

群杭の水平抵抗に関する研究

豊橋技術科学大学○横田祐二
豊橋技術科学大学大学院 筑前収司
豊橋技術科学大学 栗林栄一

1. はじめに

群杭の挙動は荷重の大きさ・方向、土質の性状、杭間隔、杭配置等の因子により支配されるために不明な点が多く、確固たる解析方法がない。昨年、群杭の水平抵抗に対する杭本数、杭間隔、杭頭拘束条件、鉛直荷重の影響について、解析、検討が行われた。しかし、2次元にて解析が行われたために群杭の載荷方向による影響について解明されていない。そこで本研究では、有限要素法により、この点に重点をおいて、3次元にて各支配因子に対する杭の挙動を明らかにする。

2. 解析概要

2.1 解析パラメータ

本研究では数値解析によって、以下に示すパラメータに対する群杭効率の影響を求めるものとする。

- 1) 杭本数による影響
- 2) 群杭の載荷方向による影響
- 3) 杭間隔による影響

2.2 解析方法

本研究では有限要素法により、3次元にて群杭の挙動を解析することにした。また解析にあたっては次の条件を前提とする。

- ・線形弾性 : 応力と変形は比例し、その比例係数は常に一定である。
- ・静的平衡状態 : 時間の経過に関係なく同じ平衡状態を保つ。
- ・均質等方性 : 同じ材質の部分では、位置と方向によらず線形弾性の比例係数は一定である。
- ・微小変形 : 変形は微小である。

2.3 解析モデル

地盤の性状は粘性土とした。また実際の地盤は半無限と考えられることが多いが、有限要素法では半無限として考えられないので、地盤面積を十分にとり周囲を剛体の壁で囲み拘束することにした。また簡略のため、モデル上では杭は線材とするが、実定数として以下のような値を与える。解析モデルに用いた材料の諸数値を表-1に示す。また、解析モデル全体図、および載荷状態を図-1、図-2、図-3に示す。

表-1 モデル諸数値

	形状	寸法 (mm)	E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	ポアソン比
鋼管杭	円筒中空	外径500内径480長さ15000	2.1×10^6	46220	0.3
杭頭剛結棒	円筒	直径500長さ2000	(10^{20})	309800	0.3
地盤	—	—	43.8772	—	0.28
剛体壁	—	—	(10^{20})	—	0.3

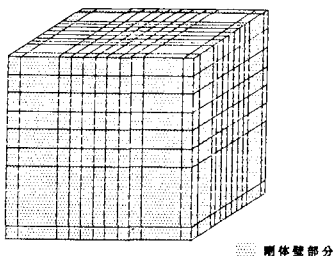


図-1 解析モデル全体図

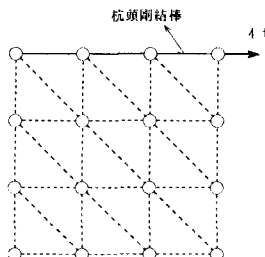


図-2 載荷状態 (列方向)

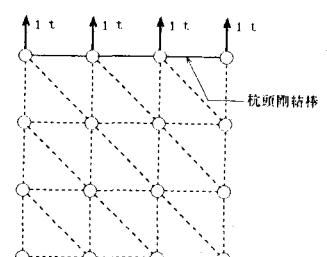


図-3 載荷状態 (行方向)

3. 解析結果

前述の条件に基づいて列方向載荷と行方向載荷の2通りの場合の水平変位を求め、それより群杭効率を算出し、グラフを作成した。結果を図-4、図-5に示す。

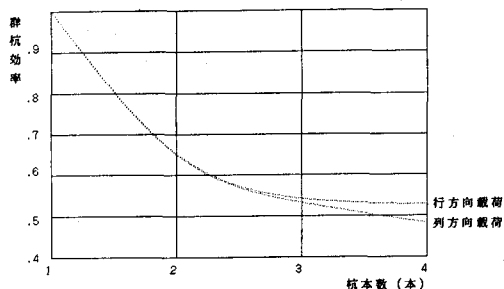


図-4 群杭効率-杭本数曲線

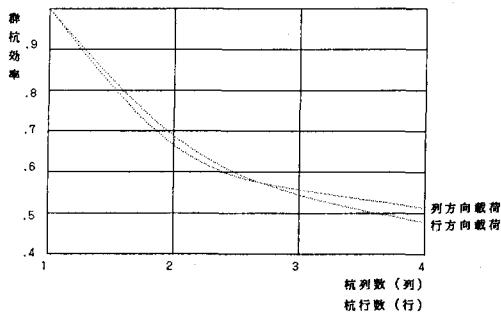


図-5 群杭効率-杭列数、杭行数曲線

4. 考察

4.1 杭本数による影響

杭本数が増加するに従って群杭効率は1より次第に小さくなることが明らかになった。またその変化は杭本数のべき乗に反比例しており、杭本数が3本より多くなるとその変化は小さくなっている。

4.2 群杭の載荷方向による影響

杭本数1~4の範囲では、列方向載荷の方が行方向載荷に比べて群杭効率が小さくなっている。このことから列方向載荷の方が地盤内応力を介して各杭が相互に干渉する度合いが大きいということがいえる。一方、杭本数が4~16つまり複数列および複数行になった場合には、列方向載荷はむしろ荷重方向に対して行方向に杭群が増加することになり、行方向載荷は荷重方向に対して列方向に杭群が増加することになる。従って、むしろ行方向載荷の方が群杭効率が小さくなっている。

4.3 杭間隔による影響

杭間隔が小さくなるほど各杭間相互の干渉の度合いが大きいために、杭間隔が小さいものほど群杭効率が小さくなる。また杭間隔が大きくなるほど群杭効率は1に向かって大きくなり、その変化は正比例である。またこの結果を見ると杭間隔がかなり大きい範囲まで群杭効果が現れることになるが、これは地盤を完全当方弾性体と仮定しているために、亀裂や異方性といったような問題が考えられないからである。回帰分析によって導き出された各式を包括的に表すと以下ようになる。

$$Ef = N^{(0.144B - 0.8277)}$$

Ef : 群杭効率

N : 杭本数

B : 杭間隔

4.5 本研究の問題点

- ・地盤を弾性体と仮定し、その弾性係数は位置と方向により一定のため、杭の挙動にともなう亀裂などの影響が考慮されない。
- ・実際の土は引張力に対してほとんど抵抗しないが、本研究では引張力に対しても抵抗することになる。従って、杭後部には引張力が発生する。またモデルの簡略化のために解析上は杭を線材と仮定し、杭側面の摩擦は考慮していない。

以上のような問題点が考えられるが、本研究の一番の目的は、三次元下での群杭の行方向と、列方向の相対的な比較に重点をおいていることもあり、これらの点については考慮しなかった。

5. 参考文献

- 1) 横山項満：くい構造物の計算法と計算例，山海堂
- 2) G・グ・デフス編著：地盤力学の有限要素法解析1，森北出版