

III-238 アンカーによる地すべり抑止力の一評価法(第2報)

徳島大学工学部 正 山上 拓男
仁田ソイロック欄 正 ○ 山川 治

1. はじめに: 地すべり対策工としてのアンカー工設計法には未解決の問題点がいくつか含まれている。山上・山川¹⁾はそれらの内でアンカーによる抑止力を取り上げ、より合理的な評価法を提案した。それは、アンカー力を地表面での集中荷重とみなし、円弧すべりを対象とした簡便分割法に基づく安全率算定式に導入する方法であった。本文では、この評価法をJanbu法の支援のもとに、非円形すべり面場に拡張した結果を述べるものである。

2. 理論式の展開: Janbu法の安全率算定式は次式で与えられる:

$$F_s = \frac{1}{E_b - E_a + \sum_a^b \{(P+t)\Delta x \tan \alpha + \Delta Q\}} \cdot \sum_a^b \frac{\{c' + (P+t-u)\tan \phi'\} \Delta x(1 + \tan^2 \alpha)}{1 + \frac{1}{F_s} \tan \alpha \cdot \tan \phi'} \quad (1)$$

ここに、 $P = \Delta W / \Delta x = \gamma Z + q + \Delta p / \Delta x \cdots \cdots (2)$ であって、 p : 鉛直方向の全応力、 γ : 土の単位重量、 q : 地表面の分布荷重、 ΔP : 鉛直方向の地表面集中荷重、 ΔW : ΔP 、 q を含めたスライスの全重量、 Z : スライスの平均高さ、 Δx : スライス幅、 ΔQ : スライスに作用する水平力。なお、 ΔP 、 ΔQ はそれぞれ鉛直下向き、及び水平左向き(すべりの向き)を正と約束する。

ここで、図-1に示すように、アンカー力は地表面の集中荷重とみなす、との前提条件を設ける。

いま、その地表面にアンカー力が作用しているスライスの群と、そうでない残りのスライス群を区別するため、前者を $\sum_{AC}$ 、後者を $\sum_{AC}$ で表す。このとき、 $\Delta \bar{P}$ 、 $\Delta \bar{Q}$ をそれぞれアンカー力の鉛直、水平成分とし、式(2)を参照してアンカーの作用するスライスについて

$$\bar{P} = \gamma Z + q + \Delta P / \Delta x + \Delta \bar{P} / \Delta x = P + \Delta \bar{P} / \Delta x \quad (3)$$

で鉛直方向の全応力を定義し、式(1)に代入すると、式(1)

の分母は次式で表せる:

$$\text{式(1)分母} = E_b - E_a + \sum_{AC} \{(P+t)\Delta x \tan \alpha + \Delta Q\} + \sum_{AC} \{(P+t)\Delta x \tan \alpha + \Delta Q + \Delta \bar{P} \tan \alpha + \Delta \bar{Q}\} \quad (4)$$

ただし、上式において、スライスに作用する水平方向力もアンカーによる力 $\Delta \bar{Q}$ と、それ以外の通常の成分 ΔQ とに

区別している。ここで、 $\sum_a^b = \sum_{AC} + \sum_{AC} \cdots \cdots (5)$ 、及び

$\Delta \bar{P} = P \sin \beta$ 、 $\Delta \bar{Q} = -P \cos \beta \cdots \cdots (6)$ を用いると、式(4)は次式となる:

$$\text{式(1)分母} = E_b - E_a + \sum_a^b \{(P+t)\Delta x \tan \alpha + \Delta Q\} + \sum_{AC} P \{\sin \beta \tan \alpha - \cos \beta\} \quad (7)$$

最後に、紙数節約のため、上式を 式(1)分母 = DEN + $\sum_{AC} P \{A\} \cdots \cdots (8)$ と記号的に表現しておく。

次に、式(1)の分子の分子は、

$$\begin{aligned} \text{式(1)分子の分子} &= \{c' + (P+t-u)\tan \phi' + \frac{\Delta \bar{P}}{\Delta x} \tan \phi'\} \Delta x(1 + \tan^2 \alpha) \\ &= \{c' + (P+t-u)\tan \phi'\} \Delta x(1 + \tan^2 \alpha) + P \sin \beta (1 + \tan^2 \alpha) \tan \phi' \end{aligned} \quad (9)$$

よって、これを用いると、

$$\text{式(1)分子} = \sum_a^b \frac{\{c' + (P+t-u)\tan \phi'\} \Delta x(1 + \tan^2 \alpha)}{1 + \frac{1}{F_s} \tan \alpha \tan \phi'} + \sum_{AC} \frac{P \sin \beta (1 + \tan^2 \alpha) \tan \phi'}{1 + \frac{1}{F_s} \tan \alpha \cdot \tan \phi'} \quad (10)$$

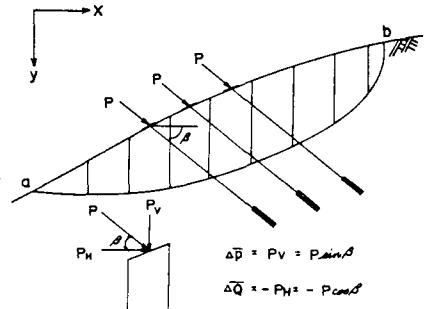


図-1 地表面に作用するアンカー力

ここで、上式を 式(1)分子=NUM+ $\sum_{\alpha c} P \{B\}$ ……(11) と表す。

従って式(8)及び式(11)より

$$F_s = \frac{NUM + \sum_{\alpha c} P \{B\}}{DEN + \sum_{\alpha c} P \{A\}} \quad (12)$$

が得られる。ただし、上式左辺に計画安全率を与えてアンカー力を評価する際、もしアンカーが多段に設けられるならば、各アンカー間の抑止力について、ある比例関係を仮定しなければ、抑止力を特定することはできない。今、各段におけるアンカー抑止力がすべて等しいと仮定すれば、式(12)は次のように変形できる：

$$P = \frac{NUM - F_s \cdot DEN}{F_s \cdot \sum_{\alpha c} \{A\} - \sum_{\alpha c} \{B\}} \quad (13)$$

なお、式(7)、(10)における t を既知としなければならぬため、反復計算を必要とする。以下にその手順を述べる。式(7)、(10)において、まず $t=0$ と仮定して P の第1近似値 P_0 を求める。これとは別に、次式を用いてスライス間水平力の増分 ΔE_0 の分布を定めておく：

$$\Delta E_0 = \Delta Q - P \Delta x \tan \alpha + \tau \Delta x (1 + \tan^2 \alpha)$$

ここに

$$\tau = \frac{1}{F_s} \left\{ \frac{c' + (P-u) \tan \phi'}{1 + \frac{1}{F_s} \tan \alpha \cdot \tan \phi'} \right\} \quad (14)$$

そして、順次 ΔE_0 を加算することにより、各スライス境界面における E_0 の値を求める。次いで E_0 を用いてスライス間せん断力の第1近似値 T_1 の分布を定め、これから

$$t_1 = \Delta T_1 / \Delta x \quad (15)$$

として、この t_1 を式(7)、(10)に代入し改めて P の値を計算する。そして、この過程を

$$P_i \leftarrow P_{i-1}$$

となるまで反復するのである。

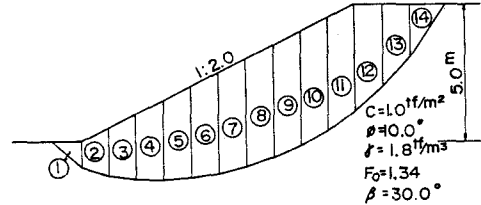


図-2 適用例

表-1 アンカー力算定結果

アンカー打設位置 (スライス番号)	アンカー力 P (tf/m)	
	$F_s=1.5$	$F_s=1.6$
②	4.18	6.80
③	4.35	7.08
④	4.62	7.51
⑤	5.02	8.16
⑥	5.15	8.39
⑦	5.47	8.90
⑧	5.78	9.42
⑨	6.11	9.96
⑩	6.49	10.59
⑪	7.24	11.84
②～⑪全てに 打設した場合	(段) $0.53 \times 10 = 5.3$	(段) $0.86 \times 10 = 8.6$

3. 適用例及び結言：本手法を図-2に示す斜面に適用した。図中の臨界すべり面の安全率は $F_0=1.34$ であることが分かっている。そこで、アンカー（打設角度 $\beta=30^\circ$ ）を1段設けることで安全率を $F_s=1.5$ あるいは $F_s=1.6$ まで高める際に必要なアンカー力を算定した。アンカー力算定結果を表-1に示す。同表にはスライス番号②から⑪のすべてにアンカーを打設した場合の抑止力も示してある。ただし、この場合はアンカー力を等しく配分し、アンカー傾角も一定（ $\beta=30^\circ$ ）とした。アンカーが1段の場合、必要アンカー力はそれぞれの打設位置により異なり、斜面下部で小さく、上部で大きくなる傾向がある。また、10段打設した場合のアンカー力の総和は斜面中央部に1段打設した時のアンカー力にほぼ等しくなっている。このように、本手法は一般の地すべり地に見られる非円形すべり面場で打設位置に応じたアンカー力を評価できることが分かった。従って、本手法は現行法に比べて合理的かつ汎用的であると考えられる。

〔参考文献〕 1) 山上・山川：アンカーによる地すべり抑止力の一評価法、土木学会中国四国支部研究発表会、1989（投稿中）