

III-425

アンカーによる地すべり抑止力の一評価法(第3報)

徳島大学工学部 正 山上 拓男
仁田ソイロック 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), 2)}はそれらの内でアンカーによる抑止力を取上げ、極限平衡法の立場から、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、簡便分割法及びJanbu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、この評価法に極限平衡法の理論式としてMorgenstern-Price法(以後M-P法と記す)を用いた結果を述べるものである。

2. 理論式の展開

本文ではアンカー力が地表面の集中荷重とみなされるのであるが、元来のM-P法^{3), 4)}においては集中荷重の存在が考慮されていないため、理論式をそのままの形で本手法に適用することはできない。そこでM-P法に対して地表面の集中荷重を認めるべく、Maksumovicが手掛け⁵⁾、Bromheadが修正した⁶⁾解法を採用する。

Bromheadの解法に従うと、スライス間水平力 E'_i に関して次式が成り立つ(図-1参照)：

$$E'_i (1 - \lambda f_i a_i) = E'_{i-1} (1 - \lambda f_{i-1} a_i) + b_i c'_i (1 - \tan \alpha_i a_i) / F_s + a_i V_i - H_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots(1)$$

$$\text{ここに、} a_i = (\tan \phi'_i / F_s - \tan \alpha_i) / (1 + \tan \phi'_i \tan \alpha_i / F_s) \quad \dots(2)$$

であって、 λ ：未知定数、 f_i ：スライス間力関数、 b_i ：スライス幅、 V_i ：スライス重量を含む既知外力の鉛直成分、 H_i ：既知外力の水平成分、 n ：スライス分割数。

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

式(1)の V_i 、 H_i にアンカー力の鉛直及び水平成分を導入すると、式(1)は次式となる：

$$E'_i (1 - \lambda f_i a_i) = E'_{i-1} (1 - \lambda f_{i-1} a_i) + b_i c'_i (1 - \tan \alpha_i a_i) / F_s + a_i V'_i - H'_i + a_i r_i P \sin \theta_i + r_i P \cos \theta_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots(3)$$

ここに、 r_i ：アンカーが多段に打設されるとき、各段のアンカー力の比例関係を定める係数であって、アンカー力算定時には前もって与えられる、 P ：これら比例関係を仮定する際の基準となるアンカー力、 θ_i ：アンカー傾角、 V'_i 、 H'_i ：アンカー力以外の既知外力の鉛直及び水平成分。

したがって、これら n 個の式を連立させて E'_i ($i=1, 2, \dots, n-1$)及び P について解けば必要アンカー力が明らかとなる。ここに、すべり土塊左右両端での E'_i は既知量であるとし、ここでは $E'_0 = 0$ 、 $E'_n = 0$ としている。ただし、式(3)には未知定数 λ が含まれているので、最終的な解を得るためには反復計算が必要である。以下にその手順を述べる。まず、仮定された λ を用いて式(3)を連立させ、 E'_i 及び P の第1近似値(E'_{0i} 及び P_0 と記す)を求める。次に、スライス底面中央点に関するモーメントの釣り合い式、式(4)、に基づいて、 R_i の値を $R_0 = 0$ から出発して順次 R_n まで算定する：

$$R_i = R_{i-1} - \frac{b_i \tan \alpha_i}{2} (E'_{0i} + E'_{0i-1}) + \frac{\lambda b_i}{2} (f_i E'_{0i} + f_{i-1} E'_{0i-1}) - M'_i + r_i P_0 \cos \theta_i z_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots(4)$$

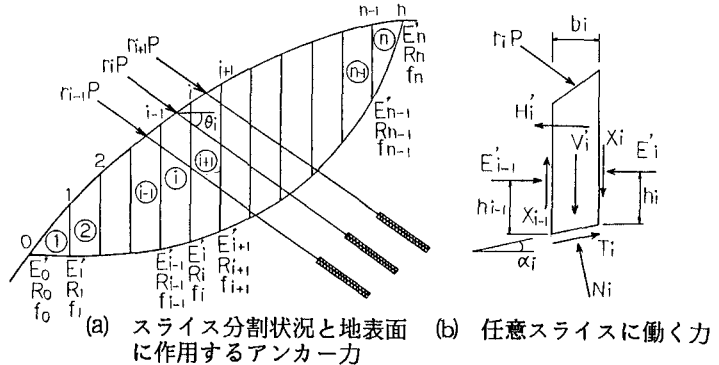


図-1 Morgenstern-Price 法に基づくアンカー力評価法の説明

ここに、 R_{i-1} 、 R_i : それぞれスライス両側面の水平力 E'_{i-1} 及び E'_i がスライス底面両端点に対して与えるモーメントの値 ($R_{i-1} = E'_{i-1} \cdot h_{i-1}$ 、 $R_i = E'_i \cdot h_i$)、 M'_i : アンカー力を除く既知外力のスライス底面中央点に関するモーメントの値、 z_i : スライスの平均高さ。

このとき、すべり土塊端部では $R_n = 0$ ……(5)

が成り立たねばならないことから、アンカー力の第1近似値 P_0 を用いて算定した R_n について、上式に関する誤差の判定を行う。もし、この誤差が許容値内になれば、未知定数 λ の新しい評価値をニュートン近似法などにより求め、改めて式(3)でアンカー力の改善値 P_1 を算定する。次いで、 P_1 を用いて式(4)から R_n を計算し、再度この誤差を評価する。こうして、以上の過程を R_n に関する誤差が許容値内に収まるまで継続すればよい。なお、以上の反復手順はM-P法で安全率を算定する際のそれと基本的に同じものである。

3. 適用例及び結言

図-2に示す非円形すべり面に本手法を適用した。更に、本手法と比較するため、前報で提案した Janbu法に基づく方法も適用した。M-P法においては、事前の検討例からスライス間力関数の値に応じて必要アンカー力に差異が生じることが判明している。本適用例では図-3に示す4種類のスライス間力関数を採用した。それぞれの現状安全率は同図に示されている。また、Janbu法に基づく現状安全率は $F_0 = 0.996$ であった。そこで、傾角 30° のアンカーを1段設けることにより、安全率を $F_s = 1.2$ 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図-4に示す。図の横軸はアンカーの打設位置、つまりアンカーが打設されるスライスの番号を、縦軸は必要アンカー力を表わしている。これらの結果から分かるように、本手法では打設位置に応じたアンカー力が明確に評価できている。そして、スライス間力関数の違いによる必要アンカー力の差は、検討範囲内では 1 tf/m 程度であった。また、Janbu法に基づく必要抑止力がM-P法のそれに比してかなり大き目であることも明らかである。

以上のように、極限平衡法の立場にある本手法は、論理的根拠をなんら損なうことなく非円形すべり面場に適用できるため、現行設計法に比してはるかに合理的といえる。

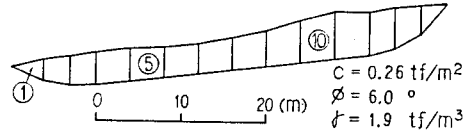


図-2 非円形すべり面と土質定数

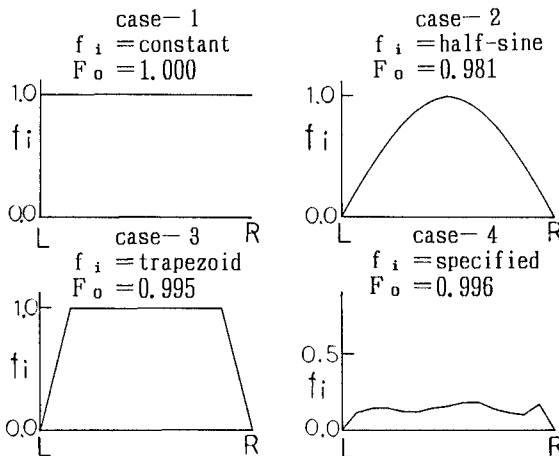


図-3 適用例で採用したスライス間力関数 f_i とすべり土塊の現状安全率 F_0

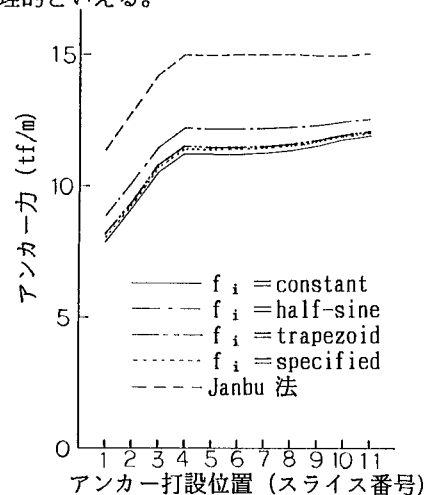


図-4 アンカー力算定結果

〔参考文献〕1) 山上・山川：土木学会中国四国支部研究発表会講演集，pp.302～303, 1989. 2) 山上・山川：土木学会第44回年次学術講演会講演集，pp.550～551, 1989. 3) Morgenstern, N.R. and Price, V.E.: Géotechnique, Vol.15, pp.79～93, 1965. 4) Morgenstern, N.R. and Price, V.E.: Computer Journal, Vol.9, pp.388～393, 1967. 5) Bromhead, E.N.: The Stability of Slopes, 373p., 1986. 6) Bromhead, E.N.: Slopes and embankments, pp.46～75, 1984.