

不攪乱粘土の圧密過程における非排水せん断強度の変化について

佐賀大学理工学部 学 満 忠之

” 朴永穆 三浦哲彦

九州洋伸建設(株) 松長作馬

1. まえがき 鋭敏粘土の非排水せん断強度は圧密の進行にともなって増加するが、その関係は必ずしも直線的ではない。本研究では不攪乱粘土の圧密過程における非排水せん断強度 c_{ut} の変化を予測する式を提案し、現場データを用いて提案式を検証する。

2. 試料および実験方法 試料として次の3種類を用いた：1)川副町から採取した不攪乱有明粘土($w_n=143\%$, $w_L=89\%$, $I_p=50$, $I_L=2.08$)；2) 1)の試料を含水比 $w_n=156\%$ に調整し、 $p=20\text{ kPa}$ を加え、9日間圧密した練返し粘土($w_n=100\%$)；3)有明粘土を十分に練り返して直径120 cm、高さ130 cmの鋼製圧密実験装置を用いて、2段階の圧密圧力(98kPaと294 kPa)のもとで長期間(1,030日)再圧密したもの(高压圧密試料, $w_n=66\%$, $w_L=84\%$, $I_p=37$)。供試体寸法は、1),2)試料に対しては8 cmの立方体、3)は直径7.5 cm、高さ8 cmの円柱体を使った。三主応力試験機を用いて24時間飽和させた後、種々の圧密応力および圧密時間の条件の下でCIU試験を行った。圧密は、各試料に対して24時間行い、その圧密曲線に基づき3t法によって一次圧密終了時間を求め、一定の圧密度を表す時間について行った。所定時間圧密圧力を加えた後、排水経路を閉じ、間隙水圧の値が一定になるまで3時間放置し、ひずみ速度0.05 %/minでせん断を行った。

3. 実験結果及び考察 表-1には各々の試料および圧密圧力によるひずみによる圧密度 $U_\varepsilon \sim c_{ut}$ の関係式をまとめて示している。いずれの場合でも $c_{ut}=A \exp(B \cdot U_\varepsilon)$ の指数式である。ここに、AとBは定数である。また、正規化した非排水せん断強度の増加量を Δc_u^* の記号で表し、 $\Delta c_u^* = \Delta c_u / (c_{ut} - c_{u0})$ で求められる。ここに Δc_u は c_{ut} から初期の強度 c_{u0} を引いて求める。図-1は全試料における $U_\varepsilon \sim \Delta c_u^*$ 関係を示したものである。正規化した圧密過程における非排水せん断強度は1本の線上に乗らない。また、同一不攪乱試料であっても加えた圧密圧力によって異なる曲率半径をもつことが確認できた。その点に着目して、各々の試料および圧密圧力による $\Delta c_u^* \sim U_\varepsilon$ の関係式は $\Delta c_u^* = \alpha (U_\varepsilon / 100)^\beta$ に示される。ここに、 α と β は定数である。各々の一般曲線式は表-2に示している。式を簡単にするためにA値は全て一定値を適用した。不攪乱試料において各定数Bは加えた圧密圧力の増加に伴って増加する。この点に着目して、 σ_3 と p_c の比 σ_3/p_c と β の関係を調べ、図-2に示す結果を得た。同図より

表-1 $U_\varepsilon \sim c_{ut}$ の関係式

Sample	σ_3 (kPa)	p_c (kPa)	$C_u = A \cdot \exp(B \cdot U_\varepsilon)$		
			A (kPa)	A (kg/cm ²)	B
Undisturbed	49	42	11.54	0.12	0.004
	98	42	10.37	0.11	0.011
	196	42	8.92	0.09	0.019
	245	42	10.37	0.11	0.019
Reconstituted	441	294	50.38	0.51	0.013
Remolded	98	20	4.03	0.04	0.022

Reconstituted Sample (Consolidation Time : 1030 days)
Remolded Sample (Consolidation Time : 9 days)

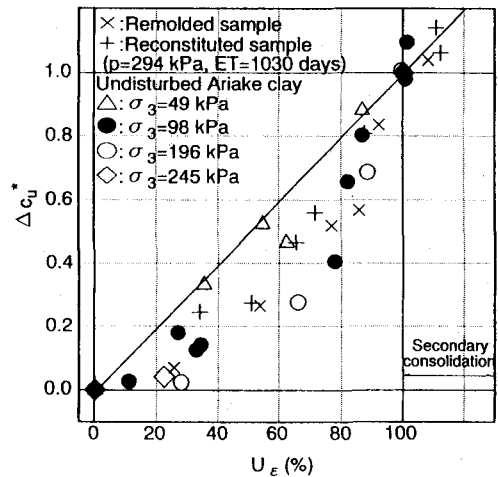


図-1 $U_\varepsilon \sim \Delta c_u^*$ の関係

表-2 各々の試料状態における定数 α と β の値

Sample	σ_3/p_c	$\Delta C_u^* = \alpha \cdot (U_e/100)^\beta$		
		α	β	R^2
Undisturbed	0.70	1.0	0.1	0.743
	1.16	1.0	1.1	0.974
	2.30	1.0	1.9	0.973
	4.65	1.0	3.0	0.999
	5.81	1.0	3.4	0.999
Reconstituted	1.50	1.0	1.7	0.983
Remolded	5.00	1.0	2.4	0.978

Reconstituted Sample ($p_c=294\text{kPa}$, Consol.T: 1030 days)

Remolded Sample ($p_c=20\text{kPa}$, Consol.T: 9 days)

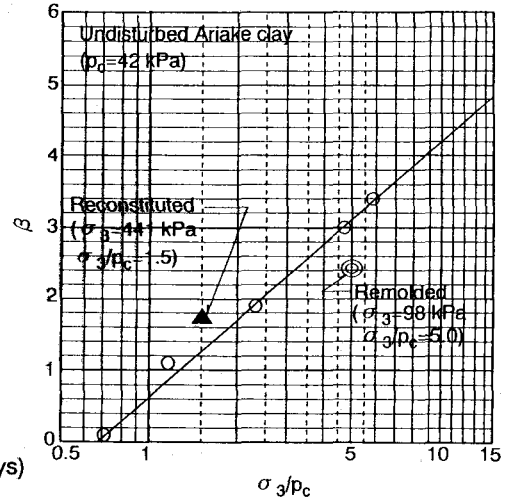


図-2 $\sigma_3/p_c \sim \beta$ の関係

$\log \sigma_u/p_c \sim \beta$ の関係は直線的であることがわかる。 σ_u は現場においては各深度における応力 $p+\Delta p$ に対応するために、この提案式および図-2を用いると、現場試料の圧密進行に伴う強度増加の予測が可能であると考えられる。

4. 現場実測結果による検証 現場調査地は、伊万里港の北東部に位置する七ツ島地区である。軟弱地盤層は $w_n=62\sim 83\%$ の粘土が6~22 mの厚さで堆積している。詳細の土質特性は前報¹⁾を参照されたい。その上

に3 mの盛土を行った。埋立を行って20年間経過した後、プラスチックボードドレーン(PD)を用いて地盤改良を行った。PD打設前・後および圧密度 $U_e=49\%$ の各々の段階において現場でのボーリングを行い、それらの試料に対して一軸圧縮試験によって強度の変化を調べた。図-3は $\Delta C_u^* \sim U_e$ の関係と松尾ら²⁾による実験結果を提案式による結果と併せて示したものである。解析を行うための適用した定数 β 値は、深さ9.4 mの場合は、 $\sigma_u/p_c=1.99$ 、深さ13.4 mでは、 $\sigma_u/p_c=1.69$ に対応する値を用いた。現場実測値が $U_e=49\%$ の時1つしかないものと他の実験結果²⁾に対して、解析結果と実測値の相関性は高い。

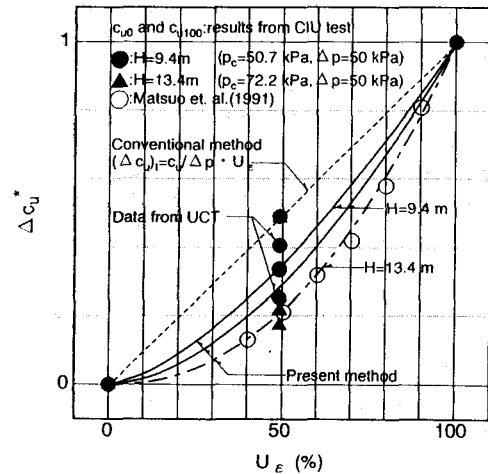


図-3 $\Delta C_u^* \sim U_e$ の関係と提案曲線

4. 結論 1) 正規化した非排水せん断強度の増加量 ΔC_u^* と U_e の関係は、 $\Delta C_u^* = \alpha (U_e/100)^\beta$ で表せる。2) 不攪乱試料において σ_u/p_c の対数と β は直線関係を示す。3) 本提案式を用いて現場の圧密過程における非排水せん断強度の予測ができる。また、現場実測値を用いて解析を行った結果、この提案式の適合性が検証された。

参考文献 1) 朴 永穆他：パーティカルドレーン施工に伴う軟弱地盤の乱れと圧密に及ぼす影響、第28回土質工学研究発表会、pp. 2435~2436, 1993。2) 松尾雄治他：粘土の圧密度とせん断強度の関係、土木学会第46回年次学術講演会、pp. 408~409, 1991。