市街地河川を対象とした氾濫解析

長崎大学工学部　正　員　　野口　正人
長崎大学工学部　学生員　○奥野　隆平

1．はじめに

過疎・過密が進む社会において、市街地での氾濫の影響は、前に増して重大である。ここでは、市街地の河川で河幅等が小さくて、氾濫解析が行いにくいような場合でも、また、河道流から考えても高い精度が得られるように、一次元流の不定流計算を二次元流の氾濫解析にもちこむことを試みた。

2．解析原理

先に、一次元流の不定流計算と二次元流の氾濫解析について、簡単に述べておく。

流体運動の基礎式は、(a)：連続方程式，(b)：運動方程式である。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_j}=0 \qquad \cdots\cdots\cdots(a)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t}+u_j\frac{\partial u_i}{\partial x_j}=X_i-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_i}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial \tau_{ji}}{\partial x_j} \qquad \cdots\cdots\cdots(b)$$

ここに，u_i：速度成分，X_i：外力加速度成分，p：圧力，τ_{ji}：応力，t：時間変数，x_i：空間変数である。

一次元解析の基礎式は、(a)式，(b)式をコントロールボリュームを用いて次の２式に書き改める。

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=q \qquad \cdots\cdots\cdots(c)$$

$$\frac{\gamma}{g}\frac{\partial v}{\partial t}+\alpha\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{v^2}{2g}\right)+\frac{\partial}{\partial x}(h\cos\theta)-\sin\theta+i_f=0 \qquad \cdots\cdots\cdots(d)$$

ここに、A；流水断面積，Q；流量，q：横流入量，v；断面平均流速，h；水深，θ：河床の傾き，i_f；摩擦勾配，γ，α；補正係数　である。

さらに，(c)式，(d)式を，特性曲線法を用いて解き、不定流計算を行った。

次に、二次元流の基礎式であるが，(a)式，(b)式は次の３式に書き改められる。

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial M}{\partial x}+\frac{\partial N}{\partial y}=0 \qquad \cdots\cdots\cdots(e)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\xi_1 UM)+\frac{\partial}{\partial y}(\xi_2 VM)=-gh\frac{\partial H}{\partial x}-\frac{\tau_{xb}}{\rho} \qquad \cdots\cdots\cdots(f)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\xi_2 UN)+\frac{\partial}{\partial y}(\xi_3 VN)=-gh\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{\tau_{yb}}{\rho} \qquad \cdots\cdots\cdots(g)$$

ここに、M，N；x，y軸方向の流量フラックス，h：水深，H：水位，τ_{xb}，τ_{yb}：河床での摩擦応力，ξ_1，ξ_2，ξ_3：補正係数，U，V：全水深にわたるx，y軸方向の断面平均流速である。

計算対象領域を格子で分割し，(e)式～(g)式に、two-step Lax-Wendroff 法を用いて、氾濫解析を行った。

3．浦上川の氾濫解析

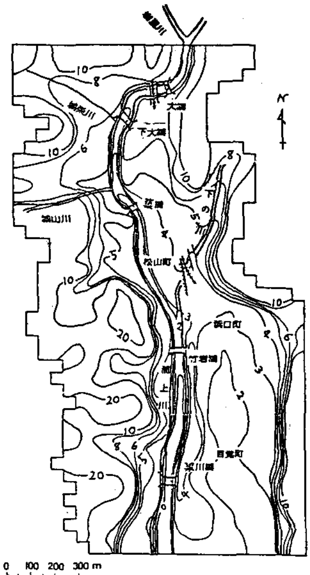
長崎市の市街地を流れる代表的河川に浦上川がある。ここでは、データとして、１９８２年７月２３日の長崎大水害のものを用いた。

先づ、浦上川の不定流計算を行った。断面の著しい変化を避けるため、河川幅と河床高に平滑化を行い、境界条件として、流量もしくは潮位を与えた。特性曲線法については、岩佐らにより提案された固定格子点を用いた特性曲線法[1]を使用した。計算対象領域には、数本の支川が合流しているため、合流点での処理が問題であったが、これに対して、断面連続か流速連続かのいずれかに分類し、これに対処した。

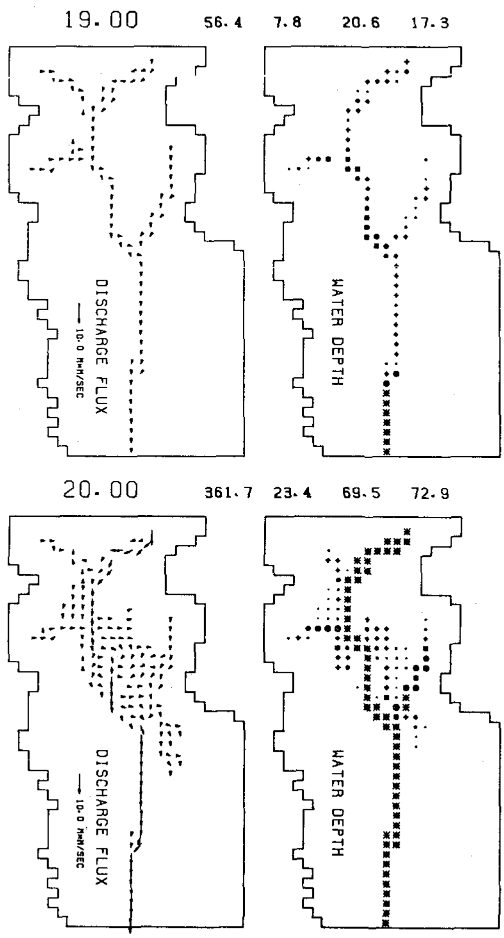
不定流計算の計算結果としては、氾濫解析と密接に関係のある越流した地点について述べると、計算結果として7月23日20時10分頃から下の川合流点の直上流と松山競技場付近で越流し始めた。実際は、19時30分～20時の間に越流していたということから、大体一致はしているものの、少し時間のズレがある。おそらく、その原因としては、橋梁による河積の減少や河道の蛇行によること、平滑化による影響が考えられる。さらに、これらの点について改良・工夫がされることが望ましいが、空間的には、十分実用性のあるものである。

浦上川には、数本の支川が合流しているが（図－1参照）、今回の氾濫解析は、支川の岩屋川の合流点直下から、空間差分間隔を50mとして、南に42格子点、東西に24格子点を計算対象領域とした。この領域には、下流側から、下の川・城山川・城栄川の3本の支川が合流している。氾濫解析では、格子点内各々に河川か堤内地又は領域外かで、条件が与えられるのであるが、今回対象にしている小河川では、空間差分間隔50mに対し、支川の河川幅はせいぜい30mである。したがって、支川の河道を表わす格子は、その格子内の状態を適当に表わしているとは言えない。そこで、空間差分間隔をもっと小さく取れば、目的は、達せられるであろうが、一部の格子点のために、全領域を細分化することは、計算時間が膨大になるため、実用性に欠ける。

（図－1）→



（図－2）↓



そこで、今回試みた氾濫解析は、河道の格子点は河道流として一次元解析法による計算値を用い、堤内地を表わす格子点は、二次元解析法によって洪水氾濫として取り扱うようにする。一次元解析の差分時間間隔は5秒、二次元解析のそれは1秒を用いているが、それぞれは独立に計算し、60秒ごとに必要な値を交換しながら、計算を進めていくことにした。所要時間は、氾濫解析のみのときのそれに比べて、2倍くらいである。

4．むすび

今回の試みは、氾濫解析を市街地河川にも適用しやすく、精度を高めようと改良しようとするものである。しかし現在、先に述べた不定流計算での問題点や堤防の形による河道への流出入の処理等があるため、まだ、十分なプログラムではないが、氾濫結果を示しておく（図－2）。

（参考文献）

1)岩佐義朗・井上和也・水島雅文；
氾濫水の水理の数値解析法，京大防災研究所年報第23号B－2，昭和55（pp.305～317）