II−14 斜面の安定解析における二,三の問題

京都大学工学部　赤井浩一
運輸省第三港湾建設局　○中野拓治

1. 安定解析の方法

土構造物の安定性は、弾性理論による方法あるいは極限設計理論に基づく方法のいずれかで調べられるが、弾性理論では土が応力に無関係な一定の弾性係数をもつ均質な弾性体であるという仮定をしなければならず。またこの仮定が正しかったとしても局部的な overstress が土中に起こることなどから安全率の計算には適用されてない。

われわれ技術者が関心を払うのは局部的な overstress よりも終局破壊に対する安全率である。この安全率を求めるのに有効応力による方法と全応力による方法がある。

a. 有効応力解析

従来行なわれているものは、土のセン断強度を $\tau = c' + (\sigma - u)\tan\phi'$ で定義し、安全率を

$$F_c = \Sigma\{c'l + (P - u\cdot l)\tan\phi'\} / \Sigma W\sin\alpha \text{ ------------- (1)}$$

で求めている。ここに添字 c は conventional の意味。

ところが Bishop は、安全率を実測セン断強度と極限平衡を保つよう動員(mobilize)されたセン断強度との比で定義した。釣合いを保つように動員されたセン断強度は、次式で与えられる。

$$\tau = \frac{1}{F}\{c' + (\sigma - u)\tan\phi'\} \text{ ------------- (2)}$$

この場合、すべりに対する安全率は、図−1の力の多角形を鉛直方向に解いて次のようになる。

$$F_B = \frac{1}{\Sigma W\sin\alpha} \cdot \Sigma \frac{c'b + \tan\phi'(W - ub)}{\cos\alpha + \frac{\tan\phi'}{F_B}\sin\alpha} \text{ ------------- (3)}$$

ここに添字 B は Bishop 法の意味。

b. 全応力解析

$\phi_u = 0$ の場合，安全率は次式で表わせる。

$$F = \frac{\Sigma s\cdot l}{\Sigma W\sin\alpha} \text{ ----------- (4)}$$

さて安全率を示す式(1),(3),(4)の分母に $\Sigma W\sin\alpha$ と書いているが、これは図−2の斜線部分を負の転倒モーメントと考えて，安全率を次式で求めるものである。

$$F = \frac{\Sigma s\cdot l}{W_1x_1 - W_2x_2} \text{ ----------- (5)}$$

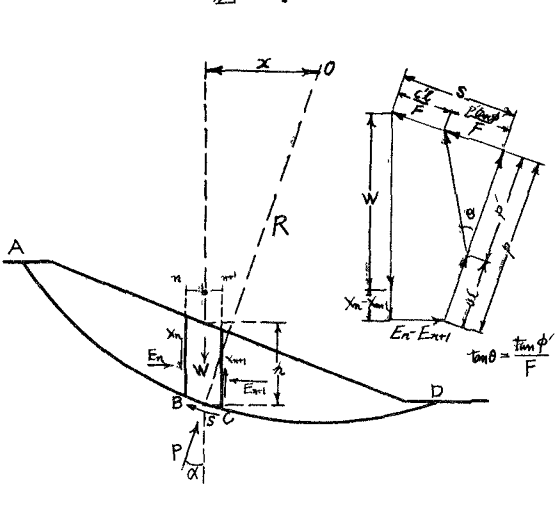
しかし斜線部分を正の抵抗モーメントと考えて安全率を次式のように表示することも可能である。

$$F' = \frac{\Sigma s\cdot l + W_2x_2}{W_1x_1} \text{ ----------- (6)}$$

そこでこの F と F′ の間の関係を調べてみると

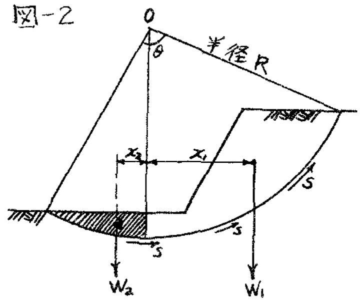
$$F - F' = \frac{\Sigma s\cdot l}{W_1x_1 - W_2x_2} - \frac{\Sigma s\cdot l + W_2x_2}{W_1x_1} = \frac{W_2x_2}{W_1x_1}(F - 1)$$

図－1



となり$F>1$なら$F>F'>1$，$F<1$なら$F<F'<1$，$F=1$なら$F=F'=1$となる。つまり丁度限界釣合い状態であれば、どちらの方法で計算しても問題ないが、従来の方法で1以上の安全率が得られた場合、少し考え方を変えれば、従来法より低い安全率が計算されることになる。

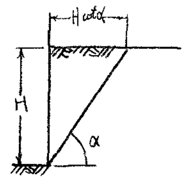
図-2

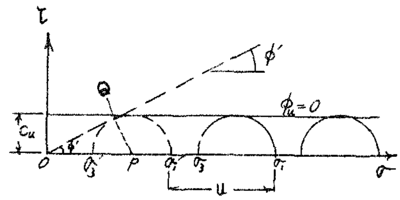


2. 有効応力解析と全応力解析

限界釣合い状態にある土構造物は、どちらの方法で解析されようが安全率1をもっているはずである。このことを飽和粘土の鉛直切取面の築造直後の状態について証明する。解析を簡単にするため，非排水強度c_uは深さに関せず一定で、有効応力で表わしたモールの破壊包絡線は，$c'=0$，$\phi'=constant$とし、破壊面はキレツの生じてない平面とする。このような状態での限界高さHは、土の単位体積重量をγとすると$4c_u/\gamma$に等しい。

図-3





a、全応力法

(4)式より $F=\frac{\Sigma c_u\cdot l}{\Sigma W\sin\alpha}=\frac{2c_u}{\gamma H\cos\alpha\cdot\sin\alpha}$，$\frac{dF}{d\alpha}$を0と置くと$\alpha=45°$が得られ，これを上式に入れると$F=1$となる。

b、有効応力法

平面すべり面であることと，$c'=0$を考慮すると

$$F=\frac{1}{\Sigma W\sin\alpha}\Sigma\tan\phi'(W\cos\alpha-u\cdot l)$$ となる。

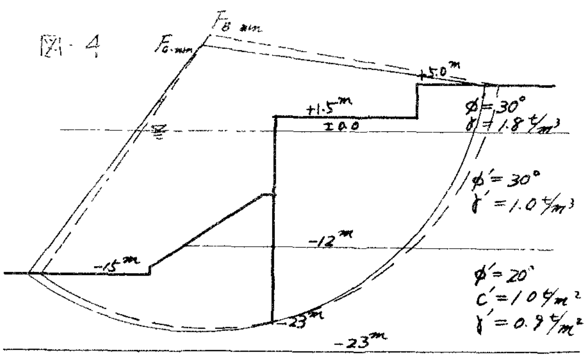
この式に$\sigma=\gamma H$，$c_u=\frac{\gamma H}{4}$，図-3の三角形OPQの幾何学的関係より得られる

$$u=\sigma-c_u\frac{\sin\phi'+1}{\sin\phi'}$$ を代入すると

$$F=\tan\phi'\left\{\cot\alpha-\frac{1}{\sin2\alpha}\frac{\sin\phi'+1}{\sin\phi'}\right\}$$

$\frac{dF}{d\alpha}$を0と置くと $\alpha=45°+\frac{\phi'}{2}$ という関係が得られ、これを上式に代入すると$F=1$が得られる。

図-4



3. 従来法、修正法，Bishop法の間の関係

そこで一例として図-4のような岸壁のすべりに対する安全率を1で述べた方法を使って比較してみた。その結果は

(1)式で示した従来の方法では　$F_c=1.010$

(1)式の修正…(6)式の考え方では　$F'=1.008$

(3)式で示したBishop法では　$F_B=1.232$

1.で述べたごとく，F_cが1に近い値なのでF'との差は殆んどないが、小さい値が出ることは確かである。またBishop法で安全率を求めると、F_cより高い安全率が得られ、しかも限界円の中心が移動した。