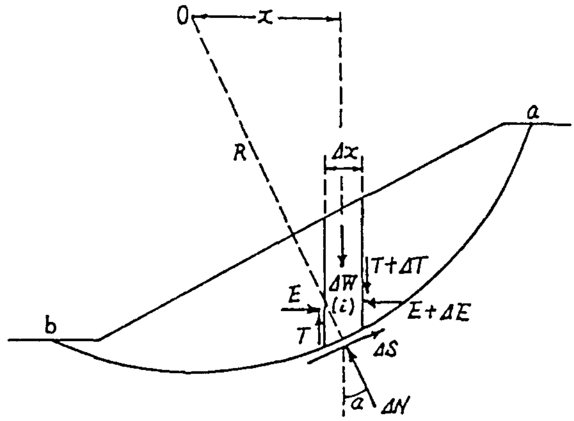
修正ＢＩＳＨＯＰ法による斜面安定解析

熊本大学　　今泉　繁良
若杉　洋一
アレンス・エミリエ

１．はじめに

斜面安定の分割計算法として広く用いられているＢｉｓｈｏｐ法は、静定化する際の仮定の仕方において未知数と条件式の数とが一致しないという問題点があるため、筆者等は合理的な修正法の提案を行って来た[2,3]。その方法は、Ｂｉｓｈｏｐが仮定している鉛直不静定内力に関する$\Delta T\equiv 0$という条件を一部生かして、鉛直不静定内力の分布を台形状と仮定するものであった。

今回、鉛直不静定内力の分布を（１）三角形状、（２）放物線状と仮定して計算を行い、それらか安定解析結果としての安全率にどの程度の影響を及ぼすかを検討してみた。



図－１帯片に作用する力

２．分割計算法における基本式

図－１に示すような分割計算を考えるとき、各分割片についての極限平衡条件式、鉛直方向の力の釣合式、水平方向の力の釣合式、点０に関する全系のモーメント釣合式を基本として、系全体に関する釣合式は（１）（２）（３）のようになる[1,2]。

$$F_s=\frac{1}{\Sigma\Delta W_i\sin\alpha_i}\Sigma\left\{c_i'\Delta x_i+(\Delta W_i-u\Delta x_i+\Delta T_i)\tan\phi_i'\right\}\frac{\sec\alpha_i}{1+\tan\phi_i'\tan\alpha_i/F_s}\qquad(1)$$

$$\Sigma\Delta T_i=\Sigma(T_{i+1}-T_i)=T_a-T_b=0\qquad(2)$$

$$\Sigma\left\{(m_i/F_s)\sec\alpha_i-(\Delta W_i+\Delta T_i)\tan\alpha_i\right\}=0\qquad(3)$$

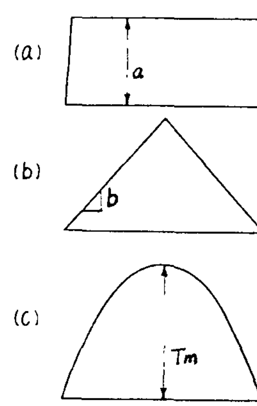
これは、未知数がＦとｎ個のΔTの合計ｎ＋１個で、条件式が３個というｎ－２次の不静定問題である。

Ｂｉｓｈｏｐは、静定化のために$\Delta T\equiv 0$を仮定し、未知数がＦだけの式で計算する方法を提案しているか、これは上記の３つの条件式のうち(３)式を無視した計算法となっていることはすでに述べた通りである。

この不合理性を除くために、前回は鉛直不静定内力を図－２に示すような台形分布と仮定し、$T_2=a$，・・・，$T_n=a$なる新たな未知数ａを導入した計算法を示した。

今回行った仮定は、図－２(ｂ)(ｃ)に示す三角形状と放物線状とみなすもので、(ｂ)の場合には帯片番号ｉがＮ／２以下て$\Delta T_i=b$、Ｎ／２より大きい片に対して$\Delta T_i=-b$なる未知数ｂを、（ｃ）の場合には最大鉛直不静定内力を示すＴｍを用いて内力分布を次式で仮定する方法である。

$$T_i=-T_m/(N/2)^2\times\{i-(N/2)^2\}+T_m\qquad(4)$$



図－２　不静定内力の仮定

これらはいずれも、条件式（2）を満足するとともに、T_2-T_nに対するn－1個の条件を与えたことと同値であるが、新たな未知数を1つ導入しているので、条件式と未知数の数は一致したものとなっている。具体的計算としては、まず、bまたはTmの初期値を定め、（1）式によってFの一次近似値を計算する。このbまたはTmとFとが（3）式を満足すれば良いが、満足しない場合にはFを（3）式に代入したときこれを満足するようなbまたはTmを計算する。これを次の設定値として、式（1）と（3）の両方を満足するまで繰り返し計算を実施した。

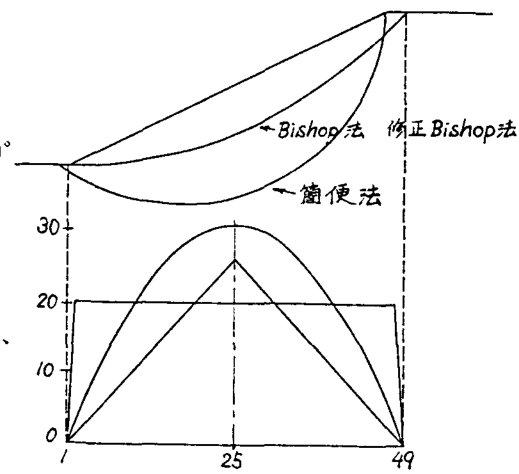
表－1　円弧すべりに対する計算結果　（等方均質）

計算方法		簡便法	BISHOP法	修正BISHOP法		
				台形状	三角形状	放物線状
円弧の中心座標	X	41	18	17	17	17
	Y	68	14	11	11	11
半径　R		39.030	86.015	89.045	89.045	89.045
安全率　Fs		0.799	1.000	1.013	1.009	1.015
未定定数の値				20.518	1.130	31.719

3　計算結果

前回と同様$C=1.2tf/m^2$、$\gamma=2.0tf/m^3$、$\phi=40°$ $r_u=0.5$なる均一地盤で高さ30m、勾配1：2なる斜面を想定した。分割片数は48である。表－1に臨界円の半径、安全率、導入した未知数の値を、また、図－3に鉛直不静定内力の分布を示した。

図表より、3つの修正法は臨界円は同じものとなり、Bishop法と比べても円の中心位置は多少ずれるものの滑り面形状はほとんど同じである。安全率に関しては、鉛直不静定内力を台形状と放物線状に仮定した場合は等しく、三角形状と仮定した場合がやや小さい。Bishop法との差は 1.5%程度である。ちなみに、簡便法と比較すると、滑り形状は簡便法のほうがかなり深めに評価することとなり、安全率も80%程度の評価となる。



図－3　鉛直不静定内力の計算結果

3．まとめ

Bishop法より考え方において合理的と思われる計算法について述べた。臨界円の形状と安全率に関して、仮定の違いが与える影響は、今回計算した土質条件と幾何形状に関する限りは大差ない結果となった。今後、それらの条件を変化させ（ことに浸透力が存在する場合について）、詳細な見解を得ていきたい。

参考文献

1) A.W.Bishop： The Use of the Slip Circle in the Stability Analisis of Slopes, Geotechnique, Vol.5, No.1, pp.7-17,1955

2)今泉繁良・山口柏樹：分割計算法における静定化条件の考察、昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.478-479、1988.3

3)今泉繁良・山口柏樹・大橋健二：一般分割法による斜面の安定解析、土と基礎、Vol.36、No.5、PP.55-60、1988.5