

海岸林の津波減衰効果に対する地形や樹林特性の影響についての数値解析

鹿児島大学 工学部海洋土木工学科 学生員 面矢 晴紀

江東区役所

末満 駿一

鹿児島大学 理工学域 工学系 正 員

浅野 敏之

1. 研究の目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災以降、防災と景観・自然保全を両立できる海岸林による津波防災手法が注目を集めている。現在、津波によって流失した海岸林を復元するためマツの植栽事業が林野庁によって進められており、海岸林による津波防災は実際に現地に適用する段階になっている。ただし、樹木やその集合体の林分は生態学的に生長するため、そうした知見の取り込みが必要である。本研究は、地形や樹林特性による津波減衰効果の変化を数値計算によって検討したものである。

2. 研究内容

海岸林が繁茂する地形による津波減衰効果の違いを検討するため、図-1のような砂丘と海岸林がある地形を設定し、砂丘位置、斜面勾配を変化させた場合の津波遡上を計算した。また樹木の林齢による津波減衰効果の違いを検討するため、10年、20年、40年の林齢を持つ海岸林の特性値を与えた解析を行った。図-2は海岸線からの勾配を1/50から1/100に変更した地形モデル、図-3は海岸線から1200mの位置に幅1000m、高さ2.5mの砂丘を設置した地形モデル、図-4は砂丘の位置を図-3より100m前方に移動した地形モデルである。

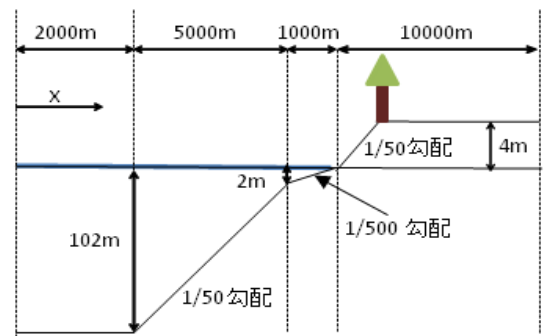


図-1 基本地形モデル(Case-1)

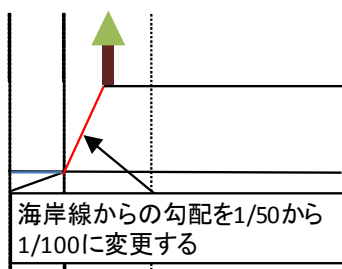


図-2 勾配変更モデル(Case-2)

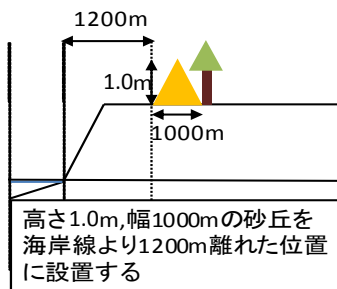


図-3 砂丘モデル(Case-3)

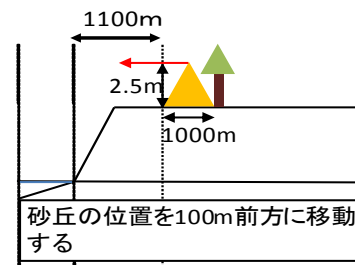


図-4 砂丘モデル(Case-4)

3. 数値解析の概要

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 u |u|}{D^{1/3}} + F_x = 0 \quad (2)$$

$$F_x = C_M a_1 h_{ratio} d_o^2 N \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{2} C_D a_2 h_{ratio} d_o N \frac{M |M|}{D^2} \quad (3)$$

入射波は周期 $T=100s$ 、波高 $H_0=2.5m$ を基本的条件とし、格子サイズは $\Delta x=10m$ 、 $\Delta t=0.1s$ とした。基礎方程式は、次式に示す1次元の浅水方程式であり、海岸林の津波減衰効果を取り入れるため、浅水方程式に防潮林の抵抗を表す項として流体力 F_x を付加した。流体力 F_x は Morison 式にならい、抗力項と慣性力項で構成

した。ここで、 $D=\eta+h$ ：全水深(η ：静水面からの水位変動量、 h ：静水深)、 C_D ：抗力係数、 C_M ：付加質量係数、 M ：線流量、 n ：Manning の底面粗度係数、 u ：流速、 g ：重力加速度 ($g=9.8m/s^2$)、 a_1, a_2 ：樹木形状に関する比例

定数、 d_0 :幹部直径、 N :樹木密度、 $h_{ratio}=h_{tree}/\eta(h_{tree})$ (樹高)である。変数 D と M, u を staggered 格子上に配置し、Leap-Frog 法によって計算を進めた。陸上遡上は陸域格子の1次元的な浸水・干出を考慮して移動境界処理を行った。 $C_D=1.0$, $C_M=2.0$, $n=0.025, a_1=a_2=2.0$ とした。

4. 数値解析結果と考察

表-1 は樹木モデルにおいて、林齢 τ と樹木密度 N や樹高 h_{tree} など樹木特性量を整理したものである。 τ とともに N の減少、 h_{tree} の増加などが読み取れる。本論文では $\tau=10\text{year}$ の結果のみを示す。図-5 は図-1 の基本地形を遡上する波の波形図である。図-1 の地形では $x=8200\text{m}$ からは平坦面となる。津波は約 11000m までは波高約 2m の高さを持つが、表-1 の枝下高 $h_{br}=1.8\text{m}$ からわかるように、 $\eta > 4.0+1.8=5.8\text{m}$ では幹だけではなく、樹冠部の枝葉の大きな流体抵抗を受ける。

$x > 11000\text{m}$ で波高が急減し、その後の領域では、平坦面上を薄層状に遡上するのはこの樹冠部の抵抗の効果と考えられる。図-6 は海岸線からの勾配を $1/100$ に変更した地形で、波は 8400m から平坦面となる。最大遡上距離は図-5 より大きく、 $x=18000\text{m}$ を超えている。図-7 は砂丘を図-3 のように設置した場合の津波波形を示したものである。砂丘を越えることにより、平坦部での津波の高さは図-6 より増加するが、薄層状の流れの最大遡上距離は小さくなる。図-8 は図-4 のように砂丘の位置を 100m 前方に移動した場合の津波波形図である。図-7 に比べて津波が砂丘を越流する位置が海側にずれることで、 $11000\text{m} < x < 13000\text{m}$ の領域の津波波高は大きくなっているが、最大遡上距離は小さくなる。

5. まとめ

本研究は津波防潮林の林分密度や構成樹木の寸法を森林生態学に基づいてモデル化し、砂丘を含め現実に近い形の海浜地形を与えて、津波が海岸林を遡上するときの波形変化を数値解析により考察したものである。多くのパラメーターが介在するために、現時点では結果の特性を十分明示できない部分が残された。現在、パラメーターを系統的に変えた解析を実施し、普遍的特性を抽出する作業を継続中である。

表-1 樹木の計算条件

τ	N	d_0	h_{tree}	h_{br}	w_{crown}
(year)	(m^{-2})	(m)	(m)	(m)	(m^2)
10	0.626	0.076	3.0	1.8	2.080
20	0.422	0.092	5.0	3.0	3.204
40	0.228	0.126	8.0	4.8	6.586

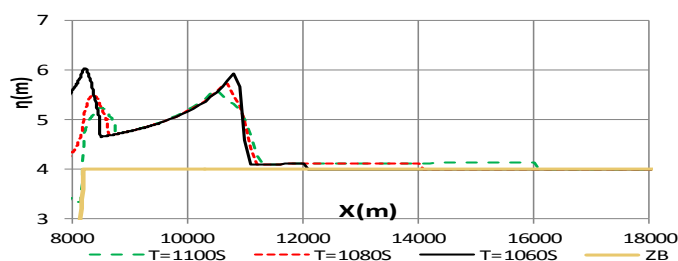


図-5 基本地形を遡上する津波波形図

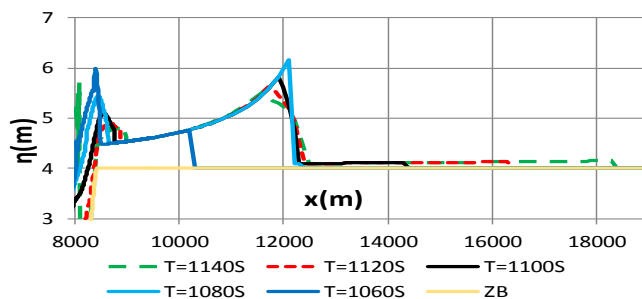


図-6 勾配変化地形を遡上する津波波形

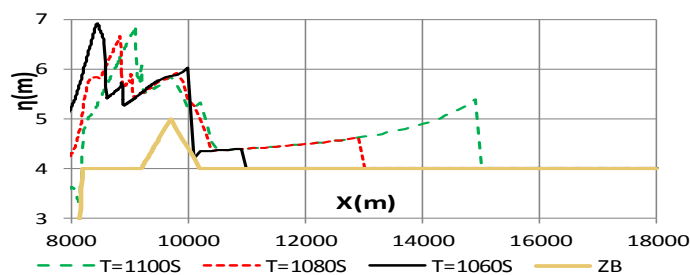


図-7 砂丘モデル (Case-3) を遡上する津波波形

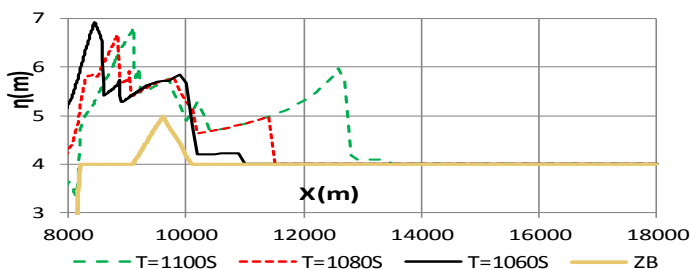


図-8 砂丘モデル (Case-4) を遡上する津波波形