

単一植生の振動流場における流体力の特性について

苫小牧工業高等専門学校 正会員 浦島 三朗
 苫小牧工業高等専門学校 正会員 中野 渉

1. まえがき

近年、環境問題に対する対応がますます重要性を増す中で、河口や湖の植生が持つ環境的機能も再確認され、その積極的な保持や利用の要求も高まってきている。一方、新たな海岸保全工法の一つとして人工海草を用いた波浪・漂砂制御技術の開発や研究も多く行われ、海草の持つ波浪制御効果も明らかにされてきている^{1)~5)}。植生域における波や流れの減衰機構の解明や植生の生育保持や維持・管理法の検討においては、これら植生に作用する波力の評価は重要である。

植生による波浪変形や作用する流体力を計算する際に、流体力係数を推定することが必要となる。模型植生群に作用する波力特性を水理模型実験によって調べられているが、植生の形状や構造が複雑なため、植生に作用する波力の特性についてはまだ未解明な点が多い。そこで本研究では、植生によるエネルギー損失量を表わす抗力係数 C_D および質量係数 C_M を振動流実験から実験的に求めようとするものである。

2. 実験方法および解析方法

実験装置には、図-1に示す振動流実験装置を使用し、観測水路部中央に三分力計に取付けた植生模型を設置して行った。観測水路部は20cm四方の矩形断面で、アクリル材を使用した。振動流実験装置はクランク車の回転半径と回転速度によって、水路内の水粒子の移動半径と周期を変化できる。本実験では、周期 $T=3.9 \sim 1.5\text{sec}$ の5種類、水粒子の移動半径は $2.4 \sim 40.6\text{cm}$ の6種類で行った。植生模型は、写真-1に示すように高さ 18cm 、幅 $D=4\text{cm}$ で1株設置してある。実験は、タンク内の水位を容量式波高計、植生に作用する全水平力を三分力計により、サンプリング周波数 20Hz で同時測定した。時間軸0はタンク内の水位記録より決定している。

植生模型に作用する全水平流体力 F_T は、揚力がないものとするMorisonが提案した構造物背後の渦によって生ずる抗力 F_D と、圧力勾配によって生ずる力ならびに構造物の存在による構造物周囲の物体が加速されるために生ずる力の慣性力 F_I の線形和として表されると仮定すると式(1)のようになる。ここで、 ρ は密度、 u および $\dot{u}$ は観測水路部の水粒子速度および加速度、 A および V は植生模型の投影面積および体積を示し、植生模型を直径 D の円柱と仮定して求めている。データ解析は、

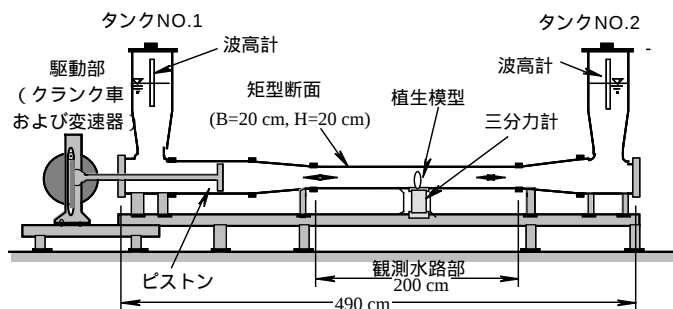


図-1 振動流実験装置概要図



写真-1 植生模型および三分力計

$$\begin{aligned} F_T(t) &= F_D(t) + F_I(t) = C_D(t) \diamond f_D(t) + C_M(t) \diamond f_I(t) \\ &= C_D(t) \diamond \frac{u \diamond \dot{u}}{2} A + C_M(t) \diamond \rho \dot{u} V \end{aligned} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{\begin{vmatrix} \hat{A} F_T(t) \diamond f_D(t) & \hat{A} f_D(t) \diamond f_I(t) \\ \hat{A} F_T(t) \diamond f_I(t) & \hat{A} f_I(t)^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \hat{A} f_D(t)^2 & \hat{A} f_D(t) \diamond f_I(t) \\ \hat{A} f_D(t) \diamond f_I(t) & \hat{A} f_I(t)^2 \end{vmatrix}}$$

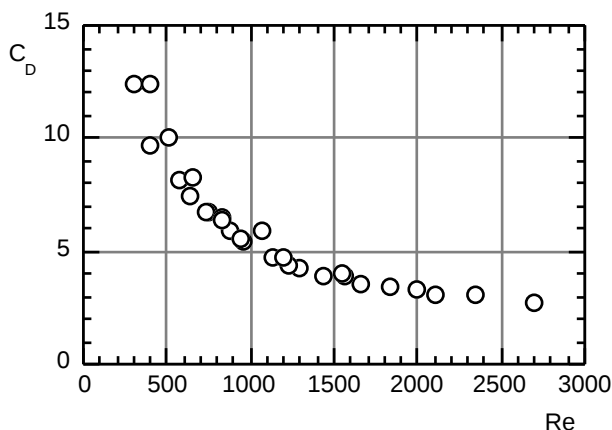
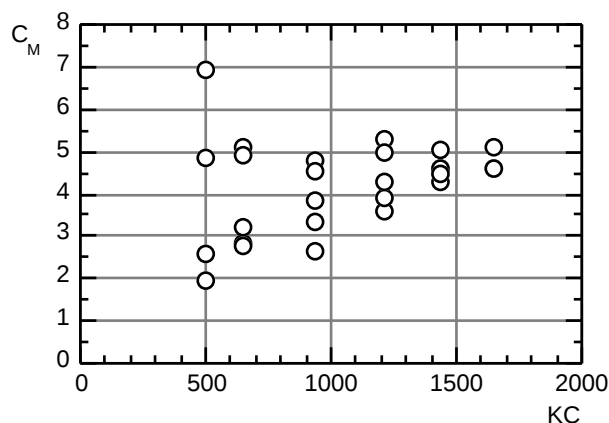
$$C_M = \frac{\begin{vmatrix} \hat{A} f_D(t)^2 & \hat{A} F_T(t) \diamond f_D(t) \\ \hat{A} f_D(t) \diamond f_I(t) & \hat{A} F_T(t) \diamond f_I(t) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \hat{A} f_D(t)^2 & \hat{A} f_D(t) \diamond f_I(t) \\ \hat{A} f_D(t) \diamond f_I(t) & \hat{A} f_I(t)^2 \end{vmatrix}} \quad (2)$$

$$Re = \frac{\bar{u} \diamond D}{\nu} \quad KC = \frac{\bar{u} \diamond T}{D} \quad (3)$$

実測の全水平力と観測水路部内の水粒子速度および加速度から式(2)の最小自乗法による方法で抗力係数 C_D および質量係数 C_M を算出した。また、レイノルズ数 Re およびクーリガン・カーペンター数 KC は、式(3)で定義し

キーワード：植生、流体力、抗力係数、質量係数、振動流

連絡 先：〒059-1275 苫小牧市字錦岡4 4 3 番地 苫小牧工業高等専門学校 TEL/FAX (0144) 67 - 8060

図 - 2 抗力係数 C_D とレイノルズ数 Re の関係図 - 3 質量係数 C_M と KC 数の関係

た。ここで、 ν は水の動粘性係数、水粒子速度は一周期の平均水粒子速度 $\bar{u}$ で定義した。

3. 実験結果および考察

最小自乗法によって求めた抗力係数 C_D をレイノルズ数 Re で整理した結果を図 - 2 に示す。この図より抗力係数はレイノルズ数が小さな範囲においてはレイノルズ数が増加するに従い抗力係数が減少する層流的な抵抗特性を示し、レイノルズ数が大きな乱流域においてはほぼ一定値に近づく傾向を示している。このような結果は、多孔壁やスリット壁のような透水性の壁と同一の傾向を示している。

質量係数 C_M のクーリガン・カーペンター数 KC に対する変化の関係を図 - 3 に示す。この図よりクーリガン・カーペンター数が大きな範囲においては、質量係数がほぼ一定値に近づいていることを表している。しかし、クーリガン・カーペンター数の小さい範囲では質量係数のばらつきが大きくなっている。図 - 4 の全流体力中の抗力 F_D と慣性力 F_I の比 F_I/F_D に示されるように、レイノルズ数 Re の小さい範囲では抗力が卓越し慣性力が小さくなり、質量係数 C_M の算出精度が下がるものと考えられる。

実測最大全水平力と抗力係数 C_D 、質量係数 C_M より求

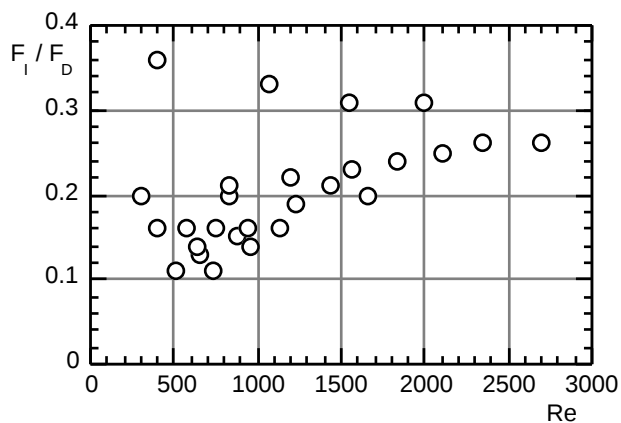


図 - 4 抗力と慣性力の比

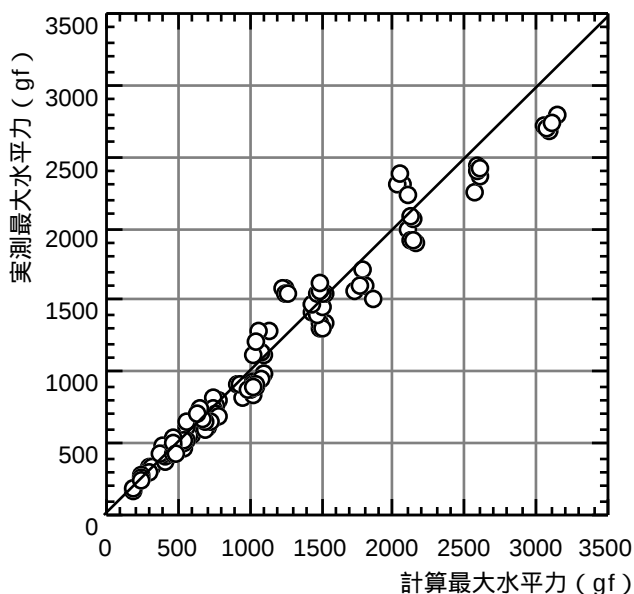


図 - 5 流体力の計算値と実測値の比較

めた計算最大全水平力との関係を図 - 5 に示す。この図より、実測値と計算値がほぼ一致していることがわかる。

4. まとめ

本実験より、単一植生の抗力係数 C_D および質量係数 C_M が推定することができた。しかし、植生の变形による影響および慣性項の精度が今後の課題として残されている。

参考文献

- 1) 浅野・筒井・酒井, 海講論文集, 第35回, pp.138 - 142, 1988.
- 2) 菅原・永井, 海岸論文集, 第39巻, pp.461-465, 1992.
- 3) 伊福, 海岸論文集, 第44巻, pp.536-540, 1997.
- 4) Mazda Y., E. Wolanski, B. King, A. Sase, D. Ohtsuka, and M. Magi, Mangrove and Salt Marshes, 1(3), pp.193-199, 1997.
- 5) 林・萩原・上厚・藤間・重村, 海岸論文集, 第45回, pp.1121-1125, 1998.