

回転機シャフトの疲労解析例

経緯・背景

回転機のシャフトが、短期間の運転により折損に至った。
そこで、シャフトが破壊に至った原因を明らかにするため、LANGERの繰返し数と振幅力との相関式を用い、評価・検討したものである。

回転機シャフトの仕様

回転数 : 755rpm
シャフト材質 : S45C

損傷の概要

シャフトの折損は、疲労亀裂がシャフトの肉厚方向に進展したものであり、破面の大半疲労亀裂破壊特有のストライエーションと呼ばれる破面模様が観察された。したがって、シャフトの折損に至ったメカニズムとしては、疲労亀裂の発生および進展による疲労破壊と判断される。

解析・評価

シャフトの折損原因を推定するために、次のLANGERの提案式により振幅応力の推定を試みた。

$$s_a = \frac{E}{4\sqrt{N_f}} \cdot \ln\left(\frac{100}{100-j}\right) + s_w$$

ここで、
 a : 振幅応力(kg/mm²)
 E : ヤング率{21000 kg/mm²}
 N_f : 破断繰返し数{ 2.5×10^7 回}
 : 絞り{45%}
 w : 疲労限(kg/mm²)

解析・評価結果

疲労限と硬さとの関係は直線的な相関性があり、次式により推定を行った。

$$w = 0.09 \times H_v$$

ここで、
 w : 疲労限(kg/mm²)
 H_v : ビッカース硬さ(Hv)

LANGERの式により、シャフトに作用した振幅応力を推定した結果を下記に示す。
疲労限をわずかに上回る応力が作用したことが判明した。

ヤング率 (kg/mm ²)	絞り (%)	硬さ (Hv)	疲労限 (kg/mm ²)	サイクル数 (回)	振幅応力 (kg/mm ²)
21,000	45	251	22.59	25,000,000	23.22

結論

シャフトの折損は、疲労破壊によるものと判断され、短期間で折損に至った要因としてはSDM以降の回転機の負荷変動が以前より増して大きくなり、シャフトに作用する応力振幅が疲労限に達したものと考えられる。

解析写真