

上統内排水機場の施工状況に関する報告

帯広開発建設部 帯広農業事務所 第3工事課

○宮崎 功太郎

齊藤 千秋

山保 博基

国営かんがい排水事業「新川二期地区」では、経年的な施設の劣化と排水能力不足を解消するため、令和3年度に新規着工し上統内排水機場及び排水路3条の改修を行っている。改修(新設)する上統内排水機場の杭基礎工法について、経済性及び施工性を考慮してプレボーリング工法を採用した。本報では、令和5年度から工事着手した上統内排水機場における杭基礎工の検討及び施工状況について報告する。

キーワード：設計・施工、排水機場

1. 地区概要

国営かんがい排水事業「新川二期地区」(以下、「本地区」という。)は、北海道中川郡幕別町及び同郡豊頃町に位置する1,625haの畑作地帯であり、小麦、豆類、てんさい及びばれいしょに、にんじん等の野菜類又は飼料作物を栽培し肉用牛を飼養する畜産を組み合わせた農業経営が展開されている。

本地区では、近年の降雨形態の変化に伴い排水機及び排水路の排水能力が不足し、湛水被害が発生している。また、排水施設の経年劣化に伴い、維持管理に多大な費用と労力を要している。このため、本地区では上統内排水機場及び排水路3条の改修を実施し、湛水被害の解消と維持管理の軽減を図るものである(図-1)。

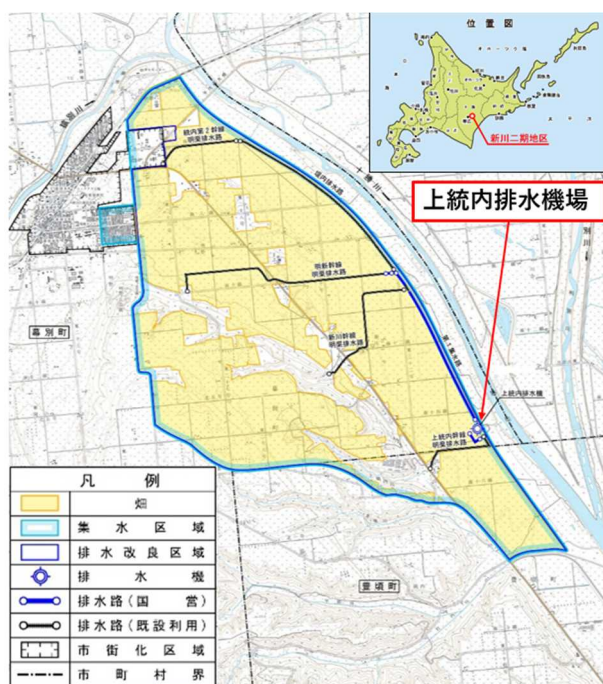


図-1 新川二期地区の概要図

2. 上統内排水機場について

上統内排水機場は、前歴事業「直轄明渠排水事業 新川地区」(事業工期：昭和49年度～昭和61年度)で設置された(写真-1)。供用開始から約40年が経過し、原動機の油漏れや始動不良など経年劣化による不具合が発生し、多大な労力を要している(写真-2)。



写真-1 上統内排水機場の改修状況
(左が建設中、右が供用中)

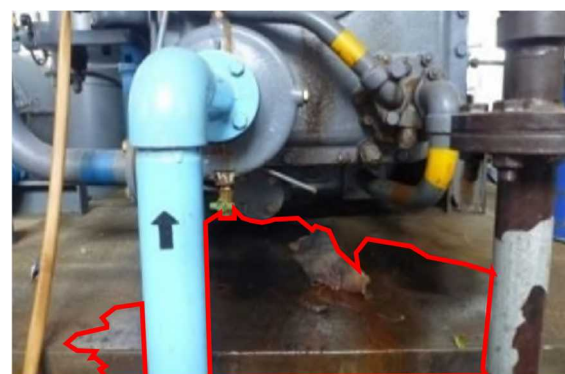


写真-2 供用中の上統内排水機場のポンプ設備におけるディーゼル機関本体からの油にじみ
(赤囲みの部分)

また、地盤沈下や排水能力不足により湛水被害が発生している。

維持管理費に占める整備補修費の負担軽減及び排水機運転時の労力の低減並びに排水能力の向上を図るため、令和5年度から施設の全面改修を行っている。なお、旧排水機場は、新設の稼働開始に伴い撤去する予定である。

3. 上統内排水機場の基礎工の検討について

土木構造物を建設する上で基礎の重要性は非常に高く、構造物の安全性・耐久性・機能性を左右する要素となる。上統内排水機場の基礎形式は杭基礎を採用し、工法はプレボーリング杭工法を選定した。以下に、基礎形式及び施工法の検討過程を記す。

本地区は、十勝川に沿って発達した狭小な沖積低地に位置しており、表層には泥炭土が分布している。鉛直方向の地盤構成は、事前に実施された4箇所のボーリング調査より、図-2及び表-1のとおりとなっている。

基礎杭平面図では、事前調査で実施したボーリング調査位置(緑)、本施工前に実施した試験杭の位置(青)を示す。また、事前調査に基づく想定断面図を示す。この調査結果に基づき、まず支持地盤を選定し、次に基礎形式及び施工法を検討した。

(1)設計支持層の選定

支持地盤の選定条件は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」¹⁾(以下、「設計基準」という。)より、「砂・砂礫でN値30以上、粘土でN値20以上と考えてもよい。良質と思われても層が薄かったり、その下に弱い層や、圧密層がある場合は、支持力と沈下についてチェックする必要がある」とされる。

本機場の基礎の支持地盤となる地層の候補は、N値で評価した場合、粘性土層Dc、亜炭層Dp、砂質土層Dsである。その内、粘性土層は層厚が1m未満と薄いため、除外される。残る2つの内、亜炭層は砂質土層よりも浅い位置にあり、かつN値が十分大きいため、上述した弱い層にはあたらない。よって、支持地盤は現地盤より

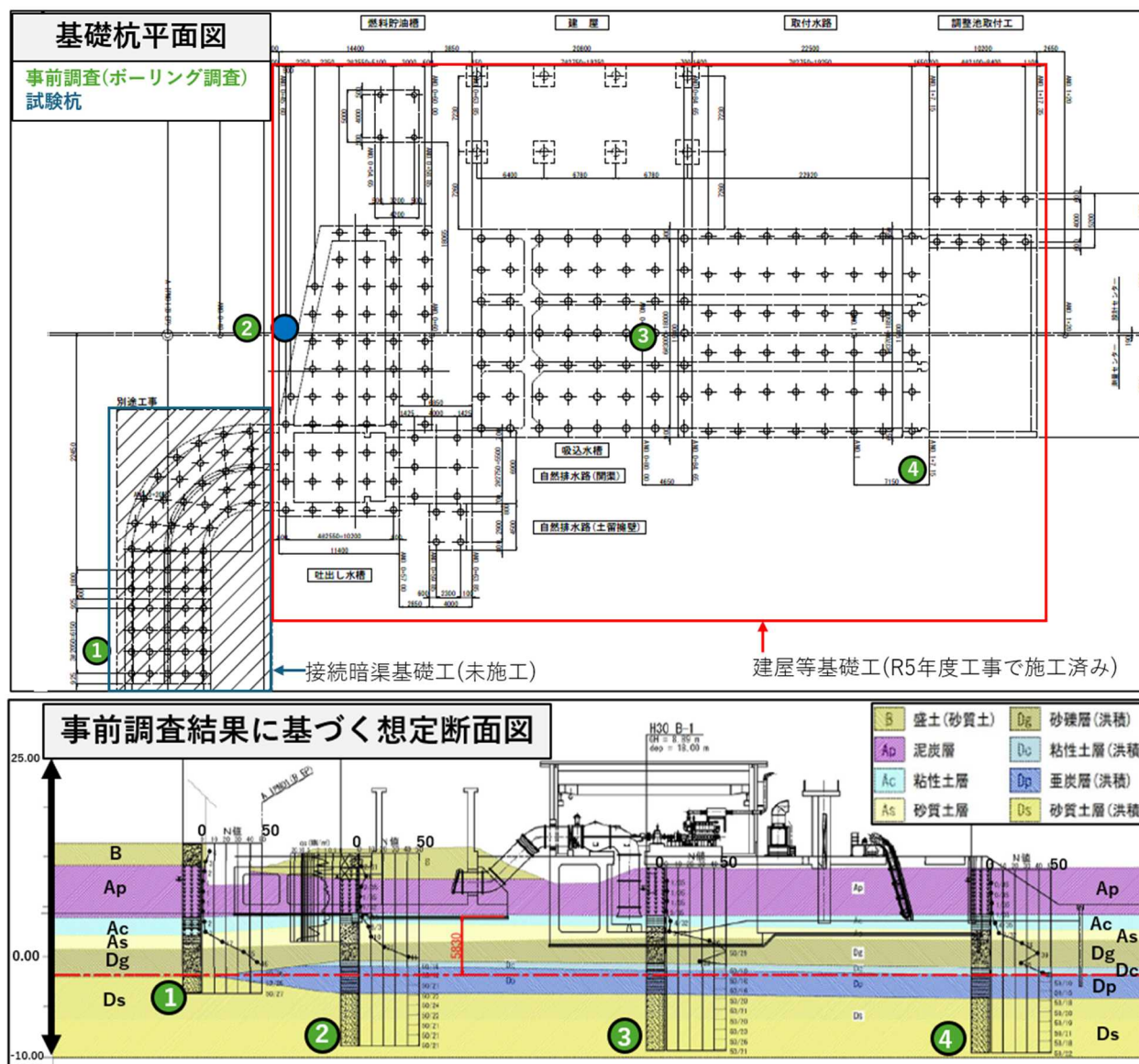


図-2 基礎杭平面図と事前調査結果に基づく想定断面図

表-1 上統内排水機場の地盤構成

地層名	記号	深度[m] (上端・下端 深度は平均値)	平均層厚[m] (調査で確認された 最小～最大値)	N値	主たる土質	施工法の検討に 係る点
砂質土層	B	0～2.5	2.5(2.0～2.3)	2～6	礫混りシルト質砂	－
泥炭層	Ap	0～6.8	4.3(3.4～5.2)	0～2	繊維質の泥炭	－
粘性土層	Ac	6.8～8.2	1.4(1.0～1.8)	3～4	軟質のシルト	－
砂質土層	As	8.2～9.7	1.5(1.0～2.0)	3～10	シルト質砂	－
砂礫層	Dg	9.7～12.0	2.3(1.7～2.8)	21～52	礫分は円礫・亜角礫	硬質な中間層、 最大礫径150mm
粘性土層	Dc	12.0～12.7	0.7(0.5～0.8)	43～83	硬質のシルト	硬質な中間層
亜炭層	Dp	12.7～15.3	2.6(2.3～2.8)	50～150	硬質の亜炭	支持層
砂質土層	Ds	15.3～	5.2(5.2～)	50～83	微粒～中粒砂	－

12.7～15.3m(上端・下端深度は平均値)に位置する亜炭層を選定した。

(2)基礎形式の検討

基礎形式は、直接基礎と杭基礎に大別される。両基礎形式の選定方法は、設計基準より、「一般的には、支持地盤までの深さが2m程度までは直接基礎、5m以上では杭基礎とすることが多い」とされている。本機場の基礎の支持地盤である亜炭層は、深さ2m以上に分布していることから、基礎形式は杭基礎とした。

(3)杭基礎の施工法の検討

亜炭層を支持地盤とする杭基礎の施工法を検討した結果(表-2)、中掘杭工法(最終打撃方式)とプレボーリング杭工法が施工可能と判断した。

中掘杭工法(最終打撃方式)とプレボーリング杭工法について経済比較を行った結果、プレボーリング杭工法を選定した(表-3)。中掘杭工法(最終打撃方式)はプレボーリング杭工法に比べて、採用される杭の口径が大きく施工本数が少なくてすむ一方、材料費が高くなることから

表-2 杭基礎の施工法の検討表

工法		施工可否	施工可否の理由
場所打ち杭工法		×	本機場の杭径よりも大きい口径(φ900以上)の杭を主に対象とするため。また、既製杭に比べて杭本体の信頼性が劣るため。
既製杭工法- 打込み杭工法		×	硬質な中間層(砂礫層Dg、粘性土層Dc)における杭の高止まりが懸念されるため。
既製杭工法- 回転杭工法		×	本機場の杭径よりも大きい口径(φ900以上)の杭を主に対象とするため。
既製杭工法- 埋込み杭工法	中掘杭工法 (最終打撃方式)	○	硬質な中間層の打抜きが可能であるため。
	中掘杭工法 (セメント噴出攪拌方式)	×	硬質な中間層の打抜きが可能であるが、支持層もN値50以上と硬質であり、掘削の際にオガヘッドやスパイラルが大きく振動し、杭体や掘削装置を損傷させるおそれがあるため。
	中掘杭工法 (コンクリート打設方式)	×	硬質な中間層の打抜きが可能であるが、施工事例が少なく、杭先端へのコンクリート打設に伴う処理が煩雑であるため。
	プレボーリング杭工法	○	硬質な中間層の打抜きが可能であるため。
	鋼管パイロット杭工法	×	本機場よりも大きい口径(φ900以上)の杭を主に対象とするため。

表-3 中掘杭工法(最終打撃方式)とプレボーリング杭工法の経済比較

工法	杭種	杭径	本数	概算工事費 [比率]	採用	備考
中掘り杭工法 (最終打撃方式)	鋼管杭	φ800～1000	151	1.07	×	支持層までの中間層の礫径から、杭径を決定した。
プレボーリング杭工法	PC杭	φ600, 700	183	1.00	○	PC杭φ500～800について経済比較した結果、杭径を決定した。

経済的に不利となった。

プレボーリング杭工法による杭基礎工は、上統内排水機場を構成する構造物の内、建屋、吐出し水槽、吸込水槽、取付水路、調整池取付工、燃料貯油槽、自然排水路、接続暗渠を対象に施工する。接続暗渠の基礎杭は令和 7 年度工事で施工する予定であり、それ以外の基礎杭は令和 5 年度に施工済みである。以下に、令和 5 年度工事の施工計画と施工結果を報告する。

4. 施工計画

(1)プレボーリング杭工法の概要

プレボーリング杭工法は、地盤を先行掘削し、その削孔内に既設杭を吊下し定着する工法である。先行掘削では、崩壊防止、掘削土砂の搬出、掘削機器の保護のため、掘削液を用いる。崩壊の恐れのない場合には水を用いるが、崩壊する恐れがある場合にはベントナイト液、セメントミルク、あるいは両者の混合液を用いる。

(2)施工工程

図-3 にプレボーリング杭工法の施工順序を示す。まず、杭穴を形成するために、杭径+100mm の掘削攪拌装置を用いて、掘削液を注入しながら、所定深度まで掘削する(施工順序①～②)。次に、杭穴にソイルセメント柱を

造成するために、所定深度に到達した掘削攪拌装置を引き上げながら、杭穴に根固め液、杭周固定液を注入する(施工順序③～④)。最後に、ソイルセメント柱に杭を回転圧入で建込み、沈設する(施工順序⑤～⑥)。その際、杭の鉛直性を保たなければならない。また、杭の沈下を防止するために設計深度で一定時間保持する必要がある。

実際の施工について、掘削径は杭径+100mm とし、掘削液には水を用いた。注入液は水セメント比 60% (W/C=60%) のセメントミルクを使用しており、注入量は根固め部約 700ℓ、杭周固定部約 1,600ℓ を標準とし、比重 1.70 以上を確保した。

施工時の施工管理項目を表-4 にまとめた。本施工に先

表-4 施工管理項目³⁾

項目	管理項目	管理値
杭の設置深さ	設計杭頭深度	±50mm
杭の設置位置	杭心ずれ	100mm 以内
杭の建込精度	傾斜	1/100 以内
根固め部の築造	根固め部の注入量	根固め部掘削体積の 100% 以上
杭周固定部の築造	杭周固定部の注入量	杭周固定部掘削体積の 40% 以上
セメントミルク原液の出来形管理	杭周固定液、根固め液	杭周固定液： $\sigma_{28} \geq 10\text{N/mm}^2$ 根固め液： $\sigma_{28} \geq 20\text{N/mm}^2$

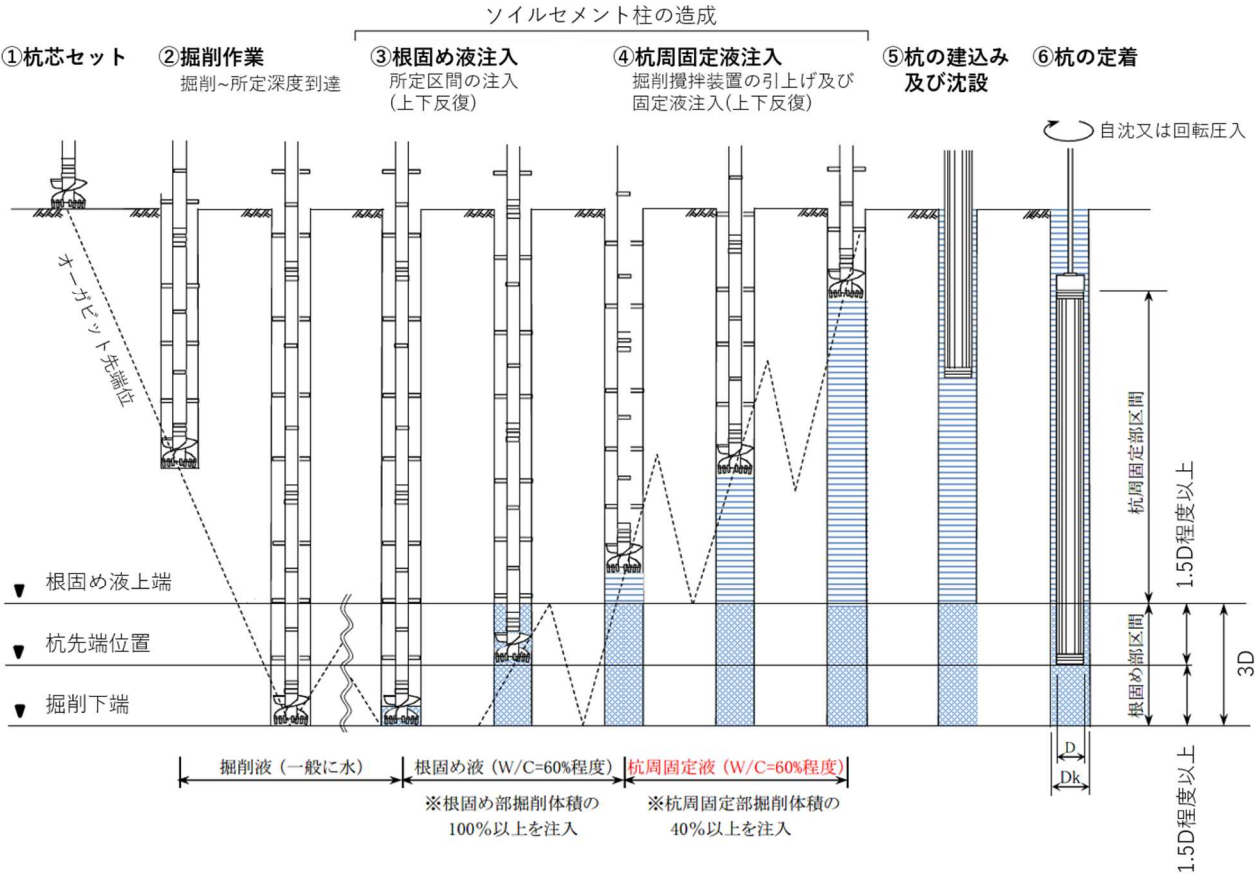


図-3 プレボーリング杭工法の施工順序図²⁾

立って試験杭を施工し、全ての施工管理項目を満たしていることを確認した。

試験杭施工時には、施工に影響を及ぼす地域特有の条件や事象を確認することも重要である。本地区では、支持層に到達するまでに砂礫層及び粘性土層からなる硬質な中間層が存在し、掘削抵抗の増大が予想された。掘削深度ごとの抵抗値は、杭打機に搭載されているパイルナビからオーガ駆動装置の電流値としてリアルタイムで管理できる。図4に試験杭施工時の電流値(緑線)、積分電流値(青線)、事前調査で把握していたN値(赤線)を示す。

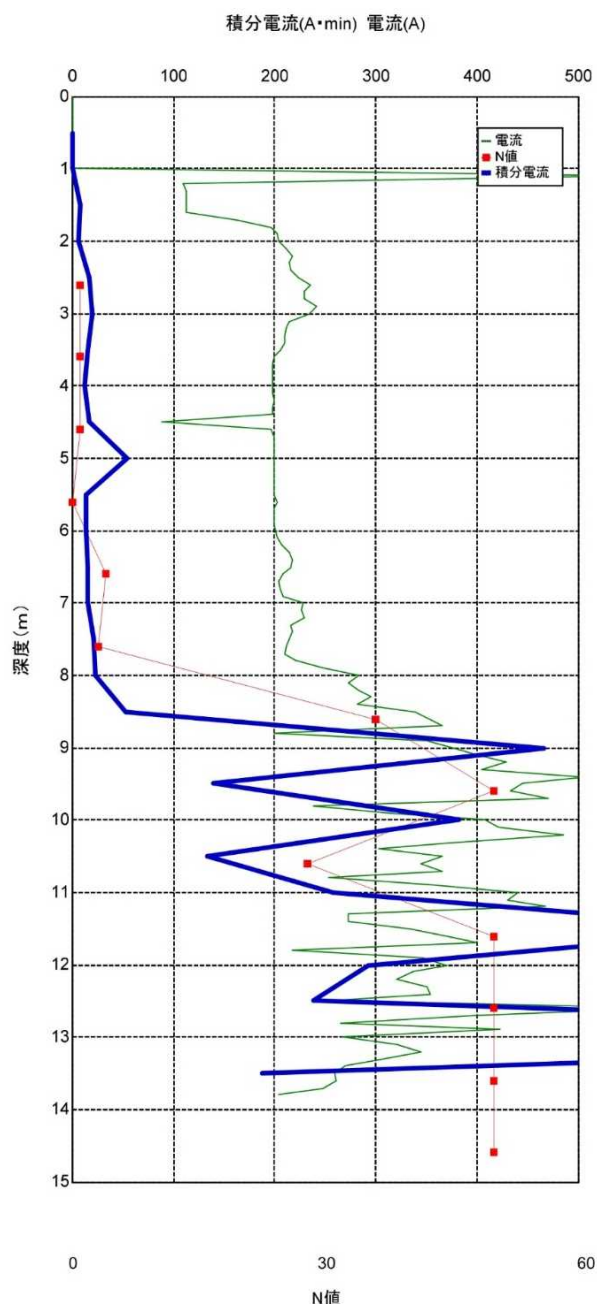


図4 試験杭施工時の掘削抵抗(電流値、積分電流値)と事前調査のN値

N値が高い砂礫層、粘性土層がある深度において掘削抵抗は大きくなっていたものの、支持層の深度まで掘削できることを確認した。

5. 施工結果

施工した杭の本数は試験杭を含み計 183 本である。施工期間は令和 5 年 9 月 7 日から 10 月 23 日までであり、そのうち、実施工日数は 26 日間である。施工時間は杭 1 本あたり 30～100 分程度だった。

杭の設置深さについて、杭頭深度の設計値と実測値の差は最大 30mm と、施工管理値である $\pm 50\text{mm}$ の範囲内だった。杭芯ずれは最大で 50mm、傾斜は 1/100 以内といずれも施工管理値を満足した。注入量は全杭で根固め部 100%以上、杭周固定部 40%以上を満足した。

圧縮強度試験の結果、根固め液は材齢 28 日で 42.9N/mm^2 、杭周固定液は 39.1N/mm^2 と、いずれも管理値を大幅に上回った。なお、掘削時の崩壊や注入液の漏出などのトラブルは発生しなかった。

6. まとめ

本報では、上統内排水機場における杭基礎工事にプレボーリング杭工法を適用した事例について、施工計画と施工状況を報告した。

施工においては、杭芯ずれ・傾斜・掘削深度・注入量などの施工管理項目をすべて管理値内で達成するなど、施工精度は良好であった。圧縮強度試験では、根固め液・杭周固定液ともに材齢 28 日で管理値を大幅に上回り、構造的な安全性が確認された。また、掘削時の崩壊や注入液の漏出などの施工トラブルは発生せず、施工性は良好であった。加えて、事前調査で確認されていた硬質な中間層の掘削も確認した。これにより、プレボーリング杭工法は本地区の地盤条件に適合し、経済性・施工性・品質の観点から合理的な選定であったことが示された。今後、類似条件の排水機場基礎工事においても、本工法は有効な選択肢であると考えられる。

参考文献

- 1) 農林水産省. 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」、p.53、2018.
- 2) 一般社団法人コンクリートパイル・ポール協会. COPITA 型プレボーリング杭工法、p.2、2023.
- 3) 一般社団法人コンクリートパイル・ポール協会. COPITA 型プレボーリング杭工法の施工ガイドライン(土木)、p.65、2021.