

現場剪断強度の測定に基づく表層崩壊の研究

京都大学農学部 ○ 丸井英明・武居有恒・小橋澄治・佐々恭二

1. はじめに 崩壊に關する研究は從來から数多く行われているがその大半は地質學的、地質學的の研究であり、それは崩壊の全般的な特性や背景に關する知見を与えるものと考えられる。それに対して崩壊の機構に立入、て議論するためには土質工學的な理解が必要となるがその様な研究は極めて少なかった。それは崩壊機構を議論するのに不可欠な土層の剪断強度を把握することが困難なことによる。そこで問題となるのは表層土層に對する低い拘束力下での剪断試験を行なうことと、不飽和状態と飽和状態での強度の変化を適確に評価することである。以下六甲山地マサ土成層の崩壊について斜面表層部土層の剪断強度を測定しそれに基づいて崩壊の過程を検討した結果を述べる。

2. 自然斜面の安定解析法 斜面の安定解析法は人工の盛土斜面に關しては一応の方法が確立している。それは深さ方向に土層構造が変化しないことを前提としており、従つて強度定数 c 、 ϕ も一定として、同一深度から採取した数個のサンプルに對して異なる拘束圧のもと載荷して剪断試験を行つて得られた一組の c 、 ϕ を用いて解析するやり方である。その様な方法は深度によつて土層構造が異なる自然斜面の場合には不適当である。自然斜面表層土層の剪断強度の分布の例を圖1に示す(飽和)。同じ土層の強度定数 c 、 ϕ の深度による相違を圖2に示す(飽和)。圖3は別の斜面土層での不飽和時と飽和時の c 、 ϕ を示したものである。深度によつて c 、 ϕ が異なることは明らかである。表層崩壊の場合は崩壊深に比して崩壊長が大きいので無限長斜面の安定問題として取り扱い、斜面勾配に平行な滑り面に作用する剪断力 τ と剪断抵抗力 τ_r の大小を比較することになる。土層が飽和し地下水面が地表面と一致する場合の τ としては、土の密度 γ 、強度定数 c 、 ϕ が深さ z の関数であるので、

$$\tau = \int_0^z \gamma(z) dz \cos \alpha \sin \beta, \quad \tau_r = c(z) + \int_0^z (\gamma(z) - \gamma_w) dz \cos \beta \cdot \tan \phi$$

と表わされる。圖6、7は上式に基づいてかつ地下水面の位置を変化させていった時の τ と τ_r の分布を示したものである。いずれの場合にも水面の上昇に伴つて τ は低下して行っている。圖6では水面が40cm程度に達した時深度60cm位で τ が τ_r を下回りその付近で崩壊することになる。圖7では40cm程度に水面が達した時深度80~90cm位で崩壊することになると考えられる。一方圖8は鉛直土層圧一定の状態に斜面勾配を変化させた時の各深度毎の安全率 $F = \tau_r / \tau$ の変化を示したものである。安全率の変化に對して斜面勾配がそれ程顕著には効いていないことがわかる。

3. 不飽和時と飽和時の強度特性の差異 圖3は同一深度における飽和時と不飽和の c 、 ϕ を示したものである。飽和時の拘束力 σ_v は向隣水圧が作用する分だけ小さい。結果を見ると ϕ についてはあまり変化しておらず、不飽和と飽和とでの強度の差異は主として c 成分の差異として表われている。それは不飽和の土中に作用するsuctionによる有効力の増分の効果であると考えられる。圖4は異なる乾燥密度での含水比の変化に伴うsuctionの変化を示したものである。圖5は不飽和時と飽和時とでの剪断抵抗力の分布の差異を示したものである。不飽和時と飽和時の強度の差 $\Delta \tau$ のうち $\Delta \tau_w$ が向隣水圧の作用による力の差異に基づくものであり、 $\Delta \tau_{un}$ が不飽和時に作用するsuctionに基づく強度の増分であると考えられる。

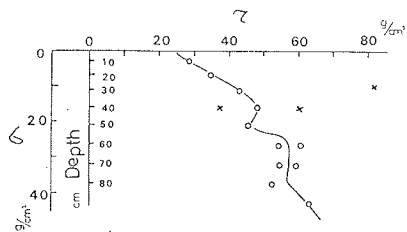


図-1 崩壊斜面③ 剪断強度の分布

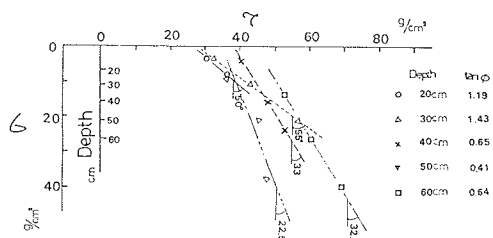


図-2 崩壊斜面③ 強度定数の分布

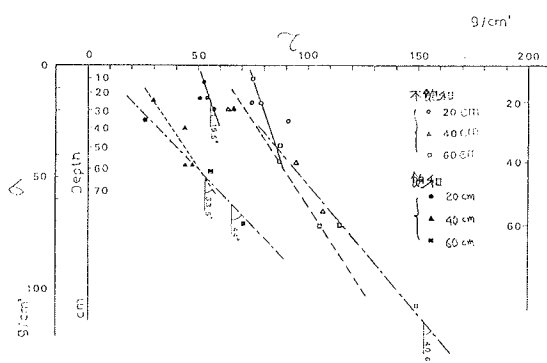


図-3 崩壊斜面④ 不飽和時と飽和時の強度定数の差異

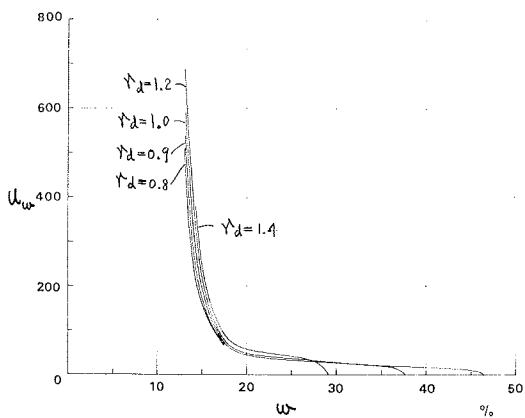


図-4 マス土の suction-含水比関係

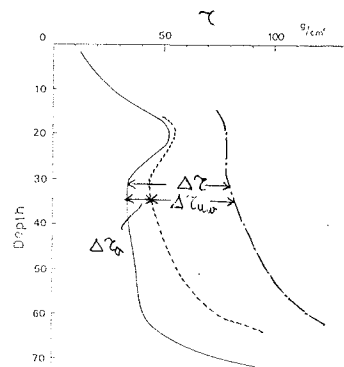


図-5 含水状態の変化に伴うτの変化

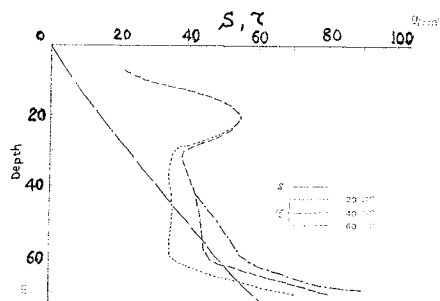


図-6 崩壊斜面④ 地下水面変化に伴うτの変化

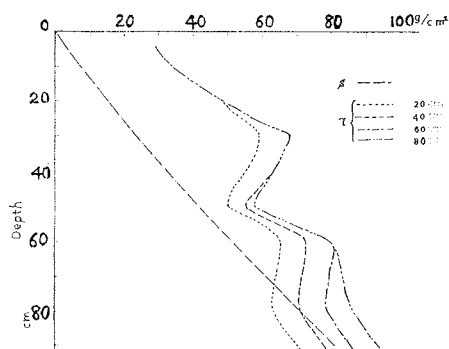


図-7 崩壊斜面⑤ 地下水面変化に伴うτの変化

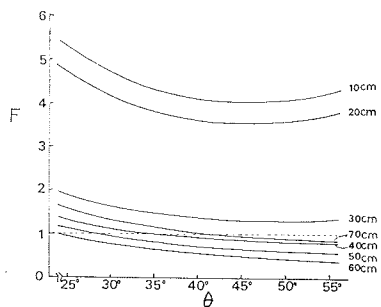


図-8 勾配変化に伴う安全率の変化