

(II-116) スロッシング時における矩形容器内の流況特性に関する実験的検討

日本大学大学院 学生員 ○遠藤匡彦

日本大学生産工学部 正会員 落合 実, 遠藤茂勝

1. まえがき 容器内に噴流として水流体が流入する時、局所的な循環や流速変動によって水面からの空気の巻き込む現象やスロッシング現象が起こる場合がある。本研究はこのような現象の水理学的特性を把握し発生要因を捉えようとする一連の研究である。本論ではスロッシング現象に注目してその現象が生じる場合の流速特性、特に乱れ特性を測定した結果について報告するものである。

2. 実験装置および方法 実験はヘッドタンク方式を用いて実験水(水道水)を供給する。実験水槽は図-1 に示す寸法をもつアクリル製水槽である。実験水槽の形状概略と本文で用いる記号および座標系を図-1 に示す。本実験では予め行ったスロッシング発生限界の結果から、比較的水深が大きい危険側を対象として表-1 に示す条件で実験を行う。流速測定は水槽内にトレーサー粒子を散布し、水槽壁面からストロボスリット光を照射し、その画像中の粒子運動を PTV により解析、計測を行った。本文では、X,Y,Z 方向の流速を u,v,w とし、その乱れ量(RMS)を u',v',w' 、Reynolds 応力を $u'w'$ (X-Z 断面)、 $v'w'$ (Y-Z 断面)とした。

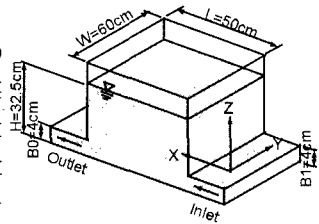


図-1 実験水槽概略

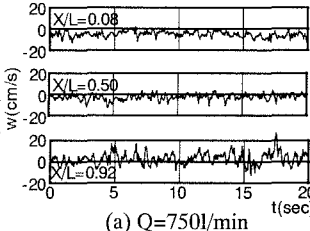
表-1 実験条件

流入流量 Q (l/min)	750	900	1050
巻き込み	あり(少)	あり(多)	あり(多)
スロッシング	あり	あり	なし
流入Froude数 Fr	0.83	1.00	1.16
水槽幅 $W=60$ cm $L=50$ cm $B1=B0=4$ cm			
水深 $H=32.5$ cm			
平均流入流速 U $Fr=U/(\sqrt{g \cdot B0})^{1/2}$			

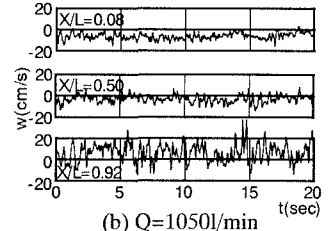
3. 実験結果および考察 3.1 X-Z 断面流況 今回はスロッシングが生じた $Q=750$ l/min、そしてスロッシングが発生しなかった 1050 l/min の結果を示す。

図-2 は X-Z 断面における水面付近の流速 w を時系列で示した一例である。

$Q=750$ l/min において流入口付近の流速 w は各断面とも平均的に負の値であることが認められる。流出口付近では流入口付近や水槽中央とは異なり流速が大きく乱れていることが認められる。



(a) $Q=750$ l/min



(b) $Q=1050$ l/min

図-2 X-Z 断面流速時系列($Y/W=0.25$)

では各断面とも $Q=750$ l/min よりも乱れの度合いが大きくなっている。これらの流速分布からはスロッシング周期に対応した顕著な流動特性は認められない。

図-3 および 5 はそれぞれ $Q=750, 1050$ l/min における X-Z 断面の平均流速分布を示す。 $Q=750$ l/min において側壁付近では水槽流出口から流入口へと向かうような流れとなっていることが認められる。また水槽中央付近では、水槽流入口から流出口へ向かう流れやその流れが流出口側壁面に衝突して戻り流れとなり流入口側の壁面に衝突して循環する流れが認められる。 $Q=1050$ l/min においてもほぼ同様の流れであることが認められる。水槽中央と側壁に近い断面との分布が異なることから Y 方向の流れが考えられる。

図-4 および 6 はそれぞれ $Q=750, 1050$ l/min における X-Z 断面の $u'w'$ 分布を示す。 $Q=750$ l/min では側壁付近において水槽中央の底面から水槽流出口付近にかけて大きな応力が発生する。そして水槽中央断面においては側壁に近い断面とは異なり流出口側の水面付近で大きくなることが認められる。 $Q=1050$ l/min においては水面付近に様に応力が生じている。スロッシングは水面の一部分、特に流入出口付近の水面において応力が発生することにより水面動揺が励起され生じるものと考えられる。

キーワード 噴流 空気巻き込み スロッシング PTV 乱流計測

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

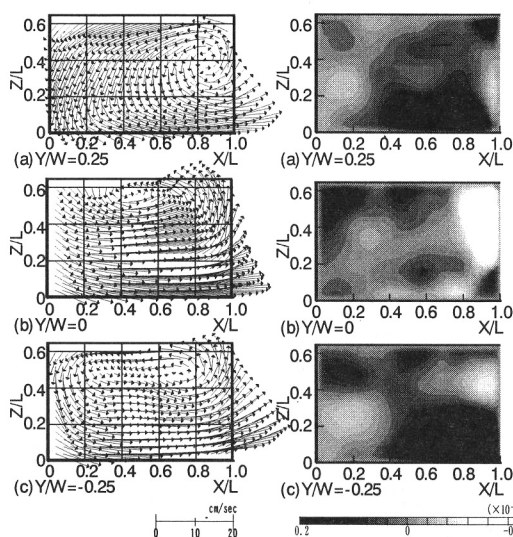


図-3 X-Z断面平均流速
($Q=750\text{l/min}$)

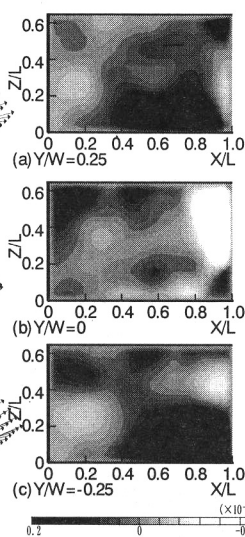


図-4 Reynolds応力: $u'w'$
($Q=750\text{l/min}$)

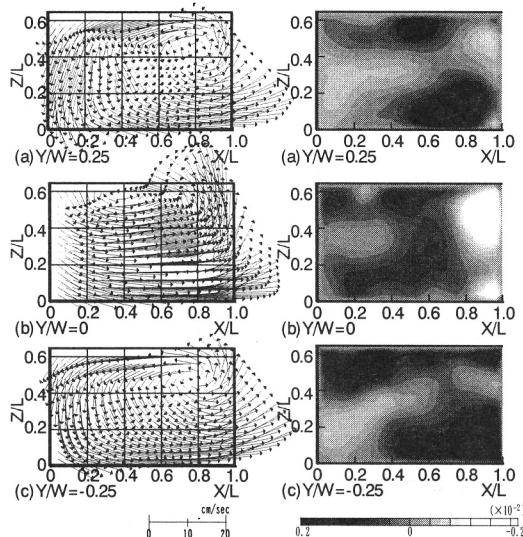


図-5 X-Z断面平均流速
($Q=1050\text{l/min}$)

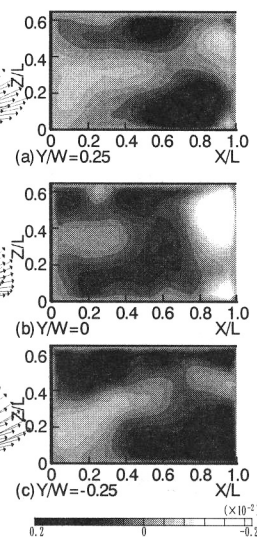


図-6 Reynolds応力: $u'w'$
($Q=1050\text{l/min}$)

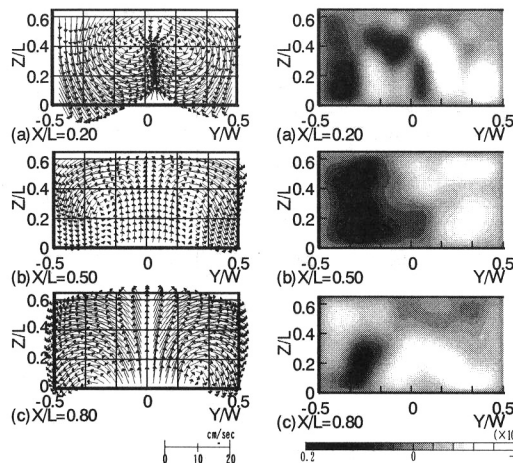


図-7 Y-Z断面平均流速
($Q=750\text{l/min}$)

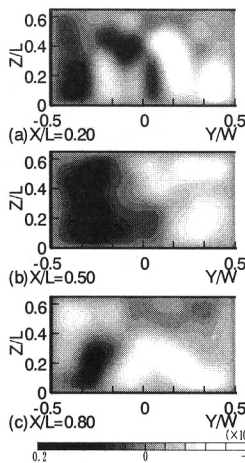


図-8 Reynolds応力: $v'w'$
($Q=750\text{l/min}$)

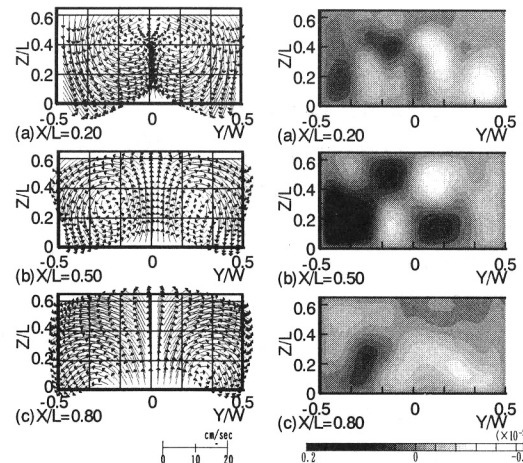


図-9 Y-Z断面平均流速
($Q=1050\text{l/min}$)

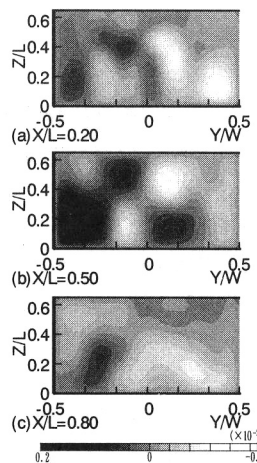


図-10 Reynolds応力: $v'w'$
($Q=1050\text{l/min}$)

3.2 Y-Z断面流況 図-7 および 9 はそれぞれ $Q=750, 1050\text{l/min}$ における Y-Z 断面の平均流速分布を示す。

$Q=750\text{l/min}$ において流入口付近および水槽中央では2つの縦渦が生じている。流出口付近においては水槽底から水面へと向かう流れとなっていることが認められる。

図-8 および 10 はそれぞれ $Q=750, 1050\text{l/min}$ における Y-Z 断面の $v'w'$ 分布を示す。 $Q=750\text{l/min}$ の流入出口付近では水槽側壁付近や水槽中央の水面付近において比較的大きな値が生じ、水槽中央断面においては水槽側壁から水槽底、水槽中央の水面域で大きい $v'w'$ が発生しているのが認められる。そして $Q=1050\text{l/min}$ において $X/L=0.50$ での $v'w'$ の比較的大きな値は側壁側で局所的に生じている。これらより水槽中央付近において比較的大きな流速乱れが断面全体に発生し、同時に流入・出口側の水面付近において局所的に比較的大きな流速変動が生じることでスロッシングが生じるものと考えられる。

4. あとがき 今回はスロッシングが発生する場合の流速乱れ量の一部を示したが、今後は流速の周波数解析を行い、流速や水面変動とスロッシング周期との関連性について検討する予定である。

参考文献 1) 落合 実, 遠藤茂勝, 和田 明, 土木学会第 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52 回土木学会年講概要集 他