

(424) 鋼の疲れ限度を定めている欠陥の大きさの推定

金属材料技術研究所

田中 敏一

1. 緒言

図1に種々の鋼の疲れ限度 σ_w ($R=-1$)の抗張力 σ_B 依存性を示した¹⁾。強度が低い時には $\sigma_w=0.53\sigma_B$ の関係が成立するか、これは繰返し降伏応力 σ_{yc} が疲れ限度と密接に関連する($\sigma_w=0.88\sigma_{yc}$)ためである²⁾。ところが強度が高くなると σ_w の σ_B 依存性は飽和してくるか、これは非金属介在物のような欠陥に起因すると推測される。そこで本報では、 σ_w はき裂の伝播開始条件によって定まると考えられるので、破壊力学的取扱いで、 σ_w を定めている欠陥の大きさを推定した。

2. 破壊力学的計算

半円き裂状欠陥を仮定し、オ一近似として ΔK 値が下限値 ΔK_{th} に達したら伝播を開始すると考え、次式によりその限界き裂半長 a_{cr} を計算した(ΔK_{th} 条件)。

$$2\sigma_w(3\pi)/\pi a_{cr} = \Delta K_{th}, R=-1. \quad (1)$$

こゝで $\Delta K_{th}, R=-1 = 2^{0.71} \Delta K_{th}, R=0$ とし、 $\Delta K_{th}, R=0$ の σ_B 依存性は文献データを基に得た次式の関係を使った。

$$\Delta K_{th}, R=0 = 8.31 - 2.73 \times 10^{-3} \sigma_B. \quad (2)$$

しかし、この条件はき裂が十分大きく、 $\sigma_w/\sigma_{yc} \ll 1$ の時には成立するか、き裂が小さくなり、 $\sigma_w/\sigma_{yc} \approx 1$ となると試片の塑性変形の影響も無視できなくなり、見掛け上 ΔK_{th} 値は小さくなる。そこで、後者の場合、 ΔJ 値を考慮することにした(ΔJ_{th} 条件)。すなわち、き裂伝播開始条件は

$$\Delta J = \Delta J_{th} = \Delta K_{th}^2/E \quad (3)$$

とし、 ΔJ 値は次式により算出した³⁾。

$$\Delta J/(\Delta K_{th}^2/E) = 1 + 5.1 \times 10^{-3} (\sigma_w/\sigma_{yc})^{1.08} (E/\sigma_w). \quad (4)$$

σ_w は図1の実線の σ_B 依存性を持つと仮定し、 ΔK_{th} 条件で求めた限界き裂長さ $2a_{cr}$ を図2に実線で、 ΔJ_{th} 条件で求めた値を一乗鎖線で示した。

3. 考察及び結論

図2中の白抜き印は大きなき裂の $R=-1$ 下の測定結果を $\Delta\sigma = 2\sigma_w$ まで外挿した値で、当然のことながら実線の曲線と一致している。黒塗り印は平滑材で観察された停留き裂長さであり⁵⁾、表面欠陥もこの寸法以上になると疲れ限度に影響を及ぼしてくると考えられる。この停留き裂のデータ、とくにマルテンサイト組織のものは ΔJ_{th} 条件の計算曲線と良く一致している。図中の点線は、 $\sigma_B \geq 1200 \text{ MN/m}^2$ の領域でも $\sigma_w = 0.88 \sigma_{yc}$ の関係が成立する理想的な鋼の場合の計算値である。点線の曲線と一乗鎖線の曲線間の差が欠陥の影響を表わしていると考えられ、これより $\sigma_B \geq 1200 \text{ MN/m}^2$ の高强度鋼の疲れ限度を定めているのは $20 \sim 30 \mu\text{m}$ の欠陥であると推定できる。

[参考文献]. 1) 西島ほか; NRI M Data Sheet (1979)ほか。2) 西島ほか; 機構論 (1980)。3) C. F. Shih and J. W. Hutchinson; J. Eng. Mat. Techn. (1976), 289。4) 大内田ほか; 機論, 41 (1975), 703。5) 小林, 中沢; 機論, 23 (1967), 1529ほか。

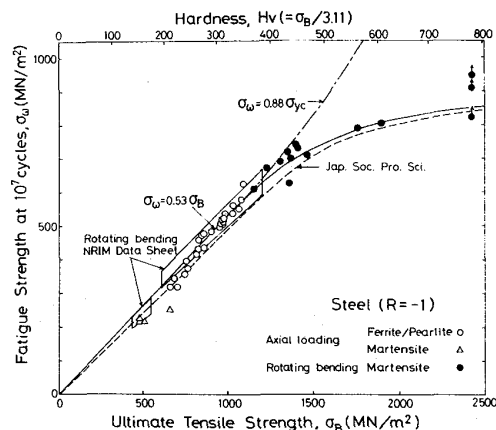


図1. 疲れ限度の抗張力依存性

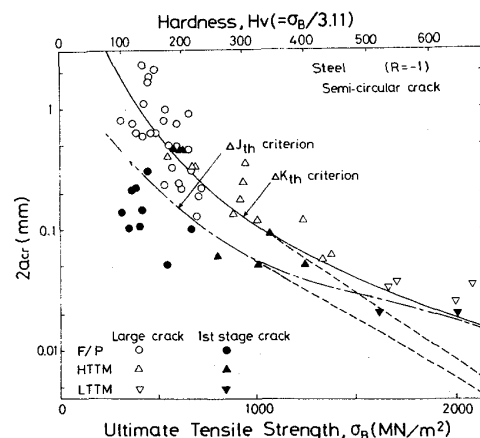


図2. 限界き裂長さの抗張力依存性