

Ⅲ-20

画像データを利用したき裂性材料の変形・強度特性の均質化

東北大学 学生員○平石 元宣

東北大学 正 員 京谷 孝史

東北大学 正 員 岸野 佑次

1 はじめに

本来、岩盤には大小様々の不連続面が無数に存在している。そのため、岩盤に構造物を構築する際には、この不連続面の影響を考慮する必要がある。

本研究では、節理のような規則的なき裂群をモデル化し、数学的手法である均質化法(homogenization-method)を用いて、き裂が材料の変形・強度特性に及ぼす影響を調べるとともに、それらの結果をわかりやすく整理して、岩盤中のき裂の分布状況から岩盤の変形・強度特性の変化を定量的に知ることのできる図表を提示することを目的とする。

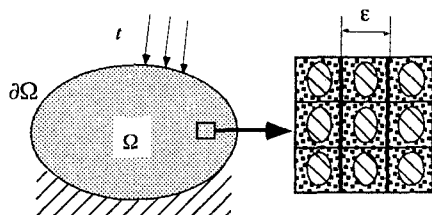
2 均質化法の概要¹⁾

図-1 材料の微視的構造

図-1に示すような微視的周期構造を有する材料を考える。その単位格子をunitcellと呼ぶ。このような材料の平均弾性係数および物体力は次式で与えられる。

$$E_{ijkl}^H = \frac{1}{|Y|} \int_Y \left(E_{ijkl} - E_{ijpq} \frac{\partial \chi_p^k}{\partial y_q} \right) dy \quad (1)$$

$$f_i^H = \frac{1}{|Y|} \int_Y f_i dy$$

ただし、 $|Y|$ はunitcellの体積であり、 χ^k は特性変位関数と呼ばれ、unitcell内で成立する次式を満足するものである。

$$\int_Y E_{ijpq} \frac{\partial \chi_p^k}{\partial y_q} \frac{\partial v_i}{\partial y_j} dy = \int_Y E_{ijkl} \frac{\partial v_i}{\partial y_j} dy \quad (2)$$

(1)式で計算される均質化弾性係数 E_{ijkl}^H と均質化物体力 f_i^H を用いることで、微視的構造を持つ材料の平均変位場が評価できる。

3 材料のモデル化と画像処理

本解析では、単位格子であるunitcellを画像データを利用して作成した。き裂としてunitcell内に線を引き、これを画像を利用して取り込むことにより1画素を1正方形要素とする有限要素モデルを計算機内部で作成する。各要素の材料は1画素により判断する。この様子を図-2に示す。

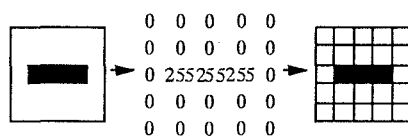


図-2 unitcellの有限要素モデル化

均質化解析では基質部の弾性係数を10000、ポアソン比を0.3とし、き裂部の弾性係数を1、ポアソン比を0とした。

4 結果と考察

まず、図-3に示すようなunitcellを用い、理論解析値²⁾との比較を行った。

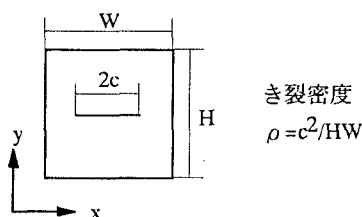


図-3 unitcellとき裂密度

き裂密度に対する鉛直方向弾性係数 E_y の変化を図-4に示す。ただし、縦軸はき裂のない弾性係数で正規化した。これから、均質化法ではき裂部に有限の幅を持つモデルを用いるため、理論値よりは少し低めの値をとっているが、ほぼ近い値をとっている。

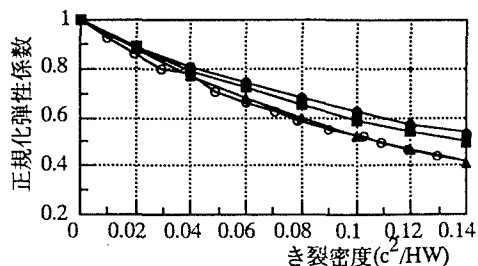


図-4 理論値との比較

き裂分布の幾何学的特性を表すパラメータとして図-5に示すようなき裂間隔比、断続率を定義する。き裂間隔比という値を定義する。き裂間隔比は、この値が小さいほど鉛直方向にき裂が密に配置されていることを示す。また、断続率は、この値が大きいほど水平方向にき裂が密に配置されていることを示す。

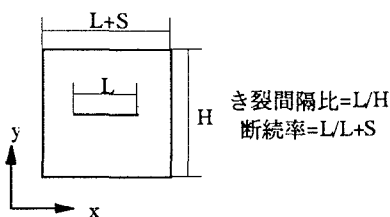


図-5 unitcellとき裂間隔比・断続率

このパラメータのどちらか一方を固定し、もう一方を変化させてその弾性係数への影響を調べた。

まず、き裂間隔比を変化させたときの E_y 、 G_{xy} それぞれの弾性係数の変化を図-6に示す。断続率は0.4とした。グラフの縦軸の値、正規化 E_y 、 G_{xy} は、求めた弾性係数を材料の基質部に与えた弾性係数で正規化した値で、き裂の影響により材料がどの程度弱くなったかを表すものである。

E_y はき裂間隔比に関して直線的に変化するが、 G_{xy} はき裂間隔比に関して大きく変化するのが分かる。

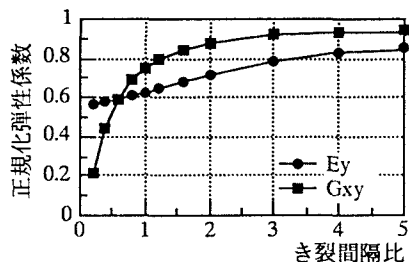


図-6 正規化弾性係数とき裂間隔比

次に、断続率を変化させたときの E_y 、 G_{xy} の変化を図-7に示す。き裂間隔比は2.0、0.2とした。

E_y はき裂間隔比に関係なく断続率について直線的に変化する。しかし、 G_{xy} はき裂間隔比によって、断続率に関する変化の仕方が大きく変わってしまう。

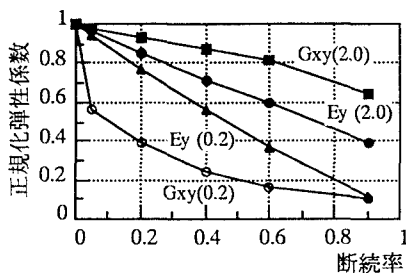


図-7 正規化弾性係数と断続率

<参考文献>

- 1) T.Kyoya, T.Kawamoto: Quantitative evaluation of effect of pattern bolting by the homogenization method, A.A. BALKEMA, PP641-646, 1993
- 2) S.Sahasakmontri, H.Horii, A.Hasegawa, F.Nishino: Structural Eng. /Earthquake Eng. Vol4. No.1 PP125-135, 1987