

話題の工法

既設構造物の解体撤去に伴う既存杭の諸問題と その引抜き工法の高度化

芝浦工業大学 稲積 真哉

1. はじめに

我が国では高度経済成長期に大量に建設された建築物や道路構造物の老朽化が進んでおり、近年これらは深刻な問題として露呈している。また、東日本大震災による国民の防災意識の向上および人口減少による公共施設の利用者減少などに伴い、構造物の解体や建替え需要はますます増加している。一方、我が国の都市の多くは軟弱地盤上に位置しており、多くの既設構造物は杭基礎を使用している。そのため、既設構造物解体後の土地において新たな土地活用を図る場合、新設構造物の杭基礎や山留め壁などに干渉しないよう既存杭を撤去しなければ、新設杭や山留め工などの工期および品質に悪影響を与える。また、地中に残存した既存杭に有用性がない場合は産業廃棄物として扱われるため、土地売却取引などにおいては瑕疵としてしばしばトラブルの原因となる⁽¹⁾。

既存杭引抜き工において既存杭の一部地中残置と抜き跡地盤の不良化という二つの大きな問題が未だ解決されない。本稿では、杭先端パワーチャッキング工法（PG工法）による既存杭引抜き工の品質向上、安全性向上および従来工法で頻繁に発生していた施工トラブルや様々な問題点の改良について、施工理論より明らかな知見を示す。

2. 杭先端パワーチャッキング工法 (PG工法)

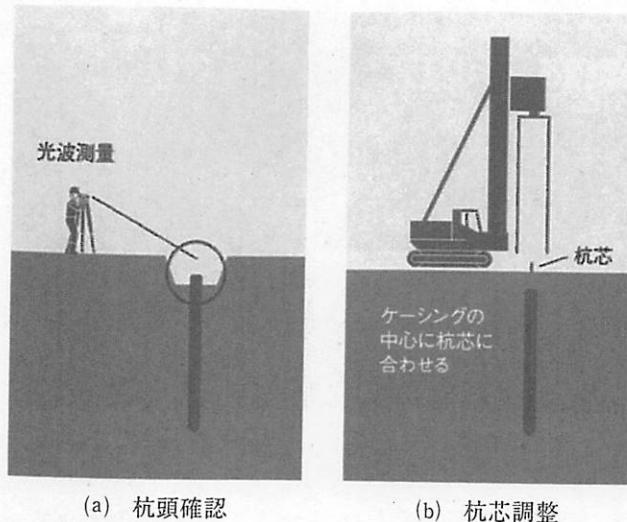
従来工法によって生じる施工上の問題点を解決するべく開発された新工法が杭先端チャッキング工法（PG工法）である。第1図は、PG工法による施工手順の概略を示している。特徴としては、ケーシング先端に装備されたチャック爪によって既存杭を抱えこみ、既存杭をケージングに内包した状態で引上げを行い、それと同時にケーシング先端部からの充填材吐出による引抜孔の埋め戻しを行う点にある。

2-1 事故の発生抑制

PG工法ではケーシングを一旦地上に引き上げる必要がないため既存杭周面の摩擦増加がなく、ワイヤーロープも使用しないため、従来工法のように引抜き時に想定外の負荷がかかることに伴う事故の危険性が存在しない。また、引抜き杭の引き倒し作業はなく、ケーシングに内包している引抜き杭をケーシング下部から排出するため、杭の破損がある場合でも安全に取り出しが可能である。よってPG工法は従来工法における重大事故発生の可能性を排除しており、より安全性の高い工法である。

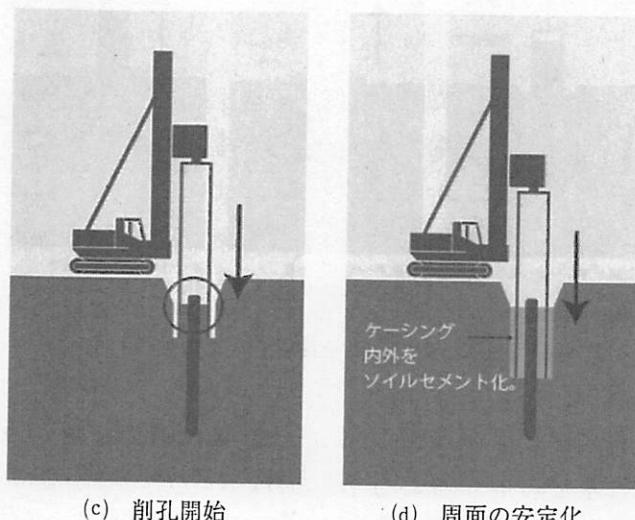
2-2 既存杭の確実な撤去

地盤内の既存杭が、打撃工法による打設の影響や上下杭の継ぎ手不良、打設中の破損等によって分裂している場合が多く存在する。これ



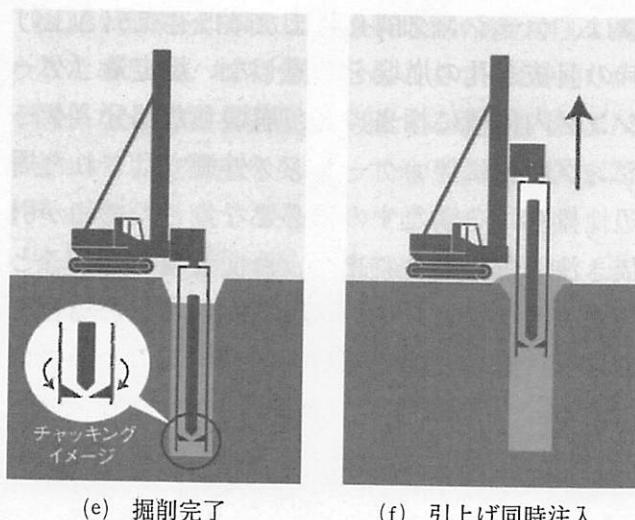
(a) 杭頭確認

(b) 杭芯調整



(c) 削孔開始

(d) 周面の安定化

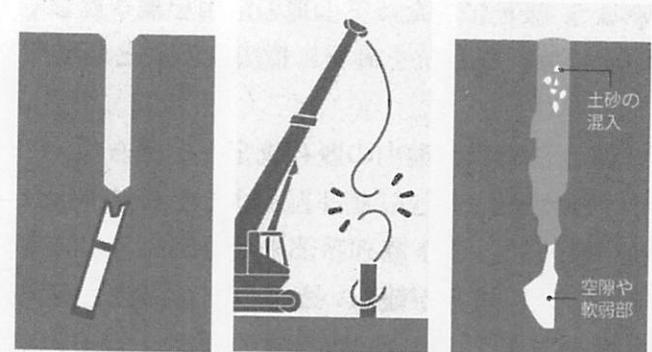


(e) 掘削完了

(f) 引上げ同時注入

第1図 PG工法の施工手順

らの既存杭を従来工法を用いて撤去する場合、ワイヤーロープによる引抜き時に既存杭が分離し、地盤内にその一部が残存する可能性がある



(a) 杭の地中残置 (b) ワイヤーの破断 (c) 不均一な充填

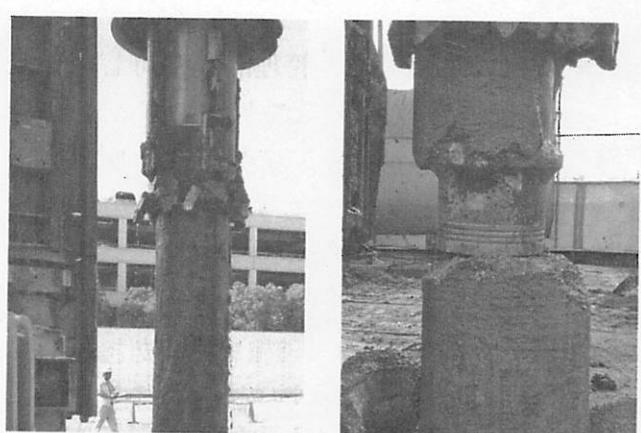
第2図 一般工法において生じ得る主な問題点

(第2図)⁽²⁾。残置杭が新設杭に対して及ぼす影響については不明な点が多いが、新設杭に干渉する場合には施工上の大きな障害となることは明らかである。また、新設杭に干渉しない場合であっても、地震動の検討の際に杭の水平地盤ばねの評価に影響を及ぼす可能性が示唆されて



(a) 破損杭

(b) ジョイント部の分離



(c) SMW芯材下のソイル部

(d) 根固め部

写真1 破損・分離しやすい既存杭の例

いる⁽³⁾。後世にわたって土地の活用を繰り返していくには、既存杭を確実に撤去することが必要である。

PG工法では地盤内の既存杭全体をケーシングで下部から抱え込んで引き上げるため、中折れ杭、破損杭、上下継ぎ手部未接合杭などの従来工法では引抜きが難しいとされていた杭も確実に撤去できる。また、既存杭の周囲もケーシングで内包することから、従来工法では杭から剥離して残存する可能性が高かったセメントミルク根固め部なども同時に撤去することが可能であり（写真1）、今後、必須となる拡大根固め杭などの根固め部も確実に撤去することができる。

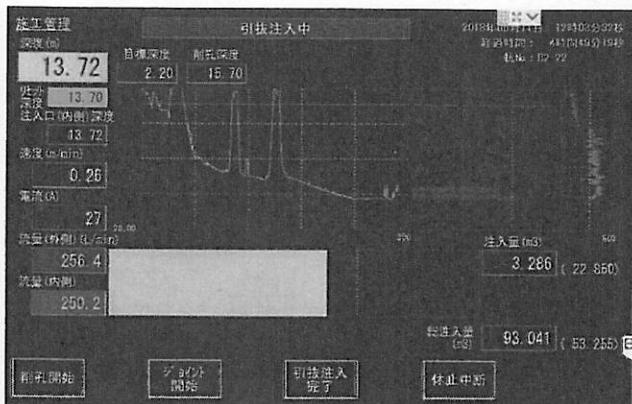
2-3 最深部からの同時注入方式

PG工法においては既存杭の引抜き作業をしながらケーシングの先端部から充填材を注入していくため、引抜き孔最深部からの充填材注入が可能である。これによって、引抜き孔全長にわたって均一な充填を行うことが可能となり、不完全な注入に伴う空隙や軟弱部の発生、杭孔の崩壊を抑制することが可能となる。また、地盤の各層に合わせて、強度の異なる充填材を鉛直方向に重ねて注入する工法を採用することが可能となる。よって、適当な充填材を選定し、PG工法を用いることで原地盤の復元性を大幅に高めることができる。

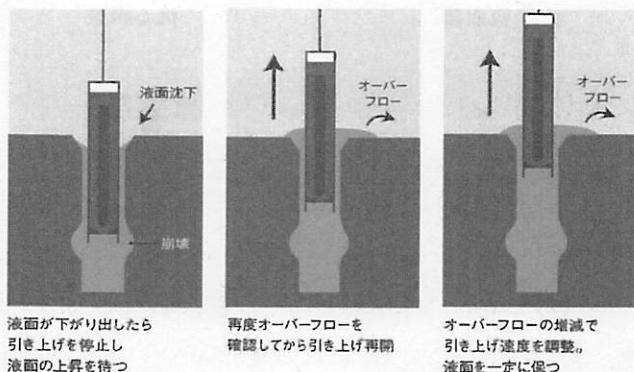
2-4 施工管理装置

施工管理装置は杭抜き工を一元的に管理できるシステムであり、施工管理品質の向上と総合的な施工記録を収集することができる（第3図）。削孔深度などの施工状況をリアルタイムで確認することができ、充填材の注入量を計算して示すため現場管理業務を簡略化することができる。

PG工法では引抜き注入時に、引抜き孔上部の液面管理を行う（第4図）。施工管理装置によって算出される1mごとの規定量の注入と液面管理による必要量の注入に応じた引抜き速度



第3図 PG工法における施工管理装置



第4図 PG工法における液面管理を伴う充填材の注入

を確認しながら引き上げを行い、周辺地盤の崩落等を防止とともに引抜き孔全長にわたり確実な充填材注入を可能とする。充填材の注入量は、ケーシング削孔時または既存杭引き上げ時の引抜き孔の崩壊を考慮しない規定量（ケーシング内体積に相当）と、崩壊した部分（ケーシング削孔に伴いケーシング外側で乱された周辺地盤部）を満たすのに必要な量との総和が引抜き注入量となる。また、液面管理を行うことにより、予定よりも引抜き孔が拡大した場合でも確実に必要量の充填材を注入することができる。

3. PG工法における抜き跡地盤の埋戻し

既存杭引抜きに伴う引抜き孔の発生は地盤沈下等を誘発するが、充填材による埋め戻しを行うことで、大幅に改善することが明らかとなっている⁽⁴⁾。既存杭引抜き孔に対する充填材は大きく分けて、土砂、流動化処理土、貧配合セメ

ントミルクの3種類を挙げることができる。

PG工法により、既存杭引抜き孔の最深部から引抜き孔の全長にわたって確実に必要量の充填材を注入することが可能となり、従来工法において発生していた土塊の落ち込みや軟弱部の発生による埋め戻し地盤の不良化は改善される。また、充填材として貧配合セメントミルクを用いることで、対象とする原地盤に合わせて強度調整が容易に行え、施工状況に合わせて適宜現場での充填材の作製が可能となる。よって、PG工法による既存杭の引抜きおよび抜き跡地盤の埋め戻し作業を停滞させることなく実施できる。

しかし、貧配合セメントミルクは材料分離を起こしやすく、材料分離を起こすと深度方向によって質的に不均一になってしまい、既存杭引抜き孔の全長にわたって均質に所定の強度が發揮されない。また、地盤内では地下水が浸入してくる可能性があり、地下水の影響によって、充填材の固化不良を誘発する恐れがある⁽⁵⁾。あるいは、充填材に地下水が混入することで配合設計時の水量を上回り、所定の強度が發揮されない問題が考えられる。

前記の課題を解決し、対象地盤の復元性を高めるためには、材料分離を起こさずに深度方向に関係なく均質な強度を發揮する性質、および早急にゲル化性能を発揮して地下水の浸入を防止する性質を有する充填材が求められる。

充填材による埋め戻し処理後の地盤には、新設工の施工時に掘削可能、且つ崩壊しない強度が必要であり、理想的には原地盤と差がないことが望ましいとされるが、地盤は様々な地層が重なっており、要求される強度は層ごとに変化していく⁽³⁾。早急なゲル化は硬化を待つ時間のロスをなくすことができ、地盤の各層に合わせて強度の異なる充填材を鉛直方向に重ねて注入する工法を採用することが可能となる。よって、材料分離を起こさず、早急なゲル化性能を持つ充填材を用いることで、PG工法における抜き

跡地盤の埋戻しによる、原地盤の復元性を大幅に高めることが可能である。

また、現状として既存杭引抜きとその後の埋め戻し処理が及ぼす影響について精査されることは少なく、その評価に関して適切なマニュアル等も存在しない⁽⁶⁾。充填材の改良は元より、既存杭引抜きとその後の埋め戻し処理について、指針等の策定は急務である。

4. おわりに

既存杭引抜き工は過去数十年間にわたって大きな技術革新もなく、実務ベースで施工してきた。そのため、既存杭引抜き工もICT (Information and Communication Technology)、CAE (Computer Aided Engineering)、さらにはAI (Artificial Intelligence) といった先進的な補助技術を導入する余地があり、これらを導入することにより既存杭引抜き工自体の技術改善が加速し、これまでの遅れを取り戻すことができる。

前記を踏まえ、現在では既存杭の地盤環境問題ならびに引抜き撤去について、その背景、要因および対策工法が実務ベースで検討され始めている。同時に、これまで未解明であった引抜き孔の存在が周辺地盤環境へ及ぼす種々の影響、その対策として充填材に求められる性能等も学術的にも明らかにされつつある。

ただし、現状においてはPG工法によって引抜き工の施工上の問題点は大きく改善されているが、既存杭の抜き跡地盤の安定化については充填材等の規定がなく、未だ多くの問題点を抱えている。また、残置杭が新設杭および周辺地盤に及ぼす影響についても解明されていない現状である。

今後、これまで若干軽視される傾向にあった既存杭の存在ならびにその引抜き工については、前記した技術革新に止まることなく、既存杭の問題ならびにその引抜き工の必要性・重要性を社会へ積極的に啓発する活動も合わせて実施していかなければならない。

＜参考文献＞

- (1) 村上隆生：“基礎杭の残置、埋戻し部分の地盤支持力の瑕疵を否定し、代理業者の説明義務違反も否定した事例”、No.82、pp.166-167 (2011)
- (2) 桑原秀一・稻積真哉・橋本功：“既存杭引抜きおよび抜き跡地盤埋戻し技術の高度化”、建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集、pp.129-134 (2018)
- (3) 桑原文夫：“杭の支持層到達を確保するための方策”、基礎工、Vol.45、No.8、pp.2-7 (2017)
- (4) Inazumi, S., Namikawa, T., Kuwahara, S. and Hamaguchi, S., “Influence of pulling out existing piles on the surrounding ground”, International Journal of GEOMATE : Geotechnique, Construction Materials and Environment, Vol.13, Issue 35, pp.16-21 (2017)
- (5) 崎浜博史・堀井宏謙・八重樫光・西正晃：“既存杭撤去後の掘削孔に埋戻された泥酔固化体の品質調査”、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.447-448 (2015)
- (6) 桑原秀一：“既存杭引抜き工の問題と杭先端パワーチャッキング工法”、地盤工学会誌、Vol.66、No.5、pp.46-47 (2018)

【筆者紹介】

稻積 真哉

芝浦工業大学 工学部

土木工学科 教授

＜主なる業務歴および資格＞

京都大学博士（工学）

専門：地盤工学、地盤環境工学



● 優良技術図書案内

GMP準拠 細胞処理施設の基本

境 弘夫 編 A5判232頁 2,800円+税

お問合せは日本工業出版(株) フリーコール 0120-974-250 <https://www.nikko-pb.co.jp/>

初步と実用シリーズ

ステンレス鋼の基礎と上手な使い方

優れた特性を持つステンレス鋼について基礎から加工まで、理論とともに具体的な事例をとりいれて編集した、わかり易く実用的な内容の入門書。

■主な内容

- ステンレス鋼の基礎知識
- ステンレス鋼の製造
- ステンレス鋼の性質と使い方
- ステンレス鋼の溶接と加工

日本工業出版(株) 0120-974-250
<https://www.nikko-pb.co.jp/> netsale@nikko-pb.co.jp



■著者：根本力男
■体裁：B5判128頁
■定価：2,500円+税