

Q

低サイクル疲労と高サイクル疲労における疲労特性の特徴と、設計的な考慮事項は何でしょうか。

参照 QNo. : FA-02, FA-05, FA-14, FA-32

A

低サイクル疲労から高サイクル疲労に及ぶ疲労寿命予測式として、Manson は以下に示す改良共通勾配法を提案している⁽¹⁾。

$$\Delta\varepsilon = 0.0266\varepsilon_f^{0.155} \left(\frac{\sigma_B}{E}\right)^{-0.53} N_f^{-0.56} + 1.17 \left(\frac{\sigma_B}{E}\right)^{0.832} N_f^{-0.09} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\varepsilon$ は全ひずみ範囲、 ε_f は真破断ひずみ、 N_f は疲労寿命(通常は、25%荷重低下の繰返し数)、 σ_B は引張強さ(MPa)、 E は縦弾性係数(MPa)である。上式右辺第1項と第2項は、それぞれ、低サイクル疲労と高サイクル疲労の支配項である。したがって、低サイクル疲労は材料の真破断ひずみ ε_f に、高サイクル疲労は材料の引張強さ σ_B によって支配されていることが分かる。このことは工学上、非常に重要な示唆を与える。すなわち、高サイクル疲労強度を向上させるためには材料強度(引張強さ)を上昇させればよいが、反面、材料延性(真破断ひずみ)の低下により低サイクル疲労寿命が減少することを式(1)は示している。したがって、材料強度の異なる2本のS-N曲線は必ず交差し、低サイクル疲労と高サイクル疲労の特性は逆転する。

低サイクル疲労の特徴は、疲労の初期の段階からき裂が発生して、き裂が進展することであり、き裂の進展寿命が全寿命に占める比率が高い。一方、高サイクル疲労の特徴は、き裂の発生に塑性変形の多くの繰返しが必要であり、き裂の発生寿命が全寿命に占める比率が高いという点で、低サイクル疲労と大きく異なっている。

低サイクル疲労を対象とする設計では、部位が応力集中箇所限定され、有限寿命(時間寿命)の基準の設定が必要である。これに対して、高サイクル疲労を対象とする設計では、部位を限定せず、き裂の発生を許容することなく、半永久的な使用に耐えることが目的である。したがって、高サイクル疲労の場合は、応力を疲労限度以下に制限する設計が一般的である。

[参考文献]

- (1) Muralidharan, U. and Manson, S. S., 'A modified Universal Slopes Equation for Estimation of Fatigue Characteristics of Metals', Trans. ASME, J. Engng. Mater. Tech., Vol.110, (1986), pp.55-58.