

セメント固化粘土の非排水強度特性

九州大学大学院 学 ○森嶋武宏 フェロー 落合英俊

九州大学大学院 正 安福規之 正 笠間清伸

1. はじめに

セメント安定処理は従来から軟弱地盤改良を目的として広く用いられてきた。このセメント安定処理土の強度の評価は通常一軸圧縮試験に基づいて行われるが、近年、より合理的な強度評価が必要であるとの観点から、土被り圧の増加に伴う強度増加の特性を明らかにすることの大切さが主張されている¹⁾。著者らも一連の研究において、セメント固化粘土に着目して、その力学特性の体系化を目指した検討を行っている。このセメント固化粘土の特徴は混合する固化材の化学的作用によって土粒子間に固結力が付与されることにある。

本文では、この固結力を定量的に把握することにより、セメント固化粘土の強度特性を評価しようと考えている。そこで、セメント添加量、初期含水比を変化させたセメント固化粘土に対して圧密非排水三軸圧縮(CU)試験および等方圧密試験を行い、それより得られた力学特性を摩擦成分と固結力成分に分けて評価することにより、セメント固化粘土の非排水せん断強度特性の把握を行った。

2. 供試体および試験方法

本研究において用いた試料は、 $425\mu\text{m}$ ふりを通過させた有明粘土($\rho_s = 2.609\text{Mg/m}^3$, $W_L = 86.5\%$, $I_p = 51.3$)である。著者らは、セメント固化粘土に与える影響要因をセメント量、初期含水比と考え、セメント量は実施工で用いる場合を想定して、粘土の乾燥重量に対して0, 5, 7, 10%となるようにした。また、供試体の初期含水比は液性限界(86.5%)の1.5倍, 1.7倍, 2倍, 2.5倍に設定した。

供試体作製は、粘土のみの場合にはモールドでの作製が困難なため、試料を攪拌して所定の含水比となるように調整した後49kPaの先行圧力をかけて行った。この圧密の打ち切り時間は3t法により決定し11日間とした。その後、28日間含水比を一定に保ち湿潤養生を行った。また、セメント量5, 7, 10%の供試体については自立が可能であるため、試料に所定の添加率、および初期含水比となるようにポルトランドセメントをスラリー状にして加えて攪拌し、モールドに詰めた状態で28日間湿潤養生を行い、その後CU試験および等方圧密試験を実施した。その流れを図1に示す。以降、セメント量0, 5, 7, 10%の粘土を、それぞれ0%粘土, 5%粘土, 7%粘土, 10%粘土と記す。

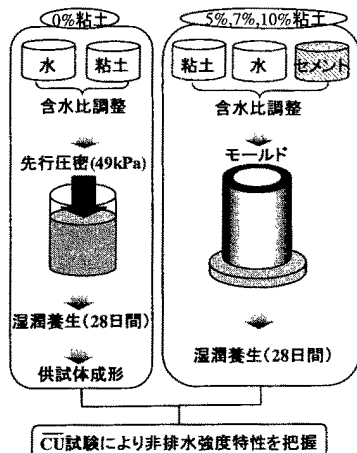


図1 供試体作製方法

3. 試験結果および考察

3-1. 固結力の表現法

著者らは一連の研究²⁾に基づき、セメントを添加することによって発現される固結力を評価するために、固結力を表すパラメータとして P_r を導入し、図2に示すような概念図を考えている。まず、図2-(a)は p' - q 空間における破壊線を示しており、この場合、最大強度線に対応する。この破壊線は、セメント添加による固結力

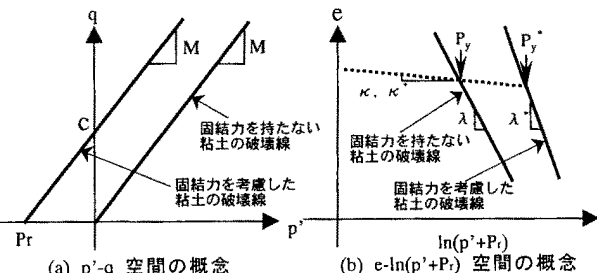


図2 固結力を考慮した概念

成分の増加として P_r だけ左側に平行移動すると考えている。また、図2-(b)は固結力を考慮した座標系、つまり e - $\ln(p'+P_r)$ 関係を示している。その際に、粘土のみ($P_r=0$)の場合の圧密降伏応力 P_y および圧縮性を表す指標 λ , κ に対して、セメント固化粘土の場合は P_y^* および λ^* , κ^* と表現している。つまり、 P_r を固結力を表現するパラメータと考え、この P_r の値を把握することにより、セメント固化粘土の非排水せん断強度特性を評価しようと考えている。以上の考え方に基づき、セメント量および初期含水比を考慮して P_r の決定を行った。

図3は p' - q 空間において、非排水有効応力経路を基に最大軸差応力に着目して整理したものである。ここでは、後述する圧密降伏応力を超える応力域で行った結果をまとめている。図中には、0%粘土から 10%粘土の最大強度線を示している。この図より、セメント量が同じであれば、初期含水比に関係なく最大強度線は同一であると考えることができる。

また、図3に示す最大強度線から求めた P_r の値をセメント量ごとに整理したものを図4に示す。この図より、供試体の初期含水比に関係なく、セメント量と P_r には一義的な関係があることがわかり、この値を考慮してセメント固化粘土の非排水せん断強度特性の評価を行った。

3-2. 非排水せん断強度特性

図5は、等方圧密試験より得られた e - $\ln(p'+P_r)$ の関係を示したものである。ここでは、その代表として 10%粘土の場合を示している。図中には Casagrande 法によって求めた圧密降伏応力 P_y^* も示している。この P_y^* は、セメント量が多いほど、また初期含水比が小さいほど大きな値となる。

次に、セメント固化粘土の非排水せん断強度特性を把握するために、固結力を考慮した拘束圧 (P_c+P_r) と最大軸差応力 q_{max} の関係を整理した。図6-(a), (b) はそれぞれ 7%粘土, 10%粘土の結果を示したものである。図中の矢印は、図5のようにしてそれぞれのセメント量, 初期含水比条件の供試体において等方圧密試験を行って得られた圧密降伏応力 P_y^* を示している。このように、横軸の拘束圧 P_c に固結力成分 P_r をプラスして考えると、図中に示すような破壊線を描くことができる。この破壊線は図から明らかなように P_y^* を境に特性が大きく異なる。まず、 P_y^* を超える応力域では実線で示す破壊線となり、初期含水比に関係なく原点を通る直線で近似できる。また、 P_y^* を下まわる応力域では点線で示す破壊線となり、近似的に先述の圧密降伏応力 P_y^* を起点とする直線で表現される。

4. まとめ

本文では、セメント量および初期含水比条件の異なるセメント固化粘土に対して、CU 試験および等方圧密試験を行い、それより得られた強度特性を摩擦成分と固結力成分に分けて考察を行った。限られた実験条件ではあるが得られた主要な結論は、次の通りである。

- 1) 固結力を表現するパラメータ P_r は、初期含水比によらずセメント量のみによって決まる。
- 2) 圧密降伏応力 P_y^* は、セメント量と初期含水比の両方に依存する。
- 3) 初期拘束圧 P_c に固結力成分 P_r を加えた量 (P_c+P_r) と最大軸差応力の関係は、圧密降伏応力 P_y^* を境に大きく異なる。まず、 P_y^* を超える応力域においては、その関係は初期含水比やセメント量によらず原点を通る一つの直線で近似できる。一方、 P_y^* を下まわる応力域においては図6に示すような関係になり、圧密降伏応力に依存した直線と与えることができる。

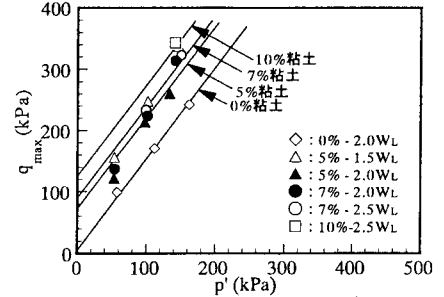


図3 p' - q 空間における最大強度線

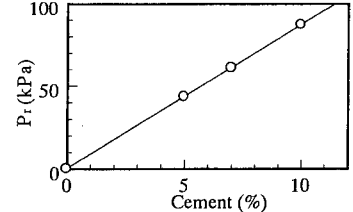


図4 セメント量と P_r の関係

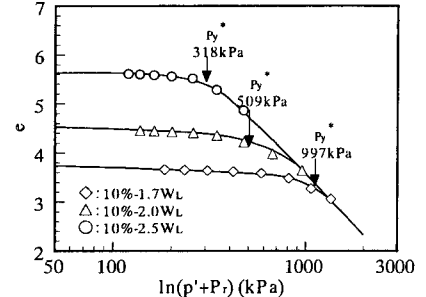


図5 10%粘土の等方圧密特性

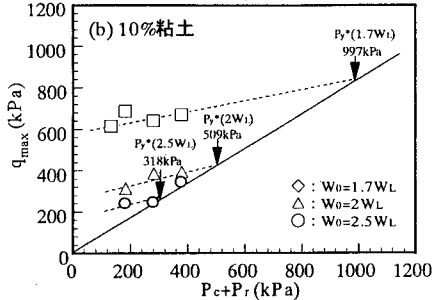
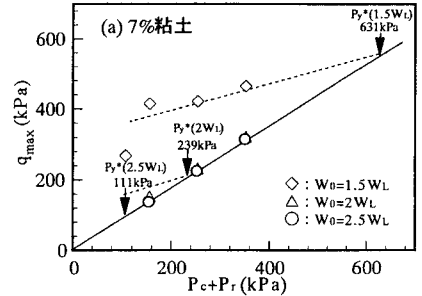


図6 P_c+P_r と q_{max} の関係

【参考文献】1) 矢島寿一 永岡高 谷崎誠二: 正規・過圧密セメント改良土のせん断特性と破壊規準, 土木学会論文集 No.561/III-38, pp205-214, 1997 2) 森嶋武宏 落合英俊 安福規之 笠間清伸: 固結力を有する地盤材料の強度特性に関する一考察, 第34回地盤工学研究発表会, pp869-870, 1999