

III-363

大変形時の杭の相互作用に関する実験

首都高速道路公団（正員）齊藤 亮

（株）建設技術研究所（正員）五瀬伸吾（正員）易 鋒

1. はじめに

大規模地震に対する杭基礎の安全性を照査するためには、大変形時の群杭効果を把握しておく必要がある。筆者らは実規模を想定した群杭基礎の現場実験を行い、水平方向大変形時の挙動について研究してきている。その結果、群杭効果の性質は微小変形時と大変形時とは異なることや杭基礎の水平力分担割合は杭相互間の影響に隣接杭の変形に伴う地盤の剛性低下を考慮する必要があることが判った。したがって、本論文はこれらの定性的傾向の普遍化を図り、設計照査に用いることを目的とした基礎的実験を行ったので報告する。

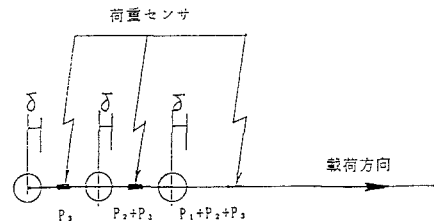
2. 実験ケースおよび実験条件

実施した実験ケースを表1に示す。実験は、杭頭自由の2本の杭の間隔や荷重方向に対する関係を変えた杭間の相互作用影響係数に関する実験と杭頭部を連結した群杭モデルによる地盤剛性低下の影響係数を求める実験の2種類とした。

試験杭は、できるだけ大きくしかも半無限長として評価できる、 $\phi=50$, $t=1.5$, 杭長1750mmのアルミ製中空円筒杭とした。土槽は、図1に示す、 $2 \times 2.5 \times 2$ mの鉄製の箱を用いた。杭の設置は、杭先端を土槽底面に予めセットしたソケットに固定し、地盤築造中に杭間隔を一定に保つため杭頭を固定した状態で地盤を築造した。地盤は、土槽上部に2mmのメッシュを置き一定の高さから一定の間隔でバスケットを動かしながら砂を落下させることにより作成した。この結果、地盤の密度は 1.48 g/cm^3 であった。なお、砂は気乾状態の小名浜砂を用いた。荷重の载荷は、载荷位置を地表面から5cmとし変位制御による単サイクル载荷とした。また、群杭の杭頭部はユニバーサルジョイントで連結し、杭頭自由の状態とし、杭の分担力は、このジョイントに設置したひずみ計により求めた。図2に群杭の载荷方法の模式図を示す。

表1 静的群杭の相互作用研究実験ケース

NO	ケース名	目的	本数	$\theta(^{\circ})$	S/D	加载方法	測定内容	適用
1	GP-T1-S1	相対位置	2	0	2.0	水平方向	杭頭変位	一本杭加
2	GP-T2-S1	の影響	2	45	2.0	増分加载	杭中変形	載
3	GP-T3-S1	S/Dは2.5	2	90	2.0			
4	GP-T4-S1	～6.0m	2	135	2.0			
5	GP-T5-S1	で行う	2	180	2.0			
6	GP-G1-S1	地盤剛性	1×3	0	2.0	水平方向	杭頭変位	各杭、杭
7	GP-G2-S1	低下の影響	3×3	0	2.0	増分加载	各杭の荷	頭変位と
8	GP-G1-S2	響	1×3	0	2.5		重分担、	同じ
9	GP-G2-S2		3×3	0	2.5		杭中変形	
10	GP-G1-S1		1×3	0	4.0			
11	GP-G2-S2		3×3	0	4.0			



(1) 1×3杭剛性低下実験平面図

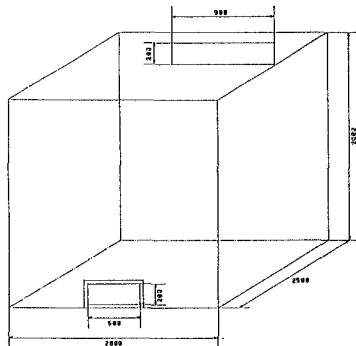
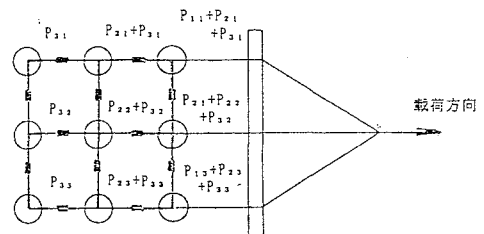


図1 土 槽



(2) 3×3杭剛性低下実験平面図

図2 群杭の载荷方法の模式図

3. 実験結果

杭相互間の影響係数(α_{ij})は、例えば(1)式に示されるように、杭径と杭間隔の比(S/D)、荷重の載荷方向(ϕ)、地盤の剛性(G_s)、杭の曲げ剛性(EI)の関数として表現される。この場合、地盤の剛性は杭の位置に関係無く一律とするのが通常である。

$$\alpha_{ij} = f_1\left(\frac{S}{D}\right) \cdot f_2(\phi) \cdot f_3(G_s) \cdot f_4((EI)_p) \cdots (1)$$

群杭の場合、最前列の杭の抵抗地盤は半無限であるのに対して、後列の杭は前列の杭の影響を受けた地盤が抵抗することになり、最前列の杭の地盤とは異なった性質を考慮する必要がある。この影響を剛性低下係数として αG_j を新たに導入し、群杭効果を(2)式で表現する。(1)、(2)式と実験結果を利用して、 α_{ij} 、 αG_j を求める。

$$\delta_j = \frac{1}{k_j} \left((1 + \alpha G_j) P_j + \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} P_i \right) \cdots (2)$$

図3は、杭間隔2.5D、 $\theta=180^\circ$ の場合の荷重と変位との関係、図4は、影響係数 α_{ij} を整理したものである。これから α_{ij} は15～30%の範囲にあることが判る。図5は、3×3、杭間隔2.5Dの場合の各杭の荷重変位曲線、図6は各列の分担について整理したものである。中間列の杭は前列の杭の75%、後列は65%の分担傾向となり、あまり変位量に関係しない傾向が認められる。

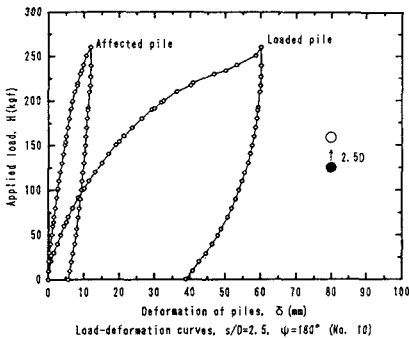


図3 荷重～変位の関係

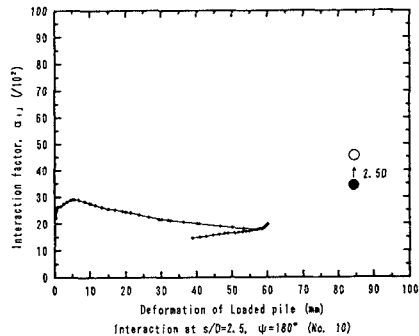


図4 影響係数 α_{ij} と変位の関係

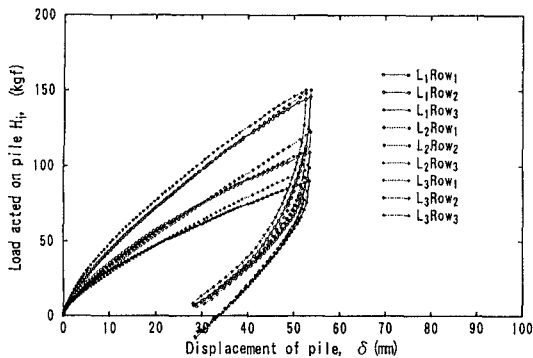


図5 群杭の荷重と変位の関係 3×3, 2.5D

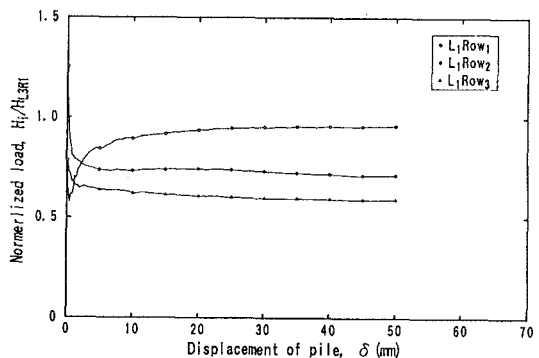


図6 各列の荷重分担と変位との関係 3×3, 2.5D

4. おわりに

今後実験データを基に群杭効果の普遍化を図っていくつもりであり、次の機会に実験結果の詳細を報告したい。本実験にあたっては、群馬大学の鶴飼恵三教授に多大なご協力を得たことを記し、深謝の意を表します。