

飽和度に着目したまさ土のせん断特性

山口大学大学院 学生会員 ○佐川 修
山口大学工学部 正 会 員 兵動正幸 村田秀一
山口大学工学部 正 会 員 中田幸男 吉本憲正

1.はじめに

不飽和土に関する研究¹⁾は、サクシオンによる影響が現れやすい粘性土を中心に進められている。しかしながら、地球を取り巻く地表の大部分は不飽和状態下であり、その多くは砂質土で構成されている。したがって、不飽和状態の地盤の挙動を予測するためには、不飽和砂質土の変形強度特性に関するデータの蓄積が必要である。本研究では、不飽和砂質土のせん断特性の把握を行うため、まさ土を用いて一面せん断試験を行い、その結果からせん断強度特性に及ぼす飽和度、乾燥密度の影響について調べた。

2.試料及び試験方法

実験に用いた試料は、2mm ふるいを通過した宇部まさ土($G_s=2.603$, $\rho_{dmax}=1.80\text{g/cm}^3$, $w_{opt}=13.66\%$)である。供試体は直径 6cm, 高さ 4cm のモールド内に、所定の飽和度・乾燥密度になるよう調整した試料を 3 層にわけ、高さ 2cm になるようプレス機を用いて静的に締め固め作製した。このような供試体に対し、せん断速度 0.2mm/min のもと、初期上戴圧を 29.5, 49, 98, 196kPa の定圧で一面せん断試験を行った。図 1 は用いた試料の締め固め曲線である。図中の○印は供試体の作成条件を示したものである。

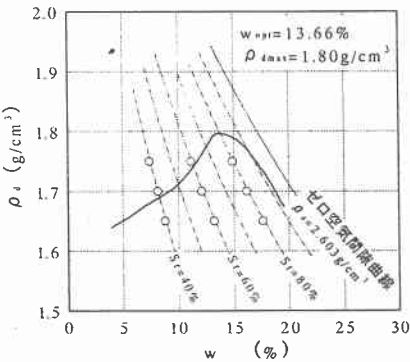


図 1 まさ土の締め固め曲線

3.試験結果及び考察

ここでは紙面の都合上、 $\rho_d=1.65\text{g/cm}^3$ の場合についてのみ述べる。図 2 は、せん断応力 τ -水平変位 D -鉛直変位 h の関係を示したものである。(a)は $S_r=40\%$ の場合であるが、各上戴圧ともせん断初期の剛性が高い。また、上戴圧 $\sigma_c=29.4, 49\text{kPa}$ の場合は強度に明確なピークが現われ、その後、せん断応力の低下が見られる。(b)は $S_r=60\%$ の場合である。せん断剛性に関しては各上戴圧とも $S_r=40\%$ に比べて低く、明確なピークが現れないまま一定値に収束する傾向が見られる。また、 $\sigma_c=196\text{kPa}$ ではせん断の進行に伴いひずみ硬化の挙動を示している。(c)は $S_r=80\%$ の場合であるが、いずれの拘束圧においても $S_r=40, 60\%$ に比べ初期の剛性が低いことが認められる。これは、飽和度が高くなり、粒子間結合力として作用していたサクシオンが低下したこ

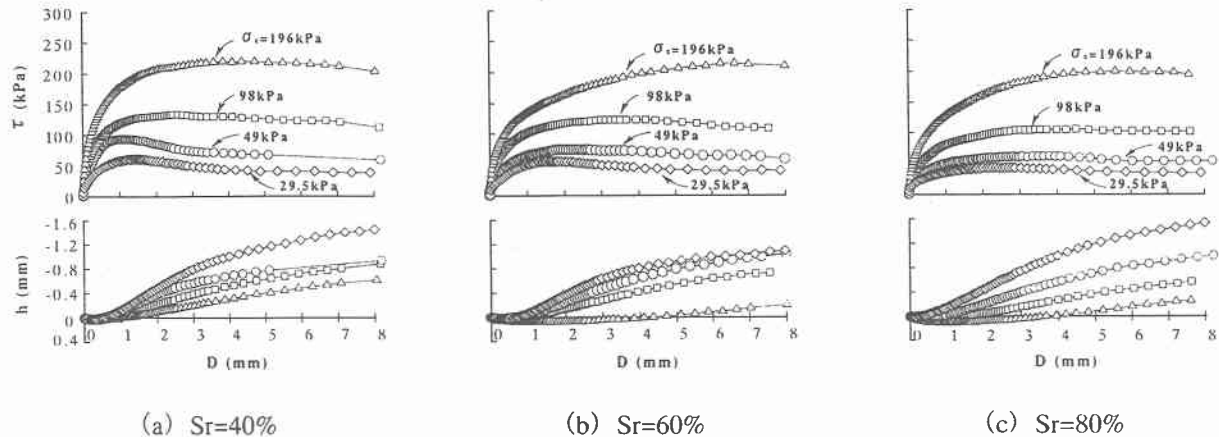


図 2 τ - D - h の関係

とに起因するものであると考えられる。この場合も、 $S_r=60\%$ と同様せん断が進行するにしたがって、せん断応力の値が一定値に収束し、定常状態に至っていることがわかる。一方、体積変化においては、各飽和度において若干収縮挙動を示したのち膨張に転じており、特に低い上戴圧ほど顕著な膨張挙動を示し、ダイレイタンシー量が大きいことがわかる。

図3は $\rho_d=1.65\text{g/cm}^3$ における破壊時の応力比 $(\tau/\sigma_c)_f$ と飽和度 S_r の関係を示している。最も低い上戴圧 $\sigma_c=29.4\text{kPa}$ では飽和度が増加するにしたがい応力比は最も低下し、最も強い飽和度依存性が見てとれる。また、上戴圧が98、196kPaと大きくなるにしたがい、応力比は飽和度によらず一定値に近づくことが確認できる。この傾向は $\rho_d=1.70, 1.75\text{g/cm}^3$ の時も同様であった。

図4、5は $\rho_d=1.65\text{g/cm}^3$ 、上戴圧 $\sigma_c=29.4, 196\text{kPa}$ における最大せん断強さに至る応力比と垂直変位増分/水平変位増分との関係（ストレス・ダイレイタンシー）を示している。上戴圧が低い場合、飽和度が低くなるにつれ高い応力比のもとでダイレイタンシーが生じていることがわかる。また、上戴圧が高いと、ダイレイタンシーを起こす時の応力比に変化が見られなくなり、飽和度に依存していないことが確認できる。

図6は $\rho_d=1.65\text{g/cm}^3$ の時の破壊強度線を示している。飽和度が、80、60、40%と低くなるにしたがい強度線は上方に移動しており、飽和度が供試体の強度を高める方向に作用していることがわかる。また、上戴圧が減少するとともにせん断強さも減少しており、その傾きはほぼ同様であることが確認できる。つまり、供試体中の含水比が高くなるにつれ強度が低下する傾向にあると言える。また、飽和度が高くなるにつれて見かけの粘着力 c_d は減少しており、飽和度に依存していると考えられる。内部摩擦角 ϕ_d については $42\sim 44^\circ$ の範囲にあり、飽和度に依存していないと言える。

4.まとめ

せん断応力-水平変位関係において、飽和度の低い場合はせん断初期の剛性が高く、各垂直応力においてせん断応力が一定値に収束する傾向にある。体積変化においては、垂直応力や含水比調整の影響を受けず収縮から膨張に転じる傾向にある。せん断強さ、粘着力は飽和度が高くなるにつれ低下していく傾向にあり飽和度依存性が見られた。また、内部摩擦角と飽和度の関係においては、飽和度の大小に関わらず内部摩擦角はあまり変化せず飽和度依存性が見られないことが確認できた。

【参考文献】

- 1) 安藤幸二, 小西純一, 豊田富晴(1997): 不飽和粘性土の変形・強度に及ぼすサクシオンと拘束圧の影響, 第32回地盤工学研究発表会講演集I, pp.637-638

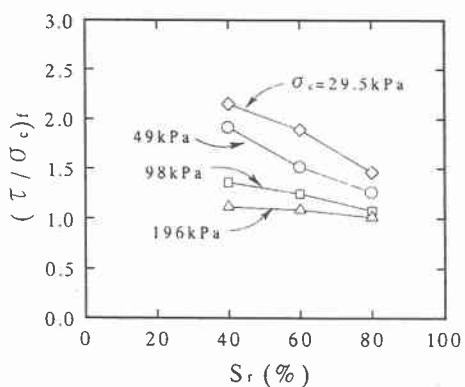


図3 破壊時の応力比と飽和度の関係

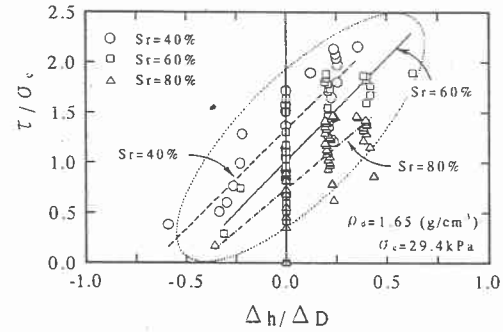


図4 $\tau/\sigma_c - \Delta h/\Delta D$ の関係 (29.5kPa)

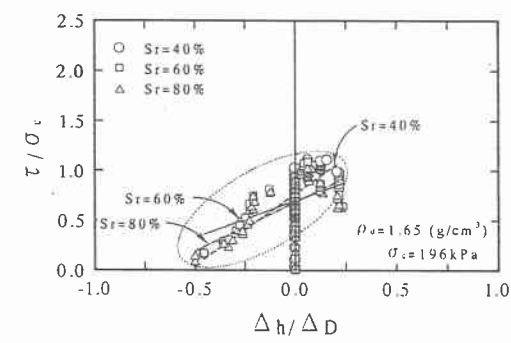


図5 $\tau/\sigma_c - \Delta h/\Delta D$ の関係 (196kPa)

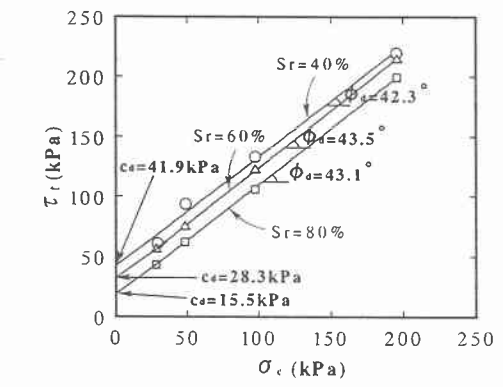


図6 $\tau_f - \sigma_c$ の関係