

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サウンディング試験

(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
 静岡理工科大学 正会員 中澤 博志

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）工法の施工過程による地盤改良効果を確認するために、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った。そして、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、ケーシング回転の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）に行った簡易軽量動的コーン貫入によるサウンディング試験結果について記述する。

2. 試験装置

図-1 に今回使用した簡易軽量動的コーン貫入試験（商品名：PANDA，以下動的コーン試験と称す）の概要図を示す。試験はハンマーでアンビルを連続的に打撃し、アンビルで受信した動的貫入抵抗 q_d 値がデータロガーに随時記録される。貫入は 10 mm 間隔を目標に行い、その深度も専用ワイヤを用いて q_d 値と併せて記録される。このサウンディング試験はフランスで開発されたものであり、場所を要せず一人での短時間における試験が可能、かつ試験結果も直後に確認ができる点や任意のハンマー打撃で評価ができるといった利点を有する調査法である。

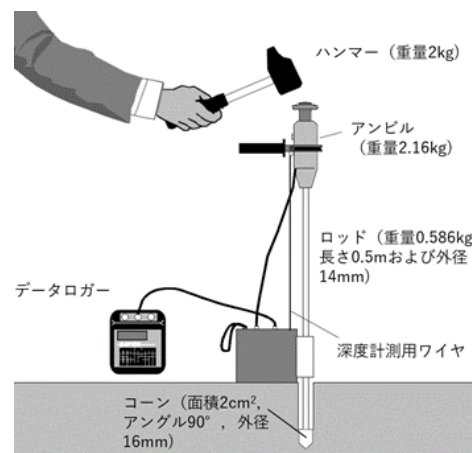


図-1 簡易軽量動的コーン貫入試験²⁾

3. 実験概要

模型地盤は剛な土槽を用い、図-2 に示す平面及び断面配置になるように作製した。材料砂には岐阜硅砂 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 は改良前の $D_r=60\%$ 程度に設定し液状化対象層とした。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 8 本の砂杭を杭間 200mm（改良率 $a_s=9.6\%$ ）で打設した。打設に用いたケーシングパイプの回転有無により 2 種類の改良地盤を作製し、5 Hz の正弦波 20 波による 100～500 Gal までのステップ加振を行った。

サウンディング試験箇所は、実際の SCP 施工後に確認する砂杭の杭間、そして杭芯について行い、併せて行った未改良箇所との改良有無について比較し、回転有無、及び加振前後についても結果を比較した。なお、サウンディング試験中は土槽内に設置した水圧計を用いて動的コーン試験時の過剰間隙水圧も同時に計測した。

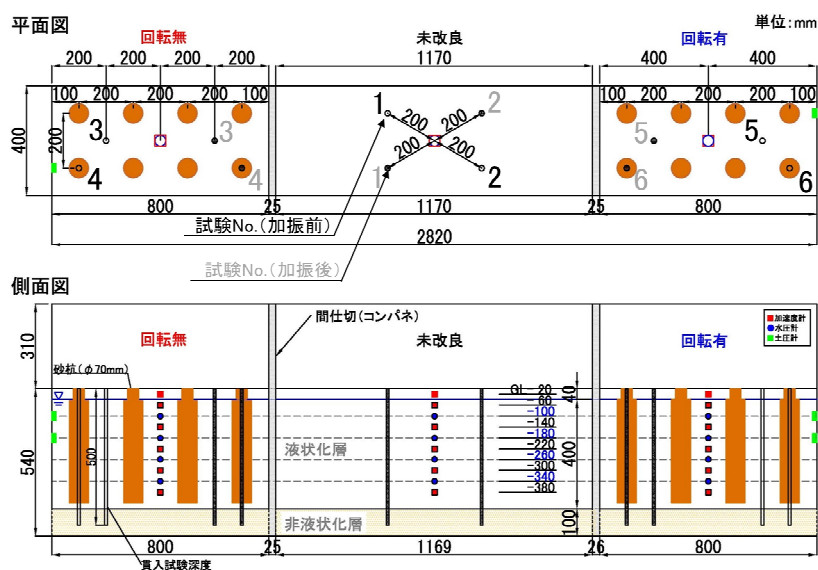


図-2 模型地盤の概要図（上:平面図、下:断面図）

キーワード サンドコンパクションパイル，サウンディング試験，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

4. 試験結果

図-3 に動的コーン試験結果を示す。

試験は 1 打撃あたり 10mm 程度の貫入量となるよう、ハンマーによる打撃エネルギーを調整し、未改良層以深の 500mm の深度まで実施した。なお、図の上部は自沈箇所を控除している。図より加振前と加振後の両者において、未改良箇所より改良箇所の q_d 値が高く、特に GL-200～440 mm の範囲で明確な差が確認できる。加振前後の比較では、GL-200mm 以浅で未改良箇所の q_d 値が下がっていることが確認でき、回転無の杭間でも同様の傾向が確認できた。また文献 1)

でも液状化したケースの上部が軟化傾向を示すことが報告されている。

次に加振前後における模型地盤の変化をさらに確認するために、水圧計設置深度での q_d 値と同深度における貫入時に生じた過剰間隙水圧について、それぞれの結果を比較した。文献 2) のまとめを参考に、図-4 に q_{d1} (上載圧補正した q_d 値) と $\Delta u/\sigma'_v$ の関係を加振前後について示す。図は貫入抵抗 q_{d1} が小さいと過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_v$ が大きく、 q_{d1} が大きいと $\Delta u/\sigma'_v$ が小さい傾向を示しており、加振時における改良の有無による液状化の傾向を表している。さらに図-4 に基づき、 D_r と打撃貫入時の過剰間隙水圧比の関係を図-5 に示す。なお、今回の調査手法では、各打撃における貫入エネルギーが同一ではなく、直接の比較が困難であることから、図-4 の各プロットの傾きをとり、 D_r と $(\Delta u/\sigma'_v)/q_{d1}$ の関係を示した。図より加振前後で比較すると、改良の有無に拘わらず、加振前より加振後の方が打撃時に過剰間隙水圧が発生しやすく、かつばらつきも大きい傾向を示しているが、改良の有無、すなわち D_r の違いで確認すると、 D_r の大きな改良地盤では一打撃当たりの過剰間隙水圧発生量は未改良地盤に比べ小さく、砂杭打設による液状化対策の効果が表れている。

5. まとめ

本報では、砂杭打設した模型地盤のサウンディング試験を振動台実験前後に実施し、改良有無と加振前後における地盤性状を確認し、その結果から砂杭打設した地盤の改良効果を加振後でも確認できた。今後は実地盤における同様な調査結果と比較したい。

参考文献 1) 矢部ら：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（その 1,2），第 56 回地盤工学研究発表会（投稿中）。 2) 永尾ら：不飽和液状化対策工法における飽和度確認方法および改良効果向上に関する実験的研究，佐藤工業技術研究所報，No.43,pp.48-106(79-92), 2018。

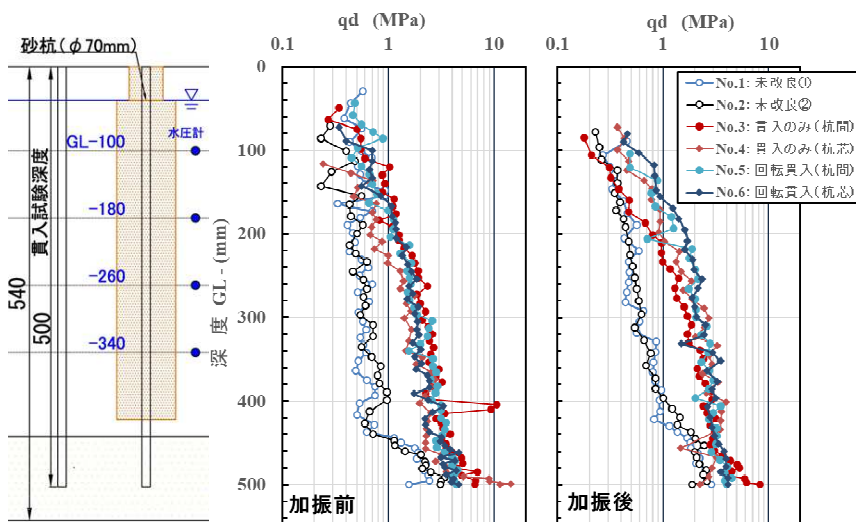


図-3 加振前後における動的コーン貫入試験結果

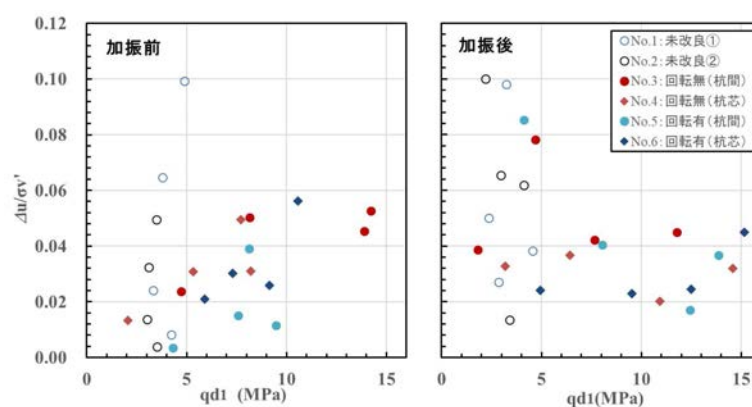


図-4 貫入抵抗と水圧比の関係

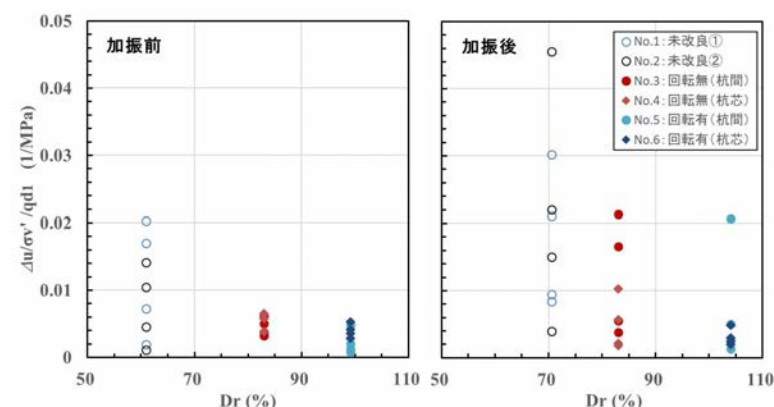


図-5 相対密度と貫入抵抗あたりの水圧比との関係