

(III-64) FEMを用いたシールド工事における取り込み土量の評価方法について

千葉工業大学 学生会員 ○川崎 雅博

千葉工業大学 正会員 小宮 一仁 渡邊 勉 清水 英治

西松建設(株) 正会員 吉野 修

早稲田大学 学生会員 寺田 武志

1. まえがき

大都市では軟弱地盤におけるシールドトンネル工事が盛んに行われている。このような軟弱地盤におけるシールドトンネル工事ではある程度の地盤変状は避けられない場合が多く、シールド工事に伴う地盤変状が周辺の地山と地下構造物に及ぼす影響を合理的に評価・予測することが必要である。

シールドトンネル工事ではシールド機切羽前方に攪乱された地盤があり、シールド機はそれを伴って進行する。本研究では攪乱された地盤を想定した掘削要素を配置し、各計算ステップごとに掘削要素および地盤要素をリメッシュすることによって、シールド機が掘削地山を取り込みながら掘削する状況のモデル化¹⁾²⁾を行っている。この方法を用いると、シールドトンネル工事の施工過程を経時的にシミュレーションできる。

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. 解析概要

ここでは、シールド中心線を通る縦断方向の平面ひずみモデルを用いて解析を実施した。地盤の排水は良好であるとして、弾性排水解析を行った。掘削過程は掘削要素を用いて連続的な掘削状況が再現できる小宮・赤木法¹⁾²⁾によってモデル化した。図1は解析に用いたメッシュ図の一例であり、図の黒い部分がシールド要素でありサイズは $5\text{m} \times 5\text{m}$ 、白い部分が地盤要素である。掘削要素はシールド機切羽前方に配置している。図1のメッシュはシールド機要素を縦方向に2分割したものである。他に4分割と8分割のものを使用した。入力パラメータは表1に示すとおりである。なお、シールドマシン要素と地盤要素の間には Goodman 型のジョイント要素を配置した。

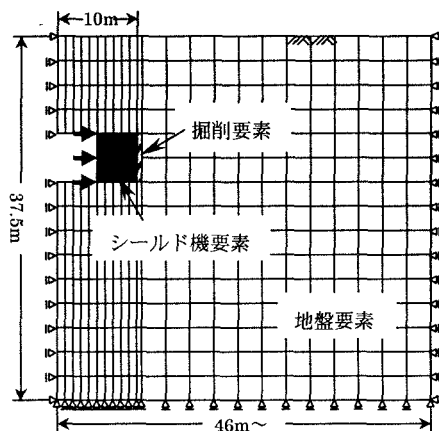


図1 メッシュ図(2分割、解析初期状態)

表1 入力パラメータ

	ヤング率(kN/m^2)	ポアソン比
地盤要素	4.36×10^4	0.33
シールド機要素	1.00×10^{10}	0.49
掘削要素	$4.36 \sim 4.36 \times 10^3$	0.10
掘削要素の幅	0.25~1.00m	
ジョイント要素垂直方向剛性 (kN/m^2)		3.00×10^3
ジョイント要素接線方向剛性 (kN/m^2)		3.00×10^3

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. 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2のように、掘進前の掘削要素の体積を V_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、推進後には体積が V_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、 $V_0 - V_1$ 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をもとに以下の考察を行った。

$$\frac{V_0 - V_1}{L \times \text{シールド機の進んだ距離}} \times 100 (\%)$$

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2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。

4. 現場での排土率計算のための掘削要素の剛性の決定

排土率に入力パラメータが及ぼす影響を調査した結果を図3、図4に示す。図3は、掘削要素の幅を変化させた時の掘削要素の剛性比と排土率の関係を示したものである。図から排土率は剛性比の大きさに比例して小さくなるのがわかる。

図4は、掘削要素の剛性比が0.05%の時の排土率を100として、剛性比を変えた時の排土率の変化割合をパーセンテージで表したものである。

切羽の攪乱領域を表わす掘削要素の幅は、シールド機の構造に依存した情報である。一方、図4より、掘削要素の幅が同じ場合、排土率の変化割合と掘削要素の剛性比は比例している。したがって、掘削要素の剛性比を変化させて、現場で得たい排土率を解析でシミュレーションすることが可能である。

参考文献

- 1) 赤木・小宮：土木学会論文集，第481号，Ⅲ・25，土木学会，p.59-68，1993
- 2) Komiya, Soga ら：Soils and Foundations, Vol.39, No.4, 地盤工学会，p.37-52，1999

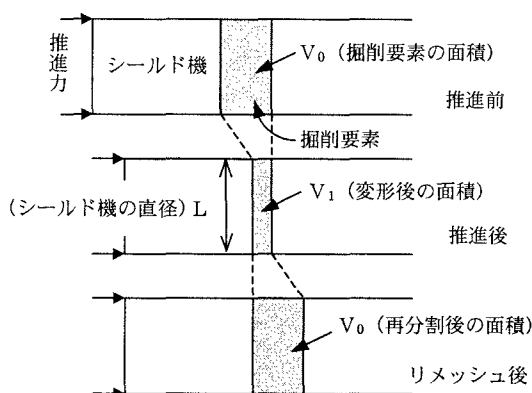


図2 掘削要素の体積変化

表2 調査範囲データ

掘削要素の幅 (m)	0.25 ~ 1.00
地盤要素の剛性に対する掘削要素の剛性比 (%)	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 (kN/m ²)	4360 ~ 87200
シールド機要素の分割数	2, 4, 8 分割

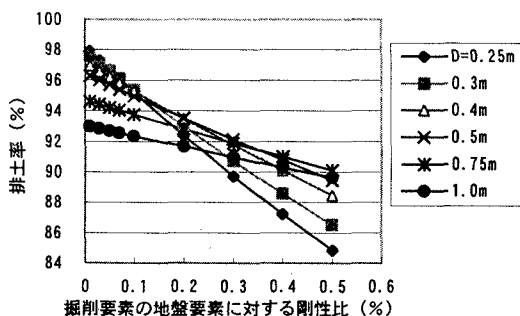


図3 掘削要素の剛性比と排土率の関係

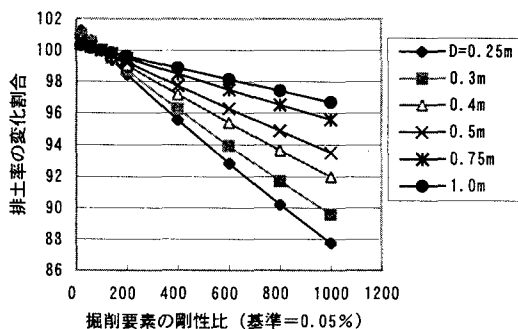


図4 掘削要素の剛性比と排土率の変化割合の関係