

Q

試験片の疲労寿命は実機のき裂発生寿命ですか、それとも疲労寿命ですか。

参照 QNo.: FA-16, FA-20, FA-23, FA-51

A

実際の機械構造物(実機)は、形状と寸法が多様である。公称応力が同じ条件で、圧力容器のような大きな実機の場合は、試験片の疲労寿命を実機のき裂発生寿命と見なすことができるが、小さな実機の場合は、試験片の疲労寿命を実機のき裂発生寿命と見なすことはできない。

き裂発生は通常、検出方法と検出可能なき裂寸法で定義されている。例えば、拡大鏡を用いる目視で0.1mm程度の長さのき裂が検出できる場合には、「目視で0.1mm」をき裂発生と定義する。疲労寿命(全寿命)は、き裂発生寿命とき裂進展寿命の和である。き裂発生寿命が疲労寿命に占める比率(以下、発生比率という)は、疲労寿命の大小、切欠きの有無、寸法などによって大きく異なる。平滑材(実機、試験片)の場合、低サイクル疲労の発生比率は小さく、高サイクル疲労の発生比率は大きい。平滑材(実機、試験片)と切欠き材(実機、試験片)を比較すれば、平滑材の発生比率は大きく、切欠き材の発生比率は小さい。

実機、試験片の寸法の大小を比較すれば、大寸法の発生比率は小さく、小寸法の発生比率は大きい。これはき裂発生の定義が同じであれば、寸法の小さい場合は寸法の大きい場合に比較して、き裂発生後のき裂進展に伴う応力拡大係数の増加率が高く、き裂進展速度は大きく、き裂進展寿命が短くなるからである。したがって、小寸法の試験片の疲労寿命を、大寸法の実機のき裂発生寿命と見なすことは、常に保守的な評価となる。逆に、大寸法の試験片の疲労寿命を、小寸法の実機のき裂発生寿命と見なすことはできない。

き裂発生の定義は、試験片(小寸法)と実機(大寸法)で異なる場合が一般的である。例えば、試験片の場合は「目視で0.1mm」、実機の場合は「超音波探傷試験で10mm」となる。このような場合に、き裂長さと繰返し数の関係を、図1に示す。上記のき裂発生の定義が同じ場合に比較して、試験片の疲労寿命を実機のき裂発生寿命と見なすことの有効性が、さらに定量的に理解できる。

以上に示した試験片の疲労寿命と実機のき裂発生寿命の定量的関係を、実機の低サイクル疲労に適用して、疲労寿命の予測を行う。実機の低サイクル疲労の対象となる切欠きを、図2に示す。切欠き底の塑性域におけるひずみ履歴を解析し、このひずみ履歴を模擬して、平滑試験片のひずみ制御疲労試験を行う。得られた平滑試験片の疲労寿命を、切欠き底のき裂発生寿命と見なす。この場合に、平滑試験片のき裂発生の定義と発生比率は、不必要である。一方、切欠き底の塑性域を超えた弾性域における応力履歴を模擬して、コンパクト試験片を用いるき裂進展試験と破壊力学によるき裂進展解析を行い、き裂進展寿命を予測する。実機の低サイクル疲労の場合には、上記のき裂発生寿命とき裂進展寿命の和として、疲労寿命を予測できる。

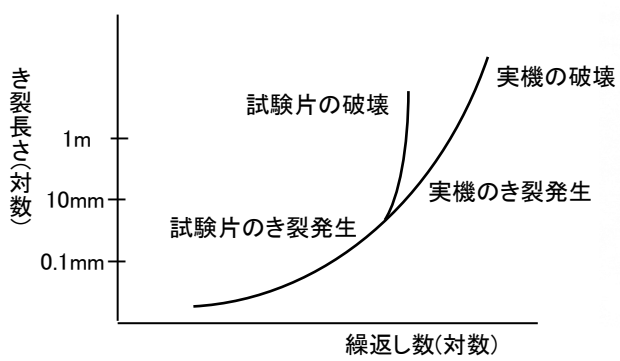


図 1 き裂の発生, 進展と寸法の関係

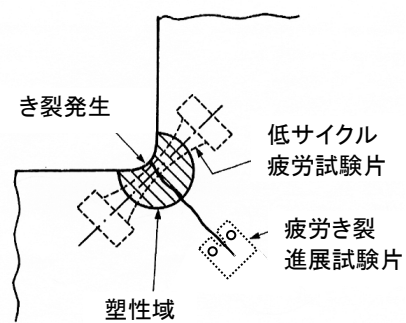


図 2 実機を模擬する試験片