

II-91

流入口形態による満管流れ近傍の特性

東京都立大学 正 員 宇井正和

東京都立大学 正 員 安川 浩

1. はじめに

流入口にベルマウスの付いた管路内の流況において、流量が満管近くになると空気の流れにより、満管流れと開水路流れが交互に発生する、pulsating-flow が見られる⁽¹⁾⁽²⁾。この現象は、一見管路の通水能を減少させるように見えるが、流量と流入水位とを比較すると、逆にそれが増加していることが判明した。一般に、貯水池からの流入口やマンホールと管渠との接続は、ベルマウス形状ではなく、角端型の連結形態をとっていることが多い。そこで、これら両者の流入状況を比較し、その特性を明らかにすると共に、より効率的な管路連結法の根拠を見いだす事を目的とし、実験したのでその結果を報告する。

2. 実験方法

実験に用いた管路は、内径10cm、長さ1mの亚克力製管路を9本可変勾配水路の上に連結したもので、管路上流端は、計量された一定流量が流入する整流水槽の中に挿入されており、先端は連結用蛇腹の直径40cmの鉄製フランジと接続されている。流入口としては鉄製フランジの前面にベルマウスを付けた場

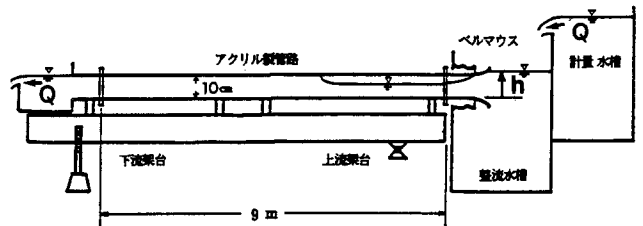


図-1

合と、何も付けずに角端型流入口とみなした2種類を比較した（図-2参照）。ベルマウスの形状は、長径15cm、短径5cmの楕円形の回転体である。管路下流端には幅30cm、長さ1mの矩形整流水槽を付け、そのゲート開度により、水位を一定に保つ場合と自由放流する場合を比較した。管内流は射流を想定し、1/90と1/50の2通りの管路勾配について検討した。実験では、所定の勾配にした管路に一定流量Qを流し、その時の流入水位hを測定した。

3. 実験結果と考察

図-3は流量Qと流入水位hとの測定結果を図示したものである。図中左側の曲線は角端型流入口に関する流量-水位曲線で、右側の曲線群はベルマウス付きの場合である。管路勾配、および下流端条件の差異による4本ずつの曲線を表示してある。

角端型流入口の場合はこれら4本の曲線がほとんど1本の曲線に重なり、条件の違いが影響していない。このことはhとQを関係づける要因が、管路勾配や下流端条件の効果より強力な事を示している。ここでは、流入口での損失が極めて大きいものと理解した。流入口での流況は蛇腹のフランジ面に沿った流れが、管軸方向の流れを堰止める役割をし、その結果流入水位が高まるように見える。一方、管路に流入した流れは直後に限界水深を通過するはずであるから、流量はこの限界水深で表す事ができる。図-1のように流入水深hをとれば、比エネルギー $E = h$ であるので以下の式が成り立つ。

$$h (=E) = \frac{Q^2}{2gA_c^2} + h_c = \frac{A_c}{2B_c} + h_c \quad (1)$$

ここで、 h_c は限界水深であり、 A_c と B_c はその時の流水断面積と水面幅である。しかし、実際の流水断面積はかなり縮流しているのでその効果を加味するため、右辺第1項に係数 f_s を乗じた。その値は実測値と比較

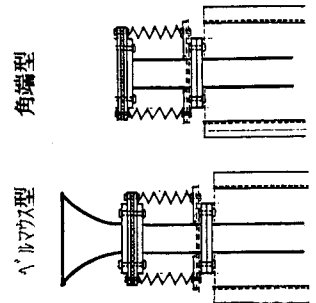


図-2

して与えたが、結果は必ずしも良好とはいえず、角端型流入口では限界水深による流量の算定が十分ではない事を示している。計算結果は破線で示してある。

ベルマウス型流入口の結果の特徴は、流量が少ない領域ABでは4本の曲線が1つに重なっているが、流量が増すと各々が分離していく事と、BおよびCの2点で曲線の勾配が変化する事である。AB区間では、流入直後に水流は限界水深を経て射流へと変化する、開水路の状態で行われる。それ故、流量や流入水位は角端型流入口と同様に、限界水深の条件より決定されることになり、(1)式に従う。ただ角端型との違いは極端な縮流が無いので、補正係数 f_s を考慮する必要はない。

領域CD間は、管路が満管で流れる領域で、管内流れは管路上下端での水位差 H に依存する(図-4参照)。流量 Q を用い、

$$H = (f_0 + f \frac{l}{d} + f_0) \frac{Q^2}{2gA^2} \quad (2)$$

ここで、 l および d は管路長と管径である。 f_0 は管路入口での損失であるが、ベルマウスの場合は無視できるものとし、また流出による損失係数 f は1とした。管路壁面による摩擦損失係数 f はアクリル製管路を用いているので、滑らかな壁面での乱流特性に対する次式を用いた。

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.0 \log_{10} Re \sqrt{f} - 0.8 \quad (3)$$

これら(1)および(2)式を開水路領域AB、および満管領域CDに適用すると実験結果を極めてよく説明する事ができる。

領域BCでは、前報⁽²⁾にも報告したように、開水路流れと満管流れが交互に流下し、領域ABとCD間の遷移領域の役割を果たしている。この領域では h の変化に対する Q の変化が極めて大きくなり、管路の通水性が急激に増大する。例えば、AB区間で1cmの水位変化が0.6lの流量変化に対応するのにに対し、BC区間では平均的に3lもの流量変化をもたらす、AB区間の5倍以上もの通水性を持つ。この事はとかく大口径になりがちな管路の建設において、ベルマウス型の流入口と管径の調整によって数倍もの通水能を持つ管路が可能である事を示唆している。現象に対する理論的説明はまだなされていないが、安川等は管内に生ずる負圧が原因と考え、(1)式をBC間まで延長して、負圧量を算定する方法を試みている。

4. 結 論

1) 一般に使用される角端型流入口とベルマウス型流入口の通水上での特性を実験的に比較した。2) 角端型では管勾配が1/90から1/50に変化しても、流入口での損失が大きくその影響が出て来ない。3) ベルマウス型では満管に近い流量において、開水路状態で流す時よりも数倍の通水能をもたせる事が可能である。

5. 謝 辞

ここに用いられたデータは1990年度都立大学在学中であった柿沢佳昭および中田達彦両君の実験によるものである事を記し、謝意を表します。

6. 参考文献

- (1) 宇井、安川； セルフ・ブライミングに関する実験的研究、第44回土木学会年講、1989
- (2) 宇井、安川； 管路流入口としてのベルマウスの特長について、第45回土木学会年講、1990

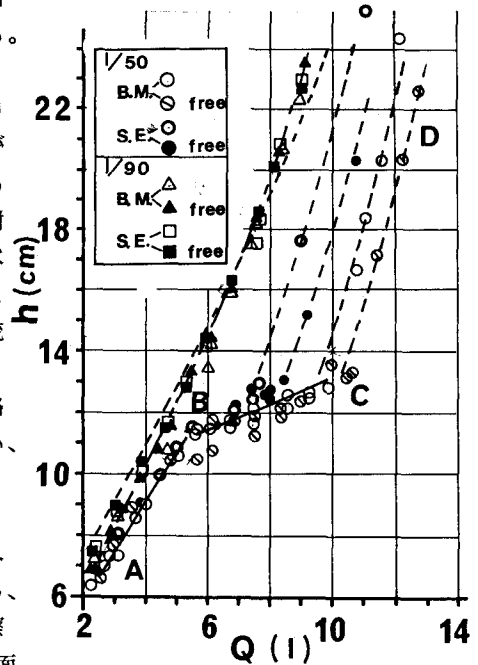


図-3

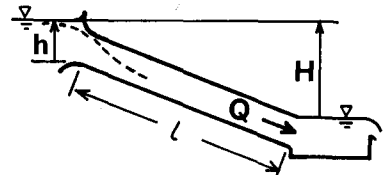


図-4