

不飽和まさ土の強度特性に関する一考察

山口大学 工学部 村田 秀一
山口大学 工学部 安福 規之
山口大学 大学院 ○ 近藤 保徳
日本鋼管工事(株) 西村 益光

1. まえがき 不飽和状態にあるまさ土斜面が表層崩壊を生じる一因として、降雨によって多量の水を含み飽和状態に達し、そのせん断強度が著しく低下することが挙げられる。このようなまさ土地帯の自然斜面や切り取り斜面の安定を検討する場合、本来乱さないまさ土供試体を用いて変形・強度特性を調べる必要があると考えられるが、本報告は、その前段階として、

乱したまさ土供試体を用いて0.3kgf/cm²の拘束圧で、排水三軸試験を行ない、含水比の変動に伴う強度特性の変化を、サクシヨンに着目して調べたものである。また、今回得られた実験結果を用いて単一層の斜面の安定解析を円弧すべりを仮定して検討した。

表-1 まさ土試料の指数性質

	Disturbed sample A	Disturbed sample B	Undisturbed sample C
比重 G_s	2.62	2.63	2.60
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.36-1.38	1.55-1.59	1.50-1.62
最大粒径 D_{max} (mm)	4.76	4.76	8.10
50% 粒径 D_{50} (mm)	0.64	1.00	1.10
74 μ m 以下 (%)	10.20	10.00	4.00

2. 試料および実験方法

試料は、宇部市郊外で採取した4760 μ m フリイ通過分のまさ土で、その主な指数性質を表-1に示す。供試体は、含水比25%の試料をプラスチックモールド内で相対密度 $Dr=80 \sim 85\%$ になるように作成した。供試体の飽和度を下げするために、デシケーター内で所定の飽和度が得られるよう乾燥させ、その後、飽和度が一定になるよう一週間養生ビン内で養生した。また、飽和度を上げるときは、供試体セット後に脱気水を給水する方法を用いたが、飽和度 $S_r=100\%$ の供試体の作成には、炭酸ガスを供試体下部より注入させた後、脱気水を浸透させ、さらに背圧を段階的に1.5kgf/cm²まで加える方法を用いた。実験は、せん断速度を、0.05%/min とし、サクシヨンを、下部ペDESTルのセラミック板を通して測定した。

3. 実験結果と考察

図-1は、軸差応力、体積変化およびサクシヨンと軸ひずみの関係の代表例を示している。飽和供試体の挙動は、正規圧密粘土のような挙動であり、飽和度の低下と共に破壊時の軸差応力が増大し、応力-ひずみ関係に軟化の傾向が現われ過圧密粘土のような挙動を示すようになる。また、サクシヨンは、飽和度の低いものほど大きい値を示し、せん断中には、ほとんど変化を示さないことがわかる。破壊時の軸差応力と飽和度の関係を図-2に示す。なお、比較のため図中にSample B,Cの結果も示す。¹⁾ 図中の黒丸はSample Aの実験結果に対し、Roweの補正式

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_R = \sigma_1' / \{1 + (dv/d\varepsilon_1)_f\} - \sigma_3' \quad (1)$$

を用いて補正した軸差応力である。試料の違いにより、軸差応力の値は異なるが、曲線の形状は、よく似ている。また、Roweの補正によってダイレイタンスー効果を除いた場合も同

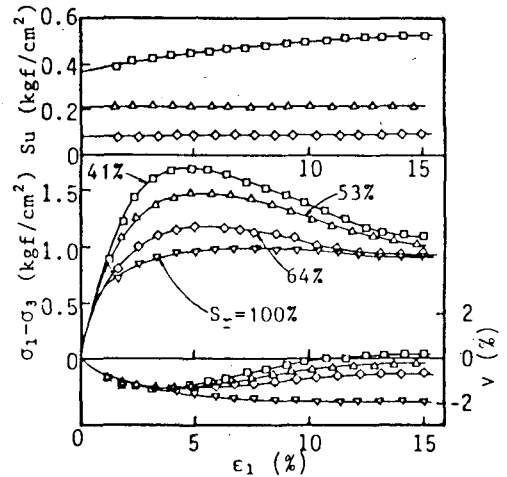


図-1 実験結果

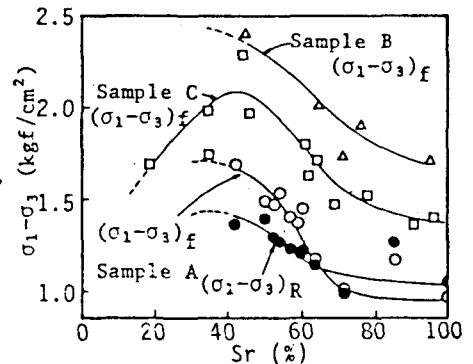


図-2 破壊時の軸差応力と飽和度の関係

様の傾向を示している。Sample Cが、飽和度40%付近でピークを持つ凸型の曲線で表示できることより、他の試料でもある飽和度でピークを持つのではないと思われる。図-3には、破壊時のサクシジョンと飽和度の関係を示す。サクシジョンは、飽和度の低下に伴い増加する傾向が見られ、その傾向は、飽和度60~30%で著しく、それ以上の飽和度の低下による増加は、今回用いた試料では、見られなかった。

ところで、サクシジョンの強度に及ぼす効果を評価する1つとして、サクシジョンにより拘束圧が増加したとみなす方法が考えられる。²⁾ もつとも、今回用いた試料のように粘着力を持つ場合飽和度の減少に伴う粘着力成分の増加も考えられるわけで、ここでの有効拘束圧増分とは、以上の2つの効果によるものである。試料の内部摩擦角を ϕ とすると、 $\Delta\sigma'_1$ と $\Delta\sigma'_3$ の間には、次のような関係式が成り立つ。

$$\Delta\sigma'_1 = \Delta\sigma'_3 (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi) \quad (2)$$

ここに $\Delta\sigma'_3$: 有効拘束圧増分

$\Delta\sigma'_1$: $\Delta\sigma'_3$ による最大主応力増分

また、サクシジョンに伴う有効拘束圧増分による、粘着力増分を ΔCds とすると、($\Delta\sigma'_1 - \Delta\sigma'_3$)と ΔCds の間には、次のような関係式が成り立つ。

$$\Delta Cds = (\Delta\sigma'_1 - \Delta\sigma'_3)(1 - \sin \phi) / (2 \cdot \cos \phi) \quad (3)$$

この式で求めた粘着力増分と飽和度の関係を図-4に示す。粘着力増分は、サクシジョンと同様に飽和度の低下に伴い増加しており、低下下での強度特性は、飽和度すなわちサクシジョンに大きく依存することがうかがえる。

4. 斜面の安定解析 Sample Aの実験結果を基に、雨水の土層への浸透を考慮して、斜面の安定解析を行なった。計算に用いた断面形状を図-5に示す。また、強度定数は、自然含水比状態では、飽和度 $S_r=58\%$ 、単位体積重量 $\gamma_t=1.63\text{tf/m}^3$ 、見かけの粘着力 $c=0.98\text{tf/m}^2$ ($S_r=100\%$ 時の粘着力+図-4の ΔCds) 飽和状態では、 $S_r=100\%$ 、 $\gamma_t=1.85\text{tf/m}^3$ 、 $c=0.18\text{tf/m}^2$ であるとした。内部摩擦角は、含水比の影響を受けず³⁾一定であると考え飽和状態における実験結果($\sigma_3=0.3, 0.4$ および 0.5kgf/cm^2)より得た $\phi=43^\circ$ を用いた。図-6は、雨水による飽和土層の厚さ $D(\text{m})$ が、0.0, 0.5, 1.0, 2.0 および5.0mまで達したときの安全率を斜面勾配 $\theta=25^\circ, 35^\circ$ および 45° に対して示したものである。ここでは、地下水面をかなり下に制定し、地下水の影響を無視した。図より、飽和土層の厚さが0.5~1.0mの間で安全率の急激な低下が見られることがわかった。また、この場合のすべり面の深さもほぼ飽和土層の厚さと一致している。

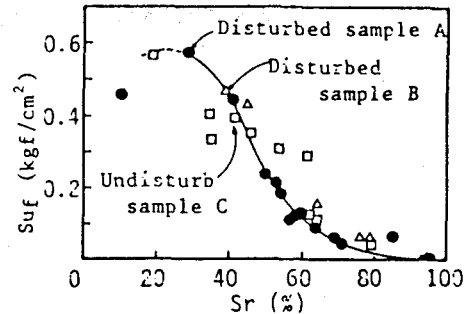


図-3 破壊時のサクシジョンと飽和度の関係

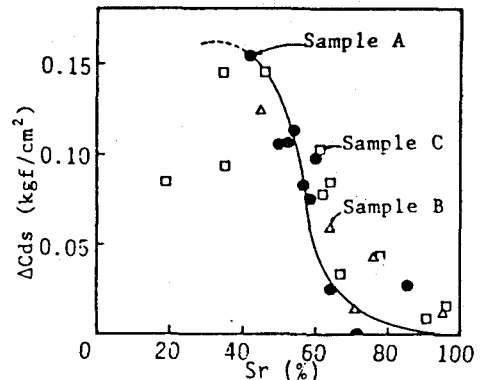


図-4 粘着力増分と飽和度の関係

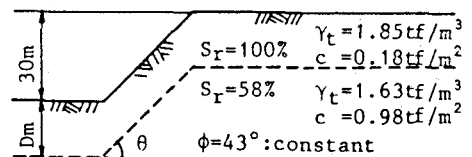


図-5 斜面の断面形状

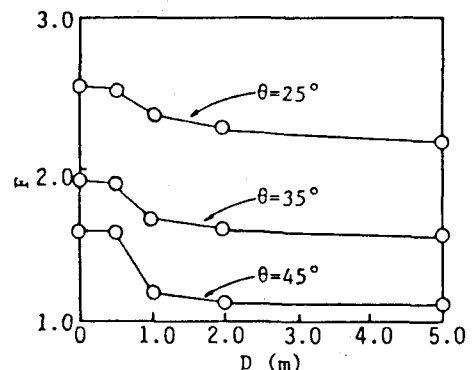


図-6 安全率と飽和土層の厚さ

参考文献

- 1) 村田, 安福: 低下下における不飽和まさ土のせん断特性, 第36回土木学会中国四国支部講演会, 1984
- 2) 三浦, 村田, 安福: まさ土のせん断強度に及ぼすサクシジョンの影響, 山工大工学部研究報告, Vol.34, 1984
- 3) 三浦, 村田, 原田: 含水比変動に伴う破砕性土のせん断特性変化, 土木学会論文報告集, No.336, 1983