

1. はじめに

一般的に鋼管を利用した埋込み杭工法では、鋼管を支持地盤に直接接地させない。すなわち、鋼管先端部分にはセメント系材料が充填され、固化体が形成される。鋼管先端に伝達される荷重は固化体を通じて支持地盤に伝達されるが、その伝達特性は明らかにされていない。そこで本研究では、鋼管先端から支持層への応力伝達特性を解明することの手始めとして、鋼管先端から支持層までの長さ(以下、余裕長)を変動パラメータとするパラメトリックスタディを通じ、杭先端における応力伝達特性に及ぼす余裕長の影響を明らかにする。

2. 解析概要

本研究では大阪市内で行われた鋼管ソイルセメント杭の現場荷重試験を参考に解析モデルを作成した。図-1 は解析モデルを示している。解析対象の杭は長さ 34.1m、半径 0.6mである。解析では杭と盛土部分を弾性体としてモデル化した。砂質土を破壊に至るまでは t_{ij} -sand model¹⁾、破壊に至った後は Drucker-Prager による弾塑性モデルによりモデル化した。一方、粘性土を破壊に至るまでは松井・阿部による弾塑性モデル²⁾、破壊に至った後は Drucker-Prager による弾塑性モデルによりモデル化した。また、杭と地盤との不連続性を表現するため、その境界にはジョイント要素を用いた。解析手法には弾塑性軸対象有限要素法を用いた。

図-2 は杭先端部分を拡大して示している。鋼管とソイルセメントの弾性係数をそれぞれ $2.06 \times 10^5 \text{ MN/m}^2$ 、 $1.1 \times 10^4 \text{ MN/m}^2$ ³⁾と設定した。表-1 は解析ケースを示している。解析では余裕長を変動パラメータとした。余裕長は 0m から 1.2m まで変化させた。SCPN000 は余裕長がないケースである。すなわち、鋼管は支持地盤に直接接地されている。また、通常、鋼管ソイルセメント杭の場合、余裕長は杭径の半分程度である。

3. 解析結果

図-3 は杭先端での抵抗力と沈下量の関係を示している。全てのケースの抵抗力と沈下量の関係はほぼ一致している。すなわち、杭先端での抵抗力と沈下量の関係には余裕長はほとんど影響を及ぼさない。



図-1 解析モデル

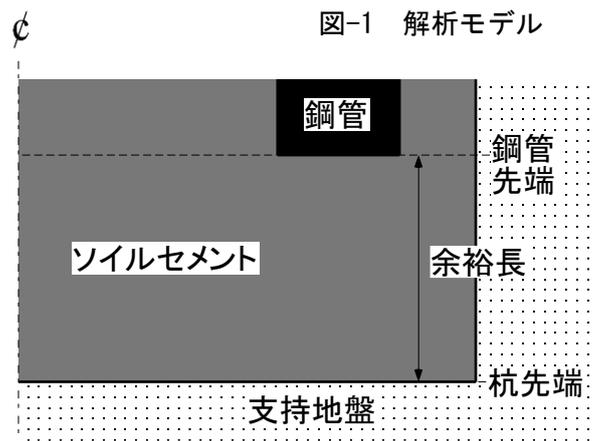


図-2 杭先端部分

表-1 解析ケース

ケース名	SCPN000	SCPN030	SCPN060	SCPN120
余裕長(m)	0	0.3	0.6	1.2
余裕長/杭径	0	0.25	0.5	1

図-4 は鋼管先端位置での垂直応力の半径方向分布を示している。但し、垂直応力は杭の沈下量が杭径の 10%である 120mm に達した時点の値を採用している。全てのケースで鋼管部分において鋼管とソイルセメントの剛性の違いに基づく応力集中が起こっている。SCPNO60 と SCPN120 では鋼管部分の垂直応力はほぼ一定である。また、その値もソイルセメント部分の垂直応力の 10~20 倍である。一方、SCPNO30 で鋼管部分の垂直応力は一定でなく、外側のほうが大きい。その値は SCPNO60 と SCPN120 に

おけるものよりも大きい。また、ソイルセメント部分における垂直応力も両ケースにおけるものよりも大きくなっている。特に縁端部における増加は顕著である。SCPNO00 における垂直応力の分布は定性的には SCPNO30 のそれと一致している。但し、SCPNO30 と比較して垂直応力は鋼管部分で減少し、ソイルセメント部分で増加している。

図-5 は杭先端位置での垂直応力の半径方向分布を示している。SCPNO00 以外の解析ケースにおける垂直応力の半径方向の分布はほぼ一致している。垂直応力は杭中心軸から 0.5m 程度の距離までは半径方向に緩やかに増加している。そこから杭の縁端部にかけて急激に垂直応力は増加している。その分布特性には鋼管への応力集中の影響が認められない。つまり、杭径の 0.25 倍程度であっても余裕長があれば鋼管への応力集中を十分に緩和して杭底面から支持地盤に載荷重を伝達することができる。

4. まとめ

本研究では数値解析によって鋼管の先端から支持層への応力伝達特性を明らかにした。本研究における主な知見は以下のとおりである。

- ・杭先端での抵抗力と沈下量に及ぼす余裕長の影響はほとんど認められない。
- ・鋼管の先端では鋼管とソイルセメントの違いに基づく応力集中が生じる。すなわち大部分の載荷重は鋼管を通じて伝達される。
- ・杭径の 0.25 倍程度あれば、鋼管部分への応力集中を緩和し載荷重を杭先端底面全体から支持地盤へ伝達させることができる。

参考文献

- 1) Nakai, T. (1989) : An isotropic hardening elastoplastic model for sand considering the stress path dependency in three-dimensional stresses, Soils and Foundations, Vol.29, No.1, pp.119-137.
- 2) Matsui, T. and Abe, N. (1981) : Multi-dimensional elasto-plastic consideration analysis by finite element method, Soils and Foundations, Vol.21, No.1, pp.79-95.
- 3) 玉井俊行, 寺本俊太郎, 木村亮(2011) ソイルセメント羽根付き鋼管杭の杭体の模型実験とその数値解析、土木学会論文集 C(地圏工学),Vol67,No.3,372-386,2011.

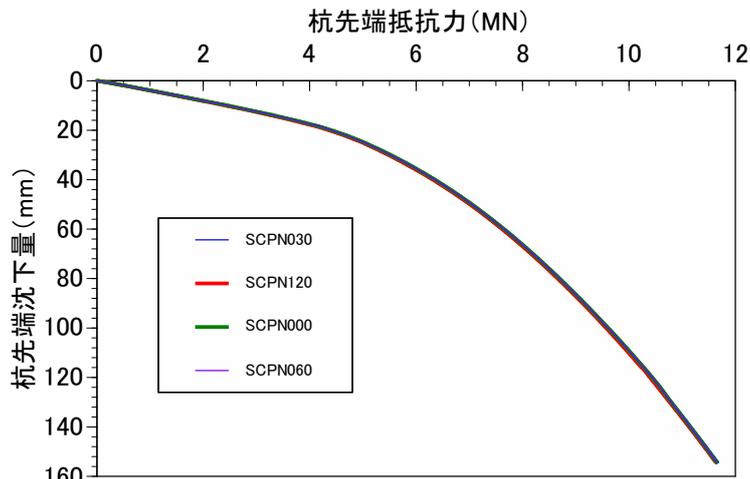


図-3 杭先端での抵抗力と沈下量の関係

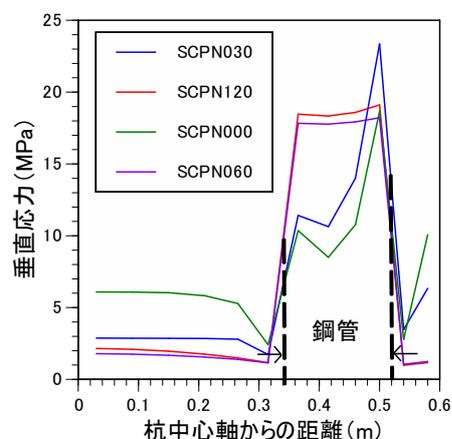


図-4 鋼管先端位置での垂直応力の半径方向の分布

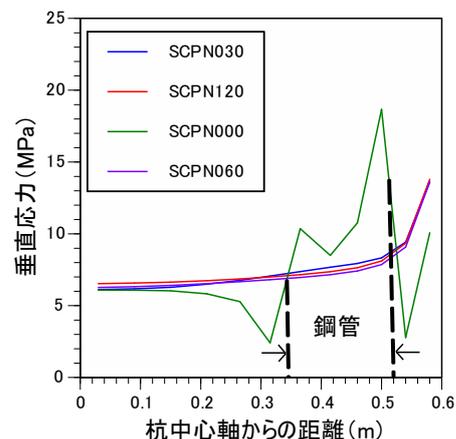


図-5 杭先端位置での垂直応力の半径方向の分布