

斜面上の内部波の伝播特性に関する実験

東京理科大学大学院

学生員 橋本 彰博

東京理科大学理工学部土木工学科

正会員 大西 外明

1. 研究の背景と目的

貯水池のような閉鎖水域では、温度・濁度等により密度差が生じ密度成層が発達する。この密度成層は貯水池の流動、生態系の挙動に大きく影響を及ぼしており、特に貯水池の環境問題はこの密度成層の安定・不安定によるところが大きい。このうち、密度界面の不安定による混合問題は水質汚染を水域全体に拡大させる要因ともなる。このように貯水池の環境水理的諸問題は密度成層が大きく関わっていることから、密度界面のメカニズムを知ることが、貯水池の挙動・性質を的確に理解する上で重要な研究課題となっている。そこで本研究では、界面の混合要因の一つである内部波を取り上げ、その砕波に至るメカニズムと砕波条件を明らかにすることを目的とする。

2. 実験内容

内部波の砕波の引き金となる要素は様々であるが、本実験では水槽内に上層と下層で互いに密度を異にする2層密度成層を作り、内部境界面に発生した内部波が底斜面を遡上し砕波に至る伝播特性を波速に注目して実験を行なった。なお、流体の密度差は塩分濃度差によって作った。

実験水槽は、図1に示すような長さ500cm、幅20cm、高さ30cmの亚克力製の長方形水路であり下流部分を斜面とした。また水槽の上流端には造波部を設けた。造波部は水圧式となっておりピストンタイプ造波装置の往復運動を下層部に伝達することにより内部境界面に波動を発生させる。実験条件は表1に示す通りで、各ケース毎に斜面勾配を3種類($S=1/20, 1/10, 1/5$)に変化させた。また、造波装置の周期と振幅は一定($T=12.0$ (s), $H=8.0$ (cm))とした。

実験では斜面を遡上する内部波の波速を測定し、また砕波付近をビデオで撮影して砕波時の波高、下層水深及び波速を求めた。

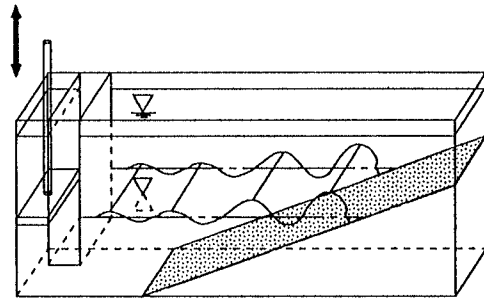


図1：実験装置

表1：実験条件

case	ε	h_1 (cm)	h_2 (cm)	T(sec)
1	0.01450	10.0	15.0	12.27
2	0.01813			12.27
3	0.02175			12.29
4	0.02538			12.13
5	0.02925			11.91

3. 内部波速に関する解析及び考察

本実験では内部波速の理論式として以下に示す2層流体の界面波速式(1)を用いた。

$$C = \sqrt{\frac{\varepsilon g \tanh kh_1 + \tanh kh_2}{k \tanh kh_1 \tanh kh_2}} \quad (1)$$

図2に斜面勾配 $S = 1/20$ の実験値と理論値の関係を示す。内部波速の実験値と理論値の関係はほぼ直線的に分布していることがわかる。また、斜面勾配 $S = 1/10$ では同じように分布したのに対し、 $S = 1/5$ では大きくばらついた。これは斜面勾配が大きくなるほど流れや反射波の影響が大きくなるためと

キーワード 内部波速 砕波水深 砕波波高

連絡先 〒278 千葉県野田市山崎2641

(0471)24-1501 内線4055

考えられる。表2に、図2において密度比毎に回帰計算をした結果を示す。表2から、密度比が大きい場合は斜面勾配の影響が大きく見られるが、密度比が小さくなるにつれ多少傾きが小さくなる傾向が見られる。また、内部波速の減衰について、密度比が小さくなるにつれ斜面勾配に関係なくなる傾向が見られた。

表 2: 回帰計算結果

理論値	1		
ε	$S=1/20$	$S=1/10$	$S=1/5$
0.02925	1.183	1.150	2.031
0.02538	0.961	1.150	1.954
0.02175	1.152	1.081	1.817
0.01813	1.160	1.102	1.645
0.01450	1.294	1.194	1.886

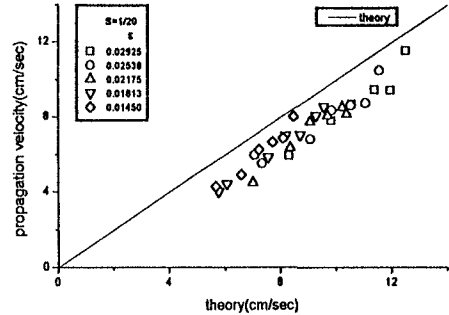


図 2：実験値と理論値の関係

4. 碎波に関する解析及び考察

ここでは、密度比が変化することによって界面の安定性の違いを再現し、それが内部波の碎波にどのような影響を及ぼすかを密度比 ε と碎波水深 h_b 、碎波波高 A_b の関係に注目して解析を行うことにした。

まず、密度比が変化することによって碎波の位置にどのような違いが見られるかを密度比と碎波水深の関係から考察する。図3を見ると、右上がりの関係になっており、密度比が大きくなるのに伴い碎波水深が大きくなっていることがわかる。これは、安定性が増す（密度比・大）と内部波は沖側で碎波するというを示している。斜面勾配注目すると、密度比に関係なく斜面勾配が大きくなるほど碎波水深は大きくなり、碎波が沖側で起きていることがわかる。また、碎波水深は密度比よりも斜面勾配の方が与える影響が大きいことがわかる。

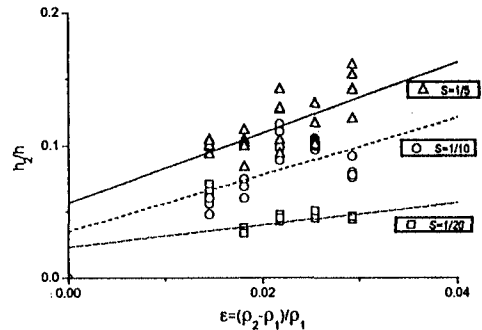


図 3：密度比と碎波水深の関係

次に密度比・斜面勾配と碎波波高の関係について解析を行なった。その結果を図4に示す。密度比に注目すると、どのケースにおいても右下がりの傾向が見られ、界面の安定性が増す（密度比・大）ほど内部波の波高は増幅されず、小さい波高のまま碎波に至ることがわかる。斜面勾配との関係を見てみると、斜面勾配が大きくなるほど、密度比の増加に伴う碎波波高の減少の割合が大きくなる、つまり密度比が小さい時は斜面勾配の大きいもののほど波高が大きく増幅されているが、密度比が大きくなるとその関係は逆転することを示している。また、碎波波高に関しては、密度比・斜面勾配の両方が関係してくることが分かる。

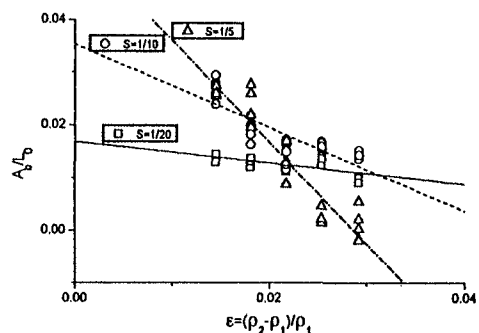


図 4：密度比と碎波波高の関係

以上のことから、内部波速の減衰、内部波の碎波には、密度比・斜面勾配の違いが大きく関係していることが明らかとなり、内部波の基本特性が示された。

参考文献： 平田 健正, 室田 明: 斜面上における内部重力波の碎波について

第23回水理講演会公演会論文集