

微小流量測定装置について

名古屋大 正会員 松 林 亨一郎

1 まえがき

模型実験における流量計測では、一般に流量が少なく、また時間変化の速いものを計測することが要求される。流量計測の代表的なものには刃形堰、ベンチュリー管、パーシャルフリューム、転倒まわ流量計等があるが、最後を除くといずれも流量が少ない場合には水位の変化が少なく測定が困難である。そこで本研究では流量の微小変動を水位の大きな変動として見るため有底の円筒の下部に小孔をあけた微小流量測定装置を試作した。以下その概要・特性について述べる。

2 微小流量測定装置

図-1に計測システムの概要を示す。今回は流出孔を円筒の側壁に設けたが、これは本装置が砂槽からの浸透流出の計測を目的としているため砂などが流出孔に詰まらぬようにしたものであり清水を扱う場合には底に設けた方がよい。水位の計測には抵抗線式、容量式、サーボ式等も考えられるが今回は圧力変換器を用いた。データの収集はデータロガーを通じてマイクロコンピュータに取り込んでいる。

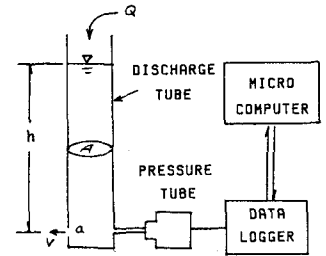


図-1 流量測定システム概要

水位 h から流量 Q への変換は円筒内の水に関する連続式より(1)式によって行なうことができる。ここに A 、 a はそれぞれ円筒、流出孔の断面積、 v は流出孔からの流出速度である。この v は現象の非定常性を無視するとトリチェリーの定理より(2)式で与えられる。

$$Q = A \frac{dh}{dt} + av \quad \dots (1)$$

$$v = C \sqrt{2gh} \quad \dots (2)$$

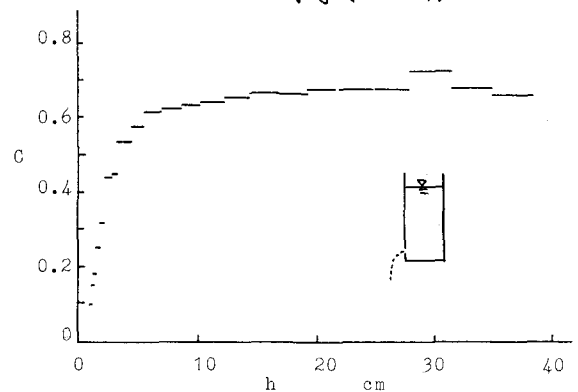
ここに C は流量係数であり一般に $C=0.6 \sim 0.64$ であるといわれているが、流出等により値の変化が予想されるため実験前後に検定する必要がある。

$$C = \frac{A(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{2a\sqrt{2g}(t_2 - t_1)} \quad \dots (3)$$

3 パラメーター C

C の推定法として次の方法をとった。まず流出孔を塞いで円筒内に水をため、次に円筒への流入を止め $(Q=0)$ 孔を開放し流出を開始し同時に水位を一定時間毎隔(1秒)で計測する。

一方、 $Q=0$ として(1)式に(2)式を代入し、時間 t で積分すると、 $t_1 \sim t_2$ での平均的な C は(3)式で与えられる。この式の h_1 、 h_2 に計測値を代入すれば C が求められる。図-2はこの解析例を示したものである。この図より、 $h > 9 \text{ cm}$ の範囲では C はほぼ一定値0.64を取ることがわかるが、このことは本装置のような小さな孔($\phi 1 \text{ mm}$) の場合でも通常のオリフィスと同様の議論が可能であることを示している。又 $h < 9 \text{ cm}$ では C の値は急に小さくなるが、これは現象的には、水位が大きい場合に勢いよく流出していた水脈が、水位の低下とともに、

図-2 流量係数 C (解析例)

これは現象的には、水位が大きい場合に勢いよく流出していた水脈が、水位の低下とともに、

重カの影響で下に曲がり、さらに表面張カにより円筒側面に付着するようになることに対応しており、これが原因となつて生じていると考えられる。図-3は検討のため流出孔を底面に設けた場合の例であるが、この場合には C の変化は少なくなっている。

4. 流量の計算および精度の検討

求めるべき流量はこのパラメータ C と水位のデータより(1)の式によつて計算することができる。図-4は、ある流出実験を行つた際の円筒内水位 h 、円筒からの流出量 av 、円筒への流入量の計算値を示したものである。これより本方法によつて細かな流量の変化をよく推定できることがわかる。又 $\tau=2$ 分近くで不注意によつて生じた水位の変動が見られるが、これは流量への変換の過程で大きな誤差となつて現れており注意すべきである。

流量推定精度の検討として、実験時に流出孔からの流出量 av を10秒間隔で連続的に計測した。図-5は、この実験値と計算流量の同時刻の10秒間の積分値をプロットしたものである。この図より、まず流量が小さい所でばらつきが見られる。又流量が大きい所では計算値は実験値より過少評価する傾向が認められる。この差異は C の推定時と実際の流量測定時の現象の相違により生ずると考えられる。この相違点として α の存在、 α が h 、 Q が正負に変化する点が考えられる。このうち前者は円筒内の速度水頭に関係するがその値は水位 h に比して無視しうる量であり、又 α が h に關しては(2)式に代えて非定常の関係式を用いた解析も行なつたがやはり無視してよいことが分つた。

このように、誤差の原因が明らかでない現在、より精度のよい推定を行なうためには、実験途中でも av を時々実験しその結果を参考にして C の値を修正することが望ましい。

5. あとがき

以上、新しい微小流量測定法を提案しその特性を検討した。前述のようにこの方法はその精度の点でまだ検討の余地を残しているが、①細かな流量の変化(原理的には連続的に)を計測することができる。②水位の変化を大きくすることができ計測が容易である等の利点を持ち、将来有望な方法の一つになると考えられる。今後さらにその特性を検討し精度を高める努力をするとともに設計法を確立したい。

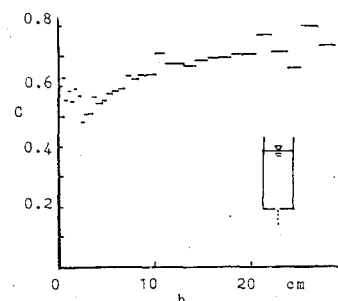


図-3 流量係数 C (底に流出孔がある場合)

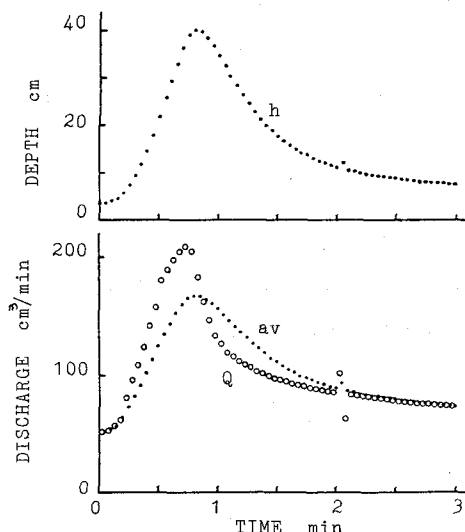


図-4 水位 h 、流出孔流出量 av 、流入量

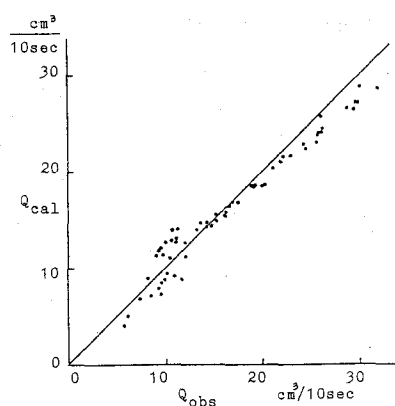


図-5 流出量の実験値と計算値の比較