

18. レーザセンサーによるシールド排土量計測 管理システムの開発

(株)鴻池組：*宮原 清始・井上 光治

松原 和夫

三菱重工業(株)：森 輝幸

1. まえがき

近年都市土木におけるシールド工事の増加には目を見張るものがある。なかでも土圧式シールド工法は泥水式シールド工法に比べ、大規模な泥水処理設備が不要であり、透水性の高い砂礫地盤など様々な土質への適応性が高いことから急速な発展をしてきている。

土圧系シールド工法の掘削管理方法としては土量管理と土圧管理の2通りの方法があるが、土量管理については、従来から、ズリ鋼車（土砂を運搬する鋼車）の重量を計測し比重換算する方法で行われている。しかし掘削完了後のデータとなることや、土質の変化による比重の変化が把握しにくいことから、精度及び測定時期的に掘削管理にフィードバックするには不十分であった。そのため、一般的に土圧管理により施工されているが、これも排土量と掘削土圧がバランスしている状態で切羽土圧が一定に保たれているということを前提にしている。これらことから排土量をより正確にまたリアルタイムに把握することがかねてから要望されていた。

今回開発したシステムは、シールドベルトコンベアで搬送される掘削土砂の排土体積を、レーザー距離センサーとコンベアベルトの一定量移動検出センサーにより算出し、この値とシールドジャッキストローク値とから得られる掘削管理グラフを、プラズマディスプレイ上にリアルタイムに表示し、数値データよりも判断の早い視覚データにより情報を提供するものである。

本稿では、このシステムの概要と実証実験の結果について紹介する。

2. システム概要

図-1に機器配置図、図-2にシステム構成図を示す。

1) レーザー距離センサー

開発当時（昭和63年）100mm以上を計れるレーザー距離センサーがなく、リニヤモーターカーの浮上距離検出用に開発されたものを改造し使用した。その後、測定距離の大きなものが製品化され実証実験二段階目ではこれを採用した。実証実験一段階目では、レーザー距離センサー、およびそれよりも簡便で安価なセンサーとして超音波センサーの2種類を導入実験した。超音波センサーは検出対象面の水平度が一定でない掘削土砂の場合は、超音波の反射が得られないため使用できないことが判明した。一方、レーザー距離センサーは、対象物体の色の变化や材質の変化に影響されず、安定した測定が出来ることが確認された。

2) ベルト一定量移動検出センサー

インクリメンタル形ロータリーエンコーダをベルトコンベアのプーリに直結して、ベルトの一定量移動毎にパルス信号を発生させた。このパルス信号によりコンピュータに割り込み処理を行い排土体積及びその累積値を計算した。

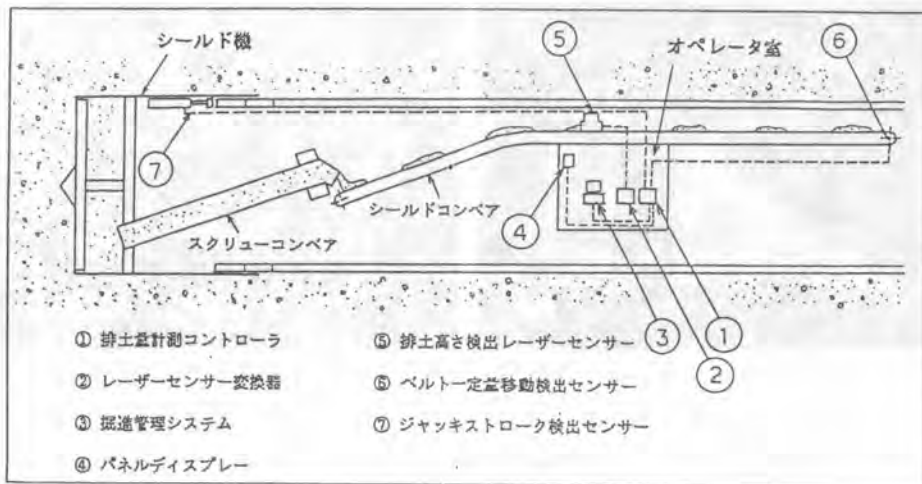


図-1 機器配置図

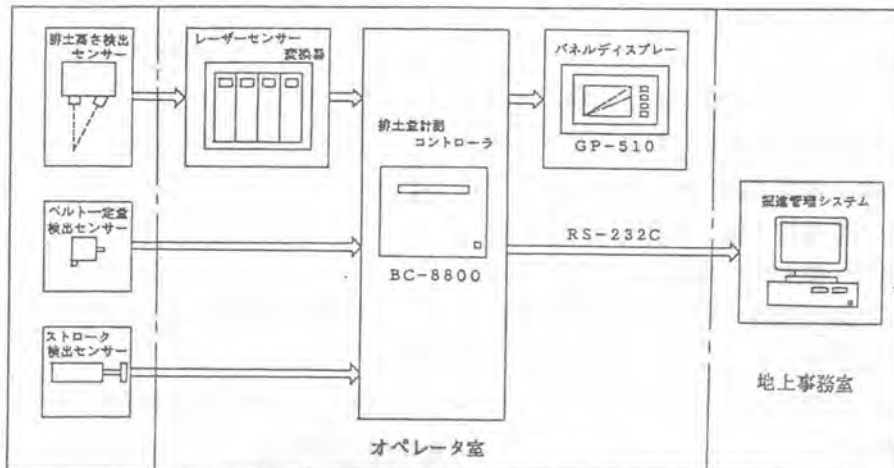


図-2 システム構成図

3) シールドジャッキストローク検出センサー

シールド機に装備されている左右2本のシールドジャッキストローク検出センサーのデータを、アナログ信号で取り込み、平均処理してストローク値を算出した。

4) タッチパネル機能付きプラズマディスプレイ

オペレータへの画像による情報提供はタッチ機能を備え、背面が薄いプラズマディスプレイを採用し、入力信号用スイッチを不要としてコンパクトにした。

表示画面としては、ストローク-排土量(ストローク2cm毎の排土量累積)推移グラフと時間-排土量(1分間当り排土量)トレンドグラフの2画面を出力する。(写真-1、2)

5) マイクロコンピュータ

8ビットSTDバスマイクロコンピュータを使用した。4~5個のレーザーセンサーで測った排土の高さを、ベルト一定量移動検出センサーからのパルス信号(約15msec)毎に、三角形または台形の断面積にベルト一定移動量(約3cm)を乗じて体積値を計算し累積する。

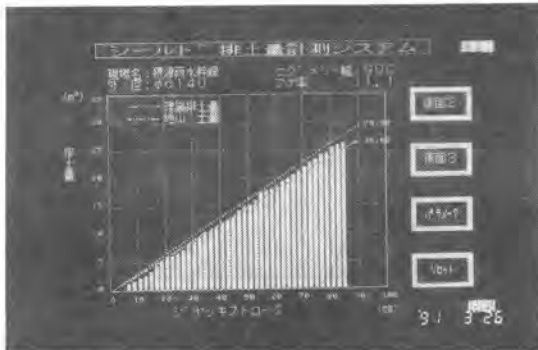


写真-1 プラズマディスプレイ出力状況 (ストローク-排土量推移グラフ)

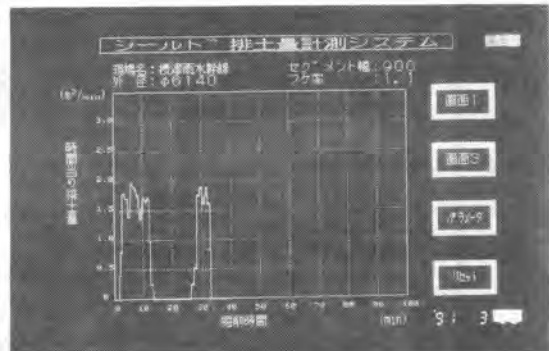


写真-2 プラズマディスプレイ出力状況 (時間-排土量トレンドグラフ)

高さの測定分解能は1mmで、累積体積の単位は0.01m³である。ディスプレイへの通信は15秒毎に行い表示データの更新をする。さらに掘進管理システムでのデータ保存用としては2~3分間隔で通信を行っている。

3. 実証実験1

このシステムを平成2年5月に京都市の西羽東師川(にしはづかしがわ)幹線公共下水道工事に導入した。掘削土質は粘土質砂レキ層で泥漿式シールド工法にて施工された。

測定結果の一部を図-3に示す。当システムで測った値の平均値は24.21m³で地山土量21.68m³から見るとフケ率は1.12となる。

写真-3に計測状況を示す。

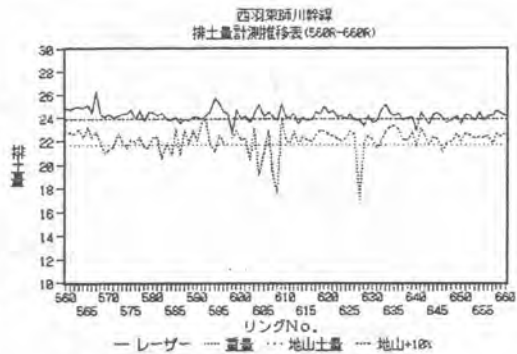


図-3 排土量計測推移図

4. 実証実験2

次にこのシステムを改良して、平成3年1月に大阪府の、茨木摂津雨水汚水幹線下水管渠築造工事に導入した。掘削土質は沖積粘性土が90%を占めている。シールド機は削土密閉機械式シールド工法が採用された。

改良点としては、新しく開発された長距離型レーザー距離センサーを導入し排土高さを400mmまで測定可能とした。また測定精度を上げるためセンサー台数を4台から5台に増やした。

測定結果の一部を図-4に、計測状況を写真-4に示すが、スクリュウコンベアから排土された形状のままベルトコンベアで搬送されており体積変化率(フケ率)はほぼ0と考えられる。測定値の平均値は25.94m³で、地山土量26.65m³の97.3%(-2.7%)と、前回よりも安定した結果を得ている。



写真-3 計測状況

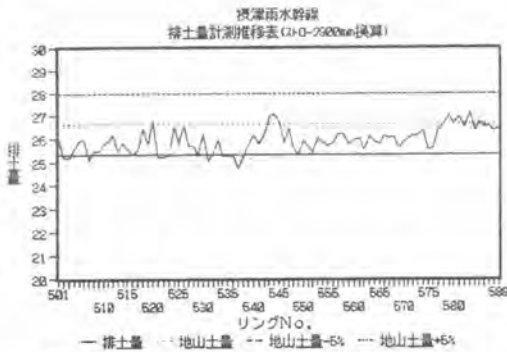


図-4 排土量計測推移図

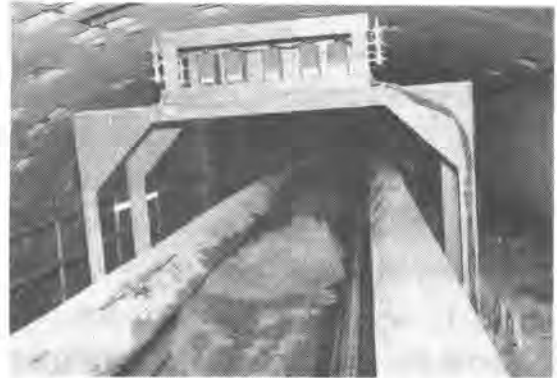


写真-4 計測状況

5. 室内実験

実証実験では中口径シールド工事での確認であったが、工事量の多い小口径シールド工事への適用を考えて、センサー設置高さを低くするためにレーザー光をミラーで反射させて測定が可能かどうかの確認を行った。結果としては、図-5のように100mm口のミラーによる直線性が確認され実用可能と判断できる。

6. 考察

1) 2件の実証実験でジャッキストロークごとに体積変化率を加味した計画値と排土体積を相互に比較対比し、全体の傾向を掴むという本計測管理システムが十分使用可能であることが確認された。ただ、本システムだけで掘削管理を行うことはできず、土圧管理と併用しながら使用することが必要である。

2) 精度

実証実験での排土量計測値の変動幅は10%以内におさまっており、十分使用可能である。

3) レーザーセンサー

実証実験1の時にはセンサーの架台に土砂が当たる場合があったが、実証実験2では架台の高さをあげることにより土砂が当たることはなくなった。

4) リアルタイム性

切羽土圧から解放された掘削土砂が、排土口からレーザー距離センサーで計測されるまでのタイムラグは10秒程度である。掘進スピードが60mm/minとするとジャッキストロークで数mmの遅れであり、リアルタイム性は確保されていると考えられる。

5) コンベアベルトのたるみによる誤差

通常はベルト受け用のキャリヤローラは600~800mmピッチで設けるが、レーザー距離センサー設置部の前後は200mmピッチとし、ベルトの空荷時と負荷時の変位を少なくした。

6) レーザー光のミラー反射式でも測定の可能なことが確認できたので、現場での実証実験に展開していく考えである。

以上

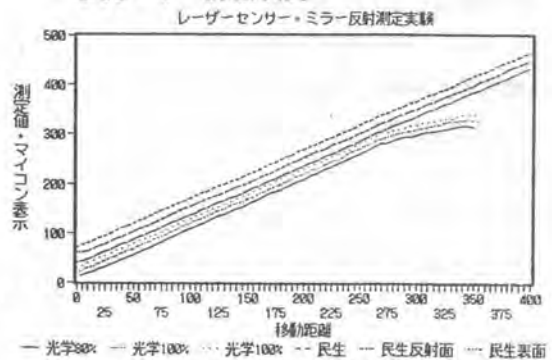


図-5 ミラー反射実験結果図