

数値計算を用いた巨大津波に対する海岸堤防と海岸林の組み合わせによる減災効果の検討

茨城大学 (現宮崎市)

三石 盛裕

茨城大学

正会員

椎名 啓

茨城大学

正会員

○信岡 尚道

1. 目的

沿岸域の津波対策として、ハードとソフト政策を適切に組み合わせるべく、海岸堤防と海岸林の整備を検討している。海岸林の津波減災効果は古くから報告されており、これまで多様な海岸林に対して減災効果を評価する数値計算が開発されてきた(例えば、飯村ら 2013)。しかし数値計算の再現性は実験との比較が主であり、現地との比較、特に巨大津波について十分には明らかではない。本研究では、海岸堤防と海岸林の組み合わせによる津波減災効果を明らかにすることを目的として、東日本大震災の浸水記録と既往の津波数値計算を比較した上で、組み合わせの効果を検討した。

2. 数値計算方法の概要

数値計算に用いた支配方程式は飯村ら(2009)にならい、非線形長波方程式の運動方程式に渦動粘性力と海岸林抵抗力を加えたものであり、式(1)、(2)に示す。

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

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{F_x}{\rho} - E_x = 0 \quad (2)$$

ここに、 x : 平面座標、 t : 時間座標、 η : 水位、 M : 単位幅流量、 D : 全水深、 ρ : 水の密度、 g : 重力の加速度、 τ_{bx} : 底面摩擦応力、 F_x : 海岸林による抵抗力、 E_x : 渦粘性力である。式(2)の第4項から第6項は式(3)~(5)で与える

$$\tau_{bx} = \frac{\rho g n^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2} \quad (3) \quad F_x = \frac{\rho \gamma C_{D-all} b_{ref}}{2D} M \sqrt{M^2} \quad (4) \quad E_x = 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial M}{\partial x} \right) \quad (5)$$

ここに、 n : Manning の粗度係数、 γ : 海岸林の密度、 b_{ref} : 海岸林の基準投影幅、 C_{D-all} : 樹木の抵抗係数、 v_e : 渦動粘性係数である。渦動粘性係数は灘岡ら(1993)の SDS 乱流モデルに倣い、乱れエネルギーの輸送方程式で求めた。

数値計算では、空間格子間隔を 50m にし、時間格子間隔を 0.2 秒、マンシングの粗度係数は 0.025、ただし住宅地では 0.06 とした。入射波境界条件は自由透過で入射波を孤立波とした。越流境界条件は本間らによる公式を適用した。海岸林の各指標は過去の現地調査(森林保全・管理技術研究会, 2012)から宮城県岩沼市のものを参考に、樹種はクロマツとし、基準投影幅は 0.16m、海岸林の密度は 0.15 本/m²、樹高は 8.9m、樹木の抵抗係数は 1.0 とした。樹木の破壊による抵抗力の変化も飯村ら(2013)の方法で考慮しており、海岸林抵抗力によるモーメントが破壊限界モーメントを上回った場合に破壊が生じ、瞬間的に樹木の抵抗係数を 1.0 から 0.2 に変化するとしている。なお、これら計算方法の妥当性は、飯村ら(2009)の計算結果と同等なものを得ることで確認している。

3. 宮城県岩沼市における海岸堤防と海岸林の組み合わせによる津波減災効果

津波は周期 30 分とし、津波の高さは海岸堤防の背後で浸水深の記録と一致するように調整した。また、地形断面は海岸林幅の変化による津波減災効果を検討するため、海岸林の幅が 150m、750m の 2 測線で比較した。配置した堤防の高さは T.P.上 7.2m で、堤防幅が空間格子間隔 50m よりも狭いため、堤防は越流条件としている。

津波 防潮堤 海岸林 浸水高 到達時間

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学 都市システム工学科 信岡尚道, nobuoka@mx.ibaraki.ac.jp

計算結果と現地の浸水記録（国交省，2013）と比較として海岸林の幅が 750m の陸地断面での計算結果と浸水深記録との比較を図-1 に示す。図-1 上部は陸地の土地利用状況の図である。この図より，住宅部で再現計算結果と浸水深記録に差が生じていることがわかる。計算では住宅部との衝突による浸水深の減少を底面摩擦応力として住宅部全体に分散して計算を行っているため，このような差が生じたと考えられる。住宅部を除く各領域では，浸水深記録と計算結果は同等な値を示していることから全体的には，数値計算結果は現地の浸水深記録を表せているといえる。同様の傾向は海岸林の幅が 150m と短い測線でも確認できた。

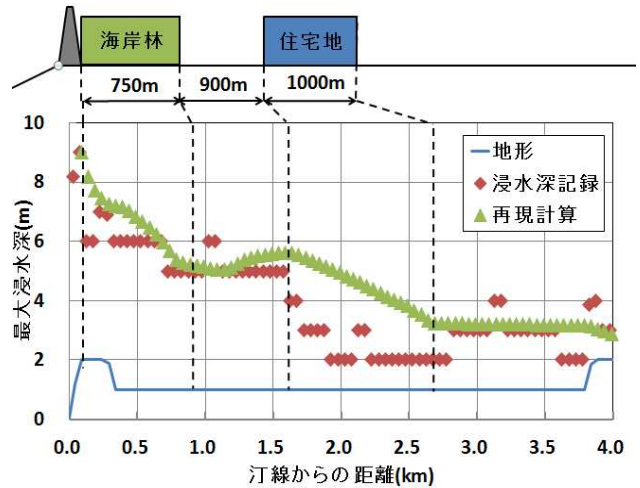


図-1 再現計算と浸水記録の比較 ($W_v=750m$)
(浸水記録は国土交通省調査値)

堤防と海岸林それぞれの効果を確認するため，堤防も海岸林もない場合，海岸林のみ，堤防のみ，堤防と海岸林の 4 ケースについて，数値計算を実施した。各断面において，汀線からの距離と最大浸水深を比較したものが図-2 の(a) (b)である。海岸堤防は各ケースにおいて浸水深を低下させた。一方，海岸林のみでは，図-2(a)の海岸林の幅が短い場合では最大浸水深を低減させる効果はなかったが，図-2 (b)のように海岸林の幅が長い地形断面では最大浸水深に減少が見られた。

海岸堤防と海岸林を組み合わせると，図-2(b)の海岸林の幅が長いときに，海岸林を配置した範囲で堤防のみの条件よりも浸水深が高くなった。これは，海岸林後部で津波の流速が低下し，前部との速度の差によって海岸林部に津波が滞留するためであると考えられる。それ以外の範囲では，堤防と海岸林の組み合わせの場合の計算結果は，堤防のみの結果と比べて最大浸水深には差が表れなかったが，津波到達時間については汀線から 4km 地点で 100 秒以上遅らせる効果を示していた。

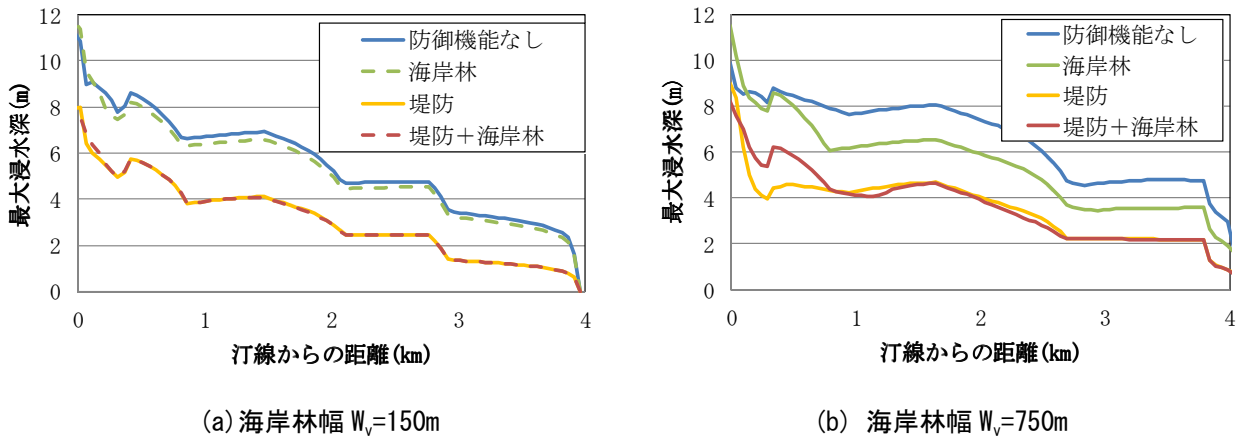


図-2 海岸堤防と海岸林の浸水深低減効果

参考文献

飯村 耕介，田中 規夫，池田 裕一(2013)：樹林帯と堤防の位置関係の違いが樹木破壊や津波減災効果に与える影響，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 69 No. 2 p. I_401-I_405
 飯村耕介，田中規夫，原田賢治，谷本勝利(2009)：海岸堤防と海岸樹林の組み合わせによる津波減災効果に関する数値計算，海岸開発論文集，第 25 巻，pp. 69-74，2009.
 灘岡和夫，八木宏(1993)：SDS&2DH モデルを用いた開水路水平せん断乱流の数値シミュレーション，土木学会論文集，No. 473/II-24，pp. 35-44.
 森林保全・管理技術研究会(2012)：津波と海岸林に関する調査研究事業（平成 22 年度調査報告書），pp. 93-120.
 国土交通省：<http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html>. 参照日（平成 27 年 2 月 4 日）。