

III-270 不連続面を考慮した空洞掘削シミュレーション

西松建設㈱ 正会員○田中 義晴
正会員 平田 篤夫
熊本大学工学部 正会員 金子 勝比古

1. はじめに

数値解析によって、空洞掘削に伴う地山の挙動を的確に評価するためには、地山の不連続性など、対象領域内での弾性体の局所的変形性を考慮することが必要である。よって、ここでは、不連続面を考慮した応力-ひずみ関係を等価体積欠損法（EVD M）で与え、これを有限要素法へ適用し、トンネル掘削シミュレーションを行ってみた。

2. 解析モデルおよび解析方法

解析対象を2次元平面ひずみ状態のトンネル掘削とし、Fig. 1に示すような馬蹄形の断面形状を示すトンネルを有する解析モデルを作製した。なお、本解析結果の妥当性を検討するために、現在施工中のAトンネルの地山条件を用い、ヤング率 $E=49(\text{GPa})$ 、ポアソン比 $\nu=0.2$ 、初期地山応力 $\sigma_x=13.4(\text{MPa})$ 、 $\sigma_y=3.14(\text{MPa})$ 、 $\tau_{xy}=0.033(\text{MPa})$ とした。また、不連続面の観察結果より、不連続面は傾斜角が $\theta=81^\circ, -11.1^\circ, 0^\circ$ となる3方位数を仮定した。

解析は、Fig. 2に示す流れに従って行った。Fig. 2中の等価体積欠損法（EVD M）は、岩盤中に存在する不連続面をそれと力学的に等価な体積の欠損に置き換えて、不連続面を含む岩盤の変形性を評価する方法である。¹⁾すなわち、本解析は、任意の方向の不連続面が各要素中に一様分布しているものと仮定し、EVD Mを用いることにより、各要素ごとに不連続面の挙動〔開口、閉合(拘束, すべり)状態〕が判定される。これにより、各要素ごとに応力-ひずみ関係が与えられ、これを有限要素法へ適用すると、対象領域での弾性体の局所的変形性を考慮することが可能となる。

3. 解析結果および考察

Aトンネルにおいて、初期地山応力を計測した地点は、花崗閃緑岩からなる均質な岩盤により構成されている。また、土被りは、約200mである。そこで、掘削前の解析条件は、上記の初期応力場が対象領域全体に一様に分布し、3方向の不連続面はそれぞれ単位面積（ 1 m^2 ）当り1本の割合で、閉合拘束状態で一様分布してい

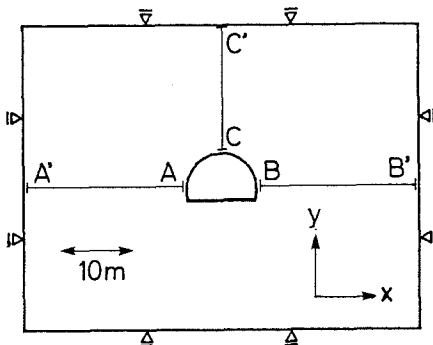


Fig. 1 解析モデル

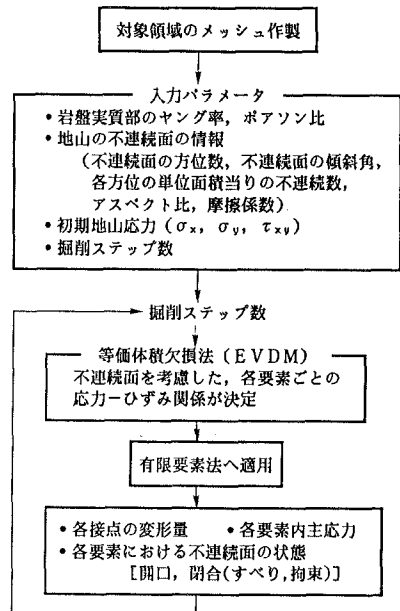


Fig. 2 本解析の流れ

るものとした。なお、各不連続面の摩擦係数を0.5、アスペクト比 10^{-3} 、そして、掘削ステップを5とした。

Fig. 1のA-A', B-B', C-C'線上にそった、掘削後のトンネル壁面からの距離と変形量の関係をFig. 3 (a), (b), (c)に示す。図中の□-実線はEVD Mを用いて不連続面を考慮したものであり、△-破線はFEMのみの不連続面を考慮しなかったものの解析結果である。この図からわかるように、トンネル近傍になるに従ってEVD Mを用いた方がFEMのみの場合と比較して、変形量が大きいくことがわかる。これは、掘削によりトンネル近傍の要素中の不連続面が、拘束状態からすべり、または開口状態に変化したためである。

次に、掘削後の同線上における不連続面の状態をFig. 4(a), (b), (c)に示す。なお、横軸はトンネル壁面からの距離、縦軸は不連続面状態の値、すなわち値が大きいほど、すべり・開口した不連続面が多いことを示すものである。なお、図中の実線は解析結果で、黒い部分は現場において、弾性波探査により調査した緩み幅である。この図から、本解析結果の不連続面挙動の傾向と実測値がよく一致していることがわかる。また、掘削後のトンネル近傍における、本解析において緩んだと判断される領域の断面図をFig. 5に示す。黒い部分は、比較的に不連続面の状態が変化した場所であり、左上壁面と右下壁面部分が特に緩んでいることがわかる。

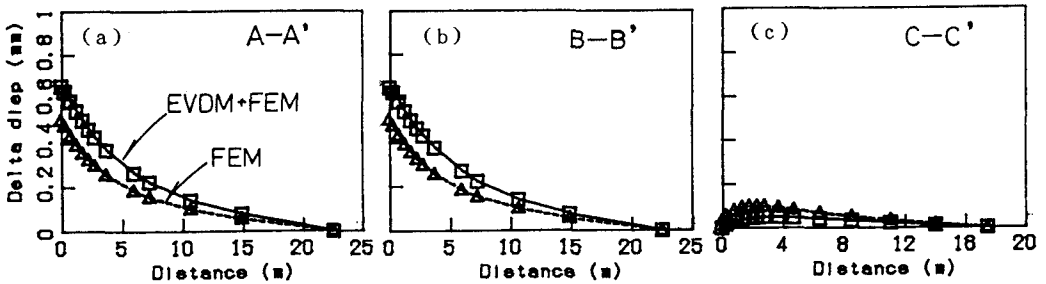


Fig. 3 掘削後のトンネル壁面からの距離と変形量の関係

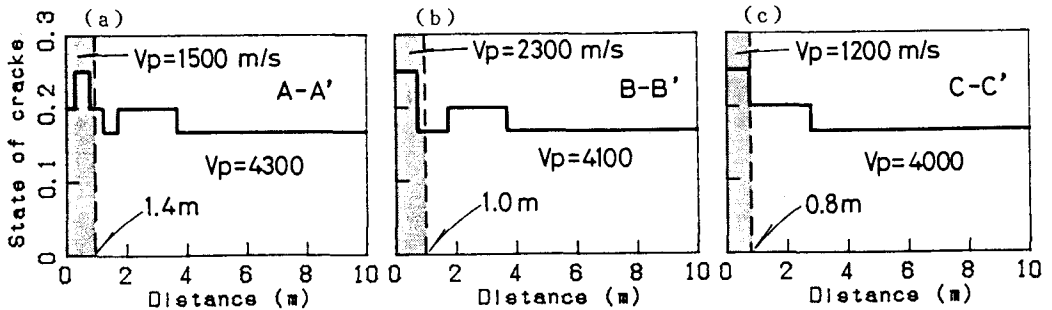


Fig. 4 掘削後のトンネル壁面からの距離と不連続面状態の関係

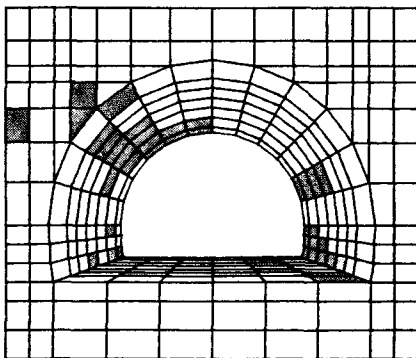


Fig. 5 掘削後のトンネル近傍における不連続面状態

4. おわりに

等価体積欠損法 (EVD M) を有限要素法に適用して、不連続面を考慮したトンネル掘削問題のシミュレーションを行った。EVD Mを用いることにより、緩み領域は坑内弾性波探査による結果とよい対応関係を示し、しかも、より定量的かつ連続的な評価ができた。

《参考文献》

- 1) 柴, 金子等: 第10回西日本岩盤工学シンポジウム, 1989