

斜面災害に風化作用が及ぼす影響に関する基礎研究

山口大学 大学院創成科学研究科 准教授 太田 岳洋

1. はじめに

近年、鉄道沿線に近接し、かつ斜面下部が70～80年前に切土された岩盤斜面において、運転規制値よりも少ない降雨時に斜面崩壊が発生し、線路支障をきたす事例がいくつか報告されている。このような斜面崩壊は最終的なトリガーは降雨であるが、その降雨以前から風化作用のために岩盤斜面の強度低下が生じていたと推定される。そこで本調査研究テーマでは、降雨をおもな要因としない斜面崩壊について、災害事例の分析およびその発生箇所の現地調査や数値解析から風化による強度低下が斜面崩壊に及ぼす影響を検討する。

2. 既往研究事例の整理

上述したような極少雨時の斜面崩壊の近年の鉄道沿線における事例としては、2015年12月の山田線¹⁾、2016年2月の山陰線田儀駅²⁾の事例がある。一方、山口県西部から北西部に分布する関門層群においては、切土斜面で斜面崩壊がよく発生することが知られており、このうち2002年7月の豊田町大庭³⁾、2002年10月の長門市野波瀬³⁾、2003年3月の豊田町越地の道路切土法面の崩壊⁴⁾はごく少ない降雨時あるいは無降雨時に発生している。

3. 現地踏査結果

上記の崩壊事例のうち、島根県出雲市田儀駅南側の崩壊斜面、山口県下関市豊田町越地および同豊田町大庭の3か所について現地調査を行った。

3.1 出雲市田儀駅南側斜面

出雲市田儀付近では山陰線（田儀駅含む）および国道9号線が日本海に面した海食崖上の幅の狭い海岸段丘面に位置し、田儀駅南斜面は標高100～150mの丘陵地の裾野に分布する斜面である（図1）。出雲市田儀周辺には新第三紀中新世中期～後期の大森層が分布している。大森層は礫岩及び砂岩、安山岩・デイサイト溶岩、安山岩質火山礫凝灰岩などからなる。

田儀駅南斜面の地質状況は以下の通りである。向かって左側（東側）1／3の位置にほぼ垂直の白色～淡褐色を呈する粘土層が分布し、この位置に断層面が分布すると推定される（図2）。この断層面の左側（東側）の地層は構造が明瞭でなく、破碎されていると考えられる。一方、断層面の右側（西側）は地層構造が明瞭であり、下位から①主に中礫～大礫からなる礫岩、②灰色～灰白色を呈する凝灰質シルト岩、③褐色を呈し細礫～中礫を含む砂岩、④淡褐色を呈する凝灰質細粒砂岩～シルト岩、⑤細礫～中礫を含む凝灰質細粒砂岩層、⑥凝灰質シルト質砂岩層が分布することが確認された。②の凝灰質シルト岩層と③の砂岩層は不整合関係にあり、他の境界は整合関係にあると推定される（図3）。これらの地層は風化が進行しており、指圧で変形する程度の強度である。



図1 田儀駅周辺の地形
国土地理院電子国土 Web より



図2 断層粘土層

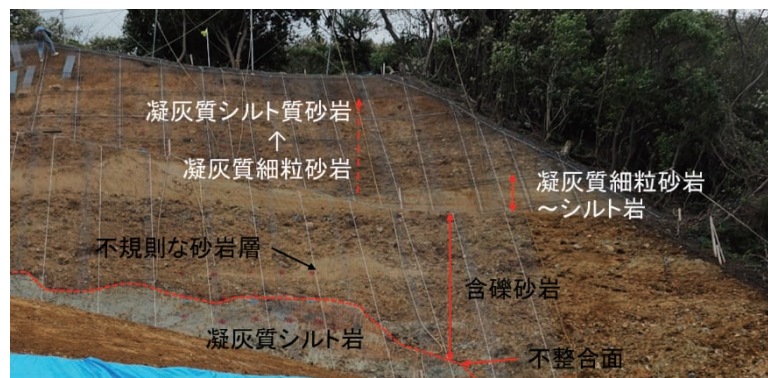


図3 凝灰質シルト岩から上位層の堆積状況

3.2 豊田町越地

豊田町越地地区周辺は、標高 100 ～ 300 m の丘陵地形から山地地形を呈し、斜面崩壊が報告されている道路はおおむね標高 120 m 程度の丘陵地に位置する（図 4）。当該地周辺では、当該道路にほぼ沿うように北北西－南南東方向に伸びる地形の変化線が認められ、それより西側はやや急峻な山地地形を、東側はなだらかな丘陵地形を呈する（図 4）。

豊田町越地の崩壊斜面周辺には白亜紀の関門層群に相当する弱～中風化した凝灰質砂岩と赤褐色を呈し著しく風化した火山岩が分布し、これらの分布状況と図 4 に示した地形的な特徴からこれらの岩相は断層で接していると推定される。崩壊時の調査結果では砂岩中に黒色薄層土の分布が報告されており⁴⁾、これは断層にともなう粘土層と指定される。

3.3 豊田町大庭

豊田町大庭の斜面崩壊地周辺は標高 50 ～ 230 m の丘陵地形を呈し、当該斜面は滑川沿いの丘陵地の末端を切土した斜面である（図 5）。切土斜面に接した平坦地は中位段丘面に相当すると推定される。

当該斜面の斜面両側から背後の沢地形の箇所において中～強風化した関門層群の凝灰質砂岩が分布することを確認した。当該地域周辺では豊田町越地周辺と同様に関門層群と火山岩類が分布する。当該斜面近傍でこれらが断層で接しているとはされていないが、崩壊時の調査結果では越地の斜面と同様に黒色薄層土の分布が確認されている³⁾。



図4 豊田町越地付近の地形 国土地理院電子国土 Web より



図5 豊田町大庭付近の空中写真

3.4 極少雨時に崩壊した斜面の地質学的特徴

以上に述べた現地調査の結果から、極少雨時に崩壊した斜面の地形および地質の特徴は以下の通りにまとめられる。

- 1) 面構造が発達しやすい堆積岩であること
- 2) 風化により強度が低下していること
- 3) 断層等による不連続面あるいは粘土層が存在すること

4. 斜面崩壊に関する数値実験

豊田町大庭の斜面に対する安定解析から、黒色薄層土が存在することにより崩壊に至る可能性が高まることが示されている³⁾。そこで、田儀駅斜面について有限要素法によりひずみ分布に関する解析を行い、風化による強度低下と崩壊の可能性について確認することを試みた。

3.1 に述べた観察結果と復旧工事の際の調査結果（出雲市ご提供）から地質モデルを設定した。各層の地盤定数については粘着力と内部摩擦角については換算 N 値から推定し⁵⁾、弾性係数については岩盤等級区分に基づいて設定した⁶⁾。

図6に主な結果を示す。図から地下水位の上昇などによる有効応力の低下などを考えない場合は、自重、強度特性と斜面形状による重力の作用のみで崩壊に至るようなひずみ集中帯は発生しないことがわかる。このことは、堆積岩斜面に発達する堆積面などの面構造や風化し強度が低い地層の分布のみでは斜面の崩壊は発生する可能性が低いことを示唆しており、断層による不連続面や粘土層の影響やごく少量の降雨の影響が崩壊発生に寄与していることが考えられる。

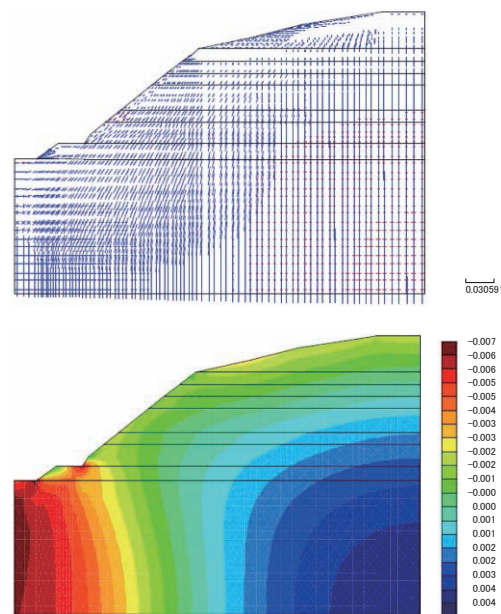


図6 解析結果の一例

上図：ひずみ分布図

下図：x方向のひずみコンター図

5. まとめ

近年発生が認められる雨量規制値よりもごく小さな雨量の降雨時の斜面崩壊について、発生事例の整理を行い、中国地方における代表的な発生箇所での現地調査により、発生箇所の地形および地質的な特徴を把握した。その結果、発生箇所に認められる特徴として、①面構造が発達しやすい堆積岩であること、②風化により強度が低下していること、③断層等による不連続面あるいは粘土層が存在すること、が確認された。

また、簡単な数値実験から面構造の発達や風化による強度低下のみでは斜面崩壊は発生する可能性は低く、断層の影響、ごく少量の降雨の影響が寄与することが推定された。

引用文献

- 1) JR 東日本盛岡支社 (2015)：山田線の今後の復旧計画等について、プレス発表資料、https://www.jr-morioka.com/cgi-bin/pdf/press/pdf_1450765332_1.pdf
- 2) JR 西日本 (2016)：山陰線田儀（たぎ）駅構内への土砂流入に伴う運転計画について（2月3日から）、https://www.westjr.co.jp/press/article/2016/02/page_8239.html
- 3) Yoshifumi KOCHI, Motoyuki SUZUKI, Tetsuro YAMAMOTO and Tadashi NISHIKAWA (2004): Characteristics of landslide and failure with their Countermeasures in Kanmon-group Slopes, Yamaguchi prefecture, Western Japan, J. of the Jpn. Landslide Soc., Vol.41, No.2, pp.172-181
- 4) 河内義文、竹田直樹、鈴木素之、山本哲朗、田上愛仁 (2004)：関門層群頁岩風化土からなる切土法面の崩壊、第39回地盤工学研究発表会発表論文集、pp.2145-2146
- 5) 日本道路公団 (2000)：設計要領第二集
- 6) 吉中龍之進、桜井春輔、菊地宏吉 (1989)：岩盤分類とその適用、土木工学社、231p