

海岸林の有する波の透過率、反射率の評価

防衛大学校建設環境工学科 学生会員 ○東屋和樹
防衛大学校建設環境工学科 正会員 林建二郎

1. 目的

汽水域や海岸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度 $\lambda = n\pi D^2/4$ (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およびその内部の流れ特性^{1),2)}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、樹木群の樹幹部と樹冠部を模擬した円柱群と高密度間隙体（ヘチマロン）を組み合わせた抵抗体の消波・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。樹木群の樹幹部と樹冠部を見立てた高さ=30cm のステンレス製円柱群とその上に高さ 50cm の高密度間隙体（ヘチマロン）を置いた模型樹木群を水槽一區間（長さ $B=200$ cm、幅 80cm）に設置した(図 1 参照)。

直径 $D=1$ cm、高さ=30cm の正三角形で千鳥配置した各円柱の中心間隔は $S=10$ cm とした。円柱群の樹林帯密度(単位床面積に占める円柱群の断面積比)は $\lambda = \pi D^2 / (2 \cdot 3^{1/2} \cdot S^2) = 0.0091$ である。河岸や湖岸に生育しているマングローブや抽水植物であるヨシ群の平均樹林帯密度は $\lambda =$ 約 0.01 である。直径 $D=2.2$ mm の線状体を寄り合わせた、本ヘチマロン部材の樹林帯密度は $\lambda = 0.16$ であり、非常に高い樹林帯密度で葉や小枝が繁った植生場合に相当する。実験水深は $d=62$ cm の一種類とした。使用した規則波の周期は $T=2$ 秒と 3 秒の 2 通り、波高の範囲は $H=1 \sim 30$ cm とした。比較のために、全水深にヘチマロン部材を設置した場合も行った。

本模型植生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、模型植生群の沖側（波高計 A,B）、岸側に（波高計 C, D）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 の分離評価には入反射分離法を用いた。波高計 A, B より模型植生群への入射波高 H_i と反射波高 H_r 、透過波高 H_t を評価した。波高計 C, D より模型植生群の透過波高 H_t を計測した。岸側端にある消波ビーチからの反射率は 10% 以下である。

本模型植生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、模型植生群の沖側（波高計 A,B）、岸側に（波高計 C, D）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 の分離評価には入反射分離法を用いた。波高計 A, B より模型植生群への入射波高 H_i と反射波高 H_r 、透過波高 H_t を評価した。波高計 C, D より模型植生群の透過波高 H_t を計測した。岸側端にある消波ビーチからの反射率は 10% 以下である。

3. 透過率と反射率の評価式

円中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_x 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 内における単位時間あたりの損失エネルギー

キーワード 海岸林 マングローブ 樹幹 樹冠 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

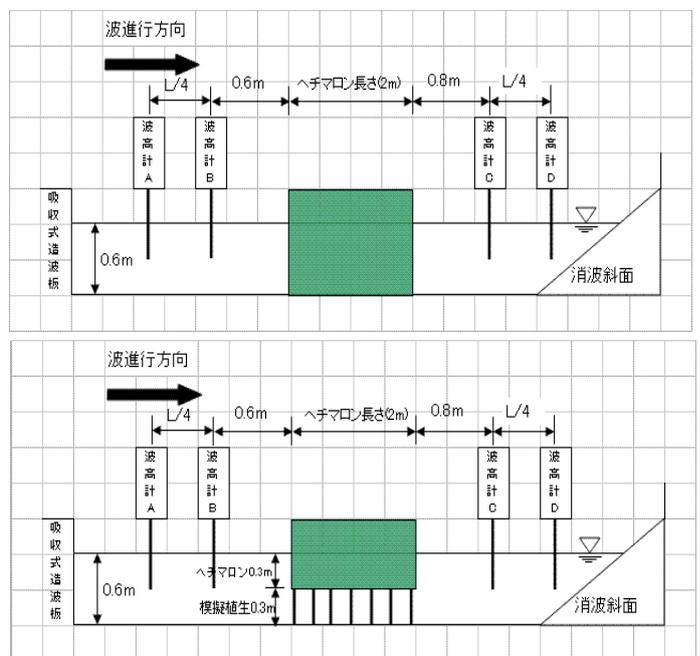


図 1 実験装置

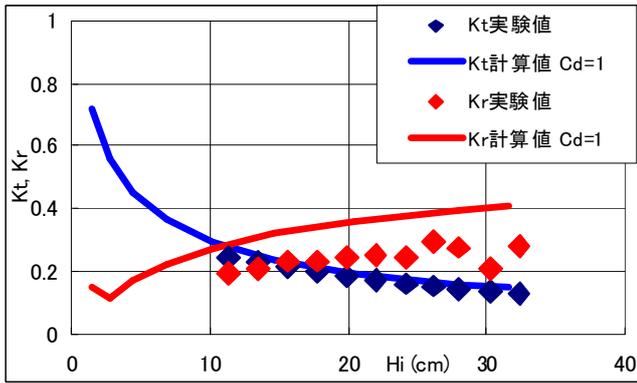


図2 ヘチマロン (d=60cm T=2s)

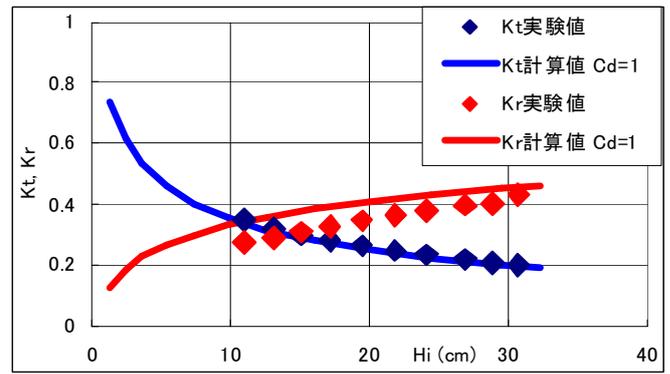


図3 ヘチマロン (d=60cm T=3s)

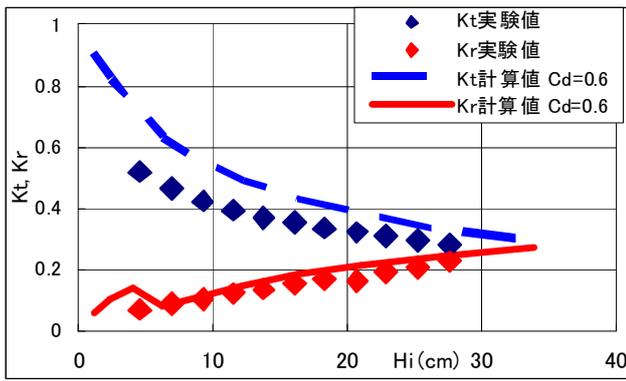


図4 ヘチマロン+円柱群 (d=60cm T=2s)

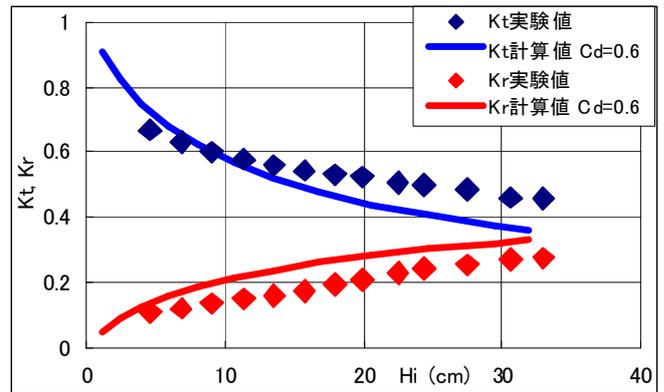


図5 ヘチマロン+円柱群 (d=60cm T=3)

(=仕事率) E_f は、(1)式で示される²⁾。 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。

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

式中、 ρ は水の密度、 $k=2\pi/L$ 、 $\sigma=2\pi/T$ である。 u_t は円柱群を透過する波水粒子速度、 d_z 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。 C_D は円柱群を構成する円柱1本の抗力係数であり、樹林帯密度(=円柱群密度)の関数である。円柱列における連続式とエネルギー保存式を組み合わせた数値計算より、円柱群の透過率 $k_t=H_t/H_i$ と反射率 $k_r=H_r/H_i$ を評価できる。

4. 結果および考察

全水深にヘチマロンを設置した場合の透過率 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。円柱群の上にヘチマロンを設置した場合の K_t と K_r の H_i に対する変化特性を T をパラメーターとして同様に図-4 と図-5 にそれぞれ示す。以下のことが分かる。

a) 全てのケースにおいて、入射波高 H_i の増加に伴い透過率 $k_t=H_t/H_i$ は減少し、反射率 $k_r=H_r/H_i$ は増加している。b) 周期 T の増加に伴い、 k_t および k_r は若干増加している。c) ヘチマロンだけの場合に比べ、ヘチマロン+円柱群の場合は、 k_t は増加し k_r は減少している。d) ヘチマロンだけの場合は、 $C_D=1$ とした計算値の透過率 k_t は実験値とよく一致しているが、計算値の反射率 k_r は実験値より若干大きい。e) ヘチマロン+円柱群の場合は、実験値の透過率 k_t と反射率 k_r に対する計算式中の抗力係数の最適値は $C_D=0.6$ となった。 C_D の最適値の減少の原因は、ヘチマロン部と円柱群部における流れの影響の相互作用が考えられる。

参考文献

- 1) 田中 徹・池田裕一 (2010) : 樹冠抵抗の相違が高木群落内の流速分布に与える影響に関する実験的研究, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会, CD-ROM, II-80.
- 2) 林建二郎・斉藤 良 (2010) : 樹木群に作用する波の透過率と反射率の評価, 海洋開発論文集, 第26巻, pp.1017-10