

Q

介在物起点の疲労破壊の場合、疲労解析にはどのような方法がありますか？

参照 QNo.: FA-15, FA-46, FB-21

A

実機または試験片の場合に、特に高強度材料は、非金属介在物(学術用語は第 2 相粒子、以下介在物という)を起点として疲労破壊することがある。この場合には、介在物を初期亀裂と見なし、応力と初期亀裂寸法から応力拡大係数を算定すれば、亀裂進展解析により疲労寿命が予測できる。

疲労試験を行う材料の試験片を対象として、介在物を測定する。測定に際しては、試験片断面における視野寸法と測定個数を定める。測定した介在物を最大主応力方向に垂直な面に投影し、その面積の平方根 \sqrt{area} を算定する。横軸に \sqrt{area} をとり、縦軸に \sqrt{area} の累積分布関数を示す。試験片の危険体積(表面層の断面積×長さ)を算定する。累積分布関数を危険体積で打ち切り、対応する \sqrt{area} から介在物の最大寸法を決定する。これを極値統計法という。

試験片の初期亀裂寸法を \sqrt{area} の最大寸法と見なし、亀裂進展解析により疲労寿命を予測する。複数の試験片が同一の初期亀裂寸法と見なし、応力振幅と疲労寿命の関係(S-N 曲線)が得られる。S-N 曲線の疲労限度が、疲労亀裂進展の下限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} に対応する。

この方法を実機の疲労解析に適用する場合、実機の部材寸法に対応する危険体積を算定する必要がある。通常、実機の部材寸法は試験片寸法よりも一桁以上大きいから、 \sqrt{area} の最大寸法も極めて大きくなり、初期亀裂寸法として非現実的な値となる。

また、介在物を起点としない材料の疲労強度は引張強さが高くなるほど増大する。しかし、この関係はある引張強さの値で頭打ちになり、さらに引張強さが高くなると疲労強度は逆に減少する。介在物を起点とする材料の疲労強度は、基本的に引張強さに依存しない。したがって、この場合に、介在物を起点とする材料を実機に適用するメリットはない。

一方、軸受け、歯車などの機械要素の寸法は試験片寸法にほぼ等しい。また、この場合には、疲労強度よりも耐摩耗性(硬さ)が優先される。したがって、この方法が疲労解析に適用されている。

[参考文献]

- (1) 村上 敬宣, '金属疲労 微小欠陥と介在物の影響', 養賢堂, (1993)