

海岸林を遡上する津波の減衰に関する数値シミュレーション

鹿児島大学大学院 理工学研究科 学生会員 ○瀬戸口 修造
鹿児島大学工学部海洋土木工学科 正会員 浅野 敏之

1. はじめに

2004 年 12 月に発生したスマトラ沖地震津波災害は、犠牲者約 18 万人、行方不明者 5 万人という未曾有の大災害となった。このような津波災害はひとたび発生すると膨大な犠牲が出ることが特徴である。この時、海岸域において防潮林（ここではマングローブ林）で囲まれた集落では、囲まれていない集落に比べると、人命・家屋ともに被害が小さいという結果が報告されている。海岸林の持つ津波減災機能には、①流体抵抗による波高・流速の減衰、②漂流物の阻止、③背後への砂丘の形成、④漂流者がすがりつく対象となる、などの効果が期待できる。また、防波堤、防潮堤等のハード対策に比べ、造成コストが低く、東南アジア諸国の津波対策として活用できるだけでなく、景観や地域の生態系と調和、CO₂削減のための温暖化対策等津波対策以外にも多くの利点を兼ね備えている。そこで、海岸林の津波減災機能について評価するためにコンピュータシミュレーションを実施し、防潮林に見立てた透過性構造物を遡上する津波がどの程度減衰するか検討を行った。

2. 数値モデルの概要

本研究では、(財)沿岸開発技術研究センターのプログラム CADMAS-SURF を用いた。基礎方程式は、2次元非圧縮性粘性流体を対象とした連続式(1)および Navier-Stokes 方程式をポーラスモデルに基づいて拡張した式(3)を用い、離散化には SMAC(Simplified Marker and Cell)法を用い、Poisson 方程式(4)を用いて順次解く。自由表面解析モデルには、VOF(Volume of Fluid)法を採用し、VOF 関数 F の移流方程式は(5)となる。表面がばやけけないために特別に工夫されたドナー・アクセプター法が用いられている。

$$\frac{\partial \gamma_x u}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_z w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\lambda_v \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x uu}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_z wu}{\partial z} = -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x \nu_e \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z \nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right\} - D_x u + S_u - R_x \quad (2)$$

$$\lambda_v \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x uw}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_z ww}{\partial z} = -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x \nu_e \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z \nu_e \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right\} - D_z w + S_w - R_z - \gamma_v g \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma_x \frac{\gamma_v}{\lambda_v} \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\gamma_z \frac{\gamma_v}{\lambda_v} \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) = S_p - \left(\frac{\partial \gamma_x \tilde{u}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_z \tilde{w}}{\partial z} \right) \quad (4) \quad \gamma_v \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial \gamma_x u F}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_z w F}{\partial z} = S_F \quad (5)$$

海岸林の多孔性構造物のモデル化にあたっては、樹冠部領域と幹枝部領域の2層に分割し、それぞれ異なる空隙率 γ_{v1} 、 γ_{v2} を与えた(Fig.1)。二次元数値波動水槽の設定図(Fig.2)に示すように、入射波条件は、左端の造波境界より波高及び周期が $H=4.0[m]$ 、 $T=60.0[s]$ の波を入射させ、ポーラスモデルの空隙率は樹冠部領域 $\gamma_{v1}=0.65$ 、幹枝部領域 $\gamma_{v2}=0.95$ とした。なお、セルの大きさは $\Delta z=0.28[m]<H/10$ 、 $\Delta x=0.46\sim0.32[m]$ とし、一様勾配部は $\tan \theta=1/20$ の斜面とした。また、右端は開境界とし、反射波の影響を除くために $50.0[m]$ の減衰領域を設定した。計算時間は $300[s]$ とした。



Fig.1 防潮林のポーラスモデル化概念図

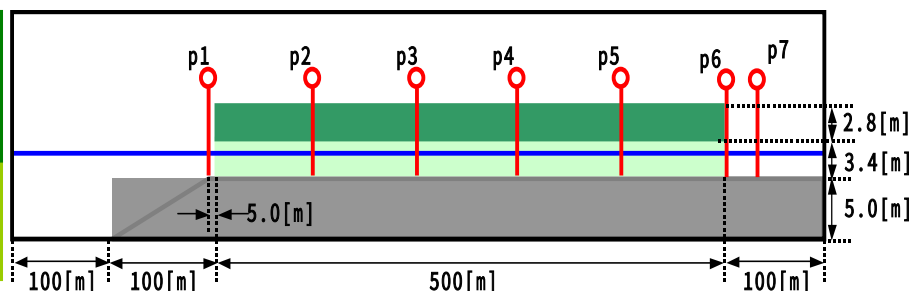
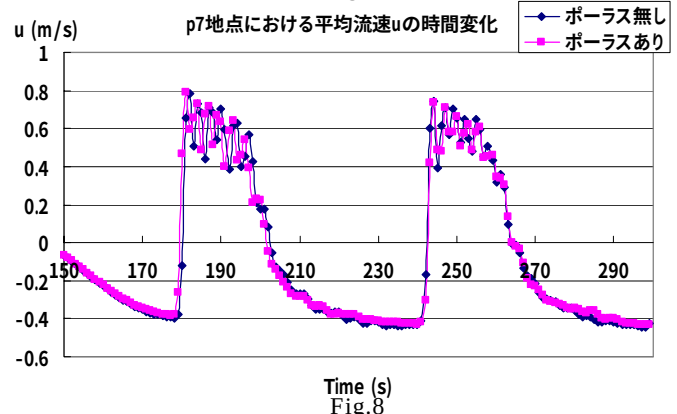
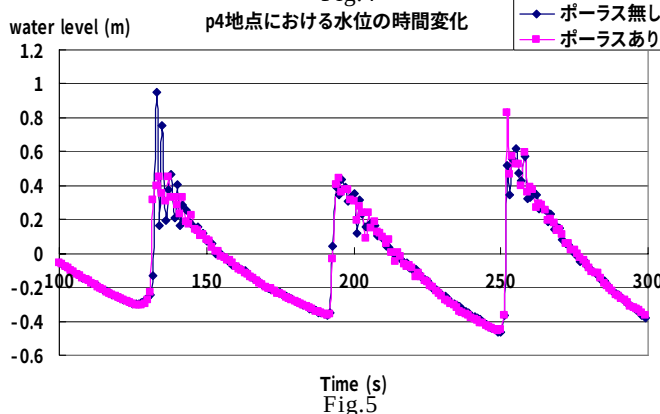
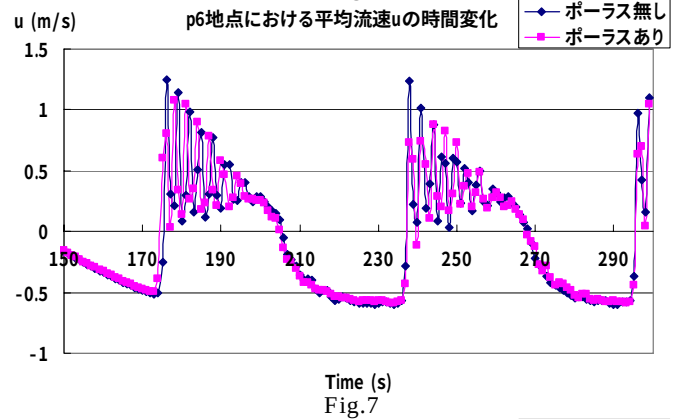
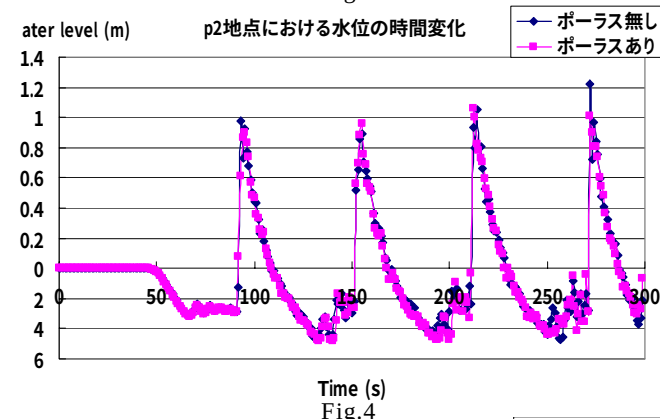
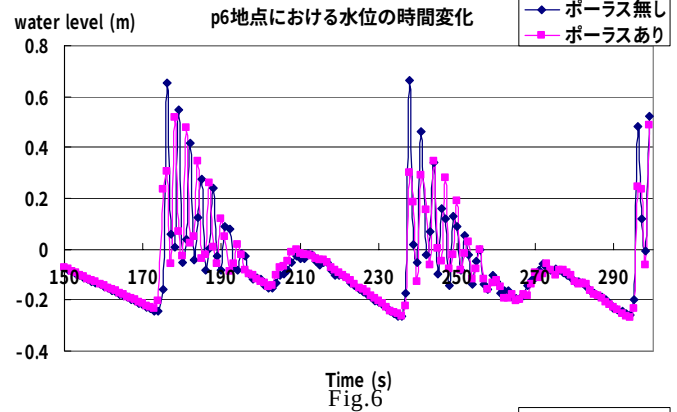
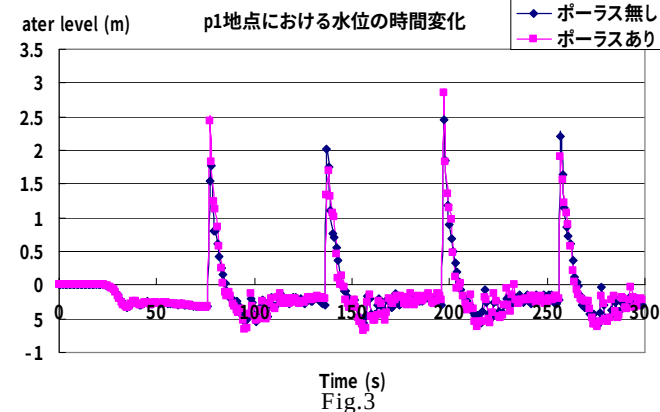


Fig.2 二次元数値波動水槽の概略図

本研究では津波減衰の評価として、上記の条件でポーラスモデルが無い時とある時の比較を行った。モニタリングポイント p1～p6 は左端からそれぞれ、195[m], 300[m], 400[m], 500[m], 600[m], 700[m]地点, p7 においては 720～730[m]地点とし、自由水面の変化, x 方向流速 u を比較した。

3. 結果と考察

p1 地点においてポーラスを設定すると第1波目の波高が若干増加する結果となった。これはポーラスモデルにぶつかった波が沖側へと反射したためと考えられる。p2 地点において自由水面の水位はポーラスモデルの有無に関わらず、ほとんど一定であった。p4 地点においては、第一波目は大きな水位の減少が、p6 地点においては自由水面, x 方向流速 u 共に減少が見られた。特に、波高・流速共に最大値が顕著に減少することが分かる。しかし、p7 においてはほとんど流速に変化は見られなかった。



4. まとめ

防潮林を透過性構造物と見立てて減衰効果の評価を行った。波が防潮林を通過するにつれて減衰効果が高まると思われたが、減衰は p4, p6 地点でわずかに見られる程度であった。これは幹枝部領域の空隙率が極端に大きいことと、波高が小さいため、間隙率の小さい樹冠部領域まで波がほとんど及ばないためであると考える。また、モニタリングポイントによって流体の水位や流速にばらつきが生じているため、広い範囲でのモニターが必要である。今後は、樹冠部領域の空隙率の設定や、葉や枝の流体抵抗についても考慮する必要がある。

参考文献 沿岸開発技術センター(2001): 数値波動水路の研究・開発 p296

沿岸開発技術センター(2008): CADMAS-SURF 実務計算事例集 p114-133