

信州大学工学部 正員 ○ 阿部 広史
正員 川上 若

1. まえがき 長野県上水内郡信州新町小学校の改築に伴ない、山腹を切取って敷地造成が行われたが、切土工事中に斜面に変状が生じた。一般に、斜面切取り直後の解析には一軸圧縮強度を基礎とする全応力解析が行われるが、その一軸圧縮強度では、実状に合わない場合が多々ある。

ここでは、崩壊の原因を有効応力の立場で、実験的に検討を加えていく。

2. 崩壊斜面の状況と地質

図-1に斜面の断面図を示す。昭和52年9月29日、図に示さるような切取りを行って、道をつけたところ、斜面の上部に崩壊が生じた。斜面全体の安定化対策として、集水井による地下水位低下工事を行ったが、その後53年2月にIIのすべり面を想わせるクラックが発生した。本斜面の地質は、断面図に示すように岩盤、風化岩盤、崩土に大別されるが、斜面末端では崩土が段丘礫層上に直接おおい、古い地質時代の地すべり地といえる。また、この斜面は犀川断層上に位置するが、

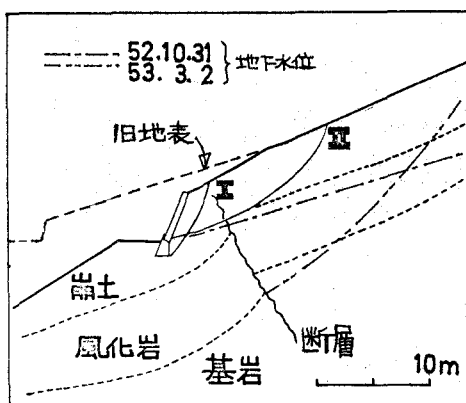


図-1 崩壊斜面の断面図

犀川断層は、南部では西落ちの正断層、北部では西側上りの逆断層をなし、その北端はNW方向の新町断層により断たれているといわれる。ボーリング調査によれば、クラックの発達が著しく破碎された泥岩がみられ、軟かい断層粘土を確認している。

3. 斜面土の調査結果

集水井の掘削時に30cmおきに5mの長さまで、ブロックの形でサンプリングした試料について、一軸圧縮試験を行ったところ、図-2に示す結果を得た。図中、黒丸でブロックされているものは、水浸飽和させたものの結果である。これによると、含水比と一軸圧縮強度の間には、強いていえば図に直線で示したような傾向がみられるが、自然斜面においては、一軸圧縮強度はバラツキが大きいものであるといえるだろう。また、このバラツキが深さにも関連が薄いので、この多くの一軸圧縮強度から、唯一のせん断強度を求めて安定解析を行うのには、無理があると考えられる。

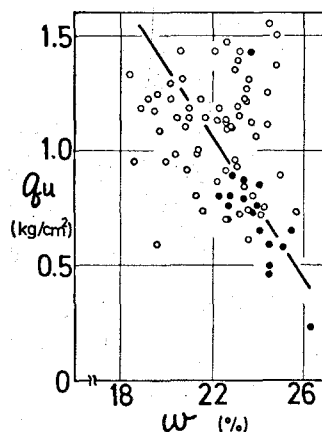


図-2 一軸圧縮強度と含水比

図-3に飽和後の圧密非排水せん断試験の結果を示す。この応力軌跡を見ると、この試料の先行圧密荷重は、ほぼ、2.5 kg/cm²あたりである事が推察できる。強度定数として、正規圧密領域で $c=0$ t/m², $\phi'=28.1^\circ$ 過圧密領域で、 $c=1.4$ t/m², $\phi'=25.6^\circ$ を得る。この強度定数を応力範囲によって使い分ける事によって有効応力解析に用いる事ができる。しかし、実際の斜面の切取りにおいては、切取りによる応力解放やその後の乾燥によってサクションが生じるために、不飽和の特性がどの

程度強度に影響を及ぼすかを調べるために、一軸圧縮(排気)試験を行った。排気試験というのは、一軸供試体を三軸室にセットしたセラミック板の上にのせ、三軸室内に空気圧を作用せしめて一軸圧縮を行うものである。この時の応力経路を図-4の□印で示す。これは初期わずかなサクションを有し、せん断中にサクションが増大するが、破壊時には、CU試験の限界線に近づいている。

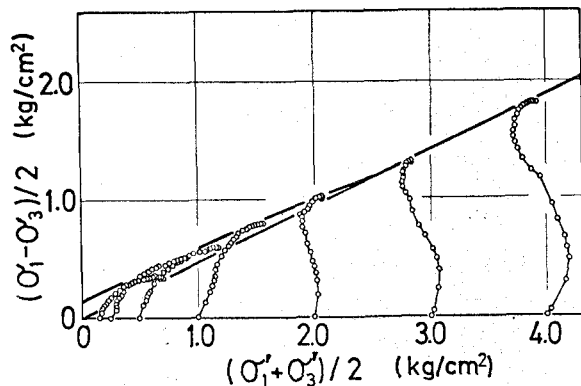


図-3 圧密非排水せん断試験

また、サクションが拘束圧としてどの程度の大きさを持つかを検討するために、供試体が膨張しないように吸水飽和させて非排水せん断を行った。その結果は、図-4の●印で示される。体積膨張を防ぐに必要な拘束圧として 0.15 kg/cm^2 の等方圧が必要であることが図示されている。なお、体積変化の測定には、内部三軸室と顕微鏡を用いている。

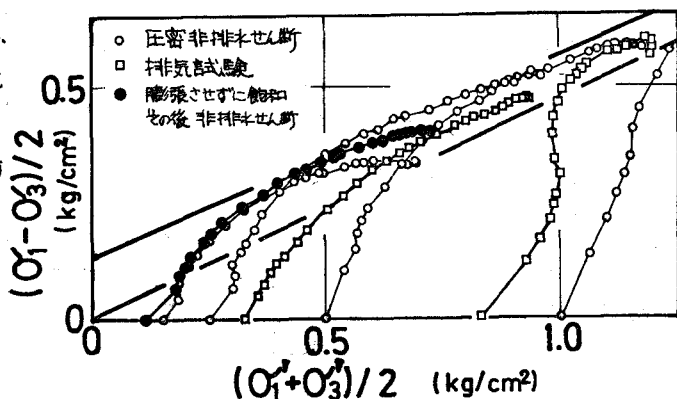


図-4 一軸圧縮(排気)せん断試験

4. 安定解析 図-1 に示されるすべり面ⅠとⅡに対して安定解析を行った。

変状を生じた現場の状況に対応させて、石積擁壁がない場合のすべり面Ⅰと、擁壁完成後のすべり面Ⅱについて安定解析を行った。

まず、(1)式より、すべり面Ⅰ、Ⅱについて安全率が1になる時の C_u を求めると、Ⅰで $C_u = 1.81 \text{ t/m}^2$ 、Ⅱで $C_u = 2.70 \text{ t/m}^2$ という値が得られた。

ところが図-2の一軸圧縮強度分布からも判るように、 C_u 値は望みにみても 3.0 t/m^2 はあるとみられるので斜面の崩壊を十分に説明する事はできない。そこで、(2)式によって検討した。(2)式中の分子は、通常のごとき間げき水圧が発生すれば安全率は減少するが、間げき水圧が負圧(サクション)になれば、安全率は増大する。有効応力解析の結果を表-1に示す。これによるとわずかなサクションであっても安全率には大きく効いてくる事が判る。よって切取直後における応力解放および乾燥によって斜面はかなり高い安全率を持っているものと思われる。ところが降雨によってサクションが消失し、さらに地下水位が上昇する事によって、斜面に変状を生ぜしめたと説明できる。

現場斜面においては、すべり面Ⅱの変状は基盤岩の水位が低下した後の変状である。しかし、融雪期の浅層地下水の存在が災したものと考えられ、深さ2mのトレンチ排水溝の設置後、安定している。

$$F_s = \frac{C_u \cdot l}{W \sin \alpha} \quad (1)$$

$$F_s = \frac{C' \cdot l + (W \cos \alpha - U \cdot l) \tan \phi'}{W \sin \alpha} \quad (2)$$

表-1 有効応力解析による安全率の変化

	サクション 0.1 kg/cm^2	サクション 0	地床位 地表下 1.5 m
すべり面Ⅰ	1.34	1.08	—
すべり面Ⅱ	1.55	1.38	0.98