

神戸大学工学部市民工学科 学生員 ○黒田 将嵩
 神戸大学工学部市民工学科 学生員 直原悠紀子
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 中山 昭彦

1. はじめに

昨年起きた東北地方太平洋沖地震による津波は東北地方の広い海岸で甚大な被害をもたらしたが、これからの津波対策、復興計画として減災や自然環境を考慮した海岸域が必要であり、海岸林の津波減衰効果の活用が注目されている(図1). 本研究ではこういった海岸域の防風林など樹木列が如何に津波の力に影響を及ぼすのかを数値シミュレーションで確認してみる. 沿岸に伝播し陸域を遡上する波のシミュレーションは浅水波理論を用いた手法などが確立されているが、樹木を解像する計算は膨大な計算になり不可能である. 樹木のある地形上気流のシミュレーションでは個々の木もモデルや集合としての樹木列のモデル等があるが、接近する波による流れに対するモデルは研究されていない. 本研究では著者らが振動流体中に置かれたネットや格子などの効果を巨視的にモデル化する手法を応用し、海岸林を模擬し、乱流シミュレーション手法により津波が海岸林を通過する様子を計算し、その第一波到達の際の効果などを調べる.

2. シミュレーション手法

本研究に用いたシミュレーション手法は神戸大学で開発された自由水面乱流の LES シミュレーション法(鈴木ら¹⁾)を応用したものである. 基本的には流れを固定した直交格子で分解し、その格子網で解像可能なスケールの流れを運動方程式及び連続の式を離散化し数値的に解く LES 手法である. 詳細はこの文献にある.

LES 法では解像不可能な運動による影響をサブグリッド応力としてモデル化するが、本計算ではサブグリッド応力以外に、解像出来ない林をモデル化する必要がある. 林内の個々の樹木は力学的に、流れに対し、その方向の逆向きに抵抗力を持つ. そこで Wilson ら²⁾による風に対する樹木の効果を表す手法に倣い次のような抵抗力を樹木のある位置に分布させる

$$\mathbf{F} = C_D \rho A |\mathbf{u}| \mathbf{u} \quad (1)$$

\mathbf{F} : 抵抗力 C_D : 抵抗係数 ρ : 流体密度

A : 面密度 \mathbf{u} : 流速ベクトル

3. シミュレーション計算

計算は図2に示すような幅1100mのモデル海岸に幅100mのモデル海岸林を置いたものと置かないものについて行った. 計算条件としてモデル海岸の左端の沖から波が侵入してくる状況を想定し、水平な水面で静止した状態から約1分かけて、海岸幅1mあたり $32.7(\text{m}^3/\text{s})$ の流量の波が沖から流入してくる状況を再現した. 水面位置及び流速は計算結果として得られ、最大波高7(m)、流速4.67(m/s)であった. 樹木高は10m、密度は 1m^2 の空間に抵抗係数1、断面積 1m^2 の木を仮定した.



図1 海岸林の例

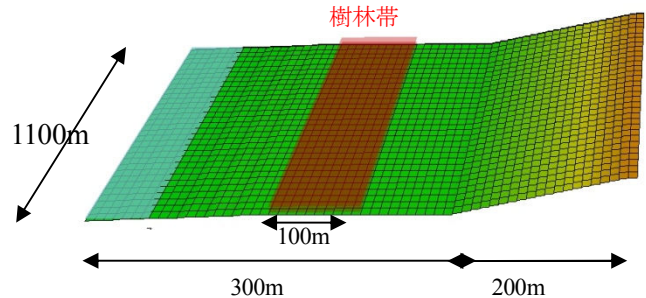


図2 モデル海岸

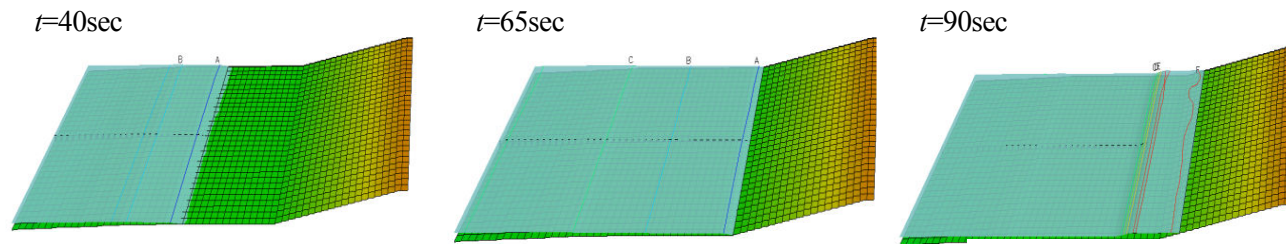


図3 海岸林なしの結果 (t は津波が沿岸に到達してからの時間)

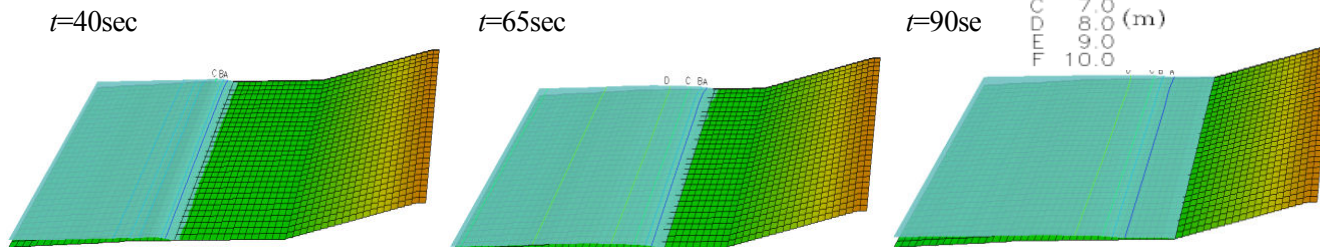


図4 海岸林のある場合の結果 (t は津波が沿岸に到達してからの時間)

4. 結果と考察

シミュレーション結果を図3-4に示す。まず津波の到達時間について、海岸林なしの場合は地形の勾配が大きく変化する沖から 300m の地点まで津波が到達するのが $t=65\text{sec}$ (図3)となっているのに対し、海岸林のある場合では $t=65\text{sec}$ (図4)において津波はまだ樹林帯を抜けておらず、沖から 300m の地点まで津波が到達するのは $t=90\text{sec}$ となっている。津波の浸水高に関して、海岸林がない場合は高さ 5m の波(等浸水高線 A)を先頭にして押し寄せるが、海岸林の抵抗がある場合には樹林帯通過後は比較的 5m よりも低い波が先に到達していることが分かる。

首藤³⁾が過去の実事例収集から得た結果(図5)をみると本解析結果とほぼ同じ条件の林幅 100m(縦軸)、浸水高 5m 付近では流勢緩和(Δ)を示している。

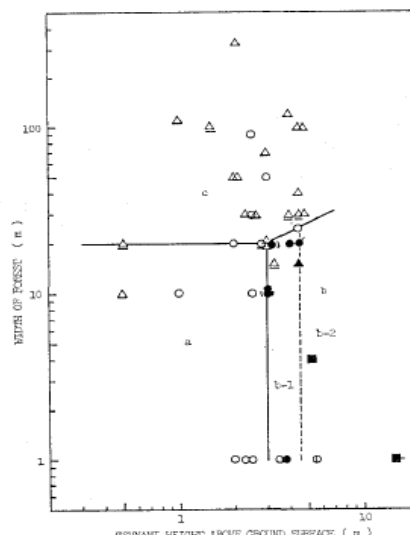


図5 防潮林幅の効果(首藤³⁾,1985)

5. まとめ

海岸林樹木の津波に対する影響を、力学的に抵抗力として模擬することにより、樹林帯での津波に対する効果を調べた。首藤³⁾の過去の実事例収集から得た結果では浸水高 5m より高い場合のデータはなく比較はできないが、本研究では海岸林による津波の遅延効果や、第1波の波高低減の減衰効果はあったと言える。しかし本解析の範囲では、樹木の倒伏や枝・葉・樹皮が抵抗係数に及ぼす影響を考慮していないため、定量的な評価は今後の課題としたい。

参考文献

- 1)鈴木亨, 中山昭彦, 野田博, 土木学会 応用力学論文集, Vol.12, pp.563-570, 2009.
- 2)Wilson, N. R. and Shaw, R. H. : A Higher Order Closure Model for Canopy Flow, *J. Appl. Meteor.*, **16**, 1197-1205, 1977.
- 3)首藤 伸夫 : 防潮林の津波に対する効果と限界, 海岸工学論文集, 第32巻, pp.465-469, 1985