

既存杭撤去に伴う引抜孔内における増粘剤を混和した流動化処理土のブリーディング挙動

芝浦工業大学大学院 ○(学)中尾晃揮
 芝浦工業大学大学院 (学)上原知己
 domi 環境 (正)山内裕元
 芝浦工業大学 (正)稲積真哉

1. はじめに

土地の再利用のため構造物を取り壊す際、地中に残存する構造物基礎杭（既存杭）は撤去し、既存杭撤去後の孔（引抜孔）は適切に埋め戻す必要がある。その際、引抜孔の埋戻しが不十分であると、周辺地盤の陥没や沈下などの問題が発生する可能性がある¹⁾。しかしながら、最適な埋戻し材料の基準や埋戻し孔の検証方法に関する標準が未だ確立されていない。なお、既存杭撤去後に新設基礎杭等の打設を考慮すれば、原地盤と同程度の強度に埋戻し孔の目標強度を設定することが望ましい。

既存杭撤去の一般的な工法では、既存杭にケーシングをかぶせて削孔し、ケーシング内を泥水化し既存杭が自由に動くようにして引き抜きを行う。この際、引抜孔内には泥水が残るため、この泥水と埋戻し材を混合して適度な強度に改良できれば、引抜孔に対して効率的な埋戻しとなる。なお、一般的に埋戻し材にはセメントミルク、セメントベントナイト液（CB液）および流動化処理土等が用いられている。ここで、いずれの埋戻し材を用いた場合においても、引抜孔内で埋戻し材と泥水を混合することは疑似的に流動化処理土による埋戻しと見なすことができる。しかしながら、比較的大深度の引抜孔内を流動化処理土で埋め戻す際には、固化するまでにブリーディング（材料分離）が発生し、深度方向へ所定の強度が発揮されない課題がある²⁾。

一連の研究では、引抜孔内で埋め戻される疑似的な流動化処理土（CB液と泥水の混合物）に増粘剤を混和することで流動化処理土のレオロジー（流動性）を調整して材料分離の低減を試みている。ただし、既存杭撤去の現場条件を考慮すると、予め増粘剤を混和したCB液を引抜孔内で泥水と混合する手順になる。本報告では、CB液もしくは増粘剤を混和したCB液と泥水が引抜孔内で混合された、すなわち引抜孔内で埋め戻された流動化処理土のブリーディング挙動について、MPS-CAEシミュレーション^{3), 4)}によって可視的に把握している。

2. 引抜孔内流動化処理土のMPS-CAEシミュレーション

2.1 MPS-CAEシミュレーションの対象断面・条件

既存杭撤去では、既存杭と周辺地盤の摩擦を低減するためのケーシング貫入時、ケーシング下部から削孔用泥水を吐出するため、ケーシング内部とその周辺、すなわち引抜孔は泥水で満たされた状態になっている（図-1）。そこで、MPS-CAEシミュレーション^{3), 4)}では泥水で満たされた引抜孔内へCB液もしくは増粘剤混和CB液を充填、且つ泥水と完全に攪拌混合された状態を仮定し、攪拌混合後のCB液もしくは増粘剤混和CB液と泥水の挙動をMPS-CAEを用いて可視的に評価している。なお、MPS-CAEシミュレーションのサイズは、 $\phi 0.2\text{ m} \times h 1.8\text{ m}$ ならびに $\phi 1.0\text{ m} \times h 18\text{ m}$ の引抜孔としている（図-2）。

MPS-CAEシミュレーションの対象としているCB液、増粘剤混和CB液および泥水は、いずれもレオロジーモデルの一つであるBinghamモデルを仮定している。

Bingham流体のレオロジーパラメータについて、泥水は既往成果^{3), 4)}を参照したとともに、CB液もしくは増粘剤混和CB液は、

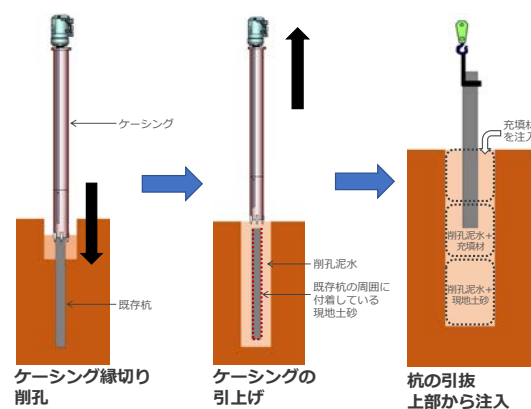


図-1 削孔泥水によって満たされた引抜孔と埋戻し材の充填イメージ

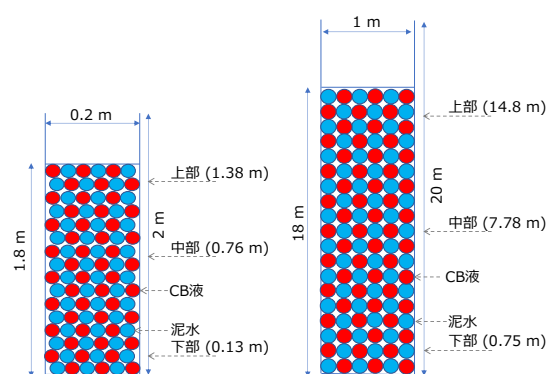


図-2 MPS-CAEの対象断面

表-1 対象流体のレオロジーパラメータ

	密度 [kg/m ³]	塑性粘度 [Pa·s]	降伏値 [N/m ²]
泥水	1350	0.10	0.0001
CB液	1200	0.46	0.0001
増粘剤混和CB液	1200	6.51	0.0001

キーワード：増粘剤，流動化処理土，ブリーディング

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲3丁目7-5（TEL：03-5859-8360；FAX：03-5859-8401）

Brookfield 社製回転粘度計の一種である B 型粘度計を用いて降伏値および塑性粘度を計測した。表-1 は、泥水、CB 液および増粘剤混和 CB 液のレオロジーパラメータを表している。

2.2 MPS-CAE シミュレーションの結果・考察

図-3 および図-4 は、 $\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ および $\phi 1.0 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔において CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液と泥水が完全混合された後のブリーディング挙動を示している。また、図-3 および図-4 に対して、図-5 および図-6 は引抜孔内での沈降速度ベクトルを示す。

$\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔 (図-3) では、いずれの CB 液も引抜孔上部において泥水と分離傾向が確認できるものの、CB 液と泥水の分離傾向がより顕著である。同様に $\phi 1.0 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔 (図-4) でも、増粘剤混和 CB 液と比べて CB 液の泥水との分離が大きい傾向にある。これらは、CB 液の塑性粘度が増粘剤混和 CB 液と比べて低いことに起因すると考えられる。

$\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔 (図-5) では、引抜孔の側面に沿って泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液が上昇し (上向きの沈降速度ベクトル)、引抜孔内中央部の泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液は下降している (下向きの沈降速度ベクトル)。すなわち、 $\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔の上部、中部および下部において泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液が運動を持続しており、その結果として泥水よりも密度の低い CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液が上部に集中することになる。 $\phi 1.0 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔 (図-6) は、引抜孔の下部において泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液の上昇と下降が混在している。また、引抜孔の上部においては、 $\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$ の引抜孔 (図-5) ほど顕著でないものの引抜孔の側面に沿って泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液が上昇し、引抜孔中央部の泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液の多くが下降している。しかしながら、引抜孔中深部においては泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液の運動がほぼ確認できない。また、下降している泥水と CB 液もしくは増粘剤混和 CB 液の境界線がほぼ一定であることから、圧力等によって引抜孔内部で均衡現象が生じていると考えられる。

3. おわりに

本報告では、泥水で満たされた引抜孔に CB 液を充填・攪拌後のブリーディング挙動を、MPS-CAE を用いて可視化した。その結果、引抜孔内で埋め戻された流動化処理土 (CB 液と泥水の混合物) のブリーディングは CB 液の塑性粘度および泥水との相対密度に依存しており、増粘剤の混和により CB 液の高塑性粘度化はブリーディングの抑制に対して効果的であることが明らかになった。

参考文献

- 村上隆生：基礎杭の残置、埋戻し部分の地盤支持力の瑕疵を否定し、代理業者の説明義務違反も否定した事例、RETIO, No. 82, pp. 166-167, 2011.
- 桑原秀一, 浜口伸一, 島田義勝, 稲積真哉：既存杭の引抜き工における杭先端パワーチャッキング工法の施工理論と施工事例, 地盤工学ジャーナル, Vol. 14, No. 1, pp. 69-76, 2019.
- 稲積真哉, 桑原秀一, 宍戸賢一：既存杭引抜き孔の埋戻し処理におけるスパイラル攪拌工法の開発と MPS-CAE 解析, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 76, No. 4, pp. 441-452, 2020.
- 稲積真哉, 高植俊彰, 田中重明, 篠井隆之：コンピュータおよび攪拌・混合模型実験による相対攪拌式深層混合処理工法の可視的性能評価, 材料, Vol. 70, No. 9, pp. 706-711, 2021.

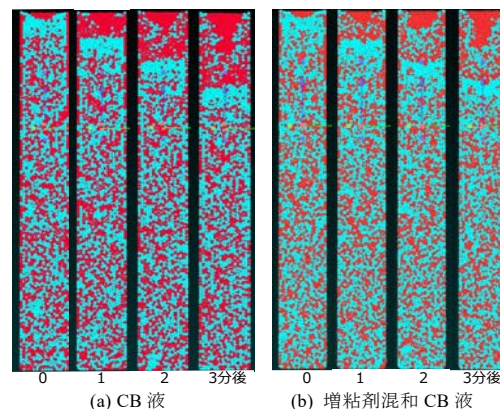


図-3 引抜孔内 ($\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$) の粒子挙動 (赤：CB 液, 青：泥水)

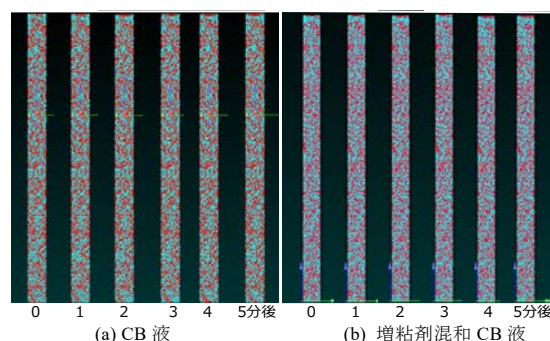


図-4 引抜孔内 ($\phi 1.0 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$) の粒子挙動 (赤：CB 液, 青：泥水)

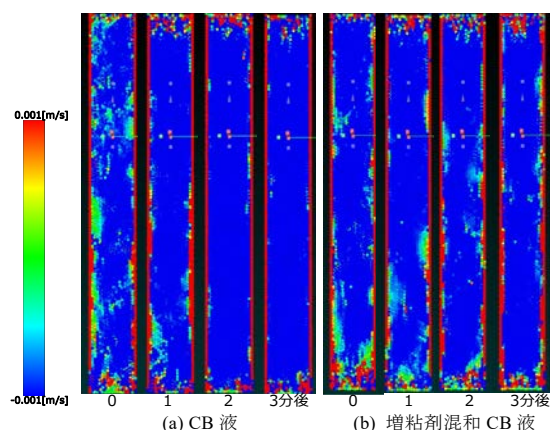


図-5 引抜孔内 ($\phi 0.2 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$) の流速ベクトル

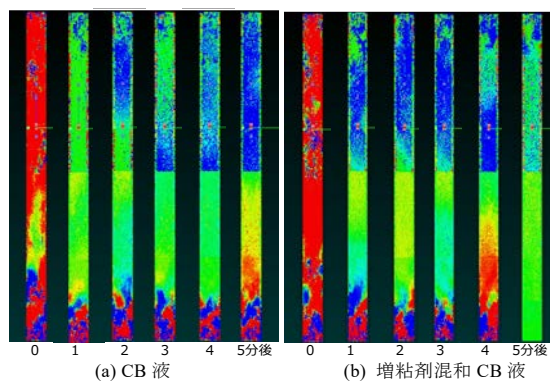


図-6 引抜孔内 ($\phi 1.0 \text{ m} \times \text{h}1.8 \text{ m}$) の流速ベクトル