

III-33 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

佐藤工業(株) 正会員 桐谷 祥治
佐藤工業(株) 正会員 ○ 志村 和伸
東洋工業(株) 直井 保

1. はじめに

社会資本の整備・拡充を図るため、地下空間の利用が進められている。その中で、都市トンネルの施工法として主流となっているシールド工法のうち、土圧式シールドの実績が60%を越えている。

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ることにより、掘削土砂をカッターチャンパー内、およびスクリーコンベア内に滞留させ、切羽地山の土圧・水圧と対抗させて、切羽の安定を確保している。掘進時の切羽安定管理は、カッターチャンパー内の土圧計測および排土量計測により行われている。

しかしながら、排土量の計測は精度的に不十分なこと、および時間的な遅れが伴うことなどから、切羽安定管理の自動化に支障となっていた。

本文は、掘削排土量管理システムの内、排土量をリアルタイムに高精度で計測できる排土量計測システムの開発概要と、現場で実施した計測精度実測結果を報告するものである。

2. 土圧式シールド工法における土量管理の現状

土圧式シールド工法における排土量計測は、以下の方法で行われている。

- ① 鋼車に積み込まれた土砂の重量を、鋼車単位で計測する。
- ② 鋼車に積み込まれた土砂の容積を、鋼車単位で計測する。
- ③ スクリーコンベアの排土口で、ベルトスケールによって排土重量あるいは排土容積を計測する。
- ④ 土砂圧送ポンプのストローク回数により、土砂容積を計測する。
- ⑤ 土砂圧送配管に取り付けた、超音波等による計測器により土砂容積を計測する。

このように各種の計測方法が採用されてきたことは、土圧式シールド工法における土砂計測の重要性を物語ると共に、これらの計測方法では十分な精度が得られていなかったことを示すものといえる。

①・②はある程度の精度で計測できるが、計測結果が得られるまでのタイムラグが生じてしまい、切羽安定管理に反映させることが出来ない。③は、直接的な計測方法であるが、計測間隔の取り方などから十分な精度が得られていない。④・⑤は間接的な計測方法である。この内⑤はリアルタイム計測として注目されているが、管内を通過する土砂が、固体・液体・気体の3相流であるため、非常に複雑な挙動を示し、高精度な計測が困難となっていた。

以上のように、排土量の計測精度が不十分であったため、土量管理の自動化が遅れており、切羽安定管理には豊富な経験を有する技術者およびオペレーターの判断が不可欠となっていた。

3. 排土量計測システムの概要

今回開発した掘削排土量自動管理システムの排土量計測システムは、土砂圧送配管に取り付けた電磁流量計とγ線透過式密度計を用いて、排土流量と排土密度を同時に測定し、排出土砂量と乾砂重量を算出するものである。以下に、各計測器の概要を示す。

3-1 電磁流量計

電磁流量計には2周波励磁方式電磁流量計を用いた。2周波励磁方式とは零点の安定度に優れた低周波の矩形波に、流体ノイズに強い高周波の矩形波を、1つの矩形波上に重畳させたものである。

低周波と高周波の利点を組み合わせたことによって、この2周波励磁方式では、従来の低周波電磁流量計で計測が困難であった、固体・液体・気体の3相流であるスラリー流体や低導電率流体への適用が可能となり、またリアルタイム計測にとって不可欠な高速応答性を有している。

3-2 γ 線透過式密度計

γ 線透過式密度計は放射線源から発生する γ 線を、配管内の流体に透過し、流体の密度に応じて透過した γ 線の強度変化を計測して、これを密度値に変換する。

この γ 線透過式密度計は、 γ 線源の強度を法令の規制値以下に制限しているため、取り扱い性や安全性に支障をきたさないものである。

写真-1では、電磁流量計と γ 線透過式密度計を土砂圧送管に取り付けた状況を示している。

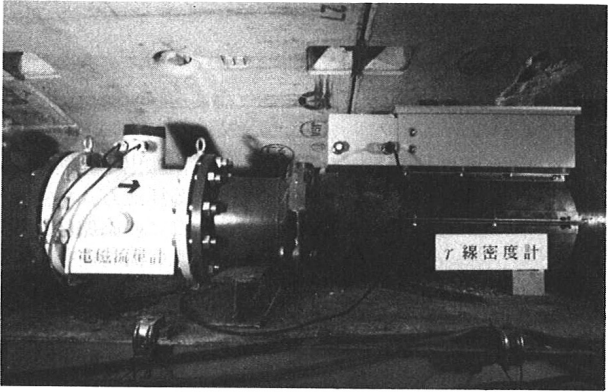


写真-1 電磁流量計と γ 線透過式密度計

4. 計測精度実測結果

排土量計測システムを採用するにあたって、この計測システムを実掘進現場に適用し、電磁流量計精度の実証計測を行った。適用工事は、東京都下水道局発注の第2低段幹線である。この工事・土質概要を表-1に示す。

実証計測で一番重要な点は、実測排土量と流量計による計測土量の相関である。図-1には実測排土量の0.95倍および1.05倍と電磁流量計による計測排土量の関係を示している。

図-1より計測排土量は、（実測排土量）×（1.00±0.05）の範囲内に収まっていることがわかる。この計測排土量値のように、実測排土量を5%以内の誤差で、しかもリアルタイムに把握出来れば、施工上の掘削排土量管理の自動化に、十分適用可能であると判断した。

5. おわりに

本システムは上述の第二低段幹線で、実証計測を行った後、同じく東京都下水道局より公共下水道工事としては、初めてECL工法で発注された弥生シールドに採用し、シールドの掘進が開始している。さらに建設省発注の庄内川シールドでは、本システムを自動方向制御システム等と統合した、シールドトータル管理システムを適用し、シールドの無人運転を実施する予定である。

このトータル管理システムを実用化し、合わせて実用化を進めているセグメントの自動組立等のシステムと組み合わせることによって、シールド工事の全自動化の実現を目指すものである。

表-1 工事・土質概要

工 事 概 要	工事名称	第2低段幹線 その4工事
	発注者	東京都下水道局
	工法	泥土圧式工法
	シールド 外径	$\phi 3,680$
土 質	シールド 延長	1,083m
	主要土質	洪積砂質土 洪積粘性土
	N値	13~50
	最大礫径	70mm

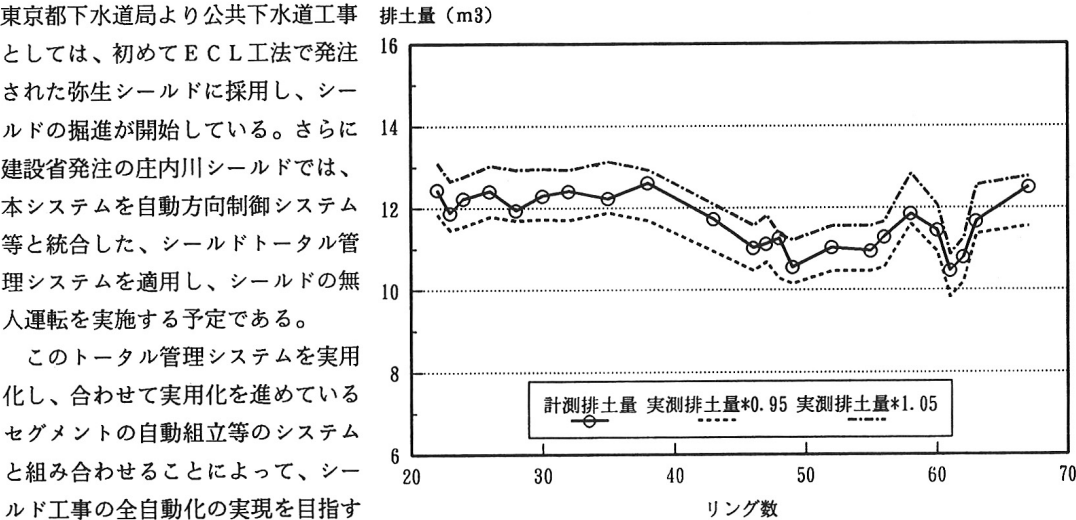


図-1 計測排土量と実測排土量の関係