

締固め砂杭工法を模擬した模型地盤における加振前後のコーン貫入試験

(株)不動テトラ 正会員 ○富田 晃弘

(株)不動テトラ 正会員 原田 健二 正会員 矢部 浩史

東京大学大学院 フェロー会員 古関 潤一 正会員 佐藤 剛司

1. はじめに

著者らはサンドコンパクションパイル（以下 SCP）工法の打設材料の違いが地盤改良効果に及ぼす影響を確認するために、SCP 工法の実施工を模擬した砂杭打設装置を製作し、これを用いて締固めた水平模型地盤の振動台実験を行い、模型地盤における砂杭打設時の地盤挙動や加振時における液状化抵抗、打設材料の違いによる影響について確認した¹⁾。本報では、模型地盤に砂杭を打設した後と加振後（振動台実験後）に行ったコーン貫入試験の結果について記述する。

2. 試験装置

今回使用した静的コーン貫入試験装置²⁾は架台、モーター、ワイヤ式変位センサ、ロードセル、ロッド、先端コーン(底面積:502.7mm²)で構成されている。試験はコーンを一定速度で静的に貫入し、ワイヤ式変位センサとロードセルにより連続的に計測された値がデータロガーに随時記録される。

3. 実験概要

模型地盤は剛な土槽を用い、図-1 に示す平面及び断面配置になるように作製した。実験は 2 回実施し、表-1 で示す通り各実験で砂杭を打設した改良地盤と無対策地盤を作製した。模型地盤の材料砂には岐阜珪砂 7 号 ($\rho_s=2.646 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{dmax}=1.565 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{dmin}=1.235 \text{ g/cm}^3$) を用いて空中落下法により作製し、各ケースともに下端 100mm は相対密度 $D_r=80\%$ の非液状化層とし、その上の 440mm はケースごとに相対密度を設定した。そして飽和後、砂杭打設装置¹⁾を用いて GL-40~440mm の深度まで 6 本の砂杭を杭間 200×350mm（改良率 $a_s=5.5\%$ ）で打設した。改良後の杭間地盤は $D_r=80\%$ 程度を目標としている。砂杭の打設には珪砂 7 号と珪砂 7 号に DL クレーを重量比で 15% 混合した材料を使用して

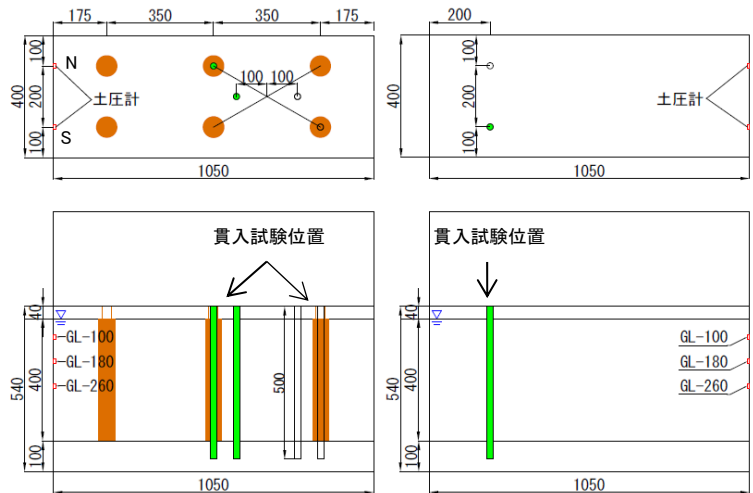


図-1 模型地盤の概要図（上:平面図, 下:断面図）単位:mm

表-1 実験条件

case	改良地盤	無対策地盤
1	Dr=60%で地盤作製後 砂杭打設(珪砂7号)	Dr=60%で地盤作製
2	Dr=60%で地盤作製後 砂杭打設(珪砂7号+DLクレー)	Dr=90%で地盤作製

2 種類の改良地盤を作製した。その後、加振加速度を 100gal から 50gal ずつ増やしながら 600gal 以上まで 5 Hz の正弦波 20 波によるステップ加振を行った。サウンディング試験箇所は図-1 に示すように砂杭の杭間、杭芯について行い無対策地盤と改良の有無について比較した。また、砂杭材料の違い及び加振前後についても結果を比較した。

4. 試験結果

試験はコーン貫入速度 1mm/s で行い、未改良層以深の GL-500mm まで実施した。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 $q(\text{kN})$ をコーンの底面積で除した値 $q_c(\text{kN/m}^2)$ で整理した。加振前後における試験結果を図-2 に示す。次に、貫入試験によって得られた先端抵抗 q_c 値と、上載圧の影響に関する換算係数 C_N ³⁾を用いて換算した先端抵抗 q_{c1} 値(MPa)を式(1)により算出した。なお、 σ'_z は有効上載圧(kN/m²)である。

$$q_{c1} = q_c \times C_N = q_c \times (100/\sigma'_z)^{0.5} \quad (1)$$

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 TEL03-5644-8534

図-3 に各試験の内、砂杭打設深度であるGL-40から-440mmまでの q_{c1} 値の平均値と相対密度（杭間については、砂杭打設前の値も記入）を示す。同図より、無処理地盤では加振前後で密度が増加して平均 q_{c1} 値が増加する一方で、改良地盤では密度が増加しても平均 q_{c1} 値は減少しており、これは後述するように加振後に土圧が減少していることに起因しているものと考えられる。図-3をもとに図-4に相対密度と平均した q_{c1} 値の関係を示す。この図は加振による q_{c1} 値の変化を示す図で、図中に参考情報として相対密度も示している。図より、無対策地盤と改良地盤で、同程度の相対密度であっても、平均 q_{c1} 値が改良地盤の方が大きくなっていることがわかる。図-5に模型地盤内の土層側壁に設置している土圧計の飽和後から加振後までの計測結果を示す。砂杭材料の違いによらず、砂杭打設後に土圧の増加が見られるが、改良効果による拘束圧の増加は加振後まで保持されていることが確認できる。改良地盤において、 q_{c1} 値が増加している理由として、砂杭打設の効果が密度増加によるものと地盤内の土圧増加によるものが含まれていると考えられる。これは、同程度の密度でも無対策地盤と改良地盤の過剰間隙水圧比～加速度関係が異なるといった振動台実験結果¹⁾における無対策地盤と改良地盤の挙動の相違に対応した傾向である。

5. まとめ

砂杭を打設した模型地盤でコーン貫入試験を振動台実験後に実施し、改良の有無と砂杭材料の違いについて加振前後における地盤性状を確認した。その結果、砂杭材料の違いに関わらず、加振の前後ともに砂杭を打設することで無対策地盤よりも高い地盤強度を確保できた。この要因の一つとして砂杭打設による土圧増加が考えられる。

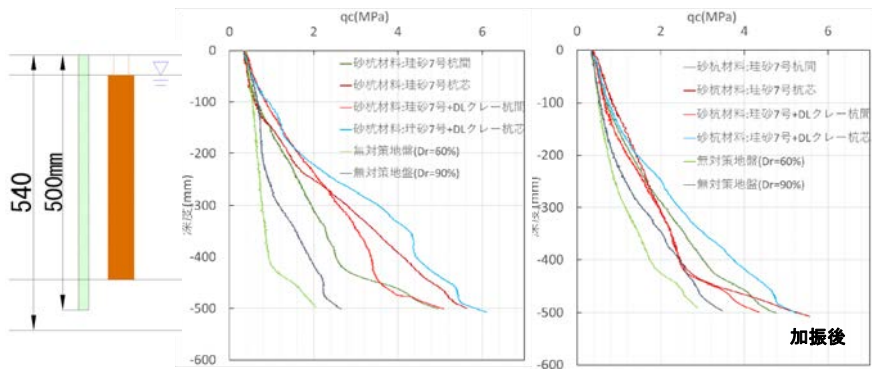


図-2 加振前後におけるコーン貫入試験結果

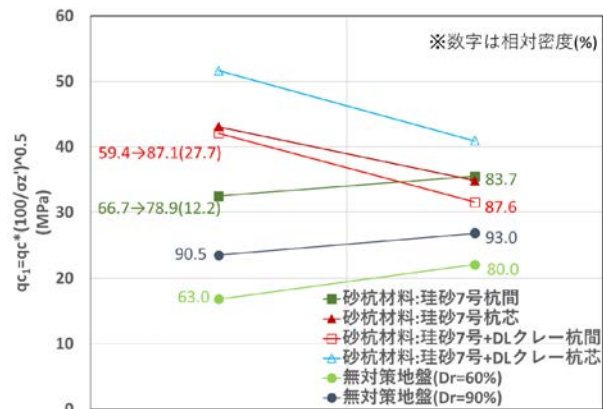


図-3 上載圧に関する補正後の貫入試験結果

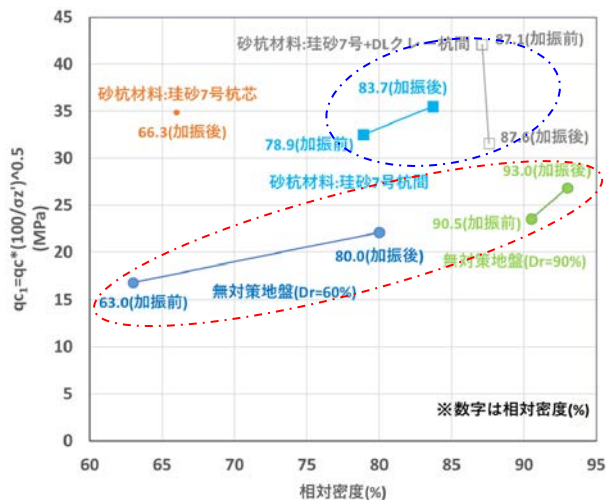


図-4 相対密度と平均 q_{c1} 値の関係

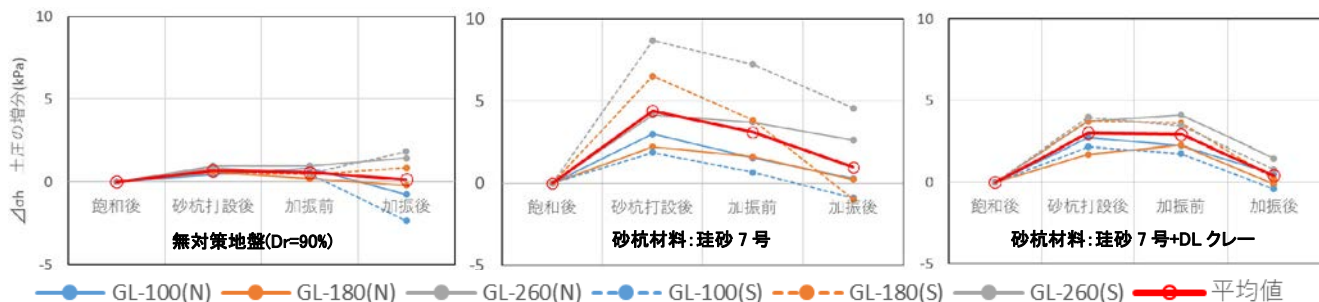


図-5 模型地盤における土圧の変化

参考文献 1) 富田ら：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）,第57回地盤工学研究発表会（投稿中）. 2) 藤井ら：間隙水圧測定を伴う動的貫入試験—その19:μPDCによる土質判別—,第49回地盤工学研究発表会,pp207-208,2014. 3) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針,p51,2019