

(642) 高温水中における炭素鋼の疲労強度低下の定量的評価

(炭素鋼・低合金鋼の高温水中における低サイクル疲労特性 第4報)

石川島播磨重工 技術研究所 ○樋口 洵 坂本 博

1. 緒言 これまでに高温高圧純水中で炭素鋼の低サイクル疲労寿命が歪速度、温度あるいは溶存酸素(DO)濃度に依存して著しく低下することを報告してきた¹⁾。その後の研究で種々の因子の影響が定量的に把握できたので以下に報告する。

2. 疲労寿命の環境依存性 温度、DO濃度の異なる種々の高温高圧純水中で歪速度を変えて得られた炭素鋼のε-NデータをFig.1に示す。疲労寿命はこれらの因子によって大きく影響される。種々の環境条件下での疲労寿命と歪速度の関係をFig.2に示す。いずれの場合も寿命は歪速度とともに低下し、多少のばらつきは見られるが歪速度(ε̇_T)を1%/sに外挿した値はほぼ室温大気中寿命に一致する。Fig.2の各直線の傾きを歪速度依存性指数Pとして、Pと温度の関係をFig.3に同じくPとDO濃度の関係をFig.4に示す。各々の図でPの上限は図中の破線で示される。これらの結果より、室温大気中疲労ε-N関係を元に任意の条件の高温高圧純水中における炭素鋼の疲労寿命予測式を以下のように設定することができる。

$$\epsilon_{ta} = 0.231 (N_{25p} \dot{\epsilon}_T^{-P})^{-0.472} + 0.00108$$

ここで; P = 0.1 + αβ さらに、

$$\begin{cases} \alpha = 0 & D0 \leq 0.1 \text{ ppm} \\ \alpha = (D0 - 0.1) / 0.1 & 0.1 < D0 < 0.2 \\ \alpha = 1.0 & D0 \geq 0.2 \text{ ppm} \end{cases} \begin{cases} \beta = 0.2T/100 & T < 100^\circ\text{C} \\ \beta = 0.2 & 100 \leq T \leq 200^\circ\text{C} \\ \beta = 0.2 + 0.4(T - 200)/100 & T > 200^\circ\text{C} \end{cases}$$

3. 環境効果補正係数K_{en} 環境中での疲労強度低下を考慮して累積疲労損傷を評価するには、歪振幅に強度低下を補う割増係数を乗ずる手法が適当である。この係数をK_{en}とするとこれは次式で示される。

$$\begin{cases} K_{en} = 1.0 & S_a \leq 1.5 S_m \\ K_{en} = 1 + (\dot{\epsilon}_T^{-0.472} (0.1 + \alpha\beta) - 1) (1 - 1.5 S_m / S_a) & S_a > 1.5 S_m \end{cases}$$

ここで; S_mはASME Codeの設計応力強さで0.00108XE≐1.5S_mから置き替えを行った。S_aは負荷応力振幅、Eは弾性率である。Fig.1の結果をK_{en}を用いて等価歪振幅(K_{en}ε_{ta})として評価するとFig.5となり、実験点はほぼ室温大気中線図に近く、この手法の妥当性を示している。

1) 鉄と鋼 71(1985)p. 1025

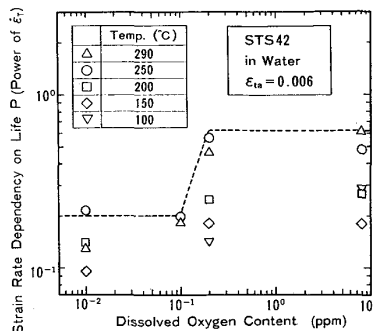


Fig.4 Relation between P and DO Content

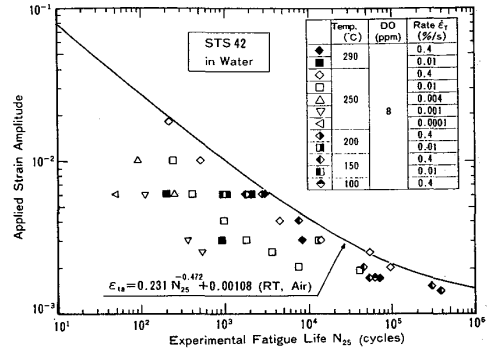


Fig.1 Fatigue Test Results of STS42 in Water

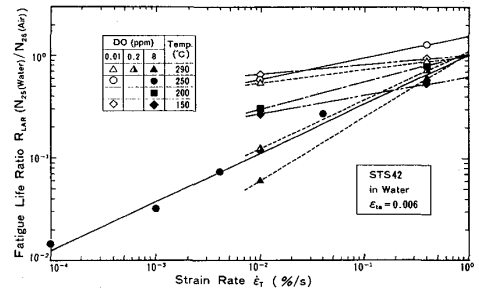


Fig.2 Relation between Fatigue Life Ratio and Strain Rate

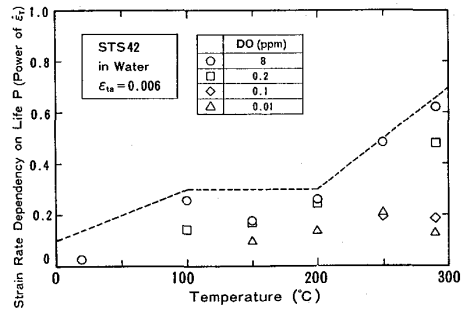


Fig.3 Relation between Strain Rate Dependency on Life (P) and Temperature

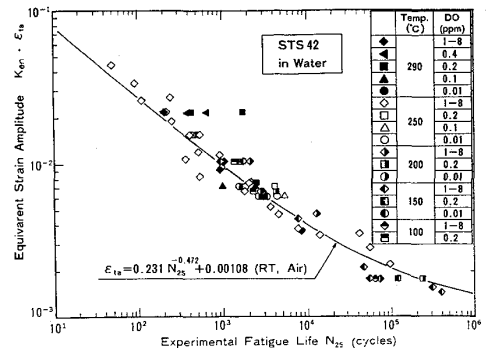


Fig.5 Test Results Evaluated by K_{en}