

二測線直交型超音波プローブを用いる管内偏流の測定

Drift Current Measurement Using Two Orthogonal Ultrasonic Probes in a Pipe

筑波大院シス情工¹, 筑波大シス情系² °橋本 修亮¹, 水谷 孝一², 若槻 尚斗²

Univ. of Tsukuba¹, Univ. of Tsukuba², °Shusuke Hashimoto¹, Koichi Mizutani², Naoto Wakatsuki²

E-mail: mizutani@iit.tsukuba.ac.jp

1. はじめに

管内流れの測定は, 管の評価やパイプラインの設計, 流量計測において重要とされている^[1]. 管内流れは主に管軸方向に流れが存在するが, 局所的に見れば管径方向にも流れが存在する. この流れを偏流と呼ぶ. 本研究では円管内の流れにおける偏流を計測することを目的に, 測線を直交させた超音波時間差法により偏流を求める. 本報告では有限要素法を用いた流体シミュレーション結果を用いて提案手法の有効性を検討した.

2. 原理

Figure 1 のように 2 対の超音波探触子の測線が直交する測定系を用いる. 超音波探触子から超音波を送信すると管内の偏流により超音波伝搬速度が変化する. 伝搬時間 τ は次式で表される^[2].

$$\tau = L / (C \pm V_d), \quad (1)$$

ここで, L は測線長, C は音速, V_d は偏流流速である. 両測線の伝搬時間計測結果から, 偏流の x 軸方向成分 V_{dx} と y 軸方向成分 V_{dy} が求まる.

$$V_{dx} = \frac{L}{2} \left(\cos \theta \left(\frac{1}{T_{31}} - \frac{1}{T_{13}} \right) - \sin \theta \left(\frac{1}{T_{42}} - \frac{1}{T_{24}} \right) \right). \quad (2)$$

ここで, T は探触子間の伝搬時間を表し, 添え字は探触子番号を表す. θ は計測系の回転角である. 同様に V_{dy} も求めることができ, 速度ベクトルの関係から偏流 V_d の大きさと方向が求まる.

3. シミュレーション

Figure 2 に有限要素法で用いた直径 44 mm の円管モデルと流速分布図を示す. 円管の一方から 0.5 m/s の一様流を与え, 一方を流出口として流れをシミュレーションした. 測定系の回転角を変化させながら, パイプ曲部後の断面(Fig. 1)における偏流の流速と方向を測定した結果を Fig. 3 に示す. 破線は断面の平均偏流速とその方向を表し, 実線は測定結果である. 測定系の回転角によって測定値が変動する理由として偏流分布の非対称性が挙げられる. 測定された偏

流方向は測定系の回転角により ± 8.5 度以内の変動が見られるが, 偏流の方向を推定するには十分だと思われる.

4. まとめ

測線を直交させ超音波により円管内における偏流を計測する手法を考案した. また, シミュレーションより偏流流速と方向を求め, 特にパイプ曲部後における偏流の方向を推定に応用できることが示唆された.

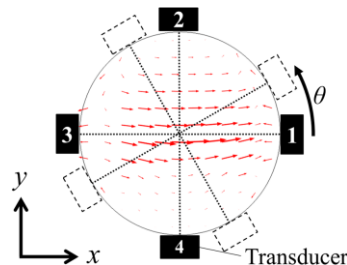


Fig.1 Front and side view of measurement section.

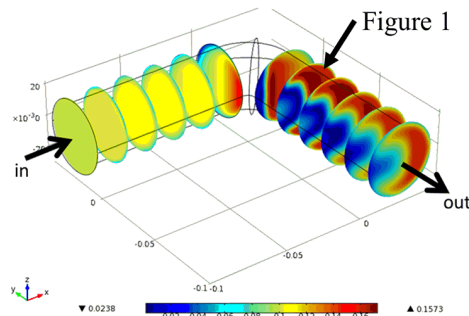


Fig.2 Pipe model and flow velocity distribution.

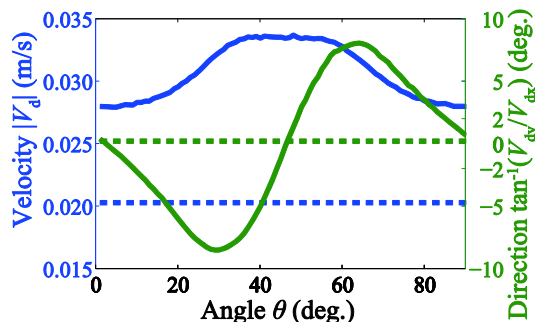


Fig.3 Simulation results of V_d .

参考文献

- [1] 一般社団法人日本計量機器工業連合会, “流量計の実用ナビ,” (2012).
- [2] 福原聡, “超音波による高精度流速計測,” 計測と制御, 第 49 巻第 1 号, pp. 14 -19 (2010).