

1.はじめに

セメント処理土に関しては、初期において一軸圧縮試験を用いた研究が進められ、近年では三軸試験を用いて拘束圧依存性や微小変形特性などが報告されている。その結果、セメント処理土の強度・変形特性は徐々に明確になりつつある。今後、セメント処理土の利用の拡大を考えるには、その強度・変形特性を支配するパラメータについて、十分な検討が必要であると考えられる。本文では、セメント添加量および添加時の試料の含水比を変化させたセメント処理土を用いて、等方圧密試験および三軸圧密非排水三軸圧縮試験を行い、その結果を過圧密比に着目して考察した。具体的には、等方圧密特性、非排水せん断強度および間隙水压発現特性を考察する。

2.供試体作製および実験条件

用いた試料は、 $425\mu\text{m}$ のふるいで粒度調整した有明粘土である。その試料を所定の含水比に調整した後、セメントを添加し、よく攪拌しモールドに注入し作製する。供試体作製の詳細については、参考文献 1) に詳しい。その後、28 日間養生した供試体を用いて、等方圧密試験および拘束圧 49 ~ 294kPa で三軸圧縮試験を行った。セメント添加時の試料の含水比は、液性限界の 1.5, 1.7, 2.0, 2.5 倍とし、セメント添加量は、試料の乾燥重量に対するセメントの重量の比で表し、今回は 5, 7, 10% とした。

3.等方圧密特性

図 1 は、セメント添加率 7% で、添加時の含水比が異なる供試体の $e-\ln p'$ 曲線を示している。セメント処理土は圧密初期では緩やかに圧密するが、図中に矢印で示す点で折れ曲がり、その後急激に圧密する。また、初期含水比の違いによらず、圧密曲線は、降伏後一本の線に一致する。したがって、セメント処理土についても、圧密降伏応力およびセメント添加率によって決定される正規圧密線が存在すると言える。これは、セメント処理土の強度・変形特性は正規圧密状態と過圧密状態とに分けて考えるべきことを示唆するものである。また、本文には示していないが、セメント処理土の正規圧密線はセメント添加率の大きいほど右側に移動し、その勾配が大きくなる¹⁾。

図 2 は、各セメント量とセメント添加時の含水比ごとの圧密降伏応力を示したものである。セメント処理土は、予圧密や締め固めと行っていないにもかかわらず、圧密降伏応力が発現するのが特徴である。セメント添加率の増加や添加時の試料の含水比を減少させることで、圧密降伏応力が増加し、より過圧密的挙動が卓越することを意味する。

4.非排水せん断強度特性

過圧密時の非排水せん断特性を考察するために、非排水

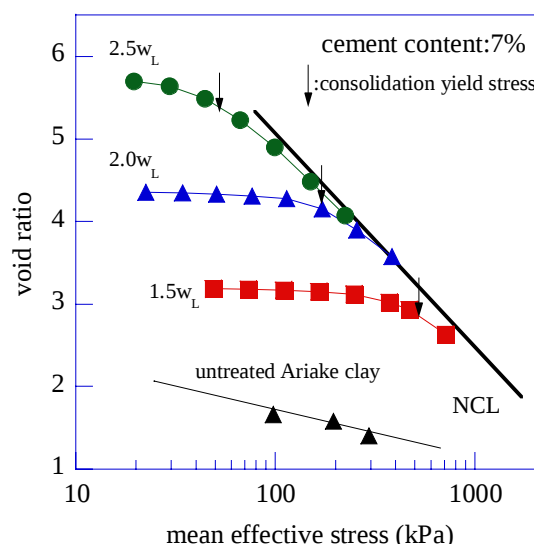


図1 セメント処理土の等方圧密試験結果

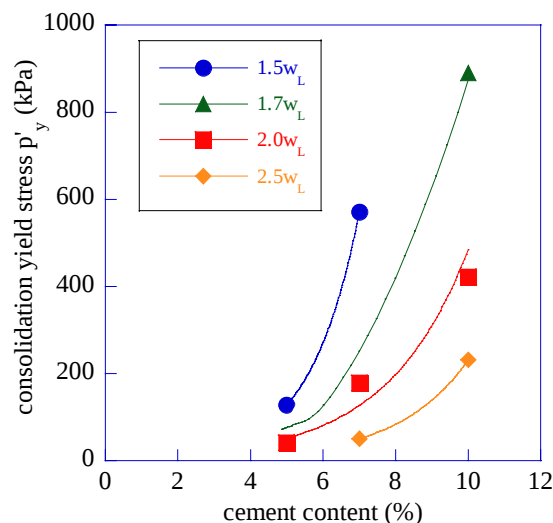


図2 セメントの固結力による圧密降伏応力

Keyword: セメント, 粘性土, 過圧密比, 非排水せん断強度, 間隙圧係数

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院工学研究科建設システム工学専攻 TEL&FAX:092-642-4406

せん断強度 $s_u(=(\sigma_1-\sigma_3)/2)$ を圧密圧力 p_c' で割った値 s_u/p_c' を過圧密比に対して示したのが、**図 3** である。この値 s_u/p_c' は、圧密応力に対する非排水せん断強度の増加率を意味する。正規圧密時の s_u/p_c' の値は、平均で約で 0.44 であった。**図 3** より、セメント処理土の強度増加率 s_u/p_c' は、セメント添加量や添加時の試料の含水比によらず、セメントの固結効果により生じる過圧密比によって評価できることが分かる。また図中には、過圧密時の強度増加率を、以下の式²⁾用いて評価した結果も示している。

$$(s_u / p_c')_{OCR} = (s_u / p_c')_{NC} \times OCR^{\Lambda} \quad (1)$$

セメント処理土の非排水せん断時の強度増加率は、式(1)を用いて評価することができ、その傾向は自然堆積粘土や軟岩の特性(Λ が大きい)に近いことが分かる。

5. 間隙水圧発現特性

セメント処理土のダイレイタンシー特性を考察するために、非排水せん断時の間隙圧係数²⁾ $A(=\Delta u/p)$ の変化を示したのが**図 4** である。また、図中には最大軸差応力が発現しているときの間隙圧係数の値 A_f も示している。正規圧密($OCR=1$)時の間隙圧係数 A は、軸ひずみの増加とともに単調増加する傾向を示し、拘束圧が増加するほど最終的な値が増加することが分かる。次に、過圧密時の間隙圧係数 A は、せん断初期において最大値を有し、徐々に軸ひずみの増加とともに減少していく形をしている。さらに、この傾向は、過圧密比が増大するとともに大きくなる。

最大軸差応力が発現しているときの間隙圧係数 A_f を過圧密比に対して示したのが、**図 5** である。セメント処理土の A_f は、過圧密比に増加によって単調減少していくことが分かる。また、セメント添加率や添加時の試料の含水比によらず、過圧密比によって一義的に評価できることをが分かる。ただし、 A_f の値は、未処理土で報告³⁾されている値よりも大きくなるのが特徴である。

6. 結論 本研究より得られた結論を以下に示す。1)セメント処理土は、圧密降伏応力および $e-\ln p'$ 面においてセメント添加率により唯一決定される正規圧密線を有する。このことは、セメント処理土の強度・変形特性を正規圧密領域と過圧密領域に分けて評価すべきことを示唆する。2)非排水せん断時の強度増加率は、セメント添加率や添加時の試料の含水比によらず、過圧密比によって評価できる。3)セメント処理土の間隙水圧の発現は、セメント添加率や添加時の試料の含水比よりも、過圧密比に大きく依存する。以上のことから、セメント処理土の強度・変形特性を評価する際には、セメントの固結作用により生じる圧密降伏応力および過圧密比の算定が重要である。

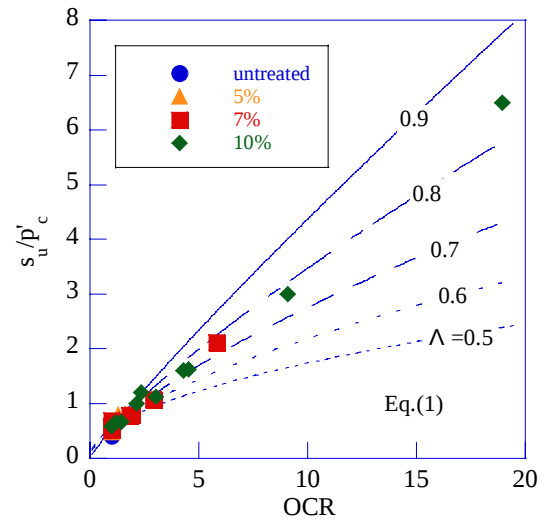


図3 圧密比と強度増加率の関係

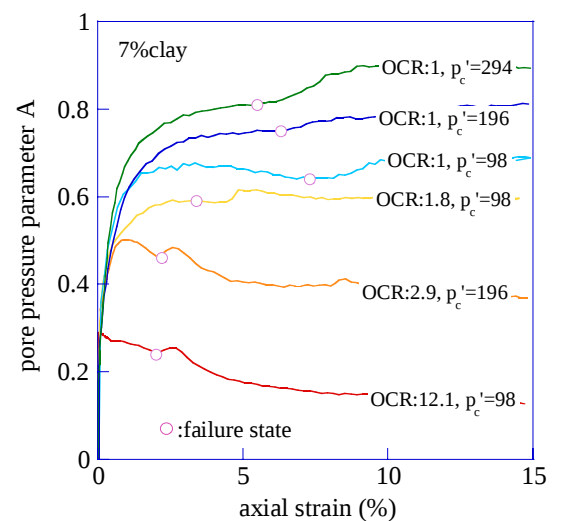


図4 間隙圧係数の変化

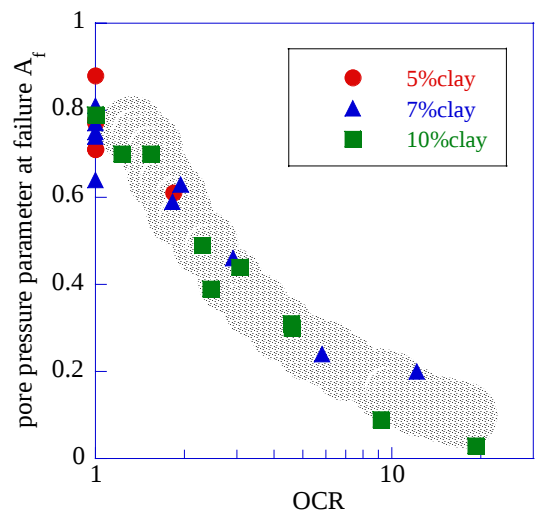


図5 間隙圧係数と過圧密比の変化

【参考文献】 1) 森嶋,落合,安福,笠間: 初期含水比に着目したセメント固化粘土の非排水強度特性,九州大学工学集報,第 73 巻,第 2 号, pp.133-140, 2000. 2) A.W. Skempton: The pore pressure coefficients A and B, Geotechnique, 4(4), pp.143-147, 1954. 3) P.W. Mayne (1980): "Cam-clay prediction of undrained strength", ASCE, Vol.106, No.GT11, pp.1219-1242.