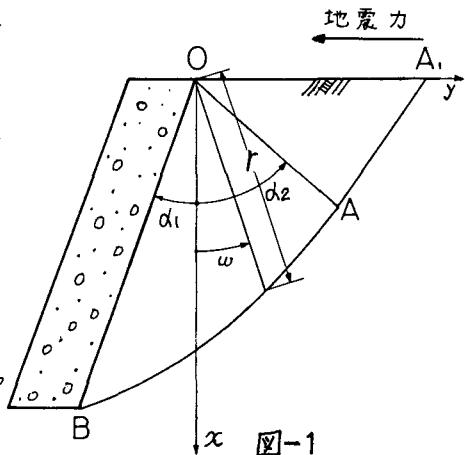


φ材による地震時主働土圧の算定

中部工業大学大学院 学 宇都宮 洋一
 中部工業大学 正 市原 松平
 中部工業大学 正 山田 公夫

1. まえがき

土の強度が ϕ のみに依存している場合の地震時主働土圧を裏込め土のてんば面が 水平な場合 ($\beta=0$) で、擁壁背面の傾角が、 $\alpha_1 = -30^\circ \sim -60^\circ$ の特殊な場合について算定した。土圧の算定は、Sokolovski が示した塑性論に基がき、すべり面に沿うて ϕ と ψ を数値積分して求めた。壁面で仮定した応力は、近似値として、C, ϕ 材で求めた土圧係数 k_{AEF} から求めた S_0 (後述) を用いた。 ϕ が、小になり、すなわち、 $-\phi$ が大になり、 $\alpha_1 \leq \alpha_* = \phi - \pi/2 - \theta_0$ になると 土圧算定が不可能になる。ここに、 θ_0 は、 $\tan \theta_0 = \alpha/g$ (α : 水平加速度) で与えられる。 $\alpha_1 > \alpha_*$ でも α_1 が α_* に接近する場合には、精度のよい土圧を算定することが困難である。したがって、ここでは、その場合の精度の向上法についても述べる。



2. 土圧算定法

図-1 のように極座標を考える。その座標での釣合い方程式は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{r}_f}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tilde{r}_w}{\partial w} + \frac{\tilde{r}_f - \tilde{r}_w}{r} &= f_0 \cos(w + \theta_0) \\ \frac{\partial \tilde{r}_w}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tilde{r}_w}{\partial w} - \frac{2 \tilde{r}_w}{r} &= -f_0 \sin(w + \theta_0) \end{aligned} \quad \cdots (1)$$

ここで、 $f_0 = k/cos\theta_0$

また、極限応力状態において応力は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \tilde{r}_f &= \tilde{r}_w (1 + \sin \phi \cos 2\psi) \\ \tilde{r}_w &= \tilde{r}_w (1 - \sin \phi \cos 2\psi) \\ \tilde{r}_w &= \tilde{r}_w \sin \phi \sin 2\psi \end{aligned} \quad \cdots (2)$$

ここで、 ψ は最大主応力面からはかってト面までの角度である。そして、次の S なる関数を導入する。

$$\begin{aligned} \psi &= \psi(w) \\ \tilde{r}_w &= f_0 \cdot r \cdot S(w) \end{aligned} \quad \cdots (3)$$

式(1), (2), (3)から 次式(4)が、得られる。そして、式(4)を差分の形にして漸化式を求める。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dw} &= \frac{\sin \{2\psi - (w + \theta_0)\} - S \sin 2\psi}{\cos 2\psi - \sin \phi} \\ \frac{d\psi}{dw} - 1 &= \frac{\cos(w + \theta_0) - \sin \phi \cos \{2\psi - (w + \theta_0)\} - S \cos^2 \phi}{-2S \sin \phi (\cos 2\psi - \sin \phi)} \end{aligned} \right\} \cdots (4)$$

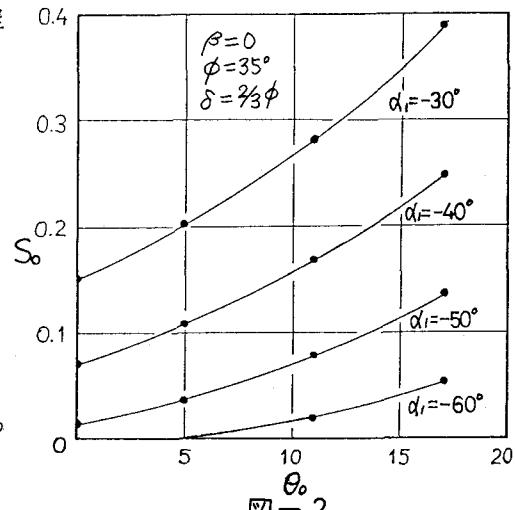


図-2

主働土圧では、OA線に沿う ψ , w , s は、次式(5)で、また、壁背面では、次式(6)で与えられる。

$$\begin{aligned}\psi &= \mu = \frac{\pi}{4} - \phi/2 \\ w &= (\beta_0 - \Delta_0)/2 + \mu - \theta_0 \\ s &= \cos(\alpha_1 - \beta) \cdot (1 - \lambda) / (\cos^2 \phi \cdot \cos \theta_0)\end{aligned}\quad \left\{ \text{---(5)} \right.$$

$$\begin{aligned}\psi &= (-\delta + \Delta')/2 \\ w &= \alpha_1 \\ s &= s_0\end{aligned}\quad \left\{ \text{---(6)} \right.$$

$$\text{ここに, } \lambda = \sin^2 \theta_0 + \cos \theta_0 \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \theta_0},$$

$$\sin \Delta_0 = \sin \theta_0 / \sin \phi, \quad \theta_0 = \beta + \theta_0.$$

$$\text{ここに, } \sin \Delta' = \sin \delta / \sin \phi,$$

$$s_0 \text{ は、壁背面での } s \text{ である。}$$

s_0 を仮定して漸化式によって、+mすり面に沿って計算を進め、OA線上の s と ψ を求める。この s が式(5)に示した s と合致するような s_0 の値を決定する。 s_0 と地震時主動土圧係数 K_{AE} との関係は、次式で与えられる。

$$K_{AE} = \frac{s_0 \cos \delta (\cos \delta - \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \delta})}{\cos \theta_0 \cdot \cos \alpha_1}$$

土圧合力は、 $P_{AE} = \frac{1}{2} \times H^2 \cdot K_{AE} / (\cos \delta \cdot \cos \alpha_1)$ で与えられる。

前述したように s_0 の近似値として、筆者らは、 (C, ϕ) 材から求めた K_{AE} を使用した。これが近似値として使用できるのは、 $\phi = 35^\circ$, $\delta = 2/3\phi$, $\alpha_1 = -30^\circ \sim -50^\circ$, $\theta_0 = 5^\circ$ 以上であり、 $\theta_0 = 0$ の場合、上記 K_{AE} による s_0 では、OA線上における s の合致をおこすことは、きわめて困難であった。筆者らは、図-2に示すように θ_0 を変化させて、 $\theta_0 - s_0$ 曲線を求め、 $\theta_0 = 0$ のときの s_0 を曲線上から推定して、 s_0 の近似値を求めた。なお、図-3に、 $\alpha_1 = -40^\circ$, $\theta_0 = 17^\circ$, $\phi = 35^\circ$, $\delta = 2/3\phi$ のときのすり面の一例を示す。また、図-4は、図-3と同じ ϕ , δ で、 $\alpha_1 = -50^\circ$, $\theta_0 = 0$ の場合である。また、表に求めた K_{AE} を示す。

$\alpha_1 = -60^\circ$ における $\theta_0 - s_0$ 曲線は、図-2に示されているように $\theta_0 = 0 \sim 5^\circ$ では s_0 が、負の値となる。従って、これは、解が求められない。地震時に裏込め土に作用する力の方向を鉛直とすれば、壁背面の水平面になす角度は、常時より反時計まわりに θ_0 だけ回転して、 $\pi/2 + \alpha_1 + \theta_0$ で与えられる(ただし、図-1の擁壁では、 $\theta_0 < 0$)。この角度は、内部摩擦角 ϕ よりも大でなければ、地震時に壁底からすり面が裏込め土中に発生しないことになる。従って、すり面による土圧算定が、可能なためには、次式が満足されなければならない。

$$\frac{\pi}{2} + \alpha_1 + \theta_0 > \phi$$

よって、解法が不可能な α_1 の大きさは、 $\alpha_1 \leq \phi - \frac{\pi}{2} - \theta_0$ となり、上述した条件は、これを満足している。

〔参考文献〕市原他、第14回土質工学研究発表会講演集、昭和54年6月。

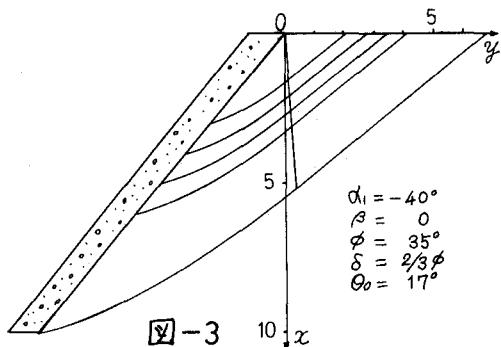


図-3

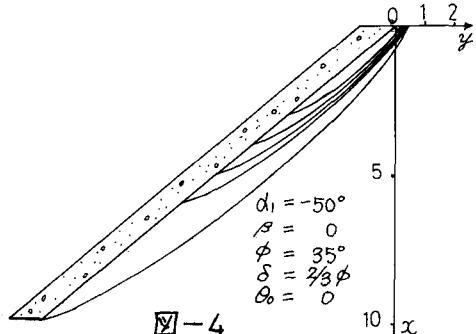


図-4

表. $\phi = 35^\circ$, $\delta = 2/3\phi$, $\beta = 0$ で α_1 と θ_0 を変化させた場合の K_{AE}

$\theta_0 \backslash \alpha_1$	-30°	-40°	-50°	-60°
0	0.0811 (0.0800)	0.0433 (0.0401)	0.0106 [0.0146]	**
5°	0.1098 (0.0920)	0.0674 (0.0663)	0.0292 (0.0254)	**
11°	0.1543 (0.1544)	0.1050 (0.1051)	0.0598 (0.0589)	0.0188 (0.0064)
17°	0.2169 (0.2139)	0.1576 (0.1562)	0.1037 (0.1044)	0.0529 (0.0289)

()内は (C, ϕ) 材の K_{AE} , **は算定不能, []は図-2の方法で決定