

技術ノート

配管の耐振試験における赤外線応力測定法

Infrared stress measuring method in vibratin proof test of pipe piping

田辺友久^{*1)} 並木喜正^{*1)} 清水秀紀^{*1)} 星野美土里^{*1)} 鈴木岳美^{*2)}

1. はじめに

配管継手類は、油漏れや破損など安全性を確認するためにJISに準拠した耐振試験が行われている。

JISの耐振試験方法は、配管に所定の応力を与えるため、振動変位量を計算式により求めて試験を行っている。しかし、試料の取り付け方や材質等により、計算結果に合致しない場合も多く、応力を正確かつ迅速に測定し、条件設定の信頼性向上を図る必要がある。

従来、配管系の曲げ耐振試験方法における応力測定はひずみゲージ方式が用いられている。しかし、この方法は、ひずみゲージの貼り付け位置や測定精度、実験の効率性などに問題がある¹⁾。このことから、新しい試みとして配管の耐振試験への赤外線応力測定法の適応性を検討し、その有効性を検証した。

2. 実験方法

2.1 実験試料

実験に用いた試料は、炭素鋼鋼管(OST2)、アルミニウム管(A6063TP)、黄銅管(C2700T)、ステンレス鋼鋼管(SUS304TPD)の4種類で、ともに寸法は外径12mm、内径9mmである。なお、炭素鋼鋼管は日本油空圧工業会JOHS-102に基づいた材質を使用した。

2.2 熱弾性係数の測定

赤外線応力測定法によって応力測定を行うには、熱弾性係数を求める必要がある。

熱弾性係数の測定は、図1に示すように油圧式往復動

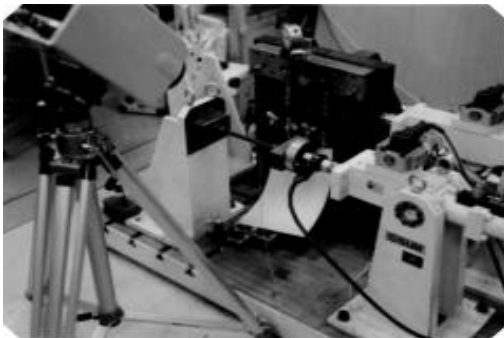


図1 油圧式往復動耐久試験機による熱弾性係数測定

性耐久試験機に黒色塗料を塗布した管を取り付け、軸方向に一定の繰り返し荷重を加える。負荷は試験機の油圧シリンダ先端の荷重センサによって検出され、温度変化量は、図中左上の赤外線カメラにより測定される。

熱弾性係数は材料によって固有の値をもち、断熱変化に伴う温度変化と応力変化量との関係は式(1)で表される。

$$T = -k \sigma \quad (1)$$

ここに、 k ：熱弾性係数(1/Pa)

T ：温度変化量(K)

σ ：主応力の和の変化量(Pa)

T ：絶対温度(K)

試料の熱弾性係数(k)は、引張及び圧縮方向に既知の応力を加え、赤外線応力測定装置によって温度変化量 T を測定することにより求めた。

しかし、材質によっては、応力の変化に伴う温度変化量が微小である場合には応力測定の精度が低下するため、材質毎に測定に必要な最小の応力を求めた。

2.3 配管の曲げ振動試験

曲げ振動実験は、図1に示す油圧式往復動耐久試験機を用い、図2に示すように管をくい込み継ぎ手を介して固定盤に取り付け、自由端に水平方向の振動を加えた。

加振条件は振幅 $\pm 1\text{mm}$ 、 $\pm 1.5\text{mm}$ 、 $\pm 2\text{mm}$ について、それぞれ振動数5Hz、10Hz、15Hz、20Hz、25Hzであり、管基部の曲げ応力は、赤外線応力測定法及び管の固定側の基部に貼ったひずみゲージにより測定を行った。

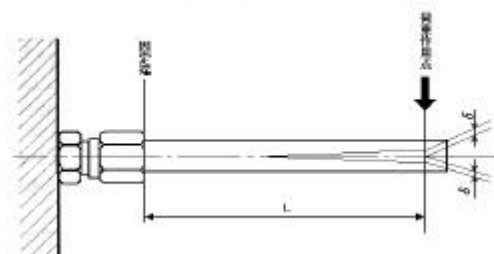


図2 曲げ試験方法

管基部の曲げ応力は式(2)で表される。

$$\sigma = 3 E e / L^2 \quad (2)$$

ここに、 L ：固定端から荷重作用点までの距離(mm)

e ：荷重作用点の変位(mm)

¹⁾製品科学技術グループ²⁾企画普及課

E : 管材料の縦弾性係数(N/mm²)
 e : 管外径の 1 / 2 (mm)
 : 管基部の曲げ応力(N/mm²)

3. 実験結果および考察

3.1 熱弾性係数の測定結果

赤外線応力測定装置の温度分解能は0.001Kであるが、実際に測定を行った結果、温度変化量が小さい場合にはばらつきが生じる。そのため、測定精度の信頼性が確保できる最小温度変化量は0.01Kに設定した。

炭素鋼鋼管では12.0MPaの応力で温度変化量が0.01Kとなった。同様に、アルミニウム管は1.7MPa、黄銅管は2.0MPa、ステンレス鋼鋼管は5.6MPaの応力で温度変化量が0.01Kとなった。

これより各試料の熱弾性係数を求めた結果を表1に示す。

表1 各試料の熱弾性係数

炭素鋼鋼管	アルミ管	黄銅管	ステンレス鋼鋼管
0.27×10^{-11}	2.00×10^{-11}	1.68×10^{-11}	0.59×10^{-11}

熱弾性係数は、縦弾性係数の大きい材質の管ほど小さくなる傾向を示した。

3.2 配管の曲げ振動実験結果

実験により求めた熱弾性係数を使用して、赤外線応力測定法、及びひずみゲージ法によって曲げ応力を計測した。

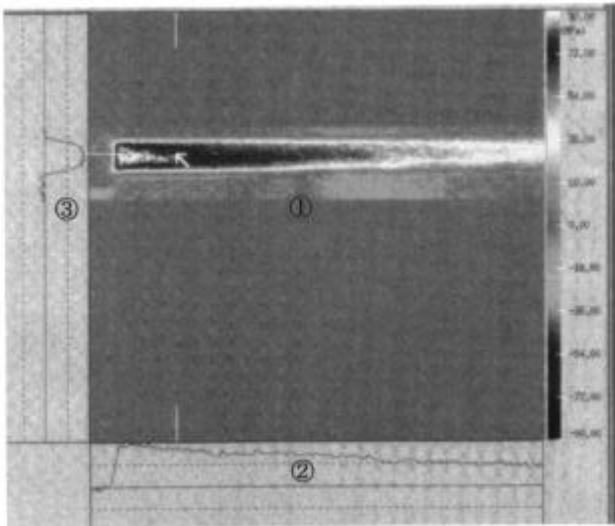


図3は、炭素鋼鋼管の赤外線応力測定法による測定結果である。図中の ①は管の応力分布、②は管中心での軸方向の応力変化、③は管の矢印部分での垂直方向の応力変化を表したグラフである。①からは、曲げ応力が荷重作用点側から徐々に固定端側に近づくほど大きくなっていること、②からは、管の中心に近いほど曲げ応力が大きくなっていることがわかる。

これらのことは、理想的な中空丸棒の曲げ応力分布の

傾向と一致しており、この加振試験方法が妥当なものであることを示している。

表2は各試料について振動数5Hz、振幅1mmの条件下で試験を行った結果である。式(2)から求められた管基部の曲げ応力の理論値、赤外線応力測定により得られた応力分布の最大値、及びひずみゲージ法から得られた曲げ応力の結果を比較したものである。

表2 赤外線応力測定法とひずみゲージ法による曲げ応力の比較(単位:MPa)

試料	理論値	赤外線測定値	ひずみゲージ測定値
炭素鋼鋼管	103	97	90
アルミニウム管	36	32	35
黄銅管	52	52	44
ステンレス鋼鋼管	98	98	64

表2から、赤外線応力測定法、ひずみゲージ法とも理論値にほぼ近似していることがわかる。しかし、ステンレス鋼鋼管のひずみゲージの値が理論値や赤外線応力測定法に比べて著しく小さい。これは、同一の試料を用いて行った他の振動数の試験結果でも同様な結果であったことから、ひずみゲージの貼り付け位置のずれによるものであることが推察される。今回行った各振動数について、赤外線応力測定法及びひずみゲージ法で測定した結果、5~25Hzの範囲において4種類の管のいずれも、曲げ応力の相違が見られなかった。

これらのことから、管の曲げ方向での耐振試験においては、振動数による依存性はなく、赤外線応力測定法が有効であることがわかった。

4. まとめ

- 1) 材質の異なる4種類の管について、熱弾性係数を精度よく求めるための最小応力を求め、それらの熱弾性係数を得た。このことから、配管の耐振試験における赤外線応力測定法の汎用性が拡大した。
- 2) 配管の耐振試験において、赤外線応力測定法は理論値やひずみゲージ法による曲げ応力にほぼ一致することが確認され、赤外線応力測定法は、測定精度や測定の効率性の面で実用的な方法であることがわかった。
- 3) 赤外線応力測定法は、今回行った振動数25Hzまでの範囲では振動数の依存性がないことがわかり、耐振試験の能率化を図るうえで、低い振動数を受ける環境下の配管であっても高い振動数で試験を行えることがわかった。

参考文献

- 1) 並木喜正,村井孝宣,深谷信二:平成8年度広域関東圏研究成果発表会予稿集,(財)日本産業技術振興協会(1996).

(原稿受付 平成12年7月31日)