

21. センターホールジャッキ方式によるシールドの発進方法

佐藤工業(株)：*宮崎 康生、早川 淳一、村本 利行

1. はじめに

センターホールジャッキ方式によるシールド発進方法を、名古屋市上下水道局発注の「鳴尾雨水幹線下水道築造工事」(以下、「本工事」と記す。)において初めて実工事に適用した。本稿は、従来の発進方法のように仮組セグメント等を組み立てること無く、シールドの発進が可能なセンターホールジャッキ方式の概要および実施工結果を報告するものである。

2. 本方式の採用理由

この発進方法はコンパクトシールド工法¹⁾の一環として開発されたものである。コンパクトシールド工法で用いるシールドは前胴・中胴・後胴に3分割した構造を採用しているため、発進に際しては各胴を順次投入・掘進・接続を繰り返す分割発進を基本としている²⁾。推進のためのシールドジャッキやセグメント組立用のエレクターが装備されていない前胴および中胴を掘進させる場合は、従来のように仮セグメントを組立ながら掘進することができないので、センターホールジャッキを用いたシールド発進方法を開発したものである³⁾。

従来の仮セグメント組立方式とセンターホールジャッキ方式の発進方法を図-1に示す。両方式を比較すると、バックアンカーが固定式と可動式の違いにより、有効に活用できる作業空間に大きな差が生まれることである。本工事で、後者の発進方法を採用した理由は以下の通りである。

①立坑のシールド路線上部に仮覆工があるため、上部空間に制約を受ける

②立坑空間の有効利用及び作業効率の向上

仮セグメント組立方式では、立坑内に設置した天井クレーンの吊り代の確保が困難であった。また、シールドが発進した後も立坑内に仮セグメントが残り、作業空間の制約を受ける。このため、人の出入りや資材の搬出入時に作業性、能率、安全性が低下すると考えられる。そこで、作業空間が有効に活用でき、仮セグメントの設置・撤去工程が省略できる本方式を採用した。

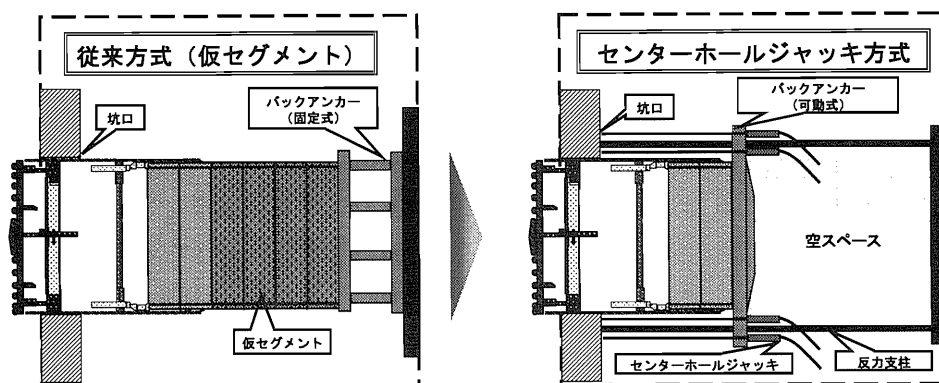


図-1 従来方式とセンターホールジャッキ方式の比較（断面図）

3. 工事概要

本工事は名古屋市南区鳴尾地区において、浸水対策を目的とする合流式幹線管渠の築造工事である。シールド延長が1,110m、2箇所の急曲線(R=15)を含む線形で、一次覆工は内径φ3,800mmの鋼製セグメント、二次覆工の仕上り内径はφ3,000mmである。掘削対象土質はN値=0(自沈)の軟弱粘性土で、シールド工法は泥土圧シールド工法である。中折れ式シールドの外径はφ3,940mm、機長が6,325mmである。

発進立坑は図-2のように長さ

10.0m×幅10.31m、開口部がシールド路線直上に配置できない構造である。搬出土の運搬方法は鋼車方式で、立坑内の移動はトラバーサ方式とした。センターホールジャッキ方式の発進方法を採用したことから、初期掘進期間中(約70m)においても、搬出土の運搬にトラバーサ方式による4m³鋼車を使用することが可能となった。

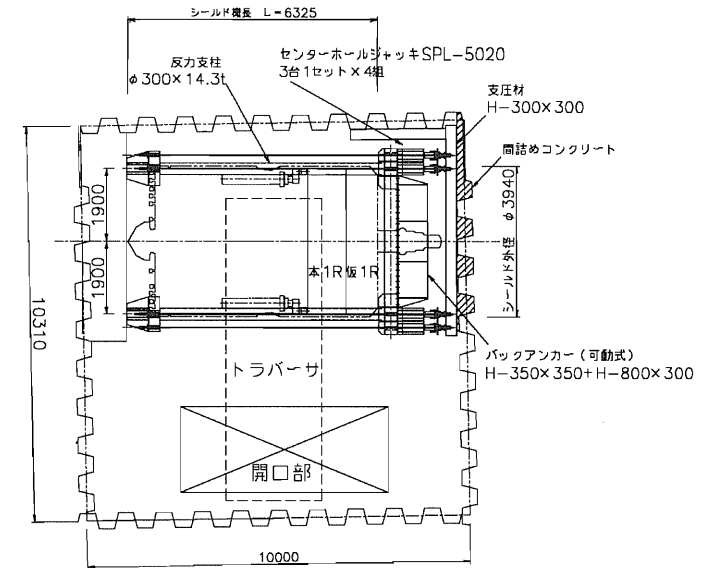


図-2 発進立坑及びセンターホールジャッキ方式の発進設備

4. センターホールジャッキ方式によるシールド発進方法の概要

センターホールジャッキの所要性能を表-1に示す。

シールド発進手順は以下のとおりである。

- ①立坑にシールドを設置し、テールブラシ保護のためセグメントを2リング組立てる。
- ②直径300mmの反力支柱とバックアンカー(可動式)を組立てる。
- ③バックアンカーの4隅に、各々3台のセンターホールジャッキを取り付ける。
- ④反力支柱の先端に取り付けたPC鋼線(φ28.6mm)をセンターホールジャッキに固定する。
- ⑤PC鋼線及び反力支柱に反力を取ることによって、シールド本体を前進させる。

センターホールジャッキは、3台×4カ所=12台を配置している(図-3参照)。設計上必要な推進力は4,000kN程度でジャッキ本数は8本で満足するが、この発進方法を始めて適用すること及びシールド発進にお

表-1 センターホールジャッキの所要性能

項目	性能	備考
推進力	500kN	総推力6,000kN
ストローク長	200mm	
スピード	0~20mm/分	油量で制御
制御装置	2台	制御装置1台でジャッキ6台を制御

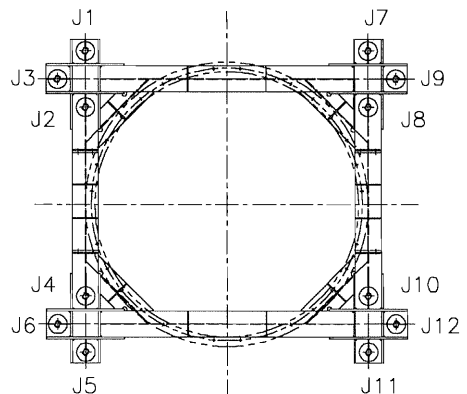


図-3 センターホールジャッキ配置図

る姿勢が不安定な状態になりやすいため、ジャッキを多めに計画した。

また、仮セグメント方式の推進反力はセグメントを通して支圧壁全体に作用するが、センターホールジャッキ方式では、図-4のように①センターホールジャッキ→②PC鋼線→③反力支柱固定部→④反力支柱→⑤支圧壁の順で反力が伝達される。反力支柱と坑口コンクリートを固定しているアンカーボルトは推進反力に対して抵抗できない構造である。そのため、反力支柱の固定部は図-5に示す補強を実施した。

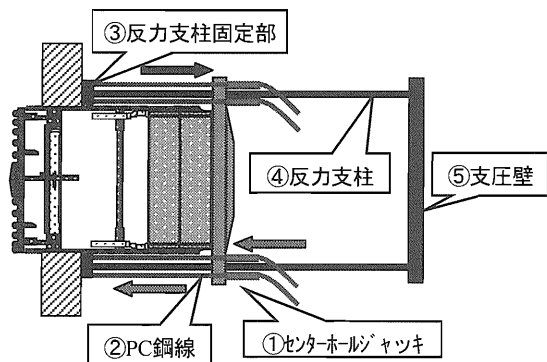


図-4 推力の伝達経路

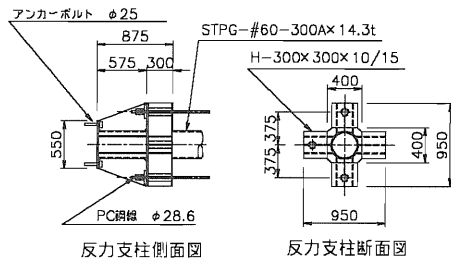


図-5 反力支柱固定部詳細図

5. 実施工結果

本工事における施工結果の概要は以下の通りである。仮推進開始時および仮推進がほぼ終了した時点の立坑内部の状況を写真-1に示す。

仮推進時の最大ジャッキ推力は2,200 kN（ジャッキ8本）で、想定推力4,000 kNの55%であった。推進速度は10～20 mm/分、切羽の土圧は90～95 kN/m²（管理土圧95 kN/m²）の範囲内であった。

本工事のような軟弱粘性土の場合は、シールドのノーズダウンの発生が懸念される。上下左右の4隅に配置した各々のジャッキ推力を制御することにより、シールドの姿勢をコントロールすることが出来た。また、発進時はシールド外周と地山抵抗が小さいために、ローリングが発生しやすい。本工事ではカッターの回転方向制御とバックアンカーの底部に切込みを設けてローリングを防止した（写真-1参照）。

センターホールジャッキの稼動状況を写真-

2に示す。ジャッキは、ストロークが200mmで前後に2つのチャック（固定治具）が設置されている。ジャッキが伸びの作動時には第2チャックが固定され、第1チャックが開放される。縮みの作動時には各チャックは逆の状態になる。これらは、ジャッキの作動方向とチャック内の楔により自動的に切替わる。

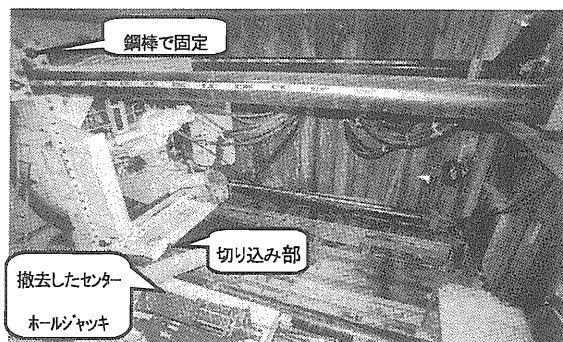
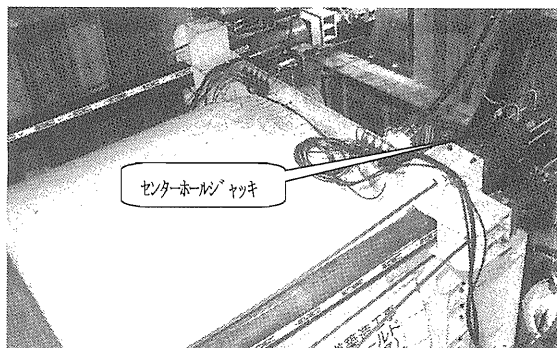


写真-1 仮推進状況

このような仕組みにより、ジャッキの押し引き動作を繰り返すことによりジャッキ本体は移動・停止を繰り返しながら一定方向に進んでいく。すなわち、PC 鋼線の全ストロークを、切羽反力を開放することなく、一気に推進することが可能となる。実施工では、土砂搬出設備の組み替え等を推進ストロークに併せて実施したため、仮推進区間 5,700 mm を約 8 時間の推進時間で終えることができた（ロータリポンプ取付け時間を除く）。

初期掘進による地表面の鉛直変位は 0～8 mm 程度に抑制することが出来た。これは、従来の発進方法と比較して、シールドをほぼ連続的に速やかに地山中に押し込むことが出来たため、周辺地山への影響を抑制できたものと考えられる。

仮推進完了後はセンターホールジャッキを撤去、φ58 mm の鋼棒を用いてバックアンカーと反力支柱を固定し、初期掘進区間の推進反力を受けた。初期掘進時においても、仮セグメントの支障を受けることなく、作業スペースを有効に利用することができ、施工効率、安全性とも、従来の発進方式と比較して大幅に改善できることを確認した。

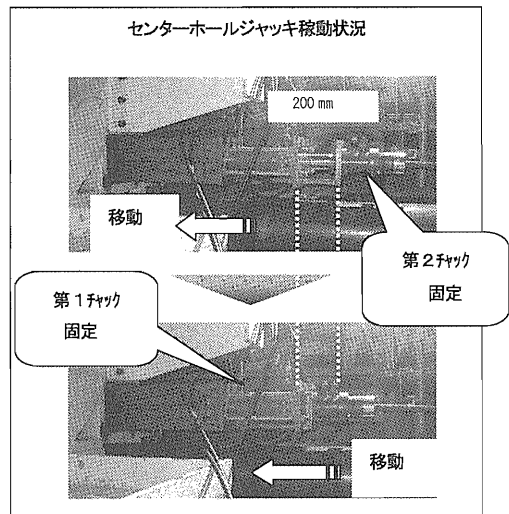


写真-2 ジャッキ稼働状況仮推進状況

6. センタージャッキ方式の発進による効果

本方式を始めて施工した結果、以下のことが確認できた。

- (1) 本方式による初の施工であったため、発進時の種々のリスクへの対応を考慮して若干過大な設備を計画した。実施工から、従来の発進計画と同程度の設備で対応できることが明らかとなった。今後は、設備規模を縮小し、コスト削減を図れることが確認できた。
- (2) シールドの地山への慣入を迅速かつスムーズに行うことができ、作業の安全性が向上するとともに、周辺地山への影響を抑制することが出来る。
- (3) 仮セグメントの組立および撤去作業が省略できること、作業空間への制約が大幅に無くなることから、作業効率が向上し、安全性も大幅に改善される。

7. おわりに

本工法による発進は平成 14 年 9 月に行い、掘進は順調に進み平成 15 年 3 月初旬に一次覆工が完了し、引き続き 2 次覆工を施工している。本発進方法は、シールド径に左右されないため、今後大口径シールドにも適用できると考えている。特に都市部においては立坑面積の確保が難しい状態であり、立坑面積を有効に使用できる本方式が参考になれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 前田、申山：コンパクトなシールドシステムの開発と実用化 東京都下水道局 三筋・鳥越付近再構築工事：トンネルと地下, 2001. 8
- 2) 高久、片岡、勝沼：コンパクトシールド工法の機械システムの開発：平成 13 年度 建設機械と施工法シンポジウム, 2001. 10
- 3) 守屋、勝沼他：後方設備内包型 3 分割シールドの開発：第 56 回年次講演会, 2001. 10