

高土被り下での推進工法の施工に伴う噴射攪拌工法を用いた水平地盤改良

株式会社奥村組

○杉村 晋之介

株式会社奥村組

深津 有彦

1. はじめに

近年、下水道整備が進んだ地域であっても、都市化に伴う雨水流出量の増大やゲリラ豪雨の影響により、浸水被害が発生している。東京都荒川区荒川三丁目付近に関しても、浸水被害が増加傾向にあることから、雨水排除能力の増強が計画されている。その中で本事業は、荒川区荒川二、三、四、五丁目における再構築事業と合わせて荒川三丁目付近の浸水被害の軽減を図るものである。

工事の内容としては、浸水地域からの水を取り込むための立坑を築造し、そこから到達立坑へと下水道管渠（内径φ2200 mm、土被り約26 m）をシールド工法で構築するもので、到達立坑から別途に刃口推進工法で新設の西日暮里幹線へと接続する（図-1）。また、用地の関係から到達立坑がシールド到達前に施工できなかったため、高圧噴射攪拌工法で地盤改良を行ったうえで、推進工法による迎え掘りを実施している。

本編では、到達立坑部の地盤改良工および推進工の施工における手順、計測管理ならびに施工結果について報告する。



図-1 施工位置図

キーワード 推進工法, 高圧噴射攪拌工法, CCP 工法, 水平施工, 高土被り

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝五丁目 6-1 株式会社奥村組 東日本支社 土木技術部 TEL 03-5427-8260

2. 工事の概要

本工事の工事概要を以下に示す。

工事件名 : 荒川区荒川二, 五丁目付近再構築工事・その2 工事
工期 : 平成 21 年 10 月 8 日～平成 27 年 8 月 31 日
立坑工 : 直径(内径)10m, 深さ 29.7m, 直径(内径) 5.2m, 深さ 36.4m
管渠工 : 泥土圧シールド工法 仕上り内径 2200mm, 管渠延長 952.15m
推進工 : $\phi 2200$ mm, 2 箇所, 管渠延長 3.25 m, 管渠延長 2.84 m
特殊人孔工 : 2 箇所, 直径(内径)10m, 高さ 26.2m, 直径(内径)3.6m, 高さ 29.0m

なお, 工事を進めるうえで, 地権者との用地の調整の関係から, 到達立坑がシールド到達前に着工できなかった。その為シールド機は, 到達立坑計画位置の手前約 2 m で押し止まり, 残工事を用地問題の解決後に, 到達立坑内から鋼管(外径 $\phi 3090$ mm)を用いた特殊推進で迎え掘りを行った。

また, それらは歩道部の常設作業帯における限られた敷地面積での施工であったため, 地盤改良工に省スペースでも施工可能な立坑内からの水平施工による高圧噴射攪拌工法(CCP-LE 工法)を採用した。

3. 地質概要

前述の地盤改良工の対象地盤は, 上層が沖積層七号地層で粘性の強い均質な状態にあるシルト層(N値 7～25)であった。中層は, シルト分混入の細砂から粒径の均一な細砂(N値 21～50)に変遷する地質状況となっていた。下層は, 洪積層埋没段丘礫層で $\phi 2\sim 25$ mm 程度の粗砂(N値 24～50)が主体で, 深度方向に $\phi 20\sim 40$ mm 程度の礫(N値 46～50)が増加する傾向にあった(図-2)。

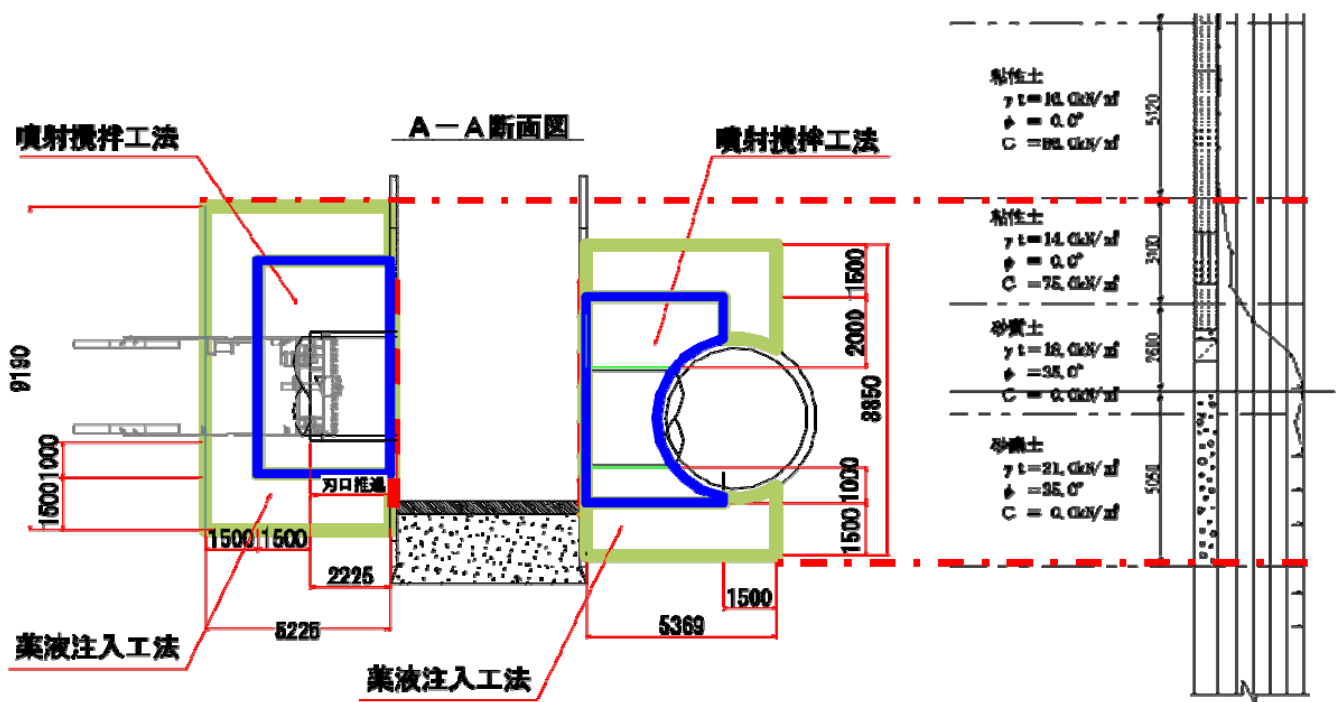


図-2 土質柱状図と改良範囲

4. 地盤改良工法の選定

地盤改良の対象が上記のように複雑な土質条件であることと施工条件の制約から, 本工事では省スペース施工の面で有利性のある CCP 工法を採用した。CCP 工法はその特徴として, SUPERJET50 と比較して施工に必要な面積が 60%程度であり, コンパクトな作業ヤードで施工が可能である。そのため, 狭小現場における機動性に富み, ボーリングマシンを操作できる空間があれば確実に固結体を造成できる。また, ジェットによる地盤攪拌のメカニズムにより, 砂質土, 粘性土等の土質に地中杭が造成できる。また, 水平による施工が可

次に、当該施工箇所は、地上から施工すると削孔距離が最長約 40m と長いことに加えて、シールドマシンの下部の施工が不可能なため、高圧噴射攪拌工法は立坑内からの水平施工とした。また、CCP 工法の中でも比較的改良径が大きく、さらに削孔機の小型化が見込める CCP-LE 工法を採用した。改良径は、水平施工に関する過去の実績から $\phi 600\text{mm}$ とした。先行切削は、高圧噴射水切削引上げ速度 6min/m 、清水単位吐出量 80L/min である。造成は、硬化剤引上げ速度 6min/m 、硬化剤単位吐出量 80L/min である。施工本数は、シールド機の迎え掘りで 156 本、既設幹線の接続で 146 本、合計で 302 本である（図-4）。圧力は 20MPa である。

施工位置は GL-30 m 以上で水平施工であり、また 0.2MPa の高水圧状態であることから、噴射攪拌で造成中のセメントミルクが排泥と共に墳出し施工不可となることが懸念された。その対策として、薬液注入工法により地盤改良外側一帯に遮水ゾーンを形成し、地下水圧を除去し CCP 工法を行った。薬液注入範囲は東京都下水道局の仮設計マニュアルより最少改良厚さで施工した（図-3、図-4）。

Figure 1 shows the schematic diagrams of the construction of the experimental device, including cross-sections B-B, A-A, and C-C. The diagrams illustrate the spray mixing method and the medicine liquid injection method, with dimensions and labels for the various components and structures.

-236-

4.2 施工に関する問題点と対策②

当初は、施工順序を一本置きの千鳥で1本ずつ施工していた(図-5)。そのため、噴射攪拌の排泥を口元管(100mm)とロッド(40.5mm)の間から行っていた(写真-3)。しかし、礫層に入りボーリングデータではなかった最大150mm程度で $\phi 10\sim 40\text{mm}$ を中心とした礫が多くみられた(写真-1)。そのため、口元管とロッドの間に挟まりそこに礫や砂が詰まり、閉塞し排泥が不能となり圧力が上昇し立坑(鋼製セグメント)に最大で内径10mm程度の変形があった。上記の問題点に関して以下の対策を実施した。

- ① 変位計(ダイヤルゲージ)を設置し、施工時の看視を行い、変位をすぐに把握し中断でき、セグメントの変位を最小限にする(写真-2)。
- ② 施工順序を千鳥ではなく順列で行い排泥を隣の口元管(100mm)から行い施工する(図-5, 写真-4)。
- ③ 排泥用の口元管周辺を水噴射で乱し、礫を出来るだけ除去し排泥を行いやすくした。



写真-1 地質状況



写真-2 変位計測状況

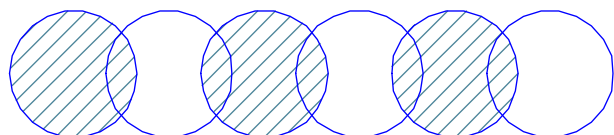


写真-3 対策前排泥状況

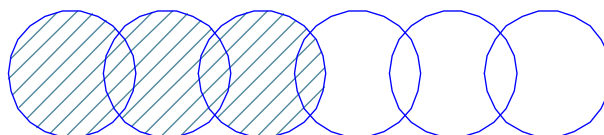


写真-4 対策後排泥状況

千鳥で施工



順列で施工



- | | |
|--|-----|
| | 1日目 |
| | 2日目 |

図-5 千鳥と順列の施工順序図

4.3 品質に関する問題点と対策

円形立坑から所定の改良範囲を施工するに当たり、放射状に噴射攪拌を施工している。そのため、 2° の角度のズレが生じることにより先端で 150mm 程度の誤差が生じ、未改良部が発生するという問題があった。また、鋼製セグメント立坑には、リブ部材があるため計画通りに施工できないなどの問題があった。その対策として、杭の一本一本の位置・角度を測量し図化（図-6）することで未改良部がないことを確認した。測量方法は、改良範囲のセンターとバックの点を測量し、そこからの距離で位置を決定する。そして、レーザー墨出器で二点を結び方向を決定する。施工終了後にチェックボーリングを行い、改良体の出来についても確認した。

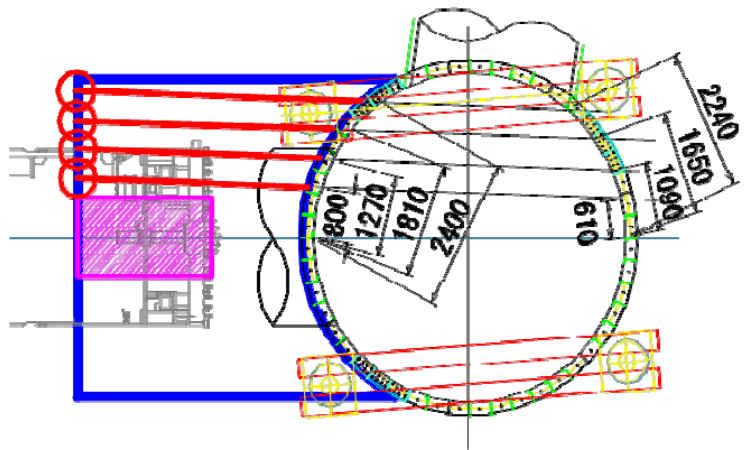


図-6 杭の位置・角度図化状況図

4.4 CCP 工法の施工結果

薬液注入で遮水ゾーンを造ることにより、地下水圧の影響を受けない状態で CCP 工法の施工ができ、良質な改良体を形成することができた。ただ、数回 CCP 工法施工時に遮水ゾーンが壊れ水が噴き出した。その都度薬液注入を再度施工してから CCP 工法を行った。こうしたトラブルからも、遮水ゾーンの必要性が再認識された。

排泥を隣の口元管から行う事により順調に排泥ができたため、立坑（鋼製セグメント）に変位の兆候もほとんど見られなかった。閉塞しても変位計で確認することができ、すぐに中断できた。

5. 推進工法

推進工は、既設管との接続部およびシールド工の迎え掘りに採用した。施工順序としては、到達立坑とシールド（ $\phi 2820$ mm）との接続を行い、その後既設の下水幹線（ $\phi 4550$ mm）との接続を行った。

5.1 到達立坑とシールドとの接続

到達立坑とシールドとの接続は、鋼管（外径 $\phi 3090$ mm, $t = 22$ mm）を用いた特殊推進で迎え掘りを行った。なお、CCP 施工時のマシン周辺の削孔の際に、マシン位置を探索し確認した。施工手順は、作業構台を設置し反力壁、坑口、ジャッキ等の推進設備の設置を行う。その後、鏡切りを行い鋼管を押し込み施工する（図-7）。シールド機と鋼管の間は鉄板をあて溶接する（写真-6）。



写真-5 フード型刃口

5.2 既設の下水道幹線との接続

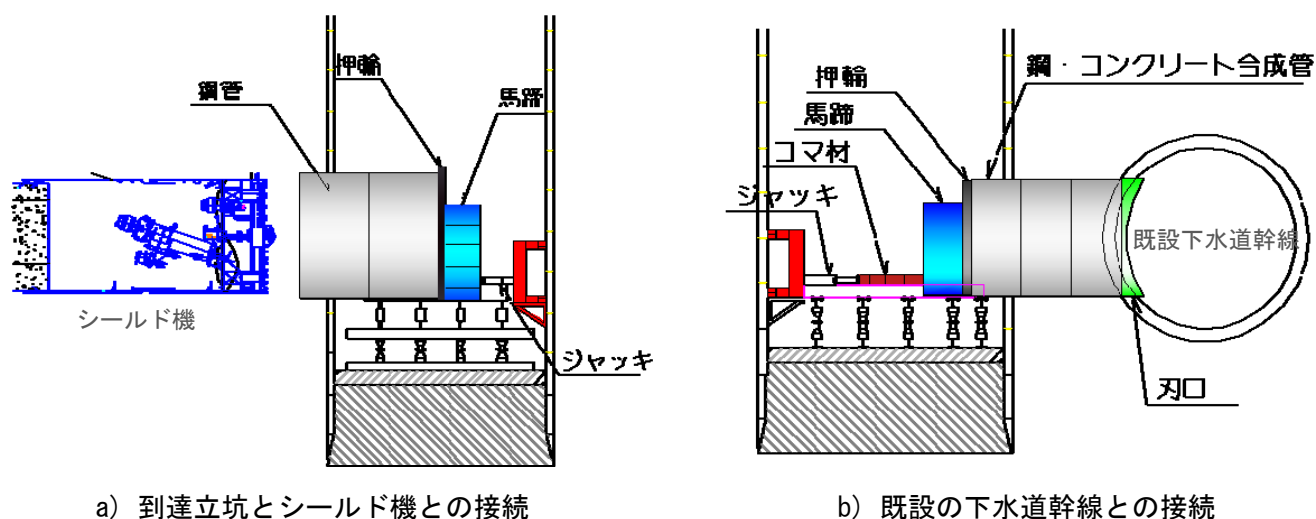
既設の下水道幹線との接続には鋼・コンクリート合成管（外径 $\phi 2580$ mm， $t=190$ mm）を使用し，刃口推進を行った．位置確認には， $\phi 66$ 連絡管を通し既設管の位置を確認した．また，推進管が既設管渠に側面接合することから，推進管の刃口を既設の下水道管の形状に合わせてフード型に作製し（写真-5），すべての面が同時に既設の下水道幹線に接続する形状にした．

施工手順は，作業構台の盛替えし反力壁，坑口，ジャッキ等の推進設備の設置を行う．その後，鏡切りを行い鋼・コンクリート合成管を押し込み施工する（図-7）．

推進工の結果として，水に噴かれることなくの断面も良質な改良体が形成されていた為，無事に施工完了した．



写真-6 シールド機と鋼管の接続完了



a) 到達立坑とシールド機との接続

b) 既設の下水道幹線との接続

図-7 刃口推進施工図

6. おわりに

本工事は，限られた敷地の中での施工となったため，地盤改良が省スペースで出来る CCP 工法の水平施工を採用した．CCP 工法の水平施工は，GL-30m という高土被り下・高水压下での非常に厳しい条件下での施工であった．施工前に遮水ゾーンを薬液注入工法で設ける対策や，施工中のセグメントの変形対策など課題に対して，事前のリスク管理を確実にを行い適切な施工管理のもと，周辺環境への影響を与えることなく安全に工事を遂行することができた．本工事での実績が今後の CCP 工法の水平施工の役に立てれば幸いである．

参考文献

東京都下水道局・建設局・設計整備課：下水道仮設設計マニュアル，pp4-2～pp 4-26

SUPERJET 研究会・技術委員会：SUPERJET 工法技術資料，pp33

CCP 協会広報・技術委員会：CCP 積算資料，pp63

CCP 技術委員会：CCP 設計と施工指針，pp1～pp 33