

大豊建設(株) ○戸田博人 鳥取大学 木山英郎
鳥取大学 藤村 尚 鳥取大学 西村 強

1.はじめに

トンネルは、線状の構造物で、最終的なトンネルの安定は2次元問題として検討することもできるが、切羽付近は半ドーム状になっており、トンネル掘削時の地山は、トンネル切羽周辺部において3次的に挙動する。そのため、設計に当たっては、切羽の進行など施工法を考慮した3次的な検討が必要となる。支保工においては、割れ目の発達した地山の変形の抑制や、塑性域の生じた地山の変形の制御、あるいは、切羽の3次的な支保効果を受け替える働きをすること等を期待して利用している。

本研究は、上記した背景のもとに、等質等方線型弾性体の地盤を対象として3次元流動要素法(Flow Element Method, FLEM)^{1), 2)}によるトンネル切羽近傍の応力・変形解析を試みたものである。

2.解析の概要

3次元流動要素法の概要と簡単な解析例²⁾は報告しているので、解析手順の説明は省略する。

解析領域を図-1に示す。地山に作用する初期応力はトンネル掘削地点において一定とし、 $\sigma_y = 0.1\text{MPa}$ 、 $\sigma_x = \sigma_z = K_0 \sigma_y$ とする。トンネルは、直径10mの円形断面とし、対称性を考慮して対象領域の1/4を扱った。面EDFHJ、面BCGHIJLは対称面であり、面の法線方向に固定する。吹付けコンクリートは、吹付厚15cmで切羽面後方3mまで施すものとする。解析は、吹付けコンクリートの作用効果を検討するため、次の二通りを行った。

解析 1.掘削面上に掘削解放力を作用させ、トンネルの解析を行う。境界条件は、面AEJKをy軸方向、面ABLKをx軸方向、面ABCDE、面IJKLをz軸方向に固定する。解の安定性のため、初期時間増分を、 $\Delta t = 2.5 \times 10^{-3}\text{sec}$ とする。

解析 2.解析 1と同じ荷重条件で、吹付けコンクリートを施したトンネルの解析を行なう。境界条件は、解析 1と同じである。初期時間増分は、 $\Delta t = 1.25 \times 10^{-4}\text{sec}$ とする。

図-2に解析モデルを示す。解析においては、地山を8節点6面体要素にモデル化し、支保部材として吹付けコンクリートを定みずみ三角形要素にモデル化する。また、解析定数を表-1に示す。

3.解析結果とその考察

図-3は、吹付け支保を施していないトンネルの切羽近傍の主応力図を示している。この図より切羽近傍において応力集中が確認できる。図-4は、中空

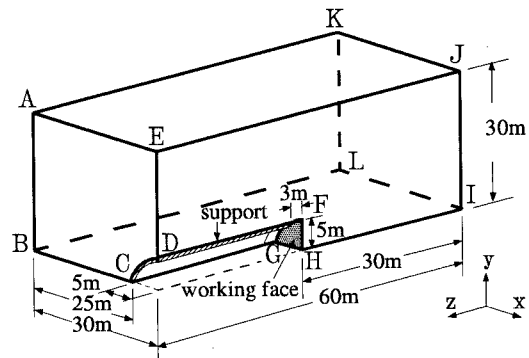


図-1 解析領域

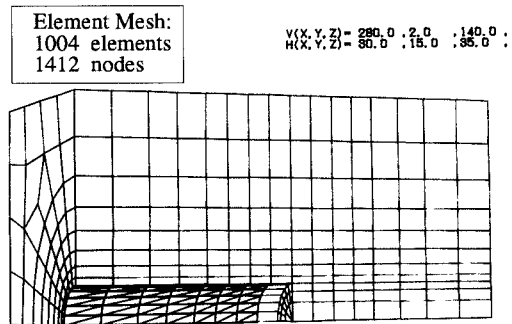


図-2 解析モデル

表-1 FLEM材料定数

| | | |
|-----|-------|-------------------------------------|
| 地盤 | ヤング係数 | $E_0 = 10 \text{ MPa}$ |
| | ポアソン比 | $\nu_0 = 0.3$ |
| | 密度 | $\rho_0 = 2.65 \text{ g/cm}^3$ |
| | 粘着力 | $C_0 = 10 \text{ KPa}$ |
| | 内部摩擦角 | $\phi_0 = 30^\circ$ |
| 吹付け | ヤング係数 | $E_c = 1.0 \times 10^3 \text{ MPa}$ |
| | ポアソン比 | $\nu_c = 0.18$ |
| | 密度 | $\rho_c = 2.4 \text{ g/cm}^3$ |
| | 吹付厚 | $t_c = 15 \text{ cm}$ |

変位測線図を示しており、図-5,6に、解析1,2による切羽前後の内空変位分布図を示す。内空変位量は、吹き付けコンクリートを施すことにより、測線①において約半分の収縮量となっている。また、測線②においては、収縮から伸長に変わり、測線③においては、1/5の収縮量となっていることがわかる。

なを、この計算はパーソナルコンピュータ（CPU Pentium 90MHZ）で行ったものであり、1000stepの計算に約5時間要している。全演算回数は、解析1で3400step、解析2で34000stepであった。

4.まとめ

本研究においては、支保部材の作用効果を検討するために、まず静的応力状態にあるトンネルの応力・変形解析を行ったものである。ここでは、ごく基礎的な結果しか示していないが、今後、実際的な問題に適用を続けていく予定である。

参考文献

- 1) 山本英郎他：連続体の大変形解析のための流動要素法(FLEM)の提案，土木学会論文集，No.439/III-17，pp.63-68，1991.12.
- 2) 山本英郎他：3次元流動要素法解析とその適用，岩盤力学シンポジウム論文集，No.98，pp.465-469，1995.1.

**** PRINCIPAL STRESS ****
 V(X,Y,Z) = 120.0 , -3.0 , 60.0 ;
 H(X,Y,Z) = 25.0 , 1.5 , 35.0 ;

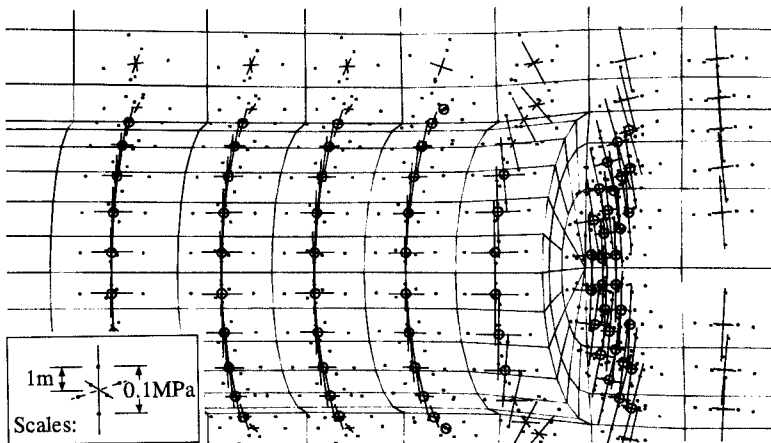


図-3 トンネル周辺地盤の主応力ベクトルの流れ（解析1：無支保）

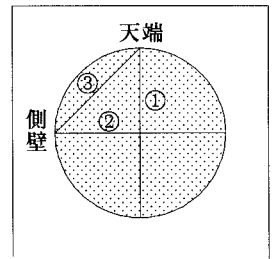


図-4 内空変位測線図

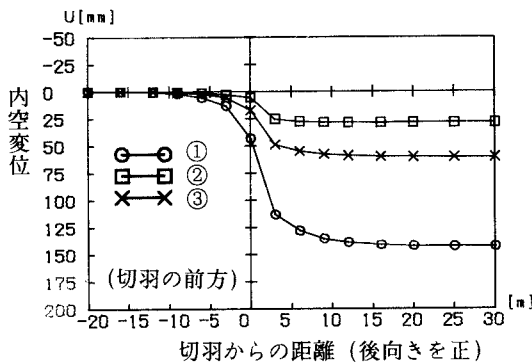


図-5 内空変位分布（解析1：無支保）

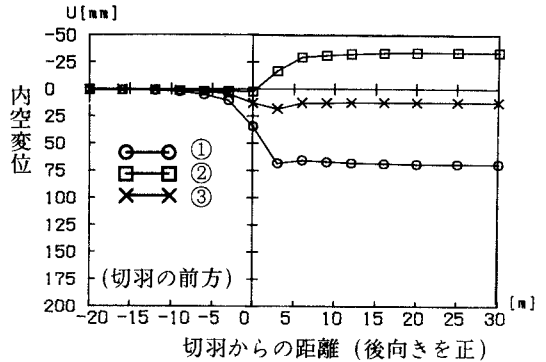


図-6 内空変位分布（解析2：吹付け）