

粒子構造と粒子形状が液状化強度に及ぼす影響（その2）

粒子構造, 供試体作製, 液状化強度

(株)不動テトラ 正会員
 (株)不動テトラ 正会員
 (株)不動テトラ 正会員

正会員 出野 智之
 正会員 原田 健二
 正会員 江副 哲
 矢部 浩史
 日下部真佑

1.はじめに

筆者らは、締固め砂杭工法による液状化抵抗増加に寄与する要因として、施工時のせん断履歴に伴う土粒子構造の形成¹⁾に着目し、粒子構造（供試体作成方法）の相違による液状化強度の影響について言及した。前報²⁾では、相対密度 $D_r=80\%, 100\%$ の比較的密な状態を対象としたが、今回はそれより低い密度の $D_r=60\%$ で繰返し三軸試験を実施し、総括的に粒子構造の液状化強度に及ぼす影響について考察した。

2.使用試料および試験条件

2.1.使用試料

試験試料には熊本珪砂（3号）を再度調達した。表1に物理的性質、図1に各試料の粒径加積曲線を示す。表や図より、前回と比べて今回の熊本珪砂も、粒度や物理定数が概ね近似していると判断し、同じ材料として比較を行った。

2.2.試験条件

供試体作製方法は前回と同様、空中落下法（以下、空中法）と打撃による締固め方法（以下、打撃法）で行い、それ以外（拘束圧や載荷速度等）も同条件とした。実験は①空中法（落下高30cm：漏斗口径14mm）、②空中法（落下高10cm：ビーカーより流し込み）、③打撃法（打撃回数2回）の3ケースで行ったが、どれも作製時の相対密度が30%で繰返し三軸試験前（圧密後）の相対密度が60%となった。図2、3に作製時の相対密度と落下高及び打撃回数の関係を前回の結果に追記する。また、図4に作製時から飽和後圧密前と圧密後載荷前の相対密度の変化を前回結果と併せて記すが、図より作製法に依らず作製時の相対密度が同じなら圧密後の相対密度も同じになる結果となり、通水時や等方圧密時の体積変化には供試体作製の影響が確認できなかった。

3.試験結果

①～③の条件で作製した供試体の試験結果として、図5、6に同じ応力比（ $\sigma_d/2\sigma_o=0.177$ ）で載荷した場合の経時変化と応力ひずみ、有効応力経路を示す。どれも同じ $D_r=60\%$ であり、前報と同じく軸ひずみも伸張側に卓越している傾向も伺える。しかし②と③は繰返し回数が10回に満たない段階で（突発的に）軸ひずみ両

表1 物理的性質

試料名	$F_c(\%)$	$\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	e_{max}	e_{min}	U_c	U_c'
熊本珪砂(前回)	0.0	2.637	1.106	0.769	1.5	0.96
熊本珪砂(今回)	0.3	2.645	1.088	0.824	1.53	0.94

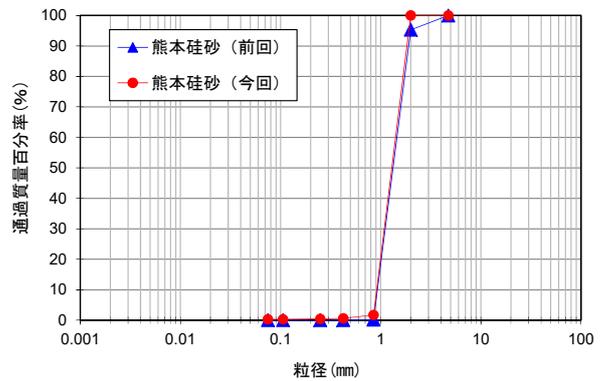


図1 粒径加積曲線

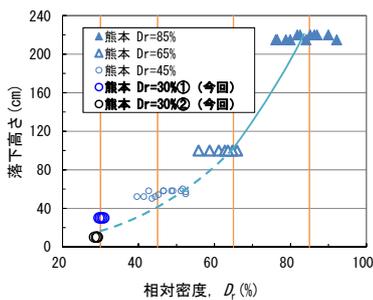


図2 落下高さ と D_r の関係

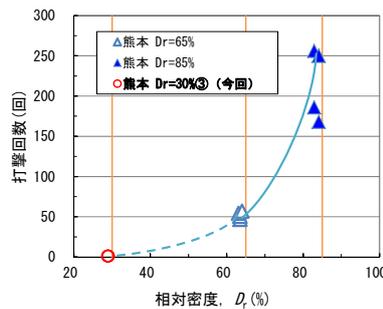


図3 打撃回数 と D_r の関係

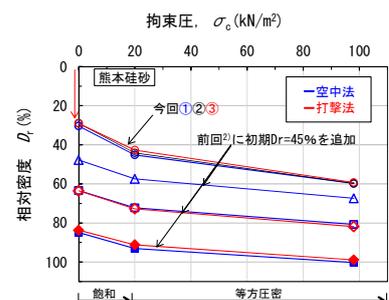


図4 圧密後までの D_r の変化

キーワード：粒子構造, 供試体作製, 液状化強度

連絡先：〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2 TEL03-5644-8534

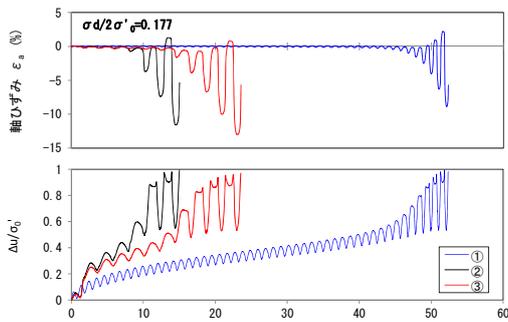


図5 経時変化

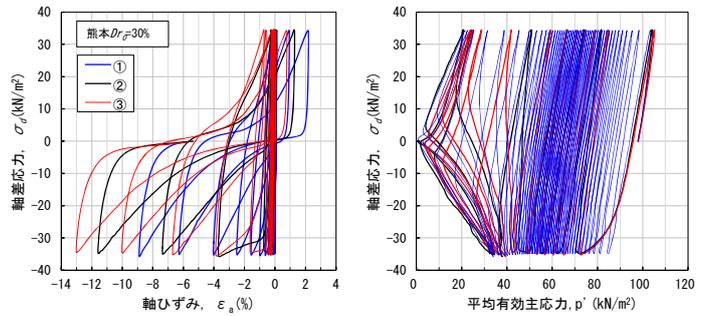


図6 有効応力経路と応力～ひずみ関係

振幅 5%, 過剰間隙水圧比 0.95 以上に達し, ①はひずみや水圧の発達が遅い(粘り強い)傾向を示した. 同様に, 図7に示す液状化強度曲線でも, ②③はほぼ同一曲線であるのに対し①だけが上側にあり液状化強度の高い結果となった.

相対密度と液状化強度の関係を供試体作製方法毎に比較するために, 前回の結果²⁾に追記した(図8). 図より今回の $D_r=60\%$ では①空中法の方が③打撃法より液状化強度が高いが, 80%を超えたところでその強度が逆転している. 前報^{2,3)}では熊本珪砂が角張った粒状で, 粒子間のかみ合わせが強い傾向があり, それは打撃法により顕著であった. 今回の打撃法③は2回程度しか打撃してないため, 落下高30cmの空中法①が同じ D_r でも粒子構造が強固だったものと推察される. ただし, ある程度打撃(履歴)を与えた状態の $D_r=80\%$ 以降では逆転しており, 粒子構造の形成がより安定したものと推察される. 文献4)にある図9では, 同試料を用いた作製時の目標 $D_r=85\%$ の供試体について, X線CT撮影と画像解析により上中下3箇所土粒子同士の接触点数を導いており, $D_r=80-100\%$ の範囲では同じ密度であっても打撃法による接触点数の方が空中法のものに比べて多くなっていることを示している. また文献5)では, 「締固め工法の施工方法が異なることによって改良地盤の接触点数に差異が生じる」ことも指摘している. 図8でもこの相対密度では打撃法により作成した試料の液状化強度の方が大きくなっており, 打撃法による接触点数が多い点も液状化強度の差に影響しているものと思われる. 以上より今回実験した $D_r=60\%$ での接触点数は②と③が同等で①が若干大きかったものと考えられる.

4.まとめ

本研究では, 熊本珪砂を用いて中密な $D_r=60\%$ における繰返し三軸試験を行い, 粒子構造(供試体作製法)の影響を確認した. その結果, 打撃法(2回)が空中法(30cm)より液状化抵抗が小さくなる傾向を示し, わずかな打撃では落下による土粒子構造の形成は強固にならなかった. 今後は損失エネルギーにも着目して考察したい.

参考文献 1) 古関潤一: 締固め砂杭の施工が液状化強度特性に及ぼす影響に関する最近の知見, 基礎工, Vol.46, p2-5, 2018. 2) 出野ら: 粒子構造と粒子形状がひずみの発達過程と損失エネルギーに及ぼす影響, 土木学会第74回年次学術講演会, III-313, 2019. 3) 日下部ら: 粒子構造と粒子形状が液状化強度に及ぼす影響, 第54回地盤工学研究発表会, pp.365-366, 2019. 4) 江副哲: サンドコンパクションパイル工法による締固め改良地盤の微視構造に関する研究, 熊本大学学位論文, p.98, 図5.11 2020. 5) 江副ら: 締固め方法が改良地盤の微視構造変化に及ぼす影響, 第55回地盤工学研究発表会(投稿中)

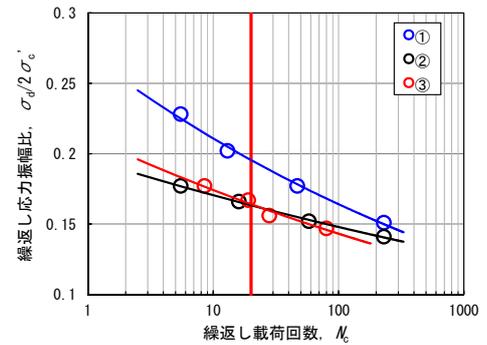


図7 液状化強度曲線

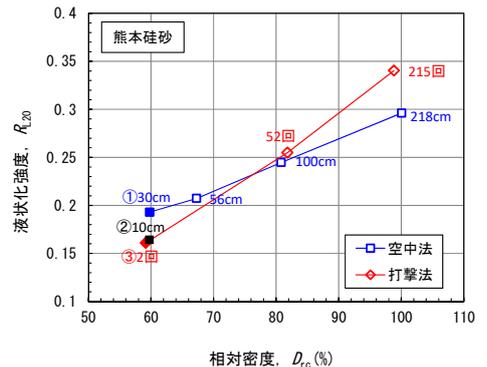


図8 相対密度と液状化強度の関係

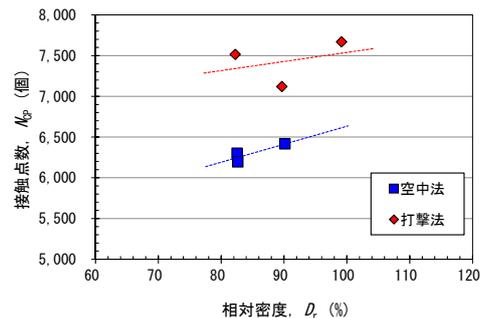


図9 相対密度と接触点数の関係⁴⁾より引用