

Q

疲労試験をしないで疲労限度を得るには、どうしたらよいでしょうか。

参照 QNo.: FA-02, FA-07, FA-09, FA-12, FA-29, FA-32, FA-49

A

疲労限度は、静的な機械的性質に依存するため、引張強さと硬さという機械的性質から推定できる。

鉄鋼材料の完全両振りの疲労限度 σ_{w0} と引張強さ σ_B の関係を図 1 に示す⁽¹⁾。 $\sigma_B \doteq 1500\text{MPa}$ 程度までは、引張強さの増大に伴い疲労限度も上昇しており、 $\sigma_{w0} \doteq 0.5\sigma_B$ の関係がある。疲労限度 σ_{w0} とビッカース硬さ HV の関係を図 2 に示す⁽¹⁾。引張強さと同様に、ビッカース硬さ HV が 400 程度までは、硬さの増大に伴い疲労限度は上昇しており、 $\sigma_{w0} \doteq 1.6\text{HV}$ の関係がある。

また、残留応力を含めて任意の引張平均応力 σ_m が作用する場合の疲労限度 σ_a は、以下のガーバー線図または修正グッドマン線図を用いて、完全両振りの疲労限度 σ_{w0} からの低下を推定することができる。

$$\text{ガーバー線図: } \sigma_a = \sigma_{w0} \left[1 - (\sigma_m / \sigma_B)^2 \right] \quad (1)$$

$$\text{修正グッドマン線図: } \sigma_a = \sigma_{w0} (1 - \sigma_m / \sigma_B) \quad (2)$$

鉄鋼材料のガーバー線図および修正グッドマン線図と疲労試験結果の比較の一例を、図 3 に示す⁽²⁾。両線図と試験結果は比較的良好に一致している。

以上のように、疲労限度は引張強さ σ_B と硬さ HV から推定することができる。なお、種々の材料の疲労強度と機械的性質の関係は、物質・材料研究機構のデータシート資料集で公開されている⁽³⁾。

一方、引張強さが 1500MPa を超える高強度鋼の場合は、引張強さが増大しても疲労限度の上昇は頭打ちとなるため、注意が必要である。高強度鋼の疲労限度と硬さの関係を図 4 に示す⁽⁴⁾。高強度鋼で疲労限度の上昇が頭打ちとなるのは、介在物などの微小な材料欠陥の影響を受けることが、主な原因である。微小な材料欠陥を持つ鉄鋼材料の疲労限度の予測式があり、表面欠陥の場合に次式が提案されている⁽⁵⁾。

$$\sigma_w = 1.43(\text{HV} + 120) / (\sqrt{\text{area}})^{1/6} \quad (3)$$

式(3)の σ_w の単位は MPa、 $\sqrt{\text{area}}$ は微小な材料欠陥または介在物を主応力面に投影した面積の平方根で、単位は μm である。

なお、高強度鋼では、材料内部を起点として、 10^7 回以上の繰返し数で疲労破壊を生じ、疲労限度が消失することがある。図 4 に示した疲労限度は 10^7 回疲労強度であるが、 10^7 回疲労強度が硬さの増大に伴い低下する範囲では、材料内部の介在物を起点として疲労破壊している。したがって、 10^7 回以上の疲労強度は、さらに低下することが予測される。これが超高サイクル疲労の特性である。

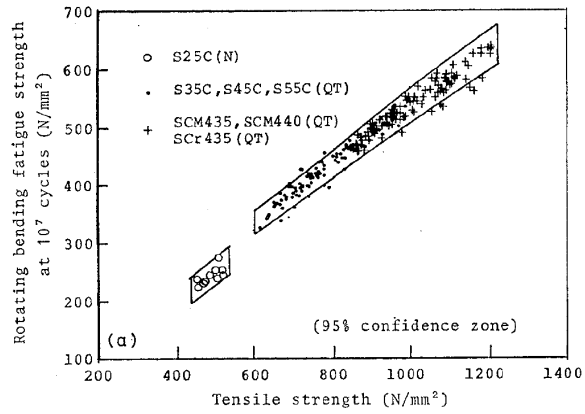


図 1 疲労限度と引張強さの関係⁽¹⁾

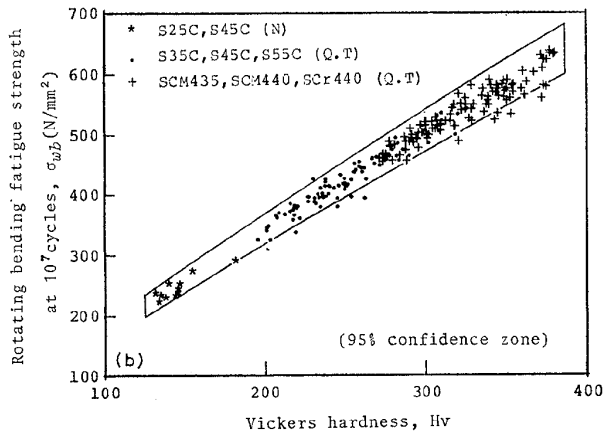


図 2 疲労限度とビッカース硬さの関係⁽¹⁾

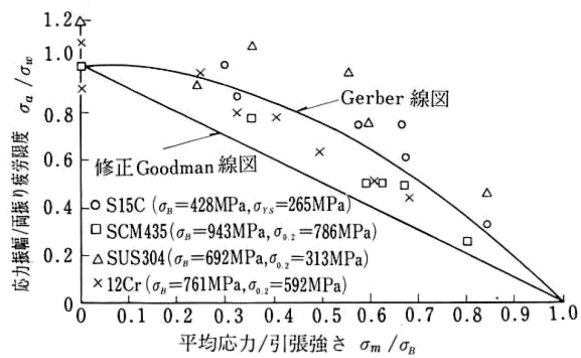


図 3 ガーバー線図および修正グッドマン線図の例⁽²⁾

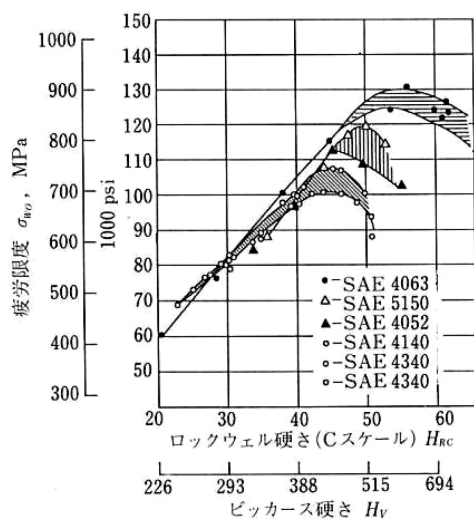


図4 高強度鋼の疲労限度と硬さの関係⁽⁴⁾

[参考文献]

- (1) 西島敏、'疲労試験データの統計的整理'、材料、Vol.29、No. 316、(1980)、pp.24-29.
- (2) 日本材料学会編、'疲労設計便覧'、養賢堂、(1995)、p.82.
- (3) (独) 物質・材料研究機構、'材料情報ステーション MatNavi'、データシート資料集 No.5、<http://smds.nims.go.jp/document/>、(参照日 2015 年 1 月)。
- (4) Garwood, M. F., et al, 'Correlation of Laboratory Tests and service Performance', International of Tests and Correlation with Service, (1951), ASM, pp. 1-77.
- (5) 村上敬宜、'微小欠陥と介在物の影響'、養賢堂、(1993)、p.58.