III－71　c－φ土から成る鉛直斜面の３次元安定計算法

群馬大学　正会員　鵜飼恵三

１．まえがき

筆者はすでに粘土斜面の３次元安定解析法を提案し計算結果を得ている。現実の斜面はc－φ土から成る場合も多く，実際，狭い谷につくられたフィルダム[1]や泥水掘削壁面[2]の安定性を調べる場合には３次元安全率を得ることが重要な課題となる。本研究では，第１段階として標題の如き斜面の３次元安定計算法を提案する。

２．くさび形すべり面

３次元すべり面形状の最も簡単なものは図.１のようなくさび形である。すべりの方向はy軸に垂直であるとする。極限平衡法にもとづいて計算すると３次元安全率F_3は式(1)で与えられる。

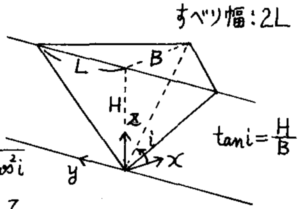

図.１　くさび形すべり面

(1)　$F_3 = 3\frac{c}{\gamma H}\sqrt{(L/H)^2+\cos^2 i}\Big/\{(L/H)\sin i\cos i\} + \cot i\tan\phi(L/H)\Big/\sqrt{(L/H)^2+\cos^2 i}$

式(1)で$F_3=1$とおき，与えられたφ，(L/H)のもとですべり角iを変化させて$\left(\frac{\gamma H}{c}\right)$の最小値を計算すると図.２の実線のようになる。ただし，$\left(\frac{\gamma H}{c}\right)_{min}$を２次元（平面すべり）の最小値$4\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2}\right)$で割った値をたて軸にとった。図.２より３次元効果は斜面の安定性を増加させることがわかる。すべり幅(2L)が大きくなると，たて軸の値は1.5に近づく。$L\to\infty$の場合には２次元状態になるはずだからこの値は１に近づくべきである。この意味で，くさび形すべり面の仮定はあまり好ましくないと言える。

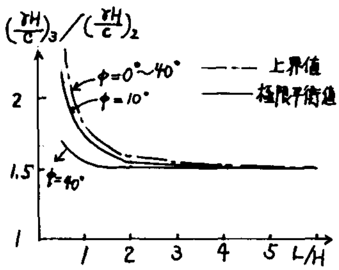

図.２　$\frac{\gamma H}{c}$の最小値とすべり幅の関係

図.１のようなすべりに対して極限解析の上界定理の適用が可能である。ただし，すべり面上では関連流れ則が成り立つと仮定した。計算結果を図.２に一点鎖線で示す。この場合にも，$L\to\infty$のとき，たて軸の値は1.5となる。

$L\to\infty$のとき２次元状態に近づくようにするための一つの方法は，すべり面形状を図.３のように仮定し，上界定理を適用することである。ただし，すべり土塊の側面と底面及び△abc面と△a'b'c'面では関連流れ則を満たすすべりが生じると仮定する。この計算方法と結果は省略する。

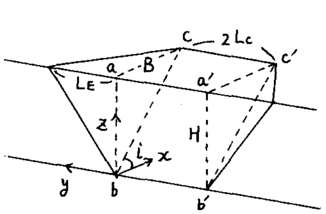

図.３　改良くさび形すべり面

３．曲面形すべり面

斜面安定の２次元問題では，円形もしくは対数らせんのすべり面を想定し，すべり土塊がある点のまわりに回転すべりを起こすと仮定することが普通である。ここでは，y軸に平行な直線を回転軸に持つような３次元すべり面形状について論じる。すべり面の方程式を$z(x,y)$とすると，すべり面に垂直な単位ベクトルは$\left(-\frac{z_x}{\Delta}, -\frac{z_y}{\Delta}, \frac{1}{\Delta}\right)$　$\left(\Delta=\sqrt{z_x^2+z_y^2+1}\right)$で表される。いま，すべり土塊はy軸に垂直な方向に回転すべりを生じるとし，すべり面上で関連流れ則が成り立つとすると，多少の計算の後，すべり面形状の式として次式を得る。

(2)　$R^2\tan^2\phi\left\{1+\left(\frac{\partial R}{\partial y}\right)^2\right\}=\left(\frac{\partial R}{\partial\theta}\right)^2$　　：$R(y,\theta)$は回転軸からすべり面までのアーム長。

上式を満たす曲面形として，(i) $R=T(\theta)\cdot Y(y)$（変数分離），や(ii) $R=R(\theta-\alpha y)$ $(\alpha>0)$，などが考えられる。このような仮定式を式(2)に代入して$R(y,\theta)$の具体的な形を求めた後，上界計算を行なうと，$\frac{\gamma H}{c}$の上界値が得られる。