

非接触型変位計を用いた小口径配管の振動応力計測方法の開発

Development of Method to Measure Vibrational Stress of Small-Bore Piping with Multiple Contactless Displacement Sensors

原子力安全システム研究所 野田 満靖 Michiyasu NODA Non-Member
原子力安全システム研究所 高橋 茂 Shigeru TAKAHASHI Non-Member

In the nuclear power plant, where many small-bore piping connected to vibrational sources like pumps, it is important to evaluate vibrational stress to keep the plant operating safely. The purpose of this study is to develop a method to measure vibrational stress efficiently by using multiple contactless displacement sensors. The applicability of the method is verified by vibration tests with a pipe. In the vibration tests, the stress calculated by the proposed method was compared with the stress measured by strain gauges. The calculated stress was in good agreement with the measured stress though having some errors which are negligible comparing to endurance limit of fatigue failure. Therefore the method we developed is applicable to measure vibrational stress of small-bore piping.

Keywords: Small-Bore Piping, Beam Theory, Fatigue Failure, Vibrational Stress, Vibration Test

1. 緒言

原子力発電所では、ポンプ等を加振源としてドレン管・ベント管・計装用配管などの小口径配管が疲労破壊する事例が数多く報告されている[1][2][3]。その対策の一つとして、振動応力評価が行われているが、小口径配管の数が多いうえに多種多様な形状であるために、より効率的な評価方法の開発が望まれている。

現在、配管系に生じる振動応力を計測する方法として、接触式の振動計を用いる方法[4]やひずみゲージを振動している対象物に直接貼付けする方法[5]、多数の加速度計を用いて振動モードを把握し、演算によって対象部位に発生する応力を求める方法[6]などがある。しかしながら、小口径配管が上記のような特徴を持ち、計測に時間や労力を要することから、より効率的に振動応力を計測する方法の開発が望まれている。

効率的な振動応力計測方法として、著者らはレーザー変位計を用いたはり理論に基づく方法を提案し、板はりをを用いた振動実験により、その適用性を確認した[7][8]。ここでは、さらに実際の計測対象である配管を用いた検討を行った。

本研究は、複数の非接触型変位計を用いた振動応力計測方法について、配管を用いた正弦波加振実験の結果に基づく適用性の検討結果を報告するものである。

2. 振動応力計測方法

Fig.1 に、非接触型変位計を用いたはり理論に基づく計測方法の計測原理を示す。ここで、 D は配管外径、 R は振動変形による配管の曲率半径、 u_1, u_2, u_3 は変位計で計測した変位振幅、 X_0, Y_0 は曲率半径 R の中心 O から計測位置までの距離および配管中心部までの距離、 X_1, X_2 は変位計の計測間隔をそれぞれ表す。Fig.1 に示す幾何条件より、式(1)から(3)が成立する。

$$(X_0)^2 + (-u_1 + Y_0)^2 = R^2 \quad (1)$$

$$(X_1 + X_0)^2 + (-u_2 + Y_0)^2 = R^2 \quad (2)$$

$$(X_2 + X_0)^2 + (-u_3 + Y_0)^2 = R^2 \quad (3)$$

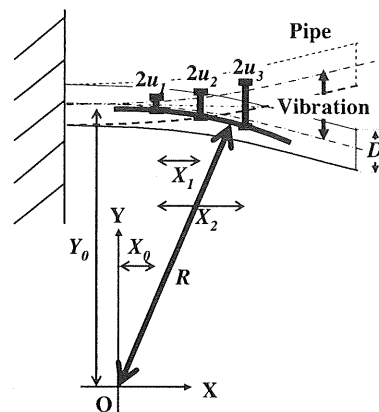


Fig.1 Principle of measuring bending stress by means of multiple contactless displacement sensors

連絡先：野田満靖、〒919-1205 福井県三方郡
美浜町佐田 64、(株)原子力安全システム研究所、
電話：0770-37-9110、E-mail:noda@inss.co.jp

(1)~(3)式を解いて得た R を、(4)式に代入することで、曲げ振動により生じる振動応力 σ が求められる。ここで、 E はヤング率を表す。

$$\sigma = DE/2R \quad (4)$$

3. 適用性の検討

1、2 および 3 インチのステンレス鋼製配管試験体を用いて振動実験を実施した。Fig.2 に振動実験の概要を示す。加振振動数は、配管試験体の固有振動数以下の 6 点 (0.5Hz 間隔) とした。非接触型変位計の計測間隔を 38mm および 76mm とした時の本計測方法による振動応力 (以下、計測応力) と、D 点および C 点で計測したひずみゲージ法による振動応力 (以下、ひずみ応力) とを比較した。横軸をひずみ応力、縦軸を計測応力とした時の振動実験の結果を Fig.3 に示す。

Fig.3 から、ひずみ応力と計測応力とが全般的に一致することが分かった。特に、計測間隔が広い時には、計測応力のばらつきは小さく高精度で振動応力を計測できることが分かる。

本計測方法は、ひずみ応力に比較して多少のばらつきは見られるものの、そのばらつきは小口径配管に生じる数十 MPa 程度の振動応力に対して十分に小さいと考えられる。従って、本計測方法は小口径配管の振動応力計測方法として適用できると考えられる。

3. 結言

- 1) 本計測方法により、従来のひずみゲージ法と同程度の振動応力を計測できる。
- 2) 本計測方法は、振動応力の小口径配管の振動応力計測方法として適用できる。

参考文献

- [1] Gosselin, S. R. and Fleming, K. N., 1997, "Evaluation of Pipe Failure Potential via Degradation Mechanism Assessment," Proc. ICON 5, 2641, pp.1-9.
- [2] Mitman, J., 1999, "Revised Risk-Informed Inservice Inspection Evaluation Procedure," EPRI TR-112657 Rev. B-A Final Report.
- [3] Lydell, B. O. Y., 2002, "A Database System Supporting the Evaluation of Piping Reliability on the Basis of

Operational Experience," SKI Report, RSA-R-2001-01.12.

- [4] Noda, M., et al., 2006, "Methods of Evaluating Vibration-Induced Stress of Small-Bore Piping," ASME-PVP, PVP2006-ICPVT-11-93198, pp.1-9.
- [5] Silva, C. W., 1999, "Vibration: Fundamentals and Practice," CRC Press, Boca Raton, Chap. 8, pp.456-476.
- [6] Tanaka, M., et al., 1997, "Development of a Diagnostic and Monitoring System for Vibration Pipes," Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, Vol.33, pp.278-281.
- [7] Noda, M., et al., 2007, "Development of evaluation method of vibrational stress in piping system applying multiple laser displacement sensors," ASME-PVP, PVP2007/CREEP 8 Conference-26453, pp.1-7.
- [8] Shintani, M., et al., 2007, "Experimental study of evaluation method of vibrational stress in piping systemu applying multiple laser displacement sensors" ASME-PVP, PVP2007/CREEP 8 Conference-26454, pp.1-10.

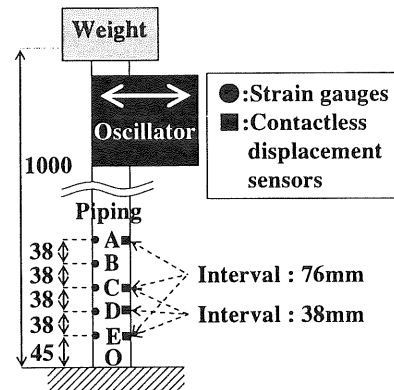


Fig.2 Experimental apparatus

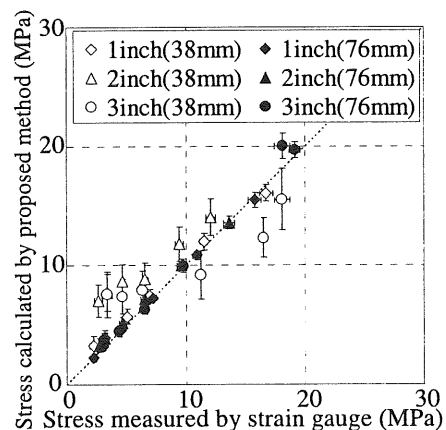


Fig. 3 Experimental results (Root-mean-square values)