309

応力集中部位の汎用的強度評価法

○服部敏雄(岐阜大工), 安部友泰(KYB), ムハマド アミル(岐阜大院), 山下実(岐阜大工)

Standardized Strength Estimation Methods for Stress Concentration Structures Toshio HATTORI, Tomoyasu ABE, Muhamad AMIRUDIN, Minoru YAMASHITA,

1緒 言

鋭いコーナー角(溶接止端)、接触端(フレッティン グ)、接着端などは応力特異場状態となっており、最大 応力は無限大となり有限要素法等で求めた最大応力を 用いての強度評価は困難となる。著者らは前報で、この ような応力特異場領域の強度評価を2つの応力特異場 パラメータHとえを用いて行う方法を提案した。本論文 では、この強度限界 H_{th}とえの関係を特定位置応力を用 いた予測法(point method および line method)を用いて 予測し実験結果とかなりよく一致することを確認した。 さらにこの特定位置応力を用いた強度評価法をフレッ ティング疲労強度の評価に適用し、最適接触端形状の提 案を行った。最後に一般の応力集中部位の強度評価にも 適用し、寸法効果も含めて実験結果ともよく一致するこ とを確認し、統一的強度評価法として有効であること分 かった。

2. 特定位置応力を用いた強度評価法

前報で、著者らは図1の様な接着端、接触端などの強 度評価を(1)式に示す様な2つの応力特異場パラメー タHとえを用いて評価する方法を提案した。

$\sigma = H/r^{\lambda} \quad (1)$

このような2つのパラメータによる評価は複雑になる欠点があるため、ここでは特定位置応力を用いた評価法をこのような部位に適用可能か検討する。まず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。





Fig. 1 Stress distributions near stress singularity fields



Fig. 2 Derivation of critical distance r_{P} and r_{L}

3. 鋭い切欠き材への適用

図3に示す様な鋭い切欠き材の応力分布は図のよう に応力特異場状態になっており、これに先述の特定位置 応力法を適用すると、特定位置は以下のごとく求まる。

point method では $\Delta H_{th} = \Delta \sigma_{w0} r_{D}^{\Lambda}$ (4) line method では $\Delta H_{th} = (1 - \lambda) \frac{\pi 4 \sigma_{W0}}{2 - \lambda}$ (5) HT60 鋼材 ($\Delta \sigma w0=547$ MPa 、 Δ Kth=7.5MPa \sqrt{m}) に 適用し結果を図で示すと図4のごとくなる。実験結果を 図中 ●で示すが予測結果とよく一致していることが分 かる。





Fig. 3 Stress distribution and stress singularity parameters with sharp notch corner

Fig. 4 Fatigue strength criteria of HT60 steel with sharp notch

4. 一般の応力集中部位への適用

図5に示す様な円孔及びだ円孔のある試験体への適 用には図6の様なFEM応力解析を用いて行った。図7、 図8にこれらの試験体の疲労限の特定位置法による予 測結果を示すが。両予測結果ともに、実験結果と比較的 よく一致していることが分かる。







Fig. 8 Experimental and estimated fatigue strength of elliptical hole model

5. 寸法効果問題への適用

部材の寸法効果については、素材の金属学的な考察、 応力分布的な考察、確率論的考察などがなされているが、 ここでは、特定位置法を用いた応力分布からみた寸法効 果の予測を行う。図9に、図5の円孔試験片とまったく 寸法的には相似で、1/5の試験体を示す。これの疲労限 の予測結果と実験結果も図9に示すが、比較的寸法効果 に対しても説明しうることが分かる。



6. フレッティング疲労への適用

2つの部材が接触している接触端部も、図 10 の様な 応力特異場パラメータを有する応力特異場となってお り、フレッティング疲労と呼ばれ平滑材の疲労験の1/ 3以下になるなど恐れられている。ここではこの接触端 部のフレッティング疲労き裂発生の予測に特定位置応 力法の適用を試みる。



Fig. 10 Geometry of contact structure

図 11 に各接触端形状の接触端近傍の応力分布の解析結 果を示すが、これらの解析結果を、図 12 に示す Ni-Mo-V 鋼に対して特定位置応力法で予測した強度基準に対応 させると、各接触端角度に対するフレッティング疲労き 裂発生限界は図 13 の如く予測でき、工業上有効な接触 端形状の対策が提案できた。



Fig. 11 Calculated stress distributions near contact edges



Fig. 12 Fretting fatigue crack initiation criterion derived from critical distance stress theory

 $3\pi/4$

Fig.13 Effect of wedge angle on the fretting fatigue crack initiation strength