

(30) 地震動を考慮した地すべり地の安定計算

東京大学農学部 ○川邊 洋・山口伊佐夫

1. はじめに

地震動に対する地すべり地の応答特性については、昨年の砂防学会で発表した。ここでは、その結果を地すべり地の安定計算に導入する方法と適用例について述べる。

2. 地盤内の最大加速度・最大剪断応力の推定

簡単のために地盤を基盤層と地表層からなる二層構造と考える。波動方程式を適当な境界条件のもとで解くと次のようになる。

$$y_j = A_j \exp\{i(\omega t + k_j x_j)\} + B_j \exp\{i(\omega t - k_j x_j)\} \quad \dots (1)$$

$$A_1 = B_1 = A, \quad A_2 = A \{ \cos(k_i H) + i d \sin(k_i H) \}, \quad B_2 = A \{ \cos(k_i H) - i d \sin(k_i H) \}$$

$$k_j = \omega / V_{sj}^*, \quad V_{sj}^* = \sqrt{\rho_s^* / \beta_s^*}, \quad d = \rho_i V_{si}^* / \rho_s V_{sj}^*, \quad M_j^* = \mu_j + i \nu_j' = \mu_j (1 + i Q_j')$$

ここで、地表層を第1層、基盤層を第2層として、 y_j は第 j 層の変位振幅、 x_j は第 j 層の上面から下方に測った深さ、 A_1 は地表面への入射波の振幅、 B_1 は地表面で反射して下方へ向かう波の振幅、 A_2 は基盤層から地表層に向かう入射波の振幅、 B_2 は境界面で反射して下方に向かう反射波の振幅、 H は地表層の厚さ、 V_{sj}^* は第 j 層の複素S波速度、 ρ_s^* は土の密度、 μ_j^* は複素剛性率、 μ_j は剛性率、 ν_j' は動的損失、 Q_j' はQ値（增幅に関する定数）である。

地表層中の任意の深さ x_1 の加速度は(1)式より、

$$\frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} = a_1(\omega, x_1) = -2A\omega^2 e^{i\omega t} \cos(k_i x_1) \quad \dots (2)$$

と表わされる。また、剪断応力は

$$\tau_1(\omega, x_1) = M_i^* \frac{\partial y_1}{\partial x_1} = -2Ae^{i\omega t} M_i^* k_i \sin(k_i x_1) \quad \dots (3)$$

であるから、その比をとると

$$\tau_1/a_1 = (M_i^* k_i / \omega^2) \cdot \tan(k_i x_1) = \rho_i x_1 \cdot \tan(k_i x_1) / (k_i x_1) \quad \dots (4)$$

となる。ここで極く地表付近についてのみ考えると、 $|k_i x_1| = |\omega x_1 / V_{sj}^*| \ll 1$ と考えてよい。従って $\tan(k_i x_1) \approx k_i x_1$ となり、(4)式は

$$\tau_1(\omega, x_1) \approx \rho_i x_1 a_1(\omega, x_1) \quad \dots (5)$$

以上より、まず(2)式によって深さ x_1 での加速度を求め、更にそれと(5)式より剪断応力を計算すれば、それぞれの最大値が各深さでの最大加速度、最大剪断応力になる。

3. 安定計算への適用の方法

地震力の導入の方法には、次の二通りが考えられる。一つは地震により発生する剪断応力がすべり面に働くとしたもので、

$$\sum W_i \sin \theta_i + c \sum l_i = k \{ (\sum W_i \cos \theta_i - \sum U_i l_i) \tan \phi + c \sum l_i \} \quad \dots (6)$$

もう一つはそれぞれのスライスに加速度に伴う力が働くとした場合で、

$$(1-d_v) \sum W_i \sin \theta_i + d_H \sum W_i \cos \theta_i = k \{ [(1-d_v) \sum W_i \cos \theta_i - d_H \sum W_i \sin \theta_i - \sum U_i l_i] \tan \phi + c \sum l_i \} \dots (7)$$

ここで、 W_i は各スライスの自重、 l_i はすべり面の長さ、 θ_i はその傾き、 U_i は間隙水圧、 $\tan \phi$ は摩擦

