

石灰造粒物を改良材として用いた地盤の支持力特性

港湾空港技術研究所 正会員〇市川栄徳, 正会員 高橋英紀, フェロー会員 北詰昌樹
国土交通省中部地方整備局 正会員 宮島正悟, 長谷川雅弘, 中出浩靖

1. 目的

近年, 港湾工事等で発生する軟弱な浚渫土や細粒土の処分地の確保が困難になってきている. 一方で, 地盤改良材としての良質な砂質土が不足してきていることから, 浚渫土や細粒土を石灰やセメントで固化処理し, 造粒化して作製した粒状土(以下, 造粒砂と称す)を地盤改良材に適用させる検討が進められている¹⁾. 本研究では, 防波堤のように上方から荷重が作用する条件下で, SCP 工法における砂の代替材として造粒砂を用いた改良地盤の支持力特性を遠心場で調べ, 造粒砂の SCP 工法への適応性を検討した.

2. 実験条件

模型地盤の概略図を図-1 に示す. 排水層を兼ねた支持砂層の上にスラリー状のカオリン粘土を投入し, 10kN/m^2 の圧密圧力下で予備圧密を行った後, 50g の遠心場で圧密度 90%まで自重圧密させた. その後, 円柱形の凍結させた造粒砂あるいは豊浦砂を粘土と置き換えて打設し, その上に豊浦砂でマウンドを作製した. カオリン粘土と豊浦砂の特性を表-1 に, 造粒砂の特性を表-2 に示す. 造粒砂は碎石スラッジに生石灰を添加混合して作製した.

実験ケースは砂杭材料の違いによって表-3 に示す 2 ケースとした. SCP 改良地盤の改良率はいずれも 28%とし, 鉛直載荷装置の先端にはケーソンを模した幅 10cm (実物換算で 5m) のフーチングを取り付け, 50g の遠心場において 22.8mm/min の速度で鉛直載荷した. 同じ改良率の SCP 改良地盤について 17.0mm/min 以上の速度で鉛直載荷した場合, SCP 改良杭間粘土はほぼ非排水状態であることが確かめられている²⁾. 鉛直載荷中においては, 3 秒間隔で地盤内の土圧や間隙水圧を計測し, 画像解析用の写真を撮影した.

図-2 に模型地盤の深度方向の非排水せん断強度分布を示す. これは 50g の遠心場で粘土地盤の 90%圧密を確認した後にベーンせん断試験によって求めたものである. これから, 深度方向に非排水せん断強度が増加する粘土地盤が作製されたことを確認できる.

3. 実験結果

図-3 に, フーチングによる載荷変位量が約 30mm での地盤の変位ベクトル図を示す. いずれのケースにおいても, 改良地盤を鉛直に載荷すると, フーチング直下の改良地盤にはくさび状の滑り面が発生し, その両脇の改良地盤は外側へ側方変位していた.

キーワード 遠心模型実験, 造粒物, 支持力

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (独法) 港湾空港技術研究所 地盤改良研究室 TEL 046-844-5055



写真-1 造粒砂

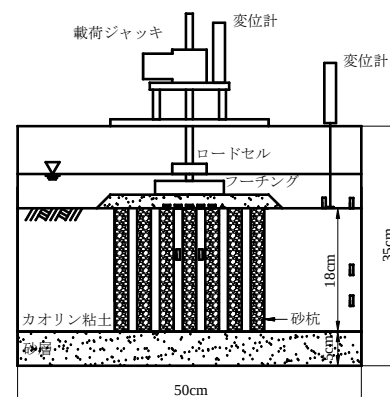


図-1 実験模型概略図

表-1 地盤材料の特性

カオリン粘土		豊浦珪砂	
G_s	2.72	G_s	2.66
$w_L(\%)$	59.3	$D_{50}(\text{mm})$	0.24
I_p	33.0	U_c	1.5
$C_v(\text{cm}^2/\text{min})$	0.15	e_{max}	0.979
C_c	0.49	e_{min}	0.623
C_s	0.12		

表-2 造粒砂の特性

		碎石スラッジ	造粒砂
G_s		2.681	2.6
w_L (%)		34.0	—
w_P (%)		23.3	—
I_p		10.7	—
粒度特性	レキ分(%)	0	56
	砂分(%)	9	43
	シルト分(%)	62	1
	粘土分(%)	29	
	最大粒径(mm)	0.250	9.5

表-3 実験ケース一覧

ケース名	ケース1	ケース2
砂杭材料	造粒砂	豊浦砂

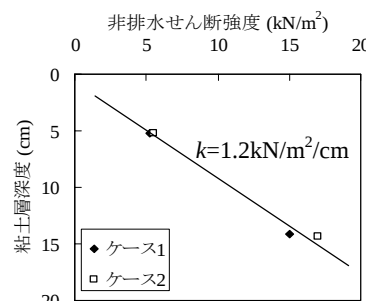


図-2 粘土地盤の強度分布

図-4 に、遠心模型実験後に模型側面を解体して改良杭の破壊状況を確認した写真を示す。鉛直载荷によって造粒砂が破碎することはなく、いずれのケースにおいても、フーチング下部に滑り面が確認でき、剛性くさびを形成していることが分かる。また、くさびの両脇外側の砂杭は途中で折れ曲がるように変位している。これは、フーチング下部のくさびが剛体のように地盤内に貫入し、その両脇の改良地盤が折れ曲がりながら受働抵抗していることを示している。このように、改良杭の材料に造粒砂を用いた改良地盤は豊浦砂を用いた改良地盤と同様に局所せん断破壊していた。

図-5 に、フーチング底面での鉛直圧力と沈下量の関係を示す。ここで、鉛直圧力とはロードセルで計測した荷重をフーチング底面の面積で除したものである。同図には、今回行った実験と同条件で、改良杭を支持層まで着底させずに粘土層の 1/2 に留めた浮き型改良地盤のケース³⁾も参考として示している。同図から、いずれのケースも鉛直圧力にピーク値は現れず、载荷初期にはフーチング沈下量に対して急速に圧力が増加し、途中から緩やかに増加する傾向に変化することが分かる。図中の後半の直線部分の始点を改良地盤の鉛直支持力とすると、ケース 1 では 59kN/m^2 、ケース 2 では 52kN/m^2 となり、ケース 1 の方が大きくなった。フーチング沈下量に対する鉛直圧力の増加率は载荷初期および破壊後ともにケース 1 の方が小さくなり、ケース 1 は鉛直圧力が緩やかに増加する傾向にある。以上の結果から、改良杭の材料に造粒砂を用いた改良地盤は豊浦砂を用いた改良地盤より初期の剛性は小さいものの鉛直支持力は大きくなり、造粒砂を SCP 材として適用できる可能性を示せた。

4. まとめ

造粒砂を用いた改良地盤と豊浦砂を用いた改良地盤は、改良材の違いによらず軟弱粘土層と同様に局所せん断破壊を呈することが分かった。また、造粒砂を用いた改良地盤は豊浦砂を用いた改良地盤より大きな鉛直支持力が得られたことから、造粒砂は SCP 材の代替材としての適用性を持っていることが分かった。今後は現地実験等を実施して、造粒砂の適応性を詳細に確認していく必要がある。

参考文献

- 1) 北詰, 万波, 土澤, 金澤, 和田: 石灰固化・造粒化した粘性土を用いたサンドドレーン工法の現地実験, 第 38 回地盤工学研究発表会, pp. 1115-1116, 2003.
- 2) 寺師, 北詰: 低置換率 SCP 工法により改良された粘性土地盤の支持力, 港湾技術研究所報告, Vol.29, No.2, pp. 119-148, 1990.
- 3) 北詰, 中村, 高橋: 鉛直荷重の作用する浮き型 SCP 改良地盤の破壊特性に関する遠心模型実験, 第 40 回地盤工学研究発表会, pp. 1097-1098, 2005.

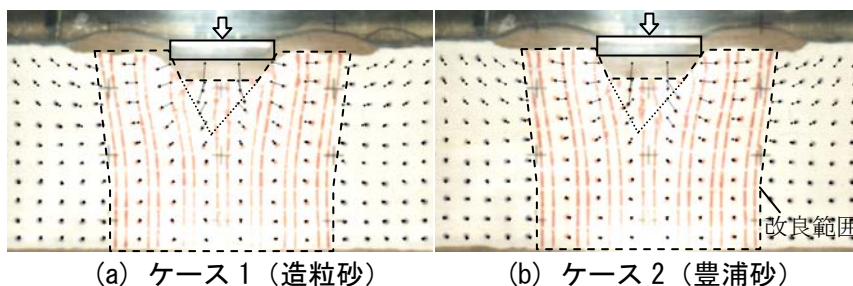


図-3 変位ベクトル図



図-4 改良杭の破壊状況

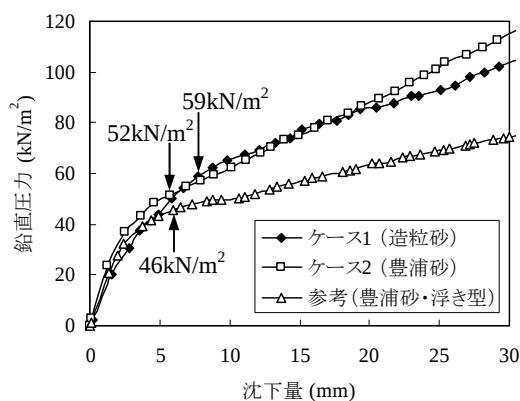


図-5 鉛直圧力～沈下量