

MPS-CAE によるパワーチャッキング工法の可視的性能評価

明石工業高等専門学校 学生員 ○川原知也
 日本杭抜き協会 正会員 桑原秀一
 芝浦工業大学 正会員 稲積真哉

1. はじめに

既存杭の引抜き工事による杭の残置や周辺地盤の沈下や跡地利用時の地盤環境の悪化など様々な問題が生じているにも関わらず、杭の引抜き後に形成される引抜き孔に注入される充填材や杭の引抜き工法そのものに何も規定がない。そこで本研究では、既存杭引抜き工法の一つである杭先端チャッキング式既存杭引抜き工法（パワーチャッキング工法；PG工法）をMPS-CAEを用いて視覚的かつ定量的に特徴づけることによって工法の評価を行った。その結果、杭先端チャッキング式既存杭引抜き工事の事前のシミュレーションを事前に行うことができるようになり、目標強度にあった充填材量の選択を行うことができるようになった。

2. MPS-CAEの概要

CAEは本研究において、MPS法を用いてPG工法において、工学的な手法によるシミュレーションを言う。CAEを用いることで地盤内の応力の可視化、莫大なコストがかかる実験、専門家以外の人々にもわかりやすく伝えることなどが可能になる。また、MPS法は粒子法のひとつであり、計算格子を用いないため、大変形を伴う排泥やしぶき等の自由表面の変形を表現できる¹⁾。

3. 解析の対象ならびに解析条件

解析では、ある現場でのPG工法による施工を再現した。PG工法の施工手順を図-1に示す。流れとしては、ケーシングを時計回りに回転させながら先端より削孔液を吐出し挿入する(a)。杭最深部でケーシング先端部からチャック爪を内側に突き出し(b)、杭を内包したままケーシングを時計回りに回転させながら先端より充填材を注入しながら引き上げる(c)。

PG工法におけるケーシングの挿入過程の解析条件を図-2および表-1に示す。粘土質シルト層および削孔液の材料値はBinghamモデルを採用した(表-2)。また、土丹層は固定粒子であるため壁境界を与えた。Bingham流体は降伏応力を超えると流動し始める性質をもつため、降伏値には現場から採取した土の一軸圧縮応力を与えた。また、塑性粘度には現場から採取した削孔泥水の粘性係数を与えることで、ケーシング挿入の回転の力により降伏値を超え流動し始めたときの乱された土の挙動を再現した。ケーシングの貫入速度、回転速度および削孔液の注入量は現場の条件を与えた(表-3)。

次に、PG工法における既存杭の引抜き・注入過程を図-3に示す。杭を内包し、最深部で充填材を注入する(c-1)。充填材を吐出しながら最深部から2mを上下に攪拌し(c-2)、一定速度で引き上げる(c-3)。これを引抜き完了まで繰り返す(c-4)。この過程における削孔泥水の領域は、ケーシング挿入に

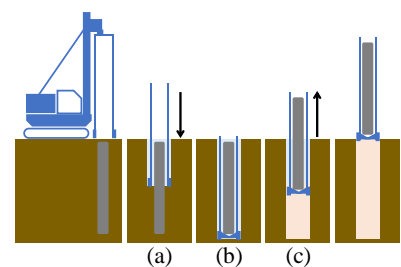


図-1 PG工法の施工手順

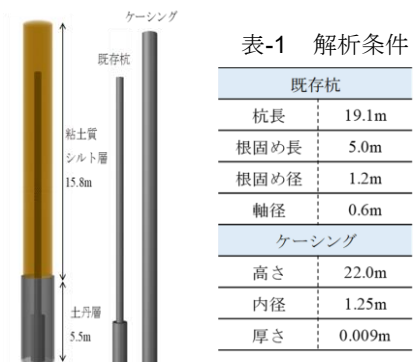


図-2 解析断面

表-2 ケーシングの挿入過程の材料値

	密度 (kg/m ³)	降伏値 (Pa)	塑性粘度 (Pa·s)
粘土質シルト層	1,266	100,000	6.92
削孔液	1,000		

表-3 ケーシングの挿入過程の工法条件

ケーシング	貫入速度	30.0m/h
	回転速度	15rpm
削孔液	流入量	15m ³ /h×2か所

キーワード 杭先端チャッキング式既存杭引抜き工法, PG工法, 充填材, 引抜き

連絡先 〒655-0873 兵庫県神戸市垂水区青山台8丁目1番2-811号 TEL080-5639-7072

よってケーシング刃先外径体積分まで広がると想定し、直径1.6m、高さ21.3mの円柱とした。杭およびケーシングの形状は図-2の挿入時と同様である。削孔泥水と充填材の材料値はBinghamモデルを採用した（表-4）。これらの降伏値は既往の研究を参考に決定した²⁾。泥水の塑性粘度にはケーシングの挿入過程と同じ値を与え、充填材には水の塑性粘度を与えた。ケーシングの貫入速度や回転速度、削孔液の流入量は現場と同じ条件を与えた。

4. PG 工法の工程評価

ケーシングの挿入過程の解析結果を図-4 および図-5 に示す。図-4 は挿入開始 4 秒後、図-5 は挿入開始 14 秒後であり地表面付近の結果をトリミングした。茶色の粒子が周辺地盤、水色の粒子が削孔液を表す。ケーシング付近で徐々に削孔液と周辺地盤が混じり、周囲が泥水化されていることが読み取れる。また、挿入に伴いケーシング周辺の地盤が乱され図-5 においてケーシング直径 1.25m に対して直径 1.5m まで周辺地盤が乱されている。

充填材注入過程の解析結果を図-6 に示す。桃色の粒子が充填材、茶色の粒子が削孔泥水を表す。ここで、全粒子数に対する充填材の粒子数の割合を置換率と定義する。また、充填材の注入量は液面管理による注入データおよび削孔径から推定した結果、34.157m³とした。図-6 は引抜き完了時の深度に対する置換率の変化を示している。図-6 より、深度 4~11m において置換率が他の深度と比較すると減少している。これは杭引抜き時に、削孔泥水をケーシング内に内包したまま杭と一緒に抱え上げたために充填材の注入量が不足し、杭の引抜きによって発生する空隙を補完できなかったためであると考えられる。ムラのある充填材の注入を行うと、充填材が十分な強度を発現しない等の問題が発生し、地盤沈下などの想定外の事態が発生する恐れがある。

そこで、充填材の注入量をケーシング体積分に増やし、ほかの条件は変えずに解析を実施した。その解析結果を図-7 に示す。充填材の注入量増やした結果、深度によらず置換率が 96%を超え、均一な充填材の注入をすることができた。以上より、ムラのない充填材の注入と高い置換率には充填材の注入量に関係していることが考えられる。

5. おわりに

本研究では、MPS-CAE を用いて PG 工法のケーシング挿入から引抜き完了までの工程を粒子数によって定量的評価を行った。その結果、ケーシングの挿入過程において地盤内での削孔液と周辺地盤が混ざり泥水化されていく様子を視覚化することができた。また、PG 工法の施工における、充填材のより適した注入量を求めることができた。

[参考文献]

- 1) 岡田浩：CAE を使いこなすために必要な基礎工学！，日刊工業新聞社，p.173，2001.
- 2) 長縄成美：掘削運搬シミュレーションにおける Herschel-Bulkley レオロジーモデルの導入の有効性について，石油技術協会，pp.89-97，2010.

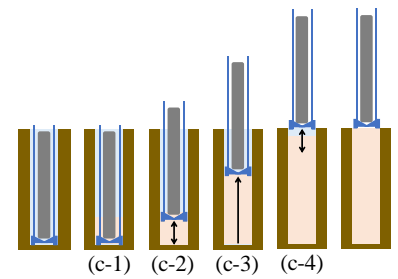


図-3 PG 工法の充填材注入過程

表-4 既存杭の引抜き・注入過程の材料値

	密度 (kg/m ³)	降伏値 (Pa)	塑性粘度 (Pa·s)
削孔泥水	1,200	10.0	6.92
充填材	1,173	0.0	0.001

表-5 既存杭の引抜き・注入過程の工法条件

ケーシング	引抜き速度	25.2m/h
	回転速度	7rpm
充填材	合計流入量	34.157m ³

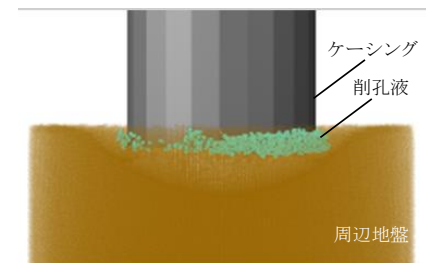


図-4 ケーシング挿入開始 4 秒後

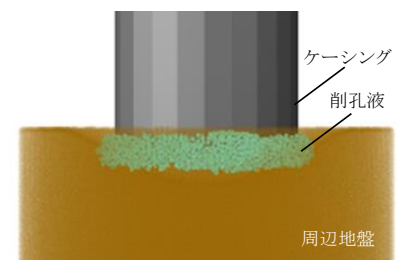


図-5 ケーシング挿入開始 14 秒後

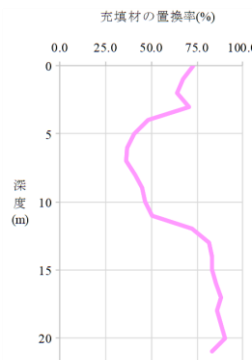


図-6 充填材置換率

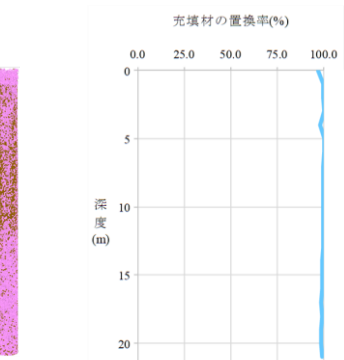


図-7 注入量増加後の充填材置換率