

## ごみ詰まりのない安価な管水路用流量計

榊原正典\*・鈴木博之\*\*

摘要：挿入棒状電磁流速計（ロッドセンサ）を用いたごみ詰まりのない安価な管水路用流量計（特許第3991082号）を開発した。その試験結果は次のとおりである。

- 1 対数流速分布式から管内平均流速を示す位置（管内壁からの距離Lと直径Dとの比率で表す）は約11%と算出された。しかし、実測データからそれらを求めると、200では20%、150では24%、100では30%であり、算出値より大きくなった。
- 2 本管水路流量計は、挿入ロッドセンサの挿入長を1辺とする直角三角形形状のガイド板を、ロッドセンサの直上流側に接するように管内壁面に固定すると、通過空気やゴミ詰まりのトラブルもなく計測できる。
- 3 本管水路流量計により計測される流量は、管内の平均流速を示す位置でのロッドセンサの測定流速と管断面積との積から求めるが、流速補正係数の演算回路を更に組み込むことにより、 $\pm 5\%$ 以内の高精度に計測できる。

キーワード：挿入型電磁流量計、管内平均流速、ごみ詰まり、流速補正係数

## Low Cost Pipe Flow Meter without Troubles by Clogging

SAKAKIBARA Masanori and SUZUKI Hiroyuki

Abstract: We developed a low cost pipe flow meter (Patent No.3991082) using a rod electro-magnetic flow velocity sensor (rod sensor) with inserting type. The obtained results are as follows:

1. The position at the mean velocity in a pipe, which was expressed by the ratio of inserting length (L) / pipe diameter (D), estimated by calculation of the equation of logarithmic distribution of velocity was 11%. But results of L/D in our measurements indicate 20% in D=200mm, 24% in D=150mm and 30% in D=100mm. They are higher than the calculated value 11%.
2. In the pipe flow meter, the right triangle plate which is setting at the upstream side of rod sensor has fixed at the inner wall of pipe. The one side length of the triangle equals to the rod length. This flow meter can measure flow velocity without troubles of garbage clogging and air in pipe.
3. The flow quantity measured by this pipe flow meter, which was calculated by the multiplication of the rod sensor velocity and the area in pipe cross section. The results of calculation have the high accuracy ranged at  $+5\% \sim -5\%$  errors, as the velocity correction coefficient of this flow meter set in the electric arithmetic operation circuit.

Key words: Inserting rod electro-magnetic flow meter, Mean velocity in pipe, Clogging, Velocity correction coefficient

## 緒 言

農業用水路は水資源の有効利用や水質保全のため管路化されることが多く、管水路の流量把握は水管理操作上重要なことである。しかし、羽根車式流量計は、ごみ詰まりによる通水阻害を起こしやすく、また超音波流量計や電磁流量計は高価で、流量計の設置や更新に多大な費用を要するので、主要幹線水路での流量計測に限定されてきた。そのため、適当な精度を保持し、安価で維持管理の容易な管水路流量計が望まれている。

挿入型電磁流量計は安価に市販されている<sup>1)</sup>が、挿入される電磁流速計のロッドにごみが詰まり、ごみの混入の多い農業用水路には使用できなかった。そこで、挿入型電磁流量計に対してごみ詰まりのないように対策をした安価な管水路用流量計（特許3991082号）を開発した。

## 材料及び方法

使用した棒状電磁流速計（株式会社ケネック製）のセンサ形状は直径6mm、長さ120mmの丸棒状のロッドで、先端から5mmのところ的一对の電極が埋め込まれている。

試験はポンプで圧送される直線距離約50mの内径200mm、150mm、100mmの3本の塩ビ製管水路を使用し、口径200mmの管水路の中央付近には透明アクリル管（内径200mm、厚さ9mm、長さ1026mm）を挿入して、透明管の側壁に開けた穴より棒状電磁流速計を挿入して、ロッドの挿入量を調節しながら管内の流速分布を計測するとともに、前後35D（D：管径）区間の損失水頭を差圧変換器で測定した（図1、2）。

なお、流速計の表示値はリスポンス時間が設定できるようになっており、30秒間の平均値を10回読みとった。

また管内平均流速は、管水路の末端に設けた電磁流量計の積算流量を測定時間で除して算出した（図3）。

流速計センサは通過空気の影響を排除するため管水路の管頂部を避けて測壁部から管内に挿入し、浮遊ごみがセンサのロッドに掛からないようにするため、挿入したセンサのロッド長を1辺とする直角三角形形状のガイド板をセンサのロッドの直上流側に接するように管内壁面に接着した（図4、6）。

流速計センサに掛かるゴミの状況は、ビニル紐やビニル片を上流から流して、目視によって確認をした。

## 試験結果及び考察

### 1 挿入型電磁流量計の問題点

挿入型電磁流量計は、管水路内に棒状の電磁流速計センサを挿入して、センサ先端で計測される点流速と管

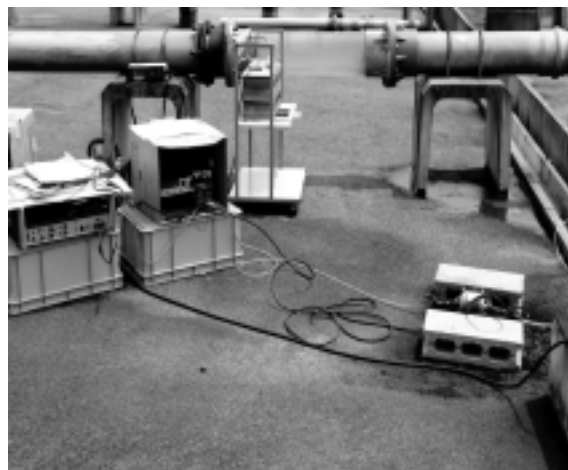


図1 管水路中に挿入された透明アクリル管部

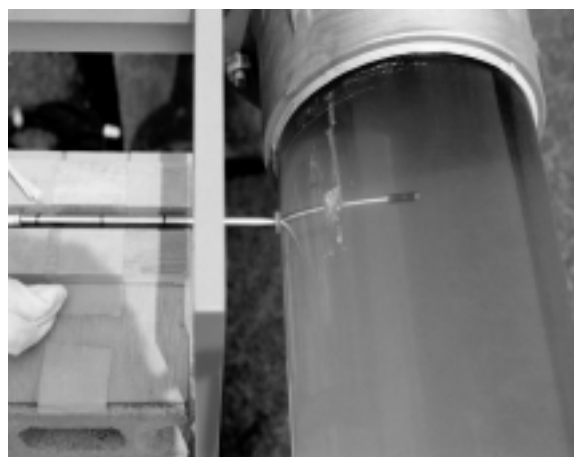


図2 管内の流速分布の計測状況



図3 管水路末端に設置した電磁流量計

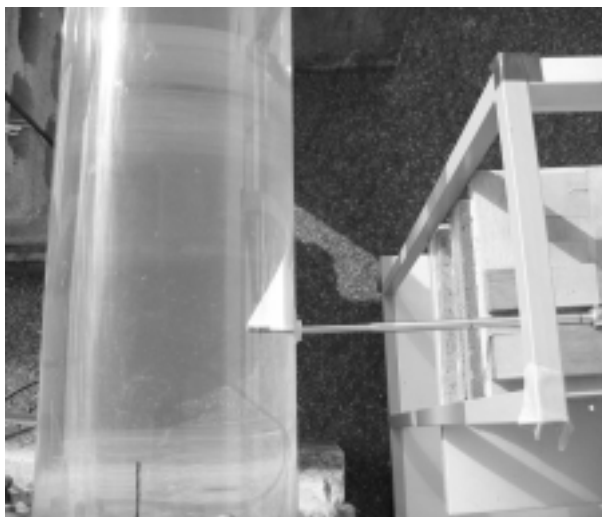


図4 ごみ詰まり防止用ガイド板

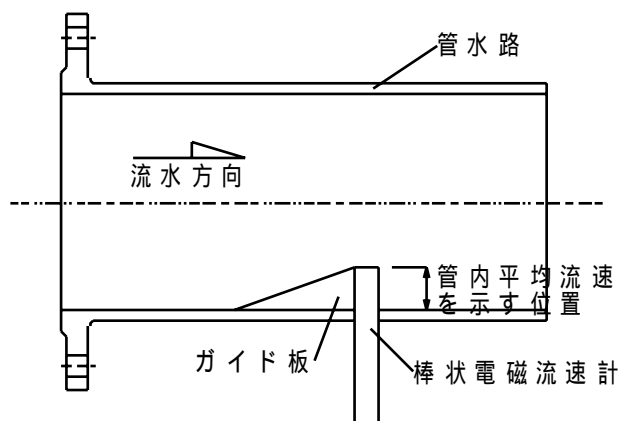


図5 ごみ詰まり防止用ガイド板

断面積との積によって全体流量を算出しているため、管内の平均流速を示す位置にセンサを挿入することが大切である。

市販の挿入型電磁流量計は管頂からセンサを挿入しており、管頂部での空気通過によって測定が不安定になったり、農業用水中に混入した浮遊ごみが突出したセンサに絡んで測定を不能にすることもあった。しかるに、挿入長を小さくすると、管壁面での粘性底層から自由乱流に至る急激な流速分布の変化領域での計測となり、不安定な計測となる問題もあった。

そこで、管内の平均流速を示す安定的な計測位置を究明すると共に、管水路内に突出するセンサに掛かる浮遊ごみや通過空気への対策が必要である。

## 2 管水路における平均流速の位置

滑らかな管水路内の流速分布は、教科書<sup>2)</sup>に示されるように、次の対数流速分布式で表される。

$$\frac{u(y)}{u_*} = 5.5 + 5.75 \log \left( \frac{u_* y}{\nu} \right) \dots\dots\dots$$

$y$  : 管壁からの距離、 $u(y)$  :  $y$  の位置での流速、  
 $\nu$  : 動粘性係数、 $\rho$  : 水の単位体積当たりの質量、  
 $\tau_0$  : 壁面せん断応力、 $u_*$  : 摩擦速度 =  $\sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$

円管での管内平均流速は式を全断面で積分すると次式となる。

$$\frac{V}{u_*} = 1.75 + 5.75 \log \left( \frac{u_* D}{2\nu} \right) \dots\dots\dots$$

$V$  : 平均流速、 $D$  : 管径

式から管内平均流速を示す管壁からの距離 $y$ を求めると、直径の11%と算出される。

## 3 試験から得られた平均流速の位置

挿入棒状電磁流速計で測定した流速と、管水路末端に設置した電磁流量計から求めた管内平均流速とを比較すると、塩ビ管 200では20%の挿入位置において管内平均流速を示した(図6)。同様に塩ビ管 150では24%、100では30%となった(図7)。

実際の管水路内の流速分布は対数速度分布式で示されるが(図8)、管内の平均流速位置は、教科書に記載されている実験式から算出される約11%より大きくなった。

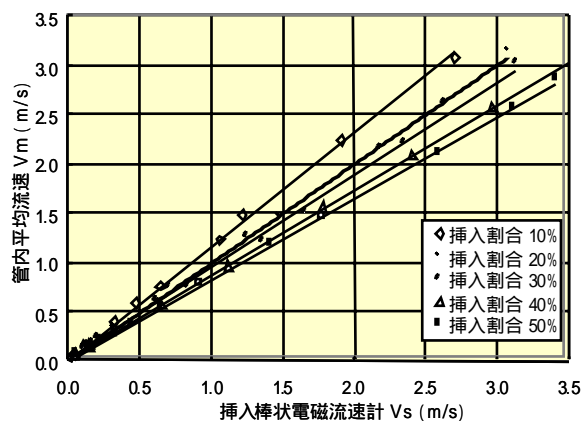


図6 挿入電磁流速計の流速と管内平均流速 (200)

また、挿入型電磁流量計のセンサ挿入長による圧力損失水頭は、そのセンサ形状が直径6mmと小さいため、ほとんど差を生じなかった(図9)。

## 4 ごみ対策のためのセンサ用ガイド板の設置

従来の挿入型電磁流量計の欠点に対する対策としては、管頂部を通過する空気の影響を避けるため挿入センサを側壁部に設置し、そのセンサの直上流側には直角三角形のガイド板を設置して浮遊ごみがセンサに掛からないように工夫した

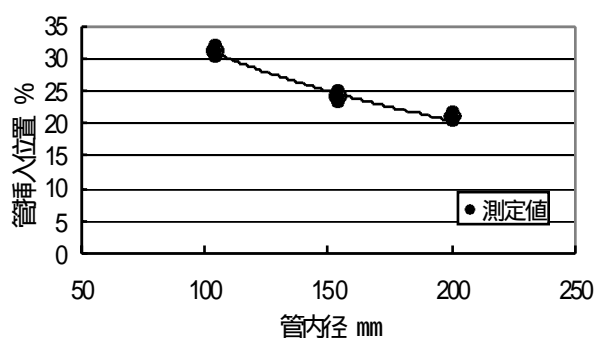


図7 塩ビ管における口径別平均流速位置

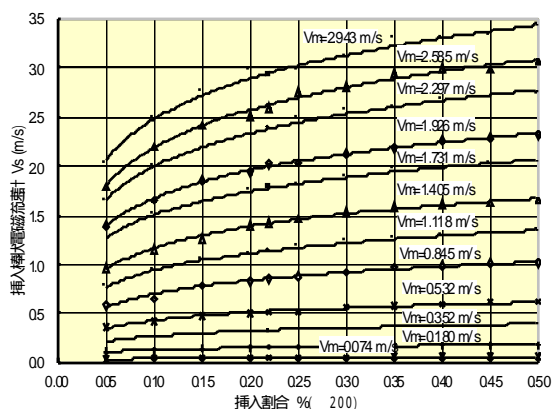


図8 塩ビ管内の流速分布 ( 200 )

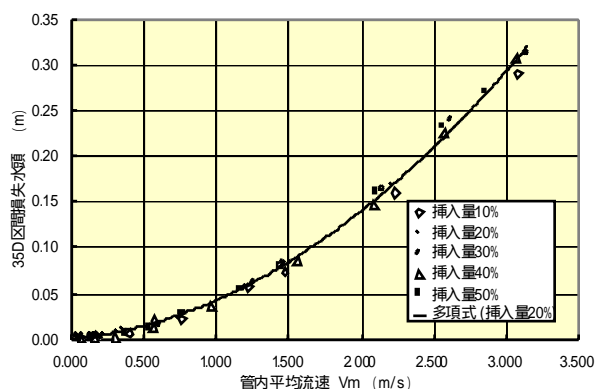


図9 センサ挿入長による圧力損失水頭 ( 200 )

(図4、5)

ガイド板の厚さはセンサ径よりも若干薄い5mmとし、上流端角度を20°と30°の2枚のガイド板を用意してごみ詰まり状況を目視したところ(図4) 上流端角度20°のガイド板が

低流速時においても浮遊ごみを円滑に流下させたので、上流端角度20°のガイド板を使用することを推奨する。

## 5 低流速域における器差の改善

口径200mmの塩ビ管における挿入型電磁流量計の流量は、管内に20%挿入した挿入棒状電磁流速計の測定流速と管断面積との積から求められるが、その器差は0.6m/s以下の低流速で非常に大きくなるので(図10) 流速補正係数の演算回路を更に組み込むことにより±5%以内の高精度に計測できる。

口径200mm塩ビ管における挿入20%位置でのガイド板付き流速センサに対する流速補正係数は、次式のとおりである。

$$=4.71 \times e^{13.88 V_s} + 1.034$$

$V_s$  : 挿入棒状電磁流速計の測定流速 (m/s)

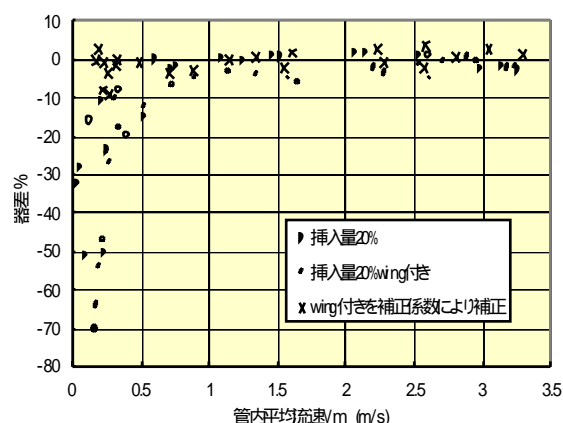


図10 挿入型電磁流量計の器差

以上により、直角三角形形状のガイド板を使用することにより、ごみ詰まりのない安価な挿入型電磁流量計が構成でき、特に大口径流量計に対して経済的に有利となる。

250mm以上の大口径については挿入位置と流速補正係数を確認する必要があるが、本試験結果が参考となる。

## 参考文献

1. 前澤工業株式会社カタログ、ポータブル型不断水挿入式流量計、ハイブリッド・フロースチック
2. 林 泰造、基礎水理学、鹿島出版会、p.135-142(1996)