

(335) 組合せ荷重疲れ試験結果に与える試験片形状の影響

金属材料技術研究所 田中 絃一, 松岡 三郎
宮沢 和徳

1. 緒言 筆者らはSNCM8鋼の中空と中実の丸棒試験片を使って引圧とねじりの組合せ荷重下での疲れ試験を行ってきた。その結果はMisesの相当応力振幅 $\sigma_{eq,a} = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2}$ が最も良くできた。 $(\sigma_a$: 軸応力振幅; τ_a : せん断応力振幅)。しかし, 中実試験片による結果は図1に示すようにせん断応力成分が高くなるほど強度が高くなっており, その傾向は高応力振幅になるほど強まっている。これは中実試験片の場合, ねじり変形に対して中心部の拘束が表面の塑性変形を妨げている事に起因する。本報ではその拘束の大きさを塑性力学的に計算し, その影響を取除けば中実試験片を使った試験結果は中空試験片を使った試験結果と良く一致する事を示した。

2. 解析 半径Rの中実丸棒試験片に働くねじりモーメントをMとする。試験片中心より半径rとr+drの間に生ずるせん断応力とひずみをそれぞれ $\tau(r)$, $\gamma(r)$ とすると

$$M = 2\pi \int_0^R \tau(r) r^2 dr \dots\dots (1) \quad \text{および} \quad r/R = \gamma/\gamma_R \dots\dots (2) \quad \text{と与えられる。}$$

ここで γ_R は試験片表面におけるせん断ひずみである。試験片が弾性状態であると試験片表面におけるせん断応力 τ_R^e は $2M/\pi R^3$ と求まり, 図1の応力はこの弾性計算により算出された。試験片が塑性変形すると表面と中心部では塑性ひずみ $\epsilon_{ij}^p(r)$ は異ってくる。 $\epsilon_{ij}^p \ll 1$ であるから全ひずみ理論を採用しHenckeyの関係式 $\epsilon_{ij}^p = \phi \sigma_{ij}'$ を使うと

$$\epsilon^p/\sigma = \gamma^p/3\tau = \epsilon_{eq}^p/\sigma_{eq} \quad (3)$$

という関係式を得る。ここで σ , ϵ^p は軸応力および塑性ひずみである。(2)式のせん断ひずみ $\gamma(r)$ は(3)式を使い $\gamma = \gamma^p + \gamma^e = [3\tau(r)\epsilon_{eq}^p(r)/\sigma_{eq}(r)] + \frac{\tau(r)}{\mu}$ (4)と表わされる(μ : せん断弾性常数)。

以上(1)-(4)式をくり返し変形の場合に適用し, 応力とひずみを振幅値で考え, くり返し応力ひずみ関係

$$\epsilon_{eq}^p = (\sigma_{eq}/\sigma_i)^{n'} \quad (5)$$

を使うと試験片表面に働くせん断応力振幅 τ_R を求められる。ただし, 計算は簡単のために軸応力 σ は半径rに依存せず一定($=\sigma_e$)と仮定した。すなわち拘束は $\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_R^2}/\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau^2}$ の割合で働くと考えられる。

3. 結果 (5)式のくり返し応力ひずみ関係は図1の軸荷重試験結果およびManson-Coffinプロットより寿命 N_f を消去して求めた。図1の点線のSN曲線は純ねじり変形の場合($\tau_a/\sigma_a = \infty$)の理論曲線で高応力側で実験と理論は良く一致している。図2は図1の結果を拘束の影響を上記の計算を基にして取除いた結果である。図中の中抜き印は中空試験片を使って得た結果で両者の結果はこの様な補正をほどこすと応力比に関係なく極めて良く一致している。Proc. ICF4, 2(1977) 1161

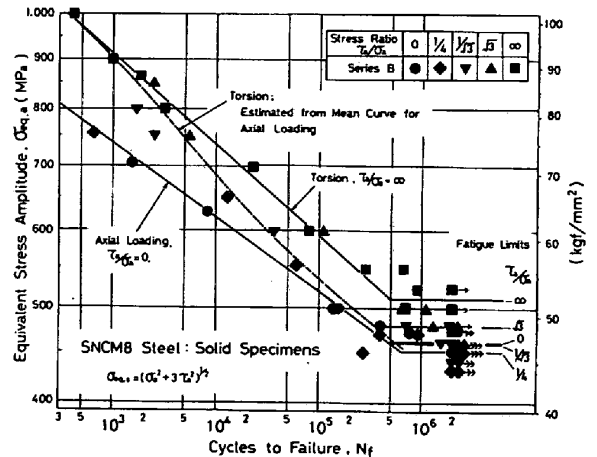


図1. 組合せ荷重疲れ試験結果(中実試験片)

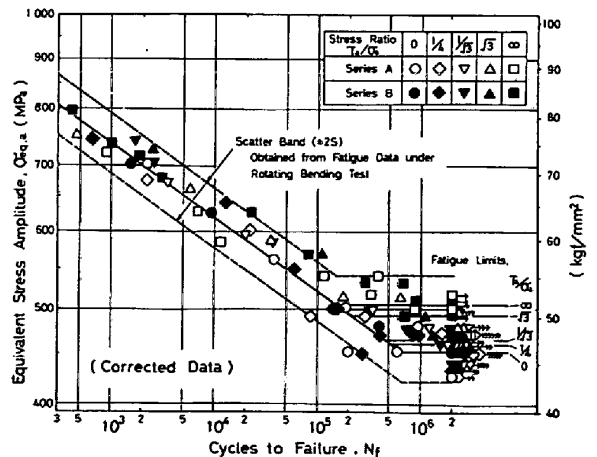


図2. 組合せ荷重疲れ試験結果(補正後)