

波動場で揺動している柔軟な植生に作用する流体力に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○今野 政則
防衛大学校 正会員 林 建二郎

1. はじめに

水辺植生に作用する流体力とその耐波特性を把握することは、水辺植生の保持・育成法の検討や水辺植生が有する消波機能特性および護岸浸食防止機能等の評価において重要である¹⁾。沈水植物に作用する波力特性については様々な研究が行われてはいる²⁾が、波動場では植生は大きく揺動し形状も変化するため、植生に作用する流体力についてはまだ十分には把握されていない。本研究は、波動場で揺動している柔軟な植生に作用する流体力を分力計より検出し、柔軟な植生の揺動特性と流体力特性を検討したものである。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略を図-1に示す。実験には、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1/30勾配の消波用斜面を設置した。発泡部材(比重=0.146;古河電工(株))を模型植生として使用した。植生の大きさは横幅 $b=1\text{cm}$ 、厚さ $t=0.1\text{cm}$ 、長さ $S=10\sim 50\text{cm}$ とした。図-1に示すように、水位変化 η を計測するために容量線式波高計を力測定用植生模型の真横20cmの位置とその前方約 $L/4$ (L : 波の波長)の位置に設置し、入射波高 H_i と消波斜面からの反射率 K_r を計測した。ビデオ撮影を行い模型植生の揺動特性を調べた。実験に使用した規則波の周期は $T=1.4\text{s}$ 、波高は $H=9.2\sim 22.4\text{cm}$ とし、静水深は $d=70\text{cm}$ とした。測定データのサンプリング時間は70sとし、サンプリング個数は2048個とした。

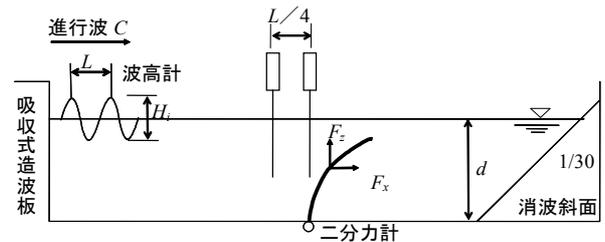


図-1 実験装置の概略

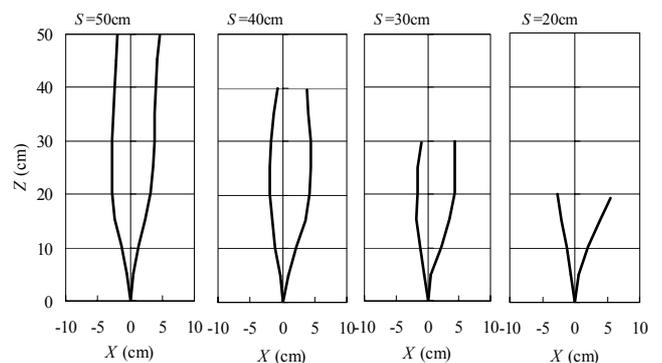


図-2 模型植生の揺動形態

3. 結果及び考察

(1) 模型植生の揺動特性

模型植生の揺動形態を図-2に示す。 X の正値が岸側への最大変位、 X の負値が沖側への最大変位である。 $Z=0\text{cm}$ が水路床である。植生の中央部分で振幅が最大となる2次の振動モードに近い場合と、植生の先端部の振幅が最大となる1次の振動モードの2種類のパターンがあった。振動モードは、植生の剛性と植生長によって変化した。

(2) 模型植生の位相特性

模型植生に作用する波力の波進行方向成分を F_x 、水位変化 η とする。植生長 $S=50\text{cm}$ の場合の F_x 、 η の時間変化を図-3に示す。

F_x は η よりも若干位相が遅れている。この位相差 ϕ は植生の揺動による影響が考えられる。

位相差 ϕ を、実験値の F_x と η のフーリエ解析から求めた。 H_i をパラメーターとして ϕ の植生長と静水深比 S/d に対する変化特性を図-4に示す。 H_i が変化しても ϕ の変化は小さい。 ϕ は $0.29 < S/d < 0.7$ においては S/d の減少とともに減少し、 $0.14 < S/d < 0.29$ においては S/d の減少とともに増加傾向にあった。

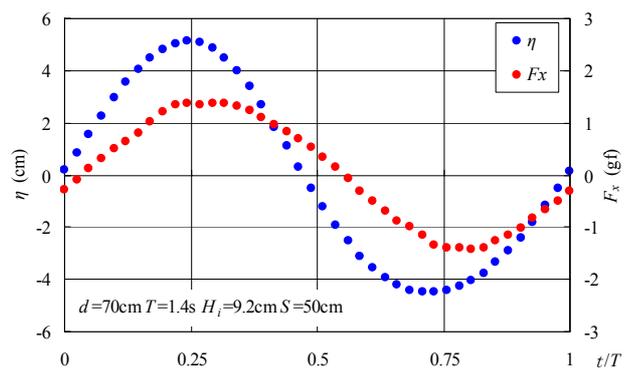


図-3 η, F_x の時間変化の一例

キーワード 柔軟な植生, 揺動, 流体力

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 Tel 0468-41-3810

(3) 模型植生の波力特性

模型植生に作用する波力の波進行方向成分 F_x の片振幅値を F_{xamp} とし、植生の波進行方向の投影面積 A_s とする。 H_i をパラメーターとして単位面積当たりの波力 F_{xamp}/A_s の S/d に対する変化特性を図-5に示す。同一 H_i においては S/d の減少にともない F_{xamp}/A_s は増加傾向にあり、植生に作用流体力を単純に投影面積と植生と関係づけることができないことを意味する。

(4) 模型植生に作用する波力の定量的評価

揺動している植生に作用する流体力を検討する際には、植生と水粒子との相対速度を考慮しなければならない。相対速度を考慮した抗力係数 C_D は(1)式で求められる。

$$C_D = F_{xamp} / \left\{ \int_0^s \frac{1}{2} \rho b \left(u(z) - \frac{dX(z)}{dt} \right) \left| u(z) - \frac{dX(z)}{dt} \right| dz \right\} \quad (1)$$

$u(z)$ は水粒子速度の水平成分であり、 $dX(z)/dt$ は場所によって変化する植生の揺動速度である。 C_D の $R_e (=bU_p/\nu, U_p$: 代表流速, ν : 動粘性係数) に対する変化特性を図-6に示す。 R_e の代表長には植生幅 b を、代表流速は水路床から植生先端部までの相対速度の平均値とした。 C_D は約 6~12 と大きな値となり、 R_e の減少とともに増加している。 C_D が大きな値となるのは、植生と水粒子速度との相対速度は小さく R_e が小さいためと考えられる。

上記のように、植生の揺動を考慮して、 C_D の算出は可能であるが、植生の揺動量 X は場所によって大きく異なり、その詳細な変化を調べることは困難である。また、植生に作用する波力を推定する場合は、詳細な植生の揺動特性が必要となる。そこで揺動量 X を考慮しない、すなわち揺動の影響を含めた抗力係数 C'_D を検討する。 C'_D は(1)式で $dX(z)/dt=0$ とし算出した。 S/d をパラメーターとして C'_D の R_e に対する変化特性を図-7に示す。 $S=50\text{cm}$ の場合の一樣流中の C'_D もあわせて示す。 R_e の代表長には植生長 S を使用し、代表流速 U_p は水路床から植生先端までの平均流速とした。 S/d が変化しても C'_D は同一曲線上で推移し、 R_e の関数であることが分かる。このことは C'_D の R_e に対する変化特性が植生長 S の影響を受けないことを意味し、植生長が変化しても植生に作用する流体力の推定が可能である。また、図-7に示すとおりに一樣流では植生の揺動の影響が極めて小さいため C'_D は波動場よりも大きくなる²⁾。

4. おわりに

植生の揺動特性を考慮し、植生に作用する流体力の定量的評価を試みた。その結果、植生の揺動の影響も含めた抗力係数 C'_D は植生長 S に関係なく R_e の関数となることが分かった。このことから、植生長が変化しても植生の詳細な揺動特性を把握せずに植生に作用する流体力を推定することが可能となった。

5. 参考文献

- 1) 金澤 剛・芳田利春・川崎和俊：波高減衰及び地形変化抑制効果を期待した人工海草設置法に関する研究，海岸工学論文集，第49巻(2)，pp.1316-1320，2002。
- 2) 瀬戸雅文・水野武司・山田俊郎・梨本勝昭：縦スリット型藻礁の水理特性に関する研究，海岸工学論文集，第44巻，pp.971-975，1997。

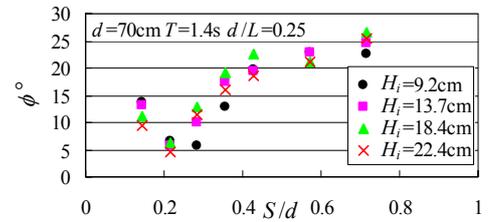


図-4 ϕ の S/d に対する変化特性

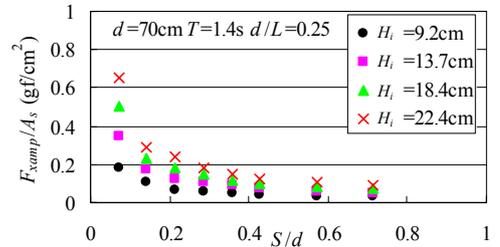


図-5 F_{xamp}/A_s の S/d に対する変化特性

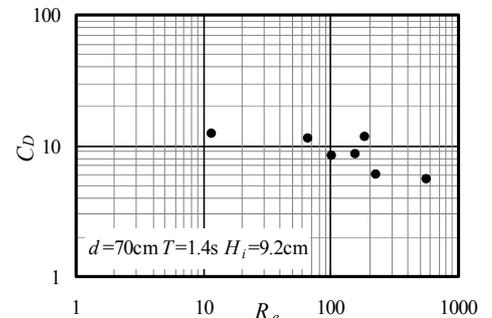


図-6 C_D の R_e に対する変化特性

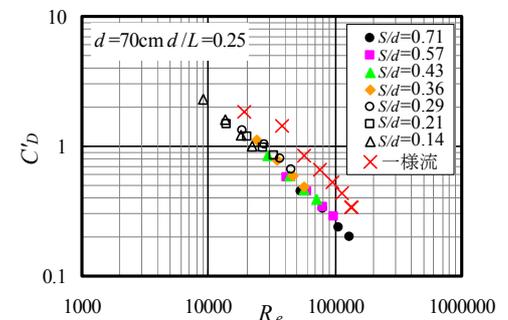


図-7 C'_D の R_e に対する変化特性