

特定位置応力を用いたフレットング疲労寿命評価

服部敏雄^{*1}, 山下洋一^{*2}, Vu Trung Kien^{*3}, 山下実^{*1}

Fretting fatigue life estimation based on the critical distance stress theory

Toshio HATTORI^{*4}, Youichi YAMASHITA, Vu Trung KIEN and Minoru YAMASHITA

^{*4} Gifu University, Dept. of Mechanical and System Engineering
Yanagito 1-1, Gifu City, Gifu, 501-1193 Japan

Fretting fatigue process have many features such as early stage crack initiation at contact edge, very slow crack propagation and fatigue failure after very long life operation of machinery. In previous paper we presented new fretting fatigue model which can explain fretting fatigue life especially on the ultra high cycle region. In this paper we introduce the fretting fatigue life estimation methods especially on low cycle fatigue region. Generally fretting fatigue S-N curve have two regions, one is high cycle (low stress) region and second is low cycle (high stress) region. In previous paper we introduced the fretting fatigue life estimation methods in high cycle region by considering the wear process. And in this estimation method the fretting fatigue limit can be estimated as the crack initiation limit at contact edge. In this paper we introduce the low cycle fretting fatigue life estimation method using the critical distance theory. Generally this critical distance theory was applied for the fatigue limit estimation using fatigue limit of smooth specimen σ_w , and threshold stress intensity factor range ΔK_{th} . In this paper we estimated the low cycle fretting fatigue life based on new critical distance theory, which is modified for high stress region using ultimate tensile strength σ_B , and fracture toughness KIC. The critical distance for estimating low cycle fretting fatigue strength was calculated by interpolation of critical distance on fretting fatigue limit (estimated from σ_w and ΔK_{th}) with critical distance on static strength (estimated from σ_B and KIC). By unifying these low cycle fretting fatigue life estimation method with high cycle fretting fatigue life estimation method which was presented previous paper we can estimate the total fretting life easily. And to confirm the availability of this estimation method we perform the fretting fatigue test using Ni—Mo—V steel.

Key Words : Stress singularity, Wear, High cycle fatigue, Low cycle fatigue, Critical distance theory

1. 緒 言

一般に高サイクル領域のフレットング疲労は、低応力下での早期き裂発生、ゆっくりしたき裂の進展、摩耗により集中面圧低下することによる超高サイクル領域での疲労限低下を特徴とし、これまで、接触端応力特異場パラメータを用いたき裂発生評価、破壊力学解析・摩耗解析を用いたき裂進展評価に基づいたフレットング疲労強度・寿命の予測法をまとめてきた⁽¹⁾。しかし発電プラントでの回転体の強度設計においては、近年の電力需要変動への柔軟な対応から Daily Start-Stop 等の要求が高まり、例えば図1に示す様なガスタービンの翼取り付け部等では、従来考えられてきた、変動流体力起因の高サイクルフレットング疲

労のみならず、起動・停止の繰返しに伴う低サイクルフレットング疲労の評価も必要となってきた。本報告ではこの低サイクルフレットング疲労強度・寿命を、特定位置応力評価法を用いて予測し、実験結果との比較を行う。

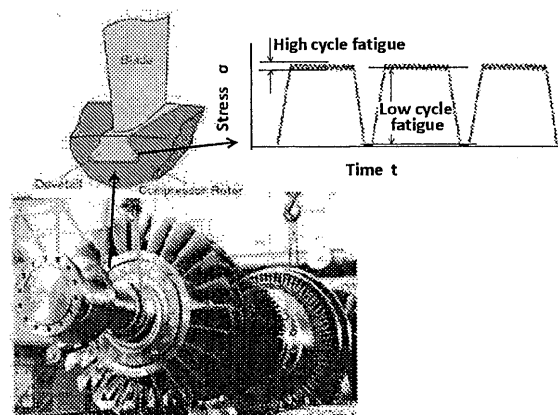


Fig. 1. Assembled gas-turbine compressor rotor and blade dovetail joint

^{*1} 正員, 岐阜大学 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

^{*2} 正員, (株)IHI 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町 1)

^{*3} 学生員, 岐阜大学 (院) (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

E-mail: hattori@jgifu-u.ac.jp

2. 特定位置応力を用いた強度評価法

特定位置応力強度評価法は、応力分布の両極端平滑材と、き裂材のそれぞれの疲労限 σ_{w0} とき裂進展限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} での応力分布の交点 r_p (point method)、あるいは囲まれた面積が等しくなる点 r_L (line method) を求め、評価対象とする部材の応力分布が上記と同じ条件になったとき疲労限になると評価する方法である (図2参照)。それぞれの位置は以下のごとく示される。

point method では $r_p = (\Delta K_{th} / \Delta \sigma_{w0})^2 / 2\pi$ (1)

line method では $r_L = 2(\Delta K_{th} / \Delta \sigma_{w0})^2 / \pi$ (2)

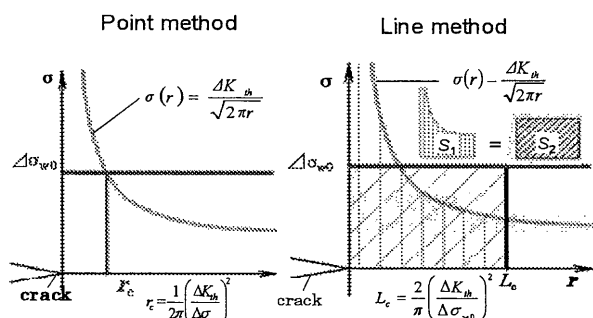


Fig. 2 Derivation of critical distance r_p and r_L

3. 特定位置応力法の低サイクル疲労評価への適用

上記特定位置応力法は、 σ_{w0} 、 ΔK_{th} を用いることからわかるように疲労限予測のためのものであるが、この方法も、同じように σ_B 、 K_{IC} 、あるいは平滑材の低サイクル疲労特性が分かれば任意の形状、応力分布下の部材の低サイクル疲労強度・寿命の評価に適用できると考えられる。具体的には上記 σ_{w0} 、 ΔK_{th} を用いた疲労限対応特定位置 r_p 、 r_L と、 σ_B 、 K_{IC} 用いた静的強度対応特定位置 r_p' 、 r_L' を図3右に示すように内挿

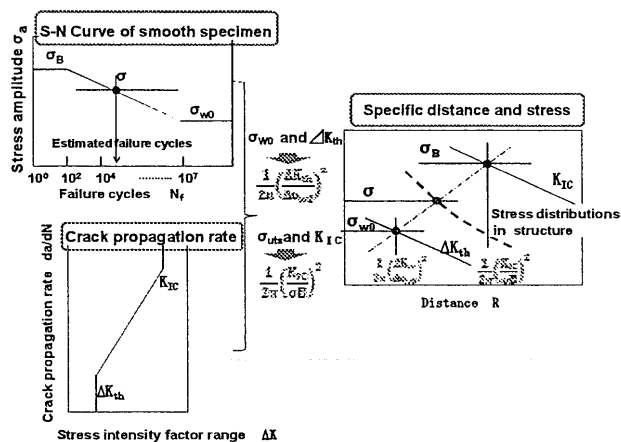


Fig. 3 Derivation of specific distance in low cycle fatigue region and estimation of low cycle fatigue life

して、実構造部材の低サイクル (有限寿命) 領域の疲労強度・寿命を予測する。この内挿の最も単純な直線補間を考えると低サイクル疲労領域の特定位置は図3右の一点鎖線の上に存在すると仮定される。従って、実構造部材の実働応力をこの図上に破線の如くプロットすると、この一点鎖線と破線の交点から求められる特定位置応力 σ を、図3左上の平滑材の S-N 曲線から、この応力状態での破断寿命が予測できる。

4. 特定位置応力法の低サイクルフレッティング疲労評価への展開

低サイクルフレッティング疲労評価では、摩耗を考慮する必要がなく、従って初期接触条件の応力解析結果から前章の方法で疲労強度・寿命が評価できる。このようにして求めたプロセスを、図4に、また求めた低サイクルフレッティング疲労強度を図5破線に示すが実験結果とよく合っていることが分かる。

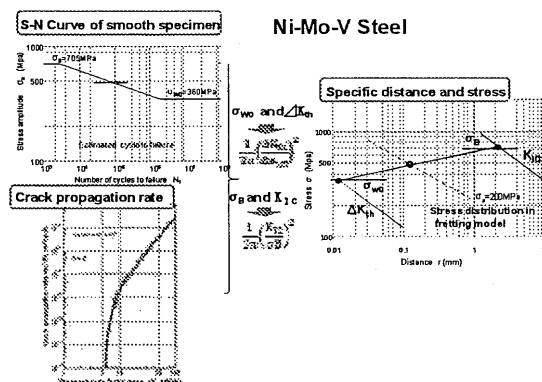


Fig.4 Derivation of specific distance in low cycle fretting fatigue region and estimation of low cycle fretting fatigue life

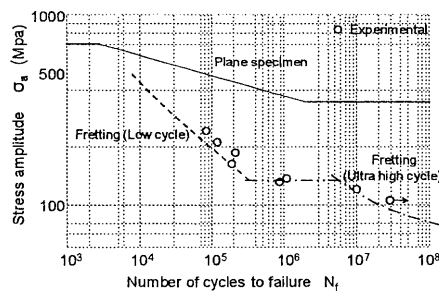


Fig.5 Estimated and experimental fretting fatigue S-N curves

文 献

- (1) Hattori, T., and Watanabe, T., Fretting fatigue strength estimation considering the fretting wear process, *Tribology International*, Vol. 39, (2006), pp.1100-1105.