

[論文 No. GR1]

「軟弱地盤地帯の道路計画における地質リスク評価事例」

株式会社アバンス ○山下 隆之 (地質リスク・エンジニア 登録番号 82)

岩内 明子 (GRE 登録番号 80) 梅崎 基考 (GRE 登録番号 81)

1. 事例の概要

本事例は、軟弱な火山灰粘性土が分布する地域に計画されている道路について、調査結果と道路計画をもとに、地質リスクを整理した事例である。地質リスクとして、振動や掘削による練り返しによる強度低下・変形、盛土材としての安定性、雨天時の表流水による盛土材の軟質化が想定された。リスク評価に際し、関係者間でボーリングコアを合同で観察するなど、1次情報の共有を行った。その上で、類似する地盤での施工事例収集や課題点の整理を行い、工法などの整理、補強を行うことで地質リスクを回避した事例 (A型) を報告する。

2. 事例分析のシナリオ

(1) 想定地質リスク

① 振動や掘削による練り返しによる地山の強度低下・変形

本事例の対象地は、黒ぼく、赤ぼくを主体とする火山灰質粘性土が 10~20m 程度の層厚で分布する (写真 1)。特に、黒ぼくは「概ね 1 万年前より新しい沖積層に相当する腐植物を混入する軟質な火山灰質粘性土」である。一方、赤ぼくは「約 9 万年~1 万年前の火山灰質粘性土でやや固い状態 (不規則に降下軽石を挟む)」である。また、黒ぼくは局所的に層厚が変化し、最大 2~3m 以上の厚さで堆積する場合があった。

このため、特に、黒ぼくが厚く堆積する場所では、法先のすべり崩壊や、大きな圧密沈下、地盤改良時の六価クロム溶出および層厚の不均一性を考慮した対策の検討が必要とされた。



写真 1 対象地の模式的な土質状況

② 盛土材としての安定性

本事例の対象地に分布する黒ぼく、赤ぼくは、表1に示す特性のように、乱さない状態であれば、コーン指数  $400\text{kN/m}^2$  以上を示し、比較的トラフィカビリティが確保できる土である。しかし、一旦乱すと、コーン指数  $400\text{kN/m}^2$  以下となり、特に赤ぼくは、コーン指数  $260\text{ kN/m}^2$  程度と、乱さない状態の約  $1/4$  に強度が低下する、鋭敏比の高い土であった。このため、現地発生土を盛土材として用いる場合、トラフィカビリティが確保できない恐れや、締固め不足、盛土の安定性（崩壊しない強度）が確保できない可能性が想定された。

表1 対象地の土の特性

試料名	含水比 $W_n$ (%)	細粒分含有 $F_c$ (%)	含水比 $Li$ (%)	土懸濁液の pH	コーン指数 $q_c$ ( $\text{kN/m}^2$ )	
					現場 (乱さない状態)	室内 (乱した状態)
黒ぼく	189.71	94.3	31.51	5.64	566	349.4
赤ぼく	66.39	68.3	9.60	6.40	877	262.7

※室内試験のコーン指数は、3層 25 回突き固めを行った供試体試料

③ 雨天時の表流水による影響

本事例の対象地は、ボーリング調査時には孔内水位（地下水位）は確認されなかったが、雨天時には表流水がみられた。50mm/日の雨量でも、小さな土水路に 20~30L/分程度の水量がみられた。このため、雨天時に地盤や盛土材が緩みやすいため、適切な基盤排水処理が必要であることが想定された。

(2) 類似する地盤での事例収集

① 振動や掘削による練り返しによる地山の強度低下・変形

同様な火山灰質粘性土の地盤において施工された軟弱地盤対策工の未施工箇所や、軽微な対策工を実施した構造物での損傷事例について、資料を収集した（写真2）。対象地でも、安定した地盤（地盤改良工などに対する支持層（着底地盤））を的確に判断するとともに、地盤特性をふまえた適切な軟弱地盤対策工の選定を行う必要がある事が求められた。



写真2 熊本県内の火山灰質粘性土分布域での構造物損傷事例

② 盛土材としての安定性

同様な火山灰質粘性土の地盤で、掘削（切土）および盛土材として活用した改良工事の事例を収集した（写真3）。他事例では、乱れが少ない状態であれば、重ダンプトラックを用いて運搬可能であるが、盛土材として用いる場合は、石灰などを利用した改良が実施されていた。



写真3 熊本県内の火山灰質粘性土分布域での改良工事事例

③ 雨天時の表流水による影響

同様な火山灰質粘性土の地盤で、雨天時の地盤状況や安定処理土の状況に関する情報を収集した（写真4）。また、表流水による盛土材緩み防止や工事用道路の安定性を確保するための対策事例（基礎に岩砕を敷く等）を収集した（写真5）。



写真4 火山灰質粘性土分布域での雨天時状況（左；未処理土、右；石灰改良土）



写真5 熊本県内の火山灰質粘性土分布域での盛土基礎処理事例

(3) 情報の共有と対策工の検討

上記で収集した情報や、地質状況に関する1次情報は、写真6に示すように、関係者間で実際にコアや現地を確認することで、共有化した。



写真6 現地でのリスク共有とリスク発現状況の確認（関係者が合同で実施）

3. データ収集分析

前述した地質リスク（設計・施工上の課題点）を抽出、共有し、データの収集（追加調査）や分析（解析、申し送り事項の整理）を行った。各項目の概要を以下に整理する。

(1) 振動や掘削による繰り返しによる地山の強度低下・変形について

特に、工学的問題の多い黒ぼく層および軟質な赤ぼく層を抽出するため、ボーリング調査（機械ボーリング、室内土質試験）を法尻で実施するとともに、地層変化を確認するため、サウンディング試験を実施した（図1）。追加調査を実施し、火山灰質粘性土層の水平変化や層厚を把握し、軟弱地盤解析および対策工の検討に活用した。

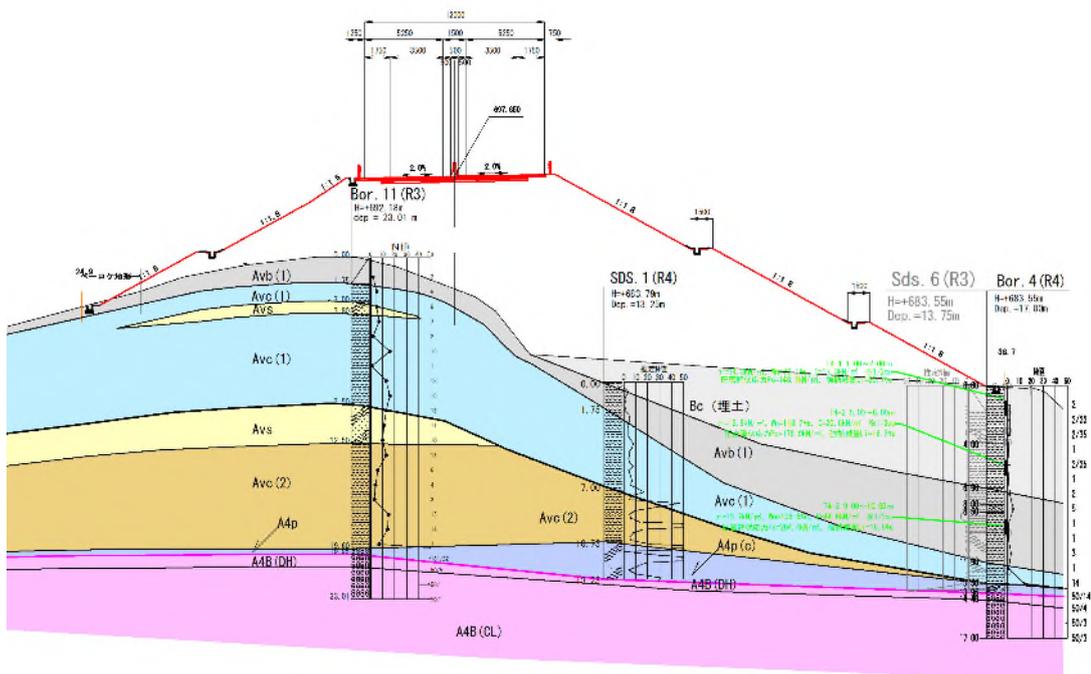


図1 追加調査をふまえた地質横断面図整理例

## (2) 盛土材としての安定性について

盛土材としての適用性に課題があったため、配合試験を実施し、表2のような土質特性を把握した。この試験結果を用いて、「トラフィカビリティ-盛土安定のために必要な強度」について、必要十分な条件を検討し、適切な固化材添加量を検討した。

表2 固化材の添加量とせん断強度の関係

土質	添加量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 φ (°)	備考
黒ぼく	30	25.23	12.8	最小添加量 (qc=1054.5kN/m <sup>2</sup> )
	36	29.71	10.3	目標 qc ≥ 1,200kN/m <sup>2</sup>
赤ぼく	30	24.25	22.7	最小添加量 (qc=3219.5kN/m <sup>2</sup> )

## (3) 雨天時の表流水による影響について

対象地の雨天時状況や類似する施工状況をふまえ、盛土基礎に岩砕による排水層と良質土層を設けることを提案した(写真7)。また、施工時に法面側へ表流水が流れないように、法肩に土堤の設置と盛土中心に向かう勾配をもった盛り立てとないような盛土施工方法を提案した。



写真7 岩砕を用いた排水例（左）と縦排水への勾配を設けた盛り立て例（右）

## 4. マネジメント効果

本事例では、1次調査結果、現地状況および類似施工事例を収集し、地質リスクを抽出した。また、抽出した課題点については調査者だけで整理、検討するだけでなく、設計者および事業者とも共有することに努め、リスクの共有を特に行う事ができた。

本事例では、こうした地質リスク検討結果をふまえ、軟弱地盤解析や対策工の検討が実施され、地質リスクが発現する前に、設計段階でリスクを回避したものである。

## 5. データ様式の提案（A）

本事例はA型様式にて整理する。

## 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		道路事業
	工事概要		-(非公表)
	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		道路改良施工段階
	予測されたトラブル		繰り返しによる強度低下
	回避した事象		すべり、沈下
	工事への影響		工事費・工期増大、事業損失
リスク管理の実際	判断した時期		道路予備設計段階
	判断した者		事業者、調査者、設計者
	判断の内容		地盤改良、盛土材改良の追加 効率的な仮設道路の検討
	判断に必要な情報		地質調査データ、類似施工事例
リスク対応の実際	内容	追加調査	配合試験、サウンディング試験
		修正設計	軟弱地盤安定解析
		対策工	中層改良、盛土材の改良
	費用	追加調査	20 百万
		修正設計	-
		対策工	-
		②合計	-
変更工事の内容	工事変更の内容		地盤改良工の事前追加 盛土材の改良(仮設道路も含め)
	③変更工事費		(精査中)
	変更工期		-
	間接的な影響項目		事業費増
	受益者		-
リスクマネジメントの 効果	費用(①-③-②)		-
	工期		-
	その他		事前にリスク評価を行い、事前の準備を を行い、工期延長防止、事業損失の発 生を回避した