

II-56 非定常流下におけるマングローブ林の抵抗に関する水理実験

東北大学大学院工学研究科 学生員 ○原田賢治

東北大学大学院工学研究科 正員 今村文彦

1.はじめに

日本を含め環太平洋に属する諸国は地震・津波の災害を受け多くの犠牲や多額の経済損失を強いられている。とりわけ東南アジア諸国ではその頻度が高いにもかかわらず、減災のための防止・抑止策が十分に取られていないのが現状である。その中で環境問題とも関係してその地域の自然を生かした防災対策として、熱帯・亜熱帯地域沿岸に分布するマングローブ林が注目されている。しかしマングローブのような防潮林の効果について定量的な評価方法はまだ十分に確立されていない。防潮林の効果の定量的な評価方法として原田ら(2000)により防潮林の効果を含む数値シミュレーション方法が提案されている。しかし抵抗としての効果を評価する際に重要となる抵抗係数についての検討はなされていない。

そこで本研究では防潮林としてマングローブを取り上げ、擬似モデルを作成し水理実験で作用力を計測した。これにより非定常流下における抵抗をモデル化し、マングローブの抵抗モデルの検討を行った。

2.水理実験

2.1 津波水路と造波装置

水理実験に用いた水路は全長 20.7m、幅 1mのコンクリート製の二次元開水路で、水路端から 1.0m は水深 0.7m の低水路部、ついで 2.0m の 1/3 勾配の急斜面、さらに長さ 6.7m、水深 0.15m の一定水深部、その先は傾斜 1/30 の斜面部となっている(Fig.1)。水路端に設置された起潮装置はポンプにより水をタンクへ吸い上げる仕組みで、5つのバルブの開閉により発生させる津波の波高を制御することができる。

2.2 マングローブモデル

植生モデルとして、熱帯・亜熱帯地域に分布するマングローブモデルを用いた。マングローブの種類は *Rhizophora* とした。*Rhizophora* の場合、上部の葉の密度は幹や根よりも大きい。下の根部は幹部よりも密度は大きい太さが細く、任意の方向に伸び根のネットワークを形成している(Mazda ら, 1997)。

マングローブのモデルは根、幹、葉の3つの構造的な特徴を持つ。幹は円柱で根と葉は透過性のモデルを用いた。根の高さは 5 cm、幹の太さは直径 2 cm で 20 cm の間隔に配置され密度が 25 本/ m^2 になり、これらの値は *Rhizophora* の特徴に対応している。葉の底からの高さ 22.0 cm、長さ 0.5 と 1.0 m である。根、幹、葉のそれぞれに形状と投影面積による占有率を 2.74, 0.75, 31.6%と変えている。

実験ではモデルによる流れの変化を理解するため、モデル前後での波高、流速の計測をした。さらに、モデルに働く作用力を求めるためにモデル前後に圧力計を取り付け、波によって作用する圧力を計測した。流速、波圧については、水路床より鉛直方向に 5 cm 間隔で詳細に計測を行った (Fig.2)。

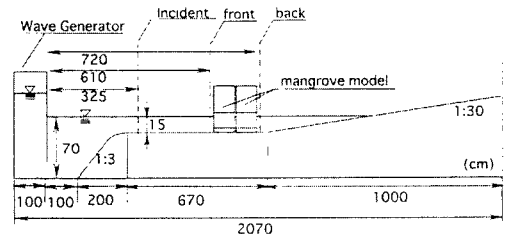


Fig.1 Experimental set up

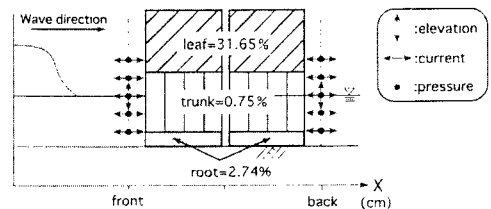


Fig.2 Sketch of the Mangrove model

3.結果と考察

3.1 作用力

計測された圧力を水深方向に積分しモデルに働く作用力を求めた。Fig.3 に作用力の時系列変化を示す。モデルの長さによる作用力に大きな差は見られない。また作用力のはじめの瞬間的な大きな力とその後続く部分の2つに分けられる。

3.2 抗力係数: C_D

モリソン式よりモデルに作用する作用力 F は抗力と慣性力の和として次式で表される。

$$F = C_D \frac{\rho}{2} A_o u |u| + C_M \rho V_o \frac{du}{dt} \cdots (1)$$

ここで、 ρ は密度、 u は流速、 C_D は抗力係数、 C_M は付加質量係数、 V はモデル区間における水面下の全体積、 V_o 、 A_o は体積 V 中のモデルの占める体積およびモデルの投影面積を意味する。

実験に用いた波は段波に近い波でありモリソン式中の加速度は波の先端部の到達時を除いて非常に小さい。そこで加速度の小さい準定常流の区間について、全作用力と抗力が釣り合うとして抗力係数を算定した。流速はモデルが存在しない時のモデル中心位置での値をモデルが存在しない時の入射波データより数値計算により求めて用いた。算定された抗力係数と体積占有率の関係を Fig.4 に示す。

$$C_D = F / (0.5 \rho A_o u |u|) \cdots (2)$$

Fig.4 より近似実験式として次式を得る。

$$C_D = 8.4 V_o / V + 0.66 \cdots (3)$$

3.3 付加質量係数: C_M

加速度の大きな波先端部通過時における非定常流区間では全作用力は抗力と慣性力により釣り合う。抗力係数は近似式(3)を用い、付加質量係数を次式より算定した (Fig.5)。ここでは、平均値である $C_M = 1.7$ を採用する。慣性力は波先端がモデルに衝突する際に働くと考え、加速度はモデル前面での流速 u_f をモデル無しの数値計算より算定し、体積 V_{ow} はモデル内の波の先端部位置より算定し用いた。

$$C_M = \left(F - C_D \frac{\rho}{2} A_o u |u| \right) / \left(\rho V_{ow} \frac{du_f}{dt} \right) \cdots (4)$$

得られた各抵抗係数 C_D =(3)式、 $C_M=1.7$ を用い算定した抗力+慣性力と実験の計測作用力は良い一致を示しており各抵抗係数は妥当といえる (Fig.6)。

4. 終わりに

作用力を直接計測し準定常・非定常部に分け各抵抗係数を算定した。抗力係数は体積占有率が大きくなるに従い大きくなる傾向にある。付加質量係数は 1~2.5 であり円柱等に用いられる値に近い値を得た。今後、これらの抵抗係数を用いた数値シミュレーションにより水位・流速の再現計算を行い再現性

について確認をする必要がある。

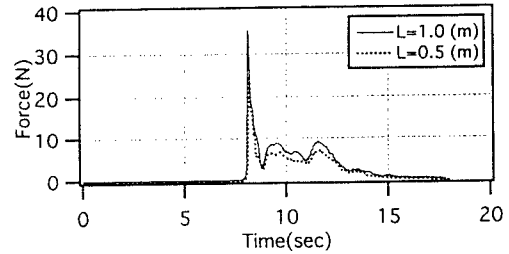


Fig.3 Measured Forces (Length=1.0, 0.5m)

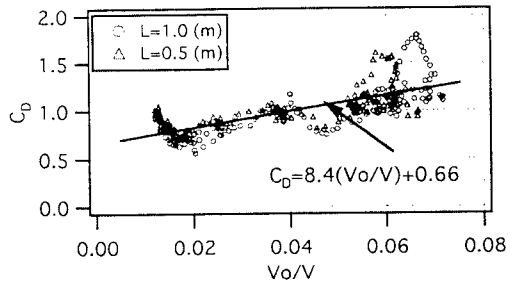


Fig.4 Relation between C_D and V_o/V

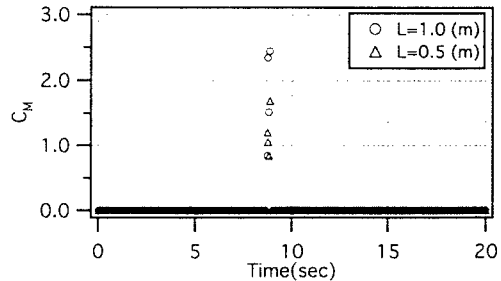


Fig.5 Calculated Inertia Coefficient

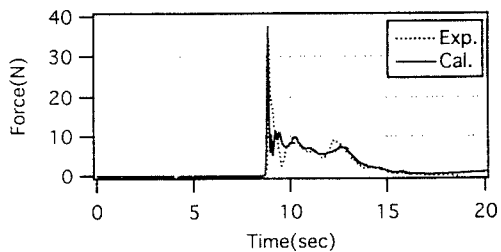


Fig.6 Comparison of the Cal. and Exp. Forces

参考文献

- 1) 原田賢治・油屋貴子・Latief Hamzah・今村文彦(2000): 防潮林の津波に対する減衰効果の検討, 海岸工学講演会論文集, 第47巻, pp.366~370.
- 2) Mazda Y. E. Wolanski, B. King, A. Sase, D. Ohtsuka and M. Magi(1997): Drag force due to vegetation in mangrove swamps, Mangrove and Salt Marshes 1, pp.193-199.