

信州工学工学部 学生員 岡田 高
正 員 長 尚

(1) まえがき

トンネルや坑道などの地下の空洞の安定性の判断やトンネルの支保工、覆工の確実でかつ経済的な寸法の創出しに、従来からいろいろと研究がなされてきている。しかし、実際問題として、その根本をなす地山の物理的な問題は、その複雑なことから、決定的な解を見出すのは困難である。最近、これらトンネル地山、支保工、覆工の応力解析に有限要素法を用いる試みがなされている。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾有限要素法の適用は、地山、支保工及び、覆工が同一挙動を示すということでは都合が良く、要素によって材質を変化させることが出来、分割の方法によっては断層などを考慮することも可能である。本文では従来から考えられているゆりみ高さを仮定して、そのゆりみ部分の自重が覆工とその周辺の地山にどのような応力分布を示すかを求めてみた。そしてその結果を基に、支保工および覆工に作用する荷重の一計算法を検討したので報告する。

(2) 有限要素法の適用

ゆりみ高さを仮定して有限要素法を適用する場合、つぎのようにいくつかの仮定を行なった。

1) 地山を理想的な弾性体とする。としてその弾性係数 E_R とコンクリートの弾性係数 E_C との関係は

$$E_R = n E_C \quad (n = \frac{1}{3}, 1, 2, 3) \text{ とした。}$$

2) トンネル形状は図-1に示されるような円形断面で覆工を含むの節点数122、要素数200、を左右対称とし、その対称性を考慮した。

3) ゆりみ高さは3種類(2, 4, 6 m)の覆工上の等分布荷重とする。他に自重として覆工のみ考えた。ゆりみ荷重は、図-1に示されるように要素の物体力として作用させた。すなわち、ゆりみ領域に含まれる要素に物体力として各要素の大きさに応じて地山の比重で重量を計算し、それを各節点に3等分して節点ごとに加え合わせるようにした。ただし、その領域が1個の要素全体に含まれない場合にはその要素の $\frac{1}{3}$ 単位で含まれる節点に近似的に加えた。

4) 変位指定は分割の外周にある節点を無限遠点と仮定して、各節点の変位を零とした。これは最初覆工下部を指定したのであるが、その指定量を決定するのにいろいろ問題が生じたからである。

5) 平面ひずみ問題とした。

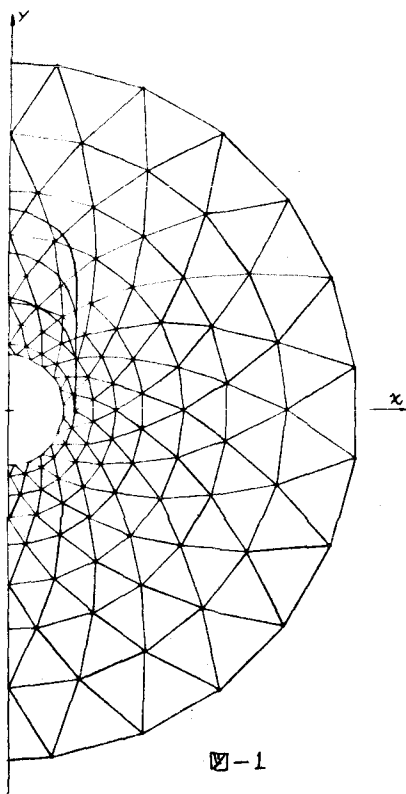


図-1

以上のような仮定による計算結果から作成された応力分布図の一例を図-2に示す。

(3) 計算結果に対する考察

図-2をはじめ、今回のデータによる計算結果全般として、空洞天端部では引張主応力が、下部では圧縮主応力が支配的となる。覆工のみを考えた場合最大引張主応力は天端部で、最大圧縮主応力は側方部で生じ、弾性係数が覆工より周辺地山で太なる程、覆工に生ずる応力の絶対値は急激に小さくなる。しかし周辺地山ではその影響は少ない。ゆるみ高さが高くなると、覆工およびその周辺の応力の絶対値は当然大きくなるが空洞より直線距離離れるとゆるみ高さの影響を余り受けなくなる。特に側方部でこの傾向が強い。引張領域とその個々の値が予想以上に入ってくる。たことは側圧を考慮しなかったこと、変位指定量と外周で全て零にしたこと、これは半径25mmの空洞に対し外周で15.6mという距離的なこと、分割方法の問題があると思われる。最下部の圧縮応力もかなりの値を示し、このような垂直荷重のみを考えると垂直方向の分割

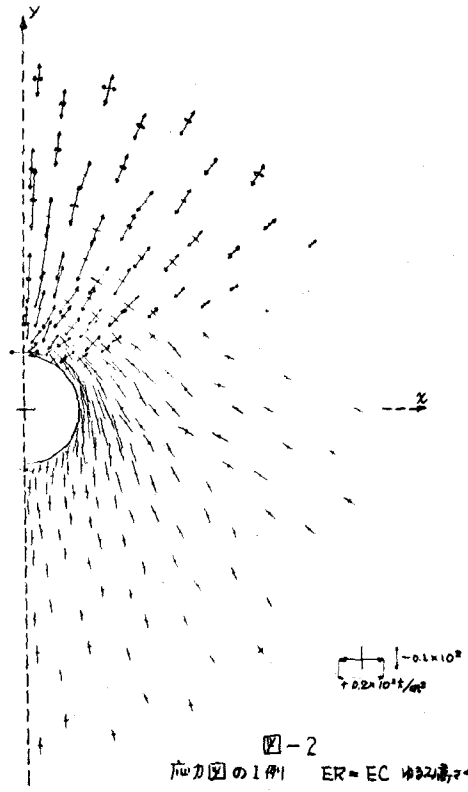


図-2 応力図の一例 ER=EC ゆるみ高=4m

とさらに広げる必要があると思われる

(4) 支保工、覆工に作用する荷重の一計算法

実際に掘削される場合と同様に、掘削によって新しく生ずるゆるみ領域を段階的に求める方法が提案されており⁽³⁾そのような方向で解析を進める方がより自然のように思われる。これを少し簡略化した方法として、掘削前の応力状態と応力の再配分も考慮して掘削後の応力状態を求める、その間に生じる空洞の変位量 ΔR が実際に ΔR になる前のところで支保工、覆工がそう入されると考えて計算を行なう。で、支保工、覆工に作用する応力を求めることを目下検討中である。

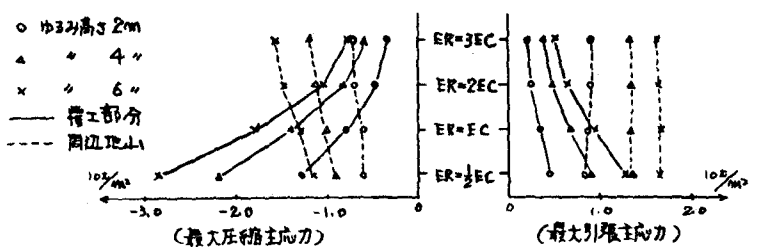


図-3

参考文献: (1) R. Watson, O. Zienkiewicz & Y. K. Cheung: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill (1967) P195, (2) H. R. Anderson: Finite element method applied to rock mechanics Proc. of 1st Cong. ISRM 661 (1966) (3) 林正夫, 田野敏: 地下発電所用空洞掘削に伴う岩盤内ゆるみ領域の逐次的発達解析法, 第2回 岩の力学国内シンポジウム 69 (1967), (4) 林正夫, 丸山義彦, 田野敏: 粘弾性地山内でのトネル覆工への経時的応力の解析法 第5回 岩盤力学に関するシンポジウム 講演概要 82 (1969)