

II - 300

管内流量と流入水深との関係について

東京都立大学 正会員 宇井正和

東京都立大学 正会員 安川 浩

はじめに 貯水槽から自由水面を有して管路へ流入する場合には通常、その流入口において限界水深をとるものと仮定している。即ち、管路底を基準としたときの比エネルギー E の式は（図-1 参照）、

$$E = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \quad (1)$$

と表されるから、流入口では

$$\frac{Q^2 T}{gA^3} = 1 \quad (2)$$

が成立する。 Q は流量、 A は流水断面積、 T は水面幅である。従って流量 Q を与えると限界水深 y_c が求められ、その水深に対して(1)式は

$$E = y_c + \frac{A_c}{2T_c} \quad (3)$$

と変形され、 E と y との関係が決まる。即ち、流入水深 E を与えれば流量 Q が決まることになる。セルフ・ブライミング現象は、流入口での水位が管頂を中心に増減を繰り返す水位変動である。しかし、水位が管頂高 d に近づくにつれて、水面幅 T は無限小に近づき、もしそれが限界状態を保つならば(2)式より流量 Q が無限大になるという特異性を有す。しかし、逆に水深 y が d の近傍では水深の増加による流水断面積の増加 ΔA も微小であるため流量増加 ΔQ も僅かであると考えられ、従って流量 Q を一定と見なすことが可能である。そこで(1)式より E を y で微分し、 $dA/dy \rightarrow 0$ (for $y \rightarrow d$)を考慮すると次式となる。

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dy} \rightarrow 1 \quad (4)$$

この時の流れは限界状態ではなく、流量を決める関係式を導くことは出来ない。以上より、管口では y が d の近傍で限界水深を有するという条件を課すのは無理が生ずるが、その結果、流入水深 E と流量との一意的な関係が得られないことになる。

本研究は流入水位と、管口水深および流量との関係を実験的に求めると共に、管口が満管になる時の特性を検討するものである。ここでは、流入水位と管口水深を区別し、前者は管路と接続する貯水槽内水面の管底からの高さであり、後者は管路の入口での水深である。実験では管路先端にベルマウスがついている。

実験装置 装置は図-1のように、整流水槽と連結したベルマウス付きアクリル製管路を用いた。整流水槽には、三角堰を有した計量水槽からの流量が供給される。流量変化は計量水槽に設けられている排水用ベルマウスの高さを上下させるもので、水面上昇速度の影響を見るために、8sec/cm、4sec/cm、3sec/cmの3通りの操作時間を用いた。計量水槽及び整流水槽内での水位の変動はそれぞれサーボ式水位計によって計測し、また管路内では流入口及びそこから40cm及び3m40cmの地点に抵抗線式水位計を取り付けて計測した。それらは図中にNo.1～No.3と記して示してある。今回は特に、流入口における限界状態を検討するために、管路勾配を1/50、1/70、及び1/90の3ケースを選び、それぞれの特性を調べた。また計量水槽及び整流水槽のサイズは2.9m*1.2m、1.9m*1.2mである。

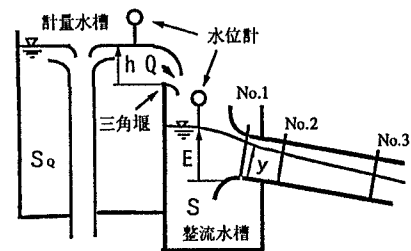


図-1 実験装置の概要

キーワード：管路流入口、流入水位、セルフ・ブライミング

連絡先：東京都八王子市南大沢 1-1、TEL 0426-77-1111(Ext.4623)、Fax 0426-77-2772

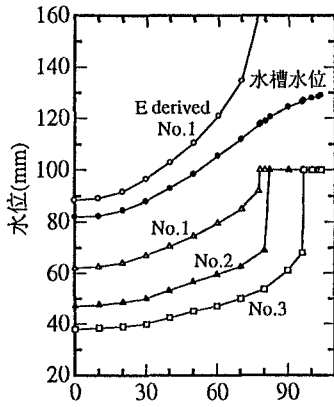


図-2 水槽水位と管口水深

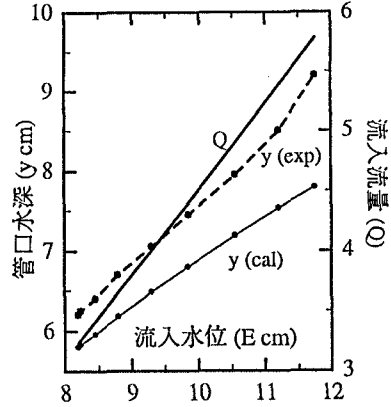


図-3 水槽水位と限界水深

計測結果 図-2に実測例を示す。これは 1/50 管路勾配で流量増加操作が最も遅い(8sec/cm)ケースであり、整流水槽及び管路内の水位変化を時間毎に示したものである。管路内水位でフラットになる部分は水位が管頂に達したことを示す。次の2点について考察する。1) 管路が満管になるまでの流入水位と管口水深との関係。2) 管口部が満管になる時の特性。

1)に関しては、水槽水位と No.1 水位の変化がそれに対応する。両者がどのような関係にあるかを見るために、No.1 の管口水深が限界水深 y_c であると仮定したときの比エネルギー E を(3)式から求めてプロットしたものが図中の E の曲線である。管口で実際に限界状態であるならば水槽水位と曲線 E は一致するはずであるが、図では多少の差を示し、さらに y が d に近づくにつれて差が増大していく。図-3 は実測値の流入水位 E に対する限界水深 y_{cal} と、実測の管口水深 y_{exp} を比べたものであるが、実測値の方が高い値を示している。従って、限界状態は水位計 No.1 の位置より下流側にあり、管口水深からは流入水位や流量の正しい推算は出来ないことを示す。

2)に関しては、管口が満管になるときの流入水位がどのように変化するかを検討した。表は管路勾配毎の、流入口がちょうど満管になるときの流入水位 E 及びその他の実験結果である。全てのケースにおいて流入水位は 11.4 cm～11.9 cm までの範囲内に分布し、バラツキはそれほど大きくはなく、また管路勾配に依存しているともいえない。表中の d/dt の値は実際の記録の接線から求めたものであり、 dE/dt は整流水槽水位の上昇速度である。この実験の範囲内では流入口を満管にする時の E は水面上昇速度の影響は少なく、また大きなバラツキも見られない。従って水槽水位がゆっくりと変化する場合には、管口を満管にする流入水位は次式で与えられる。

$$E_{full} = d + 1.7 \quad (5)$$

まとめ 整流水槽より管路へ流入する時の、水槽水位と管口水深について実験的に検討した。

- 1) 管口での水深は限界水深とはならず、それより深い水深を示す。従って、その値から求めた流入水位と流入量は実際よりも大きな値となる。
- 2) 管路入口が満管へ移行するのは、管口水深の不連続的な変化により生じ、そのきっかけは管口水深より流入水位 E の値によって決まる。
- 3) 今回の実感はベルマウス付き管路に対して行ったが、角端型の流入口についても検討する必要がある。

表 管口が満管になる流入水深

操作時間 秒		E (cm) Q (L) dh/dt dE/dt			
		E (cm)	Q (L)	dh/dt	dE/dt
8 秒	管勾配1/50	11.8	7.58	0.0470	0.077
	管勾配1/70	11.67	7.13	0.0470	0.061
	管勾配1/90	11.74	6.91	0.0375	0.087
	平均	11.74			
4 秒		E	Q	dh/dt	dE/dt
	管勾配1/50	11.90	8.980	0.0385	0.141
	管勾配1/70	11.53	8.015	0.0710	0.091
	管勾配1/90	11.58	7.768	0.0830	0.091
	平均	11.67			
3 秒		E	Q	dh/dt	dE/dt
	管勾配1/50	11.85	9.61	0.037	0.105
	管勾配1/70	11.85	9.23	0.140	0.137
	管勾配1/90	11.42	8.15	0.108	0.108
	平均	11.71			