

VI-180

排土量管理システムの開発

戸田建設㈱ 正会員 杉本伊佐夫 戸田建設㈱ 樋口 忠
 同 上 和 田 洋一 同 上 正会員 橋本 司
 同 上 同 上 春田 耕作

1. はじめに

泥土圧シールドにおける掘削土は、おもにズリトロ方式やポンプ圧送方式により排土されている。最近では、作業環境や安全面での配慮から排土をポンプ圧送するケースが多くなっており、今後はさら増加するものと思われる。ポンプ圧送方式における排土量（掘削土砂量）計測は、おもに2周波励磁方式の電磁流量計を用いたシステムで行われている。この2周波励磁方式の電磁流量計は近年開発されたもので、従来にない優れた測定精度を実現させている。しかし、装置が複雑化したことによるコスト高や磨耗損傷によるランニングコストの発生といった点で、解消されなければならない点がまだまだある。また精度に関しても、管内を土砂が充満状態で流れることを前提としているため、空隙が発生すると正確な流量をとらえられないという欠点がある。この対策として密度測定が行われるが、現在、土砂に使える密度計としては取り扱いに細心の注意を要する放射線（γ線）式のもののしかなく、ほとんどの場合密度測定は行われていない。このように現状の排土量測定は、「排泥管の中を通過する土量を正確に把握することができる」と言えるような状況では決してない。すなわち、切羽崩壊や取り込み過ぎによる地表面陥没等の危険な兆候をとらえるまでには至っていない。このような状況を鑑みわれわれは、新たな測定方式を導入した排土量管理システム開発し、現在、実証実験を行っているところである。

2. システムの概要

排土量は圧送管内を流れる土砂の流量とそのときの土砂密度を測定し、地山密度で地山換算することにより求める。本システムは、従来の密度計に代わり密度センサとして歪み計測管を用いているところに特徴がある。図-1に示すように流量センサで測定された流量 Q と密度センサで測定された密度 ρ および地山密度 ρ_0 から、地山換算した排土量（掘削流量）を求める。流量 Q はセンサ①で得られた値を採用する。密度 ρ はセンサ②で得られたものを使う。また、地山密度 ρ_0 には地質調査結果のデータを用いる。算出した地山換算流量には注入した加泥量が含まれるため加泥量を地山換算したのち、地山換算流量から差し引いて補正地山換算流量 Q_0 を求める。得られた補正地山換算流量 Q_0 を時間積分（累積）すると地山換算排土量 V が求まる。この地山換算排土量がシステムで出力される排土量であり、シールド断面積とジャッキストロークから算出される理論掘削量と比較して余堀量等を把握して緻密な掘削管理を行い、安全な掘進を行う。

3. システム構成

図-2に示すように、流量センサとしては、2周波励磁電磁流量計を用いている。また、密度センサとしては歪み計測管（たわみ計測）を用いている。歪み計測管の詳細を図-3に示す。歪み計測管は歪みゲージによりたわみ量が検出され、これから管内の土砂重量（密度）が算出される。この値については、歪み計

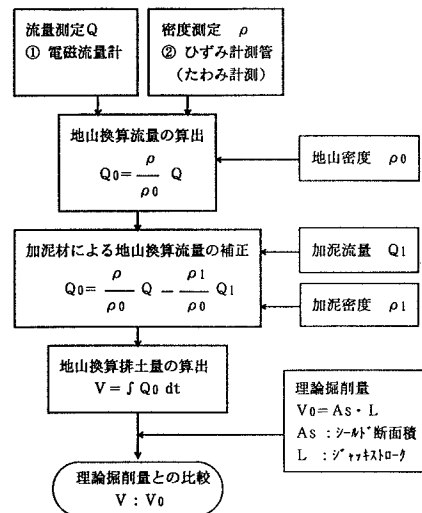


図-1 排土量測定フロー

測管の後部に挿入した取出し管を抜き取り、算出した管内土砂重量の確認を行った。

実際には、圧送ポンプの振動および圧送管の伸縮などのノイズが発生するが、伸縮防止枠の取付けやソフト上でのフィルタリングによりこれらのノイズを低減した。

システムは図-4に示すように、これらのセンサとセンサデータを収集・各種演算処理を行うメインシステムとサブシステムで構成される。メインシステムは坑内運転台車に、サブシステムは地上管理室に設置され、両者は双方向の通信システムで結ばれる。坑内に設置した電磁流量計では管内を流れる土砂の流量を計測し、歪み計測管では管内の土砂重量に応じた歪みが計測される。これらのセンサデータはアンプで増幅されたのち、メインシステムでリアルタイムにサンプリングされる。メインシステムでは、これらのデータ以外にも加泥注入量やジャッキストローク、圧送ポンプ圧等の各種データをサンプリングし、図-1に示すフローに従って各種演算処理を行い排土状況をリアルタイムに画面表示する（図-5参照）。モニタ画面には、1リングごとの積算体積（地山換算掘削量）が設定した管理限界と共に表示される。積算体積は歪み計測管で計測された密度から地山換算して算出する。メインシステムでサンプリング、処理されたデータは通信回線を経て地上管理室のサブシステムに転送される。サブシステムではメインシステムと同様に、排土状況等の各種画面表示をリアルタイムに行う。サブシステムでは画面表示以外にもデータ表や各種グラフのプリント出力を行うことができる。

4. おわりに

今回の排土量管理システムの開発は、泥土圧シールド工事の3現場で実証実験を進めている。本システムにより粘性土に対する排土量は、従来より正確なものが得られる見通しがついた。しかし、3現場共、シ

ルト・粘土分の多い粘性土であるため、砂質土での実証実験も行い全土質に対応できることを確認する必要がある。今回の実証実験では、さらに歪み計測管の膨らみから圧送速度を算出すること、また管内に棒状の突起物（検出棒）を設置し検出棒の撓みにより流速を算出することなども試みている。

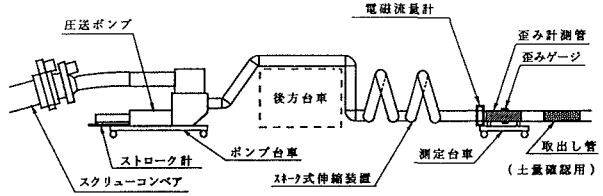


図-2 計測センサ設置の一例

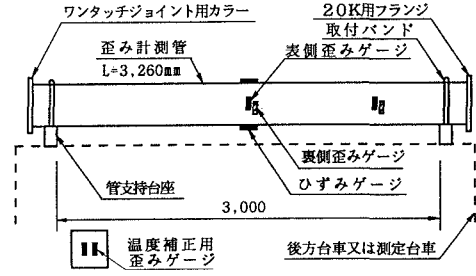


図-3 歪み計測管の詳細

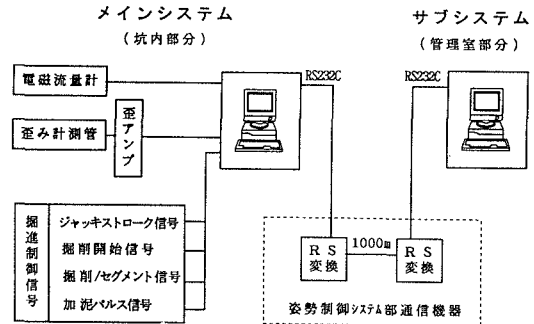


図-4 システム構成

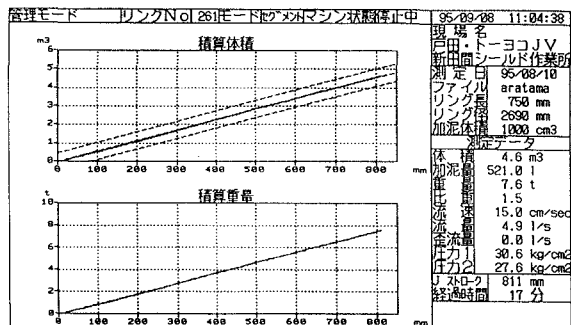


図-5 モニタ画面