

北海道大学工学部 正員 ○工 藤 豊
同 上 正員 三田地 利之
北海道大学大学院 学生員 橋 詰 哲治
北海道大学工学部 正員 福田 文彦
運輸省港湾技術研究所 正員 田 中 洋行

1. まえがき

筆者らはこれまで粘性土の非排水強度に及ぼすサンプリグ時の応力解放の影響を調べ、サクシヨンの値から非排水強度を推定する方法について検討してきた^{1)~5)}。本報告では不攪乱試料についてのサクシヨンの測定を伴う一軸圧縮試験結果から原位置強度を推定する方法を提案するものである。

2. 試料及び実験

本実験で用いた試料は、秋田県八郎潟で採取された不攪乱粘土で、その物理的性質を表-1に示す。シンウォールチューブから抜き出した試料から直径35mm、高さ80mmの円柱形に成形し、IS試験においては三軸セル内で表-2に示すように原位置の有効土被り圧の2倍以上の有効鉛直圧密応力でK₀圧密後、通常の三軸圧縮試験（ひずみ速度0.01%/min）、UC試験では成形後初期サクシヨンを測定した後、ひずみ速度0.01%/minで一軸圧縮試験を行った。

なお、初期サクシヨンおよびせん断過程の間隙水圧は、セラミックディスクを用いて供試体下端で測定した。セラミックディスクは直径30mm、厚さ4mm、AEV（空気侵入値）は210kPaである。試験条件および結果の一覧表を表-2に示す。

表-1 試料の物理的性質

	N5	N7	N16	T26
w _L (%)	175.6	173.4	94.6	117.9
I _p	109.8	114.8	54.0	74.8
ρ _s (g/cm ³)	2.61	2.61	2.65	2.61
砂分 (%)	1	1	4	0
シルト分 (%)	36	34	40	30
粘土分 (%)	63	65	56	70
採取深度 (m)	10.2	12.4	26.4	42.5

表-2 実験条件および実験結果

記号	試験番号	試料番号	w ₀	σ _m '	σ _{1c} '	σ _{3c} '	σ _r '	OCR	q _u	Cu/σ _{1c} '	Cu/σ _r '	ε _r (%)	A _r	w _f	K	備 考
□	UC14	N5-2	153	—	49*	—	6	8.2	22.9	0.236	1.941	4.9	0.220	156	—	一軸圧縮試験
◇	UC15	N7-1	147	—	55*	—	12	4.5	29.3	0.268	1.191	4.8	0.367	144	—	一軸圧縮試験
○	IS16	N7-2	144	107	148	86	—	1.0	103.6	0.350	—	4.3	1.288	98	0.58	K ₀ 圧密非排水三軸圧縮試験
△	IS23	N16-2	97	175	249	138	—	1.0	164.0	0.329	—	1.9	0.877	72	0.55	K ₀ 圧密非排水三軸圧縮試験
▲	UC24	N16-3	96	—	109*	—	26	4.1	45.4	0.209	0.863	4.6	0.364	97	—	一軸圧縮試験
■	UC25	N16-4	95	—	108*	—	18	6.0	40.3	0.186	1.113	5.2	0.231	99	—	一軸圧縮試験
▽	UC27	T26-2	79	—	188*	—	46	4.1	97.7	0.261	1.071	2.9	0.216	77	—	一軸圧縮試験
◆	UC28	T26-2	77	—	188*	—	42	4.4	92.8	0.248	1.097	2.7	0.224	76	—	一軸圧縮試験

w₀ : セット時の含水比(%)
σ_{3c}' : 有効水平応力(kPa)
q_u : 破壊時の主応力差(kPa)
A : 破壊時の間隙水圧係数

σ_m' : 有効平均圧密応力(kPa)
σ_r' : 残留有効応力(kPa)
Cu : q_u/2
w_f : 破壊時の含水比(%)

σ_{1c}' : 有効鉛直応力(kPa)
OCR : σ_{1c}' / σ_r'
ε_r : 破壊時のひずみ
K : 主応力比

* : 有効土被り圧

3. 実験結果

図-1は残留有効応力で正規化した非排水せん断強度 c_u/σ_r' とOCR(=σ_{1c}' / σ_r' ; σ_{1c}'はIS試験では圧密時の有効鉛直応力, UC試験では原位置の有効土被り圧)との関係を示したものであり、図中の実線は筆者ら⁶⁾が過去に提案した過圧密粘土の強度推定法を適用した計算値である。なお、図中の記号は表-2の試験番号に対応している。

この方法においては、非排水強度およびせん断前の有効応力をそれぞれ c_u, σ_r' とするとき

$$(c_u / \sigma_r')_{OC} = (c_u / \sigma_r')_{NC} \cdot OCR^{\Lambda} \quad \dots \dots (1)$$

(Λ = 1 - C_s / C_c : C_c, C_sはそれぞれ圧縮・膨張指数)

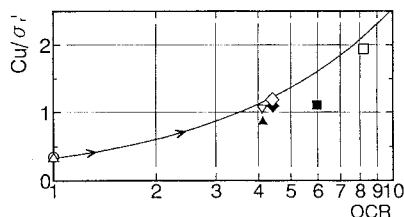


図-1 c_u/σ_r' ~ OCR 関係

と表される。本研究ではUC試験結果が $(c_u/\sigma_r')_{oc}$ に、IS試験結果が $(c_u/\sigma_r')_{nc}$ に対応するものとみなしている。なお、 C_c 、 C_s は標準圧密試験より求めた。図中でUC24(▲)、25(■)の実測値が予測線と離れているのは供試体内に多数貝殻が混入していたことによって強度が低く測定されたためと考えられる。式(1)を変形すると式(2)が得られ、図-2はこれを用いて一つのUC試験の結果よりIS試験の (c_u/σ_r') を計算する方法を示したものである。

$$(c_u/\sigma_r')_{nc} = (c_u/\sigma_r')_{oc} \cdot OCR^{-\Lambda} \dots (2)$$

UC24、25からの予測値を除き予測値とIS試験の実測値は近似した値を示しており、圧縮指数及び膨張指数が与えられ、一軸圧縮試験前にサクシヨンの測定を実施すれば、乱れの影響を受けない原位置強度 c_u を推定出来ることがわかる。

図-3、4はそれぞれ試料番号N5、7およびN16の c_u/σ_r' とOCRとの関係を両対数グラフ上に表したものであり、一軸試験の実測値2点を結んだ直線の縦軸切片として与えられる c_u/σ_r' の値がISの実測値に近似することがわかる。このことから圧縮指数及び膨張指数がわからなくとも、有効土被り圧が既知で、一軸圧縮試験前にサクシヨンの測定を実施すれば、多少精度は落ちるが乱れの程度の異なる2個の一軸試験の結果から原位置強度の推定が可能である。

4. 結 論

筆者らはこれまでに練返した粘土についてのシミュレーション実験によって、上記と同じ結果を得ているが、本研究の結果から；

- 1) 不攪乱試料においても、一軸圧縮試験の前にセラミックディスクを用いてサクシヨンを測定することにより残留有効応力を求めることが出来、圧縮・膨張指数が既知であれば(2)式を適用して原位置強度を推定できることが確認された。
- 2) 簡便法を適用することにより、サクシヨンの測定を伴う2点の一軸圧縮試験結果から原位置強度のおおよその値を推定出来る。

5. あとがき

本研究は八郎潟試料に限っているが、今後、塑性指数の異なる不攪乱試料について、同様の実験を行い、本研究の適用限界を確認したいと考えている。

〈参考文献〉1) 三田地、桜庭、工藤：粘性土の強度特性に及ぼす応力解放の影響、土木学会第43回年次学術講演会概要集(1988), p. p. 12-13. 2) 三田地、工藤、桜庭：粘性土の強度に及ぼすサンプリング時の応力解放の影響、土質工学会北海道支部技術報告集, 29号(1989), p. p. 125-134. 3) 三田地、工藤、梅木、谷口：異方圧密粘土の強度に及ぼす応力解放の影響、第24回土質工学研究発表会講演集(1989), p. p. 99-102. 4) 工藤、三田地、杉原：飽和粘性土の応力解放時のサクシヨンと非排水強度の関係、土木学会第47回年次学術講演会概要集(1992), p. p. 428-429. 5) 工藤、三田地、橋詰、福田：サクシヨンの測定を伴う一軸圧縮試験による原位置強度推定法、土質工学会北海道支部技術報告集, 33号(1993), p. p. 131-136. 6) Mitachi, T. and Kitago, S.: Change in Undrained Shear Strength Characteristics of Saturated Remolded Clay due to Swelling, Soils and Foundations(1976), Vol. 16, No. 1, p. p. 45-58. 7) 土質工学会「不飽和土の工学的性質に関する研究委員会」編：不飽和土の測定に関する信州セミナーテキスト(1989), p. p. 71-96

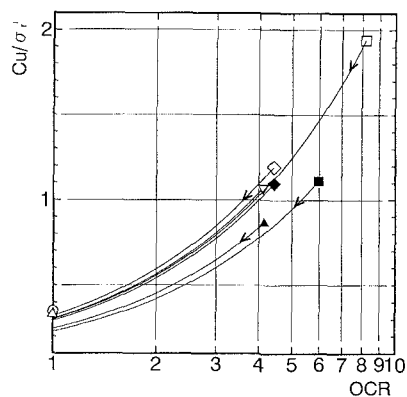


図-2 $c_u/\sigma_r' \sim OCR$ 関係 (UCより推定)

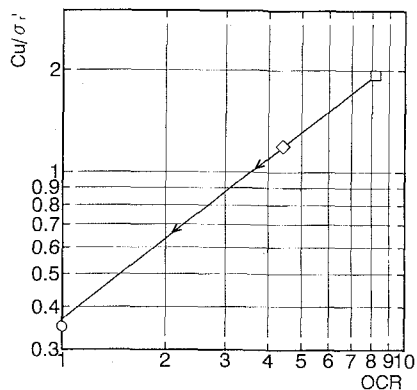


図-3 $c_u/\sigma_r' \sim OCR$ 関係(N5, 7)

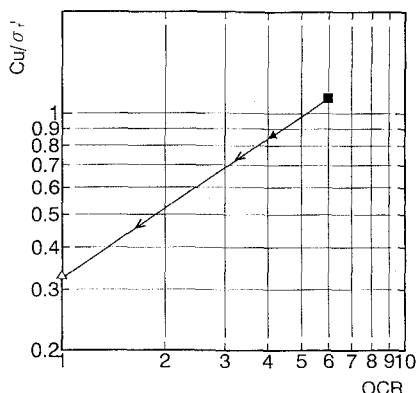


図-4 $c_u/\sigma_r' \sim OCR$ 関係(N16)