

沈水植生に作用する波力計測と消波特性評価

防衛大学校建設環境工学科 学生会員 ○ウィットワット ローナン
防衛大学校建設環境工学科 正会員 林 建二郎

1. はじめに

湖沼や内湾に生育している水辺植生まわりの流れ特性や植生に作用する波力特性の把握は、これら植生の耐波評価（＝生育条件）や、植生群が有する波浪減衰評価（＝防災効果）において重要である^{1),2)}。本研究は、水辺植生や樹木に作用する流体力と流れのエネルギー減衰特性を明らかにすることを目的として、波動場における水辺植生 1 本に作用する波力特性および波に対する動揺特性を、実際に生育している「ササバモ」を用いて水理実験により調べたものである。また、これら評価量を基に、植生群による流れのエネルギー減衰効果の評価を行なった。

2. 実験装置および方法

実験には、図-1 に示す長さ 40m、幅 0.8m、高さ 1m の吸収式造波装置付き 2 次元造波水槽を用いた。水槽の他端には 1/20 勾配の消波用斜面を設置した。本斜面からの波の反射を小さくするために、斜面上に厚さ 5cm の塩化ビニール製のサンドマットを敷設した。波の反射率は $K_r < 0.1$ であった。

沈水植物の一種である霞ヶ浦湖産の「ササバモ」1 本（植生長さ=60cm、茎径=1~2mm、葉の枚数=12 枚）に作用する波の進行方向波力 F_x と鉛直方向波力 F_z を、写真-1 に示すように水路床の下面に設けた小型 2 分力計（三計エンジニアリング製、定各容量 200gf）に取り付けて計測した。

容量線式波高計を植生の真横 20cm の位置設置し、作用波の水位変化 η を計測した。また、この波高計とその前方約 $L/4$ (L : 波の波長) の位置に設置した波高計を用いて消波斜面からの反射率 K_r ($=$ 反射波高 H_r / 入射波高 H_i) を計測した。 K_r の評価に必要な入射波高 H_i と反射波高 H_r の算定には入・反射分離法を用いた。実験使用した規則波の周期は $T=0.8, 0.9, 1.2, 1, 2, 3$ sec の 6 通り、波高の範囲は $H=2\sim 26$ cm とした。

植生に対する波の水粒子速度を精度良く評価するために、植生の真横約 25cm の位置における波水粒子速度の水平および鉛直方向性分 u, v を、2 成分レーザードップラー流速計（Dantec 社製）を用いて計測した。

3. 結果および考察

本ササバモ（沈水植物）1 本に作用する、全波力の水平および鉛直方向 F_x, F_z と、波の水位 η 、ならびに波の水粒子速度 u, v の時間変化の一例を図-2 に示す。波の水位変化 η の大きい位相では、波水粒子速度の水平成分 u が大きくなる結果 F_x が卓越する。 η が小さい位相では鉛直成分 v が大きくなる結果 F_z が卓越する。

計測時間内における F_x, F_z の正の最大値 F_{xmax}, F_{zmax} と負の最大値 F_{xmin}, F_{zmin} の、入射波高 H_i に対する変化特性を図-3 に示す。周期は $T=2s$ の場合である。これら波力は、 H_i^2 ではなく $H_{ic}^{1\sim 1.5}$ に比例して増加している。これは、波高の増加に伴い波の水粒子速度が増加し、茎部の傾倒や葉部

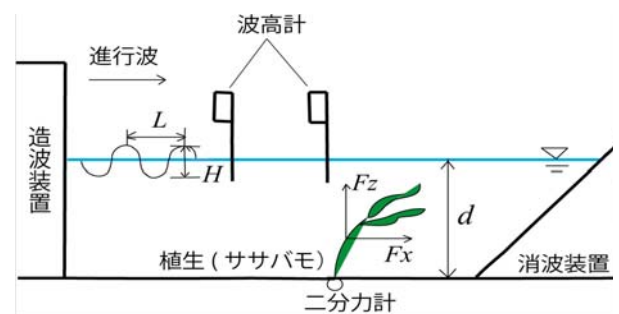


図-1 実験装置概要図

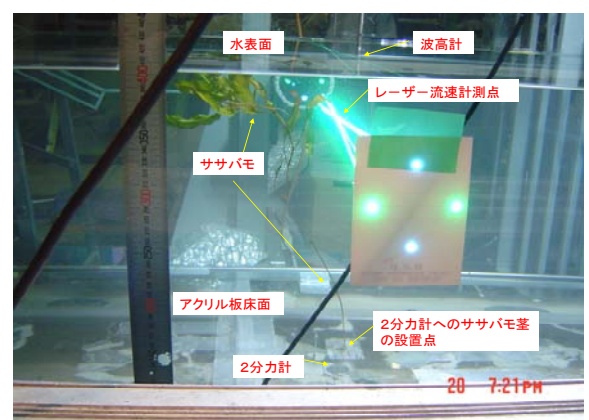


写真-1 実験概要（2 分力計への植生設置）

キーワード 沈水植生、ササバモ、波力、損失エネルギー、底面摩擦係数

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810 E-mail: hayashik@nda.ac.jp

の形状変化が顕著となり、流れに対する植生の投影面積が減少するためと考えられる。

本実験に使用したササバモ 1 本に周期 $T=2$ 秒の波が作用した場合に失われる単位時間当たりの波の損失エネルギー EL_u , EL_v 並びに $EL_{uv}=EL_u+EL_v$ の波高 H_{imax} に対する変化を図-4 に示す¹⁾。図中には、 EL_{uv} の H_{imax} による近似式 ($EL_{uv}=aH_i^\beta=0.068H_i^{2.09}$) を記入している。

同様な解析¹⁾を、周期 $T=0.8, 0.9, 1.2, 1, 3$ sec に対しても行ない、上記の α と β の周期 T に対する変化特性を調べた結果を図-5 に示す。横軸には周期 T に対応する水深・波長比 d/L をとっている。また、図中には、他の種類の実水辺植生および植生模型における評価結果¹⁾も示している。 $d=60$ cm の本ササバモの結果と、 $d=50$ cm の他のササバモの結果 (2002 年実施) との再現性は良好である。 α および β は植生の種類によって異なるが植生一株 (本) が有する損失エネルギー効率を示す指標となりうる¹⁾。

実験で用いたササバモが、水深 $d=60$ cm の湖底に単位 m^2 当たり 200 本生育している場合の換算底面摩擦係数 f_{wc} を推定し、軌道振幅レイノルズ数²⁾ R_a に対する変化を図-6 に示す。図中には滑面での底面摩擦係数²⁾ f_w を評価した Jonsson の結果²⁾ を点線で示す。ササバモ群落が生育している場で換算底面摩擦係数 f_{wc} は、滑面の場合より一桁大きくなっている。

4. おわりに

沈水植生のササバモに作用する波力特性とササバモ群落が有する抵抗則を明らかにすることができた。

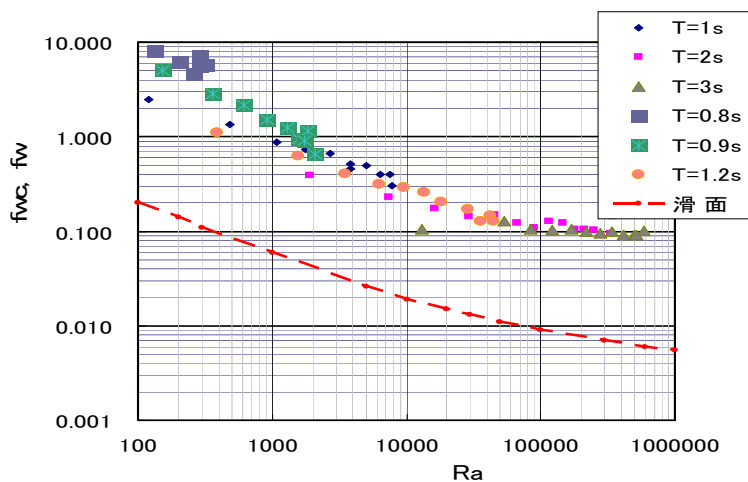


図-6 底面摩擦係数 f_w と軌道振幅レイノルズ数 R_a

参考文献：1) 林，高橋，重村：湖岸や海岸に生育している水辺植生に作用する波力と消波機能の評価法に関する研究，海岸工学論文集，第 49 巻，pp.721-725, 2002. 2) 林建二郎，斉藤良：植生群中の底面せん断力評価と局所洗掘特性，土木学会論文集 B2, Vol.66, pp.1106-1110, 2010.

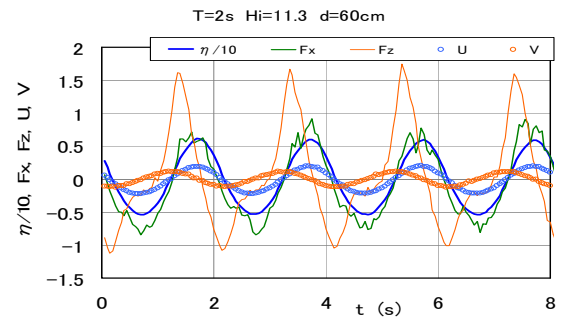


図-2 波力 F_x , F_z の時間変化

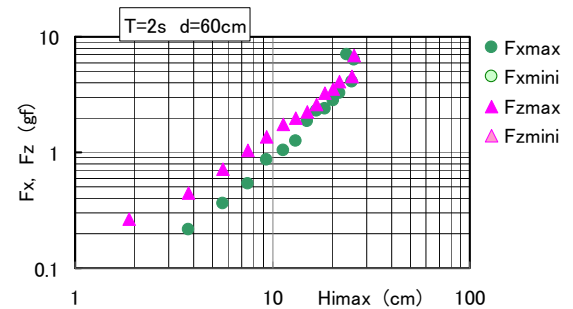


図-3 波力 F_x , F_z と波高 H_{imax} の関係

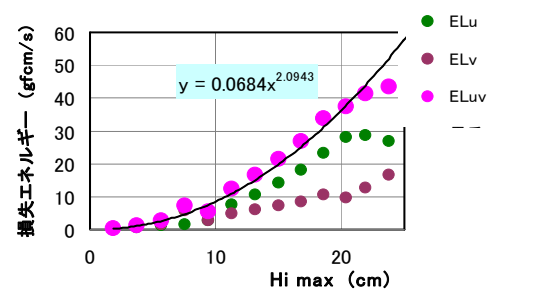


図-4 損失エネルギーと波高の関係 ($T=2$ s $d=60$ cm)

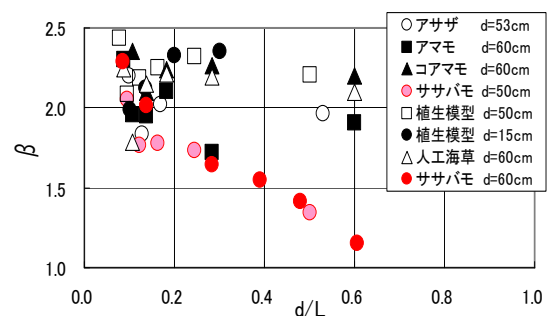
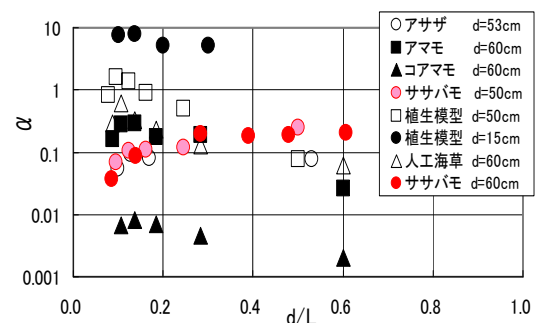


図-5 各種水辺植生が有する α と β の特性