、道路を谷側に最大約15m程度シフトし、小規模な末端の押え盛土工、背後斜面を不安定化させない程度の頭部排土工を行い、不足する安全率を集水井工(3基)、集排水ボーリング工

による地下水排除工で補う抑制工が計画、施工された。

(4) 事前に行われるべきであったリスクマネジメントの想定

のり面崩壊地の地形、地質、実際に行われた対策工等から、計画・設計段階における適切な地質リスクマネジメントによって、施工中の切土のり面崩壊という地質リスクを回避するためには以下の地質リスクマネジメントが行われるべきであったと考えられる。

(1) リスク回避案

のり面崩壊箇所周辺に古い地すべり地形が認められたことから、道路計画段階で、ルート周辺の空中写真判読、地表地質踏査を実施し、古い地すべり等の不安定地形の抽出を行った場合には、切土のり面崩壊として発現した地質リスクを予測し、リスクを回避するためのルート変更が可能であったと考えられる。

(2) リスク低減案

ルート変更が困難であった場合には、切土箇所のボーリング調査を行い、地すべり範囲、地山の劣化程度、強度特性、地下水位等を把握し、切土のり面の安定解析を行うことにより、道路縦断勾配、線形の微調整等で切土高を極力低くし、地下水を排除する等のリスク低減が可能であったと考えられる。

工事中の切土のり面崩壊という地質リスクを回避あるいは低減するために事前に行われるべきであった地質リスクマネジメントに必要なと考えられる計画・設計段階の地質調査内容の検討結果を表-1に示す。

表-1 事前に行われるべきであった調査内容の想定

リスク対策	必要な調査	調査目的
リスク回避 (ルート変更の提案)	地表地質踏査 (縮尺1:5,000): 面積=1.5km ² (丘陵区間延長約3km × 約0.5km)	ルート周辺の古い地すべり地形を抽出
リスク低減 (切土高を極力低くし、切土前に地下水排除工の施工等の提案)	ボーリング調査: 3孔、延べ90m 標準貫入試験: 3孔、延べ90回 パイプ歪計・地下水位観測: 3孔、5ヶ月 機構・安定解析・対策工検討: 1式、1断面	古い地すべり移動層の分布、強度、地下水位、安定度等を把握

3. 地質リスクマネジメントを適用した場合の効果の検証

本崩壊は計画設計段階で地質リスクマネジメントが適切に行われなかったために発生したのり面崩壊によって、追加調査、対策工事の費用が発生したと考えられることから、マネジメントの効果としては、実際に要した崩壊対策費用から計画設計段階で地質リスクの発現を防止するために必要な想定事前地質調査費(前掲表-1)を減ずることにより推定した。

マネジメント効果(推定)

$$= \text{崩壊対策費}^{*1} - \text{想定事前地質調査費}^{*2}$$

*1 崩壊対策費=地すべり調査、解析、設計費+対策工事費など

*2 想定事前地質調査費=表-1の想定地質調査数量から算定

以上の手法により、計画段階で適切な地質リスクマネジメントを行った場合のマネジメント効果を推定した結果を表-2に示す。

崩壊対策費は実際に要した地質調査費、対策工設計費及び対策工事費を合わせた総額約195,050千円(表-2中の①)であり、計画設計段階で地すべりを回避あるいは低減するために必要な地質調査・解析費は約12,190千円(表-2中の②)と想定されることから、この差額である約182,860千円がリスクを回避あるいは低減した場合のマネジメント効果と試算される。なお、当初工事費は、崩壊発生時に

切土工がほぼ完了していたことから、マネジメント効果の算定には考慮しなかった。

4. おわりに

本稿で紹介した地すべり発生区間に隣接する切土面に確認されていた古い地すべりのすべり面を写真-4に示す。この区間は植生工のみで供用されたが、供用後約12年後の平成19年に崩壊し、対策工が施工されている。このように、切土のり面等では供用後に残留地質リスクが顕在化する事例が多いことから、今後は、計画・設計段階や施工段階で地質リスクマネジメントを行うことにより、社会資本のライフサイクルコストの低減化、安全化を図る必要があると考えられる。

ダムの基礎掘削面や長大なトンネルの切羽については、施工中に地質技術者が観察する業務が発注されることが多いが、道路工事中の切土面や構造物基礎の掘削面については同様の業務が発注されることは少ないと思われる。しかしながら、道路の切土面等を地質技術者が観察し、地質リスクの有無、対策工検討等を行う業務が発注され、適切な地質リスクマネジメントを実施することができれば、施工中や供用後の事故、コスト等の増加を減少させることが可能であると考えられる。また、早期に地質リスクを把握して対策を行う地質リスクマネジメントは、社会資本の施工時や供用後の安全管理にも大きく寄与するものと考えられる。

表-2 マネジメント効果の想定

費 目			費用 (千円)	工 期		
【 実際 】 崩壊対策費	調査設計	調査ボーリング等	14孔、延べ321m	28,900	約1年8ヶ月	
		歪計、地下水位計	14孔			
		地表伸縮計観測	2基			
		機構・安定解析	2断面×2回			
		防止工法検討・設計	斜面整形工、地下水排除工他			
	対策工事	土工・のり面工等	切土工：18,186m ³ 他	61,550	約6ヶ月	
		地下水排除工	集水井3基：ΣH=46.5m 集水ボーリング工：ΣL=1,770m 排水ボーリング工：ΣL=194m 横断ボーリング工：ΣL=1,000m	104,600		
	合計①			195,050		
	【 想定 】 事前地質 調査費	調査解析	地表地質踏査	1.5km ²	1,600	約5ヶ月 (想定)
			調査ボーリング他	3孔、延べ90m	8,310	
機構・安定解析			1断面	2,280		
合計②			12,190			
想定マネジメント効果(①-②)			182,860			



写真-4 古い地すべりのすべり面
(この区間は無対策であったため供用12年後に崩壊した)