

地盤沈下に対するシールドトンネルの防護について

千葉工業大学 学生員 ○船越宏治 千葉工業大学大学院 学生員 川崎雅博
千葉工業大学 正会員 小宮一仁 渡邊勉 日本鉄道建設公団 正会員 瀧山清美

1. まえがき

沈下が進行中あるいは施工後に大きな沈下が予想される地盤におけるシールドトンネル工事では、地盤沈下に伴うトンネル軸方向の変形によるトンネル崩壊を防止するために伸縮継手が設けられる。伸縮継手の目開き量は、トンネル断面径、伸縮継手間隔長およびトンネル軸方向変形による縦断方向最小曲率半径の変化量によって計算されるが、工事前に地盤沈下に伴って変形したトンネル縦断面方向最小曲率半径の変化量を局所的・定量的に予測するのは困難である。本報告は、大きな地盤沈下が発生する埋立て地盤に建設されたシールドトンネル工事を例にとり、有限要素法を利用した地盤沈下に伴うトンネル変形解析結果に基づいた伸縮継手目開き量の定量的評価法について考察したものである。

2. 解析の概要

ここでは、3次元土～水連成弾塑性有限要素法によって地盤沈下およびトンネル変形の解析を行った。図-1は解析に用いた有限要素メッシュである。弾塑性体の構成則には Cam-clay モデル⁽¹⁾を用いた。表-1に解析に用いた入力パラメータを示す。なお、地盤の土質特性には東京都下の埋立て地盤のデータを使用した⁽²⁾。解析では地表面および解析メッシュ最下面を排水境界としトンネル周面および有限要素メッシュの側面境界は非排水境界とした。また解析メッシュの最下面および側面では変位を拘束した。Ac1 および Ac2 層の平均有効応力が圧密降伏応力に等しい状態を初期状態とし、Fc 層に自重荷重を与えてトンネル完成時から15年間の解析を行った。図-1の等高線は15年経過時のシールドトンネルスプリングライン位置の沈下状況を表している。また図-2は、トンネル縦断方向の変形曲線を示したものである。

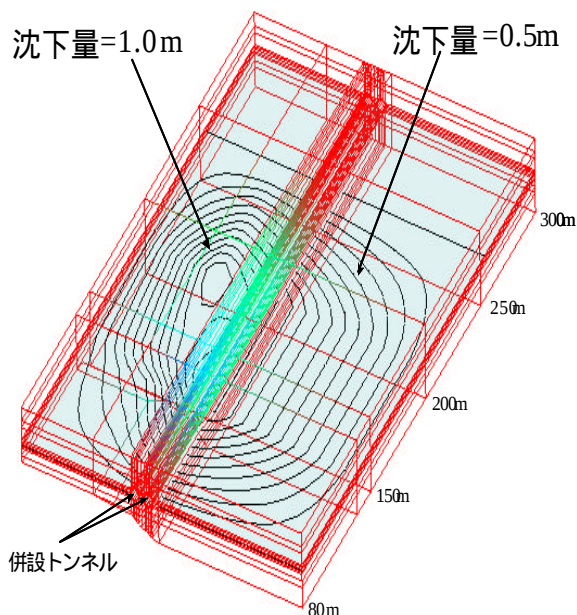


図-1 解析メッシュおよび沈下量コンタ

表-1 入力パラメータ

埋め土層 Fc	$E=5000.0\text{kpa}$, $\nu=0.38$, $\gamma \approx 1.6\text{kN/m}^3$
粘性土層 Ac1	$\lambda=0.191$, $\kappa=0.017$, $k=2.0 \times 10^{-7}\text{cm/s}$, $e_0=1.25$, $M=1.20$, $E=5000.0\text{kpa}$, $\nu=0.333$
粘性土層 Ac2 (上部)	$\lambda=0.456$, $\kappa=0.052$, $k=1.3 \times 10^{-7}\text{cm/s}$, $e_0=2.48$, $M=1.20$, $E=5000.0\text{kpa}$, $\nu=0.333$
粘性土層 Ac2 (下部)	$\lambda=0.404$, $\kappa=0.048$, $k=10 \times 10^{-7}\text{cm/s}$, $e_0=2.16$, $M=1.20$, $E=5000.0\text{kpa}$, $\nu=0.333$
トンネル構造	$E=3.0 \times 10^7\text{kpa}$, $\nu=0.380$

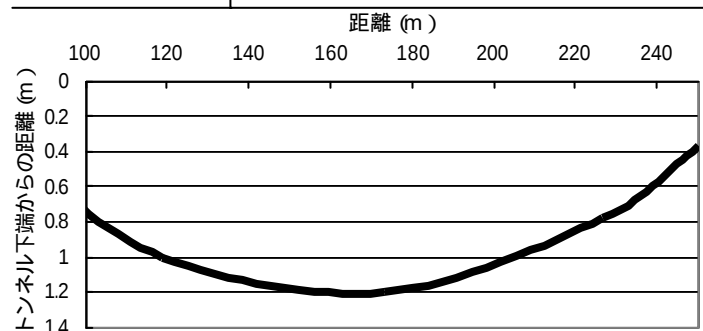


図-2 トンネル縦断方向の変形曲線

キーワード トンネル, 伸縮継手, 有限要素法, 沈下, 変形

連絡先 〒275-8588 千葉工業大学工学部土木工学科 Tel047-478-0449 E-mail:komiya@pf.it-chiba.ac.jp

3．有限要素法によるトンネル軸方向曲率半径の予測と伸縮継手目開き量の算定

2．に示す有限要素法解析を用いると，トンネル変形に伴うトンネル任意箇所の軸方向曲率半径 r の変化量を求めることができる．今完成時のトンネルが軸方向に直線の場合 ($r = \infty$)，地盤沈下起因したトンネル変形によってトンネル軸方向の曲率半径が r となったと仮定すると，図 - 3 を参照して伸縮継手の目開き量 b は，次式で計算できる．

$$b = \frac{Lh}{r} \quad (1)$$

ここに， L は伸縮継手間隔， h はトンネル断面外径（非円形トンネルの場合はトンネル高さ）である．

また，トンネル完成時にトンネル軸方向に既に曲率がある場合，トンネル変形量の増加に伴う伸縮継手目開き量の増加量 Δb は，初期の曲率半径を r_1 ，沈下後の曲率半径を r_2 として，

$$\Delta b = \frac{Lh}{r_2} - \frac{Lh}{r_1} \quad (2)$$

となる．

図 - 3 伸縮継手目開き量の関係図

また，伸縮継手の目開き角度 θ は次式で計算できるので，

$$\theta = 2 \tan^{-1} \left(\frac{L}{2r} \right) \quad (3)$$

変形に伴うトンネル軸方向の曲げモーメントの増加量 ΔM は次式で計算できる．

$$\Delta M = \frac{EI}{r} \quad (4)$$

ここに， EI はトンネル軸方向剛性である．

図 - 2 に示した解析結果によるトンネル軸方向最小曲率半径は $r = 2586.5(\text{m})$ であり，これをもとに計算した伸縮継手の目開き量 b は $L = 10.0(\text{m})$ ， $h = 7.0(\text{m})$ として $b = 0.027(\text{m})$ であった．

4．まとめ

本研究は，有限要素法解析結果を用いた，沈下に対するトンネル防護を目的とした伸縮継手の目開き量の定量的な評価法を示したものである．伸縮目開き量の算定精度は有限要素法解析結果の精度に依存しているが，本方法を用いることによって，局所的・定量的な伸縮継手目開き量の評価が可能であると言える．

参考文献

- (1) Roscoe K.H., Schofield A.N., Thuriranjah A.(1963) : Geotechnique, Vol.13, No.3, pp.211 ~ 255
- (2) 瀧山・小宮・赤木：軟弱地盤における地下建設技術に関するシンポジウム(2002)：地盤工学会，pp.168 ~ 173