

## 「花崗岩地帯における切土施工で発現した地質リスク事例」

東邦地水株式会社 ○寺地啓人(地質リスク・エンジニア 登録番号 93)

### 1. 事例の概要

本事例は、道路改良工事の切土掘削において、土砂状の風化岩が分布すると推定された箇所に硬岩が分布し、工事の支障となった事例である。

当該事業では、現市道における狭あい箇所の解消を目的として、切土工(区間長約 160m, 切土高 17m, 4 段切り, のり面勾配 1:1.0)を伴う道路改良(バイパス化)が計画されていた。

対象地は中部地方の領家帯花崗岩類で構成される丘陵地にあり、小河川沿いの丘陵斜面に位置する。この丘陵地は開析が進み、谷や幅の狭い谷底平野が樹枝状に発達し、切土が計画された斜面の上方は 15° 未満の緩やかな傾斜であるが、下部は 30° 以上で急傾斜の様相を呈する。

設計・施工に先立ち、切土高が最も高くなる横断付近で 2 箇所の調査ボーリングが実施され、切土最下段ののり尻付近には CM~CH 級の硬質な岩盤が部分的に分布するものの、切土範囲の大半は、まさ状に風化した DL~DH 級岩盤が分布すると推定されていた。

切土施工が開始され、上方の 4 段目~3 段目の掘削時には調査結果から推定されたまさ状の強風化岩盤が分布していたが、2 段目の掘削において推測されていなかった硬質な CM~CH 級岩盤やコアストーンの分布が確認された。硬岩が分布する箇所ではブレーカ工法等による岩盤掘削が行われたが、対象地の近傍に民家があり、騒音・振動の問題が生じたため、2 段目の掘削途中で工事が中止された。

設計・施工の見直しを行うにあたり、対象地の地盤状況を詳細に把握する目的で新たに地質調査業務が発注された。当該業務では、地表地質踏査、調査ボーリング、弾性波探査、岩石試験が実施され、切土区間の一部において既往調査結果から推定されるよりも高い位置に CM~CH 級の硬質な岩盤が分布すると推定された。

本論では、各事業段階で確認された事象を整理して地質リスクが発現したリスク要因を特定し、地質リスクの発現防止について考察した結果を報告する。

### 2. 事例分析のシナリオ

本事例は、地質リスクのリスク要因(変化に富む岩盤分布状況の存在)を把握できていない状態で設計・施工が進められ、地質リスクが発現した(土砂状の強風化岩盤が分布すると推定された切土範囲に硬岩が分布し支障が生じた)事例であり、事例の種類は B 型(地質リスクが発現した事例)に分類される。ここでは各段階で確認された事象を整理する。

#### (1) 調査設計段階での地山評価

対象地では区間長約 160m, 切土高 17m, 4 段切り, のり面勾配 1:1.0 の切土が計画され、地盤状況の把握のため図-1 に示す位置で調査ボーリングが実施された。

切土高が最も高くなる横断付近で、のり肩付近とのり尻付近の 2 箇所で調査ボーリングを実施し、図-2 に示す地質断面が推定された。

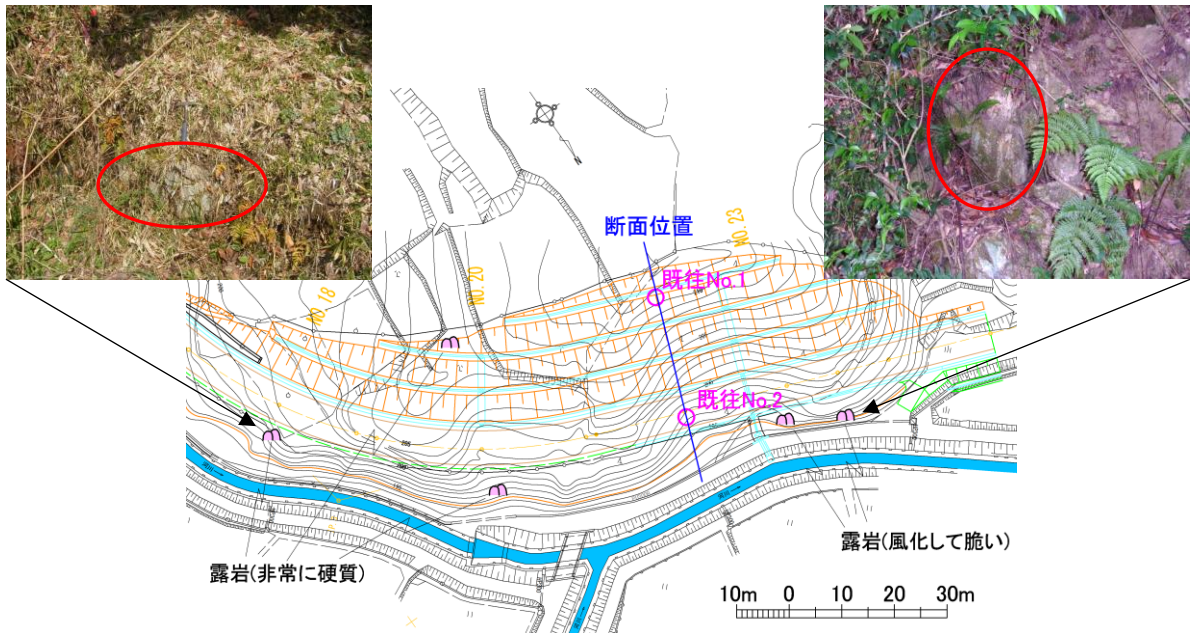


図-1. 調査地点位置図(調査設計段階)

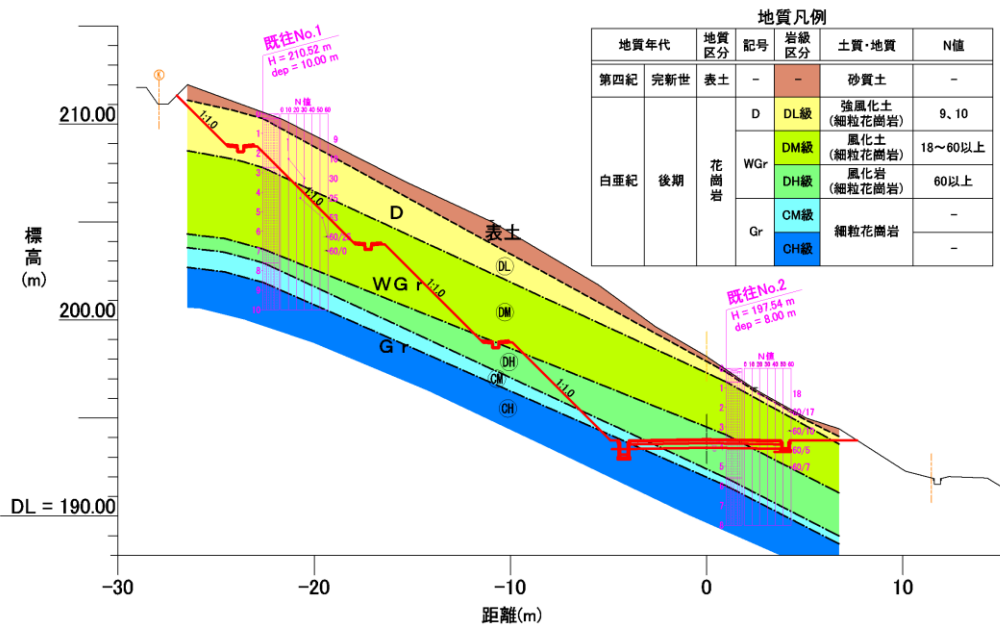


図-2. 地質断面図

調査ボーリングにより、対象地には花崗岩が分布し、深度5~7m付近までは風化により土砂化したDL~DH級岩盤が、以深には非常に硬質なCM~CH級岩盤の分布が確認された。これにより、計画切土では最下段(1段目)ののり尻付近に硬質なCM~CH級岩盤が分布するものの、切土範囲の大半は土砂状に風化したDL~DH級岩盤であると推定された。なお、地表踏査では岩盤の露頭が確認され、多くは風化により非常に脆くなっていたが、起点側の一部で非常に硬質なものが確認されていた。

## (2) 切土施工で確認された事象

計画切土の上方4段目~3段目は、調査結果より推定された土砂状の強風化岩盤が分布し、計画どおり施工が進められた。2段目の切土を起点側(東側)から施工したところ、測点No.18+10付近から終点側で硬質な花崗岩が分布し、終点側へ向かって岩盤の分布標高が

高くなることが確認された(図-3 参照)。

岩盤掘削はブレイカ工法により実施されたが、近傍の民家に対する騒音・振動の問題が生じ、静的破砕剤(ブライスター)を用いた工法が試みられた。しかし、作業効率が悪いことなどから測点 No.20 までの掘削およびのり面整形が終了した段階で工事が中止された。



写真-1. 岩盤露出状況

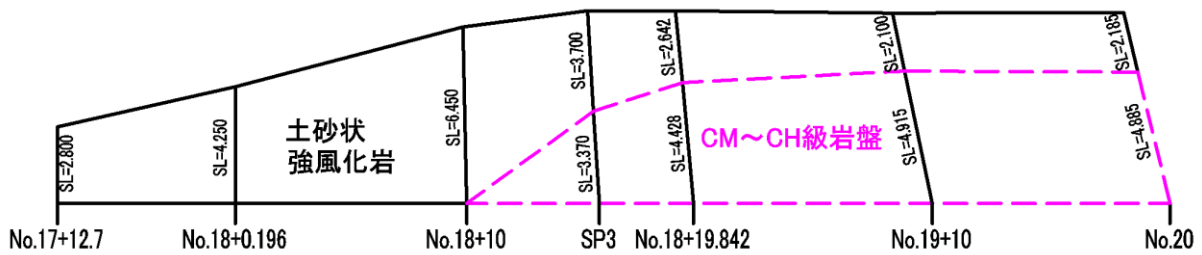


図-3. 工事におけるのり面仕上げ出来形展開図

### (3) 施工中止後の調査で把握した地山評価

設計・施工の見直しにあたり、対象地の地盤状況を詳細に把握する目的で新たに地質調査業務が発注され、地表地質踏査、調査ボーリング、弾性波探査(トモグラフィ解析)、岩石試験を実施した。図-4 に調査地点位置図を示す。

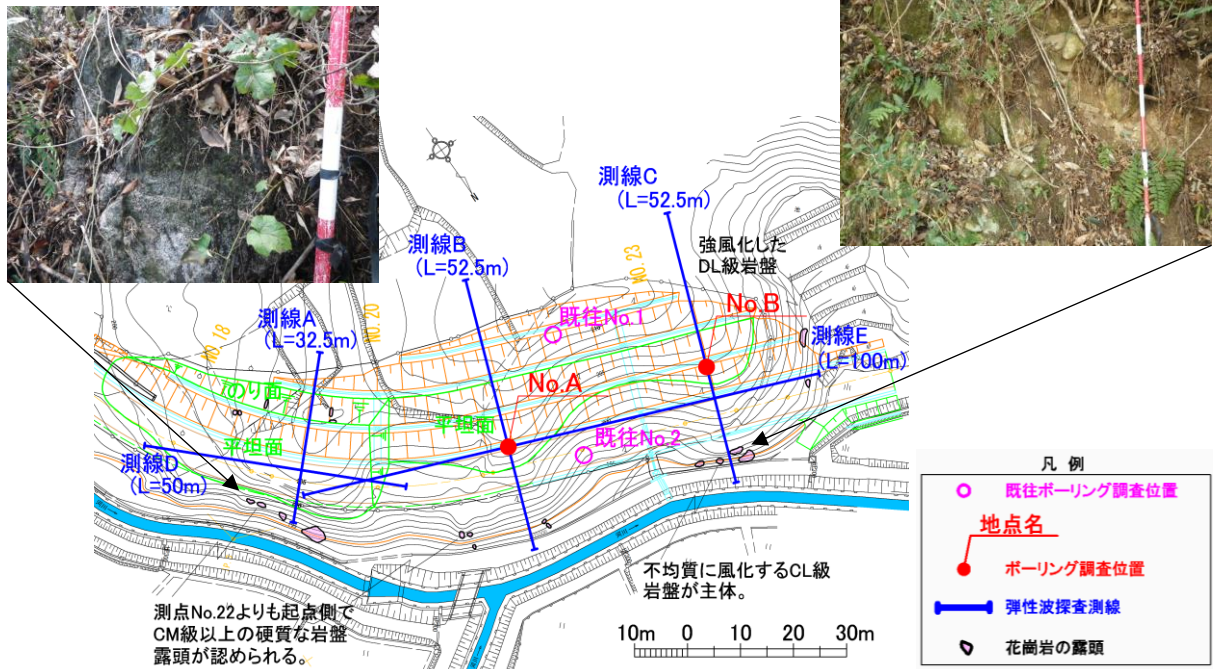


図-4. 調査地点位置図(施工後の調査)

調査ボーリングは、2段目の施工が未実施である測点 No.20 より終点側に 2 地点を配置し、弾性波探査は計画切土範囲において道路縦断方向で 2 測線(測線 D, 測線 E)、横断方向で 3 測線(測線 A, 測線 B, 測線 C)を配置した。

調査結果を基に作成した岩盤等級区分結果図を図-5 に示す。

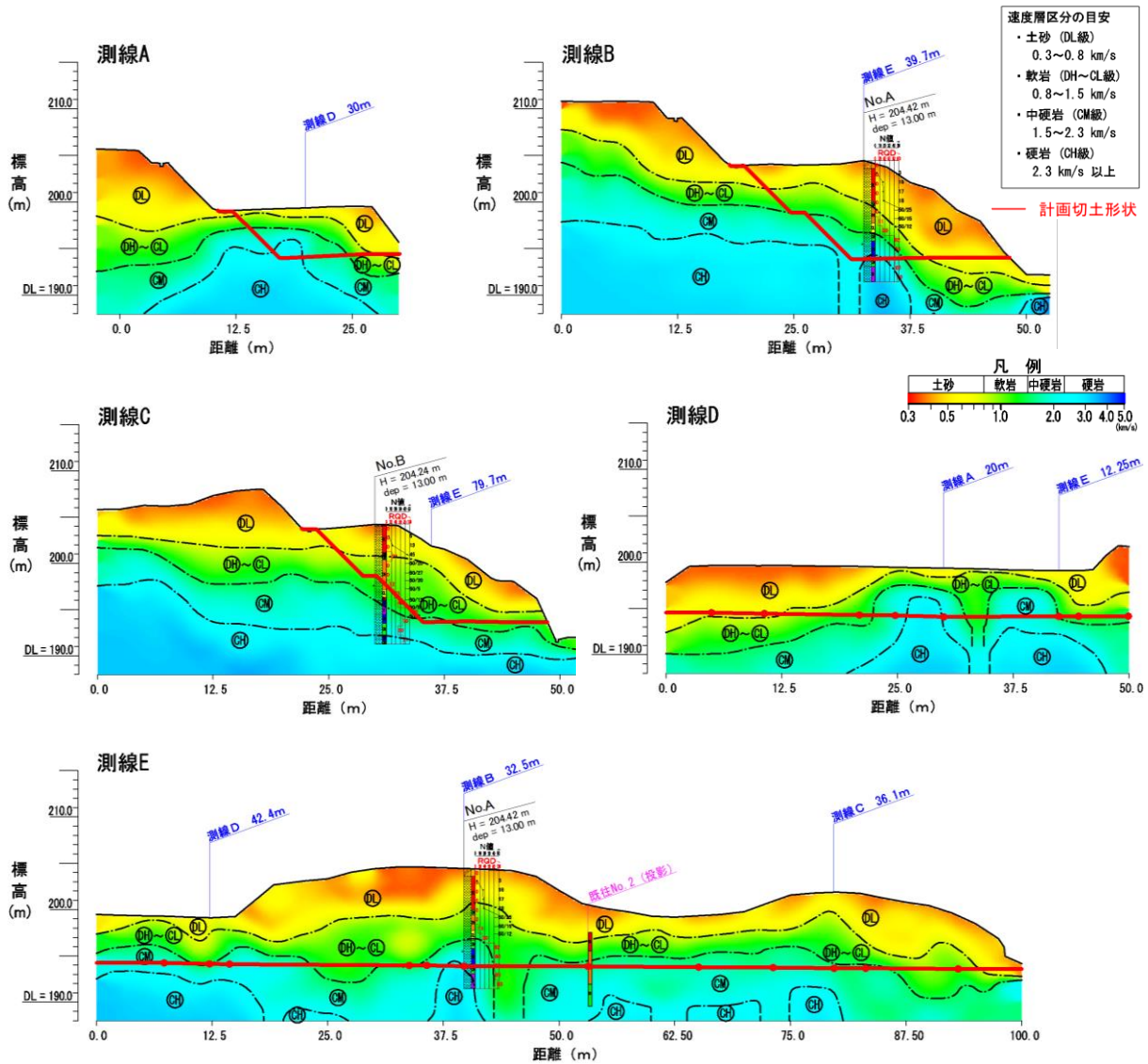


図-5. 岩盤等級区分結果図（分布地質：花崗岩）

調査結果より、測点 No.18+10～No.23 付近の範囲で道路計画高よりも上方に硬質な CM 級岩盤が分布し、特に測点 No.20 より起点側では、より高い位置に CM 級岩盤が分布すると推定された。

地表地質踏査では切土施工区間や河川沿いなどで岩盤露頭を確認し、測点 No.22 よりも起点側で CM 級以上の硬質な岩盤露頭が認められ、終点側では亀裂の発達した CL 級や、風化の進行した DL～DH 級岩盤が認められた。なお、対象地に分布する花崗岩の岩相は、有色鉱物を多く含む優黒質の細粒黒雲母花崗岩(写真-2)と、中粒～粗粒の黒雲母花崗岩(写真-3)の 2 種類が確認された。



写真-2. 細粒花崗岩



写真-3. 粗粒花崗岩

### 3. データ収集分析

#### (1) 地質リスクについて

本事例は、道路改良工事の切土掘削において、土砂状の強風化岩盤が分布すると推定されていた箇所に硬岩が分布し、工事の支障となった事例である。

本事例のリスク要因は、図-5 に示したとおり、計画切土範囲で花崗岩の岩盤等級区分(硬軟, 風化)が複雑に変化していたことにある。これは、対象地に分布する花崗岩の岩相が細粒花崗岩, 粗粒花崗岩が混在して不均質であることや、花崗岩の節理の走向傾斜が複数認められ、節理を介した風化の進行が不規則であることなどに起因する。

計画切土の規模を考慮すれば、設計段階の調査として、切土高が最も高くなる付近の断面で 2 箇所の調査ボーリングを実施しており、必要十分の数量であったと考えられる。ボーリング結果からは、表層から深部に向かって岩盤状態が良くなる一般的な岩盤分布状況が推定され、追加調査提案はなされていないことから、設計段階で硬岩の分布標高が部分的に高くなることを予測することは困難であったと考える。また、工事中止に至った要因としては、対象地の近傍に民家があり、一般的な岩盤掘削を実施できなかったという周辺環境があったことも本事例における特徴として挙げられる。

## (2) リスクの発現防止について

本事例では、花崗岩の岩盤等級区分(硬軟, 風化)が複雑に変化している状況(地質の不均質性)を設計段階で把握できていなかったことが、地質リスクの発現につながったと考える。

花崗岩は深部で形成される特性上、地殻の隆起や浸食作用により地表に現れると、応力解放に伴う膨張により亀裂・節理の発生と成長が促される<sup>1)</sup>。さらに、発達した節理や岩相の異なる岩脈などを境界として風化が進行し、岩盤状況が複雑に変化しやすい<sup>2)</sup>。

調査段階において、地質技術者が資料等調査や地表地質踏査の結果を基に、花崗岩の岩相や風化の特徴等を考慮して、縦断方向に対する変化を確認するための追加調査を提案し、実施することが出来ていたら、リスク要因を事前に把握できた可能性があったと考える。

地質・地盤は不均質であることが一般的であり、調査を実施したとしても結果には自然的要因による不確実性が含まれる。地質技術者としてそのことを意識して、過去事例を通じて地質リスクに関する知識の向上等に努めるとともに、発注者、設計者、施工者へ地質リスクを的確に伝達できるように取り組んでいきたい。

## 4. マネジメントの効果

リスクが発現した本事例の場合を【CASE1】、追加調査を実施し、事前に地質分布状況を把握してリスクが発現しない理想的な場合を【CASE2】として概算費用を算定した。なお、リスクの発現による工事中止に加え、追加調査の発注に伴う全体工期の変更に伴い工事費が大きく変化することから、ここでは調査費、設計費の比較とした。

### 【CASE1】 本事例の場合

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| ・ 設計時の地質調査(追加なし) : 300 万 | ・ 設計費 : 1,000 万円   |
| ・ 追加調査費 : 500 万円         | ・ 変更設計費 : 1,000 万円 |
| 合計 : 2,800 万円            |                    |

### 【CASE2】 事前に地質分布状況を把握し、リスクが発現しない場合

- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| ・ 設計時の地質調査(追加あり) : 約 700 万円 | ・ 設計費 : 約 1,000 万円 |
| 合計 : 1,700 万円               |                    |

本事例では、地質技術者の提案により理想的な地質リスクマネジメントが実施できたと仮定すれば、1,100 万円のコストを縮減できたことに加え、工事中止期間や追加調査の発注、変更設計に伴う期間等の全体工期も短くできた可能性がある。これにより、早期に道

路整備が進むことで、快適で安全な道路環境による有益な効果が早期に発現できると考える。

## 5. データ様式の提案

本事例はB型（地質リスクが発現した事例）であることから、データ様式Bをもとに整理した。

B.地質リスクが発現した事例

大項目	小項目	データ	
対象工事	発注者	市	
	工事名	道路改良	
	工種	切土	
	工事概要	市道バイパス化に伴う切土工 (区間長約160m, 切土高17m, 4段切り)	
	①当初工事費	-	
	当初工期	-	
リスク発現事象	リスク発現時期	2段目の切土掘削時	
	トラブルの内容	推定されていなかった硬質な岩盤(花崗岩)が分布し、掘削が困難となった。	
	トラブルの原因	不均質な岩盤(花崗岩)の分布を把握できていなかった。 岩盤掘削により近傍民家への騒音・振動問題が生じた。	
	工事への影響	工事中止	
追加工事の内容	追加調査の内容	地表地質踏査, 調査ボーリング2箇所, 弾性波探査5測線(トモグラフィ解析), 岩石試験1式。	
	修正設計内容	道路線形の見直し	
	対策工事	-	
	追加工事	-	
	追加費用	追加調査	500万円
		修正設計	1,000万円
		対策工	-
		追加工事	-
		②合計	1,500万円
	延長工期	-	
間接的な影響項目	-		
負担者	市		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	設計段階の地質調査	
	対応(すべき)者	地質技術者, 設計者	
	対応(すべき)内容	地域の地質や岩盤特性等から想定される地質リスクを地質技術者, 設計者で共有し, 設計に反映する。	
	判断に必要な情報	現地踏査, ボーリング調査, 弾性波探査等の地質調査結果	
	対応費用	調査	設計段階での追加調査
		対策工	-
		③合計	400万円
	想定工事	工事概要	地質状況が把握され, 適正な設計の元で実施される工事。
④工事費		-	
工期		-	
リスクマネジメントの効果	費用((①+②)-(③+④))	1,100万円	
	工期	中止して以降の経過年月	
	その他	早期に道路整備が進むことで, 快適で安全な道路環境による有益な効果が早期に発現される。	

### 《引用・参考文献》

- 1) 土質工学会(1979)：土質基礎工学ライブラリー16 風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用, 土質工学会.
- 2) 横田修一郎(1991)：岩盤の風化・劣化過程における節理面の役割, 構造地質, 第37号 pp. 23-30.