

シールドトンネル工事に伴う近接施工の影響評価について

有限要素法 シールドトンネル 近接施工

早稲田大学 折原佳帆
 早稲田大学 国際会員 赤木寛一
 早稲田大学 学生会員 Alireza Afshani
 首都高速道路株式会社 国際会員 土橋浩
 千葉工業大学 国際会員 小宮一仁
 東京メトロ(株) 国際会員 小西真治

1. はじめに

首都高速横浜環状北線は、第三京浜道路「港北インターチェンジ」から首都高速道路横浜羽田空港線「生麦ジャンクション」をつなぐ約8.2kmの自動車専用道路である。このうちのトンネル部約5.9kmは、掘削外径φ12.49mの泥土圧シールドにより施工されるものである。本トンネルは、掘進開始から200mほどで横浜市営地下鉄ブルーラインの下部を通過する。生麦方面行き(外回り)と港北方面行き(内回り)の2本のトンネルがシールドマシンによって掘削されており、外回りシールドマシンが30mほど先行して掘進を開始している。

本研究では3次元有限要素法を用いて、首都高速横浜環状北線のシールド施工における周辺地盤への影響を解析する。

2. 研究概要

本研究では掘進初期の解析を行っており、この区間ではシールドマシンはわずかに下向きに掘進している。対象とする解析範囲は、新横浜発進立坑より120mの範囲までとし、地表より54mを解析断面とする。横断面方向には外回り、内回りトンネルそれぞれの外側45mの範囲とする。対象範囲を一辺約2mの六面体メッシュに切り分けモデル化し、これらに有限要素法を適用する。メッシュの総数は17690、接点数は20026である。本トンネルを構成するセグメントは幅が2mであるため、この幅に合わせたメッシュ構成を取っている。本研究では事前に行われたボーリング試験等による地質調査結果に基づき、解析を行うこととする。対象範囲の地盤データと地下水位を表-1、図-1、縦断面を図-2にそれぞれ示す。対象範囲には、層別沈下計が2箇所設置されており、これらで計測された計測値と解析値の比較検討を行う。層別沈下計①は発進断面から約12mの地点、層別沈下計②は発進断面から約48mの地点に設置されている。外回りトンネルの層別沈下計①では地表面のほか、

地表から3.8m, 5.85m, 9.1m, 12mの計5箇所まで沈下を計測している。計測箇所をトンネルに近い方から順に、外-1, 外-2, と呼ぶ。先行する外回りシールドマシンが層別沈下計①の直下に到達したところまでの解析を行った。このとき、内回りシールドマシンは未発進状態である。解析は3次元有限要素法を用いて行い、層別沈下計①の直下における鉛直変位を、切羽圧の実

表-1 地盤データ

	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (kN/m ²)	E (Mpa)	v (passion ratio)	K ₀
粘性土 Ac	14	30	0	1.2	0.45	0.80 1)
砂・砂岩 K _s	15.5	35	3	3.3	0.45	0.80 1)
砂質泥岩 K _{ms}	19.5	60	42	289	0.3	0.33
泥岩 K _m	19	1840	10	492	0.35	0.16 2)
盛土・埋土 B	18.5	2020	7	430	0.35	0.16 2)

1)2006年制定トンネル標準示方書[シールド工法・同解説] トンネル工学委員会(2007)

2)経験値

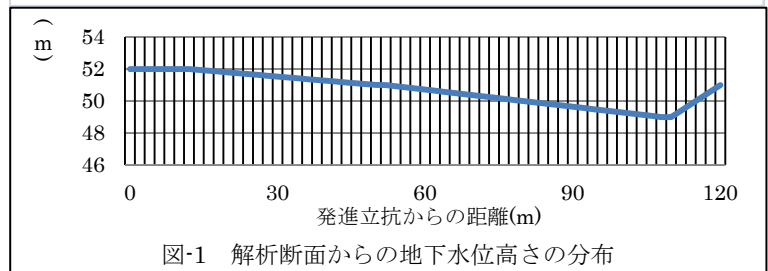


図-1 解析断面からの地下水位高さの分布

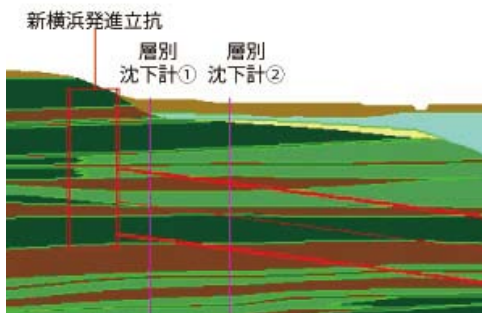


図-2 解析範囲縦断面図

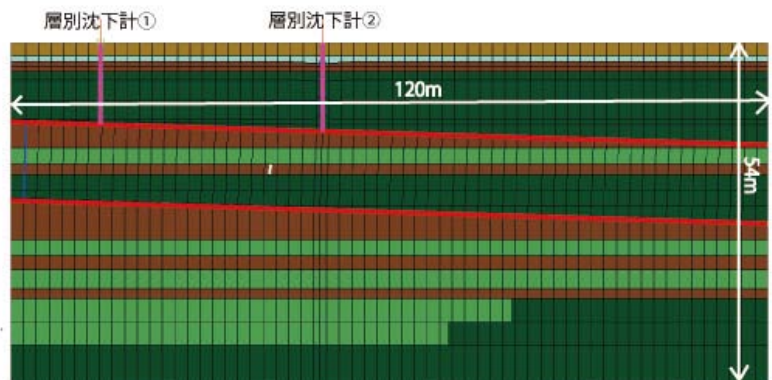


図-3 解析縦断面図

測値と側方土圧の差を利用して解析ステップの重ね合わせにより求めた。

3. 解析結果と考察

層別沈下計①の手前 4m と直下の変位の解析値と計測値を表-2 に示す。表-2 より、直下では解析値と計測値がほぼ一致していることがわかる。層別沈下計①における計測結果と解析結果を時系列においたグラフを、図-5 と図-6 にそれぞれ示す。12月23日には層別沈下計①の4m手前に、12月28日には層別沈下計①の直下に外回りシールドマシンが位置している。ここまでの解析結果では変位は単調に増加する傾向にあるが、今後シールドマシンが掘進していくにつれてこの変位は減少していくものと考えられる。

地表に最も近い層に解析結果の変位を 10 万倍して適用し、図示化したものが図-7 である。掘削した上部地表面が、盛り上がっていることが確認できる。これはシールドマシンが掘削する際の切羽圧がトンネル上部の側方土圧を上回ったためであり、今後シールドマシンが掘進していくにつれてテールボイドにより再度沈下していくことが考えられる。また、掘削開始断面の上部が掘削方向に引っ張られていることも確認できる。

4. 今後の研究課題

研究対象としている地盤の中には、外回り、内回りを考慮すると4か所の層別沈下計が設置されている。解析的にシールドマシンを進めていきながら、これらの地点における変位の挙動を計測値と比較検討し、より精度の高く実用的かつ簡便な解析手法を検討していく必要がある。また、現時点では切羽圧と側方土圧の差に着目して解析を行っているが、今後シールドマシンが掘進するにつれて裏込め注入圧や、内回りシールドの切羽圧などを考慮に入れていく必要がある。

本研究の最終的な目的は、大範囲を対象とした3次元有限要素法の有用性を実証したうえで今後の施工に役立てるといところにある。シールドトンネル工法は大深度の掘削が可能であり、都市圏における有用性が注目されている。本研究によって解析手法が確立されれば、シールド掘進を行いながら地盤解析を行い、それに基づく調整を行いながらの施工が可能となることも考えられる。

参考文献

川田, 松原, 新井, 林 “併設大断面泥土圧シールドと地下鉄トンネルとの近接施工” 土木学会年次学術講演会(2011)

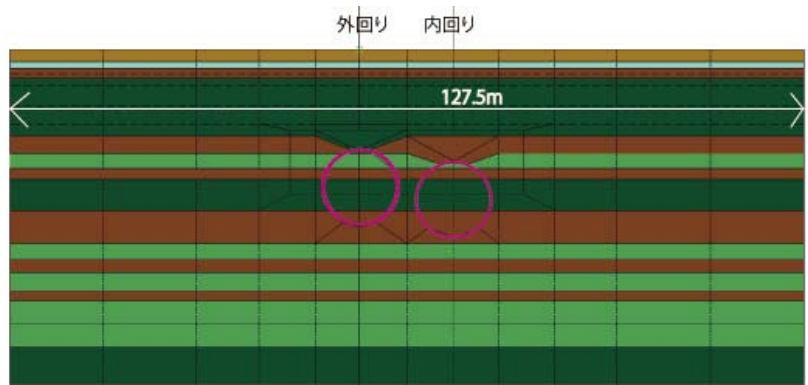


図-4 解析断面図

シールドマシンの位置	解析値	計測値
層別沈下計①4m手前	0.17	0.875
層別沈下計①直下	0.23	0.309

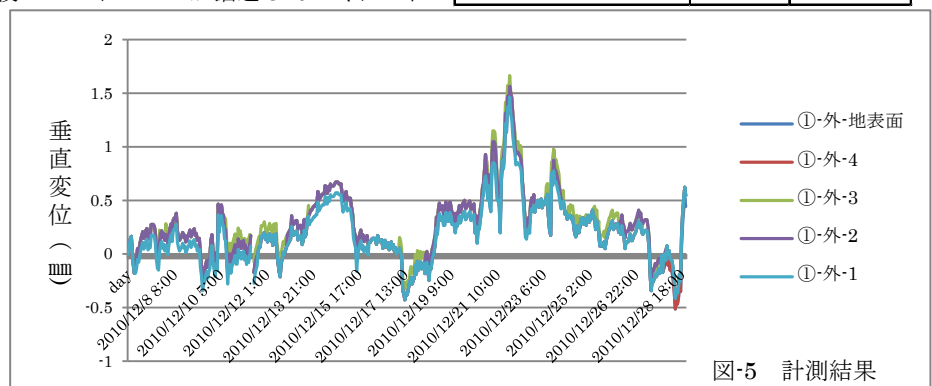


図-5 計測結果

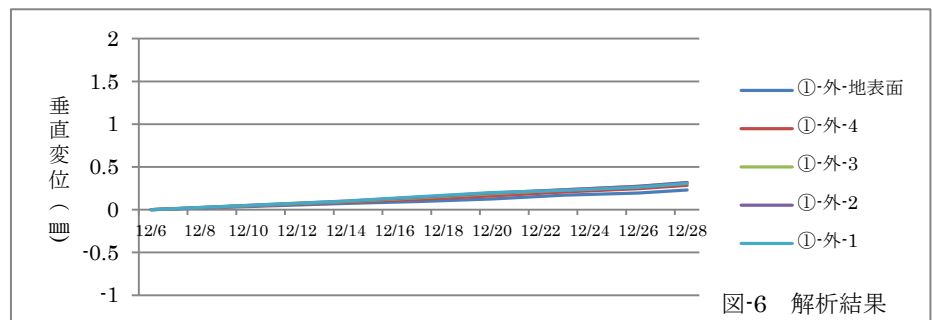


図-6 解析結果

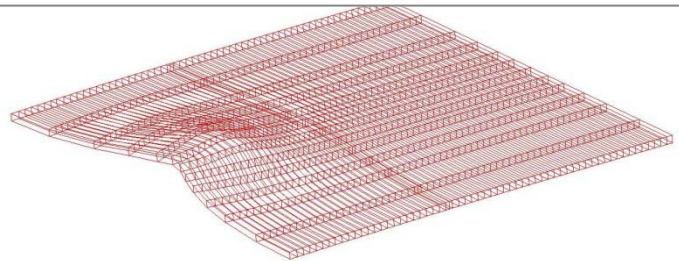


図-7 地表面の挙動(10万倍変位)