

名古屋大学 学生員 野村俊夫

名古屋大学 正員 山田健太郎

1. はじめに

一般に継手の応力集中部やブローホール、スラグの巻き込みなどの初期欠陥を有する溶接部などでは、すでに疲労寿命の初期にき裂が発生していることが多く、その疲労寿命は、疲労き裂の進展挙動によって大きく影響される。そのため、鋼材の疲労き裂進展速度の測定が重要になる。本研究では、SS41, SM50A, SM58Q, HT80について、定荷重振幅および変動ブロック荷重振幅による疲労き裂進展速度を測定し、鋼種、荷重形態の違いが疲労き裂進展速度に及ぼす影響について検討した。

2. 試験の概要

試験体は、図1に示すようなCT(compact type)試験片を用いた。変動荷重は、米国の道路橋で測定された応力の頻度分布のうち $\sigma_r/\sigma_{r,max} \geq 0.5$ の応力振幅を取り出して図2に示すような5段階のブロック荷重としたもので、一周期が1000サイクルになるように载荷した。定荷重は、荷重波形が正弦波で繰返し速度は、10 Hz以下で行った。試験機は、サーボ式疲労試験機を用い、応力比 ($= \Delta P / \Delta P_{max}$) は、 $R = 0.1$ とした。測定方法は、ASTM: E647-78Tに従って行った。き裂の測定は、顕微鏡を用いた。

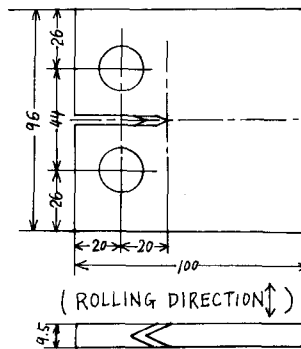


図1 CT試験片

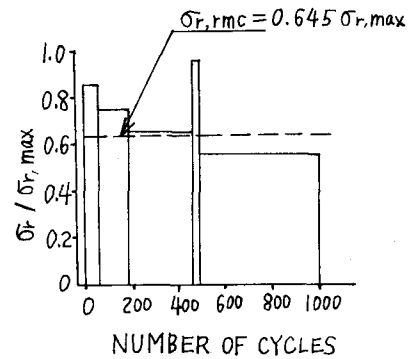


図2 変動ブロック荷重

3. 試験結果

各試験片で測定された疲労き裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK との関係を図3および図4に示す。図4中の実線は、同じ鋼種の定荷重振幅による試験結果の最小二乗近似直線である。なお、変動ブロック荷重は、式(1)のRMC法(三乗平均法)を用いて等価応力振幅に換算している。

$$\sigma_{r,eq} = (\sum \alpha_i \cdot \sigma_{ri}^3)^{1/3} \quad (1)$$

ここで、 $\sigma_{r,eq}$ は、等価応力振幅、 σ_{ri} は、変動荷重中のある応力振幅、 α_i は、変動荷重中のある応力振幅のおきる割合である。図4の横軸は、式(1)より求めた等価応力振幅による等価応力拡大係数範囲をとっている。図4より変動ブロック荷重による疲労き裂進展速度の試験結果は、定荷重振幅による試験結果の最小二乗近似直線の近傍にプロットされており、変動ブロック荷重をRMC法で等価荷重に換算することが有効な手法であることを示している。また、図5と図6に各鋼種ごとの、試験結果の最小二乗近似直線を示す。定荷重振幅によっても変動荷重振幅によっても鋼種による疲労き裂進展速度の差は、ほとんどないことがわかる。そこで、4つの鋼種の試験結果より、定荷重振幅および変動ブロック荷重振幅による疲労き裂進展速度式を求めると、それぞれ式(2)と式(3)のようになる。

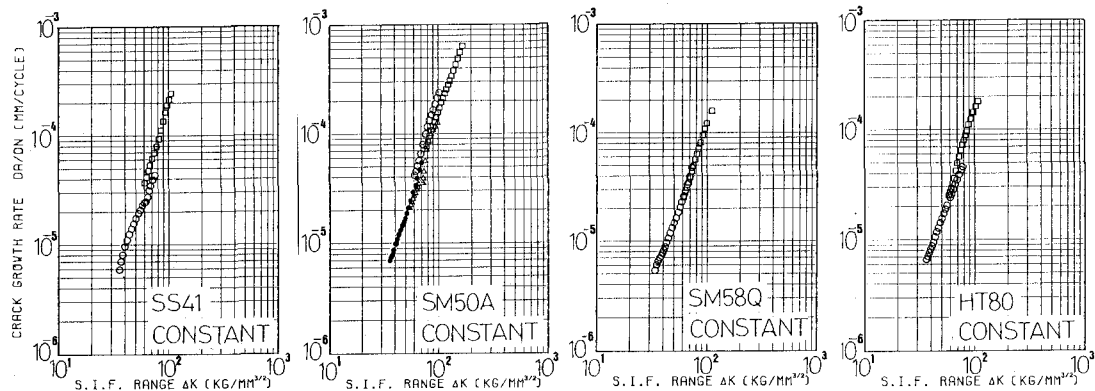


図3 疲労き裂進展速度の測定結果(定荷重振幅)

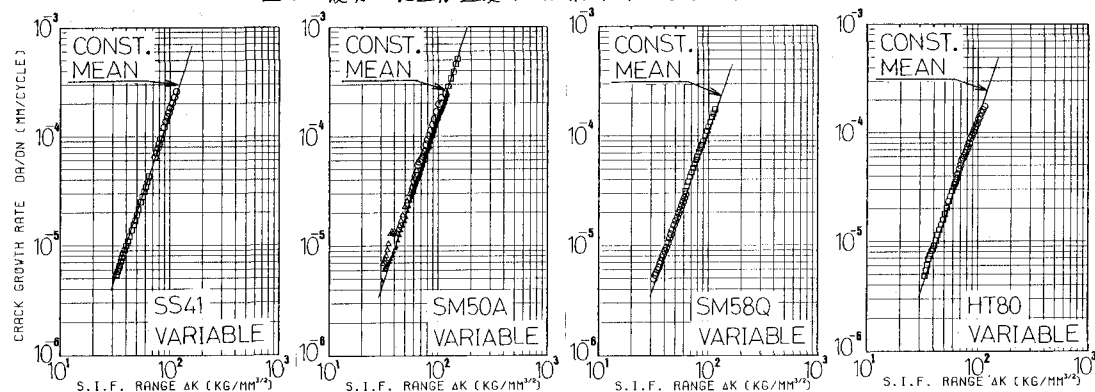


図4 疲労き裂進展速度の測定結果(変動荷重振幅)

定荷重振幅: $da/dN = 0.789 \times 10^{-10} (\Delta K)^{3.137}$ (2)

変動荷重振幅: $da/dN = 2.32 \times 10^{-10} (\Delta K_{eq})^{2.922}$ (3)

ただし、測定範囲は、定荷重振幅で $30 < \Delta K < 200 \text{ kg/mm}^{3/2}$ 、変動荷重振幅で、 $30 < \Delta K_{eq} < 160 \text{ kg/mm}^{3/2}$ であった。そこで式(2)と式(3)の値の違いがき裂進展挙動にどの程度影響を及ぼしてくるかを Penny Shape き裂の定荷重振幅による疲労き裂進展寿命を計算(式(2)と式(3)を N について解く)することにより検討してみた。その結果、き裂進展寿命には10%程度の差しか出ず疲労寿命推定の点では、式(2)と式(3)は、ほぼ等価な式とみなせることがわかった。

4. まとめ

(1) 今回の実験の測定範囲においては、疲労き裂進展速度は、鋼種(SS41, SM50A, SM58Q, HT80)によってほとんど変わらない。

(2) 変動ブロック荷重振幅による疲労き裂進展速度は、変動ブロック荷重をRMC法で等価荷重に換算して求めた等価応力拡大係数範囲を用いることにより、定荷重振幅による疲労き裂進展速度とほぼ一致する。

【参考文献】1). Barsom, J. Mand Rolf, S.T.: Fracture and Fatigue Control in Structures Applications of Fracture Mechanics, pp.232-267, 1977 2). 佐々木, 塩崎, 山田: 変動ブロック荷重による疲労き裂進展速度の測定, 第38回土木学会年講概要集, I-136 (1983)

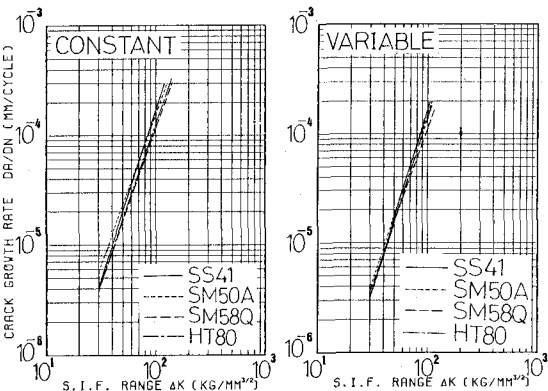


図5 各鋼種の近似式

図6 各鋼種の近似式