

既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響（緩み）に関する数値解析的研究 ～ 3次元解析～

正会員 ○須藤 友輔^{1*}，金田 一広^{1*}，青木 雅路^{2*}
同 中井 正一^{3*}，森 利弘^{4*}

既存杭 撤去 埋戻し
周辺地盤 施工過程 弾塑性解析

1. はじめに

前報では軸対称条件での解析であったが，本稿では3次元状態で既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤の緩みの数値解析を行ったので報告する。

2. 解析条件について

解析対象の地盤は前報¹⁾と同じで，材料定数を含めて詳細は参考文献^{1),2)}を参照されたい。図1に解析メッシュ図と境界条件を示す。解析はPLAXIS 3Dにtijモデル³⁾を導入して行っている。解析としては単杭のみの引き抜きと2本の引き抜き(図3)を検討している。前報は地盤をtijモデルとしているが，比較のために本研究ではモール・クーロンモデル(MCモデル)も実施した。MCモデルの材料定数を表1に示す。これらは実際の土質試験から得られたものである。本解析では水～土2相系の解析ではなく有効単位体積重量を考慮した1相系の解析とした。図2に解析手順を示す。Stage1ではケーシング掘削工程を模擬する。ただし泥水圧の差分を作用させないこととする。Stage2では杭周辺地盤に強制変位を作用させた。強制変位量は杭芯方向へ0.039m(引抜孔体積の20%を縮小させたときの半径方向への強制変位)とし，強制変位の範囲は孔壁から0.20mとした。Stage3として強制変位を開放し，流動化処理土($\gamma_f=15\text{kN/m}^3$)を置換した。図3に示す2本引き抜きの解析では，引抜孔①→引抜孔②の順番で，図2のStage1からStage3の解析を行った。なお，前報と強制変位を与える領域が異なっているが，今回は3次元解析による複数杭の影響を見るために暫定的な領域を設定している。また，一本の杭の中から段階的に強制変位を与えるのではなく一度に変位を与えることとした。

3. 杭引き抜きを模擬した掘削解析

図4に地表面から-4m(GL-4.0m)と-8m(GL-8.0m)の位置で，掘削過程と杭引き抜きの過程を模擬した強制変位後のtijモデルとMCモデルの半径方向の平均主応力分布を示す。横軸は孔壁からの距離，縦軸は平均主応力(σ_m)を示しており，オレンジの縦線は孔壁の位置を示している。まず掘削過程について，tijモデルでは孔壁付近に応力低下が見られるが，MCモデルでは応力の低下は見られなかった。引き抜き過程について，tijモデルでは，強制変位を与えた範囲

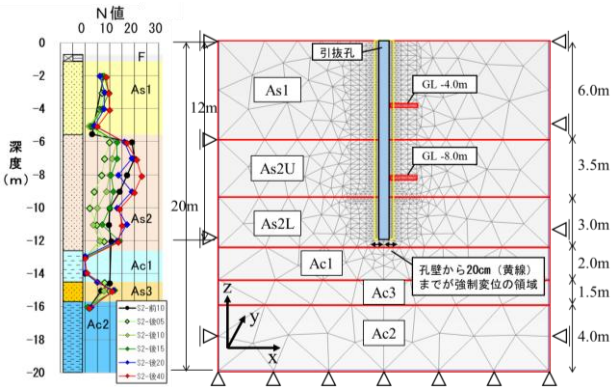


図1 現地状況と解析メッシュ (断面図)

表1 モール・クーロンモデルの材料定数

土層	水中単位体積重量 γ [kN/m ³]	修正せん断剛性 G [kN/m ²]	ポアソン比 ν [-]	粘着力 c [kPa]	せん断抵抗角 ϕ [deg]
As1	7.63	11629	0.330	13.7	41.6
As2U	7.83	24000		11.3	42.8
As2L	8.14	24400		29.1	37.5
Ac1	6.18	10649		35.1	0.3
As3	6.37	12375		21.6	35.1
Ac2	6.18	10649		35.1	0.3

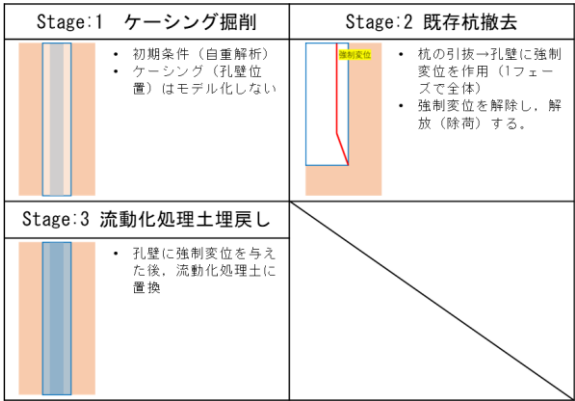


図2 解析手順

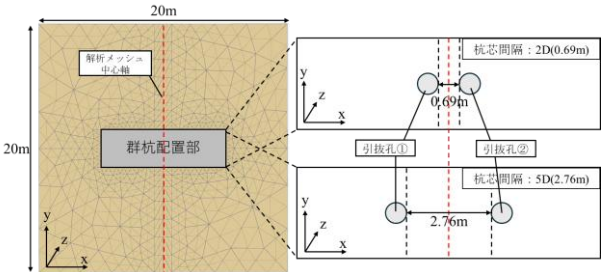


図3 群杭(2本引き抜き)の解析メッシュ (平面図)

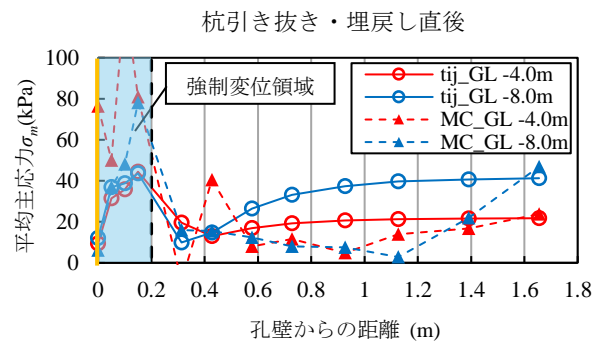
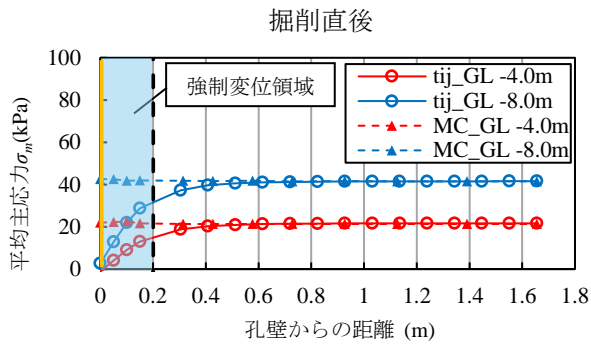


図4 各深度の孔壁近傍における半径方向の平均主応力分布（単杭）

では平均主応力が増加し、強制変位領域の外周部では平均応力は低下した。この傾向は軸対称の場合と同様で、孔壁近傍のアーチ効果がみられる。MCモデルは、tijモデルと比べると、深度-4.0mの位置や深度-8.0mの位置のどちらも孔壁近傍の応力が高くなり、強制変位領域の外側では平均主応力低下が著しく、またその範囲がかなり広がる。平均主応力が最も低下した位置は孔壁から0.8m~1.2mの位置であり、tijモデルと比べて地盤の応力の変化は大きく異なった。

次に、複数杭の結果について述べる。ここではtijモデルを用いている。今回の検討では杭芯間隔として2D（杭間0.69m）、5D（杭間2.76m）の2つを設定した。Dはケーシングの直径0.69mを表す。群杭の引き抜きは、図3の引抜き孔①の杭を引抜きその後、引抜き孔②の杭の引抜きを実施している。図5に2Dの場合の、図6に5Dの場合の2本杭の引き抜き・埋戻し直後の杭間の平均主応力の分布を示す。オレンジの縦線は各孔壁の位置を示しており、赤丸線はGL-4.0m、青丸線はGL-8.0mでの平均主応力、赤・青破線はその深度における初期の平均主応力を示している。図7には平均主応力のコンター図を示す。2Dの場合は杭間中央では平均主応力が0kPaに近づいており、2本の杭を引き抜くことによって応力低下が著しくなっていることが分かる。一方、5Dの方は引き抜き杭周辺では応力低下が発生するが、杭間中央では原地盤に近い平均主応力を維持していることが分かる。

4. まとめ

3Dモデルを用いて杭引き抜きシミュレーションを実施した。tijモデルとMCモデルでは孔壁近傍の応力上昇が見られたものの、応力低下の分布が異なっていることがわかった。2本杭の引き抜きでは杭芯間隔が狭いことで杭間の地盤内応力が著しく低下することを示した。

謝辞

本研究を進めていくにあたり、株式会社地域地盤環境研究所の中井照夫氏に多大なる技術的支援をいただきました。心より感謝申し上げます。

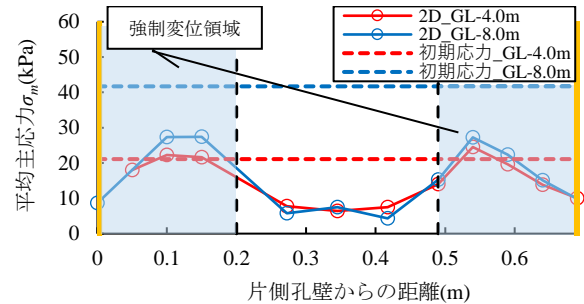


図5 杭芯間隔(2D=0.69m)における平均主応力

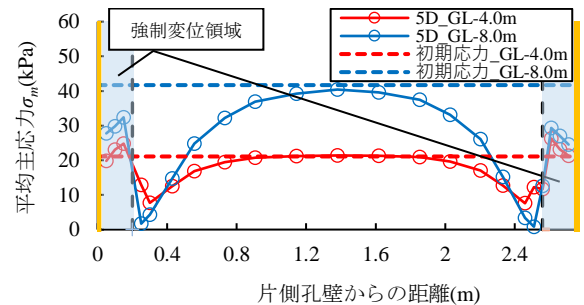


図6 杭芯間隔(5D=2.76m)における平均主応力

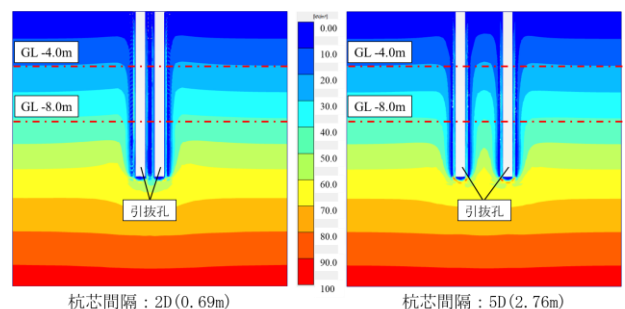


図7 杭引き抜き直後における各杭芯間隔の平均主応力コンター

参考文献；1) 金田一広他:既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響（緩み）に関する数値解析的研究～軸対称～, 日本建築学会大会, 2025(投稿中). 2) 青木雅路, 森利弘他: 既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響（緩み）に関する研究（その1～6）, 日本建築学会学術講演梗概集, 2021. 3) Nakai T. and Hinokio M.: A simple elastoplastic model for normally and over consolidated soils with unified material parameters, *Soils and Foundations*, 44(2), 53-70, 2004.

*1 千葉工業大学, *2 建築基礎・地盤技術高度化推進協議会, *3 千葉大学, *4 熊谷組

*1 Chiba Institute of Technology, *2 Alliance for advanced design and construction of building foundations, *3 Chiba University, *4 KUMAGAIGUMI Co., Ltd.