

逆T型擁壁の合理的な土圧評価法に関する一提案

(株)第一コンサルタンツ 正員 右城 猛
 (有)高南測量設計 正員 ○筒井秀樹
 (株)第一コンサルタンツ 正員 園師直史
 高 知 大 学 正員 小椋正澄

1. まえがき

嵩上げ盛土を有する逆T型擁壁の土圧評価に、「道路土工・擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」に規定されている試行くさび法（現行法と略称）を適用すると極めて不合理な結果が得られる。これは、仮想背面での壁面摩擦角と土圧分布の仮定に問題があるためと考えられる。

本論文は、力学的平衡条件に基づき、壁面摩擦角と土圧分布についても何ら仮定を設けることなく合理的に土圧を評価する方法（改良試行くさび法、改良法と略称）の提案を行なうものである。

2. 主働土圧の算定式

(1) 常時主働土圧の算定式

逆T型擁壁が前方に微小変位した場合、裏込め土内部には図-1に示す2つのすべり面ABとACが発生する。なお、すべり面は解析を簡単にするため直線とみなす。土塊ABDCに作用する力は、土塊の自重W

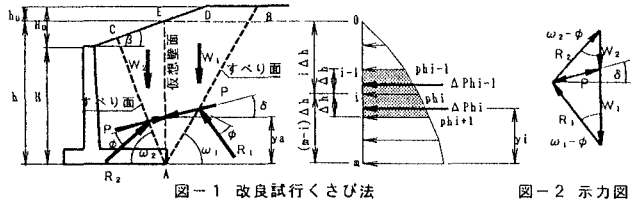


図-1 改良試行くさび法

図-2 示力図

($=W_1+W_2$)とすべり面に発生する抵抗力 R_1, R_2 の3つであり、これらの力は極限平衡状態にある。また、かかとを通る鉛直の仮想壁面を想定し、この面に作用する土圧合力をPとすると、 W_1 と R_1 とP及び W_2 と R_2 とPはそれぞれ平衡状態にある。この関係は図-2の示力図で表され、これより容易に(1)式が導かれる。ただし、裏込め材は砂質土($\phi \neq 0, c=0$)を対象とする。

$$P = \frac{\sin(\omega_2 - \phi)}{\cos \delta} \cdot R_2, \quad R_2 = \frac{\sin(\omega_1 - \phi)}{\sin(\omega_1 + \omega_2 - 2\phi)} \cdot (W_1 + W_2), \quad \delta = \tan^{-1} \frac{R_2 \cdot \cos(\omega_2 - \phi) - W_2}{R_2 \cdot \sin(\omega_2 - \phi)} \dots (1)$$

土圧の水平成分 $PH (=P \cdot \cos \delta)$ が極大値を示すときのPが主働土圧であり、この条件式は(2)式で表される。

$$\partial PH / \partial \omega_1 = 0, \quad \partial^2 PH / \partial \omega_1^2 \leq 0, \quad \partial PH / \partial \omega_2 = 0, \quad \partial^2 PH / \partial \omega_2^2 \leq 0 \dots (2)$$

実務上は、 ω_1, ω_2 を(3)式の範囲で種々変化させて計算し、PHの極大値を試行錯誤的に決定すればよい。

$$[45^\circ + \frac{1}{2}(\phi + \beta - \sin^{-1} \frac{\sin \beta}{\sin \phi})] \leq \omega_1 \leq [45^\circ + \frac{1}{2}\phi], \quad [45^\circ + \frac{1}{2}\phi] \leq \omega_2 \leq [45^\circ + \frac{1}{2}(\phi - \beta + \sin^{-1} \frac{\sin \beta}{\sin \phi})] \dots (3)$$

(2) 地震時主働土圧の算定法 地震時の動土圧 P_E は、土塊の重量Wを $\theta (= \tan^{-1} kh)$ だけ傾斜させればよく(4)式で表される。

$$P_E = \frac{\sin(\omega_2 - \phi - \theta)}{\cos(\delta + \theta)} \cdot R_2, \quad R_2 = \frac{\sin(\omega_1 - \phi + \theta)}{\sin(\omega_1 + \omega_2 - 2\phi) \cdot \cos \theta} \cdot (W_1 + W_2), \quad \delta = \tan^{-1} \frac{R_2 \cdot \cos(\omega_2 - \phi) - W_2}{R_2 \cdot \sin(\omega_2 - \phi) - W_2 \cdot \tan \theta} \dots (4)$$

(3) 土圧の合力の作用高 地表面が一様勾配であれば土圧は三角形分布になるが、嵩上げ盛土がある場合には非線形分布になる。このため、仮想壁面を高き方向に Δh の間隔でm分割し、各分割点の水平土圧強度 p_{Hi} を求め、分割点間の土圧は直線分布するものと仮定すれば、(5)式で土圧の合力位置 y_a が求められる。

$$y_a = \frac{\sum (\Delta p_{Hi} \cdot y_i)}{P_H}, \quad \Delta p_{Hi} = p_{Hi} - p_{Hi-1}, \quad p_{Hi} = \frac{2p_{Hi}}{\Delta h} - p_{Hi-1} (\because p_{H0} = 0), \quad y_i = \frac{\Delta h}{3} \cdot \frac{2p_{Hi-1} + p_{Hi}}{p_{Hi-1} + p_{Hi}} + (m-i)\Delta h \dots (5)$$

3. 提案式の検証

図-3の逆T型擁壁の安定計算に現行法と改良法（常時）を適用した結果を以下に示す。

図-4は主働土圧係数を比較したものである。ただし、 K_h, K_v は土工指針と同様に(6)式で定義している。

$$K_h = 2P \cdot \cos \delta / (\gamma \cdot h^2), \quad K_v = 2P \cdot \sin \delta / (\gamma \cdot h^2) \dots (6)$$

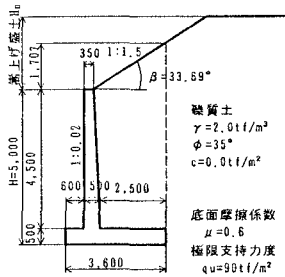


図-3 検討擁壁断面

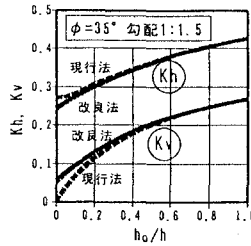


図-4 主働土圧係数

h_0/h が概ね0.5以上の範囲で両者は同じ値を示すがそれ以下では全く異なっている。これは、改良法が仮想壁面から前方の地表面の傾斜を考慮しているのに対し、現行法では仮想壁面から前方の地表面を水平とみなしていることに他ならない。

図-5は主働すべり角を示したものである。改良法による結果は、 $H_0=0$ のとき $\beta=0$ のランキン解($\omega_1=\omega_2=62.5^\circ$)に一致し、 H_0 が増加すると地表面が一樣勾配のランキン解($\omega_1=41.7^\circ$, $\omega_2=83.3^\circ$)に収束する。現行法で得られる ω_1 の値は改良法とほぼ一致している。

図-6は壁面摩擦角を示している。改良法による結果は、 $H_0=0$ のとき $\beta=0$ のランキン解($\delta=0$)に一致し、 H_0 が増加すると地表面が一樣勾配のランキン解($\delta=\beta=33.7^\circ$)に収束する。一方、現行法は $0 \leq H_0 \leq h_0 (=1.7\text{m})$ の区間が $\delta=0$ で、 $H_0=h_0$ から急激に増加し、 $H_0 \geq 6\text{m}$ では改良法とほぼ一致している。これは、現行法では仮想背面より前方において地表面を水平と見なしていることによる。

図-7は土圧の合力の作用位置を示している。現行法は土圧分布を三角形分布と仮定しているため、常に仮想背面高 h の1/3であるが、改良法では $0 \leq H_0 \leq h_0 (=1.7\text{m})$ の区間 $y_a=h/3$ 、 $H_0 \geq h_0$ の範囲では $y_a > h/3$ となり $H_0=\infty$ で $y_a=h/3$ に収束する。これは、土圧分布を非線形分布としているためである。

図-8は安定計算結果である。現行法は極めて不合理な結果を示すが、改良法ではスムーズな減衰曲線を示す。そして、 $H_0=\infty$ で現行法を適用した場合と同様ランキン土圧による地表面が一樣勾配の安定計算結果に収束する。いずれの安全率も嵩上げ盛土高が3m付近以下の範囲では改良法の値が大きく、3m付近を超えると逆に現行法の値が大きくなる。この傾向は、転倒の安全度 F_t に対して顕著に現われる。このことは、現行法を適用して設計した場合、嵩上げ盛土高が低い範囲、特に嵩上げ盛土の肩がフーチングかかと直上付近に位置するとき過大な設計となるが、嵩上げ盛土が大きいと逆に過少設計となることを意味するものである。

4. あとがき

筆者らの提案する改良試行くさび法を用いれば、嵩上げ盛土を有する逆T型擁壁についても安定性を合理的に評価できることが確認された。しかしながら、今回の提案式が適用できるのは、擁壁のかかと版が十分長く、すべり面が壁面に当たらない場合である。現在、かかと版の長さの影響をも考慮した土圧評価式に拡張しており、これについては別の機会に発表する予定である。

本論文を作成するにあたり、愛媛大学の榎明潔氏より有益なご助言を賜った。ここに感謝の意を表します。

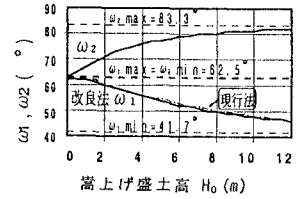


図-5 主働すべり角

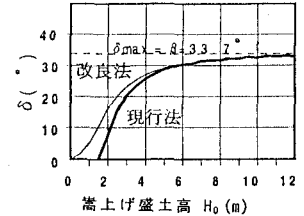


図-6 壁面摩擦角

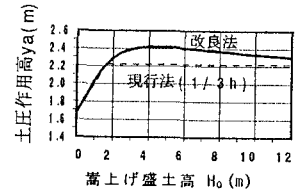


図-7 土圧の合力の作用高

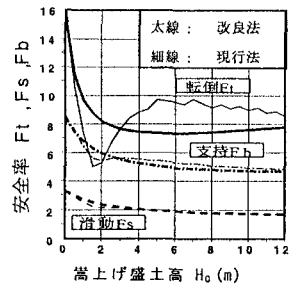


図-8 安定計算結果