

## ねじり疲労試験機の開発

名古屋大学 学生会員 ○村井 啓太 正会員 山田健太郎, 石川敏之

### 1. 序論

実構造物には自重や車両荷重などによって様々な荷重が作用しており、荷重が部材に対して偏心荷重される際には、曲げだけでなくねじりも同時に作用する。ねじりが作用する例として、図-1 に示すような標識柱が考えられる。標識板が水平方向に張り出しているため、標識板に作用する風荷重が柱重心に対して偏心荷重されることになり、標識柱基部には曲げモーメントおよびねじりモーメントの両方が作用する。これまで引張や曲げを受ける溶接継手の疲労試験が数多く行われてきているが、ねじりが作用する場合についてはほとんど行われていない。

本論文では、ねじりのみが作用する場合やねじりと曲げが同時に作用する場合の溶接継手の疲労試験を行うために開発した、ねじり疲労試験機の概要について述べる。

### 2. 疲労試験機概要

試験機を用いてねじりを与える仕組みについて説明する。図-2(a)に示すように、部材の片側を完全固定し、自由端側に荷重部材を取り付ける。荷重部材端部に荷重をかけて偏心荷重することにより、部材には曲げモーメントとねじりモーメントが作用する。この状態で試験を行うことにより、試験体に曲げとねじり（以下、曲げねじり）の荷重を与えて疲労試験を行うことが可能である。さらに、図-2(b)のように、荷重部材を挟んで2つの支点を設けて鉛直・水平方向変位を拘束することにより、ねじりモーメントのみが作用する状態（以下、純ねじり）を再現することが可能である。

この原理に基づいて板曲げ振動疲労試験機<sup>1)</sup>を改良することにより、ねじり疲労試験機の開発を行った。製作したねじり試験機を図-3に示す。鋼管試験体は、半円形の溝をつけたアルミブロックで上下から挟みこみ、ボルトによって台に固定した。また、I型断面の荷重治具を製作し、図-3(a)に示すように、アルミブロックを介してボルトで締め付けて取付けている。さらに純ねじり型に対しては、図-3(b)に示すように、荷重治具の前後にベアリング付きの台座を設置した。ベアリングを用いることにより、回転を拘束することなく鉛直、水平方向変位を拘束することを可能にした。

試験機の制御方法は板曲げ振動疲労試験機と同様であり、偏心錘の偏心量、モーターの回転数、荷重部材と加振機の取り付け位置を調節することにより、導入される曲げモーメントおよびねじりモーメントを制御する。

### 3. 試験機の性能確認

#### 3.1 静的荷重試験

製作した純ねじり試験機の性能を確認するために、純ねじり試験機に取り付けた溶接継手のない鋼管に対して、コイルばねで荷重板を静的に押し上げることによりねじりモーメントを与え、そのとき発生するせん断応力の測定を行った。試作機で荷重したので、荷重部材の形状、荷重部材近傍の2つの支点間隔は後の3.2節の試験機と若干異なる。試験体に発生する応力は、試験体に貼付した3方向のひずみゲ-



図-1 F-1型標識柱

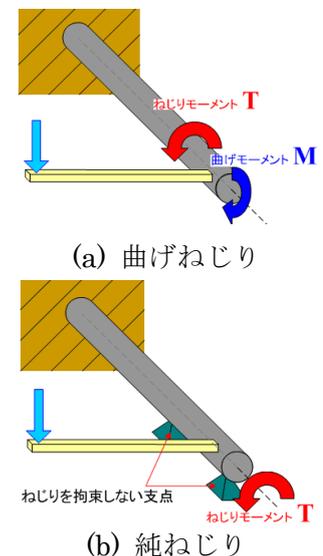


図-2 ねじり試験機の原理



(a) 曲げねじり型



(b) 純ねじり型

図-3 ねじり疲労試験機

ジから算出した。実験より得られたせん断応力は  $6.62\text{MPa}$  であり、そのときの最大せん断応力が作用する面の角度  $\phi_r$  は、鋼管周方向から反時計回りに  $-1.7^\circ$  傾いていた。 $\phi_r = 0^\circ$  として再計算した結果は  $6.61\text{MPa}$  であり、角度の違いによる影響は小さいと言える。また、作用ねじりモーメントによって発生するせん断応力の理論値は  $6.76\text{MPa}$  であったので、ねじり試験機によって理論値通りのせん断応力が発生することを確認できた。

### 3.2 動的载荷試験（純ねじり型）

動的载荷によって生じる応力状態を確認するために、図-3に示すように、鋼管の面外ガセット溶接継手試験体を試験機に取り付け、応力の測定を行った。面外ガセットから軸方向に  $75\text{mm}$  離れた位置に貼付した3方向のひずみゲージにより、ひずみを計測した。純ねじりによって発生するひずみ波形を図-4(a)に示す。①が周方向、③が軸方向、②が  $45$  度方向のひずみ波形である。純ねじり状態であれば  $45$  度方向のみひずみが発生するが、本試験結果では、周方向および軸方向にひずみが若干発生している。しかし  $45$  度方向のひずみ範囲に対して、周、軸方向のひずみ範囲はそれぞれ  $4.1$ 、 $5.5\%$  であり、 $45$  度方向のひずみが卓越していることが分かる。

純ねじりによって発生する動的载荷時の直応力とせん断応力の軌跡を図-4(b)に示す。先に述べたように、周方向および軸方向にひずみが生じているため、軌跡に若干の傾きが生じて  $\theta = 93.6^\circ$  になったが、せん断応力が卓越していることが確認された。

### 3.3 動的载荷試験（曲げねじり型）

曲げねじりに対して、動的载荷により測定した応力状態を図-5に示す。先ほどと同様に、鋼管の面外ガセット溶接継手試験体を用い、面外ガセットから  $75\text{mm}$  離れた位置の3方向のひずみゲージにより計測を行った。図-5(a)は曲げねじりによって発生するひずみ波形を示している。純ねじりの場合に比べて、曲げねじりでは3方向とも大きなひずみが生じていることが分かる。図-5(b)に示す応力の軌跡にも曲げねじりの特徴が表れており、曲げ応力によって  $\sigma$  が生じているので、軌跡の傾き  $\theta$  が小さくなっている。せん断応力と直応力の比  $\tau/\sigma$  を与えることにより曲げねじりの応力状態を表すことが可能であり、図中の点Aにおいて  $\tau/\sigma$  が  $0.643$ 、理論値で  $0.639$  となりほぼ一致することが確認された。

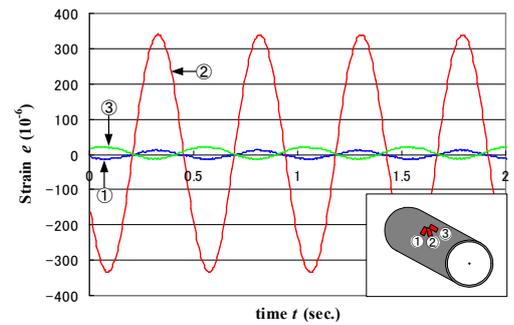
#### まとめ

ねじり疲労試験機の開発を行い、純ねじりおよび曲げねじりを与えて疲労試験することが可能であることを確認した。

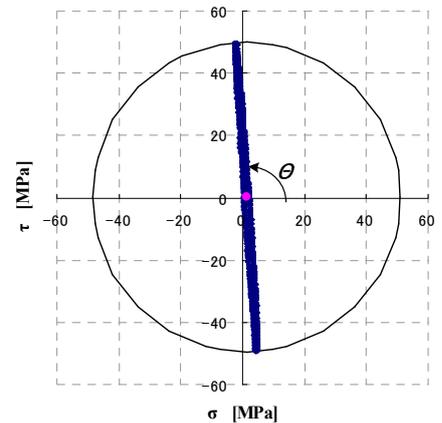
**謝辞** 本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（課題番号(C) 20560441）を受けて行った。また、本研究を行うにあたり、トピー工業の山田聡氏に試験機および試験体の製作で多大なるご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

1) 山田健太郎, 小藪江朋亮, 小塩達也: 垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験, 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, 2007

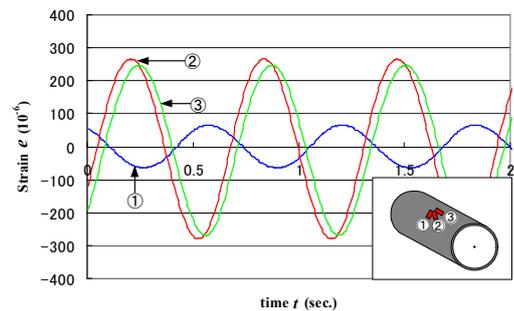


(a) ひずみ波形

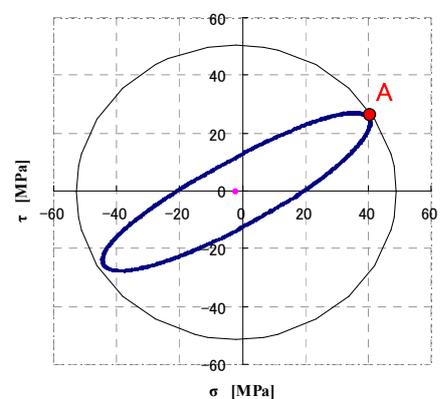


(b) せん断応力  $\tau$  と直応力  $\sigma$  の関係

図-4 純ねじり試験結果



(a) ひずみ波形



(b) せん断応力  $\tau$  と直応力  $\sigma$  の関係

図-5 曲げねじり試験結果