

# 杭基礎の引抜き孔が周辺地盤の動的挙動に及ぼす影響の解析的検討

杭基礎 引抜き孔 動的挙動

明石工業高等専門学校 学生会員 ○納庄一希  
 岡山大学 非会員 鳥越友輔  
 明石工業高等専門学校 国際会員 稲積真哉  
 (株)マルシン 非会員 桑原秀一

## 1. はじめに

近年、高度経済成長時構築された建物の老朽化による建替え需要が益々高まっている<sup>1)</sup>。これより、既存杭の撤去工事が増加しており、その中でも振動・騒音問題などの環境問題への意識の高まりから、引抜き工法が多く施工されている。しかしながら、現状としては、杭の引き抜き跡には引抜き孔が形成され、この引抜き孔による当該地盤の力学特性の低下が懸念されている。加えて、引抜き孔に注入される充填材には未だ規定がなく、充填材の材料の配合や、充填材の強度が地盤に与える影響も解明されていない。本研究は、杭の引抜きおよび充填材が地盤の動的挙動に与える影響を2次元動的全応力解析によって検討した上で、引抜き孔に注入される充填材に求められる特性を明らかにするものである。

## 2. 検討方法

本研究では動的全応力解析により解析を行う。検討手順について①～④に述べる。

- ① 検討断面および入力地震動波形を選定する。
- ② ①で選定した検討断面をもとに解析モデルを作成し、解析領域をメッシュ分割する。
- ③ 解析定数を選定する。初期応力解析および動的全応力解析における適用構成モデルと材料パラメータを設定する。
- ④ 初期応力解析を行う。これより算出した地盤内応力を引き継ぎ、動的全応力解析を行う。ここでは地盤部分に対し修正HDモデル、充填材部分に対し弾性モデルを適用し、解析モデル底面に地震加速度を入力する。

## 3. 解析モデルおよび材料パラメータ

解析では、断面を2層とし、上部層を軟弱な粘土層、下部層を支持層となる砂礫層とする。解析断面の幅は50mとし、粘土層の層厚を18m、砂礫層の層厚を8mとし、断面の深さの合計を26mとする。引抜き孔については、本数を2本とし、孔径1mで引抜き孔間隔を4m、深さ20mとし、砂礫層への根入れ深さは2mとする。

本研究では、引抜き孔がない場合、引抜き孔を空洞とし場合、引抜き孔を充填した場合の3種類の解析を行う。また、引抜き孔を充填した場合は、充填材に流動化処理土を用い、充填材強度が地盤に及ぼす影響を比較するために強度の異なる3種類により解析を行う。本研究で設定した地盤の断面図を図-1に、解析に用いた有限要素メッシュを図-2に示す。図-2では赤枠で囲んだ箇所が充填材の部分である。解析では、地盤部分の材料に対して修正HDモデル、充填材部分の材料に対して線形弾性モデルを適用した。本研究で用いた地盤部分の材料定数を表-1、充填材部分の材料定数を表-2に示す。パラメータについては既往の文献を参考に決定した<sup>2)3)</sup>。解析ではエルセントロ1940NS波を基盤面に作用させる。

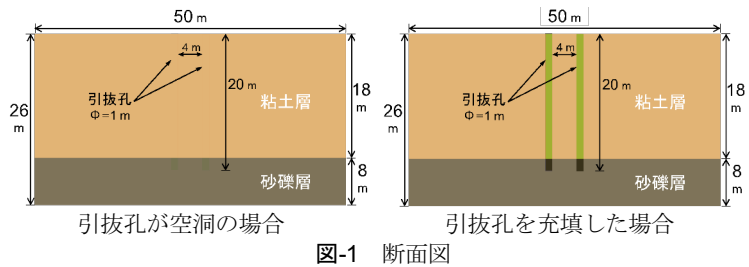


図-1 断面図

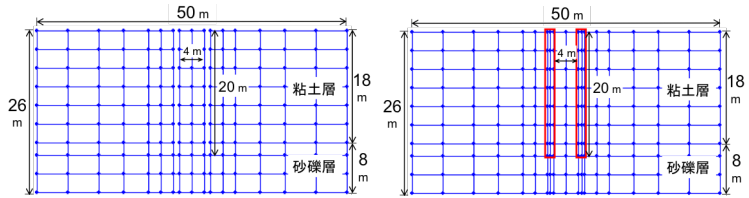


図-2 有限要素メッシュ

## 4. 解析モデルおよび材料パラメータ

解析により得られた、地盤に引抜き孔がない場合、引抜き孔が空洞の場合、引抜き孔を充填した場合の変位最大時の変位図を図-3に、地盤に引抜き孔がない場合および、引抜き孔を充填した場合のX方向変位コンター図を図-4に、Y方向変位コンター図を図-5に示す。

図-3から、引抜き孔が空洞の場合のみ大きな地盤沈下が生じていることが分かる。地表面で最大60cm程度の沈下が生じており、非常に危険である。しかし引抜き孔を充填した場合には沈下が生じ

表-1 地盤部分の材料パラメータ

材料名	$\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\gamma_w$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$G_0$ (kPa)	$\sigma'_m$ (kPa)	$\nu$	$c$ (kPa)	$\phi$ ( $^\circ$ )	$R_f$
粘土層	15	9.8	27900	90	0.45	25	0	1.0
砂礫層	21		298485	236	0.40	0	50	1.0

表-2 充填材部分の材料パラメータ

材料名	$Q_u$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\gamma_w$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$E$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\nu$	
引抜き孔 (充填材)	①	0.1	15	9.8	25280	0.48
	②	0.5			126400	0.46
	③	1.0			252800	0.44

Dynamic Analysis on Influence of Pull-out Holes of Pile Foundations to Dynamic Behaviors of Surrounding Grounds

Kazuki Noshō<sup>1</sup>, Yusuke Torigoe<sup>2</sup>, Shinya Inazumi<sup>1</sup> and Shuichi Kuwahara<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>National Institute of Technology, Akashi College, <sup>2</sup>Okayama University, <sup>3</sup>Marushin Co., Ltd.)

ておらず、引抜孔を充填することが有効であると言える。

図-4 から、充填材①を用いた場合には変位最大時の水平変位が他のケースと異なり、左側への変位となっていることが分かる。水平変位の時刻歴図を図-6 に示す。図-6 から、充填材①を用いた場合のみ、明らかに水平変位の挙動が他のケースと異なっていることが分かる。他のケースでは時刻 5 秒付近で急激に右側への変位が生じ、その変位が残ったまま変位が続いているが、充填材①を用いた場合には時刻 5 秒付近での変位が小さく、その後すぐに変位が戻っている。このことから、充填材強度が小さすぎると地盤の水平変位の挙動が大きく変わることが考えられる。図-4 の他のケースについて見ると、充填材③を用いた場合に水平変位が最も大きくなっており、引抜孔がない場合と充填材②を用いた場合では変位が近似していることが分かる。地盤中心線における水平変位を比較したグラフを図-7 に示す。図-7 から、どのケースにおいても粘土層下部で急激な変位を生じていることが分かる。これは地震動により、粘土層下部で大きなせん断ひずみが生じたからであるが、充填材強度が大きくなるほど、せん断ひずみの生じる範囲が大きくなる。図-7 において急激な変位を生じている粘土層部分から変位の増加が急激に小さくなる部分までが大きなせん断ひずみの生じている範囲である。このため、充填材強度が大きくなるほど変位量も大きくなったと考えられる。また図-7 から、本研究で想定した地盤では充填材②を用いた場合が最も引抜孔のない地盤の挙動に近くなると考えられる。

図-5 から、鉛直方向については、充填材②、③において充填部分の左側で隆起が生じ、右側では沈下が生じている。また充填材強度が大きくなるほど、この変位も大きくなっていることが分かる。これは、充填材強度と周辺地盤の強度とに差があるために、充填部分周辺の地盤に応力が集中したということが考えられる。解析では地盤を等方性体として考えているので、応力の集中により充填部分の左側で圧縮ひずみが生じると、鉛直方向に引張りひずみが生じる。また同様に右側で水平方向に引張りひずみが生じると、鉛直方向には圧縮ひずみが作用する。このことから図-5 のように充填部分左側で隆起が生じ、右側で沈下が生じたと考えられる。また、充填材強度が大きいほど大きなひずみが生じ、地盤の浅い箇所においてもひずみが生じることから、充填材③を用いた場合での変位が大きくなったと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、杭基礎の引抜孔が地盤の動的挙動に及ぼす影響を解明するために、2次元動的全応力解析を行った。これより、引抜孔のある地盤に地震が生じたとき、空洞の場合では非常に大きな沈下が発生するが、引抜孔を充填することで沈下は発生しなくなり、充填することの有効性が確認された。しかし、充填材強度が現地盤の強度に対して過度に小さいと引抜孔がない地盤の挙動と大きく異なる可能性があり、充填材強度が過度に大きいと地盤の変位が大きくなる可能性があるため、地盤条件に合わせて充填材強度を変える必要があるということが明らかになった。また、本研究により、2次元動的全応力解析を用いることで引抜孔のある地盤の動的挙動を再現することができたと言える。

【参考文献】

- 1) 総務省：公共施設等の解体撤去事業に関する調査結果，総務省，2012。
- 2) 古垣内靖，中沢楓太，宇高泰，徳田啓輔；流動化処理土のヤング率に関する考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.591-592，2014。
- 3) 古垣内靖；流動性と自硬性を有した埋戻し材の変形特性，東急建設技術研究所報，No.37，pp.41-44，2011。

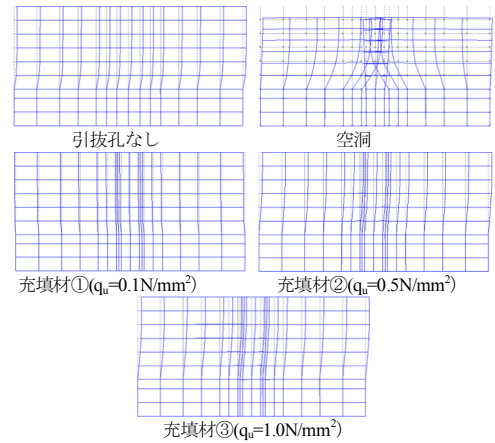


図-3 変位図(変位量5倍)

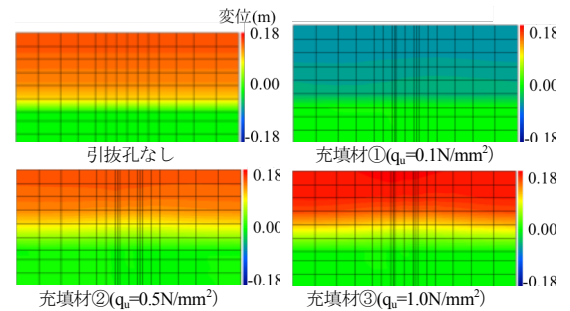


図-4 X方向変位コンター図

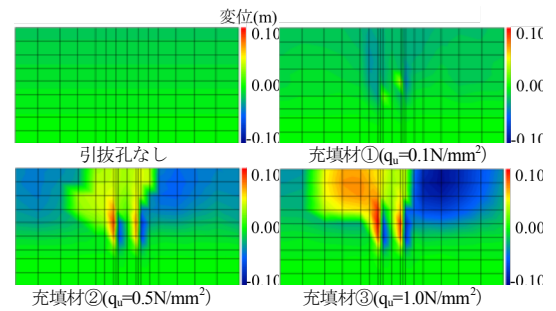


図-5 Y方向変位コンター図

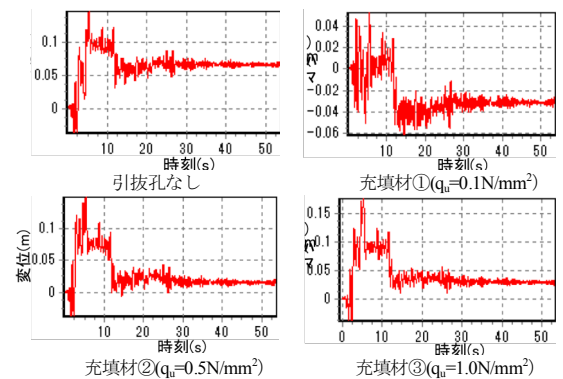


図-6 水平変位の時刻歴

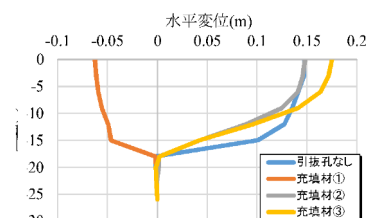


図-7 水平変位量分布