新技術

高速度カメラを用いた疲労き裂発生・進展挙動の観察

❶概要

応力集中部や接合部を有する構造部材において、繰返し負荷により生じる疲労破壊現象を正確に把握することは、事故や故障を未然に防ぐための設計・保全の高度化に不可欠です。

当社ではひずみ、電気抵抗（電位差法）などの物理量やAE（アコースティックエミッション）を基に、き裂の発生から進展に至る一連の過程を推定しています。いっぽう、これらの計測した物理量からき裂長さを換算する場合、定型試験片（例えばCT試験片）では、換算式が確立されているものの、構造部材については、有限要素法による数値解析などで換算式を導出する必要があります。

そこで当社では、高速度カメラを用いてき裂発生・進展挙動を直接計測し、計測した物理量と同一時間軸で直接対応付けることができる手法を確立しました。

これにより疲労き裂の挙動を正確に把握することができ、有限要素法による数値解析による寿命予測モデルの精度向上、ならびに設計における安全率の適正化に貢献します。

❷特徴

1）上記の物理量以外にも、レーザ変位計などの変位量やボルトの軸力（ひずみ測定）などと完全同期または時間軸を後処理により整合させることができ、き裂発生による変形挙動やボルト緩み試験の評価も可能です。

2）一定間隔での計測が可能であり、長期間にわたる疲労試験でも開始から終了までの挙動を動画として記録し把握することが可能です。

3）荷重、変位、ひずみなどの物理量をトリガーとして動画撮影できるため、物理量の異常点における実際の挙動を記録することが可能です。

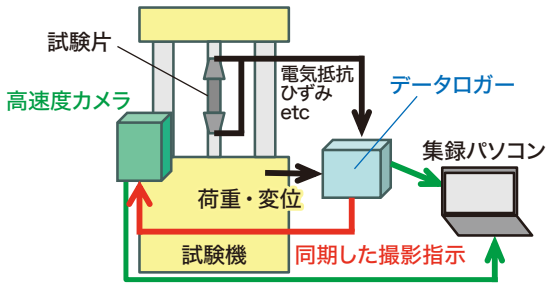
4）可搬性があるため、恒温槽付き試験機にも設置でき、高温環境におけるき裂挙動を高速度カメラで捉え、物理量と対応付けることも可能です。

❸主な仕様

解像度および撮影速度：1280×1024pixelで1,000fps
画像解析ソフト　　：2点間変位解析、2D画像相関法
測定間隔　　：最小100サイクル間隔
※測定間隔は試験条件（周波数、最大繰返し数）に依存します。

図1に装置概略を示します。

■図1　装置概略



❹試験事例

図2は、接着継手を用いた接着せん断疲労試験において、高速度カメラによるき裂挙動とAEおよび変位の測定結果を対応付けたものです。図の上側は高速度カメラによって撮影した画像を抜粋したものです。各画像の赤線部がき裂であり、緑矢印でき裂長さの推移を示しています。図の下側はAEおよび変位範囲（繰返し中の最大変位と最小変位の差）の計測データです。図中の黒線は高速度カメラの撮影時点（①～⑦）に相当します。この試験は接着界面に疲労き裂を導入した試験片を用いてき裂進展挙動を確認しました。高速度カメラの画像から③～⑤にかけてき裂進展速度の上昇が見られます。AEにおいても同時期にき裂進展速度の上昇に伴う高いエネルギーが発生しています。単位時間あたりに破壊される領域や開放されるエネルギー量が増えたのだと推察します。これにより今回の接着継手では、き裂進展速度の途中変化を捉えることができました。

■図2　高速度カメラによるき裂挙動とAEおよび変位の対応付け

