

まさ土の含水比変動に伴う強度特性変化

山口大学工学部 正員 村田秀一
山口大学工学部 正員 安福規之
山口大学工学部 学生員 ○近藤保徳

1. まえがき まさ土斜面の表面崩壊の層厚は、一般に数10cmから2,3m位までのことが多く、土層が不飽和の状態から、降雨によって多量に水を含んだ状態とリわけ飽和状態に達した時に、そのせん断強度が低下するといわれている。このような表層すべりの解析を進めるためには、数10kgf/cm²といった低圧下での含水比変動に伴うせん断特性の変化を詳細に知ることが必要となる。そこで本研究では、まず通常の応力域において水分および垂直応力が、まさ土のせん断強度・変形特性に及ぼす影響を、粒子破碎に着目して調べ、その結果を粒子破碎の影響のない低圧下におけるまさ土のせん断特性と比較することによって検討した。

2. 試料及び実験方法 試料は宇部市郊外で採取した2000 μ mのフルイ通過分のまさ土で、比重Gs=2.619, 50%粒径D₅₀=0.84mm, 均等係数Uc=6.41である。実験は、改良型一面せん断試験機を用いて、垂直応力0.03~6.00kgf/cm²の範囲で行なった。まず、含水状態の異なる試料を間隙比e=1.10(相対密度50%)になるように締め固め、その後1時間圧密した後、定圧せん断試験を行なった。なお、飽和度の高い試料を作成する場合には、含水比約12%の試料を詰めた後、給水するという方法をとった。しかしながら、この場合得られた飽和度は75%~88%にとどまった。このような高飽和度の状態を便宜的に飽和状態と以下本文においては表現することとする。

3. 実験結果と考察 図1は、3種類の含水状態における応力-変位曲線である。垂直応力 σ_n が0.5kgf/cm²の場合、気乾状態($\omega=0.3\%$)の試料が最大せん断強度を示し、含水比の増加と共に強度は、減少する。また、応力・変位曲線は、気乾状態で硬化-軟化の傾向を示すが、自然含水比状態($\omega=12\%$)及び飽和状態では、軟化の傾向をほとんど示さない。このような傾向は垂直応力0.20~6.00kgf/cm²の範囲内ではほぼ同様に認められた。一方 σ_n が0.03kgf/cm²の場合、自然含水状態のせん断強度が最大値を示す。これは、垂直応力が小さいために土粒子の破碎による強度低下よりも、サクションが強度増加に寄与する割合の方が大きいと思われる。破壊時の応力比及びダイレイタンシー指数と垂直応力の関係(図2)とせん断による粒子破碎量と垂直応力の関係(図3)

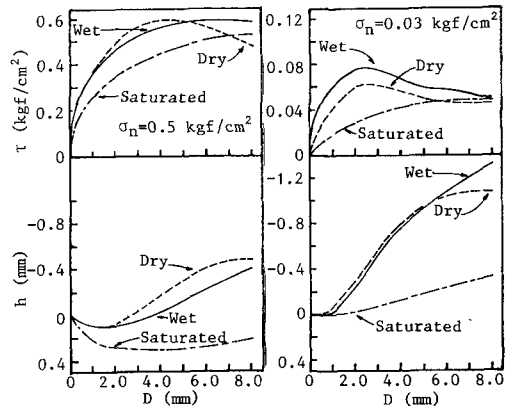


図1 試験結果

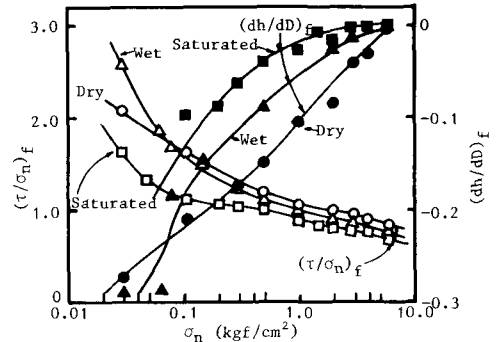


図2 破壊時の応力比及びダイレイタンシー指数と垂直応力の関係

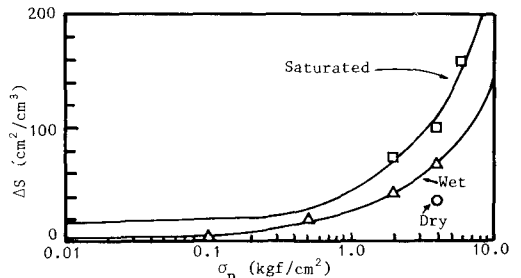


図3 せん断による粒子破碎量と垂直応力の関係

る粒子破碎量と垂直応力の関係(図3)より、垂直応力が増加すると、気乾・自然・飽和の順にせん断による土粒子の破碎量が増加し、ダイレイタンスー指数は膨張から収縮の傾向を示しそれと共に応力比も減少することが分る。そして、垂直応力0.07kgf/cm²付近で気乾と自然含水状態のダイレイタンスー指数及び応力比曲線共に逆転するといった興味深い傾向を示している。

次に、図4に示した表面積と破壊時のダイレイタンスー指数の関係より、粒子破碎量とダイレイタンスー指数の間には含水状態によらないユニークな関係が存在し、ダイレイタンスー指数低下の粒子破碎依存性がうかがえる。図5は、破壊時の応力比と飽和度Srの関係を垂直応力をパラメータにして描いたものである。応力比は、垂直応力が0.2kgf/cm²より大きい場合には飽和度が高くなるにつれて低下し、ある一定の応力比に収束するといった傾向にある。また、0.05kgf/cm²以下のように極めて低い垂直応力下においては、飽和度30%付近で最大値を示す上に凸な曲線を呈すようになる。これは、先にも述べたように、土粒子間に作用するサクシヨンの影響であると考えられる。なお、このようにSr=30%~40%において、せん断強度が最大値を示す傾向は、拘束圧0.1~0.3kgf/cm²の三軸圧縮試験結果によっても見出される。¹⁾

飽和試料の試験後の表面積と試料になされた塑性仕事を求めプロットしたのが図6である。この応力範囲で表面積と塑性仕事の間には密接な関係があり粒子破碎量は、垂直応力や応力経路によらず、塑性仕事によってユニークに定まると考えられる。

最後に、浸水による強度低下の割合ηを次式で定義し、その値を表1にまとめる。

$$\eta = (1 - \tau_{\text{sat}} / \tau_{\text{nat}}) \times 100 (\%)$$

ここに、 τ_{sat} : 浸水飽和時の最大せん断強度

τ_{nat} : 自然含水状態での最大せん断強度

表より、垂直応力が低下するほど浸水による影響を受けやすい事をしめしている。例えば、表層すべりの安定を考える場合、拘束圧が数10g~数100gを考えなくてはならないので、この事は重大な事であろう。

4. まとめ 1) 垂直応力0.05kgf/cm²以下では、飽和度30%~40%付近で破壊時の応力比が最大値を示す事が分った。 2) まさ土は、浸水による強度の低下率が低圧になるほど大きくなる。

参考文献

1) 村田、安福: 低圧下における不飽和まさ土のせん断強度特性, 第38回土木学会中国四国支部学術講演会, 昭和59年 7月

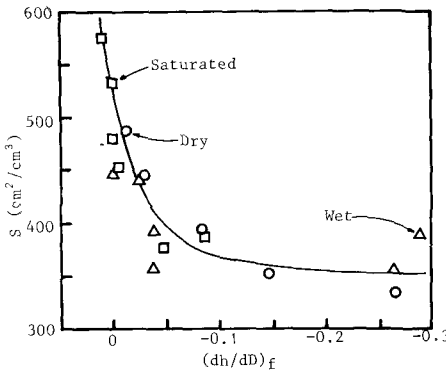


図4 粒子破碎量と破壊時のダイレイタンスー指数の関係

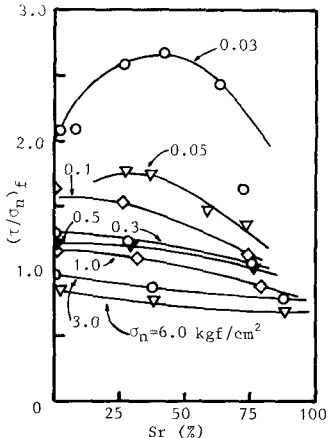


図5 破壊時の応力比と飽和度の関係

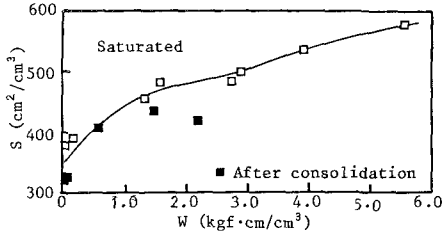


図6 表面積と塑性仕事の関係

表1 強度低下率	
垂直応力	強度低下率
3.00kgf/cm ²	6.0 %
0.30kgf/cm ²	14.0 %
0.03kgf/cm ²	37.0 %