

佐賀大方道路の地質リスクに関する 取り組み

中村河川国道事務所 調査課 山本 裕規

中村河川国道事務所では、平成 29 年に事業化された国道 56 号佐賀大方道路において、設計・施工の効率化と円滑な事業推進に向けて、地質リスク調査検討を四国地整で初めて実施した。本論文では佐賀大方道路における地質リスク検討の実施内容と地質リスク検討業務の実施効果と今後の課題について紹介する。

キーワード：地質リスク、リスクマネジメント、情報共有、付加体、道路事業

1. はじめに

国道 56 号佐賀大方道路は、高知県幡多郡黒潮町佐賀～黒潮町入野区間（延長 14.0km）の自動車専用道路であり、南海トラフ地震による現道の危険箇所の回避、緊急輸送道路の確保に加え、医療施設への到達性向上や地域産業の活性化を事業目的として、平成 29 年に事業化され、現在、調査設計を推進している（図-1）。

近年、各地の道路事業において、調査・設計段階で予想していなかった地質・地盤に関わるトラブルが施工段階に発生し、工事費の増加や供用開始時期の遅延が報告されている¹⁾。また、事業早期段階での地質調査に関する品質向上に資するため、学会や各地方整備局でマニュアルの整備や地質リスク調査検討業務が試行されつつある^{2) 3)}。

当区間の地形地質は、山岳地帯から丘陵、平地部など複雑に地形が変化し、四万十帯の付加体からなる複雑な地質構造をなしているのが特徴であり、その中にトンネル区間をはじめ、大規模な土工区間が計画されている。また、四万十帯を通過する他路線では、過去に切土施工時に変状が発生している経緯があり、地質リスクが発現する可能性がある（写真-1）。

これらのことから、佐賀大方道路事業では、施工時の地質・地盤に関するトラブルの発現を回避し、手戻りなく円滑に事業を推進するため、地質リスク検討を四国地整管内で初めて実施した。

本論文では、佐賀大方道路における地質リスク調査検討業務の取り組み内容と実施効果および今後の課題について紹介する。



図-1 佐賀大方道路位置図



写真-1 切土のり面施工時の変状事例（トップリング）

2. 地質リスク調査検討

地質リスクの検討は、(1)地質リスクの特定、(2)地質リスクの分析、(3)地質リスクの評価、(4)後続調査計画の策定の手順で実施した。以下に各手順の実施内容の概要を示す。

(1) 地質リスクの特定

地質リスクの特定は、現地の地質特性、事業計画との関連から地質リスク要因を抽出し、当該事業において分析すべき事象を特定する。

路線区間全体を対象として以下の項目について調査を実施し、地質リスク要因の特定を行った。

- ・文献調査（地方史の鉱山記録等）
- ・地形判読（航空レーザ測量（LP）地形図）
- ・地表地質概査（延長 14.0 km）
- ・簡易試験（スレーキング特性、重金属、水質等）



ハンドヘルド型蛍光 X 線分析装置 簡易酸性化可能性試験

写真-2 簡易試験の実施状況の例

地質リスク要因については、地形、地質構成、地質構造、水理地質、有害物質（自然由来重金属）の 5 項目の観点に基づいて抽出し、抽出した要因が発現する事象を分類した。

地質リスク要因の例を以下に示す（写真-3 参照）。

砂岩層：岩盤の緩みが進行しており、切土のり面やトンネル坑口斜面等では、落石や岩盤崩壊の可能性がある。

頁岩層：亀裂性岩であり、切土工やトンネル掘削時の応力開放の影響を受け、斜面崩壊やトップリング、切羽崩壊等が発現する可能性がある。

破碎部：地層境界付近の岩相は破碎が進行し、切土のり面の不安定化やトンネル掘削時での切羽崩壊、突発湧水等が発現する可能性がある。

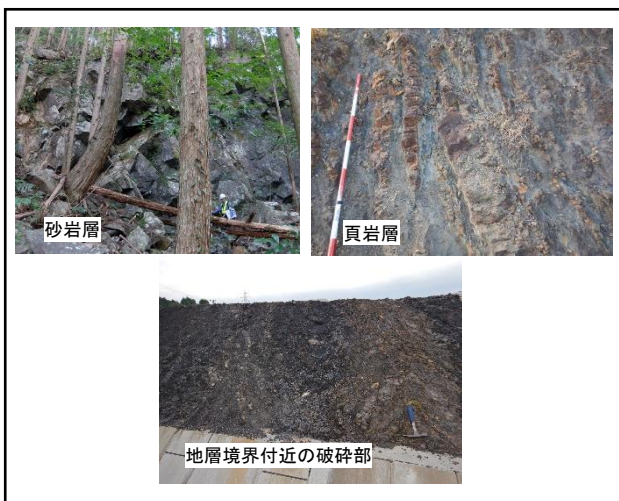


写真-3 代表的な露頭状況写真

特定した地質リスク要因をもとに、想定されるリスク発現事象を整理し、表-1 のように分類した。

表-1 想定されるリスク発現事象の分類

発現事象のタイプ	発現事象のタイプ（細区分）
①切土のり面の不安定化に関わる事象	滑動誘起（すべり）
	層面すべり、くさび崩壊
	トップリング崩壊
	表層崩壊（切土のり面、トンネル坑口部）
	スレーキングによる不安定化 水みち起因する法面変状
②盛土の不安定化に関わる事象	地山不良による盛土のすべり 湿潤による盛土のすべり
③落石に関わる事象	自然斜面からの落石 のり面からの落石
④土石流、土砂水流入に関わる事象	土石流、土砂水の流入、閉塞
⑤支持地盤の不確実性に関わる事象	支持力不足（沈下、傾動）
	支持層の不陸
	掘削効率の低下
⑥沈下に関わる事象	沈下、側方流動
	不等沈下
⑦液状化に関わる事象	地盤の液状化
⑧トンネル施工に関する特有の事象	切羽（天端・切羽・脚部）の不安定化
	異常湧水（突発湧水）
	押し出し変位
	支保パターンの大幅変更
⑨利水（減・濁水）等に関わる事象	減・濁水 水質汚濁
⑩自然由来重金属に関わる事象	含重金属掘削ズリの拡散 重金属の溶出

(2) 地質リスクの分析

地質リスクの分析では、事業に与える「発生確率」と「影響度」の組み合わせから、特定した地質リスク要因の判定を行う。

a) リスクランクの判定基準

想定したリスク発現事象のタイプ毎に、リスクランクの判定基準を設定した。リスクランクは、リスク回避（AA）に相当する重大なリスク発現事象は確認されなかったため、表-2 に示すように A、B、C の 3 段階に区分した。

表-2 リスクランクの判定基準²⁾

リスクランク	リスクランクの対応方針
A	リスク低減 （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）
B	リスク低減 （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）
C	リスク保有 （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）

b) 「発生確率」の区分

「発生確率」と「影響度」は、想定したリスク発現事象のタイプ毎に「大」、「中」、「小」の 3 段階に区分した。「発生確率」は、リスク発現事象が発生する「可能性」とみなし、指針・基準類等を参考に区分した。

c) 「影響度」の区分

「影響度」については、「費用（コスト）への影響」、「期間（対策工）の影響」、防災道路としての機能を考慮し「交通への影響」の 3 つを指標とした（表-3）。

表-3 影響度の判定区分

影響度の区分	事業への影響内容
大	事業が中断または大幅な遅延が生じる。
中	大きな損失を受け遅延が生じるが事業は継続可能。
小	軽微な修復で事業継続が可能。

なお、費用（コスト）への影響については、金額による定量的な区分の採用には様々な意見があり、時点では十分な精度で検討できないことから、定性的な区分とした。

d) リスクランクの設定

構造物毎で調査、設計、施工段階でのリスク対応の考え方が異なることから、構造物毎に各リスクランクを設定した（図-2①、②）。例えば、切土については、のり面の不安定化が事業へ及ぼす影響が大きいことから、発生確率や影響度が大きい場合には、早期の対応を行う必要があると考え、安全側（予防に重きを置く）組み合わせとした（図-2①）。

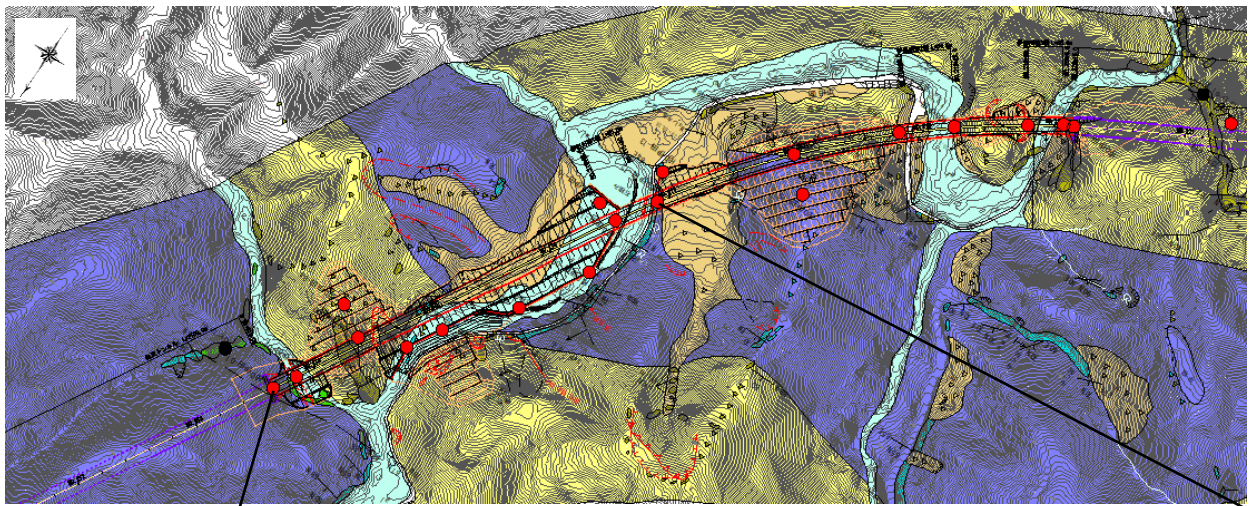
落石については、維持管理段階で落石が発生した場合、小規模でも第三者被害へつながる可能性が高いことから、維持管理段階へリスクを保留せず初期の段階でリスクの低減を講じる方針とした（図-2②）。

影響度	①切土	発生確率			影響度	②落石	発生確率		
		小	中	大			小	中	大
大	大	B	A	A	大	B	B	A	
中	中	C	B	A	中	C	B	B	
小	小	C	C	B	小	C	B	B	

図-2 リスクランクの組み合わせの例

(3) 地質リスクの評価

地質リスク分析の結果は「リスク管理表」としてとりまとめ、構造物毎に地質リスク要因、発現事象、発生確率、影響度、リスクランクを記載し、今後の調査、設計、施工段階でのリスクへの対応方針を整理した。なお、各構造物に対するリスク評価は、平成28年度予備設計段階の道路構造（都市計画決定段階）に対して行った。



下り線(南側)	測点(No.)	213-48~213-73		213-73~213-95			213-95~214-78				214-78~214-95			214-95~216-92				
		構造物	橋本側坑口部	橋本トンネル	橋本(掘削3段)	切土(7段)	橋本(掘削3段)	伊田	伊田	伊田	伊田	伊田	伊田	伊田	伊田	伊田		
地質リスクの抽出・特定	地質リスク要因	B1: 泥炭層 (四万十帯) 亀裂性層、スレーキング B2: 風化帯・ゆるみ層 C4: 支持層・土軟弱の不陸 (地質的不規則性)	A3: 集水地形 (谷筋、1次谷) B1: 泥炭層 (四万十帯) 亀裂性層、スレーキング B1: 表流水	B2: 砂層 (四万十帯) ゆるみ、浮石・転石 B3: 風化帯・ゆるみ層 C4: 支持層・土軟弱の不陸 (地質的不規則性)	B2: 砂層 (四万十帯) ゆるみ、浮石・転石 B3: 風化帯・ゆるみ層 C4: 支持層・土軟弱の不陸 (地質的不規則性)	A2: 産層、沖積層 (土石流層) A3: 集水地形 (0次谷、1次谷) A5: 沖積平野、谷筋 B1: 泥炭層 (四万十帯) 亀裂性層、スレーキング B2: 砂層 (四万十帯) ゆるみ、浮石・転石 C3: 風化帯・ゆるみ層 B1: 表流水	A5: 谷筋 (橋本側) B1: 泥炭層 (四万十帯) C4: 支持層・土軟弱の不陸											
	発現事象	1-d: 産層崩壊 (切土のり面、仮設切土のり面、坑口部) 2-a: 支持層不安定 (上下、傾動) 3-a: 切羽 (天端、切羽、傾動) の不安定化	2-b: 産層による集水のすべり 4-a: 土石流、土砂水の流入、閉塞 ※2: 産層土質の劣化による不安定化	1-d: 産層崩壊 (切土のり面、仮設切土のり面、坑口部) 2-b: 産層による集水のすべり 3-a: 自然崩壊からの落石 3-b: のり面からの浮石 3-c: 掘削面下の低下	1-d: 産層崩壊 (切土のり面、仮設切土のり面、坑口部) 2-b: 産層による集水のすべり 3-a: 自然崩壊からの落石 3-b: のり面からの浮石 3-c: 掘削面下の低下	2-a: 崩山崩壊による集水のすべり 2-b: 産層による集水のすべり 3-a: 産層崩壊からの浮石 4-a: 土石流、土砂水の流入、閉塞 4-b: 上下、傾動 ※2: 産層土質の劣化による不安定化	1-c: 産層崩壊 (切土のり面、仮設切土のり面、坑口部) 2-a: 支持層不安定 (上下、傾動) 3-b: 切羽 (天端、切羽、傾動) の不安定化											
	発現事象のタイプ	B1/②-a	B2/③-d	C4/⑤-a	A3/④-a	A3, D1/②-b	※2: 劣化	B2/③-a	B2/③-b	B2/③-c	C3, C4/③-d	A2/②-a	A2, A3/④-a	A3, D1/②-b	⑤/⑥-a	B1/③-d	C4/⑤-b	
	発生確率	中	中	大	中	中	—	中	大	中	中	中	中	中	中	—	—	大
地質リスクの評価・分析 (調査段階)	影響度	中	中	大	大	中	—	中	中	小	中	中	中	中	中	—	—	大
	リスクランク	B	B	A'	B	C	—	B	B	C	B	C	B	B	B	—	—	A'
平成20年度地質調査実施状況	調査内容 (ベータ) 地点名 (ほか)	H30伊田-01 弾性変位調査	未実施	H30伊田-02	—	H30伊田-03 H30伊田-04	H30伊田-03 H30伊田-04	H30伊田-03 H30伊田-04	H30伊田-03 H30伊田-04	未実施	未実施	H30伊田-05 H30伊田-06 H30伊田-07 H30伊田-08 H30伊田-09 H30伊田-10 H30伊田-11 H30伊田-12	未実施	—	—	H30伊田-11 H30伊田-12	H30伊田-11 H30伊田-12	H30伊田-11 H30伊田-12
	後続調査方針	II	III	IV	I	V	III	I	IV	V	III	V	I	III	III	I	III	—
リスクへの対応	後続調査内容	II: 水平面・縦断面 (1箇所) による坑口付近の地山性状の把握、III: 調査結果を精査し、追加調査の必要性を検討する。		I: 深溝調査の実施 II: 弾性変位の把握 III: 掘削土質の検証			I: 落石調査の実施 II: 調査結果を精査し、追加調査の必要性を検討する。				I: 深溝調査の実施、落石調査の実施 II: 調査結果を精査し、追加調査の必要性を検討する。			—				
	設計段階	坑口周辺の地山性状に留意する。		排水処理の検討 土砂流入対策の検討			地山状況に応じた切土勾配の検討 のり面保護工の検討				土砂流入対策の検討 基本安定性の検討 排水対策の検討			—				
	施工段階	亀裂性層層のたれ応力開放による強度低下に留意する。切羽観察の実施。		排水処理の実施			予定勾配での切土のり面保護工				土砂流入対策の実施 排水処理の実施			—				
維持管理段階	道路防災点検		道路パトロール			特定土工構造物点検				道路パトロール			—					

図-3 地質リスク管理表の例

(4) 後続調査計画の策定

リスク分析を行った構造物毎に次年度の調査方針を策定した。調査の優先度は、リスクランクと地質調査の実施状況をもとに、I～Vの5段階に区分した(図-4)。

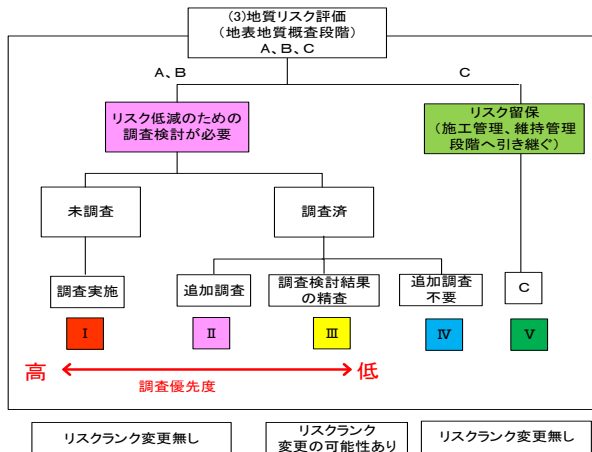


図-4 後続調査計画方針の検討フロー

リスクランク A, B の箇所に対しては、上記の後続調査の実施方針に基づき、今後調査を実施し、施工段階前までに計画的にリスクランクを下げる方針としている(図-5)。リスクランクは、施工段階前までにすべてCランクとなることが望ましいが、施工段階前までにリスクランクの低減が困難な区間については、施工時の追加調査の実施等の申し送りを行う。

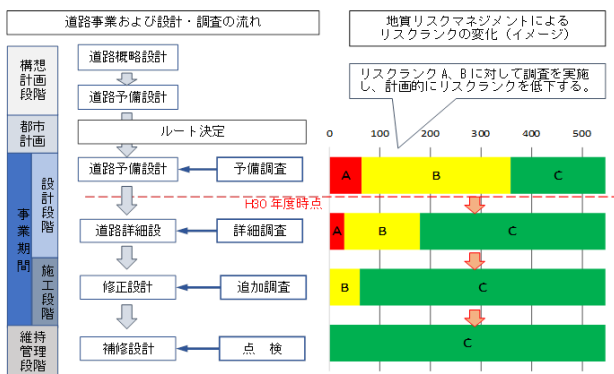


図-5 地質リスクマネジメントによるリスクランクの変化(イメージ)

3. 関連業務との連携(リスク情報の共有)

本事業における地質リスク検討は、同時並行で発注した地質調査業務、予備設計業務(計14業務)と連携して業務を実施した。地質調査業務ではボーリング掘進の掘止め基準や調査地点の配置等、事前に調査方針を統一した。予備設計業務に対しては、トンネル坑口部の比較検討に地質リスクの観点で評価を実施し、弾力的に設計方針を変更した。また、幅

杭設置のための標準切土勾配は、通常は指針・基準類をもとに土軟硬区分や実績に基づいて判断されるが、路線全体の地表地質踏査結果やボーリング調査結果をもとに地質構造を考慮し、標準切土勾配を設定した。

これらの関連業務との連携においては、合同会議で情報共有を行うとともに、情報共有システムを導入することにより、円滑な情報共有を行った(写真-4)。



写真-4 関連業務との合同会議

4. おわりに

(1) 実施効果

今回、地質リスク検討を実施したことで、計画路線全体の地質リスクを抽出でき、留意事項をリスク管理表としてとりまとめることで、対応が必要なリスクを明確にすることができ、一部においては、関連業務で対応することができた。

(2) 地質リスク検討における今後の課題

今後は、事業化された隣接の大方四万十道路に対しても引き続き地質リスク評価を行う予定である。今回実施したリスク評価は地表地質踏査による平面的な地質分布とボーリングによる点の情報からのリスク評価であり、3次元的な地盤情報は不足している。広域の3次元的な地質リスクの精度を向上させるためには、3次元的な比抵抗分布を把握できる空中物理探査の併用が有効であると考えられる。

また、事業の進捗にあわせて地質リスク評価を見直していき、地質リスクマネジメントを継続するための方法についても検討が必要と考えている。

参考文献

- 1) 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会(国立研究開発法人 土木研究所):福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会報告書(平成29年5月)
- 2) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会:2016改訂版地質リスク調査検討業務発注ガイド(平成28年10月)
- 3) 国土交通省近畿地方整備局:地質リスク低減のための調査・設計マニュアル(案)(平成30年2月)