

Ⅲ-460

周期構造を仮定した群杭の水平挙動予測手法の提案

群馬大学 学 ○若井明彦
群馬大学 正 鶴飼恵三

1. はじめに

橋脚等の杭基礎は一般に杭同士が接近した群杭の形式をとる。筆者らはこれまでに9本以下の群杭基礎について室内水平載荷模型実験を行うとともに、地盤の材料定数を三軸圧縮試験結果から決定した3次元弾塑性FEMにより予測しうることを確認した。しかし多数の杭から成る群杭基礎に関する解析は、現在の計算機の容量や演算速度等から考えて容易でない。本研究は解析領域内に周期構造を仮定することにより、きわめて多数の杭から構成される場合の群杭の水平挙動予測を目的とした、3次元弾塑性FEMによる簡便解析法を提案するものである。

2. 模型実験と従来の解析の概要

系の諸元等は既に報告したものと同一で、杭底から1450mmの高さに作製した乾燥砂地盤中に直径50mmのアルミ製杭を設置し、地盤上50mmの位置（杭頭）で回転を拘束したまま水平載荷した。対象とした基礎形式は9本群杭（3×3）で杭間隔は2.5D（D：杭径）である。

解析において地盤は弾完全塑性体・非関連流れ則を仮定した。まず通常に要素分割（図-1）を行い解析した9本群杭の解析結果と模型実験結果における杭1本当たりの荷重-変位関係を図-2に示す。比較のため単杭の結果も図示した。FEMにおける材料定数がすべて三軸圧縮試験等の要素試験結果より決定されたことを考慮すると、実験と解析の一致度は良好であると考えられる。解析における杭頭変位5mmの時点の群杭効率率は約0.7であった。

3. 周期構造を仮定した解析

一般に群杭効率は杭間隔が狭いほど、また杭本数が多いほど低下する傾向がある。すなわち杭間隔が既知な有限本数の群杭基礎の杭1本当たりの水平抵抗力は、同一の杭間隔を有し無限に広がる群杭基礎（図-3、平面図）の場合の水平抵抗力を下回らないことが容易に推察される。有限本数の群杭の杭1本当たりの水平抵抗力は、単杭解と無限群杭解を上下限とする範囲内に収まり、杭本数が多くなるほど無限群杭解へより近付くことになる。本研究では図-3中の太線内の領域を取り出し、領域周囲の各端面に周期性を仮定することで無限群杭に対する解析を行い、大規模群杭の評価を行った。解析メッ

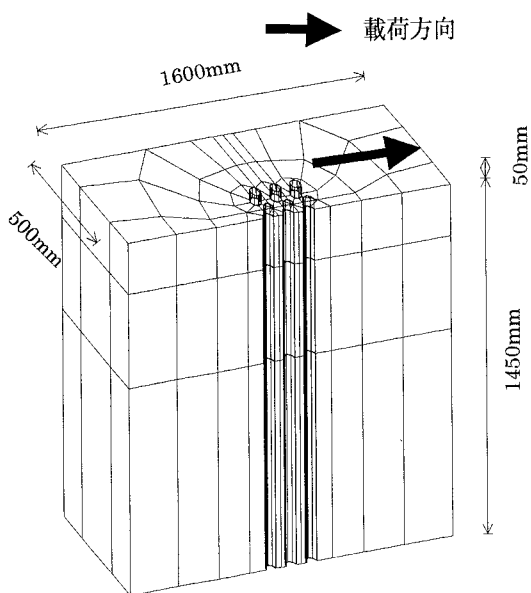


図-1 9本群杭に用いた解析メッシュ

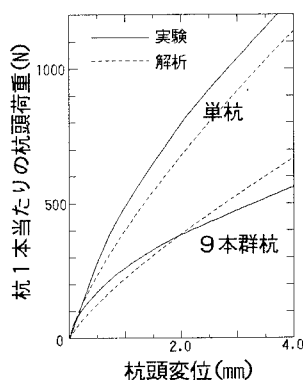


図-2 荷重-変位関係（実験と解析）

シユの平面図も図-3中に示す。メッシュの左右端の節点変位を一致させることで周期性を表現した。

図-4は単杭，9本群杭，無限群杭の杭1本当たりの荷重-変位関係（解析結果）である。9本群杭については荷重分担の最大杭（载荷方向に対して，前方行・側方列）と最小杭（後方行・中央列）の各杭単独の結果も一緒に示した。9本群杭は平均値，分担最大・最小杭いずれも，単杭と無限群杭の中間的な値を示している。これらは杭本数が増えるほど無限群杭の結果に接近すると考えられる。有限本数の群杭基礎においては，外周部に位置する杭が無限群杭の仮定から外れた挙動を示すため，特に载荷方向に対して最前方の行の杭の荷重値は本手法により著しく過小評価されることになる。9本群杭のように杭基礎全体に対して外周部杭の割合の多い，比較的小規模な群杭の評価に当たっては，半無限群杭解を外周部杭に適用することで，設計上妥当な解析値が得られると考えられる。半無限解については今後の課題とした。

図-5は杭頭変位0.5mmの時点の杭体の曲げひずみ分布である。図-4と同様に単杭，9本群杭（分担最大・最小杭），無限群杭について示した。図-4の荷重値が大きい杭ほど曲げひずみの最大値が大きいことから，大規模群杭の各杭の曲げひずみ（曲げモーメント）を照査する際には，無限群杭解は危険側になることが分かる。設計上は「杭頭荷重には無限群杭解を適用したとしても，各杭の荷重分担割合の差を適切に評価しない限り，曲げモーメントは単杭解の方が安全側」といったことを示唆している。

4. まとめ

周期構造を仮定した3次元弾塑性FEMにより，大規模群杭の解析を行った。本手法は計算機の容量や演算速度等の点で，系全体を直接評価するよりはるかに有利であるが，杭本数が少ない場合には外周部杭の効果を無視してしまうという欠点がある。今後は半無限群杭解や，フーチング自体の回転に起因する後方杭の引き抜きの影響についても考慮する解析手法について検討して行きたい。

謝辞（株）建設技術研究所の五瀬伸吾氏に対し，貴重なご助言を頂きましたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) 木村亮：水平力を受ける群杭の挙動に関する基礎的研究，京都大学学位請求論文，1993
- 2) Brown, D.A., Shie, C.F.: Numerical experiments into group effects on the response of piles to lateral loading, Computers and Geotechnics, Vol.10, pp.211-230, 1990
- 3) Muqtadir, A., Desai, C.S.: Three-dimensional analysis of a pile-group foundation, Int. J. for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.10, pp.41-58, 1986

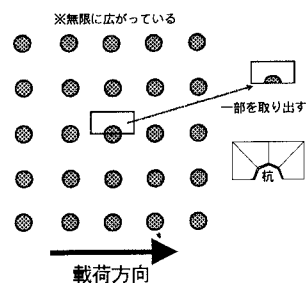


図-3 無限群杭基礎の周期性

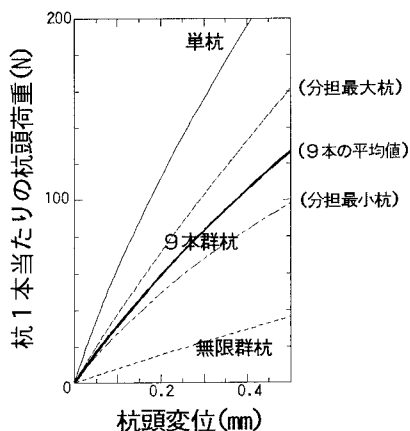


図-4 荷重-変位関係（解析）

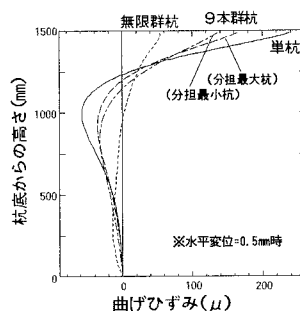


図-5 杭体の曲げひずみ分布（解析）