

模型地盤を用いた圧入の基礎実験 —実験装置の概要と模型地盤の作製手順—

技研製作所 正会員 ○尾川七瀬, 山根崇史, 石原行博
 東京大学 白石琢真, 長井宏平

1. 目的

圧入中の杭の挙動を知ることは、施工計画の改善や施工の効率化に役立つと考えられる。杭と地盤の相互作用を把握するためには、圧入の速度、打抜（圧入と引抜の繰返し動作）¹⁾の長さ、併用工法などの影響因子を正確に制御した実験を行なう必要がある。そこで、室内模型実験装置（以下「圧入試験装置」）を開発して実験を実施した。本論文では、開発した圧入試験装置の概要、模型地盤の作製手順、および作成した模型地盤の再現性について報告する。

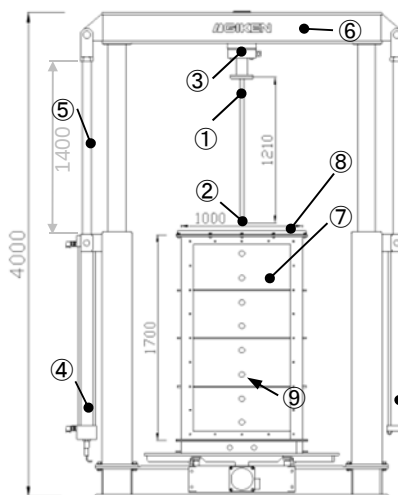


図1 圧入試験装置

表1 圧入試験装置名称一覧

①	試験杭	⑥	梁
②	先端荷重計	⑦	土槽
③	杭頭荷重計	⑧	土槽蓋
④	油圧シリンダー	⑨	土圧計
⑤	シリンダーロッド		

表2 機械仕様

圧入力	kN	200
引抜力	kN	300
圧入速度	mm/s	160
引抜速度	mm/s	100
ストローク	mm	1400

2. 圧入試験装置を用いた実験の概要

図1に圧入試験装置の外観を、表1、表2に装置名称および仕様を示す。試験杭の圧入および引抜は、シリンダーを油圧で上下運動させて行なった。試験杭は梁に剛結し、結合部には引張圧縮両用の杭頭荷重計を設置して杭頭荷重を計測した。模型地盤を作製するための土槽は、幅 1m×奥行 1m×高さ 1.7mの角柱土槽とした。土槽の前面および背面はアクリル板、側面および底面は鋼板で構成し、左側面および底面に土圧計を設置した。土槽天板と模型地盤の間に空気袋を設置して模型地盤に上載圧 100kPa を与えた。試験杭は直径 35 mmの鋼管で、先端に小型の先端荷重計を取付けて先端抵抗を計測した。模型地盤は図2に示すように(1)単層、(2)多層の2種類とした。試料は珪砂6号および3号を用いた。

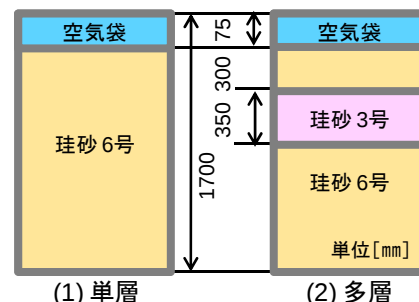


図2 模型地盤の状態

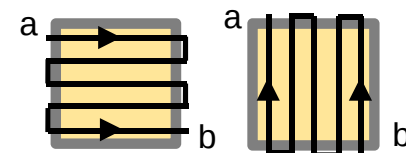


図3 ノズルの移動経路

3. 模型地盤の作製法²⁾

模型地盤は気乾状態の試料を用いて空中落下法にて手作業で作製した。ホッパーに取り付けたホースの先端に、ふるいをはさんだノズルを固定し、0.1m³/hで試料を供給した。ノズルの水平面内の移動経路は図3に示す通りで、鉛直方向の移動は落下高さ 0.9~1mとして模型地盤の層厚 10cm 毎に段階的に調整した。

4. 実験手順

単層地盤と多層地盤で各 4 試験、計 8 試験の試験を実施した。模型地盤作製後、上載圧 100kPa を載荷し、全ての土圧計の値が定常化したことを確認した後、圧入試験装置を用いた試験杭の圧入試験（7 試験）、簡易貫入試験（1 試験）を図4の a 点で行い、試験終了後、空気袋を取り除いた状態で簡易貫入試験を b 点にて行った。簡易貫入試験では、予めロッドに記入した目盛を用いて 1 打撃毎の貫入量を記録し、 N_d 値を求めた。圧入試験では杭を 20 mm/s で動かした。

5. 実験結果及び考察

(1) 上載圧の伝達

図5は、模型地盤に上載圧を与えて a 点で測定した N_d 値 ($N_{d,a}$ とする) と上載圧のない状態で b 点で測定し

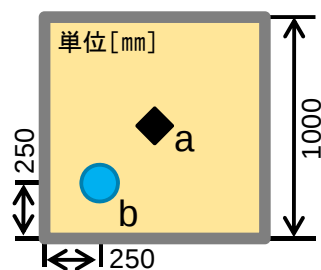


図4 試験位置

た N_d 値 ($N_{d,b}$) の差 $\Delta N_d = N_{d,a} - N_{d,b}$ と、上載圧を与える前後の壁面土圧の変化量 $\Delta\sigma'_h$ の深度分布を示している。深度 z における値 $\Delta N_d(z)$, $\Delta\sigma'_h(z)$ をそれぞれの最大値 $\Delta N_{d,max}$, $\Delta\sigma'_{h,max}$ で正規化してある。 $\Delta N_d(z)$, $\Delta\sigma'_h(z)$ いずれも 350mm 程度で最大となり、それ以深ではほぼ単調に減少し、1200mm 以浅では概ね 0 となっている。模型地盤と土槽壁面の間の摩擦や模型地盤内に生じるアーチ作用により上載圧が底面まで伝達していないと考えられる。今後はテフロンシートの使用などの対策を施す。

(2) 作製した模型地盤の再現性

図 6 は、単層および多層地盤の b 点で実施した簡易貫入試験の結果である。特に 800mm 以深において、同一深度での 4 つの N_d 値がばらついている。最初に実施した 2 試験 (case01 と 13) では、入手した試料をそのまま使用したが、模型地盤作製中にノズルに取り付けたふるいが目詰まりし試料の供給量がしばしば減少した。その結果、粒子の落下中の相互干渉によるエネルギー損失が軽減されて N_d 値が高くなったと考えられる。これ以降の試験では、試料を使用する前に 1mmふるいにかけた。その結果、単層での case00, 02 及び多層での 4 試験における N_d 値はよく似た結果となった。

図 7 に、圧入試験で測定した先端抵抗 (q_b)、b 点で測定した N_d 値、模型地盤作製時に測定した相対密度 (D_r) の変動係数を示す。 D_r は模型地盤の総重量と体積の実測値から算出した。 N_d や q_b は模型地盤の深度方向の強度分布を D_r に比べて細かく反映しており、したがってこれらの変動係数は D_r のそれに比べて大きい。逆に言えば、 D_r を用いて模型地盤の評価を行う場合には地盤内の複数の点でデータを取得する必要がある。

N_d と q_b の変動係数に着目すると、深度 400mm 以浅および 1500mm 以深では大きい、600~1500mm ではほぼ 25%以内に収まっている。

6. まとめ

空中落下法で作製した模型地盤の再現性と上載圧分布を、簡易貫入試験と圧入試験の結果、および土槽壁面で計測した土圧分布、を用いて確認した。模型地盤の強度の再現性は一定のばらつき内に収まった。他方、上載圧の伝達状態には課題が残った。

7. 参考文献

- 1) 尾川他 (2010), 軟弱地盤における圧入施工時の打抜による地盤抵抗の変化, 第45回地盤工学研究発表会
- 2) Y. Zhao, et al. (2006), Calibration and use of a new automatic sand pourer, *Physical Modeling in Geotechnics -6th ICPMG '06-*, 265-270

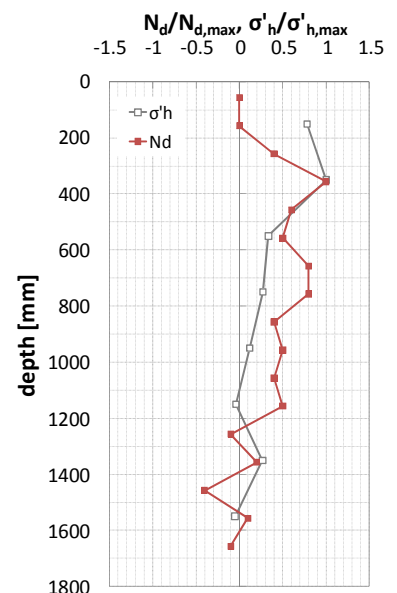


図5 単層地盤における上載圧の伝達

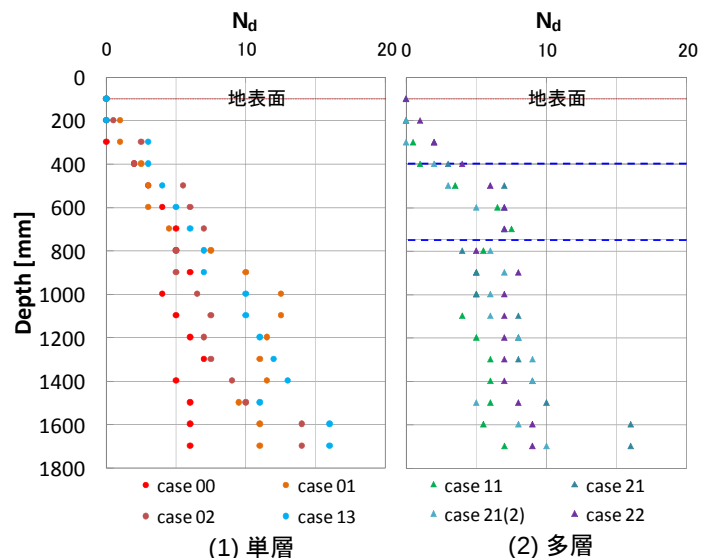


図6 無負荷時の簡易貫入試験結果

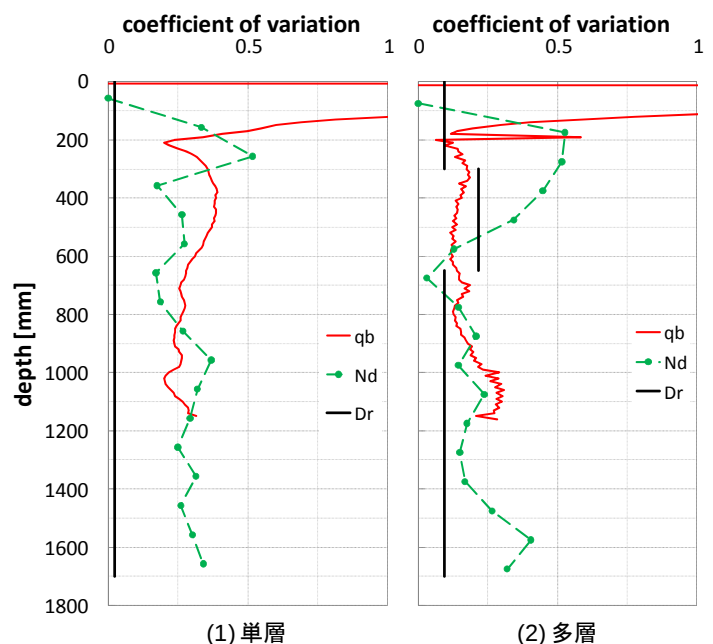


図7 模型地盤のばらつき