

自然土の非排水強度特性に及ぼすせん断条件の影響

防衛大学校 (学) 佐藤大介・(正) 正垣 孝晴

1. はじめに

チューブサンプラーで採取した自然堆積土の直径 $d75\text{mm}$ 、高さ $h100\text{mm}$ の試料片から、一軸強度、三軸圧縮・伸張強度、一面せん断強度特性が小型供試体を用いて検討される。供試体寸法は一・三軸試験(UCT・CK₀UC&CK₀UE)が、 $d15\text{mm}$ 、 $h35\text{mm}$ 、一面せん断(DST)と圧密試験(IL)が $d30\text{mm}$ 、 $h10\text{mm}$ である。これらの寸法と通常寸法の強度・圧密特性に差が無いことは、別途^{1),2),3)}検討している。また、原位置の非排水強度 $q_{u(0)}$ ^{*}は、供試体のサクシオン S_0 を用いる正垣の方法⁴⁾で検討した。自然堆積土の非排水強度特性に及ぼすせん断条件の影響が各種力学試験の強度特性から検討される。

2. 供試土と試験方法

供試土は国内 11、国外 2 地域の沖積低地から採取した 27 種類の乱さない自然堆積土である。強度・圧密特性を表-1に示す。 $I_p = \text{NP} \sim 110$ 、 $q_u = 18 \sim 664 \text{ kPa}$ の広い範囲の土を対象にしている。単純せん断試験(DSST)を除き、すべて地盤工学会基準JGSに従って実施した。UCT、CK₀UC、CK₀UEは $d 15\text{mm}$ 、 $h 35\text{mm}$ のS供試体を用いた。DSTとILの供試体寸法は $d 30\text{mm}$ 、 $h 10\text{mm}$ である。また、DSSTのそれは $d 60\text{mm}$ 、 $h 20\text{mm}$ とした。

表-1 各種せん断試験によるせん断強度

Soil	I_p	UCT $q_{u(0)}$ [*]	UCT $q_{u(\max)}$	σ'_{vo}	CK ₀ UC $c_{u(0)}$	DST τ_{\max}	DSST τ_{\max}
Aoumi 1	52	225	157	166	236	-	-
Aoumi 2	52	193	172	166	197	-	-
Ariake 3	68	50	28	39	46	29	-
Ariake 5	54	61	35	46	52	32	-
Ariake 7	49	70	46	52	73	36	-
Hachirogata 2	101	62	42	50	62	37	-
Hachirogata 4	110	59	39	56	60	40	-
Hachirogata 5	100	71	47	62	64	45	-
Hachirogata 7	84	70	44	67	64	47	-
Iwakuni 16	59	187	117	130	191	97	75
Kahokugata	88	130	135	174	190	-	-
Kasaoka 8	72	46	44	34	49	-	-
Kobe	28	193	129	196	189	100	-
Kumamoto 9	46	99	90	87	104	67	-
Kumamoto 15	57	145	125	143	138	111	106
Mito 1	39	193	133	86	183	-	-
Mito 13	33	248	159	163	265	161	-
Nagoya D2	39	704	592	355	-	-	-
Nagoya D6	23	704	664	438	-	-	-
Sakura 1	50	88	78	101	91	-	-
Sakura 2	55	93	60	74	95	-	-
Sakura 3	62	79	60	74	78	-	-
Bothkennar	50	187	131	102	161	137	-
Kimhae 4-7	26	114	91	95	116	-	-
Kimhae 4-15	34	139	106	151	139	-	-
Kimhae 7-7	NP	18	18	86	-	-	-
Kimhae 7-15	40	117	94	154	117	92	-

キーワード 粘性土 / 強度特性 / 供試体寸法 / 試料の乱れ / 異方性

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810 E-mail : shogaki@nda.ac.jp

3. 各種せん断試験から得た非排水強度と乱れの関係

塑性指数 I_p , $q_{u(1)}$, q_u の最大値 $q_{u(max)}$, 有効土被り圧 σ'_{vo} , $c_{u(1)}$, DSTの最大せん断応力 τ_{max} , DSSTの τ_{max} を表-1にまとめた。ここに、 $c_{u(1)}$ はCK₀UCで得た原位置の圧密降伏応力に相当する非排水強度である。図-1に $c_{u(1)}/(q_{u(1)}/2)$ と I_p の関係をプロットした。 Rc_u は $I_p=23\sim 110$, $q_u=(18\sim 664)$ kPaの範囲でほぼ一定であり、平均値は0.99である。すなわち、 $q_{u(1)}/2$ は I_p と q_u の幅広い範囲の土に対してCK₀UCによる $c_{u(1)}$ と同等の非排水強度を与えている。そして、このことは $q_{u(1)}$ の推定法の妥当性を示唆する。また、この値は簡便法⁵⁾による値とも一致している。

図-2は $c_u/(c_{u(1)})$ と p_m/S_0 の関係である。ここに、 p_m は原位置の平均圧密圧力であり。図中に示したプロットは、次の4種類の方法で得た。即ち、①CK₀UCの σ'_{vo} 下で、 $\dot{\epsilon}_s=1\%/min$ で得た強度CK₀UC(1.0)。② σ'_{vo} 下の $\dot{\epsilon}_s=0.05\%/min$ で得たCK₀UC(0.05)とCK₀UE(0.05)の平均値であり、図中には“Mean value of CK₀UC & CK₀UE”で示している。③ $q_{u(1)}/2$ 。④UCT, DSTとDSSTより得た c_u 。②は図が繁雑になるので平均値のみを示した。

図-2の $q_{u(1)}/2$, CK₀UC(1.0), Mean value of CK₀UC & CK₀UEの平均値は、それぞれ1.01, 0.90, 0.67であり、試料の乱れの指標である p_m/S_0 値に依存していない。また、UCTの $c_u/(c_{u(1)})$ は $1.5 < p_m/S_0 < 5$ の範囲で試料が乱れて p_m/S_0 が大きくなると直線的に小さくなる。

図中にUCTの結果より求めた $Rc_u=1.038-0.113 p_m/S_0$ の回帰直線(相関係数 $r=0.838$)を示す。同様にDSTの結果から求めた $Rc_u=1.057-0.066 p_m/S_0$ ($r=0.782$)も示す。DSTの $c_u/(c_{u(1)})$ と p_m/S_0 の関係は、UCTのそれと同等である。DSTとDSSTが同じ再圧縮法であるCK₀UCとは異なり、同じ p_m/S_0 下で強度が小さいのは、圧密終了時の間隙水圧の消散が十分でないことが原因と考えている。また、乱れに対する圧密の効果がDST・DSSTとCK₀UCで異なるのは、圧密速度 $\dot{\epsilon}_c$ に起因している。すなわち、CK₀UCの $\dot{\epsilon}_c$ は0.005%/minであり、せん断中の間隙水圧 u の発生がほとんどなく、圧密終了時には u が消散している。このため、CK₀UCは有効応力の増加に伴い強度が回復した。しかし、DSTとDSSTの圧密終了はJGS 0560-2000に従って3*t*法で行った。圧密時間が約20分と短いため、供試体中央部のせん断帯近傍の u の消散が十分でなく、再圧縮法に期待される有効応力の増加による強度回復が十分でなかったことがDST・DSSTとCK₀UCの比較から推察される。

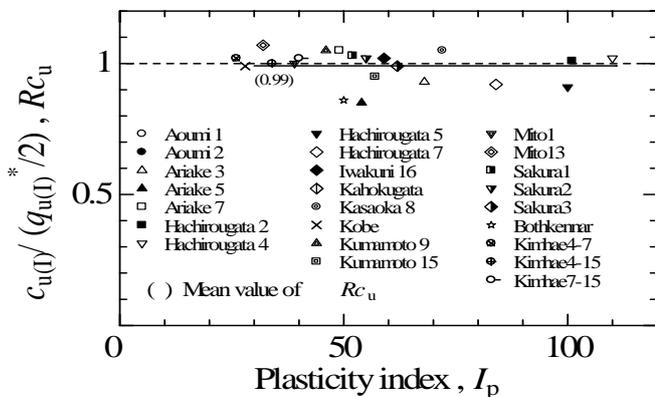


図-1 $c_{u(1)}/(q_{u(1)}/2)$ と I_p の関係

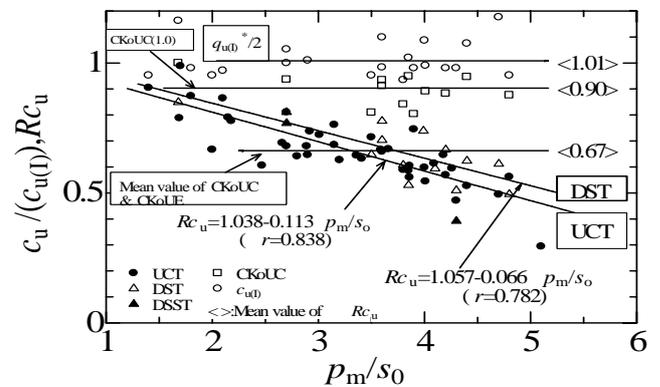


図-2 $c_u/c_{u(1)}$ と p_m/S_0 の関係

4. おわりに

$c_{u(1)}$ に対する有効土被り圧 σ'_{vo} 下で得たCK₀UCの非排水強度 c_u 、CK₀UCとCK₀UEの c_u の平均値は、それぞれ0.90と0.67であった。これらの値は p_m/S_0 (試料の乱れ)に依存しなかった。また、UCT, DST, DSSTから得た c_u は p_m/S_0 が大きくなると直線的に小さくなった。これらの試験では、3*t*法による時間では、間隙水圧の消散が十分でないのでCK₀UCで認められた強度回復が十分でないのが原因と考えている。

参考文献

- 1) Sakamoto, R. and Shogaki, T. (2003): Effect of specimen size on unconfined compressive strength properties for natural clay deposits, *The 13th International offshore and polar engineering conference & exhibition*, Honolulu, 426-431.
- 2) 矢野・正垣・後川(2001): 韓国 Kimhae 粘土の一面せん断特性に及ぼす供試体寸法の影響, 土木学会 56 回講演会, III-A047.
- 3) Shogaki, T. (2006): Effect of specimen size on consolidation parameters of marine clay deposits, *Journal of ASTM International*, Vol. 3, No. 5.
- 4) Shogaki, T. and Maruyama, Y. (1998) Estimation of in-situ undrained shear strength using disturbed samples with thin-walled samplers, *Geotechnical Site Characterization*, Balkema, PP. 419 ~ 424
- 5) Shogaki, T. (2006): An improved method for estimating in-situ undrained shear strength of natural deposits, *Soils and Foundations*, Vol. 46, No.2.