

シールド工事における切羽排土率の有限要素法解析

千葉工業大学大学院 学生会員 川崎 雅博
 千葉工業大学 正会員 渡邊 勉
 千葉工業大学 正会員 小宮 一仁
 西松建設(株) 正会員 吉野 修

1. まえがき

掘削要素⁽¹⁾を用いた掘削 FEM⁽²⁾⁽³⁾では、シールドトンネル掘削の状況を連続して解析することができる。この解析法では、シールド機後方のジャッキ推力を外力として解析を行える点、シールド機切羽に作用する泥水圧力等を導入できる点、シールド機と地盤との間の周面摩擦を考慮できる点等から、実際のシールド工事のオペレーションを再現することが可能である。

本報告では、この解析法を現場でのシールド機のオペレーション管理に応用することを目指して、オペレーション管理における重要な情報である取り込み土量の解析法を提案する。

2. 土量の解析法

シールドトンネル工事における切羽掘削制御の重要なパラメータとなる取り込み土量は以下のように求めた。

図 - 1 のように、掘進前の掘削要素の面積を A_0 とすると、シールド要素に推進力を与えることによって掘削要素は変形し、推進後には面積が A_1 となる。解析では次の推進力を与える前に変形前と同じ形の掘削要素をリメッシュによって配置する。ここでは、 $A_0 - A_1$ をシールド機に取り込まれた土量とした。この取り込み土量を使って、次式によって求めた排土率 R をもとに以下の考察を行った。

$$R = (A_0 - A_1) / (L \times \text{シールド機の進んだ距離}) \times 100(\%) \quad (1)$$

ここで、 L はシールド機の直径である。この排土率に入力パラメータが及ぼす影響を調査するために、表 - 1 に示す範囲でパラメータを変えて解析を行った。ここで、掘削要素の剛性比とは地盤要素の剛性に対する掘削要素の剛性をパーセンテージで表したものである。

解析に用いたモデルは、幅 50m、深さ 20m の地盤に直径 5m のシールドトンネルをクラウン部深度 5m で水平施工する工事を模した 2 次元モデルである。解析結果のメッシュサイズ依存性を調査するために同じ境界条件で数種類のメッシュを用いて解析を行ったが結果に違いは見られなかった。

表 - 1 調査範囲データ

| | |
|-----------------------------|--------------|
| 掘削要素の幅 D (m) | 0.25 ~ 1.00 |
| 地盤要素の剛性に対する掘削要素の剛性比 K (%) | 0.01 ~ 5.00 |
| 掘削要素のポアソン比 | 0.00 ~ 0.30 |
| 地盤要素の剛性 E_s (kPa) | 4360 ~ 87200 |

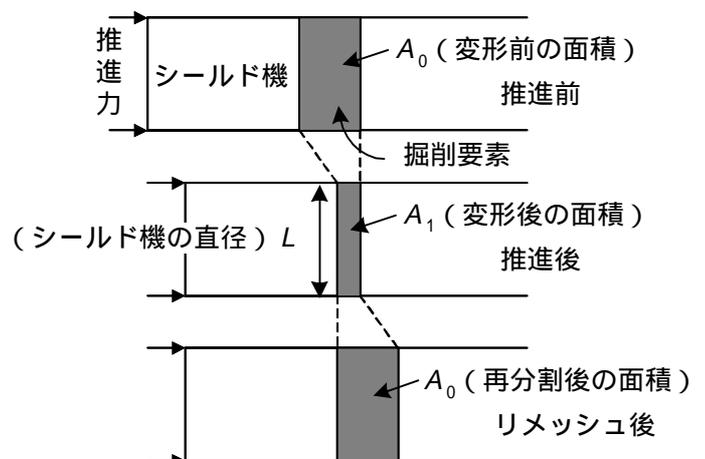


図 - 1 掘削土量の解析法

キーワード：シールドトンネル、有限要素法、取り込み土量、排土率

連絡先：(住所〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-10 TEL 047-478-0449 FAX 047-478-0474

3. 掘削土量解析に影響を及ぼすパラメータ

図 - 2 は、掘削要素のポアソン比と排土率 R の関係を示したものである。図から、ポアソン比 $\nu = 0.00 \sim 0.20$ の範囲では排土率の計算値に変化はなく、ポアソン比の影響を無視できる。

図 - 3 は、掘削要素の幅 D と排土率 R の関係の一例 ($E_s = 43600\text{kPa}$) を示したものである。図から、排土率は掘削要素の幅が大きくなるにしたがって小さくなるのがわかる。また掘削要素の剛性が大きくなると排土率が小さくなる。

図 - 4 は、地盤の剛性 E_s と排土率 R との関係の一例 ($E_e = 23.15\text{kPa}$) を示したものである。地盤の剛性が大きくなると排土率は大きくなっている。

掘削土量の計算値は地盤の剛性によって変化するが、次式に示す掘削要素の剛性 E_e と地盤の剛性 E_s の比 (以下剛性比 K) が同じ場合は、同じ掘削土量が得られたことから、ここでは剛性比 K を変化させることによる掘削土量のコントロールを試みた。

$$K = (\text{掘削要素の剛性}) / (\text{地盤の剛性}) = E_e / E_s \times 100(\%) \quad (2)$$

図 - 5 は(2)式で定義した剛性比 K と排土率 R の関係を示したものである。掘削要素の幅が同じ場合は、排土率は剛性比に比例していることがわかった。これは、排土率すなわち掘削土量を剛性比によって定量的にコントロール可能なこと、すなわち剛性比を変化させることによって対象現場の排土率にあわせた数値解析シミュレーションが比較的簡単に行えることを示している。

参考文献

- (1) 小宮・赤木：第 5 回計算力学シンポジウム報文集，日本科学技術連盟，p.243-248，1991
- (2) 赤木・小宮：土木学会論文集，第 481 号，25，p.59-68，1993
- (3) Komiya, Soga et al. : *Soils and Foundations*, Vol.39, No.4, p.37-52, 1999

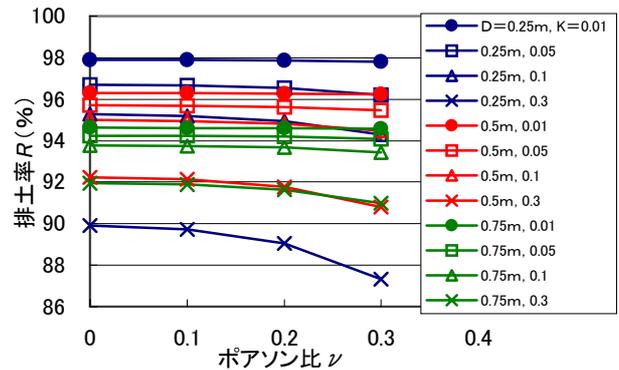


図 - 2 ポアソン比 と排土率 R の関係

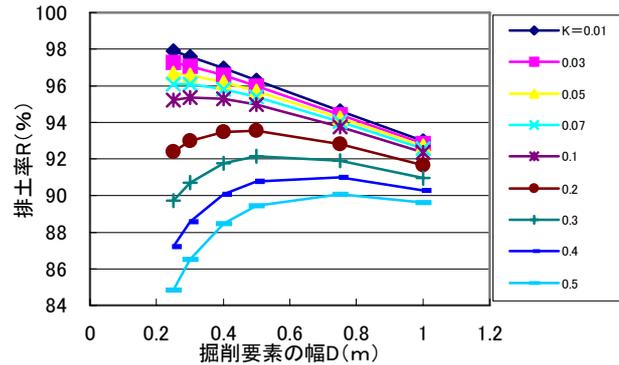


図 - 3 掘削要素の幅 D と排土率 R の関係

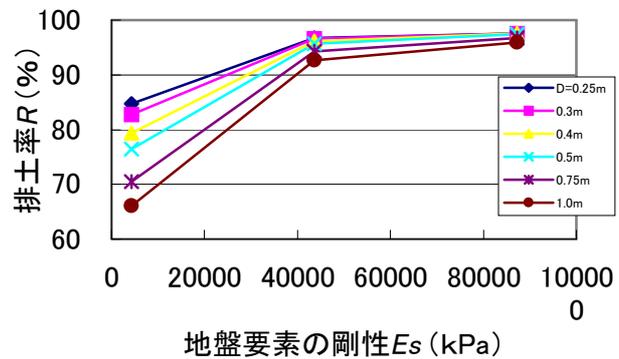


図 - 4 地盤の剛性 E_s と排土率 R の関係 ($E_e = 23.15\text{kPa}$)

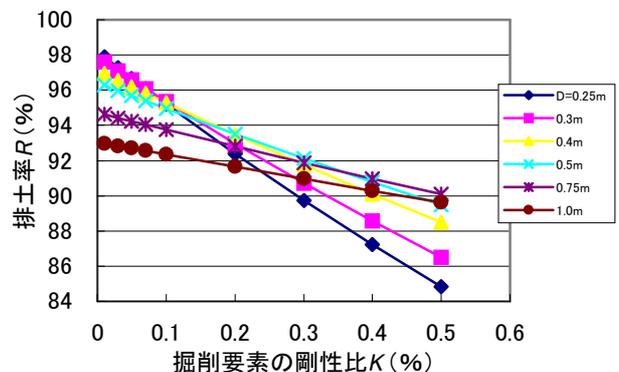


図 - 5 剛性比 K と排土率 R の関係