

圧密過程における粘土の非排水せん断強度の変化について

佐賀大学 理工学部 学○平山 英泰 正 三浦 哲彦
同 上 学 朴 永穆 ラレーナ サツ

1. まえがき

鋭敏粘土の非排水せん断強度(c_u)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、佐賀空港建設に関連して、有明粘土の圧密過程における非排水せん断強度の変化を調べるために、等方圧密非排水三軸圧縮試験(以下CIU試験という)を行い、結果について考察する。

2. 実験方法

試料は川副町の佐賀空港進入道路の地表面下約2m から採取した不攪乱有明粘土($\omega_n=143\%$, $\omega_L=89\%$, $I_p=50\%$, $G_s=2.617$)である。供試体は一辺が8cmの立方体のものを使い、三主応力試験機によってバックプレッシャー2.0 kgf/cm²及びビシアプレッシャー2.03kgf/cm²を負荷させた状態で24時間飽和させた後、表-1に示すような圧密応力及び圧密時間の条件の下でCIU試験を行った。ここで、一次圧密終了時間は3t法により840分とした。所定時間圧密圧力を加えた後、排水経路を閉じ、間隙水圧の値が変化しなくなるまで約3時間放置し、しかるのちにひずみ速度0.05%/minでせん断を行った。

表-1 試験ケース

圧密圧力(kgf/cm ²)	0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 2.5
圧密時間 (min)	0, 1, 30, 84, 170, 360, 840, 1440

3. 実験結果及び考察

図-1は、圧密降伏応力($p_c=0.43$ kgf/cm²)の約2倍の圧力($\sigma_3=1.0$ kgf/cm²)の下で圧密した場合の軸ひずみ(ϵ_1) - 軸差応力(q)、間隙水圧(u)の関係を示している。ここで分かるように圧密度の増加に伴って軸差応力(q)は増加、間隙水圧(u)は減少する。図-2は代表的な応力経路を示す。この特性から圧密度が低い場合は、過圧密粘土の特性を示し、1次圧密終了段階に近づくとき正規圧密の特性を示すことがわかる。図-3は、圧密過程における粘土の強度増加率($(c_u/p)_t$)とひずみに関する圧密度(U_ϵ)の関係である。 $(c_u/p)_t$ は、式(1)で表される。

$$(c_u/p)_t = (\sqrt{2} \cdot q_t) / (3 \cdot \sigma_3) \quad (1)$$

ここに、 q_t : 最大軸差応力(kgf/cm²)、 σ_3 : 側圧(kgf/cm²)、 U_ϵ は式(2)で表される。

$$U_\epsilon = (e_0 - e_t) / (e_0 - e_f) \quad (2)$$

ここに、 e_0 : 初期間隙比、 e_t : t 時間圧密後の間隙比、 e_f : 1次圧密終了時(ここでは、840分圧密)の間隙比である。

図-3から分かるように $(c_u/p)_t$ は、圧密圧力によって変わり、 $\sigma_3 < p_c$ で実験を行った場合は圧密過程における強度の変化はほとんど見られないが、 $\sigma_3 > p_c$ の場合は加えた圧力の増加

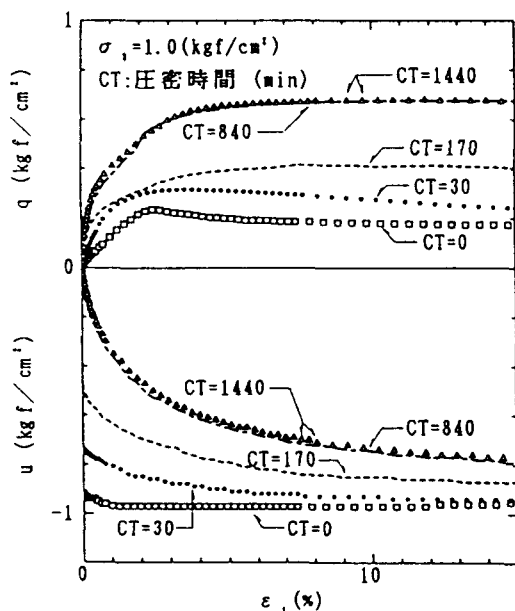


図-1 代表的な ϵ_1 - q , u の関係

に伴い変化が大きくなる。そして、1次圧密終了後の $(c_u/p)_f$ は、ほぼ同じ値である0.27~0.37を示し、藤川ら¹⁾が示した有明粘土の強度増加率0.3~0.4の値に近い。2次圧密段階に入って、さらに約10時間圧密した場合の c_u/p は、1次圧密終了後のそれとほぼ一定であり、 c_u/p - I_p 関係から求めた他の研究結果²⁾とほぼ一致する。正規圧密粘土の現場での圧密過程におけるせん断強度(c_{ut})は、一般に式(3)で推定されている³⁾。

$$c_{ut} = c_{u0} + (c_u/p) \cdot p \cdot U_e \quad (3)$$

ここに、 c_{u0} : 初期のせん断強度、 c_u/p : 強度増加率、 p : 圧密圧力である。すなわち、 c_{ut} は p および U_e に比例すると仮定している。高山⁴⁾は練返し粘土のように、粘土の骨格構造の影響を無視できる場合には式(3)が適用できる、と述べている。また、この実験で練返し粘土には、圧密途中、圧密終了後に拘らず ω - $\log \tau$ に直線関係があると述べている。しかし、本実験に用いた不攪乱有明粘土のように高位の構造を持つ粘土では、 c_{ut} は密度増加に基づく硬化現象(C_{hard})と絞り吐^{*}現象や構造破壊に基づく軟化現象(C_{soft})との和で表すべきと考える。即ち、 $c_{ut} = C_{hard} + C_{soft}$ で表すことができる。また、図-4で示すように、 U_e - c_{ut} の関係は、関数的であり、それでも U_e - $\log c_{ut}$ の関係は直線的ではなく、やや上に凹の形になっている。 c_{u0} と c_{uf} とを結ぶ直線とこの曲線の差が絞り吐^{*}現象に基づく強度低下(時間と共に一部回復する)であると考えられる。

4. 結論

- 1) $U_e < 30\%$ では、圧密圧力の大きさによらず過圧密粘土の応力経路特性を示す。
- 2) $U_e = 100\%$ における c_u は、 σ_3 が大きいほど構造の乱れ及び絞り吐^{*}の影響を大きく受ける。
- 3) $U_e < 30\%$ の範囲での c_{ut} は、圧密圧力に関係なく緩やかに増加する。
- 4) $30\% < U_e < 100\%$ では、不攪乱有明粘土の c_{ut} は、圧密度に対し関数的に増加する。その影響要因として絞り吐^{*}現象や構造破壊が考えられる。
- 5) 練り返し粘土にみられる c_{ut} - U_e の直線的増加と4)との差は、圧密に伴う絞り吐^{*}現象や構造破壊による強度低下と思われる。

参考文献

- 1) 藤川武信、高山昌照：有明粘土の強度増加率、農業土木学会論文集第90号、1980。
- 2) 例えば、Bjerrum, L. and Simons, N.E.: Comparison of shear strength characteristics of normally consolidated clays, Research Conf. on shear strength of cohesive soils, 1960.
- 3) Yamanouchi, T. et al.: Soil improvement with quicklime and filter fabric, ASCE, 1982.
- 4) 高山昌照：圧密途中における粘土の強度増加、農業土木学会論文集第109号、1984。

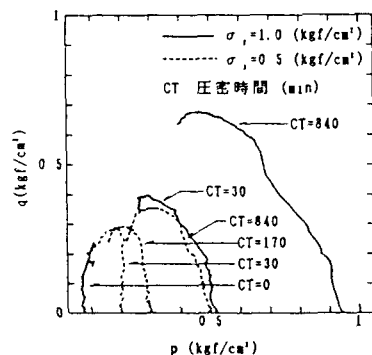


図-2 代表的な p' - q の関係

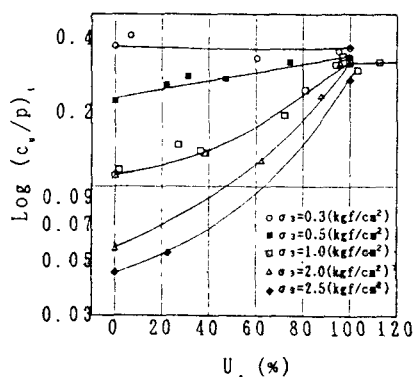


図-3 U_e - $\log(c_u/p)_t$ の関係

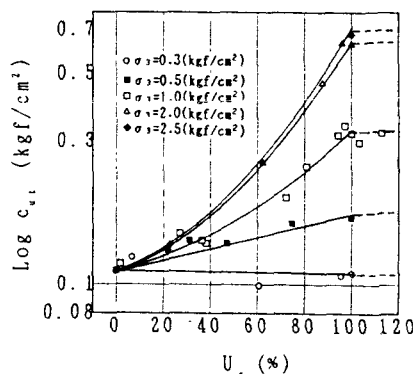


図-4 U_e - $\log(c_{ut})$ の関係