

## 6. 排泥管の閉塞検知装置の開発

建設省関東技術事務所 福田 富生

山武ハネウエル 松本良一郎

### 1. まえがき

浚せつ等における水を媒介として土砂を管路輸送するとき、管内での土砂の沈降による閉塞の発生は、その回復の手段が管路を切って掃除する以外ないだけに重要な問題である。現実には、長年の経験等から運転操作法によってこれを防いでいるが、計器等でその予知ができれば非常に好都合である。

関東技術事務所は山武ハネウエル（株）と共同で、電磁流量計を応用して土砂の沈降閉塞を検知する方法について実験を行い、所期の目的を達した基礎データを得たので報告する。

### 2. 実験の方法および原理

#### 2-1 装置

土砂の沈降から閉塞を、任意に発生させることのできる150A管径の実験パイプラインに、図-1に示すように、3個の電磁流量計M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>と、沈降高さを目視により測定できる透明アクリル管を組み込んだ装置とした。

各電磁流量計の出力は、2ペン式連続記録計に接続し、沈降パターンを記録させ、同時に、パルス出力（V/Fコンバータ付）で積算し、各平的出力 $\bar{e}_1$ 、 $\bar{e}_2$ 、 $\bar{e}_3$ を測定した。

#### 2-2 実験

実験で行ったことは、実験パイプラインを運転することにより、水のみを送るから土砂の混入輸送、土砂の沈降の発生を、連続して行い。この間、立上り（垂直）管に組み込んだ（沈降の発生しない）M<sub>1</sub>で平均流速を求め、水平管に組み込んだM<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>で沈降の発生した部分の流速を求め、必要なデータを記録した。

#### 2-3 電磁流量計について

電磁流量計の原理は、管径（D）のパイプに直角に磁界（B）を当え、導電性流体が平均流速（ $\bar{V}$ ）でパイプ内を流れると、BとVにおおの直角の位置に置かれた電極に起電力が発生する。その起電力（E）は、 $E = K \cdot B \cdot D \cdot \bar{V}$ である。とするものである。また、磁界分布の特性として、（1単位の起電力がパイプの任意の点に発生したとき、これが両端の電極に寄与する割合）として、「重み関数」と定義すると、今回使用

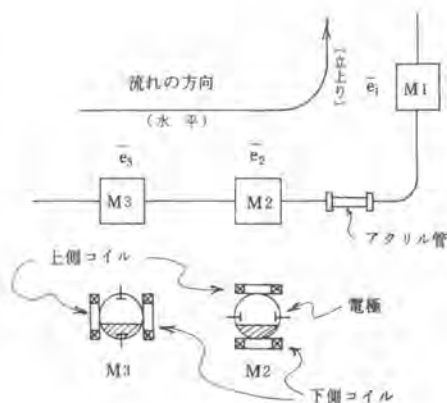


図-1 配管略図

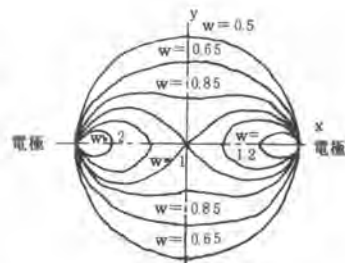


図-2 重み関数

した電磁流量計の値は、図-2に示すとおりである。

図-1において、水平管路に組み込んだ $M_2$ 、 $M_3$ は、沈降時の流速のパターンを得る手段として、検出電極を、前者は管路に対し水平に、後者は垂直に配置した。いま、 $M_2$ において、下側コイルの磁界を弱くし、上側の磁界を強めたものにより、上部断面の重み関数を大きくし、土砂の沈降による流速分布の変動を、より明確に検出しようとするものである。

### 3. 実験結果

#### 3-1 沈降パターン

実験で得られた沈降パターンの1例として、立上り管に組み込んだ $M_1$ (標準型)と、水平管に組み込んだ $M_2$ (上側の磁界を強くしたもの)、の場合を図-3に示す。

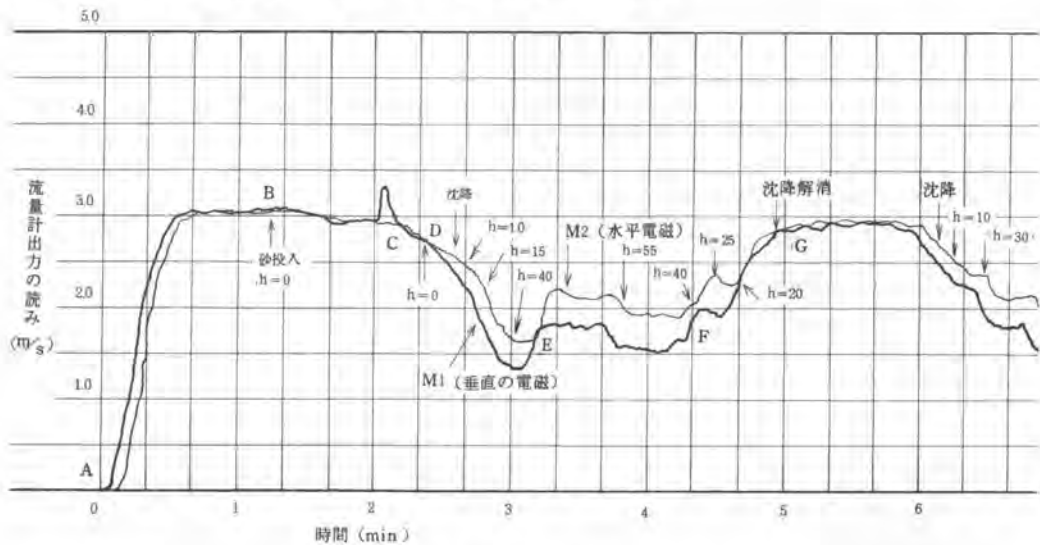


図-3 沈降発生時の流量計出力

図-3のパターン図を説明すると、A点で水のみを流送始め、B点で土砂を投入、混合液とし、C点から流速を下げ始めると、D点付近で土砂の沈降が生じる。以後E点まで流速を下げてゆく過程で沈降が増加すると共に、 $M_1$ 、 $M_2$ の流速計の指示差が広がることが認められる。E点からF点は、流速がほぼ一定であるが沈降が成長しており、F点(沈降高さ $h=60$  mm)付近で流速を上ると沈降が解消し始め、G点で沈降が解消する。G点からは混合液の流送である。

#### 3-2 $M_1$ と $M_2$ の出力信号比(超電力比)と沈降高さの関係

電磁流量計 $M_1$ と、 $M_2$ の土砂の沈降高さ別の超電力の比を、実測値からプロットした値を図-4及び図-5に示す。図-4は、普通型電磁流量計を水平方向に配管に組み込んだ $M_2$ と、立上り管部の $M_1$ の出力信号比 $\bar{e}_2/\bar{e}_1$ を計算し、沈降高さとの関係を表にしたものである。表からわかるとおり、 $M_2$ 部の沈降高さが増加するにつれて出力比が増加することを示している。ただし、沈降高さ $h=75$  (D/2)を境いに減少していく傾向がある。しかし、 $h=50$  mmでは2.5倍も出力比が増しており十分閉塞検知に利用できることを示すものと考えられる。

また、図-5は、 $M_2$ の上側の磁界を強くした（図-3の場合と同じ）場合についての1例を示すものであるが、図-4に比べ出力比が顕著になることが確認できる。

また、逆に $M_2$ の下側の磁界を強くした場合について実験を行ったが、この場合は、出力比はあまり顕著に表われなかった。

以上、閉塞を検知する場合の磁界分布は、沈降による流速の変化をより感度よくとらえることのできる、上側の磁界を強くする方式が有利となることが確認された。

### 3-3 $M_3$ の挙動

この実験を行ったことから、以前、予想できなかったこととして、電極を垂直方向にして組み込んだ $M_3$ の挙動がある。

例として、 $M_3$ と $M_1$ の出力比と沈降高さの関係を図-6に示す。この図でわかるとおり、電極を垂直にして配管に組み込んだ場合、沈降高さとはほぼ無関係に正しい流速（流量）を示すことが認められた。これは、重み関数の大きな部分と、小さな部分が流速分布とうまく相殺するためと考えられる。

この挙動を利用すれば、今回の閉塞検知の実験で組み込んだ $M_1$ に相当する電磁流量計を、 $M_3$

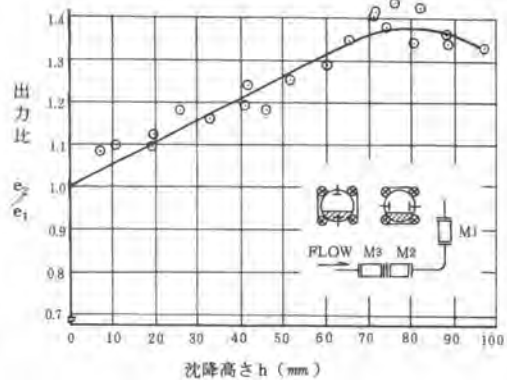


図-4  $M_1, M_2$ の出力比と沈降高さ（標準形）

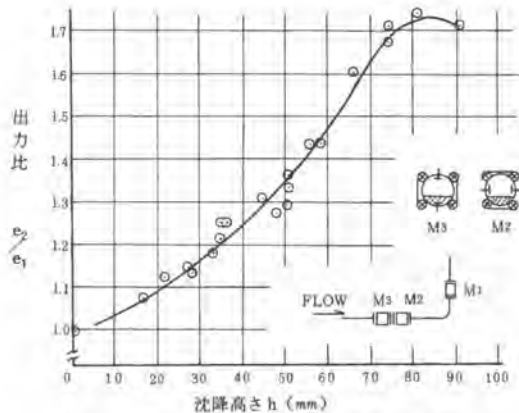


図-5  $M_1, M_2$ の出力比と沈降高さ（特殊形）

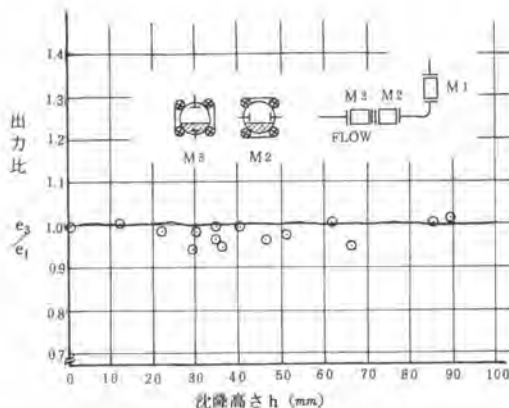


図-6  $M_1, M_3$ の出力比と沈降高さ

に置き換える（立上り管の無い管路でもよい）ことができる。また、一般の利用法として、固形物の沈降の影響のある排水管等の流量の測定には、この方式が有効である。

## 4. 実験結果と理論値の比較

電磁流量計において、管内を流れる導電性流体が電極に与える起電力を  $E$  とすれば、先に述べたとおり、理論的には、 $E = K \cdot B \cdot D \cdot \bar{V}$  で求められる。図-2に示した重み関数を導入した起電力の式は

$$E = 4 / \pi D \iint B(x \cdot y) V(x \cdot y) W(x \cdot y) dx \cdot dy$$

で表わすことができ、ここで、 $W(x, y) = D^4 + 4D^2(y^2 - x^2) / D^4 + 8D^2(y^2 - x^2) + 16(x^2 + y^2)^2$  ,  
 $B(x, y)$  をほぼ均一磁界型として、この式に、実験の  $M_2$  部の土砂の沈降による断面減少による  $V$  の  
 変化を理論計算式で与え、 $M_1$ 、 $M_2$  の起電力を求め、起電力の比として、実験から得られた値と、プ  
 ロットしたものを図-7 に示す。

この図からいえることは、計算値から求  
 めたグラフは、沈降高さ  $h = 60$  までは単  
 調に増加し、そののち急激に減少する。実  
 験データの傾向とよく似ているが、値とし  
 てはほぼ  $1/2$  (1からの差) である。この  
 理由として、計算の条件と実際が、若干異  
 るるため、条件設定をより厳密に行えば実  
 験データに近づくと考えられる。

## 5. まとめ

市販のもの、また、1部改造した電磁流  
 量計を用いた、排泥管の土砂輸送中におけ  
 る閉塞検知について、実験管路による実験、  
 および考察から以下の結論を得た。

(1) 管路の水平部と、立上り部にそれぞれ電磁流量計を組み込んでおき、排送中のそれぞれの出力  
 (起電力) を、出力比で求めることにより、閉塞の挙動を検知することが可能であり、理論値とも比  
 較できた。

(2) 管路の水平部の2ヶ所に、流量計の電極を水平にしたものと、垂直に配したものを、それぞれ  
 組み込んでおくと、(1)と同様な結果が得られることが確認された。

(3) 今回の実験では、なお、次の未知の部分がある。

イ、土砂の性質(粒子、比重等)による流れ、沈降のパターン図の相似性について。

ロ、管径による相似性について。

ハ、アプリケーションでの最適な信号処理方法について。

ニ、最適励磁方式について。

なお、本実験は、閉塞検知の1方式について、しかも基本的な事項についてのみ行ったものである  
 が、閉塞検知の開発に関し、少なからず参考になるものと確信する。

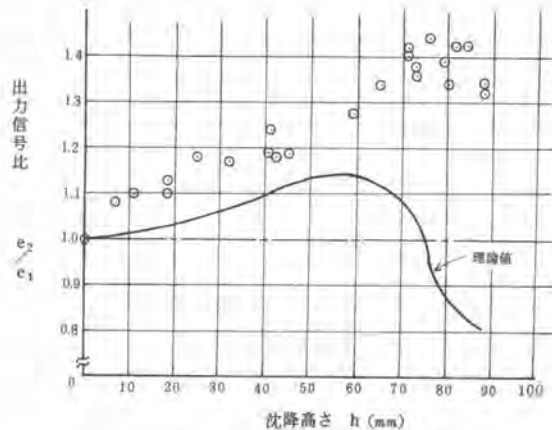


図-7 実験と理論計算の出力比の比較値