

II-60 人工植生モデルの抵抗による津波減衰効果に関する研究

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

近年、環境問題とも関連してその地域の自然を生かした津波防災対策として沿岸樹林帯による津波減衰効果が注目されている(原田ら,2000;平石ら,2001)。樹林帯による定量的な津波減衰効果の評価方法として原田ら(2000)が樹林帯を抵抗として取り込んだ数値シミュレーション方法を提案しており、一方、減衰効果を評価する際に重要となる抵抗係数について Harada・Imamura(2001)が水理実験より樹林帯の抵抗係数モデルの提案を行っている。しかし、抵抗モデルの適応性については十分検討されていない。そこで、新たに人工植生モデルを作成し一様斜面上で水理実験を行い、実験結果と数値シミュレーション結果の比較により抵抗モデルの適応性を検討した。さらに樹林帯による津波減衰効果について検討した。

2. 水理模型実験

2.1 人工植生モデル

植生モデルはマングローブを想定し、根、幹、葉の構造を持つ。根部と葉部に厚さ 0.05m の透過性マットを設置し、幹部は直径 0.01m のプラスチック製円柱を 72 本、千鳥格子状に配置した(Fig.1)。

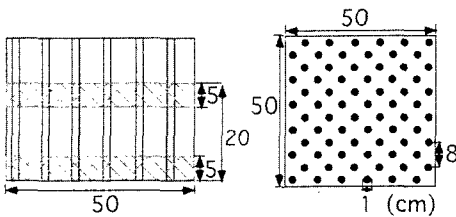


Fig.1 Sketch of artificial forest model

2.2 津波水路と造波装置

水理模型実験は独立行政法人港湾空港技術研究所の有する津波実験水路を用いて行った(Fig.2)。水路端に設置された造波装置は、真空ポンプにより水をタンクへ吸い上げ、電磁弁を開放することによりタンク内の水塊を落下させ段波状の津波を造波させる装置である。1:30 の一様斜面上では十分な津波高

さを確保するため、1.0m ある水路幅を 0.5m まで縮小させて実験を行った。植生モデルによる影響を捉えるため①～④（入射、模型前、模型後、透過後）の 4 点で計測を行った。植生モデルは②-③間に設置し、各計測地点で波高計、電磁流速計、波圧計を設置して計測を行った。実験では各計測項目について電磁弁の開放による造波と同時に計測を開始した。

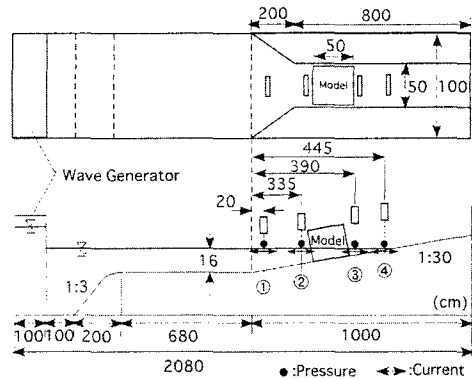


Fig.2 Experimental set up and measuring points

3. 数値計算

3.1 計算方法

計算は原田ら(2000)と同様に、運動方程式に植生の影響として、Morison 式に基づいた抵抗項を加えた(1)式を用いた。抵抗係数は Harada・Imamura(2001)の抵抗係数モデル(2)式を用い再現計算を行った。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{1/3}} M / M' + \frac{C_D}{2} \frac{A_o}{\Delta x \Delta y} \frac{M' / M'}{D^2} + C_M \frac{V_o}{V} \frac{\partial M'}{\partial t} = 0 \quad \dots(1)$$

$$\begin{cases} C_D = 8.4 V_o / V + 0.66 & (V_o / V \leq 0.08) \\ C_M = 1.7 \end{cases} \quad \dots(2)$$

ここで、 η は波高、 M は線流量、 D は全水深、 n は Manning の粗度係数、 C_D は抗力係数、 C_M は付加質量係数、 V は植生モデルの存在する区間における水面下の全体積、 V_o 、 A_o は体積 V 中の植生モデルの占める体積および植生モデルの投影面積を意味する。

M' はモデル無しの線流量であり数値計算より求めた。 $\Delta x, \Delta y$ は各方向のメッシュサイズを表す。入射境界として①より計測データを入射させた。計算間隔は $\Delta x=0.05m, \Delta t=0.01sec$ として計算を行った。

3.2 計算結果と実験結果の比較

Fig.3 に各計測地点における水位と流速の計算結果と計測結果の比較を示す。水位、流速ともに計算時間前半では良い一致を示しており、抵抗モデル(2)の妥当性及び他の植生状況への適応性が示された。しかし、計算時間の後半(17sec以降)で計算値が過小評価されており、今後検討の必要がある。

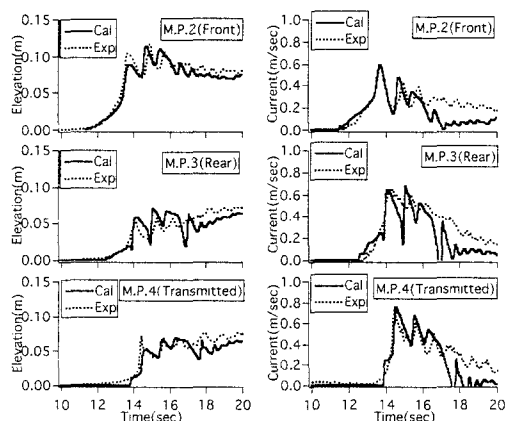


Fig.3 Comparison of elevation and current between calculated and measured

次に、植生モデルによる抵抗力の再現性を検討するため Fig.4 に実験より求めた全作用力と数値計算より求めた全抵抗力の時間変化を示す。計測された全作用力と計算された全抵抗力の波峰の値は一致しており、抵抗係数モデル(2)の抵抗力に対する適応性が示された。しかし、波谷の時間では計算値が過小評価されており今後数値計算における作用力の算出過程を水位・流速と合わせて検討する必要がある。

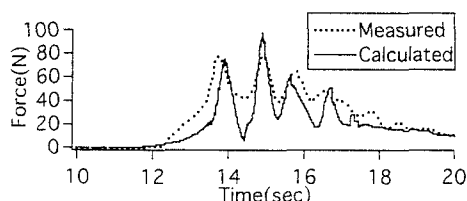


Fig.4 Comparison of force with calculated and measured

3.3 水流圧力の減衰効果

数値計算より津波減衰効果を検討するため水流圧

力の最大値空間変化を Fig.5 に示す。水流圧力は流れによる抗力を評価しており、津波・高潮による家屋被害との関係(羽鳥,1984)が示されている。ここで、 ρ は密度、 D は全水深、 u は流速を意味する。

$$(\text{水流圧力}) = \rho \cdot D \cdot u^2 \quad (N/m) \quad \dots(3)$$

Fig.5 より、人工植生モデルにより水流圧力は減衰される。特に植生模型の背後では大きな減衰が見られ、模型直後 ($X=3.6m$) では模型の無い時と比べ 57.7% ($72.4N/m \rightarrow 41.8N/m$) に減衰している。これは、樹林帯による家屋被害の軽減効果を数値計算により定量的に評価していることを意味している。

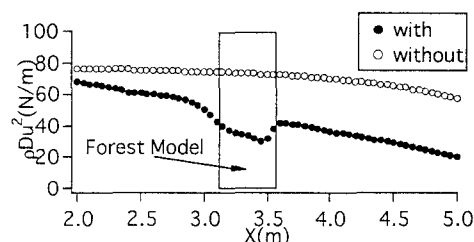


Fig.5 Tsunami reducing effect on hydraulic force

4.おわりに

実験データと数値計算結果の比較より、樹林帯抵抗モデルの妥当性、適応性を検討した。その結果、水位・流速に関しては計測値と計算値が一致を示し抵抗モデルの妥当性、適応性が示された。しかし計算時間後半では差異が生じており、抵抗力(作用力)については波峰では一致するが波谷では差異が生じる結果となった。今後これらの差異について検討する必要がある。さらに、樹林帯による水流圧力の減衰効果について検討し、家屋被害の軽減効果を定量的に評価できることを示した。土地利用計画や津波防災対策に対する有益な情報として沿岸樹林帯を考慮した津波遡上計算結果を活用することができる。

参考文献

- 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.
- 平石哲也・竹村慎治・永瀬恭一(2001): 南太平洋地域における植林による津波対策方の適用性, 海岸工学講演会論文集, 第48巻, pp.1411-1415
- Harada K.・F. Imamura (2001). Experimental study on the resistance by mangrove under the unsteady flow, *Proc. of the 1st APACE Conf.*, Dalian, China, Vol.2, pp. 975-984.
- 羽鳥徳太郎(1984): 津波による家屋の破壊率, 地震研究所彙報, Vol.59, pp.433-439.