

III-16

土圧式シールドの切羽自動安定管理システムの開発

佐藤工業(株) 正会員 ○志村 和伸
I H I 石井 航一
東洋工業(株) 飯沢 幸穂

1. はじめに

シールド工事の自動化・無人化へ向けて、活発に技術開発が行われている。シールド工事の全自動化を達成するためには、シールドの施工システムを構成する各要素技術を自動化し統合してゆくことが必要である。シールド掘進時の切羽安定制御は構成要素技術の中でも、特に重要な技術の一つとして位置づけられるものである。

土圧式シールド工法では、掘削土量と排出土量をバランスさせながら、カッターチャンバーおよびスクリーコンベア内に塑性流動化した掘削土を充填することによって、切羽の土圧・水圧を保持して、切羽の安定制御がなされている。近年、シールド工事の大深度化・大断面化が進むと同時に、重要構造物に近接して施工する事例が増加しており、切羽の安定管理に対する要求はより高度で厳しいものとなっている。

このような状況のもと、シールド工事の自動化・無人化の一環として、土圧式シールドの切羽安定管理の自動化に着手してきた。本文は、この度完成した土圧式シールドの切羽自動安定管理システムの開発経緯とその概要について報告するものである。

2. 土圧式シールドにおける切羽安定管理の現状と問題点

土圧式シールドの切羽安定管理は、カッターチャンバー内の土圧制御を主体に行われてきた。これはリアルタイムかつ高精度の排出土量計測の技術開発が遅れており、切羽安定管理に排土量計測結果を反映させることが困難であったためと想定される。しかしながら、前述のように今後ますます厳しくなる施工条件に対応する切羽安定制御を行うためには、切羽土圧管理に排土量管理を加えた管理システムを構築しなければならない。

3. 土圧式シールドの切羽自動安定管理システムの検討

土圧管理と排土量管理を併用した土圧式シールドの切羽安定管理システムを構築するために、次の2点を主要課題として検討を行った。

- 1) 排出土量計測・管理システムの開発
- 2) 切羽安定制御方法の現状分析

前者の課題に対して、パイプ内を通過する排出土砂量の計測システムの開発を行った。土圧式シールドにおいて、パイプ内を圧送される排出土砂は、①固体・液体・気体の3相流スラリー流体であること、②高密度・低流速の流体であるが、排出土量を精度良く計測することの妨げとなっていた。新たに開発した二周波励磁方式電磁流量計と改良型 γ 線透過式密度計を用いることにより、高精度かつリアルタイムに土量計測のできるシステムを完成した。本システムを用いた土圧式シールドの掘削土量管理グラフを図-1に示す。

後者の課題に対しては、実掘進データを解析することによって、熟練技術者の切羽安定管理操作がどのように行われているのかについて分析を行った。実掘進データの分析の結果、土質条件の変化に応じて、スクリーコンベアあるいはロータリーポンプの回転数を調節し、切羽土圧を制御していることが確認できた。

4. 切羽自動安定管理システムの構築

前節の重回帰分析結果より、切羽の安定管理に関わる制御因子を抽出し、土質条件などの施工条件の変化に応じた制御アルゴリズムについて検討を行った。本システムの特徴は以下の3点である。

- 1) 切羽土圧の計測に加えて、新開発の土量計測システムを採用し、これらの計測データをもとに切羽土圧と排出土量の両者により切羽安定管理を行うことができる。
- 2) 土質条件の変化に対応できるようスクリーコンベアだけではなく、ロータリーポンプも加えた2系統

の切羽安定制御機能を有している（図-2参照）。

- 3) 切羽土圧・排出土量その他、加泥流量・掘進速度等、種々の掘進データを統計解析し、その結果を直ちに掘進管理システムに反映できる機能を装備している。本システムの概略構成図を図-3に示す。

5. おわりに

本切羽自動安定管理システムは既に実用化している自動方向制御システムと組み合わせ、シールド無人運転システムとして建設省発注の庄内川共同溝工事に適用し、実掘進段階に入っている。自動方向制御システムでは10cm毎に姿勢制御を行い滑らかな掘進線形が得られることと、弊社が開発したジャッキ圧力2分割方式によって、主圧ジャッキと副圧ジャッキの間に大きな差圧を発生させないため、切羽に偏圧が作用しない利点を持っている。この自動方向制御システムと切羽自動安定管理システムを統合することによって、より一層品質の高い施工管理が可能となった。

今後はこのシステムを様々な施工条件のもとで適用し、そこから得られる切羽安定制御データをさらに分析してゆくことでシステムの完成度を高めて行く所存である。

参考文献 1) 志村他、土圧式シールド工法における掘削排土量管理システムの開発 土木学会第47回年次学術講演会 1992年9月

2) 森本他、土圧式シールドにおける切羽安定制御データの重回帰分析 土木学会第48回年次学術講演会 1993年9月

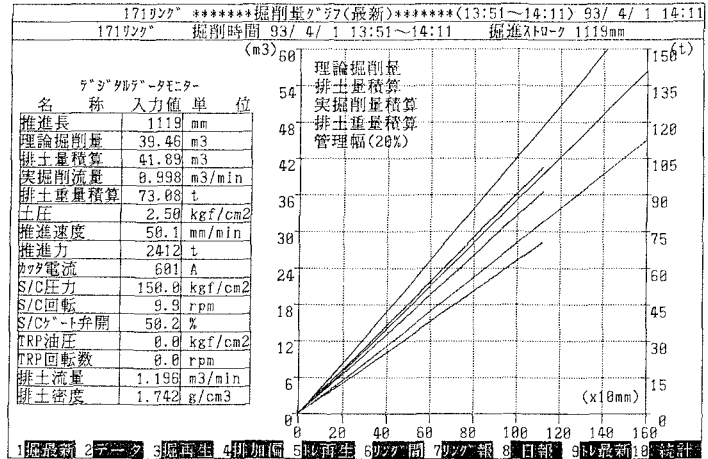


図-1 掘削土量管理グラフ

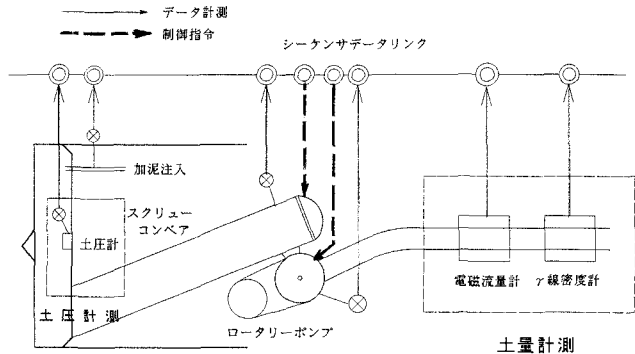


図-2 切羽自動安定管理システム 制御回路図

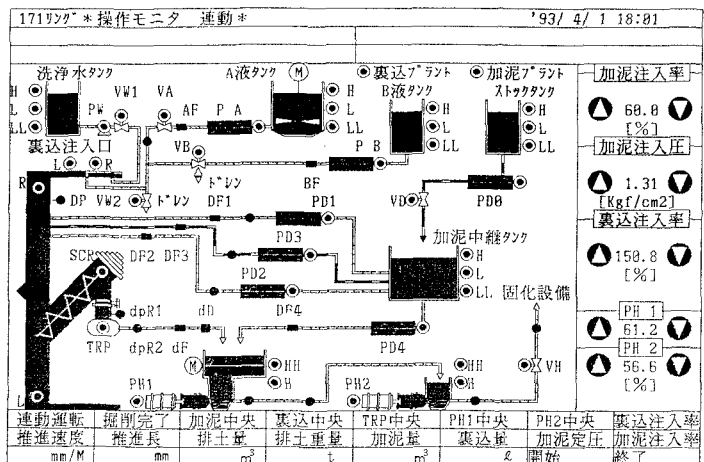


図-3 切羽自動安定管理システム構成図