

国鉄 東京第一工務局

渡部留雄

国鉄 東京第一工務局

正員

小倉 護

1. まえがき

アースアンカー式土留め工も一般の構造物と同様に安定条件を満足する必要があるが、アースアンカー式土留め工においては、アンカー体の引抜けに対する安定が満足されただけでは不充分であり、その他に表-1に示す各安定条件を満足しなければならない。

土留め壁背面地盤の安定は、内的安定問題と外的安定より成っており、この両者を満足する必要がある(その検討方法として図-1に示す方法が提案されている)。

一方、アースアンカー式土留め工におけるアンカーのバネ係数は、切ばり式土留め工における切ばりのバネ係数に比較して非常に小さいので、アースアンカー式土留め工においては掘削前にアンカーを緊張し、背面側地盤に水平方向の圧縮応力を与えることが一般的である。この圧縮応力がある程度以上導入されると、背面側地盤は内的には安定するので、背面地盤の安定の検討は内的安定を省略し、外的な安定のみを検討すれば良いことになる。

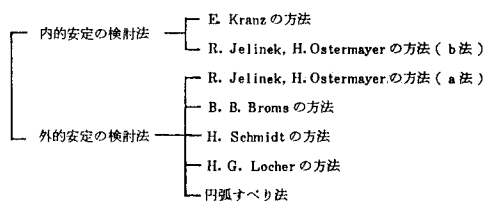


図-1 内的及び外的安定の検討法

表-1 アースアンカー式土留め壁の崩壊のパターン

	(a) 土留め壁の沈下による崩壊	(b) 掘き底面地盤の崩壊	(c) 背面地盤の崩壊(内的安定問題)	(d) 構造系全体の崩壊(外的安定問題)
崩壊の模式図				
説明	鉛直支持力が、アンカー張力の鉛直成分及びその他の鉛直力に対して不足し土留め壁が沈下する場合で、沈下に伴いアンカー張力が減少し土留め壁は掘削面側にせり出してくる。この種の崩壊に対しては土留め壁の鉛直支持に対する安全を確保する必要がある。	掘削底面地盤の崩壊に伴い土留め壁掘削部が掘削面側にせり出すもので、これについてはヒービング、ボーリング及び掘削部底の側圧の釣合いに對して安全を確保する必要がある。	掘削部底の崩壊も、アンカー体の引き抜けも生ずることなく背面地盤が崩壊するもので、アンカー体は土壁とともに変位する。	アンカー体及び土留め壁を含む地盤全体の崩壊である。

2. 外的安定計算法に関する基本的な考え方

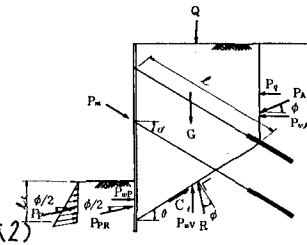
外的安定に対する検討方法には図-1に示した方法があるが、ここでは直線すべり面を仮定するBromsの方法によるものとし、図-2に示した背面地盤の土塊の安定に必要な根入れ部の反力側圧 R_R と受働側圧 R_A の比を安全率 F とし、次式を満足するようにアンカーの位置を決める。

$$F = \frac{R}{P_R} \geq 1.5 \quad (\text{式1})$$

(ここに F : 安定計算上の安全率
 R : 受働側圧(受働土圧)

なお、 R 、 P_R は次の安定条件式より求める。

$$\begin{aligned} \sum H &= 0 \\ R \cdot \cos \phi + P_{WA} - P_{WP} + R_B - P_m \cdot \cos \alpha \\ &= R \cdot \cos(90^\circ - \phi + \theta) + C_t \cdot \cos \theta + P_R \cdot \cos \frac{\theta}{2} \quad (\text{式2}) \\ \sum V &= 0 \\ R \cdot \sin \phi + P_{WA} + G + Q + P_m \cdot \sin \alpha \\ &= R \cdot \sin(90^\circ - \phi + \theta) + C_t \cdot \sin \theta + P_R \cdot \sin \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$



P_A : 仮想背面に作用する側圧または土圧 (t/m)
 P_{WA} : 背面側に作用する水圧 (t/m)
 P_{WP} : 掘削面側に作用する水圧 (t/m)
 P_m : 過載荷重による側圧 (t/m)
 R : アンカー力 (t/m)
 R_B : 深いすべり面の反力 (t/m)
 C_t : 深いすべり面の粘着力 (t/m)
 P_R : 反力側圧 (t/m)
 P_{WV} : 深いすべり面の水圧 (t/m)
 G : 滑動体自重 (t/m)
 Q : 滑動体上の過載荷重 (t/m)
 ϕ : 土の内部摩擦角 (度)
 α : アンカー傾角 (度)
 θ : 深いすべり面の傾き (度)

図-2 滑動体に作用する荷重及び反力(均一地盤の場合)

安全率 F は、すべり面位置により変わるので、すべり面位置を変化させて最小安全率を求め、これが式-1を満足する必要がある(図-3)。

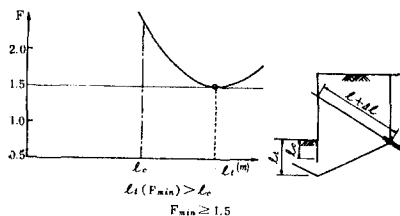


図-3 F と L_t の関係

3. 均質地盤における最小安全率計算式

(1) 粘性土

アンカー体より上の滑動体に作用する全水平力の合力 $H_0^{(1)}$ と、全鉛直力の合力を $V_0^{(1)}$ とすると

$$H_0 = R \cdot \cos \phi + R_B + P_{WA1} - P_m \cdot \cos \alpha$$

$$V_0 = Q + G_1 + R \cdot \sin \phi + P_m \cdot \sin \alpha$$

安全率 F は
$$F = \frac{R}{P_R} = \frac{\frac{1}{2} \{ 4C + \gamma_t (b \cdot \tan \theta + h - D) \} (b \cdot \tan \theta + h - D)}{H_0 + V_0 \cdot \tan \theta + \frac{1}{2} \gamma_t \cdot b^2 \cdot \tan^2 \theta - b \cdot C \frac{1}{\cos^2 \theta}}$$

となる。ここで $\partial F / \partial \theta = 0$ とすると最小安全率を与える θ に関する方程式が求まり、これを解けばよいことになる。しかし、この式は複雑な形となるので次の手順で計算するといふ。

① L 、 d を仮定する。② b 、 h を計算する。

③ H_0 、 V_0 を計算する。 $H_0 = R \cdot \cos \phi + R_B + P_{WA1} - P_m \cdot \cos \alpha$ $V_0 = Q + G_1 + R \cdot \sin \phi + P_m \cdot \sin \alpha$

④ 最小安全率を与える θ を計算する。 $A_1 \cdot \sin 2\theta + A_2 \cdot \cos 2\theta + A_3 = 0$ A_1, A_2, A_3 は係数で次のように表われる

$$A_1 = H_0 - \{ 2C + \frac{1}{2} \gamma_t (h - D) \} (h - D) + b \cdot C \left\{ \frac{4C(h-D)}{\gamma_t \cdot b^2} + \frac{(h-D)^2}{b^2} - 1 \right\}$$

$$A_2 = (H_0 + \frac{1}{2} \gamma_t \cdot b^2 - 2b \cdot C) \left(\frac{2C}{\gamma_t \cdot b} + \frac{h-D}{b} - \frac{1}{2} V_0 \right) \left\{ \frac{4C(h-D)}{\gamma_t \cdot b^2} + \frac{(h-D)^2}{b^2} + 1 \right\}$$

$$A_3 = (H_0 - \frac{1}{2} \gamma_t \cdot b^2) \left(\frac{2C}{\gamma_t \cdot b} + \frac{h-D}{b} \right) - \frac{1}{2} V_0 \left\{ \frac{4C(h-D)}{\gamma_t \cdot b^2} + \frac{(h-D)^2}{b^2} - 1 \right\}$$

⑤ L_t を計算する。 $L_t = b \cdot \tan \theta + h - D$ ここで、 $L_t < L_c$ の場合 $L_t = L_c$ $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{L_c - h + D}{b} \right)$ に置き換える

⑥ P_R 、 R を計算する。 $P_R = H_0 + V_0 \cdot \tan \theta + \frac{1}{2} \gamma_t \cdot b^2 \cdot \tan^2 \theta - b \cdot C \frac{1}{\cos^2 \theta}$ $R = \frac{1}{2} \{ 4C + \gamma_t \cdot L_t \} L_t$

⑦ 最小安全率 $(F)_{\min}$ を求める。 $(F)_{\min} = R / P_R$

(2) 砂質土

砂質土の場合も、上記と同様に $(F)_{\min}$ を求める計算式が得られるが、紙面の都合で省略する。

4. あとがき

アースアンカー式土留め工における背面地盤の安定計算の検討法について述べたが、アースアンカー式土留め工においては、背面地盤の安定問題は重要な課題であるので、今後は実験も含め、合理的な計算手法とを確立して行きたいと思う。

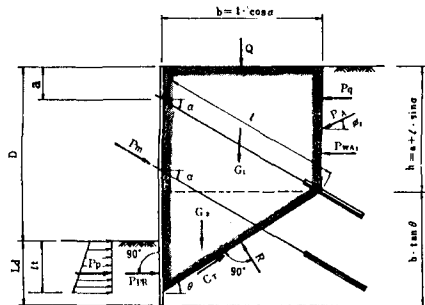


図-4 粘性土の安定計算