I－A227　応力拡大係数に及ぼす材料異方性の影響

岡山大学大学院　学生員　久保博司 †
岡山大学環境理工学部　正員　廣瀬壮一 ‡

1. はじめに

岩、氷、複合材料等、異方性を示す弾性体の破壊力学的挙動を明らかにすることは重要である。本研究は、材料の異方性がその力学的特性に及ぼす影響を明らかにするもので、特に、き裂先端での応力集中の度合い、すなわち、応力拡大係数について考察する。

2. 境界要素法による解析

無限遠方で応力σ_{ij}^{∞}が作用している無限異方弾性体中にあるき裂を考え、き裂面C上の応力が0であるとする。t_j^{∞}を応力σ_{ij}^{∞}によるき裂面での表面力、$[u_i(y)]$をき裂開口変位、W_{ij}^{S}を積分核とするとき、次式を得る。

$$-t_j^{\infty}(x) = \int_C W_{ij}^{S}(y,x)[u_i(y)]ds_y \qquad (1)$$

W^SはWang & Achenbach[1]によって得られた異方弾性体に対する基本解より求められ、次式により与えられる。

$$W_{ij}^{S}(y,x) = \frac{\partial}{\partial s_y}\frac{\partial}{\partial s_x}\frac{1}{\pi}Im\sum_{m=1}^{M}\tilde{C}_{ij}^{m}\log\{d_\lambda\cdot(y-x)\} \qquad (2)$$

ここで$\tilde{C}_{ij}^{m}, d_\lambda$は弾性定数により決定される定数である。$W^S$は超特異性をもっているため、ガラーキン法により積分方程式を解く。ここで、開口変位を次のように近似する。

$$[u_i(y)] = \sum_m \phi^m(y)[u_i^m] \qquad (3)$$

式(1)の両辺に形状関数ϕ^nをかけ、xについて線積分を行い、方程式を正則化すると、

$$-\int_C \phi^n(x)t_j^{\infty}(x)ds(x) = \int_C \frac{\partial\phi^n}{\partial s(x)}ds_x\sum_m\int_C\frac{\partial\phi^m}{\partial s(y)}ds_y[u_i^m]\frac{1}{\pi}Im\sum_\lambda\tilde{C}_{ij}^{\lambda}\log\{d_\lambda\cdot(y-x)\} \qquad (4)$$

となる。すなわち、上式は、

$$-T_j^n = \sum_m\sum_i J_{ij}^{m,n}[u_i^m] \qquad (5)$$

の形式に離散化され、これより開口変位$[u_i^m]$を求める。

3. 解析結果

図1に示す解析モデルに対して異方弾性体の二次元平面ひずみ状態の静的き裂解析を行い、得られたき裂開口変位から応力拡大係数[2]を求め、解析結果を評価する。無限遠方で一様な応力 σ_{22}^{∞} が作用しているとする。評価においては、応力拡大係数Kを無次元化したパラメータFを使用する。

$$F_1 = K_1/\sigma^{\infty}\sqrt{\pi c} \quad , \quad F_2 = K_2/\sigma^{\infty}\sqrt{\pi c} \qquad (6)$$

ここで、cはき裂長の1/2の長さである。

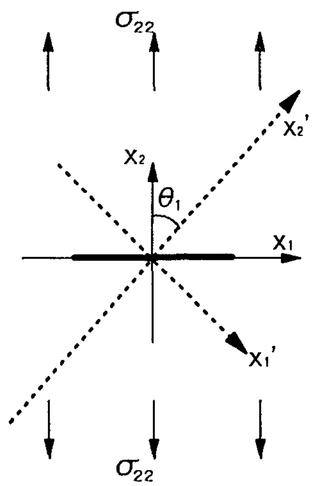
異方性の座標をx_1', x_2'とする。異方性の影響を見るため、x_2'方向の弾性定数E_2'を$E_1', 3E_1', 6E_1'$と変化させた時の無次元化応力拡大係数Fを求めた。まず、図1(a)に示すように、き裂を水平に保ったまま異方性の軸を回転させた場合について解析を行った。図2より、回転角度が小さい時は異方性の影響が大きく出てモード1の開口変位が小さくなりF_1は小さくなっている。また、異方性の軸が水平になるにつれて異方性の影響がなくなり等方性の場合と等しくなっていくのがわかる。次に、異方性の軸を座標軸(x_1, x_2)と一致させ、

異方弾性体、開口変位、応力拡大係数

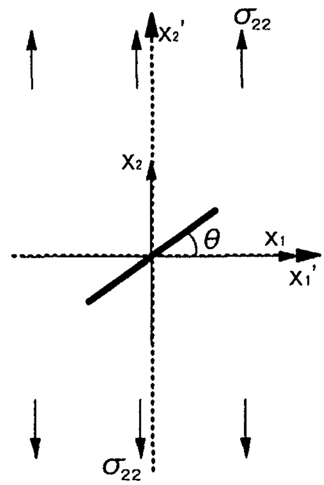
† 〒700　岡山市津島中2-1-1　*TEL*　086-251-8168　*FAX*　086-253-2993
‡ 同上

き裂を回転させた場合について解析を行った。図3より、F_2は異方性の影響をほとんど受けないのに対して、F_1は大きく影響を受けているのがわかる。

今後の展望としては、異方弾性体中の曲がりき裂の解析、き裂進展問題への応用などを考えている。



(a) 異方性の軸を回転させたモデル



(b) き裂を回転させたモデル

図 1 解析モデル

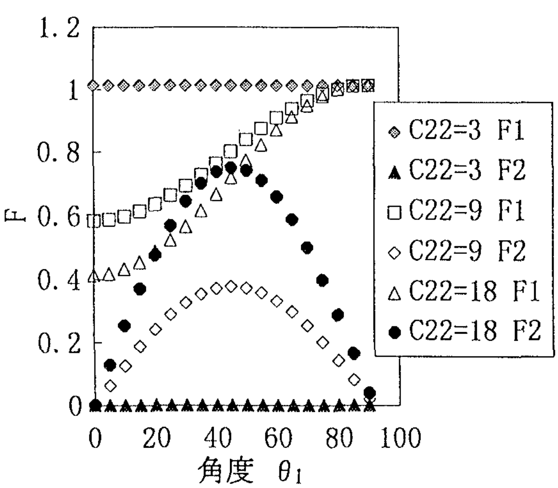


図 2 異方性の軸を回転させた時の応力拡大係数

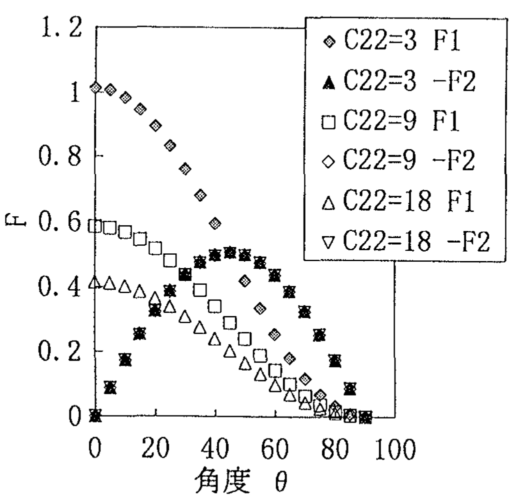


図 3 き裂を回転させた時の応力拡大係数

参考文献

1) C.-Y.Wang and J.D.Achenbach,Geophys.J.Int.,118,pp.384-392,1994
2) V.E.Saouma.and E.S.Sikiotis,Eng.Fract.Mech.,25,pp.115-121,1986