

## 建造物を考慮した名古屋の浸水解析

中部大学大学院工学研究科建設工学専攻 学生会員 ○中島勇介  
 中部大学工学部都市建設工学科 正会員 武田 誠  
 中部大学工学部都市建設工学科 フェロー 松尾直規

### 1. はじめに

近年、外水氾濫を対象とした都市浸水の研究が発展しており、検討に用いる解析モデルも高度になっている。国土交通省の洪水浸水想定区域図作成マニュアル<sup>1)</sup>では、建造物の影響を考慮したデカルト座標系の解析モデルが紹介され、25m幅の計算格子の使用が推奨されている。解析精度を高めるためには、解析に建造物の影響を十分に反映する必要がある。本研究では、まず、10m格子の計算を対象に、浸水解析における建造物の効果として、格子における建物占有率の変化が計算結果に与える影響を考察した。その後、実用的な25m格子の計算を対象に、モデル化に伴う10m格子の計算との一致の程度を検討した。

### 2. 解析モデル

本研究では、洪水流には1次元不定流モデルを、都市域の氾濫流にはデカルト座標の2次元不定流モデルを用いて解析し、互いを越流公式で接続している。

ここで、地表面氾濫流のモデル化に関わる基礎式を以下に示す。

建物占有率を考慮しない場合：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = q_r \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = & -gh \frac{\partial(z_G + h)}{\partial x} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_x \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_y \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = & -gh \frac{\partial(z_G + h)}{\partial y} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_x \frac{\partial N}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_y \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho} \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、 $u, v$  はそれぞれ  $x, y$  方向の流速(m/s)、 $h$  は水深(m)、 $M, N$  はそれぞれ  $x, y$  方向のフラックス ( $M = uh, N = vh$ )(m<sup>2</sup>/s)、 $q_r$  ; 河川からの単位面積当たりの幅横流入流量(m/s)、 $g$  : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)、 $z_G$

は地盤高(m)、 $\rho$  は水の密度(kg/m<sup>3</sup>)、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y$  はそれぞれ  $x, y$  方向の渦動粘性係数(m<sup>2</sup>/s) (本研究では0)、 $x, y$  はそれぞれ東方、北方を正とする平面の座標、 $t$  は時間である。また、 $\tau_{bx}, \tau_{by}$  は  $x, y$  方向の底面のせん断応力(Pa)であり、マンニングの粗度係数  $n$  を用いて以下の式で表す。

$$\tau_{bx} = \rho g n^2 M \sqrt{u^2 + v^2} / h^{4/3} \quad (4)$$

$$\tau_{by} = \rho g n^2 N \sqrt{u^2 + v^2} / h^{4/3} \quad (5)$$

建物占有率を考慮した場合：

格子における建物占有率を算出し、福岡ら<sup>2)</sup>による占有率と粗度係数の関係を活用して、占有率が増すことによる流水の抵抗の増大を考慮した。また、建物占有率を考慮した連続式として、次式を用いた。

$$(1-\theta) \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \lambda M}{\partial x} + \frac{\partial \lambda N}{\partial y} = q_r \quad (6)$$

ここに、 $\theta$  : 建物占有率、 $\lambda = 1 - \sqrt{\theta}$  : 透過率である。ここでは、建造物の影響のみを考えるために、小河川を非計算領域として取り扱った。10m格子の地盤高を図-1に示す。25m格子の地盤高は10m格子の地盤高と同様であった。また、図-1の黒枠の部分の10m格子と25m格子の建物占有率を図-2に示す。なお、建物占有率は国土数値情報のデータを基に作成した。

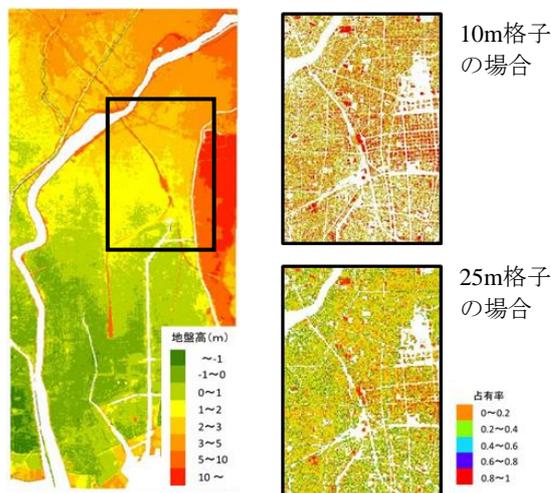


図-1 地盤高

図-2 建物

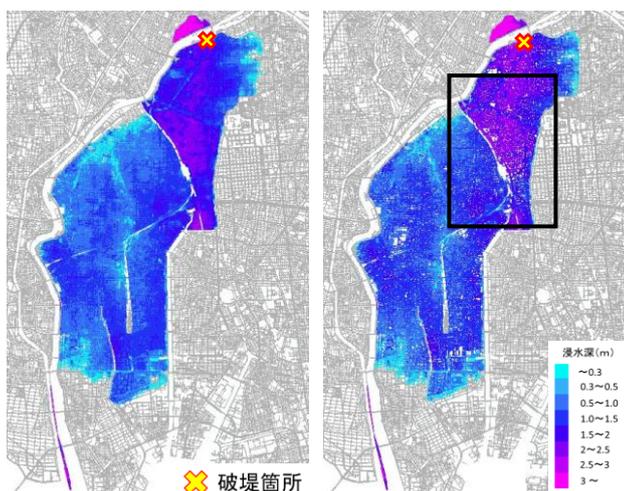


図-3 10m格子の最大浸水深  
(左:考慮なし, 右:考慮あり)

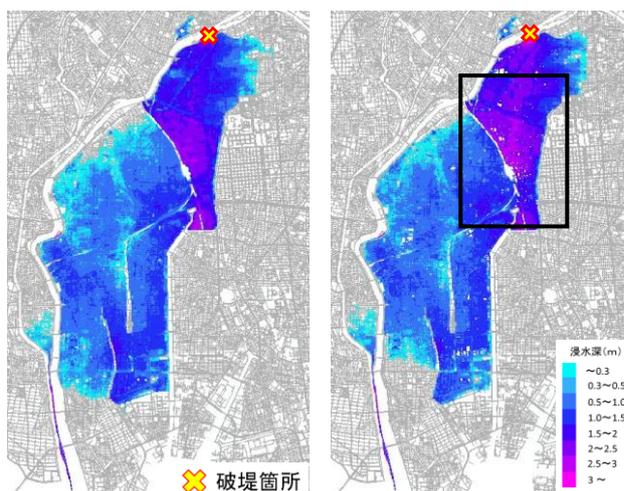


図-4 25m格子の最大浸水深  
(左:考慮なし, 右:考慮あり)

### 3. 計算条件

河川の上流端には、庄内川の計画高水流量を基にピーク値が $4400\text{m}^3/\text{s}$ となる流量ハイドログラフを与えた。河川の下流端には、洪水ピーク時に満潮となる大潮の潮位を与えた。破堤の開始は計算開始19時間後とし、河口から17km地点において100m幅で破堤(破堤箇所の堤防天端が堤内地地盤高に置き換わる)させた。計算時間は36時間とした。

### 4. 解析結果および考察

図-3、図-4に、それぞれ10m格子と25m格子における建造物の有無による最大浸水深の分布を示す。

図-3、図-4ともに建造物を考慮した場合は、考慮しない場合に比べて、黒枠で囲まれている建造物が多い地域の最大浸水深が高くなっている。また、10m格子と25m格子の建造物を考慮した場合の最大浸水深を比較すると大きな変化がなく、両者は同程度の結果を示している。図-5に、25m格子での最大浸水深になる時間を示す。本図から建造物を考慮した場合は建造物を考慮していない場合に比べて、最大浸水深になる時間が遅くなっているが一部では速くなる場所もあることが分かった。

### 5. おわりに

本研究の得られた成果を以下に示す。

- 1) 10m格子を用い、建造物の有無を考慮して氾濫解析を行った。建造物の考慮により最大浸水深の分布に変化が生じ、建造物の多い地域では浸水深がかなり大きくなった。このことから、浸水解析に建造物の考慮する必要があると考える。
- 2) 25m格子を用いた氾濫計算を行い、10m格子を用

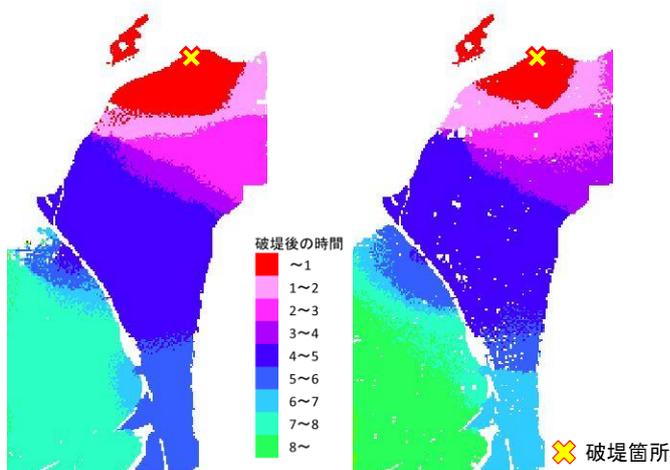


図-5 25m格子の最大浸水深になる時間  
(左:考慮なし, 右:考慮あり)

いた場合との比較を行った。比較したところ、同程度の結果を示したと考える。また、建造物を考慮することにより、最大浸水深になる時間が遅くなっていることを示した。

なお、浸水深が高いところでの氾濫水が建造物内への流入を考慮していないため、氾濫水が建造物内に流入することを考慮することが課題である。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル，2015.7
- 2) 福岡捷二，川島幹雄，松永宜夫，前内永敏：密集市街地の氾濫流に関する研究，土木学会論文集No491，II-27，pp51-60，1994