

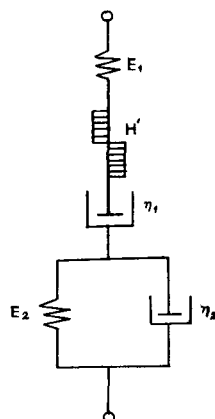
東京大学 学生員 ○ 石橋 孝 治
 東京大学 正 員 松 本 嘉 司
 国 鉄 正 員 中 井 雅 彦

1 はじめに

トンネル掘削に伴う周辺地山の破壊機構、地山移動の性状がトンネル周辺の種々の複雑な条件に關聯していることから、現在その解明のために各所で種々の試みと研究活動が行なわれている。本報告はその方法の一つとして有限要素法による粘弾塑性解析を行なうことにより、クリープ現象を導入し、定荷重下での応力再配分の状況を現象化し、トンネル周辺の地山挙動の検討を行なったものである。

2 解析モデルと解析法について

現在、岩石のクリープ曲線を現象面からみた分類に応じて、瞬間ひずみ、一次クリープ、二次クリープの3つからなるものと考え種々の式が提案されているが、本解析ではクリープ現象導入のためにBurgers Modelを採用した。これに塑性要素を直列に結合した図-1に示す様な力学的モデルを用いることとした。また、塑性要素における降伏規準としてはVon Misesの条件を採用した。解析法としては鉛直方向荷重が土被荷重に達するまでは弾塑性解析を、その後土被荷重下での粘弾塑性解析を行なうこととした。一次クリープを支配するVoigt Modelについてクリープ係数を考え、弾性域におけるそれと塑性域におけるそれとは異なるものとし、適当な大きさで後者の方を大きく評価した。



3 計算例とその考察

計算例としては上越新幹線中山トンネルを参考にしてモデルの設定を行なった。図-1 力学的モデル

解析に用いた地山の物性値を表-1に示す。ただし、弾性係数、ポアソン比は地山の弾性波速度から算定したものである。

表-1 地山の物性値

軸圧縮強度 (Kg/cm ²)	弾性係数 (Kg/cm ²)	ポアソン比	単位体積重量 (t/m ³)
223	1.18×10^5	0.21	2.0

解析領域は掘削による影響が無いと考えられる範囲とし、トンネル半径の3倍以上を一応の目安とした。また、計算のケースはクリープ係数および側圧係数を変えることにより設定し

地山応力、トンネル周壁の変位等の差異の程度を調べた。クリープ係数(α)は1, 10, 20, 50の4種類を、側圧係数(K_0)は1.0, $\frac{1}{2}$ の2種類を考えた。

図-2に $\alpha=1.0$, $K_0=1.0$ の場合のトンネル断面の変形性状を示す。側圧係数が同一であればクリープ係数が10以上の場合、同図に示した様な盤ぶくれを生じた。また、側壁の押し出し性の変位が小さいのに対して、天端の変位が大きいという傾向がみられる。これは側壁部の地山が塑性化することにより支持力の低下が生ずることによるものと考えられる。図-3, 図-4は側圧係数が1.0の場合の天端と底盤の変位性状をクリープ係数をパラメータとして整理したものである。クリープ係数が大きくなるにつれて変位量も大きくなり発散する傾向を示している。特にクリープ係数が50と大きな場合、周囲の地山とのバランスの關係から断面の変形性状に不安定な現象を生じた。したがってこの値は現実的とは思われない。次に塑性域の分布状況であるが、側圧係数の

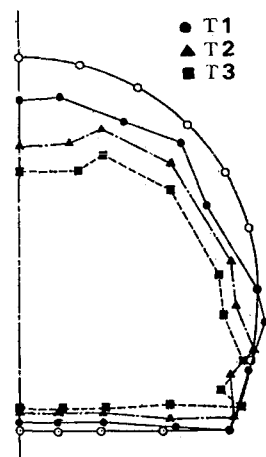


図-2 トンネル周壁の変位性状

大きさによる差異が生じた。即ち、後者の場合には側壁部に、後者の場合にはトンネルの周壁に沿って生じている。また、拡大の方向は後述の経時変化に連続して前者は楔状を呈し後者は放射状に地山深部に広がってゆく傾向を示している。図-5は $\alpha=10$ 、 $K_0=1.0$ の場合の地山応力の経時変化のようすを示したものである。高い応力の部分が時間の経過とともにトンネル壁面から地山深部へと移動してゆくようすをうかがうことができる。これは高い応力の部分は時間の経過に伴って応力が緩和され、それとつり合うために周囲の岩盤が次々と応力の配分を受け高応力となり降伏していくことによるものと考えられる。

4 結言

本解析により、ゆるみ領域の拡大状況がシミュレートできたものと考えられる。また、ゆるみ領域の支持力の低下がトンネル掘削時の変位性状に影響を与える要因の一つと考えられる。

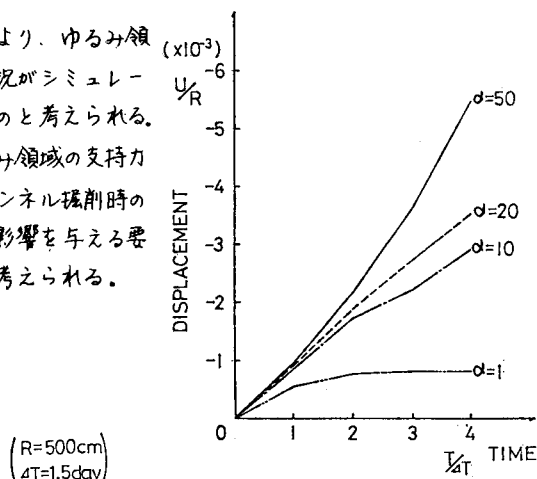


図-3 クリープ係数と天端の変位の関係

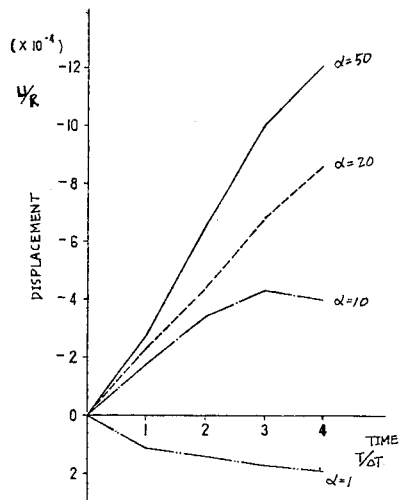


図-4 クリープ係数と底盤の変位の関係

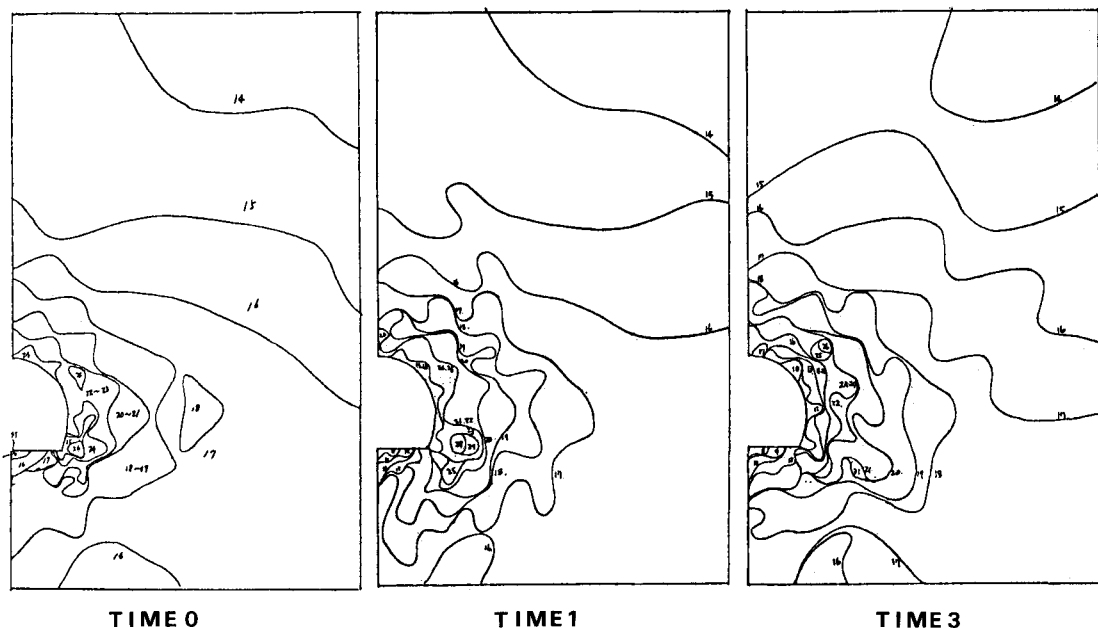


図-5 地山応力の経時変化 ($\alpha=10$, $K_0=1.0$)

参考文献

- 1) 山田嘉昭：塑性、粘弾性、培風館
- 2) 日本トンネル技術協会編：膨張性地山における鉄道トンネルのNATMの適応性に関する文献資料の調査研究報告書、昭52.3