

III-101 地震時円形すべりに対する一試案

富山県立技術短期大学 正員 山野隆康

[1] まえがき

水没部分を有する斜面の安定を分割法によって検討する場合、すべり円は図-1のように水面上の点Dまで描き、ABCD内のすべての土、水の重量を、起動モーメントの成因であるとして扱うのが普通である。しかし震度法を用いて地震時の安定を検討する際は、ABCDA内の土、水のみが慣性力を受け、BC面から左側の貯水は地震に無関係なものとする方法がとられている。これでは一貫性に欠けている。このことを補うる試案を提供する。

[2] 水の重量に起因する起動力

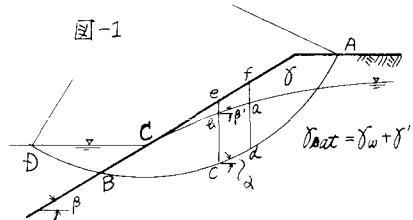
図-1の分割片fecdについて考える。地震時の起動力Tは

$$T = T_s + T_w$$

$$T_s = (\square feba \cdot \gamma + \square aecd \cdot \gamma') \sin(\alpha + \theta) / \cos \theta \quad (1)$$

$$T_w = \square aecd \cdot \gamma_w \sin(\alpha + \theta) / \cos \theta \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} k_e, \quad k_e: \text{水平震度}$$



円形すべり面を仮定し、分割片の全境界面に作用する水圧が地震時においても変化しないとすれば、起動モーメントの算定に考慮しなくてもよい。

しかし筆者はad、bc面に働く地震時の水圧を以下のように取り扱うこととする。 $\overline{cd} = l$ とする。

$$\overline{ad} / \cos \theta = \overline{ad}, \quad \overline{ac} / \cos \theta = \overline{ac} \quad \text{として図-2のように表わせば}$$

$$T_w = \square a' a' c d \cdot \gamma_w \sin(\alpha + \theta) \quad (3)$$

Q次比較的小さければ $\square a' a' a a \approx \square a' c c'$ を考慮し、流線方向の水圧 P_{wa} 、 P_{wc} の差 ΔP_w を T_w の算定に加味する。 $\overline{ad} = H$ とし、流線を水面a'mの方向と考えればm点の単位水圧は

$$P_w = \gamma_w H \cos \beta', \quad P_w を鉛直方向と流線方向に分解すれば P_w / \cos \beta' が流線方向の分力となる。$$

$$\overline{ac}' = H + l \cos \alpha \{ \tan(\alpha + \theta) - \tan \beta' \} \quad \text{であるから、分割片を微小中にとて}$$

$$\Delta P_w = P_{wa} - P_{wc} = \gamma_w H l \cos \alpha \{ \tan(\alpha + \theta) - \tan \beta' \} \cos \beta' \quad (4)$$

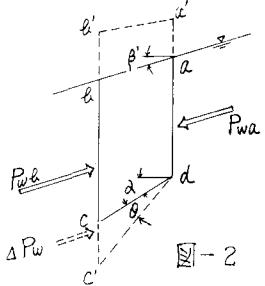


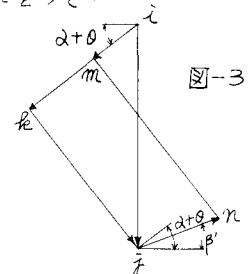
図-3において $i_f = \square aecd \cdot \gamma_w / \cos \theta$, $i_n = \Delta P_w$ とする

$$T_w = i_f \sin(\alpha + \theta) = \gamma_w H l \cos \alpha \sin(\alpha + \theta) / \cos \theta = i_k \quad (5)$$

$$\Delta P_w を加味した起動力 T'_w は T'_w = i_m = T_w - T_{wR} \quad (6)$$

$$\therefore \text{こに } T_{wR} = i_k = \gamma_w H l \cos \alpha \{ \tan(\alpha + \theta) - \tan \beta' \} \cos \beta' \cos(\alpha + \theta - \beta') \quad (7)$$

$\theta = 0$ のとき $T_{wR} = 0$ となる。



すべり円の全区間にわたって $\beta' = 0$ である場合、図のように記号をつけて

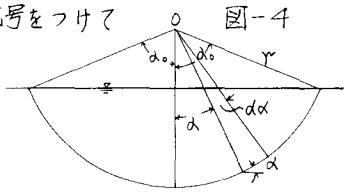
$$dT_w = \gamma_w r^2 (\cos \alpha - \cos \alpha_0) \cos \alpha \sin(\alpha + \theta) \sec \theta \, d\alpha$$

$$\sum T_w = \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} dT_w = \gamma_w r^2 k \lambda \quad (8)$$

$$\text{ここで } \lambda = \sin \alpha_0 (1 + \frac{1}{3} \sin^2 \alpha_0) - \alpha_0 \cos \alpha_0.$$

$$\sum T_{wR} = \gamma_w r^2 \sin \theta \cdot \lambda \quad (9)$$

$$\sum T'_w = \sum T_w - \sum T_{wR} = \gamma_w r^2 (k - \sin \theta) \lambda \quad (10)$$



(3) 水没した無限斜面における計算例

図-5のようなA, B 2点を通る各種の円形すべり面について、安全率 F_s を比較してみた。

$$W' = \gamma' \Delta abcd, \quad W = \gamma_{sat} \Delta abcd \text{ とする。}$$

$$M_0 = c \sum_B \bar{cd} + \left\{ \sum_B W' \cos \alpha - k \sum_B W \sin \alpha \right\} \tan \phi' \quad (11)$$

$$M_1 = \sum_B W' \sin \alpha + k \sum_B W' \cos \alpha + \sum T_w$$

$$M_2 = \sum_B W' \sin \alpha + k \sum_B W' \cos \alpha + \sum T'_w$$

$$M_3 = \sum_B W' \sin \alpha + k \sum_B W \cos \alpha$$

$$F_{s1} = M_0 / M_1, \quad F_{s2} = M_0 / M_2, \quad F_{s3} = M_0 / M_3 \quad (12)$$

計算にあたっては、 $k = 0.2$, $\gamma_{sat} = 2.0 \text{ t/m}^3$, $\gamma' = 1.0 \text{ t/m}^3$, $C' = 1.0 \text{ t/m}^2$, $\tan \phi' = 1.0$ を用いた。

(4) 考察

$\beta = 25^\circ$ の場合の計算結果を図-6 に示す。 F_{s2} と F_{s3} は $r_n = 55 \text{ m}$

図-6

付近で交差しているが、この交点Qは β を増大させると原点側に移動するものである。 F_{s3} はまえがきで述べた普通の方法による安全率である。起動モーメントの算定において、すべり円内の水領域に働く慣性力をフルに加算したのが F_{s1} である。筆者の提案による F_{s2} は、水没斜面に生ずる表層すべりの検討において、従来普通に用いられてきた方法のみでは不十分であることを示すものと考えられる。なお $C' = 0$ としたときにも図-6 は同様な傾向で描かれる。また(11)式を書き替え、図-1における水面を地盤面ABに一致するものとして計算した場合は、 F_{s2} 、 F_{s3} がほぼ同じ間隔で描かれ、交差はみられなくなる。

