

地すべり面の土のせん断強さ

小川正二*

新潟県では、毎年、地すべり、豪雨による斜面災害と土砂災害、洪水による河川災害や農業災害、冬季の大雪山災害など多くの自然災害が発生している。さらに、新潟地震の際に発生した液状化現象の原因となった地下水の下部のゆるい砂地盤が広く存在し砂地盤下部の高圧地下水の存在が見られる。また北陸高速道路・一般道路・広域農道で見られるように盛土によるゆるい粘性土地盤の地盤沈下、冬季の地下水揚水による地盤沈下の原因となるゆるい未圧密粘性土地盤が広域に亘って存在している。

このような新潟県の自然環境に関係して発生する地すべり災害と斜面災害は粘性土と高い地下水圧に基因して発生していると言っても過言ではないので、ここでは、再び、地すべり発生地の土のせん断強さについて述べる。

一般に、土のせん断強さはクーロンの破壊基準である次式によって表される。

$$\tau_f = c + \sigma_n \tan \phi \quad (1)$$

ここで、(c, ϕ) は土の強度常数で、同じ土でも密度、含水比、飽和度 (S_r) が同じ状態ならば一定で、せん断強さ (τ_f) は垂直応力 (σ_n) に比例することになる。

しかしながら、垂直応力 (σ_n) は飽和度(S_r)によってことなり、不飽和土の有効垂直応力 (σ_n') は

$$\sigma_n' = (\sigma_n - u_a) + \alpha(u_a - u_w) \quad (2)$$

ここに、 σ_n : 垂直応力

α : 飽和土の時 $\alpha = 1$ 不飽和土の時 $\alpha = 0$

($u_a - u_w$) : サクシヨン力

u_a : 間隙空気圧

u_w : 間隙水圧

となる。

ここで、現位置の地すべり土塊は過去に滑って堆積したと考え、すべり線の大部分は地下水面以下にあるから、すべり面の土要素はほとんど、正規圧密状態にある ($S_r = 100\%$) の飽和粘性土となっていると考えることが出来る。したがって、すべり面の土のせん断強さは

$$\tau_f = c' + (\sigma_{no} - u) \tan \phi' \quad (3)$$

ここに、 τ_f : せん断強さ

c' : 有効粘着力

ϕ' : 内部摩擦角

σ_{no} : 初期垂直応力 (2) 式の σ_n

u : 間隙水圧

となる。

正規圧密状態にある土のせん断強さ (τ_f) は初期垂直応力を (σ_{no}) とすると、間隙水圧 (u) の上昇により、(3) 式から解るように、($\sigma_{no} - u$) 比例して低下すること

*長岡工業高等専門学校

になる。

しかし、地すべり地で地下水位面以下にあるすべり面の土の有効垂直応力 (σ_n) は間隙水圧 (u) が上昇すると、 $\sigma_{no} > (\sigma_{no} - u)$ となるので、過圧密比は

$$OCR = \frac{\sigma_{no}}{(\sigma_{no} - u)} > 1$$

となり、土は過圧密土となります。そのために、せん断応力 (τ) - 変位関係は図-1 のようになり、ある変位で最大せん断応力に達した後にせん断応力は徐々に低下して最終的に残留強さ (τ_r) になります。したがって、過圧密状態の土の破壊線は図-2 のA-B線のようになり、せん断抵抗力 (τ_r) は有効垂直応力 (σ_n) に直線的に比例して低下するものではありません。

このような土要素のせん断特性を見ると、地すべりの調査と地すべり防止対策は、地すべり面の間隙水圧の正確な計測と排水井による排水ボーリングが重要であることが判ると思います。

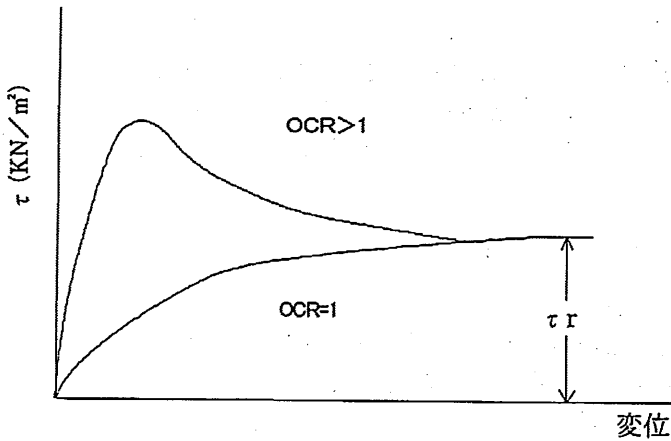


図-1 せん断応力 - 変位関係への過圧密の影響

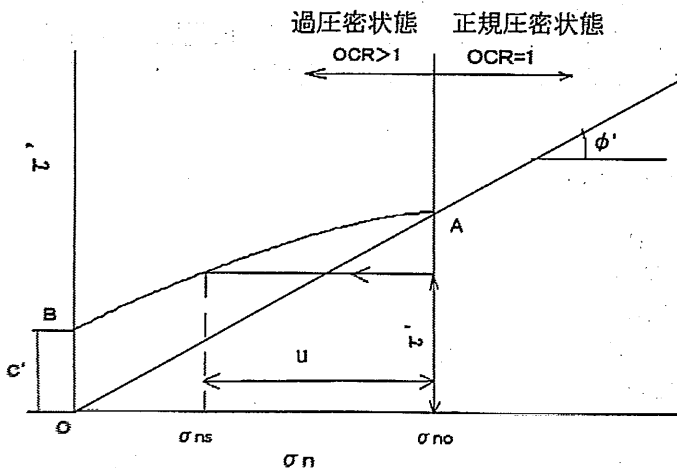


図-2 正規圧密、過圧密状態の破壊線