

放水ピットにおける気泡混入を伴う流れ場の数値実験

日本大学 学生会員 上杉 知久
 日本大学 正会員 落合 実
 日本大学 フェロー 遠藤 茂勝
 日本大学 正会員 和田 明

1. はじめに

火力・原子力発電所などの放水路系では、自由水面から空気が巻き込まれ発泡現象が生じる場合がある。この泡が発生した場合には消滅せずそのまま外に放出されることが多く景観上好ましくない。そこで本研究では放水ピット内の流動に注目して気泡が混入しない流れ場となるような構造形式を見出す一連として、水面動揺によって気泡が混入する限界時における流れ場への k -乱流モデルの適応性について検討を行うものである。一般に水面を一様とした k -乱流モデルは、多方面で高い信頼性を得ていることから、本報告では水面から気泡混入がわずかに生じる場合を限界時の流れ場とし、その適用性を検討するものである。

2. 数値解析方法および条件

Fig-1 に本研究で対象とする流れ場の概略を示す。流入 Reynolds 数と水深を種々変化させた実験において気泡が混入するか否かを 5 分間の目視観測により判定した。本研究では、気泡混入の限界状態として 5 分間に 7 個の気泡が混入した流入 Reynolds 数約 23000、水深 30cm を対象とする。Fig-2 は対象流れ場において容量式水位計を用いて測定した水面の平均高さを示すものである。水面では平均的に約 1cm 程度高い領域が存在し、水位変動の高さは最大約 2cm 程度である。そこで水面を一部高い形状に模擬した計算領域を仮定し数値実験を行う。Fig-3 および Table-1 にそれぞれ計算領域と計算条件を示す。本報告で示す流速は一次元 LDV システムを用いて測定した。

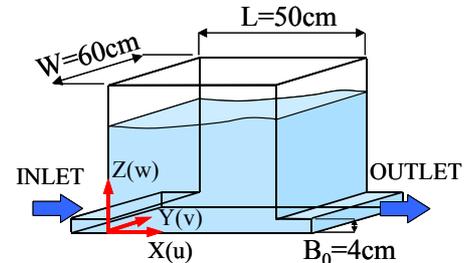


Fig-1 解析対象流れ場

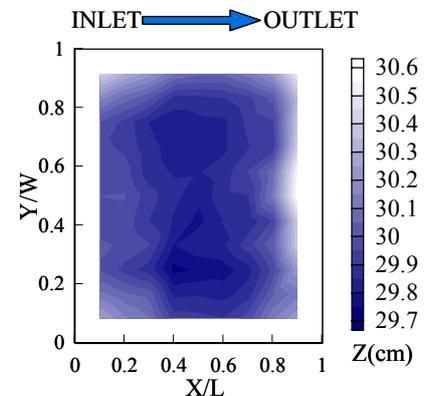


Fig-2 平均水面高さ測定結果

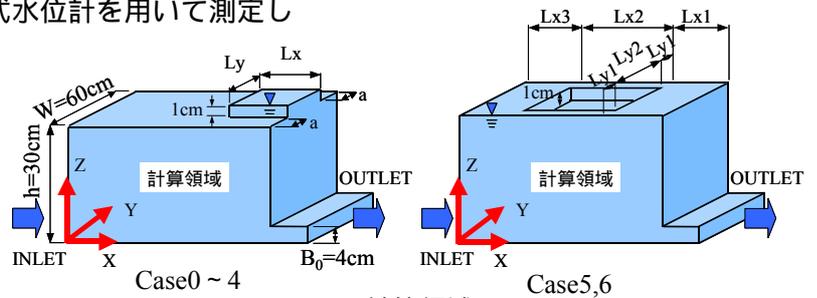


Fig-3 計算領域

Table-1 計算条件

流入口条件		計算条件(水面高さ)				
乱れの運動エネルギー: K	0.0064m/s	Lx(cm)	Ly(cm)	a(cm)		
エネルギー散逸率:	0.0031m/s	Case0	0	0	0	
動粘性係数: ν	6.85×10^{-6} m/s	Case1	15	60	0	
計算基本条件		Case2	15	50	5	
壁側面	Nonslip	Case3	15	30	15	
壁底面	Freeslip	Case4	5	60	0	
計算時間	60sec	Lx1(cm)	Lx2(cm)	Lx3(cm)	Ly1(cm)	
計算時間間隔	$t=1/500$ sec	Case5	15	20	15	0
計算格子幅	x= y= z=1cm	Case6	15	20	15	5
スタガード格子						50

3. 解析結果および考察

Fig-4 は側壁に近い $Y/W=0.17$ の $X-Z$ 面における Case0 の計算結果と実験値の平均流速ベクトルを示す。この図において Case0 の計算結果では水槽中央やや右側を中心とした反時計回りの循環流れが認められる。実験では循環流れの中心が算結果よりも流出口付近にあることが認められる。次により詳細に検討するため水槽内の循環流れにおいて三次元性が顕著な流入口に近い $X/L=0.20$ および水槽中央 $X/L=0.50$ における $Y/W=0.17$ の鉛直流キーワード 放水ピット, 気泡混入, k -乱流モデル

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 TEL 047-474-2452

速分布を Fig-5～8 に示す。図は流下方向の平均流速 U および鉛直方向の平均流速 W を流入噴流の断面平均流速 U_0 で無次元化した計算結果と実験結果を示す。

$X/L=0.20$ の Fig-5(a) において水面凸部の幅 Ly_2 が大きい Case1,2 は水面近傍で Case0 と比べ負方向の流速が最大約 10% ほど小さくなることを示されている。また凸部の長さ Lx_1 が短い Case4 においては Case0 とほぼ同様な分布となることを示されている。(b) においては Case0 と比較して Case5,6 が水面近くで負方向の流速が小さくなることを認められる。また図における Case0 の計算結果は噴流主流部と水面近傍で実験結果を良く再現しており、また Z/B_0 が 2.0 程度以上の領域でも計算結果は約 10% 程度の差があるものの実験値をよく再現している。

Fig-6 に示す中央部の $X/L=0.50$ における鉛直分布も Fig-5 と同様の傾向が認められる。

鉛直方向流速を示した Fig-7,8 の計算結果では水面凸部の形状による流速分布の違いが噴流主流部より上部において数%程度見られるもののほぼ同様の傾向を示しており、また Fig-7 の $X/L=0.20$ における Case0 の計算結果は実験結果とほぼ一致している。Fig-8 の $X/L=0.50$ における Case0 の計算結果は実験値に比べ噴流主流部での上向き流れが小さいことが認められる。

以上のことから Case0 の計算結果は気泡混入現象が認められた水面近傍の流速において他 Case に比べ最も実験値を再現することができた。

4. まとめ

本研究では放水ピットにおいてわずかな気泡混入を伴う三次元循環流れを対象に K -乱流モデルを用いて流動計算を行った。水面を一様とした K -乱流モデルは水面動揺を伴い平均水位が一部高い形状を有する流れ場に対して、水面近くの流動が十分再現でき、モデルの適用性が確認できた。

参考文献

- 1) 大谷 英夫ほか：水工学論文集，第 42 巻，pp.667-672
- 2) 田中 伸和ほか：水工学論文集，第 40 巻 pp.687-692
- 3) 合田ほか：第 57, 58 回土木学会年次講演会
- 4) 大宮 司ほか：乱流の数値流体力学モデルと計算法

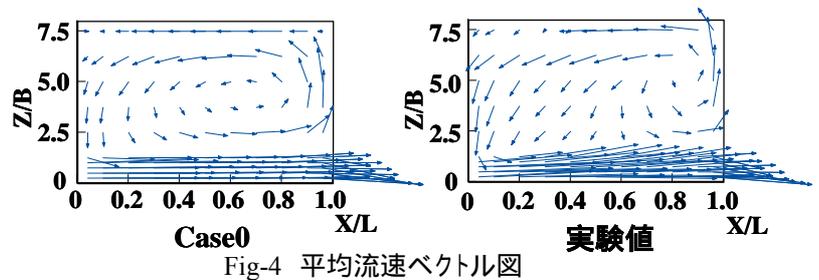


Fig-4 平均流速ベクトル図

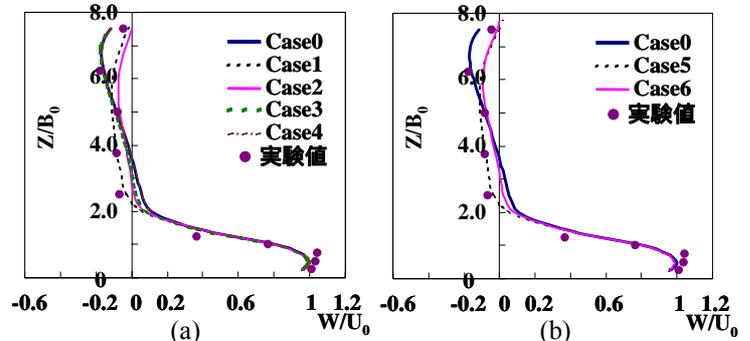


Fig-5 鉛直流速分布($U/U_0, X/L=0.20, Y/W=0.17$)

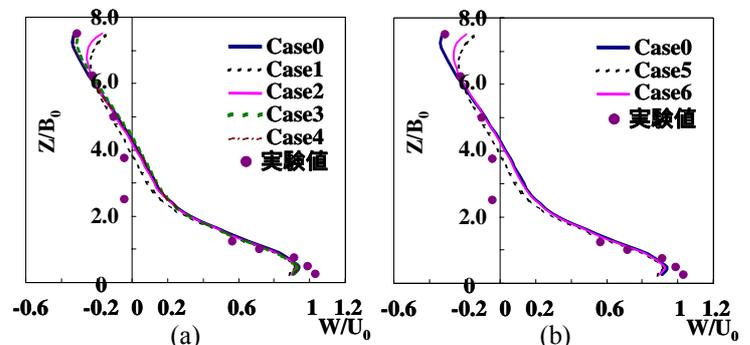


Fig-6 鉛直流速分布($U/U_0, X/L=0.50, Y/W=0.17$)

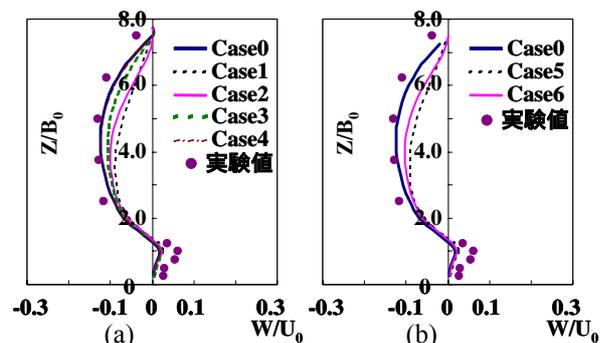


Fig-7 鉛直流速分布($W/U_0, X/L=0.20, Y/W=0.17$)

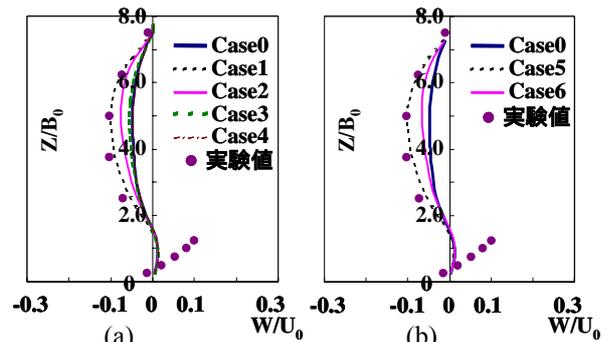


Fig-8 鉛直流速分布($W/U_0, X/L=0.50, Y/W=0.17$)