

地スベリの安定解析における強度定数に関する一考察

東北工業大学土木工学科 正員 浅田 秋江
全 上 〃 伊 藤 孝 男

1. まえがき

現在、地スベリの安定解析において用いられているC-φ図法は地スベリブロック内のスベリ面を把握し、安定度を $F.S=1.0$ として $C=0$ によりφを求め、φ=0によりCを求めてC-φ図を描き、土塊の一般強度を考慮し、それに土質試験より得られたC・φを前述したC-φ図上にプロットし、それに基づきC・φの範囲内から経験的にC・φの値(安定計算使用強度定数)を決定し、安全率を求めている。しかしこの方法は求めるC・φの範囲が広いこと、土質力学的には土塊の一般強度という漠然とした値を用いていること、さらに土塊が滑動しているにも拘らず充分なヒズミを考えないために破壊強度を使用しているのが欠点である。

今回、ここで述べる方法はこのような欠点を是正するために、スベリ面の「変動状況」と「土質試験結果」の2つの条件をさらに吟味し、安定計算使用強度定数(C・φ)をより確実なものとするものである。

2. 土塊強度定数の決定方法 (現行と比較しながら)

2-1. 地スベリブロック内に押入したヒズミ計により、スベリ面の位置および地表面の変動状況を確認する。

2-2. 各スベリ面について(1)式の分子オ1項と分母を分割法により計算する。

$$F.S = \frac{\sum (N - \mu) \tan \phi + C \sum l}{\sum T} \quad \text{----- (1)}$$

2-3. C-φ図を作成するためのC・φの値を求めるのに、これまでは安定度(F・S)が1より大1より小に考えて求めていたものをここでは表-1に示すように安全率の範囲を細分した。

なお地スベリ地区においてヒズミ計・傾斜計・伸縮計等の計測器による変動状況を大別すると表-1に示す如くである。

表-1 ヒズミ変動種別一覧 (「地スベリ調査と解析」より)

変動種別	日変動 絶対値 (μ)	累積変動 絶対値 (μ/R)	変 動 形 態		スベリ面存在 の地形・地質 的可能性	総 合 判 定	安全率の範囲
			累積傾向	変動状態			
顕定変動	10 ² 以上	5×10 ² 以上	顕著	累積変動	あり	確 定 スベリ面	F.S ≤ 0.9
準顕定変動	10 ² 以上	10 ³ 以上	やや顕著	〃	〃	準 確 定 スベリ面	0.9 ≤ F.S ≤ 0.95
潜在変動	10 ² 以下	10 ² 以上	ややあり	累積 断続 的 変 動	〃	潜 在 スベリ面	0.95 ≤ F.S ≤ 1.0
異常変動	10 ² 以上	10 ³ 以上	なし	断続 的 変 動	なし	地スベリ 以外の要因	1.0 ≤ F.S

各スベリ面について変動状況4種類の安全率を用いて $C=0$ により ϕ を求め、 $\phi=0$ により C を求め $C-\phi$ 図を描く。

2-4. 地スベリ土塊の強度を実験的に求めるためにこれまでのセリ断試験の方法ではなく残留強度試験というものを取り入れ、セリ断能力のピーク値と残留値を求め、それぞれの値に対応した C と ϕ を求める。

2-5. (2-3) で述べた $C-\phi$ 図と (2-4) に示した C と ϕ の範囲より安定計算使用強度定数 (C, ϕ) を決定する。

3. 安定解析例

3-1. 変動状況による強度定数の範囲

図-1 は秋田県六助長根の地スベリ地区における地すべり面を表わしている。同図に示すように、ビズミ計による測定結果と地表面の変動状況をもとにスベリ面 (A)・(B) を求め、さらに地下水位の上昇と下降を考慮して安定計算を行い、各スベリ面について4種類の変動状況の安全率(表-1)を与えて、 $C=0$ により ϕ を求め、 $\phi=0$ により C を求めた。

その結果を表-2 および図-2 に示した。

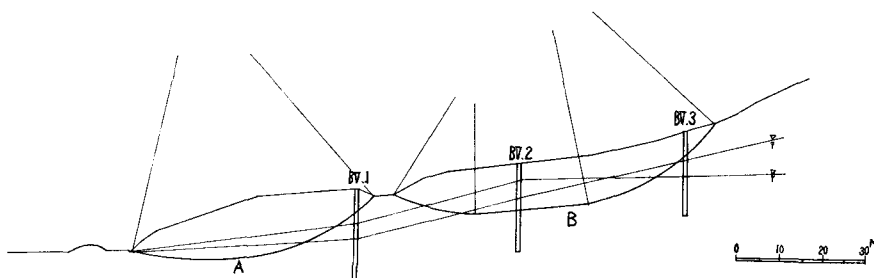


図-1 安定解析図 (秋田県六助長根)

表-2

スベリ面	地下水位	垂直力 (ΣN)	セリ断力 (ΣT)	C=0	確定変動	準確定変動	潜在変動	異常変動
A	水位上	735.49	227.20	$\phi=0$	$\tan \phi \leq 0.278$	$0.278 \leq \tan \phi \leq 0.294$	$0.294 \leq \tan \phi \leq 0.319$	$0.319 \leq \tan \phi$
				$\phi=0$	$C \leq 3.427$	$3.427 \leq C \leq 3.618$	$3.618 \leq C \leq 3.808$	$3.808 \leq C$
	水位下	821.49	270.98	$C=0$	$\tan \phi \leq 0.277$	$0.277 \leq \tan \phi \leq 0.313$	$0.313 \leq \tan \phi \leq 0.330$	$0.330 \leq \tan \phi$
				$\phi=0$	$C \leq 4.088$	$4.088 \leq C \leq 4.315$	$4.315 \leq C \leq 4.582$	$4.582 \leq C$
B	水位上	911.82	321.45	$C=0$	$\tan \phi \leq 0.317$	$0.317 \leq \tan \phi \leq 0.335$	$0.335 \leq \tan \phi \leq 0.353$	$0.353 \leq \tan \phi$
				$\phi=0$	$C \leq 3.577$	$3.577 \leq C \leq 3.881$	$3.881 \leq C \leq 4.086$	$4.086 \leq C$
	水位下	1001.36	333.04	$C=0$	$\tan \phi \leq 0.299$	$0.299 \leq \tan \phi \leq 0.316$	$0.316 \leq \tan \phi \leq 0.333$	$0.333 \leq \tan \phi$
				$\phi=0$	$C \leq 3.810$	$3.810 \leq C \leq 4.021$	$4.021 \leq C \leq 4.233$	$4.233 \leq C$

3-2. 残留強度試験によって求めた土の強度定数の範囲

秋田県庁助長根の地すべり地区の土塊（本地区すべり地区は広範囲にわたり粘土層が占めている）の不攪乱試料についてセリ断試験（圧密・排水・繰返）を行い、セリ断能力のピーク値と残留値から C と ϕ の範囲を求めると表-4 および図-3 に示す如く $0 \leq C \leq 0.16\%$ 、 $10^{\circ}30' \leq \phi \leq 11^{\circ}00'$ となる。

図-2 $C-\phi$ 図

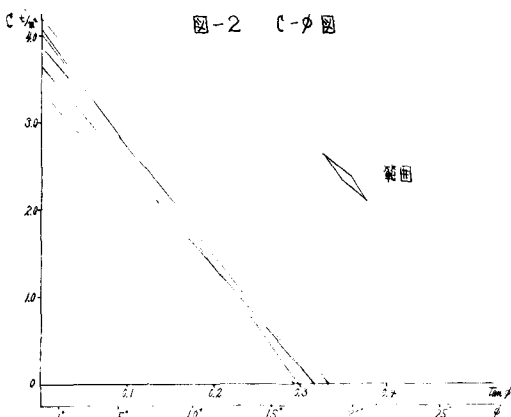


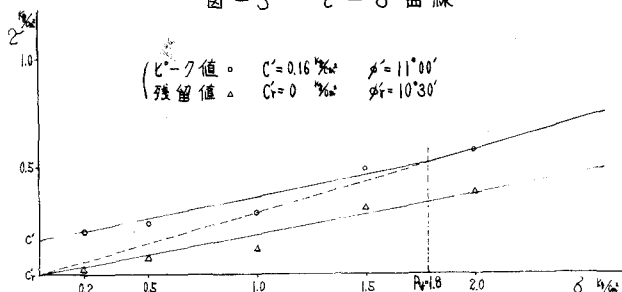
表-3

物理試験		力学試験	
現場含水比	68.2%	圧密試験	
比重 (G _s)	2.645	初期含水比 (w _i)	2.766
三角座標分類	粘土 (粘土分 49.0%)	初期間隙比 (e _i)	1.766
透水性係数 (L _v)	244.0%	圧密指数 (C _c)	0.87
塑性限界 (P _L)	37.7%	圧密降伏応力 (P _y)	1.96 %

表-4

セリ断試験 (圧密・排水・繰返)					
径 100 mm 厚 50 mm スイス速度 0.03 mm/min					
試料番号	N0.1	N0.2	N0.3	N0.4	N0.5
垂直荷重 (%w)	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
初期含水比 (%)	57.4	54.5	57.9	60.7	59.6
セリ断面付近含水比 (%)	72.0	60.0	49.5	59.4	51.1
排水状態	吸水	吸水	排水	排水	排水
最大セリ断能力 (%w)	0.200	0.238	0.282	0.484	0.562
残留値 (%w)	0.022	0.077	0.117	0.311	0.372

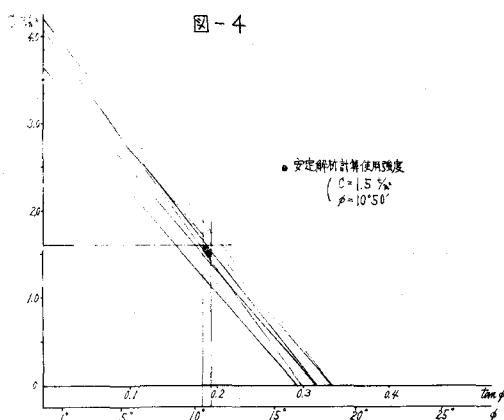
図-3 $\tau-\sigma$ 曲線



3-3. 安定計算使用強度定数の決定

C-φ図と土質試験から求めたC・φの範囲を合成すると図-4に示すように、斜線部内の残留値に在り恒、すなわち $C=1.5\%$ ・ $\phi=10.5^\circ$ が安定計算使用強度定数として求められる。

結局各スベリ面の安全率と変動状況は表-5に示すように求まる。



4. あとがき

確定なスベリ面の把握と残留強度値を用いることにより、C-φ図から安定計算使用強度定数を決定することが容易となり、変動状況を確実に測定しながらC-φ図においてC・φの決定値の位置により、各スベリ面がどのような変動状況であるかがわかる。なお、今回は数人の現場について同様な解析を行い比較検討をするに際し、攪拌試料のせん断試験による残留強度の測定方法も検討し、さらに改良していかなければならないと思われる。

表-5

スベリ面	地下水位	安全率(FS)	変動状況
A	水位上	0.944	準確定
	水位下	1.012	異常
B	水位上	0.909	準確定
	水位下	0.929	"

参考文献

1. A.W. JEMPTON : LONG-TERM STABILITY OF CLAY SLOPE
2. 藤原明敏, 谷口敏雄 監修 : 「地スベリ調査と解析」 理工図書