

締固め砂杭工法を模擬した水平模型地盤におけるコーン貫入試験
ー砂杭材料の違いが締固め改良効果へ及ぼす影響ー

(株) 不動テトラ 正会員 ○菅 章悟
(株) 不動テトラ 正会員 原田 健二
(株) 不動テトラ 正会員 矢部 浩史
東京大学大学院 フェロー会員 古関 潤一

1. はじめに

サンドコンパクションパイル（以下、SCP）工法は、材料砂の入ったケーシングを貫入し、引抜き・打戻しを繰り返すことで、材料砂を地盤内で拡径して地盤の密度増加を図る地盤改良工法である。通常、SCP 工法で使用する材料は自然由来の砂や砕石を用いるが、近年では環境やコストに対する負荷低減を目的に建設工事の掘削土や SCP 打設で発生する盛上り土といった現地発生土を利用する取り組みも行われている¹⁾。そこで菅ら²⁾は現地発生土を砂杭材料に用いた場合における改良地盤の液状化対策効果を確認する目的に締固め砂杭打設を模擬した水平地盤模型の振動台実験を行い、打設材料の違いによる改良効果への影響について確認した。本報では、その際に実施した模型地盤に砂杭を打設した後の打設材料の違いによる締固め効果への影響を確認することを目的としたコーン貫入試験の結果について報告する。

2. 実験概要

水平地盤模型は剛土槽（幅 2820mm、高さ 850mm、奥行き 400mm）を 3 分割にし、岐阜珪砂 7 号（ $\rho_s=2.648\text{g/cm}^3$ 、 $e_{\text{max}}=1.148$ 、 $e_{\text{min}}=0.699$ ）を用いて空中落下法で作成した。最初に非液状化層として 100mm の層を相対密度が $D_r=80\%$ 以上となるように作成後、その上に液状化層を作成した。実験は 2 ケース行い、両ケースともに図-1 に示すように 3 分割した土槽の両側に改良地盤を、真中に相対密度 $D_r=90\%$ を目標とした無改良地盤を設けた。改良地盤は、まず相対密度 $D_r=55\%$ を目標とした地盤を作成し飽和させた後に、図-1 示す改良仕様で砂杭打設装置³⁾を用いて砂杭を造成した。各土槽位置に用いた各ケースの砂杭材料は表-1 に示す通りであり、物性値を表-2 に示す。なお、砂杭材料の詳細は菅ら²⁾を参照されたい。

静的コーン貫入試験の装置は、富田ら³⁾の装置を用いており、コーン先端の角度は 90° 、最大直径は 25.3mm である。試験は砂杭造成後に、図-1 に示す位置にて実施した。貫入は速度 1mm/s とし、液状化層以深の深度 500mm 程度まで行った。

3. 試験結果

試験結果は、ロードセルで計測された先端コーンの貫入力 q (kN) をコーンの底面積で除した値 q_c (kN/m²) で整

キーワード サンドコンパクションパイル, サウンディング, 振動台実験

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 7-2 TEL 03-5644-8534

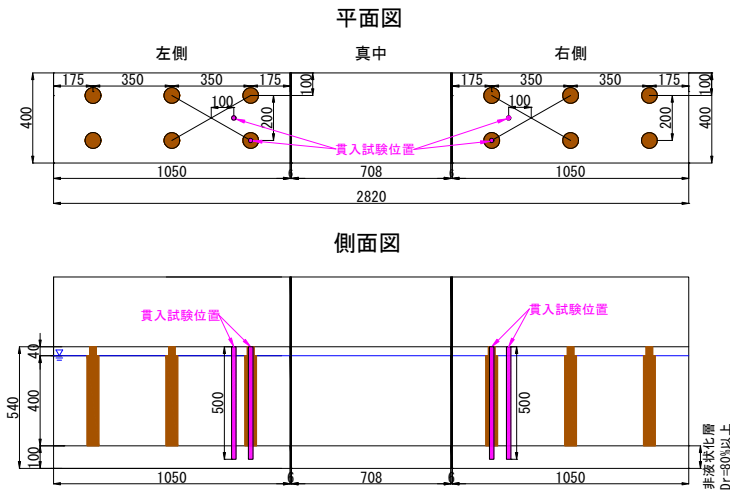


図-1 模型地盤概要図（単位:mm）

表-1 砂杭材料条件一覧

Case	土層：左側 (改良地盤)	土層：真中 (無改良地盤)	土層：右側 (改良地盤)
1	珪砂 + DL クレー15%	$D_r = 90\%$	珪砂 + DL クレー40%
2	君津産 $F_c=15\%$ 石灰なし	$D_r = 90\%$	君津産 $F_c=15\%$ 石灰あり

表-2 砂杭材料物性値

物性値	珪砂 + DL クレー15%	珪砂 + DL クレー40%	君津産 $F_c=15\%$
土粒子密度(g/cm^3)	2.653	2.661	2.699
最大間隙比	0.981	0.885	1.022
最小間隙比	0.500	0.381	0.538

理した。図-2 に試験結果を示す。 q_c は深度方向に大きくなっていることがわかる。

次に、貫入試験によって得られたコーン貫入抵抗 q_c 値と、上載圧の影響に関する換算係数 C_N ⁴⁾ を用いて換算した貫入抵抗値 q_{cl} 値 (MPa) を式 (1) により算出した。

$$q_{cl} = q_c \times C_N = q_c \times (100/\sigma_z')^{0.5} \quad (1)$$

ここに、 σ_z' は有効土被り圧 (kN/m²) である。

図-3 は各試験の砂杭打設深度である深度 40mm から 440mm までの q_{cl} 値の平均値と相対密度の関係を示したものであり、富田ら³⁾の結果も合わせて記載している。なお、改良地盤は杭間の値である。無改良地盤と改良地盤を比較すると同程度の相対密度では改良地盤の方が全ての砂杭材料において q_{cl} 値が大きい。図-4 は本実験および富田ら²⁾の改良地盤の杭間および杭芯における q_{cl} 値を細粒分含有率の関係で示している。杭間および杭芯ともに q_{cl} 値は富田らの珪砂+DL クレー15%が大きな値を示しているものの、細粒分含有率の増加に伴う極端な減少などは確認されなかった。よって、砂杭材料の細粒分含有率が 40%程度までは杭間の締固め効果へ大きな影響を与えないことが確認された。

5. まとめ

本報では、模型地盤に砂杭を打設した後に締固め効果の確認のためにコーン貫入試験を行った。その結果、砂杭材料の違いによらず、改良地盤は同程度の相対密度の無改良地盤に比べてコーン抵抗値が大きく、高い地盤強度を確保できていることが確認された。また、細粒分含有率が 40%程度の材料や生石灰を添加した材料を用いても杭間の締固め効果へ大きな影響を与えないことが確認された。

参考文献

- 1) 矢部浩史, 橋本則之, 竹内秀克, 尾形太: 循環型社会への貢献に取り組んだ締固め砂杭工法, 地盤工学会誌, Vol68, P.21-24, 2020.
- 2) 菅章悟, 矢部浩史, 原田健二, 古関潤一: 締固め砂杭打設過程を模擬した水平地盤模型の加振実験—砂杭材料の違いが改良効果へ及ぼす影響 (その 2) —, 第 58 回地盤工学研究発表会, 2023. (投稿中)
- 3) 富田晃弘, 原田健二, 矢部浩史, 古関潤一: 締固め砂杭打設過程を模擬した水平地盤模型の振動台実験-改良効果に及ぼす中詰め材料の影響-, 第 15 回地盤改良シンポジウム論文集, P.681-686, 2022.
- 4) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, P.51, 2019.

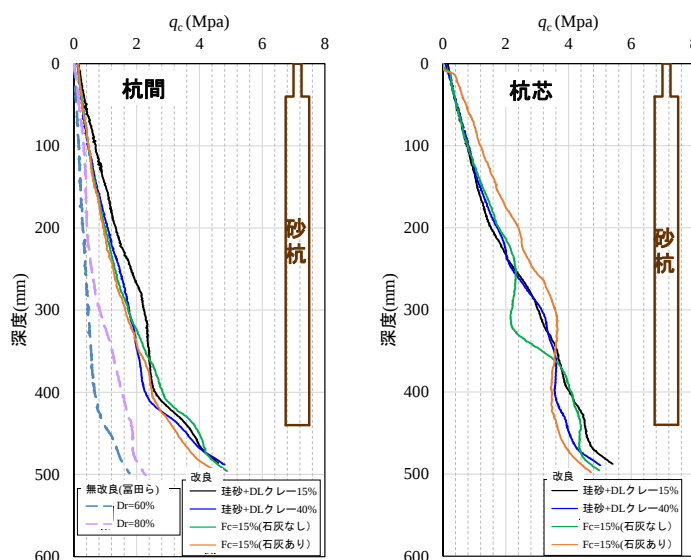


図-2 コーン貫入試験結果 (左: 杭間, 右: 杭芯)

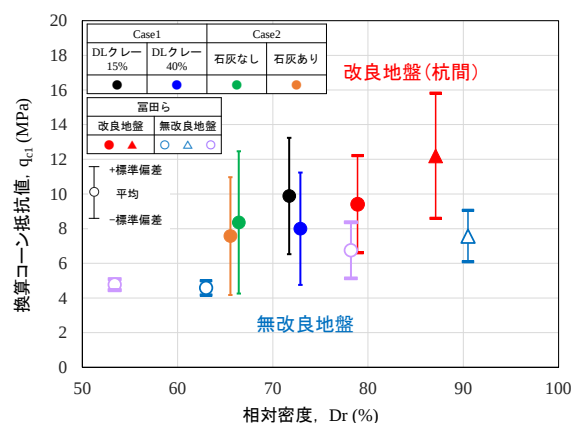


図-3 相対密度と平均 q_{cl} 値の関係

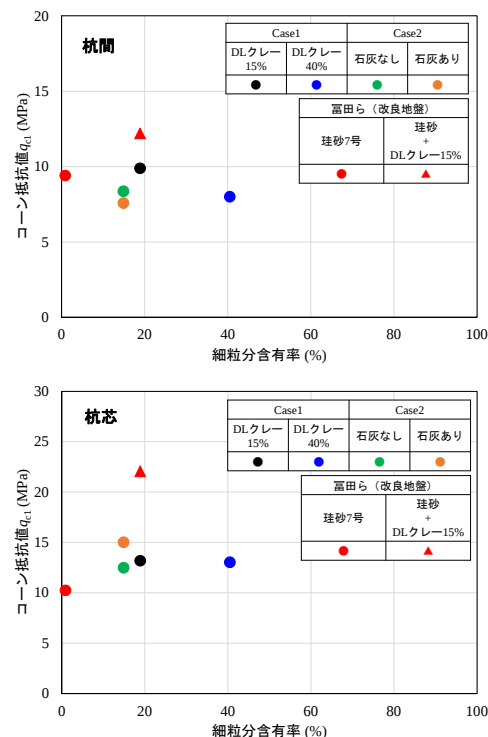


図-4 細粒分含有率と平均 q_{cl} 値の関係 (上段: 杭間, 下段: 杭芯)