

(株)第一コンサルタント 右城 猛
(株)第一コンサルタント ○長山学史

1. まえがき

二段積み擁壁における下段擁壁の盛土面には、上段擁壁からの地盤反力が積載荷重として作用する。地盤反力は擁壁自重と土圧によるものであるから、この積載荷重は傾斜荷重となる。鉛直積載荷重の場合には、単純に裏込め土の重量に換算して土圧を計算することが可能である。しかし、傾斜積載荷重が作用する場合については、実用的土圧計算法が見あたらない。

本論文では、クーロン土圧理論を適用して、擁壁背後の盛土面に傾斜積載荷重が作用する場合の実用的土圧計算法を提案する。

2. 傾斜等分布荷重が作用する場合の主働土圧合力

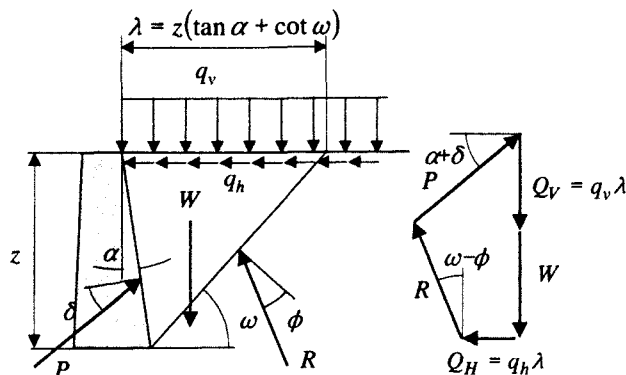


図-1 土楔に作用する力の関係

土楔の自重を W 、積載荷重の鉛直分力を q_v 、水平分力を q_h 、土楔上の積載荷重の須鉛直合力を Q_v 、水平合力を Q_H とすると、擁壁に作用する主働土圧合力 P は式(1)で表される。

$$P = \frac{(W + Q_v) \sin(\omega - \phi) + Q_H \cos(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \psi)} \quad (1)$$

ただし、

$$W = \frac{1}{2} \gamma \lambda z \quad (2)$$

$$Q_v = q_v \lambda, \quad Q_H = q_h \lambda \quad (3)$$

$$\lambda = z(\tan \alpha + \cot \omega) \quad (4)$$

$$\psi = \phi + \alpha + \delta \quad (5)$$

主働すべり角 ω は、式(6)の条件を満たすすべり角であるので、式(7)で求めることができる。

$$\frac{dP}{d\omega} = 0, \quad \frac{d^2P}{d\omega^2} \leq 0 \quad (6)$$

$$\omega = \tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{\tan^2 \psi - G - \tan \psi}} \quad (7)$$

ただし、

$$G = \tan \alpha \tan \psi + (\tan \alpha - \tan \psi) \frac{J_h + J_v \cot \phi}{J_v - J_h \cot \phi} \quad (8)$$

$$J_v = \left(\frac{1}{2} \gamma z + q_v \right) \frac{\sin \phi}{\cos \psi} z, \quad J_h = q_h \frac{\sin \phi}{\cos \psi} z \quad (9)$$

3. 主働土圧強度

地表面から任意の深さ z における主働土圧強度 p は、主働土圧合力 P を z で微分すればよく、式(10)で求められる。ただし、 P_v は盛土の自重と鉛直積載荷重による土圧合力、 P_H は水平積載荷重による土圧合力である。

$$p = \frac{dP}{dz} = \frac{dP_v}{dz} + \frac{dP_H}{dz} = p_v + p_h \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} p_v &= \frac{(-tu + su - st)J_v D + stu(\gamma z + q_v) \frac{\sin \phi}{\cos \psi}}{u^2} \\ p_h &= \frac{(tu \cot \phi + uv - tv)J_h D + tuvq_h \frac{\sin \phi}{\cos \psi}}{u^2} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$D = \frac{1}{2\Lambda^2 \sqrt{\tan^2 \psi - G}} (\Gamma - \Lambda \cot \phi) (\tan \alpha - \tan \psi) \gamma \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} \Gamma &= 2q_h + (\gamma z + 2q_v) \cot \phi \\ \Lambda &= \gamma z + 2q_v - 2q_h \cot \phi \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} s &= \cot \phi - \cot \omega \\ t &= \tan \alpha + \cot \omega \\ u &= \tan \psi + \cot \omega \\ v &= 1 + \cot \phi \cot \omega \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

なお、 $z=0$ における土圧強度は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} p_{v(0)} &= \frac{st}{u} \cdot \frac{\sin \phi}{\cos \psi} q_v \\ p_{h(0)} &= \frac{tv}{u} \cdot \frac{\sin \phi}{\cos \psi} q_h \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

$$p(0) = \frac{t \cdot \sin \phi}{u \cdot \sin \psi} (s \cdot q_v + v \cdot q_h) \quad (16)$$

4. 任意分布荷重への応用

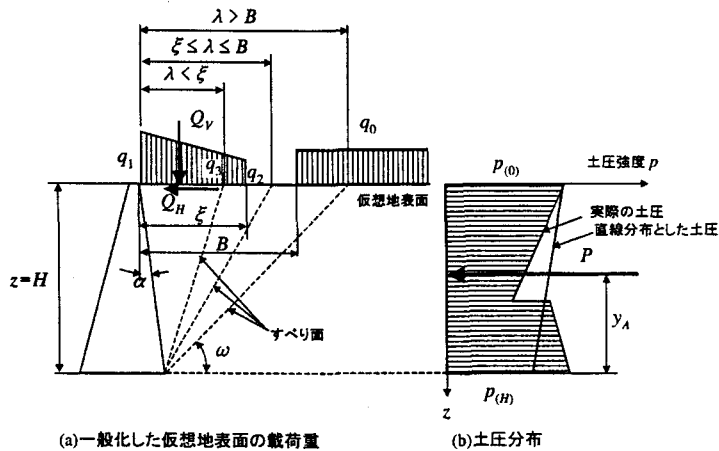


図-2 仮想地表面より上部に作用する荷重

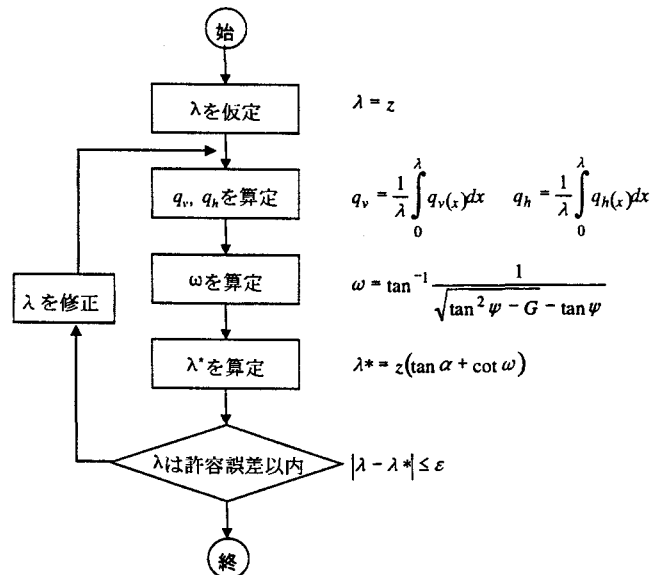


図-3 等価等分布積載荷重の算定法

図-2(a)に示すように、擁壁の上部に底面幅 B の擁壁が載っており、 ξ の範囲には台形分布となる地盤反力 Q_v , Q_h が作用し、上部擁壁の底版後方には鉛直等分布荷重 q_0 が作用する場合の土圧計算法を示す。

土圧を算定しようとする位置 $z=H$ での主動すべり角を ω とすると、土楔上の等価等分布積載荷重は式(17)～式(19)となる。 λ を式(4)で算定するには ω が既

知でなければならないが、 ω は q_v と q_h が既知でなければ求められない。このため、図-3 に示す要領で λ および ω を探索する必要がある。

$\lambda < \xi$ の場合

$$\left. \begin{aligned} q_v &= \frac{1}{2}(q_1 + q_3) \\ q_h &= \frac{Q_H}{\xi} \\ q_3 &= q_1 - \frac{q_1 - q_2}{\xi} \lambda \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$\xi \leq \lambda \leq B$ の場合

$$\left. \begin{aligned} q_v &= \frac{Q_V}{\lambda} \\ q_h &= \frac{Q_H}{\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$\lambda > B$ の場合

$$\left. \begin{aligned} q_v &= \frac{Q_V + q_0(\lambda - B)}{\lambda} \\ q_h &= \frac{Q_H}{\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

仮想地表面位置($z=0$)から擁壁下端($z=H$)まで z を微小増加させながら式(10)によって土圧強度を逐次計算すれば、土圧分布を求めることができる。

図 2(a)のような積載荷重が作用する場合の土圧分布は、図 2(b)のように不連続な土圧分布となる。しかし、このような計算は複雑である。実務上は、図 2(b)に示すように土圧合力が等値な台形分布と仮定するのがよい。このように仮定すれば、実際よりも土圧合力の作用高を高く評価するため、設計計算上安全側になる。

$z=0$ の土圧強度 $p_{(0)}$ は、式(16)で算定することができる。また、 $z=H$ までの土圧合力 P は、式(1)で算定ができるので、 $z=H$ における土圧強度 $p_{(H)}$ は次式で求められる。

$$p_{(H)} = \frac{2P}{H} - p_{(0)} \quad (20)$$

また、主動土圧合力の作用高さ y_A は式(21)の台形公式によって求めることができる。

$$y_A = \frac{H}{3} \cdot \frac{2p_{(0)} + p_{(H)}}{p_{(0)} + p_{(H)}} \quad (21)$$