

(643) 高温水中における低合金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5報)

石川島播磨重工 技術研究所 ○樋口 洵 坂本 博
芝浦工業大学 機械工学科 飯田國廣

1. 緒言 炭素鋼の高温高圧純水中での低サイクル疲労挙動について報告してきたのに続いて、低合金鋼の同様環境中における疲労挙動について報告する。なお、以下の研究は日本原子力研究所の委託により日本溶接協会 T F C 小委員会の一環として行われた実験を中心としている。

2. 供試材及び実験方法 供試材は圧力容器用低合金鍛鋼 SFVV3 (現 JIS SFVQ2A, ASTM A508 cl. 3 相当) 鋼を用いた。高温水中での疲労試験の方法は全て炭素鋼の場合と同様である。

3. 実験結果 低サイクル疲労寿命が歪速度、温度、DO 濃度に依存する傾向は炭素鋼の場合と同様であったが、その程度はやや緩くなる傾向であった。種々の環境条件下での疲労寿命と歪速度の関係を Fig. 1 に示す。炭素鋼の場合に比べて傾きが小さく、またばらつきも大きい。歪速度 1 %/s での室温大気中寿命への収れん性は認められる。Fig. 1 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. 2 に同じく P と DO 濃度の関係を Fig. 3 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、炭素鋼と同様に室温大気中疲労 $\epsilon - N$ 関係を元に、任意の条件の高温高圧純水中における低合金鋼の疲労寿命予測式は以下ようになる。

$$\epsilon_{ta} = 0.419 (N_{25p} \dot{\epsilon}_T^{-P})^{-0.568} + 0.00140$$

ここで; $P = 0.1 + \alpha \beta$ さらに、

$$\begin{cases} \alpha=0 & D0 \leq 0.1 \text{ ppm} \\ \alpha=(D0-0.1)/0.1, 0.1 < D0 < 0.2 \\ \alpha=1.0 & D0 \geq 0.2 \text{ ppm} \end{cases} \begin{cases} \beta=0.1T/100 & T < 100^\circ\text{C} \\ \beta=0.175 & 100 \leq T \leq 200^\circ\text{C} \\ \beta=0.175+0.75(T-200)/100, T > 200^\circ\text{C} \end{cases}$$

4. 環境効果補正係数 K_{en} 炭素鋼と同様に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ための歪振幅に乘ずる割増係数 K_{en} は次式で示される。

$$\begin{cases} K_{en} = 1.0 & S_a \leq 1.5 S_m \\ K_{en} = 1 + (\dot{\epsilon}_T^{-0.568(0.1+\alpha\beta)} - 1)(1 - 1.5 S_m / S_a) & S_a > 1.5 S_m \end{cases}$$

ここで; S_m は ASME Code の設計応力強さで $0.00140 E \div 1.5 S_m$ から置き換えを行った。 S_a は負荷応力振幅である。Fig. 1 の実験結果を K_{en} を用いて等価歪振幅 ($K_{en} \epsilon_{ta}$) として評価すると Fig. 5 となり、実験点は室温大気中線図に近く、低合金鋼においてもこの手法が妥当であることを示している。但し、炭素鋼と比較すると低合金鋼の高温水中での疲労強度低下の度合いは少なく、補正係数の値は小さい。

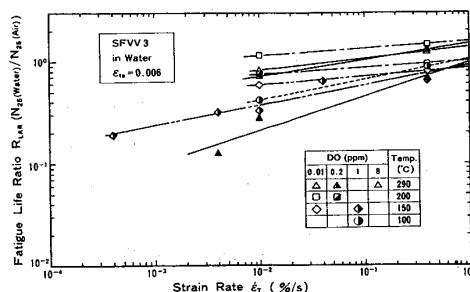


Fig. 1 Relation between Fatigue Life Ratio and Strain Rate

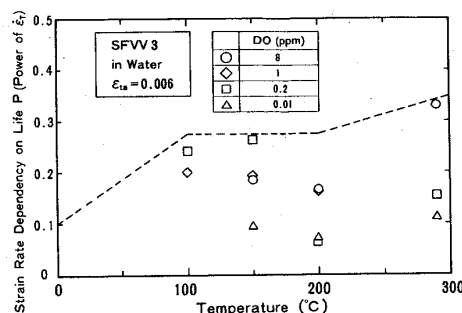


Fig. 2 Relation between Strain Rate Dependency on Life (P) and Temperature

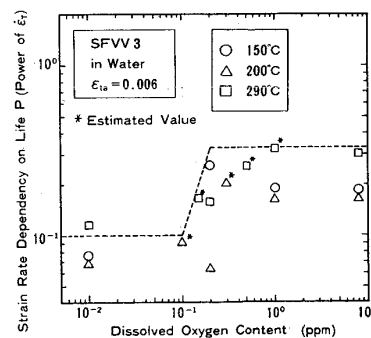


Fig. 3 Relation between P and DO Content

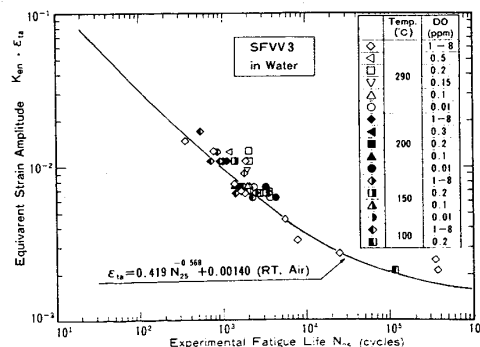


Fig. 4 Test Results Evaluated by K_{en}