

II-264

排水路網が存在する場における洪水氾濫解析

京都大学防災研究所 正会員 中川 一

京都大学防災研究所 正会員 高橋 保

四国旅客鉄道（株） 正会員 筧 崇弘

1. はじめに 堤内地には道路、鉄道等の盛土構造物や家屋、排水路などが存在し、氾濫水の挙動に影響を与える。ここでは、排水路網が存在する場における洪水氾濫水の挙動を説明し得る氾濫水理モデルについて述べるとともにその計算結果と水理実験結果とを比較検討する。ついで、長崎市の中島川を排水路に見立てて昭和57年7月の長崎豪雨災害にこのモデルを適用して計算し、実測値と比較検討する。

2. 排水路網が存在する場における氾濫計算法 一般格子における洪水氾濫計算に用いた基礎式は、(1)式の連続式と(2)式および(3)式のxおよびy方向の運動量式である。排水路のコントロールボリュームは図1に示すように十字型にとっており、このときの連続式を差分式で表すと(4)式のようになる。

排水路内の流速に関しては、岩佐らの方法¹⁾と同様に、例えばx方向の流速に対して(5)式を用いる。ここに、 $M=uh, N=vh, u, v$; xおよびy方向流速, h ; 水深, Z_b , 地盤高, n ; Manningの粗度係数, h ; 排水路内水深, B ; 排水路幅（ここでは一定とする）, V_{dx}, V_{dy} ; 排水路内流速, $Q_{i,j}$; 横流入流量で、図1に示す $VNU_{i,j}$...等が単位幅当たりの横流入量を用いて(6)式のように表せる。ここに、 Δt ; 差分時間間隔, $\Delta x, \Delta y$; 一般格子の空間差分間隔である。

横流入流量の計算法について考察する。図2において、 $h_1 > h_{th}$ かつ $h_4 > h_{th}$ または $h_2 > h_{th}$ かつ $h_3 > h_{th}$ ならば、河道水は排水路堤防よりも高い水位にあり、水位の高い格子から排水路を隔てて水位の低い格子への水の輸送を考える場合、一旦堤防を越流して河道に入り河道からまた越流して堤内地に入るという過程を経ると考えるのは、排水路を隔てて輸送される水に対する慣性効果や非線形効果を見逃すことになるので妥当ではないと思われる。その場合、 h_{th} をどの程度にとればよいか問題となるが、ここでは、先端条件に用いた閾値を便宜的に用い、排水路がもはや無いものとして一般格子の氾濫計算と同じ取り扱いができるものとする。なお、上記以外の場合は、堤内地水位と河道水位との関係から、完全越流か潜り越流公式により、横流入量を評価する。さらに、排水路兩岸に堤防が無い場合は、段上がりあるいは段落ちによる横流入を考える。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots (1) \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial (h+z_b)}{\partial x} - \frac{g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial (h+z_b)}{\partial y} - \frac{g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad \dots (3)$$

$$(h_{d,i,j}^{n+1} - h_{d,i,j}^{n+1}) (B \Delta x + B \Delta y - B^2) + 2 \Delta t B [v_{dx,i+1/2,j}^{n+1} (h_{d,i,j}^{n+1} + h_{d,i+1,j}^{n+1})/2 - v_{dx,i-1/2,j}^{n+1} (h_{d,i,j}^{n+1} + h_{d,i-1,j}^{n+1})/2 + v_{dy,i,j+1/2}^{n+1} (h_{d,i,j}^{n+1} + h_{d,i,j+1}^{n+1})/2 - v_{dy,i,j-1/2}^{n+1} (h_{d,i,j}^{n+1} + h_{d,i,j-1}^{n+1})/2] = 2 \Delta t Q_{i,j} \quad \dots (4)$$

$$v_{dx,i+1/2,j}^{n+1} = \text{sign}(h_{d,i,j}^{n+1} + z_{d,i,j} - h_{d,i+1,j}^{n+1} - z_{d,i+1,j}) \frac{1}{h_d} \left[\frac{h_{d,i,j}^{n+1} + h_{d,i+1,j}^{n+1}}{2} \right]^{2/3} \left| \frac{h_{d,i,j}^{n+1} + z_{d,i,j} - h_{d,i+1,j}^{n+1} - z_{d,i+1,j}}{\Delta x} \right|^{1/2} \quad \dots (5)$$

$$Q_{i,j} = \frac{\Delta y - B}{2} (UM_{i,j-1/2} - UM_{i,j-1/2} + UM_{i,j+1/2} - UM_{i,j+1/2}) + \frac{\Delta x - B}{2} (VNU_{i-1/2,j} - VND_{i-1/2,j} + VNU_{i+1/2,j} - VND_{i+1/2,j}) \quad \dots (6)$$

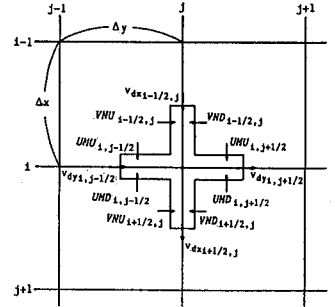


図1

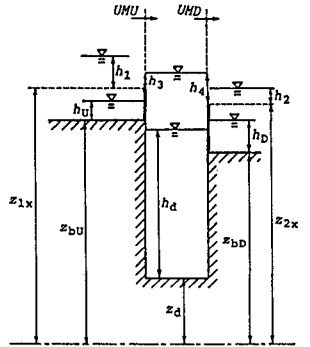


図2

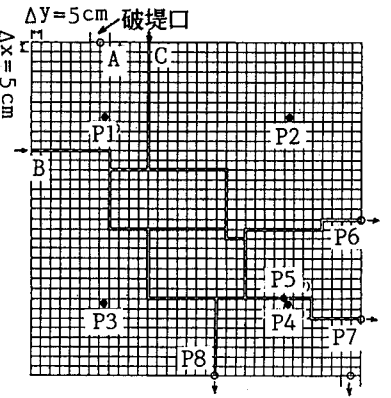


図3

3. 排水路網が存在する場での洪水氾濫実験 氾濫台は図3に示すように1辺が170cmの正形状であり、その中に幅1.4cm, 深さ1.5cm, 両岸の堤防高が0.5cmの排水路が図に示すように配置してある。氾濫台の四方は越流しない程度の堤防で囲い、A点には幅10cmの破堤口を設け、B,C点には排水路への給水装置が取り付けられている。P6,P7,P8の各点は段落ちによる流出条件になっている。A,P6,P7,P8の各点ではサーボ式水位計による水位計測を行い、氾濫水の拡がりには氾濫台上部に設けたビデオカメラによって撮影し、破堤口からの流出流量はトレーサーの表面流速とA点における水位とから求めた。なお、B,C点における流入流量は今回、両方とも0cc/sである。

計算においては、一般格子に対して $\Delta x = \Delta y = 5\text{cm}$, $\Delta t = 0.002\text{秒}$ 、排水路に対しては $\Delta t = 0.001\text{秒}$ として排水路の計算を2回行って次の一般格子の計算を行った。粗度係数は排水路、一般格子ともに $n = 0.01$ とした。氾濫台の勾配は対角線方向に1/500である。

図4は、破堤前に排水路に予め水を流していない場合の氾濫水の拡がりに関する実験値と計算値とを比較したものである。実験値は主に地盤の低い方向にのみ拡がり易くなっているのに対し、計算値は全体に拡がり易くなっている。これは、実験のスケールが小さいために表面張力の影響が大きかったことや、計算においては先端条件($h_{th} = 1\text{mm}$)の影響があるものと思われる。図5は、図3に示した各地点での水深の計算値と実験値を比較したものである。排水路の水深は計算値の方が早く水が到達しているものの両者はほぼ一致している。

4. 昭和57年7月長崎豪雨災害における中島川の洪水氾濫への適用 計算においては一般格子に対しては $\Delta t = 0.1\text{秒}$ 、 $n = 0.04$ とし、排水路に対しては $\Delta t = 0.05\text{秒}$ 、 $n = 0.05$ とした。また、 $\Delta x = \Delta y = 75\text{m}$ 、排水路の幅（中島川の幅） $B = 10\text{m}$ とした。境界条件は高橋らの研究²⁾と同じものを用いた。図6にはほぼ最大湛水深を記録した計算開始5時間後（昭和57年7月23日22時頃）の水深の分布の計算値を示した。図7は図6に示した各地点での湛水深の時間変化の計算値と実測の最大湛水深とを比較したものである。氾濫形状および最大湛水深ともほぼ実測値と一致したが、大きくずれているところもある。これは、計算において比較的大格子の空間差分間隔を用いたため、地盤高の情報を詳細に入力することができなかったことによるものと思われる。

5. おわりに 以上、ここで示したモデルの妥当性をある程度検証することができたが、 h_{th} の決め方等今後さらに検討を要する部分も残っている。

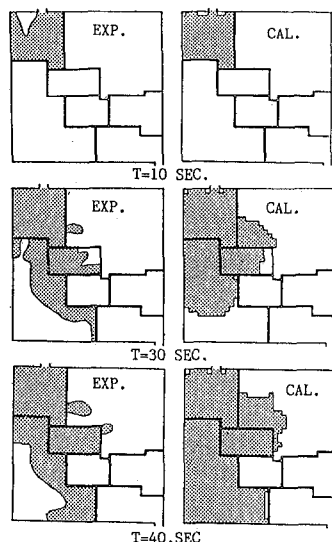


図4

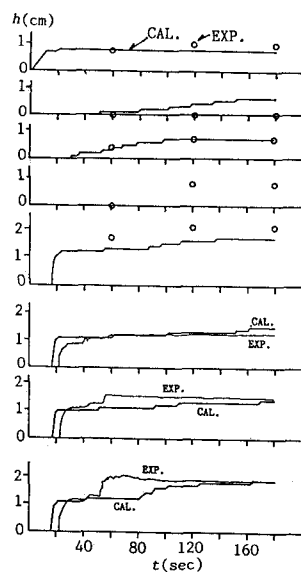


図5

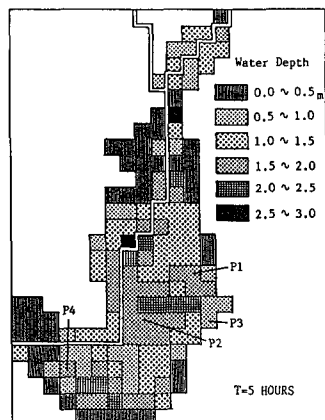


図6

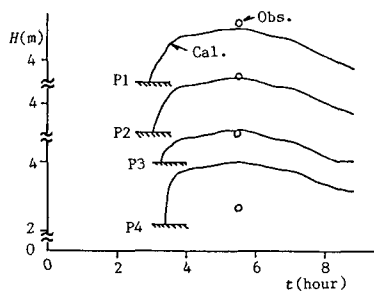


図7

<参考文献>1)岩佐ら：京大防災研年報, 23B-2, 1980. 2)高橋ら：京大防災研年報, 26B-2, 1983.