

II-198

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 内田龍彦
北海道開発庁 正員 横山 洋

広島大学大学院 学生員 水口雅教
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。

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. 抗力測定実験

氾濫計算モデルの構築に先立ち、実験により密集家屋群内の水没家屋に作用する抗力を直接測定した。実験水路（図-1）は全長 10m、幅 2.5m、水路勾配 1/500、底面の粗度係数 $n=0.020$ である。水路の上流端から 5.7m、下流端から 3.8m の位置に、家屋模型と分力計を固定する幅 0.5m の設置ピットを設けている。家屋模型は高さ 3cm、一辺 20cm の正方形である。Case1 と Case2 はそれぞれ横断間隔 20cm、60cm の整列配置の家屋群である。各 Case について家屋の縦断間隔を変化させ、家屋群が水没する様々な水深に対して家屋に作用する抗力を計測している。そして家屋近傍の流速と水位を詳細に計測し、家屋配置、家屋群の縦断位置及び家屋周辺の流況と抗力の関係を検討している。

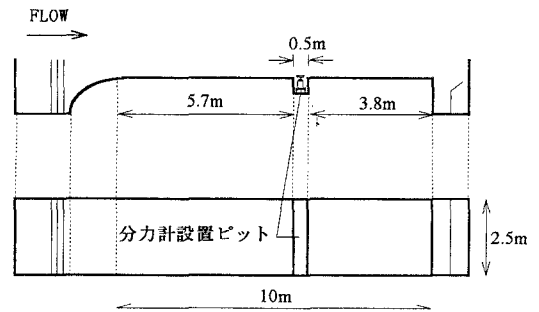


図-1 実験水路

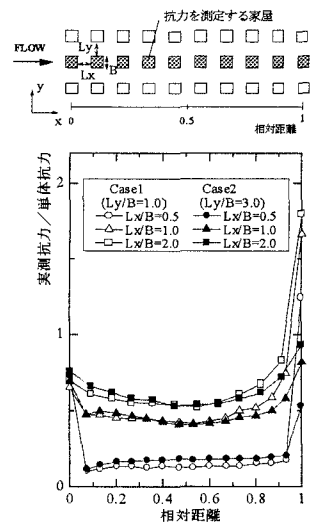


図-2 水没家屋配列と家屋の抗力

3. 実験結果及び考察

図-2 に家屋群が水没する場合における家屋群内の各家屋に作用する抗力を示す。Lx, Ly は家屋の縦断間隔と横断間隔、B は家屋幅である。横軸の相対距離とは、図-2（上）に示すように家屋群全体の長さを 1 としたときの家屋群上流端から抗力を測定する対象家屋までの縦断距離である。また縦軸はそれぞれの家屋の抗力と単体家屋の抗力との比である。家屋による抵抗のため家屋群内では水位が上昇する。このため最後列に位置する家屋ではその前後で大きな水位差がつき、家屋群内の家屋と比べ抗力は大きくなる。これは非水没家屋に作用する抗力の発生機構¹⁾と同様である。Case1(Ly/B=1.0)は Case2(Ly/B=3.0)に比べ横断間隔が小さいため流れの阻害率が大きくなり、家屋群内の水位は上昇する。このため Case1 の家屋群最後列に位置する家屋に作用する抗力は著しく大きく、単体の約 2 倍にもなる。家屋群中央に位置する家屋に作用する抗力は Case1, Case2 においてほとんど差がなく、むしろ縦断間隔によって変化している。

水没家屋に作用する抗力は流速と相対水深 h^* （水深／家屋高さ）に大きく影響する。図-3 に相対水深 h^* と家屋群

キーワード：氾濫流，水没家屋，流体力，浅水流方程式，数値解析

連絡先：広島大学工学部第四類 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 TEL 0824(24)7821

中央の家屋の抗力係数 C_D との関係を示す。Case1 と Case2 において抗力自体はほぼ同値であるが、抗力係数 C_D は一様流速が大きい Case2 のほうが小さくなる。抗力係数は相対水深 h^* が大きくなるにつれ小さくなり、相対水深 $h^* \geq 2.0$ で h^* の直接的影響を受けず各家屋配置ごとにほぼ一定の抗力係数値をとる。このことから水没家屋に作用する抗力は(1)式によって算定することができる。そしてこれを水没家屋の抵抗として解析モデルに用いる。

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

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 (上流で一様流速)

4. 氾濫シミュレーションモデル

次に模型実験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。実験水路は抗力測定実験と同様のものを用い、そして水路内に家屋模型を横断間隔 20cm, 縦断間隔 40cm で整列に配置している。これは図-3 において Case1 の $Lx/B=2.0$ に相当する。

解析には流体力項を付加した 2 次元浅水方程式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。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分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 ($x=10m$) 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。

5. 実験値と計算値の比較

図-4 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-6 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が、全体的にみると家屋間で流れが加速され、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の妥当性が確認された。

6. 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

- 1)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)
- 2)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

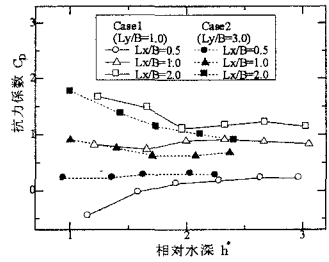


図-3 相対水深と抗力係数

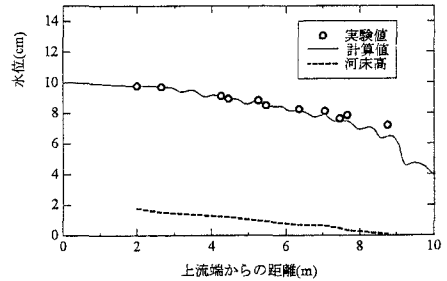


図-4 平均水位縦断形

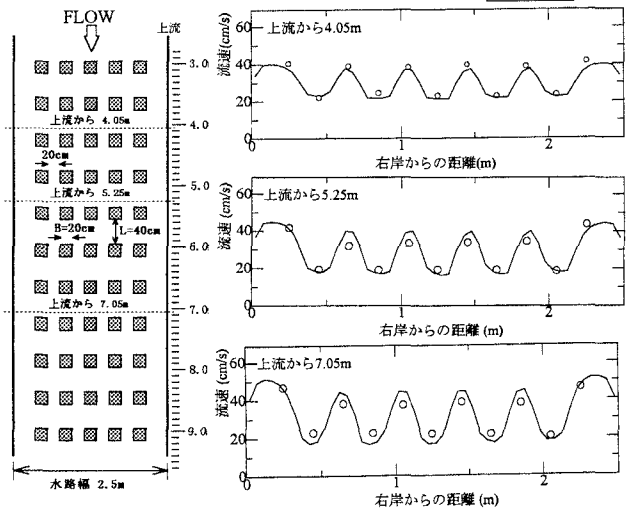


図-5 家屋配置

図-6 水深平均流速の横断分布