

気泡混入を伴う水面近傍の 3 次元流動特性について

日本大学大学院生産工学研究科	学生会員	○合田	和弘
日本大学生産工学部	正会員	落合	実
	正会員	遠藤	茂勝
	正会員	和田	明

1.はじめに

貯水槽内等に水噴流が流入した場合、側壁や自由水面等への衝突、水槽を一巡する循環流れとなり、流動変動や水面動揺の程度によって水面から瞬間的および局所的に気泡が巻き込まれる。そこで本研究では、気泡混入現象の発生要因を捉える一連のものであり、本報告では水面近傍流速と気泡混入挙動の 3 次元流動特性について実験的に検討する。

2.実験装置および方法

Fig-1 は実験水槽概略図である。このアクリル製水槽にヘッドタンク式を用いて実験水を供給する。座標系は流入口において水槽中央床面を原点とし、流下方向:X、幅方向:Y および鉛直方向:Z とし、流速をそれぞれ u 、 v および w とする。

本研究では気泡混入の発生要因を捉えることを最終目的としていることから水槽両側より気泡混入状況を目視観測し、わずかに気泡が混入した条件(流量 $Q=900\text{l/min}$, 平均水深 $h=0.30\text{m}$)の流れ場を対象とした。水面近傍流速の 3 次元流動特性を把握するため、投入した平均粒径 1.4mm のナイロン粒子を CCD カメラで撮影($1/30\text{sec}$ 、 900 フレーム)し、その画像から粒子追跡を行い、流速を算定した。また粒子追跡断面は X-Y 断面および X-Z 断面とした。

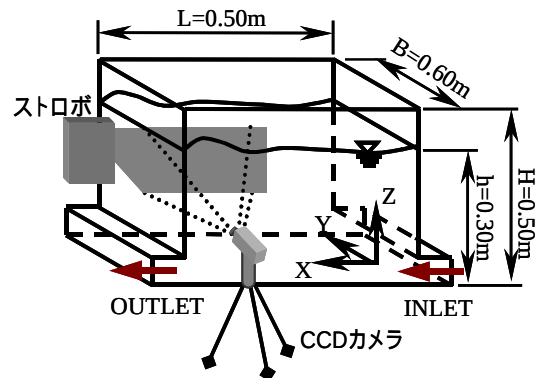


Fig-1 実験水槽概略図

3.結果および考察

Fig-2 は流量 $Q=900\text{l/min}$ における平均水面高さと水面下 1cm の X-Y 断面の流況を示す。ベクトルは連続した 4 画像から求めた瞬間的な粒子流速を表している。約 $X/L=0.8\sim 1.0$ の水槽中央付近では比較的水深が高く、 $X/L=0.2\sim 0.6$ の領域では多少低くなっていることが認められる。また水面流況において、約 $X/L>0.6$ では水槽中央から側壁面に向かう流況、そして約 $X/L<0.2$ では水槽中央に集まる流況が確認される。気泡の混入は目視観測結果より $X/L=0.7\sim 0.8$ 付近および $X/L=0\sim 0.2$ の水槽中央付近で確認された。 $X/L=0.7\sim 0.8$ では、水面形がくずれ水槽内に気泡が混入する形、 $X/L=0\sim 0.2$ では渦によって水槽内に混入する形が認められた。そこで本研究では $X/L=0.7\sim 0.8$ 付近における気泡混入形態に着目し、流出口側 $X/L=0.5\sim 1.0$ 、 $Y/B=0\sim 0.5$ における水面近傍の X-Z 断面の流速と混入気泡挙動について検討していくこととする。

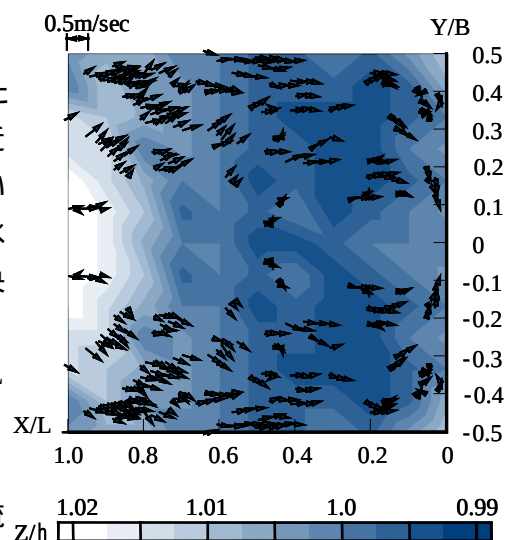


Fig-2 水面高さおよび水面近傍瞬間流速 ($Q=900\text{l/min}$ X-Ysection)

Fig-3 は $Y/B=0, -0.083, -0.17, -0.25, -0.33, -0.40$ における

キーワード: 気泡混入 循環流 PTV

連絡先: 千葉県習志野市泉町1丁目2番1号 Tel. 047(474)2452 FAX. 047(474)2449

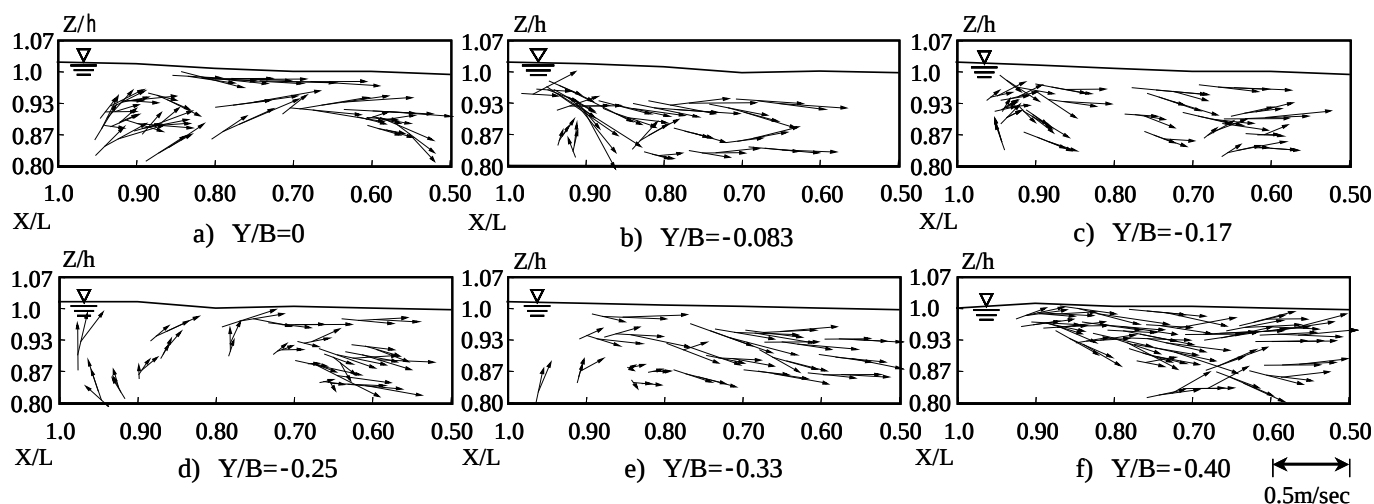


Fig-3 水面近傍流況 (Q=900l/min 流出口側 X-Zsection)

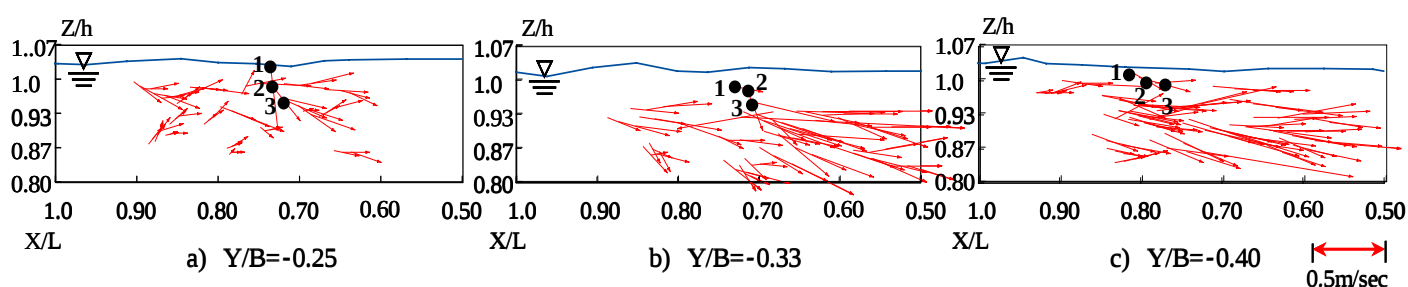


Fig-4 混入気泡挙動および水面近傍瞬間流速 (Q=900l/min X-Zsection 気泡=●)

X-Z 断面についてベクトル表示したもので、連続した 4 画像の粒子座標から 1/10 秒間の瞬間流速を算出し、それらを 3 組重ね合わせたものである。水槽中央断面 a)において、X/L=0.9~1.0 付近では水面上昇に起因する上向きの流況が確認できる。またその流れが水面に到達した後、X/L=0.7~0.5 付近で比較的大きい下向きの流況が認められ、Fig-2 で表される平均水面高さとその勾配をよく表現している。これらの傾向は断面 b)~e)についても同様の関係が認められる。側壁面に近い断面 f)において、水面直下近くの流れ場は鉛直方向に比べ、水平方向の流速がかなり大きいことが認められる。

Fig-4 は混入気泡が確認された断面 Y/B=-0.25、-0.33、-0.40 について混入気泡挙動および流速ベクトルを示す。これらは連続した 4 画像の粒子座標から 1/10 秒間の瞬間流速を算出し、ベクトル表示すると共にその時刻における気泡位置を表している。図における気泡は、1/30sec 毎に 1, 2, 3 の順に移動すること示しており、各断面においてこれらの移動形態が若干異なっていることが認められる。すなわち、各断面において気泡が確認された 1 から 2 時刻では水平方向よりも鉛直下向きの移動が大きい。2 から 3 時刻において Fig-4a) および b)ではより深く鉛直下向きに移動しているが、c)では鉛直下向きより水平右方向に大きく移動している。これらの気泡はその後、水面に到達することを確認している。以上のことから気泡が確認した瞬間において水面直下では鉛直下向きに移動が大きく、その後、流れ場と同様な挙動となることを確認した。そして、流れ場の鉛直下向き流速が小さくなると浮力の影響によって水面に浮上するものと考えられる。

4.終わりに

本研究では矩形水槽内の気泡混入を伴う循環流れ場において、流出口側の X-Z 断面を対象に水面近傍流速と混入気泡挙動を検討した。今後は、X-Y および Y-Z 断面を対象に検討を加え、3 次元的な流動と気泡挙動特性をより詳細に明らかにしていきたい。

参考文献 1) 落合実：第 48、49、51、52、53、54、55 回土木学会年講

2) 落合実：日本大学生産工学部第 29, 30, 31 回学術講演会(土木部会)

3) 合田他：第 57 回土木学会年講 他