

坂路擁壁の土圧評価法

(株)第一コンサルタント 右城 猛

1. まえがき

民地から本線道路へ出入りする坂路を設置する目的で、本線擁壁の前方に坂路擁壁を設置することがある。この場合、一般には、坂路擁壁は本線擁壁に接近して設置され、坂路擁壁の主働すべり面が本線擁壁に当たるため、クーロンの土圧公式を直接適用することはできない。

本論文は、本線擁壁の影響を考慮した合理的な土圧評価法を提案するものである。

2. 片持ばり式坂路擁壁が本線擁壁に密着する場合

図 1(a)に示すように本線擁壁に密着して片持ばり式坂路擁壁が設置される場合、坂路擁壁に作用する土圧は図 1(b)で説明される。

もしも本線擁壁が存在しないならば、坂路擁壁のかかと版上の土砂のうち、安息角($\approx \phi$)を超える ad 面より上方の土砂はすべり落ちるはずである。裏込め土が安定を保つことができるのは本線擁壁があるためである。

坂路擁壁が前方へわずかに移動すれば、裏込め土内部にすべり面 ac が発生し、くさび abc が形成される。このくさびに作用する力は、くさびの自重 W とすべり面からの反力 R および本線擁壁からの反力 P である。これらの 3 つの力のつり合いは図 1(b)の力の多角形で表される。ただし、 δ は壁面摩擦角 ($=2\phi/3$) である。

このことから明らかなように、本線擁壁からの反力 P は、壁面 ab に作用する主働土圧に他ならない。したがって、 P はクーロンの主働土圧公式によって容易に算出することができる。

安定性の照査は、図 1(c)に示すようにハッチングされた部分の擁壁自重 W_0 と主働土圧 P によって計算すればよい。なお、主働土圧 P の作用方向は上向きになることに注意する必要がある。

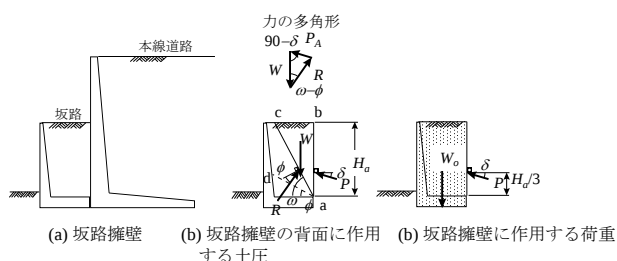


図 1 本線擁壁に密着した片持ばり式坂路擁壁に作用する土圧

3. 片持ばり式坂路擁壁が本線擁壁から離れる場合

片持ばり式坂路擁壁が図 2(a)に示すように本線擁壁から λ だけ離れている場合、擁壁の仮想背面 ab に作用する主働土圧は、すべり面 ad によって形成されるすべり土塊 abcd に作用する力のつり合いから求めることができる。

土塊 abcd に作用する力は、土塊 abcd の重量 W 、本線擁壁からの反力 P_1 、すべり面 ad からの反力 R 、仮想背面の反力 P の 4 個であり、これらの力のつり合い状態は図 2(c)で表される。すべり角 ω を仮定すれば、 W と全ての力の作用方向は既知となる。また、 P_1 は、cd 面に作用する主働土圧であるので、クーロンの主働土圧公式で算出可能である。結局、未知量は P と R の 2 個のみとなるので、力のつり合い条件より P を求めることができ、式(1)で表される。

$$P = \frac{\sin(\omega - \phi + \varepsilon) \cos(\alpha_1 + \delta_1)}{\cos(\omega - \phi) \cos(\varepsilon - \alpha_1 - \delta_1)} W \quad (1)$$

ただし、

$$\varepsilon = \tan^{-1} \frac{P_1 \cos(\alpha_1 + \delta_1)}{W - P_1 \sin(\alpha_1 + \delta_1)} \quad (2)$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \gamma \cdot H_1^2 K_{A1} \quad (3)$$

$$H_1 = \frac{\cos \alpha_1 \sin \omega}{\cos(\omega + \alpha_1)} (H \cot \omega - \lambda) \quad (4)$$

$$W = \frac{1}{2} \gamma \left\{ \cot \omega \cdot H^2 - \frac{\cos \alpha_1 \sin \omega}{\cos(\omega + \alpha_1)} (H \cot \omega - \lambda)^2 \right\} + q \cdot \lambda \quad (5)$$

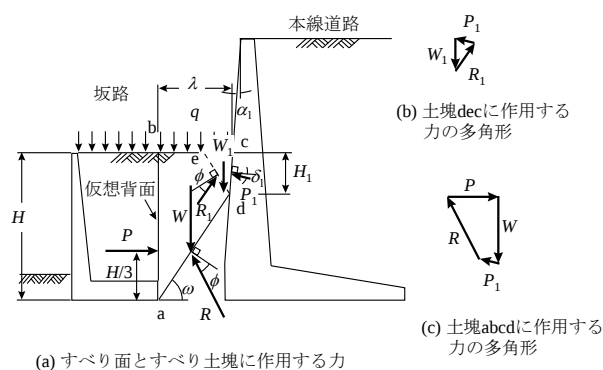


図 2 本線擁壁と離れた片持ばり式坂路擁壁に作用する土圧

ここに、 P は、片持ばり式坂路擁壁の仮想背面に作用する土圧合力。 P_1 は、図 2(a)の cd 面に作用する主働土圧合力。 W は、すべり土塊の重量。、 ε は、 P_1 と W の合力が鉛直面となす角。 λ は、片持ばり式坂路擁壁の仮想背面から本線擁壁までの距離。 H_1 は、地表面からすべり面が本線擁壁に当たる点までの深さ。 α_1 は、本線擁壁の壁面の傾斜角。 δ_1 は、本線擁壁と裏込め土の間の壁面摩擦角。 K_{A1} は、図 2(a)の cd 面の主働土圧係数。 q は、坂路上の载荷重である。

式(1)～式(5)において、すべり角 ω を変化させて計算し P の最大値を探索すれば、それが坂路擁壁の仮想背面に作用する主働土圧合力となる。

4. 重力式坂路擁壁の場合

壁面が α で傾斜した重力式の坂路擁壁が図 3(a)に示すように本線擁壁から λ だけ離れている場合、擁壁の背面 ab に作用する主働土圧は、片持ばり式擁壁の場合と同様の方法で算定することができ、式(3.73)、式(3.74)で表される。

$$P = \frac{\sin(\omega - \phi + \varepsilon) \cos(\alpha_1 + \delta_1)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta) \cos(\varepsilon - \alpha_1 - \delta_1)} W \quad (6)$$

$$W = \frac{1}{2} \gamma \left\{ (\tan \alpha + \cot \omega) H^2 - \frac{\cos \alpha_1 \sin \omega}{\cos(\omega + \alpha_1)} (H \cot \omega - \lambda)^2 \right\} + q(\lambda + H \tan \alpha) \quad (7)$$

なお、 ε 、 P_1 、 H_1 は、それぞれ式(2)、式(3)、式(4)で求められる。

坂路の重力式擁壁が図 4 のように本線擁壁と密着した場合には、式(8)で壁面 ab に作用する主働土圧 P_A を算定することができる。

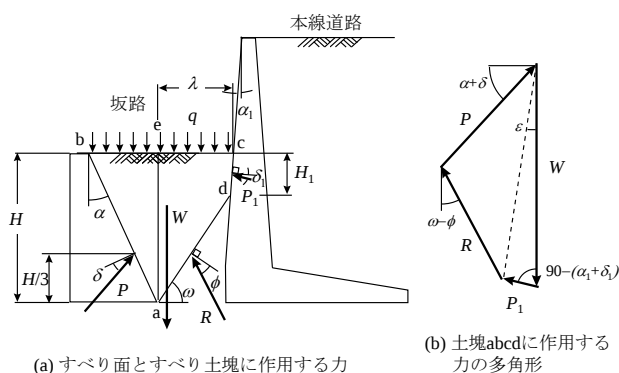


図 3 本線擁壁と離れた重力式坂路擁壁に作用する土圧

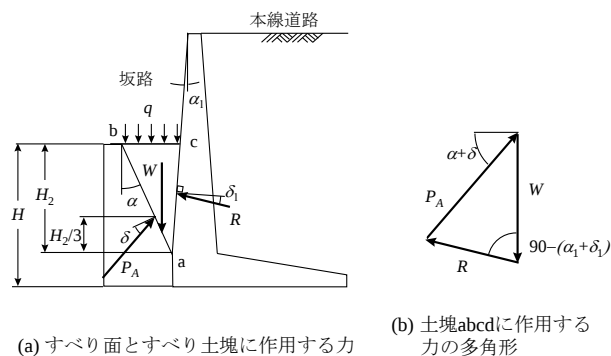


図 4 本線擁壁と密着した重力式坂路擁壁に作用する土圧

$$\left. \begin{aligned} P_A &= \frac{\cos(\alpha_1 + \delta_1)}{\sin(\alpha + \delta + \alpha_1 + \delta_1)} W \\ W &= H_2 \left(\tan \alpha + \tan \alpha_1 \right) \left(\frac{1}{2} \gamma \cdot H_2 + q \right) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

5. 試算例

坂路擁壁が重力式擁壁である場合について、擁壁に作用する主働土圧 P_A が本線擁壁との距離 L によってどのように変化するか計算すると図 5 となる。

ただし、計算は、擁壁高 $H=5.0\text{m}$ 、壁面勾配 1:0.3、裏込め土は $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ 、 $\phi=35^\circ$ 、 $c=0$ 、载荷重は $q=10 \text{ kN/m}^2$ としている。

坂路擁壁が本線擁壁に接近するほど、土圧は小さくなるのがわかる。

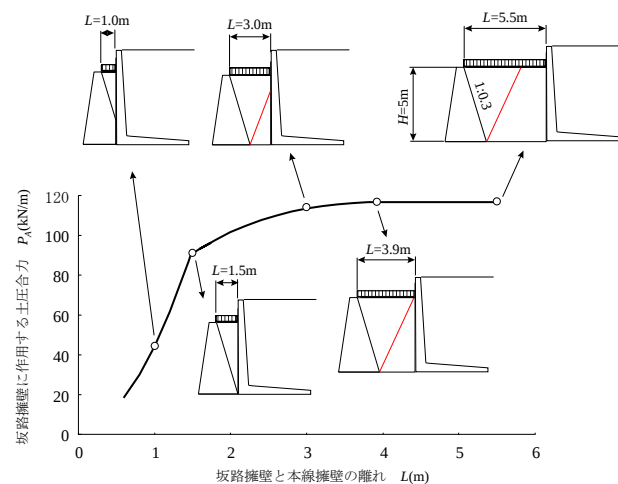


図 5 本線擁壁までの距離と坂路擁壁に作用する土圧の関係

6. あとがき

本論文で提案した土圧算定式を適用すれば、本線擁壁との距離を考慮した坂路擁壁の土圧が合理的に算出できるといえる。