

III-278 粘弾性地山内の円形トンネルに関する逆解析

山梨大学工学部 正員 平嶋 健一  
 大成建設(株) 正員 川上哲太郎  
 山梨大学大学院 学生員 ○柴田 善央

1. はじめに

著者らは、すでに線形の等方性および異方性弾性岩盤内にトンネル、地下発電所等の空洞を開削した場合の逆解析に関する幾つかの論文を発表してきた<sup>1)~3)</sup>。本文では対象とする岩盤地山を線形の粘弾性体と仮定し、円形トンネルが開削された場合のトンネル周辺の変位の時間的変化から地山の力学定数を求める、いわゆる逆解析手法の確立を目的としている。現段階では順解析を行なう場合の理論結果と二、三の数値例について報告する。

2. 問題の設定

等質で等方性を示す岩盤において弾性係数をE、ポアソン比を $\nu$ とし、またPoyting-Thomson Modelにおいて瞬間の弾性係数を $E_1$ 、十分に時間が経過した段階での弾性係数を $E_2$ とする。このような地山に半径aの円筒形トンネルを開削するものとする。かぶりは十分に厚いとする。

粘弾性モデルはFig-1に示すような(a)Maxwell Model, (b)Kelvin Model, (c)Poyting-Thomson Modelを考える。ExtensometerをFig-2の示す位置に設置する。孔の中心からの距離をbとする。この場合、半径方向の変位を $u_r$ とすると、変位は次のように表わすことができる。

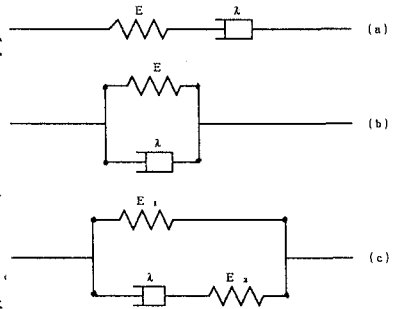


Fig-1 Rheological Model

トンネルにはFig-3に示す垂直、水平方向より応力 $\sigma_v$ 、 $\sigma_h$ が作用すると仮定する。

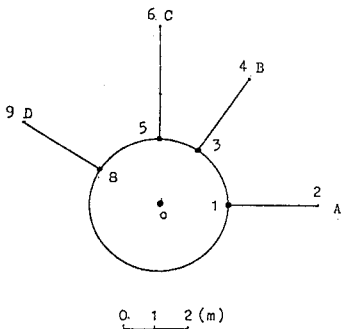


Fig-2 Extensometerの位置

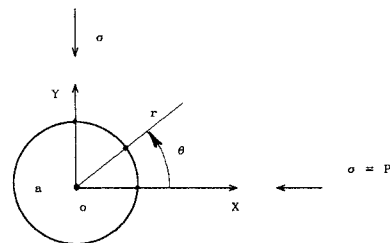


Fig-3 トンネル壁面に作用する応力

3. 解析理論

$o-z$ 軸がトンネルの対称軸と一致するように円柱座標系を選定し、境界条件式、釣合条件式および適合条件式を書き出す。

線形粘弾性モデル(Poyting-Thomson Model)の構成方程式は、次のように書ける<sup>5)</sup>。

$$\dot{\epsilon}^R = -k \left( \epsilon^R - \frac{1}{2G_0} \sigma^R \right) + \frac{1}{2G} \dot{\sigma}^R, \quad \dot{\epsilon}^R = -k_v \left( \epsilon^R - \frac{1}{3K_0} \sigma^R \right) + \frac{1}{3K} \dot{\sigma}^R \quad (1)$$

構成方程式にラプラス変換を適用し、Airyの関数を用いれば、最終的に変位は次のように表わすことができる。

$$u_r^R = u_r^{R0} + \left( \frac{1}{2G} - \frac{1}{2G_0} \right) [1 - \exp(-kt)] \left[ - \left( P - \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} \right) \times \frac{a^2}{r} + \frac{\sigma_h - \sigma_v}{2} \left( \frac{2a^2}{r} - \frac{a^4}{r^3} \right) \cos 2\theta \right] - \{ B_1 [1 - \exp(\lambda_1 t)] + B_2 [1 - \exp(\lambda_2 t)] \} \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} \frac{6a^2}{r} \cos 2\theta \quad (2)$$

4. 数値計算例

深さ210m地点において、半径a=1.8mの円形トンネルを開削したとする。岩盤の条件としてE<sub>1</sub>=120000t/m<sup>2</sup>, E<sub>2</sub>=20000t/m<sup>2</sup>, 側圧係数λ=0.7とする。単位体積重量は2.65t/m<sup>3</sup>である。

深さ500m地点に、半径a=1.0mのトンネルを開削したとする。地山は安山岩で、瞬間の体積弾性係数K=32.7 GPa、せん断弾性係数G=10.64GPa、時間経過後の体積弾性係数K<sub>0</sub>=14.81GPa、せん断弾性係数G<sub>0</sub>=8.89GPaとする。粘性係数k=2.26×10<sup>-7</sup>s<sup>-1</sup>; kv=3.0×10<sup>-6</sup>s<sup>-1</sup>とした場合のθ=0° およびθ=π/2° に対する半径方向のトンネル壁面の変位u<sub>r</sub><sup>R</sup>の値について時間の経過に対する変化を表わす。

Table-1 計算結果(mm)

Extensometer	1 (day)	5	9	13	15
A 1-2	0.802	0.804	0.805	0.807	0.808
B 3-4	1.771	1.773	1.776	1.778	1.780
C 5-6	2.297	2.300	2.303	2.305	2.307
C 5-7	1.358	1.360	1.362	1.363	1.364
D 8-9	1.125	1.127	1.129	1.131	1.132

5. むすび

以上の結果では、荷重、力学定数を与えた順解析を行なった場合について提示した。この結果をもとにして逆解析のための具体的手順や数値例について、講演会当日発表する。

6. 参考文献

- 1) 平嶋・川上・藤原:弾性厳密解に基づく円形・楕円形トンネルを有する等方性および異方性岩盤の逆解析, 土木学会論文集(1991年6月号掲載予定).
- 2) 平嶋・川上・藤原・力間:弾性厳密界に基づく段階掘削を考慮した任意形状トンネル問題の順解析および逆解析, 土木学会論文集(1991年6月号掲載予定)
- 3) 平嶋・川上・藤原:面外せん断荷重下の等方性・異方性弾性岩盤内のトンネル掘削問題に関する順解析および逆解析, 土木学会論文集(投稿中).
- 4) Wang Sijing & Yang Zhifa, Xue Ling: The back-analysis method from displacement for viscoelastic rock mass, 2nd Int. Symp. Field Measurement Geomech., (1988), pp.1059-1068.
- 5) N. Cristescu: Rock Rheology. Kluwer Acad. Pub(1989), pp.199-233.