

等温化容器を用いた差圧センサーの動特性試験装置の開発

○阪本大介^{*}, 尹鍾皓^{**}, 香川利春^{***}

Development of Dynamic Characteristic Tester of the Differential

Pressure Sensor using Isothermal Chamber

Daisuke Sakamoto^{*}, Chongho Youn^{**}, Toshiharu Kagawa^{***}

This paper reports a newly developed pneumatic pressure wave generator. The developed pressure wave generator responds to the requirement of the dynamic calibration of pressure sensors that must detect small differential pressures. A closed chamber of about 200 milliliters capacity is filled with air and stuffed with a thin metal wire bundle. A small piston is inserted to the cabinet. When the piston moves, the pressure in the chamber changes correspondingly. The stuffed wire bundle has a large heat capacity which absorbs generated heat by air compression. Consequently, the air temperature in the chamber is kept almost constant; hence the pressure amplitude becomes unchanged by the change of frequency of the piston motion. Experiments are performed with various volume of stuffed wire, whose range is from zero to ten percent of the box space, and with various frequencies of piston motion.

Key Words : Dynamic calibration, Pressure sensor, Isothermal chamber

1. はじめに

一般に、圧力計の静特性測定は、規格も整備されているし、測定ないし検定のための標準機も確立されている。一方、動特性の測定、検定方法は標準化されていないが、多くの研究¹⁾がなされており、また、変動する圧力の検出に用いる圧力センサでは、構成要素の固有振動数を十分高くしておけば、ある程度の周波数までは、静特性と同じ特性が期待できるから、メーカーなども固有振動数の記載ですませている。研究されている動特性試験の方法は数百ヘルツから数キロヘルツと、比較的高い周波数に関するものがほとんどである。一般的な単一圧力を測定する場合は、これで良いのであるが、微圧ないし微差圧センサでは問題が生じる。それは、微差圧ないし微圧を検出するためには、ダイアフラムなどの剛性を大きくできず、したがって固有振動数が低くなるからである。圧力計が変動する微小な差圧を正しく検出しているか否か、を知るためには、まず信頼できる基準圧力信号を発生させる必要がある。本研究で開発する正弦波発生装置は、この要求に応じる基準圧力信号を発生させるものである。この装置では、Fig. 1 に示すように、容器に空気を閉じ込め、その

容器に小さなピストンをはめて、ピストンの往復運動により、制御された圧力変動を生じさせる。この場合には、ピストンの往復運動は容器内空気の体積変化を生じさせるから、ボイル・シャルルの法則にしたがう圧力と温度の変化が生じる。温度は容器との熱交換を通じて周波数の影響を受ける。もし温度を一定に保てれば、体積変化に応じる圧力変化の予測が正確に行える。先行研究において、川嶋、舟木らは容器内に金属線を詰めることで、容器内の空気をほぼ等温に維持できることを示した²⁾³⁾。そこで、本研究においても、容器内に熱容量が大きく、伝熱面積の多い物質（金属ウール、Fig. 1 参照）を充填して、容器内空気の温度変化を十分小さくして、周波数に依存しない圧力変化を発生させようとする。この場合には、充填量などにより、入力であるピストン変位に対する、圧力の振幅や位相がどのようになるかを明らかにしなければならない。ここで試作した例では、50Hz までの実験範囲において、振幅が一定で、位相ずれが許容できる程度のパラメータ選定を行うことができたので、その結果を報告する。

2. 非定常微圧発生装置験

製作した非定常微差圧発生器を Fig. 2 に示す。本装置は電動機、ピストン駆動部及びピストン、シリンダーから構成される。ピストンの駆動方式はスライダ・クランク機構を用い、ピストンの駆動速度は電動機の回転速度により制御する。電動機軸とクランクはカップリングにより結合されており、クラン

^{*}東京工業大学メカノマイクロ工学精密工学研究所
(〒226 - 8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259)
(E-mail: sakamoto.d.aa@m.titech.ac.jp)

^{**}東京工業大学精密工学研究所

^{***}東京工業大学総合理工学研究科

クは電動機と同期して回転する。クランクは軸中心のずれ L_c が 1 mm となる二つの軸から構成されており、片側の軸を電動機軸に、もう一方の軸をシャフトに接続する。シャフトには二つのベアリングを中心距離 L_s が 100 mm になるように取り付けられており、ベアリングを通じてクランクとピストンを接続している。モータの回転速度を一定に制御することで、ピストン変位を正弦波状に変化させることができる。

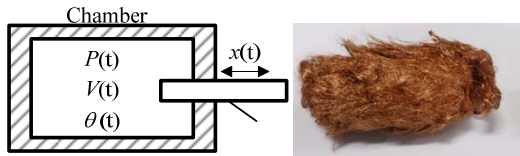


Fig. 1 Schematic of isothermal chamber

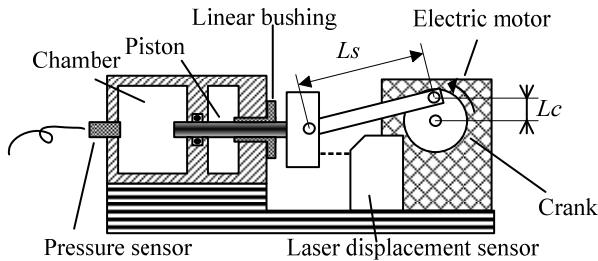


Fig. 2 Experimental setup

3. 実験結果

充填材には線径は 20 ミクロンの被覆銅線を用いる。また、充填率は 0~10%まで変化させる。それぞれの充填率において、周波数:1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 Hz でピストンを動かし、シリンダー内の圧力及びピストンの変位を計測した。サンプリング時間は 1~10Hz で 1ms, 15~50 Hz で 0.1ms とした。Fig. 3 に測定結果の一例として、銅線をシリンダ容積の 1% 充填し、ピストンを 50Hz で往復運動させた場合の圧力応答を示す。図より、圧力はピストンの駆動周波数で変動しており、概ね正弦波で変化していることがわかる。図には微小な高調波が重なっているが、これは静止中も見られるので、計測系で生じているノイズである。これ以外は正確な正弦波となっていることを周波数解析で確かめてある。圧力センサで測定した圧力、 P_{exp} 、及びピストン変位から推定される等温変化時の圧力波形、 P_{iso} 、を周波数解析し、振幅を求めた。

それぞれの充填率において横軸に周波数、縦軸に圧力振幅の比を取り、まとめたものを Fig. 4 に示す。図より、 P_{exp} と P_{iso} の振幅比は周波数の増加に伴い大きくなり、充填率の増加に伴い小さくなることわかる。

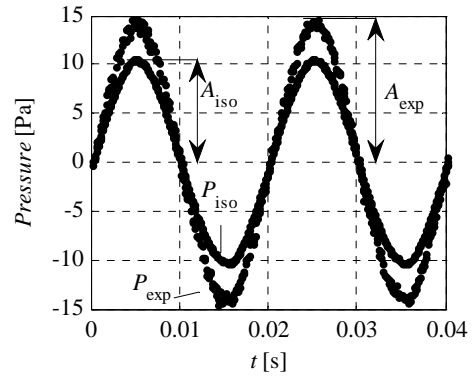


Fig. 3 Pressure wave with 1% wire

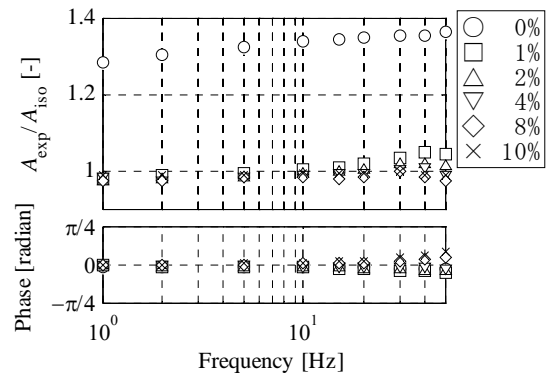


Fig. 4 Pressure amplitude ratio (P_{exp}/P_{iso}) with wire

4. まとめ

線径 20 ミクロンの銅線を用いて、容器内の銅線の充填率を 0~10%まで変化させ、微小容積変化時の容器内圧力を計測した。

その結果、充填率の増加に伴い、容器内の圧力変化が等温に近づくことが確認した。大気圧下において本装置を用いて発生した圧力は、ピストン変位から推定が可能であり、計測したピストン変位をリファレンスとして、圧力センサの微圧変動における動特性試験が可能であることがわかった。

参考文献

- 1) T. Fujiyoshi, Experimental Manufacture of Hydraulic Pressure Pulsator for Measuring Frequency Characteristics of Pressure Transducers, Journal of Japanese society for Non-Destructive Inspection (1994)
- 2) Kenji Kawashima, Toshiharu Kagawa, Unsteady flow generator for gases using an isothermal chamber, Measurement 33 (2003) 333-340.
- 3) Tatsuya Funaki et al., Generator of variable gas flows using an isothermal chamber, Meas. Sci. Technol. 18 (2007) 835