

## 34. シールド工事における掘削排土量管理システム

大成建設(株)：三神 克己

### 1. はじめに

近年、地下鉄、上下水道、ガス、通信設備等公共施設工事を交通量の多い都市部で行う場合、施工上の制約に対処するため、従来の開削工法に変わってシールド工法が多く採用されている。シールド工事における掘削排土量の管理は周辺地盤への影響から非常に重要な要素である。

従来、泥土圧式シールド工法において掘削土排出方法にスクリュウコンベアーとズリトロを用いる場合の排土量計測は、

(体積) ①. スクリューコンベアーの回転数による積算

(体積) ②. 排土ポンプのストローク数カウント

(重量) ③. レールスケールなどによるズリトロ計重

(重量) ④. 1リング分のホッパー計重

等がある。

この中で、①は精度に難点があり、②は充填率等判断が難しい。また③、④は重量管理になるので、地山の実掘削量との対処づけに熟練を要する。そこで超音波を利用して、ズリトロ上の実際の土量を直接計測し、よりの確な掘進管理を実現した。

### 2. 計測システム概要

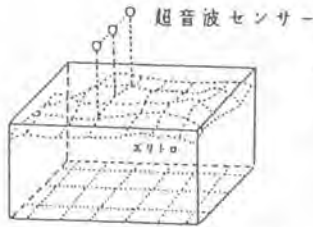
ズリトロ走行路上、横断方向に複数個の超音波センサーを下向きに取付け、ズリトロが切羽に向かって入構する際に空車の底板の高さを測定しておく。次に実車で出構する際の高さを計測し、空車時との差を計算してズリトロ長さ分だけ積分する。(図-1)

### 3. システム構成

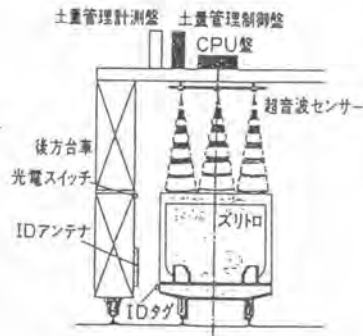
システムは(図-2)に示す様に、ズリトロ高さを計測する超音波センサー、個々のズリトロを識別するIDタグ、タグからの信号を受信するアンテナ、ズリトロの進行方向及び計測時期を特定する光電スイッチ等が後方台車側面に取付けられており、また各センサーからの信号を処理する計測盤、処理した信号を土量に換算するCPU盤、システム全体を制御する制御盤等が後方台車上部に設置されている。

### 4. 全体システム構成

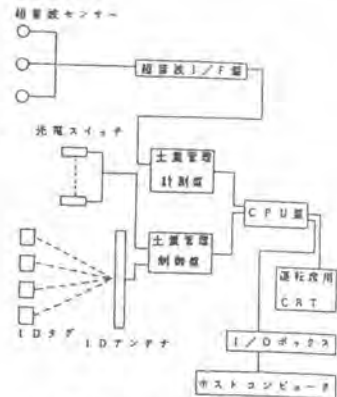
システム全体の構成を(図-3)に示す。計測されたデータは、運転席の液晶CRT、及び別途設置されたホストコンピュータにRS-232C形式で出力される。



(図-1 断面測定模式図)



(図-2 システム配置図)



(図-3 システム構成図)

### 5. 計測要領

(図-4 計測順序図)にて実際の計測要領を順を追って説明する。

①、ズリトロが切羽に向かって入構。

※ 空車時の体積計測

②、ズリトロが掘削土を積載して出構開始

※ IDタグからの信号によりズリトロの特定を行う

③ズリトロが光電スイッチを1, 2, 3, 4の順に切る。

※ ズリトロの確認

④光電スイッチ1, 2, 3, 4, 5を切る。

※ シーケンサからのCPUへ計測開始の信号をそれがズリトロNo.1である信号とともに送る。同時にシーケンサも光電スイッチが5まで切られたことを記憶する。

⑤光電スイッチ1, 2, 3, 4, 5, 6を切る。

※ シーケンサからCPUに一回目の計測信号が送られ、同時にシーケンサも光電スイッチが6まで切られたことを記憶する。

⑥同様に1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9を切る。

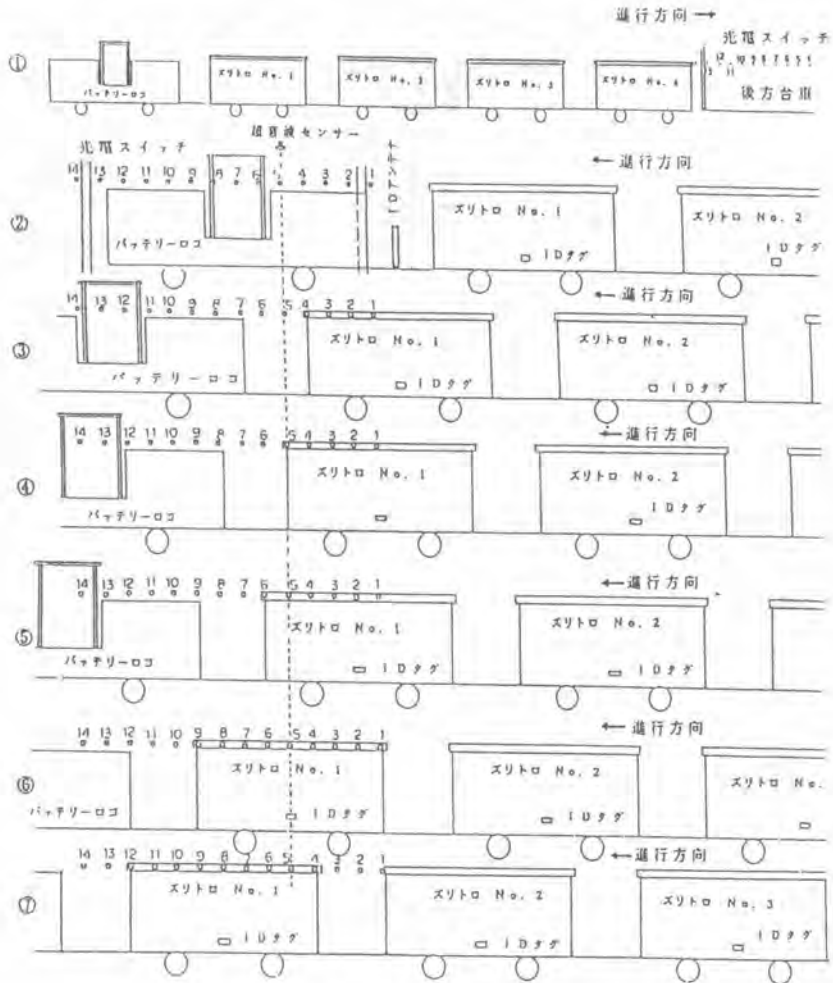
※ シーケンサからCPUに五回目の計測信号が送られ、同時にシーケンサも光電スイッチが9まで切られたことを記憶する。

⑦4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12を切る。

※ シーケンサからCPUに七回目の最後の計測信号が送られ、一両目の計測終了を判断し、土量に換算して運転席のCRTに表示する、と同時にシステムをリセットし、二両目の計測に備える。

以下同様の動作を繰り返し一編成分の計測が完了し、ズリトロがシステムを通り抜けた時点で待機状態となる。当システムにおいては光電スイッチのON/OFF状態がシーケンサ内部に記憶されており、計測中のズリトロがセンサー下部で前後動作を繰り返しても二重に計測する事はない。

さらにシステム全体の動作はシールドマシンの動作と連動しており、マシン待機中(セグメント組立中)または、作業終了後に何らかの事情でズリトロが入出構を繰り返しても計測が行われることはない。



(図-4 計測順序図)

\* 今回の実用化における計測は、スリット表面を横方向に7つの断面に分けて土量を計算している。つまりスリットが光電スイッチを7回切ることによって一両の計測が完了となる。上図において、実際の計測は光電スイッチ5～1が切られた時に行われる。1, 2, 3, 4はスリットの出構及びスリットを、システムを通過する他の物との識別の目的に、また12, 13, 14はスリットの入構及び計測の終了を判断する目的につかわれている。

#### 6. 土量計算方法

土量の計算は、スリットが等間隔に配置された光電スイッチを切ることによって表面を等間隔に分割し、それぞれの升目の高さを超音波センサーで測定して個々の体積を計算し、それらを合計して求める。ただし、実際の計測に当たっては次の点を考慮している。

† 計測不能領域が存在する：(図-5)のA, B, C, Dは超音波センサーがスリットの縁を検知しないよう

にセンサーの取付位置を内側に寄せているために計測が不能となる部分である。それらの部分については、A, B は横方向の各升目の平均値を、C, D は縦方向の各升目の平均値をそれぞれの高さとしての体積を計算している。このように、計測不能部分が存在するために全体の土量を計算するとき“体積補正率”を乗じて補正が可能となっている。

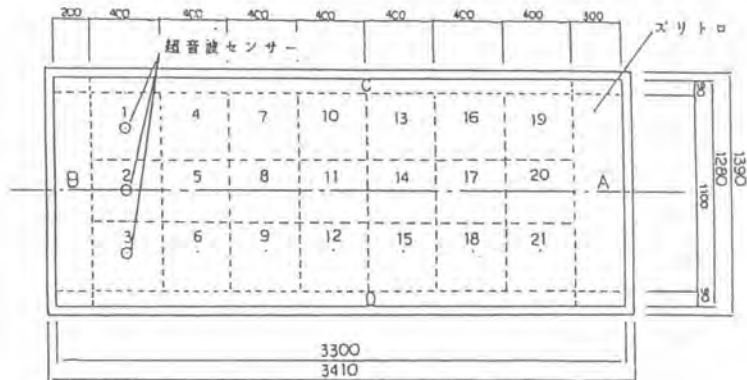


図-5 スリトロ平面図

#### 7. モニター画面表示

計測した土量は(図-6)の形式でマシン運転席の液晶画面に表示される。表示内容は、リング番号、マシンの動作状況に符合したシステムの状況〔待機中〕、〔掘進中〕、〔計測中〕、計測月日計測時間、各ズリトロごとの搬出量、一編成ごとの合計搬出量、そのリングの合計搬出量、及び、前回との比較のための前3リングの土量等である。また、これらのデータは逐次中央管理室にあるホストコンピュータに送られ、実排土量として表示され(図-7)、マシンから送られてくる理論排土量との比較ができるため、次の掘進の指標とすることができる。

掘削土量計測システム 計測リングN0.275〔待機中〕 92/10/06 14:26:29			
	搬出1回目	搬出2回目	搬出3回目
N0.1	4.115 m <sup>3</sup>	3.953 m <sup>3</sup>	4.029 m <sup>3</sup>
N0.2	4.291 m <sup>3</sup>	3.946 m <sup>3</sup>	4.405 m <sup>3</sup>
N0.3	4.332 m <sup>3</sup>	4.086 m <sup>3</sup>	3.284 m <sup>3</sup>
N0.4	0.000 m <sup>3</sup>	4.100 m <sup>3</sup>	0.000 m <sup>3</sup>
搬出合計	12.738 m <sup>3</sup>	16.085 m <sup>3</sup>	11.718 m <sup>3</sup>
1 リングの総計	前 2 リングの総計	前 3 リングの総計	リングの総計
41.356 m <sup>3</sup>	36.474 m <sup>3</sup>	40.096 m <sup>3</sup>	40.504 m <sup>3</sup>

図-6 モニター画面表示



## 8. 結果と考察

今回の実用化に当たっては、センサーの精度を確認する目的で様々な形状における試験計測を行い、高精度に計測できることが実証された後に現場に設置した。このシステムで計測した値を実際にスケールを使用して実測した値と比較した結果、ほぼ3%以内の誤差に納まる事が実証できた。

今回実用化したシステムのメリットとしては次のような点が上げられる。

- ・ シールドマシン後方台車上に全てのセンサー及び装置がセットされており、盛り替えの必要がない。
- ・ 全て非接触式のセンサーを使用しているため、掘進作業、セグメント組立作業他あらゆる作業にまったく制約を与えない。
- ・ 計測結果が運転席ですぐに確認できるので、的確な掘進管理ができる。

等である。

今後、さらに改良を加え精度を上げることによって、このシステムからのデータをシールドマシン本体にフィードバックすることにより、掘進の自動化に寄与できるとともに、シールド工事以外の土量計測にも応用できると考える。