



Smith-Watson-Topper 法とは、どのような疲労解析方法ですか？

参照 QNo. :FA-44, FA-49, FC-15



Smith-Watson-Topper(SWT)法⁽¹⁾は、疲労強度に及ぼす平均応力の影響を取り扱う疲労解析方法の一つである。SWT 法では、式(1)に従い、応力振幅 σ_a と最大応力 σ_{max} の組合せにより等価応力振幅 σ_{aeq} を決定する。

$$\sigma_{aeq} = \sqrt{\sigma_a \sigma_{max}} = \sqrt{\sigma_a(\sigma_a + \sigma_{mean})} \quad (\sigma_{max} > 0) \quad (1)$$

疲労強度に及ぼす平均応力の影響を取り扱う疲労解析方法は多数提案されており、表 1 に示す。引張強さなどの材料特性を考慮する必要がある疲労解析方法と、必要がない疲労解析方法に区分される。SWT 法は、材料特性を考慮する必要がない疲労解析方法である。

表 1 疲労強度に及ぼす平均応力の影響を取り扱う疲労解析方法

材料特性を考慮する必要性	疲労解析方法	式
有	修正 Goodman 法	$\sigma_{aeq} = \frac{\sigma_{mean}}{1 - \sigma_{mean}/\sigma_B}$
	Gerber 法	$\sigma_{aeq} = \frac{\sigma_{mean}}{1 - (\sigma_{mean}/\sigma_B)^2}$
	Soderberg 法	$\sigma_{aeq} = \frac{\sigma_{mean}}{1 - \sigma_{mean}/\sigma_y}$
	Peterson 法	$\sigma_{aeq} = \frac{7\sigma_{mean}}{8 - (1 + \sigma_{mean}/\sigma_B)^3}$
無	SWT 法	$\sigma_{aeq} = \sqrt{\sigma_a(\sigma_a + \sigma_{mean})}$

σ_{aeq} :等価応力振幅 σ_a :応力振幅, σ_{mean} :平均応力, σ_y :降伏強度, σ_B :引張強さ

一方, Walker は疲労き裂進展速度に及ぼす応力比 R の影響を取り扱うために、応力範囲 $\Delta \sigma$ と最大応力 σ_{max} を組合わせた式(2)の等価応力範囲 $\Delta \sigma_{eq}$ を提案している⁽²⁾。

$$\Delta\sigma_{eq} = \sigma_{max}(1 - R)^\gamma = \sigma_{max}^{1-\gamma}\Delta\sigma^\gamma \quad (2)$$

ここで、 γ は材料定数で、 $0 \leq \gamma \leq 1$ の値として定義される。 $\gamma=0$ の場合には $\Delta\sigma_{eq}=\sigma_{max}$ 、 $\gamma=1$ の場合には $\Delta\sigma_{eq}=\Delta\sigma$ となり、 $\gamma=1/2$ の場合が⁸SWT法の等価応力振幅に相当する。

Smithらは最初に、応力ひずみ関数($\sqrt{\sigma_{max}\epsilon_a E}$)を提案し、種々の金属材料の広範な疲労曲線のデータについて、平均応力に関わらず応力ひずみ関数と疲労寿命が一義的な関係にあることを示した。最近の研究でも、種々の金属材料の広範な疲労曲線のデータベースの調査に基づき、SWT法の等価応力振幅 σ_{aeq} の適合性が⁸、他の疲労解析方法と比較して最も優れていることが示されている⁽³⁾。

[参考文献]

- (1) K. N. Smith, P. Watson and T. H. Topper, A Stress-Strain Function for the Fatigue of Metals, Journal of Materials, Vol.5, No.4, Dec.1970, pp.767-778.
- (2) K.Walker, The Effect of Stress Ratio During Crack Propagation and Fatigue for 2024-T3 and 7075-T6 Aluminum, Effects of Environment and Complex Load History on Fatigue Life, ASTM STP 462,(1970),pp.1-14.
- (3) S. Asada, T. Hirano, T. Sera, Proceedings of ASME PVP2015, PVP2015-45089, (2015).