

群杭周辺地盤の水平断面内での変形挙動

京都大学防災研究所 正会員 ○井合 進 飛田哲男

京都大学大学院

山口敬太

Oregon State University

Matthew Donahue

国土交通省近畿地方整備局 中道正人 斉藤安立 近藤徹

1. はじめに

大地震時の杭基礎の挙動の把握には、杭間地盤のすりぬけなど水平断面内での地盤の非線形変形挙動を適切に把握することが基本となる。本研究では、水平断面内での2次元的な地盤変形の模型実験、および多重せん断機構に基づく砂の力学モデル（Iai et al, 1992）による平面ひずみ条件での数値解析を実施した。単杭を中心に報告した前報（飛田他, 2004）に引き続き、本報告では群杭の場合の変形挙動を中心として報告する。

2. 群杭周辺地盤の変形挙動に関する実験方法

本研究では、図-1 に示すアルミニウム製の試験床（内寸法幅800mm, 奥行き 500mm, 高さ 40mm）の中央に杭模型（直径 50mm, 高さ 40mm のテフロン製の円柱）を置きその周囲に砂を敷いた。砂地盤（硅砂 7 号）は、乾燥砂地盤の場合には気中落下で、飽和砂地盤の場合には間隙水として粘性を高めた水(120cSt)を用いた飽和砂を試験床に流し込み作成した。乾燥砂地盤の相対密度は約70%, 飽和砂地盤はスラリー状態で相対密度は約150%である。杭模型の側面中央部に取り付けしたワイヤーを載荷速度 7.2mm/min で牽引して杭に変位を与えた。なお、群杭の実験では、図-1 上段に示すような3連の杭模型を用いている。

実験は表-1 に示すように杭の条件（単杭, 群杭）と地盤の条件（乾燥, 飽和）を変えて行った。単杭の場合には杭模型の周囲に紙やすりを巻き付け、杭周面の摩擦を増大させた実験も行った (Case 2 と Case 4)。群杭の場合には、単杭の場合と同じ杭模型を径 4mm の真鍮棒で載荷（変位）方向に3個連結したものを、杭間隔（3D と 5D : D は杭径）を変えた実験を行った。

杭周辺地盤の水平面での変形挙動は、試験床に取り付けたアクリル板を通して試験床上部からビデオカメラおよびデジタルマイクロスコープで観察・記録した。また、杭に作用する荷重をワイヤーにつないだ荷重計で計測し、試験床外におけるワイヤーの変位量をレーザー変位計で計測した値をもって杭の変位とした。

表-1 実験ケース

	杭	地盤	Dr (%)
CASE-1	単	乾燥	約 70
CASE-2	単 (摩擦大)		
CASE-3	単	飽和	約135
CASE-4	単 (摩擦大)		
CASE-5	群 (3D)	乾燥	72
CASE-6	群 (3D)	飽和	-166
CASE-7	群 (5D)	乾燥	66
CASE-8	群 (5D)	飽和	-161

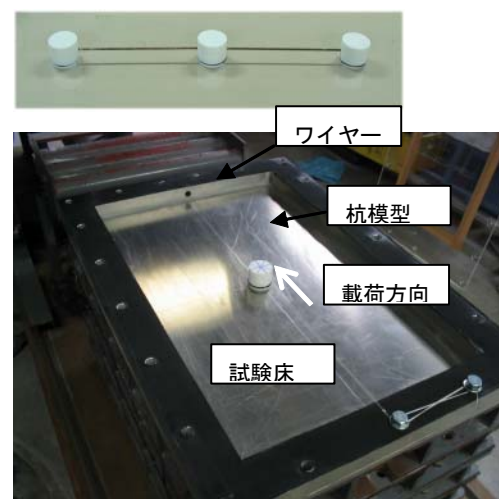


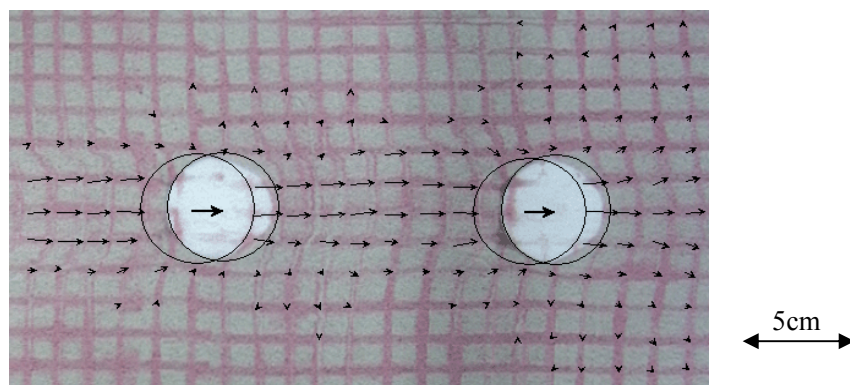
図-1 試験床と杭模型

3. 実験と解析による群杭周辺地盤の変形挙動

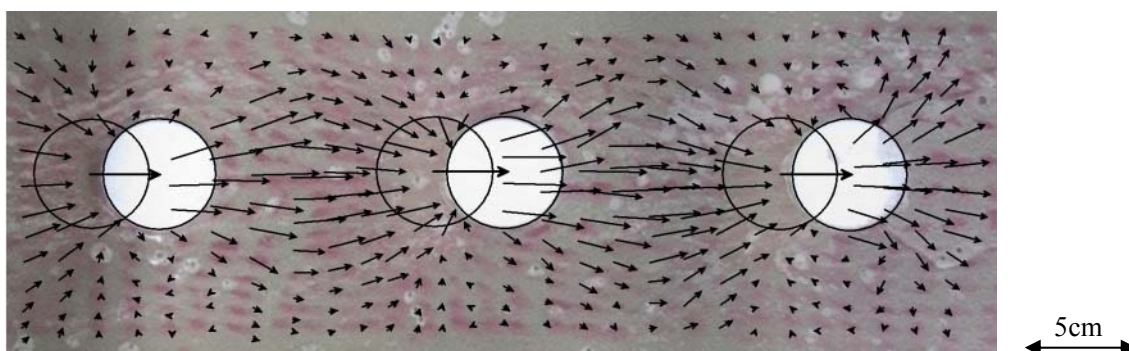
実験により得られた杭周辺地盤の変位ベクトルを図-2(a)(b)に示す。図の作成にあたっては、ビデオカメラで記録した載荷前後の画像を用い格子点などのターゲットの変位を読み取って作成した。同図(a)に示す乾燥砂地盤 (Case 3) の変形は、図に向かって右側の先行杭前方では、杭前方斜め 45 度の方向に広がるような形態を示しているが、先行杭と中間杭との間では、杭間の地盤が杭と一体となって変位しており、その側方（図に向かって上下方向）の地盤の変位が杭の変位にほとんど影響されないのと対照的である。一方、同図(b)に示す

キーワード 杭, 地盤, 数値解析, 変形, 模型実験

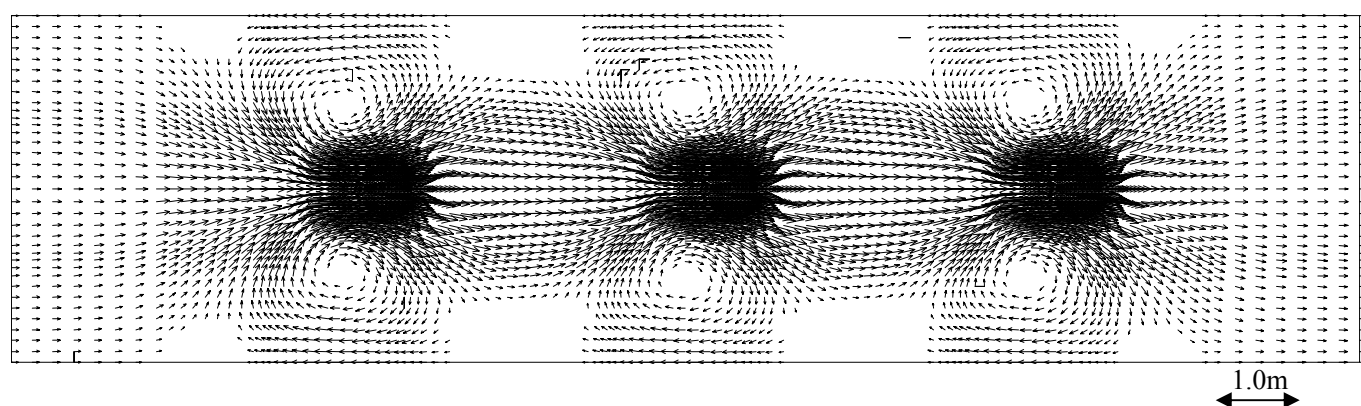
連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 TEL 0774-38-4090



(a) 乾燥砂地盤での杭周辺の地盤変位ベクトル図(Case-3) (先行杭と中間杭) 杭変位 15mm, 荷重 90N



(b) 飽和砂地盤での杭周辺の地盤変位ベクトル図 (Case-4) 杭変位 30mm, 荷重 3N



(c) 多重せん断モデルによる解析結果 (飽和砂地盤での杭周辺の地盤変位ベクトル) 実大スケール解析

図-2 群杭周辺地盤の水平断面内での変形

飽和砂地盤 (Case-4) では、杭間の地盤変位が杭間の側方に広がるような形態を示しており、乾燥砂の変形形態とは異なっている。また、杭側方の地盤では、杭前方から後方へと渦を巻くように地盤が変形しているのも特徴的である。

図-2(c)は、実大スケール (杭の直径 1m, 杭間隔 5D, 地盤の拘束圧力 98kPa) で実施した飽和砂地盤での数値解析結果である。解析条件が実験条件とは異なるので、厳密な議論を行うには無理があるが、解析で得られた変形形態は、図-2(b)に示した飽和砂地盤での実験結果と整合するもので、基づく杭・地盤系の相互作用解析に対する多重せん断モデルの適用性に関する見通しを示唆するものといえる。

参考文献

- 1) Iai, S., et al (1992). "Strain space plasticity model for cyclic mobility." Soils and Foundations, 32(2): 1- 15.
- 2) 飛田哲男他(2004). 杭周辺地盤の水平断面内での変形挙動に関する研究, 第 39 回地盤工学研究発表会