排水条件の違いが乱した八戸ロームの不飽和力学挙動に及ぼす影響

八戸工業高等専門学校 正会員 ○清原 雄康

1. 目的

不飽和地盤の短期,長期安定問題で必要となる強度定数を求めたり,Bishop式(1)から求まる不飽和土の有効応力算出の際の排水・非排水条件でのサクション変化やサクション寄与率 χ の変化が強度特性に及ぼす影響,体積変化を把握することを目的とする.

本研究では、乱した八戸ロームを用いて、不飽和排気非排水三軸圧縮試験 (U 試験)と、不飽和排気排水三軸圧縮試験(D 試験)を行い、応力ひずみ

ρ_s (g/cm ³)	2.707
D ₂₀ (mm)	0.0045
D ₅₀ (mm)	0.130
液性限界(%)	47.1

表1 八戸ローム基礎性状

 D₅₀(mm)
 0.130

 液性限界(%)
 47.1

 塑性限界(%)
 39.3

 塑性指数(%)
 7.8

 収縮限界(%)
 25.6

関係、強度定数、せん断抵抗に及ぼす基底応力、サクションの影響を把握した。また、破壊時せん断応力は式(2)に示すように基底応力 $\sigma-u_a$ とサクション u_a-u_w で表記されることが知られており、不飽和の排水、非排水の両試験での各項の寄与量を決定した。

$$\sigma' = \sigma - u_a + \chi \cdot (u_a - u_w) \qquad (1) \qquad \tau_f = C' + (\sigma - u_a) \tan \phi' + (u_a - u_w) \tan \phi_b \qquad (2)$$

ここで、 σ' : 有効応力、 σ : 全応力、 u_a : 間隙空気圧、 u_w : 間隙水圧、 χ : 有効応力係数(本研究では=有効飽和度としている)、 τ_f : 破壊時せん断応力、C': 粘着力、 ϕ' : 内部摩擦角、 ϕ_b : サクション由来の摩擦角である.

2. 実験方法

実験に用いた八戸ロームは八戸市内の切土斜面から採取したものを含水比 30%程度に風乾させてほぐし、タンパー (100N) で突き固めて作製した。表 1 に八戸ロームの基礎性状を示した。

三軸試験装置は二重セル式とし、体積変化は内セルの水位変化量をギャップセンサーで計測して求めた。セラミックディスクは AEV が 300kPa のものを使用した. 試験条件は表 2 に示したように設定サクションは空気圧を制御して 0、50、90kPa とし、各設定条件で供試体からの水分移動が安定してから、設定拘束圧 0、10、100kN/ m^2 で圧密し、せん断試験を行った. ひずみ速度は U 試験で 0.003mm/min,D 試験で 0.0005mm/min とした.

3. 実験結果

図 1 に不飽和三軸試験から得られた軸ひずみに対する軸差応力, サクション, 体積ひずみの関係をそれぞれ示した. 拘束圧が大きくなるにつれ, 排水条件の方が非排水条件より軸差応力は大きくなる傾向にあった. 不飽和状態下での体積変化は, 拘束圧 $10kN/m^2$ ではほとんど変化せず, $100kN/m^2$ で収縮, $0kN/m^2$ で膨張傾向にあり, U 試験と D 試験では同様な傾向にあった. 図 2 に限界状態における非排水, 排水条件でのせん断時の Bishop 式(1)から求めた平均有効応力に対する軸差応力を示した. 限界状態線の傾き M は非排水で 1.14, 排水で 1.27 であった.

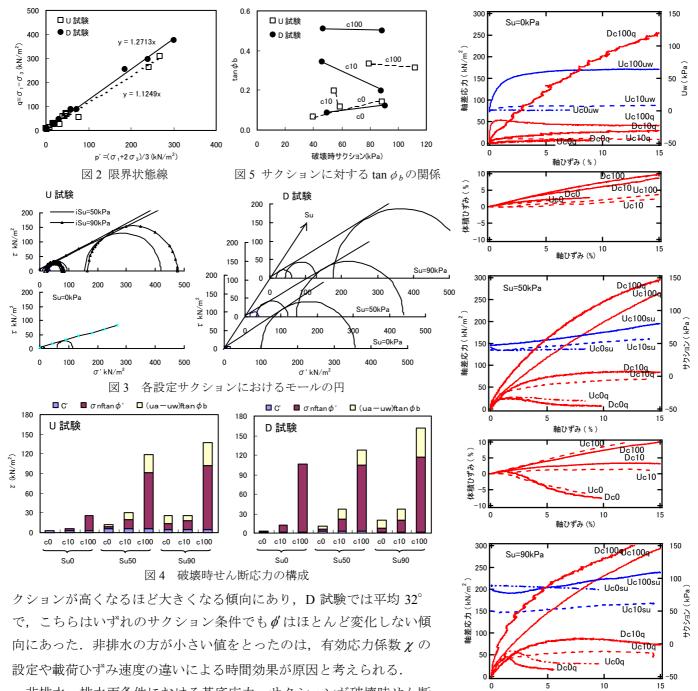
図3に非排水,排水各条件での有効応力表示のモールの円を示した.内部摩擦角 ♥ は U 試験では平均 27°でサ

圧力条件		排水条件	供試体作製時		せん断初期		排水条件	供試体作製時		せん断初期	
空気圧 u_a	拘束圧 σ_3 $-u_a$	非排水 U	間隙比	Sr	間隙比	Sr	排水 D	間隙比	Sr	間隙比	Sr
(kPa)	(kN/m^2)	名称	e	(%)	e	(%)	名称	e	(%)	e	(%)
0 (飽和)	0	Uc0 s 0	1.71	64.5	1.65	100	Dc0s0	1.69	48.4	1.69	100
50	0	Uc0 s50	1.53	50.6	1.49	54.2	Dc0s50	1.64	51.5	1.64	55.1
90	0	Uc0 s90	1.86	52.9	1.83	52.9	Dc0s90	1.68	50.4	1.68	50.4
0 (飽和)	10	Uc10 s 0	1.70	49.3	1.66	100	Dc10s0	1.86	45.9	1.82	100
50	10	Uc10 s50	1.63	47.7	1.58	54.7	Dc10s50	1.84	45.1	1.74	63.6
90	10	Uc10 s90	1.67	50.9	1.64	55.5	Dc10s90	1.87	44.0	1.79	63.7
0 (飽和)	100	Uc100s 0	1.65	47.0	1.16	100	Dc100s0	1.94	44.3	1.59	100
50	100	Uc100s50	1.59	51.1	1.39	64.5	Dc100s50	1.75	46.2	1.52	78.9
90	100	Uc100s90	1.57	51.6	1.43	60.4	Dc100s90	1.49	56.6	1.31	70.7

表 2 乱した八戸ロームの不飽和三軸試験条件および供試体初期性状

キーワード 不飽和土,三軸試験,火山灰質粘性土

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 TEL 0178-27-7367



非排水、排水両条件における基底応力、サクションが破壊時せん断強度に及ぼす量を式(2)に従って決定した結果を図 4 に示す. サクションが大きくなるほど、サクション由来のせん断強度への寄与率が大きくなっていくことが分かる. サクション増加に対する $\tan \phi_b$ の傾向は図 5 に示したように U 試験、D 試験とも拘束圧が大きくなるほど大きい値をとる傾向にあった.

図 1 軸ひずみに対する主応力差 q, サクション su, 体積ひずみの関係

軸ひずみ(%)

Dc0

10

軸ひずみ(%)

D91010

4. まとめ

乱した八戸ロームの排水・非排水不飽和三軸試験から、応力ひずみ関係、強度定数 ϕ 、M および基底応力、サクションの破壊時せん断応力への寄与量の把握ができた。拘束圧が大きくなるほどせん断抵抗に対するサクションの寄与率が増加する傾向にあった。有効応力ベースでまとめると、排水条件の違いで両者に差が生じており、水分特性の変化、時間効果や Bishop 式の χ の設定法等についてさらに検討が必要である。

謝辞:本研究に関連し平成20年度科研費補助金(若手(B)課題番号18760365)の援助を受けた.ここに謝意を表す.

参考文献: Fredlund, D. G. and Rahardjo, H.: Soil Mechanics for Unsaturated Soils, John Wiley & Sons, 1993.