

三次元掘削解析を用いたトンネル周辺地盤変状予測

大成建設株式会社 正会員 松村 英樹
 大成建設株式会社 正会員 山田 紀之
 大成建設株式会社 正会員 ○最上 裕生

1. はじめに

横浜環状南線は、圏央道（首都圏中央連絡自動車道）の一部で、横浜環状道路の南側区間でもある延長約8.9kmの3車線自動車専用道路である。このうち、桂台トンネルは、セグメント外径 $D=15.00\text{m}$ 、上下線の最小離隔 0.38m （ $=0.03D$ ）、延長約1.3kmの大断面かつ超近距離の併設シールドトンネル工事である。本稿では、併設影響を予測するために実施した三次元掘削解析の概要について報告する。

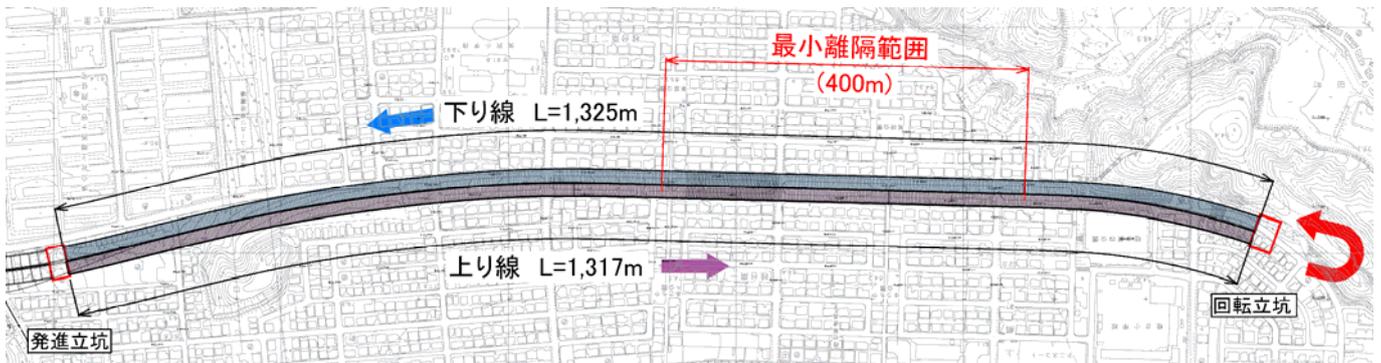


図1 . トンネル全体平面図

2. トンネル構造概要

シールドが掘進する地質は、N値50以上の新第三紀の泥岩および砂岩主体層であり、良好な地盤であるものの、約400mの区間で最小離隔 0.38m となる。このような大断面併設トンネルの既往事例は少なく、後行トンネル掘進時における先行トンネルへの併設影響が懸念される。

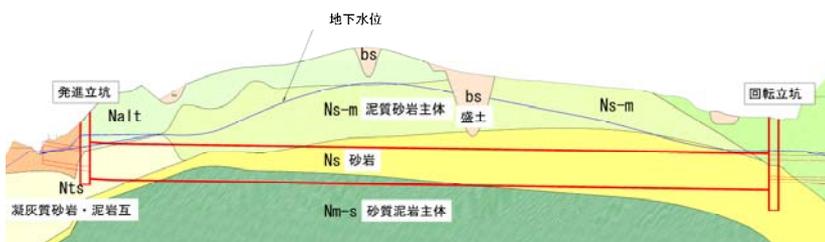


図2 . 地質想定縦断面図

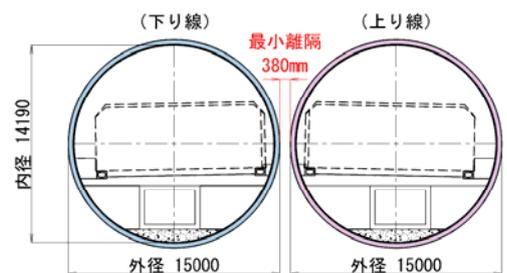


図3 . トンネル構造概要

3. 三次元掘削解析

併設影響検討では、二次元掘削解析を用いるのが一般的である。しかし、応力解放率の仮定が必要となる二次元掘削解析では、後行トンネルの切羽土圧・掘削土量（余掘り）・裏込め注入圧など各々の掘進パラメーターが先行トンネルに及ぼす影響を評価することが困難である。

そこで、地盤変形の支配的な要因である、『(1)切羽土圧』、『(2)カットフェイスとマシン本体の外径差に起因する余掘り』、『(3)マシン本体と地盤間の接触条件』および『(4)マシン通過後のテールボイドの発生と裏込め注入過程』を忠実に反映できる三次元掘削解析を実施した。（図4）

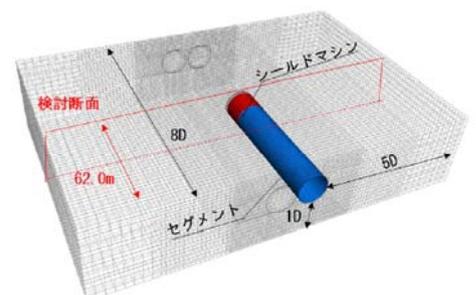


図4. 解析モデル

キーワード 併設影響, 三次元掘削解析, トライアル計測

連絡先 〒247-0013 神奈川県横浜市栄区上郷町 1151-128

TEL045-392-3985

三次元掘削解析は有限差分コードFLAC3Dを使用した。また、各部材のモデル化を表1に、地盤物性値を表2に示す。切羽土圧を水圧+20kN/m²、裏込め注入圧を水圧+100kN/m²、余掘り量を25mmと仮定し、先行トンネルの事前掘削解析を実施した。

表1 部材のモデル化

	モデル	備考
地盤	ソリッド要素	弾完全塑性モデル
セグメント	シェル要素	弾性モデル
シールドマシン	-	荷重としてモデル化
裏込め材	ソリッド要素	弾性モデル

表2 地盤物性値

地層	γ kN/m ³	E MPa	ν -	c kN/m ²	Φ °	
砂岩・泥岩互層	Nalt	19.8	2,036	0.3	1056	23.5
凝灰質砂岩・泥岩互層	Nts	19.7	1,844	0.3	1667	18.6
砂岩層	Ns	19.7	1,480	0.3	622	27.5
砂質泥岩主体層	Nms	20.2	4,428	0.3	459	29.3

γ : 単位体積重量, E: 変形係数, ν : ポアソン比, c: 粘着力, Φ : 内部摩擦角

4. 解析結果

先行トンネル掘削完了時における地中水平変位の横断方向分布を図5に示す。また、トンネル掘削過程における地中水平変位の経時変化を図6に示す。上記の掘進条件では、マシンが検討断面に到達してから通過するまで、先行トンネル側に地盤が徐々に引き寄せられ、最大0.4mm変位する結果となった。

先行トンネルの内空変位および断面力を表3に示す。先行トンネル掘削完了時において天端で2.2mm沈下し、SL付近で内空側に0.5mmの水平変位が生じる結果となった。また、先行トンネルに発生する曲げモーメントは2.3kN・mと極めて微小であり、主として軸力が発生する結果となった。

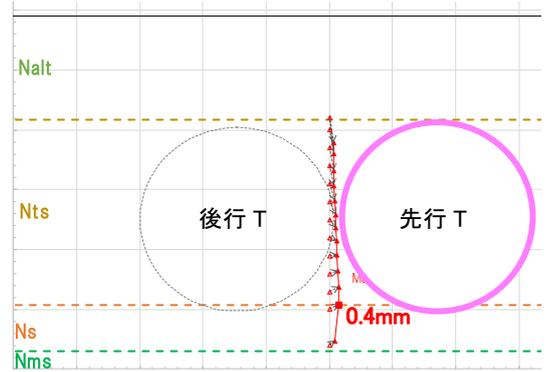
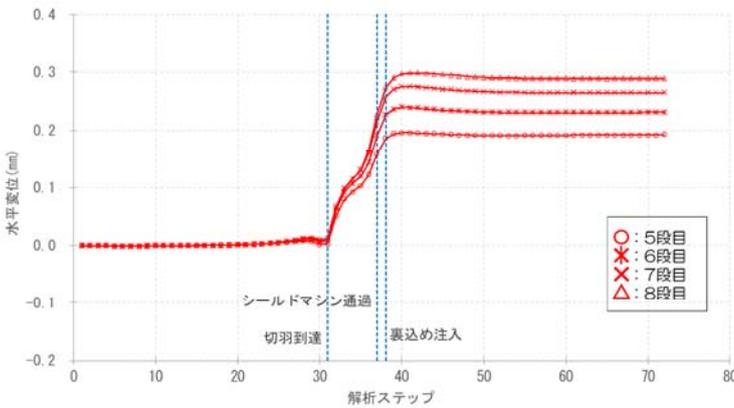


図5. 地中水平変位

表3. トンネル断面力

トンネル内空変位	軸力(kN)
曲げモーメント(kN・m)	せん断力(kN)



プラス (+): 先行トンネル側、マイナス (-): 後行トンネル側

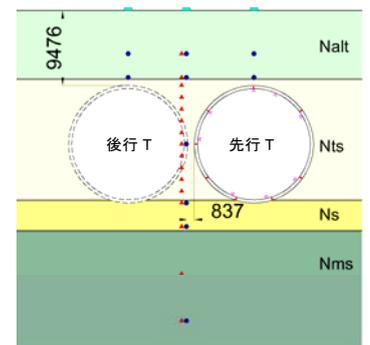
図6. トンネル SL 付近の地中水平変位の経時変化

5. おわりに

今後、地盤に層別沈下計や多段式傾斜計等を設置したトライアル計測断面 (図7) をマシンが通過する予定である。

地盤の全挙動を再現することは困難であるため、先行トンネルに対する影響が最も大きいと予想される「トンネル SL 付近の地中水平変位」を再現できる解析パラメーター (地盤の変形係数, 余掘り量, 裏込め注入圧等の荷重作用方法) を同定する計画としている。

その後、同定された解析パラメーターを用いて後行トンネルの事前掘削解析を実施し、先行トンネル (シェル要素) に発生する増分断面力を算出・応力度照査をすることで、先行トンネルの健全性を評価する計画である。



▲: 多段式傾斜計 ■: 地表面沈下計

●: 層別沈下計

図7. トライアル計測断面