

# 発電機の軸材の残留応力と疲労損傷の評価

利用者 近藤泰人<sup>1</sup>、松田憲昭<sup>1</sup>、細川真人<sup>1</sup>、高橋俊一<sup>2</sup>、柿田大祐<sup>2</sup>、佐々木敏彦<sup>2</sup>  
 所属 <sup>1</sup>(株)日立エンジニアリング・アンド・サービス、<sup>2</sup>金沢大学

## 1. はじめに

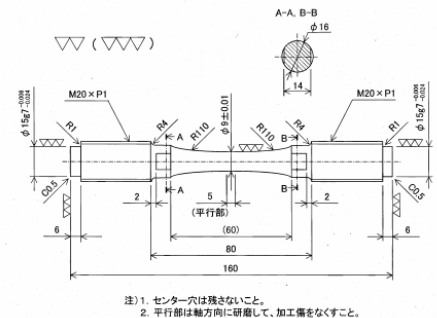
電力系統に繋がるタービン発電機の軸材（合金鋼）には系統事故に伴いねじり振動による大きなトルクが発生する場合があります。そのため、軸材には疲労設計が行なわれ、また、稼動後には定期点検（磁粉探傷）による管理が行われる。しかし、万が一この点検時に異常が発見されるとその修理のために長期間の運転休止を招く可能性がある。

そこで、定期点検時に軸材の疲労状況を計測し軸材の残存寿命を評価することが出来れば、発電機の疲労状況に合わせた適切な電力系統運用が可能となることが期待できる。

本研究では、中性子回折により軸材内部の回折線プロファイル（半価幅）と疲労損傷の関係について、0次元検出器および二次元検出器(IP)による測定を行い検討した。

## 2. 実験方法

試験片は発電機用軸材（直径900mm）から、長手方向が軸材の半径方向に一致するように切り出し、最終的に図1に示す形状とした。次に両振り引張圧縮試験により3種類の疲労損傷度を与えた。すなわち、破断した疲労サイクル数 $N_f$ に対し、 $N/N_f$ が0、0.1、0.5および1.0の4種類を作製した。次いで、原研の多目的回折装置MUSASIを使用して中性子回折プロファイルを測定した。測定点は試験片中央部とし、 $5 \times 5$ のスリットを使用し試験片半径方向と長手方向の2方向について測定を行なった。回折面は110と200を使用した。初期状態での半価幅を測定するため、未疲労試験片( $N/N_f=0.0$ )の測定を行なった。また、原研MUSASIに中性子イメージングプレートを取付け、211回折環を背面反射型にて測定した。



注) 1. センター穴は残さないこと。  
 2. 平行部は軸方向に研磨して、加工傷をなくすこと。

図1. 疲労試験片の形状および寸法

## 3. 測定結果

図2に0次元検出器によって求められた半価幅の変化を疲労度に対して示す。その結果、試験片半径方向(RD)においては、疲労損傷に対して半価幅が減少する傾向がみられた。試験片軸方向(LD)では、半径方向とは逆に半価幅が増加する傾向がみられた。

図3に、2種類の  $\alpha$  に対して半価幅と疲労度の関係を図示したものである。なお、結晶格子面方向を試料表面の法線方向からの傾き  $\alpha$  で表すと、 $\alpha=0^\circ$  のときは  $\alpha=10^\circ$  となり、ほぼ試料の半径方向に近づく。 $\alpha=180^\circ$  では同様に、 $\alpha=50^\circ$  となり、半径方向と軸方向との中間的な方向である。0次元検出器によるRDおよびLD方向の中性子測定結果（図2）と比較すると、 $\alpha=0^\circ$  の場合は図2のRD方向と、また、 $\alpha=180^\circ$  ではLD方向と傾向が類似している。とくに  $\alpha$  が近い  $\alpha=0^\circ$  とRDはよく一致した傾向を示している。

以上より、IPと0次元検出器の測定結果は互いに類似した傾向を示すことが認められた。IP方式では、 $\alpha=0^\circ$  や  $180^\circ$  またはその付近の平均的な傾向などによって複数の格子面方向の挙動や、データの平滑化などが可能である。この点、ある特定の方向に限られる0次元検出器方式に比べて多角的な評価が可能となり、非常に有利であると考えられる。

## 4. まとめ

今回の調査結果をまとめると以下の通りである。

1. 軸材の中性子回折線半価幅は、荷重方向に格子面法線方向を有する結晶群に対しては疲労損傷に対して減少し、荷重方向と直角な格子面法線方向を有する結晶群に対しては逆に増加する傾向が見られた。

2. 中性子イメージングプレートによって測定した疲労損傷による半価幅は、回折環の位置によって異なる傾向を示し、 $\alpha=0^\circ$  では疲労損傷とともに減少し、 $\alpha=180^\circ$  では増加した。また、それらは0次元検出器によるものより大きい変化を示した。

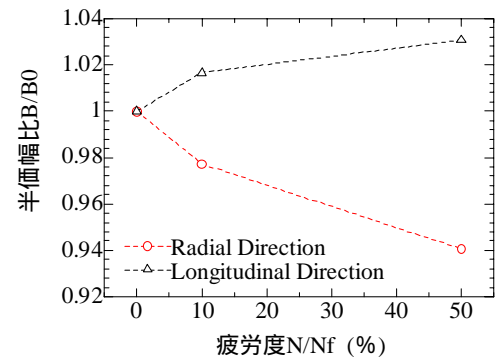


図2. 中性子測定による疲労度と半価幅の関係

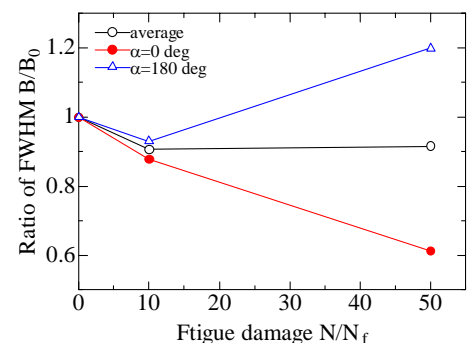


図3. 中性子IPによる測定結果