

[論文 No. GR4]

山岳地域の高速道路 4 車線化における地質リスクの検討事例

川崎地質株式会社 ○徳間伸介（地質リスク・エンジニア 登録番号 127）・
 榎原信夫・大坪智博（地質リスク・エンジニア 登録番号 90）・太田史朗

1. 事例の概要

本事例は、山岳地域の高速道路 4 車線化事業に伴い、暫定 2 車線区間におけるⅡ期線施工範囲の地質リスク（事業費や工期に影響を及ぼす地質や地下水等に起因するリスク）の抽出及び検討を行うことで、リスクの回避に寄与したものである。

検討区間は延長 28.8km で、急峻地形を含む山岳地域を主体としており、道路構造はトンネル・切土・橋梁・盛土を主とする。地形状況は、多数の地すべり地形や断層に起因するリニアメント等によって特徴付けられる。構成される地質は、新第三紀中新世の凝灰岩や泥岩等の堆積岩と流紋岩・安山岩等の火山岩を主体とする。特に流紋岩の貫入岩周辺は熱水変質による岩盤の劣化や鉱山の分布といった特徴がある。（図 1 を参照）

Ⅱ期線施工に先立ち、資料収集整理・地形判読・現地踏査・地質リスク解析・評価検討を行った結果、重要度が高く完全なリスク低減対策が必要な事象として、1) トンネル坑口部の地すべり（2 箇所）と 2) 流れ盤による切土法面崩壊（1 箇所）が抽出された。本論では、これらのリスク抽出・評価までのプロセスやリスク対応策の検討結果等について報告する。

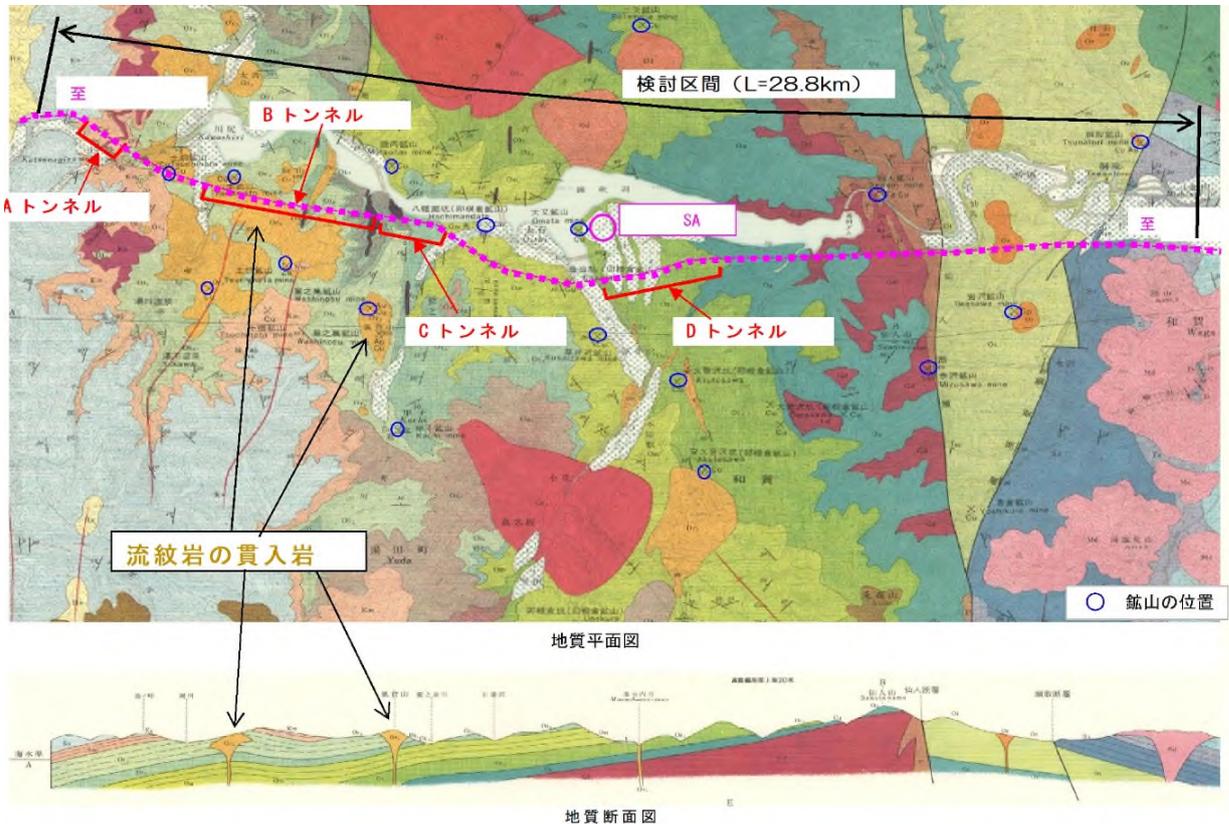


図 1 地質リスク検討区間の地質図

2. 事例分析のシナリオ

対象区間において、地質リスクの回避に向けたプロセスである検討フロー図を図2に示す。以下に各プロセスの内容を示す。

(1) 資料収集整理

文献資料、被災履歴、地形図や航空写真等、地質リスク検討に必要な資料を収集する。

(2) 地形判読

収集した資料や図面を用いて地すべり地形・断層地形等の机上判読を行う。判読には航空レーザ測量成果（LP データ）も活用する。

(3) 現地踏査

想定される地質リスクを対象としてその要因の確認のため現地踏査を実施する。併せて既設構造物の変状を確認する。

(4) 地質リスク解析（リスクの抽出）

上記3項目の調査結果に基づき、対象範囲の地質リスクの抽出を行う。

(5) 地質リスク評価

抽出したリスクについて、リスク発生による事業への影響度やリスクの発生確率を整理し、リスクのランク付けを行う。リスクランクの設定は、図3に基づいて行う。

(6) 地質リスク対策工検討

(5)で検討したリスクに対する対応策（リスク回避策）を検討するとともに、その概算費用を算出する。

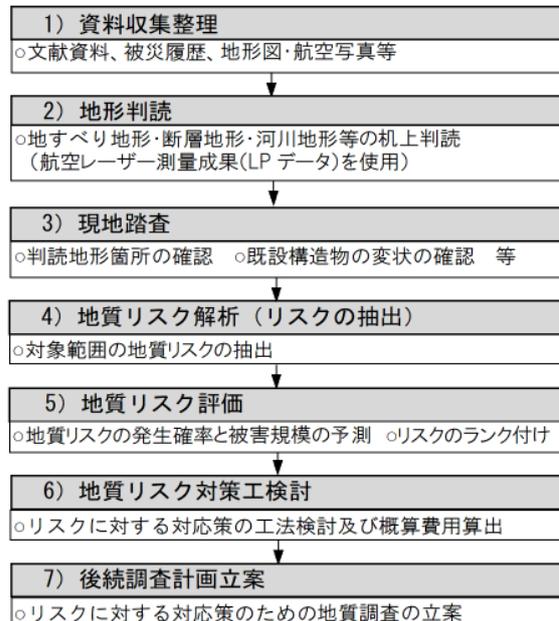


図2 地質リスクの検討フロー図

		可能性の高さ(発生確率) L				
		非常に低い (1)	低い (2)	中程度 (3)	高い (4)	非常に高い (5)
影響度 E	非常に低い (1) 事業の継続に影響を与えない	C	C	C	C	B
	低い (2) 軽微な修復で事業継続可能となる影響	C	C	B	B	A
	中程度 (3) 大きな損失を受けるが事業は継続可能で、遅延がある	C	B	B	A	A
	高い (4) 事業が中断または大規模な遅延となる影響	C	B	A	A	AA
	非常に高い (5) 事業の継続不能となる影響	B	A	A	AA	AA

(注) リスクスコア(リスク程度) $R = E \times L$
 AA: リスクを回避することが望ましいリスク事象 ($R = 20 \sim 25$)
 A: 詳細な地質調査を実施して、完全なリスク低減対策を講じるべきリスク事象 ($R = 10 \sim 19$)
 B: 地質調査を行い、調査結果に応じた適切なリスク低減対策を講じるべきリスク事象 ($R = 5 \sim 9$)
 C: リスク回避や低減対策を必要とせず、施工段階へリスクを留保することが可能な事象 ($R = 1 \sim 4$)
 ※ 発生確率のランクは当該事業ごとに、事業や工事の特性を考慮して定義

図3 地質リスクランクの評価区分
(出典：地質リスク調査検討業務実施の手引き (一社) 関東地質調査業協会 R1.3 より引用)

3. データ収集分析

ここでは、検討区間を構成する道路構造のうち、リスクを回避するための対応策が必要となったトンネル部と切土部のデータ収集分析結果を示す。

(1) トンネル部

資料収集整理・地形判読・現地踏査により対象区間のトンネル部で抽出された地質リス

クは下表の3項目である。

表1 トンネル部で抽出された地質リスク項目

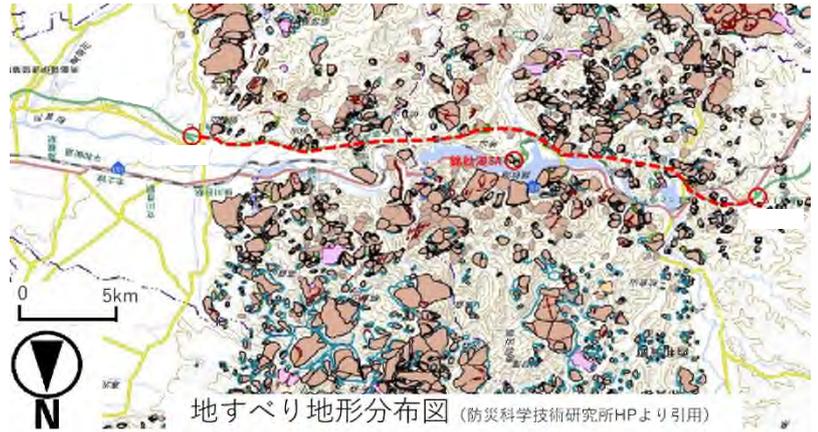
発現する可能性が高い地質リスク	地質リスク発現事例	リスク要因
(1)トンネル掘削による地山の緩みに伴う地すべりの発生(トンネルリスク①)	地すべり	地山の緩み、休眠中地すべりの再活動、強度低下
(2)断層破碎帯における切羽崩壊と突発湧水(トンネルリスク②)	切羽崩壊、突発湧水	断層破碎帯、膨潤、被圧地下水
(3)掘削ズリからの重金属と酸性水の発生(環境問題)(トンネルリスク③)	ズリの重金属汚染	試料採取箇所、風化

この中で、特にリスクの高い事象として、「トンネル掘削による地山の緩みに伴う地すべりの発生」について詳細に述べる。

① トンネル掘削による地山の緩みに伴う地すべりの発生リスク

検討区間には地すべり地形が多数分布し(図4)、その一部は供用中のI期線を横断している(図5)。特に、トンネル区間ではAトンネルとBトンネルの坑口部を地すべりが横断し、既往資料から推定されるすべり面とトンネルとの離隔が2D以内、あるいは地すべり内に包有される位置関係であることが明らかとなった(図5~6)。上記2箇所は、II期線施工による地すべり発生リスクが極めて高いため、リスクランクAと判定し、リスクを回避するための対策工の検討を行った。

安定解析ではII期線トンネル掘削の影響を考慮してすべり面強度の低減を行って計算した結果、安全率の低下率はAトンネルで4.5%、Bトンネルで3%であった。本事例では計画安全率を満足する対策工の検討を行った結果、地形条件・施工条件を踏まえ、最適な工法として鋼管杭工を提案した(図6)。



地すべり地形分布図 (防災科学技術研究所HPより引用)
図4 検討区間の地すべり地形分布図 (防災科学技術研究所HPより引用)



地形判読図 (LPデータを図化)
図5 Aトンネル・Bトンネルを横断する地すべり地形 (地形図はLPデータより作成)

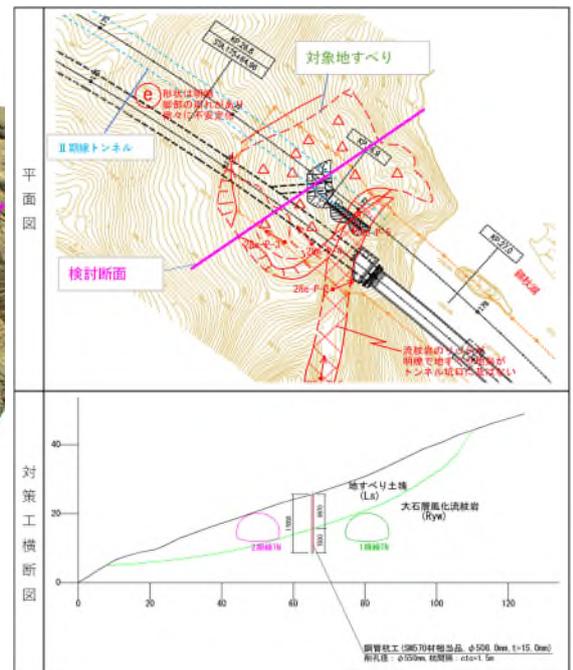


図6 Bトンネル終点坑口の地すべりと対策工概要図(鋼管杭)

(2) 切土部

資料収集整理・地形判読・現地踏査により対象区間の切土部で抽出された地質リスクは下表の3項目である。

表2 切土部で抽出された地質リスク項目

発現する可能性が高い地質リスク	地質リスク発現事例	リスク要因
(1) 流れ盤の地質構造におけるのり面崩壊	岩盤すべり、岩塊抜け落ち	流れ盤、亀裂性岩盤
(2) 地すべり地における切土ののり面崩壊	地すべり	休眠中地すべりの再活動、強度低下
(3) 地山のスレーキングによるのり面崩壊	のり面の浸食、崩壊	応力開放、風化促進、スレーキング、膨潤

この中で、特にリスクの高い事象として、「流れ盤の地質構造におけるのり面崩壊」について詳細に述べる。

① 流れ盤の地質構造におけるのり面崩壊リスク

検討区間の切土部全18箇所について、R側及びL側のり面の地質・地質構造を資料調査により整理した結果、1箇所(切土番号;切-15)で傾斜角 20° の流れ盤構造であることが確認された(図7~8)。この地点ののり面勾配(1:1.2)と地層の傾斜角度から図9を用いて安定度を判定した結果、不安定側に近いことから、のり面崩壊のリスクが高いと評価した(リスクランクA)。

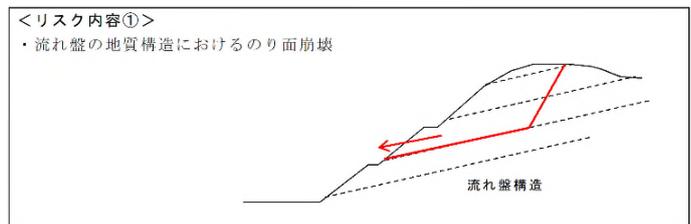


図7 地質リスクのイメージ図

当該箇所はすでに4車線化済みで安定した切土ではあるが、今後切土が必要となった場合、詳細な対策が必要となることが想定される



図8 流れ盤構造となる切土のり面(切-15地点)

4. マネジメントの効果

本検討区間の高速道路の4車線化事業は、現在、調査設計段階であり、施工は開始されていない。上述したトンネル坑口地すべり2箇所と流れ盤のり面1箇所について、本リスク調査を基に詳細な事業進捗を計ることで、本来必要な調査や対策工の見落としのリスク回避につながると思慮される。

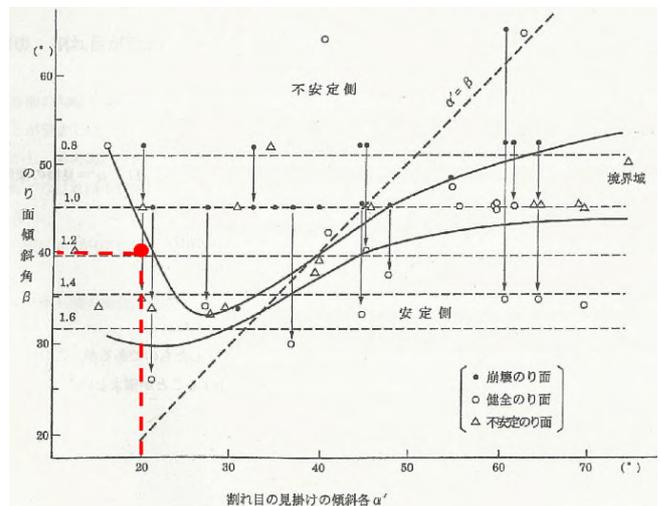


図9 流れ盤構造・のり面勾配と安定度の関係
 (「設計要領 第一集 土工」(H28年;東日本高速道路株)より引用)

5. データ様式の提案

A. 地質リスクを回避した事例

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		非公表
	工事名		非公表
	工種		高速道路の4車線化工事
	工事概要		トンネル・切土・橋梁 等
	① 当初工事費		非公表
	当初工期		非公表
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		-
	予測されたトラブル		道路の通行止め・地すべり崩壊による車両巻き込まれ
	回避した事象		トンネル坑口地すべり・切土のり面崩壊
	工事への影響		工程の遅延
リスク管理の実際	判断した時期		-
	判断した者		発注者及びリスク検討業者
	判断の内容		リスク内容確認のための調査実施
	判断に必要な情報		地形・地質情報
リスク対応の実際	内容	追加調査	ボーリング調査等
		修正設計	-
		対策工	地すべり対策・法面排土工
	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		地すべり対策・法面排土工
	② 変更工事費		非公表
	変更工期		-
	間接的な影響項目		-
	受益者		高速道路ユーザー
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)		非公表
	工期		-
	その他		現在、調査設計段階である