

III-540

不連続面を含む岩盤物性評定のためのトモグラフィー解析

広島市 (正) ○ 黒瀬比呂志
 名古屋大学工学部 (正) 京谷 孝史
 名古屋大学工学部 (正) 川本 眺万

1. はじめに

岩盤内の構造を知るための手法であるトモグラフィーは、これまで弾性波のP波速度の変化に注目して多く試みられてきたが、これによると、岩質の違いについてはよく表現できるが、クラックの分布に関しては十分な評価は得られていない。ここでは、クラックの性状に関係する特定周波数の振幅がクラックに対し敏感に変化するという点に注目して、振幅と周波数の両方で表される弾性波エネルギーを用い、従来と同様の方法を適用してクラックの分布を把握する方法について提案するものである。

2. 弾性波エネルギートモグラフィーの定式化

2.1 SIRT 法

本研究では、トモグラフィーの方法としてSIRT法を用いた。この方法は、対象領域をいくつかのセルに分割し、各波線の観測投影データと計算によって求めた値との差を最も小さくするような、各セルの係数(セル内一定)分布を求めるものである。この方法の特徴は、計算値が各セルの係数と距離の線形和で表されるため、プログラムが簡単であることがいえる。収束計算方法は、観測値と計算値の差(残差)を各セルに振り分ける方法を用いた。

2.2 弾性波エネルギーの導入

弾性波エネルギーは、振幅と周波数の積の2乗に比例する量であることが知られている。ここでは、それを振幅と周波数の積の2乗で定義し、 I と表す。また、弾性波エネルギーが減衰する要因は、拡散減衰(距離減衰)、粘性減衰、散乱減衰の3種が考えられる。岩盤における弾性波エネルギーの減衰は経験的に

$$I = I_0 f(x) e^{-\mu x} \quad (f(x): \text{divergence function}) \quad (2.1)$$

のように表されることが知られている。ここに $f(x)$ は、距離減衰を表す減衰関数であり、本研究では x^{-2} を採用した。 μ は減衰係数(分布関数)であるが、先に述べた粘性減衰と散乱による減衰を合わせて表現していると考えられる。式(2.1)より微分方程式

$$I = \frac{f}{f' - \mu f} I' \quad (2.2)$$

を得る。この式の一般解を求め、初期条件とセル内では減衰分布関数 μ が一定であることを考慮すると、最終的に

$$\ln \frac{I}{I_0} + 2 \ln \frac{l}{l_0} = - \sum_{j=1}^n \mu_j \Delta x_j \quad (2.3)$$

となる。式(2.3)より、エネルギー指標“ $\ln \{I/I_0\} + 2 \ln \{l/l_0\}$ ”を入力値としてSIRT法を用いれば、 μ の分布がわかることになる。

3. 数値解析モデルによる検討

3.1 解析モデル

図3.1に示すような有限要素モデルを用いて、2次元平面ひずみ波動解析による孔間弾性波試験の数値シミュレーションを行った。領域は2層系岩盤とし、クラックはジョイント要素を配置し(図中太線)、また、図中2重線の部分に粘性境界を設けた。発振点、受振点はそれぞれ30箇所設け、入力した加速度は、周波数を1 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hzの6種類設定して、その混合波を 10^{-3} 秒間隔で入力し、観測時間は0.52秒とした。このようにして得られた波動解析の結果を孔間弾性波試験の結果として用い、SIRT法によるトモグラフィーを行った。(図3.2)

3.2 トモグラフィー解析結果

図3.3にP波速度による結果を示す。また、図3.4にエネルギーによる代表的な結果を示す。P波速度を用いた結果は、3層系の構造を示しており、クラックの存在を評価することはできない。これに対し、10Hzのエネルギーを用いた結果は、明らかにクラックの存在を示している。他の周波数のエネルギーを用いた結果は、クラックを表してはいない。これは、クラックを検出するうえで、最適の周波数のエネルギーが存在することを意味している。

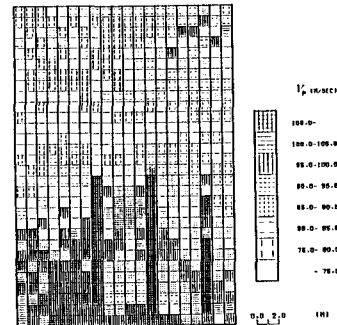
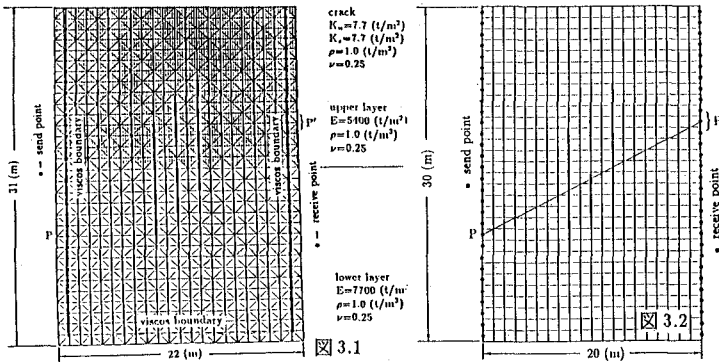


図 3.3

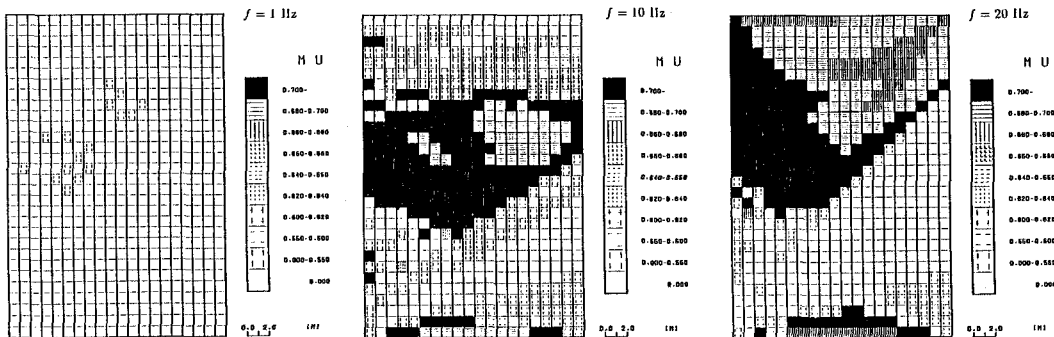


図 3.4

4. 結論

岩盤内のクラックを知るうえで、弾性波のエネルギーを用いる方法を提案し、その有効性を確認した。また、本手法を実用化するために、クラックの性状と、それを検出できるエネルギーとの関係を明らかにする必要がある。

参考文献

蓮井昭則、世一英俊、平井光之：孔間弾性波探査法による岩盤評価への試みについて、西日本岩盤工学シンポジウム(1988),pp. 45-50