

2次元 FEM 地盤変形解析におけるシールド機の掘進過程を考慮した応力解放率について

千葉工業大学 学生員 ○高橋 博樹
 東京地下鉄株式会社 正会員 大石 敬司
 メトロ開発株式会社 フェロー 藤木 育雄
 千葉工業大学 正会員 小宮 一仁
 早稲田大学 フェロー 赤木 寛一

1. はじめに

有限要素法を用いて、シールド工事に伴う地盤挙動を予測するためには、工事の施工過程を考慮した3次元解析を行う必要がある。しかしながら、一般的にはより簡便な2次元有限要素法を用いて解析する場合が多い。

シールド工事に伴う地盤挙動の2次元有限要素法解析では、あらかじめ地盤内にトンネル形の空間を配置し、空間周面の節点に外力を作用させて地盤を変形させる方法が用いられている。この節点外力は、多くの場合地盤の静止土圧と応力解放率を用いて算出される。シールド工事の施工過程における地盤変状の影響はこの応力解放率に含まれるが、応力解放率の科学的な決定方法は未だ確立されていない。

本報告は、東京メトロ副都心線建設工事におけるシールド工事で実施された現場計測データと3次元有限要素法解析結果に基づき、2次元有限要素法における施工過程を考慮した応力解放率について考察した。

2. 工事の概要

本報告の解析対象とした東京メトロ副都心線の5

表-1 副都心線シールド工事の概要

| 工区 | シールド形式 | シールド直径(m) | 掘進距離(m) | 土被り(m) |
|------|--------|-------------|---------|--------|
| 高田A線 | 泥土圧式 | 6.75 | 1245 | 30.6 |
| 高田B線 | 泥土圧式 | 6.75 | 1245 | 30.6 |
| 新宿御苑 | 泥水式 | 10.00 | 889 | 10.0 |
| 千駄ヶ谷 | 泥土圧式 | 9.98 | 912 | 15.0 |
| 神宮前 | 泥土圧式 | H8.66×W9.96 | 739 | 18.6 |

工区のシールド工事の概要を表-1、各工区の位置及び土質分布を図-1に示す。高田A・B線工区は同深度に4.36m間隔で施工された双設シールド、神宮前工区は複合円形シールドである。すべての工区でシールド機は硬質な砂質土・土丹層間を掘進した。また、図-1に示す各工区の計測断面で、シールド工事期間中に地表面とシールド機クラウン直上1mで地盤沈下が計測された。

3. 3次元解析

3次元有限要素法解析は、小宮ら¹⁾が開発したシールド工事の施工過程を連続的にシミュレーション可能なプログラムを用いて行った。図-2に解析モデルの例として、千駄ヶ谷工区の3次元メッシュを示す。解析対象範囲は計測地点を含む長さ150m、幅100m、高さ45.6mとした。他の工区についても、計測断面

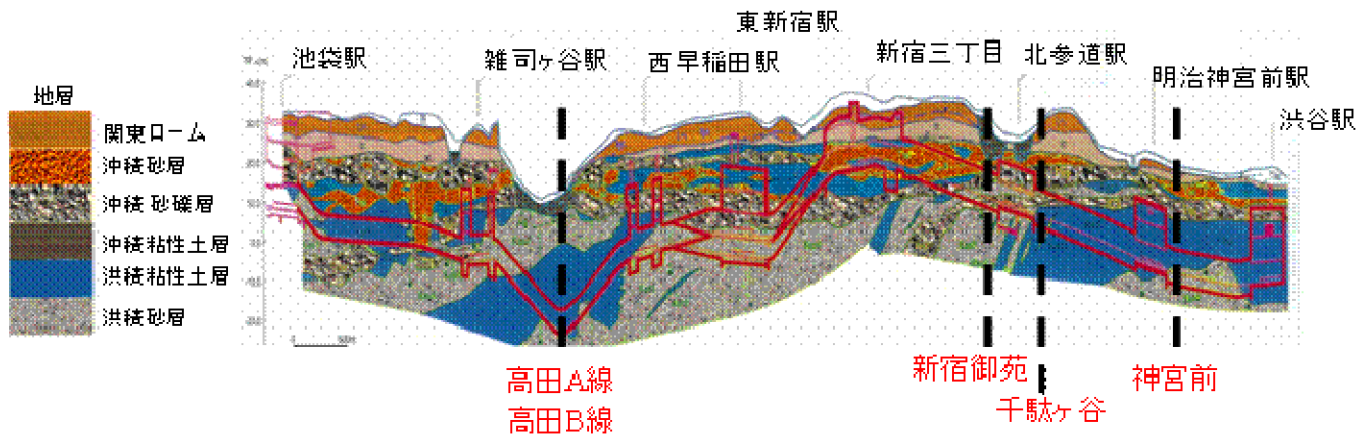


図-1 副都心線土質横断面

キーワード シールドトンネル, 土圧, 有限要素法

連絡先 〒275-8588 習志野市津田沼2-17-10 千葉工業大学 TEL047-478-0449 FAX047-478-0474

の基盤層深度を基に決定した高さ以外は、同様の範囲とした。シールド機が掘進した地盤が硬質な洪積地盤であることから、本解析では地盤を弾性体と仮定した。土質パラメータは現場の土質調査結果に基づき決定した。解析外力には、実際の工事で用いられたジャッキ推力と切羽圧力を用いた。

4. 2次元解析

解析には、地盤内にトンネル形の空間を配置し、空間周面の節点に外力を作用させて地盤挙動を求める一般的な2次元解析手法を用いた。ただし、応力解放率は以下のように計算し、シールド工事の施工過程の影響を考慮した。なお、2次元解析使用メッシュは3次元メッシュの横断方向断面と同形状とし入力パラメータは、3次元解析と同じとした。

3. に示した3次元有限要素法解析で得られた、シールド機テール部通過直前の機周面に接する地盤の応力状態から、2次元解析のトンネル形空間周面の節点に作用する等価節点力を計算する。この節点力に応力解放率を乗じた節点力を用いて2次元有限要素法解析を行う。応力解放率を変化させて2次元解析を行い、シールド機クラウン部直上1.0m地点の地盤沈下の計測値と2次元解析値が一致する応力解放率を求めた。

図-3は、各工区のクラウン部直上1.0mの2次元解析値と計測値が一致した時の、応力解放率の分布を

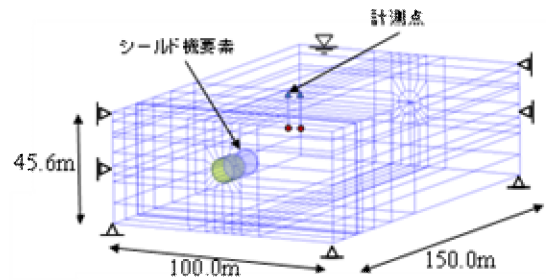


図-2 千駄ヶ谷工区メッシュ

表したものである。応力解放率は、シールド機掘進前の初期静止全土圧に対する解放率で表されている。応力解放率の分布が一樣にならない理由は、施工過程の影響が出たためである。図-3の点線は、過去の工事事例から経験的に提案された2次元有限要素法解析における応力解放率決定法²⁾を用いて算定した、同工事の応力解放率である。いずれの工区でも本報告の方法で求めた応力解放率がやや小さいか、同等の値であることがわかる。

参考文献

- 1) Komiya, et.al. : Soils and Foundations, Vol.39, No.4, 地盤工学会, p.37~52, 1999
- 2) 中山隆, 中村信義, 中島信 : 泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について, 土木学会論文集, 第397号/IV-9, 1988.6

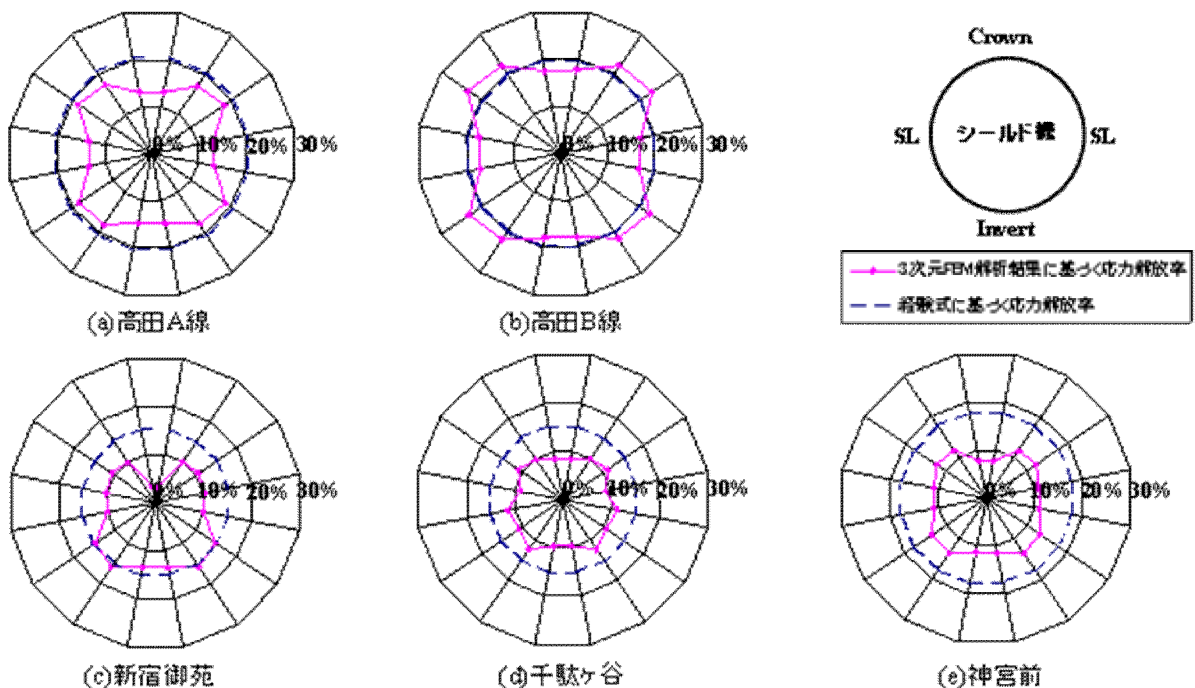


図-3 各工区の応力解放率