

締固めた火山灰質粘性土の非排水せん断強度定数

東海大学 学生会員 ○荒井 大地・杉本 裕紀
 東海大学 学生会員 サミム A. サブール
 東海大学 正会員 杉山 太宏

1. はじめに

土木工事を行うにあたり、土は身近で安価に入手可能な材料であり道路や宅地のための盛土や河川堤防の建設など様々な現場で厳しい施工管理のもと活用されてきた。近年、これら既設の盛土が地震や豪雨によって崩壊する例が数多く報告されるようになり、締固め土（不飽和土）の力学特性についての実験や研究があらためて注目されている。締固めた盛土の施工中はもちろんのこと施工後の力学特性、特にせん断強度を知ることは、安定した盛土の施工と維持管理のためには重要である。我が国のような多雨で高温多湿の条件下は、土が飽和状態に近い不飽和状態となることが多いと予想されるため、実用的にも飽和度の高い不飽和土の強度特性を知る必要がある。しかし不飽和土を対象とした力学試験は、飽和土用のものと比較して装置が複雑になりより高度な技量も要求される。そこで本研究では、静的に締固めた初期飽和度の異なる関東ロームと黒ボクを使用して、飽和土用の三軸圧縮試験装置を利用した非圧密非排水三軸圧縮試験（UU 試験）と圧密非排水三軸圧縮試験（CU 試験）を行った。

2. 試料ならびに実験方法

2.1 試料および供試体の作成方法

試料には関東ローム（東海大学内で採取したもの）と栃木県産の黒ボク（市販のもの）を使用した。両試料は110℃の乾燥炉で一昼夜以上乾燥させた後、2 mm ふるいにかけた。

直径5 cm、高さ10 cmで初期飽和度が $S_r = 50 \sim 95\%$ の供試体（表-2参照）を作成するために、200 gの試料に所定量の水を加えて十分に攪拌する。これを直径5 cm、高さ12.5 cm のテフロンシートを巻いた2つ割モールドに3層に分けて詰め、CBR用載荷装置により各層200 kPaを載荷して静的に締固めた。その後、高さが10 cmになるように端面をカットし供試体を作成した。飽和試料は、直径22 cm、高さ25 cmの円柱土槽に液性限界以上の含水比で練り返した試料を流し込み、80 kPaの圧密圧力で1週間圧密して作成したブロックから切り出して作成した。こうして作成した各飽和度試料の初期密度ならびに乾燥密度はそれぞれで異なっている。

2.2 実験方法

UU 試験と \overline{CU} 試験には、通常利用している飽和土用の三軸圧縮試験装置を使用した。試験の拘束圧（等方圧密圧力）は50, 100, 200, 300 kPaである。UU 試験の載荷速度は1.0%/min、 \overline{CU} 試験では0.09%/minとした。また、 \overline{CU} 試験では、圧密過程から100 kPa

のバックプレッシャーを加えた。この効果と圧密によってせん断前の飽和度は変化するが、次章では試料作成時の飽和度で表示する。

3. 実験結果と考察

3.1 UU 試験

図-1に黒ボクと関東ロームの全軸差応力 q と軸ひずみ ϵ の関係を拘束圧 p ごとく色分けして示す。ひ

ずみの増加とともに軸差応力が単調に増加し、ひずみ15%までで明確なピーク強度を示す結果は見られない。そし

表-1 試料の物理的性質

試料	ρ_s (g/cm ³)	ω_L (%)	ω_P (%)	Grading (%)		
				Clay	Silt	Sand
黒ボク	2.39	NP	NP	7	47	46
関東ローム	2.65	NP	NP	21	42	37

表-2 試験の初期飽和度

試料	UU 試験	CU 試験
	Sr(%)	Sr(%)
黒ボク	51-57	52-53
	61-67	58-64
	71-78	83-87
	94-95	94-99
関東ローム	44-46	54-56
	56-59	62-64
	71-85	87-88
	91-93	94-100

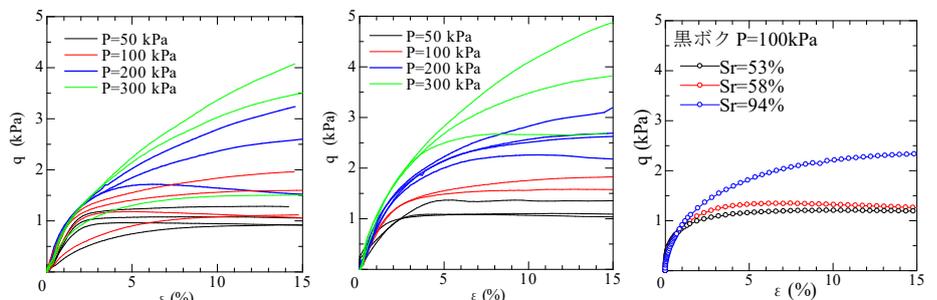


図-1 UU 試験の軸差応力-軸ひずみ関係

図-2 飽和度の影響

キーワード 締固め土、不飽和、火山灰質粘性土、せん断強度、三軸圧縮試験

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 東海大学 TEL 0463-58-1211 E-mail : sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

て、色分けした拘束圧の増加に伴い強度が増加することがわかる。図-2は黒ボクの $p=100$ kPa を例に飽和度の違いで応力ひずみ関係を比較した。せん断初期の軸ひずみ1%程度まではほぼ同じ挙動を示し剛性はほぼ等しい。その後両者には差が生じて、飽和度40%の差に対し強度は

2倍程度異なることがわかる。各飽和度でモールの応力円を描き比較したのが図-3である。一般に UU 試験の強度定数は飽和土で $c_u=0$ 、不飽和土では ϕ_u が現れこれは応力に依存すると言われている¹⁾。図を見ると両試料ともに飽和度の増加に伴い破壊包絡線の傾きであるせん断抵角が減少している。飽和度による c_u 、 ϕ_u の変化を図-4に示した。関東ロームの粘着力 c_u は飽和度による明確な傾向はなく25~35 kPaを示すが、黒ボクでは S_r の増加とともに増加すること、 ϕ_u はいずれも同様に減少する結果が得られた。小高らが乾燥密度を揃えた混合土に対して行った UU 試験では、飽和度の増加に伴い c_u と ϕ_u が減少する結果を示している²⁾。

3.2 CU 試験

関東ロームの圧密圧力200 kPa で得られた間隙圧と軸ひずみの関係を図-5に示す。飽和度 94 %の間隙圧は、せん断の開始とともに上昇して軸ひずみ 5 %で最大値を示したのち徐々に減少するのに対し、飽和度88%以下では飽和度の順にせん断終了までじわじわと増加する。しかし、水圧の最大値に飽和度の違いはなく、せん断によるダイレイタンスーが飽和度によって異なることを示すものである。図-6には、全試験の有効応力経路を飽和度ごとに色分けして示した。飽和度が94 %以上

の有効応力経路は限界状態線に達した後、限界状態線に沿って偏差応力が増加するのに対して、飽和度が低い場合には軸差応力がピークを示した後に軟化しながら限界状態線に達している。また、直線で示した各飽和度の限界状態線は各飽和度で異なっており、飽和度によるせん断強度の違いを示すものである。図-5、6のような挙動はサクシオンを制御できる三軸試験では観察されるものの、今回は比較できるデータを有していない。しかし図の結果は、飽和土用の試験機でも有効応力から強度を推定できる可能性を示唆するものである。

図-7は、有効応力のモール円から求めた ϕ' を飽和度で比較している。黒ボクでは限界状態線の変化に呼応する ϕ' の増加が確認されるが、関東ロームの ϕ' はほぼ一定であった。

4. おわりに

飽和度の異なる関東ロームと黒ボクを利用して、UU 試験、CU 試験を行いせん断挙動と強度定数を比較した。不飽和土の強度が簡便に求められることが重要と考えているので、さらに不飽和状態にある土の強度について検討する予定である。

参考文献

- 1) 土質試験 基本と手引き[第二回改訂版]、第14章 土の三軸圧縮試験 pp.146、社団法人地盤工学会、平成22年。
- 2) 小高猛司他：不飽和-飽和領域でのベントナイト・珪砂混合体の強度・変形特性、第49回地盤工学研究発表会、pp.2115-2116、2014。

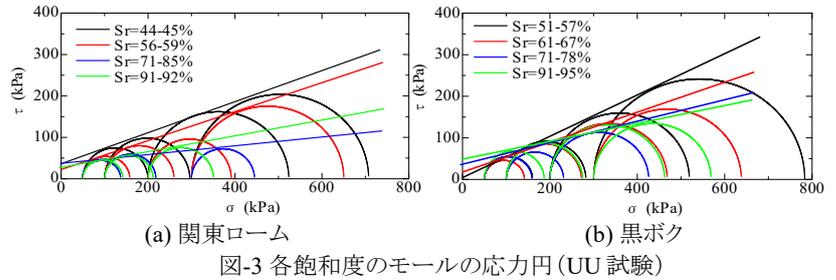


図-3 各飽和度のモールの応力円 (UU 試験)

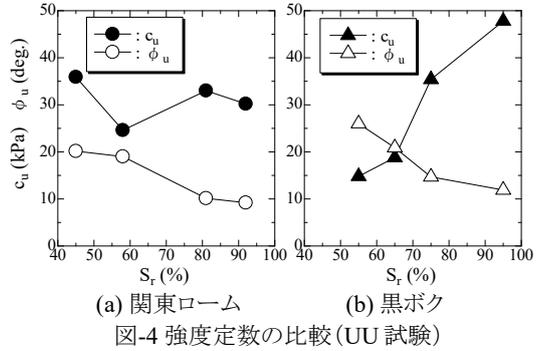


図-4 強度定数の比較 (UU 試験)

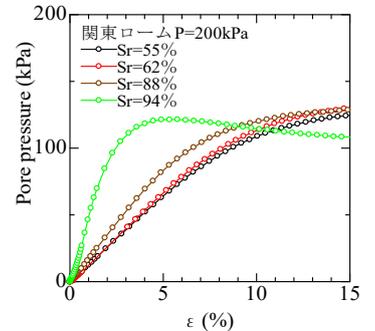


図-5 間隙圧-軸ひずみ関係

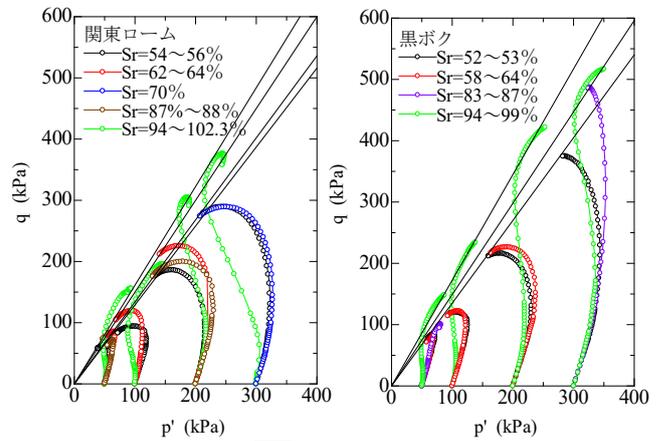


図-6 CU 試験の有効応力経路

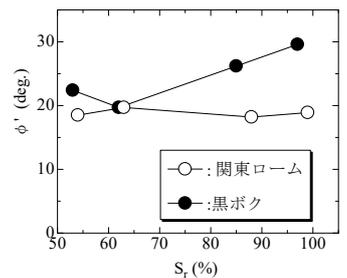


図-7 強度定数の比較 (UU 試験)