

構造物基礎の引抜き孔が原地盤の静的・動的挙動に及ぼす影響の解明

地盤 引抜き孔 FEM 解析

芝浦工業大学 学生会員 ○佐藤昭孝
 芝浦工業大学 国際会員 稲積真哉
 マルシン 正会員 桑原秀一
 横浜ライト工業 非会員 浜口伸一

1. はじめに

高度経済成長期に建設された大量の建築物の更新、同じく大量に建設された道路構造物の高齢化が今後集中的に進む中、建築構造物の解体需要は今後ますます高まっていくと予想される。そのなかで既存杭の引抜き工事では、引抜き杭の残置、新設杭への悪影響、山留壁の変形、周辺地盤の沈下、跡地利用の際の地盤環境の悪化等、施工中・施工後ともにさまざまな問題が起こっている。これらの様々な問題点の解決の一助として杭先端パワーチャッキング (PG) 工法が開発された。また、本研究では引抜き孔が地盤に及ぼす影響について 2 次元静的解析により調べた。

2. 既存杭に対する従来型引抜き工法

杭抜き工事が普及し始め、当時より一般的に施工されていた「従来工法」は、既存杭の外周をケーシングで削孔し、杭周囲の摩擦抵抗を解放し、ケーシングを上げた後に、地中の既存杭にワイヤロープを取付け、クレーン又は本体機で引き抜く工法で、現在でも多数の現場で採用されている。しかしながら、この工法では玉掛けワイヤーが破断する危険性があることや、杭打撃工法等による中折れ等破損状態の杭、継手不良等による上下接合不良杭では、引き抜き時に既存杭を地中に残存してしまうケースが発生するという致命的な問題点があった。さらに引抜き孔の充填材注入について、工法の性質上、引抜き孔の最深部より注入が不可能であり、引抜き孔の孔口からの流し入れとなる。この注入方法では引抜き孔の全長にわたり確実に注入することが困難であるため、不均一な充填となり、空隙や軟弱部の発生、土塊やガラ破片等の混入などが起こり、周辺地盤の地盤沈下や隣接構造物の傾斜・倒壊、新設杭のズレや斜杭発生や作業地盤不良による重機の転倒など様々な重大事態の原因となる (図-1 参照)。このため、既存杭の引抜きにおいては、引抜き孔の全長にわたり、ムラのない均一な充填をすることが必要である。

3. 既存杭に対する杭先端パワーチャッキング (PG) 工法

従来工法での致命的な問題点を解決するために杭先端パワーチャッキング (PG) 工法¹⁾が開発された。この工法は、ケーシング上部に特殊スイベル・押圧装置を装着し、既存杭の先端部にケーシングが到達した時点で、既存杭の先端部

を抱え込む様に、ケーシング内の既存杭を内包したまま引上げるものである (図-2 参照)。これにより、一般工法のようにケーシングを一旦地上に引上げる必要がなく、さらに、玉掛けワイヤーを使用しないため、一般工法のように玉掛けワイヤー破断の危険性を回避できる。引抜き杭の取り出しは、既存杭をケーシングに内包している状態であるので、クレーンで吊る必要がなく、引き倒すこともない。ケーシングに内包している杭は、ケーシングの下部からの排出となるため、杭の折損があった場合でも安全に取り出すことが可能である。また、既存杭の全長を包み込み引き上げるので、一般工法では引抜きが難しいとされていた、杭の折損がある場合や継手不良で上下杭が未接合の場合でも、取り残すことなく確実に撤去することが可能である。既存杭の引抜き工事に関して、特に重要視されている引抜き孔への充填材注入についても、PG 工法では、ケーシング先端から吐出注入が可能であり、杭抜き作業と注入作業を同時に行うことができる。これにより埋め戻し工程が省略できるため高い工程短縮効果がある。また、引抜き孔最深部からの充填注入も可能となり、引抜き孔全長にわたりムラのない均一な充填をすることが可能である。さらに、PG 工法では、既存杭の引抜き工事では業界初となる管理装置を用いた液面管理システムによって注入管理を行う (図-3 参

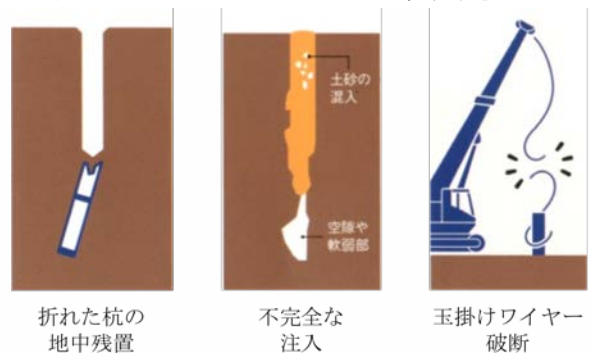


図-1 一般工法における問題

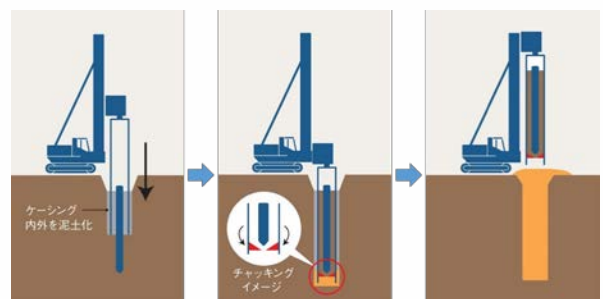


図-2 杭先端パワーチャッキング工法

照)。これは同時注入方式において、注入量に応じて引抜き速度を調整し、引抜き上部の液面を一定に保ちながら引き上げ、液面管理により注入量や注入状態を管理する方法である。引抜き上部で注入液の液面管理を行うことで、周辺地盤の崩落や土塊の落ち込み等を防止するとともに引抜き全長にわたり均一でムラのない充填注入を可能とする。

4. 引抜き孔が地盤に及ぼす影響

PG 工法を用いることで引抜き孔に均一にムラなく充填材を注入することが可能になった。このことから引抜き孔に充填材を均一に注入したときの引抜き孔が原地盤に及ぼす影響を解明するために本研究では2次元静的解析により、引抜き孔が空洞の場合の地盤と引抜き孔を充填した場合の地盤の挙動を調べ、比較することで、引抜き孔が地盤に及ぼす影響について検討した。解析では地盤を2層とし、上部層を軟弱な粘土層、下部層を強固な砂礫層とした。引抜き孔は2本を間隔4mで配置した。本研究で設定した解析断面を図-4に、解析に用いた有限要素メッシュを図-5に示す。図-5では赤枠で囲んだ箇所が充填された部分である。解析では地盤部分にHDモデル、充填部分に弾性モデルを適用した。主なパラメータを表-1および表-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^{2),3)}。

解析から得られた結果を図-6に示す。変位図から明らかであるが、引抜き孔を充填せず空洞のままであった場合は崩壊とも言える変位が生じていることが分かる。水平方向変位図から引抜き孔両側の地盤が引抜き孔を塞ぐように大きく変位していることが分かる。また、鉛直方向変位図から引抜き孔に挟まれた部分において50cm程度の大きな沈下が生じていることが分かる。引抜き孔を充填した場合は、水平方向には微小な変位のみであり、鉛直方向では最大1cm程度の沈下が生じているが、地表面全体で生じていることから、この沈下は引抜き孔が原因ではないと考えられる。このことから引抜き孔を均一に充填することで引抜き孔が地盤に与える影響は微小なものになると言える。

5. おわりに

既存杭の引抜きの「従来工法」には様々な問題点があるが、この問題点はPG工法により解決される。PG工法の更なる発展への重要な課題として引抜き孔の管理（注入方法・充填注入材の強度管理等）が挙げられる。本研究では研究の第一歩として2次元静的解析により引抜き孔のある地盤の静的挙動を調べた。解析結果から引抜き孔を均一に充填することで引抜き孔が原地盤に及ぼす影響は極めて微小になるということが明らかになった。しかし、本研究では地盤の条件を変えて解析を行うまでに至っていないため、今後地盤条件が異なった場合についても解析を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 桑原秀一, 濱田聡一郎: 構造物とりこわし工における既存杭の引抜き工事について, 平成27年度近畿地方整備局研究発表会論文集, 2015.
- 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.

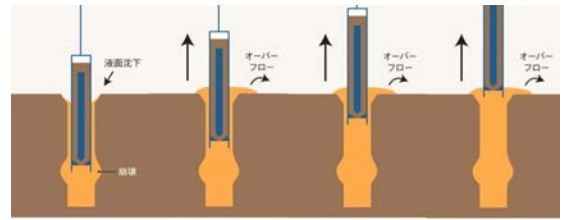


図-3 液面管理システム

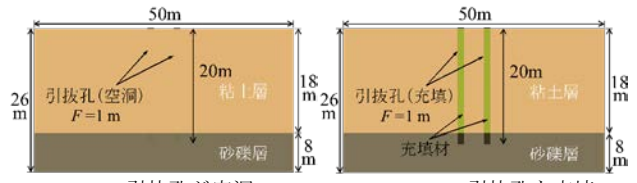


図-4 断面図

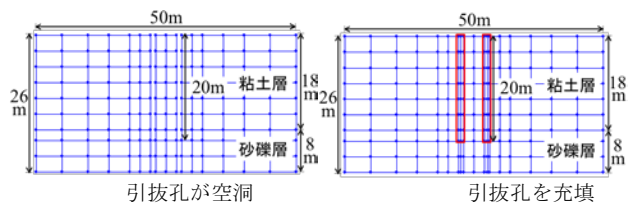


図-5 有限要素メッシュ

表-1 地盤部分の材料パラメータ

材料名	γ_t (kN/m^3)	γ_w (kN/m^3)	G_0 (kPa)	σ'_m (kPa)	ν	c (kPa)	ϕ ($^\circ$)	R_f
粘土	15	9.8	27900	90	0.45	25	0	1.0
砂礫	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 (N/mm^2)	γ_t (kN/m^3)	γ_w (kN/m^3)	E (kN/m^2)	ν
引抜き孔 (充填材)	0.5	15	9.8	126400	0.46

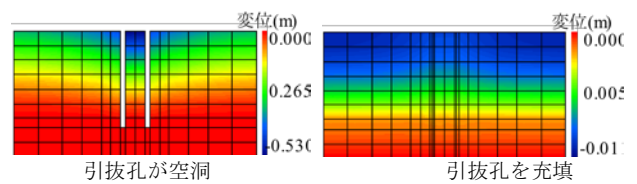
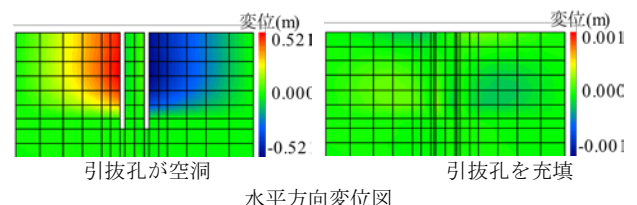
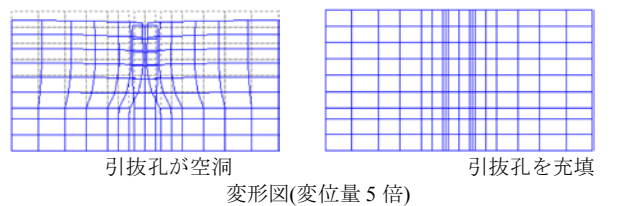


図-6 解析結果