

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 ～杭径の影響と粘性土地盤での検討～

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*}、中井 照夫^{5*}

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

既存杭の撤去および埋戻し工事において、周辺地盤がどのように緩むのかを軸対称条件による数値解析によって詳細に検討することを前報では報告した¹⁾。本稿では「引き抜く杭径」や「杭周辺地盤が粘性土」の場合に地盤の緩みの影響について数値解析で検証を行った。

2. 解析条件について

解析対象の地盤を図1に示す。材料定数を含む詳細な計算条件については、参考文献^{1),2),3)}を参照されたい。地盤にはSubloading t_{ij} モデル⁴⁾（以下、 t_{ij} モデル）を用いた軸対象条件で実施している。表1に t_{ij} モデルのパラメータを示す。杭径（撤去ケーシング径）の違いについては砂質土地盤で実施しており Case A のパラメータとした。粘性土地盤は、Case Bのパラメータとし、正規圧密、過圧密および超過圧密の3ケースを想定している。図2に拘束圧14.5kPaにおける側圧一定非排水三軸圧縮試験の結果を示す。掘削から引抜き、流動化処理土による埋戻しまでの施工過程を図3のようにモデル化した。杭径の違いについては基準となる既存杭の杭径（撤去ケーシング径）を0.69m（1倍）とし、新たにこれを2倍、3倍としたケース（Case A）で解析を実施した。また、粘性土地盤の検討（Case B）では、杭径を0.69mに固定した上で、正規圧密状態（Case NC）、過圧密状態（Case OC）、更に過圧密な状態（Case HOC）の3ケースを設定し、解析を実施した。

3. 杭引抜きを模擬した掘削解析

Stage1 までは地盤を掘削し、そこに泥水圧($\gamma'=3.2\text{ kN/m}^3$)を作用させる。次に Stage2 で杭を引抜くときに孔壁に負圧が発生すると想定される。そこで図1内の①～④の領域全体に、30秒間に-30kPaを作用させ、砂質土地盤および粘性土地盤（3ケース）内の負圧の伝達を調べた。この負圧伝達に応じて強制変位を作用させる領域を決定した。Stage3 では負圧の発生に伴い、既存杭の周辺地盤が杭中心方向へ移動すると仮定して強制変位を実施した。Stage4 では、流動化処理土の埋戻しに伴う孔壁面へ泥水圧($\gamma'=5.2\text{ kN/m}^3$)の作用と応力解放を実施した。

3-1. 砂質土における杭径の影響 (Case A)

基準となる杭径（1倍径）および2倍径、3倍径のケースについて、杭引抜き前および引抜き後の地盤において

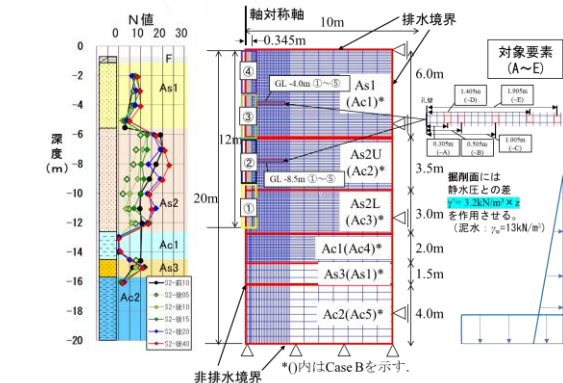


図1 現地状況と解析メッシュ（杭径:0.69m）

表1 CaseA および、CaseB の t_{ij} パラメータ

パラメータ	Case A			Case B (Ac1/Ac2/Ac3)		
	As1	As2U	As2L	Case NC	Case OC	Case HOC
λ (圧縮指数)	0.10	0.34	0.34		0.34	
κ (膨張指数)	0.010	0.011	0.011		0.011	
R_d (応力比)	3.0	3.2	3.2		3.2	
N ($\sigma'_v=98\text{ kPa}$ の時の間隙比)	1.30	1.24	1.28		1.75	
N (σ'_v アゾン比)	0.2	0.2	0.2		0.2	
β (降伏関数パラメータ)	1.50	1.20	1.20		1.20	
e_g (初期間隙比)	1.020	0.940	0.980	2.0/1.6/1.4	1.8/1.5/1.3	1.6/1.4/1.2
aIC, aAF	420	520	900		40	

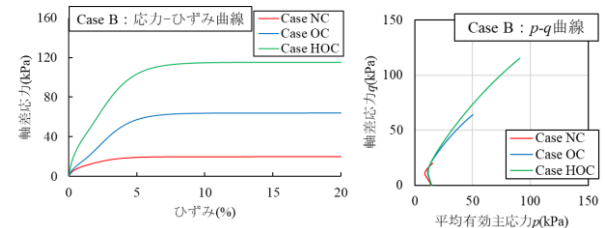


図2 Ac1層における側圧一定非排水三軸圧縮試験の結果

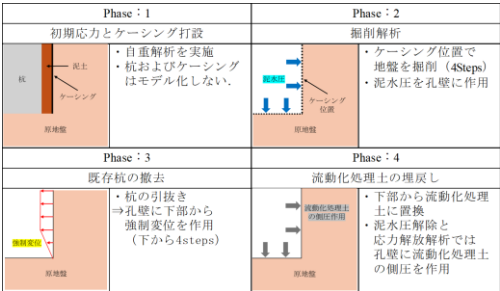


図3 解析手順

Numerical study on the effect on the surrounding ground due to removal and backfilling of existing piles

SUDO Yusuke, KANEDA Kazuhiro, AOKI Masamichi, NAKAI Shoichi, MORI Toshihiro, Teruo NAKAI

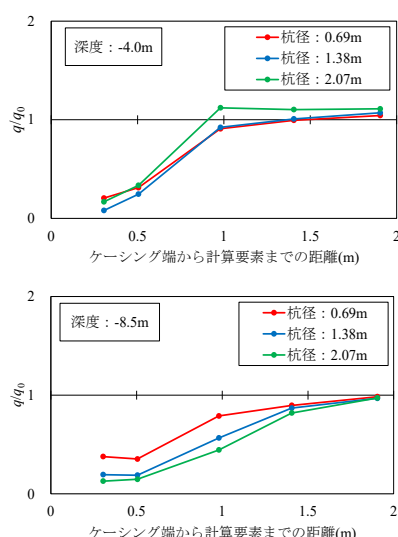


図4 CaseAにおける軸差応力比とケーシングからの距離の関係

地盤の状態変数を設定して側圧一定排水三軸試験のシミュレーションを実施した。図4に深度4mおよび8.5m地点の地盤の解析結果を示す。縦軸は引抜後の軸差応力のピーク q を初期地盤の軸差応力 q_0 のピークで割った比(q/q_0)を、横軸はケーシング端からの計算要素までの距離を示している。

ケーシング端から0.3m近傍の領域では、杭径が大きくなるほど軸差応力比が低下する傾向が認められた。一方で、ケーシング端から1.5m～2.0mの領域においては、全てのケースで軸差応力比は1.0近傍を推移しており、有意な応力低下は確認されなかった。つまり、ケーシング径にかかわらず地盤の乱れる範囲はおおよそケーシング端から1.5m程度であることが分かった。図5に杭径2.07mの場合の杭引き抜き後の平均有効主応力の分布を示す。杭径端を基準の1倍とした場合にはケーシング端近傍においてアーチング効果が確認されたが、杭径を3倍としたケースではこのアーチング効果が消失する傾向が示された。これは、掘削径が増大することでアーチ形成に必要なスパンが過大となり、地盤の自立性が低下したためと考えられる。

3-2. 粘性土(Case B)における地盤挙動

透水係数は一般的な粘性土の値として $k=1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ を設定し、砂質土と同様に孔壁へ-30kPaの負圧を30秒間作用させ強制変位を与える範囲を求めた。いずれの状態においても地盤内の間隙水圧にほとんど変化は見られず、負圧の伝播は確認できず結果として強制変位を作用する範囲は局所的となった。これは、粘性土の透水係数が極めて小さく、かつ負圧作用時間が短時間であったため、間隙水圧の伝達が少なくなったことに起因する。また、図

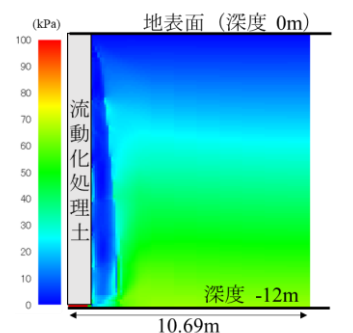


図5 CaseA、杭径：2.07mの杭引抜後の平均有効主応力の分布

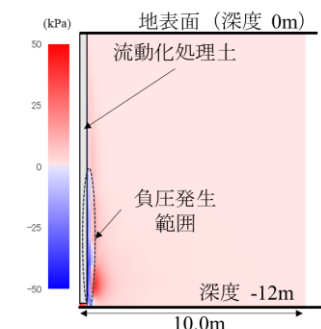


図6 Case B・NCの杭引抜直後の過剰間隙水圧の分布

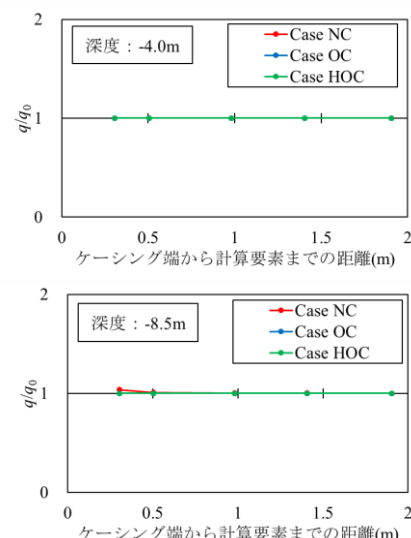


図7 CaseB(Case NC)における軸差応力比とケーシングからの距離の関係

6に引抜き解析終了時のCase NC（正規圧密状態）の過剰間隙水圧分布を示す。わずかも強制変位によってせん断が生じると負圧が生じ孔壁は自立方向の作用を持つ。図7に深度4mおよび8.5m地点の地盤の解析結果を示す。その後流動化処

理土を埋戻し、30日間の放置に伴い、間隙水圧は消散していくが地盤の変形や緩みはほとんど生じない。粘性土地盤では引抜きに伴う強制変位の範囲が縮小されるとともに強制変位が生じたとしても負圧の効果によってほとんど周辺地盤に乱れは発生しないと考えられる。

4. まとめ

本解析条件下において、砂質土では、杭径によらず地盤の乱れが生じる範囲は2m以内に留まることが確認された。粘性土では、透水性が低いと短時間の負圧作用による地盤の緩みはほとんど生じない結果となった。

謝辞

本研究は、科研費23K26248の助成を受けて実施した。また、数値解析にはtj地盤解析研究会による2次元弾塑性解析ソフトFEMtj-2Dを使用した。参考文献；1)金田一広，青木雅路他：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～，日本建築学会学術講演梗概集，2025.2)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)金田一広，青木雅路他：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15），日本建築学会学術講演梗概集，2023.4) 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, *5 地域地盤環境研究所

*1 Chiba Institute of Technology, *2 Alliance for advanced design and construction of building foundations, *3 Chiba University, *4 KUMAGAIGUMI Co., Ltd., *5 Geo-Research Institute