

粘性土の地震時受働土圧の算定

名古屋大学 正員 市原 敏平  
 名古屋大学 ○中根 進

リコロフスキーの塑性理論を用いて粘性土の地震時受働土圧の算定を行なった。得たる結果を簡便法による値と比較した。

1 境界条件 (a) 地表面の  $\psi_1$  と  $\tilde{\sigma}$

地表面では次式が成立する。すなわち、

$$\sigma_u = q_E \cos \beta_0, \tau_{uv} = -q_E \sin \beta_0 \dots (1) \quad \text{ここに } \beta_0 = \beta - \theta_0,$$

$q_E = \gamma / \cos \beta_0$ 。地表面上で換算荷重を  $p_0$ 、換算荷重の地表面に対する傾角を  $\delta_0$  とすると次式が成立する。  
 $p_0 \cos \delta_0 = \sigma_u + c \cot \phi = q_E \cos \beta_0 + c \cot \phi, \quad -p_0 \sin \delta_0 = \tau_{uv} = -q_E \sin \beta_0 \dots (2)$  式(2)の応力を Mohr の円に表示すると、 $p_0 \cos \delta_0 = \tilde{\sigma} (1 + \sin \phi \cos 2\psi_1), \quad p_0 \sin \delta_0 = \tilde{\sigma} \sin \phi \sin 2\psi_1 \dots (3)$  となる。ここに  $\psi_1$  は最大主応力面からはかった  $u$  面までの角度、 $\tilde{\sigma}$  はクーロンの破壊包絡線の交点からはかった Mohr の円の中心までの距離。上式から受働状態の  $\psi_1$  と  $\tilde{\sigma}$  は、 $2\psi_1 = \delta_0 - \Delta_0 - \pi, \quad \tilde{\sigma} = p_0 \sin \Delta_0 / \sin(\Delta_0 - \delta_0) \dots (4)$  ただし、 $\sin \Delta_0 = \sin \delta_0 / \sin \phi, \quad \frac{\pi}{2} \geq \Delta_0 \geq -\frac{\pi}{2}$ 。

(b) 壁背面の  $\psi_1$

図-1(b)のように壁面に作用する換算応力  $p$ 、その傾角を  $\delta$  とする。実応力は  $\sigma_n$  と  $\tau_{nt}$  である。  
 $p \cos \delta = \sigma_n + c \cot \phi = \tilde{\sigma} (1 + \sin \phi \cos 2\psi), \quad p \sin \delta = -\tau_{nt} = \tilde{\sigma} \sin \phi \sin 2\psi \dots (5)$   $\psi$  は最大主応力面からはかった  $n$  面までの角度で、 $\psi = (\Delta + \delta) / 2$  で与えられる、ここに  $\sin \Delta = \sin \delta / \sin \phi, \quad \frac{\pi}{2} \geq \Delta \geq -\frac{\pi}{2}$ 。  
 $\psi_1$  と  $\psi$  の関係より  $2\psi_1 = \Delta + \delta + 2(\rho - \alpha_1) - \pi \dots (6)$  である。また壁面での換算応力  $p$  は、次式で与えられる。  
 $p \cos \delta = \tilde{\sigma} \cos \delta (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \delta}) \dots (7)$  壁面における  $\tilde{\sigma}$  さえわかれば壁面に作用する土圧  $\sigma_n$  と  $\tau_{nt}$  がわかる。

2 漸化式

図-2は  $\gamma = 0$  として図-1(a)を  $\xi - \eta$  面に写像したものである。図-1の  $O A_0$  は図-2の線分  $O_1 A_0$  となる。 $O_1 A_0$  より計算をはじめ図-2の  $O_2 A_2$  における  $u, v, \psi_1, \tilde{\sigma}$  を決定するに当たって次の漸化式を用いる。

$$u_{i,j} = \frac{v_{i,j-1} - v_{i-1,j} + u_{i,j-1} \tan(\psi_{i,j-1} - \mu) - u_{i-1,j} \tan(\psi_{i-1,j} + \mu)}{\tan(\psi_{i,j-1} - \mu) - \tan(\psi_{i-1,j} + \mu)}$$

$$v_{i,j} = v_{i-1,j} - (u_{i,j} - u_{i-1,j}) \tan(\psi_{i-1,j} + \mu)$$

$$\tilde{\sigma}_{i,j} = \frac{\gamma(AC \tilde{\sigma}_{i,j-1} + BD \tilde{\sigma}_{i-1,j}) + 2\tilde{\sigma}_{i,j-1} \tilde{\sigma}_{i-1,j} \{1 - (\psi_{i,j-1} - \psi_{i-1,j}) \tan \phi\}}{\tilde{\sigma}_{i,j-1} + \tilde{\sigma}_{i-1,j}} \dots (8)$$

$$\psi_{i,j} = \frac{\tilde{\sigma}_{i-1,j} - \tilde{\sigma}_{i,j-1} + 2 \tan \phi (\tilde{\sigma}_{i-1,j} \psi_{i-1,j} + \tilde{\sigma}_{i,j-1} \psi_{i,j-1}) + \gamma(AC - BD)}{2(\tilde{\sigma}_{i,j-1} + \tilde{\sigma}_{i-1,j}) \tan \phi}$$

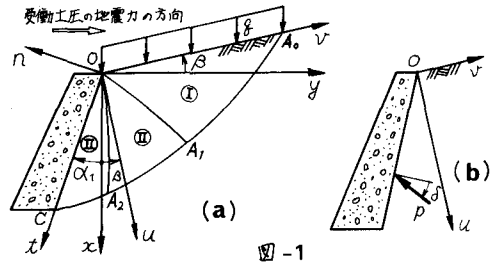


図-1

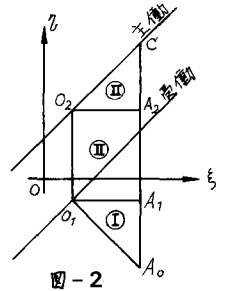


図-2

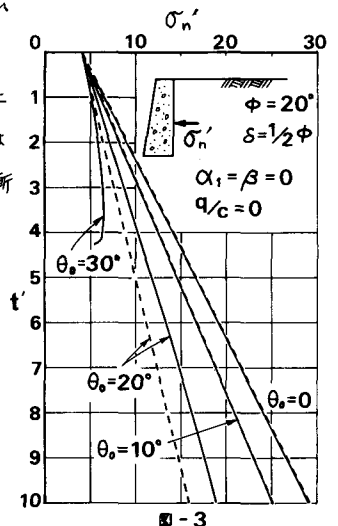


図-3

$$A = \cos(\beta_0 - \phi) / (\cos \phi \cdot \cos \beta_0)$$

$$B = \cos(\beta_0 + \phi) / (\cos \phi \cdot \cos \beta_0)$$

$$C = U_{i,j} - U_{i-1,j} - (V_{i,j} - V_{i-1,j}) \tan(\beta_0 - \phi)$$

$$D = U_{i,j} - U_{i,j-1} - (V_{i,j} - V_{i,j-1}) \tan(\beta_0 + \phi)$$

上式は既知の2つの節点 $(i-1, j)$ ,  $(i, j-1)$ から未知の節点 $(i, j)$ の $U$ ,  $V$ ,  $\tilde{\sigma}$ ,  $V_i$ の値を決定する差分式である。また領域 $\Delta C O_2 A_2$ であらわされる混合境界値問題を解くために次の漸化式が用いられる。

$$U_{i,j} = \frac{V_{i,j-1} + U_{i,j-1} \tan(\psi_{i,i,j-1} - \mu)}{\tan(\psi_{i,i,j-1} - \mu) - \tan(\beta - \alpha_1)}$$

$$V_{i,j} = \frac{V_{i,j-1} + U_{i,j-1} \tan(\psi_{i,i,j-1} - \mu)}{-\tan(\psi_{i,i,j-1} - \mu) + \tan(\beta - \alpha_1)} \tan(\beta - \alpha_1)$$

$$\tilde{\sigma}_{i,j} = \tilde{\sigma}_{i,j-1} + 2\tilde{\sigma}_{i,j-1}(V_{i,i,j} - V_{i,i,j-1}) \tan \phi + YBD$$

----- (9)

#### 4 無次元化計算

上式の漸化式における $\gamma$ , 境界条件における $C$ と $\gamma$ をそれぞれ $C=1$ ,  $\gamma=1$ とおけば漸化式と境界値は容易に無次元化できる。このような無次元化は、1つの計算結果を利用して、種々の $C$ ,  $\gamma$ に対応した値を得るために行なうものである。

#### 5 計算結果

$\theta_0$ ,  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $\beta$ ,  $\alpha_1$ ,  $q/c$ を変化させて $\sigma'_n$ ,  $\tau_{nt}$ を求めた。その一例として、図-3は $\delta = \frac{1}{2}\phi = 10^\circ$ ,  $\alpha_1 = \beta = 0$ ,  $q/c = 0$ で $\theta_0$ を変化させた場合の $\sigma'_n$ の分布を実線を示す。 $\tau_{nt}$ の分布は $-(\sigma'_n + \cot \phi) \tan \delta$ で与えられる。点線は、 $\sigma'_n = \sigma'_{nr} + \sigma'_{nc}$ として求めたものである。ここに $\sigma'_{nr}$ は $C=0$ として求めた垂直土圧、 $\sigma'_{nc}$ は $\gamma=0$ として求めた垂直土圧である。図-4は $\theta_0 = 10^\circ$ ,  $\delta = \frac{1}{2}\phi = 10^\circ$ ,  $\alpha_1 = 0$ ,  $q/c = 0$ で $\beta$ を変化させた場合の $\sigma'_n$ の分布を示す。

図-5は $\theta_0 = 10^\circ$ ,  $\delta = \frac{1}{2}\phi = 10^\circ$ ,  $\beta = 0$ ,  $q/c = 1$ で $\alpha_1$ を変化させた場合の $\sigma'_n$ の分布を示す。図-6は図-3における $\theta_0 = 30^\circ$ の場合のスベリ線網を示す、地表面に平行な不連続線が、 $u_s = 4.69$ にあらわれていることに注意を要する。

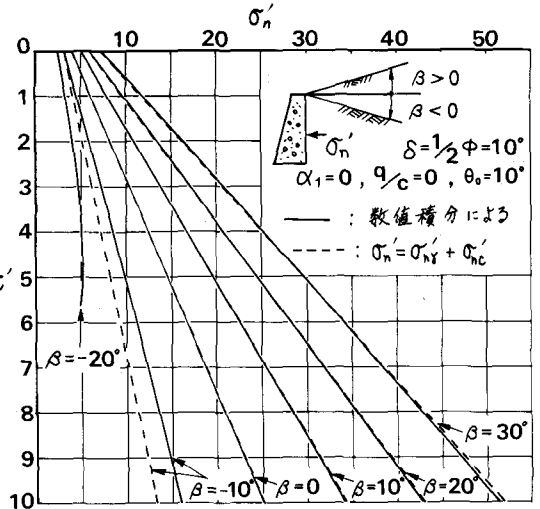


図-4

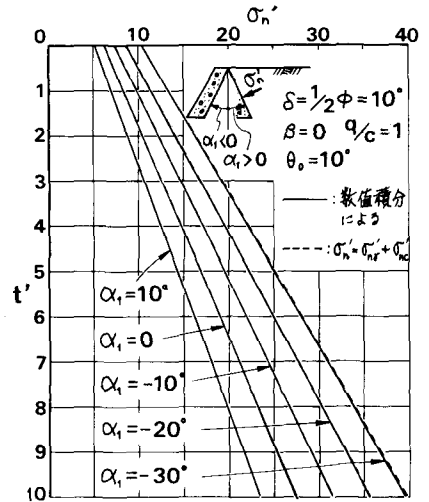


図-5

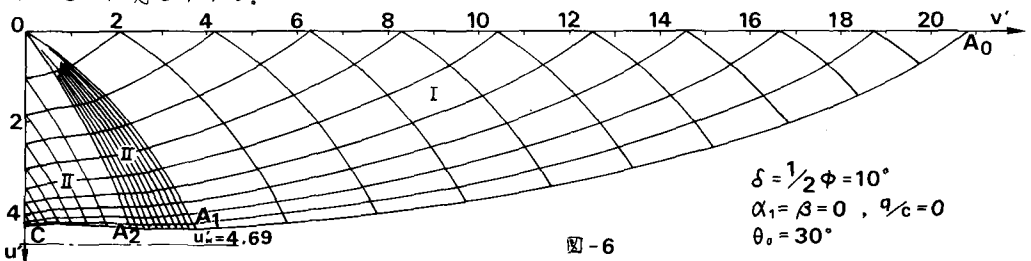


図-6