アンカーによる地すべり抑止力の一評価法

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

近年、地すべり対策工の一つとしてアンカー工が広く利用されるようになった。この理由は、アンカー工が杭工、深礎工に比べ、施工性、経済性に優れているためと考えられる。しかし、アンカー引抜抵抗の算定法やアンカーに加わる外力の決定法が確立されておらず、また、初期のアンカー引抜抵抗が永続するのかといった問題点も未解決のままである。本研究はこうした地すべり対策工としてのアンカー工設計にまつわる問題点の中で、アンカーに加わる外力の決定法を取り上げ、新しい評価方法を提案するものである。

地すべり対策工としてのアンカー工の設計は次の手順で成されている[1)2)]。まず、アンカーの負担すべき力が簡便分割法による安全率算定式に基づいて次式で評価される：

$$F_S = \frac{\Sigma cl + \{\Sigma(W\cos\alpha - ul) + P\sin(\alpha+\beta)\}\tan\phi'}{\Sigma W\sin\alpha - P\cos(\alpha+\beta)} \qquad (1)$$

ここに、F_S：計画安全率、P：単位奥行当りのアンカー力、β：アンカー傾角、他の記号は慣用的なものばかりなので説明は省略する。すなわち、上式左辺の計画安全率の値を与えて、逆に右辺のアンカー力を求めるのである。ただし、地すべり対策工ではアンカー力のすべり面に垂直な成分〔$P\sin(\alpha+\beta)$〕を無視して設計する場合が多い。次いで、アンカー力が許容引抜力、許容付着力及び許容引張力以下であるという条件のもとに詳細設計が行われる。

しかし、現行の設計法に基づくアンカー力評価方法には、次の問題点が指摘できる。すなわち、アンカー力はアンカー頭部の定着部からすべり土塊に伝達されるにもかかわらず、すべり面に作用する集中力で表現されているということである。本文ではこの問題点を極力解消するアンカー力の評価法を提案する。

2．新しい評価法

本文で提案するアンカー力の評価法は、『アンカー力は地表面に作用する集中荷重である』との仮定に基づいている。この状況を図－1に示す。そして、地表面での集中荷重は鉛直及び水平成分に分解されて理論式に導入される：

$$P_U = P\sin\beta \qquad (2)$$

$$P_H = P\cos\beta$$

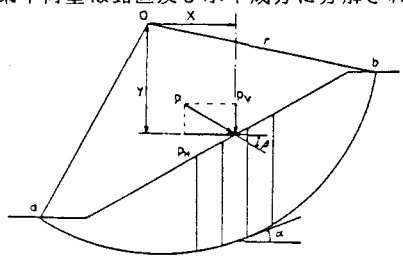
ここでは、とりあえず円弧すべりを対象として簡便分割法を用いたアンカー力評価法を展開する。

簡便分割法による安全率算定式は次式で示される。

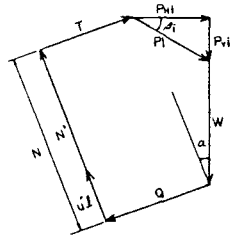
$$F_s = \frac{\Sigma Rf}{\Sigma T} \qquad (3)$$

そして、地表面にアンカーが作用しているスライス群を$\sum_{AC}$なる記号で表わすと、円弧の中心Oに関するモーメントの釣り合いより次式が得られる：

$$\Sigma Wx + \sum_{AC} P_{Ui}\,x - \sum_{AC} P_{Hi}\,y = r\Sigma T \qquad (4)$$



図－1　地表面に作用するアンカー力



図－2　力の多角形

よって、

$$\Sigma\ T = \Sigma\ W \sin\alpha + \sum_{AC} P_{Ui} \sin\alpha - \sum_{AC} P_{Hi}\frac{y}{r} \tag{5}$$

一方、図－２より

$$N' = W \cos\alpha - ul + P_{Ui} \cos\alpha + P_{Hi} \sin\alpha \tag{6}$$

であるから、せん断抵抗力は次式で示される：

$$\Sigma\ Rf = \Sigma\ \{c'l + (W \cos\alpha - ul)\tan\phi'\} + \sum_{AC}(P_{Ui} \cos\alpha + P_{Hi} \sin\alpha)\tan\phi' \tag{7}$$

従って、すべり土塊全体の安全率は式(3)に式(5)、(7)及び式(2)を用いると、

$$F_s = \frac{\Sigma\ \{c'l + (W \cos\alpha - ul)\tan\phi'\} + \sum_{AC} P_i \sin(\alpha + \beta_i)\ \tan\phi'}{\Sigma\ W \sin\alpha + \sum_{AC} P_i \sin\beta_i \sin\alpha - \sum_{AC} P_i \cos\beta_i \frac{y}{r}} \tag{8}$$

となる。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。いま、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(8)は次のように変形できる：

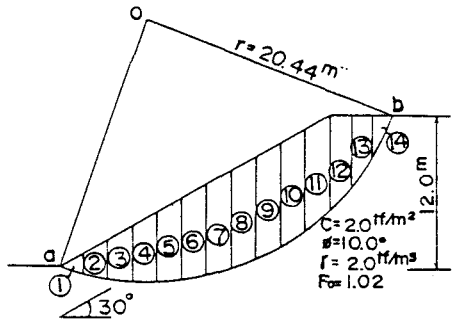
$$P = \frac{\Sigma\ \{c'l + (W \cos\alpha - ul)\tan\phi'\} - F_s \cdot \Sigma\ W \sin\alpha}{F_s \cdot \sum_{AC} \sin\beta_i \sin\alpha - F_s \sum_{AC} \cos\beta_i \frac{y}{r} - \sum_{AC} \sin(\alpha + \beta i)\ \tan\phi'} \tag{9}$$

３．適用例及び結言

本手法を図－３に示す斜面に適用した。図中の臨界すべり面の安全率は$F_0 = 1.02$であることが分かっている。そこで、アンカーを１段設けることで安全率を$F_s = 1.2$あるいは$F_s = 1.3$まで高める際に必要な抑止力を算定した。

抑止力算定結果を表－１に示す。必要アンカー力はそれぞれの打設位置により異なっている。そして、斜面下部で小さく、上部で大きくなる傾向がある。また、表－１には現行法による抑止力も示した。新しい評価法によるアンカー力と現行法のそれとを比較すると、ほとんどの位置で新しい評価法によるアンカー力が小さくなっていることが分かる。

なお、理論構成上、本手法を非円形すべり面場へ拡張することも容易である。



図－３　適　用　例

表－１　アンカーによる抑止力算定結果

アンカー打設位置（スライス番号）	アンカーによる抑止力 P (tf/m)			
	$F_s = 1.2$		$F_s = 1.3$	
	新しい方法	現行法	新しい方法	現行法
①	15.93	18.51	23.01	28.88
②	17.34	19.43	25.08	30.32
③	19.05	21.21	27.59	33.10
④	21.14	22.59	30.69	35.25
⑤	23.78	27.02	34.59	42.16
⑥	27.19	30.82	39.68	48.09
⑦	31.80	36.81	46.58	57.43
⑧	38.35	36.81	56.47	57.43
⑨	48.42	47.03	71.88	73.38
⑩	65.93	68.33	99.23	106.61
⑪	104.06	168.37	161.42	262.70

〔参考文献〕

1)　中村浩之：地すべり対策におけるアンカー工法、地すべり・急傾斜地の調査と対策講座XV、全国地すべりがけ崩れ対策協議会，PP.8～16，1982

2)　社団法人日本道路協会：道路土工－のり面工・斜面安定工指針、PP.301～302，1986