

円柱群の有する透過率、反射率の評価

防衛大学校建設環境工学科 学生会員 ○谷口慧二

防衛大学校建設環境工学科 正会員 林健二郎

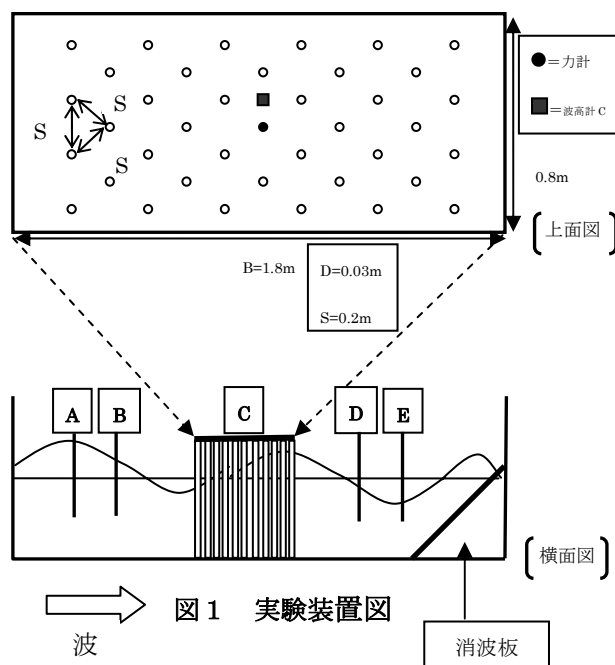
1. 目的

汽水域や海岸線に生育しているマングローブや樹林帯（海岸林）に作用する波力特性の把握は、これら水辺植生の育成および植生群が有する波浪減衰効果の評価において重要である。水深 d が浅く樹幹部のみが浸水している場合の抵抗則は、円柱群が有する抗力係数 C_d や単位床面積に占める樹幹部断面積の比である樹林帯密 $\lambda = n\pi D^2/4$ (D =円柱径, n =単位面積当りの円柱本数) の関数として評価可能である。一方、水深が増加した場合においては、小枝と葉からなる樹林樹冠部の流体力評価も必要となる。しかし、流れに対し変形する複雑な構造の樹冠部に作用する流体力特性の把握は不十分であり、その評価法も確立されていない。本研究は、汽水域や海岸線に生育しているマングローブや樹林帯（海岸林）が有する消波効果の評価を目的として、円柱群と高密度間隙体（ヘチマロン）の消波・反射特性を調べたものである。

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。樹林に見立てた図 1 のようなアクリル円柱群を水槽内に設置した。直径 $D=3\text{cm}$ の各円柱の中心間隔は $S=0.2\text{m}$ とした。円柱群からの波の反射率および透過率を計測するために、容量線式波高を、円柱群の沖側に 2 つ(波高計 A,B)、岸側に 2 つ(波高計 D,E) 設置した。それぞれ 2 つの波高計の設置間隔は波長 L の約 1/4 とした。入射波高 H_i と反射波高 H_r の分離評価には入射分離法を用いた。波高計 D,E より透過波高 H_t を評価した。

実験水深は $d=0.5\text{m}$ の一種類とした。使用した規則波の周期は $T=2,3$ 秒の 2 種類、入射波高の範囲は $H_i=2\sim22\text{cm}$ とした。水深波長比は $d/L=0.123, 0.078$ である。波高水深比の範囲は $0.04 < H_i/d < 0.4$ である。



3. 透過率と反射率の評価式

円筒列中の一本円筒に作用する透過波による波の進行方向波力 F_x の抗力項をモリソン式で評価し、波高 H_t を有する透過波に微小振幅波理論を適用すると、 F_x による周期 T における単位時間あたりの損失エネルギー (= 仕事率) E_f は、(1) 式で示される¹⁾。 F_x の慣性力項による波 1 周期間の仕事量はゼロとなり無視できる。

$$E_f = \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^{d+\eta} \frac{\rho}{2} C_d u_i |u_i| u_i D dz dt \approx 2\rho \frac{C_d}{3\pi} \frac{D}{k} \left(\frac{gk}{\sigma} \right)^3 \left\{ \frac{\sinh^3(kd) + 3\sinh(kd)}{3\cosh^3(kd)} \right\} \frac{1}{8} H_i^3 \quad \text{---- (1)}$$

式中、 ρ は水の密度、 C_d は円柱群を構成する円柱 1 本の抗力係数である。 $k=2\pi/L$ 、 $\sigma=2\pi/T$ である。 u_i は円柱群を透過する波水粒子速度、 dz は円柱の微小部分長、 d は静水深、 η は透過波の水位変位量である。円柱列における連続式とエネルギー保存式より、円柱列の透過率 $k_t=H_t/H_i$ と反射率 $k_r=H_r/H_i$ は次式で示される。

キーワード 樹林帯 透過率 反射率 抗力係数 消波

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 046-841-3810 E-mail : hayashik@nda.ac.jp

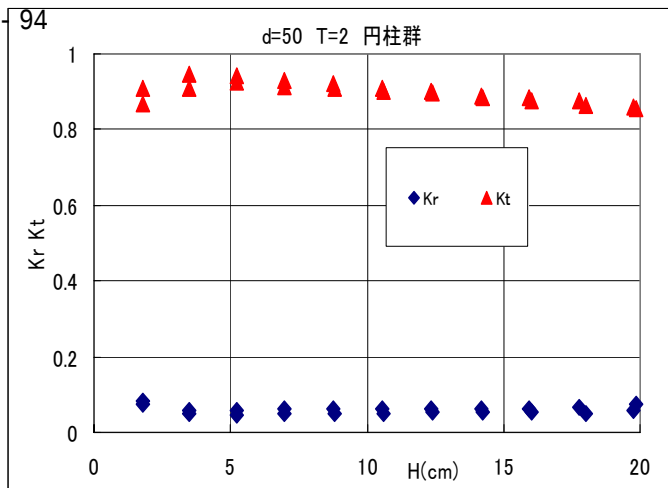


図2 円柱群の透過率および反射率 (T=2s)

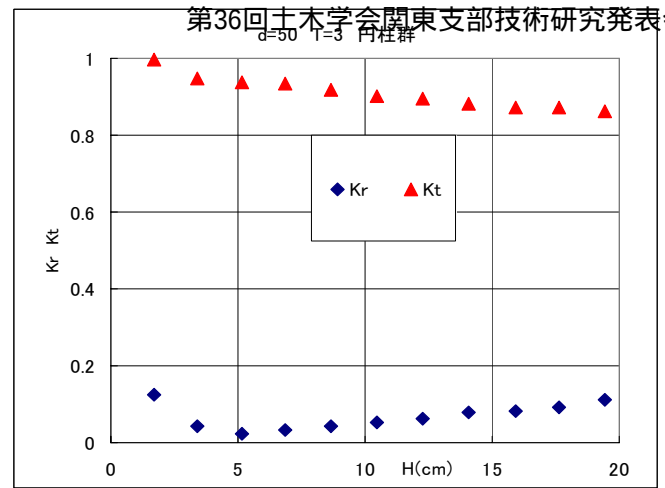


図3 円柱群の透過率および反射率 (T=3s)

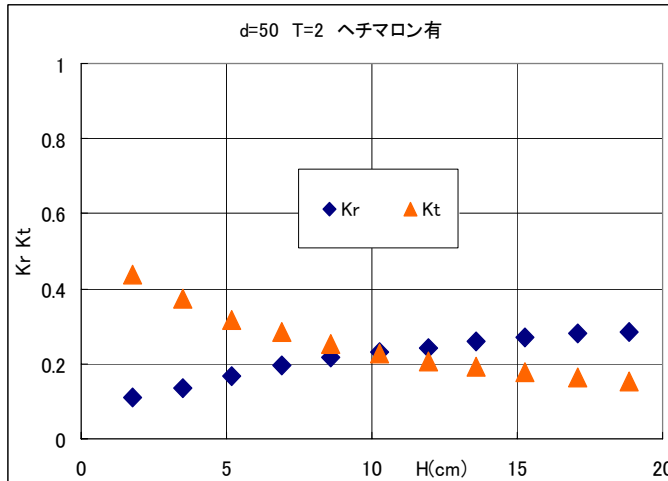


図4 ヘチマロンの透過率および反射率 (T=2s)

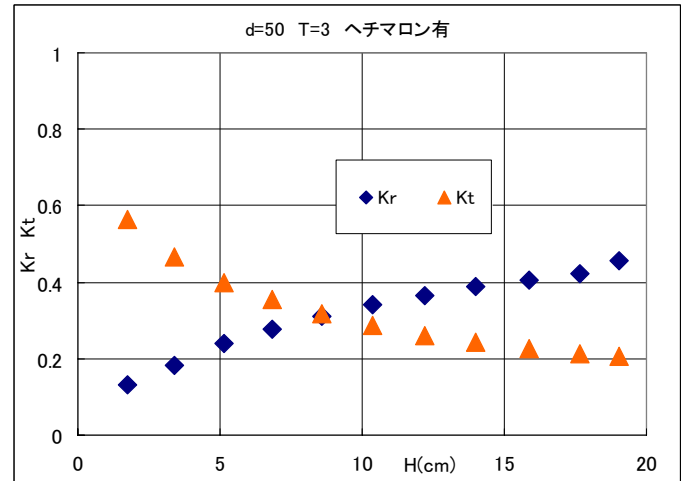


図5 ヘチマロンの透過率および反射率 (T=3s)

$$k_t = \frac{2A}{(2A + BH_t)} \quad \text{-----(2)} \quad k_r = 1 - k_t \quad \text{-----(3)}$$

ただし、 $A = \left(\frac{\rho g}{8}\right)C \left\{ \frac{1}{2} + \frac{kd}{\sinh(2kd)} \right\}$ --(4) $B = E_f / (SH_t^3)$ --(5) 式中の C は、波速 ($=L/T$) である。

4. 結果および考察

円柱群の透過率 K_t と反射率 K_r の入射波高 H_i に対する変化特性を周期 T をパラメーターとして図-2 と図-3 にそれぞれ示す。本円柱群の樹林帯密度は $\lambda = 0.02$ である。長さ $B=1.8\text{m}$ の円柱群を透過する波の透過率 K_t は、入射波高の増加に伴い減少することが分かる。これは、円柱群によって失われる波エネルギー量は波高の約三乗に比例する結果による。また、反射率 K_r の H_i に対する変化は小さく、その値も 0.1 以下と非常に小さい。図中には、式(1)式に基づく計算値を実線で記入している。計算値と実測値の一致は良好である。

ヘチマロンの透過率 K_t と反射率 K_r の入射波高 H_i に対する変化特性を周期 T をパラメーターとして図-4 と図-5 にそれぞれ示す。本ヘチマロンの樹林帯密度は $\lambda = 0.161$ である。長さ $B=2\text{m}$ のヘチマロンを透過する波の透過率 K_t は、円柱群の場合に比べて大きく減少している。一方、反射率 K_r は円柱群の場合に比べて大きく増加している。これら現象は、ヘチマロンの樹林帯密度の高密度化による。図中には、式(1)式に基づく計算値を実線でそれぞれ記入している。計算値と実測値の一致は良好である。

参考文献

- 1) 林建二郎・藤井優宏・重村利幸・萩原運弘 (2000)：粗な樹林帯密度で配置された円柱群に作用する波力と消波機能に関する研究，海岸工学論文集，第 47 巻，pp.766-770.

