

「金属疲労研究会」開催報告

京都府中小企業技術センター中丹技術支援室では、機械製品の破損事故の80%以上を占める金属疲労について、7月から12月までの8日間、京都工芸繊維大学准教授 森田辰郎氏を講師に金属疲労研究会を開催しましたので、その内容の一部をご紹介します。



1. 金属疲労の歴史と事故事例

金属疲労は、19世紀ヨーロッパにおいて、当時、普及しつつあった蒸気機関車のクランク軸や車軸が突然、破損する事故が多発したことに端を発します。この頃に「疲労」という用語の使用や疲労に関する最初の文献などが残されています。20世紀になって、き裂進展速度の予測やき裂閉口現象の発見などがあります。

日本で起きた金属疲労に関係する大きな事故として1985年の日本航空123便墜落事故(圧力隔壁の破損)、1999年のH2-8号機打ち上げの失敗(燃料ターボポンプの破損)、エキスポランドジェットコースター事故(車軸の折損)などがあります。

2. 金属疲労現象

金属疲労現象は3つに分類され、材料表面から最大せん断応力方向にき裂が発生して内部に向かって成長する第1段階、き裂が応力方向に対して垂直な方向変わり、鈍化・再鋭化を繰返して内部へ進展する第2段階、き裂進展により材料有効断面積が減少し、最終破断に至る第3段階です。

例外として、高強度材は介在物などの内部欠陥からき裂が発生することがあり、材料表面に硬化層を形成させた場合は、母材部からき裂が発生します。

3. 金属疲労の分類と疲労寿命

金属疲労には、 10^4 乗～ 10^7 乗回の破断繰返し数の範囲で生じる高サイクル疲労、 10^7 乗回を超える破断繰返し数で生じる超高サイクル疲労、 10^4 乗回未満の破断繰返し数で生じる低サイクル疲労があります。高サイクル疲労と超高サイクル疲労の疲労寿命は、破断繰返し数と作用応力の関係で表され、図1のS-N曲線で示されます。低サイクル疲労は、破断繰返し数と塑性ひずみの関係で表されます。

なお、鉄鋼やチタンの高サイクル疲労では、破断繰返し数が増加しても破断しなくなる応力(耐久限度)があり、アルミニウムなどの非鉄金属にはありません。

4. 疲労強度の影響因子と改善方法

疲労強度に影響を与える因子には、残留応力や切欠きなどがあります。材料表面の圧縮残留応力はき裂の発生を抑制しますが、引張応力は疲労強度を低下させます。また切欠きや孔などの形状変化部分では、高い応力集中が生じて疲労強度を低下させる原因になります。一般に、疲労強度の改善は使用材料の引張強度を上げる方法が取られますが、部品形状が大きく変化する部分に丸みを持たせ、材料表面に硬化層を形成させる表面改質なども行われます。

5. 破面の観察

破面には破壊原因に繋がる重要な情報が残されています。

例えば、繰返し荷重を受けて破壊した軸などには、図2のビーチマークと呼ばれる破面が残され、負荷形態によりその様相は異なり、き裂発生起点や破断応力の作用状態などを知ることができます。

なお、研究会では走査電子顕微鏡を使った破面観察の実習を行い、き裂発生起点の見つけ方などについて講師から説明を受けました。

6. 破壊事例の検討会

4企業から過去に起きた破壊事例の報告をしていただき、破壊原因の検討を行いました。また京都府太鼓山風力発電所3号機ナセル落下事故報告書をもとに事故原因の意見交換も行いました。

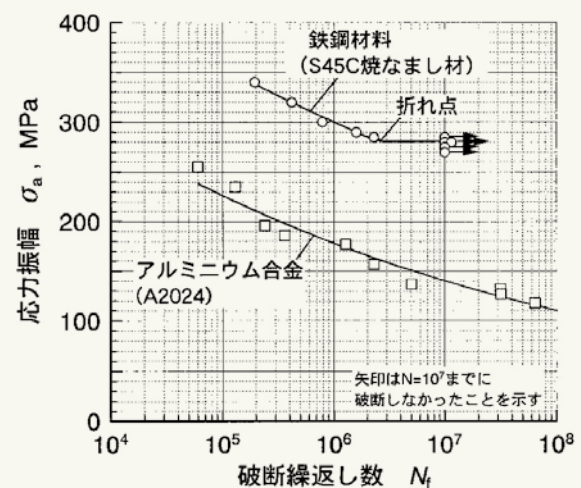


図1 S-N曲線



図2 軸破面の顕微鏡観察像
(破面右上部を起点に同心円上にビーチマークが見られる)

お問い合わせ先

京都府中小企業技術センター 中丹技術支援室 TEL:0773-43-4340 FAX:0773-43-4341 E-mail: chutan@mtc.pref.kyoto.lg.jp