

# すさみ串本道路事業における地質リスク評価について

築地貴裕

## 1. はじめに

和歌山県南部地域では、近い将来発生すると予想される南海トラフ大地震による津波の影響で、唯一の幹線道路である国道42号が浸水し、すさみ町から串本町に至る区間が通行不能になることが予測されている。そのため、近畿地方整備局紀南河川国道事務所では、「一般国道42号すさみ串本道路」（図-1）を平成26年度に事業化し、災害時の安全性・信頼性の確保、救急医療活動の支援、観光活性化等を目的に、1日も早い開通に向けて事業を推進している。

すさみ串本道路に先立ち、平成27年度に開通した近畿自動車道紀勢線（田辺～すさみ）では、写真-1のように、荒堀地区の切土工事施工中に、調査・設計段階における標準的な調査手法では予測が困難な地質リスク要因により法面崩壊が発生し、対策の実施等により工事費の増加や工事進捗の遅延が見られたり。一方で、写真-2に示す江住地区では、段数13段（高さ約90m）の大規模な切土法面を施工するため、施工に先立ち、高品質のボーリングを行うなど、地質に関し詳細な調査・解析を行った。その結果、施工中の法面崩壊等も発生せず、2019年6月現在も安定した法面を保っている。

これらの事例から、地質や施工条件が厳しい箇所でも、事前に詳細な調査を行えば、施工中はもちろん、供用後においても法面崩壊等を防ぐことが可能であると考えられる。すさみ串本道路の予定箇所は近畿自動車道紀勢線（田辺～すさみ）と同様の地質を有することから、写真-1の事例のような地質条件に起因して法面崩壊等が発生するリスクを「地質リスク」と捉え、調査・設計段階で分析・評価を行うこととした。本稿では、このすさみ串本道路における地質リスクの分析・評価の概要及び結果について報告する。

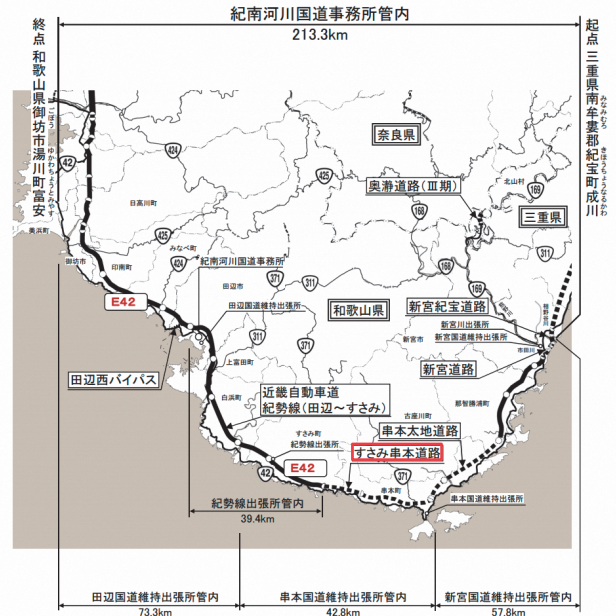


図-1 すさみ串本道路位置図



写真-1 荒堀地区の法面崩壊事例



写真-2 江住地区の法面

## 2. 地質リスク要因の抽出・分析

### 2.1 地質の状況

紀南地域における地質分布を図-2に示す。すさみ串本道路の事業計画箇所のうち、江住～田並川間は海洋プレートの沈み込みにより形成された付加体（牟婁層群）、田並川～串本町サンゴ台間は陸地から流れてきた砂や泥が堆積した前弧海盆堆積体（熊野層群）からなる。牟婁層群は微細な割れ目を潜在的に有し、除荷や暴露による変形が大きく、熊野層群は牟婁層群に比べ変形は小さいもののスレーキング性を有する。

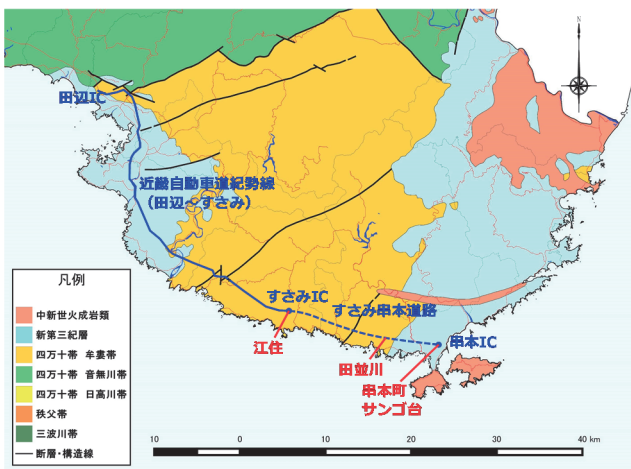


図-2 紀南地域における地質分布

### 2.2 近接道路の地質リスク発現事例の分析

前述のように、平成27年度に開通した近畿自動車道紀勢線（田辺～すさみ）（以下「紀勢線」という。）では、施工中に、調査設計時には想定していなかった地滑り等が発生した。すさみ串本道路事業計画箇所は紀勢線と同様の地質を有することから、地質リスク要因の抽出にあたり、紀勢線で発生した変状の分析を行った。

図-3に、紀勢線における全94法面の地質構造別変状記録を示す。全体の17%にあたる16箇所に変状が発生しており、このうち14箇所は地質構造が流れ盤を呈する法面で発生している。一方、受け盤の2箇所は、表層崩壊と断層が複数分布する脆弱部で発生している。地質構造が流れ盤を呈する法面における、地質構造の見かけ傾斜（横断図上の面と地質構造面の交線が断面内で示す傾斜）と変状発生数の関係を図-4に示す。変状は見かけ傾斜が0～40°の法面で発生し、10～20°の法面で最も多く発生している。

続いて、土質工学会<sup>2)</sup>による見かけ傾斜と法面傾斜の関係に、紀勢線における変状の事例をプロットしたものを図-5に示す。見かけ傾斜角20～40°の領域では、概ね元のグラフと同様の傾向を示しているものの、見かけ傾斜角20°以下の領域では、境界域や安定側とされる領域で変状が発生していることがわかる。

次に、すべり面の性状と変状規模（法面段数）の関係を図-6に示す。すべり面に断層破碎帯や層理面沿いの破碎泥岩が狭在する箇所は全22箇所中の15箇所であった。特に3段以上の変状のケースでは全て破碎帯等の狭在が確認された。

以上より、すさみ串本道路の地質リスク要因の抽出にあたっては以下の点に留意することとした。

- ・地山の土質区分による評価のみでは地質構造的素因によるリスクを見逃す可能性が高いため、地質構造に着目して地表地質調査を実施する必要がある。
- ・見かけ傾斜40°までの流れ盤構造を呈する法面では変状・崩壊のリスクが高い。
- ・断層破碎帯や層理面沿いの破碎泥岩が狭在する箇所では、法面勾配のみでは対応できない可能性が高いため、抑止工等の計画が必要となる。

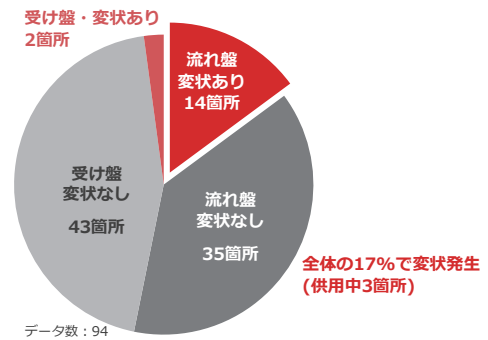


図-3 紀勢線における地質構造別変状記録

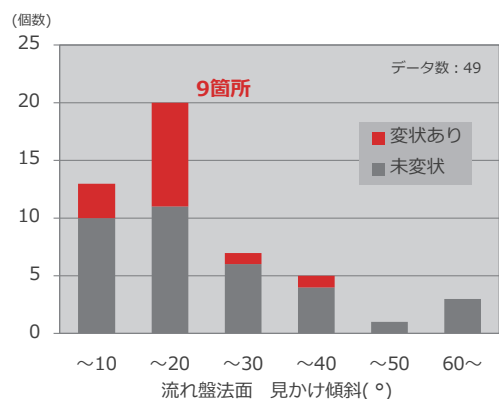


図-4 見かけ傾斜と変状発生数

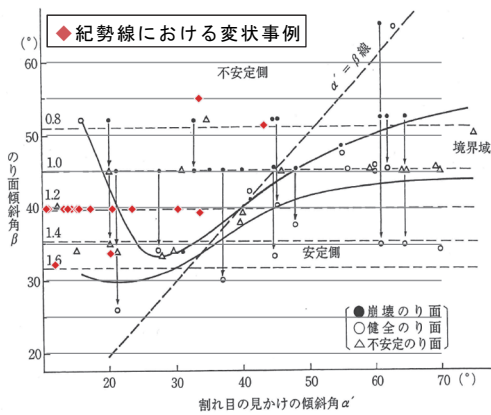


図-5 見かけ傾斜と法面傾斜の関係

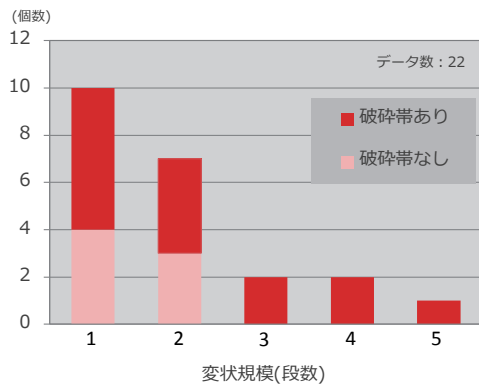


図-6 すべり面の性状と変状規模（法面段数）の関係

### 2.3 事業計画箇所での地質リスク要因の抽出

すさみ串本道路事業計画箇所における地質リスク要因を抽出するため、周辺の地形判読、地表地質調査を行った。地形判読は、計画路線周辺のLP（レーザプロファイラ）と空中写真を用いて、断層、地すべり地、崩壊地形、土石流、段丘面、植生、微地形、後背低地、自然堤防などの判読を行った。その後、これらの地形情報を踏まえた上で、地表地質調査を行い、地すべりや断層の有無を確認した。以上により、すさみ串本道路事業計画箇所で見られる可能性がある地質リスク要因として、以下の7要因を整理した。

- (1) 法面・自然斜面の不安定化に関わる事象
- (2) 土石流、土砂水流入に関わる事象
- (3) 落石に関わる事象
- (4) 支持地盤の不確実性に関わる事象
- (5) 沈下、液状化に関わる事象
- (6) 地下水、土壌汚染に関わる事象
- (7) トンネル施工に関する特有の事象

### 3. 地質リスク対応方針の検討

#### 3.1 リスクランクの設定

すさみ串本道路事業計画箇所におけるリスク評価及び対策の検討を行うため、リスクランクの設定を行った。リスクランクは、可能な限り定量的に評価するため、既往文献<sup>3),4)</sup>を参考に、「影響度」×「発生確率」でマトリクス表を作成して設定した。表-1にリスクランク設定のマトリクスを示す。

「影響度」は、「費用」「期間」「安全」「環境」の4項目について、既往文献を参考に閾値を設けて設定した。例えば、「法面・自然斜面の不安定化に関わる事象」において、「費用」については、5段以上の法面となる場合や対策費が事務所発注の上限額である3億円以上となる場合、影響度を「大」とした。

「発生確率」は、過去の事例では「%」や「確率年」で評価されているが、これらの設定には多くの事例が必要であり、現段階で本事業に合わせた解析は困難なため、近接道路の変状事例分析結果をもとに、「発生のしやすさ」として設定した。表-2に、法面・自然斜面の不安定化に関わる事象における発生のしやすさの設定例を示す。

表-1 リスクランク設定のマトリクス

		発生確率		
		小	中	大
影響度	特大	B	A	AA
	大	B	B	A
	中	B	B	A
	小	C	B	B

表-2 発生のしやすさの設定例

分類	評価項目の例	発生のしやすさ		
		小	中	大
(1)法面・自然斜面の不安定化	すべり面となる地質構造(流れ盤、クサビ崩壊)	節理面等が0~40°程度の流れ盤構造	層理面等が0~40°程度の流れ盤構造、断層・節理面の組み合わせあり	破砕帯等の弱面が0~40°の流れ盤構造、周辺に変状履歴あり
(2)土石流、土砂水流入	最急深床勾配	30°未満	30~40°未満	40°以上
(3)落石	計画位置での落石実績	落石は無い	落石が数個認められる	新しい落石が多数認められる
(4)支持地盤の不確実性	空中写真および地形判読	崩壊地形が判読される	地すべり地形、リニアメントが判読される	旧河道跡や断層破砕帯の存在が判読される
(5)沈下、液状化	周辺地形	台地	平野部・埋没谷	後背湿地・三角州、沼、池、氾濫原、砂丘間低地がある
(6)地下水、土壌汚染	地質性状過去の履歴	硫化鉱物や熱水変質帯が見られる箇所	硫化鉱物の存在や熱水変質帯が見られる	鉱山跡、ズリ等がある。酸性水(赤水)が発生している
(7)トンネル施工	地山の状況(切羽崩壊)	亀裂の発達した地山である	亀裂が著しく発達した地山(付加体等)断層等が横断する	断層破砕帯等がトンネルと並走する、流れ盤構造がある

### 3.2 リスクランクと対応方針の設定

一般的なリスクマネジメントでは、リスクへの対応として、「移転」「回避」「低減」「保有」がある<sup>5)</sup>。このうち、「移転」は保険を掛けるなどの対応であり、PFI事業等を除けば道路事業への適用は困難であるため、本検討では、「回避」「低減」「保有」について、リスクランクと対応方針を表-3のように設定した。

表-3 リスクランクと対応方針

手法	リスクランク	想定される変状と対応方針
回避	AA	変状が発生した場合、通常計画可能な構造物や対策工による対応が困難。通常容認される以上の事業費がかかる。 →路線を変更する等により回避する。
低減	A	変状が発生した場合、構造形式の変更が必要となる場合や、安全性が著しく低下する場合がある。 →詳細な調査を実施して、調査結果に応じて対策工を検討する。
	B	変状が発生した場合、軽微な追加対策や、対策範囲の変更により対応できる。 →通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工を検討する。
保有	C	事前の低減対策等の必要性が低いため、施工段階や維持管理段階にリスクを保有する。

### 4. 地質リスク評価結果

3. で検討したリスクランク及び対応方針をもとに、すさみ串本道路における地質リスクの評価を行った。評価結果は表-4に示すように、切土、盛土等の構造物毎に地質リスク要因、発生する変状、発生のしやすさ、影響度、リスクランク、リスク措置計画を一覧表として整理した。リスク措置計画には、その後の調査・設計で確認・検討すべき事項を整理した。例えば、流れ盤構造を有する箇所では詳細なボーリング調査を行って破砕帯の有無を確認する、法面勾配を1:1.2と緩く計画する、などである。このように、事前に変状を予測して調査計画の立案、対策の検討を行うことにより、工事の遅延、工事対策費の増加を防ぐことができると考えられる。

表-4 すさみ串本道路における地質リスク評価結果の例

構造物	切土(6段)	切土(4段)	盛土(7段)
地質リスク要因	(1)法面・自然斜面の不安定化	(3)落石	(4)支持地盤の不確実性
発生する変状	法面崩壊(地すべり)	法面上部からの落石	盛土の沈下
発生のしやすさ	大	中	大
影響度	大	中	中
リスクランク	A	B	A
リスク措置計画	【調査】 詳細なボーリング調査による地質性状の確認 【設計】 軟岩の最緩傾斜1:1.2で計画	【設計】 落石防護工等の検討	【調査】 軟弱地盤の調査 【設計】 基礎処理の検討

### 5. まとめ

本稿では、すさみ串本道路における地質リスク評価の概要及び結果について報告を行った。地質リスク評価を行うことで、後続の調査において構造物毎に予想されるリスクを踏まえた調査地点や方法を計画することが可能となる。後続の調査の結果、予想される地質リスクが当初と異なる場合や、対策工を施すことでリスクを低減できる場合は、リスクランクの見直しを行っていくことが必要である。また、後続の調査や設計、施工の各段階で、今回実施したリスク評価が有効なものであったのかを検証していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 芝山功：すさみ串本道路事業における地質リスクの試行的導入と調査・設計への適用について、平成29年度近畿地方整備局研究発表会、調査・計画・設計部門 No.07、2017.6
- 2) 土質工学会：土質基礎工学ライブラリー12 切土ノリ面、1998.12
- 3) 公益社団法人土木学会建設マネジメント委員会インフラPFI研究小委員会：道路事業におけるリスクマネジメントマニュアル (Ver.1.0)、2010.3
- 4) 地質リスク学会・一般社団法人全国地質調査業協会連合会、地質リスクマネジメント入門、2010.4
- 5) 公益社団法人日本技術士会：技術士制度における総合技術監理部門の技術体系 (第2版)、2004.1

築地貴裕



国土交通省近畿地方整備局  
紀南河川国道事務所 工務  
第三課長  
Takahiro TSUKIJI