

東洋大学 工学部 正会員 福井 吉孝
 " " 学生 向野 桂介
 " " " 久保 徹

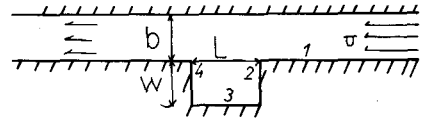


Fig.1 対象水路

Fig. 1 に示した様な形状は、流体、航空、音響の各分野において Cavity (或は, slot, trap) の語で呼ばれるものである。そこでは、圧力の変動、速度の変動及び物質の出入りについてよく論じられてきている。

しかし、開水路で自由水面が存在する場合の、凸部(と以後書く)内の流況に関しては余り論じられていない様である。これは、実際の工学の分野において、その解析が難しく要請されることがあるにせよ、機構の複雑さの故に解析が困難であるからと見える。筆者も、この形状の水路の流れについて興味を覚え、現象の解析に着手してきているが、進展を見ることができないのが現状である。そこで、ここでは、今一度現象を見直す為に行った。主流部・凸部間の流入状況及び凸部内での流況について、この実験より知りえた事項について若干の検討を加えてみる。

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L/W	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Q (ls)	2.0	2.0	8.0	8.0	2.0	2.0	8.0	8.0	2.0	2.0	8.0	8.0
H _{max} (cm)	4.09	7.50	8.26	11.54	3.96	7.55	8.57	11.89	4.00	7.50	8.31	11.60
U _{max} (cm/s)	275.7	171.2	57.03	42.09	255.4	13.71	42.44	125.5	30.35	55.9	63.38	41.8
Re (10 ³)	8.0	7.3	24.2	22.5	7.2	5.9	19.7	17.8	5.7	6.9	24.2	22.5
f. no.	0.30	1.70	1.15	0.65	0.65	0.70	0.85	0.85	0.73	1.90	2.00	0.88

Tab.1 実験諸元

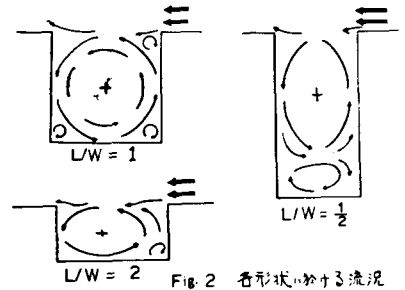


Fig. 2 各形状に対する流況

1. 現象について

この種の形状に対し、流入現象を支配し、その為には解析が困難にしている事は、

- 1) 自由水面の存在
- 2) 急激に曲る角の存在
- 3) 凸部と形成する後端壁・縁 (Fig. 1 の実4と含む面) の存在

1) に依って生じる水面の振動、2) に依ってある程度の不安定さはあるが、3) に依ってある凸部湾奥方向への流れの助長、が複雑にあるから、この水理学的に非常に難しいものとしている。それらの因子をすべて包含して評価しようとするならば、例えば N-S 式も三次元となる未知量も増え複雑になるが、解析が困難である。

2 実験

1) 流れの概略

実験は $b = L = 20\text{cm}$ とし、 W を 10, 20, 40 cm に変えて行った。各諸元は Tab. 1 に掲げて通りである。

流れはそれに乗っかっているとみさせる物質を通してみている。Fig. 2 に示した様な状況である。形状 (L/W) の変化によりうず状の循環の形が変わり、 Re 数の増加によって水面変動、とりわけ実4に於いて激しくなる。

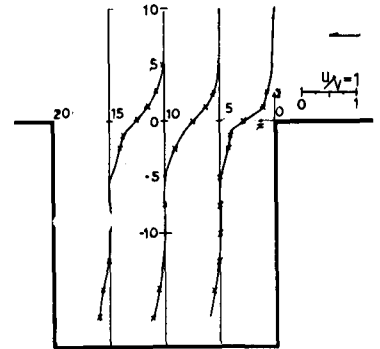


Fig. 3-1 L/W=1, 右方向流速分布 (NO. 4)



Fig. 4 境界面 (自由水面)

h	m=1	m=2
11.9	0.247	0.148
8.7	0.289	0.173
7.6	0.309	0.185
4.0	0.426	0.256

Tab.2 固有振動周期

2) 流速分布

Fig. 3 に示した様子は凸部内の流れは主流部の流速に対し極端に遅い流れとなる。レイノルズ応力項

$$\tau = -\rho u'v' = \rho l^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right| \frac{\partial u}{\partial y}$$

を眺めてあげ凸部・主流部間の混合の性質をいけばわかる事が出来る。

3) 境界面の状況

Re 数が1,200 周りは Fig. 4 の様なうずが見られるが、 Re が増加すると水面の動揺が激しくなり可視できなくなる。

3. 実験の結果について

○ 水面の動揺が小さい場合

凸部内の流れは比較的緩やかである。特に $L/W = 1$ の場合は Fig. 2 に示した様な安定した循環流を示す。今、

$P = \int (u dx + v dy)$ と表わされる循環の値を計算してみる。完全流体では半径 r の径の渦で、その値が変わる。No. 6 と No. 8 とを比較すると、その値は同じ径をもつて計算しても No. 8 の方が倍の値を示した。(外側の安定した流れをこの計算値は 107% と 235% 増となった)。今、仮りにこの様な値と主流の流れを表わす因子とを簡単な形で結びつけたら、流れの表示は簡単になる。

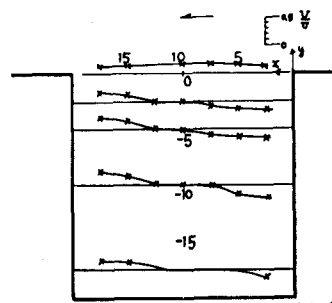


Fig. 3-2 $L/W = 1$, y 方向流速分布

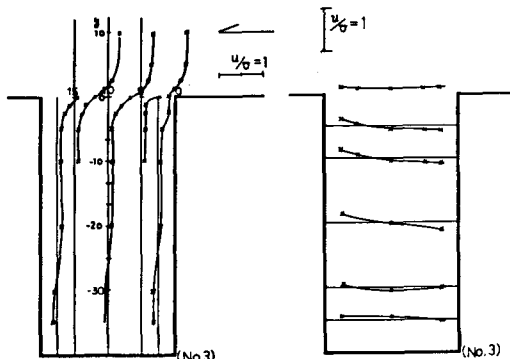


Fig. 3-3 $L/W = 1/2$, x 方向流速分布

Fig. 3-4 $L/W = 1/2$, y 方向流速分布

○ 動揺の多い場合

水面変動のスペクトルを見ると、形状によってその形は変化しますが、全く同じ変動が激しい事が各ケースでも共通である。 $L/W = 1$ の時は、凸部内各点で 0.6~0.7 の卓越周波数を示した安定した振動を示す事が多い。5 秒間に長方形槽の固有振動周期

$$T = \frac{4l}{(2m+1)gh}$$

を Tab. 2 に示す。

4 おわりに

具体的な対象をとりながらも、流れそのものの検証があり、今一つ無事の定まらぬ感があるが、これから先へ進めたいには、複雑さの原因となる、この形での三つの役割を別々に分離して評価していかねばならないと思う。

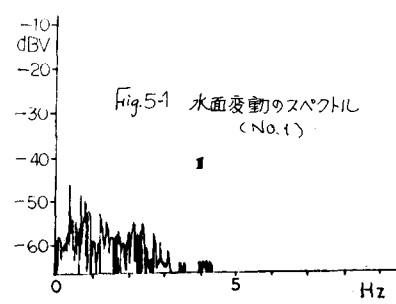


Fig. 5-1 水面変動のスペクトル (No. 1)

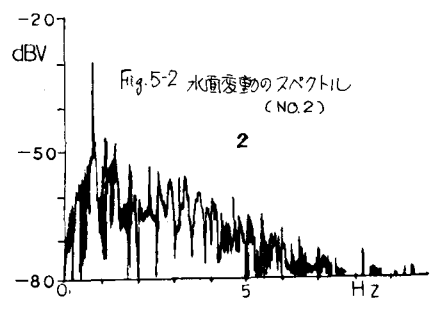


Fig. 5-2 水面変動のスペクトル (No. 2)

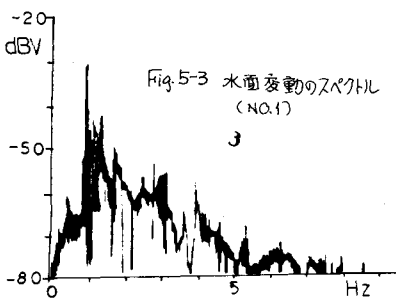


Fig. 5-3 水面変動のスペクトル (No. 1)

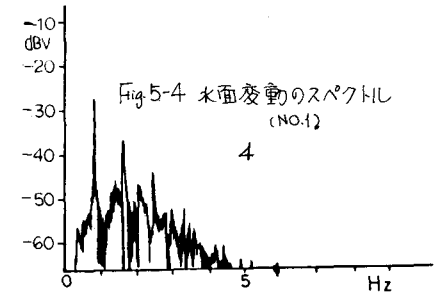


Fig. 5-4 水面変動のスペクトル (No. 1)