

京都大学工学部 正員 工博 赤 井 浩 一

斜面の安定解析の中で最も周知のものは、円形すべり面を用いるスエーデン法であろう。

従来軟かい粘土層の切取りの安定計算には、いわゆる $\varphi = 0$ 解析法というのが普通用いられて来た。この方法は粘土のせん断強度が載荷条件の変化した後にも一定のままであるという仮定にもとづいている。しかし実際は、載荷の変化を受けて粘土が圧密または膨張するにつれてせん断強度も変化するから、 $\varphi = 0$ 法が適用できるのは、厳密には急激な載荷条件の変化があつた直後のごく短い期間だけに限られることになる。

建築物や盛土を粘土地盤上に築造する場合に、その工事の期間は粘土が圧密に要する時間と比べてかなり短いのが普通である。粘土にこのような載荷があると、圧密過程でせん断強度が徐々に増加するから、この場合の安全率は $\varphi = 0$ 法で求められる構造物完成直後の安全率より大きくならねばならない。しかし逆に斜面の切取りのような除荷の場合を考えると粘土は膨張することによつてせん断強度を減ずるので、安全率は時間とともに減少し、長期間にわたる斜面の安定を論ずるのに $\varphi = 0$ 法は危険側の値を与えることになる。

上述のような載荷条件の変化の影響を考慮したのが有効応力にもとづく斜面の安定解析法であり、これを C, φ 解析法という。この方法では、粘土のせん断強度は有効応力で示した粘着力 C' と内部摩擦角 φ' で表わされる。

斜面の安定解析において $\varphi = 0$ 法および $C, \varphi = 0$ 法のいずれが妥当であるかということは、1954年ストックホルムでのこの主題の国際会議で激しく論議された点である。しかし現在少なくとも英国およびスカンジナビア諸国では、Bishop が修正した有効応力にもとづく C, φ 解析法が長期間の斜面安定を解析するのに適しているとの立場をとっている。

いずれの解析法を採用するにしても、すべり面を合理的に仮定することと、土のせん断強度を正しく把握することが重要な訳であるが、特に C, φ 法ではすべり時の土中の間ゲキ水圧を綿密に調査する必要が生ずる。多くの場合すべりが生じてからの調査では、あらかじめすべりを予想してその地域内で記録をとっていない限り、すべりの直前の間ゲキ水圧の真の値を知ることができない。したがつてすべりが生じた後、できるだけ早い時期に現地を設置したピエゾメータの読みによつて、土中の間ゲキ水圧の分布を仮定するということになる。筆者が担当したオスロー東方約 50 Km のクイック・クレー層内の地すべりの安定解析で採用した方法を以下

に述べる。

この地すべりは 1958 年 9 月 1 日に川沿いの粘土層内で生じ、幅約 150 m、最大水平長約 40 m の規模を有するものであつたが、間ゲキ水圧の測定はノルウェー国立土質工学研究所 (NGI) のピエゾメータを用いて、同年 11 月より約 1 カ年にわたつて続けられた。使用したピエゾメータは 12 コで、その測定結果を間ゲキ水圧一時間曲線として表わしてみたが、季節によつて土中の間ゲキ水圧の値が著しく変化することが判明した。このことはすべりが起つたときの間ゲキ水圧の正しい値を推定するのにきわめて不都合なことである。しかし別に河川水位と間ゲキ水圧との対応をとつてみるとかなりよい相関を示した。すなわち大略としては、河川の水位が上昇すると各ピエゾメータの読みも増えるということがわかつた。地すべり当日の河川水位 (117.8 m) が知られているので 1 カ年間の読み取りの中、河川水位がこの付近にある 3 回の機会のそれぞれに対応する土中の間ゲキ水圧を表-1 に掲げ、それらの平均をとつてすべり時の間ゲキ水圧の分布を決定した。その結果全部のピエゾメータが深さの方向に静水圧分布よりかなり大きい圧力の増分を示したので、土中には著しい被圧水圧があり、しかもその被圧底がすべりの生じた河心付近に向うほど大きくなつていくことが判明した。これらのことから、このすべりが土中に高い間ゲキ水圧が存在したため生じたものであることを示している。これは長期の日照りにより河川水位が平素よりもかなり低かつたことに起因するものであつて、斜面に対する応力変化としては除荷の場合に相当する。したがつて、 $\varphi = 0$ 解析法での結果は危険側の安全率を与えることが予想される。

c, φ 解析法による安定計算に用いる粘土の強度常数は、河岸部において $\varphi' = 20^\circ$, $C' = 0$ (正規正密粘土)、河谷部において $\varphi' = 20^\circ$, $C' = 0.5 \text{ t/m}^2$ (過圧密粘土) とし、斜面部分では C' をこの間で内挿して定めた。計算結果は単一の円形すべり面を用いた場合、

Bishop の式；

$$F = \frac{1}{\sum_A^B \frac{(w_1 + w_2)}{\sin \alpha}} \sum_A^B \frac{C' b + (w_1 + w_2 - u_s b) \tan \varphi'}{\cos \alpha + \frac{\tan \varphi' \cdot \sin \alpha}{F}} \quad (1)$$

によると安全率 $F_{\min} = 1.06$ を得、また複合すべり面を用いた場合、Janbu の式；

$$F = f_0 \frac{1}{\sum_A^B \frac{(w_1 + w_2)}{\tan \alpha}} \sum_A^B \frac{C' b + (w_1 + w_2 - u_s b) \tan \varphi'}{\cos^2 \alpha + \frac{\tan \varphi' \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{F}} \quad (2)$$

によると $F_{\min} = 1.03$ を得た (修正係数 $f_0 = 1.06$)。

つぎに比較のため $\varphi = 0$ - 解析法を行うため、現地ベーン試験にもとづいて土中の粘着力 c の分布を定め、公式；

$$F = \frac{\sum_A^B s \cdot \ell}{\sum_A^B w \cdot \sin \alpha} \quad (3)$$

によつて安全率を求めると、引張き裂を考慮した場合でも $F_{\min} = 1.24$ となり、この種の地すべりの解析には $\varphi = 0$ - 法は危険側の値を示すことを確かめることができた。

Bjerrum 所長はじめ NGI から受けた好意に謝意を表する。

ピエゾメータ 番 号	G, L(m)	深 度 (m)	ピエゾ置 高 (m)	間 ゲ キ 水 圧 hw (m)		
				1959年2月25日	7月18日	7月31日
1	119.5	7.80	111.7	8.60	—	—
2	119.7	7.30	112.4	9.45	9.25	9.14
4	120.1	7.55	112.55	9.09	—	—
11	120.4	2.00	118.4	0.87	0.00	—
12	120.1	3.65	116.45	2.72	2.15	2.02
13	120.0	2.00	118.0	0.78	—	—
13'	120.0	5.00	115.0	4.70	5.04	5.03
14	120.3	2.00	118.3	0.56	—	—
14'	120.3	6.00	114.3	5.50	5.33	5.30
15	120.3	2.00	118.3	0.66	0.64	0.45
16	120.0	3.40	116.6	2.19	1.92	1.78
17	119.5	2.00	117.5	0.68	—	—
17'	119.5	6.50	113.0	7.40	7.24	7.19
河 川 水 位 (m)				117.80	117.85	117.85

表 一 1