

岩盤不連続面に沿った平面すべり破壊に対する 確率論的安定解析

京都大学工学部 正会員 大西 有三
同大学院 学生会員 ○山本 龍哉

1.はじめに

岩盤斜面の安定性の評価は、破壊モデルやそれらのメカニズムについてほんの少ししか知られていないために面倒な問題のように考えられている。しかし一旦斜面が破壊するとその及ぼす影響は、斜面破壊を防ぐ作業をはるかに上回るものとなるため、斜面破壊の可能性について予知することは大変重要である。そこで本論文においては、種々の破壊モードのうち最も解析の容易な平面すべり破壊を取り上げ、その可能性について不連続面の幾何学的な特性、具体的にはロックブリッジの存在によるせん断抵抗のばらつきを考慮に入れた上で検討を加え、ある破壊確率に対する安全率を与える式の誘導を試みた。

2.ロックブリッジ部分の存在を考慮したすべり面のせん断抵抗

平面すべり破壊は岩盤中のある不連続面に沿って発生するわけであるが、すべり面中には固着部分(ロックブリッジ)が存在し、この部分が事実上岩盤のせん断抵抗を増加させている。しかし従来はすべり面中のせん断強度は一律一定として安定解析を行ってきた。そこで本論文ではすべり面中のロックブリッジの存在率(以下パーシステンスと呼ぶ)を K とおき、これを用いてすべり面のせん断抵抗を求めることにする。

いま領域 A ですべり破壊が発生する可能性があると考えられる場合は、せん断抵抗は次のように表される。

領域 A のすべてが岩石で固着しているとすれば(すなわち $K=1$ のとき)、

$$R_r = (\sigma_a \tan \phi_r + c_r) A \quad (1)$$

また領域 A がすべて開口しており、ロックブリッジが存在しないとき(すなわち $K=0$ のとき)、

$$R_j = (\sigma_a \tan \phi_j + c_j) A \quad (2)$$

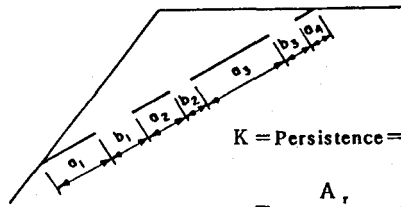
ここに ϕ_r ならびに ϕ_j は摩擦角、 c_r ならびに c_j は粘着力を表す。また σ_a は領域 A に作用する平均垂直応力である。もしすべり面中にロックブリッジが存在するとすればその領域を A_r 、それ以外の領域を $A_j = A - A_r$ (図-1)として全せん断抵抗は次のように表される。

$$R = \frac{A_j}{A} R_j + \frac{A_r}{A} R_r = (\sigma_a \tan \phi_a + c_a) A \quad (3)$$

ここに σ_a 、 c_a についてはパーシステンス K を用いて次のように与えられる。

$$\tan \phi_a = (1-K) \tan \phi_j + K \tan \phi_r \quad (4)$$

$$c_a = (1-K) c_j + K c_r \quad (5)$$



$$K = \text{Persistence} = \frac{\sum b_i}{\sum a_i + \sum b_i} = \frac{A_r}{A_j + A_r} = \frac{A_r}{A}$$

図-1 パーシステンスの定義

3. 破壊確率を考慮した安全率の誘導

いま、すべり面の全せん断抵抗は式(3)で与えられる。またすべり面に沿って岩塊がすべり落ちようとする力は図-2より、

$$Q = A \sigma_a \tan \theta \quad (6)$$

よって安全率は次式のように与えられる。

$$F = \frac{R}{Q} = \frac{A (\sigma_a \tan \phi_a + c_a)}{A \sigma_a \tan \theta} = \frac{\sigma_a \tan \phi_a + c_a}{\sigma_a \tan \theta} \quad (7)$$

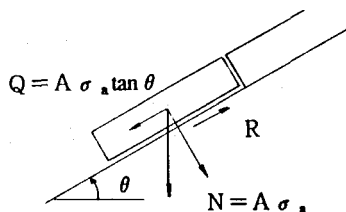


図-2 斜面上の岩塊のすべりに対する安定性

さらに、破壊確率を考慮した式の誘導を試みる。

いま、破壊確率を考慮して摩擦角に適用される補正係数を γ 、粘着力に適用される補正係数を λ とおく。またすべり面傾斜角に加えられる補正角を δ とすると求める式は以下ようになる。

$$F = \frac{\frac{\sigma_a \tan \phi_a}{\gamma} + \frac{c_a}{\lambda}}{\sigma_a \tan (\theta + \delta)} = \frac{\sigma_a \left[(1-K) \tan \frac{\phi_l}{\gamma} + K \tan \frac{\phi_r}{\gamma} \right] + \frac{(1-K) c_l + K c_r}{\lambda}}{\sigma_a \tan (\theta + \delta)} \quad (8)$$

式(8)中に示される破壊確率を考慮したときの補正パラメータ γ ならびに δ の性質については参考文献1)2)に詳しく記されているのでそちらを参照してもらえればよいが、今回の研究においてはパーシステンスの概念を導入したため、ロックブリッジ部分の粘着力が無視できなく(ロックブリッジ以外の部分の粘着力 c_l は0とおいてさしつかえない)、これに対する補正係数 λ が必要となった。しかしこの確率統計学的な性質については未だ詳しい解析を行っていない。

4. おわりに

本論文においては、岩盤斜面の安定解析に用いられる破壊確率を考慮にいたした安全率を与える式の誘導を試みたが、この式中には異なった特徴を持つ数多くのパラメータが取り入れられている。これらのパラメータのいくつかは一定値として表され、また別のものは他の変数の関数として表される。しかしこれらのパラメータの統計的な性質についてはいまだ知られていない部分が多く、より理解を深めるためにはさらなる研究が必要であろう。

また今回の研究ではパーシステンスの概念を導入したが、これについて破壊が発生する以前に正確に把握することは不可能に近い。ゆえに何らかの方法を用いて推定する必要があるわけであるが、この方法についても今後研究していく予定である。

参考文献

- 1) Genske, D. & B. Walz: Probabilistic Assessment of the Stability of Rock Slopes, German National Research Fund, under grant Wa 511/2-1 and Wa 511/2-2, 1989
- 2) Genske, D.: Ansatz für ein Probabilistisches Sicherheitskonzept ungesicherter Felsböschungen im Rheinischen Schiefergebirge.- Forschungs- und Arbeitsbericht Nr.8 des Lehr- und Forschungsgebietes Unterirdisches Bauen, Grundbau, und Bodenmechanik der Bergischen Universität-GH Wuppertal, 1988
- 3) Einstein, H.H. & Veneziano, D. & Baecher, G.B., O'Reilly, K.J.: The Effect of Discontinuity Persistence on Rock Slope Stability, Int. J. Rock Mech. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol 20, No.5, 1983, pp227-236