

II-179

エントロピーを用いた円管内流速分布のモデル化

(株)日水コン 正 員 阿久津 忠

(株)日水コン 正 員 蔵重 俊夫

(株)日水コン 正 員 ○本橋 健

1. まえがき

都市域の内水排除の計画・管理を行う上で、下水管渠からの流量の把握は非常に重要な課題と言える。しかし、雨天時での流量の実測資料は未整備のところが多く、その理由としては、下水道は暗渠であること、固形物を含むこと、流速分布が複雑で測定がむずかしいことなどによっている。

ところで、円管内の流速分布の最大の特徴の一つとして、最大流速点が水面下に出現することがあげられる。従来、広幅開水路においてはいわゆる対数則流速分布が適用されてきたが、こうした円管内の流速分布の特徴を表現し得ないことから、このような研究はほとんどなされていない。また、壁面付近の流速測定は困難であり、流速データがまばらでしかも中心付近に限られているという状況が想定できることから、対数則とは全く異なったタイプのモデルも提案されてきている。

本報ではエントロピーモデルを用いて断面内の流速分布のモデル化を試みる。エントロピーモデルは、最大流速の大きさとその位置に着目し、それらを境界条件として断面内の2次元的な流速分布を導くというタイプであることから、限られたデータ(水深、最大流速の大きさと位置、平均流速)を最も有効に利用できると考えられる。

すなわち、下水管渠内で得られた実測データの整理によってエントロピーモデルに含まれるパラメータを評価し、流速分布式を提案する。また、推定されたパラメータと計測の容易な水深との関係を把握することにより、水深、管径等の情報を用いて流速分布式から最大流速、および平均流速の大きさ、位置が求められ、その結果として下水管渠内の流速あるいは流量の測定を容易にすることが期待される。

2. 実測データの整理

流速は管径800mmと870mmの既設下水管渠で合計68回測定されたが、分析に際してはD=800mmのデータを用いることとする。各測定において、水深、最大流速(測定された内の最大値)、平均流速(測定値の算術平均)、最大流速の水面からの距離等が抽出された。なお、最大流速の位置は1断面内のデータ数(データ間隔は10cm)を考慮して目視で決定した。

3. 流速分布のモデル化

Chiu¹⁾²⁾はエントロピーモデルを用いて開水路での流速分布を次式のように提案している。

$$\frac{u}{u_{\max}} = \frac{1}{M} \ln \left[1 + (e^M - 1) \frac{\xi - \xi_0}{\xi_{\max} - \xi_0} \right] \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 $u_{\max}$: 最大流速、 M : 分布の一様性を表わすパラメータ、 ξ : 等流速線に直交する座標、 $\xi_{\max}$: 最大流速点の座標、 ξ_0 : 流速が0となる座標である(

図-1 参照)。式(1)より、平均流速 $\bar{u}$ 、最大流速 u_{max} と M の関係が容易に得られる。

$$\frac{\bar{u}}{u_{max}} = e^M (e^M - 1)^{-1} - \frac{1}{M} \quad \dots\dots (2)$$

式(2)を用いて $\bar{u}/u_{max}$ と M の関係を表わしたものが図-2で、これを利用して各測定における M の値が逆算できる。図-3にこの M の値を用いて式(1)で計算された断面内流速分布(等流速線図)と実測データを比較した一例を示す。両者はよく一致しているとは言えないものの、最大流速点が水面下に現われる円管内の流速分布をうまく表わしており、先に述べたモデルの適用性が確かめられた。また、図-4には、各測定の水深/管径比と逆算された M との関係を示す。このように、測定が容易に可能な水理条件とパラメータとの関係を定式化することにより、あらかじめ最大、平均流速の位置を知り、流速、流量の測定を簡略に、しかも高精度にすることができる。

4. あとがき

今回のパラメータ推定に用いた実測データは既設の下水管渠でのもので、流量の時間変動が大きいことから若干の誤差は含んでいる。しかし、このような試みは極めて貴重であり、今後はモデルの精度を高めるためにもより多くのケースでより密度の濃い流速データを採取することが望まれる。

参考文献 1) Chiu : Entropy and 2-D Velocity Distribution in Open Channels, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.114, No.7, 1988.

2) Chiu & Chiou : Structure of 3-D Flow in Rectangular Open Channels, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.112, No.11, 1986.

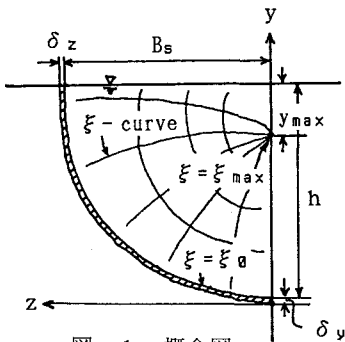


図-1 概念図

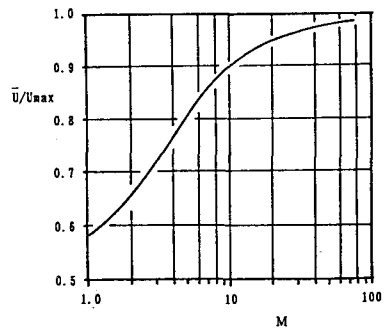


図-2 M と $\bar{u}/u_{max}$ の関係

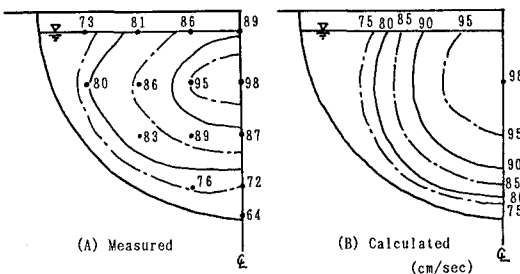


図-3 等流速線図

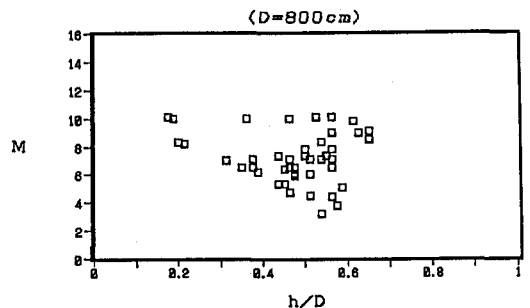


図-4 h/D と M の関係