

1. はじめに

緩い飽和砂地盤の液状化抵抗を高めるために、振動締固めによって地盤の密度を増大させる工法が幾つか提案されているが、これらの工法では、試験施工時に地盤のN値の改善度などを測定して締固めピッチを決定してはいるものの、その後の現場施工管理においては締固め機の負荷電流のような間接的な指標を便宜的に用いている場合が多い。筆者¹⁾らは、砂の液状化強度がそのダイレイタンスー特性、すなわち振動時の過剰間隙水圧挙動と密接な関係にあることから、締固め終了後にさらに締固め機を稼働させ、その際に地盤内に発生する過剰間隙水圧の値を計測することによって砂地盤の締固め達成度を原位置で推定する手法を提案してきた。本文では、現場実験によって本手法の適用性を検討した結果について報告する。

2. 実験方法

実験の概要を図1に示す。対象とした地盤は礫混りの中砂を水中投入して造成した緩い埋立て地盤であり、この地盤をH鋼の鉛直振動による締固め機を用いて締固めた。振動棒の近傍(離れ1.2m、深さ5m)にはあらかじめ間隙水圧計(P1, P2)および加速度計(A1, A2)が設置されており、締固め機の振動によって発生する地盤振動と過剰間隙水圧を計測した。実験は以下のような手順で行った。

- ①処女地盤の初期Nd値を測定する(締固めの対象はGL-4~7mのNd=4~9の部分である)。
- ②処女地盤に振動棒を貫入し、GL-5mの深度より±1mの振幅で4サイクルの振動締固めを実施する。振動締固め中の地盤内挙動を計測後、振動棒より離れ1.2mの位置でラムサウンド(RS1, RS2)によりNd値を計測する(=『やや締固まった地盤』を造成する)。
- ③さらに4サイクルの振動締固めを追加し、『より締固まった地盤』を造成する。①と同様に振動締固め時の地盤内挙動および締固め後のNd値を再び測定する。
- ④8サイクルの締固め終了後、さらに1分程度のチェックの加振を追加し、加振中の地盤内挙動を計測する。

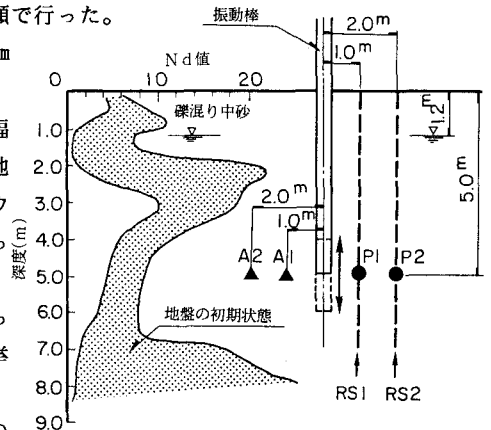


図1 実験の概要

3. 実験結果および考察

図2は、締固め前、4サイクル締固め後、および8サイクル締固め後におけるNd値の計測例を示したものである。GL-4~7mの締固め対象部では締固めサイクル数の増加にともなってNd値が増大していることがわかる(初期地盤は重機の走行により表層付近が締固まっているが、振動棒の初期貫入によりこの部分は乱されている)。

一方図3は、初期地盤および締固めた地盤に対して締固め機によって新たに振動を加えた際の間隙水圧測定例を示す。例えば、Nd=6の初期地盤に対しては最初の4サイクル締固め開始時の、4サイクル締固め後の『やや締

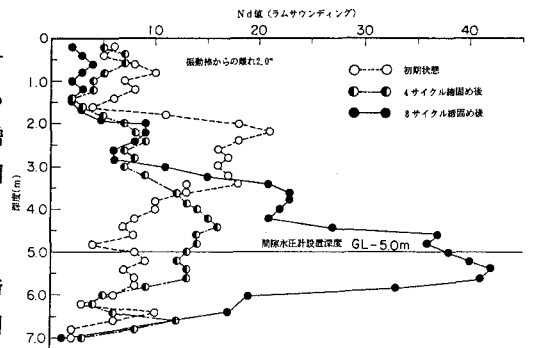


図2 締固めによるNd値の変化

固まった地盤 (Nd=13, 26)』ではその後の8 サイクル締め開始時の、また8 サイクル締め後の『より締まったNd=24, 38の地盤』では最後のチェック加振時の水圧挙動が、各々『新たな振動を受けた際の水圧挙動』に相当することになる。図より、締めが進みNd値が高まるほど新たな振動を受けた際に発生する過剰間隙水圧量が減少しており、締めによってダイレイタンスー特性が変化して『過剰間隙水圧が出にくい』状態に変化して

いることがうかがえる(ただし、初期地盤のデータは途中で水圧計のシールが効かなくなる^{注)}ほど水圧が発生したため以後のデータは完全液状化したものと仮定している)。また、よく締めまったNd=38の場合、新たな振動時にほとんど間隙水圧が発生せず、むしろ減少傾向さえ示している点は興味深い。

図4は、文献1)にならって地盤の振動状態の違いを考慮した正規化を施し、『地盤の振動加速度に対する過剰間隙水圧比の割合』としてまとめた結果である。振動棒からの離れ1, 2mのいずれにおいても締め度が高まるにつれて両者の比(=図の傾き)が低下していく傾向が認められる。

図5は、この傾き $\xi = \Delta u / \sigma_v' / \eta$ ($\eta =$ 振動加速度/G) と締め後のNd値との関係をプロットしたものである。締めが進むにつれて傾き ξ は次第に減少し、これに対応して砂地盤の締め度は向上していることがわかる。筆者らはこの傾き ξ を施工管理の指標として提案している。例えば締めの目標値をNd=20とするならば、振動締め施工中に地盤の挙動を随時測定して ξ を計算し、この値が0.4以下となることを確認して施工終了とすればよいことになる。

注) 水圧計を埋殺しにせず、地盤内に建て込んだ鋼管底に設置しシールする方法をとったため、このケースのみ噴水となって水圧が抜けてしまった

4. おわりに

提案した管理手法の適用性を現場実験によって概略確認することができた。今後は、図5のようなデータをさらに蓄積していくとともに地盤挙動(振動および間隙水圧)を簡易に測定するための計測手法について検討を加えていく所存である。

参考文献 1) 石黒・伊藤・万戸: 飽和砂地盤の振動締めにおける合理的施工管理に関する一考察、第45回土木学会年次学術講演会Ⅲ-370

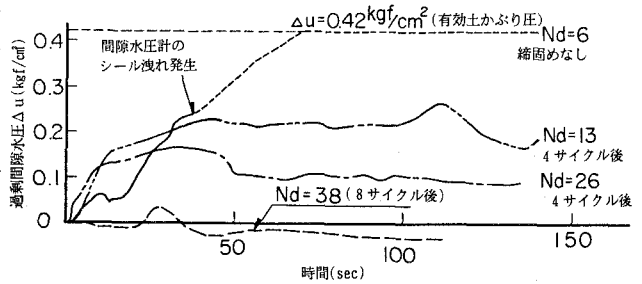


図3 振動時における締め地盤の水圧挙動

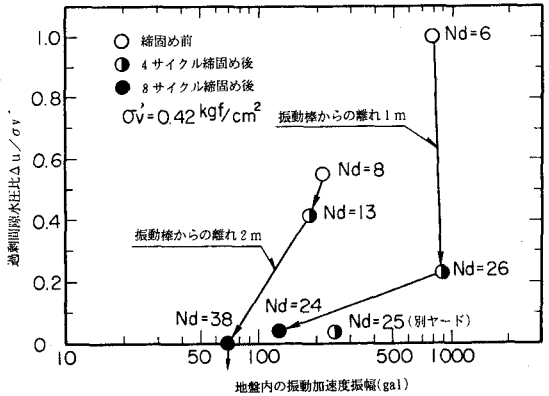


図4 振動加速度と過剰間隙水圧比の関係

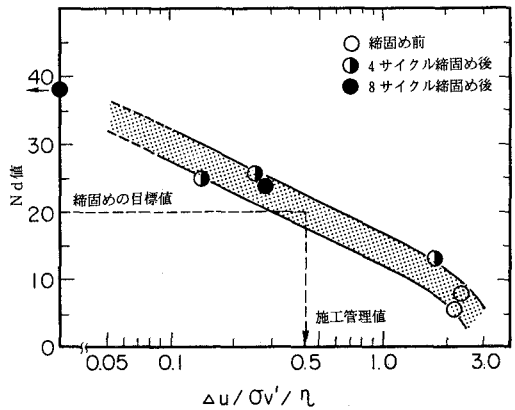


図5 ξ値とNd値の関係