

新第三紀層凝灰岩において発生した切土のり面崩壊の変状要因の考察

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○阿南 春平, 山田 満秀, 谷口 雄太

1. はじめに

東北地方において新第三紀層の泥岩や凝灰岩が分布する地域では、降雨時において地すべりや斜面崩壊等が多く発生していることから、調査・設計段階での地質の分布、適切な性状評価と対策方針の検討が重要となる。

本稿は、新第三紀層凝灰岩の切土施工中に発生したのり面崩壊に対する調査と変状要因を考察した事例について報告するものである。

2. 調査地の概要

対象地は、山形県北部の丘陵地に位置し、対象地の元地形は 10° ~ 20° の緩傾斜を呈していた。

対象地の地質は、のり面全体として火山礫凝灰岩を主要な構成地質とする。同層は旧地表面~5m 程度まで褐色化が著しい強風化であり、5m 以深より褐色化の部分を含むものの固結度が上がり弱風化部となっている。

当該地の切土は、風化状態や周辺施工事例を参考に、切土高約10m を1:1.2の軟岩相当の勾配で施工されており、のり面保護工として植生工が設計されていた。



写真-1 崩壊発生前ののり面状況

3. 切土のり面の崩壊状況

(1)発生経緯

当地周辺では、図-1 に示すように崩壊発生当日のR4.6.27は未明から午後にかけて、最大時間雨量20mm、日雨量約90mmの豪雨を観測しており、崩壊の直前には写真-1に示す通り上部で亀裂と孕み出しが確認された。

上記の変状を受け、当日に保護シートでのり面を覆う応急対策が行われたが間もなく崩壊が発生した。

(2)崩壊状況

崩壊発生直後の踏査により確認された崩壊形状は、滑落崖高3.2m、最大幅12m、平面投影面積約110m²の範囲で発生していた(写真-2参照)。

また、変状部の地質観察より、変状部の主要地質が周

辺の健全な法面で確認された火山礫凝灰岩部とは異なる細粒凝灰岩であることを確認した。滑落崖では、火山礫凝灰岩の風化層部と弱風化部との境界部に湧水が確認され、水分供給により崩壊土塊の一部は泥濁化していた。

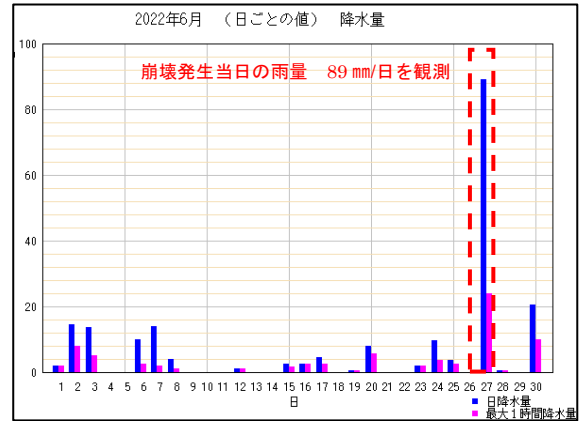


図-1 当地のR4.6の日別降雨量グラフ¹⁾

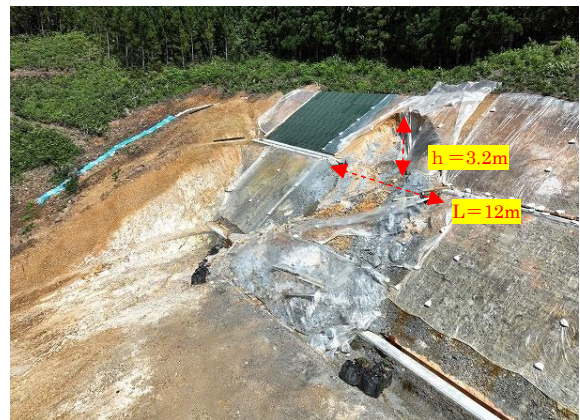


写真-2 のり面の崩壊状況

4. 想定される変状要因と調査方針

崩壊状況から、変状部には膨潤性を有する細粒凝灰岩が分布しており、当該地質が切土施工に伴う応力開放により強度低下し、降雨による水分供給が誘因となり変状が発生したと想定された。

対策工の設計方針と対策工範囲の検討を行うために細粒凝灰岩の膨潤性や力学特性の評価、当該地質がのり面の安定性に及ぼす範囲を把握する必要があった。

上記を踏まえて、変状部に見られた細粒凝灰岩の分布範囲を確認するため、変状部と健全部でのボーリング調査(計4箇所)を実施した。また、変状の主要因として考えられた膨潤性や力学特性の観点から崩壊機構と対策工を検討するため、各種の室内試験は、変状部と変状していない箇所のコアを用いて実施し、双方を対比することで崩壊の素因を確定させるものとした。

5. 想定変状要因を踏まえた調査検討結果

(1) 細粒凝灰岩の分布範囲

今回のボーリング調査および現地踏査結果と、施工前の地形において変状箇所が凸状地形であることを踏まえ、細粒凝灰岩は、崩壊箇所の近傍に限定的に存在していることを確認した(図-2 参照)。

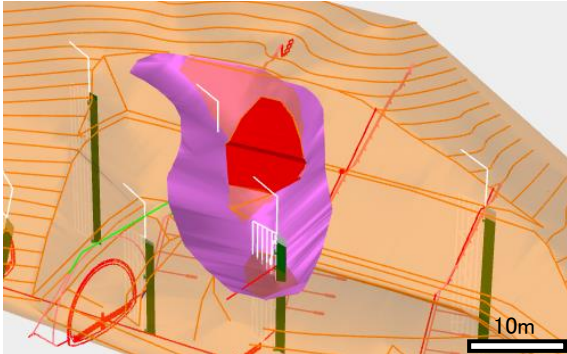


図-2 細粒凝灰岩の分布範囲

(2) 膨潤性検討結果

細粒凝灰岩の膨潤性を確認するために実施した浸水崩壊度試験結果を写真-3に示す。健全部の火山礫凝灰岩が浸水24時間後も原型を保った一方で、崩壊部で確認された細粒凝灰岩は原型を留めず泥状化した。

表-1に示す膨潤性粘土鉱物の含有比率に着目したX線回折結果では、変状部の細粒凝灰岩は健全部と比較し10倍以上のスメクタイト含有比率を示した。

上記の試験結果より、変状部に確認された細粒凝灰岩は、健全部と比較して高い膨潤性を示す地層であることを確認した。



写真-3 変状部と健全部の浸水崩壊度試験結果比較

表-1 X線回折結果による含有鉱物一覧

試料概要		鉱物名	スメクタイト	雲母類	沸石類	石英	カリ長石	黄鉄鉱	磁鉄鉱
調査箇所	岩種		Sme	Mca	Zeo	Qz	Kfs	Py	Mag
崩壊部	細粒凝灰岩	Counts	3430			174		60	31
		相対含有率	◎			△		*	△
健全部	火山礫凝灰岩	Counts	330			1476	245		31
		相対含有率	△			◎	△		*

(3) 強度特性の検討

強度特性の検討では、図-3に示す含水比と強度の関係から、変状部では健全部と比較し含水比が高く、強度が1/3程度となっていることが確認された。したがって変状の要因は供給水による細粒凝灰岩の膨潤に伴う強度低下であることが示唆された。

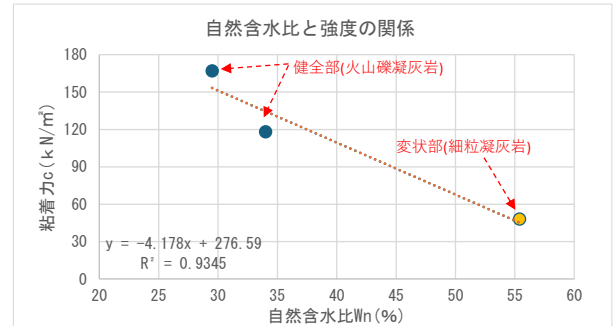


図-3 含水比と強度の関係

6. 変状要因の考察と検討

各検討により変状部に分布する細粒凝灰岩は、膨潤性粘土鉱物(スメクタイト)を多く含むため膨潤しやすい地質であることが確認された。

膨潤に伴い、細粒凝灰岩の強度は、周辺地山(健全部)の火山礫凝灰岩と比較して1/3程度まで低下することを確認した。また、強度低下を踏まえた定数に基づいて実施した安定解析を行った結果は、強度低下後の安全率が1.0以下となり、崩壊しやすい状況にあったことを確認した。

したがって変状は、高い膨潤性を有する細粒凝灰岩が局所的に分布し、切土施工に伴い応力開放しているところへ多量の雨が降り、細粒凝灰岩が強度低下することで崩壊が発生したと考えられる。

検討結果から、対策方針として地下水、表面水対策とともに切土施工時の二次的強度低下の対応が重要となる。そのため、地下排水工と風化に伴う強度低下対策として法枠工を提案した²⁾。

7. まとめ

本事例は、既設切土内で局所的な分布を示す、新第三紀層細粒凝灰岩が降雨による膨潤によって引き起こした強度低下が原因と推定された。

同様の事例を防止するためには、調査・設計段階で周辺の地質状況や特性を把握し、地質リスクに着目し施工範囲の包括的な調査が重要であり、施工時においても想定外の地質が確認された場合は、地質の性状を確認した上で対策工要否の検討を行う事が必要と再認識した。

《引用・参考文献》

- 1) 気象庁アメダス：観測地点「金山」
 , <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>.
- 2) 道路土工-切土工・斜面安定工指針(2009)：日本道路協会, pp. 312-316.