

Title	実働荷重下の疲労き裂進展速度推定法に関する研究
Author(s)	菅田, 淳
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3090031
DOI	10.11501/3090031
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	菅 田 淳
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 3 5 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 6 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	実働荷重下の疲労き裂進展速度推定法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 城 野 政 弘 教 授 大 路 清 嗣 教 授 富 田 康 光 教 授 久 保 司 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、実働状態下で特に問題となる残留応力場、非定常変動荷重下さらには弾塑性状態下の疲労き裂進展に対して有効な進展速度推定法を導き提案した。

第1章は緒論であり、本研究の位置づけおよび目的について述べた。

第2章では疲労試験装置および計測システムについて概説した。

第3章では本研究で用いる力学的パラメータの算出方法ならびに疲労き裂進展速度推定法の概要を述べた。

第4章では供試材料としてアルミニウム合金を取上げ、小規模降伏条件下の定常変動荷重下の疲労き裂進展速度は材料によらず、実測したき裂開閉口挙動から求めた有効応力拡大係数のレンジペアを用いることにより、一定振幅荷重下の疲労き裂進展速度と有効応力拡大係数範囲の関係から線形加算則で評価できることを明らかにした。

第5章では疲労き裂進展挙動に及ぼす残留応力の影響を調べ、上記の進展速度推定法が残留応力場にも拡張できることを明らかにした。

第6章では非定常なランダム変動荷重下の疲労き裂進展挙動を調べた。荷重振幅の急激な減少や平均荷重の大きな繰返し変動により、進展速度は有効応力拡大係数のレンジペアに対しても遅延現象を示す場合があるが、実測した有効応力拡大係数のレンジペアを用いた修正マイナ形の推定法は少なくとも安全側の評価を与えることを明らかにした。

第7章では走査型電子顕微鏡を用いた定常および非定常変動荷重下の疲労き裂進展挙動の動的直接観察を行なった。非定常変動荷重下ではき裂進展を直接支配するき裂先端開口変位が巨視的な力学条件とは直接対応しなくなるため、巨視的力学パラメータにより疲労き裂進展速度を推定することが困難となること、これに対し、定常変動荷重ではき裂先端近傍の変形場が非定常変動荷重下のように大きく変わることはなく、き裂先端開口変位と巨視的な有効応力拡大係数範囲との関係が一定振幅荷重の場合と変わらないことを明らかにした。

第8章では弾塑性状態下の疲労き裂進展挙動について調べた。一定振幅荷重下のき裂進展速度は、き裂開閉口挙動および繰返し塑性変形挙動を考慮した繰返しJ積分範囲と一方向塑性変形を最大J積分値で考慮したパラメータにより一義的に評価されることを明らかにした。変動荷重下では、繰返しJ積分範囲の算出において一方向塑性変形を含

めた変動荷重波形1ブロック全体の繰返し塑性変形を考慮したレンジペア的な考え方を導入する必要があることを提案するとともに、この修正繰返しJ積分範囲を用いたき裂進展量に関する線形加算則により精度よい疲労き裂進展速度評価が行えることを明らかにした。

第9章では、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

機械・構造物の強度設計あるいは安全性確保のために、損傷許容設計概念の普及とともに疲労き裂進展速度、特に実働荷重下の疲労き裂進展速度の精度良い推定法が求められている。

本論文は、実働状態で特に問題となる残留応力場、定常ならびに非定常変動荷重下さらには弾塑性状態下の疲労き裂進展に対して有効な速度推定法を導き提案したものであり、その内容は次のように要約できる。

- (1) 小規模降伏条件下の定常変動荷重下の疲労き裂進展速度は材料によらず、実測したき裂開閉口挙動から求めた有効応力拡大係数のレンジペアを用いることにより、一定振幅荷重下の疲労き裂進展速度と有効応力拡大係数範囲の関係から線形加算則で評価できることを確認している。
- (2) 疲労き裂進展挙動は残留応力の影響を受けるが、上記の推定法は残留応力場の疲労き裂進展速度の推定にも拡張できることを明らかにしている。
- (3) 非定常なランダム変動荷重下の疲労き裂進展速度は、荷重振幅の急激な減少や平均荷重の大きな繰返し変動により、有効応力拡大係数のレンジペアに対しても遅延現象を示す場合があるが、実測した有効応力拡大係数のレンジペアを用いた修正マイナ形の推定法は少なくとも安全側の評価を与えることを明らかにしている。
- (4) 走査型電子顕微鏡を用いて定常および非定常変動荷重下の疲労き裂進展挙動の動的直接観察を行ない、非定常変動荷重下ではき裂進展を直接支配するき裂先端開口変位が巨視的な力学条件とは対応しなくなるため、巨視的な力学パラメータにより疲労き裂進展速度を推定することが困難となるが、これに対し、定常変動荷重下ではき裂先端近傍の変形場が非定常変動荷重下のように大きく変わることはなく、き裂先端開口変位と巨視的な有効応力拡大係数範囲との関係が一定振幅荷重の場合と変わらないことを明らかにしている。
- (5) 弾塑性状態下の一定振幅荷重下の疲労き裂進展速度は、き裂開閉口挙動および繰返し塑性変形挙動を考慮した繰返しJ積分範囲と一方向塑性変形を最大J積分値で考慮したパラメータにより一義的に評価できることを明らかにしている。さらに変動荷重下では、繰返しJ積分範囲の算出において、一方向塑性変形を含めた変動荷重波形1ブロック全体の繰返し塑性変形を考慮したレンジペア的な考え方を導入する必要があることを提案するとともに、この修正繰返しJ積分範囲を用いたき裂進展量に関する線形加算則により、精度良い疲労き裂進展速度評価が行えることを明らかにしている。

以上のように、本論文は小規模降伏状態から弾塑性状態にわたり、定常ならびに非定常変動荷重を含む広範囲の実働荷重下の疲労き裂進展挙動を詳細に調べ、進展速度の評価法を提案したもので、材料強度学ならびに機械設計学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。