

大深度・高水圧・斜坑推進工法による換気立坑の施工

横浜市下水道局北部下水道建設事務所

黒川 満

清水建設(株)土木事業本部技術第四部 正会員

鹿島 竜之介

清水建設(株)土木事業本部技術第四部 正会員

島 厚夫

清水建設(株)土木事業本部技術第四部 正会員

久原 高志

清水建設(株)土木横浜支店土木部 正会員

飯泉 勝

1. はじめに

斜坑推進工法は、立坑と表現した方がふさわしいほどの急勾配を施工する特殊な推進工法である。この工法の施工例は、道路下87mの深さに既に築造された地下調節池（シールドトンネル）の頂点に取り付く換気用立坑を、道路に近接する公園敷地内から伏せ角度75.6度の直線で泥水式推進工法で繋げたものである。施工においては、掘進機の大深度・高水圧対策、地上設備の推力、掘進機および推進管の浮き上がり対策、管内部の安全作業足場対策（エレベータ設置）を実施した。また推進工事は短期間で完了し、地下調節池へ高い精度で到達した。

2. 工事概要

泥水式推進工法

- ・ 管種：呼び径2,000mmダクタイト推進管
- ・ 延長：87.7m
- ・ 勾配：-389%（伏せ角度75.6度）
- ・ 水圧：最大水圧0.66MPa
- ・ 土質：盛土，ローム，洪積粘土，砂礫，細砂、固結シルト

推進仮設備工

地盤改良工

- ・ 到達防護薬液注入（地下調節池内部から）
- 調節池内支保工
- ・ 到達部シールドセグメント変形防止用支保工

3. 斜坑推進工法の特徴

泥水式掘進機

- ・ 高水圧対策(1Mpa:水深100m相当)
- ・ 到達時スライドフード装置（地山露出の低減）
- ・ 方向制御用中折れ装備
- ・ 駆動部分割撤去・解体方式（工期短縮、安全性向上）

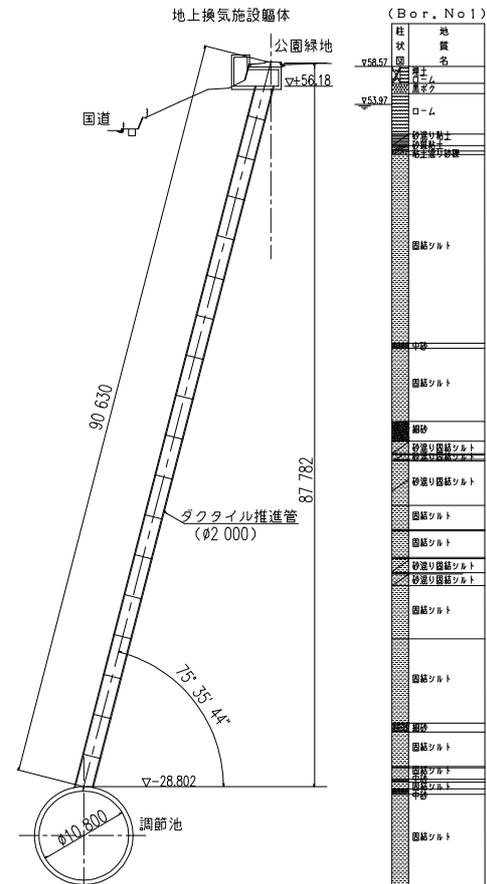


図 - 1 換気立坑断面図

推進仮設備

- ・ 反力構台：スライド式元押しジャッキ、グラウンドアンカー設置
- ・ 管固定用浮き上がり防止装置：パワーケーシングジャッキ、グラウンドアンカー設置
- ・ 斜坑エレベータ：ガイドレール併用ワイヤーロープ式、エレベータ構台スライド式
- ・ 測量：レーザー搭載型トータルステーション使用（自器位置座標自動計算機能内蔵）

3. 計画推力の算定

鉛直に近い推進における計画推力の算定は、通常の推進と異なり、縦方向の荷重である掘進機 + 推進

キーワード 斜坑推進, 換気立坑, 推力, 浮力

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 清水建設(株)土木事業本部技術第4部 TEL 03-5441-1111

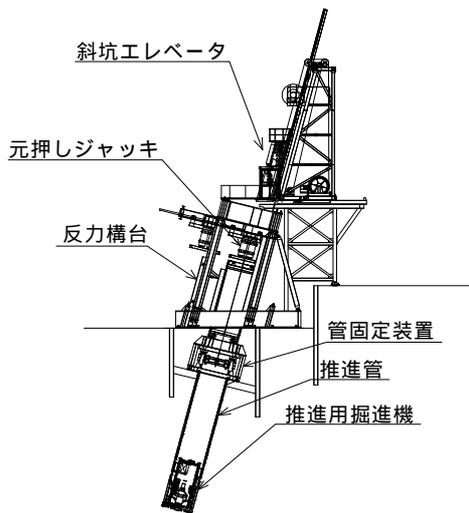


図-2 斜坑推進設備

管重量および浮力を考慮し、ケーソンの沈下関係図を応用して検討した。計算結果から最大総推力 $F = 6,500\text{kN}$ となり、装備する推進用ジャッキは $2,000\text{kN} \times 4 \text{本} = 8,000\text{kN}$ とした。

$$F = F_w + F_m - (W_g + W_h)$$

F : 総推力 F_w : 浮力

F_m : 推進抵抗力 $F_m = F_0 + f_0 \times L$

F_0 : 先端抵抗力 f_0 : 周面抵抗力 L : 推進延長

W_g : 推進用掘進機重量 W_h : 推進管重量

4. 推進施工サイクル

推進管投入

推進管接続：エレベーターを推進管の真上まで前進し、ガイドレールに沿わせ搬器を降下させ、管内部で止水パッキン等の接合。同時に送排泥管や掘進機等の操作線を接続。

1 段目掘進：元押しジャッキを推進管の上まで横移動させ、浮き上がり防止装置を解除した後、ジャッキ最大ストローク $3,000\text{mm}$ まで掘進。

ストラット設置：浮き上がり防止装置を作動させ、推進管の固定を施した後、元押しジャッキを開放。その後のストラット投入。

2 段目推進：ストラットを投入した後、再度浮き上がり防止装置を解除し、掘進を再開。

ストラット撤去：再び推進管を固定し、元押しジャッキを横に移動しストラットを撤去する。

以上の手順により推進を完了させ以降をこの手順の繰り返しにより推進を行う。

5. 施工精度

定位置まで掘進後、到達は予定のジャッキストロークおよび既設地下調節池シールド坑内監視員によ

り確認をおこなった。到達の施工精度は X 方向 $+29\text{mm}$ 、Y 方向 -37mm で掘進途中の蛇行量も通常の推進工事の管理値 ($\pm 50\text{mm}$) 以内であり、高い施工精度を確保することができた。

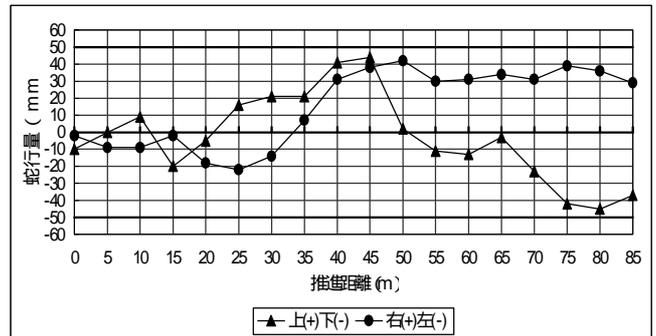


図-3 推進工出来形グラフ

6. おわりに

測量、墨出しから、資材投入設置まですべてのものを斜め 75.6 度で施工したため、非常に気を遣う工事ではあったが、極めて高精度で地下 87m の地下調節池に到達することができた。

最後に、推進工法で斜めや縦方向のトンネルも施工可能であるという認識が広まることで、大深度地下へのアプローチや換気立坑、ライフラインへの接続用立坑など本工法が活用されることを期待する。また、本報告が今後の類似工事に携わる方々の参考になれば幸いである。



写真-1 推進仮設備全景

参考文献

黒川 満, 田中邦和, 飯泉 勝, 久原高志, 鹿島竜之介: 泥水式推進工法による大深度換気立坑の施工, トンネル工学研究論文・報告集, 第13巻, 2003.