

杭先端部の拡大球根の内圧が埋込み杭の鉛直支持力に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○繁富友也

九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦 清水恵助

旭化成（株） 正会員 大和真一

1.はじめに

杭先端部に拡大球根を有する埋込み杭工法は、セメントミルクを杭先端部の袋に圧入することで拡大膨張させ、プレボーリング時に生じた地盤の緩みを解消するという特長を持っている。そこで本研究では、杭先端部に拡大球根を有する杭について、遠心模型実験、有限要素解析を実施し、先端拡大球根の内圧が杭の鉛直支持力特性に及ぼす影響について検討した。

2.実験システムおよび解析条件

図1に実験の概要図を示す。模型地盤を構成する材料には豊浦砂を用い、内径 396mm、高さ 357mmの円筒形容容器内に相対密度を支持基盤層、中間層ともに 75%を目標として空中落下法により作製した。また砂層上部に鉛散弾層をサーチャージ層として設け、土被り圧を変えることにより、実質的な杭の根入れ深さを調整した。模型杭は直径 34mm、長さ 150mmの鋼製躯体で先端部にゴムチューブを取り付け、空気圧を加えることで先端部を拡大膨張させることができる。実験時の遠心加速度は 29.4G とし、模型の縮尺は 1/29.4 となる。

解析モデルの概要を図2、3に示す。解析モデルは円筒状の杭模型が円筒形の地盤の中心に設置されている状態の 1/4 断面モデルであり、xz 平面、yz 平面並びに周面から構成される側方境界は鉛直ローラ境界である。解析モデルは 7つの材料から構成されると仮定し、構成則はすべて Drucker-Prager モデルを適用した。解析は自重作用段階、球根部の圧力調整段階、杭への載荷段階の 3 段階に分けて実施した。

実験・解析を行ったのは根入れ深さ比が 7 の場合であり、解析での材料パラメータは鉛散弾層、地盤 1～3 にあたる部分は実験より予想される内部摩擦角を設定し、その材料の平均土被り圧によって算出している。また、実験・解析ケースの拡大球根部の圧力調整は表 1 の通りである。ここで K は鉛直土被り圧に対する球根部圧力増分の比で空圧係数とする。

3.結果および考察

1) 実験結果

図 4～6 に実験における載荷重－沈下曲線、先端支持力－沈下曲線、周面摩擦力－沈下曲線を示す。S/B は杭頭沈下量を杭径で除した無次元沈下量である。これにより実験では、載荷前に球根部圧力を抜き、緩みを生じさせたままのケースで支持力が低くなっており、球根部拡大による支持力の増加が確認できる。

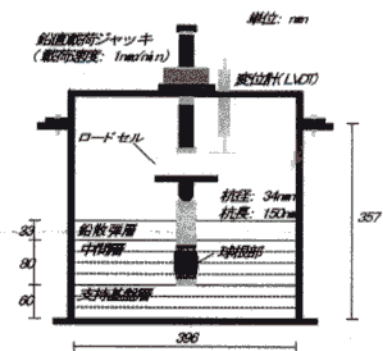


図1 実験概略図

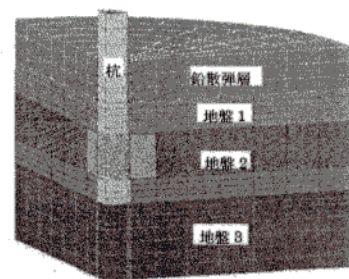


図2 解析モデルの概要図

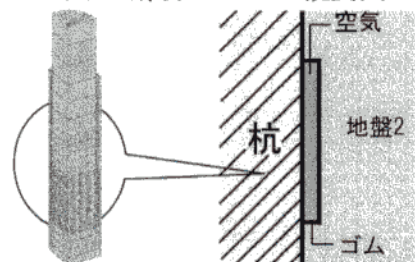


図3 解析モデル杭周辺の詳細図

表 1 実験で実施した拡大球根部の圧力調整一覧

実験ケース	球根部内の圧力操作(K：空圧係数)		
	1G	29.4G	載荷時
PB-5	0.5	0.5→0	0
PB-5+5			0.5
PB-5+10			1.0
PB-5+20			2.0

キーワード 杭、鉛直支持力、遠心模型実験、有限要素解析

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL093-884-3101 FAX093-884-3100

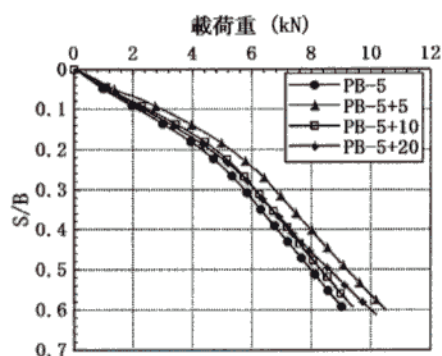


図4 載荷重—沈下量曲線

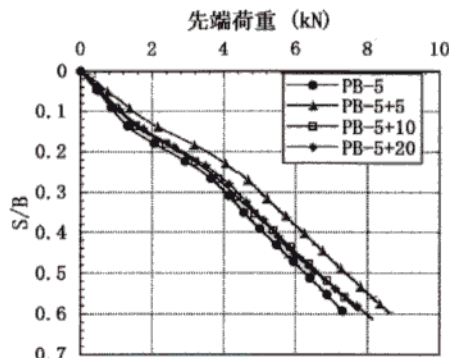


図5 先端支持力—沈下量曲線

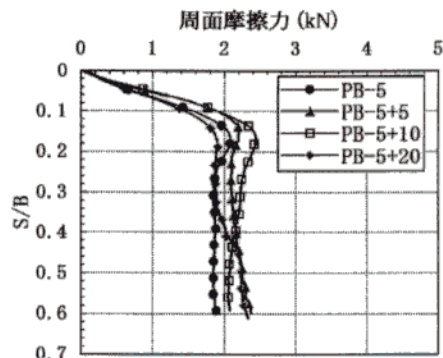


図6 周面摩擦力—沈下量曲線

2) 解析結果

解析では、せん断剛性率、体積弾性係数という拘束圧により変化する材料パラメータを使用するため、拘束圧の大きな変化がおこる球根部付近ではその影響を考慮する必要がある。図7に載荷直前の球根部付近の地盤要素における水平応力を示す。基準は杭から十分離れ拡大球根の影響を受けていない領域での水平応力であり、球根部拡大・収縮が付近の地盤の水平応力に影響を与えていることが分かる。この結果により、球根部付近の地盤要素のパラメータを再び算出し、解析を行う。図8～10に解析による載荷重、先端支持力、周面摩擦力と沈下量との関係を示す。これにより、先端支持力では各ケースで違いが見られないが、周面摩擦力で球根部圧力の高いものほど大きな力を発現し、結果としてより大きな支持力を発揮していることが分かる。

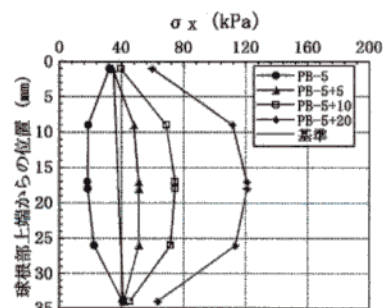


図7 球根部付近の水平応力

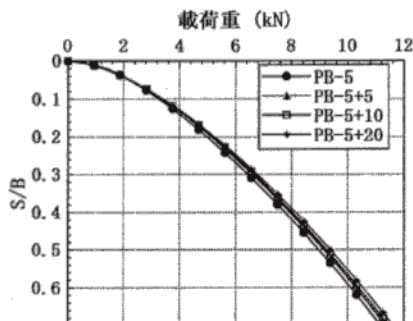


図8 載荷重—沈下量曲線

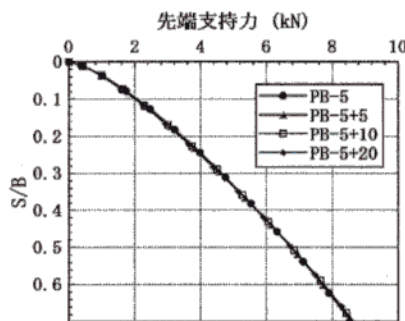


図9 先端支持力—沈下量曲線

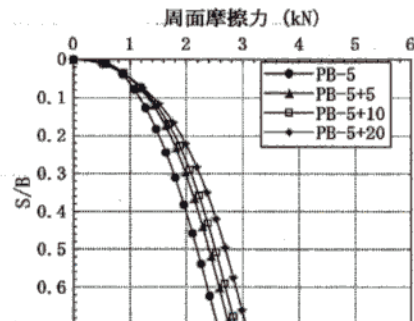


図10 周面摩擦力—沈下量曲線

3) 実験値と解析値の比較

S/B=0.3における載荷重の実験値と解析値の比較を図11に示す。PB-5+5のケースを除いて実験値と解析値で良好な一致を示し、その増加も同一傾向を示しており、解析結果は実験結果を全般的によく表しているといえる。また、実験及び解析でのPB-5に対する各ケースの増加割合は図12のようになり、拡大球根部の圧力がある値に達すると、それ以上に空圧係数が増加しても支持力が増加しないことが予測できる。

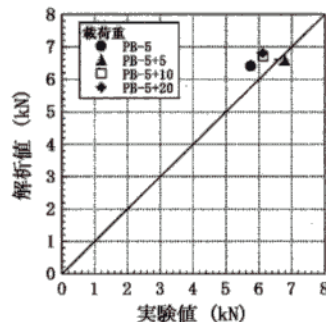


図11 実験と解析の比較

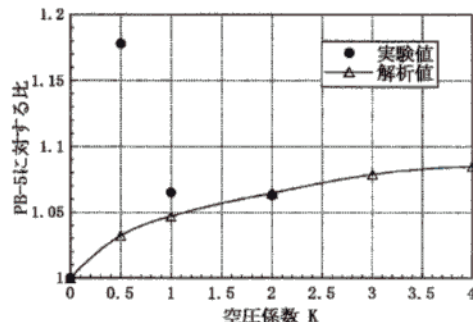


図12 載荷重増加割合

4.まとめ

遠心模型実験と有限要素解析により、先端拡大球根の内圧が杭の鉛直支持力特性に及ぼす影響について検討した。実験において、球根部拡大による支持力の増加を確認するとともに、解析において、球根部付近での拘束圧変化を考慮することにより実験結果を全般的によく表し得ることが確認できた。