

(I - 10) 腐食環境下における溶接部材の疲労寿命予測法

群馬大学 学生員 新井 弘
群馬大学 正 員 坂野昌弘
足利工業大学 正 員 西村俊夫

1. はじめに

腐食環境下では、鋼材の疲労強度がかなり低下することが知られている。海浜部に架設される橋梁や凍結防止剤が使用される道路橋などでは早期に塗膜が劣化し、厳しい腐食作用を受けるおそれがあることから、腐食疲労による寿命低下について十分な認識をもって対処する必要がある。本研究では、橋梁の疲労亀裂発生位置の大半を占める隅肉回し溶接部を対象として、空気中と腐食環境下で行った疲労試験結果¹⁾に基づき、腐食環境下における溶接部材の疲労寿命予測法を提案した。

2. 予測方法

(1) 応力拡大係数

図-1に示したウェブガセットタイプの継手²⁾を対象として寿命予測を行った。溶接止端部に発生した半楕円形表面亀裂の応力拡大係数範囲 ΔK は、式(1)のように表わすことができる。

$$\Delta K = F_e \cdot F_s \cdot F_t \cdot F_g \cdot S_r \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

ここで、 S_r は公称応力範囲、 a は亀裂深さである。 F_e 、 F_s 、 F_t および F_g はそれぞれ亀裂形状、表面亀裂、有限の板厚、および継手形状に対する補正係数である。これらのうち F_e 、 F_s 、 F_t については、 $F_e = 1 / \sqrt{1 + 1.464(a/b)^{1.65}}$ 、 $F_s = 1 + 0.12(1 - a/b)$ 、 $F_t = (1 - 0.025\lambda^2 + 0.06\lambda^4) \sqrt{\sec(\pi\lambda/2)}$ 、ただし b は亀裂表面長さの1/2、 $\lambda = a/T$ (T は板厚)により求められる。 F_g は亀裂がない場合の応力分布から、重ね合わせの原理により求められる。亀裂のないときの応力分布は3次元FEMにより計算した。 F_g の板厚方向の分布を図-2に示す。

(2) 亀裂進展速度

図-3に、疲労試験¹⁾で得られた亀裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の関係を示す。 $m=3$ として回帰曲線を求めると、空気中では式(2)、腐食環境下では式(3)が得られる。

$$da/dN = 2.20 \times 10^{-12} (\Delta K)^3 \quad (2)$$

$$da/dN = 5.08 \times 10^{-12} (\Delta K)^3 \quad (3)$$

寿命予測にはこれらの関係式を用いた。空気中の ΔK_{th} は溶接継手について得られている $2.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$ を用いた。腐食環境下では低 ΔK 領域においても応力集中部で腐食ピットが成長し、それを起点として亀裂が発生進展する¹⁾ことから $\Delta K_{th}=0$ とした。

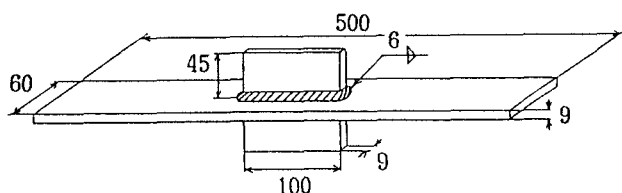


図-1 溶接継手の形状と寸法

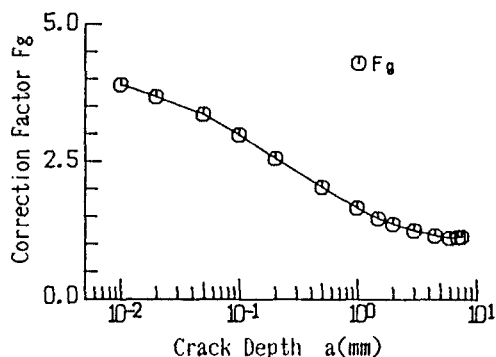


図-2 補正係数 F_g の分布

(3) 初期亀裂寸法

写真-1は亀裂発生点付近の破面の電子顕微鏡写真である。亀裂発生位置ではこのような表面に接し比較的平坦なファセット状の部分が観察された。これらのファセット状破面の深さの平均値 $15\mu\text{m}$ を初期亀裂寸法と仮定した。

3. 予測結果

亀裂発生寿命 N_c 、破断寿命 N_f の実験値¹⁾と予測曲線を図-4と図-5に示す。 N_c は最終亀裂深さ a_f を 0.4mm 、 N_f は板厚の80%として予測した。腐食疲労寿命についても空气中と同様に予測曲線が実測値を良く表わしている。したがって、ここで提案した方法により溶接継手の腐食疲労寿命が精度よく予測できることが示された。

参考文献

- 1) 新井他：土木学会第43回年次講演会、1-130、1988.
- 2) 金材研：疲れデータシート、No.21(1980)、No.31(1982)

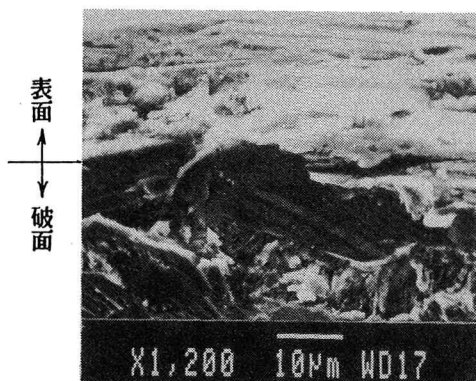


写真-1 ファセット状破面

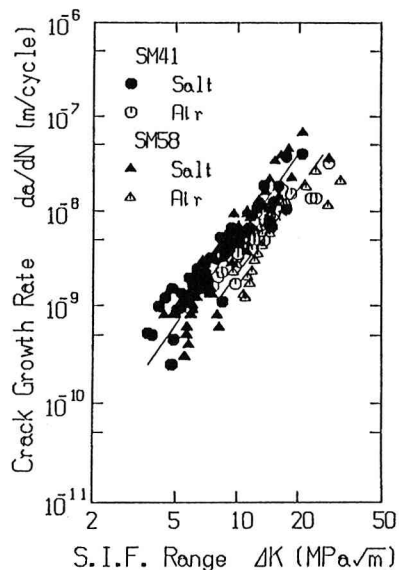


図-3 亀裂進展速度と ΔK の関係

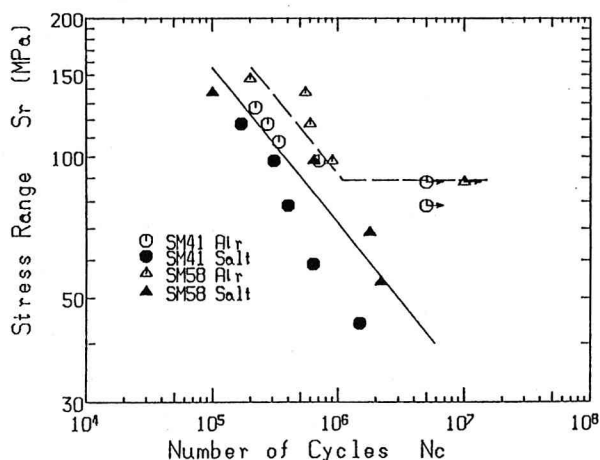


図-4 亀裂発生寿命予測結果

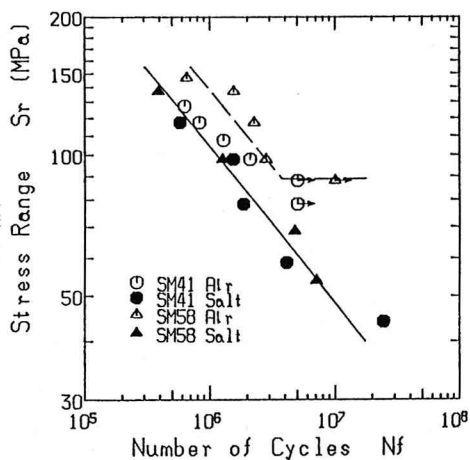


図-5 破断寿命予測結果