

既存杭引抜孔への充填材が周辺地盤に与える効果に関する数値解析

杭基礎 充填材 FEM 解析

明石工業高等専門学校 学生会員 ○納庄一希  
 (株)マルシン 正会員 桑原秀一  
 (株)横浜ライト工業 非会員 浜口伸一  
 芝浦工業大学 国際会員 稲積真哉

1. はじめに

我が国の都市の多くは杭基礎を用いた構造物が多い。そのため既設構造物が存在する場所において新たな土地活用を図るには、構造物を支持していた既存杭を新たな構造物の施工のために撤去する必要がある。既存杭の撤去には、引抜き工法が多く施工されている。さらに、杭の引き抜き跡には引抜孔が形成されるが、引抜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。そこで本研究では、既存杭引抜孔への充填材が周辺地盤に与える効果を2次元動的FEM解析によって検討した上で、既存杭引抜孔への充填材に求められる特性を明らかにする。

2. 検討方法

本研究では静的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19m、砂礫層の層厚を6mとし、断面の深さの合計を25mとする。引抜孔については、本数を1本とし、孔径1m、深さ20mとし、砂礫層への根入れ深さは1mとする。

本研究では、既存杭引抜孔への充填材が周辺地盤に及ぼす効果について解析を行う。既存杭引抜孔への充填材には流動化処理土を用い、充填材強度が地盤に及ぼす効果を比較するために強度の異なる10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、充填材部分の材料定数を表-1に、地盤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>。

4. 解析結果

本解析によって得られた、既存杭引抜孔への強度の異なる10種類の充填材が周辺地盤に与える効果についての結果を図-3、図-4に示す。図-3は、強度の異なる各充填材を使用した時の、解析断面における最大沈下量を示している。図-4は、異なる強度の充填材を使用した時の、各深さにおける最大沈下量を比較したグラフとなっている。図-3を見ると、充填材の強度が0.1N/mm<sup>2</sup>、0.2N/mm<sup>2</sup>の場合では、X=0、つまり注入した充填材中央部に

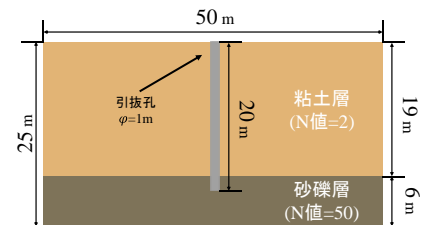


図-1 断面図

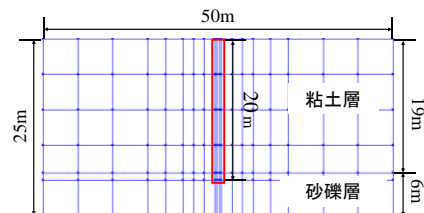


図-2 有限要素メッシュ

表-1 充填材部分の材料パラメータ

材料名	$q_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	
引抜孔 (充填材)	①	0.1	15	9.8	15700	0.479
	②	0.2			31400	0.476
	③	0.3			47100	0.472
	④	0.4			62800	0.468
	⑤	0.5			78500	0.464
	⑥	0.6			94200	0.460
	⑦	0.7			109900	0.456
	⑧	0.8			125600	0.452
	⑨	0.9			141300	0.448
	⑩	1.0			157000	0.444

表-2 地盤部分の材料パラメータ

材料名	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$G_0$ (kPa)	$\sigma'_m$ (kPa)	$\nu$	c (kPa)	$\phi$ (°)	$R_f$
粘土層	15	9.8	26985.77	67.5	0.45	19.6	0	1.0
砂礫層	20		173722.74	201	0.40	0	42	1.0

Development of pulling-out of existing piles and influence of the pulling-out holes on surrounding ground

Kazuki Noshō<sup>1</sup>, Shuichi Kuwahara<sup>2</sup>, Shinichi Hamaguti<sup>3</sup> and Shinya Inazumi<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>National Institute of Technology, Akashi College, <sup>2</sup>Marushin Co., Ltd., <sup>3</sup>Yokohama Wright Industries Co., Ltd.,

<sup>4</sup>Shibaura Institute of Technology)

において、最大沈下量が最も大きくなっていることがわかる。このことから、充填材の強度が足りず、周辺地盤が解析断面中央に存在する、既存杭引抜孔への充填材部分に沈み込んでいるのではないかと考えられる。また、充填材強度が  $0.4\text{N}/\text{mm}^2$  以上の充填材を使用した場合においては、充填材強度が  $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ 、 $0.2\text{N}/\text{mm}^2$  を使用した場合とは異なり、充填材中央部において、最大沈下量が最も小さくなっている。このことから、充填材強度が周辺地盤の強度よりも高く、周辺地盤が沈下していることと予想される。充填材強度が  $0.3\text{N}/\text{mm}^2$  の場合では、最大沈下量はほぼ満遍なく生じており、本解析断面においては、他の充填材よりも最も現地盤に近い挙動を示している。これは充填材の強度が、周辺地盤の強度と最も近いものであると考えられる。

次に、図-4を見ると、地表から深さ 20m の位置では、充填材の強度が高くなるほど最大沈下量が大きくなっていることがわかる。しかし、充填材部以外の場所では、充填材の強度が高くなるほど最大沈下量が小さい。深さ 19m の位置では、充填材部においては、充填材の強度が低いほど最大沈下量が大きく、他の水平位置においては、ほぼ同程度の最大沈下量を示している。地表からの深さが 15m、10m、0m の位置では充填材部において充填材の強度が高いほど最大沈下量が小さい値を示しており、中心からの距離が  $\pm 12\text{m}$  の付近より、充填材の強度が低いほど最大沈下量が小さいという結果となった。これは上記した充填材の強度と周辺地盤の強度との関係が影響しとものであると考えられる。また、中心からの水平距離が  $\pm 12\text{m}$  以降において、充填材の強度が低いほど最大沈下量が小さいという結果からは、解析断面において、断面中央部に向かい沈下しているであろうと推測される。

以上のことを踏まえ、本研究における解析断面では既存杭引抜孔への充填材の強度は  $0.3\text{N}/\text{mm}^2$  以上のものを使用すれば、充填材部へ向かう沈下が生じないため、適当であると考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、既存杭引抜孔への充填材に求められる特性を明らかにするために、既存杭引抜孔への充填材が周辺地盤に与える効果を2次元動的FEM解析によって行った。これより、既存杭引抜孔への充填材の強度が、周辺地盤の強度よりも低いと、充填材部に向けて周辺地盤が沈下することがわかった。そのため、引抜孔への充填材には各地盤条件に合わせた最低強度を満足していればよいと考えられる。

本研究の今後の課題としては、地盤の条件を変更した場合、本解析結果と比較し、どのような影響があるのかを検討する必要がある。

〔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。

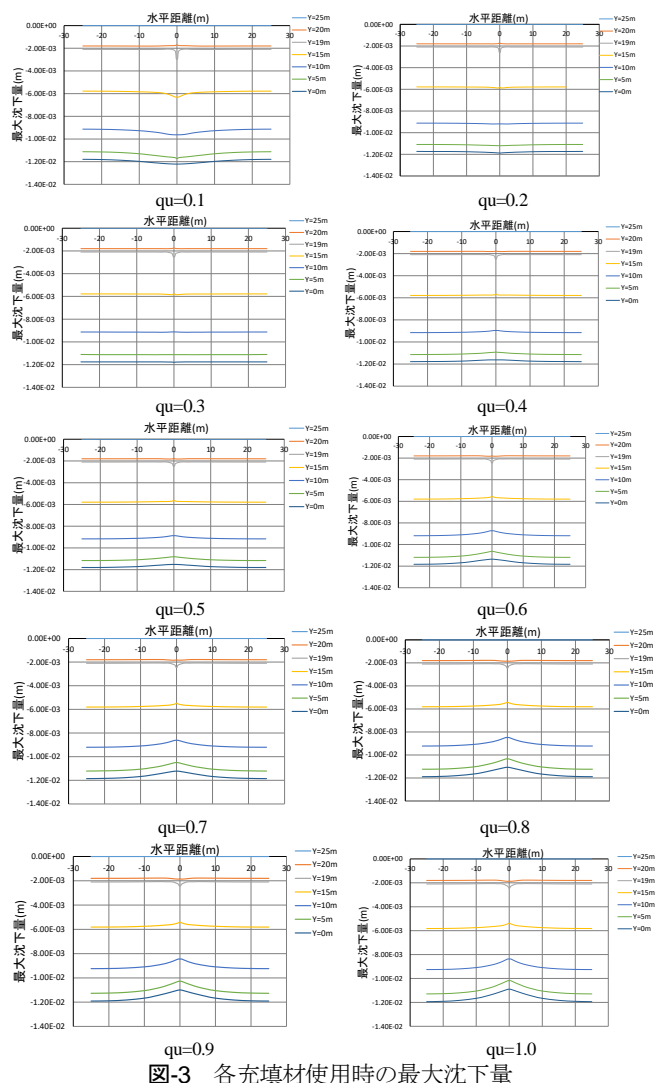


図-3 各充填材使用時の最大沈下量

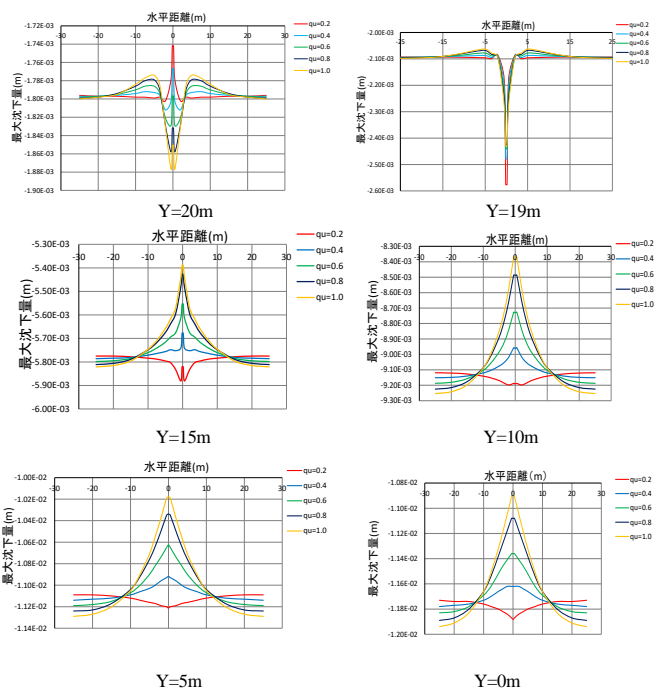


図-4 各深さにおける最大沈下量の比較