

(Ⅱ-48) 剛性の異なる揺動型人工海藻周りの乱れエネルギーに関する実験的研究

○武蔵工業大学大学院 学生会員 出頭 圭太
武蔵工業大学工学部 正会員 長岡 裕
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 学生会員 後藤 博子

1. はじめに

海岸域の波浪、漂砂の制御には、一般的にコンクリートなどの硬い構造物が用いられる。しかし、波の浸食作用などにより周囲の海底及び構造物表面を洗屈してしまう恐れがある。代わりの方法として、消波作用があり、海底部の砂の保持が期待できる人工海藻などの柔軟な植生を用いる方法がある。この方法は構造物や海底部の保護だけでなく、水質浄化を促す効果も期待出来る¹⁾。

本研究では、植生として3種類の弾性の異なる植生を用いて、植生周りの流速変動の測定し、植生領域内で発生する乱れエネルギーの算出を行う。波動特性及び曲げ剛性の違いによる、乱れ発生の違いについて考察を行う。

2. 実験装置

実験装置の概要を Fig. 1 に示す。長さ 600cm、幅 20cm、高さ 65cm の水路を用いて、水路端に造波装置を設置し、これにより進行波を発生させた。反対側には、反射波を抑えるために消波材を設置した。各条件ともに、水深は 45cm とした。造波装置より 100cm、170cm の位置に容量式波高計センサーを設置した。これにより水面変動の経時変化を測定し、波高及び周期など波動条件を求めた。造波装置より 240cm の位置より長さ 180cm、幅 20cm に 13×60 の正格子状に植生を配列した。植生の条件を Table1 に示す。植生密度の定義は、[植生表面積/植生面積]とし、本研究に用いた植生密度は 3.47 である²⁾。

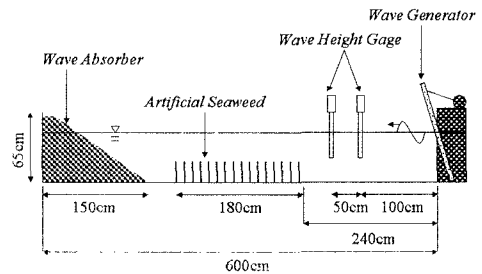


Fig. 1 Experimental setup

3. 実験方法

実験条件を Table2 に示す。流速変動の測定には、L.D.V.(Dantec 社製後方散乱型 2 次元光ファイバードップラー流速計)を使用した。測定周波数 100Hz、サンプリング数 4096 とし、水平及び鉛直方向の流速変動を測定した。トレーサーに水性修正液(白色懸濁液)を使用した。測定は、水路底面より鉛直方向に 1cm 間隔で水深 38cm まで行った。

流速変動を FFT(高速フーリエ変換)によりパワースペクトルに変換した。コヒーレンス法により波動成分及び乱れ成分に分離し、式(1)により乱れエネルギーを算出した。本実験で用いた L.D.V.は 2 次元の測定であるため、奥行き方向の乱れ成分を鉛直方向の乱れ成分と等しいと仮定した²⁾。

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

k : 乱れエネルギー(cm^2/s^2), U_i : 水平方向乱れ成分(cm/s)

V_i : 鉛直方向乱れ成分(cm/s), W_i : 奥行き方向乱れ成分(cm/s)

Table1 Specification of Artificial Vegetation

	Silicon tube	Rubber tube	Sponge
Inside diameter (m)	3.0×10^{-3}		
Outside diameter (m)	5.0×10^{-3}		
Length (m)	0.2		
Density (kg/m^3)	1.2×10^3	7.0×10^2	3.8×10^2
Flexural rigidity ($\text{N} \cdot \text{m}^2$)	1.0×10^{-5}	3.9×10^{-6}	2.5×10^{-6}

Table2 Experimental Condition

Case	H	T	c	L	H/L	M	a	b
1	5.61	2.10	28.8	60.4	0.093	Silicon tube	4.3	2.1
2	4.62	2.41	24.8	59.7	0.077		3.3	1.5
3	5.21	2.09	27.1	56.7	0.092		10.4	2.8
4	4.73	2.35	24.6	57.7	0.082	Rubber tube	9.1	2.6
5	5.29	2.09	27.1	56.5	0.094		9.7	0.6
6	4.43	2.33	25.0	58.1	0.076	Sponge	9.7	0.8

H: Wave Height (cm), c: Wave Velocity (cm/s), L: Wave Length (cm), H/L: Wave Steepness, M: Material
a: Horizontal displacement of the top of plant (cm), b: Vertical displacement of the top of plant (cm)

キーワード: 人工海藻, 乱れエネルギー, 剛性

連絡先: 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学研究科水工学研究室

4. 実験結果及び考察

Fig.2 に波高 4.43cm～4.73cm の乱れエネルギーの分布を示す。植生高さ内において、揺動時の植生先端部より 2cm～4cm 下の高さと乱れエネルギーは大きくなり、水深 6cm～9cm において小さくなる分布を示した。発生する乱れエネルギーは、曲げ剛性に比例し、シリコンチューブが最も大きく、ラバーチューブ、スポンジの順であった。

波高 5.21cm～5.61cm における、乱れエネルギーの分布を Fig.3 に示す。Fig.2 と同様の分布を示した。乱れエネルギーは、曲げ剛性が大きいシリコンチューブが、Fig.2 と同様に最大値を示した。しかし、異なる弾性であるラバーチューブとスポンジは、同様の値となった。したがって、弾性による違いを確認することは出来なかった。

また、Fig.2・Fig.3 より、波高が大きいほど乱れエネルギーは大きな値を示した。これより、乱れエネルギーの発生は、波動エネルギーに関係があると考えられる。異なる実験条件を比較するため、乱れエネルギーを単位体積あたりの波動エネルギーにより無次元化乱れエネルギー(乱れエネルギーへの転換率)を算出した。乱れエネルギーへの転換率は、式(2)のように定義した。

$$k^* = \frac{k}{\left(\frac{1}{16} \frac{gH^2}{h} \right)} \quad (2)$$

k^* :無次元化乱れエネルギー, k :乱れエネルギー (cm^2/s^2)

g :重力加速度 (m/s^2), H :波高 (cm), h :水深 (cm)

無次元化した乱れエネルギーの分布を Fig.4 に示す。シリコンチューブは、無次元化を行なうと波動特性が異なっても同様の結果となった。ラバーチューブも同様の結果が得られた。しかし、スポンジは無次元化をしても、波高が大きいほど大きな乱れエネルギーが発生した。

5. 結論

乱れエネルギーの分布は、弾性の違いに関係なく同様の形を示した。また、乱れエネルギーは、波高が大きいほど高い値を示した。曲げ剛性の大きなシリコンチューブが、最も大きな乱れを発生させた。

シリコンチューブ・ラバーチューブは、無次元化すると実験条件が異なっても同様の結果となった。しかし、スポンジは、波高が大きいほど大きな乱れエネルギーとなった。

今回の実験では、弾性の違いによる乱れエネルギー発生の違いを確認することはできなかった。

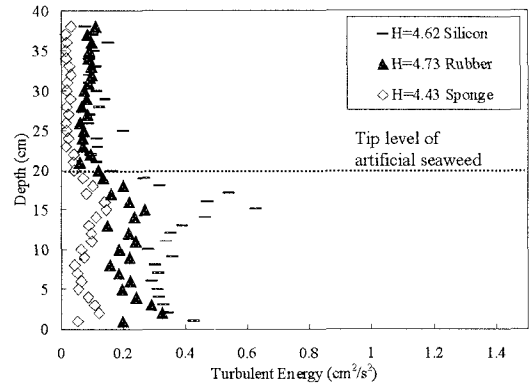


Fig.2 Turbulent Energy ($H=4.43\text{cm}\sim 4.73\text{cm}$)

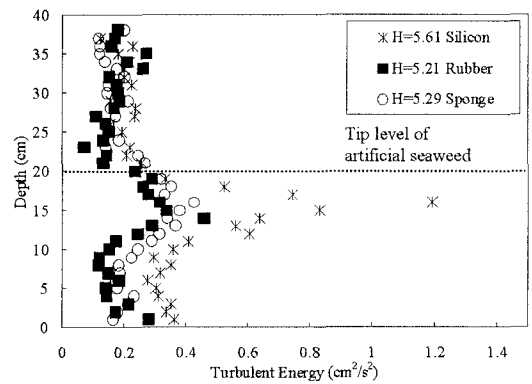


Fig.3 Turbulent Energy ($H=5.21\text{cm}\sim 5.61\text{cm}$)

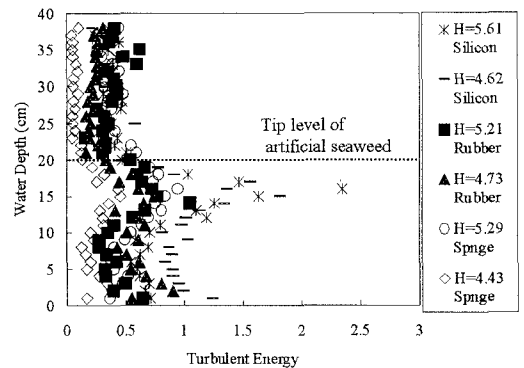


Fig4 Dimensionless of Turbulent Energy

〈参考文献〉

- 1) 伊福 誠・岩田充浩・小田一紀:人工海藻周辺の流れと漂砂, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp. 461-465, 1995
- 2) 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, pp. 806-810, 1999