

セルフ・プライミング¹⁾について

山梨大学工学部 正員 荻原 能 男
山梨大学工学部 正員 ○ 加藤 真 樹

1. はじめに

円型カルバートにおける, セルフ・プライミング現象について前回の学術講演会に報告したが, 今回はセルフ・プライミングの発生地臭に重点を置いて, 急速に流量を増加させる急速測定により, 理論的に求めた 発生時間, 発生地臭を実験より確かめた。

2. 実験

実験に用いたカルバートは直径8cm 長さ4mの透明なアクリルパイプを使用した, このカルバートの粗度係数 n は0.09であり, 流入口に $1/4 D$ (D : 直径)のゲートと密接し実験を行った。

セルフ・プライミング²⁾発生領域付近においての流れは不安定となり微量ずつ流量を増加させる緩速測定にては, 発生地臭の測定が困難であり, 急激に流量を増加させる急速測定にて実験を行った。この実験の測定には, 流入口より10cm間隔に設置したマンメーターにより水位を求め, リピーティング・フラッシュにより瞬間的に発生する, セルフ・プライミング³⁾現象を捕える事にした。

3. 理論解析

運動の方程式と連続の方程式より, 次の様な特性方程式が得られる。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = V + C & (C = \sqrt{\frac{g D \cos \theta}{\alpha}}) \\ -D(S_0 - \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}) + \frac{\alpha C}{g} \frac{dh}{dt} + \frac{\alpha D}{g} \frac{dV}{dt} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{dx}{dt} = V - C \\ -D(S_0 - \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}) - \frac{\alpha C}{g} \frac{dh}{dt} + \frac{\alpha D}{g} \frac{dV}{dt} = 0 \end{cases}$$

この特性方程式を, 数値解法にて求める事にすると。

$$x_{10} = \left(\frac{x_{00}}{V_{00} + C_{00}} - \frac{x_{01}}{V_{01} - C_{01}} + t_{01} - t_{00} \right) / \left(\frac{1}{V_{00} + C_{00}} - \frac{1}{V_{01} - C_{01}} \right)$$

$$t_{10} = t_{00} + \frac{x_{10} - x_{00}}{V_{00} + C_{00}}$$

$$h_{10} = \frac{\frac{1}{g}(V_{00} - V_{01}) + \left(\frac{h_{00}}{\sqrt{g D_{00}}} + \frac{h_{01}}{\sqrt{g D_{01}}} \right) + S_0(t_{01} - t_{00}) + \frac{t_{10} - t_{01}}{R_{01}^{4/3}} n^2 V_{01}^2 - \frac{t_{10} - t_{00}}{R_{00}^{4/3}} n^2 V_{00}^2}{\frac{1}{\sqrt{g D_{00}}} + \frac{1}{\sqrt{g D_{01}}}}$$

$$V_{10} = V_{00} + \sqrt{\frac{g}{D_{00}}} h_{00} + g(t_{10} - t_{00}) \left(S_0 - \frac{n^2 V_{00}^2}{R_{00}^{4/3}} \right) - \sqrt{\frac{g}{D_{00}}} h_{10}$$

ここで $x, x_{00}, x_{01}, x_{10}$: 流入口より測定点までの距離; $t, t_{00}, t_{01}, t_{10}$: 時刻;
 $V, V_{00}, V_{01}, V_{10}$: 平均流速; S_0 : 水路床勾配; $R, R_{00}, R_{01}, R_{10}$: 径深;
 $D, D_{00}, D_{01}, D_{10}$: 水理水深; g : 重力加速度; α : エネルギー係数

これらの諸値の計算には電子計算機を用いたが、初期状態における流況が常流が射流によって計算方法が変わってくる。

本実験の場合の初期条件は射流であるが万能の Half-Time Method (任意に付けた名称) なる方法で行った。これは計算を重ねて行く際に、時刻の変動を防止する為に考案したものであり、計算より求まる時刻の $\frac{1}{2}$ を次の計算値として取り扱う方法で、流速、水位を比例配分に

て求め、距離を実測地実にはせる様に考案した、この計算方法は上記図-1に示してある。

次に時刻と共に変動する水面形の計算結果を下図の図-2に示すと。

Half-Time Method

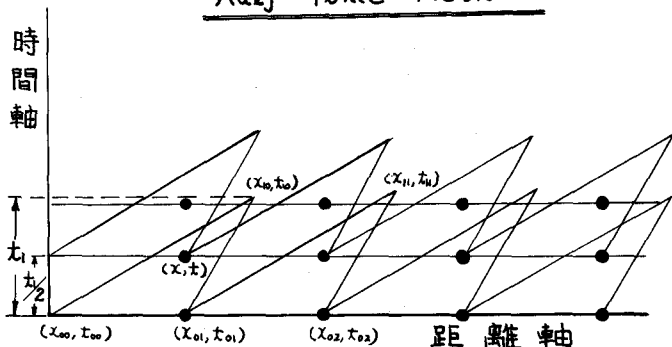


図-1

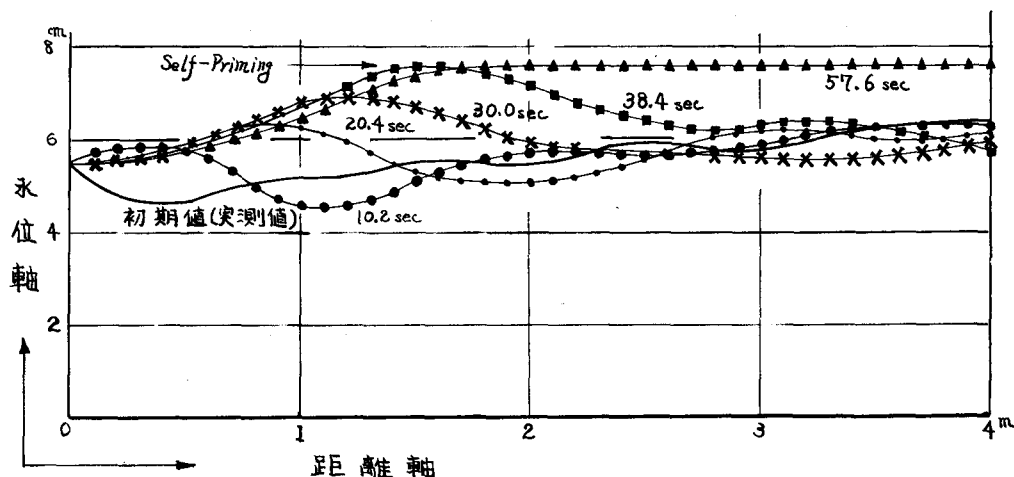


図-2

この実験の実測値は58秒で流入口より1.9mの地実で Self-Priming が発生しているのに対し、上記計算値(理論値)においては、38.4秒で流入口より1.5mの地実で発生している、又計算の初期値は実測値を用い、この初期値と境界条件値とより時刻と共に変動する水面形は図-2の如し。

4. 結論

セルフ・プライミングが発生する、地実並びに時刻は、急速測定において初期状態が常流、射流の如くを問はず解析的に可能になり、実験の測定を考慮する必要がある。

5. 参考文献

1. Free outlets and Self-Priming action of culverts. (A.S.C.E 1957)
Wen-Hsiung Li and Calvin C. Patterson