

III-656

原位置岩盤の水理・力学特性評価に関する一考察

大成建設 土木設計部

正 羽出山吉裕

正 大津 宏康

大矢 敏雄

日本地下石油備蓄 菊間事業所

正 岡本 淳

1. はじめに

従来の研究から、岩盤の水理・力学特性を評価するためには、岩盤内に存在する不連続面(断層、節理)の影響を考慮する必要性が指摘されている。例えば、結晶質の岩盤(花崗岩等)の場合、その水理特性は不連続面の透水性に支配され、また力学特性は不連続面の影響を受けて不連続的な挙動を示す。

本研究は、菊間地下石油備蓄基地の岩盤タンク工事を対象とし、岩盤タンク掘削時に観察/計測された地下水挙動(湧水量)、内空変位量と岩盤タンク壁面観察から算定した不連続面の幾何学特性を評価するクラックテンソルを比較する。この結果より、原位置岩盤の水理・力学特性評価へのクラックテンソル理論の適用性について検討を行う。

2. 菊間地下備蓄基地の概要⁽¹⁾

菊間地下備蓄基地は7本の岩盤タンクからなり、その位置は地下EL.-65~-35m(地表面からの土被りは80~100m)である。岩盤タンクの断面形状は、幅20.5m、高さ30mの変形食パン型断面で、それぞれのタンクの長さは230~448mである。岩質は花崗岩ないし花崗閃緑岩で岩盤等級は日本地下石油備蓄(株)の岩盤総合評価基準によればH~M(電研研式の岩盤分類でC_H~C_M級)である。

3. 岩盤タンクのクラックテンソル

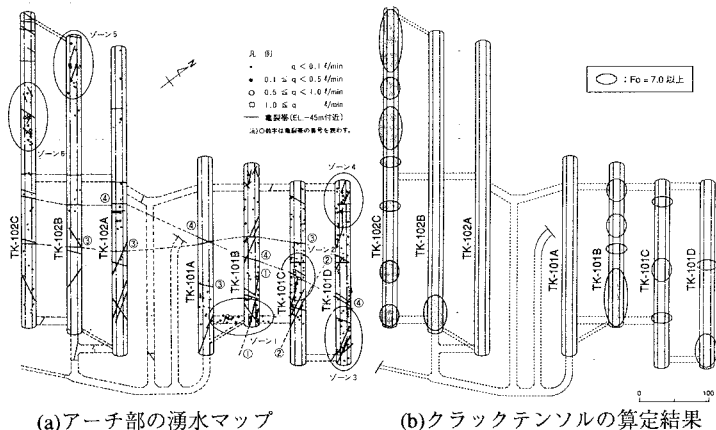
クラックテンソルは、岩盤中に存在する不連続面の幾何学的性質(体積密度、大きさ、方向)を統計的かつ一般的に表現したものである。露頭観察で得られた不連続面の幾何学的諸量からクラックテンソルは次式で算定される⁽²⁾。

$$F_{ij} = \frac{3\pi}{8} \frac{\langle t^2 \rangle}{\langle t \rangle} \frac{N(q)/h}{\langle |n \cdot q| \rangle} N_{ij} \quad N_{ij} = \int_0^{\pi} n_i n_j E(n) d\Omega$$

ここで、 $\langle t^2 \rangle$: トレース長さの2乗平均、 $\langle t \rangle$: トレース長さ平均、 $N(q)/h$: q の方向に長さ h (m)の測線を張った時にこれと交わる単位長さ当たりのクラック数、 $\langle |n \cdot q| \rangle$: クラックの方向 n と測線方向 q の内積の絶対値の平均、 $E(n)$: クラックの方向の確率密度関数
本研究では、岩盤タンクのクラックテンソルをタンク方向24m毎の領域で算定した。

4. 岩盤空洞掘削時の湧水量とクラックテンソルの関係⁽³⁾

岩盤タンク掘削時に発生した湧水は、その殆どが空洞上部からのものであり、その発生箇所は特定な領域に集中する傾向が確認された。図-1にクラックテンソルの第一不変量 F_0 値($F_0=F_{11}+F_{22}+F_{33}$: 不連続面の体積密度に相当する量)が7以上の領域とアーチ部の湧水マップを示す。



(a)アーチ部の湧水マップ (b)クラックテンソルの算定結果
図-1 クラックテンソルの算定結果と湧水箇所の相関

これより、湧水が顕著であった箇所と F_0 値が7以上の領域が概ね一致していることがわかる。

5. 岩盤空洞掘削時の内空変位量とクラックテンソルの関係

空洞掘削時の岩盤の変形量はトンネル軸方向に約30m毎に設置された計測点において天端沈下と斜めに2測線、水平に5測線で計測された⁽⁴⁾。ここでは、水平に設置した測線の内、H3測線とH4測線で得られた内空変位量の平均を平均内空変位量と定義した。一例として、図-2にTK-101Dタンクで得られた F_0 値と平均内空変位量の関係を示す。

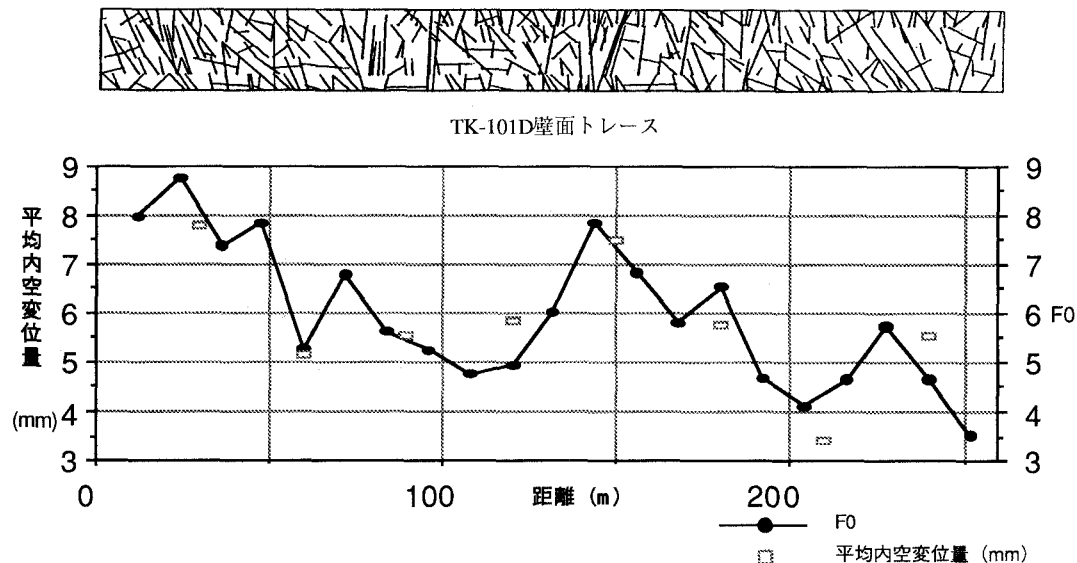


図-2 クラックテンソルと平均内空変位量の関係 (TK-101D)

上図より、 F_0 値と平均内空変位量には相関関係が認められる。

岩盤タンク(TK-101CとTK-101D)で得られた平均内空変位量と F_0 値の関係を図-3に示す。これから、 F_0 値

(岩盤の単位体積中の不連続面密度)が大きくなるにつれて、平均内空変位量も大きくなり、両者に良い相関関係が確認できる。

6. まとめ

検討の結果、岩盤の水理学的挙動(湧水量)と F_0 値が7以上の箇所と湧水箇所が概ね良い一致を見た。岩盤の力学特性として平均内空変位量と F_0 値の間に相関関係が認められた。これより、原位置岩盤の水理・力学特性(湧水箇所/内空変位量)評価の一手法としてクラックテンソル理論の適用性が確認された。

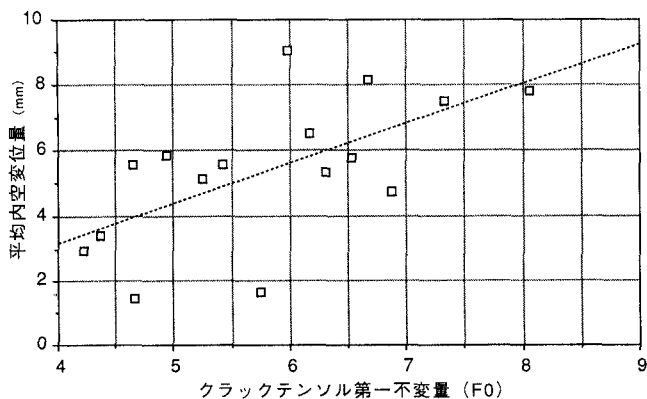


図-3 F_0 値～平均内空変位量関係

- (1) 宮永佳晴・福原明：地下石油備蓄基地の設計について、電力土木、No.219, pp.63-74, 1989年3月
- (2) Oda, M.: A Method for Evaluating the Effect of Crack Geometry on The Mechanical Behavior of Cracked Rock Masses, Mechanics of Materials 2, pp.163-171, 1983
- (3) 羽出山吉裕ら：クラックテンソル理論による地下空洞掘削時の原位置岩盤の透水性評価に関する一考察、第25回岩盤力学に関するシンポジウム、pp.501-505
- (4) 岡本淳ら：NATMにより掘削された大断面地下空洞の変形挙動、第25回岩盤力学に関するシンポジウム、pp.346-350