

Ⅲ－22 切土部擁壁に作用する主働土圧の簡便算定法

(株) 第一コンサルタント 正員 ○ 筒井 秀樹

(株) 第一コンサルタント 正員 右城 猛

1. まえがき

著者らは、擁壁背面に安定した地山が接近し裏込め土の幅が有限となり、主働すべり面が裏込め土内部で折れ曲がる場合の主働土圧算定式を極限平衡法に基づいて定式化している。しかし、この方法は計算が著しく複雑で実用的とはいえない。

本報文は、擁壁に作用する土圧を擁壁から地山までの距離を変数とした楕円公式で近似的した簡便計算法を提案するとともに、簡便法と厳密解との比較を行うことにより、その適用性について考察を行ったものである。

2. 極限平衡法

擁壁が安定した切土面の近傍に設置される場合、擁壁に作用する土圧は地山の傾斜角(ε)、擁壁から切土面までの距離(d)、切土面と盛土の境界面の摩擦(ϕ)の影響を受ける。そのため、切土面の影響を考慮した主働土圧は、次のように求める必要がある。

図1に示すように主働すべり角を ω_2 とすれば、すべり面は切土面に当たりすべり面は折れ線となる。この場合、土塊ABCDに作用する外力は、土塊の自重 $W(W_1+W_2)$ 、壁面の反力 P_A 、すべり面の反力 R_1, R_2 の4個となる。このうち、土塊の重量 W はすべり面の角度 ω_2 を仮定すれば特定することができるため、未知量は P_A, R_1, R_2 の3個となる。しかし、土塊に対する力のつり合い条件式がたてられるのは $\sum H=0, \sum V=0$ の2つだけであり1次の不静定となる。そこで、土塊ABCD内部にすべり面DEを想定し、土塊を2分割すれば、DE面での反力 X と、DE面がAB面と交わる場合に発生するBE面の壁面反力 P_{AC} が現れる。しかし、BE面の壁面反力 P_{AC} はBE面に作用する土圧合力であり、Coulomb式によって求めることができる。そのため、未知量は P_A, R_1, R_2, X の4個となる。一方、つり合い条件式は、2分割された土塊で2個ずつ、合計4個たてることができ、4元1次連立方程式を解くことにより未知量 P_A, R_1, R_2, X のすべてを決定することができる。その結果は(1)～(2)式となる。

$$P_A = \frac{W_2 \cdot \sin(\omega_2 - \phi) - X \cdot \sin(2\phi - \omega_1 - \omega_2)}{\cos(\omega_2 - \alpha - \delta - \phi)} \quad (1)$$

$$X = \frac{W_1 \cdot \sin(\varepsilon - \phi_B) - P_{AC} \cdot \cos(\varepsilon - \phi_B - \alpha - \delta)}{\sin(\omega_1 - \phi - \phi_B + \varepsilon)} \quad (2)$$

ここで、すべり面ADがBC面と交わる場合(すべり面が盛土内部を通る場合)には $X=0$ 、分割面DEがBC面と交わる場合(分割面DEが壁面ABと交わらない場合)には $P_{AC}=0$ とすれば壁面土圧 P_A を算出することができる。また、壁面での主働土圧を求めるためには、 ω_1 と ω_2 を変化させて計算し、 P_A の最大値を試行錯誤的に探索すればよい。

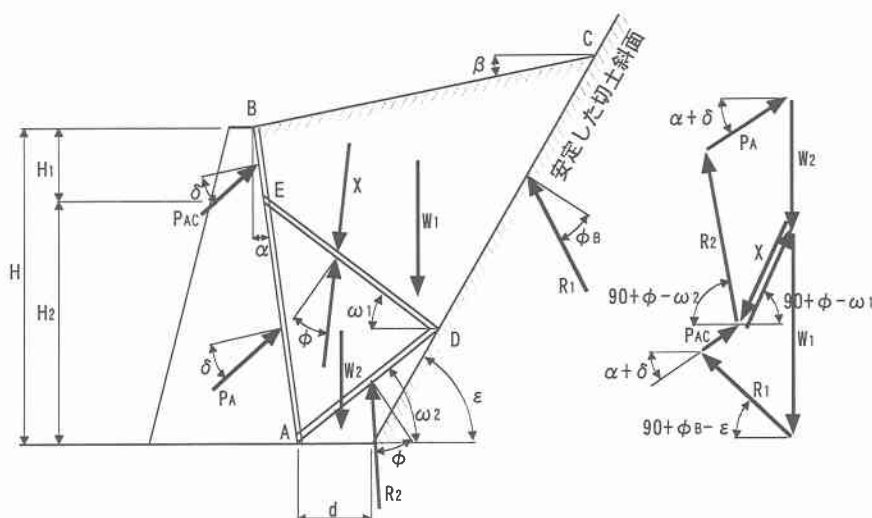


図1 主働すべり面が裏込め土内部で折れ曲がる場合の主働土圧

3. 簡便法

図 2 は、擁壁から切土面までの距離を変化させて、壁面に作用する土圧がどのように変化するか極限平衡法により計算を行った結果である。この計算例では $d/H \geq 0.213$ で地山の影響が無くなるため、主働土圧係数 K_A は Coulomb 式で得られる $K_A=0.333$ と一致し、 d/H の減少とともに主働土圧係数も減少、 $d/H=0$ では試行くさび法において、主働すべり角 ω_2 と切土面の傾斜角 ε が同じとして得られる土圧に一致する。

以上のように，極限平衡法により切土面の影響を考

慮した主働土圧を求めることができるが、極限平衡法による土圧計算法は複雑で実用的方法とは言い難い。そこで、より簡便な土圧計算法を以下に示す。

擁壁のかかとから地山までの水平距離 d が、 d_1 より小さい場合には、 d と主働土圧との関係を近似的に楕円関数で表すことができ、任意の距離 d のときの主働土圧合力 $P_{A(d)}$ は式(3)で求めることができる。

$$P_{A(d)} = (P_A - P_{A(0)}) \sqrt{1 - \left(\frac{d - d_1}{d_1}\right)^2} + P_{A(0)} \dots\dots(3), \quad d_1 = \frac{\sin(\varepsilon - \omega_A) \cos(\alpha - \beta)}{\sin \varepsilon \cos \alpha \sin(\omega_A - \beta)} H \dots\dots(4)$$

$$P_{A(0)} = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \frac{\sin(\varepsilon - \phi) \cos(\varepsilon - \alpha) \cos(\alpha - \beta)}{\cos(\varepsilon - \phi - \delta - \alpha) \cos^2 \alpha \sin(\varepsilon - \beta)} \dots\dots(5), \quad P_A = \frac{\sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)} W \dots\dots(6)$$

ここに、 $P_{A(0)}$: $d=0$ の場合の土圧合力であり、式(5)で算出することができる。 P_A : 盛土部擁壁としての土圧合力であり、式(6)で算出することができる。

図1は前述の極限平衡法と簡便法で算出した主働土圧係数を比較した結果である。主働土圧係数は最大で1.4%大きくなるものの、両者はよく一致しており、簡便法でも高い精度で切土部擁壁の主働土圧を算出できることが分かる。

4. あとがき

本報文では、切土部擁壁に作用する主働土圧の簡便算定法の提案を行うとともに極限平衡法による土圧との比較を行った。検証の結果、提案した簡便算定法は極限平衡法による主働土圧と実用上問題のない精度で、しかも安全側の結果が得られることが明らかとなった。

切土された地山は、応力解放、吸水膨張などによって切土面表面から経時的に強度低下を生じる。このため、切土部擁壁の土圧計算においては、切土面の表面に緩みゾーン設定し、緩みゾーンのせん断強度は裏込め土と同じ値まで低下するものと仮定して土圧を計算するのがよいと考えられる。今後は、地山の地質や岩盤に含まれる粘土鉱物の種類、地下水の状態などによって異なる緩みゾーンの範囲の設定を行う必要がある。

【参考文献】 右城猛：剛性擁壁の合理的な土圧評価法と落石運動に関する研究，愛媛大学博士論文

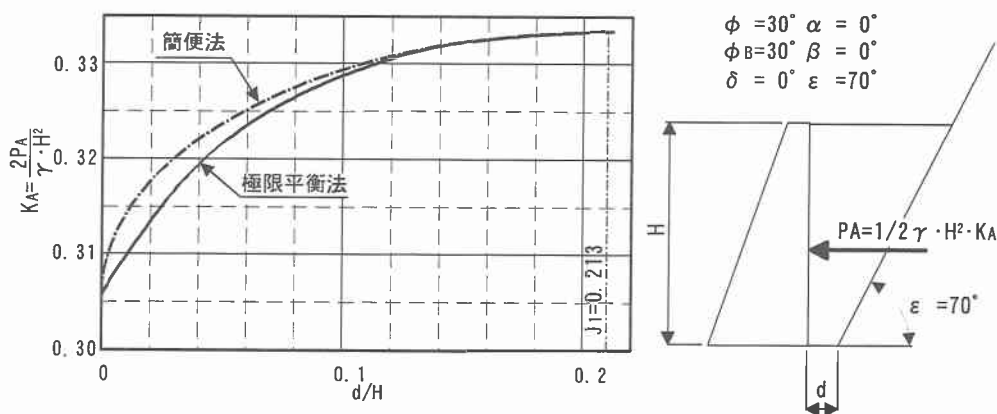


図 2 擁壁から地山のり尻までの距離 d が土圧に与える影響

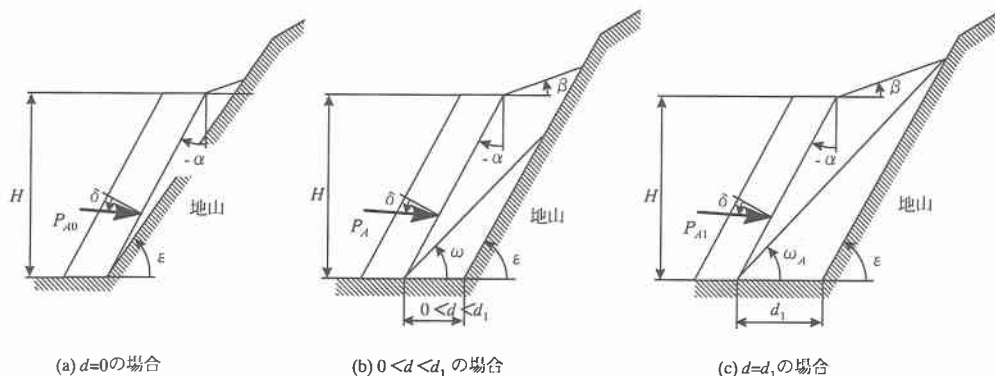


図 3 擁壁のかかとから地山までの水平距離 d と ω_A の関係