

Q

疲労強度に及ぼす寸法効果についての影響を教えてください。

参照 QNo.: FA-01, FA-20, FA-48, FA-51

A

疲労強度は、部材または試験片の寸法が大きいほど低下する傾向があり、これを寸法効果という。寸法効果が生じる理由としては、応力勾配と統計的要因（介在物、加工傷などの欠陥の存在確率）がある。曲げ荷重の場合の寸法効果は、主として応力勾配の影響である。また、引張圧縮荷重の場合の寸法効果は、主として統計的要因の影響である。一方、寸法が大きい部材の場合、疲労き裂が発生した後のリガメントの寸法が大きいので、破断に至るまでのき裂進展寿命が、寸法が小さい試験片の場合よりも長くなる効果がある。

(a) 応力勾配の影響

曲げ荷重の場合に、模式図を図 1 に示す。最大応力が等しくとも、寸法の減少に伴い応力勾配は急になり、表面層の平均的な応力は低下し、疲労強度が上昇する。疲労強度に及ぼす応力勾配の影響は、切欠き効果における応力勾配の影響と本質的に同じ特性である。疲労強度は、表面の最大応力のみでは決まらず、表面層の厚さまたは平均応力によって決まるため、寸法が大きくなれば応力勾配は小さくなり、疲労強度は低下する。一方、引張圧縮荷重の場合は応力勾配がないため（切欠き材を除く）、(b)に示す統計的要因の影響が小さい場合には、寸法効果は生じない。回転曲げおよび引張圧縮の荷重の場合を比較した、疲労強度の寸法効果の例を図 2 に示す⁽¹⁾。また、振り荷重の場合も曲げ荷重の場合と同様に応力勾配の影響によって疲労強度に寸法効果が生じる。

なお、曲げ荷重の場合と引張圧縮荷重の場合の疲労強度の差異は、曲げ荷重で表面に塑性域が形成されている場合の公称応力の算出方法（曲げモーメントと断面係数による弾性計算）が原因であることが指摘されている⁽²⁾。

(b) 統計的要因の影響

疲労強度に統計的なばらつきを生じさせる原因としては、介在物、鑄造欠陥、溶接欠陥、加工傷がある。疲労強度は材料の最弱点によって決まるため、応力が高い危険体積が増大すると、最大欠陥の存在確率が高くなり、疲労強度は低下する。

静的強度の低い材料では、疲労強度は欠陥に不敏感であるため、寸法効果は生じにくい。一方、高強度材料の疲労強度は、介在物および、微小な欠陥に敏感であるため、例えば超高サイクル疲労における内部破壊では、最大の介在物の存在確率によって明瞭な寸法効果が現れる⁽³⁾。このため、極値統計によって部材に存在する最大の介在物寸法を定量的に推定する方法が提案されている⁽⁴⁾。この方法は、軸受、歯車などの型部品への適用には有効である。

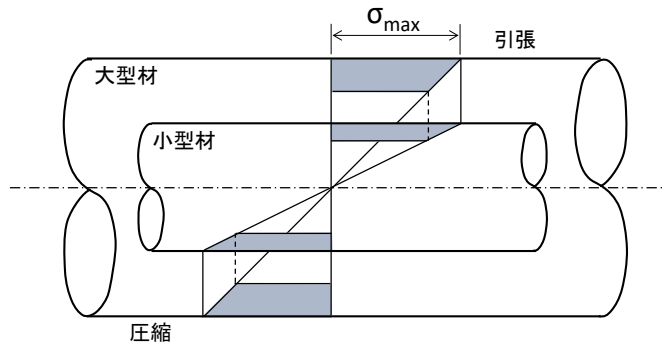


図1 曲げ荷重の場合の応力勾配

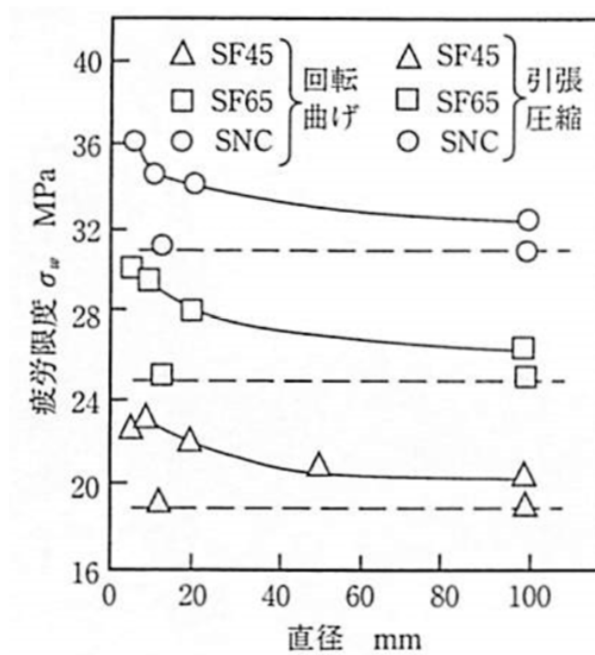


図2 疲労強度の寸法効果⁽¹⁾

- (1) 大内田久, 日本機械学会誌, No.64, Vol. 505, pp.264(1961)
- (2) 公江茂樹, 中村宏, 恒成利康, 岡田友信, 材料, No. 32, Vol. 356, pp. 522(1983)
- (3) 古谷佳之, 日本機械学会論文集 A 編, No.73, Vol.732, pp. 957(2007)
- (4) 村上敬宜, 金属疲労 微小欠陥と介在物の影響, 養賢堂