

深さ係数  $n_d$ むら た ひで かず  
村 田 秀 一\*1. 深さ係数  $n_d$  とは

均質な土からなる単純斜面の安定解析では、すべり面の形が円弧に近いものになるので、実用上円弧と仮定して計算する円弧すべり面法が用いられることが多い。ここで斜面が均質な土とは、均質な土を切り取った場合と、盛土および地盤が同一の場合にあてはまる。なお、均質な土からなる斜面の下層に基盤が存在することも多いが、この場合すべり面が基盤に接するように発生することが予想される。このように、基盤層の深さは斜面の傾斜角とともに斜面の破壊形式に大きな影響を及ぼすので、安定解析において特に留意しなければならない項目の一つである。そこで、基盤層の深さの程度を示す指標として、基盤から斜面頂上までの高さ  $H'$  の斜面の高さ  $H$  に対する比として定義される深さ係数  $n_d$ 、すなわち 図-1(b) に示したような  $n_d = H'/H$  が用いられる。

一般には、深さ係数の値が増せば、いかえると軟弱層の深さが増すにつれて、斜面の破壊は斜面内、斜面先、底部の順にその形式が変わると考えてよい。以下、斜面の傾斜角と深さ係数によって関係づけられた Taylor (テイラー) の図表について説明しながら、深さ係数の持つ意味について述べる。

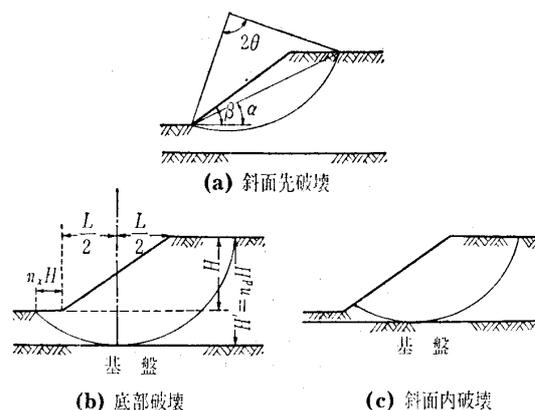
## 2. 安定係数を用いる斜面の安定解析

円弧すべり面法による斜面の破壊の種類は 図-1 に示すように、斜面先破壊、底部破壊および斜面内破壊に分けられる。この場合の斜面の臨界高さ  $H_c$  は、土の粘着力を  $c$ 、単位体積重量を  $\gamma$  とし次式で示される<sup>1)</sup>。

$$H_c = N_s \frac{c}{\gamma} \dots\dots\dots (1)$$

式中  $N_s$  は安定係数と称せられる無次元数である。なお、(1)式は斜面の破壊が斜面先を通る平面において起こると仮定して求めた Culmann (カルマン)<sup>2)</sup> の斜面の臨界高さを求める式を一般的に表したものである。

Taylor<sup>2), 3)</sup> は最も危険な場合の安定係数の値を数多くの計算によって求め、これを斜面の傾斜角  $\beta$  と深さ係数  $n_d$  の関係から求める使用に便利な図表を作ったので、今日安定係数による斜面の臨界高さを求める方法が広く用いられ

図-1 斜面破壊の種類と深さ係数  $n_d$ 

ている。なお、Taylor の図は最初安定数  $1/N_s$  によって準備されたが、のち Terzaghi (テルツァーギ)<sup>1)</sup> によって安定係数によるものに変えられた。

## 3. 粘性土の場合の安定係数と深さ係数の関係

柔らかい粘土の斜面に対する計算には、全応力法いわゆる  $\phi=0$  法が用いられている。この方法の利点は、土のせん断強さをペーンせん断や一軸圧縮試験のような非排水型のせん断試験から簡単に決定できることである。すなわち、均一な粘土層の内部に生ずるすべり面の単位面積当たりの平均せん断抵抗  $s$  は、その粘土の一軸圧縮強さ  $q_u$  の半分に等しく、これが粘着力  $c (=c_u)$  となると考えることが、 $\phi=0$  解析法の基本的概念である。

すべりに対する安全率が最小となるようなすべり面を臨界円というが、臨界円の位置も斜面の傾斜角  $\beta$  と深さ係数  $n_d$  に関係している。図-2 は、この関係を Taylor が理論的に求めたものを Terzaghi<sup>1)</sup> が書きなおしたものであり、安定係数と破壊形式を知ることができる。図-2 によると、 $\beta \geq 53^\circ$  の斜面ではすべり面の末端が必ず斜面先を切るようなすべり、すなわち斜面先破壊だけが生じる。 $\beta < 53^\circ$  の斜面では、破壊形式は深さ係数  $n_d$  の値に関係し、 $n_d$  が小さい場合には  $\beta$  にも関係する。 $n_d$  が 1 の場合には、 $\beta$  に無関係に斜面内破壊、また、 $n_d$  が 4 以上の場合には  $\beta$  に無関係に底部破壊である。この場合、臨界円の中心は斜面の中点を通る鉛直線上にあるので、この臨界円を中点円と称する。 $n_d$  が 1 と 4 の間にある場合には、 $\beta$  が斜線部の上

\*山口大学教授 工学部建設工学科

技術手帳

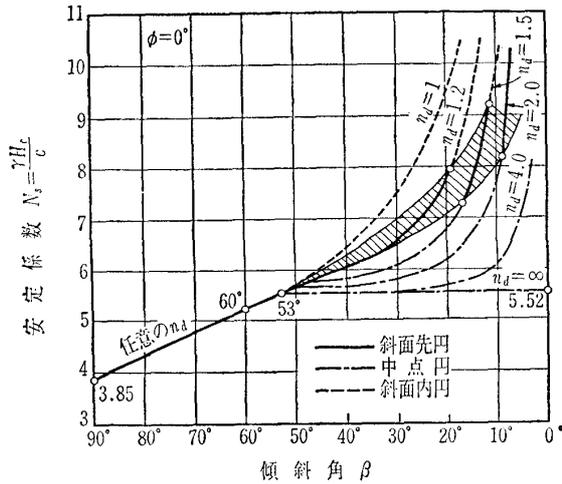


図-2 粘性土 ( $\phi=0^\circ$ ) の場合の安定図表

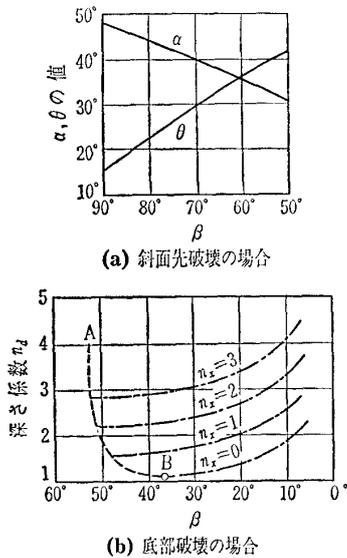


図-3 臨界円の中心位置の求め方( $\phi=0^\circ$ の場合)

なら斜面内破壊、 $\beta$ が斜線部内なら斜面先破壊および $\beta$ が斜線部の下なら底部破壊を生じる。

斜面傾斜角 $\beta$ と深さ係数 $n_d$ が与えられると、図-2によって安定係数 $N_s$ が求まるから、(1)式を用いて粘着力に応じた臨界高さ、あるいは斜面高さに応じた所要粘着力、および粘着力、斜面高さに応じた傾斜角を求めることができる。

なお、Fellenius (フェレニウス)<sup>4)</sup>は、図-3により臨界円の中心を求める方法を示している。斜面先破壊の場合、図-3(a)を用いて傾斜角 $\beta$ に対して図-1(a)に示した $\alpha$ および $\theta$ の値が求まり、臨界円の中心を決定できる。底部破壊の場合、図-3(b)を用いて傾斜角 $\beta$ に対して図-1(b)に示した斜面先から中点円の終端までの水平距離

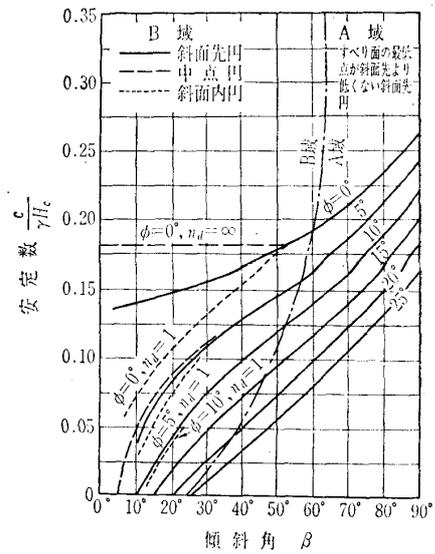


図-4 粘着力と内部摩擦角を有する場合の安定図表

$n_x H$ を定め、臨界円の中心が決定されるが、 $n_x$ の値は深さ係数 $n_d$ に関係している。

4. 粘着力と内部摩擦角を有する場合

この場合は、図-4に示した Taylor<sup>2),3)</sup>の安定数を用いた図表のほうが便利である。傾斜角 $\beta$ が大きいと斜面先破壊(A域)となるが、傾斜角が小さくなる(B域)と三つの場合が生ずる。 $\beta$ と $\phi$ が小さい場合は、底部破壊となり、図で長破線で示される。内部摩擦角が極端に小さい場合、すなわち $\phi > 3^\circ$ では一般に斜面先破壊、基盤が浅く $n_d$ が1に近い場合には斜面内破壊となる。図-4には、 $n_d=1$ の場合の斜面内破壊が点線で、斜面先破壊が実線で示されているが、両者の差はわずかであるので、通常は実線で示された斜面先破壊の数値を用いてよい。しかし、この種の問題は今日計算機を活用した分割法が便利かつ正確であり、実際的にはあまり使われていない。

参考文献

- 1) Terzaghi, K. and Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, pp. 232~255, 1967.
- 2) Taylor, D.W.: Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, pp. 406~479, 1948.
- 3) Taylor, D.W.: Stability of Earth Slopes, Journal of the Boston Society of Civil Engineers, Vol. 24, pp. 197~246, 1937.
- 4) Fellenius, W.: Erdstatische Berechnungen (Calculation of Stability of Slopes), W. Ernst und Sohn, (Revised edition, 1937), 44p. 1927.

(原稿受理 1984.6.12)