

III-312 不連続性岩盤における弾性波特性の評価に関する基礎的研究

竹中工務店(株)	(正)	○重野喜政
名古屋大学工学部	(正)	京谷孝史
名古屋大学工学部	(正)	市川康明
名古屋大学工学部	(正)	川本眺万

1. はじめに

不連続面が岩盤内を伝播する波動におよぼす影響は特に波長の短い波に対して顕著であるが、この影響を把握することはひいては弾性波試験から不連続面の状態の推定を可能にし得るという点で有用である。

本研究ではその手始めとして、クラックを非均質部と仮定し、物性値の違いによって運動方程式に現われる項を等価物体力として評価することによりグリーン関数を用いてクラックによる波動の散乱を求めることを試み、単一のクラックを設けたモデルを用いて周波数による波動散乱の変化を調べた。

2. 内部亀裂とグリーン関数

クラックを弾性的な非均質部であると仮定しそこに周波数 ω の調和波 $u^0(x, t) = u^0(x) \exp(-i\omega t)$ が入射する場合を考える。このとき入射波 $u^0(x, t)$ はクラックによって散乱を受け、散乱波 $u^s(x, t)$ が生じ、 $u^0(x, t)$ と $u^s(x, t)$ の線形和が全体の波動変位場

$$u(x, t) = u(x) \exp(-i\omega t) = [u^0(x) + u^s(x)] \exp(-i\omega t) \quad (1)$$

となる。

物体力が作用していないと仮定すると波動変位場 $u(x)$ は運動方程式

$$D_{ijkl} u_{k,lj}(x) + \rho \omega^2 u_i(x) + \int X_i(x') \delta(x' - x) d\Omega = 0 \quad (2)$$

$$X_i(x) = \Delta D_{ijkl} u_{k,lj}(x) + \Delta \rho \omega^2 u_i(x)$$

を満足する。ここに、 ΔD , $\Delta \rho$ はクラックの物性値に対する母岩の物性値からの変化量、 x' はクラック上の点、積分はクラック上での体積積分である。この式において、第三項は非均質分に分布する等価物体力であると解釈することができ、これによって散乱波 $u^s(x)$ は等加物体力 $X_i(x)$ がもたらす変位であるといえる。この考えに基づけば、 $u(x)$ は単位物体力 $\delta_{ij} \delta(x) \exp(-i\omega t)$ に対するグリーン関数

$$g_{ij}(x) = \frac{1}{4\pi\rho\omega^2 x} [\beta^2 \delta_{ij} \exp(i\beta x) - \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \left\{ \frac{\exp(i\alpha x)}{x} - \frac{\exp(i\beta x)}{x} \right\}] \quad (3)$$

を用いて求めることができ、次式で与えられる。

$$u_i(x) = u_i^0(x) + \int (\Delta D_{mjkl} u_{k,lj}(x') + \Delta \rho \omega^2 u_m(x')) g_{im}(x - x') d\Omega \quad (4)$$

式(4)は右辺第2項の積分をクラックを要素分割して数値積分することにより、最終的に変位を変数とする連立一次方程式に変換することができ、これを解くことにより各点の波動変位を求めることができる。

3. 単一クラックによる散乱場の解析

式(4)を用いてFig. 1のように単一のクラックを設けたモデルに対して種々の周波数の調和波を入力して散乱の程度を調べる。解析の条件は以下のとおりである。

- 1) 入力波は変位振幅が1.0で、波面がx軸に垂直の平面波(P波)である。
- 2) クラックの物性値としてTable 1に示す値を用い、母岩の物性値としてTable 2に示す値を用いる。

3) 平面ひずみ状態を想定して2次元解析をする。

Table の値は、クラックについては粘土が充填している場合を想定しており、母岩については流紋岩の岩石コアの室内実験により求めたものである。

以上の条件に基づいて行なった計算の結果をFig.2 に示す。これは、x方向の入力振幅が1.0 であることを考慮して、x方向の振幅が0.9 以下もしくは 1.1 以上になる点についてx 方向とy 方向の振幅を示したものであり、クラックによる散乱場の影響範囲を示すものと考えられる。

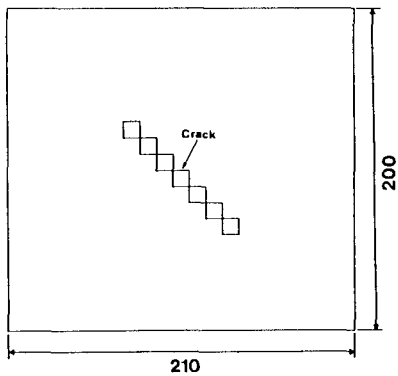


Fig.1 Dimension of analyzed domain and position of a crack

Table 1 Material constants of a crack

Dynamic Young's Modulus (kgf/cm ²)	1 0 0
Poisson's ratio	0 . 3
Unit weight (gf/cm ³)	0 . 18

Table 2 Material constants of a matrix

Dynamic Young's Modulus E (kgf/cm ²)	4.69×10 ⁵
Poisson's Ratio	0.154
Unit Weight (gf/cm ³)	2.56
Velocity of P.Wave (km/sec)	5.03
Velocity of S.Wave (km/sec)	3.22

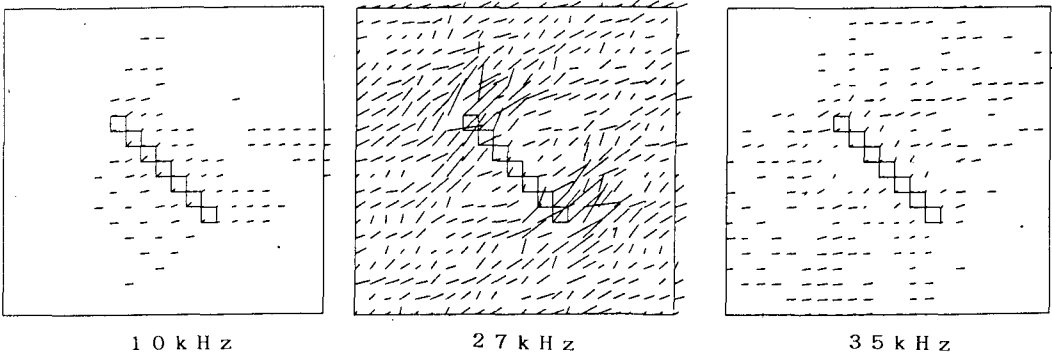


Fig.2 Wave scattering in the analyzed domain

4. おわりに

今回のケーススタディにより以下のことがわかった。

- 1) 周波数によって散乱場の影響領域が大きく異なる。
- 2) 2kHz以下の波ではクラックによる影響がみられない。
- 3) 27kHz での散乱が特に顕著で、この付近が与えられた条件下での共振点であると思われる。

5. 参考文献

- 1) Toshio Mura: Micromechanics of defects in solids, Martinus Nijhoff Publishers, 1982