

空気混入を考慮した放流水の流況予測

株式会社 建設技術研究所 正会員 松本良一
 正会員 二瓶 功
 正会員 米勢嘉智
 正会員 ○安藤達也

1. はじめに

下水道管きよから河川や海に流出する雨水には、高落差人孔などからの空気混入や、管きよが空の状態から満水に遷移する時に多量の空気混入が発生する。放流水は空気の影響を受けて流れると考えられるが、流速などに与える影響に不明な点が多い。

本稿では、空気混入を再現した実験と、3次元流況解析を併用して放流水の流況解析を行った結果、放流水の流速は、水の流量だけでなく空気混入量や浮上速度などの境界条件に支配されることを示し、今後の流況解析では、水理模型実験の併用を提案する。

2. 実験および流況解析の対象

実験装置は、フルードの相似則に準じて、縮尺 1/15 で製作し、以後の数値は実物換算した値で示す。上流 2.7m 地点に落差 1.1m で自由落下する流れを再現して、放流渠上流からの空気混入を発生させた。放流水は、長さ 150m、幅 150m の水槽に流出させた。放流渠の断面を図-1 に示し、解析モデルを表-1 に、解析領域とメッシュ分割を図-2 に示す。

表-1 解析モデル

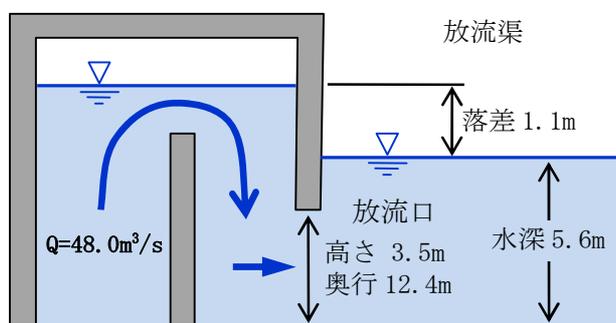


図-1 放流渠の断面

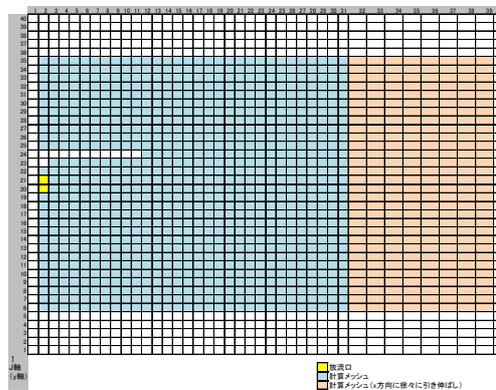


図-2 解析領域とメッシュ分割

解析モデル	k-ε 乱流モデルによる 3次元モデル
解析領域	東西 150m×南北 150m×水深 5.6m
計算メッシュ	水平方向 5m メッシュ 水深方向 30cm
方程式	運動方程式、連続式、k-ε の輸送方程式 輸送方程式 (塩分)
離散化手法	有限体積法
数値解法	SIMPLE 法 (半陰解法)
放流口	5m 格子 2 メッシュ 垂直方向には 30cm×12 で計算

3. 流況解析結果の比較

実験では、放流渠から 120m 地点までの流速を、水平方向は 30m 間隔に、水深方向は 2m 間隔に計測した。解析では①②③の順に境界条件を見直した。

- ① 放流口の有効断面積：図-1 の放流口の直上流で縮流が生じており、流水面積を 1/2 に減少させた。
- ② 落下流の空気混入量：写真-1、2 の実験流況より、落下流による空気混入が生じており、流量は水と空気を加えた。
- ③ 放流口から流出水の上昇流速：写真-3 の実験流況より、放流口からの流れは混入した空気が浮上して泡立っており、上昇速度を考慮した。

上記を踏まえて行った解析と実験結果を表-2 に、流速コンターを図-3、4 で比較した。表-2 から、30m 地点の水面では、解析の流速は実験の 50% (流速差 0.78m/s) と差異が大きいが、水深が 2m 以下では 77%
 キーワード 空気混入 放流水 3次元流況解析 水理模型実験

連絡先 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1047-27 株式会社 建設技術研究所 松本良一 029-847-0234

～84% (流速差 0.27m/s～0.46m/s) であり、流下するに伴って差異が小さくなる。また、図-3、4 の流速コンターから、放流水の拡散は解析に比べて実験の方が大きい。

原因は空気混入により、以下の現象が発生しているためと考えられる。

- ・解析で使用した空気混入量は、別途の実験から流量の 40% とし、上昇速度を 0.2m/s としたが、放流口近傍では空気混入量が 40% 以上の可能性がある(写真-1～3)。
- ・各地点の差異は水面で大きくなっており、空気が浮上して水面に集中する影響が大きい。
- ・流下するに伴って、水中に混入した空気が水面に到達して大気中に解放されて、流量は水単体となり水面での差異が小さくなる。
- ・実験では、120m 地点の流量は水単体となるが、解析では空気混入を加えた流量で設定しているため、流速値が実験よりも大きい。
- ・実験では、空気混入した流れが浮上しながら流下するに伴い、気泡が大きくなって主流の範囲も拡大するが、解析では、それらを考慮しておらず、空気については混入量と浮上速度だけを考慮した。

表-2 解析と実験結果の比較

放流口からの距離		各地点の最大流速(m/s)			
		30m	60m	90m	120m
実験	水面	1.58	1.21	1.13	0.80
	水深 2m	1.67	1.12	1.01	0.70
	水深 4m	1.96	1.13	0.94	0.71
解析	水面	0.8	0.9	0.95	0.9
	水深 2m	1.4	1.1	0.95	0.95
	水深 4m	1.5	1.1	0.85	0.8

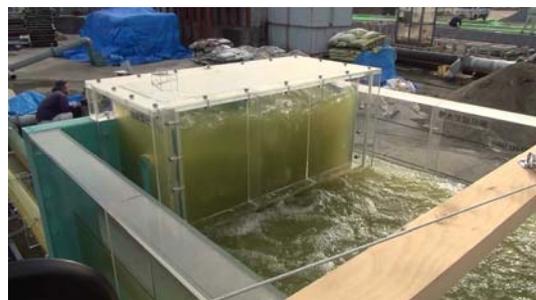


写真-1 落下流による空気混入

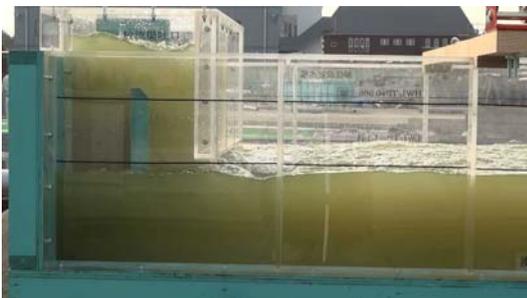


写真-2 放流渠の吐口



写真-3 放流渠からの流れ

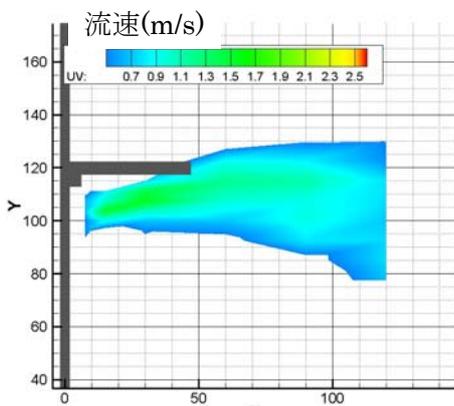


図-3 実験による流速コンター(水面)

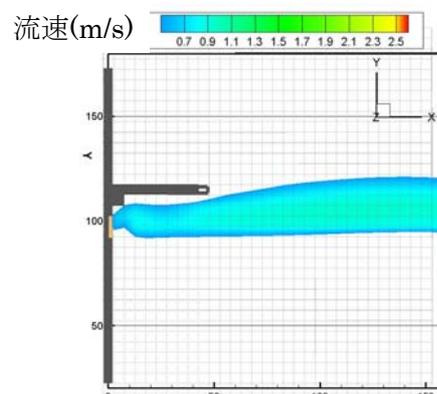


図-4 解析による流速コンター(水面)

4. まとめ

空気混入を伴う放流水の流況解析にあたっては、水の流量だけでなく空気混入量や浮上速度などの境界条件を考慮する必要性を示し、今後の流況解析では、放流口周辺の空気混入量と浮上速度などを再現した実験の併用を提案する。

以上