

VI-41

推進管路内の推力分布計測について

戸田建設(株) 正会員 切明憲治 樋口 忠
 同 上 志摩和夫 高橋義典
 同 上 安本匡剛 浅井康彦

1. はじめに

コストダウンやダウンサイジングへの要求は、推進の長距離化というかたちで顕在化しつつある。推進で最も重要なのは、推進管周面に働く地山との摩擦抵抗をいかに小さくするかということであり、これなくして長距離化は実現できない。滑材注入は推力低減すなわち摩擦抵抗低減のための技術としてあるのだが、元押し推力の情報のみで管理しているため、管路内の摩擦抵抗に偏りがあると過剰注入になり易いという問題を抱えている。推進管路内のどの位置で摩擦抵抗が大きいか（推力が費やされているか）がわかれば、その箇所に集中的に滑材を注入するといった合理的な滑材管理が可能となる。

そこで、推進管路内において推力がどのように伝達されまた分布するのかを知るために、ロードセルを利用した盤圧計、中間ジャッキを利用した推力計を考案し実工事に適用した。ここでは、その実用性を踏まえ計測結果について報告する。

2. 計測方法

推力検出のためのセンサには、盤圧計および推力計を用いた。図-1に盤圧計の構造を示す。推進管の厚みに収まる小型のロードセル8台を、鉄板で挟むようにして等間隔に配置したものである。全推力のみならず、個々のロードセルの値から管周方向の推力分布を測ることができる。図-2は推力計である。中間ジャッキの油圧回路をシリーズに接続し、ジャッキをある程度張った状態で回路をロックし、端部に付けた圧力センサで発生する全推力を測定する構造となっている。

図-3に推力検出センサの配置を示す。管路長617.4mの間に元押しを含め6ヶ所設置した。元押しジャッキに取り付けた圧力センサで総推力を、盤圧計および推力計で管路途中における推力をそれぞれ計測した。

なお、本計測を行った推進工事の施工仕様を表-1に示す。

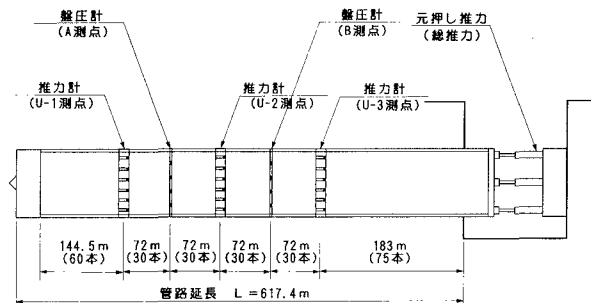


図-3 推力検出センサの配置

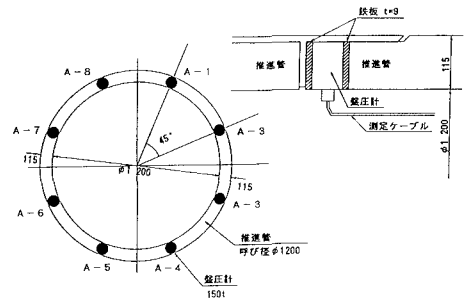


図-1 盤圧計の構造

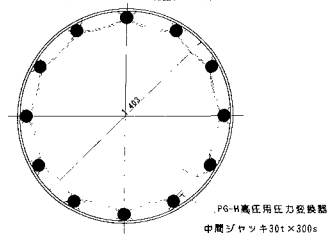


図-2 推力計の構造

表-1 適用工事の施工仕様

管路仕様	ビューム管外径：φ1,430 ビューム管内径：φ1,200 管路延長：617.4m 直線：566.1m 曲線：51.2m（R=120, 300 各1ヶ所）
工法の種類	土圧式密閉型セミシールド工法（アルティミット工法）
土質概要	平均土質：約R.5m 地下水位：約GL-1m シルト質細砂、シルト、砂混じりシルト（有案可覆）
滑材仕様	一次注入：推進管外周部に発生するボイド部の充填 固結型滑材：220 μ ノリング 二次注入：推進管外周部に発生する摩擦の低減 摩擦減少材：330 μ ノリング

キーワード：推力管理、推力分布、推力計測、滑材注入

連絡先：東京都中央区京橋1-7-1 TEL 03-3535-1615 FAX 03-3564-0475

3. 計測結果

（1） 管路方向の推力分布

図－4 は元押し（総推力）、盤圧計（B 測点推力）、推力計（U-1測点推力）での計測結果である。推力の大きさは、元押し＞B 測点＞ U-1測点となっており、想定どおりの結果である。また、図－5 は摩擦抵抗の変化を示すもので、センサ間の推力差とセンサ設置間隔から算出したものである。このように摩擦抵抗をみることによって

- ・元押し～B 測点間の値が全体的に高いのは、滑材の効果が低下しているからである
- ・170R～200R にかけての高推力傾向は、B 測点～U-1測点間の摩擦抵抗の影響を受けている

といった判断ができるようになる。

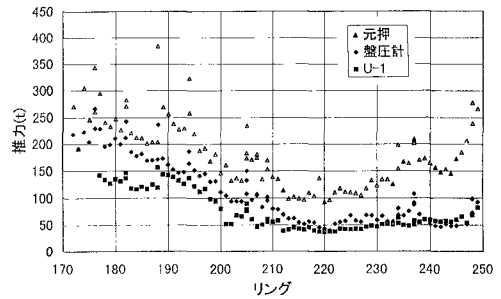
（2） 管周方向の推力分布

盤圧計では、推進管周りの推力分布を測ることができる。図－6 は177R 掘進時におけるB 測点の経時変化である。切羽に向かって左側（B-5～ B-6）の値が小さく、切羽～B 測点間での摩擦抵抗が小さかったことがわかる。掘進が進むにつれ滑材の効果が現れ、推力は全体的に低下している。とくに B-6、B-7の低下は著しく、30分後には既に十分な効果が得られている。推進管径が小さいことから、1 注入口当たりの注入孔を左横（B-6と B-7の間）1 箇所としていたのがこの原因であるが、複数箇所注入孔を設けていれば、30分以降の過剰注入を防げることができたばかりか、より一層の低減効果が得られたものと考えられる。

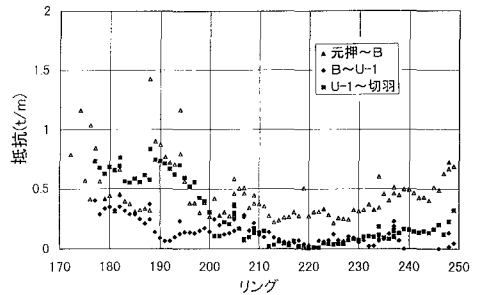
4. おわりに

図－7 に元押し推力の推移を示す。数力所、機械的トラブルで高推力となったところがあるが、全体的に当初算定した計画推力に比べかなり低い推力で推移した。これは、推力分布計測に基づいて滑材注入管理を行ったからにほかならない。滑材注入には自動注入装置を用いたが、従来なら一律に注入量を設定していたのを、今回は60mおきに設置した注入口別にそれぞれ注入量を設定した。これは、推力検知センサによりその設置スパン毎の摩擦抵抗を算出することで実現できた。

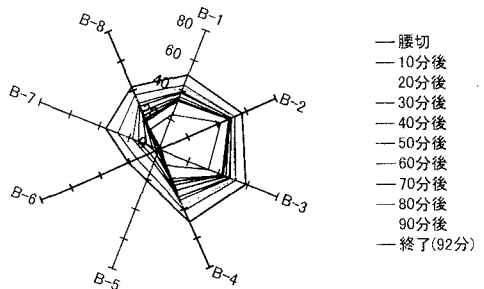
今回の適用の結果、盤圧計、推力計が推力検知センサとして十分実用できることが確認できた。また、推力検知センサを用いた推力分布計測が実施工においていかに有効であるかということも、低推力の実現により確認できた。今後は、盤圧計や推力計の改良はもとより、滑材の自動注入装置改造を含め、推力分布計測結果が自動的に反映されるような滑材注入管理システムの開発を行うことで、長距離推進のニーズに応えて行くつもりである。



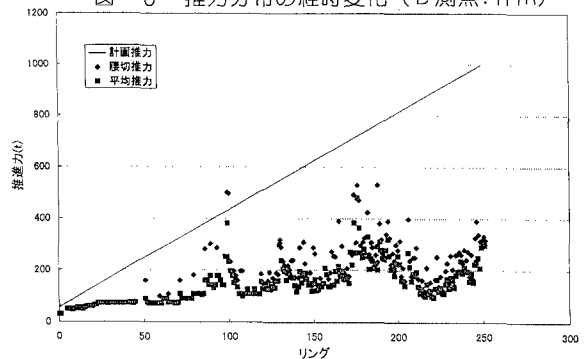
図－4 推力の変化



図－5 区間抵抗の変化



図－6 推力分布の経時変化（B 測点: 177R）



図－7 元押し推力の推移