

シールド掘進解析におけるパラメータの影響分析

西松建設株式会社	正 会 員	○萩原 敏行
千葉工業大学	正 会 員	小宮 一仁
千葉工業大学大学院	学生会員	高橋 博樹
西松建設株式会社	正 会 員	吉野 修

1. はじめに

小宮・赤木は、シールド機前方への掘削要素の配置と有限要素の再分割を利用して、シールド切羽の地盤の取込みとシールド機の推進を連続的に解析する掘削要素を用いたシールド掘進の3次元土～水連成FEMを開発した^{1), 2)}。本報文では、3次元解析の各種パラメータがシールド推進速度、掘削土量に及ぼす影響を検討し、実工事の現場施工管理への本解析の適用について検討を行った。

2. シールド掘進 FEM 解析の概要

小宮・赤木による解析法では、シールドジャッキ推力を外力として解析できるほか、切羽泥水圧力、シールド周面摩擦を考慮できるため、シールド掘進状況を再現することが可能である。

本研究では、掘削要素の変形をシールド機推進方向に近づけるため、掘削要素のポアソン比を $\nu=0.10$ と小さくしたうえで、**図-1**に示すように、掘進前の掘削要素の体積を V_0 、掘進後に変形した掘削要素の体積を V_1 として、 V_0-V_1 を掘削土量と定義した。以下の考察では、掘削土量とともにシールド工事の施工管理でよく用いられる次式の排土率 $R(\%)$ を用いた。

$$R = (\text{掘削土量}) / (\text{シールド機の掘進量}) \\ = (V_0 - V_1) / (A \times \text{掘進距離}) \times 100 \quad (\%)$$

ここに、 A はシールド機の断面積である。

解析パラメータがシールド掘進解析に及ぼす影響の検討は、シールド径 10.0m、土被り厚 10.0mの泥水シールド工事を模したモデルを用いて行なった。

図-1に解析に用いた有限要素メッシュ（総節点数=1,088，総要素数=776）を示す。地盤、シールド機および掘削要素は弾性体とし、シールド機と地盤の境界面にはジョイント要素を配置した。**表-1**は、解析に用いた入力定数の一覧を示している。なお、その他の解析条件および解析手法の詳細については、既報^{2), 3)}を参照されたい。

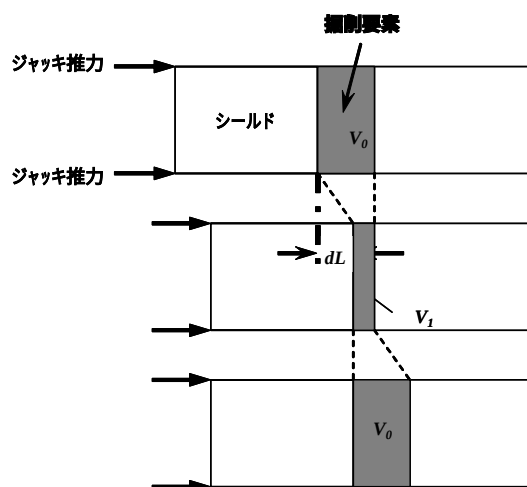


図-1 掘削土量の計算法

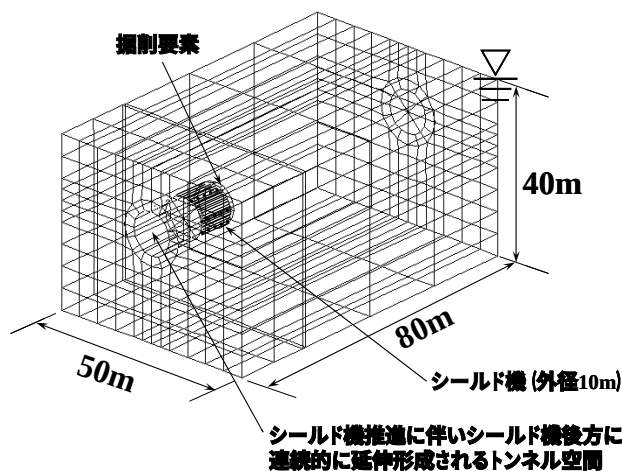


図-2 解析メッシュ

キーワード シールドトンネル，有限要素法，施工過程，掘削要素，掘削土量

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1丁目20番10号 萩原 敏行 TEL 03-3502-0274

3. 解析結果および考察

図-3は、ジョイント要素の剛性が掘進量、掘削土量に及ぼす影響を示したものである。図から、シールド機周面と地盤の間の摩擦が大きくなると掘進量、掘削土量が低下している。この解析結果は、ジャッキ推力に対して周面摩擦が増加するとシールド機の推進速度が小さくなる実際の現象と対応する。

図-4は、地盤の弾性係数に対する掘削要素の弾性係数の比（剛性比 K ）が排土率・掘進量・掘削土量に及ぼす影響を示している。 K が大きくなる、すなわち掘削要素の弾性係数が大きくなると掘削要素の変形が小さくなるので掘削土量、排土率が低下する。これに対して、剛性比の増加に伴うシールド機の掘進量の低下割合は小さい。

図-5は、掘削要素に作用させる泥水圧の大きさが排土率・掘進量・掘削土量に及ぼす影響を示したものである。図中の泥水圧（%）は、205.8kPa（切羽前面地盤の側方全応力）に対する百分率である。切羽泥水圧が小さくなると、切羽前方の地盤が掘削要素側に変形する。すなわち、実際の工事における切羽前面の主働崩壊に似た現象が生じるため、排土率は100%を超えて大きくなったものと推察される。逆に泥水圧が大きくなると、地盤は切羽に押されるように変形するため排土率は小さくなる。このように泥水圧を変えた解析結果は、実際の工事で見られる現象を再現し得ることがわかる。

4. おわりに

本研究では、3次元シールド掘進解析に及ぼす各種パラメータの影響分析を行った。その結果、排土率の施工管理指標に基づいて、実際のシールド工事での特徴的な挙動を再現することができた。

参考文献

- 1) 小宮一仁・赤木寛一：有限要素法によるシールドトンネル掘削のシミュレーションと地盤挙動解析，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) K. Komiya et al.：Finite element modeling of excavation and advancement processes of a shield tunneling machine, Soils and Foundations, Vol.39, No.4, p.37-52, 1999.
- 3) Hagiwara, et al.:FE Modelling of Excavation at the Cutting Face of Slurry and Earth Pressure Balance Shield Tunnelling, *Computational Methods in Tunnelling EURO:TUN* pp.21-30, 2009.

表-1 解析に用いた入力定数

シールドマシン	弾性係数	1.0E+6 kPa
	ポアソン比	0.48
	密度	17.64 kN/m ³
	推力	25,600 kN
掘削要素	弾性係数	5.0E+4~50E+4 kPa
	ポアソン比	0.01
	透水係数	1.0 m/s
地盤	弾性係数	5.0E+4 kPa
	ポアソン比	0.33

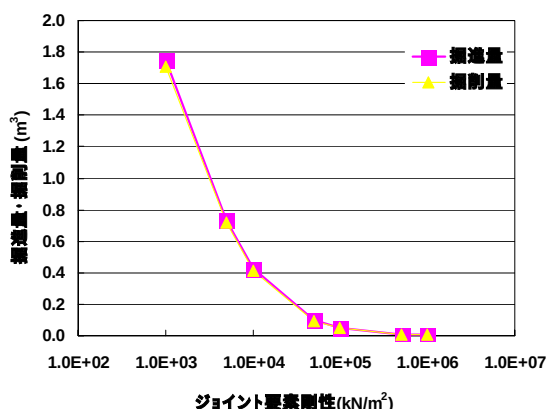


図-3 シールド機周面摩擦の影響

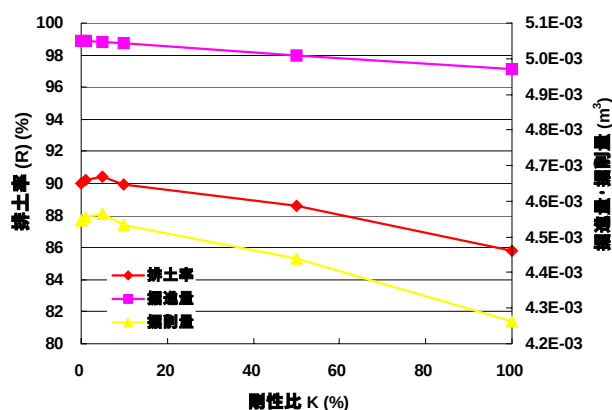


図-4 掘削要素の剛性の影響

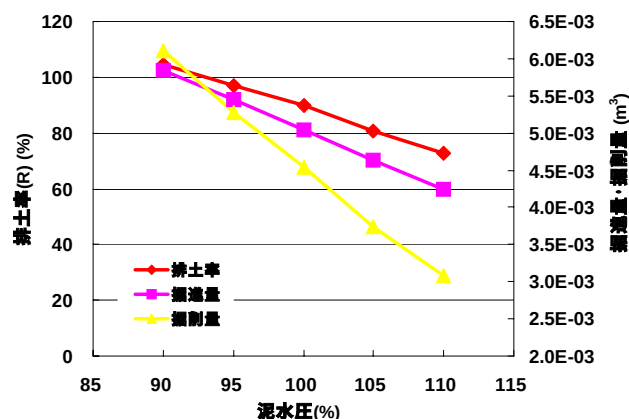


図-5 切羽泥水圧の影響