

指宿海岸の波浪・海浜流・底質輸送の数値シミュレーション

鹿児島大学大学院理工学研究科 学生員 ○ 富地 伸悟
 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 非会員 園田 宏一朗
 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 正会員 浅野 敏之

1. はじめに

指宿港周辺海岸は、砂むし温泉や宿泊施設が多く立地する県内有数の観光地である。そのため、台風来襲時の越波を防ぐために、沖合いを防波堤や離岸堤などが重なり合うように設置されており、景観は決して良いものではない。最近では海岸前面に砂浜を造成し、景観保全と防災効果を両立させる養浜機能が注目されている。しかし、現地の波浪場を十分に理解しておかないと、養浜砂が沖に流出し、目的の消波機能を果たさないことも考えられる。

本研究は、指宿港海岸周辺の波浪状況および海浜流を数値計算により把握し、現在指宿港海岸に設置されている離岸堤を考慮した場合と離岸堤を考慮しない場合での海岸に及ぼす影響について検討したものである。

表-1 指宿港海岸の波高・波向きの出現分布

波高(m) \ 波向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
0.00-0.10	1560	1703	1460	940	1052	589	700	1343	787	1194	1271	2173	3057	4512	4071	2188	39220
	3.6	3.9	3.3	2.1	2.4	1.3	1.6	3.1	1.8	2.7	2.9	5.0	7.0	10.3	9.3	5.0	89.5
0.10-0.20	198	276	286	84	257	150	299	582	273	38	10	4	11	26	652	545	3691
	0.5	0.6	0.7	0.2	0.6	0.3	0.7	1.3	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	1.2	8.4
0.20-0.30	7	71	20	17	171	75	258	44	3	2				1	2	4	675
	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.6	0.1	0.0	0.0				0.0	0.0	0.0	1.5
0.30-0.40	8	5	14	4	16	6	42	16								111	43697
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0								0.3	99.7
0.40-0.50				5	5	6	15	2								33	43730
				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								0.1	99.8
0.50-0.60				0.0	0.0	0.1	0.0	0.0								0.1	99.9
0.60-0.80				1	10	13	7	3								29	43803
				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								0.1	100.0
0.80-1.00				5	5	5	3									13	43816
				0.0	0.0	0.0	0.0									0.0	100.0
1.00-1.20				0.0	0.0	0.0	0.0									6	43822
				0.0	0.0	0.0	0.0									0.0	100.0
1.20-1.50					2	2										2	43824
					0.0	0.0										0.0	100.0
1.50-2.00																0	43824
																0.0	100.0
2.00以上																0	43824
																0.0	100.0
計	1773	2055	1780	1051	1523	873	133	1992	1063	1234	1281	2177	3068	4539	4725	2737	43824
	4.0	4.7	4.1	2.4	3.5	2.0	3.0	4.5	2.4	2.8	2.9	5.0	7.0	10.4	10.8	6.2	100.0

観測期間 2001 年 1 月 1 日 ~ 2005 年 12 月 31 日 (上段:出現回数, 下段:出現率(%))

2. 計算概要

2-1 波浪変形計算

波浪変形計算の基礎式には、屈折・浅水変形に加えて回折・反射・砕波変形も考慮できるエネルギー平衡方程式を用いた。

$$\frac{\partial}{\partial x}(DV_x) + \frac{\partial}{\partial y}(DV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta}(DV_\theta) = 0$$

$$V_x = C_g \cos \theta, \quad V_y = C_g \sin \theta$$

$$V_\theta = \frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right)$$

ここに、 V_x, V_y, V_θ はエネルギー輸送速度、 C_g は波の群速度、 C

は波速、 θ は北を基準として正方向から反時計回りに測った波向角、 D はエネルギー密度を表す。

指宿港周辺海岸の波の特徴は表-1 に示すように、鹿児島湾内から入射する「北からの到達波」と東・東南東方向から入射する「風波」、そして外洋で発達した「南からの到達波」が卓越している。台風時の波に相当する「南からの到達波」は波高は高いが頻度は低い。本研究は指宿海岸の海浜変形を明らかにすることを目的としているので、常時波浪といえる風波を代表とする沖波に対して解析を行った。入射条件として、沖波波高 $H = 1.0\text{m}$ 、周期 $T = 5.0\text{s}$ 、風向 $\theta = \text{ESE}(\text{Case1})$ 、沖波波高 $H = 2.0\text{m}$ 、周期 $T = 5.0\text{s}$ 、風向 $\theta = \text{ESE}(\text{Case2})$ 、沖波波高 $H = 1.0\text{m}$ 、周期 $T = 5.0\text{s}$ 、風向 $\theta = \text{E}(\text{Case3})$ の 3 ケースで計算を行った。まず、指宿港海岸の解

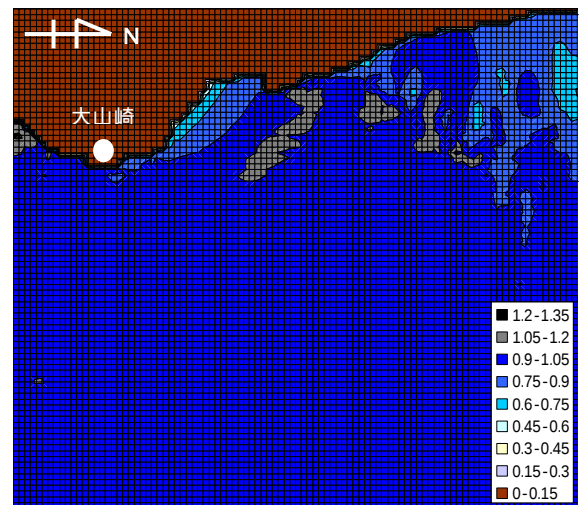


図-1 波高分布図(離岸堤なし)

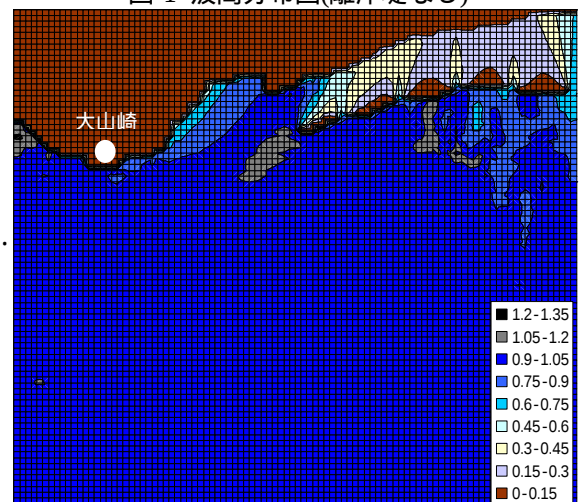


図-2 波高分布図(離岸堤あり)

析対象領域に Case1 ~ Case3 の波を入射させ波高と波向きの平面分布を解析した . 図- 1 は Case1 に対しての離岸堤を考慮しない場合の波高分布図 , 図- 2 は離岸堤を考慮した場合の波高分布図を示す . 離岸堤を考慮した場合には , 離岸堤内の波高は離岸堤を考慮しないに比べて堤内では明らかに波高が減衰するのがわかる . 図- 3・図- 4 は波高計算と同様に指宿港海岸の解析対象領域に Case 1 の条件である沖波波高 $H = 1.0\text{ m}$, 周期 $T = 5.0\text{ s}$, 風向 $\theta = \text{ESE}$ の条件の沖波を入射させ波向きを計算した図を示す . 離岸堤を考慮しない場合では沿岸部の右側に波が集中しているが , 離岸堤を考慮した場合には , 波が集中する部分に離岸堤があるため , 波が回折し波向きが変化するのがわかる .

2-2 海浜流の計算

海浜流計算の基礎方程式には次式を用いた .

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho D}{\partial t} + \frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_y}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M_x}{\partial t} + \frac{\partial UM_x}{\partial x} + \frac{\partial UM_y}{\partial y} &= \\ &- \rho g D \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{L} D \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{L} D \frac{\partial V}{\partial y} \right) - \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \tau_{bx} \right) \\ \frac{\partial M_y}{\partial t} + \frac{\partial VM_x}{\partial x} + \frac{\partial VM_y}{\partial y} &= \\ &- \rho g D \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{L} D \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{L} D \frac{\partial V}{\partial y} \right) - \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \tau_{by} \right) \end{aligned}$$

ここに , $D(=h+\bar{\eta})$ は平均水位変動 $\bar{\eta}$ を考慮した全水深 , S_{xx}, S_{yy}, S_{xy} は radiation stress の成分 , $M_x = \rho DU, M_y = \rho DV$, τ_{bx}, τ_{by} は底面せん断応力 , $\bar{L}$ は水平拡散係数である .

図- 5・図- 6 は Case1 の入射条件での海浜流を計算し , 離岸堤付近のベクトル図を示す . 離岸堤がない場合での海浜流のベクトルの大きい部分が , 離岸堤が入ると消失し , 一方で離岸堤に沿う流れが認められる .

3. まとめ

本稿では指宿港周辺海岸の波浪と海浜流の数値計算結果を示した . 底質輸送の結果については発表時に示したい .

指宿港海岸は長年にわたり侵食に悩まされてきている . 今回の研究において , 離岸堤を設置することによって消波機能においての有用性は確認できた . 今後は , 現在設置されている離岸堤ではなく , 違う地点に離岸堤を設置しての解析や , 潜堤を設置しての解析などをして , よりよい養浜工法案を検討していきたい .

今回の研究結果を活かし , 鹿児島県の観光地活性化の為にこの指宿港海岸の防災効果に加え , いかに景観を自然に近い状態で保てるかが今後の課題である .

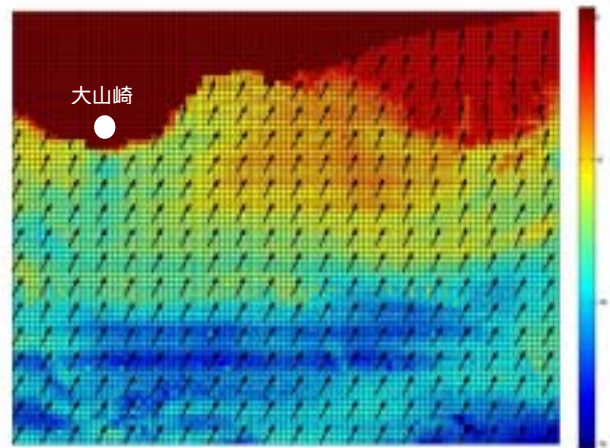


図-3 波向き分布図(離岸堤なし)

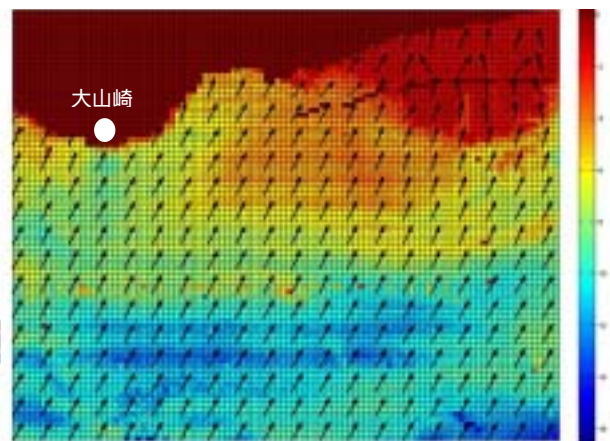


図-4 波向き分布図(離岸堤あり)

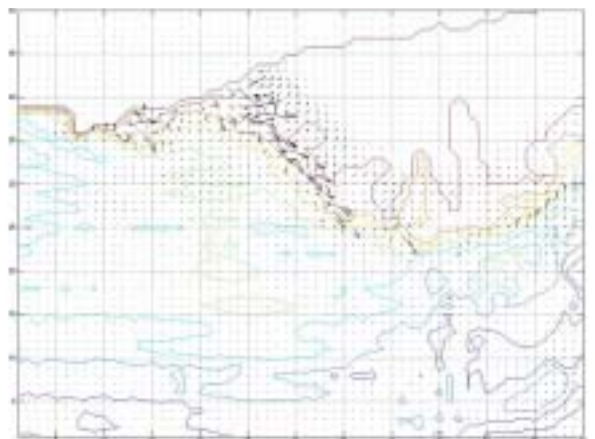


図-5 海浜流計算結果(離岸堤なし)

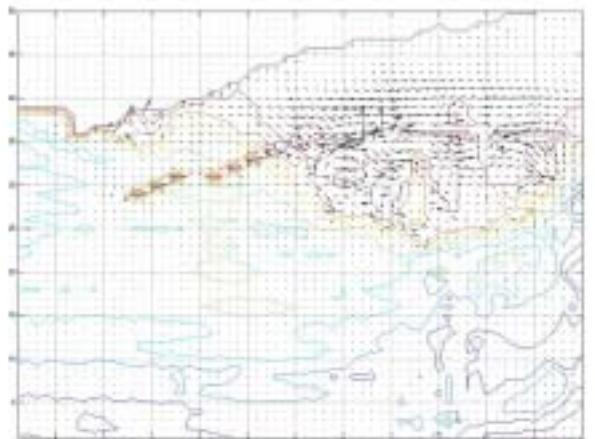


図-6 海浜流計算結果(離岸堤あり)