

VI-174 超音波による泥水粘度測定を試み

戸田建設㈱ 正会員 野地 次男
同 上 樋口 忠
同 上 阿部 史郎

1. はじめに

泥水の管内流動は図-1に示すように平均流速 v_a が等しくても、降伏値 τ_y と塑性粘土 μ_0 が違うとせん断部分に大小を生じ速度分布が異なってくる。この場合、壁面における速度こう配すなわち壁面せん断応力が異なるので、結局圧力降下も違ってくる。境界槽が発達して管壁近傍で慣性力の影響を受けない流速の範囲であれば、圧力降下を測定することによって泥水の粘度を知ることができる¹⁾。このように泥水の管内流動においては、速度こう配と泥水の粘性が密接な係わりを持っている。

そこで筆者らは泥水の流速分布が粘性によって変化するであろうことを予測し、流線スペクトルが得られる装置を試作し、実験を行い検討を加えた。この手法の特徴は、慣性力の影響に関係なく流線スペクトルの形状から泥水の粘度を知ることができるということと、同時に求まる平均流速から流量を知ることでもあるということである。

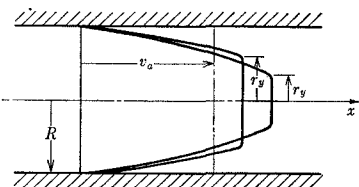


図-1 同一平均流速の速度分布が異なる管内流れ

2. 測定装置の概要

図-2に試作した測定装置の概要を示す。測定装置は泥水輸送管に取り付ける超音波センサとその制御装置、解析用のFFTアナライザから成る。超音波センサはφ40mm、厚さ10mmのセラミック振動子を3ヶ平行に並べ、超音波の減衰の少ないポリカーボネート製のアタッチメントに貼り付けたものである。図-3に超音波センサの構造を示す。泥水輸送管管へは図-3のように、流れの方向に対して60°の角度を付けて取り付けている。

送信する超音波信号は206kHz、10Vppの正弦連続波である。超音波センサは送受信兼用であるため、戻ってきた反射波は一旦ブリッジ回路で分離されたのち増幅、検波される。再び増幅処理された信号は2つに分岐され、一方はゼロクロスカウンタ回路を通して平均流速として出力される。またもう一方はそのまま出力され、FFTアナライザでスペクトル分析される。

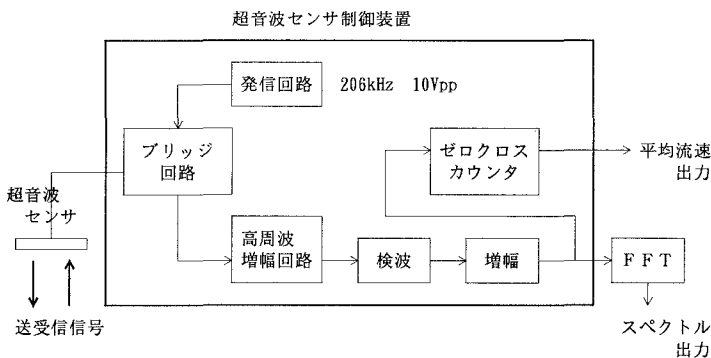


図-2 測定装置の概要

3. 測定原理

本装置によって得られるドプラ信号周波数 f と流速との関係は

$$f = \frac{2 v f_0 \cos \theta}{C} \quad \text{----- (1)}$$

で表される。ここで、 v 、 f_0 、 θ 、 C はそれぞれ流速、超音波周波数、超音波ビームと流れ方向のなす角度、

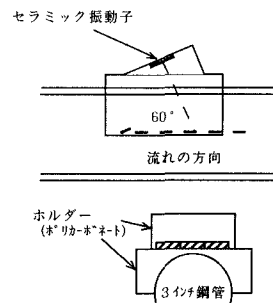


図-3 超音波センサの構造

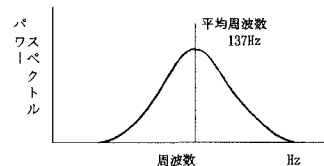


図-4 流線スペクトル

音速である。受信波は流速の違いで発生するさまざまなドプラ信号周波数が合成されたものとなる。

管内流れに対して図-4のような流線スペクトルが得られることが知られている²⁾。もし泥水の平均流速が1.0m/sならば、 $f_0=206\text{kHz}$ 、 $C=1500\text{m/s}$ 、 $\theta=60^\circ$ より、流線スペクトルは137Hzの平均ドプラ信号をもつ。

4. 測定結果

測定はファンネル粘度（FV）が31秒、28秒、25秒の3種類の泥水について行った。泥水中の固体粒子の影響を避けるため、泥水比重を1.05に一定に保ち、FVをCMCで調整した。図-5に3種類の泥水の流線スペクトルを示す。流速は1.25m/sで中心周波数は約170Hzである。スラリーポンプの振動等による低周波のイズの混入を考慮すれば、スペクトルの分布は図のように粘性が上がるに従い同一流速成分が増えスペクトルが先鋭化されるものと思われる。このことは、粘性の上昇に従い管内の流れはせん部分が広がった状態、すなわち壁面における速度こう配が急な状態となっていることを明示している。

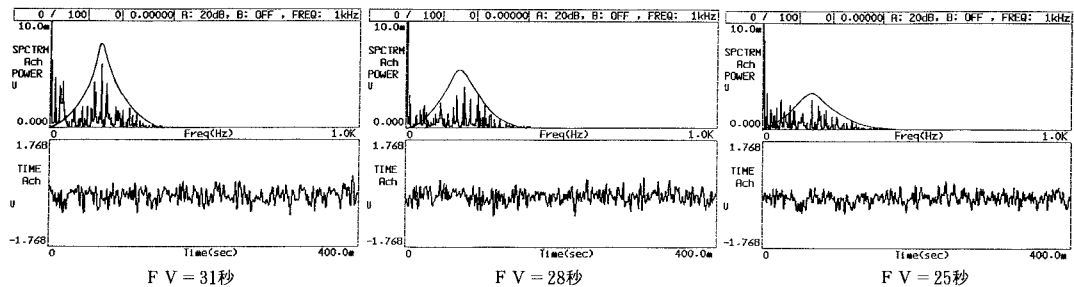


図-5 粘性の違いによる流線スペクトルの変化

図-6は流速を変化させたときの受信波形とその流線スペクトルである。泥水の粘度はFV31秒である。流速が増すに従い受信波は高周波となっている。本装置では回路的に流線スペクトルの中心周波数を、平均流速として電圧出力することができるようになっている。平均流速と電磁流量計で得られた流速はほぼ一致するという結果が得られた。

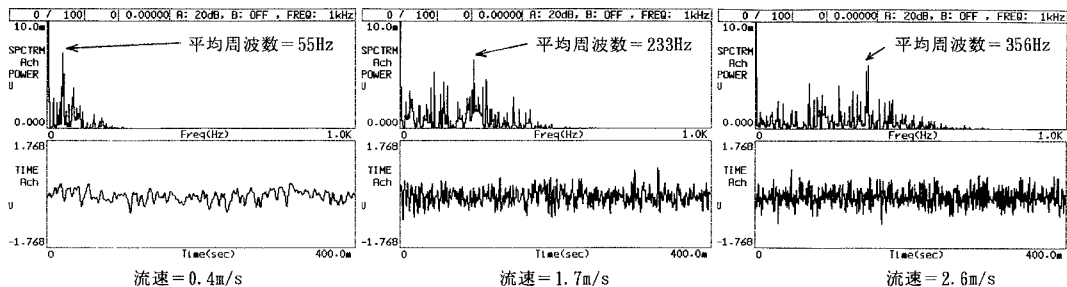


図-6 流速の違いによる受信波の変化

5. おわりに

今回の実験により、泥水の流れが粘性により変化していることが確かめられた。流線スペクトルの分析はFFTアナライザを用いて行ったが、今後、さらに実験を重ねることにより流線スペクトルの量子化手法を検討し、流線スペクトルと粘性との関係を自動的に求めることができるよう装置を改良していく予定でいる。

本装置ではまた、従来のシングア라운드法とは違った方法で流速を測定している。本装置で出力された平均流速により算出した流量値は、電磁流量計の出力とほぼ一致した。このことから、本装置は流量測定装置として実用レベルの精度を持つといえる。

参考文献)

- 1)野地ほか、「泥水粘度測定システムの開発」、第50回土木学会年次学術講演会講演集VI、1995
- 2)三田ほか、「超音波ドプラ血流計における零交差計の検討」、ME学会論文集、Vol. 13、No. 4、1975