

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~

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

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

本稿では以前報告した既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤の緩みの数値解析についてさらに詳細な検討を行ったので報告する。

2. 解析条件について

解析対象の地盤を図1に示す。材料定数を含めて詳細は参考文献^{1),2)}を参照していただきたい。前報と同様に杭撤去に影響があると想定される地盤は Subloading tij モデル(以下 tij モデル)³⁾を用いて、それ以外は弾性体としている。表1には tij モデルのパラメータを示す。本研究は縁切り引抜工法を模擬しており、解析では図1のように考えている²⁾。Stage1は、ケーシング掘削工程で、自重解析を実施後、ケーシング内位置の要素を泥土に置換した。解析上、掘削時間40分、その後24時間放置した。掘削後の孔内は泥水($\gamma_w=13\text{kN/m}^3$)と設定し、泥水圧と静水圧との差分を孔壁面に与えた。Stage2は、既存杭引抜き工程で、杭の引上げにより発生する負圧が孔壁を引張り、周辺地盤へ影響を与えると考え、解析では孔壁面を強制変位させている。また、孔壁面の泥水圧と強制変位に伴う解放力の解除を行った。Stage3～4は埋戻し工程で、撤去孔下部より孔内の泥土を未固化流動化処理土に置換すると想定して孔壁に流動化処理土($\gamma_f=15\text{kN/m}^3$)と泥水の差分の圧力を作用させた。上部までの置換に27日かけ、その後17日間放置した。弾塑性解析では施工履歴がその後の変形に大きく作用する。掘削や引抜き段階では連続的に開放や圧力が作用されることになるが、簡易的に解析では杭長12mを4分割して検討することにした。すなわち掘削過程では④から①へ、引抜き段階では①から④へ(図1)作用させている。前報では、Stage2で強制変位量を孔壁壁面のみ、50mmと仮定して行っていた。本研究ではStage2の段階で杭を引き上げる際に発生すると想定される負圧を実際に作用させ、地盤内にどの範囲で影響が発生するか調べた後、強制変位を載荷することとした。

3. 杭引き抜きを模擬した掘削解析

Stage1までは地盤を掘削し、そこに泥水圧を作用さ

せる。次にStage2で杭を急激に引き抜くときに孔壁に負圧が発生すると想定される。そこで①～④の領域全体に、1分間に-10kPaを作用させ、地盤内の負圧の伝達を調べた。図3に周辺地盤の伝達の様子を示す。深

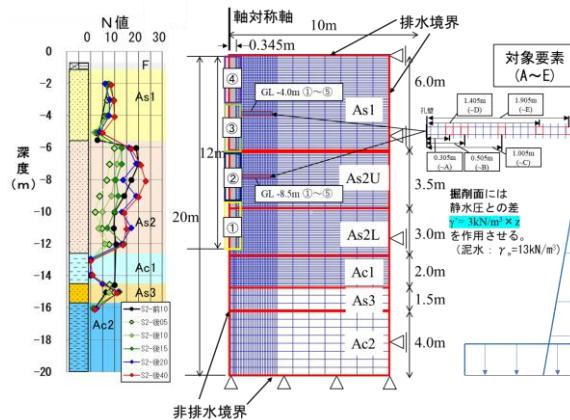


図1 現地状況と解析メッシュ

Stage:1 ケーシング掘削	Stage:2 既存杭撤去
<ul style="list-style-type: none"> 初期条件(自重解析) ケーシング(孔壁位置)はモデル化しない ケーシング位置で泥水圧を作用(掘削後24時間放置) 	<ul style="list-style-type: none"> 杭の引抜き→孔壁に強制変位を下部から作用(4ステップ) 泥水圧解除+強制変位に伴う解放力解除
Stage:3 流動化処理土埋戻し	Stage:4 放置
<ul style="list-style-type: none"> 孔壁に強制変位を与えた下部から流動化処理土を置換 	<ul style="list-style-type: none"> 上部まで置換完了後に放置(27日放置)

図2 解析手順

表1 tij モデルのパラメータ

パラメータ	As1	As2U	As2L
λ (圧縮指数)	0.10	0.10	0.10
κ (膨潤指数)	0.01	0.01	0.01
R_s (応力比)	3.00	3.0	3.00
$N(p=98\text{kPa})$ の時の間隙比	1.30	1.24	1.28
$N(\phi^{\circ}=30)$ の時の間隙比	0.20	0.20	0.20
β (降伏関数パラメータ)	1.50	1.50	1.50
e_{d0} (初期間隙比)	1.00	0.94	0.98
aIC	400	400	600
aIF	400	400	600
k_a	12.0	12.0	30.0

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

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

度が大きいほど周辺地盤への影響は大きくなり、深度が小さくなるほど小さくなることが分かる。なお、負圧を-50kPa などと大きくしてもこの割合はほとんど変わらないことを確認している。そこでこの分布をもとに孔壁および周辺地盤に図 4 のように節点に強制変位量を載荷させる。孔壁の深部が大きく、周辺に行くほど強制変位量が小さくなる。最大強制変位量はここでは 80mm とした。図 5 に、解析に伴う応力と間隙比の変化を考慮した要素の排水せん断試験時の偏差応力 ($=\sigma_I - \sigma_3$) ~ 軸ひずみ関係例を示す。(図 1 GL-8.5mC 要素 (ケーシング端から 1.005m)) これは解析終了時の要素の地盤情報をもとに非排水せん断試験を実施している。応力の最大値 τ_{max} は、 $1/2$ 偏差応力 ($=(\sigma_I - \sigma_3)/2$) となる。要素は、同図には撤去前の値 (initial と記載) も示す。要素の偏差応力の最大値の低下が見られて引き抜きによる地盤の乱れが発生していることが分かる。図 6 に、GL-4.0m (As1 層)、GL-8.5m (As2 層) のせん断応力最大値の変化割合 ($\tau_{max}/\tau_{max_ini}$) とケーシング端からの距離との関係を示す。ケーシング端から強度低下がみられる。これは孔壁内部への強制変位によるアーチ効果とその周辺の有効応力の低下に起因する。地表から-8.5m の方は孔壁から 1.5m になっても低下がみられるが、-4m の方は 1m を過ぎると低下がみられなくなる。この傾向は図 1 に示す実際の施工現場と同等である。図 7 には掘削直後と最終段階の平均有効応力のセンター図を示す。掘削だけでは周辺地盤への影響はほとんど見られないが、強制変位後の地盤は深部の孔壁に有効応力が高い赤い領域が発生する。これはアーチ効果によるもので、その周辺は有効応力が低下しているのが分かる。浅部になるほどその傾向は小さくなる。

4. まとめ

tij モデルではせん断とともに剛性が低下していくため変形が大きくなっている。軸対称条件での掘削ではアーチング効果が発揮されることを数値解析で示した。本研究は、科研費 23K26248 の助成を受けて実施した。また、本解析は、FEM tij -2D プログラム (tij 地盤解析研究会) を用いた。

参考文献 ; 1) 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. 2) 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. 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.

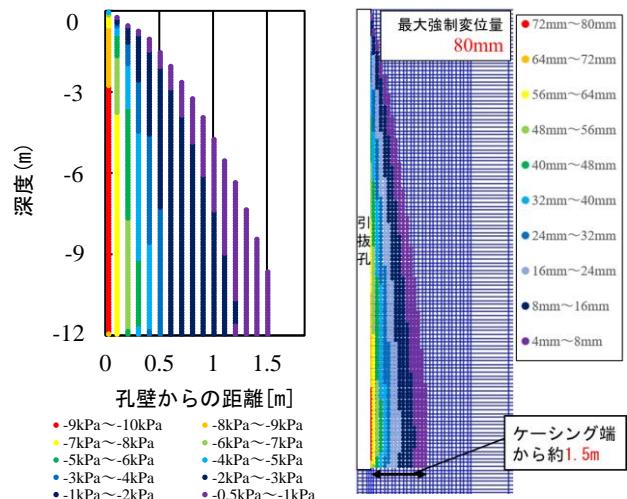


図 3 地盤内の負圧伝達
とその強度

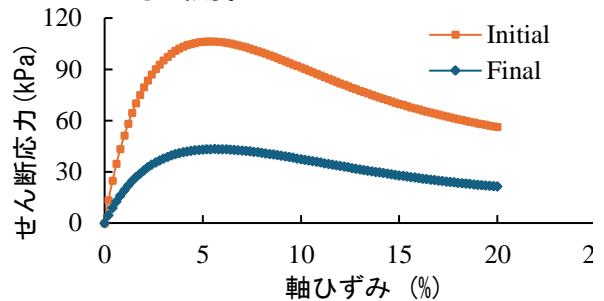


図 5 解析に伴う要素の排水せん断試験時の偏差応力 ($=\sigma_I - \sigma_3$) ~ 軸ひずみ関係例 (GL-8.5mC 要素)

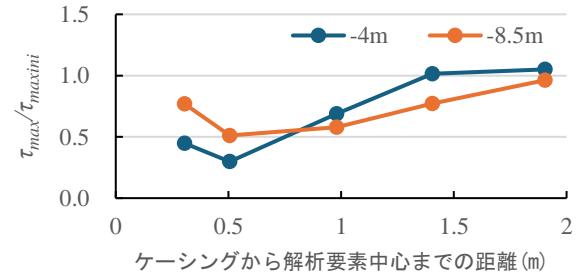


図 6 せん断耐力の変化割合($\tau_{max}/\tau_{max_ini}$)とケーシング端からの距離

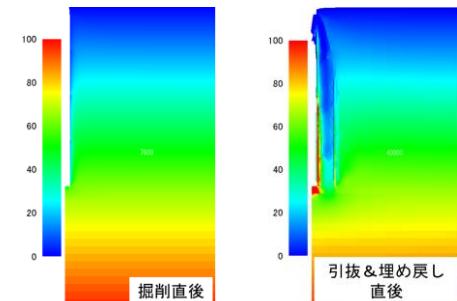


図 7 平均有効応力センター図

*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.