

# 解説 泥水式編

## 土量管理システムの基礎



くりまる いさお  
栗丸 功  
(株)アクティオ  
エンジニアリング事業部

### 1 はじめに

都市を支えるインフラの整備の担い手として、推進工事の重要性が高まる中、都市の高密度化や土地利用の集約化により長距離化、急曲線や重要構造物に近接した施工など、推進工事の施工環境はますます厳しくなっています。その中でトラブルが発生すると単に工事現場周辺の問題にとどまらず、都市の機能を阻害することになりかねないことから社会的影響は甚大となります。

トラブル発生を防ぐため、推進工法における掘削土砂の管理は最重要項目であり、適切な管理を行うことが安全で品質の高い施工が行えると思います。

ここでは泥水式推進工法の土量管理について、シールドでは一般的に行われている管理手法を用いた方法およびシステムについて紹介します。

### 2 掘削土量管理の方法について

従来の泥水式推進工法における土量管理方法としては、泥水処理プラントで排出される土砂量計測、搬出ダンプトラックの積載量計測による直接測定や送泥量と排泥量の相違による計測が一

般的であり、掘進中のリアルタイム計測ではなく、タイムラグが発生してしまいます。

また、切羽の状態を目視にて直接確認することができず、掘削土砂を泥水輸送するため、計測の精度に問題があります。精度の問題を解決する方法として、地盤変状測量や切羽探査などの測定も行いますが、熟練オペレータの操作技術により精度の問題をカバーしてきた面は否定できません。

そうした中、不確定な方式ではなく、泥水式シールド工事で実績を積み上げてきた送排泥流量と密度をリアルタイムで計測して、統計的手法を用いた土量管理の手法を用いる事例が徐々に増えています。

### 3 掘削土量の管理方法

#### 3.1 計測と管理

泥水式推進は切羽を目視できないため、泥水式シールドと同様に送排泥管に設けた流量計と密度計による計測により掘削土量の管理を行う方法が採用します。演算装置で求めるものは掘進に伴う掘削量（排泥流量－送泥流量）および掘削乾砂量（排泥乾砂量－送泥

乾砂量）の2つです（図-1）。ただし、これらの計測値から余掘り量の有無や取込土量の過不足を判定することは難しく、統計手法を用いた処理により掘削土量の適否を判断することが行われます。

#### 3.2 掘削量

計算掘削体積は、コピーカッタなどでの余掘りがない標準的なケースでは次式で表されます。

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L$$

ここに、

V：計算掘削量（m<sup>3</sup>）

D：推進機外径（m）

L：推進ストローク（m）

一方、計測による掘削体積（ストロークあたり）は次式で表されます。

$$V_3 = Q_2 - Q_1$$

ここに、

Q<sub>1</sub>：送泥量（m<sup>3</sup>）

Q<sub>2</sub>：排泥量（m<sup>3</sup>）

V<sub>3</sub>：掘削量（m<sup>3</sup>）

したがって、VとV<sub>3</sub>の対比により逸泥状態（泥水または泥水中の水が地山に浸透している状態：V > V<sub>3</sub>）か、湧水状態（泥水圧が低い地山の地下水

が流入している状態： $V < V_3$ ) かの判定が可能となります。

しかし、実際に流量計で計測された値は逸泥などの要素を含むため計算掘削体積と比較しても管理は不適當であります。またこの掘削量管理では、切羽の崩壊などの余掘り量は検知できません。その理由は、崩壊発生時に崩壊部に泥水が入り込むため、単なる置換え

となってしまい、掘削量に差が表れないためです。

### 3.3 乾砂量

乾砂量は、地山または送排泥水に占める土粒子の体積です。地山、送泥水、排泥水とも土粒子比重が同一とすると、土計算乾砂量は、次式で表されます。

$$G = V \cdot \frac{100}{\rho \cdot \omega + 100}$$

ここに、

$G$ ：計算乾砂量 ( $m^3$ )

$\rho$ ：土粒子の真比重

$\omega$ ：地山の含水比 (%)

一方、計測による乾砂量は次式で表されます。

$$G_3 = G_2 - G_1 \\ = \frac{1}{\rho - 1} \{ (\delta_2 - 1) \cdot Q_2 - (\delta_2 - 1) \cdot Q_1 \}$$

ここに、

$G_1$ ：送泥乾砂量 ( $m^3$ )

$G_2$ ：排泥乾砂量 ( $m^3$ )

$G_3$ ：掘削乾砂量 ( $m^3$ )

$\delta_1$ ：送泥水比重

$\delta_2$ ：排泥水比重

掘削乾砂量は推進ストロークLあたりの値であるが、実際の計測は瞬時値を積分することによって算出することになります。したがって、 $G$ と $G_3$ との対比により取込過少 ( $G > G_3$ ) か取込み過大 ( $G < G_3$ ) かの判定が理論的には可能となります。

### 3.4 統計処理による管理

#### (1) 掘削量管理

計算掘削量は、ストローク量が得られれば求まる値で、これを1つの基準値とすることができですが、計測された掘削量は、逸泥などの影響が含まれるため、計算掘削量との対比をしても管理には不適當です。このため、計測値を統計的手法で処理を行い、過去の30データ程度からトレンドによる次データの期待値 (最小2乗法による推定) と標準偏差を求め、これから管理幅を決定した土量管理を行います (図-2)。

#### (2) 乾砂量

計算乾砂量は、土質調査ボーリングデータをもとに掘削断面に現れる各層厚、土粒子真比重および含水比から算出するが、推定精度を考慮すると基準値とするには不適當と考えられます。このため、掘削量と同様な統計処理を

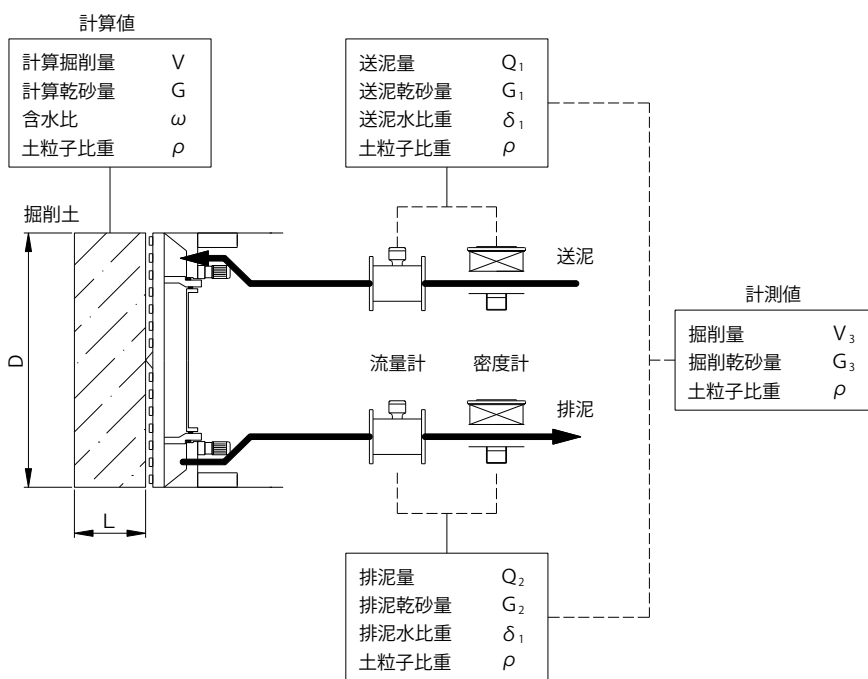


図-1 掘削土量管理

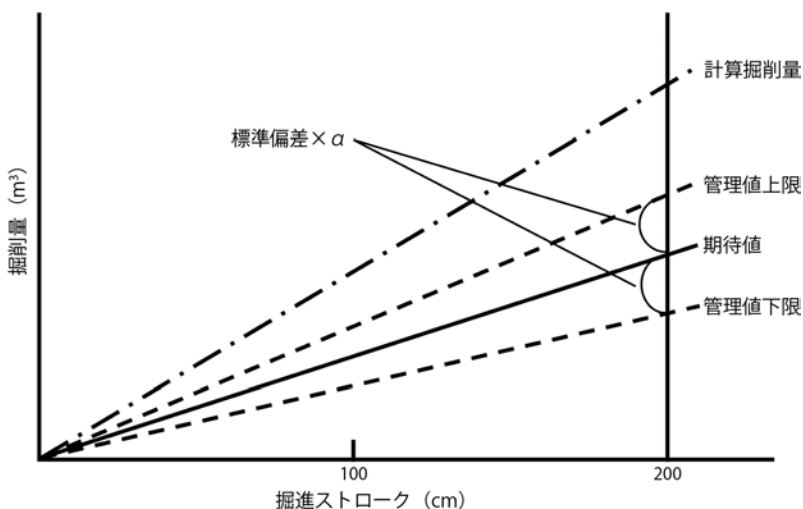


図-2 掘削土量管理グラフ