

京都大学大学院 学生員 井出 康郎
 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正 員 井上 和也

1. はじめに: 本報は、堤内地における氾濫水の解析モデルと河川における不定流計算を組み合わせて堤外地(河道)の洪水を含めて解析しうるモデルを構築するとともに、実際の河川流域に適用して数値計算を実施し、結果について報告するものである。

2. 堤内地氾濫水の解析モデルの基礎式

氾濫水の挙動は二次元平面流れの基礎式で記述されたとする。すなわち、

$$\text{運動方程式: } \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} |uM|_x^{2n} + \frac{1}{\Delta y} |vM|_y^{2n} = -gk \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \quad (1)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} |uN|_x^{2n} + \frac{1}{\Delta y} |vN|_y^{2n} = -gk \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \quad (2)$$

$$\text{連続式: } \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{\Delta x} |M|_x^{2n} + \frac{1}{\Delta y} |N|_y^{2n} = 0 \quad (3)$$

ただし、 $M = u h$ および $N = v h$ はそれぞれ x および y 方向の流量フラックスであり、また $h = Z - z_b$ 、 Z および z_b はそれぞれ水位と地盤高である。ただし、 z_b は時間的に変化しないものとしておく。抵抗則として Manning 公式を適用すれば $\tau_{xb} = g n^2 u |u|^{2/3} / k^3$ と表わされる。この基礎式による解析法についてはすでに発表しているのを省略する。

3. 堤外地(河道)解析の基礎式

河道における洪水は一次元の不定流として解析されたとする。したがって、基礎式はつぎのとおりである。

$$\text{連続式: } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

$$\text{エネルギー式: } \frac{\rho}{8} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v}{\partial x} + n \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} = S_0 - S_f \quad (5)$$

解析にあたり、(4)、(5)式を特性曲線による表示に改め、固定格子点に関して特性曲線の方角に応じて x 方向の差分のとり方を変える特性曲線法を用いた。

4. 河川の洪水挙動を考慮した解析モデル

このモデルは、上記の2と3の堤内地氾濫水の数値解析モデルと河道の不定流解析法とをつぎのようにして組み合わせたものである。

1) 破堤開始条件: 破堤点における外水位があらかじめ想定された破堤開始水位より大きくな、ときには、破堤が始まるものとする。

2) 破堤流量: 破堤による破堤流量は、簡単なため、長方形断面のせきに関する本図の式を適用することとし、破堤幅、破堤敷高は仮想的に想定することにする。

3) 破堤点: 河道の一点に破堤点を想定し、この点より破堤流量が堤内に入るとして氾濫水の計算を行ない、また河道の洪水に対しては破堤流量が破堤出流量として流出してゆくものとする。

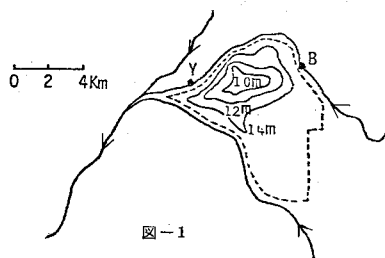


図-1

5. 実際の河川流域への適用と計算結果

対象とした河道一堤内地は図-1に略図的に表わされるとおりで、二河川にはさまれた図の点線の範囲が堤内地である。堤内地の地盤高は図に基準面からの高さとして示されているように、中央部が凹形状となっている。河道の不定流の計算には三河川の計算上の上流端に流量ハイドログラフを与え、下流端には水位-流量曲線を与えることにした。下流端にこのような条件を与えるものは破堤があった場合となか、た場合との比較ができるようになるためである。なお破堤点としては図-1のB点を想定することにし、この点における外水位は、この点をほむ河道の計算断面の水位から内挿により、求めることにする。

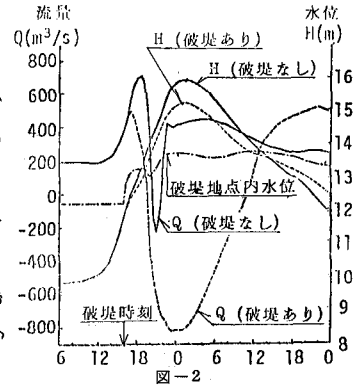


図-2

(1)図-2は、図-1のY地点における河道の流量および水位ハイドログラフを示したもので実線は破堤がなかった場合であり、点線は破堤をした場合の結果である。また図中の一点鎖線はB地点における内水位ハイドログラフである。この図より、Y地点の水位は破堤した場合、破堤後22時間までは破堤しない場合に較べ低くなる。

それ以後は逆転しており、破堤点において逆転流(すなわち、堤内地から河道へ水が戻っている状態)が生じていることがわかる。また、破堤した場合にはY地点に大きい流量の逆転流が生じている。これはY地点より上流にある破堤点へ、下流から大量の水が供給されていることを表わしており、下流で合流する二河川から破堤点へ向って大量の水が流入していることになる。

(2)図-3は破堤後5時間目における各河川の流量配分を示したもので、合流点より破堤点に向う大きい流量がみられる。これは合流点におけるせき上げの結果生じたものであるとみられる。

(3)図-4、5は破堤後10時間目の堤内地の水深および流量フラックスの分布図である。この時間までには、すでに堤内には大量の水が蓄積している結果、堤内地中央部には3.0 m以上の湛水が生じているとともに、流量フラックスはきわめて小さくなり、堤内地の水位はほぼ水平になっていると考えられる。

(4)図-6は堤内地中央部のある点における水深の時間的変化を示したもので、逆転水の到達による水深の急激な増加とその後の湛水の発生および逆転流による洪水という、それぞれの過程がよくとらえられている。

以上、本報で構成された数値解析モデルによるシミュレーションによる結果からみれば、このモデルによる河道における洪水および堤内地における逆転水の挙動を解析することが可能であると結論されよう。〈参考文献〉1)岩佐, 井上, 水島, 昭和54年度年報上-56, 2)岩佐, 井上, 片山, 京大防災研年報, 第19号B-2

3)土木学会編, 水理公式集, 昭和46年

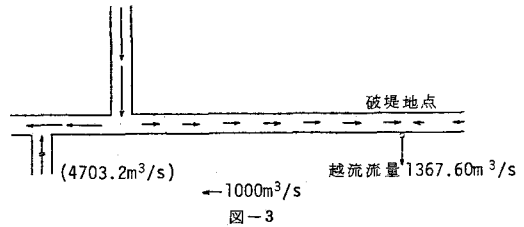


図-3

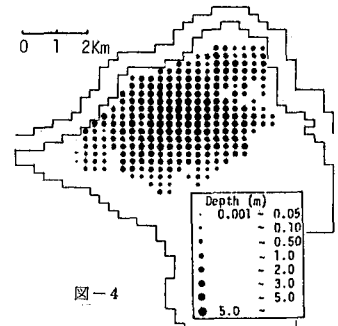


図-4

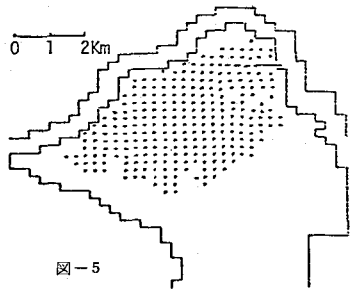


図-5

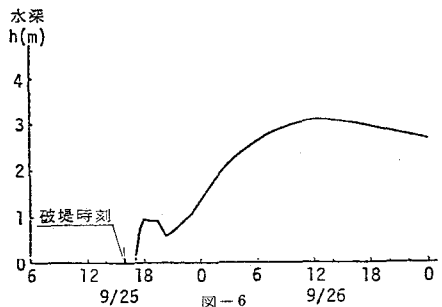


図-6