

Q

疲労強度を表す $S-N$ 曲線が応力振幅, 疲労き裂進展特性を表すパリス則が応力範囲により整理された歴史的背景を教えてください。

参照 QNo.: FA-14, FB-03, FB-04, FB-13

A

$S-N$ 曲線の概念は, ドイツの技術者 Wöhlerによる金属疲労の系統的实验により構築された。そのため $S-N$ 曲線を Wöhler 曲線ということもある。Wöhler は, 当時, 鉄道車両の車軸破損により発生した事故原因究明のため, 実体車軸曲げ疲労試験機を製作し, 車軸の回転曲げ疲労試験を実施した。両振り(応力比 $R=-1$)の回転曲げ疲労試験だったため, 正弦波形の繰返し応力の0を基準として, 正負(±)の応力振幅 σ (最大応力に等しい)を用いたのが, $S-N$ 曲線を応力振幅で整理した始まりとされている⁽¹⁾。

これに対し, Paris と Erdogan は, 切欠き平板試験片を用いて, 片振り(応力比 $R=0$)の条件で疲労き裂進展試験を行い, 式(1)に示すパリス則を見出した⁽²⁾。その際, 応力拡大係数範囲 $\Delta K = \Delta\sigma \sqrt{\pi a}$ として応力振幅 σ でなく, 応力範囲 $\Delta\sigma$ (最大応力に等しい)を用いたのが始まりである。疲労き裂進展では引張応力が支配的であり, 圧縮応力は寄与しない(応力拡大係数が負となる)。したがって, 片振りの条件において, σ でなく, $\Delta\sigma$ を用いた理由と考えられる。

応力振幅は応力範囲の 1/2 であり, $S-N$ 曲線, パリス則のいずれもどちらで表示しても不都合はない。慣習的に使い分けられているだけである。なお, $S-N$ 曲線, パリス則のいずれにも, 平均応力(応力比)が影響を及ぼす。 $S-N$ 曲線の場合は, 応力振幅で表示した結果に平均応力の影響が考慮される。パリス則の場合は, 応力範囲で表示した結果に応力比の影響が考慮される。これも慣習的な使い分けである。

$$da/dN = C\Delta K^m \quad (1)$$

[参考文献]

- (1) 例えば、日本材料学会編、‘疲労設計便覧’、第2版、養賢堂、(2005)。
- (2) Paris, P. and Erdogan, F., ‘A Critical Analysis of Crack Propagation Laws’, Trans. ASME, Ser.D, J. Basic Eng., Vol.85, (1963), p.528.