

科学技術庁国立防災科学技術センター

正員 ○伊藤秀夫

正員 岸井徳雄

緒言

有明海北岸低地部の一部を試験地 (1 km × 0.7 km) に選び、この地区における複雑な水路内の水位、流速を現地において測定し、特に水位について計算値と比較した。更にこの試験地の模型 (横 1/50、縦 1/5) について実験とし、実物と模型との水位、流速変化について比較検討した。又模型実験で水路の一部を埋めた場合の水位、流速の現状との比較、内水地区の水深が大きい場合の内水排除の効果とみるために模型で水深を上げ、下流種内を急に開いた場合の流速及び流速のポテンシャル解析との比較、更に狭小水路内での水流の動き等について観察し、今後増大すると見られる内水排除対策の一助とせんとするものである。

本論

水位変化と流速変化を測定するため、ボール式水位計 18ヶ所、流速計 5ヶ所 (図-1 参照) 設置して、干潮時に内扉 1 内 (130 m × 140 m) を全開し、水位については 1 分間隔で目測により、流速についてはプライス式流速計によって、同じく 1 分間隔で測定した。それによると流速は下流排水種内からの遠が距離に略々反比例して減少している。(図-2、図-3 参照)

試験地平面図

図-1

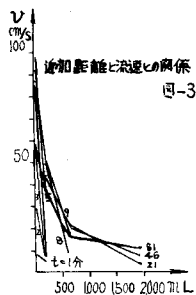
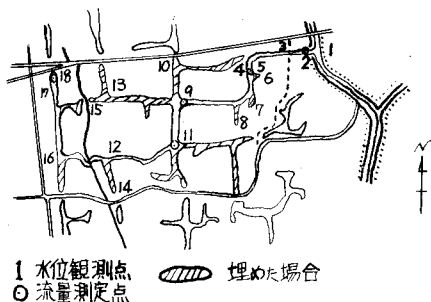


図-3

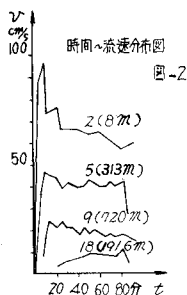


図-2

更に水位変化について流れを一樣な断面を流れる一次元流として解いた Stokes 法即ち運動方程式

$$v_t + v \cdot v_x + g_x + E = 0 \quad \text{ここで } E = g(S_f - S) \quad S_f = n^2 v |v|^{1/2} \left\{ \frac{1}{2} (1 + \frac{v}{B}) \right\}^{4/3} \text{ と連続式}$$

$v_x y + v_y x + y_t = 0$ において t と x に関する偏微分 v_t , v_x を $v_t = (v_T - v_M) / \Delta t$, $v_x = (v_R - v_M) / \Delta x$, $C_t = (C_T - C_M) / \Delta t$ ストに関する偏微分 v_x , C_x を $v_x = (v_M - v_L) / \Delta x$, $v_x = (v_R - v_M) / \Delta x$, $C_x = (C_M - C_L) / \Delta x$, $C_x = (C_R - C_M) / \Delta x$ の差分で表わして運動方程式と連続式を代入して v_p , C_p について解けば

$$v_p = v_M + \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\{ (C_M + v_M) \left(\frac{1}{2} v_L - \frac{1}{2} v_M + C_L - C_M \right) - (C_M - v_M) \left(\frac{1}{2} v_R - C_M + C_R \right) - \Delta x E_M \right\}$$

$$C_p = C_M + \frac{\Delta t}{\Delta x} \left\{ (C_M + v_M) \left(\frac{1}{2} v_L - \frac{1}{2} v_M + C_L - C_M \right) + (C_M - v_M) \left(\frac{1}{2} v_R - \frac{1}{2} v_R - C_M + C_R \right) \right\}$$

下流端では

水路の数の影響については目下検討中である。

次に分岐水路中、袋小路水路内の流水について観察してみると、

袋小路水路内の流水は、主流に付する袋小路水路の流入の仕方によって流速に差が出来るが、主流が遠ざかるにつれて急速に流速は減少する。しか(袋小路水路内に流入量が多少でもあれば流水が起る。(図-11, 12参照)

このことは排水路網は一環した連続水路に下方が排水上有利であり、袋小路水路の場合は排水が極めて悪くなる事が予想される。

次に内水地区の水深が

大きい場合の内水排除による効果を見るために、前述の試験地(模型)で、田面上約10cmの水深について、内水湛水時に下流樋門を急に開いて内水排除した場合の流線及び流速について、実験及び計算を以下の概略を述べよう。

流水はほとんどポテンシャル流れと考えられるから、下流で排水(下場合の流線を求めるために、Z面上に強さmの吹込みをおき schwarz-christoffel の変換によって、Z面の上半面に写像すると、

写像函数 $W = \frac{\pi}{\ell} \log \left(\cosh \frac{\pi}{\ell} z + 1 \right)$ となり

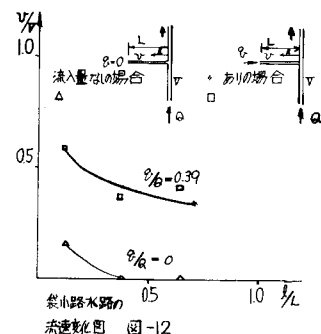
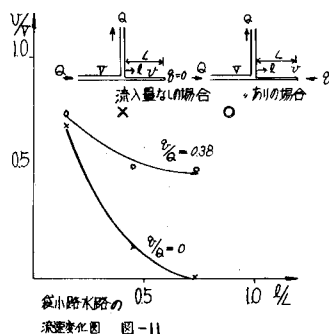
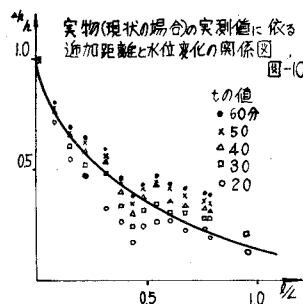
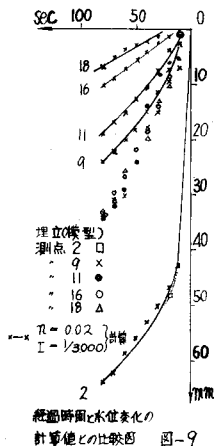
これから速度ポテンシャル $\phi = \log K$ 、流線函数 $\psi = (4)$ (ここで $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$

$(4) = \tan^{-1} Y/X$ $X = \frac{1}{2} \{ \cosh y (e^{hx} + e^{-hx}) + Z \}$, $Y = \frac{1}{2} \{ \sinh y (e^{hx} - e^{-hx}) \}$, $\pi/\ell = h$)

となる。

吹込みの強さmと流出量にえらび ϕ , ψ の値を電子計算機TOSBAC-3400により、Z面でy方向4m, x方向5mまで0.1mずつ変化させ、全部で3200 点の座標について計算をした。

実験値は表面に番号を付けた紙の動きを写真で撮って、流線及び流速を推定した。実験値と計算値の流線及び流速の比較を示せば図-13, 図-14の如くである。



$$U_p = U_M - \frac{\Delta x}{\Delta t} \{ (C_M + U_M)(Z_{C_M} - Z_{C_L} - U_L + U_M) - E_M \} + Z(C_P - C_M)$$

収束条件 $(U+C) \leq \frac{\Delta x}{\Delta t}$ となる。

今初期条件 $U(x, 0)$, $Y(x, 0)$ と境界条件 $Y(x_0, t)$,

$n=0.05$ を与えて電子計算機 T O S B A C - 2400 により、

水位を計算し、実測との比較をすれば図-4の如くである。

水位測定点の水位変化の時間おくれを見るために、水位低下量 10mm, 5mm の位置と時間おくれの関係は図-5の如く

下流排水樋内から約 2km 離れた地点では 20~30 分位の時間

おくれがある。次に模型実験と実物との水位変化は図-6

図-7の如くである。

複雑水路内の水位変動図

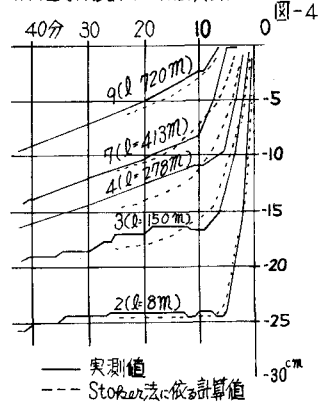


図-4

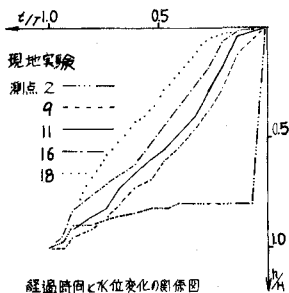


図-6

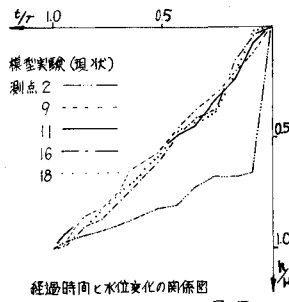


図-7

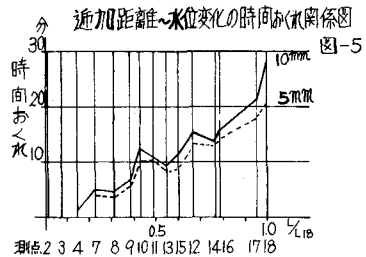


図-5

この無次元表示は $t = \frac{x}{\sqrt{gh}}$ (ここで $t = \frac{U_p}{\sqrt{gh}}$, $h = \frac{h_p}{h_m}$, $x = \frac{x_p}{x_m}$, $h =$ 水深, $x =$ 流下方向の水平距離で、
実物の水理量 P , 模型の水理量 p のサフィックスをつける。) によって実物と模型の時間を合せて無次元化した。流速の変化については、模型と実物で絶対量と差があるが、距離に反比例して減少していく現象は極めて良く出ていた。水路の一部(図-1参照)を埋め
め下場合は、埋めない場合に比較して水位は、水位の減少量がやや大きく、流速は極めて直線的に減少していく。又実物の場合と同様に Stoker 法によって模型実験についても計算してみたが、上流にいくにつれて計算値と実験値の間に差が出てくる。(図-8参照)

埋めたての場合は現状に比して更に n の値は小さくなり、現状の場合と同様に計算値と実験値の差が上流にいくにつれて大きくなる。(図-9) これは横の縮尺が縦の縮尺に比して大きいためと見られる。
次に現地実験による水位変化と距離との関係を見るために、これを無次元化してみると図-10の如くなる。

図-10が水路の粗度、分岐水路の数等に無関係に成立するとすれば、各分岐水路の分流量が推定されるものと考え、粗度の影響、分岐

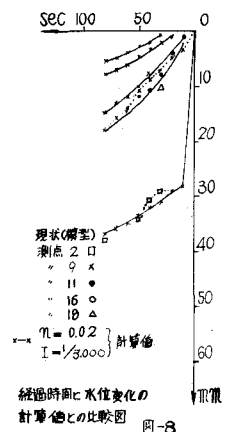


図-8

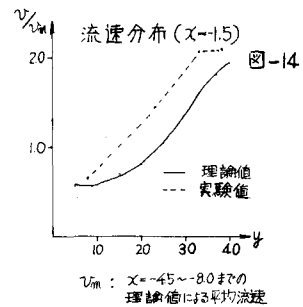
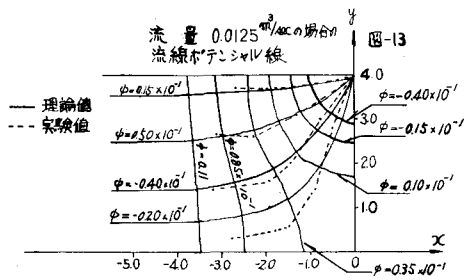


図-13, 14から低地部のゆがくりした水流の動きは、ポテンシャル流れと考えて充分であること、及び表面の凹凸等は殆んど表面の流線に影響を与えないことがわかった。

今後この流線を利用して平面部各位置における水位の時間的動きについて、計算及び実験をしたいと思います。

以上極めて多岐にわたって低地部へ内水排除に関する基本的実験とし、計算値とを比較したが、未だ定性域を脱していない点もあるので、今後更に研究したいと考えております。

論文作成に当たって協力された当センター風水害防災研究室木下尚、野田勝、青木尚子各位に深く謝意を表します。

参考文献

Stoker : Water Waves

佐々木達治郎 : 等角写像の応用

有賀世治・伊藤考夫・野田勝 : 有明海北岸低地における水害防止に関する研究

西畑要夫 : 内水へ流出解析

荒木正夫 : 複雑な水路網の解法

伊藤考夫 : 有明海北岸低地部フリーク内の水位変動に関する実験