

T 型 2 次元水路における流動解析モデルに関する基礎的研究

広島工業大学大学院 学生会員 ○神原 浩
 広島工業大学 正会員 石井 義裕
 広島工業大学工学部 宮本 正和

1. 研究目的

近年, 日本を含め世界で洪水災害が増加している。これにより, 毎年世界各地で多大な被害が発生している。1999 年, 2003 年の二度にわたり福岡で洪水災害が起こった。これらの水害は従来の水害とは異なり, 地下空間の浸水などによる都市型水害といえる¹⁾。広島でも, 2001 年に地下街が完成して, 供用されている。火災に対しては十分な防災対策が行われており, 浸水に対しても, より一層の対応が求められている。そこで浸水災害が発生した際どのような浸水状況, 被害状況が生じるのか検討する。本研究では平面 2 次元水路における浸水の経時変化に伴う, 浸水状況を数値計算によりシミュレートする。

2. 数値シミュレーションの概要

本研究では解析ソフトウェア CFD2000 ((株) CAE ソリューションズ) を使用し, 空気と水の境界である自由表面(水面)を含む水の流れを解析する。また, 流速条件が異なる 2 つのケースで数値シミュレーションを行う。解析モデルは, PSIO 法を用いて質量保存則, 運動量保存則, エネルギー保存則を解く。

①相似則

幾何的相似としては縮尺のモデルとした。力学的相似則としてはフルード相似を用いた。

②計算モデル

平面 2 次元水路として図 1 に示す T 字路を計算領域とし, 物体適合座標により作成した。このモデルは図 1 に示す座標軸方向にそれぞれ X 軸方向に 5, Y 軸方向に 1, Z 軸方向に 2 の計 10 の格子からなる。モデルの大きさは X 軸方向に 23.1m, Y 軸方向に 0.3m, Z 軸方向に 11.1m である。

③格子データの作成

モデルは X 軸に平均 5cm 刻み 462 メッシュ, Y 軸方向は 30cm 刻み 1 メッシュ, Z 軸方向に平均 5cm 刻み 222 メッシュの $462 \times 1 \times 222 = 102564$ メッシュで構成する。平面 2 次元モデルとするため Y 軸方向のメッ

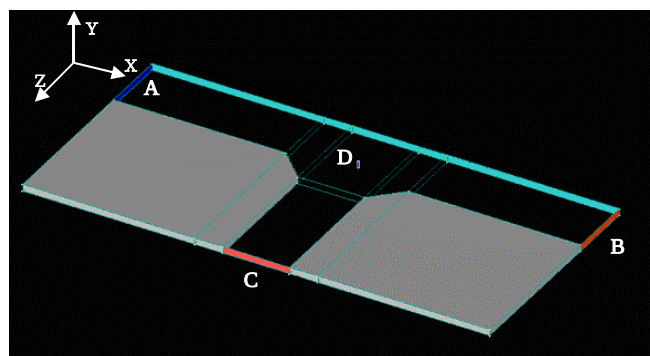


図 1 幾何モデル

シュ数は 1 とする。

④解析条件

本研究において流れは, 層流として取り扱う。

⑤流体条件の設定

空気 (300k, 1atm) 中に水 (300k) を流すこととする。

⑥境界条件の設定

流入口を図 1 の A ($X=0\text{m}$, $Z=0\sim 3.3\text{m}$) に設置する。Case1 は広島市中区の洪水ハザードマップの想定水深より実スケールでの流入速度 $V_p=2.49\text{m/s}$ を求め, フルード相似によりモデルにおける流入速度 $V_m=0.789\text{m/s}$ とする。Case2 では比較のため $V_m=5\text{m/s}$ とする。

流出口を図 1 の B ($X=23.1\text{m}$, $Z=0\sim 3.3\text{m}$) と C ($X=9.9\sim 13.2\text{m}$, $Z=11.1\text{m}$) の 2 カ所に設置する。VOF は, 水が制約を受けずに流入出できるように設定する。

⑦時間ステップの設定

Case1 は全計算時間 90s, 時間刻み $\Delta t=0.001\text{s}$ とする。Case2 では全計算時間 10s, 時間刻み $\Delta t=0.0001\text{s}$ とする。

Case1 と Case2 の計算条件を表 1 に示す。

表 1 計算条件表

	$V_m(\text{m/s})$	$\Delta t(\text{s})$	全計算時間(s)
Case1	0.789	0.001	60
Case2	5	0.0001	10

3. 計算結果と考察

Case1 の計算結果を図 2 に示す。計算開始後 (0s) から 60s 後まで 10s 毎に $\text{VOF}=0.08$ の面を表す。Case2 の

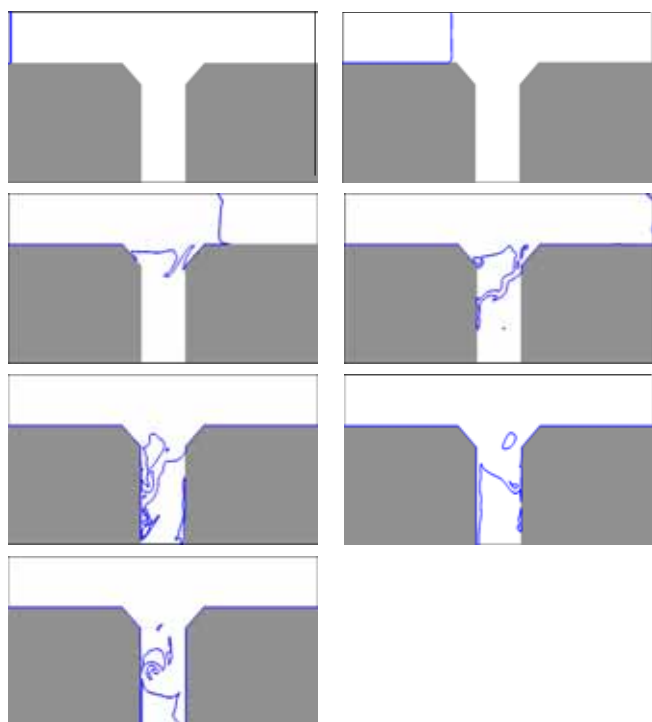


図2 Case1の経時変化(10s毎に表示)

計算結果を図3に示す。計算開始後(0s)から8s後まで1s毎にVOF=0.08の面を表す。分岐部までは正常に流れていたが、分岐部で不自然な挙動を始めた。その後Z軸方向の水面挙動は、不自然な挙動を見せた。

Case1, Case2における入口からの距離と時間の関係を図4に示す。図4よりCase1, Case2共に直進方向であるX方向に進む水の流速が早く、Z方向への約2.3倍程度となっていることがわかる。本研究では2種類の流速でしか計算を行わなかったため流速と水の広がりについて十分理解することができなかった。

4. 結論

- 1) 今回の研究で自由表面を含む基礎的数値シミュレーションモデルが構築できた。しかし、T字路での水の広がり方は萬條²⁾の行った実験結果と比べて改善の余地が多く、メッシュ数や流入量の最適化が必要である。
- 2) 水が流出口Bまで到達するにはフルード相似により求めた実時間で約1分30秒しかかからない。それに比べ水が流出口Cまで到達するのに3分以上かかっている。今回の流入を想定した場合このことから図1のD地点にいる人はX軸方向(流出口B)に避難するのではなくZ軸方向(流出口C)に避難する方がより安全であると考えられる。
- 3) 今回の計算結果より、想定された速度で水が浸入した場合、Z方向に進む水の平均流速は、X方向に進む水の約3分の1です。これは、歩くスピードより少し

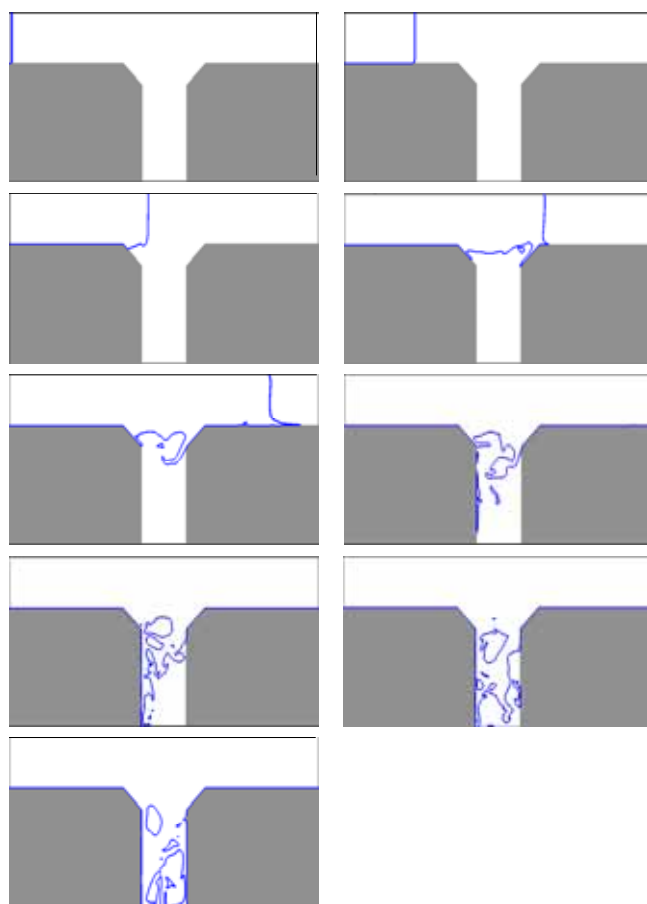


図3 Case2の経時変化(1s毎に表示)

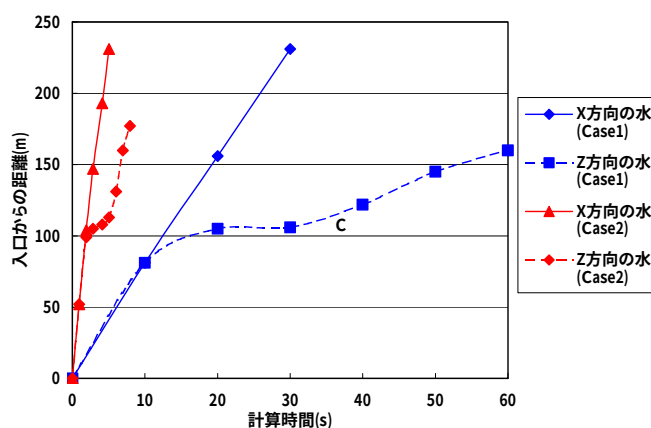


図4 入口からの距離と時間の関係

速い程度だが実際は多くの出入口から浸水し流速も速くなると考えられるため、避難は困難であると考えられる。

参考文献

- 1) 井上和也；地下空間での水害 福岡水害から学ぶ, http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/kyodo/kyodo12/12s-2/pdf/inoue.pdf
- 2) 萬條敬太：広島市中心部における氾濫水挙動に関する基礎的実験, 平成18年度広島工業大学卒業論文, 2007