

III-133

多関節シールド機における方向制御機能

横浜市下水道局

中村 信治

NTTフィールドシステム研究開発センタ

正会員 斎藤 恒範

NTT関東設備建設総合センタ

正会員 松崎 和美

NTTフィールドシステム研究開発センタ

川合 孝

1. はじめに

施工環境の厳しい大都市では、下水道幹線の小口径トンネルを経済的に施工するため、直径1 m程度の小口径トンネルを長距離にわたって建設できるシールド工法の実用化が強く望まれている。このような小口径シールド工法では、狭隘なシールド機内に十分な本数のシールドジャッキを装備できないため、細長いシールド機の方方向制御が課題となっている。ここでは横浜市の下水道管渠新設工事で使用したエースモール1200-M2 工法による多関節シールド機の方方向制御機能について報告する。

2. 多関節シールド機における方向制御機能の検討

(1) エースモール1200-M2 工法の概要

エースモール1200-M2 工法は、掘削部（E部）・制御部（C部）・動力部（P部）・ライニング部（L部）の4筒から構成されるシールド機であり、覆工方法としては、早強性レジンモルタルを用いた現場打ちライニング工法を用いている。写真-1にシールド機を示す。掘進方法としては、図-1に示すように、まずE部で地山を掘り進んだ後に、C・P・L部が追従する複推進方式を採用している。シールド機には、シールドジャッキと推進ジャッキが装備されている。複推進方式を採用した理由として、以下のことが挙げられる。

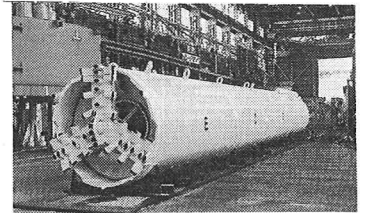


写真-1 M2シールド機

■長尺シールド機の方方向性を得るため。

■推進ジャッキは、片押しによりライニングに偏心を与えないように、常時全数使用するので、これとは別に方方向性を得るシールドジャッキを必要とするため。

■2ヵ所にジャッキを分け、装備ジャッキの小型化を図ることによりシールド機内の空間を大きく確保するため。

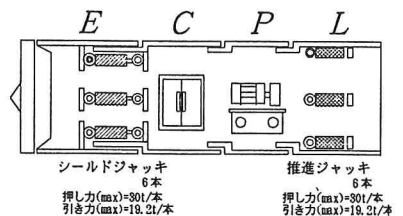


図-1 シールド機概要

(2) 方方向制御機能の検討

本機は複推進方式を用いたため、E部の掘進により、シールド機の推進方方向が決定される。そこで、シールドジャッキの制御方方向について検討を行った。本機は、シールド機外径に対して、シールド機長が長くなるため、6本という少ないジャッキ選択による片押し操作では、十分なシールド機の回転モーメント（特に上向き）を得ることが困難である。そこで、シールド機の方方向を修正する方方向として、内側（上）ジャッキの引き操作により方方向性を得ることとした。ここで問題となるのは、押し引きともに同等ジャッキを用いた場合、引き力が大きくなり、シールド機の回転力としては有利であるが、推進力としては不利となる。そこでジャッキの使用選択条件の最も厳しい曲線施工時におけるピッチング方方向に対する引き側ジャッキの引き力を求めた。図-2に想定モデルより、No. 1, 2 ジャッキの引き力は次式の条件範囲となる。

◇ $1.32 < 0.53 \times SJ1 + 0.063 \times SJ2$ — ①（回転力）

◇ $30 \times 3 - (SJ1 + SJ2) > 51.9$ — ②（推進力）

以上のことから、図-3に示す斜線の範囲でジャッキの引き力を調整することで、シールド機の回転モーメント及び推進力が得られる。

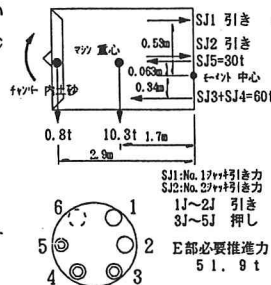


図-2 想定モデル

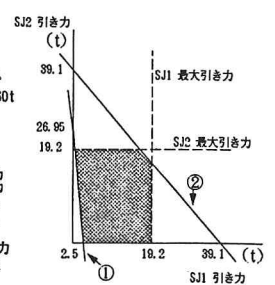


図-3 引き力範囲

(3) シールドジャッキ油圧回路

前(2)項より、各6本のシールドジャッキを単独で引き力（ジャッキ縮力）が調整できるよう、図-4に示すシールドジャッキ油圧回路とした。この回路の特徴を以下に示す。

■各ジャッキの引き（縮み）側回路にカウンターバランス弁を取り付け、ジャッキの引き力を単独で調整可能とすることで、シールド機（E部）の方向性・推進力を得ることができる（図-4①）。

■ジャッキ6本が単独で押し・縮み操作ができるようそれぞれに3方向電磁弁を取付け、必要時に、任意のジャッキの引き操作を行うことにより、シールド機の方向転換が行える（図-4②）。

■各ジャッキのメイン回路に、パイロットチェック弁を取り付け、シールドジャッキのロックを行うことにより、単推進（4筒を同時にL部に設けた推進ジャッキにより掘進を行うこと）時のE・C間の筒の折れ角を固定でき、そり効果によりマシンの方向性が得られる（図-4③）。

■シールドジャッキ押し側に3段階のリリーフ調整回路を設けたことにより、C・P・L部の推進時に、リリーフ圧（アンロード）を選択されたシールドジャッキがブレーキ効果となり、E部の向きを安定させながら、C・P・L部が追従することができる。（図-4④）

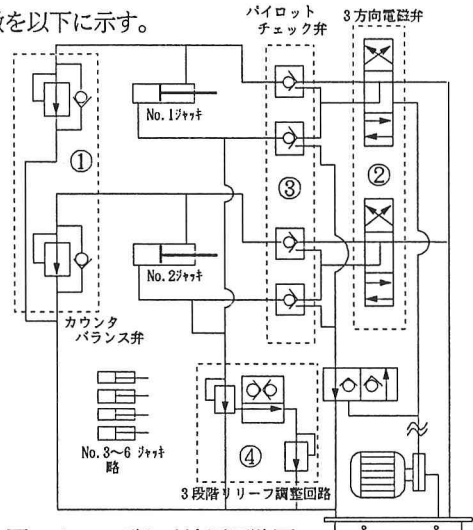


図-4 シールドジャッキ油圧回路図

表-1 工事概要

工事場所	横浜市旭区左近山団地内
推進距離	674m
管内径	φ1.2m
土被り	最大GL-15m
平面線形	R=100m 3ヶ所、R=200m 4ヶ所
縦断勾配	下り勾配 0.29%
土質条件	シルト質粘土（N値=2～30）

3. 実施工事における掘進結果

表-1に横浜工事概要を示す。平成5年4月現在の工事の進捗状況としては、R=200mの曲線施工区間を含む中間立坑までの区間を完了し、R=100mの曲線区間を含む残りの区間を施工中である。

これまでの施工区間の掘進結果としては、図-5のマシン平面・縦断蛇行量、シールド機推進速度に示すように、複推進時における制御では、シールドジャッキの引き力を変化させることにより、R=200m曲線区間及び直線区間での水平・垂直誤差とも管理基準（±50mm）以内での高い施工精度を得ることができた。また、R=200m曲線施工のE部の向きを固定して4筒を同時に推進する単推進でも、E～C間の折れ曲がりによるそり効果によりR=200mの曲線施工が行えた。推進速度においても、複推進時のシールドジャッキの引き操作による影響は特に無かった。

4. おわりに

小口径多関節シールド機の方向制御機能は、実施工事での直線区間、R=200mの曲線区間において、優れた施工精度が得られることが確認できた。今後は、R=100mにおけるジャッキのパターン、引き力の分析を行い、さらに急曲線の施工に向けての機能評価・開発を行う予定である。

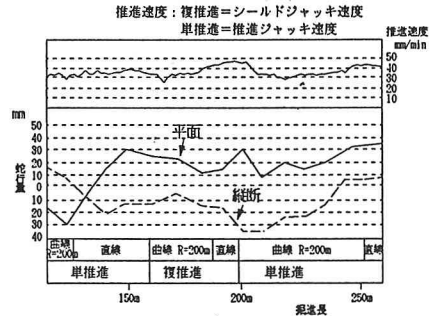


図-5 平面・縦断蛇行量、推進速度



写真-2
覆工状況