

III- 455

不攪乱粘土の圧密による強度増加

信州大学 工学部 正○梅崎健夫

九州大学 工学部 正 落合英俊 正 林 重徳

1. まえがき

本文は、不攪乱粘土の圧密による強度増加について論じたものであり、換算圧密応力に基づく非排水強度の評価法¹⁾の妥当性について検討した。なお、強度試験は、原位置で最も普通に見られる応力・変形状態、すなわち、一次元圧密とそれに引き続く平面ひずみ状態での破壊条件に近いと思われる圧密・定体積一面せん断試験を実施した。

2. 試料の物理的性質と圧密特性

試料は、諫早湾干拓予定地の深度4.0～9.8mから採取した不攪乱有明粘土 ($G_s=2.53\sim2.55$, $W_L=105\sim120\%$, $I_p=53\sim67$) である。

標準圧密試験から得られた $e-\log p$ 関係を図-1に示す。圧密降伏応力と有効土被り圧との関係から試料は正規圧密状態にあると考えられる。また、不攪乱粘土の正規圧密線の特徴として、練返し再構成された粘土のように単一の直線では近似できず、圧縮指数 $C_{c1}=1.50$ 、と $C_{c2}=0.92$ で表される2直線として近似される。強度試験は、原地盤における通常の応力範囲と考えられる圧縮指数 C_{c1} の応力範囲 (1.0 kgf/cm^2 程度までの正規圧密領域) を対象として圧密による強度増加を検討した。

3. 圧密による強度増加

(1) 圧密・定体積一面せん断試験 一面せん断試験の圧密時の沈下曲線から $\log t$ 法により求めた100%圧密（一次圧密）終了時間は約20分であり、3t法による圧密打ち切り時間は約180分である。したがって、基準圧密時間を180分とし、圧密による強度増加を求めるために圧密応力と圧密時間を変化させたせん断試験（せん断速度 0.1 mm/min ）を実施した。試験条件は表-1に示すとおりである。なお、最大せん断強度を非排水強度として考察する。

(2) 非排水強度と含水比の関係 せん断終了後の含水比と非排水強度の関係を図-2に示す。不攪乱粘土と練返し粘土の関係は大きく異なっているが、含水比と非排水強度の関係には両者ともにそれぞれ一義的な関係が認められる。

(3) 強度増加率 基準圧密時間180分における非排水強度と圧密応力の関係を図-3に示す。練返し粘土の場合には非排水強度と圧密応力の関係は原点を通る直線で表され、強度増加率は $c_u/p=0.36$ である。

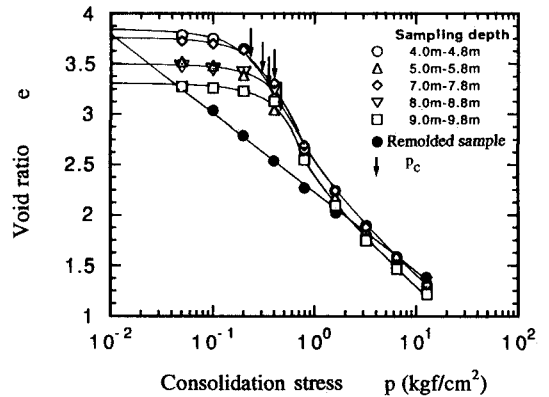


図-1 e-log p 関係

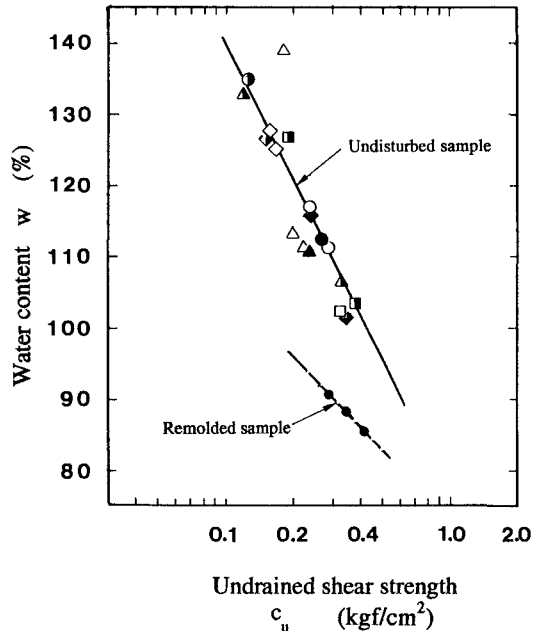


図-2 含水比と非排水強度の関係

一方、不攪乱粘土の場合には同一の圧密応力に対して練返し粘土より大きな非排水強度を示し、非排水強度と圧密応力の関係は原点を通らない直線として近似できるようなのである。このとき、不攪乱粘土の強度増加量は $\Delta c_u / \Delta p = 0.36$ であり、本試験の場合には練返し粘土の強度増加率（ c_u / p ）と等しい値となった。

(4) 圧密による強度増加量の予測 換算圧密応力の考え方と評価法の詳細は文献1)を参照されたい。なお、換算圧密応力は次式のように定義される。

$$p^* = p_0 \cdot \exp \{ (e_0 - e_t) / \lambda \}, \lambda = 0.434 \cdot Cc_1 \quad (1)$$

非排水強度と換算圧密応力の関係を図-4に示す。圧密応力や圧密時間が異なる場合においても非排水強度と換算圧密応力の間には一義的な関係が認められる。

実測値（Measured c_u ）と評価法による予測値（Cal. c_u ）の比較を表-1に示す。評価法のパラメータは、圧縮指数： $Cc_1 = 1.5$ 、強度増加量： $\Delta c_u / \Delta p = 0.36$ 、初期圧密応力： $p_0 = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ 、初期間隙比： $e_0 = 3.23$ 、初期非排水強度： $c_{u0} = 0.118 \text{ kgf/cm}^2$ である。実測値と予測値は比較的良く一致している。また、既往の研究成果における実測値に対しても予測値の適合性は良好であることを確認している²⁾。

4. まとめ

同一の粘土であっても不攪乱粘土とそれを練返し再構成した粘土では非排水強度が異なる。しかし、両者ともに圧密過程における含水比（間隙比）と非排水強度の関係にはそれぞれ一義的な関係が認められる。すなわち、圧密による非排水強度の増加量は不攪乱粘土の場合も練返し粘土と同様の手法で評価することができる。ただし、不攪乱粘土と練返し粘土の違いは骨格構造の違いであると考えられ、不攪乱粘土の圧密過程においては、骨格構造の破壊による強度低下と高密度化による強度増加が生じている。圧密度が低い場合に骨格構造の影響が大きく表れる。謝辞：実験および結果の整理には九州大学大学院修了生（現 新日鐵）藤井郁男氏にご助力頂いた。付記して感謝の意を表します。

【参考文献】1) 藤井ら（1992）：第27回土質工学研究発表会，pp. 707-710。2) 梅崎ら（1993）：第28回土質工学研究発表会，（投稿中）。

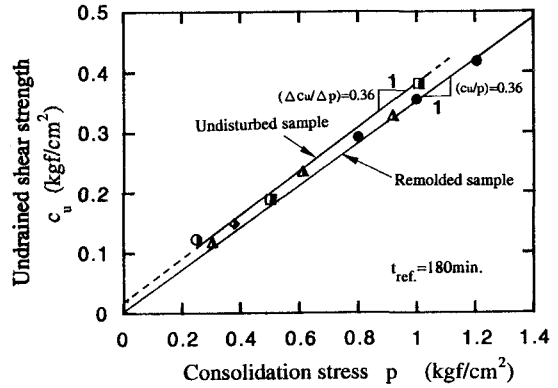


図-3 基準圧密時間における非排水強度と圧密応力の関係

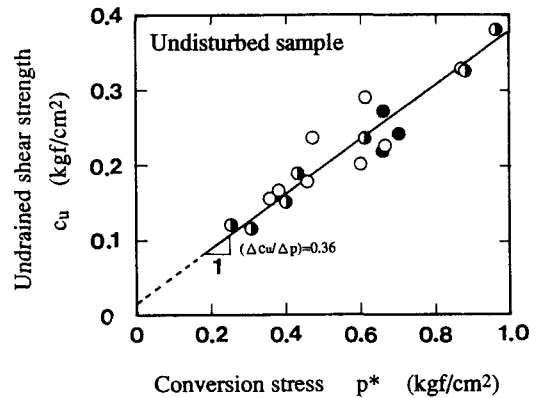


図-4 非排水強度と換算圧密応力の関係

表-1 試験結果と予測値

Test No. Sample No.	t (min.)	$e_0 \rightarrow e_1$	$p_0 \rightarrow p_1$ (kgf/cm ²)	Water content w (%)	Measured c_u (kgf/cm ²)	Cal. c_u (kgf/cm ²)
CP-1(T-5)	180	3.21	0.3	132.9	0.118	*0.118
CP-2(T-5)	180	2.76	0.6	110.7	0.236	0.226
CP-3(T-5)	180	2.53	0.9	106.5	0.328	0.324
CP-4(T-9)	180	2.99	0.5	126.9	0.189	0.162
CP-5(T-9)	180	2.47	1.0	103.6	0.381	0.351
CP-6(T-4)	180	3.34	0.25	134.9	0.123	0.089
CP-7(T-7)	180	3.03	0.38	126.8	0.149	0.153
CT-1(T-5)	4	3.13→2.77	0.3→0.9	113.0	0.199	0.226
CT-2(T-5)	6	3.04→2.71	0.3→0.8	110.3	0.224	0.243
CT-3(T-5)	5	3.27→2.95	0.3→0.7	139.1	0.179	0.173
CT-4(T-4)	300	3.36→2.71	0.25→0.7	112.1	0.269	0.243
CT-5(T-4)	36	3.46→2.76	0.25→0.8	111.5	0.290	0.216
CT-6(T-4)	20	3.46→2.94	0.25→0.7	116.9	0.238	0.175
CT-7(T-9)	20	2.89→2.53	0.5→1.0	102.2	0.326	0.319
CT-8(T-4)	1440	3.41→2.71	0.25→0.7	109.4	0.217	0.244
CT-9(T-7)	20	3.24→3.12	0.38→0.5	127.5	0.155	0.135
CT-10(T-7)	20	3.36→3.08	0.38→0.6	124.9	0.166	0.142
CT-11(T-7)	10080	3.18→2.67	0.38→0.6	116.0	0.239	0.258
CT-12(T-9)	10080	2.96→2.28	0.5→1.0	101.6	0.344	0.466