S4-015 会場：C405 時間：６月６日 14:00-14:15

三角形要素を用いた半解析的境界積分方程式法で３次元亀裂動力学問題を解くには

Solving three-dimensional crack dynamics problems with a semi-analytic boundary integral equation method using triangular elements

多田 卓[1]

Taku Tada[1]

[1] 科技団・科技特研

[1] JST Research Fellow

境界積分方程式法によって時間領域で３次元亀裂の動力学問題を数値的に解く際、各離散要素の形状、およびそれぞれの上でのすべり分布に一定の単純化条件を課すならば、積分核（グリーン関数）の離散化形は解析的に厳密な形で求められ、効率的で高精度な数値計算を行うことが可能になる。このような半解析的計算法は、長方形の離散要素を用いたものがすでに発表されているが、長方形要素の継ぎ合わせで表現可能な３次元亀裂の形状にはかなりの制限がある。どんな形状の曲面亀裂でも近似表現ができるよう、三角形状の離散亀裂要素を用いた同様の半解析的数値計算手法を提案する。

亀裂動力学問題の数値モデル化手法の１つである境界積分方程式法では、亀裂面上の応力をすべり分布（あるいはすべり速度分布）と一定の積分核（グリーン関数）との畳み込みとして表現した上で、この積分方程式を解くことによって、与えられた応力分布に対する亀裂面のすべり応答を求めるといった手順を踏むことが一般的である。計算に当たって、亀裂面は離散化により小さな構成要素の継ぎ合わせとして表現され、それに合わせて積分核も、ある１つの離散要素の上で起こった一定様式のすべりに対する、別の離散要素の上での応力応答係数という形に離散化される。時間領域での計算の場合は、時間の離散化も行われる。

無限・均質・等方的な媒質を考えるとき、もしもそれぞれの離散亀裂要素が平面的で単純な形状を持ち、各亀裂要素上のすべり速度分布が空間的に一様、またそれぞれの離散時間間隔内で時間的にも一様であると仮定するならば、解くべき離散化方程式の畳み込み係数は解析的に厳密な形で求められることになり、効率的で精度の高い「半解析的」計算を行うことが可能になる。

このような厳密な畳み込み係数を用いた半解析的計算法は、時間領域の３次元亀裂動力学問題においては、正方形ないし長方形状の離散亀裂要素を用いた手法がすでに発表され確立している (Fukuyama and Madariaga, 1998; Aochi, Fukuyama and Matsu'ura, 2000)。しかしながら、長方形離散要素だけの継ぎ合わせとして表現可能な３次元亀裂の形状は、かなり限られたものに過ぎない。ある１方向に沿ってどの位置で切っても同じ断面図が得られるような、いわば「金太郎飴」形の曲面亀裂ならば表現可能であるが、複雑に彎曲した亀裂面は、一般には長方形要素だけで表現することができない。

このような手法上の欠点を補うために、三角形状の離散亀裂要素を用いて半解析的な境界積分方程式法で３次元亀裂動力学の計算を行う手法を定義・提案する。三角形離散要素の継ぎ合わせとしてならば、どんな形状の曲面亀裂でも原則的に近似表現が可能である。各三角形要素の上ですべり速度分布が空間的に一様、またそれぞれの離散時間間隔内で時間的にも一様であると仮定して、１つの離散要素の上でそのようなすべりが起こった場合の、別の離散要素の上での応力応答係数の厳密な形を解析的に求めた。計算の手順は長方形要素の場合に比べ、さらにもっと煩雑なものになった。本講演では以上の理論的枠組みの概要と、解析的に求めた応答係数の表現を中心に紹介するが、亀裂動力学の数値シミュレーションへ向けた取り組みの進捗状況についても紹介したい。