

大阪市立大学工学部 学生員 池田憲造
 大阪市立大学工学部 学生員 ○ 延廣玲子
 大阪市立大学大学院 正会員 重松孝昌
 大阪市立大学大学院 正会員 小田一紀

1. はじめに

夏季の底層環境の改善を目的として、小田ら¹⁾は鉛直循環流促進堤を考案し、その効果を実験的に検討している。彼らの提案している堤体は、底層部の流体塊を上層部に輸送する「底層水揚水型鉛直循環流誘起堤体」と位置づけることができる。しかし、夏季の閉鎖性水域の底層環境を改善するためには、上層部の酸素の豊富な水塊を底層部に輸送する「表層水送水型鉛直循環流誘起堤体」である方が効果的であると推測される。そこで、本研究では、後者のタイプの鉛直循環流誘起堤体を開発

することを目的とする。開発にあたり、空間の高度利用の観点から、低反射・直立型の消波護岸を念頭に置き、あらかじめ、数値モデルを用いていくつかの断面についてその効果の検討を行った。その結果、所期の目的に合致するであろうと予測された断面についてのみ模型を作成し、実験を行った。ここでは、模型を用いた実験的検討に絞って報告する。

2. 実験概要および実験条件

実験は、長さ50m、幅1m、高さ1.5mの二次元造波水槽を用いて行った。水深は $h = 1.0\text{m}$ で一定とし、造波機から約35m離れた地点に図-1に示すような模型堤体を設置した。いずれの堤体も水面付近に斜面を有した上部通水部を有していること、および、水底部に遊水室と堤体前面域を結ぶ下部通水部を有する構造であることが特徴である。このような構造

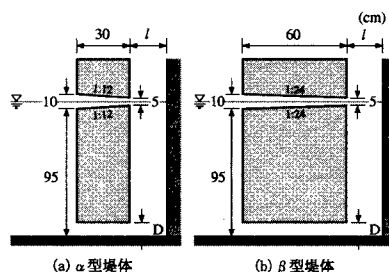


図-1 堤体模型

表-1 実験条件および実験結果

Case	Type	T [s]	H/L	ℓ [cm]	D [cm]	K_r	q [$\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}$]
1	α	1.25	0.01	20	10	0.36	14.7
2			0.02	20	10	0.44	62.9
3			0.03	20	10	0.44	80.4
4			0.02	40	10	0.28	59.4
5			0.02	20	30	0.43	55.2
6		1.60	0.01	20	10	0.57	35.3
7			0.02	20	10	0.52	96.3
8			0.03	20	10	0.58	140.0
9		1.90	0.01	20	10	0.49	57.9
10			0.02	20	10	0.40	118.9
11	β	1.25	0.01	20	10	0.36	15.1
12			0.02	20	10	0.41	63.3
13			0.03	20	10	0.46	102.5
14			0.02	40	10	0.36	65.5
15			0.02	20	30	0.40	54.7
16		1.60	0.01	20	10	0.53	53.0
17			0.02	20	10	0.53	108.4
18			0.03	20	10	0.58	171.4
19		1.90	0.01	20	10	0.61	73.0
20			0.02	20	10	0.71	141.0

を有することで、遊水室内に流入する比較的酸素の豊富な流体塊を水底から堤体前面域に放出することによって、夏季の底層水環境の改善を期待しようとするものである。 α 型堤体は前面壁厚 B が $B = 30\text{cm}$ 、斜面勾配 $s = 1/12$ であり、 β 型堤体は $B = 60\text{cm}$ 、 $s = 1/24$ である。これらの堤体を設置した場合の反射率および一周期平均流速場、および下部通水部から沖側への流出量を求めた。反射率は2台の容量式波高計を用いて入反射波分離推定法により求めた。堤体前面域の流速は電磁流速計を用いて測定し、50周期分のデータより一周期平均流速を求めた。また、ビデオ撮影を行うことによって遊水室内に発生する気泡の挙動を観察した。

3. 実験結果

表-1に、反射率 K_r の実験結果を示す。同表からわかるように、 α 型、 β 型のいずれの堤体も、比較的周期の短い $T = 1.25$ 秒の波に対しては $K_r = 40\%$ 前後の値を、また、 $T = 1.60$ 秒の波に対しては $K_r = 50 \sim 60\%$ の値をとることがわかる。本実験では最も周期の長い $T = 1.90$ 秒の波に対しては、 α 型堤体は $K_r = 40 \sim 50\%$ の値を有するのに対して、 β 型堤体は $K_r = 60 \sim 70\%$ と高い反射率を示すようになることがわかる。

図-2に、 $T = 1.25$ 秒の場合に α 型堤体前面に形成される一周期平均流速場の波形勾配 H/L による変化を示す。図-2より、いずれの波形勾配においても上層の水塊が底層部へと輸送されており、 α 型堤体は所期の目的を果たすことがわかる。また、同図より、 $H/L = 0.01$ の場合には堤体前面に形成される循環流の規模、速度ともに小さく、 $H/L = 0.02$ および 0.03 の場合のそれらは、ともに $H/L = 0.01$ の場合よりも大きくなっていることがわかる。このことより、堤体前面に形成される循環流は少なくとも波形勾配に依存することがわかる。このような傾向は、 β 型堤体にも見出された。また、循環流の規模は、波形勾配を一定として周期を変化させた場合には、 $T=1.25$ 秒の場合よりも $T=1.60$ 秒の場合の方が大きくなるが、 $T=1.90$ 秒になるといずれの場合にも小さくなることが確認された。さらに、遊水室幅を変化させても循環流の規模にはほとんど変化は見られないこと、下部通水部高さが大きくなると循環流の規模が小さくなることが確認された。

図-3に、下部通水部流量 q の実験結果を示す。 q は、下部通水部の沖側 3cm の地点で、水底から 1 cm 間隔で電磁流速計によって流速を測定し、50 周期分の流速の時間平均値を求め、これを積分することによって求めている。小田ら²⁾はパイプ式透過堤において同様な検討を行っているが、彼らの研究によれば、通水流量は波高に依存する。そこで、小田らに倣って、下部通水部流量 q と入射波高 H との関係について検討した。その結果、 α 型堤体および β 型堤体のいずれも、 q は H とほぼ線形関係にあること、また、 H が同じであれば α 型よりも β 型堤体の方が q は大きくなることがわかった。また、表-1より明らかなように、遊水室幅が下部通水部流量に及ぼす影響はほとんどないこと、下部通水部高さ D が高くなると q は 12~13% 程度減少することがわかる。

図-4に、Case-2 の場合の遊水室の状況を示す。同図より明らかなように、遊水室内には大量の気泡が生成されており、比較的大きな気泡は水面から 30cm の範囲に分布することがわかる。粒径の小さな気泡は遊水室内の全水深にわたって分布しており、下部通水部を通して沖側領域へと流出していることが確認されている。

4. 結 論

本実験によって、予め数値計算によって提案された堤体は、「表層水送水型」鉛直循環誘起護岸として機能することが確認された。また、堤体前面における循環流の規模は波形勾配に依存すること、下部通水部流量は入射波高と線形な関係があること、下部通水部高さが高くなると下部通水部流速が小さくなり循環流の規模が小さくなること等が、明らかになった。さらに、遊水室内では気泡が大量に発生し、下部通水部から沖側へ輸送されることが確認された。これによって、より酸素の豊富な水塊が底層に輸送することができるものと期待できる。反射率や循環流の規模を勘案すると、 $B=30\text{cm}$ 、 $l=40\text{cm}$ 、 $D=10\text{cm}$ が最も有効であると考えられる。

参考文献 1) 小田ら:海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.1296-1300. 2) 小田ら:海岸工学論文集, 第 42 巻, pp.1116-1120.

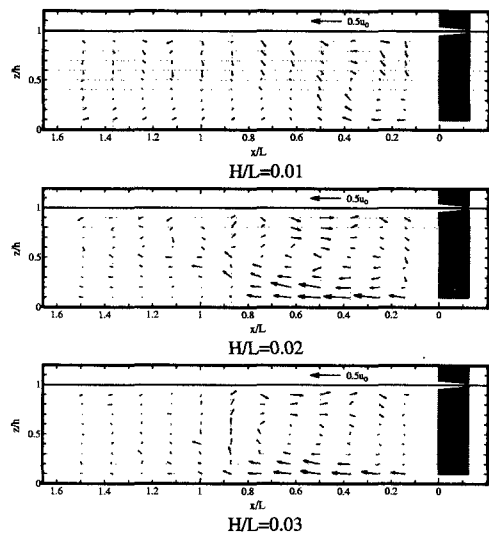


図-2 一周期平均流速ベクトル ($T=1.25$ 秒の場合)

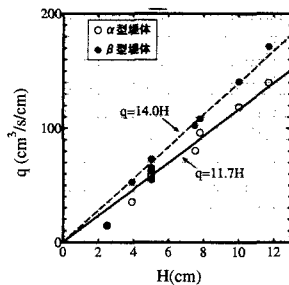


図-3 下部通水部流出流量

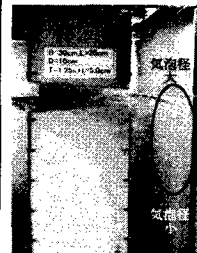


図-4 遊水室内の状況