

『 地下障害物残存における施工方法の検討について 』

地区名：清水
技術者番号：154060
鈴与建設株式会社
若山 裕亮

1. はじめに

全体の事業計画として、静岡市清水区清開町三丁目に位置する南部浄化センターの下水処理施設の老朽化に対応するため、南部浄化センター内に送泥棟、静岡市清水区清開町一丁目に位置する静清浄化センター内に受泥棟をそれぞれ新設。送泥棟から受泥棟間、延長約1・5キロを連絡する送泥管を敷設し、静清浄化センターで汚泥処理を行うという事業計画であった。

本工事は、その中の静清浄化センター内に受泥棟（地下1階、地上2階建て）を建設する工事である。

約1年10ヶ月の工事期間の中で発生した問題点およびその対策について報告する。

2. 工事概要

工 事 名： 静岡市静清浄化センター建設工事その19
工 事 箇 所： 静岡市清水区清開町1丁目1-1
工 期： 平成29年10月18日～令和1年8月16日
発 注 者： 日本下水道事業団
工 事 概 要： 受泥棟工 1式
鉄筋コンクリート造
地上2階 地下1階（建築面積 436.56m²、延べ面積 839.55m²）



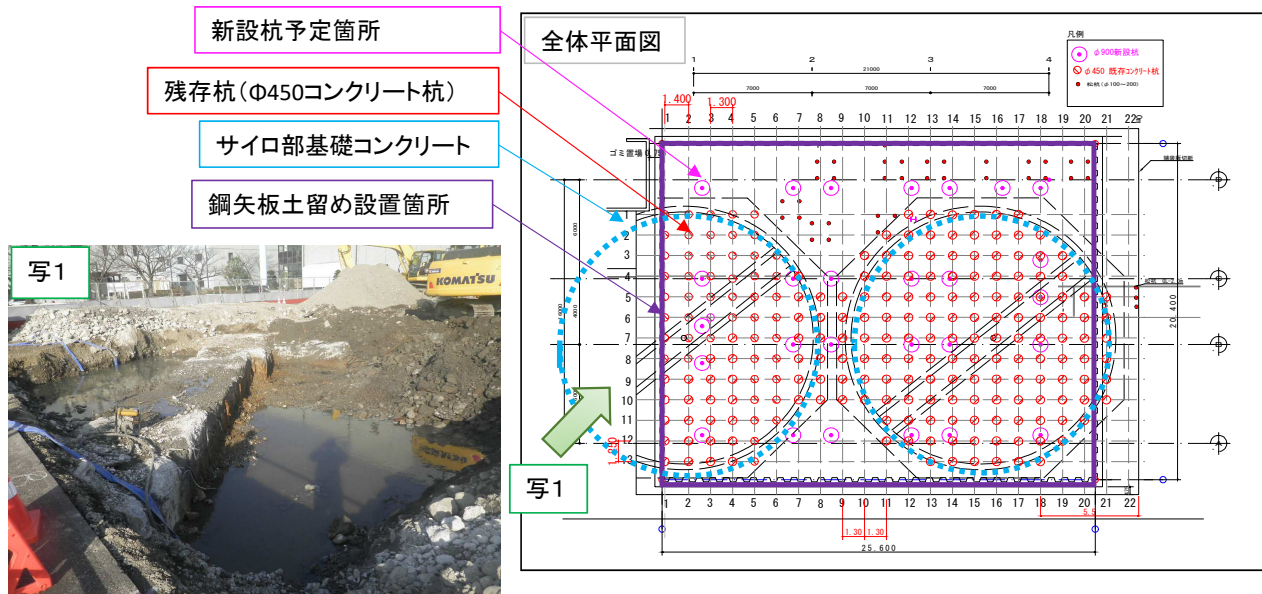
静清浄化センター完成写真（左：正面、右：西側上空）

3. 施工における課題と対策

(1) 課題の抽出

1) 地下障害物について

施工に先立ち、建設箇所の試掘を行った結果、施工範囲において地下障害物が確認された。試掘調査結果から、施工箇所には以前セメントサイロが建設されていたと推測された。また、サイロの円形部分には、地下20mの現場打ちコンクリート杭が約1.2mピッチで設置されていることが確認された。



上記結果を踏まえ本工事を施工する上で解決しなければならない主要な課題は以下の通りであった。

① 新設杭の設置方法

本工事における杭施工箇所（φ800×27本）が、既存杭との接触箇所に存在するため、新設杭の設置方法について検討しなかった。

② 既存杭の撤去方法

既存杭が地上から約2mの位置に100本以上残存されるなか、本工事では、貯留槽を設けるため、地下約4mの開削作業を行うことから、地下4mまでに残存する既存杭を全て撤去する必要があった。

① 新設杭の設置方法

工法で新設杭箇所を先行掘削、その後砂置換にて新設杭を設置する案が採用された。(下表参照)

新設杭打設比較案

	1案 プレボーリング工法(ドーナツカー工法併用) (SDAセレート型)	2案 ドーナツカー工法(セレート型)にて旧杭撤去 →中掘り杭工法	3案 掘削にて旧杭位置を確認 →中掘り杭工法(旧杭残置)	4案 PG工法(旧杭引抜き工事)→中掘り杭工法
平面図・断面図				
数量・工程	プレボーリング工法 (ドーナツカー工法併用(SDAセレート型)) N=27本、L=44.0m 60日間	地下障害物調査N=27本 ○砂質土層内径φ160mm φ1200±2mm ○中掘り工法(当初設計) 30日間 3日間	○鋼矢板打設 230枚(当初設計) ○掘削(掘削内径)φ572mm×2.7m =409mm(当初設計) ○中掘り工法(当初設計) 14日間 29日間+10日間 30日間(仮設工含む) 30日間	○掘削(掘削・埋戻し) V=10.5m²×20m×6割=1260m³ ○杭先端70ヶキヤパーPG工法 N=108本 (φ700、L=22.0m) ○中掘り工法(当初設計) 7日間 54日間 30日間
直接接取工事費表	工費別・総額の投入・支出 杭撤去打込み 27本 ○地下障害物調査 9500×11,000 ※単価は現場状況による ○汚泥処理費 950×11,000 ※単価は現場状況によるに依る 合計 88,950千円	工費別・総額の投入・支出 杭撤去打込み 27本 ○地下障害物調査 9500×11,000 ※単価は現場状況による ○汚泥処理費 950×11,000 ※単価は現場状況によるに依る 合計 88,950千円	工費別・総額の投入・支出 杭撤去打込み 27本 ○地下障害物調査 9500×11,000 ※単価は現場状況による ○汚泥処理費 950×11,000 ※単価は現場状況によるに依る 合計 88,950千円	工費別・総額の投入・支出 杭撤去打込み 27本 ○地下障害物調査 9500×11,000 ※単価は現場状況による ○汚泥処理費 950×11,000 ※単価は現場状況によるに依る 合計 88,950千円
評価	当初計画している新設杭の位置・ケーシング及びバックホウを用いて掘削して、同時に旧杭を撤去。地上に土は掘削孔内の地盤に根固り用セメントミルク及び根固り用セメントミルクを注入攪拌混合してソイルセメントにした後、既製コンクリート杭を打設する工法。 ●メリット ○汚泥処理(掘削)とケーシング及びバックホウガーで撤去し、土質改良と掘削することができ。 ●デメリット ○汚泥処理の数量が多い。また、状況であるため現場外への搬出時に固固化を利用。掘削が必要とする必要がある。 ●掘削と既製杭が別工程であるため、施工日数が多くなる。 ○掘削より大きく掘削するため、ケーシングを抜く間、既製杭の幅寸や所定高さより下りやすいため可能性が高い。 ○当初計画の中掘り工法から工法を変更しているため、基礎杭の構造計算が必要。	旧杭がある状態で行うことは工法上施工できないことから、新設杭を土中にφ1000〜1500mmのケーシング及びバックホウを用いて、ケーシングに干渉する範囲の掘削杭を完全に撤去する。除去後、掘削した箇所を砂を充填し埋戻しを行う。その後当初の計画どおり既製杭を中掘り工法で埋設する。 ●メリット ○作業済みの既製杭を利用できる。 ○旧杭の位置に問わず、新設杭を当初計画の位置に打設できる。そのため、旧杭の杭頭掘削に要する掘削が不要。 ○有防振機能でも打設できるため、地盤を利用できる。新設杭の設計本数である27本を確保する期間約30日間程度比率的に短縮し、期間で置ける。 ●デメリット ○掘削より上層以上の範囲は一度掘削を行い、砂で埋戻しを行っていることから基礎杭の構造計算が必要。	掘削に当たらない位置を事前掘削にて確認して、埋戻し後に当初計画どおり既製杭を中掘り工法で打設する。 ●メリット ○作業済みの既製杭を利用できる。 ○必要となる掘削、大掘削の掘削が軽減されるが予知できない。 ○旧杭が既製杭の垂直に打設されている保証はなく、新設杭打設時で旧杭に接触した場合、新設杭がそれ以上土層に侵入できないため、新設杭の機能を果たすことが困難となる。また、接点・接触時の影響で新設杭が振動する恐れもある。	新設杭に打設を行い、接点または影響されると判断された旧杭の杭頭を掘削する。掘削・撤去を経て一旦掘削を行う。引き抜き用のチェーンを配置し、PG工法にて旧杭の引き抜き作業を行う。掘削時のチェーンを用いて、掘削後の引き抜き作業となるため掘削内の土砂やセメントミルクを土に混ぜるが、掘削によって、旧杭先端掘削後杭先端チャックが、土塊材を土に引き込みながら打設し上げ、その後、当初計画どおり新設杭を中掘り工法で打設する。 ●メリット ○作業済みの既製杭を利用できる。 ○中掘り工法よりケーシング先端にあるチャックで旧杭を打ち抜く。PG工法) ●デメリット ○掘削の作業完了後、土塊材等や土質等により、新設杭の打設位置に適合しない土質(充填材)が接近や接触する箇所に打設することとなる。この条件にて、新設杭を所定の位置に中掘り工法で打設すると土質等の違いにより新設杭が打設時に必要とする可能性が高い。

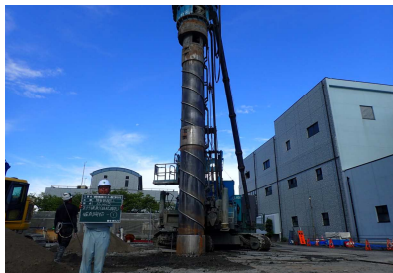
当社の比較案として4種類の方法を検討した。

4つの案を比較した際、新設杭を設置するにあたり一番リスクが低い工法を選ぶこととした。経済性では3案の既存杭間に新設杭を設置する方法が安価ではあるが、旧杭が杭頭位置から垂直に打設されている保証はなく、新設杭打設途中で旧杭に接触した場合、新設杭がそれ以上深く挿入できなくなるというリスクがあるため低い評価となった。

その他、1 案のプレボーリング工法は経済性が悪い上に、杭径よりも大きく堀削するため、ケーシングを抜く際、新設杭の偏心や所定高さより下がってしまう可能性が高いことから低い評価となった。4 案の引抜工法については、旧杭の引抜作業完了後、充填材等で置換すると、新設杭の打設範囲は置換された土質(充填材)が接近や一部接触する箇所に打設することになる。この条件にて、新設杭を所定の位置に打設すると土質等の違いにより新設杭が打設時に偏心してしまう可能性が高いため低い評価となった。

そして、2案の「ドーナツオーガー工法」は、ケーシングにより除去した範囲は砂で埋戻しを行っていることから基礎杭の構造計算が必要というデメリットはあるものの、新設杭出来形におけるリスクは低いことから本案が採用された。

結果、ドーナツオーガー工法にて先行掘削を行い、新設杭施工範囲内の地下障害物を撤去できた。また、障害物撤去により新設杭の施工（中堀拡大根固め工法）についても精度良く行うことができた。



ドーナツオーガー工法 施工状況



ドーナツオーガー工法により
撤去された既存杭



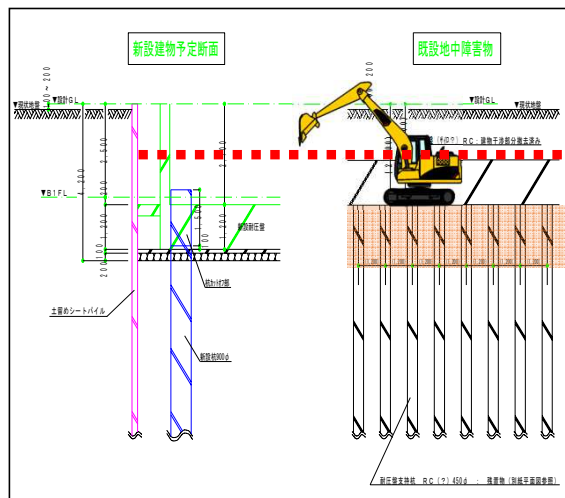
新設杭施工状況
(中堀拡大根固め工法)

②既存杭の撤去方法

当初設計において、開削作業における土留めは地下1.5mに切梁式土留めを設置することとされていたが、既存杭を撤去するにあたり切梁が使用重機と接触してしまうことが想定されたため、山留材（鋼矢板）のサイズを変更し自立式土留めを採用した。

自立式土留めの採用により、山留材（鋼矢板）のサイズをⅢ型からⅣ型へサイズアップ、根入れ深さの増により鋼矢板長さについても8mから12mへサイズアップすることとなった。

矢板施工は順調に設置。施工範囲内を掘削開始すると地下約2mより複数の既存杭が確認された。土とコンクリートガラを分けて搬出するため、先行して既存杭と既存杭の間の土を丁寧に取り除き、既存杭が針山のような状況になったところで既存杭の撤去を行う。この作業を繰り返し、床付けするとともに床付け面までの既存杭を撤去していった。作業は順調に進み、予想工程よりも約3日間の短縮にて床付け完了することができた。これにより自立式への変更の成果を実感した。なお、床付け完了より、鋼矢板の変位量について、100mm程度の変位はあったものの施工箇所やや近い位置にある既存倉庫への影響はなかった。



既存杭埋設状況写真



既存杭撤去状況写真



既存杭撤去完了

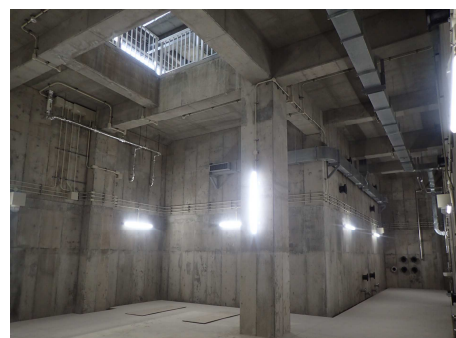
4. おわりに

今回の工事は、地下障害物の調査～撤去に約1.5ヶ月。新設杭の施工方法選定に約5.0ヶ月もの時間を費やした。要因として、施工範囲内に地下障害物が残存する中、新設杭を設置しなければならなかったことから新設杭設置におけるリスクや構造計算の再計算、費用面について発注者との協議が長引いてしまった。また、新設杭の施工検討期間中に行っていた、他工種の作業時にも地下障害物との接触が問題となっていたため、その撤去方法等についても同様に検討していたことも要因のひとつである。

問題解決において、工法選定から工程管理に至るまで現場状況に合わせた様々な視点から施工計画の立案が求められた工事であった。そんな中、協力業者の協力のもと、施工方法の見直しやパーティーの増加等で工期短縮を図ったほか、発注者の変更協議のご理解、静清浄化センター内管理業者様のご協力により何とか工期内に完成を迎えることが出来た。今回の工事で得た経験を糧に今後も技術、知識の研磨に努めたい



完成(北東より)



完成(地下ポンプ室)