

格子内の地盤高特性を考慮した簡便な氾濫解析法に関する検討

中部大学工学部 正会員 武田 誠 山田建設株式会社 正会員○小寺大輔
株式会社ヒメノ 福手正敏 中部大学工学部 フェロー 松尾直規

1. はじめに 水災対策の検討・検証に用いられている氾濫解析法は、浅水方程式を基礎として格子内平均水深、単位幅流量を未知量とするのが一般的であり、格子内に水が一様に満ちていないという課題に対応するためには格子を十分小さく採る必要がある。また、同様に、都市を流れる氾濫水は主に道路に沿って拡がることから、詳細な氾濫水の挙動を再現するには、道路を表現するように格子を十分に小さく採る必要がある。しかし、格子幅を小さくすればするほど計算時間が多大となるため、現実的には作業期間と計算時間、作業時間との兼ね合いにより、上記の課題に対応できる十分に小さな格子は採用できないのが普通であろう。一方、今日の測量技術の進歩に伴い平面数 m 、鉛直数10cmの精度を有する詳細な地盤高データが整備されてきている¹⁾。ただし、この地盤高データを氾濫解析に適用する場合、格子内平均地盤高に置き換えて使用していることから、格子幅が大きい場合には地盤高データの持つ精度的特徴を十分に活用できない。そこで、本研究では、格子内地盤高特性を考慮した簡便な氾濫解析法の検討を行った。

2. 提案する氾濫解析法(h-VA 氾濫解析法) 1)格子内に流入した水は格子内の地盤高の低い方へ瞬時に流れ、連続式の未知量は水深ではなく水量(体積)とする。2)運動方程式において、移流項、粘性項が大きく影響を与えず省略できると仮定し、流量を未知量とする。以上のことを考慮し、用いる方程式を以下に示す。

$$\frac{\partial V}{\partial t} = (Q_{x1} - Q_{x2}) + (Q_{y1} - Q_{y2}) \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} = -gA_x \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 Q_x \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} = -gA_y \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 Q_y \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (3)$$

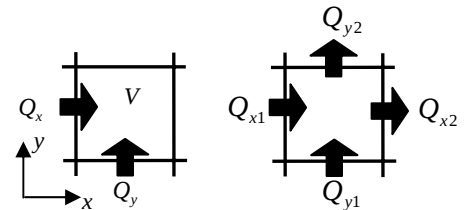


図1 未知量の設定位置と(1)式の説明図

ここで、 V は格子内の水量、 $Q_{x1}, Q_{x2}, Q_{y1}, Q_{y2}$ は図1に示される x, y 方向の流量、 A_x, A_y はそれぞれ Q_x, Q_y が定義されている箇所の x, y 方向の流水断面積、 H は水位である。本解析の手順として、解析を行う前に格子内に存在する詳細な地盤高データを用いて、各格子および断面内の最低地盤高を基準とした $h-V$ 曲線、 $h-A_x$ 曲線、 $h-A_y$ 曲線を作成する。計算では、(1)式により各格子の水量が求まり、 $h-V$ 曲線を用いて格子内水量に対応する水深(最低地盤高の水深)を求め、水位を計算する。格子内中央の水位を用いて Q_x, Q_y 定義断面の水位を求め、その断面の最低地盤高を引くことで断面内の最大水深を求める。 $h-A_x$ 曲線、 $h-A_y$ 曲線を用いて、水深に対応する流水断面積を求める。(2)式、(3)式により流量を求め、(1)式の計算へと繰り返す。

3. 計算領域及び計算条件 5m毎の地盤高データ¹⁾を用い、10m×10m格子(357個×550個、平均地盤高)を用いた従来の平面二次元氾濫解析法(以後、従来モデルとする)(CASE 1)、50m×50m格子(71個×110個、平均地盤高)を用いた従来モデル(CASE 2)、50m×50m格子(71個×110個、格子内最低地盤高)を用いたh-VA氾濫解析法(CASE 3)の比較を行う。また、CASE 3では $h-A$ 曲線の取り扱いを考慮し、流量が定義されている断面の地盤高データを用いて算出した場合をCASE 3a、コントロールボリューム(以下、C.V.とする)内の流れ方向(図2参照)の最高地盤高を用いて算出した場合をCASE 3b、C.V.内の流れ方向の平均地盤高を用いて算出した場合をCASE 3cとした。地盤勾配が緩やかな場と急な場を対象に、破堤と降雨の条件を用いて検討したが、紙面の都合上地盤勾配が緩やかな場における破堤の条件についてのみ示す。図3に示す計算

キーワード：氾濫、数値解析、計算格子、地盤高特性

中部大学、〒487-8501、愛知県春日井市松本町1200、TEL 0568-51-1111、FAX 0568-52-0134

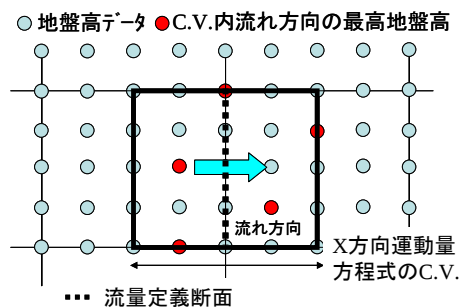


図2 h-A 曲線の取り扱い

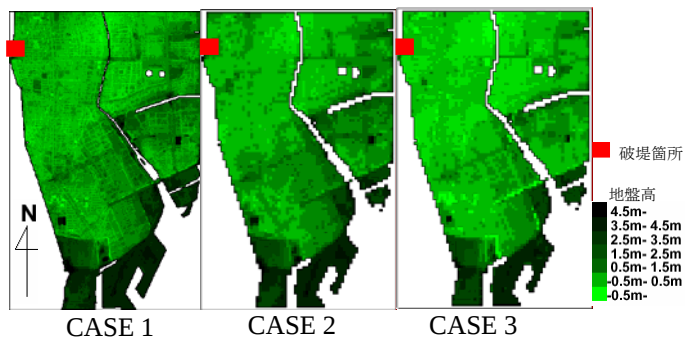


図3 計算領域

領域の破堤箇所に図4の流量を設定し、6時間後までを計算した。なお、CASE 1の結果を真値とみなし、格子を大きくした場合に如何にCASE 1の結果に近づけるかという視点で検討した。

4. 計算結果と考察 図5にCASE 1とCASE 2の、図6にCASE 3の最大浸水深の分布を示す。CASE 3では格子内の最大水深を求めているのでCASE 1との直接的な比較ができない。そこでCASE 3で得られた水位を格子内一定とみなし、水位からCASE 1に対応する地盤高を引くことで水深を求めて図化したものが図7である。

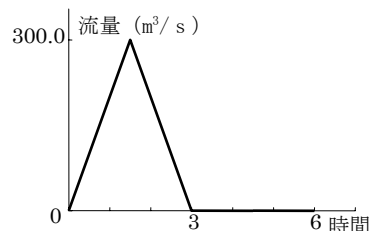


図4 破堤箇所の流入流量

まず、図5からCASE 1とCASE 2ではほぼ同様に浸水が広がるが、CASE 1よりもCASE 2の方が大まかに表示されており、より広く浸水していることが分かる。つぎに、図5と図7からCASE 3ではCASE 3bが他と比べて浸水の広がりが小さく、CASE 3とCASE 1を比較すれば、CASE 3aとCASE 3bがCASE 1と同じ浸水状況を示し、道路に沿った浸水深の分布も十分に表現されている。本研究では市販のPC(NEC Express5800 Pentium(R)4 CPU3.80GHz)を用い、CASE1は144分、CASE2は7分、CASE3は12分を要した。CASE1と同程度の精度が得られ、かつ大幅に時間短縮が行えていることから、本計算法の有効性が伺える。

5. おわりに 本研究では、従来の氾濫解析法の問題点と、簡便さと精度を併せ持つ新しい氾濫解析法を示した。提案したh-VA氾濫解析法は格子をひとつのポンドとみなし、格子内のh-V曲線、流量定義断面におけるh-A_x曲線、h-A_y曲線を取り扱うことに特徴がある。なお、発表時には他の解析事例も併せて示す予定である。

参考文献 1)国土地理院：数値地図5mメッシュ(標高)，平成17年。

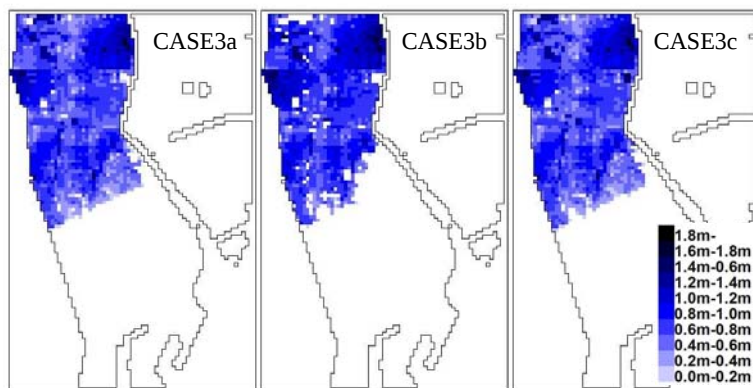


図6 CASE 3の最大浸水深

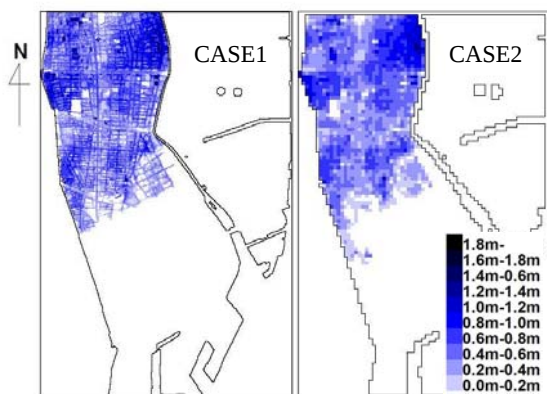


図5 CASE 1とCASE 2の最大浸水深

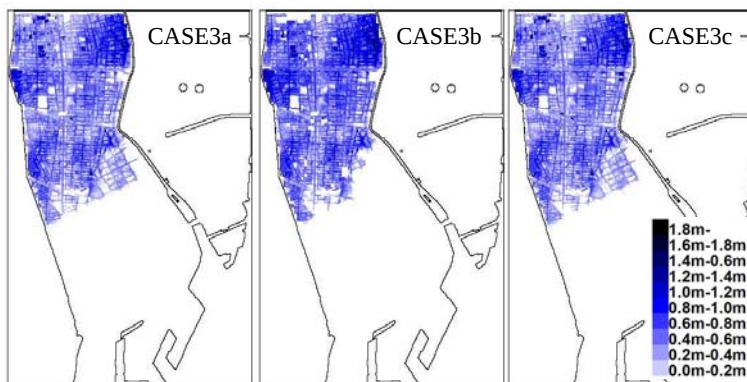


図7 CASE 3の最大浸水深 (CASE 1の地盤高を考慮)