

(VII-27) 波動場に置かれた人工海藻周りに生じる乱れに関する実験的研究

○武蔵工業大学工学部 正会員 田中厚至
武蔵工業大学工学部 正会員 長岡裕
武蔵工業大学大学院(現川崎市水道局) 原恒司

1. はじめに

沿岸域における人工海藻を用いた波浪や漂砂の制御,あるいは人工藻場の造成などにおいて,揺動する柔軟な植生と波動場の相互作用によって作り出される複雑な流れ場を解明することは重要な課題である.

本研究では,波動場に置かれた柔軟な人工植生周りに発生する乱れに注目し,植生条件,すなわち,植生の弾性および密生度が乱れ構造に与える影響を検討した.

2. 実験装置および実験方法

実験には,幅 0.6m×高さ 1.0m×長さ 26m の図-1に示す造波水路を用いた.水路沖側より約 10m と 11mの位置に 2 器の波高計センサーを設置し,容量式波高計による水面変動の時系列変化の記録から,入射波の波高,波長などの波動条件の算出を行った.

実験水路上部より約 12m の位置より幅 0.2m×長さ 4.0m×高さ 7cm の植生装置を水路内に設置した.植生範囲は 3.08m であり,格子状配列(78 行×9 列)で,自由に植生本数を変化させることが出来る.

疑似植生には内径 4.0mm,外径 5.0mm の剛性の異なるシリコンチューブ(ヤング率 $E = 2.4 \times 10^6 \text{Pa}$),ラバーチューブ($E = 1.2 \times 10^6 \text{Pa}$),アクリルパイプ($E = 1.5 \times 10^9 \text{Pa}$)の 3 種類を使用した.シリコンチューブとラバーチューブの先端には,シリコンを充填することにより先端部からの水の浸入を防ぎ,チューブ内の空気により疑似植生が水中において直立するようにした.

実験で使用した波動の水理条件と疑似植生の植生条件を表-1に示す.植生密生度 λ の定義は[疑似植生全表面積/植生範囲面積]である.

流速の測定には後方散乱型2次元レーザードップラー流速計を使用し,植生領域において,波動の進行方向および鉛直方向の流速成分を測定した.

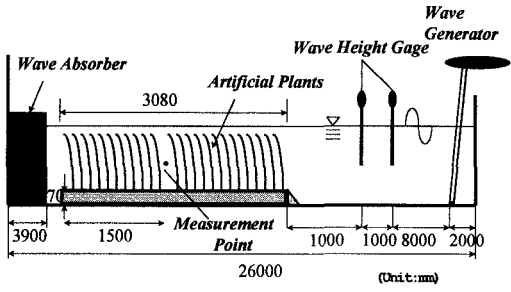


図-1 実験水路

表-1 実験条件

Case	A.V.	V.L.(cm)	D	λ	h(cm)	H(cm)	T(s)	C(cm/s)	L(cm)	h/L	H/L
1-1	Acrylic pipe	15	76 × 9	3.2	23	3.6	3.4	170	570	0.040	0.0063
1-2						4.6	2.9	150	440	0.052	0.011
1-3						7.4	2.8	190	530	0.043	0.014
1-4						8.1	2.1	150	320	0.072	0.025
1-5						11	2.4	170	400	0.058	0.027
1-6						11	2.0	180	360	0.064	0.03
1-7						12	2.7	180	480	0.048	0.025
2-1	Silicon tube	15	76 × 5	1.8	23	6.7	3.2	150	470	0.049	0.014
2-2						3.1	4.1	120	500	0.046	0.0062
2-3						11	2.3	230	530	0.043	0.020
2-4						2.5	4.2	130	520	0.044	0.0048
2-5	Silicon tube	15	76 × 9	3.2	23	8.4	2.9	150	410	0.056	0.020
3-1						3.6	3.2	190	600	0.038	0.0060
3-2						5.0	3.2	180	510	0.045	0.0097
3-3						7.1	3.0	150	480	0.05	0.015
3-4						12	2.3	145	340	0.068	0.034
3-5						3.8	2.2	150	330	0.07	0.012
3-6						7.3	2.1	140	280	0.082	0.026
3-7	Silicon tube	15	76 × 3	1.1	23	11	2.0	230	470	0.049	0.023
3-8						2.4	3.5	200	680	0.034	0.0035
4-1						3.4	2.7	170	480	0.050	0.0073
4-2	Silicon tube	15	76 × 3	1.1	23	2.1	3.7	200	740	0.031	0.0029
4-3						5.1	2.2	160	350	0.068	0.014
4-4						4.9	2.9	190	530	0.043	0.0093
4-5						6.8	2.1	130	280	0.082	0.024
4-6						7.5	2.6	150	390	0.059	0.019
4-7						8.5	2.1	140	300	0.077	0.028
4-8						9.1	2.8	100	290	0.079	0.031
4-9						11	2.0	240	480	0.048	0.023
4-10						8.5	3.4	190	660	0.035	0.013
5-1						Rubber tube	15	76 × 9	3.2	23	3.4
5-2	5.6	2.6	150	380	0.061						0.015
5-3	8.2	2.8	150	390	0.059						0.021
5-4	9.1	2.0	120	240	0.096						0.038
5-5	14	2.0	120	240	0.096						0.060
5-6	11	3.0	140	420	0.055						0.025

A.V.:疑似植生, V.L.:植生長さ (cm), D:植生配置, λ :植生密生度, h:水深 (cm), H:波高 (cm), T:周期 (s), C:波速 (cm/s), L:波長 (cm), h/L:相対水深, H/L:波形勾配

キーワード:波浪制御, 乱れエネルギー, 植生の揺動

連絡先:〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部土木工学科 TEL 03-3703-3111(内 3256) FAX 03-5707-2186

3. 実験結果及び考察

流速変動を高速フーリエ変換法によりスペクトル解析し、フィルター法により、波動成分と乱れ成分とに分離したり、フィルター法では、入射波の基本周波数の低周波領域における Harmonic peaks が途切れる周波数をカットオフ周波数とした。

植生領域内部で発生する乱れの特徴を把握するために式(1)を用いて乱れエネルギーの算出を試みた。レーザードップラー流速計による流速の測定は2次元であるために、奥行き方向の乱れ成分は算出できない。よって、本研究においては奥行き方向の乱れ成分は鉛直方向の乱れ成分と等しいと仮定した。

$$k = \frac{1}{2} (U_i^2 + V_i^2 + W_i^2) = \frac{1}{2} (U_i^2 + 2V_i^2) \quad (1)$$

ここで、 k :乱れエネルギー、 U_i :水平方向乱れ成分、 V_i :鉛直方向乱れ成分、 W_i :奥行き方向乱れ成分(=鉛直方向乱れ成分)である。

図—2に乱れエネルギー分布図の一例(Case3)を示す。乱れエネルギーのピークは植生境界面付近で現れており、植生外部領域では小さな値で分布している。乱れエネルギーの分布状況を表すパラメータの1つとして $k_{max}/\bar{k}$ (k_{max} :乱れエネルギーの最大値、 $\bar{k}$:乱れエネルギーの平均値)を定義し、図—3および図—4に示す。 $k_{max}/\bar{k}$ は波形勾配によらず 1.3 程度の値であり、植生密度および植生の弾性による違いも見られなかった。

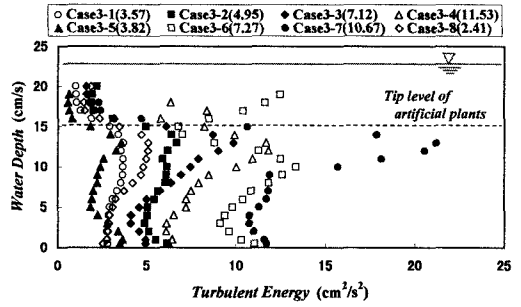
乱れエネルギーの分布状況を表すもう1つのパラメータとして $h^* = h_{max}/l$ (h_{max} :乱れエネルギーが最大となる点の高さ、 l :植生高さ)を定義し図—5に示す。柔軟な植生では、 h^* は、波形勾配によらず 0.9 程度の値で分布する傾向が見られた。また、弾性係数の小さい植生の方が h^* の値が大きくなっているが、これは、植生の揺動により、先端部で乱れが発生するためであると考えられる。

4. まとめ

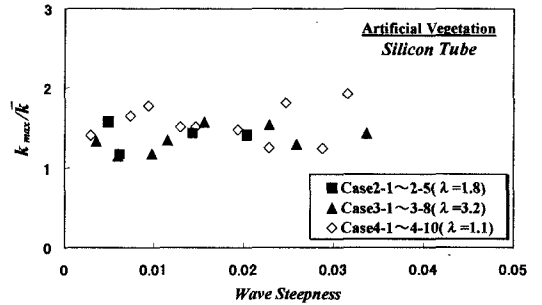
乱れエネルギーの分布状況は、波形勾配、植生密度、植生の弾性の大きさに依らず、一定の形状をとることが確認された。また、柔軟な植生では、植生の揺動により、植生高さの 9 割程度の点において乱れエネルギーが最大となることが示された。

参考文献

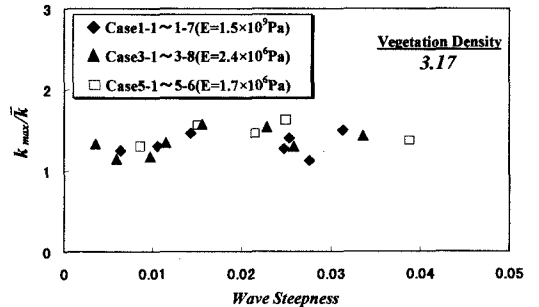
- 1) 田中厚至, 長岡裕, 原恒司:往復流下における柔軟な植生周りの流れに関する研究, 海岸工学論文集, 第46巻, 806-810, 1999



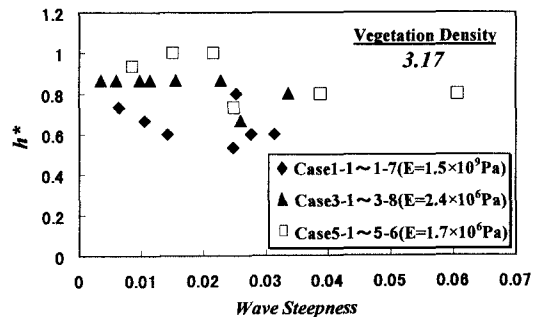
図—2 乱れエネルギー分布(カッコ内の数値は波高を示す)



図—3 植生密度と乱れエネルギー分布形状



図—4 植生の柔軟性と乱れエネルギー分布形状



図—5 乱れエネルギーが最大となる点