ピンファウンデーション工法 三次元地盤解析

-様々な杭長と地盤条件における荷重と沈下量の関係-

株式会社ラスコジャパン

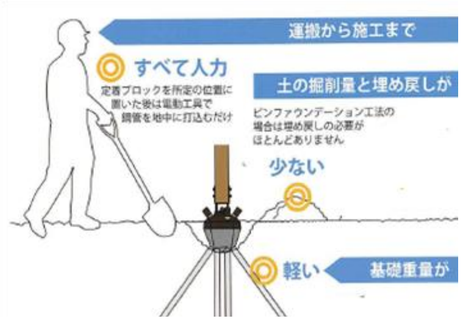
概要

ピンファウンデーションとは、地表面から地中内に小口径鋼管を人力で打ち込む簡易基礎工法である。資機材の運搬・施工を少人数の人力のみで行うため、搬入路構築のために自然環境を大きく損なうことなく、狭隘な地形や軟弱地盤に対して有効な工法である。この新工法の技術開発の一環として、三次元地盤解析によって様々な杭長と地盤条件における荷重と沈下量の関係を求め、今後の検討に向けた基礎資料とした。

解析は、粘性土と砂質土に分け N 値(1, 3, 5, 7, 9)をもとに土質条件を変化させた。また、杭長は地中内有効長を５通り(1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0(m))変化させた。荷重として、段階的に鉛直荷重を最大 50(kN)それに比例して水平荷重を組み合わせ、同一モデル内で５ステップに変化させた。押し込み側と引き抜き側を考慮して全１００通りのケーススタディを行った。

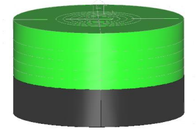
解析結果としては、鉛直荷重と鉛直変位の関係を軸に、土質の違い、杭長の影響などによる傾向を得て基礎資料とした。

モデル図

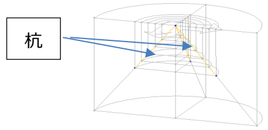


▲ピンファウンデーション工法

小口径としてφ48.6 の鋼管を人力で打ち込み、
ダイヤモンドピアー形式のピンを杭頭に設置する。



▲解析モデル



計算は杭が互いに直角に四方に配置されており、地盤の三次元応力状態、非線形特性に加え、杭間の地盤変形、杭と地盤との相互作用を正確に再現するため、三次元弾塑性解析を用いた。

モデル全体は円筒形とし、地盤を２層とした。上層（緑色）は弾塑性材料として強度定数を設定したソリッド要素、下層（黒色）は線形弾性とした。杭の本数は、四方向へそれぞれ１本ずつ鉛直に対して 36.7°の打ち込み角度を持つ梁要素で表現した。

境界条件としては、底面は固定、側面は水平方向に固定とし、鉛直自由とした。

解析条件

1） 解析手法：三次元弾塑性解析（地盤：ソリッド要素をモールクーロン、杭：梁要素を線形弾性）

2） モデル：円筒形の二層構造（上層：弾塑性、下層：線形弾性）、底面固定、側面水平固定、鉛直自由

3） 地盤条件と梁要素：

備考	N	γ (kN/m3)	C (kN/m2)	φ (度)	E (kN/m2
粘性土	1	14.0	6.25	0	2800
	3	15.0	18.75	0	8400
	5	17.0	31.25	0	14000
	7	17.0	43.75	0	19600
	9	17.0	56.25	0	25200
砂質土	1	17.0	0	19.47	2800
	3	17.0	0	22.74	8400
	5	18.0	0	25.00	14000
	7	18.0	0	26.83	19600
	9	18.0	0	28.41	25200

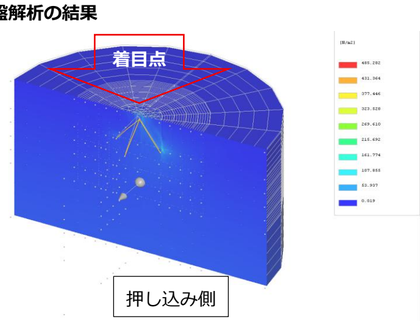
梁要素	弾性係数 (kN/m2)	断面積 (m2)	断面二次モーメント (m4)
鋼管φ48.6×3.2t	2.00E+08	4.5640E-04	1.1800E-07

4） 荷重条件（同一モデルで多段階に載荷）

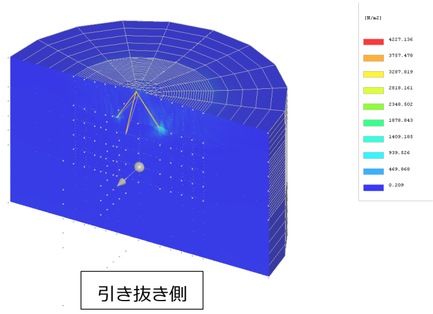
備考	番号	H(kN)	V(kN)
押し込み	1	4.00	-10.00
	2	8.00	-20.00
	3	12.00	-30.00
	4	16.00	-40.00
	5	20.00	-50.00
引き抜き	6	-4.00	10.00
	7	-8.00	20.00
	8	-12.00	30.00
	9	-16.00	40.00
	10	-20.00	50.00

解析結果

❑ **三次元地盤解析の結果**

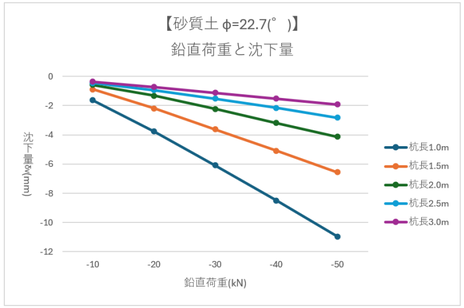


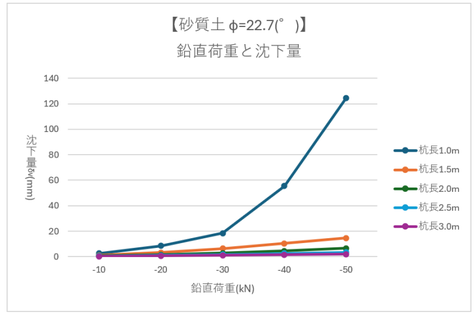
押し込み側



引き抜き側

▲解析結果 - 最大せん断応力コンタ＋変形 (砂質土 N 値３、杭長１.0m)の切断面





▲解析結果 – 鉛直荷重と沈下量 (砂質土 N 値３、杭長５通り)(左：押し込み側、右：引き抜き側)

解析結果のうち１例として、砂質土 N 値３の場合の杭長が５通りに変化した場合の鉛直荷重と沈下量を上の図に示した。左は押し込み側、右は引き抜き側の荷重がかかった場合である。鉛直荷重が大きければ大きいほど沈下量は、押し込み側（左）は線形に増加し、比例関係にある。一方、引き抜き側は、１.0(m)の杭長で極端にマイナスの沈下量（浮き上がり量）が生じており、短い杭長の影響が出ている。1.5(m)以上の杭長があると、押し込み側と引き抜き側のいずれの場合も、杭長が長ければ長いほど沈下量は小さくなる。

考察

❑ **安全性の評価**

本解析では、土質条件、杭長および荷重条件を変化させ、杭頭の鉛直変位に及ぼす影響を検討した。荷重と沈下量の関係を整理し、各荷重作用時の沈下量を許容値と比較することで、変位に対する照査を行った。

許容沈下量は、小規模建築物基礎設計指針の参考値 25 mm を踏まえ、載荷試験結果に基づき、安全率 3.0 を採用する条件では 20 mm とした。

解析例として、粘性土 N＝3 における 5 通りの杭長について、鉛直荷重と沈下量の関係を右図に示す。杭長 1.0 m、鉛直荷重 50 kN の場合、FEM 解析で求めた沈下量は約 9 mm となり、許容沈下量 20 mm 以内に収まった。

今後は、FEM 解析で得られた荷重と沈下量の関係を、ソフト開発の基礎資料として活用していく。

