

解説 土圧(泥土圧)式編

泥土圧推進工法の施工事例

なかむら こうしん
中村 光伸

機動建設工業(株)
関東支店工事課課長補佐



1 はじめに

今回は、大中口径土圧式推進工法の施工事例を紹介させていただきます。

本工事を施工した千葉県八街市八街駅北側市街地周辺は、雨量が20mm/hを超えると複数箇所道路が冠水する為、浸水対策を目的にした雨水整備事業でした。よく、土圧推進と泥土圧推進の違いは何?と問い合わせを受けることがあります。地山を掘削攪拌するだけで塑性流動化できるものを土圧推進、水や添加材を加え掘削攪拌させ塑性流動化するものを泥土圧推進といいます。ので、今回は泥土圧推進になります。

2 工事概要

工事名：八街市大池第三雨水幹線
建設工事

委託団体：八街市建設部下水道課

発注者：地方共同法人

日本下水道事業団

施行者：前田・大日本特定建設
共同企業体

工期：平成26年2月～7月

工法：泥土圧式推進工法

呼び径：2400

施工延長：L = 379.6m
(勾配：-1.5‰)

土被り：7.8～3.0m

曲線部：左R = 1,200m

右R = 700m

左R = 120m

右R = 70m

土質：細砂
(砂90%、シルト10%)

N値：30～5

地下水位：GL - 8.0m～-3.8m
(推進管中心高さ-200mm)

使用管種：半管1.2m
JC継手-50N 2種
(R = 70m区間)

標準管2.43m

JC継手-50 2種

(R = 120m区間)

標準管2.43m

JA継手-50 2種

(その他区間)

※多孔管を@25mピッチ

(図-1、2)

3 施工条件

3.1 発進立坑

φ2,400mm推進の発進立坑位置は、

片側1車線の市街地生活道直下であり、全面通行止めができないため、12t天井クレーン付き防音ハウス発進基地を設け、立坑内には掘進機組立・推進管据付作業用に発進架台に30tトラバサを採用しました(写真-1～3)。

3.2 土質条件

施工前の土質調査により、図-2の土質縦断図が想定されました。発進当初はN値25～30の洪積層細砂で、290m付近からは、同じ細砂でもN値が下がり7～9、到達付近ではN値2～7で上層に粘性土が咬む軟弱地盤でした。また、地下水位は低く、全線で設計管中心高さ-200mmでした。土被りについては、発進当初7.9mですが、240m付近からは徐々に地盤高さが低くなり、到達位置では、土被り3.0mの小土被りでした。

4 計画

4.1 掘進機

選定した泥土圧式掘進機は、以下の通りです。

- ・到達立坑スペース制約により分割可能
- ・カットヘッドは、細砂と低土被り軟弱層でも取込過多のない、面板タイプ

(開口率44%)で、混練機構を促進する為に背面に攪拌翼付

- ・カッタヘッド支持方式は、粘性土の付着も少なく混練性能も良好なセンタシャフト方式
- ・高トルクな α 値28 (一般的な土圧

掘進機は、 $\alpha = 20 \sim 25$ 程度)

- ・スクリュコンベヤは、砂及び粘性土に適しておりサンドプラグゾーンの保持効果に優れるオーガタイプ (軸付き) で、排土ゲート装置付き

- ・外周ビットオーバカット量 (推進管外径に対する余掘量) は、最少曲線 $R = 70\text{m}$ をクリアできる極小の片側 15mm で、掘進機外周に特殊拡幅リング設置 (写真-4)

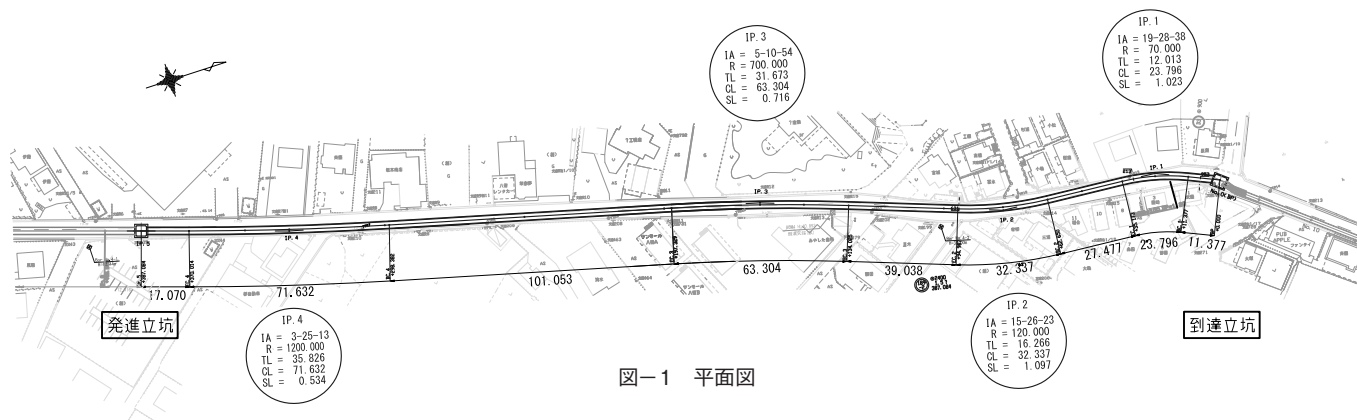


図-1 平面図

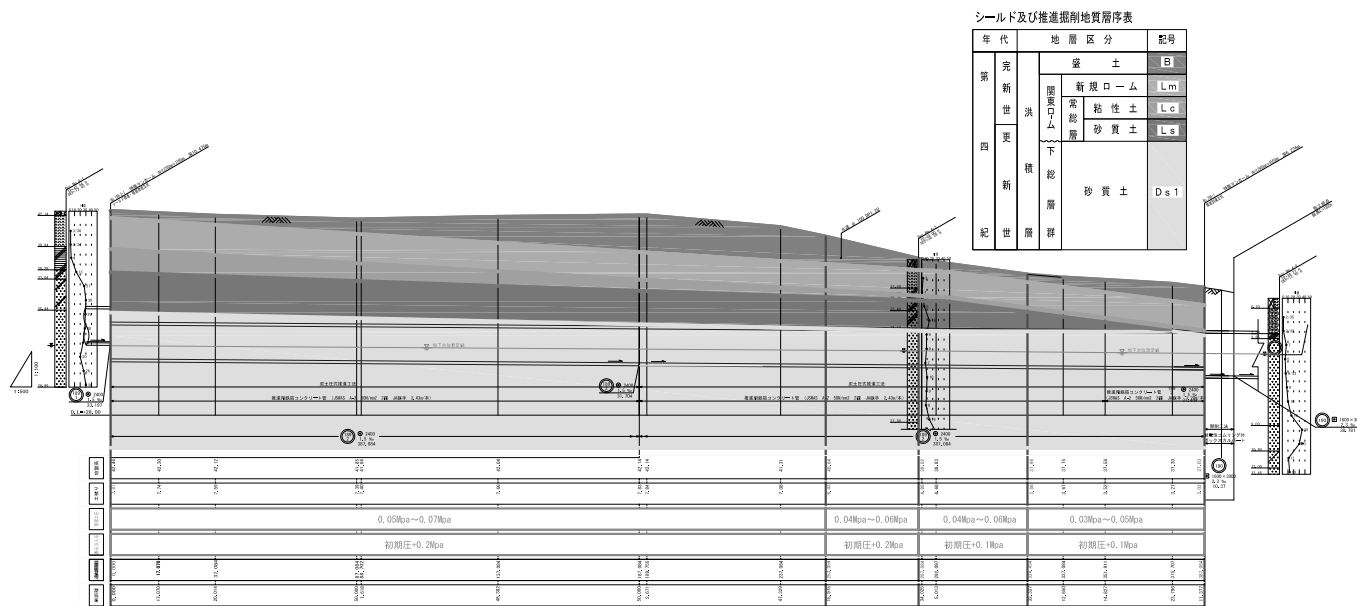


図-2 縦断図

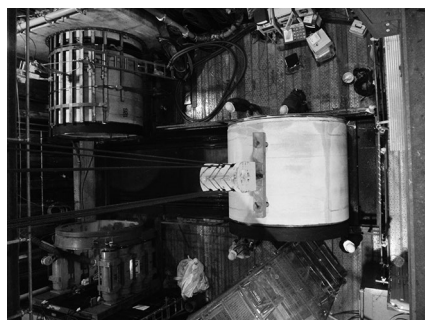


写真-1 30tトラバサ①



写真-2 30tトラバサ②



写真-3 30tトラバサ③

4.2 土砂搬送方式

土砂を連続排土し日進量確保するために、掘進機後方管内に土砂圧送機を設置しました。

4.3 切羽圧の設定

土質縦断想定図より、発進から到達に向け徐々に地盤が低くなるために土被りも小さくなることがわかります。また、後半部では推進管上層部に軟弱な粘土があり、切羽圧の上下限により地表面へ影響を及ぼす可能性があるため、表-1のように切羽圧管理を設定しました。

4.4 添加材

対象土質が砂90%シルト10%と、バインダ分が少ないため、添加材には砂層に実績もある、クリーンSP-AIIP+ベントナイトを選定しました。

4.5 推進力の管理と低減

細砂によるテールボイド崩壊により推進力増大を防止管理するために、DKIシステムを採用しました。DKIシステムは、曲線造成の推進力伝達材材に応力計測装置を取付けることで、区間別

推進力を計測できます。通常掘進時は、掘進機後部に設置したDKIリングから一次固形滑材（クリーンFD）を注入し、自動滑材充填装置で二次滑材（アルティ

-K）を注入します。DKIシステムにより推進力上昇箇所が検出された場合は、その箇所付近の自動滑材充填装置で滑材補足注入をすることで、推進力低減ができます。今回は、推進力の計測は3箇所、掘進機から125m地点、そこから25m地点と元押推進力としました（写真-5～9）。

4.6 その他設備

支圧壁にはプレキャスト式のバックロック、精度管理に機内ジャイロコンパスと自動測量システムを採用しました（写真-10～11）。



写真-4 掘進機

表-1

区間	土被り (m)	切羽管理圧 (MPa)
発進～250 m	7.8～6.4	0.05～0.07
250 m～320 m	6.4～3.9	0.04～0.06
320 m～到達	3.9～3.0	0.03～0.05



写真-5 DKIリング納入



写真-6 DKIリング設置状況



写真-7 応力計測取付け①

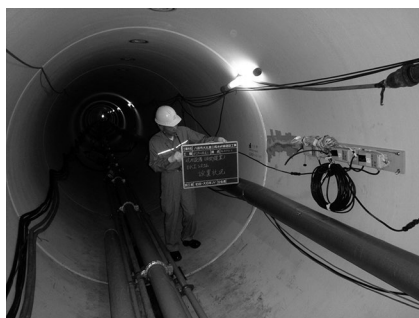


写真-8 応力計測取付け②



写真-9 自動滑材充填装置

5 施工結果

本施工中、最も難儀したのが、掘削土砂の塑性流動性でした。添加剤の濃度や添加率は、初期掘進時の排泥状況を見て現場試験を繰り返します。現場では様々な試験方法（ベーンせん断試験・ミニスランプ試験・ブリージング等）を行いますが、最も簡易的な方法は、排泥を手で握ることで、塑性流動化された排泥ならば握りつぶした時に指の間からヌルヌルと出て、手の中に残りません。逆に手の中に残れば、塑性流動化が無いと判断できます。

土圧式推進工法は、掘進機のカッターチャンバ（切羽と隔壁間）とスクリュコンベヤ内を、掘削した塑性流動化された土砂で満ち、元押ジャッキ推進力により泥土圧を発生させ切羽を安定させながら推進する工法です。掘削土砂は、推進速度に応じてスクリュコンベヤを排土制御することで適正な泥土圧に調整管理します。また、圧送機を使用



写真-10 ジャイロコンパス

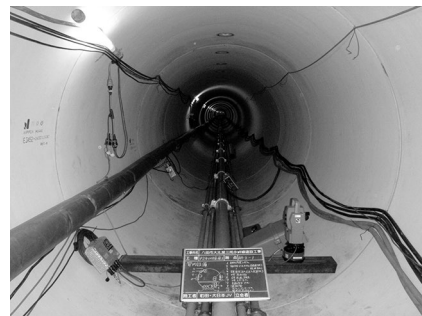


写真-11 自動測量システム

する場合は、スクリュコンベヤから排土させる土砂に塑性流動性がなくては、圧送が困難になるため、排土状態確認し、添加材の濃度・添加率をフィードバック管理することが重要です。

本路線中の多くの土質は、0.075mm前後の砂とシルトの境界線付近の細砂が多く、また地下水位も低いために非常に脱水しやすいものでした。掘進中は、細砂とシルトのバランスが変わるたびに排泥状況も変わり、その都度、添加剤濃度調整を行いましたが、圧送が困難になり6B圧送配管が破裂すること

もありました。地山に不足するバインダ分をベントナイトで調整するも、含水比の少ない細砂での施工の難しさを痛感しました（写真-12～14）。

推進力に関しましては、DKIシステムと自動滑材充填装置で2次注入をアルティ Kを併用することで効果的に推進力を低減することができ、R=70m手前までは計画推進力の55%で、到達時は87%で無事到達できました（図-3、写真-15～21）。

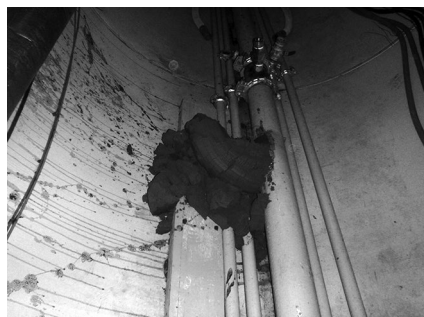


写真-12 圧送配管破裂



写真-13 排泥状況



写真-14 排泥圧送状況

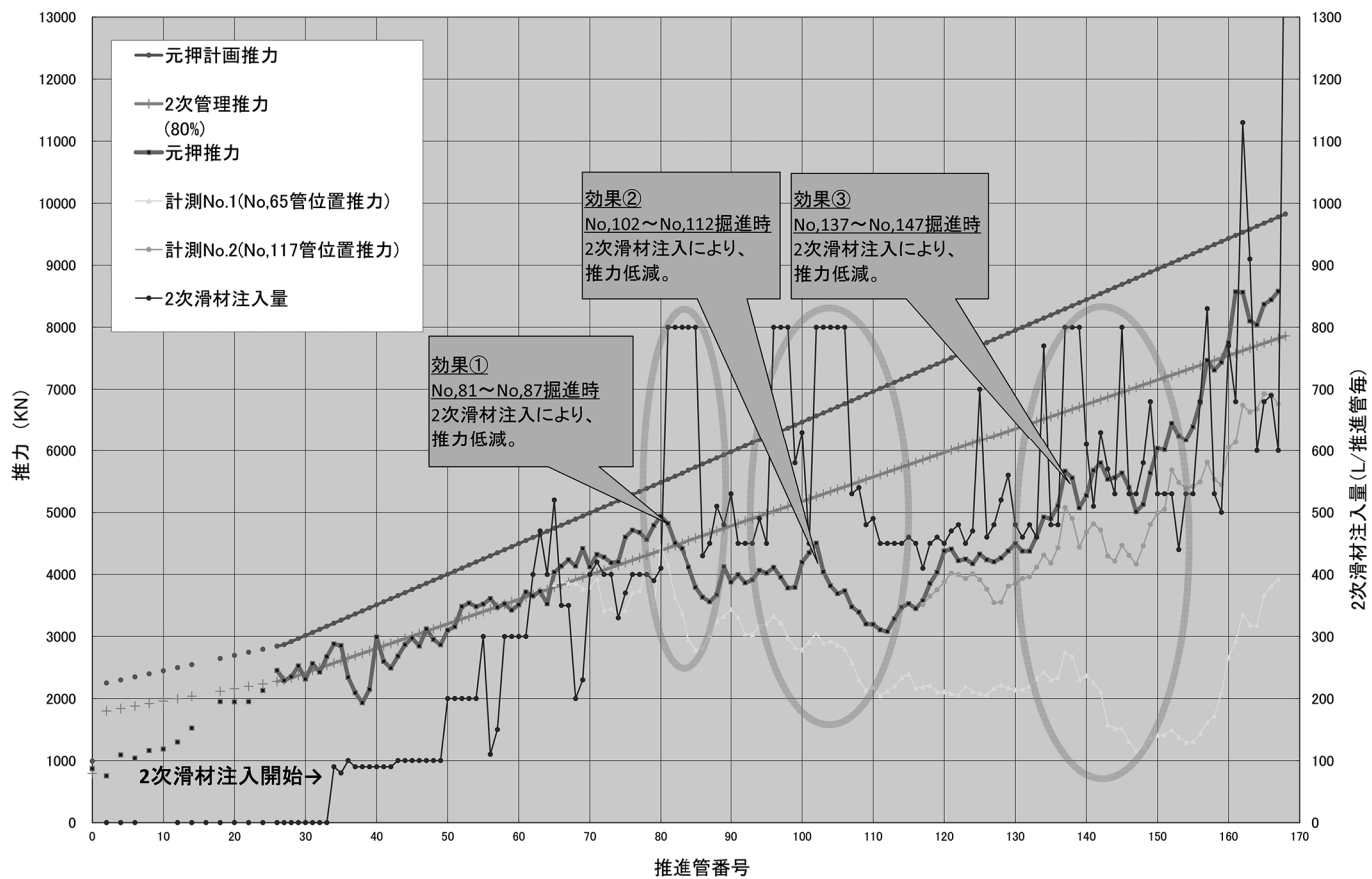


図-3 推進力推移図



写真-15 推進管投入状況



写真-16 掘進機操作状況

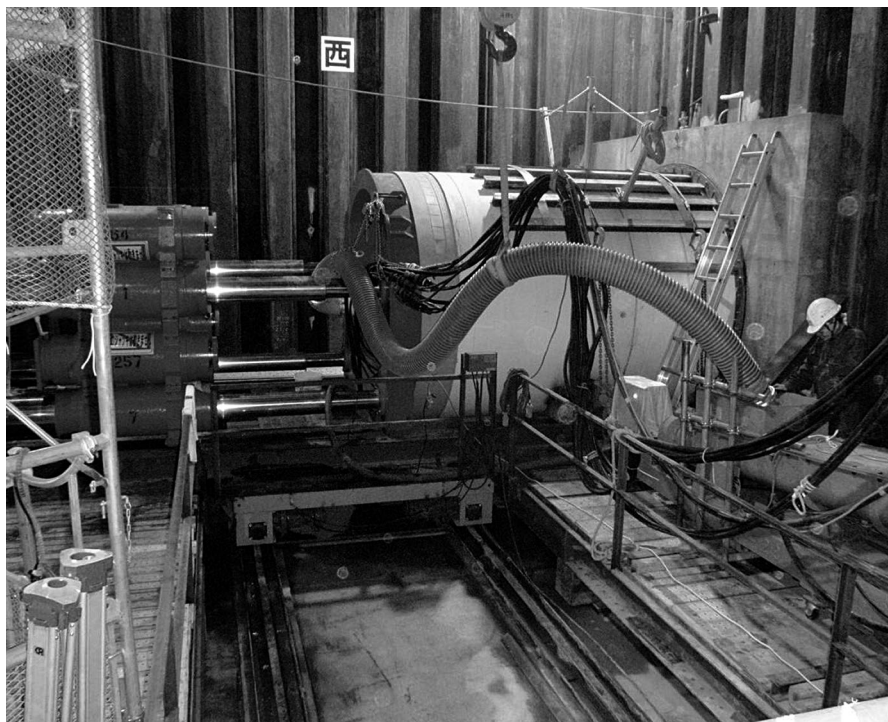


写真-17 初期掘進状況



写真-18 本掘進状況

6 おわりに

本工事を通じ、ライフラインにおける雨水整備事業に推進工事技術者として関わったことで、近年のゲリラ豪雨等による水害が少しでも軽減できればうれしく思います。また、ご指導いただいた元請業者・協力業者の皆様には本稿にて感謝申し上げます。



写真-19 左R=120m施工状況

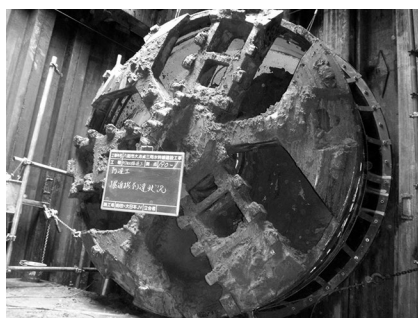


写真-20 掘進機到達状況

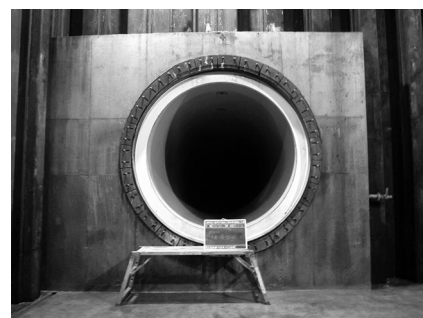


写真-21 φ2,400m推進施工完了