

蒸気タービンロータ動翼植込部のフレットング疲労

信頼性確保とコストダウンの両立を目指して

Fretting fatigue of the steam turbine rotor blade connection (attachment) area

Preserving reliability while decreasing the costs

(電力技術研究所 原子力・材料G 材料T)

火力発電所で使用される蒸気タービンロータの動翼植込部は、き裂発生が懸念されるため、回転中に受ける応力状態を推定し、これを模擬した疲労試験方法を考案した。

この試験方法にて試験を行った結果、フレットング疲労によると考えられるき裂が発生した。また、各ユニットの推定応力を反映し本試験を行うことで、実機の動翼植込部に作用する各種応力によるフレットング疲労強度への影響を傾向的に把握できた。

(Materials Engineering Team, Nuclear Power and Materials Group, Electric Power Research and Development Center)

We developed the fretting fatigue testing method that was able to simulate the stress at the rotor blade connecting area of a steam turbine rotor during the operation, since there is a concern about crack occurrence at that area.

The test results revealed cracks due to fretting fatigue. In addition, running the test to simulate the respective stress of each unit, made it possible to determine the overall tendency to control the effect which increases the fretting fatigue.

1 背景および目的

火力発電所で使用されている蒸気タービンの高圧ロータの寿命は、これまで、中心孔のクリープ損傷により評価されてきた。

しかし、廃却ロータを調査したところクリープ損傷量はメーカーが評価したほど多くなかった。

一方、回転中に様々な力を受ける動翼植込部は、き裂発生が懸念され、き裂によってロータの寿命が支配される可能性が考えられた。

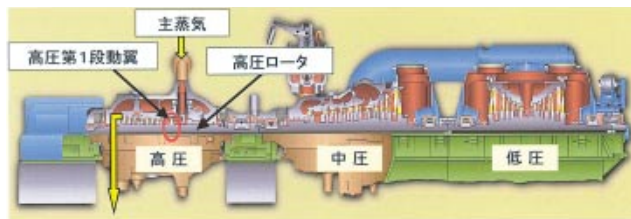
本研究では、各ユニットの動翼植込部に作用する応

力状態を推定し、これを模擬した試験を行うことで、き裂の発生傾向を把握することを目的とする。

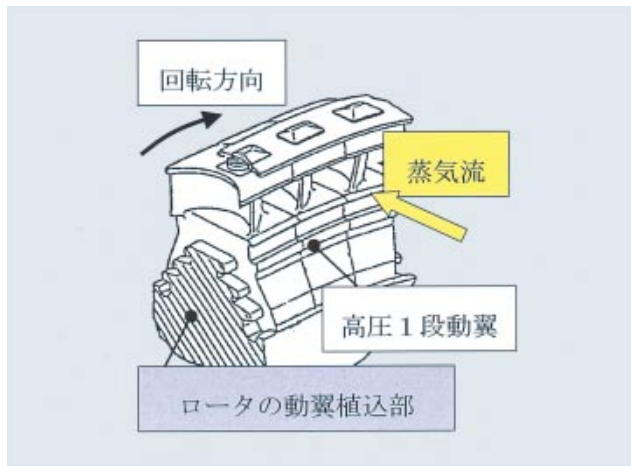
2 試験の概要

(1) 動翼植込部に作用する応力状態の推定

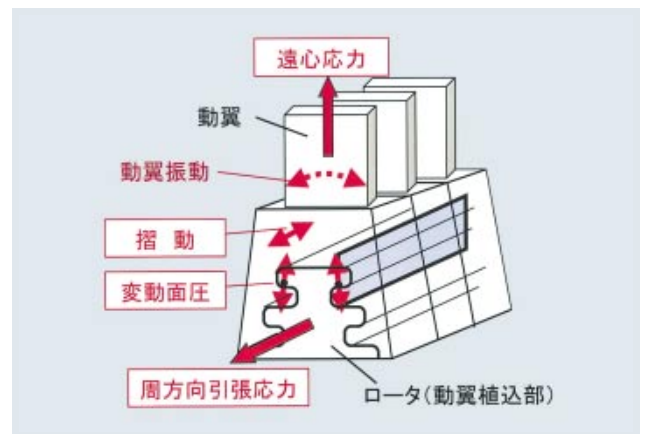
ロータの回転に伴い、動翼植込部には、遠心応力と周方向引張応力が作用する。また、動翼が蒸気の力により第3図に示す破線矢印のように振動することで、動翼植込部には、遠心方向に変動面圧が、周方向に摺動力が生じると推定される。



第1図 蒸気タービン断面図



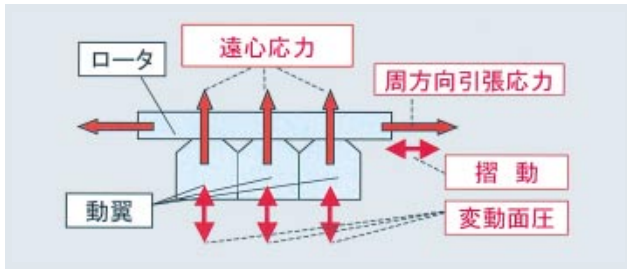
第2図 ロータの動翼植込部の構造図



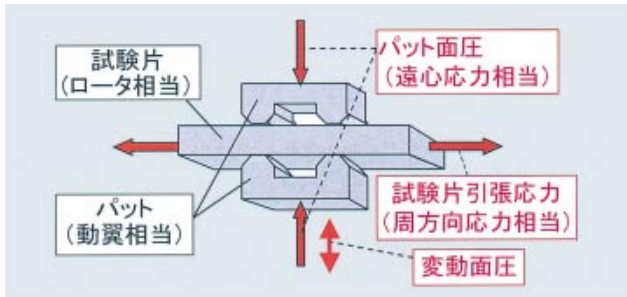
第3図 運転中に作用する力の状態(推定図)

(2) 作用力を模擬した試験方法の考案

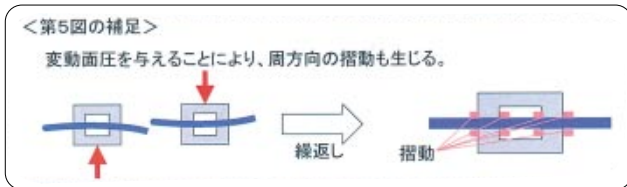
第3図における青色着色部を2次元モデル化したものを第4図に示す。このモデルの状態を再現する試験方法を考案した結果を第5図に示す。(第5図は、動翼に見立てたパットで試験片(ロータ相当)を挟むことで第4図における遠心応力を再現している)



第4図 作用力状態のモデル化



第5図 試験方法の概念図

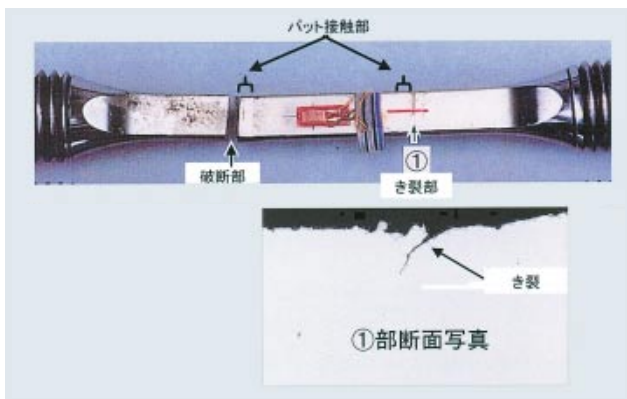


この試験方法は、実機における複雑な作用力の状態を比較的単純な動きで良く再現できる方法である。

3 試験結果

(1) 予備試験

第5図に示す試験方法にて予備試験を行った結果、試験片のパット接触端部には、撓動方向と垂直に、き裂発生、破断した。



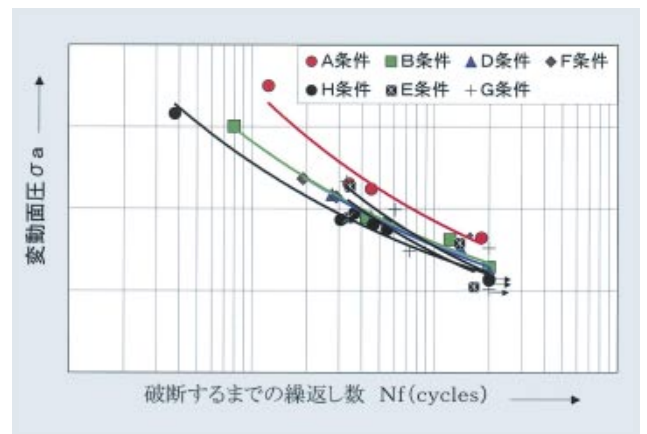
第6図 試験後の試験片状態

き裂は、深さ方向に斜めに進展しており、力の作用状態も考慮すると、明らかにフレットング疲労き裂の様相を呈している。

<補足説明>
 フレットングとは……
 2つの物体がある接触面の下で接触している場合、接触面において摩擦力を伴った微小な繰り返し相対滑りが起こる現象。
 これを伴う部位での疲労現象をフレットング疲労と言う。

(2) 破断試験結果

各ユニット当該部の材質、および、当該部に作用する遠心応力・周方向応力の推定値(FEM解析)を反映した試験を行い、試験片を破断させた結果を第7図に示す。(なお、この試験における変動面圧は、加速条件として扱ったため、実機推定値よりも高い状態での試験となっている)



第7図 各ロータの応力を反映した試験結果

第7図からは、全体的に近似線が右下がりとなり、変動面圧が大きいほど破断までの繰返し数が少なくなる傾向が見られた。また、個々の近似線を相対的に比較すると、面圧が高いほど、試験片引張応力が高いほど破断までの繰返し数が少なくなる傾向が見られた。

4 まとめ

試験結果を相対的に比較評価すると、実機のフレットング疲労に対する強度は、以下の状態において低くなると考えられる。

- 変動面圧が大きい
- 遠心応力が高い
- 周方向応力が高い

これらの研究成果を、今後の実機の点検計画等に役立てることで、機器信頼性の確保、補修費用のコストダウンに貢献していきたい。



執筆者/横山大輔
 Yokoyama.Daisuke@chuden.co.jp