

実植生に作用する波力および衝撃的流体力特性

防衛大学校 学生会員 ○梨子本陽太
防衛大学校 正会員 林建二郎

1. はじめに

汽水域や海岸線に生育している水辺植生、マングローブや海岸林は、水質浄化や防風・飛砂防止効果等の環境再生機能の他に波浪減衰効果等の防災機能を有する。これら植生や樹林が有する波浪減衰効果の評価においては、植生や樹林への作用波力の的確な評価が重要である。水深が浅く樹幹部のみが浸水している場合は、円柱群が有する流体力特性の適用が可能であるが³⁾、水深が増加し樹木が水没した場合には、枝と葉からなる樹冠部への作用流体力の評価も重要となる。しかし、枝葉の複雑な構造や流れに対する傾倒変形を有する樹冠部に作用する流体力特性の把握はまだ不十分であり、その評価法も確立されていない¹⁾。

本研究は、樹林に作用する波力特性および樹林帯が有する波エネルギー減衰効果を明らかにすることを目的として、室内造波水槽内に設置された小型実植生に作用する規則波波力と砕波による衝撃的流体力の計測を行ったものである。

2. 実験方法

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。波の進行方向を X 軸の正、その横断方向を Y 軸、床面から樹幹上方向を Z 軸の正とする。水槽の床下に設置されている 3 分力計（三計エンジニアリング(株)、容量 2 Kgf、固有振動数 50Hz）に、円筒ポット（外径=8cm、高さ=5.5cm）で育成した小型実樹木（杉の苗木、高さ $H_t=30$ cm、最大樹冠幅 $B_c=12$ cm、樹幹径=1.2cm、床より樹冠下端までの距離 $H_c=2$ cm）を鉛直に取り付け、本樹木全体に作用する力の X 方向成分 F_x 、鉛直上方向成分 F_z ならびに Y 軸まわりの曲げモーメント M_y を測定した。樹木まわりの水位変化を計測するために、樹幹から横断方向に $y=19$ cm 離れた波の進行方向測線上に 3 本の波高計を 64cm 間隔で設置した。波の水粒子速度の計測にはレーザードップラー流速計を使用した。作用規則波の静水深は $d=20$ cm と 30cm の 2 種類、周期は $T=2$ sec. と 5sec. の 2 種類である。樹幹の真横（ $x=0$ cm、 $y=21$ cm、 $z=0.6d$ ）における波の水粒子速度水平方向成分の計

測値を代表波水粒子速度 U_c とした。砕波時の樹木に作用する衝撃的な流体力を計測するために、樹木の沖方向 $x=-3.5$ m の地点にダム板を設置し、ダム決壊に伴い発生する段波を樹木に作用させた。ダム決壊前の貯留水深を h_0 とする。段波の代表水位 h_c の計測点は $x=0$ 、 $y=19$ cm、代表流速 U_c の計測点は $x=0$ 、 $y=19$ cm、 $z=2$ cm とした。

3. 樹木の振動方程式

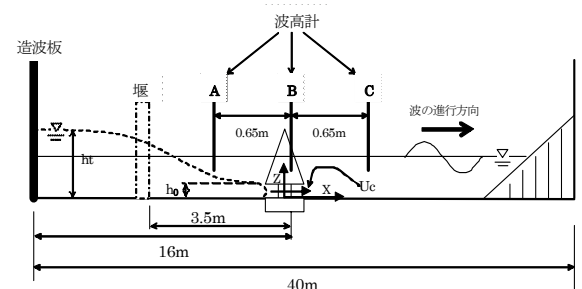
樹木に作用する流体力=波力の X 軸方向成分 F_{x_f} による樹木の X 方向への等価代表振動量を x_c とすると、下記の線形振動方程式が得られる。

$$M_t d^2 x_c / dt^2 + C dx_c / dt + K x_c = F_{x_f}(t) \quad (1)$$

式中、 M_t は本振動系の等価質量であり樹木、円筒ポット、3分力計内バネ梁部の質量等が含まれる。C は等価

キーワード 円筒式透過性防波堤、透過率、反射率、抗力係数、消波エネルギー

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



図

1、実験装置外観図

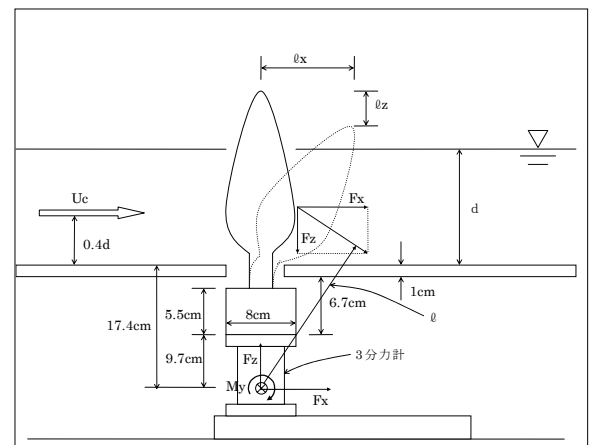


図 2、実験装置細部図

係数である。 K は等価バネ係数である。 $F_{x_f}(t)$

は樹木に作用する正味の波進行方向流体力である。 $K x_c$ は 3 分力計が検知する力 F_x であり、次式で表される。

$$F_x = K x_c = F_{x_f}(t) - M_t d^2 x_c / dt^2 - C dx_c / dt \quad (2)$$

3. 結果および考察

規則波の実験に用いた樹木(幼苗杉)の代表 KC 数は 20 ～ 200 の範囲である。従って、作用波力 $F_{x_f}(t)$ においては、抗力成分が支配的であり慣性力成分の寄与は小さい。本樹木の抗力係数 C_D と揚力係数 C_L を、3) 式と 4) 式でそれぞれ定義する¹⁾。

$$C_D = 2F_{x_f}(t)_{\max} / (\rho A_h U_{p_{\max}}^2) \quad (3)$$

$$C_L = 2F_z(t)_{\max} / (\rho A_h U_{p_{\max}}^2) \quad (4)$$

式中、 ρ は水の密度、 $F_{x_f}(t)_{\max}$ 、 $F_z(t)$ 、 $U_{c_{\max}}$ は波の峰の位相時における $F_{x_f}(t)$ 、 $F_z(t)$ と U_c の値である。

本実験においては、樹木振動量 x_c の変動速度、加速度は小さいので、 $F_{x_f}(t)$ は F_x で近似できる(1)式参照)⁴⁾。 A_h は、水深 $= d + H/2$ (H : 波高)の静止流体中に水没している本樹木の波の進行方向投影面積である。

本幼苗杉の抗力係数 C_D と揚力係数 C_L の代表水粒子速度 $U_{c_{\max}}$ に対する変化特性を水深 d と波周期 T をパラメータとして図-3、図-4に示す。樹木に作用する揚力 F_z の方向は重力方向 (= 床方向) である結果、 C_L は負値となっている。 $U_{c_{\max}}$ の増加に伴い樹木傾倒や樹冠の変形が増加する結果、 C_D および C_L の絶対値は減少している。この C_D 値の減少特性は、一様流中の風洞に置かれた模型樹木の抗力係数 C_D の場合と同様である¹⁾。

段波における本幼苗杉の C_D および C_L を、3)、4) 式でそれぞれ定義する¹⁾。式の $F_{x_f}(t)_{\max}$ 、 $F_z(t)$ 、 $U_{c_{\max}}$ は、段波衝突後における $F_{x_f}(t)$ の最初のピーク値が生じる位相における $F_{x_f}(t)$ 、 $F_z(t)$ と U_c の値である。 A_h はその位相時の水深 h_t と同じ静水深における本幼苗杉の段波進行方向への投影面積である。

C_D と C_L の U_c に対する変化を水深 d と波周期 T をパラメータとして図-5 に示す。 U_c が 75 ～ 175 cm/s と大きくなった結果、 U_c が小さい規則波の場合に比べて、 C_D は 0.6 ～ 1.4、 C_L の絶対値は 0 ～ 0.8 と減少している。

5. おわりに

本実験で得られた C_D および C_L の U_c に対する変化特性を基に、実海岸林に作用する波力評価および実海岸林の持つ波エネルギー減衰機能の評価を行う予定である。

参考文献 1) 林建二郎他：単独樹木に作用する風力と流れ，日本本流体力学講演概要集，8p.，2006. 2) 林建二郎：多

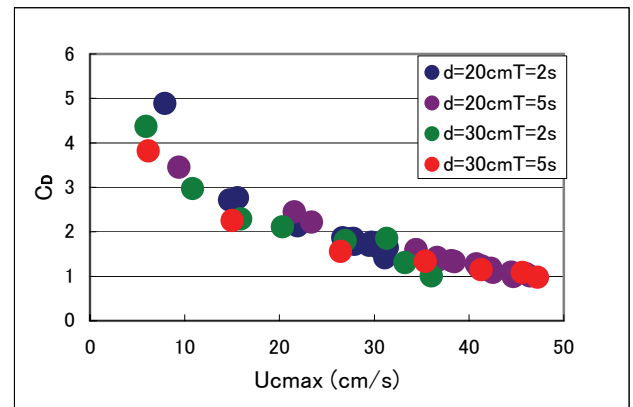


図 3、規則波における樹木(幼苗杉)の C_D

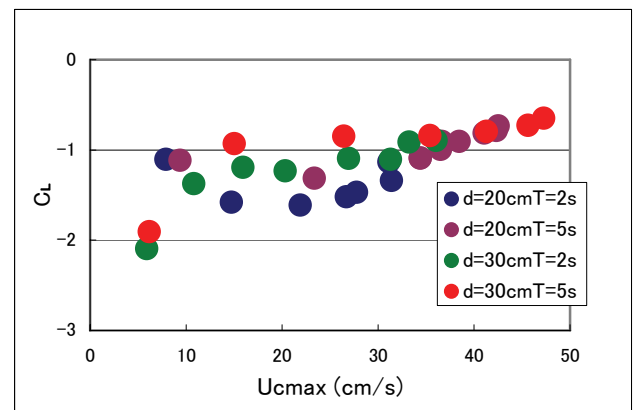


図 4、規則波における樹木(幼苗杉)の C_L

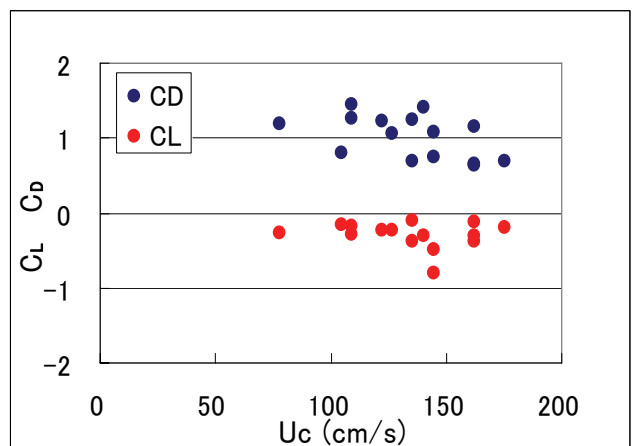


図 5、段波における樹木(幼苗杉)の C_D および C_L

分力計による水理構造物に作用する衝撃的流体力の計測，水工学論文集，第 52 巻，6p.，2008. 3) 林建二郎他：粗な樹林密度で配置されている円柱群に作用するな波力と消波機能に関する研究，海岸工学論文集，第 4-7 巻，pp. 766-770，2000. 4) 林建二郎：多分力計による水理構造物に作用する衝撃的流体力の計測，水工学論文集，第 52 巻，6p.，2008.