

人工リーフ開口部における水理特性に関する実験的研究

鳥取大学大学院 正会員 松原雄平
鳥取大学大学院 正会員 黒岩正光
鳥取大学大学院 学生会員 ○津留秀臣

1. はじめに

近年、海岸線に構造物の建設が進んでおり、土砂供給のバランスが崩れ各地で海岸浸食や港湾施設などの堆砂などが引き起こされている。そういった問題を解消するため砂浜に侵入する波浪のエネルギー減衰を目的とし、人工リーフの設置が進められている。しかし人工リーフ周辺での洗掘、離岸流の発生などの問題がある。

鳥取県東部の浦富海岸には現在2基の人工リーフがあり、浦富海岸でも開口部に強い離岸流が発生し、著しい洗掘が発生しており問題となっている。そのため本研究では人工リーフ周辺の地形変化に影響を及ぼすと思われる開口部における水理特性を明らかにすることを目的とする。

2. 模型実験概要

本実験では鳥取大学海岸工学実験室の平面2次元規則波造波水槽を用いた。概要は図1に示す。開口部の水理特性について検討するため開口部付近の波高、定常流速、周期を測定した。またX軸Y軸を図1のようにとり人工リーフ法面岸側付近に $X=0\text{cm}$ をとり平面水槽の傾斜の始点が $X=175\text{cm}$ となるように置いた。またX方向定常流速は沖から岸向きを正方向とした。Y軸は $Y=100\text{cm}$ が開口部の中心線となるようにした。そしてZ軸を静水面から鉛直上向きを正とした。

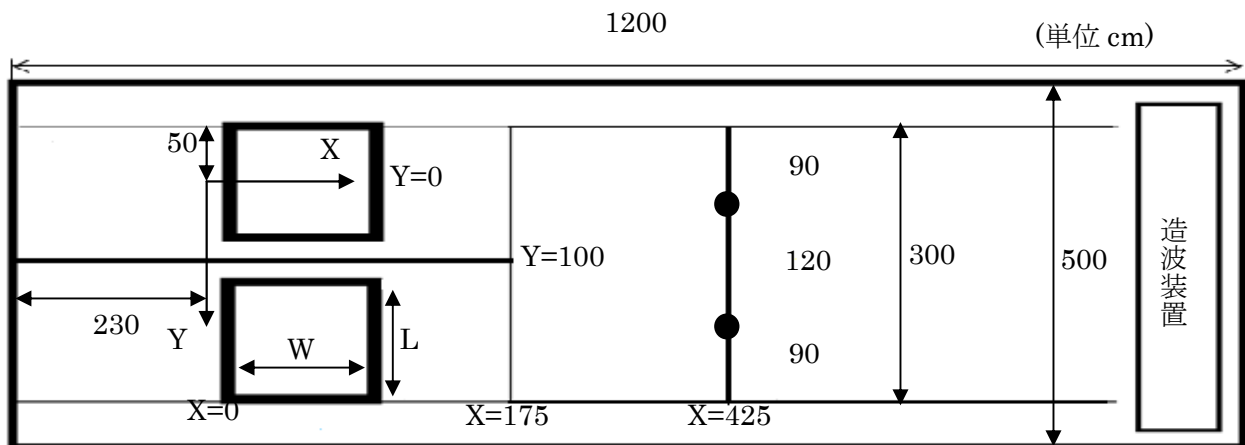


図1 平面2次元規則波造波水槽

表1 人工リーフ諸元

流速計は水平2成分の電磁流速計を用い人工リーフ開口部に $Y=90\text{cm}$, 100cm , 110cm に3点設置した。また波高計は容量式波高計により一様水深部($X=425\text{cm}$)に2点と流速計($Y=100\text{cm}$)の沖側

	W : 幅[cm]	L : 全長[cm]	天端幅[cm]
形状 A	100	126	40
形状 B	74	126	20

10cm 後方に一点設置した。そして開口部の人工リーフ法面岸側付近($X=0\text{cm}$)から沖合方向に $X=175\text{cm}$ まで25cm 間隔で移動させ計測した。またひとつの点で水面から7cm, 10cm, 水底1.5cmの三点で計測した。なお $X=100\text{cm}$, 125cm , 150cm , 175cm の点では電磁流速計が水底から1.5cmの点まで届かなかったため水面から18cm付近の定常流速を代用し計測した。また傾斜の関係で天端水深2cmの時 $X=0\text{cm}$ の点では水面から10cmと水底1.5cmはほとんど等しいため同じ値を用いた。同様に天端水深0cmの場合、 $X=25\text{cm}$ で水面から

10cm と水底 1.5cm は同じ値を用い、X=0cm で、水面から 7cm、水底 1.5cm は同じ数値を用いた。そして今回人工リーフの形状が開口部にどのような影響を与えるか検討するため 2 種類の人工リーフを用い模型実験を行った。人工リーフ A, B の形状は表 1 に示す。実験は様々な条件の開口部の流れを測定するため天端水深、波形勾配、リーフ形状を変更することにより 22 ケースの測定を行った。各ケースともデータ収集条件はサンプリング周波数 20Hz、データカウント数 1000 とし、50 秒間で 41 波から 50 波分の波を測定した。

今回実験を行った条件の 22 ケースを表 2 に示す。

表 2 実験条件

	形状	R(cm)	H(cm)	T(s)	Ho/Lo
Case1	A	0	5.3	1.1	0.0350
Case2	A	0	6.8	1.1	0.0441
Case3	A	0	8.0	1.1	0.0515
Case4	A	0	9.5	1.0	0.0717
Case5	A	2	13.5	1.2	0.0713
Case6	A	2	14.5	1.2	0.0747
Case7	A	2	13.0	1.2	0.0693
Case8	A	2	7.5	1.2	0.0428
Case9	A	2	5.4	1.1	0.0365

	形状	R(cm)	H(cm)	T(s)	Ho/Lo
Case10	B	0	8.5	1.0	0.0634
Case11	B	0	8.4	1.0	0.0627
Case12	B	0	7.6	1.0	0.0573
Case13	B	0	6.6	1.0	0.0495
Case14	B	0	7.1	1.0	0.0532
Case15	B	0	3.4	1.0	0.0264
Case16	B	0	4.7	1.0	0.0356
Case17	B	0	6.0	1.0	0.0453
Case18	B	2	2.5	1.0	0.0192
Case19	B	2	4.5	1.0	0.0344
Case20	B	2	6.7	1.0	0.0500
Case21	B	2	9.0	1.0	0.0665
Case22	B	2	9.5	1.0	0.0707

(R:天端水深, H:波高, T:周期, Ho/Lo:波形勾配)

3. 実験条件及び実験結果

図 2, 3, 4 および 5 はそれぞれ Case1, 3, 9 および 16 の開口部における岸沖方向の定常流速分布を示したものである。図中の縦軸は定常流速を表わしおり、岸向きを正、沖向きを負としている。図 2(Case1), 図 3(Case3)より、形状、天端水深が同じケースで波形勾配の違いによる開口部の水理特性の変化を比較すると、波形勾配を大きくすると開口部の最大波高、最大定常流速が共に大きくなることがわかる。これらの原因については人工リーフ沖側で発生する砕波が大きくなり岸側に運ばれた水が戻り流れとして人工リーフ開口部に集中するためである。

図 2(Case1), 図 4(Case9)より、形状、波形勾配が同じケースで天端水深の違いによる開口部の水理特性の変化を比較すると、天端水深を浅くする事で離岸流が大きくなることがわかる。一般的には、人工リーフ付近で一旦水位低下が起こり砕波して水位上昇が発生するが、天端水深が浅くなるほど波

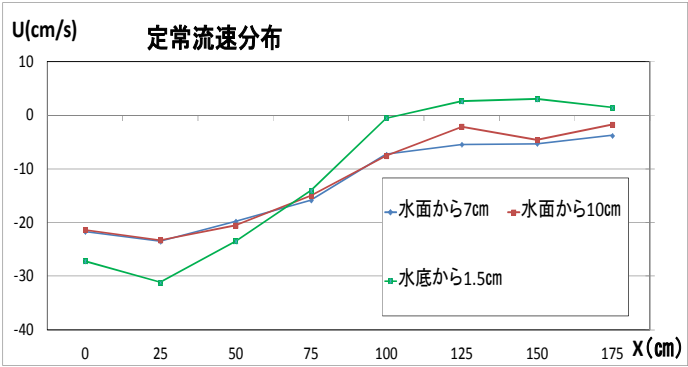


図 2 Case1 (Ho/Lo=0.0350, R=0cm, h=28cm, 形状 A)

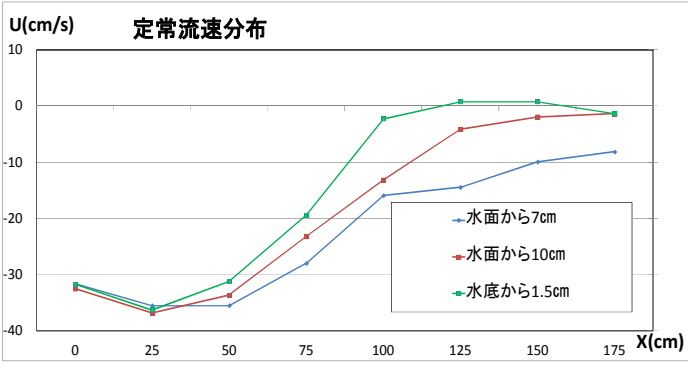


図 3 Case3 (Ho/Lo=0.0515, R=0cm, h=28cm, 形状 A)

岸側に運ばれる質量輸送量が多くなり、離岸流の速度が大きくなるのではないかと考えられる。

図 2(Case1), 図 5(Case16)より, 天端水深, 波形勾配が同じケースで人工リーフ模型の天端幅の違いによる開口部の水理特性の変化を比較すると, 天端幅が広いリーフ模型 A の方が強い離岸流が発生することがわかる。また開口部の最大波高の発生点为天端幅の広い形状 A は人工リーフ法面沖側付近にあるのに対し, 幅の狭い B では人工リーフ天端付近より岸側に発生していた。

表 3 は実験で測定した開口部における最大波高, 沖向き定常流速の最大値及びそれらの発生点を示したものである。Hmax は開口部の最大波高, Umax は開口部の最大定常流速, X(Hmax), X(Umax)はそれぞれ最大となる点の座標を示した。ここで全てのケースで人工リーフ開口部に離岸流が発生していることが分かった。またほとんどのケースで最大定常流速の発生点は人工リーフ模型の岸側法面付近 (X=25cm) で発生していた。そして実験結果で Y 方向の定常流速 X 方向の定常流速と比較すると微小であったため Y 方向の定常流速は省略した。

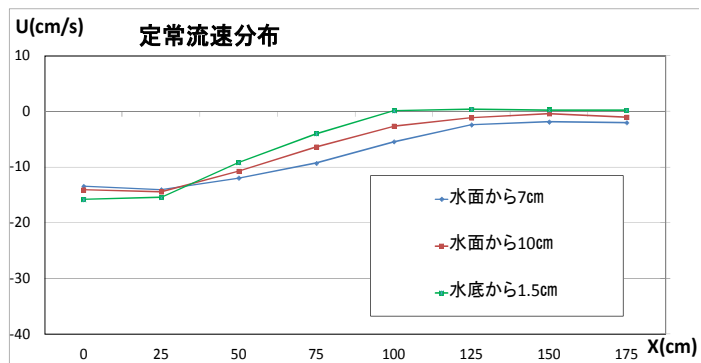


図 4 Case9($H_o/L_o=0.0365$, $R=2\text{cm}$, $h=30\text{cm}$, 形状 A)

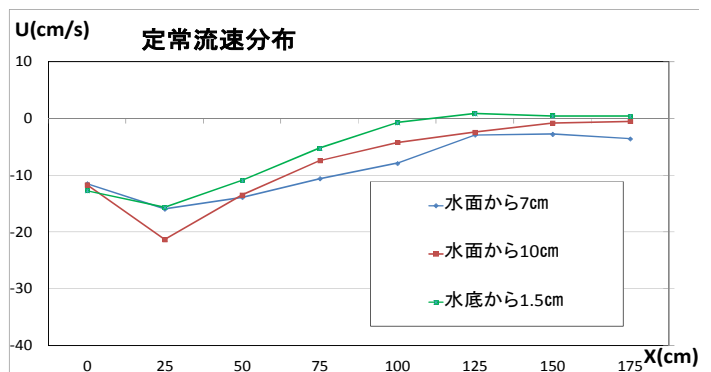


図 5 Case16($H_o/L_o=0.0356$, $R=0\text{cm}$, $h=28\text{cm}$, 形状 B)

表 3 実験結果

	Hmax (cm)	U max (cm/s)	X(Hmax) (cm)	X(Umax) (cm)
Case1	6.3	23.5	60	25
Case2	8.9	31.5	35	25
Case3	11.5	36.8	60	25
Case4	12.0	47.9	85	25
Case5	15.2	52.4	85	50
Case6	14.7	44.8	85	25
Case7	12.4	45.6	110	25
Case8	7.4	20.9	60	25
Case9	6.5	15.8	35	25

	Hmax (cm)	U max (cm/s)	X(Hmax) (cm)	X(Umax) (cm)
Case10	8.2	41.8	10	25
Case11	9.8	42.1	35	25
Case12	8.3	38.1	10	25
Case13	10.0	37.4	10	25
Case14	6.5	33.7	10	25
Case15	3.9	31.9	110	25
Case16	5.5	21.3	35	25
Case17	7.8	24.4	10	25
Case18	2.4	5.2	85	25
Case19	4.7	15.1	60	25
Case20	6.5	25.6	185	25
Case21	8.9	31.9	35	25
Case22	10.7	38.6	35	25

(Hmax:最大波高, X(Hmax):Hmax の点, |U|max:沖向き最大定常流速)

最後に、波形勾配と X 方向の最大定常流速 U_{max} の関係を検証した。波形勾配は無次元量であるため X 方向最大定常流速 U_{max} も無次元化し表わした。最大定常流速 U を $\sqrt{gh}$ で割り無次元化させた。図 6、図 7 より X 方向の無次元化された最大定常流速は天端水深によって異なる比例関係を示した。波形勾配が大きいと人工リーフ付近で大きく砕波して岸側に運ば

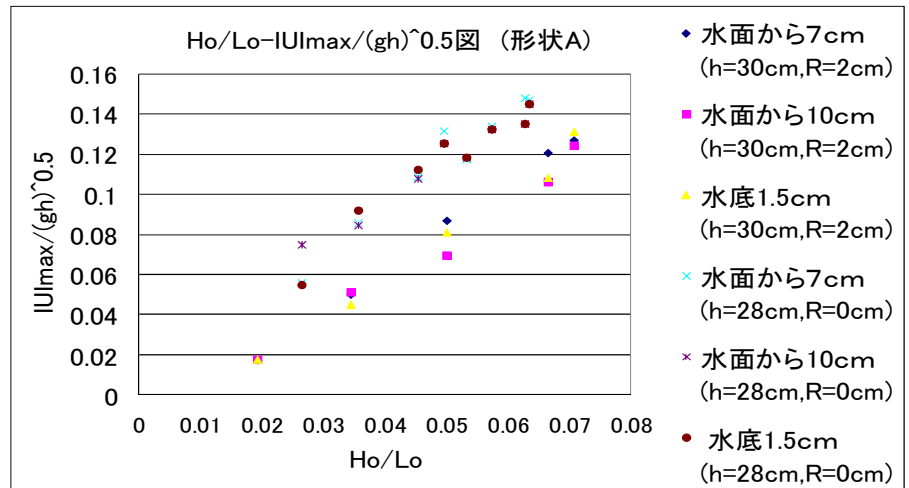


図 6 $Ho/Lo-U_{max}/(gh)^{0.5}$ 図 (形状 A)

れる水の質量も増えるため開口部を通り沖合に戻る離岸流の定常流速が大きくなるのではないかと考えられる。また、天端幅の違いによる比例関係の違いは見られなかった。

4. まとめ

本研究により以下の結果が得られた。

- ① 全ケースで離岸流が発生していた。
- ② 天端水深、リーフ形状が等しく波形勾配が異なる時、波形勾配が大きいと定常流速も大きくなる。
- ③ 波形勾配、リーフ形状が等しく天端水深が異なる時、天端水深が浅い方が定常流速は大きい。
- ④ 波形勾配、天端水深が等しくリーフ形状が異なる時、天端幅が広い方が定常流速は大きい。また最大波高発生点が沖側に変位する。
- ⑤ 無次元化した開口部の最大定常流速と波形勾配が天端水深によって異なる比例関係にあった。

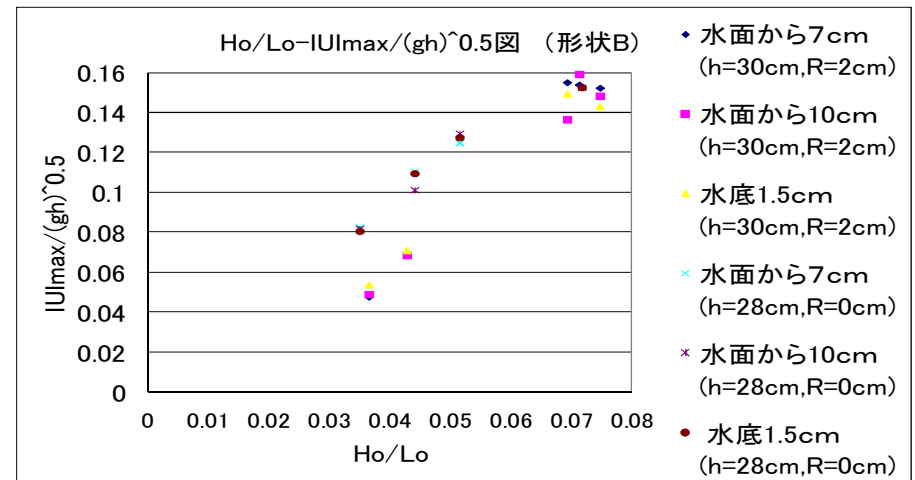


図 7 $Ho/Lo-U_{max}/(gh)^{0.5}$ 図 (形状 B)

今後の課題として、数値計算により理論値を出し今回の実験結果が正しかったかどうか検討する必要があると思われる。

参考文献

- 宇多高明, 浅香恵則, 湯田寛: 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp. 151-155. (1991): 糸魚川海岸における人工リーフ周辺の波, 流れ, 漂砂の現地観測(2) ---水位上昇とリーフ上の沖向き, 漂砂に注目して---
- 木村晃, 大野賢一, 中村真智子: 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 第 66 巻, pp. 506-510. (2010): 鳥取海岸の人工リーフ周辺の海底地形の変化について
- 榎本亨: 漂砂と海岸侵食: , 森北出版株式会社, p 61-67, (2006)
- 山崎丈夫, 宇多高明, 衛門久明, 小俣篤: 肝がん工学論文集, 第 39 巻, pp. 651-655. (1992) 「人工リーフの設計の手引き」とその留意点
- 首藤伸夫: 土木学会編新体系土木工学 24 海の波の水理: 技報堂出版株式会社
- 人工リーフの設計の手引き, 建設省河川局海岸課監修, 社団法人全国海岸協会 pp. 1-5