

## III-83 切土のり面の崩壊可能性評価に関する一考察

山口大学工学部 正会員 西 邦正 山口大学工学部 正会員 中川浩二  
 日本道路公団 正会員 古前正徳 山口大学工学部 正会員 古川浩平

## 1. はじめに

専門技術者による切土のり面の安定性評価は、過去の施工実績や既設のり面の実態などを参考とした主観的判断に多くを依存しているのが実状であり、客観的かつ定量的な評価手法は確立されていない。本研究では、建設時に崩壊が生じた切土のり面を対象とし、その際専門技術者が定性的に記述した工事報告などに基づいて「のり面評価表」を作成した。そして、のり面評価過程は専門技術者の経験的主観で構成されるファジィシステムであるとみなし、実際ののり面崩壊事例より「崩壊形態」を外的基準として設定しファジィ回帰モデルによるシステムの同定を行った。これより、建設時におけるのり面崩壊の可能性評価を行った。

## 2. のり面評価表について

のり面崩壊要因としては、地山およびのり面が本質的に有する崩壊可能性の素因として地質要因、地形要因、土工要因を考え、工事報告書や建設時の資料の中から容易に抽出できる項目として計12要因(A:地山地質, B:土質分類, C:風化の程度, D:節理の状態, E:節理の傾斜, F:被覆層の厚さ, G:地下水・湧水の状況, H:斜面の横断形状, I:降雨水の集中度, J:のり高さ, K:のり勾配, L:のり面保護工)を採用し「のり面評価表」<sup>1)</sup>を作成した。そして、各要因は岩盤分類や過去の崩壊発生率などを参考に Very Low から Very High まで5つの評価ランクを設定した。ここで、採用していないその他の要因については、12項目の中のいずれかの要因に分散して従属しているものとする。

## 3. 外的基準について

降雨や地震などの崩壊誘因は、崩壊が発生する可能性を予測するための素因とは本質的に異なるため、のり面崩壊要因や外的基準とは独立して考慮すべきと考える。そこで、本研究ではのり面崩壊事例に基づき「崩壊形態」を外的基準として設定した。そして、崩壊形態(崩壊ランク)を前述ののり面評価表の評価ランクに対応させて5つのランクに分類した。

〈崩壊ランク1〉局所的な崩壊のみであり、全体の安定度は高い。 〈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〉のり面を含む大規模な崩壊である。

## 4. ファジィ回帰モデル

入力としてのり面評価表の評価ランク、出力を予測崩壊ランクとする可能性線形システムは式(1)で表せる。

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

ここで、 $X_A, \dots, X_L$ はのり面評価要因(A~L)の評価ランク(1~5)であり、 $A_0, \dots, A_L$ は式(2)で定義される対称な三角形ファジィ数を採用した可能性分布関数である。ここに、 $\beta_j$ は中心、 $C_j$ は可能性の幅を与え、出力ファジィ数 $Y_i$ は式(3)で計算できる。

$$A_j = (\beta_j, C_j) \quad (2) \quad Y_i = \left( \sum_{j=1}^5 \beta_j X_{ij}, \sum_{j=1}^5 C_j |X_{ij}| \right) \quad (3)$$

ファジィ回帰モデルでは観測値 $y_i$ と予測値 $Y_i$ の差はシステム構造自体のあいまいさであると仮定し、線形システムの係数である可能性分布に依存すると考える。そこで、観測値がシステムの出力ファジィ数に可能性の度合い $h$ 以上で含まれるように $A_j$ を決定すれば、可能性線形システムを同定することができる。ここには、予測ファジィ数のメンバーシップ関数は式(4)で表せる。

$$1 - |(y_i - X_i \beta) / (C^2 |X_i|)| \geq h \quad (4)$$

5. システムの同定結果および考察

本研究は、山口県に広く分布する三群変成岩類(黒色片岩)での高速道路建設時において、変状が生じたのり面を対象として行った。図-1は予測ファジィ出力を各のり面ごとに図化した結果である。予測出力はファジィ数であるので上限値、中心値、下限値からなる三角形で与えられている。たとえば、のり面番号1の予測

値は上限値=2.91、中心値=2.14、下限値=1.37であり、観測値(実際値)は $y_1=2$ であった。これは、「全体の安定度は高いが、洗掘など局所的な崩壊か小規模ののり面崩壊が生じる可能性があるが、どちらかといえば表層剝離など小さい崩壊が生じる可能性が高い( $\mu_{y_1}=0.82$ )」ということを表現しており、実際の崩壊形態は表層剝離(図中の丸印)であったことを意味している。

図-2は、図-1に示した各のり面における予測値を崩壊発生時の累積降水量ごとに図化した結果である。同様に、図-3は、崩壊発生時の一時間最大降水量ごとに図化した結果である。ファジィシステムの同定結果<sup>1)</sup>によれば、地下水・湧水の状況(G)のファジィ係数(A<sub>G</sub>)の中心に値が現れているので、建設期間中における降水量や降雨に伴う地下水・湧水の状況は崩壊発生の可能性を高めるとともに、崩壊規模を大きくする要因になっていると評価できる。一般的にも、累積降水量と一時間最大降水量が多いほど、大規模崩壊が発生し易くなると考えられる。ところが、実際の崩壊形態および予測値はこれらの降水量と関連性がなく、少ない降水量でもランク1~5で評価される崩壊形態が様々な可能性(幅)の中で発生している。以上より、供用後におけるのり面の崩壊は降雨中または降雨後に発生するケースが多いので、崩壊発生の引き金(誘因)を降雨に特定することが可能であるのに対して、建設時における崩壊誘因は応力解放や施工法による影響など他にあり、降雨量そのものは崩壊発生の直接的誘因ではないと考えられる。

6. おわりに

建設時に変状が発生した切土のり面工事を対象として、入力をのり面評価表の評価ランク、出力を崩壊形態の崩壊ランクとしたファジィシステムの同定結果より、のり面の崩壊可能性について評価を行った。そして、崩壊可能性の予測値と崩壊時の降水量との関連性から、降雨量そのものは建設時における直接的崩壊誘因ではないことを示した。

参考文献：1) 西邦正・中川浩二・古前正徳・古川浩平：のり面崩壊要因評価へのファジィ理論の応用，平成3年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，1991.5.

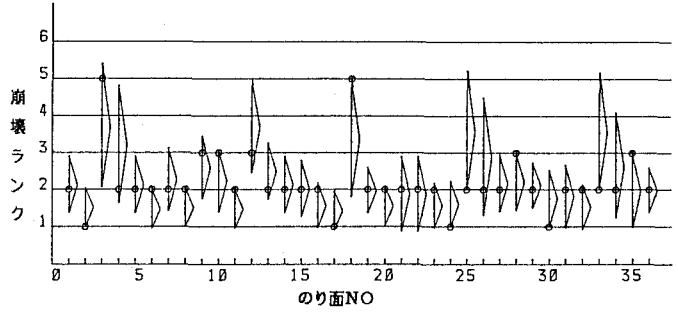


図-1 建設時のシステム同定結果

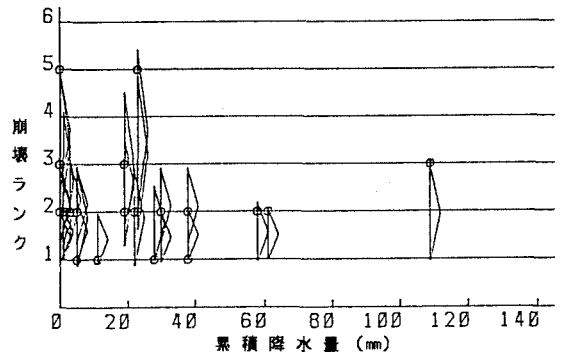


図-2 崩壊ランク～累積降水量関係図

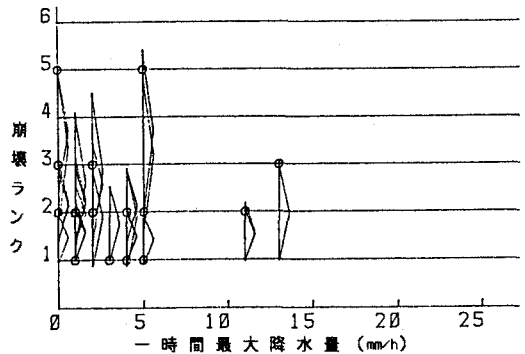


図-3 崩壊ランク～一時間最大降水量関係図