

水没家屋に作用する抗力

広島大学工学部 学生会員 ○内田龍彦
 広島大学工学部 学生会員 水口雅教

北海道開発庁 正会員 横山洋
 広島大学工学部 フェロー会員 福岡捷二

1. 序論

市街地氾濫流に対する危機管理対策をたてる上で、数値解析による氾濫流予測は有効な手段となる。氾濫流が家屋群や道路網などから受ける抵抗の評価は、密集市街地氾濫流の数値解析の精度に影響を与える。本研究では氾濫水により水没する家屋に作用する抗力を直接計測し、様々な家屋配置と水深と抗力の関係を明らかにする。

2. 実験方法

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 $n=0.02$ である。水路の上流端から5.7m、下流端から3.8mの位置に、図1に示す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は単体家屋、Case2とCase3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。

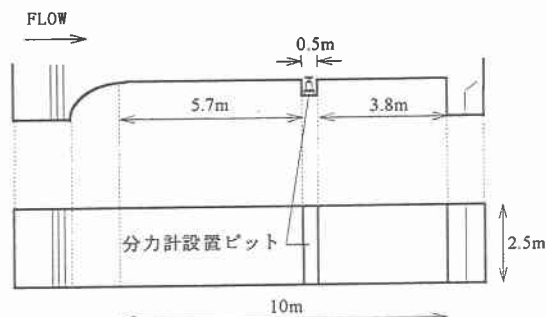


図1 実験水路

3. 実験結果及び考察

1) 家屋配置と抗力の関係

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。 L_x , L_y 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。Case2(横断間隔20cm)はCase3(横断間隔60cm)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Case2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Case2, Case3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。図3は水路中央縦断面の家屋群中央における流速分布を示す。家屋背面では急な段落ちのため流れの剥離が生じている。この剥離によって家屋背面では圧力が低下する。また家屋前面では流れを阻害することによって圧力が上昇する。この家屋前後の圧力差によって、家屋に作用する抗力の大きさが決まる。家屋が完全に水没する場合、家屋を越流する流れによる家屋背面に生じる剥離域は、二つの縦断

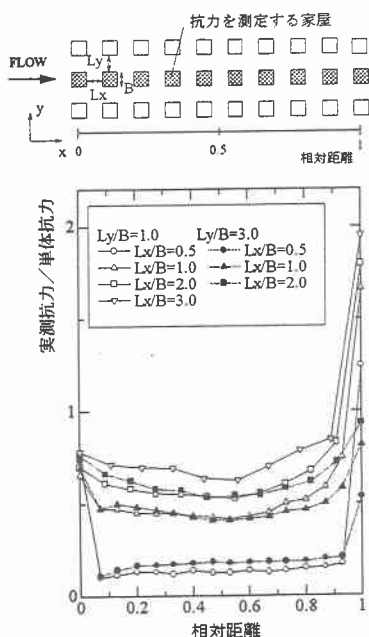


図2 水没家屋配列と家屋の抗力の関係

間隔に対して共に家屋背面から10cm程度である。これに対して家屋前面の接近流速は、縦断間隔の大きい $Lx/B=2.0$ のほうが $Lx/B=1.0$ の場合に比べ回復し大きくなっている。このため、 $Lx/B=2.0$ と $Lx/B=1.0$ の抗力の大きさの差は、主に接近流速の回復度合の違いによることが分かる。

2) 水深と抗力の関係

図4にCase3について家屋前後の流れが静水圧分布¹⁾と仮定した場合の計算抗力と実測抗力との比較を示す。抗力Dの計算式は式(1)、(2)で示される。

$$\cdot \text{家屋非水没時: } D = \rho g B (h_1^2 - h_2^2) / 2 \quad \text{—— (1)}$$

$$\cdot \text{家屋水没時: } D = \rho g A (h_1 - h_2) \quad \text{—— (2)}$$

ρ : 水の密度, h_1 : 家屋前面の水深, h_2 : 家屋背面の水深

g : 重力加速度, A : 家屋の投影面積, B : 家屋幅,

図中の直線は計算と実験値¹⁾との一致点を示し、凡例の h^* は家屋高さ k に対する家屋群上流の一樣水深 h の比 h^*/k であり、相対水深と呼ぶ。 $h^* < 1.3$, すなわち非水没家屋では先に行われた実験値¹⁾ (・印) と同様に計算値と実験値がほぼ一致しているが、家屋が水没する $h^* > 1.3$ では実験値が計算値からはずれる。これは $h^*/k > 1.3$ では家屋を越流する流れが卓越するため、家屋周辺の圧力はもはや静水圧分布とはならないことを示している。このため $h^* > 1.3$ では水没家屋の抗力Dは式(3)で表現する。なお、代表流速には家屋群上流の一樣流速を用いている。

$$C_D = \frac{2D}{\rho A u^2} \quad \text{—— (3)} \quad C_D: \text{抗力係数} \\ u: \text{代表流速}$$

図5に相対水深 h^* と家屋群中央の家屋の抗力係数 C_D との関係を示す。Case2 と Case3 では抗力自体はほぼ同値であるが、抗力係数 C_D は一樣流速が大きいCase3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^* の直接の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。

4. 結論

- ・水没する整列配置の家屋群において家屋群中央に位置する家屋に作用する抗力は、横断間隔に対してほとんど変化せず縦断間隔の影響を強く受ける。
- ・ $h^* \geq 2.0$ では C_D は家屋配置の影響を受けるが h^* には関係せず一定値をとる。

参考文献

- 1) 福岡捷二・川島幹雄・横山洋・水口雅教：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)

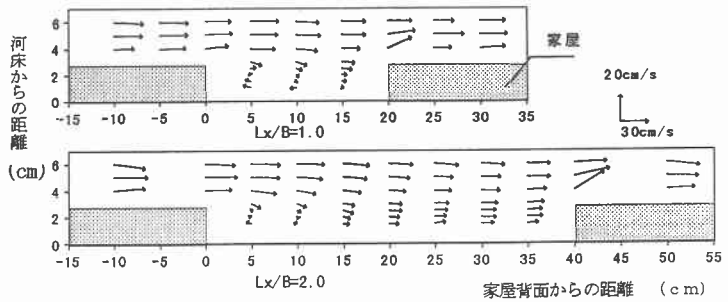


図3 流速ベクトル図

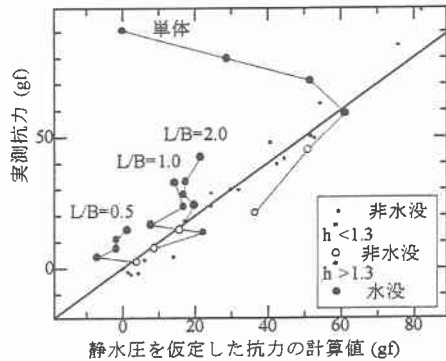


図4 静水圧分布からのずれ

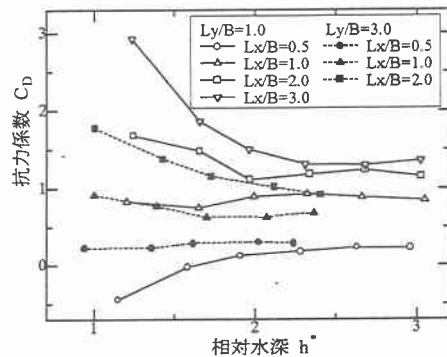


図5 抗力係数 C_D と相対水深 h^* の関係