

21. 四国秩父累帯に分布する鏡肌状黒色泥岩に起因する切土のり面崩壊事例

○復建調査設計(株)高知事務所 佐々木 浩

1. はじめに

斜面崩壊の素因なる特定の地質の特徴を整理することは、斜面の安定性評価、崩壊予知において有意義と考える。特に破碎帯や蛇紋岩などは標準的な切土勾配¹⁾の適用が困難な場合が多く、対策においては同様な地質条件での対策事例を参考にすることが重要である。

四国地方に分布する秩父累帯の中には、鏡肌状の光沢の著しい滑らかな割れ目を有する黒色泥岩が所々に見られる。このような黒色泥岩は、割れ目に沿ってすべりやすく、時間とともに細片化が進むなどの特徴を有し、切土のり面崩壊の地質的素因となる。本報告では、上記の特徴を有する泥岩（本報告では鏡肌状黒色泥岩と呼ぶことにする）に起因する切土のり面崩壊事例について、崩壊の形態と素因となった泥岩の特徴を整理するとともに、崩壊発生機構に関する若干の考察を述べる。

2. 切土のり面崩壊の概要

切土施工箇所は、高知県須崎市北部に位置する道路改良工事箇所である。当該地では山麓部の小規模な尾根地形をオープンカットする工事が進められており、切土高約 27m、計画切土勾配は 1 : 1.0 である。この切土計画範囲内で暫定的に高さ 20m の切土を施工したところ、平成 12 年 3 月末の切土完了後、数日を経過した時点でのり面に変状が発生し、最終的には幅 30m、高さ 14m、深さ約 5m の規模の崩壊に至った（図-1、図-2）。地質は秩父累帯南帯（三宝山帯）に属する泥岩優勢層であり、砂岩、石灰岩、チャートが数mから数 100m のブロック状岩体として分布する。当該地の南方 500m 付近には仏像構造線が通過する。

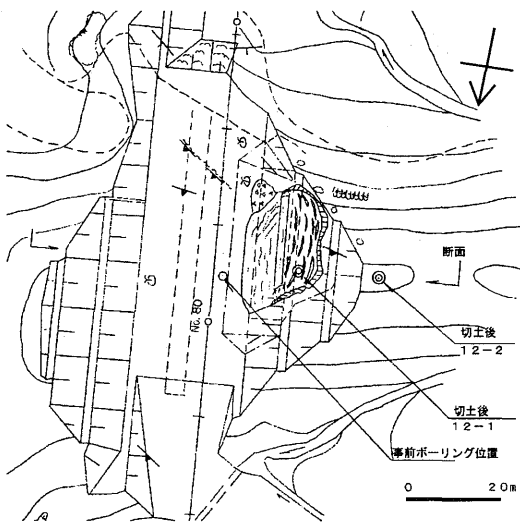


図-1 崩壊箇所平面図

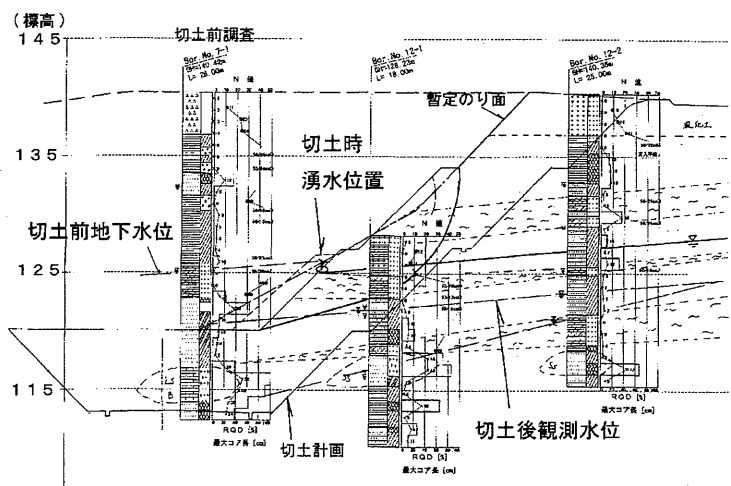


図-2 崩壊箇所断面図

写真-1、写真-2 は切土のり面崩壊発生前後の状況である。崩壊の特徴を以下に示す。

①比較的未風化の岩盤が分布する切土のり面のほぼ中央部のみが抜け出しており、のり面最上段など強風化した部分には変状が及んでいない。



写真-1 崩壊発生前の切土のり面状況（平成12年3月）



写真-2 崩壊発生後の状況（平成12年4月）

- ② 滑落崖はオーバーハングし、滑落崖の直下には深さ 0.5～1m の開口亀裂が多数発生している。
- ③ 移動土塊の末端部は比較的乱れが少なく、ほぼ 1 : 1.0 の勾配を保ったまま約 2.5m 押し出している。
- ④ 崩壊発生前の写真（写真-1）では下段のり面中腹に数箇所の湧水が認められ、また崩壊発生後に崩土末端に湧水が認められた。
- ⑤ 崩壊発生前の降雨は日最大 50mm、3月の降水量累計は 199mm であり、崩壊の誘因となるような大雨はなかった。
- ⑥ 崩壊したのり面中央部には破碎による鏡肌の顕著な黑色泥岩が分布し、ボーリングコアでは擬礫～ブロックとして砂岩、石灰岩を多く混入する。
- ⑦ 泥岩の主要な割れ目方向はのり面とおおむね直交する $N70^{\circ} E$ 、 $40^{\circ} N$ であり、変状範囲の側面はこの地質構造とほぼ平行である。すなわち今回の崩壊範囲は地質構造に規制され、割れ目の走向方向に土塊が押し出したすべり崩壊といえる。

3. 鏡肌状黑色泥岩の特徴

本報告で鏡肌状黒色泥岩と呼ぶ岩石の特徴を表-1に整理した。

泥岩は片状に細かく一定方向に剥離しやすい割れ目を密に有し、はく離面は滑らかで光沢がある。未風化のものほど光沢が著しく、風化が進むと茶褐色化し光沢はほとんど認められない。また、光沢のある新鮮な面は、野外に放置すると数週間で光沢が鈍くなり、表面に細かい亀裂が発生することが特徴である。このような岩石の細片化現象としてはスレーキング現象が代表的である。スレーキング現象を起こす岩石は一般にスメクタイトなどの膨潤性粘土鉱物の含有が指標となる²⁾が、当該地の泥岩のX線分析結果ではスメクタイトの含有量が極めてわずかである。このことから、鏡肌状黒色泥岩の細片化メカニズムとしては応力解放による潜在亀裂面の分離や温度変化による膨張収縮などが関与している可能性があり、今後検討を要する。

表-1 鏡肌状黒色泥岩の特徴

(1) 外観的特徴	(2) 物理的特徴	(3) 粘土鉱物的特徴																
<ul style="list-style-type: none"> 新鮮な亀裂面に強い光沢を持つ。 亀裂面の光沢は時間とともに消失し、表面にひび割れが発生する。 亀裂面の付着力が小さく容易に分離する。 岩片は扁平に割れやすい。 砂岩、泥岩の混在層である。 ボーリングコアでは礫状～短柱状となり10～20%のR. Q. D.を示す場合もある。 	<ul style="list-style-type: none"> 野外において岩石の細片化が認められる（JHS110によるスレーキング率約20%）³⁾。 湿潤密度： <ul style="list-style-type: none"> 岩片 2.58g/cm³（密度試験による） 細片化後 2.14g/cm³（現場密度試験による） 吸水率 2.1% 	<table> <tr><td>Chlorite</td><td>+</td></tr> <tr><td>Vermiculite</td><td>++(※)</td></tr> <tr><td>Smectite</td><td>-</td></tr> <tr><td>Mica/Smectite</td><td>-</td></tr> <tr><td>Illite</td><td>+++</td></tr> <tr><td>Kaolinite</td><td>+++</td></tr> <tr><td>Quartz</td><td>+</td></tr> <tr><td>Feldspar</td><td>+</td></tr> </table> <p>(+++非常に多い、++多い、+存在、-ごく僅かに存在) (※：風化の進んだ試料のみ存在)</p>	Chlorite	+	Vermiculite	++(※)	Smectite	-	Mica/Smectite	-	Illite	+++	Kaolinite	+++	Quartz	+	Feldspar	+
Chlorite	+																	
Vermiculite	++(※)																	
Smectite	-																	
Mica/Smectite	-																	
Illite	+++																	
Kaolinite	+++																	
Quartz	+																	
Feldspar	+																	

4. 崩壊発生機構の推定

(1) 素因：鏡肌状黒色泥岩と地下水の分布

当該切土部に分布する泥岩は破碎の影響による鏡肌状の割れ目を全体に有するため、掘削による応力解放のためすべりやすい割れ目に沿って微小変位が発生し、さらに地下水の存在により割れ目に水圧が作用し変位と弛みの発生を助長したと考える。当箇所は尾根部であるにも関わらずのり面の比較的高い位置に湧水が認められ、事前調査のボーリング孔でもほぼ同様の高さに地下水位が認められた。このような地下水は地質構造に沿って背後の山体から供給されていると考える。

(2) 誘因：切土による応力開放、弛みの発生

今回の崩壊は、切土のり面の中心付近を崩壊範囲とする点で特異である。これは、地表面付近よりも切土中央付近の方が応力開放の度合いが大きいことに関連すると考える。また、鏡肌状割れ目は未風化部において顕著に認められることから、未風化であるのり面中央付近で割れ目の弛みが顕著となり不安定化したと考える。土砂化した表層部は風化により粘土化が進んでおり、粘着力の作用と応力開放の度合いが小さいことにより崩壊に至らなかったと推察する。

5. 切土のり面安定度評価における課題

このようなケースにおいて切土のり面崩壊を事前に察知するためにはどのような調査を行うべきであろうか。図-3 および図-4 に事前調査時と崩壊発生後の追加調査時における推定地質断面図を示す。

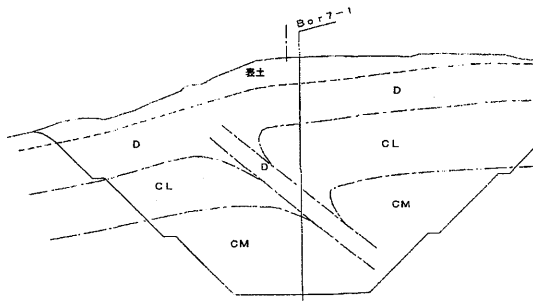


図-3 事前調査による岩級推定

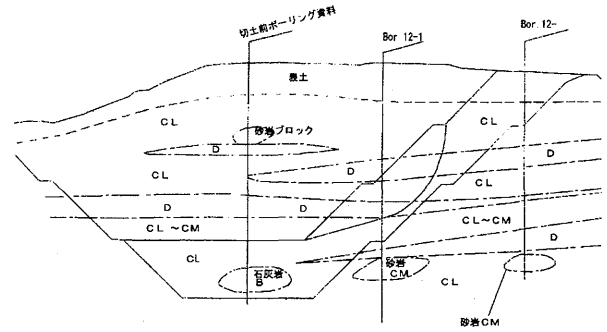


図-4 暫定切土後の調査による岩級推定

1箇所のボーリング結果に基づく事前の推定（図-3）では、コアの形状を重視し計画切土のり面の下から1～2段目にはCM級岩盤が分布し、幅2m程度のD級破碎帯を伴うと推定した。しかし、暫定切土後の崩壊はCM級岩盤を想定した範囲を含む位置で発生する結果となった。

切土後の2箇所の追加ボーリングとのり面に分布する地質状況を考慮した推定（図-4）では、D級とCL級が見かけ上ほぼ水平な互層状に分布し、砂岩、石灰岩は硬質塊状のブロックとして分布すると推定した。ボーリングコアでは短柱状の砂岩が採取される部分も、割れ目が黒色の鏡肌状を成し分離しやすい点から全体としてはCL級主体と評価した。

事後の推定断面図が100%正確とはいえないが、事前調査時点で図-4のような推定結果を示すことができれば、設計時点で切土のり面の安定性を懸念する材料になったであろう。

本事例から、調査の留意点および課題として次の事項を挙げる。

- ①鏡肌を有する黒色泥岩の分布、性状を把握し、弛みによる変状や崩壊の可能性を認識する。
- ②不安定化の素因となりやすい地質が分布する場合、全体の地質構造を詳細に把握することが重要であり、ボーリング調査はできる限り2箇所以上を実施し地質分布、構造を評価する。
- ③ボーリングコアの鑑定では、コア形状、R.Q.D.とともに亀裂面の状態（鏡肌を有するか否か）、付着物、潜在亀裂の頻度、分離の容易さを評価することが重要である。
- ④異常に高い位置に地下水が存在する場合は、分布状態と供給機構を把握する。
- ⑤岩盤亀裂面の簡便な強度測定方法を開発する。
- ⑥破碎した岩盤の弛みによる不安定化を適切に評価できる安定検討手法を確立する。

6. おわりに

対策工計画では、暫定切土のり面の安定検討から求めたすべり面強度を計画切土のり面に準用し、安定化対策としてグラウンドアンカー工を計画した。現在対策工の施工が進められており、のり面に現れる新たな地質状況に注意をはらいたい。また今後は同様の鏡肌状黒色泥岩について、広域的な分布状況の把握、物理的、岩石学的特徴の整理、細片化、不安定化メカニズムの解明を進めたいと考える。

なお、本報告の内容は、高知県須崎土木事務所発注業務「国道494号道路改築測量設計調査委託業務」の実施において得た知見に基づくものである。また、X線蛍光分析は、広島大学理学部の北川隆司助教授に依頼した。これらの方々のご指導、ご協力に対し、感謝の意を表します。

引用文献

- 1) (社)日本道路協会(1999)：道路土工のり面工斜面安定工指針, p138.
- 2) 土木学会(1984)：軟岩－調査・設計・施工の基本と事例－, 162p.
- 3) 日本道路公団(1992)：日本道路公団試験方法, pp1-238～1-240.