

III-370

飽和砂地盤の振動締固めにおける合理的施工管理に関する一考察

前田建設工業㈱ 技術研究所 ○石黒 健
同 上 伊藤 雅夫
国土館大学（現前田建設） 万戸 茂樹

1. はじめに

緩い飽和砂地盤の液状化抵抗を高めるための一方策として、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。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最適な締固めピッチや締固め時間など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。砂地盤の工学的性質（液状化強度など）に基づいて締固めの達成度を常時チェックしているとはいいがたく、飽和砂地盤の振動締固めにおける合理的かつ簡易な現場管理手法の登場が望まれている状況にある。一方、砂の液状化強度はそのダイレイタンシー特性、すなわち過剰間隙水圧挙動と密接な関係にあることから、締固め機の振動によって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推定することが可能ではないかと考えられる。本文では、このような目的で行った模型土槽実験の結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概要を図1に示す。装置は厚さ5mmのクッションラバーを張りつけた直径・高さ約1mの鋼製土槽にコンクリート締固め用のバイブレーターを取り付けたものである。土槽内にはあらかじめ加速度計および間隙水圧計をセットし、加振時における砂層内の振動応答を計測した。実験のフローを図2に、また実験の手順を以下に示す。

- ①土槽に水を張り、水中投入によって緩い砂地盤モデルを作成する（初期相対密度は20％程度）。
- ②振動棒による締固めを行う（本加振）。
- ③本加振終了後、再び30秒程度の加振を行い（チェック加振と称する）、加振中の砂層内の加速度・間隙水圧を計測する。
- ④チェック加振終了後、加速度・間隙水圧計測位置と同じだけ振動棒から離れた位置にてコーン貫入試験を実施する。
- ⑤さらに本加振の時間を増やして砂を締固めながら『チェック加振→コーン貫入抵抗値の計測』を繰り返す（ $t=1, 5, 20, 60\text{min}$ ）。

実験に用いた試料は市販の7号および5号ケイ砂を7：3の重量比で混合した材料（ $G_s=2.645$, $U_c=3.5$ ）である。

3. 実験結果および考察

図3は、チェック加振時における砂の加速度（水平方向成分）と同位置で計測された過剰間隙水圧比（過剰間隙水圧の最大値／有効土かぶり圧）との関係を示

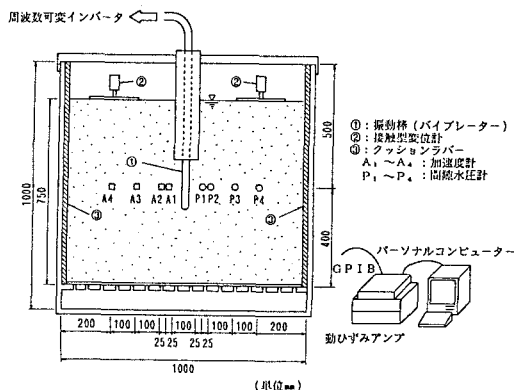


図1 実験装置の概要

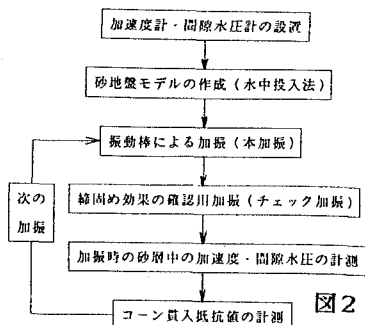


図2 実験のフロー

す。締固めを行う前の処女地盤(○印)では、わずかな加速度で過剰間隙水圧比が1近くに達しており、液状化に対する抵抗性が極めて低いことが理解される。一方、締固め時間(加振回数)が長くなり砂がより締固まった状態になると(例えば●印)、かなり大きな加速度に対しても発生する過剰間隙水圧は非常に小さな値となる。このような間隙水圧挙動は締固めによって砂が密な状態へ移行していることを示唆している。

ここで砂の締固まり具合を表す一指標として過剰間隙水圧比と砂の加速度値との比率(図3の傾き)

$$\xi = 4u_{max} / \sigma_v' / \eta \quad (\eta = \text{加速度} / g) \quad \cdots (1)$$

をとってみる。 ξ の値と砂の締固まり具合との相関を表す一例として、 ξ と砂のコーン貫入抵抗値 q_c との関係を図4に示した。両者は両対数紙上で負の相関を有しており、 ξ の値が小さい程コーン貫入抵抗値(液状化抵抗)は大となっていることが判る。一方、図中に3種類のハッチで示したように、両者の関係は加振回数の大きさによってやや異なった傾向をとる(加振履歴による砂の構造変化の影響か)。

さて、図中に両者の相関の下限を表す曲線を求めてみた(『施工管理線』と称する)。この相関関係を用いれば、締固められた砂の ξ の値(加速度と間隙水圧値)のみによって砂の貫入抵抗値(あるいはこの値から類推される密度や液状化強度)を安全側の値として推定できることになる。例えば本実験では、別途調べた $D_r \sim q_c$ 関係より $q_c > 20 \text{ kgf/cm}^2$ であれば D_r が90%以上となることが確認されている。 $q_c = 20 \text{ kgf/cm}^2$ を与える ξ の値をこの曲線上に求めると、図中に示したように0.05となる。 ξ がこの値以下であれば砂の相対密度は90%以上に達しているものと判断されよう。

図5は、加振回数(締固め時間に相当)の増加に伴う ξ 値の変化をプロットした結果である(同位置におけるコーン貫入抵抗値の変化も図中に併記した)。図より、締固め時間の経過とともに ξ の値が徐々に低下し、同時に砂の貫入抵抗値が増大していく傾向が認められる。現場締固め時にある位置(例えば締固めピッチの中央)で加速度と間隙水圧を同時に計測し、 ξ の値を図のように経時的に求めておけば、砂の工学的性質の改善度(例えば相対密度の増加)をリアルタイムに把握しながら締固め施工を行うことが可能となろう。今後、図4に示したような関係を様々な材料・拘束圧状態下にて調査し、さらに原位置試験による検証を進めたい。

参考文献 伊藤・石黒・万戸：飽和砂の振動締固めに関する模型実験、第25回土質工学研究発表会予定

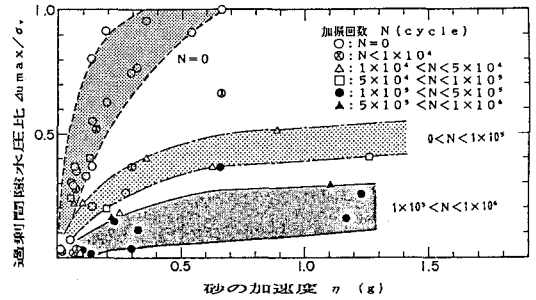


図3 砂の加速度と過剰間隙水圧比の関係

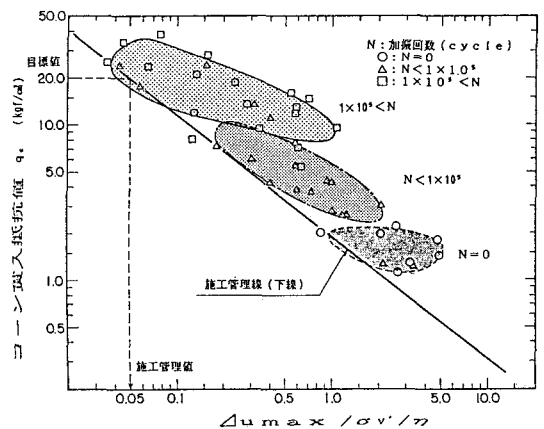


図4 ξ値とコーン貫入抵抗値の関係

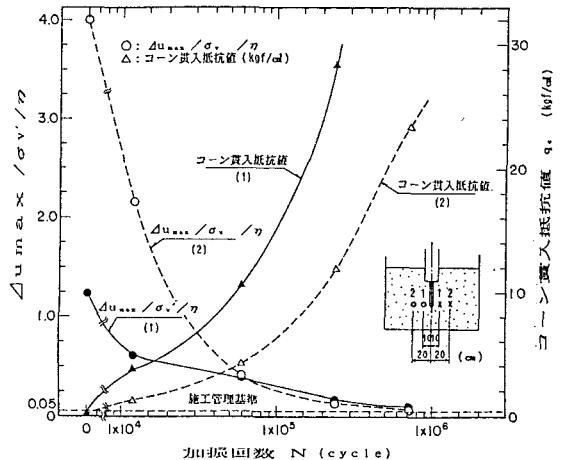


図5 ξ値の経時変化