

硬質地盤におけるシールド工事の施工過程を考慮した2次元有限要素法解析について

千葉工業大学大学院	学生会員	○高橋 博樹
千葉工業大学	正会員	小宮 一仁
早稲田大学	正会員	赤木 寛一
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

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、空間周囲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千駄ヶ谷工区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ものである。

2. 工事の概要

東京メトロ副都心線千駄ヶ谷工区では、直径9.98m、全長9.76mの泥土式円形断面シールド機が使用された。千駄ヶ谷工区の地盤沈下計測点は比較的硬質な砂質土・土丹層にあり、シールド機は計測点の土被り14.9mの深度を通過する。計測点の土質断面図を図-1に示す。

3. 3次元有限要素法解析の概要

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に解析モデルを示す。

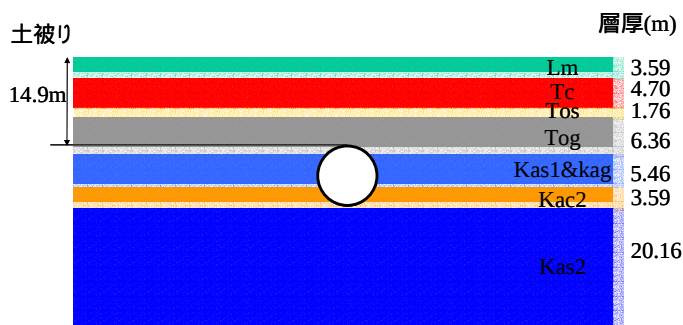


図-1 土質断面図

表-1 土質パラメータ

地層名	弾性係数(kPa)	湿潤密度(g/cm ³)	ポアソン比
lm	21000	1.60	0.433
tc	7900	1.60	0.432
tos	26300	1.70	0.353
tog	49100	2.00	0.353
kas1&kag1	122000	2.00	0.340
kac2	448000	1.90	0.406
kas2	86500	2.00	0.347

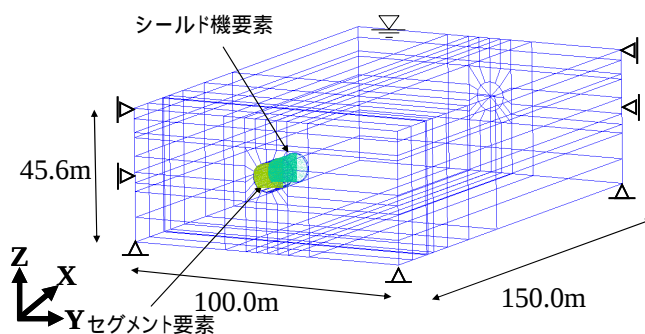


図-2 3次元メッシュ

ルを示す。解析対象範囲は計測地点を含む長さ150m、幅100m、高さ45.6mの範囲とした。表-1に解析で使用する土質パラメータを示す。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。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。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。

キーワード シールドトンネル, 土圧, 地盤沈下, 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 TEL03-3355-3442

4.2 次元有限要素法解析の概要

解析には、地盤内にトンネル形の空間を配置し、空間周囲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。図-3は、2次元解析の解析モデルである。なお、2次元解析の入力パラメータは、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囲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-4はシールド直上1.0m地点の地盤沈下量の解析値と計測値が一致したときの、シールド直上1.0m地点と地表面の地盤沈下状況である。シールド機センターライン及びセンターラインから6.0mはなれた計測点で観測された地盤沈下量と解析値は近い値となっている。

図-5は、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。図から、応力解放率の分布は一樣にはならず、クラウン部で約8%、スプリングライン付近及びインバート部で約10%となった。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-5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。本報告の方法で求めた応力解放率がやや小さく出ているが、両者の差は5%以内と近い値であることがわかる。

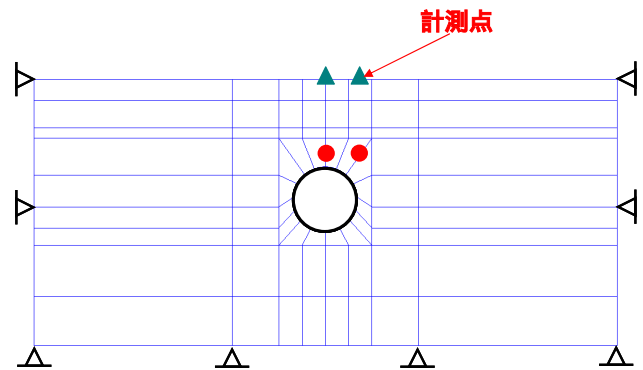


図-3 2次元解析メッシュ

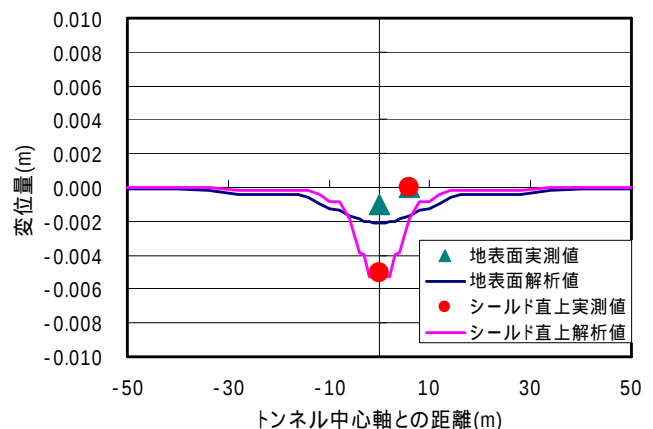


図-4 地盤沈下横断分布

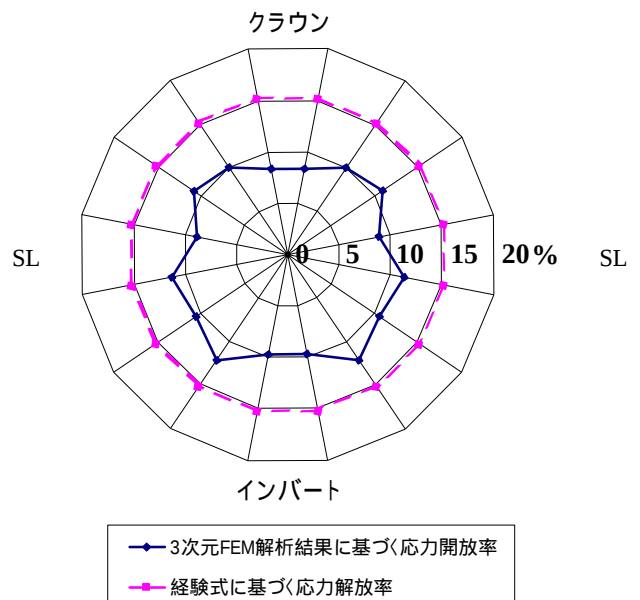


図-5 応力解放率の比較図

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