II-249　円形断面開水路に関する平均流速公式の再検討

○ (株)福田組　正員　笹川 清
新潟大学　正員　大熊 孝
新潟大学　正員　細川与司勝

1.はじめに

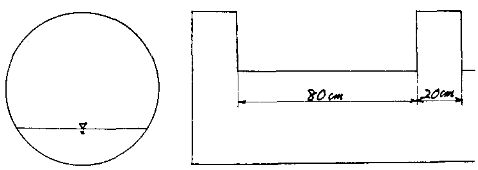
開水路の平均流速公式で、今日最も広く用いられているのがマニングの公式であり、次に示す通りである。

$$v=\frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2}\quad (m-S単位)$$

この公式で、nはマニングの粗度係数と呼ばれるものであり、水路の材質などによって決定され、水路形状、水深、勾配と無関係に一定として扱う。しかし実際には、水路形状、水深、勾配の変化に伴い変化する。そこで、本研究では円形断面開水路を用いてnの変化を調べ、"n＝一定"という仮定に近づくように公式の再検討を行なった。

2.実験装置及び実験方法

図－1のような塩化ビニル製の円形断面開水路（内径25cm，長さ5.7m）を用いて、水路勾配、水深、流量を測定した。塩化ビニル管を採用した理由は、平均勾配が正確に得られるからである。勾配は7通り（1/994，1/621，1/414，1/331，1/201，1/108，1/38）に変化させ、等流水深を測定した。流量は280ℓの桶で、ストップウォッチを使って最大16ℓ/sまで測定した。勾配・流量の誤差はほとんどないと考えて良い。

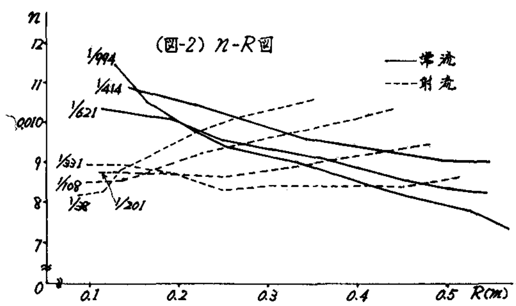


(図-1)　　（水深測定のため上部をくりぬいてある）

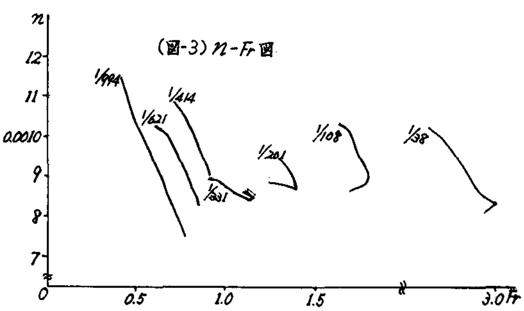
3.実験結果及び考察

(1)マニングの粗度係数について

前に示したマニングの公式に、実験より得たv・R・Iを代入して、nの変化を調べてみると図－2のようになる。これをみるとnはRによって変化し、勾配によって変化していることがわかる。1/331，1/201ではnはある程度一定であると考えられるが、他はnを一定と考えることはできない。また、1/994，1/621，1/414は右下がりであるが、他の4勾配は右上がりである。フルード数を調べてみると、前の3勾配は常流であり、後の4勾配は射流であることがわかった。（図－3参照）このことは、常流と射流とでは傾向が異なり、Fr＝1付近でn＝一定という仮定が成立することを示している。



(図-2) n-R図



(図-3) n-Fr図

(2)クーリガンの式について

$$\frac{u}{v^*}=A_s-\frac{1}{\kappa}+\frac{1}{\kappa}\log_e\frac{v^*R}{\nu}$$
$$=3.0+5.75\log_{10}\frac{v^*R}{\nu}\quad（滑面の場合）$$

上式は、v/v^*と$\log_{10}v^*R/\nu$とが比例関係にあることを示している。そこで、v/v^*とv^*R/νの関係を調べた（図－

4)。この図は対数グラフではないが、常流では v/v^* と v^*R/ν が比例すると考えられないこともない。しかし、射流では v^*R/ν が大きくなるにつれて v/v^* が一定値をとるようになっている。

4. 公式の再検討

平均流速式を

$$v=\frac{1}{N}R^{\alpha}I^{\beta}\quad (m-S\text{単位})$$

と仮定し、N が一定となるように α, β を推定することにした。

勾配を一定とすると、

$$N/I^{\beta}=R^{\alpha}/v=const.$$

となるので、勾配ごとに R^{α}/v が一定となるように α の最適値を求めたところ、α が I の関数であることがわかった(図-5参照)。

$$\alpha=0.163I^{-0.252}$$

また、R^{α}/v も I の関数であることがわかった(図-6参照)。

$$R^{\alpha}/v=aI^{b}\quad (a,\ b\ \text{は常数})$$

$$v=\frac{1}{a}R^{\alpha}I^{-b}$$

となり、a, $-b$ は仮定式における N, β を意味している。

a, b を求めた結果、

$$\beta=-0.16,\quad N=0.35\text{前後}$$

となった。

以上より、平均流速式が次のように表わされる。

$$v=\frac{1}{N}R^{\alpha}I^{-0.16}$$

$$\alpha=0.163I^{-0.252},\quad N=0.35\text{前後}$$

この式を用いて v を計算し、実測値と比べてみると図-7~9のようになる。非常に実測値に近いことがわかる。尚、$N=0.35$, $n=0.0095$ とした。(図-5, 6において、1/38, 1/621, 1/414 の点が直線より離れている。1/38 は、実験において衝撃波の影響が大きく、水深測定が困難であったため無視した。1/621, 1/414 においては、等流が不完全であった。)

5. 結論

公式の検討の結果、開水路の平均流速式が上述のように得られた。平均流速式は、前述のようにフルード数に影響を受けるので、今までの公式のように一つの式にまとめるのは困難であった。そこで、本研究で求められた式は、勾配の変化に伴い式の形を変えられるようにできている。

本研究における実験は、水路長が短く、最大流量も小さく、資料の数もあまり多くなく、一本の水路について行なったものにすぎない。したがって、上述の式を開水路の平均流速公式と決定することはできない。今後多くの実験を行ない、上述のような方法で検討を行なったならば、よい公式が得られるのではないかと考えている。