

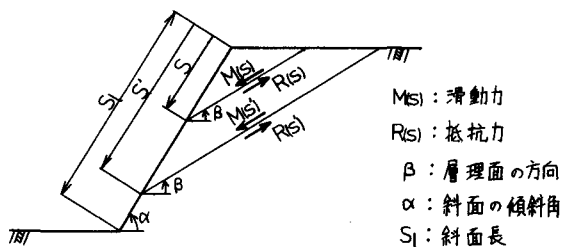
初期通過法による岩盤斜面の信頼性解析

兵庫県 正〇土居康成 神戸大 正 桜井春輔

1. まえがき 地盤の力学的特性値はランダムな量であるため、斜面安定を論ずる場合には決定論的な安全率では不十分であり、確率論を導入する必要がある。しかも、岩盤斜面では節理、層理などによる不連続性のため、その特性値のランダム性は一層顕著となり、信頼性解析が重要となる。本研究では岩盤斜面を、すべり面を構造要素とするシステムとみなし、システム全体、つまり斜面全体の破壊確率を初期通過法によって求め、その結果から、初期通過法を適用する場合の問題点について検討する。そして、さらに岩盤斜面全体の破壊確率の評価方法を提案する。

2. 解析モデルおよび計算結果

解析モデルとしては、図1に示すような層理面に沿ってのみ破壊する平面破壊のパターンを持つ岩盤斜面を考えた。そして、のり肩からの距離 s をパラメータとする、次式で定義される確率過程 $X(s)$ を導入した。



$$X(s) = \frac{E[Q(s)] - Q(s)}{\sigma_{Q(s)}} \quad (1)$$

図 1

ここで、 $Q(s) = R(s) - M(s)$ 、 $E[Q(s)]$: $Q(s)$ の期待値、 $\sigma_{Q(s)}$: $Q(s)$ の標準偏差
式(1)から、 $Q(s) \leq 0$ で破壊が定義できることになり、したがって $X(s)$ に対しては次のような閾値 $\lambda(s)$ が設定される。

$$X(s) \geq \lambda(s) \quad (2) \quad \text{ここで} \quad \lambda(s) = E[Q(s)] / \sigma_{Q(s)}$$

以上により、斜面安定問題は $X(s)$ の閾値問題として定式化された。なお、本研究では力学的特性値のランダム量として、 c (粘着力)、 $\tan \phi$ (摩擦係数)を選び、 $X(s)$ を期待値0、分散1の非定常ガウス過程と仮定した。

いま、無数のすべり面を持つ斜面を考えると、破壊確率を計算する場合、一般には初期通過法が用いられる。しかし、よく用いられているポアソン近似で、破壊確率を計算する場合には、破壊の独立性が保証されていなければならない。図2に示す $X(s)$ の自己相関関数から明らかなように、特性値 c 、 $\tan \phi$ の相関距離の短い場合は、独立性の仮定が許されることわかる。したがって、この場合には初期通過法により全体の破壊確率 P_f を計算することができる。

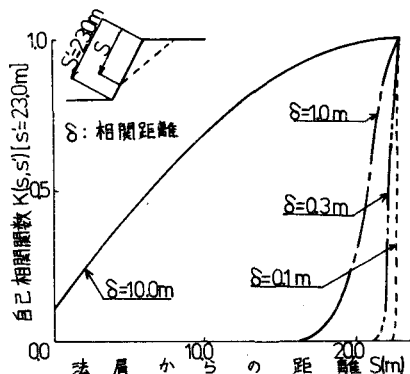


図 2

Yasunari Doi and Shunsuke Sakurai

その結果を図3に示す。一方、相関距離の長い場合は初期通過法を用いると、独立性が十分に満足されていないため図4に示すように、法肩からの距離 S が大きくなると、単一すべり面の破壊確率 pf' の方が pf より大きくなってしまふ。そこで、この場合には無数すべり面を持つ斜面を、有限のすべり面を持つ斜面と考え、破壊確率を計算することにする。以下、この手法について若干説明する。まず、図5に示すような n 個の複数すべり面から成る斜面を考える。いま、 $S \leq S_k$ なるすべり面によって構成される斜面全体の破壊確率を pf とすると、一般にこの値は次式のように上、下限値でおさえられる。

$$pf^* \leq pf \leq pf^{**} \quad (3)$$

ここで、 pf^* : すべり面間完全相関
 pf^{**} : すべり面間完全独立

pf^* は個々のすべり面の破壊確率のうちの最大値であるから、 $S = S_k$ の単一すべり面の破壊確率 pf' があてはまる。次に pf^{**} については、破壊事象が増すにつれ、その精度が下るので、ここでは次のような破壊事象間の相関を考慮したより精度のよい上限値 pf'' を用いることにする。

$$pf'' = p[F_k] + \sum_{i=k+1}^n \min_{k \leq r \leq i-1} p[F_r \cap F_i] \quad (4)$$

ここで、 F_k : $S = S_k$ のすべり面の破壊事象
 F_r : F_r の余事象

この上、下限値を、相関距離の長い場合について、層理面の間隔を変化させて計算した結果を、図6に示す。この図から明らかなように、両者はほぼ一致することがわかる。これは斜面全体の破壊確率が単一すべり面のそれにあたることを示している。しかも、層理面の間隔によらないことより、この結果は無数すべり面にも拡張できることがわかる。

3. 結論 本研究では、無数すべり面を持つ斜面全体の破壊確率を求める場合、 C 、 ϕ の相関距離の短い場合は初期通過法が適用でき、逆に長い場合には単一すべり面の破壊確率によって評価できることが明らかとなった。

参考文献

J. M. Catalán and C. A. Cornell (1976) "Earth slope reliability by a level-crossing method" A.S.C.E. Vol. 102, GT6.

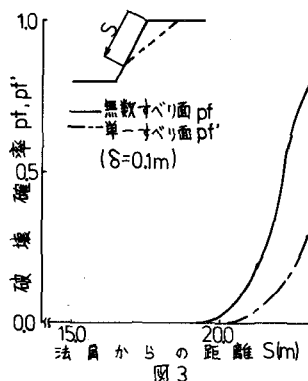


図3

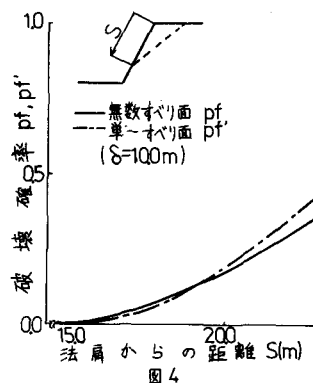


図4

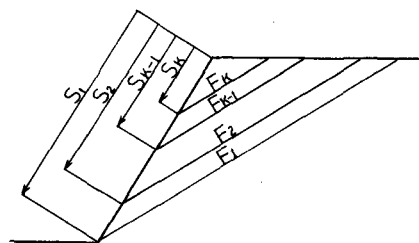


図5

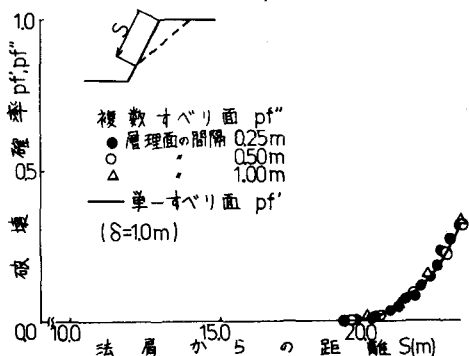


図6