

原位置応力状態を再現したセメント改良コラムの強度・含水比分布

山口大学大学院 学○清水真人 学 田口岳志

山口大学大学院 正 鈴木素之 正 山本哲朗

1. はじめに セメント系固化材による安定処理土工法は構造物基礎の安定性確保などを目的として軟弱地盤地で広く用いられている。安定処理地盤中の土要素は図-1に示すように、固化処理直後から土被り圧を受けた状態にあり、圧密による密度増加と水和反応による硬化が同時に進行していると考えられ、合理性・経済性に優れた設計を行う上では、この強度増加を見込んだ設計法を検討する必要がある。しかし、安定処理土の強度評価は一般に大気圧下養生（上載圧 $\sigma_v=0\text{kPa}$ ）の供試体を用いて行われており、圧密による強度増加は考慮されていない。本研究では、写真-1に示すような土槽において予備実験重錘による上載圧と大気圧の両条件で安定処理土供試体を養生した。この結果、図-2に示すように、大気圧下のものより上載圧下で養生したものの方が高い一軸強度を示すことを確認した。また、これを詳細に検討するために、図-3に示すタンク圧密養生装置を用い、 σ_v を作用させた状態で安定処理土を養生させた。本実験の特徴は土試料の中央部のみ（ $\phi=18\text{cm}$ ）をセメント改良することで、原位置における排水条件および応力状態を再現できることである。所定期間上載圧下で養生したセメント改良コラムより供試体を抽出して一軸圧縮試験を実施し、一軸圧縮強度 q_u と含水比分布について調べた。

2. 試験方法

2.1 土試料・安定材 本試験で用いた試料はカオリンである。主な物理定数は、調整含水比90%土粒子密度 $\rho_s=2.579\text{g/cm}^3$ 、細粒分含有率 $F_c=98.0\%$ 、液性限界 $w_L=79.8\%$ 、塑性指数 $I_p=39.4$ 、土質分類MHである。また、安定材は一般軟弱土用固化材（以下、“固化材”と称す）を用いた。固化材の成分は $\text{SiO}_2:15\sim25\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3:3.5\%$ 以上、 $\text{CaO}:40\sim70\%$ 、 $\text{SO}_3:4.0\%$ 以上である。土試料と安定材の配合手順は地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法（JGS0821-2000）」に準じている。今回は、カオリンに対して、固化材を安定材添加量 $Q_c=50\text{kg/m}^3$ でスラリー添加し水セメント比 $w/c=70\%$ とした。また、上載圧 $\sigma_v=0, 49, 98, 147\text{kPa}$ の下で7日間養生した。

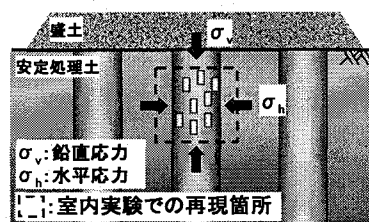


図-1 安定処理地盤モデル

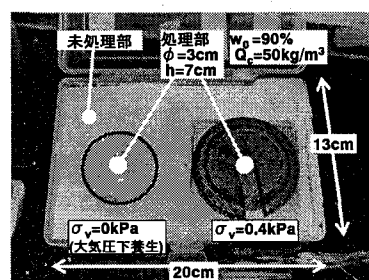


写真-1 土槽におけるセメント安定処理土の圧密養生（左：圧力なし 右：圧力あり）

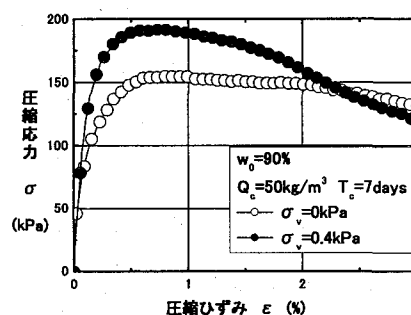


図-2 予備実験で作製した供試体の応力・ひずみ曲線

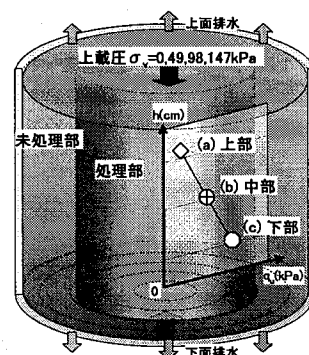


図-3 タンク圧密養生装置強度分布モデル

2.2 試験手順 タンク圧密養生装置にカオリン粘土を詰め、粘土層中にステンレス製の筒をいれる。筒の中のカオリン粘土にセメント固化材を添加し 5 分間攪拌し載荷板をセットした後、上載圧を作用させた状態で養生する。圧密養生中は沈下量を計測する。養生後、脱型した改良コラムの (a)上部、(b)中部、(c)下部の 3 箇所より試料を抽出し供試体を作製する。次に、供試体の高さが 60mm 直径が 30mm になるように上下端面を平滑に仕上げる。その後キャッピングを行い一軸圧縮試験を実施する。

3. 試験結果および考察 図-4 にタンク圧密中の沈下ひずみ ε_v と経過時間 t の関係を示す。 σ_v の増加に伴い ε_v が大きくなっていることが分かる。図-5 に改良コラム下部における σ_v を変化させた場合の応力ひずみ曲線を示す。この図より、 σ_v の増加に伴い応力ひずみ曲線は上方に位置し q_u が増加していることが分かる。なお、供試体上部および中部においても同様な傾向であった。図-6 には改良コラムから抽出した各部分の σ_v と q_u の関係を示す。いずれの部分においても σ_v の増加に q_u の増加がみられる。また、切り出した供試体の位置が下方であるほどに q_u が高くなっている。これは上部よりも下部の方が供試体養生中に受ける粘土層厚による自重の差によるものと考えられる。図-7 に σ_v と圧密養生後の含水比 w の関係を示す。処理部、未処理部ともに σ_v の増加に伴い含水比が低下していることが分かる。また処理部と未処理部を比較すると処理部の方が含水比が高いことが分かる。これは、処理部にて固化が進行し排水が抑制されたためと考えられる。

4. 結論

本研究では、タンク圧密養生装置を用いて上載圧下で養生したセメント安定処理土におけるセメント改良コラム内の強度・含水比分布を検討した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 沈下ひずみと経過時間の関係との関係において上載圧の増加に伴い沈下ひずみが大きくなる傾向がみられた。
- 2) 上載圧の増加に伴い応力ひずみ曲線は上方に推移しており一軸圧縮強度は著しく増加する。
- 3) 粘土層の自重分の上載圧が大きくなる下部の方が上部に比べて一軸圧縮強度は高くなる傾向がみられた。また上載圧の増加に伴い一軸圧縮強度は著しく増加した。
- 4) 処理部、未処理部ともに上載圧の増加に伴い含水比が小さくなる。

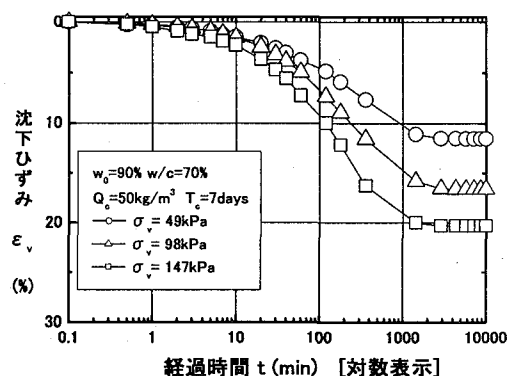


図-4 沈下ひずみ ε_v と経過時間 t の関係

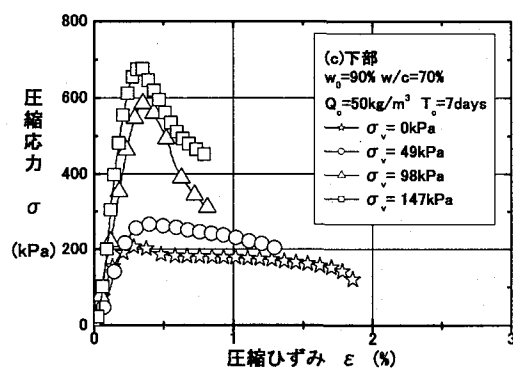


図-5 圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ε の関係

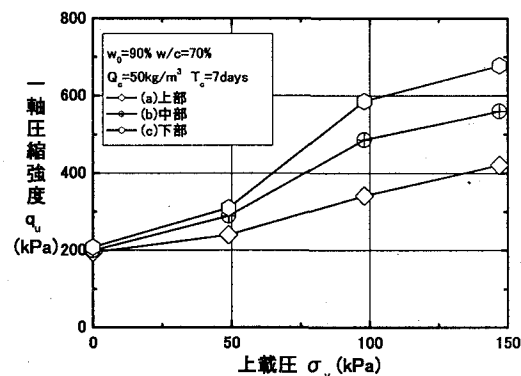


図-6 上載圧 σ_v と一軸圧縮強度 q_u の関係

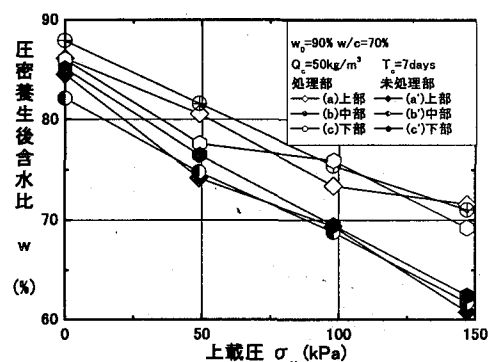


図-7 上載圧 σ_v と圧密養生後の含水比 w の関係