

II-13

仙台湾沿岸における防潮林の津波低減効果

東北大学工学部 学生員 ○油屋 貴子
東北大学大学院 正会員 今村 文彦

1 はじめに

津波に対する防潮林の効果については、首藤¹⁾が過去の津波被害の事例から防潮林の減災効果や限界を示したが、定量的な根拠に基づいた議論はなされていなかった。そこで、本研究では、仙台湾沿岸の防潮林を対象に現地調査を行い、現地での防潮林の抵抗をモデル化し、どの程度の津波に対してどのような低減効果を有するのかについて、数値計算をもとに検討を行う。

2 防潮林マップの作成

2.1 概要

数値計算モデルに防潮林の効果を導入するためには、従来のモデルに使われている地形データに加えて、防潮林の密度、植生、配置、面積などに関するデータが必要である。広域にわたる防潮林を対象にこれらの情報を得ることは困難なため、現地調査と航空写真を組み合わせて防潮林の情報を得ることとした。

2.2 現地調査と航空写真の利用

調査は図1に示す7か所で行った。これらは本対象領域での植生についての代表的な地点であり、ここで得られた諸元を利用できる。ただし海岸線と直行する方向にも植生が変化しているため、海岸線へ向かってほぼ等間隔ごとに2～4地点で測定を行うこととし、合計19地点とした。測定項目は、①幹の太さ、②10m²中に存在する幹の本数(密度)、③木の高さ、④葉の密度である。①、②は直接測定することができる。③は直接測定することは難しいのでレーザー距離計を用いて頂部と葉部までの高さをそれぞれ測定した。④についてはデジタルカメラで撮影した葉の画像を、葉を黒、それ以外を白に2値化して投影面積比を求め、これから密度を推定した。このようにして測定した各地点ごとの平均値を算出し、その地点の代表値とした。

また、防潮林の幅、汀線からの距離や位置などの情報は現地で得ることは難しいので航空写真（縮尺：1/8000、1998年3月撮影）を利用した。

2.3 防潮林マップの作成方法

まず、航空写真から求めた防潮林の情報をもとに防

潮林を幅、形状などが類似した43の区間に分割し、図1のように計算格子ごとに防潮林あり・なしのいずれかの値を入れたデータを作成した。黒は防潮林が存在する領域を表す。さらに、必要とされる防潮林マップとは、防潮林が存在する範囲に現地調査を行った19地点に対応した情報を入れたものである。現地調査を行っていない場所では原則的に最も近い地点の代表値を用いることとし、植生が大きく変わるようなところでは類似した植生状態をもつ地点の代表値を選んでそのデータを与えた。

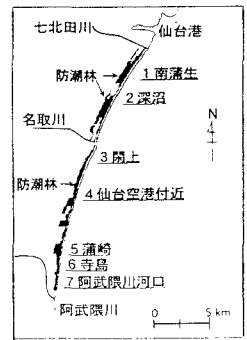


図1 現地調査場所

3 防潮林の数値モデル

防潮林の効果をモデルに取り入れるため、計算は浅水理論式の運動方程式に防潮林の抵抗を表す項を付加したものをを用いる。また潮上計算も行う。防潮林の抵抗は幹と葉の部分で大きく異なるので、分割して考えるものとする。x方向の単位体積あたりの抵抗 F_x はモリソン式にならい、次の(1)式のように表すことができる。

$$F_x = \left\{ C_{MT} \left(\frac{V_T}{V} \right) D_1 + C_{ML} \left(\frac{V_L}{V} \right) (D_1 - D_2) \right\} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{M}{D} \right) + \frac{1}{2} \left\{ C_{DT} \left(\frac{V_T}{V} \right) + C_{DL} \left(\frac{V_L}{V} \right) \right\} \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{D^2} \quad (1)$$

ここで、 C_{MT} , C_{ML} : 幹、葉の付加質量係数²⁾, C_{DT} , C_{DL} : 幹、葉の抵抗係数³⁾, V : 水の部分の体積, V_T : 幹の体積, V_L : 葉の体積である。y方向の抵抗 F_y についても同様に考える。また、 D_1 , D_2 は全水深 D と木の高さの関係から、

- (i) $D_1 = H_1$, $D_2 = H_2$ ($D \geq H_2$)
- (ii) $D_1 = H_1$, $D_2 = D$ ($H_1 < D < H_2$)
- (iii) $D_1 = D_2 = D$ ($D \leq H_1$)

の3つの場合に分けられる。 H_1 : 葉部までの高さ, H_2 :

頂部までの高さを意味する。 V_T/V 、 V_L/V は、現地調査で得られた種々の測定値を用いて表すことができ、

$$\frac{V_T}{V} = \frac{S^2 D_1}{4\pi^2} \times 25N \quad (2)$$

$$\frac{V_L}{V} = \frac{A(D_1 - D_2)}{D} \quad (3)$$

のようになる。ここで、 S ：幹の太さ(m)、 N ：10 m^2 中に存在する幹の本数、 A ：葉の投影面積比、 Δx 、 Δy ：空間メッシュ幅(=50m)である。

4 数値計算条件と結果

4.1 モデル地形での計算条件

ここでは、まず、対象領域における1次元岸沖方向に、仙台湾の平均的な地形勾配をもつモデル地形での数値計算を行い、防潮林の幅や入射津波高さによる効果を調べた。防潮林の幅は50～700mの9種類とした。本対象領域で50mは最低、700mは最高の防潮林幅である。沖側の入射条件として周期10分、振幅2m, 5m, 10mのsin波を与えている。また、防潮林のデータは、仙台湾沿岸における防潮林の平均的なデータとして、木の高さ(頂部10m、葉部5m)、幹の太さ50cm、1メッシュあたりの幹の本数825本、葉の投影面積比0.65を仮定している。なお、葉と幹ともに付加質量係数1.2、抵抗係数1.46を仮定し、Manningの粗度係数は0.025とした。

4.2 モデル地形での計算結果

計算結果の一例として、まず、図2に防潮林あり(幅500m)・なしの場合における水位の空間分布を示す。防潮林がない場合には空間分布に大きな変化なく陸上斜面を遡上していくが、ある場合には、防潮林手前で反射により水位が急激に上昇し、その後低下していることがわかる。また、浸水域もかなり減少している。

次に、津波の入射波振幅と防潮林幅による波高の減衰効果について考えた。図3は防潮林通過後での、防潮林がない場合に対する、防潮林ありの場合の最大浸水深減少量である。いずれの振幅の場合も防潮林幅が大きくなるにつれて浸水深が減少していることがわかる。また、振幅2mでは葉部まで達しないため、幹による抵抗のみであるので減少量は小さいが、振幅10mでは葉部の抵抗が付加されるために減少量が大きくなっている傾向が見られる。

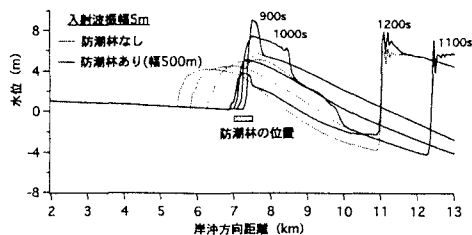


図2 水位空間分布(900-1200s)

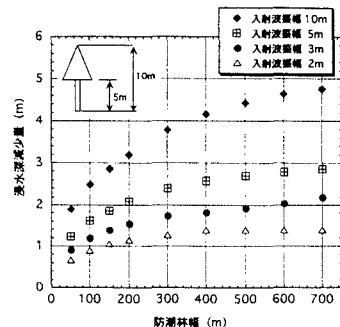


図3 防潮林幅と浸水深減少量の関係

4.3 実地形での計算結果

実際の地形データと防潮林マップを用いて、防潮林の有無による計算を行った。沖側の入射波振幅は1, 2, 3, 5, 10m, 周期は10, 20分とした。結果の一例として振幅5mの場合の浸水域を図4に示す。なお、振幅が2m以上の場合は浸水域が減少したが、振幅1mではほとんど減少しなかった。

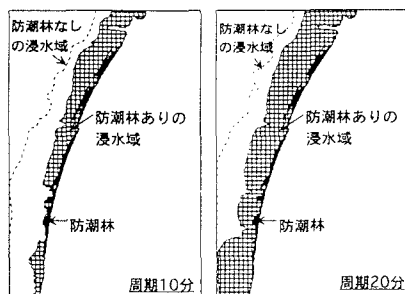


図4 浸水域の変化(入射波振幅5m)

5 おわりに

本研究では、数値計算により現地での防潮林の定量的低減効果のある程度算定することができた。今後は、さらに種々の条件を変えて計算を行う予定である。

参考文献

- 1) 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
- 2) 野路 正浩・今村 文彦・首藤 伸夫：津波石移動計算法の開発，海岸工学論文集，第40巻，pp.176-180，1993