泥土圧シールドにおける掘削土量管理方法

西松建設㈱ 横浜支店 正会員 坪井 広美
正会員 鈴木 久一
村川 徳尚

1. はじめに

近年，都市部におけるシールド工事では，作業基地ヤードの確保の問題などから，大断面トンネルにおいても泥土圧シールドが採用されはじめている．しかし，大断面トンネルで多くの実績がある泥水シールドに比べて，未だ確立されていない技術的課題も多い．特に，切羽安定確保に最も重要な管理項目のひとつである掘削土量管理方法については，確立されてないのが現状である．

本稿では，主な掘削対象土質が沖積砂礫層である横浜地区での外径φ9.98m 地下鉄複線断面の施工における掘削土量管理の試みと複数の計測方法の比較結果を示すとともに考察を加える．

2. 工事概要と掘削対象土質

本工事の工事概要を**表－1**に示す．

シールド掘削対象土質は，沖積砂礫層(Ag)と粘性土層(Ac)の互層であり，土被りは約 13m である．一部区間では，全断面砂礫層，全断面粘性土層が出現する．砂礫層(Ag)の粒径加積曲線を**図－1**に示す．砂礫層は，バインダーとなる粘土，シルト分が，4.4%と極めて少なく，10～20mm 程度の中礫が卓越する層である．一方，沖積粘性土層は，N値＝2～3 程度で，含水が多く粘性が強い層である．

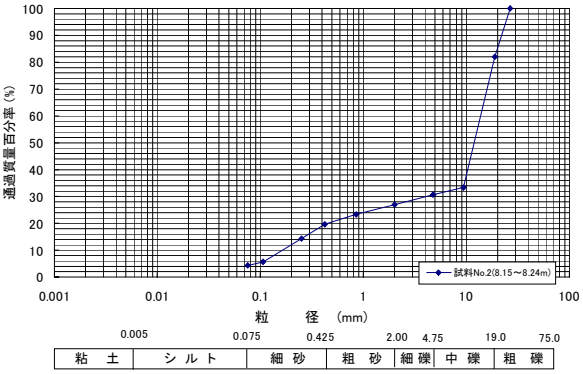
表－1 工事概要

工事名	MM、山下町シールドT
施工場所	横浜市中区本町～山下町
発注者	日本鉄道建設公団 東京支社
施工者	西松・日本国土・日産特定建設工事共同企業体
掘進時期	2000年3月～8月
シールド	外径 φ9.98m、機長 8.815m
施工延長	448 m
平面線形	R=355m×1カ所、R=1200m×1カ所
縦断勾配	+2‰→-9‰
土 質	沖積砂礫土と粘性土
土被り	最大16.8m、最小13.3m
セグメント	RCｾｸﾞﾒﾝﾄ 外径φ9.8m、桁高400mm、幅1200mm
裏込注入	シールドからの同時注入方式
補助工法	発進防護:CJG、到達防護RJP

3. 掘削土量管理方法と施工結果

(1)掘削土量管理方法

泥土圧シールドにおける掘削土量の計測は，その排土搬出形態に応じて種々の方法により行われている．本工事での土砂搬出は，スクリュウコンベアから地上土砂ホッパまでのポンプ圧送を採用していることから，二周波電磁流量計とγ線密度計を使用した実効性のあるリアルタイム掘削土量管理システムの実現を試みた．システム開発上の課題は，ピストンポンプの脈動に対しての掘削土量測定精度の向上である．これについては，別に実施した圧送実験で精度の向上を検討した．その結果，流量計瞬時値の積算方法を最適化することで，掘削土量の測定精度を±2%まで向上させることができた．



図－1 砂礫層(Ag)の粒径加積曲線

(2)計測方法による掘削土量の相違

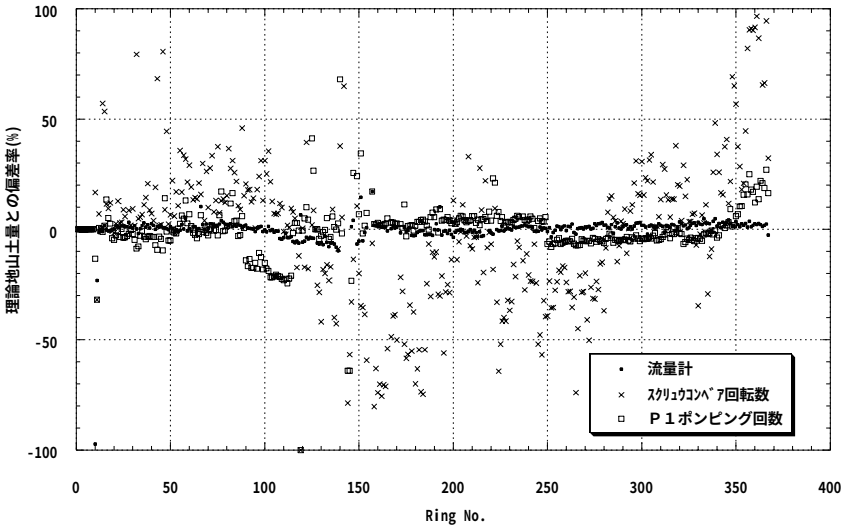
本工事での掘削土量計測は，①二周波電磁流量計からの瞬時流量を積算する方法，②P1 ポンプのポンピング回数，③スクリュウコンベア回転数，④土砂ホッパでの人為計量(リング毎)を実施した．これら各方式のリング排土量を切羽添加材などを差し引いた地山掘削土量(V)と理論地山土量(V_0)との掘削土量偏差率(($V- V_0$)/ V_0:%)を**図－2**に示す．

流量計からの偏差率が安定しているのに対し，スクリュウコンベア回転数および P1 ポンピング回数からの算出した偏差率のばらつきは大きい．

Key Words：泥土圧シールド，掘削土量管理，切羽安定，計測
連絡先：〒220-0004 神奈川県横浜市西区北幸 2-8-19 TEL. 045-314-0814，FAX. 045-314-9529

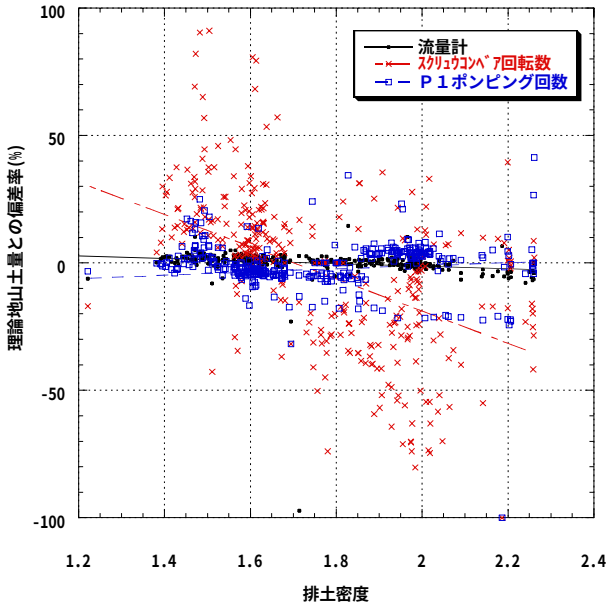
また，この偏差率と排土密度との関係を**図－3**に示す．流量計からの掘削土量は，排土密度すなわち土質との相関が低いが，スクリュウコンベア回転数とP1ポンピング回数から算出した掘削土量は，排土密度に左右されることが分かる．

スクリュウコンベアは，チャンバ内で塑性流動化された掘削土砂をシールド機内に取り込む排土機構であるが，その搬送効率は土砂の性状に大きく左右される．粘性土では，付着などで効率が低下し，逆に見かけの流動性がある砂質土では効率が高くなる．換言すれば，同じ土量を搬送するのに，粘性土では回転数を高く，逆に砂質土では回転数が低くなる傾向がある．したがって，比重の低い粘性土では掘削土量が多く，比重の高い砂質土では掘削土量が少なく計測される．



図－2　理論地山土量との偏差率の推移

同様に，掘削土の搬送装置のひとつである圧送ポンプも，土砂の性状によりポンプの吸い込み量が異なり，圧送効率が変化することから，ばらつきが大きくなる．以上から，掘削土質が一定でなくポンプ圧送を採用する場合は，圧送管に設置する二周波電磁流量計による計測方法が最適であるといえる．

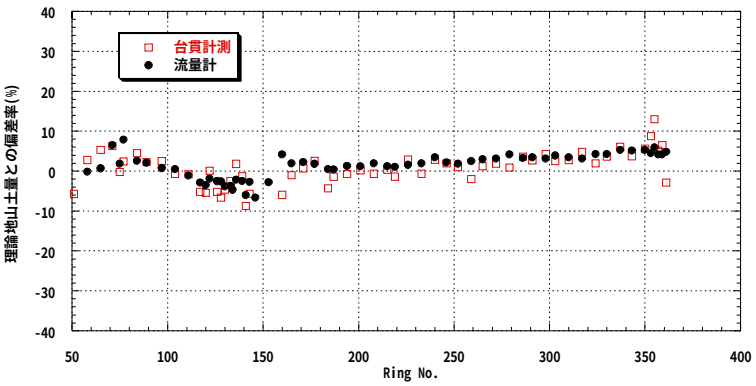


図－3　偏差率と排土密度との関係

(3)流量計による掘削土量管理システムの評価

流量計を主体とした掘削土量管理システムの測定精度は，事前の圧送実験で確認しているが，今回の掘削対象土質が砂礫土であることから，その精度確保が懸念された．

そこで，流量計の精度確認のため，全ての搬出ダンプを台貫計測することで掘削土重量を把握し，1%以下の精度で管理しているγ線密度計からの密度で除すことで体積を算出し流量計のそれと比較した．比較結果を**図－4**に示す．流量計からの掘削土量と台貫重量計測から算出した掘削土量は，数%の差(対地山体積)であることから，礫質土であっても今回の流量計による掘削土量計測システムの測定精度が高いことが解かる．



図－4　流量計とダンプ台貫計測との比較

4．おわりに

従来の掘削土量(乾砂量)管理は，泥水，泥土圧のどちらも統計的解釈に基づいていたといえる．しかし，今回は絶対的な実数量で把握することができ，裏込め注入量との掘削収支を管理することで，より厳密な掘削管理を実現することができた．