

圧入による密度増加に物理特性が及ぼす影響 ーその2ー

関東学院大学 正会員 ○山口 恵美

不動テトラ 正会員 大林 淳 原田 健二 竹内 秀克

関東学院大学 正会員 規矩 大義

1. はじめに

砂圧入式静的締固め工法¹⁾は、小型施工機で施工を行い、自然材料である砂単体を圧入することから環境への影響を低減することができ、圧送ポンプなどのプラント設備は施工位置から離して設置可能なため狭隘地での施工が可能など、幅広い施工環境に対応できる締固め工法である。改良対象地盤の地盤特性によって改良効果が異なることは容易に想像できるが、種々の地盤材料を用いての室内実験レベルの研究は十分にされていない。本報は、物理特性の異なる試料を用いた三軸条件下で室内実験を行い、密度増加量に物理特性が及ぼす影響について考察を行ったものである。

2. 実験概要と既往の考察

本実験では、改良体をバルーンで模擬して、バルーン内に水を注入し、三軸試験供試体における空洞拡張実験²⁾を行った。図1に実験装置の概要及び空洞拡張図を示す。供試体は空中落下法にて作成して飽和させた後、定量ポンプでバルーンに注水した。計測項目は、①鉛直応力、②バルーンへの圧入圧力、③供試体間隙水の吸排水量、④供試体の体積変化量を計測した。試料は日光珪砂7号、 $F_c20\%$ 調整試料、宇部珪砂5・6・7号、しらすを使用した。図2に各試料の粒径加積曲線を示す。試験条件は、緩い砂地盤を相対密度 $D_r=40\%$ 、密な地盤を $D_r=60\%$ 、有効拘束圧 $\sigma'_0=50\text{kPa}$ 、圧入速度 $4.722\text{cm}^3/\text{min}$ とした。

図3に日光珪砂7号、 $D_r=40\%$ のケースの時刻歴、図4は圧入量と密度増加量 ΔV の関係図を示す。実験開始と同時に圧入圧力が発生し、間隙水が排水(プラス側)される。この時、供試体は体積変化が見られないため、(A)のように密度が上昇して締固められる。しかし、ある程度圧入するとバルーンの膨らみによって供試体水平方向に変位が発生して体積変化が生じ、排水が吸水側(マイナス側)に転じるため、(B)のように密度増加量が低下した。密度増加量 ΔV は相対密度の違いによって異なることが確認されたが、曲率係数 U_c や細粒分含有率 F_c などの物理特性が、大きく関与していることも判明した³⁾。なお密度増加量 ΔV については、圧入量と圧入後の吸・排水量との関係から式1により定義される。

$$\text{密度増加量 } \Delta V = \text{圧入量} - \text{体積変化} + \text{吸排水量} \cdots (\text{式1})$$

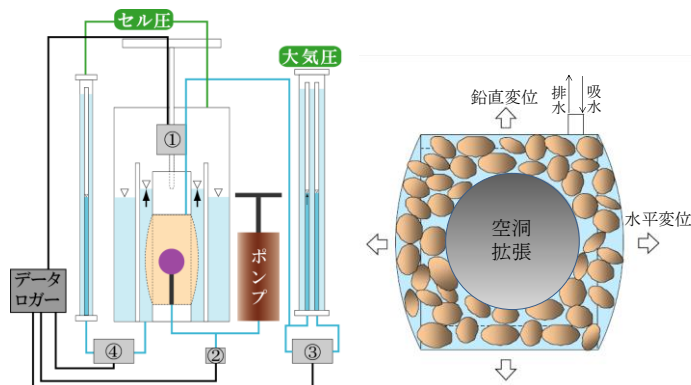


図1 実験概要図及び空洞拡張のイメージ図

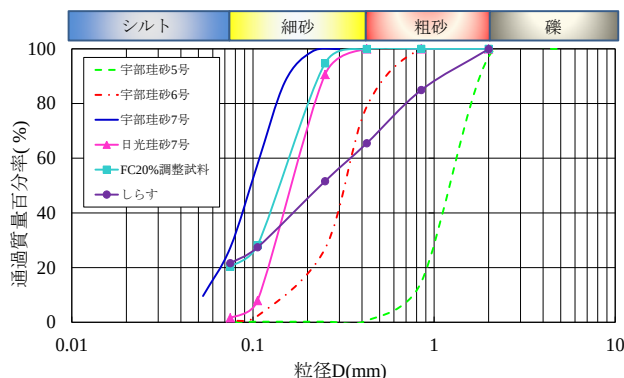


図2 各試料の粒径加積曲線

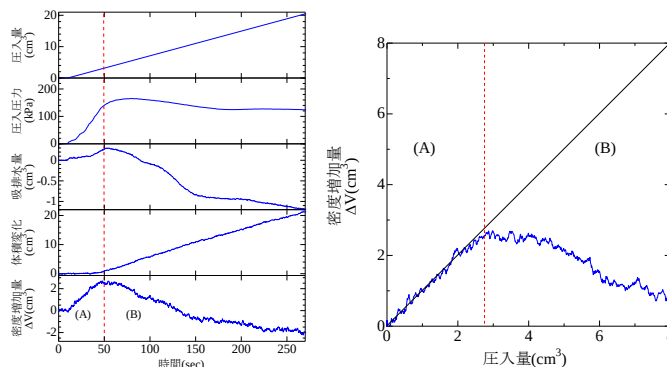


図3 実験時刻歴 図4 圧入量と密度増加の関係

キーワード 密度増加, 砂圧入式静的締固め工法, 物理特性

連絡先 〒236-8501 横浜市中区金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学理工学部土木学系 地盤防災工学研究室 TEL: 045-786-7144

〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 7-2 不動テトラ TEL: 03-5644-8534

3. 施工性に着目した考察

本報では施工性に着目した考察を行うために、圧入圧力と有効締固め率について着目した。有効締固め率とは、 ΔV /圧入量であり、圧入したものが密度増加に寄与する割合である。図5は宇部珪砂5号(粗砂), 6号(細砂), 7号($F_c=20\%$)の、密度が緩い場合と密な場合の時刻暦である。全試料において圧入初期は有効締固め率がほぼ100%を維持しているが、圧入圧力が最大に達する前で急激に低下している。しかし、そのなかでも特徴的なのが7号であり、低下過程は他の試料と比べて緩やかである。即ち、細粒分を含んだ砂は余裕間隙比 $e-e_{\min}$ が大きいいため、圧入による改良効果が発揮されやすく、これは既往の考察と一致する。5号, 6号に関しては有効締固め率の低下が急であり、実施工においては地表面の隆起などといった改良ロスが発生しやすい可能性がある。

図6は横軸を平均粒径 D_{50} とし、第1象限を最大増加相対密度、第4象限を最大圧入圧力とした。試料の系統毎に傾向を見るため、日光珪砂系、宇部珪砂系、しらすをグループ分けしてある。データはばらついてはいるが、土の種類ごとにそれぞれのレベルは異なり、宇部珪砂系が増加相対密度も最大圧入圧力も大きい。図7は、増加相対密度と圧入圧力の最大値の関係を示している。黄緑の実線と破線で囲ったように、初期相対密度によらず最大圧入圧力が高いほど増加相対密度は大きく、その傾向は宇部珪砂系が最も強い。また、同じ圧力でも宇部珪砂系、日光珪砂系、しらすの順に密度増加は小さい。しらすが小さいのは、粒子形状が他のものと比べて特殊であり、その影響によるものと考えられる。

4. おわりに

改良効果(密度増加)や最大圧入圧力は、同程度の平均粒径でも粒度分布や粒子形状の影響を受けると推察する。今後は、より実現象に近い実験として、流動化砂を用いた圧入実験を実施し、改良効果や施工性などについて検証してゆく。

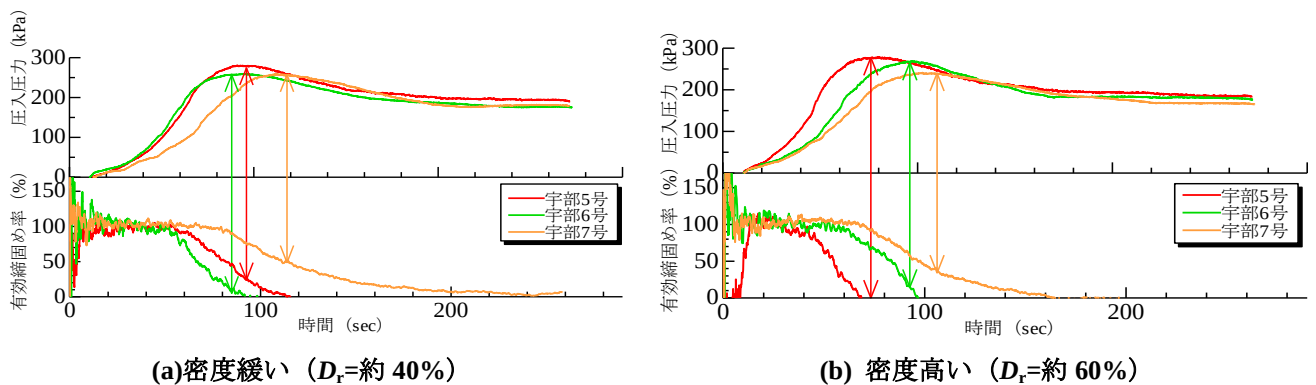
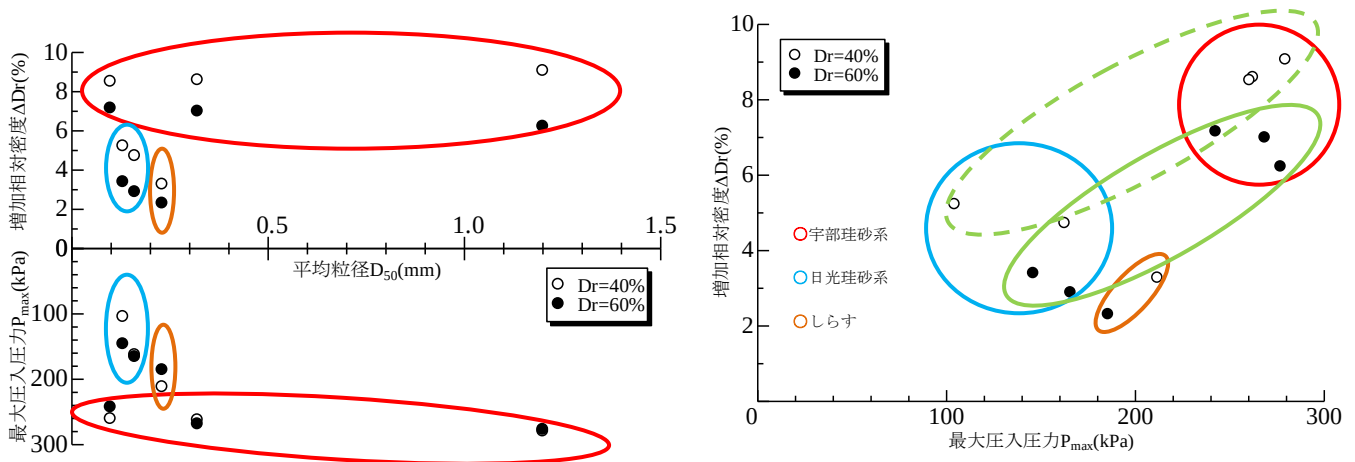


図5 宇部珪砂の圧入圧力と有効締固め率の経時変化



【参考文献】1)今井ら：砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法) の改良効果と適用事例, 第54回地盤工学シンポジウム論文集, pp.579-584, 2009. 2)安田ら：圧入による密度増加に物理特性が及ぼす影響, 第49回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.1593-1594, 2014. 3)山口ら：砂圧入式静的締固め工法による地盤の密度増加に関する基礎実験, 第68回土木学会年次学術講演会, pp.185-186, 2013.