

切土のり面の崩壊要因評価と岩種特性

山口大学工学部 正会員 西 邦正・古川浩平・中川浩二
日本道路公団 正会員 小川 健

1. はじめに

筆者らは切土のり面の安定性に対する評価過程は専門技術者の経験的主観で構成される「あいまいな」システムであるとみなし、のり面の崩壊要因および崩壊可能性の評価を試みた¹⁾。本研究では、変成岩地山、堆積岩地山および火成岩地山に建設された切土のり面に対してファジィシステムを構築する。そして、システムを構成するのり面評価要因と各岩種の一般的な工学的特性との比較から、ファジィシステムの岩種特性について述べる。ここで、対象としたのり面は供用開始後10数年経過する間に降雨によって崩壊が引き起こされたのり面と未崩壊であったのり面である。

2. ファジィシステムについて

入力を「のり面評価表¹⁾」による評価ランク、出力を「崩壊形態¹⁾」の崩壊ランクとすると、可能性線形システムは式(1)で表される。

$$Y_i = A_0 + A_A X_A + A_B X_B + A_C X_C + A_D X_D + A_E X_E + A_F X_F + A_G X_G + A_H X_H + A_I X_I + A_J X_J \quad (1)$$

ここに、 A_0 ：ファジィ定数項、 $A_A, \dots, A_J$ ：切土のり面評価要因 ($A, \dots, J$) のファジィ係数、 $X_A, \dots, X_J$ ：切土のり面評価要因 ($A, \dots, J$) の評価ランク ($1, \dots, 5$)、 Y_i ：予測崩壊形態 ($i = 1, \dots, m$; m はデータセット数)

ここで、切土のり面評価要因は下記の通りであり、これらは1, ..., 5のランクに設定している。

【地形・地質要因】A：地山地質，B：土質分類，C：節理等の状態，D：節理等の傾斜，E：被覆層・風化層の厚さ，F：地下水・湧水の状態，G：降雨水の集中度

【土工要因】H：のり高さ，I：のり勾配，J：のり面保護工

また、外的規準は崩壊形態であり、のり面評価ランクに対応して以下のように設定している。

【崩壊ランク1】地山全体は安定である，【崩壊ランク2】表層剝離など 崩壊規模は小さい（層厚0.3m未満），【崩壊ランク3】小規模なりのり面崩壊である（層厚0.3～1.0m），【崩壊ランク4】中規模なりのり面崩壊である（層厚1.0m以上），【崩壊ランク5】のり肩を含む大規模な崩壊である

システムの同定方法など詳しくは文献¹⁾を参照されたい。

3. 各岩種のファジィシステムの同定

崩壊可能性の評価を行うために使用した資料は、調査、設計、施工および管理に携わる専門技術者が供用中ののり面に変状が生じた際の現地調査結果に基づいて記述した定性的・主観的表現によるのり面調査資料である。抽出したのり面数は、変成岩（黒色片岩）地山：23個、堆積岩（砂岩・頁岩）地山：23個、火成岩（花崗岩）地山：15個である。岩種別に構築したファジィシステムの同定結果を式(2)、式(3)、式(4)に示す。また、各システムによる予測結果（三角形ファジィ数による）を図-1～図-3に示す。ここで、実際に生じた崩壊形態は丸印で示してある。

$$\textcircled{1} \text{ 変成岩（黒色片岩）地山}^{1)} \text{ の場合； } Y = (0.14, 0.00) X_A + (0.11, 0.00) X_E + (0.10, 0.00) X_F \\ + (0.15, 0.00) X_G + (0.30, 0.20) X_H + (0.10, 0.08) X_I \quad (2)$$

$$\textcircled{2} \text{ 堆積岩（砂岩・頁岩）地山の場合； } Y = (0.00, 0.07) X_C + (0.53, 0.00) X_E + (0.17, 0.00) X_G \\ + (0.21, 0.18) X_I + (0.00, 0.03) X_J \quad (3)$$

$$\textcircled{3} \text{ 火成岩（花崗岩）地山の場合； } Y = (0.00, 0.16) X_A + (0.07, 0.00) X_E + (0.09, 0.00) X_F \\ + (0.00, 0.09) X_G + (0.11, 0.00) X_I + (0.78, 0.00) X_J \quad (4)$$

4. 崩壊要因の岩種特性

表-1の岩種特性は、切土のり面の安定性評価を行う際の一般的な内容^{2) 4)}についてまとめたものである。そして、ファジィ係数の中心値に大きな数値が与えられたのり面評価表の地形地質要因との対応関係を示している。関連する評価要因に従属する要因はファジィシステムに採用されないことから、表-1に示した工学的特性とのり面評価要因がすべて対応している訳ではない。しかし、同表より本研究で対象としたのり面の崩壊要因が、どのような工学的特性と結び付いて崩壊規模を決定付けているかが把握できる。そして、構築したシステム自体の構造は単純であることから、崩壊可能性の評価過程が容易に理解できる。なお、岩種特性に関係しない土工要因については紙面の都合上省略する。

5. あとがき

入力を「のり面評価表」の評価ランク、出力を予測崩壊形態崩壊ランクとして同定したファジィシステムは、のり面の崩壊要因および崩壊可能性を評価する上で有効であり、のり面崩壊要因の岩種特性はシステムを構成するのり面評価要因の比較により明らかにできる。このことから、のり面の安定性は岩種特性を考慮して行う必要があると考える。ただし、崩壊の可能性が予測されたのり面（崩壊ランクが2～5であったのり面）が降雨時に崩壊するかどうかについては別途評価システムを構築する必要があると考える。

【参考文献】 1) 西 邦正・古川浩平・中川浩二：ファジィ理論を用いたのり面崩壊要因および崩壊可能性の評価について、土木学会論文集、投稿中 2) 奥国誠之：岩盤分類—斜面安定における岩盤分類、日本応用地質学会、pp. 83～89, 1983. 3) 土質工学会：岩の工学的性質と設計・施工への応用、1977. 7. 4) 多賀直春・奥国誠之・田山聡・八木沢孝哉：長期追跡調査による切土のり面の風化の進行と安定性、土と基礎、Vol. 39, No. 6, pp. 41～47, 1991. 6.

表-1 のり面評価要因と岩種特性

分類	岩 種 特 性	関連する地形・地質要因						
		A	B	C	D	E	F	G
変色成変岩	片理面は良く発達し異方性、割離性がある。			△		○		
	片理面、へき開面が密着している場合透水性は低い。			△			△	
	地下水の賦存量は少ない。						○	△
	最も風化を受けにくい。	△	△					
	割れ目に沿って粘土化が進むと大きな崩壊が生じる。	○	△		△			
堆積岩	割れ目に固まったブロックが降雨時に緩み崩壊する。			△	△			○
	比較的良く層理面が発達している。	△				△		
	亀裂が少ないと透水性は少ない。			△			△	
	物理的風化により平たい板状に破壊する傾向がある。		△	△		△		
	被覆層の下位にある岩盤に沿って崩壊が生じる。			△	△	○		
火成岩	透水性の異なる境界面で崩壊が生じる。					△	△	○
	比較的塊状の岩盤が多い。				△	△		
	透水性は高く地下水を多量に賦存することがある。						△	△
	粘土化すると透水性は低くなる。	△		△				
	花崗岩のマサ化作用は深部まで及んでいる。	△	△			△		
岩	風化・変質が著しいと深く広範囲に及び崩壊する。		△		△	○		
	侵食や地下水の上昇によって崩壊が生じる。						○	△

凡 例 ○：システムに採用された要因、△：従属または関連する要因

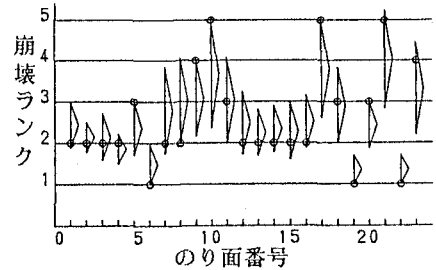


図-1 変成岩地山での予測結果¹⁾

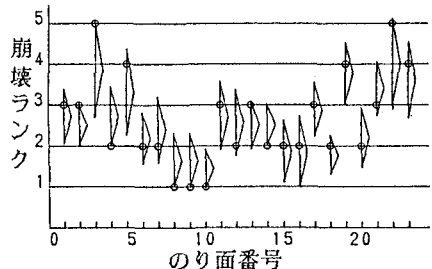


図-2 堆積岩地山での予測結果

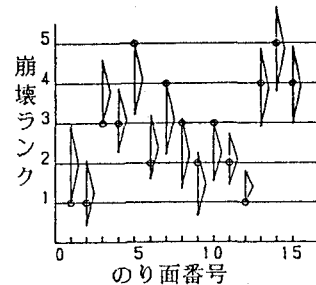


図-3 火成岩地山での予測結果