ハイブリッド型超音波流量計の金属平板における超音波伝搬特性

Ultrasonic propagation properties through metallic plate of hybrid type ultrasonic flowmeter

○浜田翔 (芝浦工大) 正 臼井健介 (芝浦工大)

正 木倉宏成 (東工大) 正 有富正憲 (東工大) 正 森治嗣 (東京電力)

Sho HAMADA, Shibaura Institute of Technology, 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo

Kensuke USUI, Shibaura Institute of Technology, 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo

Hiroshige KIKURA, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Masanori ARITOMI, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Michitsugu MORI, Tokyo Electric Power Company, 4-1, Egasaki-cho, Tsurumi-ku, Yokohama

Key Words: flow rate measurement, ultrasonic flow meter, ultrasonic propagation,

UDM(Ultrasonic Doppler Method), TOF(Time of Flight)

1. 緒言

現在, 工業配管流量計測には安価かつ国際的な規格整備がされているといった観点から差圧式流量計が主に使用されているが, これらの計測法は経年変化によって流量指示値がドリフトすることが知られている。そこで, 高経年変化に対処すべく米国の原子力発電プラントでは給水流量計測に伝搬時間差式 (TOF; Time of Flight) などの超音波流量計が先行的に導入されている。しかし, 設置の容易性は向上するものの, 偏流や表面粗さ等に依存する実機条件の速度分布が正確に模擬できない課題点が今なお指摘されている。

これに対し, 超音波パルスエコーのドップラー効果を利用することで測定線上の流速分布を瞬時に計測することが可能な超音波流速分布計測計 (UVP; Ultrasonic Velocity Profiler) ⁽¹⁾を用い, 得られた流速分布を周積分することで直接流量を算出する手法 (UDM; Ultrasonic Doppler Method) ⁽³⁾がある。本手法は原理的に校正の必要がなく, TOFに必要な流量補正係数 (PF; Profile factor) が不必要であるため, 流速分布の変化, 経年変化に対応した流量計測が可能である。

しかし, UDMは原理上, 超音波反射体が必要であるため, 原子炉給水系において常時計測が困難な場合があると考えられる。そこで本研究では流速分布に依存して測定誤差を生む TOF 流量計の PF を, UDM を用いて校正することで流速分布変化に依存しないキャリブレーションシステムの有効性を実験的に検証する。

2. 金属平板への適用

これまでアクリル製配管におけるキャリブレーション効果について検証してきた⁽⁴⁾。今回は工業用配管での計測を視野に入れて金属配管で計測を行う。金属配管は従来用いていたアクリル製円管に対して超音波透過率が極めて小さいため, 超音波入射条件によっては S/N が悪化するため計測が困難となる。このことから, UDM や TOF といった斜角で超音波を発振するような計測法では, 超音波の透過率, 伝播経路が計測に大きな影響を与える。

平板厚さ, 超音波入射角度を変化させて超音波音圧分布を計測した。音圧分布計測結果から平板厚さが比較的厚い場合は縦波, 横波臨界角付近で透過強度が極大となる。また, 同条件で屈折角度変位が最小となったので, 管壁厚 1.5mm のアルミ製円管における超音波最適入射角度を 20deg. として流量計測を行った。

3. 実験装置

UDM を用いた TOF 流量計のキャリブレーション効果を確かめるため, 水平円管水循環テストループを用いて流量計測を行った。UDM から算出した流量補正係数 (PF) を TOF 流量計にフィードバックすることで TOF の精度向上を確認する。実験装置は水循環系, テスト部ならびに計測装置によって構成される。タンクに供給された水は渦巻きポンプによって電

磁流量計を介してテスト流路に流入し, タンクへと循環する。

TOF 流量計は, 基本周波数, 超音波の入射角度はそれぞれ 1MHz, 47deg で, 超音波伝搬方式は V 法である。超音波流速分布計測は基本周波数は 2MHz とした。

計測部は, 超音波流速分布計, 超音波トランスデューサー (TDX; 2MHz), アルミ製配管 (外径 83.48mm, 内径 75mm, 肉厚 4.22mm) から構成される。超音波透過率を考慮して, TDX と配管を水でカップリングした。

金属配管において管内表面粗さによって生じる偏流を模擬するために, トリップリング (a=50, 55, 60, 65, 70, 75mm) を整流板の直後に設置した。そして, テスト部入口から 24D/L で TOF および UDM 計測を行い, TOF を再校正した。

4. 結果および考察

流速分布を表わす偏流度が TOF の PF および UDM を用いてキャリブレーションした PF に与える影響を Fig.1 に示す。補正前の PF は偏流度が 1 の流速分布を基準とし, PF を 1.00 と校正した。補正前と後の PF を比較すると, 補正後の PF の変化は ±1.0% 未満に収まっており, 流速分布変化が流量計測誤差を引き起こす割合が小さい。以上のことから金属配管において, 流速分布変化に対応したキャリブレーションシステムの有効性を示した。

Fig.1 Calibration of profile factor of TOF by using the results of UDM measurement

参考文献

- (1) Y. Takeda: Measurement of velocity profile of mercury flow by ultrasound Doppler shift method, Nucl. Technol., 79, 120-124 (1987)
- (2) Y. Takeda: Velocity profile measurement by ultrasonic Doppler method, Experimental Thermal Fluid Science, 10, 444-453 (1995).
- (3) M. Mori, et al., Development of a novel flow metering system using ultrasonic velocity profile measurement. Exp. Fluids, 32, 153-160 (2002).
- (4) H. KIKURA, et al., Development of pulse ultrasonic Doppler method, ICONE14, (2006), 89695.
- (5) S. Wada, et al., Chara. of sound press. Distribut. on ultrasonic Doppler method, 4th ISUD, (2004) 37-40.