

Title	火力発電プラントにおける損傷・余寿命の破壊力学的評価に関する研究
Author(s)	森田, 聡
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48481
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	もり た あきら 森 田 聡
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20690 号
学位授与年月日	平成 18 年 9 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械システム工学専攻
学位論文名	火力発電プラントにおける損傷・余寿命の破壊力学的評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 久保 司郎 (副査) 教授 箕島 弘二 教授 澁谷 陽二 助教授 阪上 隆英

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、火力高温機器の信頼性向上に資することを目的として、き裂進展評価について検討を行った。評価対象は、低圧タービークリスマスツリー型翼溝部の腐食疲労き裂と、ガスタービン初段動翼翼面の熱疲労き裂である。

第 1 章では、本研究における背景を述べた。

第 2 章では、解析を実施するにあたり必要な基礎理論について述べた。構造部材の応力ひずみ関係を求めるための基礎となる有限要素法について、また、き裂進展パラメーターである応力拡大係数、 J 積分について概説した。

第 3 章では、低圧タービークリスマスツリー型翼溝部において、き裂の個数、長さ、隙間寸法を種々に変化させ FEM 解析を実施し、ひずみ範囲と応力拡大係数の近似式を作成し、き裂発生・伝ばを解析することにより余寿命についての検討を行った。その結果、隙間寸法がき裂発生や破断寿命に大きく影響していることを明らかにした。また、破断箇所のほとんどが第 3 歯であり、第 3 歯でのき裂発生時の寿命消費率が 0.45 から 0.5 であることを明らかにした。隙間寸法にあまり影響されない当該箇所における信頼性の高い余寿命評価手法を提案し、この手法が安全側の評価を与えることを明らかにした。

第 4 章では、実機ガスタービン動翼のき裂発生箇所の組織観察を行い、温度分布を推定し、実機運転中の熱応力を評価し、クリープ解析を実施し、熱疲労き裂について検討を行った。動翼の内外面で約 200 度の温度差があること、停止中には外表面部で約 380 MPa の引張残留応力がもたらされることを明らかにした。また、任意の応力分布の作用する片側き裂つき帯板の応力拡大係数をき裂長さとき裂間隔から計算できる評価式を提案し、この評価式と推定した応力分布を用いて動翼翼面のき裂進展挙動の評価を試みたところ、き裂間隔が小さいほどき裂進展寿命が長くなることを明らかにした。

第 5 章では、等間隔に平行な複数の片側切欠きを有する試験片を作成し、偏心引張圧縮荷重を負荷して、比較的均等な複数の疲労予き裂を導入した試験片を用いて、き裂進展試験を実施し、片側複数き裂の実験的検討を行った。その結果、予き裂分布が均等な試験片ではほぼ同じ速度で進展したが、短いき裂が存在する試験片ではその両側のき裂の進展速度が極めて速くなること、また、不均等なき裂進展挙動では、長いき裂と短いき裂が互い違いに位置するようなき裂進展の傾向を示すことを明らかにした。さらにき裂進展解析を実施し、き裂が単一で存在する場合よりもき裂進展速度が遅く、等間隔に無限個存在しすべてが同じ速度で進展する場合よりもき裂進展速度が速いという傾向があることを明らかにした。

第 6 章では本研究の結論を述べ総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、火力高温機器の信頼性向上のため、破壊力学に基づき、き裂進展評価を行い、機器の損傷状態と余寿命評価を行っている。

まず、低圧タービンクリスマスツリー型翼溝部において、湿り蒸気による腐食と起動停止に伴う遠心力の繰り返しが重畳されることにより生じる腐食疲労き裂伝ばに対して、余寿命評価を行っている。動翼をロータ翼溝に装着したとき、荷重伝達面の隙間寸法により第1歯、第2歯および第3歯の荷重分担率が変わり、したがって各部に生じるき裂の進展挙動も変わる。そこで、荷重伝達面の隙間寸法と各部に生じるき裂の長さを種々に変えて有限要素解析を行い、破壊力学に基づき応力拡大係数を評価し、その結果に基づきき裂進展挙動評価を行っている。その結果、翼溝の付け根に近い第3歯のき裂長さに着目することにより、翼溝部の隙間寸法の影響を受けることなく余寿命が精度よく推定できるという知見を得ている。この知見に基づき、実用上有用な余寿命評価手法を提案している。

また、ガスタービン動翼の翼面に発生した耐食コーティングの割れが熱疲労により基材部に進展する場合を想定して、熱疲労下におけるガスタービン動翼の複数き裂に対してき裂進展挙動評価を行っている。この評価では、実機のき裂発生箇所の組織観察を行い、温度分布を推定し、温度応力解析を実施して実機運転中の熱応力を評価している。さらに弾性クリープ解析を実施し、生じたクリープひずみに相当する残留応力分布を求め、遠心力相当応力を加えた応力分布に基づき応力拡大係数を求めている。これらの評価結果に基づき、動翼の翼面に生じる多数のき裂進展挙動に関するシミュレーションを実施している。その結果、き裂間隔が小さいほど、き裂進展寿命が長くなることを明らかにしている。

さらに、複数き裂を有する試験片についてき裂進展試験を実施し、複数き裂の進展において生じるき裂の相互干渉を実験的に調べている。具体的には、等間隔に平行な複数の片側切欠きを有する試験片を作成し、偏心引張圧縮荷重を繰り返し負荷することにより、比較的均等な複数の疲労予き裂を導入し、き裂進展試験を実施している。その結果、き裂長さが短い間は、複数き裂がほぼ均等に成長するが、き裂長さが長くなると、き裂が不均等に成長し、その結果き裂進展寿命は、き裂が単一で成長する場合と均等に成長する場合との中間的なものになることを明らかにしている。

以上のように、本論文は火力高温機器のき裂進展評価を行い、その信頼性向上に資する知見を得るとともに、実用上有用な評価手法の提案を行っている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。