

分割法による地震時斜面安定評価について

熊本大学 正会員 今泉 繁良
アレンス・エミリエ

1. はじめに

筆者等は、Bishopが彼の分割計算法において無視した条件式を生かすために、鉛直不静定内力の分布を種々に仮定した計算法を示してきた^{1, 2)}。その結果、常時においては、内部摩擦角や間隙水圧が大きくなるとBishop計算法は僅かに小さめの安全率を与え、斜面が高く斜面勾配の急なほどその傾向が強いが、その程度は数%以内であることを示した。

今回、地震力を考慮した場合について、Bishop法と修正法の安全率を計算し、比較検討してみたので報告する。

2. 基本条件式と鉛直不静定内力の分布仮定

分割計算では、極限平衡条件式、鉛直方向の力の釣合式、水平方向の力の釣合式、すべり円弧の中心点に関するモーメント釣合式が基本条件式である。震度 k_h なる水平地震力を受けるときの系全体に関する式は、(1)(2)(3)のようになる。なお、(2)式は、本来、水平不静定内力で表現されるものであるが、ここでは鉛直不静定内力に変換した後の形で示した。

$$F_s = \frac{1}{\sum \{ \Delta W_i \sin \alpha_i + \Delta W_i k_h y_i / R \}} \sum \{ C_i' \alpha_i + (\Delta W_i - U_i \alpha_i + \Delta T_i) \tan \phi_i' \} \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \phi_i' \tan \alpha_i / F_s} \quad (1)$$

$$\sum \{ (m_i / F_s) \sec \alpha_i - (\Delta W_i + \Delta T_i) \tan \alpha_i - \Delta W_i k_h \} = 0 \quad (2)$$

$$\sum \Delta T_i = \sum (T_{i+1} - T_i) = T_a - T_b = 0 \quad (3)$$

ここに、 y_i は地震慣性力の着力点と円弧中心との距離である。

通常のBishop法では(1)(2)式で $\Delta T_i \equiv 0$ と仮定し、未知数をFだけにして安全率を(1)式に基づき計算する。しかし、これは(2)式を無視したものとなっている。そこで、鉛直不静定内力Tの分布について、(3)式を満足するものとして図-1のような4パターンを仮定した。4種の分布形については、図-1に記したa, b, c, dを与えれば各形状は一義的に定まるので、結局、斜面安定問題は、これらの値と安全率の2つを未知数とし、(1)(2)式を連立させて解く問題となる。

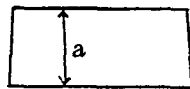
3. 計算結果

数値計算の対象斜面として、前回¹⁾と同じ $c' = 1.2 \text{ tf/m}^2$ 、 $\phi' = 40^\circ$ 、 $\gamma = 2.0 \text{ tf/m}^3$ 、 $r_u = 0.5$ 、 $H = 30 \text{ m}$ 、 $L = 60 \text{ m}$ を基本斜面として、強度常数 c' 、 ϕ' 、間隙水圧評価係数 r_u 、斜面高さHを変化させ計算した。

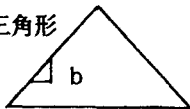
表-1は、基本斜面に対して臨界円を求めたときの所要計算時間である。コンピュータの機種はPC-9801、プログラム言語はMS-DOS上でのBASICである。鉛直不静定内力Tの分布を考慮した計算(修正法と呼ぶ)は、Bishop法と比べて、常時で2~3倍、震度が大きくなると4倍程度の時間を要する。

図-2~図-5は、パラメータの変化に伴う計算安全率のBishop法との比を示したものである。横軸に震度、縦軸には修正法による安全率のBishop法による安全率に対する比をとった。これらの図を比較す

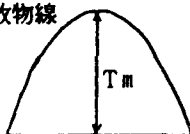
(a) 台形



(b) 三角形



(c) 放物線



(d) 正弦



図-1 不静定内力の仮定

表-1 計算時間の比較例(分)

k_b	Bishop	台形	三角形	放物線	正弦
0.0	50	133	108	133	165
0.1	51	137	144	150	196
0.2	48	163	177	167	206
0.3	48	189	194	204	201

ると、Bishop法と修正法との差に大きく影響を与えるのは r_u (図-2)である。ついで、斜面高さ H (図-3)、 ϕ' (図-4)、 c' (図-5)の順である。

図-2より、間隙水圧が発生しない状況においては、計算法の相違による安全率の評価の相違は $k_b=0.3$ で1%程度である。しかしながら、 $r_u=0.5$ の間隙水圧が想定できるような場合には、修正法による安全率の方がBishop法よりも $k_b=0.3$ において10%程大きい評価を与える。

斜面高さに関しては斜面が高いほど、 ϕ' については ϕ' が大きいほど、計算法の違いが結果に表われる。 c' が変化することによるBishop法との差は僅かである。

不静定内力分布の仮定の仕方は、 $k_b < 0.3$ の範囲では、計算結果に殆ど影響を与えない。 $k_b > 0.3$ で、 r_u 、 H 、 ϕ' が大きい場合には、三角形としての分布仮定が他の仮定に比して僅かに大きめの安全率を与える。

4. まとめ

Bishopが無視した条件式を生かした修正法について、地震力を受ける場合の土質条件、幾何条件を変化させて安全率を計算し、Bishop法との比較をした。今回計算した限りでは、 $r_u=0.5$ 程度の間隙水圧発生が予想される場合、 $k_b=0.3$ で修正法が10%程度安全率を大きめに評価することがわかった。

参考文献

- 1) 今泉繁良、若杉洋一、アレンス・エミリエ：修正bishop法による斜面安定解析、昭和63年度土木学会西部支部研究発表会(1989.3)
- 2) 今泉繁良、若杉洋一：Bishop法における静定化条件の検討、土木学会第44回年次学術講演会(1989.10)

