

III-399

切土のり面の崩壊可能性と風化進行について

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崩壊要因および崩壊可能性の評価に可能性線形システムの適用を試みている¹⁾。本研究では前報の変成岩地山のり面に加え、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、システムによる予測結果(供用中のり面の崩壊可能性)と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」による評価ランク、出力を「崩壊形態」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¹⁾。

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

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, ..., 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】小規模なのり面崩壊である(層厚0.3~1.0m), 【崩壊ランク4】中規模なのり面崩壊である(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. ファジィシステムによる崩壊可能性の評価結果

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。各システムによる予測結果を図-1~図-3に示す。同図の縦軸は1, ..., 5の崩壊ランク、横軸はのり面番号であり、予測出力値(Y)は上限値($\beta+C$)、中心値(β)下限値($\beta-C$)からなる三角形ファジィ数で与えられている。そして、実際に生じた崩壊形態は丸印で示してある。

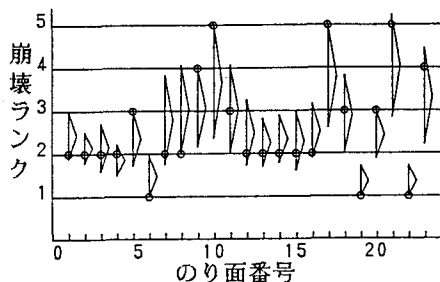


図-1 変成岩地山での予測結果¹⁾

4. 風化進行と岩種特性

各岩種別に構築したファジィシステムの予測性能評価は、

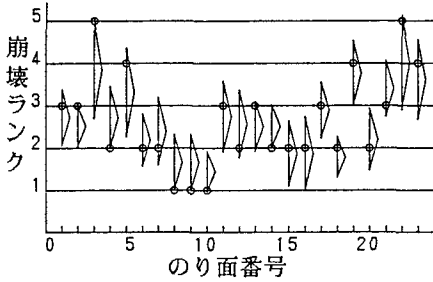


図-2 堆積岩地山での予測結果

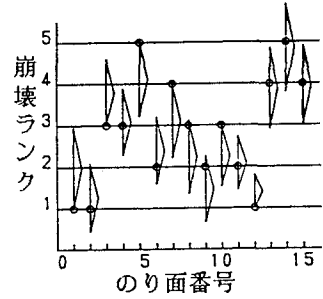


図-3 火成岩地山での予測結果

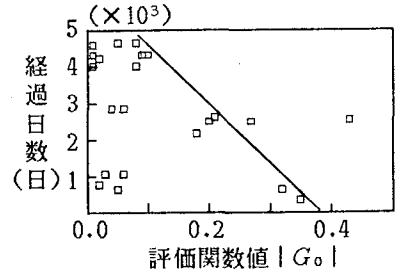
式(2)の評価関数 (G_0)¹⁾により行うことができる。

$$G_0 = \int_{A_i} l_i dA_i / 4 \quad (2)$$

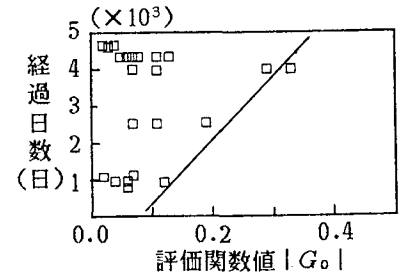
ここに、 A_i : データセット i における三角形の面積、
 l_i : 実際に生じた崩壊ランクと三角形の重心位置の
崩壊ランクとの差
($i=1, \dots, m$; m はデータセット数)

この評価関数は、あいまいさの大きさを三角形ファジィ数の面積、予測値と実際値とのズレを三角形の重心と丸印とのランク差で表すことにより、これらの積で定義したものであり、数値が1に近いほど予測精度は低く、0に近いほど予測精度は高いことを意味している。

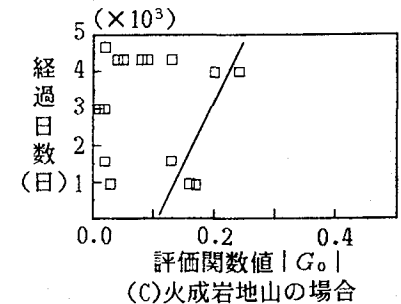
風化進行²⁾と予測結果の関連性を見るために以下の整理を行った。図-4は縦軸に供用開始後から崩壊発生時までの経過日数、横軸に式(7)で求めた評価関数値の絶対値 ($|G_0|$) を用いて各岩種別に図化したものである。図-4(a)の変成岩地山の場合に見られるように、経過日数の短いり面で予測精度が低く経過日数の長いり面で予測精度が高いということは、従来から言われているように掘削による応力解放の影響が大きく風化の影響が小さいことを示している。また、図-4(b)および図-4(c)に見られるように、図-4(a)と逆の関係は、堆積岩地山と火成岩地山の場合は風化の影響が大きいことを示していると考えられる。このように、本システムの予測結果は時間経過に伴うり面の安定性の変化と、風化進行の岩種特性との関係をうまく表現していると考えられる。これらの結果は供用中のり面の安定性を評価する上で有用な示唆を与えるものであり、維持・管理段階における一つの判断基準を与えるものと考えられる。



(a) 変成岩地山の場合



(b) 堆積岩地山の場合



(c) 火成岩地山の場合

図-4 評価関数値～経過時間関係図

5. あとがき

本研究では、供用中、降雨により変状が生じた切土のり面についてファジィ理論に基づく可能性線形システムを適用し、岩種別に得られたファジィ係数およびファジィシステムの出力結果から各岩種のり面崩壊可能性の評価を行った。崩壊規模の予測結果は、各岩種の工学的特性に対応して特徴付けられる。このことから、り面の安定性は岩種特性を考慮して評価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，第445号／Ⅲ-18，pp. 109～118，1192.3. 2) 奥園誠之他：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.