

Q

低サイクル疲労と高サイクル疲労の間に境界はありますか。

参照 QNo. :FA-02, FA-06, FA-14, FA-16, FA-29

A

一般的な $S-N$ 曲線において、低サイクル疲労と高サイクル疲労の間で応力範囲(ひずみ範囲)または寿命の明確な境界はない。しかし、以下に示すように、 $S-N$ 曲線を Manson-Coffin 則で表示する場合には、低サイクル疲労と高サイクル疲労の間に、明確な境界を定義できる。

ひずみ制御両振り疲労試験における全ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_t$ は、弾性ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_e$ と塑性ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_p$ の和として、以下のように表示する。

$$\Delta \varepsilon_t = \Delta \varepsilon_e + \Delta \varepsilon_p \quad (1)$$

弾性ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_e$ と寿命 N_f は、以下のように、両対数線図上で線形の関係があり、この関係は Basquin 則という⁽¹⁾。

$$\Delta \varepsilon_e = C_e N_f^{-a} \quad (2)$$

ここで、 C_e および a は定数である。また、塑性ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_p$ と寿命 N_f も、以下のように、両対数線図上で線形の関係があり、この関係は Coffin 則という⁽²⁾。

$$\Delta \varepsilon_p = C_p N_f^{-b} \quad (3)$$

ここで、 C_p および b は定数である。上記の Basquin 則と Coffin 則を式(1)に代入すると、全ひずみ範囲と寿命の $S-N$ 曲線として以下の式が得られ、この式は Manson-Coffin 則という⁽³⁾。

$$\Delta \varepsilon_t = C_e N_f^{-a} + C_p N_f^{-b} \quad (4)$$

式(2)、式(3)および式(4)の関係を図 1 に示す。式(2)の弾性ひずみ範囲の直線と式(3)の塑性ひずみ範囲の直線は、 $\Delta \varepsilon_e = \Delta \varepsilon_p$ となる寿命で交差する。この交点に対応する寿命を境界寿命と定義する。

全ひずみ範囲の $S-N$ 曲線は、境界寿命よりも低サイクル側で塑性ひずみ範囲の直線に、高サイクル側で弾性ひずみ範囲の直線に漸近する。すなわち、低サイクル疲労は塑性ひずみ範囲に、高サイクル疲労は弾性ひずみ範囲に支配され、両者の境界の目安が境界寿命となる。ただし、境界寿命付近では、塑性ひずみ範囲と弾性ひずみ範囲の寄与はほぼ同じであるから、境界寿命にある程

度の幅をもたせて低サイクル疲労と高サイクル疲労の境界を定義することが妥当である。なお、多くの金属材料について、この境界寿命は 10^3 回～ 10^4 回程度となる。

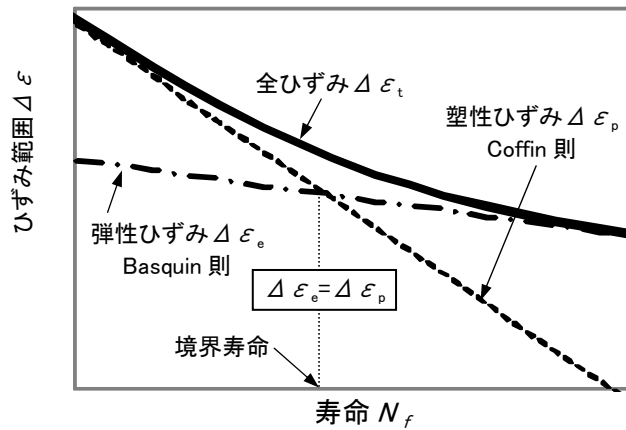


図 1 全ひずみ範囲と寿命の $S-N$ 曲線の表示

[参考文献]

- (1) Basquin, O. H., Proc. ASTM, Vol.10, p.625, (1910).
- (2) Coffin, L. F., and Schenectady, N. Y., 'A Study of the Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Materials', Transaction of the ASME, Vol.76, (1954), pp.931-950.
- (3) Manson, S. S., 'Behavior of Materials under Conditions of Thermal Stress', NACA Tech. Note 2933, (1953).