

Ⅲ - A414

斜杭を有する群杭基礎の水平支持力解析

三菱重工業（株）正会員 ○大川賢紀 岡部俊三 大石善啓 亀井宏之
京都大学大学院／工学研究科 木村 亮

1. はじめに

図 1 に示すジャケット式基礎は、橋梁基礎において、従来の重力式基礎にかわる新しい発想の基礎形式である。ジャケット構造は石油掘削プラットフォームとして多数の実績があるが、橋梁基礎としては実績がないため、適用するにあたっては、半永久土木構造物としての耐力性能を保証する必要がある。また、波力や地震力等の水平力に抵抗するために斜杭を採用している。そこで、従来から本基礎形式の支持力性能を把握するために、遠心模型実験及び弾塑性有限要素解析により、単杭及び 4 本群杭の水平支持力特性に関する研究を行ってきた^{(1)~(3)}。本研究では、さらに、杭の打設間隔、傾斜角をパラメータに、斜杭を有する群杭の水平支持力特性を解析した。

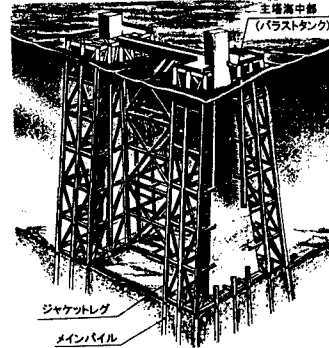


図 1 ジャケット型鋼管杭基礎

2. 解析内容

3 次元弾塑性有限要素解析コード（GPPILE-3D）⁽⁴⁾により支持力解析を行った。同コードでは、地盤を弾完全塑性体と仮定し、地盤の塑性構成式を Drucker-Prager の降伏関数と関連流則により与えている。杭周辺の地盤要素は No-tension 解析を行っている。杭はビーム要素とコラム要素でモデル化し、杭の曲げモーメントと曲率の関係（M- ϕ 関係）は、スチールの弾完全塑性性の仮定により、図 2 に示すトリリニアモデルとした。

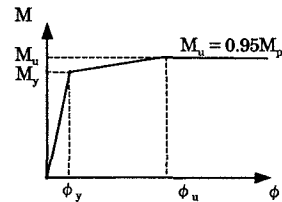


図 2 鋼管杭の M- ϕ 関係

解析では、図 3 に示す直杭のみの直杭群杭と、直杭と斜杭を組み合わせた直斜群杭を検討した。表 1 に解析モデルのパラメータを、また、

図 4 にメッシュ図の一例を示す。メッシュは節点数 7030、要素数 5832 で構成される。なお、解析

表 1 解析モデルのパラメータ

間隔 d1	間隔 d2	傾斜角度
2.5D	2.5D	0, 10, 20 度
3.0D	3.0D	
5.0D	3.0D	

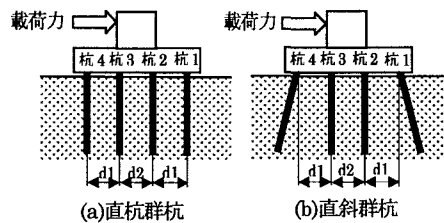


図 3 解析モデル

に用いた鋼管杭及び地盤の諸元は表 2 の通りである。

表 2 鋼管杭及び地盤の諸元

鋼管杭	杭径 D	90 cm	断面 2 次モーメント I	$7.35 \times 10^{-3} \text{ m}^4$
	杭長 L	22.8~23.16m	ヤング率 E	$2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$
	降伏モーメント My	577 tf・m	全塑性モーメント Mp	734 tf・m
	降伏曲率 ϕ_y	$3.74 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$	全塑性曲率 ϕ_p	$1.87 \times 10^{-2} \text{ m}^{-1}$
地	単位体積重量 γ	1.6 g/cm ³	ヤング率 $\Delta E / \Delta z$	250 tf/m ³
	内部摩擦角 ϕ	30 deg	粘着力 c	0 tf/m ²
盤	ポアソン比 ν	0.33	静止土圧係数 K_0	0.5

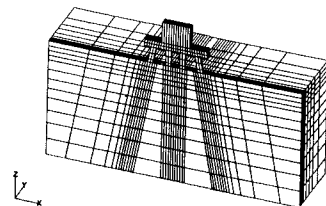


図 4 FEM メッシュ図

キーワード：ジャケット、杭基礎、斜杭、有限要素法、水平力

連絡先：三菱重工業(株)高砂研究所 〒676-8686 高砂市荒井町新浜 2-1-1 TEL：0794-45-9713, FAX：0794-45-9915

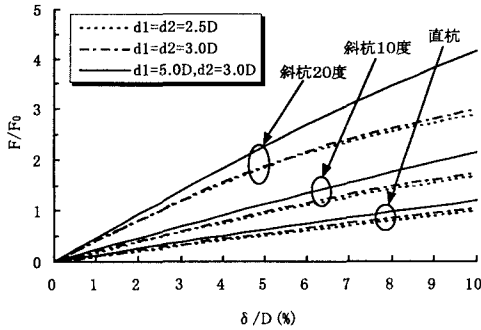


図5 荷重-杭頭変位曲線

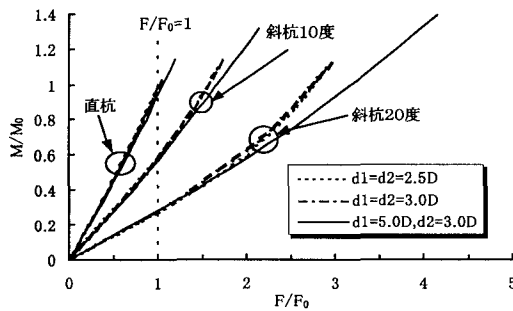


図6 荷重-曲げモーメントの関係

3. 解析結果

基礎への水平荷重-杭頭変位曲線を図5に示す。また、水平荷重-最前列杭(杭1)の最大曲げモーメントの関係を図6に示す。これらの結果は、水平荷重及び曲げモーメントを、杭間隔2.5Dの直杭群杭が杭径の10%変位した時の水平荷重 F_0 及び曲げモーメント M_0 で、変位 δ は杭径Dでそれぞれ無次元化した。図5より、杭間隔を広げると、水平支持力は増加し、斜杭を用いるとさらに増加することがわかる。また、図6より、同じ水平荷重が作用した場合に、斜杭の適用により、杭の曲げモーメントを低減でき、傾斜角が10度程度でも、最大曲げモーメントを30%低減できることがわかる。

基礎が杭径の10%変位した時の杭頭部におけるせん断力及び軸力の分担を図7及び図8に示す。これらの結果は、杭1のせん断力及び軸力でそれぞれ無次元化した。図7より、杭間隔が狭い場合には、傾斜角の増加に伴い、前列杭の分担が増加するが、杭間隔を広げる($d1=5D$)と、傾斜角を変えてもせん断力の分担に大きな変化はなく、より均等化される。また、図8より、水平荷重は主に前後列の斜杭の軸力に置き換わり、内側の直杭はほとんど軸力を分担しないことがわかる。従って、設計的には、主に水平力を斜杭で、鉛直力を直杭で分担させるよ

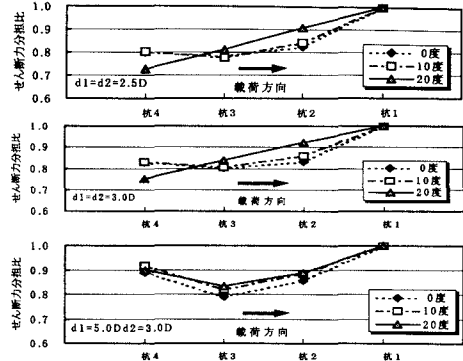


図7 せん断力分担

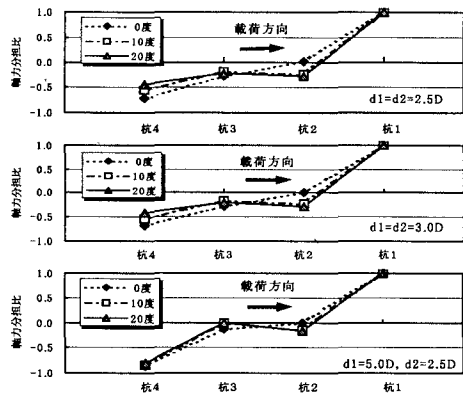


図8 軸力分担

うに杭配置を最適化できる可能性がある。

4. まとめ

- (1)杭間隔を広げ、載荷方向に対して前後両端に斜杭を配置すると、群杭の水平支持力は増加する。
- (2)傾斜角を大きくすると、前列杭のせん断力及び曲げモーメントが増加するが、杭間隔を広げることで低減できる。
- (3)載荷方向前後に斜杭を配置すると、水平力は主に斜杭の軸力で分担し、水平力に対して有利な構造となる。

参考文献: 1)大石ら: ジャケット型鋼管杭基礎の支持力性能—斜杭の支持力性能—, 第33回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1497-1498, 1998

2)木村ら: 斜杭を有する群杭基礎の水平抵抗に関する遠心模型実験, 第33回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1499-1500, 1998

3)足立ら: 水平力を受ける2本群杭の遠心模型実験と3次元FEM解析, 第28回土質工学研究発表会, pp.1789-1792, 1993