

港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の手引き（案）
—底面遮水層を貫通する基礎杭の施工にあたって—

平成 29 年 3 月

管理型海面処分場の早期安定化及び利用高度化技術に関する委員会

はじめに

「港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の手引き（案）」は、平成 26 年度に東京港の中央防波堤外側埋立処分場において実施された杭打設試験工事及び、平成 28 年度に尼崎西宮芦屋港の尼崎沖埋立処分場において実施された杭打設試験工事の結果を踏まえ、港湾における管理型海面最終処分場の底面遮水層を貫通する杭打設に係る諸手続き並びに杭打設の施工方法及び打設の際の留意事項等について最新の知見をとりまとめたものである。

これらの知見をとりまとめるため、国土交通省港湾局が発注した「管理型海面最終処分場の早期安定化及び利用高度化に関する検討業務」の下で、一般財団法人みなと総合研究財団において、「管理型海面処分場の早期安定化及び利用高度化技術に関する委員会（委員長：嘉門雅史 一般社団法人環境地盤工学研究所理事長）」及び「利用高度化技術分科会」を設置した。

これまで、管理型海面最終処分場において、底面遮水層を貫通する基礎杭の打設実績は三重管基礎杭工法のみであったが、本手引きを参考に、二重管基礎杭工法が適用可能となり、事業期間の短縮及び事業費の削減を図ることが可能となるものと考えられる。

なお、港湾における管理型海面最終処分場については、底面遮水層の層厚や透水性、埋め立てられている廃棄物の種類や性状等が処分場によって様々であり、本手引きに記載している方法を画一的に適用することは困難であることから、各処分場の状況を適切に把握し、本手引きを参考としつつ、施工業者の判断によって、現場状況に即した適切な方法で施行される必要がある。

一重管基礎杭工法については、杭打設試験工事の結果から、油圧ハンマ等を用いて杭を打設した場合には、廃棄物層を貫通した際に杭先端部への廃棄物の連れ込みが確認され、遮水性の低下も認められた。他方、オーガースクリューを用いて廃棄物層を掘削した場合には、杭先端部への廃棄物の連れ込みは僅かであり、遮水性の低下は認められなかった。一方で、オーガースクリューに紐状の廃棄物が絡み付くなどして掘進が不能になることや、オーガースクリューの回転により焼却灰等と保有水等が攪拌されて泥状の状態になり排土が不能になるなど、オーガースクリューによる廃棄物層の掘削は困難な場合があることが確認された。

これらの知見を踏まえ、本手引きでの一重管基礎杭工法の取り扱いについては、現時点で廃棄物層への単独での適用は控え、ハンマーグラブによる廃棄物の掘削除去の併用や、拡大ビット及び底ざらいバケットを用いた孔底処理を用いることなど、あらゆる事態を想定した検討や施工における工夫を行うことを前提としている。しかしながら、一重管基礎杭工法は、廃棄物層を貫通した杭の外周面や先端部における廃棄物の連れ込み状況が現時点で明らかになっていない。

更に、施工中においては、杭先端部の廃棄物目視等を行う必要があるが、これらの確認をより迅速に可能とする手法の技術開発等が望まれるなど、技術的課題も残されている。

これらの課題については、今後実施される試験杭の引き抜きにより新しい知見が得られた場合や今後の技術の進展や知見の収集状況等を踏まえ、適宜手引きに反映していく必要があると考えられる。

管理型海面処分場の早期安定化及び利用高度化技術に関する委員会名簿（五十音順）

委員長	嘉門 雅史	一般社団法人 環境地盤工学研究所 理事長
副委員長	土田 孝	広島大学大学院 教授
委員	遠藤 和人	国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 循環利用・適正処理処分技術研究室 主任研究員
委員	勝見 武	京都大学大学院 教授
委員	菊池 喜昭	東京理科大学 教授
委員	島岡 隆行	九州大学大学院 教授
委員	宮脇 健太郎	明星大学 教授
委員	森脇 武夫	国立呉工業高等専門学校 教授
委員	渡部 要一	北海道大学大学院工学研究院 教授

関係機関	国土交通省 港湾局 海洋・環境課
関係機関	国土交通省 港湾局 技術企画課 技術監理室
関係機関	国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 海洋環境・技術課
関係機関	国土交通省 近畿地方整備局 港湾空港部 海洋環境・技術課
関係機関	環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 企画課
関係機関	環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課
関係機関	環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 産業廃棄物課
関係機関	東京都 港湾局 港湾整備部
関係機関	兵庫県 県土整備部 土木局 港湾課
関係機関	大阪湾広域臨海環境整備センター
関係機関	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
関係機関	一般社団法人 日本埋立浚渫協会

上記のほか、以下の機関にも委員会の開催を案内し、適宜傍聴いただきました。

横浜市港湾局企画調整部、大阪府港湾局経営振興課、大阪市港湾局計画整備部、尼崎市経済環境局環境部、神戸市みなと総局技術部計画課、広島県土木局空港港湾部、広島県環境県民局産業廃棄物対策課、北九州市港湾空港局整備部、公益財団法人愛知臨海環境整備センター、公益財団法人岡山県環境保全事業団、ひびき灘開発株式会社

利用高度化技術分科会名簿（五十音順）

委員	遠藤 和人	国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 循環利用・適正処理処分技術研究室 主任研究員
委員	勝見 武	京都大学大学院 教授
委員	菊池 喜昭	東京理科大学 教授
委員	森脇 武夫	国立呉工業高等専門学校 教授
委員	渡部 要一	北海道大学大学院工学研究院 教授

事務局

事務局	小田 勝也	一般財団法人 みなと総合研究財団 業務執行理事
事務局	池田 秀文	一般財団法人 みなと総合研究財団 首席研究員
事務局	木村 和正	一般財団法人 みなと総合研究財団 主任研究員
事務局	谷 政史	一般財団法人 みなと総合研究財団 研究員
事務局	平尾 隆行	中電技術コンサルタント株式会社 都市整備部 グループマネージャー
事務局	竹本 誠	中電技術コンサルタント株式会社 都市整備部 グループリーダー

目 次

はじめに

用語の説明

1. 序説	1-1
1.1 背景	1-1
1.2 目的	1-1
1.3 適用範囲	1-1
1.4 廃棄物処理法に基づく手続き	1-3
1.5 手引きの体系	1-4
2. 事前調査	2-1
2.1 埋立廃棄物等に関する調査	2-1
2.1.1 資料等調査による確認	2-1
2.1.2 廃棄物層厚（層構成）と埋立廃棄物等の種類の確認	2-1
2.1.3 廃棄物層の地盤強度の確認	2-1
2.1.4 保有水等の観測	2-1
2.2 底面遮水層（在来粘性土層）に関する調査	2-2
2.2.1 既往調査結果の確認	2-2
2.2.2 事前調査時点での土質特性の把握	2-2
2.3 底面遮水層より深い位置に存在する帯水層に関する調査	2-3
3. 施工	3-1
3.1 杭打設工法の選定にあたっての諸条件	3-1
3.1.1 管理型海面最終処分場に係る条件	3-1
3.1.2 構造一般に係る条件（構造物設計から決まる杭仕様）	3-1
3.2 廃棄物層を貫通する際の杭打設工法（工法の紹介）	3-3
3.2.1 一重管基礎杭工法（打撃・廃棄物掘削除去併用工法、中掘り・廃棄物掘削除去併用工法） ..	3-3
3.2.2 二重管基礎杭工法	3-11
3.2.3 三重管基礎杭工法	3-14
3.2.4 杭の附属品等に関する留意事項	3-17
3.3 施工中における確認事項	3-19
3.3.1 基本的な事項	3-19
3.3.2 廃棄物層を貫通する際の杭打設工法に係る試験杭	3-20
3.3.3 確認事項と実施時期及び頻度	3-20
3.4 杭打設工法の選定の際の留意事項	3-22

4. モニタリング.....	4-1
4.1 モニタリングの基本方針.....	4-1
4.2 モニタリング項目.....	4-1
5. 円滑な事業推進に向けて.....	5-1
参考資料編.....	1
1. 高度利用技術の紹介.....	1
2. 基礎杭工法に関連する高度利用又は技術実証試験等の事例.....	4
I. 三重管基礎杭工法の事例.....	4
II. 平成 26 年度 東京港基礎杭打設試験工事.....	8

用語の説明

本手引きで使用する用語について、以下に説明する。

1) 海面最終処分場

廃棄物の水面埋立処分を行う目的で海面に建設された廃棄物最終処分場。

2) 管理型海面最終処分場

海面最終処分場のうち産業廃棄物の管理型最終処分場及び一般廃棄物最終処分場（本手引き中での定義）。

3) 廃棄物処理法

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年 12 月 25 日法律第 137 号）。

4) 廃棄物

廃棄物処理法で定める、ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であって、固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染された物を除く）。

5) 廃止

廃棄物処理法第 9 条第 5 項（第 15 条の 2 の 6 第 3 項により準用する場合を含む。）に基づく廃止（平成 4 年 7 月 4 日から平成 10 年 6 月 16 日の間は廃止の届出が提出された状態）。

廃棄物処理施設としての規制を受けなくとも、そのままであれば生活環境の保全上の問題が生じるおそれなくなった状態。

6) 土地の形質の変更

土地の形状又は性質の変更（例えば、宅地造成、土地の掘削、開墾等の行為）。

7) 施工

廃棄物埋立地の土地の形質を変更する盛土、掘削、舗装、工作物の設置、既存構造物の改変等の工事。

8) モニタリング

土地の形質の変更行為の着手前と工事完了後の一定期間、廃棄物の飛散・流出、悪臭、可燃性ガス、保有水等や浸透水の水質、周縁地下水の水質、及び地盤・構造物の変位等、生活環境保全上生ずるおそれのある支障について調査・監視すること。

9) 基準省令

一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和 52 年総理府・厚生省令第 1 号）。

10) 保有水等

保有水、雨水及び遮水工で締め切られた内部の海水等、埋立地内に存在する水。

11) 周縁地下水

基準省令で定める埋立地の周縁の地下水。水面埋立処分を行う最終処分場にあっては、周辺の水域又は周縁の地下水。

12) 表層利用

土砂等による覆い（覆土）の機能を残存するような掘削のみを行って、盛土や構造物の設置などを行う利用。

13) 中層利用

覆土と廃棄物の掘削をしても、遮水工、保有水等集排水設備又は浸透水集排水設備、地下水集排水設備等の形質を変更しない利用。

14) 底層利用

遮水工、保有水等集排水設備又は浸透水集排水設備、地下水集排水設備等の設備を改変する利用又は廃棄物埋立地の底部までの掘削を行う利用。

15) 高度利用

廃止前を含む処分場跡地において、低層利用や廃棄物層の地盤改良を伴うような大型構造物を設置する利用（図 1-1 参照）。

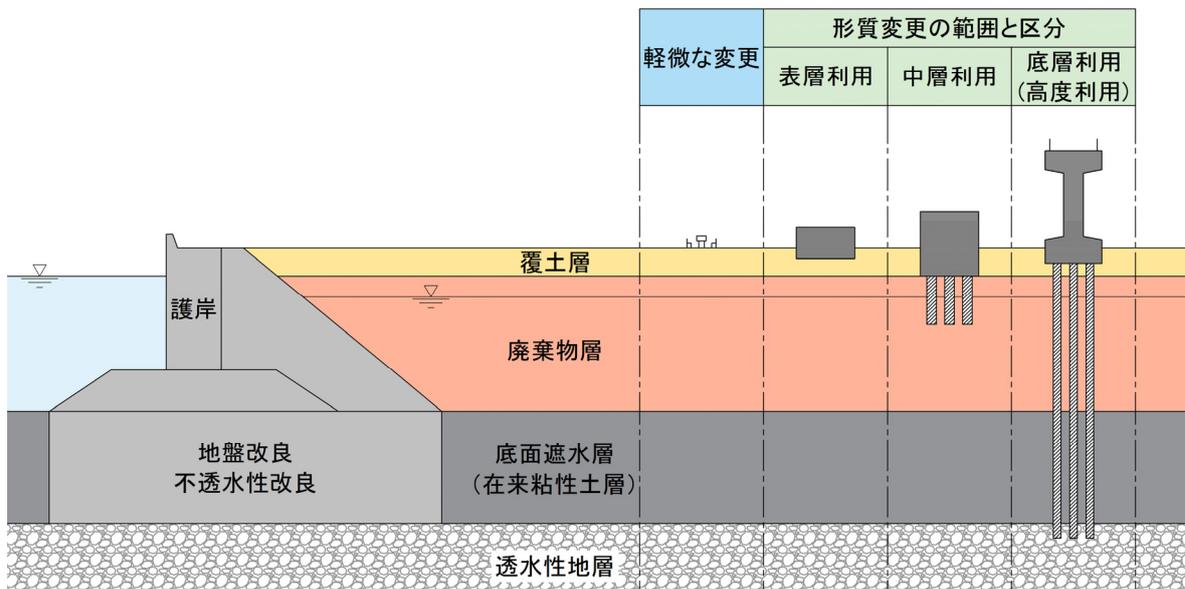


図 1-1 土地利用区分

16) 利用高度化技術

15) 「高度利用」を可能とするための対策技術。

17) 埋立廃棄物等

廃棄物埋立地に存在する廃棄物、及び廃棄物に接触し汚染された可能性を有する土砂。

18) 不透水性地層

基準省令に定めるように、地下の全面に厚さが 5m 以上であり、かつ透水係数が 100nm/sec（岩盤にあつてはルジオン値が 1）以下である地層又はこれと同等以上の遮水の効力を有する地層。本手引きでは、「底面遮水層」を在来粘性土地盤としている管理型海面最終処分場を対象としており、「不透水性地層」と「底面遮水層」は同じ意味。

19) 廃プラ等未焼却の廃棄物

未分別、未焼却の生ごみや不燃物等が混在した廃棄物。

20) 焼却灰等

廃棄物焼却施設（一般廃棄物焼却施設と産業廃棄物焼却施設）から排出される焼却灰、ばいじん、燃え殻等。

1. 序説

1.1 背景

港湾事業においては、港湾機能を十分に発揮する観点から、管理型海面最終処分場において杭打設を伴う底層利用を必要とする事例がある。一方、管理型海面最終処分場においては、廃棄物処理法に基づき、都道府県知事により廃止の確認を受けるまでの間、遮水工等の構造基準を遵守し、また、廃止の確認を受けた後においては、土地の形質の変更にあたって、遮水工等の機能を維持する必要があるため、結果として海面最終処分場の跡地利用の実例が少ないのが実情である。

「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」（平成 16 年、廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会）においては、底面遮水層を貫通する基礎杭打設工法について言及されているものの、工法の採用にあたっては実験等を含めた十分な調査・検討が必要であると位置づけられている。港湾事業における本工法の実績は、東京港臨海道路第（Ⅱ）期事業のうち、廃棄物処分場に位置する橋梁下部工における三重管基礎杭工法など数例に留まっており、基礎杭打設を伴う底層利用の実施のため、より経済的かつ合理的な杭打設技術の確立が望まれている。

既往技術以外の杭打設工法については、室内試験における実験的な検討により遮水機能の維持は確認されており、実際の施工方法が確立すれば実現可能であることが示唆されていた。この実験的な検討結果を受けて、三重管基礎杭工法よりも施工が簡便かつ安価な二重管基礎杭工法及び一重管基礎杭工法について、実際の管理型海面最終処分場における実証試験が実施された。この実証試験により得られた知見を基に、これらの工法の管理型海面最終処分場への適用性について技術的な検討を行い、底面遮水層を貫通する基礎杭打設の実施にあたり必要となる事前調査、施工方法、事後のモニタリング等を中心として、管理型海面最終処分場の高度利用技術をここに手引きとしてとりまとめた。

1.2 目的

本手引きは、平成 16 年に改正された廃棄物処理法に基づき、廃棄物が地下にある土地の形質の変更のうち、特に基礎杭を打設する際に、施工方法の基準に沿った事前調査、施工及びモニタリングの内容を示すことにより、その適正な施工を確保することで生活環境の保全を図ることに加え、適切な工法の選択による工費及び工期の適正化を図ることで、管理型海面最終処分場における有効な土地の活用を促進することを目的とする。

1.3 適用範囲

本手引きは、底面遮水層を在来粘性土地盤としている管理型海面最終処分場（一般廃棄物、産業廃棄物）のうち、図 1-1 に示す埋め立てが終了し廃止に向けた維持管理を行っているもの又は廃止後のものを対象とし、高度利用を目的とした底面遮水層を貫通する基礎杭の施行に適用する（図 1-2、図 1-3 に本技術の適用イメージを示す）。

なお、廃棄物が地下にある土地の形質の変更の施行にあたっては、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」の適用を前提としている。

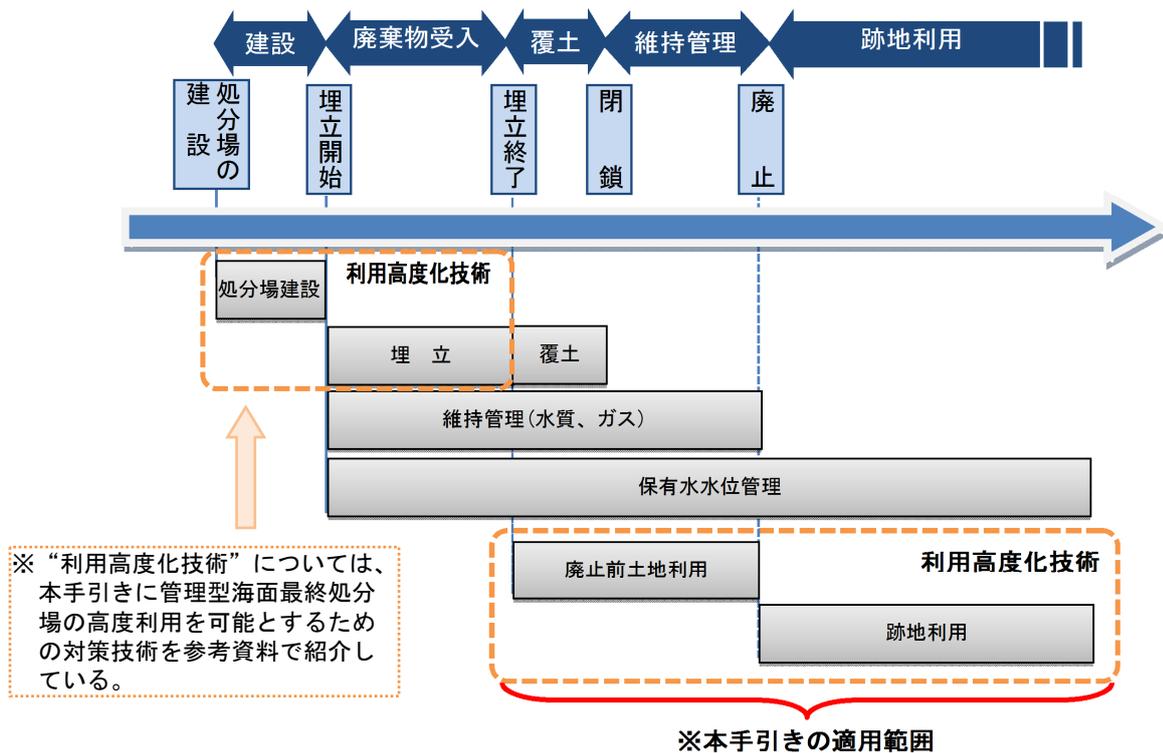


図 1-1 管理型海面最終処分場のライフサイクルと本手引きの適用範囲

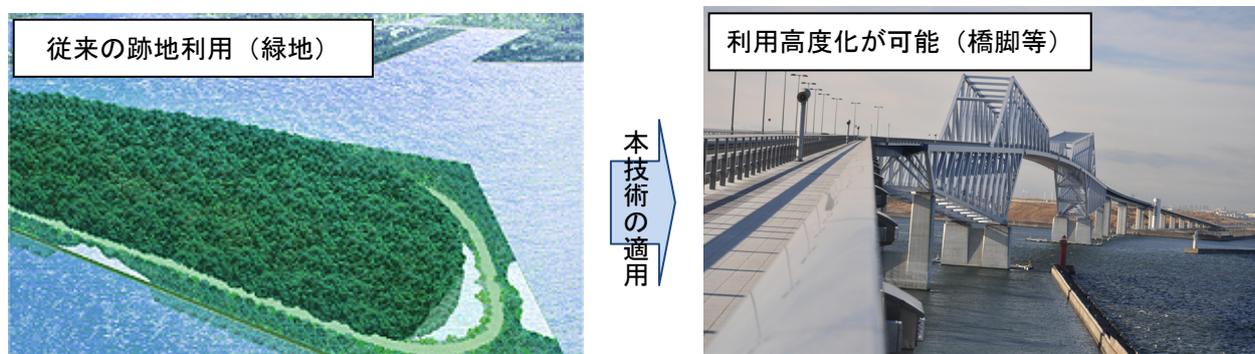


図 1-2 本技術の適用イメージ

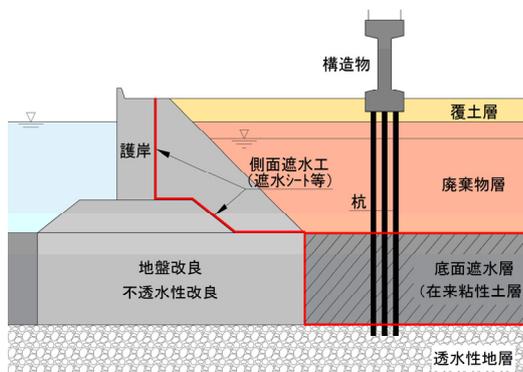


図 1-3 海面処分場への杭打設イメージ

1.4 廃棄物処理法に基づく手続き

管理型海面最終処分場において底面遮水層を貫通する杭を打設する場合、下記の通り、当該処分場が、廃止の前なのか後なのかによって適用される廃棄物処理法の手続きが異なる。いずれも、当該処分場が設置されている都道府県等の環境部局が、具体的事案に即した判断を行うこととなる。

① 廃止前の場合の手続き

廃止前の管理型海面最終処分場において、一般廃棄物処理施設及び産業廃棄物処理施設の最終処分場の構造及び設備に係る変更であって、遮水層に関する変更がある場合、廃棄物処理法第9条及び法第15条の2の6による、一般廃棄物処理施設及び産業廃棄物処理施設の変更の許可の申請（市町村が設置する最終処分場については、廃棄物処理法第9条の3第8項に基づく都道府県知事への届け出）の対象となる。

手続きを行うべき主体：廃棄物処理施設の設置許可を取得している者

具体的手続き：変更許可申請、公告・縦覧等（手続きに関する期間は、廃棄物処理施設が設置されている都道府県等の環境部局との協議により決定）

必要な書類の一覧：下記の通り

<届出書類の記載事項>

届出者の氏名及び住所、廃棄物処理施設の設置の場所、廃棄物処分施設の種類、許可の年月日及び許可番号、変更の内容、変更の理由、変更のための工事の着工予定年月日及び変更後の使用開始予定年月日 等

<添付書類>

変更後の廃棄物処理施設の構造を明らかにする設計計算書、施行規則第3条第2項各号又は第11条第3項各号に掲げる事項に係る変更がある場合には、変更後の維持管理に関する計画を記載した書類、周囲の地形、地質及び地下水の状況を明らかにする書類及び図面、変更後の廃棄物処理施設の維持管理に関する技術的能力を説明する書類、変更後の廃棄物処理施設の維持管理に要する資金の総額及びその資金の調達方法を記載した書類 等

② 廃止後の場合の手続き

廃止後の管理型海面最終処分場跡地を高度利用する場合には、廃棄物処理法第15条、施行規則第12条の35、36による土地の形質の変更の届出の対象となる。

手続きを行うべき主体：形質変更を行う者

具体的手続き：30日前までに届出、必要に応じて変更指示への対応

必要な書類の一覧：下記の通り

<届出書類の記載事項>

届出者の氏名及び住所、指定区域の所在地、土地の形質の変更の種類、場所及び施工方法、地下にある廃棄物の種類、廃棄物の搬出の有無及び搬出先、着手及び完了予定日 等

<添付書類>

土地の形質の変更をしようとする場所を明らかにした図面、廃棄物埋立地設備の位置関係を把握できる平面図、断面図等、土地の形質の変更の施行に当たって周辺的生活環境に及ぼす影響について実施する調査の計画書及び土地の形質の変更の施行に係る工事計画書 等

1.5 手引きの体系

本手引きでは、2章において杭基礎を打設するにあたっての事前調査、3章において杭基礎を打設するにあたっての工法の選定方法及び施工の際の留意点、4章において杭基礎打設後のモニタリング、5章において円滑な事業実施のための留意事項について示す。さらに、参考資料として、管理型海面最終処分場の高度利用事例及び高度利用技術を紹介する。

2. 事前調査

底面遮水層を貫通する基礎杭の打設に必要な情報を得るため、既往資料の調査やボーリング等試掘を実施し、下記に示す埋立廃棄物に関する調査、底面遮水層（在来粘性土層）に関する調査及び底面遮水層より深い位置に存在する帯水層に関する調査を実施する。加えて、廃棄物埋立地内部及び地表面における可燃性ガス等の調査など、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」に準拠した内容の事前調査を行う。

なお、管理型海面最終処分場の廃止前（廃棄物の埋立終了から処分場を廃止するまでの維持管理期間中）にボーリング等の試掘が底面遮水工の遮水性に影響を及ぼすおそれがある場合には、廃棄物処理法第9条又は第15条の2の6に基づく変更の許可（市町村が設置する最終処分場については、廃棄物処理法第9条の3第8項に基づく都道府県知事への届出）が必要である。

一方、当該海面最終処分場の廃止後におけるボーリング等の試掘は、土地の形質変更にあたることから、廃棄物処理法第15条の19に基づき、事前に都道府県知事に届け出なければならない。

2.1 埋立廃棄物等に関する調査

2.1.1 資料等調査による確認

管理型海面最終処分場への杭打設にあたっては、廃棄物層を経由して底面遮水層の形質を変更することから、杭打設地点に埋め立てられている廃棄物の種類や埋立区画、成層状態の概要を把握する。

資料等調査では、これまでに受け入れられた廃棄物の種類に関する資料や埋立造成履歴（廃棄物の投入履歴）等、後述するボーリング等試掘における調査内容の立案や杭打設工法の選定にあたり有効となる既往資料の調査、必要により管理者へのヒアリング調査を行う。

2.1.2 廃棄物層厚（層構成）と埋立廃棄物等の種類の確認

資料等調査結果及び当該結果を踏まえたボーリング等試掘により、埋立廃棄物層厚、埋立廃棄物等の種類、埋立廃棄物等の層構成を確認するとともに、組成試験を行う。特に、杭の打設により底面遮水層へ連れ込まれる可能性がある石材やコンクリートがら、針金、未燃焼の廃棄物（紐類）などについては、それらの有無が杭打設工法を選定する際の制約となるため、適切な杭打設工法を選定するための基礎的条件として必要となる。

2.1.3 廃棄物層の地盤強度の確認

原位置における埋立廃棄物等の硬軟、締まり具合等を把握するために廃棄物層の地盤強度の確認を行う。確認方法は、廃棄物層を対象とした標準貫入試験、平板載荷試験、スウェーデン式サウンディング試験等による（※）。

2.1.4 保有水等の観測

施工中における打設状況の確認（杭先端部の廃棄物目視確認及び杭内水位観測）を実施する際の、杭内の水位設定に資するため、保有水等の水位を観測する。

※ 管理型海面最終処分場における廃棄物埋立地盤の特性については、松井・嘉門らによる現地調査及び室内試験結果について取りまとめられた研究資料があるので、それらも参考にされたい。
資料名：松井保・嘉門雅史・油谷進介・西川輝廣：大阪湾フェニックス事業における埋立地盤の特性、土と基礎、Vol145、No. 4、pp17～20、1997

2.2 底面遮水層（在来粘性土層）に関する調査

2.2.1 既往調査結果の確認

底面遮水層（在来粘性土層）は、廃棄物等の埋立てにより生じる圧密により、上端・下端深度、厚さ、透水係数が管理型海面最終処分場の整備当時（埋立前）から変化していることが考えられる。このため、まず、既往調査結果により管理型海面最終処分場の整備当時の在来地盤の状況を把握する。

<確認項目>

底面遮水層の上端・下端深度、単位体積重量、圧密特性、透水係数、液性・塑性限界等

2.2.2 事前調査時点での土質特性の把握

ボーリング調査により、現在（事前調査時点）の底面遮水層の上端・下端深度（厚さ）、遮水性（透水係数）を確認するとともに、既往調査結果との比較により、底面遮水層の圧密の進行程度を確認する。

また、底面遮水層の上端・下端深度（厚さ）を基に、施工中の確認（杭先端部の廃棄物目視確認）を実施する深度の設定に資するものとする。

なお、底面遮水層の下端深度の確認については、既往の調査結果によりその深度が明らかである場合には、既往調査結果により推定しても差し支えない。また、ボーリングにより確認する場合、管理型海面処分場周辺におけるボーリング柱状図等資料により、底面遮水層である在来粘性土層の下端面の大きな起伏がないことを確認したうえで、管理型海面最終処分場の外側において実施しても差し支えない。

<調査項目>

底面遮水層の上端・下端深度、単位体積重量、圧密特性、透水係数※、液性・塑性限界等

※ 底面遮水層の遮水性（透水係数）の確認にあたっては、森脇らによる圧密試験及び定ひずみ圧密試験から求めた透水係数と、透水試験により求めた透水係数との関連についての研究資料があるので、それらも参考にされたい。

資料名：Takeo Moriwaki and Ken Umehara:Method for Determining the Coefficient of Permeability of Clays:Geotechnical Testing Journal, MARCH 2003, Vol. 26, No. 1 Paper ID GTJ200310715_261

2.3 底面遮水層より深い位置に存在する帯水層に関する調査

これまで実施されてきた管理型海面最終処分場における実物大の試験施工では、廃棄物層を貫通して底面遮水層内に杭を打設するものの、底面遮水層としての機能維持の観点から、杭は底面遮水層を貫通していない。しかし、実利用においては、構造物の支持杭としての機能発揮の面から、杭は底面遮水層を貫通して支持層まで打設する必要がある。

底面遮水層（在来粘性土層）よりも深い位置の帯水層（支持層）が被圧している場合、事前にその存在が明らかになっていない状況で底面遮水層を貫通する杭打設が行われると、被圧地下水が杭境界部や杭内部を通じて地表面に噴出するおそれがあり、泥水処理や重機足場の軟弱化、現場継ぎ杭（溶接）の品質低下などの発生が懸念される。

これらの施工への悪影響を防ぐため、事前に地下水調査（帯水層の水位、水頭調査）を実施し、被圧の有無、被圧の程度を確認することが重要であり、被圧が確認された場合には、特に、湧水の収集方法や適正な処理方法について事前に検討する必要がある。

また、底面遮水層を貫通する杭の打設によっても保有水等の移流や拡散がないことを確認するため、周縁地下水について水質調査を行う必要がある。

なお、地下水調査にあたっては、管理型海面処分場周辺におけるボーリング柱状図等資料により、地層構成に大きな変化がないことを確認したうえで、管理型海面最終処分場の外側において実施しても差し支えない。

<調査項目>

- 被圧帯水層の有無の確認のための地下水調査
現場透水試験、間隙水圧測定、水位測定、流向観測
- 水質調査
周縁地下水の水質分析項目について実施

3. 施工

廃棄物が地下にある土地の形質の変更の施行にあたり、具体的な施工の方法については、本章に定める他、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」に準拠するものとする。

底面遮水層である在来粘性土層に杭を打設した場合、杭打設時に杭周辺の粘性土は乱されるものの、比較的早い時間で杭と粘性土が密着し遮水性が回復し、杭打設に伴う廃棄物等の連れ込みを生じさせない工法を採用すれば杭境界面での透水係数の上昇はほとんどないことが、既往の研究成果^{*}や平成26年度東京港杭基礎杭打設試験工事（参考資料編参照）により確認されている。

底面遮水層を貫通する杭打設にあたっては、杭打設により廃棄物を連れ込まないこと、底面遮水層の損傷によっても遮水機能を維持することが必要である。また、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」によると、確実に遮水性を確保できる施工方法であることを前提として、杭を打設しても杭と地盤の境界の遮水性が低下しない場合は、廃棄物層下端から下部に不透水性地層が5m以上存在すれば遮水性は確保できるとされている。

杭打設工法は、これらの事項を満足する必要がある、管理型海面最終処分場に係る条件（廃棄物の種類や遮水工の諸元など）や構造物設計から決まる杭仕様から、工法の適用性や経済性を考慮した上で、適切なものを選定しなければならない。

3.1 杭打設工法の選定にあたっての諸条件

3.1.1 管理型海面最終処分場に係る条件

杭打設工法の選定に係る管理型海面最終処分場の条件は、以下のとおりである。

○ 埋立廃棄物等の種類（性状）、層構成

杭打設工法は、埋立廃棄物等の種類や層構成に応じた工法とすることが重要であり、特に、杭打設の支障となり得る石材やコンクリートガラ、針金、未燃焼の廃棄物（紐類）などが確認された場合には、予め廃棄物を掘削除去するなどの対応が必要である。

なお、廃棄物層の掘削にあたっては、発生ガス対策を行う必要がある。

○ 底面遮水層の厚さ、遮水性（透水係数）

杭打設工法は、底面遮水層への杭の打設によっても、基準省令による遮水工の構造基準に適合するものとする。

3.1.2 構造一般に係る条件（構造物設計から決まる杭仕様）

構造物設計から決まる杭構造に係る条件は、以下のとおりである。

○ 既成杭（鋼管杭、PHC杭）

鋼管杭については、管理型海面最終処分場の廃棄物層及び底面遮水層を貫通して打設した工事実績及び廃棄物層を貫通し底面遮水層内まで打設した実証試験の実績を有しており、打設工法を適切に選定することで、海面処分場の遮水性を確保した施工が可能となる。

^{*} 菊池喜昭・森脇武夫・勝見武・平尾隆行・蔦川徹・服部晃・岡本功一・山田耕一・佐々木広樹：管理型海面廃棄物処分場に打設する基礎杭が底面遮水基盤に与える影響、港湾空港技術研究所資料、No. 1252、2012

PHC 杭については、鋼管杭と同様な実績はなく、適用性が確認されていない。また、焼却灰等に含まれる塩化物などに起因した高濃度塩水とコンクリート表面が直接接触することにより生じる化学的浸食（塩類劣化、硫酸塩劣化）によるコンクリートの劣化や、打設時の杭損傷による鉄筋等の腐食も懸念されるため、適用にあたっては、打設工法や杭の防食について十分な検討、確認を要する。

○ 場所打ち杭

場所打ち杭については、管理型海面最終処分場の廃棄物層及び底面遮水層を貫通して打設した実績はなく、適用性が確認されていない。適用にあたっては、オールケーシング工法により予め廃棄物を掘削除去するとともに、外周管の打設により遮水性を確保することなど、十分な検討、確認を要する。

また、構造物設計により、群杭の影響が考慮されるほどの狭い杭間隔である場合、杭間が狭いことによる底面遮水層の遮水性能への影響の有無が現状の知見では明らかでなく、実験的な検討や数値解析等により遮水性能への影響を確認する必要がある。

3.2 廃棄物層を貫通する際の杭打設工法（工法の紹介）

3.2.1 一重管基礎杭工法（打撃・廃棄物掘削除去併用工法、中掘り・廃棄物掘削除去併用工法）

(1) 工法の概要

一重管基礎杭工法は、杭を直接、打撃あるいは中掘り圧入によって廃棄物地盤に打設し、杭が廃棄物地盤を貫通した後、杭内の廃棄物等を掘削除去し、杭先端部における廃棄物の連れ込み等が無いことを確認した上で、杭を設計深度まで打設する工法である（図 3-1 参照）。

杭が廃棄物地盤を貫通した後、杭内の廃棄物等はハンマーグラブにより掘削除去する。また、杭先端部に連れ込まれた廃棄物を除去するために、拡大掘削ビット及び底ざらいバケットを用いた孔底処理を行う。

なお、本工法については、現時点では、あらゆる事態を想定した検討や施工における工夫を前提としており、今後の技術の進展や知見の収集状況等を踏まえて、内容を見直すことも考えられる。

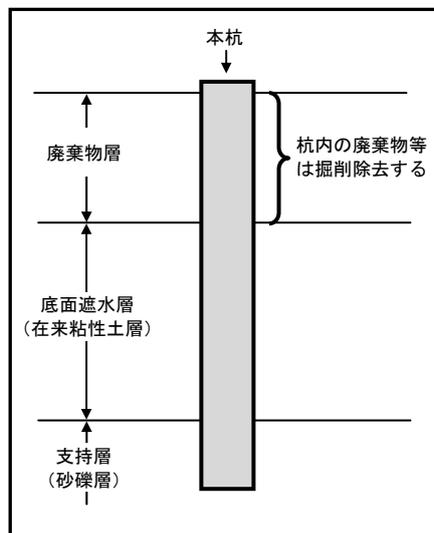


図 3-1 一重管基礎杭工法概念図

(2) 打撃・廃棄物掘削除去併用工法

バイプロハンマーや油圧ハンマー等を用いた打撃工法により杭を打ち込み、杭が廃棄物層を貫通した後、ハンマーグラブにより杭内の廃棄物等を掘削除去するとともに、拡大掘削ビット及び底ざらいバケットによる孔底処理を行い、杭先端部に連れ込まれた廃棄物を完全に除去する。その後、杭先端部における廃棄物の連れ込み等が無いことを確認した上で、杭を設計深度まで打設する。

① 技術の適用範囲

本工法は、現時点では杭先端部において廃棄物の連れ込みがあることを想定している。

杭打設により、底面遮水層へ連れ込まれる可能性がある石材やコンクリートがら、針金、未燃焼の廃棄物（紐類）などが存在しないことが事前調査結果によって明らかである廃棄物埋立地盤に対しては、試験施工により、ハンマーグラブによる杭内の廃棄物等の掘削除去後、杭先端部における廃棄物の連れ込み等が無いことが確認された場合に限り、拡大掘削ビット及び底ざらいバケットによる孔底処理の省略を検討することができる。

② 技術的な特徴

- 打撃工法によって杭が廃棄物層を貫通した後、杭内の廃棄物等の除去に、ハンマーグラブを使うことが基本となるため、杭内の廃棄物等の掘削除去が比較的容易である（“3.2.1 (5) オーガースクリュー使用にあたっての留意事項” 参照）。
- 廃棄物の連れ込みの有無の確認や継ぎ杭などにより打ち込み作業が中断され、周面摩擦の影響から杭打設再開時において杭の貫入が不能となる懸念がある場合に適応性が高い。特に、バイブロハンマーについては、廃棄物の連れ込み防止対策を行うために一時的に杭を引き上げる場合にも有効である。

③ 施工手順の概要

図3-2に、施工ステップと各施工ステップでの確認事項、主な施工機械を記載した施工概要図を示す。

杭打設にあたっては、廃棄物層を貫通して、底面遮水層（在来粘性土層）内に1～2m程度貫入した時点で、ハンマーグラブにより杭内の廃棄物等を除去する。この時、底面遮水層を掘削した際の排土に廃棄物の混在が確認された場合には、更にハンマーグラブ等により杭内の廃棄物等の除去を行う。当該排土に廃棄物が混在していないことが確認されるまで廃棄物等の除去を繰り返した後、杭先端部における廃棄物の連れ込みの有無をカメラ観察により確認する。この時点で廃棄物の連れ込みが確認された場合には、ハンマーグラブによる再掘削を実施するか、拡大掘削ビット及び底ざらいバケットによる廃棄物の連れ込み防止対策を実施し、再度、杭先端部のカメラ観察を行い、杭内の廃棄物が完全に除去されていることを確認する。

杭先端部のカメラ観察と併せて、杭打設によっても遮水性が確保されていることを確認するため、杭内水位を保有水等の水位より1～2m程度下げ、24時間以上水位観測を行う。

これらの確認により、廃棄物の連れ込みや底面遮水層の遮水性に異常がないことを確認した上で、設計深度まで杭打設を行う。

なお、施工中における杭先端部の廃棄物目視確認及び杭内水位観測については、底面遮水層を5m以上確保した深度までに完了するものとする（“3.3 施工中における確認事項” 参照）。

④ 施工手順（概要図）

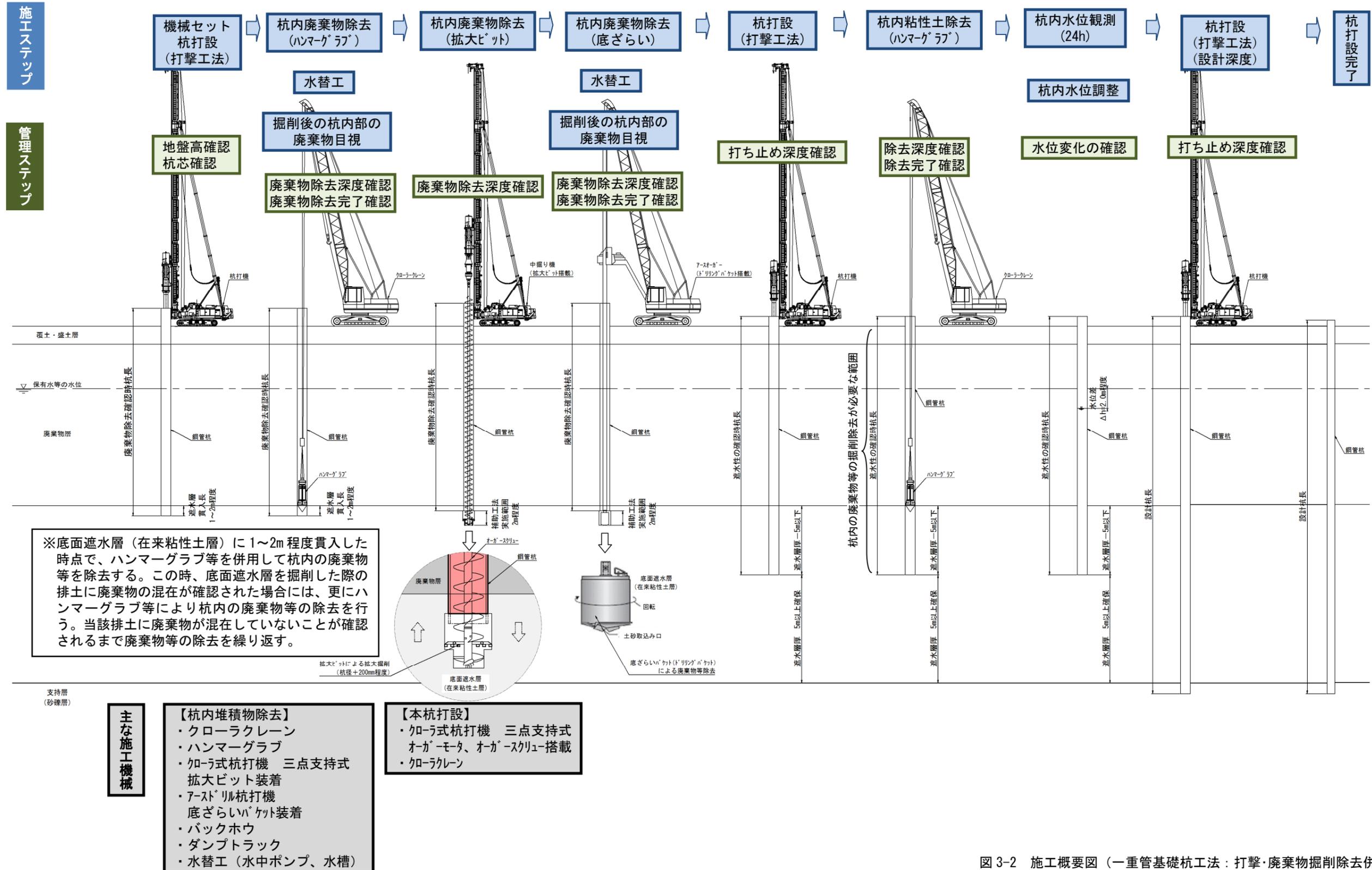


図 3-2 施工概要図（一重管基礎杭工法：打撃・廃棄物掘削除去併用工法）

(3) 中掘り・廃棄物掘削除去併用工法

杭の中空部に予めオーガースクリュー等を挿入し、削孔と同時に杭を圧入する。杭が廃棄物層を貫通した後、ハンマーグラブ等により杭内の廃棄物等を掘削除去する。杭先端部における廃棄物の連れ込み等が無いことを確認した上で、杭を設計深度まで打設する。

① 技術の適用範囲

廃棄物層の削孔中にハンマーグラブを併用して杭内部の廃棄物等を除去するなど、廃棄物地盤の中掘りを行うための施工方法の工夫により、様々な廃棄物による埋立地盤に対して適用が可能となる。

② 技術的な特徴

- オーガースクリュー等により杭先端を削孔しながら杭を貫入するため、杭先端部において、針金や未燃焼の廃棄物（紐類）の連れ込みはほとんど生じない。ただし、杭内部の廃棄物等を完全に除去するためにハンマーグラブ等が必要となる。
- オーガースクリューは、焼却灰等を主体とした廃棄物地盤を削孔する場合、杭内の廃棄物等と保有水等が混合し、泥状を呈する可能性があることに留意する必要がある（“3.2.1 (5) オーガースクリュー使用にあたっての留意事項” 参照）。
- 廃棄物の連れ込みの有無の確認や継ぎ杭などにより打ち込み作業が中断され、周面摩擦の影響から杭打設再開時における杭の再貫入が不能となることが懸念される場合においては、1ランク以上高い打設能力を持つ打設機械を用いることが望ましい。

③ 施工手順の概要

図3-3に、施工ステップと各施工ステップでの確認事項、主な施工機械を記載した施工概要図を示す。杭打設にあたっては、廃棄物層を貫通して、底面遮水層（在来粘性土層）内に1～2m程度貫入した時点で、ハンマーグラブにより杭内の廃棄物を除去する。この時、底面遮水層を掘削した際の排土に廃棄物の混在が確認された場合には、更にハンマーグラブ等により杭内の廃棄物等の除去を行う。当該排土に廃棄物が混在していないことが確認されるまで廃棄物等の除去を繰り返した後、杭先端部における廃棄物の連れ込みの有無をカメラ観察により確認する。

この時、万が一廃棄物が確認された場合には、ハンマーグラブによる再掘削を実施するか、図3-2に示す拡大掘削ビット及び底ざらいバケットによる孔底処理を実施し、再度、杭先端部のカメラ観察を行い、杭内の廃棄物が完全に除去されていることを確認する。

杭先端部のカメラ観察と併せて、杭打設によっても遮水性が確保されていることを確認するため、杭内水位を保有水等の水位より1～2m程度下げ、24時間以上水位観測を行う。

これらの確認により、廃棄物の連れ込みや底面遮水層の遮水性に異常がないことを確認した上で、設計深度まで杭打設を行う。

なお、施工中における杭先端部の廃棄物目視及び杭内水位観測については、底面遮水層を5m以上確保した深度までに完了するものとする（“3.3 施工中における確認事項” 参照）。

(4) 孔底処理

一重管基礎杭工法については、ハンマーグラブ等を併用した杭内の廃棄物等の除去（写真 3-1 参照）を行う他、杭先端部での廃棄物の連れ込みが確認された場合には、連れ込み廃棄物を確実に除去するために、拡大掘削ビットや底ざらいバケット等を用いた孔底処理を行う（図 3-4、図 3-5 参照）。

なお、二重管基礎杭工法（3.2.2 参照）及び三重管基礎杭工法（3.2.3 参照）については、杭打設に先立ちオールケーシング工法により廃棄物の掘削除去を行うことから、杭打設による廃棄物の連れ込みは想定されない。

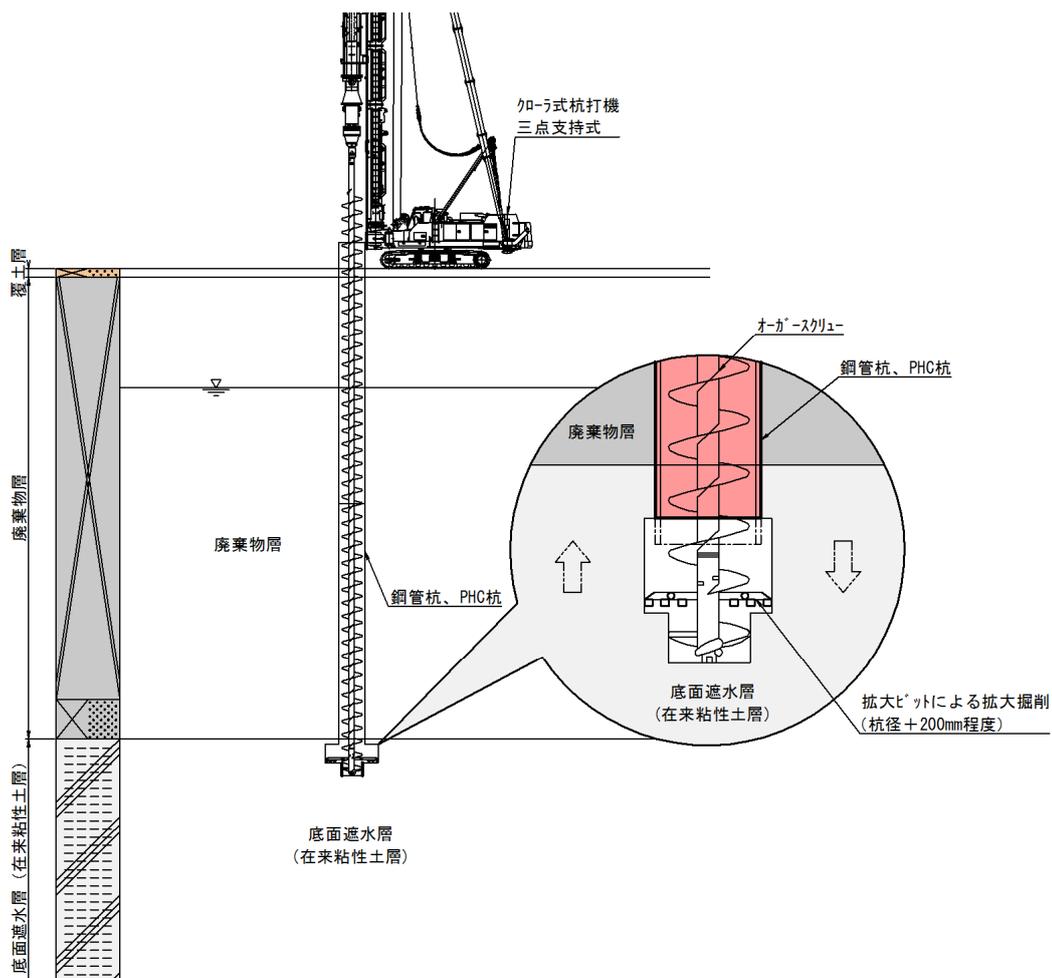


図 3-4 拡大ビットによる杭先端部の拡大掘削のイメージ

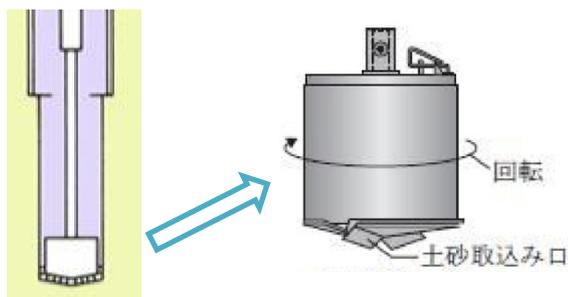


図 3-5 底ざらいバケットによる掘削底面の廃棄物除去のイメージ



写真 3-1 ハンマーグラブによる掘削状況及びハンマーグラブ本体の写真

(5) オーガースクリュー使用にあたっての留意事項

オーガースクリューを用いた廃棄物の掘削は、オーガースクリューに紐状の廃棄物が絡まることや、石材やコンクリート殻により目詰まりが生じることがある。その結果、杭内部において掘削土が詰まり排土されず、PHC 杭についてはひび割れが生じる可能性がある他、最悪の場合、杭の貫入が不能となる可能性がある。

加えて、廃棄物層下端付近においては、オーガースクリューの回転により廃棄物と杭内の保有水等が混合することで泥状を呈することがある。このような状態でオーガースクリュー引き上げ、ハンマーグラブによる杭内掘削を行う際には、泥状を呈した廃棄物に含まれる紐状の廃棄物や針金等がハンマーグラブの可動部に絡まりグラブ先端部が開かず、杭内掘削が不能となる事態が生じる可能性がある。

また、オーガースクリューの使用にあたっては、杭の内径、廃棄物の種類や大きさに応じたオーガースクリューの径及びピッチとする必要がある。また、施工にあたっては、廃棄物の種類に応じて掘削速度を調整するとともに排土状況を観察しながら掘削を行い、必要により、一旦オーガースクリューを引き抜き、オーガースクリューに密着している廃棄物等を取り除くなどの配慮が必要である。

(6) 杭本体に関する留意事項

杭内部の廃棄物を除去する場合、その施工には、ハンマーグラブやオーガースクリュー、底ざらいバケット等を使用する。これらの施工機器の使用にあたっては、杭内側の空間と施工機器とのクリアランス等を十分確認した上で適切な仕様を選定する必要がある。

また、肉厚の大きい杭を打設する場合、杭先端部での廃棄物の連れ込みの可能性が高くなることが想定される。この場合、中掘り工法やオールケーシング工法による廃棄物の掘削除去などの施工方法の工夫や、必要により杭先端部を尖らせるなどの杭先端形状の工夫についても検討する（図 3-6 参照）。

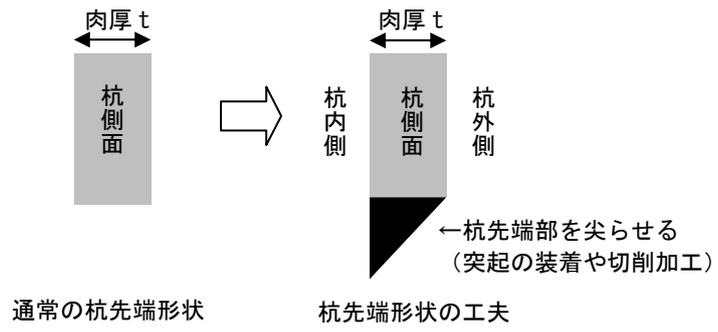


図 3-6 杭先端形状の工夫

3.2.2 二重管基礎杭工法

(1) 工法の概要

二重管基礎杭工法は、オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に本杭を打設する工法であり、3.2.3に示す三重管基礎杭工法をベースとし、外周管を割愛した効率的で安価な工法である（図3-7参照）。

この工法は、現地における実物大の実証試験の実績があり、杭打設により廃棄物を連込まないこと、また、底面遮水層を貫通しない条件下での透水試験において、杭周面からの保有水等の移流の影響がほとんどないことが確認されている。

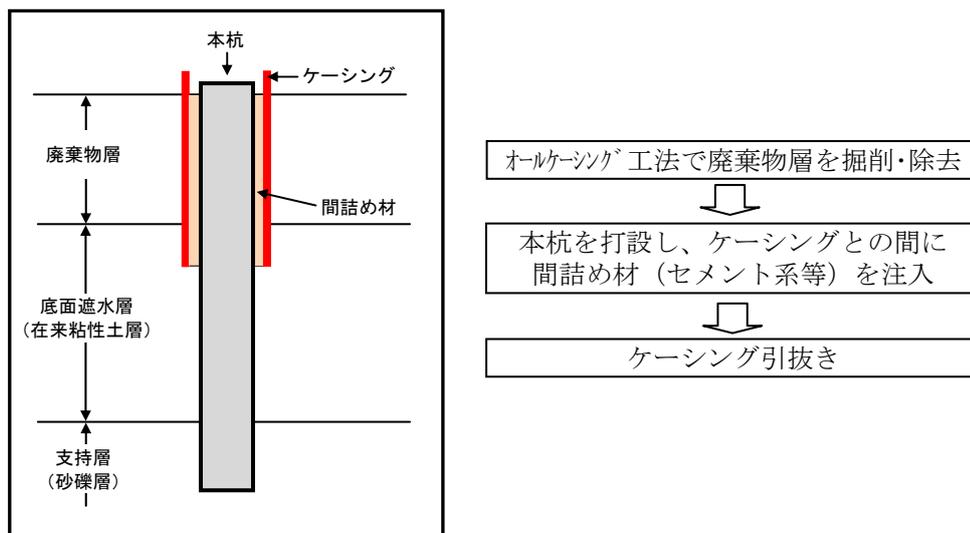


図3-7 二重管基礎杭工法概念図

(2) 技術の適用範囲

様々な廃棄物による埋立地盤に対して適用可能である。

(3) 技術的な特徴

- 三重管基礎杭工法と比べ、オールケーシング工法による掘削廃棄物の量が少なくなる。
- ケーシングと本杭の間詰め材にセメント系の材料を使用する場合、廃棄物層内の温度を考慮する必要がある（廃棄物層内が高温の場合、セメント系の間詰め材では硬化に支障をきたす可能性があり、流動化処理土などを用いることも考えられる）。
- 廃棄物層の掘削にあたっては、発生ガス対策を行う必要がある。
- 三重管基礎杭工法よりも安価で短い期間での施工が可能である。

(4) 施工手順の概要

図3-8に、施工ステップと各施工ステップでの確認事項、主な施工機械を記載した施工概要図を示す。

同図では、本杭の打設工法として中掘り工法を例にしているが、打撃工法でも差し支えない。

杭打設にあたっては、まず、オールケーシング工法により、廃棄物層を貫通して底面遮水層（在来粘性土層）上部から1～2m程度まで削孔する。この時、底面遮水層を掘削した際の排土に廃棄物の混在が確認された場合には、更にハンマーグラブ等により廃棄物等の除去を行う。当該排土に廃棄物が混在し

ていないことが確認された後、孔底部における廃棄物の有無をカメラ観察により確認する。

この時、万が一廃棄物が確認された場合には、同工法により更に排土し、再度、孔底部におけるカメラ観察を行い、ケーシング内の廃棄物が完全に除去されていることを確認する。

次に、廃棄物の除去完了深度から 2.5m 以上の深度を目安に本杭を打設する。本杭打設によっても遮水性が確保されていることを確認するため、本杭水位を保有水等の水位より 2m 程度下げ、24 時間以上水位観測を行う。

この時、万が一水位変動が確認された場合には本杭を更に 1m 程度打設し、再度水位観測を行う。

水位観測により遮水性が確認された後、設計深度まで本杭を打設し、ケーシングの撤去及び間詰めを行う。

なお、施工中における廃棄物の除去の確認及び杭内の水位観測については、底面遮水層を 5m 以上確保した深度までに完了するものとする（“3.3 施工中における確認事項” 参照）。

(5) 施工手順 (概要図)

※図中、本杭の打設工法として中掘り工法を例にしているが、打撃工法でも差し支えない。

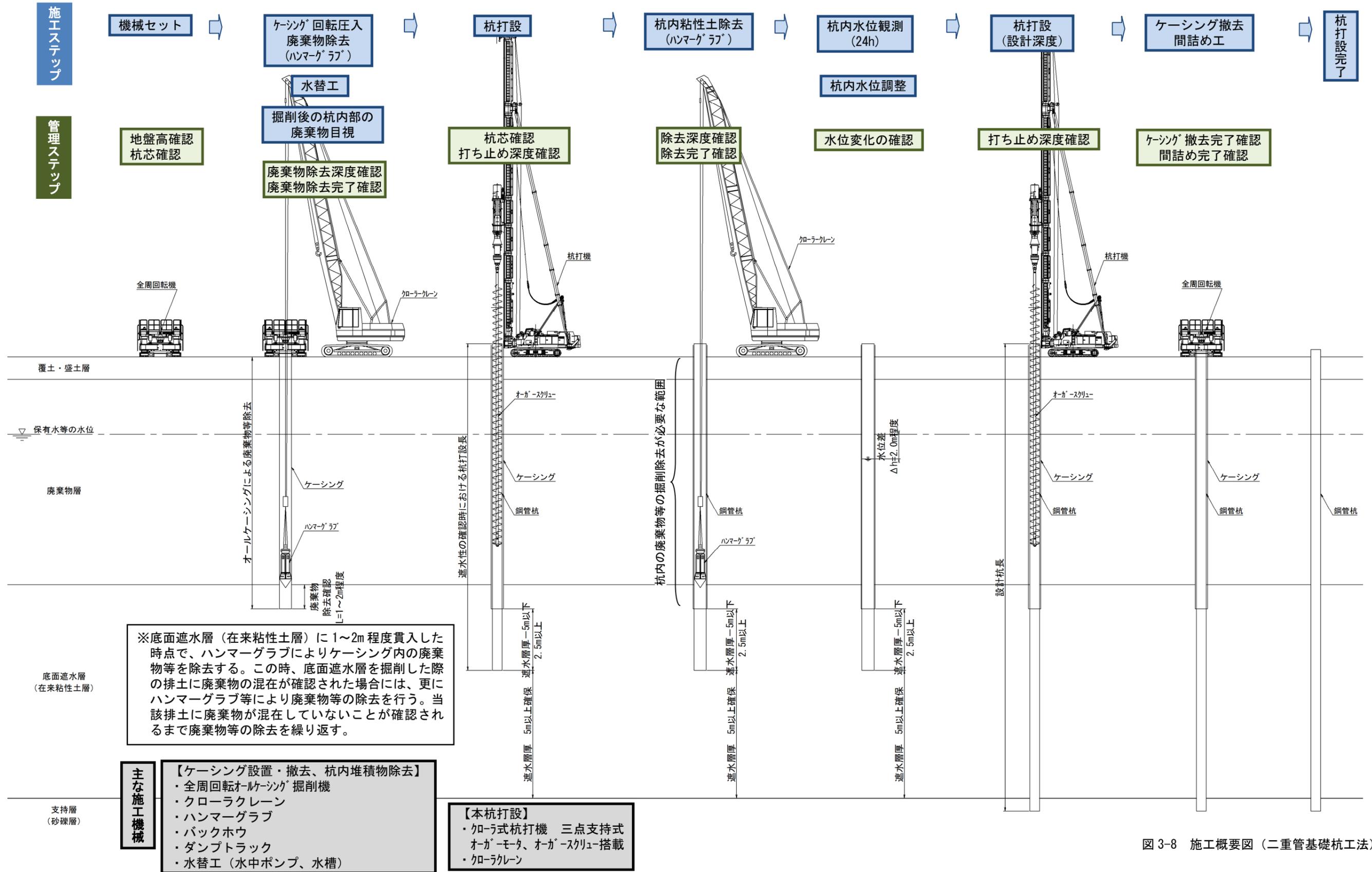


図 3-8 施工概要図 (二重管基礎杭工法)

3.2.3 三重管基礎杭工法

(1) 工法の概要

三重管基礎杭工法は、オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に外周管及び本杭の2本の杭を打設し一体化する工法である（図3-9参照）。

予め廃棄物を掘削・除去することから、杭打設による廃棄物の連れ込みを防止することができる。また、外周管を遮水層内に必要長根入れすることから、本杭打設の前段階において廃棄物層の保有水等の移流を防ぐことが可能となる。

この工法は、東京港臨海道路第（Ⅱ）期事業のうち、廃棄物処分場に位置する橋梁下部工において実績がある。

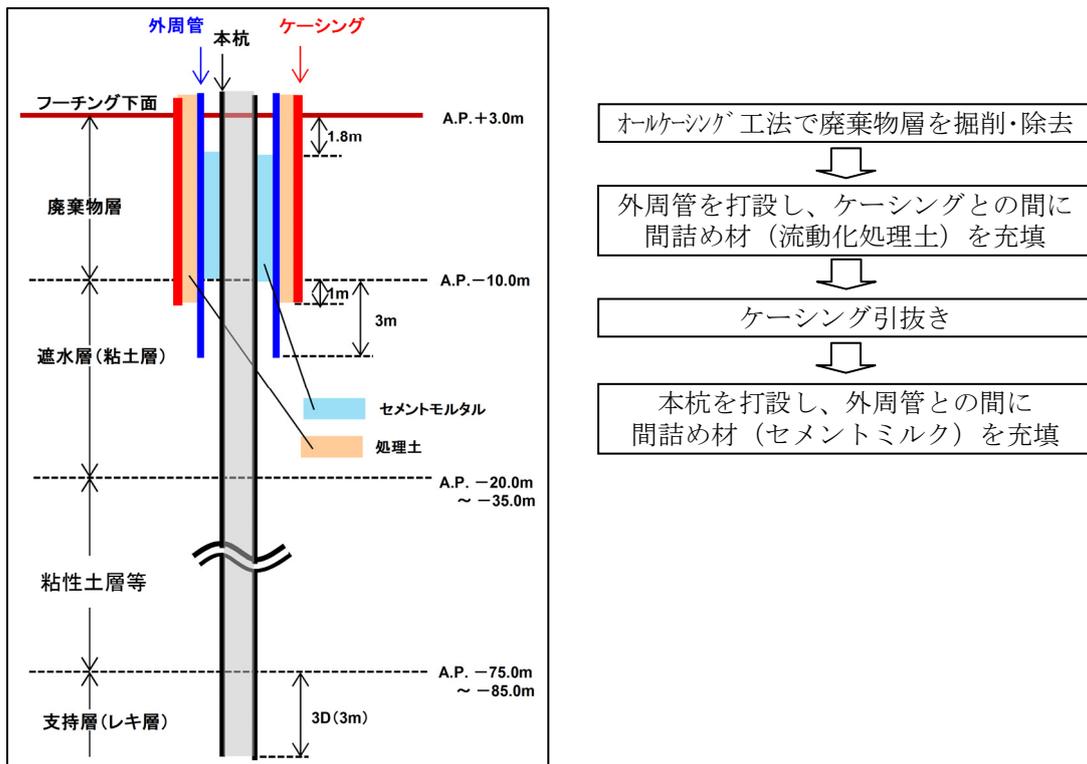


図3-9 三重管基礎杭工法概念図（東京港臨海道路第（Ⅱ）期事業実績より）

(2) 技術の適用範囲

様々な廃棄物による埋立地盤に対して適用可能である。

また、この工法は、本杭周囲の遮水性が保証できない時にも適用できる。

(3) 技術的な特徴

- 廃棄物の掘削・除去後、外周管を打設することで新たな遮水構造が築造され、本杭打設による保有水等の移流の問題が生じない。
- 通常のオールケーシング工法（二重管基礎杭工法）と比べ、外周管打設、間詰め材充填（外周管と本杭の間）の工種が加わるため、保有水等の移流対策については安全側であるが、廃棄物層及び底面遮水層への杭打設では、外周管の接触を防止するため、高い打設精度を必要とする。また、打設杭数が多いため、施工期間が長期にわたる。

- 廃棄物層内の温度を考慮して間詰め材を選定する必要がある（廃棄物層内が高温の場合、セメント系の間詰め材では硬化に支障をきたす可能性があり、流動化処理土などを用いることも考えられる）。
- 廃棄物層の掘削にあたっては、発生ガス対策を行う必要がある。

(4) 施工手順の概要

図 3-10 に、施工ステップと各施工ステップでの確認事項、主な施工機械を記載した施工概要図を示す。

同図では、外周管及び本杭の打設工法として中掘り工法を例にしているが、打撃工法でも差し支えない。

杭打設にあたっては、まず、オールケーシング工法により、廃棄物層を貫通して底面遮水層（在来粘性土層）上部から 1～2m 程度まで削孔する。この時、底面遮水層を掘削した際の排土に廃棄物の混在が確認された場合には、更にハンマーグラブ等により廃棄物等の除去を行う。当該排土に廃棄物が混在していないことが確認された後、孔底部における廃棄物の有無をカメラ観察により確認する。

この時、万が一廃棄物が確認された場合には、同工法により更に削孔し、再度、杭先端部のカメラ観察を行い、ケーシング内の廃棄物が完全に除去されたことを確認する。

次に、廃棄物の除去完了深度から 2.5m 以上の深度まで外周管を打設する。外周管打設によっても遮水性が確保されていることを確認するため、外周管内水位を保有水等の水位より 2m 程度下げ、24 時間以上水位観測を行う。

この時、万が一水位変動が確認された場合には外周管を更に 1m 程度打設し、再度水位観測を行う。

水位観測により遮水性を確認した後、ケーシングの撤去及び間詰めを行う。その後、本杭を設計深度まで打設し、本杭と外周管の間詰めを行う。

なお、施工中における廃棄物の除去の確認及び杭内の水位確認については、底面遮水層を 5m 以上確保した深度までに完了するものとする（“3.3 施工中における確認事項” 参照）。

(5) 施工手順 (概要図)

※図中、外周管及び本杭の打設工法は中掘り工法を例にしているが、打撃工法でも差し支えない。

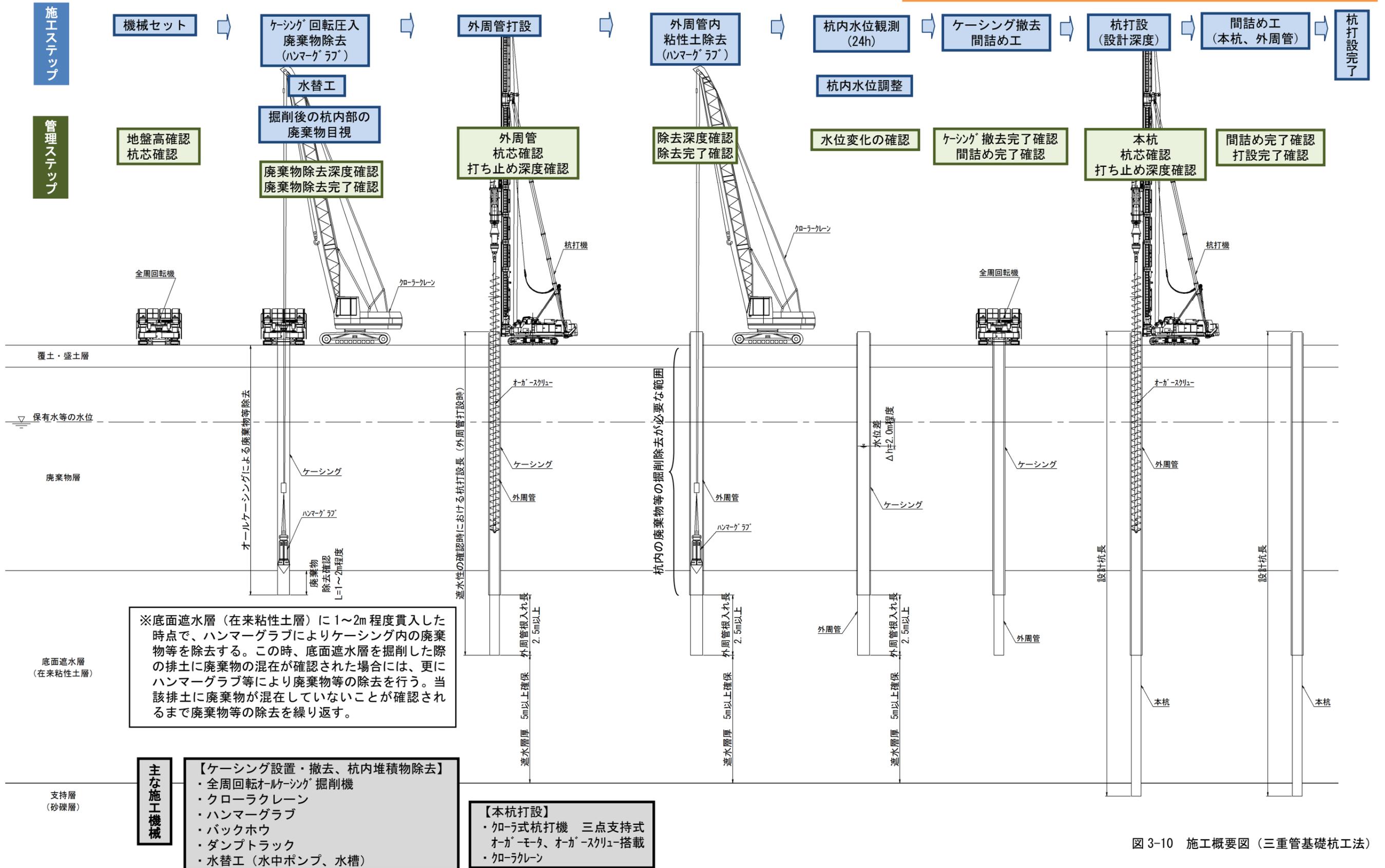


図 3-10 施工概要図 (三重管基礎杭工法)

3.2.4 杭の附属品等に関する留意事項

○ SL 杭について

基礎杭は、現場条件によって、杭に作用するネガティブフリクション[※]対策としてSL杭が採用されることも想定される。

図3-11に示すように、現状におけるSL杭は、保護金具などにより杭表面に段差が生じる。この段差は、杭打設時に生じる周面摩擦を積極的になくすための役目もあり、本手引きで想定している、杭周面の遮水性を損なわずに杭を打設するという考え方とは相反するものがある。

このため、SL杭の採用については、杭表面の段差がなくなるような構造の検討を含め、引き続き検討する必要がある。

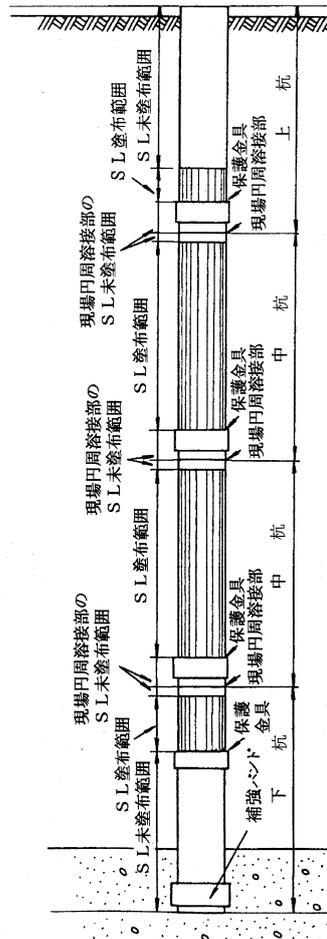


図3-11 杭の付属物の構成の一例 (SL 杭)

出典) SL ぐい製品仕様書 (鋼管杭協会、平成 18 年)

※ 軟弱地盤に打設した支持杭において、杭周辺の地盤沈下に伴い、杭周面に作用する下向きの摩擦力のこと。これにより、基礎杭が地盤内に引き込まれるといった現象が発生する場合がある。

○ 先端補強バンドについて

杭の打設に対する補強及び打込み性向上のために取り付けられる先端補強バンドについても、鋼管杭外側に装着した場合、前節の SL 杭と同様、杭周面の遮水性能を損なわずに杭打設を行う考え方とは相反するものがある。

なお、先端補強バンドについては、平成 26 年度の東京港における実証試験で、杭の内側に装着することが可能であることが確認されている（図 3-12 参照）。

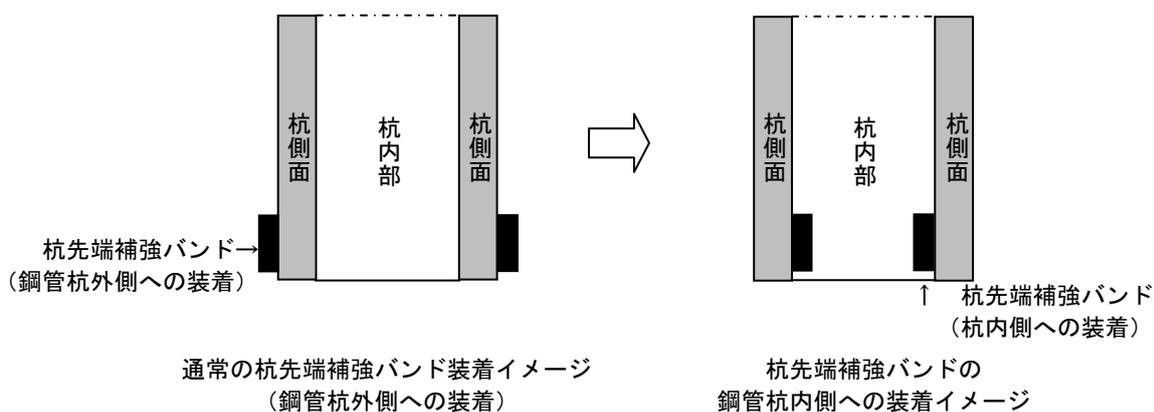


図 3-12 杭先端補強バンドの装着イメージ

○ 塗布剤の塗布について

補助的に杭表面に膨潤性止水材を塗布することで、杭周面の遮水性をより確実に確保することができる。膨潤性止水材は、杭と底面遮水層（在来粘性土層）との境界部の隙間に対する補強のための膨潤性、杭打設中に廃棄物を連込まない変形特性の両者の機能を併せ持ち、通常は固体であるが吸水すると膨潤してゲル状になる材料である。

3.3 施工中における確認事項

3.3.1 基本的な事項

廃棄物層と底面遮水層を貫通する杭打設により懸念される事項は、主に以下の二点である。

- ① 杭打設中における底面遮水層以深への廃棄物等の連れ込み
- ② 杭打設後の杭周面との遮水性の低下

杭打設によるこれらの事項を防止するために、杭打設時には次の事項を確認する。

- 杭先端部の廃棄物目視（①を確認するために実施）
- 杭内水位観測（①及び②を確認するために実施）

これらの確認は、杭打設工法毎に、表 3-1 に示す時期（深度）及び頻度を基本として実施する。確認に際しては、万が一、異常が確認された場合の対応が可能となるように、杭先端部から底面遮水層を 5m 以上確保する深度よりも浅い深度で杭を一旦打ち止めて実施する（図 3-13 参照）。この時、杭自重による杭の自沈の可能性がある場合には、吊架台を設置するなど、杭位置の保持について検討する必要がある。

これらの確認により、廃棄物等の連れ込み及び杭周面の遮水性に問題がないことを確認した後、設計深度まで杭打設を行うものとする。

なお、底面遮水層である在来粘性土層が正規圧密状態で、廃棄物の連れ込みが生じていなければ、杭打設によっても比較的早い時間で杭と地盤が密着して遮水性が回復し、底面遮水層の遮水性の低下はほとんどないことが、既往の研究成果[※]や平成 26 年度東京港基礎杭打設試験工事（参考資料編参照）により確認されている。

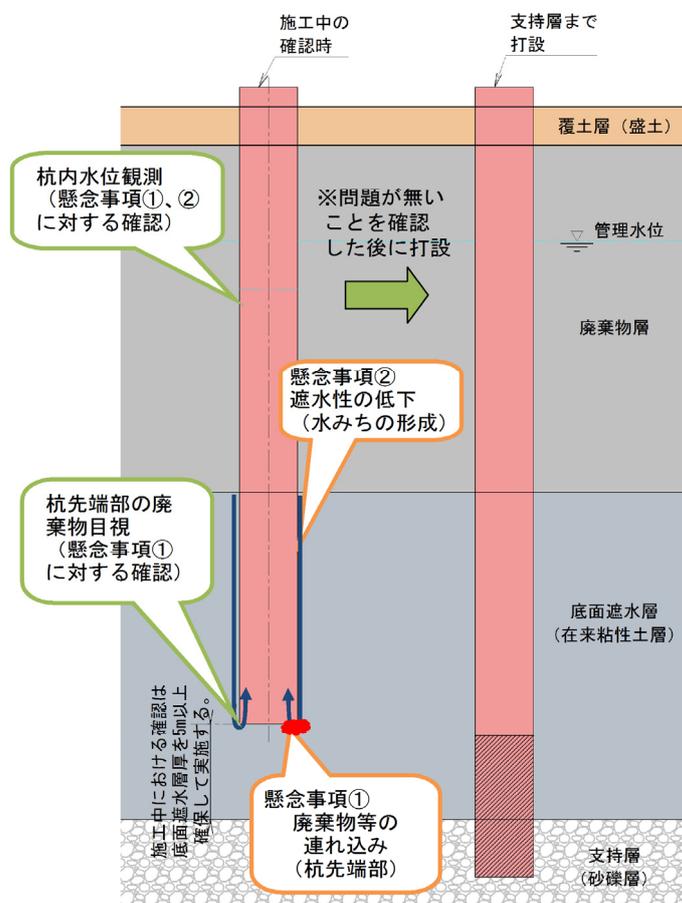


図 3-13 施工中における確認事項の実施に関するイメージ図

※ 菊池喜昭・森脇武夫・勝見武・平尾隆行・蔦川徹・服部晃・岡本功一・山田耕一・佐々木広樹：管理型海面廃棄物処分場に打設する基礎杭が底面遮水基盤に与える影響、港湾空港技術研究所資料、No. 1252、2012

3.3.2 廃棄物層を貫通する際の杭打設工法に係る試験杭

施工にあたっては、選定した杭打設工法の廃棄物埋立地盤に対する施工性を確認するために試験杭の打設を実施する。

試験杭は、本工事の最初の1～2本で実施する。底面遮水層表面に傾斜や不陸があったり、廃棄物層と底面遮水層の境界部が不明瞭な場合は、事前の調査結果に基づき試験杭を増やす。試験杭の打設深度は、万が一、異常が確認された場合の対応が可能となるように、杭先端部から底面遮水層を5m以上確保する深度よりも浅い深度とし、杭内観察等実施時における突出長なども考慮して設定する。

なお、通常の杭基礎の打設にあたっては、杭基礎としての施工性や打ち止め条件、載荷試験による支持力の確認など、施工管理方法を確立するための資料収集を目的とした試験施工が実施される。この試験施工の対象杭と、廃棄物層を貫通する際の杭打設工法に係る試験杭を併用して施工性等の確認を行っても差し支えない。

3.3.3 確認事項と実施時期及び頻度

施工中における確認事項と実施時期及び頻度については、杭打設工法毎に、表3-1に示す内容を基本として実施する。

なお、一重管基礎杭工法における杭内水位観測については、打設本数全数を基本とするものの、杭先端部の廃棄物目視確認結果が、事前調査の結果や試験杭の施工による確認結果と相違ないことが確認される場合には、実施頻度を減らすことについて検討することができる。

表3-1 施工中における確認事項と実施時期、頻度

工 法 項 目	一重管基礎杭工法		二重管基礎杭工法	三重管基礎杭工法
	打撃・廃棄物掘削除去 併用工法	中掘り・廃棄物掘削除去 併用工法		
施 工 中 に お け る 確 認 事 項	杭先端部の 廃棄物目視	実施時期（深度） 底面遮水層を5m以上 残した深度 実施頻度 打設杭全数	実施時期（深度） ケシング内掘削完了時 実施頻度 建物基礎：4隅 橋梁基礎： 橋台、橋脚位置で 2地点	実施時期（深度） ケシング内掘削完了時 実施頻度 建物基礎：4隅 橋梁基礎： 橋台、橋脚位置で 2地点
	杭内水位 観測	実施時期（深度） 底面遮水層を5m以上 残した深度 実施頻度 打設本数全数を基本 とするが、目視結果 により頻度を減らす 検討が可能※	実施時期（深度） 底面遮水層を5m以上 残した深度 実施頻度 打設本数全数を基本 とするが、目視結果 により頻度を減らす 検討が可能※	実施時期（深度） 底面遮水層を5m以上 残した深度 実施頻度 建物基礎： 4地点以上 橋梁基礎： 橋台、橋脚位置で 2地点以上

※ ①、②のいずれかが連続的に確認される場合には、実施頻度を減らすことについて検討することができる。

- ① 試験杭での確認深度と同等の深度で廃棄物の連れ込みが無いことが確認され、且つ、排土した
在来粘性土の性状、混在する廃棄物の種類や混在具合が、試験杭打設時に目視等で確認したもの
と同じと判断される場合。
- ② 補助的な工法により杭先端部における廃棄物を完全に除去し、連れ込みが無いことが確認され
た場合。

(1) 掘削後の杭先端部の廃棄物目視

杭先端部における廃棄物の連れ込みの確認は、現段階では水中カメラ観察を基本とする。確実なカメラ観察を行うために、主に以下の項目に留意し、必要に応じた対策を講じる。

留意点①：焼却灰等が主体の廃棄物埋立地盤や土分が多く含まれている廃棄物埋立地盤では、杭内掘削の際に残存した杭内壁への付着物（土ベラ）が、カメラ観察実施までの間に掘削底面に落下、堆積することで杭先端部が埋没する可能性があること。

対策①：杭先端部を確実に露出するために、杭内掘削時に 20～30cm 程度を目安に余掘りを行う。あるいは水替えに先立ち杭内をウォータージェット等で洗浄する。

留意点②：杭内水の濁りや浮遊物（フロック等）によりカメラ観察時の視界不良が生じる可能性があること。また、杭内水の浮遊物（フロック等）の沈殿により、掘削底面に新たな堆積物が生じる可能性があること。

対策②：杭先端部におけるカメラ観察を実施する段階毎に杭内の水替えを行う（以下、水替え実施例を参照）。また、カメラ観察にあたっては、杭内面に出来るだけ接近させて撮影する。

<水替え実施例>

- 杭内水位は周辺水位よりも 1m 程度低い状態を保ちながら行う（周辺の保有水等の水位と杭内水位の急激な水位差の発生による水みちの形成等を防ぐため）。
- 杭内に水中ポンプを入れ、杭底からポンプ排水をしながら、杭頭から清水を注入する（水替え水による掘削底面の損傷を起こさないようにするため）。
- 水替え時の排出水は、水プラント（水槽）に貯水し、うわ水は処分場内に排水する。
- 水替えは、必要により 2 回（2 日）に分けて実施する（参考①～③）。

（参考）

- ① 廃棄物除去完了日の午後：1 回目の水替えを実施
 - ② 翌日午前：水中カメラ観察を実施、観察状況に応じて 2 回目の水替えを実施
 - ③ 同日午後：水中カメラ観察を実施
- 1 回の水替えには、杭内水量の 2～3 倍程度の水を使用する。

水替えにあたっては、カメラ観察時の視界を確実に確保するとともに、水替え後の掘削底面に浮泥等の新たな堆積物を生じさせない対策を講じることが重要である。

水替えに使用する水は、透明度が高く、浮遊物（フロック等）がない真水の使用が望ましいが、調達が困難な場合には、海水や杭打設場所である管理型海面最終処分場の処理水を使用することが想定される。処理水を使用する場合には、凝集剤等を使用した水槽内での前処理や、塩分を含有している場合には鋼製以外の水槽を使用するなど、確実なカメラ観察を行うための工夫が必要になる場合がある。

なお、杭先端部において廃棄物の連れ込みが確認された場合には、拡大掘削ビット及び底ざらいバケットによる廃棄物の連れ込み防止対策を実施し、再度、杭先端部のカメラ観察を行い、杭内の廃棄物を完全に除去する。

(2) 杭内水位観測

杭と底面遮水層の境界面における遮水性の確認は、杭打設後に杭内水位と周辺水位に水頭差を与え、杭内水位の経時変化を観測する。

杭内水位観測は、手動計測あるいは自動記録式水圧計により行うものとし、観測時間は24時間を基本とする（手動計測頻度の例：0h（水位調整直後）、1h、3h、6h、12h、24h）。

水頭差は、杭内廃棄物除去後の掘削底面の高さや杭の根入れ長、周辺水位などを考慮し、杭内の掘削底面の盤ぶくれやパイピングの検討を行った上で可能な限り大きな値を設定する。

水位変化量の程度の一例として、杭の底面遮水層への根入れ長 $L=5\text{m}$ 、水頭差 $H=2\text{m}$ とした場合、基準省令に示される透水係数の上限値 $k=1.0 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ に相当する一日（24時間）あたりの水位上昇値を求めると、 $\Delta h=3\text{mm}$ 程度となる。

$$k = \frac{L}{H} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

ここに、

k ：透水係数

L ：杭の根入れ長

H ：水頭差

Δt ：時間（観測時間）

Δh ： Δt の間に生じる水水位上昇

$$\Delta h = k \cdot \frac{H}{L} \cdot \Delta t = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{200}{500} \times 60 \times 60 \times 24 = 0.3456\text{cm} \approx 3\text{mm}$$

なお、手動測定の際に用いられることが想定される水面検知式の水位計については、一般的な目盛間隔は2mm～10mm程度であり、数ミリ単位での水位観測も可能である。

確認された水位変化量が、この時の杭先端深度や在来粘性土そのものの透水係数等から求められる推定値よりも大きい場合には、杭打設により底面遮水層の遮水性が低下した可能性が考えられるため、以下のような対応を行う。

- 更に24時間以上観測を継続し、観測値と設定した水位変化量を対比することで底面遮水層の遮水性の低下が生じているかどうかを確認する。
- 底面遮水層の遮水性の低下が確認される場合には、以下に示す対応の実施について検討する。
 - ▶ 水位観測時における底面遮水層への杭の根入れ長が小さかったために水位変化が生じた可能性がある。この場合、杭を更に深い深度まで打設し、底面遮水層への根入れを確保した上で再度水位観測を行う。
 - ▶ 杭打設による廃棄物等の連れ込みに起因する底面遮水層の遮水性の低下が生じている可能性がある。この場合、拡大掘削ビット及び底ざらいバケットによる孔底処理を実施し、杭を再打設した後、再度水位観測を行う。

3.4 杭打設工法の選定の際の留意事項

廃棄物埋立地盤と杭打設工法の選定にあたっての留意事項を表3-2に示す。最終的には利用者が対象とする管理型海面最終処分場の状況を勘案して選定する。

表 3-2 杭打設工法の選定にあたっての留意事項

項目	工 法		一重管基礎杭工法	二重管基礎杭工法	三重管基礎杭工法	
	打撃・廃棄物掘削除去併用	中掘り・廃棄物掘削除去併用	打撃・廃棄物掘削除去併用	中掘り・廃棄物掘削除去併用	打撃・廃棄物掘削除去併用	
杭打設工法の概要	油圧ハンマ等の打撃により廃棄物埋立地盤に直接杭を打設した後、ハンマーグラブにより廃棄物の掘削・除去を行うとともに、孔底処理によって杭先端部に連れ込まれた廃棄物を除去し、再び打撃により杭を打設する工法。	オーガースクリュー等により廃棄物埋立地盤を中掘りしながら杭を圧入した後、ハンマーグラブ等により廃棄物を掘削・除去し、再び中掘り圧入により杭を打設する工法。	オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に本杭を打設する工法。三重管基礎杭工法における外周管を割愛した工法。	オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に遮水性確保のための外周管及び本杭の 2 本の杭を打設し一体化する工法。		
杭打設工法の留意点	打撃による杭打設と杭内の廃棄物の掘削・除去の併用に加え、杭先端部に連れ込まれた廃棄物を除去するための孔底処理を行うことを基本としており、必要な施工機材が多様となる。	オーガースクリューは廃棄物の掘削には適用が困難となるおそれがあることに留意が必要である。PHC 杭については割れによる鉄筋の腐食や化学的浸食によるコンクリートの劣化が懸念される。	ケーシングチューブの最小外径が 1m 程度であるため、小径の杭に適用する場合には掘削除去数量が多くなり経済性に劣る可能性がある。	実施工の実績があるものの、他工法に比べ施工コストが高く、工期が長期にわたる。		
杭打設による施行基準項目※1	① 杭打設に伴う底面遮水層以深への廃棄物等の連れ込み防止 ② 杭打設後の杭周囲の遮水性確保					
上記施行基準への適合を確認する方法 (施工中における確認事項)	① 杭先端部の廃棄物目視 杭内水位観測 ② 杭内水位観測	① 杭先端部の廃棄物目視 杭内水位観測 ② 杭内水位確認	① ケーシング先端部の廃棄物目視 ② 杭打設後の杭内水位確認	① ケーシング先端部の廃棄物目視 ② 杭打設後の杭内水位確認	① ケーシング先端部の廃棄物目視 ② 外周管内水位確認	
上記施行基準への適合が確認されなかった場合の対応の一例	① 杭引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 ② 更に深い深度での水位観測の実施 補助的な工法の実施 杭引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 杭打設位置変更	① 孔底処理の実施 杭引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 ② 更に深い深度での水位観測の実施 補助的な工法の実施 杭引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 杭打設位置変更	① オールケーシング工法による掘削継続 ② 更に深い深度での水位観測の実施 杭引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 杭打設位置変更	① オールケーシング工法による掘削継続 ② 更に深い深度での水位観測の実施 杭引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 杭打設位置変更	① オールケーシング工法による掘削継続 ② 更に深い深度での水位観測の実施 外周管引き抜き後、オールケーシング工法による再打設 杭打設位置変更	
実績の有無	既成杭	鋼管杭	廃プラ等未焼却の廃棄物 焼却灰等	試験工事の実績あり※2 試験工事中	試験工事の実績あり※3 試験工事中	試験工事の実績あり 試験工事中
		コンクリート杭	廃プラ等未焼却の廃棄物 焼却灰等	実績あり(試験工事)※4 実績なし	実績なし 実績なし	実績なし 実績なし
	場所打ち杭	鋼管杭	廃プラ等未焼却の廃棄物 焼却灰等	試験工事の実績あり※2 試験工事中	試験工事の実績あり※3 試験工事中	試験工事の実績あり 試験工事中
		コンクリート杭	廃プラ等未焼却の廃棄物 焼却灰等	実績あり(試験工事)※4 実績なし	実績なし 実績なし	実績なし 実績なし

※1 施行基準項目については、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」における廃棄物埋立地の廃棄物による区分と施行方法にも準拠すること。

※2 H26 年度 東京港基礎杭打設試験工事では、施行基準項目①及び②への適合性が確認されなかった。

※3 H26 年度 東京港基礎杭打設試験工事では、施行基準項目①に関して、杭先端部への廃棄物の連れ込みが僅かに確認されたものの、②への適合性は確認されている。

※4 H26 年度 東京港基礎杭打設試験工事では、杭打設時における廃棄物等による杭内の閉塞、杭本体へのクラック発生により本工法の適用性は未検証である。

4. モニタリング

4.1 モニタリングの基本方針

管理型海面最終処分場の廃棄物層及び底面遮水層を貫通する杭打設にあたっては、生活環境上の支障を生じるおそれがなく、かつ、遮水工の機能に支障が生じていないことをモニタリングにより確認する必要がある。

モニタリングの内容等については、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」に準拠するものとする。

4.2 モニタリング項目

モニタリング項目については、廃棄物の飛散・流出、悪臭、可燃性ガス等、放流水、周縁地下水、地盤・構造物変位、地中温度の項目があるが、それぞれの測定項目や測定位置の目安、測定期間・頻度の目安、測定方法については「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」の内容を熟読のこと。

5. 円滑な事業推進に向けて

底面遮水層を貫通する杭を打設する場合、1.4 に示した廃棄物処理法に基づく手続きの具体的な適用について、管轄する環境部局と事前に調整するとともに、指導を受ける必要がある。

また、施主、管理主体及び自治体といった全ての関係者が、底面遮水層を貫通する杭の打設に係る技術的内容やその適正な施工に係る理解を深めるとともに、事業推進に係る情報を共有、連携し、合意形成がなされることにより、円滑に事業を推進することが可能となる。

【参考文献】

- 公益財団法人 日本環境協会 「事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン」 2015

