

I - B316

3次元FEM解析を用いた場所打ち杭の水平地盤抵抗に関する検討

中央復建コンサルタンツ 正会員 小阪拓哉 松浦靖治
今村年成 斉藤雅文
名古屋工業大学 正会員 張 鋒
鉄道総合技術研究所 正会員 近藤政弘 西村昭彦

1. はじめに

既報では、模型杭の実験結果を2次元の静的骨組解析を用い、水平地盤反力係数に群杭効果を考慮するとともに、実験により得られた発生せん断力の比から、各杭列の水平地盤抵抗に差を設けることで概ねシミュレートできることを述べた¹⁾。しかし、これらの実験では、杭間隔は3D(D:杭径)を基本としているため、杭間隔の影響について十分に把握できていない。また、荷重の作用直角方向の杭本数の影響の把握においても、今回の実験において対象となり得るのは単杭のみであり、これは杭頭自由の条件であるため、比較対象としては問題があった。そこで本報では、3次元のFEM解析を用い、荷重の作用直角方向の杭本数や杭間隔の異なるモデルにおいて、地盤反力の塑性化状況を把握するとともに、それらの差異が、荷重～変位曲線や杭体発生断面力に及ぼす影響を定性的に評価することを目的としたものである。

2. 解析方法

解析には、足立ら²⁾の開発した3次元弾塑性有限要素解析プログラム(Gpile-3D)を用いた。なお、地盤の非線形性は、Drucker-Pragerの破壊基準を降伏関数として与えられている。

検討ケースを表1に示す。対象モデルおよび杭・地盤の材料定数は、表2～表4に示すとおりである。なお、杭体の非線形特性は、図1に示すようなトリリニアモデルで設定した。

3. 検討結果

3.1 荷重～変位関係

各ケースの水平荷重～水平変位曲線を図2に示す。なお、直列杭の杭頭の水平荷重は、9本群杭の荷重との整合を図るため、3倍して表示している。この図より、同一の水平変位量に対して、3本直列杭、9本群杭(3D)、9本群杭(2.5D)の順で荷重が小さくなっており、それは大変位領域において顕著に認められている。これらの曲線における初期勾配の差は、水平地盤反力係数の低減、いわゆる従来の群杭効果による影響であり、荷重の作用直角方向の杭本数が多いほど、さらには、杭間隔が狭いほど、その効果が大きくなっていることが確認される。なお、大変位領域における荷重差は、部材の塑性化による影響、および水平地盤抵抗に差が生じているためと考えられる。

3.2 地盤反力の塑性化

図3に各ケースにおける作用荷重 $P=840t \sim 2040t$ 時の地盤反力の塑性化現象を示す。図中①～③からも明らかに、後列杭(引き抜き杭)、中列杭、前列杭(押し込み杭)の順で、地盤反力の塑性化領域が大きくなっており、各杭列で地盤の塑性化に差が生じていることが分かる。このことから、各杭列において水平地盤抵抗に差を設け、引き抜き杭に近いほど、それを低く評価することが実状的であるといえる。

そこで、図3において、各ケースを比較した場合、3本直列杭、9本群杭(3D)、9本群杭(2.5D)の順で、地盤の塑性化領域が大きくなっていることから、水平地盤抵抗の分担率は、荷重の作用直角方向の杭本数および杭間隔と相関性が高いことが定性的に評価できる。

3.3 断面力分布

図4および図5に、各ケースにおける作用荷重 $P=2040t$ 時の前列杭の発生モーメントおよびせん断力分布を
キーワード：群杭効果、水平地盤抵抗の荷重分担 3次元弾塑性有限要素解析

連絡先：〒532-0004 大阪市淀川区西宮原1-8-29 中央復建コンサルタンツ(株) TEL:06-393-1107 FAX:06-393-7527

示す。なお、いずれのケースにおいても、後列杭、中列杭、前列杭の順で、発生断面力が大きくなっていることを確認している。この図より、3本直列杭、9本群杭(3D)、9本群杭(2.5D)の順で、発生断面力が大きくなる傾向にあることが分かるが、発生モーメントは杭間隔の影響、発生せん断力は荷重の作用直角方向の杭本数の影響が高いことが推察される。

表1 検討ケース

ケース	(n×m)本杭	杭間隔	備考
①	1×3 本杭	3D	直列杭
②	3×3 本杭	3D	nの影響確認
③	3×3 本杭	2.5D	Dの影響確認

n：荷重作用直角方向の杭本数
m：荷重作用方向の杭本数
D：杭間隔

表3 杭の材料定数

E (tf/m ²)	A (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	ν
2.35×10 ⁴	1.767	0.2485	0.2485	0.2

表4 地盤の材料定数

E _s (tf/m ²)	γ (tf/m ³)	ν	c (tf/m ²)	φ (度)	K _s
2500	1.8	0.333	0	29	0.5

表2 対象モデル

杭種	場所打ちコンクリート杭
杭長	L = 20 m
杭径	φ = 1.5 m
地盤	砂質土地盤 (N値=10)

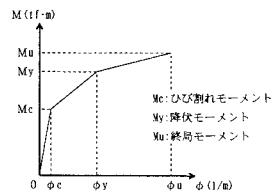


図1 杭体の非線形モデル

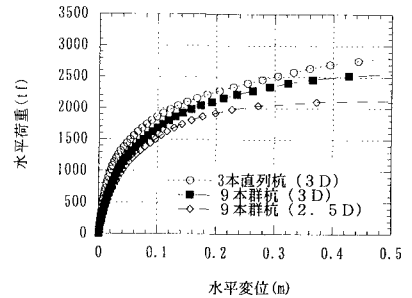


図2 荷重～変位曲線

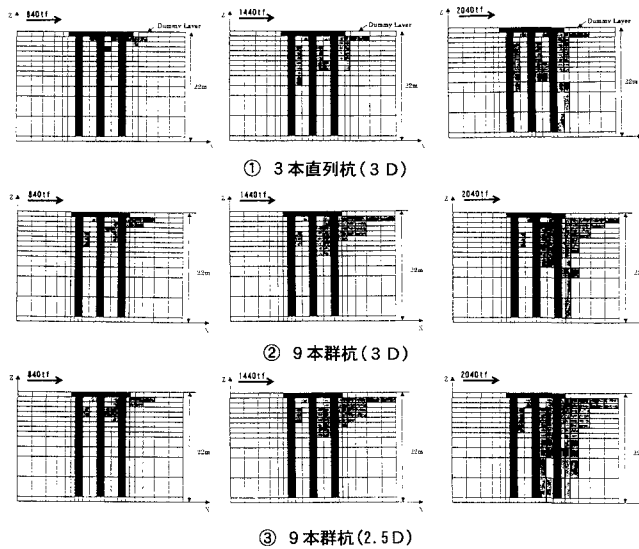


図3 地盤の塑性化状況

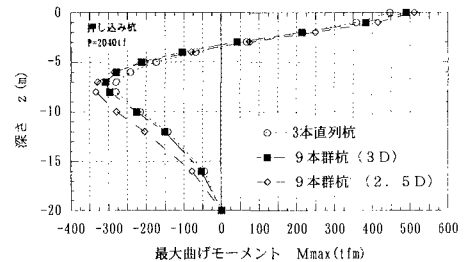


図4 モーメント分布（前列杭）

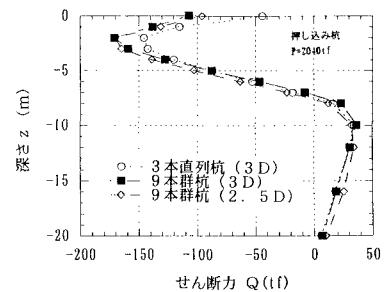


図5 せん断力分布（前列杭）

4. 今後の課題

杭本数・杭間隔の異なるケースで検討を行い、群杭による水平地盤抵抗の荷重分担率の定量的な評価を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 近藤, 奥村, 西村, 青木：大変位時の群杭基礎の挙動に及ぼす水平地盤抵抗の影響, 第31回地盤工学研究発表会講演集, 1996
- 2) 玉置, 三橋, 今井：水平抵抗における群杭効果の研究, 土木学会論文報告集第192号, 1971
- 3) 足立, 木村, 張, 亀井：3次元弾塑性FEMによる場所打ち杭の大変形水平差異火事の挙動解析, 第29回土質工学研究発表会講演集, 1994