

京都大学大学院 学生員 若林 勝則
 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正 員 井上 知也

1. はじめに

従来の研究モデルでは氾濫水の水利の平面的な挙動を解析する際に、氾濫原および河川が堤防を境界として、堤内地と堤外地に区別されることを前提としてきた。しかし、氾濫原が狭小でしかも堤内間と無堤間が混在する地域(例えば河川上流部)を対象とするとき堤内地と堤外地とを区別することが困難であると同時に無意味でもある。本報はこのような地域を堤内地と堤外地とを区別することなく、すべて氾濫原とみなし、堤防および盛土等を考慮して従来の氾濫水の水利モデルを適用した結果の報告である。

2. 従来の数学モデルの基礎式

$$\text{運動方程式: } \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} \left| U M \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{\Delta y} \left| V M \right|_{y_j}^{y_{j+1}} = -g h \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \quad (1)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} \left| U N \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{\Delta y} \left| V N \right|_{y_j}^{y_{j+1}} = -g h \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \quad (2)$$

$$\text{連続式: } \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} \left| M \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{\Delta y} \left| N \right|_{y_j}^{y_{j+1}} = 0 \quad (3)$$

ただし $h = Z - z_b$ (水深), Z および z_b はそれぞれ水位と地盤高である。

3. 数値計算の安定性

対象地域をすべて氾濫原とみなし上記の解析モデルを適用するとき、河川は単に比較的地盤高の低い格子に相当するにすぎない。しかし、河川上流部においては勾配が急なことおよび河川と堤内地とを区別しなかったことにより、計算格子の地盤の高低差が中・下流域の堤内地と比較して相当大きくなる。いま、周辺より地盤の高い点に浸水が及んだときを考えると、そこでは当然水深は周囲に比較して浅いため(1)および(2)式の左辺第2項および第3項(非線型項)が他の項に比べて大きくなり、極端な場合には解が不安定となることが予測される。ところが、江の川流域の三次市周辺を対象として行なった計算によれば、このような上流側差分を用いた結果と、この項を省略した結果とはほとんど差がなかった。したがって、ここでもこの結果を参考にして非線型項を省いた差分式によって計算を行なうことにする。

4. 非線型項を省いた差分式

x方向運動方程式:

$$\frac{M_{i,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^n}{2\Delta t} = -g \frac{(h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1})(H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i-1/2,j+1/2}^{n+1})}{2\Delta x} - g n^2 \frac{(M_{i,j+1/2}^{n+2} + M_{i,j+1/2}^n)}{2} \frac{\{(U_{i,j+1/2}^n)^2 + (V_{i,j+1/2}^n)^2\}}{\{(h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1})/2\}^3} \quad (4)$$

y方向運動方程式は同様であり省略する。

連続式:

$$\frac{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+3} - h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}}{2\Delta t} + \frac{M_{i+1,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^{n+2}}{\Delta x} + \frac{N_{i+1/2,j+1}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^{n+2}}{\Delta y} = 0 \quad (5)$$

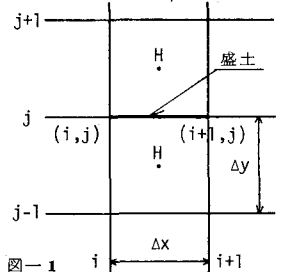


図-1

5. 河川堤防等の盛土の取扱い

盛土を線状構造物であると考え、図-1のように計算格子の周囲に沿って配置するものとする。盛土を越流する流れはこれを狭むどちらかの計算格子の水位が盛土

の天端高よりも大きいときに生じるものとし、越流流量については長方形断面の堰に関する本間の越流公式を適用することにした。すなわち、この場合 $M_{i,j+1/2}$ あるいは $N_{i+1/2,j}$ は(4)あるいは(5)式に依らずに越流公式によって求められることになる。明らかに、盛土の長さ方向の流れは無視されている。

6. 計算結果と考察

計算の対象とした地域は由良川流域の福知山市周辺である。ここは地形概略図(図-2)で示されるように、由良川本川および支川の土師川の二川が合流している地域である。図中の破線部分が河道とみなされる領域である。

図-3の地盤高図に示されるように、合流点より下流の左岸側が比較的地盤の低い地域となっている。

上流端の境界条件: 河道の横断方向における流速を一定と考え、図-4の流量ハイドログラフより得られた流量を上流端の浸水の及んでいる計算格子に配分した。

下流端の境界条件: 水位-流量曲線を与えた。

図-5は堤内地の水位がほぼ最大となる計算開始後11時間目の流量フラックスおよび水深の分布図である。由良川本川の合流点より上流で右岸側より左岸側へ弯曲しながら移動する周囲より卓越した流れが見られる領域がある。

この領域は平水時の河川とみなされている部分である。いうまでもなく、図-5の水深分布図にみられるようにこの領域は周辺と比較して水深がかなり大きくなっている。また流量フラックスの分布をみれば、上記の卓越した弯曲する流れとともに、

河道内とみなされている領域への浸水状況が分かり、河川の流れの二次元的な特性をみることもできよう。対象領域の西部には相当の湛水が生じているが、これは下流端近くの左岸側で越流した氾濫水が浸水してきた結果で、湛水域は図-3の地盤の低い部分とはほぼ一致している。図-6は計算開始後20時間目の水深分布図である。図-5では湛水していた領域がこの時間になると減少しているだけでなく、湛水域の水深も浅くなっている。これは氾濫水が上記の越流部分から河道内へ戻った結果で、氾濫水の挙動としてきわめて妥当なものであろう。

以上のように堤内地と堤外地を区別せずに河道も含めて全域を氾濫原として二次元的に扱うここでの方法は河川上流域に限ることなく、有堤部と無堤部が混在する領域での洪水・氾濫水の解析に有効に適用されると結論できよう。今後ここでの計算で省略した非線型項の取扱いについてなお検討を進めたい。

(参考文献) 1)岩佐・井上・水鳥, 京大防災年報, 23B-2(昭55), 2)岩佐・井上・若林, 関西支部年講II-30(昭56), 3)土木学会編, 水理公式集(昭46)

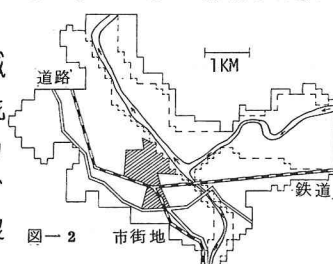


図-2

