

気泡巻き込みが発生する矩形放水ピットにおける水面変動特性

日本大学生産工学研究科 学員 上村 和弘
 日本大学生産工学部 正員 落合 実
 日本大学生産工学部 フェロー 遠藤 茂勝
 日本大学総合科学研究科 正員 和田 明

1.はじめに

汽力発電所の温排水を放水する際、放水ピット内において気泡が発生し外海に流出する場合がある。景観に対する意識が高まる近年では、気泡の流出は問題視されることが多い。このような現象が生じないような構造にするためには、ピット内での水理現象を把握することが必要である。そこで本研究では気泡巻き込みが発生する一要因である水面変動特性について実験的に検討を行った。また、水面を考慮した K-乱流モデルを用いてそのような流れ場の再現性を試みた。

2.実験方法および計算方法

Fig.1 は実験水槽概略図である。水槽はアクリル製であり、ヘッドタンク式を用いて水道水を供給している。座標系は水槽床面の中央を原点とし、流下方向： X ，幅方向を： Y ，および鉛直方向を： Z とし、それぞれの瞬間流速を u, v および w とする。本研究ではあらかじめ流量と水深を変化させて気泡混入状況について目視観測を行った。その結果、一定水深に対しては流量が大きいほど気泡巻き込みしやすく、また一定流量であれば水深が大きいほど気泡巻き込みしにくいことが明らかとなった。そこで実験条件を Table.1 のように

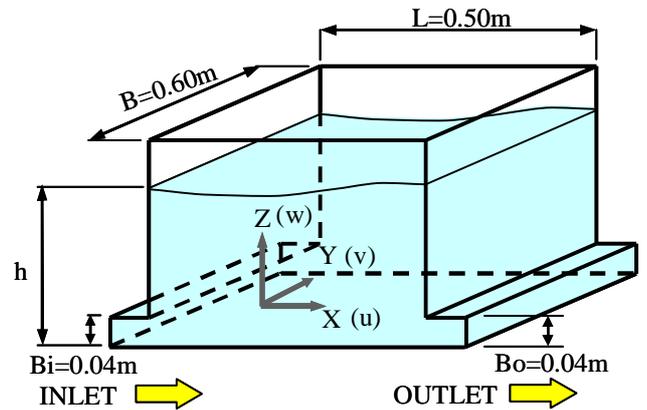


Fig-1 実験水槽概略図

Table-1 実験条件

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
h(m)	0.25	0.30	0.25	0.30	0.30
Q(l/min)	650	900	850	1050	750
Uo(m/s)	0.451	0.625	0.590	0.729	0.521
Re	18000	25000	24000	29000	21000
Fr	0.72	1.00	0.94	1.16	0.83
気泡巻き込み	あり(少)	あり(少)	あり(多)	あり(多)	なし
スロッシング	なし	あり	あり	なし	あり

選定した。本研究ではわずかに気泡が巻き込まれる場合を巻き込み発生限界と定義し、その条件である Case1 を基本条件とし、Case1 より平均水深が大きい場合の気泡巻き込み発生限界条件を Case2 として選定した。また Case1, 2 と水深が等しく巻き込みがより多く発生する条件をそれぞれ Case3, 4, 全く混入しない条件を Case5 とした。

計算では通常の K-乱流モデルを用い、流れ場の再現を行う。BOF 法を用いて水面形状の解析を行ったが、今回はその結果と実験値との比較検討を行うこととする。また解析対象流れ場は Case2 とした。

3.実験結果および考察

Fig.6 は、各測定点の平均水位： \bar{h} を原点における平均水深： h で無次元化し、コンター表示したものであり、Case2 の計算結果も同時に示している。Case1 ~ 4 では気泡巻き込みが確認されている領域の $X/L=0.6 \sim 0.8$, $Y/B=0.33$ の領域で平均水位が他の領域より相対的に低くなっている。すなわち、流出口付近では全幅方向に平均的に高くなることが認められ、特に Case3 においては容量式水位計で計測できなかった $X/L=0.9 \sim 1.0$ で約 $\bar{h}/h=1.02 \sim 1.04$ 程度になることが目視で確認されている。しかし、気泡巻き込みが生じない Case5 においては他の Case と異なり、流入口と流出口の水位に比べて $X/L=0.6 \sim 0.8$ の範囲の水位は極端に低くなっていない。このような結果から平均的な水面高さの差、つまり水面勾配が大きい時に気泡巻き込みが発生するものと考えられる。

キーワード 放水ピット内, 気泡巻き込み, 温排水

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 TLE047-474-2452

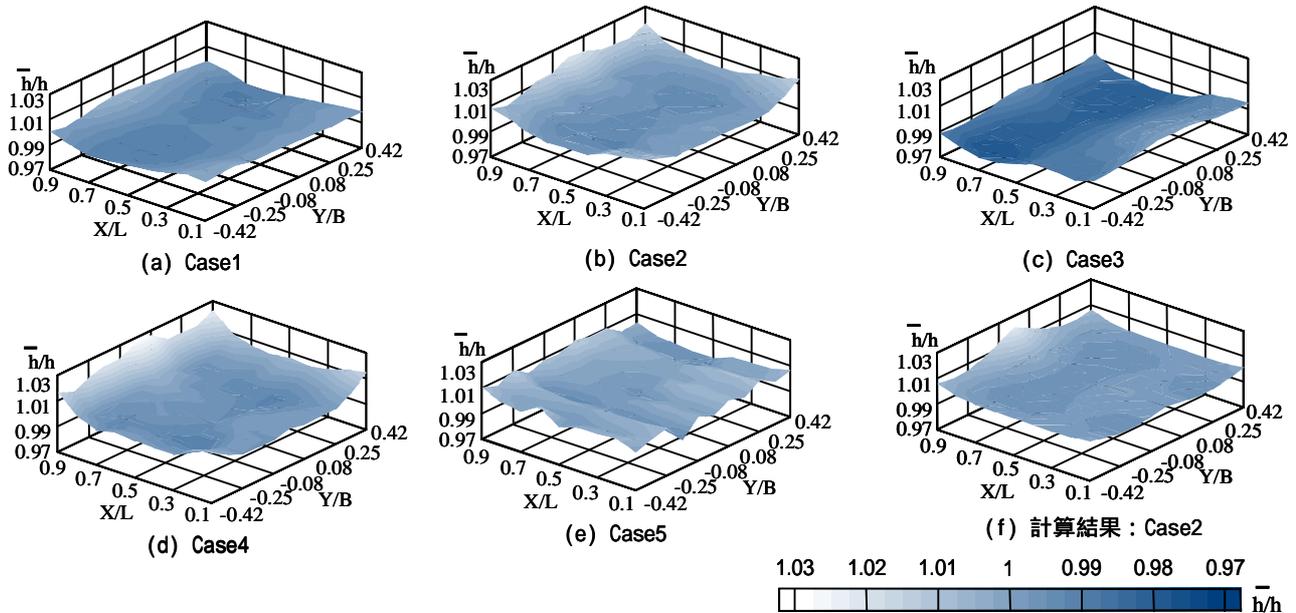


Fig-2 平均水面高さ

また、Case2の実験値と計算結果を比較してみると、計算値では全体的に水位が高くなっているが、流出口の中央や巻き込み領域など特徴的な水面形状をある程度再現することが出来た。

次に得られた水位測定値の時系列を、波浪の波高表現と同様に統計的的代表高さで表すこととする。すなわち、平均水深 h に対してゼロアップクロス法によって波高値を求める、いわゆる波別解析法によって波高値を算出して検討を行う。そこで最も特徴的な図を Fig-3 に示す。図は得られた波高値の頻度分布をレイリー曲線と照らし合わせたものである。なおレイリー曲線は次式で定義した。

$$p\left(\frac{H_i}{H_{AVE}}\right) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{H_i}{H_{AVE}}\right) e^{-\pi/4(H_i/H_{AVE})^2} \dots (1)$$

ここで H_i : 波高値 H_{AVE} : 平均波高である。気泡巻き込みの起こる Case2 では頻度分布がレイリー曲線に近似している。他の気泡巻き込みが発生するケースにおいても同様な傾向であることが認められた。しかし、気泡巻き込みの起こらないケースでは正規分布となることが認められる。これらのことから巻き込み発生時の波高頻度はレイリー分布となり、波別解析法を用いた波高頻度は、気泡巻き込み発生の評価として有効であると考えられる。

4.まとめ

本研究では、放水ピット内での気泡巻き込みに着目し、その水理学的特性について実験的に検討を行うと共に、数値モデルの再現性についても検討した。今後はこれまで得られた実験データから現象の相似則を見出すと共に、今回の数値解析手法を種々のケースに適用させ、流れ場の再現性を検討して解析手法を確立する必要がある。

参考文献

- 落合他：放水ピット内における気泡混入と流況に関する実験的検討，水工学論文集，第49巻
- 福原華一：復水器冷却水路系の発泡防止対策設計，電中研報告 No.U90021 (1990)

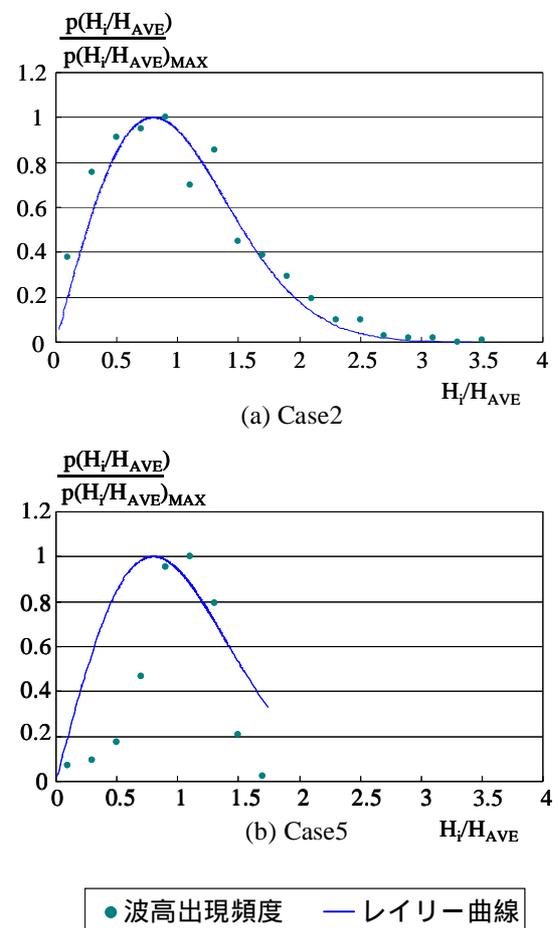


Fig-3 波高出現頻度分布