

家屋水没を伴う密集市街地氾濫流の解析

広島大学大学院 学生員 ○水口雅教 北海道開発庁 正 員 横山 洋
 広島大学大学院 学生員 内田龍彦 広島大学 フェロー会員 福岡捷二

1. 序論

洪水氾濫の避難・防災計画を作成するにあたって、氾濫流の挙動を正しく予測することは重要である。そのためには氾濫シミュレーションモデルによる数値解析が対象領域の氾濫流の挙動特性を知る上で有用な手段の1つとなる。その数値解析において家屋の抵抗を精度良く算定することは重要である。

密集市街地氾濫において家屋の水没は頻繁に起きることではなく多くの家屋は非水没である。しかし氾濫域内の低地、あるいは破堤点付近では氾濫流の水深が大きくなり、家屋が完全に水没する状況も生じる。既往の研究¹⁾²⁾により非水没家屋による抵抗については、家屋周辺の水位を用いて精度良く算定することができる。本研究では家屋が水没することを想定し、氾濫流に作用する水没家屋による抵抗を精度良く算定し、氾濫流の挙動を高精度で再現できる氾濫シミュレーションモデルの構築を目的としている。

2. 氾濫シミュレーションモデル

解析には流体力項を付加した2次元浅水流方程式¹⁾を基礎式とし、スタガード格子を用いて差分法で行っている。基礎式の流体力項は物体周囲の圧力分布を3次元計算によって厳密に求めることが可能であれば必要のない項である。しかし本研究で用いている2次元浅水流方程式は3次元の方程式を鉛直方向に積分しているため、物体周囲の流れを厳密に解くことは不可能である。このため水没家屋による抵抗を流体力項として基礎式に付加している。

水没家屋に作用する抗力は流速と相対水深(水深/家屋高さ)に大きく影響する。図-1に様々な家屋配置について家屋水没時の相対水深と抗力係数の関係を示す。図-1より抗力係数は家屋配置ごとにほぼ一定値をとることが分かる。このことから水没家屋の抗力は抗力係数を用いた(1)式によって評価可能であり、これを水没家屋の抵抗として解析に用いる。

$$D = C_D \frac{\rho a U^2}{2} \dots \dots \dots (1)$$

D: 抗力, C_D : 抗力係数, ρ : 水の密度,

a: 家屋の投影面積, U: 代表流速(上流での一様流速)

3. 解析モデルの検証

次に模型実験(写真-1)を行い実験結果と計算結果を比較し、水没家屋による抵抗を考慮した氾濫シミュレーションモデルの検証を行う。実験水路は全長10m, 幅2.5m, 縦断平均勾配1/500, 粗度係数0.020である。そして水路内に家屋模型(20cm×20cm, 高さ3cm)を横断間隔20cm, 縦断間隔40cmで整列に配置している。これは図-1においてCaseAのL/B=2.0に相当する。

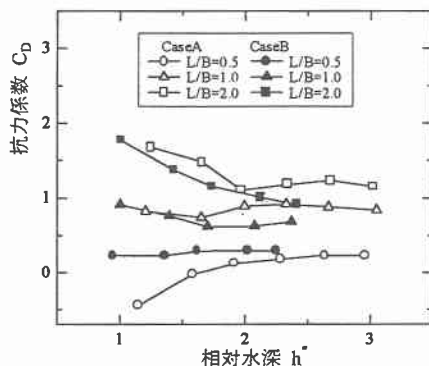


図-1 相対水深と抗力係数(水没)

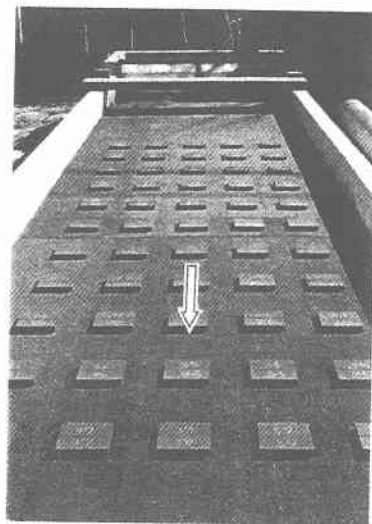


写真-1 実験水路

解析において計算メッシュは流体力が流れに及ぼす影響域を考え、縦断方向に 10cm、横断方向に 5cm 刻みで分割し、家屋に該当するメッシュを家屋高さだけ水路床をかさ上げしている。境界条件は上流端で実験流量、下流端 ($x=10\text{m}$) で段落ちによる限界水深を与えている。抗力係数は実験により上流での一様流速を代表流速として算出した $C_D=1.2$ を用いている。

4. 実験値と計算値の比較

図-2 は平均水位縦断形について実験値と計算値を比較したものである。実験値と計算値はほぼ一致している。図-4 は水深平均流速の横断分布について実験値と計算値を比較したものである。実験値と計算値の間に若干の相違がみられる個所もあるが、全体的にみると家屋間で流速が加速され、家屋背後では流速が低減されるという実験値の傾向を計算値はおおよそ再現している。

以上より水没家屋による抵抗を考慮した本解析モデルは水面形や鉛直平均流速をおおよそ計算できることが示され、本モデルの妥当性が確認された。

5. 結論

水没家屋による抵抗を適切に与えることによって流れを再現計算することが可能である。今後は水没、非水没家屋が混在する氾濫域でのより高精度な氾濫シミュレーションモデルの構築を行う。

参考文献

- 福岡, 川島, 横山, 水口: 密集市街地の氾濫シミュレーションモデルの開発と洪水被害軽減対策の研究, 土木学会論文集(登載決定)
- 福岡, 川島, 横山, 水口: 家屋群に作用する氾濫流の流体力に関する実験的研究, 水工学論文集第 41 巻, 1997

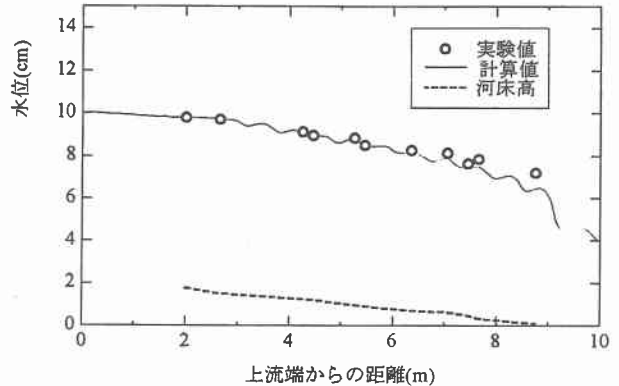


図-2 平均水位縦断形

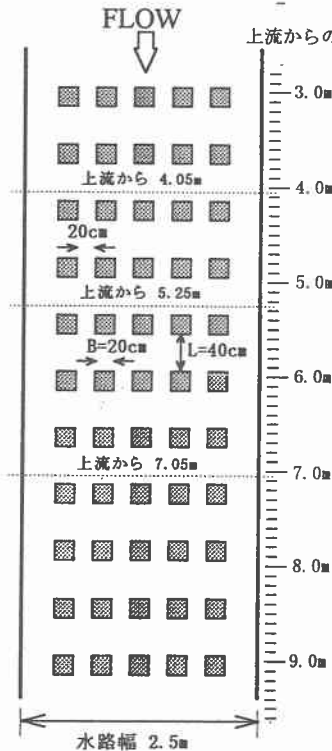


図-3 家屋配置

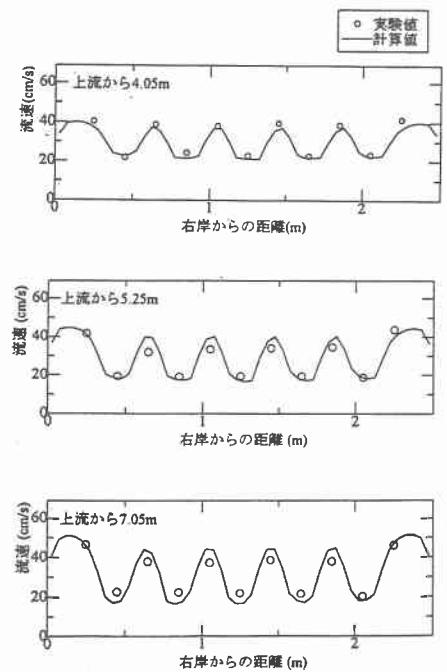


図-4 水深平均流速の横断分布