

既存杭引抜き工におけるケーシング削孔の MPS-CAE シミュレーション

明石工業高等専門学校 学生会員 ○岩本遼生
 日本杭抜き協会 非会員 桑原秀一
 日本杭抜き協会 非会員 島田義勝
 芝浦工業大学 正会員 稲積真哉

1. はじめに

我が国の都市部は多くが軟弱地盤に位置し、杭基礎を用いた建物が多いため、建物を解体する際には産業廃棄物に指定される地中に残存する杭（既存杭）を撤去する必要がある。既存杭の撤去工法には杭を破碎し撤去する工法があるが、振動や騒音の問題があるため、多くの既存杭引抜き工では杭の外周をケーシングによって削孔し、杭と周辺地盤の境界を断ち、引き抜く工法が用いられている。その中で、土中の圧力や施工不良によって斜めに存在する既存杭に対して、ケーシングは地盤挿入時に傾斜した杭に沿う現象が確認されている。しかし、地盤内の様子は目視することができないため、当現象の動的メカニズムは不明である。そこで、本研究では、実現場で生じる、鋼製ケーシングが地盤内挿入時に傾斜した既存杭に沿う動的メカニズムを MPS-CAE シミュレーションを用いて視覚的かつ定量的に解明する。

2. MPS-CAE における解析条件

(1) ケーシング削孔の MPS-CAE 解析概要

杭の引抜き工事ではケーシング貫入時、ケーシング下部から水を吐出しながら貫入するため、ケーシング内部とその周辺は泥水で満たされた状態になっている（図-1）。そこで本解析では、予め深度 15000mm までの既存杭周辺を泥水粒子で満たした状態に設定し、ケーシングを深度 10000mm まで回転貫入させる解析を実施した。また、本解析における既存杭は深度 16100mm 以下が根固め部となっており、ケーシングを既存杭下端の根固め部まで貫入させないため、既存杭の根固め部は支持層にあるものとして解析領域外とし、既存杭の傾斜角度を鉛直方向から 0°、2°傾斜させた 2 パターンの解析を実施する。

(2) 泥水粒子の材料パラメータ設定

MPS-CAE における泥水の材料パラメータを表-1 に示す。本研究では解析対象である泥水を Bingham 流体としてパラメータ設定を行った。密度および塑性粘度については、既存杭引抜き工事の現場の既存杭の引抜き孔から採取した泥水の密度を測定し、Brookfield 社の B 型粘度計を用いた測定によって塑性粘度を設定した。また、降伏値は既往研究から 2 重円筒型回転粘度計での測定によって得られた掘削泥水の降伏値の測定結果 10Pa を与えた¹⁾。

(3) 既存杭およびケーシングのモデリング手法

既存杭および鋼製ケーシングは、ある現場で使用されたケーシングと引き抜かれた既存杭の形状を基に、3D-CAD を用いて実際の寸法に合わせて作成した。図-2、図-3 より、本解析における既存杭は根固めのある既存杭であり、鋼製ケーシングは円筒状である。また、鋼製ケーシングは壁境界として設定し、材料パラメータではなく、液体と壁境界の接触角によって特性を定めた。既往研究より水とステンレス鋼の接触角は 45°～58°とされており、接触角を 45°と 58°に設定したときの解析結果に大きな差が出なかったため、本解析では接触角を 50°として鋼製を再現した²⁾。また、鋼製ケーシングの貫入速度と回転速度を表-2 に示す。

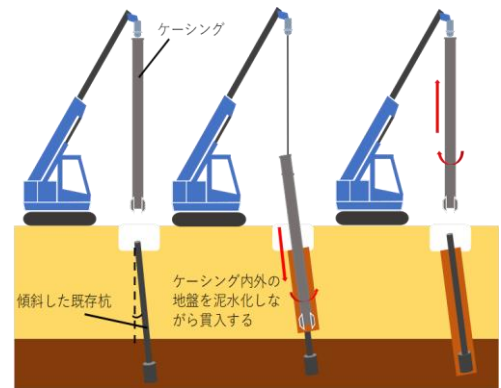


図-1 地盤の泥水化の様子

表-1 泥水粒子の材料パラメータ

	密度(kg/m ³)	塑性粘度(Pa・s)	降伏値(Pa)
泥水	1200	6.92	10

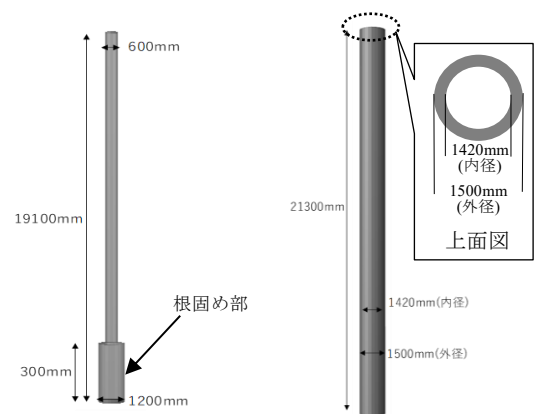


図-2 既存杭

図-3 鋼製ケーシング

表-2 MPS-CAE 鋼製ケーシングのパラメータ

	回転速度 (rpm)	貫入速度 (m/min)
鋼製ケーシング	15	0.5

キーワード：既存杭，引抜き工，MPS-CAE，ケーシング，粒子法，シミュレーション

連絡先：〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 国立明石工業高等専門学校 建築・都市システム工学専攻

Tel & Fax : 078-946-6172

3. ケーシング削孔の MPS-CAE シミュレーション

(1) 削孔深度別の泥水粒子の速度

深度 5m, 8m 地点において鉛直方向の速度で色分けした断面を図-4 に示す. 赤色に近い粒子は鉛直上方向の速度成分を持ち, 青色に近い粒子は鉛直下方向の速度成分を持つ. 図-4(a)(c)より, 傾斜角度 0° の場合は同程度の速度成分を持つ粒子が均等に分布しているが, 図-4(b)(d)より, 傾斜角度 2° の場合は既存杭を挟んだ両側で泥水粒子の鉛直方向の速度の分布の偏りが確認できた.

(2) 削孔深度別の泥水粒子間に作用する圧力勾配

深度 5m, 8m 地点において作用する圧力で色分けした断面を図-5 に示す. 図-5(a)(c)より, 傾斜角度 0° の場合は全体としてほぼ同じ圧力を受けており, 圧力勾配は生じていない. しかし, 図-5(b)(d)より, 傾斜した既存杭に対してケーシングを挿入すると, 杭とケーシングとの間隔が狭くなる過程で圧力が大きくなり, 間隔が広がる過程で圧力が小さくなり, 圧力勾配が生じている. これは, 泥水がケーシングの回転の影響を受けて共回りすることが原因であると考えられる. 共回りとはケーシングと泥水の間に生じる摩擦力によってこれらが一緒に回る現象である.

図-4, 図-5 より, 既存杭が傾斜している場合は, 傾斜角度 0° の場合と比較してケーシング内の泥水粒子が異なる挙動を示す. 泥水粒子はケーシングの回転力による共回りに加えて, 高圧になると鉛直上方向の速度, 低圧になると鉛直上方向の速度を有することが確認できた. これは, 高圧を受けた泥水粒子は圧力勾配がなくなるように, 解放されている地表面 (上方向) に向かって, 螺旋状の軌道を描いて移動しようとするのが原因である.

4. 鋼製ケーシングが傾斜した既存杭に沿うメカニズム

解析対象を X-Z 平面で切断した垂直断面を図-6(a), Y-Z 平面で切断した垂直断面を図-6(b)に示す. 赤色の粒子は鉛直上方向の速度成分を持ち, 青色の粒子は鉛直下方向の速度成分を持つ. 図-6(b)から, 既存杭を挟んだ両側で泥水の上下方向の速度が異なることがわかる. まず, ケーシングの回転により, 内部の泥水が共回りする. 既存杭が傾斜している場合はケーシングの貫入深度が深くなるにつれて, ケーシングと杭の間隔に差異が生じ, 図-5(b)(d)のような圧力勾配が生じる. つまり, 泥水はケーシングの共回りによる回転方向の速度に加えて, 高圧になると鉛直上方向の速度を持ち, 低圧になると鉛直下方向の速度を持ち, 結果としてケーシング内では泥水の圧力勾配によって図-7に示すように螺旋状の共回りが生じる. さらに, ケーシングは, 生じた圧力勾配がなくなるように, 傾斜した杭に沿うと考えられる.

5. おわりに

- (1) MPS-CAE を用いて, ケーシング内の泥水粒子の挙動と圧力勾配を視覚的に表したことで既存杭引き抜き工におけるケーシング削孔のシミュレーションが可能である.
- (2) ケーシングが傾斜した既存杭に沿う現象はケーシング内の泥水の圧力勾配の影響により, 螺旋状の共回りが生じ, 圧力勾配がなくなるように次第にケーシングが傾斜した杭に沿う.

参考文献

- 1) 長縄成美: 掘削運搬シミュレーションにおける Herschel-Bulkley レオロジーモデル導入の有効性について, 石油技術協会誌, 第 75 巻, 1 号, pp.89-97, 2010.
- 2) 富山潤, 入部綱清, 崎原康平, 伊良波繁雄, 山田義智: フレッシュコンクリートの流動解析における MPS 法の適用, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.164-171, 2009.

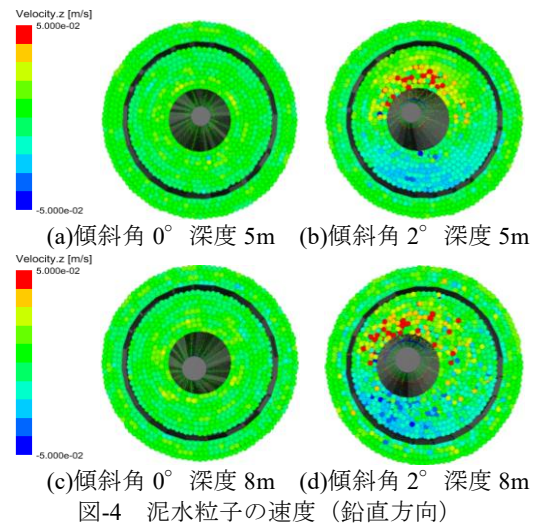


図-4 泥水粒子の速度 (鉛直方向)

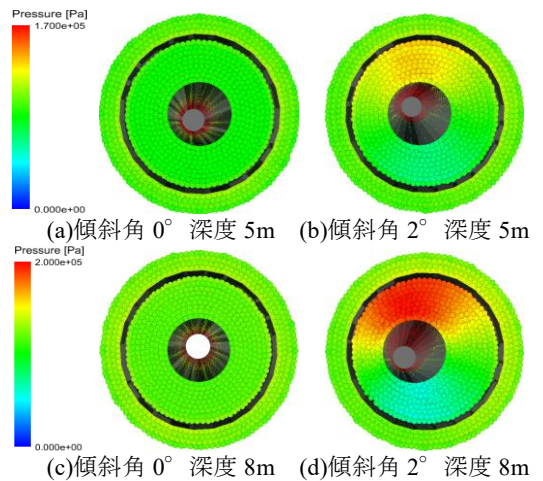


図-5 泥水粒子の圧力勾配

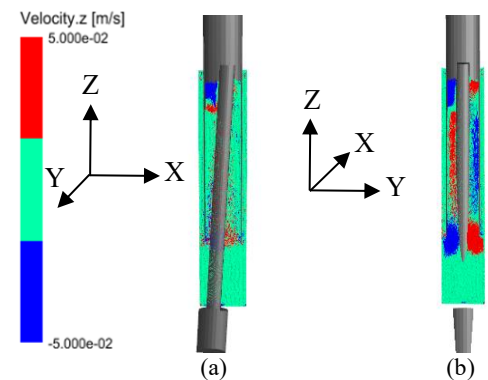


図-6 泥水粒子の鉛直方向速度 (垂直断面)

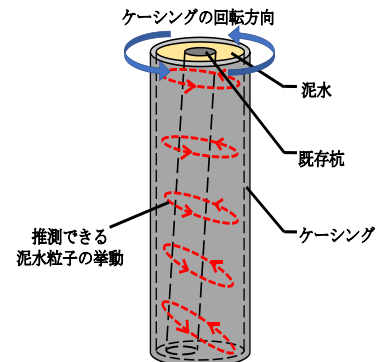


図-7 泥水粒子の挙動