306

影響関数法による表面下き裂の 応力拡大係数の解析とその応用 横浜国立大学 〇岩松史則 吉川直紀 白鳥正樹 東海大学 三好俊郎 日本海事協会 松田宏之 小俣重雄 松下久雄

1 緒

글

構造物の安全性を評価するためには、疲労き裂進展寿命 を正確に求めることが極めて重要である。その際、一般に、 き裂近傍における力学的パラメータである応力拡大係数(K 値)が用いられる。そこで著者らは、3次元表面き裂の深さ 方向及び幅方向に分布する任意の応力分布に対して、影響関 数法によりき裂前縁のK値を効果的に評価する方法を提案し、 平板中の半楕円表面き裂、丸棒中の半楕円表面き裂などに対 してき裂のK値の影響係数 Kijを求めてきた。¹² しかし、こ れらのデータも現場の技術者に対し使いやすい形に整備され ていなければ、有効に活用されない。そこで、白鳥研究室で は、今まで求められてきた影響係数 Kijを有効に活用し、パソ コン上で簡単に3次元表面き裂のK値を求め、併せて疲労き 裂伝播のシミュレーションが行えるシステム"SCAN" (Surface Crack Analysis)を開発した。

本報では、この"SCAN"の内、平板の表面下にき裂がある 場合の応力拡大係数の解析結果と、表面下き裂の影響係数 Kij に対応したき裂伝播解析ソフトを示す。

2 "SCAN" について

"SCAN"は、影響関数法の一部であり、それに包括される ものである。ユーザは、一般的な FEM 解析ツールを用いて、 き裂のない部材の解析を行い、き裂を想定する部位における 応力分布を求め、"SCAN"に入力する事が必要とされる。

"SCAN"の最大の特徴は、従来、エンジニアリングワーク ステーション (EWS) 級以上のコンピュータで解析していた き裂のK値が、影響係数 K_{ij}を有効に活用することでパーソナ ルコンピュータ (パソコン)上で簡単に精度良く求められる ことである。

現在、"SCAN"に組み込まれているき裂の影響係数 K_{ij}デー タベースは、表面き裂の応力拡大係数の算出及びき裂進展シ ミュレーションができるものとして、平板中の半楕円表面き 裂とコーナーき裂、丸棒中の半楕円表面き裂、ロータ中の軸 方向内側半楕円表面き裂、パイプ中の軸方向内側半楕円表面 き裂と周方向内側及び外側表面き裂があり、表面き裂の応力 拡大係数の算出のみ有効なものとして、ノズルコーナき裂、 内部き裂が組み込まれている。

"SCAN"は、この影響係数 K_{ij} データベースとユーザが入力 した任意の応力分布により求められる σ_j を用い、影響関数法 の重ね合わせの原理により、き裂の K 値を求めることができ る。その流れを、Fig.1 に示す。



Flow of the K-analysis and fatigue crack propagation based upon the proposed influence function method

Fig.1 Flow of influence function method

3 "SCAN(Sub-Surface Crack Version)"の概要

"SCAN"による K 値解析の応用例として,表面下にき裂を 有する平板でのき裂の伝播解析例を以下に示す。ASME Code Sec. XI³ に定義される表面下き裂のモデル化を Fig.2 に示す。これは a<c ではだ円形状に、a>c では円形状に置き 換えるものである。Fig.3 に表面下き裂の進展におけるモデル 化を示す。表面下き裂では A 点と B 点における K 値が異な るためにだ円形状を保ったまま進展はしない。そこで新たに モデル化する必要が出てくるが、ここで ASME の定義を用い ることにより

$2a'=2a+\Delta a+\Delta b$

 $2c'=2(c+\Delta c)$

のだ円形状になるように新たにき裂をモデル化する。そして き裂がさらに進展していくと、ある段階で表面下き裂から表 面き裂へと置き換える必要が出てくる。ここで、WES 2805-1997⁴⁾に定義される表面き裂への置き換えをFig.4に示 す。これは a/d≥0.8 で表面き裂へ置き換え、その際、a+d<c では半だ円表面き裂に、a+d≥c では半円表面き裂へと置き換 えるものである。これらの方法を用いることにより表面下き 裂のシミュレーションは可能であると考えられる。表面き裂 へと置き換えた後は a/t= 0.8 になるまでき裂進展シミュレー ションを実行する。

ここで, 各パラメータは, き裂深さ半長:a, き裂長さ半長: c, 表面からの距離:d、板厚:t, である。



Fig.3 Propagation model of sub-surface crack



Fig.4 Transposition to surface crack

4 表面下き裂の SCAN による解析結果

a=0.002, **c=0.004**, **d=0.005**, **t=0.03**, (単位 m) のパラ メータにおける一様引張り、曲げの SCAN を用いた解析結果 をそれぞれ Fig.5, Fig.6 に示す。

初期状態が同じ表面下き裂から一様引張りと曲げにおいて き裂進展シミュレーションを行うと最終形状や疲労寿命に大





Fig.6 Simulation of alternating bending loading

きな違いが現れた。即ち、Fig.5, Fig.6 の各パラメータの変化 と応力拡大係数の変化を表したグラフにおいてステップ状に 変化するサイクル数で表面下き裂から表面き裂へ置き換えた ことがわかることから、それぞれの疲労寿命に占める表面下 き裂及び表面き裂でのサイクル数の違いを明確に把握するこ とができる。

5 結 言

ASME、WESの基準を用い、さらに表面下き裂のK_{ij}デー タベースを作成することにより、表面下き裂からの疲労寿命 予測を行える "SCAN (Sub-Surface Crack Version)"を開発し た。疲労寿命に占める表面下き裂から表面き裂へ進展するサ イクル数の大きさより、表面下き裂から疲労き裂伝播のシミ ュレーションが行えることの重要性が確認できた。

尚、表面下き裂の実証実験は難しいため、解析結果を実験 結果と比較することができなかったことが今後の課題である。 参考文献

1) 白鳥, 他2名, 機論, 51.467 (昭60.7), 1828.

2) 白鳥, 他2名, 機論, 52·474 (昭61-2), 390.

3) American Society of Mechanical Engineers, ASME Code Section XI, Rules for in-service inspection of nuclear power plant components.

4) 日本溶接協会規格 WES 2805-1997「溶接継手の脆性破壊 発生及び疲労き裂進展に対する欠陥の評価方法」