

疲労問題と疲労破壊防止技術

指導講師 スペクトル解析支援センター 工学博士 寺田 博之

本講座の主旨

安全・方安心の確保は人々の生活において最も基本的な条件である。社会生活を営む上で必要不可欠な様々なハードウェアの長期にわたる安全・安心を支えるための中心となる学問が構造・材料の疲労問題を含めた破壊力学である。

形あるものは、いつかは故障し壊れる。破壊の原因は、疲労・腐食・過大荷重など様々であるが、構造システムが運用中に予期せぬ原因で破壊してしまうことはあってはならない。そのため、設計者は様々な使用環境を想定して耐久性設計を行うことが求められる。また、システムを運用する立場からは、整備点検・補修などを破壊力学の手法に則って維持管理に努めなければならない。

このような観点から、本講座は、構造材料の疲労問題について全体像を理解し把握するとともに、個々の問題の解決にも十分役立てられるよう配慮したわかりやすい構成となっている。

第1講では、低サイクル疲労および高サイクル疲労など疲労問題全般についての考えと対処方法について解説する。

第2講では、疲労の結果発生するき裂の問題の取り扱い方について解説する。

第3講では、疲労破壊を防止するための具体的方法と大切な構造システムを疲労破壊などから守るための維持管理システムなどについて解説する。

第1講 疲労現象を知る

- 1.1 疲労破壊とは
- 1.2 低サイクル疲労と高サイクル疲労
 - 1.2.1 低サイクル疲労
 - 1.2.2 破断寿命と繰返し塑性ひずみ幅の関係：Manson-Coffin 則
 - 1.2.3 高サイクル疲労
- 1.3 応力の変動幅：Sと繰返しの回数：Nの線図について
(S-N線図を求める)
 - 1.3.1 材料とS-N線図の特徴
 - 1.3.2 S-N線図と設計線図
- 1.4 疲労強度に影響する力学的要素
 - 1.4.1 荷重の変動幅(振幅応力)
 - 1.4.2 平均荷重の効果(応力比Rの効果)
 - 1.4.2.1 応力比Rが異なる条件下でS-Nの関係を推定(Goodmanの式)
 - 1.4.3 荷重のランダム性
 - 1.4.3.1 累積損傷則(Minerの式)
 - 1.4.3.2 荷重順序の効果
 - 1.4.4 微小荷重の効果(修正Miner則)

- 1.4.5 荷重速度の効果
 - 1.4.5.1 保持荷重の効果
 - 1.4.6 残留応力の効果
 - 1.5 疲労強度に及ぼす環境的要素
 - 1.5.1 腐食の影響
 - 1.5.2 温度の影響
 - 1.6 応力集中係数と切欠き係数
- <演習問題>
- <受講者からの質問事項>

第2講 疲労き裂

- 2.1 疲労破壊の過程
 - 2.1.1 き裂の発生
 - 2.1.2 き裂の進展
 - 2.1.2.1 応力拡大係数とき裂進展速度
 - 2.1.2.2 パリス則
 - 2.1.2.3 その他の進展則
 - 2.2 き裂の進展に及ぼす諸因子の影響
 - 2.2.1 疲労き裂進展に及ぼす引張過大荷重の効果
 - 2.2.2 圧縮荷重
 - 2.2.3 平均応力とき裂開閉口挙動
 - 2.2.4 残留応力
 - 2.2.5 環境とき裂進展
 - 2.3 き裂とうまく付き合う方法
 - 2.4 応力拡大係数(K)と応力集中係数(K_T)
 - 2.4.1 代表的なき裂問題の応力拡大係数
 - 2.4.1.1 内部にき裂を持つ両側に境界がある平板
 - 2.4.1.2 板の片方の縁にき裂がある広い板
 - 2.4.1.3 コンパクト試験片のき裂のK値
 - 2.4.1.4 Kを評価する場合の一般的な注意
- <演習問題>
- <受講者からの質問事項>

第3講 疲労解析と疲労破壊防止対策

- 3.1 破断面から破壊原因を探る
 - 3.1.1 破面の前処理
 - 錆取り技術
 - 3.1.2 目視観察
 - 3.1.3 電子顕微鏡観察
 - 3.1.3.1 レプリカ法
 - 3.1.4 ミクロ破面の特徴
 - 3.1.4.1 延性破面

- 3.1.4.2 脆性破面、衝撃破面
 - 3.1.4.3 疲労破面
 - 3.1.4.4 ストライエーションと巨視的き裂伝ば速度
 - 3.2 疲労破壊防止と破断前漏洩(LBB)
 - 3.2.1 FTA(失敗の樹)解析
 - 3.3 整備点検計画
 - 3.4 非破壊検査とダメージトレラントレーティング
 - 3.4.1 損傷の種類と非破壊検査
 - 3.4.2 ダメージトレラントレーティング
- <演習問題>
- <受講者からの質問事項>