

複合杭の鉛直支持力特性に及ぼす芯材長さと周辺地盤の影響について

九州工業大学大学院 学生会員 ○繁富友也 中村知恵
九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦
九州工業大学工学部 学生会員 金子敬太

1.はじめに

現在、深層混合処理により、原地盤とセメントミルクの混合体であるコラムを築造し、そこに様々な芯材を挿入する複合杭が開発されている。このような杭は廃土がほとんど出ないという特長をもち、コラムと芯材が一体となることで、それぞれ単独の場合よりも大きな支持力を発揮することができる。しかし、芯材の材料や形状、コラム径に対する芯材径の割合、芯材長さなど検討の必要な点が多々存在する。そこで本研究では複合杭を摩擦杭として使用する場合、周辺地盤の強度特性の変化により芯材長さが支持力に与える影響を明らかにするために有限要素解析を行った。

2.解析モデル

解析モデルの詳細を図1に示す。芯材は直径200mm、厚さ20mmの管の中空部にセメントミルクを充填したもので、それを直径600mm、長さ6mのソイルセメントコラム内に埋設したものである。また、ソイルセメントコラムの直下に厚さ3mの地盤1を、外周に2.5mの地盤2をそれぞれ設けており、芯材とソイルセメント、ソイルセメントと地盤2との境界に、それぞれ薄い付着層を設定した。構成則として複合杭には vonMises モデル、地盤には Drucker-Prager モデルを用い、地盤1底面は完全拘束、地盤1,2の周面は鉛直ローラー境界となっている。荷重は杭頭部に2500kNを2500ステップにわたって載荷した。解析は地盤を粘土地盤と想定し、地盤が弱い場合（N=5）、地盤が強い場合

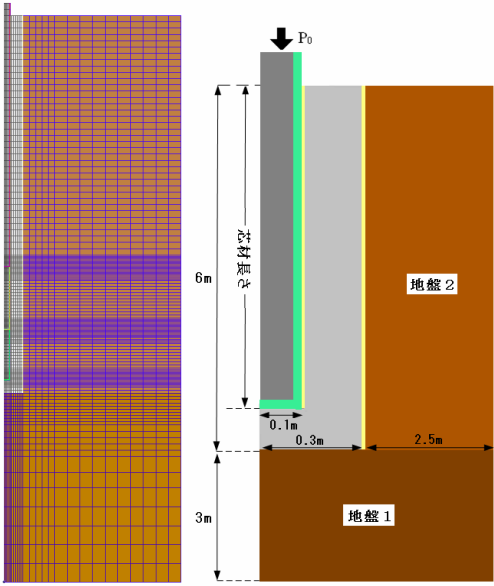


図1 解析モデル詳細

（N=10）、杭下面地盤のみ強い場合（地盤1のN=10、地盤2のN=5）の3ケースそれぞれに、芯材長さ3ケースの解析を行い計9ケースとなる。表1、2にその詳細を示す。また、各材料のパラメータは表3のようになっている。なお、芯材とソイルセメントの付着層はソイルセメント強度の1/10、ソイルセメントと周辺地盤の付着層は発揮される最大せん断応力が25N/2（kPa）となるように設定している。

表1 解析ケース（地盤条件）

ケース	地盤条件（N値）	
	地盤1	地盤2
Case1	5	5
Case2	10	10
Case3	10	5

表2 解析ケース（芯材長さ）

ケース	長さ（m）
芯材・長	5.8
芯材・中	5
芯材・短	4

表3 材料パラメータ

材料	弾性係数（Pa）	ポアソン比	降伏強度（Pa）	単位体積質量（kg/m ³ ）
ソイルセメント	5.0×10 ⁸	0.26	1.0×10 ⁶	1.7×10 ³
芯材	3.3×10 ⁹	0.34	3.0×10 ⁷	1.0×10 ³
セメントミルク	4.0×10 ¹⁰	0.2	5.0×10 ⁷	2.0×10 ³
地盤（N=5）	2.0×10 ⁴	0.3	1.25×10 ⁶	1.6×10 ³
地盤（N=10）	4.0×10 ⁴	0.3	2.5×10 ⁶	1.6×10 ³

3.解析結果

1) 荷重－沈下量曲線

図2に各地盤条件における載荷荷重と杭の沈下量の関係を示す。全ての地盤条件において、載荷荷重が1000kNあたりまでは芯材長さによる挙動の違いが見られないが、それ以降になると芯材・短のケースで沈下量が大きくなっている。さらに載荷が進むと芯材・中のケースで沈下量が大きくなり、芯材長さが短くなるほど沈下量が大きくなっていることがわかる。これは芯材長さが短くなるほど、小さな載荷荷重で芯材先端部付近のソイルセメントコラムで周辺地盤へのはらみ出しがより顕著に起こるためである。

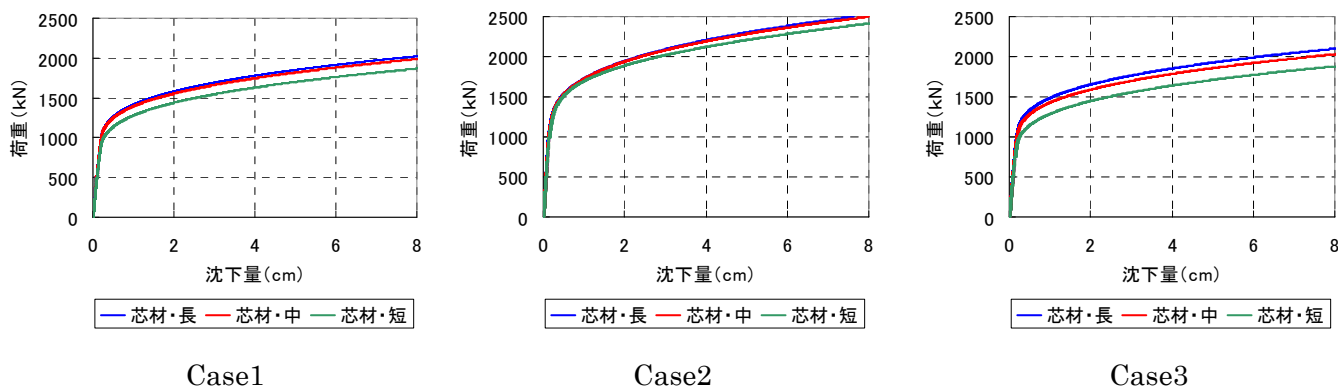


図2 荷重－沈下曲線

2) 芯材長さ増加による支持力増加

各地盤条件時の沈下量が杭径の5%となる時の支持力を芯材が短い場合の支持力で除した支持力比と、芯材長さのソイルセメントコラム長に対する比との関係を図3に示す。芯材長さの増加による支持力増加割合が大きいのはCase3となっている。Case3は杭下面地盤が杭周面地盤よりも強い場合であり、杭に作用する鉛直応力が大きいので芯材が短い場合にはコラムのはらみ出しが起こりやすいためであると考えられる。Case2では特に支持力増加割合は小さくなっており、杭周辺地盤が強くなると芯材長さの影響は少なくなるものと思われる。

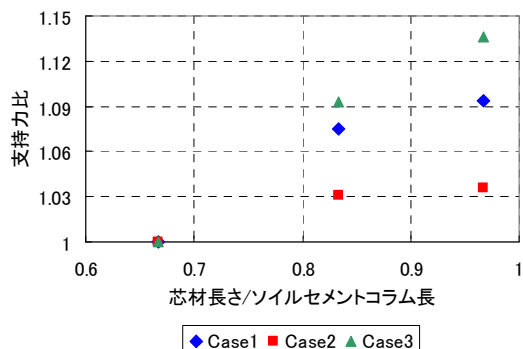


図3 芯材長さによる支持力増加割合

3) 地盤条件の違いによる複合杭沈下要因の変化

図4に沈下量が杭径の5%時の芯材・中のケースにおける複合杭付近地盤の鉛直応力コンターを示す。輪郭の暗色部は変形前の形状である。杭周面下部において鉛直応力が大きくなっているのは複合杭のはらみ出しの影響であり、特にCase3でその影響が大きい。地盤変形量は載荷荷重の大きさに反して、Case2<Case3<Case1となっている。Case2では複合杭上部での芯材の破壊、Case3ではコラムのはらみ出しによる沈下が大きくなっている。

4.まとめ

芯材長さの影響は杭周辺地盤の強度・剛性が高いと小さくなる。しかし、杭沈下の要因には地盤変形の他に芯材の破壊、ソイルセメントコラムのはらみ出しなどがあり地盤状況によって主要因が変化するため、更に種々の条件下で地盤、杭部材を含めた検討が必要となろう。

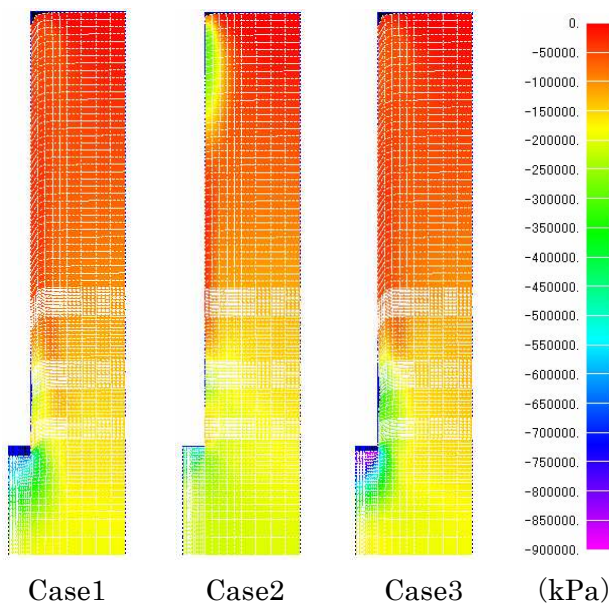


図4 複合杭付近地盤の鉛直応力コンター