

上界法による片持ばり式擁壁の主働土圧計算法(その2)

(株)第一コンサルタント 正会員 右城 猛  
 (株)第一コンサルタント 正会員 筒井秀樹  
 (株)第一コンサルタント 正会員 ○矢野光明

1. まえがき

筆者らは片持ばり式擁壁の土圧計算法として改良試行くさび法(ITWM)を提案し<sup>1),2)</sup>, φ土を対象に上界法で定式化している。<sup>3)</sup> 本論文では, c-φ土に拡張した上界法による ITWM を示すとともに, Rankine 土圧との比較を行い, その妥当性を検証する。

2. 改良試行くさび法

擁壁が前方へ微小変位し, 裏込め土が主働塑性状態になれば, 図-1 に示すように, abc, afe, fgh の3種類のすべり面(速度不連続面)が発生する。ここで, bc, gh は引張亀裂である。なお, かかと版が十分長い場合には, 滑り面が堅壁に当たらないため壁面土圧  $R_c$  は発生しない。

仮想背面 ad より後方の土塊 abcd を速度場①, 前方の土塊 adef を速度場②, たて壁上部の背後の土塊 fghe を速度場③とし, それぞれの速度場の速度を  $V_1, V_2, V_3$  とする。仮想背面 ad に作用する垂直内力を  $P_H$ , 接線内力を  $P_V$ , 壁面 fe 区間に作用する土圧を  $R_c$  とすると, 各速度場の全仕事率は次のように表される。

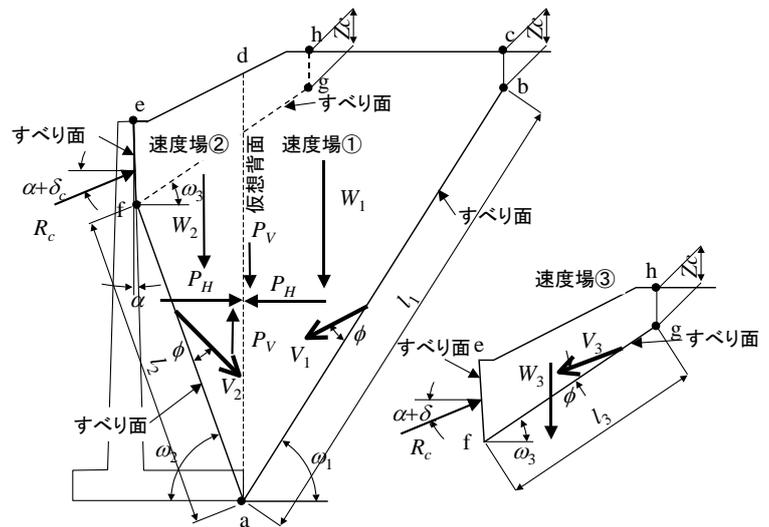


図-1 すべり面と可容速度場

ただし,  $\Omega_1 = \omega_1 - \phi$ ,  $\Omega_2 = \omega_2 - \phi$ ,  $\Omega_3 = \omega_3 - \phi$  …………… (4)

速度場①  $W_1 V_1 \sin \Omega_1 - P_H V_1 \cos \Omega_1 - P_V V_1 \sin \Omega_1 - V_1 c l_1 \cos \phi = 0$  …………… (1)

速度場②  $W_2 V_2 \sin \Omega_2 - P_H V_2 \cos \Omega_2 + P_V V_2 \sin \Omega_2 - V_2 c l_2 \cos \phi + R_c V_2 \{ \cos(\alpha + \delta_c) \cos \Omega_2 - \sin(\alpha + \delta_c) \sin \Omega_2 \} = 0$  …………… (2)

速度場③  $W_3 V_3 \sin \Omega_3 - V_3 c l_3 \cos \phi - R_c V_3 \{ \cos(\alpha + \delta_c) \cos \Omega_3 + \sin(\alpha + \delta_c) \sin \Omega_3 \} = 0$  …………… (3)

ここに,  $W_1$  は土塊 abcd の重量,  $W_2$  は土塊 adef の重量,  $W_3$  は土塊 fghe の重量,  $\phi$  は裏込め土のせん断抵抗角,  $c$  は裏込め土の粘着力,  $l_1$  は滑り面 ab の長さ,  $l_2$  は滑り面 af の長さ,  $l_3$  は滑り面 fg の長さ,  $\alpha$  は壁面の傾斜角,  $\delta_c$  はコンクリート壁面の摩擦角である。

式(1)~式(3)を解けば, 仮想背面における土圧  $P_H, P_V$  および壁面 fe の土圧  $R_c$  は次のようになり, 極限平衡法で定式化したものと一致する。

$$P_H = \frac{(W_1 + W_2) \sin \Omega_1 \sin \Omega_2 + R_c \sin \Omega_1 \cos(\Omega_2 + \alpha + \delta_c) - c \cos \phi (l_1 \sin \Omega_2 + l_2 \sin \Omega_1)}{\sin(\Omega_1 + \Omega_2)} \dots\dots\dots (5)$$

$$P_V = \frac{W_1 \sin \Omega_1 \cos \Omega_2 - W_2 \cos \Omega_1 \sin \Omega_2 - R_c \cos \Omega_1 \cos(\Omega_2 + \alpha + \delta_c) - c \cos \phi (l_1 \sin \Omega_2 - l_2 \sin \Omega_1)}{\sin(\Omega_1 + \Omega_2)} \dots\dots\dots (6)$$

$$R_c = \frac{W_3 \sin \Omega_3 - c l_3 \cos \phi}{\cos(\alpha + \delta_c - \Omega_3)} \dots\dots\dots (7)$$

$P_H, P_V$  が主働土圧であるためには,  $P_H$  の仕事率を最小化すればよく, その条件は式(8)となるが, これによって解析解を求めることは困難であるので, 数値計算で  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, z_c$  を変化させて計算し,  $P_H$  の最大値を探索すればよい。

$$\frac{\partial P_H}{\partial \omega_1} = 0, \quad \frac{\partial P_H}{\partial \omega_2} = 0, \quad \frac{\partial P_H}{\partial \omega_3} = 0, \quad \frac{\partial P_H}{\partial z_c} = 0 \dots\dots\dots (8)$$

3. 改良試行くさび法と Rankine 土圧との比較

c-φ土に拡張した ITWM を検証するため、Rankine 土圧との比較を行った。Rankine 理論による主働土圧強度 p および自立高さ z\_c は式(9)、式(10)でそれぞれ求められる。4)

$$p = \cos\beta \left\{ 2c \tan\phi + 2\gamma z \left( \frac{\cos^2\beta}{\cos^2\phi} - \frac{1}{2} \right) - \frac{2}{\cos\phi} \sqrt{(\gamma z \cos^2\beta \tan\phi + c)^2 - (\gamma z \sin\beta \cos\beta)^2} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$$z_c = \frac{2c}{\gamma} \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \dots\dots\dots (10)$$

図-2 は ITWM と Rankine の自立高さ z\_c を盛土斜面角 β を変化させて比較したものである。β=0 の場合は一致するが、β が大きくなるに伴い ITWM による値が大きくなる。図-3 は ITWM と Rankine の主働土圧合力比(ITWM/Rankine)を表したものである。主働土圧合力も β=0 の場合は一致するが、β が大きくなるに伴い ITWM による値が小さくなる。しかし、その誤差は 2% 程度以下である。土圧合力 P\_A の傾斜角 δ は β に関係なく Rankine 土圧理論と同じく δ=β となる。

ITWM では滑り面を直線と仮定しているが、塑性理論上は図-4 に示すような曲線となる。β>0 の場合、z\_c と P\_A の値が ITWM 解と Rankine 解とで若干異なるのは、このためと考えられる。

4. あとがき

本論文では、c-φ土を対象に常時主働土圧算定式について定式化を行い Rankine 土圧との比較を行った。その結果、Rankine 土圧との誤差は 2% 程度以下であり実用上問題ないことが確認された。

今後は、地盤と擁壁の動的相互作用を考慮した地震時土圧の定式化を行う予定である。

参考文献

- 1) 右城猛, 八木則男, 矢田部龍一, 筒井秀樹: かかと版付き擁壁の合理的な土圧評価法, 土木学会論文集, No.567/VI-35, 1997.6
- 2) 右城猛, 筒井秀樹: 片持ばり式擁壁の合理的な土圧計算法の一試案, 土木技術 Vol.54, No.8, 1999.8
- 3) 右城猛, 筒井秀樹: 上界法による片持ばり式擁壁の主働土圧計算法(その1), 土木学会年次学術講演会, 2002.
- 4) 志関秀雄: 基礎工学 I 土の力学, 現代理工学出版, 1978.

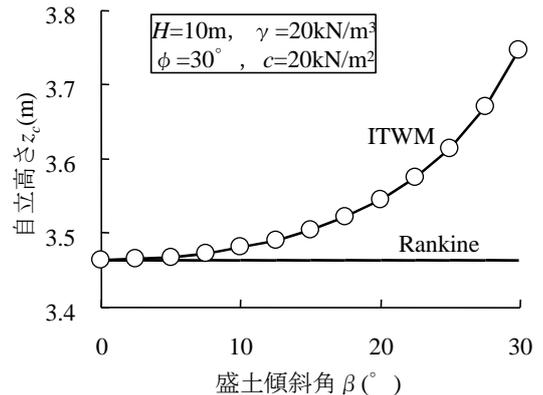


図-2 自立高さ z\_c

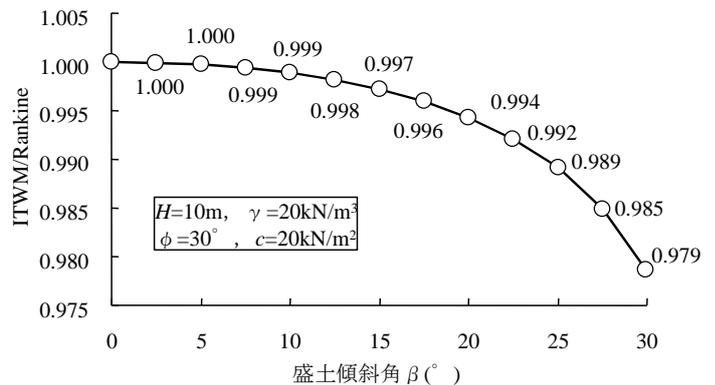


図-3 主働土圧合力比

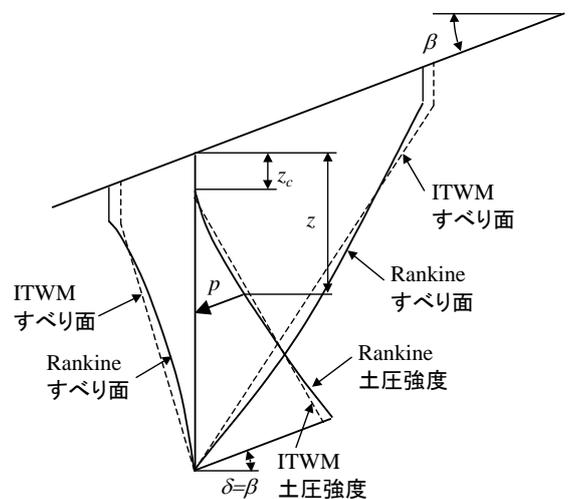


図-4 c, φ土の Rankine 土圧