

# 機械構造物の疲労現象を再現する 面内三軸疲労試験装置

## 1. はじめに

輸送機械の稼働時には、機械構造物が大きさや方向が時間的に変化する負荷を繰り返し受ける場合がある。このような複雑負荷の疲労条件下における疲労寿命は、単軸疲労試験時の寿命よりも大幅に低下する<sup>(1)</sup>。実機で発生する複雑負荷による疲労現象の再現技術や予測技術が確立されれば、構造部材の設計適正化が図れ、信頼性向上につながる。(株)日立製作所では、複雑負荷による疲労現象を予測する技術を確立するため、疲労現象を実験室環境で再現できる試験装置を開発した。本稿では、開発した試験装置について紹介する<sup>(2)</sup>。

## 2. 試験装置の開発

疲労破壊の起点となる構造物表面の応力は、二つの直交する軸応力と一つのせん断応力の3成分で表現される面内応力である。多軸負荷が可能な既存の試験装置には、二つの直交する軸荷重を負荷する直交二軸負荷型試験装置や、軸荷重とねじり荷重を組み合わせる軸-ねじり負荷型試験装置がある。これらの試験装置は、どちらも平面内に対して二軸の応力を負荷する試験方法であるため、任意の面内応力場の再現が容易ではない。開発した試験装置は、これら3成分の応力場を試験片に負荷することが可能な構成としている。図1に試験装置の構成図を示す。平面内において、三方向から独立した荷重を負荷できることが本試験装置の最大の特徴である。図に示すように、本試験装置は、0°、45°、90°軸のベース上に設置した独立制御可能なアクチュエータにより、それぞれの方向に荷重を負荷する構成となっている。0°、90°軸のベースは、架台となる45°軸のベース上にリニアガイドを介して設置されており、各軸方向への荷重時に発生する試験片の中心位置のずれやポアソン効果による2次反力の発生を防ぐ構造となっている。

## 3. 試験装置の性能

開発した試験装置を用いて、稼働中

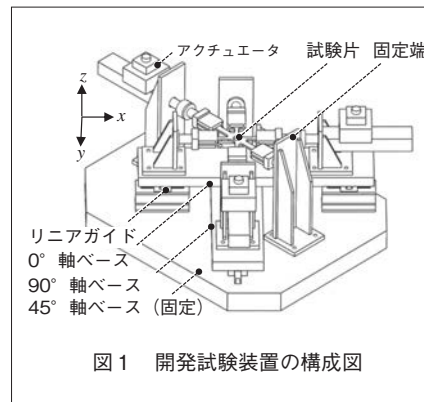


図1 開発試験装置の構成図

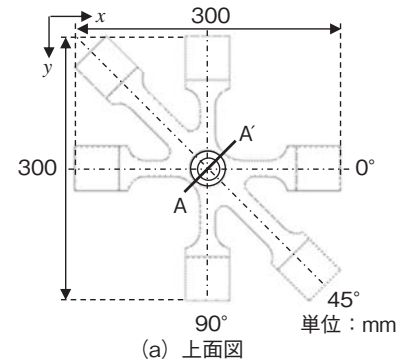
の建設機械で計測された応力場の再現精度を確認した。図2に試験片形状を示す。図2(a)に試験片の上面図、図2(b)に図2(a)上のA-A'部の断面図を示す。試験片は、一般的な十字型試験片の中央部から45°方向にも腕を伸ばした形状となっており、全体板厚16mmに対し、中央部のみ1mmとしている。供試材には、SS400一般構造用圧延鋼材を用いた。

図2(b)の試験片中央部を評価点とし、この位置に実機の稼働時に計測された応力場を再現する試験を実施した。弾性範囲内では、各軸に荷重をかけたときの応力場を足し合わせることで、任意の応力場を再現可能である。したがって、各軸に荷重をかけた際の発生する評価点での面内応力場から、任意の応力場の発生に必要な荷重負荷値を逆算して求めることで、荷重負荷条件が決まる。

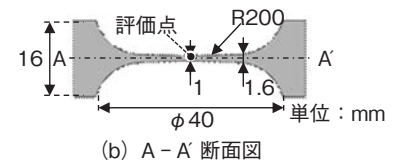
実機の稼働時応力と再現応力を比較した結果を図3に示す。稼働時応力に対して、再現応力はよく一致しており、誤差5%以下で再現できることが確認できた。また、実機の稼働時応力を繰り返し負荷した疲労試験において、想定破壊箇所となる中心部からき裂が発生することが確認できた。

## 4. おわりに

機械構造物の稼働時に発生する複雑な応力場を再現可能な疲労試験装置の開発について述べた。本試験装置を、複雑負荷を受ける機械構造物



(a) 上面図



(b) A-A'断面図

図2 試験片

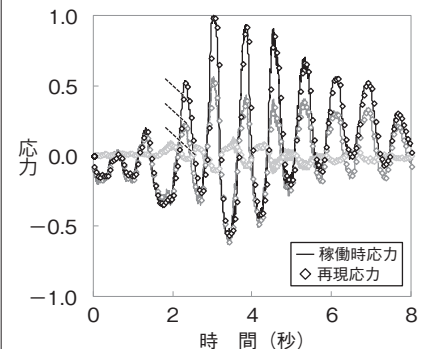


図3 開発試験装置の応力再現精度

となる製品のさらなる信頼性向上に活用していく。

なお、開発した試験装置は(株)島津製作所との共同開発である。関係各位に深謝する。

(原稿受付 2015年12月9日)

[井上剛志、竹田憲生 (株)日立製作所]

## ●文献

- (1) Itoh, T. and Yang, T., Material Dependence of Multiaxial Low Cycle Fatigue Lives under Non-proportional Loading, *Inter. J. of Fatigue*, **33** (2011), 1025-1031.
- (2) 井上剛志・永尾理一・竹田憲生, 任意面内応力を再現可能な面内三軸疲労試験装置の開発, *材料*, **64** (2015), 887-894.