

等方圧密養生したセメント安定処理土の非排水せん断挙動

山口大学大学院 学○藤本哲生
 山口大学工学部 正 鈴木素之 山本哲朗
 宇部興産コンサルタント(株) 正 藤野秀利
 (株)宇部三菱セメント研究所 岡林茂生

1. はじめに セメント安定処理土が施工後の原位置で受けると予測される鉛直有効応力 σ_v' の経時変化を図-1に模式的に示す。施工直後において σ_v' はほぼゼロであり、時間の経過に伴いある一定値 σ_{v0}' に近づくと考えられる。しかし、現行の室内試験では図-1の経路 OCDB のように大気圧下で養生した安定処理土供試体を作製するので、圧密現象やそれに伴う強度増加は十分に考慮されていない。著者らは、この現象を把握するために安定処理土を上載圧下で一次元的に圧密と養生を行う装置（一次元圧密養生装置）を開発し、それを用いて粘性土と砂質土の圧密沈下特性と一軸圧縮強度特性を調べてきた¹⁾。

しかし、この試験方法では、一定期間養生後、上載圧を一旦除荷するため、所定の応力状態の下で圧密からせん断へスムーズに移行することはできない(図-1の経路 OADB)。そこで、三軸圧縮試験機を用いて等方圧密養生後の供試体に対して非排水せん断試験を行うことにした(図-1の経路 OAB, なおこの試験を等方圧密養生・非排水三軸圧縮試験と呼ぶ)。ここで、図-2(a), (b)に示すように、一次元圧密養生試験と等方圧密養生・非排水三軸圧縮試験では、圧密およびせん断過程ともに供試体の応力状態は異なっている。上ら²⁾など三軸圧縮試験機を用いた安定処理土の強度特性に関する研究はさかんに行われているが、これらは安定処理した供試体を大気圧下で長時間養生した後に三軸セルにおいて圧密している点に注意を要する(図-1の経路 OCAB)。本文は、安定処理した後、直ちに等方圧密養生したセメント安定処理土の非排水せん断挙動について考察したものである。

2. 等方圧密養生非排水三軸圧縮試験 本試験は地盤工学会基準³⁾に準拠して行った。ここで、安定処理直後の等方応力の載荷をねらいとする本試験では、今回の場合に限り、供試体の圧密を開始するまでの時間をなるべく短縮するため、供試体の飽和化の過程を踏まず、安定処理から等方応力による圧密開始までの時間を一律 50 分とした。土試料は山口県吉敷郡阿知須町で採取した砂質土(土粒子の密度 $\rho_s=2.693\text{g/cm}^3$, 最大粒径 $D_{max}=4.75\text{mm}$, 自然含水比 $w_n=16.3\%$, 液性限界 $w_L=36.6\%$, 塑性指数 $I_p=14.2$, 細粒分含有率 $F_c=18.9\%$)を用い、添加材は普通ポルトランドセメント(OPC)を水セメント比 160%で 50kg/m^3 添加した。供試体は前述した土試料と OPC を攪拌混合して、内径 5cm, 高さ 10cm の二つ割りモールドに充填し、モールドをコンクリートの床に打ち付け気泡の除去後に脱型したものを用いた。試験ケースとして、圧密過程における初期有効拘束圧 σ_{30}

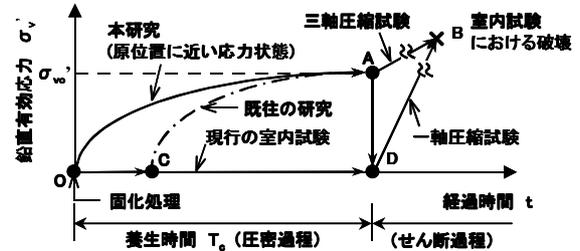
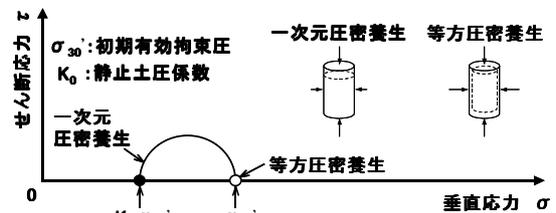
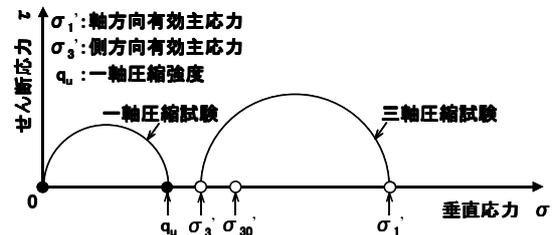


図-1 供試体の鉛直有効応力の変化(模式図)



(a) 圧密過程の応力状態



(b) せん断過程の応力状態(破壊時)

図-2 一次元圧密養生試験および等方圧密養生・非排水三軸圧縮試験の各応力状態(模式図)

キーワード:セメント安定処理, 等方圧密, 養生, 三軸圧縮試験, 非排水せん断

連絡先:〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 鈴木素之 (Tel:0836-85-9303, Fax:0836-85-9301)

を 49, 98 および 147kPa の 3 通りに変化させ、それぞれ養生時間 T_c を 1 および 3days とした。また、せん断過程における軸ひずみ速度はすべて 0.05%/min とした。

3. 試験結果および考察 図-3 に等方圧密過程における体積ひずみ ε_v 、過剰間隙水圧 Δu の経時変化を示す。どの試験ケースにおいても、 $t=1000\text{min}$ 程度で Δu は消散し、 ε_v はほぼ一定になっている。また、 σ_{30}' が大きいほど、最終的な体積ひずみ ε_v^* は大きくなっている。これらの挙動の特徴として、セメンテーション効果が土の圧密現象よりも優勢になると、圧密沈下は抑制されてくるといえる。さらに、今回のデータに限れば、 Δu および ε_v は T_c に依存しないようである。

図-4 にせん断過程における主応力差 ($\sigma_1 - \sigma_3$)、過剰間隙水圧 Δu および軸ひずみ ε_a の関係を示す。 T_c によらず σ_{30}' が大きいほど、最大主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{max}}$ は大きくなっている。これより、圧密過程における σ_{30}' がその後の強度特性に影響を及ぼすといえる。どの σ_{30}' においても T_c が大きいほど、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{max}}$ は大きくなっている。これはセメントボンドの時硬性により材齢とともにセメンテーション効果が増大し、強度が増加したためである⁴⁾。どのケースにおいても Δu は正值を示した後に負値を示しており、過圧密土と同様の挙動を示している。ただし、 $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \varepsilon_a$ 関係にひずみ軟化挙動はみられない。

図-5 に $p' - q$ 面における有効応力経路を示す。ここで、通常の土の場合には $\varepsilon_a=15\%$ 程度で定常状態となる限界状態に達するものと考えられるが、安定処理土の場合には $\varepsilon_a=5\%$ 程度までに供試体がせん断破壊してせん断面が生じるため、今回は $\varepsilon_a=5\%$ 程度までのデータで限界状態線 (CSL) を決定することにした。その結果、 $T_c=1$ および 3days における CSL の傾き M はそれぞれ $M=1.48$ および $M=1.93$ となり、 T_c が大きくなるほど、 M すなわち内部摩擦角 ϕ' が大きくなることが明らかになった。これはセメント水和生成物が発達し、土粒子間がより複雑に絡み合うために生じたためであると考えられる。

4. まとめ 本研究で得られた結果を要約すると、以下のとおりである。①等方圧密時の体積ひずみは 1000 分程度でほぼ一定になる。②圧密過程の初期有効拘束圧が大きく、養生時間が長いほど、最大主応力差は大きくなる。また、せん断過程における過剰間隙水圧の挙動は過圧密土と同じ傾向を示す。③養生時間が長いほど、限界状態線の傾きは大きくなる。

【参考文献】 1) 山本ほか：上載圧下で養生したセメント安定処理土の一軸圧縮強度特性，土木学会論文集 No. 701/III-58, pp. 387-399, 2002. 2) 上ほか：セメント系固化材により安定処理されたカオリン粘土の力学的性質，土木学会論文集 No. 582/III-41, pp. 217-228, 1997. 3) 地盤工学会：土質試験の方法と解説-第一回改訂版-，pp. 441-562, 2000. 4) 澁谷ほか：セメント混合砂の変形・強度特性における時硬性および拘束圧履歴依存性，土木学会論文集 No. 687/III-56, pp. 249-257, 2001.

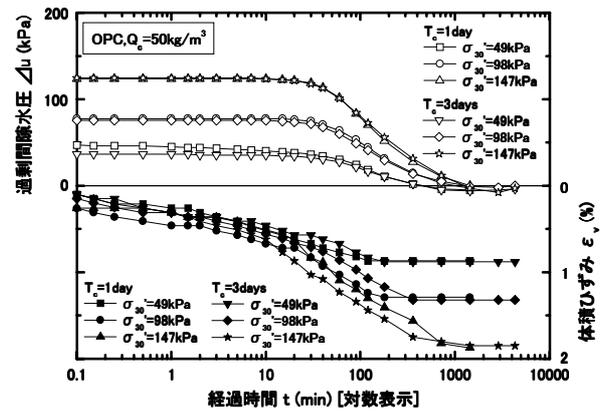


図-3 圧密過程の体積ひずみ ε_v 、過剰間隙水圧 Δu および経過時間 t の関係

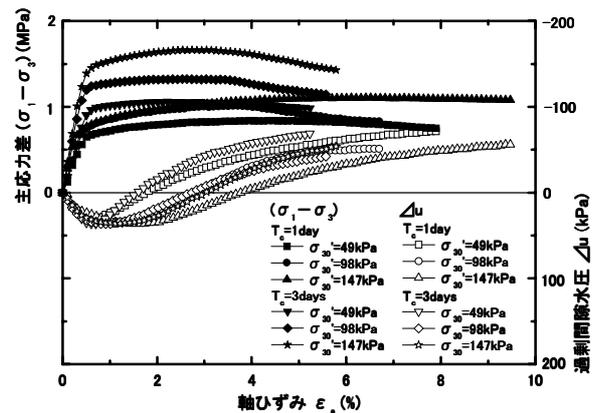


図-4 せん断過程の主応力差 ($\sigma_1 - \sigma_3$)、過剰間隙水圧 Δu および軸ひずみ ε_a の関係

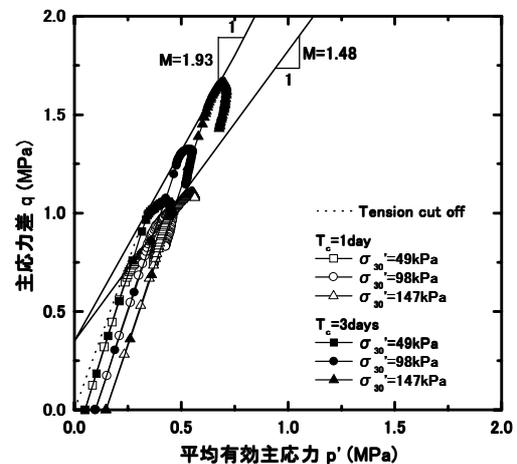


図-5 主応力差 q および平均有効主応力 p' の関係