II-21 横から流入する流れの一計算法

東北大学　正員　岩崎敏夫
東北大学　正員　○古本幸雄

横から流入する流れの水路を一般断面に適用できるように拡張し，水面形を水路特性で明らかにしつつ，これを利用して計算する一方法を提案し，これと模型実験による実測値とを比較したものである。

横より流入のある流れの基本方程式は，一般断面に適用した場合に，水路の底勾配 i，粗度係数 n，また底に沿って下流方向に x をとり，ある点の水深 h，径深 R，断面積 A，水面幅 T，流量 Q，横よりの流入量単位幅当り q とすると次のようになる。

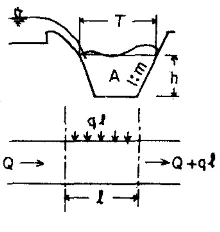

Fig.1

$$\frac{dh}{dx}=\frac{i-\left(1+\frac{m}{2}\right)\frac{\alpha q Q}{gA^2}-\frac{n^2Q^2}{R^{4/3}A^2}}{1-\frac{\alpha Q^2 T}{gA^3}}=\frac{F_1(h,Q,x)}{F_2(h,Q,x)} \qquad (1)$$

ここに m は，横より流入する水の x 方向へ貢献するヘッドを E であらわすと，流速を v として

$$m=\frac{\alpha v^2/2g+h+z-E}{\alpha v^2/2g} \qquad (2)$$

であらわされる。ただし，z は E をはかる基準線より底までの高さ（高度ヘッド）である。

いま　$E=h+z$　(3)　と仮定すると，(2)より $m=1$ となる。水面計算は初期値を与えて(1)を次々と数値積分するのであるが，多数の数値計算を(1)に基いて行うのは極めて繁雑に耐えないので著者らは(1)をやや変形して次のように取扱った。

(1)の右辺分子の式 $F_1(h,Q,x)$ を変形すると

$$F_1=-\frac{n^2}{R^{4/3}A^2}\left(Q^2+\frac{3}{2}\frac{\alpha q}{gn^2}R^{4/3}Q-\frac{R^{4/3}A^2}{n^2}i\right) \qquad (4)$$

(4)の右辺括弧内は Q に関する2次方程式であるから，$b=\frac{3}{2}\frac{\alpha q}{gn^2}R^{4/3}$; $c=-\frac{1}{n^2}R^{4/3}A^2 i$　(5)

とかくと，$F_1=0$ を満足する2根 Q_1，Q_2 は

$$\left.\begin{matrix}Q_1\\Q_2\end{matrix}\right\}=-\frac{b}{2}\pm\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2-c} \qquad (6)$$

よって(4)は，$F_1=-\frac{n^2}{R^{4/3}A^2}(Q-Q_1)(Q-Q_2)$　(7)　とかくことができる。

同様にして(1)の右辺分母の項は，

$$F_2=-\frac{\alpha T}{gA^3}(Q-Q_1')(Q-Q_2') \quad (8) \qquad \left.\begin{matrix}Q_1'\\Q_2'\end{matrix}\right\}=\pm\sqrt{\frac{gA^3}{\alpha T}} \quad (9)$$

とかける。よって(1)は

$$\frac{dh}{dx}=K\frac{(Q-Q_1)(Q-Q_2)}{(Q-Q_1')(Q-Q_2')} \quad (10) \qquad K=\frac{n^2}{R^{4/3}A^2}\frac{gA^3}{\alpha T} \quad (11)$$

となる。K，Q_1，Q_2，Q_1'，Q_2' はすべて h の函数であって断面形が与えられると計算することができる。その際(5)にて知れるように Q_1，Q_2 は流入量 q によって異なるが，K，Q_1'，Q_2' は q に関らず一定である。Fig. 2, 3, 4 に示すような水路についての計算の結果は，Fig. 5 に示すようになった。Fig. 5 において，Q_1 と Q_1' の交点が示す $h(=h_c)$ と $Q(=Q_c)$ の値は(10)の分子，分母をいずれも0にするから，$F_1=0$ と $F_2=0$ を満足する2つの水深 h と x の2曲線の交点における値を示している。それゆえにこの点が

control point であって，この点を生ずるxは $x_c = Q_c/q$ (12)

によって求めることができる。もし，横越流堰の長さ x_0 (=52m) に対して，$x_c < x_0$ であれば，*control section* は水路の途中に生じる。これは側溝部末端での流量 Q_0 が $Q_0 (= q x_0) > Q_c (= q x_c)$ なる条件でおきかえることができる。したがって Fig. 5 によって容易に水路の途中にて *control section* が起るか否かを知ることができる。この水路では，$Q_0 = 34.4\ m^3/sec$，$Q_0 = 19.7\ m^3/sec$ の場合にその状態になっている。

もし，$Q_0 < Q_c$ であれば *control section* は側溝部の末端に生じ，$Q_1' = Q_0$ にとった時の $Q_1' \sim h$ 曲線の示すhが限界水深 h_c である。この計算では $Q_0 = 59.2, 75.7, 97.4\ m^3/sec$ の場合にはそのようになっている。

水面形計算の方向は，*control section* を出発点として上下流へ進めるのは，普通に云われる通りである。この場合(10)の数値積分に当って，Fig. 5 を用いると，極めて迅速に結果をうることができる。

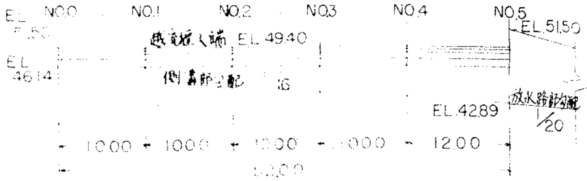

Fig. 2 scale: m

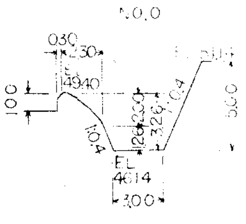

Fig. 3 scale: m

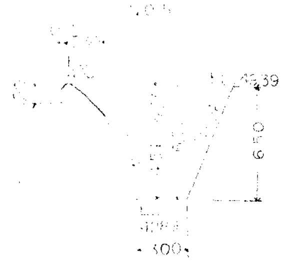

Fig. 4 scale: m

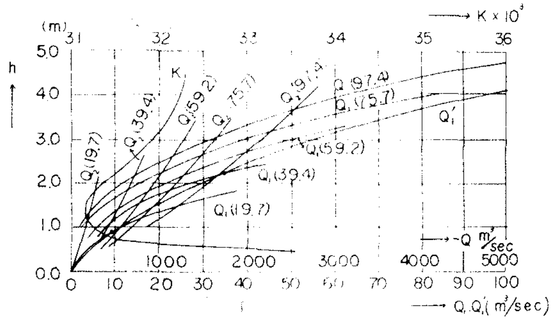

Fig. 5

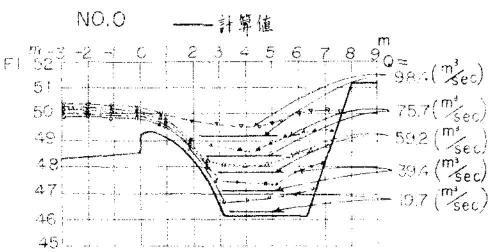

Fig. 6

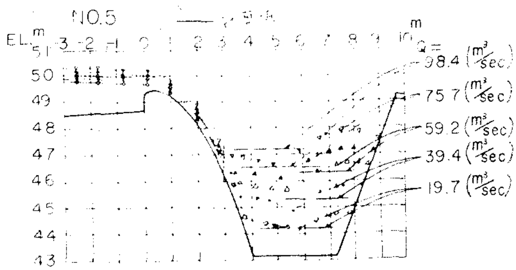

Fig. 7

Fig. 6, 7 は実験結果と計算結果との比較したものである。

Fig. 5 は水面形の性質を知るのにも，もちいることができる。