

ダイクレ 正員 〇鈴木 清
 " " 白石 隆義
 名古屋大学 " 菊池 洋一

1. 結 言

一般に材料の疲労寿命は、キ裂発生寿命とキ裂伝播寿命の2つより成る。この2つの寿命は、初期切欠きの状態により、全寿命に占める割合が異なることが多くの実験によって確かめられている。すなわち、比較的鋭い切欠きの場合は、前者の寿命が支配的であり、一方鋭い切欠きを有する部材の場合は後者のそれが支配的である。従って、鋭い欠陥（溶け込み不良、融合不良等）が数多く存在する溶接継手の場合には、キ裂伝播寿命がほとんど全寿命を消費するであろうことは容易に分ることである。

本研究は、上述の事柄に注目し、Parisらの実験結果「キ裂成長速度と応力拡大係数範囲を両対数軸上にプロットした場合、ある範囲で直線関係にある」を用いて、溶接継手の疲労寿命を数値計算によって求めようとしたものである。数値計算を行なう際、溶接欠陥を半楕円形表面キ裂としてモデル化し、また、応力拡大係数は、溶接の余歪形状による応力の不均一分布を忠実に反映させるために山田が提案した幾何学的形状に関する修正係数を用いた。

2. キ 裂 成 長 方 程 式

一般に材料中に伝播する疲労キ裂の進展に関して、次式で示されるような関係が存在することがParisらのアルミニウムによる実験によって確かめられている。これはキ裂成長方程式と言われるもので以下のように表わされる。

$$da/dN = C(\Delta K)^m \quad (1)$$

ここで

da/dN キ裂成長速度
 ΔK 応力拡大係数範囲
 C, m 材料定数

さらに ΔK は

$$\Delta K = F(a) \sigma \sqrt{\pi a} \quad (2)$$

と表す。ここで

$F(a)$ 修正係数
 σ 作用応力
 a キ裂長さ

式(1)を、初期キ裂長 (a_i) から最終キ裂長さ (a_f) まで積分すれば、対象としている部材の破壊までの繰り返し数が求められる。すなわち

$$N = \frac{1}{C} \int_{a_i}^{a_f} \frac{da}{(\Delta K)^m} \quad (3)$$

となる。

さて、式(2)の修正係数 $F(a)$ は、2次元の応力集中を有する無限板中のキ裂に対する応力拡大係数の解を、我々が通常用いている溶接継手に存在するキ裂すなわち、3次元の応力集中を有するキ裂に対する解に適用するために用いる修正係数であり、次式に示すように更に4種類の下記修正係数より成ると考える。

$$F(4) = F_s F_w F_E F_G \quad (4)$$

ここで各種修正係数の意味は以下のようである。

F_s (自由表面の修正係数)

キ裂が自由表面に表われることによって生じるキ裂近傍の応力状態の変化を表す。

F_w (有限板厚の修正係数)

板厚が有限となることによって生じる応力分布の変化に対する補正を表す。

F_E (キ裂形状の修正係数)

部材中に存在するキ裂の形状に関する修正を表すもので、第2種の完全楕円積分である。

F_G (幾何学的形状の修正係数)

溶接部付近の板厚方向の応力分布の形状に対する補正を表す。

3. 数 値 計 算

数値計算を進めるに当たって、次のような仮定を行なった。

イ、キ裂発生寿命は応振寿命に比べて無視出来る程小さい。

ロ、応力拡大係数は充分な精度を有する。

ハ、材料定数は、初期キ裂長さから、最終キ裂長さに相当するKの範囲で一定である。

ニ、キ裂の形状は、キ裂の全応振期間を通じて一定である。

ホ、キ裂先端のソ性域の大きさは無視出来る。

上述のような仮定のもとで数値計算を行なったが、その際各種修正係数は次のものを用いた。

$$F_s = 1 + 0.12(1 - a/b)$$

$$F_w = [\sec \pi a/2t]^{1/2}$$

$$F_E = \frac{1}{\pi^{1/2}} \int_0^{\pi/2} [1 - (1 - a^2/b^2) \sin^2 \theta]^{1/2} d\theta$$

$$F_G = \Gamma(a) - \frac{2}{\pi} \int_0^a \sin(\pi x/a) \log x dx$$

ここで

a, b 楕円形に仮定したキ裂の深さと、キ裂長さの1/2

t 板厚

$\Gamma(x)$ キ裂侵入面(板厚方向)の応力分布

さらに、材料定数としては、Barsonの結果より $C = 1.43 \times 10^{-10}$, $m=3$ を用い、 a/b についてはAlbrechtの結果を用いて、 $a/b = 0.7$ とした。一方、数値計算結果を対比するデータとして、日本鋼構造協会が行なったリブ十字溶接継手および突き合せ溶接継手の仕上げの場合と、仕上げない場合の3種のデータを用いた。

なお用いたこれらのデータは、すべて片振り引張り試験データである。

4. 数 値 計 算 結 果

用いたデータがかなりばらついているので明確に断定することは出来ないが、平均的には、リブ十字の場合、初期キ裂長さを 0.11 mm 、突き合せの仕上げの場合 0.11 mm 、同じく仕上げない場合 1.2 mm と仮定した場合にかなり良く実験値と対応した。

5. 結 論

キ裂応振寿命が疲労寿命を支配するような溶接継手を対象とし、最も妥当な計算式および各種修正係数を用いて寿命の数値計算を行ない、実験結果と比較したところ、計算結果と実験結果とはかなり良く対応した。したがって、本手法は鋭り切れきを有する部材の場合、その疲労寿命を求めるのにかなり有効な手法と思われる。

参 考 文 献

K. Yamada : Fatigue behavior of structural components subjected to variable amplitude load:
P.h. Dissertation Univ. of Maryland, 1975